第5届
地球系统科学大会

The 5th Conference on Earth System Science

会议手册及摘要集

2018年7月2-4日 上海

CESS 2018

中国大洋发现计划专家咨询委员会

国家自然科学基金委员会
地球科学部

同济大学
海洋地质国家重点实验室

第五届
地球系统科学大会

2018 年 7 月 2~4 日　上海

会 议 手 册

主办单位

中国大洋发现计划专家咨询委员会

国家自然科学基金委员会地球科学部

同济大学海洋地质国家重点实验室

会议组织机构

学术委员会

主　任：丁仲礼

副主任：陈　骏、朱伟林、翦知湣

委　员：王成善、周忠和、焦念志、张人禾、郭正堂、李家彪、徐义刚、丁　抗、林　间

顾　问：孙　枢、汪品先

主办单位

中国大洋发现计划专家咨询委员会

国家自然科学基金委员会地球科学部

同济大学海洋地质国家重点实验室

会议秘书处

联系方式

程　昊（学术日程）：021-65981305，13916127879；邮箱：chenghao@tongji.edu.cn

刘传联（媒体宣传）：021-65984876,　13916100898；邮箱：liucl@tongji.edu.cn

拓守廷（会务协调）：021-65982198，13601872997；邮箱：cess@tongji.edu.cn

高小丰（会议注册）：021-65981613，15021055616；邮箱：cess@tongji.edu.cn

刘雨萌（会议展览）：021-65985090，18917213141；邮箱：cess@tongji.edu.cn

沈夕希（后勤支撑）：021-65981613，13901941639；邮箱：cess@tongji.edu.cn

联系地址：中国 IODP 办公室，同济大学海洋地质国家重点实验室，上海市四平路 1239 号（邮编 200092），会议网站：http://www.cess.org.cn

会场酒店及交通枢纽、会场位置图

欢迎词 1

会议基本信息 2

会议注册 2

会议地点 4

会议就餐 5

交通指南 5

口头报告 5

沪上游览 5

温馨提示 5

展板报告及须知 6

专题设置及召集人 7

会议日程索引表 12

会议日程 13

会议摘要 61

赞助商 668


逸风商务酒店
国丰大酒店
上海跨国
采购会展中心

上 海 市 交 通 枢 纽 至 会 场 交 通 图



上海跨国采购会展中心：上海市普陀区光复西路2739号。

地铁 2 号线

地铁 3 号线

地铁13号线

上海火车站

A：地铁3号线（上海南站方向）至金沙江路站换乘13号线（金运路方向），至大渡河路站（4号口）下车；沿金沙江路左转进入中江路直走。约4元。步行约1.9km。用时约45分钟。

B：出租车。约35元。用时约40分钟。

上海南站

A：地铁3号线（江杨北路方向）至中山公园站换乘2号线（徐泾东方向）至威宁路站（3号口）下车；沿天山路右转进入威宁路；沿威宁路过泸定路桥进入泸定路；沿泸定路右转进入光复西路直走。约4元。步行约2km。用时约1小时。

B：出租车。约40元。用时约30分钟。

虹桥机场/ 火车站

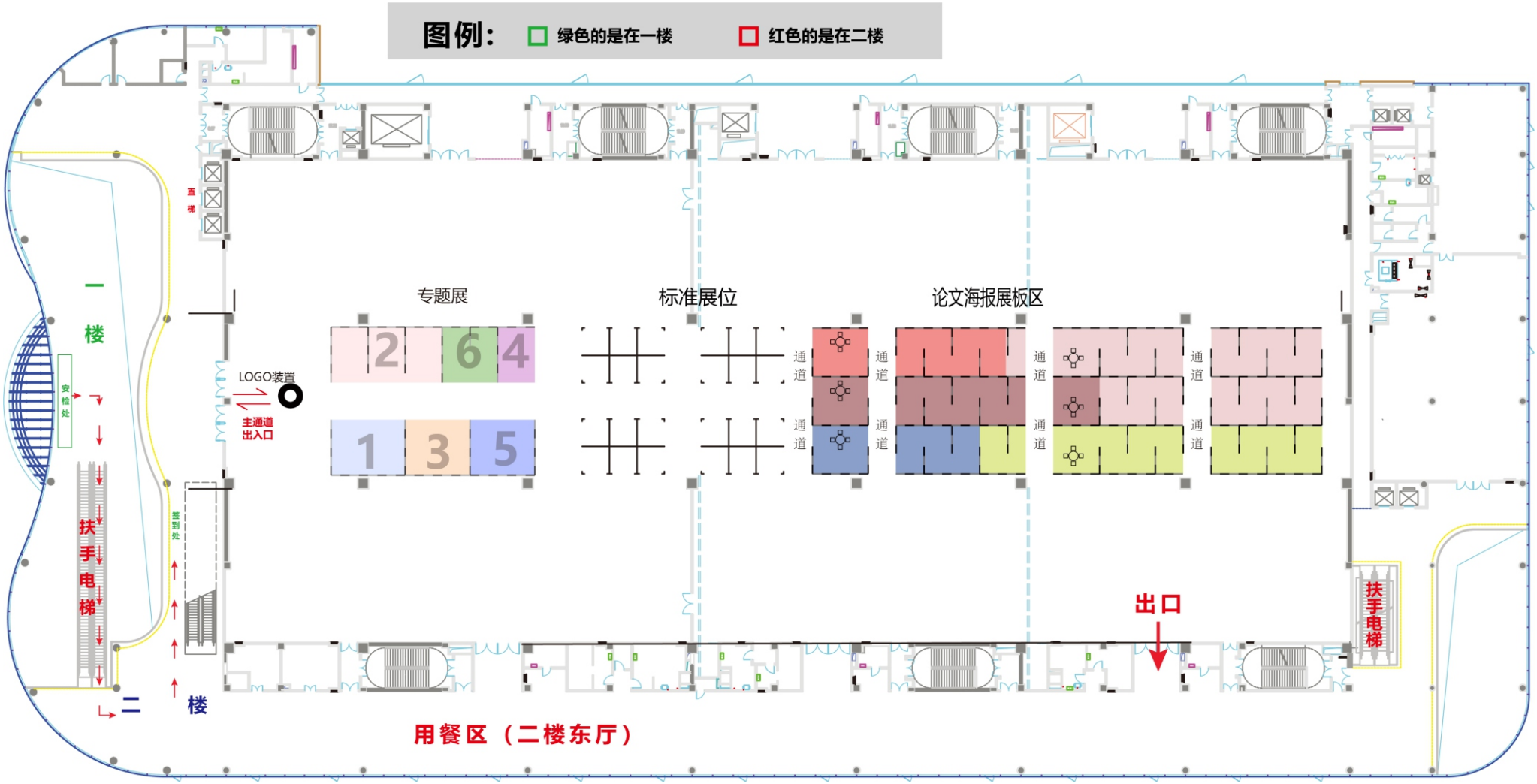
A：地铁2号线（广兰路方向）至威宁路站（3号口）下车；沿天山路右转进入威宁路；沿威宁路过泸定路桥进入泸定路；沿泸定路右转进入光复西路直走。约4元。步行约1.7km。用时约40分钟。

B：出租车。约50元。用时约35分钟。

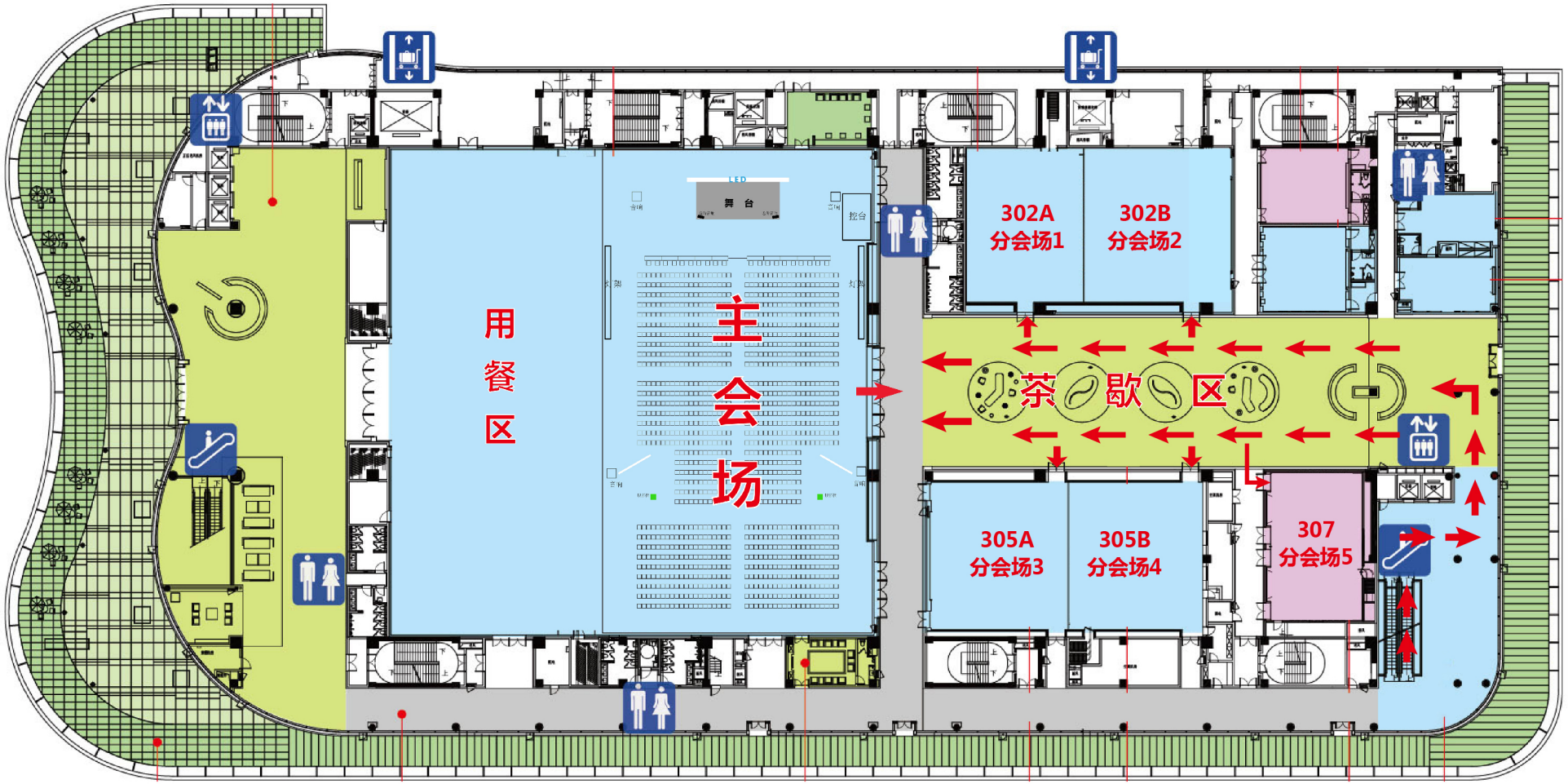
浦东机场

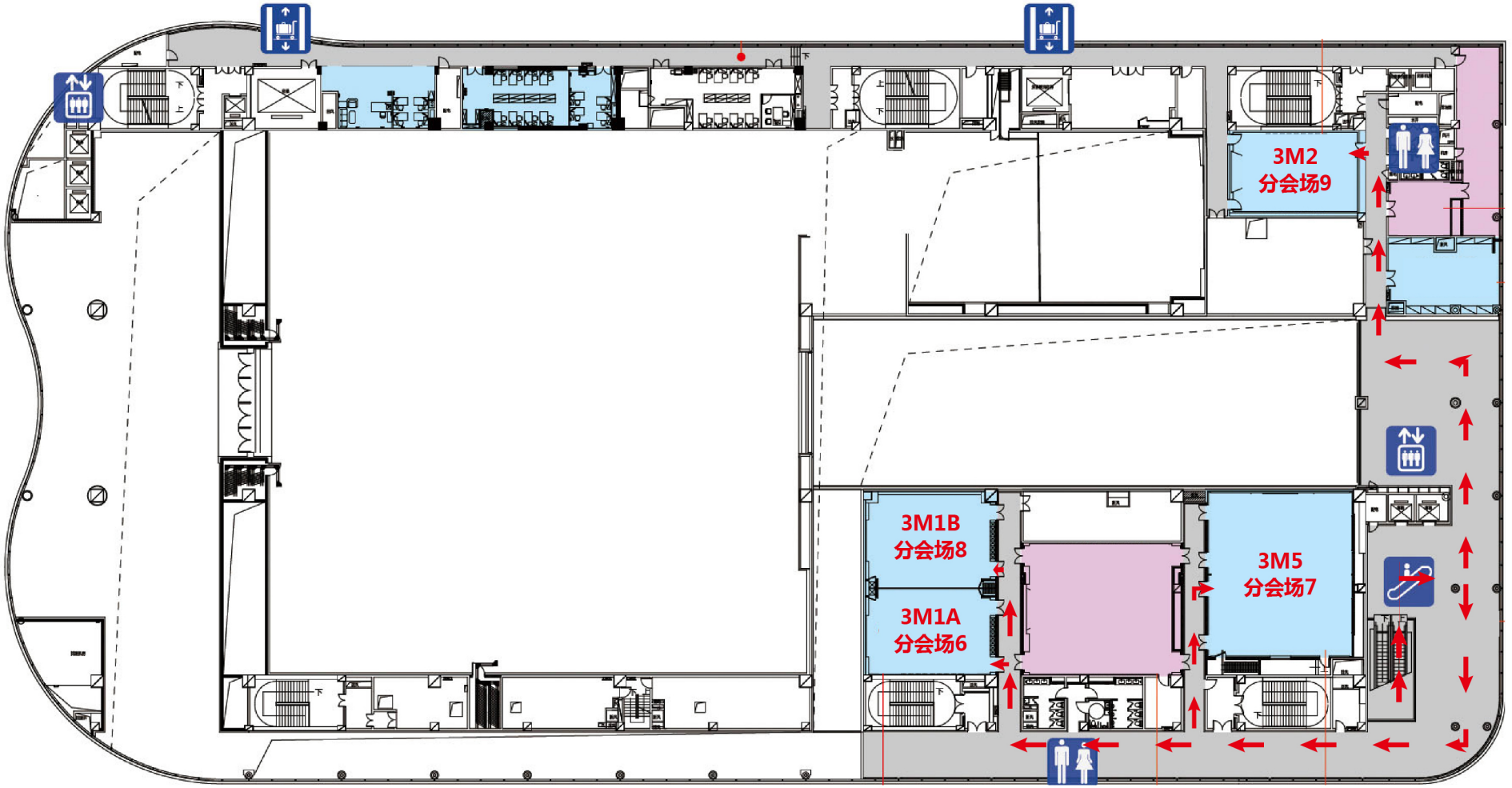
A：地铁2号线东延伸段（广兰路方向）至广兰路站下车；2号线（徐泾东方向）至威宁路站（3号口）下车；沿天山路右转进入威宁路；沿威宁路过泸定路桥进入泸定路；沿泸定路右转进入光复西路直走。约8元。步行约1.8km。用时约1小时50分钟。

B：出租车：约190元。用时约1小时10分钟。


图例：
绿色的是在一楼
红色的是在二楼
直梯
一楼
安检处
扶手电梯
二楼
签到处
LOGO装置
主通道出入口
专题展
2
6
4
1
3
5
标准展位
论文海报展板区
通道
出口
扶手电梯
用餐区（二楼东厅）

3F


用餐区
主会场
舞台
302A
分会场1
302B
分会场2
茶歇区
305A
分会场3
305B
分会场4
307
分会场5


3M2
分会场9
3M1B
分会场8
3M1A
分会场6
3M5
分会场7

欢迎词

“地球系统科学大会”（Conference on Earth System Science, CESS）是以学科交叉为特色、两年一度的学术盛会。其目标在于促进学科交叉，横跨圈层、穿越时空，推动海陆结合、古今结合、生命科学与地球科学结合、以及科学与技术的结合。在当前我国地球科学、尤其是海洋科学高速发展的背景下，大会的宗旨在于提供“陆地走向海洋，海洋结合陆地”的交流平台。

“地球系统科学大会”的前身为“深海研究与地球系统科学大会”，前两届会议分别于 2010 年和 2012 年夏季在上海召开。2014 年 7 月召开的第三届会议改为现名。会议的规模逐届增大，第一届有来自海内外 86 个单位近 500 位华人学者参加，第二届增加到 125 家单位 800 余位华人学者参加，第三届和第四届参加人数逾千。

为构建高层次的中文学术交流平台，促进华语世界地球科学领域不同学科之间的深度交流，中国大洋发现计划（IODP-China）专家咨询委员会决定与国家自然科学基金委员会地球科学部、同济大学海洋地质国家重点实验室继续共同举办“第五届地球系统科学大会”。第五届大会将顺应我国地球科学蓬勃发展的形势，以更加前沿的主题、更为丰富的信息量和更具新意的形式，欢迎来自海内外的华人学子。本届大会将与国家自然科学基金重大研究计划《南海深海过程演变》合作，组织专题突出显示研究计划执行八年来的学科交叉前沿成果。

秉承前四届会议的优秀传统，会议将继续使用汉语并辅以英语作为主要交流语言。会议最大的特点在于高度的跨学科性、强调并着重讨论，形式上从大会报告到展板到晚上另外组织的讨论及信息发布会。“第五届地球系统科学大会”将推陈出新，组织青年学者论坛（大会报告），为我国地球系统科学领域举荐优秀青年学者。本届会议除了一贯的科学主题，还将突出科学与文化结合的精神，组织科普专题。

希望大家在这次会议中有所收获！

大会学术委员会

2018 年 6 月 21 日

会议基本信息

会议注册

7 月 1 日 12:00~21:00：会议现场注册地点在“上海跨国采购会展中心”（上海市普陀区光复西路 2739 号）一楼大厅。已成功缴纳注册费的参会人员请前往注册报到并领取会议资料和注册费发票。未缴纳注册费的参会人员请现场付费，接受各类信用卡刷卡和现金支付方式，现场缴费的参会人员请在会议结束前领取发票。如会议期间未能及时开出发票，我们将在会后以快递的形式送达。所有会议注册费发票均由同济大学出具。

7 月 2~4 日 8:00~17:00：会议现场注册地点在“上海跨国采购会展中心”一楼大厅，接受办理已预付费和现场付费的各类注册。

会议现场注册流程：

【已注册已缴费】

已在会议网站注册并缴费的人员，我们将在 7 月 1 日上午向您注册的手机和邮箱发送二维码电子票。届时请您至“已注册已缴费”窗口出示二维码电子票（或姓名）签到并领取胸卡等会议资料，之后请至“发票领取处”领取发票。

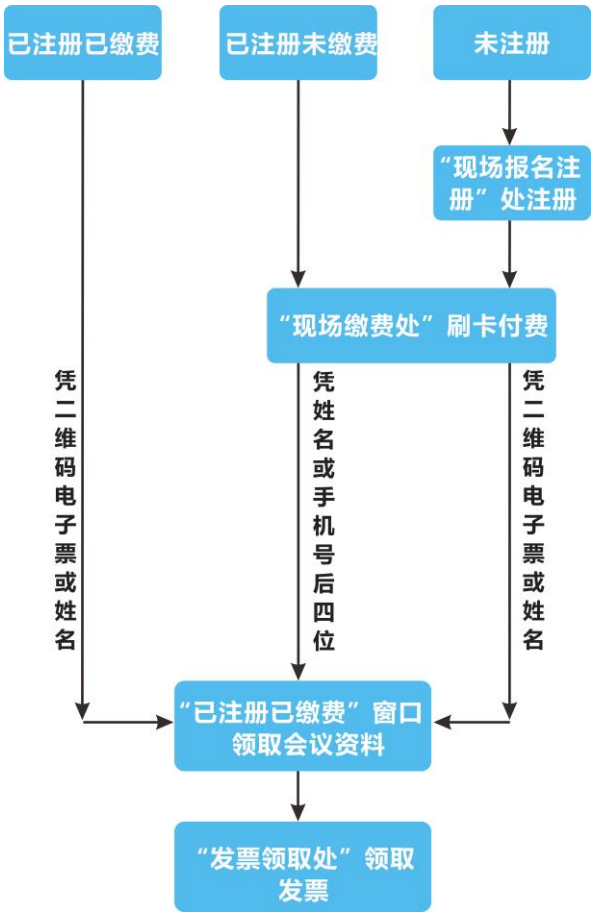
【已注册未缴费】

凡在会议网站注册但未缴费的人员，请您先到“现场缴费处”刷卡付费，之后请到“已注册已缴费”窗口报您的姓名或者手机号后四位签到并领取胸卡等会议资料。请会议结束前至“发票领取处”领取发票。

【现场报名注册】

未在会议网站注册过的人员，请您先到“现场报名注册”窗口，扫码关注大会微信公众号“地球系统科学大会”，点击左下角键盘回复“报名”，点击弹出的链接进行会议注册并提交。之后请至“现场缴费处”刷卡付费，并会收到二维码电子票。成功付费后请至“已注册已缴费”窗口出示二维码电子票（或姓名）签到并领取胸卡等会议资料。请会议结束前至“发票领取处”领取发票。

现场报名后如想进入个人中心，请在微信公众号中点击左下角键盘回复“个人中心”，点击弹出链接进行操作即可。



地球系统科学大会微信公众号

现场注册费：会议代表 2500 元，学生代表 1800 元，陪同人员 1800 元。费用包括：会议资料，会场租用，会议工作餐（7 月 1~3 日晚餐和 7 月 2~4 日午餐），茶歇（7 月 2~4 日）；**不包括：**全部早餐，7 月 1 日午餐，7 月 4 日晚餐，住宿费，和交通费等。

会议住宿：由于参会人员较多，会议秘书处不提供酒店代订服务。会议秘书处与会场周边的几家宾馆协商，6 月 10 日之前预留了一定数量的房间，并提供会议特别优惠价，请与宾馆指定联系人预订房间（非指定联系人无法享受会议优

惠）。未预订宾馆房间的参会人员请自行前往相关宾馆或携程等网站预订住宿，会议不承担现场预订宾馆工作。

会议地点

会议地点在上海跨国采购会展中心（上海市普陀区光复西路 2739 号），具体位置见附图。主会场设在三层 301A 明珠厅，分会场 1-5 分布在 3 层，分会场 6-9 分布在 3M 层（三楼夹层），学术展板、专题展览和仪器厂商展览安排在二楼展厅。

特别提醒：按照上海市公安局对重大活动的安保要求，需在上海跨国采购会展中心南广场入口处设置安检设备，所有参会人员需通过安检后方可进入会场，预计在早高峰期间会出现短暂排队现象，请予理解与配合。会议期间请务必佩戴会议代表证方可进入场馆，如不慎遗失，请至一楼注册台补办。会议期间请根据工作人员引导，安全有序进场或离场。

会议就餐

会议工作餐（7 月 1~3 日晚餐和 7 月 2~4 日午餐），安排在“上海跨国采购会展中心”三楼 301B 明珠厅和二楼东厅。会议用餐均凭有效餐券就餐（现场注册时领取），请按照餐券上标识的用餐地点就餐，以免造成人流过于集中。由于就餐时间集中，预计将出现排队情况，请大家谅解和配合。

注：7 月 4 日不提供会议晚餐，请自行安排。

交通指南

会场及会议建议宾馆周边交通较为方便，从虹桥国际机场、浦东国际机场、上海火车站、上海南站等交通枢纽均有多种交通方式到达，具体请参考附图。

注：会议不提供接站服务。若确实需要接站，请事先联系会议秘书。

口头报告

大会邀请报告：每个报告 30 分钟，包括 25 分钟演讲和 5 分钟答疑。请务必提前一天将 PPT 文件拷贝至会议注册处专用计算机内。

大会青年学者论坛报告：每个报告 10 分钟，包括 8 分钟演讲和 2 分钟答疑。请务必提前一天将 PPT 文件拷贝至会议注册处专用计算机内。

专题口头报告：每个报告 15 分钟（包括演讲和答疑）。请务必提前一天将 PPT 文件拷贝至会议注册处专用计算机内。

沪上游览

“上海旅游电子优惠券平台”是上海市旅游局指导下，由本市各旅游景点、酒店、航空、商业单位等共同为来上海的游客提供的游惠平台，免费房券，免费门票，消费折扣，诸多礼品层出不穷。让您在四季上海，发现更多，体验更多。

温馨提示

7 月初上海正值梅雨季节，请务必备好雨具，方便出行。夏天雷雨天气多发，建议优先选择高铁出行，以免遭遇航班大面积延误耽误行程。

展板报告及须知

展板报告时间：

7 月 2~4 日，会议每日中午 12:00-14:00 为各专题安排专门的展板报告时间，会议间其他时段展板区将一直开放，展厅将于每日下午会议结束后关闭。

展板报告地点：

上海跨国采购会展中心二楼展厅

展板报告须知：

展板规格：A0 幅面，竖版（宽×高 = 841 mm × 1189 mm），报告人请自行打印海报（带背胶）。

作为本会议重要的学术交流形式，展板报告将提供报告人与参会人员直接互动平台。在本专题指定展板报告时间，报告人须站在各自展板前参加讨论和交流，时间不少于 30 分钟。展板时间专题召集人将逐一浏览展板。

全部展板于 7 月 2 日上午 8:00 起由报告人自行张贴至展板区指定位置（按照展板编号贴在相应位置），会议将提供双面胶将海报固定于展架（请尽量采用较为轻便的纸张打印，以免海报滑落）。全部展板于 7 月 4 日 17:00 撤离。

“优秀学生展板”评选：

按照大会惯例，会议将评选优秀学生展板并给予奖励，请所有学生展板报告人关注并参与。学生展板辨识：展板编号以“S” 结尾者为学生展板。

“优秀学生展板评审委员会”将在会议期间参观学生展板展位，评选出“优秀学生展板”，并在7 月4 日下午的“大会总结”中颁奖。评选基本要求：在指定的展板时间内等候在展板前参与讨论，出席全程会议（包括颁奖仪式）。

专题设置及召集人

会议共设置六个主题，三十四个专题，具体专题及召集人如下：

主题一：生物演化与环境		
专题	**召集人**	**单位**
1、特异埋藏化石——演化、环境与埋藏机理	周忠和	中科院古脊椎动物与古人类研究所
	朱茂炎	中科院南京地质古生物研究所
2、深时重大气候转折期的生物与环境演变	朱茂炎	中科院南京地质古生物研究所
	王向东	中科院南京地质古生物研究所
	沈树忠	中科院南京地质古生物研究所
3、青藏高原新生代生物多样性演变与古环境变化	邓涛	中科院古脊椎动物与古人类研究所
	吴飞翔	中科院古脊椎动物与古人类研究所
	苏涛	中科院西双版纳热带植物园
4、泛第三极地区的古人类活动与环境变化	董广辉	兰州大学
	吕厚远	中科院地质与地球物理研究所
	陈发虎	中国科学院青藏高原研究所
5、陆生植物演化对地球系统的影响：多学科的整合研究	徐洪河	中科院南京地质古生物研究所
	薛进庄	北京大学
	冯卓	云南大学
6、农业与文明的起源与发展：环境影响与人类适应	吕厚远	中科院地质与地球物理研究所
	郑洪波	云南大学
	张居中	中国科学技术大学
	李小强	中科院古脊椎动物与古人类研究所
7、中国地貌前沿科学问题专题系列研讨——大河水系的形成、演化与演化	周力平	北京大学
	黄河清	中科院地理科学与资源研究所
	吕喜玺	新加坡国立大学
8、极端事件、极端环境和人为活动对陆地表生地球化学过程和碳循环的影响	金章东	中科院地球环境研究所
	陈玖斌	中科院地球化学研究所
	李高军	南京大学
	程和发	北京大学
	金双根	中科院上海天文台

主题二：海洋与气候		
专题	**召集人**	**单位**
9、南北两半球气候的不对称演化	郭正堂	中科院地质与地球物理研究所
	程海	西安交通大学
	郝青振	中科院地质与地球物理研究所
10、亚欧大陆西风——季风相互作用：指标、记录与机理	陈发虎	中科院青藏高原研究所
	黄刚	中科院大气物理研究所
	孙有斌	中科院地球环境研究所
	陈建徽	兰州大学
	张旭	德国极地海洋研究所/兰州大学
11、深海地貌及成因	朱本铎	广州海洋地质调查局
	钟广法	同济大学
12、亚洲——太平洋地区晚全新世高分辨率气候变化	晏宏	中科院地球环境研究所
	杨保	中科院寒区旱区环境与工程研究所
	谭亮成	中科院地球环境研究所
13、南海珊瑚礁：生态环境演化的新进展与新技术	余克服	广西大学
	韦刚健	中科院广州地球化学研究所
14、大陆边缘跨尺度的源汇过程、物质循环、物理—生地化耦合与环境记录	杨守业	同济大学
	石学法	国家海洋局第一海洋研究所
	刘祖乾	台湾中山大学
	徐景平	南方科技大学
	刘健	青岛海洋地质研究所
	刘敬圃	美国北卡州立大学
15、气候、海洋动力和人类活动驱动下的三角洲演化	陈中原	华东师范大学
	宗永强	香港大学
16、深海环流和物质输运的动力过程：从原位观测到地质记录	田纪伟	中国海洋大学
	张艳伟	同济大学
	徐景平	南方科技大学
	万世明	中科院海洋研究所
	刘志飞	同济大学
36、极地环境与气候变化	王汝建	同济大学
	李荣兴	同济大学
	孙波	中国极地研究中心
	程晓	北京师范大学

主题三：生物地球化学循环		
专题	**召集人**	**单位**
17、 跨时间尺度的南海碳循环	戴民汉	厦门大学
	翦知湣	同济大学
	焦念志	厦门大学
	陈建芳	国家海洋局第二海洋研究所
18、氮的生物地球化学：从现代过程到历史记录	贾国东	同济大学
	高树基	厦门大学
	刘卫国	中科院地球环境研究所
	罗根明	中国地质大学（武汉）
19、微生物在海洋生物地球化学循环中的作用：从胞外酶到生态过程	方家松	上海海洋大学
	张玉忠	中国海洋大学
20、陆地生态系统碳氮水循环及其耦合对全球变化的响应	于贵瑞	中科院地理科学与资源研究所
	牛书丽	中科院地理科学与资源研究所
	陈智	中科院地理科学与资源研究所
21、中国近海富营养化过程、生态效应及其生物地球化学循环	殷克东	中山大学
	陈建芳	国家海洋局第二海洋研究所
	王菊英	国家海洋局第二海洋研究所
22、海底流体活动的现代过程与地质记录	冯东	中科院南海海洋研究所
	曾志刚	中科院海洋研究所
	王宏斌	广州海洋地质调查
	陈多福	上海海洋大学
23、有机——无机相互作用与地球表层系统物质循环	何宏平	中科院广州地球化学研究所
	蔡进功	同济大学
	董发勤	西南科技大学
	陈天虎	合肥工业大学
	陆现彩	南京大学
	李一良	香港大学
	张水昌	中国石油勘探开发研究院
	蔡春芳	中科院地质与地球物理研究所
	吴柏林	西北大学

主题四：深部过程与行星循环		
专题	**召集人**	**单位**
24、南海深部结构与岩浆演化	林间	美国伍兹霍尔海洋研究所
	李家彪	国家海洋局第二海洋研究所
	徐义刚	中科院广州地球化学研究所
	杨胜雄	广州海洋地质调查局
	姚伯初	广州海洋地质调查局
25、亚洲大陆边缘的深部过程及动力机制	李家彪	国家海洋局第二海洋研究所
	郝天珧	中科院地质与地球物理研究所
	李三忠	中国海洋大学
	丁巍伟	国家海洋局第二海洋研究所
	孙珍	中科院南海海洋研究所
	赵明辉	中科院南海海洋研究所
26、岩石圈裂解过程及其沉积响应	解习农	中国地质大学（武汉）
	黄奇瑜	同济大学
27、环青藏高原盆山体系深部过程与岩浆作用、地壳变形、地貌演化及资源效应	杨树锋	浙江大学
	杨文采	浙江大学
	陈汉林	浙江大学
	夏群科	浙江大学
	徐义贤	中国地质大学（武汉）
28、大洋岩石圈从诞生到消亡的岩浆作用与物质循环	刘传周	中科院地质与地球物理研究所
	张国良	中科院海洋研究所
	杨阳	中科院广州地球化学研究所
	鄢全树	国家海洋局第一海洋研究所
	田丽艳	中科院深海科学与工程研究所
29、行星内部、表面和大气的物理与化学过程	杨军	北京大学
	胡永云	北京大学
	黄金水	中国科学技术大学
	崔峻	中山大学
	金双根	中科院上海天文台

主题五：深海资源与地质灾害		
专题	**召集人**	**单位**
30、深水沉积盆地与油气资源	施和生	中国海洋石油有限公司勘探部
	耿建华	同济大学
	朱伟林	同济大学/中国海洋石油总公司
31、非常规油气赋存特征和机理以及成藏和可采性研究	金之钧	中国石油勘探开发研究院
	黎茂稳	中国石油勘探开发研究院
	郝芳	中国石油大学（华东）
	胡钦红	中国石油大学（武汉）
	姜振学	中国石油大学（北京）
	刘可禹	中国石油大学（华东）
	蔡进功	同济大学
32、现代深海热液系统：物质循环与资源效应	陶春辉	国家海洋局第二海洋研究所
	周怀阳	同济大学
	曾志刚	中科院海洋研究所
	韩喜球	国家海洋局第二海洋研究所
33、海洋地质灾害与观测	贾永刚	中国海洋大学
	孙启良	中国地质大学（武汉）
	陆敬安	广州海洋地质调查局
	解习农	中国地质大学（武汉）

主题六：科普和教育		
专题	**召集人**	**单位**
35、华夏山水的由来	郑洪波	云南大学

大会日程表

7 月			7 月 2 日	7 月 3 日	7 月 4 日
会议报到 12:00-21:00	08:30-10:00	分会场 1	专题32：现代深海热液系统：物质循环与资源效应	专题04：泛第三极地区的古人类活动与环境变化（一）	专题11：深海地貌及成因（一）
		分会场 2	专题02：深时重大气候转折期的生物与环境演变（一）	专题06：农业与文明的起源与发展：环境影响与人类适应（一）	专题12：亚洲-太平洋地区晚全新世高分辨率气候变化（一）
		分会场 3	专题03：青藏高原新生代生物多样性演变与古环境变化（一）	专题15：气候、海洋动力和人类活动驱动下的三角洲演化（一）	专题18：氮的生物地球化学：从现代过程到历史记录（一）
		分会场 4	专题07：中国地貌前沿科学问题专题系列研讨——大河水系的形成、演化	专题16：深海环流和物质输运的动力过程：从原位观测到地质记录（一）	专题01：特异埋藏化石——演化、环境与埋藏机理（一）
		分会场 5	专题14：大陆边缘跨尺度的源汇过程、物质循环、物理-生地化耦合与环境	专题21：中国近海富营养化过程、生态效应及其生物地球化学循环（一）	专题23：有机-无机相互作用与地球表层系统物质循环（一）
		分会场 6	专题09：南北两半球气候的不对称演化（一）	专题10：亚欧大陆西风-季风相互作用：指标、记录与机理（一）	专题28：大洋岩石圈从诞生到消亡的岩浆作用与物质循环（一）
		分会场 7	专题17：跨时间尺度的南海碳循环（一）	专题24：南海深部结构与岩浆演化（一）	专题31：非常规油气赋存特征和机理以及成藏和可采性研究（一）
		分会场 8	专题20：陆地生态系统碳氮水循环及其耦合对全球变化的响应（一）	专题25：亚洲大陆边缘的深部过程及动力机制（二）	专题36：极地环境与气候变化（一）
	10:00-10:20		茶 歇		
	10:20-11:50	分会场 1	专题05：陆生植物演化对地球系统的影响：多学科的整合研究	专题04：泛第三极地区的古人类活动与环境变化（二）	专题11：深海地貌及成因（二）
		分会场 2	专题02：深时重大气候转折期的生物与环境演变（二）	专题06：农业与文明的起源与发展：环境影响与人类适应（二）	专题12：亚洲-太平洋地区晚全新世高分辨率气候变化（二）
		分会场 3	专题03：青藏高原新生代生物多样性演变与古环境变化（二）	专题15：气候、海洋动力和人类活动驱动下的三角洲演化（二）	专题18：氮的生物地球化学：从现代过程到历史记录（二）
		分会场 4	专题07：中国地貌前沿科学问题专题系列研讨——大河水系的形成、演化	专题16：深海环流和物质输运的动力过程：从原位观测到地质记录（二）	专题01：特异埋藏化石——演化、环境与埋藏机理（二）
		分会场 5	专题14：大陆边缘跨尺度的源汇过程、物质循环、物理-生地化耦合与环境	专题21：中国近海富营养化过程、生态效应及其生物地球化学循环（二）	专题23：有机-无机相互作用与地球表层系统物质循环（二）
		分会场 6	专题09：南北两半球气候的不对称演化（二）	专题10：亚欧大陆西风-季风相互作用：指标、记录与机理（二）	专题28：大洋岩石圈从诞生到消亡的岩浆作用与物质循环（二）
		分会场 7	专题17：跨时间尺度的南海碳循环（二）	专题24：南海深部结构与岩浆演化（二）	专题31：非常规油气赋存特征和机理以及成藏和可采性研究（二）
		分会场 8	专题20：陆地生态系统碳氮水循环及其耦合对全球变化的响应（二）	专题30：深水沉积盆地与油气资源（一）	专题36：极地环境与气候变化（二）
	12:00-14:00	午餐-展板*	主题一、三	主题二	主题四、五
	14:00-15:30	分会场 1	专题25：亚洲大陆边缘的深部过程及动力机制（一）	专题25：亚洲大陆边缘的深部过程及动力机制（三）	专题12：亚洲-太平洋地区晚全新世高分辨率气候变化（三）
		分会场 2	专题02：深时重大气候转折期的生物与环境演变（三）	专题06：农业与文明的起源与发展：环境影响与人类适应（三）	专题27：环青藏高原盆山体系深部过程与岩浆作用、地壳变形、地貌演化
		分会场 3	专题29：行星内部、表面和大气的物理与化学过程	专题08：极端事件、极端环境和人为活动对陆地表生地球化学过程和碳循环的影响	专题14：大陆边缘跨尺度的源汇过程、物质循环、物理-生地化耦合与环境
		分会场 4	专题07：中国地貌前沿科学问题专题系列研讨——大河水系的形成、演化	专题16：深海环流和物质输运的动力过程：从原位观测到地质记录（三）	专题30：深水沉积盆地与油气资源（三
		分会场 5	专题22：海底流体活动的现代过程与地质记录	专题21：中国近海富营养化过程、生态效应及其生物地球化学循环（三）	专题23：有机-无机相互作用与地球表层系统物质循环（三）
		分会场 6	专题09：南北两半球气候的不对称演化（三）	专题10：亚欧大陆西风-季风相互作用：指标、记录与机理（三）	专题13：南海珊瑚礁：生态环境演化的新进展与新技术
		分会场 7	专题35：华夏山水的由来	专题24：南海深部结构与岩浆演化（三）	专题26：岩石圈裂解过程及其沉积响应
		分会场 8	专题33：海洋地质灾害与观测	专题30：深水沉积盆地与油气资源（二）	专题36：极地环境与气候变化（三）
		分会场 9	专题08：极端事件、极端环境和人为活动对陆地表生地球化学过程和碳循	圆桌会议：地球系统科学进课堂	圆桌会议：海洋碳循环国际大科学计划研讨
	15:30-15:50		茶 歇		
	15:50-17:50	主会场	**大会报告**	**青年学者论坛**	**大会总结 （约16:50结束）**
	18:00-19:30	晚餐	自助晚餐	自助晚餐	
	19:20-21:00	302号厅	**“南海深部计划” 集成会**	**信息发布会 （19:30-20:40）**	

注释：			
	主题一：生物演变与环境 ⇒ 专题1~8	主题四：深部过程与行星循环⇒专题24~29	圆桌会议
	主题二：海洋与气候⇒专题9~16, 36	主题五：深海资源与地质灾害⇒专题30~33	
	主题三：生物地球化学循环⇒专题17~23	主题六：科普和教育⇒专题35	
	* 该主题的作者需在场时间；所有展板都展出三天。		

第五届地球系统科学大会日程

口头报告				
7月2日 上午 08:30~11:50				
分会场 1（302A号厅）				7月2日上午
专题32：现代深海热液系统：物质循环与资源效应　主持人：陶春辉、韩喜球、周怀阳				
08:30-08:45	S32-O-01	Microstructural characterization of zinc sulfides from modern seafloor hydrothermal systems and its constraints on Au-Ag enrichment mechanisms (邀请报告)	孙晓明	中山大学
08:45-09:00	S32-O-02	Mineralogical and chemical signatures of metalliferous sediments in Wocan Hydrothermal Field on the slow spreading Carlsberg Ridge, Indian Ocean: Implication for past hydrothermal activities.	Popoola S. Olatunde	国家海洋局第二海洋研究所
09:00-09:15	S32-O-03	西南印度洋洋中脊表层沉积物地球化学特征及其热液活动指示意义	张霄宇	浙江大学
09:15-09:30	S32-O-04	洋中脊拆离断层演化过程对扩张中心迁移的影响研究	范庆凯	北京大学
09:30-09:45	S32-O-05	辉石和尖晶石对橄榄石蛇纹石化速率的影响	黄瑞芳	南方科技大学
09:45-10:00	S32-O-06	西南印度洋多金属硫化物合同区资源勘查与评价进展	陶春辉	国家海洋局第二海洋研究所
10:00-10:20		茶歇		
专题05：陆生植物演化对地球系统的影响：多学科的整合研究　主持人：冯卓、徐洪河				
10:20-10:35	S05-O-01	欧亚大陆渐新世古气候时空演变及其驱动因子 ——基于植物大化石和气候模型的综合分析（邀请报告）	星耀武	中科院西双版纳热带植物园
10:35-10:50	S05-O-02	Silurian-Devonian terrestrial revolution in South China: An integrative review of the taxonomy and diversity of early vascular plants	薛进庄	北京大学
10:50-11:05	S05-O-03	福建水竹洋泥炭正构烷烃分布特征及其来源分析	王新欣	云南大学
11:05-11:20	S05-O-04	Recognition of palaeosols in Late Devonian from northwest China	郭雪莲	兰州大学
11:20-11:35	S05-O-05	2.8亿年前的淀粉化石揭示了复杂的早期动植物互利共生现象	刘锋	中科院南京地质古生物研究所
11:35-11:50	S05-O-06	四足动物支系起源与早期演化研究	卢静	中科院古脊椎动物与古人类研究所

口头报告				
7月2日 上午 08:30~11:50				
分会场 2(302B号厅）				7月2日上午
专题02：深时重大气候转折期的生物与环境演变（一）　主持人：朱茂炎				
08:30-08:45	S02-O-01	海洋生物地球化学循环导致了Marinoan冰期的发生（邀请报告）	沈冰	北京大学
08:45-09:00	S02-O-02	“Boring Billion”时期的增氧事件：以华北中元古代~1.56 Ga高于庄组为例	汤冬杰	中国地质大学（北京）
09:00-09:15	S02-O-03	Zn geochemical cycling in a phosphorus-rich ocean during the early Ediacaran	樊海峰	中科院地球化学研究所
09:15-09:30	S02-O-04	华北中元古界高于庄组脉冲式增氧事件及真核生物多细胞化	尚墨翰	中国地质大学（北京）

09:30-09:45	S02-O-05	华南新元古代大塘坡组Mo–U富集特征及其古环境指示意义	叶云涛	中国石油勘探开发研究院
09:45-10:00	S02-O-06	天文驱动的埃迪卡拉纪早期的气候变化	睢瑜	中国地质大学（武汉）
10:00-10:20		茶歇		
专题02：深时重大气候转折期的生物与环境演变（二）　主持人：王向东				
10:20-10:35	S02-O-07	海水锶–碳同位素对晚古生代大冰期的启示（邀请报告）	陈吉涛	中科院南京地质古生物研究所
10:35-10:50	S02-O-08	奥陶-志留系之交HICE事件是否等时？	李超	中科院南京地质古生物研究所
10:50-11:05	S02-O-09	泥盆纪古气候演化历史及其背后的控制因素	陈波	中科院南京地质古生物研究所
11:05-11:20	S02-O-10	泥盆纪温室气候与石炭-二叠纪冰室气候转折期的 生物礁生态系统演变	要乐	中科院南京地质古生物研究所
11:20-11:35	S02-O-11	华南晚泥盆世弗拉斯阶-法门阶碳酸盐岩中地球化学信号的再认识	崔一鑫	北京大学
11:35-11:50	S02-O-12	华南石炭纪~34 Myr天文年代标尺的建立	吴怀春	中国地质大学（北京）

口头报告				
7月2日 上午 08:30~11:50				
分会场 3（305A号厅）				7月2日上午
专题03：青藏高原新生代生物多样性演变与古环境变化（一）　主持人：邓涛				
08:30-08:45	S03-O-01	青藏高原新生代植物化石的新发现及其生物地理学意义（邀请报告）	周浙昆	中科院西双版纳热带植物园
08:45-09:00	S03-O-02	孢粉记录限定的青藏高原晚始新世-渐新世期间的隆升	吴福莉	中科院青藏高原研究所
09:00-09:15	S03-O-03	始新世东亚气候与亚洲内陆干旱化模拟研究	李香钰	中科院大气物理研究所
09:15-09:30	S03-O-04	可可西里盆地早新生代中晚期孢粉记录初步结果	苗运法	中科院寒区旱区环境与工程研究所
09:30-09:45	S03-O-05	云南东南部马关早中新世植物群的初步研究	贾林波	中科院昆明植物研究所
09:45-10:00	S03-O-06	藏南渐新世最晚期冈仁波齐植物群及古海拔重建	史恭乐	中科院南京地质古生物研究所
10:00-10:20		茶歇		
专题03：青藏高原新生代生物多样性演变与古环境变化（二）　主持人：周浙昆				
10:20-10:35	S03-O-07	喜马拉雅-青藏高原贝壳化石二元同位素(clumped isotope)测温法的分析研究（邀请报告）	王杨	暨南大学
10:35-10:50	S03-O-08	藏北化石攀鲈(鲈形超目，攀鲈目)的发现提供迷鳃鱼类亚-非间断分布新解释	吴飞翔	中科院古脊椎动物与古人类研究所
10:50-11:05	S03-O-09	青藏高原新生代哺乳动物群中奇蹄类与偶蹄类的消长关系	邓涛	中科院古脊椎动物与古人类研究所
11:05-11:20	S03-O-10	芒康卡均植物群E/O界线后生物多样性变化及其讨论（邀请报告）	邓炜煜东	中科院西双版纳热带植物园
11:20-11:35	S03-O-11	青海共和盆地与河北泥河湾盆地早更新世动物群对比	同号文	中科院古脊椎动物与古人类研究所
11:35-11:50	S03-O-12	高原南部支链GDGTs的古高度指示意义	白艳	中科院青藏高原研究所

口头报告				
7月2日 上午 08:30~11:50				
分会场 4（305B号厅）				7月2日上午
专题07：中国地貌前沿科学问题专题系列研讨——大河水系的形成、演化与过程（一） 主持人：周力平、黄河清				
08:30-08:45	S07-O-01	River capture between the Dadu and Anning Rivers at ~3 Ma, eastern Tibetan Plateau（邀请报告）	杨蓉	浙江大学
08:45-09:00	S07-O-02	构造地貌控制青藏高原北缘10 Ma的沉积特征变化	张涛	中科院青藏高原研究所
09:00-09:15	S07-O-03	雅鲁藏布江大峡谷冰川坝发育及在维护青藏高原边缘稳定性中的有限作用	王萍	中国地震局地质研究所
09:15-09:30	S07-O-04	洞穴沉积埋藏年龄揭示金沙江河流演化特征	刘静	中国地震局地质研究所
09:30-09:45	S07-O-05	金沙江第一湾末次冰期以来河流阶地及堰塞湖发育	胡钢	中国地震局地质研究所
09:45-10:00	S07-O-06	长江上游河流沉积物宇生核素年代学及地貌演化意义	刘彧	中科院地球化学研究所
10:00-10:20		茶歇		
专题07：中国地貌前沿科学问题专题系列研讨——大河水系的形成、演化与过程（二） 主持人：冯兆东、周力平				
10:20-10:35	S07-O-07	青藏高原隆起过程与亚洲大地貌形成对大型水系发育和环境格局形成的控制（邀请报告）	方小敏	中科院青藏高原研究所
10:35-10:50	S07-O-08	中更新世以来的新构造运动和气候变化的耦合对黄河、长江流域地貌演化的影响	张信宝	中科院成都山地灾害与环境研究所
10:50-11:05	S07-O-09	西宁盆地晚新生代河湖相沉积时间界定及其后的阶地地貌演化	张伟林	中科院青藏高原研究所
11:05-11:20	S07-O-10	宇生核素埋藏年代法测定的青藏高原东缘河流第四纪下切速率	赵志军	南京师范大学
11:20-11:35	S07-O-11	长江沉积记录揭示的河系演化格局：河口海岸学国家重点实验室近期研究进展	高抒	华东师范大学
11:35-11:50	S07-O-12	古堰塞湖的重建方法	刘维明	中科院、水利部成都山地灾害与环境研究所

口头报告				
7月2日 上午 08:30~11:50				
分会场 5（307号厅）				7月2日上午
专题14：大陆边缘跨尺度的源汇过程、物质循环、物理-生地化耦合与环境记录（一） 主持人：石学法、杨守业				
08:30-08:45	S14-O-01	扬子浅滩的成因与年龄	刘健	青岛海洋地质研究所
08:45-09:00	S14-O-02	岩石学及地球化学约束闽江入海沉积物的源区及输运过程	简星	厦门大学
09:00-09:15	S14-O-03	东海陆架“源-汇”系统：从季节到千年，从流域到陆架	胡邦琦	青岛海洋地质研究所
09:15-09:30	S14-O-04	东海内陆架泥质区的两种沉积过程：季风沉积和风暴沉积	范德江	中国海洋大学
09:30-09:45	S14-O-05	河流羽状流与陆架高盐水入侵共同作用下潮汐应变产生的对流与泥沙再悬浮新机制	吴加学	中山大学
09:45-10:00	S14-O-06	水系沉积物$^{234}U/^{238}U$比值的影响因素及其在示踪沉积物“源—汇”过程中的应用	李超	同济大学
10:00-10:20		茶歇		

专题14：大陆边缘跨尺度的源汇过程、物质循环、物理-生地化耦合与环境记录（二） 主持人：刘健、刘敬圃				
10:20-10:35	S14-O-07	全新世气候事件在浅海和半深海细粒沉积中的记录---以东海为例	李安春	中科院海洋研究所
10:35-10:50	S14-O-08	泰国湾全新世以来古环境重建	乔淑卿	国家海洋局第一海洋研究所
10:50-11:05	S14-O-09	Sedimentary archive on another significant potential source in the South China Sea	刘建国	中科院南海海洋研究所
11:05-11:20	S14-O-10	渤海湾约6 kyr BP以来的水下三角洲进积系统结构与三维形态：全新世黄河水下三角洲演化	刘世昊	国家海洋局第一海洋研究所
11:20-11:35	S14-O-11	韩国西海岸带地区全新世相对海平面变化记录	宋兵	中科院南京地理与湖泊研究所
11:35-11:50	S14-O-12	ENSO-like modulated East Asian monsoon precipitation since 2.36 Myr	于兆杰	中科院海洋研究所

口头报告				
7月2日 上午 08:30~11:50				
分会场 6（3M1A号厅）				7月2日上午
专题09：南北两半球气候的不对称演化（一） 主持人：程海				
08:30-08:45	S09-O-01	不同时间尺度上两半球气候的不对称演变及其影响	郭正堂	中科院地质与地球物理研究所
08:45-09:00	S09-O-02	Understanding the Mid-Brunhes Transition in surface and oceanic climates based on model simulations（邀请报告）	尹秋珍	Catholic University of Louvain
09:00-09:15	S09-O-03	黄土记录的冰期-间冰期相互转换期南北半球的相互作用	李高军	南京大学
09:15-09:30	S09-O-04	Astronomically forced carbon cycles variations and climate changes during the Late Pleistocene-Holocene	黄春菊	中国地质大学（武汉）
09:30-09:45	S09-O-05	南北半球温度对印度夏季风的“竞争性”调控模式	杨小强	中山大学
09:45-10:00	S09-O-06	DO旋回时期表层海温梯度差对平流层-对流层交换的影响和南北极温度的差异演化	耿雷	中国科学技术大学
10:00-10:20		茶歇		
专题09：南北两半球气候的不对称演化（二） 主持人：郭正堂				
10:20-10:35	S09-O-07	赤道东太平洋IODP-U1337站0-16Ma底栖有孔虫氧、碳稳定同位素记录及其古海洋学意义（邀请报告）	田军	同济大学
10:35-10:50	S09-O-08	渐新世-中新世边界的快速温室气候-冰室气候转化（邀请报告）	张一歌	Texas A&M University
10:50-11:05	S09-O-09	中中新世轨道尺度上冰盖和碳循环的关系	马小林	同济大学
11:05-11:20	S09-O-10	Dominant 100,000-year precipitation cyclicity in a late Miocene lake from northeast Tibet	聂军胜	兰州大学
11:20-11:35	S09-O-11	Intense cooling and aridification of continental Asia during Antarctic glaciation 33.7 million years ago	敖红	中科院地球环境研究所
11:35-11:50	S09-O-12	成壤过程中反铁磁性赤铁矿生成的主控气候要素	高新勃	中科院地质与地球物理研究所

口头报告				
7月2日 上午 08:30~11:50				
分会场 7（3M5号厅）				7月2日上午

专题17：跨时间尺度的南海碳循环（一）　主持人：翦知湣、戴民汉				
08:30-08:45	S17-O-01	寡营养盐海区上层碳和营养盐的通量与海气CO_2交换（邀请报告）	戴民汉	厦门大学
08:45-09:00	S17-O-02	新近纪以来的全球海洋有机碳埋藏（邀请报告）	张一歌	Texas A&M University
09:00-09:15	S17-O-03	末次冰期旋回南海深层水碳酸盐化学变化及其对碳循环的指示意义	万随	中科院南海海洋研究所
09:15-09:30	S17-O-04	南海浮游生物群落对生物泵的调控作用	黄邦钦	厦门大学
09:30-09:45	S17-O-05	黑潮入侵溶解有机碳在南海的迁移和转化机制研究	李骁麟	厦门大学
09:45-10:00	S17-O-06	南海深部微生物参与碳转化过程和机制的一点认识	王风平	上海交通大学
10:00-10:20		茶歇		
专题17：跨时间尺度的南海碳循环（二）　主持人：陈建芳、焦念志				
10:20-10:35	S17-O-07	海洋氮循环与黑暗碳固定	张瑶	厦门大学
10:35-10:50	S17-O-08	利用氨基酸同位素特征评估河口有机碳的来源及其降解水平	唐甜甜	厦门大学
10:50-11:05	S17-O-09	南海和西太平洋溶解有机质产生、储存和交换的光谱示踪研究	郭卫东	厦门大学
11:05-11:20	S17-O-10	南海晚中新世以来沉积物生物地球化学过程	陈毅凤	中科院广州地球化学研究所
11:20-11:35	S17-O-11	末次冰期以来南海碳酸盐系统的不变性以及其对西太平洋碳酸盐系统的意义	罗一鸣	中山大学
11:35-11:50	S17-O-12	培养条件下底栖有孔虫对pH变化的响应：经典方法和分子方法的非耦合结果	类彦立	中科院海洋研究所

口头报告				
7月2日 上午 08:30~11:50				
分会场 8（3M1B号厅）				7月2日上午
专题20：陆地生态系统碳氮水循环及其耦合对全球变化的响应（一）　主持人：牛书丽				
08:30-08:45	S20-O-01	陆地生态系统碳氮水循环及其耦合过程的生物调控机制研究（邀请报告）	于贵瑞	中科院地理科学与资源研究所
08:45-09:00	S20-O-02	陆地生态系统硅-碳耦合生物地球化学循环	宋照亮	天津大学
09:00-09:15	S20-O-03	全球生态系统碳通量空间格局及其生物地理学机制	陈智	中科院地理科学与资源研究所
09:15-09:30	S20-O-04	外源营养输入对生态系统碳-氮-磷耦合模型参数的不确定分析	周旭辉	华东师范大学
09:30-09:45	S20-O-05	全球陆地生态系统水通量空间格局及其形成机制	郑涵	中科院地球环境研究所
09:45-10:00	S20-O-06	普适性陆地生态系统生产力模型	王焓	清华大学
10:00-10:20		茶歇		
专题20：陆地生态系统碳氮水循环及其耦合对全球变化的响应（二）　主持人：牛书丽				
10:20-10:35	S20-O-07	中国氮素流动分析方法指南（邀请报告）	蔡祖聪	南京师范大学
10:35-10:50	S20-O-08	森林植物硝酸根有效性和利用机制	刘学炎	天津大学

10:50-11:05	S20-O-09	陆地碳氮耦合过程的模拟及其不确定性溯源	夏建阳	华东师范大学
11:05-11:20	S20-O-10	基于地面和遥感观测的全球大气氮干沉降评估	贾彦龙	河北农业大学
11:20-11:35	S20-O-11	基于涡度相关观测的中国陆地生态系统水分利用效率时空变异研究	朱先进	沈阳农业大学
11:35-11:50	S20-O-12	Leaf Area Index identified as a major source of variability in modelled CO_2 fertilization	李倩玉	清华大学

第五届地球系统科学大会日程

午餐-展板报告				
7月2日 12:00~14:00				
主题一、三				
专题2~8, 17~23				
专题02：深时重大气候转折期的生物与环境演变				
S02-P-01	《人工洋流的地球工程控制论、技术与战略》	吕怀民	珠海市教育局高教科	
S02-P-02	波罗的海地区志留纪兰多维列世牙形动物物种多样性	陈中阳	中科院南京地质古生物研究所	
S02-P-03	埃迪卡拉纪扬子地台次氧化水体的时空演变	魏昊明	中国地质大学（北京）	
S02-P-04S	华南新元古代大塘坡组Mo–U富集特征及其古环境指示意义	叶云涛	中国石油勘探开发研究院	
S02-P-05	寒武纪早期海洋有机质沉降与海洋氧化	程猛	中国地质大学（武汉）	
S02-P-06	藏南定日地区白垩纪末期—古近纪早期钙质超微化石组合及其地层和古海洋学意义	姜仕军	暨南大学	
专题03：青藏高原新生代生物多样性演变与古环境变化				
S03-P-01S	Magnetostratigraphic dating of the Linyi Fauna and implications for sequencing the mammalian faunas on the Chinese Loess Plateau	邱亚会	西北大学；中科院地球环境研究所	
专题04：泛第三极地区的古人类活动与环境变化				
S04-P-01	中晚全新世河西走廊环境突变事件对丝路文明演化的影响	董广辉	兰州大学	
S04-P-02S	丝绸之路东段新石器晚期-青铜时代农业和冶金活动对环境的影响	张山佳	兰州大学	
S04-P-03	1860年以来博斯腾湖碳沉积过程演变研究	于志同	北京师范大学	
S04-P-04	Study of modern pollen distribution in the northeastern Indian and their application to paleoenvironment reconstruction	罗传秀	中科院南海海洋研究所	
S04-P-05S	Anthropogenic alternation of natural vegetation process began thousands of years ago in southern China	程仲景	同济大学	
S04-P-06S	黄河上游官亭盆地喇家遗址黑砂成因物源探析	潘振	南京师范大学	
S04-P-07S	青海门源黄土的成因及其对青藏高原东北部冰期荒漠化的指示	戴高文	中国地质大学（武汉）	

S04-P-08	孢粉记录重建的青藏高原全新世季风事件	唐领余	中科院南京地质与古生物研究所
专题05：陆生植物演化对地球系统的影响：多学科的整合研究			
S05-P-01	解密最古老树木的生长模式	徐洪河	中科院南京地质古生物研究所
S05-P-02	华南泥盆纪楔叶类植物研究进展	黄璞	中科院南京地质古生物研究所
S05-P-03	华北及附近地块二叠纪—三叠纪陆生维管植物多样性演变：灭绝后的缓慢复苏	熊聪慧	兰州大学
S05-P-04S	Belowground rhizomes and roots in waterlogged paleosols: examples from the Middle Jurassic of Beijing, China	刘璐	北京大学
S05-P-05S	重建陆生维管植物演化初期的大陆风化强度	黄天正	北京大学
S05-P-06S	广翅蛩在华南地区的新发现	雷晓洁	中科院南京地质古生物研究所
S05-P-07S	Fossil wood, a unique window into the deep time terrestrial ecosystems	韦海波	云南大学
S05-P-08	浙江嵊州西白山表土花粉的初步研究	郝秀东	广西师范学院
S05-P-09S	广西、云南早泥盆世几种工蕨类植物化石新观察	汪瑶	中科院南京地质古生物研究所
S05-P-10S	云南、湖南中泥盆世石松类植物化石新认识	马嘉欣	中科院南京地质古生物研究所
S05-P-11	Paleovegetation inferred from the carbon isotope composition of long-chain nalkanes in lacustrine sediments from the Song-nen Plain, northeast China	魏志福	中科院地质与地球物理研究所 兰州油气资源研究中心
专题06：农业与文明的起源与发展：环境影响与人类适应			
S06-P-01	冰消期夏季风的增强有利于东亚西北生态脆弱区蜗牛生物多样性的增加	董亚杰	中科院地质与地球物理研究所
S06-P-02	中国科学院地质地球所植硅体研究进展	吕厚远	中科院地质与地球物理研究所
S06-P-03S	广富林遗址孢粉记录的中晚全新世植被变化	唐亮	华东师范大学
S06-P-04	泥河湾盆地土壤铁氧化物特征及其发生学意义研究	董进	中国地质科学院地质研究所
S06-P-05S	现代稻田表土植硅体研究及应用	郇秀佳	中科院地质与地球物理研究所
S06-P-06S	天池火山口湖沉积物记录的中国东北地区晚全新世降水最大期	刘孝艳	中国科学技术大学
S06-P-07S	末次冰消期以来良渚地区地貌演化	凌光久	南京师范大学
S06-P-08S	运城盐湖钻孔所揭示的末次冰消期以来黄土高原地区高分辨率环境气候信息	王建	中科院古脊椎动物与古人类研究所
S06-P-09S	河西走廊地区晚全新世植被环境及人类活动的木炭化石记录	沈慧	中科院古脊椎动物与古人类研究所
S06-P-10S	河姆渡遗址发育与废弃的环境背景研究	曹叶婷	南京师范大学
S06-P-11S	浙江田螺山遗址6.5cal ka BP以来的古环境背景分析	黄宪荣	南京师范大学
S06-P-12S	长江中游末次冰消期以来水热演化与人类活动响应	刘红叶	中国地质大学（武汉）
S06-P-13S	太湖竺山湾表层沉积物中POPs和重金属的含量及风险评估	孙恬	南京师范大学

S06-P-14S	余姚河姆渡地区全新世火-植被-气候-人类活动的黑碳沉积记录	庞洋	南京大学
S06-P-15	双泊河流域晚更新世晚期以来环境演变与人地关系研究	任小林	中科院地质与地球物理研究所
S06-P-16	东亚全新世古地磁场长期变特征及其在河姆渡遗址相对定年中的应用	郑妍	中科院古脊椎动物与古人类研究所
S06-P-17S	7.5~7.0 cal ka BP气候事件区域表现特征及其驱动机制	侯梅	中科院地理科学与资源研究所
S06-P-18	5.5cal ka BP气候事件与中国复杂社会产生和农业活动强化	吴文祥	中科院地理科学与资源研究所
S06-P-19S	长江下游江浙地区史前稻作土地利用定量重建	喻杰	中科院地质与地球物理研究所
S06-P-20S	建湖剖面揭示的苏北平原中全新世海陆变迁历史	成玥	南京师范大学
S06-P-21S	末次冰消期晚期广西独山洞遗址周边植被特征	杨庆江	中科院古脊椎动物与古人类研究所
S06-P-22S	东北地区沼泽泥炭地表层孢粉与植被和气候关系的初步研究	唐天意	南京大学
S06-P-23S	古人类用火研究及其进展	胡圆峰	南京大学
专题07：中国地貌前沿科学问题专题系列研讨——大河水系的形成、演化与过程			
S07-P-01	中国地貌学在地球系统科学发展中的机遇与挑战	周力平	北京大学
S07-P-02	湘江下游河床沉积物元素地球化学特征	彭渤	湖南师范大学
S07-P-03S	洞庭湖“四水”入湖河床沉积物微量元素地球化学特征	方小红	湖南师范大学
S07-P-04	黄河下游和河口地貌形态发育对水文过程的响应	黄河清	中科院地理科学与资源研究所
S07-P-05	Aeolian-fluvial interactions in dryland environments: ev-idence from particle size distribution of dune, gobi and river sediments in the western Alashan Plateau, NW China	朱秉启	中科院地理科学与资源研究所
S07-P-06S	Testing contrasting models of formation of the Yellow River using heavy-mineral data from the Yinchuan Basin drill core	王钊	兰州大学
S07-P-07	The three gorges area and the linking of the upper and middle reaches of the Yangtze River	王节涛	中国地质调查局武汉地质调查中心
S07-P-08S	大渡河中下游河流阶地序列及其对山体隆升的响应	成然	辽宁师范大学
S07-P-09	临夏盆地东部晚上新世风尘沉积与该区地貌演化及古环境重建	昝金波	中科院青藏高原研究所
S07-P-10S	黄河源地区的地貌特征及其对上游河谷演化历史的启示	赵卿宇	中国地质大学（武汉）
S07-P-11S	基于不同空间分辨率DEM的平原河道提取研究	耿同	中科院遥感与数字地球研究所
S07-P-12S	如何用鲜活的语言讲述晦涩的地球科学知识	冯凯龙	成都理工大学
S07-P-13	地球表层系统建模基本定理及其应用	岳天祥	中科院地理科学与资源研究所
专题08：极端事件、极端环境和人为活动对陆地表生地球化学过程和碳循环的影响			
S08-P-01	极端环境中的特殊放射性铀同位素地球化学行为	李高军	南京大学
S08-P-02S	汞同位素揭示冰川融水对高原湖泊汞的贡献	刘玉龙	中科院地球化学研究所
S08-P-03S	人为活动对镓（Ga）元素及同位素地球化学的影响	袁玮	中科院地球化学研究所

S08-P-04S	大型人为干扰河流珠江汞同位素源解析	张媛媛	中科院地球化学研究所
S08-P-05S	典型暖期条件下东亚夏季极端降水响应的模拟研究：中全新世和未来变暖的对比	任鑫	中科院地球化学研究所
S08-P-06	九华山花岗岩小流域Sr同位素的时空变化特征：来自一个完整水文年的研究	吴卫华	南京大学
S08-P-07	Vertical Motions Prior to the Intensification of Simulated Typhoon Hagupit (2008)	陈淑敏	中山大学
S08-P-08S	稳定硅同位素示踪流域风化及极端天气事件影响	赵云	同济大学
专题17：跨时间尺度的南海碳循环			
S17-P-01	南海沉降颗粒物再生对深层水化学参数的贡献	陈建芳	国家海洋局第二海洋研究所
S17-P-02	南海北部末次冰盛期以来中上层水体演化	杨艺萍	中科院南海海洋研究所
S17-P-03S	珠江口甲烷产生菌随盐度梯度的变化	陈松泽	同济大学
S17-P-04S	南海西南次海盆深部沉积物中微生物群落组成及其对天然气水合物的指示意义	刘浩东	同济大学
S17-P-05	从有机质降解到水合物的形成	张辉	中科院广州能源研究所
S17-P-06	颗石藻细胞大小与生产力对颗石同位素生命效应的控制	刘传联	同济大学
S17-P-07S	南海深部沉积物中古菌GDGTs的来源、保存及启示意义	吴伟艳	同济大学
S17-P-08S	基于深时碳收支和数值模拟机制探讨晚中新世大洋碳位移事件	杜金龙	同济大学
S17-P-09S	南海溶解氧和无机碳系统的分布特征及主要调控机制	苏锡宝	厦门大学
S17-P-10S	赤道西太平洋晚中新世大洋碳位移与颗石藻生产力的关系	李方舟	同济大学
S17-P-11S	末次冰期南海南部暴露的巽他陆架是大气碳汇？	李金澜	同济大学
S17-P-12	南海中部生物泵季节性变化与垂向结构	马文涛	国家海洋局第二海洋研究所
S17-P-13S	南海晚中新世以来颗石藻钙化作用对大气二氧化碳变化的响应	马晓旭	同济大学
S17-P-14S	Particulate Organic Carbon Export in the South China Sea under the effect of 2016 El Niño	马轶凡	厦门大学
S17-P-15	南海生源颗粒物通量对ENSO事件的非对称性响应	李宏亮	国家海洋局第二海洋研究所
S17-P-16	Deep-water Carbonate Ion Concentrations in the Western Tropical Pacific Since the Mid-Pleistocene: A Major Perturbation during the Mid-Brunhes	秦秉斌	国家海洋局第一海洋研究所
S17-P-17S	Effects of ocean acidification on the prominent cyanobacteria under phosphorus deficiency	叶幼亭	厦门大学
S17-P-18S	The interrelationship between cell size, cellular cadmium and cadmium-carbonic anhydrase in marine diatoms	李伟英	厦门大学
S17-P-19	用溶解氧同位素（$\delta^{17}O$,$\delta^{18}O$）来洞悉海洋生产力和氧亏损：以南海陆坡L07站为例	朱卓毅	华东师范大学
专题18：氮的生物地球化学：从现代过程到历史记录			
S18-P-01	晚第四纪冰期旋回中南海的氮循环	贾国东	同济大学

S18-P-02S	Effects of sea animal colonization on the coupling between dynamics and activity of soil ammonia-oxidizing bacteria and archaea in maritime Antarctica	王晴	中国科学技术大学
S18-P-03S	Temperature plays a crucial role in regulating nitrogen removal and associated N_2O release in temperate sediments	谭萼辉	厦门大学
S18-P-04S	南海西部晚第四纪多指标氮同位素记录及其古海洋学意义	李琛	同济大学
S18-P-05S	大气氧化态活性氮循环与稳定同位素研究进展	周涛	中国科学技术大学
S18-P-06S	南海亚硝极大值层形成机制	吴思琪	厦门大学
S18-P-07S	夏季珠江口氨的迁移转化过程	陈玲	厦门大学
S18-P-08	Photosynthetic Responses to Ocean Acidification and Their Relationship with Parallel Drivers	高坤山	厦门大学
S18-P-09S	珠江口沉积物微生物群落结构及地球化学作用	王文秀	同济大学
S18-P-10S	胶州湾海区MG II海洋古菌的分布与碳代谢特征探究	陶建昌	同济大学
S18-P-11S	新不列颠海沟海水中可培养细菌及其胞外酶的多样性研究	刘乾峰	同济大学
S18-P-12S	纤毛虫、聚球藻和异养细菌体系的数值模型研究	王力册	厦门大学
S18-P-13S	病毒模块优化了海洋生物地球化学模型	谢乐	厦门大学
S18-P-14S	不同粒径浮游植物生长速率对海水CO_2浓度上升的响应	张琦	厦门大学
S18-P-15	南海神狐海域储层沉积物的甲烷代谢菌	范习贝	广州海洋地质调查局
S18-P-16S	电子穿梭体石墨烯以导电桥的方式促进厌氧氨氧化耦合铁的还原过程—以红树林沉积物为研究对象	官庆松	厦门大学
专题20：陆地生态系统碳氮水循环及其耦合对全球变化的响应			
S20-P-01S	普定喀斯特关键带系统水、碳耦合过程研究	王彦伟	中科院地球化学研究所
S20-P-02	典型农业流域水系N_2O间接排放系数时空变异	秦晓波	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所
S20-P-03	土壤异养呼吸与湿度之间关系的新型过程模型	晏智锋	天津大学
S20-P-04S	川东北大气沉降中水溶态重金属元素及来源分析	潘晨光	华南师范大学
S20-P-05	中国生态系统大气氮、磷、酸沉降：动态、格局与影响因素	王秋凤	中科院地理科学与资源研究所
S20-P-06S	Big-data-big-model fusion to improve prediction of global soil carbon dynamics with Earth System Model	陶凤	清华大学
S20-P-07S	赤道东太平洋晚中新世浮游及底栖有孔虫壳体碳同位素和Cd/Ca的变化及意义	凤羽	同济大学
S20-P-08S	达里诺尔湖冰封期与非冰封期水体氢氧同位素及水化学特征分析	杜蕾	内蒙古农业大学
S20-P-09S	祁连山含水量不同的两个湿地间产甲烷菌和甲烷氧化菌群落对比	崔鸿鹏	中国地质大学（北京）
专题21：中国近海富营养化过程、生态效应及其生物地球化学循环			
S21-P-01	低纬度表层水中现生放射虫的生物生态学特征及其区域差异	张兰兰	中科院南海海洋研究所

S21-P-02	南海北部粤西冬季热锋面和下降流	刘汾汾	中山大学
S21-P-03	Ecosystem Buffering Capacity Against Eutrophication in the Pearl River Estuarine Coastal Waters	殷克东	中山大学
S21-P-04	Responses of phytoplankton communities to environmental variability in the East China Sea	柳欣	厦门大学
S21-P-05	Low Dissolved Oxygen in Pearl River Estuary in summer: long-term scale patterns, trends and ecosystem buffering capacities	李秀芹	国家海洋局南海环境监测中心
S21-P-06	沙尘沉降对中国东海和西北太平洋浮游植物群落结构的影响	张潮	中国海洋大学
S21-P-07	大连湾含甲烷气泡释放通量和主要影响因素	臧昆鹏	国家海洋环境监测中心
S21-P-08	渤海缺氧区有色溶解有机物变化研究	霍城	国家海洋环境监测中心
S21-P-09	黄河口表层沉积物有机碳、无机碳空间异质性研究	于志同	北京师范大学
S21-P-10	秦皇岛褐潮爆发海域表层沉积物的光合色素组成研究——兼论渤海褐潮爆发对沉积环境的可能影响	杨庶	山东大学
S21-P-11S	2002-2016年黄渤海颗粒有机碳时空分布	樊航	北京师范大学
S21-P-12S	氨基酸对珠江口及南海北部溶解有机物质来源和生物活性转化过程的指示作用	江鹏	厦门大学
S21-P-13	乐清湾水平离散系数的计算与分析	李佳	国家海洋局第二海洋研究所
S21-P-14S	基于卫星高度计和现场观测数据的东海跨陆架营养盐交换的时空变化研究	丁睿彬	浙江大学
S21-P-15	Response of active picoeukaryotes to the deposition of Saharan dust and European aerosols in the Eastern Mediterranean Sea	吴文学	中山大学
S21-P-16	广东汕头深澳湾硅藻群落演替及其对大型海藻龙须菜栽培的生态响应	姜仕军	暨南大学
S21-P-17	Sinking rates and export flux of transparent exopolymer particles (TEP) in an eutrophic coastal sea: the Changjiang (Yangtze River) estuary	郭术津	中科院海洋研究所
S21-P-18S	长江口有害藻华高发区叶绿素浓度时空变化特征及其影响因素分析	周钰	国家海洋局第二海洋研究所
S21-P-19S	多种时间尺度下长江口缺氧区的变化特征和机理	曹童	浙江大学
S21-P-20	长江口潮滩沉积物耗氧速率原位潮汐变化	高航	同济大学
S21-P-21	硅藻藻华引起长江口外夏季底层低氧的形成机制及东海 缺氧研究进展	王斌	国家海洋局第二海洋研究所
S21-P-22	浮游植物旺发和垂直混合对夏末长江口海表pCO_2的影响：基于浮标观测	李德望	国家海洋局第二海洋研究所
S21-P-23	Effects of prey of different nutrient quality on elemental nutrient budgets in Noctiluca scintillans	张淑雯	华南师范大学
专题22：海底流体活动的现代过程与地质记录			
S22-P-01	Foraminifera from gas hydrate-bearing sediments of the northeastern South China Sea: proxy evaluation and application for methane release activity	万随	中科院南海海洋研究所
S22-P-02	Cascadia大陆边缘水合物海岭沉积物铁组分和黄铁矿硫同位素地球化学对非稳态沉积和成岩过程的响应	刘晨晖	南京大学
S22-P-03	南海北部多金属结核成因来源及其对古洋流演变的指示意义	仲义	南方科技大学
S22-P-04	成岩作用对西藏雅鲁藏布缝合带白垩纪冷泉碳酸盐岩氧、碳和锶同位素的影响	佟宏鹏	上海海洋大学
S22-P-05	Pore water composition of methane-seep sediments from the western slope of the Mid-Okinawa Trough	徐翠玲	青岛海洋地质研究所

S22-P-06	In situ quantification of gas bubbles flux at GC600 hydrocarbon seeps in the Northern Gulf of Mexico	邸鹏飞	中科院南海海洋研究所
S22-P-07	南海北部台西南盆地冷泉区硫酸盐还原-甲烷厌氧氧化反应带研究	邬黛黛	中科院广州能源研究所
S22-P-08	Lipid biomarker patterns reflect different formation environments of mussel- and tube-worm-dominated seep carbonates from the Gulf of Mexico (Atwater Valley and Green Canyon)	管红香	中科院广州能源所
S22-P-09	Preliminary porewater geochemical results of IODP Expedition 375: Insight into fluid flow and water-rock in-teraction on the Hikurangi subduction margin	罗敏	上海海洋大学
S22-P-10	天然气水合物生成过程中乙烷分异数值模拟研究-以IODP1327站位为例	曹运诚	上海海洋大学
S22-P-11	不同冷泉区水合物聚集与甲烷渗漏的地球物理证据	王秀娟	中科院海洋研究所
S22-P-12	南海海马冷泉区流体流动样式-来自沉积物孔隙水地球化学的证据	陈多福	上海海洋大学
S22-P-13	大陆边缘流体逸散管道形成机制	骆迪	青岛海洋地质研究所
S22-P-14S	海底原油渗漏系统及冷泉碳酸盐岩研究进展	孙跃东	中科院南海海洋研究所
S22-P-15S	墨西哥湾（GC53）海底低镁方解石的地质地球化学特征及形成机制研究	黄慧文	中科院南海海洋研究所
S22-P-16	示踪冷泉活动特征的不同地球化学指标的有效性和独特性的对比研究	李牛	中科院南海海洋研究所
S22-P-17	沉积物碳-硫同位素对冷泉渗漏演化特征的指示：以南海海马冷泉为例	李牛	中科院南海海洋研究所
S22-P-18S	南海北部东沙海域天然气水合物分解事件 及其与海底滑塌的关系	黄怡	中科院南海海洋研究所
S22-P-19	南海东北部古冷泉生态系统的生物特性	陈芳	广州海洋地质调查局
S22-P-20S	泥火山的形成机制：与地震的关系探讨	钟思玲	中山大学
S22-P-21S	泥底辟/泥火山流体热力学特征及其对水合物赋存的影响	杨晓璐	中山大学
S22-P-22	南海水合物钻探区甲烷来源与水合物系统间的联系：来自孔隙水地球化学和数值模拟的限定	陈琳莹	上海海洋大学
S22-P-23S	水合物脊ODP1247站位天然气水合物藏的甲烷来源和成藏过程模拟	郑子涵	中科院广州地球化学研究所
S22-P-24	厦门湾口的海底泥火山群与古湖泊发育	刘伯然	国家海洋局第三海洋研究所
S22-P-25S	珠江口盆地番禺低凸起断层特征以及对流体运移的影响	鲁向阳	中国地质大学（武汉）
S22-P-26	南海南部BK盆地沉积物孔隙水地球化学特征及对冷泉活动的指示	冯俊熙	广州海洋地质调查局
S22-P-27	神狐海域水合物试采过程“四位一体”环境监测体系研究	董一飞	广州海洋地质调查局
S22-P-28S	南海北部陆坡冷泉区973-5岩心沉积物中微生物GDGTs组成特征	李月娇	中国地质大学（北京）
专题23：有机-无机相互作用与地球表层系统物质循环			
S23-P-01S	水热模拟实验中不同化合物对蒙脱石伊利石化影响的对比研究	杜佳宗	同济大学
S23-P-02S	泥质烃源岩成岩矿物演化特征及成岩体系划分	刘菲	同济大学
S23-P-03S	东营凹陷沙河街组泥页岩沉积环境演化与有机特征响应关系	李塬丰	同济大学
S23-P-04S	烃源岩中的有机-无机结合与差异生烃	巢前	同济大学

S23-P-05S	泥质烃源岩可溶有机质在有机质生烃过程中属性的转变——以东营凹陷古近系为例	都鹏燕	同济大学
S23-P-06S	纳米颗粒与黏土矿物相互作用的分子模拟研究：富勒烯与叶蜡石、高岭石表面的相互作用	周慧君	中科院广州地球化学研究所
S23-P-07	类腐殖质型穿梭体的生物膜促进机制	吴云当	广东省生态环境技术研究所
S23-P-08	九寨沟的碎屑钙华	王富东	西南科技大学
S23-P-09S	九-黄钙华景观震损修复型块的液相基础特性研究	党政	西南科技大学
S23-P-10S	天然有机质活性基团在粘土矿物表面络合机制的计算研究	张迎春	南京大学
S23-P-11S	晶格铝对针铁矿及其相变产物吸附磷酸根的影响	李梦雪	合肥工业大学

第五届地球系统科学大会日程

7月2日下午 14:00~15:30		**口头报告**		
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 1（302A号厅）				7月2日下午
专题25：亚洲大陆边缘的深部过程及动力机制（一） 主持人：李家彪、孙珍				
14:00-14:15	S25-O-01	综合349航次岩芯微构造和地球物理资料分析南海海盆扩张过程（邀请报告）	孙珍	中科院南海海洋研究所
14:15-14:30	S25-O-02	南海海盆洋壳内部结构及对洋壳增生过程的启示	丁巍伟	国家海洋局第二海洋研究所
14:30-14:45	S25-O-03	南海东北部岩石圈结构对南海地球动力学的制约	赵明辉	中科院南海海洋研究所
14:45-15:00	S25-O-04	南海东部海盆和西部海盆张裂机制动力学的数值模拟研究	许鹤华	中科院南海海洋研究所
15:00-15:15	S25-O-05	南海微地震噪音的成分、来源和传播	薛梅	同济大学
15:15-15:30	S25-O-06	南海东部次海盆后扩张期海山发育规模及其时空分布规律的定量分析	赵阳慧	国家海洋局第二海洋研究所

口头报告				
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 2（302B号厅）				7月2日下午
专题02：深时重大气候转折期的生物与环境演变（三） 主持人：沈树忠				
14:00-14:15	S02-O-13	High-resolution terrestrial records of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum in China（邀请报告）	陈祚伶	中科院地质与地球物理研究所
14:15-14:30	S02-O-14	Late Permian environmental changes caused by the Siberian Traps: the track recorded by biomineralization in brachiopods shells	Garbelli Claudio	中科院南京地质古生物研究所
14:30-14:45	S02-O-15	西藏大有孔虫对古新世-始新世极热事件（PETM）的响应	张清海	中科院青藏高原研究所
14:45-15:00	S02-O-16	茂名油页岩沉积有机质特征及其对古气候环境的响应	曹新星	广西师范学院
15:00-15:15	S02-O-17	山旺盆地硅藻泥页岩记录的古气候信息	蒋宗凯	山东科技大学
15:15-15:30	S02-O-18	古环境的直接记录：来自石盐流体包裹体的证据	孟凡巍	中科院南京地质古生物研究所

口头报告				
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 3（305A号厅）				7月2日下午
专题29：行星内部、表面和大气的物理与化学过程　主持人：黄金水、杨军				
14:00-14:15	S29-O-01	太阳系外行星探测与统计（邀请报告）	周济林	南京大学
14:15-14:30	S29-O-02	红矮星附近宜居性行星的臭氧层分布	胡永云	北京大学
14:30-14:45	S29-O-03	基于MCS观测数据对火星大气潮汐季节变化的研究	吴兆朋	中国科学技术大学
14:45-15:00	S29-O-04	金星表面更新与热演化：热化学地幔对流的数值模拟与应用	黄金水	中国科学技术大学
15:00-15:15	S29-O-05	Earth's core-mantle coupling: controlling the core convection via the precessing mantle	林嘉明	澳門科技大學
15:15-15:30	S29-O-06	利用MAVEN数据研究火星热层-电离层-磁层大气密度对于太阳风的响应及其机制	刘建栋	中科院上海天文台

口头报告				
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 4（305B号厅）				7月2日下午
专题07：中国地貌前沿科学问题专题系列研讨——大河水系的形成、演化与过程（三）　主持人：方小敏、周力平				
14:00-14:15	S07-O-13	黄河豫西段形成演化研究	胡振波	兰州大学
14:15-14:30	S07-O-14	河西走廊黑河水系形成演化	陈殿宝	兰州大学
14:30-14:45	S07-O-15	河套段黄河阶地发育的年代序列及其对河湖共存与黄河发育的指示意义	贾丽云	中国地质科学院地质力学研究所
14:45-15:00	S07-O-16	晋陕峡谷下游段下切历史研究及其指示意义	王俊康	北京大学
15:00-15:15	S07-O-17	早新生代古红河演化：来自思茅盆地碎屑锆石U-Pb 年代学及沉积学证据的限定	颜茂都	中科院青藏高原研究所
15:15-15:30	S07-O-18	全新世的中原黄河与中原文明—解译考古文化的水文地貌假说	冯兆东	河南大学

口头报告				
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 5（307号厅）				7月2日下午
专题22：海底流体活动的现代过程与地质记录　主持人：冯东				
14:00-14:15	S22-O-01	冷泉双壳类独立于形态学的地球化学指示标志	冯东	中科院南海海洋研究所
14:15-14:30	S22-O-02	自生黄铁矿S、Fe同位素证据对甲烷厌氧氧化过程的指示	林志勇	中山大学
14:30-14:45	S22-O-03	Geochemical characteristics of dissolved carbon in seawater affected by hydrothermal and cold seep in the Okinawa Trough, East China Sea	张现荣	青岛海洋地质研究所

14:45-15:00	S22-O-04	The origin of the oldest, extremely 13C-depleted calcite: a snowball Earth legacy（邀请报告）	彭永波	上海海洋大学
15:00-15:15	S22-O-05	中建南盆地海底流体活动地貌的地质与海洋控制	陈江欣	青岛海洋地质研究所
15:15-15:30	S22-O-06	南海天然气水合物试采环境监测进展与展望	梁前勇	中国地质调查局广州海洋地质调查局

口头报告				
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 6（3M1A号厅）				7月2日下午
专题09：南北两半球气候的不对称演化（三） 主持人：郝青振				
14:00-14:15	S09-O-13	南极冰盖活动驱动全新世千年尺度气候变化	李瀚瑛	西安交通大学
14:15-14:30	S09-O-14	巴西东北部石笋记录的末次冰期Heinrinch事件的精细内部结构及其意义	张海伟	西安交通大学
14:30-14:45	S09-O-15	南海南部50万年以来高分辨率烷烃记录：岁差调控的局地干湿变化	董良	同济大学
14:45-15:00	S09-O-16	东亚低纬地区玛珥湖沉积记录的轨道尺度古植被演化及其驱动因素	陈聪	中山大学
15:00-15:15	S09-O-17	冬季北极涛动对东亚春季沙尘的影响	刘恒	中科院地球环境研究所

口头报告				
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 7（3M5号厅）				7月2日下午
专题35：华夏山水的由来 主持人：郑洪波				
14:00-14:15	S35-O-01	华南的来历	李正祥	澳大利亚科廷大学
14:15-14:30	S35-O-02	青藏高原的形成	丁林	中科院青藏高原研究所
14:30-14:45	S35-O-03	塔克拉玛干沙漠的诞生	郑洪波	云南大学
14:45-15:00	S35-O-04	中国东部海岸平原的过去、现在和未来	李广雪	中国海洋大学
15:00-15:15	S35-O-05	西沙探源	汪品先	同济大学

口头报告				
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 8（3M1B号厅）				7月2日下午
专题33：海洋地质灾害与观测 主持人：吴时国、陆敬安				
14:00-14:15	S33-O-01	南海北部珠江口盆地第四纪海底滑坡滑动过程重建（邀请报告）	孙启良	中国地质大学（武汉）
14:15-14:30	S33-O-02	南海北部深水区地震识别的海底地质灾害研究	陈端新	中科院海洋研究所

14:30-14:45	S33-O-03	南海神狐海域SH2站位水合物开采的沉降规律研究	金光荣	中科院广州能源研究所
14:45-15:00	S33-O-04	Modern carbonate slope-basin type and platform gravity flow development model around the Xuande Atoll	白宏新	中科院深海科学与工程研究所
15:00-15:15	S33-O-05	黄河水下三角洲海底滑坡启动过程研究	贾永刚	中国海洋大学
15:15-15:30	S33-O-06	基于Labview的天然气水合物环境监测实验模拟研究	钟超	广州海洋地质调查局

口头报告				
7月2日 下午14:00~15:30				
分会场 9（3M2号厅）				7月2日下午
专题08：极端事件、极端环境和人为活动对陆地表生地球化学过程和碳循环的影响（一） 主持人：金章东				
14:00-14:15	S08-O-01	鄂尔多斯高原砂岩含水层的水文地球化学过程和碳循环研究（邀请报告）	蒋小伟	中国地质大学（北京）
14:15-14:30	S08-O-02	沉积物中代表搬运作用和化学风化作用的地球化学指针	陈惠芬	台湾海洋大学
14:30-14:45	S08-O-03	河流水化学及锶同位素研究流域化学风化通量的短期气候敏感性	苏妮	同济大学
14:45-15:00	S08-O-04	莱索托高地玄武岩化学风化初步研究	李旭明	南京大学
15:00-15:15	S08-O-05	乌江化学风化及碳动态变化对水文条件的响应	钟君	天津大学
15:15-15:30	S08-O-06	流域铀同位素对风化限制理论的启示意义	李来峰	南京大学

15:30-15:50	茶歇

第五届地球系统科学大会日程

7月2日下午 15:50~17:50	大会特邀报告		
7月2日 下午15:50~17:50			
主会场（301A号厅）			7月2日下午
大会特邀报告，主持人：陈骏			
15:50-16:20	解码地球节律：板块构造驱动力问题新认识	李正祥	澳大利亚科廷大学
16:20-16:50	深时重大气候转折期的生物与环境演变	沈树忠	中科院南京地质古生物研究所
16:50-17:20	红海深海盐卤池生态命支持系统初探	钱培元	香港科技大学
17:20-17:50	全球深水油气资源潜力分析与展望	朱伟林	同济大学/中国海洋石油总公司

7月2日晚上 19:20~21:00	“南海深部计划”集成会
7月2日 晚上 19:20~21:00 会场：302号厅，主持人：汪品先	

南海深部计划集成组组长林间、翦知湣、戴民汉汇报各集成组研究进展

第五届地球系统科学大会日程

7月3日 上午 08:30~11:50		**口头报告**		
7月3日 上午 08:30~11:50				
分会场 1（302A号厅）				7月3日上午
专题04：泛第三极地区的古人类活动与环境变化（一） 主持人：陈发虎、金鑫				
08:30-08:45	S04-O-01	史前人类向青藏高原扩散的考古学研究进展与问题（邀请报告）	张东菊	兰州大学
08:45-09:00	S04-O-02	色林错周边区域古人类活动遗存	张晓凌	中科院古脊椎动物与古人类研究所
09:00-09:15	S04-O-03	考古学视角下史前中国与东南亚的南北向文化交流	高玉	中科院青藏高原研究所
09:15-09:30	S04-O-04	藏族中国人高原适应性的遗传基础研究	金鑫	深圳华大基因股份有限公司
09:30-09:45	S04-O-05	古基因组揭示青铜时代欧亚草原人群的形成和扩张历史	王传超	厦门大学
09:45-10:00	S04-O-06	史前粟黍农业人群的大规模迁徙促进藏族人群的形成	李玉春	中科院昆明动物研究所
10:00-10:20		茶歇		
专题04：泛第三极地区的古人类活动与环境变化（二） 主持人：董广辉、侯居峙				
10:20-10:35	S04-O-07	亚洲内陆西风区和季风边缘区全新世以来的气候环境变化（邀请报告）	柳中晖	香港大学
10:35-10:50	S04-O-08	全新世青藏高原冰川消融量定量估算	侯居峙	中科院青藏高原研究所
10:50-11:05	S04-O-09	参雄尕塑遗存揭示的青藏高原腹部区域全新世人类活动	侯光良	青海师范大学
11:05-11:20	S04-O-10	新疆青铜时代晚期绿洲地区古人类的生存环境：博乐泉水沟遗址古环境研究	张俊娜	北京联合大学
11:20-11:35	S04-O-11	青藏高原东北部新石器至青铜时代先民木材利用策略及其对环境的影响	刘峰文	兰州大学
11:35-11:50	S04-O-12	青藏高原湖泊纹层孢粉记录的2000年以来 百年尺度干旱事件	崔安宁	中科院地质与地球物理研究所

口头报告				
7月3日 上午 08:30~11:50				
分会场 2（302B号厅）				7月2日上午
专题06：农业与文明的起源与发展：环境影响与人类适应（一） 主持人：张居中				
08:30-08:45	S06-O-01	云南佛洞地遗址晚更新世人类食物多样性及环境适应研究（邀请报告）	李小强	中科院古脊椎动物与古人类研究所
08:45-09:00	S06-O-02	宁绍平原田螺山遗址的环境背景和人类活动的孢粉学记录	马春梅	南京大学
09:00-09:15	S06-O-03	末次冰消期以来跨湖桥地区火历史重建及其与植被、气候、人类活动的联系	周斌	南京大学

09:15-09:30	S06-O-04	钱塘江大潮的发育及其对跨湖桥先民的影响	杨青	云南大学
09:30-09:45	S06-O-05	河姆渡文化发展中断与中全新世海平面波动	贺可洋	中科院地质与地球物理研究所
09:45-10:00	S06-O-06	长江三角洲南岸全新世地貌演化的高分辨率沉积记录	胡竹君	南京师范大学
10:00-10:20		茶歇		
专题06：农业与文明的起源与发展：环境影响与人类适应（二）　主持人：李小强				
10:20-10:35	S06-O-07	早-中全新世亚洲夏季风的剧烈波动与华夏文明演化（邀请报告）	张平中	兰州大学
10:35-10:50	S06-O-08	淮河中游地区全新世中期农业结构演替及水稻驯化历程研究	罗武宏	中国科学技术大学
10:50-11:05	S06-O-09	地形，海平面，沉积环境变化对华南及东南亚沿海地区水稻农业发展的决定性影响	马婷	中山大学
11:05-11:20	S06-O-10	黑龙江青冈地区晚更新世猛犸象-披毛犀动物群生存的环境背景研究	赵克良	中科院古脊椎动物与古人类研究所
11:20-11:35	S06-O-11	中亚阿姆河文明的农业系统及早期作物全球化	周新郢	中科院古脊椎动物与古人类研究所

口头报告				
7月3日 上午 08:30~11:50				
分会场 3（305A号厅）				7月3日上午
专题15：气候、海洋动力和人类活动驱动下的三角洲演化（一）　主持人：陈中原				
08:30-08:45	S15-O-01	对河口三角洲研究的回顾与展望（邀请报告）	宗永强	香港大学
08:45-09:00	S15-O-02	亚洲主要河口三角洲侵蚀后退的现状及原因探讨（邀请报告）	刘敬圃	美国北卡州立大学
09:00-09:15	S15-O-03	渤海湾北岸早、中全新世海平面变化	胥勤勉	中国地质调查局天津地质调查中心
09:15-09:30	S15-O-04	全新世以来珠江伶仃洋河口湾沉积地层与环境演变	吴加学	中山大学
09:30-09:45	S15-O-05	长江三角洲全新世沉积物的光释光年代学研究	年小美	华东师范大学
09:45-10:00	S15-O-06	Distribution of the vegetation on the Sundaland during the Last Glacial Maximum and the possible reasons	罗传秀	中科院南海海洋研究所
10:00-10:20		茶歇		
专题15：气候、海洋动力和人类活动驱动下的三角洲演化（二）　主持人：宗永强				
10:20-10:35	S15-O-07	Evolution of Coastal Environment and Human Adaptation in the lower Yangtze during the Holocene	刘演	华东师范大学
10:35-10:50	S15-O-08	大型河口三角洲地貌演化的数值模拟研究	郭磊城	华东师范大学
10:50-11:05	S15-O-09	The stratigraphy and sedimentary environments since the late Quaternary, south Yellow Sea and adjacent Yangtze delta regions, eastern China	殷勇	南京大学
11:05-11:20	S15-O-10	近浅海地形快速探测与地貌学研究	吴自银	国家海洋局第二海洋研究所
11:20-11:35	S15-O-11	40多年来长江口滩涂湿地存量变化及成因研究	李行	江苏师范大学
11:35-11:50	S15-O-12	晚全新世陆源花粉记录指示的人类活动与三角洲扩张	余少华	广州海洋地质调查局

口头报告				
7月3日 上午 08:30~11:50				
分会场 4（305B号厅）				7月3日上午
专题16：深海环流和物质输运的动力过程：从原位观测到地质记录（一）　主持人：徐景平 万世明				
08:30-08:45	S16-O-01	南海深海环流的动力机制：观测与诊断研究（邀请报告）	王东晓	中科院南海海洋研究所
09:00-09:15	S16-O-03	Along-slope bottom flows driven by breaking internal waves in the South China Sea（邀请报告）	谢晓辉	国家海洋局第二海洋研究所
09:15-09:30	S16-O-04	“海马冷泉”海底探查——深海潜水器联合科考	陶军	广东海洋地质调查局
09:30-09:45	S16-O-05	南海北部东沙海域内孤立波浅化与雾状层及沙丘	宋海斌	同济大学
10:00-10:20		茶歇		
专题16：深海环流和物质输运的动力过程：从原位观测到地质记录（二）　主持人：徐景平 万世明				
10:20-10:35	S16-O-06	陆缘深水区浊流与底流交互作用的过程、响应和动力学机制（邀请报告）	龚承林	中国石油大学(北京)
10:35-10:50	S16-O-07	南海北部末次冰期以来深海等深流的流速重建	王雨薇	同济大学
10:50-11:05	S16-O-08	沉积物捕获器中的南海深海颗粒物侧向运输观测证据	冉莉华	国家海洋局第二海洋研究所
11:05-11:20	S16-O-09	南海北部底层沉积物捕获器中海雪和生物粪粒组成及来源探究	高萌	北京大学
11:20-11:35	S16-O-10	北太平洋沉积物Nd同位素用于地层定年？—初步研究结果	张文防	中科院南京地理与湖泊研究所
11:35-11:50	S16-O-11	长链不饱和烯酮深海沉积动力过程与南海深海平原北部末次冰期以来UK'37时间序列的建立	张江勇	广州海洋地质调查局

口头报告				
7月3日 上午 08:30~11:50				
分会场 5（307号厅）				7月3日上午
专题21：中国近海富营养化过程、生态效应及其生物地球化学循环（一）　主持人：殷克东、陈建芳、王菊英				
08:30-08:45	S21-O-01	黄渤海颗粒有机碳、无机碳时空演变规律	王秀君	北京师范大学
08:45-09:00	S21-O-02	长江口外陆架沉积物氧化还原敏感元素富集机制与环境指示	范代读	同济大学
09:00-09:15	S21-O-03	Seasonal variability in Dissolved Inorganic Carbon and Biological Pump in the coastal northern South China Sea	张亚锋	中山大学
09:15-09:30	S21-O-04	Physical and biogeochemical controls on pH dynamics in the northern Gulf of Mexico during hypoxia season	江宗培	浙江大学
09:30-09:45	S21-O-05	A comparative study of coastal ocean hypoxia and acidification at large river dominated systems（邀请报告）	蔡卫君	University of Delaware
11:35-11:50	S21-O-06	海洋酸化生态效应：微、中尺度生态系统研究进展	高坤山	厦门大学
10:00-10:20		茶歇		

专题21：中国近海富营养化过程、生态效应及其生物地球化学循环（二） 主持人：殷克东、陈建芳、王菊英				
10:20-10:35	S21-O-07	我国近海富营养化状况的回顾与展望	王保栋	国家海洋局第一海洋研究所
10:35-10:50	S21-O-08	Hypoxia and Ecosystem Consequences around Hong Kong Waters：a Theme-based Research Scheme Project on the Eutrophication（邀请报告）	刘红斌	香港科技大学
10:50-11:05	S21-O-09	Benthic respiration exacerbates hypoxia in the coastal sea: New insights derived from 224Ra-228Th disequilibrium	蔡平河	厦门大学
11:05-11:20	S21-O-10	海洋动力过程对东海缺氧多尺度变化的作用	周锋	国家海洋局第二海洋研究所
11:20-11:35	S21-O-11	中国近海典型缺氧区分布特征及渤海缺氧区的控制机制	赵化德	国家海洋环境监测中心
11:35-11:50	S21-O-12	珠江径流对珠江口不同形态磷时空分布的影响	李瑞环	中科院南海海洋研究所

口头报告				
7月3日 上午 08:30~11:50				
分会场 6（3M1A号厅）				7月3日上午
专题10：亚欧大陆西风-季风相互作用：指标、记录与机理（一） 主持人：陈发虎				
08:30-08:45	S10-O-01	长江中游中全新世的干旱气候及其对碳循环的影响 兼论生物学代用指标的应用（邀请报告）	谢树成	中国地质大学(武汉)
08:45-09:00	S10-O-02	全新世季风-西风环流对青藏高原气候变化的交替影响	侯居峙	中科院青藏高原研究所
09:00-09:15	S10-O-03	泥炭植物纤维素稳定碳同位素记录的亚洲季风千年时间尺度的突然变化	洪冰	中科院地球化学研究所
09:15-09:30	S10-O-04	石笋记录的中亚全新世水汽演变过程（邀请报告）	蔡演军	中科院地球环境研究所
09:30-09:45	S10-O-05	中国石笋$\delta^{18}O$记录的东亚早全新世季风不稳定性和适宜期	杨勋林	西南大学
09:45-10:00	S10-O-06	中纬度东亚季风区现生蜗牛壳体碳氧稳定同位素组成在降水梯度带上的变化	盛雪芬	南京大学
10:00-10:20		茶歇		
专题10：亚欧大陆西风-季风相互作用：指标、记录与机理（二） 主持人：张旭				
10:20-10:35	S10-O-07	最近7Ma西风-冬季风演化及相互联系	孙有斌	中科院地球环境研究所
10:35-10:50	S10-O-08	中新世以来亚洲内陆古气候演变——西北太平洋风尘石英的证据	蒋富清	中科院海洋研究所
10:50-11:05	S10-O-09	腐泥层S5形成时期（MIS 5e）东地中海的河流输入	吴家望	同济大学
11:05-11:20	S10-O-10	晚中新世柴达木盆地记录的季风西风相互作用	聂军胜	兰州大学
11:20-11:35	S10-O-11	轨道尺度西风区气候变化及西风-季风相互作用的记录、模式、边界及机制研究	李国强	兰州大学

口头报告				
7月3日 上午 08:30~11:50				
分会场 7（3M5号厅）				7月3日上午

专题24：南海深部结构与岩浆演化（一） 主持人：李家彪、林间、姚伯初				
08:30-08:45	S24-O-01	南海大洋钻探与构造研究（邀请报告）	林间	中科院南海海洋研究所/美国伍兹霍尔海洋研究所
08:45-09:00	S24-O-02	南海海盆扩张晚期岩浆活动和地幔动力过程（邀请报告）	张国良	中科院海洋研究所
09:00-09:15	S24-O-03	南海北部陆缘伸展-拆离-破裂过程及其与岩浆活动的关系（邀请报告）	孙珍	中科院南海海洋研究所
09:15-09:30	S24-O-04	南海被动源OBS实验及残留洋脊地壳和岩石圈结构	杨挺	南方科技大学
09:30-09:45	S24-O-05	南海北部晚新生代岩浆活动的地震学特征	夏少红	中科院南海海洋研究所
09:45-10:00	S24-O-06	印支半岛地幔流系统对南海演化的启示	于有强	同济大学
10:00-10:20		茶歇		
专题24：南海深部结构与岩浆演化（二） 主持人：林间、李家彪、吴时国				
10:20-10:35	S24-O-07	Extensional styles of the conjugate rifted margins of the South China Sea	吴时国	中科院深海科学与工程研究所
10:35-10:50	S24-O-08	全球海洋地壳的变化特征：揭示大洋中脊与地幔热点规律	林间	中科院南海海洋研究所/美国伍兹霍尔海洋研究所
10:50-11:05	S24-O-09	南海及周边俯冲系统地幔演化三维模拟研究	周志远	中科院南海海洋研究所
11:05-11:20	S24-O-10	南海的地球动力学过程：来自地球物理和地球化学的约束	张旭博	同济大学
11:20-11:35	S24-O-11	南海西北次海盆地球物理特征及其构造意义	徐行	广州海洋地质调查局
11:35-11:50	S24-O-12	三维海底地震仪深地震探测在南海的应用与挑战	赵明辉	中科院南海海洋研究所

口头报告				
7月3日 上午 08:30~11:50				
分会场 8（3M1B号厅）				7月3日上午
专题25：亚洲大陆边缘的深部过程及动力机制（二） 主持人：郝天珧、丁巍伟				
08:30-08:45	S25-O-07	Pre-Pliocene clockwise rotation of SE Vietnam and its tectonic implications（邀请报告）	赵西西	同济大学
08:45-09:00	S25-O-08	基于XKS横波分裂的云南及周边地区各向异性研究	孔凡圣	国家海洋局第二海洋研究所
09:00-09:15	S25-O-09	龙门山和车笼埔断裂带岩石应力-温度响应特征	杨小秋	中科院南海海洋研究所
09:15-09:30	S25-O-10	下地壳强度及拉张速度对陆缘构造形成的影响	董冬冬	中科院海洋研究所
09:30-09:45	S25-O-11	西南日本火山下低频地震的时空分布：对流体迁移和岩浆活动的启示	于志腾	同济大学
09:45-10:00	S25-O-12	转换型微板块及其大地构造启示	王光增	中国海洋大学
10:00-10:20		茶歇		
专题30：深水沉积盆地与油气资源（一） 主持人：施和生、刘传联				
10:20-10:35	S30-O-01	南黄海前陆盆地特征及其中-古生代深水沉积新认识	许红	青岛海洋地质研究所
10:35-10:50	S30-O-02	南海北部深水区始新世-渐新世古海洋环境与烃源岩	刘传联	同济大学

10:50-11:05	S30-O-03	珠江口盆地裂后有序差异沉降及其地质意义	郑金云	中海石油（中国）有限公司深圳分公司
11:05-11:20	S30-O-04	文莱-沙巴盆地油气地质特征及勘探前景	刘世翔	中海油研究总院有限责任公司
11:20-11:35	S30-O-05	南海北部潮汕坳陷侏罗系沉积特征及模式	强昆生	广州海洋地质调查局
11:35-11:50	S30-O-06	南海中南部主要盆地油气地质差异性及成因机制	唐武	中海油研究总院有限责任公司

第五届地球系统科学大会日程

午餐-展板报告				
7月3日 12:00~14:00				
主题二				
专题9~16，36				
专题09：南北两半球气候的不对称演化				
S09-P-01S	海洋古气候记录集成揭示的MIS 11-MIS 10转折期全球气候变化格局及其对东亚气候的指示意义		付玉	中科院地质与地球物理研究所
S09-P-02	晚第四纪劳伦泰德冰盖与西伯利亚冰盖扩张：加拿大海盆沉积记录		董林森	国家海洋局第一海洋研究所
S09-P-03S	The link between the North Atlantic climate change and South America Monsoon system variability during the Younger Dryas event		王毛毛	西安交通大学
S09-P-04S	赤道西太平洋晚第四纪温跃层温度与 ENSO 变动		殷雅倩	同济大学
S09-P-05S	Hydroclimate change in Northwest Madagascar over the past 13 ka: Implications for the dynamics of the Inter-tropical Convergence Zone		段鹏珍	西安交通大学
S09-P-06	An interdecadal climate dipole between Northeast Asia and Antarctica over the past five centuries		方克艳	福建师范大学
S09-P-07	青藏高原东北部尖扎盆地晚中新世沉积序列反映的东亚夏季风变化		符超峰	长安大学
S09-P-08	渭河盆地东南部晚中新世古气候定量重建		赵琳	南京大学
专题10：亚欧大陆西风-季风相互作用：指标、记录与机理				
S10-P-01S	蜗牛壳体文石方解石化过程的稳定同位素组成及动力学机制		李成龙	南京大学
S10-P-02S	Astronomical forcing in Middle Pleistocene deposition in the fluvial/fan-delta Basin of Kashgar, NW China		张蕊	中国地质大学（武汉）
S10-P-03S	西太平洋深海沉积物揭示的末次冰期以来风尘记录		谢一璇	中山大学
S10-P-04S	光释光测年揭示的西藏色林错全新世湖面演化历史		侯彦冬	中科院南京地理与湖泊研究所
S10-P-05	马尔代夫海区晚第四纪颗石藻化石记录与南亚季风变化		苏翔	中科院南海海洋研究所
S10-P-06S	天山—帕米尔高原对亚洲内陆干旱气候时空分异影响的模拟研究		沙莹莹	中科院地球环境研究所
S10-P-07	Changes of climate regimes during the last millennium and the twenty-first century simulated by the Community Earth System Model		黄伟	兰州大学
S10-P-08	CCSM4.0模式下东亚季风与西风对区域沙尘循环的影响		赵鑫	中科院地球环境研究所

S10-P-09	黄土高原石笋记录的DO25季风增强事件	董进国	南通大学
S10-P-10S	晚更新世以来南海北部上层水体结构演化	王海粟	同济大学
S10-P-11S	中国北方干旱半干旱区现代花粉蒿藜比（A/C）指示降水的可靠性研究	王远	内蒙古大学
S10-P-12S	日本南海中更新世以来古海洋环境变化的磁学记录	时美楠	中国地质大学（北京）
S10-P-13S	北太平洋中部赫斯海隆(Hess Rise) 晚第四纪以来生源组分与粉尘输入的关系及其变化机制	由德方	同济大学
S10-P-14S	黄土高原西北缘最后两个冰期旋回以来记录的季风快速变化	郭飞	中科院地球环境研究所
S10-P-15S	最后两个冰期旋回以来中国黄土高分辨率多代用指标研究	王扬	中科院地球环境研究所
S10-P-16	Decoupled early Holocene summer temperature and monsoon precipitation in southwest China	吴铎	兰州大学
S10-P-17S	东亚夏季风的气候北界指标及其年际变化研究	陈婕	兰州大学
S10-P-18S	基于中印石笋记录的末次冰期气候变化研究	张帆	西安交通大学
S10-P-19S	摩洛哥西南部全新世气候变化及其与北大西洋气候的联系	沙丽娟	西安交通大学
S10-P-20	Carbonate and evaporite minerals in lake sediments: a new approach to reconstruct paleoprecipitation in northern China	姜文英	中科院地质与地球物理研究所
S10-P-21	Synchronous multi-decadal climate variability of the whole Pacific areas revealed in tree rings since 1567	方克艳	福建师范大学
S10-P-22S	新疆伊犁MIS3黄土古温度和古降雨量重建	赵世锦	中国地质大学（武汉）
S10-P-23S	岱海记录重建过去千年东亚夏季风演化	孟博文	香港大学
S10-P-24S	北疆黄土记录MIS3b时期显著的古风向和物源变化	程良清	中科院地球环境研究所
S10-P-25	High-resolution paleoclimatic records spanning the past 30 cal ka BP inferred from Qionghai Lake sediments in southwest China: Insights from geochemical investigations and grain-size characteristics	汪亘	中科院西北生态环境资源研究院
S10-P-26	对黄土高原风尘搬运动力与沉积控制因素研究新认识	王斌	陕西师范大学
S10-P-27S	A symmetrical CO_2 peak and asymmetrical climate change during the middle Miocene	季顺川	中科院地球环境研究所
S10-P-28	Holocene solar activity imprints on centennial-scale hydroclimatic oscillations in arid central Asia as seen from a stalagmite record	刘小康	北京林业大学
专题11：深海地貌及成因			
S11-P-01S	南黄海前陆盆地沉积构造特征	陶萌	青岛海洋地质研究所
S11-P-02S	基于回波强度统计特性的海底底质分类方法	理晨	武汉大学
S11-P-03S	侧扫声呐图像重建深海海底地形的方法研究	尚晓东	武汉大学
S11-P-04S	浅地层层界提取方法研究	李邵波	武汉大学
S11-P-05	国际海域海底命名的新进展	刘丽强	广州海洋地质调查局
S11-P-06	南海台西南盆地沉积物波特征及其成因机制研究	马永	国家海洋信息中心
S11-P-07	海底地名管理和服务信息系统设计与实现	李艳雯	国家海洋信息中心
S11-P-08	国际海底地名通名界定准则研究	李艳雯	国家海洋信息中心

专题12：亚洲-太平洋地区晚全新世高分辨率气候变化			
S12-P-01S	川东北石笋与600年前干旱事件	谢红霞	华南师范大学
S12-P-02S	西太平洋暖池区表层沉积物生物地球化学分布特征及其地质意义	田举	中国海洋大学
S12-P-03S	北京石花洞地区大气沉降物水溶态稀土元素季节变化特征及来源初步分析	彭小桃	华南师范大学
S12-P-04S	晚全新世太平洋东西两岸低纬度石笋记录的气候变化对比研究	陈朝军	西南大学
S12-P-05	过去2000年台湾东北部百年尺度的降水变化	常凤鸣	中科院海洋研究所
S12-P-06	长江口晚更新世地层中包体对海水入侵事件的指示	刘正华	上海自然博物馆(上海科技馆分馆)
S12-P-07	全新世以来海平面升降对琼州海峡形成演化的影响	陈亮	国家海洋局南海调查技术中心
S12-P-08	树轮记录的1850年以来哈萨克斯坦南部气候变化	张瑞波	中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所
S12-P-09S	晚中新世以来赤道东西太平洋碳酸盐沉积模式及生产力差异的探讨	冯华	同济大学
S12-P-10S	长牡蛎壳微量元素的LA-ICP-MS微区高分辨率分析	宋佳泽	同济大学
S12-P-11	首个南西伯利亚阿尔泰地区高分辨率全新世石笋古气候记录	陈又瑄	台湾大学
S12-P-12	南海北部2千年来的海表温度变化及与太阳辐射的关系	孔德明	广东海洋大学
S12-P-13	气候变化背景下秋季连阴雨对四川盆地区农业生产影响的风险评估	张菡	四川省气象局农业气象中心
S12-P-14	Sediment records of environmental changes in the south end of the Zhejiang-Fujian coastal mud area during the past 100 years	王琳淼	国家海洋局第一海洋研究所
S12-P-15	中世纪暖期和小冰期中亚干旱区与中国北部季风区降水反位相特征模拟研究	彭友兵	西安交通大学
S12-P-16S	南海黄岩岛砗磲地球化学特征在重建气候应用的初探	胡玥	中山大学
S12-P-17S	湖相沉积古DNA技术在植被重建中的应用	马瑞丰	辽宁师范大学
S12-P-18	高空西风急流对其出口区南北侧沙尘空间分布、沉降、传输的不同影响	周海波	中科院地球环境研究所
S12-P-19S	东北哈尼泥炭记录的过去13.8 cal ka BP的古气候变化	石歌	中科院地球环境研究所
S12-P-20S	全新世以来安达曼海有孔虫群落对古环境的响应	张玲芝	中科院南海海洋研究所
S12-P-21S	赣中玉华山泥炭地沉积来源的粒度端元法分析与2000aBP以来气候环境重建	尚广春	南京大学
S12-P-22	我国北方季风边缘区树轮稳定碳氧同位素的气候意义	康淑媛	中科院寒区旱区环境与工程研究所
专题13：南海珊瑚礁: 生态环境演化的新进展与新技术			
S13-P-01	珠江口水体δ98/95Mo组成特征及其分馏机制	王志兵	中科院广州地球化学研究所
S13-P-02S	近2000年南海北部海表温度变化的综合回顾与探讨	肖杭芳	中科院广州地球化学研究所
S13-P-03	冷水珊瑚礁研究进展与展望	赵美霞	中科院南海海洋研究所
S13-P-04	Seasonal variations of seawater pCO_2 and sea-air CO_2 fluxes in a fringing coral reef, northern South China Sea	严宏强	中科院南海海洋研究所

S13-P-05	放射性核素指标在珊瑚礁区沉积物中物源识别的应用	林武辉	广西大学
S13-P-06	海南岛造礁石珊瑚共生藻密度和光合效率的种间差异及季节变化特征	许莉佳	广西大学
S13-P-07	Terrestrial signal in high-resolution coral geochemical records (Ba/Ca, ^{18}O, and ^{13}C) from a tide-dominated reef environment	陈雪霏	中科院广州地球化学研究所
S13-P-08S	南海现代珊瑚$\delta^{18}O$记录的多尺度热带过程	韩韬	中科院南海海洋研究所
S13-P-09	Oil spill recorded by skeletal $\delta^{13}C$ of Porites corals in Weizhou Island, Beibu Gulf, northern South China Sea	许慎栋	广西大学
S13-P-10S	南海珊瑚礁区底栖海藻的生态影响	廖芝衡	广西大学
S13-P-11S	Biogeography of coral endosymbionts in the genus Symbiodinium in the South China Sea and its adaptive potential for climate change	陈飚	广西大学
S13-P-12S	Potential impacts of anthropogenic nutrient enrichment on coral reefs, evidence from nutrient and chlorophyll a in coral reef regions, across 9~22 ℃N latitudes of the South China Sea	郭靖	广西大学
S13-P-13	Distinct diazotroph communities associated with scleractinian corals and their potential linkages to coral adapted to special environments	梁甲元	广西大学
S13-P-14S	西沙礁底火山碎屑岩中单斜辉石地球化学特征及地质意义	李诗颖	中科院南海海洋研究所
S13-P-15S	珊瑚生长率记录的黄岩岛海域1382AD以来的SST变化	林丽芳	中科院南海海洋研究所
S13-P-16S	南沙群岛三个珊瑚礁沙洲的地貌特征	周胜男	中科院南海海洋研究所
S13-P-17S	珊瑚藻中可培养微生物多样性的研究	徐帅良	广西大学
S13-P-18S	A multidecadal ecosystem health assessment suggests potential coral reef refuge at high-latitude in warming climate (Weizhou Island, Beibu Gulf)	王永智	广西大学
S13-P-19S	基于遥感影像的南海珊瑚礁岸线稳定性评价	刘嘉鎏	广西大学
S13-P-20	珊瑚益生菌筛选及其抗病机制研究	苏宏飞	广西大学
S13-P-21S	中国南海珊瑚礁区草皮海藻覆盖度对珊瑚的潜在影响	罗海业	广西大学
S13-P-22	珊瑚中的碳酸钙沉淀诱导细菌研究	王广华	广西大学
S13-P-23S	南海不同纬度澄黄滨珊瑚群体的遗传分化特征	罗燕秋	广西大学
S13-P-24S	PAHs在南海珊瑚体内的污染水平、残留、分布特征：珊瑚组织和黏液的不同作用	韩民伟	广西大学
S13-P-25S	珊瑚Sr/Ca记录的南海中北部罗马暖期前期海温变化	江蕾蕾	广西大学
S13-P-26S	利用珊瑚生长率重建“4.2ka气候事件”西沙海域SST变化	党少华	广西大学
S13-P-27S	南沙群岛珊瑚共生微生物多样性及与热胁迫的敏感性的潜在联系	覃祯俊	广西大学
S13-P-28S	酚类污染物降解菌的筛选及降解特性研究	符浩	广西大学
S13-P-29S	海产养殖用抗生素氯化消毒副产物的生成与机理研究	盘子涵	广西大学
S13-P-30S	海产养殖水中17β-雌二醇氯化消毒副产物的生成与机理研究	邵亚男	广西大学
S13-P-31	珊瑚骨骼之月解析尺度鉛同位素测量	姚佩萱	台湾大学
S13-P-32	超临界水中不锈钢表层防腐处理及流动加速腐蚀研究	唐兴颖	广西大学
S13-P-33	我国南海造礁石珊瑚分子分类及其系统发育关系研究	韦芬	广西大学

S13-P-34	三沙永乐龙洞悬浮体与温跃层垂向分布特征研究	闫文文	国家海洋局第一海洋研究所
专题14：大陆边缘跨尺度的源汇过程、物质循环、物理-生地化耦合与环境记录			
S14-P-01	第四纪来黑潮源区不同时间尺度的沉积物源–汇过程、驱动机制及其碳循环效应	徐兆凯	中科院海洋研究所
S14-P-02	一沙一世界：东亚大陆边缘河流沉积物的源汇过程	杨守业	同济大学
S14-P-03	长江口沉积物微量元素分布特征及其生态风险评价	张霄宇	浙江大学
S14-P-04S	南黄海晚第四纪高分辨率地震层序地层与古环境演化	王丽艳	中国海洋大学
S14-P-05S	Suspended sediment distribution and its response to the Cold Water Mass evolution in the southern Yellow Sea	仲毅	中国海洋大学
S14-P-06S	3.5 Ma以来南黄海沉积物记录的黄河和长江演化历史：构造VS .气候驱动？	张晋	中科院海洋研究所
S14-P-07	1500 a 以来东海内陆架泥质沉积的重矿物组成特征及其对气候变化的指示意义	张凯棣	中科院海洋研究所
S14-P-08	江苏启东嘴潮滩稀土元素特征及物源指示意义	张云峰	盐城师范学院
S14-P-09	中国近海甲基汞循环：分布、收支及关键过程机理	李雁宾	中国海洋大学
S14-P-10S	杭州湾滨海平原新石器遗址海侵地层成因机制模拟	王硕	华东师范大学
S14-P-11S	Sedimentary excess 210Pb variability over the last 60 years and its controlling factors in the Yangtze River Estuary	孙学诗	中国海洋大学
S14-P-12S	南海北部DLW3101站位MIS 6至MIS 5时期沉积物元素地球化学特征及其古环境意义	胡哲	北京大学
S14-P-13S	宁波平原全新世以来沉积地貌演变及其对海水进退的响应	吕晔	华东师范大学
S14-P-14S	1.2 Ma以来轨道时间尺度上印度夏季风的演化——来自IODP U1456站位粘土矿物与常微量元素的证据	陈红瑾	中科院海洋研究所
S14-P-15S	湄公河三角洲沉积物输送特征	蒋亚梅	华东师范大学
S14-P-16	西太平洋134Cs的环境演变及其示踪的水体运移与混合	门武	国家海洋局第三海洋研究所
S14-P-17S	西太平洋暖池核心区新不列颠海沟有机质来源及碳酸盐含量变化	林刚	上海海洋大学
S14-P-18	南黄海西南部长江入海沉积物的物源识别及其运移机制研究	卢健	中科院海洋研究所
S14-P-19	Generation and its effect on sediment transport of the current shear front over the inner shelf of the East China Sea in winter	刘世东	中国海洋大学
S14-P-20	马里亚纳海沟深渊沉积物地球化学特征及其地质意义	庞崇进	桂林理工大学
S14-P-21	不同时间尺度下辽河三角洲沉积有机碳埋藏演化	赵广明	青岛海洋地质研究所
S14-P-22S	南海MD12-3432站沉积物主微量元素比值变化反映的古气候变化	曲华祥	北京大学
S14-P-23S	南海南部底质沉积中的浮游有孔虫和底栖有孔虫分布模式及其控制因素	殷鉴	中山大学
S14-P-24S	Effect of the Southern Yellow Sea Cold Water Mass on the distribution and composition of suspended matter in summer and autumn	李文建	中科院海洋研究所
S14-P-25S	基于磁性特征和光释光测年的长江口水下三角洲沉积物年代研究	成沁梓	华东师范大学
S14-P-26	渤海有机碳和黑碳的循环和收支初探	方引	同济大学
S14-P-27S	Li同位素在大陆风化及河流搬运过程中的地球化学行为	王晓丹	同济大学

S14-P-28S	定量评价现代河流沉积物化学风化强度	郭玉龙	同济大学
S14-P-29	黄河至少在距今880 ka前贯通入海	姚政权	国家海洋局第一海洋研究所
S14-P-30	东亚海沉积碳质颗粒物的源汇过程及环境响应	胡利民	国家海洋局第一海洋研究所
S14-P-31	苏北盆地湖泊沉积记录的近4万年来的气候变化	舒强	南京师范大学
S14-P-32	末次冰消期以来北极东西伯利亚陆架沉积作用演化及其控制因素	石学法	国家海洋局第一海洋研究所
S14-P-33	闽江口300年以来气候变化和人类活动对陆源碎屑输入的影响	赵绍华	国家海洋局第三海洋研究所
S14-P-34	东海外陆架北部晚更新世以来古三角洲沉积特征	陈珊珊	青岛海洋地质研究所
S14-P-35	四万年来孟加拉湾中部沉积物粘土矿物和Sr-Nd同位素组成：来源和气候控制	李景瑞	国家海洋局第一海洋研究所
S14-P-36S	南海北部大气和表层海水的花粉分布特征	欧阳绪红	同济大学
S14-P-37S	季节性和干旱的同时增强驱动晚中新世-早上新世以来中亚地区C4植被扩张	沈兴艳	中科院海洋研究所
S14-P-38S	7ka 以来长江流域火历史及其与气候、植被、人类的关系	裴文强	中科院海洋研究所
S14-P-39	基于多元因子影响的南扬子浅滩全新世物源时空演化研究	曹超	国家海洋局第三海洋研究所
S14-P-40S	辽东半岛东岸近海泥区悬沙浓度的时空分布及控制因素分析	艾乔	南京大学
S14-P-41S	High-resolution reconstruction of historical flood events in the Changjiang River estuary based on Sr-Nd isotopic signatures, Zr/Rb ratios and biomarkers	张瑞	中科院海洋研究所
S14-P-42S	兴化湾外近海210Pb沉积速率及校正方法探讨	王晓慧	同济大学
S14-P-43S	长江口低氧区全新世以来低氧发育的底栖有孔虫记录	任发慧	同济大学
S14-P-44S	Evolution of Grain Size and Organic Matter of Sediments from Centre South Yellow Sea since Mid-Holocene	皮仲	中科院海洋研究所
S14-P-45	全新世长江沉积物旋回过程对流域风化的影响	毕磊	同济大学
S14-P-46S	北部湾表层粘土矿物分布特征及物源研究	靳华龙	中科院海洋研究所
S14-P-47S	台湾以东海域沉积物中四醚膜脂的分布及环境指示意义	韩天伟	中国地质大学（武汉）
S14-P-48	山东半岛东部海域悬浮体分布季节变化及其冬季输送通量研究	王勇智	国家海洋局第一海洋研究所
S14-P-49S	Two-layer transport model in permeable marsh sediments visualized from $^{224}Ra/^{228}Th$ disequilibrium	史向明	厦门大学
S14-P-50S	珠江口底部沉积物输入的痕量金属通量：碱土金属元素(Ba)和氧化还原敏感元素(U、Mn和Fe)	洪清泉	厦门大学
S14-P-51S	Using $^{224}Ra/^{228}Th$ disequilibrium to quantify export fluxes of dissolved inorganic carbon (DIC) and nutrients from a sandy beach	魏琳	厦门大学
S14-P-52	南美洲新近系Orinoco三角洲大陆架及陆架边缘沉积演化	陈思	中国地质大学（武汉）
S14-P-53	台湾西南海域甲烷活动区自生性碳酸盐生成机制	余采伦	台湾大学
S14-P-54S	帕里西-维拉海盆沉积物中石英的来源及其对中更新世气候变化的响应	颜钰	中科院海洋研究所
S14-P-55	南黄海陆架区CSDP-1孔沉积物碎屑锆石U-Pb年龄物源判别	何梦颖	南京师范大学

专题15：气候、海洋动力和人类活动驱动下的三角洲演化			
S15-P-01S	珠江三角洲中部全新世微体动物群记录及环境演化	吴月琴	中山大学
S15-P-02	全新世尼罗河三角洲环境以及早期农业文明的兴衰	陈中原	华东师范大学
S15-P-03S	Response of sedimentation patterns of Faiyum Basin to climatic and hydrological changes during the Holocene	赵小双	华东师范大学
S15-P-04S	晚更新世以来沧州一带钻孔岩芯沉积环境的复原	李杨	天津师范大学
S15-P-05	全球气候变化背景下的珠江三角洲台风暴潮灾害	付淑清	广州地理研究所
S15-P-06	黄河三角洲多年海岸线动态变迁特征及演化规律	王奎峰	山东省地质科学研究院
S15-P-07S	盐城新洋港口XYG孔全新世早期以来的沉积环境演化	于晓晓	国家海洋局第一海洋研究所
S15-P-08S	利用有孔虫和稳定碳同位素等有机地化指标重建全新世珠江三角洲古环境演变	陈慧娴	中山大学
S15-P-09	孢粉记录的长江三角洲地区9-7 cal ka BP百年尺度气候变化	宋兵	中科院南京地理与湖泊研究所
S15-P-10	MIS3阶段以来长江三角洲陆-海交互地层光释光年代学研究	高磊	中科院南京地理与湖泊研究所
S15-P-11S	红河全新世三角洲沉积物磁性特征 及环境指示意义	赵旋琪	华东师范大学
S15-P-12S	西江-北江及珠江三角洲汇流区全新世泥炭腐木层时空分与环境变化	汤永杰	中山大学
S15-P-13S	长江三角洲与尼罗河三角洲全新世相对海平面重建：泥炭与泻湖沉积指标及其指示意义	姜锋	华东师范大学
S15-P-14	Clay mineralogy and source-to-sink transport processes of Changjiang River sediments in the estuarine and inner shelf areas of the East China Sea	赵一飞	南京师范大学
专题16：深海环流和物质输运的动力过程：从原位观测到地质记录			
S16-P-01	南海东部次盆IODP U1431站位上中新统重力流沉积	钟广法	同济大学
S16-P-02	冰期-间冰期环南极流强度演化和锋面迁移	郑旭峰	中科院南海海洋研究所
S16-P-03	“南海沉积物粒度国际校准计划”研究进展	黄杰	中科院海洋研究所
S16-P-04S	东海海平面变化及其对全球海水重新调整的指示（14.0-10.0 kyr BP）	董江	中科院海洋研究所
S16-P-05S	孟加拉湾YDY09孔沉积地球化学及其物源	朱珠	中科院南海海洋研究所
S16-P-06	海山绕流与海岭射流对比研究	郭斌斌	广州海洋地质调查局
S16-P-07	初探南海深水海盆浊流沉积的古海洋学意义：新近纪长尺度变化	李前裕	同济大学
S16-P-08S	南海深海潮汐的季节性变化特征及其对沉积物的作用	赵玖强	同济大学
S16-P-09	神狐水合物区陆坡滑塌沉积的钙质超微化石生物地层与沉积速率	陈芳	广州海洋地质调查局
S16-P-10S	南海东北部现代沉降颗粒通量及其对环境气候因素的响应	张靖雯	同济大学
S16-P-11S	南海深层重金属含量及来源	孙麟	浙江大学/国家海洋局第二海洋研究所
S16-P-12	南海玳瑁海山深海沉积物层面构造的原位观测	马鹏飞	同济大学
S16-P-13	定量矿物学分析方法研究-以第9届雷诺杯样品为例	李艳丽	同济大学

专题36：极地环境与气候变化			
S36-P-01S	西北冰洋末次冰消期中煤屑沉积记录及其指示的冰消期冰融水排泄事件	章陶亮	同济大学
S36-P-02S	A 7200-year record of vegetation history and its responses to climate change in Ny-Alesund, Svalbard	杨仲康	中国科学技术大学
S36-P-03S	Organic geochemical features of long chain n-alkanes and alkenones in Southern Ocean sediments and paleoclimate implication	陈新	中国科学技术大学
S36-P-04S	紫外辐射强度减弱对南极苔原温室气体通量的影响	代海涛	中国科学技术大学
S36-P-05	East Asian winter monsoon variations and their links to Arctic sea ice during the last millennium, inferred from sea surface temperatures in the Okinawa Trough	李冬玲	宁波大学
S36-P-06	白令海晚第四纪放射虫的古海洋学研究	张海峰	国家海洋局第二海洋研究所
S36-P-07	Greenland Ice Sheet and Sea Ice Change Analysis Using Multi-source Satellite Sensing Data	李荣兴	同济大学
S36-P-08S	LGM以来南极罗斯海西部有机质来源及其变化研究	宋乐慧	南京大学/国家海洋局第二海洋研究所
S36-P-09S	Reconstruction of the Western Arctic Ocean water stratification over the last 50,000 years	文浩禮	香港大学
S36-P-10	Late to middle Pleistocene Arctic glacial history implied from a sedimentary record from the Northwind Ridge	董林森	国家海洋局第一海洋研究所
S36-P-11	近800 ka以来南大洋不同海域表层温度变化差异及气候响应	李文宝	内蒙古农业大学
S36-P-12	Evidence of Arctic Ocean extended ice sheets off Alaska during the mid-Pleistocene	王嵘	国家海洋局第二海洋研究所
S36-P-13S	北欧海末次盛冰期以来的古海洋与古气候记录	洪佳俪	同济大学
S36-P-14S	中更新世以来南极气候及海洋环境对南极冰盖变化的响应	聂森艳	同济大学
S36-P-15	南极乔治王岛附近海域沉积物分布特征	王海峰	广州海洋地质调查局
S36-P-16S	后沉积作用对格林兰岛Summit积雪硝酸盐同位素季节性变化的影响	蒋壮	中国科学技术大学
S36-P-17S	The remote correlation research between precipitation of 108 stations on Qinghai-Tibet Plateau in China and Arctic Sea Ice Extent	蔡怡薇	同济大学
S36-P-18S	ICESAT/GLAS测高数据作为高程约束的南极ZY-3影像平差定位研究	龙杭	同济大学
S36-P-19	LGM热带西太平洋大型硅藻Ethmodiscus rex的$\delta^{18}O$组成	熊志方	国家海洋局第一海洋研究所
S36-P-20S	基于NAPA-CAR对北极海区碳循环过程的模拟与评估	赵伟	天津大学
S36-P-21S	NAPA高分辨率海洋-海冰模型的研究进展及初步结果	赵伟	天津大学
S36-P-22	波弗特海高压在北极海冰快速变化中的作用	马靖凯	中国海洋大学

第五届地球系统科学大会日程

7月3日下午 14:00~15:30	**口头报告**
7月3日 下午14:00~15:30	
分会场 1（302A号厅）	7月3日下午

专题25：亚洲大陆边缘的深部过程及动力机制（三） 主持人：李三忠、赵明辉				
14:00-14:15	S25-O-13	马尼拉海沟俯冲带西侧（20 ℃N -21.5 ℃N）的地壳性质——来自数值模拟的证据	马乐天	国家海洋局第二海洋研究所
14:15-14:30	S25-O-14	陆壳在马尼拉海沟仰冲引起的海山俯冲的地球动力学过程：来自数值模拟研究	程子华	浙江大学
14:30-14:45	S25-O-15	海脊正向俯冲对增生楔体构造变形的影响：物理模拟实验的启示	王春阳	国家海洋局第二海洋研究所
14:45-15:00	S25-O-16	增生型微地块的特征及成因模式：来自洋壳高原俯冲和转换边界的启示	汪刚	中国海洋大学
15:00-15:15	S25-O-17	南海北部陆缘裂后异常沉降与重力均衡之间的关系	王晓芳	中科院南海海洋研究所
15:15-15:30	S25-O-18	中朝块体与扬子块体在南黄海海域的接触关系	刘丽华	中科院地质与地球物理研究所

口头报告				
7月3日 下午14:00~15:30				
分会场 2（302B号厅）				7月3日下午
专题06：农业与文明的起源与发展：环境影响与人类适应（三） 主持人：郑洪波				
14:00-14:15	S06-O-13	中国科学技术大学生物考古实验室近年来植物考古研究进展（邀请报告）	张居中	中国科学技术大学
14:15-14:30	S06-O-14	稻作南传：时间与路线	杨晓燕	中科院青藏高原研究所
14:30-14:45	S06-O-15	植硅体分析区分黍（Panicum miliaceum）和野黍（Panicum ruderale）	张健平	中科院地质与地球物理研究所
14:45-15:00	S06-O-16	植硅体碳-14测年研究：过去、现在与未来	左昕昕	福建师范大学
15:00-15:15	S06-O-17	裴李岗文化农业的空间格局及其影响因素	王灿	河北师范大学

口头报告				
7月3日 下午14:00~15:30				
分会场 3（305A号厅）				7月3日下午
专题08：极端事件、极端环境和人为活动对陆地表生地球化学过程和碳循环的影响（二） 主持人：陈玖斌				
14:00-14:15	S08-O-07	大气污染物与冰冻圈变化： 第三极地区研究现状与未来趋势（邀请报告）	康世昌	中科院西北生态环境资源研究院
14:15-14:30	S08-O-08	黄土高原小流域填沟造地对土壤盐碱化的影响	金钊	中科院地球环境研究所
14:30-14:45	S08-O-09	大型人为干扰河流的锌同位素示踪—以珠江为例	王中伟	中科院地球化学研究所
14:45-15:00	S08-O-10	The biogeochemical cycle of B and $\delta^{11}B$ in a temperate forest ecosystem	Roux Philippe	中科院地球化学研究所
15:00-15:15	S08-O-11	筑坝对河流碳循环的影响	王宝利	天津大学
15:15-15:30	S08-O-12	Atmospheric SO_2 oxidation by NO_2 plays no role in the mass independent sulfur isotope fractionation of urban aerosols	Auyang David	中科院地球化学研究所

口头报告				
7月3日 下午14:00~15:30				
分会场 4（305B号厅）				7月3日下午
专题16：深海环流和物质输运的动力过程：从原位观测到地质记录（三） 主持人：徐景平 万世明				
14:00-14:15	S16-O-13	4Ma以来日本海古生产力演化及其与亚洲风尘输入的关系	翟俪娜	中科院海洋研究所
14:15-14:30	S16-O-14	70万年来西菲律宾海上层水体结构演化	贾奇	中科院海洋研究所
14:30-14:45	S16-O-15	第四纪以来奄美三角盆地粘土矿物对轨道尺度东亚古气候变化的响应	冯旭光	中科院海洋研究所
14:45-15:00	S16-O-16	四十万年前浙闽隆起带东段的大规模下沉：来自冲绳海槽北部的沉积学证据	赵德博	中科院海洋研究所
15:00-15:15	S16-O-17	南海中央海盆中中新世大洋红层的沉积环境和形成机制	吕璇	同济大学
15:15-15:30	S16-O-18	Long-term history of sediment inputs to the eastern Arabian Sea and its implications for the Indian summer monsoon evolution since 3.7 Ma	蔡明江	中科院海洋研究所

口头报告				
7月3日 下午14:00~15:30				
分会场 5（307号厅）				7月3日下午
专题21：中国近海富营养化过程、生态效应及其生物地球化学循环（三） 主持人：殷克东、陈建芳、王菊英				
14:00-14:15	S21-O-13	黄渤海与近岸沉积物中微生物氮循环过程研究	龚骏	中山大学
14:15-14:30	S21-O-14	海洋浮游植物生物碳汇（邀请报告）	孙军	天津科技大学
14:30-14:45	S21-O-15	海洋古菌与藻类标记化合物的共变关系及其意义	谢伟	中山大学
14:45-15:00	S21-O-16	2014-2017年南海北部三维环流场的构建及其在近海生态中的应用	来志刚	中山大学
15:00-15:15	S21-O-17	快移动热带风暴对南海西北部陆架区浮游植物浓度的影响	赵辉	广东海洋大学
15:15-15:30	S21-O-18	海洋生态动力学模型性能提升技术研究	石洪华	青岛海洋科学与技术国家实验室

口头报告				
7月3日 下午14:00~15:30				
分会场 6（3M1A号厅）				7月3日下午
专题10：亚欧大陆西风-季风相互作用：指标、记录与机理（三） 主持人：孙有斌				
14:00-14:15	S10-O-13	冰消期气候变暖过程的亚热带植被响应（邀请报告）	郑卓	中山大学
14:15-14:30	S10-O-14	江西玉华山泥炭2000aBP以来的元素地球化学记录及其气候意义	邓云凯	南京大学
14:30-14:45	S10-O-15	草褡裢湖记录的青藏高原东北部中晚全新世植被历史、降水变化及亚夏季风演化	吕飞亚	兰州大学

14:45-15:00	S10-O-16	末次冰盛期和全新世中期西风-季风模拟	田芝平	中科院大气物理研究所
15:00-15:15	S10-O-17	Climate responses to mid-Holocene Green Sahara in EC-Earth simulations	张琼	Stockholm University
15:15-15:30	S10-O-18	Structure and dynamics of the mid-Brunhes climate transition and paleoanthropological implications	敖红	中科院地球环境研究所

口头报告				
7月3日 下午14:00~15:30				
分会场 7（3M5号厅）				7月3日下午
专题24：南海深部结构与岩浆演化（三）　主持人：姚伯初、孙珍、李学杰				
14:00-14:15	S24-O-13	南海南缘构造与南海扩张	李学杰	广州海洋地质调查局
14:15-14:30	S24-O-14	南海扩张期末地幔柱-洋中脊相互作用：来自洋中脊玄武岩中的橄榄石结晶温度的证据	杨帆	中科院广州地球化学研究所
14:30-14:45	S24-O-15	南海洋陆过渡带绿片岩的矿物组成及结构特征	孙李恒	中科院南海海洋研究所
14:45-15:00	S24-O-16	南海西南次海盆岩石圈结构的地球物理--岩石学自洽模型	张文涛	中科院南海海洋研究所
15:00-15:15	S24-O-17	南沙西南部下地壳高速层成因	李凯	中国地质大学（武汉）
15:15-15:30	S24-O-18	基于重力异常的断裂属性综合剖面图	赵俊峰	中科院南海海洋研究所

口头报告				
7月3日 下午14:00~15:30				
分会场 8（3M1B号厅）				7月3日下午
专题30：深水沉积盆地与油气资源（二）　主持人：何敏、邵磊				
14:00-14:15	S30-O-07	南海中南部盆地群烃源岩特征、差异性及主控因素分析	王一博	中海油研究总院有限责任公司
14:15-14:30	S30-O-08	南海北部陆缘地壳超伸展区成盆过程与沉积环境变迁讨论 ——以珠江口盆地荔湾凹陷为例	李洪博	中海石油（中国）有限公司深圳分公司
14:30-14:45	S30-O-09	琼东南盆地构造-沉积演化	朱继田	中海油湛江分公司
14:45-15:00	S30-O-10	南海南部礼乐盆地层序地层及沉积演化特征	张道军	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
15:00-15:15	S30-O-11	南海南部北康盆地中新世碳酸盐台地结构特征及控制因素	鄢伟	广州海洋地质调查局
15:15-15:30	S30-O-12	基于联合基追踪的薄层反演方法	石战战	成都理工大学

口头报告				
7月3日 下午14:00~15:30				
分会场 9（3M2号厅）				7月3日下午
圆桌会议：地球系统进课堂				

15:30-15:50	茶歇

第五届地球系统科学大会日程

7月3日下午 15:50~17:30	**青年学者论坛**		
7月3日 下午15:50~17:30			
主会场（301A号厅）			7月3日下午
大会青年学者论坛报告	**主持人：焦念志**		
15:50-16:00	全球变暖与亚洲季风	左志燕	中国气象科学研究院
16:00-16:10	铁的生物地球化学循环控制重金属反应迁移行为的多速率模型研究	刘媛媛	南京大学
16:10-16:20	中元古代海洋真的是死气沉沉吗？——14亿年前的下马岭组告诉了我们什么	王晓梅	中国石油勘探开发研究院
16:20-16:30	低温热年代学在构造地貌学中的应用：以雅鲁藏布中段及其支流地貌演化为例	戴紧根	中国地质大学（北京）
16:30-16:40	恐龙的羽毛与鸟类羽毛的结构蛋白组成之异同	泮燕红	中科院南京地质古生物研究所
16:40-16:50	热带地区的树轮古气候研究	许晨曦	中科院地质与地球物理研究所
16:50-17:00	藻华中细菌对低分子量溶解有机质的利用转化及生态作用	汤凯	厦门大学
17:00-17:10	更新世的道尔效应与水循环演化	黄恩清	同济大学
17:10-17:20	南海：从大陆破裂到海底扩张	丁巍伟	国家海洋局第二海洋研究所
17:20-17:30	地质气象站—南海砗磲重建小时分辨率气候变化	晏宏	中科院地球环境研究所

7月3日晚上 19:30~20:40	**信息发布会**		
7月3日 晚上 19:30~20:40 会场：302号厅			
信息发布会	**主持人：林间**		
19:30-20:00	国际大陆科学钻探与松辽盆地	王成善	中国地质大学（北京）
20:00-20:20	基金委基础科学中心项目"克拉通破坏与陆地生物演化"介绍	周忠和	中科院古脊椎动物与古人类研究所
20:20-20:40	中国IODP：向前两步	翦知湣	同济大学

第五届地球系统科学大会日程

7月4日 上午 08:30~11:50	**口头报告**		
7月4日 上午 08:30~11:50			

分会场 1（302A号厅）				7月4日上午
专题11：深海地貌及成因（一）　主持人：钟广法				
08:30-08:45	S11-O-01	深海海底地形地貌测量技术现状及发展趋势（邀请报告）	赵建虎	武汉大学
08:45-09:00	S11-O-02	多波束水体影像资料处理与识别技术研究	刘胜旋	广州海洋地质调查局
09:00-09:15	S11-O-03	南海海底地貌分类及命名	朱本铎	广州海洋地质调查局
09:15-09:30	S11-O-04	以西沙海域为例初探南海珊瑚礁地貌成因	张江勇	广州海洋地质调查局
09:30-09:45	S11-O-05	西沙海域岛礁斜坡第四纪沉积地貌特征及其沉积过程	马本俊	中科院深海科学与工程研究所
09:45-10:00	S11-O-06	南海西北次海盆北缘一统峡谷海底扇裙的地震地层特征及成因	王毕文	同济大学
10:00-10:20		茶歇		
专题11：深海地貌及成因（二）　主持人：朱本铎				
10:20-10:35	S11-O-07	东沙群岛及周围海丘的成因（邀请报告）	阎贫	中科院南海海洋研究所
10:35-10:50	S11-O-08	利用ROV高清影像对九龙峡谷头部支谷沉积地貌特征初步分析	范代读	同济大学
10:50-11:05	S11-O-09	南海东北部台湾峡谷中段MIS3期以来重力流沉积发育与演化过程的微体古生物识别	周洋	广州海洋地质调查局
11:05-11:20	S11-O-10	东沙斜坡海底丘状体的特征分布与形成演化	吴婷婷	广州海洋地质调查局
11:20-11:35	S11-O-11	南海北部珠江海底扇地震地层及沉积特征	黄蝌	同济大学
11:35-11:50	S11-O-12	南沙海槽西南部大型海底滑坡的发育特征与成因研究	任金锋	广州海洋地质调查局

口头报告				
7月4日 上午 08:30~11:50				
分会场 2（302B号厅）				7月4日上午
专题12：亚洲-太平洋地区晚全新世高分辨率气候变化（一）　主持人：晏宏				
08:30-08:45	S12-O-01	东亚边缘海全新世以来的海洋环境阶段性演化	向荣	中科院南海海洋研究所
08:45-09:00	S12-O-02	长江中游晚全新世气候变化与湖沼湿地沉积响应	顾延生	中国地质大学（武汉）
09:00-09:15	S12-O-03	4.2 ka event in the Loess Plateau of China and the Great flood	谭亮成	中科院地球环境研究所
09:15-09:30	S12-O-04	Simulating 4.2ka BP event with a long-term experiment using CCSM3	严蜜	南京师范大学
09:30-09:45	S12-O-05	中国东北地区石笋记录反映4600年来的季风气候变化	李红春	台湾大学
09:45-10:00	S12-O-06	Mid- to Late-Holocene palaeohydrological variations in northern China recorded by hydrogen isotopic compositions of long-chain leaf wax n-alkanes from an alpine lake in Chinese Loess Plateau	张灿	中科院南京地理与湖泊研究所
10:00-10:20		茶歇		
专题12：亚洲-太平洋地区晚全新世高分辨率气候变化（二）　主持人：杨保				

10:20-10:35	S12-O-07	历史物候资料提取及应用	戴君虎	中科院地理资源与环境研究所
10:35-10:50	S12-O-08	Modeling of variability and mechanisms of megadroughts over the eastern China during the last millennium	宁亮	南京师范大学/马萨诸塞大学
10:50-11:05	S12-O-09	南海南沙现代砗磲壳体$\delta^{18}O$指示的大洋表层环境变化	马小林	中科院地球环境研究所
11:05-11:20	S12-O-10	1851A.D.以来北大西洋气候变率驱动的全球季风年代际变化	韩韬	中科院南海海洋研究所
11:20-11:35	S12-O-11	Persistent intensification of the Kuroshio Current during Late Holocene cool intervals	张彦成	香港大学
11:35-11:50	S12-O-12	南海北部砗磲重建MCA时期高分辨率SST	刘成程	中科院地球环境研究所

口头报告				
7月4日 上午 08:30~11:50				
分会场 3（305A号厅）				7月4日上午
专题18：氮的生物地球化学：从现代过程到历史记录（一）　主持人：贾国东、刘卫国				
08:30-08:45	S18-O-01	稳定同位素对珠江口氮生物地球化学过程的制约	叶丰	中科院广州地球化学研究所
08:45-09:00	S18-O-02	Enhanced ammonia oxidation caused by lateral Kuroshio intrusion in the boundary zone of the northern South China Sea	徐敏	厦门大学
09:00-09:15	S18-O-03	细胞模型量化分析固氮束毛藻对海洋酸化的响应	罗亚威	厦门大学
09:15-09:30	S18-O-04	Effects of Ocean Acidification on Trichodesmium IMS101 under Phosphorus Limited Condition	张福婷	厦门大学
09:30-09:45	S18-O-05	集约化小流域氮素累积迁移与调控	周建斌	西北农林科技大学
09:45-10:00	S18-O-06	硝酸盐氮、氧同位素示踪渭河流域河水中硝酸盐氮素来源与转化过程	李宇亮	长安大学
10:00-10:20		茶歇		
专题18：氮的生物地球化学：从现代过程到历史记录（二）　主持人：罗根明、贾国东				
10:20-10:35	S18-O-07	Spatially different responses of nitrogen processing to precipitation during glacial-interglacial cycles on the Chinese Loess Plateau	李志阳	广东农工商职业技术学院
10:35-10:50	S18-O-08	陆生苔藓氮利用机制的稳定同位素研究	刘学炎	天津大学
10:50-11:05	S18-O-09	East Asian Monsoon in controlling Nitrogen Biogeochemistry in the Huguangyan Maar Lake and Implication for the Reconstruction of Palaeomonsoon	陈法锦	广东海洋大学
11:05-11:20	S18-O-10	Nitrogen fixation sustained productivity in the wake of the Palaeoproterozoic Great Oxygenation Event	罗根明	中国地质大学（武汉）
11:20-11:35	S18-O-11	Marinoan冰期结束后表层海水的反硝化作用：来自峨山陡山沱组的研究	郎咸国	中科院南京地质古生物研究所
11:35-11:50	S18-O-12	早期海洋的氮循环及其对生命演化的重要意义	王丹	中国地质科学院

口头报告				
7月4日 上午 08:30~11:50				
分会场 4（305B号厅）				7月4日上午

专题01：特异埋藏化石——演化、环境与埋藏机理（一）　主持人：周忠和、朱茂炎				
08:30-08:45	S01-O-01	中晚侏罗世燕辽生物群形成的古环境和特异埋藏机制研究（邀请报告）	姜宝玉	南京大学
08:45-09:00	S01-O-02	新疆哈密翼龙动物群化石特异埋藏与集群死亡事件（邀请报告）	汪筱林	中科院古脊椎动物与古人类研究所
09:00-09:15	S01-O-03	寒武纪澄江化石库区域埋藏相特征	赵方臣	中科院南京地质古生物研究所
09:15-09:30	S01-O-04	山东莱阳鸭嘴龙动物群化石特异埋藏初步研究	张嘉良	中国地质大学（北京）
09:30-09:45	S01-O-05	陆生昆虫遗体在静水中的快速埋藏实验	田庆羿	南京大学
09:45-10:00	S01-O-06	微生物矿化与微化石识别	李金华	中科院地质与地球物理研究所
10:00-10:20		茶歇		
专题01：特异埋藏化石——演化、环境与埋藏机理（二）　主持人：周忠和、朱茂炎				
10:20-10:35	S01-O-07	埃迪卡拉纪瓮安生物群中的三胚层两侧对称动物	殷宗军	中科院南京地质古生物研究所
10:35-10:50	S01-O-08	β-角蛋白的埋藏潜力	泮燕红	中科院南京地质古生物研究所
10:50-11:05	S01-O-09	古喙鸟新标本保存了包括可能是肺在内的软组织结构遗迹	O'Connor J. Kathleen	中科院古脊椎动物与古人类研究所
11:05-11:20	S01-O-10	恐龙和鸟类化石生物矿化软组织的组化染色	Bailleul A. M. Marie	中科院古脊椎动物与古人类研究所
11:20-11:35	S01-O-11	和政地区鸟类气管化石的特异保存和指示意义	李志恒	中科院古脊椎动物与古人类研究所

口头报告				
7月4日 上午 08:30~11:50				
分会场 5（307号厅）				7月4日上午
专题23：有机-无机相互作用与地球表层系统物质循环（一）　主持人：吴柏林、蔡进功				
08:30-08:45	S23-O-01	中元古代大气氧含量和动物演化（邀请报告）	张水昌	中国石油勘探开发研究院
08:45-09:00	S23-O-02	基于蒙脱石吸附有机物的稳定性实验探讨边缘海DOC循环的意义	蔡进功	同济大学
09:00-09:15	S23-O-03	东海表层沉积物孢粉相有机质特征及其源汇差异的意义	韦海伦	同济大学
09:15-09:30	S23-O-04	有机-无机相互作用与碳酸盐岩烃源的形成与演化（邀请报告）	刘文汇	西北大学
09:30-09:45	S23-O-05	烃源岩中有机-矿物相互作用对生烃的影响及意义	朱晓军	同济大学
09:45-10:00	S23-O-06	U等无机元素对低熟烃源岩生烃的催化作用	吴柏林	西北大学
10:00-10:20		茶歇		
专题23：有机-无机相互作用与地球表层系统物质循环（二）　主持人：张水昌、蔡春芳				
10:20-10:35	S23-O-07	陡山沱组盖帽碳酸盐岩中甲烷热化学硫酸盐还原作用（邀请报告）	蔡春芳	中国科学院地质与地球物理研究所
10:35-10:50	S23-O-08	辐射生氢模拟对比实验及其对烃源岩生烃作用的影响	王文青	西北大学

10:50-11:05	S23-O-09	粘土矿物–原油界面属性的分子动力学模拟	张立虎	南京大学
11:05-11:20	S23-O-10	类腐殖质原位沉积介导的电子穿梭机制	吴云当	广东省生态环境技术研究所
11:20-11:35	S23-O-11	鄂尔多斯盆地东北部流-岩作用的近地表表达及成矿地质效应	马艳萍	西安石油大学
11:35-11:50	S23-O-12	鄂尔多斯盆地北部漂白砂岩成因探讨	张龙	西安石油大学

口头报告				
7月4日 上午 08:30~11:50				
分会场 6（3M1A号厅）				7月4日上午
专题28：大洋岩石圈从诞生到消亡的岩浆作用与物质循环（一） 主持人：张国良、鄢全树				
08:30-08:45	S28-O-01	深部地幔中保存的俯冲陆源物质：以日本北海道Horoman橄榄岩为例（邀请报告）	李毅兵	中国地质科学院地质研究所
08:45-09:00	S28-O-02	南大西洋中脊19°S地区MORB地幔源区的熔融特征	张海桃	国家海洋局第一海洋研究所
09:00-09:15	S28-O-03	加强蛇绿岩与大洋岩石圈的对比研究	刘传周	中科院地质与地球物理研究所
09:15-09:30	S28-O-04	台湾利吉中中新世蛇绿岩：南海初始俯冲及弧前扩张岩浆记录	余梦明	中科院广州地球化学研究所
09:30-09:45	S28-O-05	马里亚纳海槽中段深部岩浆演化过程研究	来志庆	中国海洋大学
09:45-10:00	S28-O-06	西太平洋加洛林洋底高原地幔源区性质及其成因	张国良	中科院海洋研究所
10:00-10:20		茶歇		
专题28：大洋岩石圈从诞生到消亡的岩浆作用与物质循环（二） 主持人：刘传周、田丽艳				
10:20-10:35	S28-O-07	Mg isotopic anomaly of the asthenosphere beneath a subducting oceanic slab: constraints from petit-spot volcano in front of Japan Trench（邀请报告）	刘佳	国家海洋局第二海洋研究所
10:35-10:50	S28-O-08	Geochemical constraints on the source of northern EPR MORBs	田丽艳	中科院深海科学与工程研究所
10:50-11:05	S28-O-09	南海扩张始于32 Ma吗？	钟立峰	中山大学
11:05-11:20	S28-O-10	吕宋岛新生代埃达克岩成因研究：对南海俯冲的制约	刘海泉	中科院广州地化所
11:20-11:35	S28-O-11	板块构造从热俯冲模式向冷俯冲模式转变的时间	刘鹤	中科院海洋研究所
11:35-11:50	S28-O-12	雅浦岛弧基岩地球化学特征对俯冲带构造演化的启示	张吉	中科院海洋研究所

口头报告				
7月4日 上午 08:30~11:50				
分会场 7（3M5号厅）				7月4日上午
专题31：非常规油气赋存特征和机理以及成藏和可采性研究（一） 主持人：姜振学、张文正				
08:30-08:45	S31-O-01	陆相低熟页岩储层孔隙结构特征及其对含油性的控制（邀请报告）	姜振学	中国石油大学（北京）

08:45-09:00	S31-O-02	页岩孔隙连通性定量表征	孙梦迪	中国地质大学（武汉）
09:00-09:15	S31-O-03	页岩油可动界限的实验研究	朱晓军	同济大学
09:15-09:30	S31-O-04	鄂尔多斯盆地长7富有机质页岩“理论可动烃”实验研究	张文正	长庆油田分公司勘探开发研究院
09:30-09:45	S31-O-05	采用相继处理表征泥页岩孔隙结构及其意义	李旭	同济大学
09:45-10:00	S31-O-06	应用成岩模拟技术探讨库车深部碎屑岩裂缝型储层的形成机理	崔京钢	中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院实验中心
10:00-10:20		茶歇		
专题31：非常规油气赋存特征和机理以及成藏和可采性研究（二）　主持人：胡钦红、蔡进功				
10:20-10:35	S31-O-07	中美典型页岩连通性和润湿性的多尺度研究（邀请报告）	胡钦红	中国石油大学（华东）
10:35-10:50	S31-O-08	甲烷分子在龙马溪组页岩干酪根中吸附特性研究	熊健	西南石油大学
10:50-11:05	S31-O-09	基于分形理论的湖相泥页岩孔隙结构评价研究	张少龙	西南石油大学
11:05-11:20	S31-O-10	富有机质页岩硅质胶结对其脆性的影响作用-以加拿大西部盆地Duvernay地层为例	董田	中国地质大学（武汉）
11:20-11:35	S31-O-11	跨越地化参数的陷阱—利用孢粉相探索烃源岩生烃能力	曾翔	同济大学
11:35-11:50	S31-O-12	油气地质样品微量烃类单分子化合物碳同位素分析技术研究	闫灿灿	中科院兰州油气资源研究中心

口头报告				
7月4日 上午 08:30~11:50				
分会场 8（3M1B号厅）				7月4日上午
专题36：极地环境与气候变化（一）　主持人：程晓，王汝建				
08:30-08:45	S36-O-01	Long term sea level change impacted by cryosphere mass balance: Antarctica, Arctic and Tibetan plateau（邀请报告）	李荣兴	同济大学
08:45-09:00	S36-O-02	基于多源卫星的海冰参数反演	徐世明	清华大学
09:00-09:15	S36-O-03	North Pacific freshwater events linked to glacial ocean circulation changes（邀请报告）	张旭	兰州大学/德国AWI极地海洋研究所
09:15-09:30	S36-O-04	Calving Front Dynamics and the drive mechanisms of Jakobshavn Glacier in recent 30 years	陈卓奇	北京师范大学
09:30-09:45	S36-O-05	Ocean circulation variability in Beaufort Gyre related to sea ice rapid change	杜凌	中国海洋大学
09:45-10:00	S36-O-06	北极海洋环境中微塑料污染研究的挑战与思考	黄清辉	同济大学
10:00-10:20		茶歇		
专题36：极地环境与气候变化（二）　主持人：李荣兴，孙波				
10:20-10:35	S36-O-07	极地地质钻探研究进展与展望（邀请报告）	王汝建	同济大学
10:35-10:50	S36-O-08	北大西洋北部全新世海冰变化及其对碳循环的影响	肖晓彤	中国海洋大学
10:50-11:05	S36-O-09	LGM早期及全新世以来的南极罗斯海西部沉积环境	韩喜彬	国家海洋局第二海洋研究所
11:05-11:20	S36-O-10	Exploring the evolution of the Western Antarctic Ice Sheet since the Neogene: An introduction of IODP EXP 374	肖文申	同济大学

11:20-11:35	S36-O-11	南极菲尔德斯半岛和阿德雷岛地区企鹅和人为活动造成的重金属污染评价	储著定	中国科学技术大学
11:35-11:50	S36-O-12	Late Quaternary dynamics of the Lambert Glacier Amery Ice Shelf System revealed by sediments off Prydz Bay (East Antarctica)	武力	同济大学

第五届地球系统科学大会日程

午餐-展板报告			
7月4日 12:00~14:00			
主题四、五			
专题24~29, 专题30-33			
专题24：南海深部结构与岩浆演化			
S24-P-01	南海南部陆缘地壳结构横向差异性：综合地球物理证据	邱宁	中科院南海海洋研究所
S24-P-02	南海西南次海盆后扩张期岩浆活动	张洁	国家海洋局第二海洋研究所
S24-P-03S	通过被动源OBS实验研究2012年东印度洋走滑大地震地区板内小地震特征	郭来银	同济大学
S24-P-04S	东印度洋盆自120 Ma以来的演化：凯尔盖朗热点对洋壳产出的影响	罗怡鸣	中科院南海海洋研究所
S24-P-05S	南海与马里亚纳海沟的海底背景噪音互相关特性对比	田晋雨	同济大学
S24-P-06S	慢速-超慢速扩张脊洋壳增生的时空变化特征	查财财	中科院南海海洋研究所
S24-P-07	南海中央海盆岩浆岩分布及其构造意义	黄文凯	广州海洋地质调查局
S24-P-08S	琼东南盆地中央坳陷带泥底辟构造发育特征及形成机制	王利杰	中科院南海海洋研究所
S24-P-09S	南海南部陆缘东南海域裂陷结束不整合面时空迁移规律及构造意义	王利杰	中科院南海海洋研究所
S24-P-10S	南海北部地壳密度结构：来自约束的三维重力反演	李海龙	国家海洋局第二海洋研究所
S24-P-11S	南海北部洋陆过渡带重磁异常及地壳减薄特征	李海龙	国家海洋局第二海洋研究所
专题25：亚洲大陆边缘的深部过程及动力机制			
S25-P-01S	深部动力过程对地球表层系统的影响-以东海陆架盆地南部中生代盆地演化为例	刘泽	中国海洋大学
S25-P-02S	鄂霍次克微板块及其附近地区构造应力场图像的有限元数值模拟研究	王少坡	中科院大学
S25-P-03S	南海最新高分辨率地壳年龄模型	管清胜	南京大学
S25-P-04	东南亚环形俯冲系统：进展、问题与挑战	李家彪	国家海洋局第二海洋研究所
S25-P-05S	跃生型微洋块：洋中脊跃迁形成的洋内微地块	孟繁	中国海洋大学
S25-P-06S	残生型微洋块：板块俯冲消减的残留部分	刘金平	中国海洋大学
S25-P-07	南海中北部闽粤滨海断裂带发育特征	徐子英	广州海洋地质调查局
S25-P-08	南海海盆百万年尺度沉积充填特征及其对海盆同扩张和后扩张期周缘构造活动的约束	殷绍如	国家海洋局第二海洋研究所

S25-P-09	东海陆架区深部地壳结构特征	卫小冬	国家海洋局第二海洋研究所
S25-P-10	西太平洋雅浦俯冲带的地形及地震结构特征	张广旭	中科院海洋研究所
S25-P-11S	南海东北部先存构造对陆缘张裂及地壳结构的影响：来自广角折射地震的证据	范朝焰	中科院南海海洋研究所
S25-P-12	华南各时代沉积岩中钨含量与地壳演化关系	刘东盛	中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所
S25-P-13S	东非莫桑比克南部大陆边缘洋陆过渡带的新证据	李赫	国家海洋局第二海洋研究所
S25-P-14S	南海南部陆缘典型区新生代沉积-沉降特征及其对构造作用的响应	方鹏高	国家海洋局第二海洋研究所
S25-P-15S	南海北部陆坡区海底峡谷地貌、沉积特征及控制因素	刘丛舒	国家海洋局第二海洋研究所
S25-P-16S	南海海盆区南北不对称性-来自RMBA的证据	丁航航	国家海洋局第二海洋研究所
S25-P-17	利用海底地震仪（OBS）远震记录研究南海西北部陆缘壳内低速结构	黄海波	中科院南海海洋研究所
S25-P-18	南海巴士海峡三维探测的OBS位置校正研究	黄海波	中科院南海海洋研究所
S25-P-19S	塞舌尔北部海台的地形地貌特征及其构造演化	苏泽国	国家海洋局第二海洋研究所
S25-P-20	古太平洋板块中生代俯冲活动与南海中生界	彭学超	广州海洋地质调查局
S25-P-21S	伊宁地块西部阿腾套山一带早石炭世赞岐质高Mg安山岩地球化学特征、岩石成因和构造启示	王祚鹏	长安大学
S25-P-22S	利用远震P波层析成像研究苏门答腊俯冲带上地幔速度结构	李雪垒	中科院地质与地球物理研究所
S25-P-23	中国东部典型斑岩型铜矿成矿作用迁移及其对西太平洋构造迁移的响应——以4个典型矿区为例	周洁	中国海洋大学
S25-P-24	青藏高原中部尼则地区晚白垩世构造岩浆事件：对班公湖-怒江洋闭合的约束	刘一鸣	中国海洋大学
S25-P-25	拆离型微地块及其构造意义	李阳	中国海洋大学
S25-P-26S	裂生型微地块的特征及成因模式：来自俯冲系统中弧后扩张作用的启示	牟墩玲	中国海洋大学
专题26：岩石圈裂解过程及其沉积响应			
S26-P-01S	福建河流重矿物特征及其物源意义	陈心怡	同济大学
S26-P-02	南海北部深水区岩石圈破裂过程的沉积响应及油气地质意义	郭帅	中海油研究总院
S26-P-03S	台湾南部恒春半岛基性岩块来源及构造演化意义	孟宪博	同济大学
S26-P-04	南海西部海域地壳演化的深部过程 -----CFT剖面部分解释成果	彭学超	广州海洋地质调查局
专题27：环青藏高原盆山体系深部过程与岩浆作用、地壳变形、地貌演化及资源效应			
S27-P-01S	塔里木盆地塔中志留系构造演化	伍松林	中国地质大学（武汉）
S27-P-02S	洋底高原形成原因的探讨	江金生	浙江大学
S27-P-03S	东亚布格重力异常特征与地貌特征之间相关度的定量分析	陈勐韬	浙江大学
S27-P-04S	青藏高原地壳流的重力研究	彭中	浙江大学

S27-P-05	Basement structure and properties of the western Junggar Basin, China	赵俊猛	中科院青藏高原研究所
S27-P-06S	青藏高原东南缘贡觉盆地磁性地层学研究	肖荣洋	南京师范大学
S27-P-07S	剑川盆地新生代沉积的地球化学特征及其地质学意义	关建宇	云南大学
S27-P-08S	剑川盆地新生代沉积物源分析与构造地貌意义	边紫璇	云南大学
S27-P-09S	帕米尔弧形构造带的东西分带特征	陈亚光	浙江大学
S27-P-10S	Petrogenesis of Carnian Huanglonggou granodiorites in Wulonggou area and Late Triassic geodynamic evolutions of Eastern Kunlun Orogen, NW China	宋凯	吉林大学
专题28：大洋岩石圈从诞生到消亡的岩浆作用与物质循环			
S28-P-01	超慢速扩张脊下地壳岩浆演化过程：西南印度洋U1473A钻孔辉长岩矿物化学研究	刘传周	中科院地质与地球物理研究所
S28-P-02	Reaction between MORB magma and lower oceanic crust: An experimental study	杨阳	中科院广州地球化学研究所
S28-P-03	南大西洋中脊26℃玄武岩成因和地幔源区性质	关义立	国家海洋局第一海洋研究所
S28-P-04S	雷琼地区及南海海盆玄武岩源区对其深部地球动力学背景的制约	赵智华	中科院海洋研究所
S28-P-05	中亚造山带核心区蛇绿混杂岩中洋岛玄武岩成因探讨	杨高学	长安大学
S28-P-06S	西里伯斯海海盆地幔源区地球化学不均一性及其成因	王帅	中科院海洋研究所
S28-P-07S	智利三联点南部俯冲区域纳兹卡板块消减机理的初步探讨	徐佳静	中科院大学
S28-P-08S	秘鲁平板俯冲板片内部低速层的地震学证据	郑逸娴	浙江大学
S28-P-09S	泰国晚新生代玄武岩与南海地区同时代玄武岩的岩浆过程对比研究	袁龙	国家海洋局第一海洋研究所
S28-P-10	西南印度洋玄武岩中斜长石的研究及其对岩浆作用过程的指示	李洁	国家海洋局第二海洋研究所
S28-P-11S	西菲律宾海盆本哈姆隆起玄武岩岩浆作用条件	王睿睿	中科院深海科学与工程研究所
S28-P-12	Asymmetric crustal accretion across the Southeast Indian Ridge and its geodynamic implications	索艳慧	中国海洋大学
专题29：行星内部、表面和大气的物理与化学过程			
S29-P-01	海洋动力及其对同步自转行星气候的影响	杨军	北京大学
S29-P-02S	27亿年前的地球气候	熊俊琰	北京大学
S29-P-03S	Tide, Ocean and Climate on Exoplanets	司懿东方	北京大学
S29-P-04S	半径与重力参数对地外行星气候的影响	杨焕州	北京大学
S29-P-05	地震活动场研究若干问题讨论	马禾青	宁夏回族自治区地震局
专题30：深水沉积盆地与油气资源			
S30-P-01	南海北部西南向古水流系统及其油气地质意义	卓海腾	中科院南海海洋研究所

S30-P-02	南海晚中生代地层分布及沉积环境	邵磊	同济大学
S30-P-03S	南海北部大陆边缘热流及其构造意义	李香兰	南京大学
S30-P-04S	琼东南盆地演化及其对油气资源的控制	斯琴	同济大学
S30-P-05S	尼日利亚尼日尔三角洲盆地区块阿格巴达组沉积相研究	江松莲	西南石油大学
S30-P-06	北康盆地中中新世深水沉积体特征及油气意义	雷振宇	广州海洋地质调查局
S30-P-07	南海北部深水区海相与煤系烃源岩的成烃母质和成烃模式	苏龙	中科院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心
S30-P-08	南海北部琼东南盆地深水区天然气水合物形成条件与潜力研究	郭明刚	中海石油（中国）有限公司湛江分公司研究院
S30-P-09S	南堡凹陷5号构造带古近系沙一段沉积相展布特征	巩天浩	中国地质大学（武汉）资源学院
S30-P-10	基于速度分析的油气识别正演模拟研究	贺懿	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
S30-P-11	南海北部琼东南盆地渐新统气源岩体系与生烃特征	熊小峰	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
S30-P-12	基于多重分形的信息融合技术在琼东南盆地深水区油气勘探中的应用	张焱	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
S30-P-13	琼东南盆地深水区崖城组(扇)三角洲沉积体特征及油气地质意义	段亮	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
S30-P-14	万安盆地中部凹陷大中型油气田富集规律与勘探潜力分析	张亚震	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
S30-P-15	琼东南盆地深水区天然气成藏过程及动力机制	甘军	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
S30-P-16S	拉张构造中缩短量计算方法及在琼东南盆地中的应用	汪伟	南京大学
S30-P-17	南海琼东南盆地深水区底辟构造特征及其油气地质意义	赵钊	中海油研究总院有限责任公司
S30-P-18	南海北部大陆边缘分段性控制深水区油气成藏	张功成	中海油研究总院有限责任公司
S30-P-19	“沉积物供给的粒度”和“物源区水动力条件”是驱动砂体向深水盆地搬运分散的重要“推手”	龚承林	中国石油大学(北京)地球科学学院
S30-P-20	南海深水区宽频地震勘探技术应用	陶杰	中海油研究总院有限责任公司
S30-P-21	基于频谱分解的北黄海碎屑岩薄砂体储层识别	吴淑玉	青岛海洋地质研究所
S30-P-22S	鄂尔多斯盆地与南海含油气盆地地质特征与油气勘探开发技术对比	冯凯龙	成都理工大学
S30-P-23	南海北部潮汕坳陷中生界石油地质条件及勘探面临的挑战	何敏	中海石油（中国）有限公司深圳分公司
S30-P-24S	南海南部深部热状态	任自强	中科院南海海洋研究所
S30-P-25	新生代构造运动对南海中南部盆地油气地质条件的控制作用	谢晓军	中海油研究总院有限责任公司
S30-P-26	南海新生代地层识别及展布规律分析	宋双	中海油研究总院有限责任公司
S30-P-27	南海中南部区域储层分布规律及油气成藏模式	王龙	中海油研究总院有限责任公司
S30-P-28	南海南部礼乐盆地构造层序界面特征及油气地质意义	左倩媚	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
S30-P-29	南海中南部三大盆地群沉积体系新认识	郭佳	中海油研究总院有限责任公司
S30-P-30	从微体古生物和地化指标看珠江口盆地始新世-渐新世沉积环境演变	张丽丽	中海石油深圳分公司
S30-P-31	琼东南盆地深水区陆源海相烃源岩发育模式及勘探启示	李兴	中海石油（中国）有限公司湛江分公司

S30-P-32	南海白云凹陷深水区砂岩储层岩石物理相特征	田兵	中科院兰州油气中心
S30-P-33	全球深水富油气盆地分布格局及成藏主控因素	屈红军	西北大学
S30-P-34	基于深度域地震成像的中沙海槽盆地东北部结构构造研究	赵斌	广州海洋地质调查局
S30-P-35S	塔中北坡奥陶系深层碳酸盐岩高频层序发育及沉积特征	王洁	成都理工大学
S30-P-36S	婆罗洲北部中新生代岩石磁化率特征	朱晨曦	吉林大学
S30-P-37S	四川盆地五百梯区块长兴组礁滩储层精细刻画研究	王雷	成都理工大学
S30-P-38	南海北部琼东南盆地深水区构造运动对流体势场的控制作用研究	郭明刚	中海石油（中国）有限公司湛江分公司研究院
S30-P-39S	琼东南盆地深水区东段渐新统深水扇沉积特征及物源分析	毕广旭	中科院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心
S30-P-40	多期岩浆热事件影响下长昌凹陷生烃门限的厘定	曾小宇	中海石油（中国）有限公司湛江分公司
S30-P-41S	鄂尔多斯盆地海相碎屑岩非均质性特征分析	滕骧	成都理工大学
专题31：非常规油气赋存特征和机理以及成藏和可采性研究			
S31-P-01S	海相页岩有机孔隙特征及其影响因素	张艺凡	中国地质大学（北京）
S31-P-02S	样品尺寸对边界可达连通孔隙度的影响-以美国德州Eagle Ford 页岩地层为例	王齐鸣	University of Texas at Arlington
S31-P-03S	南海北部神狐海域水合物赋存层位古环境和古生产率	谢瑞	中科院广州能源研究所
S31-P-04S	川南龙马溪组页岩孔隙演化及其电性特征研究	张明明	成都理工大学
S31-P-05S	泥页岩中可溶有机质的赋存机理研究	何晋译	同济大学
S31-P-06S	西沙群岛西科1井白云岩储层致密化成因研究	纳琴	青岛海洋地质研究所
S31-P-07S	非常规油气地质理论与进展	季兆鹏	青岛
S31-P-08S	考虑有机质的湖相泥页岩岩相划分、识别及应用	闫建平	西南石油大学
S31-P-09	Discussion on the rapid formation mechanism and evolution process of methane hydrate-bearing sediments in Shenhu Area of northern South China Sea	关进安	中科院广州能源研究所
S31-P-10S	鄂尔多斯盆地华庆地区长62、长 63致密砂岩储层平面非均质性研究	黄健玲	同济大学
S31-P-11	沾化凹陷页岩油富集机理研究	苏思远	吉林大学
S31-P-12S	鄂西渝东地区页岩孔隙连通性与润湿性流体示踪研究	杨锐	中国地质大学（武汉）
S31-P-13S	四川盆地雷口坡组构造与油气输导系统研究	李贝贝	成都理工大学
S31-P-14	Two different types of fine-grained turbidites associated with gas hydrates in the Shenhu Area, northern continental slope of the South China Sea	苏明	中山大学
S31-P-15S	四川盆地下二叠统岩石储集类型及有利区研究	陈威振	成都理工大学
专题32：现代深海热液系统：物质循环与资源效应			

S32-P-01S	深海多金属硫化物磁性源TEM激电效应研究	李泽	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-02S	超慢速扩张西南印度洋脊63 ℃E热液活动	陈杰	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-03	龙旂热液区羽状流空间分布特征研究	王渊	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-04	印度洋中层水季节变化	何海伦	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-05	Os isotopes and highly siderophile elements distribution in abyssal peridotites from the Southwest Indian Ridge: Implications for the evolution of the oceanic upper mantle	李伟	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-06S	H_2O in the basaltic Magma beneath the Slow-spreading Carlsberg Ridge	宗统	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-07	西太平洋深海盆地表层沉积物的浅地层剖面特征	韦振权	广州海洋地质调查局
S32-P-08S	基于多波束数据的卡尔斯伯格脊洋脊段(60 ℃E~61 ℃E)构造与岩浆作用特征研究	杨驰	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-09S	西南印度洋中脊27段热液活动	岳羲和	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-10	基于海底应力场的西南印度洋脊热液活动预测研究	王汉闯	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-11S	基于背景噪声互相关技术的海底地震仪的时钟校正方法在西南印度洋脊的应用	柳云龙	吉林大学/国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-12S	西南印度洋脊龙旂热液区蚀变玄武岩研究	王媛	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-13	西南印度洋中脊断桥热液区多金属硫化物的组成和形成	杨伟芳	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-14	西南印度洋中脊海底热液区微地形地貌探测	张国堙	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-15S	西南印度洋玉皇热液区黄铁矿形貌及地球化学	於俊宇	浙江大学
S32-P-16S	三维无约束聚焦反演方法在西南印度洋玉皇热液区 近底磁测数据中的应用	周飞	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-17S	多参数化学传感器在西南印度洋中脊热液探测中的应用	吴荣荣	浙江大学
S32-P-18S	西南印度洋49°E—50.25°E洋脊段 多金属硫化物定量预测与评价	刘露诗	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-19S	西南印度洋中脊龙旂热液区沉积模型分析	潘东雷	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-20S	洋中脊多金属硫化物成矿物质组成与水深的关系	黄玉强	中国地质大学（武汉）
S32-P-21	Bulk geochemistry, sulfur isotope characteristics of the Yuhuang-1 hydrothermal field on the ultraslow-spreading Southwest Indian Ridge	廖时理	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-22	Formation of hydrothermal vents in the Longqi-1 field, Southwest Indian Ridge: Trace elemental constraints	梁锦	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-23	西南印度洋“龙旂”热液区声学特性研究	丘磊	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-24S	卡尔斯伯格脊大糙热液区热液活动分布特征及其控制因素初探	吴雪停	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-25S	H2O in the basaltic Magma beneath the Slow-spreading Carlsberg Ridge	蔡翌旸	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-26S	热液活动对深海沉积物富集稀土的影响	邱忠荣	国家海洋局第二海洋研究所
S32-P-27S	The effect of Ca2+ on the carbonation of serpentinized harzburgite in Carlsberg Ridge, Northwest Indian Ocean	陈阳	浙江大学
专题33：海洋地质灾害与观测			

S33-P-01S	粒度模式反演南海北部海底沉积物声速分区特征	田雨杭	中科院南海海洋研究所
S33-P-02S	海底冷泉气泡羽流声学探测参数研究	余翼	青岛海洋地质研究所
S33-P-03S	水合物分解诱发海底变形的可视化模型试验	朱超祁	中国海洋大学
S33-P-04S	基于光纤传感技术的地球物理仪器	张文涛	中科院
S33-P-05S	南海典型沉积物声速频散特性及模拟研究	罗云	中科院南海海洋研究所
S33-P-06	基于浅剖数据求取海底沉积物反射系数	吴学敏	广州海洋地质调查局

第五届地球系统科学大会日程

7月4日下午 14:00~15:30		口头报告		
7月4日 下午14:00~15:30				
分会场 1（302A号厅）				7月4日下午
专题12：亚洲-太平洋地区晚全新世高分辨率气候变化（三） 主持人：谭亮成				
14:00-14:15	S12-O-13	伪雨量效应：一个同位素气候学问题的讨论	李廷勇	西南大学
14:15-14:30	S12-O-14	最近千年来山东半岛西部气候环境变化的石笋记录	程珂	华南师范大学
14:30-14:45	S12-O-15	长江中下游湖泊沉积记录支持全新世石笋氧同位素代表区域降水变化	刘丰豪	同济大学
14:45-15:00	S12-O-16	“雨量效应”vs“环流效应”：近1 ka亚澳季风区石笋和大气降水$\delta^{18}O$的气候意义	张键	西南大学
15:00-15:15	S12-O-17	Quantifying climatic variability in monsoonal northern China over the last 2200 years and its role in driving Chinese dynastic changes	李建勇	中科院地球环境研究所
15:15-15:30	S12-O-18	Two Anomalous Modes of the Precessional Modulated Annual Cycle in the Tropical Pacific	王跃	同济大学

口头报告				
7月4日 下午14:00~15:30				
分会场 2（302B号厅）				7月4日下午
专题27：环青藏高原盆山体系深部过程与岩浆作用、地壳变形、地貌演化及资源效应 主持人：徐义贤、陈汉林				
14:00-14:15	S27-O-01	大陆岩石圈地幔记录的板块构造的历史：深部探测的证据	徐义贤	浙江大学
14:15-14:30	S27-O-02	古近纪存在帕米尔弧形构造带吗？（邀请报告）	林秀斌	浙江大学
14:30-14:45	S27-O-03	地表物质迁移和天然地震的关系	毛小平	中国地质大学（北京）
14:45-15:00	S27-O-04	Structural and stratigraphic records of a rift to drift evolution for the SW Tarim Block NW China during the Late Neo-proterozoic to early Paleozoic	章凤奇	浙江大学
15:00-15:15	S27-O-05	帕米尔弧形构造带与南天山对接过程的沉积与变形记录	陈汉林	浙江大学
15:15-15:30	S27-O-06	利用2017年九寨沟地震序列震源机制分析树正断裂的构造变形特征	易桂喜	四川省地震局

口头报告				
7月4日 下午14:00~15:30				
分会场 3（305A号厅）				7月4日下午
专题14：大陆边缘跨尺度的源汇过程、物质循环、物理-生地化耦合与环境记录（三） 主持人：徐景平、刘健				
14:00-14:15	S14-O-13	Along-shore and Cross-shore Clinoforms Developed Over The River-Dominated Asian Margins: case studies of Mekong and Irrawaddy rivers	刘敬圃	美国北卡州立大学
14:15-14:30	S14-O-14	长江-东海源汇系统沉积物混合过程研究	黄湘通	同济大学
14:30-14:45	S14-O-15	基于有机地球化学指标推测长江口末次冰消期以来水文环境的演变	王张华	华东师范大学
14:45-15:00	S14-O-16	陆源有机碳在黄河河流、河口和边缘海系统中从源到汇的演化	姚鹏	中国海洋大学
15:00-15:15	S14-O-17	深渊海沟：陆源有机碳的重要归宿？	许云平	上海海洋大学
15:15-15:30	S14-O-18	东中国海沉积多环芳烃的分布特征和收支平衡研究	王成龙	南京大学

口头报告				
7月4日 下午14:00~15:30				
分会场 4（305B号厅）				7月4日下午
专题30：深水沉积盆地与油气资源（三） 主持人：朱伟林、庞雄				
14:00-14:15	S30-O-13	南海深水油气田薄储层识别及研究	周慰	成都理工大学
14:15-14:30	S30-O-14	南海北部岩浆弧与中生代大陆边缘演变	许长海	同济大学
14:30-14:45	S30-O-15	双相介质渐进方程流体识别方法	周钰邦	成都理工大学
14:45-15:00	S30-O-16	同步挤压广义S变换的分频油气检测技术在南海工区的应用	严海滔	成都理工大学
15:00-15:15	S30-O-17	南海北部陆缘深水区地壳结构与盆地石油地质	庞雄	中海石油(中国)有限公司深圳分公司
15:15-15:30	S30-O-18	Astronomically forced sea-level changes and third-order sequences, East China Sea Shelf Basin	刘洋	中国地质大学（武汉）

口头报告				
7月4日 下午14:00~15:30				
分会场 5（307号厅）				7月4日下午
专题23：有机-无机相互作用与地球表层系统物质循环（三） 主持人：朱建喜、陆现彩				
14:00-14:15	S23-O-13	腐殖质促进厌氧稻田砷的释放与还原（邀请报告）	李芳柏	广东省生态环境技术研究所
14:15-14:30	S23-O-14	Cu(II)溶液对方解石(10.4)晶面的溶解动力学影响及作用机制	唐红梅	中科院广州地球化学研究所
14:30-14:45	S23-O-15	纳米颗粒与黏土矿物相互作用的分子模拟研究：富勒烯与叶蜡石、高岭石表面的相互作用	周慧君	中科院广州地球化学研究所

14:45-15:00	S23-O-16	游离态Fe(II)与磁铁矿相互作用对环境物质的还原机制研究	梁晓亮	中科院广州地球化学研究所
15:00-15:15	S23-O-17	硫酸盐还原菌调制下的纳米磁赤铁矿–磁铁矿固相转化	周跃飞	合肥工业大学
15:15-15:30	S23-O-18	微纳米矿物/细菌复合体的表征及其界面作用	赵玉连	西南科技大学

口头报告				
7月4日 下午14:00~15:30				
分会场 6（3M1A号厅）				7月4日下午
专题13：南海珊瑚礁: 生态环境演化的新进展与新技术　主持人：余克服、韦刚健				
14:00-14:15	S13-O-01	中国珊瑚礁现状和生态保护评述	张乔民	中科院南海海洋研究所
14:15-14:30	S13-O-02	南海北部冷泉渗漏区冷水珊瑚的发现及其成因模式	许安涛	中科院南海海洋研究所
14:30-14:45	S13-O-03	Age and characteristics of beach sediment from a tropical atoll, Yongle Atoll, South China Sea	李亚丽	南京大学
14:45-15:00	S13-O-04	南海珊瑚礁区珊瑚砂中微塑料赋存情况研究	张琳琳	广西大学
15:00-15:15	S13-O-05	生物成因碳酸盐团簇同位素：方法与特征	郭炀锐	中科院广州地球化学研究所
15:15-15:30	S13-O-06	Coral geochemical record of submarine groundwater discharge back to 1870 in the northern South China Sea	姜伟	广西大学

口头报告				
7月4日 下午14:00~15:30				
分会场 7（3M5号厅）				7月4日下午
专题26：岩石圈裂解过程及其沉积响应　黄奇瑜、解习农				
14:00-14:15	S26-O-01	南海海盆东南部大型深水扇体系结构及其控制因素（邀请报告）	高红芳	广州海洋地质调查局
14:15-14:30	S26-O-02	伸展构造和重力变形的相互作用：以南海中北部陆缘超伸展的荔湾凹陷为例	张翠梅	中科院南海海洋研究所
14:30-14:45	S26-O-03	被动陆缘破裂不整合系统-以珠江口盆地为例	解习农	中国地质大学（武汉）
14:45-15:00	S26-O-04	Upper Miocene-Pliocene provenance evolution of Central Canyon, Qiongdongnan Basin (northwestern South China Sea)	崔宇驰	同济大学
15:00-15:15	S26-O-05	鲁东灵山岛早白垩世碎屑沉积岩中重矿物化学组成和构造意义	高彪	中科院地质与地球物理研究所
15:15-15:30	S26-O-06	南海南部前新生代沉积特征及油气资源远景	何凯伦	吉林大学

口头报告				
7月4日 下午14:00~15:30				
分会场 8（3M1B号厅）				7月4日下午
专题36：极地环境与气候变化（三）　主持人：孙波，王汝建				

14:00-14:15	S36-O-13	基于中国北极黄河站观测的日侧极光研究新进展	韩德胜	同济大学
14:15-14:30	S36-O-14	东南极中山站-Dome A断面硝酸根雪-气界面过程：稳定同位素证据	史贵涛	华东师范大学/中国极地研究中心
14:30-14:45	S36-O-15	大气温室效应驱动北极冬季升温与春季海冰初融的观测证据	曹云锋	北京林业大学
14:45-15:00	S36-O-16	Regional-specific variations in summer copepod communities during 2003–2012 in the western Arctic Ocean: implications for potential beneficiaries of ice decline	徐志强	中科院海洋研究所
15:00-15:15	S36-O-17	Elevation change monitoring of antarctic ice sheet using multisource satellite altimetric data 2003-2016	杜文佳	同济大学
15:15-15:30	S36-O-18	东南极长半岛过去千年的企鹅灾难事件与聚落废弃	高月嵩	中国科学技术大学

7月4日下午 14:00~15:30	**口头报告**
7月4日 下午14:00~15:30	
分会场 9 (3M2号厅）	7月4日下午
圆桌会议：海洋碳循环国际大科学计划研讨	

15:30-15:50	茶歇

第五届地球系统科学大会日程

7月4日下午 15:50~16:50	**大会总结**
7月4日 下午15:50~16:50	
主会场（301A号厅）	7月4日下午
大会总结	

P-01

解码地球节律：板块构造驱动力问题新认识

李正祥* (Z.X. Li)

科廷大学地球与行星学院，珀斯，澳大利亚

* Email: z.li@curtin.edu.au

自二十世纪六十年代开始，板块构造学说的兴起开启了一场地学革命。尽管板块构造理论在过去几十年中不断得到丰富与完善，但是迄今为止板块运动的原始驱动力等相关问题仍然是地学界面临的主要挑战之一。例如：板块运动都受哪些力的制约？板块运动与地幔对流是什么关系？地幔柱及超地幔柱（即下地幔中的大横波低速区）是怎么形成的？它们在地球历史中是不是稳定的，及与板块运动及地幔对流是什么关系？

最近 30 年的地球深部探测使我们越来越清晰地认识到全地幔对流的普遍存在，以及地幔的强烈不均一性。对前寒武地质历史的突破性研究以及随之而来的全球前寒武研究热潮使人们迅速意识到在 Pangea 超大陆(潘基亚或盘古超大陆／泛大陆，320–170 Ma)之前地球上至少存在过两个更老的超大陆：Rodinia (鲁迪尼亚－本人 1995 音译，又译罗迪尼亚，900–700 Ma)，及 Nuna (努纳，又叫 Columbia 哥伦比亚，~1600–1400 Ma)。这些超大陆以 5 至 7 亿年的周期重复发生，伴随着具有相同（或相似）周期的超地幔柱事件。由古地磁记录的全球性真极移事件（TPW，即固体地球相对于地核及地球自转轴的整体运动）进一步证实了超大陆与超地幔柱之间在空间上的耦合关系。据此，我们提出了一个板块运动（包括超大陆循环）与全球大尺度地幔结构（包括超地幔柱）周期性循环耦合的地球动力学模式，并运用数值模拟等多种技术手段对该模式（及其它可能的模式）进行测试检验 (e.g.， Li and Zhong, 2009)。在此研究基础上，我们的近期研究进一步发现在超大陆与超地幔柱的旋回耦合之上还叠加了一个周期更长的超大洋旋回。该旋回不仅与超大陆的聚合形式有关，并且导致了在整个地球演化历史中金属矿床在时间分布上的极其不均一性。

P-02

深时重大气候转折期的生物与环境演变

沈树忠*

中国科学院南京地质古生物研究所和中科院《生物演化与环境》卓越创新中心，南京 210008

* szshen@nigpas.ac.cn

生物演化的过程和动态变化与外界环境的演变密切相关，生物与环境之间的互动、耦合与嵌套的关系已成为深入认识地球生命系统、揭示地球环境与生命过程相互作用机理的前沿重大科学问题。针对不同时空尺度下的生命与环境系统，从宏观到微观、从深时到现今地球的各个层次，开展系统的多学科交叉、区域性或全球性定量的综合比较研究，已成为 21 世纪地球科学发展的主流趋势。当今地球是否处于一次前所未有的快速变暖过程当中？对地球生态系统的影响是什么？这些问题已成为世界各国科学家、决策者以及普通民众特别关注的热点科学问题。以全球变暖为突出标志的环境变化等科学问题对当今世界政治、经济发展、外交事务具有重大和深远的影响。

地球生命自大约 38 亿年前出现以来，至今经历了多次重大革新和演化事件（例如：多细胞生物的起源、寒武纪大爆发、陆地生态系统的形成、五次生物大灭绝等），均与地球气候环境的重大转变事件密切相关，全球性极端气候变化、岩石圈的构造和岩浆活动等因素对地球生命的进化历程都带来了深刻的影响。其中，地球历史上发生多次周期不等的极端气候异常事件，包括极端寒冷的雪球事件（地球表面包括赤道地区基本被冰雪覆盖）、极端高温事件等。纵观地球生物演化历史，这种极端气候事件对生物演化产生的影响最为显著，发生在 6.3 亿年前后

的极端寒冷气候（雪球事件）向温室气候的转换,导致真核多细胞生物大辐射和动物的起源，地球生命系统由微生物主宰的生态系统转变为宏体多细胞复杂生物为主体的现代生态系统。奥陶纪气候的变冷可能与古生代生物群的大辐射密切伴随，奥陶纪末的大冰期导致海洋无脊椎动物的很多类群随冰室效应发展与消融发生了大更替。志留纪、泥盆纪陆地生态系统的发展，尤其是植物和脊椎动物的大规模登陆对大气 CO2 产生重大影响，可能导致石炭-二叠纪大冰期。伴随着二叠纪末和三叠纪初的快速升温，发生了地质历史时期最大规模的生物集群灭绝事件；而三叠纪末、白垩纪末等生物灭绝事件可能与当时的气候变化有关。

由此可见，地质历史时期气候转变事件（包括冰室、温室和极端高温气候等）无不对地球生物和生态系统演变产生重大影响，研究地质历史时期这些重大气候剧变事件发生的原因和过程，对当时地球生态系统的影响，以及生态系统如何适应或者响应剧烈的气候环境变化等，成为评估和预测当今地球生态系统所面临的现状和将来发展趋势的重要途径。

P-03

红海深海盐卤池生态命支持系统初探

钱培元*

香港科技大学海洋科学系和生命科学学部

* boqianpy@ust.hk

红海是一个相对封闭的海洋环境,由于地缘政治的原因,是以往海洋研究的一大“盲区”。红海海底已经探明的 25 个深海盐卤池是地球上的特殊海洋生态系统, 也是研究地球板块运动，金属矿化与海洋热液生态系统发生的理想场所。由于这些深海盐卤池中的海水缺氧气、盐度极高 (是正常海水的 8-9 倍)、温度高(40-70 度)，又含有很高的金属离子浓度(比正常海水高很多倍)，它们一直被视为生命禁区。2008 年，我们启动了红海环境微生物宏基因组计划，重点研究红海两个深海盐卤池[发现号（Discovery）和大西洋 II 号（Atlantis II)]。我们发现在过去的 40 年中发现号的海水温度维持在 45 度, 但大西洋 II 盐卤池的水温已经升高到 71 度。 首先通过不同水层微生物的比较宏基因组学研究,我们发现盐卤池与底层海水界面中的微生物实为世界海洋生态学的一大研究盲点; 在深海盐卤池中,我们至今没有发现大型海洋生物的存在，但是有大量有机物降解细菌和固定二氧化碳、甲烷和氨气的自养型微生物，证实了盐卤池环境中的特殊海洋微生物不仅吸收了热液喷发的温室气体,还利用了红海海底天然形成的石油成分;而两个盐卤池的不同环境（温度、金属离子和有机质含量）造成了不同的微生物多样性和代谢途径；通过其沉积物分层的微生物和断代研究，我们也展示了深海盐卤池地质环境变化与微生物的相互作用关系。经过近 10 年的研究，我们初步构建了两个深海盐卤池生态系统的结构，成因与相关的物质循环。这一系列有关红海深海生态环境的研究揭开了红海深海盐卤池生命支持系统的面纱。

P-04

全球深水油气资源潜力分析与展望

朱伟林*

同济大学海洋与地球科学学院

* zhuwl@tongji.edu.cn

本世纪以来，全球深水领域的油气勘探开发得到了迅猛发展，已成为全球油气储量增长的最重要领域。据统计，全球近十年来的重大油气发现中 70%来自于水深超过 1000 米的海域，相应的深水油气产量的占比也是逐年增加，目前已占到海洋油气总产量的三分之一以上。

全球深水油气的大型发现主要分布在墨西哥湾、几内亚湾和巴西东部海域构成的大西洋中部“金三角”地区。同时，深水油气也在印度洋（东非地区）和地中海地区不断

拓展，相继发现一系列大型天然气田。深水大型油气田发现的主要趋势包括：（1）从盐上领域走向了深部盐下，并从碎屑岩储层扩展到碳酸盐岩储层；（2）从构造圈闭走向了地层-岩性；（3）区域上，从大西洋中部向南北两翼扩展，并发展到印度洋等其它海域。

展望未来，深水区仍将是油气勘探发现的主战场，盐下、非构造圈闭、深层、新区（包括超深水区）都将会是今后勘探的潜力区。

Y-01

全球变暖与亚洲季风

左志燕[1]*，张人禾[2]，杨崧[3]

1 中国气象科学研究院

2 复旦大学大气科学研究院

3 中山大学大气科学学院

* zuozy@cma.gov.cn

尽管近一个多世纪以来的全球地表增温现象带来一系列的气候异常已经成为一种共识，然而全球各地出现的诸多区域气候异常现象并不能用全球变暖来简单解释。我们有必要深入探讨“全球变暖”这一现象的复杂性，这其中一个重要的方向就是认识到全球变暖的区域非均匀性，这种区域不均匀的热力变化可能引起复杂剧烈的区域气候变化。

在全球变暖背景下，亚洲大陆北部西伯利亚地区与中国地表温度变化有显著的差异性。西伯利亚地区的地表温度年际变化占到了近 60%的方差，而其趋势变化约为 30%，年代际变化方差约为 10%。中国地区的地表温度年际变化、年代际变化和趋势变化的方差大致相等，都约为 30%左右。也即西伯利亚地区的增暖主要来源于温室气体的增加，而中国地表温度的变暖一半是自然变率的结果，一半为人类活动如温室气体增加的结果。年际尺度上西伯利亚地区的地表温度年际变率是中国的 4 倍，两地区的地表温度呈现显著反位相变化特征。

亚洲大陆与周边区域的这种非均匀热力变化对亚洲季风多时间尺度上的异常起着重要的作用。研究发现 40 ℕ 以南亚洲大陆增温速率低于周边区域的“相对变冷”正是近 60 年来亚洲夏季风变弱的主要成因之一。另外，研究还发现 40 ℕ 以南亚洲大陆地表和对流层大气显著不同于周边海洋的地表和对流层大气热力变化，这种差异性的热力变化是亚洲季风年代际变化的主要成因。

Y-02

铁的生物地球化学循环控制重金属反应迁移行为的多速率模型研究

刘媛媛[1]*，徐芬[2]，刘崇炫[3]

1 南京大学，南京 210023

2 成都理工大学，成都 610000

3 南方科技大学，深圳 518000

* yuanyuan.liu@nju.edu.cn

重金属在土壤和地下水环境中的迁移是一个复杂的水文-生物地球化学耦合过程，数值模型是研究污染物在环境中的迁移行为，环境体系对污染物的阻滞功能的有效手段。铁是土壤和沉积物中普遍存在的金属元素，因其具有较强的氧化还原活性和吸附能力，能够影响土壤和地下水重金属/类金属污染物的反应迁移行为。例如，土壤和沉积物中的 Fe(II)能够还原溶液中的 Tc(VII)、Cr(VI)，阻滞他们的迁移；铁氧化物能够吸附 As，当铁氧化物被微生物还原溶解，吸附的 As 将被释放。天然土壤和沉积物中铁的组成形态复杂，不同的形态通常具有不同的氧化还原活性和吸附活性，给数值模拟重金属/类金属的反应迁移行为造成很大的挑战。一个地区沉积物中拟合得到的参数往往不能用于其余地区，即便在同一地区，当环境氧化还原条件发生变化时，由于铁组分的改变，之前的拟合参数也不再适用。本研究使用多速率的反应动力学模型成功描述 Fe(II)还原 Tc(VII)和 Cr(VI)的氧化还原活性，

并根据铁的氧化还原活性特点，发展三步提取法，将天然沉积物中 Fe(II)的化学提取相态与其反应活性关联，用以建立具有广泛适用性的天然土壤和沉积物 Fe(II)还原通用模型。该模型被用来描述河流潜流带（地下水-地表水交互带，氧化还原电位因河水和地下水交互而剧烈变化）中铁的生物地球化学循环，预测潜流带对地下水铬污染的阻滞能力以及地下水铬污染向河流的释放速率。研究结果显示微生物介导的 Fe(II)再生是决定潜流带对铬的阻滞能力的主要因素，Fe(II)的再生过程受潜流带内的地下水-地表水交互，O、C 元素循环，及微生物活动的控制。

Y-03

中元古代海洋真的是死气沉沉吗？——14 亿年前的下马岭组告诉了我们什么

王晓梅[1]，张水昌[1]*，王华建[1]，Donald E. Canfield[2]

1 中国石油勘探开发研究院，北京 100083

2 Institute of Biology and Nordic Center for Earth Evolution (NordCEE), University of Southern Denmark, Campusvej 55, 5230 Odense M, Denmark

* sczhang@petrochina.com.cn

中元古代时期（16 ~10 亿年前），地球上开始出现真核生物生态系统，多细胞真核生物也开始发育，然而对中元古代地球的认知还很薄弱。不同学者对中元古代认识还存在很大分歧，大气氧含量存在小于 0.1% PAL 和高于 4% PAL 之争，早期认为中元古代海洋是厌氧的硫化氢海洋，阻碍了真核生物的勃发，海洋死气沉沉，因此中元古代又被称为“boring billion”，随着对中元古代地球海洋化学环境的研究，出现了厌氧硫化水体、铁化水体和海洋底层水体富含溶解氧之争。中国华北下马岭组形成于大约 14 亿年前，整个时间跨度超过了大约 0.4 亿年，为研究中元古代的海洋化学环境演化打开了一扇窗户。通过铁化学组分分析、微量元素动力学分析、有机地球化学分析等多种分析手段发现横跨 0.4 亿年的下马岭组海洋底层水体化学环境在氧化、铁化和硫化环境中不停变化，涵盖了先前对中元古代研究得到的所有水体化学环境特征。

根据沉积特征和有机地球化学特征的差异，可以将下马岭组划分为 6 段。6 段岩性特征和地球化学参数各不相同，本次研究主要针对于下马岭组 6 段的含铁质沉积、2 段黑色页岩和 1 段的灰色/绿色页岩交替沉积层。

下马岭组 6 段主要为海绿石砂岩-灰色泥岩，含多套以菱铁矿构成的富铁层，贫有机质，低 HI，轻无机碳同位素（可达-27 ‰），有机碳和铁含量与生烃潜力 HI 都呈现负相关，同时检测到绿硫细菌生物标记物，证明中元古代海洋在微生物和有机质参与下依然可以形成富铁沉积，所以中元古代仍具有早元古代铁质条矿带的沉积特征。

2 段页岩的 TOC 相对较高，可以达到 2 ~ 4 wt%，并且富集 Mo、U 和 V 等氧化还原敏感性微量金属元素，在顶部、Mo、U 和 V 的富集程度最大，除少数情况外，FeP/FeHR < 0.7，水体为铁化环境。在接近顶部的层位，FeP/FeHR 却表现为高值，表明水体已转化为静海环境。高丰度 C18 和 C19 TMAI 系列生物标志化合物说明海洋中发育厌氧水体，δ34S 值在厌氧和静海环境期间发生了较为明显的变化，说明海洋中发生硫酸盐还原导致了不同的硫酸盐衰减程度，反映了厌氧水体中硫酸盐还原程度的降低或输入盆地的硫酸盐浓度的增加。

1 段灰色/绿色页岩开始交替出现，并且氧化还原敏感性微量金属元素的丰度显著降低。尤其是上部 45m 深度范围内，黑色页岩的 TOC、HI、FeHR/FeT 比值和微量金属元素丰度都频繁变化，沉积物中富含真核生物标记物甾烷，反映了氧化和厌氧沉积环境频繁转换。

总体来看，下马岭 6 段仍然继承了早元古代铁质条矿带的沉积特征，2 段形成于缺氧环境，其下部形成于铁化环境，上部转化为静海环境，浓缩了整个元古代海洋海洋氧化还原转化场景。1 段在 40 m 左右的深度，厌氧，静海水体环境和氧化底水环境交替出

现，把显生宙的有机质在水体中氧化降解模式提前演练。

所以 14 亿年的下马岭沉积告诉我们，链接古元古代铁质条矿带 BIF 和新元古代三明治硫化楔海洋的中元古代绝不是乏味的十亿年，它既存在铁质沉积，也有硫化和铁化的海洋，高的有机质丰度和真核分子生标说明海洋表层有氧足够支撑，在这样动态变化的海洋环境下，生物已经出现开始分异，为新元古代乃至寒武纪生物勃发酝酿积累了能量。

Y-04

低温热年代学在构造地貌学中的应用：以雅鲁藏布中段及其支流地貌演化为例

戴紧根 [1]*，王成善 [2]，Matthew Fox[2,3,4]，Marissa M.Tremblay [2,3]，David L. Shuster [2,3]

1 中国地质大学，北京 100083

2 Department of Earth and Planetary Science, University of California, Berkeley, CA94720, USA

3 Berkeley Geochronology Center, 2455 Ridge Road, Berkeley, CA94709, USA

4 Department of Earth Science, University College London, Gower Street, London, UK

* djgtibet@163.com

构造地貌学是定量研究构造变形与地表过程相互关系的学科。近年来随着宇宙成因核素、低温热年代学等测试手段的成熟，主要集中研究构造与气候对地貌演化的控制作用，因而是综合研究地球系统内各个圈层之间相互作用的重要手段之一。青藏高原南部印度-亚洲大陆碰撞带地形高差明显、构造活跃、大河水系发育，是开展构造地貌研究的理想区域。

青藏高原南部最为显著的河流水系是大致平行于造山带发育的近乎东西向的雅鲁藏布，其总长度超过 2500 km。雅鲁藏布的地貌演化一直以来被认为是岩石圈变形与地表过程相互作用的结果。雅鲁藏布中段一个突出的地貌特征是具有宽河谷与窄峡谷相间。前人基于河流地貌以及区域地质情况，提出了峡谷段可能是由正断层造成或者是由河流裂点的向源迁移控制的。但是现今河流格局的形成时间以及河流宽度和陡峭度演化过程，却依然没有得到定量的约束。

针对上述科学问题，我们在雅鲁藏布及其主要支流（包括拉萨河和年楚河）河谷下部开展了系统的低温热年代学采样工作。采集的花岗类岩石样品进行了磷灰石(U-Th)/He（AHe）、4He/3He 和裂变径迹等测试分析。磷灰石(U-Th)/He 年龄分布呈现较好的规律：来自宽河谷和支流的样品 AHe 年龄分布范围为 15 Ma 到 9 Ma，而来自峡谷的样品 AHe 年龄分布范围为 6 Ma 到 1.7 Ma。根据上述年龄结果，我们开展了热历史和地貌演化的数值模拟。模拟结果显示雅鲁藏布中段宽谷地区在 15 Ma-10 Ma 发生快速剥露，10 Ma 之后剥露缓慢；而峡谷则分别在 7-6 Ma 和 2.8-1.7 Ma 发生两期快速剥露，之后剥露缓慢。上述不同期次的快速剥露，均是由雅鲁藏布快速下切作用造成的。来自与峡谷在空间上重叠的正断层上下盘的样品热年代学模拟结果显示，下盘样品剥露速率快于上盘，且剥露期次与峡谷相同。综合上述观测，我们提出了现今雅鲁藏布河流水系可能在 10 Ma 左右开始建立，而峡谷的形成可能从 6 Ma 开始，且与南北正断层活动时间和期次相同，因而正断层是控制峡谷形成的主要因素。

Y-05

恐龙的羽毛与鸟类羽毛的结构蛋白组成之异同

泮燕红*

中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

* yhpan@nigpas.ac.cn

羽毛在过去很长一段时间里被认为是鸟类所独有，且与其飞行息息相关。但是古生物学家在过去 20 年的研究，尤其是大量带羽毛恐龙化石的发现，提示羽毛的起源早

于鸟类的起源。但是对于各种恐龙的羽毛是否适用于飞行，还存在着争议。我国中侏罗-晚侏罗世燕辽生物群产出的多个近鸟类（Paraves）标本，例如著名的赫氏近鸟龙（Anchironis huxleyi），对其功能形态学的分析指示一定的飞行能力，同时它还发育了具有羽轴和羽片的正羽结构，但是由于缺乏直接的分子和内部微细结构的证据，近鸟龙的羽毛是否适用于飞行，尚未有定论。

一般认为构成生物体的有机大分子随着降解过程的发生，原本稳定的化学键被破坏从而不复存在。但随着近年来各种分析技术的发展，越来越多的分子化石被发现，前期的研究证实特异保存的羽毛化石中确实残留有β-角蛋白。这为我们直接从化石里找寻分子证据，来比较恐龙羽毛和鸟类羽毛的结构蛋白组成之异同提供了条件，进而从分子结构的角度探讨近鸟龙的羽毛是否适用于飞行提出论据。

针对上述问题，我们选择了中-晚侏罗世赫氏近鸟龙的羽毛，早白垩世始孔子鸟和燕鸟的羽毛，渐新世今鸟类的羽毛和现生鸡的羽毛进行对比研究。高分辨率的扫描电镜和透射电镜分析，显示化石鸟类的羽毛结构与现生鸡的非常相似，而赫氏近鸟龙的羽毛则截然不同。近鸟龙羽毛的超微结构显示其构架的纤维比鸟类羽毛的构架纤维要粗壮，平均直径可达 8nm 左右，这与α-角蛋白形成的构架纤维相似。通过超高分辨率化学元素成像技术（检测化学元素的组合特征，又不丢失其空间分布特征）检测到赫氏近鸟龙和鸟类化石的羽毛确实含有角蛋白的残留。限于化石材料的有限性和尽量少的破坏性研究，我们选择了免疫组化的分析方法（包括免疫荧光和免疫电镜）进行原位检测，区分不同类型的角蛋白。结果显示所有的化石和现生羽毛都检测到羽毛β-角蛋白特异多肽抗体反应的信号，不同的是赫氏近鸟龙的羽毛同时还检测到α-角蛋白抗体反应的剧烈信号，而对比的始孔子鸟羽毛则未见反应。

综合上述研究结果，我们认为赫氏近鸟龙的羽毛主要由α-角蛋白构成，但在主要的构架纤维之间可能存在少量的羽毛亚类β-角蛋白，这与现生鸟类成熟羽毛的构成不同，反而与胚胎期羽毛的类似。因此推测赫氏近鸟龙虽然具备了一定的飞行能力，但它的羽毛还不足以支撑与鸟类类似的飞行。这项研究不仅证实中生代和新生代化石中保存角蛋白的潜力，以及针对深时化石直接进行分子研究的可能性，也进一步表明在探讨重大生物演化事件时，整合形态学、发育学和分子生物学多学科数据的重要性。

Y-06

热带地区的树轮古气候研究

许晨曦*，郭正堂

中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029

* cxxu@mail.iggcas.ac.cn

热带低纬过程向中高纬地区输送大量能量和水汽，对全球气候变化具有重要影响。在古全球变化研究领域中，热带低纬过程的研究变得越来越重要。树木年轮因其定年准确、连续性好、分布范围广和可与现代器测记录进行对比校正被广泛应用于高分辨率古气候定量重建。但树轮古气候学的研究多集中于中高纬地区，在热带低纬地区开展较少。原因在于气候要素对热带地区树木的生长限制不显著，一方面导致大量的树木无法基于树轮宽度进行交叉定年，另一方面导致树轮宽度记录的气候信息很弱，无法获取有效的古气候信息。

针对上述现状，研究组以热带-亚热带地区的树木为研究对象，运用树轮氧同位素的方法，在热带-亚热带地区树木的定年、获取有效的气候指标、热带地区气候变化历史重建及其变化机制等方面取得了以下成果: 1) 在定年方面，发现东南亚地区针叶树不同树木个体间树轮氧同位素变化具有很好的一致性，指出树轮氧同位素是热带地区可用于交叉定年的新指标，并建立了全球第一条仅基于树轮氧同位素进行交叉定年的年表，为热带地区树木定年提供了新方法和新途径; 2) 在古气候重建方面，通过对东南亚、南亚和我国东南地区树轮氧同位素的系统测量，发现该区域的树轮氧同位素可以很

好地记录夏季的干湿变化，是记录季风变化的理想指标，并重建了印度夏季风过去 400 年的变化历史，揭示了印度夏季风近 200 年存在减弱的趋势。

Y-07

藻华中细菌对低分子量溶解有机质的利用转化及生态作用

汤凯*，韩昱，焦念志

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361005

* tangkai@xmu.edu.cn

海洋浮游植物贡献了全球约 50%的碳固定总量，其所产生的有机质会被微型生物加以利用并转化。营养盐污染和富营养化已成为近岸海域生态环境的主要威胁，已导致了许多海湾和河口藻华的频繁爆发。基于厦门海域甲藻藻华的调查，分析了游离型和附着型微生物的群落结构；通过代谢组和蛋白质组解析了主要细菌群落包括常见的玫瑰杆菌、黄杆菌，海洋螺菌等利用转化藻华水中的溶解有机质的微观过程。结果表明细菌类群不同的营养策略特别是低分子量溶解有机质的代谢，赋予它们在藻华中具有生存竞争优势；溶解有机氮的微生物转化可能是维持藻华生态系统稳定的重要因素之一；通过微生物碳泵产生惰性有机小分子，贡献海洋储碳。

Y-08

更新世的道尔效应与水循环演化

黄恩清*，汪品先，田军，马文涛

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* ehuang@tongji.edu.cn

大气化学成分是判断全球气候状态的良好指标。极地冰芯记录表明，过去 80 万年以来大气 CO2 浓度和道尔效应(即大气氧气和海水氧同位素的差值)呈现出差异显著的周期韵律，前者主要由 10 万年的准周期主导，后者却包含显著的 2 万年准周期，说明二者变化是由不同的气候过程引发的。早期研究认为，道尔效应可能同时包含低纬水循环、生物圈生产力、冰盖体积波动等诸多信息，因此是个复杂的气候指标。

本文研究认为，由于陆地植被利用的降水直接来自表层海水蒸发的水汽，并且 100%的海洋光合作用和 95%的海洋呼吸作用都发生在大洋混合层，因此大气氧气的同位素波动事实上跟表层海水同位素变化直接相关，而过去研究工作利用冰盖的同位素效应来计算道尔效应是个不恰当的思路。本文利用全球表层海水同位素综合曲线重新计算道尔效应，发现过去 80 万年以来，道尔效应与岁差参数呈现出良好的吻合，并且在记录中也可以识别出调制岁差振幅的偏心率周期(40 和 10 万年)。此外，过去 64 万年以来道尔效应与中国南方石笋记录也呈现出显著的吻合。在岁差周期上，道尔效应滞后于石笋记录约 1.5 千年，大致相当于大气圈氧气的滞留时间。

结合以下几条证据可以判断出低纬水循环过程是引起道尔效应波动的唯一重要因素。首先，近来研究表明，陆地和海洋生物圈的道尔效应值接近，因此陆地和海洋生产力比例变化并不会引起道尔效应变化。其次，由于中高纬度地区植被呼吸作用的道尔效应与其光合作用的道尔效应相互抵消，因此在冰期旋回过程中，中高纬度地区植被生物量的巨大变化并不会引起道尔效应的大幅波动。相反，低纬地区植被呼吸作用和光合作用过程中的道尔效应是相互叠加的，因此季风过程引起的低纬植被生物量变化，可以引发较大的道尔效应变化。再次，过去 80 万年冰期旋回的振幅发生过较大的变化(中布容事件)，然而道尔效应和石笋记录并没有产生相关的响应。因此冰期旋回对道尔效应的影响并不显著。综上所述，低纬水循环应该是道尔效应的唯一主控因素。

近年来在整合各个区域季风资料的基础上，提出了“全球季风”的概念。由于大气

化学成分是地球上各个区域气候过程的综合信号，因此道尔效应很可能是衡量低纬水循环强度(或者说全球季风强度) 的一个重要指标。

Y-09

南海：从大陆破裂到海底扩张

丁巍伟*，李家彪

国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* wwding@sio.org.cn

基于深反射地震探测和全地壳变形分析，丁巍伟博士对南海陆缘张裂和海盆扩张的动力学问题开展了系统的研究：（1）发现南海陆缘垂向拉张变形和破裂方式的非均一性现象：南海陆缘深部构造研究发现全地壳拉张因子也随深度变化，陆缘为非均一分层拉张模型，受大型拆离构造控制；其后的破裂过程中东、西两侧存在差异，在东部陆缘为“富岩浆”型破裂，西部陆缘为“贫岩浆”型破裂。（2）发现南海扩张洋脊两期南跃和向西渐进式演化的新证据：基于深反射地震数据所揭示的南海洋壳内部下地壳反射体特征，发现南海具有两期扩张脊向南跃迁的证据，导致海盆扩张轴南北两翼的不对称性；南海“东宽西窄”的形态和东、西侧不同的构造-沉积特征与 NE-SW 向的渐进式扩张相关，受到两侧岩浆活动差异导致的岩石圈不均一结构的控制。以上研究成果建立了以南海为代表的周缘受限型小洋盆独特的伸展-破裂-拉张模式，完善了大陆边缘动力学理论。受邀在 AOGS 做报告。在 EPSL, Marine Geology，Tectonophysics 等期刊发表论文 60 余篇，第一作者/通讯作者 SCI 论文 14 篇，SCI 引用超过 500 余次。是 Mar. Geophysical Res.的编委，国际大洋发现计划（IODP）站位评估组成员。

Y-10

地质气象站—南海砗磲重建小时分辨率气候变化

晏宏[1]*，刘成程[1]，马小林[1]，杨蔚[2]

1 中国科学院地球环境研究所，黄土与第四纪地质国家重点实验室

2 中国科学院地质与地球物理研究所，纳米离子探针实验室

* yanhong@ieecas.cn

气候/天气瞬时极端事件（如寒潮、暴雨、台风等）是气候系统的重要特征，通常发生在以天甚至小时计算的时间尺度上，但是却会给局地环境和生态系统造成极大的破坏。因此查清这些气候/天气瞬时极端事件发生的规律和机制，对于气候/天气的预测预报及灾害防范均具有重要意义。随着全球变暖的持续发展，这些气候/天气瞬时极端事件的变化趋势越来越引起人们的关注，近期有大量研究聚焦于利用现代器测资料和模式模拟来探讨变暖趋势下，这些气候/天气瞬时极端事件发生的频率和幅度的变化。但是，由于现代器测资料的时段较短，统计分析还很难将这些极端事件的发展趋势和规律解读出来，而模式模拟暂时也很难独立于记录之外提供可靠的预测预估结果，因此目前我们对于全球变暖趋势下气候/天气瞬时极端事件的发展趋势的认识，还存在很大的不确定性。

古气候重建记录是对现代器测资料的一个重要补充。但是相比于器测资料，大部分古气候载体的分辨率都较低，通常为数十年到数千年，部分高分辨率古气候载体如树轮、珊瑚能够达到年或者月分辨率。然而，几乎所有的古气候载体都难以满足与现代气象观测类似的小时分辨率要求，也就无法从古气候载体中完整准确地解读出发生时间很短的气候/天气瞬时极端事件（如寒潮、暴雨、台风等），导致在天/小时分辨率基础上探讨过去气候变化一直都是古气候研究难以突破的障碍。

在近期工作中，我们利用扫描电镜和激光共聚焦显微镜，在砗磲壳体中拍摄到了清

晰的日生长纹层，且每个日纹层厚度达到10-60μm；利用纳米二次离子质谱（NanoSIMS）对这些日纹层进行了超高分辨率的元素地球化学测试（测试分辨率为1-2μm），获得了部分小时分辨率级别的元素比值如 Sr/Ca、Mg/Ca、Ba/Ca、Fe/Ca、Mn/Ca等。研究发现，这些小时分辨率的砗磲元素比值可以很好地记录南海的海表面温度/日照的昼夜循环（Sr/Ca、Mg/Ca），以及台风、寒潮等瞬时极端气候/天气事件（Ba/Ca、Fe/Ca、Mn/Ca），证实砗磲有潜力发展为一种有效的小时分辨率气候变化研究载体，利用现代砗磲和化石砗磲的结合，将有可能建立类似气象站分辨率的古气候资料库，我们将其命名为地质气象站。

S01-O-01

中晚侏罗世燕辽生物群形成的古环境和特异埋藏机制研究

姜宝玉*，杨子潇，王盛宇，田庆羿

南京大学地球与科学学院，南京 210023

* byjiang@nju.edu.cn

中晚侏罗世燕辽生物群产出了很多具有重要演化意义的无脊椎动物和脊椎动物化石，这些化石多数完整精美保存。这些化石为揭示一些重要生物类群，如昆虫、恐龙、翼龙、哺乳类、有尾两栖类等在中-晚侏罗世所处的演化阶段和多样性，探索鸟类羽毛和飞行的起源、翼龙的演化、真兽类哺乳动物的起源和哺乳动物的早期分化的模式等，提供了大量的关键性证据。相对于生物多样性研究取得的巨大进展，燕辽生物群的埋藏学研究还相对较少。有关这一特异埋藏化石群如何形成的一系列基本问题，如什么事件引起生物的大量死亡、生物遗体尤其是陆生动物是如何被搬运和埋葬到湖泊中的、哪些导致了化石的特异埋藏等，都还没有得到充分的研究。

本研究以内蒙古宁城道虎沟及与其邻区为案例，采用详细的野外调查与现场挖掘和统计相结合的方法，对这一地区燕辽生物群保存的沉积环境和生物层积学进行了系统研究。结果显示中晚侏罗世时期频繁的火山活动在道虎沟地区形成广泛的火山冲积裙。燕辽化石主要保存于在这些冲积裙上形成的短期或水位频繁变化的封闭型湖泊。陆生动物化石多富集于与火山碎屑岩互层的纹层状粉砂岩和黏土岩粒序层中。陆生动物化石多数保存完整，产出于很多层面之上。这些特征显示频繁的火山活动导致道虎沟地区大量的生物集群死亡，生物遗体被洪水或火山碎屑密度流带到湖泊中快速埋藏，形成了燕辽生物群的特异埋藏。

S01-O-02

新疆哈密翼龙动物群化石特异埋藏与集群死亡事件

汪筱林[1,2,3]*，蒋顺兴[1,2]，程心[1,4]，陈鹤[1,3]，王俊霞[1,5]，张鑫俊[1,3]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室，北京 100044

2 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心，北京 100044

3 中国科学院大学，北京 100049

4 Laboratório de Paleontologia, Universidade Regional do Cariri, Crato, CE, Brazil

5 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

* wangxiaolin@ivpp.ac.cn

通过对吐哈盆地十余年来的连续野外考察，在哈密戈壁地区发现了一新的翼龙动物群，这一早白垩世翼龙化石分布区也是目前已知世界上面积最大和最富集的翼龙化石产地，被称为“翼龙伊甸园”。翼龙化石数量巨大但属种单一，迄今仅发现天山哈密翼龙（*Hamipterus tianshanensis*）一属种，显示其具有群居的生活习性。这些化石包括首次发现的大量三维立体保存的翼龙蛋和

胚胎，以及与其共生的从幼年到成年不同发育阶段的哈密翼龙雌、雄翼龙个体和不同类群的恐龙等。通过对近 300 枚哈密翼龙蛋和胚胎及 40 多个个体的骨骼化石研究，在翼龙的性双型、胚胎发育与个体发育、翼龙蛋及其蛋壳显微结构、生殖和生态习性等方面取得了一些重要进展，揭示了翼龙这一奇特的飞行爬行动物的生命史。

哈密翼龙化石发现于吐哈盆地下白垩统吐谷鲁群以湖相沉积为主的地层中，主要以灰白色砂岩为主，间夹少量红色泥岩，以及大量主要由泥质砾屑和砂质沉积物混杂组成的事件沉积层。目前已准确厘定了上、下两个主要的翼龙化石层位，每一层厚度约 2-4 米，其中夹有 5-8 层厚度约 10-30 厘米的事件沉积，而翼龙化石毫无例外的富集在事件沉积中，在有些地点可见到恐龙和翼龙共生保存，记录了多次事件的发生。事件沉积厚薄不均，横向不连续，多为侵蚀面之上的粗粒滞留层，代表一种高能的沉积环境，具有典型的密度流沉积特征。部分地点可见较完整的似鲍玛序列，底部具有明显的凹凸不平的冲刷面等各类侵蚀构造，下部正粒序层，组成粒序的砾石主要为红色泥岩组成的内源泥砾，泥砾大小不一、杂乱排列，其大部分长轴平行层面，也有部分斜交或垂直层面；上部具平行层理，偶见丘状层理等，这一沉积序列代表了湖泊风暴事件沉积。

野外化石观察、发掘及修理显示，大部分地点的翼龙化石呈现骨骼、蛋和胚胎三位一体的原始埋藏状态，其中的翼龙骨骼包括数量巨大的从幼年、亚成年到成年几乎所有发育阶段的雌、雄性个体。不同发育阶段的翼龙骨骼大小混杂，目前没有发现完整的化石骨架，但发现了大量孤立完整的头骨和下颌，而每一个分散保存的骨骼几乎都很完整。骨骼与泥砾混杂，杂乱排列，长轴没有明显的定向，大部分平行层面，个别斜交或垂直层面。此外，3D 保存的蛋与胚胎也大量聚集，与骨骼和泥砾混杂堆积在一起，蛋完整但多呈塑性变形，全部富集在风暴沉积中。

哈密翼龙动物群的化石原始埋藏特征和沉积特征明显代表了一类突发性环境变化导致的灾难事件，认为早白垩世湖泊中的大型风暴致使生活在湖泊环境中的翼龙（包括部分恐龙）被快速卷入其中而集群死亡，与它们产在湖岸潮湿的沙滩软泥中的蛋和尚未孵化的胚胎等短距离快速搬运，被撕裂的肢体和漂浮聚集于水中的蛋快速埋藏在一起。

S01-O-03

寒武纪澄江化石库区域埋藏相特征

赵方臣*

中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

* fczhao@nigpas.ac.cn

寒武纪澄江生物群为揭示“寒武纪大爆发”时期的后生动物演化关系和早期生态系统特征提供了可贵的研究材料。近年来，早期生物多样性在不同生态空间的表现特征和差异及其影响因素备受学术界关注。在特异埋藏化石库中开展以群落为研究单元的定量化研究，将对上述问题的解答起到至关重要的作用。化石群的生态特征，特别是古群落学研究面临着极大挑战。因各种埋藏偏差（生物体的腐烂、生物扰动、时间均衡等）、采样偏差、统计偏差以及地层对比偏差，使得化石组合并不能准确反映最初生物组合面貌，制约了我们了解生物群落时空变化特征与环境变化的真实关系。值得庆幸的是寒武纪特异埋藏化石库，除了为我们提供大量古生物形态特征外，还保存了生物群落结构等重要信息。其中寒武纪澄江生物群，不仅保存大量具有软躯体构造的化石，而且含化石地层广泛分布在滇东地区，将为定量化研究整个群落在空间上变化提供了难得研究场所，为能更好去揭示以澄江生物群为代表的寒武纪早期的生态系统特征。开展区域埋藏学工作是极其重要的，将对了解整个化石库分布和保存机制及生态学研究提供基础。基于 10 个化石产区的物种数据和来自 3 个化石剖面系统采集获得19688化石个体数据，并结合沉积学研究，开展了澄江生物群埋藏相分析工作。数据分析表明澄江生物群的生

物多样性具有明显的地理空间上变化，其中澄江—海口—安宁一带分异度最高（215 个物种）。这一地区帽天山页岩主要以背景泥岩层和事件泥岩层相互偶合式叠加为特征（这里称为二元沉积结构）。其中事件层泥岩是软躯体化石保存的主要岩相，其内保存的化石种类丰富，个体丰度高，多数化石保存了软组织器官结构（肠道、触角，附肢等），以多属种富集和单种聚集形式保存，指示了这一地区化石保存多为原位或近原生态位保存，可以最大程度反映原始生物群落面貌。沉积学、埋藏学证据揭示了富含软躯体化石的事件泥岩层为风暴引起的悬浮泥质絮状物远基端快速沉积形成。在曲靖—马龙地区具有中等分异度（55 个物种），沉积岩层具有受水体扰动和搬运的沉积特征，没有典型的二元沉积结构。在武定地区，物种分异度最低，目前只有 26 个物种被发现，这一地区帽天山页岩段以发育大量生物扰动为特征，化石主要以壳体化石为主。因而化石分异度空间差异主要受埋藏因素和地形空间格局的控制。然而，化石保存核心区具有相同埋藏相和相同化石保存特征的澄江、海口、安宁三个地区，其物种组成和个体丰度数据分析显示群落结构、物种组成和个体丰度在空间上的变化差异，这种变化除埋藏因素外，生态因素也是一个极其重要的控制因素，指示了物种和个体空间分布的不均匀，表明物种分布受到小环境和地形等生境影响。

S01-O-04

山东莱阳鸭嘴龙动物群化石特异埋藏初步研究

张嘉良[1,2]，汪筱林[1,3]*，王强[1,3]，蒋顺兴[1]，程心[1]，李宁[1]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室，北京 100044

2 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

3 中国科学院大学，北京 100049

* wangxiaolin@ivpp.ac.cn

山东莱阳地区是我国重要的晚白垩世恐龙和恐龙蛋产地，也是我国地质古生物学家在我国最早发现恐龙、恐龙蛋、翼龙、昆虫和植物化石地方。莱阳的上白垩统王氏群地层中富集共生了大量的恐龙和恐龙蛋化石，构成了莱阳鸭嘴龙动物群和恐龙蛋化石群。目前，莱阳鸭嘴龙动物群已记述的恐龙和其他脊椎动物化石共包括 7 大类，已命名的有 9 属 10 种，其中鸭嘴龙超科成员无论数量和种类都最为丰富，也最具代表性，包括鸭嘴龙超科基干类群的中国谭氏龙（*Tanius sinensis*）和金刚口谭氏龙（*T. chingkankouensis*），具有空心头饰的赖氏龙亚科的棘鼻青岛龙（*Tsintaosaurus spinorhinus*），以及没有头饰的栉龙亚科的巨型山东龙（*Shantungosaurus giganteus*），和新发现的杨氏莱阳龙（*Laiyangosaurus youngi*）等。

杨氏莱阳龙是中科院古脊椎所莱阳科考队近年来在莱阳金岗口新发现的2号地点的大规模发掘中发现的。这一新化石地点距棘鼻青岛龙发现地点西约一公里，在连续多年的发掘过程中，基本掌握了化石的富集埋藏规律，在不到一百米的视厚度范围内确认了至少8层连续的恐龙等脊椎动物化石富集位，目前已经暴露了其中的5层，发现并记录了 1700 多件脊椎动物化石，其中绝大多数属于鸭嘴龙类（大于 70%），有少量的兽脚类等其它恐龙类群，而鸭嘴龙类中又以杨氏莱阳龙化石为主，少部分被归于棘鼻青岛龙。

化石富集层以灰绿色和褐红色含砂砾泥岩沉积为主，骨骼分散但完整，具有一定的分选和粒序性，较大和完整的骨骼一般保存在下部，骨骼长轴没有明显的定向。大部分骨骼平行层面保存，还有部分骨骼斜交或垂直层面埋藏具有典型的泥石流沉积特征和骨骼埋藏特征。

化石层的埋藏特征反映了两种主要的死亡和埋藏模式，即恐龙群体活着时遭遇泥石流被吞没集群死亡后，肢体在短距离搬运中被撕裂并迅速沉积掩埋，骨骼分散但完整，同一个体的骨骼相距不远；恐龙正常或经泥

石流导致其非正常死亡后，部分遗体未被掩埋，经暴露软组织腐烂，被后续发生的泥石流卷入并二次搬运，最终埋藏，表现为分散但较完整的骨骼与破碎呈砾石磨圆状的骨骼共生保存。

这些富集层的化石及其埋藏特征反映了生活在河湖边的鸭嘴龙动物群，被卷入突发的洪水泥石流导致其集群死亡并快速埋藏的事件。莱阳鸭嘴龙动物群化石埋藏学研究，对了解鸭嘴龙类的死亡前后生存和埋藏环境、种群组成状况和集群死亡原因具有十分重要的意义。但目前这一地点的发掘工作还未结束，相关埋藏学资料还并不完全，因此随着发掘的进行，莱阳鸭嘴龙动物群化石特异埋藏学还需要进一步的研究。

S01-O-05

陆生昆虫遗体在静水中的快速埋藏实验

田庆羿，王盛宇，杨子潇，姜宝玉*

南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

* byjiang@nju.edu.cn

一些湖泊化石库中产出了大量的含部分软体组织保存的未肢解陆生动物化石。这些特异埋藏的化石为我们提供了大量关于陆地生命演化的重要信息。很多埋藏学实验显示，受表面张力和浮力等因素的影响，陆生动物的遗体一般会漂浮在安静水体的表面，直到腐烂肢解到一定程度才能永久地沉入水底。陆生动物遗体如何能在肢解之前快速永久地沉入湖底一直没有得到很好的解释。我们对蟑螂和蝴蝶的实验发现，在水体浸泡和快速的沉积物降落的共同作用下，陆生动物遗体能够在腐烂肢解之前永久下沉。肢解之前永久下沉的最佳时期是水体浸泡 1-2 周。浸泡导致的吸水、微生物膜和菌丝的生长以及沉积物在昆虫躯体上的积累是促进陆生动物遗体永久下沉的重要过程。

S01-O-06

微生物矿化与微化石识别

李金华*，潘永信

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* lijinhua@mail.iggcas.ac.cn

微生物是地球上出现最早、种类和数目最多、功能最全的一种生命形式，通过新陈代谢过程，微生物广泛参与地球元素的生物化学循环，直接参与至少 60 多种矿物的形成和转化，可能参与条带形铁矿建造（BIF）和很多硅或钙质叠层石的形成；通过矿化作用，微生物形成多种“生物矿物”“矿物-有机质复合体”，能够在古老沉积物或岩石中以“微化石”或“纳米化石”的形式保存下来，是认识早期地球生命起源和演化及环境变迁不可替代的材料。然而，地质样品中微化石和纳米化石的精准识别极其困难。主要原因在于，地质记录中的这些由微生物或微生物矿化形成的化石一般尺寸较小，介于微米与纳米之间，属于典型的微化石或纳米化石。古老岩石中保存的微化石或纳米化石一般都经历长期的地质过程，其生物、物理和化学属性均可能发生了不同程度的改变。而且，地质过程中的一些无机反应也能形成一些形貌上与微生物或微生物矿物类似的副产物，严重干扰了微纳化石的识别。

本报告将重点介绍团队近年来以“微生物-矿物”相互作用为基本内容，在矿化微生物多样性鉴定、微生物矿化过程与机理、微（纳）化石形成与识别三方面的研究工作，并展示将“实验室埋藏学与自然样品研究相结合、传统地球科学方法与纳米地球科学新技术应用相结合”在微生物矿化与微化石识别研究中的重要性。

S01-O-07

Differentiated germ layers with cellular resolution in Ediacaran animal embryo fossils

Zongjun Yin[1, 2]*, Pengju Liu[3], Maoyan Zhu[1, 2, 4]*

1 State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

2 Center for Excellence in Life and Paleoenvironment, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

3 Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

4 College of Earth Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

* zjyin@nigpas.ac.cn; myzhu@nigpas.ac.cn

The animal embryo fossils from the Ediacaran Doushantuo phosphorite (ca. 609 million years ago, Ma) of south China have great potential to reveal the early evolutionary history of animals before the Cambrian explosion. However, their affinities are poorly constrained and subject to much debate. The scarcity of fossil specimens representing postembryonic stages such as hatchlings and adult forms with cellular resolution accounts for much of this uncertainty. Here, we report a collection of elongate microfossils from the Ediacaran Doushantuo phosphorite. High resolution X-ray tomographic microscopy illustrates that these fossils were preserved with cellular resolution. And a number of specimens at different developmental stages including cleaving blastulas and early hatchlings were identified. The hatchlings look like ciliated acoelomate worms with three differentiated germ layers and a mouth-like opening, yielding a set of characteristics which can be found in living Xenacoelomorpha. This discovery demonstrates the presence of triploblastic animals in the Ediacaran Weng'an biota, and suggests that the earliest bilaterians were likely simple animals without segmentation, appendages or through gut.

S01-O-08

β-角蛋白的埋藏潜力

泮燕红*

中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

* yhpan@nigpas.ac.cn

β-角蛋白为现生鸟类和爬行类所特有，而在包括人类在内的哺乳类中都未曾发现，因此认为 β-角蛋白是在爬行类和哺乳类分化之后才出现。现代分子生物学、结构生物学和发育学的研究显示鸟类和爬行类的 β-角蛋白属于同一个多基因家族。鸟类和爬行类的β-角蛋白的中心区都含有一个β折叠的二级结构，由 32-34 个保守的氨基酸序列组成。基因组学的研究也显示爬行类与鸟类的β-角蛋白的基因序列高度相似。但是也有人提出爬行类和鸟类的 β-角蛋白在序列和结构上的相似可能只是由于功能上的趋同性，并不指示系统演化上的关系。而对 β-角蛋白的分子化石的研究将有可能提供最直接的证据，从而解决这些争议的问题。

一般认为构成生物体的有机大分子随着降解过程的发生，原本稳定的化学键被破坏而大分子就不复存在。但近年来随着分析技术的发展，越来越多的分子化石被发现，包括核酸、蛋白质、多糖和脂类。β-角蛋白属于蛋白质分子，由氨基酸通过交联作用形成复杂的三维结构。就分子结构而言，不同的蛋白质分子的稳定性差异很大，主要取决于构成该分子的化学键的稳定性。例如范德华力和氢键比较脆弱，微弱的环境变化就可以破坏它们，而双硫键则稳定很多。β-角蛋白含有丰富的半胱氨酸，形成分子内和分子间多个双硫键，而且疏水性强，不溶于一般的水和有机溶剂。因此在分子结构上，β-角蛋白就比大多数生物大分子稳定。常规的水解酶几乎对其没有作用，需要特定微生物产生的角蛋白酶才能对其进行降解。因此，如果这类微生物的生长被阻止，就可以很大程

度的提高 β-角蛋白的保存潜力。另外，β-角蛋白所在的器官多为角质化组织，这些组织在成熟过程中会发生角质化，溶酶体等多个细胞器被吸收消化。即角质化后的细胞实际已经是死细胞，因此不管生物体是否死亡，角质化细胞都不会发生自溶作用。事实上，在化石记录中，角质化的结构也比其他软体组织更为常见，例如著名的燕辽和热河生物群，就保存了大量的羽毛、毛发、爪鞘等角质化结构。

近十年来，利用傅里叶变化红外光谱，同步辐射 X-射线荧光光谱，X 射线吸收近边结构光谱，透射电镜高分辨率元素成像，免疫荧光和免疫电镜等多个分析技术在不同地质时期（10ky – 160 My）的鸟类和爬行类皮肤衍生组织化石中都检测到了 β-角蛋白分子的残留。不同的实验室也对 β-角蛋白的埋藏潜力进行了模拟实验。例如，利用真菌消化羽毛 2 年，仍保存有清晰的结构；常温干燥条件下保存 17 年的羽毛样本，和极端环境下包括 350℃烘箱内保存 10 年和 60℃下保存 10 年的羽毛样本，都检测到了 β-角蛋白的残留。当然，β-角蛋白要保存为化石，这还需要一些特定的保存条件，首先是要阻止降解微生物的生长，其次双硫键在碱性和高温条件下也会不稳定，因此尽量避免碱性和快速高温的环境。总之，β-角蛋白比很多生物大分子更易保存下来，同时含有非常重要的演化意义，因此可以作为一个分子古生物学研究的理想对象。

S01-O-09

古喙鸟新标本保存了包括可能是肺在内的软组织结构遗迹

Jingmai K. O’Connor[1,2]*，John N. Maina[3]，泮燕红 [4]，王敏 [1,2]，王孝理 [5,6]，王岩 [5,6]，郑晓廷 [5,6]，周忠和 [1,2]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 中国科学院大学，北京 100037

3 南非约翰内斯堡大学，约翰内斯堡 2006

4 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

5 临沂大学，临沂 276000

6 天宇自然博物馆，平邑 273300

* jingmai@ivpp.ac.cn

本文对一件基干今鸟类匙吻古喙鸟 (Archaeorhynchus spathula) 新标本进行了研究，该标本发现于白垩纪九佛堂组下部，保存了大量软组织结构遗迹。即使这是第五件已知的匙吻古喙鸟标本，却首次保存有羽毛痕迹，显示出以前在中生代鸟类中未被识别但在现存的现代新鸟类中常见的针状尾羽形态。此外，基于特定的位置信息以及宏观和微观解剖观察，该标本保留了左右两侧肺结构的疑似残留，其组织结构与现代鸟类十分相似，是脊椎动物肺部软组织的首次化石记录。

在现生脊椎动物中，鸟类具有最复杂和功能最强大的呼吸系统，即使在极其缺氧的环境中，也能保证其高能耗的运动形式。本项研究表明，呼吸系统的特化如极度分化的肺膜组织（使鸟类具有获得有利于飞行所需的供氧能力），已经出现在 1.28 亿年的基干今鸟类之中。虽然鸟类早期演化中呼吸相关的骨骼特征仍然原始，但肺部微观组织结构已经十分进步，而许多生理特征的改变（例如消化系统和呼吸系统）是鸟类在演化中获得成功的关键。这些生理特征的出现是否早于明显的骨骼特征的适应性进化，有待今后对相关化石做进一步研究。

S01-O-10

恐龙和鸟类化石生物矿化软组织的组化染色

Alida Bailleul[1]*，Jingmai O’Connor[1]，Mary Schweitzer[2]，Wenxia Zheng[2]，尤海鲁 [1]，李大庆 [3]，周忠和 [1]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 北卡罗莱纳州立大学，美国 NC 27695

3 甘肃地质博物馆，兰州 730010
* alida.bailleul@ivpp.ac.cn

十九世纪以来，古组织学实际上一直依赖于对生物矿化组织较厚的岩相部分的利用。因此，对于具体化石组织类型的鉴定大多基于一些定性变量，如骨陷窝形状、通过偏光检测得到的胶原纤维序列、以及血管走向和密度。此外，通常会用组织化学染色来检测现存脊椎动物骨骼，通过揭示其细胞外基质的成分来鉴定其骨骼组织。

迄今鲜有针对化石组织的染色，这是因为通常认为经由这些染色辨别出的生物细胞存活不超一百万年上下，研磨切片部分（不超过 100 微米左右）的厚度或骨骼成分的改变也将阻碍显著的染色反应发生。但是，通过使用为化石组织改良的去矿物化和石蜡组织方法，组织化染色近来在霸王龙这一兽脚亚目龙的两类骨骼组织上都得到成功应用。

我们在此展示的新数据是对来自蒙大拿州（MOR 548）的斯氏亚冠龙的一幼体恐龙头骨的骨骼、软骨和牙本质成功染色的说明。此次共使用三种不同的组织化染色 ：阿利新蓝，这是一种会在糖胺聚糖出现的地方发生反应、相对非特异性的染色；天狼星红，它会基于纤维导向鉴定出胶原；还有一种是改良过的 Masson 三色染色，可以突显相关组织之间的差异。这些石蜡切片保存了细胞成分的完整形态，比如牙本质中的成牙过程。

此外，我们还首创性地将这一方法应用于保存在白垩纪早期的鸟类化石中、原本未被生物矿化的软组织——这些化石源于中国东北的热河生物群和中国西北的早白垩世昌马盆地。这一二十一世纪的古组织学方法颇具潜力，可以变革古脊椎学中鉴定和理解组织的方式、加深我们对于化石记录中的分子保存的理解、阐明影响软组织保存的成岩作用变化和潜藏的埋藏过程的化学驱动、揭示重要软组织结构的演变和发展。

S01-O-11

和政地区鸟类气管化石的特异保存和指示意义

李志恒[1]*，邓涛[1]，向华[2]，周忠和[1]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 10044
2 中国地质科学院地质研究所，北京 100037
* lizhiheng@ivpp.ac.cn

气管软骨和支气管(鸣管)的矿化和骨化是鸟类呼吸系统的一个独有特征。因而相对于其他脊椎动物，鸟类气管化石的保存较为普遍，并存在于不同地质时期的特异埋藏的沉积环境中，例如，南极洲的海相砂岩，德国梅塞尔的油页岩层和美国绿河组的山间湖相沉积中。而近年来，在我国和政地区的晚中新世的红黏土沉积中新发现的不同门类的鸟类化石中，同时保存有较为完整的气管软骨的部分，已知的保存有气管的化石包括和政隼、雉鸡类和临夏鸵鸟等。对于这些化石气管的保存到底是由于骨化、矿化还是由于后期成岩作用，还不甚清楚。这里我们利用 X-射线断层扫描、扫描电镜配合能谱分析等多种手段针对临夏鸵鸟气管化石的微观形态以及埋藏学特征进行了细致的分析。初步的实验结果显示气管组织有着明显的骨化特征，如中央管、哈维斯板等结构保存清晰，同时中空的管道并没有发现软骨细胞存在的迹象，而伴生有较大颗粒的方解石填充。气管化石周围的粘土矿物是围岩的主要组成部分，并与骨细胞的分界十分显著，这些结果指示出了微弱但持续的水动力条件，而方解石晶体在气管壁中的富集指示出化石的形成过程中气候的干旱化的出现。

S02-O-01

海洋生物地球化学循环导致了 Marinoan 冰期的发生

沈冰[1]*，郎咸国[2]，刘永岗[3]，周传明[2]，田丰[4]，赵洲峤[3]

1 北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

2 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008
3 北京大学物理学院大气与海洋科学系，北京 100871
4 清华大学地球系统科学系，北京 100084
* bingshen@pku.edu.cn

新元古代成冰纪（720—635Ma），地球经历了两次全球性的冰川事件，分别为Sturtian（717—660Ma）和Marinoan冰期（650—635Ma）。在这两次冰川事件过程中，地表系统遭受极端寒冷气候的洗礼，全球海洋完全冰冻，地表冰盖厚度达到上千米，这种全球性的冰川事件被称之为“雪球地球”。

对于雪球地球事件的起因，主要归咎于Rodinia 超大陆的解体。超大陆的解体伴随有强烈的大陆化学风化作用，使得大气CO2浓度显著降低，最终导致全球冰期的出现。虽然强烈的大陆风化可以解释 Sturtian 冰期的发生，但是却无法解释新元古代全球冰期事件的气候旋回性，即雪球地球事件的重复发生。在 Sturtian 冰期结束之后的 1000 万年内，地表系统再次进入“雪球地球”状态，发生了 Marinoan 全球冰期。因此 Marinoan 全球冰期事件的起因是认识雪球地球事件的关键。

基于新元古代全球冰期的特殊性，我们提出一个新的假说，认为新元古代全球冰期事件的发生和重复出现可能与海洋的生物地球化学循环过程密切相关。在 Sturtian 和 Marinoan 冰期之间的间冰期地层中，全球范围内广泛沉积了超重黄铁矿（硫同位素值可达+70‰），表明间冰期存在独特的海洋硫循环过程。我们分析了华南成冰纪间冰期地层（大塘坡组/富禄组）的硫同位素组成，发现当时南华盆地海洋存在显著的硫同位素梯度。同时铁组分证据表明，南华盆地间冰期海洋为氧化还原分层的海洋，超重黄铁矿形成于斜坡相硫化环境。我们认为海洋硫同位素梯度的形成可能与硫化水体中挥发性的有机硫化物（VOSC）的大量生成和释放有关。VOSC 主要包括甲基硫和二甲基硫，是在硫化环境中通过 H2S 的甲基化反应而生成，因此其继承了 H2S 的硫同位素特征，从而富集 32S。VOSC 从硫化水体中释放，优先将 32S 带入大气中，并迁移到其他广海区域，使得硫化斜坡水体中富集 34S，导致了超重黄铁矿的沉积，而开阔广海水体则具有低的硫同位素值。同时，硫化水体中有机硫化物可以作为甲烷菌的非竞争性的物质，以及甲基硫对于 CH4 的无氧氧化（AOM）存在抑制，使得 CH4 能够大量的从硫化水体中生产并释放到大气。高的大气 CH4 浓度可以弥补 Sturtian 冰期之后高的初级生产力和强烈的大陆风化作用所造成的低大气 CO2 浓度温室效应，从而维持 Sturtian 冰期后长达 1000 万年的间冰期温室气候。在另一方面，有机质的生产与埋藏可以逐步增加大气 O2 浓度，继而导致了海洋硫化环境的消失与甲烷释放的停止，最终将地球重新带入了全球冰期。

S02-O-02

“Boring Billion”时期的增氧事件：以华北中元古代~1.56 Ga 高于庄组为例

汤冬杰[1,2]*，尚墨翰[3]，史晓颖[1,3]

1 中国地质大学（北京）物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083
2 中国地质大学（北京）科学研究院，北京 100083
3 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083
* dongjtang@126.com

地质历史时期氧气的可获得性对于真核生物的起源与早期演化至关重要。然而，对“Boring Billion”时期地球表层系统中氧浓度的估计值仍然存在争议且估计的时段还不完整。为了更好地限定这一时期地球表层系统中的氧气水平，本研究测试了华北地台高于庄组（*ca.* 1.60-1.54 Ga）碳酸盐岩的I/(Ca + Mg)比值。结果表明，该比值在高于庄组三段存在明显且持续的上升（从<0.5 μmol/mol，到>2.5 μmol/mol）。结合磷（P）含量以及其他氧化还原指标（如 Ce 异常），我们的碘数据很可能反映了较长一段时期

的增氧（持续地层厚度约 150 m），并可能指示当时 $pO_2 \geq 3.6\%$ PAL（现代大气水平），显著高于之前估计的<0.1% PAL。这一新识别的增氧事件很可能促进了当时真核生物的分化以及多细胞化。

S02-O-03

Zn geochemical cycling in a phosphorus-rich ocean during the early Ediacaran

Haifeng Fan*,Hanjie Wen

State key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China

* fanhaifeng@mail.gyig.ac.cn

During the early Ediacaran, there was a large influx of phosphorus into the oceans and a high phosphorus level in seawater, where multicellular eukaryotes may have been the primary type of marine productivity. Such eukaryotes commonly have higher Zn requirements than prokaryotes. To establish Zn geochemical cycling patterns in the phosphorus-rich ocean, this study investigates Zn isotopic signatures of shallow water phosphorite-bearing strata that contain phosphatized microfossils (the Weng'an biota) and deep-water shales. The results indicate that phosphorite commonly preserves heavier Zn isotope compositions, with an average of 0.80‰. The positive δ66Zn values in the phosphorites may be ascribed to Zn isotope fractionation associated with the bioavailability of phosphate and adsorption of Zn onto Fe-Mn oxides and organism surfaces. In addition, the Weng’an biota (multicellular eukaryotes) may have had higher requirements for light Zn isotopes. In this case, we argue that phosphorite may represent an important sink of isotopically heavy Zn in a phosphorus-rich ocean during Earth history. Contrary to these results, deep-water organic-rich shales show an enrichment of isotopically light Zn with an average of 0.23 ‰, which may be attributed to regeneration of Zn and sulfide precipitation in mid-depth water. The organic-rich shales may represent an isotopically light Zn sink in a phosphorus-rich redox stratified ocean. In a phosphorus-rich redox stratified ocean, the heavier Zn isotopes than modern deep water could be preserved in deep-water (similar to that of Black Sea deep water).

S02-O-04

华北中元古界高于庄组脉冲式增氧事件及真核生物多细胞化

尚墨翰[1,2]，史晓颖[1,2]，蒋干清[3]，周锡强[4]，汤冬杰[1,5]*

1 中国地质大学（北京），生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083

2 中国地质大学（北京），地球科学与资源学院，北京 100083

3 Department of Geoscience, University of Nevada, Las Vegas, NV 89154-4010, USA

4 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

5 中国地质大学（北京），科学研究院，北京 100083

* dongjtang@126.com

我国华北中元古代高于庄组（1.60–1.53Ga）地层中有确证宏观多细胞真核生物化石的发现。然而该组地层所在的中元古代大气氧含量平均水平一直存在争议，近期具有代表性的观点包括其大气氧含量可能长期处于< 0.1% PAL（Present Atmospheric Levels）的极低水平以及可能> 4% PAL 甚至> 10% PAL 的富氧水平。巨大的认识差异使得有关早期真核生物生存与演化条件的研究面临困难，因此为明确真核生物出现与氧气浓度变化之间的时间顺序和机理对应关系，需要使用更多方法对氧气浓度进行进一步

限定。我们对高于庄组碳酸盐岩地层的 I/(Ca + Mg)和 REE（用去离子水清洗，弱酸溶解测试）等代指标进行了研究，在研究区段识别出了多起脉冲式增氧事件，其氧气规模已经超过了初级生产力产氧所能达到的极大值（~10 μM 溶解游离氧），并且发现脉冲式氧事件与真核生物化石产出存在对应关系。综合数据分析表明中元古代虽处于整体低氧的背景下，但同时也伴随多次脉冲式增氧事件；脉冲式增氧事件的多次发生，很可能促进了真核生物多细胞化进程。

S02-O-05

华南新元古代大塘坡组 Mo–U 富集特征及其古环境指示意义

叶云涛[1,2,3]*，王华建[3]，张水昌[3]，吴朝东[1,2]

1 京大学地球与空间科学学院，造山带与地壳演化教育部重点实验室，北京 100871

2 京大学石油与天然气研究中心，北京 100871

3 国石油勘探开发研究院，北京 100083

* yeyuntao@pku.edu.cn

新元古代是地球演化过程中气候变化最为剧烈的时期，曾发生过至少两次大规模冰川事件，许多证据表明，当时的冰川可能从两极一直延伸到了赤道附近。关于冰期前后大气氧含量的波动及其对生物演化的影响等问题一直备受关注，特别是目前最早的海绵生物标志物和成体化石都被发现于成冰纪间冰期的地层当中。然而，对该时期海洋氧化还原状态的讨论却相对较少。

为此，本文选择黔东道坨地区大塘坡组黑色页岩段，开展主微量元素分析，同时结合草莓状黄铁矿形态学研究。结果显示，黄铁矿粒径分布在垂向上没有规律性变化，平均粒径在 5 μm 左右，指示缺氧硫化的沉积环境。与一般缺氧条件下氧化还原敏感元素明显富集的特征不同，大塘坡组黑色页岩中 U 含量十分稳定，基本类似于上地壳值，说明地层中几乎没有自生 U 的沉淀；相比之下，Mo 则表现出中等程度的富集。我们认为 Mo–U 在海洋中地球化学循环的差异是导致这一现象的根本原因，U 的还原开始于 Fe^{3+} 向 Fe^{2+}的转化带，早于 Mo 的还原，且后者需要硫化氢的参与才能有效进行。由于黑色页岩中元素的富集情况受控于水体中该元素的可得性，因此 Mo 较 U 的显著富集代表了当时海洋中相对更大的 Mo 储库，U 浓度的降低可能源于缺氧水体的扩张，而这些缺氧水体中只有一小部分是硫化的，从而使 Mo 的含量得以累积，也就是说，Sturtian 冰期后的海洋以缺氧铁化为主。

S02-O-06

天文驱动的埃迪卡拉纪早期的气候变化

睢瑜，黄春菊*，张蕊，王治祥

中国地质大学(武汉)地球科学学院，生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074

* huangcj@cug.edu.cn

埃迪卡拉纪(635～541Ma)属于新元古代晚期，是地球生命系统演化进程中一个非常重要的历史时期。陡山沱组(635～551Ma)是成冰纪“雪球地球”事件结束后沉积的第一套碳酸盐岩地层(Condon et al.,2005)。这个时期发生了显著的碳同位素负漂移事件(Jiang et al.,2007; McFadden et al.,2008;Zhu et al., 2013)，地表气候系统与海洋环境都发生了明显的变化，但其发生的原因及驱动机制至今还存在很多争议。我们通过对九龙湾剖面陡山沱组下部约 23m 的地层作为研究对象，选取 Ca 元素作为古气候替代指标，识别出最为稳定的长偏心率 405-kyr 旋回。通过天文调谐建立了跨越 10 Myr 的高精度的浮动的连续天文年代标尺，并结合陡二段下部 6.2m 的火山灰锆石 U-Pb 年龄，进一步建立绝对天文年代标尺，计算出了陡山沱组地层一段与二段的界线年龄为 633.6±0.1Ma 界线，陡山沱组底部的年龄 635.4±0.1 Ma。在陡一/二段界线 4m 处及 9.6m 处 Ca 元素

含量出现显著降低，且碳、氧同位素出现扰动现象，而此时 405-kyr 和 2.4Myr 偏心率以及~1.2Myr 斜率长周期均处于低值期，据此可以推测，天文因素可能是导致地表发生极端气候事件的主要原因之一。

S02-O-07

海水锶－碳同位素对晚古生代大冰期的启示

陈吉涛[1]*，Isabel P. Montañez[2],祁玉平[1]，沈树忠[1]，王向东[1]

1 中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越中心，南京 210008

2 Department of Earth and Planetary Sciences, University of California–Davis, Davis, California 95616, USA

* jtchen@nigpas.ac.cn

晚古生代大冰期是显生宙以来规模最大的、主要发育在南方冈瓦纳大陆的一系列多幕式的冰期事件；是整个地史时期大气中氧气含量最高的时期，也是唯一的一个和现代大气二氧化碳含量相近的地质时期。与之前新元古代及奥陶纪末期的冰期事件不同的是，晚古生代大冰期是地球上在动植物繁盛以来最重大的冰期事件，记录了陆地自有高等植被以来唯一的一次从“冰室气候”向“温室气候”的转变。因此，对晚古生代大冰期古气候和古海洋的系统研究对于认识当今地球系统从“冰室气候”向“温室气候”转变的趋势具有一定的借鉴和启示意义。

本研究对华南石炭纪－早二叠世连续沉积的斜坡相碳酸盐岩剖面进行了高分辨率、高精度的牙形刺锶同位素研究。研究结果显示该时期海水的锶同位素呈三段式结构：334－318Ma 呈上升趋势，上升速率为每百万年 0.000035；318－303Ma 呈高位平台，303－298Ma 呈下降趋势，下降速率为每百万年 0.000043。该研究重新厘定并填补了石炭纪－早二叠世的海水锶同位素变化趋势，为该时期地层对比提供了较为精确的锶同位素地层，是我国申请石炭系“金钉子”的重要工作之一。该锶同位素曲线间接的反应了当时大陆风化的变化速率，且与当时的泛大陆造山运动、热带雨林的繁盛与衰败、以及泛大陆赤道附近的古气候状况具有密切的联系。通过将该锶同位素与同时期全球无机碳同位素以及古二氧化碳浓度等的对比研究，佐证了晚古生代大冰期的起始与加强是由大陆风化和有机碳在陆地上的埋藏（形成大量煤炭）导致的；同时，首次提出大冰期的最高峰是在大陆风化整体下降及热带雨林植被更替的背景下，有机碳埋藏由大陆转向海洋所导致。

该研究为晚古生代大冰期全球古气候变化与古海洋循环提供了有力的生物地球化学证据，是我国对晚古生代大冰期进行多学科交叉研究的综合性成果之一，也是国际上探讨当时环境演变过程和控制因素的标志性成果。

S02-O-08

奥陶-志留系之交 HICE 事件是否等时?

李超*，樊隽轩

中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越中心，现代古生物学和地层学国家重点实验室，南京 210008

* chaoli@nigpas.ac.cn

HICE 正漂是全球奥陶系最大的碳同位素正漂事件，最早被识别于上奥陶统碳酸盐岩 $\delta^{13}C_{carb}$ 曲线中，主要表现为一个或两个 $\delta^{13}C_{carb}$ 正漂峰。目前全球在上奥陶统碳酸盐岩、碳酸盐岩与碎屑岩混合相沉积序列中均发现了 HICE 正漂事件的 $\delta^{13}C_{carb}$ 记录。然而，由于从页岩中获得 $\delta^{13}C_{carb}$ 数据的难度较高，因此在页岩相地区，研究者们通常使用 $\delta^{13}C_{org}$ 数据识别 HICE 正漂事件。

由于受广西运动的影响，华南的扬子地台在晚奥陶世逐渐转变为半局限盆地，并在晚奥陶世凯迪期至志留纪兰多维列世特列奇期沉积了一套以黑色页岩为主的碎屑岩。上扬子区奥陶-志留系之交自下而上主要为

五峰组黑色页岩、观音桥层泥质灰岩和龙马溪组黑色页岩。其中观音桥层为一层冷水碳酸盐岩，其沉积特征反映了晚奥陶世赫南特期冰盛期的海平面下降事件。

本研究基于上扬子区两口科研浅钻（宜黄 1 井和宜界 1 井），在钻井岩芯的五峰组至龙马溪组底部连续高密度采样（1~10cm/样），总共获得了 147 个全岩粉末样品，并完成了 $\delta^{13}C_{org}$ 测试。通过对岩芯中保存的笔石标本开展系统鉴定和生物带划分工作，这两口钻井的生物地层和化学地层能够较为精确地与其他露头剖面和钻井进行对比，其中就包括了湖北王家湾赫南特阶“金钉子”剖面。这两口钻井的 $\delta^{13}C_{org}$ 数据均表明，HCIE 正漂事件出现在五峰组上部到观音桥层。其中，HCIE 正漂事件均起始于 *Paraorthograptus pacificus* 笔石带上部，正漂幅度为 2.0‰~3.0‰，正漂峰值为−27.2‰~−28.4‰。但是，在相对较深水的地区（宜界 1 井），HCIE 正漂事件的峰值位于观音桥层中，并在观音桥层上部结束正漂；而在相对较浅水的地区（宜黄 1 井），HICE 正漂事件的峰值则位于五峰组的近顶部，并在五峰组顶部、观音高层之下结束正漂。

值得注意的是，扬子地台上不同地点的有机碳同位素 HICE 正漂事件记录在全球其他地区也存在类似的特点，这或许反映了 $\delta^{13}C_{org}$ 记录在某种条件下的全球等时特征。

S02-O-09

泥盆纪古气候演化历史及其背后的控制因素

陈波*

中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

* chenbo@nigpas.ac.cn

泥盆纪是全球气候由早古生代温室期到晚古生代冰期转换的关键时期，植物在这一时期开始大规模登陆，因此泥盆纪的气候演化历史尤其引人关注。本项研究中我们对华南泥盆纪的牙形刺氧同位素进行了详细的分析，结果显示早泥盆世海水温度相对较高，早泥盆世中-晚期开始海水温度显著下降，中泥盆世海水温度相对较低，自中泥盆世晚期开始，海水温度再次显著上升，并在弗拉斯-法门期之交达到顶点，随后海水温度开始逐步下降，最终导致晚古生代冰期在石炭纪出现。

早泥盆世中-晚期的海水温度下降可能与有根微管植物及其共生的根细菌的出现和繁盛所导致的硅酸盐风化作用增强有关，而中-晚泥盆之交的温度上升可能与北美大陆 Acadian 造山过程中接触变质所导致脱碳和 CO_2 大量释放有关，而法门期的海水温度降低则可能与以种子植物出现为代表的陆生植物重大演化革新以及法门期多次火山喷发之后玄武岩风化作用增强有关。泥盆纪的气候演化受到了多种因素的控制。

S02-O-10

泥盆纪温室气候与石炭-二叠纪冰室气候转折期的 生物礁生态系统演变

要乐[1,3]*，王向东[2,3]

1 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

2 中国科学院南京地质古生物研究所，中国科学院资源地层学与古地理学重点实验室，南京 210008

3 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心，南京 210008

* lyao@nigpas.ac.cn

晚泥盆世-密西西比亚纪是泥盆纪温室气候向石炭-二叠纪冰室气候转变的关键地质历史时期，发生了显著的冰川沉积，海水古温度、全球海平面和海洋化学条件的变化，其中晚泥盆世弗拉期与法门期之交和泥盆纪与石炭纪之交的变冷事件分别导致了 F-F 和 Hangenberg 生物灭绝事件。晚泥盆世-密西西比亚纪后生动物礁生态系统经历了崩

溃、消失、复苏、繁盛和衰减的演化过程。泥盆纪中晚期（埃菲尔期-弗拉期）发育了显生宙最大的生物礁生态系统，以层孔虫和珊瑚为主要造礁生物。F-F 生物大灭绝导致层孔虫-珊瑚礁生态系统崩溃，之后法门期以微生物礁为主，发育少量层孔虫礁；法门末期（斯特隆期）层孔虫-珊瑚层繁盛，微生物礁丰度达到最低值。Hangenberg 灭绝事件造成层孔虫-珊瑚礁生态系统消失，之后密西西比亚纪杜内早期出现微生物碳酸盐岩繁盛；杜内晚期全球广泛发育 Waulsortian 相碳酸盐泥丘。尽管维宪期微生物建造仍很发育，骨架生物建造于维宪早期开始出现，仅在英国发育少量珊瑚-钙藻礁；维宪中期骨架生物建造的丰度和多样性有所增加，发育珊瑚层、苔藓虫礁丘、海绵-微生物礁丘和微生物-后生动物礁/礁丘；维宪晚期骨架生物建造的丰度和多样性显著增加，达到密西西比亚纪最高值，出现珊瑚礁/层、苔藓虫礁丘、后生动物-微生物礁/礁丘和微生物-后生动物礁/礁丘。谢尔普霍夫期生物礁的丰度明显降低，发育珊瑚层、后生动物-微生物礁和微生物-后生动物礁/礁丘，伴随少量微生物礁。

晚泥盆世-密西西比亚纪生物礁生态系统的演变受到造礁生物多样性和沉积岩相变化的控制，它们与该时期冰期-间冰期交替伴随的全球海平面和海水化学条件变化密切相关。晚泥盆世层孔虫-珊瑚礁生态系统的崩溃和消失以及密西西比亚纪杜内早期微生物岩的繁盛主要由海水变冷伴随的层孔虫和珊瑚多样性急剧减少或灭绝所致。杜内期后生造礁动物多样性较低、海洋缺氧以及该时期冰室气候伴随的全球海平面降低和非碳酸盐岩相发育是导致骨架生物礁延迟复苏的主要原因；维宪期后生动物礁的复苏和繁盛与该时期后生造礁动物多样性增加、气候变暖伴随的全球海平面升高和碳酸盐岩沉积增加有关；谢尔普霍夫期生物礁丰度的降低可能由该时期后生造礁动物多样性减少、气候变冷伴随的全球海平面降低和非碳酸盐岩相发育导致。另外，密西西比亚纪时期，古特提斯洋东、西部生物礁的组成和演化过程总体保持一致；控制该时期生物礁发育的相对海平面变化与冈瓦纳大陆冰川的扩大和衰减一致，它们均反映全球冰期-间冰期气候变化影响密西西比亚纪生物礁生态系统演变。

S02-O-11

华南晚泥盆世弗拉斯阶-法门阶碳酸盐岩中地球化学信号的再认识

崔一鑫，孙元林，常洁琼，沈冰*

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

* bingshen@pku.edu.cn

前人对晚泥盆世弗拉斯阶-法门阶界线附近的海相碳酸盐岩的研究表明，该时期存在一个显著的碳酸盐岩碳同位素正漂移和海水硫酸根硫同位素波动，认为当时海水可能发生了缺氧、硫化等剧烈改变。这些改变可能与 F-F 生物绝灭事件相关联。为了进一步了解该时期海洋地球化学环境的变化，我们在牙形石生物地层学框架的基础上，系统地研究了广西台地相盘龙剖面和盆地相白沙剖面弗拉斯阶-法门阶界线上下地层的无机碳同位素（$\delta^{13}C_{carb}$）、碳酸盐晶格硫同位素（$\delta^{34}S_{CAS}$）、黄铁矿硫同位素（$\delta^{34}S_{pyrite}$）、碳酸盐晶格铁含量（Fe_{carb}）和碳酸盐晶格锰含量（Mn_{carb}）等关键地球化学指标。研究结果指示：（1）两个剖面的 $\delta^{13}C_{carb}$ 均发生约 3.0‰的正漂移，而盘龙剖面 $\delta^{13}C_{carb}$ 在正漂移之前还经历约 1.6‰的负漂移。（2）盘龙剖面的 Mn_{carb} 对应 $\delta^{13}C_{carb}$ 呈先增多后减少的相反变化，而白沙剖面的 Mn_{carb} 整体稳定略呈降低趋势。（3）盘龙剖面的 Fe_{carb} 含量都较低，白沙剖面 Fe_{carb} 远高于盘龙剖面并在 $\delta^{13}C_{carb}$ 正漂移层位出现明显降低。（4）两个剖面的 $\delta^{34}S_{CAS}$ 均呈一定的正漂移，但盘龙剖面的 $\delta^{34}S_{CAS}$ 在 22‰~29‰范围内变化，白沙剖面的 $\delta^{34}S_{CAS}$ 的变化范围为 6‰~26‰。（5）两个剖面的 $\delta^{34}S_{pyrite}$ 也相差很大，盘龙剖面的 $\delta^{34}S_{pyrite}$ 在 6‰~26‰，白沙剖面的 $\delta^{34}S_{pyrite}$ 在-30‰~30 ‰。通过对

数据的分析，我们发现两个剖面的 $\delta^{13}C_{carb}$ 与 Fe_{carb} 或 Mn_{carb} 呈一定的负相关关系。而晚泥盆世碳酸盐岩形成于水岩界面之上，其中的 Fe_{carb} 和 Mn_{carb} 均受到海水底层的氧化还原状态以及水岩界面之下沉积物孔隙水向上扩散（benthic flux）的影响。该扩散过程受到沉积速率、沉积物中铁锰还原带深度、孔隙水铁（锰）浓度等因素的影响。与 Fe^{2+}、Mn^{2+}一同向上扩散的还有 Fe(Ⅲ)、Mn(Ⅳ)还原反应形成的富集 ^{12}C 的 HCO_3^-，最终参与碳酸盐岩的形成，并使 $\delta^{13}C_{carb}$ 与 Fe_{carb}（Mn_{carb}）呈负相关。同时，形成于硫还原带中的 H_2S 也可以向上扩散，导致 H_2S 在浅层沉积物或在水岩界面附件被氧化成 ^{32}S 富集的硫酸根，使得 $\delta^{34}S_{CAS}$ 变低。因此，在具有显著孔隙水扩散的情况下，碳酸盐岩的元素和同位素组成并不完全反映海水条件，而是受到沉积速率、氧化还原状态等因素控制。台地相盘龙剖面的碳同位素主要受锰还原带控制，而盆地相白沙剖面的碳同位素则主要受铁还原带影响，普遍存在的碳同位素正漂移可能指示一次氧化事件导致铁（锰）还原带界面下降，富 ^{12}C 的 HCO_3^- 向上扩散的通量减少。两个剖面 $\delta^{34}S_{CAS}$ 、$\delta^{34}S_{pyrite}$ 变化范围的较大差异主要受沉积速率的影响。盘龙剖面属台地相，沉积速率快，受沉积物孔隙水向上扩散过程的影响较小，其碳酸盐岩的硫同位素值与海水相近，变化范围小；白沙剖面属盆地相，沉积速率慢，使较多的硫酸盐还原带生成的 H_2S 被氧化成 SO_4 进入碳酸盐岩，导致硫同位素有较小的取值。因此，我们认为 F-F 界线附件的海洋地球化学的转变可能反映了当时局部的一个海洋氧化过程，这与在盘龙剖面大量腕足动物化石在同位素波动层位出现一致。

S02-O-12

华南石炭纪~34 Myr 天文年代标尺的建立

吴怀春[1]*，房强[1]，王向东[2]，Linda Hinnov[3]，祁玉平[2]，沈树忠[4]，杨天水[1]，李海燕[1]，陈吉涛[2]，张世红[1]

1 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083

2 中国科学院南京地质古生物研究所，中国科学院资源地层学与古地理学重点实验室，南京 210008

3 Department of Atmospheric, Oceanic, and Earth Sciences, George Mason University Fairfax, VA, USA

4 中国科学院南京地质古生物研究所，现代古生物学和地层学国家重点实验室，南京 210008

* whcgeo@cugb.edu.cn

石炭纪是地球表层系统演化的一个关键时期，发生了构造、气候、环境和生物等重大地质事件（Torsvik and Cocks, 2004；Montañez and Poulsen, 2013；Wang et al., 2013）。高精度年代地层格架是深入理解石炭纪重大地质事件的触发机制、演化过程的基础。现有广泛使用的石炭纪国际地质年表的建立主要基于欧美大陆石炭系旋回地层学与 ID-TIMS 放射性同位素年龄的校正（Davydov et al., 2010；Ogg et al., 2016），但欧美大陆广布的海陆交互相沉积一定程度上阻碍了对海洋生物事件发生年代和持续时间的精确约束。另外，由于许多阶的定义并不确定，导致了石炭系阶的持续时间也无法确定。

本文利用磁化率作为古气候与古环境替代性指标，对位于贵州省罗甸县纳庆剖面的斜坡相石炭系开展了详细的旋回地层学研究。剖面石炭系出露良好，层序清晰，构造简单，岩性主要由黑色、灰黑色及灰色薄至中层夹厚层状泥晶灰岩、粒泥灰岩、泥粒灰岩、燧石和少量颗粒灰岩组成。剖面牙形刺产出丰富，且中间夹杂的碎屑流中含有大量非蜓有孔虫和蜓类化石，为建立深水相和浅水相间的对比提供了良好的条件。该剖面是维宪阶/谢尔普霍夫阶，巴什基尔阶/莫斯科阶，莫斯科阶/卡西莫夫阶和卡西莫夫阶/格舍尔阶界线的层型（GSSP）候选剖面。

对纳庆剖面谢尔普霍夫阶底部到格舍尔阶顶部厚度为 232 m 的磁化率数据开展频谱分析、滤波和调谐分析，结果显示：

（1）研究剖面记录了完整的米兰科维奇旋回；（2）通过对纳庆剖面 25 个牙形石带进行持续时间的估计，建立古特斯地区持续时间为~34 Myr 的生物年代地层格架，并与欧美大陆的生物年代地层格架进行精确对比，完善了对石炭系国际地质年代表；（3）谢尔普霍夫阶、巴什基尔阶、莫斯科阶、卡西莫夫阶、格舍尔阶的持续时间为 7.6 Myr、8.1 Myr、8.5 Myr、2.87 Myr、4.83 Myr，如果将巴什基尔阶底部赋予一个来自 GTS2012 中的年龄，那么谢尔普霍夫阶、莫斯科阶、卡西莫夫阶、格舍尔阶和阿瑟尔阶底界年龄分别为 330.8 Ma、315.1 Ma、306.6 Ma、303.73 Ma 和 298.9 Ma；（4）超长偏心率周期从维宪期晚期-谢尔普霍夫期晚期的 2.4 Myr，转变为莫斯科早期的 1.6 Myr，并在卡西莫夫期和格舍尔期转变为 1.2 Myr，超长斜率周期为 1.1~1.3 Myr；（5）纳庆剖面中识别出的由海平面下降导致的沉积速率升高事件可与顿涅茨克盆地等地的海退事件进行精确对比，所以这些沉积速率升高事件主要是由高纬度地区成冰作用导致的海退事件导致；（6）石炭纪冰川型海平面变化与渐新世-上新世相似，主要受长偏心率和超长斜率旋回控制，反应了较为温暖的冰期下的冰川动力学机制。

S02-O-13

High-resolution terrestrial records of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum in China

Zuoling Chen[1]*, Zhongli Ding[1], Xu wang[1], Shiling Yang[1], Jianfang Hu[2], Min Zhu[1], Xinxin Dong[1], Ping'an Peng[2]

1 Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

2 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

* chenzl@mail.iggcas.ac.cn

The Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM; ~55.5 Ma) characterized by a pronounced negative carbon isotope excursion (CIE), is a geologically abrupt global warming event superimposed on a long-term warming trend of the early Cenozoic. However, the documents of the hyperthermal have come chiefly from marine sediments, and its expression in terrestrial substrates is still poorly constrained. Here we yield high-resolution carbon isotope records of terrestrial substrates from the Nanyang Basin and Fushun Basin in China. Based on multiple δ13C data, paleo-temperature reconstruction and the comparison with marine records, we come to some preliminary conclusions: (1) The ~−4‰ CIE recorded in the δ13Ccalcite is consistent with that observed in planktonic foraminifera, suggesting that the true magnitude of the carbon isotope excursion in the ocean–atmosphere system is likely close to −4 ‰; (2) Inorganic and organic δ13C data generally depict a gradual excursion onset at least over timescales of thousands of years, indicating that the large input of 13C-depleted carbon into the ocean–atmosphere system was not geologically instantaneous; (3) A warming of ~4 ℃ prior to the PETM and ~7 ℃ increase in temperature during the PETM, are overall similar in pattern and trend to the δ13C change across the PETM. These observations are in line with the idea that 13C-depleted carbon release operated as a positive feedback to temperature; (4) The significant difference in the carbon isotope fractionation of (Δ) of C3 plants relative to that of atmospheric CO2 across the PETM event from the two continental sites suggests more precipitation in higher latitude in response to the PETM warming.

S02-O-14

Late Permian environmental changes caused by the Siberian Traps: the track recorded by biomineralization in brachiopods shells

Garbelli C.[1]*, Angiolini L.[2], hen S.Z.[1]

1 State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, 39 East Beijing Road, Nanjing, Jiangsu 210008, P.R. China

2 Dipartimento di Scienze della Terra, Universit àdi Milano, Via Mangiagalli 34, 20133 Milan, Italy

* claudio.garbelli@nigpas.ac.cn

The scientific community is assigning many efforts to understand how global warming and ocean acidification could affect the physiology of organisms and possible evolution of ecosystems. Several investigation highlight that taxa with a carbonate skeleton decrease the growth rates and calcification, while others are resilient over a centennial scale. The projected acidification and warming are too slow to be simulated in laboratory, and, thus, it is difficult to evaluate their effects, which are strongly related the adaptation potential of a taxon and to the rate of acidification and warming increase. The fossil record of Late Permian provides an exceptional archive of events under different environmental condition over a long time scale, and it is useful to understand the biotic answer of marine organisms. Among these, brachiopods are one of the most fascinating phylum to be studied, since their inorganic shell content and structure is affected by the seawater temperature and by its carbonate saturation state. Therefore, we investigated the opportunity to detect changes in the shell structure of fossil brachiopods during the Late Permian, which is a time interval of global warming, with increasing of oceanic pCO_2 related to Siberian Traps volcanism and culminating at the P/T boundary with the largest mass extinction event. Since brachiopods show a very low metabolic rate and their physiological features constrain them to change in response to environmental variations, modifications in the shell fabric are expected. In this study, very fine modifications have been found and could be related to the environment and the reduced fitness of organic carbonate secretion during the Late Permian. This kind of approach has the potential to be extend over all the fossil record and it could be a powerful tool to unravel past climate changes and to predict their future consequences on the biotic systems.

S02-O-15

西藏大有孔虫对古新世-始新世极热事件（PETM）的响应

张清海[1,2]*，丁林[1]，Helmut Willems[2,3]，徐晓霞[2]

1 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101

2 University of Bremen, Bremen 28359, Germany

3 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

* zhang@itpcas.ac.cn

古新世-始新世极热事件（PETM）发生在距今大约 56 Ma 前，是新生代以来最重大的一次全球快速升温事件(Zachos et al., 2008)。全球温度在大约 6 万年之内上升了至少 4-5 摄氏度(Dunkley Jones et al., 2013)。同时，地球表层碳库记录了~2-7‰的碳同位素负向漂移(negative CIE)。大气圈、生物圈和水圈均发生了强烈的扰动(McInerney &

Wing, 2011)。 例如：陆地植物由 PETM 之前共存的被子植物和裸子植物变为 PETM 期间单独存在的被子植物(Wing et al., 2005)；哺乳动物体型变小(Secord et al., 2012)，并且开始从亚洲向北美迁移(Bowen et al., 2002)；昆虫植食性活动增强(Currano et al., 2008)；在热带海洋中，造礁珊瑚从低纬度地区向中纬度地区撤退(Scheibner & Speijer, 2008)；钙质超微浮游生物和浮游有孔虫经历了快速的演化(Gibbs et al., 2006; Kelly et al., 1996)；在深海，底栖小有孔虫经历了新生代以来最大的一次灭绝事件，减少了约 30-50%的种属(Thomas & Shackleton, 1996)。但是，在特提斯洋的浅水环境中，底栖大有孔虫对 PETM 有何响应依然还有争议(Hottinger, 1998; Pujalte et al., 2009; Scheibner & Speijer, 2009; Zhang et al., 2013)。

最近，我们在西藏定日地区发现了一个浅海 PETM-CIE 剖面(Zhang et al., 2017)。这个来自于浅海碳酸盐岩台地的 PETM 剖面保存了厚达 11m 的 CIE 记录。这个 CIE 记录具有阶梯状的结构。这个阶梯状 CIE 的结构可以和新西兰的半深海 Mead Stream 剖面、中国南阳盆地的湖湘剖面以及 PETM 的经典剖面 ODP 690 进行对比。因而，我们认为西藏定日地区的 PETM-CIE 剖面是一个相对完整的、记录了高分辨率碳同位素漂移过程的剖面。由于定日的剖面中富含底栖大有孔虫，这也给我们提供了一个罕见的机会来详细研究大有孔虫在 PETM 期间的反应。

在 PETM-CIE 之前的晚古新世，定日地区的大有孔虫以 *Miscellanea, Ranikothalia, Lockhartia, Orbitosiphon, Kathina, Setia* 等为主。在碳漂移的初始阶段(CIE onset), 大有孔虫的种属没有发生明显的变化。然而，在碳漂移的回返阶段(CIE recovery), 这些大有孔虫被 *Alveolina*， *Orbitolites* 以及较小的 miliolids，rotaliids 所取代，*Miscellanea, Setia Ranikothalia* 和 *Orbitosiphon* 发生了绝灭(Zhang et al., 2013)。*Lockhartia* 尽管在此后的始新世偶有出现，但是其丰度、种属多样性以及壳体大小都发生了明显的降低和减小(Kahsnitz et al., 2016; Zhang et al., 2013)。在岗巴的 PETM 剖面中，我们也发现了同样的变化。在巴基斯坦和埃及等地区，前人的研究也表明了这个有孔虫突变事件的存在(Afzal et al., 2011; Scheibner & Speijer, 2009)。但是，他们称这个有孔虫突变事件为 Larger foraminiferal turnover (LFT)。

LFT 被定义为有孔虫开始出现双型现象（显球型和微球型）并伴随着壳体的突然增大(Hottinger, 1998)。LFT 的出现被认为是大有孔虫在热带-亚热带温暖的、长期贫营养的、稳定的海水中进化的结果(Hottinger, 1998)。这显然和我们发现的 PETM 期间有孔虫的突变事件不同。因此，我们命名这个有孔虫事件为 Larger foraminiferal extinction and origination (LFEO)(Zhang et al., 2013)。这个有孔虫事件发生在碳漂移的回返阶段。根据 PETM 的年龄模型，碳漂移的回返阶段持续了大约 3-10 万年(Farley & Eltgroth, 2003; Röhl et al., 2007)。这表明 LFEO 是一个发生在万年时间尺度上的生物灭绝事件。

LFEO 发生在碳漂移的回返阶段（CIE recovery），而非碳漂移的起始阶段（CIE onset）。这说明在 PETM 初期碳释放和随之而来的大洋酸化事件对大有孔虫没有明显的影响。而在 PETM 后期，强烈的陆地风化剥蚀被认为是造成碳漂移回返的主要原因。陆地风化剥蚀会导致大量的营养物质被输送到海洋之中，造成海洋的富营养化。而海水的富营养化对携带共生藻的大有孔虫是致命的。因而，我们推测 PETM 后期由于陆地风化剥蚀造成海洋富营养化可能是导致 LFEO 的主要原因。此外，我们也不能排除 PETM 时期的高温对 LFEO 的影响。最近研究表明，PETM 时期热带地区表层海水的温度可能超过 40 摄氏度，如此高的温度可能已经突破某些有孔虫的生理承受极限，造成一些有孔虫的灭绝(Aze et al., 2014)。由于在定日的 PETM 剖面上，我们目前还没有获得可靠的温度数据。因而，我们还不清楚是否温度上升和 LFEO 存在某种程度上的因果关系。

此外，古新世-始新世（P/E）的界限被定义为碳漂移的开始（CIE onset）(Aubry & Ouda, 2003)。根据这个定义，我们发现在藏南的定日和岗巴地区，P/E 界限处没有明显

的大有孔虫种属的变化。因而，P/E 界限在藏南地区并非处于大有孔虫生物区（shallow benthic zonation, SBZ）的分界处。根据我们在藏南地区建立的大有孔虫生物分区，我们发现 P/E 界限应该位于 SBZ 5 的内部(Zhang et al., 2013)，而非传统上认为的 SBZ 4/SBZ5 的分界处(Pujalte et al., 2009; Scheibner & Speijer, 2009; Zamagni et al., 2012)。

S02-O-16

茂名油页岩沉积有机质特征及其对古气候环境的响应

曹新星*，米玲仁，宁丽晨，何玲

广西师范学院北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室，南宁 530001

* 312482638@qq.com

茂名盆地在新生代古近纪(早第三纪)始新世晚期至渐新世早期沉积了厚层的油页岩，蕴涵了大量反映油页岩沉积时期的古气候环境变化的信息，是研究新生代古近纪陆地沉积区域性乃至全球性古气候环境变化的理想体系。本人系统分析了茂名盆地油柑窝组油页岩沉积形成的早期阶段(I)、中期阶段(II)和后期阶段(III)的沉积有机质特征。重点讨论有机质中单体烃碳、氢同位素组成剖面变化及其古气候环境意义，是否为始新世晚期-渐新世早期(EOT)事件的一种响应。取得的主要认识如下：1、油页岩含大量草莓状黄铁矿，其含量与 TOC 之间具有较好的正相关性；草莓状黄铁矿的粒径大小受水体氧化还原条件的控制。在油页岩中检出的芳基类异戊二烯化合物在剖面上的相对丰度分布变化不大，且仅有短链的 2,3,6-三甲基类异戊二烯化合物检出，显示油页岩沉积时期湖泊水体分层不明显，这与由扫描电镜观察到的草莓状黄铁矿所指示的含氧水体沉积环境基本一致。2、总有机质碳同位素组成(-26.9‰~-15.8‰)以及单烃碳同位素组成(-31.8‰ ~ -16.2‰)及剖面变化显示，茂名油页岩有机质来源以水生藻类和大型水生沉水植物为主，存在部分陆源高等植物的输入。高碳数正构烷烃碳同位素组成在剖面上的变化表明陆源有机质母源构成存在显著变化，即存在 C_3 植物与 C_4 植物相对输入量在剖面上此消彼长，反映了沉积陆源区域气候条件的变化。3、正构烷烃氢同位素组成在剖面上的变化范围为-210‰~-114‰。不同来源的正构烷烃氢同位素组成 $\delta^2H_{(mid\text{-}long)}(\Delta^2H)$ 在沉积剖面的中段出现多次的负偏，这表明在油页岩沉积形成的中期阶段的气候比早期阶段和后期阶段要更为湿润，同时中期阶段的古气候变化很大，结合正构烷烃 $\delta^{13}C$ 也在中期阶段剧烈变化，表明 EOT 事件有可能发生于油页岩沉积中期阶段。而在油页岩沉积晚期，气候相对干旱，C_4 植物输入优势明显，大气 CO_2 分压降低，这也是对 EOT 事件后气候变化的一种响应。

S02-O-17

山旺盆地硅藻泥页岩记录的古气候信息

余继峰*，蒋宗凯

山东科技大学地球科学与工程学院，青岛 266000

* yujifeng05@163.com

山旺盆地中新世湖泊沉积剖面因其保存有精美的动植物化石而闻名于世。尤其是其中的硅藻泥页岩段备受关注。有关该段沉积时期的古环境、古气候特征，前人应用古生物学方法进行了探讨，取得了一定的成果认识。对山旺盆地硅藻泥页岩对应时期的古气候、古环境研究主要依据古生物化石，其研究过程受古生物化石保存状况的制约，存在采样点连续性不足，底部层位缺失等问题。本文通过密集布点，测得了连续的磁化率、Rb、Sr 等物化数据，应用磁化率、Rb/Sr 值变化特征揭示山旺盆地硅藻泥页岩对应时期古气候变化。不同环境条件形成的沉积物，其磁化率与古气候之间的关系并不固定，本研究根据古生物及岩性物源分析确定了山旺盆地硅藻泥页岩磁化率特征与古气候变化之间的关系，即磁化率高值指示相对干旱的气候条件，磁化率低值指示相对湿润的气

候条件。结果表明，研究剖面由深至浅 Rb/Sr 值呈现高、低、中的变化规律，据此划分出的三个阶段中磁化率变化均出现异常高值区，且出现频率自下而上有减少趋势。

总体来看，山旺盆地硅藻泥页岩对应时期的化学风化强度有由弱到强再变弱的变化趋势，初期偏冷期，且气候波动频繁，中后期偏暖干湿气候波动趋于稳定。即，自下而上，阶段Ⅰ—气温偏冷、干湿交替的气候阶段；阶段Ⅱ—主要为相对温暖湿润的气候阶段，期间存在寒冷干旱的短暂气候剧烈波动事件；阶段Ⅲ—主要为相对温暖半湿润的气候阶段，期间经历了一个“湿润-干旱-湿润”的短暂气候变动。

根据古地磁极性数据序列结合最新同位素测年、古生物学研究成果对山旺组形成时代重新厘定的结果表明，山旺组硅藻泥页岩段沉积时期在 18.524Ma BP 到 18.056Ma BP 之间（0.468Ma），而整个山旺组则在 18.5Ma BP 到 17.5Ma BP（1Ma）之间。在地质年代上属于早中新世的晚期，而不是过去文献中定义的中中新世（15.97Ma BP-11.61Ma BP）。从上述气候波动的特征也能看出，该段地层沉积时尚未进入中中气候适宜期 MMCO(16.3 Ma－BP 14.3 Ma BP)。

S02-O-18

古环境的直接记录：来自石盐流体包裹体的证据

孟凡巍[1]*，张智礼[2]，卓勤功[3,4]，倪培[5]

1 中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越中心,现代古生物学和地层学国家重点实验室，南京 210008
2 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院，北京 100083
3 中国石油勘探开发研究院，北京 100083
4 中国石油集团盆地构造与油气成藏重点实验室，北京 100083
5 南京大学地球科学与工程学院，南京 201193
* fwmeng@nigpas.ac.cn

蒸发岩是保存古环境信息的宝库，而石盐是蒸发岩盆地完全干涸后最主要的矿物。石盐矿物在具有很好的封闭性，在浅埋深状态就会固结成岩，并且没有孔隙并且不可压缩。石盐、石膏、芒硝中的包裹体，是海洋的泻湖或者陆地盐湖的环境下，通过蒸发而结晶析出的过程中所捕获的流体（液体和/或气体）。因此，在石盐矿物的内部可以保存下来良好的原生石盐流体包裹体，从而记录原始的海洋和大气的信息，为古环境的提供了绝妙的直接记录。

其中，室温下纯液相的原生石盐流体包裹体可以记录卤水形成时期的温度，进而可以记录当时的古气温。而石盐流体包裹体中捕获的卤水成分，也可以记录当时古代海水/盐湖水的成分。地球上的海水成分不是一成不变的，而是在富 Ca 低 SO_4 的“方解石海”与富 Mg 高 SO_4 的“文石海”之间波动。奥陶纪时期是石盐沉积十分稀少，其中中国鄂尔多斯盆地的奥陶纪马家沟组的石盐中保存了原生的石盐流体包裹体；其卤水成分表明该时期的海水成分也是富 Ca 低 SO_4 的“方解石海”，在此适宜的条件下发生了“奥陶纪大辐射”。石盐矿物可以形成在卤水表面或者沉积在卤水底部而形成向上的竞争性生长。其中，在卤水表面生长的石盐可以捕获当时的古大气，从而记录当时大气的成分；从而为古代的大气提供直接的证据。

S02-P-01

笔者向大会组织者提出 3 个议题

吕怀民[1]*

珠海市教育局高等教育科，珠海 519000
* 13016308185@163.com

科学理论的目的是分析问题、认识问题。而工程技术的目的有 2 个：一是解决问题；二是还能够提高分析问题、认识问题的能力，即提高科学理论的水平。

同理。地球系统科学的目的是分析地球系统问题、认识地球系统问题。而地球工程

技术的目的有 2 个：其一是解决地球系统问题，即改造地球问题；其二是提高分析地球系统问题、认识地球系统问题的能力，即提高地球系统科学的认识水平。

随着地球系统科学分析问题、认识问题的越来越复杂，由此造成理论研究的难度越来越高。对于传统的地球系统科学，由于它无法解释这些更加复杂的理论新问题，再由于它也无法解决改造地球问题，因此迫切需要进行更大跨度的学科交叉，才能够实现科学理论的提高发展和改造地球。在这些更大跨度的学科进行交叉之中，尤其是必须把地球工程技术结合进来，这样才能够实现以下 2 个目的：①、真正的、实用的、第一次实现解决地球系统问题，改造地球以达到为人类社会服务；②、大幅度提高地球系统科学的认识水平。

所以笔者向大会组织者提出 3 个议题：

其一、“地球系统科学大会”需要进行第 2 次更改名称工作，更改成为“地球系统科学与地球工程技术大会”。

其二、参会人员要包括工程技术工作者，即工程师。尤其是包括从事海洋工程、气候工程、土木工程、水利工程等等的工程师。

其三、建议把笔者的《人工洋流的地球工程控制论、技术与战略》专著，作为这一届“地球系统科学大会”上的特邀报告，向全体参会人员，第一次公开发表、质疑、争论。因为这个特殊的、非主流的、奇特思想，它涉及到严重的国家安全、复兴中华大业等等重大国家战略性问题。需要给中央领导人提供准确的、正确的答案。

二、《人工洋流的地球工程控制论、技术与战略》专著的总体摘要简介。

经过长达 15 年思考，本人提出了《人工洋流的地球工程控制论、技术与战略》的颠覆性原始创新思想。它包括有 4 部分。其中：

之一是《巴拿马之水救世界》。

之二是《冰岛海沟,它能形成一个永久无冰的北极洋》。

之三是《谁控制了冰岛，谁就控制了全世界》。

之四是《控制风流、降水、发电的充气块结构体》。

其主要内容是：采用传统的土木工程、水利工程技术，在天然洋流的特殊的“狭窄、浅薄地段”，或者在大陆上的特殊的“狭窄地段”，建造人工海峡、人工海沟、人工海坝，形成人类可以控制的“人工洋流”的变化。然后，人类通过控制“人工洋流”的流速、流量、流向的变化，就可以达到人工控制海洋循环圈系统、冰冻圈系统、大气圈系统、陆地地貌系统、生物圈系统等等地球系统的变化。

建造天下第一、第二、第三大工程的“巴拿马海峡（深水）”、“冰岛海沟（深水）”、“冰岛海坝（浅水）”（这 3 个天大工程以下简称为“一坝一沟一峡”）。该“一坝一沟一峡”工程可以组合成为控制“温盐环流”（它是控制全球气候和生态命脉的）的“3 个调控总开关”。

由此确定：该“一坝一沟一峡”的颠覆性原始创新思想，它不仅是一种与魏格纳的大陆漂移学说、达尔文的生物进化沦和波尔的量子论等并列的最伟大的科学大发现；而且它也是一件与人造火、冶金、蒸汽机、电力、以及核能和电脑并列的最有价值的技术大发明；并且它还是一项人类有史以来、社会文明进步、最宏伟壮丽、巨大的人工杰作工程---人工改造自然洋流的地球工程。

一、“治国先治水，治世先治洋”。当今若欲治大全世界，必先从治理大海大洋工程开始，方能实现全球性的“人类命运共同体”巨大事业。

在《人工洋流的地球工程控制论、技术与战略》之中，该“一坝一沟一峡”工程可轻易破解“全球气候变冷、突暖、突变”这一系列的、人类文明的世界级“万年难题”。其中的“冰岛海坝”可轻易把全球气温立刻下降 3℃，回到 160 年前的工业革命前的全球气温值。从此，人类第一次实现了可以人工精确调控全球气候的“冷与热”以及生态和文明的“生与死”。由此恢复到第四纪之前的温暖湿润气候，消灭了全球荒漠化，创造出了全球可耕作、生产、生活的，的巨量土地。其面积可由现在的 0.3 亿平方公里增

加到 1.2 亿平方公里，使得人类最适宜的生存空间扩大增加了 4 倍。“一坝一沟一峡”工程可增加土地财富超过 6 亿亿元人民币，远大于 25 万亿元的总投资。并且，同时利用其高速“人工赤道环流”水力能源，获得发电成本为 0.05 元/kwh、发电功率高达近 3019 亿 KW 水电能源。该巨量水电能源相当于全世界现在全部能源总消耗量（包括石油、煤炭、核能等）的 24 倍。实现全球性的“人类命运共同体”巨大事业。

由此，可以毫不犹豫地给出以下骇人、惊人的定论：

谁控制了“冰岛、巴拿马”，谁就控制了全世界！！！

二、若中国提前购买和控制了“冰岛、巴拿马”的有关部分国土、海域，同时在该处设置了爆炸装置。其结果就控制了“一坝一沟一峡”这“3 个调控总开关”。之后，中国就能够以“冰威慑、冰讹诈”式的气候生存战略武器，智胜美欧俄 3 个核大国。然后，不战而屈人之兵，迅速控制了全世界。最后，进而使中国提前在 2021 年（建党 100 年）统一了全世界！！！

其原因如下：

1、“一坝一沟一峡”工程能够控制了全世界的降水、农业生产、清洁能源、碳交易等生命生存产业。其中，“冰岛海坝”仅投资仅 2 千亿元人民币，可获得“碳交易”每年 4 万亿元的巨额收益，累计达 400 万亿人民币。另外，它还能大大增加“大气环流”强度，减低或彻底消除全球性“雾霾”气候灾害。

2、“一坝一沟一峡”工程能够控制了北大西洋两岸的、北美洲和欧洲的、西方发达国家的“生存权”。其中，“冰岛海坝”是一种“气候武器、威慑战略武器”。它是采用核导弹炸开“冰岛-法罗群岛”海脊上的超级火山口，从而在极短时间内形成阻挡北大西洋暖流进入北冰洋的火山岩土海坝，这导致全球快速进入相当于史前 1.8 万年前的“冰河期”气候，致使美欧几个核大国就被厚厚的冰盖覆盖了，从此丧失了生存之地；而其它国家没有冰盖覆盖情况，可以温暖的继续生存下去。因为它远比“核武器”更有效使用，这种“冰威慑、冰讹诈”的“气候生存战略武器”，可轻易制约、制服、智胜西方发达国家。从而达到“四两拨亿斤”、“不战而屈人之兵”的“上上策”效果。

3、“一坝一沟一峡”工程能够作为经济、军事、政治手段，为成功收回台湾、蒙古，复兴中华民族之大业，为中国能够提前和平统一了全世界，为建立“人类命运共同体”全球性政府，提供了理论依据、技术手段和工程基础。

三、下面是《人工洋流的地球工程控制论、技术与战略》之中的、4 个部分的、分别的简介摘要。

之三、刚写出《谁控制了冰岛，谁就控制了全世界》的简介摘要。

以“冰岛-法罗群岛”为中间连接部，在“格陵兰-苏格兰”海脊上设置一条长 200--800 公里、深 100--300 米的---“冰岛海坝”。人类通过控制“冰岛海坝”的长度变化（200—800 公里之间）来控制北大西洋暖流进入北冰洋的流量，这就形成一个类似南极洲的、恒定的、最大可达 1500 万平方公里海冰冰盖面积的“北极大冰洲”（如果计入陆地冰盖面积，可以达到 2500 万平方公里）。然后通过控制“北极大冰洲”冰盖面积大小变化(1000—2500 万平方公里之间)，人类进而就能够精确调控和降低全球气温几度至几十度，甚至可使全球气候突变进入“冰盛期”（可冰冻西方文明之地）。从而轻易破解了这个“天下第一难题”---“全球气候变暖”。

“冰岛海坝”可采用“浮膜浅海坝”（采用无机纤维膜布）、岩土坝（采用核聚变爆炸或常规炸药爆炸两种方法）这两种结构型式。“冰岛海坝”的投资少，在 0.2—9.6 万亿元人民币之间，大约是“减碳”方式 3 百万亿人民币成本的 0.067—3.2%之间，可节约 97%以上的减排投资。其工期在 1 年之内，并且还容易拆除后恢复原状。“冰岛海坝”工程还创造出一系列巨大的、利润丰厚的经济产业，如交通运输、风力和洋流水力发电、房地产、旅游、生产淡水等，其 4 年的总收入大约有 0.56 万亿元人民币，超过采用核聚变爆炸方法建造“冰岛海坝”的 0.49 万亿元

人民币投资。“冰岛海坝”还能加大“赤道-北极”温差，增强或恢复大气环流强度，减低或消除全球性“雾霾”气候灾害。它可由企业运营完成，完全不用各国政府花费一分钱。

气候变化与突变，决定着文明的“生与死”。 “冰岛海坝”将造成北大西洋两岸地区的气候轻微变冷些和小部分经济损失。由于这些西方发达国家在以往150多年中排放的温室气体占了80%以上，它们应该承担大部分排放责任。故对它们造成小部分经济损失也是合乎情理的，多排放、多负责、多担当。此外，投资方可通过“碳排放”交易获得每年4万亿人民币巨额收入，也使冰岛、丹麦、挪威3国成为全球人均财富最高的前3位国家。尤其是冰岛人均财富收入超过1.3亿元/人，一步跨入全球世界最巨富的国家。另外，如果采用核导弹炸开超级火山口形成“冰岛海坝”；这是一种比“核武器”更可有效使用的“气候武器”和“威慑武器”；它的“冰威慑”、“冰讹诈”战略可轻易的制约、制服、智胜西方发达国家。

“冰岛海坝”和未来将要开掘开通的“天下第一、第一大工程”---“巴拿马海峡”、“冰岛人工深海沟”可以组合成为控制全球生态命脉的“温盐环流”的“3个调控总开关”，通过这“3个调控总开关”来调节全球洋流流量，就可实现了人工调控全球气候冷与热、生态与文明，由此造成全球可农作、生产、生活的和可温暖湿润气候的土地面积，由现在的0.3亿平方公里增加到1.2亿平方公里，使得人类最适宜的生存空间扩大增加了4倍。

结论1：谁控制了“冰岛海坝”，谁就控制了全球气候变化与突变！ 谁就可以控制了全球政治、经济和军事命脉！！ 进而谁就最终有权控制了全世界！！！

结论2：若西方发达国家反对建造“冰岛海坝”这种最省钱、最快、最容易方法来防止“全球气候变暖”，这就正好验证出“低碳经济”就是伪科学的“天下第一大骗局”!!!

之一、《巴拿马之水救世界》的简介摘要。

气候变化决定着生命乃至人类文明的“生与死”。在距今2亿年前至300万年前，全球气候处于温暖、湿润的稳定状态，食量巨大的恐龙甚至可以统治生物界。直到300万年前开始，全球气候突然进入了寒冷、干燥的不稳定状态（每 4-10 万年出现一次冰河气候周期），大量的动植物灭亡。其原因是大洋环流模式发生突然变化，即“古赤道环流”突然改变成“极间环流”，导致了这一次全球气候的突然周期性变冷。如果人工恢复“古赤道环流”---即开通“人工赤道环流”， 全球又将回到温暖、湿润的稳定状态。

治国先治水，治世先治洋，《巴拿马之水救世界》。为此，本文提出了“一项人工可控制全球洋流气候生态的地球工程概念设计”。即，和平利用核聚变爆炸(无核辐射污染)，开通巨型“巴拿马人工海峡（或海洞）”等一系列“人工海峡”和形成数条“人工聚能高速洋流”。人类有史以来的天下第一大工程---“巴拿马人工海峡（或海洞）”腰断美洲，疏通三洋。它与其它6个小“人工海峡”共同重新构造和恢复了3百万年前—2亿年前远古时期的“热带全环球巨大洋流”，同时也恢复和重现了 3 百万年前—2亿年前远古时期的、稳定的、温暖湿润气候的生态环境空间（这个最适宜生命生长的时期长达2亿年，包括有中生代的侏罗纪、白垩纪和新生代的第三纪）。然后在“人工海峡（或海洞）”中建设“聚能洋流水电站”。最终，通过人工控制了水电站中的“人工聚能高速洋流”的流量、流速。上述“聚能洋流水电站”与笔者发明的专利技术---“洋坝”工程（“幕布挡水软墙”）和“风坝”工程（“幕布挡风软墙”）相结合，人类将划时代的第一次能够实现了“人工控制（稳定、调节）全球洋流气候变化”。 进而实现了“人工控制(稳定、调节)全球洋流、气候、生物等生态环境和能源、经济、军事、政治及统一世界等文明社会发展”，即人工控制(稳定、调节) “世界生态与文明”。

开通“人工赤道环流”可使全球可生产生活、适宜生存的土地由0.3亿平方公里增加到1.2亿平方公里，增加土地财富6亿亿

元人民币，远大于 25 万亿元人民币的总投资。另外，本文首次发现和计算出“人工赤道环流”流速为 5 米/秒左右，并详述了利用这条高速“人工赤道环流”水力能源，可易获得单位电力投资在 3500 元/kw 左右、发电成本为 0.05 元/kwh、发电功率高达近 3019 亿 KW 的水电能源。这个巨量水电能源相当于全世界现在全部能源总消耗量（包括石油、煤炭、核能等）的 24 倍。将该廉价、巨量的清洁电力再转化成小于 1.5 元/kg的廉价低碳零碳液体燃料，从而彻底解决全球清洁能源问题，进而彻底解决全球气候暖化问题。最后本文还首次提出和介绍了控制气候变暖的“北极大冰洲”方法及其“冰岛海坝”工程。

之二、《冰岛海沟,它能形成一个永久无冰的北极洋》的简介摘要。

“冰岛海沟”工程内容是：开掘开通巨型“冰岛深海沟”，形成“高速人工温盐环流”，出现永久无冰的“北极洋”，引发全球气温变暖。

它以冰岛、法罗群岛为中间连接部，在“格陵兰-苏格兰海脊”（水下深度在 200-600 米）上开掘开通一条或者几条水深为 2000-4000 米的人工深水海沟工程，即“冰岛深海沟”，形成人工水道；将自然“温盐环流”改变成为“高速人工温盐环流”。因为“冰岛深海沟”可增加了进入北大西洋的北冰洋的下层的冷溢流水流量；这就加快了自然“温盐环流”的流量、流速，增加了北冰洋与外界的海水热量交换；结果大大增加了北冰洋、北极地区的海水的海温，进而大大减少了北极地区的海冰的冰盖面积，甚至北冰洋全部融化。由于减少的北极地区的冰盖面积将会大大减少海冰反射太阳光的反射量，导致北极地区的吸收的太阳光热量大大增加，进而也大大增加了北极地区的气温。这 2 个变化最终结果是引发了全球气温的上升变暖，彻底消除了第四纪的冰期回旋。因此，可通过调节“冰岛深海沟”工程的深度变化（海沟深度在 200—4000 米之间），或者通过调节“冰岛深海沟”之中的设置的“无机纤维膜坝”坝高度变化，来控制“高速人工温盐环流”流量幅度变化，进而就控制了北极地区的气温上升变暖幅度变化，最后就控制了全球气温上升变暖幅度变化。这就可以形成一个类似恒定的、最大面积可达 1500 万平方公里温暖面积的、直至成为北冰洋冰盖全部融化的“北极洋”。然后通过控制融化冰盖面积大小变化(0-1500 万平方公里)，进而就控制了全球气温上升幅度，最后就防止了全球气温变冷，防止进入“冰期”或“冰河期”。见图 5、图 10。成为“北极洋”

全部融化北冰洋的海冰，永远消除北极冰盖。这个结果是非常有利于美欧等西方发达国家的，对中国也十分有利，以后再述这部分内容。

之四、《控制风流、降水、发电的充气块结构体》的简介摘要。

本文是一篇首次提出的，能够一举同时解决能源、土地、气候、生态等 8 大世界危机难题的，在经济价值和社会意义上能够“再造几个世界、甚至十几个世界”的，原创性和颠覆性的，技术工程概念设计简介。

以往人类社会成功取决于地面“低空”土木建筑工程技术，未来人类社会成功将取决于空中“高空”土木建筑工程技术 (指置空、架空、浮空技术方面)，而“高空”土木建筑工程技术的进步将取决于充气体的原创性和颠覆性的技术创新。其原因是“高空”的风能、冷能、水汽资源量以及能源密度是地面的几十至几百倍；高空太阳光辐射能量是地面的 1-4 倍。

现今廉价高技术纤维---玄武岩纤维已产业化(成本 30 元/kg左右, 其性价比超过碳纤维或钢的 12 倍)。使用玄武岩纤维作为充气体的膜布、绳索材料，本文提出了土木建筑领域的充气体创新专利---充气块结构和防渗爆充气体技术。采用充气块结构和防渗爆充气体技术可建造几千米、甚至上万米高的充气结构体，如天筒、天坝、天墙、天球、天柱、天拱、天环、天盘等等构筑物。开发应用这些超高充气构筑物，可实现主产业(电力、冷能)与副产业(人工降水、农林牧渔、广告、海水淡化、节能减排、碳交易 CDM、环保、改善气候等)的联合生产。由于主副产业形成的联合产业的成本和费用极低，进

而一举解决能源、土地、气候、生态等 8 大世界危机难题。

充气块结构分为空气块结构和轻气块结构。其中空气块结构造价是同高度其它结构造价的 1-10%，其单位承重载荷的全寿命费用＜127 元/kg。其中轻气块结构采用防渗爆充气体技术，其单位悬吊载荷的全寿命费用更低；如氢气的轻气块结构小于 10 元/kg，而氦气的轻气块结构小于 60 元/kg；它们是现有常用普通单层氦气气球的 1%或 6%以下。如此低廉价格的充气块结构和防渗爆充气体将引发土木建筑、交通产业的低成本费用大革命，从而进一步连锁引发世界经济(包括再生清洁能源、农林牧渔业、人工降水、人工生态、土地、节能减排；环境保护在内的众多产业)的大革命。如：⑴开发高空冷能，其降温制冷工程投资是现有空调冷冻设备投资的 19%-63%，且基本不耗电。⑵开发太阳能、高空风能(高空风能密度是地表的上百倍，风能总量是现全球发电总装机功率的 400 倍)，其再生清洁发电成本＜0.04 元/kwh；开发高空太阳能，其光辐射量可提高 1-3 倍；依靠上述廉价电力来电解水制氢、氧气并且与碳或二氧化碳合成零碳或者低碳有机液体燃料，如液氢燃料成本＜2 元/kg，如烷、醇、醚液体燃料成本＜1.2 元/kg，彻底解决液体燃料能源难题。⑶开发出廉价可垂直升降的混合飞行器和创新出智能飞行集电器核心技术，实现陆海空交通全面电气化；如电直升飞机的票价＜0.3 元/㎞，如时速 150 公里可垂直升降的浮翼飞机造价＜10 万元/人，彻底解决廉价快速和个人交通难题。⑷开发出廉价的水资源；投资 20 万亿元，建设 9 千公里长、4 千米高度的、单位地面长度成本＜140 万元/米的、由天坝构成的气利枢纽，可调控陆地气流，形成人工地形雨和发电；彻底解除中国干旱寒流沙尘气候和未来 30 年的 20 亿 KW 电力需求难题。⑸开发廉价人工热带高温高湿种植、养殖、水产业，其收获次数可增加 1-3 次，其生产成本降低 1-5 倍，其生产的海产、水产、农作食物可供 200 亿人口食用。

创新出人工规控地球生态技术工程理论和重构规范海陆冰工程概念设计，可实现全球人工生态文明超级社会。从 200 万年前开创人类至此，人类终于能够把自然大洋环流变成人工调控大洋环流，把地球自然气候变成人工调控全球气候，把自然生态变成人工调控全球环境生态。

上述开发工程的副产业(粮、水产等)收入甚至远远超过电力能源主产业收入，甚至出现开发“零费投资，零费用冷，零费用电，零费用通风排污降温”极端情况；上述开发工程甚至可出现极高的“125%--1120%的投资年回报率”，甚至可出现极快的“1-10 个月的投资回报期”。

四、由于本文是特殊的、非主流的、奇特思想，因此笔者把《人工洋流的地球工程控制论、技术与战略》之中的之一、之三、之四，这 3 个部分的全文，以及写给中央领导人的《特别重大建议书》，已经发入刘志飞先生（学术日程）的邮箱：lzhifei@tongji.edu.cn，以备参考使用。另外，其中的之二部分，还没有完成。

五、由于本人仅仅是一名建造过上百万平方米建筑物的土木工程师，所以写作专业学术论文水平很低（仅仅是出于兴趣驱使，写了这一大堆文字。），又没有公开发表过一篇地球系统科学方面的专业论文、也没有参加过有关地球系统科学方面的学术会议，故请学术委员会、秘书处批评指正。谢谢。

六、由于我无法确定参加哪一个专题，所以请由学术委员会、秘书处决定本文的报告场所、形式、专题。

S02-P-02

波罗的海地区志留纪兰多维列世牙形动物物种多样性

陈中阳[1]*，隽轩[1]，Peep Männik[2]，侯旭东[1]

1 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

2 Department of Geology, School of Science, Tallinn University of Technology, Ehitajate tee 5, Tallinn 19086, Estonia

* zychen@nigpas.ac.cn

牙形动物物种多样性变化与海平面、水温以及水化学环境的变化密切相关。尽管波罗的海地区的志留纪牙形动物在过去几十年得到了非常好的研究，但很少涉及其物种多样性的变化。本项研究的数据来源于波罗的海地区 21 条含志留纪兰多维列世牙形动物的剖面，在经过分类群厘定后，使用了两种统计方法来分析志留纪兰多维列世的牙形动物物种多样性的演变：基于时间段的编目式生物多样性统计和基于复合标准序列的连续生物多样性统计。

在编目式统计中，共选取了四种方案来进行对比，分别是总多样性（N_{tot}）、无单延限分子多样性（N_{tot-}）、估算平均多样性（N_{emsd}）和标准化多样性（N_{norm}）。其中，N_{tot} 和 N_{norm} 显示了相同的趋势：从鲁丹期 *Distomodus kentuckyensis* 带至埃隆期 *Aspelundia*? *expansa-Pranognathus tenuis* 带，多样性呈上升趋势；随后多样性略微下降，直至埃隆-特列奇期之交的 *Distomodus staurognathoides* 带开始逐步回升；至特列奇中期 *Pterospathodus celloni* 超带时，多样性达到峰值，随后在特列奇晚期，多样性开始回落。而 N_{tot-} 和 N_{emsd} 则并未显示出 *Distomodus staurognathoides* 带处多样性下降的趋势。在连续多样性统计中，采用了两种定量方法，分别为 CONOP 和 UA，两种方法所展示出的多样性（N_{CONOP} 和 N_{UA}）曲线的变化特点均与编目式统计中的 N_{tot} 和 N_{norm} 一致。N_{tot-}和 N_{emsd} 显示了与 N_{tot}、N_{norm}、N_{CONOP} 以及 N_{UA} 相对不同的变化特点，这可能是统计方法本身所导致的。在 N_{tot-}和 N_{emsd} 中，并没有统计单延限分子，而在 N_{tot}、N_{norm}、N_{CONOP} 以及 N_{UA} 中，则考虑了单延限分子。在本项研究的数据集中，总共有 53 个物种，而其中 20 个为单延限分子，并且单延限分子所占比例在各牙形动物带中均不相同：*Distomodus staurognathoides* 带处的单延限分子所占比例为 0，而其他各生物带中均有比例不同的单延限分子。因此，产生了不同变化趋势的曲线。

鲁丹期至埃隆早、中期牙形动物物种多样性的上升，指示了奥陶纪末大灭绝之后，牙形动物的第一幕复苏事件。而发生于埃隆中晚期至特列奇最早期的多样性下降，可能代表了一次灭绝事件，此次灭绝事件在笔石中也被识别出来，并被命名为 Utilis 事件。而特列奇早、中期牙形动物物种多样性的上升，指示了牙形动物的第二幕复苏事件。随后在特列奇晚期，牙形动物则可能受到了 Ireviken 事件的影响，多样性再次下降。

S02-P-03

埃迪卡拉纪扬子地台次氧化水体的时空演变

魏昊明*，史晓颖，王新强

中国地质大学（北京），北京 100083

* wxqiang@cugb.edu.cn

埃迪卡拉纪见证了地球海洋化学转变与早期多细胞动物演化的重要阶段。为进一步揭示驱动后生动物演化的环境机制，本文通过陆架边缘相区道陀钻孔岩心剖面陡山沱组的 I/(Ca+Mg)和 $^{13}C_{carb}$ 组分变化研究，并结合斜坡相区四都坪剖面的相关资料对比，进一步限定不同环境条件下海水氧化还原条件的演变过程。研究表明，道陀陡山沱组的 I/（Ca+Mg）整体表现出非零特征，与四都坪大部分为零的特点形成鲜明对比，可能指示华南陆架浅海水域在这个时期多处于相对稳定的次氧化状态。结合碳同位素负异常事件，本文识别了三个相对特殊的时段：盖帽白云岩沉积期道陀与四都坪的非零 I/（Ca+Mg）特征可能表明次氧化水体向下扩展到斜坡上部，但四都坪地区在盖帽碳酸盐沉积结束后表现为快速的去氧化过程，并持续保持为 0 的 I/(Ca+Mg）特征。在陡山沱组中部的 N2 异常期，道陀剖面上 I/（Ca+Mg）持续亏损，指示缺氧水体扩大，其影响范围至少达陆架区。N3 异常期记录了一次全球性的氧化事件，不仅次氧化水体范围扩张到斜坡相区，且道陀剖面显示出接近现代海水的 I/(Ca+Mg）值，表明大气氧浓度有进一步的显著上升。

S02-P-05

寒武纪早期海洋有机质沉降与海洋氧化

程猛，李超*

国地质大学（武汉）生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074

* chaoli@cug.edu.cn

大气-海洋系统的氧化被认为是寒武纪生命大爆发的重要触发机制，但目前对氧气增加的具体过程和机制还不清楚。地球表生环境中氧气的净增加是有机质埋藏的结果，因此，认识当时海洋有机质的形成、沉降、埋藏和保存是认识当时海洋氧化过程的关键。为此，我们对寒武纪早期牛蹄塘组沉积黑色页岩袁家剖面开展了铁组分、主-微量元素含量和 Mo-U 同位素的联合研究。

铁组分和微量元素结果表明袁家地区在寒武纪早期持续发育硫化水体环境；Mo 同位素数据则指示水体的 H_2S 浓度存在显著的波动；指示生产力水平的营养盐元素（Cu、Ni、Zn、Cd）含量显示出与 Mo 同位素反向变化的关系，表明其受到局部水体氧化还原状态的影响较小，主要反映了生产力水平的波动；U 同位素显示出强烈的波动且与生产力大小具有一致的变化，表明在生产力高时，沉积物表面可能形成一层有机絮状物，导致 U 在其中发生还原，因而具有很重的同位素组成。

我们的研究表明：寒武纪海洋存在强烈的有机质的沉降过程。这受到了当时海洋高的生产力、低的氧化剂含量和活跃的虑食性生物的联合作用。有机质的大量保存导致大气-海洋系统的氧的净增加，可能导致了当时海洋发生的阶段式氧化过程并最终触发了寒武纪生命大爆发。

S02-P-06

藏南定日地区白垩纪末期—古近纪早期钙质超微化石组合及其地层和古海洋学意义

温旭，姜仕军*

暨南大学地下水与地球科学研究院，水体富营养化与赤潮防治广东省普通高校重点实验室，广州 510632

* sjiang@jnu.edu.cn

藏南发育良好的海相白垩纪—古近纪（K-Pg）沉积，成为东特提斯域多学科地学研究的经典地区。经过国内外沉积、地层、古生物学家一个世纪以来的研究，目前已经建立一个综合地层框架，划分出七个构造地层单元（胡修棉,李娟,安慰,王建刚,2017.藏南白垩纪—古近纪岩石地层厘定与构造地层划分.地学前缘 24, 174-194），为今后详细研究古海洋、古地理、古气候、沉积、构造等地质事件奠定了坚实基础，也是本文通过厘定 K-Pg 界线附近岩石地层单元的地质时代，确定 K-Pg 界线位置的重要参考。

基于藏南定日地区的遮普热剖面，研究遮普热山坡组和上覆的基堵拉组的钙质超微化石分布和生物地层划分。发现较为丰富的钙质超微化石，共鉴定出 28 属 40 种，其中世界种 *Watznaueria barnesiae* 占据绝对优势，平均相对丰度达 33%；其次是 *Micula staurophora*，平均丰度可达 19.9%；其它常见种包括 *Micula concava*、*Cribrosphaerella ehrenbergii*、*Quadrum gartneri*、*Watznaueria manivitiae*、*Tetrapodorhabdus* sp.等。根据 *Micula murus*、*Lithraphidites quadratus*、*Ceratolithoides kamptneri*、*Micula prinsii* 等标志化石，将遮普热山坡组中下部确定为钙质超微化石 CC25、CC26 带，时代为晚白垩纪世马斯特里赫特期晚期。在遮普热山坡组上部发现古近纪古新世丹麦阶早期分子 *Cruciplacolithus primus*，属于钙质超微化石 NP1 带，说明本剖面 K-Pg 界线位于遮普热山坡组中上部，其具体位置有待进一步结合地球化学方法确定。

钙质超微化石群落多样性在下部遮普热山坡组较高，往上在其与基堵拉组的界线处开始降低，直到基堵拉组中部完全缺乏钙质超微化石。钙质超微化石组合特征表明，

海洋表层生产力较为低下，海表温度偏冷，沉积环境由下往上逐渐变浅。

S03-O-01

青藏高原新生代植物化石的新发现及其生物地理学意义

周浙昆[1]*，苏涛[1]，吴飞翔[2]，邓涛[2]

1 中国科学院西双版纳热带植物园，云南 666303
2 中国科学院古脊椎与古人类研究所，北京 100044
* zhouzk@xtbg.ac.cn

青藏高原是世界屋脊，亚洲水塔和世界第三极，是地球上最独特的地质-地理-生态单元，是开展地球与生命演化的天然实验室。青藏高原新生代的植物化石记录了青藏高原环境及其植物区系的演变过程，一直是学术界关注的研究热点。近年来，我们通过持续不断的野外工作，在青藏高原发现了大量不同地质时代和地点的新生代化石植物群，如西藏芒康拉屋拉组（晚始新世）发现的壳斗科栎属（*Quercus*）、青冈属*(Cyclobalanopsis)*、胡颓子属*(Elaeagnus)*、桦木属*(Betula)*、桤木属*(Alnus)*和勾儿茶属*(Berchemia)*的化石；在双湖县牛堡组（始新世）发现了椿榆属*(Cedreosperma)*、兔耳果属*(Lagolarpos)*、臭椿属*(Alianthus)*的化石，在伦坡拉盆地丁青组组（晚渐新世）发现了栾树属*(Koelreuteria)*和似浮萍叶属(*Limnobiophyllum)*的化石。青冈属植物是亚热带常绿阔叶林常见的建群植物，它的发现意示着在西藏芒康晚始新世存在着一个亚热带常绿阔叶林的植被类群，海拔高程最高不超过 3000 米，而如今化石产地的海拔为 3800 米。椿榆属和兔耳果属是两个灭绝的类群，在北美和欧洲古近纪的地层中均有发现，而臭椿、栾树和似浮萍叶都是北半球古近纪的常见成分，这是表明青藏高原的植物区系在古近纪和北美和欧洲的植物区系存在这广泛的交流。因此，深入研究这些化石植物群，对于揭示青藏高原植物区系的组成及其演变历史，以及与地质时期环境变化的相关性都有着极为重要的意义。

S03-O-02

孢粉记录限定的青藏高原晚始新世-渐新世期间的隆升

吴福莉[1]*，苗运法[2]，方小敏[1]，孟庆泉[3]

1 中国科学院青藏高原研究所大陆碰撞与高原隆升重点实验室&中国科学院青藏高原卓越中心，北京 100101
2 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙漠与沙漠化重点实验室，兰州 730000
3 兰州大学地质科学与矿产资源学院，兰州 730000
* wufuli@itpcas.ac.cn

青藏高原隆升过程与幅度一直是地学界研究的热点，高原的古高度是岩石圈变形与地表过程长期相互反馈作用的结果，其变化是板块相互碰撞及构造变形的直接体现，目前通过不同指标对高原的古高度已开展了众多研究，但对高原何时隆升至较高/现今高度仍存在较大分歧，关注的时段越来越聚焦于始新世至渐新世。位于青藏高原腹地的尼玛盆地沉积了一套巨厚的河湖相地层，保存了始新世至中新世期间（Kapp *et al.*, 2007; 武景明，2011）高原的隆升记录，山地海拔高度的变化，会最直观地表现在植被的垂直分异上，因此选择尼玛盆地地层进行孢粉分析，可为解决上述问题提供有机证据。初步的孢粉分析结果显示晚始新世期间主要为被子植物花粉组合，可见有藜科、榆属、栎属、桦属、漆属、楝属，还有唇形科、白刺属、芸香属、桤木属以及湿生的眼子菜属等，裸子植物仅见有麻黄属及零星松属花粉，推断当时植被类型可能为阔叶林或疏林草原，而渐新世期间裸子植物花粉占优势，其中又以松属、云杉属占绝对优势，被子植物仅在剖面部分层位含量稍多，主要为三孔沟类型，推测植被类型以针叶林为主，植被面貌较始新世发生了较大改观，结合以往多种鱼、植物大化石研究，推断在晚始新世-早

渐新世研究区发生较大规模的隆升，隆升幅度可达 1-2km。

S03-O-03

始新世东亚气候与亚洲内陆干旱化模拟研究

李香钰 [1]*，张仲石 [2, 3, 4]*，张冉 [1]，燕青 [3]

1 中国科学院气候变化研究中心，北京 100029

2 中国地质大学（武汉）环境学院大气科学系，武汉 430074

3 中国科学院大气物理研究所竺可桢-南森国际研究中心，北京 100029

4 Uni Research Climate, Bjerknes Centre for Climate Research, Allégaten 70, Bergen 5007, Norway

* Zhongshi.Zhang@uni.no; lixiangyu@iap.ac.cn

新生代中国气候格局从纬向行星风系主控型向季风主控型的转变，被认为是东亚季风建立的标志。这种气候格局的转变也耦合着新生代亚洲季风气候和亚洲内陆干旱化的演化历史，它们受全球变冷、特提斯洋退缩、海陆分布和青藏高原早期隆升等几个关键因素共同影响。关于东亚季风起源的最早时间尚存争议，最近的研究提出东亚季风在晚始新世建立，且最近的重建证据显示晚始新世亚洲内陆相对早始新世变干，这表明亚洲气候环境在始新世已经发生了很大变化。但晚始新世东亚气候是否类似于现代的东亚气候尚有待研究，且古气候学界对造成始新世亚洲内陆干旱化的主要影响因素尚存在较大争议。

我们对早始新世和晚始新世气候进行模拟研究，发现早始新世时期中国干旱-半干旱气候呈现近似纬向分布，这种纬向分布格局在晚始新世消失，这是由于副高西伸使得东亚气候变湿润；但是，晚始新世东亚地区气候季节性尚不明显，有区别于当今的东亚季风气候。

模拟研究支持重建证据所揭示的始新世亚洲内陆干旱化加剧；高原早期隆升和全球变冷均有利于该时期亚洲内陆干旱化加剧，而海陆分布变化（包含其所引起的海洋表面温度变化）并不利于亚洲内陆干旱化加剧。模拟研究进一步揭示，对于构造尺度始新世亚洲内陆干旱化过程，高原早期隆升的作用可能更为重要，至少与全球变冷（温室气体降低所导致的全球变冷）作用相当。

S03-O-04

可可西里盆地早新生代中晚期孢粉记录初步结果

苗运法 [1]*，吴福莉 [2]

1 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，沙漠与沙漠化实验室，兰州 730000

2 中国科学院青藏高原研究所大陆碰撞与高原隆升重点实验室&中国科学院青藏高原研究卓越中心，北京 100101

* miaoyunfa@lzb.ac.cn

可可西里盆地位于巴颜喀拉地体西段和羌塘地体北部，覆盖金沙江缝合带，盆地内新生代地层主要为风火山群、雅西措群、五道梁群沉积地层。对其开展孢粉学的研究对认知青藏高原构造运动和古气候环境变化及其相互作用具有十分重要的意义。目前，我们在该盆地次级盆地—沱沱河盆地 TTH-C 和 TTH-B 剖面开展了初步的孢粉学研究。在 TTH-C 中，包含近 70 多个植物科属。被子植物主要有白刺粉属、藜粉属、楞粉属、唇形粉属、大戟粉属、禾本粉属、桦粉属、黄杞粉属、栎粉属、栗粉属、楝粉属、毛茛粉属、木樨粉属、南岭粉属、朴粉属、棷木粉属、漆树粉属、桑粉属、鼠李粉属、无患子粉属、榆粉属、芸香粉属、桃金娘粉属、山萝卜粉属、忍冬粉属等。裸子植物主要见到麻黄科的多个形态，松科的单束松粉属、双束松粉属、云杉粉属、雪松粉属、铁杉粉属和落叶松粉属，以及其他类型，如破隙杉粉属、罗汉松粉属等。蕨类植物中主要有波缝孢、凤尾蕨科、水龙骨单缝孢等；低等的非孢粉类型个别出现苔藓孢、低等菌孢子等。通过丰富的麻黄粉属与已知古地磁年代的柴达木盆地麻黄粉属形态对比，以及通过孢粉组合与已知年代的柴达木盆地和西

宁盆地孢粉组合进行对比，获取该孢粉组合很可能沉积于晚始新世(40-37 Ma)，气候较热且比较干燥；孢粉组合中几乎未发现云杉粉属等能够反映垂直地带性孢粉，故而可以推测该地区海拔较低，即使附近有高山也不会超过 2000 米左右。目前我们正在对其上覆地层 TTH-B 剖面(早渐新世？)开展孢粉统计，该层位的初步结果与底部的孢粉结果差别很大，针叶林的含量增加十分显著。孢粉指标揭示的地层时代、古高度和气候变化有待地层年代学、其他高度计指标以及其他生物-气候指标的校验。另外，地层组的名称也需要进一步确认。

S03-O-05

云南东南部马关早中新世植物群的初步研究

贾林波[1]，周浙昆[1,2]*

1 中国科学院昆明植物研究所，昆明 650201

2 中国科学院西双版纳热带植物园，勐仑 666303

* zhouzk@mail.kib.ac.cn

云南东南部位于青藏高原东南边缘，历来以植物多样性丰富著称—该地区不仅是我国的古特有属分布中心，同时也是全球生物多样性热点地区。然而，目前对于滇东南植物区系的演化历史还不清楚。最近，报告人在滇东南马关盆地花枝格组早中新统中发现了一个从未报道过的植物群，以下称马关植物群。马关植物群产丰富的植物花、果实和叶片化石，保存精美，类群丰富，在国内的植物群中并不多见，是认识滇东南植物区系演化历史的珍贵研究材料。经过初步的系统古植物学研究，目前已鉴定出马关植物群种子植物 19 科 35 属；其中，老虎刺属（*Pterolobium*）、柄翅果属（*Burretiodendron*）是这两属化石的首次发现；椿榆属（*Cedrelospermum*）、见血飞属（*Mezoneuron*）是这两属化石在亚洲的首次发现。滇东南是我国的古特有中心，许多古老类型，如福建观音座莲（*Angiopteris fokiensis*）、松叶蕨（*Psilotum nudum*）、云南穗花杉（*Amentotaxus yunnanensis*）和柳杉（*Cryptomeria japonica*），和孑遗植物，如滇桐（*Craigia yannanensis*）和金钱槭（*Dipteronia sinensis*），得以在这一区域延续至今，但对于滇东南以及类似的古特属中心在其演化历程中是否存在植物的灭绝现象，目前还鲜有研究。本研究在滇东南马关植物群中发现了较多的灭绝类群：全球性灭绝的有椿榆属、单籽豆属（*Podocarpium*）、远志槭属（*Deviacer*）和古壳斗叶属（*Burryophyllum*），共计 4 属；区域性灭绝的有红杉属（*Sequoia*），计 1 属。这表明滇东南即使作为古特有中心，在其植物区系演化过程中也存在着明显的植物灭绝现象。除灭绝类群外，马关植物群的组成成分都见于马关及滇东南现代植物区系中。在优势成分上，马关植物群体现了以壳斗科为优势，豆科多样性高的特点，与滇东南现代植物区系十分相似，表明滇东南植物区系可能在早中新世就已经奠定了基本框架。值得一提的是，早中新世马关植物群中发现的椿榆属、滇桐属、栾树属（*Koelreuteria*）和棕榈科（Palmae）化石也在青藏高原伦坡拉盆地晚渐新统被发现，尤其是发现于伦坡拉盆地和马关植物群中的椿榆属化石在形态上非常相似，这可能表明青藏高原植物区系在晚渐新世时可能与其周边植物区系具有广泛的联系。

S03-O-06

藏南渐新世最晚期冈仁波齐植物群及古海拔重建

艾可可[1,2,3]，史恭乐[4]*，张克信[1,2,3]*，季军良[1,2]，宋博文[3]，申添毅[1]，郭双兴[4]

1 中国地质大学（武汉）地球科学学院，武汉 430074

2 中国地质大学（武汉）生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074

3 中国地质大学（武汉）地质调查研究院，武汉 430074

4 中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学国家重点实验室，南京 210008

* glshi@nigpas.ac.cn; kx_zhang@cug.edu.cn

古近纪早期印度板块和亚洲板块碰撞后青藏高原的形成是欧亚大陆新生代最重要的构造事件。拉萨地块被认为是认识青藏高原南部隆升历史的关键地区。稳定氢氧同位素分析显示拉萨地块中新世之前已经隆升至接近现今的海拔。最近，我们在位于拉萨地块南部西侧的冈仁波齐盆地冈仁波齐组（Kailas Formation）首次发现一个保存精美的植物大化石组合。我们对化石产出剖面的火山灰夹层锆石 U-Pb 年代学分析和磁性地层学研究揭示研究区冈仁波齐组地层的时代为 25.1 Ma 至 21.8 Ma；植物化石层的精确年代为 23.3 Ma，属渐新世最晚期。冈仁波齐化石植物群多样性较低，以杨属，桦木科（桦木属，桤木属，鹅耳枥属）和豆科占优势，还包括松科、栎属高山栎组和香蒲属等，代表一个落叶阔叶林植被。这个渐新世最晚期植物群植被组成方面类似于位于拉萨地块南部的中中新世南木林植物群，却和几乎同一时代，位于拉萨地块北部的晚渐新世伦坡拉植物群完全不同。化石植物最相似现生亲缘类群的共存分析显示冈仁波齐盆地渐新世最晚期气候温凉湿润，海拔适中，约为 1500–2900 米。这一古海拔重建结果似乎不支持渐新世晚期有个一个连续的、接近现今海拔的冈底斯山脉贯穿整个拉萨地块南部。目前的化石证据显示拉萨地块南部在渐新世晚期之后剧烈隆升。

S03-O-07

喜马拉雅-青藏高原贝壳化石二元同位素(clumped isotope)测温法的分析研究

王杨[1,2]*，Benjamin Passey[3]，邓涛[4]，姜仕军[1]，王晓鸣[5]

1 暨南大学，广州 510632

2 佛罗里达州立大学，塔拉哈西，佛罗里达，美国 32310

3 密歇根大学，安娜堡，密歇根，美国 48109

4 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

5 洛杉矶自然历史博物馆，洛杉矶，加利福尼亚，美国 90007

* ywang@magnet.fsu.edu

近年来，不断发展的碳酸盐二元同位素测温法 (carbonate clumped-isotope thermometry)为古环境研究提供了一种有潜力的研究途径。目前，这种新方法被应用于西藏西南部的腹足类贝壳化石研究，以重建该地区的古气候和古海拔高度。然而，通过这种方法推断的古海拔和古气候信息与现有的古生物学证据并不一致。我们报道了喜马拉雅-青藏高原两个晚新生代沉积盆地贝壳化石的 X 射线衍射（XRD）和二元同位素分析的结果。基于视觉的观察，此项研究中被分析的贝壳化石似乎都是“原生的（pristine）”。贝壳化石的二元同位素（D47）测温表现出了较大的变化范围（> 22° C）。XRD 数据表明，超过一半的“原生的（pristine）”贝壳化石含有微量（~0.4-1.2%）的方解石。相对于那些没有检测到含有方解石的贝壳化石，含有微量方解石的贝壳化石其二元同位素（D47）温度明显偏低。这表明，即使在没有出现蚀变或重结晶迹象的贝壳化石中，文石贝壳化石中的二元同位素序列也可以在地表或近地表的低温环境中被“重置”。 该发现对使用贝壳化石二元同位素数据来重建古气候和古海拔具有十分重要的意义。在本研究所分析的贝壳化石中，那些含有微量方解石的贝壳化石尽管缺乏可见的后期改造迹象，但其二元同位素温度平均比来自于同一地层中未检测到含有方解石的贝壳化石低 14℃。具有微量方解石的贝壳化石的二元同位素（D47）温度也明显低于现代贝壳。与此相反，那些没有检测到含有方解石的贝壳化石，其二元同位素（D47）平均温度比现代贝壳高 4-5° C，这表明，4-5 百万年前的西藏西南部地区要比现在温暖。在考虑到由于全球变冷而引起的温度变化之后，原生贝壳化石与现代贝壳之间的二元同位素（D47）温度表明，在上新世时西藏

高原西南部的古海拔高度与其现在的海拔高度相似。

S03-O-08

藏北化石攀鲈(鲈形超目，攀鲈目)的发现提供迷鳃鱼类亚-非间断分布新解释

吴飞翔[1]*，何德奎[2]，张弥曼[1]，房庚雨[1]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 中国科学院水生生物研究所，湖北 430072

* wufeixiang@ivpp.ac.cn

迷鳃鱼类（如斗鱼、吻鲈等）是典型的偏好湿热环境的淡水鱼类。其中多数种类局限分布于亚洲南部，唯有攀鲈科（Anabantidae）的成员间断分布于亚洲南部和中、西非热带地区，由此成为动物地理学家关注的对象，然其历史却久因缺乏化石证据而不甚明了。前人或以“冈瓦纳裂解—印度板块漂移”模式解释；或根据攀鲈科近亲之分布将其起源地笼统归于亚洲，并猜测早在始新世即已扩散至非洲。也曾有分子学研究尝试重建这一历史，但限于当时可用的化石材料地质年代的不确定及其与攀鲈系统关系的疏远，未作可信的推断。

发现于藏北渐新统地层的西藏始攀鲈（*Eoanabas thibetana* Wu et al., 2017）是攀鲈科迄今所知唯一存有完整骨骼且时代最早、最原始的化石代表，将本科鱼类的地质历史前推了 2 千多万年。形态上，它兼有非洲攀鲈和亚洲攀鲈的特征。根据全证据（分子学+形态学）方法，以西藏始攀鲈为约束的系统发育学分析结果显示非洲和亚洲区攀鲈各为单系类群，二者在中新世中--晚期分化以致今天的间断分布。这与伊朗高原隆起和北非撒哈拉地区干旱化的起始时间有着较好的一致性。这一事件否定了 “陆块漂移”在攀鲈历史中的作用，也将攀鲈间断分布的形成时间推定在新近纪非洲--阿拉伯板块与亚欧板块接触事件之后。并确认亚洲为其起源地，而隆升前的西藏地区或为迷鳃鱼类早期演化的重要舞台。西藏的化石攀鲈一方面更新了对这一独特的热带鱼类起源与扩散历史的认识，另一方面也将高原古鱼类区系与亚、非洲地区鱼类区系相联系，为讨论高原古鱼类的演化在地区鱼类区系形成历史中的地位提供了一个特别的案例。

S03-O-09

青藏高原新生代哺乳动物群中奇蹄类与偶蹄类的消长关系

邓涛*

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

* dengtao@ivpp.ac.cn

青藏高原具有丰富而独特的生物多样性，其中的哺乳动物占有相当重要的地位。在青藏高原的现代哺乳动物动物区系中，偶蹄类种类繁多，包括野猪、林麝、黑麝、高山麝、喜马拉雅麝、毛冠鹿、林麂、赤麂、水鹿、梅花鹿、白唇鹿、马鹿、狍、印度野牛、野牦牛、野水牛、藏原羚、普氏原羚、鹅喉羚、藏羚羊、羚牛、斑羚、赤斑羚、鬣羚、喜马拉雅塔尔羊、岩羊、盘羊等 27 种，但奇蹄类却仅有藏野驴 1 种。然而，在地质记录中，青藏高原最早的哺乳动物化石是发现于藏北伦坡拉盆地的奇蹄类雷兽（Brontotheriidae indet.）；至中新世，哺乳动物群的组成逐渐丰富，其中的奇蹄类都是重要成员，包括早中新世论波日动物群的近无角犀（*Plesiaceratherium* sp.），中中新世欧龙布鲁克动物群的柴达木无鼻角犀（*Acerorhinus tsaidamensis*）、马德里西班牙犀（*Hispanotherium matritense*），晚中新世早期布隆动物群的西藏三趾马（*Hipparion xizangense*）、唐古拉大唇犀（*Chilotherium tanggulasnse*），晚中新世早期托素动物群的德氏三趾马（*Hipparion teilhardi*）、渭河三趾马（*Hipparion weihoense*）、贾氏三趾

马相似种（*Hipparion* cf. *chiai*）、短吻爪兽（*Chalicotherium brevirostris*）、柴达木无鼻角犀、林氏额鼻角犀（*Dicerorhinus ringstroemi*），晚中新世晚期沃马动物群的福氏三趾马（*Hipparion forstenae*）、西藏大唇犀（*Chilotherium xizangensis*），上新世札达动物群的札达三趾马（*Hipparion zandaense*）、西藏披毛犀（*Coelodonta thibetana*），上新世玉珠动物群的原始长鼻三趾马（*Proboscidipparion pater*）、犀科未定属种（Rhinocerotidae indet.）。对比现代动物群可以发现，在青藏高原曾经生活过的雷兽科、爪兽科和犀科动物均已消失，仅有马科动物留存。为什么偶蹄类会在与奇蹄类的竞争中取得成功呢？这在很大程度上得益于大多数偶蹄动物所具有的特别的复杂消化系统，即可进行“反刍”的、由四个胃室组成的胃和相关的肠道系统。复杂的反刍消化过程正是偶蹄类的优势所在：它们可以在强敌到来之前的很短时间内匆忙吞下大量食物，然而迅速逃离险境，直到一个安全的地方，这时它们再将食物反刍出来进行细致的咀嚼和彻底的消化。这种能快速大量吞食植物，然后进行反刍和消化的特点，使偶蹄类在逃避大型食肉动物的追捕过程中仍然能够得到足够的食物并进行充分的消化。偶蹄类的这一策略和适应性状在开阔的草原不断扩大的新生代晚期，尤其是在森林完全消失的青藏高原高海拔环境中具有明显的优势，从而为偶蹄类在与奇蹄类的生态竞争中取得绝对的胜利奠定了基础。

S03-O-10

芒康卡均植物群 E/O 界线后生物多样性变化及其讨论

邓炜煜东[1,2]，苏涛[2]，Torsten Wappler[3]，周浙昆*

1 中国科学院西双版纳热带植物园，勐仑 666303

2 中国科学院大学，北京 101400

3 德国黑森州达姆施塔特博物馆，达姆施塔特 64289

* zhouzk@xtbg.ac.cn

化石与其上的昆虫取食痕迹能够体现特定地质时期内的动植物关系，为了解它们之间协同演化过程，以及它们对特定地质时期内环境变化的响应提供证据。国外已经开展了大量的研究，系统性阐明了这些动植物关系如何响应地质时期的环境变化，而国内的相关方面的研究才刚刚起步。

本研究专注于最近在西藏芒康县卡均村发现的大量化石，这些化石主要产出于两个层位（MK-1，MK-3）。根据在这两个化石层位内找到的火山岩样本进行 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 定年，MK-3 层位较老，定年结果为 34.6±0.8 Ma，MK-1 层位定年结果为 33.4 ±0.6Ma，两个层位的化石保存完好，且均含有大量昆虫取食痕迹。

从化石植物群的组成上来看，MK-3 层位以壳斗科、桦木科为主，兼有樟科、杨柳科、槭树科等约 18 科 27 属植物，暂定为亚热带高山常绿落叶阔叶林；MK-1 层位则以蔷薇科、杨柳科为主，兼有木贼科、松科等约 10~12 科 14 属植物，暂定为高山灌丛，MK-1 层位与芒康现代植被类群较为相似。从化石植物群上看，晚始新世的 MK-3 层位植物多样性明显高出早渐新世的 MK-1 层位，除此之外，MK-3 层位体现出了较多的热带和亚热带植物成分，这些都能证明位于同一个化石点的这两个不同层位在经历了 E/O 界线后，植物群组成发生过巨大变化。

从昆虫取食的结果来看，MK-3 层位有 38.40%的叶片被取食，其中功能取食类群有 7~8 种，较为丰富，以虫洞、边缘取食、虫瘿为主；而 MK-1 层位仅有 24.00%的叶片被取食，功能取食类群仅有 4~5 种，以虫洞、边缘取食、留脉取食为主。在 MK-3 出现过的潜叶取食和刺吸取食在 MK-1 层位完全消失，虫瘿形也消失殆尽。前人的研究中证明功能取食类群的减少和取食比例的大幅下降代表了昆虫多样性和数目的降低，与植物多样性降低的结果吻合。

化石研究结果表明，晚始新世 MK-3 层位在植物和昆虫的多样性上均高于早渐新世的 MK-1 层位。同一地点不同层位在短时

间内生物多样性发生了巨大的变化，考虑到化石层位所处地质时间的特殊性（E/O 界线）与青藏高原阶段性的隆起过程，我们认为正是由于青藏高原的隆升和 E/O 界线全球性的气温下降，导致了芒康卡均植物群生物多样性骤减。

S03-O-11

青海共和盆地与河北泥河湾盆地早更新世动物群对比

同号文*

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

*tonghaowen@ivpp.ac.cn

泥河湾盆地一直是中国北方早更新世哺乳动物群的经典地点，其化石数量和属种的丰富程度至今仍处领先地位。北方地区，在组成及年代方面与泥河湾动物群接近的有：青海共和盆地、甘肃东乡龙担和巴家咀、山西榆社盆地和晋南地区及内蒙赤峰地区及北京周口店 18 地点等；上述化石点绝大多数都位于我国现今地貌单元的二级阶梯上，但青海共和盆地和甘肃龙担处于一级阶梯的边缘（海拔 2000-3000 m），周口店 18 地点位于三级阶梯。在早更新世时共和盆地的动物群和泥河湾盆地十分一致，有三门马(*Equus sanmeninensis*)、早期披毛犀(*Coelodonta nihowanensis*)、真枝角鹿(*Eucladoceros*)、羚羊(*Gazella*)和野牛(*Bison*)等；但共和盆地所具有的丽牛(*Leptobos*)和羊牛(*Boopsis*)在泥河湾盆地缺失；丽牛和真枝角鹿是可靠的早更新世属种。但而今共和盆地与泥河湾盆地含化石层所处位置差异巨大，泥河湾动物群化石层海拔高度约为 915 m，而共和盆地化石层海拔高度为 2782 m；由此说明早更新世之后，青藏高原仍然在不断抬升。研究黄河阶地堆积的资料也表明，在 1.8 Ma 以来，青藏经历了多次上升（1.8 Ma, 1.2-1.1 Ma, 0.9-0.8 Ma 及 0.13 Ma）（颜茂都等，2010）。

S03-O-12

高原南部支链 GDGTs 的古高度指示意义

白艳[1,2]*，陈炽皓[1]，许强[1,2]，方小敏[1,2]

1 中国科学院青藏高原研究所大陆碰撞与高原隆升重点实验室，北京 100101

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

* baiyan06@itpcas.ac.cn

青藏高原南部古高度重建对理解欧亚板块碰撞的过程和机理非常重要。我们测定了高原南部 88 个表土支链甘油双烷基四醚脂(简称 brGDGTs)组分，发现碱性土壤的 brGDGTs 甲基化和环化指标(MBT′和 CBT)推导的温度(MBT′/CBT–MAT) (代表年均温)普遍偏低；而该研究区所有中性和酸性表土 MBT′/CBT-MAT 与高度仍然具有很强相关性 (R2 =0.84; n=63)。而除去 6-甲基 brGDGTs 的甲基化指标(MBT′5ME)推导的温度(MBT′5ME–MAT)即使包含所有的碱性土壤，也与高度相关性很强(R2 = 0.72; n=83)。因而，我们建立了两个高原南部区域校正公式：包括基于 MBT′/CBT-MAT 的中性和酸性土壤，以及基于 MBT′5ME-MAT 的酸碱性土壤皆适用的土壤校正公式。利用上述我们建立的土壤校正公式, 以及最新的基于除去 6-甲基 brGDGTs 的甲基化指标(MBT′5ME)推导的温度(MBT′5ME–MAT)的全球土壤校正公式，我们尝试了南木林盆地古温度恢复，发现在约 15 Ma，古温度依次为~9.49±1.15 ℃ 到 10.38±1.47 ℃，相应的古高度依次为 4.36±0.41 km 和 4.43±0.36 km asl。该结果一致于南木林盆地植物化石和稳定同位素值推导的同时期古高度约 4.7-5.4 km asl，说明 MBT/CBT(和 / 或 MBT′5ME)指标在藏南极具重建古温度和古高度的潜力。这将为揭示高原南部 15 Ma 以来古高度变化历史和模式提供新的证据和见解。

S03-P-01S

Magnetostratigraphic dating of the Linyi Fauna and implications for sequencing the mammalian faunas on the Chinese Loess Plateau

Yahui Qiu[1,2], Hong Ao[2,3]*, Yunxiang Zhang[1]*, Peixian Shu[2,4], Yongxiang Li[1], Xingwen Li[2], Peng Zhang[2]

1 State Key Laboratory of Continental Dynamics, Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China

2 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, China

3 Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, New York 10964, USA

4 College of Earth Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

*aohong@ieecas.cn; yxzhang@nwu.edu.cn

The Chinese Loess Plateau (CLP) in North China is an important terrestrial archive that witnessed the environmental changes and mammal and early human evolution in Asia over the past 2.6 Ma. Establishing precise ages for the Pleistocene faunas on the CLP is critical for better understanding of these environmental, biological, and archaeological issues. Here we report a new magnetostratigraphic record that places age constraints on the Linyi Fauna on the southeastern CLP. Our investigated 170-m-thick Linyi section mainly consists of two portions: (1) an overlying eolian Quaternary loess-paleosol sequence and (2) underlying fluvial-lacustrine sand and silty clay. Paleomagnetic results suggest that the composite section records the Brunhes chron, Jaramillo and Olduvai subchrons, and successive reverse polarity portions of the intervening Matuyama chron. The Linyi Fauna is located between Jaramillo and Olduvai subchrons in the fluvial-lacustrine interval, with an estimated age of ~1.5–1.6 Ma. Combining previously dated faunas, we establish a Pleistocene magnetochronology spanning from 2.54 to 0.65 Ma for the faunas on the CLP.

S04-O-01

史前人类向青藏高原扩散的考古学研究进展与问题

张东菊[1]*，董广辉[1]，陈发虎[2,1]

1 兰州大学资源环境学院，西部环境教育部重点实验室，兰州 730000

2 中国科学院青藏高原研究所，高寒生态与生物多样性重点实验室，北京 100101

* djzhang@lzu.edu.cn

史前人类向青藏高原的扩散和对高海拔环境的适应得到考古学、人类学、遗传学、地球科学等众多领域研究者的广泛关注。提供古人类活动直接证据的考古学在对此问题的探讨中起到了关键作用。青藏高原已有考古学研究成果和最新研究进展显示，史前人类向青藏高原的扩散可以分为五个阶段：第一阶段：末次冰消期之前的末次冰期（距今7.5-1.5万年），现代人在青藏高原周边聚集，少数人群季节性进入青藏高原腹地，可能存在多个人群扩散通道；第二阶段：末次冰消期（距今1.5-1.16万年），该时期全球气候的渐暖湿趋势和中国北方细石器文化的成熟发展使青藏高原北部相邻地区狩猎采集人群更频繁地、季节性地进入高海拔地区活动；第三阶段，全新世早中期（距今11600-6000年），受全新世早中期适宜气候的推动和低海拔地区新石器时代早期粟作农业发展的挤压，狩猎采集人群在青藏高原的活动强度达到高峰；第四阶段，全新世中晚期（距今6000-4000年），粟作农业的发展推动新石器中晚期农业人群首次进入青藏高原并在青藏高原边缘宜耕地区定居；全新世晚期（距今4000-2300年）,由西亚传播而至的麦作农业和以牛羊为主的畜牧业进一步推动青铜时代农牧人群向青藏高原高

海拔地区扩散，并常年定居。目前，关于青藏高原人类历史的遗传学研究与考古学证据在大框架上基本一致，但具体细节上还存在分歧。而主要青藏高原环境变化的研究成果与考古学证据所揭示的人类活动历史契合度较高，可以看出晚更新世以来北半球气候的波动变化对周边地区人群向青藏高原的扩散产生了明显的制约和推动作用，但是史前人类生产技术的变革和环境适应能力的提高在人类扩散中发挥着更关键的作用，这一认识对理解晚更新世现代人在全球的扩散具有重要意义。尽管目前多学科的研究大大提高了我们对史前人类向青藏高原扩散的认识，但是旧石器考古遗址发现数量较少，地区分布不均，遗传学研究全部来自现代DNA结果，时间分辨率太低，缺乏古DNA研究成果，古环境变化研究成果多，但相互差异较大，且时间和空间分辨率相对于人类活动解释偏低，因此，将来多学科的紧密合作研究是深入理解史前人类向青藏高原扩散和对高海拔环境适应问题的关键。

S04-O-02

色林错周边区域古人类活动遗存

张晓凌*，王社江，葛俊逸，高星

中国科学院古脊椎动物与人类研究所，北京 10044

* zhangxiaoling@ivpp.ac.cn

青藏高原的平均海拔在 4000 米以上，地域广袤，自然环境恶劣，对古人类的迁徙、交流与开发构成严峻挑战。高海拔和恶劣的生态条件使得古代人类迁入与开发青藏高原远远晚于中国其他地区。同时由于古人类和旧石器考古工作开展较少，最早的人类何时扩散到该区域至今仍然悬疑。其中藏北高原平均海拔高达 4500-5000 米、气候寒冷、氧气稀薄、动植物资源稀缺，对人类的生存提供了巨大挑战，自古有羌塘无人区之称。但是该区域内山地丘陵与宽谷湖盆相间分布，遍布密集的湖泊，为古人类在此生活居住提供了必要的生境条件。色林错，作为西藏第一大湖泊及中国第二大咸水湖，是藏北高原的一颗明珠，为古人类及现代人类的生存生活提供的物质基础与资源保障。迄今为止，色林错周边发现多处古人类旧石器地点。该区域内古人类活动遗存的发现与研究，将为探讨早期人类何时迁入青藏高原的科学问题提供重要线索，对于探讨古代人类适应高原能力、研究青藏高原地区人群与文化的迁徙交流具有重要意义，为进一步研究青藏高原石器工业的特征、发展演变及其与所处环境相互关系等诸多学术问题提供了弥足珍贵的研究材料。

S04-O-03

考古学视角下史前中国与东南亚的南北向文化交流

高玉[1]*，董广辉[2]，杨晓燕[1]

1 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101

2 兰州大学西部环境教育部重点实验室，兰州大学资源环境学院，兰州 730000;

* yugao@itpcas.ac.cn

史前时期欧亚大陆上人口与文化的交流带来了物种、技术和观念上的流动与传播，对欧亚大陆的新石器—青铜文化的整体发展起到了至关重要的作用。目前的讨论多集中于东西方向的交流，涉及南北方向文化交流的研究相对较少。而中国与东南亚大陆地区之间南北方向的交流对于南亚语族及其文化的形成与发展密切相关。我国云南省不但是中国乃至东亚物种最为丰富的区域，同时也是中国与东南亚连接的重要陆路通道，因此很有可能在史前人类迁徙和农业传播过程中起到了重要作用。已有证据显示，从旧石器晚期到青铜时代，云南与东南亚地区的考古学文化面貌有诸多相似之处。厘清这些文化因素的源与流，能进一步了解南亚语族的形成过程，并深入理解史前时期欧亚大陆上人口与文化的流动与融合的图景。

S04-O-04

藏族中国人高原适应性的遗传基础研究

金鑫*，阿叁，汪建

华大基因，深圳 518000

* jinxin@genomics.cn

高原世居藏族人群在青藏高原上生活了上万年，是世界上居住高原时间最长，并对高原低氧环境适应能力最佳的民族。从生理和生化角度对藏族人高原适应机制的研究取得了许多重大的发现，本研究从比较基因组学的角度研究高原世居藏族人群的低氧适应机制。通过使用新一代基因测序与生物信息学分析等技术，从全基因组水平研究高原世居藏族人群的高原适应机制，首次发现 EPAS1、EGLN1 等基因与藏人高原适应性密切相关。并在此基础上，通过与各个人群基因数据的比较，发现帮助藏人适应高原的特殊 EPAS1 单体型可能来自已经灭绝的丹尼索瓦古人。该发现从源头上解释了藏族人的高原适应能力可能的来源。

S04-O-05

古基因组揭示青铜时代欧亚草原人群的形成和扩张历史

王传超*

厦门大学人类学与民族学系，厦门 361005

* wang@xmu.edu.cn

近年来的古 DNA 研究发现青铜时代早中期以 Yamnaya 为代表的欧亚草原人群是由东部和高加索狩猎采集人群混合而成的。然而，目前尚不清楚该欧亚草原人群的祖先群体是在何时何地出现，以及是否与公元前四千年的一系列的文化和技术创新、印欧语系的扩散等有关。为了解决这一问题，我们成功做出了北高加索地区跨越 3000 年的 45 个史前样本的全基因组数据。我们发现北高加索史前人群在遗传上与邻近的草原人群有较大的差异，而与南高加索古今人群在遗传上相似。Yamnaya 和所有后来的游牧草原人群都带有先前未被发现的与安纳托利亚农业人群相关的祖源成分，而 Steppe Maykop 人群则拥有额外的旧石器时代西伯利亚和美洲原住民相关的祖源成分。Yamnaya 等青铜时代早中期草原人群还向东扩张到了中国新疆天山北麓，可能与印欧语早期的扩散有关。

S04-O-06

史前粟黍农业人群的大规模迁徙促进藏族人群的形成

李玉春 [1]，田娇阳 [1,2,3]，刘峰文 [4]，杨滨宇 [1]，顾康蜀云 [1,2,3]，Zia Ur Rahman[1,2,3]，杨利琴 [1]，陈发虎 [4]，董广辉 [4]*，孔庆鹏 [1]*

1 中国科学院昆明动物研究所遗传资源与进化国家重点实验室，昆明 650223

2 中国科学院大学，北京 100049

3 中国科学院大学昆明生命科学学院，昆明 650204

4 兰州大学西部环境教育部重点实验室，兰州 730000

* ghdong@lzu.edu.cn; kongqp@mail.kiz.ac.cn

以往研究表明，人类在旧石器时期就已成功定居青藏高原，并且在新石器时期大规模地迁徙到高原地区，最终形成现今的藏族人群。近期考古学研究进一步表明，人类永久定居青藏高原是在距今 3600 年之后，其主要推动力则是大麦农业的传播。然而，考虑到在距今 3600 年之前，中国北方以及青藏高原东北缘的低海拔地区主要是以粟黍农业人群为主，并且从以往的遗传学证据来看，大部分藏族人群可以追溯至中国北方，我们提出一种可能性，即青藏高原的藏族人群极有可能是源于低海拔地区的粟黍农业人群向高海拔地区的扩散。为了证实这种可能性，我们综合了遗传学和考古学的证据，包括 671 个藏族个体的线粒体 DNA（mitochondrial DNA; mtDNA）全序，以及

不同海拔地区的谷类遗存的炭同位素测年数据。我们鉴定出两个 mtDNA 单倍型类群，其起源和迁移与粟黍农业的扩散历史十分相似，因此很可能代表了藏族人群中的粟黍农业者的遗传印记。这两个类群在现代藏族人群中广泛分布，并且其在藏族人群中的高频分布（20%以上）进一步导致了藏族和其他东亚人群的遗传分化。因此，我们的研究表明，尽管现代藏族人群是大麦农业人群的后代，但其遗传多样性格局在大麦农业传播至青藏高原之前即已形成，而中国北方粟黍农业人群的扩散则是导致其遗传格局形成的重要原因。

S04-O-07

亚洲内陆西风区和季风边缘区全新世以来的气候环境变化

柳中晖 [1]*，刘卫国 [2]，王欢业 [2]，何毓新 [3]，赵成 [4]，宋木 [1]，孟博闻 [1]，周爱峰 [5]，侯居峙 [6]，钱鹏 [7]，蒋庆丰 [7]，Sergey Krivonogov[8]

1 香港大学地球科学系，香港
2 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710075
3 浙江大学地球科学学院，杭州 310027
4 中国科学院南京地理与湖泊研究所，南京 210008
5 兰州大学西部环境教育部重点实验室，兰州 730000
6 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101
7 南通大学地理科学学院，南通 226007
8 Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk 630090, Russia
* zhliu@hku.hk

近年来对亚洲内陆干旱区和东部季风区的气候环境变化的研究取得了一系列的进展，西风环流和季风环流区域对全球气候变化的响应存在明显差异。而干旱区的古人类活动和环境变化的关系也成为热点科学问题。尽管目前对 1000-2000 年前以来的两大区域的环境响应有了比较一致的认识，早中全新世的陆地气候环境变化还存在较大的争议。本报告拟对全新世以来的西风区和季风边缘区的环境记录（包括我们未发表数据）进行进一步总结分析，重点探讨陆地温度和干湿变化的特征。目前陆地温度记录还是很有限（指标的有效性也存在争议），但我们倾向认为早中全新世温度（特别是夏季温度）整体来说还是要高于晚全新世。而内陆干旱区（包括部分季风边缘区）早中全新世相对较干旱，但时间上的差异较明显。这也许和不同区域的水热平衡对早中全新世的较高温度不同响应有关。最后我们将进一步探讨 5000-3000 年前（古人类上青藏高原定居的关键时间）的陆地气候状态。

S04-O-08

全新世青藏高原冰川消融量定量估算

侯居峙*，栗粲圪，陈发虎

中国科学院青藏高原研究所，北京 100101
* houjz@itpcas.ac.cn

青藏高原拥有两地地区之外的最大陆地冰川，因此被称为亚洲水塔。高原冰川、积雪等是亚洲主要河流的源头，为约占全球人口 1/3 东亚和南亚地区提供至关重要的水资源，因此研究青藏高原冰川未来变化趋势为这一地区社会稳定、经济发展、国际关系等均具有重要意义。在 2007 年，IPCC 曾经报道青藏高原地区冰川到 2035 年可能会只剩下 1/5 或者更少；但这一说法受到广泛质疑。造成这一问题的本质原因是目前对冰川消融变化的历史不清楚，对其变化机制的理解不深入。目前通过冰碛物定年可以获得第四纪以来长时间尺度冰川进退历史，但是对其消融量推测不足，并且冰碛物可能受后期改造的影响；实地观测和遥感能够提供详细的冰川变化，但限于研究时段。我们针对这一问题，对青藏高原古里雅冰帽南侧的冰融水补给湖泊-郭扎错开展研究，定量重建全

新世冰融水量的连续变化，并且尝试理解冰川变化机制。

郭扎错位于古里雅冰帽南侧10公里处，湖水主要来自于冰川融水补给。我们采集了湖泊沉积物岩芯，分析沉积物中自生碳酸盐氧同位素、粒度、总有机碳、磁化率、XRF等指标，发现这些指标均可指示冰川消融量的变化，并且在 1.5-0.5ka 存在一个显著的冰融水衰退时间，与这一地区冰川前进时间一致。全新世冰融水量长期变化趋势主要受控于夏季温度，即北半球夏季太阳辐射的影响。我们根据郭扎错湖芯氧同位素记录推测，在早-中全新世（最高值出现在 7ka）与晚全新世（最低值出现在 1ka），郭扎错流域内冰融水量差异约为 5km3。据流域内冰川面积和整个冰帽面积比例计算，古里雅冰帽消融量在 7ka 与 1ka 的差异约为 30km3。

在过去300年来，古里雅冰帽消融较强，可能与全球变暖有关。如果全球变暖趋势不变，青藏高原冰川在未来消失的可能性是很大的。

S04-O-09

参雄尕塑遗存揭示的青藏高原腹部区域全新世人类活动

侯光良[1]*，董广辉[2]

1 青海师范大学青藏高原环境与资源教育部重点实验室，西宁 810008

2 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室，兰州 730000

* hgl20@163.com

青藏高原早期人类活动研究，是人类适应极端环境的典范，引起学术界极大关注。目前研究多聚焦青藏高原边缘和过渡地带，对高原主体和腹部研究较薄弱。CXGS 是位于青藏高原腹部通天河流域，有较好地层堆积的一处早期人类活动遗存。年代、动物骨骼数、石器和炭屑分析表明：CXGS 人类活动主要集中在全新世早中期 8.5-7.8 cal kaBP 和晚期 2.3-2.3 cal kaBP 及以后，8.5-7.8 cal kaBP 为技术较为成熟的典型细石器遗存，石制品以石片、石叶以及细石叶为主，细石核主要是半锥形和锥形，含少量刮削器；动物碎骨和炭屑分析指示后期人类活动更强；通天河流域的细石器、石棺葬、岩画等考古发现也支持高原腹部人类活动集中在以上两个时期，其中石棺葬、岩画等与全新世晚期青铜时代畜牧活动密切相关。对比青藏高原人类活动证据，发现全新世早中期细石器活动已深入高原腹地，并遍及高原；其次，石棺葬等揭示高原腹部人类活动与高原东北部、东部关系极为密切，这表明高原不同地带的史前文化之间具有密切联系；但高原全新世人类活动存在明显的区域差异，高原边缘河谷人类活动较为连续，涵盖了旧石器、新石器和青铜等较为完整的文化序列；海拔 3000-4000m 高原过渡地带，虽发现最早人类活动，但性质为单一的狩猎采集，后期有其它文化因素渗入；高原主体和腹部地带，全新世早中期（细石器狩猎采集活动）和晚期（青铜时代畜牧活动）较活跃，6-3.6 cal kaBP 人类活动较微弱，缺乏新石器文化。

S04-O-10

新疆青铜时代晚期绿洲地区古人类的生存环境：博乐泉水沟遗址古环境研究

张俊娜[1]*，韩建业[2]，任小林[3]，曹美丹[1]

1 北京联合大学应用文理学院，北京 100191

2 中国人民大学历史学院，北京 100872

3 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* junna@buu.edu.cn

新疆地区是中西文化交流的重要通道，青铜时代至早期铁器时代本区的文化交流为丝绸之路的形成奠定了基础。在生态环境脆弱的绿洲地带，地貌环境对古人类的生存影响巨大，随着人类生业模式的转变，古人类通过选择环境、适应环境来生存。本文通过对新疆博乐市泉水沟青铜时代晚期遗址的地貌结构分析及古植被、古环境分析，研

究了泉水沟遗址的古环境状况，并对新疆地区青铜时代晚期绿洲地区古人类的生存环境进行了探讨。

S04-O-11

青藏高原东北部新石器至青铜时代先民木材利用策略及其对环境的影响

刘峰文，董广辉*

兰州大学资源环境学院，兰州 730000

* ghdong@lzu.edu.cn

人类活动对自然环境的生态适应与影响是当今备受关注的热点科学问题，环境变化不仅为古文明演变研究提供线索，也对探讨气候变化下的社会适应策略至关重要。近几十年，高寒生态脆弱区人地关系时空演化越来越受到学术界的关注。古人群向青藏高原扩散并永久定居则是典型案例。考古研究显示，青藏高原大规模人群定居始于新石器-青铜时代，农业技术革新是其主要驱动力。该时期高原人群依靠粟黍、麦类种植和牧羊活动保障其在高海拔地区大规模永久定居，但先民对该地区的木材利用及其对环境造成的影响还不明晰，仍需要进一步研究。

青藏高原东北部古遗址数量众多，文化类型丰富，是通往高原腹地的重要通道之一，也是研究古人群适应与影响高原环境的理想研究区。通过对青藏高原东北部进行考古遗址调查与发掘，采集大量木炭遗存，对出自不同海拔考古遗址的木炭遗存进行种属鉴定，并结合碳十四年代测试，揭示该地区不同文化先民的木材利用策略存在明显的时空差异。选取海拔相近的遗址进行木本植被重建，显示该地区木本植被的演替过程很可能受到人类活动的影响。本研究为探讨人类活动对自然环境造成影响提供了有价值的研究案例，为系统梳理史前人类对青藏高原不同海拔空间植物资源开发利用方式与过程，探讨对高原自然生态系统造成的长期影响，为更好管控人类活动，保护青藏高原生态环境提供有重要价值的参考。

S04-O-12

青藏高原湖泊纹层孢粉记录的2000年以来百年尺度干旱事件

崔安宁[1,3]*，吕厚远[1,2,3]，侯居峙[2,3]，徐德克[1,2,3]，吴乃琴[1,3]

1 中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室，北京 100029

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

3 中国科学院大学，北京 100049

* cuianning2016@mail.iggcas.ac.cn

干旱是影响环境、经济社会发展的重要因素之一，尤其是在全球变暖背景下，干旱事件发生的频率、强度、持续时间都不断增加。探究干旱事件发生的历史及其特征与驱动机制对未来预测及作出相应决策具有指导意义，特别是过去2000年人类活动与社会环境相互作用不断加强的时期。然而研究过去的干旱事件历史受到器测记录时间长度（<100年）的限制，因此亟需选择环境代用指标重建过去 2000 年干旱事件发生的历史及其驱动机制。

本文选择受人类活动干扰少的青藏高原为研究区域，通过对位于高原中部的高分辨率纹层湖泊江错进行孢粉分析，揭示研究区古植被记录的过去 2000 年干旱事件发生的时间及频次。利用年纹层对长为100.75cm的湖泊沉积物进行定年，时间跨度为2000年。样品冷冻干燥后以0.5cm间隔进行孢粉分析，共分析样品202个，每个样品鉴定400粒以上。结果显示，孢粉百分含量及浓度都记录了发生在 100AD，370AD, 570AD, 750AD, 950AD, 1150AD, 1450AD, 1650AD and 1850AD 的干旱事件，主要表现为孢粉浓度及通量显著急剧降低而沉积物沉积速率（cm/yr）出现峰值，旱生草本含量增加而湿生草本含量降低，以蒿属为建群种的高寒草原代替以莎草科为建群种的高寒草甸成为优势植被。并且，上述阶段都对应着纹层厚度增加而钛（Ti）

元素降低的阶段，进一步证实了湖泊自生物质量增加，入湖外源物质量减少的干旱事件。主要孢粉类型及沉积速率都表现为约 210 年周期性变化，这一百年尺度的周期性干湿变化与~210 年的太阳活动周期性变化同步，表明青藏高原湿度变化在很大程度上受到太阳活动的影响。

S04-P-01

中晚全新世河西走廊环境突变事件对丝路文明演化的影响

董广辉[1]*，刘峰文[1]，张山佳[1]，杨谊时[2]，史志林[1]，章典[3]，陈发虎[4,1]

1 兰州大学资源环境学院，兰州 730000
2 甘肃省文物考古研究所，兰州 730000
3 广州大学地理科学学院，广州 510006
4 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101
* ghdong@lzu.edu.cn

气候环境变化对人类及其社会演化的影响是广受关注的科学问题，中晚全新世气候环境突变事件被认为是导致古文明衰落的重要因素。丝绸之路是历史时期欧亚大陆东西方文化交流的主要通道，考古研究则将东西交流的历史追溯至 5000-4000 年前，为丝路文明的形成奠定了重要的基础。研究显示丝路文明演化过程中，东西方交流的主要通道经历了多次变迁，伴随沿线古文明的兴衰，其与环境突变事件的关联受到学术界的关注。

河西走廊位于丝绸之路的咽喉位置，在史前和历史时期的东西方文化交流中发挥了重要作用，也是丝路文明演化的关键节点地区。通过对河西走廊中部酒泉地区和西部敦煌地区的考古调查、遗址发掘和地质地貌调查，清理了两个古土壤-黄土-风成沙互层的沉积剖面。通过碳十四和光释光年代测试，以及对沉积样品开展的粒度、元素、有机质含量、磁化率等古环境指标的分析，揭示河西走廊中部和西部在中晚全新发生了三次以沙漠化为特征的环境突变事件。结合周边地区高分辨率古环境记录，以及考古研究和历史文献记录的对比分析，显示这三次环境突变事件对史前东西方文化交流和丝路文明演化的关键事件产生了重要影响。这项研究为探讨丝路文明演化与气候环境变化的关系提供了有价值的研究案例，对认识绿色丝绸之路建设可能面临的环境风险也具有借鉴意义。

S04-P-02S

丝绸之路东段新石器晚期-青铜时代农业和冶金活动对环境的影响

张山佳[1]，董广辉[1]*，杨谊时[2]

1 兰州大学资源环境学院，兰州 730000
2 甘肃省文物考古研究所，兰州 730000
* ghdong@lzu.edu.cn

人类活动对地球系统的影响是国际学术界的前沿和热点科学问题，史前人类农业和冶金活动被认为是影响自然环境的重要因素。研究显示新石器晚期至青铜时代是跨大陆文化交流发展和强化的关键阶段。文化交流带来的技术革新使得人类适应自然的能力显著增强，其对环境的影响也得到越来越多的研究。丝绸之路东段（今西安至敦煌）在史前和历史时期东西方文化交流中都发挥了关键作用，是我国最早受到史前跨大陆文化互动影响的地区之一。通过对该区域三个新石器晚期-青铜时代遗存丰富的地区，即甘肃省河西走廊、陇东和陕西省宝鸡地区的考古调查，采集史前遗址文化层和现代自然表土沉积物样品，并对邻近的高山湖泊进行岩心钻取工作。对考古遗址中沉积物样品的重金属元素含量，以及相关湖泊岩心中的黑碳（Black carbon）分析显示，丝绸之路东段史前人类活动对沉积物有显著地影响。结合周边地区碳十四测年和动植物考古资料，揭示了该地区史前农业和冶金活动对环境影响的时空变化过程。该研究为探讨欧亚大陆史前东西方文化交流历

史，理解史前人地关系演变的过程和规律提供了重要的参考依据。

S04-P-03

1860 年以来博斯腾湖碳沉积过程演变研究

于志同[1]*，王秀君[1]，刘兴起[2]，张恩楼[3]

1 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院，北京 100875

2 首都师范大学资源环境与旅游学院，北京 100048

3 中国科学院南京地理与湖泊研究所，南京 210008

* yuzhitong@bnu.edu.cn

了解湖泊在自然和人类活动干扰下的动态，确定湖泊长期的演变过程及规律，对于科学地管理和保护湖泊生态环境尤为重要。目前，国内对西北内陆干旱区湖泊的碳循环过程研究相对较少，大部分利用沉积物中有机碳、无机碳进行长时间尺度的古气候环境反演与重建。本研究选取中国内陆最大的淡水湖博斯腾湖 3 个不同点位岩芯，在 ^{210}Pb 和 ^{137}Cs 年代序列基础上，利用沉积物中的各理化指标，分析了该湖碳沉积的时空变化特征，结合各指标的相关性、沉积速率、C:N、同位素特征等，探讨了该湖 1860 年以来碳沉积环境的变化过程，为干旱区湖泊碳埋藏研究提供了依据。结果表明：1860-1910 年，博斯腾湖沉积速率相对较小，受人类活动影响较小，磁化率、中值粒径、TIC 较为稳定，TOC 含量相对较低，此时该湖有较多陆源有机质的输入；1910-1950 年，湖泊西部浅水域沉积速率明显高于东部深水区，西北湖区水域有大量外源物质的输入，而湖泊初级生产力较低，内源贡献相对较小；1950-1980 年，全湖 TOC、TIC 均呈现增加的趋势，尤其是西北近黄水沟水域增长最快，湖泊内源贡献在增加，陆源组分的输入相对前一阶段要少；1980-2002 年，沉积速率快速增加，尤其湖泊东部水域最为明显，TOC 均呈现增加的趋势，湖泊西部水域初级生产力要高于东部深水区，湖面蒸发较强，气候比较温暖；2002 年以来，全湖沉积速率相对较高，外源有机质贡献较小。过去 150 年博斯腾湖沉积物碳累积速率整体上呈现出增加趋势，尤其是近 50 年来快速增加，东部湖区碳累积速率比西部湖区高。

S04-P-04

Study of modern pollen distribution in the northeastern Indian and their application to paleoenvironment reconstruction

Chuanxiu Luo[1]*, Chixin Chen[2], Rong Xiang[1], Jianguo Liu[1], Weiming Jiang[3], Jun Lu[1], XiangSu[1], Qiang Zhang[1], Vidusanka Thilakanayaka[1]

1 CAS Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510301

2 Guangzhou Marine Geological Survey Bureau, Guangzhou, 510075

3 School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, Victoria, BC, V8W 2Y2, Canada

* luocx30@126.com

Learning pollen transport mechanisms is the basis for correct interpretation of fossil pollen data. Firstly,33 seabed surface sediment samples from the northeastern Indian Ocean were selected for pollen analysis. Utilizing the 90℃ Indian Ridge as a dividing line, more Microlepia spores and herbaceous pollen were present to the west or northwest of the line, possibly originating in Sri Lanka and India. More Polypodiaceae spores and tree pollen (*Pinus* excluded) were present to the east or southeast of the boundary, possibly originating in Sumatra Island. Based on

the PCA analysis, the ocean current from the southeast to the northwest and the distance from land masses around the study area affect the percentage of pollen. Then, based on a fossil pollen analysis on the YDY05core from the northeastern Indian Ocean, we determined that since 16ka BP, the pollen terrestrial area might change from Sumatra Island to Sri Lanka Island and India, probably due to the climate and sea level change.

S04-P-05S

Anthropogenic alternation of natural vegetation process began thousands of years ago in southern China

程仲景[1], 翁成郁[1]*, Stephan Steinke[2, 3], Mahyar Mohtadi[2]

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 MARUM–Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Bremen D28359, Germany

3 Department of Geological Oceanography and State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China

* weng@tongji.edu.cn

Vegetation dynamics during previous warm interglacial periods shed light on human impacts on natural ecosystem trends during the Holocene. But only a few terrestrial records span such periods with a reliable chronology. Here we present a high-resolution marine pollen record from the northern South China Sea. We find that during five peak interglacial periods, MIS 13a, 11c, 9c, 5e and 1 (the Holocene), the vegetation successions in southern China were similar. At the beginning of each interglacial period, tropical rainforest conifers including *Dacrydium*, *Dacrycarpus* and *Podocarpus* and associated broadleaved taxa such as *Altingia*, expanded quickly at the expense of the subtropical/temperate montane conifer *Pinus*. Near the end of the previous warm periods, *Pinus* recovered and tropical taxa retreated. However, the Holocene process displays subtle but significant differences in which the species turnover was interrupted and the rainforest conifers never fully expanded. The Mg/Ca-based sea surface temperature record from the same site reveals that temperature was the major control on the rise and fall of the peak interglacial vegetation. However, exceptionally high charcoal fluxes during the Holocene suggests that human activities have completely, and possibly permanently, altered the natural vegetation trend five to six thousand years ago through forest clearance and burning.

S04-P-06S

黄河上游官亭盆地喇家遗址黑砂成因物源探析

潘振，赵志军*

南京师范大学地理科学学院，南京 210023

* zhaozhijun@njnu.edu.cn

位于官亭盆地的喇家史前灾难遗址被毁原因是自遗址发掘以来学者们所争论的焦点所在。笔者在野外考察、水准测量与实验分析基础之上，对广布于自积石峡滑坡体至官亭盆地黄河两岸地层中所含括的“黑砂”层与裂隙“黑砂”的来源、成因机制进行物源探讨，指明黄河古溃决洪水对官亭喇家遗址的影响。在通过对分布于黄河南北两岸“黑砂”层、吕家沟、岗沟、黄河等现代河床沉积物及历史沉积层进行岩石组分及成分比例对比分析，主要取得以下认识：1）官亭盆地剖面中的黑砂层以及裂隙黑砂其组分主要以石英、绿片岩以及黄土泥球为主，而

且棱角状明显，无磨圆程度；2）岗沟、吕家沟与黄河南岸众支沟河床沉积物岩石组分复杂，石英颗粒含量较高、磨圆度较好，与“黑砂”来源分属不同物质源区；3）黄河现代河漫滩沉积物粒径均匀、磨圆度较好、石英含量较高，与二级阶地上“黑砂”层岩石组分有明显区别；4）官亭盆地黄河南岸“黑砂”与北岸喇家村附近“黑砂”层岩石组分相似，应为同一次事件形成，而且来源于同一区域；5）官亭盆地喇家遗址“黑砂”成因可能为：地震引发山体滑坡阻塞黄河河道形成古堰塞湖，堰塞坝溃决之后，黄河水位迅速上涨并裹挟两岸边坡松散物质并冲蚀两岸基岩，将碎屑物携至沟谷两岸及官亭盆地黄河二级阶地之上沉积，掩盖了因地震造成破坏的喇家遗址，造成其彻底毁灭。

S04-P-07S

青海门源黄土的成因及其对青藏高原东北部冰期荒漠化的指示

戴高文[1]，肖国桥[2]*

1 中国地质大学（武汉）环境学院，武汉 430074

2 中国地质大学（武汉）地球科学学院，武汉 430074

* xgqiaocug@gmail.com

位于“第三极”高寒区边缘的青藏高原东北部，与我国西北内陆干旱区和半干旱的黄土高原区相邻，对环境变化的响应十分灵敏。当前，对该区环境如何响应第四纪冰期和间冰期气候变化仍不清楚。尤其是该区作为当前荒漠区的毗邻带，过去是否也曾发生过荒漠化，至今我们缺乏清晰的认识。分布于青藏高原东北部祁连山山间门源盆地中的厚层风成黄土，为我们研究该区晚第四纪冰期与间冰期环境状况提供了良好载体。

我们通过对门源黄土的粒度特征和代表性黄土与古土壤样品的碎屑锆石 U-Pb 年龄的分析，研究了门源黄土的成因和物质来源。结果表明：（1）门源黄土粒度组分中代表短程搬运的>63 μm 的百分含量在冰期明显高于间冰期，表明冰期存在更多近源物质的贡献。（2）代表性黄土和古土壤样品的碎屑锆石 U-Pb 年龄揭示出，门源黄土的物源存在明显的冰期和间冰期差异，其中，冰期样品中包含较多来自祁连山基底的锆石，但间冰期样品中这一比例明显较低。进一步将门源黄土与已发表的黄土高原黄土碎屑锆石 U-Pb 年龄数据对比表明，门源黄土和黄土高原黄土明显不同，但门源古土壤与黄土高原古土壤极其相似。这些特征揭示出，门源黄土在间冰期时与黄土高原一样，主要来自远源荒漠物质的贡献，而在冰期时包含有大量近源物质的输入。考虑到祁连山地区在冰期时山岳冰川的活动加剧，冰川范围扩张，会产生大量碎屑物质，加之冰期时环境恶化，区域植被覆盖度降低，这些碎屑物会被风扬起并在盆地内合适的地貌部位堆积，就近形成黄土。从这个意义上讲，门源的冰期黄土为“冷黄土”，而间冰期为来自沙漠的“暖黄土”。

我们的结果指示着门源黄土和古土壤具备不同的成因类型。特别值得注意的是，冰期时的门源黄土包含大量来自门源盆地内部的碎屑物，意味着冰期时的环境恶化很可能导致了门源盆地当时发生了局部的荒漠化。考虑到青藏高原东北部地区处于荒漠和黄土的过渡区，生态十分脆弱，在晚第四纪大幅度的冰期-间冰期旋回中，包括门源盆地在内的高原东北部可能在冰期时普遍发生了一定程度的荒漠化，加之冰期时伴随西风带南移造成的大气环流格局的调整，使得该区在冰期时很可能成为黄土高原重要的物源区。在当前的间冰期，由于该区的植被覆盖良好，这一地区不再为黄土高原贡献物源，因而导致这一地区在当前的黄土物源研究中并没有被研究者们作为黄土高原的重要物源区。今后对黄土物源的研究应考虑青藏高原东北部并加强对这一地区在冰期时荒漠分布范围的重建。

S04-P-08

孢粉记录重建的青藏高原全新世季风事件

唐领余[1]*，沈才明[2]，李春海[3]，Kam–Biu Liu[4]，Overpeck, J.T[5]

1 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

2 云南师范大学旅游管理与地理科学学院，昆明，650500

3 中国科学院南京地理与湖泊研究所，湖泊与环境国家重点实验室，南京 210008

4 Department of Geography and Anthropology, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana 70803, USA

5 Institute for the Study of Planet Earth and Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson, Arizona 88721, USA

* lytang@nigpas.ac.cn

研究材料与依据植被的自然分布主要受到地貌、气候以及土壤等因素的影响。在气候条件中，水热条件是影响植被的最重要因素，一定的水热条件决定一定的植被类型。笔者根据多年青藏高原植被考察、钻取 8 个湖泊岩心及 200 余件表土花粉样品和 135 个站（点）地面气象资料收集，定量重建研究地区的水热状况，绘制了反映现代植被类型的花粉谱及主要花粉种类的花粉等值线图和花粉转换函数，获得青藏高原全新世各时段的植被与气候。

全新世植被与气候早期：川西高原在 10~9.1KaBP 中生落叶阔叶和中生针叶占优势，季风已进入，呈现夏季升温冬季寒冷气候；藏东南八宿及墨竹工卡地区 12KaBP 出现桦木和松，气温较前高 2~4℃，年降水增至 350~550mm；青海湖地区 11~8KaBP 植被以蒿属、藜科为主的亚高山草原，气候温凉干；若尔盖 11~7KaBP 出现亚高山针叶林和灌丛草甸，气候温凉偏湿，年均温在 1.2~0.6℃；藏中尼玛地区 11~9.6KaBP 植被稀少，气候寒冷干燥，年均温比现在低 4.5~5.5℃；藏南地区 11~8KaBP 发育着稀树灌丛草原或灌丛草甸，高山上有云冷杉生长，洼地发育泥炭层；藏西松西错 10.5~9.9KaBP 出现气候倒转事件，趋向干冷环境，相当于 Y D，10~7.7KaBP 孢粉中蒿 A/C 值最高，形成以蒿属为主的草原，气候寒冷偏湿；中期：川西冕宁地区，在 9.1~7.8KaBP 出现常绿栎类、中生落叶和中生针叶树为主，铁杉和杉木林增加，年降水量增加到 1000~1800mm；八宿和墨竹工卡地区 10~6KaBP 前后，降水量增加 300-250mm，发育桦木林和松林，1 月份气温高出现在 2-3℃，7 月份气温高出现在 1.5-2.5℃；那曲、班戈地区 8.2-7.2KaBP 降水增加；若尔盖地区 7.6~6.0KaBP 出现针阔混交林，年均温高今日 5℃；青海湖 8~5.5KaBP 生长着以云杉为主的高山针叶林，并已向西扩展近 100km，湖水温度高于现在 2 ℃左右，，湿度指数为 15~45，最冷月均温约比现在高 8~11 ℃，最热月均温高出现在 1 ℃，年降水量比现今当地多 150mm 左右;可可西里地区的苟弄错 9.8~5.5KaBP 有较多的乔木出现，在 8~5.5KaBP 森林线上升，发育森林草原；色林错地区 9.6~6KaBP 以高寒草原为主，代替高山稀疏植被，8.5~7.5KaBP 气候突然变暖，湖面上升，湖盆周围沼泽发育，森林面积扩大；吉隆地区 9.1~8.6KaBP 灌木铁杉、高山栎等增多，气候温暖湿润，平均气温高于今日 5 ℃；班公错 9.6~7.8KaBP 蒿属，禾本科高含量，气候较温湿，发育草原植被]；松西错 7.7~4.5KaBP 花粉 A/C 很高，草原发育，气温高于今日 4 ℃左右；晚期：高原东南部 4.0KaBP 以后硬叶类树种明显增加，降水呈明显季节性分布，年均温 5 ℃左右，年降水量在 1090mm 左右，1.0KaBP 以后耐旱种类上升；墨竹工卡 3.8，2.5，1.5 和 0.4KaBP 木本植物明显减少，草原成分增多，反映植被由森林向草原过渡，1 月份气温下降 4~4.5 ℃，7 月份气温下降 3~3.5 ℃，年降水量减少 350mm 左；此时八宿地区松林逐渐演变成森林/灌丛草原，1、7 月份和年均温比现在降低 1 ℃左右，年降水量约减少在 100mm 以下，那曲、安多 3k 以后降水减少；若尔盖 3.3~1.4KaBP 针叶林收缩，气温下降数度;青海湖 3.5KaBP 以后云杉林退缩，到 1.5KaBP 森林消失，气候寒冷干燥，最冷月

气温比中期要下降 8 ℃左右；色林错地区 3.8~2.4KaBP 云杉上升，2.4~1.2KaBP 松占优势，1.2~0.7KaBP 乔木下降，沼泽扩大气候变冷干；松西错 A/C 值高及炭含量降低，气候变干，湖水变浅。

全新世古季风事件 青藏高原全新世最早的西南季风气候事件出现在 10100 cal. kaBP；最强的夏季风气候出现在 8500-6500 cal. kaBP ,尤其是 8500-7200 cal. kaBP，具较高的季节性降水；第一次严重干旱事件出现在 6500 cal.ka BP,年降水量下降 100mm，7 月气温下降 1.5℃；自 5800 cal. kaBP 以后经历了比现今要强的季风气候期,接下来出现 4500 cal. kaBP 的季风气候事件，导致高原极端干旱气候；第二次大干旱事件出现在 3000-1600 cal.yr BP,现在的气候格局形成可能从 3000 cal.ka BP 开始;700-300 cal.ka BP 期间有一次明显的气候变冷事件。

S05-O-01

欧亚大陆渐新世古气候时空演变及其驱动因子——基于植物大化石和气候模型的综合分析

李树峰 [1,2]，星耀武 [1]*，Paul J. Valdes[2]，黄永江 [3]，苏涛 [1]，Alex Farnsworth[2]，Daniel J. Lunt[2]，唐赫 [1,4]，Alan T. Kennedy[2]，周浙昆 [1,3*]

1 中国科学院西双版纳热带植物园热带森林生态学重点实验室，勐腊 666303

2 School of Geographical Sciences, University of Bristol, Bristol, UK

3 中国科学院昆明植物研究所生物多样性与生物地理学重点实验室，昆明 650204

4 中国科学院大学，北京 100049

* ywxing@xtbg.org.cn; zhouzk@xtbg.ac.cn

渐新世（33.9–23.03 Ma）是新生代地球演化历史中非常独特的一个时期，地球从始新世的“温室”气候快速转变为“冰室”气候。关于欧亚大陆渐新世气候的研究前人已做了不少相关工作，但是不同的古气候代理指标以及气候模型研究得到的结果有很大差异，尤其是在中高纬度地区，因此有必要对渐新世的气候变化进行深入研究。

本文综合整理了渐新世欧亚大陆中高纬度地区 149 个大化石数据点，通过共存法重建了化石点的古气候数据（其中整合了已发表的 35 个点的古气候）。通过对不同时期和地区的古气候进行对比，分析了早、晚渐新世欧亚大陆不同地区的气候差异，以及和现代气候的对比分析。同时，本研究将化石数据英国布里斯托大学一系列 HadCM3L 模型模拟的渐新世气候数据进行对比，进一步揭示了欧亚大陆渐新世气候的主要驱动因子。

古气候重建的结果表明：渐新世欧亚大陆中高纬度地区的年均温范围为 5.4–25.5 ℃，年降雨量范围是 338–2453 mm，该时期大部分地区的气候类型和现代的亚热带季风性湿润气候相似。研究表明早渐新世（33.9–28.1 Ma）和晚渐新世（28.1-23.03 Ma）气候较为相似；渐新世欧洲的气候整体上比中亚和东亚更为温暖湿润，中亚是其中最为干冷的地区。通过对渐新世和现代气候的对比分析，结果表明地质构造运动（如特提斯海退却），是影响欧亚大陆渐新世以来的气候演变的重要作用。通过和不同边界条件（如 CO2 和古地理）的 HadCM3L 古气候模型对比，表明气候模型和大化石数据在大的空间尺度上大体一致，但是气候模型重建的温度季节性差异明显比化石数据要大（模拟的夏季温度比化石数据高，冬季温度低），尤其是在高纬度地区。另外基于年均温的分析表明：CO2 在 560 ppmv 以及 1120 ppmv 的模型和化石数据较为吻合。本研究揭示了古气候模拟诸多边界条件的不确定性，为气候模拟提供重要参考价值。

S05-O-02

Silurian-Devonian terrestrial revolution in South China: An integrative review of the

taxonomy and diversity of early vascular plants

Jinzhuang Xue*

The Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, PR China

* pkuxue@pku.edu.cn

The radiation of vascular plants during the mid to late Paleozoic has been considered one of the most important drivers of change in Earth's terrestrial environments. Non-marine deposits of the South China Block document plant diversification through the crucial Silurian and Devonian periods in a series of well-preserved fossil assemblages when this block occupied a paleoequatorial to low-latitude position and was isolated from the Laurussia paleocontinent. Significant plant fossils include the Pridoli and Early Devonian assemblages, from Yunnan and Sichuan provinces, southwestern China, and the Pragian Posongchong Flora from the Posongchong Formation of Wenshan, Yunnan. The Middle Devonian (Givetian) Haikou Formation and correlative strata supported diverse lycopsids and euphyllophytes, documenting landscapes with the first tree-like plants in South China. The Late Devonian Huangjiadeng, Xiejingsi and Wutong formations, particular the latter, preserve an abundance of lycopsids, fern-like plants, sphenopsids and seed plants, revealing complex plant communities. The taxonomic diversity in South China is characterized by a gradual increase from the Pridoli, with great diversification during the Pragian, a gap in the Emsian-Eifelian record, and a moderate increase in the Givetian and Frasnian, followed by a 2-3 times increase in the Famennian. Although the raw diversity pattern is somewhat obscured by different sampling intensity, the apparent increases during the Pragian and Famennian seem to be bona fide radiation events. Phytogeographically, the endemism of Early and Middle Devonian floras of South China has been supported by increasing paleobotanical data. The Late Devonian floras of South China began to share some, primarily arborescent species with other parts of the world. Axial diameter, leaf size, and multiple-character-based morphological disparity (mean pairwise dissimilarity) show stepwise evolutionary increase through the Devonian in parallel with the rise of taxonomic diversity. New integrative studies will further illuminate the terrestrialization process and the environmental impact of vascular plants.

S05-O-03

福建水竹洋泥炭正构烷烃分布特征及其来源分析

王新欣[1,3]，赵红艳[2]，黄咸雨[3]*

1 云南大学深时陆地生态研究所，昆明 650504

2 东北师范大学地理科学学院，长春 130024

3 中国地质大学（武汉）地球科学学院，武汉 430074

* xyhuang@cug.edu.cn

泥炭沉积是第四纪以来分子古气候研究的重要载体。近几十年来，泥炭中的脂类化合物被越来越多的应用于古气候和古环境研究中(e.g. Zheng et al., 2017; Huang et al., 2018)。其中，长链正构烷烃由于有较强的抗降解能力而受到了极大的关注(Meyers, 2003)，其含量、分布和单体碳、氢同位素组成被广泛的用来揭示古气候和古环境信息(e.g. Seki et al., 2011; Zhang et al., 2016)。然而由于长链正构烷烃来源丰富，在应用长链正构烷烃指标进行古气候和古环境重建之前需要对长链正构烷烃的来源进行分析，才能对长链正构烷烃各指标记录做出较为可靠的释义。

水竹洋泥炭沉积位于福建省宁德市屏南县境内，该地区是受东亚季风气候影响的典型区域。本研究对水竹洋泥炭沉积开展了正构烷烃含量、分布和单体碳同位素组成分析以及植物大化石分析。结合前人在该地区已发表的孢粉数据(Yue et al., 2012)，本研究探究了水竹洋泥炭沉积正构烷烃的分布特征和可能来源。

研究结果表明水竹洋泥炭钻孔长链正构烷烃碳数的分布范围为 C23~C33，奇偶优势不明显。其中 C25 正构烷烃含量最高，平均含量约占正构烷烃总含量的 30%左右。此外，水竹洋泥炭含有较高含量的 C24 和 C29 正构烷烃。这样的分布模式，特别是较高含量的 C24 正构烷烃在泥炭沉积中鲜有报道。综合分析表明，C23-C26 正构烷烃和 C27-C33 正构烷烃有着明显不同的植物来源，莎草科植物和一些木本植物可能是它们的重要来源。

S05-O-04

Recognition of palaeosols in Late Devonian from northwest China

XUELIAN GUO[1]*, GREGORY J. RETALLACK[2]

1 School of Earth Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, China 730000

2 Department of Earth Sciences, University of Oregon, Eugene, Oregon USA 97403

* xlguo@lzu.edu.cn

Palaeosols have been discovered in the Late Devonian Shaliushui Formation near Baiyin City, Gansu, and are recognized by evidence of root traces, soil horizons and soil structures. Root traces are remnants of substantial woody plants, reaching deeply within profiles as clayey infills and as drab-haloed root traces. Soil horizons include thick layers of large calcareous nodules (Bk horizon), and subsurface accumulations of clay (Bt horizon), and slickensided clayey. Soil structures include blocky peds and calcareous nodules. The nodules and drab-haloed root traces formed during the Late Devonian, because they were also observed in clasts of paleosol and nodules in fluvial conglomerates interbedded with the palaeosols. Analyses for Chemical Index of Alteration (CIA) and magnetic susceptibility measurements confirm that the more strongly developed palaeosols with larger calcareous nodules and more clay are also more chemically differentiated and have higher magnetic susceptibility. This suite of palaeosols is evidence of semi-arid to subhumid, highly seasonal climate under dry woodlands and shrublands in a coastal plain to a range of high mountains.

S05-O-05

2.8 亿年前的淀粉化石揭示了复杂的早期动植物互利共生现象

刘锋 [1,2,3]*，彭辉平 [1,2,4]，朱怀诚 [1,2,3]

1 现代古生物学和地层学国家重点实验室，南京 210008

2 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心，南京 210008

3 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

4 中国科学技术大学，安徽 230027

* liufeng@nigpas.ac.cn

淀粉是大部分绿色植物将光合作用产生的葡萄糖储藏而形成的一种多糖化合物。作为人类的主要食物来源，淀粉被认为对人类生理和文明的演变起到重要作用。目前已知的特征明确的淀粉粒化石产自于距今两百万年前的旧石器时代的石器裂缝中。由于淀粉颗粒在土壤中很难长时间保存，因此很

多考古学家认为淀粉粒化石在没有石器或一些容器的保护下，保存时间很难超过 600 年，在第四纪以前的地层出现的可能性更是微乎其微。由于缺乏化石证据，关于植物淀粉对漫长地质历史时期陆地生态系统演化的影响我们还知之甚少。

近日相关研究人员地合作在我国鄂尔多斯盆地东北缘山西省保德县境内下石盒子组的一层煤层中（亚丁斯克阶，距今 2.9－2.8 亿年）发现一种奇特的石松类大孢子（异孢植物的雌性配子体）。这种大孢子的近极面被一团圆形颗粒所覆盖，通过对这些圆形颗粒在光学和扫面电子显微镜下的观察发现，这些颗粒呈圆形或多边形，中心都具有一个脐形凹陷，特别是运用正交偏光显微镜对这些颗粒观察后发现，大部分颗粒在镜下呈现出明显的双折射和十字消光现象。这些特征与现生淀粉粒的形态和光学特性完全相符，而且运用 X 射线能谱对这些颗粒的研究表明这颗粒主要是由 C 和 O 组成，因此也排除了这些颗粒是鲕粒、生物参与合成的草酸、磷酸或碳酸类球晶的可能性。综合来自光学、扫面电子显微成像和 X 射线能谱等多方面证据，作者认为这些颗粒是距今 2.9－2.8 亿年的淀粉颗粒。这是目前已知最早的特征明确的淀粉颗粒化石记录，打破一些考古学家认为淀粉颗粒在没有石器或一些容器的保护下很难在第四纪以前的地层中保存的推定。进一步明确在一些特定沉积条件下，例如成煤环境下，一些淀粉颗粒被泥土快速地包裹和埋藏可以抑制水和其他细菌和真菌对淀粉颗粒的水解和破坏，因此这些淀粉粒可以在如此漫长的地质历史时期中保存。

同时，由于在这些大孢子中发现的淀粉粒直径大多大于 5 微米，而且它们聚集在一起呈团块状出现。很多考古淀粉学的研究表明这些淀粉应该属于复合贮藏淀粉。植物通过光合作用在色素体中合成这类淀粉，使它们在植物体中扮演长期储存能量的角色。这种复合贮藏淀粉主要分布于现生种子的子叶和胚乳中，用来营养植物幼体的发育。但经过对数千张大孢子超微结构图的观察发现这些复合贮藏淀粉颗粒仅分布于大孢子近极面的表面，在大孢子的内部并没类似圆形颗粒的出现。因此基本可以排除这些淀粉颗粒是用来支持石松类胚胎发育的营养物质。通过与现生一些依靠动物传播的植物种子对比，作者认为这些位于大孢子近极面的淀粉团块，与现生一些种子上常出现的一种被称为油质体（elaiosome）的可食附着体非常接近。现生种子的油质体主要是用来吸引蚂蚁、陆地腹足类或鸟类食取种子，并实现种子的远距离传播。在种子的传播过程中这些动物获得了高能量的营养物质，同时植物种子实现了远距离传播。通过这个过程，动植物建立了紧密的共栖关系。类似的可食淀粉附着体在早二叠世的大孢子表面出现表明，远远早于最早的蚂蚁和鸟类出现之前，远古的某些石松类植物已经具备了强大的光合作用能力，并能够把光合作用生产的葡萄糖以淀粉的形式大量储存下来，同时利用这些淀粉吸引当时陆地上的一些生物（如蜗牛、蟑螂和多足类）的食取来实现自身种子的传播，从而在当时已经建动植物互利共生现象。

S05-O-06

四足动物支系起源与早期演化研究

卢静[1]*，Gavin Young[2]，朱敏[1]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100871

2 The Australian National University, Canberra, Australia, 2106

* lujing@ivpp.ac.cn

四足形类，即四足动物支系，包括传统定义的四足动物和与它们亲缘关系最近的肉鳍鱼类，如东生鱼、肯氏鱼、根齿鱼类、“骨鳞鱼类”、三列鳍鱼类、和希望螈类等等。四足形类最早的化石代表在 4.1 亿年前的早泥盆世便已出现，最迟于 3.7 亿年前的晚泥盆世，四足形类中的一支登上陆地，演化出包括人类在内的陆生脊椎动物。但是，长期以来由于受材料和技术手段的限制，学界对

四足形类中种类更为繁多，更加原始的具鳍种类的研究，尤其是对早-中泥盆世的四足形类早期代表，即四足形类“下部”演化的相关研究却十分有限，四足形类的早期演化、特征获得序列、系统演化关系等问题仍悬而未决。尽管我国早泥盆世四足形类东生鱼和肯氏鱼为探讨四足形类的起源提供了非常重要的化石资料，但是仅靠它们来对四足形类的起源与早期演化进行探讨是远远不够的，还需要结合更大的时间和空间范围内的相关化石材料进行整合研究。澳大利亚此前已有早期四足形类的化石材料报道，但因研究力度所限，对它们的深入研究工作仍未开展起来。早泥盆世布拉格期-埃姆斯期是四足形类早期演化的关键时期，但这一时期四足形类化石非常稀少，目前全球仅在极少数早泥盆世地点发现了四足形类化石，分别是中国云南昭通、沾益和澳大利亚新南威尔士州 Hatchery Creek 地区。其中，我国发现并报道的两种早期四足形类引起了学术界对最早期四足形类形态与演化的极大兴趣。云南昭通下泥盆统布拉格阶中发现的奇异东生鱼是目前最古老的四足形类，它的发现将四足形类的演化历史前推了约 1000 万年。东生鱼的脑颅保留大量的原始肉鳍鱼类特征，下颌却已经展示出与后来进步的四足形类非常相似的特征，为研究四足动物的起源提供了不可多得的资料。而在云南沾益下泥盆统埃姆斯阶中发现的肯氏鱼，既证实了在肉鳍鱼类演化中确实存在一个后外鼻孔“漂移”形成内鼻孔的过程，也为内鼻孔跟后外鼻孔的同源关系提供了直接证据，直接解决了已争论了上百年的四足动物内鼻孔的起源问题。尽管这两种早期四足形类为提供了非常重要的化石实证，但是仅靠它们来探讨四足形类的起源与早期演化仍是远远不够的。结合中国和澳大利亚的早泥盆世重点剖面开展相关研究，将为我们更好地认识四足动物早期演化格局提供重要支持，进一步认识早期四足形类的跨古大洋分布格局，以及泛华夏陆块群与澳大利亚等在泥盆纪时期的古地理联系。结合中国和澳大利亚的早泥盆世重点剖面开展相关研究，将为我们更好地认识四足动物早期演化格局提供重要支持，进一步认识早期四足形类的跨古大洋分布格局，以及泛华夏陆块群与澳大利亚等在泥盆纪时期的古地理联系。

S05-P-01

解密最古老树木的生长模式

徐洪河*

中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越中心，南京 210008

* hhxu@nigpas.ac.cn

泥盆纪，尤其是中泥盆世至晚泥盆世时期（距今约 3.9-3.6 亿年），是陆生植物演化与分异的重要时期，古环境发生了剧烈变化，使这一时期成为陆地生态系统发展的关键节点。中泥盆世时期，地球上出现了最早的森林，大气二氧化碳的浓度发生了地质历史中最大幅度的降低。至晚泥盆世时期，森林已经拓展至当时全球的主要陆块，大气二氧化碳的浓度已经降至与现代相当的水平，最早的四足动物（两栖类）已经适应了陆地生活。陆地生态系统在中泥盆世的完善与发展对其后包括人类在内的所有陆地生物的起源和演化都产生了深远的影响。

古植物学者已经通过美国纽约州等地的化石材料证实，最早的森林出现在中泥盆世晚期，主要是由枝蕨类植物（Cladoxylopsida）所构成。枝蕨类植物的显著特点是其解剖结构中具有多枚独特的，呈分枝状的木质部束。

目前对于构成最早森林的枝蕨类植物化石，仅有铸型和压型保存的化石材料，通过这些只能了解植物体的外部形态。植物的生长包括增高和增粗两个方面，只有达到一定粗壮程度的植物才能足够高大，也才能够构成森林。

植物的解剖结构记录了植物体的生长发育信息，只有通过对植物解剖结构的研究，才能了解植物体生长过程，尤其是至关重要的植物如何加粗生长。构成泥盆纪森林的植物往往外部形态相近，而内部解剖结构和生长模式往往具有显著差异。

我国新疆塔城地区硅化保存的植物化石显示出了枝蕨类植物独特的内部解剖结构。这种枝蕨类植物就是构成地球上最早森林的植物，此前曾在美国纽约州等地的相关地层中有所报道。

新疆硅化保存的枝蕨类植物最大直径达 70 厘米，是最早的硅化木，其内部结构独特，至少30枚独立的茎维管束交错排列，构成双环状的圆柱形维管束群，维管束群外围布满了根，这些维管束均具有明显的次生木质部和加粗生长，也具有生长轮（年轮）。此类枝蕨类植物的茎维管束彼此交错成复杂的立体网格，植物体在生长过程中，通过增大单个茎维管束的直径以及不断分生出新的根，而改变维管束群的立体网格结构，进而完成加粗生长，同时，植物也变得越发高大。构成早期森林的枝蕨类植物这种加粗生长的方式与现代植物中的某些单子叶植物具有一定的相似性。

S05-P-02

华南泥盆纪楔叶类植物研究进展

黄璞*

中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

* puhuang@nigpas.ac.cn

楔叶类植物最早出现于晚泥盆世地层中，而后在石炭纪、二叠纪迅速演化，属种多样性达到顶峰，随后逐渐衰退，至今只剩下木贼属（*Equisetum*）这一单属。华南地区广泛分布有晚泥盆世地层，这些地层中赋存丰富的植物化石，这其中就包括有楔叶类植物化石，尤以五通组为甚。高腾（Gothen）和斯行健在 1933 年首次报道了华南晚泥盆世五通组中的楔叶类植物。

五通组广泛分布在长江下游一带，包括浙江、江苏和安徽省等。五通组可划分为两段，由下而上分别是观山段和擂鼓台段，现在一般认为五通组的时代为法门期到早石炭世。目前已经在五通组报道的楔叶类化石包括有轮生钩蕨（*Hamatophyton verticiliatum*），假弱楔叶（*Sphenophyllum pseudotenerrimum*），长兴楔叶（*S. changxingensis*），龙潭楔叶（*S. lungtanense*），赫氏三叉穗（*Eviostachya hoegii*）和大型西湖叶（Xihuphyllum megalofolium），大型西湖叶最早发现于晚泥盆世西湖组中。湖南和湖北一带的晚泥盆世写经寺组中发现有松滋轮叶蕨（*Rotafolia songziensis*）。在广州晚泥盆世地层沙水岗组中，目前报道有假弱楔叶、广州楔叶（*Sphenophyllum guangzhouensis*）和古芦木未定种（*Archaeocalamites sp.*）。在属一级分布上，三叉穗属和楔叶属广泛分布于全球，三叉穗属分布在华南、比利时、哈萨克斯坦以及西伯利亚。而楔叶属最早出现的地点包括华南、俄罗斯和熊岛，之后广泛分布在石炭纪和二叠纪，值得一提的是上述地方发现的楔叶均为形态属，尚无相关繁殖器官报道。

尽管最早的楔叶类植物化石记录来自晚泥盆世，但是晚泥盆世的楔叶类植物就展示了较高的形态分异和生态习性。以大型西湖叶为例，目前发现最粗的茎轴为 42.5 mm，通过 Mosbrugger 的模型，保守推测大型西湖叶的高度至少是 2.88 米，直立生长，具似树生活习性。这些西湖叶形成群落，构成了当时华南的陆地景观面貌。同时，发现于同一剖面的长兴楔叶一级轴的宽度则小于 2 mm，节间轮生的叶片长度却超过了 18.0 mm，二级轴同样着生于节间，考虑到纤细的茎轴可能无法支撑茎轴和叶片，估计直立方式更可能是自我支撑。茎轴和叶片上的细刺也间接支持我们这一结论。叶片的形态上的差异也同样引人注目，轮生钩蕨的叶片呈棒状或钩状，假弱楔叶的叶片多次二歧分叉，尚未蹼化。松滋轮叶蕨和赫氏三叉穗已经演出了蹼化的叶片，而龙潭楔叶和大型西湖叶具有真正的叶片，叶形已非常接近石炭纪和二叠纪楔叶类植物。值得注意的是，大型西湖叶的叶片面积至少 3,000 mm^2 以上，是目前已统计的全球楔叶类植物中叶面积最大类群。

通过这些化石的研究，表明华南是楔叶类植物演化和辐射的中心之一，同时楔叶类在晚泥盆世就展现出了丰富的形态表型和生活习性，这意味着楔叶类植物的祖先类型

应该追溯到更早以前的地层，同时大量的晚泥盆世楔叶类植物尚无繁殖结构的报道，这些都需要我们继续对这一类群加以关注和深入研究。

S05-P-03

华北及附近地块二叠纪—三叠纪陆生维管植物多样性演变：灭绝后的缓慢复苏

熊聪慧*

兰州大学地质科学与矿产资源学院，兰州 730000

* xiongch@lzu.edu.cn

二叠纪—三叠纪界线（Permian-Triassic Boundary，PTB）生物大灭绝是寒武纪生命大爆发以来地球上发生的规模最大的集群灭绝事件，被公认在海洋生物界是灭绝强度最高，影响最广、最为深远的一次大灾变。然而，陆生生态系统中的大部分生物多样性研究显示，这次灾变事件对陆生生物并未产生集群灭绝的影响。

华北板块具有非常漫长的地质历史，记录了地史时期的多次重大地质事件，是世界上著名的古老陆块，其范围涵盖我国北方多个省市。本文通过所建立的华北板块及附近柴达木、新疆、内蒙古西部和佳木斯等地块二叠纪—三叠纪详实的陆生维管植物大数据，详细研究了这次规模最大的集群灭绝事件中陆生维管植物的多样性变化及对该事件的响应过程。华北及附近地块在二叠纪时期繁衍了多样性极高的陆生维管植物，从太原组及同时代地层，经历山西组及同时代地层，至下/上石盒子组及同时代地层，陆生维管植物多样性持续上升，总多样性（包含疑问属种，下同）最高达 163 属 754 种。长兴期，陆生维管植物多样性呈现明显下降趋势，为 87 属 272 种，早三叠世植物为 85 属 173 种，中三叠世为 80 属 190 种，多样性相比长兴期略有下降，晚三叠世，多样性上升，为 115 属 476 种。本次事件中，陆生维管植物的属/种的较高灭绝率 68% / 86%、70% / 94%和 55% / 86%集中在晚二叠世末期—中三叠世，属/种的较高新生率 69% / 91%、53% / 87%和 57% / 88%则集中在早、中、晚三叠世。整体上，早—中晚二叠世陆生维管植物的多样性为平稳繁盛期，二叠纪末的灭绝之后，三叠纪呈现动荡趋势，中晚三叠世出现了非常缓慢的复苏，这一点在每百万年多样性上更有明显体现。由此可见，华北及附近地块陆生维管植物多样性在二叠纪—三叠纪界线未发生集群灭绝事件，但该次事件亦对其产生了深远的影响。

与华南板块该时期陆生维管植物多样性进行对比，华北及附近地块呈现了三个明显不同的特征：（1）二叠纪时期陆生维管植物的多样性高于华南板块，并更趋平稳变化；（2）晚二叠世末期陆生维管植物的灭绝和更替不如华南板块幅度更大；（3）晚三叠世陆生维管植物的复苏幅度远小于华南板块。与安加拉、欧美和冈瓦纳同时期植物多样性相比，华北及附近地块亦显示了区域性独特的多样性变化型式。这种多样性变化型式与华北及附近地块的古地理和古环境息息相关。二叠纪时期我国华南陆生维管植物多样性比华北较低，可能主要源于二叠纪早期“南海北陆”格局的限制。华北板块在二叠纪—三叠纪界限附近所出现的过渡层中数量不少的植物分子显示了陆地生态系统在全球极度干旱的时期，可能存在小范围的较缓和适宜的气候以供生存。而中晚三叠世扬子板块与华北板块碰撞所造成的多个“高地”和“盆地”等则可能对我国该时期南北陆生维管植物的多样性分布格局产生了重大影响。

S05-P-04S

Belowground rhizomes and roots in waterlogged paleosols: examples from the Middle Jurassic of Beijing, China

Lu Liu*

The Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, PR China
* liulu0406@pku.edu.cn

Plant rhizomes and roots have existed in terrestrial ecosystems since at least the Devonian, but the documentation of belowground plant tissues is sparse in the fossil record. In this study, fossils representing belowground rhizomes and roots are described from the top of the Upper Yaopo Formation (Middle Jurassic), at the Yuejiapo section, Mentougou District, Beijing, China. Morphological studies of the plant fossils, together with lithofacies analyses, provide new information on plant-soil interactions during the Jurassic period. Three types of rooting systems are recognized from two fossiliferous beds. The Bed-1 Flora is interpreted as representing a *Cladophlebis*-dominated community, where abundant foliage remains mainly of *Cladophlebis* cf. *C. scariosa* and *Cladophlebis delicatula* are associated with Type-A rooting system. The Bed-2 Flora includes Type-B and Type-C rooting systems, although the floristic composition is unknown due to the absence of identifiable foliage specimens. The Type-A and Type-B rooting systems consist of abundant *in situ* vertical rhizomes, fine shoot-borne roots and lateral roots, and are consistent with those of some extant ferns. The Type-C rooting system shows a thick central taproot and at least three orders of lateral roots, an architecture typical of diverse gymnosperms, from the Late Devonian to the Recent. The *in situ* rooting systems, as well as sedimentary evidence, contribute to the recognition of stacked, reworked Entisols in a dynamic waterlogged environment.

S05-P-05S

重建陆生维管植物演化初期的大陆风化强度

黄天正[1]，沈冰[1]*，孙元林[1]，赵州峤[1]，李超[2]，赵宏[2]，聂婷[1]，薛进庄[1]

1 北京大学地球与空间科学学院，北京 100871
2 中国地质科学院铼锇同位素地球化学重点实验室，北京 100037
* bingshen@pku.edu.cn

大陆风化是连接陆地和海洋生态系统的重要纽带，这是由于控制海洋初级生产力和生物地球化学循环的营养元素（如磷）主要通过河流输送到海洋中。在植物登陆之前，大陆风化主要由大气二氧化碳溶于地表水产生的碳酸主导。而在植物登陆后，由于生物活动产生的有机酸比碳酸更有效地促进硅酸盐矿物的溶解，生物风化作用极大地增强了大陆风化作用。在古生代中期，陆生维管植物的演化很可能改变了大陆风化强度。但是由于早期维管植物群落与现代植物群落截然不同 ——前者主要由已经灭绝的原始石松类和早期蕨类组成，而后者主要由被子植物组成，我们并不确定在泥盆纪到石炭纪的风化强度与现今的风化强度相比是强还是弱。为了重建陆生维管植物演化早期的大陆风化强度，我们测量了华南五指山组的两个剖面（度里剖面和下达剖面）碳酸盐岩样品中硅质碎屑组分的镁同位素组成。两个剖面的样品都取自由 upper expansa 带到 sulcata 带的 3 个牙形石带中。由于风化残余物的镁同位素组成在随着风化的进行逐渐变重，硅质碎屑组分的镁同位素组成可以记录化学风化强度。度里剖面的 δ 26Mg 值在+0.26‰到+0.52‰的范围内（平均值+0.43‰，样品数 12），下达剖面的 δ 26Mg 值在+0.47‰到+0.79‰的范围内（平均值+0.61‰，样品数 14）.样品的 δ 26Mg 在硅质碎屑沉积物/岩石中处于较重范围，并且接近于现代亚热带地区风化最严重的腐泥土的 δ 26Mg。由此可见，早石炭世的大陆风化强度已经较强，接近于现今风化强度。此外，

两个剖面的δ26Mg 显示出相同的变化趋势，且下达剖面的δ26Mg 比度里剖面的δ26Mg 系统性的高0.1‰-0.2‰。同样的，两个剖面样品硅质碎屑组分的矿物成分也具有明显差异。上述观测表明硅质碎屑组份的镁同位素数据是地质历史时期中可信的风化指标。陆生维管植物，尤其是其根系的演化可以从增加化学风化速率和降低剥蚀强度两个方面显著提高化学风化强度。较高且稳定的大陆风化强度可能反映了陆生维管植物的演化趋于稳定。

S05-P-06S

广翅蛩在华南地区的新发现

雷晓洁[1,2]*，王博[1]，张海春[1]

1 中国科学院南京地质古生物研究所，现代古生物学和地层学国家重点实验室，南京 210008

2 中国科学技术大学，合肥 230026

* xjlei@nigpas.ac.cn

广翅蛩亦称板足蛩、海蝎，是节肢动物门螯肢亚门中已绝灭的一个水生类群，生存于古生代，最早发现于中奥陶世，繁盛于志留纪和泥盆纪，绝灭于二叠纪晚期。以部分类群的扁平桨状的游泳足，即第6对附肢而著名。该类群形态多样，体型大小变化明显，从二十厘米至超过两米。

广翅蛩化石分布广泛，除南极洲外各洲都有报道，但多集中在欧美地区。中国的报道较少，至今仅有5例，分别来自河北省唐山市（二叠纪）、湖南省龙山县（志留纪）、云南省曲靖市（泥盆纪）、浙江省安吉县（奥陶纪）以及湖北省秭归县（化石存疑，志留纪）。

近年来项目组在华南地区的安徽省巢湖市和湖北省武汉市发现了保存有大量广翅蛩化石新的化石库。化石库以混翅蛩科为主，也有其他广翅蛩类群的化石碎片。混翅蛩科是以其发育的附肢III（第二步足）和混合的附肢类型为主要特征，目前仅发现于志留纪。这是混翅蛩科在亚洲的首次发现，将其分布扩展至欧美以外地区。

S05-P-07S

Fossil wood, a unique window into the deep time terrestrial ecosystems

Hai-Bo Wei[1], Xu-Dong Gou[1], Ji-Yuan Yang[2], Zhuo Feng[1]*

1 Institute of Deep Time Terrestrial Ecology, Yunnan University, Kunming 650091, China

2 Yuxi Normal University, No. 134, Fenghuang Road, Yuxi 653100, China

* zhuofeng@ynu.edu.cn

Fossil wood is one of the most commonly occurred fossil-plant parts through the geological times. Because of the exquisite preservation of cellular structure, fossil wood is widely used for the taxonomical systematics and the evolutionary history of plants, as well as for the reconstructions of the past environmental and climatic conditions. Multiple nutritionally associated organisms have been sporadically documented in fossil wood, it thus provided important information of the deep time terrestrial ecology. Based on systematical investigations on more than a hundred exceptionally well-preserved permineralised wood from the upper Permian of North China, we found that the wood assemblage comprised possible ginkgophytes and diverse conifers. The late Permian wood assemblage in North China is strikingly different in taxonomic affinities from those occurred in the palaeocontinents of Angara, Euramerica or Gondwana at the time. Our study shows that beetle-borings are very frequently hosted in these late Permian conifer wood, representing the earliest known stereo-type gallery and tunnels produced by wood-boring beetles. Body fossil remains indicate that the beetles underwent several larval instars, with a dramatic dietary shift

from consuming cambium to wood and then to bark tissues during different life stages. Fungally decayed features and fungal hyphae preserved in the beetle-borings indicate that the beetles probably cultivated fungi for their dietary transformations. Diverse organisms, including fungi, oribatid mites, chelicerate arthropods have been recognised in the beetle-borings. Intricate networks among these trophically related organisms reveal a broad food web of a conifer source plant, fungal saprobes, insect and mite herbivores and fungivores, and chelicerate predators. It is likely that primitive agriculture and sub-socialisation appeared during the late Palaeozoic. Our recent examinations on the fossil wood approved that several different beetle taxa targeted conifer wood substrates as food source during the late Permian, and the ecology of individual organisms and the relationships between different organisms are more complicated than previously thought. Obviously, fossil wood is as an exceptional rare window into the deep time terrestrial ecosystems, which frozen in time by silica preservation.

S05-P-08

浙江嵊州西白山表土花粉的初步研究

郝秀东[1]*，欧阳绪红[2]，郑丽波[3]，钟华[4]

1 广西师范学院北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室，南宁 530001

2 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

3 浙江省水文地质工程地质大队，宁波 315000

4 核工业金华工程勘察院绍兴分院，绍兴 312000

* xiudonghao@126.com

通过对浙江嵊州西白山香榧林、针阔混交林、茶园及竹园的花粉分析，得出了表土花粉与现代植被的关系。研究结果表明：（1）研究区植物孢粉共由 46 科属组成，以乔木花粉（主要为香榧和马尾松）为优势，含量为 71.6-92.1%，草本花粉次之，含量为 5.5-24.5%，蕨类孢子含量最低，含量为 2.4-5.6%，表土花粉组合基本上反映了该区植被的总体特征；（2）PCA 结果显示，香榧和香榧林均能很好的区分出来，说明其具有很好的分异性；（3）香榧花粉在香榧林的含量较高，达 40.7%，但在林外，其含量则迅速降低，为 5.8-9.8%，可见香榧花粉的传播距离有限。该结果建议当地层中香榧花粉化石的含量达到 10%，就可以初步断定在研究区附近有古香榧林的存在。

S05-P-09S

广西、云南早泥盆世几种工蕨类植物化石新观察

汪瑶[1,2]，徐洪河[1]*

1 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

2 中国科学技术大学，合肥 230026

* hhxu@nigpas.ac.cn

工蕨类植物是早期陆生植物中一个重要而独特的分支，其在早泥盆世广泛分布，是我国南方区早泥盆世植物中的优势类群。早在上世纪七十年代，李星学和蔡重阳就对我国西南地区早泥盆世的工蕨化石进行了研究，描述了 29 个种。最近，我们对他们所报道的部分工蕨类植物化石标本进行了重新观察，这些工蕨类植物主要有：中国工蕨（*Zosterophyllum sinense*），龙华山工蕨（*Z. longhuashanense*），澳大利亚工蕨（*Z. australianum*），紧贴工蕨（*Z. cotiguuum*）和亚轮生工蕨（*Z. subverticillatum*）等等，结合一部分我们新采集的植物化石，对这些工蕨类植物的形态学特征进行了梳理和总结，对有的种进行了修订，并探讨了相关的古地理学意义。

中国工蕨（*Z. sinense*）的标本产自广西苍梧的苍梧组，结合模式标本与新采集的标本，对其种征进行了修订，修订的种征如下：

中国工蕨是丛状的小型植物，从下往上包括根系，地上茎轴和茎轴末端的孢子囊穗。密集蜿蜒的地下茎轴构成了根状区域。地上茎轴光滑无叶，靠近地面的部分容易分枝，通常呈现 K 型分枝或连续的不等二歧分枝。孢子囊穗由疏松螺旋排列的孢子囊构成，长 21.1—36.7 mm，宽 3.9—6.3 mm，通常一个囊穗上有 10—15 个孢子囊。孢子囊正面观呈梨形或扇形，侧面观呈纺锤形至椭圆形。孢子囊高 2.4—4.7 mm，宽 2.5—3.2 mm。孢子囊柄长而直，长 1.7—3.1 mm，宽 0.5—1.0 mm，与穗轴呈 20—33°生长。孢子囊由不等的两瓣组成，远轴瓣大于近轴瓣。孢子囊凸起边缘可见清晰的开裂线，在中间最宽，可达 0.25 mm，向两侧逐渐变窄，直到在与囊柄连接处消失。

我们还对产自云南曲靖徐家冲组的龙华山工蕨（*Z. longhuashanense*）的模式标本也是唯一一块标本进行了重新观察。该标本仅保存一段孢子囊穗，由中央穗轴和疏松螺旋排列的孢子囊构成。孢子囊侧面观呈三角形或椭圆形，高 2.2—3.1 mm，侧面宽 1.3—2.8 mm。孢子囊沿近轴侧开裂为相等的两瓣。该化石植物的形态学特征以及度量数据均与工蕨属的模式种 *Zosterophyllum myretonianum* 极相似，故将 *Z. longhuashanense* 修订为 *Zosterophyllum* cf. *myretonianum*。

另外，我们对产自云南文山坡松冲组的三种植物化石进行了重新观察。将 *Z. subverticillatum* 与 *Z. cotiguuum* 分别修订为 *Adoketophyton subverticillatum* 和 *Demersatheca contigua*，这与此前学者所提出的建议一致。对一块 *Z. australianum* 的标本（PB6471）的重新观察表明，该植物与 *Demersatheca contigua* 的特征相符，都具有圆柱形的孢子叶球，由四列孢子囊交互对生排列而成，且孢子囊近轴瓣嵌入孢子叶球中，远轴瓣与孢子叶球表面平齐。所以这块原定为 *Z. australianum* 标本应该被修订为 *Demersatheca contigua*。

上文提及的工蕨类植物化石均产自广西与云南的下泥盆统地层中，在古地理上，广西与云南都属于华南板块，但是却分属于华夏和扬子两个小块体。两个陆块在古生代时被陆表海所分隔，近年来通过对化石生物和沉积学的综合研究，已经越发识别出了这两个陆块之间的差异。在古植物以及其他的浅水生物面貌上所体现出的差异可能代表了不同的古环境演变历程，相关研究具有古地理学和古环境方面的意义。

S05-P-10S

云南、湖南中泥盆世石松类植物化石新认识

马嘉欣 [1,2]，徐洪河 [1]*

1 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

2 中国科学技术大学，合肥 230026

* hhxu@nigpas.ac.cn

石松类植物是我国泥盆植物群中的优势类群，华南板块广泛分布有中泥盆世地层，为精细研究石松植物的生物学特征提供了可靠的研究基础。植物化石方面的证据显示出了华夏与扬子块体之间的细微差异，从云南曲靖和湖南长沙所产出的中泥盆世植物化石上也有所体现。云南曲靖西冲组沉积于中泥盆世晚期，主要是一套陆相碎屑岩沉积地层，产有 *Drepanophycus spinaeformis*（刺镰蕨），*Minarodendron cathaysiense*, *Lepidodendropsis arborescens*（大拟鳞木）等石松植物化石，并伴有 *Pseudosporochnus nodosus*（瘤指蕨）等其他植物化石。湖南长沙跳马涧组沉积于中泥盆世早期，为前滨砂砾岩相带或近滨砂页岩相带，彼时发生大规模海侵事件，产有 *Protopteridium minutum*（小原始蕨）, *Protolepidodendron scharyanum*（纤原始鳞木）, *Lepidodendropsis arborescens*（大拟鳞木）等石松植物门的化石。

原始鳞木类石松植物 *Colpodexylon variable* 采自云南省曲靖市沾益县玉光村中泥盆统西冲组（Givetian 期），与 *C. variable* 模式标本产地史家坡剖面的平面距离相距不足 1km。基于新的化石材料，通过针修法

和立体解剖显微镜下观察等形态学研究方法，对该植物的种征进行了修订。*C. variable* 茎轴较宽，约 14.0—18.0 mm，具二歧分枝。茎轴表面叶基呈假轮状疏松排列，叶基纺锤形，长宽比 1.2—1.8。叶的着生点位于叶基的上 1/3 处，每轮具 15—16 枚叶。叶末端分叉，具有三枚位于同一平面的裂片，其中央裂片最为狭长，约 1.4—2.5 mm 长，两侧裂片较小，长约 0.9—1.1 mm。孢子叶与营养叶同形，孢子叶基部略向离轴方向弯折。孢子囊卵圆形，着生在孢子叶的近轴面上，直径约 1.0—1.2 mm。*Colpodexylon* 属在全球中—晚泥盆世地层中广泛分布，正是由于绝大多数种的建立仅仅依据叶形态特征，而各个种呈现较大的变异范围，诸如茎轴宽度和叶片长度等，只有对 *Colpodexylon* 属内种的形态与解剖结构特征进行综合的考察，才能够更加全面地了解该属的石松植物，而关于 *C. variable* 的解剖学相关工作正在进行中。

湖南浏阳广泛发育有中泥盆世跳马涧组地层（Eifelian 阶），在多次野外中采集了大量植物化石标本，经过初步研究表明，该植物群的优势类群可能为石松类植物，从目前的形态学证据来看，其植物群面貌与云南同期地层并不一致，除了沉积相上为陆地沉积与前滨沉积的区别之外，推测这可能还与泥盆纪时期它们不同的古地理位置或生境有关。更为详细的分类学研究工作有待下一步开展。

S05-P-11

Paleovegetation inferred from the carbon isotope composition of long-chain nalkanes in lacustrine sediments from the Song-nen Plain, northeast China

Zhifu Wei[1]*, Yongli Wang[1,2], Gen Wang[1]

1 Key Laboratory of Petroleum Resources, Gansu Province/Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, PR China

2 Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, PR China

* weizf@lzb.ac.cn

Abundant n-alkanes were identified by GC/MS analysis in core sediments from Xianghai Lake and the Huola Basin, on the Song-nen Plain, northeast China. The n-alkanes extracted from Xianghai Lake samples showed unimodal and bimodal distribution. The main peaks of unimodal distribution were at n-C_{29} or n-C_{31}, and the mid- and long-chain nalkanes had odd-carbon-number predominance, suggesting they were derived mainly from terrestrial higher plants. Bimodal distributions of n-alkanes had maximum values centered at n-C_{17} and n-C_{31} in all samples. The short-chain n-alkanes with a maximum at n-C_{17} showed no odd–even predominance, however there was a strong odd-carbon-number predominance of long-chain n-alkanes, with a maximum at n-C_{31}. These results suggest that organic matter in Xianghai Lake was derived from mixed sources, including bacteria, algae and terrestrial plants. The n-alkanes extracted from Huola Basin sediments were characterized by a unimodal distribution, with the maximum value at n-C_{31}, and the long-chain n-alkanes had an odd-carbon-number predominance, indicating that they were derived mainly from terrestrial higher plants. In addition, the compound-specific carbon isotope composition was determined for C_{27}, C_{29} and C_{31} n-alkanes in the core sediments, and the relative contributions of C3 and C4 plants were estimated using a binary model. Calculations indicated that C_3 plants were

the dominant input during the late glacial and Holocene. The relative abundance of C_3 and C_4 plants changed significantly through time, likely determined by cool versus warm climate conditions.

S06-O-01

云南佛洞地遗址晚更新世人类食物多样性及环境适应研究

李小强[1,2]*，高峰[3]，周新郢[1,2]，赵克良[1,2]，沈慧[2]，杨庆江[2]，王建[2]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所古环境演化研究室，北京 100044

2 中国科学院大学，北京 100049

3 云南省文物考古研究所，昆明 650118

* lixiaoqiang@ivpp.ac.cn

人类演化和发展一直科学界关注的重大科学问题，其中，晚更新世以来人类的食物结构和动植物资源利用研究，在揭示农业起源和动物驯化的发生机制，探讨人类适应环境的方式和策略方面，有着重要的作用和价值。云南位于青藏高原东南缘，气候环境适宜，物种多样性丰富，也是连接东南亚北部和中国南部人群迁徙的枢纽地带。云南特有的卡斯特地貌形成了众多溶岩洞穴，保存了大量古人类遗址和遗存，成为开展人类食物结构及环境适应研究的重要地区。佛洞地遗址（东经 99°19’37.08″；北纬 23°44’16.16″；海拔 603 米）位于云南省临沧市耿马傣族佤族自治县勐简乡，是新发现的一处旧石器时代晚期遗址，保存了大量距今 1.6-1.3 万年的人类活动遗存，经过 2016 至 2017 年的考古发掘，已获得打制石器 500 多件，涵盖南亚地区和平工业典型石核工具类型，出土大量哺乳动物、鸟类、爬行动物、两栖及鱼类化石，共计 3000 多件，还收集大量蜗牛及水生螺。采用浮选方法，获取了多属种的木炭化石以及大量种子和果实，可以建立云南南部人类植物资源利用特征和演替，揭示了先民食物类型和变化序列，探讨食物演替与生物多样性和气候环境变化的关系，指示可能已经出现的早期植物资源管理。将考古植物遗存的演替序列与晚更新世以来植物历史和气候变化进行对比研究，分析早期人类植物资源利用的知识存备，探讨先民适应环境变化的方式和策略。

S06-O-02

宁绍平原田螺山遗址的环境背景和人类活动的孢粉学记录

马春梅[1]*,王冰翎[1]，郑洪波[2]，刘泽雨[1]，赵琳[1]，胡竹君[3]，孙国平[4]，杨青[2,3]，周斌[5]，周友胜[3]

1 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023

2 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650504

3 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

4 浙江省文物考古研究所，杭州 310014

5 南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

* chunmeima@nju.edu.cn

作为有“第二河姆渡”之称的田螺山遗址是研究文化与自然环境发展关系的良好材料。本文针对田螺山遗址附近约 20m 的 TLS1402 钻孔取 163 个样品进行孢粉、藻类分析，提供了早中全新世以来的植被变迁、海平面波动及稻作农业发展的参考依据：约 8300-7300aBP（对应于 18.2-10.15m），植被主要为常绿落叶阔叶混交林，气候偏冷干燥，该阶段一直处于海面上升阶段了；约 7300-6800aBP（对应深度 10.15-9.15m），植被组成为亚热带常绿落叶阔叶混交林，气候温暖湿润，沼泽较发育，该地可能已经开始出现稻作农业,河姆渡文化刚刚开始；6800-6500aBP（对应深度 9.15-4.83m），该阶段植被为常绿落叶阔叶混交林，此时海平面仍在上升，受海水波动影响较大，出现短暂的沼泽化。该阶段人类活动痕迹明显，但稻作农业发展还处于初级阶段；6500-5000aBP（对应深度为 4.83-2.23m）时

期，气候波动，植被变化复杂。本段底部阶段稻作农业发展繁盛，适宜人类活动，但在中部出现海侵事件，人类活动和农业发展受到影响，虽在后期恢复适宜气候，但稻作农业没有迅速发展起来，具体原因还有待进一步分析。

S06-O-03

末次冰消期以来跨湖桥地区火历史重建及其与植被、气候、人类活动的联系

周斌[1]*，闵思雨[1]，胡圆峰[1]，徐思宇[1]，庞洋[1]，杨青[2]，郑洪波[2]

1 南京大学地球科学与工程学院，南京 210093

2 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650504

* zhoubinok@163.com

末次冰消期以来全球气候总体变暖，但波动剧烈，极端气候环境事件频发。跨湖桥地区因其特殊的地理位置及独特的新石器文化内涵，是开展古气候环境变化和人类活动影响研究的有利地区。火作为自然生态系统的重要组成部分，植被和气候环境变化对之有重要的控制作用，与此同时，人类活动也可能对火演化和机制产生深远的影响。本研究通过分析跨湖桥地区 KHQ14、KHQ15 自然剖面的黑碳含量、黑碳碳同位素组成(δ13CBC)、及炭屑形态参数(如长宽比L/W)，在 AMS14C 测年数据的基础上、结合地层孢粉学数据及现代过程研究，来探讨研究区域火历史及其与植被、气候环境、人类活动的联系。研究结果显示，该区域末次冰期黑碳含量低，碳同位素值相对正偏，这表明当时火强度较低，燃烧的植被中 C4 植物贡献相对较大。然而，该钻孔孢粉数据显示末次冰消期针叶林相对较多，分析认为该区域末次冰消期气候凉而不干，此时仅发生一些小规模的表面火，燃烧了较多矮小的 C4 草本植物，而高大的木本植被不易过火。全新世早中期，黑碳含量阶段性升高，且在 8600 a BP、8300 a BP、7900 a BP、7700 a BP 和 6700 a BP 出现峰值，指示该阶段火活动总体上增强，且在这些时段有明显的火事件发生。黑碳碳同位素值在全新世早中期总体上呈现负偏趋势，表明 C3 植物在燃烧过程中的贡献增大；但炭屑形态参数指示，除了 6700 a BP 火事件燃烧的植被类型为较典型的 C3 木本植物以外，其他时段燃烧的 C3 植物多为草本类型。对比孢粉、炭屑资料认为，6700 a BP 火事件为天然大火燃烧森林植被所致，7900 a BP、7700 a BP 时段火事件可能与该区域早期人类活动有关，而其他两次火事件可能是两者的共同作用。

S06-O-04

钱塘江大潮的发育及其对跨湖桥先民的影响

杨青[1]*，郑洪波[1]，胡竹君[2]，蒋乐平[3]，凌光久[2]，曹叶婷[2]，黄宪荣[2]，成玥[2]

1 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650500

2 南京师范大学地理科学学院，南京 210046

3 浙江省文物考古研究所，杭州 310014

* yangqing_10@126.com

长江下游地区作为世界稻作农业起源中心之一，自全新世早期起就为史前人类所青睐，成为中国最重要的新石器文化区之一。该区地理位置特殊，在全新世海平面变化和下切河谷河流沉积物的共同作用下，区域地貌发生了巨大变化。海陆变迁及三角洲的形成直接决定了先民的生产生活空间；同时，由于该区地势平坦、海拔较低、河网密布，导致极端环境事件频发，对新石器文化也产生了重大影响。

位于长江三角洲南翼、钱塘江喇叭口顶部的跨湖桥遗址，作为跨湖桥文化的典型代表，是该区最早的新石器文化遗址之一，其废弃原因长期受到考古学家的热议。已有学者提出该遗址废弃的直接原因是海平面上升。本研究通过对跨湖桥遗址剖面及其周边的自然沉积钻孔，进行沉积学及环境替代指标（粒度、Ca 元素丰度、硅藻、有孔虫、孢粉等）分析，获得了大量数据，结合高分

辨率的年代序列，认为跨湖桥遗址废弃的根本原因是钱塘江大潮引发的洪泛事件。研究结果表明，~9,000 cal BP 时研究区已被海水淹没，海平面大致位于当今全球平均海平面-25m（-25 m a.m.s.l.）处；之后，海平面持续升高，加之河流沉积物的加积作用，导致研究区至~8,000 cal BP 时逐渐演变为河口湾环境，优越的地貌条件和物质资源吸引了跨湖桥先民在略高于海平面的山麓定居和耕作；此后，不断加积的沉积物使得河口湾形貌逐渐演变为喇叭型，为钱塘江大潮的发育创造了极有利的地貌条件；至 7,600-7,500 cal BP 时，大规模的钱塘江大潮发生，潮水翻越堤岸形成灾难性的洪泛事件，淹没了跨湖桥遗址，直接导致了遗址的废弃。该研究表明，沿海地貌变化与海平面上升之间存在复杂的作用力，是非线性的响应，极易引发极端环境事件并对人类产生灾难性的影响。

S06-O-05

河姆渡文化发展中断与中全新世海平面波动

贺可洋[1,3]*，吕厚远[1,2,3]*，郑云飞[4]，张健平[1,2]，徐德克[1,2]，郇秀佳[1,3]，王结华[5]，雷少[5]

1 中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室，北京，100029
2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京，100101
3 中国科学院大学，北京 100049
4 浙江省文物考古研究所，杭州 310014
5 宁波市文物考古研究所，宁波 315012
* houyuanlu@mail.iggcas.ac.cn, hekeyang1991@163.com

中国东部沿海地区人口分布密集，且被广泛认作是水稻的驯化中心，在全新世时期经历了剧烈的海平面波动。河姆渡文化主要分布在东部沿海地区，并且曾经被认作是成熟的稻作农业经济，这使它成为检验长江下游显著人地互动关系的理想案例。尽管针对河姆渡文化的文化演进、生态环境和水稻驯化已经开展了大量研究，但海平面波动对于人类聚落和食物生产的影响依然存在争议。

在本次研究中，我们报道了来自距现在海岸线最近河姆渡文化的鱼山遗址的高分辨率孢粉、植硅体和硅藻记录，以及准确测量的海拔高度。基于对以上数据综合分析，我们认为河姆渡文化及后续的良渚文化是在海退的大背景下发展起来的，并被 6300-5600 BP 和 5000-4500 BP 发生的两次海侵事件中断。鱼山遗址当地的生态环境处于受中全新世海平面控制的，潮间带滩涂和淡水湿地交替变化之下。尽管早在 6700 BP 水稻就已在湿地栽培，然而由于海侵影响栽培随后中止，这个区域完全的水稻驯化直到 5600 BP 才出现。本次研究的多指标综合分析促进了对环境演变、文化中断和水稻驯化之间关系的理解。

S06-O-06

长江三角洲南岸全新世地貌演化的高分辨率沉积记录

胡竹君[1]*, 郑洪波[2]，杨青[1,2]，凌光久[1]，曹叶婷[1]，黄宪荣[1]，成玥[1]，马春梅[3]，周斌[4]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210046
2 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650504
3 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210093
4 南京大学地球与工程科学学院，南京 210093
* zhujunhu@njnu.edu.cn

长江下游区域是中国孕育新石器文化和早期稻作农业的重要区域，最有代表性的新石器遗址包括长江三角洲南岸杭嘉湖平原的跨湖桥遗址（约 8-7 ka）和宁绍平原的河姆渡文化遗址（约 7-5 ka）。近年来，为了解该区域早期人类文明聚落如何适应全新世环境和海面的变化，开展了一系列的研究。然而，在中国东部沿海地区由于缺乏高分辨率沉积序列的特征指标，来自不同研究区域的海面研究结果存在较大差异，限制了我们对该区域全新世以来的地貌环境和海面变化的重建和认识。

本研究选择宁绍平原和杭嘉湖平原作为重建全新世地貌的目标区域,宁绍平原受到南北山脉的屏障作用保护，减弱了河流和潮汐过程的影响，使得该区域全新世的沉积序列得以连续完整地保存。目前在研究区域已经获取了 11 个钻孔资料，通过对大量种子和植物残体的 AMS14C 测年，建立了高分辨率的沉积年代序列。同时，为重建早全新世以来的环境变化历史，开展了沉积学，生物（硅藻）和地球化学（XRF）等指标的分析。研究结果表明 1）海面在约 10-9 ka 左右到达研究区域的低洼河谷；9-7 ka，为广大的浅海环境；7-6.5 ka，开始成陆作用；2）7 ka 以前的海洋环境，大多数地方不适宜人类生存，跨湖桥、河姆渡早期，人类滨海而居；7-6.5 ka 以后大范围的成陆，新石器遗址数量跨越式增加；3）成陆作用后的咸潮入侵与海平面上升存在明显差异。本研究为重建精细化的地貌演化过程奠定了基础，对理解新石器时期人类如何应对环境变化，尤其是沿海区域地貌环境演化及海面变化提供重要依据。

S06-O-07

早-中全新世亚洲夏季风的剧烈波动与华夏文明演化

张平中[1]*，王鹏[1]，周景亮[1]，余仁哲[1]，高涛[1]，程海[2]

1 兰州大学甘肃省西部矿产资源重点实验室，兰州 73000

2 西安交通大学全球变化研究院，西安 710049

* pzzhang@lzu.edu.cn

我们在中国西黄土万象洞中采集到一根早-中全新世连续生长的高铀含量和低碎屑 232Th 含量的石笋样品(WXB074)，高精度 230Th 绝对定年(平均误差在~25a)和高分辨率(平均 6a)的氧同位素组成建立起 8940-4920 aBP 之间亚洲夏季风变迁的时间序列， 详细揭示出十年-世纪尺度上亚洲夏季风的剧烈波动与华夏史前人类社会形成演化之间的关系。结果表明，WXB074 δ18O 时间序列呈现出变化达到-3.27‰的大幅度变化(在-11.37‰ ~ -8.10‰之间)，它代表了与亚洲夏季风总强度有关的降水量大幅度变化，即石笋δ18O 值偏负与亚洲夏季风加强相联系的地方性降水增加有关，反之亦然。WXB074 δ18O 的长时间序列由明显的 4 阶段组成: (1) 在从 8940 aBP 开始生长到 8510 aBP 期间的第一阶段，δ18O 的平均值-10.71‰负于整体平均-10.44 ‰并具有 1.12‰的变化幅度，与相对较强的亚洲夏季风和较高的夏季降水有关， 其中分别在 8620 aBP 左右与 8770 aBP 和 8530 aBP 左右出现与短期季风减弱/加强的事件有关的极端偏重/负值。(2) 在 8510~7320 yr BP 之间的第二阶段，δ18O 平均值突然偏重和变化幅度增大到 1.30‰，指示了亚洲夏季风的突然减弱和在减弱期内存在大幅度的降水波动；其中前期(8510~8130 aBP)， 其δ18O 的平均值(-10.27‰)偏重于这个阶段的平均值，反映了夏季风的大幅度剧烈减弱，表现为δ18O 从 8530 aBP 左右突然偏重， 并从 8510 aBP 开始以非常小的幅度逐渐偏负到 8440 aBP 左右， 然后再逐渐偏重到 8290 aBP 左右， 接着再次逐渐偏负到 8250 a BP 左右，然后以大幅度突然偏重到 8180 aBP 左右的-9.64‰并且几乎以这个重值稳定波动到 8130 aBP 左右， 然后突然大幅度偏负到 7980 aBP 左右， 完成了夏季风在 8530 ~ 7980 aBP 期间 3 相减弱和 3 相逐渐加强的大的 8200 aBP 极端减弱事件循环; 在后期，δ18O 平均值(-10.52‰)偏负于前期， 指示夏季风的相对加强， 分别在 7850 aBP 与 7660 aBP 左右出现极端偏重值和在 7740 aBP 与 7470 aBP 左右出现极端偏负值，直至 7320 aBP 再次出现极端偏重值. (3) 跟随长达~1190 yr 左右亚洲夏季风减弱的第二阶段的是 7320~6380 aBP 之间季风显著加强期，δ18O 平均值-10.68‰明显偏负整体平均值，以较大的幅度(~1.44‰)在-11.37~-9.93‰之间波动， 与降水大幅度增加有关， 并被 4 次年代在 6940 aBP、6820 aBP、6640 aBP 和 6490 aBP 左右的显著的短期极端偏重值所打断，而且打断后的短期极端偏负值年代则分别出现在 7140 aBP、6860 aBP、6740

aBP、6580 aBP、6400 aBP 左右. (4) 最后，δ18O 值在 6380-4920 aBP 之间的第四阶段无论波动范围(-10.71~-8.10‰)还是平均值(-9.88‰)，几乎都远远偏重前一阶段，也偏重于第二阶段夏季风突然减弱期内的δ18O 平均值，说明亚洲夏季风从 6400 aBP 左右突然开始再次大幅度减弱并在 6380 aBP 左右之后进入大幅度减弱期；在这个时期，δ18O 值以 3 相变化为特征， 包括第一相内从 6380 aBP 开始存在与季风逐渐减弱降水逐渐下降有关的逐渐变得偏正直至 6020 aBP 左右出现小幅度的极端偏重值、在平均值附近小幅度波动的在 6020~5670 aBP 之间的第二相和不论平均值还是波动范围都非常偏重的 5670~4920 aBP 之间的降水极端减少的第三相. 最特征的是，在 5430 aBP 左右出现δ18O 值达到-8.70‰极端偏重值为主的亚洲夏季风极端减弱谷，显示出从第 2 相末期的 5730 aBP 开始到 5430 aBP 的逐渐偏正和从 5430 aBP 到 5080 aBP 逐渐偏负的波动趋势， 指示出亚洲夏季风以 5430 aBP 为突变点的 5400 a 极端减弱时期内(5400 a 或 5.4 ka 事件)夏季风经历了 290 a 的逐渐减弱然后经历 350 a 的逐渐增强、像不对称“V”字型结构的总体特征，然后从 5080 aBP 开始逐渐减弱并在 4920 aBP 左右δ18O 偏重的程度到达-8.10‰，WXB074 停止生长，夏季风进入另一个极端减弱时期和有联系的降水大幅度减少。

亚洲季风边缘区万象石笋 WXB074 氧同位素记录的亚洲夏季风强度变化的精确时间序列所反映夏季降水大幅度极端变化几乎与中国新石器时代文化演变的时代相当. 亚洲夏季风边缘区分布在中国东北西辽河流域近河坡地上的小河西文化、黄河中游新石器早期的裴李岗-磁山文化和嘉湖文化可能在 9000 yr BP 之前的形成应该与 8940 aBP 极端减弱事件一致;下游后李文化在 8500 aBP 左右的兴起恰好处于大的 8200 aBP 极端减弱事件旋回开始季风降水第一次突然降低期，东北小河西文化在 8200 aBP 左右向兴隆哇文化的演变时代处于大的 8200 aBP 事件第三次大幅度减弱初期. 同时，磁山位置在 8700 aBP 左右，耐旱普通小米黍(*Panicum miliaceum*)作物的减少而相对喜湿/暖的粟(*Setaria italica*)作物的出现，直接对应于万象记录的 8770 aBP 短期季风加强事件，而且黄河下游北部地区后李文化岳庄和溪河位置分别在 8000 aBP 左右和黄河中游裴李刚文化塘湖位置在 7800 aBP 左右出现旱地作物小米与湿地作物大米(Oryza sativa)的混合耕种、陆地使用类型 与植物生境发生变化，直接对应于万象记录的 7980 yr BP 和 7740 yr BP 季风加强事件，与湿地稻作农业在季风加强时从长江下游的驯化地向北沿黄海沿岸的黄河下游地区扩张有关。而黄河中游裴李岗位置在 7600 aBP 左右和黄河中-下游磁山位置在 7500 aBP 左右的遗弃则分别对应于 7660 aBP 夏季风短期极端减弱事件和 7470 yr BP 短期极端加强事件. 同样地，黄河下游南部地区嘉湖文化在 9000 aBP 的兴起包括 8600 yrs BP 左右早期向中期的转化和 8200 aBP 左右再次向晚相的演变都对应于万象记录的 8620 aBP 和 8200 aBP 亚洲夏季风极端减弱事件，最终在 7740 yr BP 夏季风加强事件发生时造成的洪水所淹没。

在亚洲夏季风边缘区中部黄土高原西南部黄河上游的关中盆地渭河流域 8000 aBP 左右形成的非常邻近万象洞地区的大地湾文化包括老观台文化-白家文化和 7950 yrBP 左右李家村文化的兴起几乎处于万象记录的大的 8200 aBP 事件旋回后期亚洲夏季风加强的鼎盛期，相当于 7980 aBP 短期季风加强事件期间，而师赵村文化在 7350 aBP 左右接替大地湾文化发生在 7320 yr BP 左右季风极端减弱期内，直至黄河中-上游文化在 7140 aBP 夏季风极端减弱期内的 6950/7000 aBP 左右向更高级复杂文化发生演变. 黄河下游后李文化在 7500 aBP 左右的消失同样处于 7470 aBP 季风加强事件中期并经历大约 200 a 左右通过定居位置的改变在随后的 7320 aBP 季风极端减弱期 7300 aBP 左右兴起的北辛文化所接替，其中分别在 6800 aBP 左右和 6400 aBP 左右由早期相向中期相再向晚期相的转化均分别发生在万象记录的 6820 yr BP 和 6490 yr BP 短期极端季风减弱事件之内. 特别是高海拔中国青

藏高原腹地 Chusang peope 主要聚集的时代与持续、中国北部地区人口的第一次大幅度增加均与万象记录的 8500-7300 yr BP 期间第2阶段夏季风突然减弱和降水大幅度突然减少密切对应，可能为了适应温度的降低和水资源的需求; 之后由于 7140 yr BP 极端季风加强事件的发生导致 Chusang peope 的再次散居或游牧而不需要农牧业方式的改变。同时黄河上-中流域黄河流域新石器早期文化在 7000 aBP 左右的衰落时代和随后新石器时代中期高级文化如以彩陶和大规模旱地农业小米耕种为代表的仰韶文化在 6950 aBP 左右的崛起与 6940 yr BP 极端短期季风减弱事件年代非常接近。之后由于强盛的亚洲夏季风及其大幅度增加的夏季降水造成使得该文化在黄土高原及其周边地区、黄河流域广泛传播，并被黄土高原广泛发育的古土壤层所见证。第 5 个千年后期和第 4 个千年早期稻米与小米在黄土高原的共同耕作可能与 7140 aBP 季风加强事件有关，表明夏季风的加强能够导致湿地稻作农业进一步向西的扩张。

在新石器早期季风边缘区西辽河流域东北发生的兴隆哇文化在 7400 aBP 左右向赵宝沟文化的过渡和新乐文化在 7300 aBP 左右的形成分别处于 7320 yr BP 降水极端减少事件初期和中期，而新乐文化在 6800 aBP 左右消失和赵宝沟文化在 6500 aBP 左右停止的年代几乎分别与发生在 6820 aBP 和 6490 aBP 季风减弱事件年代一致。而且赵宝沟文化在 6490 yr BP 季风减弱降水减少事件内向红山文化的过渡几乎经历了 100 a 左右在 6400 yr BP 季风加强事件发生初期导致红山文化的崛起。

对于新石器中期文化如黄河流域仰韶文化从早期半坡相在 6000 aBP 向中期庙地沟相过渡、北方人类在 6000 aBP 左右向高原东部西南部边缘岷江上游的大规模迁徙和高原北部中海拔地区的定居、黄河下游北辛文化在 6100 aBP 左右向大汶口文化的演化和西辽河流域红山文化从早期文化向中期文化的的转换均与万象记录第四阶段初期亚洲夏季风大幅度的减弱过程中突然发生 6020 aBP 短期极端减弱事件相对应。而且，特别重要的是这些中期文化在 5500 aBP 左右的退化与晚期复杂文化的兴起直接与 5400 aBP 极端减弱事件相联系包括东青藏高原黄河河谷上游地带具有仰韶特色的马家窑文化在 5400 yr BP 后期为了水资源在高原黄河上游区域的建立; 而且这些文化最终消失和/或演化的时代几乎与季风减弱导致的降水减少造成的石笋 WXB074 在 4920 yr BP 左右停止生长时代几乎一致。反映了由于降水短期极端变化引起人类居住战略的变化和文化的扩散。

此外，令人惊讶地的是长江中游中国南方新石器早-中期文化包括长江中游的彭头山文化 (9000-7800 aBP) - 大溪文化 (7000-5300 aBP)的形成与演变、5400 aBP 屈家岭文化的崛起， 下游上山早期文化在 9000 aBP 左右向中期文化的过渡和 8500 aBP 左右向晚期文化的演变直至在大的 8200 aBP 事件中期 8300 yrs BP 左右由于减弱的夏季风而消失、跨湖桥文化(8000-7000 aBP)-河姆渡文化及其内部 I-IV 相的转变 (7000-6500-6000-5500/5400-5000 aBP)、马家浜文化 (7000-6000 aBP)- 崧泽文化 (6000-5000 aBP)的崛起-相的转变以及文化的过渡、5300aBP 左右崛起的良渚文化均能在万象记录中找到年代几乎一致的短期季风减弱事件。中国西南部桂林地区的甑皮岩文化在 9000 aBP 左右的崛起年代几乎处于万象记录的短期夏季风极端减弱事件之内，而在 7500 aBP 左右由洪水淹没停止或消失直接对应 7470 yr BP 短期季风加强造成的降水增加事件。而且长江下游在~9000 aBP 左右开始的稻米驯化或早期耕种处于 8940 极端减弱事件之后的季风开始加强初期。更值得注意的是，中国南部长江中游地区大溪早期文化城头山位置发现粟与稻米在 6000 aBP 左右的同时耕作恰好与万象记录 6020 aBP 亚洲夏季风减弱事件一致，可能反映了季风降水的减弱导致稻米耕作的收缩和旱地作物粟类耕作的气候适应性，以弥补食物的短缺. 因此，我们精确的石笋同位素时间序列揭示亚洲夏季风的剧烈波动及其有联系的降水变化直接连接着新石器时代华夏文明的发生、发展和迁徙。

S06-O-08

淮河中游地区全新世中期农业结构演替及水稻驯化历程研究

罗武宏[1]，杨玉璋[1]*，顾纯光[1]，张居中[1]，张东[2]，梁中和[2]，甘恢元[3]，林留根[3]

1 中国科学技术大学科技史与科技考古系，合肥 230026

2 中国社会科学院考古研究所，北京 100710

3 南京博物馆考古研究所，南京 210016

* yzyang@ustc.edu.cn

淮河中下游地区全新世中期是中国中东部气候、文化与农业的重要过渡区，在中国稻作、旱作农业起源、发展与传播等研究中具有重要地位。尽管学术界在该地区全新世水稻早期驯化、稻旱兼作农业发生、发展等研究方面取得了初步成果，但由于缺乏系统的植物考古研究和统一的方法，该地区全新世中期水稻驯化历程，粟、黍分别传入本地区的时空路线还有待进一步研究。针对这些科学问题，本研究选择淮河中游地区多个全新世中期考古遗址，采用多种植物考古学方法，结合高精度的年代测定以及相关已发表的植物考古资料，确定水稻、粟、黍遗存在该地区出现的证据，同时对发现的水稻植硅体形态进行分析，试图重建本地区全新世中期水稻的驯化历程，明确粟、黍分别传入本地区的最早时间和路线。本研究结果有望在中国稻作、旱作农业发展与传播的时空格局等方面取得新的认识，为揭示中国气候-文化-农业过渡地带人类面对气候变化和文化变迁的适应策略提供科学依据。

S06-O-09

地形，海平面，沉积环境变化对华南及东南亚沿海地区水稻农业发展的决定性影响

马婷[1]，郑卓[2]*

1 中山大学，地理科学与规划学院，广州 510275

2 中山大学，地球科学与地质工程学院，广州 501275

* eeszzhuo@mail.sysu.edu.cn

中国华南沿海地区和东南亚的史前水稻农业发展历史对探讨水稻南传，史前农业人口扩散以及南岛语族的起源等都有着至关重要的意义。与长江三角洲及杭州湾地区繁荣的新石器水稻农业文明不同，华南沿海及东南亚的史前水稻农业发展非常滞后，虽然目前在该区域发现了距今 5000 左右的水稻遗存，但新石器主要的经济形式仍为采集渔猎。该区域水稻农业的滞后通常认为是由于丰富的动植物资源，人类选择，根茎作物的发展等原因，然而近年来该区域三角洲沉积记录显示全新世海侵时期平原湿地环境的缺失制约了水稻农业的发展。为探明古环境对水稻农业发展的影响，本研究重建了该区域大型三角洲和部分海湾地区全新世沉积环境的变化，综合低海拔 25 个孢粉记录（包括一系列新的花粉记录和现有花粉记录）揭示了农业发展历史，探讨了第四纪沉积环境演变与人类农业文明发展的关系。

华南及东南亚基岩海岸广泛分布，三角洲为沿海平原主要组成。各大河口地区大量的沉积记录显示，全新世最大海侵时期（7-5 ka），海水到达三角洲顶端，此时大片平原地区被海水淹没，适合水稻种植的平原湿地环境缺失。同时期孢粉记录显示人类活动对自然植被的影响甚微，没有农业广泛发展的证据。而 7000 cal yr BP 开始，全新世适宜的气候以及海侵带来的丰富的海洋资源使得渔猎经济为主的新石器文化在沿海地区兴起和发展，说明人类对自然环境的适应。2500 cal yr BP 以后，河口三角洲快速沉积使得海岸线向海的方向迅速推移，三角洲和海湾的沉积记录显示 3000-2000 cal yr 期间华南和东南亚沿海的平原大体形成。3000 cal yr BP 以后，25 个花粉记录发生了明显的变化，揭示出水稻农业开始广泛迅速地发展。大量钻孔的禾本科花粉在 2800 cal yr BP 之后开始迅速增加，伴随着水稻禾本科花粉的出现，而其他人类活动指标如先锋植物芒萁

属、松属以及碳屑含量均显著增加。同时，乔木花粉大量减少，综合 16 个钻孔计算的乔木减少速率揭示 3000 cal yr BP 以来，森林不断减少，揭示了人类农业刀耕火种对植被的影响。2000 cal yr 左右乔木减少变化率达到最高，与陆上三角洲主体形成时间一致，反映平原形成以后人类活动大量加剧。

该研究证实了全新世海侵时期华南和东南亚沿海平原环境的缺失对新石器水稻农业发展的制约，以及陆上三角洲平原出陆以后水稻农业的广泛发展，为该区域史前农业发展研究提供了新的思路。本研究由青年基金 41701222 和博士后基金 20173700041090432 资助。

S06-O-10

黑龙江青冈地区晚更新世猛犸象-披毛犀动物群生存的环境背景研究

赵克良 [1,2]*, 李小强 [1,2], 王元 [1,2], 周新郢 [1,2], 姜海涛 [3]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室，北京 100044

2 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心，北京 100044

3 黑龙江省区域地质调查所，哈尔滨 150080

* zhaokeliang@ivpp.ac.cn

更新世晚期大型哺乳动物消亡一直是科学界关注的热点科学问题，其消亡的环境背景和影响机制仍没有形成一致观点。我国东北地区晚更新世地层中保存有丰富的猛犸象-披毛犀动物群（Mammuthus-Coelodonta Fauna）化石记录，是研究更新世晚期大型哺乳动物生存环境及消亡过程的理想区域。黑龙江省青冈地区是东北晚更新世哺乳动物化石重要保存地点，出土有较多的真猛犸象（Mammuthus primigenius）化石。本文以青冈县英贤村化石出土剖面为研究对象，通过孢粉分析，重建猛犸象-披毛犀动物群的生存环境背景。青冈地区猛犸象-披毛犀动物群出土于灰绿色湖沼相沉积中，研究发现其生存环境的主要植被成分是蒿属、菊科、禾本科、莎草科和云杉属，指示了草甸植被景观，局地生长有针叶林。青冈地区顾乡屯组时期的植被群落属于欧亚大陆晚更新世猛犸象草原的一部分。

S06-O-11

中亚阿姆河文明的农业系统及早期作物全球化

周新郢 [1,2,3]*，李小强 [1,2,3]，沈慧 [1,2]，赵克良 [1,2,3]，包易格 [1,2]

1 脊椎动物演化与人类起源重点实验室，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 地球科学学院，中国科学院大学，北京 100049

3 生物演化与环境卓越创新中心，中国科学院，北京 100044

* zhouxinying@ivpp.ac.cn

人类对气候变化的响应及其适应的方式和策略是当今科学界共同关注的重要科学问题(IPCC, 2014)。全新世中期（5000-3000 cal yr BP）全球气候格局由早中全新世适宜期（MHW）向晚全新世新冰期（Neoglaciation）过渡，与此同时旧大陆的早期农业文明走向成熟，不断向外扩散并逐渐交流，源自中国北方的粟、黍农业沿河西走廊、新疆地区向西传播，源于两河流域的小麦农业沿着中亚绿洲带与北方草原带两条通道向东传播，两者相会于亚洲中部干旱-半干旱地区，形成了串珠状绿洲农业系统，为早期文明传播和交流通道的形成，以及后来“丝绸之路”的兴起奠定了基础。

阿姆河文明 (Oxus civilization, 4300-3700 cal a BP)，又称巴克特里亚-马尔吉阿纳文明（BMAC），也称大夏文明，包括现今的土库曼斯坦东部、乌兹别克斯坦南部，阿富汗北部以及塔吉克斯坦西部，是中亚地区早期农业文明的代表。本研究针对阿姆河文明的三处重要遗址撒帕里（Sapalli

Tepe），加勒古丹（Djarkutan），莫勒里（Molleli）的发掘和炭化种子和木炭大遗存分析，结合 AMS^{14}C 测年，重建了阿姆河文明的绿洲农业系统 2100-1500 BC 之间的农业系统。其研究结果表明阿姆河文明的农业作物种子主要包括六棱大麦，青稞，普通小麦，豌豆，小米，糜子等作物，显示阿姆河文明从一开始便同时受到来自东亚、西亚和南亚的影响，发展出一套复杂的高多样性的农业体系。除此之外，炭化及脱水果壳及木炭的研究显示，阿姆河文明还具有包括葡萄、无花果、阿月浑子、杏树、沙枣、柑橘、桑树等多样化的发达园艺系统。该项研究为我们了解 4000 年前后东西方农业文明的物质交流与早期作物的全球化具有重要的指示意义。

S06-O-13

中国科学技术大学生物考古实验室近年来植物考古研究进展

张居中*，杨玉璋，罗武宏，程至杰

中国科学技术大学科技史与科技考古系，合肥 230026

* juzhzh@ustc.edu.cn

中国科学技术大学生物考古实验室是科技史与科技考古系重要的教学与科研基地，主要研究方向包括新石器时代考古、农业考古、环境考古、同位素考古、寄生物考古等。近年来，在中科院战略先导项目、科技部“973”项目、国家自然科学基金项目等的支持下，本实验室利用大植物遗存、植硅体、淀粉粒等分析的特点和优势，结合高分辨率的年代数据，对淮河流域等地区多个考古遗址的植物资源利用及农业发展情况进行了较系统的研究，取得了一系列重要进展。淮河上游地区原始农业开始于贾湖－裴李岗文化时期（9.0kaBP-7.0kaBP），其中南部地区的贾湖文化区为单一的稻作农业，并在 8.0kaBP 左右稻作农业明显发展；而北部地区的裴李岗文化区以旱作农业为主，并在少数遗址同时发现了稻作遗存的证据。新石器时代晚期（7.0kaBP-5.0kaBP），原始农业快速发展，并于新石器时代末期（5.0kaBP-4.0kaBP）在人类经济生活中确立了主体地位；夏商时期（约 4.0-3.0kaBP），中国传统的“五谷”俱全的作物结构已经在上游地区形成并稳定发展。淮河中游地区稻作农业最早发现于顺山集文化（8.5kaBP-8.0kaBP），并一直延续至商周时期；水稻植硅体形态显示顺山集文化时期水稻已经处于驯化初级阶段，至新石器时代晚期水稻驯化水平逐渐增加，并于大汶口文化早中期（5.9kaBP-5.7kaBP）完成驯化。黍（*Panicum miliaceum*）传入淮河中游地区最早的证据仅发现于蚌埠双墩遗址（7.3kaBP-6.8kaBP）。直至大汶口文化晚期（～5.0kaBP），粟、黍类旱作农业证据才在淮河中游地区多个考古遗址发现，这可能暗示着旱作农业传入淮河中游地区与文化传播及变迁有关，经历了多次、多线路的传播过程，最终于 5.0kaBP 左右真正被当地先民广泛接受和种植。上述研究结果为揭示中国中东部气候-文化-农业过渡地带人类面对气候变化和文化变迁的适应策略提供科学依据。

S06-O-14

稻作南传：时间与路线

杨晓燕[1,2]，陈秋荷[2,3]，马永超[4]，Zhao Li[5]，金志伟[6]

1 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101

2 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

3 中国科学院大学，北京 100049

4 北京大学考古与文博学院，北京 100871

5 University of Leicester, Leicester, LE1 7HR

6 中山大学人类学与社会学系，广州 510275

稻作农业的起源和传播是当前学术界关注的热点问题之一，目前对水稻的驯化及其北传时间和路线已有比较深入的探讨，但

水稻向东南传播的时间与路线尚有较大研究的空间。近期我国东南部一系列水稻遗存的发现为该问题的进一步探讨提供了材料。

最近，我们在广东省和平县老院遗址第③层 7 个样品中共发现 24 粒水稻扇型和双峰型植硅体，并在该层位发现两粒炭化稻米经鉴定为粳稻（*Oryza sativa* subsp. *geng*），同层位木炭及碳化种子测年为 4200-4400a cal BP。同时，我们在广州市距今 4000 年的茶岭遗址文化层中提取到水稻的扇形植硅体和双峰型植硅体。

从遗址的地理分布及其水稻遗存年代可知，5000 cal BP 稻作农业已经翻越南岭、武夷山分别进入粤北和闽西，即石峡遗址、南山遗址。4500 cal BP 前后，稻作农业行进至南海边（沙下遗址和昙石山遗址），并跨过台湾海峡，达到台湾岛。4500 cal BP 后，水稻在华南逐渐被普及，河流三角洲（茶岭遗址）、山地丘陵（老院遗址等）、海岸边的遗址（黄瓜山遗址等）均可见到。可见，稻作农业向广东、福建传播的步伐基本一致。在进入华南的过程中，河流可能起到了重要的通道的作用；如石峡遗址靠近马坝河，其最终汇入北江，因此石峡先民可以沿北江南下进入珠江主河道，即可到达珠三角地区；南山遗址紧邻鱼塘溪，其最终汇入闽江上游的一条支流——沙溪，因此南山先民可以沿沙溪—闽江顺流而下轻松到达位于闽江岸边的昙石山遗址。

S06-O-15

植硅体分析区分黍（Panicum miliaceum）和野黍（Panicum ruderale）

张健平 [1,2]*，吕厚远 [1,2,3]*，刘敏轩 [4]，刁现民 [4]，邵孔兰 [1,3]，吴乃琴 [1]

1 中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室，北京 100029

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

3 中国科学院大学，北京 100049

4 中国农业科学院作物研究所，北京 100081

* jpzhang@mail.iggcas.ac.cn, houyuanlu@mail.iggcas.ac.cn

黍是东亚最早驯化的旱作农作物，它为新石器时代人口的爆炸式增长和向复杂社会演进提供了充足的食物来源。然而，迄今为止，由于黍子的直接祖先仍然未知，且缺乏明确的鉴定特征来区分考古遗存中的黍及其亲缘野生植物，关于黍子驯化的过程仍需深入探讨。野黍（*Panicum ruderale*）一般认为是黍子（*Panicum miliaceum*）的杂草/野化类型，应具有与黍子的祖本植物相似的生物学性状。本文采集并收集了原产自我国北方 8 个省市自治区的 21 个现代黍品种和 12 个野黍样品，并对比分析了其种子稃片中硅化表皮长细胞 η III 形态的百分含量。研究结果表明，黍子的谷粒中 η III 形态的比例（23.0％±5.9％）（n = 63）比野黍子（10.8％±5.8％）（n = 36）高约 10％，四分位数分别为 17.2％-28.3％和 5.1％-15.5％。η III 形态百分含量的增加与种子增大、长宽比减小有显着的相关性，将植硅体形态变化与粟类作物种子形态变化联系起来。由于种子增大是植物驯化的显著特征之一，因此这一结果暗示了黍子驯化过程中，种子稃片的 η III 型植硅体含量逐渐增多，为我们追踪黍的驯化过程提供了一种可能的方法，并为区分其他谷类作物和亲缘野生植物提供了新的思路。

S06-O-16

植硅体 14C 测年研究：过去、现在与未来

左昕昕 [1,2]*

1.福建师范大学地理科学学院，福州 350007

2 湿润亚热带山地生态国家重点实验室培育基地，福州 350007

* zuoxinxin@fjnu.edu.cn

植硅体在形成过程中会封闭多种植物体内的元素，如 C、H、O、N 和 P 等，因

为植物有机质是光合作用的产物，所以植硅体内的放射性碳也被认为可以代表植物生长时段外界大气二氧化碳的放射性碳水平。由于植硅体本身具有较强的抗侵蚀风化能力，可以在地层中长期保存至百万年时间，其封闭的碳受硅质外壳的保护而避免了外界的污染，植硅体碳因而成为了一种潜在的测年材料，广泛应用于解决与考古学和古生态学研究相关的年代问题。

本文回顾了植硅体 ^{14}C 测年发展的历史，对当前其研究的现状进行了全面的总结和评述，对近年来其研究的争议进行了梳理。植硅体测年研究中存在的问题（如污染和老碳等）在其他材料测年过程同样存在，不能基于少量现代植物植硅体测年异常数据而完全否定其意义。大量的测年数据显示，并不是所有的植硅体年代都不好，相反植硅体年代与同层位其他材料的年代重合或相近。因此，在一些缺少其他有机质测年材料的地层，植硅体 ^{14}C 测年仍然是一种极具潜力的年代学方法，值得做更多的工作。

S06-O-17

裴李岗文化农业的空间格局及其影响因素

王灿[1]*，吕厚远[2,3,4]，顾万发[5]，吴乃琴[2,4]，张健平[2,3]，左昕昕[6]，李丰江[2]，汪道京[2]，董亚杰[2]，汪松枝[5]，刘彦锋[5]，鲍颖建[7]，胡亚毅[5]

1 河北师范大学历史文化学院，石家庄 050024
2 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
3 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101
4 中国科学院大学，北京 100049
5 郑州市文物考古研究院，郑州 450052
6 福建师范大学地理科学学院，福州 350007
7 河南师范大学历史文化学院，新乡 453007
* shandawangcan@163.com

裴李岗文化是黄河中游最早的新石器文化，也是这一区域农业的开端。长期以来，裴李岗文化一直被认为是旱作农业的代表，旱作种植需要旱田、一定的降雨量和较少的作物管理，但先前的记录显示了小米和水稻混合种植的证据，混合耕作所需的环境条件应不同于小米耕作所需的环境条件，因为水稻一般比小米需要更多的土壤水分和养分。因此，有必要了解这些农业模式的分布情况以及影响它的环境因素。然而，以往对裴李岗文化不同遗址作物组合的比较研究较少，因此旱作农业和混作农业的空间分布格局并不清楚。

裴李岗文化遗址按地理位置可分为冲积平原遗址和浅山丘陵遗址。前一类遗址一般规模较大，文化层堆积较厚，遗存丰富，后一类遗址规模较小，堆积较薄，遗迹较少。这些差异可能反映了不同的适应性生存策略。那么，这两种类型的农业模式是否存在于不同的自然环境？

我们对中原地区坞罗西坡、庄岭、李家沟、朱寨等不同地貌单元的裴李岗文化遗址进行了实地考察和取样，对样品进行了植硅体和植物大遗存分析以及 AMS 碳十四测年，以恢复当时种植的作物组合，再结合其他 9 处遗址的植物考古数据，发现旱作农业主要分布在丘陵地区的遗址，混作农业分布在冲积平原区。无论是旱作还是混作，黍子都是最重要的作物。在相同的气候背景下，不同遗址农业模式的选择主要受地形和水文条件的影响。这种空间格局也反映了人类对不同自然环境的适应性生存策略。

S06-P-01

冰消期夏季风的增强有利于东亚西北生态脆弱区蜗牛生物多样性的增加

董亚杰*，吴乃琴*，李丰江

中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境实验室，北京 100029
* dongyajie@mail.iggcas.ac.cn, nqwu@mail.iggcas.ac.cn

研究地质历史时期长期自然增温背景下生物多样性的变化规律是客观评估和预测全球变暖生物多样性增加还是减少这一问题的有效途径。东亚季风区是全球气候系统的一个重要组成单元，也是生物多样性最为独特的地区之一。自然增温背景下，东亚季风区特别是我国北方生态脆弱带生物多样性如何响应？本研究对黄土高原末次盛冰期以来 4 个黄土-古土壤剖面的蜗牛化石组合（以 3-5cm 间距采样）进行了系统研究，通过生物多样性指数和群落组成结构的综合分析，获得了最近 2 万年来百年级分辨率的蜗牛生物多样性变化序列。

黄土高原最近2万年来四个蜗牛生物多样性序列揭示出明显的空间差异，末次盛冰期至全新世暖期，黄土高原西北部地区（环县和临夏剖面）蜗牛多样性显著增加（~3-4 种增加至~6-7 种），与东亚夏季风降水增加的过程一致；而黄土高原东南部地区（耀县、泾川）的化石记录显示末次盛冰期以来蜗牛种群结构发生显著改变但蜗牛总体多样性呈现基本稳定的变化趋势。研究认为末次冰消期以来随着全球气候的转暖，东亚夏季风向北推进，改变了西北生态脆弱区的水热条件，使得更多的蜗牛属种能够在此区生长发育；而东亚夏季风即使在冰期时仍能够持续地影响到黄土高原的东南部地区（耀县、渭南等正处于此地区），适量的水热条件供温湿蜗牛种类在这一寒冷阶段依然持续地生长发育，维持了蜗牛生物多样性。这一研究结果表明，全球变暖导致东亚夏季风雨带的北进，有利于黄土高原特别是西北生态脆弱带生物多样性的增加。这为评估全球变暖对我国北方生态环境变化，特别是对生态脆弱带的影响提供了科学依据。

S06-P-02

中国科学院地质地球所植硅体研究进展

吕厚远 [1,2,3]*

1 中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室，北京 100029

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

3 中国科学院大学，北京 100049

*houyuanlu@mail.iggcas.ac.cn

本文主要回顾了中国植硅体研究的发展过程、现状和存在问题，重点介绍了中国科学院地质与地球物理研究所古生态学科组近年来的研究进展。

中国植硅体研究大致可以分为两个阶段：1）上世纪七十年代至八十年代初，为植硅体名词、概念和学科引进阶段；2）上世纪八十年代末至今，为系统研究阶段。

中国科学院地质与地球物理研究所在过去的这些年主要开展了四个方面的工作：农作物植硅体和现代植物植硅体基础研究，表土植硅体研究与古气候古植被分析，环境考古-农业考古研究以及植硅体研究方法学探索。

目前植硅体研究存在的问题主要表现在，1）植硅体形态、分类命名问题；2）植硅体形成、发育、埋藏、化学循环过程问题；3) 生理发育过程：不同细胞植硅体形成机制差异；4)开展植硅体新方法研究（DNA）。

S06-P-03S

广富林遗址孢粉记录的中晚全新世植被变化

唐亮 [1]，舒军武 [2]，陈杰 [3]，王张华 [1]*

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

2 中国科学院南京地质与古生物研究所，南京 210008

3 上海博物馆，上海 200003

* zhwang@geo.ecnu.edu.cn

长江口新石器晚期以来的植被变化过程复杂，古人类活动对其作用还存在争论。本研究通过对广富林遗址剖面孢粉和粒度分析，结合已发表的测年数据、有机地球化学和考古资料，重建了遗址区中全新世晚期以来的古生态环境演变及古人类活动过程，

揭示了不同阶段人类活动和水文环境变化对植被的影响。研究结果显示：剖面木本花粉含量发生三次显著减少过程，分别发生在~4635 cal. yr BP，~2000 cal. yr BP 和~800 cal. yr BP，前两次变化伴随禾本科花粉明显增加，第三次伴随十字花科花粉显著增加。我们认为这三次变化都是古人清理林地扩张农业生产活动的结果，前两次以水稻种植为主；第三次以十字花科作物种植为特征，此变化说明农业耕种类型的转变，推测是朝代更替导致北方人口大量迁入的结果。~4500 cal. yr BP，水生植物大量出现，反映相对海平面上升导致研究区水文环境的转变。

S06-P-04

泥河湾盆地土壤铁氧化物特征及其发生学意义研究

董进 [1]*，汤文坤 [2]，焦天 [1]

1 中国地质科学院地质研究所，北京 100037

2 中国地质科学院地质力学研究所，北京 100037

* djin@cags.ac.cn

土壤是人类赖以生存和发展的物质基础，了解土壤的发育特征和机制具有重要的理论和实际意义。在成土过程中，原岩中的含铁硅酸盐在特定的水热条件下能通过生物、化学作用形成不同的铁氧化物，使土壤的的物理、化学等性质发生显著变化，可作为反映成土过程和成土环境的指示物（Schwertman, 1985）。本次研究选择河北泥河湾盆地桑干河阳原段的表层土壤，利用磁化率、游离铁、活性铁、有机质、pH 值、Eh 值等参数指标，对其进行了土壤发育研究。在约 50km^2 范围内，以 200-500 m 为间隔，对表层土壤（5 cm）和亚表层土壤（20 cm）进行采样，并利用克里金插值法获得各参数的空间分布特征用于分析。分析结果显示，相对而言，亚表层土壤的绝对频率磁化率值，与活化铁、TOC、pH 值等土壤发育指示指标有较好的对应关系，能较好地反映土壤发育程度。土壤的发育程度主要受地形因素影响。在桑干河河道两侧，土壤中超顺磁磁性矿物、有机质和活性铁含量较多，更偏向于酸性，指示土壤发育较好；在河道位置，超顺磁磁性矿物、有机质和活性铁含量较少，更偏向于中性，指示土壤发育较差。这可能是由于在河道位置，水流动力较大，能够带走更多溶解铁和有机质，造成土壤流失；而在河道两侧，由于水动力较小，土壤形成的物质能被保留下来。此外，在一些低洼处，表层与亚表层土壤的磁化率值、全铁值都相对较大。这可能是因为了人类生活、生产、交通等产生的污染被季节性降水搬运到低洼处沉积而成。

S06-P-05S

现代稻田表土植硅体研究及应用

郇秀佳 [1,2]*，吕厚远 [1,2,3]*，张健平 [3]，左昕昕 [4]，王灿 [5]，贺可洋 [1,2]，马永超 [6]，杨晓燕 [7]，蒋乐平 [8]

1 中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室，北京 100029

2 中国科学院大学，北京 100049

3 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

4 福建师范大学，福州 350007

5 河北师范大学，石家庄 050024

6 北京大学，北京 100871

7 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

8 浙江省文物考古研究所，杭州 310014

* huanxiujia@mail.iggcas.ac.cn; houyuanlu@mail.iggcas.ac.cn

水稻（Oryza sativa L.）是目前世界上最重要的粮食作物之一，全球超过半数以上人口以水稻为食。稻作农业为中华文明的发展和繁荣提供了重要的物质和文化的基础，关于水稻是何时、何地、在什么环境下开始驯化等问题一直是国际学术界关注的热点。

水稻扇形植硅体产量大、易保存，在水稻起源研究中扮演重要角色。水稻扇形植硅体前缘鱼鳞状纹饰数量在野生稻和驯化稻

中不同，具有大于等于 9 个鱼鳞状纹饰的扇形植硅体可以考虑是驯化特征。通过对野生稻田和种植稻田表土样品进行研究，发现具有 ≥9 个的鱼鳞状纹饰的扇形植硅体的比例在野生稻田表土样品中是 17.46% ± 8.29%，在种植稻田表土样品中是 63.70% ± 9.22%，说明 ≥9 个的鱼鳞状纹饰的扇形植硅体的比例能够有效区分野生稻和驯化稻。

稻田的出现是稻作农业确立的标志之一，是从驯化前栽培到系统进行土地利用和管理的转变过程中重要的一步，但是目前关于确立早期稻田方法的研究却很少。植硅体组合能够反映植物群落的信息。通过对 27 个野生稻田表土样品，91 个现代种植稻田表土样品以及 50 个非水稻田的土壤样品中的植硅体组合进行判别分析，建立正确率为 89.3%的判别函数。这表明植硅体组合不仅能够鉴别出稻田，还能区分野生稻田和驯化稻田，为考古遗址出土的大量没有明确鉴定意义的植硅体的信息解读提供了新方法。

利用具有≥9 个的鱼鳞状纹饰的水稻扇形植硅体的比例这一指标，Ma 等对长江下游的八处典型考古遗址（从 10000a BP 到 2000a BP 前后）开展水稻植硅体分析，揭示了长江下游水稻驯化的大致三阶段；Zuo 等结合植硅体测年，揭示出距今约 1 万年前水稻在长江下游地区开始驯化，进一步确立了我国早期水稻驯化在世界农业起源中的地位。

S06-P-06S

天池火山口湖沉积物记录的中国东北地区晚全新世降水最大期

刘孝艳[1]，詹涛[2]，周新郢[3]，吴海斌[4]，李勤[4]，赵超[3]，乔彦松[5]，蒋诗威[1]，涂路遥[1]，马永法[2]，张俊[2]，姜侠[6]，娄本军[2]，张晓林[1]，周鑫[1]*

1 中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

2 黑龙江省第二水文地质工程地质勘察院，哈尔滨 150030

3 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室，北京 100044

4 中国科学院地质与地球物理研究所，新生代地质与环境重点实验室，北京 100029

5 中国地质科学院地质力学研究所，北京 100081

6 黑龙江省地质矿产局，哈尔滨 150036

* xinzhou@ustc.edu.cn

目前，对于中国东北地区全新世夏季风降水最大期的认识尚不统一，且大量研究集中于定性重建，要解决这一问题还需要更多的降水定量重建结果。我们利用中国东北地区天池火山口湖沉积物中孢粉记录，采用植物功能型现代类比法（PFT-MAT）定量重建了全新世降水及温度变化。结果表明，早中全新世降水逐步升高，约 5500-3300 cal yr BP 达到最大；与降水变化趋势截然不同，温度在早全新世迅速上升，在 9000-8500 cal yr BP 期间温度最高，之后逐渐下降。天池沉积物孢粉重建的降水变化与中国东北其它孢粉记录重建结果基本一致，进一步证实了中国东北地区全新世夏季风降水最大期发生时间晚于东亚季风区其它区域。值得注意的是，东北地区的重建结果之间也存在一定差异。目前来看，无法以单一的驱动因素解释中国东北地区全新世夏季风降水最大值发生较晚的现象，表明该区域降水演化的驱动机制较为复杂。

S06-P-07S

末次冰消期以来良渚地区地貌演化

凌光久[1]，郑洪波[2]*，杨青[2]，胡竹君[1]，曹叶婷[1]，黄宪荣[1]，成玥[1]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

2 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650504

* zhenghb@ynu.edu.cn

长江三角洲是中国新石器文化最重要的区域之一，同时该区对全新世海平面变化十分敏感，早期人类活动强烈地受到海平面变化控制下的地貌演化的影响。良渚地区是良渚文化的核心区，对该区全新世地貌演化进行高精度重建，将对理解该区域新石器人类活动具有重要意义。

本研究基于长江三角洲地区数十个高质量岩芯的沉积相、XRF 元素扫描结果、微体古生物化石分析，结合 AMS^{14}C 测年建立的年代框架，重建了该区域末次冰消期以来的沉积框架体系。针对良渚古城遗址区及其附近的自然沉积钻孔岩芯，进行了沉积学分析，并开展了高分辨率的环境替代指标（粒度、元素丰度、硅藻）分析，获得对末次冰消期以来良渚地区地貌演化过程的基本认识：（1）末次冰消期以来至全新世早期（约 9.3ka 之前），长江三角洲、杭嘉湖、宁绍地区普遍发育古土壤，良渚地区大面积出露于海平面，山前地区发育有大量的辫状河，沉积了大量的河床相砂砾等沉积物。（2）早全新世（约 9.3~约 7.6ka），该区域沉积了大量的潮间带的海相沉积物，表明海平面快速上升，良渚地区发生海侵，之后海面平面上升趋于缓慢，到约 7.6ka 时海平面已经接近现今高度，海拔约-3~-4m 处。（3）中晚全新世（约 7.6ka~现今），该区域的陆地生长速度超过海平面上升速度，陆地开始出露于海平面之上，且海岸线不断东撤。来自海洋的影响十分微弱，出现了适宜人类定居的陆地环境，为后来良渚文明的发展奠定了基础。

S06-P-08S

运城盐湖钻孔所揭示的末次冰消期以来黄土高原地区高分辨率环境气候信息

王建[1,2]*，周新郢[1]，张贵林[1,2]，李小强[1]*

1 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 中国科学院大学，北京 100049

* lixiaoqiang@ivpp.ac.cn

地处黄土高原东南部的运城地区，不仅是华夏文明起源的核心区域之一，而且还是东亚地区气候变化的关键研究地带，因此该地区的湖泊沉积是记录区域环境气候信息的极好载体。本文以运城盐湖湖泊钻孔（111^{o} 4’59’’E，35^{o} 1’48’’N）上部 14.86m 段为研究对象，基于种子和陆生植物残体等测年材料所建立的高精度 AMS^{14}C 年代框架，以 X 射线荧光光谱分析（XRF）岩芯扫描和粒度等为替代指标，试图重建末次冰消期以来黄土高原地区的高分辨率气候环境信息。研究结果初步显示：（1）该湖泊沉积物的元素组成主要以 Si、Ti、K、Fe、Mn、Ca、Sr、Rb 和 Zr 等为主，相关性分析显示 Ti、K、Si、Al、Fe 和 Mn 等元素的变化趋势较为一致，可归为径流输入的陆源碎屑组分，该组分的波动反映了流域水文状况和沉积物来源的变化，进而可指示流域降水量、地表植被覆盖度和风化程度等信息，而 Ca 和 Sr 等生源组分元素的变化主要受湖泊水化学特征和湖泊类型等因子的控制，可有效指示湖泊水文特征；（2）盐湖钻孔沉积物粒度的测定，显示其粒度组成特征与区域降水、沉积来源、湖泊水位和水动力搬运强度等因素密切相关，较强的水动力条件、增多的大气降水和缩短的搬运沉积距离均可以增加陆源碎屑颗粒的贡献，同时通过对沉积物粒度频率曲线的进一步分析，可以有效区分多种动力搬运介质；（3）盐湖钻孔不仅连续地保存了该地区自 18.39 ka 以来百年分辨率的气候变化序列，而且还对重要气候事件的起讫、变幅和变率特征信息均有所记录，这对定量重建末次冰消期以来黄土高原地区的环境要素，深入理解不同时间尺度内东亚地区气候系统的动力机制具有重大的科学意义。

S06-P-09S

河西走廊地区晚全新世植被环境及人类活动的木炭化石记录

沈慧[1,2,3]，周新郢[1,2,3]，Alison Betts[4]，Peter W Jia[4]，赵克良[1,2,3]，李小强[1,2,3]*

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室，北京 100044

2 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心，北京 100044

3 中国科学院大学地球与行星科学学院，北京 100049

4 悉尼大学考古系，悉尼 NSW2006

* lixiaoqiang@ivpp.ac.cn

通过对河西走廊8处考古遗址中浮选的木炭化石进行鉴定统计分析，并结合高精度AMS^{14}C 测年，我们重建了该地区距今4300-2400 年期间的植被变迁以及人类活动影响。木炭化石结果显示，河西走廊这一时期的植被类型包括针叶林、针阔叶混交林以及绿洲型植被，降水的区域差异以及局地地形条件是影响植被分布格局的主要因素。从时间序列上而言，木炭化石组合显示距今4000-3500 年期间植物属种的多样性增加，并伴随有少量喜湿树种的出现，可能指示了该时段的水分条件相对改善。通过对东灰山遗址连续沉积的文化层剖面进行分析，结果表明人类活动对局地植被环境产生了显著的破坏作用，不仅导致了植被多样性降低，同时亦带来植被利用组合中优势属种的转变。进一步分析显示，古人在砍伐薪材的同时，也存在大量采集利用周围环境中野生果木资源的行为，这些果实可能为当时居民的一个重要食物来源。采集的果木种类主要包括稠李属(*Padus* sp.)、梨属(*Pyrus* sp.)、花楸属(*Sorbus* sp.)、栒子属 (*Cotoneaster* sp.)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等。距今 3500 年左右，桑树(*Morus alba*)遗存首次出现在河西走廊，揭示了当时的人群可能已经开始了对果木的管理，是目前已知的该地区最早的果木栽培证据，远早于丝绸之路的开辟。相较于早期频繁的农业传播活动，河西走廊园艺的出现相对较晚，其发展可能与小麦农业的建立有关。

S06-P-10S

河姆渡遗址发育与废弃的环境背景研究

曹叶婷[1]，郑洪波[2]*，杨青[2]，胡竹君[1]，凌光久[1]，周友胜[1]，成玥[1]，黄宪荣[1]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210046

2 云南大学地球系统科学研究中心，云南 650500

* zhenghb@ynu.edu.cn

长江三角洲是中国新石器文化的重要区域之一，也是世界稻作农业起源区之一。由于该区濒临东海，全新世地貌演化受控于海平面变化；同时，又因区域地势低平、水网密布，极易受到极端气候事件袭扰，对区域文化演化产生重要影响。河姆渡遗址是长江三角洲最著名的新石器遗址之一，以出土大量水稻遗存为世界瞩目，但其发育中断和废弃的原因一直为学术界所争论，存在“气候说”、“海侵说”与“水患说”等观点。为了厘清河姆渡遗址发育中断和废弃原因，亟需重建该区全新世地貌演化的精细过程，并探究极端气候事件对河姆渡先民的影响。

本研究通过对河姆渡遗址区内钻孔岩芯的沉积相分析，并开展元素丰度、粒度、黏土矿物与微体古生物等环境替代指标分析，结合 AMS14C 测年建立的年代框架，得到以下认识：7900 cal BP 左右，海侵已到达河姆渡遗址区；而后，约 7900-7100 cal BP，随海平面快速上升，逐渐形成潮间带与浅海（或海湾），此时遗址区被海水淹没，不适宜先民居住；约 7100 cal BP 左右，海平面上升速率显著减缓，加之陆源沉积物输入的增加，成陆作用开始，海岸线外撤，河姆渡遗址区域经历“沧海-桑田”的变化，普遍发育的陆地与肥沃土壤为河姆渡先民提供广阔的生产生活空间；6900- 6600 cal BP 期间，河姆渡遗址区频繁发生的风暴潮及洪水事件可能是造成河姆渡一期文化与二期文

化间断的主要原因。本研究将为区域极端气候环境事件对文化发展的影响研究提供可靠的证据。

S06-P-11S

浙江田螺山遗址 6.5 cal ka BP 以来的古环境背景分析

黄宪荣[1]，郑洪波[2]*，胡竹君[1]，杨青[2]，凌光久[1]，周友胜[1]，成玥[1]，曹叶婷[1]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210046

2 云南大学地球系统科学研究中心，云南 650500

* zhenghb@ynu.edu.cn

末次冰消期以来，海面快速上升，对长江三角洲地区的地形地貌产生了重要影响。同时，长江三角洲地区孕育了灿烂的新石器文化，开启了水稻的驯化和种植历史。目前，对该地区全新世海面变化的认识存在较大分歧，极端环境事件的研究也相对薄弱，限制了我们对新石器文化发展的气候环境背景的认识。

位于长江三角洲南岸宁绍平原的田螺山遗址是河姆渡文化的一处典型遗址。宁绍平原由于受北部的慈南山脉和舟山群岛的屏障作用，使其处于一个相对封闭的环境，沉积相对稳定，为研究新石器文化时期古环境背景变化提供了良好的材料。本研究在田螺山遗址 T005W 剖面取连续卡槽样品 263cm，对样品进行岩性地层描述、AMS^{14}C 测年、高分辨的 XRF（XRF Core Scanning）元素扫描、硅藻和粒度等指标的综合分析，初步探讨了整个剖面所反映的古环境背景，尤其是 4.2ka 左右的沉积环境。根据剖面的沉积相及多指标分析，划分了三个带：第一带包含河姆渡第一、二期文化（第⑥、⑦层）（约 7.0-6.5 cal ka BP），该层堆积较为混杂，砂含量较高，含有石块及陶片，受人类活动影响较明显，具有海相性指示意义的 Ca 元素强度相对较低，优势硅藻种为需氧气生种 *Hantzschia amphioxys*，咸水及半咸水硅藻百分含量较低，推测这一时期为淡水的沼泽环境，受海水影响较小；第二带（约 4.2 cal ka BP），沉积厚度达 100cm，主要为粘土质粉砂与白灰色砂层互层的平行层理，代表了洪水过后静水状态下沉积，且含有多层铁锰质黄色氧化层，可能是短暂暴露地表氧化的结果。Ca 元素强度较第一带快速上升且稳定在较高值，硅藻组合中优势种为咸水和半咸水种（*Coscinodiscus radiates*、*Cyclotella striata var.striata* 等），淡水种硅藻含量低，推测该时期可能为洪水的快速沉积，由于田螺山遗址地势低平，近海岸线，极易发生风暴潮事件，带来大量海水，引发洪泛；第三带，Ca 元素强度低，粘土含量相对较高，优势硅藻种为淡水附生种（*Pinnularia vividis*、*Navicula cuspidate*），为现代水稻田环境。本研究揭示了田螺山遗址 6.5 cal ka BP 以来的古环境背景，文化时期的环境背景为淡水沼泽环境，此后约 4.2 cal ka BP 为洪水频发时期的事件沉积，对深入理解田螺山遗址先民生活的环境背景及区域极端事件具有重要意义。

S06-P-12S

长江中游末次冰消期以来水热演化与人类活动响应

刘红叶[3]，顾延生[1,2,3]*，余舒琪[3]，伦子健[3]

1 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074

2 中国地质大学湿地演化与生态恢复湖北省重点实验室，武汉 430074

3 中国地质大学环境学院，武汉 430074

* ysgu@cug.edu.cn

长江中游地区孕育同纬度最丰富的湖泊-湿地群和考古文化遗址，受季风及海气震荡叠加影响，气候环境复杂，是我国气候环境研究比较薄弱的地区。频繁的气候事件对长江中游区域生态环境及人类活动产生巨大影响。为查明陆地生态系统及人类活动如何响应亚洲季风控制下的气候变化，在 AMS^{14}C 测年基础上，对长江中游亚高山泥炭湿地及平原湖泊钻孔沉积进行了较高分辨率沉积学、地球化学和古生态研究，重建

了末次冰消期以来古生态、古气候演化，对湖泊-湿地沉积、生态及中游地区文明演替响应气候变化进行了探讨。

深入研究表明，长江中游多元化的气候模式（长期冷湿-暖干被短期冷干-暖湿打断）不同于中国北方黄土高原（暖湿-冷干），温度主要受控于北半球夏季太阳辐射而水文受季风及 ENSO 共同作用。该模式不仅对亚高山湿地生态格局 （寒冷/干旱干扰植被更替/微生物活动）及碳循环（长期过度湿润/干旱不利于湿地碳积累/埋藏）产生了重要影响，同时，水文气候事件（温暖/湿润/寒冷/干旱）也干扰了平原湖沼沉积（湖群扩张/收缩），古遗址分布（高地/低地），古文明兴衰及水稻演化（蔓延/驯化）。该研究为进一步揭示地质历史时期长江中游地区气候变化与湖群消长、湿地演化和人类活动相互作用的过程和规律提供借鉴，也为认识生态对全球变化的响应及预测其演化趋势提供依据。

S06-P-13S

太湖竺山湾表层沉积物中 POPs 和重金属的含量及风险评估

孙恬 [1]，张明礼 [2]*，王延华 [1,2,3]*

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

2 江苏省物质循环与污染控制重点实验室，南京

3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心，南京

* zhangmingli@njnu.edu.cn;
wangyanhua@njnu.edu.cn

对太湖竺山湾表层沉积物（0~10cm）中持久性有机污染物（POPs）、放射性核素、重金属含量进行检测。采用 EPA PMF 5.0（USA）分析了沉积物中重金属的来源，并根据内梅罗污染指数法和沉积物环境质量标准分别对 POPs 和重金属含量进行生态风险评估。结果表明：雪堰段沉积物中重金属的含量总体高于周铁段，而铬在周铁段沉积物中含量更高，且重金属的综合污染指数超过了警戒值。其中重金属的主要污染源分别为工业排放（29.7%）、交通来源（16.9%）、农业污染（12.7%）。^{210}Pb 和 ^{137}Cs 的比活度范围为 90.9~306.5Bq kg^{-1}，12.1~43.6Bq kg^{-1}，二者比活度均低于美国环境保护署（USEPA）规定标准。总多环芳烃（PAHs）、多氯联苯（PCBs）和有机氯农药（OCPs）的含量范围分别为 2.7~82.2μg kg^{-1}，0.11~0.59μg kg^{-1}，1.12~2.83μg kg^{-1}。POPs 含量总体处于相对较低的生态风险水平，其中有机氯农药的最高浓度接近潜在生态风险的效应区间低值（ERL）。虽然沉积物中污染物的含量较低，但其对太湖竺山湾生态环境的潜在危害不容忽视。

S06-P-14S

余姚河姆渡地区全新世火-植被-气候-人类活动的黑碳沉积记录

庞洋，周斌*

南京大学地球与工程科学学院，南京 210093

* zhoubinok@163.com

黑碳是生物质燃料在不完全燃烧条件下产物，具有高度的生物化学惰性，能在沉积物中稳定地保存千、万年，它的碳同位素值继承了其先体植物的特征且在燃烧和埋藏的过程中基本不发生变化，因此利用黑碳及其碳同位素信息能很好地恢复地质历史时期火演化历史与植被、气候和人类活动的关系。本研究对余姚河姆渡地区 43.88 米长的沉积岩芯进行了高分辨率的黑碳及其碳同位素分析，基于良好的年代框架，重建了宁绍平原河姆渡地区全新世以来火-植被-气候-人类活动的演化历史。

研究结果显示，全新世早期 9500 cal. yr BP 黑碳含量及其沉积速率显著上升，并且该时段黑碳碳同位素值较偏负；推断该时期气候波动幅度较大，火发生频率较高，燃烧

的植被以 C_3 植被占优势地位。之后，黑碳含量与黑碳沉积速率呈现波动变化，在 9500 cal. yr BP 、9000 cal. yr BP、8300 cal. yr BP、8500~8600 cal. yr BP、7800 cal. yr BP、7200 cal. yr BP 和 6400 cal. yr BP 等时段出现一些小的峰值，对应的黑碳碳同位素值相对正偏，表明 C4 植物或 C3 草本植物在燃烧过程中的贡献相对增大。这些火事件具有较明显的 500-600 年周期性变化，且燃烧的材料较为一致，判断这一时段火事件应为同一类型，但由于年代框架存在一定的不确定性，以及该岩芯其他相关分析证据的缺乏，还难以分辨火事件与气候及人类活动的联系。中晚全新世以来，由于样品分辨率问题，黑碳含量仅在3500cal. yr BP出现整个序列的极大值，且对应的黑碳同位素值非常偏负，初步判断这可能是气候突然恶化导致高强度大规模火事件的发生，且燃烧了大量的 C3 木本植被导致的结果。

S06-P-15

双洎河流域晚更新世晚期以来环境演变与人地关系研究

任小林 [1,2]*，莫多闻 [2]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

2 北京大学城市与环境学院，北京 100871

* xlren@mail.iggcas.ac.cn

中国地域广大，环境和文化要素复杂，为探讨不同时空尺度的人地关系提供了良好的条件。但系统开展全新世流域尺度人地关系的研究工作仍较匮乏，是当前环境考古亟待加强的研究领域。本文以晚更新世中晚期以来双洎河流域人地关系为研究论题，通过广泛的野外调查和对重点遗址剖面、自然沉积剖面的系统采样和实验室分析以及后期研究，揭示双洎河流域地貌演化、生业类型转变与聚落演进之间的关系。论文取得的主要结论如下：

1）通过多个剖面的光释光年代、粒度、磁化率等分析，恢复了双洎河及其支流溱水的地貌演化历史。约 50 ka BP 开始，一直到晚更新世末期，双洎河中游及溱水下游一直是往上加积的过程，沉积了 20 m 厚的河湖相沉积和冲积次生黄土。具体到东土桥段，从约 50 ka BP 至 28 ka BP，一直是以河湖相为主的堆积，堆积速率为 0.60 mm/a；28 ka BP 以后，从河湖相为主转变为以风成黄土堆积为主，沉积速率降为 0.21 mm/a。晚更新世晚期至全新世之交，双洎河流域不同地点均有不同程度的下切，下切时间和幅度在不同地点有所不同。干流中游于 28 ka BP~22 ka BP 之间加积很缓，约 20 ka BP 之后开始小幅下切，逐渐形成现代第三级阶地（T3），阶地面开始接受厚 3~5 m 的晚更新世末和全新世初的黄土堆积。溱水流域部分地点在晚更新世末期尚发生淤积，而下切时间应在 14 ka BP~8 ka BP 之间。总体来说，这次下切的规模和幅度都不大，干支流主要河段只下切数米左右。这次下切之后，溱水中下游从 8 ka BP 至 4 ka BP 之间是个持续加积的过程，也是第二级阶地（T2）逐渐形成的时期。这一时期河谷与阶地、台地之间的高差较小，湖沼广布，是气候、地貌、水文环境最适宜的时期。约 4 ka BP 之后，双洎河干支流发生一次下切，规模逐渐加大，其中干流的中游下切幅度最大，深度达 15 m 以上。这次下切之后，各地点中全新世湖泊逐渐消亡，直到历史晚期才发生一次加积过程，形成规模不大的第一级阶地（T1）。

2）对牛玉环剖面粒度和地球化学元素的分析，提供双洎河流域晚更新世晚期以来的气候环境信息。总体而言，22 ka BP~13 ka BP，气候凉湿；13 ka BP~8 kaBP，气候波动回暖；8 ka BP~6 ka BP，气候暖湿；6 ka BP 以后呈干凉化的变化趋势。沿河地带晚更新世末期形成第三级阶地，全新世中晚期形成第二级阶地，适宜人类活动的区域不断扩大。仰韶时代，人类聚落逐渐从山前黄土丘陵向更低、更平坦的河谷平原扩散，这与仰韶时代生业模式的转型（农业取代狩猎采集经济成为主体）密切相关。龙山时代，聚落有进一步向干支流河谷地带汇集的趋势。全新世中期双洎河流域优越的地貌、水文环境和土

地资源，为农业的扩展、聚落的扩大和古城址的出现奠定了条件。

S06-P-16

东亚全新世古地磁场长期变特征及其在河姆渡遗址相对定年中的应用

郑妍[1]*，郑洪波[2]，李小强[1]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 云南大学，南京 210093

* zhengyan@ivpp.ac.cn

全新世是人类文化繁荣发展的时代，全新世时期气候变化对环境的影响也是“过去全球变化（PAGES）”研究的重点和难点，对现代人类生存和发展具有一定的指示意义。可靠精细的年代框架则是深入研究全新世的气候及相关科学问题，及其未来气候变化的趋势的基础。河姆渡遗址是我国新石器时期最重要的人类遗址，其文明的产生、兴盛和灭亡受气候和环境控制，已经开展了大量研究。这些研究都要依靠可靠的年代学依据。目前沉积物所采用的定年方法主要为^{14}C 定年，然而在沉积物中缺乏定年材料时，则需要其他的方法获得年代学依据。

地磁场的方向和强度随时间变化，且在长时间尺度上全球范围内地磁场相对强度的变化基本一致，在短时间尺度上来说，地磁场变化具有区域一致性的特征。由于古地磁学方法对研究材料的要求相对较少，沉积物和岩石均适宜开展研究，因此基于地磁场倒转特性获得磁极性地层序列已经在广泛应用于新生代地层的年代标定。地磁场持续的小规模变化称为长期变，是全新世高分辨率研究的古地磁研究的重要部分。地磁场长期变的研究已经在欧美众多湖泊和海湾地区广泛开展，并且取得了大量的成果。欧美地区地磁场长期变综合曲线已经成为相对年龄标定的重要手段之一。地磁场长期变研究已经东亚地区开展，多处地区的研究结果发现东亚地区的地磁场长期便具有相似的变化特征，因此建立了东亚地磁场长期变综合曲线，可以作为沉积物相对定年的重要参考曲线。

河姆渡遗址区钻取的岩芯 HMD1301 长约 20 m，沉积相单一，是适于开展古地磁学研究的理想材料。已经测得的 ^{14}C 年龄出现倒置情况或者不同层位相同年龄等情况，所以在去除不可靠、有矛盾的年龄后，根据古地磁倾角变化，并对比相对强度结果，得到 HMD1301 准确高分辨率的年代框架。研究表明，全新世古地磁场长期变和相对古强度结果结合 ^{14}C 绝对年龄可以获得可靠的高分辨率年代框架，为探讨气候环境变化对人类发展的影响提供了重要的年代标尺。

S06-P-17S

7.5~7.0 cal ka BP 气候事件区域表现特征及其驱动机制

侯梅[1,2]，吴文祥[1]*，郑洪波[3]

1 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

2 中国科学院大学，北京 100049

3 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650091

* wuwx@igsnrr.ac.cn

识别全新世气候突变事件、阐明其区域环境表现特征、揭示其驱动机制是理解气候系统变化行为、应对未来气候变化、以及弄清考古学文化转变与气候变化关系的关键。随着高分辨率古气候重建的进展，发生于全新世大暖期 7.5~7.0 cal ka BP 气候事件逐渐被揭示，但截止目前，仍缺乏针对该气候事件的各种类型气候证据的系统收集、对比和分析。我们收集了全球 39 个测年准确和分辨率高的连续古气候记录，结合一些非连续性古气候记录，系统总结了 7.5~7.0 cal ka BP 气候事件的区域环境表现。结果显示这一气候事件在全球多个地区都有明显的反映，主要表现为亚洲夏季风减弱、南美洲夏季风增强；北－中欧及北美西部表现冷湿，地中海沿岸地区和热带非洲则表现为降水减少。古

气候记录和气候强迫因素之间的对比分析表明北半球夏季太阳辐射逐渐减少、太阳活动减弱、火山活动频发和劳伦太德冰盖快速融化可能在 7.5~7.0 cal ka BP 气候事件的产生过程中共同发挥了作用。未来需要更多定量－半定量、测年准确、分辨率高的古气候记录刻画该气候事件的变化幅度、起止时间、以及区域差异，同时需要结合古气候模拟进一步理解 7.5~7.0 cal ka BP 气候事件的驱动机制。

S06-P-18

5.5cal ka BP 气候事件与中国复杂社会产生和农业活动强化

吴文祥 [1]*，郑洪波 [2]，侯梅 [1,3]，葛全胜 [1]

1 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

2 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650091

3 中国科学院大学，北京 100049

* wuwx@igsnrr.ac.cn

复杂社会的最初产生和早期农业活动强化一直是考古学、古人类学以及古人地关系研究的焦点。中国是世界上农业最早起源和复杂社会最早出现的地区之一，然而早期农业活动强化和复杂社会产生的动因一直存在较大争议。我们首先基于目前考古和全新世气候变化证据，结合人口学理论，从能动性理论的视角，对中国 5.5cal ka BP 左右多个地区同时出现复杂社会的动因进行了解释。认为气候变化、人口增长、条件限制三个因素共同作用，引起人口-资源失衡，触发人群间的冲突和竞争，为一些热衷权力的能动者提供了机会，使他们能够突破平等化机制的限制，成为集中决策的领导者，进而导致大规模的复杂社会的初现，降温期间极端气候事件的增加引起人口-资源压力经常性发生，触发不同社会团体之间竞争和战争的频率增加，为集中领导权的合法化、制度化和持久性创造了条件，并最终促使制度化不平等社会的产生。在此基础上，我们对 6.0cal ka BP 后农业活动明显出现强化的现象给出了解释，认为农业活动强化在很大程度上与农业起源一样，更多地是人类一种被动适应的行为所致。最早社会复杂化产生后社会团体内部集权的需要和不同社会团体之间的竞争促进了农业活动的进一步强化。研究结果能够很好解释中国最早的复杂社会为何产生于 5.5cal ka BP 左右、为何同时产生于多地区，以及中国多个地区早期农业活动为何在 6.0cal ka BP 后明显出现强化现象。

S06-P-19S

长江下游江浙地区史前稻作土地利用定量重建

喻杰，于严严*

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* yyy@mail.iggcas.ac.cn

定量重建全新世土地利用是合理评估史前人类活动对环境气候变化影响的基础。以往土地利用规模研究主要基于历史数据和环境背景数据进行简单地外推，由于缺乏史前人类活动直接证据，重建的土地利用规模和空间分布结果存在着很大的偏差。基于人类活动直接证据-考古遗址发展的史前土地利用模型（PLUM），能够较真实地反映早期人类活动强度的时空变化特征，并已在我国典型旱作农业区得到了验证和应用。为了进一步提高模型的重建精度，并增强其在其它农业类型区的适用性，本研究一方面在系统整理分析遗址作物遗存、人骨同位素等证据的基础上，区分了全新世不同阶段各种生计方式（饲养、农耕、狩猎、采集等）在区域土地利用中的比重，进而改进了 PLUM 模型的土地利用需求模块，可以更真实地重建不同土地利用方式的规模；另一方面利用现代稻作空间分布与环境要素的关系，揭示了稻作农业对不同环境要素的依赖性和选择性，并结合遗址分布特征，改进了 PLUM 模型土地利用空间分配模块，从而提高土地

利用空间分布重建的合理性。将改进后的模型应用于我国稻作农业起源与发展核心区-长江下游的江浙地区，定量重建了区域人口和土地利用面积自8-4kaBP以来的时空变化特征。结果表明史前时期（8-4kaBP）江浙地区稻作在史前人类饮食来源中所占比例由6%变化至90%，

每千年人类农业用地总面积依次约为455 km^2，1616 km^2，14112 km^2，24590 km^2，约有0.2%、0.8%、6.6%、11.6%的土地面积被开发成为农业用地和居住地，7kaBP之后人类活动强度和北方旱作农业区相当。空间上人类土地利用主要分布在低海拔平原区，对高程、坡度、水域以及土壤类型有较强的依赖性，人类活动区域变化显著，由最初的北部内陆地区到中南部沿海地区，随后扩展到北部内陆地区，最后广布于整个区域。上述结果揭示了不断增强的史前人类农业活动对该地区土地覆盖变化产生了一定的影响，同时也受到海岸线、生活资源等自然环境的制约。

S06-P-20S

建湖剖面揭示的苏北平原中全新世海陆变迁历史

成玥[1]，郑洪波[2]*，胡竹君[1]，杨青[2]，凌光久[1]，周友胜[1]，黄宪荣[1]，曹叶婷[1]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210046

2 云南大学地球系统科学研究中心，云南 650500

* zhenghb@ynu.edu.cn

苏北平原是我国东部滨海平原的重要组成部分，对海面变化敏感，因而是研究全新世海陆环境变迁的理想地域。过去对苏北平原全新世沉积环境演变的研究由于测年、高程误差等问题使得目前尚未获得统一的认识。本研究通过对建湖冈西剖面 JH1601和JH1701孔全新世地层进行RTK绝对高程测量、岩性描述、多种材料的 AMS14C 测年、高分辨率的地球化学元素（XRF）扫描、有孔虫和粒度分析，综合探讨该地区全新世早-中期海陆变迁的地貌演化历史。研究结果表明，苏北平原在全新世时期经历了一次明显的海侵和海退过程，根据钻孔的岩性变化及多指标分析，将其沉积环境分为4个阶段：（1）早全新世时期（13.3 -7.6 cal ka BP）海相性元素 Ca 相对强度低、有孔虫化石缺失表明研究区未受海水影响，而灰黑色粘土质粉砂沉积物指示研究区为有机质含量丰富的湖沼相沉积环境；（2）中全新世早期（7.6-7cal ka BP）进入全新世大暖期，海平面处于快速上升阶段，7.6 cal ka BP 时 Ca 相对强度迅速增加、有孔虫化石开始出现，表明海岸线已到达研究区，而富集的贝壳层位指示了当时约为-3.5m 的海面高度，较高丰度的有孔虫化石以及以粘土组分为主的沉积特征则指示研究区处于稳定的浅海相沉积环境中；（3）中全新世中期（7-6.7 cal ka BP）海平面处于稳定或缓慢上升阶段，Fe/Ti 指示的陆源物质输入量在 7 cal ka BP 左右达到峰值，说明此时开始了成陆作用，海岸线东撤，苏北平原进入海退模式。沉积物中值粒径变大，说明这一时期水动力逐渐增强，而岩性表现为粉砂和粘土的交互平行层理，表明此时研究区的沉积环境由浅海向潮间带转化；（4）中全新世晚期（6.7 cal ka BP 以后）海岸线东撤后在西岗（钻孔东边约 10 km）开始发育贝壳砂堤（6.7-5.5 cal ka BP）将研究区与海洋逐渐隔离使其受海水影响减弱，中值粒径减小，Ca 相对强度降低，有孔虫丰度急剧降低甚至消失，说明从 6.7 cal ka BP 以后研究区进入了潮间带-潮上带-河湖相沉积环境的演变模式。本研究通过多指标的综合分析更为准确地揭示了中国东部滨海平原中全新世海陆环境变迁历史，对构建我国全新世高分辨率海平面变化曲线具有重要意义。

S06-P-21S

末次冰消期晚期广西独山洞遗址周边植被特征

杨庆江[1,2]，李小强[1,3]*，周新郢[1,3]，赵克良[1,3]，王建[1,2]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所脊椎动物演化与人类起源重点实验室，北京 100044
2 中国科学院大学，北京 100049
3 地球科学学院，中国科学院大学，北京 100049
* lixiaoqiang@ivpp.ac.cn

洞穴沉积物中孢粉组合对气候环境有独特的指示作用。广西田东县独山洞遗址第三文化层(深度：100-150 cm)出土了大量的人类化石和打制石器以及哺乳动物牙齿和螺壳碎片，AMS14C 测年结果显示该层持续时间约为 14.3-11.2 cal ka BP，相当于末次冰消期晚期。花粉统计结果显示，独山洞遗址周边在 14.3-12.9 cal ka BP 以杜鹃花科、石竹科、蓼属、菊科蒲公英型和禾本科植物为主，乔木较少，反映了当地灌丛草原景观。在 12.9-11.2 cal a BP 期间，常绿栎类和青冈属出现并成为建群种，柳属也占据一定的比例，石竹科、蓼属、禾本科比例有所减少，整体表现为亚热带常绿阔叶林景观。值得注意的是，这一时期蕨类孢子(以凤尾蕨属、铁线蕨属、双扇蕨属、蹄盖蕨属、水龙骨科和里白属为主)比例极高，这表明独山洞周边甚至洞内生长了大量蕨类植物。蕨类孢子在洞内富集可能与蕨类孢子的产量以及易于被水携带的特点有关。

S06-P-22S

东北地区沼泽泥炭地表层孢粉与植被和气候关系的初步研究

唐天意[1]，马春梅[1,2]*，张新荣[3]

1 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023
2 江苏省气候变化协同创新中心，南京 210023
3 吉林大学地球科学学院，长春 130061
* chunmeima@nju.edu.cn

沼泽泥炭是气候变化研究中一种重要的环境信息载体。本文通过对中国东北地区 15 个典型沼泽泥炭地表层沉积物样品进行孢粉分析，并对比东亚数据库表土孢粉数据，研究孢粉与植被和气候的关系，以及泥炭表层孢粉的特点。结果表明，东北地区泥炭表层孢粉组合能较好地反应植被状况；寒温带针叶林、温带针阔混交林、暖温带落叶阔叶林、温带草原的孢粉组合存在水平和垂直的规律性差异；由 PCA 得到影响花粉分布的前两个因子依次是温度和湿度；泥炭地表层沉积物相比表土对区域花粉具有更好的汇聚作用，在对泥炭钻孔古气候定量重建时应多考虑使用类似沉积环境的现代孢粉数据。该研究对花粉-植被-气候关系研究和提高古气候定量重建精度方面有重要的科学意义。

S06-P-23S

古人类用火研究及其进展

胡圆峰，周斌*

南京大学地球与工程科学学院，南京 210093
* zhoubinok@163.com

火对人类演化的重要意义不言而喻，正是我们的祖先利用火制造工具、烹饪佳肴、照亮黑暗和保暖驱寒才逐渐让我们在进化中从一般的动物界脱离，并占据领导地位，进而站在了食物链的顶端。然而，学术界对于人类最早何时开始用火，以及人类用火的动机及规律(如地区间差异及其与自然环境的相互关系等)一直存在争论。因此，形成一套学术界公认的有关人类有意识用火证据的标准对开展相关的研究与讨论十分重要。

近年来，随着科技水平的发展，研究古人类用火的技术手段也在不断地进步，除了宏观分析原地证据外，微观形态观察、FTIR 红外光谱分析、磁化率分析、红度分析外，元素碳含量分析、同位素及有机地球化学等技术手段正逐步被应用于相关研究中。通过对南非开普敦 Wonderwerk 洞穴、以色列 Qesem 洞穴、北京周口店猿人洞以及湖北黄龙洞等地古人类用火相关文献的系统性调研，并将这些地区古人类用火研究使用的方法进行整理和分析，总结出如下认识，即在对一个遗址进行火活动研究时，首先要获取

该遗址的文化考古资料，确定是否曾发生过燃烧事件，然后分析燃烧的是何物质，以及与人类活动的联系。我们认为目前还没有任何单一的方法可以确定更新世早期的古人类用火信息，而是需要多种方法的结合才能得到比较准确的结论。选择宏观形态分析初步判断有火活动的区域，利用 FTIR、元素碳含量分析等地球化学手段确定火事件发生的确切证据，再利微观形态及微地层分析对完整沉积物进行系统研究揭示其就地用火的可能性，从而形成与古人类用火的完整证据链。稳定同位素及有机地球化学方法进一步确定古人类用火行为及其与植被、气候的联系，探讨古人类用火的动机，为该领域提供新的研究手段和思路。

球协同变化的机制还存在争议，特别是在冰期-间冰期相互转换时期。在冰期向间冰期快速转换时，黄土记录表明东亚夏季风快速增强，东亚冬季风快速减弱，但冰芯和石笋记录却显示南北半球存在非对称的演化过程，表现为一系列千年尺度的快速变化事件；在间冰期向冰期转换时，黄土记录存在明显的非线形响应，表现为磁化率和粒度的较长时间不变和短时突变，而海洋沉积物和冰芯记录则显示全球气候存在逐渐地、分阶段地转变。此外，轨道尺度东亚夏季风和冬季风的相位关系也存在很大争议，比如黄土记录显示东亚夏季风和冬季风在冰期-间冰期尺度呈现反相位变化，但这很有可能是冬季风变化所导致的沉积速率变化对夏季风指标影响的结果。

本研究从黄土中一类非常纯净的次生碳酸盐-生物微钙体入手，逐步深入探索。前期工作表明，生物微钙体的 Sr/Ca 比值与夏季降水量存在很好的转换函数关系，反映了夏季降水量对土壤溶液瑞利分馏程度的影响。据此重建的黄土高原中部过去 1.5 个百万年以来的夏季降水变化显示出很强的地球斜度周期，结合气候模式模拟结果，我们认为这反映了北半球中低纬度夏季太阳辐射差异对海陆热力差异调控的结果。

在此基础上，我们进一步利用生物微钙体的锶同位素值（$^{87}Sr/^{86}Sr$）重建了 S5 以来的风化强度变化。结果表明，生物微钙体锶同位素值反映的风化强度与夏季降水量无关，主要受夏季温度控制。在冰期向间冰期快速转换时，生物微钙体锶同位素值反映的夏季温度的上升总是提前于磁化率的升高，而与粒度的进一步变粗同步。这可能反映了南北半球相互作用对东亚气候的影响，冰消期开始时由于北半球冰盖崩解，大量淡水输入北大西洋，导致大西洋子午环流减弱，由于两极跷跷板效应，北大西洋变冷而南半球变暖。北半球高纬的变冷可能增强西伯利亚高压，使得东亚冬季风加强、黄土沉积粒度变粗。而南半球的变暖可能影响西风带的位置和强度，导致南大洋上涌加强和大气 CO_2 上升，东亚夏季温度上升。在间冰期向冰期转换时，黄土沉积粒度的快速变粗与生物微钙体锶同位素的下降同步，但当生物微钙体锶同位素低于某一阈值并进一步下降时，黄土沉积粒度开始变细。我们认为这反映了间冰期向冰期转换后期，南大洋西风带的移动一方面会提高亚南极地区的生物生产力，从而导致大气 CO_2 下降和东亚夏季温度的进一步降低，另一方面会影响热带辐合带的位置，进而影响东亚冬季风强度和黄土沉积粒度。

S07-O-01

River capture between the Dadu and Anning Rivers at ~3 Ma, eastern Tibetan Plateau

Rong Yang[1]*, Ahmed Suhail[1], Loraine Gourbet[2], Ruohong Jiao[3], Xiubin Lin[1],Maria Giuditta Fellin[2],Junfeng Gong[1], Xiaochun Wei[1], Colin Maden[2], Hanlin Chen[1]

1 Department of Earth Sciences, Zhejiang University, 310027 Hangzhou, China

2 Department of Earth Sciences, ETH Zürich, 8092 Zürich, Switzerland

3 Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

* royang1985@zju.edu.cn

The geometry and evolution of fluvial systems are thought to be related to surface uplift. In eastern Tibet, rivers exhibit peculiar drainage patterns but how these patterns were established and their connection with the plateau uplift are still under debate. Here, we use detrital zircon U-Pb dating and basement thermochronometry to explore the paleo-drainage pattern of the Dadu and Anning Rivers, eastern Tibet. Our detrital data indicate that the Pliocene sources of sediments to the Anning River were different from the modern ones and they included a source similar to that of the modern Dadu River. Basement thermochronometric data along the Dadu River reveal a two-phase cooling history with rapid cooling initiated at ~13 Ma followed by enhanced cooling initiated at ~3 Ma. Our findings imply a paleo-connection between the Dadu and the Anning Rivers in the Pliocene and a subsequent cutoff of this connection at ~3 Ma, resulting in rapid incision of the Dadu River. This capture is associated with the lateral movement of a fault that locally disrupts the river network. This event does not date the plateau uplift; rather, it indicates how river reorganization can effectively induce rapid incision independently from regional-scale uplift.

S07-O-02

构造地貌控制青藏高原北缘10 Ma的沉积特征变化

张涛[1,2]*，方小敏[1,2,3]，宋春晖[4]，张伟林[1,2]

1 中国科学院青藏高原研究所，大陆碰撞与高原隆升重点实验室，北京 100101

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

3 中国科学院大学，北京 100049

4 兰州大学，地质科学与矿产资源学院，兰州 730000

* zhangtao108@126.com

构造地貌和/或气候变化在陆相盆地的沉积体系演化过程中起着至关重要的作用。青藏高原东北缘的柴达木盆地由于其特殊的地理位置以及完整、连续的厚层新生代沉积序列，成为探究这一过程的天然实验室。然而，驱动该区晚新生代沉积演化的首要控制要素是构造地貌还是气候变化至今仍存较大争议。本文通过对柴达木盆地西部具有准确年代控制的天然露头剖面以及深钻沉积物的精细沉积学分析，并结合地震地层学研究发现，柴达木盆地西部沉积特征在 10 Ma 左右发生了明显变化，且与该地区的地形地貌生长同步。综合研究区的古气候特征以及概念性模型分析，我们认为构造运动，而不是气候变化是控制青藏高原东北缘 10 Ma 沉积特征变化的关键因素。

S07-O-03

雅鲁藏布江大峡谷冰川坝发育及在维护青藏高原边缘稳定性中的有限作用

王萍[1]*，Jonathan M Harbor[2]，易朝路[3]，胡钢[1]，王慧颖[1]

1 中国地震局地质研究所，北京 100029

2 Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Purdue University

3 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101

* wangping@ies.ac.cn

最近一些年在被冰川、河流强烈侵蚀的喜马拉雅东构造结地区开展的研究工作获得了关于气候变化、剥蚀和构造隆升相互作用的诸多认识（Zeitler et al.,2006； Finnegan et al.,2008；Enkelmann et al.,2011），大峡谷入口地表残留的冰川坝显示了反复的冰川坝作用，冰川坝可以阻碍雅鲁藏布江的溯源侵蚀，是构成维持西藏东南部高原稳定性的重要因素（Korup and Montgomery,2008；Owen et al.,2010；Korup et al.,2010），南迦巴瓦地区的地表过程在局部的和区域的地

壳动力学中起了重要作用，可以用构造动脉瘤假设解释河流和冰川触发造山带岩体隆起的物理机制（Zeitler et al.,2001；2014；Koons et al.,2002；Finnegan et al.,2008）。另一方面，雅鲁藏布江古峡谷的发现以及谷底沉积的 ^{26}Al / ^{10}Be 年龄表明至少在 2.5 Ma 以来，南迦巴瓦-加拉白垒块体的加速隆升导致了雅鲁藏布江大峡谷坡度的急剧变陡和巨型裂点的形成（Wang et al.,2014）；有可能这一隆升作用在 10 Ma 之前就已经开始，并对雅鲁藏布江河谷地貌产生影响（Schmidt et al.,2015；Trembley al.,2015）。由于缺乏对冰川启动、侵蚀、构造隆升相互作用的时间进程的约束，气候驱使的侵蚀效应能在多大程度上影响地壳构造变形的问题仍不清楚，也难以评估冰川坝对地貌长期演化的影响。

雅鲁藏布江埋藏古峡谷的河谷沉积中，发现了多期冰川坝堆积，^{26}Al / ^{10}Be 年龄揭示最早的冰碛物年龄约为 1Ma。重建的河流充填过程和全球气候变化表明，在~2.5Ma 之前开始的河流砂砾石沉积之上，~1Ma 开始的冰川坝及堰塞湖沉积，是中更新世气候转型时期全球气温急剧转冷背景下南迦巴瓦峰地区冰川活动的结果。随着冰期-间冰期的气候波动，河谷沉积经历反复的充填与切割。我们认为，反复的冰川坝对河流下切的阻碍作用表现为沉积旋回裂点的不断形成和迁移，而南迦巴瓦-加拉白垒块体的继承性加速隆升造就了基岩裂点的持续抬升，上游河段的不断加积，冰川坝堆积及古堰塞湖沉积得以部分保存。与冰川坝阻挡河流下切的有限作用相比，南迦巴瓦-加拉白垒块体的构造隆升依然是维护青藏高原边缘稳定性的首要和主要因素。

S07-O-04

洞穴沉积埋藏年龄揭示金沙江河流演化特征

刘静[1]*，Devin McPhillips[2]，Greg Hoke[3]，Paul Bierman[4]

1 中国地震局地质研究所，北京 100029

2 Department of Earth Science

3 Syracuse University

4 Syracuse, NY

*liu-zeng@ies.ac.cn

长江的发育与演化一直是中外地质和地貌学家研究的热点问题之一，因为河流水系的形成和演化记录了有关造山带和高原隆升的丰富信息。其中“长江第一湾”的金沙江大拐弯，河流在石鼓附近流向由往南转为北北东的巨大 V 字形拐弯。对这一非同寻常的平面几何特征，中外学者前赴后继地进行研究，探讨其成因如金沙江是由河流袭夺而成还是一条先成河，形成长期争论的局面。河流水系发育的定量研究比较难，重塑大型河流的历史推测成分大，主要是由于外流区关于大型河流发育的证据不易保存，尤其是沉积学的证据，年轻沉积物能暂时保存在河道或附近的支流汇水盆地，而越老的沉积，被侵蚀搬运移离的几率越大。石鼓附近出露的岩石主要是三叠纪灰岩，岩石类型不适合低温热年代学示踪河流的侵蚀下切历史。但是河流在切穿灰岩时发育大量的洞穴，其中延伸较远的大型洞穴形成于河流侵蚀基准的河面附近，因此代表古金沙江及其支流河的古河流海拔。河道沙砾石在经历河流长距离搬运后残留在洞穴中。我们在石鼓附近发现四个大型洞穴中处于胶结状态的古河床沉积砾石，采样点分别高出现今河床 1500 m，1100 m,和 490 m。砾石磨圆度高，岩性差异大，与大型河流搬运的预期一致。对砾石进行宇宙成因核素 $^{10}Be/^{26}Al$ 和 ^{21}Ne 的埋藏年龄测试分析，结果表明沉积物的年龄分布在 10-13Ma，且沉积物海拔越高年龄越老，符合正常层序。表明石鼓附近金沙江 10-13Ma 之间下切了 1000 米，下切速率为~0.3 mm/yr。但是 10Ma 以来仅下切了 500 米，下切速率为~0.05 mm/yr，降低了一个数量级。此外，数据还表明， 距今 10Ma 金沙江干流河床海拔已经低于河流袭夺说提到的袭夺点位海拔高度，因此，金沙江如果曾经发生过袭夺和河流反向，那么这一过程应该早于 13Ma。我们还将讨论该发现对于理解青藏

高原东缘的构造抬升和河流下切之间关系的意义。

S07-O-05

金沙江第一湾末次冰期以来河流阶地及堰塞湖发育

童康毅，胡钢*，王萍

中国地震局地质研究所，北京 100029

* hugang@itpcas.ac.cn

金沙江作为我国第一大河流长江的上游，其水系发育过程示一个重要且充满争议的科学问题。金沙江在石鼓段呈 V 字型大拐弯，在其河谷中保留了巨厚的河流沉积物（>200 m）和堰塞湖相沉积。前人研究表明金沙江堰塞可能和玉龙雪山末次冰期冰川发育有关。但是金沙江现代河面高程仅为~1800 m，末次冰期冰川末端很难达到该高度，且长期存在并堰塞金沙江。

本研究中，我们在金沙江石鼓段开展了详细的野外调查，发现大具-石鼓段发育了两级河流阶地，拔河高度分别为~10 m 和~40 m；石鼓-拉玛洛村发育 3 级河流阶地，拔河高度分别为~5m，~10 m 和~40 m；拉玛洛村-龙蟠乡发育 2 级湖相阶地，拔河高度分别为~10 m 和~40 m；龙蟠乡-虎跳峡入口发育大量泥石流、滑坡沉积。OSL 和 ^{14}C 年代表明两级湖相地层的发育时代分别为晚冰期和全新世早期，与两级高阶地的时代一致。因此我们认为冰消期大量的融水携带冰碛物形成泥石流和滑坡沉积是堰塞金沙江石鼓段的主要原因。

S07-O-06

长江上游河流沉积物宇生核素年代学及地貌演化意义

刘彧[1,2]，王世杰[1,2]*，徐胜[3]，Derek Fabel[3]，Ángel Rodés[3]，张信宝[4]

1 中国科学院地球化学研究所，环境地球化学国家重点实验室，贵阳 50081

2 中国科学院普定喀斯特生态系统研究站，普定 62100

3 Scottish Universities Environmental Research Centre, East Kilbride, G75 0QF, UK

4 中国科学院山地灾害与环境研究所，成都 10041

* wangshijie@vip.skleg.cn

目前，研究共识认为，现代长江是通过河流袭夺不断从下游连接到上游逐渐形成的。三峡贯通是长江河流演化的关键事件之一，东流的古长江中下游经过三峡袭夺早期西流的川江，对研究长江上游河流演化发育具有极其重要意义。至今地学界对这次袭夺事件发生的时间争议颇多，从 0.12 Ma 到 45 Ma 都有报道，如此大的时间变化范围制约了长江河流演化的精细研究。

三峡贯通对四川盆地内的河流发育演化必定造成重大影响。河流阶地是河流地貌演化的产物，记录了河流演变过程中的关键信息。因此，对四川盆地内长江及其主要支流阶地进行年代学研究，可以对三峡贯通的时间有所约束。此外，长江在三峡出口，江汉盆地西缘宜昌附近发育了一套超过 150 米厚的松散砂砾石层（宜昌砾石层），是一个巨大冲积扇，被认为与三峡贯通有直接关系。因此，宜昌砾石层的年代学研究不仅可以约束三峡贯通时间，还可以理清宜昌砾石层的发育与四川盆地内河流演化的关系。

结合前人研究，野外踏勘发现四川盆地内除了重庆（合川）以外，长江干流宜宾—重庆河段普遍保存有 3 级阶地，岷江在泥溪保存有 3 级阶地，沱江在内江保存有 4 级阶地，嘉陵江在合川最高保存了 7 级阶地，并且这些阶地均为基座阶地。宜昌砾石层在宜昌猇亭附近出露海拔为 75-230 米。本研究对上述河流阶地（宜宾-泸州附近长江 3 级阶地，嘉陵江 T2 以外所有 6 级阶地，岷江 3 级阶地，沱江 T4 阶地），以及宜昌砾石层不同高度的砂、砾石，共计 29 份样品进行了宇生核素 26Al/10Be 测年尝试。根据河流沉积物保存情况，分别用单一埋藏测年法、等时线埋藏测年法、深度剖面暴露测年法和单一暴露测年法，计算了沉积物的埋藏年龄（最大年龄）和暴露年龄（最小年龄）。

分析结果显示，四川盆地内长江、岷江、沱江、嘉陵江的最高一级阶地样品埋藏年龄和暴露年龄均较年轻，0.15-0.3 Ma，在误差范围内一致。除了岷江阶地呈现正常年龄序列外，沱江 T4、嘉陵江 T6-T3、长江 T2-T1 均有继承性核素的影响，导致沉积物埋藏年龄偏老（0.33-2.5 Ma）。此外，除底部个别样品外，宜昌砾石层不同海拔高度样品的埋藏年龄也较年轻。三个底部（75 m）砾石样品埋藏年龄分别为 0.18 Ma、0.83 Ma 和 4.87 Ma，差异较大。一个顶部（208 m）剖面砾石埋藏年龄为 0.19±0.09 Ma。不同海拔 3 个等时线剖面 17 个单个砾石的埋藏年龄从 0.17-3.04 Ma 不等，说明宜昌砾石层是由“新”砾石和“老”砾石混杂堆积起来的。因此，作为定年手段，由于继承性核素影响难以排除，砾石埋藏年龄（包括单一埋藏和等时线埋藏法）可能不适用于宜昌砾石层的年代学研究。

此外，宜昌砾石层不同高程有多个砂样的 $^{26}Al/^{10}Be$ 比值大于地表生成率 6.75（在 $^{26}Al/^{10}Be$ vs ^{10}Be 图中位于“禁区”），但是所有砂样的最大年龄均小于 0.34 Ma，说明宜昌砾石层至少在~0.3 Ma 前已开始堆积。四川盆地河流阶地和宜昌砾石层发育时间表明，~0.3 Ma 之前三峡贯通，结束了四川盆地高海拔平原面上河流的沉积（0.2-0.3 Ma）。四川盆地内长江干流 0.2 Ma 以来平均下切速率从重庆-合川的 1158m/Ma，到泸州的 807m/Ma，再到宜宾的 633m/Ma，呈现出从下游向上游递减的趋势。岷江和沱江的平均下切速率分别为 342m/Ma 和 368m/Ma，两者基本一致。

对长江上游沉积物的宇生核素地质年代学研究，显示出三峡贯通引起的长江及其支流的溯源侵蚀，强烈切割川中丘陵区的高夷平面，形成不同阶地。三峡于~0.3 Ma 之前贯通，可能与中更新世中后期以来的新构造运动和气候变化有关。

S07-O-07

青藏高原隆起过程与亚洲大地貌形成对大型水系发育和环境格局形成的控制

方小敏 [1,2]*

1 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心

2 中国科学院青藏高原研究所，北京 1000101

* fangxm@itpcas.ac.cn

青藏高原隆起过程的研究在最近取得了很大进展，主要证据主要来自地质领域。通过对青藏高原隆起过程地质证据最新进展的简单回顾和总结，大致勾勒出地质领域理解的青藏高原隆起过程在时空上演化的框架，分析这个隆起过程对亚洲大地貌形成和大型水系发育和环境格局形成的可能控制作用，以及地理格局证据是否支持这样的过程，提出进一步研究的思考。

S07-O-08

中更新世以来的新构造运动和气候变化的耦合对黄河、长江流域地貌演化的影响

张信宝 [1]*，王世杰 [2]，刘彧 [2]，刘维明 [1]，罗维均 [2]

1 中科院成都山地所，成都 610041

2 中科院地球化学研究所，贵阳 550081

* zxbao@imde.ac.cn

中更新世以来，地处青藏高原东缘的黄河、长江流域的西部，昆黄运动(1.2～ 0.6 Ma)造成山地强烈隆升，大面积山地进入冰冻圈，导致中更新世气候转型；共和运动(0.15 ～0 Ma) 高原隆升更快，山地达到现代高度。东部，盆地拉张沉降，晚更新世以来浙闽隆起带下沉，海水大规模入侵黄渤海盆地，之后，黄渤海盆地发生了三次大规模的海侵。间冰期期间，黄河、长江流域气候温暖湿润，末次间冰期（0.13～0.11 Ma）是全球最暖时期，气候尤为温暖湿润。上游山地隆升，河流比降加大，间冰期期间河川径

流丰沛，冰川融水更加大了夏季的河川径流流量，是黄河、长江贯通的动力学基础。

中更新世以来的新构造运动和气候变化的耦合对黄河、长江流域地貌演化产生了深刻的影响。黄河流域，古三门湖消失，黄河贯通入海；黄土高原侵蚀加剧，马兰黄土披肩状地覆盖于不同层位的地层上，塬、梁峁地貌分异。长江流域，三峡贯通，川江东流，金沙江汇入川江，现代长江水系格局形成；三峡贯通后，长江中下游河段河流输沙量剧增，泥沙沉积于江汉等中游盆地，堰塞汉江、湘江、和赣江等两岸支流入口，促进湖泊发育；河口三角洲迅速扩大，沉积速率陡增。

S07-O-09

西宁盆地晚新生代河湖相沉积时间界定及其后的阶地地貌演化

张伟林[1]*，张涛[1]，宋春晖[2]，Erwin Appel[3]

1 中科院青藏高原研究所，北京 100101

2 兰州大学，兰州 730000

3 University of Tübingen, Germany Tübingen 72074

* zhangwl@itpcas.ac.cn

位于高原东北部构造转换带以及气候转换区的西宁盆地，在晚新生代沉积了相当厚的河湖相沉积物和风成红黏土及黄土。其中，河湖相沉积物的结束及随后的风成堆积指示了西宁盆地河流阶地的形成时间，可以揭示湟水河在西宁盆地的发育过程。我们通过对西宁盆地关家山、后湾、蔡家堡和莫家庄 4 个剖面阶地（T12-T16）之下的河湖相沉积物的磁性地层学研究以及与谢家-塔山剖面钻孔古地磁年代学的对比，初步确定西宁盆地河湖相沉积地层的结束年代大约为 4.8Ma，即最老阶地的发生和风成物质的堆积时间应在 4.8Ma 之后；进一步对河流阶地之上的风成物质（黄土、红黏土）进行古地磁年代学测定，表明了 T12-T14 的年代分别为 2.6Ma、3.2Ma 和 3.6Ma；同时通过对西宁盆地和临夏盆地不同时代的阶地高度、阶地砾石、河流下切速率以及周边地区的沉积速率和环境指标进行对比，进一步利用盆地发育阶地的构造模型，认为西宁盆地晚上新世以来构造隆升是阶地发育的主控因素，揭示了高原东北部在上新世以来逐步发生了 8 次快速隆升事件，依次发生在 3.6 Ma, 2.6 Ma, 1.8 Ma,1.5 Ma, 1.2 Ma, 0.8 Ma, 0.5 Ma, and 0.13 Ma，并在时间上发育了相应的各级同期河流阶地，其良好地印证了早前研究所发现的晚上新世以来发生的三期构造活动，即青藏运动（3.6-1.7 Ma）、昆黄运动（1.2-0.6 Ma）和共和运动（0.15Ma 以来）。

S07-O-10

宇生核素埋藏年代法测定的青藏高原东缘河流第四纪下切速率

赵志军[1, 2]*，孔兴功[3]，苏怀[4]，吴庆龙[1, 2]，陈晔[1]，张茂恒[3]，舒强[3]， Darryl Granger[5]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

2 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室，南京 210023

3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心，南京 210023

4 云南师范大学旅游与地理科学学院，昆明 650500

5 Department of EAPS, Purdue University, 47906 IN, US

* zhaozhijun@njnu.edu.cn

青藏高原东部河流强烈下切形成的阶地是对高原河流地貌过程的记录。在本区开展的许多研究工作主要集中于应用 C-14，TL 和 OSL 等方法对低阶地的年代测定。而高阶地则由于缺乏适用的测年手段，长期以来缺乏可靠的年代数据。最近发展起来的等时线法宇生核素埋藏测年基于对同一层位上若干砾石单独进行 Al-26，Be-10 同位素浓度测定，建立等时线，排除了堆积后埋藏

过程中的核素积累对测年结果的影响，适用于浅埋藏以及埋藏历史不明的阶地测年。我们采用这一方法，对高原东部若干地点基座阶地进行年代测定，利用阶地高程和年代序列，恢复这些河流的第四纪长期下切速率。结果显示龙门山地区汶川县城东，河流左岸高于岷江 110 米的基座阶地，等时线法测年结果为 0.08±0.08 Ma，岷江在这一段下切速率可达 700-1000 m/Ma。在大渡河泸定段海子坪昔格达组沉积物底部发现河流相砾石层，得到等时线年龄为 1.03±0.16 Ma，与 ESR 年龄较吻合，排除了古地磁方法得到的海子坪昔格达组大于 4 Ma 的年龄。结合沉积与周边地貌，支持海子坪昔格达组为 1.0 Ma 左右发生的巨型滑坡堰塞湖沉积。按照昔格达组底部砾石层的年代和拔河 500m 计算，大渡河泸定段下切速率为~480m/Ma。雅砻江支流木里河安定桥段拔河 78m，390m 和 490m 的三级基座阶地，年龄分别为 0.19±0.10 Ma，0.24±0.04 Ma 和 0.59±0.05 Ma。按照 490m 高阶地年代计算，下切速率为 800m/Ma；按照拔河高度 78m 阶地的年龄计算，下切速率为~400m/Ma。怒江贡山—丙中洛段拔河高度 80 m 的基座阶地，年龄为 0.73±0.09 Ma，下切速率为~110 m/Ma。

S07-O-11

长江沉积记录揭示的河系演化格局：河口海岸学国家重点实验室近期研究进展

高抒*

华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

* sgao@sklec.ecnu.edu.cn

长江河口与三角洲沉积记录被用于环境与气候变化研究，但在河系长期地貌演化方面过去仅限于长江贯通研究。河口海岸学国家重点实验室目前正在进行基于物质平衡和来源分析的长江流域演化研究。在地貌系统特征上，流域演化的重要指标之一是分水岭变化，可反映在沉积物来源变化记录之中。由于海面变化和陆架沉积动力过程的影响，河口与三角洲沉积记录在任何一个固定点上是不连续的，但不同地点的沉积记录片段可以连接为连续记录，成为本项研究的合适材料。对物源及其贡献的时间序列分析给出长江各个子流域的入海物质特征，从而获取分水岭变化信息。沉积层所含的特殊物质可以揭示分水岭变化的机理，例如长江鱼类的地理隔离格局造成特定的遗传信息物质，其分析可以确定河流袭夺的时间和流域突变机理。此外，沉积记录还可给流域地貌演化的长周期模拟提供大数据支撑。

S07-O-12

古堰塞湖的重建方法

刘维明*，张信宝，胡凯衡

中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所，成都 10041

* liuwm@imde.ac.cn

古堰塞湖研究不仅对认识极端地表过程在地貌演化中的作用具有重要的意义，而且对认识古文明对灾害事件的响应同样意义重大。但是由于古堰塞湖形成的地貌环境存在巨大的差异，并且后期存在强烈改造，保证的证据较少，很难保证重建结果的可靠性，导致目前有多个研究者重建的古堰塞湖结果均存在较大的争议，比如黄河上游的积石峡古堰塞湖，雅鲁藏布江大峡谷格嘎古堰塞湖等。由于堰塞作用将形成“湖-坝-洪水”的沉积-地貌证据链，本文提出了基于这一沉积-地貌证据链的古堰塞湖重建方法，利用湖相沉积、坝体残余和溃决洪水沉积的分布高程和年代等，相互验证，综合重建古堰塞湖的年代和规模及其是否曾经发生过溃决洪水。

S07-O-13

黄河豫西段形成演化研究

胡振波[1]*, 潘保田[1], Jef Vandenberghe[2] David Bridgland[3] 李梦昊[1]

1 兰州大学资源环境学院，西部环境教育部重点实验室，兰州 730000

2 Department of Earth Sciences, VU University, Amsterdam, De Boelelaan 1085

3 Department of Geography, Durham University, Durham

* zhbhu@lzu.edu.cn

研究黄河形成演化对理解东亚地貌格局发育历史和构造环境变化至关重要。为此，地学工作者开展了大量研究工作，取得了丰硕成果。但关于黄河东流入海的形成时代和过程仍有较大分歧。豫西段黄河西起三门峡东至小浪底，深切崤山形成狭窄的三门峡峡谷。该段黄河连接了中上游与下游水系，是指示黄河东流入海格局形成的关键河段。本文通过对豫西段黄河沿岸层状地貌面的系统野外考察和测量、实验室年代学研究、沉积物的物质组成与组构分析，揭示了黄河东流格局的形成时代和演化过程，其主要认识和结论如下：

（1）通过九个地貌横断面的考察、测量和对比，发现豫西段黄河沿岸发育一级夷平面和五级河流阶地。其中，夷平面向西延伸至汾渭盆地的沉积物顶面，与鄂尔多斯的唐县期夷平面可以对比，向东横切崤山但后期发生强烈变形，最后尖灭于华北平原。在崤山东麓，该面的低洼处普遍堆积一套河流砾石层，随地形起伏发生强烈变形，是夷平面的组成部分。沿河谷阶地对比发现，位相图发生大幅度拱曲变形，指示崤山相对以东的华北平原和以西的汾渭盆地发生强烈隆升。

（2）在已有研究的基础上，通过对地貌面上覆风成沉积物进行定年，建立了黄河豫西段层状地貌面的年代框架。其中，夷平面形成于 3.63 Ma 前。阶地 T5-T1 分别形成于 1.24 Ma、0.86 Ma、0.62 Ma、0.13 Ma 和 13 ka 前。

（3）通过分析和对比各级地貌面上的河流沉积物物质组成与组构特征，发现阶地 T5 的河流沉积物在不同考察点都表现出相似的物源特征，并与现代黄河河床沉积物的物质组成和组构特征也可以很好对比，说明它是黄河沿三门峡谷形成的最高级黄河阶地。在崤山以东，夷平面上的河流砾石层虽然表现出与黄河流向一致的组构特征，但物质组成却与黄河沉积物有较大差别，说明夷平面发育时期起源于崤山东麓的河流并不是现代意义上的黄河。堆积在汾渭盆地的三门组河湖相沉积物与黄河阶地、现代河床和夷平面上的河流沉积物在物质组成上都表现出不同的物源特征和沉积环境，指示三门峡谷在夷平面发育时并未贯通，此时豫西段黄河也尚未形成。

（4）综合地貌学、年代学和沉积学方面的数据与认识，我们重建了黄河豫西段的形成演化过程。中新世时期，黄河中下游地区发生强烈的差异性构造活动，地势高差加剧，汾渭盆地形成并堆积来自周围山脉的下三门组沉积物（砾石与粘土互层的粗大沉积物）。该时期在三门峡以东的崤山地区没有发育贯通东西的大型河流。大约至 3.63 Ma，不断的侵蚀和堆积过程最终夷平地势高差，在黄河中下游形成一级夷平面（唐县期夷平面）；3.63 Ma 以来，黄河中下游地区的夷平面停止发育，差异性构造活动导致汾渭盆地相对周围山脉重新沉陷，开始堆积上三门组沉积物（砂、粘土互层，并夹杂少量砾石的细小沉积物）。此时，崤山相对以西的汾渭盆地和以东的华北平原也开始抬升，驱动东麓的河流系统向西扩展延伸；至少在 1.24 Ma 前，崤山东麓的河流切开崤山，袭夺了汾渭盆地水系，导致三门古湖外泄，豫西段黄河形成，黄河东流入海的格局出现；1.24 Ma 来，持续的构造抬升导致豫西段黄河沿三门峡谷深切崤山，形成了现今比较壮观的深切河谷地貌。

S07-O-14

河西走廊黑河水系形成演化

陈殿宝*，潘保田，胡小飞

兰州大学资源环境学院，西部环境教育部重点实验室，兰州 730000
* chendb13@lzu.edu.cn

水系格局作为地貌特征最为直观的表达，其形成演化历史一直是地貌学研究关注的焦点，同时也是理解地貌演化过程的关键。世界各大水系均发源于造山带内部，造山带内强烈的构造活动和气候变化导致水系在演化过程中经历了强烈的内外营力作用，是研究水系演化过程，并探讨其驱动机制的理想材料。祁连山位于青藏高原东北缘，晚新生代以来经历了多期构造隆升，并对周边的环境产生了重要的影响。祁连山北缘孕育了河西走廊三大内流河水系，其中数黑河水系的支流最多、流域面积最大，是探讨构造和气候控制下水系演化过程的理想场所。

酒东盆地作为黑河中游段的重要沉积盆地，第四纪以来持续沉降并沉积了厚层的河湖相沉积物，这些沉积物蕴含着丰富的水系演化信息。为重建黑河形成演化历史，在酒东盆地黑河南岸冲积平原进行了两个间距 1.5 Km 的平行钻孔取芯：大凹井(DWJ)、新开九队（XKJD），钻孔深度分别为 140 m、68.2 m。对两支钻孔岩芯沉积物分别进行了沉积学、岩石磁学、磁性地层学研究。

根据沉积物岩性、结构、构造将沉积地层分为三段：第一段，140-106.3 m(DWJ)，棕黄色粘土质粉砂、粉砂与红橙色、黄色粉砂质粘土互层，夹薄层黄色细沙、极细砂层，粉砂层具块状、弱纹层构造，粉砂质黏土层具纹层、波状层理构造，解释为湖相沉积；第二段，106.3-69.7 m(DWJ)，68.2-65.6 m(XKJD),中厚至薄层橙色、灰黄色细沙与薄至中厚层浅红色、浅黄色粉砂质粘土、粉砂互层，砂层向上减少、变薄，粉砂层向上增多、变厚，该层段下部包含 3 个向上变细沉积旋回（中细砂至粉砂、粘土），沉积旋回厚度向上减薄，平均厚度为 5m，解释为河湖相沉积；第三段，69.7-0 m(DWJ),65.6-0 m(XKJD),厚层灰黄色、黄色砾石、砾石质砂、砂，夹薄至中层浅黄色、浅红色、灰色、灰绿色极细砂、粉砂、粉砂质粘土层，包含四个向上变细沉积旋回，沉积旋回厚度平均 20 m 左右，砾石层呈碎屑支撑，砾石主要呈次圆-圆状，在一些沉积旋回底部发现冲刷面构造，该段地层解释为河流相沉积。典型样品的等温剩磁和热磁分析结果表明，沉积地层主要的载磁矿物是磁铁矿，含有少量赤铁矿。对钻孔岩芯样品进行交变退磁，获得了地层磁极性序列，与国际磁极性表对比，结果显示钻孔岩芯记录了 1.75 Ma 以来的磁极性变化序列。

湖相沉积转变为三角洲相沉积发生在约 1.4 Ma，稳定河流相沉积出现于 1.1 Ma 左右。砾石岩性、砂层重矿物分析结果表明稳定河流相沉积为现代黑河的沉积建造。沉积学、年代学研究结果表明黑河于 1.1 Ma 左右流入酒东盆地；1.1 Ma 之后黑河穿过河西走廊流向下游额济纳地区。

S07-O-15

河套段黄河阶地发育的年代序列及其对河湖共存与黄河发育的指示意义

贾丽云 [1]*，赵希涛 [2*]

1 中国地质科学院地质力学研究所，北京 100081
2 自然资源部新构造运动与地质灾害重点实验室，北京 100081
3 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
* 158943653@qq.com; xitao_zhao@sina.com

河流阶地的发育序列及时代信息是河流地貌演变的重要记录。河套地区是黄河“几”字形大转弯，也是连接黄河中上游的关键河段，其阶地发育序列及年代，可以帮助推断黄河流经河套盆地的时代，对解决黄河形成时代观点的分歧及黄河演变历史研究具有重要意义。

本研究通过对河套段黄河阶地的调查研究，厘定了河套地区黄河 9 级河流阶地序列，并使用 OSL、ESR 等年代学方法建立了阶地的年代框架：拔河分别为 2～12m，12～45m，28～80m，60～115m，75～160m，130～200m，170～260m， 250～295m 和 290～

315m 的 T1~T9 形成时间约为：5~7ka，40~55ka、60~70ka、77ka、119~300 ka、450~550ka、683ka、早更新世晚期和 2.48Ma。另外，在 T5～T8 之下，其基座的三趾马红土之下发现了一套砾石层、砂砾层或胶结的砂砾层，极有可能为古黄河沉积物，用石英热活化法 ESR 方法测定其年龄为中新世至上新世的 3.33±0.30Ma~23.24±2.30Ma 之间。黄河有可能在中新世中期以来就已经流经河套盆地。

自新近纪以来，黄河不仅一直存在于强烈下沉的河套盆地，而且也徘徊在与其相伴的、长期持续但具有不同隆升幅度的阴山山脉南麓和鄂尔多斯高原北缘之间。即使在河套断陷的成湖时期，黄河不仅可以从一端注入湖泊并从其另一端流出，而且河道也可以在湖泊的一侧或两侧流动，是一种河湖共存的形式。这种“河湖共存”的形式有可能存在于黄河干流所流经的众多断陷盆地，可以多阶段成湖，也可以多次泄空；河道可以像现今梯级开发的水库而与古湖呈串珠状相连，也可以流经其旁与之并列；但黄河始终存在。

S07-O-16

黄河晋陕峡谷下游段下切历史研究及其指示意义

王俊康*，张家富

北京大学城市与环境学院，北京 100871

* junkang-wang@pku.edu.cn

在地球以及火星等行星表面都有很多流水形成的基岩峡谷，通过对峡谷下切历史的重建，我们可以从中了解到地区的构造以及气候条件变化。黄河晋陕峡谷段一直以来都是研究的重点，前人的研究主要通过对河流阶地的研究展开，并取得了一定的成果。但是由于阶地本身成因以及保存的复杂性，空间分布的不连续性，时间上的阶段性，由河流阶地所得到的下切历史分辨率较低。本文采用新的地貌分析方法，对黄河晋陕峡谷下游河段 12 条支流的河流纵剖面进行数值反演和正演研究。通过作 12 条支流的 χ -plot 分析，所有支流都是受到主流控制的，内部没有明显的气候和构造条件差异，因此通过模型我们可以得到各条支流相对于主流的抬升历史，也就是主流在交汇口处的下切历史。由反演结果我们可以发现各条支流的下切历史在峰值与谷值的分布上都保持了一致，与气候有一定的联系性，关于气候的影响可以在峡谷出口的盆地沉积序列中找到证据，受边界断层的影响，构造抬升与快速地溯源侵蚀是峡谷演化的重要因素。加上对黄河在晋陕峡谷下游段的正演模型分析，得到了与前人光释光测年得到峡谷下切历史较为接近的结果，但获得了更为丰富的时空序列上的下切信息。

S07-O-17

早新生代古红河演化：来自思茅盆地碎屑锆石 U-Pb 年代学及沉积学证据的限定

颜茂都[1,2]*，陈毅[1]，方小敏[1,2]

1 中国科学院青藏高原研究所大陆碰撞与高原隆升重点实验室，北京 100101

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

* author@163.com

古红河被认为是一条连结青藏高原与南海的大型河流，但对其形成演化历史仍存在争议。本研究选取红河断裂南侧最大盆地-思茅盆地的早新生代地层，开展沉积学和碎屑锆石年代学分析，并与潜在源区已有的碎屑锆石年龄谱进行对比分析，试图揭示古红河在早新生代的流域特征。

思茅盆地小景谷地区由于新开挖公路，古新世至渐新世河流相沉积地层出露较好。本次研究选取 2600 多米厚的小景谷剖面的古新世-晚始新世等黑组和晚始新世-渐新世勐腊组地层，分别采集从上中下部地层各采集了 3 件碎屑锆石样品。测试结果显示，等黑组的碎屑锆石年龄谱以 190-240 Ma、260-280 Ma、450-540 Ma、1700-1900 Ma 和

2400-2600 Ma 等多个峰值区间为特征，而勐腊组以一个显著的 220-240 Ma 峰值区间为特征。通过对比潜在物源区与现代河流沉积物的年龄谱，等黑组的物源区可能包括可可西里块体、松潘-甘孜块体、北羌塘块体、义敦块体和扬子块体西部，与现代长江上金沙江和下金沙江段的流域较为一致；而勐腊组的物源区范围有明显的缩小，可能主要来自于思茅盆地西侧的临沧花岗岩。结合前人的剑川盆地新生代和思茅盆地中新世数据，本研究认为在古新世至晚始新世期间存在一个连结青藏高原与南海的古红河水系；其在约 35 Ma 前后，由于受哀牢山-红河断裂初始左行走滑和兰坪-思茅块体顺时针旋转的控制，失去了其北部的大部分流域，现代红河格局基本形成。

S07-O-18

全新世的中原黄河与中原文明——解译考古文化的水文地貌假说

冯兆东*，翟秋敏，秦臻，李开封，高文华，谷蕾，刘德新，刘云彤

河南大学

*fengzd@vip.henu.edu.cn

“中原”泛指河南省境内的地域，特指洛阳至开封一带。在人类历史上鼎盛过的四大古文明（古中国、古埃及、古印度、古巴比伦）中，只有古中国文明一脉相承，形成现在的中华文明。已有研究指出，尽管中华文明是多元文化汇集和融合的结果，但黄河流域在其形成和发展过程中的特殊地位仍是不可忽视的。作为黄河中游到下游过渡的通道，中原地区则是古中国文明传承的轴心。

在相对湿润和黄河支流不甚畅通的全新世早期，包括郑州在内的冲-洪积平原在洪水期也可能是一片汪洋，在枯水期也可能是河湖沼泽的星罗棋布。好在，文化不先进和人口不甚多的裴李岗先民们并不需要在包括郑州在内的冲-洪积平原上与河流争斗。进入全新世中期，气候更加湿润，河道变得畅通起来，加之河道坡度仍然较大（当时的海平面较现在低许多），黄河可能有了比较固定的河道，这就为仰韶文化时期的先民们在冲-洪积平原上生存和发展创造了条件。仰韶文化晚期至河南龙山文化晚期（约 5300-4000 年前），坡面侵蚀的加剧导致冲-洪积扇和河漫滩的大面积形成，为水稻种植创造了条件。约 4000 年前之后，河流以下切为主，泛滥的频率可能因此而大大下降，这为二里头文化的繁荣创造了条件。二里头文化时期的先民们遇到的洪水很可能并不是“空前绝后”的。但是，他们可能对中原地区黄河泛滥平原的控制程度（指：他们当时能做到的控制）和对他们自己“控制能力”的依赖度都增加了。因而，他们的“洪水风险度”被他们自己给大大地提高了。

为了评估考古时期与河流水文地貌相关的环境变化对河流社会的影响，河道和河漫滩的沉积学研究和考古遗址点的考古学研究必须被系统地但又独立地进行。将来的研究应该将重点放在：精准地将流域尺度上某个气候/环境事件与考古遗址上尺度的某个考古文化事件联系起来。

S07-P-01

中国地貌学在地球系统科学发展中的机遇与挑战

周力平*

北京大学自然地理与自然资源系地貌与第四纪环境研究所，地表过程分析与模拟教育部重点实验室，北京 100871

* lpzhou@pku.edu.cn

地貌学是一门古老的学科，是自然地理学的一个核心分支。以往的认识是，没有地貌学的自然地理学是不完整的，没有自然地理学就不能成其为地理学。从更为广阔的地球系统科学角度来看，现代地貌学研究是联结地球表层系统和深部系统研究的桥梁，显然，而没有地貌学的地球表层系统研究将是不完整的。62 年前，我国高教部批准北京大

学设立了地貌学专业，虽然这个专业已经成为历史，这一历史性决定已经成为纪念而非庆祝的内容，但是它对北京大学地貌学科，乃至中国地理学的发展，以及为我国社会主义建设做出的直接和间接的贡献，已经载入我国地球科学的历史。

近年来，地貌学吸引了大量其他学科科学家的参与，在全球变化和人类活动研究不断深入，地球系统科学日益受到重视，以及行星探索不断升级的背景下，地貌学面临前所未有的机遇与挑战。本届地球系统科学大会开启中国地貌前沿科学问题专题系列研讨，旨在从地球系统科学的层面上促进我国地貌学研究的发展，将从事地质、地球化学、地球物理、水文、遥感、地球动力学及非线性科学等研究的同行吸引过来，将深部和表层地球科学有机地结合起来，从宏观和微观的新视角，共同探讨我国地貌演化和地表过程研究的前沿科学问题。

因为我国在研究长江、黄河及水系的形成与演化方面取得了丰硕的成果，引发了极为热烈的学术讨论，所以本专题系列选择“大河水系的形成、演化与过程”为主题。河流系统是地貌的重要组成部分，水系的发育与河流形态受构造活动、气候变化和海平面升降、以及系统内生过程的影响，并正在经历人类活动的干扰而发生巨变；而河流本身也是地表物质运移的重要路径，驱动着从造山带到大洋的物质运移和生物地球化学过程，因此，河流从形成到消亡的过程与历史一直是国际地球系统科学研究最活跃的内容之一。我们相信从野外观察、遥感、建模、地层学、沉积学、年代学、气象与气候、地球物理和地球化学等角度来探索地貌演化和地表过程，我国地貌学一定会迎来新的春天。

S07-P-02

湘江下游河床沉积物元素地球化学特征

彭渤[1,2]*，方小红[1]，颜川云[1]，谢依婷[1]，戴亚南[1,2]

1 湖南师范大学资源与环境科学学院，长沙 410081

2 湖南师范大学环境重金属污染机理与生态修复重点实验室，长沙 410081

* pengbo@hunnu.edu.cn

河流的形成与演化是流域地质构造、地壳运动、岩石风化、气候特征等多种因素综合作用的结果。河床沉积物则忠实地记录了这些因素综合作用留下的印记。故河床沉积物元素地球化学特征对河流的形成与演化具有重要的指示作用。本文分析湘江下游河床沉积物的元素地球化学组成，探讨湘江流域形成与演化的基本特征。

本次工作利用自行设计的采样器对湘江下游株洲、湘潭、长沙、湘阴等河段进行沉积柱芯取样。一般沉积柱芯上层(10 ~ 45cm)为褐黄色粉砂质淤泥，下层(15 ~ 41cm)为深灰或灰黑色粉砂质淤泥。沉积物主要为含白云母碎片的粉砂质淤泥。按 Blair and McPherson (1999)的沉积物粒度分类方案，湘江下游沉积物主要为粒度(dI)小于0.08mm 的粉砂质淤泥。利用 X 射线荧光(XRF)和等离子质谱(ICP-MS)对沉积物进行主量和微量元素地球化学分析。

与上地壳、长江沉积物相比，沉积物明显富集 Fe_2O_3、MnO，而亏损 CaO、Na_2O、P_2O_5 等组分。沉积物主元素 SiO_2 与 Al_2O_3 的含量为明显负相关关系(r^2 = 0.90)，而 Al_2O_3 与 TiO_2、MgO、Fe_2O_3、LOI 等组分之间呈明显正相关性(r^2 > 0.50)。沉积物 SiO2/Al2O3 比值变化大(Cv > 0.26)，显示粉砂质淤泥有明显的粒度变化。沉积物 CIA 值在 58 ~ 84 之间(平均 77，n = 239)，WIP 值在 22 ~ 41 之间(平均 = 28)。在 A-CN-K 图上，沉积物投影点靠近 AK 线但未向指向端点 A。表明沉积物为强化学风化作用的产物，但未达到完全风化程度。在 Co/Th 对 La/Sc(Cr/Th)的投影图上，沉积物投影点落于花岗岩和上地壳之间，显示沉积物可能为花岗岩与古生代沉积岩之风化产物的混合物。沉积物 REE 配分模式指示不同源区的颗粒以在下游河段充分混合。而 Th/Co(Sc)对 Zr/Co(Sc)的投影图则显示，沉积物物质

组成明显受分选作用和再循环加积作用的影响。Zr、Hf、Nb、Ta、Th、Cs、Rb 等微量元素在沉积物中明显富集，其富集程度具有自株洲→湘潭→长沙→湘阴而明显降低的变化趋势。显示沉积物中重矿物含量依次趋于降低。表明流域水动力条件在河流上游河段作用较强，但在下游河段趋于减弱。

上述特征表明，湘江河道形成伴随流域上游地壳抬升和洞庭湖湖盆沉降运动而发生。湘江水系形成之后，流域上游地壳缓慢抬升运动持续进行，但洞庭湖湖盆沉降作用可能相对减弱。

S07-P-03S

洞庭湖“四水”入湖河床沉积物微量元素地球化学特征

方小红[1]，彭渤[1,2]*，颜川云[1]，谢依婷[1]，戴亚南[1,2]

1 湖南师范大学资源与环境科学学院，长沙 410081

2 湖南师范大学环境重金属污染机理与生态修复重点实验室，长沙 410081

* pengbo@hunnu.edu.cn

河流沉积物是源区岩石风化、气候变化、区域环境演变等研究的重要研究对象，其微量元素的地球化学分析，不但可以甄别沉积物的物源特征，用于进行人为源、自然源的物源厘定，而且可以为沉积环境变化等提供重要的指示信息。

洞庭湖是我国重要的内陆淡水湖泊，“四水”（湘江、资江、沅江、澧水）是洞庭湖主要的补给河流。本次工作利用自行设计的采样器分别对湘江（湾河 WH、湘阴 XY、屈原农场 QN）、资江（临资口 ZD）、沅江（牛鼻滩 YN、沅江大桥 YJ、岩汪湖 YW）、澧水（津市 LJ、伍家坪 LW、蒿子港 LH）下游入湖河床沉积物进行沉积柱芯取样。利用等离子质谱仪(ICP-MS)对沉积物进行微量元素地球化学分析。

结果显示：湘江入湖河床沉积物中 Bi、Cd、Mo、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Pb、Sn、Sb 等重金属含量变化大（Cv>0.15），分布不均匀，且这些重金属元素在河床沉积物中的含量均表现为自上游 WH 到下游 QN，明显趋于升高的变化趋势，表明重金属元素在湘江入湖三角洲沉积物中明显富集，而 Tl、Sc、Th、U、Ba、Cs、Ga、Ge、Rb、Sr、Y、Nb、Ta、REE（稀土元素）等其他微量元素含量变化小（Cv<0.15），分布相对均一；沅江入湖河床沉积物中 Bi、Cd、Mn、Mo、Zn、Pb 等重金属含量变化大（Cv>0.15）、分布不均匀，且它们在各沉积柱沉积物中的含量有依上游 YN 到下游 YW 而趋于降低的变化趋势，而 Sc、Tl、Th、U、Ba、Rb、Cs、V、Co、Zr、Hf、Nb、Ta、Ga、Ge、Rb、Sr、REE（稀土元素）等其他微量元素含量变化小（Cv<0.15），分布相对均一，表明大多数微量元素在沅江入湖段沉积物中分布相对稳定。澧水、资江入湖段河床沉积物重金属等微量元素的分布特征与沅江相似。

对比四条河流入湖沉积物中微量元素的含量变化特征显示：重金属元素 Bi、Cd、Mn、Cu、Zn、Pb、Tl 等在湘江入湖沉积物中的含量明显高于其在资江、沅江、澧水沉积物中的含量，表明这些重金属元素在湘江沉积物中富集明显；代表重矿物的 Th、U、Cs、Rb、Sr、Ta 等元素在湘江入湖沉积物中的含量也明显高于其在资江、沅江、澧水沉积物中的含量，表明湘江流域水动力条件作用强于资江、沅江、澧水；而 Mo、V、Cr、Co、Ni、Sc、Ba、Ga、Ge、Y、Zr、Hf、Nb、REE（稀土元素）等其他微量元素在“四水”入湖沉积物中的含量变化较小，分布较均一，表明这些微量元素在风化迁移搬运过程中，化学性质稳定，未发生明显分异。“四水”入湖沉积物的 Zr/Hf、Nd/Sm 比值基本一致，但资江、沅江、澧水三江入湖沉积物的 Nb/Ta 比值一致，而湘江则明显低于这三入湖沉积物的 Nb/Ta 值，亦说明前三入湖沉积物可能有相似的物源特征，但湘江入湖沉积物则不然。

在 Co/Th 对 La/Sc(Cr/Th)的投影图上，“四水”沉积物投影点落于花岗岩和上地壳之间，显示入湖沉积物可能为花岗岩与古生

代沉积岩之风化产物的混合物，其中湘江入湖沉积物和澧水沉积物分别靠近花岗岩和上地壳，说明湘江沉积物花岗岩组分较多，而澧水沉积物中沉积岩组分较多，资江与沅江位于二者之间。Th/Co(Sc)对 Zr/Co(Sc)的投影图则显示，“四水”沉积物物质组成明显受分选作用和再循环加积作用的影响。

上述特征表明，“四水”入湖沉积物的物源不同，加之水动力条件和人为作用的影响程度不同，微量元素特别是重金属元素显示出不同的特征，因此对洞庭湖沉积物的贡献率不同。

S07-P-04

黄河下游和河口地貌形态发育对水文过程的响应

黄河清*，余国安，周园园，解哲辉

中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

* huanghq@igsnrr.ac.cn

流域中上游的径流泥沙供给为河流下游河道和河口地貌形态的发育提供了必要的动力和物质条件，因而下游河道的形态、河流的入海流路和河口地貌形态都对来水来沙条件的变化极为敏感。黄河河口是世界河口海岸带中水文-地貌相互作用的典型区域，由于黄河中上游长期以来水土流失极为严重，造成大量泥沙进入黄河下游和河口地区，致使黄河下游河床不断淤积抬升，入海流路在北至天津南至徐州之间的广大范围内频繁摆动，三角洲造陆作用极为显著。近几十年来，黄河中上游水土流失的不断治理和水资源开发利用工程的大规模建设，使得黄河来水来沙条件发生了显著变异，黄河下游河床趋于冲刷下切，河口三角洲造陆作用减弱，部分海岸线蚀退显著，黄河下游和三角洲的生态系统和社会经济可持续发展正经历着严峻考验，迫切需要对三角洲的动力地貌变化特性及发展趋势进行科学研究。为深化对黄河河口地貌演变规律的科学认识，并为黄河下游和河口三角洲的生态保护、资源开发与利用以及黄河流域水资源合理配置提供科技支撑，我们利用先进的遥感和地理信息技术，结合野外实际观测、室内分析等手段，系统分析了近 60 年来黄河进入下游和河口地区水沙年际和年内的变化过程及特点，详细解析了黄河下游河道、入海流路和三角洲海岸线的时空演变特性，并深入探讨了入海流路延伸速率和三角洲海岸线冲淤分布对对来水来沙条件变化的响应机理与模式。初步研究发现，黄河中上游来水来沙的减少使得黄河下游的河床得到了一定程度上的冲深，水流的游荡程度也有明显的减弱；虽然入海口造陆作用减弱明显，但入海流路顶点近年来摆动较为频繁，预示着可能出现较大的改道。这些结果表明，尽管进入河口的泥沙量仍在不断减少，但河口的稳定性已面临巨大的挑战，急需尽快采取有效措施予以防范。

S07-P-05

Aeolian-fluvial interactions in dryland environments: evidence from particle size distribution of dune, gobi and river sediments in the western Alashan Plateau, NW China

Bingqi Zhu[1]*, Jingjie Yu[1], Patrick Rioual[2], Yan Gao[3]

1 Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Acadmy of Sciences, Beijing 100029, China

3 Centro de Investigaciones en Geografia Ambiental, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Campus Morelia, Mexico City, Mexico

* zhubingqi@igsnrr.ac.cn.

Understanding how aeolian sediment systems respond to internal and external forcing factors is important to evaluating their significance as an environmental proxy. Comparison of granulometric characteristics between aeolian and fluvial sediments in the western Alashan Plateau (Ejina Basin), China was conducted in this study (funded by the NNSFC No. 41771014 and the NKRDPC No. 2016YFA0601900), aiming to examine the textural response of single-process systems in desert environment. Sediments studied were collected from four geomorphological units, i.e. river channel (modern fluvial sediment), foredune (Gobi, palaeo-alluvial sediment), interdune and dune crest, which represent the typical surficial conditions in the studied area. Most of the dune-crest sands are of unimodal distribution with medium to fine sand. The interdune sands are generally bimodal to slightly polymodal with medium and fine sand fractions. The foredune and riverbed sediments are greatly polymodal with wide size classes. All Mz values of aeolian, fluvial and alluvial sediments tend to decrease as the distance increase toward the Langxinshan, but in different sorting patterns between fluvial and aeolian+alluvial sediments, indicating a similar change of grain size but different sorting processes between aeolian and fluvial sediments at regional scale. Aeolian sediments in the Ejina are relatively coarser and lie towards the worse-sorted end of the range in comparison with other deserts, indicating the Ejina dunes is located close to its sources. Based on detrital-sediment transportation modal analysis, it suggests that sources of aeolian sediment for the most part are the distal palaeo-alluvial fan deposits (foredune) rather than the modern fluvial sediments. Therefore, the western Alashan dunes is unlike so-called ’mature’ sands (e.g., central Namib Sand Sea), which lie at some distance in space from the original sources of sediment, indicating that the availability of particle sizes in source area exerts a strong influence on the formation of aeolian dunes in the western Alashan Plateau.

S07-P-06S

Testing contrasting models of formation of the Yellow River using heavy-mineral data from the Yinchuan Basin drill core

Zhao Wang[1], Junsheng Nie[1] *, Junping Wang[2], Wenbin Peng[1], Eduardo Garzanti[3], Xiaofei Hu[1], Thomas Stevens[4], Katharina Pfaff[5], Baotian Pan[1]

1 Key Laboratory of Western China’s Environmental Systems (Ministry of Education), College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu, 730000, China

2 College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China

3 Laboratory for Provenance Studies, Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, Milano 20126, Italy

4 Department of Earth Sciences, Uppsala University, Villavägen 16, 75236 Uppsala, Sweden.

5 Department of Geology and Geological Engineering, Colorado School of Mines, 1516 Illinois Street, Golden, CO 80401, USA

* jnie@lzu.edu.cn

The Yellow River currently has the highest sediment load on Earth of any river and is a major component of East Asian sediment cycling and landscape change. The upper reaches drain the central and northeastern Tibetan Plateau and its formation history is essential to understand the interplay between fluvial incision, basement uplift, and climate change. However, the formation history of the Yellow River is highly debated, with estimates ranging from the Eocene to the

late Pleistocene. In order to clarify the history of the upper Yellow River, we here present a heavy mineral dataset from drill core in the Yinchuan Basin, the depositional zone of the upper Yellow River. The results reveal that the drainage area of the current upper Yellow River has been serving as sediment source region for the Yinchuan Basin since 3.3 Ma, with three phases of local sediment input ascribed to tectonic deformation of the neighboring Helan Mountains. These results demonstrate that the drainage pattern of the upper Yellow River has formed since at least 3.3 Ma, challenging a late Pleistocene formation model of the Yellow River.

S07-P-07

THE THREE GORGES AREA AND THE LINKING OF THE UPPER AND MIDDLE REACHES OF THE YANGTZE RIVER

Wang Jietao[1]*, N'dji dit Jacques DEMBELE [2]

1 Department of Environmental Geology & Hydrogeology, Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan, China 430205

2 Faculté d'Histoire et Géographie, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako,Bamako Mali, bp2575

*Email: quaternary@163.com

The history of the Yangtze River is constituted by numerous river piracies that enabled the river to extend its drainage system. Two river captures are well recognized nowadays: the piracy of the Jinshajiang formerly tributary of the Red River at Shigu in Yunnan Province and the piracy at the Three Gorges area that linked the upper and the middle Yangtze river reaches in Hubei province. The first one is well documented when the second because of difficulties to retrieve datable materials and the complexity of the area geomorphology is still quite unknown. Numerous conflicting hypothesis have been formulated to explain the pattern of river piracy, no agreement exist on the location of the drainage divide and of the point of capture, chronologies extending from the Eocene to the late quaternary are given. We analyzed drainage pattern, basin shape, basin asymmetry, stream junction angle to infer the drainage of the paleorivers that were pirated. The river capture occurred at the Wu Gorge and that the Hengshixi anticline have long been the drainage divide between the upper and the middle Yangtze. We also defined a model that explains the pattern of capture of the two paleo-rivers under structural and tectonic controls. The time of the river capture will still be a debate as datable materials are very scarce and the analysis of heavy minerals from the sediments in the Jianghan plain have still not revealed its results.

S07-P-08S

大渡河中下游河流阶地序列及其对山体隆升的响应

张威*，张俊宇，成然，柴乐[1]，纪然，唐倩玉，乔静茹

辽宁师范大学城市与环境学院，大连 116029

* zhangweilnu @163.com

河流阶地是河流地貌系统的重要组成部分，对区域构造演化及古气候的重建具有十分重要的科学意义。大渡河中下游河段地处川西高原和攀西高原的交界地带，河谷展布于鲜水河断裂、龙门山断裂及大渡河韧性断裂带“Y”字型交汇处，地理位置十分重要。对于研究川西高原、攀西高原隆升历史，尤其是高原抬升时序上具有重要意义。本文

采用野外地貌与室内分析相结合的方法，对大渡河中下游石棉—汉源、金口河区河流阶地发育特征进行实地考察，结合相对年代与绝对年代结果，对研究区河流阶地的类型、分布、序列划分及阶地沉积物特征进行深入研究。同时结合研究区及周边各主要河流阶地发育特征，初步探讨河流阶地对川西地区构造抬升的响应，主要结论如下：

（1）对各级阶地的拔河高度、阶地系统、剖面特征进行综合分析，对研究区阶地的分布与序列进行初步确定。结果表明，大渡河中下游河段发育有 6 级阶地，阶地类型主要为侵蚀阶地、基座阶地和堆积阶地，其中 T1、T2 为堆积阶地，T3、T4、T6 为基座阶地，T5 为侵蚀阶地。T1-T6 阶地的拔河高度分别为：21-25m、47-49m、79-94m、157-175m、253-403m、502m，T3—T6 的阶地极差反映了不同时期河流下切及构造抬升幅度。

（2）利用光释光（OSL）和电子自旋共振（ESR）年代学方法对大渡河中下游 T1-T5 阶地进行采样测年，T1-T4 阶地的形成年代分别为：16.8-18.5ka、35.1-42.6ka、110.6±10.1ka、389.8-418.5ka，T5 阶地上覆黄土层沉积年代为距今 113.7±9.5ka。通过对阶地类型、流域内阶地分布形态以及阶地沉积物旋回特征分析，研究区河流阶地成因是以构造抬升为主导，气候参与的共同作用下形成的。

（3）研究区阶地序列与川西高原内部各主要河流阶地的发育特征具有一致性。大渡河中下游 T1—T4 阶地在川西高原其它河流阶地中均可对比，各主要河流阶地均记录了川西高原的数次隆升事件，系统的反映了川西高原隆升具有整体性的特点，但各区域的隆升幅度和时序稍有差异，总体呈西部隆升早于东部的规律，由此认为川西高原的隆升过程是青藏高原构造抬升的继承和发展。

S07-P-09

临夏盆地东部晚上新世风尘沉积与该区地貌演化及古环境重建

咎金波*，方小敏，张伟林，颜茂都

中国科学院青藏高原研究所大陆碰撞与高原隆升重点实验室/青藏高原地球科学卓越创新中心，北京，100101

* zanjb@itpcas.ac.cn

中国北方广泛分布的风成红粘土-黄土沉积蕴含了丰富的古地磁场和古气候信息，被认为是揭示东亚季风演化和亚洲内陆干旱化过程的最为详细和连续的长时间尺度陆相沉积记录。同时，由于风尘物质的连续堆积需要相对稳定而平坦的地貌条件，对构造侵蚀过程极为敏感，因此，通过对黄土高原地区不同地貌单元上风成堆积的沉积时代、分布范围以及沉积序列完整性的研究，还可以进一步提供研究区地貌演化的信息。然而，已有的研究发现，尽管位于黄土高原西部的风成沉积可以上溯至 22-25 Ma，但到目前为止，晚上新世到早更新世（3.6-2.2Ma）的风成沉积序列在青藏高原东北缘尚未有报道过，制约了我们对于晚上新世以来黄土高原西部地区风成沉积分布范围以及地貌演化的认识。

经过多年野外考察，并结合临夏盆地南北断面上的沉积学工作，最近我们成功在盆地东部巴谢河北岸发现一套疑似为典型风成沉积的晚上新世棕红色—褐黄色泥岩和粉砂岩沉积。遗憾的是，上述地层由于地形较陡和马兰黄土覆盖等原因无法进行连续的天然剖面取样。为此我们通过野外钻探工作，获取了 160 余米的岩芯。详细的古地磁测试分析，并结合邻近龙担剖面哺乳动物化石群以及剖面顶砾石层的时代限定，得出两个平行钻孔中下部疑似晚上新世风成沉积的年龄约在 2.4-3.7 Ma。进一步的沉积学和土壤发育特征的分析，均表明钻孔晚上新世-早更新世沉积为风成成因。这是首次在临夏盆地明确鉴定有第四纪以前的典型风成堆积，也是首次在黄土高原西部地区发现有

晚上新世到早更新世的典型黄土-红粘土沉积序列，对深刻认识第四纪以前中国北方风成沉积的分布具有重要意义。同时，进一步的磁化率和粒度等气候代用指标的分析还发现，该地区磁化率和粒度变化趋势与黄土高原中部地区同期红粘土沉积可以进行很好的对比，且主要变化的时间节点一致；尤其是在空间变化上，临夏晚上新世-早更新世红粘土-黄土序列磁化率和粒度与黄土高原中部同期红粘土-黄土沉积的上述指标相比，分别呈有明显的西北-东南增加和变细趋势，揭示出类似于现今的东亚冬、夏季风分布格局至少在晚上新世便已确立。

此外，岩性特征和磁性地层学的分析结果还表明，钻孔中下部午城黄土与上覆的离石-马兰黄土存有一明显的不整合面，表明2.4Ma之后临夏盆地东部地区发生有一次显著的构造侵蚀过程。而这一构造事件发生时间的准确确定，对约束临夏盆地及其周边主要河流系统发育的时代有重要意义。

S07-P-10S

黄河源地区的地貌特征及其对上游河谷演化历史的启示

赵卿宇，肖国桥*，李辉

中国地质大学（武汉）地球科学学院，武汉 430074

* xgqiaocug@gmail.com

黄河是我国第二长河，其形成与演化对于认识我国宏观地貌格局的演化、青藏高原及黄土高原等区域的构造活动历史、华北平原及黄渤海陆架的沉积演化等问题具有重要意义。虽然目前对黄河各河段的演化历史开展了大量研究，但对黄河最上游-黄河源地区的关注仍较少。一些研究基于黄河源地区河流阶地年代，提出这段河谷是在晚更新世末-全新世以来形成，是黄河最新溯源侵蚀的结果。但是，中更新世以来，黄河源地区曾发育较大规模的冰川活动。考虑到冰川的侵蚀作用可能将早期的河流阶地破坏，进而可能导致对黄河源地区河谷的发育历史及形成机制的误判。

我们通过对黄河源地区多石峡附近河段的河谷地貌的野外考察，发现该区河谷具有如下特征：1）河谷十分开阔，谷底平坦，两侧基岩山地起伏较小，山顶浑圆；2）河流的流量规模非常小，河床狭窄；3）河流阶地少，普遍只发育一级河流阶地或尚未发育阶地；4）河流“阶地”和河漫滩上的堆积物分选和磨圆极差，但混有少量磨圆较好的砾石，与冰碛物或冰水沉积物特征接近。我们进一步通过SRTM-DEM数据，分析了黄河源地区各级河流的河谷横剖面特征，并与兰州段黄河河谷的地貌特征进行了对比。结果表明，黄河源地区干流及一、二级支流的河谷横剖面规模均较大，宽度和深度分别可达3~5km和200m，并呈现出明显的“U”形谷特征，其一级阶地十分不明显或缺乏，与野外考察的河谷地貌特征一致。但是，这些特征与兰州段黄河河谷有显著的差别，指示着二者可能存在不同的成因。考虑到这些地区现今的河床规模极小，并且其阶地的年代又极晚（晚更新世末期以来），因此我们推断，如此大规模的U形谷（深达200m，宽达3~5km）很可能并非河流的侧蚀作用在晚更新世末期如此短暂的时间内塑造。研究表明，黄河源地区在中更新世以来可能就已进入了冰冻圈。结合前人和我们在该区发现的冰川地貌和冰碛物证据，我们推断，黄河源地区的这些河谷很可能是由这期间的多次冰期的冰蚀作用所形成，而非晚更新世末期以来的流水作用塑造，在间冰期期间，冰川消融后黄河占据了这些谷地。

上述对黄河源地区河谷成因的解释意味着，该区河谷的发育历史可能早于晚更新世末期。而这些早期的河流阶地可能被随后冰期的冰蚀作用所破坏，这可能是导致目前在这一地区只能观察到末次冰期晚期以来河流阶地的原因。从这个意义上讲，直接通过对黄河源地区现存河流阶地的定年很可能不能真实反映黄河源水系形成的年代。

S07-P-11S

基于不同空间分辨率DEM的平原河道提取研究

耿同，杨瑞霞*

中国科学院遥感与数字地球研究所，北京 100094

* yangrx@radi.ac.cn

河流是地貌的重要组成部分，河流及其故道的识别与提取是进行区域地貌分析的重要基础。目前通过光学遥感影像利用水体的光谱特征可以有效提取河流信息，但对于河流故道等河道信息，遥感识别有一定难度。数字高程模型（Digital Elevation Model，DEM）包含了地形、地貌、水文等地理空间信息，可用于描述地表起伏、微地貌特征，河道经过水流长期侵蚀而形成线状延伸的凹地，利用河道与周围地表的高程差异，能够更完整的提取河道信息。以往研究表明基于 DEM 数据提取的山区河道精度较高，但平原地区精度较低，原因在于平原地区地势平坦，地表高程差异不明显，加上人类活动对河道的改造、人工渠道分布密集等，从而影响河道提取时地表汇流方向和路径的计算。本文尝试利用不同空间分辨率的 DEM 数据对平原地区河道信息进行提取，对比不同分辨率 DEM 提取结果的精度差异，提出区域最优 DEM 数据提取河道方法模型，为平原区河道精确提取提供参考。文中参照 1:100 万地貌图选取河北省石家庄-衡水一带的冲积平原作为研究区（约 1.2 万平方公里），以 ALPSRP DEM、ASTER GDEM、SRTM DEM 作为数据源，其空间分辨率依次为 12.5 米、30 米、90 米。基于以上三种不同空间分辨率的 DEM 数据，分别利用 SWAT（Soil and Water Assessment Tool）模型提取河道信息，并利用高分辨率遥感影像解译的现状河道进行精度验证。结果表明：（1）提取的河道信息不仅包括了现状河流，并能得到研究区河流故道的长度、节点等相关信息，可以完整地刻画出平原地区河流及其故道的水系网络格局。（2）三种空间分辨率数据提取结果的精度分析表明，以空间分辨率 30 米 ASTER GDEM 数据利用 SWAT 模型提取的河道信息精度最高，对平原地区河道信息提取具有较好的适用性。（3）研究发现，在宁晋县至赵县一带有枝状河网分布，疑似为早期河道，对此后期将进一步进行野外调查和验证，相关研究成果对区域的河流水系分布特征与演化研究有参考价值。

S07-P-12S

如何用鲜活的语言讲述晦涩的地球科学知识

冯凯龙[1,2]*，田景春[1]，叶勇军[4]，冯自兴[3]，滕骧[1,2]，陈威振[1,2]，王立成[4]

1 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室，成都 610059

2 成都理工大学地球科学学院，成都 610059

3 中国石油长庆油田分公司，西安 713900

4 宁夏长庆高级中学，银川 750006

* fengkailongCHN@icloud.com

地球科学是七大基础学科之一，是以地球系统（包括大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和日地空间）的过程与变化及其相互作用为研究对象的基础学科，包括地质学、地理学，以及其它衍生学科。地球科学是一个大题目，纵横几万里，上下数亿年，几乎辐射到自然科学的其他各个领域。对地球的认识同世界各民族的起源、历史、文化乃至这个世界文明的进展，都是紧密联系在一起的。

然而，就是这样一个对人类命运发展影响巨大的基础学科，在科普的发展形势上却呈现出“冰火两重天”的情况。一方面，以恐龙为代表的古生物知识以及以地震为代表的地质灾害知识等地学知识，在包括电影、电视、文学作品等传媒手段的传播下，成为了大众普遍有所了解的地学知识；但在另一方面，一些相对冷门的地学知识，诸如，能源，固矿以及一些地学前缘的知识，仍旧处于无人问津的情况。

这样的区别情况会造成很多消极影响，比如因为对这些冷门地球科学知识的不了解，造成优质生源不愿意报考这些地学专业，甚至出现招生难的情况，从而影响了学科的健康发展。所以，如何将这些相对晦涩并冷门的地学知识进行适当的文学加工，辅以适

当的宣传手段，使大众增加对其的了解，已经成为了一个新的问题。

笔者以自己担任曾校刊主编的实际经验，并结合近年来部分冷门地学知识通过得当的宣传手段，进入了大众的视野，并甚至一度引起社会广泛关注的成功案例，浅谈如何用鲜活的语言讲述晦涩的地球科学知识，从而帮助地球科学持续地、健康地进一步发展。

S07-P-13

地球表层系统建模基本定理及其应用

岳天祥*，范泽孟，赵娜

中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

* yue@lreis.ac.cn

地球表层系统建模是地球系统科学合作计划和全球综合观测战略的重要内容之一，误差问题、大数据问题和多尺度问题是地球表层系统建模面临的主要挑战。为此，我们将地球表层系统及其环境要素栅格化描述抽象为数学“曲面”，并以系统科学、微分几何学和控制论为基础，建立了一个以全局性近似数据为驱动场、以局地高精度数据为优化控制条件的高精度曲面建模（HASM）方法。与经典方法相比，其精度至少提高了 46 倍。有效地解决了误差问题和多尺度问题。

为了提升 HASM 运算速度和对海量数据的处理能力，提出了一系列大数据高效算法，例如，自适应法(HASM-AM) 使计算成本减小了 98.6%，修正的共轭梯度法（HASM-PCG）与经典方法相比运算速度至少提高了 3 倍，平差算法（HASM-AC）运算速度较 Kriging 提高了 563 倍，解决了大数据处理的大内存需求问题和速度缓慢问题。

在高精度曲面建模（HASM）方法的发展和广泛应用过程中，提炼形成了地球表层系统建模基本定理。根据地球表层系统建模基本定理推演得出了关于空间插值、升尺度、降尺度、数据融合和数据同化的推论。地球表层系统建模基本定理已成功应用于各种空间尺度的数字高程模型构建、二氧化碳浓度模拟、气候变化分析、人口空间分布动态、土壤污染模拟分析、土壤属性空间模拟、生态系统空间分布变化模拟分析、碳储量和食物供给等模拟分析。

S08-O-01

鄂尔多斯高原砂岩含水层的水文地球化学过程和碳循环研究

蒋小伟*，张鸿，柯珊，刘盛遨，韩贵琳，郭华明

中国地质大学（北京）科学研究院，北京 100083

* jxw@cugb.edu.cn

鄂尔多斯高原是世界上碳酸盐型盐湖分布最集中的地区之一。巨厚的白垩系砂岩是鄂尔多斯高原最主要的含水层。在白垩系含水层内部，补给区的浅层地下水和排泄区的深层地下水存在明显的水化学差异。补给区主要阳离子为 Ca 和 Mg，而排泄区主要阳离子为 Na。由于碳酸可以溶解砂岩中的长石和方解石，借助 Sr 和 Mg 同位素揭示砂岩含水层中碱性环境下的主要地球化学过程。为了对比补给区和排泄区的水化学和同位素差异，分别采集了补给区的 5 个地下水样和排泄区的 12 个地下水样。测试表明，补给区浅层地下水的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 介于 0.7112 和 0.7115 之间，与前人的研究基本一致，$\delta^{26}Mg$ 值介于-1.29‰ 和 -1.11‰，与现有文献中报道的地下水 $\delta^{26}Mg$ 值范围一致。但是，排泄区的深层地下水，87Sr/86Sr 介于 0.7097 和 0.7104，$\delta^{26}Mg$ 值介于-3.30‰到-2.13‰，明显低于文献中报道的 $\delta^{26}Mg$ 值。87Sr/86Sr 比值下降表明方解石溶解对于深层地下水的低 $\delta^{26}Mg$ 值有所贡献。取浅层地下水和方解石作为两个端元进行定量计算，发现混合作用无法解释深层地下水的低 $\delta^{26}Mg$ 值和低 Mg 含量，表明地下水从补给区到排泄区

的循环过程中还发生了可以去除 Mg 并使 δ^{26}Mg 值下降的过程。分析表明，深层地下水中 Mg 的去除主要是由于新粘土矿物的形成，这一作用进一步降低了地下水中的 δ^{26}Mg 值。定量计算表明，部分深层地下水样品 δ^{26}Mg 与 1/Mg 之间的关系可以用方解石溶解和黏土矿物形成来解释，其余深层地下水样品，除了方解石溶解和粘土形成以外，还在脱气过程中沉淀形成了低镁方解石，从而进一步降低了地下水中的 Mg 含量，并导致 δ^{26}Mg 值的上升。

本研究加深了砂岩含水层对碳循环的贡献以及碱性环境下地下水中 Mg 同位素控制机理的认识。

S08-O-02

沉积物中代表搬运作用和化学风化作用的地球化学指针

陈惠芬*

台湾海洋大学地球科学研究所，基隆 20224

* diopside0412@yahoo.com.tw

在地质作用中，化学风化和物理搬运作用揭露着古气候与环境变迁的重要讯息。从源地到沉积盆地隐含着母岩的化学风化与沉积物「由源到汇」的纪录，因此如何选用适当的化学元素指针来探讨此两种作用的问题值得深入探讨。首先我们藉由台湾地区不同母岩与硫酸反应，以探讨矿物相溶蚀顺序和化学元素淋溶的变化，用以仿真化学风化的过程。使用的母岩包括花岗岩、安山岩、阳起石片岩、板岩、石英砂岩、钙质砂岩和泥岩等。结果显示岩石的溶蚀速率主要受控于矿物结构和化学组成影响。各矿物的溶蚀顺序依序为：方解石 > 绿泥石 > 云母和伊莱石 > 辉石或角闪石 > 长石 > 石英。这点也吻合硅酸盐矿物结构稳定性的理论。最令人意外的是本研究证实黏土矿物溶蚀速率较长石更快。意味着沉积环境中黏土矿物溶解、再沉淀的过程持续进行。

溶蚀过程中元素迁移的顺序呈现 Mg > Ca ≈ Rb > K > Na > Sr > Al > Zr > Fe ≈ Ti。其中 IA 族元素的溶蚀顺序和元素键结能力表现一致，但在 IIA 族元素的溶解顺序无此规律，主要因 IIA 族元素可分别富集在不同的矿物相中。故本研究推荐 IA 族元素较适合做为比较化学风化程度的指针。至于 Rb/Sr 比值虽然也会反应化学风化作用强弱，但更容易受矿物组成改变的影响。在化学风化过程中 K/Rb 比值会逐渐增高，而 Rb/Sr 比值则逐渐下降。

此外为了探讨搬运作用的指标问题，我们综合黄土、风成沙、陆地表土、湖泊、河流、海洋沉积物等数据比较之下，印证 Ti/Al 比值是很适合作为搬运作用成熟度的指标。主要因此两种元素相较于其他于算较抗化学风化，且不易在水体中受氧化还原状态改变。对于南海南边沉积物供应较稳定的区域，其 Ti/Al 比值更可有效反应海水面升降的变化，成为指示古海水面变化的新指标。

S08-O-03

河流水化学及锶同位素研究流域化学风化通量的短期气候敏感性

苏妮*， 谢小磊，赵云，吴舟扬，杨守业

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* nsu@tongji.edu.cn

全球气候变化、陆地岩石风化碳汇与生源要素的生物地球化学循环的关系，一直是国际地学研究的前沿热点。河流输入是海洋 Sr 的重要来源，而在碳酸盐风化和硅酸盐风化过程中，Sr 同位素不发生分馏且具有特征值，因此可以用来区分碳酸盐风化和硅酸盐风化。已有研究显示，在短时间尺度的气候变化过程中，源自青藏高原的河流 Sr 同位素的季节性变化特征基本一致，表现为洪水季节较枯水季节具有更低的 Sr 同位素组成，被认为是碳酸盐溶解的快速动力学特性导致洪水季节碳酸盐岩/矿物对河水 Sr 的贡献大于枯水季节，从而控制着流域化学风化通量及岩石风化碳汇作用。从更短时间尺度来看，相比季节性变化而言，极端气候（台风、

暴雨、洪水）对入海河流物质化学组成、迁移规律和通量等改变巨大，对正确评估海洋元素循环至关重要。

山溪性河流多具有瞬时大通量、快速物质转换、易受极端事件和人类活动影响等特点，在地球环境变迁和大陆边缘物质循环过程中具有重要作用。本研究于 2016 年 9 月在福建山溪性河流木兰溪感潮段木兰陂进行台风“莫兰蒂”现场观测，开展河流水化学及 Sr 同位素组成研究，探讨事件性过程影响下流域硅酸盐和碳酸盐风化通量的短期气候敏感性。初步研究显示，与世界其他中小河流相比，木兰溪河流具有较低的 Sr 同位素组成，甚至低于现代海水的平均组成（0.7092）。在台风登陆及径流量达到极值过程中，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值很快降低到最低值 0.708325，随后的 96 小时内仍然保持在较低的范围内变化（0.708379-0.708606），推测主要受到碳酸盐风化和降雨稀释效应的共同影响。同时，由河流主要离子组成计算得到台风期间有效的碳酸盐风化速率及通量显著增大，而硅酸盐风化通量可能主要来自降雨对风化产物的冲刷作用。

S08-O-04

莱索托高地玄武岩化学风化初步研究

陈旸 [1]*，David Hedding[2]，李高军 [1]

1 南京大学表生地球化学教育部重点实验室，地球科学与工程学院，南京 210023

2 Department of Geography, University of South Africa, Florida 1710, South Africa

* chenyang@nju.edu.cn

硅酸盐风化消耗大气 CO_2 速度与气候之间的负反馈是维持地球长期宜居性和碳循环平衡的重要机制。构造作用对硅酸盐风化的调节也是导致气候变化的重要因子。玄武岩因其较快的风化速度和其风化速度对气候的直接响应受到普遍关注。莱索托高地玄武岩自从冈瓦纳大陆裂解后，一直位于稳定的构造环境，侵蚀速度极低，提供了研究构造侵蚀与气候影响玄武岩风化的理想环境。流域地球化学初步调研发现，莱索托高地玄武岩风化吸收大气 CO_2 的速度为 $0.23\pm0.02\times106$ mol/km^2/yr，符合全球死火山地区玄武岩风化速度与平均气温的关系。风化剖面分析表明，受低剥蚀速度控制，莱索托高地玄武岩风化表现为近乎一致的完全风化。莱索托高地玄武岩风化吸收 CO_2 速度（0.23×106 mol/km^2/yr）对应一致风化物理剥蚀速度约为 0.01mm/yr，与该地区剥蚀速度的其它独立测量一致。

S08-O-05

乌江化学风化及碳动态变化对水文条件的响应

钟君 [1]*，李思亮 [1]，丁虎 [2]，刘丛强 [2]

1 天津大学表层地球系统科学研究院，天津 300072

2 中国科学院地球化学研究所，环境地球化学国家重点实验室，贵阳 550081

* jun.zhong@tju.edu.cn

流域内化学风化及碳动态变化影响着全球气候变化，反之，流域内化学风化及碳动态变化对气候条件的变化也会有比较明显的响应。水文条件被认为是流域中化学风化及碳动态变化的重要影响因素，为了更好的研究水文条件对流域内化学风化及碳循环影响机制，我们对西南喀斯特乌江进行基于高频采样的水化学组成及溶解无机碳同位素(δ^{13}CDIC)的研究。河流中的主要溶解性离子随着流量的增加，并不完全遵循稀释规律，流域内所发生的生物地球化学过程导致了浓度-流量关系的多样性。岩石风化特征及水文条件是主量离子时间变化的主控因素，通过对溶解无机碳(DIC)及 δ^{13}CDIC 研究发现：水文条件及流域内发生的生物地球化学过程是碳动态变化的主导因素。高流量促进流域内碳迁移，温度高加速反应速率，促进生物碳的汇入，因此生物碳的汇入是河流中碳动态变化的主要驱动力。本研究重点

研究喀斯特流域化学风化及碳动态变化对水文条件变化的敏感性。

S08-O-06

流域铀同位素对风化限制理论的启示意义

李来峰，李高军*

南京大学表生地球化学教育部重点实验室，南京 210023

* ligaojun@nju.edu.cn

物理剥蚀对化学风化的控制是构造抬升驱动气候变化假说的重要假设（Raymo and Ruddiman,1992）。然而，化学风化受物理剥蚀控制的机理并不明晰。主流观点认为(West et al., 2005)，在物理剥蚀弱的地区，土壤发育时间长，厚度大，岩石暴露不充分，新鲜岩石一经物理剥蚀进入风化带即可完全风化，因此化学风化速度受物理剥蚀控制（搬运控制）；在物理剥蚀快的地区，岩石已经充分暴露，化学风化不再与物理剥蚀有关，而受温度、降水量的控制（动力学控制）。但是，最近的观测表明，化学风化随物理剥蚀的增加而单调增加(Larsen et al., 2014)，并不存在由搬运控制向动力学控制转化的阈值点。本研究通过流域剥蚀速率和溶解铀同位素来探索物理剥蚀和化学风化的关系，为风化限制机理提供重要的启示意义。

S08-O-07

大气污染物与冰冻圈变化：第三极地区研究现状与未来趋势

康世昌[1,2,3]*，张强弓[2,4]，钱云[5]，吉振明[6]，李潮流[2,3]，丛志远[2,3]，张玉兰[1]，黄杰[2,3]，郭军明[1]，杨俊华[1]，杜文涛[1]，Arnico K. Panday[7]，Maheswar Rupakheti[8]，陈德亮[9]，Örjan Gustafsson[10]，Mark H. Thiemens[11]，秦大河[1,3]

1 中国科学院西北生态环境资源研究院冰冻圈科学国家重点实验室，兰州 730000

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

3 中国科学院大学，北京 100049

4 中国科学院青藏高原研究所青藏高原地表过程与环境变化重点实验室，北京 100101

5 西北太平洋国家重点实验室，里奇兰，华盛顿州，99352，美国

6 中山大学大气科学院气候变化与自然灾害研究广东省重点实验室，广州 510275

7 国际山地综合发展中心(ICIMOD), 加德满都,尼泊尔

8 德国先进可持续性发展研究院, 波茨坦 14467, 德国

9 哥德堡大学地球科学系, 哥德堡, 瑞典

10 斯德哥尔摩大学环境科学与分析化学系，斯德哥尔摩 10691，瑞典

11 加州大学圣地亚哥分校化学与生物化学系，加州拉荷拉，美国

* Shichang.kang@lzb.ac.cn

以青藏高原为主体的亚洲高海拔山区是“亚洲水塔”，是地球“第三极”。近年来，以冰冻圈缩减为显著特征的水循环变化正影响着第三极及周边地区数十亿人的生存与发展。大气污染物可通过长距离传输进入第三极地区，通过改变大气辐射强迫和雪冰表面反照率影响气候和冰冻圈变化；同时，大气污染物沉降进入冰冻圈后的转化、归宿和环境效应亦逐渐成为新兴研究热点。自2013年以来，基于我国在青藏高原地面观测台站并通过国际合作，已建立了由26个台站组成的覆盖第三极大尺度空间区域的大气污染物和冰冻圈变化（APCC：Atmospheric Pollution and Cryospheric Change）协同观测研究网络。APCC观测研究内容包括：1）定期采集大气气溶胶样品，在线连续监测大气黑碳和其它痕量气体；2）在具有区域代表性的冰川和积雪区开展长期连续系统观测和采样 3）对获取的样品开展系统化学组分分析，包括碳质组分、痕量有毒组分和其它辅助数据等；4）基于观测资料和实验数据分析并开展模型模拟研究。

本论文将综述 APCC 取得的研究进展，包括大气污染物的组分和时空分布、来源、跨境传输和沉降，吸光性气溶胶的气候效应，吸光性杂质对冰冻圈变化的影响评估等。总体上，第三极周边人类活动密集区排放的大气污染物能够通过大气环流进入第三极内陆地区，对气候和冰冻圈变化已经产生了显著影响。未来将继续拓展观测研究网络，在南、北极地区设立观测站点，以全球视野推进 APCC 观测研究计划。

S08-O-08

黄土高原小流域填沟造地对土壤盐碱化的影响

金钊[1*]，郭立[2*]，王云强[1*]，余云龙[1]，林杭生[1,2]，陈怡平[1]，褚光琛[1]，张晶[1]，张乃鹏[3]

1 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710075

2 Department of Ecosystem Science and Management, The Pennsylvania State University, University Park, PA ,16802, USA

3 东营水务局，东营 257091

* jinzhao@ieecas.cn; lug163@psu.edu; wangyq@ieecas.cn

2011 年以来，位于黄土高原丘陵沟壑区的延安市实施了一项名为“治（填）沟造地”的土地整治重大工程。该工程于 2013 年正式启动实施，计划于 2018 年正式完工，规划在延安丘陵沟壑小流域造地 50 万亩，投资 50 亿元。填沟造地的核心是通过人工削斩山脚边坡，取土填沟、沟口筑坝，辅以排洪渠和边坡护理等措施，将沟谷中低产分散的耕地扩增为大面积的、可机耕的优质高产良田。通过调查发现，填沟造地过程中，许多新造耕地出现了盐碱化现象。然而，对造地后盐碱化发生的机制没有得到很好的认识，难以确保这一重大工程的顺利实施，也使得新造耕地无法可持续利用。根据这一现实需求，我们以延安顾屯流域为研究对象，对填沟造地后地下水抬升的现状、盐碱化发生的强度、范围、趋势和影响因素进行了研究。结果表明，流域填沟造地后浅层地下水抬升十分明显，大部分地块受浅层地下水影响的土层深度在 3 m 范围内，部分地块深度超过 4m；在水库下游方向，离水库坝体越近，浅层地下水影响的土层深度越浅。淤地坝渗漏是导致下游近坝耕地地下水升高的主要因素。在顾屯流域，超过一半表层土壤（20 cm）表现出轻度盐碱化现象，尤其是流域上游的新造耕地，盐碱化趋势十分明显。地下水升高、蒸发量大、黄土的碱性性质以及局部地形的影响，是导致上游耕地发生明显盐碱化的主要因素。为控制盐碱化的发生，我们建议在水库下游靠近坝体的位置，修建一条横向截沟，把渗漏或渗流进入耕地的水导入到横向截沟中，然后排到侧面排水渠，这样能有效降低上游水库对下游耕地的影响。此外，建议在河谷两侧修建排水渠，加强新造耕地的排水，而目前仅在河谷一侧修建排水渠的措施是不够的。在后期的造地工程中，对于支毛沟和沟道狭窄、地形复杂的流域上游沟道，由于盐碱化风险较高，土地利用率低，建议不要造地，降低工程风险。

S08-O-09

大型人为干扰河流的锌同位素示踪—以珠江为例

王中伟[1,2]，陈玖斌[1]*

1 中国科学院地球化学研究所，贵阳 550081

2 中国科学院大学，北京 100049

* chenjiubin@vip.gyig.ac.cn

虽然锌是生物生命必需的微量元素，但在高浓度时却成为有毒元素，因此详细了解锌在自然界中的循环意义重大。近年来，锌稳定同位素已成为认清锌在自然界中的生物地球化学循环的新手段。已报道的数据中总的 $\delta^{66}Zn$ 变化范围达到 10.00‰，其中最大变化值发现在陨石和月球样品中，地球样品中总的 $\delta^{66}Zn$ 变化范围为 3.00‰，相对于分析误差，这个变化范围已经非常明显。锌同位素除广泛应用于天体演化、地球重大地质

事件判定外，还被用来研究现代环境中锌的迁移转化和环境效应。河流承载了近 90%的从陆地输送到海洋的物质，已成为研究陆壳风化强度、计算运输到海洋的物质通量以及判定人为活动对元素全球循环干扰的重要研究对象。然而，迄今大型人为干扰河流锌同位素示踪研究还鲜有报道。

珠江是大型人为干扰河流，流域水资源量相对比较丰富，年径流总量仅次于长江。据 2008 年资料统计，珠江流域平均人口密度为 265 人/平方公里，人均 GDP 达 33228 元，均高于全国平均水平。本研究旨在通过对珠江流域锌同位素进行系统研究，查找流域内锌的来源，判定其在水体中的演化机制。

珠江干流和主要支流中溶解态锌的平均浓度为 1.2 微克/升，略高于全球河流溶解态锌的平均浓度 0.6 微克/升。流域内溶解态锌同位素 δ^{66}Zn 的值在-0.26-1.19‰之间，高于全球河流中的溶解态 δ^{66}Zn 值，推断主要原因是大部分锌来自流域碳酸盐基岩的风化。通过对流域内基岩、地下水以及典型人为源样品锌同位素分析，建立锌同位素端元混合模型，确定了除碳酸盐风化自然贡献外，工业废水、矿山冶炼废水等人为活动排放的锌是珠江流域内潜在的锌污染源，需要引起重视。同时，由于珠江流域内，特别是珠江上游，存在筑坝拦截的大小水电站近万余座。筑坝拦截增强了水库对河流输送物质的滞留作用，从而改变了河流输送物质的通量和组成变化。我们的锌同位素数据表明，可能由“二次过程”（如生物吸收和颗粒物吸附作用等过程）影响的“湖库水”是珠江流域内锌的另外一个重要贡献源。珠江流域中的锌同位素研究还为进一步认知海洋储库中锌同位素系统变化提供了基础数据。

S08-O-10

The biogeochemical cycle of B and δ11B in a temperate forest ecosystem

P. ROUX*[1,2]; M-P. TURPAULT[1]; P-O. REDON[3]and D. LEMARCHAND[2]

1 BEF-INRA, Centre de Nancy, 54280 Champenoux, France

2 LHyGeS/CNRS, Université de Strasbourg, France

3 Andra- Centre de Meuse Haute Marne 55290 Bure, France

* philippe.roux@nancy.inra.fr)

Boron is essantial to plant growth. However, despite its recognized control on the B biogeochemical transfer in forest ecosystems, its biological cycle (soil/plant subsystem) is still poorly studied. In order to understand the controls and feedbacks of boron fluxes in forest ecosystems, this study aims at establishing the different stocks and fluxes within the soil/plant B pools.

The beech forest ecosystem of Montiers (France) has been chosen beacause of the parallel biomass and hydrology models that will provide a strong framework to interpret B data. We thoroughly studied and compared the B biogeochemical cycle from both the soil mineral and aqueous pools as well as beech trees compartments (roots, wood, trunck, branches and leaves) on a shallow calcareous soil (Rendzic Leptosol).

The B stock in the forest stand reach 667g.ha-1.yr-1 The B inputs (atmospheric wet and dry deposits, soil mineral weathering) equals 57g.ha-1.yr-1 on the Rendzic Leptosol while the outputs (drainage and wood exportation) mount to 33g.ha-1.yr-1. B is mainly controlled by biological processes (canopy exchange, litterfall and organic matter mineralization) as shown by the large biological B fluxes (respectively 44.6 g.ha-1.yr-1, 72.3 g.ha-1.yr-1 and 96.7 g.ha-1.yr-1). Furthermore, the systematic correlations observed in all compartments between B and strongly recycled elements (Ca, K and Si) also exhibit strong biological imprint over B dynamics. While K tend to show the overall vegetation cycling with clear release/uptake phases on B, Ca and Si show

different patterns of nutrient release depending on the considered mechanism (Organic matter mineralisation or canopy exchange).

We also found evidence that the biological cycle controls the dynamics of boron isotopes since the canopy exchange and the mineralization of organic matter tend to favour the release of the heavy isotope 11B while the formation of perenial biomass tend to favour the light isotope 10B. The B uptake by roots doesn't seem to induce any isotope fractionation.

S08-O-11

筑坝对河流碳循环的影响

王宝利[1]*，刘丛强[1,2]，汪福顺[3]

1 天津大学表层地球系统科学研究院，天津 300072

2 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室，贵阳 550081

3 上海大学环境与化学工程学院，上海 201800

* baoli.wang@tju.edu.cn

河流是连接陆地和海洋的物质输送通道。在全球碳循环中，传统观点认为河流只是被动的传输管道，可以忽略。然而最新的研究却表明，河流向海洋输送的碳（0.9Pg/y）仅占陆地输入流域碳（2.7Pg/y）的小部分，其它的碳大部分释放到大气（1.2Pg/y），另一部分则埋藏在沉积物中（0.6Pg/y）。可见，河流对全球碳通量的贡献是显著的。筑坝是目前最为显著的人为扰动河流事件。全球约70%的河流受到水坝的拦截。据不完全统计，截止 2008 年中国已建有超过 80000 座大型和小型水库，几乎所有的主要河流都受到不同程度的筑坝影响。筑坝河流碳收支是内陆水体碳收支的重要组成部分。现有的利用纬度模式或库龄模式进行的全球水库碳排放的估算模式有待商榷，主要在于该模式没有考虑水库滞留时间不同的影响。因此，对筑坝河流碳生物地球化学循环过程和机理的全面认识是其碳收支准确估算的基础。

筑坝导致河流碳循环产生明显的空间异质性和季节不连续性，主要原因在于筑坝后形成的水库发生分层现象，生物作用增强，且具有底层泄水的发电方式。乌江喀斯特河流-水库体系溶解 CO_2、溶解无机碳（DIC）、颗粒有机碳（POC）浓度分别为 81.73μM、2283.55μM、37.54 μM。δ^{13}CDIC 变化范围为 -10.07‰ ～ -4.92‰，平均值 -8.33‰；δ^{13}CPOC 变化范围为-35.30‰～-22.28‰，平均值-29.20‰。库区叶绿素与 CO_2、DIC、POC、δ^{13}CDIC 都具有显著的相关关系，而河流和下泄水中并没有发现这种现象。可见，水库碳循环主要受生物作用驱动，光合作用的加强导致库区具有较高的 POC 和较低的 CO_2 浓度。河流受呼吸作用和风化作用影响，向大气中释放 CO_2。下泄水碳循环受库区水体分层和底层泄水发电的影响，具有较高的 CO_2 浓度。库区和下泄水 CO_2、POC、DIC、δ^{13}CDIC、δ^{13}CPOC 随时间的波动幅度远大于河流区，而且水库中各指标变异系数普遍较大，表明筑坝加速了河流碳的生物地球化学循环。

S08-O-12

Abstract submission for CESS 2018

Atmospheric SO2 oxidation by NO2 plays no role in the mass independent sulfur isotope fractionation of urban aerosols

Au Yang D.[1,2]*, Bardoux G.[1], Assayag N.[1], Laskar C[1], Widory D.[2], Cartigny P.[1]

1 Laboratoire de Géochimie des Isotopes Stables, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Diderot, CNRS UMR 7154, Sorbonne Paris-Cité, 1 rue de Jussieu, 75005 Paris, France

2 GEOTOP/Université du Québec à Montréal (UQAM), Montréal H3C 3P8, Canada

* auyang@mail.gyig.ac.cn

Modern anthropogenic aerosols usually exhibit low but significant $\delta^{33}S$ signatures (-0.6 to 0.5‰) whose origin still remains unclear. While isotope fractionation factors associated with the oxidation of SO_2 by $\mathbf{O_2}$+TMI (Transition Metal Ion), $H_2\mathbf{O_2}$ or OH cannot lead to such extreme Δ33S-values, an increasing number of studies points to the significant role of NO_2 as a contributing oxidant, especially in the urban environment.

To address this possible relation between atmospheric NO_2 and the observed $\delta^{33}S$-values in aerosols, we carried out laboratory experiments oxidising SO_2 by $\mathbf{NO_2}$ **at temperatures ranging between -7 and 52 ℃. Our results show that a**t temperatures ≥10°C $\mathbf{SO_2}$ **oxidation by** $\mathbf{NO_2}$ **is characterized by 1) a 34α-value whose temperature dependencec (0.2437/T+0.0457) is distinct from those related to oxidation by** $\mathbf{O_2}$+TMI, $H_2\mathbf{O_2}$ and OH **oxidation pathways** and 2) $^{33}\boldsymbol{\beta}$ **(0.514**±0.0003) **and** $^{36}\boldsymbol{\beta}$ **(1.902**±0.0023) values **that are** closer to the mass dependent values (0.515 and 1.889, respectively) **than those reported for the other oxidation pathways.** This implies that the $\mathbf{NO_2}$ **oxidation pathway cannot explain the extreme** $\delta^{33}S$-values measured in urban aerosols.

We also show that if atmospheric SO_2 oxidation by NO_2 is neglected, both the O_2+TMI and OH oxidation pathways would be overestimated in urban areas. We conclude that another oxidation reaction (that may involve Carbonyl oxides i.e. Criegee intermediates) is responsible for the high $\delta^{33}S$-values measured in urban aerosol samples.

S08-P-01

极端环境中的特殊放射性铀同位素地球化学行为

李高军*，李来峰

南京大学表生地球化学教育部重点实验室，南京 210023

* ligaojun@nju.edu.cn

近年来，放射性铀同位素在风化领域得到了越来越多的运用。自然界中，^{238}U 经过一次 α 衰变和两次快速的 β 衰变成为 ^{234}U，^{234}U 继续发生衰变，在经过大约 1Ma 后，该衰变过程达到平衡，衰变链上的所有核素的放射性活度相等，因此($^{234}U/^{238}U$) 比值（括号表示活度）为 1。一般而言，自然界中的绝大多数岩石的（$^{234}U/^{238}U$）值都为 1，其主要原因是绝大多数岩石的年龄都大于 1Ma，^{238}U 的衰变已经达到平衡。对河水、水库水、井水等水体而言，（$^{234}U/^{238}U$）的比值一般而言都大于 1，其主要原因是矿物表面破坏晶格处 ^{234}U 的优先溶解和 238U 的反冲作用提供更多的 ^{234}U 到水体中。然而，大量的研究发现，自然界中部分流域水样的（$^{234}U/^{238}U$）值小于 1，同时，部分固体颗粒的（$^{234}U/^{238}U$）值大于 1。这为模拟和认识自然界中的铀同位素地球化学行为带来了巨大的复杂性。部分学者认为，水体的（$^{234}U/^{238}U$）值小于 1 是由于表面亏损 ^{234}U 的矿物风化溶解所导致的，而固体颗粒的 U 同位素值大于 1 则是由于颗粒表面吸附水体中的 U 所导致的。最近的研究发现，在同一个流域，去掉次生层的固体颗粒其（$^{234}U/^{238}U$）比值仍然大于 1，同时，流域水样的 U 同位素值小于 1，固体颗粒大于 1 的（$^{234}U/^{238}U$）值不可能是吸附水体中的 U 所导致的，这些现象不能用传统的观点来解释。本研究发现了一种新的机理，可以解释这些异常的铀同位素行为。

S08-P-02S

汞同位素揭示冰川融水对高原湖泊汞的贡献

刘玉龙，陈玖斌*，袁圣柳，蔡虹明

中国科学院地球化学研究所，贵阳 550081

* chenjiubin@vip.mail.gyig.ac.cn

汞是常温下可以气态单质存在的唯一金属元素，在自然界中可通过多种氧化还原反应进行转化，其无机态可以转化为具有生物富集性及神经毒性的有机态，因此被列为首要污染物，得到世界广泛关注。近些年来，汞同位素已经成为地球化学领域研究热点。目前，国际上已有很多汞同位素的相关研究报道，但多集中于固体样品，如动植物及大气颗粒物、矿物样品，关于水体的研究依然很少，尤其是还没有湖泊剖面汞同位素研究。

我们选择青藏高原纳木错湖作为研究对象，系统研究高海拔、强光照及低人为污染背景地区湖泊中汞的地球化学行为。我们于 2016 年 9 月采集纳木错中部南北两个剖面，以及九条入湖河流水体样品；并采集河底、湖底沉积物。研究结果表明，河流水体 δ^{199}Hg（0.49～1.43，均值 0.98）高于湖底沉积物 δ^{199}Hg（0.59～0.61，均值 0.60），而沉积物 δ^{199}Hg 高于湖水剖面 δ^{199}Hg（0.14～0.64，均值 0.41），这与 Chen 等[1]加拿大湖水的研究明显不同。结合样品地球化学特征，判定其原因可能是：纳木错的汞都可能经过大气的长距离传输，而后经干湿沉降及径流输入湖泊。在大气传输过程中均发生较大的光致还原反应，水汽及颗粒物中二价汞被还原为元素汞逸出，而残留于雨滴中的 δ^{199}Hg 明显偏正，而水汽及颗粒物传输至纳木错流域并沉降；在干、湿沉降直接进入流域水体的同时，冰川融化形成径流，携带本地风化以及少量人为排放的汞同位素信息进入湖泊。需要指出的是，流域支流在湖泊入口处的河底沉积物，其形态与成分除尼亚曲外均与湖底沉积物显著不同；其中尼亚曲入湖后进入纳木错东部湖盆，距离剖面采样点较远（10km 以上），已有研究表明东部湖盆水循环与中部湖盆相关性不高，因此湖底沉积物的来源仍需要继续深入研究。研究还发现，高海拔深水湖泊汞同位素具有特殊的分馏现象及机制：首先，δ^{199}Hg 在剖面中均出现出现急剧降低随后升高，剖面 1 与 2 极低值分别出现在 5m 及 15m；由于 Zheng 等[2]研究发现与不同含硫化合物结合可导致光致还原反应产生不同程度负的 δ^{199}Hg，因此我们推测，在 9 月份，湖水分层，表层（0-40m）由于较低的含氧量及湖水整体较高的硫酸根浓度导致微生物合成含硫有机物，与汞结合后通过光致还原作用产生负的 δ^{199}Hg，进而产生剖面极低值;同时我们认为，纳木错湖水中含硫化合物的种类及产生机制还有待详细研究。同时我们率先发现 δ^{199}Hg/δ^{201}Hg 的系统趋势性剖面变化，并推测其原因是不同波长光导致的汞的还原反应。这一研究表明，冰川融水后汞会大量释放，对区域和全球汞生物地球化学循环有重要意义。

S08-P-03S

人为活动对镓（Ga）元素及同位素地球化学的影响

袁玮 [1,2]，陈玖斌 [1]*

1 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室，贵阳 550081

2 中国科学院大学，北京 100049

* chenjiubin@vip.gyig.ac.cn

镓（Ga）在 1875 年由法国化学家——P. E. Lecoq de Boisbaudran 发现，近些年越来越引起人们关注。一方面，在科学研究上，前人通过 Ga 浓度和形态的分析，将其广泛应用于地球科学多个领域；另一方面，Ga 在电子工业中具有重要价值，被广泛运用到制作半导体、合金、光电功能材料以及航空、医疗器材等高科技领域。随着科技的发展，Ga 的需求量日益增加，2015 年 Ga 生产量已比 2010 年足足高出四倍，也正因此，人为活动很可能成为 Ga 元素全球地球化学循环中重要的端元和变量。然而，目前对有关人为活动对 Ga 的地球化学行为和环境效应的影响方面的研究还非常有限。

Ga 的最早工业化使用是在 20 世纪 40 年代，目前，通过计算，每年可能约有 120 ~ 170 吨的 Ga 进入到生产废弃物中而被浪费，而这个惊人的废弃量已高达 Ga 生产量的 40 ~ 60%。根据生产、精炼、制造、使用和再

循环方面的有限数据，在 Ga 的全球系统模型中，开采的铝土矿中约含 11000 吨的 Ga，但大部分 Ga 作为赤泥或 Al 生产过程的杂质而被直接浪费掉，仅有少量的铝土矿被专门用于 Ga 生产。但是，由于生产工艺等限制，最后从这部分专门用于 Ga 生产的铝土矿中得到的 Ga 总量远少于生产过程中浪费掉的 Ga 的量。然而，这些浪费掉的 Ga 被再次排放到自然环境中的地球化学行为还鲜为人知。目前，仅有少数的几篇文章报道了一些废弃物中的 Ga 含量。这些研究发现，污水、生活垃圾以及半导体制造区地下水中的 Ga 含量显著升高。另外，煤电厂飞灰中的 Ga 含量可高达 186 ~ 320 ppm，而这些飞灰往往直接被排放到大气中。试想无论是开采工艺中浪费的 Ga，还是人类生活副产品中的 Ga，都可能再随着河流携带或大气沉降到陆地表面或海洋表层水体，势必会改变 Ga 在自然界的地球化学循环。

Ga 同位素可被用来确定环境中 Ga 的来源和不同 Ga 端元的贡献比例。2016 年，Yuan 等人开发了高精度分析测试 Ga 同位素的方法，并运用该方法测试了一些工业和地质标准样品，发现两类样品的 Ga 同位素组成变化较大，显示了 Ga 同位素在溯源方面的潜在应用前景。另外，Ga 在水溶液中的形态对物理化学条件（pH、T）的变化极为敏感，在人为改变的水环境中，Ga 的形态可能随之改变，从而进一步影响相应地区基岩、土壤等对 Ga 的吸附或者 Ga 自身的沉淀作用。然而，值得注意的是，实验证明矿物的吸附等物理化学作用会导致 Ga 同位素产生显著的分馏。也就是说，一方面，Ga 同位素可能是溯源（自然源、工业源）的有效工具，另一方面，又有可能被用来追踪一些在人类活动广泛参与情况下的特殊地球化学过程。

总之，目前关于人类活动对 Ga 元素及同位素地球化学的影响的认知很少，亟需开展深入的研究工作。

S08-P-04S

大型人为干扰河流珠江汞同位素源解析

张媛媛 [1,2]，陈玖斌 [1]*

1 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室，贵阳 550081;

2 中国科学院大学，北京 100049

* chenjiubin@vip.gyig.ac.cn

汞（Hg）是唯一可以以气态形式在大气中进行长距离传输的有毒重金属，一旦进入到陆地生态系统，在生物作用下可以转变成毒害神经的甲基汞（MMHg），从而进入食物链累积并最终破坏生态环境甚至危害人类健康。河流是陆地与海洋之间的重要通道，可以承载 90%的物质输送，并与人类活动息息相关，因此对于河流汞及其同位素的研究至关重要。目前，在河流汞浓度、形态等方面已有大量的研究，但是对于利用汞同位素系统研究大型河流，特别是大型人为污染河流中汞的来源、迁移、转化等方面的报道还非常有限。珠江是我国第二大河流，倍受人为活动干扰，作为港、澳、粤的生命之源，其具有特殊的地理位置和经济地位，为了更好的理解珠江流域汞的来源及过程，我们分析了从源头至入海口的表层水、悬浮颗粒物、沉积物、河漫滩淤泥以及流域基岩、土壤、植物等的汞浓度及同位素。

研究结果表明，珠江流域表层水样 Hg 浓度变化范围为 0.45ng/L~2.44ng/L，洪水期表层水 Hg 浓度明显比枯水期偏高，且珠江下游河水具有更高的 Hg 浓度。所有的珠江河水样品具有明显偏负的 δ^{202}Hg，洪水期、枯水期均值分别为 -1.05±0.70‰ (2SD，n=19），-1.56±1.06 ‰ (2SD，n=19）；除下游西江、北江河段的洪水期个别表层水样具有明显偏负的 δ^{199}Hg（-2.29‰~-0.76‰）外，其余表层水样显示了明显偏正的 δ^{199}Hg，洪水期、枯水期均值分别为 0.22±0.14‰ (2SD，n=16），0.36±0.19‰ (2SD，n=19），洪水期 ^{199}Hg 值相对于枯水期偏低。明显偏负的 δ^{199}Hg 产生的原因可能是特殊汞来源的输入。我们研究表明，珠江上游洪水季、枯水季降雨的汞同位组成，同样具有偏负的 δ^{202}Hg，偏正的 δ^{199}Hg 和轻微偏正的 δ^{200}Hg 的特征，与珠江流域上游表层水样 Hg 同位

组成基本一致，说明大气降雨是珠江流域表层水中汞的一个主要来源。珠江流域洪水期悬浮颗粒物 Hg 的含量变化范围为 0.06 mg/kg ~0.41mg/kg，枯水期为 0.10 mg/kg ~0.29mg/kg，洪水期悬浮颗粒态 Hg 含量相对偏高；而绝大部分悬浮颗粒物 δ^{202}Hg 明显偏负，洪水期、枯水期均值分别为-1.91±0.75‰ (2SD，n=16)，-1.13±0.69‰ (2SD，n=15)，枯水期 δ^{202}Hg 相对于洪水期偏高，这与表层水样的结果相反；δ^{199}Hg 轻微偏负，平均值分别为-0.09±0.16 ‰ (2SD，n=16)，-0.10±0.09‰ (2SD，n=15)；无论洪水期还是枯水期悬浮颗粒物 δ^{200}Hg 变化不明显。而洪水期、枯水期沉积物和河漫滩淤泥 Hg 同位素组成变化与悬浮颗粒物基本一致，说明河流沉积物 Hg 同位素分析可代替悬浮颗粒物，该特征与其他重金属明显不同，同时说明其汞来源基本一致。而通过分析颗粒物的汞同位素组成，发现河流悬浮颗粒物、沉积物、河岸淤泥的汞来源与河流表层水的汞来源不是同一来源，其主要是受自然源（流域基岩、土壤风化）以及人为源（工业排放颗粒物）等控制。

S08-P-05S

典型暖期条件下东亚夏季极端降水响应的模拟研究：中全新世和未来变暖的对比

任鑫 [1,2]*，石正国 [1,3]

1 中国科学院地球环境研究所，西安 710061

2 中国科学院研究生院，北京 100049

3 中国科学院地球环境研究所,黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061

* renxin@ieecas.cn

极端降水变化对人类社会和生态环境的影响巨大。目前关于未来变暖趋势下极端降水变化已有很多工作，但对地质历史时期极端降水的情况鲜有研究。中全新世为轨道时间尺度距今最近的温暖期，研究其极端降水响应并与未来暖期对比有助于更好理解极端降水机制。本文利用 MPI-ESM-P 模式中全新世及 1%CO_2 增加试验结果，对比日射及 CO_2 变化导致东亚地区的夏季极端降水变化的响应异同。分析结果表明，夏季东亚区域未来变暖情境下极端降水同工业革命前相比海洋及华南地区增多而华北地区减少，中全新世极端降水同工业革命前相比日本及南海地区减少其余区域增多。这是由于 CO_2 增加导致全球温度上升，大气中的水汽含量增加，东亚区域极端降水由此增多。地球轨道引发的日射增加导致海陆温度梯度增加，偏南风增强，更多水汽被携带至大陆区域加强了极端降水。

S08-P-06

九华山花岗岩小流域 Sr 同位素的时空变化特征：来自一个完整水文年的研究

吴卫华 [1]*，孙明照 [1]，姬翔 [2]，瞿书逸 [1]

1 南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

2 浙江省文物考古研究所，杭州 310000

* wuwh@nju.edu.cn

大陆风化作用通过河流输入到现代海洋的溶解 Sr 通量明显高于热液，它们是影响海洋 Sr 同位素演化的最重要原因。硅酸盐风化被视为“地质空调”，它通过影响全球碳循环进而影响到地球历史上的气候变化（Walker 等，1981; Berner 等，1983; Ruddiman 等, 2013），由此大陆和海洋沉积记录中 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值的变化就与构造运动（如超级大陆聚合-裂解）导致的硅酸盐化学风化速率变化、大玄武岩省的形成、新生代的全球变冷等事件联系起来。

我们对亚热带地区典型的九华山花岗岩小流域进行了基岩、风化壳和溪水的 Sr 同位素特征的系统研究，探讨河水中 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值的控制因素。通过对不同地形、人类活动影响下的 10 条小流域进行一个水文年内每月 1-2 次的密集采样，探讨 Sr 含量和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值的时空变化特征。收集不同

硅酸盐岩类型河流的 Sr 同位素数据，解析流域硅酸盐风化对海水 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值演化的贡献。

4 个季节中，10 个冬季样品的 Sr 含量都最高，约为夏季的 1.1-1.7 倍；秋季样品也高于夏季，约为 1.0-1.5 倍，主要归因于低流量下的浓缩作用。相比 Sr 含量，一个水文年中的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值变化很小，且没展现出任何规律性，表明流量因素对 Sr 同位素组成没有明显影响。空间上看，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值有一定变化，但同样未显示出规律性。那么，溪水的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值是不是只受控于基岩类型？我们将各个采样点河床沉积物的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值与溪水进行投点，两者之间也没展现很好的相关性（$r^2 = 0.26$），说明溪水的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值并不仅仅是受基岩的影响。6 个农田水和 24 个雨水的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值总体上低于大部分溪水值。对于生活废水，我们没有采集样品，长江流域的两个数据被替代使用（0.71016-0.71018, Chetelat et al., 2008）。这些输入端元可能也会对溪水的 Sr 同位素组成有一定的影响。

总体上，燕山运动形成的九华山花岗岩岩体、风化壳、沉积物的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值基本在 0.71-0.72 之间，河水则在 0.71 左右，略高于现代海水值（0.70916），明显高于中生代 155Ma 左右海水的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值（0.7068），155Ma 后海水 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值的上升可能与燕山运动及北美对应的科罗拉多山脉的早期抬升和侵蚀有关（Gröcke 等, 2003）。

S08-P-07

Vertical Motions Prior to the Intensification of Simulated Typhoon Hagupit (2008)

Shumin Chen[1], Weibiao Li[1], Zhiping Wen[1], Youyu Lu[2], Mingsen Zhou[3, 1], Yu-Kun Qian[4], and Guixing Chen[1]

1 School of Atmospheric Sciences/Center for Monsoon and Environment Research/Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, Sun Yat-sen University, Guangzhou, China

2 Bedford Institute of Oceanography, Fisheries and Oceans Canada, Dartmouth, Nova Scotia, Canada

3 Guangzhou Institute of Tropical and Marine Meteorology, China Meteorological Administration, Guangzhou, China

4 State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China

* es04csm@mail2.sysu.edu.cn

Signals prior to the intensification of tropical cyclones (TCs) are important for improving the TC intensity forecast. The existence of such signals has been noted by previous studies of satellite-borne observations and lightning. Vertical motions can enhance TCs via the transportation of heat to warm core, thus we hypothesize that they may be considered as the signals preceding TC intensification. In this study, we separately examine the processes of updrafts and downdrafts, which are both concentrated within the eyewall that surrounds the warm core. The analysis focuses on the intensification of Typhoon Hagupit (2008). Numerical experiments are conducted using the Weather Research and Forecasting model to show the changing structures of vertical motions and their impacts on the timing of TC intensification. Control simulation (CTL) reproduced the storm structures well, while Half-Bogus (Half-Moisture) experiment generated the relatively less-organized TC core structures (weakened moisture convection). Upward motions are found to induce storm intensification by a lead of 1.75–3.75 h in all experiments. Downward motions also have a lead of TC intensification by 0.25–4.42 h in Half-Bogus and Half-Moisture experiments. However, the lead-lag relationship of downward motions and TC intensification is unclear in CTL, which is

related to the greater quantity of water vapor held up by the enhanced eyewall. Thermodynamic analysis shows the quantity of latent heat consumed in downdrafts in CTL is much larger than that in the other two experiments, resulting to the smallest heating contribution in downdrafts then their weak relationship with TC intensification.

S08-P-08S

稳定硅同位素示踪流域风化及极端天气事件影响

赵云，杨守业*，苏妮

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

稳定硅同位素在地球表生过程中发生分馏，导致其在不同储库中存在不同的组成范围。未经风化的硅酸盐岩石硅同位素组成相对统一（δ^{30}Si= -0.3 ±0.2 ‰），受质量分馏控制作用；风化过程形成的次生粘土矿物、生物利用以及铁锰氧化物吸附态中硅同位素组成相对偏轻（δ^{30}Si= -0.25‰），而水体中的溶解态硅则具有相对偏重的同位素组成（δ^{30}Si= 0.47‰）。

本研究拟选取福建山溪性河流木兰溪流域花岗闪长岩风化剖面的全岩、粘土粒级、河流悬浮颗粒物及水体样品，进行元素地球化学及稳定硅同位素分析，探讨岩石化学风化中硅同位素地球化学行为特征，及河流水体和沉积物中硅同位素变化的主要过程和控制因素。初步结果显示，风化剖面全岩样品硅同位素介于-0.81 至-0.23‰之间，平均值为-0.66‰；从基岩向上随着风化程度增加，硅元素流失程度增大，同时硅同位素整体变发生了明显的偏轻，但受大量石英的稀释作用影响，剖面全岩样品硅同位素在纵向上没有明显的相对变化趋势，仅在表层生物、风尘影响强烈和 3.4 米疑似地下水影响层位存在偏重现象，我们推测粘土粒级的硅同位素组成则可以更加直接反应映风化强度的变化，更具示踪指示意义。除此之外，本研究还将进行木兰溪夏季台风前后河流悬浮颗粒物及水体硅同位素变化分析，以期探讨事件性过程影响下河流入海物质地球化学组成的快速响应及关键指标元素的地球化学行为特征，探究山溪性小河流在陆架边缘海物质源汇过程和生物地球化学循环中的贡献。

S09-O-01

不同时间尺度上两半球气候的不对称演变及其影响

郭正堂 [1,2]*

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

2 中国科学院大学，北京 100049

* ztguo@mail.iggcas.ac.cn

气候变化的天文理论主张，北半球高纬夏季日照量变化是控制全球冰期旋回的根本原因。这就意味着，南北两半球的冰期-间冰期旋回是对称演化的，但耦合的过程与机制至今并未得到完满解决。多数区域气候变化与全球变化的关联解释亦以两半球气候对称演化为出发点。

近年来，越来越多的证据显示，两半球气候并非总是对称演化的，且体现于各种时间尺度上。这种不对称对热带气候系统和温室气体浓度均有显著影响，也体现了温室气体与其它因子在调控全球气候的过程中具有复杂的“竞争关系”，对理解气候系统对温室气体的敏感性十分重要，应在研究中给予更多关注。

在超轨道尺度上，65Ma 来的深海氧同位素记录常被作为“全球温度/冰量”历史的指示；但新生代变冷经历了两极无冰盖、南极小冰盖、南极大冰盖、北极小冰盖和两极大冰盖五种不同的场景。一些陆地记录显示，这种冰盖大尺度演化的不对称性对其它气候子系统有深刻影响，但具体的作用、过程和机制有待深入研究。

在轨道尺度上，两半球的冰期-间冰期变化有时具强烈的不对称性，与传统认识不

尽相符。在一些全球冰量较大的时期，格林兰冰盖却大幅消融，北半球季风环流异常强盛，热带海洋受南大洋的影响而明显偏冷，势必影响低纬过程及高-低纬过程的相互作用。陆地记录显示，海洋和南极冰芯记录的“中布容事件(MBE)”在北半球的表现并不明显，可能更多地体现了南半球的变化。现有证据确切地证实了两半球的热带季风在岁差节拍上具大致反相位关系；但这种关系如何调控高-低纬的相互作用过程，是亟待研究的重要命题。

迄今对两半球气候在千年尺度上的“跷跷板”效应研究最为深入，但其信号源的北半球高纬驱动解释亦受到越来越多的质疑。不少学者认为，热带过程可能起到重要作用。

在社会尺度上，数十年来南半球海冰面积不断扩大，北极海冰范围急剧缩小，呈现出强烈的不对称性，给气候数值模拟研究提出难题。研究过去不同尺度上两半球气候的不对称演变及其影响，会为这个现代气候学问题的解决提供启示和借鉴。

S09-O-02

Understanding the Mid-Brunhes Transition in surface and oceanic climates based on model simulations

Qiuzhen Yin*

Georges Lemaître Centre for Earth and Climate Research, Earth and Life Institute, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

* qiuzhen.yin@uclouvain.be

The Mid-Brunhes Transition (or Mid-Brunhes Event) (MBT) is characterized by systematical changes in the intensity of the interglacials and in the atmospheric CO_2 concentration around 430 ka BP. The interglacials after this date are generally stronger and have higher CO_2 concentration than those before. To understand this climatic transition, I performed a series of climate simulations with the model LOVECLIM and using factor separation technique to quantify the individual roles of insolation and CO_2 to the interglacial climates of the past 800,000 years.

My results show that CO_2 plays a dominant role on the variations of the annual mean temperature of both the Globe and the southern high latitudes, whereas, insolation plays a dominant role on the variations of tree fraction, precipitation and of the northern high latitude temperature and sea ice. As far as surface climate is concerned, the MBT appears to be significant only in climate variables dominated by CO_2, but not obvious in those dominated by insolation. This explains why the MBT occurs mainly in the southern hemisphere but not obvious in the northern one, a model result which is in line with proxy data observations.

However, in response to insolation changes only, feedbacks between sea ice, temperature, evaporation and salinity caused vigorous pre-MBT Antarctic Bottom Water formation and Southern Ocean ventilation. In parallel, strong Westerlies increased the pre-MBT overturning in the Southern Ocean via an increased latitudinal insolation gradient created by changes in eccentricity during austral winter and in obliquity during austral summer. The stronger bottom water formation led to a cooler deep ocean during the older interglacials. These insolation-induced results are unexpected, because there is no straightforward visible systematic difference in the astronomical parameters between the interglacials before and after 430 ka ago. Rather than being a real “event”, the apparent MBE appears in my results to originate from the complex response of the climate system to the astronomical and insolation forcings prevailing before and after 430 ka BP.

S09-O-03

黄土记录的冰期-间冰期相互转换期南北半球的相互作用

李高军[1]*，李涛[1,2]，陈天宇[1,3]， Laura F. Robinson[2]，赵良[1]，季峻峰[1]，陈骏[1]

1 表生地球化学教育部重点实验室，南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

2 Bristol Isotope Group, University of Bristol, Bristol, UK

3 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室，南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

* ligaojun@nju.edu.cn

一般认为，晚第四纪以来的黄土记录（如磁化率、粒度等）在冰期-间冰期尺度上具有与深海底栖有孔虫氧同位素记录类似的变化，这可能反映了两极冰盖变化和一系列反馈作用对东亚季风系统的影响。但是，由于缺乏成因明确的古气候指标，这种区域与全球协同变化的机制还存在争议，特别是在冰期-间冰期相互转换时期。在冰期向间冰期快速转换时，黄土记录表明东亚夏季风快速增强，东亚冬季风快速减弱，但冰芯和石笋记录却显示南北半球存在非对称的演化过程，表现为一系列千年尺度的快速变化事件；在间冰期向冰期转换时，黄土记录存在明显的非线形响应，表现为磁化率和粒度的较长时间不变和短时突变，而海洋沉积物和冰芯记录则显示全球气候存在逐渐地、分阶段地转变。此外，轨道尺度东亚夏季风和冬季风的相位关系也存在很大争议，比如黄土记录显示东亚夏季风和冬季风在冰期-间冰期尺度呈现反相位变化，但这很有可能是冬季风变化所导致的沉积速率变化对夏季风指标影响的结果。

本研究从黄土中一类非常纯净的次生碳酸盐-生物微钙体入手，逐步深入探索。前期工作表明，生物微钙体的 Sr/Ca 比值与夏季降水量存在很好的转换函数关系，反映了夏季降水量对土壤溶液瑞利分馏程度的影响。据此重建的黄土高原中部过去 1.5 个百万年以来的夏季降水变化显示出很强的地球斜度周期，结合气候模式模拟结果，我们认为这反映了北半球中低纬度夏季太阳辐射差异对海陆热力差异调控的结果。

在此基础上，我们进一步利用生物微钙体的锶同位素值（$^{87}Sr/^{86}Sr$）重建了 S5 以来的风化强度变化。结果表明，生物微钙体锶同位素值反映的风化强度与夏季降水量无关，主要受夏季温度控制。在冰期向间冰期快速转换时，生物微钙体锶同位素值反映的夏季温度的上升总是提前于磁化率的升高，而与粒度的进一步变粗同步。这可能反映了南北半球相互作用对东亚气候的影响，冰消期开始时由于北半球冰盖崩解，大量淡水输入北大西洋，导致大西洋子午环流减弱，由于两极跷跷板效应，北大西洋变冷而南半球变暖。北半球高纬的变冷可能增强西伯利亚高压，使得东亚冬季风加强、黄土沉积粒度变粗。而南半球的变暖可能影响西风带的位置和强度，导致南大洋上涌加强和大气 CO_2 上升，东亚夏季温度上升。在间冰期向冰期转换时，黄土沉积粒度的快速变粗与生物微钙体锶同位素的下降同步，但当生物微钙体锶同位素低于某一阈值并进一步下降时，黄土沉积粒度开始变细。我们认为这反映了间冰期向冰期转换后期，南大洋西风带的移动一方面会提高亚南极地区的生物生产力，从而导致大气 CO_2 下降和东亚夏季温度的进一步降低，另一方面会影响热带辐合带的位置，进而影响东亚冬季风强度和黄土沉积粒度。

S09-O-04

Astronomically forced carbon cycles variations and climate changes during the Late Pleistocene-Holocene

Chunju Huang*, Rui Zhang, Xianyu Huang, Zongmin Zhu, Xu Chen, Shucheng Xie

State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, School of Earth Sciences,

China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
* huangcj@cug.edu.cn

Peatland is an important terrestrial carbon sink in the global carbon cycle. What control the processes of formation and storage of peat is still poor understood. Most peatland studies are focus on the Holocene period that is too short to reveal the driving mechanisms of the peat accumulation and evolutionary history. Here we present an over 220,000 years long core record from the Dajiuhu Basin in center China. The power spectrum of the total organic carbon (TOC) content and Fe content series shows predominant ~23 kyr precession cycles, which is an evidence for expression of the global climate changes and carbon cycling paced by precession-eccentricity forcing that is different phenomenon from southern Hemisphere Antarctic ice core records. However, the link between orbital forcing and the carbon cycle is still remain unclear.

The TOC content series show anti-phase with Fe content through the core record. And the tuned TOC time series has the relative higher value but Fe time series has the lower value during the summer insolation minima. Low amplitude Fe content and high amplitude TOC content occurred at the minima of the eccentricity cycles and obliquity cycles, and the low amplitude precession cycles at that time. And there is high peat and carbon accumulation rate occurred during the minima of the eccentricity cycles that are the glacial periods, which is the similar mechanisms of the oceanic carbon storage. These evidences show that the coincide of the different parameters of orbital cycles play a key role for the peat accumulation. Therefore, we could predict the peat formation will keep high accumulation rate in the nearby future during the low eccentricity interval. Because the eccentricity value will keep going down in the future of next 26 kyr and also the obliquity is going down in the next 10 kyr when it reaches the minimum, and the amplitudes of the precession cycles will keep low in the future 100 kyr, which may result a long-term global cooling.

S09-O-05

南北半球温度对印度夏季风的“竞争性”调控模式

杨小强*，彭杰，阮骄杨，李冠华，周绮娴，张庭伟

中山大学地球科学与工程学院，广州 510275
* eesyxq@mail.sysu.edu.cn

现代观测和大部分古印度季风（ISM）研究认为，北半球太阳辐射强度随轨道参数的变化为 ISM 演化外部驱动力，且认为主要是北半球气候因素控制着 ISM 变化，即 ISM 与北半球温度（或冰量）变化一致，并响应于千年尺度的北大西洋浮冰碎屑事件。然而，也有少量证据表明，在冰期某些时期，ISM 变化特征与南半球温度联系更紧密。因此，找到更多南半球对 ISM 起主控作用的可靠证据，并探究可能存在的南、北半球调节 ISM 的固定模式对全面认识 ISM 演化规律具有重要科学意义。

通过对 ISM 核心影响区—云南腾冲青海两个钻孔沉积物磁性地层学（古地磁极性漂移/事件和相对磁场强度变化）研究结果，建立了该孔约 100 ka 以来的年代框架。利用汇水区水文动力学指标粘土含量、植被发育指标全岩有机质 $\delta^{13}C$ 值以及地表风化指标环境磁学参数 Mrs/Ms 作为 ISM 季风强度演化历史分析，并与区域季风记录和南北冰心 $\delta^{13}O$ 记录对比。腾冲青海湖与阿拉伯海记录一致表明， ISM 强度虽受控于北半球太阳辐照，但表现出 2~6.5ka 的滞后效应。同时，虽然大部分时期 ISM 变化受北半球温度控制，也随 Heinrich 系列等事件发生千年尺度波动，但是在 75~65 ka 和 30~15 ka 期间却表现反常。具体来说，在 75~65ka 北半球温

度较低，但是 ISM 强度却较高，在 30~15 ka 期间北半球温度呈升高趋势，ISM 指标或强度减弱，或保持平稳，而此期间正是南、北半球较冷时期。最终分析认为，南半球在此期间对 ISM 的影响更加显著。

综上分析，认为南半球与北半球温度通过跨赤道压力差（南半球的 Mascarene High 和北半球 Indian Low）存在“竞争性”模式共同影响着 ISM。具体来说，南半球温度对 ISM 的调控发生在其较冷期，而北半球温度的控制发生其温度较高期，且这种影响机制存在于不同时间尺度。认为南半球温度对 ISM 的调控有两种方式：（1）大气调节模式：直接影响马斯克林高压—改变跨赤道压力差—影响 ISM；（2）大气—海洋调节模式：影响海洋温盐环流（AMOC）—调节南北半球间能量转移—影响 ISM。

S09-O-06

DO 旋回时期表层海温梯度差对平流层-对流层交换的影响和南北极温度的差异演化

耿雷 [1]*，Becky Alexander [2]

1 中国科学技术大学地球与空间科学学院，合肥 230026

2 Department of Atmospheric Sciences, University of Washington, Seattle, WA 98105

* genglei@ustc.edu.cn

平流层对流层之间的物质混合和交换是控制人类活动和自然过程化学物质排放对大气成分影响的主要过程，尤其是平流层臭氧的输送，对大气化学和气候变化都有重要意义。在全球尺度下，平流层-对流层交换的强度主要受平流层 B-D 环流的控制。因此，理解不同气候状态下 B-D 环流的变化，以及相应的平流层-对流层交换强度的变化，对更好的认识大气化学和气候交互作用过程有重要意义。冰芯硝酸盐过量氧-17 能够反映对流层臭氧浓度的变化，其中包含了平流层-对流层交换的信息。结合格陵兰岛 GISP2 深冰芯硝酸过量氧-17 记录，以及大气化学和气候交互模型敏感性分析，我们发现在冰期-间冰期和 DO 气候旋回时期，赤道和中高纬度之间的海温梯度差变化影响了 B-D 环流的强度，进一步影响平流层-对流层交换，导致在冷期，平流层-对流层交换强度增加，使得对流层臭氧浓度上升。

而 DO 时期高分辨率的硝酸过量氧-17 记录进一步表明，在这一特殊的气候旋回时期，硝酸过量氧-17 的变化不但受到平流层-对流层交换的影响，还受海冰变化的影响。由于 B-D 环流变化对平流层-对流层交换的影响在南北半球是一致的，而南北极气候在 DO 事件期间存在一个～200 年的相位差（南极气温上升滞后北极～200 年），后者被认为是能量在大气和海洋传输中的时间差异导致的。由于平流层-对流层交换和海冰变化两个因素的影响，我们推测南极冰芯硝酸盐过量氧-17 在 AIM 事件（和 DO 事件对应的南极气候旋回事件）期间应该会有两级的改变过程，分别对应这两个变化因素。这一推测的验证对理解南北极气温的不对称演化有重要意义。目前相关工作正在进行中。

S09-O-07

赤道东太平洋 IODP-U1337 站 0-16Ma 底栖有孔虫氧、碳稳定同位素记录及其古海洋学意义

田军 [1]*，马小林 [1]，周建宏 [1]，江小英 [1]，Mitch Lyle[2]，Julia Shackford[2]，Roy Wilkens[3]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, United States

3 Hawaii Institute of Geophysics and Planetology, University of Hawaii at Manoa, Honolulu HI 96822, United States

* tianjun@tongji.edu.cn

我们展示赤道东太平洋 IODP-U1337 站 0-15.8Ma 连续的底栖有孔虫氧、碳稳定同位素（$\delta^{18}O$、$\delta^{13}C$）记录，记录分辨率约 3-4 Kyr，该记录为太平洋甚至全球的深海古海洋学记录提供了很好的地层对比参照标准。U1337 站底栖有孔虫$\delta^{18}O$ 记录揭示了冰盖在过去 15.8Myr 里的阶段性扩张历史，其中两个显著的标志性事件包括东南极冰盖在 13.8Ma 的快速扩张和北极冰盖在 3.3-2.5Ma 的逐渐扩张，其间发生了一系列次级规模的不定期冰盖扩张事件，可理解为地表气候在进入两极有冰的“冰室状态”之前所进行的调整。U1337 站底栖有孔虫$\delta^{13}C$ 记录揭示了太平洋底层水碳稳定同位素在过去 15.8Myr 里的长期负偏趋势，在 4Ma 之前，该负偏可能与全球大陆风化作用增强导致输入到海洋的有机碳通量增加密切相关，而在 4Ma 之后洋流作用可能起了主要作用。东赤道太平洋 U1337 站和大西洋底栖有孔虫的$\delta^{13}C$ 记录自 12.1Ma 之后存在明显的梯度，可能揭示巴拿马海道在 12.1Ma 的初步形成。U1337 站底栖有孔虫$\delta^{18}O$、$\delta^{13}C$ 显示，15.8Ma 以来，全球冰量和大洋碳储库存在显著的 100-Kyr 和 400-Kyr 的偏心率周期，应与大陆风化和海气交换作用的调控相关。

S09-O-08

渐新世-中新世边界的快速温室气候-冰室气候转化

张一歌 [1]*, Andrew Fraass[2], Ed Gasson[3], 阮佳萍 [4], 金晓波 [5], Simon D'haenens[6], Robert DeConto[6], Ann Pearson[4], R. Mark Leckie[3], 刘传联 [5], Diederik Liebrand[7], Pincelli Hull[6] and Mark Pagani[6]

1 Department of Oceanography, Texas A&M University, College Station, TX 77843, USA

2 National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington DC, USA

3 Department of Geosciences, University of Massachusetts – Amherst, Amherst, MA 01003, USA

4 Department of Earth and Planetary Sciences, Harvard University, Cambridge, MA 02138, USA

5 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 210092, China

6 Department of Geology and Geophysics, Yale University, New Haven, CT 06511, USA

7 National Oceanographic Centre, University of Southampton, Southampton, SO17 1BJ, UK

* yige.zhang@tamu.edu

The Earth's Cenozoic climate is conventionally portrayed as either being in a greenhouse or an icehouse conditions. Greenhouse climates are characterized by warm temperatures, high CO2 concentrations, low continental ice volume and reduced meridional temperature gradients, whereas icehouse climates are the opposite. The transition between greenhouse and icehouse primarily is achieved through stepwise and unidirectional cooling, ice sheet growth and increases in the meridional temperature gradients. Various feedbacks in the climate system and the global carbon cycle as well as the ice sheet hysteresis effect seem to preclude substantial fluctuations in the meridional temperature gradients, atmospheric CO_2 concentrations and the volume of the East Antarctic Ice Sheet (EAIS) on a high frequency (orbital timescales). However, here we present geochemical reconstructions that indicate large and rapid swings of CO_2 (>250 ppm) across the Oligocene – Miocene (O-M) boundary (~23 Ma). In contrast to the deep water/high latitude cooling, our data show minimal surface ocean temperature response to the "Mi-1 Glaciation" across O-M, implying major fluctuations in the meridional temperature gradients. Further, transient waxing and waning of the EAIS is suggested by our ice sheet model coupled with regional and global climate model, using a new Antarctica bedrock topography reconstruction. Our results demonstrate a high sensitivity of

surface ocean temperatures and temperature gradients, the global carbon cycle, and the cryosphere to changes in boundary conditions, with important implications for our future.

S09-O-09

中中新世轨道尺度上冰盖和碳循环的关系

马小林[1,2]*，马文涛[1,3]，田军[1*]，于际民[1,4]，黄恩清[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪国家重点实验室，西安 710061

3 国家海洋局第二海洋国家研究所卫星海洋环境动力学国家重点实验室，杭州 310012

4 Research School of Earth Sciences, the Australian National University, Canberra, ACT 2601, Australia

* 86_PaleoMa@tongji.edu.cn; tianjun@tongji.edu.cn

中中新世以来地球气候经历了从单极有冰到两极有冰的气候转变，是新生代气候变冷的重要时间段。然而中中新世南极冰盖和碳循环之间的演化关系并不清楚，本研究评估了成对的底栖有孔虫$\delta^{18}O$ 和$\delta^{13}C$ 在轨道周期上的相位关系，结果表明南极冰盖的波动和碳循环在斜率 41 kyr 的周期上相位关系并不明显，在偏心率 100 kyr 的周期上为高度相关的同相位关系，这与第四纪两极有冰气候状态下底栖有孔虫$\delta^{18}O$ 和$\delta^{13}C$ 的反相位关系截然不同。在偏心率 400 kyr 的周期上，中中新世适宜期（MCO），底栖有孔虫$\delta^{18}O$ 滞后$\delta^{13}C$ 的变化；而在 MCO 之后的冷期，底栖有孔虫$\delta^{18}O$ 开始领先$\delta^{13}C$ 的变化。我们采用生物地球化学箱式模型诊断了中中新世南极冰盖和碳循环在轨道周期上相位关系的潜在机制，结合太平洋深部碳酸钙沉积记录，我们提出偏心率低值期南极冰盖扩张引起的海平面下降导致陆架沉积物向深海的倾泻和偏心率高值期岁差控制的生物泵强度交替控制着中中新世轨道周期上的碳循环和气候变化过程。这可能表明在中中新世暖期低纬过程控制着碳循环和气候过程，而南极冰盖扩张后的冷期，高纬地区冰盖的演化在轨道周期的气侯演化中占主导地位。

S09-O-10

Dominant 100,000-year precipitation cyclicity in a late Miocene lake from northeast Tibet

Junsheng Nie[1,2]*, Carmala Garzione[2], Qingda Su[1], Qingsong Liu[3], Rui Zhang[1], David Heslop[4], Cristian Necula[5], Shihong Zhang[6], Yougui Song[7], Zeng Luo[1]

1 Key Laboratory ofWestern China's Environmental System (Ministry of Education), College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China;

2 Department of Earth and Environmental Sciences, University of Rochester, Rochester, NY14627, USA; 3.Department of Marine Science and Technology, South University of Science and Technology of China, Shenzhen 518055, China;

4 Research School of Earth Sciences, Australian National University, Canberra, Australian Capital Territory 0200, Australia;

5 Faculty of Physics, Paleomagnetic Laboratory,University of Bucharest, Nicolae Balcescu, Sector 1, 010041 Bucharest, Romania;

6 State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

7 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, P.O. Box 17, Xi'an 710075, China

* Email: jnie@lzu.edu.cn

East Asian summer monsoon (EASM) precipitation received by northern China over the past 800 thousand years (ky) is

characterized by dominant 100-ky periodicity, mainly attributed to CO_2 and Northern Hemisphere insolation–driven ice sheet forcing. We established an EASM record in the Late Miocene from lacustrine sediments in the Qaidam Basin, northern China, which appears to exhibit a dominant 100-ky periodicity similar to the EASM records during the Late Quaternary. Because evidence suggests that partial or ephemeral ice existed in the Northern Hemisphere during the Late Miocene, we attribute the 100-ky cycles to CO_2 and Southern Hemisphere insolation–driven Antarctic ice sheet forcing. This indicates a >6–million year earlier onset of the dominant 100-ky Asian monsoon and, likely, glacial and CO_2 cycles and may indicate dominant forcing of Northern Hemisphere climate by CO_2 and Southern Hemisphere ice sheets in a warm world.

S09-O-11

Intense cooling and aridification of continental Asia during Antarctic glaciation 33.7 million years ago

敖红*

中国科学院地球环境研究所，西安 710061

* aohong@ieecas.cn

The first major build-up of Antarctic glaciation occurred over two consecutive glaciation stages through the Eocene–Oligocene transition (EOT): over the EOT-1 event at ~34.0 million years ago (Ma) and the Oi-1 event at ~33.8 Ma, respectively. While most EOT records are from marine biota and sediments, detailed terrestrial responses to these events remain enigmatic due to the lack of continental palaeoclimatic records with high-resolution dating. Here we present high-resolution magnetostratigraphic, environmental magnetic, and chemical weathering records for terrestrial successions from the northeastern Tibetan Plateau margin, which is today at the edge of the Asian monsoonal domain. Our palaeoclimatic records indicate a major shift to cooler climate across the EOT, synchronously with the Oi-1 glaciation at ~33.8 Ma, whereas EOT-1 is poorly expressed. Our detailed terrestrial and marine comparison points to a teleconnection between Antarctic and Asian climate, and suggests that the notably (~200 ka) delayed cooling and aridification relative to EOT-1 (34.0 Ma) is dynamically linked to the major Antarctic ice growth during the Oi-1. We infer that the establishment of Antarctic ice-sheet topography during Oi-1 increased the distance of heat and moisture transportation to the NE Tibetan Plateau due to sea level drops, caused winter cooling more prominent due to the substantial lost of high water heat capacity, cooled North Atlantic and NW Pacific oceans and in turn continental Asia due to enhanced transport of cold Southern water to northern hemisphere oceans. It also lowered atmospheric CO_2 concentration through ocean biological processes, which augmented cooling of the whole Earth including Asia. Our study, thus, develops new insights into the EOT structure and dynamics in continental Asia, which may be pertained to global climate system.

S09-O-12

成壤过程中反铁磁性赤铁矿生成的主控气候要素

高新勃*

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* gaoxinbo@mail.iggcas.ac.cn

近些年，成壤来源的赤铁矿在黄土-古土壤序列古气候信息的定性和定量化研究方面受到了学术界的普遍关注。很多学者对土壤磁学的兴趣从亚铁磁性矿物转向赤铁矿等不完全反铁磁性矿物，并将世界不同地区土壤中与赤铁矿含量相关的指标与古降水相联系，然而，这与土壤赤铁矿的早期研究认识和实验室观测结果存在明显的矛盾。本次研究从黄土高原地区及其临近区域采集了 179 个现代土壤样品；通过重力沉降法对风化成壤来源的粘土组分和风成碎屑来源的粉砂组分进行了分离；随后分别对上述两个组分进行了系统的环境磁学测量；同时为了充分理解粘土和粉砂组分磁性矿物上的差异，我们选择了一条南北向的断面，并对该断面上 8 个代表性样品进行了一阶反转曲线测量；最后通过 Pearson 相关分析和冗余分析，我们试图厘清成壤过程中赤铁矿和亚铁磁性矿物生成的主控气候要素。磁学测量结果显示，重力沉降法有效的将细粒的超顺磁和单畴颗粒分离到了粘土组分中；剩余的粉砂组分则显示出粗粒的假单畴或多畴颗粒，或者二者混合的磁性矿物特征。统计分析结果表明，粘土组分的磁学特征与气候要素显示出较强的相关关系，冗余分析能够有效的区分不同气候要素对亚铁磁性矿物和赤铁矿的影响。粘土组分的冗余分析结果指示出，成壤来源的赤铁矿和亚铁磁性矿物分别受控于不同的气候要素。成壤来源亚铁磁性矿物的生成主要受控于年均降水量的变化；然而，成壤来源赤铁矿的生成主要受控于年均温度的变化。本次研究中，成壤来源的赤铁矿与年均温度之间较好的线性相关性为我们进行中国黄土-古土壤序列古温度的定量化重建奠定了良好的基础。

S09-O-13

南极冰盖活动驱动全新世千年尺度气候变化----来自罗德里格斯岛的石笋证据

李瀚瑛 [1]，程海 [2]*, Ashish Sinha[3], Christoph Spötl[4]，易亮 [5], Aurèle Anquetil André[6], Arnaud Meunier[6], Jayant Biswas[7]，宁有丰 [1]，李向磊 [1]，沙丽娟 [1], Gayatri Kathayat[1], Hubert B. Vonhof[8]，赵景耀 [1]，杜文静 [1]

1 西安交通大学全球环境变化研究院，西安 710049
2 明尼苏达大学地球科学系，明尼阿波利斯市，美国
3 加利福尼亚州立大学多明戈兹山分校，卡森，美国
4 因斯布鲁克大学地质系，因斯布鲁克，奥地利
5 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
6 法国瓦努阿图巨龟洞穴保护区，安息基多，罗德里格斯岛，毛里求斯
7 国家洞穴研究与保护部，赖布尔，印度
8 马克斯·普朗克化学研究所，美因茨，德国
* cheng021@xjtu.edu.cn

越来越多的气候记录表明全新世气候变化存在多百年至千年尺度的变化周期。尽管相较末次冰期，全新世气候变化幅度小，但是确认全新世千年尺度变化的驱动因素很难，主要原因是自冰消期以来，地球气候系统的边界条件并没有发生巨大变化。本研究利用来自南印度洋亚热带罗德里格斯岛的高分辨、高精度定年的多根石笋，重建了该岛过去 2.5 万年以来的气候变化。罗德里格斯岛的降水主要受控于热带辐合带和马斯克林高压的季节耦合作用，其独特的地理位置和气候条件有助于讨论驱动全新世千年尺度气候变化的南北源头的问题。罗岛碳氧同位素记录显示末次冰盛期以来，气候存在持续的千年尺度变化周期，且呈现冰期波动幅度小、全新世波动幅度大的特征。一方面这与北半球高纬地区冰期振幅大、全新世时期振幅小的气候记录呈现相反特征。另一方面，罗岛全新世大幅度变化趋向与南极冰盖伸缩同步变化。与此同时，谱分析表明罗岛与赤道两端的全新世关键记录均显示有多百年-千年尺度气候周期。而且经比较发现，罗岛千年尺度气候变化在中晚全新世超前北大西洋地区气候变化约 150 年，这些证

据支持南极冰盖变化是全新世千年尺度气候变化的主要驱动因素的假说。

S09-O-14

巴西东北部石笋记录的末次冰期Heinrinch事件的精细内部结构及其意义

张海伟[1]*，程海[1,2*], R. Lawrence Edwards[2], Augusto S Auler[3], Cruz, Francisco W[4], Christoph Spötl[5]

1 西安交通大学全球环境变化研究院，西安 710054

2 Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota, Minneapolis, MN 55455, USA

3 Instituto do Carste, Belo Horizonte, Minas Gerais 30150-160, Brazil

4 Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo 05508-080, Brazil

5 Institute of Geology, University of Innsbruck, 6020 Innsbruck, Austria

* zhanghaiwei@xjtu.edu.cn; cheng021@xjtu.edu.cn

Heinrich事件（简称H事件）是发生在末次冰期的一系列快速气候突变事件，尽管目前普遍认为 H 事件是由于冰盖坍塌导致大量冰川融水注入北大西洋地区，引起北大西洋径向翻转流（AMOC）减弱甚至停滞造成的。但也有研究发现海洋环流的变化要提前于冰盖坍塌时间，由此强调热带海洋的驱动作用。由于缺少精细刻画 H 事件内部结构的高精度高分辨率的记录，导致至今尚无法解决上述争议。本研究选择巴西东北部的相邻1km的两个洞穴内（TBV和TBR）的石笋记录为研究载体，深入研究末次冰期以来历次H事件的精细内部结构，并与其他气候记录进行对比，探索H事件的发生过程及其对全球气候的响应。Wang et al.（2004）研究表明，巴西东北部的降水变化敏感响应于赤道热带辐合带（ITCZ）的南北移动，发现末次冰期以来TBV和TBR洞穴石笋仅生长于H事件发生时期，主要包括H1、H4、H5和H6，H2和H3事件的缺失被认为是这两个时期ITCZ南移幅度较小，产生的少量降水不足以引起石笋生长。本研究在此工作基础上，又在这两个洞穴内新采集了一批石笋样品，精确定年结果显示在 H0（Younger Drays，简称YD）、H1、H2、H3、H4、H5和H6时段均有石笋生长，这进一步补充并纠正了Wang et al.（2004）的研究工作，表明H0（YD）、H2和H3时期该地区仍有较多降水足以引起石笋生长。同时还发现南半球太阳辐射变化并不是造成该地区在 H 事件时期的降水增多的控制因素。TBV和TBR石笋记录的历次 H 事件的精细内部结构及其与其他记录的对比表明，在H事件内部巴西东北部气候由湿润向较湿润阶段的转变时间提前于北半球增暖的时间。除此之外，我们还发现末次冰期冰阶时期也有石笋生长。以上发现对于我们重新认识该地区在末次冰期以来的气候变化以及 H 事件的发生机制具有重要的启示意义。

S09-O-15

南海南部50万年以来高分辨率烷烃记录：岁差调控的局地干湿变化

董良[1]，贾国东[1]*，李前裕[1, 2]，李丽[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 阿德莱德大学 地球与环境科学学院，阿德莱德 SA500

* jiagd@tongji.edu.cn

热带低纬海区作为全球水汽的重要来源，一直以来其在不同时间尺度的水汽循环都作为全球气候变化的研究焦点。然而，由于研究手段的限制，在冰期-间冰期尺度局地水汽循环的相关研究主要依赖于陆地石笋氧同位素以及沉积物中陆源叶蜡烷烃的氢同位素，前者有一定的地域限制，而后者对于分析测试的要求较高，在一定程度上限制了两者的广泛应用。海洋沉积物中陆源叶蜡烷烃本身含量的变化以及不同链长化合

物的相对比例也可以较好的反映陆源植被类型的变化，进而反映局地的干湿变化。本研究选取南海南部高分辨率的深海沉积物，对其中的陆源烷烃进行了含量分析，并结合已有的海洋热力参数（表层海水温度、次表层海水温度）记录，探讨了热带低纬地区局地的干湿变化及其变化机制。我们发现陆源叶蜡烷烃的相关指标同陆地石笋的氧同位素以及南海南部局地上层海洋的热力学状态呈现较好的耦合关系，并呈现典型的岁差周期，具有显著的低纬驱动特征。本研究不仅揭示了低纬热带海区局地干湿变化受岁差控制的现象，同时也进一步在冰期-间冰期尺度证明了叶蜡烷烃的含量及其相关指标本身也可以作为局地干湿变化指标的可能性。

S09-O-16

东亚低纬地区玛珥湖沉积记录的轨道尺度古植被演化及其驱动因素

陈聪[1]，郑卓[1]*，宗永强[2,3]，黄康有[1]，杨小强[1]，杨士雄[1,4]，满美玲[1]，余少华[1,5]

1 中山大学地球科学与工程学院，广州 510275

2 香港大学地球科学系，香港

3 广州地理研究所，广州 510070

4 中国地质调查局青岛海洋地质研究所，青岛 266071

5 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510075

* eeszzhuo@sysu.edu.cn

东亚低纬地区位于亚洲-澳大利亚季风核心区，该地区古环境记录对解译东亚季风演化和南-北半球间气候关联等内容具有重要意义。目前，该地区的轨道尺度古环境记录多基于深海沉积物，陆相沉积记录则相对匮乏，限制了关于轨道尺度气候变化在低纬地区陆地生态系统中如何响应的认识。雷州半岛田洋玛珥湖处于低纬热带地区，其独特的湖盆形态和封闭的沉积环境使得其中保存了过去数十万年来的连续沉积。本研究利用上部 ~ 42 m 浅湖-沼泽相沉积物，在放射性碳同位素（AMS ^{14}C）和光释光（OSL）等绝对年代学方法的控制下，显示沉积物中的稳定碳同位素（δ^{13}C）、木本和草本孢粉比值（AP/NAP）与深海氧同位素（LR04 stack）长期演化模式存在同步变化的特点，并依此通过孢粉分带与深海氧同位素阶段对比获得相对年代控制点，控制点之间线性内插获得沉积物的年龄-深度模型。独立的古地磁证据支持了该模型的可靠性。

基于该年代框架，利用孢粉和稳定碳同位素（δ^{13}C）指标，得到了田洋玛珥湖~360 ka 以来的古植被演化记录。结果显示，AP/NAP 和 δ^{13}C 两个指标同步变化，并表现出明显的周期变化特征：冰期期间，孢粉浓度显著降低，草本植物孢粉含量占优势，以典型草本植物禾本科、湿地莎草科以及耐旱草本蒿属为主，此时 δ^{13}C 相对稳定于偏正高值，以 C4 植物为主，综合反应区域植被中草本植物为优势植物，呈现疏林草原的植被景观，可能指示了显著的变干趋势（蒸发量大于降雨量）；相反，间冰期期间，孢粉浓度显著升高，木本植物取代草本植物成为优势植物，热带雨林植物（如桃金娘科、大戟科等）、阔叶植物（如栎属、栲属等）和蕨类植物（如凤尾蕨等）孢粉均有较高含量，同时 δ^{13}C 呈偏负低值，以 C3 植物为主，综合指示该区域为雨林植被景观和湿润的气候条件。通过对比，田洋玛珥湖孢粉和稳定碳同位素指标的长期变化与渭南黄土剖面中的磁化率和粒度指标、深海氧同位素指标及大气二氧化碳（CO_2）浓度具有很好的一致性，指示全球冰量和海平面变化仍然是热带低海拔区域植被产生周期性干/湿变化的主要驱动因素，而大气二氧化碳浓度也可能存在一定影响。

S09-O-17

冬季北极涛动对东亚春季沙尘循环的影响

刘恒*，刘晓东

中国科学院地球环境研究所，西安 710061
* liuheng@ieecas.cn

亚洲沙尘循环有着显著的气候环境效应，大气中的沙尘气溶胶能影响地球辐射平衡、云微物理过程及海洋碳循环，但它的时空特征和变化机制并不完全清楚。在本项研究中我们利用美国航空和航天局（NASA）的再分析资料，进一步分析了 1980-2016 年东亚沙尘循环的时空分布及其年际变化的可能原因。经验正交分解（EOF）分析表明，在东亚沙尘最活跃的春季，沙尘排放的主模态反映出位于蒙古南部及中国北部的戈壁沙漠贡献了东亚沙尘排放年际变化的大部分解释方差。基于此，回归分析了与东亚春季沙尘排放主模态相对应的区域环流、温度以及辐射场。结果发现，由西伯利亚中部中-低对流层降温导致的气旋性环流距平被认为是增强戈壁沙漠沙尘排放的直接因素，而降温的主要原因是西伯利亚中部雪-反照率及云-反照率反馈的结果。地面的降温有利于维持雪盖，而对流层中层降温增加了相对湿度和云量。反过来，雪盖和云反射更多短波辐射进而减少地面温度。雪盖与云量增多时，东亚沙漠地区的沙尘排放与沙尘输送都显著增强，使得中国北方乃至西太平洋上的沙尘浓度及沙尘沉降都显著增加。进一步分析发现，前一年冬季的北极涛动（AO）是启动西伯利亚中部春季的降温及雪反馈并最终调节东亚沙尘循环的关键机制。在冬季 AO 负位相，极地的冷空气入侵至西伯利亚中部，降低陆面温度。这有利于维持春季雪盖并启动正反馈。反之亦然。

S09-P-01S

海洋古气候记录集成揭示的 MIS 11-MIS 10 转折期全球气候变化格局及其对东亚气候的指示意义

付玉 [1,2]，郝青振 [1,2]*，旺罗 [1]，高新勃 [1,2]，韩龙 [1,2]，郭正堂 [1,2]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，新生代地质与环境重点实验室，北京 100029;
2 中国科学院大学，北京 100049
* haoqz@mail.iggcas.ac.cn

冰期与间冰期呈准周期性交替出现是第四纪气候的基本特征。当前全新世温暖的间冰期气候下一步如何演化的问题受到社会普遍关注，地质历史上的温暖期气候变化过程研究是解决这一问题的突破口。40 万年前附近的深海氧同位素阶段 11（MIS 11）拥有与全新世相似的低偏心率轨道参数配置，北半球高纬夏季太阳辐射相对其他间冰期较低且变化幅度小，大气 CO_2 浓度也被认为与工业革命前水平相当。MIS 11 为研究当前全新世间冰期气候变化特征提供了天文相似型，研究 MIS 11 结束的年代、气候变化过程和机制可以为预测自然状态下当前间冰期结束时间及其环境表现提供科学依据。中国的黄土记录显示在 MIS 11 到 MIS 10 的气候转折期，北极冰盖的滞后发展导致 MIS 11 在东亚表现为超长的间冰期。该阶段全球气候如何变化，什么机制导致了较低太阳辐射水平下间冰期的持续，对东亚气候有何具体影响，是尚未解决的重要科学问题。

为探究以上问题，本研究集成了全球多条海洋古气候记录，以底栖有孔虫氧同位素（$\delta^{18}O$）作为统一的时间标尺，利用底栖有孔虫碳同位素（$\delta^{13}C$）和海面温度（SST）分别重建了 MIS 11-MIS 10 转折期海洋内部环流和表层环境的变化过程。结果显示，在 MIS 11-MIS 10 转折期，底栖有孔虫$\delta^{13}C$ 由间冰期水平降低至冰期水平，太平洋的变化整体略领先于大西洋，大西洋的呈现明显的由南向北变化过程，北大西洋的变化平均滞后于南大西洋约 2 万年。SST 的变冷则表现出南大西洋和西南太平洋几乎同时最早变冷，赤道东太平洋滞后于南中国海和西南太平洋 1 万年以上，北大西洋中纬度地区滞后于大西洋其他地区 1 万年以上的特征。这些特征揭示了在 MIS 11-MIS 10 转折期，南极冰盖开始增长之后，大西洋经向翻转流在一定时间内仍维持间冰期水平，持续的高纬热量输送导致了北极冰盖的滞后增长，因此

MIS 11 在北半球多个记录中表现为超长的间冰期。受控于东亚夏季风的南中国海 SST 的变冷早于北极冰盖的增长，与黄土证据一致地揭示了在该气候转折期，东亚夏季风的减弱领先于冬季风的增强至少约 2 万年。

S09-P-02

晚第四纪劳伦泰德冰盖与西伯利亚冰盖扩张：加拿大海盆沉积记录

董林森[1,2]，刘焱光[1,2]，石学法[1,2]*，Leonid Polyak[3]，黄元辉[1,2]，方习生[1]，刘建兴[1,2]

1 国家海洋局第一海洋研究所，海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，青岛 266061

2 青岛海洋科学与技术国家实验室，海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

3 Byrd Polar and Climate Research Center, The Ohio State University,Columbus, 43210, USA

* xfshi@fio.org.cn

大陆冰盖的扩张和衰退对全球气候变化系统起着重要的作用：更改大气循环、制造大区域的反照率异常以及调节全球海平面变化等 (Clark et al., 1990)。北极高纬区第四纪冰盖或水体发生变化可以导致冰期/间冰期大幅度的全球海平面波动，也直接影响冰期旋回中北大西洋/北太平洋深层水的产生与变化(Broecker et al .,1989)。

前人对北冰洋冰盖扩张的研究多集中在欧亚冰盖的 MIS1-6 期(e.g., Svendsen et al., 2004; Larsen et al., 2006)和末次盛冰期劳伦泰德冰盖的扩张(e.g. Dyke et al., 2002; England et al., 2009)。但是对更长尺度的冰盖变化研究则较少。

本次研究基于加拿大海盆沉积物岩心采用多指标对晚-中更新世冰期-间冰期旋回进行研究，研究区域受北冰洋两大表层洋流（波弗特环流和穿极流）的影响，可以通过海冰、冰山和沉积物卸载搬运来自西伯利亚和北美的物质，是研究冰盖扩张的理想区域。本次研究通过粘土矿物、全岩矿物、元素和粒度等指标综合研究沉积环境和物质来源，并揭示北冰洋西部的冰盖历史以及与北冰洋的交互作用。研究发现：东西伯利亚冰盖的扩张则以在粗碎屑含量高的层位中，蒙皂石、绿泥石和高岭石同时出现峰值为特征，主要发生在 MIS 4, MIS 6 和 MIS 12。劳伦泰德冰盖的扩张以白云石含量出现峰值为特征，主要发生在 MIS 3, MIS 5 中段, MIS 8 和 MIS 10。劳伦泰德冰盖和东西伯利亚冰盖对沉积物输入的不同受海平面变化时的冰盖规模、输送机制（冰筏搬运、悬浮搬运、浊流等）以及洋流结构影响。沉积物输入模式的长期变化，比较明显的是在 MIS 7/8 (ca. 0.25 Ma)，推测在北冰洋西部有全面的冰盖扩张，尤其是在北美。

S09-P-03S

The link between the North Atlantic climate change and South America Monsoon system variability during the Younger Dryas event

Mao-mao Wang[1*], Hai Cheng[2,3]

1 Institute of Global Environmental Change, Xi'an 710049

2 Institute of Global Environmental Change, Xi'an 710049

3 Department of earth science, university of Minnesota, Minneapolis, MN55455, USA

* cheng021@xjtu.edu.cn

The prevailing hypothesis for the cause of the Younger Dryas (YD) event is the sudden reduction of the north Atlantic Deep Water (NADW) and the attendant weakening of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). And much efforts has been made to study the cause, beginning and demising , or the inner structure with regard to this period, yet the strong relation between different climate systems responding to this

event still remains poorly understood. Here we provide a precedent high-resolution (2-yr) stalagmite from Jaragua cave, the core region of the South American Monsoon System (SAMS), characterizing the variation of SAMS climate spanning from late-AllerØd to the early Holocene based on precise 230Th chronology. And combined with the previously published geographic records to highlight how the high-latitude climate system or low-latitude hydroclimate responses to this abrupt shift event. Our research holds important implications for the occurrence and prediction of future climate events.

S09-P-04S

赤道西太平洋晚第四纪温跃层温度与 ENSO 变动

殷雅倩*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* 782868188@qq.com

赤道西太平洋暖池区是全球最大的气候热源，近年来发现暖池区除了海表面温度对气候有重大的影响之外，还发现该区温跃层海水在冰期旋回以及快速气候变化中也具有显著变化。温跃层作为暖池上部暖水团的底界，不仅能够如实反映西太平洋暖池的形成和演化，而且由于温跃层海水温度比表层海水更加敏感、变化频率及幅度更大，甚至能够主导暖池区海水的变化。因此，对西太平洋暖池区温跃层的变化规律及其气候效应对全球气候变化的影响的研究显得十分重要。本文对赤道西太平洋暖池区 MD01-2386 孔柱状样上部 10m 中，约 37ka 年来的样品进行分析，从岩芯中的温跃层种浮游有孔虫 *P. obliquiloculata* 壳体中提取 Mg/Ca 数据，结合前人已有的研究成果，进行了暖池区温跃层的古温度重建，并深入讨论了其变化特点及气候效应。

S09-P-05S

Hydroclimate change in Northwest Madagascar over the past 13 ka: Implications for the dynamics of the Intertropical Convergence Zone

Pengzhen Duan, Hai Cheng*

Institute of Global Environmental Change, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710049

* cheng021@xjtu.edu.cn

The causes of paleoenvironmental changes in Madagascar remain heavily debated. Here we present results from a study using two stalagmites collected from Anjohibe Cave in Northwest Madagascar to investigate the paleoclimate of Northwest Madagascar over the past 13 ka. The reconstruction, supported by a robust chronology, indicates three growth stages and two hiatuses. The intervals with stalagmite growth or (and) lighter $\delta^{18}O$ values such as Late Allerød warm period (13-12.7 ka BP), Early-Holocene (from 11.6-11.3 ka BP), Mid-Holocene (8.5-7.8 ka BP) and Late-Holocene (2.2- 0.6 ka BP) indicated relatively wet condition, heavier δ18O values such as Younger Dryas (12.7-11.6 ka BP) and hiatuses (11.3-8.5 ka BP, 7.8-2.2 ka BP) point to climatic desiccation. The in-phase change of $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ after 1.1 ka BP probably reflected that climate variation also played a significant role on vegetation transformation, which has been inferred to be dominantly controlled by human settlement and activity by recent studies. Hydroclimate changes in Northwest Madagascar were primarily controlled by the latitudinal migration of the Intertropical Convergence Zone. The antiphase of Younger Dryas and 8.2 ka event in $\delta^{18}O$ records suggested arid and wet conditions prevailed in

this region respectively, likely caused by a more (during YD) and less (during 8.2 ka event) southward migration of Intertropical Convergence Zone in Southeast Africa.

S09-P-06

An interdecadal climate dipole between Northeast Asia and Antarctica over the past five centuries

Keyan Fang[1]*, Deliang Chen[2], Zhengtang Guo[3,4,5], Yan Zhao[6]

1 Key Laboratory of Humid Subtropical Eco-geographical Process (Ministry of Education), Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

2 Regional Climate Group, Department of Earth Sciences, University of Gothenburg, Box 460 S-405 30 Gothenburg, Sweden

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

4 Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

5 CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences (CETES)

6 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

* kujanfang@gmail.com

Climate models emphasize the need to investigate inter-hemispheric climatic interactions. However, these models often underestimate the inter-hemispheric differences in climate change. With the wide application of reanalysis data since 1948, we identified a dipole pattern between the geopotential heights (GPHs) in Northeast Asia and Antarctica on the interdecadal scale in boreal summer. This Northeast Asia/Antarctica (NAA) dipole pattern is not conspicuous on the interannual scale, probably in that the interannual inter-hemispheric climate interaction is masked by strong interannual signals in the tropics associated with the El Niño-Southern Oscillation (ENSO). Unfortunately, the instrumental records are not sufficiently long-lasting to detect the interdecadal variability of the NAA. We thus reconstructed GPHs since 1565, making using the proxy records mostly from tree rings in Northeast Asia and ice cores from Antarctica. The strength of the NAA is time-varying and it is most conspicuous in the 18th century and after the late 20th century. The strength of the NAA matches well with the variations of the solar radiation and tends to increase in along with its enhancement. In boreal summer, enhanced heating associated with high solar radiation in the Northern Hemisphere drives more air masses from the South to the North. This inter-hemispheric interaction is particularly strong in East Asia as a result of the Asian summer monsoon. Northeast Asia and Antarctica appear to be the key regions responsible for inter-hemispheric interactions on the interdecadal scale in boreal summer since they are respectively located at the front and the end of this inter-hemispheric trajectory.

S09-P-07

青藏高原东北部尖扎盆地晚中新世沉积序列反映的东亚夏季风变化

符超峰[1,2]*，强小科[2]，席建建[1]

1 长安大学 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室，西安 710054

2 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061

* fucf@chd.edu.cn

青藏高原隆升及其对亚洲季风-干旱环境的影响是当前地学研究的前沿科学问题之一。位于高原东北部尖扎盆地是在高原北部昆仑山和阿尔金山两个巨型断裂系左旋相对运动的宏观控制下，由诱发的 NW 向右旋断裂(温泉断裂以及日月山和官色断裂)和 NWW 向左旋断裂(祁连山、昆仑山以及青海南山和拉脊山断裂) 共同作用下形成（Tapponnier et al., 2001）的高原东北部一个重要的构造地貌单元，它位于青海省东部，黄河上游李家峡以西和公伯峡以东，北以拉脊山南端为界，南依巴吉山，西靠尕让-扎马山隆起带，东至德互恒隆-加吾力吉隆起带，四周为断裂所围限，是一个典型的断陷盆地，隶属于陇中盆地（青海省地质矿产局, 1991）。该区处于我国东部季风湿润区和西部干旱区和青藏高原高寒区的交汇地带，既受亚洲季风影响，又受西风环流的影响，对气候环境变化十分敏感(Li et al., 1988)。尖扎盆地不仅发育了> 1000 m 的新生代地层，含较丰富的重要哺乳动物化石，而且黄河横贯盆地，切割了盆地晚新生代地层。尖扎盆地特殊的大地构造位置及其对气候环境变化的敏感性，使其成为研究青藏高原隆升和气候环境变化的理想场所。

通过对尖扎盆地内地层连续水平、出露良好的加让剖面进行高分辨率磁性地层学研究，并结合地层哺乳动物化石年代鉴定，建立了尖扎盆地沉积地层 11.8-5.7 Ma 的年代序列。通过分析地层岩性、沉积相和沉积环境变化，结合环境磁学、元素地球化学及碳酸盐含量的测试分析，建立了尖扎地区晚中新世高分辨率的夏季风的变化序列，并和中新世黄土磁化率及全球深海氧同位素曲线(James Zachos et al., 2001)进行对比，得出如下结论：在约 10~6 Ma 之间，剖面的沉积速率有两次快速的波动提升变化，可以被解释为是青藏高原东北缘向外扩张和隆升的变现；约 8.57 Ma 之前 Rb/Sr、磁化率和方解石含量的变化反映了高原隆升导致的夏季风降水的增加；约 8.57~7.21 Ma 之间，夏季风的变化受控于全球变冷、北极冰盖扩张及高原隆升的共同影响；7.21 Ma 之后，东亚夏季风的变化主要受控于全球变冷及北极冰量的变化；白云石含量在 10~8 Ma 变化显著增加，可能是由于这一时期青藏高原快速隆升，盆地周缘山脉风化剥蚀加快，近源物质增多所致。

S09-P-08

渭河盆地东南部晚中新世古气候定量重建

赵琳[1]，鹿化煜[1]*，王翰林[1]，雷昉[1]，唐领余[2]，马春梅[1]

1 南京大学，地理与海洋科学学院，南京 210023

2 中国科学院，南京地质古生物研究所，南京 210008

* linzhao@nju.edu.cn

渭河盆地又名关中盆地或关中平原，位于陕西省中部，介于秦岭和渭北山系之间，是新生代形成的断陷盆地，沉积了厚度约 7000-8000 m 的连续碎屑堆积物，是研究环境演变与东亚季风演化等科学问题的关键材料。对渭河盆地晚中新世灞河组地层进行花粉、炭屑的提取、鉴定（统计），利用共存分析（Coexistence Approach）法，对古气候进行定量重建，获得如下结论：

1．对晚中新世（11.0~7.0 Ma）渭河盆地灞河组地层的花粉分析显示整个晚中新世，栎属（包括常绿类型和落叶类型）、栲属、枫杨属等阔叶树含量较低，草本植物繁盛，主要以菊科、蒿属、藜科、禾本科为主。炭屑浓度变化主要有三次高峰值（9.6 Ma 左右、8.6 Ma 左右、7.5 Ma 左右），体现了三次干旱事件。

2．寻找孢粉种类的最近亲缘的植物属种，根据最近亲缘的植物属种适宜生长的气候条件，得到所有种类的共存区间，最终得到晚中新世（11.0~7.0 Ma 期间）古气候定量参数：年平均气温（MAT）是 13~22℃，最热月均温（MMAT）是 24~28℃，最冷月均温（CMMT）是 2~12℃，年平均降水量（MAP）是 804~1255mm，平均最大月降水量（MMaP）是 165~271 mm，平均最小月

降水量（MMiP）是 6~11 mm，年较差（DT）是 18~26℃。

3．古气候定量重建结果显示，渭河盆地晚中新世气温和降水均比当地现代气温和降水高，说明晚中新世季风要强于现在，属于暖温带季风气候。晚中新世以来气温、降水逐渐降低，揭示了晚中新世以来东亚季风逐渐减弱的趋势，而全球变冷可能是东亚季风阶段性减弱的主要因素。另外，渭河盆地晚中新世（约 9.6~7.0 Ma）以来的草原的扩展和干旱事件的发生可能是对全球气候变冷的响应。

S10-O-01

长江中游中全新世的干旱气候及其对碳循环的影响兼论生物学代用指标的应用

谢树成 [1]*，黄咸雨 [1,2]，朱宗敏 [1,2]

1 中国地质大学（武汉）生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074

2 中国地质大学（武汉）地球科学学院地理系，武汉 430074

* xiecug@163.com

泥炭地既是全球气候变化研究的关键载体，又是重要的陆地储碳场所，泥炭地碳循环与气候变化之间的关系更是当前的热点科学问题。水位下降是威胁泥炭地储碳能力的关键因素。前人的研究主要关注泥炭地碳循环对季节至年际尺度水位下降的响应，缺乏对百年尺度响应的系统认识。而作为泥炭地重要生态服务功能之一的储碳能力尤为突出地体现在百年至千年尺度上，即泥炭地储存的巨量有机碳是数千年来积累的产物。然而，不管是泥炭地百年尺度的古水文条件的研究还是碳循环的研究都极其困难。主要的问题是缺乏可靠的代用指标。

近年来，越来越多的生物学代用指标在古气候方面得到了广泛的应用。这些指标应用的前提是需要调查生态条件和现代过程的研究，以便了解应用的局限性，只有这样才能更好地服务全球变化。在系统的现代过程调查和生态学分析的基础上，提出了长江中游泥炭地的干湿古气候代用指标——好氧细菌藿类化合物以及高等植物脂类单体氢同位素。利用神农架地区大九湖藿类化合物通量，重建了全新世的干湿古气候变化，发现本地区中全新世是相对比较干的气候。叶蜡脂类单体氢同位素也在中全新世发生多次显著的水位降低事件。鄂西清江和尚洞的磁学参数也揭示了中全新世相对是个暴雨比较少的时期。石笋和泥炭这两种完全不同的地质载体，微生物、高等植物以及物理学三类不同的代用指标，它们共同显示了长江中游地区的中全新世是一个比较干的气候条件。

在中全新世这一比较干的阶段，叶蜡正构烷烃单体碳同位素表现出了显著的负偏，且负偏的幅度随着干旱频次增加而变大。与此同时，微生物藿烷的单体碳同位素证据表明，干旱发生时，甲烷氧化活动增强。这些记录说明了干旱时期微生物与高等植物之间的相互作用，从而产生了这样一个碳循环过程：在中全新世相对比较干的时期，泥炭地水位下降，沉积物中含氧量增加，嗜甲烷细菌活动增强，大量甲烷被这些细菌氧化成 CO_2，被成炭植物吸收利用。

S10-O-02

全新世季风-西风环流对青藏高原气候变化的交替影响

侯居峙*，王明达，梁洁，贺跃

中国科学院青藏高原研究所，北京 100101

* houjz@itpcas.ac.cn

青藏高原受季风和西风环流共同影响，已有研究显示在冰期-间冰期尺度、千年-百年尺度、器测记录时段季风和西风环流对高原气候变化的交替影响，但是由于缺乏具有可靠年龄控制的记录，目前对全新世期间季风影响范围即季风-西风环流交界地带在如何移动尚未确定。本文通过对青藏高原东北部青海湖、中部令戈错和西部班公错三个湖

泊进行综合对比研究，厘清全新世以来千年尺度季风影响范围的变化。

在对每一个湖泊沉积物岩芯建立独立的年龄控制基础上，分析沉积物中叶腊化合物单体氢同位素重建过去青藏高原不同地区全新世降水同位素变化。发现在全新世高原东部和西部主要受印度季风影响，而在高原中北部的令戈错，则较为复杂；高原北部在 7~4.5ka 和 3.5~1.7ka 受西风环流影响，可能与西太平洋温度异常相关。

本研究建立了青藏高原全新世以来千年尺度季风影响范围的变化，为进一步解释高原新的气候记录提供的框架。

S10-O-03

泥炭植物纤维素稳定碳同位素记录的亚洲季风千年时间尺度的突然变化

洪冰*，洪业汤，彭海军，丁寒维

中国科学院地球化学研究所，贵阳 550081

* hongbing@vip.skleg.cn

全新世时期中国大陆地区降雨/干湿分布模式如何演变，与亚洲季风系统和西风的演变是否有关联等问题，迄今国内外学术界还没有得出一致的结论。随着研究工作的深入，学界已逐渐注意到了西风和亚洲季风之间此消彼长的竞争关系。

本报告将综合性地介绍泥炭植物残体纤维素的稳定同位素这一特殊、敏感的过去环境气候变化的高分辨率代用指标在亚洲古季风和西风研究中的应用，系统阐述近年来在中国大陆地区不同区域该项代用指标所记录的全新世时期亚洲季风和西风在千年时间尺度上的演化规律。

S10-O-04

石笋记录的中亚全新世水汽演变过程

蔡演军[1,2]*，John C.H. Chiang[3], Sebastian F.M. Breitenbach[4]，谭亮成[1,2]，程海[2,5]，R. Lawrence Edwards[5]，安芷生[1,2]

1 中国科学院地球环境研究所，西安 710061

2 西安交通大学全球环境变化研究院，西安 710049

3 Department of Geography and Berkeley Atmospheric Science Center, University of California, USA

4 Department of Sediment- and Isotope Geology, Ruhr-Universität Bochum, Germany

5 Department of Geosciences, University of Minnesota

* yanjun_cai@ieecas.cn

中亚（包括我国新疆地区）气候干旱，生态系统脆弱。中亚地区的大气环流不仅是联系亚洲季风气候和北大西洋气候的纽带，同时也在东亚粉尘传输中起重要作用。深入理解中亚地区气候变化历史，不仅有助于认识东部季风气候和西部地中海型气候变化的关系与联系，而且对该区水资源评估具有重要意义。当前，对于中亚干旱区过去气候变化的认识尚存在较大争议，这极大的阻碍对中亚气候变化历史和过程及其与全球气候变化联系机制的认识和理解。本文以新疆科桑洞石笋为研究对象，建立了中亚东部地区全新世石笋碳、氧同位素变化序列。结果显示，石笋氧同位素在早中全新世（10000-3000 a BP）明显偏负，3000-2000 a BP 逐渐向偏正发展，2000 年以来维持偏正的状态。通过和其他地质记录的对比，结合最新模型的数值模拟结果，研究取得以下认识：（1）早中全新世增强的西风急流导致中亚西部地区冬季降水增加，气候湿润，并使得降水中的 O-18 贫化；这使得一系列水域和湖泊，包括咸海、里海、地中海等再蒸发水汽中的 O-18 贫化；这些水汽向东传输，经过天山山脉的抬升作用，形成降雨，最终导致中亚东部地区包括我国新疆降水中的 O-18 的贫化；（2）增加的湿度一方面能够使得水汽在传输过程中仍保持 O-18 的贫化，另一方面还能通过减弱云下和地表的再蒸

发作用，进而造成降水/石笋氧同位素值在早中全新世的偏负；（3）早中全新世强盛的印度季风也可能使得氧同位素值偏负的水汽传输到中亚东部地区，尽管占比较小，也可在一定程度上导致科桑洞石笋氧同位素值的偏负。西风急流、中亚西部降水的再传输和地形影响是造成这一现象的主要原因。（4）随着晚全新世周边地区降雨的减少，输送到中亚东部地区的水汽减少，气候变干，石笋以及其指示的降水氧同位素在 2000 年之后开始主要受控于温度变化。楼兰、米兰等在汉代兴盛一时的古城的废弃，则可能和该区 500 AD 左右的高温干旱气候有关。

值得指出的是，石笋氧同位素记录主要反映降水氧同位素组成的变化，在一定程度上可指示降水的多寡，但与干旱区其他与有效湿度相关的气候代用指标记录进行对比时，还需慎重。

S10-O-05

中国石笋δ18O记录的东亚早全新世季风不稳定性和适宜期

杨勋林*

西南大学地理科学学院，岩溶环境重庆市重点实验室，重庆 400715

* xlyang9999@163.com

中国东部地区全新世东亚夏季风最大值的发生时间、持续时间和石笋 $\delta^{18}O$ 指示的气候意义一直是人们争论的焦点。由于区域差异、测年误差、分辨率和代用指标等因素的影响，来自单个研究点的关于全新世东亚季风变化的信息是不够准确和不完整的，甚至是相互矛盾的，更加剧了上述争论。因此，本文对比分析了来自中国季风区 13 个洞穴石笋的全新世记录，发现不同洞穴的石笋记录在全新世出现稳定、偏负时间和持续的时间差别很大，很难用某一个洞穴石笋记录能够完全代表中国东部季风区的气候变化。因此，我们采用数据合成的方法集成了来自中国季风区 13 个洞穴 15 个全新世石笋数据系列，来探讨中国季风区石笋 $\delta^{18}O$ 的气候意义以及全新世石笋记录变化趋势。研究结果显示：合成的中国全新世石笋 $\delta^{18}O$（$\delta^{18}O_{syn}$）记录与中国其他季风/降水记录基本一致，支持了石笋 $\delta^{18}O$ 记录是指示夏季风强度/夏季季风降水的良好指标；石笋 $\delta^{18}O$ 记录显示早全新世开始时，季风迅速加强，但在在早全新世季风振荡较大，经历了三次季风加强事件，但是持续时间都不长，均被随后的弱季风事件所打断；季风在 8.0-6.0 kyr B.P.时段也比较强盛和稳定，季风最强时段出现在中全新世的 8.0-7.0kyr B.P。因此石笋记录显示在中国东部地区中全新世东亚季风是比较强盛的，降水较多，这与中国经典的中全新世适宜期相对应。早全新世东亚季风的不稳定，在不同古气候记录中留下的气候信息不同，可能是造成人们对中国全新世气候演化争议的原因之一；这项工作为我们理解东亚石笋气候含义和中国全新世气候变化提供了新的思路和参考。

S10-O-06

中纬度东亚季风区现生蜗牛壳体碳氧稳定同位素组成在降水梯度带上的变化

盛雪芬*，鲍睿，陈骏

表生地球化学教育部重点实验室 南京大学 地球科学与工程学院，南京 210046

* shenxuer@nju.edu.cn

指标定量化是古气候研究的核心内容和目标之一，陆生蜗牛壳体碳酸盐记录了蜗牛生长环境的气候信息，是古气候定量化重建的重要对象。而以典型的黄土高原为代表的第四纪沉积物中含有丰富的蜗牛化石，其壳体 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 值在重建过去东亚季风变化上具有巨大潜力，但缺少现代过程的定量化模型基础，因此本研究在中国中纬度地区沿着等降水梯度带（178~1403 mm）的三个不同生态类型（树林、草地和山地）地区进

行详细研究，系统采集了多种现代陆生蜗牛，分析其壳体碳酸钙碳氧同位素以及蜗牛软体和植被碳同位素的组成特征，并建立与气候参数之间的定量关系，得到以下结论：（1）现生陆生蜗牛壳体的碳氧同位素组成均较为精准地记录生长地环境的气候信息。沿着降雨梯度带，从东南到西北方向，蜗牛壳体、软体组织和栖息地植被的碳同位素组成呈现同步同向的升高趋势，表明了蜗牛 $\delta^{13}C$ 值受控于所食用植被的 $\delta^{13}C$ 值，而植被 $\delta^{13}C$ 值受到季风气候的控制。不同生态类型下的蜗牛壳体具有不同的 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 值，来自东部平原区的树林蜗牛具有较低值，黄土高原区的草地蜗牛呈现较高值，而秦巴地区的山地蜗牛的同位素组成则介于二者之间，这种不同生态类型下的差异也指示蜗牛壳体同位素组成受区域季风气候条件控制的结果。（2）在特定的季风轨迹路径上，壳体 $\delta^{18}O$ 值与年均降雨量（MAP）和年均温度（MAT）存在良好的相关性，相关关系分别为 $\delta^{18}O_{shell}$ = -0.003MAP-1.0792（r=0.64, p<0.05, n=22）和 $\delta^{18}O_{shell}$ = -0.2543MAT+0.079 （r=0.67, p<0.05, n=22）。由于区域环境因素（如蒸发效应和地形条件）和与蜗牛本身的生理、生态等因素均有可能不同程度的影响，使得蜗牛壳体 $\delta^{18}O$ 值和气候参数之间的定量关系变得复杂，因此将壳体 $\delta^{18}O$ 值作为定量重建季风降雨（及同步变化的温度）的指标有待进一步探索。另一方面，壳体 $\delta^{13}C$ 值与年均降雨量和年均温度之间存在显著的相关性，与先前课题组在东亚季风区其他地区所发现的结果高度一致，表明在中国东、中部的东亚季风区域，蜗牛壳体 $\delta^{13}C$ 值对季风气候变化具有可靠的响应性。结合两次研究结果，可获得更加合理的定量经验公式：$\delta^{13}C_{shell}$ = -0.003MAP-8.8022（r=0.76, n=74, p<0.001）和 $\delta^{13}C_{shell}$ = -0.386MAT-5.9128（r=0.76, n=74, p<0.001）。该回归关系综合了东亚季风气候系统中不同区域不同种属蜗牛的研究数据，有助于利用地层中多种属蜗牛化石的碳氧同位素组成来定量重建古降雨量的研究开展。

S10-O-07

最近 7Ma 西风-冬季风演化及相互联系

孙有斌*

黄土与第四纪地质国家重点实验室，中国科学院地球环境研究所，西安 710061

* sunyb@ieecas.cn

西风环流和冬季风作为亚洲粉尘的主要传输动力，在构造-千年时间尺度上表现为大幅波动。根据黄土高原、日本海及北太平洋风尘沉积的粒度变化，可以重建西风和冬季风的演化历史，但两者在不同时间尺度上的相互作用仍不清楚。本研究选择北太平洋中部 ODP1208 钻孔和黄土高原中部西峰红粘土-黄土序列，开展风尘组分的粒度分析，旨在重建最近 7Ma 西风和冬季风强度的变化历史及在构造尺度上的相互关联。由于北太平洋远离东亚粉尘源区，ODP1208 孔样品风尘组分的众数值可视为西风强度的变化指标，揭示出最近 7Ma 年来西风强度经历了弱（>6Ma）、强（6-4.5Ma）、弱（4.5-3.3Ma）、强（3.3-0Ma）的演化阶段。黄土高原由于距离粉尘源区较近，最近 7Ma 石英粒度变化表现出强（7-5.5Ma）、弱（5.5-2.7Ma）、强（2.7Ma）的阶段性演化。尽管西风和冬季风强度变化的时间略有差异，但两者的变化趋势基本同步，即晚中新世强、上新世弱、更新世强。因为构造隆升（如青藏高原北部和蒙古高原）和全球变冷均可造成两大环流体系的同步增强，结合构造证据和气候记录，我们认为晚中新世西风和冬季风同步增强为青藏高原北部大范围隆升所致，而晚上新世-更新世的显著增强可能与北半球大冰期发生相关。

S10-O-08

中新世以来亚洲内陆古气候演变——西北太平洋风尘石英的证据

蒋富清 [1,2]*，朱潇 [1,3]，冯旭光 [1,3]

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071
2 海洋国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061
3 中国科学院大学，北京 100049
* fqjiang@qdio.ac.cn

中新世以来亚洲内陆经历了显著的气候变化，主要表现在亚洲内陆干旱加剧、西风带和东亚季风的增强等。然而，由于缺乏长时间尺度连续的古气候记录，而且现有的沉积记录中各种古气候信号交织在一起，很难获得可靠的长时间尺度的单一古气候信息，因此对于亚洲内陆古气候的形成和演化还存在模糊的认识。奄美三角盆地是西北太平洋西北部的一个深水盆地，受盛行西风和东亚季风的影响，中新世以来沉积环境稳定，因此是长时间尺度亚洲风尘和古气候记录研究的理想区域。“国际大洋发现计划”（IODP）351 航次在奄美三角盆地 U1438 站采集到了中新世以来连续的沉积岩芯。对该岩芯沉积物中石英单矿物的粒度、形貌特征、$\delta^{18}O$ 值和结晶度指数的分析结果表明，石英主要来源于亚洲大陆和周围的火山岛弧。依据石英的粒度分布和 Weibull 函数拟合方法，分离出众数粒径约为 3.1 μm（EM1）和 9.2 μm（EM2）的两个粒级端元，其形貌特征均表现为典型的风尘石英特征，而 $\delta^{18}O$ 值分别与亚洲西部的塔克拉玛干沙漠和北方的蒙古戈壁类似，但明显不同于亚洲东部沙漠和火山岛弧来源的石英，我们认为 EM1 和 EM2 端元的石英分别来源于亚洲内陆的塔克拉玛干沙漠和蒙古戈壁。U1438 站沉积物中 EM1 和 EM2 端元的石英通量变化指示了塔克拉玛干沙漠和蒙古戈壁的干旱程度在 13Myr、5.3Myr 和 2.5Myr 明显增强，与两极冰盖增加和深海氧同位素所记录的全球变冷时间一致，因此我们认为全球变冷是风尘石英增加和亚洲内陆干旱的主要控制因素。EM1 和 EM2 端元石英的众数粒径在约 7.6Myr 明显变粗，指示了西风和东亚冬季风的增强，可能与这一时期青藏高原的隆升相关；EM2 端元石英的众数粒径从 3.0Myr 开始持续变粗，指示了东亚冬季风的不断增强，这与深海氧同位素记录的全球变冷趋势一致，我们认为 3.0Myr 以来两极冰盖建立和全球变冷驱动了东亚冬季风增强。

S10-O-09

腐泥层 S5 形成时期（MIS 5e）东地中海的河流输入

吴家望 [1,2]*，Amalia Filippid[1], Gareth R. Davies[3], Gert J. de Lange[1,2]

1 Department of Earth Sciences–Geochemistry, Utrecht University, 3508 TA Utrecht, the Netherlands
2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
3 Department of Petrology, Vrije Universiteit (VU) Amsterdam, 1081 HV Amsterdam, the Netherlands
* jwwu@tongji.edu.cn

富含有机质的腐泥层（sapropel）沉积在地中海反复出现，响应于岁差辐射量控制的淡水驱动。然而，关于淡水的确切来源以及相关的水文气候变化过程仍然不清楚。腐泥层 S5 形成于上一次间冰期的极盛期（MIS 5e），是晚第四纪最发育的腐泥层之一。利用海洋沉积物的陆源碎屑组分，通过多种地球化学手段，本研究在盆地尺度上系统性地重建了腐泥层 S5 时期的河流输入，并且与全新世腐泥层 S1 时期和现代的情况作对比。我们的研究样品在广度和深度上都覆盖了整个东地中海（8 个沉积物岩芯、13 个沉积物表层样）；研究方法包括：主量元素、稀土元素、Sr 和 Nd 同位素。

研究结果显示，在腐泥层 S5 时期，撒哈拉风尘的影响非常有限；地球化学指标所呈现的东–西向梯度故可归结为三大河流输入的混合结果：尼罗河、东地中海的北部沿岸河流、利比亚/突尼斯的古河流。据此，我们进一步分析了这些河流物质的分布以及在不同时期上的变化。此外，我们发现稀土元素指标指示了一个均一的、相似的撒哈拉风尘物质端元。综上，这些全面的认识不仅能够帮助我们更好地理解腐泥层的形成

机制和古气候水文条件的变化，而且对早期人类的迁徙和繁衍有指示性的意义。另一方面，我们证实了综合应用地球化学方法在东地中海区域物源研究上的有效性，尤其是主量元素和稀土元素。

S10-O-10

Pre-Quaternary decoupling between Asian aridification and high dust accumulation rates

Junsheng Nie[1]*, Alex Pullen[2], Carmala N. Garzione[3], Wenbin Peng[1], Zhao Wang[1]

1 Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 Department of Environmental Engineering and Earth Sciences, Clemson University, Clemson, SC 29634, USA

3 Department of Earth and Environmental Sciences, University of Rochester, Rochester, NY 14627, USA

* jnie@lzu.edu.cn

Theories of late Cenozoic climate cooling assume that central Asian aridification and high dust accumulation rates in the Chinese Loess Plateau and the North Pacific Ocean are genetically related. On the basis of detailed sediment provenance analysis, we show that high dust accumulation rates in the Chinese Loess Plateau and the North Pacific Ocean during the late Miocene-Pliocene were mainly caused by increased erosion in the Qilian Mountains and low-elevation eastern Asia areas, driven by the effects of East Asian summer monsoon intensification. We conclude that precipitation driven erosion increased dust input to the North Pacific Ocean and may have played a pivotal role in late Cenozoic climate cooling.

S10-O-11

轨道尺度西风区气候变化及西风-季风相互作用的记录、模式、边界及机制研究

李国强[1]*，杨和[1]，佘琳琳[1]，魏海涛[1]，金明[1]，夏敦胜[1]，David Madsen[1]，陈发虎[1,2]

1 兰州大学资源环境学院，西部环境教育部重点实验室

2 中科院青藏高原研究所，高寒生态学与生物多样性重点实验室

* gqli@lzu.edu.cn

中亚干旱区气候变化主要受控于中纬度西风环流，与东亚地区气候变化主要受控于东亚夏季风系统不同。对于轨道尺度西风区气候变化模式及其对东亚夏季风-西风环流相互作用的响应还存在很大争议，主要原因是中亚干旱区有可靠高分辨率测年的气候记录还很缺乏。本研究通过对中亚干旱区中部天山地区黄土沉积序列（天山北麓 LJW10, 2.8 m, QS16, 44 m, BYH10, 30 m; 伊犁河谷 NLT17, 4 m, KS15, 13 m, XY17, 29 m）开展高分辨率石英及钾长石释光测年及古气候代用指标（粒度、磁化率、碳酸盐、色度、碳同位素等）研究，重建了中亚干旱区降水及湿度变化模式；通过对中亚干旱区最东部季风-西风过渡区系列尾闾湖泊（额济纳，白碱湖，青海湖，吉兰泰）湖岸堤沉积序列开展测年及湖泊时空演化研究，重建的湖泊水位波动及降水变化历史，探讨了西风-季风在过渡区域的相互作用及边界变化。集成这些结果表明：（1）中亚干旱区中部黄土-古土壤序列及东部湖泊地貌记录均表明冰期-间冰期旋回尺度中亚干旱区表现为冰期冷干-间冰期暖湿的模式，与东亚季风区气候变化模式具有一致性；（2）中亚干旱区在末次间冰期及现代间冰期内部气候以暖干-冷湿组合变化（MIS 5e, 5c, 5a 暖干, MIS 5d, 5b, MIS 5-4 冷湿, 早中全新世暖干，晚

全新世冷湿），有效湿度变化表现出 21 ka 周期并随北半球夏季太阳辐射反向变化，有效湿度变化表现出与典型东亚季风区（MIS 5e, 5c, 5a 暖湿, MIS 5d, 5b, MIS 5-4 冷干，早中全新世暖湿，晚全新世冷干）相反的气候模式；（3）在末次间冰期及现代间冰期内部阿拉善高原东部及其以东区域，湖泊湖面波动与季风强度变化具有一致性，而阿拉善高原西部古湖泊湖面波动与中亚干旱区气候变化模式具有一致性。表明季风在最强盛时期仍然主要控制阿拉善高原东部地区降水及湖面波动，阿拉善高原西部及以西区域湖面波动及降水变化主要受控于西风强度变化。（4）PMIP3 模拟表明轨道驱动导致的中高纬辐射梯度变化，进而引起西风强度及携带降水在间冰期内部的变化是导致中亚干旱区有效湿度变化与东亚季风区反相位的可能原因。

S10-O-13

冰消期气候变暖过程的亚热带植被响应

郑卓[1]*，黄康有[1]，李杰[2]，马婷[1]，张雅泽[1]

1 中山大学地球科学与工程学院，广州 510275

2 青岛海洋地质研究所，青岛 266071

* eeszzhuor@mail.sysu.edu.cn

现代亚热带的地带性常绿阔叶林在我国是最重要的森林植被类型之一，其分布范围从北纬 20 度左右分布到长江流域以北的北纬 30-33 度。近些年的研究文献已经证实华南亚热带山地植被在末次冰期的低温环境下由温带落叶阔叶林替代了常绿阔叶林。Biome 模型研究结果也得出类似的结果。然而，关键的问题是：末次冰期的落叶阔叶林在亚热带（国际上称为南温带）冰消期过程中, 何时、何地被常绿阔叶林所取代？且不同纬度地带的常绿阔叶林取代落叶阔叶林的过程，是否沿着纬度存在时间滞后？或植被类型交替的触发点逐渐北移？本研究基于广西北部的 GT 钻孔孢粉分析和广西、福建、湖北大九湖等高分辨孢粉序列的 biome 重建，结合亚热带区域多个地点的末次冰期以来的 biome 或孢粉组分变化特征，探讨了亚热带地区常绿阔叶林替代落叶林的过程，并发现冰消期增暖过程对应常绿阔叶森林向北迁移的年代区间，在南亚热带（通常以北回归线附近为起点）向北的森林替换过程从 YD 开始持续约 3 千年。研究认为，太阳辐射变化（夏季太阳辐射达到最大值）是引发这一植被带迁移的触发机制，而导致森林组分替换向北迁移的主要驱动因素是冰盖消融引起的冰消期气候逐渐变暖，季风降雨的快速增强为森林植被的迁移提供了基本条件。

S10-O-14

江西玉华山泥炭 2000aBP 以来的元素地球化学记录及其气候意义

邓云凯[1]，李亮[1]，马春梅[1,2]*，李远平[3]，周斌[4]，赵琳[1]，崔安宁[1]

1 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023

2 江苏省气候变化协同创新中心，南京 210023

3 皖西学院环境与旅游学院，安徽 237012

4 南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

* chunmeima@nju.edu.cn

过去 2000 年是 PAGES (Past Global Changes)计划重点研究的时段，其中中世纪暖期及小冰期的气候变化备受关注。学术界对中世纪暖期和小冰期进行了大量的研究，但起止时间、温湿配置仍存在显著的区域差异。本文基于对江西中部山地玉华山泥炭钻孔 YHS 2 的年代标尺以及沉积物的地球元素地球化学、腐殖化度、烧失量、孢粉等多指标记录进行对比分析，结合气候变化和地球化学元素迁移、分布规律，进一步分析了玉华山地区中世纪暖期和小冰期的干湿变化。结果表明：在中世纪暖期阶段（750~1400A.D），在沉积物中 Al、Si、Ti 等外源碎屑元素含量升高，烧失量处于低值，

腐殖化度较低，乔灌木花粉含量高，而中旱生草本如禾本科花粉含量低，各个气候指标的记录都指示在该阶段降水增多，为温暖湿润的气候环境。而在小冰期阶段（1400~1900A.D），在沉积物中 Al、Si、Ti 等外源碎屑元素含量降低，变化趋于稳定，烧失量处于高值，腐殖化度较高，乔灌木花粉含量降低，而中旱生草本禾本科花粉含量升高，各个气候指标的记录都指示在该阶段降水减少，为较冷干燥的气候环境。

S10-O-15

草褡裢湖记录的青藏高原东北部中晚全新世植被历史、降水变化及亚夏季风演化

吕飞亚[1]，陈建徽[1]*，周爱锋[1]，许清海[2]，张生瑞[3]，董广辉[1]，黄小忠[1]，陈发虎[1]

1 兰州大学，资源环境学院西部环境教育部重点实验室，兰州 730000

2 河北师范大学，泥河湾考古研究院，石家庄 050024

3 中国科学院，地质与地球物理研究所，北京 100029

* jhchen@lzu.edu.cn

青藏高原东北部位于东亚夏季风、印度夏季风和西风环流三者作用的交汇地带，对气候变化响应敏感，是理想的古环境研究场所。然而，目前，学术界对于该区全新世以来降水/湿度变化基本框架仍然存在较大争议。本文通过对青藏高原东北部青海湖盆地草褡裢湖 CDL12A 孔岩芯孢粉分析，重建过去 7.8 ka（1ka = 1000 cal yr B.P.）以来区域植被演化历史。结果显示：7.8~5.1 ka，该区域为以松属、云杉属和桦木属为主的森林草原植被；5.1~2.8 ka，森林面积逐渐减少，草原面积扩大，湖畔湿地沼泽草甸发育；2.8~0 ka，森林面积进一步缩小，仅在周围山地保留少量林地，该时期植被景观与现代植被景观相似，呈现以蒿属、藜科、禾本科为主的草原景观，湖畔湿地沼泽草甸扩张。利用新近发展的孢粉-古气候参数定量重建新思路，发现年降水量（Pann）是控制草褡裢湖化石孢粉属种变化的最主要环境因子，并基于东亚表土孢粉数据库构建了适于重建 Pann 的现代校准集，采用加权平均-偏最小二乘法（WAPLS）对草褡裢湖化石孢粉序列开展 Pann 定量重建，结果通过了基于随机数据的显著性检验（p=0.001）。该重建与采用同一方法获取的青海湖同一时段降水变化趋势一致，将两者合成一条代表青海湖流域降水的曲线，表现为 9.5~5 ka 降水最多，这与东亚季风区和印度季风区其它代用指标指示的全新世降水最大时期并非完全一致，与中亚干旱区降水变化也存在差别。青海湖盆地全新世以来降水变化可能受东亚夏季风和印度夏季风共同作用的影响，用来指示亚洲夏季风变化。

S10-O-16

末次冰盛期和全新世中期西风–季风模拟

田芝平*，姜大膀，王娜

中国科学院大气物理研究所，北京 100029

* tianzhiping@mail.iap.ac.cn

利用国际古气候模拟比较计划最新9个气候模式结果，对末次冰盛期北半球西风带的垂直和区域特征进行了模拟研究。在北半球尺度上，相对于工业化革命前期，末次冰盛期 200 hPa 高空急流在所有 9 个模式中均表现为向北移动、而 850 hPa 低空急流在其中 8 个模式中向南移动，多模式平均移动幅度均为 2~3 个纬度。该时期北半球冰盖扩张且温室气体浓度下降，使得对流层大范围降温但空间分布不均，一方面热带对流层高层异常偏冷，通过热成风关系造成副热带高层温度梯度减弱，从而导致整个北半球尺度高空急流北移且欧亚大陆高空急流减弱；另一方面极地低层异常偏冷，使得中纬度低层斜压性发生变化，北太平洋地区瞬变涡旋活动区南移导致北太平洋低空急流南移，而北大西洋地区静止涡旋活动显著增强导致北大

西洋高低层急流均显著增强。对于东亚季风变化，早期开展的多模式试验结果分析表明，末次冰盛期东亚夏季风一致模拟减弱，平均减幅为 25%；东亚冬季风总体变化不大，在区域上则表现为 30℃N 以北模拟增强、30℃N 以南模拟减弱；上述变化主要源于该时期全球冰量增加和温室气体浓度下降引起的温度梯度和海陆热力对比变化。

在偏暖的全新世中期，利用 28 个模式试验结果分析表明，东亚夏季风在 27 个模式中均模拟增强，多模式集合平均增幅为 32%，这与以往大量单个模式结果和地质重建记录定性一致。最近，我们对所有可利用的 42 个模式试验进行分析研究发现，全新世中期东亚冬季风在其中的 38 个模式中一致模拟增强，相对于参考时期平均增幅为 14%，这主要源于该时期地球轨道参数和温室气体浓度变化导致的纬向和经向海陆热力差异以及海平面气压梯度变化，海洋和植被反馈作用以及有限的地质记录均存在不确定性。

S10-O-17

Climate responses to mid-Holocene Green Sahara in EC-Earth simulations

Qiong Zhang*, Francesco Muschitiello, Francesco Pausata, Gabriele Messori

Bolin Centre for Climate Research, Stockholm University, Sweden

* qiong.zhang@natgeo.su.se

Paleo-proxy data suggest that during mid-Holocene (~6000 years before present day), African summer monsoon rainfall extended to 30N North and led to extension of grassland and shrub land into areas that are now desert, giving origin to the so-called “Green Sahara”, or African Humid Period. However climate model simulations have shown limited skill in reproducing the wide range of monsoon amplification responses when forced with mid-Holocene insolation forcing only. These discrepancies must lie in a shortcoming common to all models such as the improper land surface cover and dust emissions in model setup. Using a fully coupled ocean-atmosphere model EC-Earth, we have designed several sensitivity experiments to investigate how potential changes in Saharan dust emissions and land surface properties may have altered the climate. Our results show that locally western African monsoon became stronger and extended northward under a green Sahara and reduced dust condition. Monsoon season also lasted longer. However, reduced dust alone would not lead to northward extension of the monsoon. Furthermore, the climate response associated to the greening of the Sahara and reduction of dust is not limited to North Africa but affect the entire globe. For instance, Arctic region became warmer, ENSO activity and mean state are significantly weakened, the tropical cyclone activity is enhanced in both hemispheres in particular over the Caribbean Sea and Gulf of Mexico, and the eastern Asian monsoon extended northward and strengthened.

We explain these local and remote climate responses by the local feedback, ocean-atmosphere interaction and teleconnection through oceanic and atmospheric circulation. Change in land surface type leads to strong vegetation-albedo feedback and strengthens the monsoon, dust reduction further enhances the feedback and extends the monsoon limit 500 km northward. Strengthened African monsoon causes the strengthening and westward shifting of the walker circulation through the changes in adjacent Atlantic SSTs, finally leads to the weakening of ENSO activities through ocean-atmosphere interaction over the equatorial Pacific. The altered atmospheric

circulation favors the conditions for tropical cyclogensis. The surface albedo change in Sahara leads to larger thermal gradient between Arctic and subtropical region, increases the heat transport both in atmosphere and ocean and consequently results in a warmer Arctic.

Further, we use the atmospheric forcing from the EC-Earth sensitivity experiments to drive a dynamic vegetation model LPJ-GUESS to investigate the vegetation development during mid-Holocene. The results show a vegetated Sahara covered by both herbaceous and woody vegetation types consistent with proxy reconstructions only in a Green Sahara scenario. It indicates that the northward expansion of vegetation is associated with a substantially intensified West African monsoon, suggesting that the increased precipitation is the main driver for the greening of Sahara.

S10-O-18

Structure and dynamics of the mid-Brunhes climate transition and paleoanthropological implications

敖红*

中国科学院地球环境研究所，西安 710061

* aohong@ieecas.cn

The amplitude of Plio-Pleistocene glacial-interglacial climate cycles remarkably increased ~400 thousand years ago (ka) during the middle Brunhes geomagnetic polarity chron, known as the “mid-Brunhes transition” (MBT). Yet, the structure and dynamics of this climate shift remain unsolved. Also its potential impact on mid-Pleistocene hominin history is poorly understood. Here we reconstruct terrestrial Asian summer monsoon (ASM) variations through the past 800 ka, using Chinese loess-paleosol magnetic susceptibility. Combining our new ASM record with other terrestrial, marine and ice-core records, we find that the MBT was a two-stage process. First at ~500 ka, interglacial northern hemisphere precipitation, including terrestrial ASM and European precipitation, increased during marine isotope stage (MIS) 13, along with an increase in interglacial global oceanic meridional overturning circulation (MOC; inferred from deep-sea benthic $\delta^{13}C$ records). Then, at ~400 ka the second MBT stage followed from MIS 11 onward, with a shift to prominently warmer interglacial climates than during preceding interglacials. We attribute the first MBT stage, i.e. ASM and MOC shifts, to a hemispheric climate asymmetry characterized by a warm and nearly ice-free Arctic but a relatively cold Antarctica during MIS 13. The lagged, second MBT stage with a global shift to warmer interglacial climate is linked to increased amplitude of atmospheric CO_2 concentrations and orbital obliquity since MIS 11. The notably changing climate across the two MBT stages, especially the unusually severe glacial climate during MIS 12, is suggested to have played a crucial role in the contemporaneous emergence of Neandertals in Western Europe.

S10-P-01S

蜗牛壳体文石方解石化过程的稳定同位素组成及动力学机制

李成龙，盛雪芬*

表生地球化学教育部重点实验室 南京大学地球科学与工程学院，南京 210046

* shenxuer@nju.edu.cn

全球变化研究中，陆生蜗牛壳体的碳氧稳定同位素组成作为重要的气候变化替代性指标受到越来越多的关注。而在沉积过程中，文石质蜗牛壳体通常会发生方解石化现象，该过程同时会导致壳体的稳定同位素组成发生变化，从而对利用蜗牛壳体的稳定同位素进行古环境重建时产生偏差，因此有必要对于蜗牛壳体矿物相转变导致的碳氧同位素组成的偏差进行研究和评估。

设计空气和氮气背景下的两组加热实验（加热温度从 200℃到 600℃），采用蜗牛 *Achatina fulica* 的文石壳体为研究对象，来揭示加热前后蜗牛壳体不同碳酸钙矿物相的含量变化以及引起这种现象的动力学机制，同时测试实验前后碳氧同位素组成（$\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 值）以考察其变化程度。有以下几点发现：（1）经过不同的加热时间和温度作用下，蜗牛壳体文石会发生不同程度的方解石化，但形成的方解石具有原来壳体文石的针柱状结构，并没有出现方解石典型的菱面体结构，这个现象可能是方解石生长过程中受到生长空间限制以及有机质分解带来的局部压力导致的生长抑制造成的；（2）根据加热反应后形成的方解石含量数据，利用 Cahn's 公式拟合计算得到不同温度条件下的成核速率和生长速率，根据生长速率与温度的关系，进而获得文石方解石化的活化能为+141 kJ/mol，该结果显示蜗牛壳体文石方解石化属于单晶转变；（3）氮气背景下，新生成方解石 $\delta^{13}C$ 值与蜗牛壳体文石差值在仪器测试误差范围内，而 $\delta^{18}O$ 值偏负 0.29‰，远超出仪器的测试精度范围。蜗牛壳体有机质的碳氧同位素组成低于壳体碳酸钙的值，因此推断蜗牛壳体有机质在高温加热实验中对于壳体的碳氧同位素组成没有影响，分析认为是由于气体同位素质谱测试过程中由于磷酸酸解时方解石和文石的酸分馏系数不同导致；（4）空气背景下，新生成的方解石相对原始壳体文石样品 $\delta^{13}C$ 值最大偏负 0.5‰，而 $\delta^{18}O$ 最大偏负 3.62‰，认为是加热过程中壳体文石与空气中 CO_2 发生了碳氧同位素交换导致。

S10-P-02S

Astronomical forcing in Middle Pleistocene deposition in the fluvial/fan-delta Basin of Kashgar, NW China

Rui Zhang[1], Chunju Huang[1,2]*, Yansheng Gu[1,3], Lin Li[1]

1 State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074

2 Laboratory of Critical Zone Evolution, School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074

3 School of environmental studies, China University of Geosciences, Wuhan 430074

* huangcj@cug.edu.cn

Astronomically forced climate variations was documented in the climate-sensitive sedimentation and formed cyclic stratigraphic records. However, very few published papers have demonstrated the astronomical forced cycles in the quaternary alluvial fan and fluvial sequences. Here we present the high-resolution GR and Rb/Sr records from a drilled 800-m core KT-11 of the delta semi-closed basin in the middle of Kashgar in the western Tarim Basin. The evolutive spectra of the GR and Rb/Sr series suggest no major variations in accumulation rate through the core. Spectral analyses of the GR and Rb/Sr series show cycles of ~70 m, ~ 30 m, ~14 m wavelengths. Based on the ESR dating results and comparison of the ratios of these cycles wavelengths with the ratios of Milankovitch frequencies, it implies that these cycles represent ~100 kyr, ~40 kyr and ~20 kyr cycles, respectively. And these records also reveal that the dominant ~100 kyr short eccentricity cycles are exist in the GR and Rb/Sr series of 0-420 m interval, but the 41 kyr obliquity cycles are predominant in the 420-800 m interval. According to these

recognition, we construct an astronomical time scale (ATS) about 1.1 myr using the ~ 100 kyr short eccentricity and 41 kyr obliquity tuning. Based on this ATS, the average accumulation rate is about 70 cm/kyr for this 800-m core succession, and it shows the sedimentation rate keep quite stable from evolutive spectrum of the GR & Rb/Sr tuned series. We therefore conclude that the orbital forced climate change was the main driver for the evolution of the delta semi-closed basin.

S10-P-03S

西太平洋深海沉积物揭示的末次冰期以来风尘记录

谢一璇，杨小强*

中山大学地球科学与工程学院，广东省地球动力作用与地质灾害重点实验室，广州 510275

* eesyxq@mail.sysu.edu.cn

在地球磁场相对古强度对比限定的年代框架基础之上，对位于西太平洋采薇海山附近的柱状沉积物 MABC19 进行碎屑组分的扫描电镜观察、粒度分析、多种岩石磁学参数等测定，获得了研究区末次冰期以来风尘输入的较高分辨率记录。沉积物磁化率、矫顽力值等岩石磁学参数指示研究区风尘输入量在冰期增多，在间冰期减少，揭示风尘物质源区气候情况在冰期相对间冰期更寒冷干燥。通过粒径-标准偏差方法提取代表风尘输入的敏感组分，并将 2.0-2.6 μm / 9.8-11.9 μm 作为有古气候指示意义的粒度参数，该参数反映出在约 30 ka，输入该区的风尘组分粒径变细，指示东亚冬季风强度减弱，这与泾源黄土风尘组分中值粒径变化指示的东亚冬季风强度在同一时间的变化相反。说明将风尘物质从源区搬运到表黄土高原和远至西太平洋地区的是不同高度、不同强度的风，其中近地表的风场与地表气候密切相关，在气候寒冷时期携带粒径更粗的物质沉降到近风尘源区，而较高空的风场作为远距离传输风尘物质的主要层位，其强度并不与地表气候直接相关。一定程度上体现了海、陆风尘记录与冰期旋回间存在的非线性关系。

S10-P-04S

光释光测年揭示的西藏色林错全新世湖面演化历史

侯彦冬 [1,2]，隆浩 [1]*，沈吉 [1]，高磊 [1]

1 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室，南京 210008

2 中国科学院大学，北京 100049

* longhao@niglas.ac.cn

青藏高原是世界上海拔最高的高原，作为独特的地理单元，对亚洲季风的变化起着重要的作用，同时其地理环境过程对季风变化非常敏感。该区存在大量受季风-西风环流影响的湖泊，保存了完整的古湖岸堤或高水位湖相地层，这些地貌或沉积单元能够直观的反映过去湖泊水位的变化，是古环境重建的理想的材料。前人对该地区进行了大量的研究，但由于指标解译、沉积物测年、分辨率等因素，全新世以来青藏高原湖泊演化与亚洲季风或中纬度西风环流的关系，以及高原西北部到东南部气候演变是否同步等重大科学问题的研究都存在较大分歧。

色林错位于青藏高原中部地区，是目前西藏地区面积最大的湖泊，保存了完整的湖泊演化地貌学和沉积学证据。本研究以色林错河-湖相剖面及湖岸堤为材料，通过沉积相的划分，结合 29 个样品的释光年代学的研究工作，结果表明：（1）色林错盆地的沉积物石英信号普遍较弱，甚至接近本底值，同时存在异常衰退的现象，不适合作为光释光测年的材料。而通过对钾长石条件测试，发现钾长石满足光释光测年的要求，因此采用钾长石测年是合理的。（2）色林错剖面识别出河流相、湖滨湖相、浅湖相和半深湖-深湖相。结合释光年代，发现在高出现代湖面 34 米，10 ka 左右，色林错出现了滨湖相-浅湖相沉积；之后，10-7 ka，出现了半深湖-深湖相沉积，指示了该时期湖面上升，

但 7 ka,粒度明显增大，可能指示湖面小幅度的下降；7-6 ka，色林错出现滨湖相沉积，指示水位下降；6-2.5 ka,发生了沉积间断，指示当时湖面已经下降到较低水平；2.5-0.35 ka 为河流相沉积，现代湖滨沙丘测年结果为 0.19±0.02 ka 指示该时期为小冰期。（3）色林错全新世以来湖面波动总体呈早全新世湖面上升，中晚全新世湖面下降，指示了控制其的印度季风在早全新世增强，而中晚全新世逐渐减弱，这与北半球高纬度太阳辐射量波动基本一致。其中早全新世两次湖面的下降，可能与发生在 10.3 ka 和 8.2 ka 的两次北大西洋冰筏事件相关。

S10-P-05

马尔代夫海区晚第四纪颗石藻化石记录与南亚季风变化

苏翔*，向荣，IODP359 航次船上科学家

中科院边缘海与大洋地质重点实验室，中科院南海海洋研究所，广州 510301

* suxiang@scsio.ac.cn

南亚季风作为全球最重要的季风系统之一，控制着南纬 10°以北的大部分印度洋海区，然而受水深及取样质量的限制，南亚季风的高分辨率古海洋学记录尤为缺少。马尔代夫群岛由于其独特的沉积条件，微体化石保存良好，是开展赤道印度洋高分辨率古海洋学研究的理想海区。颗石藻作为海洋中广泛分布的单细胞浮游植物，能够分泌微小盘状钙质骨骼（称为颗石）并保存在海底沉积物当中，利用颗石记录可以反映过去海水温度、生产力、上层海水结构、季风强弱等环境信息，因而已成为古海洋学研究中重要的替代性指标之一。本研究选取国际大洋发现计划 IODP359 航次 U1467 孔上部沉积柱状样为研究材料，对样品进行颗石藻属种定量统计分析，取得了氧同位素 5 期（MIS5）以来马尔代夫海区高分辨率的颗石藻主要属种变化记录，主要属种为 *Gephyrocapsa oceanica*，*Florisphaera profunda* 和 *Emiliania huxleyi*. 三种化石占全部化石含量 60%以上。过去 15 万年以来 *G. oceanica* 与 *F. profunda* 含量呈现负相关变化。其主要原因桥石类主要生活在海水上透光带，尤其以 G. oceanica 代表高营养与高生产力的表层属种，*F. profunda* 生活在海水下透光带，当上部水体结构改变时，如营养跃层变浅，更有利于上透光带颗石藻生长。利用 *F. profunda* 相对百分含量重建马尔代夫海区初级生产力的变化历史，与赤道印度洋 MD90-0963 孔颗石藻化石记录趋势吻合，频谱分析表现为明显的岁差周期。表明马尔代夫海区颗石藻群落变化及海洋初级生产力同时受到南亚季风与赤道西风的共同影响。

S10-P-06S

天山—帕米尔高原对亚洲内陆干旱气候时空分异影响的模拟研究

沙莹莹*，石正国，刘晓东，安芷生，常宏

中国科学院地球环境研究所，西安 710061

* shayingying@ieecas.cn

青藏高原隆升是影响亚洲季风—内陆干旱气候形成和演化的重要因素之一。随着数值模式发展，近期的研究表明虽然蒙古高原地形规模远小于青藏高原，但其对大气行星波、亚洲西风急流和东亚冬季风的加强作用极其显著。可见青藏高原虽然在规模和高度上具有绝对优势，但并不能完全替代其他山地对气候的潜在影响。天山—帕米尔高原位于青藏高原主体北缘，在地理位置上将亚洲内陆干旱区分隔成东、西两部分。西部以中亚为主，降水主要发生在冬季和春季，夏季最少。东部以我国西北干旱区为代表，降水主要出现在夏季而冬季最少。那么，天山—帕米尔高原做为分隔亚洲内陆干旱区的自然边界，其对亚洲内陆干旱区降水的时空分异有何影响？利用高分辨率 CAM4 模式，我们进行了天山—帕米尔高原地形的数值模拟试验。“有”、“无”天山—帕米尔高原的对比试验表明，天山—帕米尔高原对亚洲

内陆不同干旱区的影响存在明显差异。在无天山—帕米尔高原的地形条件下，中亚干旱区和我国西北干旱区连成一片。整个区域降水季节性保持一致，均以冬、春季降水为主，夏季降水最少。天山—帕米尔高原出现后，中亚干旱区与我国西北干旱区才被分隔成两个干旱子区域，出现两个降水极小值区。冬春雨为主的降水特征西退，我国西北干旱区降水季节性发生明显转变，由冬春雨型转变为现代的夏雨型气候，尤其是位于天山南部的塔里木盆地。天山—帕米尔高原隆升后我国西北干旱区冬春季降水减少而夏季降水增加是引起其降水季节性显著转变的主要因素。此外，天山北部地区降水的季节性也在天山—帕米尔高原隆升后得到显著加强。降水变化与地形强迫引起的大气行星波调整以及山地的局地效应密切相关，天山—帕米尔高原还作用于亚洲夏季风，减少夏季我国东部沿海地区以及太平洋西部降水。

S10-P-07

Changes of climate regimes during the last millennium and the twenty-first century simulated by the Community Earth System Model

Wei Huang[1], Song Feng[2]*, Chang Liu[2], Jie Chen[1], Jianhui Chen[1], Fahu Chen[1]

1 Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 Department of Geosciences, University of Arkansas, Fayetteville, AR, USA

* songfeng@uark.edu

This study examines the shifts in terrestrial climate regimes using the Köppene-Trewartha (K-T) climate classification by analyzing the Community Earth System Model Last Millennium Ensemble (CESM-LME) simulations for the period 850-2005 and CESM Medium Ensemble (CESM-ME), CESM Large Ensemble (CESM-LE) and CESM with fixed aerosols Medium Ensemble (CESM-LE_FixA) simulations for the period 1920-2080. We compare K-T climate types from the Medieval Climate Anomaly (MCA) (950-1250) with the Little Ice Age (LIA) (1550-1850), from present day (PD) (1971-2000) with the last millennium (LM) (850-1850), and from the future (2050-2080) with the LM in order to place anthropogenic changes in the context of changes due to natural forcings occurring during the last millennium. For CESM-LME, we focused on the simulations with all forcings, though the impacts of individual forcings (e.g., solar activities, volcanic eruptions, greenhouse gases, aerosols and land use changes) were also analyzed. We found that the climate types changed slightly between the MCA and the LIA due to weak changes in temperature and precipitation. The climate type changes in PD relative to the last millennium have been largely driven by greenhouse gas-induced warming, but anthropogenic aerosols have also played an important role on regional scales. At the end of the twenty-first century, the anthropogenic forcing has a much greater effect on climate types than the PD. Following the reduction of aerosol emissions, the impact of greenhouse gases will further promote global warming in the future. Compared to precipitation, changes in climate types are dominated by greenhouse gas-induced warming. The large shift in climate types by the end of this century suggests possible wide-spread redistribution of surface vegetation and a significant change in species distributions.

S10-P-08

CCSM4.0 模式下东亚季风与西风对区域沙尘循环的影响

赵鑫*，解小宁

中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061

* 873129087@qq.com

东亚沙尘气溶胶会通过多种不同辐射反馈效应对区域乃至全球气候产生重要的影响，因此，亚洲沙尘的循环过程一直受到广泛的关注。本文利用 100 年的 CCSM4.0 气候模式数据定量地研究了春季东亚季风和西风强度的年际变化对东亚及北太平洋的沙尘循环的影响。模式结果表明：东亚冬季风指数与东亚春季沙尘沉降存在明显的正相关关系(R=0.45)。相对于弱季风年，在强季风年沙尘的沉降量明显增多，日本海及其周围地区的增加率可达 110%，且主要以干沉降的增加为主。低层(Ps-700hPa)大气柱载荷量的变率(51.2%)是中高层(700hPa-100hPa)变率(22.4%)的 2.3 倍。低层的沙尘传输变率(116.3%)是中高层(43.0%)的 2.7 倍。东亚沙尘沉降主要受对流层低层的冬季风传输的影响，且东亚季风主要影响东亚的干沉降。

西风指数与北太平洋春季沙尘沉降呈显著正相关(R=0.69)。相对于弱西风年，在强西风年沙尘沉降量最高可增加 170%，并且主要以湿沉降的增加为主。中高层大气柱载荷量的变率(51.7%)是低层(22.6%)的 2.3 倍。中高层和低层的沙尘传输变率分别为 183.5%和 173.8%。相对于东亚季风对沙尘沉降的影响，在北太平洋，中高层西风对沙尘的作用显著增大。因此，北太平洋沙尘沉降主要受中高层西风传输的影响，且西风主要影响北太平洋的湿沉降。

S10-P-09

黄土高原石笋记录的 DO25 季风增强事件

董进国[1]*，孔兴功[2]，汪永进[2]，沈川洲[3]

1 南通大学地理科学学院，南通 22607

2 南京师范大学地理科学学院，南京 210097

3 台湾大学地质系，中国台湾 10617

* dongjinguo1111@163.com

基于山西龙洞和莲花洞两支石笋 15 个铀钍年代和 230 个氧同位素数据（$\delta^{18}O$）重建了末次冰期早期中国北方地区东亚夏季风强度变化的历史。不同纬度相同生长时段高分辨率石笋 $\delta^{18}O$ 记录对比结果表明：在 115.0-110.3 ka BP 期间，亚洲夏季风强度明显增强，而在 110.0-108.4 ka BP 期间却明显减弱。这一模式与南美夏季风强度呈“镜像”联系。石笋 $\delta^{18}O$ 记录的 Dansgaard-Oeschger（DO）25 强季风事件存在明显的百年尺度波动，与格陵兰冰芯记录的亚千年尺度事件一一对应，这表明高、低纬气候系统在末次冰期早期仍存在密切联系。北半球高纬地区快速变冷可能导致中纬度西风带增强、低纬热带辐合带南移，亚洲夏季风强度在千-百年尺度上明显减弱。

S10-P-10S

晚更新世以来南海北部上层水体结构演化

王海粟，翦知湣*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* jian@tongji.edu.cn

本次研究通过对 ODP184 航次 1146 站位所取得的*有孔虫 Globigerinoides ruber*，*Pulleniatina obliquiloculata* 进行氧碳稳定同位素分析。

对比同一样品中壳径范围在 250-350mm 和 350-450mm 的 *P. obliquiloculata* 壳体氧同位素，发现两者的变化范围趋近一致；而壳体碳同位素随着壳径的增加变化幅度越小且更偏正，可能反映了生命效应的影响。

1.2Ma 以来，对比 *P. obliquiloculata* 和 *G.ruber* 的同位素差值，发现二者的 $\delta^{18}O$ 差值间冰期变小冰期变大，而 $\delta^{13}C$ 差值间冰

期时增大，冰期时减小，其中又以0.25-0.45Ma 变化最为显著。说明间冰期时上层水体混合程度变弱，温跃层加深，冰期时上层水体混合程度加强，温跃层变浅，且中布容事件期间温跃层水体结构变化幅度较大。

通过本次研究，检验了 *P. obliquiloculata* 碳氧稳定同位素作为古海洋替代性指标的适用性。重建结果反映了 1.2Ma 以来南海北部上层水体结构变化与轨道尺度季风气候演化及中布容气候事件之间的联系。

S10-P-11S

中国北方干旱半干旱区现代花粉蒿藜比（A/C）指示降水的可靠性研究

王远[1,2]，王维[1,2]*，牛志梅[1,2]，刘立娜[1,2]

1 内蒙古大学生态与环境学院，呼和浩特 010021

2 内蒙古大学环境地质研究所，呼和浩特 010021

* ndweiwang@imu.edu.cn

蒿属和藜科花粉是中国干旱区与半干旱区中最常见的两种花粉，其二者的比值常被用于指示降水（或湿度）的变化。尽管前人对 A/C 与降水的关系开展了大量的研究，但对于 A/C 指示区域降水的可靠性还存在争议，尚无从湖泊表层沉积物和表土花粉着手对比探讨 A/C 指示区域降水可靠性的研究。为此，本文采用数学统计分析方法，结合区域气象资料，对我国北方干旱半干旱区的 70 个湖泊中心位置表层沉积物花粉组合之 A/C（其中 50 个来自本研究，20 个来自前人研究）和 40 个湖泊附近地带性植被表土花粉组合之 A/C 进行了分析，探讨了 A/C 在中国北方干旱半干旱区反映区域降水的可靠性及其在古气候重建中的意义。

研究结果表明，湖泊表层沉积物和表土花粉的 A/C 箱线图随植被类型分布变化呈相同趋势，中位数均体现出按草甸草原、典型草原、荒漠草原、荒漠次序递减的趋势；森林草原地带湖泊表层沉积物 A/C 显著低于草甸草原，但表土略高于草甸草原。箱线图分析结果表明，湖泊表层沉积物花粉与表土花粉的 A/C 在无林地带均能反映出植被和降水的变化，但对于森林草原和森林地带，受乔木花粉影响，不能有效反映植被和降水。相关分析结果表明，湖泊表层沉积物样品的 A/C 与年降水量（MAP）极显著相关（r^2=0.3286，p<0.01），而相应表土样品 A/C 与 MAP 无相关关系（r^2=0.0603, p=0.127），表明湖泊中心表层沉积物花粉 A/C 比反映区域降水的能力显著优于表土。A/C 与气候因子的增强回归树模型（BRT）结果显示，MAP 与 MAT（年均温）的贡献值分别为 74.3% 和 25.7%；A/C 与 MAP 的相互作用在降水量为 250-350mm 时变弱；A/C 与 MAT 的相互作用在温度为 2-7℃时变弱，表明我国北方干旱半干旱区湖泊表层沉积物花粉 A/C 比反映 MAP 能力显著优于 MAT，但在降水量为 250-350 mm 时 A/C 指示 MAP 的能力受当地环境因素影响而变弱。

研究得到初步结论如下：湖泊中心表层沉积物和表土花粉的 A/C 值均能较好地指示北方干旱半干旱区无林地带的植被类型；湖泊中心表层沉积物花粉 A/C 反映年降水的能力显著优于相应表土，但在降水量为 250-350mm 区间，反映 MAP 的能力有所降低，在应用 A/C 重建古气候时需谨慎。

S10-P-12S

日本南海中更新世以来古海洋环境变化的磁学记录

时美楠*，吴怀春

中国地质大学(北京)，北京 100083

* meinan.shi@cugb.edu.cn

日本南海位于日本西南部，处于东亚季风区,气候特征受季风影响显著。其上部分布着黑潮暖流和亲潮寒流两大表面洋流，在全球热平衡及水量南北交换、气候演变等方面起着重要的作用。因此该区对气候变化以及气候变化引起的太平洋西边界流的迁移非常敏感。综合国际大洋钻探 315 航次在日本

南海 C0001 站位和 C0002 站位获得了~2 Ma 以来较为连续的沉积序列，能够为了解该区域古海洋环境变化提供材料。

本文对 C0001、C0002 站位岩芯沉积物进行系统的岩石磁学研究，并结合航次报告数据—磁化率　数据、磁化强度数据和测井数据（NGR）探讨了其对古海洋环境变化的响应。总体上，沉积物中磁性矿物以磁铁矿为主，磁学参数变化显示了明显岁差与斜率周期。通过将磁化率曲线与全球底栖氧同位素数据、中国高分辨率的亚洲季风的氧同位素进行对比发现高的磁铁矿含量和更细的粒度存在于更加干冷的夏季风期。在 C0001 站位，磁学参数在中更新世转型期显示了明显的低值。通过研究认为该区沉积物磁学参数受夏季风加强引发的物源供应变化控制。在强的东亚夏季风期，海气作用导致黑潮北向加强，研究站位接收了更多来自研究区西北部的富含石英的物源供应。

S10-P-13S

北太平洋中部赫斯海隆(Hess Rise)晚第四纪以来生源组分与粉尘输入的关系及其变化机制

由德方，王汝建*，肖文申

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* rjwang@tongji.edu.cn

海洋生产力的研究有助于理解大洋碳库的变化，而粉尘输入则是影响海洋生产力的重要因子。本文对德国 SO202-INOPEX 航次在北太平洋中部赫斯海隆(Hess Rise)钻取的 SO202-37-2 孔 0-251cm 沉积物样品该站位的 0-251 cm 深度样品进行了 XRF 元素扫描、碳酸钙、生物硅、有机碳、浮游有孔虫 *Globigerina bulloides* 和 *Globorotalia inflata* 氧碳同位素的综合分析，以期探讨该区域的生源组分特征及粉尘输入的变化历史。该孔的地层年代框架基于其浮游有孔虫 *G. inflata*-$\delta^{18}O$、*G. bulloides*-$\delta^{18}O$ 与 H3571 站位 *G. inflata*-$\delta^{18}O$ 和深海氧同位素曲线 LR04-$\delta^{18}O$ 的对比。结果显示，该孔 XRF-Ti/Ca 比值所代表的陆源粉尘输入强度变化与生物硅含量显著相关，指示粉尘输入刺激了海洋生产力的提高，并呈现出间冰期增强，而冰期减弱的特点。究其原因，可能是由于冰期时西风带南移远离物源区，导致粉尘输出减少，西风急流的经向移动控制了该区域海洋生产力的变化。这一点与冰期时全球粉尘输出增多截然相反，表明可能是西风急流位置的变化使得该区域的粉尘沉积不同于其他地区。

S10-P-14S

黄土高原西北缘最后两个冰期旋回以来记录的季风快速变化

郭飞[1,2]，孙有斌[1]*

1 黄土与第四纪地质国家重点实验室，中国科学院地球环境研究所，西安 710061

2 中国科学院大学，北京 100049

* sunyb@ieecas.cn

基于甘肃临夏钻孔高分辨率的磁化率扫描、XRF 元素扫描和粒度等测试，对磁化率、粒度、元素和元素比值等代用指标所揭示的冬、夏季风快速变化特征进行分析，并与冰芯、石笋和深海记录进行对比，探讨了季风突变事件的区域一致性和遥相关动力过程。结果表明，临夏 A 孔可以重建最后两个冰期旋回以来的古气候变化。在冰期粒度、Ca、Fe、Ca/K、Rb/Sr、Fe/K 均表现出小幅度快速变化，在间冰期变化幅度大、频率慢。粒度、Si/K 和 Zr/Rb 比值三者变化趋势基本一致，良好地记录最后两个冰期旋回以来冰期-间冰期至千年尺度的冬季风快速变化（冷事件）。磁化率、Ca/K、Rb/Sr、Fe/K 均对夏季风强度的变化响应敏感，磁化率能较好响应冰期-间冰期的变化，但对亚轨道尺度的气候波动响应不敏感；Rb/Sr、Ca/K 和 Fe/K 在冰期变化幅度存在差异，但在间冰期

变化趋势基本一致，能更精细的记录东亚夏季风的快速变化。与黄土高原中部剖面相比，临夏黄土的粒度及磁化率变化幅度大、频次快，对冬夏季风突变事件变化敏感。千年尺度气候事件的变化幅度在不同指标间有明显差异，归因于这些指标对不同气候要素响应的差异；在冰期间冰期背景下变化幅度和频率也不尽相同，表明下垫面变化对千年尺度气候波动有显著调制作用。通过分析对比黄土高原典型 S_1 剖面的沉积速率及其记录的千年尺度气候快速变化信号，发现从黄土高原西北部到东南，由于受沉积速率和风化成壤的不同影响，粒度和磁化率记录的季风变化特征有较大差异。总体而言，黄土高原西北地区由于靠近沙漠地区，沉积速率大，成壤作用弱，能够较好记录沙漠进退及风尘沉积的快速变化。

S10-P-15S

最后两个冰期旋回以来中国黄土高分辨率多代用指标研究

王扬*，孙有斌

中国科学院地球环境研究所，西安 710061

* wy741102592@163.com

东亚季风作为高、低纬气候相互作用的关键纽带，在北半球的粉尘和水热传输中扮演着重要角色。近 20 年来，大量的黄土-红粘土沉积序列的研究，提取了构造-轨道时间尺度东亚季风的变率特征，对东亚季风演化的规律和机制有了深刻理解，但针对短尺度季风快速变化的研究仍显薄弱。

黄土高原西北部的古浪黄土沉积具有离源区近、沉积速率高等特征，受到更强烈的冬季风和微弱的夏季风影响，为高分辨率古气候研究提供了重要素材。我们完成了古浪钻孔上部 75 米黄土粉末样品的高分辨率元素扫描测试工作，重建了最后两个冰期旋回高分辨率季风快速变化特征。将元素指标和其他替代性指标对比研究发现，粒度、Si/K 和 Zr/Rb 比值可作为冬季风的替代性指标，颗粒越细、Si/K 和 Zr/Rb 比值越小表明冬季风较弱，三者变化趋势基本一致，良好地记录最后两个冰期旋回以来冰期-间冰期至千年尺度的冬季风快速变化。成壤作用的强弱和夏季风密切相关，磁化率、Ca/K、Rb/Sr、Fe/K 均对夏季风强度的变化响应敏感，Rb/Sr 和 Fe/K 在冰期变化幅度存在差异，但在间冰期变化趋势基本一致，能更精细的记录东亚夏季风的快速变化。

为了揭示黄土高原西北部和东南缘记录季风快速变化的差异性，采集了河南北邙 96.7 米的黄土样品，完成样品的磁化率、粒度、碳酸盐含量以及高分辨率元素扫描分析，重建了 L2 以来的季风演化特征。高磁化率值和低碳酸盐含量代表成壤强度增强的古土壤层，指示了东亚夏季风的加强事件，反之代表了黄土层。在冰期-间冰期不同时段每个指标的变化幅度和周期表现出较大差异，磁化率能较好响应冰期-间冰期的变化，但对亚轨道尺度的气候波动响应不敏感；粒度及碳酸盐含量在冰期变化幅度小、频率快，但间冰期变化幅度大、频率慢，暗示了季风突变事件的驱动力在冰期-间冰期不同下垫面条件下会有差异。

高分辨率元素、比值和粒度揭示了最后两个冰期旋回季风快速变化事件序列，千年尺度气候事件的变化幅度和频率在不同指标间有明显差异，归因于指标对不同气候要素响应的差异，在冰期-间冰期背景下变化幅度和频率也不尽相同，表明下垫面变化对千年尺度气候波动有显著调制作用。通过对比末次冰期黄土粒度揭示的季风快速变化发现，黄土高原西北部高分辨率黄土剖面代用指标对季风快速变化敏感，而东南缘黄土记录的突变事件不太清晰，这种空间差异主要归因于沉积速率和成壤强度变化影响了不同的代用指标对季风快速变化响应的敏感程度。

S10-P-16

Decoupled early Holocene summer temperature and

monsoon precipitation in southwest China

Duo Wu[1], Xuemei Chen[2], Feiya Lv[1], Mark Brenner[3], Jason Curtis[3], Aifeng Zhou[1], Jianhui Chen[1], Mark Abbott[4], Junqing Yu[5], Fahu Chen[1,6]*

1 College of Earth and Environmental Sciences; MOE Key Laboratory of Western China's Environmental System, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 State Key Laboratory of Frozen Soils Engineering, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China

3 Department of Geological Sciences and Land Use and Environmental Change Institute, University of Florida, Gainesville 32611, USA

4 Department of Geology and Environmental Science, University of Pittsburgh, Pittsburgh 15260, USA

5 Qinghai Institute of Salt Lake Studies, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China

6 Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

* fhchen@lzu.edu.cn

Proxy-based reconstructions of Holocene temperature show that both the timing and magnitude of the thermal maximum varied substantially across regions. Climate-model simulations indicate that early Holocene summers were substantially cooler in areas influenced directly by the Laurentide ice sheet, whereas elsewhere in the Northern Hemisphere temperatures were dominated by orbitally forced insolation. Because summer temperature inferences for low-latitude regions (e.g., SW China) dominated by the Indian summer monsoon are lacking, spatial differences in Holocene summer temperature and their underlying forcing mechanisms are unclear. We developed a well-dated, pollen-based summer temperature record (mean July; MJT) for the last 14,000 years from Xingyun Lake, southwest China. MJT decreased during the Younger Dryas, increased slowly to high values during the period 8000-5500 yr BP, and decreased thereafter. MJT record differs from that inferred using carbonate oxygen isotopes ($\delta^{18}O$) from the same sediment core. The latter record reflects variations in monsoon precipitation, with highest precipitation having occurred in the early Holocene (11,000-6500 yr BP). We propose that summer temperature and precipitation in southwest China were decoupled during the early Holocene. Both MJT and monsoon precipitation decreased after the middle Holocene, tracking the trend in boreal summer insolation. We suggest that greater cloud cover, associated with high precipitation, generated by a strong summer monsoon, may have depressed early Holocene temperatures that would otherwise be related to greater summer insolation. Melting ice sheets in high-latitude regions and high concentrations of atmospheric aerosols during the early Holocene may have contributed, in part, to relatively cool summer temperatures.

S10-P-17S

东亚夏季风的气候北界指标及其年际变化研究

陈婕[1]，黄伟[1]*，靳立亚[1,2]，陈建徽[1]，陈圣乾[1]，陈发虎[1,3]*

1 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室，兰州 730000

2 成都信息工程大学大气科学学院，成都 610225

3 中国科学院青藏高原研究所高寒生态与生物多样性重点实验室，北京 100101

* whuang@lzu.edu.cn; fhchen@itpcas.ac.cn/fhchen@lzu.edu.cn

长时间尺度东亚夏季风北界的时空变化及其物理机制的研究对理解过去、预测未

来气候变化有重要意义，但目前主要基于气象定义的各东亚夏季风北界指标与地理环境缺少对应，也很难应用于古气候研究。本文参照全球季风的概念定义，使用 CMAP 和 GPCP 等月分辨率降水资料，结果发现夏季（5~9 月）2mm day 1 的等降水线（即 300mm 降水量）变化范围与我国现代土地覆被类型、气候转换带以及潜在自然植被类型的空间分布存在很好的对应关系，也与风场突变位置一致，具有明确的气候-生态-地理界线意义，可作为东亚夏季风的北界指标（称为气候北界指标）。该指标刻画的我国气候态（1981~2010 年）东亚夏季风北界整体呈东北-西南走向，在我国北方地区从西到东大致沿我国祁连山东段-贺兰山南麓-大青山-大兴安岭西侧一线。东亚夏季风气候北界在 1980~2015 年间的年际空间波动范围覆盖了甘肃中部、宁夏北部、内蒙古中东部以及东北地区，北可深入到中蒙边界，南可退缩到山东-河南中部一线，围绕气候态北界在 200~700km 范围内波动，空间波动幅度从西到东逐渐增大，但不同区域随时间的南北波动趋势大体一致。

S10-P-18S

基于中印石笋记录的末次冰期气候变化研究

张帆[1]，程海[1,2]*，张海伟[1]

1 西安交通大学全球环境变化研究院，西安 710054

2 Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis, USA

* cheng021@mail.xjtu.edu.cn

亚洲季风在全球气候系统中有着举足轻重的地位，它影响的范围十分辽阔，亚洲夏季风可以分为印度夏季风和东亚夏季风，关于它们的研究对于理解气候变化的规律和影响机制有着巨大的作用，亚洲夏季风也一直是古气候研究中的重要内容之一。Q29（15-23 ka BP）、DQH17（11-28 ka BP）、MSW1（13-29 ka BP）、CHY2（20-35 ka BP）分别是来自中国贵州省七星洞、四川省洞清河洞和印度东北部 Mawmluh 以及 Chymphe 洞的四根石笋样品。通过对这些石笋进行高精度 U-Th 定年和高分辨率的 $\delta^{18}O$ 测定，我们建立起了数段末次冰期的气候变化序列。这些气候序列反映了末次冰期东亚夏季风和印度夏季风的一些变化情况，比如经典的 Heinrich 1（H1）和 Heinrich 2（H2）气候事件在这些序列中就有所记录。一系列的千年气候突变事件是末次冰期的一个典型气候特征，借由我们建立起的高分辨率气候序列，对末次冰期亚洲季风区气候千年尺度上变化的一些特征，包括气候变化的周期和千年气候波动的状况可以有新的认识。此外，汤山葫芦洞的石笋记录表明在 18 ka BP 左右存在一次夏季风增强事件，Q29、DQH17 和 MSW1 的记录在这一时段表现出了不一样的变化情况，反映了亚洲季风区内不同地区这一时期气候变化不同步的状况。

S10-P-19S

摩洛哥西南部全新世气候变化及其与北大西洋气候的联系

沙丽娟[1]，程海[1]*，殷建军[2]，Yassine, A.B.[1]，李瀚瑛[1]，杜文静[1]

1 全球环境变化研究院，西安交通大学，西安 710054

2 中国地质科学院岩溶地质研究所，桂林 541004

* cheng021@xjtu.edu.cn

摩洛哥的气候和环境变化影响着当地的农业和经济文化发展，尤其干旱气候限制了经济发展。然而摩洛哥区域可用的现代气象观测数据甚少，想要进一步研究摩洛哥的现代气候变化模式，并预测摩洛哥的未来气候变化，就需要提供不同时间尺度和空间尺度的高分辨率地质记录，并建立不同区域的气候变化时间序列。

摩洛哥西南部位于亚速尔高压区东南部，当地气候受到北大西洋的影响，因此能

敏感记录风暴路径、水汽输送、NAO 变化及其相关联的气候研究。该区域地质记录等的研究有助于了解西风带及北大西洋的气候变化。本文以 Ifoulki 洞穴（30°42'29"N，9°19'39"W，1267 m）的两根石笋样品（IFK1 和 IFK2）和 Win Timdouine 洞穴（30°40'24"N，9°20'57"W，1203 m）的三根石笋样品（WIN1、WIN2 和 WIN3）为摩洛哥古气候变化的信息载体，通过铀系测年技术获得 108 个年龄数据并建立了年代尺度，分析石笋碳、氧同位素（$\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$）记录在时间尺度上的振幅波动，进而探讨摩洛哥西南部在全新世的气候变化模式及气候变化的影响机制，得到了以下结论：

1．将 Win Timdouine 石笋记录 $\delta^{18}O$ 值变化作为干旱、湿润的气候指标，记录的气候变化特征显示了摩洛哥西南部全新世气候变化模式：早全新世（约 11.5 ka 至 9 ka B.P.）气候逐渐湿润（$\delta^{18}O$ 值逐渐偏轻），中全新世（约 9 ka 至 3 ka B.P.）处于气候持续湿润期，晚全新世（约 3 ka B.P.至今）是干旱气候期。此外，进一步分析摩洛哥洞穴 Win Timdouine 的石笋 $\delta^{18}O$ 记录，其曲线变化显示出了北大西洋碎冰屑事件的印记。

2. 与树轮记录相一致，摩洛哥石笋 $\delta^{18}O$ 值变化显示了摩洛哥地区中世纪暖期气候干旱；而小冰期则表现出气候湿润的特征。在时间序列上石笋 $\delta^{18}O$ 值的变北大西洋涛动（North Atlantic Oscillation，NAO）指数的变化基本保持一致，即中世纪暖期 NAO 指数持续正数模式时，石笋 $\delta^{18}O$ 值相对偏重，小冰期 NAO 偏负时期石笋 $\delta^{18}O$ 值相对偏轻。这样的相关性可能应用于说明 NAO 的变化，北大西洋环流变化对气候突变的触发和放大作用可能是影响摩洛哥区域气候变化的影响机制。

S10-P-20

Carbonate and evaporite minerals in lake sediments: a new approach to reconstruct paleoprecipitation in northern China

Wenying Jiang[1]*, Luo Wang[1], Enlou Zhang[2], Shiling Yang[1]

1 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

2 Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008

* wjiang@mail.iggcas.ac.cn

Authigenic carbonate and evaporite minerals in lake sediments are widely used to qualitatively reconstruct climate. However, uncertainties still remain about their quantitative relationship to climate. In this study, we first investigated 86 modern lakes in northern China to establish the relationship between mineral formation, lake water chemistry, and climate, and then precipitation during the Holocene were reconstructed using this relationship and compared with pollen-based reconstruction from a lake core in this region. Investigations from the modern lakes show that from east to west, with increasing salinity and ionic concentration, calcite, dolomite, and evaporite minerals (gypsum and halite) occur in sequence. Their eastern boundaries approximate modern isohyets, and we define for the first-time rainfall thresholds of 600 mm, 400 mm, and 350 mm for the formation of calcite, dolomite, and evaporite minerals, respectively. In addition, the modern 600 mm and 400 mm isohyets are located at the transitions between forest and forest steppe and between forest steppe and steppe in the study region, occurrence of calcite and dolomite may also reflect vegetation types. The quantitative reconstruction of precipitation based on mineral analysis from the lake core is consistent with results from pollen-based reconstruction from the same core. As

carbonate and evaporite minerals are widely found in ancient lake sediments in northern China, our findings enable a new approach for the quantitative reconstruction of past precipitation from geological records.

S10-P-21

Synchronous multi-decadal climate variability of the whole Pacific areas revealed in tree rings since 1567

Keyan Fang*

Key Laboratory of Humid Subtropical Eco-geographical Process (Ministry of Education), Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

* kujanfang@gmail.com

Oceanic and atmospheric patterns play a crucial role on modulating climate variability from interannual to multi-decadal timescales by, causing large-scale co-varying climate changes. The brevity of the existing instrumental records hinders the ability to recognize climate patterns before the industrial era, which can be alleviated by using proxies. Unfortunately, proxy based reconstructions of oceanic and atmospheric modes of the past millennia often have modest agreements with each other before the instrumental period, raising questions about the robustness of the reconstructions. To ensure the stability of climate signals in proxy data through time, we first identified tree-ring datasets from distant regions containing coherent variations in Asia and North America, and then interpreted their climate information. We found the multi-decadal covarying climate patterns of the middle and high latitudinal regions around the northern Pacific Ocean agreed quite well with the climate reconstructions of the tropical and southern Pacific areas. This indicates a synchronous variability at multi-decadal timescale of the past 430 years for the entire Pacific Ocean. This pattern is closely linked to the dominant mode of the Pacific sea surface temperature (SST) after removing the warming trend. This Pacific multi-decadal SST variability resembles the Interdecadal Pacific Oscillation (IPO).

S10-P-22S

新疆伊犁 MIS3 黄土古温度和古降雨量重建

赵世锦，杨欢*

中国地质大学（武汉）地球科学学院，武汉 430074

* yhsailing@163.com

新疆伊犁河谷位于中亚地区的东北部，受西风气候影响，与中国中东部受东亚季风影响地区气候差异显著，是研究亚洲内陆干旱区古气候的理想场所。黄土对于古气候研究有着重要的作用，然而多数物理化学指标，比如稀土元素、有机碳同位素、粒度和磁化率等都同时受温度、降雨量等多种气候因素的影响，因而用它们定量重建东亚地区黄土古温度和古降雨量具有较大的难度。来自于微生物的有机分子甘油二烷基甘油四醚化合物（GDGTs），包括古菌的细胞膜脂类异戊二烯 GDGTs (iGDGTs)和某类细菌细胞膜脂支链 GDGTs (bGDGTs)，目前已建立多种古气候指标，为该地气候重建提供了新的可能。

剖面年代从 18.5ka 到 54.5ka，GDGTs 重建的温度结果和格林兰冰芯结果对应良好，结合单体碳同位素反应的湿度变化显示，则克台剖面的气候变化符合冷湿-暖干的西风型配置，且可将该段记录划分为三阶段，由新到老依次为 MIS2、MIS3a、MIS3b、MIS3c，正好与该段时间的岁差周期变化一致，反应了该地气候变化是由冰盖和太阳辐射共同作用的结果。

S10-P-23S

岱海记录重建过去千年东亚夏季风演化

孟博文[1]*，张彦成[1]，赵成[2]，陈嵘[2]，柳中晖[1]

1 香港大学地球科学系，香港

2 中国科学院南京地理与湖泊研究所，南京 210008

* bwmeng@connect.hku.hk

东亚夏季风降水显著地影响着季风边缘带的生态环境系统和社会经济活动。为弥补现有观测资料通常仅能涵盖过去几十年全球变暖背景下气候信号的不足，认识自然条件下东亚夏季风的变化显得尤为重要。岱海位于内蒙古中部，是季风边缘区的封闭湖泊，其水文变化主要受控于季风降水。本项研究通过分析岱海沉积柱中的长链烯酮，重建了温度（$U^{K'}_{37}$）及盐度（$\%C_{37:4}$）并进而探究了过去千年的水热变化。结果显示：岱海在中世纪暖期（约 800-1400 AD）和当代暖期（自 1850 AD 以来）湖水盐度较低（特别是中世纪暖期比当代暖期的盐度要明显更低），而在小冰期时（约 1400-1850 AD）盐度较高。上述变化与东亚夏季风在百年尺度上偏暖时期较湿润而偏冷时期较干燥的气候特征一致，也间接地表明岱海地区过去千年始终受控于东亚夏季风。另外，重建结果与太阳活动的良好对应关系说明太阳活动可能是驱动过去千年东亚夏季风强度变化的主要因素。

S10-P-24S

北疆黄土记录 MIS3b 时期古风向和物源变化

程良清[1,2]，宋友桂[1]*

1 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061

2 中国科学院大学，北京 100049

* syg@ieecas.cn

粉尘物质来源和古大气环流的演化一直是黄土古气候学研究的重要内容之一，对揭示气候驱动机制具有重要的意义。本研究通过磁化率各向异性（AMS）、磁化率、粒度以及沉积速率等指标，综合分析了新疆塔城地区的库尔托别黄土剖面记录氧同位素（MIS）3 阶段的古风向和物源变化历史。AMS 结果表明 MIS3 阶段以来，库尔托别黄土粉尘的主要传输方向为东南方向，这与塔城站记录的现代大风主风向一致。在 MIS3b 阶段早期（ca. 44-54 ka）出现西南方向的主大风风向，可能表明了该时期的中天山和西天山冰川前进影响了塔城地区的大气环流，使得塔城地区出现强劲的西南风，其中的 H5 事件期间，西伯利亚高压的增强使得西风带向南移动，天山地区接收到的西风水汽显著减少，从而 H5 事件期间冰川退缩，塔城地区西南大风消失。结合粒度、磁化率指标分析，表明西南风携带的粉尘对磁化率的贡献相对于东南风携带的粉尘要大。在伊犁盆地东部尼勒克黄土中也发现了 MIS3b 阶段早期，粉尘对磁化率的贡献显著增加，并且在 H5 阶段，显著减少，可能表明了 MIS3b 阶段早期的冰川前进不仅仅影响了塔城地区，对伊犁盆地的风向也有很大的影响。库尔托别和尼勒克黄土的沉积速率的分析表明整体上 MIS3b 时期（ca. 40-54 ka）的粉尘堆积速率较高，这可能与 MIS3b 时期接收太阳辐射量低有关，其次，在 MIS3b 阶段早期，即冰川发育期，沉积速率相对于 MIS3b 阶段晚期（ca.40-44 ka）要低，这可能与冰川发育阶段，粉尘源区一定程度地被冰川覆盖有关。

S10-P-25

High-resolution paleoclimatic records spanning the past 30 cal ka BP inferred from Qionghai Lake sediments in southwest China: Insights

from geochemical investigations and grain-size characteristics

Gen Wang[1*], Yongli Wang[1,2], Zhifu Wei[1], Ting Zhang[1], Wei He[1]

1 Key Laboratory of Petroleum Resources, Gansu Province / Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 73000, PR China

2 Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, PR China

* gwang@lzb.ac.cn

The southwest summer monsoon (SSM) is an important part of the Asian monsoon system which has great potential on regional climate evolutions, especially the southwest China areas including Sichuan and Yunnan provinces. However, debates still remain on the timing and duration of the typical climatic events, such as the LGM, H1 event, Bølling/Allerød period (BA), Younger Dryas (YD), HCO, as well as the evolution history of SSM and its driving mechanisms. Also, discrepancies about the varying intensities of SSM still occur. In order to resolve some of the debates and discrepancies mentioned above, it is necessary to develop long, continuous and high-resolution studies in southwest China to reconstruct the paleoclimate conditions and history of SSM, which can contribute to a better understanding of regional climate dynamics and correlations between the SSM and global climate system. Here in this study, we present a high-resolution paleolimnological record from Qionghai Lake in southwest China covering the time interval from 30 ka BP to the present, aiming to use multiple variables to reconstruct the paleoenvironment and paleoclimate dynamics affected by the SSM, and improve our understanding of the possible driving mechanisms in southwest China, which then can be used for paleoclimatic interpretations for other studies and lakes on the Tibetan Plateau.

A continuous 23.90-m-long sediment core, which approached the bedrock, was taken from Qionghai Lake for geochemical investigations (TOC, TN, χLF, carbonate content, $\delta^{13}C$ value of organic matter) and particle size analyses. Based on the AMS 14C dating of twevle plant remains, with the aid of CLAM software, an age-depth model for Qionghai Lake sediments was extablished. In this study, we mainly focused on the sediments at a depth between 21.6 m and 3.1 m, the interval which had better age constraints, ranging from 29120 cal a BP to 50 cal a BP.

According to the variations of derived-proxies, the climate evolution history in southwest China can be roughly divided into four stages. During the interval 29.1 to 23.2 cal ka BP, the climate was relatively warm and humid. From 23.2 to 15.4 cal ka BP, conditions appeared to be cold and dry. In particular, two extreme cold and dry episodes occurred at the periods of 21.6 to 19.4 cal ka BP and 17.6 to 15.8 cal ka BP, corresponding to the LGM and H1 associated with weak southwest summer monsoon, respectively. During the interval 15.4 to 9.7 cal ka BP, all the proxies indicated a dry and relatively stable climate. The YD event was captured between 12.5 and 11.6 cal ka BP. And the climate changed from warm and wet in the early to mid-Holocene to dry climate condition in the late Holocene. A short-lived cold and dry event at 8.5 to 8.1 cal ka BP was identified, perhaps corresponding to the “8200 a” cold event. And the favorable warm and humid Holocene climatic optimum was found

between 6.6 and 4.6 cal ka BP, related to a strong SSM.

Comparing our results in Qionghai Lake with regional and over-regional climate records, the evolution history of climate in the study area are generally in accordance with other records, which are associated with the intensity of SSM, revealing that the local variations of paleoclimate generally correlated with the global climate changes closely. Furthermore, the summer solar radiation is a significant influence factor that drove the climate conditions in southwest China on a millennial scale. Interplays of glacial boundary conditions (sea-level change, sea-surface temperature, ice-sheet extent) and position of ITCZ likely influenced the Holocene climate variations directly or indirectly. Our results provided a continuous and complete record regarding the paleoclimate history and its associated driving mechanism in southwest China, which makes up for the insufficient research spanning the late Pleistocene to Holocene where the SSM prevails.

S10-P-26

对黄土高原风尘搬运动力与沉积控制因素研究新认识

王斌[1]*，曾琳[2]，赵万苍[3]，张文防[4]，段克勤[1]

1 陕西师范大学旅游与环境学院，地理国家级实验教学示范中心，西安 710119

2 中国科学院烟台海岸带研究所，烟台 264003

3 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023

4 中国科学院南京地理与湖泊研究所，湖泊与环境国家重点实验室，南京 210008

* bin.wang@snnu.edu.cn

风尘是地球表层系统的重要组成部分，其广泛参与地球系统中不同时空尺度的物理、化学和生物过程，对全球气候和生态环境产生重要的影响。中国北方地区发育了世界上面积最广，厚度最大的风尘沉积，记录了至少 22 Ma 以来东亚季风演化和亚洲内陆干旱化历史。半个多世纪以来对风尘沉积的气候记录和黄土高原的成因进行了大量研究并取得了丰硕成果，然而对黄土高原风尘物质沉积过程的认识还存在很多问题。例如，近年来基于物源示踪研究的新发现也对传统的风尘搬运过程观点提出了新认识，认为虽然黄土主体是风成的，但以前忽略了河流对于碎屑物质的搬运贡献。本文在前人研究基础上从沉积学角度分析风尘沉积过程，发现青藏高原两期抬升与区域构造运动对粉尘沉积起着不亚于气候变化的重要控制作用；同时从沉积-侵蚀和地貌发育过程探讨风力与流水这两种最常见的外动力方式在黄土沉积和黄土高原发育过程中所起的作用，认为风尘的沉积和黄土高原的形成是侵蚀与搬运沉积作用的长期动态平衡过程，风力和流水在其中所起的作用都不是单一不变的，在不同时期和不同区域有可能会同时充当建设者和破坏者的角色。

S10-P-27S

A symmetrical CO2 peak and asymmetrical climate change during the middle Miocene

Shunchuan Ji[1,2], Junsheng Nie[1]*, Daniel O. Breecker[3]

1 Key Laboratory of Western China's Environmental System (Ministry of Education), Lanzhou University，Lanzhou 730000, China

2 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China

3 Department of Geological Sciences, University of Texas at Austin, Austin, Texas 87131, USA

* shunchuanji@lzu.edu.cn

Understanding the future trajectory of Earth's climate requires knowledge of shifts in

atmospheric CO_2 concentrations during past warm episodes. The Miocene Climatic Optimum (MCO, ~17-14 Ma) was likely the warmest episode of the past 25 million years and thus atmospheric CO_2 concentrations during this interval are of particular interest. However, CO_2 records across the middle Miocene are rather scattered and data are notably sparse for the latter part of the MCO. Here we present a paleosol-based CO_2 record from the Tianshui Basin, northern China, spanning 17-7 Ma. Our results show elevated mean CO_2 during the second half of the MCO corresponding with some of the lowest benthic $\delta^{18}O$ values and highest benthic $\delta^{13}C$ values, as part of the "Monterey excursion", published for the Neogene. This result supports the idea that the broader Monterey excursion was primarily associated with a CO_2 maximum, not carbon burial and CO_2 minima as previously interpreted. The new CO_2 record, along with previous CO_2 records based on paleosols, stomata and foraminiferal boron isotope compositons, also suggests that mean CO_2 across the MCO was elevated compared with the immediately following (post-MCO, 14-11 Ma, >80% probability) and immediately preceding (pre-MCO, 20-17 Ma, 70% probability) time periods. The most probable magnitude of the MCO CO_2 peak is 20% higher than post- MCO and 12.5% higher than pre-MCO levels. Larger factors of perhaps 50% higher CO_2 likely apply in narrower (<1 myr) time slices. CO_2 records from each proxy individually support the conclusion of modestly elevated MCO CO_2 although large temporal gaps exist in records from any one proxy. Using all proxies together, we estimate average MCO CO_2 of 375 +150/-100 (84^{th} and 16^{th} percentile) ppm. Although mean MCO CO_2 was elevated, the MCO was also chacterized by highly variable CO_2. In addition, determinations from all three proxies suggest that at times during the MCO, CO_2 levels were as low as they were following the ice sheet expansion of the Miocene Climate Transition. Furthermore, pre-MCO CO_2 levels are indistinguishable from post-MCO CO_2 levels (60% probability of pre-MCO CO_2 > post-MCO CO_2), despite significantly lower benthic $\delta^{18}O$ values during the former. We conclude that 1) the MCO was a period of slightly elevated and highly variable CO_2 compared with the immediately preceding and following intervals, and 2) neither CO_2 decrease, orbitally-controlled seasonality over Antarctica nor the confluence of these factors was sufficient to cause Miocene Climate Transition ice sheet expansion, but rather strengthening of the Antarctic Circumpolar Current and Southern Ocean cooling related to closure of the eastern Tethys was a necessary first step.

S10-P-28

Holocene solar activity imprints on centennial-scale hydroclimatic oscillations in arid central Asia as seen from a stalagmite record

Xiaokang Liu[1,2]*, Chuan-chou Shen[3], Xianfeng Wang[4], Zhiguo Rao[1], Yunxia Li[1], Xiaojian Zhang[5], Jianbao Liu[6], Haichao Xie[1], Fahu Chen[1,6]

1 Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

3 High-Precision Mass Spectrometry and Environment Change Laboratory (HISPEC), Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan

4 Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University, Singapore 639798, Singapore;
5. School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China
6 Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
* liuxk13@lzu.edu.cn; liuxk17@bjfu.edu.cn

High-resolution and absolutely dated proxy data help to improve our understanding of multi-timescale hydroclimate evolutions in different regions, e.g. arid/semiarid central Asia (ACA), a region currently suffering from water shortage. Here, we present a record of past hydroclimate based on high-resolution, precisely dated stalagmite stable isotope ($\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$) time series, covering the time interval of 8.36~2.69 ka B.P., from Baluk cave, Northwest China. Our record shows a pattern of relatively depleted precipitation ^{18}O from 8.3 ka to 5.8 ka, and slight ^{18}O enrichment from 5.0 ka to 3.0 ka, between these two millennial-scale stages standing a notable shift from 5.8 ka to 5.1 ka. The abovementioned pattern generally follows Northern Hemisphere summer insolation (65 ℃N), and reflects the history of meteoric precipitation $\delta^{18}O$ changes in ACA, which is comparable with cave records in Asian summer monsoon region. Meanwhile, Baluk cave $\delta^{13}C$, illustrating relatively depleted ^{13}C from 5.8 ka to 3.0 ka, varies differently from $\delta^{18}O$ series, which indicates a westerly-dominated mode with humid local environment during this period. In addition, we observe large-amplitude abrupt changes both in $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$ time series, demonstrating the significance of centennial-scale hydroclimatic changes in regulating regional environment in ACA. Timings of four hydroclimatic failures are centering at 2.8 ka, 4.3 ka, 6.0 ka and 8.2 ka, corresponding to the North Atlantic ice-rafting events (Bond events 2 to 5). Furthermore, several events occurring at about 3.5 ka, 5.1 ka, 6.9 ka and 7.6 ka, are somewhat reaching or beyond the level of Bond events, accompanied by prominent quasi-200-yr cycles. These characteristics recorded by Baluk cave strengthen the importance of centennial-scale climate oscillations towards environment variations in ACA, and suggest the vital role of solar Suess-deVires periodicity in triggering centennial-scale hydroclimatic shifts during the Holocene epoch. Finally, our results support the synchronicity of stalagmite-inferred centennial-scale abrupt hydroclimatic changes in ACA and Asian summer monsoon region, on account of their dynamical links to land-sea thermal contrast, North Atlantic climate variability, and the solar imprints on Earth's climate.

S11-O-01

深海海底地形地貌测量技术现状及发展趋势

赵建虎 [1,2]*，关永贤 [3]，刘胜旋 [3]
1 武汉大学测绘学院，武汉 430079
2 武汉大学海洋研究院，武汉 430079
3 广州海洋底质调查局，广州 510075
* jhzhao@sgg.whu.edu.cn

海底地形地貌反映了海床的起伏变化，在海底板块运动、沉积物迁移变化、水面水下载体安全航行、水下匹配导航、水下管节安放、沉船打捞、海洋油气勘探和环境监测等方面发挥着重要作用。目前，深海海底地形地貌主要通过多波束系统和侧扫声呐系统测量获得，存在高分辨率地形和高精度地貌图像成果难以同时获取等问题。针对这一问题，论文首先详细介绍了现有的深海海底地形测量技术，包括海底高精度定位技术、船基海底地形测量技术和潜基海底地形测量技术，并对这些技术涉及到的测量模式进行了总结，对数据处理方法如声线追踪及声

速剖面简化方法、测深数据滤波方法、残余误差消除等进行了分析，对相关测量应用软件进行了阐述，呈现了当前海底地形的立体、高效、高精度获取现状。然后，论文介绍了海底地貌图像的获取和处理技术，并对多波束图像中存在的低分辨率问题和辐射畸变产生的原因进行了详细分析，介绍了基于角度响应机制的多波束图像辐射畸变改正方法；对侧扫声呐图像中存在的辐射畸变、几何畸变和位置精度低等问题进行了分析，介绍了侧扫声呐图像处理的完整流程，最终得到一副具有地理位置信息和清晰目标的地貌图像。最后，结合多波束和侧扫声呐测量结果的优缺点，进行优势互补。对同区域的多波束图像和侧扫声呐图像进行特征匹配，根据匹配结果将多波束图像的准确位置信息赋予高分辨率侧扫声呐图像，得到高精度高分辨率海底地貌图；将获得的该地貌图像与多波束测深地形结果进行叠加，实现三维地形和二维地貌成果的综合呈现。同时，对深海海底地形地貌测量技术的发展趋势进行了展望，认为研制超宽覆盖、高精度、高分辨率、轻便型多波束系统和研究声速影响改正模型、测深数据滤波方法、侧扫声呐与多波束测量成果的信息融合及海底地形地貌的精细可视化呈现是一项重要工作，将在未来的深海科学研究和工程实践中发挥重大作用。

S11-O-02

多波束水体影像资料处理与识别技术研究

刘胜旋*，关永贤

国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510075

* 82251631@163.com

多波束测深系统的工作原理是利用发射换能器阵列以一定的时间间隔向海底发射一系列垂直于航迹方法的扇形声波，利用接收换能器阵列对声波进行接收，通过波束形成原理形成成百上千个具有特定指向性的波束。每一波束又由若干强度各异的采样点组成。通过这些波束与采样点，再加上其它辅助数据，能够精确、快速地测量出海底地形特征与水体的回波强度情况。多波束水体影像调查属于空间立体测量，它不同于其它的单波束水深、重力、磁力等线状测量，也不同于单道地震、多道地震等、浅层剖面、侧扫声呐、多波束水深等面状测量，但其又无法实现空间立体全覆盖测量。对于任何一条测线，由于水体影像测量范围为三棱柱状，数据量非常大，受限于计算机的内存大小及运算能力，我们无法一次性绘制整条测线三维体空间模型然后直接寻找水体异常反射体。为了能够顺利寻找到立体空间里的异常反射体，我们需要将三维体转换为二维平面，然后在二维平面上寻找冷泉。目前多波束水体影像资料处理方法主要有四种：一是逐 Ping 回放水体影像并人工识别；二是逐 Ping 回放水体影像并自动识别；三是纵向叠加水体影像并人工识别；四是横向叠加水体影像并人工识别。逐 Ping 回放水体影像并人工识别与逐 Ping 回放水体影像并自动识别比较易于理解，就是通过软件控制，以适合的速度逐 Ping 回放所有的水体影像，然后通过人工判断或计算机特殊算法判断水体影像里是否含有冷泉异常体，如果含有，则记录该 Ping 的信息并提取数据。这两种方法中，前者效率最低，资料处理人员需长时间将注意力放在动态的水体影像上，非常易于疲累；后者则因算法限制，常常将复杂环境下的强反射信号误识别为冷泉信号，实际使用效果还有待优化提高。本次水体影像资料处理方法重点将放在第三种与第四种。我们平时称平行航迹向为纵向，而垂直航迹向为横向。纵向叠加水体影像并人工识别就是将原始水体影像进行坐标归位后，通过特殊的算法将测线的多个 Ping 影像叠加成一个复合影像，然后通过人工判断该复合影像是否含有冷泉异常体。该方法的优点是能够大幅度地提高资料处理效率，但缺点也较为明显：如果多波束测量与其它调查方法同步进行的话，例如浅剖测量，多波束水体影像则可能会受到其它声学信号的干扰。如果羽状流的形态较为复杂，则需要叠加所有探测到羽

状流各个部位的水体影像，才能揭示羽状流的完整形态。但纵向叠加的水体影像越多，其包含的干扰信号也就越多，有可能会淹没有用信号，给羽状流识别带来影响。另外，如果航行方向的海底地形变化剧烈，叠加后的海底地形强反射信号带则会变宽，浅水区域的海底反射信号会掩盖深水区域的有效反射信号。横向叠加水体影像并人工识别（见上图）。该方法相当于从侧面正射观看整条测线的水体影像，一帧水体影像（归位前的水体影像）在侧面正射观看时，视觉效果犹如一条各点反射强度不一的垂直线。具体实现时，是采用特殊算法，将一帧水体影像内所有的波束相互叠加，然后得到代表本帧水体影像的一个波束影像。将所有帧的叠加波束影像拼接在一起，可形成该测线的波束帘，最后通过人工判断该测线是否包含有科研人员感兴趣的异常特征体，并且能够准确判断异常体的在测线中的位置。横向叠加水体影像同样也存在较为明显的缺点：如果异常特征体位于非中央波束区域且规模较小，叠加后，其将会被中央区域的海底强反射信号所掩盖，从而无法在测线的波束帘上反映出来。因此通过采用分区叠加等一些特殊的处理方法，能够比较容易发现非中央波束测量到的水体异常特征体。归纳起来，目前多波束水体影像资料处理较为行之有效的方法是：首先将多波束测深原始数据与水体影像数据转换为某一种专有格式数据，然后进行水体影像横向叠加，绘制多波束水体影像侧视图，通过平移、放大工具人工检视水体内是否包含感兴趣的异常特征体，一旦发现疑似目标，则精确定位其在测线中的位置，然后转移至纵向图进行详细分析，进一步确认目标的真实性。如果确认为感兴趣的研究目标，则全方位输出其各种光栅与矢量数量，供进一步制图与研究使用。

S11-O-03

南海海底地貌分类及命名

朱本铎*，刘丽强，黄文星

广州海洋地质调查局，广州 510760

* zhubenduo@163.com

与全球地貌形态的成因相似，海底地貌形态受内营力和外营力的共同作用而形成。内营力主要是地质构造、岩浆活动等因素，塑造区域的地貌格局；外营力主要是沉积物冲填、水流冲刷、浊流沉积、生物作用等因素，影响局部地貌形态。南海是西太平洋边的缘海之一，面积近 286.8×104km2，处于欧亚板块、太平洋板块和印度－澳大利亚板块之间，板块在不同时期相互作用强烈影响南海的构造地貌。此后南海地貌受到海底浊流沉积、生物、海平面变化等多种外营力的长期作用，形成复杂的地貌形态。

经过多年的工作，广州海洋地质调查局已完成南海 200m 以深海域的多波束测量，系统研究南海地形地貌，对南海地貌单元作了分级和分类。同时，我们已完成南海海底地理实体的规划和命名，首批 255 个海底地名已经在公开出版《南海地形图（比例尺 1:200 万）》上标注。

南海海底地貌除了海山、海槽、海台等常见的类型外，还发育麻坑群、陡崖、深海沙波、火山口等特殊地貌，指示着南海地貌及其成因极为复杂。随着近海底多波束、ROV、AUV 等设备的广泛应用，精细的海底地貌形态不断被发现，有利于我们探索南海深海的精确地貌及成因。

S11-O-04

以西沙海域为例初探南海珊瑚礁地貌成因

张江勇*

广州海洋地质调查局，广州 510760

* zjy905@hotmail.com

南海地处热带，适合珊瑚生长，珊瑚礁地貌是南海最具特色地貌的重要组成部分。前人对南海珊瑚礁做了大量调查研究工作，对珊瑚礁顶部的地貌单元构成（包括礁坪、泻湖、陡直的向海坡、灰沙岛等）早已有了相当深入的认识。学术界在珊瑚礁顶部地貌

认识的基础上，将科学视野逐渐转向了全新世古气候与古环境研究，并取得了丰硕成果。学术界也很早就关注前第四纪珊瑚礁的形成机制、地貌特征以及古气候古环境记录，在南沙海域的永暑礁、西沙海域的永乐环礁和宣德环礁上都进行过岩芯取样，积累了丰富的资料。南海在新生代的很多时期，都曾发育过有大量珊瑚礁，后来被厚层沉积物所覆盖，成为重要的储藏油气地质体，地震地质学家在研究被埋藏珊瑚礁时，也需要从现今仍浸泡在海水中的珊瑚礁中寻找珊瑚礁演化模型。

然而，学术界目前对大时间尺度上的珊瑚礁演化认识还很不充分，例如，研究程度很高的珊瑚礁顶部主要是全新世珊瑚礁，末次间冰期海平面高度比全新世大体相当，仅高出全新十海平面几米，当时的珊瑚礁比较发育，那么，随后发生的冰期海平面逐渐下降了大约 120 米，末次间冰期原本生长珊瑚的礁坪逐渐出露海面，接受日晒雨淋，冰期珊瑚礁的礁坪究竟在哪里发育？末次冰期之后，海平面逐渐上升，新的礁坪又会在哪里发育？当然，在全新世全球海平面基本稳定的情况下，各珊瑚礁礁坪的分布就是我们目前所观察到的情况，珊瑚礁顶部细分出的礁坪、泻湖等地貌单元只不过是比冰期旋回低一个时间尺度上的珊瑚礁地貌划分罢了。关于海平面在冰期旋回中塑造了怎样的珊瑚礁地貌是一个重要的、还有待深入研究的科学问题。

根据海平面冰期旋回和浅水珊瑚必须在有光的、近海面水深处才能生长的特征，推测珊瑚礁在海平面冰期旋回中会形成台阶状地形，冰期低海面时期形成的礁坪应该是现今看到的水下阶地，前人在上世纪 90 年代注意到了永暑礁水下阶地的存在，近些年来西沙海域高精度多波速水深资料同样揭示出珊瑚礁水下阶地的发育，尤其是甘泉海台和宣德环礁。在其它条件不变的情况下，海平面冰期旋回中会造成台阶式一高一低两个平台，并且这两个平台之间的高差应该和海平面变化幅度基本相当。但南海分布着大量自海底耸立的珊瑚礁，这说明地质历史上珊瑚礁的可堆积空间远比海平面变化变化幅度大。造成巨大的珊瑚礁堆积空间的地质过程很可能与南海地壳下沉有关，主要包括构造沉降和地壳热沉降，于是可以预期南海分布着不少沉没珊瑚礁。因此，要揭示珊瑚礁的形成演化模式，必须将海平面变化和南海地质构造演化结合起来研究。特别地，精细多波速水深数据表明，西沙海域尽管面积不大，但分布的 10 多座沉没珊瑚礁的顶面水深却差异很大，这暗示了该海域地壳沉降的不均衡型，也表明研究南海大尺度的珊瑚礁地貌成因时要特别注意南海地质构造所扮演的角色。在研究南海珊瑚礁地貌和古气候和古环境时，不但要研究从现今礁坪钻取的岩芯（施工成本相对低！），还要关注现今的珊瑚礁水下阶地上的岩芯。珊瑚礁水下阶地样品的采集可通过深潜设备（如“深海勇士号”深潜器、“海马号”ROV）进行，也可通过钻探取芯方式获得。

S11-O-05

西沙海域岛礁斜坡第四纪沉积地貌特征及其沉积过程

马本俊[1,2]*，吴时国[1]，蔡观强[3]，刘刚[4]

1 中国科学院深海科学与工程研究所，深海地球物理与资源研究室，三亚 572000

2 哈尔滨工程大学，水声工程学院，哈尔滨 150001

3 广州海洋地质调查局，海洋区域地质调查所，广州 510364

4 海南省海洋地质调查研究院，海口 570206

* mabj@idsse.ac.cn

西沙岛礁周缘斜坡为典型的孤立碳酸盐台地斜坡，是研究碳酸盐岩沉积背景下，深水斜坡沉积过程的天然实验室。本研究基于大范围的海底多波束测深与高分辨率地震资料融合分析，发现在西沙岛礁周缘斜坡至少发育六种不同成因的典型沉积地貌单元，主要包括：冲沟群、滑坡凹槽、重力流水道、等深流水道、漂积体、大型峡谷。根据斜坡沉积地貌类型与沉积物输送过程之间的响应关系，推测岛礁斜坡存在面状浊流（瀑布密度流）、浊流、块体流、底流改造

以及重力流与底流交互作用等沉积过程。此外，这些斜坡沉积地貌单元内部可彼此相连，并组成了网状的斜坡沉积物输送体系。研究结果不仅表明西沙孤立岛礁台地周缘斜坡存在着极其复杂的沉积过程，而且揭示了在远海背景下，浅水台地可通过斜坡沉积物输送体系向周缘深海盆地输出大量沉积物，从而对深海盆地进行直接充填。这一研究发现对潜在的深水碳酸盐油气储层预测以及岛礁斜坡稳定性评价都具有重要理论意义和参考价值。

S11-O-06

南海西北次海盆北缘一统峡谷海底扇裙的地震地层特征及成因

王毕文[1]*，钟广法[1]，王嘹亮[2]，郭依群[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 广州海洋地质调查局，广州 510075

* bww@tongji.edu.cn

一统峡谷群位于南海北部大陆坡一统暗沙以南的下陆坡海区，东邻珠江峡谷，西邻西沙海槽，由 13 条 N-S, NNW-SSE, NWW-SEE 走向的规模不等的海底峡谷组成，谷底水深 1400 ~ 3700 m，峡谷长度介于 11.5 ~ 49.5 km 之间，是一组陆坡限定型深水峡谷。该峡谷群向南直接注入西北次海盆，在陆坡与海盆过渡部位形成了一个小型的海底扇裙。本文利用单道和多道地震数据，对一统峡谷群口外海底扇裙的地震地层特征进行研究，分析该海底扇裙的形成与演化。

通过地震反射终止特征分析，识别出了 3 个地震层序界面， ODP1148 井钻探结果标定表明，其地层年代分别对应于第四纪底、上新世底、晚中新世底。据此将扇裙沉积体划分为 3 个地震层序，自下而上依次对应于上中新统、上新统和第四系。采用传统的地震相分析方法，识别出了 5 类与扇裙有关的地震相，分别为：A. 透镜状强振幅相，连续性中等，主要发育于第四纪和上新世，分布在海底扇近端至双峰海山附近，解释为海底扇朵叶体；B. 平行-亚平行强振幅相，主要分布在海底扇远端，解释为浊流-半远洋交互沉积；C. 强振幅杂乱相，夹杂强振幅层状反射，可见大量下切侵蚀面和海鸥翅结构，发育于晚中新世，广泛分布在西北次海盆北部，解释为浊流水道复合体；D.透镜状空白相，晚中新世以来均有分布，解释为碎屑流沉积或滑坡；E. 弱振幅低连续性相，内部可见侵蚀特征，解释为岩性较为均一的碎屑流沉积。

研究表明，一统峡谷海底扇裙主要为浊流成因，晚中新世扇体规模庞大，浊流水道广泛发育，向南可延伸至双峰海山以南；第四纪和上新世的扇体规模则相对较小。此外，识别出了依附型和分离型两类扇叶。依附型扇叶紧连峡谷口分布，主要发育于晚第四纪和晚中新世，浊流在峡谷口沉积形成扇叶（地震相 A）或侵蚀形成水道（地震相 C），接着向海盆方向逐渐变稀与半远洋沉积物交互沉积（地震相 B）。分离型扇叶和峡谷口之间存在过渡区域（地震相 D 和 E），主要发育于早第四纪和上新世，其中上新世扇体的规模要大于第四纪，最大厚度分别约为 45m 和 25m。碎屑流从峡谷流出后在一段距离内不发生沉积，而是往海盆方向逐渐转变为浊流，最终在与峡谷口一定距离处形成分离型浊积扇体。

S11-O-07

东沙群岛及周围海丘的成因

阎贫[1]*，王彦林[1]，罗伟[1,2]，钟广见[3]，易海

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 中海石油(中国)有限公司深圳分公司，深圳 510240

3 广州海洋地质调查局，广州 510760

* yanpin@scsio.ac.cn

东沙群岛由东沙岛和南、北卫滩组成，从浅表层特点看它们都是出露和藏于水下

的生物环礁。由于缺少直接的调查证据，这些生物礁盘早期生长发育依赖的地质基础如何形成并不清楚。

地形图显示，在东沙岛和南、北卫滩周围海区还存在大量海山。在地震剖面上，这些海山与东沙岛和卫滩具有相似的构造底层和构造上隆特点，对它们的调查有助于揭示后者的成因。在国家自然科学基金项目和共享航次(41376062, 91328205，NORC2014-08, NORC2015-05, NORC2016-05、06, NORC2017-05、06)的支持下，我们对东沙西南海区和卫滩附近的海山、海丘进行了多次地球物理（反射地震、浅地层剖面）和海底沉积抓斗取样。

地球物理剖面除证实地形图上的海山外，还显示区内存在更多的海丘，它们或成群、或散布，或呈塔锥形、或呈复合丘陵状，大者高 100~200 m、宽 2 km，复合体可达 10 km 宽。这些海山海丘内部发生明显地层褶皱、断裂和反射空白化，底辟侵入、喷发特点明显，还有漏气、BSR 等迹象。在 10 多座海山、海丘上的多数抓斗取样则采获丰富的自生碳酸盐岩结核、喷发角砾和相伴的菌席、珊瑚、海绵、管虫等化养链生物，另外还有螺、蛤、贝及许多未知生物，这些沉积、生物特征与冷泉区、海底泥火山区十分相似。迄今样品中都未见晚期火山喷发物质。一些站位底层海水溶解甲烷浓度为 2.8~10 nmol/l，高于背景值(0.5~2 nmol/l) 数倍。碳酸盐岩结核样品的 13C (V-PDB)为-49.2‰到-12.3‰，代表了深源热解甲烷的贡献。根据以上地球物理、化学和生物分析结果，可以确定调查的海山海丘都是水下泥火山，极可能与油气泄漏相关。

从区内重磁特征分析，东沙岛和南、北卫滩地形与重磁高值带缺少明显的关联，不具有岩浆海山重磁特征。结合地震剖面和取样分析，可以推断东沙群岛及周围海山海丘的形成与泥火山活动密切相关，生物礁早期生长可能依附于水下泥火山喷发形成的高地。

S11-O-08

利用 ROV 高清影像对九龙峡谷头部支谷沉积地貌特征初步分析

范代读*，钟广法

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
* ddfan@tongji.edu.cn

“南海深部计划”遥控无人深潜科考航次于 2018 年 4-5 月实施，由“嘉庚”号科考船搭载“ROPOS”潜器执行相关任务。ROPOS-2067 潜次在九龙峡谷头部支谷执行下潜探测与采样任务，作业时间：5 月 11 日 10:15 至 12 日 00：59，其中在海底有效作业时间为 11：50 至 00：10，完成了十余公里的海底地形地貌观测，采集 10 个短柱状沉积物样、4 个网兜表层沉积样和少量生物样等。

根据 ROV 海底地形影像资料初步分析认为，我们观测到了峡谷的大型沙波（脊）区和泥火山，分区特征明显，从水深 1421 米的一级支谷至730米三级支谷可识别出六种不同的地形地貌组合。（1）一级支谷上段（水深 1421-1410 m）地形平坦，发育宽数百米、高十余米巨型沙波，上叠大型沙波和小波痕；（2）二级支谷下段（1410-1354 m）地形陡升，发育大型沙波，上叠小型波痕；（3）二级支谷过度段（1354-1335 m）地形平缓，发育规则的小波痕，多贝壳碎片，沙层较薄，下伏较致密的泥质层；（4）二级支谷中段（1335-1170m）为泥火山发育区，常见有自生碳酸盐礁、筒状喷气口、麻坑构造等特殊地貌，多见活体海百合、海葵等生物；（5）二级支谷上段（1170-936）为沙质区，大型沙波链与较平坦地形相间出现，小型波痕随处可见；（6）三级支谷中下段（936-730m）出现深切谷和泥质陡坡为特征，边坡发育侵蚀陡坎，表面有丰富的砾石和碳酸盐落石等，海百合、海葵等成片出现。各个分区的成因有待后续研究。

S11-O-09

南海东北部台湾峡谷中段 MIS 3 期以来重力流沉积发育与演化过程的微体古生物识别

周洋*，陈芳，吴聪，段姬，赖佩欣，彭志远，荆夏

国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510760

* zhouyang@hydz.cn

与海底峡谷相关的重力流沉积在全球各大陆地边缘和深海盆地广泛发育，对其发育和演化过程及其形成机制研究于深水油气勘探和海底灾害预测等具有非常重要的意义。南海东北部台湾峡谷内发育有多类型的重力流沉积，其沉积过程复杂，对其分布特征和发育过程的研究以往多主要依据地震剖面资料，而对其形成机制的认识目前尚存争议，相关研究急需基于精细地层年代学分析的相关钻孔分析资料的补充。微体古生物学相关分析能有效区分原地和异地沉积，可为海底峡谷区重力流的发育过程和机制研究提供更为准确的年代框架和沉积环境判别依据，被认为是分析重力流沉积过程和影响因素的有效方法之一。

本文对位于台湾峡谷中段的 DH5 岩心开展了较高分辨率的有孔虫、钙质超微等微体生物群落结构、生物地层年代、壳体保存状况和氧碳同位素分析，结合沉积物岩性分布、AMS14C 测年、粒度、矿物分布特征等综合探讨了该钻孔所在区域自 MIS3 期以来的重力流沉积的发育过程，并尝试分析了其影响因素。研究结果表明，31~50 ka，DH5 岩心主要以较厚的细粒泥质沉积为主，包卷、褶皱等蠕变构造发育，沉积物中出现大量通常分布于中新世至上新世的浮游有孔虫和钙质超微化石及近岸底栖有孔虫异地搬运种，推测该层段沉积物主要来源于峡谷上部被抬升的前第四纪沉积层，在 MIS3 期经发育的重力流剥蚀异地搬运沉积于此，与正常沉积的海洋沉积物混合后形成浊流沉积体，沉积速率较高。21~9.5ka，DH5 岩心以较厚的砂-粉砂互层为主，沉积物中近岸类底栖有孔虫含量高，通常分布于前第四纪的浮游有孔虫和钙质超微化石含量急剧减少，指示 MIS2 期海平面的急剧降低导致近岸区域遭受强烈剥蚀，使沿海底峡谷向海盆输入的陆源及近岸物质含量急剧增加，导致峡谷内发生多期强烈浊流和滑塌事件。全新世 9.5ka 以来 DH5 岩心沉积物以泥质沉积为主，在多个层段出现粉砂夹层，沉积物中未见有前第四纪微体生物化石，近岸类底栖有孔虫含量急剧降低，但太平洋深水种等偶有出现，指示该层段重力流发育程度整体偏弱，期间可能受到北太平洋深层水形成的北东向底流改造的影响。

S11-O-10

东沙斜坡海底丘状体的特征分布与形成演化

吴婷婷，尉建功，关永贤，刘胜旋，张如伟，孟大江

国土资源部海底矿产资源重点实验室，中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510760

* wutingtingqd@163.com

随着海洋探测的技术的发展革新，海洋探索区域的不断推进，对海底丘状体的发现和研究变得越来越重要。海底丘状体（可能包括：海底火山，泥火山等）一方面能反映当地的构造形成机制，同时随着丘状体的形成，海底动植物细菌等的生存与分布也会被影响和改变。结合多波束水深数据、背反射数据及地震剖面数据，本文将针对南海北部东沙斜坡区发现的海底丘状体构造进行综合分析研究。通过统计这些丘状体的大小、形态、高度、分布位置发现，东沙斜坡的丘状体，有单独发育的也有成对伴生出现的。形状大多为穹窿状，仅其中一个呈长条形。高度大约从 15m-300m，而底部直径约分布于 100m-1700m 之间。绝大多数的丘状体沿水深 1500 米等深线及周围分布。在背反射图上这些丘状体均对应着高背反射强度。但高背反射强度边缘并没有全部很好的对应

水深图上丘状体边缘。在当地总体隆起的地形坡度边缘处，有麻坑塌陷构造区域发现的丘状体其对应的高背反射强度范围远远大于水深图上的丘状体边缘。而贯穿其中两个丘状体的地震剖面显示，丘状体的下部对应着底辟通道构造，且为低频底辟。同时还在这些地震剖面上发现了一些反向反射轴，因东沙斜坡位于珠二拗陷区，该区沉积了生油岩系，又因该处水深大于 1500 米为南海水合物稳定区，因此考虑这些反向反射轴很可能为 BSR（bottom simulating reflector）。因此我们认为东沙斜坡发现的丘状体有很大的可能为泥火山构造，它的形成和下部底辟通道相关。且同时受滑塌断层的的控制影响，表现为发育前期可能为底辟物质提供通道形成丘状体构造，而发育中后期又因滑塌等作用影响这些丘状体的大小范围并改变其形状。

S11-O-11

南海北部珠江海底扇地震地层及沉积特征

黄蝌 [1]*， 钟广法 [1]， 王嘹亮 [2]，郭依群 [2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 广州海洋地质调查局，广州 510075

* 103455huangke@tongji.edu.cn

海底扇是陆缘沉积物汇集的重要场所，砂质海底扇沉积是潜在的油气储层，海底扇研究对于理解深水沉积过程及油气勘探具有重要意义。珠江海底峡谷是南海北部陆缘的一条大型海底峡谷，其走向大致为 NWW 向，从陆架坡折附近向南延伸，经大陆坡，最终汇入南海北部洋盆，形成珠江海底扇。受资料限制，前人关于珠江海底扇研究的成果很少。大量的有关珠江深水扇系统的研究成果主要是发育于陆坡深水区的低水位斜坡扇体，并不是本文报道的发育于南海北部陆坡与洋盆过渡带附近的珠江海底峡谷口外的海底扇。

本文根据广州海洋地质调查局采集的高分辨率单道反射地震资料，结合 ODP 1148 站位钻探结果，开展珠江海底扇的地震地层分析。

通过地震层序分析，在晚中新世以来的地层中共识别出 10 个地震层序界面，从上到下依次命名为 H0~H9，其中 H0 为海底，H5 为第四纪底，H8 为上新世底，H9 为晚中新世底。根据这些地震层序界面，划分了 9 个地震层序，自上而下依次为 S1~S9，其中层序 S1 介于 H0 和 H1 之间，层序 S2 介于 H1 和 H2 之间，其余依此类推。层序 S1 到 S5 属于第四系，层序 S6 到 S8 属于上新统，层序 S9 为上中新统。

采用传统的地震相分析方法，在研究区识别出了 6 种地震相。地震相Ⅰ表现为杂乱强振幅反射，在走向剖面上呈透镜状，解释为砂质朵体。地震相Ⅱ为断续层状强振幅反射，内部发育水道下切特征，解释为水道-天然堤复合体。地震相Ⅲ为发育平行结构的连续、中-强振幅反射，走向剖面上呈透镜状，倾向剖面呈楔状，解释为席状朵体。地震相Ⅳ为连续的平行反射，与地震相Ⅲ类似，但不同的是，该地震相的厚度在横向上无明显变化，呈席状披覆于下部地层之上，解释为盆地平原半远洋-远洋沉积。地震相Ⅴ为空白反射，解释为碎屑流沉积。地震相Ⅵ为波状反射，主要分布于层序 S1 和 S2 中，且发育于地震相Ⅴ的外缘，解释为浊流成因的沉积物波。

珠江海底扇主要发育于晚中新世以来的地层中，各时期其特征和分布范围有所不同。晚中新世主要发育砂质朵体、水道-天然堤复合体和碎屑流沉积等沉积要素。上新世水道不发育，海底扇规模较晚中新世明显减小。组成海底扇的沉积要素主要为浊积席状砂和碎屑流。在 S-N 向剖面上，海底扇整体呈楔状，向盆地方向逐渐减薄。碎屑流沉积主要分布于扇体近端，扇体远端转变为席状砂。第四纪，珠江海底扇以碎屑流沉积为主。在 E-W 向剖面上表现为丘状，S-N 向剖面上呈楔状，向盆地方向逐渐减薄。至少可以辨认出 3 期碎屑流扇体，分布于层序 S1~S3 中。其中规模最大的一期位于层序 S3

中，其东西长约 83 km，南北宽约 61 km，面积约 4200 km2。其余 2 期规模较小，仅见于峡谷出口处的少数剖面。最晚的一期向盆地方向逐渐转变为浊流成因的沉积物波，直至过渡为正常半远洋沉积。

S11-O-12

南沙海槽西南部大型海底滑坡的发育特征与成因研究

任金锋[1,2]*，朱本铎[2]，韩冰[2]，张伙带[2]

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510760

2 广州海洋地质调查局，广州 510760

* jf_ren@163.com

利用最新的高精度多波束和 2D/3D 地震资料，共同证实了南海南沙海槽西南部发育一个大型海底滑坡，覆盖面积约 6200km2，横跨最宽 50km，延伸最远 140km，从约 200m 水深的陆架水道开始向东北方向一直覆盖到约 2700m 水深的南沙海槽盆底。地形上，上陆坡区的坡度平均为 0.7°，中陆坡区的坡度位于 2.3°到 3.2°之间，盆底区的由 0.45°向海槽方向逐渐过渡到 0.17°。

通过海底地貌单元划分和地震剖面滑坡体内部沉积单元构成识别可知，该大型海底滑坡体的由三个沉积单元组成：头部滑移区、转换部侵蚀区和趾部堆积区。头部滑移区可识别出的内部构成单元包括头部断崖、滑移旋转块体、滑坡侧壁和滑坡底部剪切面。转换部侵蚀区可识别出的内部构成单元包括残余块体、搬运块体和强烈侵蚀基底面。趾部堆积区可识别出的内部构成单元包括碎屑朵体、逃逸块体和小型火山丘。

研究显示，该大型海底滑坡的形成演化可划分为4个阶段：第一阶段为斜坡失稳前，该阶段受中新世以来的快速前积型巴兰三角洲的重力滑脱作用和苏禄海盆扩张的地壳缩短作用双重影响，在陆架边缘形成一系列等距排列的逆冲褶皱带，形成多个迷你型盆地，由于大量流体活动或泥底辟形成，在盆地间的背斜脊部位发育了似海底反射界面及大量麻坑；第二阶段为迷你盆地初始填充阶段，该阶段随着海平面的快速下降、背斜处流体的大量聚集以及巴兰河水系的快速注入，脊部位的麻坑遭到破坏，形成不同程度的麻坑水道，同时由于巴拉三角洲供应了充足的物源，在陆架边缘发育了大型快速进积型陆架边缘三角洲，使得靠近物源区的迷你盆地被快速填充至满，并通过麻坑水道在靠近深水区的迷你盆地中形成一定规模的斜坡扇或海底扇；第三阶段为迷你盆地继续填充阶段，该阶段海平面轻微上升，物源区发育进积和加积混合型陆架边缘三角洲，使得整个陆坡区的迷你盆地快速充满，该时期各背斜脊流体继续聚集导致软弱层形成，与此同时向陆一侧构造活动进一步加强，逆冲断裂开始发育；第四阶段为滑坡体形成阶段，该阶段海平面快速上升，物源区发育加积型陆架边缘三角洲，沉积物在陆架边缘快速堆积，失稳沉积体骤增，受三角洲重力作用进一步增大、构造活动进一步加强以及软弱层进一步扩大，使得靠近深海一侧的背斜脊大面积崩塌，形成了大型海底滑坡。

S11-P-01S

南黄海前陆盆地沉积构造特征

陶萌[1,2]*，许红[1]，纳琴[1,2]

1 青岛海洋地质研究所，青岛 266000

2 中国石油大学（华东）地球科学与技术学院，青岛 266000

* 1158826270@qq.com

典型的前陆盆地一般位于造山带和稳定克拉通之间的狭长槽地，而南黄海盆地则主要为华北—扬子地块陆陆碰撞及后期太平洋系构造运动叠加形成的“再生”陆内前陆盆地。虽然南黄海前陆盆地经过多期构造运动叠加改造及破坏，但仍然保存了比较完整的楔顶、前渊、前隆及隆后各带。

楔顶沉积带地震反射整体较差，以杂乱反射为主，沉积物多为粗粒，为近源沉积的产物，主要发育叠瓦逆冲构造和三角带构造；

前渊沉积带地震反射整体上能量较强、连续较好、相对稳定，但具有垂向分带性，沉积物具有平面展布分带性的特点，近源以粗粒为主，而远源则主要为细粒沉积物，构造上根据分布位置不同，主要发育高角度叠瓦状逆冲断层及平缓断滑褶皱带等不同类型构造；前隆沉积带地震反射为内部较差，近斜坡处较好，沉积地层多杂乱而缺失，多见不整合面，推测前隆为双向挤压构造运动下形成的大型堆垛背斜构造；隆后沉积带地震反射垂向差异较大，沉降带中间部位具有较厚的沉积物，向两侧逐渐减薄，并发生缺失，断续分布，前三叠系基底遭受破坏，相互推覆叠置，后期沉积地层多发育小型正断层。

S11-P-02S

基于回波强度统计特性的海底底质分类方法

理晨[1,2]*，郭军[3]，刘胜旋[3]，赵建虎[1,2]

1 武汉大学测绘学院，武汉 430079

2 武汉大学海洋研究院，武汉 430079

3 广州海洋地质调查局，广州 510075

* cli.sgg@whu.edu.cn

声学方法遥测海底底质类型，具有效率高、覆盖广、资料连续丰富等特点，为海底沉积物分类提供了一种迅速可靠的方法。多波束测深声呐作为海底特征声学遥感的主流设备之一,不仅能提供全海深、宽覆盖、高精度的海底地形信息,而且利用其接收的海底反向散射数据可用于判别海底表层底质信息。针对目前底质类型复杂区域，基于多波束海底反向散射图像特征的底质分类方法受角度变化增益（AVG）过程中底质相似性假设影响，造成分类结果精度较低，本文在分析了不同波束入射角下的平均后向散射强度统计特性的基础上，实现了一种不受角度变化特性限制、顾及不同 ping 回波强度差异的非监督海底底质分类方法。该分类方法主要步骤可分为后向散射强度数据系统 AVG 增益的移除；单一入射角下的平均后向散射强度直方图曲线拟合；基于最小二乘的平均后向散射强度曲线波形分解与最优分类数目确定；基于贝叶斯准则的强度分类与精度统计；以及地理框架下底质分布图的生成。通过实验，本文方法的分类结果与采样数据有较好的一致性，验证了方法在复杂区域内进行底质分类的可行性。

S11-P-03S

侧扫声呐图像重建深海海底地形的方法研究

尚晓东[1,2]*，关永贤[3]，刘胜旋[3]，张红梅[4]，赵建虎[1,2]

1 武汉大学测绘学院，武汉 430079

2 武汉大学海洋研究院，武汉 430079

3 广州海洋底质调查局，广州 510075

4 武汉大学动力与机械学院，武汉 430072

* 790254064@qq.com

摘要：目前，海洋测深数据主要通过单波束系统或多波束系统测量获得。单波束测深数据分辨率与测线和测点间隔相关，欲据此获得精细的海底地形需要密集布点布线，作业效率低；多波束虽然具有全覆盖、面扫测地形的能力，但其测深数据分辨率会随波束入射角和水深增大而降低。针对传统方法在获取深海海底精细地形方面的不足，基于侧扫声呐图像高分辨率的特点，本文提出了一种利用侧扫声呐图像重建海底地形的方法。首先，根据侧扫声呐成像原理，借助朗伯体漫反射法则，基于 Shape From Shading 理论建立了侧扫声呐图像与海底地形梯度之间的关系模型；采用线性化法对所建立的关系模型进行求解，得到基于侧扫声呐图像的海底地形重建模型。然后，根据外部实测水深数据构建初始地形，并作为海底地形重建过程中的约束条件，实现绝对海底地形的获取；当不存在同区域的外部实测水深数据时，可以根据追踪侧扫声呐图像海底线得到的拖鱼高度、根据压力传感器计算得到的拖鱼入水深度以及船体在走航测量过程中得到的 GNSS 潮位数据，联合计算得到航迹线位置处的水深值，用于构建海底地形重建过

程中的约束条件。最后，论文总结了在外部水深数据约束和自身走航线水深数据约束条件下，利用侧扫声呐图像重建三维海底绝对地形的流程，并将重建地形值与实测数据进行比较，给出了重建方法的精度评价指标。实验结果表明：重建方法在满足测深精度的前提下，能够获得高分辨率地形，精细反映海底地形特征，验证了其有效性。

S11-P-04S

浅地层层界提取方法研究

李邵波[1,2]*，刘胜旋[3]，郭军[3]，赵建虎[1,2]

1 武汉大学测绘学院，武汉 430079

2 武汉大学海洋研究院，武汉 430079

3 广州海洋地质调查局，广州 510075

* 2016202140049@whu.edu.cn

摘要：层界是浅地层地质结构解译的基础，其提取的准确性关系到沉积层地声学参数估计的准确性。目前浅地层剖面数据处理中常采用人工和半自动方法进行层界提取，然而前者费时费力，而后者则需要频繁的人工干预，因此存在复杂底质情况下层界提取精度受阈值和人为因素影响显著、效率偏低等问题。现阶段所发展的自动方法较少考虑层界连续性、层界方向性。为此，本文提出了一种结合剖面灰度分布特征的阈值层界提取算法、层界跟踪及滤波算法，和层界连接算法的综合自动层界提取方法。首先，基于灰度分布直方图具有的近似瑞利分布特征，实现自动阈值层界粗提取，此时所提取的是离散的层界点；其次，根据层界连续性和水平分辨率，应用层界跟踪方法构造离散层界段；然后考虑到过短层界段无法反映整体地层结构变化，对层界段进行滤波；最后，考虑层界的延伸方向，基于层界方向约束来连接离散的层界段，实现层界的连续性获取，以更好地反映实际地层结构。实验验证了该方法的有效性，并与人工提取结果进行了比较，取得了较好的一致性，综合方法研究和实验，给出了一些有益的结论。

S11-P-05

国际海域海底命名的新进展

刘丽强[1,2]，朱本铎[1,2]*

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510760

2 广州海洋地质调查局，广州 510760

* L.liqiang@foxmail.com

海底命名是基于精确的水深测量获取海底地形特征，依据相关原则命名海底地理实体，并报国家和国际权威机构批准。为了使地名命名得到规范和统一，通用大洋水深图（GEBCO）组织在 1975 年专门成立了海底地名分委会（SCUFN），负责制定海底地名命名标准和海底地名提案的审议。过去 20 多年以来，海底地名工作得到了世界各国海洋机构和科学家的普遍重视和积极参与，各国对海底地名命名工作的关注度越来越高，因为看似仅是一项科学工作的海底地名命名实际上与命名国家的海洋权益也息息相关，具有重要意义。

我国参与 SCUFN 工作相对滞后，但起点较高。2011 年 9 月国际海底地理实体命名委员会第 24 次会议在北京召开，我国专家首次以委员身份参会，提交的 7 个海底地名提案获得通过，标志着我国开始全面参与国际海底地理实体命名工作。从 2011—2017 年我国已向 SCUFN 累计提交并审议通过了 104 个高质量的海底地名提案，扩大了我国在该领域的影响。

2016 年，由中国大洋协会办公室组织编写的《中国大洋海底地理实体名录》公开出版，收录了共 230 个国际海域的地名，这些地名蕴含着中国传统文化元素，体现了我国海洋科技工作者对世界海洋认知水平的进步。

在国际海域海底地理实体命名工作快速推进的同时，我国领海的海底地理实体命名工作也得到空前重视，2015 年我国系统性的对南海海底地理实体进行了规划和命名，首批 255 个地名通过了国家主管部门的审核，并在公开出版的南海地形图上标注。

S11-P-06

南海台西南盆地沉积物波特征及其成因机制研究

马永*, 邢喆

国家海洋信息中心，天津 300171

* myforever@smail.nju.edu.cn

深海沉积物波广泛分布于全球陆坡、深海盆地中，是海洋水动力和沉积物相互作用的结果。台西南盆地位于南海东北部，是地质构造影响形成的盆地区，其上发育大量规模不等的陆坡峡谷，以及面积辽阔的海底沉积物波，这里成为研究深海沉积物波形成条件的理想区域。

以高分辨率多波束测深数据、地震剖面数据和底部岩心柱状样数据的详细分析为基础，解释台西南盆地上发育的大规模细颗粒沉积物波的成因。根据多波束测深数据，在我国台西南盆地的南部隆起区和南部凹陷区识别出两处沉积物波域，所在水深主要介于-2700~-3700 m 之间，边界区域受到两侧深海峡谷与马尼拉海沟的限制。其中北沉积物波区位于南海东北部下陆坡，面积 1600 km^2；南沉积物波区位于台湾浅滩南海底峡谷南部，马尼拉海沟西侧，面积约 3400 km^2。

根据 D-8 算法提取沉积物波的波脊、波谷线，经过选取典型剖面线并进行统计计算，发现南、北沉积物波区上的波状地貌波长在 300~5800 m 之间，波高在<5~50 m 范围内。沉积物波的波长、波高从主要海底浊流区向边缘降低，并向马尼拉海沟延伸。沉积物波的坡度多在 0~4° 之间，以 1°~2° 为主，坡向随着沉积物波所处地理位置远离主流区而多变。

以海底沉积物波形态特征为基础，反演海底非限定性浊流流速及其状态。通过沉积物波的坡度值计算弗劳德数，求得 Fr 介于 1.55~2.37 之间，即浊流为超临界流态，海底浊流处于不稳定状态。沉积物波区海底浊流流速在 3.46~15.23 m/s 之间。地震剖面数据分析沉积物波具有向上坡迁移的趋势，其迁移速率在 2~5 m/ka。陆架边缘与深海表层沉积物颗粒主要为砂、粉砂和粘土，粉砂与粘土总含量超过 90%。

通过分析发现南海沉积物波形成于海底非限定性浊流的水跃结果。出西澎湖峡谷的浊流转变为超临界态非限定性浊流，受到海底地形坡度的影响，在迎流坡处于亚临界态以沉降为主，背流坡处于超临界态以侵蚀为主，在长时间以及多期次浊流作用下形成了台西南盆地中迁移状的海底波状地貌。而南沉积物波区，虽然远离陆坡峡谷区，但是由于受到台湾浅滩南海底峡谷和北沉积物波区西侧峡谷流合流的影响，以及峡谷南部海山和波区西南地形阻挡作用，使得在远离陆坡的地方同样形成了面积广布的波状海底地貌。南沉积物波区东南边缘东西向波脊线与澎湖峡谷南段垂直，是受到峡谷溢流的影响。

台西南盆地沉积物波充分反映了区域水动力、沉积颗粒与海底地形地貌的相互作用。

S11-P-07

海底地名管理和服务信息系统设计与实现

邢喆*，李艳雯，樊妙

国家海洋信息中心，天津 300171

* lyw-nmdis@foxmail.com

海底地名命名是在对海底自然地理实体经过科学判别和认定后进行的命名。海底地理实体如海山、海沟、海岭等名称是大洋制图中必不可少的地理要素。政府间海洋学委员会（IOC）和世界水道测量组织（IHO）早在 1993 年就在联合开展大洋水深制图委员会（GEBCO）的指导下，成立了海底地名分委员会（SCUFN），成为当今海底地名领域唯一的政府间国际合作组织，具有较高的权威性和国际影响力。经该委员会审议通过后的海底地名，将直接被写入《海底地名词典》，目前字典已储存了 3500 多条海底地名信息。

根据 SCUFN 的相关规定，海底地名一经国际通用，难以进行变更。近年来，各沿海国纷纷借助 SCUFN 平台，以海底地名命名为手段，体现其在周边及全球海洋的存在，潜在宣示岛礁主权和海洋权益主张，对海底地名信息的依赖程度也越来越高，如美国国家地球空间情报局建成了地名数据发布和共享平台，可提供全球地名及海底地名的数据下载服务，并定期更新，极大满足了全球各类用户对地名数据的需求，日本、韩国也正在积极着手开发本国的海底地名管理系统和服务网站。相对于其他国家，我国海底地名工作的进展仍处于起步阶段，在科学研究、支撑技术以及机制保障等方面都存在较大的差距。现有的地名信息化工作多基于陆地地名展开，针对海底地名的信息化管理仍存在着局限性，亟待借鉴 SCUFN、ACUF 等成功建设经验和服务模式，而海底地名管理和服务信息系统作为海底地名信息化和推广应用的一个关键技术环节，其建立不仅可为政府、各专业部门、公众提供准确、直观的海底地名信息服务，而且将为我国参加 SCUFN 年度工作会议提供有力的现场技术保障。

本文先在总结分析国内外海底地名工作进展的基础上，首先提出了我国海底地名管理和服务信息系统的实现技术。从系统总体架构、数据库设计、流程和功能设计、关键技术等方面对其进行了详细的描述。然后，针对用户的不同，分别设计研发了面向管理的海底地名管理服务信息系统和面向服务的海底地名服务信息系统，并分别对各系统的主要功能模块进行了介绍。最后结合应用给出了原型系统。结果表明，建成后的系统不仅将有效提高海底地名命名的工作效率，为我国参加 SCUFN 工作年会提供有力的信息化保障，而且对于扩大社会影响力，推进该项工作的推广具有重要意义。

S11-P-08

国际海底地名通名界定准则研究-以中国提案审议过程中引发的问题为例

李艳雯*，邢喆，孙毅

国家海洋信息中心，天津 300171

* lyw-nmdis@foxmail.com

人类对地名命名的历史可以追溯到 2000 多年以前，古人会用海洋与其居住地相对位置来为海域命名，例如“东海”、“南海”，也会用海水的颜色来命名，例如“黄海”。随着海底探测技术的发展，获取了精细化的海底地形数据，千姿百态的海底地理实体呈现在了我们面前，为海底地理实体赋予独特的名称不但彰显了人类探索海洋、发现海洋的重要贡献，同时也为绘制全球通用海图，保障海上航行安全提供支撑，因此海底地名命名逐渐成为了各国海洋研究热点。国际海底地名命名分委会（SCUFN）是组织开展全球海底地名工作的唯一国际组织，其主要职责是制定海底地名命名标准，审议各国提交的海底地名提案，并将采纳地名写入《GEBCO 海底地名词典》，应用于全球大洋水深图及其他海洋科学研究中。根据 SCUFN 规则，海底地名由专名和通名组成，其中通名描述了海底地理实体的类型。目前，SCUFN 在其标准中分别对 54 类海底地理实体给出了通名，并规定在命名中应从这 54 类中选取。然而，在提案编制的过程中，往往存在了对海底地理实体类型界定模糊的情况，在审议过程中也引起了各国委员的较大争议。例如 2017 年在审议我国提案“季夏海丘”的过程，其通名就引起了各国委员的争议。最终该提案被 SCUFN 搁置，理由为基于现阶段的对海底地理实体的认知水平，无法判断该地理实体是否为海丘或其他类型，因此暂时搁置，将待 SCUFN 对通名类型及界定准则进一步修订后将重新审议该提案。

我国自 2011 年其向 SCUFN 提交海底地名提案，迄今为止已提交提案 140 余个，审议通过的提案共计 104 个。在提案审议过程

中，针对海底地理实体类型界定和边界划定引发的争议每年都会发生。目前，该问题已引起了 SCUFN 委员的高度重视。本文将以我国海底地名提案审议过程中出现通名界定争议为例，分析 SCUFN 标准中通名界定原则和存在的相关问题。

S12-O-01

东亚边缘海全新世以来的海洋环境阶段性演化

向荣*

中科院边缘海与大洋地质重点实验室，中国科学院南海海洋研究所，广州

* rxiang@scsio.ac.cn

陆架边缘海紧邻陆地，其沉积环境演化一方面与毗邻大陆环境息息相关，一方面又受到海洋环流的显著影响，是理解全球气候演变机制的重要环节。东亚大陆全新世气候方面开展了大量的研究工作，总体发现全新世气候呈现明显的阶段性变化，认为主要受控太阳辐射变化导致的东亚季风变化的调控。相较陆地全新世研究，海洋方面开展相对较少。总结了目前中国邻近边缘海盆中全新世方面的相关研究工作，从研究指标到记录方面对这些海区全新世以来的海洋环境演化的不同方面进行了回顾，总体发现边缘海海洋环境变化在全新世也呈现与陆地相似的阶段性演化特征。分析认为东亚季风、海平面变化以及 ENSO 活动是导致边缘海全新世海洋环境阶段变化的重要因素。

S12-O-02

长江中游晚全新世气候变化与湖沼湿地沉积响应

顾延生[1,2,3]*，刘红叶[3]，管硕[3]，秦养民[1,2]

1 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074

2 中国地质大学湿地演化与生态恢复湖北省重点实验室，武汉 430074

3 中国地质大学环境学院，武汉 430074

* ysgu@cug.edu.cn

钻孔与考古资料表明长江中游地区晚全新世以来亚高山泥炭与平原湖泊（如鄱阳湖、洞庭湖和古云梦泽）等呈现显著扩张，同时人类社会发展（如石家河文化的崩溃）与文化的突变（夏商文化南下）均与气候环境变化有密切的联系，为了探明气候变化对湖沼沉积演化的具体影响，本项目对神农架大九湖亚高山泥炭、鄱阳湖和江汉湖群开展了钻孔高分辨率古气候和古环境研究，获得了研究区 4000 年来典型沉积环境演化过程与古气候演化序列，详细分析了古温度与古水文过程对湖沼沉积的影响。深入的研究表明近 4000 年来长江中游地区湖沼沉积速率突然加大，平原湖泊面积扩张，亚高山泥炭地发育，长江中游晚全新世独特而多元的水热组合（温湿、暖干、冷湿、冷干）与太阳辐射变化和 ENSO 活动相关，古水文异常事件控制了湖沼湿地的形成演化，与 ENSO 活动紧密的古水文学过程对于湖沼沉积演化和古人类活动产生了重要影响，相关研究对于预测未来环境发展趋势和湿地生态保护提供了重要参考。

S12-O-03

4.2 ka event in the Loess Plateau of China and the Great flood

Liangcheng Tan[1,2]*, Yanjun Cai[1,2], Chuan-Chou Shen[3], Hai Cheng[2,4] & R. Lawrence Edwards[4], Zhisheng An[1]

1. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China
2. Institute of Global Environmental Change, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China
3. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 106, China

4. Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis 55455, USA
* tanlch@ieecas.cn

The Loess Plateau (LP) is located in the north front of Asian summer monsoon, and precipitation here is sensitive to monsoon intensity variations. This region is one of the most important cradles of Chinese civilization. Various cultures flourished here during the Neolithic Age, such as the Laoguantai, Yangshao, Majiayao, Qiajia culture. However, lack of accurately dated, high resolution climate records limited our knowledge about climate change and culture evolution in this critical region. Here we reconstructed the Asian summer monsoon changes in this region since 6200 a BP by using high resolution stalagmite d18O records from Wuya cave in eastern Gansu, China. The stalagmite d18O values show significant negative correlation with the observed rainfall and tree ring moisture records over the LP, indicating it could also be used as a regional rainfall index. Our results show that the Asian summer monsoon gradually declined since 6200 aBP, following the decreasing trend of northern hemisphere summer insolation. During 4600 and 3500 a BP, there was a drying trend in this region with cyclic pluvial intervals lasted for several decades. The peaks of these pluvial intervals occurred at ~4600, ~4480, ~4200, ~4000, ~3680 a BP, respectively.

Previous archeological and historical studies suggested that the initial age of China's Xia dynasty was in the range of ~1900-2200 BCE (3940-4150 a BP). Both extreme rainfall/flood events at ~4000 a BP and ~4200 a BP with uncertainties of few decades are within the possible age range of the start of Xia dynasty. In particular, the age determined at 4000±48 a BP exactly matches the government-sponsored Xia-Shang-Zhou Chronology Project estimated date of 2070 BCE (4020 a BP). With accurate 230Th dating, our stalagmites reveal an extreme rainfall event on the LP around 4000 a BP, rather than an earthquake-induced landslide dam outburst flood on the eastern Tibetan Plateau at 3870 a BP, which probably induced the Great Flood in the middle-lower Yellow River reaches.

S12-O-04

Simulating 4.2ka BP event with a long-term experiment using CCSM3

Mi Yan[1,2]*, Jian Liu[1,2], Liang Ning[1,2,3]
Chunhan Jin[1,2]

1 Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Ministry of Education; State key Laboratory of Geographical Environment Evolution, Jiangsu Provincial Cultivation Base; School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing, 210023, China
2 Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing, 210023, China
3 Climate System Research Center, Department of Geosciences, University of Massachusetts, Amherst, 01003, United States
* myan@njnu.edu.cn

The 4.2 ka BP event, one of the extreme cooling events on multi-decadal to centennial time scale over Atlantic Ocean during the Holocene, occurs from 4.5 ka BP to 3.9 ka BP, thought to be the transition of the mid-Holocene to late-Holocene. It is also characterized by centennial megadrought over most regions of the Northern Hemisphere (NH), especially Europe, central Asia and North America. Previous studies suggest this event to be an important climate event that triggers the collapses of many cultures. Therefore, it is important to understand the

mechanisms and the reasons of this event. However, due to the limitation of data availability, the forcing and the mechanism of the event remains unclear. Here we investigated the characteristics and the possible reasons of this event using the outputs from a set of long-term climate modeling experiments (TraCE-21ka) with CCSM3. The simulation results show that this event is mostly limited to the NH and is a double peak event. Composite analysis illustrates that during the event, it is cool and dry over most part of NH, except that it is warm and dry over India. Meanwhile, it is cool but wet over most part of land areas over the Southern Hemisphere (SH). This might be related to the southward shift of ITCZ, which is also suggested by the reconstruction results. The southward shift of ITCZ might be related to the NH-SH thermal contrast, which is cooler over NH ocean and warmer over SH ocean. The dry condition over India and the "wet-south, dry-north" pattern over East China indicate a weakened Asian summer monsoon, consisting with the reconstructed proxies. The sea surface temperature change indicates that these multi-decadal to centennial climate events might be mainly related to the NH-SH dipole pattern over the Atlantic Ocean, particularly the extremely cooling over northern Atlantic. The circulation change illustrates the NAO-like pattern and CGT-like pattern are essential physical mechanisms for the event. The AMO-like pattern might play a "bridge" role in maintaining the teleconnections on multidecadal to centennial time scale.

The comparison between all forcing experiment and single forcing experiments (including melt-water flux, ice-sheets, greenhouse gases and orbital change) indicates that the event is much likely caused by the internal variability, although the orbital and greenhouse gases might have moderate contributions to some extent. Further investigation is needed to better understand the exact reasons for the event.

S12-O-05

Monsoonal climatic variability during the past 4600 years reflected by stalagmite records from Northeastern China

Jui-Lin Wang[1], Hong-Chun Li[1,2]*, Horng-Sheng Mii[3], Tsung-Ren Peng[4], Sheng-Zhong Wang[2]

1 Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan, China

2 School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun, Jilin 130024, China

3 Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University, Taipei 11677, Taiwan

4 Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

* hcli1960@ntu.edu.tw

Two stalagmites, DSH-1 (7-cm long) and DSH-2 (10-cm long), were collected from Diaoshuihu Cave (43°20'32"N, 125°50'35", 610 m a.s.l.) in Changchun, eastern China, where is located near the northern boundary of the East Asia Summer Monsoon (EASM). The upper 6 mm of DSH-2 appears clear excess ^{210}Pb decay, reflecting this part is within 120 years old with a growth rate of 0.0336 mm/yr. On the other hand, the excess ^{210}Pb in DSH-1 was decayed away at 1-mm depth. The brown color stalagmites are not able to get reliable ^{230}Th/U age. AMS ^{14}C dating results show that both stalagmites had similar dead carbon influence (DCI) of ~620 years. Using Bacon model and DCI corrected ^{14}C ages, we have obtained the age-depth relationships of DSH1

and DSH2, both revealing 4000-yr records. A total of 486 samples from DSH1 and 698 samples from DSH2 have been analyzed for stable oxygen and carbon isotopes. Based on the ^{210}Pb chronology, the $\delta^{18}O$ of DSH2 during the last 150 years is compared with precipitation and temperature records of the study area as well as the East Sian Summer Monsoon (EASM) index record. The comparison shows that as the EASM strength decreases, the rainfall in the study area decreases and the $\delta^{18}O$ of DSH2 becomes heavier. The 4600-yr DSH2 record compares well with Total Solar Irradiance (TSI), showing heavier $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$ swings corresponding to lower TSI, and vice versa. This means that on changes in TSI is a major influencing factor for variation of EASM on decadal-to-centennial scales, being higher TSI to lead stronger EASM which brings more moisture to the study area. Drier climatic conditions result in heavier $\delta^{18}O$ and lower vegetation abundance which lead to heavier $\delta^{13}C$ in the stalagmites. The episode of 1200~1400 yr BP had very dry climatic conditions in the area shown by the DSH2 record.

S12-O-06

Mid- to Late-Holocene palaeohydrological variations in northern China recorded by hydrogen isotopic compositions of long-chain leaf wax *n*-alkanes from an alpine lake in Chinese Loess Plateau

Can Zhang [1,2], Cheng Zhao [1]*, Haixia Zhang[1,2], Xiaoshuang Sun [1,2], Aifeng Zhou [3], Ji Shen [1]

1 State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Ministry of Education, College of Earth and Environment Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Today the Chinese Loess Plateau catchment receives moisture from three main sources: Southwesterly (tropical monsoon), Southeasterly (subtropical monsoon) and Northwesterly. Based on investigation of modern moisture sources, over 50% moisture derives from the subtropical monsoon during the rainy season (May to September) with 80% of the total precipitation. Here, we present a 5000yr long high-resolution (~35yr) leaf wax hydrogen isotope (δD) of terrestrial long-chain *n*-alkanes extracted from a well-dated sediment core from an alpine lake in Chinese Loess Plateau. Our δD data reveal a similar long-term trend to the $\delta^{18}O$ from nearby stalagmite cave, indicating that the leaf wax δD and stalagmite calcite $\delta^{18}O$ faithfully document the isotope composition of precipitation and precipitation amount variation, which related to East Asian summer monsoon (EASM) intensity. The recorded several increased (decreased) monsoon precipitation intervals coincided with high (low) SST anomaly in the western equatorial Pacific, suggesting that the temperature of the moisture source area plays an important role in determining the isotopic composition of precipitation and precipitation amount variation in northern China, which can also be supported by similar quasi- cycles variation between both. In addition, the isotopic composition of precipitation in northern China shows different trends from that in southern

China. This may be because that the former is mainly driven by the subtropical monsoon while the latter by the tropical monsoon.

S12-O-07

历史物候资料提取及应用

戴君虎*

中国科学院地理科学与资源研究所

* daijh@igsnrr.ac.cn

物候学是研究自然界的植物、动物和环境条件（气候、水文、土壤条件）的周期变化之间相互关系的科学，其目的是认识自然季节变化规律及原因，以服务于人们的生活、生产实践和科学研究。物候观测和记录在中国有非常悠久的历史。报告简要论及物候学的研究热点、历史物候资料的主要来源和分布、国内外观测历史，并举例说明了有关历史文献资料中物候信息的提取方法，包括物种鉴定、物候期甄别和时间确定等环节及应注意的主要问题。之后，简要介绍了竺可桢先生过去 5000 年中国气候变化研究中物候资料的使用情况、中国隋唐时期历史物候记载反映的气候特征以及基于清后期士人日记、笔记资料的物候序重建，分析了近 170 年中国东部地区春季物候变化的基本特征。

S12-O-08

Modeling of variability and mechanisms of megadroughts over the eastern China during the last millennium

Liang Ning[1,2,3], Jian Liu[1,2]*, Mi Yan[1,2], Weiyi Sun[1,2], Chunhan Jin[1,2], Lu Liu[1,2], and Kefan Chen[1,2]

1 Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Ministry of Education; State key Laboratory of Geographical Environment Evolution, Jiangsu Provincial Cultivation Base; School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing, 210023, China

2 Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing, 210023, China

3 Climate System Research Center, Department of Geosciences, University of Massachusetts, Amherst, 01003, United States

* jliu@njnu.edu.cn

Multi-decadal drought (a.k.a., megadrought) is one of the most severe natural disasters to impact Chinese social and economic developments. To improve the accuracy of future projections of megadroughts, better understanding on the mechanisms influencing the occurrences and magnitudes of megadroughts is needed.

In this study, the variability and mechanisms of megadroughts defined as drought persistent longer than two decades over the eastern China during the last millennium were systemically investigated using control experiment, all-forcing experiment, and four sensitivity experiments, i.e., greenhouse gases sensitivity experiment, land use and land cover change sensitivity experiment, solar radiation sensitivity experiment, and volcanic eruption sensitivity experiment, from the Community Earth System Model (CESM) Last Millennium Ensemble (LME) archive. Comparisons on characteristics between simulated megadroughts and the reconstruction data showed that, although the simulated megadroughts among different groups of experiments or different members within the same group of experiments are not the temporally synchronous with those in the reconstruction, the magnitudes and durations are close to the reconstructed megadroughts. The spatial distributions of the megadroughts are similar in all experiments, indicating an eastern Asian summer monsoon (EASM)

failure directly caused by cold sea surface temperature (SST) anomalies over the northwestern Pacific (PDO-like pattern) and warm SST anomalies over the western tropical Pacific (a La Niña-like SST gradient pattern).

The results showed that the internal variability plays an important role in triggering the megadroughts over the eastern China, while different external forcing may have contributions to the persistence and severities of the megadroughts. The relative contributions from internal variability and different external forcing were also quantitatively assessed.

S12-O-09

南海南沙现代砗磲壳体$\delta^{18}O$指示的大洋表层环境变化

马小林*, 晏宏*, 刘成程 [1]

中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪国家重点实验室，西安 710061

* maxl@ieecas.cn; yanhong@ieecas.cn

本研究通过汇总南海南沙现代（1985-2015 年）海水表层温度（南沙永暑礁气象观测站和 NCEP Reanalysis Dataset）、盐度（SCSPOD14、SODA 和 GODAS）、降水-蒸发（南沙永暑礁气象观测站、GPCP 和 ERA-INTERIM ）和混合层深度（C-GLORS）等数据，结果表明南海南沙盐度的最大值出现在 5 月份，最小值出现在 10 月份；降水最小值出现在 3 月份，且主要降水发生在下半年（6-12 月）；上半年（1-6 月）混合层平均深度约 30m，下半年约 45m。上半年盐度的最大值滞后于降水减蒸发最小值约 2 个月，可能表明南海南部表层海水和径流输入以及降水的混合时间为 2 个月；而下半年海水表层盐度由于混合层加深受到深部水体盐度的影响。该结果表明南沙海水表层盐度和$\delta^{18}O$ 并非线性响应降水和海水表层温度的变化，需采用多端元盐度-同位素模型。同时我们测试了南海南沙现代活体砗磲月分辨率的$\delta^{18}O$（共计 920 个样品），采用激光共聚焦日纹层扫描建立了可靠的年龄模型（1989-2013 年），并验证了我们推测的正确性。此外，南海南沙砗磲壳体的$\delta^{18}O$ 表现出强烈的 ENSO 信号。未来工作将采用 Goddard Istitute for Space Studies (GISS) ModelE-R 模型进行边界条件的敏感性实验，建立南沙南沙海水表层盐度-$\delta^{18}O$ 和气候变化的关系，探索砗磲壳体$\delta^{18}O$ 对海洋和气候环境的指示意义。

S12-O-10

1851A.D.以来北大西洋气候变率驱动的全球季风年代际变化

韩韬 [1-4], 余克服 [1-3]*, 晏宏 [5], 严宏强 [1], 陶士臣 [1], 张会领 [6], 王少鹏 [2-3], 陈特固 [1]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

4 中国科学院大学，北京 100049

5 中国科学院地球环境研究所，西安 710061

6 广东海洋大学，湛江 524088

* kefuyu@scsio.ac.cn

传统上，季风被认为是由于海陆热力差形成的区域尺度大气翻转环流。近年来，随着卫星和遥感技术的发展，人们发现在区域尺度之上，还存在着全球尺度的大气翻转环流——即全球季风。目前为止，关于年代际尺度的全球季风研究主要是基于再分析资料，相对短的资料时间覆盖度（< 50 年）妨碍了对全球季风的进一步讨论。南海北部位于热带辐合带（ITCZ）的北边缘，其区域水文气候与 ITCZ 的季节摆动密切相关。珊瑚骨骼作为古气候重建的载体，其氧同位素主要受到海水温度和盐度的影响。我们对南海北部西沙群岛永兴岛的温度和盐度观测数据进行了研究，发现二者在不同时间尺度变化不一致，温度的变化主要体现在年际尺度，而盐度变化则集中在年代际尺度，因此我们

能够通过研究珊瑚 $\delta^{18}O$ 在不同时间尺度的变化来对分别对温度和盐度的变化进行讨论。在本文中，我们利用采自永兴岛的珊瑚岩芯的月分辨率 $\delta^{18}O$ 序列重建了 1851 年以来 ITCZ 的年代际摆动导致的盐度变化。通过将永兴岛珊瑚序列与全球主要季风区的季风降雨记录相结合，我们发现在过去 150 年的时间里，伴随着 ITCZ 的摆动，全球季风在年代际尺度上表现为南北半球反相位模态。这不仅表明前人基于观测资料发现的南北半球季风在过去 30 年里同时增强的现象在过去 150 年的时段里是一个异常状态，更说明除了千年和轨道尺度，全球热带降雨在年代际尺度上也主要受到 ITCZ 南北摆动的控制。除此之外，我们还发现在过去 150 年里全球季风的半球反相位年代际变化都与北大西洋多年代际震荡（AMO）的相位转变相对应，这表明与千年尺度的气候突变事件类似，在年代际时间尺度上来自北大西洋的气候扰动也会导致热带降雨的剧烈变化。

S12-O-11

Persistent intensification of the Kuroshio Current during Late Holocene cool intervals

Yancheng Zhang[1]*, Xin Zhou[2], Yuxin He[3], Yiqing Jiang[1], Yi Liu[4], Zhouqing Xie[2], Liguang Sun[2], Zhonghui Liu[1]

1 Department of Earth Sciences, The University of Hong Kong, Hong Kong, China

2 School of Earth and Space Science, University of Science and Technology of China, Hefei, China

3 School of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, China

4 National Synchrotron Radiation Laboratory, University of Science and Technology of China, Hefei, China

* ychzhang@hku.hk

The Kuroshio Current (KC), which carries heat and moisture from the tropics toward mid-latitudes, bears great impact on ocean-atmosphere-land interaction along its path. However, our knowledge of KC strength and associated forcing, based on investigations of instrumental data and model simulations, is still limited to project its future change. Here, we studied KC strength during the past 4,400 years by using alkenone sea surface temperature (SST) record in a sediment core under the influence of the Yellow Sea Warm Current (YSWC), a branch of KC in the western North Pacific, and a coastal SST record over the last 1,000 years outside of YSWC effect. Our SST record in the warm current pathway, opposite to centennial-scale patterns of the coastal SST record and solar irradiance, effectively documents variation of YSWC strength. Together with previously published records, we show marked enhancement of YSWC, and probably the KC, during the cool interval between 1400-1850 AD (the Little Ice Age, LIA). Further, we suggest that climate cooling conditions, perhaps in relation to strengthened East Asian winter monsoon and Pacific Walker circulation, were more favorable for KC intensification. It thus provides new insight into possible projection of KC strength in response to global warming climate.

S12-O-12

南海北部砗磲重建 MCA 时期高分辨率 SST

刘成程 [1,2,3]，晏宏 [1,2]*，费皓柏 [1]，马小林 [1]

1. 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪国家重点实验室，西安 710061

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室，青岛 266021

3. 中国科学院大学，北京 100049

* yanhong@ieecas.cn

砗磲是全球海洋中最大的双壳类，其碳酸盐壳体具有清晰的年生长纹层甚至日生长纹层，是一种理想的第四纪高分辨率研究载体。利用砗磲重建海洋古气候古环境的尝试从 20 世纪 80 年代既已开始，但是最早期的进展较为缓慢，只有少量工作被报道。进入 21 世纪后，尤其是最近 10 年里，随着新技术新方法的使用，有关砗磲地球化学特征及古气候重建的研究日益增多。近年来，已有研究表明，利用 ICP-OES 测试分析得到的砗磲壳体 Sr/Ca 与海水表层温度（SST）有良好的相关性，可作为 SST 的替代指标（Yan et al., 2013; Yan et al., 2014），基于此，研究团队对采自于中国南海北部西沙群岛鳞砗磲化石样品进行了一系列测试分析。定年结果表明，该鳞砗磲生活在 A.D.1099 左右（处于 MCA 时期）。课题组根据现代鳞砗磲 Sr/Ca-SST 校准方程重建了 MCA 期间 30 年季节分辨率 SST，并进一步重建了 MCA 期间年均温与气候季节性。年均温重建结果表明 A.D.1099 附近的平均温为 28.65℃，明显高于 1994-2004 年平均温度；季节性重建结果表明，A.D.1099 附近冬夏温差小于 1994-2004 年平均冬夏温差。

南海是西太平洋最大的边缘海，其气候异常变化与 ENSO 活动有着密切的关系，已有研究表明南海气候变化对 ENSO 有着快速、灵敏的响应，区域内的古气候资料具有被用来定量重建古 ENSO 变化的潜力(Yan et al., 2017)。且课题组早期研究中，已建立了一系列古 ENSO 定量重建方法(Yan et al.,2017; Liu et al., 2017)，基于此，课题组利用鳞砗磲重建得到的南海北部季节分辨率 SST 重建了 MCA 时期 ENSO 活动，结果显示，在处于 MCA 期间 30 年的片段记录中，存在 8 次厄尔尼诺事件 8 次拉尼娜事件，即厄尔尼诺与拉尼娜频率均为每 3.75 年 1 次，与现代 ENSO 频率类似。

S12-O-13

伪雨量效应：一个同位素气候学问题的讨论

李廷勇 [1, 2]*

1 西南大学地理科学学院，岩溶环境重庆市重点实验室，重庆 400715

2 国土资源部岩溶生态环境—重庆南川野外基地，重庆 408435

* cdlty@swu.edu.cn

Dansgaard 统计分析了世界范围内的大气降水中的氢氧稳定同位素数据(δD, $\delta^{18}O$)，发现绝大多数站点的大气降水的同位素组成具有明显的月季变化，并且把低纬地区的这种变化归因于“雨量效应”，而高纬度地区的这种变化归因于“温度效应”。关于中国南方季风区大气降水 $\delta^{18}O$ 主要受“雨量效应”影响，还是“环流效应”影响，或是“雨除效应”影响，引起了学界的热烈讨论。在亚洲季风区，夏季风带来的充沛降水导致“雨热同期”的气候特征十分显著；而在中国南方季风区夏季风降水的 $\delta^{18}O$ 值比其他季节降水中的 $\delta^{18}O$ 值明显偏轻，使得季风区降水在季节尺度上展现出类似“雨量效应”。我们在重庆市三个站点进行了多年的大气降水氢氧稳定同位素监测，结合月降水量和月均温进行分析，发现即使在夏季风盛行的 6-8 月，由于大气环流格局的变化，例如副热带高压引起的“伏旱”天气，导致该地区某些夏季月份月降水量大幅度减少，甚至少于冬春季月降水量，但是降水中 $\delta^{18}O$ 值仍显著偏轻于冬春季降水中的 $\delta^{18}O$ 值。监测期间，夏季风盛行的 6-8 月，降水中 $\delta^{18}O$ 值与月降水量并无相关性，没有体现出“雨量效应”。大部分年份在 5-6 月，降水 $\delta^{18}O$ 出现明显偏负，一直持续到 7-8 月；从 8-9 月开始，降水中 $\delta^{18}O$ 开始偏重；降水 $\delta^{18}O$ 的这两次转换，分别对应于夏季风爆发和夏季风结束的时间。我们认为，重庆地区在季节时间尺度上大气降水量与降水 $\delta^{18}O$ 的“雨量效应”是一种统计学上的结果，是一种“伪雨量效应”；而最重要的、实质性的原因在于不同季节大气降水的水汽来源不同：夏季风带来的降水气团中 $\delta^{18}O$ 偏负，与降水量多少并无显著相关性。这种“伪雨量效应”，在整个中国南方季风区均有体现。此外，“雨

除效应”在物理机制上会对气团运移的下游地区大气降水 $\delta^{18}O$ 产生重要影响；沿途“雨除效应”越强，下游地区降水中 $\delta^{18}O$ 越偏负。

S12-O-14

最近千年来山东半岛西部气候环境变化的石笋记录

程珂 [1]，王庆 [2]*，周厚云 [1]

1 华南师范大学地理科学学院，广州 510631

2 鲁东大学海岸研究所，烟台 264025

* schingwang@126.com

岩溶洞穴沉积物已成为记录气候环境变化的重要档案，其中石笋代用指标的古气候环境意义日益受到研究者的重视。本文基于采集于山东半岛西部开元洞的石笋 KY1，通过对其进行高精度的定年，对石笋微层厚度、氧碳稳定同位素多指标的分析，重建了开元洞所在区域近千年的古气候及古环境的演化历史。

根据石笋 KY 1 的 U-^{230}Th 高精度定年结果，运用年纹层连续计数及线性内插/外推的方法，建立了石笋 KY1 的时间标尺为 892-1894AD。通过对石笋 $\delta^{18}O$、$\delta^{13}C$ 的检测和分析，发现以突变年份 1482AD 为界，二者均表现出显著的阶段性变化，但也存在差异。与研究区域旱涝指数的文献资料对比发现，石笋 $\delta^{18}O$ 记录了开元洞所在的山东半岛西部近千年来的夏季风强度及降水量的变化，在 1482AD 前后发生与中世纪暖期(Medieval Warm Period, MWP)/小冰期(Little Ice Age, LIA)转换对应的气候转变，1482AD 前为夏季风相对强烈、气候湿润的中世纪暖期，1482AD 后则为夏季风相对较弱、气候干旱的小冰期。从 892AD 到 1482AD 为$\delta^{18}O$ 低值低波动期（平均值为-8.0399‰），此阶段应处于中世纪暖期（MWP）。从 1482AD 到 1846AD 为$\delta^{18}O$ 高值高波动期（平均值为-7.301‰），对应于小冰期（LIA）。从 1746AD 到 1892AD，为持续 150 年的低值期（平均值为-8.199‰）。石笋 $\delta^{13}C$ 的变化，除与区域性的夏季风强度及降水变化有关外，还与洞穴所在的山地自唐朝末年到清朝末年的人类土地利用强度变化有关。与山东耕地面积变化的历史资料对比发现，KY1 石笋 $\delta^{13}C$ 记录了 KY1 石笋所在研究区地表植被 C3/C4 比例及其生产力的变化，也就是荒地不断开发、耕地面积增加的过程，并且石笋的沉积时段内记录的气候波动变化与中国各朝代更替同步，说明人类活动对石笋 $\delta^{13}C$ 产生重要影响。

石笋 KY 1 上部微层厚度及其波动程度的变化表现出低-高-低的阶段性变化，并且通过与同期石笋 $\delta^{18}O$ 值对比发现，微层厚度的变化及其波动程度与夏季风强度/降水量的变化及其波动程度呈现出相关性，说明石笋微层厚度的波动变化还受夏季风强度波动变化的影响，也就是说气候的稳定程度也会影响石笋微层厚度的波动变化。

S12-O-15

长江中下游湖泊沉积记录支持全新世石笋氧同位素代表区域降水变化

刘丰豪 [1,2]*，胡建芳 [1]，王伟铭 [3]

1 中国科学院广州地球化学研究所 有机地球化学国家重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100049

3 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

* liufenghao14@mails.ucas.edu.cn,

近年来石笋氧同位素($\delta^{18}O$)成为第四纪水循环研究的标志性记录。全新世以来，中国西南、长江流域和东北地区的石笋 $\delta^{18}O$ 记录都表现出逐渐增重的趋势，可能表明东亚季风降水量变化主要受到北半球夏季辐射量的控制。然而，石笋 $\delta^{18}O$ 的气候意义仍然存在巨大争议。一部分学者认为，由于东亚大陆水汽同时来源于印度洋、西太平洋和中高纬地区，每个源区水汽同位素端元值又存在巨大差异，因此不同源区水汽混合比

例的变化就可以引起石笋同位素的变化。的确，在现代记录中，东亚大陆降水同位素与降水量不存在明显的相关性。为了解决这一争论，需要寻找独立可靠的季风指标，来验证地质时间尺度上石笋 $\delta^{18}O$ 变化是否与区域季风降水量直接相关。

本次研究选用长江中下游南漪湖柱状沉积物，通过分析沉积物中正构烷烃分布、单体烷烃碳同位素构成以及 branched GDGTs，来揭示了全新世八千年以来该地区的植被类型构成和气温变化。发现全新世长江中下游地区以 C_3 植物为主，8.0 ~ 4.8 ka B.P.，长链正构烷烃 $\delta^{13}C$ 整体偏负（–34.7 ~ –32.9‰），C_3 植物占优势；利用 branched GDGTs 重建的平均大气温度（MAT）显示这时期南漪湖地区温度较高。4.8 ~ 2.4 ka B.P.，长链正构烷烃 $\delta^{13}C$ 相对正偏（–33.5 ~ –29.1‰），C_4 植物有一定的增加，但整体依然以 C_3 植物为主，MAT 显示这时期该地区温度偏低；2.4 ka B.P.以来，长链正构烷烃 $\delta^{13}C$ 呈现逐渐偏负的趋势，C_3 植物继续占据绝对优势，C_4 植物呈现逐渐减少的变化趋势，MAT 显示这一阶段气温成上升趋势。

可以看出，当 C_4 植物扩张时，温度相对较低，而通常情况下 C_4 植物更加利于生长在高温干旱的环境当中。据此推测大气温度不是该地区八千年以来驱动 C_3/C_4 植物变化主要因素，而是与当地降雨量有关。这也与前人通过研究发现 C_3 植物为主导的地区，其 $\delta^{13}C$ 随着降雨量的增加而降低相一致。将长链正构烷烃 $\delta^{13}C$ 与北半球夏季太阳辐射量、中国南方董哥洞石笋 $\delta^{18}O$ 组成特征进行对比发现其变化趋势一致，这表明长江中下游南漪湖沉积记录支持全新世石笋氧同位素代表区域降水变化。

S12-O-16

“雨量效应”vs“环流效应”：近 1 ka 亚澳季风区石笋和大气降水 $\delta^{18}O$ 的气候意义

张键 [1, 2]，李廷勇 [1, 2]*

1 西南大学地理科学学院岩溶环境重庆市重点实验室，重庆 400715

2 国土资源部岩溶生态环境——重庆南川野外基地，重庆 408435

* cdlty@swu.edu.cn

亚澳季风主要由东亚季风、印度季风和澳大利亚季风三部分组成。目前，该地区石笋和大气降水 $\delta^{18}O$ 气候意义的最大争议在于到底反映的是降水量变化还是水汽源的变化。针对这一争议，本文选取亚澳季风区的 9 个大气降水站点和 5 条近 1 ka 石笋记录的 $\delta^{18}O$ 数据进行对比分析，主要得到以下几点认识：(1) 在月时间尺度上，亚澳季风区大气降水 $\delta^{18}O$ 与月降水量均呈现明显的反相关关系，数学统计结果符合“雨量效应”，而实质原因是不同季节水气源的差异。(2) 在年际尺度上，在东亚季风区与澳大利亚季风区大气降水 $\delta^{18}O$ 的年加权平均值与年降水量的相关性并不明显，但在印度季风区呈现明显的负相关关系，说明主要受相对单一水汽源影响的印度季风区大气降水中 $\delta^{18}O$ 的年际变化 “雨量效应”显著；在受复合水汽源影响的东亚季风与澳大利亚季风区“雨量效应”并不显著。(3) 在亚澳季风影响的广大地区，各地区年际尺度的大气降水中 $\delta^{18}O$ 变化趋势以及近 1 ka 洞穴石笋记录 $\delta^{18}O$ 变化趋势均呈现相似的特征，但二者本质并不相同。印度季风区大气降水——石笋 $\delta^{18}O$ 反映的是“雨量效应”，但在受复合水汽源影响的东亚季风与澳大利亚季风区大气降水 $\delta^{18}O$ 和石笋 $\delta^{18}O$ 反映的是“环流效应”。

S12-O-17

Quantifying climatic variability in monsoonal northern China over the last 2200 years and its role in driving Chinese dynastic changes

Jianyong Li[1]*, John Dodson[1,2]*, Hong Yan[1*], David D. Zhang[3], Xiaojian Zhang[4], Qinghai Xu[5], Harry F. Lee[3], Qing Pei[6], Bo Cheng[7], Chunhai Li[8], Jian Ni[9], Aizhi Sun[10], Fengyan Lu[1], Yongqiang Zong[4]

1 Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075 China

2 University of New South Wales, Sydney 2033 Australia

3 The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong China

4 Nanjing University, Nanjing 210093 China

5 Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024 China

6 The Education University of Hong Kong, 10 Lo Ping Road, Tai Po, Hong Kong, China

7 Central China Normal University, Wuhan 430079, China

8 Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

9 Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

10 University of Chinese Academy of Sciences, 19A Yuquan Rd, Shijingshan District, Beijing 100049, China

* lijy@ieecas.cn; john@ieecas.cn; yanhong@ieecas.cn

Our understanding on the spatial-temporal patterns of climatic variability over the last few millennia in the East Asian monsoon-dominated northern China (NC), and its role at a macro-scale in affecting the prosperity and depression of Chinese dynasties is limited. Quantitative high-resolution, regionally-synthesized palaeoclimatic reconstructions as well as simulations, and numerical analyses of their relationships with various fine-scale, numerical agro-ecological, social-economic, and geo-political historical records during the period of China's history, are presented here for NC. We utilize pollen data together with climate modeling to reconstruct and simulate decadal- to centennial-scale variations in precipitation or temperature for NC during the last 2200 years (-200-2000 AD). We find an overall cyclic-pattern (wet/warm or dry/cold) in the precipitation and temperature anomalies on centennial- to millennial-scale that can be likely considered as a representative for the entire NC by comparison with other related climatic records. We suggest that solar activity may play a key role in driving the climatic fluctuations in NC during the last 22 centuries, with its quasi ~100, 50, 23, or 22-year periodicity clearly identified in our climatic reconstructions. We employ variation partitioning and redundancy analysis to quantify the independent effects of climatic factors on accounting for the total variation of 17 finegrained numerical Chinese historical records. We quantitatively illustrate that precipitation (67.4%) may have been more important than temperature (32.5%) in causing the overall agro-ecological and macro-geopolitical shifts in imperial China with NC as the central ruling region and an agricultural heartland over the last 2200 years.

S12-O-18

Two Anomalous Modes of the Precessional Modulated Annual Cycle in the Tropical Pacific

Yue Wang[1]*, ZhiMin Jian[1], Ping Zhao[2], Haowen Dang[1], ZhongFang Liu[1], Dong Xiao[2], JunMing Chen[2]

1. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092

2. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

* 163wangyue@163.com

At the precessional band, anomalous annual cycles of the equatorial insolation can be simplified as the contrasts between two solstices (summer minus winter) and between two equinoxes (autumn minus spring). Each of these two insolation contrasts induces an anomalous annual cycle (called ENSO-Modoki-like mode) of the tropical Pacific sea surface temperature (SST) in a transient simulation of the Community Earth System Model (CESM). Due to the increased solstice (equinox) insolation contrast, a zonal positive-negative-positive pattern of SST anomalies, called La Nina-Modoki, prevails with basin-scale SST warming, enhanced oceanic upwelling and thermocline water cooling around 150°W during summer (autumn). And an opposite El Niño-Modoki pattern of negative-positive-negative SST anomalies during winter (spring) is accompanied with basin-scale SST cooling, upper oceanic downwelling and subsurface water warming in the central Pacific. Meanwhile, anomalous clockwise (anticlockwise) zonal-vertical atmospheric circulation appears over the equatorial Pacific west (east) of 180°E during La Nina-Modoki, and vice versa during El Niño-Modoki. The two anomalous ENSO-Modoki-like modes have distinct influence on the annual mean state. The former leads to anomalous clockwise atmospheric circulation west of 180°E and a general cooling SST pattern, the latter shows seasonal symmetric magnitudes between autumn and spring but exerts little effect on the annual mean climate. These precessional forced anomalous modes result from multiple land-air-sea interactions, in which the feedbacks between surface winds and thermocline dynamics (Bjerknes feedback and advection feedbacks) play an essential role.

S12-P-01S

川东北石笋与600年前干旱事件

谢红霞*，刘淑华，周厚云

华南师范大学地理科学学院，广州 510631

* hyzhou@gig.ac.cn

通过对川东北狮子洞石笋SI2高分辨率稳定氧同位素组成（$\delta^{18}O$）分析，重建了该地区过去2.1ka的东亚夏季风气候变化历史。结果显示，该石笋 $\delta^{18}O$ 变化范围为-7.42‰~-9.27‰，呈现显著地年代际尺度振荡旋回特征。石笋$\delta^{18}O$记录自生长初期至A.D.1400年总体呈正向偏移的趋势，在 A.D.1400 年左右突然变重，出现最大值-7.42‰，同时对应的石笋碳酸盐沉积也发生了相应变化，相对集中于石笋的生长中心，显示碳酸盐沉积速率变慢。石笋 $\delta^{18}O$ 变重和石笋形态变化均显示洞穴滴水量变慢，即这一地区约 600 年前降水明显减少，出现严重的干旱事件。这一石笋 $\delta^{18}O$ 记录与中国中部万象洞、大鱼洞、和尚洞、佛爷洞等石笋记录以及东南亚树轮记录均具有相似变化趋势，但与中国东部石笋记录如山东石笋存在差异。这说明，此次干旱事件主要发生在中国中部地区，其发生的原因可能与热带太平洋海域表层海水温度变化即厄尔尼诺事件有关。

S12-P-02S

西太平洋暖池区表层沉积物生物地球化学分布特征及其地质意义

田举[1]，徐继尚[1,2*]

1. 中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 .海底科学与探测技术教育部重点实验室，青岛 266100

* jishangxu@ouc.edu.cn

西太平洋暖池区作为全球海气交换最强烈的地区，很多重要的水团和洋流携带大

量的营养盐在此交汇，再加上终年较高的海表温度，因此暖池区沉积物中生物地球化学特征值得深入研究。现阶段中外学者在暖池区的研究主集中在通过柱状样沉积物进行长时间尺度上的古海洋学研究，而基于表层沉积物的平面分析研究较为缺乏，本研究旨在通过对暖池区卡洛琳海盆中密集取样获得的近 130 个表层沉积物样品，通过一系列现代分析测试技术手段得出有研究价值的数据，进而分析暖池区表层沉积物的生物地球化学分布特征与水深地形和构造单元之间的关系。

为了达到本次研究的预期目标，我们对研究区所获得的近130个表层沉积物样品在室内进行了大量的分析测试工作，主要包括：粒度测试、常微量元素分析、生物硅测试、总碳总氮有机碳测试、烧失量和碳酸盐的测定、有孔虫的丰度分析和属种鉴定等。根据得出的数据画出表层沉积物各种参数平面分布图，通过对比可以明显的看出生物硅、有机碳和烧失量等代表生物生产力的指标和一些代表火山物质的地球化学元素指标呈现出随水深增加而增加的趋势，并在研究区的海沟和海槽处出现极值；而钙质生物则出现完全相反的趋势；并进一步结合矿物学等其它相关指标，来反演研究区距今较短时间尺度内的 CCD 变化，表底层生物富集特征、洋流变化、物源及季风等信息。

S12-P-03S

北京石花洞地区大气沉降物水溶态稀土元素季节变化特征及来源初步分析

彭小桃 [1]，陈琼 [1,2]*，刘淑华 [1]，田立军 [3]，周厚云 [1]*

1.华南师范大学地理科学学院，广州 510631

2.中山大学地球科学与工程学院，广州 510275

3.Department of Geological Science, University of Texas, San Antonio,TX78249, USA

* hyzhou@gig.ac.cn

对北京石花洞地区连续 12 个月（2012 年 11 月-2013 年 10 月）大气沉降样品中水溶态稀土元素以及 Ca、Mg、Sr、Al、Fe、Mn 等元素进行了分析，计算了其月和年沉降通量，并通过稀土元素的配分模式、富集因子计算和主成成分分析等对稀土元素的可能来源和影响机制进行了探讨。研究结果显示：①所有分析元素中，Ca 的年沉降通量最大，达到 4.01 g m^{-2} yr^{-1}，比最小的 Tm 的沉降通量 0.31 μg m^{-2} yr^{-1} 高出 7 个数量级。全部稀土元素的月沉降通量在 3.21-40.5 μg m^{-2} $month^{-1}$ 之间，年沉降通量为 160 μg m^{-2} yr^{-1}。②各稀土元素沉降通量均表现出显著的季节变化特征，高值出现在春季（4、5 月）和秋季（10 月）。从冬季的 12、1 月到春季的 4、5 月以及从夏季的 6 月到秋季的 10 月呈现阶梯上升过程。③球粒陨石标准化的稀土元素配分模式与北京城区干沉降、洛川黄土及2006年北京特大降尘的较为一致，均表现为轻稀土相对富集和较明显的 Eu 负异常。结合主成分分析以及富集因子（平均值在 1-3 之间）分析结果，推测北京石花洞地区大气沉降水溶态稀土元素主要来源于近地面扬尘及远距离输送的大气粉尘，以及部分人为来源物质（可能包括各类使用化石燃料的生产活动如交通、工业等产生的废物废气）

S12-P-04S

晚全新世太平洋东西两岸低纬度石笋记录的气候变化对比研究

陈朝军 [1, 2]，李廷勇 [1, 2]*，程海 [3]，R. Lawrence Edwards[4]，沈川洲 [5]，李红春 [5]， 张键 [1]，黄冉 [1]，王涛 [1]，刘子琦 [6]

1 西南大学地理科学学院，重庆 400715

2 国土资源部岩溶生态环境—重庆南川野外研究基地，重庆 408435

3 西安交通大学全球环境变化研究院，西安 710049

4 美国明尼苏达大学地球科学系，明尼阿波利斯 55455

5 国立台湾大学地质科学系，台北 10617
6 贵州师范大学喀斯特研究院，贵阳 550001
* cdlty@swu.edu.cn

全新世是人类走向文明的一个时期，全新世气候变化影响着人类社会经济的发展，而晚全新世气候变化更是与古文明的兴衰息息相关。本文利用中国西南地区贵州省石将军洞分辨率达 2.4 年，并由 ^{230}Th 放射性同位素方法精确定年的石笋记录，重建了晚全新世(3.20±0.06 ka BP——0.90±0.01 ka BP) 期间亚洲夏季风变化历史。主要结论如下：(1) 晚全新世亚洲夏季风总体减弱的趋势，响应了轨道尺度上北半球夏季太阳辐射的减少。(2) 结果显示亚洲夏季风在 2.8 ka BP 、1.5 ka BP 减弱，在 1.2-1.3 ka BP 增强，这与历史旱涝资料相互映证。在这两次亚洲夏季风减弱期间，对应着中国周朝和南北朝的衰落；而 1.2-1.3 ka BP 的亚洲夏季风增强，对应着中国大唐盛世。再次证明气候变化是影响人类文明兴衰的重要因素之一。(3) 此外，先前的研究表明亚洲夏季风与北美、南美、澳洲夏季风在全新世呈现相反的变化趋势。本文将太平洋东西两岸低纬度季风区的石笋记录对比，发现在 3.5-0.5 ka BP 期间太平洋东西两岸的低纬度夏季风整体上一致减弱，南北半球夏季风变化趋势也是一致的。(4) 通过将近两百年以来亚洲和南美洲季风区石笋记录对比，发现两个地区夏季风也有着一致减弱的变化，这可能与晚全新世 ENSO 活动频率增加以及幅度增强相关。

S12-P-05

过去2000年台湾东北部百年尺度的降水变化

常凤鸣 [1, 2]*，赵松 [1],，李铁刚 [2,3]

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071
2 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061
3 国家海洋局第一海洋研究所 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，青岛 266061
* chfm@qdio.ac.cn

过去 2000 年气候变化历史的重建是揭示年代至百年尺度气候自然变化规律的科学基础，对于辨识 20 世纪以来气候增暖的历史地位和归因、评估当前全球变暖的自然和人为驱动贡献及预测未来气候变化趋势具有重要意义。作为 PAGES 和 CLIVAR 等国际计划的重点工作时段之一，利用湖泊沉积物、树木年轮、冰芯、石笋、历史文献等大量高分辨率代用资料对过去 2000 年气候变化的重建与集成研究取得了显著进展。然而由于分辨率的限制，在过去 2000 年的气候变化研究中能够发挥作用的海洋沉积物记录十分稀少，极大地阻碍了对过去 2000 年全球规模的气候变化幅度、速率及原因的准确评价。

利用北半球高纬与热带太平洋大气环流交汇区—台湾东北部海域的 IMAGES-MD05-2907 岩心（24°47.19′N, 122°29.30′E，水深 1245m，长 8.61m），通过 TOC%、TOC/TN、$\delta^{13}C_{org}$、沉积物粒度以及碳酸盐含量等降水代用指标，重建了过去 2000 年台湾东北部的降水序列，揭示了年际-百年尺度区域降水的变化特征和过程，分析了影响不同时间尺度上区域降水的可能机制。5 种降水代用指标的记录显示，台湾东北部降水在过去 2000 年中呈现明显的百年尺度变化，在罗马暖期（AD 0-300）、中世纪异常期（AD 1000-1300）降水较少；小冰期（AD 1400-1700）降水显著减少，处于干旱状态。黑暗冷期（AD 500-800）和现代暖期（AD 1850-2005）降水较多，处于湿润状态。同时，区域降水存在明显的年际-年代际变率，其变化主要受控于太阳活动、ENSO/PDO（Pacific Decadal Oscillation）及 NAO（Northern Atlantic Oscillation）的年代际变化以及 El Niño 年际变率。黑暗冷期由于较强的热带太平洋年代际信号（ENSO/PDO）和增强的沃克环流的控制，降水较多；而小冰期显著偏低的太阳辐射量和较强的北半球高纬大气环流异常（NAO）导致区域降水显著减少。

S12-P-06

长江口晚更新世地层中包体对海水入侵事件的指示

刘正华*

上海自然博物馆（上海科技馆分馆）自然史研究中心，上海

* liuzhtongji@tongji.edu.cn

包裹体为古环境研究提供了线索，本次研究选取长江口的上新世地层中的样品进行流体包裹体系统分析，通过对穿石英颗粒裂纹中生长的次生包裹体进行冰点温度测试及其古盐度换算。冰点分析认为：冰点温度 Tm 均>-21.2°C，表明捕获的流体主要为低盐度简单 NaCl+H_2O 盐水体系。盐度换算获得的盐度介于 0~18 wt%，多数介于 0~3 wt %之间。依据盐度变化，将流体划分为两幕：<3 wt%为主的淡水体系和 4~18.1 wt%为主的中低盐度卤水体系，其中卤水体系代表了有海水的入侵；通过进步一步分析可知，卤水体系发生在晚更新世的早期和晚期，指示在晚更新世的早期和晚期发生过海侵。这和前人在该地区的晚更新世早期和晚期的地层中发现的海相有孔虫化石和海相介形虫的相关研究记录匹配。同时也对应了第四系 6 次海侵中的第 II 和第III次海侵，以及氧同位素曲线上的 3-4 期的海平面变化。

S12-P-07

全新世以来海平面升降对琼州海峡形成演化的影响

陈亮[1]*，张玉芬[2]，李团结[1]，杨文丰[1]

1 国家海洋局南海调查技术中心，广州 510300

2 中国地质大学（武汉），武汉 430074

* randal34@163.com

位于大陆南段的琼州海峡是我国最重要的黄金水道之一，随着社会经济的发展，该区域海洋活动越来越频繁，在未来的区域经济建设及海洋环境保护活动中，琼州海峡将扮演愈加重要的角色。由于琼州海峡为冲刷性海槽，因此探明其形成所经历的沉积过程及各发育阶段，确定海峡目前所处的状态，并评估其未来的发展趋势，对今后海峡内的各种工程建设及海洋环境保护具有十分重要的意义，当前比较统一的认识是，琼州海峡开通于距今 8ka 多年前。为了更好的了解琼州海峡的形成及现代沉积过程，在其东西口共选取 5 个柱状站位进行沉积环境演化分析，所有柱状样均采用重力采样器获取，岩心长度多在 1-2 米之间。测试分析内容主要有粒度、磁化率、年代学等，其中粒度和磁化率采样间距为 5cm。柱状样测试结果揭示在距今 8ka 以前，远离海峡口沉积物中砂的含量在波动中减少，说明随着海平面的上升，逐渐向深水环境过渡，水动力逐渐减弱。而距离海峡口较近的站位在距今（8～5）ka 之间砂的含量在逐渐增多，粉砂的含量在逐渐减少，这一时期为南海高海平面时期，说明这一时期粒径的粗化并不是海退引起，而是有新的物质输入，推断琼州海峡在距今 8ka 以前，由于海平面的上升，海水漫过琼州海峡低地，在潮流的作用下海水开始做往复流动，松散的物质被带至东西两侧沉积，随着海平面的上升及海槽的下切，潮流作用越加强烈，更粗粒的物质被搬运出海峡。约在距今 5ka 年至 4.6ka 年期间，粗粒物质明显减少，显示沉积环境发生重大改变，海平面逐渐下降，流经海峡内的海水大幅缩减，潮流作用减弱，影响范围也大幅收缩，周边海流对潮流的抑制及改造作用也大幅增强，使得之前能接受粗粒沉积物的区域只能接受更细粒的物质。自距今 4ka 年之前到现代，琼州海峡及周边海域未发生重大沉积事件，海峡趋于稳定状态，沉积物在潮流改造下逐渐变细，分选性也逐渐变好。因此，琼州海峡的形成也是该区域海平面升降史的反应，全新世以来该海区海平面的升降促进了琼州海峡的生成及发展演化。

S12-P-08

树轮记录的 1850 年以来哈萨克斯坦南部气候变化

张瑞波[1,2]*,袁玉江[1]，尚华明[1]，喻树龙[1]，勾晓华[2]，秦莉[3]，Bulkajyr T. Mambetov[3]

1 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所/中国气象局树木年轮理化研究重点实验室，乌鲁木齐

2 兰州大学西部环境教育部重点实验室，兰州

3 哈萨克斯坦农业部林业研究所阿拉木图分所，阿拉木图

* river0511@163.com

全球变暖成为不争的事实，但区域气候变化仍存在着很大的不确定性。中亚是典型的内陆干旱区，位于我国西风带天气系统上游，生态环境脆弱，气候变化敏感；水资源承载了中亚的古代文明、社会经济发展和人民的生产生活，也决定着丝绸之路的兴衰和环境的变迁，而以冰雪融水和大气降水补给为主的中亚水资源直接受气候变化的制约。因此，理解中亚过去和现在气候变化规律对新疆和中亚的水资源管理、社会经济发展以及生态环境保护至关重要。本研究基于在哈萨克斯坦阿拉木图附近采集的树轮样本，分别建立了树轮宽度年表和稳定碳同位素序列。气候响应分析表明，树轮宽度对上年 6 月到当年 5 月的降水响应较好，而树轮稳定碳同位素去趋势序列与夏季平均气温显著正相关。基于此，分别利用树轮宽度重建了哈萨克斯坦南部 246 年的降水变化，利用树轮稳定碳同位素序列重建了该地区过去 166 年的温度变化。结果表明，过去 166 年哈萨克斯坦南部夏季平均气温 0.027℃/10a，而过去 30 年以 0.44℃/10a 的速度增加，降水以 -0.06mm/a 的速度微弱减少。温湿组合表明，哈萨克斯坦南部过去166年的水热组合以暖干和冷湿为主,而过去 30 年经历了显著的暖湿化过程。过去 166 年夏季气温变化受火山活动和大尺度环流驱动。1879、1917 和 1945 的极端干旱是由温度偏高和降水偏少共同导致的。本研究为咸海萎缩及哈萨克斯坦南部生态危机和城市变迁提供了自然气候背景。

S12-P-09S

晚中新世以来赤道东西太平洋碳酸盐沉积模式及生产力差异的探讨

冯华*，田军

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* tianjun@tongji.edu.cn

太平洋不仅是全球热量运输和循环的主要组成部分，而且还是提供生产力的主要地区，尤其是赤道太平洋，是初级生产力最高的地区之一。数百万年以来，赤道环境及气候条件发生了显着改变。但是由于缺乏沉积物化学成分等良好数据，赤道太平洋生产力的研究受到阻碍。近些年来东赤道太平洋长时间尺度古生产力研究数据陆续发表，但是西太平洋几乎没有相应的连续的晚中新世以来的古生产力数据。为了研究赤道太平洋生产力的整体情况，需要在赤道西太平洋进行相关研究。我们选择在赤道西太平洋沉积速率较高的 807 站位进行古生产力研究，已经取得了 807 站位 10Ma 以来的元素数据。通过生物成因组分，$CaCO_3$，生物成因 SiO_2，有机碳和生物成因 Ba 综合来衡量生产力。结果显示，晚中新世以来赤道西太平洋与赤道东太平洋的生产力情况存在显著差异，赤道西太平洋生物勃发开始早于赤道东太平洋，结束晚于赤道东太平洋，赤道东太平洋 $CaCO_3$ 含量波动更大，这归因于大洋环流对赤道东西太平洋物质输送的不同影响以及赤道东西太平洋对气候驱动的差异响应。

S12-P-10S

长牡蛎壳微量元素的 LA-ICP-MS 微区高分辨率分析

宋佳泽[1,2]，黄湘通[1,2]，杨守业[1,2]*

1 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

长牡蛎（*Crassostrea gigas*）生长于水深5-40m的浅水区，广泛分布于中国东南沿海，其壳体几乎全由低镁方解石组成，在左右壳绞合的韧带部位具有明显的周期性生长层，其切面上的一个年生长层包括：两个白色白垩质方解石软质层和其间的一个灰色叶面方解石硬质层，受控于环境温度和食物来源状况，是研究过去气候环境变化，特别是河口浅海环境演化和海陆相互作用的理想材料。以往通过磷酸法提取 CO_2 分析牡蛎壳的地球化学信息，在揭示生物活动和环境重建方面取得重要发展。随着微区分析技术的不断成熟，原位及高分辨分析越来越受到重视。

本研究选取单个长牡蛎为研究对象，采用激光剥蚀电感耦合等离子体质谱（LA-ICP-MS）对其微量元素进行测试，以NIST610 玻璃作外标，^{43}Ca 为内标元素，尝试建立适用于现代长牡蛎壳的原位高分辨的元素比值分析方法，揭示牡蛎壳体不同生长层之间存在的元素含量变化，揭示其蕴含的潜在环境信息。

测试结果表明，牡蛎壳的 LA-ICP-MS 测试采用 40 μm 的激光束斑、6 Hz 的激剥蚀频率、2.5 J/cm^2 的能流密度、15μm/s 的线扫描速度，以各白垩质方解石层末端为节点、以连续短线为测线，可以获得合适的空间分辨率。信号强度数据显示：牡蛎壳中的 Na、Mg、Al、K、Ca、Sr 可准确定量，B、P、Mn、Cu、Zn、Ba、Pb 可定性分析，V、Cr、Rb、Cs、Hg 未被检出。

壳体微量元素钙比值结果表明：在成年牡蛎的韧带槽剖面，不同生长层内的微量元素钙比值数据差异较大，Na/Ca 均值为 13.66±4.67，值域为 26.51；Mg/Ca 均值为 8.27±4.00，值域为 37.18；Sr/Ca 均值为 0.76±0.12，值域为 0.8549（单位均为 mmol/mol）。

壳体 Mg/Ca、Sr/Ca、Na/Ca 比值呈现明显季节性变化规律，与其生长层有较好的对应。Na/Ca 曲线的峰值出现在白垩质方解石同期叶面方解石层，谷值基本落在其间的纯叶面方解石层，而 Mg/Ca、Sr/Ca 曲线明显与前者其呈反相位变化。牡蛎壳生长模式的研究表明：白垩质方解石层形成于食物来源丰富的快速生长期，而纯叶面方解石层的结晶相对较好、形成速度慢，常形成于秋末至春初。因此推测环境水体温度或为牡蛎壳生长层 Mg/Ca、Sr/Ca 变化的主要控因。

S12-P-11

首个南西伯利亚阿尔泰地区高分辨率全新世石笋古气候记录

陈又瑄[1]，殷建军[2]，Tatiana Blyakharchuk[3]，李红春[1]*，米泓生[4]，彭宗仁[5]，沈川洲[1]

1 台湾大学地质科学系，台北 106

2 中国地质科学院岩溶地质研究所，桂林 541004

3 Institute for monitoring of climatic and ecological systems, Siberian branch of Russian academy of sciences (IMCES SB RAS), Tomsk, Russia

4 台湾师范大学地球科学系，台北 106

5 中兴大学土壤环境科学系，台中 402

* hcli1960@ntu.edu.tw

本研究为第一个西伯利亚地区高解析全新世石笋稳定同位素记录，样本(HOP-1，22 公分)采自南西伯利亚阿尔泰山区 Nadezhda Cave (52º 38.872'N, 88º 39.194'E, 550m a.s.l.)。石笋碳酸钙的铀含量极低（<0.1ppm），故铀系定年结果无法使用。石笋 33 个 AMS 14C 年龄结果呈良好年代序列，以此定年数据利用 Bacon 以及 Arand 软件建立年代模型。后者与分段线性沉积年代模式相符，更能反映石笋生长速率变化。石笋整体沉积速率约 20yr/mm，在深度约 50mm、90mm 及顶、底处沉积速率降至约 100yr/mm，且在深度约 50mm 及 90mm 处可对应到深色层及生长轴的改变。该石笋记录了约 6100 至约 400 年前南西伯利亚的气候变化。HOP-1 以 0.1-0.2mm 的间距采样，共获得 1007 组稳定同位素样品。石笋氧同位素值在-10.70‰到-14.84‰间震荡，平均值约-13.36‰（PDB），与当地夏季大气降水的氧同位素(-15.5‰ SMOW)接近平衡。HOP-1 的 $\delta^{18}O$ 曲线没有呈现中全新世至

晚全新世氧同位素偏重的趋势，整体上氧同位素都在-13‰附近震荡，与东亚季风区石笋记录存在明显不同。 18O 明显偏重的时期恰对应于石笋中的深色层。本记录碳同位素整体介于-3.28‰到-9.58‰之间，平均约-6.03‰（PDB），震幅是氧同位素的两倍，反映 13C 值对气候变化灵敏，可能与洞顶包气带和表土层较薄，植被变化对气候响应灵敏有关。在距今 1000 年前， 18O 和 13C 呈同向变化，反映气候对植被的影响。碳、氧同位素可以同时观察到 4700 年以前明显较重，且沉积速率较低，可能与石笋生长初期较缓慢且较多反映围岩讯号有关，此段数据不宜重建气候。HOP-1 的 18O 和 13C 曲线的谱分析表明，该区的气候存在十年和百年的震荡周期。在距今3700年前、3400 年前、2700~2400 年前、1800~1650 年前，以及距今 1350 年前出现强烈的干旱气候。中世纪暖期的 18O 和 13C 并非明显偏轻。石笋在 400 年前停止生长，可能与寒冷的小冰期长期冻住包气带有关。

S12-P-12

南海北部 2 千年来的海表温度变化及与太阳辐射的关系

孔德明[1, 2]*，韦刚健[3]，陈明德[4]*，彭诗云[1]，柳中晖[2]

1 广东海洋大学，湛江 524088

2 香港大学地球科学系，香港

3 中科院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640

4 台湾海洋大学应用地球科学研究所，基隆 20224

* konghku@163.com

High-resolution surface temperature records over the last two millennia are crucial to understanding the forcing and response mechanism of Earth’s climate. Here we report a bidecadal-resolution sea surface temperature (SST) record based on long-chain alkenones in a gravity sediment core retrieved from the northern South China Sea. SST values varied between 26.7 and 27.5 ℃, with a total variability ~1 ℃ over the last 2000 years. The general SST variation pattern matches well with total solar irradiance (TSI) changes. Relatively warm period between 800 and 1400 AD and cool period 1400-1850 AD could be identified, in agreement with the commonly defined periods of Medieval Warm Period and Little Ice Age. Within chronological uncertainty, notable short cooling events at 640-670 AD, 1030-1080 AD, 1260-1280 AD and 1420-1450 AD, coincide with large volcanic eruption events. The general coincidence of SST changes with TSI and volcanic eruption events suggests strong impact of external forcing on sea surface conditions in the studied area. In addition to the direct TSI changes, volcanic eruptions might have induced oceanic and atmospheric circulation adjustments which might be responsible for the short cooling events as revealed in the alkenone-SST record.

S12-P-13

气候变化背景下秋季连阴雨对四川盆地区农业生产影响的风险评估

张菡[1,2]，赵艺[1,2]，郭翔*[1,2]

1.中国气象局成都高原气象研究所/高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室，成都 610072

2.四川省农业气象中心，成都 610072

* gxcbb@vip.qq.com

秋季连阴雨是我国华西地区特殊的天气气候现象，以入秋后的绵绵阴雨为主要特征。四川省盆地区是全国重要的粮油生产基地，秋季连阴雨高发时段恰逢盆地以水稻、大豆和甘薯为主的秋收作物成熟收获和以小麦、油菜为主的夏收作物播种出苗的关键季节，连阴雨及其伴随的低温寡照、田间高湿乃至渍涝环境既阻碍秋收作物的干物质

积累和成熟收晒，又直接影响夏收作物的播栽进度与质量。为探索气候变化背景下秋季连阴雨对四川省盆地区农业生产的影响，利用盆地区 102 个气象台站 1961—2014 年逐日降水、日照时数、水文地形、作物种植面积等资料，从气象灾害要素、区域环境条件以及承灾体特征角度出发，选取对连阴雨风险有直接影响的评估因子，构建包括致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性和减灾能力4要素的秋季连阴雨风险评估模型，进而获得能综合体现风险程度的评估指数，以此为分区指标将四川省盆地农区划分为 5 个风险区域。并对四川省盆地区连阴雨风险分布的地域差异进行定量和客观的分析。结果表明：1.四川省盆地区秋季连阴雨风险最高的区域位于盆地西南部的平坝和坡台地区、盆地南部的浅丘地区、盆地东北部的丘陵地区，以及嘉陵江和渠江的沿江地区，这些区域需要加强秋季连阴雨天气及其影响的预测和防御；2.盆周山区因地势起伏较大，耕地面积较少，连阴雨危害不重，属于低风险区；3.盆地其余农区大部介于较低风险与较高风险之间；4.本文引入盆地区域水系分布、坡度地形和农业生产进程等多项因子集成评价，获得的风险评估指数和分区结果能够较为全面、真实地体现四川省盆地区域连阴雨风险水平的区域差异，但受限于原始数据精度等因素，准确性还有进一步提升的空间。

S12-P-14

Sediment records of environmental changes in the south end of the Zhejiang-Fujian coastal mud area during the past 100 years*

WANG Linmiao (王琳淼) [1], LI Guangxue (李广雪) [2, 3, *], GAO Fei (高飞) [2], LIU Ling (刘玲) [2], LIU Yong (刘勇) [2, 3], DADA Olusegun A. [2, 4]

1 The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration ,Qingdao 266100 , China

2 College of Marine Geoscience , Ocean University of China , Qingdao 266100 , China

3 Key Laboratory of Submarine and Prospecting Techniques , Ocean University of China , Qingdao 266100 , China

4 Department of Marine Science and Technology , Federal University of Technology , Akure 340252 , Nigeria

* estuary@ouc.edu.cn

Previous studies carried out in the East China Sea (ECS) mud area focused on long-term environmental changes in sedimentary records during the Holocene, especially during the mid-Holocene high-stand water levels period. These results indicate that sensitive grain size groups can be used as a sedimentary proxy to reconstruct the evolution of the East Asian Winter Monsoon (EAWM). The studies have been carried out mainly in the northern and middle portions of the Zhejiang-Fujian coastal mud, however, similar research in the southern portion and the comparison between sedimentary proxy and modern measured data of EAWM are lacking. In this paper, we focused on a sedimentary record of the past 100 years with an enhanced resolution of 1.8 years. Investigations of the southern end of the Zhejiang-Fujian coastal mud area were conducted on the basis of 210 Pb chronology, grain-size analysis and chemical element analysis. The correspondence between the mean grain size (Mz) of sediment sensitive grain size and the measured EAWM was confi rmed for the fi rst time. We found that during the recent 100 years, the variation of the mean grain size of the sensitive population in the southern portion of the Zhejiang-Fujian mud was mainly controlled by the EAWM intensity changes; and not directly related to changes in the sediment discharge from Datong station of

the Changjiang River (DTSD). Finally, recent changes in the content of heavy metals in study area refl ect the impact of human activities on the environment.

S12-P-15

中世纪暖期和小冰期中亚干旱区与中国北部季风区降水反位相特征模拟研究

彭友兵[1]*，程海[2]，沈才明[3]，徐影[4]

1 西安交通大学，西安 710049

2 西安交通大学，西安 710049

3 云南师范大学，昆明 650500

4 中国气象局，北京 100081

* youbingpeng@mail.xjtu.edu.cn

重建资料反映出中世纪暖期和小冰期中亚干旱区与中国北部季风区干湿变化呈反位相变化特征。利用过去千年模拟试验结果，我们探讨了 CCSM2.0 模式模拟重建资料所反映的这一特征的能力，并分析了相关的动力学机制。研究结果发现模式可以再现中世纪暖期和小冰期两个地区降水变化反位相特征，即相较于小冰期气候中世纪暖期中国北部季风区夏季降水偏多而中亚干旱区夏季降水偏少的模态。相关分析显示过去千年百年尺度上 ENSO 变化可以解释两个典型时期中亚干旱区和中国北部季风区夏季降水变化。但由于模式模拟的 ENSO 百年尺度变化主要受有效太阳辐射变化（太阳活动和火山活动）影响且百年尺度上 ENSO 与两个地区降水变化的相关关系不同于年代际和年际相关关系，因此我们认为主要是有效太阳辐射变化导致了中世纪暖期和小冰期中亚干旱区与中国北部季风区夏季降水变化的反位相特征。有效太阳辐射通过影响海陆热力差异和北大西洋涛动（NAO），进而引起夏季风和副热带西风急流的调整来影响这两个地区的降水变化。中世纪暖期相较于小冰期高的有效太阳辐射增加了海陆热力差异，导致夏季风增强，中国北部季风区夏季降水相应增加。对于中亚干旱区而言，中世纪暖期较高的有效太阳辐射导致此时期 NAO 为正位相，引起副热带西风急流的北移，从而使得中亚干旱区降水减少。

S12-P-16S

南海黄岩岛砗磲地球化学特征在重建气候应用的初探

孙晓明[1]*，胡玥[1]

1 中山大学海洋科学学院，广州 510275

* eessxm@mail.sysu.edu.cn

砗磲在近几十年的研究里逐步体现其高分辨率气候研究载体的潜力，目前我国对砗磲的研究的海域主要是西沙，而中沙黄岩岛的研究比较少。本文对南海黄岩岛现代砗磲的 C、O 同位素以及微量元素（Mg/Ca、Sr/Ca、Ba/Ca）进行测试，并结合气候环境器测数据的对比分析，探究黄岩岛砗磲地球化学特征与环境之间可能存在的关系。稳定同位素方面：O 同位素测试发现其具有一定重复性，低 $\delta^{18}O$ 对应高 SST。C 同位素与 O 同位素之间并没有很明显的相关性。微量元素通过 LA-ICP-MS 线扫的方法获得数据：Mg/Ca 在某个阶段会有上升趋势，这个阶段可能意味着砗磲成熟期的开始，在这个阶段之后，Mg/Ca 振幅变大，且与 $\delta^{18}O$ 有一致的趋势。Sr/Ca 并没有像 Mg/Ca 一样在成熟期后有上升趋势，趋势比较平稳，但在成熟期后和 Mg/Ca 一样振幅变大，Mg/Ca、Sr/Ca 在幼年期相关性并不是很明显，但成熟期后呈明显的反相关关系。Ba/Ca 与叶绿素 a 有正相关性，可能指示初级生产力。通过对黄岩岛现代砗磲的地球化学特征的研究，为今后探究黄岩岛砗磲化石地球化学特征在古环境的重建上的可行性，并可以提供不同海域现代砗磲数据的对比分析。

S12-P-17S

湖相沉积古 DNA 技术在植被重建中的应用

马瑞丰，张威*

辽宁师范大学城市与环境学院，大连 116029
* 874061015@qq.com

近些年基金测序技术的大量应用为我们对古化石样品中的植物 DNA 分析提供了技术支撑，推动古植被的重建发展到了分子方面。国内外相关研究表明，来源于湖泊沉积中的古植物 DNA（(ancient plant DNA,plant aDNA）可作为一个古植被重建的强有力工具，且湖泊全球分布于各种环境中，使得此技术可广泛开展应用。本文简要回顾国内外湖泊沉积中古植物 DNA 研究中的途径与方法，讨论当下的研究进展。总体而言，古植物 DNA 分析在植物群落分析上是一个新的补充方法，它可以提供更高的分辨率以及更精确的丰度估算，然而研究过程中问题与挑战也同样存在。最后，提出了湖泊古植物 DNA 的未来的研究方向。

S12-P-18

高空西风急流对其出口区南北侧沙尘空间分布、沉降、传输的不同影响

周海波*，李新周

中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061
* 15208289242@163.com

东亚-太平洋区域的沙尘与东亚大陆对流层高层 200hPa 关键区(kwj)纬向西风的强度密切相关，同时关键区又与青藏高原热源，急流中心区(cwj)之间存在联系。但对于关键区和中心区对太平洋区域沙尘循环的不同影响研究较少。本文采用地球系统模式(CESM)，对比分析了 55 年春季(MAM)高空急流对其出口区南北侧沙尘空间分布、沉降、传输的不同影响。结果表明：

出口区南侧沙尘柱含量大于北侧。南北侧沙尘垂直分布与垂直速度密切相关，北侧相关系数为 0.54；南侧为-0.86。北侧上升区沙尘大值位于 700hPa、400hPa，南侧下沉区大值位于 700hPa，而同为下沉区的入口区北侧沙尘大值则位于地表。区域平均而言，受洋面影响，出口区南北侧沉降均以湿沉降为主，分别为 59%、63%。但相比而言，北侧上升区湿沉降偏多，南侧下沉区干沉降偏多。对小粒子而言，湍流干沉降和对流湿沉降分别占干、湿沉降的 95%、93%；对大粒子而言，南北侧干沉降均以重力干沉降为主，分别占干沉降的 73%、84%；北侧以大尺度湿沉降为主(62%)，南侧以对流湿沉降为主(60%)。相比于出口南侧下沉区，入口北侧下沉区则以干沉降为主(73%)。

出口区沙尘柱含量与中国北边界至蒙古国一带的关键区(45-55°N，80-100°E)对流层高层 200hPa 纬向西风密切相关(r=0.4)。同时，急流中心区(30-40°N，130-165°E)对出口区南北侧沙尘传输也有显著影响，北侧相关系数最大为-0.65，南侧最大为 0.35。为了突出各自的影响，做两区强弱组合与两区强弱年的差值与两区强弱年的比值，发现当关键区强(弱)年，中心区弱、强年，出口区南北侧沙尘柱含量增(减)幅分别为 20%(40%)、60%(25%)；当中心区弱(强)年，关键区强、弱年，出口区南北侧沙尘柱含量增(减)幅分别为 20%(15%)、60%(35%)。可见关键区、中心区对出口区南北侧沙尘都有显著影响，且北侧受影响程度偏大，但两区在出口区南北侧正负影响是相反的。

S12-P-19S

东北哈尼泥炭记录的过去 13.8 cal ka BP 的古气候变化

石歌[1,2,3]，晏宏[1,2]*，张文超[1]，费皓柏[1]，曹拴拴[1]

1 中国科学院地球环境研究所，黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061
2 青岛海洋科学与技术国家实验室，青岛 266021
3 中国科学院大学，北京 100049
* yanhong@ieecas.cn

泥炭地是主要的湿地组成部分（蔡诚等，2014），在全球碳循环和气候变化中扮演着重要角色（Gorham，1991）。泥炭沉积中可能包含着许多潜在的古气候代用指标记录，如有机质含量、元素地球化学指标记录等，对研究古气候变化具有十分重要的意义。近年来，密集的景观利用已经导致中国大部分的沼泽被破坏，吉林哈尼的泥炭沼泽是少数几个保持着原始状态的沼泽之一，是进行古气候研究的理想地点（C Schrodet et al., 2007）。

我们在哈尼采集了两个泥炭钻孔。对两个钻孔进行 XRF 扫描和烧失量（LOI）测试，得到其有机质和 Rb/Sr 变化情况，以明确过去 13.8 cal ka BP 的气候变化和与之相关的东亚夏季风演化趋势。结果显示，有机质含量和 Rb/Sr 比值负相关，且 13.8-11.9 cal ka BP，哈尼泥炭的有机质含量总体较低，呈下降趋势；而 Rb/Sr 比值相对较高，呈上升趋势，中间伴随一定的波动。说明这段时间的气候总体较冷，但有短期波动。这段时间包含了新仙女木（YD）冷事件（约 12.8-11.9 cal ka BP），YD 结束后进入全新世。早到中全新世（11.9-6.3 cal ka BP），泥炭有机质含量迅速升高，虽然 7.9-6.3 cal ka BP 有机质含量有所下降，但总体还在平均值以上，且是整个全新世有机质含量最高的时期；Rb/Sr 比逐渐降低，约 6.7 cal ka BP 达到最低。说明进入全新世气候逐渐变暖，东亚夏季风逐渐增强，到中全新世达到最强。中到晚全新世（6.3 cal ka BP 至今），有机质含量逐渐降低，Rb/Sr 比逐渐升高，反映气候逐渐变冷，东亚夏季风强度有所下降。全新世期间存在一系列千年尺度的快速气候变化事件，在哈尼地区体现的比较明显的是 8.2ka 和 5.5ka 事件。

泥炭的有机质记录能直接反映植被的发育情况，进而能反映与之相关的温度和降雨量信息。用哈尼的 LOI 记录和我国北方公海的有机质记录、中部大九湖以及南方湖光岩的 TOC 记录进行对比，发现趋势基本一致。

S12-P-20S

全新世以来安达曼海有孔虫群落对古环境的响应

张玲芝[1,2]，向荣[1]*，黄云[1,3]，杨艺萍[1]

1.中国科学院南海海洋研究所，中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2.中国科学院大学，北京 100039

3.中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* rxiang@scsio.ac.cn

浮游有孔虫群落对海洋环境变化有很好的响应。通过对安达曼海重力柱 ADM-C1 的浮游有孔虫进行群落分析，探讨了全新世热带海区有孔虫群落对海洋环境变化的响应。浮游有孔虫群落总体以 *Globigerinoides ruber* 、*Globigerinoides sacculifer*、*Neogloboquadrina dutertrei*、*Pulleniatina obliquiloculata* 为主。其中 *G. ruber* 相对丰度从早全新世以来逐渐降低，与 *G. sacculifer* 呈反向变化趋势。*N. dutertrei* 相对丰度从 11-7.9 ka BP 较高，到 7.9-3.8 ka BP 偏低，再到 3.8ka BP 以来逐渐升高，而 *P. obliquiloculata* 的变化趋势则与 *N. dutertrei* 相反。浮游有孔虫群落 Q 型因子分析显示有孔虫群落在全新世呈现 3 个明显的阶段变化：11-7.9 ka BP 期间，以浮游有孔虫 *G. ruber*、*N. dutertrei* 与 *Globigerina bulloides* 组合为特征，可能代表了较高生产力且表层海水盐度高，表层海水温度偏低；7.9-3.8 ka BP 期间，以 *G. ruber*、*P. obliquiloculata* 和 *Globigerinella aequilateralis* 为特征组合，可能受高表层海水温度以及低海表盐度影响；3.8-0 ka BP 期间，以 *G. sacculifer* 和 *N. dutertrei* 为主要特征属种，可能表示高温高盐，高生产力的环境特征。具体此三个阶段有孔虫群落如何反应全新世环境变化，有待于进一步研究揭示。安达曼海浮游有孔虫群落所呈现的全新世沉积环境的阶段性和陆地夏季风有很好的一致性，也与该孔敏感粒级组分所反应的季风变化具有很好的一致性，表明了热带海区的有孔虫群落组合可以响应全新世古环境变化。

S12-P-21S

赣中玉华山泥炭地沉积来源的粒度端元法分析与2000aBP以来气候环境重建

尚广春[1]，李亮[1]，马春梅[1,2]*，弋双文[1]，赵琳[1] 崔安宁[1]

1 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023

2 江苏省气候变化协同创新中心，南京 210023

* chunmeima@nju.edu.cn

基于江西玉华山泥炭钻孔 YSH-2 的粒度数据，以 AMS^{14}C 建立近 2000a 的年代框架，通过粒度参数、粒级-标准偏差和端元分析法探寻对气候变化响应的粒级组分和古气候重建的意义。分析显示玉华山泥炭地积物粒度组成以粉砂（4-64 μm）为主，粘土（<4 μm）次之，砂（>64 μm）含量最少，粒级-标准偏差得出的四个敏感组分和端元分析法得出的四个端元有着较好对应关系，其中端元组分 EM4（对应敏感组分为10.473-16.535μm）和 EM2（23.29-115.18μm）整体形态相似，其含量变化与东亚夏季风强弱有关，而较粗的 EM2 代表季风短距离搬运，可视为区域气候指标；EM1（360.777-569.617μm）粒径较大，推测为近距离河流水动力搬运组分；端元 EM3（129.111-162.232μm）为双峰形态，推测为偶尔坡积过程或是对极端洪涝有一定的指示意义；通过对比东亚夏季风模拟、树轮重建的气候、降水率等指标，可以看出 EM4 与 EM2 有着较好的环境指示意义。研究结果表明，在 200-300A.D 时期，东亚季风变强，此地持续转湿；到了大约 400-650A.D，波动较为频繁，干湿变化频繁，总体趋势变干；650-800A.D 时期，东亚季风变弱，雨水变少，持续变干；850-1100 A.D. 时期，小波动比较多，气候相对不稳定，由干旱转为湿润，1100-1450 A.D.时期，东亚夏季风持续强盛，带来了大量粉尘输入，同时也带来了充沛雨水，水动力比较强；1450-1900A.D 时期东亚季风变弱，气候再次变干。

S12-P-22

我国北方季风边缘区树轮稳定碳氧同位素的气候意义

康淑媛[1]*，杨保[2]

1 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，兰州 730000

2 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，兰州 730000

* kangshuyuan1982@163.com

我国北方季风边缘区地处干旱半干旱过渡区，降水的变化主要受到亚洲夏季风和西风环流的影响。研究区降水量的变化与农业和社会经济的发展密切相关。利用树轮代用指标准确研究这一区域过去气候变化信息，对于理解区域干旱变化的机制和指导农业生产等有重要的意义。本研究利用先进的树轮稳定同位素代用指标提取技术，即可以从一个样品中同时提取稳定碳氧（δ^{13}C 和 δ^{18}O）两个同位素，在结合本区域的树轮宽度数据，深入的比较了各个树轮指标的优越性，研究结果为我们选取更优的树轮指标来研究区域气候变化提供了依据。通过对比我国北方季风边缘区 1884-2015 年，年分辨率的树轮 δ^{13}C 和 δ^{18}O 的气候信号，发现两者可以反映一致的区域干湿变化的气候信号，而 δ^{13}C 反映的气候信号相对较强。近 130 年来，基于树轮 δ^{13}C 序列重建的研究区干旱变化历史、极端干旱事件以及干湿变化趋势与树轮宽度重建的研究区干旱变化几乎完全一致。表明，在我国北方季风边缘区树轮稳定碳同位素指标是反映干湿变化的好指标。

S13-O-01

中国珊瑚礁现状和生态保护评述

张乔民*，赵美霞，杨红强

中国科学院南海海洋研究所，中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

* qmzhang@scsio.ac.cn

中国是世界重要珊瑚礁国家之一。中国珊瑚礁分布在海南岛，台湾岛和雷州半岛西南角等沿岸岸礁区，以及南海诸岛的 128 个环礁为主要类型的环礁区。主要因为较高纬度冬季低温和大陆径流的影响，华南大陆沿岸从闽南东山湾（23°45′N）以南，沿海岛屿从钓鱼岛（25°45′N）以南，断续分布潮下浅水区造礁石珊瑚群落，通常尚未发育形成真正的珊瑚礁，仅在澎湖列岛、广西涠州岛等地局部发育有珊瑚岸礁礁坪。按照地貌类型范围统计中国珊瑚礁总面积约3万km2，占全球珊瑚礁总面积的约 5%。按浅水区近表层礁统计总面积约 0.73 万 km2，占同样方法统计的全球珊瑚礁总面积的2.57%，位列印度尼西亚，澳大利亚，菲律宾，等之后的第八名。南海礁区造礁石珊瑚物种达到 421 种，其高物种多样性可以与珊瑚三角区相比拟并显示其高保护价值。近几十年中国珊瑚礁普遍和显著退化，三亚鹿回头，西沙，东沙，尤其明显。退化原因除了东沙受海洋升温影响明显，其余以各种人类活动影响为主。随着 2015-2017 第三次全球性珊瑚严重白化事件的发生，节能减排抑制和扭转全球变暖又一次提升到挽救珊瑚礁的第一要务。最近我国国家层面对生态环境保护空前重视，从习主席十九大报告到国家海洋局，中国科学院，科技部的一系列举措和项目，以及前所未有的对珊瑚礁的全民关注，使得整个珊瑚礁的研究和生态保护进入发展的春天。建议国家层面对珊瑚礁保护管理战略和规划提出新举措，加强中国珊瑚礁监测和全面调查，加强保护区科学管理和建立远海大型珊瑚礁保护区，加强科学研究和人才培养。

S13-O-02

南海北部冷泉渗漏区冷水珊瑚的发现及其成因模式

许安涛[1,2]，陈忠[1]*，田雨杭[1,2]，罗云[1,2]

1 中国科学院南海海洋研究所中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 100049

* chzhsouth@scsio.ac.cn

冷水珊瑚（cold-water corals）亦称为深水珊瑚（deep-water corals），作为深海生态系统的重要组成部分，由于其在生物多样性、生态资源和科研价值等方面的重要性而引起了广泛关注。冷水珊瑚骨骼直接在深水环境的周围水体中沉淀出来，因此其记录着众多环境变化信息，是研究深海环境演变与气候变化响应的良好材料。近年来，冷水珊瑚成因及其环境意义成为全球深海科学研究中的热点与前沿领域。南海作为西太平洋最大的边缘海，具有发育冷水珊瑚的地质条件和水体环境，国内外学者对采集到少量的冷水珊瑚开展过研究，主要集中在种属鉴定和生态分析方面，对冷水珊瑚的成因和环境演变研究甚少。

论文对采自南海北部冷泉渗漏区四个站位的冷水珊瑚进行分类研究，鉴定出 4 个冷水珊瑚属：*Balanophyllia (Balanophyllia)*，*Balanophyllia (Eupsammia)*，*Lochmaeotrochus*，*Enallopsammia* 及 2 个冷水珊瑚种：*Crispatotrochus sp.*1 和 *Crispatotrochus sp.*2。并对 4 个属及 2 个种的冷水珊瑚骨骼进行同位素测定，$\delta^{13}C$ 分布范围为-7.36‰ ~ -1.15‰，$\delta^{18}O$ 为-1.38‰ ~ 3.67‰，而 Sr 同位素变化范围为：0.709126 到 0.709184。碳氧同位素与大西洋等冷水珊瑚同位素值分布基本一致，而锶同位素与现今海水锶同位素值十分接近。

稳定碳、氧同位素与锶同位素结果表明，虽然冷水珊瑚定殖于冷泉渗漏区，但其碳、氧同位素与锶同位素组成并不受海底冷泉流体影响，反映的是南海北部深水溶解无机碳的碳同位素和锶同位素组成特征，说明冷水珊瑚的发育与深水洋流存在内在联系。综合考虑冷水珊瑚及其附着的自生碳酸盐岩与流经研究区的深水洋流，参考北大西洋冷水珊瑚发育模式，我们提出南海北部冷水珊瑚的成因模式：1）早期形成并暴露于海底的自生碳酸盐岩为冷水珊瑚幼虫的定殖提供了坚硬基底；2）冷水珊瑚幼虫的迁移受

到南海北部深水洋流的控制；3）深水洋流为珊瑚幼虫生长所需的营养和溶解氧等创造了条件；4）随着营养物质与沉积物等供应的变化，冷水珊瑚可能演化成冷水珊瑚碳酸盐泥丘。

南海北部冷泉区冷水珊瑚的生长模式，与挪威海岸和加的斯湾等冷水珊瑚相似。我们进一步认为，南海北部可能发育大范围的冷水珊瑚或冷水珊瑚碳酸盐泥丘。因此，南海冷水珊瑚和碳酸盐泥丘值得开展深入调查研究。

S13-O-03

Age and characteristics of beach sediment from a tropical atoll, Yongle Atoll, South China Sea

Yali Li（李亚丽）[1, 2, 3]，Xinqing Zou（邹欣庆）[1, 2, 3]*，Chendong Ge（葛晨东）[2, 3]，Ming Tai（谭明）[4,] Meng Tang[2, 3]，Xiaotong Liu[2, 3]，Lisheng Wang[4]，Yang Liu[2,3]，and Xiaohui Wang[5]

1 Collaborative Innovation Center of South China Sea Studies, Nanjing University, Nanjing 210093, China（南京大学中国南海协同创新中心，南京 210023）

2 School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China（南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023）

3 Ministry of Education Key Laboratory for Coast and Island Development, Nanjing University, Nanjing 210093, China（南京大学教育部海岸与海岛重点实验室）

4 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing100029, China（中国科学院地质与地球物理研究所）

5 Department of Land and Resources of Hainan Province, Haikou 570100, China（海南省国土资源厅）

* zouxq@nju.edu.cn; liyali1211@163.com

Low-lying reef islands constructed from unconsolidated sediments are of growing interest due to concerns over the future stability of island landforms in response to climatic change and sea-level rise. Sediment characteristics, as a function of the constituents and physical processes, are fundamental to understand the links between sediment production and the supply to an island's beaches. In this study, the grain size, constituents and 230Th age of beach sediments from five islands at Yongle Atoll, South China Sea were analyzed. Coral grains are the dominant constituent of the surface sediments (62%~84%), followed by mollusks (8-17%), foraminifera (2-13%), Halimeda (0-6%) and bryozoans (0-2%). The mean grain sizes of the beach sediment were within the range 197–4216 μm and the coarsest sands are located near the passages in the atoll. Calibrated 230Th age dates for bulk sand samples have dated the beach sediment at 424–5953 yr BP. Dating of coral sand samples from the intertidal zones has provided ages of 686-5780 yr BP and the coral sands from a vertical section at Jinqing Island was dated at 1154-3824 yr BP. No modern coral sands were found in the beach sediments, indicating that sediment budgets of these coral dominated islands are out of phase with the contemporary reef ecology by several hundred to thousands of years. The similar age of one islands and the different age range of different islands in an atoll suggest that the surface sediment of each island provided by one-time sediment supply and different islands had different sediment supply rate. The temporal link between the coral dominated sediment production and the beach reservoir provides an important insight to understanding the depositional environment of atoll islands in northwest Pacific Ocean.

S13-O-04

南海珊瑚礁区珊瑚砂中微塑料赋存情况研究

张琳琳[1,2,3]，李锐龙[1,2,3]，王英辉[1,2,3]*，余克服[1,2,3]*

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* wyhgxu@126.com; kefuyu@scsio.ac.cn

珊瑚礁作为海洋环境的重要生态系统，具有独特的环境和生态功能。近年来，随着人类海洋活动的加剧，珊瑚礁生态系统的生物多样性面临越来越多的威胁。现有的研究显示[1]，持久性有毒污染物（Persistent toxicity pollutants, PTS）的大量输入是其面临的潜在的威胁之一。截止目前，有关珊瑚礁生态系统 PTS 的研究较少，且多集中于考察礁区传统 PTS 含量、分布情况（抗生素、全氟化合物、紫外吸收剂等），对于礁区生物毒性更强的新型 PTS，尚未见相关报道。

目前，微塑料是海洋环境中新型 PTS，具有粒径小、负载其它污染物的特点[2]，引起科研工作者的广泛关注。其大量输入到海洋环境，对海洋生物（包括珊瑚礁区生物）具有较强的毒害作用，进而具备了改变珊瑚礁区生物多样性的能力。有鉴于此，基于现已掌握微塑料的提取、定量及定性方法，课题组开展了南海珊瑚礁区（西沙群岛 10 个岛礁，南沙群岛 3 个岛礁）微塑料的赋存、分布情况研究。初步的研究结果显示，南海岛礁珊瑚沙中以聚丙烯微塑料（Polypropylene，PP）为主，均超过 95%，且西沙群岛珊瑚沙中微塑料含量显著高于南沙群岛（$p<0.05$），具体数据为：浪花礁礁坪（16° 05′ 05.15″ N，112° 35′ 36.58″ E）为 220 个/kg(PP);盘石屿礁坪（16° 04′ 15.96″ N，111° 47′ 15.37″ E）为 360 个/kg（97%为 PP，3%为 Pe）；三角礁礁坪（10° 11'23.57"N，115° 17'48.12"E）为 100 个/kg（PP）；仙娥礁礁坪（9° 23'0.00"N，115° 27'0.00"E）为 80 个/kg（PP）；信义礁礁坪（9° 19'41.32"N、115° 55'59.46"E）为 20 个/kg（PP），其它岛礁的实验正在进行中。

S13-O-05

生物成因碳酸盐团簇同位素：方法与特征

郭炀锐[1,2]*，邓文峰[1]，韦刚健[1]，罗立[1]

1 中国科学院广州地球化学，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100409

* guoyr@gig.ac.cn

团簇同位素指分子中丰度较低的重同位素之间相互键合而成的同位素体（或称团簇分子，clumped isotope）。团簇同位素地球化学重点研究团簇分子在自然界中分布、丰度及其在各种地质环境过程与各种物理化学参数之间的关系。碳酸盐体系的团簇同位素是该领域最重要研究程度最高的分支，其因能提供绝对地质温度信息而成为古温度计研究的重要前沿，同时还在如大气 CO_2 源汇通量、古高度重建、成岩流体演化历史和古生态环境解析等问题上有重要的应用。精确而可靠地获取碳酸盐团簇同位素组成是开展这一领域研究的前提，为此我们建立了高效的 CO_2 气体纯化离线系统，开发了常温、高温气体标样以及固体碳酸盐标样高温制备技术，建立了可靠的标准监控方法。通过这一系列创新性技术开发，我们标定了国际碳酸盐标样如 NBS19，Carrara Marble，ETH 系列标样，获得与国际上已发表的结果相当的高质量数据。生物成因碳酸盐如珊瑚骨骼、蜗牛壳体是研究气候环境演变的重要载体，理解其团簇同位素组成与环境要素之间的关系是开发团簇同位素作为温度代用指标的前提基础。为此，现有研究尝试建立珊瑚骨骼团簇同位素与海水温度以及蜗牛壳体团簇同位素与大气温度关系时，认识到这种关系与实验室控温条件下合成碳酸盐的温标曲线存在偏差，原因存在争议（动力学分馏/生物习性/实验室分析方法差异等）。为了进一步明确生物成因如珊瑚骨骼以及蜗牛壳体团簇同位素特征，我们分析了采集于西沙七连屿的造礁珊瑚以及分布华南华

中华北地带陆生蜗牛壳体，在参考器测资料的基础上，探讨了其团簇同位素特征与现在报道的温标曲线之间的差异以明确该同位素指标的潜在应用价值。

S13-O-06

Coral geochemical record of submarine groundwater discharge back to 1870 in the northern South China Sea

Wei Jiang，Kefu Yu*

Guangxi Key Laboratory on the Study of Coral Reefs in the South China Sea; Coral Reef Research Center of China; School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning 530004, PR China

* kefuyu@scsio.ac.cn

The importance of submarine groundwater discharge (SGD) is becoming increasingly recognized because of its potential significance as a source of dissolved species. To explore the probable coral geochemical signal of SGD and verify the validity of potential reliable proxies, multiple geochemical proxies over the last 137 years were identified from a Porites coral near a subterranean estuary in the northern South China Sea, where the SGD was reported to be the predominant flux of terrestrial waters to the coastal ocean. Results indicated that the SGD in the coastal zone was the dominant source of trace elements, especially REE and Ba, due to the various dissolution reactions occurring during groundwater flow in the karst terrain. The time- and frequency-domain comparison between the coral geochemical proxy and the local/regional precipitation indicated that coral REE/Ca ratios are predominantly impacted by the SGD associated with local precipitation, while coral Ba/Ca ratios are also affected by bioturbation and allochthonous seawater Ba from surrounding areas. The REE signal from coral allows us to reconstruct the coastal surface seawater REE concentrations and the SGD rates on the coast of Sanya during 1870-2006. In a novel approach to developing a proxy for historic SGD to coastal waters, this study provides evidence that the coral REE/Ca record from the karst coast with large SGD has potentials to be a promising paleohydrological indicator.

S13-P-01

珠江口水体$\delta^{98/95}$Mo 组成特征及其分馏机制

王志兵*，李杰，叶丰，韦刚健，马金龙

中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640

* wangzhibing@gig.ac.cn

限定陆源输入到海洋 Mo 同位素组成和通量是运用 Mo 同位素反演地质历史时期全球海洋和大气缺氧事件重要的前提。除了岩石风化过程影响河流输入 Mo 同位素组成影响输入到海洋 Mo 同位素通量特征，河口过程也会影响河流输入到海洋 Mo 同位素通量特征。考虑到河口系统复杂，涉及众多的过程，包括一系列物理、生物、化学等过程，那么在河口过程中 Mo 同位素的不保守行为的机制是什么，需要更多的调查工作进行探讨分析。

为此我们对比研究珠江口冬季和夏季水体 Mo 含量和同位素组成从上游到下游（盐度梯度）的变化特征，同时结合悬浮物和表层沉积物以及污水 Mo 含量和同位素组成特征，来探讨冬季和夏季河口中 Mo 同位素组成节的变化特征和差异的控制因素。结果显示珠江口冬季水体 Mo 含量和同位素组成变化范围为 33.1 nM~97.2 nM，$\delta^{98/95}$Mo 为 0.99‰~ 2.04‰，而夏季水体 Mo 含量和同位素组成变化范围为 13.2 nM~96.9 nM，$\delta^{98/95}$Mo 为 0.56‰~ 1.93‰。通过与海水和淡水二端元混合曲线对比发现，珠江口上游

水体 Mo 含量在混合曲线之上，冬季相对夏季偏离更明显，说明了上游 Mo 含量表现出富集的状态，而 Mo 同位素组成在混合曲线之下，同样也冬季相对夏季偏离更明显。引起河口水体 Mo 含量富集和 Mo 同位素组成偏低的过程主要有悬浮物释放和表层沉积物过程、人类排放、生物分解过程等因素可能会导致珠江口上游水体 Mo 富集。依据悬浮物释放和表层沉积物 Mo 随着盐度呈现递增的趋势，以及污水 Mo 同位素呈现较高的特征推断出悬浮物释放、表层沉积物过程、人类排放过程不是导致珠江口水体 Mo 含量富集和同位素组成偏低的因素。最后根据珠江口水体叶绿素含量与 Mo 含量呈现正相关特征推测出生物分解过程是控制上游水体 Mo 含量富集和 Mo 同位素组成偏低的主要机制。

S13-P-02S

近2000年南海北部海表温度变化的综合回顾与探讨

肖杭芳[1,2]，邓文峰[1]，韦刚健[1]*

1 中国科学院广州地球化学研究所，同位素地球化学国家重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学，地球与行星科学学院，北京 100049

* gjwei@gig.ac.cn

国际过去全球变化研究计划一直都将近 2000 年来的热带海洋高分辨率海表温度（sea surface temperature, SST）记录的研究作为重点关注的内容之一，这一时段既包括了工业革命以前主要受自然过程控制的气候波动，又涵盖了工业革命之后在自然变化基础上人为影响逐渐加剧的气候变化历史，对该时段的 SST 记录的研究将有助于我们了解全新世气候变化的规律，从而为我们评估当前的全球变暖现象及未来气候的趋势预测提供重要的帮助。南海北部具有较高的沉积速率，同时发育了大量的珊瑚等能提供高分辨率气候记录的研究载体，因而成为开展近 2000 年高分辨率 SST 变化研究的理想区域，并取得了一定的研究进展。但是，由于目前已发表研究的数据比较零散、不连续，且相互之间的对比研究不足，系统性差，无法勾勒出比较清晰的南海北部近 2000 年来的 SST 变化格局，所以为了给将来的工作提供参考依据，我们就对现有的基于珊瑚和砗磲的高分辨率 SST 研究进行了汇总和重新计算，总结了近 2000 年来南海北部的 SST 演变特征，并探讨了其对当今全球变暖认识的启示。结果发现，目前南海北部近 2000 年的高分辨率研究进展相对大陆地区比较缓慢，仅获得了 10 个时段共 596 年的高分辨率 SST 变化时间序列，其中包括 41 年的月分辨率 SST 记录和 555 年的年分辨率记录。这 10 个时段的 SST 异常值构成的 SST 变化的趋势概况将南海北部近 2000 年气候分成 5 个冷暖阶段。影响 SST 变化的可能因素包括火山活动、东亚季风活动、ENSO 活动、太阳活动和人类活动这五个方面。与工业革命前自然因素驱动的气候变化相比，当前的全球变暖是自然变化和人为干扰的共同产物。虽然强烈的人为干扰的叠加并没有使现代暖期 SST 变化显著高出中世纪暖期，但却似乎使 SST 的变化的幅度加大、频率加快，很有可能给人类的生产生活带来影响。考虑到现有的重建结果还不足以精细描述 2000 年来该区的 SST 变化，补充和完善南海北部高分辨率 SST 变化的资料库，精确划分南海北部近 2000 年气候变化的特征时段，并建立起精细反演 SST 变化的气候模型等应该成为今后研究工作的重点。

S13-P-03

冷水珊瑚礁研究进展与展望

赵美霞，余克服*，施祺，张乔民

中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

* kefuyu@scsio.ac.cn

与生长在热带浅海水域的暖水珊瑚不同，冷水珊瑚通常分布在海面以下 30~1000m、水温 4~12℃的冷水水域，由于冷水珊瑚不与单细胞藻类虫黄藻

共生，主要以水中的浮游生物及从浅水层沉降下去的有机质为食， 可以生长在缺光或无光的深海环境，故也称深海珊瑚。相比浅海暖水珊瑚礁，对深海的冷水珊瑚礁研究相对薄弱。近年来，随着海洋探测技术和深海调查技术的飞速发展，冷水珊瑚礁的神秘面纱逐渐被揭开，其在生物多样性、生态资源和环境记录方面的重要性引起广泛关注，国际上出现了冷水珊瑚礁研究热潮。本文以冷水石珊瑚为切入点，针对（1）冷水石珊瑚的物种多样性及格局分布特征；（2）冷水珊瑚礁的类型、形成机制与演化过程；（3）冷水珊瑚礁对全球变化的响应；（4）冷水石珊瑚对海洋古环境的记录等研究进展进行评述，并提出中国南海冷水珊瑚礁研究展望，建议尽快开展南海冷水珊瑚礁的调查研究，分析珊瑚礁区生态环境、冷水石珊瑚群落特征，探讨冷水珊瑚礁对海洋酸化的响应，并解译南海冷水石珊瑚所记录的古海洋环境信息。

S13-P-04

Seasonal variations of seawater pCO_2 and sea-air CO_2 fluxes in a fringing coral reef, northern South China Sea

Hongqiang Yan[1], Kefu Yu[1,2]*, Qi Shi[1], Yehui Tan[1], Guohui Liu[1], Meixia Zhao[1], Shu Li[1], Tianran Chen[1]

1 Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China

2 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning, China

* kefuyu@scsio.ac.cn

Evidence based on four field surveys conducted between July 2009 and April 2011 indicates that both sea surface partial pressures of CO_2 (pCO_2) and sea–air CO_2 fluxes at Luhuitou fringing reef in Sanya, Hainan Island, northern South China Sea (SCS) are subject to significant seasonal variations. The diurnal variation of seawater pCO_2 ranges from 264 to 579 μatm in summer, which is much larger than that in autumn (152–335 μatm), in winter (84–260 μatm), and in spring (114–228 μatm). The sea-air CO_2 flux in summer (~9.6 mmol CO_2 m-2 d-1) is also larger than that in other seasons (i.e., ~3 mmol CO_2 m-2 d-1 in spring, ~3.5 mmol CO_2 m-2 d-1 in autumn, and ~2.7 mmol CO_2 m-2 d-1 in winter). The atmospheric pCO_2 in this reef shows small diurnal and seasonal variations. The integration of the time-series pCO_2 data shows that the reef area is a weak source of atmospheric CO_2 at 0.54 mol CO_2 m-2 yr-1. Further analyses indicate that the seasonal variations of the surface seawater pCO_2 in Luhuitou fringing reef are mainly affected by seasonally-dependent biological metabolic processes (organic process and inorganic process), and that the organic process play a more important role than the inorganic process. Seasonal sea surface temperature (SST) variations and hydrodynamic processes may also have some influence on seawater pCO_2 variation.

S13-P-05

放射性核素指标在珊瑚礁区沉积物中物源识别的应用

林武辉 [1,2]*，余克服 [1,2]*，王英辉 [1,2]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn; linwuhui8@163.com

近岸河流的陆源输入和岛礁工程引入的外源悬浮物对珊瑚礁生态系统健康构成一定的威胁。如何识别和定量陆源物质（外源物质）对珊瑚礁的影响，具有一定的意义。

本研究选取南海的岸礁和环礁两种类型的珊瑚礁区，采样站位跨越~1500 km（14°），系统开展南海 12 个不同珊瑚礁区沉积物中放射性核素对比研究，探索放射性核素在不同类型珊瑚礁中的分布特征和规律，试图提出利用放射性核素指标识别珊瑚礁系统中的不同物质来源（生源和陆源）问题。

通过对比多个海区沉积物的放射性水平，本文发现珊瑚礁区沉积物的总放射性水平（等当量镭指数）只有其它海区沉积物和全球土壤总放射性水平的 1%-10%，本研究中的环礁沉积物等当量镭指数平均值（3.97 Bq/kg）不到全球土壤平均值（108.70 Bq/kg）的 5%，珊瑚礁区沉积物具有极低的总放射性水平特征。同时，本文发现在陆源物质的影响下近岸岸礁中的放射性核素水平整体高于大洋环礁的放射性核素水平。

相对于其他陆地和海洋环境，珊瑚礁区的沉积物同时具有低 40K、低 226Ra 和 228Ra、低 $^{226}Ra/^{238}U$ 活度比值的三大特征，该特征源于珊瑚礁区的生物矿化-破碎风化而形成的生源沉积物，显著不同于其它海区的岩石土壤风化-搬运而形成的陆源沉积物。这些特征可以作为新的地球化学指标，对传统元素（Al 和 Ti）、稀土元素、矿物组成等手段进行有益的补充，指示珊瑚礁区水体悬浮物/沉积物中不同物质来源的贡献。

S13-P-06

海南岛造礁石珊瑚共生藻密度和光合效率的种间差异及季节变化特征

许莉佳 [1,2,3]，余克服 [1,2,3]*，李淑 [4]

1 广西大学海洋学院，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

4 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

* kefuyu@scsio.ac.cn

在全球气候持续变暖引起海表温度升高、珊瑚大规模白化的频度和强度都在加大的背景下，我们于 2013 年 9 月至 2014 年 8 月对南海北部海南岛三亚（109° 28′ E，18° 13′ N）和文昌（110° 56′ E, 19° 35′ N）9 种主要造礁石珊瑚共计 679 个珊瑚样品开展了珊瑚共生藻密度和光合效率（ΦPSII）的季节性调查研究。结果显示：（1）造礁石珊瑚共生藻密度在珊瑚种类及形态上存在显著差异，热胁迫耐受性强的块状珊瑚种类如澄黄滨珊瑚和菊花珊瑚，其共生藻密度总是显著高于热白化敏感性高的枝状珊瑚种类。块状珊瑚共生藻密度的年均值为 5.26 ± 0.43 × 106 cells cm-2，是枝状珊瑚共生藻密度年均值（2.33 ± 0.24 × 106 cells cm-2）的 2.3 倍。（2）造礁石珊瑚共生藻ΦPSII 在珊瑚种类及形态上差异显著，枝状珊瑚种类如鹿角珊瑚和指状蔷薇珊瑚，其共生藻ΦPSII 总是高于块状珊瑚种类。枝状珊瑚（鹿角珊瑚、蔷薇珊瑚）共生藻ΦPSII 的年均值为 0.703 ± 0.006，明显高于块状珊瑚（滨珊瑚和菊花珊瑚）共生藻ΦPSII 的年均值 0.634 ± 0.009。（3）主要造礁石珊瑚共生藻密度和ΦPSII 存在显著的季节变化特点：在海南三亚，5 种造礁石珊瑚（澄黄滨珊瑚、十字牡丹珊瑚、松枝鹿角珊瑚、粗野鹿角珊瑚和风信子鹿角珊瑚）共生藻密度在冬季低而春夏季相对较高，共生藻ΦPSII 在冬季高而春夏季相对较低。在海南文昌，澄黄滨珊瑚共生藻密度在秋季最高、冬季最低，粗糙菊花珊瑚和网状菊花珊瑚共生藻密度在冬季最高、春季最低，这 3 种块状珊瑚共生藻ΦPSII 都在秋冬季较高、春夏季偏低；而 2 种枝状珊瑚（指状蔷薇珊瑚、佳丽鹿角珊瑚）共生藻密度和ΦPSII 均未呈现显著的季节变化特征。对以上结果进行深入分析认为，共生藻密度的水平差异可能是影响珊瑚热白化敏感性的主要因素，共生藻密度高的珊瑚种类更倾向于对热胁迫具有耐受性；枝状珊瑚共生藻ΦPSII 在年周期内的任一季节都高于块状珊瑚这一特点，说明与块状珊瑚种类相比，枝状珊瑚共生藻能给珊瑚宿主提供钙化所需光合产物的能力更强，为枝状珊瑚在珊瑚群落钙化能力上的的主导作用提供了强有力的证据支持；水体无机营养物和上升流可能是影响造礁石珊瑚

共生藻密度季节变化的主要因素，而光照则可能是驱动共生藻ΦPSII 季节变化的主要因素；在全年任何季节，9 种石珊瑚共生藻的ΦPSII 都远高于 0.5，显示海南岛主要造礁石珊瑚在当前环境状态下尚处于比较健康的生理状态。

S13-P-07

Terrestrial signal in high-resolution coral geochemical records (Ba/Ca, ^{18}O, and ^{13}C) from a tide-dominated reef environment

Xuefei Chen[1]*, Malcolm McCulloch[2], Gangjian Wei[1]

1 State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2 Oceans Institute and School of Earth Sciences, The University of Western Australia, Crawley 6009, Australia

* chenxf@gig.ac.cn

Scleractinian corals living in the nearshore waters can record terrestrial input of nearby rivers, for example by their skeletal geochemistry like Me/Ca (Ba/Ca, Mn/Ca, REE/Ca), Δδ^{18}O, or δ^{13}C, etc. However, each proxy in different coral colonies may not always exhibit evident runoff signatures as they also subject to other environmental factors or physiological effect. Here we report consistent changes in high-resolution Ba/Ca, Δδ^{18}O, and δ13C records from a Porites coral living in tide-dominated nearshore Kimberley region, northwesten Australia. The seasonal Ba/Ca, Δδ^{18}O, and δ13C changes synchronously with the sea surface salinity (SSS) but all demonstrate a 2-4 month lag with the discharge of Fitzroy River. The seasonal fluctuation range of SSS in the nearshore Kimberley is about 1 psu, higher than the changes caused by the Indonesian Throughflow, suggestive of overwhelmed influences of nearby river input. These SSS changes is therefore manifested by the coral Δδ18O. Meanwhile, along with the freshwater, river input of sedimental barium and 13C-depleted dissolved inorganic carbon (DIC) also alter the reef water chemistry and lead to increases in Ba/Ca ratios and decreases in δ13C after wet season. With respect to the evident 2-4 month lag observed between these coral geochemical records and river discharge, it is possible the highly dynamic tidal regimes of the Kimberley, which can exceed 12 m over a tidal cycle, extend the mixing of river input and the nearshore water.

S13-P-08S

南海现代珊瑚δ^{18}O 记录的多尺度热带过程

韩韬[1-4]，余克服[1-3]*，晏宏[5]，严宏强[1]，陶士臣[1]，张会领[6]，王少鹏[2-3]，陈特固[1]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

4 中国科学院大学，北京 100049

5 中国科学院地球环境研究所，西安 710061

6 广东海洋大学，湛江 524088

* kefuyu@scsio.ac.cn

南海位于西太平洋暖池的边缘，其区域气候异常与 ENSO 和 ITCZ 的变化密切相关。在本研究中，我们利用采自南海北部西沙群岛永兴岛的珊瑚δ^{18}O 对过去 150 年以来的 ENSO 和 ITCZ 的变化进行重建。基于当地观测温度和盐度在不同时间尺度上变化的不一致性，我们发现珊瑚δ^{18}O 在年际尺度上主要记录了温度的变化，而在年代际尺度上主要记录了盐度的变化，所以我们能够通过研究珊瑚δ^{18}O 在不同时间尺度的变化来

对分别对温度和盐度的变化进行讨论。在年际尺度上西沙温度主要受到 ENSO 的影响，我们利用珊瑚 $\delta^{18}O$ 的年际变化重建了过去 150 年以来的 ENSO 变化。通过与 Nino3.4 SST 进行对比，我们发现西沙珊瑚 $\delta^{18}O$ 的年际变化对 El Niño 事件的重建技巧达到 68%，对 La Niña 事件的重建技巧达到 65%。西沙珊瑚 $\delta^{18}O$ 还表明在~1930－1960 年之间 ENSO 活动出现了减弱，这也被观测记录和其他 ENSO 重建研究所证实。在年代际尺度上，我们的珊瑚 $\delta^{18}O$ 记录与区域 ITCZ 纬度指数对应良好，表明在年代际尺度上南海北部的水文变化主要受到 ITCZ 的控制。通过与区域季风记录的对比，我们发现全球季风的年代际变率在过去 150 年以来主要呈现出南北半球反相位的变化模态，并且这种变化主要受到来自北大西洋的气候变化的影响。

S13-P-09

Oil spill recorded by skeletal $\delta^{13}C$ of Porites corals in Weizhou Island, Beibu Gulf, northern South China Sea

Shendong Xu [1,2,3], Kefu Yu [1,2,3]*, Yinghui Wang [1,2,3], Tao Liu[1,2,3], Wei Jiang[1,2,3], Shaopeng Wang[1,2,3], Minghang Chu[4]

1 Coral Reef Research Centre of China, Guangxi University, Nanning 530004

2 Guangxi Laboratory on the Study of Coral Reefs in the South China Sea, Guangxi University, Nanning 530004

3 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning 530004

4 College of life science and technology, Guangxi University, Nanning 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

Oil, is one kind of natural product of biological origin which is depleted in 13C. Coral skeletal δ13C is an important archive of environmental and climatic change. However, few studies have been conducted on the effect of oil spill on the coral skeletal $\delta^{13}C$ at present. This kind of research is useful for us to obtain environmental and climatic information from coral skeletal $\delta^{13}C$. In this study, two continuously growing Porites corals (W1 and W3), aged 22 and 31 years (1994-2015 and 1985-2015), respectively, were collected from the fringing reef of Weizhou Island in October 2015, coral skeletal $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ were analyzed. Besides, seawater was collected during an oil spill in 28 January 2018, and was used for $\delta^{13}CDIC$ ($\delta^{13}C$ values of DIC) analysis. The purpose is to explore the potential impact of oil spills on $\delta^{13}CDIC$ and coral $\delta^{13}C$. $\delta^{13}CDIC$ value during oil spill was significantly lower than that of normal seawater ($\Delta\delta^{13}C\approx$-2.38‰). Coral $\delta^{13}C$ of both two coral colonies showed lower values since 2008 (average value of $\delta^{13}C$ before and after 2008 change from -2.04±0.48 ‰ to -3.33±0.55 ‰ ‰ and -1.77 ±0.49 ‰ to -2.88±0.54 ‰ of W1 and W3 respectively), especially, several abrupt negative shifts in 2008, 2009, 2011, 2012 and 2014 when oil spills occurred (extent of $\delta^{13}C$ variation were W1：-3.08‰，-1.82‰，-1.82‰，-1.53‰，-1.37‰；W3：-3.27‰，-1.8 ‰，-1.91 ‰，-1.21 ‰，-1.13 ‰ respectively). Our results clearly show that degradation of oil by microorganisms when oil spill occurs should render a decrease in the $^{13}C/^{12}C$ ratio of the seawater dissolved inorganic carbon (DIC) which is the ultimate carbon source of coral calcification.

S13-P-10S

南海珊瑚礁区底栖海藻的生态影响

廖芝衡 [1, 2, 3]，余克服 [1, 2, 3]*，王英辉 [1, 2, 3]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004
3 广西大学海洋学院，南宁 530004
* kefuyu@scsio.ac.cn

近十多年来，中国南海的大多数珊瑚礁都遭受生态系统衰退的影响。退化的珊瑚礁区的底栖海藻通常会过度生长，进而对石珊瑚的生长、繁殖和补充恢复造成消极的影响。当前底栖海藻对石珊瑚的生长、补充恢复的消极作用的研究还比较缺乏。我们调查了中国南海7个不同纬度的珊瑚礁(三亚鹿回头、北礁、永兴岛、东岛、浪花礁、华光礁、信义礁）的底栖生物覆盖度、珊瑚-海藻的接触频率和损害率、珊瑚亚成体补充量。结果显示，石珊瑚的覆盖度在北礁、信义礁和东岛比较高（43 ~ 26%），其它礁区的覆盖度较低（浪花礁 12%、鹿回头 11%、永兴岛 8%、华光礁 5%）。在珊瑚覆盖度高的礁区，大型海藻（包含草皮海藻功能群）的覆盖度较低，而壳状珊瑚藻的覆盖度则较高。在大型海藻覆盖度高的礁区（永兴岛、鹿回头），珊瑚-海藻的接触频率和珊瑚受到大型海藻的接触损害率通常更高。珊瑚亚成体的补充量在珊瑚占优势而大型海藻较少的健康礁区（北礁、信义礁），比大型海藻占优势而珊瑚较少的退化礁区（华光礁、永兴岛、鹿回头）高 1.8 ~ 6.6 倍。退化珊瑚礁区内过度生长的大型海藻更易于接触并损害珊瑚，同时也阻碍石珊瑚群落的恢复，并潜在的引起珊瑚礁生态系统的进一步衰退。

S13-P-11S

Biogeography of coral endosymbionts in the genus *Symbiodinium* in the South China Sea and its adaptive potential for climate change

Biao Chen [1-3], Kefu Yu[1-3]*, Yinghui Wang[1-3], Jiayuan Liang[1-3],Wen Huang[1-3], Guanghua Wang[1-3], Hongfei Su[1-3], Zhenjun Qin[1-3], Xueyong Huang[1-3], Wenwen Luo[1-3], Yanqiu Luo[1-3]

1 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning 530004, China
2 Guangxi Key Laboratiry on the Study of Coral Reefs in the South China Sea, Nanning 530004, China
3 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning 530004, China
* kefuyu@scsio.ac.cn

The coral communities and coral reefs in the South China Sea play important roles in the coral ecosystem in the world, and there has been a lack of research on the richness, biogeography, and community composition of coral endosymbionts in the genus *Symbiodinium* in this region. Therefore, We used the next generation sequencing (NGS) to analyze the *Symbiodinium* rDNA internal transcribed spacer 2 (ITS2) marker genes from 88 reef-building coral samples with five genera in four latitudes from the South China Sea.The results shows that 8 clade (exclude clade E) and 216 subclade were found and which have a symbiotic relationship with stony coral. There are significant differences between the *Symbiodinium* community composition in four latitude areas. It may be due to the influence of environmental factors, the expansion of *Symbiodinium* communities caused by human activities and the exchange of provenances with the adjacent sea areas. In addition, the richness of *Symbiodinium* is significantly affected by the coral hosts. Environment factor, tolerance of coral hosts, specificity of coral-algal symbiosis, stability of the *Symbiodinium* community and transmission pattern are closely associated with richness. The large increase in the functional diversity of *Symbiodinium* community and the flexibility of coral-algal, which caused by a various of combinations of dominant *Symbiodinium* types (relative

abundance>5%) and the establishment of new symbiotic relationships in the background *Symbiodinium* types (relative abundance<5%), may improve the adaptive potential of the coral-algal symbiosis for climate change.

S13-P-12S

Potential impacts of anthropogenic nutrient enrichment on coral reefs, evidence from nutrient and chlorophyll a in coral reef regions, across 9~22 ℃ latitudes of the South China Sea

Jing Guo[1,2,3], Kefu Yu[1,2,3]*, Yinghui Wang[1,2,3*], Ruijie Zhang[1,2,3], Xueyong Huang[1,2,3], Ziliang Pan[1,2,3], Zhenjun Qin[1,2,3], Dali Huang[1,2,3], Yang Li[1,2,3]

1 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning 530004, China

2 Guangxi Laboratory on the Study of Coral Reefs in the South China Sea, Nanning, 530004, China

3 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning 530004, China

* kefuyu@scsio.ac.cn; wyh@gxu.edu.cn

Anthropogenic nutrient enrichment is considered to be one of the causes resulting in coral reefs decline. In order to better understand the trophic status and to further explore the potential impacts of nutrient on coral reefs decline of the South China Sea (SCS), we investigated the nutrients and chlorophyll a (chl a) distributions in surface water of reef areas across 9~22 ° latitudes of the SCS. The results showed nutrient and chl a concentration in coastal reefs were obviously higher than those in central and southern basin. Meanwhile, investigation of two long-distance transects revealed an inshore-offshore nutrient decreasing trend. However, some offshore coral reefs, such as Yongxing Island, Huaguang Reef and Huangyan Island, were exceptions with relatively higher concentrations than the surrounding reefs because of the ever-increasing human activity. Compared to other coral reefs worldwide, nutrient concentration in reef regions of northern and central SCS is obviously higher than that in healthy coral reefs, approaching those unhealthy reef areas, which suggests that present nutrient level may have a potential danger threatening the coral reefs. Field survey also showed high macroalgal cover/coral cover in these reefs and significant correlation between nutrient level and macroalgal cover indicated elevated nutrient resulted in the phase shift from coral-dominated to macroalgal-dominated. On the other hand, significant positive correlation between chl a in lagoon and the volume of lagoon indicated that the phytoplankton biomass is positively dependent on the residence time of water and further suggested that algal blooms probably occur in the atolls with larger lagoons, especially where it is frequently influenced by human impacts, like Huangyan Island and Huaguang Reef. Overall, anthropogenic nutrient enrichment has caused negative impact on coral reefs of the SCS, such as regional macroalgal blooms.

S13-P-13

Distinct diazotroph communities associated with scleractinian corals and their potential linkages to coral adapted to special environments

Jiayuan Liang[1-3], Kefu Yu[1-3]*, Yinghui

Wang[1-3]

1 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning 530004, China
2 Guangxi Laboratory on the Study of Coral Reefs in the South China Sea, Nanning 530004, China
3 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning 530004, China
* kefuyu@scsio.ac.cn

Diazotrophs have been detected in a large number of coral species and proved to be an important part of the coral holobiont. However, the interspecific specificity, regional specificity, and environmental suitability among these diazotrophs are rarely studied. In this study, 68 scleractinian coral colonies from 6 coral reef areas at different latitudes in the South China Sea were collected to investigate the composition of their diazotroph populations based on *nifH* gene amplifiers using high-throughput sequencing. The results showed that predominant bacterial phyla included Proteobacteria, Chlorobi, Cyanobacteria, and two unclassified phyla. Chlorobi occupied an abundance of 47–96% in different coral samples from the high-latitude Daya Bay. In addition, an unclassified phylum with an abundance of 28–87% was commonly found in all coral samples from the mid-latitude Luhuitou fringing reef. However, another unclassified phylum and Proteobacteria were the most predominant bacterial phyla (additive abundance was above 80%) in most of the coral samples from four reef areas (Weizhou Island, Huangyan Island, Xinyi Reef, and Sanjiao Reef) far from land. When coral samples were grouped according to species and geographical location to estimate the alpha/beta diversity of associated diazotrophs, it was surprising that the distribution of diazotrophs exhibited significant regional differences, but not interspecific differences. The association analysis showed that diazotroph communities correlated to environmental factors. These results provide insights into the ecological characteristics of coral-associated diazotrophs, one of which is that some specific groups may be closely related to the adaptation of their coral hosts to special environment.

S13-P-14S

西沙礁底火山碎屑岩中单斜辉石地球化学特征及地质意义

李诗颖[2]，余克服[1, 3, 4, 5]*，张瑜[3, 4, 5]，陶士臣[1]

1 中国科学院南海海洋研究所，中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301
2 中国科学院大学，北京 100049
3 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004
4 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004
5 广西大学海洋学院，南宁 530004)
* kefuyu@scsio.ac.cn

中国南海的西沙板块覆盖着巨厚的碳酸盐沉积层，通过深钻获得的礁底火山碎屑岩沉积物岩芯，对研究西沙区域岩浆活动特征及地质环境等具有重要的科学价值。

通过对取自琛航岛“琛科一井”珊瑚礁岩芯底部基岩进行显微镜镜下观察和鉴定，发现岩石中含有生物碎屑、晶屑以及岩屑等物质，基质为火山灰夹杂长石、辉石等矿物微晶，即玄武质火山碎屑岩，是介于火成岩与沉积岩之间的一种过渡岩石。由于玄武岩经蚀变、变质以及风化等作用后，其中的斜长石常常首先发生成分变化，而单斜辉石虽然部分发生绿泥石化，但选择其中的残晶，利用电子探针测定其化学成分，进而能够确定玄武岩系列。

对样品中的主要矿物——单斜辉石的成分进行了分析，岩石薄片中 27 个辉石颗粒共 52 个探针点的分析结果显示，单斜辉石中的SiO_3的平均含量为45.43%（41.40% ~

48.44%)、Al_2O_3 的平均含量为 7.80%(5.54% ~ 10.20%)、FeO 的平均含量为 7.03%(5.59% ~ 8.11%)、MgO 的平均含量为 13.19%(10.43% ~ 14.14%)、NaO 的平均含量为 0.46%(0.38% ~ 0.59%) 以及 TiO2 的平均含量为 3.38%(2.10% ~ 5.23%)，总体表现为高 Al、Ti，低 Si、Na 的特征。

该区域的单斜辉石绝大部分属于富钙透辉石，大部分存在正环带结构，由核部到幔部 Ca、Fe、Ti 的含量逐渐增加，反映了岩浆的正常结晶顺序，并且岩浆演化向富 Ca、Fe、Ti 方向发展。同时，辉石具有低 Si 高 Al 的特征，与碱性岩浆系列吻合；根据单斜辉石温压公式计算，辉石结晶温度在 1200℃左右。形成深度可分为两组：即在岩石圈底部至上地幔区域（82.5~115.5 km）发生第一次结晶，上升到岩石圈中部（~49.5 km）发生第二次结晶。

西沙火山碎屑岩原岩为板内碱性玄武岩，南海海盆扩张结束后，西沙底部岩浆侵入，穿过厚的岩石圈层，喷发至海底，形成海底玄武质火山碎屑岩层。

S13-P-15S

珊瑚生长率记录的黄岩岛海域 1382AD 以来的 SST 变化

林丽芳 [1]，余克服 [1,2]*，施祺 [1]，陶士臣 [1]，韩韬 [1]，张会领 [3]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

3 广东海洋大学工程学院海洋工程系，湛江 524008

* kefuyu@scsio.ac.cn

基于珊瑚生长率与海水表层温度(SST)的正相关关系，重建了黄岩岛海域 1382~2013AD 的 SST 年际变化序列。结果显示，在小冰期时段黄岩岛海域存在 2 个冷期和两个暖期，其中 1401~1600AD、1701~1800AD 为冷期，1601~1700AD、1801~1900AD 为暖期，最冷百年为 1401~1500AD，相比现代低 0.6℃。进入现代暖期之后，SST 快速上升，平均温为 27.8℃，最高温为 29.7℃（1998AD）。小冰期时段，黄岩岛海域 SST 受到太阳活动和火山活动的共同影响，其中小冰期时段最大的坦博拉火山喷发事件使黄岩岛海域 SST 降低了 0.4℃。1850AD 以来黄岩岛海域 SST 快速上升，既与大气 CO_2 浓度增加有关，也与太阳辐射增加相关，黄岩岛海域 SST 并非受单一因素影响。近 630 年来，黄岩岛海域 SST 存在 3 个明显增温阶段，1485~1680AD，升温幅度 0.20℃/100a；1780~1900AD，升温幅度为 0.38℃/100a，1950AD 以来，升温幅度为 0.17℃/10a，小冰期结束以后升温幅度越来越大。频谱分析显示，珊瑚生长率重建的 SST 呈现出 3 个显著的周期：138.5a、25~66.7a、2.1~6.25a。周期分析表明，在百年尺度上黄岩岛海域 SST 主要受太阳活动影响；在年代际尺度上，黄岩岛海域 SST 主要受 PDO 影响。连续小波分析显示，黄岩岛海域年代际变化特征并不是持续不变的，1382~1668AD 主要以 10~25a 的十年际周期信号为主，1668~2013AD 主要以 25~35a 的年代际周期信号为主。在年际尺度上，黄岩岛海域 SST 主要受 ENSO 影响，小冰期时段 1600~1740AD 黄岩岛海域 SST 的年际信号最强，可能与该时段 ENSO 增强有关。

S13-P-16S

南沙群岛三个珊瑚礁沙洲的地貌特征

周胜男 [1,2]，施祺 [1]*，杨红强 [1]，严宏强 [1]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 100049

* shiqi@scsio.ac.cn

南海珊瑚岛礁具有重要的战略地位，随着岛礁开发建设的深入，岛礁的稳定性已成为关注点。珊瑚岛礁地貌特征与演变规律对于岛礁建设的选址及维护具有重要意义。珊瑚岛屿由珊瑚礁沙洲演化而来，沙洲且在诸多因素影响下表现出较高的动态性，自然状态下的珊瑚礁沙洲地貌特征及其动态演变

研究可以为珊瑚岛礁地貌形成演变机制的深入研究提供重要基础，也可服务于岛礁工程建设与维护。本文研究利用 RTK 技术结合测深和潮位监测，对南沙群岛永暑礁、西门礁和安达礁的三个沙洲开展了现场地形测量以及地貌特征定量分析与成图。

永暑礁、西门礁和安达礁都发育有典型的沙洲地貌类型。以平均海平面为基准，永暑礁沙洲呈肾形，长轴方向为东北-西南方向，距离为 90m，短轴方向为东南-西北方向，距离为 34m；沙洲西部坡度最大，北部、南部、东部次之。西门礁沙洲呈新月形，凹向东南方向，沙洲总长度为 131m，宽度在两端大，中间稍小，平均为 18m。安达礁呈高尔夫球头形，主体部分呈东北-西南展布的透镜体形，长 22m，宽 13m，整个沙洲在礁体上呈凸起状，略凹向礁体，环沙洲坡度相近，且临礁一侧较临海一侧坡度稍陡。所有沙洲边缘的外侧均较内侧要陡峻。沙洲三个沙洲永久出露部分平均高度分别为 2.42m，2.29m，1.70m；出露部分面积分别为 2969.92m2，2246.12 m2，411.27 m2；出露部分沙洲体积分别为 3333.91m3，2020.00 m3，186.97 m3。沙洲表面呈现明显的沙垄分布，沿沙洲边缘离海的一侧发育连续的沙垄，在沙洲腹地则发育与其相交的沙垄。其中永暑礁沙洲内部东北-西南走向沙垄有 3 条；东南-西北走向沙垄有 4 条，沙垄整体形态凹向西南方向；南北走向的沙垄有 2 条。西门礁沙洲内部共有沙垄 12 条，其中某些沙垄又呈分叉状态，这些沙垄主体走向为东南-西北和东西方向，沙垄整体的形态则主要凹向北北西和北西西方向。安达礁沙洲上无明显沙垄分布。以上三个珊瑚礁沙洲地貌特征为认识南沙群岛珊瑚礁沙洲形成与演变规律提供了重要基础。

S13-P-17S

珊瑚藻中可培养微生物多样性的研究

徐帅良[123]，王广华[123]，余克服[123]*

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

珊瑚藻是珊瑚礁生态系统中重要的组成部分。近年来的研究表明，珊瑚藻中的共生微生物在调节微食物网、促进能量传递和物质循环，以及维持生态系统稳定中有重要作用。对于共生微生物群落的组成能否反映珊瑚藻以及珊瑚礁健康，珊瑚藻中微生物群落的改变是否会影响宿主对环境压力的耐受能力，以及对于珊瑚藻和珊瑚礁中微生物多样性和新物种资源的发掘还有待进一步深入的研究，而这些问题的研究需要对微生物进行纯培养。本研究以珊瑚养殖缸中的珊瑚藻为研究对象，通过稀释平板法和平板划线法分离其共附生微生物，分析珊瑚藻中可培养微生物多样性。16SrDNA 分析表明，从珊瑚藻中分离获得的 50 株细菌来源于 8 科 15 属，*Flavobacteriaceae*（黄杆菌科）5 株（*Spongiimicrobium* 1 株、*Aquimarina*（海水菌属）3 株、*Tenacibaculum*（黄杆菌属）1 株）；*Flammeovirgaceae* 2 株（*Fabibacter* 1 株、*Fulvivirga* 1 株）；*Phyllobacteriaceae*（叶杆菌科）8 株（*Hoeflea* 8 株）；*Hyphomonadaceae*（生丝单胞菌科）1 株（*Hyphomonas*（生丝单胞菌属）1 株）；*Puniceicoccaceae*（紫红球菌科）1 株（*Cerasicoccus* 1 株）；*Rhodobacteraceae*（红杆菌科）32 株（*Ruegeria*（鲁杰氏菌属）12 株、*Pseudovibrio* 14 株、*Labrenzia* 3 株、*Roseobacter*（玫瑰杆菌属）1 株、*Loktanella* 1 株、*Sulfitobacter* 1 株）；*Rhodospirillaceae*（红螺菌科）1 株（*Pelagibius* 1 株）。菌株 CR-14 和菌株 CB-80 为疑似新属。其中菌株 CR-14 与 *Puniceicoccaceae* 近源，最高同源性为 90%，菌株 CB-80 与 *Flammeovirgaceae* 近源，最高同源性为 90%。以上研究表明该系统中可培养细菌多样性较低，这可能与养殖缸的系统约束有关，但是从已发现的上述两株菌株来看，该系统中还有很多可培养的新物种等待发掘，这对于了解珊瑚藻健康与微生物组成的关系以及发掘和利用新物种都有重要的意义。

S13-P-18S

A multidecadal ecosystem health assessment suggests potential coral reef refuge at high-latitude in warming climate (Weizhou Island, Beibu Gulf)

Yongzhi Wang[1,2,3], Kefu Yu[1,2,3], Yinghui Wang[1,2,3], Xiaoyan Chen[1,2,3]*

1 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning 530004

2 Guangxi Laboratory on the Study of Coral Reefs in the South China Sea, Guangxi University, Nanning 530004

3 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning 530004

* xychen@gxu.edu.cn

High-latitude waters are expected as refuge for corals escaping form the warming low-latitudes, but it is not clear whether this can be achieved under superposed forcing from changing climate and anthropogenic activities. Here, we propose set of ecosystem health indexes, consisting of six ecosystem structure and functions, to track the health status and trends in a subtropical coral reef, Weizhou Island (WZ). Our results based on long-term (1984-2015) surveys show that corals species have doubled to 43 since 2001, and those generally being inhabited in low-latitudes increased by 37%. Biotic community index restored from 0.74 to 0.82. It seems that the warming winter sea temperature at a rate of 0.37℃/10 yr tends to be more favorable for coral survival, especially low-latitude populations. Regulating functions has restored from 0.73 to 1, with reduced occurrence frequencies of harmful algae blooms. Nevertheless, habitat index dramatically dropped from 1 to 0.27, with a loss of 88% initial coral cover. Additionally, indexes for supporting functions, providing functions and cultural functions exhibit various extents of decrease from 1 to 0.50-0.90. These compromised ecosystem functions are found associated with intensive anthropogenic stressors from tourism, fishing or industry. Petroleum industry development has resulted in elevated concentration of total petroleum hydrocarbon in seawater and Cd in coral skeletons. Overall, ecosystem health index decreased from 1 to 0.66 over the past three decades, indicating WZ Reef was in a sub-healthy status. Furthermore, a spatial analysis of ecosystem health indicates that, habitat index and benthos biomass in no-take reserves are four times and six times that of the non-protected areas, respectively. This study thus suggests a potential coral reef refuge at high-latitude in warming climate and highlights urgent needs to protect it from anthropogenic disturbances.

S13-P-19S

基于遥感影像的南海珊瑚礁岸线稳定性评价

刘嘉鎏[1,2,3]，余克服[1,2,3]*，黄荣永[1,2,3]，王英辉[1,2,3]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

珊瑚礁岸线既会受到岛礁工程建设与资源开发的影响，也会受到风与风暴，近岸流、海平面相对升高以及造坡过程等自然因素的影响，珊瑚礁岸线的动态变化与稳定性评估是珊瑚礁地貌资源开发与管理的基础。使用 Landsat 卫星系列影像，针对南海中沙、西沙、南沙的几处珊瑚礁创建长达 40 年的影像序列。在亚像元精度级别上提取暗礁、灰沙岛的外边缘，以及环礁的内外边界。通

过基于 ArcGIS 的 DSAS 在边界各处放置断面，根据断面与岸线的交点位置计算岸线的净位移量、移动范围、年平均变化率等指标，个别断面处最大位移量可达 80 米，年位移量可达 2 米。并对岸线的移动做线性回归分析，揭示珊瑚礁岸线的动态变化过程及规律。依据我国 908 专项《海岸带地质灾害调查技术规程》中的海岸稳定性分级标准对南海珊瑚礁岸线的稳定性进行评价。

S13-P-20

珊瑚益生菌筛选及其抗病机制研究

苏宏飞 [1,2,3]，王英辉 [1,2,3]，余克服 [1,2,3]*

1 广西大学珊瑚礁研究中心，广西 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，广西 530004

3 广西大学海洋学院，广西 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

现在研究认为珊瑚疾病已经成为珊瑚白化另一个不可忽视因素，一方面原因是细菌性疾病能够引发的珊瑚白化，另一方面原因是白化等因素造成珊瑚抵抗力下降，从而更容易感染疾病，而且白化和疾病往往产生叠加作用，最终导致白化珊瑚恢复更困难甚至直接死亡。如今珊瑚疾病越来越严重，影响范围不断扩大，已成为危害珊瑚礁生态系统健康的主要因素之一。而“益生菌”假说认为扮演益生菌角色的微生物确实存在于珊瑚共附生体中，它们在拮抗病菌、群体淬灭、毒素蛋白抑制等方面有着巨大的抗病潜力。因此,我们以涠洲岛的鹿角珊瑚为研究对象，通过珊瑚腔肠环境模拟培养,并依据 “益生菌”假说开展共附生益生菌抗病活性筛选研究，深入挖掘抗病的益生菌资源；然后通过基因组学和转录组学分析关键抗病基因表达情况解析珊瑚益生菌潜在抗病分子机制，以期为今后深入研究珊瑚礁生态修复提供物质基础和理论依据

S13-P-21S

中国南海珊瑚礁区草皮海藻覆盖度对珊瑚的潜在影响

罗海业 [1,2,3]，余克服 [1,2,3]*，王英辉 [1,2,3]，廖芝衡 [1,2,3]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

在白化和受干扰的退化珊瑚礁通常由底栖海藻占主导，而草皮海藻在退化珊瑚礁区更是广泛分布。中国南海珊瑚礁分布区域较广，是世界珊瑚礁的重要分布地带，因此研究礁区内草皮海藻的覆盖度现状及其对珊瑚的潜在影响具有重要意义。本文以不同纬度的珊瑚礁（黄岩岛、永兴岛、涠洲岛）的草皮海藻和珊瑚为调查对象，基于对草皮海藻和珊瑚的覆盖度、空间分布特征、珊瑚亚成体补充量等指标的测定，分析草皮海藻对珊瑚的空间分布、补充量的影响。结果显示：(1)草皮海藻覆盖度从相对高纬度到低纬度呈逐渐递减的趋势，即远岸比近岸覆盖度低，造礁石珊瑚则反之；（(2)珊瑚覆盖度随深度增加而增大，但在不同的珊瑚分布地貌带上的差异不明显；（3）远岸礁区珊瑚亚成体补充量较高，与草皮海藻覆盖度反相关，与珊瑚覆盖度呈显著正相关，而随深度的增加，补充量也随之增加。草皮海藻和造礁石珊瑚两者的覆盖度在纬度上的负相关性可能是近岸礁区受更多的人为活动和陆源影响（如地表径流、沉积物输入等）所导致。远岸珊瑚礁比近岸的更健康，更具恢复力，这与远岸珊瑚礁具有更低的草皮海藻覆盖度和更高的珊瑚补充量相关。总体而言，中国南海珊瑚礁区的草皮海藻对造礁石珊瑚的潜在生态影响，随着人为活动的加剧而增强，并阻碍珊瑚群落的补充恢复。

S13-P-22

珊瑚中的碳酸钙沉淀诱导细菌研究

王广华[1]，徐帅良[2]，陈飚[1]，黄雯[3]，余克服[3]*

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

微生物诱导的碳酸钙沉淀（MICP）是一种普遍存在的生物地球化学现象，在材料科学、土壤改良以及环境修复等方面具有广泛的应用前景。研究发现珊瑚共附生细菌中存在多种碳酸钙沉淀诱导细菌，它们源于弧菌（*Vibrio*）、假交替单孢菌（*Pseudoalteromonas*）、希瓦氏菌（*shewanella*）等。其中，*Vibrio* sp.C11 具有诱导产生文石和高镁方解石活性，在培养基的表层形成文石，底层形成高镁方解石。底物类型对碳酸钙沉淀具有决定性影响，醋酸盐的添加能够显著提高碳酸钙产率，而甘油的添加几乎完全抑制碳酸钙沉淀，这可能与不同代谢路径所引起的环境酸碱平衡和诱导物变化有关。

S13-P-23S

南海不同纬度澄黄滨珊瑚群体的遗传分化特征

罗燕秋[1,2,3]，黄雯[1,2,3]，余克服[1,2,3]*，王英辉[1,2,3]，李明[1,2,3]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

随着全球变暖、海洋酸化等一系列环境气候条件的改变，世界范围内珊瑚礁生态系统遭受到严重破坏和衰退。因此，研究珊瑚群体遗传多样性、遗传结构和群体之间的连通性对于珊瑚礁保护工作和海洋保护区的设计具有重要的意义。本研究采集了中国南海 5 个珊瑚礁区的共 286 个澄黄滨珊瑚样品，应用具有高度多态性的 9 对微卫星引物对不同群体澄黄滨珊瑚的遗传多样性、遗传结构以及群体间的遗传连通性进行研究。

多样性分析结果表明，所有珊瑚群体都有丰富的的遗传多样性，等位基因丰富度很高，为 3.978-16.419，平均等位基因丰富度为 9.612±0.901。此外，期望杂合度很高，为 0.566-0.946，平均期望杂合度为 0.834±0.079，平均观测杂合度为 0.633±0.154。主坐标分析（PCoA）结果显示，南海珊瑚群体被分为三大部分，分别是较高纬度的涠洲岛珊瑚群体、三亚的珊瑚群体以及低纬度的南沙、中沙、西沙珊瑚群体；可能由于不同纬度间海水表层温度（SST）有差异，且珊瑚对温度极其敏感，因此导致以上珊瑚群体分类结果。遗传分化系数结果表明涠洲岛澄黄滨珊瑚群体与中沙、西沙、南沙的珊瑚群体存在中度的遗传分化;三亚珊瑚群体与中沙珊瑚群体存在中度分化，而三亚珊瑚群体和涠洲岛珊瑚群体及西沙、南沙珊瑚群体没有遗传分化。此外，聚类分析结果表明，涠洲岛和三亚珊瑚群体相对低纬度的中沙、西沙和南沙珊瑚群体之间的基因交流比中沙、西沙、南沙三个群体之间的基因交流低。

S13-P-24S

PAHs 在南海珊瑚体内的污染水平、残留、分布特征：珊瑚组织和黏液的不同作用

韩民伟[1,2]，张瑞杰[1,2]*，余克服[1,2]*，王英辉[1,2]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

* rjzhang@gxu.edu.cn; kefuyu@gxu.edu.cn

多环芳烃 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)是煤，石油，木材，烟草，有机高分子化合物等有机物不完全燃烧时产生的挥发性碳氢化合物，是重要的环境和食品污染物。多环芳烃也是海洋中一类重要污染物，其在珊瑚体内的累积水平如何，对珊瑚礁生态系统是否产生影响。为了回答

这些问题，本研究对南海近岸涠洲岛、大亚湾、鹿回头和远海的西沙及南沙珊瑚礁区进行了各类珊瑚样品的采集（近岸 24 个，西沙和南沙 16 个），室内分析了萘、蒽、菲、芘等 17 种 PAHs 在珊瑚组织和黏液中的含量组成和分布特征。结果表明：17 种 PAHs 在近岸珊瑚体内均被检出，其中菲、芘、苯并蒽的检出率最高，达 92%；其次是荧蒽、芴和苯并蒽，检出率分别为88%、83%和83%；苊烯、屈、二苯并蒽、苊、苯并荧蒽等 8 种 PAHs 的检出率也超过 60%。表明这 17 种 PAHs 在近岸珊瑚体内普遍残留。在西沙和南沙珊瑚体内 17 种目标 PAHs 有 13 种检出，其中苊烯和菲的检出率超过 60%，分别为 63%和 69%；芴和芘的检出率超过 50%，分别为 56%和 50%；苯并芘、茚并芘、二苯并蒽和苯并芘未被检出或低于检出限；其余的几种 PAHs 检出率均在 50%以下。相比之下，西沙和南沙珊瑚区的珊瑚没有受到或受到 PAHs 的污染程度较小。对于帚琉蜂巢珊瑚，大亚湾、南沙、涠洲岛 PAHs 的含量（均值）分别为 3305.3 ng/g、2735.8 ng/g 和 1948.3 ng/g，说明涠洲岛的珊瑚受到 PAHs 污染的程度最小；对于不同环数的 PAHs，三环的含量最高，大亚湾和涠洲岛的三环的含量都达到了 50%左右，而南沙达到了 90%以上，这可能与水体中高环 PAHs 浓度较低有关。本实验还将 13 个具有黏液层的样品中珊瑚组织和黏液中的 PAHs 含量进行对比分析，结果发现：在所有样品中，珊瑚组织中的 PAHs 含量均高于 50%，尤其是大亚湾的秘密角蜂巢珊瑚和南沙的石芝珊瑚组织中的 PAHs 含量高达 90%以上，这表明 PAHs 主要分布在珊瑚组织而非黏液中；组织和粘液的 PAHs 含量组成存在一定的差异，组织中 16 中 PAHs 都被检出而粘液中只有 9 种（四环以下的 8 种四环的苯并荧蒽）被检出，含量较高的四种 PAHs 分别为菲、芴、芘和荧蒽（分别占 42%、12%、8%和 8%），粘液中含量较高的四种 PAHs 分别为菲、芴、蒽和芘（分别占 60%、12%、9%和 6%）。这表明组织较粘液更易富集 PAHs，而对于被检出的 9 中 PAHs，粘液较组织更容易富集菲和蒽。

S13-P-25S

珊瑚 Sr/Ca 记录的南海中北部罗马暖期前期海温变化

江蕾蕾 [1,2,3]，余克服 [1,2,3]*，韩韬 [4]，田翠翠 [1,2,3]，黄博津 [1,2,3]，张会领 [5]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学 海洋学院，南宁 530004

4 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

5 广东海洋大学 海洋工程学院，湛江 524088

* kefuyu@scsio.ac.cn

罗马暖期 (Roman Warm Period, RWP, 300BC-300AD)是过去 2000 年重要的自然暖期之一，探究 RWP 温暖的程度和机制对理解现代的全球变暖有着重要意义。许多研究关注 RWP 期间的气候特征，但结果仍存在争论，其中一个争论的焦点就是最近半个世纪的温度是否超过 RWP 期间的温度。我们从南海中北部西沙海域永兴岛采集了一块化石澄黄滨珊瑚(Porites lutea)，高精度热电离质谱(TIMS)铀系测年结果显示这块珊瑚存活年代位于罗马暖期前期(117-123BC)。通过对这块珊瑚与另一块采自永兴岛的现代澄黄滨珊瑚进行高分辨率 Sr/Ca 比值测试，我们定量重建了南海中北部罗马暖期前期(117-123BC)和现代暖期(1961-2007AD)这两个时间段的月分辨率海水表层温度(sea surface temperature，SST)序列。

我们首先参照西沙永兴岛海洋站实测 SST，利用生长于 1993-2007 年的现代澄黄滨珊瑚的月分辨率 Sr/Ca 比值建立珊瑚 Sr/Ca 温度计。考虑到珊瑚不同季节生长速率的差异，我们选择实测最高 SST 和实测最低 SST 及对应线性内插后的现代珊瑚 Sr/Ca 比值数据进行回归分析，得到 Sr/Ca-SST 间的转换方程：Sr/Ca(mmol/mol)=-0.0464*SST(℃)+10.576，R^2=0.93。

根据现代珊瑚 Sr/Ca-SST 温度计，我们重建了罗马暖期前期(117-123BC)和现代暖期(1961-2007AD)的高分辨率 SST 序列。重

建结果显示：(1)罗马暖期前期(117-123BC)的 Sr/Ca-SST 季节性变化显著且与现代暖期(1961-2007AD)基本一致。罗马暖期前期(117-123BC)平均夏季和冬季 SST 分别比现代暖期(1961-2007AD)高出 1.64℃和 1.46℃，这两个时间段内的夏季与冬季温差分别为 4.52℃和 4.34℃；(2)罗马暖期前期(117-123BC)和现代暖期(1961-2007AD)年平均 Sr/Ca 比值分别为 9.24mmol/mol 和 9.3mmol/mol，与此对应的罗马暖期前期(117-123BC)年平均 SST 为 28.83℃，比现代暖期(1961-2007AD)年平均 27.48℃高出 1.35℃；(3)频谱分析显示罗马暖期前期(117-123BC)和现代暖期(1961-2007AD)南海中北部 Sr/Ca-SST 序列均存在显著的 3-7 年的变化周期，这说明在年际尺度上南海中北部 SST 变化积极响应 ENSO 事件。通过对珊瑚 Sr/Ca-SST 进行带通滤波处理后，我们发现与现代暖期(1961-2007AD)相比，罗马暖期前期(117-123BC)的 ENSO 变率明显偏弱，这可能反映了“海洋恒温器”机制对 ENSO 活动的控制。

S13-P-26S

利用珊瑚生长率重建“4.2ka 气候事件”西沙海域 SST 变化

党少华[1,2,3]，余克服[1,2,3]*，陶士臣[2,4]，韩韬[4]，张会领[5]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004
2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004
3 广西大学海洋学院，南宁 530004
4 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
5 广东海洋大学工程学院海洋工程系，湛江 524088
* kefuyu@scsio.ac.cn

珊瑚骨骼具有类似树木年轮一样的条带状结构，是热带海域高分辨率古气候研究的重 要材料。前人研究表明南海北部澄黄滨珊瑚骨骼生长率能够反映表层海水温度(SST) 的变化，二者呈现显著的正相关关系。在本研究中，我们利用采自南海北部西沙群岛永兴岛，生长在 4370-3960a BP 时期的四块澄黄滨珊瑚作为研究对象来研究热带气候对“4.2ka BP 气候事件”的响应。根据前人基于现代珊瑚建立的西沙海域生长率-SST 关系，我们通过对其骨骼生长率进行测量重建了 4370-3960a BP 时期南海北部 SST 的变化序列。珊瑚生长率-SST 重建的结果为，26.2℃（4370-4264a BP），25.9℃（4193-4113a BP），26.9℃（4050-4005a BP），26.1℃（4004-3960a BP），明显低于现代（1961-2008 年）27.3℃的均值。

生长率重建的 SST 序列在 4370-3960a BP 的总趋势上存在一个明显的降低-升高过程，由于在该时段北半球中低纬度气候特征以干冷为主并直接导致了诸多古文明的衰落，因此我们认为在总体趋势上南海北部地区的 SST 的变化反映了该气候事件。而分别对四个时段的 SST 序列进行累积距平的计算表明在 4193-4113a BP 期间和 4050-3960a BP 期间以负距平为主，SST 总体偏低。突变分析结果显示在 4305a BP 和 4165a BP 左右各是一次由暖向冷的突变点，而 4050-3960aBP 则存在一个显著的回暖。

对观测资料的频谱分析显示，近 50 年来南海北部 SST 存在显著的 3-7a ENSO 周期，在年际尺度上南海北部 SST 主要受到 ENSO 活动的影响。而在对 4370-3960a BP 时期的珊瑚生长率-SST 序列进行的频谱分析表明在该时期南海北部 SST 在年际尺度上存在不显著的 3-7a ENSO 周期。再将 SST 的观测资料与珊瑚生长率-SST 序列进行 3-7a 滤波后，我们发现与观测资料的 SST 记录相比，在“4.2ka BP 气候事件”时期南海北部 SST 的年际波动幅度最大降低了近 50%。这一时段较弱的 3-7a 周期可能也反映了中晚全新世较弱的 ENSO 活动。

S13-P-27S

南沙群岛珊瑚共生微生物多样性及与热胁迫的敏感性的

潜在联系

覃祯俊[1,2,3]，余克服[1,2,3]*，王英辉[1,2,3]，陈飚[1,2,3]，梁甲元[1,2,3]，黄学勇[1,2,3]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

随着全球 SST 不断升高，珊瑚礁受到白化的威胁越来越频繁。但是在高温胁迫的过程中，不同的珊瑚白化敏感性有显著的差异。之前的研究普遍认为珊瑚的白化敏感性与珊瑚形态、共生虫黄藻密度、系群组成和微生物组成有关。然而，不同种属珊瑚共生虫黄藻密度、系群组成和微生物组成的关系、它们之间与白化敏感性关系的研究还很缺乏。本次实验我们同时在南沙群岛采集 10 科 15 属的 50 个珊瑚样本。实验结果表明，珊瑚共生虫黄藻密度多样性与珊瑚形态存在显著关系，块状珊瑚显著高于枝状珊瑚；共生虫黄藻系群共检出 189 个亚系群，其组成与珊瑚属种密切相关，不同属的珊瑚共生虫黄藻系群组成存在明显的差异。不同珊瑚的共生细菌群落组成差异显著。这表明不同属种的珊瑚对虫黄藻及微生物具有特定的选择性，进一步分析表明这与珊瑚热胁迫敏感性存在潜在的联系。

S13-P-28S

酚类污染物降解菌的筛选及降解特性研究

符浩[1,2,3]，王丽伟[1,2,3]，苏宏飞[1,2,3]，王英辉[1,2,3]*，余克服[1,2,3]*

1 广西大学海洋学院，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

* wyhgxu@126.com; kefuyu@scsio.ac.cn

采用梯度平板法从蜂巢珊瑚中筛选获得一株能够以苯酚为唯一碳源生长代谢的菌株，并命名为 SNSH-1。菌株 SNSH-1 可以在 242 小时完全降解 2200mg/L 苯酚，最大耐受苯酚浓度高达 2500mg/L。在 pH5.0~9.0，盐度 0~60g/L，温度 25℃~40℃，碳氮比 10/1~1/120 生长环境下，SNSH-1 可以有效降解苯酚，且菌株 SNSH-1 除了能够以苯酚唯一碳源，还能够以邻苯二酚、间苯二酚、对苯二酚、间苯三酚、邻苯二胺、1-萘酚、1-萘胺等酚类及衍生物为唯一碳源生长。经菌株 SNSH-1 降解途径研究分析，SNSH-1 主要以邻位开环降解酚类污染物，且不受底物诱导。综上所述，菌株 SNSH-1 能够在各极端环境下高效降解酚类污染物，且具有降解广谱性，在治理近海海域酚类污染方面具有良好的应用潜质。

S13-P-29S

海产养殖用抗生素氯化消毒副产物的生成与机理研究

盘子涵，张媛媛，余克服*

广西大学海洋学院，珊瑚礁研究中心，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

为了杀灭病原菌并提高养殖产品的产量和质量，氯化消毒和抗生素的添加在海洋养殖中是两个必不可少的环节，在此过程中，消毒副产物（DBPs）的产生是不可避免的。抗生素残留物不仅是一种水体污染物，而且还能作为前体物产生新型的 DBPs。本文以典型氟喹诺酮类抗生素—诺氟沙星（NOR）为对象，对 NOR 经氯化消毒后的反应动力学进行分析，旨在探究海水中卤代 DBPs 产物的生成与转化途径及机理。

本研究发现 NOR 可以被次氯酸钠消毒剂氧化，并且消毒水环境对氧化速率的影响显著。NOR 氧化反应速率常数在淡水，海水养殖水和海水中，分别为 0.0417 min^{-1}, 0.0720 min^{-1}, 0.2157 min^{-1}，其差异主要归因于海水和海产养殖水中存在的大量卤素离子使反应所需的活化能降低。在淡水中，NOR 的活性位点位于哌嗪基上的 N4 原子；而在海水养殖水和海水消毒过程中，NOR 上的羧基被氧化，同时水体中碘离子还原成

次碘酸与之形成碘代 DBPs（I-DBPs）。I-DBPs 产物的生成也在真正的虾池咸水中得到证实，本文最终利用定量结构活性关系和总有机卤素对产物的活性进行分析，结果表明海产养殖水中的 I-DBPs 比淡水中的 DBPs 具有更强的毒理学性质。

S13-P-30S

海产养殖水中 17β-雌二醇氯化消毒副产物的生成与机理研究

邵亚男[1,2,3]，张媛媛[1,2,3]，余克服[1,2,3]*

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学 海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

近年来，我国海产养殖业正从传统的粗放式放养模式逐步向工厂化、集约化养殖模式发展，由于集约化海产养殖密度大，当出现水质问题时往往已经造成了不能挽回的损失，水质成了集约化海产养殖过程中的重要环节，而氯化消毒是处理海产养殖水的常用方法。在海水氯消毒过程中，含氯消毒剂难免与水体中其他成分反应生成新的产物，称之为消毒副产物 (DBPs)。另一方面，为了控制水产养殖生物的单性繁殖，提高其产量，17β-雌二醇(E2)被添加到海产养殖水中来诱导水生生物实现性反转，从而实现单性繁殖的目的。海产养殖用水由于水质成分与饮用水相差甚远，如含相对高浓度的 Cl^-、Br^-并含有微量 I^-，产物也将不尽相同，可能会生成溴代或碘代 DBPs。

实验研究了在不同水样氯化消毒过程中，次氯酸钠（NaClO）和 E2 反应的速率及其产物的生成途径。反应动力学研究表明：E2 的降解速率与水样类型密切相关，在淡水、海产养殖水和海水中，反应速率常数分别为 0.133 min^{-1}、2.067 min^{-1} 和 2.592 min^{-1}。此外，溴离子的存在导致了溴代消毒副产物(Br-DBPs)的生成，实验中共观察到 7 种卤化 DBPs，其中包括 3 种氯代消毒副产物（Cl-DBPs）和 4 种 Br-DBPs。可吸附有机卤素分析结果表明，海洋养殖水中的 Br-DBPs 比在淡水中形成的相对应的 Cl-DBPs 的毒性要强，而用 EPI-Suite 以 BCF 为指标进行的简单毒性模拟也证明了这一结论。

S13-P-31

珊瑚骨骼之月解析尺度鉛同位素測量

姚佩萱，周於蓁，沈川洲*

國立臺灣大學地質科學系高精度質譜儀與環境變遷實驗室，台北 10617

* river@ntu.edu.tw

隨著人類世的倡議與環境意識的抬頭，人類活動對全球氣候與環境變遷影響的研究漸盛。珊瑚骨骼中的微量元素與同位素分析，可作為地質科學、古海洋學、大氣科學與環境科學研究的有利工具。藉由分析珊瑚骨骼中的鉛同位素，能夠窺知因採礦冶煉、燃煤、工業等人類活動對環境帶來的影響與衝擊。但是，前人研究受限於低鉛含量（10s-100s ng/g），僅能應用於多年至十年尺度之水文變化與人為污染的研究議題上。本研究精進化學步驟與儀器測量方法，建立多頻道感應耦合電漿質譜儀（multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry, MC-ICP-MS）之高精度皮克級鉛同位素（^{204}Pb, ^{206}Pb, ^{207}Pb, ^{208}Pb）分析技術。以鎝離子交換樹酯分離方法自低鉛含量樣本中萃取，化學空白值僅2 ±3 pg（兩倍標準差）。為期一年重複分析 250-1000 pg 的國際鉛同位素標準品（NIST SRM 981），得鉛同位素比例之兩倍標準偏差測量精度分別為：$^{208}Pb/^{206}Pb$ 為±420 ppm、$^{207}Pb/^{206}Pb$ 為±219 ppm、$^{206}Pb/^{204}Pb$ 為±1062 ppm。我們將此技術應用於採自越南中部 Son Tra Island 的微孔珊瑚，其珊瑚所需樣本量可以降至 5-10 mg，分析 1978 至 1982 年的鉛同位素紀錄如下，$^{206}Pb/^{207}Pb$ 為 1.1226 至 1.1745、

$^{208}Pb/^{207}Pb$ 為 2.4262 至 2.4813，具有季節性變化，且可反映出兩個主要來源端成分，河流沉積物與半開放海灣海水的混合情形。研究結果證明月解析的鉛同位素紀錄可作為環境指標與來源示蹤劑，幫助我們了解過去自然水文變化及可能由人為活動所造成的影響。

S13-P-32

超临界水中不锈钢表层防腐处理及流动加速腐蚀研究

唐兴颖 [1,2,3]*，王英辉 [1,2,3]，余克服 [1,2,3]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* tangxingying@gxu.edu.cn

尽管超临界水氧化技术处理高浓度有机废水具有显著的优势，但是该技术在运行过程中所面临的严重腐蚀问题严重制约该技术的工业化发展。材料的防腐技术中，通过对材料进行表面处理来为材料覆盖各种保护层，是提高其防腐性能的有效方法。而常发生于局部区域的流动加速腐蚀，即冲刷腐蚀，冲刷与腐蚀的交互作用，冲刷作用会导致氧化膜的溶解，进而导致合金材料管道壁厚加速减薄。

通常认为影响流动加速腐蚀的影响因素主要包括流速、攻角、颗粒性质、温度、pH 值、氧化剂、还原剂和其他腐蚀介质等。而超临界水氧化处理农药废水的环境中，超临界的高温和高压流体携带各种腐蚀介质，系统管道冲刷，会对加剧管道材料的腐蚀，因此很有必要研究的流动对超临界水氧化条件下系统管道腐蚀的影响。本文采用作者自己设计的高温高压流动腐蚀装置进行流动腐蚀测试，考察超临界水氧化条件下流动加速腐蚀以及在此条件下的镀层的防护作用、流动加速腐蚀特性及镀层对流动加速腐蚀抑制作用。

分别采用真空电弧离子镀膜和酸洗钝化技术对 Incoloy 825 进行表面防腐处理，在进行腐蚀实验测试后，经过三种表面处理技术处理后的合金都表现出优于未进行表面处理的合金的抗腐蚀能力。镀 Cr 膜的 Incoloy 825 在超临界水中的耐腐蚀性最优，而镀 TiN 膜通常具有高硬度，强的耐磨性能，在超临界水含氧含氯条件下的抗腐蚀能力较弱。经酸洗钝化后合金的抗腐蚀能力要弱于镀 Cr 膜和镀 TiN 膜。

通过对不同攻角和流速条件下的流动腐蚀进行对比研究，可知在攻角为 45°，流速为 1.0 $m \cdot s^{-1}$ 时，其腐蚀速率最高为 22.7 mmpy，为静止状态下的 2 倍。攻角对流动腐蚀的影响明显，攻角为 45° 时的腐蚀速率明显高于攻角为 0° 时的腐蚀速率。在超临界水含氧含氯的条件下，流动加速腐蚀主要是由于对表面氧化膜的剥离作用。超临界条件低流速条件下流速变化对腐蚀的影响不明显，而镀 Cr 对合金抗流动加速腐蚀有明显的抑制作用。

本文目的是研究开发亚临界和超临界条件下的材料镀层防控腐蚀及流动加速腐蚀行为特点，保证系统的安全、稳定和长久地运行，为推动超临界水氧化技术的商业化进程提供理论支撑及技术指导。

S13-P-33

我国南海造礁石珊瑚分子分类及其系统发育关系研究

韦芬 [1,2,3]，余克服 [1,2,3]*，王英辉 [1,2,3]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西南海珊瑚礁研究重点实验室，南宁 530004

3 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

造礁石珊瑚是珊瑚礁的主要造礁者，是珊瑚礁生态系统的基础。而关于造礁石珊瑚的分类和起源一直是珊瑚研究领域中颇有争议的焦点问题，传统研究石珊瑚分类和起源问题的方法是建立在对现存石珊瑚和其化石种类的骨骼形态特征分析的基础上的，由于在理解石珊瑚骨骼形态的可变性、类似性及化石的分类学方面存在着许多问题，使

得仅仅利用骨骼形态学的方法来解决石珊瑚分类和起源问题具有很大的局限性。分子生物学的兴起，为解决造礁石珊瑚分类和起源提供了新的思路。因此，本研究拟通过大量采集我国南海各个礁区的造礁石珊瑚样本，通过特异性及稳定的分子标记筛选和线粒体 DNA（mtDNA）基因组全序列的测定和分析，并基于分子标记和 mtDNA 全序列构建我国南海造礁石珊瑚的系统发育树，帮助我们理解造礁石珊瑚在传统分类和起源研究上遇到的问题，为开展石珊瑚的生态和保护生物学等其它研究奠定坚实的基础。

S13-P-34

三沙永乐龙洞悬浮体与温跃层垂向分布特征研究

闫文文*，谷东起，杜军

国家海洋局 第一海洋研究所，青岛 266061

* friendgu@fio.org.cn

悬浮体浓度垂向分布对海洋蓝洞的形成、发育、演化具有重要意义。为研究我国唯一已知、全球最深海洋蓝洞的演化机制，应用 LISST—100x 现场激光粒度仪，搭载工作级水下机器人，于 2017 年 5 月在三沙永乐龙洞首次进行了悬浮体、温度剖面测量，获得了完整洞深的悬浮体体积浓度和温度等数据。对悬浮体浓度及温度断面图分析后发现，洞内悬浮体浓度和温度的均具有明显的分层现象，均存在 3 个跃层，且具有显著相关性。悬浮体浓度和温度均表现为表层高于底层，且在表层区域跳跃幅度较大。悬浮体浓度在深度为 75-85m 的第二个跃层区出现极大值，跃升值也最大。蓝洞周边珊瑚礁群是洞内悬浮体最主要来源之一，波浪、潮汐、海流等是悬浮体来源主要驱动力。

S14-O-01

扬子浅滩的成因与年龄

刘健[1,2]*，仇建东[1]，王飞飞[1]

1 自然资源部海洋环境地质重点实验室，中国地质调查局青岛海洋地质研究所，青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室，海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266237

* liujian0550@vip.sina.com

扬子浅滩位于长江口东侧、水深 25-55 m 的浅海区，面积约 30000km^2，是一个表面起伏相对平缓、以砂质沉积物为主的大沙滩。由于缺乏钻孔岩心资料，以往的研究对扬子浅滩的成因和形成年龄存在诸多争议，主要观点包括：它是至今处于活动状态的潮流沙席，古长江水下三角洲，不活动的沙脊/沙席以及冰消期以来形成于陆架上的残留沉积物等。在最年几年的地质调查中，我们在扬子浅滩上施工了一个 70.20 m 的全取芯钻孔（CRE-1402），并在长江水下三角洲及其东侧的浅海区测量了 1600 km 高分辨率浅地层剖面。我们对该孔岩心进行了沉积特征分析、有孔虫鉴定、AMS 14C 和光释光（OSL）测年，对浅地层剖面进行了解释，并把我们的钻孔和浅地层剖面资料与过去在长江三角洲平原及三角洲前缘上的钻孔资料进行了对比分析。研究结果表明，扬子浅滩的主要粒级组分是极细砂-细砂，次要组分是中砂和粉砂；其厚度变化于 6-32 m，其内部显示总体上向西南方向倾斜的进积层；主要形成于冰消期 MWP-1B 事件和 8.2 ka 事件之间（~11.1-8.2 ka BP），潮流沙脊成因；自 8.2 ka 事件至今，由于海平面上升导致的潮流动力减弱以及旋转潮流发育，最终形成了当今席状沙滩的地貌。我们的研究还表明，冰消期以来海平面上升过程中的全球融水脉冲事件（MWP-1A、MWP-1B 和 8.2 ka 事件）控制了古长江河口湾的沉积环境演化及地层结构。

S14-O-02

岩石学及地球化学约束闽江入海沉积物的源区及输运过程

简星*，梁杭海，洪东铭，张硕

1 青海师范大学青藏高原环境与资源教育部重点实验室，西宁 810008
2 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室，兰州 730000
* xjian@xmu.edu.cn

浙闽河流入海沉积物组成及其来源的研究对于深入理解东亚大陆边缘沉积物的从源到汇过程具有重要意义。浙闽河流流域的地貌和气候背景与东亚大陆上的大河流域具有一定的差别，在自然环境变化和人类活动双重因素不同时间尺度的影响下，其沉积物输运过程及入海沉积物组分的变化规律，目前并不清楚。闽江流域上、下游分布了截然不同的母岩类型，降水也具有明显的季节地域差异，人为改造等人类活动较多，是研究东亚大陆边缘沉积物源汇示踪的理想场所和典型代表，可以说是“麻雀”虽小，“五脏”俱全。

本报告将汇报闽江流域沉积物岩石学和地球化学的最新研究结果，进行闽江入海沉积物的物源分析研究，试图探讨闽江入海沉积物的源区及输运规律。砂质沉积物骨架颗粒岩石学研究结果显示上游源区对现今闽江入海输沙仍然提供了不可忽略的贡献，大坝和水库的存在对入海沉积物组分的影响可能并不强烈，这与前人的碎屑锆石U-Pb年代学研究结果是一致的。上、下游不同支流河水悬浮物具有相似的微量元素地球化学组成，而与对应的河床细粒沉积物不同，主要受控于水动力分选作用的影响。丰水期和枯水期的闽江入海悬浮沉积物具有不同的微量元素地球化学组成，其中枯水期河床表层沉积物再悬浮（即再旋回沉积作用）对入海悬浮物的贡献较为明显，反映了枯、丰水期闽江流域沉积物的输运过程具有较大差异，也说明闽江入海悬浮物的地球化学组分对季节性降雨的响应非常敏感。这些研究结果将为东海陆架和台湾海峡沉积物的源区分析等热点领域提供重要的参考数据，对东亚大陆边缘源汇系统的深入认识和构造-沉积演化历史的重建也具有指导意义。

S14-O-03

东海陆架“源-汇”系统：从季节到千年，从流域到陆架

胡邦琦*，李军

中国地质调查局青岛海洋地质研究所，青岛 266071
* bangqihu@gmail.com

大陆边缘“源-汇”系统研究已成为众多国际地球科学研究计划的重要课题，其中最早的是美国在 1998 年正式启动的“洋陆边缘计划”(MARGINS)，其沉积学与地层学项目组研究专题为“源-汇”过程(Source to Sink)。基于 S2S 研究计划，国内外学者在大陆边缘“源-汇”沉积过程研究方面取得了丰富的成果，主要集中于沉积事件的触发机制、沉积物的搬运方式与沉积响应特征等研究。近年来，不同时间尺度下“源-汇”过程中源区环境信号的产生、流域系统中信号的传递或改造以及沉积记录中信号的保存或丢失引起了广泛的关注，这对正确理解沉积地层记录的信号-噪音特征以及“源-汇”系统对全球变化的响应过程具有重要意义。中国东部陆架海位于欧亚大陆和太平洋之间，既有黄河、长江等世界性大河和台湾小型山地河流输入的巨量河流沉积物，也有复杂的陆架环流体系，是世界上物质交换最为活跃的大陆边缘之一，因此是开展多时空尺度下大陆边缘“源-汇”过程研究的天然实验室。

河流作为“源-汇”过程的主要通道，每年携带约 200 亿吨沉积物（主要是颗粒悬浮物）进入海洋，因此是联系陆地和海洋生物地球化学循环的重要纽带。近半个世纪以来，全球气候变化显著，流域人类活动日益增强，在两者双重胁迫下，世界上许多河流（特别是大河流域）沉积物通量、性质及搬运或分散发生了急剧变化，进而导致河口海岸带物理、化学和生物过程的显著变化。黄河、长江流域位于东亚季风气候区的不同纬度带，也是我国乃至世界上人类活动最强烈的地区之一。对此开展了水文学、地球化学、矿物学等多学科交叉的研究工作，探讨了气

候变化和人类活动在年代-季节-事件尺度上对长江、黄河沉积物（颗粒有机碳、微量元素）通量、来源和搬运机制的影响，为深入理解气候变化和人类活动对中国东部陆架区流域-海岸相互作用的影响提供了重要科学依据。

河流输入的巨量物质在海洋中如何扩散、沉积和保存是“源-汇”过程的核心环节。中国东部陆架海是周边河流(如长江、黄河等)入海物质的主要归宿，在复杂的海洋动力环境下形成了多个规模不等的泥质沉积区。这些泥质区既是周边河流细颗粒沉积物的“汇”，也是有机碳和生源元素的“汇”。针对中国东部陆架海泥质区物质“汇”的特性，开展了百年尺度(210Pb)沉积通量、收支平衡、沉积响应等研究工作，从“源”的角度重新解译泥质区的形成机制；揭示了中国东部陆架海沉积物重金属来源、沉积过程及其对人类活动的响应。

“源-汇”研究最终目的是建立完整的沉积过程，阐明沉积事件的触发机制、搬运方式与沉积响应特征。中国东部陆架海的泥质沉积大多是全新世高海平面以来的沉积产物，沉积地层连续性较好，保存了丰富的陆地气候变化和海洋环境演化信息。针对前人研究聚焦于“汇”的识别，申请人将“源”的变化到“汇”的记录作为一个整体，对河口-陆架区的“源-汇”过程及环境记录开展了一系列研究工作，揭示了东亚季风系统演变对黄河流域不同区域侵蚀模式的重要影响；阐明了海平面变化-季风气候-海洋环流-人类活动对“源-汇”过程的耦合作用；重建了东亚冬季风和东海内陆架沿岸上升流的沉积记录并揭示了其内在机制。

下一步工作拟聚焦中国东部边缘海区，以地球系统科学思想为指导，围绕边缘海“源-汇”系统的时空演变这一主线，以多学科交叉的研究手段，重建末次冰盛期以来中国东部边缘海河口-陆架-陆坡-海槽的“源-汇”过程沉积记录，揭示中国东部边缘海“源-汇”过程的时空格局、控制因素和内在机制，最终建立定量“源-汇”过程模型，阐明中国东部边缘海河控型“源-汇”系统演化在全球变化研究中的特色与启示。

S14-O-04

东海内陆架泥质区的两种沉积过程：季风沉积和风暴沉积

范德江 [1]*，田元 [1]，张喜林 [2]

1 中国海洋大学，海底科学与探测技术教育部重点实验室，青岛 266100

2 青岛海洋地质研究所，海洋油气资源与环境地质国土资源部重点实验室，青岛 266071

* djfan@ouc.edu.cn

东海内陆架是末次冰期高海平面以来的沉积中心，是西太平洋边缘海陆海相互作用体系中沉积物源汇过程的重要结果。基于采自该区的多根沉积物岩心，系统开展了岩心层序结构和沉积物粒度、元素分析，结合岩心的年代测定，对该区的沉积作用进行了深入的探讨。通过研究，建立了不同岩心的高分辨沉积记录，识别出了东亚季风沉积和风暴沉积两种沉积层。东亚季风沉积层构成该区沉积层序的主体，亦可称为正常沉积层，由黏土质粉砂构成，其沉积学指标与东亚季风之间存在良好的响应关系；风暴沉积层属于沉积层序中的异常层，由相对粗颗粒沉积物组成，厚度数 mm 至数 cm 不等，与下伏沉积为整合突变接触，沉积物粒度向上变细，Zr/Rb 比值增加，岩心中的异常层与途径该区的强台风事件有着明确的对应关系。季风沉积和风暴沉积制约了该区沉积体的形成和演化，其中，季风沉积占主导地位，约占沉积体厚度的 90%；风暴沉积仅占次要地位，且地域差异悬殊，约占沉积体厚度的 10%。

S14-O-05

河流羽状流与陆架高盐水入侵共同作用下潮汐应变产生的对流与泥沙再悬浮新机制

张乾江，吴加学*

中山大学海洋科学学院，广州 510275

* wujiaxue@mail.sysu.edu.cn

河流羽状流与陆架高盐水入侵共同作用下的过渡区呈现出近岸海洋动力过程独有的特征，与上游河口及外部陆架海的动力结构与沉积过程存在明显差异，对海岸泥沙输移、季节性低氧区发育与维持、以及近岸海洋生态系统等具有重要的控制作用；然而，该过渡带动力结构与泥沙输移等基础问题尚不清楚。本文从海洋湍流与混合、潮汐应变、泥沙输移等方面，采用湍流微结构剖面观测、底边界层湍流与泥沙观测、船载平均流与温盐浊度剖面定点和断面观测等方式，阐明过渡区三层水体动力结构、盐水楔头部高浊度悬浮体发育。现场观测和标度分析揭示盐水楔头部发育局部对流运动，密度层化演变的理论分析表明潮汐应变产生不稳定层化与对流运动。盐水楔头部湍流垂向流速和涡动粘滞系数明显大于盐水楔上下游中性稳定水体，显著提高泥沙再悬浮能力。进一步分析表明，在中性稳定与对流作用水体中泥沙再悬浮均是由湍流垂向运动支撑的，而不是均匀水体中剪切应力产生的。基于局部湍动能平衡假设推演出 MOST 相似理论的稳定修正函数，可以成功地描述对流环境中潮汐应变对湍流混合长度、涡动粘滞系数、以及泥沙扩散系数的影响。这些研究结果对深入理解过渡区动力过程、泥沙输移及低氧区维持具有基础性的意义。

S14-O-06

水系沉积物 $^{234}U/^{238}U$ 比值的影响因素及其在示踪沉积物“源—汇”过程中的应用

李超[1]*，郭玉龙[1]，王晨羽[1]，赖正[2]，杨守业[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中国地质大学（武汉）海洋学院，武汉 430074

* cli@tongji.edu.cn

利用地球表生环境中铀系同位素不平衡原理的特性，结合不同核素的半衰期长短，铀系同位素的各种比值成为示踪各种不同表生地质过程速率和时间尺度的有效手段。在铀系众多同位素中，^{238}U 的半衰期约为 45 亿年，在经历 1 次 α 衰变和 2 次快速的 β 衰变后，^{238}U 变成 ^{234}U，半衰期约为 24.5 万年。因此 $^{234}U/^{238}U$ 的放射性活度比值被广泛应用于示踪第四纪以来的各种地质现象和过程。尽管相关研究已经有诸多报道，但该比值在地球表生环境下的如何分布，其行为如何又受何种因素影响等问题，仍然值得进一步明确和思考。本研究立足于海洋沉积物的“从源到汇”生命周期，探索沉积物从源头风化剥蚀开始（沉积物的产生），到边缘海“汇集”（埋藏保存）过程中，$^{234}U/^{238}U$ 比值的分布特征及所反映的环境意义。

值得注意的是，2006 年，根据陆源碎屑细颗粒 $^{234}U/^{238}U$ 比值，结合沉积物颗粒粒径及表面形态特征，有学者提出一种表征沉积物从源到汇时间尺度的新概念“comminution age（粉碎年龄）”。该定义有别于传统沉积物研究中的沉积时间（deposition age），能在更广泛的时空尺度上评价沉积物从产生到最终埋藏的整个生命周期。该方法在过去十几年的发展应用过程中，一直被给予厚望，但也面临着许多质疑。本报告将从该方法的理论入手，结合目前水系沉积物“comminution age”研究中存在的问题，探讨未来如何进一步完善和发展该方法，使其在未来沉积物从源到汇研究中发挥更大的作用。

S14-O-07

全新世气候事件在浅海和半深海细粒沉积中的记录——以东海为例

李安春*

中国科学院海研究洋所海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

* acli@qdio.ac.cn

末次冰盛期之后随着气候转暖在冰消期向全新世过渡期间，在迅速增温背景下发生了一次突然降温事件，即新仙女木气候事件，导致先前的快速海面上升过程大大放慢，持续时间约 1 千年。时间进入全新世以来在 8.2ka 前后再次发生全球性的大幅降温事件，在全新世最佳期之后又发生了 5.5ka 和 4.2ka 的突然降温事件。这些以降温为特征的全球性气候突变事件在陆地记录中已有不少报道，但在海洋沉积响应研究和揭示还不多，尤其是中国海的记录更匮乏。本文通过东海内陆架泥质沉积和冲绳海槽的沉积学分析讨论这些气候事件的沉积响应与记录。在新仙女木降温事件中，东海内陆架沉积粒度明显变粗，重矿物含量增加；粘土矿物中含有较多的蒙脱石和绿泥石，有机碳和氮含量下降且波动较大，铁、铝等亲粘土的元素减少，相反地 Zr、Si 等与强水动力有关的元素含量较高，Ba/Sr 和 Rb/Sr 比值较低。这些特征表明冬季风和沉积动力环境较强。8.2kaBP 冷事件期间 EC2005 钻孔岩心记录显示，当时沉降速率明显降低，沉积物粒度、矿物学和地球化学特征与新仙女木期间相一致，但沉积厚度不像前者那么大，说明规模较小，持续时间较短。新仙女木降温事件在的逆关系冲绳海槽中部的 OKI04 柱状岩心中也被记录到。虽然沉积物粒径变化不大，但是高岭石与绿泥石比值表现为明显的高峰值，与格陵兰冰芯和董歌洞石笋的氧同位素值可很好的对比，表明冬季风增强。5.5ka BP 冷事件发生在全新世最佳期末期，EC2005 钻孔岩心沉积物敏感粒级数据表明季风波动加大伴随着特别高的沉降速率，是中晚全新世泥质沉积平均沉积速率的4倍多，持续时间约 700 余年（5.9-5.2 ka BP）。这一事件期间冲绳海槽的沉积物特征是沉积物粒度突然减小，表明随着冬季风加强夏季风和黑潮强度突然减弱，显示了冬季风与夏季风具有逆相关关系。

S14-O-08

泰国湾全新世以来古环境重建

乔淑卿 [1,2,3]*，张杨硕 1，石学法 [1,2,3,]，刘升发 [1,2,3]，Narumol Kornkanitnan, Somkiat-khokiattiwong[4,5]

1 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 海洋沉积于环境地质国家海洋局重点实验室，青岛 266061

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

4 海洋与海岸资源研究中心，曼谷 74000

5 泰国普吉海洋生物中心，普吉 83000

* qiaoshuqing@fio.org.cn

2012 年在泰国湾中部重力方式获取 1 根沉积物柱样，分析了柱样沉积物的粒度组成、颜色反射率、磁化率、元素、U^{k37} 和 Tex_{86}^{H}，重建了泰国湾全新世以来的古环境。样品长度 381cm，底部 340cm 处年龄为 12400 cal yr BP。全新世沉积分为 2 个阶段：（1）全新世早期为滨岸沉积，沉积物粒度组成较细（Mz，7.6ϕ）、磁化率和 a*（3.5 和 0.7）较高、Cl 浓度低（3300），表层温度变化剧烈。373-380cm 处有一黏土层，342-344cm 处有丰富的贝壳碎片。（2）9400 cal yr BP 开始，沉积环境变为陆架沉积，沉积物为灰绿色粉砂。6500 cal yr BP 海平面达到最高，之后海退并在大约 2500 cal yr BP 到达现代海平面，Uk37 和 Tex86H 呈现缓慢升高的趋势，分别到 27℃和 22℃。沉积记录 4 次明显的降温，发生 9400、6700、3600 和 700 cal yr BP。磁化率逐渐降低到 1，Cl 浓度逐渐升高至 4500，a*逐渐降低至-5，并在 2500 cal yr BP 之后保持稳定。

S14-O-09

Sedimentary archive on another significant potential source in the South China Sea

Jianguo Liu[1,2]*, Xuefa Shi[2,3], Wen Yan[1,4], Li Cao[1,4]

1 Key Laboratory of Ocean and Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061

3 Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061

4 University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049

* jgliu@scsio.ac.cn

Sediment provenance is an important part of sediment source-to-sink transport process from land to sea. But sometimes we cannot explain well some contradictory problems when assessing sediment sources in various areas. The northern South China Sea (SCS) is currently considered to be dominantly supplied with sediments from the Pearl River, Taiwan and Luzon. For the clay fraction in sediments, the Pearl River supplies major kaolinite, Taiwan dominantly supplies illite and chlorite, while Luzon principally provides smectite. Today Luzon is normally thought to be significant source, only in view of high smectite percentage in Luzon-derived sediments but neglecting its limited sediment discharge into the sea and further transporting distance of its sediments from this island. By contrast, the East of Pearl River (EPR) is similarly characterized by high smectite percentage in sediments and closer transport distance than Luzon, but previous study showed that surface sediment samples with high smectite percentage were occasionally distributed in alongshore bays. Here we show sediment achieve of several gravity cores from neighboring bays/harbors along the northern SCS coast. Different from surface sediments with low smectite percentage, core sediments in coastal bays/harbors of the EPR have high smectite percentage when the cores reached a certain depth. This indicated that the EPR could be taken as another sediment potential source in the northern SCS. In South China, widely distributed igneous rocks/volcanic materials are momentous sources for sediments in the northern SCS slope. Future further detailed study must be carried out for better sediment provenance in the SCS, due to possible change of sediment composition.

S14-O-10

渤海湾约 6 kyr BP 以来的水下三角洲进积系统结构与三维形态：全新世黄河水下三角洲演化

刘世昊[1]*，丰爱平[2]，李培英[1,3]，于晓晓[1,3]，张志卫[1]

1 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 国家海洋局海岛研究中心，平潭

3 中科院海洋研究所，青岛

* liushihao@fio.org.cn

作为渤海西岸源-汇系统的重要组成部分，黄河水下三角洲长期以来都是实践高河流物质输送通量制约下的三角洲过程理论的标杆地区。在约 6 kyr BP 以来，黄河水下三角洲经历长时间（千年/百年）尺度下游河道变迁的制约，表现为具有复杂亚层序结构与形态特征的进积系统。最新数据表明黄河水下三角洲集中发育于渤海湾，并及进积斜坡结构为表征，同时海、滦河水系三角洲演化也共同制约该进积过程。不过，相较于相关水系的河道变迁及陆域三角洲叶瓣演化已获较深入研究，尚不明晰该水下进积系统层序结构与形态的演化历史，也无法解读其与不同水系的河道/三角洲叶瓣变迁间的关系。

鉴于此，本研究在伪三维（pseudo-3D）

覆盖渤海湾全湾的浅地层剖面数据的基础上，针对湾内~6 kyr BP 以来形成的水下三角洲进积叠覆体，开展地震层序结构与地震形态学研究。结果表明渤海湾冰后期沉积结构中共可识别 8 个地震单元，即 SU1-8；结合参考前人对渤海湾西北沿岸的层序分析结论，推测 SU1 为冰消期海侵过度相地层，以潮坪、海岸泥沼和河口相沉积物为主，SU2-8 为高海面时期以来的水下三角洲/浅海陆架沉积物。基于伪三维地震形态分析可知 SU2-8 单元的共同构成了渤海湾水下三角洲进积系统。其中 SU2 与 SU3 单元位于测区北部，表现为东南向进积的斜坡结构，结合主要水系的陆域三角洲演化历史，推测其为全新世滦河/海河水系水下三角洲；SU4-SU8 单元占据了水下进积系统的约八成体积，并构成北向/东北向进积的斜坡结构，推测其主体为~6 kyr BP 以来的黄河水下三角洲，其中 SU7 与 SU8 单元分别受到了海河与滦河水系三角洲演化的制约。

为了进一步完善上述推论，揭示不同进积单元的演化历史，课题组已在渤海湾内获取了 4 根验证地震数据的岩心柱状样，相关年代、岩性与物源测试正有序展开。

S14-O-11

韩国西海岸带地区全新世相对海平面变化记录

Bing Song (宋兵)[1,2]*, Sangheon Yi[2], Shi-Yong Yu[3], Wook-Hyun Nahm[2], Jin-Young Lee[2], Jaesoo Lim[2], Jin-Cheul Kim[2], Zhongyong Yang[4], Min Han[2], Kyoung-nam Jo[5], Yoshiki Saito[6,7]

1 State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008

2 Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 34132

3 School of Geography, Geomatics, and Planning, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116

4 College of Hydraulic and Environmental Engineering, Three Gorges University, Yichang 443002

5 Division of Geology and Geophysics, Kangwon National University, Chuncheon 24341

6 Geological Survey of Japan, AIST, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba 305-8567

7 Estuary Research Center, Shimane University, Nishikawatsu-cho 1060, Matsue, 690-8504

* imbingsong@gmail.com

在全球变暖极地冰川加速消融背景下，理解过去相对海平面变化是预测未来海岸带演化的关键。在太平洋海岸带，许多地区相对海平面的记录非常缺乏。在本研究中，基于四个研究钻孔，综合前人的研究成果，在没有进行构造，沉积压实等其它因素校正的条件下，探讨了韩国西海岸带地区记录的全新世海平面变化。本研究的结果显示，在研究区早全新世海平面快速上升，晚全新世海平面缓慢下降至现在。在中全新世 7-4 cal kyr BP 海平面约高于现在 1-2 m。早全新世海平面上升速度较快，平均达到~1.4 cm yr－1，其快速上升的海平面是对极地冰川消融影响的放大。而中全新世高海平面则是远冰川陆架地区水均衡的信号，其结果被冰川-水体均衡模型所证实。研究区全新世海平面变化与全球气候变化以及冰川的消融相关，特别是在早全新世，海平面的变化与劳伦斯冰盖的消融联系密切。

S14-O-12

ENSO-like modulated East Asian monsoon precipitation since 2.36 Myr

Zhaojie Yu[1,3], Shiming Wan[12], Christophe Colin[3], Lina Song[4], Debo Zhao[1], Jie Huang[1], Hanjie Sun[1], Zhaokai Xu[1], Anchun Li[1], Tiegang Li[1]

1 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071
2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061
3 Laboratoire GEOsciences Paris-Sud (GEOPS), UMR 8148, CNRS-Université de Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Bâtiment 504, 91405 Orsay Cedex, France
4 Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071
* yuzhaojie@qdio.ac.cn

Clay mineralogy, grain-size and scanning electron microscope (SEM) analysis were performed on deep-sea sediments cored on the Benham Rise (core MD06-3050) in order to reconstruct long-term evolution of East Asian Summer Monsoon (EASM) rainfall in the period since 2.36 Myr. Clay mineralogical variations are due to changes in the ratios of smectite, which derive from weathering of volcanic rocks in Luzon Island during intervals of intensive monsoon rainfall, and illite- and chlorite-rich dusts, which are transported from East Asia by winds associated with the East Asian Winter Monsoon (EAWM). Long-term consistent variations in the smectite/(illite+chlorite) ratio in core MD06-3050 as well as ODP site 1146 in the Northern South China Sea suggest that minor contributions of eolian dust played a role in the variability of this mineralogical ratio and indicate strengthening EASM precipitation in SE Asia during time intervals from 2360 to 1900 kyr, 1200 to 600 kyr, and after 200 kyr. The EASM rainfall record displays a 30 kyr periodicity suggesting the influence of El Niño-Southern Oscillation (ENSO). These intervals of rainfall intensification on Luzon Island are coeval with a reduction in precipitation over central China and an increase in zonal SST gradient in the equatorial Pacific Ocean, implying a reinforcement of La Niña-like conditions. In contrast, periods of reduced of rainfall in Luzon Island are associated with higher precipitation in central China and a weakening zonal SST gradient in the equatorial Pacific Ocean, thereby suggesting the development of dominant El Niño-like conditions. Our study, therefore, highlights for the first time a long-term temporal and spatial co-evolution of monsoonal precipitation in East Asia and of the tropical Pacific ENSO system over the past 2.36 Myr.

S14-O-13

Along-shore and Cross-shore Clinoforms Developed Over The River-Dominated Asian Margins: case studies of Mekong and Irrawaddy rivers

Paul Liu*

Department of Marine, Earth & Atmospheric Sciences. North Carolina State University, Raleigh, NC USA
* jpliu@ncsu.edu

Extensive geological and geophysical surveys over the Asian river-dominated sea margins indicate that many Asian rivers have developed largest subaqueous deltas, with asymmetrical prodelta lobes, and elongate or detached masses of sediment. For example, besides the large proximal delta plains near their river mouths, the Yangtze River sediment is transported ~800 km into the Taiwan Strait, and Yellow River sediment is deposited more than 700 km into the south Yellow Sea. And both the systems have developed a 40-m thick distal mud depocenter. Near its distributary river mouths, the Mekong River has formed a classic sigmoidal cross-shelf clinoform, up to

15 m thick, with topset, foreset and bottomset facies, but constrained to water depths of <20 m. Parallel to shore, the Mekong-derived sediment has extended >250 km southwestward to the tip of the Ca Mau Peninsula, forming a distal mud depocenter up to 22 m thick, and extending into the Gulf of Thailand. Other major Asian river systems, like the Pearl, Red, Irrawaddy and Ganges-Brahmaputra also have a large longshore-transported distal deposit with some typical underwater clinoform features.

Most recent surveys off the Irrawaddy River Delta indicate, not like other Asian river system, this river disperses its sediments into both east and west sides under different monsoon driving forces.

S14-O-14

江-东海源汇系统沉积物混合过程研究

黄湘通*，杨守业，岳伟，李芳亮，李亚龙，宋佳泽

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* xiangtong@tongji.edu.cn

认识源汇系统的沉积物路由体系，建立系统沉积物收支平衡模型和揭示沉积物对环境变化的记录是沉积物源汇过程研究中的核心问题。如何应用沉积学、地球化学、同位素的研究方法来定性或定量来阐明这些问题是当前源汇体系研究的关键。在不考虑搬运过程风化作用的影响情况下，河流-海洋源汇系统沉积物的化学、矿物组成总体上是受源岩组成、分选作用以及混合过程的控制。分选作用可以使沉积物在搬运过程发生粒度、化学和矿物组成的变化，混合过程则使不同来源和化学组成的沉积物叠加在一起。这两种作用和过程的结果都会使沉积物“源”的信号在源汇系统搬运过程中发生改变。理论上，如果分选作用是一个随机过程的话，那么可以通过沉积物混合模型来反映不同来源沉积物的组成情况和其相对贡献量。因此，应用分粒级地球化学和碎屑锆石 U-Pb 年龄的研究方法是当前源汇系统物源研究的一大趋势。

本项研究尝试通过汇总和分析长江-东海源汇系统内碎屑锆石 U-Pb 年龄组成，结合碎屑年龄谱混合模型，来研究不同时间尺度下沉积物的混合过程。1）现代长江上游和中下游的沉积物混合过程，揭示人类活动和自然过程对入海沉积物的影响。2）现代东海沉积物潜在源区的 U-Pb 年龄特征与混合结果，反映物源-洋流变化对沉积物的改造作用。3)长江三角洲钻孔碎屑锆石的U-Pb年龄特征和混合分解研究，反映冰期至晚新生代时间尺度上长江源沉积物的供应及变化。

S14-O-15

基于有机地球化学指标推测长江口末次冰消期以来水文环境的演变

潘大东，王张华*

华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

* zhwang@geo.ecnu.edu.cn

全新世在气候和海平面等作用下，长江口经历的陆海作用过程变化丰富，研究全新世长江口水文环境的变化，有利于理解当前和未来海平面上升和气候变暖背景下该区陆海相互作用及河口动力沉积与生物地球化学过程响应，有利于深刻认识海平面上升造成的实际影响。因此，本研究在长江口下切古河谷获取 5 个全新世钻孔，进行 TOC、TN 和 $\delta^{13}C$ 等分析测试，同时收集长江流域悬沙、长江口及邻近陆架表层沉积物和钻孔沉积物的有机碳分析测试结果，在弄清长江口表层沉积物 C/N 和 $\delta^{13}C$ 分布特征及与河口水团关系的基础上，判别分布于长江三角洲顶部到前三角洲的 7 个钻孔沉积物全新世的有机碳来源和水文环境变化，分析不同阶

段各钻孔与河口悬沙锋关系，试图揭示全新世长江口河口悬沙锋位置迁移过程，并探讨其与海平面、季风气候及三角洲演变的关系。

长江口由陆向海可划分为3个水团区域：径流水、混合水和分层水，混合水与分层水之间为河口悬沙锋的洪季界面。其中，流域输入的悬沙、河口径流水和混合水表层沉积物的 $\delta^{13}C$ 值大多小于-24‰，反映陆生植物或淡水藻类有机碳来源；河口分层水和浅海表层沉积物的 $\delta^{13}C$ 大于-24‰，反映海洋藻类有机碳来源；因此洪季河口悬沙锋是现代表层沉积物有机碳陆海来源的重要边界，反映陆源输入有机质大多被该锋面拦截而不能向外海输送。

各个钻孔在 12-10 cal. ka BP 期间 C/N 和 $\delta^{13}C$ 均反映陆源有机质主导，说明河口悬沙锋还未进入古河口湾，湾内由径流水和混合水主导。约 9 cal. ka BP，位于现三角洲平原的 NT 和 HM 孔为陆源有机质主导，位于崇明岛的 CM97 孔、北支口门附近的 HZK1 和前三角洲的 ZK9 孔转变为海洋有机质主导，说明河口锋此时向陆跃迁到 HM 孔与 CM97 孔之间。在其后的中晚全新世，河口锋长期处于 HM 孔与 CM97 孔之间，直到约 1.0 cal. ka BP，向海迁移至 HZK1 孔与 HZK8 孔之间。0.4 cal. ka BP 以来，继续向海推进到 HZK8 孔与 ZK9 孔之间。

上述河口悬沙锋位置的迁移，反映了海平面、径流在河口水文环境演变中的作用，尤其是 9 cal. ka BP 前后因海平面快速上升，河口整体向陆迁移、河口潮流作用增强对长江口陆海相互作用的影响；中全新世季风衰退则导致在三角洲已经开始建造的情况下，河口悬沙锋并没有向海推进。

S14-O-16

陆源有机碳在黄河河流、河口和边缘海系统中从源到汇的演化

姚鹏[1,2]*，邱璐[1,3]，王金鹏[1,3]，赵彬[1,3]，吴丹[1,3]

1 中国海洋大学海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室，青岛 266100

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室，青岛 266237

* yaopeng@ouc.edu.cn

陆源有机碳在河流-河口-边缘海系统的输运、降解和保存等研究有助于深入了解其在边缘海的归宿，丰富对有机碳在陆地和海洋系统循环的认识，对全球碳循环收支匡算具有重要的生物地球化学意义。本研究对黄河流域表层土壤样品、黄河下游利津悬浮颗粒物和渤、黄海海域表层沉积物样品的粒度组成、总有机碳（TOC）、稳定碳同位素丰度（$\delta^{13}C$）、木质素等参数进行了分析，以期探讨黄河系统陆源有机碳从源到汇的变化过程。结果表明，陆源有机碳在黄河河流-河口-边缘海系统从源到汇的输运过程中，发生了一定程度的演化。黄河流域土壤的 TOC 含量和 $\delta^{13}C$ 相较黄河河口悬浮颗粒物及渤黄海表层沉积物而言具有更宽的变化范围，TOC 含量和 $\delta^{13}C$ 均升高。黄河流域土壤、河口悬浮颗粒物和渤海表层沉积物中的木质素相对含量（Λ_8）平均值分别为 2.00 mg/100mg OC、0.69 mg/100mg OC 和 0.52 mg/100mg OC，表明木质素在从土壤输运至黄河下游，再到边缘海沉积的过程中含量逐渐降低。三个木质素降解参数(Ad/Al)v、P/(S+V)及 3,5-Bd/V 平均值从黄河流域土壤到黄河下游利津悬浮颗粒物再到渤黄海表层沉积物中则不断升高，表明木质素的降解程度从流域到边缘海不断增加。从 S/V 和 C/V 的结果来看，在木质素向河口输运沉积在渤、黄海的过程中，木质素越来越偏向被子植物草本组织来源，可能代表了不同来源的木质素成分的选择性输运。颗粒有机碳在从黄河向河口输运，再到边缘海沉降的过程中，从土壤来源有机碳贡献为主，越来越偏向海洋浮游植物来源贡献。

S14-O-17

深渊海沟：陆源有机碳的重要归宿？

许云平[1]，肖文杰[2]，Timothy I. Eglinton[3]，Negar Haghipour[3]

1 上海海洋大学深渊科学技术研究中心/海洋科学学院，上海 201306

2 北京大学城市与环境学院，北京，100871

3 Geological Institute, Department of Earth Sciences, ETH Zürich, 8092 Zürich, Switzerland

* ypxu@shou.edu.cn

河流每年输送~4 亿吨陆源有机碳(Terrigenous organic carbon; TerrOC)入海，然而来自同位素和生物标志物的数据却显示海洋中只有很少一部分有机碳具有陆源性质。近年来对孟加拉湾、北极和峡湾的研究发现，这些区域具有较高的（陆源）有机碳埋藏通量，这意味着早期可能低估了全球海洋 TerrOC 的埋藏效率。深渊区（Hadal Zone）水深 6000-11000 米，主要由海沟组成，由于极大深度带来的观测和采样难度，深渊海沟目前仍然是地球上人类了解最少的区域。少量研究显示深渊海沟可能是重要的有机碳埋藏中心，但海沟究竟是不是一个有效的 TerrOC 埋藏区域目前还不清楚。本研究中，我们以靠近大洋洲巴布亚新几内亚的新不列颠海沟为研究区域，在海沟底部（8225 米）和两侧斜坡（(4,130 – 5,860 m)采集了四根短柱岩芯，开展了全样（OC, C/N, surface area, 13C, ^{14}C, 粒度等）和分子有机地球化学（生物标志物，单体放射性碳同位素）的研究，以评估海沟有机碳的来源、搬运和埋藏。结果显示，海沟底部的沉积有机碳含量明显高于靠海一侧的斜坡，与近陆地一侧斜坡相当；沟底沉积有机碳含有高比例（可达 84%）的 TerrOC。此外，全样和单体 ^{14}C 数据支持新不列颠海沟沉积有机碳主要是年龄较轻的生源有机碳贡献，而化石碳的贡献很少（<10%）。在柱状岩芯 9-19cm 的深度，^{14}C 年龄、粒度、比表面积、同位素和 C/N 都同时出现快速变化，反映了地震活动导致的沉积物快速搬运和堆积。考虑到 1）全球共有 33 条深渊海沟，其中大多数都靠近陆地，海沟总面积约 800 万平方公里；2）海沟特有的 V 形地貌具有捕集器的作用，使得物质一旦进入海沟就难于逃脱；3）海沟经常发生的地震和浊流活动加快了周边沉积物向最大深度的搬运，基于上述事实，我们推测深渊海沟很可能是陆源有机碳在海洋中的重要碳汇，该发现有助于解释困扰海洋学界 40 年之久的海洋中陆源有机碳的失汇问题，尽管这一结论的最终建立还有待于更大范围内的海沟调查。

S14-O-18

东中国海沉积多环芳烃的分布特征和收支平衡研究

王成龙[1,2]，邹欣庆[1,2]*

1 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210093

2 南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室，南京 210093

* zouxq@nju.edu.cn

多环芳烃（Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs）是一类环境中广泛存在的，具有“三致”毒性（致癌性、致畸性和致突变性），可对环境和人体健康造成不良影响的持久性有机污染物。环境介质中的 PAHs 主要由人类活动产生，包括化石燃料（煤、石油等）和生物质燃料的不完全燃烧、汽车尾气及漏油事件等。PAHs 具有疏水性和亲脂性，在水体中很容易被细颗粒吸附，并最终沉降到底质沉积物中。陆架海域是陆地和海洋交互作用的重要场所，接收了大量的陆源入海物质，其同时也是 PAHs 等污染物的主要汇集区。本研究以中国东部陆架边缘海为研究区，探讨了研究区 PAHs 的分布特征、沉降通量和收支平衡。

整个研究区表层沉积物中 PAHs 浓度的介于 26.4-537.6 ng g^{-1}，平均浓度为 231.21 ng g^{-1}。浓度最高值主要分布在渤海湾、南黄海中部和长江口区域，与细颗粒沉积物的分布特征较为一致。研究结果表明，PAHs 的分布主要受到研究区表层沉积物理化特性（沉积物粒度、有机碳含量和沉积速率等）和区域海洋动力条件的影响。研究区表层沉积物中的 PAHs 主要来自于人类活动产生，但是

不同海域 PAHs 的来源组成有所区别，这主要是由于我国南北方经济产业和能源结构的不同导致的结果。

为了更好的了解研究区 PAHs 的污染特征，本研究进一步估算了研究区 PAHs 的年沉降通量。研究结果表明，研究区 PAHs 的年沉降通量约为 11.2-1308 ng cm-2 y^{-1}，年平均沉降通量为 101 ± 104 ng cm-2 y^{-1}。我们将研究区分为 5 大区域，分别是渤海湾、渤海、黄海、长江口、闽浙沿岸。据此，我们计算了五大海域的总年沉降通量分别为：渤海湾（80.8±53.6 t y^{-1}）、渤海（28.6±10.1 t y^{-1}）、黄海（140.6±59.4 t y^{-1}）、长江口（137±66.3 t y^{-1}）、闽浙沿岸（107±35.2 t y^{-1}）。

我们在沉降通量的基础上，进一步结合质量守衡原理建立了研究区的 PAHs 收支平衡，分别考虑的研究区 PAHs 的输入和输出。PAHs 的输入主要包括河流输入和大气干湿沉降；输出主要包括埋藏和跨陆架输运。计算结果表明，研究区 PAHs 的河流输入和大气沉降通量分别为 159 t y^{-1} 和 399.9 t y^{-1}，由此可见，大气沉降是研究区 PAHs 的主要来源。研究区 PAHs 的总埋藏通量约为 494 t y^{-1}，约是总输入通量的 88.4%。余下的 21.6% 的 PAHs 输入通量被认为是在陆架穿刺锋的作用下通过跨陆架输运到外陆架区域。

S14-P-02

一沙一世界：东亚大陆边缘河流沉积物的源汇过程

杨守业

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

近几十年强烈人类活动背景下，河流入海泥沙通量及组成与自然因素为主驱动下的历史“自然背景值”明显不同，因此需要深入认识不同时空尺度下的河流源汇体系的关键带过程，为地球圈层相互作用研究提供更多约束。

东亚大陆边缘发育典型的河控陆架沉积体系，具有两类特色的河流源汇系统，即长江和黄河这样源自青藏高原的世界大河，和台湾山溪性小河流，它们共同塑造了东亚的地形地貌；作为联系大陆与边缘海、大洋的纽带，河流沉积物源汇过程受构造－季风气候－海平面－海洋环流－人类活动等多因素控制，是研究地球圈层相互作用，包括大陆和岛屿的表生物质循环、流域风化、大陆边缘构造沉积、古环境演变和陆海相互作用的核心问题。

要深入认识东亚大陆边缘源汇沉积过程，必须要开展河流沉积物源汇过程的系统研究，探究流域风化物质的形成和搬运过程，以及从河流下游、河口到开阔陆架的“沉积汇”的记录；揭示河流入海物质的“源”通量、组成特征及其时空变化的主要制约因素。从整体上把握东亚入海河流沉积物的源汇过程特征，有可能从理论到实际案例上都突破国际大陆边缘沉积研究的主要框架和思路，突出东亚大陆边缘沉积和海陆相互作用的全球意义。除了传统的地理地貌学方法，最近正在建设的海底综合观测系统将可以开展河流物质入海过程和物质交换的长期、实时、高分辨率原位观测，为未来环境演变研究提供更可靠制约；新发展的元素－同位素地球化学方法结合模拟分析，是定量化研究河流沉积物的旋回性和环境信号提取的重要手段。长江和黄河、台湾山溪小河这样两类不同河流体系的沉积地球化学组成系统比较研究表明，发育于稳定大陆背景上的大河源汇体系，其剥蚀的沉积物在流域具有不同于山溪性河流的截留效率（trapping efficiency），且沉积物从陆到海的输运速率（sediment transfer rate）和机制也不同；两类河流源汇体系的源区环境信号传递过程也存在明显差异，导致海区沉积记录与古环境提取很复杂。

S14-P-03

长江口沉积物微量元素分布特征及其生态风险评价

张霄宇*，杜文

浙江大学地球科学学院，杭州 310027

* zhang_xiaoyu@zju.edu.cn

本次研究基于长江口沉积物中不同微量元素的分布特征，重点探讨了表层沉积物中微量元素的物质来源，以及影响其分布特征的主要控制因素，并对研究区域不同微量元素的污染程度和潜在生态风险开展了评价，研究取得以下结论：

研究区表层沉积物中各微量元素的分布规律明显，可以分为四种分布形式。第一种分布形式为双核型，大部分微量元素，包括 Co、Cr、Cs、Cu、Ga、Nb、Ni、Pb、Rb、Sn、Ta、Th、Tl、V、Mo、W、U、Zn、Zr 等元素与稀土元素都属于这种分布类型，总体表现为随着离岸距离的增加，元素的含量急剧降低，在长江口南支、杭州湾口、以及长江口门外出现高值区，同时，在研究区域的东北部泥质区出现另一高值区，含量略低于河口近岸的高值区，形成双核分布特征。第二种分布形式为单核型，包含元素 Cd 和 Sb，总体表现为河口近岸含量高，随着离岸距离的增加含量逐渐降低，Sb 在南支有个明显的高值，Cd 在杭州湾口有一明显的高值，可能有人为污染的输入；第三种分布形式为渐变型，Sr 元素含量具有比较显著的随河口向外逐渐增加的趋势，在递增的过程中等值线由舌状逐渐转变为条状；第四种分布形式为多核型，Hf 和 Zr 在长江口南支和杭州湾均表现为低值区，但是在长江口北侧有一明显的高值区分布，同时在研究区域的中部、以及东北区有两个高值区分布，从西向东表现出复杂的高-低-高-低-高交错的分布特征，很有可能代表了老黄河三角洲物质在研究区域的输入。

采用地积累指数法评价结果表明，长江口南支入海口和杭州湾以及杭州湾口附近，元素累积程度偏高。其中元素 Er、Sb、Tm 和 Tl 的地积累值大于 0，表明研究区内沉积物受到了 Er、Sb、Tm 和 Tl 元素的轻度污染；潜在生态风险指数评价结果中选取的元素全部为中等程度污染。

S14-P-04S

南黄海晚第四纪高分辨率地震层序地层与古环境演化

王丽艳 [1,2]，李广雪 [1,2]*

1 中国海洋大学 海洋地球科学学院，青岛 266100

2 海底科学与探测技术教育部重点实验室，青岛 266100

* estuary@ouc.edu.cn

陆架地层的分布记录了与海平面变化、构造运动等因素相关的海侵-海退旋回信息。南黄海第四纪地层学的研究随着深钻的突破逐渐成熟，但多集中于海陆相地层的划分以及末次冰期以来层序地层研究，对于不同时期地层以及古河道的分布特征对海平面变化的响应从未有过系统探讨。本文从南黄海中部获取了大约 5831.47km 的高分辨率地震剖面，同时搜集了研究区 24 个已发表的钻孔信息，识别出垂向上相互叠置的两类地震单元（共 13 个地震单元），其中包括以“U”或“V”型侵蚀界面为底界，内部呈杂乱反射的低水位体系域沉积地层以及以海泛面为底界，内部多平行或亚平行反射的高水位体系域沉积地层，分别对应了海侵、海退时期沉积。影响南黄海陆架地层分布的因素在不同时间尺度上贡献程度不同，其中盆地构造基底对第四纪地层分布起到决定性作用，而晚第四纪地层的分布则主要受控于海平面变化和物源。考虑到与全球海平面变化的可对比性，本文主要选取研究区 MIS6 期以来海侵-海退旋回进行深入分析，研究结果表明陆架地层记录了三次海侵海退过程，在空间上表现为海侵沉积地层和古河道切割充填沉积地层相互叠置；地层分布范围和厚度特征表明 MIS5 期环流系统发育，海侵规模最大，而 MIS3 期由于陆架海水相对较浅，环流系统不发育；不同时期地层的发育特征也说明了海侵期中部涡旋沉积区的形成与潮流、黄海暖流的发育有密切关系；低海平面时期陆架上广泛发育古黄河河道，并在末次盛冰期横穿陆架到达黄海槽；古长江河道很难延伸至南黄海陆架，仅在高海平面时期长江源物质才对研究区地层的分布

有贡献。

S14-P-05S

Suspended sediment distribution and its response to the Cold Water Mass evolution in the southern Yellow Sea

Yi Zhong[1,2], Lulu Qiao[1,2]*, Dehai Song[3], Wenjing Xue[1,2], Cheng Xue[4]

1 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao, China

2 Key Lab of Submarine Geosciences and Exploring Technique, Ocean University of China, Qingdao, China

3 Key Laboratory of Physical Oceanography, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao, China

4 Department of Marine Technology, Ocean University of China, Qingdao, China

* qiaolulu126@sina.com

Cold water mass (CWM) is a distinct hydrology phenomenon in the shelf seas in summer, which can affect the environmental factors significantly, such as hydrology and biogeochemistry. However, few studies have focused on the relationship between suspended sediment distribution and CWM. This work aims to study the seasonal variability of suspended sediments distribution in the southern Yellow Sea (SYS) and the suspended particle size distribution (PSD) with the response to the CWM evolution, based on the field observations combined with numerical model. The turbidity in summer and fall is higher than that in spring in the SYS. Coarse suspended sediments at surface layer can be transported to the SYS from the Subei Coast due to the northeastward Ekman effect induced by the southerly wind. Finest sediment accumulated near the thermocline in the central southern Yellow Sea (CSYS) in vertical. Besides, fine sediment accumulated near the west of the CWM due to the thermal front (TF). Numerical model results indicated that both of the landward baroclinic flow near the western TF induced by temperature gradient and bottom Ekman transport by southerly wind confine the suspended sediment transported from the Subei Coast and Chengshan Cape to the CSYS particularly in summer. When the wind direction turns to northerly in fall, sea-ward Ekman transport at the bottom can result in the cross-front sediment transport. The landward baroclinic flow contributed most to the depo-center in the western part of the central southern Yel-low Sea Muddy Area.

S14-P-06S

History of Yellow and Yangtze River delivering sediment to the Yellow Sea since 3.5 Ma: tectonic or climate forc-ing?

Jin Zhang[1,3], Shiming Wan[1,2,]*, Jie Huang[1], Zhaojie Yu[1], Xi Mei[4], Zhiyong Han[5], Jian Liu[2,4] Debo Zhao[1], Kaidi Zhang[1], Xiaoxiao Yu[1,3], Weidong Sun[1,2], Anchun Li[1], Tiegang Li[7], Xunhua Zhang[6]

1 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qing-dao 266071

2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

4 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071

5 School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023
6 Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061
7 Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016
* wanshiming@ms.qdio.ac.cn

Reconstructing the Plio-Pleistocene sedimentary history of the western South Yel-low Sea, is vital to understand the evolution history of Yellow Sea in a “Source to Sink” perspective. However, the balance of the Yangtze and/or Yellow Rivers sediments inputs to the South Yellow Sea as well as its controlling mechanism are still enigmas since the late Pliocene. Here we present the first high-resolution clay mineral record combined with Sr-Nd isotopic compositions from a 300-meters long sediment core CSDP-1 drilled in the western South Yellow Sea to reveal its sediment dynamics history and sediment transport mechanism. Our study suggests that the large scale transgression has appeared since ~0.8 Ma, possibly related to the principal part of the Min-Zhe Uplift subsided un-der the sea, and palaeoenvironment in Bohai and Yellow Seas was mainly dominated by fluvial/lacustrine deposits during 3.5–0.8 Ma. Provenance analysis suggests that a shift in sediment provenance from the Yangtze River to the Yellow River at ~0.8 Ma, which is corresponding to the timing of the final integration of the Yellow River. Meanwhile, the major channels of the Yangtze River deviated the South Yellow Sea and poured into the modern Yangtze River delta. Correspondence between the provenance transition and large scale transgression suggests that tectonic action, rather than climate change, is the first-order factor control the evolution history of the Yellow and Yangtze River and en-vironmental change in the Bohai and Yellow Seas.

S14-P-07

1500 a 以来东海内陆架泥质沉积的重矿物组成特征及其对气候变化的指示意义

张凯棣[1]，李安春[1,2]*，卢健[1]

1 中国科学院海洋研究所，青岛 266071
2 青岛海洋科学与技术国家实验室，青岛 266061
* acli@qdio.ac.cn; zhang_kaidi528@163.com

过去 2000 年是气候变化研究的一个重要阶段，尽管该阶段的代用指标较多但能反应东亚冬季风的较为缺乏，尤其是海洋的记录更少。重矿物组成与组合特征包涵丰富的物源与沉积动力信息，对沉积物源区识别和古环境恢复有不可替代的作用，结合其他指标（如化学元素、粒度等）会取得更好的效果。本文将其与粒度结合用于东海内陆架泥质区 1.5 ka 以来的古气候的恢复研究。鉴定结果表明，除大量自生黄铁矿外，闽浙沿岸泥质区 SS4 孔沉积物重矿物主要由角闪石、白云石、片状矿物和绿帘石组成。沉积物中普遍存在的风化云母及高含量的白云石表明近 1.5 ka 以来 SS4 孔沉积物主要来源于长江，部分层位相对较高的绿帘石则表明了闽浙沿岸小河流物质的影响。

结合 AMS^{14}C 测年、碎屑矿物数据及高分辨率的粒度分析数据，发现 SS4 孔沉积物很好的记录了隋唐暖期和小冰期的古气候变化及东亚冬季风的强度波动。在暖期，东亚冬季风较弱，沉积物粒度细，比重较大的闪石类、钛铁矿磁铁矿等碎屑矿物含量较低，而比重小的云母类矿物含量高。冷期情况则正好相反。沉积物敏感粒级的平均粒径反映了小冰期中的后两个冷期（1620-1710 a AD 冷期和 1800-1860 a AD 冷期），但对在冰芯氧同位素曲线、中国温度波动曲线上均有体现的 1250-1550 a AD 低温时期并没有表现

出粒径的大幅度增加，而几种主要重矿物含量对此却有记录，在 1250-1550 a AD 低温时期闪石类矿物及钛铁矿磁铁矿含量高而云母类矿物含量很低，反映了活跃的水动力环境和较强的东亚冬季风。因此，将碎屑矿物的分析结果与敏感粒级分析结果相结合，能够更准确的反映古气候的变化，弥补选取不同敏感粒级组分重建古气候的不足。此外，以约 800 a BP (1150 a AD) 为界限，绿帘石/角闪石比值的明显变化表明了气候的变化：在 800 a BP (1150 a AD)之前，温度高，降雨较强，东亚冬季风强度较弱，当地的沉积物（瓯江和钱塘江来源）对 SS4 孔贡献相对较大，绿帘石含量较高，而 800 a BP (1150 a AD)之后，温度降低，降雨减少，当地河流沉积物贡献减小，同时，东亚冬季风强度增加，强的沿岸流环境下长江来源物质增加，绿帘石含量降低。

S14-P-08

江苏启东嘴潮滩稀土元素特征及物源指示意义

张云峰[1,2]*，张振克[2]，陈影影[2,3]，任航[2]，丁海燕[1]

1 盐城师范学院江苏沿海开发研究院，盐城 224007

2 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023

3 江苏师范大学地理测绘与城乡规划学院，徐州 221116

* zhangyunfeng1980@126.com

河流入海泥沙是河口海岸沉积物质的主要来源。启东嘴潮滩位于长江北支口门，与江苏海岸线交汇，陆海相互作用强烈。在长江入海泥沙显著下降和北支水道缩窄淤浅趋于衰亡的背景下，启东嘴潮滩仍表现为淤长态势。为分析沉积物质来源，对采集的岩芯沉积物 QDZ-1 进行了稀土元素分析。结果表明：沉积物 REE 总量为 178.57 μg/g，LREE 总量为 160.07 μg/g，HREE 总量为 18.50 μg/g。沉积物中 REE、LREE、HREE 和各稀土元素具有相同的垂向分布规律，在剖面上部波动增加趋势；在剖面下部波动较大，在深度 172.5cm 处出现峰值。LREE/HREE 平均值为 8.66；(La/Sm)N 平均值为 9.65，轻稀土元素相对富集反映了沉积物的陆源碎屑特征。异常系数 δCe，平均值为 0.96，没有发生显著的 Ce 异常。异常系数 δEu 平均值为 0.67，有显著的 Eu 负异常情况。

与邻近区域比较，发现沉积物中稀土元素 REE 总量为 178.57 μg/g，最为接近南黄海的 REE 总量（170.22 μg/g），高于黄河的 REE 总量（131.56 μg/g），低于长江的 REE 总量（211.10 μg/g）。经过球类陨石标准化后的配分模式，稀土元素在丰度和配分曲线上也是与南黄海物质最为接近，表现为轻稀土富集的右倾模式，存在明显的 Eu 负异常。采用 LREE/HREE 比值计算的判别函数 FD 值，FD 黄河平均值为 0.36，FD 长江平均值为 0.16，FD 南黄海平均值为 0.07，判别函数 FD 值与黄河沉积物差别最大，长江次之，与南黄海沉积物最为接近，FD 值在深度 172.5 cm 处出现的变化峰值，可能与长江流域 1931 年洪水有关。根据 REE 与 LREE/HREE、δEu 的绘制了稀土元素的二元散点图，数据投影点比较集中地落在一个区域内，主要围绕南黄海物质分布，表明南黄海物质是沉积物的主要供给源。结合对长江北支沉积动力的阶段性变化，随着长江北支的衰退，物源贡献逐渐减少，在涨潮动力作用下，南黄海泥沙扩散成为启东嘴潮滩的主要物质来源。

S14-P-09

中国近海甲基汞循环：分布、收支及关键过程机理

李雁宾*，陈路锋，刘畅，韩晓晓

中国海洋大学海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室，青岛 266100

* liyanbin@ouc.edu.cn

水环境甲基汞“源、汇”较为复杂，除输入/输出外，甲基汞的原位甲基化和去甲

基化也是关键的生成和降解途径，甲基汞收支定量估算是汞循环研究领域的一个重要关注问题。甲基化和去甲基化是控制水环境甲基汞水平的关键过程，而对于这两个过程的机理目前还存在一些争议，相关研究也是目前汞循环研究领域的热点问题。本研究应用现场调查和同位素示踪培养方法定量研究了中国近海（黄、渤、东海和胶州湾）甲基汞分布污染状况、收支及关键过程机制。平面分布上，水体总汞总体呈现近岸高外海低的趋势，沉积物总汞在近岸和泥质区浓度较高；水体和沉积物甲基汞分布较为复杂，在近岸和外海都有高值区存在。定量估算结果表明沉积物生成与释放是黄、渤海和胶州湾甲基汞主要的“源”，水体生物和光化学降解过程是主要的“汇”。发现与国外水体比较，中国近海水体中甲基汞占比较低，这也一定程度上导致中国海产品中汞与水体汞含量相比相对较低的现象，并进一步从甲基汞循环角度解释了其原因。甲基化/去甲基化机理方面，应用自由基捕获剂添加技术结合汞稳定同位素示踪、竞争络合剂添加技术，研究了水体甲基汞光降解机理，发现甲基汞-溶解有机质（DOM）络合物的分子内电子转移直接光解为甲基汞降解主要途径，UV-A 和 UV-B 为主要作用光波段。通过添加不同细菌抑制剂方法，考察了中国黄、渤海汞甲基化/去甲基化关键作用微生物，发现硫酸盐还原菌是沉积物和水体中汞生物甲基化过程的关键微生物，产甲烷菌是沉积物和水体汞去甲基化过程的关键微生物。

S14-P-10S

杭州湾滨海平原新石器遗址海侵地层成因　　机制模拟

王硕，葛建忠，王张华*

华东师范大学河口海岸国家重点实验室，上海 200062

* zhwang@geo.ecnu.edu.cn

大约 8000 年前，随着海平面上升速率的下降，现代长江三角洲开始建造，长江口海岸平原也因此开始出现新石器文明。然而此后古人类文明多次发生间断，长江三角洲南部平原发育的古人类遗址记录了不少因海水入侵、水涝灾害导致文化间断、遗址废弃的事件，甚至一些高度发达的新石器文明，如良渚文明、河姆渡文明，古人类的文化地层上往往覆盖海侵地层，其突然衰变也可能与极端事件、海平面上升及海岸带水涝灾害直接相关。海侵地层和水涝灾害记录的形成，既可能是海平面上升的结果，也可能是台风风暴潮增水、或者地形导致的天文潮高潮位增加所致。长江三角洲地区的潮坪和滨后沼泽风暴沉积主要由泥质粉砂、粉砂组成，粒级较细，在全新世钻孔中较难与海平面上升引起的海侵地层区别。另一方面，全新世中晚期长江口-杭州湾古地形发生显著变化，地形变化会引起潮差振幅增大，不考虑该因素的话，海平面上升的幅度可能被高估。为了解释杭州湾滨海平原新石器遗址海侵地层的成因，本文对应跨湖桥文化、河姆渡文化和良渚文化的突然衰落时期，选择了距今 7600 yr BP、6500 yr BP 及 4600 yr BP 三个时间点，结合可靠的海平面变化曲线和大量钻孔数据，分别恢复了长江三角洲及杭州湾沿岸的古岸线、古水深，利用 FVCOM 三维近海海洋数值模式，建立了杭州湾风暴增水数值模型，模拟了强台风情景下杭州湾的风暴增水高度以及两岸低地的淹没范围，判断风暴潮引起的水位突然升高能否使海水入侵至古人类遗址，危及古人类生产生活。此外，本文还模拟了无风情景下三个时间点杭州湾天文潮的高度以及淹没范围，对比杭州湾天文潮随古地形的变化。模拟结果显示，跨湖桥遗址所在位置在 7600 yr BP 已处在潮下带，反映跨湖桥遗址确因海平面的上升而遭到废弃。距今 6500 yr BP，天文大潮高度距河姆渡遗址位置不足 2m，一次较强的台风便可席卷遗址区。河姆渡文化的消亡一直被认为与海平面的上升引起的水涝灾害有关，高涨的海平面无疑加剧了风暴潮对滨海低地的危险性。距今 4600 yr BP，杭州湾北部的太湖、上海及嘉兴地区和南岸的宁绍地区逐渐淤积成陆，杭州湾逐渐束狭形成喇叭状三角港，杭州湾天文最高潮位相较于

6500 yr BP 约升高 0.4m，强台风耦合高天文潮位，杭州湾南部平原大范围低地被海水淹没，位于杭州湾南岸的鱼山遗址在 24 小时内水位始终维持在 1.6m-1.65m 之间，与遗址地层中的风暴沉积记录相吻合。鱼山遗址风暴沉积层之上还存在着 0.4-0.5m 厚的灰色均质泥层，指示了遗址随后被海水长期淹没。结合模拟结果，我们认为 4600 yr BP 其后还存在一次海平面的上升，进一步抬高潮水位，并直接导致了高度发达的良渚文化突然衰落。

S14-P-11S

Sedimentary excess 210Pb variability over the last 60 years and its controlling factors in the Yangtze River Estuary

Xueshi Sun [1], Dejiang Fan [1, 2]*

1 Key Laboratory of Submarine Geosciences and Technology, MOE, Ocean University of China, 238 Songling Road, Qingdao 266100

2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061

The natural fallout 210Pb, plays an important role in the research of modern sedimentology. Yet, little is known about the changes and behaviors in long-term sedimentary 210Pb activity, especially for those rivers dominated continent margins. Here, on the basis of 137Cs chronology, sediment granulometry and X-radiography, we reconstruct the yearly timescale sedimentary 210Pbxs records during the past 60 years in the Yangtze River Estuary (YRE). The results show that a significant stepwise decrease in the initial 210Pbxs activity from 1950 to 2016 (variability by a factor of 3-10), mainly corresponding to the alteration of sediment supply from the Yangtze due to intensified human activities (dam construction and soil-water conservation), more than sediment composition and atmospheric deposition. The recent sediment cores characteristics, including relatively lower sediment accumulation rates, vertical uniform / reversed patterns of 210Pbxs with lower activity, and enhanced homogenizing structure, could be explained by the operation of the Three Gorge Dam (TGD) in 2003. Approximately 80% sediment supply from the upper reaches trapped by the reservoirs, and the erosion of downstream riverbed in Yangtze catchment and subaqueous delta tends to appear and has become the dominant 210Pb source towards the estuary. These results further suggest that a continuously reduced sediment load from Yangtze catchment and additional inputs of erosion materials largely violating the basic assumption of nearly constant 210Pb flux, which may raise a great challenge to the achievement of 210Pb chronologic technique applied to YRE sediments.

S14-P-12S

南海北部 DLW3101 站位 MIS 6 至 MIS 5 时期沉积物元素地球化学特征及其古环境意义

胡哲*，黄宝琦，王娜

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

* huzhe@pku.edu.cn

海洋沉积物中的主微量元素含量，可以反映陆源化学风化和海洋表层生产力等古环境指标的变化。本次研究选取南海北部上陆坡位置的 DLW3101 孔沉积物样品进行 ICP-OES 和 ICP-MS 分析，得到 MIS 6-MIS 5 期时间段沉积物中各类主、微量元素含量数据，并与氧、碳同位素数据进行对比，重建

了该段时间内 DLW3101 站位东亚季风的演化历史，探讨了陆源物质化学风化和古海洋生产力之间的联系。样品处理过程分为去离子水清洗、CH3COONH4/CH3COOH 缓冲溶液溶解、氟王水溶解三个步骤，分别提取出可以大致代表孔隙水、碳酸盐和陆源碎屑物质的三个组分。对三部分分别进行了 ICP-OES 和 ICP-MS 测试，得到不同组分的主微量元素含量。所得数据使用 Ti 元素进行标准化，将陆源碎屑组分中测得的 Al/Ti、Fe/Ti、Mg/Ti、K/Ti、V/Ti、Co/Ti、Mn/Ti 等元素比值作为该海区陆源物质化学风化的指标，Ba/Ti、Cd/Ti、碳酸盐含量和碳同位素共同作为表层生产力的指标。结果表明，该站位陆源碎屑组分的 Al/Ti、Fe/Ti、Mg/Ti、K/Ti、V/Ti、Co/Ti、Mn/Ti 等元素比值均出现间冰期增大而冰期减小的现象，说明 DLW3101 站位陆源区化学风化强度在冰期时较低，间冰期较高。该站位沉积物中的 Ba/Ti、Cd/Ti、碳酸盐含量和碳同位素的变化趋势相同，均指示了表层生产力间冰期高而冰期低的现象。

南海北部陆源物质主要来源于珠江和台湾地区，少部分来自吕宋岛附近。碎屑组分中元素比值反映了冰期时源区寒冷干旱，化学风化作用弱；而进入间冰期后，物源区气候温暖湿润，化学风化作用增强，同时，与生物相关的营养元素进入南海北部后刺激了表层生产力的勃发。本次研究的结果与前人对南海北部陆坡不同深度站位所做的元素地球化学研究结果相似，说明元素地球化学反映古环境信息的研究方法在该区域有着比较广泛的可应用范围。

S14-P-13S

宁波平原全新世以来沉积地貌演变及其对海水进退的响应

吕晔，王张华*

华东师范大学河口海岸科学研究院，上海 200062

* zhwang@geo.ecnu.edu.cn

本研究将对浙江慈城 CC 钻孔 40.3m 沉积物岩心进行有孔虫定量统计分析，并结合沉积物中生物遗迹提供的环境信息与测年资料，重建全新世以来宁波平原的沉积环境演化过程。目前的研究进展揭示：研究区全新世早期海面快速上升，沉积环境由持续较长时间的高潮滩-盐沼（10.6~8.8 cal. ka BP），转变为海湾（潮下带）（8.8~8.7 cal. ka BP），此时有较多栖息于低潮线以下泥沙质海底的牡蛎生长，水位明显增加。此后水位有所下降处于中低潮滩（8.7~ 7.2 cal. ka BP），前期以智利巢沙蚕、无齿螳臂相手蟹或天津厚蟹等为代表，大多生活在潮间带至潮上带的造穴生物增加；由于沉积速率持续较高，为保持与沉积界面的固定距离，后期缢蛏等底栖生物形成近乎垂直的潜穴被不断拉伸延长，远超过正常潜穴长度。随着晚全新世全球海平面的下降，研究区海水变浅，逐渐过渡为高潮滩-盐沼（7.2~3.4 cal. ka BP）。接下来将结合有孔虫群落特征，反映海水的深度变化及其对区域的影响，探讨研究区全新世以来的古环境变迁历程。

S14-P-14S

1.2 Ma 以来轨道时间尺度上印度夏季风的演化——来自 IODP U1456 站位粘土矿物与常微量元素的证据

陈红瑾 [1,2]，徐兆凯 [1,3]*，李铁刚 [3,4]，Peter D. Clift[5,6]，Boo-Keun Khim[7]，于兆杰 [1]，蔡明江 [1,2]，王薇 [1,2]

1 中国科学院海洋研究所，海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 中国科学院大学，北京 100049

3 青岛海洋科学与技术国家实验室，海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

4 国家海洋局第一海洋研究所，海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，青岛 266061

5 Department of Geology and Geophysics, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana 70803, USA
6 School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China
7 Department of Oceanography, Pusan National University, Busan 46241, Korea
* zhaokaixu@qdio.ac.cn

通过对国际大洋发现计划（IODP）355航次U1456站位上部141.5 m沉积物碎屑态的堆积速率、粒度、粘土矿物组合及常微量元素组成的综合研究，并结合有孔虫δ18O建立的年代框架，本研究追踪了1.2 Ma以来U1456站位碎屑沉积物的来源并探讨了轨道时间尺度上印度夏季风的长期演化历史及其驱动机制。

U1456站位的粘土矿物组合以蒙脱石和伊利石为主，并含有少量的绿泥石和高岭石。其中蒙脱石主要来自于德干高原玄武岩的化学风化；而伊利石、绿泥石和高岭石主要来自于印度河。在轨道时间尺度上，研究站位蒙脱石/（伊利石+绿泥石）和αAlK比值与前人重建的印度夏季风的演化一致，且具有大致的冰期-间冰旋回特征。在强夏季风时期（如间冰期），陆源区化学风化作用增强，更多来自于德干高原的风化剥蚀产物进入研究区；在弱夏季风时期（如冰期），陆源区化学风化作用减弱，尤其是西喜马拉雅山脉地区的机械剥蚀作用加剧，更多的特征物理剥蚀产物进入研究区。由此，所研究站位的沉积物矿物学及元素地球化学组成蕴含了印度夏季风演化的信号，从而可以作为季风演化的有效指标。

基于U1456站位所遴选出的有效季风指标，在中更新世气候转型期（1.2-0.9 Ma），MIS 13期及中布容事件（~MIS 11）都出现了印度夏季风的显著增强。频谱分析结果进一步表明，本研究所重建的印度夏季风演化历史除具较明显的岁差周期（23 kyr或19 kyr）外，在0.9 Ma前后还出现了由29 kyr或41 kyr（黄赤交角）周期向100 kyr（偏心率）周期的转型变化，表明在轨道时间尺度上印度夏季风的演化受到了高纬过程和低纬过程的双重驱动。

S14-P-15S

湄公河三角洲沉积物输送特征

蒋亚梅

华东师范大学河口海岸科学研究院，上海 200062
* 403175676@qq.com

根据湄公河三角洲2015年1、2、3、5、10五个月份的表层样品，探讨了湄公河三角洲表层沉积物有机碳的时空分布特征及其主要影响因素。结果表明，湄公河表层沉积物空间分布具季节变化特征：枯季δ13C值范围为-28.0 ~ -24.8 ‰，平均值为-26.9 ‰；C/N范围为0.5 ~ 18.7，平均值为10.5；TOC范围为0.01 ~ 1.78%，平均值为0.79 %；洪季为δ13C值范围-28.3 ~-26.2‰，平均值为-27.1‰；C/N范围为1.6 ~15.5，平均值为10.2；TOC范围为0.08 ~1.27 %，平均值为0.54 %。其中枯季Mekong汊道及其各次级汊道表层沉积物的TOC含量显著高于Bassac汊道，在两条汊道的潮控-河控分界处均出现TOC高值，在Bassac汊道河口盐水楔入侵位置又出现一高值区，在Mekong汊道的河口也再次增高。δ13C值在两个汊道均表现为偏正-偏负-偏正模式，偏负特征都位于潮控-河控交界处。在Bassac汊道，δ13C值在盐水楔入侵位置再次变负；在Mekong次级汊道Ham Luong河口附近δ13C也出现偏负现象。洪季TOC含量向海逐渐增加；C/N值向海增大；δ13C值向海逐渐偏正，在潮控-河控交界处短暂向负变化，之后继续呈向海偏正趋势。湄公河三角洲表层沉积物有机碳的时空分布与该区域水动力、尤其是盐水楔位置的季节性变化相关。

S14-P-16

西太平洋134Cs的环境演变及其示踪的水体运移与混合

门武*，何建华，余雯，王芬芬，林峰，邓芳芳，林静，黄德坤，倪甲林，徐虹霓，于涛

国家海洋局第三海洋研究所海洋放射性技术与环境安全评估实验室，厦门 361005

* menwu@tio.org.cn

2011-2017 年，国家海洋局在日本以东 140 余万平方公里的西北太平海域及中国管辖海域共实施了 14 个航次的监测工作（2 航次/年），监测要素包括 ^{134}Cs、^{137}Cs、^{90}Sr、^{110m}Ag 等主要人工放射性核素以及物理海洋、海洋生物、海洋化学、海洋大气等多学科参数，获得了 7 年来福岛核事故主要人工放射性核素和其它综合要素在西北太平洋海域的变化情况，为评估和预测日本福岛核事故对西北太平洋及中国管辖海域生态环境的影响及西北太平洋区域海洋学过程研究提供了重要的科学支撑。

西北太平洋公共海域，在第 1 航次（2011 年 5-6 月）发现最高水平的人工放射性核素 ^{134}Cs，活度为 756.9 Bq/m3。其后，海水中的 ^{134}Cs 随后呈降低趋势，2011 年 12 月，其活度最高值降低了一个数量级至 69.0 Bq/m^3，至 2012 年 5 月，^{134}Cs 活度最高值降至 10.0 Bq/m^3 以下，且已经从福岛近岸运移至距台湾岛最南端 430km 的台湾东南海域。2012 年 12 月，又继续下降 4 倍，其后在 2.0 Bq/m^3 以内波动，至 2017 年 10 月，仍可在西北太平洋检出经历了近 3.5 个半衰期（放射性水平变为原来的 11 分之一）的 ^{134}Cs，最高活度值为 0.95Bq/m^3。

福岛核事故后释放的 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 进入西北太平洋后在北太平洋样了作用下向东输运， 2011 年 6 月的观测结果表明受污染水体已经到达 150° E 的黑潮延伸体区域，2012 年到达北太平洋中心区域（174.3° W），并且于 2013 年通过了该区域的洋盆，继续向东扩散。核事故 1.3 年后，在距加拿大哥伦比亚省海岸 1500 km 海域首次探测到 ^{134}Cs，2014 年 2 月运移至北美陆架区域，2014 年 8 月到达美洲近岸区域。对西北太平洋的 135-139° E、147° E、149° E、155° E 和 165° E 经向垂直剖面的研究发现，其在向东输运的过程中，相当一部分 134Cs 和 137Cs 在亚北极和亚热带的过度区域进入次表层，并向东南及南部运移进入低纬度区域。温度，盐度，位势密度和位势涡度等水文参数结果表明放射性铯受到北太平洋西部模态水（STMW）和中部模态水（CMW）作用，在亚北极和亚热带的过度区域潜沉而后随模态水沿等密度面向南迁移至中低纬度海域。进入北太平洋的 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 均为 15-18PBq，而进入到 SMTW 的 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 量均为 6 PBq，约占其进入到北太平洋的 33-40%，CMW 中的 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 活度甚至要高于 SMTW。

西北太平洋福岛核事故产生的 ^{134}Cs 的时空演变表明西太平洋副热带模态水在亚北极和亚热带的过度区域潜沉而后随模态水沿等密度面向南迁移至中低纬度海域，是西太平洋物质向我国管辖海域输运的主要动力机制。

S14-P-17S

西太平洋暖池核心区新不列颠海沟有机质来源及碳酸盐含量变化

林刚[1]，陈琳莹[1]，罗敏[1,2]，陈多福[1]*

1 上海海洋大学 上海深渊科学工程技术研究中心，海洋科学学院，上海 201306

2 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

* dfchen@shou.edu.cn

西太平洋暖池核心区的新几内亚岛地区，是国际上沉积物源-汇研究的关键区域之一，而对位于该地区的新不列颠海沟进行深海有机质研究，对于认识低纬度深海地区物质源-汇作用与海沟系统的碳循环有重要的意义。我们通过分析新不列颠海沟深海的柱状沉积物总有机碳(TOC)和总氮(TN)的含量、有机碳的 δ^{13}C 值和 AMS-^{14}C 定年以及 $CaCO_3$ 含量变化，探讨该海区的有机质来源

与演化及碳酸盐含量变化与控制因素。研究发现：1)该地区的有机质虽然主要来源于海洋自生有机质，但在末次冰消期和全新世早期受到陆源有机质输入的影响较为强烈，最高可达 50%。此时海平面相对较低，随着海平面逐渐上升会带来部分侵蚀的陆源土壤输入，而且作为降水带的赤道辐合带(ITCZ)位置偏南引起了陆源剥蚀物质输入的增强。这些陆源输入通过海沟漏斗状的地形，更易被搬运至深海，使陆源有机质贡献比例较高，其主要来自巴布亚新几内亚森林土壤的有机质贡献；2)该地区的 $CaCO_3$ 含量在末次冰消期以来呈现出末次冰消期和全新世中晚期较低，而全新世早中期较高的特征，其变化主要受海平面变化和 ITCZ 迁移引起的陆源碎屑物质输入强弱的影响。

S14-P-18

南黄海西南部长江入海沉积物的物源识别及其运移机制研究

卢健[1]*，李安春[1]，张晋[1,2]，黄朋[1]

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 中国科学院大学，北京 100049

* lujian@qdio.ac.cn

南黄海西南部的沉积环境受到黄河与长江巨量入海沉积物的影响。然而，关于该区域的沉积物来源还存在争议，长江入海沉积物在该区域的分布及影响也未完全阐明。在本研究中，我们分析了南黄海西南部表层沉积物的粒度、粘土矿物和地球化学元素组成，来识别该区域的沉积物来源。根据夏季和冬季现场观测的海水盐度数据以及海水悬浮体中白云石的分布，我们阐明了长江入海沉积物在南黄海西南部的输运机制。粘土矿物三角端元图，Cr/Th 和 Sc/Al 相关图以及稀土元素组成，都指示研究区沉积物主要来源于老黄河水下三角洲及长江。长江物质进入南黄海存在两种不同的方式：夏季，长江冲淡水可以将长江物质输运到南黄海中部，在苏北沿岸流的作用下，长江物质可以被携带向北到达苏北沿岸，并与当地沉积物发生混合；冬季，在黄海沿岸流、苏北沿岸流及黄海暖流的作用下，夏季沉积在苏北沿岸的长江物质可以被输运至南黄海中部甚至更北部。在整个输运过程中，苏北沿岸海域发生了源汇转换，在夏季作为长江物质的汇，而在冬季则成为长江物质输入南黄海的源。长江物质在南黄海的分布和运移是南黄海不同季节环流系统共同作用的结果。

S14-P-19

Generation and its effect on sediment transport of the current shear front over the inner shelf of the East China Sea in winter

Shidong Liu, Lulu Qiao*, Guangxue Li, Jinghao Shi

Ocean University of China, 266100 Qingdao

* qiaolulu126@sina.com

The current shear fronts (CSFs) in the East China Sea (ECS) in winter have been observed in previous study, but the characteristics, variation mechanism, and sediment dynamic effects on water and suspended sediment transport and the inner shelf mud area (ISMA) are not studied. In this research, we systematically study the above questions with the methods of observation data analysis and numerical simulation. The spatial structures, shear intensities and sea-land locations of CSFs are obviously affected by wind, temperature and salinity; the CSFs curve seaward due to the induction of topography; the tide could result in the periodic and sea-land swing of CSFs; but the input of Changjiang River discharge and the enhancement of Kuroshio have relatively

slight impacts. The barrier effect of the CSFs restricts the seaward transport of water and suspended sediment. The CSFs are important hydrodynamic factors affecting the formation of the ISMA. The periodical swing of the CSFs in time scale, coupling the swing in spatial scale influenced by above factors, are the main reasons that affect the spatial distribution and thickness of the ISMA. However, the barrier effect of CSFs could be interrupted, heavy wind in northeast direction and baroclinic condition are good for cross-CSFs transport; the cross-CSFs transport exists in the upper layers influenced by northwest wind, in the areas with seaward mutation of topography and in spring tide period. Three cross shelf channels are identified, at where the CSFs curve seaward in the horizontal direction, resulted from the seaward mutation of topography.

S14-P-20

马里亚纳海沟深渊沉积物地球化学特征及其地质意义

庞崇进[1]*，王选策[2]，田丽艳[3]，张汉羽[3]

1 广西有色金属隐伏矿床勘查及材料开发协同创新中心，广西隐伏金属矿产勘查重点实验室，桂林理工大学地球科学学院，桂林 541004

2 The Institute for Geoscience Research (TIGeR), School of Earth and Planetary Sciences, Curtin University, GPO Box U1987, Perth, WA 6845, Australia

3 中国科学院深海科学与工程研究所，三亚 572000

* chongjinpang@glut.edu.cn

马里亚纳海沟深渊沉积物矿物组成和元素地球化学特征的变化良好地记录了海洋极端环境下岩石圈、水圈、生物圈和大气圈相互作用的关键信息。本研究以马里亚纳海沟 7000 米左右深度的海沟表层沉积物为研究对象，开展沉积物矿物组成和主微量元素分析，试图揭示沉积物的物质组成和元素含量变化，从而探讨沉积物的来源。本研究沉积物样品为中国科学院“探索一号”船 TS01-01 航次所采集，为长约 60 cm 沉积物柱状样。镜下分析结果表明沉积物柱状样中含大量的巨型硅藻（Ethmodiscus rex）化石碎片，同时可见少量放射虫、海绵骨针。E. rex 的普遍出现表明其具有强抗溶蚀性，为特殊环境下快速勃发而大量堆积的产物。E.rex 软泥的形成可能与更新世中后期全球气候随冷期而出现海洋环境变化，以及高硅、寡营养的古海洋环境条件有关（例如张金鹏等，2016）。

稀土元素分析结果表明，沉积物柱状样均显示轻稀土元素富集，重稀土元素相对亏损的特征，同时具有弱的 Eu 正异常（δEu = 1.14-1.19）。Eu 正异常表明附近火山物质可能为该沉积物柱状样的重要物源。沉积物柱状样自下而上 Cr、Ni 含量逐渐增加（分别为 21 至 128 ppm 和 32 至 186 ppm），表明火山物质逐渐增加。沉积物柱状样的稀土元素特征在 36 cm 处发生明显的转变，即 36 cm 之上沉积物样品的稀土元素总量明显高于 36 cm 以下沉积物样品的稀土元素总量（$\Sigma REE_{>36\,cm}$ = 158-194 vs. $\Sigma REE_{\leq 36\,cm}$ = 49-88）。同时，56 cm 处沉积物样品具有弱的 Ce 负异常（δCe = 0.85），而 46 cm 和 36 cm 处沉积物样品逐渐呈现明显的 Ce 正异常特征（δCe = 1.34）。但是，26 cm、16 cm 和 6 cm 处沉积物样品具有明显的 Ce 负异常特征（δCe = 0.62-0.82），这表明沉积物的 Ce 在垂向上发生了明显的变化。Ce 是海洋环境中唯一具有氧化还原反应转变的稀土元素，其 Ce2+极易被氧化成 Ce4+而直接聚集在铁锰结壳中，从而造成其他生物和化学沉积具有与海水相似的 Ce 负异常（例如徐兆凯等，2008）。26 cm 至 6 cm 沉积物样品具有明显的 Ce 负异常，表明其继承了海水的 Ce 特征，暗示该时期沉积物形成于海水氧化条件下。因此，本研究沉积物受到火山物质的贡献逐渐增加，同时在沉积过程中所处海水的氧化还原环境发生显著变化。

S14-P-21

不同时间尺度下辽河三角洲沉积有机碳埋藏演化

赵广明[1,2]，叶思源[1,2]*，李广雪[3]，袁红明[1,2]，余雪洋[1,2]，S. A. McClellan[4]

1 中国地质调查局滨海湿地生物地质重点实验室，青岛 266071

2 青岛海洋地质研究所，青岛 266071

3 中国海洋大学，青岛 266100

4 美国路易斯安娜州立大学，巴特鲁日 70803

* siyuanye@hotmail.com

近年来与温室气体释放和吸收息息相关的全球碳循环一直是学术界研究的一个热门课题。有研究发现，每年大量陆地侵蚀的有机物经河流汇入海洋，但在海洋中却找不到足够的陆源碳踪迹，出现了所谓“丢失的碳”。河口三角洲系统连接陆地和海洋两大碳库，作为陆地侵蚀物质输入海洋的最终通道，是准确评估陆地碳循环和海洋碳循环净通量的重要补充环节，许多大河三角洲已成为重要的碳埋藏区（汇）。辽河三角洲是我国四大河口三角洲之一，但对沉积有机碳埋藏的研究很少，特别是对长时间序列的沉积有机碳埋藏演变和大范围的沉积有机碳埋藏量的变化以及影响这些碳埋藏变化的因素研究更少。

本文通过 ZK3 钻孔的岩性和 AMS^{14}C 测年，光释光测年，粒度，有孔虫，重矿物，粘土矿物以及元素测试结果分析，建立起辽河三角洲晚更新世以来地层层序，在此基础上研究晚更新世以来沉积物碳埋藏分布特征，阐述了地质历史时期中物源变化和古气候变化等因素对碳埋藏的影响。通过对 1991 年和 2011 年遥感数据及表层沉积物碳指标分析，从区域上揭示了 20 年来辽河三角洲碳埋藏量变化，探讨了自然因素和人类活动对沉积物碳储的影响。本文的创新点在于阐明了辽河三角洲地区不同时间尺度下控制碳埋藏的主要因素；使用遥感数据与实测的碳资料相结合的新方法揭示出 20 年辽河三角洲沉积有机碳储量变化，发现人类活动导致的土地利用、土地覆被变化是碳丢失的最主要因素；揭示了河口三角洲地区比海洋和高原湖泊生态系统可能更具有高固碳能力。

ZK3 孔自上而下划分了 5 个沉积段（U1-U5），依次为：U1 三角洲沉积相、U2 浅海沉积相、U3 滨海沉积相、U4 湖沼相和 U5 河道相，其中 U1 段三角洲沉积相自上而下进一步详细划分为 U1^1（上三角洲相）、U1^2（下三角洲平原相）、U1^3（三角洲前缘相）、U1^4（前三角洲相）四个沉积层。在 24500 a BP 之前，该地区为河道沉积，24500 a BP-8237 cal a BP 期间，沉积相逐渐由河道沉积变为湖沼沉积；8237 cal a BP-4266 cal a BP，滨海沉积和浅海沉积发育。此外，本文提出了该地区现代三角洲沉积形成时间大约在 4266 cal a BP 左右。

总碳（TC）含量在整个钻孔平均为 0.83%，在三角洲沉积相（U1）为 0.64%。总有机碳(TOC) 整个钻孔平均为 0.34%，在三角洲沉积相（U1）和湖沼沉积相（U4）平均含量最高，其中在三角洲沉积相（U1）平均含量为 0.41%。与此同时，富含 TOC 的沉积物表现出较高的金属元素吸附能力。TC 和 TOC 埋藏通量最高值都出现在三角洲沉积相（U1），分别为 52.05 g/（m^2•a）和 30.77 g/（m^2•a），沉积物的沉积速率变化是 TC 和 TOC 埋藏通量变化的最主要的影响因子。辽河三角洲沉积物 TOC 埋藏通量大于我国东海陆架区和高原湖区，说明相比海洋和高原湖泊生态系统，河口三角洲可能更具有高的固碳能力。

1991-2011 年辽河三角洲(陆上三角洲)面积减少了 4.62%。辽河三角洲(陆上三角洲)生境分为城镇、旱地、滩涂、河库沟渠、苇地、林草地、水稻田、养殖池盐田和裸地九种类型。地形地貌在宏观上决定着三角洲生境的分布情况。20 年间，自然生境类型林草地，苇田和滩涂都发生了严重减少的现象。而面积明显增加的主要有城镇，河库沟渠，裸地，水稻田，养殖池盐田。

从辽河三角洲平面来看，表层沉积物 TOC 平均含量为 1%。高值主要分布在研究区中部辽河两侧的苇地。研究区的土壤有机碳原位密度范围为 0.58 - 9.75 kg/m^2。不同的

沉积物类型影响着土壤碳密度分布。1991 年和 2011 年研究区土壤碳储量分别为 1935.92×10^4 t 和 1863.87×10^4 t，意味着 20 年间土壤有机碳丢失，人类活动引起的海岸线后退以及三角洲生境类型的改变是导致这 20 年来辽河三角洲沉积物碳丢失的最主要驱动力。

不同时间尺度影响碳埋藏的因素不同。晚更新以来，海平面变化控制着沉积环境的演变过程，是影响辽河三角洲沉积有机碳埋藏的重要因素，但 7000 年以来，海平面基本稳定，三角洲进积控制着沉积环境的演变，变为影响碳埋藏的主要原因。晚更新世以来和 7000 年以来沉积物物源都在发生变化，从而改变着沉积有机碳埋藏通量。从长时间尺度来看，多个寒冷事件，北半球夏季光照强度，地质历史时期湿冷的气候，水动力强度都影响了辽河三角洲沉积有机碳埋藏。7000 年以来，古气温变化和水动力条件变化对该三角洲沉积环境的有机碳含量分布有一定的控制作用。20 年以来，人类活动，气温升高，降雨量减少，粒度效应等因素影响了辽河三角洲沉积有机碳储。

S14-P-22S

南海 MD12-3432 站沉积物主微量元素比值变化反映的古气候变化

曲华祥*，黄宝琦

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

* 15764225330@163.com

沉积物中的许多主量元素和微量元素与陆源物质有着非常密切的联系，尤其是在以陆源碎屑为主的边缘海中。研究表明，南海北部的沉积物多来源于华南地区和台湾等岛屿的陆壳风化产物，目前南海沉积物的元素研究多集中在生物成因组分方面，例如碳酸盐、蛋白石、有机碳和 Ba 等，很少涉及到海洋沉积物中的主量元素和微量元素的研究，且分辨率相对较低，大多数都在千年以上。为深入了解 MIS 6-5 期气候变化过程中，华南陆地气候环境的变化，我们对南海北部陆坡 MD12-3432 站位 1600-1900cm（MIS 6-5 期）柱状沉积物样品的部分主、微量元素进行较高分辨率的分析，试图探讨其变化与气候演化之间的关系。

首先在样品中加入 PH 为 4.5 的醋酸和醋酸铵的缓冲溶液，在 60℃下水浴震荡 48h，再用蒸馏水反复离心、冲洗至 PH 为中性，以去除生物碳酸盐组分。残余物烘干后在 600℃下灼烧 2h 以除去有机质，然后向样品中加入 1ml 浓 HNO_3 和 3ml 纯 HF，超声震荡 1h，在 150℃的加热板上保温 24h；将溶液蒸干，再加入 5ml 浓 HNO_3 超声震荡 1h，在 150℃的加热板上保温 24h 后蒸干，将蒸干的样品用 2%的 HNO_3 稀释后在北京大学德国斯派克 ICP-OES 实验室中测试其各元素（主要为主量元素）的含量，测试精度控制在 5%以内。

海洋沉积物中的某些主微量元素与沉积物源区有着密切的联系，它们之间的比值变化受到古气候特别是化学风化强度的影响，因此这些元素的比值变化可以反映出海洋沉积物源区的化学风化强度等因素。实验结果表明南海北部陆坡 MD12-3432 站位深海氧同位素 6-5 期(MIS 6-5) 沉积物的主微量元素表现出良好的气候控制的变化特征，K/Ti，Mg/Ti，Al/Ti，Fe/Ti，Co/Ti，Zn/Ti，V/Ti 等比值在 MIS 5 期时较高而 MIS 6 期时较低。南海北部的碎屑物质主要来自华南地区，沉积物中元素比值的变化表明间冰期时华南地区陆壳化学风化增强，说明该时期华南陆地气候环境温暖湿润，这可能是间冰期时东亚夏季风加强的结果。Ba/Ti 比值在间冰期较高而冰期较低，反映出南海北部在间冰期时表层生产力较高而冰期时相对较低，这可能是由于东亚夏季风增强带来更多降雨，从而携带更多的营养物质进入海洋所致。

S14-P-23S

南海南部底质沉积中的浮游有孔虫和底栖有孔虫分布模式及其控制因素

殷鉴[1,2]，刘春莲[1,2]*，杨小强[1]，黄毅[3,4]，吴月琴[1]，张恺[1]

1 中山大学地球科学与工程学院/广东省地球动力作用与地质灾害重点实验室，广州 510275

2 广东省地质过程与矿产资源探查重点实验室，广州 510275

3 国家海洋局南海规划与环境研究院，广州 510300

4 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510075

* eeslcl@mail.sysu.edu.cn

南海为典型的半封闭型边缘海，与西太平洋和东印度洋有限沟通，其形态和地理位置使其对环境变迁具有高敏感性，较高的沉积速率使其拥有良好的环境变化记录。以有孔虫种群的分布作为水体理化性质的指示已被广泛应用于现代南海海洋环境的研究以及古环境重建。本文以采集自南海南部 93 个站位的底质沉积物样品为研究对象，对其浮游有孔虫和底栖有孔虫种群分布特征与壳体稳定同位素组成进行分析，探讨可能的环境控制因素（诸如水深、盐度、底质类型、径流、海流以及冷泉活动等），以期为南海南部的海洋学、古海洋学和古环境重建提供更多依据。

根据底栖有孔虫各属种在各站位的相对丰度进行两步聚类分析（Two-Way Cluster Analysis）结果，R 型聚类将有孔虫种群划分为 4 个生态类群（Assemblage a1, a2, b1 和 b2），Q 型聚类将所有站位分为 4 个类（Cluster A1, A2, B1 和 B2）。Assemblage a1 为相对丰度较低的深水类群，含少量异地分子；Assemblage a2 为以 *Melonis barleeanus* 为代表的典型深水类群，；Assemblage b1 为典型浅水类群，以 *Heterolepa spp.*占有绝对优势；Assemblage b2 为出现频次最低的类群，在所有站位中含量都极低。Cluster A1 和 A2 为深水站位：Cluster A1 以 Assemblage a2 占绝对优势，其他类群少量；Cluster B2 以 Assemblage a2 为主，含有一定量的 Assemblage a1 和 b1。Cluster B1 和 B2 为浅水站位，均以 Assemblage b1 占绝对优势，但 Assemblage b2 在 Cluster B1 中的比例较 Cluster B2 大。

控制有孔虫种群（浮游和底栖）分布和底栖有孔虫氧同位素的最主要的因素为水深：大致以 1000m 等深线为界，93 个站位被分为两个大类（Cluster A 和 Cluster B）。深于 1000m 的站位（Cluster A）的底栖有孔虫种群中以深水类群占主导地位，相较于浅于 1000m 的站位（Cluster B）有孔虫丰度（底栖和浮游）、简单分异度、复合分异度均较低，浮游底栖比值较高。位于南沙海槽的部分站位的底栖有孔虫三种壳质类型比例显示，胶结质壳体比例随水深增加而增加，反映了南沙海槽的溶跃面（lysocline）和碳酸盐补偿深度（CCD）与前人结论（>3000m）较浅。底栖有孔虫氧同位素随水深增加而增加，至水深超过 1000m 后保持稳定。浅于 1000m 的站位（Cluster B）中胶结质壳体和瓷质壳体的比例差异揭示了 Cluster B1 中站位和 Cluster B2 中站位均受到陆源沉积的影响，结合镜下观察可推测 Cluster B1 站位受控于婆罗洲河流而 Cluster B2 站位受控于湄公河的注入，而 Cluster B1 中站位和 Cluster B2 中站位在空间上交错分布是由季节性表层流（SCS Southern Cyclonic Gyre and SCS Southern Anticyclonic Gyre）搬运所致。南海南部冬季表层流带来低温水体，导致沿线站位浮游有孔虫氧同位素显著正偏；冬季纳土纳离开陆架上升流（Winter Natuna Off-Shelf Current）带来高温和高营养水平的水体，导致相应区域内站位浮游有孔虫碳同位素显著负偏，以及有孔虫丰度值异常高。Cluster A1 中站位以适应于贫氧而富有机碳环境的 *Melonis barleeanus* 为优势种，结合 Cluster A1 中站位底栖有孔虫壳体氧同位素正偏、碳同位素负偏（$\delta^{18}O > 0$, $\delta^{13}C < 0$）的特点，揭示 Cluster A1 中站位可能受到冷泉活动影响。Cluster A2 中站位以适应于温暖浅海环境的 *Heterolepa dutemplei* 为优势种，但 *Melonis barleeanus* 的比例也较为突出，推测

由冷泉活动的间歇性导致。

S14-P-24S

Effect of the Southern Yellow Sea Cold Water Mass on the distribution and composition of suspended matter in summer and autumn

Wenjian LI[1,3], Zhenyan WANG[1,2,3]*

1 CAS Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071

2 Laboratroy for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

* zywang@qdio.ac.cn

This study analyzed the suspended matter concentration in the South Yellow Sea in the summer and autumn of 2012; additionally, the conductivity, temperature and depth (CTD) data collected at 32 hydrographic stations were used to study the impact of the Southern Yellow Sea Cold Water Mass (SYSCWM) on the distribution and composition of suspended matter. The results showed that the SYSCWM was located in offshore areas in the summer, where the water depth was greater than 30 m and the thermocline depth was between 10-30 m. In autumn, the SYSCWM moved back to the Yellow Sea trough, where the depth was greater than 50 m. In summer, a shallow water front induced by the SYSCWM and tidal mixing limited the spread of suspended matter from coastal areas to offshore areas. Additionally, a suspended matter concentrations (SSC) formed at the slope. There was a lower diffusion coefficient in the pycnocline between the SYSCWM and the upper warm water layer. As a result, the vertical diffusion of nutrients was obstructed, which was why the subsurface chlorophyll maximum layer (SCML) was located in the pycnocline. In autumn, strong northerly winds mixed the upper cold water mass and made much of the nutrients supply available for phytoplankton growth. The pycnocline was pushed deeper and became thinner, but it still obstructed the vertical diffusion of suspended matter. The SSC and chlorophyll a fluorescence (chl a) concentrations were vertically homogeneous above the pycnocline; however, below the pycnocline, higher SSC and lower chl a concentration were observed. The SYSCWM controlled the horizontal and vertical distribution of suspended matter through the shallow water front or the pycnocline, and it further affected the distribution of biogenic constituents of suspended matter by limiting the vertical transport of nutrients.

S14-P-25S

基于磁性特征和光释光测年的长江口水下三角洲沉积物年代研究

成沁梓[1]，陈锦[1]，陆禹成[2]，葛灿[1]，邱凤钺[1]，王峰[1]，赵旋琪[1]，年小美[1]，张卫国[1]*

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

2 上海师范大学旅游学院，上海 200234

* wgzhang@sklec.ecnu.edu.cn

三角洲沉积物的年代分析，对认识三角洲沉积过程和环境演变具有重要意义。我们前期对长江口及邻近东海内陆架的工作表明，基于沉积物磁性特征早期成岩分带模式的完整性，可定性区分现代和历史沉积物，进而判断三角洲的侵蚀/堆积状态。在其他

条件相同的情况下，现代沉积物磁化率较高，而侵蚀出露或未接受现代沉积的“老”沉积物，受早期成岩作用影响，磁化率则较低。本研究在长江口水下三角洲水深 20-30 m 区域，自北向南采集了 3 根长度 2 m 左右的沉积物柱样，从北向南柱样编号分别为：A3-2、A5-3、A6-5，并对其进行了磁学、粒度及光释光年代学测试。三角洲北部柱样 A3-2 磁化率值较低且垂向稳定，表明其经历了较为显著的还原成岩作用，相应的光释光测年结果显示其年龄较老，整个柱样形成于 800-1300 a 之间。三角洲南部柱样 A5-3、A6-5 磁化率较高，而光释光分析显示其年代为 50-300 a，较 A3-2 年轻。上述研究结果表明，磁学参数（如磁化率）在长江水下三角洲地区可作为沉积物年代判断的定性方法。

S14-P-26

渤海有机碳和黑碳的循环和收支初探

方引，陈颖军*

同济大学环境科学与工程学院，上海 200092

* yjchentj@tongji.edu.cn

海岸带是连接陆地和大洋之间的关键过渡地带，海岸带有机碳循环一直是地球化学和海洋科学等学科领域关注的热点问题。基于我们在环渤海地区采集的多环境介质样品，包括一年时间尺度的环渤海 12 站位大气沉降样品、40 条入海河流 4 次河水样品、渤海海峡北部和南部分季节和分层位的海水样品以及渤海 89 个表层沉积物样品，我们对渤海这一典型海岸带环境中有机碳和黑碳（性质较为稳定的纯燃烧来源的有机碳组分）的循环和收支进行了初步探究，分析的组分包括：颗粒态有机碳、颗粒态黑碳、溶解态有机碳和溶解态黑碳。形成的主要认识如下：（1）单一颗粒相或溶解相在渤海具有相似的循环模式，但颗粒相和溶解相的循环模式截然不同；（2）对颗粒相而言，大气沉降和河流输入主导外生输入，埋藏至沉积物主导输出，渤海海峡处的交换表现为从渤海向北黄海的净输出；（3）对溶解相而言，渤海海峡处的交换主导输入和输出，溶解相在渤海海峡处的交换处于动态平衡；（4）我们发现自然活动（如春季强沙尘天气）和人类活动对渤海碳循环的影响显著。虽然我们初步构建了渤海有机碳和黑碳收支的概念模型框架图，但目前这一工作还很粗糙，未来应从以下三个方面进行加强：（1）加强固定站位长时间序列样品的采集和分析；（2）全面考虑其它生物地球化学过程，特别是内循环过程，如海洋初级生产和呼吸消耗等；（3）对黑碳而言，还需要统一不同介质黑碳的定量方法，以使不同介质之间黑碳的通量数据具有可比性。

S14-P-27S

Li 同位素在大陆风化及河流搬运过程中的地球化学行为

王晓丹 [1]，杨守业 [1*]，Xiao-Ming Liu[2]，金章东 [3]，苏妮 [1]，夏任远 [1]

1 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

2 Department of Geological Sciences, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC 27599, USA

3 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061

* syyang@tongji.edu.cn

大陆风化作用是陆源物质随河流搬运入海的重要一环，而硅酸盐岩风化作为大气 CO_2 输出的主要净汇，对于理解全球 CO_2 循环和气候变化具有重要意义。Li 同位素作为近些年来发展迅速的非传统稳定同位素方法之一，在指示硅酸盐岩化学风化以及示踪河流沉积物再旋回过程方面都表现出巨大的应用前景和发展潜力。河流沉积物是流域风化剖面物质搬运的产物，也是流域物质从源到汇系统，即风化-搬运-沉积过程的重要组成，因此研究风化剖面到河流沉积物的 Li 同位素组成对于揭示表生过程中 Li 同位素分馏机制，深入理解大陆风化及河流入海

物质循环乃至全球气候变化都具有重要意义。

本研究选取福建木兰溪流域的一个花岗闪长岩风化剖面，以及沿流域采集的木兰溪河漫滩沉积物样品，系统分析了样品的 Li 同位素组成，并与全球发表的表生 Li 同位素组成进行了比较。数据结果显示，花岗闪长岩风化剖面中的 Li 元素及同位素组成在 4.3 m 左右存在一个显著的不连续面，Li 元素与同位素间存在显著的负相关关系；剖面下段(4.3-7.7 m) 的同位素组成较上段(0-4.3 m) 偏重。整个剖面 Nd 同位素组成(εNd 变化范围小于 1) 指示该剖面并无外源物质的输入贡献；剖面中主要矿物组成以高岭石和石英为主，仅在剖面下半段存在少量钾长石；矿物的变化趋势与同位素变化十分相似，粒度与 Li 同位素间也存在正相关关系，反映了风化过程中矿物对于 Li 同位素组成十分重要的控制作用。上下两段均存在从表层到底部同位素组成变轻的现象，这可能分别反映了雨水和地下水的 Li 同位素对于风化壳风化产物的影响。而木兰溪河漫滩沉积物的 Li 同位素组成明显较风化剖面样品偏轻。河漫滩沉积物中 Li 含量从上游向下游逐渐减少，Li 同位素组成向下游逐渐变轻，则反映了河流沉积物搬运过程中复杂的再旋回作用。

S14-P-28S

定量评价现代河流沉积物化学风化强度

郭玉龙 [1]，杨守业 [1]*，李超 [1]，毕磊 [1, 2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 同济大学环境科学与工程学院，上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

硅酸盐的化学风化是重要的碳汇，显著影响全球长期碳循环和气候演化，定量重建沉积物经历的化学风化历史一直是全球变化研究的热点。河流沉积物在“从源到汇”过程中往往经历复杂的滞留、分选和再旋回过程。水动力分选可引起沉积物粒度、矿物组成分异，进而影响沉积物的地球化学组成。从长时间尺度看，沉积岩与变质岩普遍经历过一次或几次的“风化-搬运-沉积-成岩-再风化”的旋回过程，其遭受风化剥蚀产生的沉积物也相应继承了先前沉积旋回的古风化历史。如何剥离水动力分选和沉积再旋回的信号，得到沉积物当前旋回的化学风化信息是表生地球化学研究中最大难题之一。

除长江、黄河为代表的大河源汇体系外，我国东部海岸带地区还发育特征的小河流源汇体系。台湾河流属于构造隆升背景下的山溪性小河流，有“瞬时大通量-极端气候影响-快速物质转换”的特点，其沉积物的源岩为经历多沉积旋回的沉积岩和变质沉积岩。浙闽河流流域区域构造较稳定，源岩多为中生代酸性火成岩。台湾和浙闽河流均受较强季风气候影响，共同构成研究沉积物化学风化过程的天然实验室。本研究选取这两类小河流的典型代表，如浊水溪、椒江、瓯江以及木兰溪等河流作为研究对象，综合采集不同粒级沉积物，探讨化学风化、水动力分选及沉积旋回性等因素对沉积物地球化学组成的控制作用。

CIA 和 WIP 受石英稀释作用影响差异巨大，因此 CIA-WIP 图解可以指示水动力分选及沉积旋回性对沉积物地球化学组成的影响。椒江、瓯江、木兰溪的悬浮物在图解中呈现良好的反相关，其趋势线可代表源岩为火成岩的当前旋回风化产物。河漫滩沉积物投点在“当前旋回风化产物趋势线”之下，反映了水动力分选的影响。浊水溪沉积物 CIA-WIP 呈正相关，显示出石英稀释效应（沉积旋回性）对浊水溪沉积物地球化学组成具有控制作用。

对沉积物进行粒度分级和沿河流深度剖面采集悬浮物是国际上研究水动力分选和沉积旋回性影响的最主要手段。沉积物的粘土粒级组分与河流表层悬浮物更接近“当前旋回风化趋势线”，表明其能更好代表现代风化产物。沉积物的粉砂粒级组分与河流底质沉积物投点远离“当前旋回风化趋势线”，可作为流域源岩平均组成的代表。利用“搬运限制型”小河流沉积物的地球化学

组成，本研究首次提出了 CIA-WIP 图解中的“当前旋回风化产物趋势线”，对现代及钻孔沉积物硅酸盐化学风化强度的判定将有积极的指导作用。

S14-P-29

黄河至少在距今 880 ka 前贯通入海

姚政权 [1,2]，石学法 [1,2]*，乔淑卿 [1,2]，刘青松 [2,3]，Selvaraj Kandasamy[2,4]，刘建兴 [1,2]，刘焱光 [1,2]，刘季花 [1,2]，方习生 [1,2]，高晶晶 [1,2]，窦衍光 [2,5]

1 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

3 南方科技大学，深圳 518055

4 厦门大学，厦门 361005

5 青岛海洋地质研究所，青岛 266071

* xfshi@fio.org.cn

黄河中游流经中国黄土高原地区，携带了大量的泥沙，泥沙含量居世界第一。来自黄河中、上游风化剥蚀物质经河流搬运并最终输送到西太平洋边缘海域沉积，完成沉积物“源—汇”的过程，极大影响了边缘海的海洋环境，对生物地球化学循环、海洋生产力及陆架边缘海沉积地层形成具有重要影响。因此，关于黄河的形成与演化历史，特别是关于黄河贯通入海的年代与原因一直为地球科学界所关注。

对于黄河形成的时代与原因，我国科学家已进行了大量研究，迄今为止，有关黄河形成与演化的研究成果主要是基于黄河中、上游的地貌学证据获得的，对黄河贯通入海的时代没有达成广泛一致，时代跨度从始新世到晚更新世。而且，对造成黄河最终贯通入海的原因也存有较大争议，究竟是气候驱动还是区域构造控制，至今仍存在分歧。为了更全面认识黄河何时贯通入海及其原因，黄河下游沉积区、我国东部近海的证据显得尤为重要，然而目前缺乏这一区域的沉积记录证据。

通过对渤海与黄海获得的两个长度分别为 212 m 和 125 m 的钻孔进行研究，应用磁学地层学及天文轨道调谐，获得了渤海一百万年以来高分辨率冰期—间冰期尺度的年代框架。为了获得黄河物源的信息，对钻孔沉积物进行了详细的沉积学、粘土矿物及地球化学分析与研究，发现在距今 88 万年前这一地区发生过一次重要的物源转变，表现为由渤海周边近源的山地河流供给为主转变为黄河供给为主，由此得出黄河至少在距今 88 万前就已贯通入海的重要结论。通过与全球及区域气候记录进行对比，我们认为中更新世气候转型可能是该区物源在距今 88 万年发生转变的主要原因。中更新世气候转型期是第四纪冰期旋回中全球气候和环境发生变化的一个重要时期，主要表现为气候周期由 4 万年主导转变为 10 万年主导，全球冰量增加，海平面下降。该研究首次在黄河下游—中国东部陆架区获得了黄河流入边缘海的物源变化证据及时代，为认识黄河贯通入海提供了可靠的年代学制约。

S14-P-30

东亚海沉积碳质颗粒物的源汇过程及环境响应

胡利民 [1]*，石学法 [1]，郭志刚 [2]，白亚之 [1]

1 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 复旦大学，上海 200433

* hulimin@fio.org.cn

燃烧排放的碳质颗粒物（黑碳和多环芳烃）的源-汇过程，是陆源有机碳向海洋碳库转移以及生源碳向地质碳转化的过程，影响着全球碳循环。亚洲大陆边缘发育有对气候变化和人类活动响应最为敏感的陆架-边缘海系统。在大河输入和区域人为活动背景下，东亚河口-近海地区不仅是细颗粒物和沉积有机碳的重要储库，也是颗粒污染物的重要沉积汇。本工作聚焦东亚受河流输入、气候和人类活动影响差异强烈的典型陆架-边缘海系统（东部陆架海和泰国湾等），围绕“沉积碳质颗粒物的‘源-汇’过程及其

环境响应”这一主线，阐明了低纬度泰国湾和中纬度东部陆架海沉积黑碳的不同来源、源谱特征和沉积通量；从区域背景、沉积物输运机制和物质输入方式等角度阐述了化石能源结构差异对沉积碳质颗粒物的源谱特征和通量的影响，揭示了不同碳质颗粒物组分空间分异性的控制机制，系统构建了渤海区域黑碳源-汇收支格局，这对系统认识东亚不同纬度陆架海黑碳的源—汇过程及其环境响应、预测人类活动对海洋沉积碳埋藏的影响等方面具有重要科学意义。

S14-P-31

苏北盆地湖泊沉积记录的近4万年来的气候变化

舒强*，陈晔，刘玉

南京师范大学地理科学学院，南京 210023

* xjshuqiang@sina.com

通过苏北盆地沉积物粒度、地球化学元素比值、磁化率和色度等多项代用指标的综合分析，建立了苏北盆地近 4 万年以来的高分辨率古气候演化序列。结果表明，近 4 万年来苏北盆地的古气候演变可以划分为4个大的阶段：38.3-30.0 cal ka BP 期间气候整体相对湿润，同时也存在冷干波动；30.0~16.0 cal ka BP，气候相对比较稳定，以冷干为基本特征；16.0~11.0 cal ka BP，各种代用指标的波动都较为剧烈，这说明在这一阶段内气候波动剧烈，表现出不稳定的特征；11.0~1.51 cal ka BP，进入全新世以来，区域气候整体以暖湿为主。苏北盆地湖沼相沉积物记录的近 40 cal ka BP 以来的高分辨率气候演变过程，与格陵兰冰芯、北大西洋深海沉积、三宝/葫芦洞石笋、中国黄土等记录有一定的可对比性和差异性，揭示了苏北盆地晚更新世以来的古气候演化具有的全球性特征和区域性特征。

S14-P-32

末次冰消期以来北极东西伯利亚陆架沉积作用演化及其控制因素

石学法[1,2]*，胡利民[1,2]，Anatolii Astakhov[3]，刘焱光[1,2]

1 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 海洋地质过程与环境功能实验室，青岛海洋国家实验室，青岛 266061

3 V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEBRAS, Vladivostok 690041,Russia

* xfshi@fio.org.c

东西伯利亚海是世界上最大的陆架，陆海相互作用强烈，海底冻土广泛发育。通过中俄合作对东西伯利亚陆架冰后期沉积作用及其驱动因素进行了研究。结果表明，东西伯利亚陆架全新世沉积速率介于 10~300 cm/kyr 之间。从冰消期向全新世过渡期间，沉积作用经历了由河流输入和海平面控制向全新世海冰过程和水团作用控制的转变，陆架沉积速率呈现显著的时空差异。在这一过程中，除河流输入的影响外，海面上升过程中的海岸侵蚀作用对陆架沉积物源-汇格局的影响也非常重要。在 13-11ka 之间，太平洋水开始穿过白令海海峡并对东西伯利亚陆架产生重要影响；在大约 11ka，海平面上升到目前-60m 左右，东西伯利亚陆架大部分被淹没。末次冰消期和全新世不同阶段大西洋水输入对东西伯利亚陆架的影响有显著差别，海面上升期（12-7ka）对大西洋水起到明显的阻挡作用。随着陆架被淹没，海洋环流和海冰逐渐成为沉积作用及生物地球化学过程的控制因子。在这一演变过程中，海冰逐渐成为联系该区陆地-海洋-大气-生物圈相互作用的关键因素。

S14-P-33

闽江口300年以来气候变化和人类活动对陆源碎屑输入的影响

赵绍华*，曹超

国家海洋局第三海洋研究所海洋与海岸地质环境实验室，厦门 361005

* zhaoshaohua@tio.org.cn

本研究利用2016年自然科学基金委台湾海峡春季共享航次在闽江口外，使用“延平2号”科考船采集的M29（26°28.17' N，120°0.31' E，水深33 m，全长1.50 m）、Y13（25°42.66' N，120°26.44' E，水深62 m，全长1.35 m）和Y31（25°3.95' N，119°26.02' E，水深27 m，全长1.45 m）三个重力短岩芯，开展高分辨率的粘土矿物组合、激光粒度和XRF元素扫描分析，结合^{210}Pb测年，研究闽江口地区300年以来陆源物质源区及其搬运过程的时空变化特征，探讨季风降雨、洋流搬运以及人类活动对闽江口海域沉积物沉积搬运过程的影响与控制作用。研究结果表明300年以来M29、Y13和Y31三个研究岩芯陆源碎屑平均粒径具有相似的时间变化趋势，均是先波动变粗、后逐渐变细，指示研究区沉积动力环境极其相似。物源分析结果显示，三个研究站位的陆源碎屑主要来自闽江、台湾、长江以及浙江沿岸小河流，具有显著的近源控制作用，即各源区贡献量大小随着距离物源区的远近而发生明显变化，且近百年来更为显著。闽江口海域300以来，陆源物质源区及其相对贡献量变化的时空差异，主要揭示了东亚季风降雨和人类活动的双重控制作用。

S14-P-34

东海外陆架北部晚更新世以来古三角洲沉积特征

陈珊珊[1,2]*，王中波[1,2]，潘军[1,2]，颜中辉[1,2]，刘欣欣[1,2]

1 国土资源部 海洋油气与环境地质重点实验室，青岛海洋地质研究所，青岛 266071

2 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

* yangfan662001@163.com

晚更新世以来，东海陆架海区普遍发育一系列的三角洲沉积体系，随着海平面的上升，三角洲沉积体系被埋藏于海相地层之下。古三角洲的形成与海平面升降、古环境变化有着密切的关系，因此，利用高分辨率浅地层剖面资料，结合研究区内的钻孔资料开展综合研究，对于恢复东海海平面变化，推测古海岸线的位置，了解古地理环境演变，掌握沉积作用的发育历史等方面具有重要的科学意义。

三角洲形成的先决条件是有一个能够搬运大量碎屑物质的河流系统。晚更新世末期，古长江、古黄河是否流经东海陆架区进入冲绳海槽,在对东海外陆架靠近冲绳海槽北部的高分辨率浅地层剖面解释分析中，发现在陆架外缘坡折线附近，海底之下至少存在两期大面积斜层理古三角洲沉积结构。从古三角洲的规模来看，肯定是大型河流入海形成的，从地理位置来看，大型河流则首推黄河和长江。因此，对东海外陆架古三角洲物源示踪的研究可以为晚更新世末期以来我国的大型河流(黄河、长江)是否从冲绳海槽北部入海提供证据。借助于海洋区域地质调查项目，在东海外陆架上成功获取了150.4m深的钻孔（SHD-1孔），利用该钻孔取得的样品，对东海外陆架古三角洲进行物源示踪，再结合古三角洲的时空展布特征，就可以很好的解决晚更新世以来我国的大型河流(黄河、长江)是否经东海陆架从冲绳海槽入海的问题。

研究表明，古三角洲分布于研究区陆架南北两个区块，南部三角洲面积较小，北部面积较大。古三角洲主体位于坡折线附近的陆架一侧，而其前缘越过了坡折线而到达陆坡上部，并且三角洲的前缘上陆坡处，普遍存在滑坡现象。根据孔震对比的结果，将地震剖面划分为8个地层单元，从上到下依次为SU1-SU8，其中古三角洲所在的地层单元

为 SU3、SU6，对应的形成时代分别为 MIS3（光释光测年为 70kaBP），MIS5-b（光释光测年为 96kaBP）。根据浅剖资料与 SHD-1 孔的样品，初步分析南部古三角洲的物源主要来自于长江；而北部的古三角洲的物源主要来自黄河。

S14-P-35

四万年来孟加拉湾中部沉积物粘土矿物和 Sr-Nd 同位素组成：来源和气候控制

李景瑞[1]，刘升发[1,2]，石学法[1,2]*，张辉[1]，方习生[1]，曹鹏[1]，孙兴全[3]，叶文星[3]，吴凯凯[4]，Somkiat Khokiattiwong[5], Narumol Kornkanitnan[6]

1 国家海洋局第一海洋研究所，海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，青岛 266061

2 青岛海洋科学与技术国家实验室，海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

3 中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

4 浙江大学海洋学院，舟山 316021

5 Phuket Marine Biological Center, Phuket 83000, Thailand

6 Marine and Coastal Resource Research Center, Samut Sakhon Province 74000, Thailand

* xfshi@fio.org.cn

通过对孟加拉湾中部柱状沉积物进行 AMS^{14}C 测年、粒度、粘土矿物和 Sr-Nd 同位素测试分析，建立了高分辨率年代框架，重建了 4 万年来沉积物来源演化历史，并探讨了其气候控制机制。粘土矿物和 Sr-Nd 同位素指标均指示孟加拉湾中部沉积物来源具有三端元模式：喜马拉雅源区、印度半岛源区和东南亚源区。其中，11.0 ka 以前沉积物主要来源于喜马拉雅和印缅脊山区，11.0 ka 以来恒河-布拉马普特拉河中下游平原物质和印度半岛侵蚀物质输入增加，而印缅脊和伊洛瓦底江物质输入减少。结合印度季风演化和海平面变化特征分析，11.0 ka 以前印度季风强度较低，海平面处于较低水平，此时源区经历较低化学风化的山区侵蚀物质经恒河-布拉马普特拉河输运至孟加拉湾中部；11.0 ka 以来随着印度夏季风的增强，源区化学风化强度增大，印度季风区降水量增大，河流径流量增加，导致恒河-布拉马普特拉河中下游平原侵蚀物质输入增加，其中布拉马普特拉河沉积物输入相对恒河更大；而随着顺时针海洋表层环流强度的增强，印度半岛物质向研究孔位的输入增加，印缅脊和伊洛瓦底江物质输入量减少；全新世海平面位于高水平，沉积中心转移到陆架上，在一定程度上放大了印度半岛物质输入增加和印缅脊物质输入减少的信号。

S14-P-36S

南海北部大气和表层海水的花粉分布特征——追踪海洋花粉的源区和传播机制

欧阳绪红，翁成郁*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* weng_cy@126.com

南海地理位置独特，是西太平洋上最大的边缘海之一，其东部和南部被一系列岛屿围绕，西部和北部紧邻亚洲大陆，是一个近乎封闭的边缘海，其沉积物主要来自于周边地区，同时受亚洲季风的强烈影响，是进行现代花粉传播机制观测与研究绝佳的天然实验室。海洋沉积物的花粉主要来源于陆地，但是由于花粉的传播方式多样（如风传、河流、洋流等），加之海洋沉积物本身也受到浊流、底层洋流等的影响，使得在解释海洋沉积物（如钻孔等）的花粉组合时，会出现一些不同的争议。因此，通过现代观测手段来了解花粉的源区及其传播沉积机制，对于正确的解析海洋沉积物花粉所蕴含的古环境信息变得非常重要。本研究通过对 2013 年 9-10 月基金委共享航次采集的南海北部 22 个空气样品、59 个表层海水样品和 5 个沉积物样品进行孢粉学分析，并根据其花粉组合的分布特征来追踪南海的花粉源区及

其传播机制。结果表明：1）松属花粉的含量整体不高，可能与其花期有关。另外，松属在空气中含量很少，而在表层海水样品中，其高值仅出现在海南岛东部与珠江口附近，可能指示河流为其主要传播动力。2）血桐/野桐、桃金娘科、常绿栎属、栲属、桑科、棕榈科及杨梅科等热带亚热带成分在表层海水样品中呈现由近岸向深海含量急剧降低的趋势，较好的反映了周边流域范围内植被分布情况。3）桤木属和桦木属等温带成分在表层海水样品含量极低，仅在海南岛东部海域及珠江口附近少量出现，其含量均不超过 10%；但是在空气样品中却正好相反，呈现出越往深海含量越高的趋势，最高值达 90%，说明这些花粉主要由空气传播。4）禾本科、莎草科、蒿属、藜科及菊科等草本植物花粉，在空气样品的结果中显示以禾本科和蒿属为主，莎草科很少；但在海水样品中，珠江口附近以禾本科和莎草科为主，蒿属、藜科及菊科有一定含量，在海南岛东部海域则以禾本科、蒿属和藜科为主，菊科和莎草科含量降低。5）蕨类植物（主要为芒萁孢子）呈现显著的由陆地向深海浓度迅速降低的趋势，其高值出现在珠江口和海南岛附近，说明河流为其主要的传播动力。

S14-P-37S

季节性和干旱的同时增强驱动晚中新世-早上新世以来中亚地区 C4 植被扩张

沈兴艳 [1,3]，万世明 [1,2]*，Christophe Colin [4]，Ryuji Tada[5]，石学法 [2,6]，裴文强 [1,3]，谭扬 [7]，李安春 [1]

1 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

3 中国科学院大学，北京 100049

4 Laboratoire GEOsciences Paris-Sud (GEOPS), UMR 8148, CNRS-Université de Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Bâtiment 504, 91405 Orsay Cedex, France

5 Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, Tokyo 113-0033, Japan

6 国家海洋局第一海洋研究所海洋沉积与环境地质重点实验室，青岛 266061

7 烟中国科学院烟台海岸带研究所，烟台 264003

* wanshiming@ms.qdio.ac.cn

使用从 IODP346 航次日本海 U1430 站位获得的连续高分辨率黑炭含量、堆积速率以及黑炭同位素组成(δ^{13}CBC)来重建中新世以来中亚地区 C4 植被的演化历史，并探讨相应 C4 植被变化的驱动因素。结果显示 U1430 站位的 δ^{13}CBC 在 5.3Ma 左右（中新世-上新世界线）显示出显著上升的趋势，同时中亚地区的原地碳同位素记录也揭示出相应区域 C4 植物在同一时期发生了显著的扩张。以上结果共同表明包括中国西北部的内陆盆地和黄土高原在内的中亚广泛干旱区域的C4植被均在中新世-上新世时期发生了显著扩张。代表火活动频率的黑炭含量和堆积速率均表现出与黑炭碳同位素相反的趋势，这说明火活动并不是驱动中亚地区 C4 植被扩张的主要因素。而单独的东亚夏季风降雨增强以及单独的干旱加剧都不能很好解释中亚区域在晚中新世-早上新世时期广泛的 C4 植被扩张现象。晚中新世-早上新世时期青藏高原北部天山-帕米尔高原的隆升以及特提斯海向西撤退所引起的西风携带水汽减弱，导致中国西北内陆区域干旱加剧，黄土高原地区季节性和干旱程度同时增强，创造了更加适宜 C4 植被生长的环境。因此，我们认为在 CO_2 浓度下降到 500ppm 以下的基础和前提下，晚中新世-早上新世时期西风降雨下降，以及夏季风增强共同引起的中亚地区干旱加剧以及季节性增强是导致中亚广泛区域 C4 植被普遍扩张的主要驱动因素。

S14-P-38S

7ka 以来长江流域火历史及其与气候、植被、人类的关系

裴文强[1,2]*，万世明[1]

1 中国科学院海洋研究所，中国科学院海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 中国科学院大学，北京 100049

* peiwenqiang@126.com

火作为地球系统中的重要生态因子，其发展变化在全球碳循环过程中扮演着重要角色。地质时期以来，火活动与气候、植被密切相关，而至少自全新世以来，人类也开始对火产生影响。本文通过对东海内陆架浙闽泥质带 ECMZ 孔的黑碳分析，重建了 7ka 以来长江流域火历史，并通过对比气候、植被、人类记录，探讨了长江流域区域火活动与气候、植被以及人类活动的关系。结果显示：7-5 ka cal BP，黑碳含量高值，指示区域火活动较多。4ka cal BP，黑碳含量突然降低，指示区域火活动迅速减少。自 3ka cal BP 以来，黑碳含量总体逐渐降低，指示区域火活动逐渐减少。与气候指标对比显示，3ka cal BP 之前，黑碳含量与董哥洞石笋氧同位素记录的夏季风在千年-百年尺度均具有较一致的变化趋势，当夏季风增强时，火活动增多，反之，则相反。受降水控制的植被生产力可能是该时期火活动的主控因素。而 3ka cal BP 以来，夏季风强度不再减弱，尤其 2ka cal BP 以来夏季风开始增强，但黑碳含量指示的火活动在长期趋势上仍逐渐减少，这可能反映了人类活动对该区域火活动的影响逐渐加剧。铁器时代（2.8-2.2ka cal BP）以来伴随农耕技术进步以及人口数量显著增多，使人类毁林开荒等一系列活动加剧，导致植被量大大降低，进而可能限制了火活动。但在近 3ka cal BP 以来火活动总体降低的长期趋势之上，叠加了百年-十年尺度的火波动，且火活动较强的时期大多处于夏季风较弱时期，表明这些短期波动仍受控于人类活动。特定时期的政策、人口迁移等导致的人类活动强度的短期波动可能导致了火活动的这种短期变化。这表明，区域火对人类活动的响应在不同时间尺度是存在差异的。长时间尺度上，人类活动的逐渐增强导致植被不断被消耗，使区域火逐渐降低。而特定时期人类活动的增强则导致更多火的发生。

S14-P-39

基于多元因子影响的南扬子浅滩全新世物源时空演化研究

曹超*，蔡锋，郑勇玲，吴承强，卢惠泉，鲍晶晶，孙全，钟贵财

国家海洋局第三海洋研究所，厦门 361005

* caochao@tio.org.cn

扬子浅滩是东海陆架最大的潮流沉积体，其浅表层沉积物的粒径、碎屑矿物、粘土矿物、碳氮同位素组分和放射性同位素测年等因子可以示踪沉积物来源，揭示其全新世的沉积环境演化规律。结果显示，近河口区域沉积物以粉砂质粘土为主，粒径为 6~8 Φ，稳定矿物含量较高，为 50~60%，伊利石+绿泥石含量极高，为 75~90%，δ^{13}C-TOC 为-19.6~-23.1‰，以海相为主的陆海混合物质；外侧浅滩区域沉积物以细砂为主，粒径为 3~6Φ，不稳定矿物含量较高，为 62~78%，蒙脱石含量明显增大，约 20%，δ^{13}C-TOC 为-16.4~-20.8‰，以海相为主的物质。柱状沉积物的粒度、矿物和有机碳氮呈显著的韵律层变，TOC 平均含量约为 0.26%，TN 平均含量约为 0.05%，自表至底逐渐增大，TOC/TN 为 5.4~7.8，δ^{13}C-TOC 为-19.8~-22.1‰，孔底年龄为 10790a，揭露全新统地层。研究表明，南扬子浅滩在多期次海侵—海退过程中，受东亚季风、海平面升降、河流入海泥沙和海洋环流等因素控制，其物质组成呈明显的分区、分带和分层特征，8.3~6.3ka 和 3.8~1.5ka 以及近河口区以长江物质输入为主，6.3~3.8ka 和 1.5~0.8ka 以及外侧浅滩以黄河物质为主的混源输入。通过

多源因子示踪的方式有效地证实了南扬子浅滩是低海平面时期长江和黄河联合入海形成的三角洲的学说。

S14-P-40S

辽东半岛东岸近海泥区悬沙浓度的时空分布及控制因素分析

艾乔，石勇，高建华*

南京大学，海岸与海岛开发教育部重点实验室，南京 210097

* jhgao@nju.edu.cn

鸭绿江作为典型的中小型河流，细颗粒沉积物从鸭绿江流域到辽东半岛东岸近海泥区的源汇过程有着独特的机制，而遥感解译是了解入海沉积物在河口-陆架输运过程和机制的有效手段之一。因此，本文通过在辽东半岛东岸海域进行了现场悬沙浓度测量，并与 GOCI 影像建立关系，反演了该地区 2011 年 4 月至 2017 年 3 月间的表层悬沙浓度，从而揭示了该海域表层悬沙浓度的时空特征，分析了潮流、大风天气和洪水对悬沙浓度变化的影响，在此基础上探讨了研究区的悬沙浓度输运格局。结果显示，研究区表层悬沙浓度空间差异大，河口附近是悬沙浓度高值区，可达 500 $g \cdot m^{-3}$ 以上，其他区域则悬沙浓度多小于 20 $g \cdot m^{-3}$。另外，研究区表层悬沙浓度枯季高，洪季低，有着显著的季节性变化。进一步分析表明，枯季大风天气引起的风浪作用增强，是导致表层悬沙浓度增高的主要原因；洪季虽然悬沙浓度较低，但流域洪水期间的悬沙浓度显著增加。此外，作为典型的中小型源-汇传输体系，沉积物从鸭绿江到辽东半岛东岸近海泥区总体上仍遵循“夏储冬输”的输运机制。

S14-P-41S

High-resolution reconstruction of historical flood events in the Changjiang River estuary based on Sr-Nd isotopic signatures, Zr/Rb ratios and biomarkers

张瑞 [1,2,3]*，李铁刚 [4,5]*，James Russell[3]，肖鑫 [6]，张帆 [6]，刘志勇 [7]，管明雷 [1]，韩琦 [8]

1 淮海工学院测绘与海洋信息学院，连云港 222005

2 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

3 Brown University, Providence, RI 02912

4 国家海洋局第一海洋研究所，海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，青岛 266061

5 青岛海洋科学与技术国家实验室，海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266071

6 淮海工学院化学工程学院，连云港 222005

7 苏州大学医学部放射医学与防护学院，苏州 215123

8 中国地质大学（北京）海洋科学学院，北京 100083

* rzhang_838@163.com; tgli@fio.org.cn

Extreme hydrologic events such as floods have taken a great toll on modern human society, especially in heavily developed coastal areas. However, high-resolution reconstructions of extreme flooding events are also limited by a paucity of suitable proxies in marginal seas. Here we develop a high-resolution record and changes of extreme flooding events in the Changjiang River during the last 110 years using samples from the subaqueous delta of Changjiang River estuary. We apply a multi-proxy approach including Sr-Nd isotopes, Zr/Rb ratios and biomarkers (e.g., branched GDGTs (brGDGTs), the BIT index as well as crenarchaeol) as proxies for the evolutions of extreme floods and storms in the Changjiang River and East China Sea. These proxies showed that rapid shifts in profiles agreed with the timing of known floods on the Changjiang River. We also tested the utility of

various biomarkers indices to reconstruct palaeoflood events in subaqueous delta of Changjiang River estuary. The results indicated that the abundances of GDGTs fluctuated in concert with historical floods. Cross-spectral analyses revealed that historical floods in the Changjiang River were mainly consistent with periodic ENSO variance.

S14-P-42S

兴化湾外近海 210Pb 沉积速率及校正方法探讨

王晓慧，吴伊婧，范代读*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* ddfan@tongji.edu.cn

沉积物岩芯记录着海洋环境变化的历史，放射性核素 ^{210}Pb、^{137}Cs 等的含量分布可以被用来推算其沉积速率， 并为海洋环境中发生的历史事件提供时标[1]。在台湾海峡地区，由于频繁受台风和洪水事件影响，水体常处于动荡的高能环境，导致在该地区存在大量的且不稳定的沉积物输运。因此，得到的 ^{210}Pb 剖面往往是非稳态的[2]。为了得到更为可靠的沉积速率，我们运用 γ 谱仪同时对采自该地区的 D37 和 FJ3-12 沉积物柱状样进行了 ^{210}Pb、^{226}Ra 和 ^{137}Cs 活度的测试分析，得到这三种核素活度随深度分布特征，分别运用 ^{137}Cs 时标法和 ^{210}Pb 法 CFCS 和 CRS 模式计算沉积速率。我们发现三者之间存在一定差异，D37 和 FJ3-12 的平均沉积速率分别为 0.88~2.71 cm•yr^{-1}、0.97~4.24 cm•yr^{-1}。对比分析认为，CFCS 模式计算结果的可信度较大。同时发现，对数衰减剖面不完整度（取样深度未达 210Pb 的本底值区）对运用 CFCS 和 CRS 模式计算平均沉积速率均有不利影响。在实际运用过程中若出现此情况，需要进行相关校正，可先根据 CFCS 模式得到的年龄获得补充信息，再通过 CRS 法计算沉积速率可得到较为可靠的参考值。

S14-P-43S

长江口低氧区全新世以来低氧发育的底栖有孔虫记录

任发慧，范代读*，赵泉鸿，吴伊婧，苏建锋

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* ddfan@tongji.edu.cn

低氧会影响到沿海地区人们的生产活动及近岸的生态系统，已引起国内外学者的广泛关注，对其进行深入的研究，有助于预测未来低氧的变化趋势，指导人们的经济生产和保护环境。和世界上许多低氧区相比，长江口低氧区具有季节性低氧（夏季）的显著特点，YD0902 孔位于该低氧区核心区域附近。本研究通过展开 AMS 14C 测年、岩性、粒度、元素地球化学和底栖有孔虫属种分析，结合底栖有孔虫 A-P 指标（% A + % P）与 LOFA 指标（% *Bolivina* spp. + % *Bulimina marginata* + % *Epistominella naraensis*），以及沉积物 Mn/Ti 和 Cd/Al 比值，揭示了 YD0902 孔记录的历史低氧变化。结果表明，6.87 cal. ka BP 以前底层水体溶解氧含量较高；此后，溶解氧含量逐渐降低，并出现弱低氧现象；而 3.26~2.56 cal. ka BP 期间曾出现明显的溶解氧含量升高现象，推测可能与 Mayewski (2004)报道的 3.50~2.50 cal. ka BP 期间发生在北半球的气候快速变化事件有关，东亚季风减弱，温度降低，降水减少，水体不易出现层化现象。2.56 cal. ka BP 以来为低氧时期，其中，1.98~1.84、0.80~0.76 和 0.48~0.42 cal. ka BP 三个时间段的低氧程度明显增强，而 2.36~2.26、2.20~2.14、1.84~1.60、1.42~1.28 和 0.30~0.16 cal. ka BP 五个时间段的低氧程度有所降低。由于长江口海域复杂的水文条件，黑潮及台湾暖流（TWC）的强度、长江冲淡水及营养盐的输入、近岸初始生产力（PP）的变化、总太阳辐射量（TSI）的大小、海水表层温度（SST）的变化、东亚夏季风（EASM）的强弱、降水量及海平面的变化等，均有可能是影响区域氧亏损程度的重要因素，因此不同阶段低氧的主要影响因素及控制机制尚待进一步

探讨。值得提及的是，人类活动在近来低氧的变化中所起的作用，不容忽视。

S14-P-44S

Evolution of Grain Size and Organic Matter of Sediments from Centre South Yellow Sea since Mid-Holocene

PI Zhong[1,3], LEI Yanli[1,3], LI Tiegang[2,3,4]*

1 Department of Marine Organism Taxonomy & Phylogeny, Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071

2 Key Lab of Marine Sedimentology and Environmental Geology, SOA, First Institute of Oceanography, Qingdao 266061

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

4 Function Laboratory of Marine Geology and Environment, National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061

* tgli@fio.org.cn

The sedimentary environment (SE) of South Yellow Sea (SYS) is complex, as it is under the interaction of sea and land. The sedimentary mechanism (SM) of SYS has always been difficult and important in paleoceanorgraphic researches. In this study, multi-index records, including AMS^{14}C ages, grain size and overall organic matter indexes (TOC, TN, TOC/TN and δ^{13}Corg) for 196 layers of a gravity core Z1 from the Centre South Yellow Sea Mud Area (CSYSMA) were collected in this program, the highest resolution was 11 yr/cm. Our results revealed the evolution history of the SE in the SYS since 6.1 cal kyr BP, which could be generally divided into three stages: (1) Terrestrial input stage under high sea level since 6.1~5.2 cal kyr BP. At this time, the deposition rate was highest and the mean grain size was coarsest, which was related to strong EAM. The content of organic matter was very low and it was speculated that the low input of organic matter and the dilution of a large amount of terrestrial inputs. (2) During 5.2~3.9 cal kyr BP, sediment grain size was thinner with fluctuating amplitude, which were concerned with weakening East Asian Summer Monsoon (EASM) and reducing terrestrial input. The organic matter was mainly sea source with an increasing trend, It might be related to the invasion of Yellow Sea Warm Current (YSWC). (3) The mean sediment particle size was the smallest and relatively constant during 3.9 ~ 0 cal kyr BP, and the organic matter content continued to increase until 1.9 cal kyr BP, and then to stabilize. Indicating the different control mechanism of particle size and organic matter. The variation of grain size was mainly controlled by the modern circulation system. However, in addition to the modern circulation system, EAWM also had great influence on changing of organic matter content. The mean grain size and the overall organic matter indexes indicate the complexity of SE evolution of CSYSMA, in particular, the SE changed significantly after the invasion of YSWC. High-resolution records of SE evolution of SYS could provide more data for paleoclimate and paleoceanorgraphic researches of CSYSMA and had certain instruction significance on regional SM.

S14-P-45

全新世长江沉积物旋回过程对流域风化的影响

毕磊[1]，杨守业[2]*

1 同济大学 环境科学与工程学院，上海 200092

2 同济大学 海洋与地球科学学院,，上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

化学风化作为枢纽连接着维持地球生命繁衍的各圈层系统。前人在利用沉积记录重建流域化学风化时，常建立流域“黑箱模型”，集中对河流系统外部驱动机制（external driving）的讨论，包括构造、气候（气温、降水等）和人类活动等，而对河流内部动力过程（internal dynamics）如何影响沉积物化学风化缺乏深入研究。地表岩石受到风化侵蚀，其颗粒态和溶解态物质在多种物理化学过程的共同作用下，沉积在流域洪积平原、陆架或深海盆地等相互连接的地貌环境单元上，构成大陆边缘沉积物由陆到海的“从源（source）到汇（sink）”系统。然而，流域源区风化剥蚀物质并没有完全入海，相当量的沉积物堆积在流域尤其是中下游的河道、河漫滩、湖泊或水库中，造成沉积物在流域中的滞留。研究揭示，河流沉积物在输运旋回过程中发生的风化作用可以显著影响入海沉积物的组成及流域风化消耗大气CO_2通量。因此，边缘海沉积记录中除保存河流系统外部驱动的风化信号外，同时叠加沉积物输运过程中所经历的后期风化信息。

亚洲第一大河长江流域跨域三级地貌单元，水文监测数据揭示上游是主要的沉积物源区，中下游湖泊和河漫滩发育，是重要的沉积汇和“缓冲区”。全新世以来，在自然因素驱动下长江入海风化产物泥沙来源及主要沉积中心也存在着连续的转移过程，是研究河流沉积物在流域滞留对大陆化学风化作用影响的理想场所。长江口及东海内陆架泥质区作为长江流域风化剥蚀产物的沉积“汇”，记录了冰后期季风气候和人类活动对长江流域化学风化与沉积物源汇过程的影响。末次冰消期晚期至早全新世，随着全球气候转暖，长江流域化学风化强度加强；中全新世海平面快速上升至接近现今高度，长江沉积中心向流域内部迁移增加了沉积物在流域内的滞留时间，使得长江入海沉积物在早中全新世具有较高的化学风化强度；距今约 4.0 kyr 以来东亚夏季风强度减弱，降低了长江沉积物的搬运能力，同时长江河流沉积物沉积中心向下游强风化作用地区迁移，硅酸盐岩化学风化加强；晚全新世，人类活动开始影响长江沉积物源汇过程，上游弱风化物质进入河口地区以及沉积物在流域内滞留时间减少，使得长江口沉积记录化学风化强度降低。

本项研究表明，在短时间尺度上大型河流沉积物输运旋回过程（输运速率和流域滞留时间变化等）对流域化学风化作用具有决定性作用，研究成果将深化河流内部动力过程对大河流域化学风化作用影响的认识，为东亚大陆边缘物质循环和源汇系统研究提供更可靠约束。

S14-P-46S

北部湾表层粘土矿物分布特征及物源研究

靳华龙[1,2]*，万世明[1]，张晋[1,2]，宋泽华[1,2]，赵德博[1,2]，黄杰[1]，李安春[1]

1 中国科学院海洋研究所，中国科学院海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 中国科学院大学，北京 100049

* jinhualong123456@163.com

本文利用 X 射线衍射（XRD）对北部湾表层沉积物中粘土矿物组成和结晶学特征进行了详细研究，揭示了源区和洋流对该区沉积物传输和分布的控制机制。结果表明，北部湾表层沉积物中粘土矿物组成以伊利石（平均 35%）、蒙脱石（平均 30%）和高岭石（平均 30%）为主，含有少量的绿泥石（平均 5%）。在空间分布上，蒙脱石含量表现为中部高近岸低；伊利石含量表现为西南高东北低，绿泥石含量与之类似；高岭石含量表现为东北高，西南低。伊利石结晶度指数和化学指数平均分别为0.25° Δ2θ和0.5，表明伊利石结晶程度极好，为富Al伊利石，来源于化学风化作用占主导的源区。粘土矿物物源分析表明，红河是北部湾伊利石、绿泥石和蒙脱石的主要物源，其中蒙脱石因受沉积分异作用影响而在研究区中部富集；高岭石受到了红河、珠江以及广西和海南岛沿岸河流物质输入的共同影响。本研究结果对北部湾沉积物“源-汇”过程和古环境研究

有重要参考意义。

S14-P-47S

台湾以东海域沉积物中四醚膜脂的分布及环境指示意义

The distribution and environmental significance of the tetraether lipids in the sediment east of TaiWan

韩天伟 [1,2,3]，李幸 [1,2]，吕晓霞 [1,2]*

1 生物地质与环境地质国家重点实验室，中国地质大学（武汉），湖北武汉，430074

2 中国地质大学（武汉）海洋学院，湖北武汉，430074

3 中国地质大学（武汉）地球科学学院，湖北武汉，430074

* luxiaox@163.com

台湾以东海域是黑潮流经的主要通道，也是南海中层水与太平洋底层水的交汇处，同时还受到不同尺度气涡旋、台湾沿岸黑潮、吕宋岛沿岸水的影响，致使其物源复杂，对环境与气候变化敏感。甘油二烷基甘油四醚（GDGTs）化合物是近年来古环境重建与气候分析的重要标志物，指示陆源输入物质相对贡献的 BIT 指标在近海环境得到了广泛的应用。本项研究通过对台湾以东三个断面 23 个表层沉积物中的 GDGTs 进行研究，发现 BIT 整体偏高， BIT 的值位于 0.08-0.44 之间且整体呈现出自东北至西南逐渐增大的趋势，特别是在水深 5300m 的海域 BIT 值高达 0.44，这与前人研究深海大洋 BIT 值 <0.15 的结论不符，初步推断可能由以下三方面的因素造成：（1）来自于陆源的物质在受涡旋的影响在深水沉积；（2）海源自生有机质较陆源有机质更易降解，因此在深水区导致陆源物质信号加强；（3）在有机质相对较低的大洋沉积物中，自生细菌 bGDGTs 的输入会引起沉积信号的扩增相应，从而导致 BIT 异常高。因此，要进一步分析 BIT 异常的具体原因，还需结合相关脂类做深入研究，并对研究区的微生物脂类的来源、BIT 异常寻找依据，从而更好的应用微生物脂类进行深海环境研究提供理论依据。

S14-P-48

山东半岛东部海域悬浮体分布季节变化及其冬季输送通量研究

王勇智 [1,2]，张永强 [1]，孙惠凤 [1]，王关锁 [1,3]

1 国家海洋局第一海洋研究所

2 澳大利亚新南威尔士大学

3 海洋环境科学和数值模拟国家海洋局重点实验室

山东半岛东部近岸海域流系复杂，水团要素季节变化特征显著，沉积动力环境特殊，发育有剖面形状独特的泥质沉积体。本研究基于 2007 年冬、夏季和 2017 年冬季山东半岛东部近岸海域水体温度、浊度、悬浮体浓度和海流等调查资料，分析了山东半岛东部近岸海域悬浮体分布的季节变化特征，计算了每年冬季通过山东半岛东部近岸海域向南输送的悬浮体净通量，结合海流和余流分布，研究了泥质沉积体的沉积动力环境。研究结果表明山东半岛东部近岸海域悬浮体分布受沿岸流、黄海冷水团和黄海暖流等流系季节变化的影响存在显著季节变化，冬季悬浮体浓度是夏季的数倍。夏季，水体垂向层结和黄海冷水团可抑制悬浮体的扩散。冬季，南下的沿岸流大大加强，将大量悬浮体向南输送，同时部分悬浮体可进入黄海暖流向北输送，每年冬季经山东半岛东部近岸海域输送的悬浮体占占渤海海峡向外海输送的悬浮体年净通量的 3.22%-9.10%，占冬季渤海海峡向外海输送的悬浮体年净通量的 6.84%-19.38%，其中泥质沉积体的再悬浮沉积物贡献较大。山东半岛东部近岸海域沿岸流和黄海暖流的强弱变化和季节变化，对山东半岛东部近岸海域泥质沉积体独有的 状剖面形成也有一定贡献作用。

S14-P-49S

Two-layer transport model in permeable marsh sediments visualized from 224Ra/228Th disequilibrium

Xiangming Shi[1,2]*, Claudia R. Benitez-Nelson[1], Timothy J. Shaw[3], Lijian He[3], Pinghe Cai[2] , Willard S. Moore[1]

1 School of the Earth, Ocean & Environment, University of South Carolina, Columbia, SC 29208, USA

2 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, PR China

3 Department of Chemistry and Biochemistry, University of South Carolina, Columbia, SC 29208, USA

* kidsxm@stu.xmu.edu.cn

Seepage induced from hydraulic gradient is an important pathway to transport the high concentrated solutes of pore water in permeable sediments. But the solute transfer across the sediment-water interface is neglected in previous studies. A two-layer transport model is hypothesized in the permeable sediment: interfacial exchange in sur-face sediments and seepage in the deep. This study chose a tidal marshland of North In-let (South Carolina, U.S.) where seepage has been evidenced a process for chemical mi-gration. We utilized the $^{224}Ra/^{228}Th$ disequilibrium method to exploit the fluid transport between tide waters and the shallow sediments (depth < 30 cm). The deficient pattern of 224Ra relative to ^{228}Th suggested that pore water exchange with tide water occurred via both the sediment-water interface and underground seepage. The vertical distributions and the temporal variations of phosphorus and Fe/Mn in pore water verify the two-layer transport model and indicate that bioturbation dominates the solute exchanges in surface sediments and redox condition influence the Fe/Mn transport in seepage where sulfide precipitation may form a barrier. Although an appreciable fraction of exported solutes likely return the system with the inner circulation, organic-rich sediments is still a poten-tial large contributor to phosphorus and Fe/Mn, capable of supporting the primary pro-duction of the marshland.

S14-P-50S

珠江口底部沉积物输入的痕量金属通量：碱土金属元素(Ba)和氧化还原敏感元素(U、Mn 和 Fe)

洪清泉[1]，蔡平河[1]*，Walter Geibert[2]，曹知勉[1]，Ingrid Stimac[2]，刘凌峰[1]，李青[1]

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

2 Alfred-Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven 27570

* Caiph@xmu.edu.cn

底部沉积物输入是河口和近岸海域痕量金属元素的重要输入途径，但受限于传统研究方法的局限性，难以准确定量其输入通量。$^{224}Ra/^{228}Th$ 不平衡法已被广泛应用于底部沉积物输入溶解无机碳和营养盐通量和机制的研究。我们采用该方法研究了夏季珠江口底部沉积物输入的痕量金属通量，包括碱土金属(Ba)和氧化还原敏感元素(U、Mn 和 Fe)。珠江口沉积物中 ^{224}Ra 相对 ^{228}Th 的亏损仅发生在上层 0-15 cm。结合水体中 ^{224}Ra 的质量平衡模型，我们发现小尺度的孔隙水交换是珠江口沉积物－水界面溶解物质交换的主要途径，而大尺度海底地下水排放是个可忽略的过程。

珠江口沉积物孔隙水中 ^{224}Ra 与痕量金属(Ba、U、Mn 和 Fe)间存在显著的相关关

系，说明沉积物中碱土金属元素(如 Ra 和 Ba)和氧化还原敏感金属元素(如 U)与 Mn 和 Fe 氧化物的早期成岩作用之间具有紧密的联系。因此，可采用 $^{224}Ra/^{228}Th$ 不平衡法估算这些金属元素的沉积物－水界面通量。Ba 的通量为 0-320 μmol m^{-2} d^{-1}，其最大值发生在盐度为 3.0-7.8 区域，可导致水体中 Ba 的浓度增加~54 n mol l^{-1}，可以支持河口低盐度区 Ba 的添加。U 的底部通量为-0.42-1.3 μmol m^{-2} d^{-1}，其导致的水体中 U 浓度的变化(-0.1-0.3 nmol l^{-1})远小于河口和南海北部陆架水体中 U 的浓度(~13-14 nmol l^{-1})。因此，珠江口水体中 U 的分布受底部沉积物输入的影响很小，将呈现保守混合的特征。这一结果与以往珠江口的观测一致。Mn 和 Fe 的通量分别为 0-97 m mol m^{-2} d^{-1} 和 0-27 m mol m^{-2} d^{-1}，比其他研究区域采用传统的培养法估算的通量高 1-2 个数量级。但该结果与沉积物中高活性 Fe (FeHR)支持的通量相当。因此，$^{224}Ra/^{228}Th$ 不平衡法是定量痕量金属元素沉积物－水界面通量的可靠方法，可有效估算包括碱土金属(Ba 和 Sr 等)和氧化还原敏感元素(如 U、Mn 和 Fe)等金属元素的通量。本研究同时表明，底部沉积物交换在痕量金属地球化学循环的作用可能需要重新评估。

S14-P-51S

Using $^{224}Ra/^{228}Th$ disequilibrium to quantify export fluxes of dissolved inorganic carbon (DIC) and nutrients from a sandy beach

Pinghe Cai*, Lin Wei

State Key Laboratory of Marine Environmental Science of xiamen university, xiamen 361005

* caiph@stu.xmu.edu.cn

In this study, we utilized the deficit of ^{224}Ra in sediments to estimate benthic effluxes of ^{224}Ra in a sandy beach. We find molecular diffusion contributed <1% of the ^{224}Ra effluxes. In contrast, advective transport induced by tidal flushing becomes the predominant process that controls solute exchange across the sediment-water interface in such a high-permeability system.

Export fluxes of nitrate were estimated using the $^{224}Ra/^{228}Th$ disequilibrium method and were found to vary between 0.94±0.11 and 15±0.76 mmol m^2 d^{-1}. In comparison, export fluxes of DIC fell in the range of 16-81 mmol m^2 d^{-1}. Overall, these values are comparable to benthic flux esti-mates of DIC derived from a coastal system dominated by organic-rich, muddy sediments, like the Pearl River Estuary. Nonetheless, the total organic carbon content in the sandy sediments (~0.1 wt%) is ~30 times lower than that in organic-rich muddy sediments. We suggest that the sandy beach acts as a biocatalytic filter that can accelerate reaction and turnover rates of organic carbon.

S14-P-52

南美洲新近系 Orinoco 三角洲大陆架及陆架边缘沉积演化

陈思[1]*，Ron Steel[2], Cornel Olariu[2]，王华[1]

1 中国地质大学（武汉）构造与油气资源教育部重点实验室，武汉 430074

2 Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin, Austin, Texas 78712, USA

* sichen720@hotmail.com

南美洲新近系 Orinoco 三角洲大陆架及陆架边缘记录了完整的 10km 厚的受河、浪、潮控制的地层序列。晚中新世至上新世的露头与测井数据串联起了从滨岸到陆架，从陆架边缘到斜坡的源汇系统。Orinoco 三角洲沉积序列由一系列（约小于 100ky 时窗）海侵-海退旋回组成（其中包括了河、浪、潮

每种作用机制的旋回性，其横向尺度大于100km），构成了 4 个厚度约 2km 的碎屑沉积楔形层（约 4my 时窗）。不同层级的地层-时间序列显示了与全球海平面变化趋势的对应关系，陆架边缘轨迹在全球海平面下降的冰期表现为上升及进积趋势，其变化与沉积斜坡构型及沉积物供给量峰值之间存在着同步性与阶段性响应，沉积物体量分布表征了在相对较宽的陆架条件下，76%的沉积物（其值域在 40-91%之间）越过陆架边缘被输送到了深水区。

S14-P-53

台湾西南海域甲烷活动区自生性碳酸盐生成机制

余采伦 [1]，黄君瑗 [1]，沈川洲 [1]*，陈怡绮 [2]，王咏绚 [3]，陈柏淳 [3]，米泓生 [4]，王士伟 [5]，王珮玲 [6]，林晓武 [6]

1 台湾大学地质科学系高精度质谱仪与环境变迁实验室，台北
2 台湾大学地质科学系，台北
3 台湾经济部中央地质调查所
4 台湾师范大学地球科学系
5 台湾自然科学博物馆
6 台湾大学海洋研究所
* river@ntu.edu.tw

本研究选取了7个自生性碳酸盐分别采自于台湾西南海域的冷泉区域（永安海脊和好天气海脊）和海底泥火山区域（96 泥火山群）的海床。为了了解自生性碳酸盐的形成机制，我们鉴定碳酸盐的矿物，测量其稳定同位素、稀土元素和放射性同位素组成。矿物鉴定研究结果显示永安海脊以白云石为主，而好天气海脊和 96 泥火山群则以镁方解石为主。自生性碳酸盐的碳同位素值为-36～-47‰，这范围轻于海水（$\delta^{13}C = 0‰$）与总有机碳值（$\delta^{13}CTOC = -23‰$），说明甲烷的厌氧氧化作用（AOM）为碳酸盐沉淀的主要控制因素。稀土元素结果显示 MREE 的浓度比 LREE 与 HREE 高，说明碳酸盐生成的环境缺氧且在铁氧化物的还原带中。锶同位素组成范围为 0.709284 - 0.709588 高于现代海水平均锶同位素组成（0.709175），显示碳酸盐生成时的流体受到水岩作用的影响。

S14-P-54S

帕里西-维拉海盆沉积物中石英的来源及其对中更新世气候变化的响应

颜钰 [1,4]，蒋富清 [1,2]*，朱潇 [1,3]，冯旭光 [1,3]

1 中国科学院海洋研究所，中国科学院海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071
2 海洋国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061
3 中国科学院大学，北京 100049
4 山东科技大学，青岛 266590
* fqjiang@qdio.ac.cn

帕里西-维拉海盆是西北太平洋的一个深海盆地，亚洲风尘是这一区域沉积物的主要组分之一，并且记录了亚洲内陆古气候变化的信息，从中提取这些信息，对于重建亚洲内陆气候变化历史和制约机制具有重要意义。本文对帕里西-维拉海盆 PV090102 孔 2.1 Myr 以来沉积物中石英的含量、粒度组成、形貌特征等指标进行了研究，结果表明石英的含量在 0.6-8.3%之间，石英的平均粒径为 5.0 μm，粒径总体变化范围在 0.7-31.6 μm 之间，粒度频率分布呈典型的双峰态特征。利用 Weibull 分布函数对粒度数据进行拟合，分离出众数粒径分别为 3.2 μm 和 10.0 μm 的细粒和粗粒端元。细粒端元的石英众数粒径分布范围为 2.9-4.0 μm，其特征与北太平洋中部风尘类似；石英颗粒主要为次棱角状和次圆状，表面有碰撞凹坑，具有典型的风尘石英特征；因此我们认为细粒端元的石英主要来源于亚洲大陆风尘。中更新世（约 1.2 Myr）以来，细粒端元风尘石英的含量是原来的 2 倍，而石英的通量是原来的 3 倍，这一显著增加与帕里西-维拉海盆总的风尘通量、亚洲内陆风尘堆积速率，以及全

球范围内风尘通量明显增加是一致的，表明帕里西-维拉海盆的风尘石英含量和通量敏感地响应了中更新世亚洲内陆的干旱以及全球气候的变化，因而可以作为亚洲内陆气候变化的示踪指标。这一指标可用于西北太平洋深海长时间尺度风尘记录和亚洲内陆古气候研究。

S14-P-55

南黄海陆架区 CSDP-1 孔沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄物源判别

何梦颖[1,2]*，梅西[3,4]，张训华[5]，刘健[3,4]，郭兴伟[3,4]，郑洪波[6,7]

1 南京师范大学，地球科学学院，南京 210023
2 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心，南京 210023
3 青岛海洋地质研究所，青岛 266071
4 青岛海洋科学与技术国家实验室/海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266237
5 南京地质调查中心，南京 210016
6 云南大学，地球系统科学研究中心，昆明 650500
7 中国科学院青藏该院研究所，北京 100101
* conniehe@njnu.edu.cn

南黄海作为东部陆架海的一部分，其沉积物记录了源区、气候及古环境演变等多方面的信息。本文利用激光剥蚀等离子体质谱（LA-ICP-MS）的方法，对南黄海西部 CSDP-1 孔沉积物进行碎屑锆石 U-Pb 年龄测定，结果表明：CSDP-1 孔沉积物碎屑锆石主要表现出五组年龄区间：100-300 Ma，300-500 Ma，700-1000 Ma，1700-2100 Ma 和 2300-2600 Ma。由底部到顶部，钻孔沉积物中除了 700-1000 Ma 和 1700-2200 Ma 的锆石含量变化较大，其他年龄组的锆石含量没有明显的变化趋势；长江、黄河、废黄河和淮河作为钻孔区域可能的物质来源，其沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄分布存在显著差异，其中长江沉积物以 700-1000 Ma 的锆石为特征，黄河沉积物中 1700-2200 Ma 的锆石含量最高，废黄河与淮河沉积物中 300-500 Ma 的锆石含量均比黄河和长江沉积物高。通过对 CSDP-1 钻孔及河流沉积物进行物源判别并结合相关性分析，可认为，钻孔沉积物 3.2 Ma 以来存在多源物质贡献，长江源物质占优势，淮河源次之。淮河从 2.16 Ma 开始对钻孔区域有影响；0.78 Ma 该区开始有黄河源的物质，且以黄河沉积物为主要物质来源；废黄河对钻孔区域几乎没有影响。

S15-O-01

对河口三角洲研究的回顾与展望

宗永强*

香港大学
* yqzong@hku.hk

河口三角洲地球系统里具很高的生态承载力和变化最快的体貌单元之一。 在海洋，气候和人类活动的共同驱动下，河口三角洲展现了非常复杂的变化过程。因此，河口三角洲一直是人类经济活动的中心，也是科学研究的重点之一。对河口三角洲的研究大致经历了如下几个阶段。1980 年以前，因石油勘探的需要，对河口三角洲沙体的分布规律有一系列的研究，建立了三角洲的地貌形态与海洋动力的关系，奠定了三角洲研究的基础。大约在 1980 至 2010 年间，对河口三角洲的地层和地貌过程的研究有很大的进展，这方面的研究为工程地质和土地利用等提供了大量的数据，为经济规划和发展做出了很大贡献。最近十年，河口三角洲研究进入了新的时期。陆-海相互作用，与气候和海平面变化的关系，人类活动对生态环境的影响等已成为了研究的重点。这些方面的研究在今后十年二十年还会是重点，因为人类社会已经进入了生态文明阶段和要面对气候变化所引起的海平面变化和风暴潮的影响。随着科学问题的变化，研究方法和技术手段也有变化和提升。粒度分析是研究河口三角洲沙体分布形态的重要手段。微体古生物和碳十四测年则被广泛应用到三角洲

演变的研究。碳同位素，正构烷烃和烯酮等也已经被用来重建有机碳物质来源和古水温历史。因为，高沉积率的河口三角洲沉积物使得高精度古环境重建变为可能。

S15-O-02

亚洲主要河口三角洲侵蚀后退的现状及原因探讨

刘敬圃 [1]*，李行 [2]

1 北卡州立大学海洋地球大气科学系

2 江苏师范大学地理测绘与城乡规划学院

* jpliu@ncsu.edu

亚洲主要的大河三角洲，例如黄河，长江、珠江、红河、湄公河、湄南河、伊洛瓦底、恒河、印度河等都出现了大幅度的岸线侵蚀后退现象。长期以来，流域建坝及水库被认为是导致下游岸线侵蚀的主要原因。但我们分析了这些大河三角洲发现，流域的人类活动固然直接导致了河流入海泥沙的剧烈减少，但在三角洲平原上的大量挖沙，过度抽取地下水，以及三角洲沉积物的本身的天然压实及沉降都更大成都上的直接造成需要三角洲岸线的侵蚀与后退。我们甚至看到水下三角洲被强烈侵蚀的证据，如湄公河，长江等。研究还发现， 许多全新世的三角洲经过 6000 多年的发育，许多都到达了陆海平衡的状态，即使没有上述因素的影响，三角洲向海扩张的速度也会大大减缓或停滞。

S15-O-03

渤海湾北岸早、中全新世海平面变化

胥勤勉*

中国地质调查局天津地质调查中心，天津 300170

* xuqinmian@163.com

渤海湾北岸分布着一系列早、中全新世潟湖相地层，记录了海平面快速上升的过程。本文对曹妃甸潟湖内 DQ3 孔（20m 以浅）和丰南 HG1 孔（20m 以浅）进行了微体古生物化石、AMS 4C 和沉积等分析，其孔口标高分别为 2.5 和 2.3m，在沉积相分析的基础上，以潟湖相为依据重建了渤海湾西北岸早中全新世海平面快速上升过程。

DQ3 孔显示：9.5-8.3 Ka Cal BP 为滨海湖相；8.3-7.8 Ka Cal BP，埋深 14.5-9.8m，潟湖相，海平面上升速率为 0.94cm/a；7.8-7.6 Ka Cal BP，潮成砂脊，为快速堆积；7.6-7.5 Ka Cal BP，潟湖相；7.8-7.5 Ka Cal BP，埋深 9.8-7.1m，上升速率为 0.9m/a。7.5Ka Cal BP 之后，海平面再次上升，发育潮成砂脊和潮间带。

HG1 孔显示：11.4-8.0 Ka Cal BP，埋深 10.0~8.2m，滨海湖沼相；8.0 Ka Cal BP，埋深 8.2-7.8m，盐沼；8.0-7.5 Ka Cal BP，埋深 7.8~5.6m，潟湖和潮沟相，海平面上升速率为 0.44cm/a；7.5-7.2 Ka Cal BP，埋深 5.6~3.9m，潟湖相，上升速率为 0.57cm/a。7.2 Ka Cal BP 以后，海平面缓慢上升并逐渐稳定，发育潟湖和滨海砂坝。

7.5 Ka Cal BP，DQ3 和 HG1 孔记录海平面高程分别为-4.6m 和-3.3m。7.5 Ka Cal BP 以来，两孔的差异沉降达 1.3m，速率为 0.017cm/a。

S15-O-04

全新世以来珠江伶仃洋河口湾沉积地层与环境演变

翟艳辉 [1,2]，吴加学 [1]*，王建华 [3]，陈慧娴 [3]，瓦西拉里 [3]

1 中山大学海洋科学学院，广州 510275

2 国家海洋局南海标准计量中心，广州 51000

3 中山大学地球科学与工程学院，广州 510275

* wujiaxue@mail.sysu.edu.cn

通过对珠江伶仃洋河口湾三个典型钻孔沉积物年代学、粒度、磁化率、有孔虫等分析，结合收集到的三个全新世 14C 测年的钻孔，分析了全新世以来伶仃洋河口湾的沉积特征与地层结构，探讨了伶仃洋河口湾的

沉积环境演化。结果表明：（1）全新世以来伶仃洋河口湾区域年代地层和沉积相特征可分为三个阶段，早全新世(10600 a B.P .~ 6000 a B.P.)沉积环境由河流相向浅海相转变，沉积过程由河流作用向潮汐作用过渡。中全新世(6000 a B.P. ~ 2500 a B.P.)主要为浅海相沉积环境，沉积过程以潮汐作用主导。晚全新世现代沉积阶段(2500 a B.P.至今)，主要为河口湾相沉积环境，沉积过程为河流与潮汐共同作用。（2）全新世以来珠江水下三角洲沉积分三个阶段，即早全新世海侵期快速沉积阶段、中全新世高海平面沉积饥饿期、以及晚全新世海退期高沉积阶段。快速沉积期平均沉积速率达到 7.9 mm/a，沉积饥饿期平均沉积速率仅 0.48 mm/a，为全新世最低沉积速率；海退期又恢复较大的沉积速率，ZK19 孔达到 5.15 mm/a。（3）全新世以来，伶仃洋河口湾纵向发育特征表现为自北向南发育，横向发育特征表现为自西向东进积。

S15-O-05

长江三角洲全新世沉积物的光释光年代学研究

年小美*，张卫国，邱凤钺

华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

* xmnian@sklec.ecnu.edu.cn

长江三角洲的全新世沉积记录提供了记录流域、海洋和全球气候变化的信息，是探索陆海相互作用、区域及全球环境变化的重要载体。对于其绝对年代的确定目前主要是基于放射性 14C 测年技术，但由于历史条件、测年材料等限制，年代数据极为有限。在本研究中，对长江三角洲两个钻孔进行了光释光年代学研究，并采用单片再生剂量（SAR）对细粒（4-11 μm）、中粒（45-63 μm）和粗粒（90-125 μm）石英分别进行了测年。研究结果表明，4-11 μm 、45-63μm 的石英比 90-125μm 的石英具有更好的晒退性，OSL 样品的释光年龄在实验误差范围内与地层的顺序一致。因此，这三种粒级的石英都可以用来确定沉积物的年代。但是，为了获得准确的年龄数据，需要检测每一个样品的晒退性。与 AMS 14C 年龄的比较显示，AMS 14C 年龄存在显著的高估问题，表明 AMS 14C 测年材料可能受“老碳”影响。基于 OSL 年龄，可以发现这两个钻孔在历史时期沉积速率变化很大，这可能与早全新世快速海平面上升和晚全新世三角洲前缘的迁移有关。

S15-O-06

Distribution of the vegetation on the Sundaland during the Last Gla-cial Maximum and the possible reasons

Chuanxiu Luo[1]*, Zhuo Zheng[2],Rong Xiang[1],Chixin Chen[3], Kumar Sazal[1], Jianguo Liu[1], Xiang Su[1], Lanlan Zhang[1]

1 CAS Key Laboratory of Ocean and Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanol-ogy, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

2 School of Earth Science and Geological Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275

3 Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510075

* luocx30@126.com

Pollen and spores from the sediment core NS07-25 from the Nansha Tough in the South China Sea (SCS) are analyzed with a special attention to reconstructing vegetation, climate change, and source identification of sporopollen on the Sunda Shelf during the Last Glacial Maximum (LGM). Sporopollen source was identified with the near analysis function of ArcGIS, which reveals that in LGM pollen and spores came from exposed Sundaland; before, and after LGM, pollen and spores came from northern Kalimantan Islands. Vegetation and climate change were inferred

from pollen percentage, concentration, and influx study imply that during LGM fern, low land rainforest and lower mountain forest were present on the northeast of the exposed Sunda shelf (not the whole Sun-da shelf). The climate was cooler than today, but the humidity was not reduced largely in LGM. During the LGM, grasses and shrubs did not cover the southern continental shelf of the SCS, such as the north east of Sundaland, might because they were located in the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), which lacks a dry season. Finally, the observed fluctuations in percentage and influx of mangrove pollen indicate migrations of coastline in LGM on the Sunda land.

S15-O-07

Evolution of Coastal Environment and Human Adaptation in the lower Yangtze during the Holocene

Yan Liu[1,2], Qianli Sun[1*], Daidu Fan[2], Zhongyuan Chen[1]

1. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research 200062
2. State Key Laboratory of Marine Geology 200092

* qlsun@sklec.ecnu.edu.cn

The Yaojiang Valley (YJV) of southern Hangzhou Bay was the birthplace of the well-known Hemudu Culture (HC), one of the representatives of Neolithic civilization in eastern China. To explore the magnitude of natural environmental effects on the HC trajectory, the pal-aeo-embayment setting of the YJV was studied in detail for the first time in terms of 3D Holocene strata supported by a series of new radiocarbon-dated cores. The results indicated that the local relative sea level rose rapidly during the Early Holocene in the YJV, reached its maximum flood-ing surface ca. 7900 cal yr BP, and then remained stable ca. 7900-7600 cal yr BP. Thereupon, an estuary stretching inland was first formed by marine transgression, and then, it was transformed to an alluvial-coastal plain by regressive progradation. The alluvial plain was initiated in the foothills and then spread towards the valley centre after sea level stabilization ca. 7600 cal yr BP. Accom-panying these natural environmental changes, the earliest arrivals of foragers in the valley oc-curred no later than ca. 7000 cal yr BP. They engaged in rice farming and fostered the HC for approximately two millennia from ca. 7000-5000 cal yr BP as more lands developed from coastal progradation. The rise and development of the HC are closely associated with the sea level in-duced landscape changes in the YJV in the Early-Middle Holocene, but the enigmatic exodus of the HC people after ca. 5000 cal yr BP is still contentious and possibly linked with the rapid wa-terlogging and deterioration of this setting in such a low-lying coastal plain as well as with associ-ated social reasons.

S15-O-08

大型河口三角洲地貌演化的数值模拟研究

郭磊城*，何青

华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

* lcguo@sklec.ecnu.edu.cn

河口三角洲是河流与海洋交汇的地方，是世界文明发源的摇篮，是现代城市发展和人口高度密集的区域。河口三角洲地貌发育和演变关系土地、航运、湿地生态环境、水资源等与人类生存发展密切相关的福祉。认识河口三角洲地貌发育和演变的过程及其控制因素有重要的科学和工程实践意义。

以往研究河口三角洲沉积地貌的手段包括现场勘查、基于钻孔和地层剖面的反演分析等。随着认识的深入，亟需发展和应用更能量化河口三角洲地貌发育演变过程特征、解析控制地貌演变的机理的手段。鉴于大型河口三角洲在动力、物源、和演变过程上的复杂性，中长时间尺度的地貌数值模拟日益成为国内外研究新的关注点。本研究基于物理过程的地貌动力数学模型方法，构建了大型河口三角洲地貌数值模型，以长江河口三角洲为模型原型，考虑径流和潮汐的动力边界条件，并设计相关的泥沙参数，模拟得到不同径流和潮汐动力影响下，不同形态的河口三角洲地貌的发育演变过程。由此揭示了：(1) 河流在供沙和提供向海的输沙动力方面的双重重要作用；(2) 潮汐通过潮泵作用和径潮流相互作用强化净输沙能力，由此也参与塑造三角洲滩槽地貌形态；(3) 泥沙因素(包括组成和输沙方式)对河口三角的滩槽地貌形态具有重要影响，沙质环境易于发育蜿蜒交错分汊的沙坝，泥质环境易于发育顺直单一分汊的沙洲。这些简化条件下的地貌模拟研究为认识现实世界的河口三角洲地貌发育演变过程提供了参考和模式，有助于深化对于大型地貌单元形成和演变的过程和机制的认识。

S15-O-09

The stratigraphy and sedimentary environments since the late Quaternary, south Yellow Sea and adjacent Yangtze delta regions, eastern China

殷勇*

The Key Laboratory of Coast & Island Development, School of Geographic and Oceanographic Sci-ences, Nanjing University, Nanjing 210023

* Email: yinyong@nju.edu.cn

The South Yellow Sea is a semi-enclosed epicontinental sea between China to the west and Korea Peninsula to the east. Since the late Quaternary, the South Yellow Sea has experienced several eustatic sea-level changes and sediment delivery differentially from paleo-Yellow Rive to the north and paleo-Yangtze River to the south. This study aims to: 1) describe the sedimentary facies and report the radiocarbon ages of several cores obtained from the study areas; 2) propose a detailed stratigraphy and depositional history in relation to the late Quaternary sea-level changes and source material input.

The cores can be divided into five depositional units designated U1, U2, U3, U4 and U5 in descending order based on the assemblage of sedimentary facies, major ero-sional surfaces and core correlation. Unit 5 (not penetrated thoroughly) is mainly com-posed of fining-upward successions of fine to medium-grained, granule bearing and trough cross-bedded sands, intercalated with clay and silty clay beds. The absence of marine faunal fossils and fining-upward sandy successions characterized by trough cross-beddings suggest as part of fluvial system, probably from point bar to partly over-bank deposits of a meandering river system. The unit has been constrained as de-posited during MIS6 according to regional core correlation and OSL datings. Unit 4 is composed of olive compacted clay in lower part and greenish gray silt and fine sand in upper part. A shallow sea foraminifera species and a coarsing-upward succession indicate a prodelta gradually upward to a delta front environment. The unit 4 was dated as old as MIS5 according to OSL datings. Unit 3 is mainly composed of rhythmic-stratified silt and mud in lower part and laminated and lenticular-bedding mud in upper part. Massive mud more than 1cm in upper part has probably been recognized as fluid mud

deposited in fluvial-marine transition zone. The unit has been interpreted as deposited in a distal delta front upward to a proximal delta front. The unit 3 was constrained as deposited during MIS3 according to AMS 14C and OSL datings. The unit 2 is mainly composed of granule-bearing fine to medium sands in paleo-Yangtze River valley and mud character-ized by dense reddish color mottles and plant root remains beyond the valley. The gran-ule-bearing sand facies has probably been interpreted as a point bar of a meandering river system. The latter lithofacies characters are most likely analogous to the speckled facies of paleo-soils (Chinese workers call it stiff clay and usually thought of deposited in MIS2), indicating a prolonged subaerial exposure of land surface and downward precip-itation of clays and ferruginous materials extracted from the upper soil horizons. The unit 1 has of great partition lithofacies and is mainly composed of rhythmic sand and mud in estuary, delta and open coast tidal flat and sand in tidal sand ridge area.

The results show the South Yellow Sea coast and shelf and Yangtze Delta regions were dominated by delta deposits during the late Pleistocene due to source material input from rivers. Sea-level changes and sand delivery by rivers play an important role in moulding the stratigraphic patterns.

S15-O-10

近浅海地形快速探测与地貌学研究

吴自银*，李家彪，赵荻能，张华国，周洁琼

国家海洋局第二海洋研究所，国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* zywu@vip.163.com

受自然因素和人类活动等复杂因素的综合影响，与人类生活密切相关的河口三角洲和浅海陆架海底地形常发生快速变化，然而，传统的船载海底地形探测模式效率低、耗时长、成本高，无法满足海底高变地形的快速高效探测需求。为此，发展了一种海洋遥感、沉积动力与多波束测深紧密结合的浅海地形快速探测新技术，联合探测的水深精度达到 5%以内，并将之应用到珠江口水下三角洲和台湾浅滩海底地形的快速探测与地貌学研究。

系统收集并梳理了珠江三大河口 1850 年有水深测量以来的地形数据，通过数据评估、基准校正和数据拼接等处理，建成了珠江河口有水深测量历史以来的海底地形多维时空大数据。系统收集了台湾浅滩历史地形图，建成了台湾浅滩海域建国以来的海底地形多维时空大数据。基于整理的历史数据集，结合现场探测数据，通过系统的研究，探明了人类活动作用下的珠江河口水下三角洲地貌百年来的演变基本规律，揭示了台湾浅滩沙波地貌分布与迁移基本规律。

S15-O-11

40 多年来长江口滩涂湿地存量变化及成因研究

李行[1]*，J. Paul Liu[2]，仇传银[1]，刘淑安[1]，陈丹[1]

1 江苏师范大学地理测绘与城乡规划学院，徐州 21116

2 Department of Marine, Earth & Atmospheric Sciences, North Carolina State University, Raleigh NC 27695 USA

* lixing@jsnu.edu.cn

河口滩涂湿地是重要而脆弱的生态系统和宝贵的土地资源，对维持区域可持续发展至关重要，是学术界研究的热点。但受到潮水涨落的影响，长期以来一直缺乏滩涂湿地获取的可操作性方法和可靠滩涂存量数据。本研究以长江河口为研究区，范围从江苏如东小洋口向南至上海南汇嘴，采用 1974

年至2017年的Landsat遥感影像作为数据源，考虑潮位的空间变化，选择各区域每年潮位最低的影像数据，利用植被线或围垦大堤作为内边界，瞬时水边线作为外边界，结合图像处理技术首次获取了长江口 1970 年代以来 44 年的滩涂湿地数据。同时也获取了长江口历年的围垦数据。进而对其 40 多年来的存量变化、空间分异模式及其成因进行了研究，结果表明：（1）1974 年以来长江口滩涂面积整体曾降低趋势，1980 年滩涂面积达到最大值。其中，研究区总滩涂面积 1974 年以来降低 30.0%，苏北圆陀角至上海南汇嘴的河口区滩涂面积降低 7.4%；两者 1980 年的滩涂面积分别为 1729.1 km2 和 558.4 km2，至今分别降低了 41%和 34%。（2）苏北沿岸和长江河口区多年平均滩涂面积各占研究区总滩涂面积的 70.4%和 29.6%；北支、崇明东滩、口内、长兴、横沙、九段沙和浦东边滩各区域多年平均滩涂面积分别占河口区滩涂面积的 21.9%、22.0%、8.1%、7.3%、6.7%、16.3%和 17.6%。（3）研究区滩涂湿地面积变化存在区域差异，除九段沙曾增加趋势之外，多数区域整体曾显著降低趋势；口内滩涂湿地面积经历了降低趋势，但当前基本恢复到 70 年代的水平，崇明东滩滩涂湿地面积在 2005 年达到最小值 33.1 km2，之后持续增长。（4）研究区滩涂面积的总体变化与流域来沙的变化趋势基本一致，说明流域来沙可能是滩涂湿地面积变化的重要因素之一；同时，围垦对各区域滩涂湿地面积变化有不同程度的影响。本研究对长江口滩涂湿地的可持续性管理和其它区域的滩涂湿地研究具有一定参考价值。

S15-O-12

晚全新世陆源花粉记录指示的人类活动与三角洲扩张

余少华[1]*，郑卓[2]，Peter Kershaw[3]，荆夏[1]，庄畅[1]，陆红峰[1]，Kathrin Fisch[4]，Joanna J. Waniek[4]

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510075

2 中山大学地球科学与工程学院，广州 510760

3 School of Geography and Environmental Science, Monash University, Melbourne VIC, 3800, Australia

4 Leibniz Institut für Ostseeforschung, Warnemünde 18119 Rostock, Seestrasse 15, Germany

* yuyushaohua@foxmail.com

南海北部陆架是珠三角平原向南海过渡的海陆相互作用的关键前锋地带，在海平面稳定之后的 7000 年以来，这里具有沉积速率快，物质来源稳定的特征，因而是研究晚全新世陆源沉积记录的理想场所。本研究选取南海北部 SCSF47 柱状样品，采用孢粉、炭屑、有孔虫、CIA 和有机碳方法进行 6500 年以来的古环境分析，其结果表明以孢粉浓度为代表的陆源物质输入从 2800 年开始显著增加。通过表层孢粉与钻孔孢粉进行物源对比分析后，发现其快速增加的花粉浓度是源自于显著增强的珠江河口输入。以往的陆上钻孔记录认为珠三角平原是在晚全新世时开始形成，但由于珠三角平原在海平面稳定后的 7000 年以来，一直在向海洋扩张，因此陆上钻孔沉积容易受到海岸线迁移的影响，较难确定珠三角平原快速堆积的形成过程。本次研究认为南海北部陆架沉积记录的 2800 年以来的快速堆积正是对应了晚全新世珠三角平原开始快速形成的时期。此时期花粉组合中栎属含量增加，CIA 指数减弱，以及有孔虫峰值等表明中国南方晚全新世气候温暖湿润。距今 2300 年时松属花粉含量和微炭屑浓度增加，说明人类活动开始影响此区域。距今 1200 年之后，禾本科花粉、芒箕属孢子等显著增多，指示农业活动规模的扩大。以上结论说明南海北部陆架 2800 年以来的快速沉积与晚全新世珠三角平原的快速扩张和人类活动增强密切相关。

S15-P-01S

珠江三角洲中部全新世微体动物群记录及环境演化

吴月琴[1]，刘春莲[1,4]*，杨小强[1]，黄毅[2,3]，殷鉴[1,4]，张恺[1]

1 中山大学地球科学与工程学院/广东省地球动力作用与地质灾害重点实验室，广州 510275
2 国家海洋局南海规划与环境研究院，广州 510300
3 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510075
4 广东省地质过程与矿产资源探查重点实验室，广州 510275
* eeslcl@mail.sysu.edu.cn

微体动物群是珠江三角洲晚第四纪沉积物的重要组分，是重建第四纪古环境极为有效的指标。本文对珠江三角洲中部钻孔沉积物的微体动物群（有孔虫和介形类）进行了定量分析，共发现有孔虫 11 属 18 种，介形类 14 属 17 种。通过分析不同生态类型微体动物群的分布特征，结合测年、岩性、沉积物粒度和软体动物群数据，重建了珠江三角洲中部全新世以来的沉积环境。受末次冰期影响，珠江三角洲地区暴露地表遭受风化剥蚀，普遍发育杂色黏土。随着冰后期气候回暖，海平面快速回升，海水经多个口门自南向北侵入珠江三角洲地区。南部较早接受海侵，约 9010 cal. a B.P. 海水入侵至中部地区，研究区开始发育河口湾环境，并持续至 4510 cal. a B.P.。期间，钻孔记录的微体动物群组成和丰度特征反映了两次短周期的水体条件波动，最大水深发生于约 7000-5630 cal. a B.P.，微体动物群的丰度达到最高值。约 4510 cal. a B.P. 以来为持续海退期，河流作用逐渐增强，发育三角洲平原环境。珠江三角洲各地区发育三角洲平原环境的时间有所不同，这种差异表明三角洲的建造并非单一的自北向南，而是各区同时多向发育，反映了珠江三角洲推进模式的复杂性。

S15-P-02

全新世尼罗河三角洲环境以及早期农业文明的兴衰

陈中原*

华东师范大学河口海岸国家重点实验室，上海 200062
* z.chen@sklec.ecnu.edu.cn

在全新世三角洲研究领域，尼罗河三角洲环境演化与重建具有非常明显的区域代表性。在沉降、海平面上升和气候（ITCZ）的作用下三角洲沉积地貌演变模式具有独特性。大量的钻孔资料证明，在全新世早期，三角洲地貌表现出强烈的河流沉积特征，至少有 7-8 条支流从开罗分叉，流入地中海，而在全新世中晚期，这种地貌环境演变成以波浪为主的沉积体系；发育了完整的泻湖-沙坝沉积体系，从东往西依次为 Manzala, Burrullus, Iduk 和 Mariut。它们最早的成因可以追索到距今 8-7 年前。三角洲支流逐渐消亡，最终剩下现今的 Dimiatte 和 Rosseda。整个三角洲沿海明显受到了新构造运动的影响，尤其在三角洲东部的 Manzala 泻湖区，沉降速率可达 4.0 mm/y 以上；对全新世三角洲沉降环境的演化控制作用强烈。 此外，用泻湖系列测年可以重建尼罗河三角洲的全新世海平面曲线，表明无高与现代海平面的迹象，Hydro-isostacy 现象较弱，从中可以对沉降作用窥得一斑。三角洲位于干旱区，但非洲高原的强降雨对三角洲泛滥农业影响极大。距今 7000 年前广大的三角洲地区因为洪水缘故无人居住，之后随着气候逐步变干才有人类活动。畜牧业和农耕活动交替进行，反映了气候波动的特征。资料显示距今约 4200 年后的第一次文化断层（First Intermediate Period）由极端气候干旱事件所为。

S15-P-03S

Response of sedimentation patterns of Faiyum Basin to climatic and hydrological changes during the Holocene

Xiaoshuang Zhao, Zhongyuan Chen*, Yan Liu

State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062

* z.chen@ecnu.edu.cn

It is known that extreme changes in North African hydroclimate occurred during the Holocene yet many discrepancies exist between sites regarding the timing, duration and abruptness of events such as the African Humid Period (AHP). The hydroclimate history of the Nile River is of particular interest due to its lengthy human occupation history yet there are presently few continuous archives from the Lower Nile Valley. This paper presents a new high-resolution Holocene sedimentary record in Quran Lake, Faiyum Basin (lower Nile Valley) and provides insights into how sedimentation patterns responded to climatic and hydrological changes during the Holocene. Based on grain-size distribution patterns and inorganic geochemical analysis, three types of sediments were identified: Type I (coarse-sandy aeolian sediment) is mainly composed of feldspar and quartz, derived from reworking of pre-existing deposits of the local sand dunes; Type II (fine-silty fluvial sediment) is dominated by clay minerals that originated from continental weathering derived by the Nile flow; and Type III (fine-sandy aeolian sediment) is mainly transported by windblown input into the Faiyum Basin from the surrounding Sahara Desert. The occurrence of Type I sediment during the early Holocene (10.4-9.4 cal kyr BP) caused by the intense windblown process was due to an arid climate. The high input of Type II sediment during the early Holocene (9.4-5.4 cal kyr BP) was resulted in the northward migration of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). This supply-dominated regime was controlled by intense river discharge, responding to the humid climate in the upper Nile valley. Type III sediments increased significantly from the Middle to late Holocene, resulting from the southward migration of ITCZ. The sedimentation pattern of the Faiyum Basin shifted from local input at the early Holocene to fluvial input during the African Humid Period (AHP) and then to the windblown sediment supply at the Late Holocene.

S15-P-04S

晚更新世以来沧州一带钻孔岩芯沉积环境的复原

李杨[1]，王福[2]，方晶[1]*

1 天津师范大学 地理与环境科学学院，天津 300378

2 中国地质调查局 天津地调中心，天津 300170

* mdfangjing@163.com

在渤海湾西岸平原沧州北侧距现代海岸线 53km、70km 和 80km 的垂直现代海岸线一线取到 3 个机械钻孔岩芯。对钻孔岩芯样品分别进行泥分含量、粘土混浊水电导率（EC）、pH 和色度值(L*、a*、b*)测定，并进行了有孔虫种属鉴定。结合 AMS14C 测年，重建了该区晚更新世以来的沉积环境演化过程。结果显示，最靠内陆的钻孔中在 15.8~15.4m 深度发现一厚度约 40cm 的薄层盐沼层，其余为湖泊、沼泽、河流沉积及洪泛平原沉积。距海岸线最近的钻孔中发现两个海相层，其中晚更新世海相层发育为滨岸浅海相沉积和潮间带-盐沼环境，AMS14C 测年表明该海相层大于 43.5ka cal BP。全新世海相层发育为潮间带-盐沼沉积，年代大约为 7.5~2.8 ka cal BP；其余为洪泛、沼泽、沼泽及河流沉积。位于中间的钻孔，其下部存在大于 43.5ka cal BP 的晚更新世海侵沉积，但未见全新世海侵层，其余为为湖沼、湖泊沉积、河流、洪泛平原沉积。

通过3个钻孔的沉积剖面识别出了两个海相层。最靠内陆钻孔的薄层盐沼层 AMS14C 年龄值为 9.9ka cal BP，表明全新

世初期海水曾经影响到据现代海岸线 80km 处的位置，但该孔的盐沼层年代值早于以往该区全新世海相层底泥炭的年代值（8~7ka calBP），这可能由于全新世初期海水曾沿潮沟达到该孔位置所致。而其后约 7.5ka cal BP 前的最大海侵期未达到该孔的位置。此外，靠近内陆的两个钻孔中均未发现全新世海侵的证据，但在最靠海的钻孔中发现了厚度达到 8m 的全新世海相层，表明全新世最大海侵范围介于最靠海的钻孔和中间钻孔之间，推测大约为据现代海岸线 60km 左右。在靠海的两个钻孔中的全新统之下发现了海相层，其中最靠海的钻孔发育了海相层和潮间带-盐沼沉积，中间钻孔发育了潮间带-盐沼沉积。而最靠陆的钻孔未发现海侵的证据，说明该海侵边界介于最靠陆的钻孔和中间钻孔之间，推测大约为据现代海岸线 75km 左右。AMS^{14}C 测年显示该海侵层的年龄大于 43.5ka cal BP，推测可能是发生在 MIS3 早期或者 MIS5 晚期晚更新世海侵。

S15-P-05

全球气候变化背景下的珠江三角洲台风暴潮灾害

付淑清*，熊海仙，李平日

广州地理研究所

* fsq519@163.com

中国的地理位置，使其成为了世界上受海平面上升与风暴潮影响最严重的国家之一。2009 年 Nature Geoscience 报道指出，中国沿海三大三角洲（黄河、长江和珠江三角洲）处于受海平面上升和地面沉降威胁最严重等级，未来将面临极为严重的台风、暴潮等自然灾害威胁。2013 年 Nature Climate Change 发布的研究报告更指出，珠三角沿海城市广州、深圳等均在世界港口城市中暴潮水灾风险最大城市之列。2017 年 7 月在纽约哥伦比亚大学举办的“区域海平面变化与海岸带影响”国际会议上，相关的研究结果均指出，在海平面不断上升的趋势下，中国的珠三角城市群面临极大的风险。从国家海洋局历年发布的“中国海洋灾害公报”也不难发现，每年的海洋灾害中，造成直接经济损失最严重的均为风暴潮灾害，平均占海洋灾害损失的 80%以上，最严重年份超过 99%，其中，珠江三角洲为重灾区之一。

IPCC 第五次评估报告指出，全球气候变暖证据确凿，海平面上升速度加快。气温上升会使台风发生频率和最大风速增加，破坏性更强；温度升高导致海面继续上升，高海平面抬升风暴增水的基础水位，增加行洪排涝难度，加大风暴潮致灾程度。一旦台风暴潮与天文大潮同时出现，灾情又会大幅加剧，比如在珠海登陆的 201713 号台风“天鸽”。历史上甚至有台风潮、天文大潮与上游江河洪潮三碰头事件发生。在全球气候变化背景下，沿海地区的可持续发展面临越来越严峻的挑战，一次灾害事件，即可能导致数以千万计的人家园被毁，以及无法估量的经济损失。

对比国外一些港口城市，我们的防洪涝等级偏低，自然及人为作用又使三角洲河网的行洪排涝能力不断降低。因此，在粤港澳大湾区划初期，有必要开展海岸带灾害风险研究，为湾区土地利用规划提供基础资料，为海岸带地区应对气候变化影响及制定减缓和应对措施提供科学依据。

S15-P-06

黄河三角洲多年海岸线动态变迁特征及演化规律

王奎峰[1,2*]，张太平[1]，王强[1]，王薇[1]

1 山东省地质科学研究院，国土资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室，山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室，济南 250013

2 山东大学土建与水利学院，济南 250061

* maplewkf@126.com

作为最新成陆的黄河三角洲地区，陆海相互作用强烈，并涉及到入海流路的多次改道，其海岸线的演变快速而复杂，大量的未利用土地有待开发，研究其海岸线的动态演变，分析其演变规律对于该区域的海岸带资

源利用及保护规划具有重要的现实意义。本研究在综合考虑海岸线在遥感图像中的空间分布和光谱特征的前提下，选用 39 景不同时相卫星遥感影像（MSS、TM、ETM+等），采用一般高潮线提取方法对 1976 年以来黄河三角洲海岸线的动态演化进行对比分析，通过 RS、GIS 技术的集成应用，对黄河三角洲 1976～2014 年时段海岸线的动态变化进行监测，结合地质环境及水文资料分析黄河三角洲海岸带附近的淤进蚀退变化，旨在为黄河三角洲的可持续发展及更好地开发利用三角洲资源和进行海岸治理提供参考。

S15-P-07S

盐城新洋港口 XYG 孔全新世早期以来的沉积环境演化

于晓晓 [1, 2, 3]，谷东起 [3*]，闫文文 [3]，刘世昊 [3]，朱正涛 [3, 4]，李小燕 [3]

1 中国科学院海洋研究所，中国科学院海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071
2 中国科学院大学，北京 100049
3 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061
4 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062
* riendgu@fio.org.cn

基于盐城北部新洋港口 XYG 孔岩性、粒度、有孔虫、^{14}C 测年数据，对 XYG 孔所记录的沉积环境进行了分析。结果表明，自全新世早期以来新洋港口地区沉积了全新世早期滨海相（未及底）-全新世中晚期浅海相-滨浅海相（AD1128 年黄河改道淮河后形成）-潮坪相沉积。其中，全新世早期滨海沉积环境具有动力变化幅度大、频率高的特点；全新世中晚期浅海相则以黏土质粉砂为主，悬浮组分超过 60%，表征稳定的弱动力沉积环境；1128 年黄河改道淮河后，该区在辐射沙脊和黄河共同作用下迅速沉积了厚层（约 9m）的砂质粉砂沉积物，发育动力较强的滨浅海相；之后，该区以弱动力的潮坪沉积为主，沉积层厚度 2.5m。XYG 孔全新世早期以来的沉积序列受海平面变化的控制，并且接受了辐射沙脊和废黄河的共同作用。

S15-P-08S

利用有孔虫和稳定碳同位素等有机地化指标重建全新世珠江三角洲古环境演变

陈慧娴 [1,2]，陶慧 [1,2]，王建华 [1,2]，瓦西拉里 [1,2]，吴加学 [3]

1 中山大学地球科学与地质工程学院，广州 510275
2 广东省地质过程与矿产资源探查重点实验室，广州 510275
3 中山大学海洋学院近岸海洋研究中心，广州 510275

珠江三角洲位于中国南部，是珠江汇入南海形成的三角洲。河口沉积物受径流和海平面变化共同作用，高沉积速率使得沉积物较为详细地记录了古季风和相对海平面变化的历史。

作者选取位于珠江河口伶仃洋西滩水下三角洲的 ZK19 孔，通过多种环境代用指标，有孔虫、有机地球化学（稳定碳同位素 δ^{13}C 和 C/N 比值）、粒度分析，以及放射性碳同位素 AMS^{14}C 测年重建了全新世以来研究区的古环境演变，并探讨了这个过程之中，海平面变化、季风变化、古地形和人类活动对沉积环境造成的影响以及这些因素相互作用的过程。研究结果显示伶仃洋的 ZK19 钻孔 40.8 m 以上为全新世沉积，有孔虫和多指标沉积环境分析指示研究区经历了 7 个沉积相变化阶段：全新世早期（约 11000 cal a BP ~ 10600 cal a BP）发育古侵蚀河谷内的河流相沉积；早全新世中期（10600 cal a BP ~ 9600 cal a BP）随着海平面快速上升，形成三角洲前缘浅滩相沉积；早全新世晚期（9600 cal a BP ~ 8000 cal a BP）古河谷充填完毕，海水溢出古侵蚀河谷外，研究区沉积前三角洲相；中全新世（8000 cal a BP ~3000

cal a BP）高海平面期因海水淹没整个三角洲地区，河口湾纳潮量增大，潮汐通道横向迁移加剧，水下侵蚀增强，沉积物被侵蚀；晚全新世以来（3000 cal a BP~）海平面相对稳定，三角洲前积作用加强，研究区沉积环境经历了（3000 cal a BP ~ 1800 cal a BP）前三角洲相，（1800 cal a BP ~ 600 cal a BP）三角洲前缘潮道相，（600 cal a BP ~）三角洲前缘浅滩相的变化。

有机地球化学 $\delta^{13}C$、C/N 指标在一定程度上指示了季风带来的降水导致的径流量变化，早全新世（10600 cal a BP ~ 8000 cal a BP）沉积物的有机 $\delta^{13}C$ 值和 C/N 比值显示强烈陆源特征，显示了夏季风不断增加强。其中，在 9600 cal a BP 左右，有孔虫指标记录到水体盐度显著提升，但 $\delta^{13}C$、C/N 指标保持稳定，仍然指示有机质为陆源为主的特征，表明虽然海平面快速上升，但夏季风也同时增强，$\delta^{13}C$、C/N 指标仍然显示偏陆源特征。晚全新世以来（3000 cal a BP）$\delta^{13}C$ 值显著正偏、C/N 比值小幅度降低，可能是晚全新世夏季风减弱导致淡水输入量较少，三角洲湿地面积扩大导致 C4 植物增多，叠加人类活动对珠江三角洲自然环境改造的结果。对沉积物敏感粒级和 $\delta^{13}C$ 值进行频谱分析表明，研究区存在 1760 a 和 85 a 的季风变化周期，反映了北大西洋环流和太阳活动对珠江流域气候的影响。

S15-P-09

孢粉记录的长江三角洲地区 9-7 cal ka BP 百年尺度气候变化

Bing Song[1,2]*, Zhen Li[2,3], Houyuan Lu[4], Limi Mao[5], Yoshiki Saito[6], Sangheon Yi[1], Jaesoo Lim[1], Zhen Li[2,7], Anqing Lu[2], Longbing Sha[8], Rui Zhou[2], Xinxin Zuo[4], Vera Pospelova[3]

1. Quaternary geology department, Geological research division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea
2. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China
3. School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, Victoria BC V8P 5C2, Canada
4. Key Laborartory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China
5. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China
6. Geological Survey of Japan, AIST, Central 7, Higashi 1–1–1, Tsukuba 305–8567, Japan
7. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Fur-cho, Chikusa, Nagoya 464–8601, Japan
8. Key Laboratory of Geographic Information Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China

* imbingsong@163.com

基于高分辨率的孢粉和高精度的 ^{14}C 测年数据，本研究重建了 9-7 cal ka BP 长江三角洲地区百年尺度的气候变化。结果显示，在 8560-7220 cal yr BP 研究区具有暖湿的变化趋势，其主要表现为在孢粉谱中 *Quercus* (deciduous) 的减少和 *Quercus* (evergreen), *Pinus* 和 Polypodiaceae spores 的增加。但是气候具有明显波动，其主要表现为孢粉谱从以木本为主的区域性孢粉组合与以局地非木本花粉为主的孢粉组合交替出现。*Quercus* (deciduous), *Pinus*, herbs, fern spores 和 palynological concentrations 等关键指标表现为至少百年尺度的周期波动。与前人的研究成果进行对比表明在 9-7 cal ka BP 长江三角洲地区和董哥洞地区其气候变化主要受到东南季风的影响。持续变暖的变化趋势可能是东南季风增强的表现，太阳活动可能是百年尺度变化的主要影响因素。本研究还表明长江三角洲地区也有~8.2 ka 气候事件的信号，可能在早全新世东南季风与格林兰地区气候有密切关系。

S15-P-10

MIS3 阶段以来长江三角洲陆-海交互地层光释光年代学研究

高磊*，隆浩

中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室，南京 210008

* lgao@niglas.ac.cn

长江三角洲沉积地层的年代学研究对探讨晚第四纪以来我国东部沿海地区陆海交互作用以及海岸地貌的形成与演化具有重要价值。本研究在对长江三角洲 YZ07 和 EGQD14 两支钻孔开展系统的释光年代学研究基础上，综合这 2 支钻孔共 50 个 OSL 年代数据及收集整理的区域相关钻孔的年代地层资料，探讨了在可靠的年代框架约束下晚第四纪长江三角洲沉积地层演变特征，取得了以下几点认识：（1）在长江三角洲地区，对常规 OSL 测年建议优先选取较细石英颗粒，如 4-11 μm 或 63-100 μm，测年效果会更佳；对于 100-200 μm 的石英颗粒，因长石包裹体对 OSL 信号的影响，可能会存在年龄低估的问题，尤其是对于老于~ 5 ka 的地层，趋势更加明显。针对此现象，笔者推荐使用脉冲释光测年（POSL）技术加以解决。(2) 以 YZ07 孔为例，^{14}C 测年和 OSL 测年结果对比表明在三角洲海岸地区，^{14}C 测年存在地层的年龄倒置问题。因此，以此方法建立的年代地层框架需要谨慎对待，OSL 年代序列总体与地层序列相一致，建议在此区域开展年代地层学研究可以尝试将两种测年方法结合使用，以确保年代地层框架的准确和可靠。（3）针对争议较大的 MIS3 阶段沉积环境特征问题，本研究的 EGQD14 孔给出了新的年代学证据，认为 MIS3 阶段（约 30~50 ka）长江三角洲可能是陆地河流相沉积环境为主导，这也得到了区域相邻的几支钻孔的佐证和支持。（4）两支钻孔的年代地层学证据都表明在 LGM 时段存在沉积间断，从年代学角度证实了前人关于该时段长江三角洲发育下切河谷的沉积学判识和地层学论断。（5）全新世以来，由于海面上升，长江三角洲经历了下切河谷充填堆积，沉积中心向陆迁移和海岸线后退。随着海面上升减速，在加积和进积作用主导下，沉积中心和海岸开始向海迁移，三角洲也逐渐兴起和发育。在此阶段，沉积速率呈现三个明显的阶段性，即早全新世（10-9 ka）快速堆积、中-晚全新世（8-2 ka）的相对缓慢堆积和 ~2 ka 以后快速堆积过程。

S15-P-11S

红河全新世三角洲沉积物磁性特征及环境指示意义

赵旋琪[1]，张卫国[1*]，Yoshiki Saito[2]，Quang Lan VU[3]

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

2 Estuary Research Center, Shimane University, Nishikawatsu-cho 1060, Matsue 690-8504, Japan

3 Northern Mapping Division, General Department of Geology and Minerals of Vietnam, Ai Mo 1, Gia Lam,Hanoi, Vietnam

* wgzhang@sklec.ecnu.edu.cn

越南红河三角洲沉积记录了全新世以来流域环境变化及陆海相互作用的信息。本文对红河三角洲钻孔 VN (长 35m)和 GA (长 40m)进行了环境磁学分析，并结合粒度、漫反射光谱、地球化学等手段，探讨了三角洲沉积物磁性特征垂向变化及其环境指示意义。VN 孔和 GA 孔自下而上可以分为 5 个沉积单元（U1~U5 层），分别为：河口/潮滩沉积 (U1)、浅海/前三角洲沉积 (U2)、三角洲前缘斜坡沉积 (U3)、三角洲前缘平台沉积 (U4)、三角洲平原沉积(U5)，构成了三角洲发育的垂向加积序列。根据 AMS^{14}C 分析， VN 孔揭示了全新世沉积，GA 孔则主要为晚全新世以来沉积。两孔沉积物磁性特征受到粒度的显著影响，总体而言，细颗粒沉积物具有较高的磁性颗粒指示参数

(χ_{ARM}/SIRM、χ_{fd}%)值和较低的退磁参数比值(S-ratio)，反映了细颗粒亚铁磁性矿物以及不完整反铁磁性矿物在细颗粒沉积物中富集。上述磁性参数的垂向变化，一定程度上可以指示三角洲的垂向加积过程。此外，磁性矿物早期成岩作用在三角洲前缘斜坡沉积下部较为显著，反映了该沉积时期湿润气候导致较高的有机质输入。两个钻孔相比，VN 孔的磁化率(χ)和饱和等温剩磁(SIRM)的值低于 GA 孔，说明两孔的沉积物来源存在一定的差异。VN 孔中针铁矿的含量较高，指示 VN 中的沉积物来源于相对湿润气候下发育的土壤，而晚全新世的 GA 孔沉积物来源于相对干燥的土壤。上述结果反映了全新世印度洋夏季季风以及红河流域的人类活动变化。

S15-P-12S

西江—北江及珠江三角洲汇流区全新世泥炭腐木层时空分布与环境变化

郑卓[1*]，汤永杰[1]，郑艳伟[2]，黄康有[1]，韩子云[1]，宗永强[3]，李平日[2]，谭惠中[2]

1 中山大学地球科学与地质工程学院，广州 510275

2 州地理研究所，广州 510070

3 香港济大学地球科学系，香港 999077

* eeszzhuo@mail.sysu.edu.cn

西江和北江及珠江三角洲西北部汇流区广泛发育全新世的泥炭-淤泥腐木地层，结合剖面的沉积相特征和 ^{14}C 测年数据，对全新世沉积环境和含腐木地层的分布和环境变化进行探讨，获得以下认识：1）在西江和北江下游海侵北界以上的陆相沉积序列中，厚层泥炭主要形成于中晚全新世（7.5－1.5 cal. ka B.P.），集中堆积时间为 5.0－1.5 cal. ka B.P.；2）珠江三角洲全新世海侵对三角洲边缘区陆相泥炭沼泽的形成起决定性作用，早全新世（约 9－7 cal. ka B.P.）三角洲西北端的高速率河口相粉砂黏土沉积为后来的半咸水沼泽发育奠定了淤泥深厚的物质基础，而西江－北江下游陆相洪冲积或河漫滩沉积则在 8 cal. ka B.P.左右开始发育，也为之后的水松泥炭沼泽繁盛奠定了基础；3）三水西南一带是中全新世西江－北江下游泛滥平原至古河口湾的过渡区，潮汐流与河流的双重作用是造成三角洲边缘区大面积泥炭沼泽湿地形成的主要原因；4）泥炭湿地生态环境大多在 2.0－1.5 cal. ka B.P.前后在西江和北江被高位洪水平流沉积物埋藏，而在三角洲区域多被泛滥平原洪积物覆盖。多数剖面泥炭腐木迁移的原因与三角洲的快速加积作用导致的潮流与河流空间位置平衡被破坏和水文条件改变有关，晚全新世不断增强的人类农业活动和森林破坏与水土流失也是导致三角洲天然沼泽湿地消失的重要原因。

S15-P-13S

长江三角洲与尼罗河三角洲全新世相对海平面重建：泥炭与泻湖沉积指标及其指示意义

姜锋[1]，陈静[1]，刘演[1]，孙千里[1]，年小美[1]，Alaa Salem[2]，陈中原[1]*

1 华东师范大学河口海岸科学研究院，上海 200062

2 Kafrelsheikh University, Faculty of Science, Kafrelsheikh Egypt

* z.chen@sklec.ecnu.edu.cn

三角洲全新世相对海平面上升及其机制一直以来广为关注并饱受争议。从海平面重建过程中所用的沉积物指标到研究区的冰川-水均衡效应都为争议的焦点所在。本文对位于北纬 31° 的两大河三角洲(长江三角洲与尼罗河三角洲)全新世相对海平面上升过程进行了重建。我们分别选择长江三角洲半咸水环境下形成的泥炭层沉积物与尼罗河三角洲的泻湖沉积物作为两大三角洲全新世相对海平面位置的标志。共收集 174

个标志沉积物的 ^{14}C 测年数据（多集中在9000-3000 cal. yrs BP）用于相对海平面上升的重建。结果显示，两大三角洲均存在海平面快速上升的过程；长江三角洲从约 9000 年前的-25 m 上升到 7000-6000 年前的-3~-5 m，而尼罗河则从约 9000 年前的-33 m 上升到 7000-6000 年前的-12~-10 m，7000-6000 至今两大三角洲海平面上升均趋减缓。在两大三角洲海岸地区并未发现全新世时期高海平面的信息，可能是在早中全新世由于直布罗陀海峡与白令海峡限制了北极地区冰雪融水进入两大三角洲沿岸地区，因此削弱了壅水效应的影响。同时期，尼罗河三角洲海平面的位置明显低于长江三角洲，这主要是尼罗河三角洲存在较大程度的沉降造成的。相比尼罗河三角洲，长江三角洲晚更新世下切古河谷的平缓地形导致了更大范围的海侵，海侵范围向陆大约 250 km，而尼罗河三角洲海侵范围距现今海岸仅约 50-60 km。早全新世发生的尼罗河洪水携带大量沉积物造就了较大坡度的海岸地貌，受地貌坡度的影响，尼罗河三角洲海侵范围也较小。基于更大范围的沉积物指标所建立的海平面相对于区域性沉积钻孔所得到的结果更具有代表性。

S15-P-14

Clay mineralogy and source-to-sink transport processes of Changjiang River sediments in the estuarine and inner shelf areas of the East China Sea

Yifei Zhao[1,2]*, Xinqing Zou[2]*

1 School of Geographic Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

2 School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210046, China

* yfzhao@njnu.edu.cn；zouxq@nju.edu.cn

We examined the source-to-sink transport processes of sediment from the Changjiang River to the estuarine coastal-shelf area by analyzing the clay mineral assemblages of surface samples from the estuarine coastal-shelf area and suspended sediment in the Changjiang catchment following the impoundment of the Three Gorges Dam (TGD) in 2003. The results indicate that the clay mineral compositions throughout this study area are dominated by illite, with less abundant kaolinite and chlorite and scarce smectite. The clay minerals display distinct differences in the tributaries and exhibit obvious changes in the trunk stream compared with the periods before 2003, and the source of sediment has largely changed to the mid-downstream of the river after 2003. Spatially, the clay mineral assemblages in the estuarine area define two compositionally distinct provinces. Province I covers the mud area of the Changjiang estuary and the Zhe-Min coastal region, which are primarily supplied by the Changjiang. Sediment in Province II is distributed on within the Changjiang estuary and the southeast of the study area, where sediments contain terrestrial material from the Changjiang River as well as re-suspended sediments from the Huanghe River carried by the Jiangsu coastal current. Moreover, the other smaller rivers (including the Oujiang, Minjiang, and West Taiwan rivers) of China also contributed sediments to estuarine and inner shelf areas. In general, the clay mineral assemblages in the Changjiang estuarine area are mainly controlled by sediment supplied from upstream tributaries of the Changjiang River. However, the mid-downstream tributaries are now the main source of sediments from the Changjiang catchment into the sea since the completion of the TGD in 2003. These analyses further demonstrate that the coastal currents and the decrease in the sediment load of the river have

the greatest impact on the distribution and transport of clay mineral assemblages in the sediments.

S16-O-01

南海深海环流的动力机制：观测与模拟研究

王东晓*，舒业强，肖劲根，陈更新，王强

中国科学院南海海洋研究所，热带海洋环境国家重点实验室

* dxwang@scsio.ac.cn

南海深海环流受吕宋海峡深水瀑布、南海复杂地形相关的深海强混合的影响，总体呈现气旋式环流形态。利用现场观测资料与数值模式诊断等方法，我们研究了南海内区地形对深海环流的动力约束，揭示了深海环流的可能变异机制。理论分析与数值诊断研究结果表明，南海深海环流的形态对地形非常敏感，受到地形坡度和水深的控制。拉格朗日粒子试验表明南海深海经向翻转环流同样受到地形的影响，陆坡地形及复杂岛屿区是经向翻转环流上升支主要存在的区域。在这些复杂地形区域，多年的深水潜标观测数据揭示了持续存在、高能量的底层强化的地形罗斯贝波，其振幅能达到 10 cm/s，比该深度上平均流大一个量级。多年的潜标资料同样在西沙海域观测到了强的深海涡旋，其最强流速能达到 18 cm/s。通过分析表明，无论深海地形罗斯贝波还是深海涡旋，都是海底地形对上层强的中尺度扰动的动力反映。底部强化的地形罗斯贝波和深海涡旋导致的强剪切，很可能是除了潮汐混合外，导致南海深海强混合，进而贡献南海深海气旋式环流的另一个重要的动力因子，并影响着南海深海环流的变异机制。

S16-O-03

Along-slope deep flows driven by breaking internal waves in the South China Sea

Xiaohui Xie[1]*, Xiaodong Shang[2], Shuqun Cai[2], Dongxiao Wang[2], Dake Chen[1]

1 State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou, China

2 State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China

* xxie@umces.edu

Mooring data collected on the continental slope of the South China Sea (SCS) show that along-slope bottom (deep sea) currents are generated when large spring internal tides (internal waves with tidal frequency) are observed, with the maximum velocity amplitude exceeding 0.15 ms-1. The observations are consistent with predictions that near-bottom breaking of internal waves can result in generation of along-slope flows when these waves obliquely approach the slope. A linear internal tide model in one horizontal dimension with realistic topography and stratification is used to show that the breaking of internal tides is likely due to near-critical reflection on the slope. Combining the mooring observations and the model simulation, an along-slope near-bottom transport of ~0.5 Sv is estimated. Along-slope bottom flows caused by breaking internal waves potentially provides a significant way to deform continental slopes and affect deep water exchange between the marginal sea and open ocean.

S16-O-04

“海马冷泉”海底探查——深海潜水器联合科考

陶军*

中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510075

* 13822116780@139.com

2018 年 4 月 28 日至 30 日，自然资源部中国地质调查局广州海洋地质调查局“海洋六号”科考船与中国科学院深海科学与工程研究所“探索一号”科考船在南海珠江口盆地西部海域“海马冷泉”区于展开了联合科学考察活动。其间，两船分别搭载的 4500 米级深海作业型潜水器“海马”号深海遥控潜水器（ROV）和“深海勇士”号载人潜水器（HOV）对“海马冷泉”进行海底观测和联合考察作业。这是我国首次使用两种具有自主知识产权的国产化大深度潜水器进行国际前沿科学调查研究领域的联合科学考察。

“海马冷泉”位于我国南海珠江口盆地西部海域，水深 1350 米至 1430 米，是由“海马”号于 2015 年 3 月发现并以此命名。“海马冷泉”是我国管辖海域内发现的第一个大型活动性海底冷泉，为我国科学家开展“冷泉”研究提供了宝贵的基地。本次联合科考有来自国内 10 个科研单位的近 40 名科学家参与，计划实施三次潜水器海底联合考察作业，主要开展“海马冷泉”分布范围与微地形特征探查、流体活动观测与地球化学原位分析、冷泉碳酸盐取样和演化发育史研究、生物多样性和微生物采样研究、浅表层水合物实地形成与分解研究，并同时开展区域水文、地热流和沉积作用等调查研究工作。

由于海底“冷泉”研究的特殊性，人们熟知的柱状取样、抓斗取样和拖网取样等等传统海洋地质调查手段无法为科学家们提供“精确”、“精确”、“精细”的样品和观测数据。因此，深海潜水器就成为了“冷泉”研究必须借助的深海技术装备。“海马”号和“深海勇士”号在本次联合科考中担负着为众多不同领域科学研究采集样品和数据的重任，仅“海马”号就携带了甲烷礁钻机、震动取样器和液压取样器，并配置了侧扫声呐、图像声呐、低照度超高清摄像机、保压取样器、地球化学传感器、生物诱捕器等 10 多项作业工具，其中大部分是“海马”号技术团队自主设计研制的。

“海马”号和“深海勇士”号潜水器都是国家“863”计划海洋技术领域自主研发项目的重大成果，并先后入选“中国十大科技进展”。本次联合科考有效发挥各自的功能优势，取得了首次发现了海底甲烷气体喷口，使用 ROV 钻机获取了冷泉碳酸盐岩心样品等超过预期的多方面科学探查成果，为我国重大科研成果快速转化和国产化深海高新技术装备业务化运作起到了先行示范作用。

S16-O-05

南海北部东沙海域内孤立波浅化与雾状层及沙丘

宋海斌 [1*]，耿明会 [1]，关永贤 [2]，陈业伟 [1]，黄晞桐 [1]，拜阳 [1]

1 海洋地质国家重点实验室，同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

2 国土资源部海底矿产资源重点实验室，中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510760

* hbsong@tongji.edu.cn

深水沙丘、雾状层与内孤立波浅化的研究具有重要的科学意义与应用价值。这一研究可以深化地形地貌演变、沉积动力与海洋多尺度运动的密切联系的认识，推动地球物理、海洋地质与物理海洋交叉研究的发展。本文基于高分辨率多波束测深、常规多道反射地震及其重新处理后得到的地震海洋学数据研究了南海东沙海域海底表面地形地貌特征，以及水体中的雾状层、内孤立波等海洋学现象。

内孤立波在向倾斜地形（陆坡或陆架）传播的过程中会发生一系列的变化，其中之一是内孤立波的形态会从深海处的下沉型随着海底深度的变浅逐渐转变为上抬型，我们称之为极性反转。我们通过对大量历史地震数据以及一些前人研究成果的统计，对极性反转发生的区域进行了一些研究。结果表明，南海东北部的内孤立波极性反转的发生

位置大体上介于海底深度 200 m 到 100 m 之间的地方，也就是说极性反转从海底深度 200 m 左右处开始，至 100 m 左右的地方结束。这里我们将波形介于下沉型和上抬型之间的内孤立波称为过渡型内孤立波，该类内孤立波大体分布于海底深度 130 m 到 220 m 之间；上抬型波分布的相对较为集中，位于深度 80 m 到 120 m 之间。我们厘定了南海东北部内孤立波极性反转过程的发生区域。另外，我们的分析还发现，除了水文条件外，内孤立波自身的振幅也是一个影响极性反转的非常重要的影响因素——振幅越大，极性反转过程对应的海底深度也越大。尽管过渡型波和上抬型波的振幅都是随着海底深度的减小而减小，但是减小率是明显不同的，上抬型波的减小率是过渡型波的两倍多，这意味着随着海底深度变浅，海底对内孤立波振幅的影响会越来越强。

利用地震海洋学方法在南海北部陆架和上陆坡区域发现了 15 个雾状层，大部分属于底部雾状层，同时也发现了在陆架海底表面向海延伸的中间雾状层。这些雾状层的延伸长度从几千米到几十千米，厚度十几米到一百米，其顶界所处水深在 135 m 至 715 m 范围之间. 雾状层在地震海洋学及其属性剖面上表现为强振幅、高频、相位连续特征。不同于其他传统声学或光学方法，地震海洋学方法分辨率高，且能在短时间内对整个水体进行成像，可以记录到雾状层的时空变化特征，实现对雾状层的“四维”观测。

研究结果表明南海北部 230-830 m 水深的上陆坡范围内，海底表面发育了斑块状分布的巨型水下沙丘，以及三条与水下沙丘间隔分布的冲蚀带。这些水下沙丘波长范围 55-510 m，波高范围 1.5-20 m，二者呈指数关系分布。东沙海域沙丘尺寸大于全球平均水平，沙丘的波长随水深增大而增大，波高则在 500-700 m 水深范围内最大。水下沙丘脊线 NE-SW 向展布，垂直沙丘上方 NW-SE 向水流。沙丘迁移方向和近海底水流一致，较深水区域向东南方向迁移，浅水区域东南和西北两个方向迁移混合，极个别地区向西北方向迁移。沙丘的几何参数关系、迁移特征是与现今水动力条件相平衡的结果。组成冲蚀带的陡坡、洼地也是 NW-SE 向展布。表明该区域 NW-SE 向的近海底流体运动不仅冲蚀地层，为水下沙丘的形成提供了沉积物来源，同时也提供了动力源。NW-SE 向的近海底流体运动是内孤立波的波致流。

发现水下网状沙丘，重点讨论网状沙丘的特征分布和形成机制。网状沙丘发育在东沙环礁东北部水深约 352~420m 之间，研究发现其延伸方向共有三个走向：NS、NE-SW 和 EW，前两个方向为西向传播的内波所致，而最后一个则很有可能是由洋盆西向传播的内波遇到东沙环礁后形成衍射，向北传播的内波引起了向南的近海底底流，冲刷海底底层，剥蚀出足够的沉积物颗粒，从而形成 EW 走向的水下沙丘，值得一提的是，在多边形网状沙丘的上方，反射地震剖面揭示水层中发育与水下沙丘相当波长的高频震荡内波，并且在遥感资料上也发现相关衍射区和内波干涉区域，而内波干涉很有可能导致高频震荡。

S16-O-06

陆缘深水区浊流与底流交互作用的过程、响应和动力学机制

龚承林 [1]*，王英民 [2]，马源 [1]，冯楠 [1]

1 中国石油大学（北京）地球科学学院，北京 102249

2 浙江大学海洋学院，舟山 316021

* chenglingong@cup.edu.cn

“陆缘深水区浊流与底流交互作用的过程、响应及动力学机制”是当今深水沉积学研究的前缘和薄弱环节。本文利用高精度地质与地球物理资料以及流体动力学计算，探讨了浊流与底流交互作用有利的形成发育场所，研究了典型交互作用的产物—深水单向迁移水道的沉积构成和成因机理，揭示了浊流与底流交互作用的沉积动力学机制。

不发育堤岸且持续地向一个方向迁移的深水单向迁移水道内浊流和底流同时、同

地存在，是浊流与底流交互作用有利的形成发育场所。深水单向迁移水道其经历了“低位早期—侵蚀期”、“低位晚期—侧向迁移期”和“海侵—废弃期”的发育演化过程，相应在水道内充填发育一个由底流改造砂、滑塌/碎屑流沉积和深海披覆泥组成的向上变细的沉积序列。以西非陆缘发育的深水单向迁移水道为例，流体动力学计算表明：流向水道迁移一侧（陡岸）的底流（边界流速为 10 或 30 cm/s）与迁移水道中的超临界流（内弗劳德数为 1.11 到 1.38，流速为 1.72 到 2.59 m/s，流体厚度为水道深度的 0.35 到 0.39 倍）交互作用时能够形成一个“浊流与底流密跃层”。该密跃层在迁移水道内形成 Kelvin-Helmholtz 波（由新韦德伯恩的均值大于 0.96 可知），这些 Kelvin-Helmholtz 波的最大以 2.53 至 4.15 m/s 的速度和 4.0 °到 19.2 °的角度斜交迁移水道的陡岸。从而使得振动最剧烈、波长最大、振幅最强的“头部”发育在水道的陡岸，以侵蚀作用为主；而其低速的“尾部”出现在水道的缓岸，以沉积作用为主。由此可见，浊流与底流交互作用形成的 Kelvin-Helmholtz 波在单向迁移水道内产生“陡岸侵蚀—缓岸沉积”的过程响应，从而驱动水道向参与其沉积建造的底流流向一侧持续、稳定地迁移、叠加，从而形成不发育堤岸且持续地向一个方向迁移的深水单向迁移水道。本研究了除浊流和底流之外的浊流与底流交互作用的过程响应及其动力学机制，丰富了深水沉积学理论，具有重要的理论价值。

S16-O-07

南海北部末次冰期以来深海等深流的流速重建

王雨薇*，赵玉龙，刘志飞

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* isaiah723@outlook.com

等深流是由温盐差引起的地转底流，是一种重要的海底沉积物侧向搬运营力。南海北部陆坡约 2000 米等深线处发育一系列沉积物的高速堆积体，被认为是陆坡 NE–SW 向的等深流搬运沉积作用形成的。理论上这些堆积体记录了古海流的能量、动力变化等信息，故通过对南海北部的等深流进行研究，即可重建该地区的水动力环境演化历史，并能在一定程度上解释上述高速堆积体成因，帮助了解等深流的搬运机制。

本研究通过陆源碎屑组分中“可分选粉砂”（sortable silt，10–63 μm，记作 SS）的平均粒径（记作$\overline{SS}$）进行古流速推算。SS 作为非粘性的细颗粒，当海水流速小于 10–15 cm/s 时发生选择性沉降，这种模式下的沉降颗粒粒径与流速及剪应力间存在着一定的对应关系。已有研究显示，现场标量流速（U）的测量结果与相邻站位的表层沉积物$\overline{SS}$呈很好的线性相关（$r^2 = 0.84$）。因此，利用相应的$\overline{SS}$–U 标定公式，即可根据样品的$\overline{SS}$计算出采样站位所在海域的古流速变化量。研究样品取自中法合作 Marco Polo 航次的 MD05‐2095 站位（20°08.17′ N, 117°21.61′ E）沉积物柱状样，采用 SediGraph 法进行粒度测试，可避免传统激光法因颗粒形状导致的误差。我们的研究结果显示，南海北部的等深流流速在全新世时较末次冰期时下降了约 8 cm/s，且从 8 ka B.P.至今以约 0.6 cm s^{-1} ka^{-1} 的速率逐渐缓慢上升。

S16-O-08

沉积物捕获器中的南海深海颗粒物侧向运输观测证据

冉莉华 [1], W.N.C. Priyadarshani[1,2]，陈建芳 [1], Martin G. Wiesner[3]

1 国家海洋局，海洋生态与生物地球化学实验室，杭州 310012

2 浙江大学海洋学院，舟山 316021

3 汉堡大学，地质研究所，Hamburg，D-20146

颗粒物侧向输运是利用时间序列沉积物捕获器观测深海颗粒物输出通量、生物泵效率和生物泵结构最重要的影响因素之一。在南海开展的长期连续时间序列沉积物捕获器观测结果表明，南海深海（1000 米以深）

存在持续的颗粒物测向搬运过程，从而导致中深层（2000 米以深）沉积物捕获器中所获取的颗粒物通量较浅层捕获器的观测结果更高，与传统认识的颗粒物通量垂直变化，尤其是有机质通量随深度衰减过程存在明显的出入。通过对一个靠近南海北部陆坡的海盆区所获取的时间序列沉积物捕获器中的颗石藻分析结果，我们发现在南海深层水体颗粒物中，出现来了大量的颗石粒化石种，例如 Discoaster spp., Reticulofenestra spp., Psudoemiliania spp.等，这一发现表明南海北部陆架或陆坡沉积可能是南海北部深海沉降颗粒物的重要来源。此外，还发现上层海洋的环流结构和强度对深层颗粒物中颗石粒化石种丰度也存在影响，当上层环流较强时，深层捕获器中出现的化石种颗石粒更为丰富。这一研究结果可与物理海洋和深海沉积学观测结果结合，为南海深海颗粒物侧向输运的物质来源提供了新的思路。

S16-O-09

南海北部底层沉积物捕获器中海雪和生物粪粒组成及来源探究

高萌[1*]，黄宝琦[1]，刘志飞[2]，赵玉龙[2]

1 北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* onepiece958@outlook.com

沉积物捕获器可以连续记录几周到几年时间段内沉降物的变化，实现高时间和空间分辨率的沉积颗粒采样，是研究海洋中颗粒物质的来源、组成和沉降过程的重要工具。海雪和浮游动物粪便颗粒打包沉降，是海洋中水体表面较小的颗粒物沉降到海洋深处和底层的重要途径。借助沉积物捕获器可以收集不同深度的沉降颗粒，观察海雪和粪粒从海洋表面向深处沉降的过程，并研究其变化情况。

本次研究分析了位于南海北部的沉积物捕获器 TJ-A-1（117.42° E，20.05° N）于 2014 年 5 月到 2015 年 5 月收集到的样品，该站位在水深 500 米和 1950 米处分别放置捕获器，样品的收集时间间隔为 18 天，每层捕获器分别得到 20 个样品。研究发现，在底层沉积物捕获器中收集到大量的絮状物质，经分析认为这些絮状物质为海雪和海洋生物产生的粪便颗粒。扫描电镜观察发现海雪和粪粒的主要成分是硅藻、颗石藻、放射虫等碎片，均为来自海水上部真光层的浮游动生物。通过统计发现，海雪质量和粪粒数目随着时间变化的趋势一致，在 2014 年 5 月份数量和重量达到最大，到 2014 年 7 月快速减少，而后平稳在较低水平。

2014 年 5 月—2015 年 5 月期间，这些产于海水表层的海雪和粪粒只在该站位的下层捕获器发现。并且在捕获器海区，表层海水的叶绿素 a 没有较高的显示。推断 TJ-A-1 站位底层海雪和粪便颗粒的来源并非垂直沉降，可能是由海洋深层等深流搬运而来。通过对比 2014 年春季南海北部硅藻爆发的时间和范围，推断底层捕获器中海雪和粪粒的增多，可能与 4、5 月份台湾岛西南海区硅藻爆发有关。

S16-O-10

北太平洋沉积物 Nd 同位素用于地层定年？—初步研究结果

张文防[1,2]*，李高军[2]，陈骏[2]

1 湖泊与环境国家重点实验室，中国科学院南京地理与湖泊研究所，南京 210008

2 表生地球化学教育部重点实验室，南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

* wfzhang@niglas.ac.cn

亚洲粉尘主要起源于亚洲内陆干旱区，并大量沉积在中国黄土高原和北太平洋等地，是全球重要的粉尘系统之一。太平洋沉积物是开展亚洲粉尘研究的良好载体，沉积

物中粉尘组分的变化常用来研究亚洲内陆的古气候变化及其驱动机制。建立太平洋沉积物精确的年代标尺是开展粉尘沉积研究的必要前提，当前研究中通常采用沉积物有孔虫氧同位素调谐到全球标准化的氧同位素曲线上来获取年代标尺。然而，有孔虫氧同位素受冰量和温度两个因素控制，因此不同海盆有孔虫氧同位素存在区域差异；此外，大量太平洋钻孔的沉积物位于碳酸盐补偿深度（CCD）以下，往往缺乏有孔虫，这对于获得沉积物精确年代标尺造成了一定的困难。

已有研究显示，太平洋沉积物主要是由亚洲粉尘和火山灰混合而成。两者的地球化学特征差异较大。例如，从粉尘示踪指标 Nd 和 Sr 同位素来看，亚洲粉尘 Nd 同位素较低，Sr 同位素较高，而火山灰则相反。我们研究的西北太平洋 1209 钻孔及已发表的 MD06-3047 钻孔 Nd 和 Sr 同位素几十万年以来的演化趋势与全球深海氧同位素 LR04 曲线呈现出一致变化，主要反映了亚洲粉尘响应全球冰量的变化。全球其它海洋钻孔的粉尘记录研究也表明，不同研究站位的粉尘演化主要响应于全球冰量变化。这与 LR04 曲线的变化的控制机制一致。此外，Nd 同位素受粒度影响较小；Nd 和 Sr 同位素测试技术相对成熟，数据获取相对快捷。因此，我们提出，北太平洋沉积物 Nd 同位素可作为一个地层定年指标。

除 Nd 和 Sr 同位素可示踪粉尘外，粘土矿物也常用来示踪太平洋沉积物粉尘组分来源和记录粉尘演化历史。然而，粘土矿物定量技术还有待完善；火山灰风化产生的蒙脱石和亚洲粉尘中的蒙脱石无法有效区分，粘土矿物作为海洋沉积物粉尘组分的示踪指标存有不确定性。近年来，基于 ^{230}Th 同位素粉尘通量指标，得到了越来越广泛的使用。该指标不受年代误差和样品干容重等影响是可靠的海洋沉积物粉尘通量指标。然而，该方法会受到海洋中循环再沉积影响及不适用于粗颗粒物质；并且该方法仅能用于最近几个冰期、间冰期旋回。此外，沉积物中 ^{230}Th 同位素含量较低和测试技术要求较高也是该方法无法普遍用作地层定年控制的原因。

综上所述，Nd 同位素对于海洋沉积物中有孔虫较少或者位于 CCD 以下的碳酸盐含量较低沉积物的定年，具有一定应用前景。另外，借助沉积物 Nd 同位素，可用来探讨海洋沉积物记录的火山灰沉积规律。我们的研究显示，Nd 同位素在最后几个具有较大气候变幅的冰期-间冰期尺度旋回中，可有效记录粉尘的周期性变化。然而，在更高分辨率和及更早的地层年代中是否可作为地层指标，需进一步研究。最后，同一个样品既测试 Nd 同位素，反映粉尘量的变化；又测试有孔虫氧同位素，反映全球冰量和温度变化，可能有助于从机制上探讨是冰盖驱动粉尘还是粉尘影响气候这一存在争议的问题。

S16-O-11

长链不饱和烯酮深海沉积动力过程与南海深海平原北部末次冰期以来$U_{37}^{k'}$时间序列的建立

张江勇[1]*，李丽[2]，黄恩清[2]，贺娟[2]，马馨慧[2]

1 广州海洋地质调查局，广州 510760

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* zjy905@hotmail.com

南海这一全球低纬海域大边缘海，位于亚洲季风系统和热带辐合带交互作用的区域，又被西部和北部的亚洲大陆以及东部、南部的活动火山岛弧所包围，这一独特的地理位置和沉积环境倍受古气候和古环境学者重视。和南海陆坡古海洋学深度研究形成对比的是，因深海平原地层学建立难度较大，南海深海平原古海洋学个例研究鲜见报道，以至于难以评估南海深海平原沉积物记录古气候的能力，该区域的沉积速率至今仍不甚清楚。困扰南海深海平原地层学进展的部

分原因和该区碳酸钙溶解作用强烈有关，溶解作用导致钙质物质在正常沉积环境下无法保存在沉积物中，无法建立氧同位素地层学，还导致用于 ^{14}C 定年的有孔虫壳体稀缺。所幸的是，有机质不受碳酸钙溶解作用的影响。本次研究主要利用特定定鞭藻生产的长链烯酮不饱和度指标$U^{k'}_{37}$，结合有机碳 ^{14}C 年龄和偶然出现的浮游有孔虫壳体 ^{14}C 年龄，探索南海深海平原年代地层学。

南海$U^{k'}_{37}$地层学的功能已体现在环深海平原的陆坡柱状样/钻孔岩芯中，这里的$U^{k'}_{37}$序列在冰期旋回尺度上与深海氧同位素曲线相平行，具有冰期数值低、间冰期数值高的特点，反映了表层海水温度（SST）冰期低、间冰期高的变化特征。然而，在某些区域某些时段，利用$U^{k'}_{37}$这一工具再现千年尺度和更高频率 SST 波动就存在一定的困难，因为在特定的水动力环境下，长链烯酮自从在海洋有光层生产后直至最终永久性沉积于海底的时间间隔可能长达几千年，以至于基于沉积物形成时的年龄所建立的$U^{k'}_{37}$—SST 序列显著滞后实际发生的 SST 序列，甚至扭曲了 SST 变化的信号。可见，基于$U^{k'}_{37}$探索南海深海平原千年尺度，乃至更高时间分辨率的年代地层学，还需研究沉积颗粒的深海沉积过程。南海$U^{k'}_{37}$—SST 时间序列的建立需要考虑长链烯酮深海沉积过程，深海平原长链烯酮沉积时的年龄相对于生产时的年龄滞后幅度尚不清楚，因此不太适合通过简单比对柱状样/钻孔岩芯$U^{k'}_{37}$—SST 曲线形态来获得该区地层年代。所幸的是，尽管深海平原沉积物沉积年龄比较难获得，但将$U^{k'}_{37}$—SST 序列和古气候事件相结合却可以帮助确定长链烯酮生产年龄对应的$U^{k'}_{37}$—SST 序列。

长链烯酮从生产到最终在海底沉积的时间长度与底流、沉降颗粒粒度大小、海底地形等因素之间的相互作用有关，因此会因海域环境不同而有差异。在南海南部陆坡，存在长链烯酮的沉积年龄与其生产时的年龄可能基本相当的区域，但在南海北部陆坡可能存在长链烯酮沉积时的年龄可能显著滞后它生产时年龄的区域。本研究将在深入研究南海北部柱状样 17940 and MD05-2904 $U^{k'}_{37}$—SST 沉积序列差异性以及它们与古气候事件关系的基础上，探讨南海深海平原北部柱状样 QD189 $U^{k'}_{37}$—SST 序列生产时间序列，并进一步讨论该区沉积速率的变化特征。

柱状样 QD189 有机碳和浮游有孔虫矫正 14C 年龄与深度存在良好线性关系，暗示该柱状样地层总体上属于正常沉积序列，深度 308 cm 以浅层段的年龄不老于 MIS3 期。研究表明，柱状样 17940 和 MD05-2904 $U^{k'}_{37}$—SST 沉积序列在末次冰消期存在显著错位，与已知古气候事件年龄相比较，水深为 1727m 的柱状样 17940-2 $U^{k'}_{37}$—SST 沉积序列更接近古气候序列，该柱状样所在区域长链烯酮沉积年龄与其生产时年龄可能基本相当，但末次冰期时，水深更深的（2066m）柱状样 MD05-2904 所在区域的长链烯酮在水体中滞留时间可能较长。为了近似获得柱状样 QD189 的 308cm 以浅层段长链烯酮生产年龄对应的$U^{k'}_{37}$—SST 序列，该层段的$U^{k'}_{37}$随深度变化曲线被调到柱状样 17940 $U^{k'}_{37}$—SST 沉积序列上，所得到的$U^{k'}_{37}$-SST 生产序列可看作柱状样 QD189 $U^{k'}_{37}$—SST 沉积序列的最老估计．基于调整得到的柱状样 QD189 $U^{k'}_{37}$—SST 生产序列，估算的 25 ka BP 以来的沉积速率介于 2.3 cm/ka to 34.7 cm/ka，并且柱状样 QD189 所在区域的沉积速率似乎与南海北部陆坡沉积中心的转移有联系。与整个南海西部、北部陆坡以及东部陆坡的柱状样/钻孔岩芯沉积速率相比较，柱状样 QD189 深海平原具有较高沉积速率的特征（尽管柱状样 QD189 深海平原碳酸钙因溶解作用多部不被保存），这一高沉积速率特征这可能与台湾/吕宋岛弧丰富的陆源物质输入有关。

S16-O-13

4Ma 以来日本海古生产力演化及其与亚洲风尘输入的关系

翟俪娜 [1]，万世明 [1,2]*，赵德博 [1]，沈兴艳 [1]

1 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071
2 青岛海洋科学与技术国家实验室，青岛 266061
* wanshiming@ms.qdio.ac.cn

边缘海地区是地球表生系统非常活跃的物质交换地带，也是最重要的有机质埋藏地带，其对全球碳循环过程和气候变化影响巨大。日本海是西北太平洋边缘的一个半封闭的边缘海，仅通过四个较浅的海峡与外海连通。受古地理格局、海平面变化、洋流循环和气候变化等的调节控制作用，自中新世以来堆积了巨厚的海底沉积物，蕴含了丰富的古海洋和古气候信息。日本海于中-晚中新世和更新世以来普遍发育了明-暗交互的韵律层沉积，反映了沉积物中有机质富集程度的差异。已有研究表明，第四纪以来日本海初级生产力和水体含氧状况主要受控于冰期-间冰期海平面的变化及其影响下的对马暖流输入状况的改变。而中新世以来构造时间尺度上，特别是对马海峡开放之前日本海古海洋环境的演化过程及其控制机制尚缺乏探讨。本研究选取 IODP346 航次在日本海西南部 U1430 站位钻取的连续长岩芯，通过常微量元素和有机碳-氮含量重建了中中新世以来日本海古海水氧化还原状况和古生产力的演化历程。研究发现，在 5.3 Ma 前后，日本海古水体氧化还原状态替代指标（如 Th/U、自生 Mo 和自生 U 含量）和古生产力替代指标（如总有机碳（TOC）、总氮（TN）、Cu_{EF} 和 Ni_{EF}）均发生显著改变，指示在中-晚中新世阶段日本海底水整体呈缺氧状态，表层初级生产力极高，缺氧条件同时也更有利于有机质的埋藏保存；至上新世初期，底水突然出现显著氧化，大量有机质发生氧化降解，导致有机质埋藏量大大降低。已报道的关于生物组合的变化显示日本海在 10-2.7 Ma 持续受到北太平洋冷水的影响，2.7 Ma 以来才开始受到对马暖流的影响。那么根据我们的研究，在~5.3 Ma，北太平洋冷水带来的底水通风效应显著增强，使日本海水体氧化还原性质发生巨大变革，进而影响了后期有机质的埋藏保存。

S16-O-14

70 万年来西菲律宾海上层水体结构演化

贾奇[1,3]，李铁刚[2,3,4]*，熊志方[2,4]，常凤鸣[1,4]

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071
2 国家海洋局 第一海洋研究所，青岛 266061
3 中国科学院大学，北京 100049
4 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266237
* tgli@fio.org.cn

热带西太平洋不但是全球海-气交换最强烈的区域，同时也是众多重要洋流和水团的汇集区，因此深受古海洋与古气候学研究学者的关注。西菲律宾海位于热带西太平洋北部边缘，本次研究选择位于该海区的 MD06-3047B 孔，通过对浮游有孔虫表层种 *Globigerinoides ruber* 和次表层种 *Pulleniatina obliquiloculata* 的 Mg/Ca 比分析，重建了西菲律宾海 70 万年来的表层与次表层海水温度及上层水体结构演化历史。结果显示西菲律宾海表层海水温度具有显著的冰期低间冰期高的变化特征，而次表层海水温度的冰期/间冰期波动幅度相对较小，冰期时次表层海水具有更为显著的逐渐变暖特征，并且次表层海水温度变化超前于表层。表层与次表层海水温度差值在冰期时减小，间冰期时增大。结合前人研究成果分析认为东亚冬季风的强弱变化和南北太平洋来源水团的差异影响可能是控制西菲律宾海冰期/间冰期时间尺度上温跃层结构变化的重要因素。此外，研究区上层水体垂向温度梯度变化还具有叠加在冰期/间冰期旋回上的长期趋势变化特征，该长期变化趋势可能受控于东亚季风的长期演化。

S16-O-15

第四纪以来奄美三角盆地粘土矿物对轨道尺度东亚古气

候变化的响应

冯旭光[1,3]，蒋富清[1,2]*，朱潇[1,3]，黄杰[1]，于兆杰[1]，董江[1,3]，赵德博[1]，李安春[1]

1 国科学院海洋研究所，中国科学院海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 洋国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

3 国科学院大学，北京 100049

* fqjiang@qdio.ac.cn

奄美三角盆地是菲律宾海西北部的一个深水盆地，由于紧邻东亚大陆，且没有河流物质输入，同时受东亚季风和西风的共同影响，因此成为了亚洲大陆风尘物质的重要汇集盆地，而第四纪以来连续的沉积物使该盆地成为重建亚洲大陆古气候演化的理想区域。然而，由于缺少可靠的年代标尺，使得开展这一区域轨道尺度风尘记录的研究受到很大的限制。本文利用“国际大洋发现计划”（IODP）351 航次在奄美三角盆地采集的 U1438 孔沉积物，依据沉积物的灰度变化，通过轨道调谐方法，结合火山灰层和古地磁测年，建立了完整的第四纪以来轨道尺度年代地层框架，并在此基础上，探讨了粘土矿物的来源，及其在轨道时间尺度上对东亚古气候变化的响应。对粘土矿物（伊利石、绿泥石、高岭石和蒙皂石）的矿物学特征和粘土矿物组合特征研究表明，伊利石、绿泥石和高岭石主要来自亚洲内陆风尘，而蒙皂石主要来自于奄美三角盆地附近的火山岩风化。第四纪以来，（伊利石+绿泥石）/蒙皂石比值呈现出冰期大、间冰期小的特征，表明在冰期来源于亚洲内陆的伊利石等粘土矿物含量增加，这与中国黄土记录的亚洲内陆冰期干旱化加剧、东亚冬季风和西风的增强一致。因此第四纪以来奄美三角盆地粘土矿物在轨道尺度上敏感地响应了东亚内陆干旱和大气环流的变化。我们认为由于地球轨道参数变化导致的太阳辐射变化，使得冰期北半球冰量增加，冬季风和西风增强、亚洲内陆干旱加剧，并最终驱动亚洲内陆向奄美三角盆地输入更多的伊利石和绿泥石等粘土矿物。

S16-O-16

四十万年前浙闽隆起带东段的大规模下沉：来自冲绳海槽北部的沉积学证据

赵德博[1]，万世明[1,2]*，申顺喜[1]，任向文[3]，Sidonie Révillon[4]，董江[1]，张晋[1]，石学法[2,3]，李安春[1]

1 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室，青岛 266061

3 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 26606

4 SEDISOR/UMR6538 “Domaines Oceaniques”, IUEM, Plouzane, France 29280

* wanshiming@ms.qdio.ac.cn

始新世以来，在亚欧板块和太平洋板块相互作用过程下，亚洲区域所发生的最引人注目的变化就是东亚大陆东西地形的倒转。这种改变直接导致了东亚大陆河流系统的改组，河流系统开始大规模的袭夺和改道，大江大河如黄河与长江相继在渐新世-中新世直至中更新世完成了东西方向上的贯通。新生代晚期伴随着亚洲大陆的变形以及太平洋板块的俯冲，东亚边缘海开始形成，尤其是亚洲东部边缘海的出现，大量自西向东输送的黄河长江沉积物得以在此保存下来。进入第四纪以来，全球气候以频繁的冰期-间冰期旋回为特征，全球海平面也伴随着这种变化而发生大幅度的升降（>100m）。但是，研究发现在早-中更新世时期的高海平面时期，东亚东部边缘海包括渤海、黄海以及东海北部，只发育小范围的浅海相地层，而以发育大规模的河流相以及湖相沉积为特征。诸多研究认为构造运动控制着这一区域的沉积特征，而阻挡海水向西北方向即东海北部和黄渤海海侵的最主要因素为出露于水面的浙闽隆起带，但至于其最终下沉的确切时限目前仍缺乏探讨。本研究选取 IODP 346 航次于冲绳海槽北部钻取的

U1428 站位沉积岩芯，集中探讨该站位底部巨厚砂层（>70m，顶部年龄为~420 ka）的来源及形成机制，以此来探讨中更新世浙闽隆起带的下沉时限。物源分析表明砂层沉积物的主要物源区为黄河，表明~420 ka 之前黄河沉积物已经影响到冲绳海槽北部。巨厚砂层到上部细粒级沉积物的岩性转变归因于浙闽隆起带的大规模下沉。~420 ka 之前，浙闽隆起带出露于水面，黄河古河道在黄东海陆架发育，将粗粒级的河流相以及浅海相沉积物搬运到海槽北部。~420 ka 浙闽隆起下沉之后，伴随着海平面的上升，黄东海发生大规模的海侵，黄河口后退。此后高海平面时期，海槽北部接受黄河远距离输运的细粒级沉积物；低海平面时期，陆架区先前沉积的细粒级海相沉积物则被古河道再次搬运到海槽北部，使得该时期研究区接受的仍为细粒级沉积物。

S16-O-17

南海中央海盆中中新世大洋红层的沉积环境和形成机制

吕璇*，刘志飞

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* 2014lvxuan@tongji.edu.cn

IODP 第 349 航次在南海中央海盆首次发现大洋红层。红层在全球大洋中广泛分布，通常代表了深海的富氧沉积环境；红层的组成具有区域性特征，可用于重建古沉积环境，进而揭示区域和全球的古海洋变化。本研究利用该航次 U1434 站玄武岩基底之上的中中新世红层层序，通过元素地球化学和矿物学等手段，研究南海红层的沉积环境和形成机制，探讨对西太平洋古海洋学演化的指示意义。研究结果显示，红层样品的致色是由于铁氧化物（主要为赤铁矿和针铁矿）的存在。红层样品中的 Mn 相对富集，U 相对亏损，Ni/Co 比值较小，Ce 负异常，这些氧化还原指标都表明：在红层的形成时期，南海的深海盆地是富氧的，推测是外来的富氧水团输进南海。虽然该站位的红层样品具有较高含量的碳酸盐，但富氧的底层水保证了沉积物-水界面的氧化环境，使得沉积物中的铁能够以三价的形式保存下来，即沉积物中有更多赤铁矿、针铁矿等致红矿物形成。因此，我们认为中中新世时期的南海与太平洋具有开放的连通和水体交换，南海深海盆地中的富氧水团很可能来自于西太平洋的深层水。

S16-O-18

Long-term history of sediment inputs to the eastern Arabian Sea and its implications for the Indian summer monsoon evolution since 3.7 Ma

Mingjiang Cai[1,3], Zhaokai Xu[1,2*], Tiegang Li[2,3,4*]

1 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061, China

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

4 Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China

* aokaixu@qdio.ac.cn; tgli@fio.org.cn

We present a new set of clay mineral and grain size data for the siliciclastic sediment fraction from International Ocean Discovery Program (IODP) Site U1456 located in the eastern Arabian Sea in order to reconstruct the variabilities in continental erosion and weathering intensity in the western Himalaya, elucidate the sediment source-to-sink processes, and discuss the potential controls underlying these changes since the Pliocene. The clay minerals mainly consist of smectite

(0-90%, on average 44%) and illite (3-90%, on average 44%), with minor chlorite (1-26%, on average 7%) and kaolinite (0-19%, on average 5%). The compositional variations in the clay minerals at Site U1456 suggest four sediment provenance phases: the Indus River (Phase 1, 3.7-3.2 Ma, with an average illite content of 60%), the Indus River and the Deccan Traps (Phase 2, 3.2-2.6 Ma, with an average smectite content of 56%), the Indus River (Phase 3, 2.6-1.2 Ma, with an average illite content of 63%), and the Indus River and the Deccan Traps (Phase 4, 1.2-0 Ma, with an average smectite content of 59%). These provenance changes since 3.7 Ma can be correlated with variations in the Indian summer monsoon. The siliciclastic sediments in the eastern Arabian Sea were mainly derived from the Indus River when the Indian summer monsoon was generally weak. In contrast, when the Indian summer monsoon intensified, the siliciclastic sediment supply from the Deccan Traps increased. In particular, this study shows that the smectite/(illite+chlorite) ratio is a sensitive tool for reconstructing the paleo-intensity of the Indian summer monsoon on the continents surrounding the Arabian Sea since 3.7 Ma.

S16-P-01

南海东部次盆 IODP U1431 站位上中新统重力流沉积

钟广法[1*]，王嘹亮[2]，廖志良[2]，黄蝌[1]，郭依群[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 广州海洋地质调查局，广州 510075

* gfz@tongji.edu.cn

IODP349 航次 U1431 站位位于南海东部次海盆残留洋中脊附近，其主要钻探目的是确定东部次盆海底扩张作用停止的时间及洋脊扩张停止后的岩浆活动、深海沉积过程和古海洋历史。该站位穿透沉积盖层，进入玄武岩基底，获取了洋壳基底之上完整的沉积地层序列，为理解洋盆扩张期后的沉积演化提供了珍贵的素材。U1431 站位沉积盖层厚约 890m，其上部（上新统-更新统，厚约 326m）以深绿灰色粘土、粉砂质粘土为主，夹绿灰-浅绿灰色超微化石软泥，含一定量的粘土质粉砂；中部（上中新统，厚约 277 m）主要由深绿灰色粉砂质砂或砂岩与粘土或泥岩及超微化石软泥交互；下部（中中新统-上中新统下部，厚约 287 m）主要由火山碎屑角砾岩和互层状的砂、泥岩组成，底部见深橄榄棕色到黄棕色粘土岩。本文通过岩心观察、涂片鉴定及粒度分析，研究该站位的上中新统重力流沉积物的类型及沉积特征。

U1431 站位上中新统重力流沉积以浊流沉积为主，亦见碎屑流沉积及滑塌堆积。浊流沉积从成分上可以进一步细分为陆源碎屑、钙屑及火山碎屑三种类型，其基本特点是，底部突变，内部发育递变层理及不完整的鲍马序列为特征。碎屑流沉积主要由砾状砂岩或含砾砂岩组成，砾石成分主要为棱角状泥岩或钙质软泥，多呈块状。滑塌堆积以发育大型包卷层理为标志，局部呈角砾状，见 mm 级小断层。粒度分析表明，上中新统重力流沉积物主要由砂质粉砂组成，其次为粉砂质砂、粘土质粉砂及粉砂质粘土。沉积物的平均粒径介于 4.5-8.7 之间，平均为 6.27 ；分选较差，分选系数介于 1.36-2.66 之间，平均为 2.09。

晚中新世是 U1431 站位重力流沉积物类型最多、丰富最高的一个时期，表明该时期是南海海底扩张作用停止之后最为动荡的一个时期，其成因可能与南海洋盆马尼拉海沟向东的俯冲消减及台湾地区的初始弧-陆碰撞有关。

S16-P-02

冰期-间冰期环南极流强度演化和锋面迁移

郑旭峰[1]，Gerhard Kuhn[2]，树基[3]，Norbert Nowaczyk[4]，Frank Lamy[2]，万世明[5]，陈忠[1]，颜文[1]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州

2 Alfred Wegener Institute, Bremerhaven

3 厦门大学，厦门

4 Helmholtz-Zentrum Potsdam, Potsdam

5 中国科学院海洋研究所，青岛

环南极流是全球最大的洋流，它联动太平洋、印度洋、大西洋，对全球碳循环、大洋环流和冰盖稳定性都具有举足轻重的影响。但关于环南极流的冰期-间冰期的强度演变特征及其机制却存在众多争议。利用德雷克海峡轴部取得的岩芯的磁学性质特征记录，以反演100ka以来环南极流演化历史。结果显示：冰期时，磁性颗粒增粗、磁性颗粒的定向性加强，环南极流强度增强；间冰期环流极流强度则减弱。系统性分析和对比环南极流、冰盖和大气 CO2 指标揭示：冰期时，南半球高纬与低纬之间的温度差加强，西风加强，环南极流急剧增强。环南极流的增强作为南极大陆的热隔绝机制，阻挡暖水团对于南极冰盖的入侵，促进海冰和冰盖扩张，导致环南极流锋面北移。

S16-P-03

“南海沉积物粒度国际校准计划”研究进展

黄杰[1]*，Christophe Colin[2]，Michael Sarnthein[3]

1 中国科学院海洋研究所, 海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 Laboratoire GEOsciences Paris-Sud (GEOPS), UMR 8148, CNRS-Université de Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Bâtiment 504, 91405 Orsay Cedex, France

3 Institute of Geosciences, Kiel University, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel, Germany

* huangjie@qdio.ac.cn

半个世纪以来，科学界对陆源沉积物的粒度分析一直存在着浓厚的兴趣，然而，在利用沉积物粒度数据示踪物源（如风尘输入和河流搬运）以及气候变化（如季风降雨和海平面变化）时一直存在有很多的不确定性，尤其是在中国南海（如 Wang et al., 1999; Boulay et al., 2007; Wan et al., 2010）。争议存在的主要原因在于：① 用于粒度分析所使用的不同仪器（如 Laser、SediGraph、Coulter Counter 等）和不同的前处理方法（如使用不同的化学试剂、是否进行了超声分散），进而得到不同的粒度分析结果；② 前处理过程中碳酸盐矿物的溶解，显然风尘沉积物中富含碳酸盐矿物；③ 风尘和河流颗粒物质的搬运方式，先前研究表明，粒级小于 6-9 μm 的沉积物颗粒很难以单颗粒的形式被搬运，因为处于这一粒级范围的颗粒通常其分子间的内聚力作用占据主导地位，在搬运过程中它们多聚结成粉砂粒级的聚集体来进行搬运（Parkin, 1974; Jaenicke and Schuetz, 1978; McCave et al., 1995）。基于上述南海沉积物粒度分析中所存在的问题，南海作为西太平洋最大的边缘海，具有深海研究的一系列优越性，因此目前非常有必要对其沉积物粒度测试的方法和数据的解释等进行校准研究，以此来真实还原其深海沉积物的来源和输运机制及其中所蕴含的古气候学和古海洋学信息。通过不同样品、不同前处理方法和不同仪器的系统测试，并将测试结果进行汇总对比研究，以此来校准南海沉积物粒度测试的方法以及其数据的解释和应用，这将对边缘海尤其是南海的沉积学和古海洋学研究具有重大的意义。

S16-P-04S

东海海平面变化及其对全球海水重新调整的指示（14.0-10.0 kyr BP）

董江[1,3]，李安春[1,2]*，刘喜停[1,2,4]，万世明[1,2]，冯旭光[1]，卢健[1]，裴文强[1,3]，王红莉[1]

1 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071
2 青岛国家海洋科学技术实验室，青岛 266061
3 中国科学院大学，北京 100049
4 中国海洋大学海洋地球科学学院海底地球科学与勘探技术重点实验室，青岛 266100
* acli@qdio.ac.cn

末次盛冰期以来，全球海平面快速上升，全球海洋环流系统发生快速调整，导致入海碎屑物质的输运机制发生明显改变。因此，研究海平面的变化有助于加深我们对沉积物搬运动力过程的了解。相对于珊瑚对海平面变化的记录，稳定陆架沉积环境的恢复为海平面的重建提供了另外一种有效的途径。且根据陆架沉积记录重建海平面变化更有助于我们了解相关陆架沉积物的输运过程。

新仙女木时期（12.85-11.65 kyr BP）海平面变化趋势如何和快速融冰期 1B（11.45-11.1 kyr BP）是否存在的问题一直悬而未决。根据稳定的东海陆架上高分辨率沉积记录，重建了 14.0-10.0 kyr BP 时期的海平面历史。根据 6 根沉积记录中碳同位素年代控制点和相关的潮坪相沉积记录，19 个海平面控制点的线性拟合计算出此时期海平面平均上升速率为 10 ± 1 mm/yr (r = -0.90，p(a) < 0.01，n = 19)。13.6-13.0 kyr BP 时期发生快速海平面上升，其平均上升速率为 30 ± 5 mm/yr (r = -0.99，p(a) < 0.05，n = 5)。之后，在新仙女木时期，区域沉积环境演化模式表明海平面上升速率显著下降。新仙女木事件结束之后，海平面上升速率重新加快，在早全新世海平面上升速率达到 7 ± 3 mm/yr (r = -0.96，p(a) < 0.01，n = 6)。并且，早全新世较低的海平面上升速率和渐变的区域沉积环境演化模式表明快速融冰期 1B 在东海缺失。对比相同时期全球其他地区的海平面重建曲线，我们发现由于冰盖均衡效应，海水从低纬度地区向高纬度地区迁移，此迁移导致在低速海平面上升时期，特别是在新仙女木时期，全球海平面趋于相同。

S16-P-05S

孟加拉湾 YDY09 孔沉积地球化学及其物源

朱珠[1,2]，刘建国[1,3]*，向荣[1]，曹立[1,2]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301
2 中国科学院大学，中国北京 100049
3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061
* jgliu@scsio.ac.cn

通过对孟加拉扇下扇 YDY09 孔黏土粒级沉积物的主量、微量和稀土元素的地球化学特征分析，探讨其物质来源及其影响因素。在本研究中，K_2O 与 TiO_2（Ti）比值指示岩芯柱样化学风化强度的变化特征，Al_2O_3 与 TiO_2（Ti）比值反映海洋初级生产力，MgO 与 TiO_2（Ti）比值指示印度半岛的物源输入变化特征，MnO 与 TiO_2（Ti）比值指示海水氧化还原环境的变化，Na_2O 与 TiO_2（Ti）比值指示化学风化作用强度的同时会受到海水的影响。YDY09 孔岩芯黏土粒级沉积物主量、微量和稀土元素随时间发生明显变化，以 7ka，16ka，26ka 为界，将整个岩芯自上往下分为 4 段。

50-26ka，各元素比值无太大波动，显示出指示沉积环境相对稳定。26-16ka 和 16-7ka，化学风化作用强度总体增强，在冷期如 H2 事件（24.1ka）和 H1 事件（16.8ka）时减弱；海洋初级生产力在 16-7ka 总体升高；印度物源输入在 26-16ka 可能受到海流影响而增加，在 16-7ka 与化学风化作用强度变化保持一致；海水氧化还原环境在 9ka 附近出现骤增，推测在此时期海流影响巨大。7ka 至今，化学风化作用强度、海洋自生作用均呈现不同程度的减弱，印度半岛物源输入减少，海水氧化还原环境较稳定。

YDY09 岩芯黏土粒级沉积物轻重稀土分馏明显，轻稀土元素含量较高；经上陆壳（UCC）标准化的 δEu 和 δCe 均无明显异常，表明 YDY09 岩芯沉积物为陆源物质。δEu-∑REE/ Al_2O_3（%）判别图、δEu-$(La/Yb)_{UCC}$/ Al_2O_3 判别图、Al/Ti、La/Sc

和 δ Eu-∑REE/ Al_2O_3（%）的判别函数结果表明 YDY09 岩芯沉积物主要来源于由克里希纳河-戈达瓦里河（K-G）和默哈纳迪河（M）运输的印度半岛碎屑物质，孟加拉湾北部由恒河-布拉马普特拉河（G-B）搬运而来的喜马拉雅山陆源物质、印度尼西亚火山物质对研究区沉积物组成有贡献，硅质生物组分可能影响研究区物源。在这个物源体系中，喜马拉雅山与印度半岛物质交替出现，可能是受浊流、等深流、印度半岛东侧沿岸流和季风海流等水动力因素的影响。

S16-P-06

海山绕流与海岭射流对比研究

郭斌斌 [1,2]*

1 中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510075

2 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510075

* 603764550@qq.com

洋流冲击海山，在泰勒帽机制和潮改正机制的作用下，海山上方生成反气旋环流，并常伴随有冷丘结构和垂向次级环流单元，从而构成复杂的海山绕流结构。海岭射流与海山绕流有许多共同特征，特别是对位于北半球（南半球）的南-北走向海岭来说，海岭西（东）侧为北向流，海岭东（西）侧为南向流，从而实现物质、生物、能量的向极、向赤道输送。

海山绕流和海岭射流都属于地形改正流，即两种地形都具有将震荡流转化为单向流的能力。从海山绕流到海岭射流的发展，可以看成是洋流对地形经历圆形海山、椭圆海山、小段海岭、极长海岭的逐步响应。海山绕流善于捕捉物质，使其受困，而海岭射流则为物质提供了长距离经向输送的动力。充分理解海山绕流与海岭射流动力特征，对深海环流研究有重要意义。

S16-P-07

初探南海深水海盆浊流沉积的古海洋学意义：新近纪长尺度变化

李前裕 [1]*，陈井双 [1,2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 江苏五星资产评估有限责任公司，南京 210008

* qli01@tongji.edu.cn

南海深水海盆自中新世形成之后就开始南北差异, IODP349 航次 U1431 站（东部次海盆,水深 4240m）和 U1433 站（西南次海盆,水深 4379m）所钻取的岩芯记录清楚地记录了这一点。主要体现在有不同的沉积物类型、沉积物特征和沉积速率，特别是浊积层及其分布特征。晚中新世以来，两站的沉积速率变化分别是: 晚中新世 8：3 cm/ky; 上新世 6.1： 7.8 cm/ky; 更新世 5.2：12.7 cm/ky，其中过去 1 百万年期间为 5.5： 22.0 cm/ky。总体看来，除了晚中新世的速率较低外，在其它时间段的沉积速率西南次海盆 U1433 站都比东部次海盆 U1431 站高，最近百万年更比后者高约 4 倍。

两站的沉积物类型也不同。尽管晚中新世都以粗颗粒碎屑为主，U1431 站的粗颗粒层较厚，有火山碎屑; 上新世在 U1431 站多发育泥质层，而 U1433 站则保持泥砂互层至更新世早期。更新世时期，U1431 站主要为泥砂互层外加薄层火山灰，而 U1433 站在更新世中期以来则以泥质沉积物为主。两站的 CaCO3 含量在粗颗粒层高达 60~80 wt%, 在泥质层降到<15 wt%, 含大量有孔虫和钙质超微化石。分选程度很高，具明显的不规则旋回。这些都说明深海浊流活动的影响, 造成 CCD 以下仍有大量 CaCO3 保存，体现出南海的边缘海特色。

一般认为，粗颗粒层属近源堆积，泥质层多为远源堆积，所以前者堆积速率通常较高，后者较低。但 U1433 站 22 cm/ky 的高速率则是以泥质沉积物构成的，如此高产的泥质浊积物反映特别时期特别环境的深水沉积特征，其中北部河流（湄公河、红河）

的物质供给和中央海盆内深水环流或涡流的搬运模式，似乎都扮演着重要的角色。

初步结论，西南次海盆的浊流活动较东部次海盆强，特别是中更新世气候转型以来，西南次海盆发生过极大规模的浊流堆积。1Ma 以来，由于冰期旋回加剧，海平面升降幅度加大，大河流和北部陆架带来更丰富的泥质风化物，成为海流运输的主体，同时期深水涡环流增强，加快其携带物的分选与堆积，从而形成 1433 站典型的巨厚泥质浊积层。但与浊积控制机理等相关问题，如为什么深水涡环流在 1Ma 以后才得以增强，仍需进一步研究。

S16-P-08S

南海深海潮汐的季节性变化特征及其对沉积物的作用

赵玖强，张艳伟*，刘志飞，赵玉龙

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* ywzhang@tongji.edu.cn

深海潮汐是深海混合的主要能量来源，对深海沉积物的再悬浮具有重要的调控作用。本文利用深水锚系观测系统，在南海北部 2100 m 水深的陆坡上进行了为期一年的高分辨率海流剖面观测以及近底海水浊度观测，以期研究深海潮汐变化特征以及对海底表层沉积物的作用。谱分析的结果显示，在深海流场中以潮汐能量为主，全日潮较强。根据经验正交分解（EOF）的分析发现，深海斜压潮主要以低模态存在。全日潮受到 K_1 和 P_1 分潮的相互调制作用，并且呈现冬、夏季较强的季节性变化特征，而半日潮没有明显的季节性变化。在跨陆坡的方向上，近底层动能增大且斜压剪切增强，夏季最大达 1.24×10^{-5} S^{-2}，是其他季节的 2~3 倍，表层沉积物很可能发生再悬浮作用。此外，近底层的浊度观测数据显示，冬季和夏季的悬浮颗粒物浓度较大，夏季最大值可达 130 mg/L，约为年平均值的 8 倍。以上研究结果为深海潮汐的季节性变化对增强深层海水混合及其对沉积物的再悬浮提供了有力的长期观测证据。

S16-P-09

神狐水合物区陆坡滑塌沉积的钙质超微化石生物地层与沉积速率

陈芳[1]，苏新[2]，段婌[1]，周洋[1]，庄畅[1]，吴聪[1]

1 广州海洋地质调查局

2 中国地质大学（北京）海洋学院

对神狐水合物钻探区 W11B/C、W19B 和 W18B 等钻孔岩芯开展钙质超微化石生物地层研究，结果表明水合物钻孔区位于陆坡滑塌沉积上。W11B/C 钻孔钙质超微化石 NN19 带、NN20 带与 NN11 带相间出现，为一套第四纪和晚中心世的混杂沉积，根据生物地层编年原则，W11B/C 钻孔地层时代为第四纪，其沉积速率较高，大于 11.65 cm/ka ；W19B 和 W18B 钻孔钻孔下部厚层上新世沉积中夹有薄层的第四纪沉积，是一套新老混杂的沉积，厚约 45-57m；而钻孔上部为一套正常的第四纪沉积。因此，W19B 和 W18B 钻孔代表第四纪沉积，不到 1.806Ma，沉积速率约 9.2-9.6cm/ka；而该海域正常的第四纪沉积速率一般是 3.14-5.74 cm/ka。推测滑塌沉积发生的时间在第四纪早期和中期。

S16-P-10S

南海东北部现代沉降颗粒通量及其对环境气候因素的响应

张靖雯[1,2]*，刘志飞[2]，张晓栋[2]

1 西北大学大陆动力学国家重点实验室，西安 710069

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
* zhangjw96@foxmail.com

海洋水体中沉降颗粒通量的时空变化可以反映海洋中物质的搬运和沉降过程。本研究利用南海东北部 3 个锚系站位、6 台沉积物捕集器在一年时间内（2013 年 5 月至 2014 年 5 月）所采集的 130 个样品，区分出四种主要的沉降颗粒组分（碳酸盐、蛋白石、有机碳和陆源碎屑），并计算其各自的通量。通过进一步分析颗粒总通量和这四种组分通量的时空变化特征，我们尝试探讨沉降颗粒的季节性变化，以及台风、强烈季风等事件性因素的影响。研究发现，不同水层的颗粒总通量在亚洲冬季风盛行期内均出现高值，四种组分通量都有不同程度的增长，而且中上层水体的变化幅度明显高于下层。此外，在台风过境期间我们观察到上层捕集器样品的生源组分通量迅速增加。这一现象很可能与台风引发的强烈垂直混合作用有关，次表层水体中的大量营养盐向上输送到真光层，从而促进浮游生物的生长和勃发。

S16-P-11S

南海深层重金属含量及来源

孙麟[1,2]，Martin.Wiesner[3]，陈建芳[2]

1 浙江大学，杭州 310058
2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310000
3 德国汉堡大学，汉堡 20146

海水中重金属的来源是多种多样的，如岩石风化、火山爆发、工厂排污等等，其中大部分来源于陆地。从根本上，我们可以将其概括为两类：一是自然地质活动，二是人类活动。陆地上尤其是河流流域岩石风化产生的重金属，大都经雨水冲刷等自然作用进入河流，在河流的搬运过程中，有一部分迁移到河流沉积物中未能进人海洋，其余最终汇集在海洋中。自工业革命以来，由于大规模的资源开发利用和工业的不断发展，越来越多的含有重金属元素的污、废水排入河流、湖泊，甚至直接排入海洋。因此海水中重金属的主要来源主要是河流输入。本文构建了南海深层海洋重金属含量时空分布图，并主要从河流来源上定量定性阐述了输入南海深处的重金属含量。同时值得重视的是：本文指出重金属污染问题已经影响到南海深层，对深海生物体及人体健康有潜在威胁。

S16-P-12

南海玳瑁海山深海沉积物层面构造的原位观测

马鹏飞*，周怀阳，赵玉龙

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
* pma@tongji.edu.cn

为了揭示南海海山区沉积物搬运的基本方式，并进一步认识深海洋流与海山的相互作用。本研究利用 ROPOS 无人遥控深潜器 2018 年 5 月在南海海盆内玳瑁海山区的下潜作业，对海山东坡接近顶部的沉积构造进行了原位观测。初步研究发现，该区域主要沉积了细-巨砾的玄武岩角砾和有孔虫砂。沉积物沿山坡堆积，在陡坎处形成小型扇体，表面发育障碍冲刷痕、波痕等沉积构造。小型扇体展布特征、砾石冲刷痕（迎流面冲刷槽和背流面沉积体）均指示顺坡向下、自西向东的水流方向，说明沉积物的整体分布受控于东向海流和重力作用，部分区域可见指示该方向的波痕。然而，大部分沉积物表面均被后期波痕覆盖，且沿坡向上分布，后期波痕基本特征指示其受南-北双向水流控制，但以南向水流为主导。表层沉积物和短岩芯取样显示，与泥质沉积相比，松散堆积的砂沉积年代较新，有孔虫壳体除从水体直接沉降至海山表面以外，部分可能为原地半固结白垩层受东向和南北向水流侵蚀后的再沉积。

S16-P-13

定量矿物学分析方法研究-以第 9 届雷诺杯样品为例

李艳丽*，刘志飞

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* yanlili@tongji.edu.cn

XRD法是粉晶样品分析最常用的方法，被广泛用于矿物学物相分析研究。准确的定量分析结果可用于指示海洋沉积物的来源，成因及古环境等，具有重要意义。由于天然矿物组分受沉积环境影响，晶体结构多变，对矿物的定性定量分析造成很大困难，难以对多组分矿物进行精确定量。本次研究以美国黏土学会第9届雷诺杯提供的3种混合样（RC9-1（沉积碎屑），RC9-2（风化海洋沉积），RC9-3（沉积碳酸岩））为例，对矿物中的组成进行定性定量分析。每种样品均含有 16 种不同的矿物组分，最终样品含量由多国科学家反复验证，对于准确定量分析方法的建立具有重要意义。

实验中对每个样品在不同预处理条件下（黏土粒级，全岩粒级）进行 XRD 测试，用 Macdiff 软件对黏土图谱分析，用 Reitveld 法对全岩图谱进行拟合计算得出相对含量。黏土分析结果表明：黏土粒级分析由于富集黏土矿物组分，有助于鉴定样品中的黏土类矿物。但是完全重叠峰如 RC9-1 中的皂石和蒙脱石等，常规预处理方法难以区别。全岩分析结果表明，样品的准确鉴定仍然是全岩定量分析的重要前提。一般而言，非黏土类矿物含量>2%时较易鉴定并准确计算，而黏土类矿物由于峰谱重叠，鉴定更为困难。RC9-1 中，由于非黏土类矿物含量较低，有5种矿物未能鉴定，最终仅鉴定分析出9种矿物；RC9-2 中，由于黏土类矿物峰谱重合，有2种未能鉴定出，最终鉴定出12种矿物；RC9-3 中能鉴定出 12 种矿物。由于 XRD 图谱只能准确测量晶体矿物结构，RC9-1，RC9-2 中的无定形相均未能鉴定。研究结果表明，含黏土类矿物较少的样品 RC9-3，较容易精确定量，其中黏土类矿物计算偏差范围较大（Δ）1.8%-4.4%，这主要是由于黏土类矿物晶体结构多变，较难和理论结构完全匹配并拟合计算；非黏土类计算偏差范围较小（Δ）0.2%-3.2%（不包括未能鉴定的矿物），表现出更少的总体偏差（33.8%）；而含黏土类矿物较高的 RC9-1 和 RC9-2，计算出更高的总体偏差（60.9%，62%）。三个样的总偏差为 156.7%（最终结果排名 24 位，雷诺杯前三名的三个样总偏差分别为 70.5%，89.8%，95.6%）。

S17-O-01

寡营养盐海区上层碳和营养盐的通量与海气 CO_2 交换

戴民汉[1]*，杨威[1]，刘志宇[1]，杜川军[1]，郭香会[1]，张方涛[1]，许懿[1]，黄韬[1]

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

* mdai@xmu.edu.cn

寡营养盐海区最显著的特征之一是具有较浅的上边界层，在其以下是永久层化的水体。水体层化抑制了营养盐向真光层的输送进而影响光合作用。因此，真光层可区分为特征迥异的两层结构：即从海表到营养盐跃层上部的营养盐匮乏层（NDL）和从 NDL 底部到真光层底部的营养盐充足层（NRL）（Du et al., 2017, GRL）。基于 2017 年夏季在南海开展的跨学科综合观测，我们研究了该双层结构，并探讨了影响南海海气 CO_2 交换的生物地球化学过程。

基于高频湍流微结构与高分辨率的化学参数观测，本研究分别计算了碳和营养盐跨越 NDL 和 NRL 等密度面的通量，并评估该通量对海气 CO_2 交换的影响。结果显示，相较于 Redfield 比值，溶解无机碳（DIC）的有效通量与溶解无机氮（DIN）和溶解无机磷（DIP）的有效通量的比值很高，表明南海上层存在着过量的 DIC，驱动海洋向大气释放 CO_2。进一步地，本研究利用物理-生物地球化学耦合的方法（Dai et al., 2013, GRL），并结合 NDL 和 NRL 内碳和营养盐的通量与净群落生产力，诊断了海气 CO_2 通量。

S17-O-02

新近纪以来的全球海洋有机碳埋藏

张一歌[1]*，李孜晔[1,2]

1 Department of Oceanography, Texas A&M University, College Station, TX 77843, USA

2 中国海洋大学，海洋地球科学学院，青岛 266100

* yige.zhang@tamu.edu

The burial of organic carbon (OC) in marine sediments is a process that controls the organic sub-cycle of the global carbon cycle. Buried OC is effectively isolated from the Earth's surficial system therefore serve as a net sink for atmospheric CO_2, and a source for O_2, and contributes to the formation of organic-rich sources rocks essential for petroleum or natural gas. The global rate of OC burial is conventionally calculated using the mass balance between inorganic carbon and OC, each with distinct isotopic values ($\delta^{13}C$). However, the uncertainty associated with some key parameters complicates this approach. The history and imperative controls of OC burial are being debated. Here we used a "bottom-up" approach independent from model calculations, to utilize the total organic carbon (TOC%) reported from numerous sites drilled by the International Ocean Discovery Program (IODP). Although TOC% measurement is an IODP standard practice, these data are rarely explored in-depth or synthesized. We targeted > 80 sites covering all major ocean basins and sedimentary environments, to quality-control the data, update their age models, and establish regional and global pictures of TOC mass accumulation rates over the Neogene (23.0-2.6 Ma). This study helps shed light on some fundamental questions such as the spatiotemporal variability of OC burial. We show that over the Neogene, regional and global changes of OC burial rates were substantial which largely impacted the carbon and oxygen cycle as well as the occurrence of organic-rich sediments/rocks.

S17-O-03

末次冰期旋回南海深层水碳酸盐化学变化及其对碳循环的指示意义

万随[1,2]，翦知湣[2]*，王婷婷[2]，党皓文[2]，乔培军[2]

1 中科院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* wansuiyouwei@163.com

晚第四纪大气 CO2 浓度与地球气候协同变化，并且具有明显的冰期旋回波动（~100 ppmv 幅度）特征，目前任何简单的机制或参数变化均难以完全解释这一现象；诸多假说已指出深海碳酸盐化学的变化在其中起着相对主导而关键的作用，但学界仍十分缺乏相关的古海洋记录来认识和验证。底栖有孔虫 B/Ca 比值，是近年来用以定量重建深部海水碳酸根离子饱和状态（$\Delta[CO_3^{2-}]$）或浓度（$[CO_3^{2-}]$）的新指标。与其它海水碳酸盐化学参数——碱度（ALK）和溶解无机碳（DIC）的关系，可以近似表征为$[CO_3^{2-}] \approx 0.6 \times (ALK - DIC$，定量重建深海$[CO_3^{2-}]$的记录将有助于理解和认识深海碳酸盐化学的变化及其在全球碳循环过程中的作用。本次研究利用南海北部 MD05-2904（~2066 m 水深）与南部 MD05-2896（~1657 m 水深）高质量岩芯中底栖有孔虫 Cibicidoides wuellerstrofi 的 B/Ca 比值，来重建末次冰期旋回南海深层海水$[CO_3^{2-}]$的变化，并认识其对碳循环的

指示意义。结果显示，末次冰期演进过程中，从较长时间尺度看，南海深层水$[CO_3^{2-}]$具有逐步升高的趋势，与全球海平面的降低相对应，可归因为海平面下降、珊瑚礁的陆架可利用面积收缩导致浅海珊瑚礁生长率降低和 CaCO3 埋藏降低，促使深海 ALK 的消耗减少、$[CO_3^{2-}]$升高；证明了“珊瑚礁假说”在较长时间尺度上，影响深海$[CO_3^{2-}]$，调节大气 CO2 浓度的变化。叠加在$[CO_3^{2-}]$的长趋势中，在 Marine Isotope Stage (MIS) 5c/d, MIS 5b, MIS 4 和末次盛冰期（LGM）也存在较短暂的变化，均随着底栖有孔虫 $\delta^{13}C$ 的减小（指示碳从陆地生物圈向深部海洋运移）而降低，这一现象也存在于赤道太平洋和赤道大西洋的深层海水$[CO_3^{2-}]$的重建记录中，表明碳在不同储库中的运移对$[CO_3^{2-}]$的短期变化有重要影响。特别地，在 MIS 4 时期，南海深层海水$[CO_3^{2-}]$与 $\delta^{13}C$ 变化具有明显的去耦合关系，表明碳酸盐补偿作用（数千年时间尺度）对碳向深海运移（$\delta^{13}C$ 减小）的过程发生响应。总之，南海深层海水$[CO_3^{2-}]$的记录与分析，揭示末次冰期以来海洋 ALK 变化和碳运移对深海$[CO_3^{2-}]$的变化有重要影响，而深海碳酸盐化学系统的变化对冰期大气 CO2 浓度的降低也产生了重要作用。

S17-O-04

南海浮游生物群落对生物泵的调控作用

黄邦钦*，邱勇，肖武鹏，柳欣

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

* bqhuang@xmu.edu.cn

海洋生物泵是海洋生态系统储碳的重要途径，边缘海因其生产力高、对有机碳的埋藏贡献大等特点，对全球碳循环和碳埋藏具有重要意义。然而，由于边缘海环境梯度和生物群落时空变化大，其生物泵效率和碳输出的调控机制目前尚不清楚。

本研究基于长时间序列数据集、漂浮式沉积物捕获器、甲板模拟沉降等实验手段，研究南海不同生态系统（陆架、陆坡和海盆）浮游生物群落结构的变化及其对颗粒有机碳（POC）输出通量，探讨浮游动物粪球沉降对 POC 输出的影响，取得如下主要结果：

1. 基于近 10 多年的观测数据，揭示了南海浮游植物群落的时空演变模式，空间格局可分为 5 种分布模式即近岸（硅藻、甲藻）、陆架（青绿藻等）、海盆（原绿球藻）、表层（聚球藻）和次表层（定鞭藻-8、青绿藻）模式。并从实际生态位及其特性的角度阐明该时空格局来自于不同类群在温度、光照及营养盐浓度这三者之间的权衡差异，这些差异决定了它们对未来环境变化的适应能力。

2. 真光层底部 POC 输出通量呈陆架-陆坡-海盆逐渐增加的趋势，浮游动物粪球对 POC 输出通量的贡献率为 27~84%，圆柱形粪球为该海域粪球 POC 通量的主要贡献者。通过相关性分析和 GAMs 模型分析表明，浮游动物粪球 POC 含量与优势浮游植物类群生物量呈显著正相关；浮游动物粪球沉降速率与硅藻和甲藻的生物量呈显著正相关，二者生物量可解释 60%的沉降速率变化。

S17-O-05

黑潮入侵溶解有机碳在南海的迁移和转化机制研究

李骁麟[1]*，谷帅[1]，吴凯[1,2]，江鹏[1]，张锐[1]，陈红梅[3]，刘占飞[4]，戴民汉[1]

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

2 上海海洋大学海洋生态与环境学院，上海 201306

3 Department of Chemistry and Biochemistry, Old Dominion University, Norfolk, VA 23529, USA
4 Marine Science Institute, The University of Texas at Austin, Port Aransas, TX 78373 USA
* xlli@xmu.edu.cn

南海是太平洋最大的边缘海，其生物地球化学过程与黑潮入侵带来的物质和能量的交换过程息息相关。自北赤道流的黑潮经过西菲律宾海，可以入侵吕宋海峡与南海北部进行水体交换。高温、高盐的黑潮水同时携带了较高浓度的溶解有机物(DOM)和较低浓度的营养盐。已有研究表明，黑潮入侵 DOM 对南海北部碳的收支平衡可能存影响，且若此外源 DOM 在南海北部由微生物的作用产生降解，将释放额外的“新营养盐”，直接促进南海真光层的新生生产力并影响生源要素的循环。本研究聚焦于黑潮入侵过程对南海北部表层水体溶解有机碳(DOC)分布的影响；通过等密面混合模型和现场培养实验，解析黑潮入侵 DOC 在南海的降解过程及其调控机制；初步估算黑潮入侵 DOM 降解产生的外源营养盐，及其对南海碳循环的潜在影响。

本研究通过冬季和夏季两个航次调查，构建等密面混合模型，发现南海北部表层海水 DOC 分布受黑潮影响显著，并且交换过程中 DOM 产生降解，最高达 6-7　M；通过现场培养实验研究黑潮 DOM 在南海微生物作用下的降解过程，发现在 14 天内 DOC 由 80 M 降至 77 M，细菌的丰度也在两天内上升两倍。将培养系统的营养盐添加至南海 100 m 水深的浓度水平，发现细菌的生长和 DOC 的降解速率和程度都有更显著的增长，DOC 在 14 天内由 80 M 降解至 72 M，生物可利用 DOC 约占总 DOC 的 10%。同时通过对固相萃取 DOM 的质谱分析和溶解态可水解氨基酸组分的分析，发现南海和受黑潮所在的西菲律宾海表层 DOM 在分子组成上存在显著差异。最后初步估算黑潮引入的外源 DOM 的降解所贡献的营养盐的通量，与固氮和大气沉降等过程相当，对南海碳循环产生不容忽视的影响。

S17-O-06

南海深部微生物参与碳转化过程和机制的一点认识

王风平[1]*，王寅炤[1]，庄光超[2]，牛明杨[1]，徐雷[1]，梁乐文[1]，侯佳林[1]

1 上海交通大学生命科学与技术学院
2 美国佐治亚大学海洋学院
* fengpingw@sjtu.edu.cn

海洋沉积物是地球上最大的有机碳库，有机质主要来自于陆源输入和表层海水中的初级生产力有机质沉降。河流每年输入到海洋沉积物中的有机质是陆地生产力的 1%，主要以颗粒有机碳（POM）和溶解有机碳（DOM）的形式运移；海洋水体中的颗粒有机物在沉降的过程被再次矿化成 CO_2，最终到达平均水深 4000 米海底的有机质不到表层生产力的 1%。沉积物中有机质的转化（降解）控制了许多（生物）地球化学过程，包括例如无机碳和营养元素的循环，碳酸盐的溶解，有机碳的埋藏等。因此沉积物中有机碳的降解矿化将最终决定大气 CO_2 和 O_2 含量的波动（海洋是大气中 CO_2 和 O_2 的汇或者源），进而在长时间尺度上影响地球气候变化。海洋沉积物有机质的降解/转化和埋藏过程及其机制研究是认识和理解地球系统生物地球化学循环和气候变化的重要环节，然而由于其复杂性目前的认识仍相当有限。

在此我们以近年来本课题组为主在南海深部微生物介导有机质转化研究的基础上，尝试进行比较和归纳以期形成一些关于深部微生物介导碳循环过程和机制的认识，并发现和提出问题开展新的研究。初步的认识包括厘清了南海北部沉积物中微生物的主要类群和初步分布规律；发现参与陆源有机质降解新的微生物类型；在南海沉积物硫酸盐还原带上部发现了产甲烷反应和硫酸盐还原反应同时存在，暗示存在一个被忽略的隐形甲烷循环等。海洋深部微生物参与的碳循环过程和机制的理解目前还比较初步，

需要更多的多学科交叉和定量的观测数据以构建定量模型深入我们的认识。

S17-O-07

海洋氮循环与黑暗碳固定

张瑶*，焦念志

近海海洋环境科学国家重点实验室（厦门大学），厦门 361100

* yaozhang@xmu.edu.cn

海洋是地球上最大的氮储库，其储氮能力约为陆地的五倍，这使得海洋系统在全球氮循环中非常重要。氮在海洋中的生物地球化学过程几乎全部依赖于丰富而多样的微生物介导，因而氮循环是所有生源要素的生物地球化学循环中，与微生物关系最密切、最彻底的元素循环。海洋系统中的氮循环过程是具有明显垂直空间结构的网络模式。其中，硝化过程是开放海洋中最重要的过程，该过程产生硝酸盐，是海洋中最丰富的生物可利用无机氮。作为硝化过程的第一步，氨氧化过程被普遍认为是限速步骤而被长期关注；而亚硝酸盐的氧化过程一直被人们所忽略，研究甚少。硝化作用中这两个过程的耦联在不同水团及水柱的垂直梯度上具备不同的特征以及不同的生态学意义。此外，氨氧化和亚硝酸盐氧化菌均是自养微生物，因此为海洋生态系统提供了不可忽略的初级生产力组分，尤其是在深海，是形成深海黑暗碳固定的主要驱动者。研究聚焦于两个耦联关系——氨氧化过程与亚硝氧化过程、硝化过程与固碳过程的解析，为海洋碳-氮循环的耦合过程提供了证据。

S17-O-08

利用氨基酸同位素特征评估河口有机碳的来源及其降解水平

康佩虹[1]，张晗[2]，祝依凡[1]，何碧烟[3]，李青[1]，唐甜甜[1]*

1 近海海洋环境科学国家重点实验室（厦门大学），厦门 361102

2 中国科学院城市环境研究所，厦门 361021

3 集美大学，厦门 361021

* tiantian.tang@xmu.edu.cn

氨基酸是海洋生态系统中活性有机物的主要成分和重要的指示剂。为探讨河口环境活性有机物的行为规律，我们于 2016 年 12 月份对珠江口沉积物和颗粒物中单体氨基酸碳同位素特征展开了调查。研究发现氨基酸的 ^{13}C 在盐度断面上具有明显的梯度变化，但氨基酸的 ^{13}C 总是高于同一样品的总有机碳，且二者的差异在河口区不同站位存在显著的不同。这一发现说明受惰性的陆源有机物的影响，河口活性有机碳的行为和总有机碳并不总是一致的。通过对珠江口原位微生物群落的降解能力调查，我们进一步发现，氨基酸和总有机碳之间 ^{13}C 的差异主要受有机碳中氨基酸相对含量变化的调控，

基于上述发现，我们建立了一个用于区分河口有机碳来源的模型，Liability model。该模型根据质量平衡、同位素平衡和有机组分同位素差异，定量计算出 1）陆源惰性有机物、河口浮游植物来源 2）氨基酸及 3）其他有机组分对河口有机碳的相对贡献。该模型发现，同溶解态过程不同，陆源有机物对河口不同站位颗粒有机物的贡献呈现出高度动态的变化特征，同时，该模型在排除了陆源惰性有机物影响之后，还成功揭示了河口浮游植物来源的有机碳的降解水平和行为规律。

S17-O-09

南海和西太平洋溶解有机质产生、储存和交换的光谱示踪研究

郭卫东[1]*，王超[1]，李炎[1]，Yizhen Li[2]，徐静[1]

1 厦门大学海洋与地球学院、近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

2 Department of Applied Ocean Physics and Engineering, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, 02543, USA
* wdguo@xmu.edu.cn

溶解有机质（DOM）是海洋中最大的还原性碳库，每年以 DOM 形式输入海洋内部的碳通量与海洋每年吸收的人为源 CO_2 量相当，因此海洋 DOM 源、汇格局的微小变化都会对全球碳循环以及气候变化产生重要影响。有关深海惰性有机质（RDOM）的成因及其在海洋碳汇中所扮演的角色，更是成为海洋碳循环研究的一个热点领域。

具有深海盆地的边缘海往往通过一个或多个海峡与开阔大洋相互作用，虽然两个海域的水文和理化环境较为相似，但边缘海的半封闭性质及特殊的地形地貌特征，仍使其在水团特征、环流形态、营养盐水平、生物生产力等方面与开阔大洋存在差异，这种差异会导致两个海域 DOM 的生地化循环存在哪些不同，这种不同通过海峡的水交换又会对对方海域 DOM 的迁移、转化和储存产生哪些影响，都是需要仔细梳理的重要科学问题。南海是西太平洋最大的边缘海，无论是表层、中层还是深层水体，都会通过吕宋海峡与西菲律宾海发生强烈的水交换过程，边缘海与开阔大洋的水团相互作用涵盖全部水层，是探究上述科学问题的理想场所。

我们于 2014-2017 年在南海、吕宋海峡、西菲律宾海开展了多个航次的现场调查，采用紫外-可见吸收光谱和三维荧光光谱分析技术对 DOM 进行了定性与定量表征，获取了调查海域有色溶解有机物（CDOM）和荧光溶解有机物（FDOM）的表观丰度以及 DOM 的芳香度、相对分子量、腐殖化程度等大量信息。在此基础上，通过物理海洋学与生地化研究手段的有机结合，获取许多新的认识。在真光层，黑潮入侵、中尺度过程、台风事件对 DOM 的时空分布有重要的调控作用。在中层，南海与西菲律宾海 RDOM 具有不同的产生速率，与各自海域的生物泵过程存在一定的耦合关联。南海中层会向西菲律宾海输送大量腐殖化程度较低的“过剩”RDOM。在深层，南海 RDOM 表现出某种积累趋势。本研究表明，光谱分析对于研究海洋内部惰性有机碳的积累与储存机制具有重要的示踪作用。

S17-O-10

南海晚中新世以来沉积物生物地球化学过程

陈毅凤 [1]*，John Pohlman[2],Verena Heuer[3]

1 中国科学院广州地球化学研究所，广州 500640
2 USGS, Woods Hole Coastal & Marine Science Center, MA 02543, US
3 MARUM, University of Bremen, D-28334, Bremen, Germany
* yfchen@gig.ac.cn

国际发现计划 IODP 349 航次在东部次海盆和西南次海盆的残留洋脊的附近的两个站位 U1431 和 U1433，成功钻取了基底玄武岩及其上覆的沉积层。本研究通过对 U1431 站位和 U1433 站位晚中新世以来沉积层的孔隙水化学组成——硫酸盐、碱度、铵、乙酸、DOC，和孔隙水的 DIC、DOC 和乙酸的稳定碳同位素组成，以及孔隙水对应层位的沉积物的钙质碳酸盐岩和总有机碳的含量和它们的稳定碳同位素组成，开展了系统的分析。研究表明这两个站位的孔隙水和沉积物的地球化学深度曲线存在很大的差异，尤其是孔隙水的乙酸、DOC 和碱度的含量，以及它们的稳定碳同位素组成，其中 U1431 站位仅在晚中新世的地层检测到乙酸，且乙酸含量低~3-14 μM（平均=7±4 μM，n=7）。而 U1433 站位基本上整个层位都能检测到乙酸，乙酸含量较高 6-122 μM（平均 33±34 μM， n=25），其 δ13C 值为 -45 ~ -18 ‰PDB。U1431 站位孔隙水的 DOC 浓度比 U1433 的低近一个数量级，但是 U1431 孔隙水 DOC 的 δ13C 却比 U1433 的低些，分别为 -23.0± 2.2 ‰PDB 和 -20.7±1.4 ‰PDB。结合沉积物的钙质碳酸盐岩和 TOC 的含量以及它们的稳定同位素组成，显示这两个站位的沉积物生物地球化学过程主要受沉积物来源、沉积过程如浊流沉

积、有机碳和钙质碳酸盐岩的堆积速率等控制。

S17-O-11

末次冰期以来南海碳酸盐系统的不变性以及其对西太平洋碳酸盐系统的意义

罗一鸣*

中山大学海洋科学学院，珠海 519082

* luoyiming@mail.sysu.edu.cn

海洋沉积物中海相碳酸钙（$CaCO_3$）含量的实质性相关变化通常伴随着从寒冷的冰期到温暖的间冰期的过渡。通常南海（SCS）深部被认为是受到大洋水体性质的影响，其碳酸钙记录应该反映并保存（西)太平洋碳酸盐化学变化的影响。利用已发表的和新测量的 $CaCO_3$ 含量数据和碳酸盐补偿动力学模型，我们发现在末次冰期-间冰期旋回期间，南海深部不太可能发生碳酸盐饱和度的重大变化。相反地，碳酸盐沉积模型的结果显示南海的碳酸钙饱和状态在很大程度上是不变的; 此外，利用另一个单独的早期成岩模型，我们发现沉积物中 CaCO3 含量的变化可以通过陆源颗粒物输入的变化来解释。反过来，这可能表明（西）太平洋深处(于与南海有连接的 Sill 的深度(2400m)以上)的碳酸盐离子浓度自末次冰期以来保持不变。

S17-O-12

培养条件下底栖有孔虫对 pH 变化的响应：经典方法和分子方法的非耦合结果

类彦立[1,4]，董帅帅[1,4]，吕曼[1,4]，李铁刚[2,4,5]*，翦知湣[3]*

1 中国科学院海洋研究所海洋生物分类与系统演化实验室，青岛 266071

2 国家海洋局第一海洋研究所海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，青岛 266061

3 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

4 中国科学院大学，北京 100049

5 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

* tgli@fio.org.cn; jian@tongji.edu.cn

海洋酸化是生态系统面临的重要环境压力，尤其在陆架海区的海水 pH 值近几年呈现下降趋势。钙质底栖有孔虫是海洋环境灵敏的指示器，但与海水 pH 值的关系研究仍然缺乏数据。本工作采集了陆架海域不同深度梯度五个站的沉积物，在实验室进行 3 pH 梯度下培养实验，周期为 6 周和 12 周（pH 值= 8.3，7.8 和 7.3），研究 pH 值降低和室内培养孵化对底栖有孔虫的影响。有孔虫的形态学研究在显微镜下进行，同时，采用有孔虫特异性引物（s14F3-S17）来扩增 SSU rRNA 基因的短的高变区。

形态学研究表明，在所有的站位中，pH 值对底栖有孔虫群落具有显著的影响（$P<0.05$）。随着降低 pH 值，群落丰度、物种数、多样性指数下降。pH 值对底栖有孔虫的影响在水深最大的站位最为显著，随着 pH 值降低，群落的丰富度和物种丰富度急剧下降，当 pH 值低于 7.8 活体有孔虫无法生存。与此相反，近岸站位 pH 值影响相对不太显著。但是，当实验室培养过程中 pH 值下降，所有站位有孔虫群落参数下降，呈现出玻璃质壳有孔虫减少、胶结质壳型的比例增加的趋势。

分子研究结果表明，随着 pH 值的降低，有孔虫分子多样性呈现不同趋势的变化，即有孔虫的 OTUs 在近岸站位明显降低，而来自深水站位的样品经实验室培养后 OTUs 反而增加。推测分子结果受“小个体”或“幼体”的分子影响较大。

根据形态学和分子两个研究结果的对比，初步认为：随着海水 pH 值的降低，有孔虫群落参数显著下降，尤其是对形体较大的物种或个体影响显著。此外， pH 值的降低，对深水站的底栖有孔虫可能比近岸浅水站位受到更大的影响，在浅海环境中有孔虫

组合对 pH 值的变化表现出一定的耐受性（由青岛海洋科学与技术国家实验室鳌山科技创新计划项目（2016ASKJ13）和国家自然科学基金 41476043，41230959 支持）。

S17-P-01

南海沉降颗粒物再生对深层水化学参数的贡献

陈建芳 [1]*，张静静 [1]，王斌 [1]，M G Wiesner[2]，李宏亮 [1]，杨志 [2]，冉莉华 [1]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 Institute of Geology, University of Hamburg, Hamburg D-20146, German

* jfchen@sio.org.cn

海洋浮游植物通过光合作用吸收大气中的二氧化碳，并随颗粒物输向深海，该过程称为海洋生物泵过程，生物泵可以通过深海生物地球化学通量衡量。基于沉积物捕获器获得生物泵输出深海的通量，通过分析其中的微体生物和地球化学指标来推测上层海洋的生物地球化学过程，这几个方面已经有比较多的研究。本文从深海生物地球化学通量输出深海过程中的溶解和无机碳和营养盐再生，以及深层水在海盆中的交换时间等角度，分析评价南海沉降颗粒物生源物质再生对深层水化学参数的贡献，对于了解全球变化背景下的碳循环过程、古海洋替代指标新解释等均具有重要意义。

S17-P-02

南海北部末次冰盛期以来中上层水体演化

杨艺萍 [1]，向荣 [2]*

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

* rxiang@scsio.ac.cn

中层水是全球大洋温盐环流中一个重要的组成部分，将地球高纬度地区的深层水和气候变化的信号传输到全球各个海域，同时其也是深海与大气的碳循环和热量交换过程中的重要通道。热带西太平洋处于北太平洋中层水（North Pacific Intermediate Water，NPIW）和南极中层水（Antarctic Intermediate Water, AAIW）的“末端处”，比较有利于研究南、北太平洋中层水的温盐环流的强弱变化。因此，研究中低纬度西太平洋地区的中上层水的演变能为全球变化提供重要的依据。南海属于半封闭的边缘海，且沉积速率较高、碳酸盐保存较好，对西太平洋的环境变化信号有放大作用，可为研究全球温盐环流在西太平洋海域的变化提供条件。但我们对南海中层水的演变历史及其对全球温盐环流的响应研究得非常少。

本研究利用南海北部 S0204B 和 GHE27L 孔中浮游有孔虫 Globorotalia scitula、和 Globorotalia inflata 壳体的 Mg/Ca 和 $\delta^{18}O$，重建了末次冰盛期以来的南海北部中层水的温盐演变，并结合浮游有孔虫 Globorotalia truncatulinoides（right）、Pulleniatina obliquiloculata 和 Globigerinoides ruber 壳体的 Mg/Ca 和 $\delta^{18}O$ 变化，重建了末次冰盛期以来南海北部中上层水体的垂直温度结构变化。结果表明：1）南海北部的浮游有孔虫 G. inflata 和 G. scitula 的生活深度分别约为 200-450 米和 500-650 米；2）南海北部中层水的温度和盐度，在末次冰盛期时较高，进入末次冰消期后达到最高值，而在全新世期间皆出现大幅度下降；3）末次冰盛期和末次冰消期期间的南海北部的水体垂直温度差远远小于全新世的垂直温度差。经过综合对比分析，我们认为，在末次冰消期期间，南海北部的中层水的高温高盐可能更多是受到了来自南大洋的中层水的影响，而进入全新世后，南海中层水主要受来自北半球高纬度地区低温低盐的 NPIW 的影响。此外，南海北部中上层水体的垂直温度差从末次冰消期向全新世逐渐增加，可能与海洋热量的释放有关系。

S17-P-03S

珠江口甲烷产生菌随盐度梯

度的变化

陈松泽[1]*，王鹏[1]，刘浩东[1]，谢伟[1]，张传伦[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 南方科技大学海洋科学与工程系，深圳 518055

* songzechen2012@sina.com

甲烷是大气中主要的温室气体，对全球气候变化有重要作用，同时也是全球碳循环重要组成部分。随着人类活动影响的加剧，大量的营养物质输入导致河口正常生态系统遭到破坏，水体富营养化及厌氧加剧，造成河口区域甲烷产生活动日益显著。然而，目前对河口区甲烷产生菌的丰度和群落结构及其对环境的响应的研究相对薄弱。本研究中采集了珠江口区域沿盐度梯度采集水体和表层沉积物样品，以 qPCR 定量和高通量测序技术为主要手段，系统研究了珠江口甲烷产生菌丰度和群落结构的变化规律及其主要环境控制因子。定量结果表明水体及表层沉积物中甲烷产生菌的丰度对盐度升高的响应较总古菌更为敏感，意味着盐度是其重要限制因子，且甲烷产生主要集中在淡水区沉积物中；测序结果表明珠江口有着丰富甲烷产生菌群，其中部分甲烷产生菌对水体中甲烷浓度有显著相关性，指示水体这部分甲烷产生菌可能释放甲烷。

S17-P-04S

南海西南次海盆深部沉积物中微生物群落组成及其对天然气水合物的指示意义

刘浩东[1]，王鹏[1]，张传伦[2]*

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 南方科技大学海洋科学与工程系，深圳 518055

* zhangcl@sustc.edu.cn

海底天然气水合物的成因与沉积物中微生物的群落组成密切相关。南海北部的天然气水合物及微生物相关研究已经是当今热点，然而南海西南次海盆的研究却相对薄弱。本研究通过对 IODP349 航次 U1433 岩心样品进行古菌和细菌的定量和高通量测序分析，旨在揭示南海西南次海盆微生物的群落组成特征及其对天然气水合物的指示意义。研究发现，古菌和细菌的丰度都随深度的增加而降低，而且在 35 米以深突然降低了一个数量级以上。有趣的是，35 米处微生物的丰度虽然显著高于更深层的样品，但其多样性却非常低。结合甲烷浓度和硫酸盐浓度在该层位出现的显著变化，我们推断硫酸盐-甲烷转换带（SMTZ）大约位于 35 米处。该层位的细菌显著优势类群是 Atribacteria，古菌显著优势类群是 MBGB，这两类微生物常常大量出现在天然气水合物带或含有高浓度甲烷的厌氧沉积物中。其他沉积层位的古菌优势类群主要是深古菌门，但在约 60 米处含有较多甲烷厌氧古菌类群 ANME-1b，在更深的层位则含有较多的产甲烷菌。35 米以浅沉积层位的细菌优势类群主要是绿弯菌门，以深层位主要是变形杆菌门。该研究表明南海西南次海盆深层沉积物中的微生物群落组成特征与天然气水合物有明显的关联性，较深的沉积层中可能存在天然气水合物。

S17-P-05

从有机质降解到水合物的形成

张辉[1]*，刘丽华[1]，苏正[2]

1 中国科学院广州能源研究所天然气水合物成藏机制研究室，广州 510640

2 中国科学院广州天然气水合物中心，广州 510640

* zhanghui@ms.giec.ac.cn

南海神狐海区的天然气水合物,其气源存在着生物成因和深部热成因两种来源。全球已勘探发现天然气水合物的区域均发现

了生物成因的甲烷。在探讨天然气水合物资源量的评估时，最近许多科学家直接根据有机质降解形成的甲烷来进行评估。

那么仅生物成因的甲烷能否形成可观的天然气水合物呢？已有学者表明生物成因的甲烷足以形成现有天然气水合物的规模。我们以神狐水合物钻探区 SH3 站位的地质背景为依据（包括水深，硫酸盐甲烷转换带，孔隙度，温度，沉积速率，甲烷溶解度曲线，有机质反应速率等），以稳态对流扩散甲烷物质平衡方程为数学模型进行简化数学模拟，得到了微生物甲烷的形成，溶解甲烷的浓度，天然气水合物的分布等曲线等。含有砂等粗粒的地层中形成了天然气水合物，而相邻的泥质沉积层中贡献了微生物甲烷。生物成因的甲烷完全可以形成现有的天然气水合物分布。

从有机质降解产生甲烷，甲烷在海底地层孔隙流体中运移，到最后天然气水合物的形成，碳循环在其中有着跨大时间尺度的转移。

生物成因的甲烷在天然气水合物气源中的权重还需要全球水合物区的深入对比研究。

S17-P-06

颗石藻细胞大小与生产力对颗石同位素生命效应的控制

金晓波，刘传联*，张洪瑞

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* liucl@tongji.edu.cn

颗石藻是一种海洋单细胞浮游藻类。颗石藻细胞内可以形成颗石然后覆盖在细胞表面形成颗石球。由于颗石藻生理作用（光合作用与钙化作用）的影响，颗石氧、碳同位素值与海水中沉淀的无机碳酸钙会有一定的偏差，此偏差值即为颗石同位素的“生命效应”。而这种生命效应会随颗石藻属种的变化而变化，因此会影响到颗石同位素在古海洋学中的应用。同时，颗石同位素的生命效应在一定程度上也能反映一些海洋环境的变化（如海水碳酸盐系统），因此研究颗石同位素及其生命效应具有十分重要的意义。

对西太平洋 KX21-2 柱状样 40 万年来沉积物中颗石及其同位素进行了研究。通过差异沉降法在，分离出近乎单种的 Gephyrocapsa 颗石（重量含量>80%）。同时分析了颗石的氧、碳同位素，测量了颗石大小及其丰度。发现 Gephyrocapsa 颗石氧、碳同位素的生命效应受颗石藻细胞大小与生产力的控制。首先，Gephyrocapsa 颗石 40 万年来的属种变化受演化控制，氧同位素 8 期之前，颗石群落由较小的 G. caribbeanica 和 small Gephyrocapsa 所主导，且颗石丰度高表明具有较高的生产力、颗石同位素生命效应较偏正；氧同位素 8 期之后较大的 G. oceanica 为最主要的颗石属种，颗石生产力较低、同时颗石同位素的生命效应更偏负。

对于碳同位素，由于钙化作用会优先利用较重的 ^{13}C，因此这种瑞利分馏效应就由碳酸钙的沉淀速率所有控制。较大的颗石代表了颗石藻细胞具有较高的钙化速度，即单位时间内碳酸钙的沉淀量，因此所沉淀的颗石碳酸钙的碳同位素组成偏轻，对于较小的颗石藻反之亦然。同时颗石的高生产力也代表了颗石藻细胞具有较高的生长（光合作用）速率，由于光合作用优先利用较轻的 ^{12}C，那么较高的细胞生长速率会导致剩余碳库总无机碳的碳同位素组成偏重，那么利用此碳库所沉淀的颗石方解石也偏重。对于氧同位素，由于所有碳酸盐相关的离子与水之间的同位素达到完全均衡需要相当长的时间。因此对于较高生长速率的细胞，其氧同位素不均衡的程度也越高，那么会使沉淀的颗石碳酸钙具有较多 CO_2 氧同位素的印记，其氧同位素组成也偏高。同时，颗石氧、碳同位素生命效应之间具有较高的相关性，同时值也偏负，表明了钙化作用中动力学分馏效应（CO_2 的水化与羧化）的影响。

此研究不但显示了颗石藻生理作用对颗石同位素的影响，同时也表明在一定程度上颗石同位素可以作为颗石藻生理作用的指标。由于在烯酮重建 CO_2 的工具中（颗石藻为大洋烯酮的最主要生产者），b 值代表

了颗石藻生理作用的综合，那么利用颗石同位素可对此工具中的 b 值进行更好的校正，最终能极大地提高此 CO_2 重建工具的可靠性。

S17-P-07S

南海深部沉积物中古菌 GDGTs 的来源、保存及启示意义

吴伟艳 [1]，张传伦 [2]*

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 南方科技大学，海洋科学与工程系，深圳 518055

* zhangcl@sustc.edu.cn

古菌是海洋地球生物化学元素循环的重要参与，同时也是海洋环境变化的亲历者。古菌细胞膜脂类化合物具有十分独特的结构，其核心化合物简称 GDGTs。随着周围环境的变化，古菌会调节其细胞膜脂类化合物的组成。当活性的细胞死亡裂解以后，GDGTs 原来链接着的极性头裂解，只留下核心 GDGTs，而它们经过沉降和埋藏过程，保留在海洋沉积物中，成为了古海洋环境的记录者。例如，基于 GDGTs 组成建立的 TEX86 指标可以用来指示古海水表层温度。但是，埋藏后的 GDGTs 组成在成岩过程中的是否会被改造，进而影响指标的应用？南海 IODP 349 航次获取的 U1431 和 U1433 站位沉积物具有独特的特征，比如 U1431 站位地热梯度低，有机质含量低，而 U1433 站位地热梯度高，有机质含量高，孔隙水中的甲烷浓度高。而且 U1431 和 U1433 都含有丰富的浊流沉积物。因此，我们能探讨沉积过程和埋藏过程对 GDGTs 的影响。结果表明，U1433 沉积物中 GDGTs 的含量比 U1431 的含量高，与 TOC 的情况相同。而且，同一沉积阶段的沉积物中的 GDGTs 的含量随着深度呈现对数下降趋势，这表明沉积过程和成岩作用对 GDGTs 的保存量有影响。两个站位的主要成分都是 Cren，其次是 GDGT-0。GDGT-1，GDGT-2 和 GDGT-3 以及 Cren’是次要组成成分。U1433 的 GDGTs 组成特征明显分成了两个群组，而 U1431 虽然比较离散但是没有明显的分组，有可能是因为 U1431 站位整体的沉积物来源一致，而 U1433 的沉积物可能由两组完全不同来源。同时，U1431 和 U1433 沉积物中 GDGT 的组成和 TEX86 随岩性变化不大，因此岩性对 GDGTs 的组成并没有造成明显的影响。总之，GDGTs 的保存的含量同时受到沉积过程和埋藏过程的影响，但其组成在沉积物再搬运和成岩过程中受到的改造不明显。

S17-P-08S

基于深时碳收支和数值模拟机制探讨晚中新世大洋碳位移事件

杜金龙*，田军

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* 0811djl@tongji.edu.cn

晚中新世大洋碳位移事件（LMCS）发生于晚中新世 7.65-6.5 百万年前，表现为全球开阔大洋中浮游、底栖有孔虫壳体的稳定碳同位素记录（$\delta^{13}C$）出现的准同步负偏现象，综合幅度高达 0.9 ‰，是近十个百万年以来最大规模的全球性碳同位素漂移事件。在近 40 年的研究历史中，学界提出了生物勃发事件、洋流改组和陆源碳库分异三种假说，但都无法从机制上完整解释 LMCS 事件的成因，更缺乏从全球深时碳收支的角度看待该事件的尝试。在以往研究的基础上，我们集成并综述了最新的的构造态、气候态数据，从数值模拟机制及物理-生物地球化学角度出发，我们认为：1.LMCS 时期，全球开阔大洋 $\delta^{13}C$ 的负偏，来自于全球碳收支的重大改组，受气候态影响，其中最主要的增流项为陆地向大洋，总增量约 400-700Gt 碳；2.输入的轻碳迅速改变了上层水体的碳同位素组成，但物理混合过程本身不是

LMCS 事件中底层水 $\delta^{13}C$ 产生“漂移”式负偏的原因；3.随轻碳输入的陆源营养，刺激了海洋上层生产力，使得负偏信号迅速到达水柱底部；4.巴拿马海道在晚中新世短暂关闭后，于 LMCS 后期逐渐加深，减弱了全球大洋经向输运的能力，这可能成为 LMCS 结束的重要因素。

S17-P-09S

南海溶解氧和无机碳系统的分布特征及主要调控机制

苏锡宝 [1,2]*，郭香 [1,2]

1 海洋环境国家重点实验室，厦门大学，厦门 361102

2 海洋与地球科学学院，厦门大学，厦门 361102

* xbsu@stu.xmu.edu.cn

南海是西北太平洋最大的边缘海，具有广阔的陆架和水深度超过 4000 m 的海盆。吕宋海峡是南海与开阔大洋进行深海水体交换的唯一通道，对南海生源要素的生物地球化学循环有显著影响。本报告基于 2014 年夏季在南海海盆获得的数据分析南海不同等密度面上溶解氧（DO）和碳酸盐系统参数的分布规律及其主要调控过程。例如，在 σθ 27.649 等密度面上（在吕宋海峡约为 2000 m），DO 浓度从吕宋海峡向南海海盆逐渐降低，吕宋海峡的 DO 为 119.5 μmol/kg，南海北部海盆为 109.0 μmol/kg，中部海盆为 100.8 μmol/kg；类似的在 σθ 27.408（在吕宋海峡约为 1000 m）等密度面上，DO 从吕宋海峡的 101.3 μmol/kg 降低到南海中部盆地的 80.9 μmol/kg；在 σθ 26.672 等密度面上（在吕宋海峡约为 500 m），从吕宋海峡的 116.2 μmol/kg 降低到南海中部盆地的 81.3 μmol/kg。在以上三个等密度面上南海盆地的 DO 浓度都是东北高而西南低，但不同等密度面上的 DO 浓度的空间差异不同，空间变化范围为 20-30 μmol/kg。在各等密度面上，pH 的空间变化趋势与 DO 一致，而溶解无机碳（DIC）则相反。在以上三个等密度面上，DIC 浓度变化范围为 15-20 μmol/kg，DO 与 DIC 空间变化量的比值为 0.950-1.516，表明了有机物矿化作用是这两个参数空间变化的主要调控过程。而在深层， pH 与 DO 结果相对应，DIC 及总碱度受盐度影响更大，总体上南海盆地深层的 DO 主要受到矿化作用的影响，体现在了 pH 上，同时影响了 DIC 和总碱度的分布变化，影响后者的因素还有碳酸盐溶解。

S17-P-10S

赤道西太平洋晚中新世大洋碳位移与颗石藻生产力的关系

李方舟*，田军*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* 1632939@tongji.edu.cn; tianjun@tongji.edu.cn

晚中新世大洋碳位移（Late Miocene Ocean Carbon Shift，LMOCS）是距今最近的一次全球范围内表层水和底层水的碳同位素（$\delta^{13}C$）同步负偏事件。生物泵假说是解释 LMOCS 的经典理论之一。当生物勃发时，生物泵可促进海水 δ13C 的分馏，最终导致底栖有孔虫壳体的 $\delta^{13}C$ 偏负。对赤道西太平洋暖池区 ODP807A（3°36.42'N，156°37.49'E）晚中新世样品的研究表明，在 ~5.8-6.6Ma 时底栖有孔虫壳体的 $\delta^{13}C$ 最大负偏达到 0.8‰，证明了 LMOCS 的存在。与此同时网石（Reticulofenestra）绝对含量反映的颗石藻生产力较高（大网石平均 1.74×109 个/g，小网石平均 2.17×109 个/g），并且在~6Ma 达到最低后保持上升的趋势。这与生产力增加使底层水 $\delta^{13}C$ 负偏的理论不符。因此我们认为除生产力的变化之外，还有其他导致 LMOCS 的原因。也不排除生产力对 LMOCS 产生影响的滞后性。

S17-P-11S

末次冰期南海南部暴露的巽他陆架是大气碳汇？

李金澜*，田军

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
* lijinlan@tongji.edu.cn

在约 10 万年的冰期-间冰期旋回中，大气 CO_2 浓度存在几乎同步的周期性变化。对于冰期大气 CO_2 浓度的降低，以往研究多侧重在海洋碳库，海洋也的确是冰期最大的大气碳汇；而陆地整体作为大气碳源，似乎与寻找冰期 CO_2 去向的目的相悖。但本研究通过综合分析各种地质证据与数值模拟结果，发现末次冰期南海南部暴露的巽他陆架上分布着广阔的热带森林，陆地碳储量比现代有所增大，与冰期陆地的碳源角色相反。为准确理解碳循环与气候变化，未来的研究需要对陆地碳库有效细分，定量描述各区域在碳循环中的角色；本文认为利用动态植被模式结合地质记录是最好的手段，这也要求我们能够定量地建立热带植被-气候因子之间的关系。

S17-P-12

南海中部生物泵季节性变化与垂向结构

马文涛[1]*，柴扉[1]，修鹏[2]，李宏亮[3]

1 卫星海洋环境动力学国家重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
2 热带海洋环境国家重点实验室，中科院南海海洋研究所，广州 510301
3 国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
* wtma@sio.org.cn

南海受东亚季风强烈影响，冬季盛行东北季风，夏季盛行西南季风。海盆尺度统计发现表层叶绿素变化与风速具有很强的相关性。除此之外，布放于南海中部的沉积物捕获器 1992-1999 年连续时间序列也发现明显的季节性变化。位于 1200 米深度的颗粒有机碳（POC）通量具有季风期高，季风间期低的特点。我们使用 3-D 和 1-D 物理-生态耦合模式（ROMS-CoSiNE）对南海中部浮游植物生产力及 POC 通量进行了模拟。模拟结果显示表层生产力及 100 米 POC 输出通量与 1200 米 POC 通量具有很强的相关性，表明深部 POC 通量反映了表层生产力变化。1-D 生态模式 1200 米 POC 通量模拟结果与沉积物捕获器结果具有很好的一致性，几乎每次峰值都可以一一对应。这表明 POC 从表层输出后具有较大的下沉速度，模型估计大于 78 m d-1。模拟结果证明冬季时风应力引起的混合作用加强，更多营养盐进入真光层，从而引起生产力和 POC 通量增加。南海中部浮游植物生产力中约 17%被输出至真光层之下。输出通量中约 7%进入深海，其余则在中层水中矿化。

S17-P-13S

南海晚中新世以来颗石藻钙化作用对大气二氧化碳变化的响应

马晓旭*，刘传联，金晓波

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
* jiselle@163.com

晚中新世以来大气二氧化碳从 330-400ppmv 缓慢降低到工业革命前的 280ppmv，中间存在几个小的波动。颗石藻作为光合自养浮游生物，是海洋初级生产力的重要贡献者，远洋碳酸钙的主要输出者，大气二氧化碳浓度的变化会直接改变海洋碳库从而对颗石藻的光合作用和钙化作用产生影响，进一步影响全球碳循环。本文选取南海 ODP1143 站位 8.9Ma 以来的颗石藻进行属种分析，形态学测量和氧碳同位素分析，形态学测量包括长度厚度和重量，旨在了解颗石藻对大气二氧化碳浓度变化的响应，建立 8.9Ma 以来的属种组合的长时间尺度初级生产力，为未来颗石藻随大气二氧化碳浓度变化形态学的预测提供依据。

S17-P-14S

Particulate Organic Carbon Export in the South China Sea under the effect of 2016 El Niño

Yifan Ma*,Weifang Chen[1],Minhan Dai*

State Key Lab of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005

* mdai@xmu.edu.cn

How the efficiency of biological pump will be changed at different circumstances is always the key point for marine scientists under the global warming. In the year of El Niño, we use the 234Th-238U disequilibrium method to quantify the POC flux and find the POC flux data from north South China Sea in 2016 was anomalous compared to the data of 2014 and 2009 which was a typical year. We got the lower activity of total 234Th which means high particulate flux and lower C/Th ratio which means the particles carried less organic carbon. Previous study showed that there could be a situation that the lithogenic flux increased and the organic carbon flux decreased in the year of El Niño because of the external lithogenic rocks particles input and the high remineralization rate of particulate organic carbon under the effect of high temperature. Thus even though the flux of thorium was higher (1715 ± 611 dpm/m2/day) than typical year (636±770 dpm/m2/day), the C/Th was lower (1.9 ±1.0μmolC/dpm) than typical year (5.6±4.2 mmolC/dpm), finally we got lower POC flux (3.25 mmolC /m2/day) than typical year(3.56 mmolC/ m2/day).

S17-P-15

南海生源颗粒物通量对 ENSO 事件的非对称性响应

李宏亮[1]，张静静[1]，陈建芳[1]*，Martin G Wiesner[2]，武则州[1]，冉莉华[1]

1 国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 Institute of Geology, University of Hamburg, Hamburg D-20146, Germany

* jfchen@sio.org.cn

ENSO 循环是全球海洋-大气气候系统年际变化最重要的驱动力之一，对热带赤道太平洋海区的生物泵具有显著影响。然而，ENSO 对南海深层沉降生源颗粒物通量的影响至今尚无定量化的研究。本研究根据 1997-1999 年期间南海中部海盆 1200 m 层沉降生源颗粒物通量，探讨了南海中部生物泵强度和效率对强 ENSO 振荡事件的响应。在 El Niño 和 La Niña 期间，POC 和 opal 通量均显著小于气候态值，存在明显的非对称性响应。而 $CaCO_3$ 通量在整个过程中基本与气候态值持平，无显著变化。El Niño 期间较小的风速和偏高的热通量输入使得上层水体层化加强、垂直混合减弱以及寡营养黑潮水比例的增加都会减少补充至真光层的营养盐，从而限制了上层水体初级生产力，特别是硅质生物的生长。在 La Niña 期间，尽管风速偏高、热通量输入偏低，但是变深的温度跃层可能阻碍了次表层营养盐向上输运，使得初级生产力和硅质生物量并未恢复至正常或更高水平（如东赤道太平洋）。因此，特殊的环流体系和上层水体结构使得南海生物碳泵对 ENSO 振荡的响应具有不对称性，且生物泵效率随着 opal/$CaCO_3$ 比值的减小而显著降低。

S17-P-16

Deep-water Carbonate Ion Concentrations in the Western Tropical Pacific Since the Mid-Pleistocene: A Major

Perturbation during the Mid-Brunhes

Bingbin Qin[1],Tiegang Li[2]*,Zhifang Xiong[3]*

1 First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China

2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061, China

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

* Li (tgli@fio.org.cn); Xiong (zhfxiong@fio.org.cn)

We present a new deep-water carbonate ion concentration ([CO_3^{2-}]) record, reconstructed from the "size-normalized weight" (SNW) of the planktonic foraminifer Neogloboquadrina dutertrei, for core MD06-3047B from the western tropical Pacific since 700 ka. On glacial-interglacial timescales, deep-water [CO_3^{2-}] exhibits an inverse relationship with global sea-level elevations, consistent with the "coral reef hypothesis" that the deep Pacific carbonate system responded to variations in shelf-carbonate production through the past 700 kyr. On longer timescales, 400-500-kyr cycles in global-ocean δ13C do not exist in our [CO_3^{2-}] profile and most other reported [CO_3^{2-}] and/or dissolution records, which can be explained by a combination of continental weathering and nutrient inputs. During the mid-Brunhes interval (~600-200 ka), [CO_3^{2-}] reached a maximum of ~100 μmol kg–1 at the marine isotope stage (MIS) 12/11 boundary, followed by a steep decrease to a minimum of ~40 μmol kg–1 at mid-MIS 11, representing the largest-amplitude change in [CO_3^{2-}] over the past 700 kyr. The [CO_3^{2-}] maximum records the largest deglacial oceanic carbon release since 700 ka, and the [CO_3^{2-}] minimum was a response to a global increase in pelagic carbonate production. From early to mid-MIS 13, deep-water [CO_3^{2-}] shows a rising trend, which may have been due to a small deglacial sea-level rise and a large alkalinity increase from chemical weathering during this interglacial stage. These findings provide new insights into the Pleistocene evolution of the carbon system in the Pacific Ocean.

S17-P-17S

Effects of ocean acidification on the prominent cyanobacteria under phosphorus deficiency

叶幼亭，洪海征，史大林*

近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

* dshi@xmu.edu.cn

Cyanobacteria are important players in the global biogeochemical cycles of carbon and nitrogen. In the oligotrophic oceans, the growth of cyanobacteria is often limited by the low availability of phosphorus (P) in surface waters. Aside from P, carbon can also potentially limit the growth of cyanobacteria, attributed to the exceptionally low affinity for carbon dioxide (CO^2) of its RubisCO. Hence, the ongoing seawater acidification, as anthropogenic CO^2 dissolves into the ocean, coupled with the decrease in P availability, as warming augments water column stratification, will likely lead to significant effects on cyanobacteria in the oligotrophic oceans. In this study, we examined how the diazotrophic cyanobacteria Trichodesmium and the picocyanobacterium Prochlorococcus response to ocean acidification under P deficiency by analyzing gene transcription, expression and enzymatic activity of key proteins involved in P acquisition. The results

showed that ocean acidification had no significant effect on the growth of Prochlorococcus but decreased the growth and nitrogen fixation of Trichodesmium, especially under P deficient conditions. In addition, ocean acidification was found to increase the demand for P, as reflected by increased particulate organic phosphorus content and enhanced alkaline phosphatase activity in both Trichodesmium and Prochlorococcus. Further study is in progress to elucidate the underlying mechanisms. Overall, our study would provide an insight into the response of the prominent cyanobacteria Trichodesmium and Prochlorococcus to ocean acidification in P-limited oceanic regions.

S17-P-18S

The interrelationship between cell size, cellular cadmium and cadmium-carbonic anhydrase in marine diatoms

李伟英，洪海征，史大林*

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

* dshi@xmu.edu.cn

The discovery of cadmium-carbonic anhydrase (CDCA), the only known biological function of cadmium (Cd), provides a link between the biogeochemical cycles of carbon and Cd. Previous studies indicate that cellular Cd concentration of phytoplankton likely correlates positively with their size. However, it remains unclear if such a relationship involves CO2 acquisition facilitated by CDCA. In this study, we investigated the interrelationship between cell size, cellular Cd concentration, and CDCA in three centric marine diatom species (i.e., Thalassiosira pseudonana, Thalassiosira weissflogii and Ditylum brightwellii) spanning a range of cell sizes of 50 to 6000 μm3. Larger diatoms did have higher cellular Cd:C ratios at a given growth rate, and for a similar increase in growth rate as a result of Cd addition, CA activity increased by 15%, 67% and 81%, respectively in T. pseudonana, T. wesfloggii and D. brightwellii. In addition, the gene transcription and protein expression of CDCA were found to increase along with CA activity upon Cd addition. Taken together, our study showed that larger diatom cells would need more Cd to enhance CA activity to support inorganic carbon acquisition for growth.

S17-P-19

用溶解氧同位素（$\delta^{17}O$,$\delta^{18}O$）来洞悉海洋生产力和氧亏损：以南海陆坡 L07 站为例

朱卓毅[1]*，Michael Bender[2]，王俊[3]，刘素美[4]

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

2 普林斯顿大学地球科学学院，普林斯顿 0854401003

3 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

4 中国海洋大学化学与化工学院，青岛 266100

* zyzhu@sklec.ecnu.edu.cn

溶解氧是海洋中生物地球化学过程的密切参与者。氧气的生产与消耗，均与碳循环密切联系在一起。因此，对溶解氧性质的详细与精确解析，能从新的角度解析海洋中的生物地化过程；通过氧-碳元素之间的定量耦合关系，可以定量计算出碳在生产和消耗等关键过程中的收支量问题。从而使得我们可以全新的视角来洞悉海洋中碳的循环与收支问题。

在这样的基础上，我们基于溶解氧三同位素（$\delta^{17}O$，$\delta^{18}O$）分析技术，借助在南中国海陆坡区域的两次调查，开展了 2014 年秋季（10 月）和 2015 年夏季（6 月）的 L07 站现场生产力及氧亏损过程研究。聚焦于 L07 站位，我们借助卫星遥感观测资料与模型，首先量化了溶解氧同位素分析 GOP 的方法中，过去 60 天以来混合层的历史变化因素对海气界面氧气交换通量的影响；然后基于稳态假设，评估了调查站位的总氧生产力（gross oxygen production, GOP）和净生产力（net oxygen production, NOP）。另外，利用氧亏损过程中发生的同位素分馏效应，我们通过 δ18O 分析了呼吸耗氧过程对溶解氧再生的贡献。

我们量化发现调查站位混合层内的 GOP 在秋季和夏季分别为 169 mmol O^2/m^2/day 和 189 mmol O^2/m^2/day 的水平。经过换算，该结果与基于 ^{14}C 的结果相当。调查区域的净生产力为 1.4 mmol O^2/m^2/day（秋季）和 8.0 mmol O^2/m^2/day（夏季）。由此得到夏季和秋季的 NOP/GOP 比值分别为 0.04 和 0.01。相对而言，L07 站位在夏季的 NOP/GOP 比值略高于秋季，暗示夏季时期混合层体系内将有更多的有机碳向下输送。值得一提的是，在 2015 年夏季，调查区域位于暖涡附近，混合层内的有机碳也因此同时具有更有利的向下输送的物理背景。在混合层以下，溶解氧含量和 $\delta^{18}O$ 之间的强耦合关系暗示了呼吸作用对溶解氧同位素产生了显著的歧视效应。量化分析表明，$\delta^{18}O$ 在呼吸耗氧过程中的分馏系数 α 为 0.988 ± 0.001。混合层以下营养盐的再生与 $\delta^{18}O$ 存在强烈的正相关耦合关系，并且在夏季和秋季均被重复观测到，说明了水柱中呼吸耗氧是营养盐再生的重要过程。

S10-P-28

Holocene solar activity imprints on centennial-scale hydroclimatic oscillations in arid central Asia as seen from a stalagmite record

Xiaokang Liu[1,2]*,Chuan-chou Shen[3],Xianfeng Wang[4],Zhiguo Rao[1],Yunxia Li[1],Xiaojian Zhang[5],Jianbao Liu[6],Haichao Xie[1],Fahu Chen[1,6]

1 Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

3 High-Precision Mass Spectrometry and Environment Change Laboratory (HISPEC), Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan, China

4 Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University, Singapore 639798, Singapore

5 School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China

6 Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China.

* liuxk13@lzu.edu.cn; liuxk17@bjfu.edu.cn

High-resolution and absolutely dated proxy data help to improve our understanding of multi-timescale hydroclimate evolutions in different regions, e.g. arid/semiarid central Asia (ACA), a region currently suffering from water shortage. Here, we present a record of past hydroclimate based on high-resolution, precisely dated stalagmite stable isotope ($\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$) time series, covering the time interval of 8.36~2.69 ka B.P., from Baluk cave, Northwest China. Our record shows a pattern of relatively depleted precipitation ^{18}O from 8.3 ka to 5.8 ka, and slight ^{18}O enrichment from 5.0 ka to 3.0 ka, between these two millennial-scale stages standing a notable shift from 5.8 ka to 5.1 ka. The abovementioned pattern generally follows Northern Hemisphere summer insolation (65 ℃N), and reflects the history of meteoric precipitation

$\delta^{18}O$ changes in ACA, which is comparable with cave records in Asian summer monsoon region. Meanwhile, Baluk cave $\delta^{13}C$, illustrating relatively depleted ^{13}C from 5.8 ka to 3.0 ka, varies differently from $\delta^{18}O$ series, which indicates a westerly-dominated mode with humid local environment during this period. In addition, we observe large-amplitude abrupt changes both in $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$ time series, demonstrating the significance of centennial-scale hydroclimatic changes in regulating regional environment in ACA. Timings of four hydroclimatic failures are centering at 2.8 ka, 4.3 ka, 6.0 ka and 8.2 ka, corresponding to the North Atlantic ice-rafting events (Bond events 2 to 5). Furthermore, several events occurring at about 3.5 ka, 5.1 ka, 6.9 ka and 7.6 ka, are somewhat reaching or beyond the level of Bond events, accompanied by prominent quasi-200-yr cycles. These characteristics recorded by Baluk cave strengthen the importance of centennial-scale climate oscillations towards environment variations in ACA, and suggest the vital role of solar Suess-deVires periodicity in triggering centennial-scale hydroclimatic shifts during the Holocene epoch. Finally, our results support the synchronicity of stalagmite-inferred centennial-scale abrupt hydroclimatic changes in ACA and Asian summer monsoon region, on account of their dynamical links to land-sea thermal contrast, North Atlantic climate variability, and the solar imprints on Earth's climate.

S18-O-01

稳定同位素对珠江口氮生物地球化学过程的制约

叶丰*

中国科学院广州地球化学研究所

* yefeng@gig.ac.cn

河口地区氮的地球化学行为较为复杂，受到咸淡水物理混合、化学和生物过程的共同作用，并与随时间变化的多种人为源有关。作为河流控制型河口，珠江河口氮的迁移转化过程受到物理混合作用的强烈影响。与此同时，由于氮过量排放引起的主要生态环境问题（如富营养化和底层缺氧现象等）受到广泛关注。传统的氮浓度与形态研究方法通常使得其中的生物地球化学过程可能会被物理过程所掩盖；而稳定氮同位素（$\delta^{15}N$）为认清氮的生物地球化学循环开辟了新视野。

我们基于不同形态氮（硝酸盐、铵盐、颗粒氮和溶解有机氮）稳定同位素的系统研究，探讨了珠江口生物活性氮的来源和迁移转化及其季节变动情况；研究结果表明夏季不同氮形态之间通过浮游植物同化吸收、再矿化和硝化作用等过程实现相互耦合；冬季，强烈的沉积物-水界面交换和颗粒物再悬浮作用在不同氮同位素的非耦合关系起了关键作用，同时大气沉降是近海硝酸盐的重要来源。这些研究有助于加深对河口区氮循环及相关联的生态环境问题的理解，继而为制定氮污染治理对策提供重要信息和决策依据。

S18-O-02

Enhanced ammonia oxidation caused by lateral Kuroshio intrusion in the boundary zone of the northern South China Sea

Min Nina Xu1,Weijie Zhang[1],Yifan Zhu[1],Li Liu[1], Zhenzhen Zheng[1],Xianhui Sean Wan[1],Wei Qian[1],Minhan Dai[1],Jianping Gan[2],David A. Hutchins[3], Shuh-Ji Kao[1]*

1 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen, China, 361102

2 Department of Mathematics and Division of Environment, Hong Kong University of Science & Technology, Kowloon, Hong Kong
3 Marine and Environmental Biology, Department of Biological Sciences, University of Southern California, Los Angeles, CA, USA, 90089
* sjkao@xmu.edu.cn

Additional to vertical supply, lateral input of dissolved organics may play a significant role in oligotrophic ocean to support productivity though lacking field evidence of biogeochemical impact. Ammonia oxidation (AO), the first step of nitrification that bridges organic remineralization and nitrate, is potentially an immediate responder. By using 15N-NH^{4+}, the spatial distribution of AO was investigated in the northern South China Sea (NSCS), where Kuroshio Current (KC) intrudes frequently. AO ranged widely (0.001 to 134 nmol L−1 d−1) in space and the depth-integrated (200 m) AO peaked where the Kuroshio influence is moderate. During mixing with the oligotrophic Kuroshio characterized by high dissolved organic nitrogen (DON), we suggest that remineralization of DON was stimulated by heterotrophic bacteria dwelling in the upper NSCS. Such lateral mixing not only introduces external DON into the NSCS, but also enhances NH^{4+} regeneration and subsequent oxidation to complicate the conventional new production in boundary zone.

S18-O-03

细胞模型量化分析固氮束毛藻对海洋酸化的响应

罗亚威[1,2]*，史大林[1,3]，洪海征[1,3]

1 近海海洋环境科学国家重点实验室（厦门大学），厦门 361102
2 厦门大学海洋与地球学院，厦门 361102
3 厦门大学环境与生态学院，厦门 361102
* ywluo@xmu.edu.cn; dshi@xmu.edu.cn

研究海洋中的优势固氮束毛藻对海洋酸化的响应，是理解未来海洋生物地球化学循环变化的关键之一。酸化对束毛藻的生长和固氮究竟是正效应还是负效应，过去的研究给出了互相矛盾的结果。在本研究中，我们分析了束毛藻对海洋酸化响应的实验数据，主要包括生长和固氮速率、细胞内铁和能量在主要生理过程中的分配。在此基础上，我们建立了一个细胞数值模型，并通过假设细胞应对酸化时总能通过最优化再分配胞内铁和能量、以实现生长速率最大化，使得细胞模型在给定的酸化和胞内总铁条件时可以求解。结果显示，酸化降低了束毛藻的生长和固氮速率，其中主导的控制机制是固氮酶效率的下降。而对于过去研究提出的酸化下海水 CO^2 浓度上升、下调束毛藻的 CO^2 浓缩机制（CCM）、节约能量促进束毛藻生长的假设，我们的量化分析发现，这个过程节约的能量在总的能量消耗中非常有限，并不能显著促进束毛藻生长。我们还发现束毛藻应对酸化胁迫消耗能量，也会在一定程度上降低其生长速率。我们预测在 RCP 8.5 气候变化场景下，本世纪内束毛藻在全球海洋的固氮潜力平均下降 27%，其中在铁限制的海域下降最多。本研究也可以作为一个链接微观和宏观的研究实例，通过模拟细胞层次的生理过程，在一定程度上实现了将实验室的研究结果拓展到全球尺度的目的。

S18-O-04

Effects of Ocean Acidification on Trichodesmium IMS101 under Phosphorus Limited Condition

张福婷，洪海征，史大*

近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102
* dshi@xmu.edu.cn

The filamentous diazotrophic cyanobacterium Trichodesmium introduces fixed nitrogen (N) to the N-depleted oligotrophic oceans where it inhabits. The growth and N2 fixation of Trichodesmium are often limited by the low availability of phosphorus (P) and/or iron in the vast regions of open oceans. Previous work mostly focus on the effect of ocean acidification on Trichodesmium under nutrient sufficient and iron-limited conditions. Here we used P-limited chemostats to show that the model strain Trichodesmium IMS101 contained less chlorophyll a, assimilated less carbon, and had lower nitrogen fixation rate per cell at high CO^2. Consistently, the cellular particulate carbon (C) and N quota were significantly lower at high CO^2. The particulate P quota, however, was slightly higher under acidified conditions due largely to the increase of inorganic polyphosphate (polyP), which likely plays an important role in cytosolic pH homeostasis. The resulting C:P and N:P ratios were significantly lower under high CO^2 conditions, suggesting that Trichodesmium fixed less C and N per quota of P under P-limited conditions in response to increasing CO^2. Comparative transcriptomic analysis showed that 189 genes are differentially expressed in response to acidification, including those involved in P acquisition and metabolism. For example, acidification led to up-regulatiuon of Tery_0365-68 a putative phosphonate or phosphite uptake system genes and down-regulation of Tery_1770 the inorganic polyphosphate/ATP-NAD kinase. Our study suggested that to cope with acidified conditions Trichodesmium increased P uptake but decreased NADP(H) utilization to maintain a high polyP content for maintaining cytosolic pH homeostasis.

S18-O-05

集约化小流域氮素累积迁移与调控

周建斌 [1,2]*，高晶波 [1,2]，路永莉 [1,2]，陈竹君 [1,2]

1 西北农林科技大学资源环境学院，杨凌 712100

2 南京大学地球与工程科学学院，杨凌 712100

* jbzhou@nwsuaf.edu.cn

近五十余年来氮肥生产及施用在满足人类对农产品需要方面发挥了巨大作用，同时也改变了全球氮素循环。我国是全球氮肥用量最多的国家，目前已占世界的约 30%，大量施用氮肥带来了一系列问题。过量施肥在以果树、蔬菜代表的经济作物尤为突出，已有研究多重视了田块尺度氮素的投入与损失，从对氮素离开田块后的效应（流域尺度）关注不够。陕西秦岭北麓是我国猕猴桃的主要产区之一，截至 2014 年底，全省猕猴桃种植面积为 62000 hm2，猕猴桃产量及面积约占全国的 60%；这一区域果园多建在坡地，猕猴桃生产中灌溉量大，过量施肥问题突出。我们以猕猴桃为主的小流域为研究对象，研究了集约化小流域氮素累积、迁移特性，以及减量施肥的效果。

连续 3 年对流域内 342 个猕猴桃果园施肥状况进行了调查表明，果园氮肥平均用量高达 930 kg/hm^2，变幅 93.8-4770 kg/hm^2，过量比例高达 81.8%；猕猴桃园氮素盈余量高达 1195 kg hm^{-2}。0-2 cm 土壤剖面 NO^{3-}-N 累积量高达 827 kg hm^{-2}；且 52.1%的 NO^{3-}-N 累积在 1-2 cm 土层；0-2 cm 土壤剖面 NO3--N 累积量高达 2696 kg hm^{-2}。对于坡地猕猴桃园，坡下部 0-200 cm 土壤剖面 NO^{3-}-N 累积量明显高于坡上部，经过一季集中降雨之后，0-200 cm 土壤剖面 NO^{3-}-N 发生明显的向深层土壤淋溶现象，且坡下部与坡上部 0-200 cm 土壤剖面 NO^{3-}-N 累积量差异增大。连续 5 年的田间试验表明，在农民习惯施氮量的基础上减少氮肥用量 25%-45%，对猕猴桃的树体生长及果实产量无不利的影响，但明显降低了土壤剖面累积硝态氮量。小流域河水总氮浓度的变化范围是 0.79-11.37

mg Ł$^{-1}$，超过 92.11%的监测数据超标（TN>2 mg Ł$^{-1}$），处于地表水质量标准（GB3838-2002）劣Ⅴ类水质；小流域浅水井（<20 m）中硝态氮含量超标率达 45%，说明小流域受氮素污染较为严重。

应采取流域养分综合利用与管理技术，包括科技、经济及政策等，控制养分投入。同时，有必要采用有效方法揭示流域内氮素迁移转化的地球化学过程及影响因素。

S18-O-06

硝酸盐氮、氧同位素示踪渭河流域河水中硝酸盐氮素来源与转化过程

李宇亮[1]，胡婧[2,3]，邢萌[2]，刘卫国[2]*

1 长安大学环境科学与工程学院，西安 710054

2 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061

3 中国科学院大学，北京 100049

* liuwg@loess.llqg.ac.cn

渭河是黄河的最大支流，为了认识渭河流域河水氮素的主要来源和转化过程，本研究采用了硝酸盐氮、氧双同位素并结合水化学的方法。研究结果表明，硝酸盐氮是渭河河水中最主要的无机氮形态，浓度为 0.1 到 8.8 mg/L (平均值为 3.3 mg/L)。尽管该浓度未超过世界卫生组织饮用水标准(NO^{3-}-N 10 mg/L)，多数样品已经超过 3mg/L，说明水质较差。渭河支流的硝酸盐浓度低于渭河干流，存在明显的空间分布差异。

渭河河水氯离子浓度和硝酸盐氮同位素关系，表明渭河河水中硝酸盐的主要来源为污水。然而，渭河排污口污水中主要的无机氮形态为铵态氮。此外，硝酸盐浓度和氧同位素之间存在负相关关系(r2 = 0.63)，氧同位素的两个端元值分别为 18‰和 3‰，说明渭河河水硝酸盐可能存在两个端元的混合过程。并且随着硝酸盐浓度的升高，硝酸盐氧同位素偏负，趋近于 3‰，与硝化作用产物的氧同位素理论计算值接近（+1.2 to +2.8‰）。因此，我们推测渭河干流的主要硝态氮并非来源于排污口污水中的硝酸盐，而是来源于排污口污水中铵态氮的硝化作用产生的硝酸盐。

本研究工作扩展了人们对于渭河流域主要氮素来源的认识，指出了排污口污水中铵盐硝化作用过程对渭河硝酸盐氮素来源的可能的重要贡献。

S18-O-07

Spatially different responses of nitrogen processing to precipitation during glacial-interglacial cycles on the Chinese Loess Plateau

Zhiyang Li[1,5],Fajin Chen[2],Huili Liang[3],Guodong Jia[4]*

1 Guangdong AIB Polytechnic College, Guangzhou, China

2 College of Ocean and Meteorology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, China

3 Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou, China

4 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, China

5 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China

* jiagd@gig.ac.cn

Terrestrial nitrogen (N) cycling is closely associated with precipitation and crucial to ecosystem, which has been receiving great concerns at the backdrop of global climate change. In addition to modern investigations, paleo record of N cycling may provide valuable clues about how ecosystem N responds to climate change. Here we measured soil total organic nitrogen (TON) and its isotope value (δ15Norg) in two loess-paleosol sequences (LPS), i.e. the Yaobao (YB) and Luochuan (LC) sequences,

from the Chinese Loess Plateau (CLP) accumulated during glacial-interglacial cycles. Both sequences showed higher magnetic susceptibility in paleosol and lower in loess, with overall higher values in the wetter site of LC, suggesting higher precipitation during warm periods for both sites, as well as higher precipitation at site LC than at site YB. TON increased with increase of paleo-precipitation in both sequences, but the fraction of microbial derived ON, estimated from organic C/N ratio, increased faster than plant-derived ON at site YB but slower at site LC. δ15Norg was used to estimate microbial mediated gaseous N loss, showing greater losses at higher paleo-precipitation at site YB and a reverse trend at site LC. Thereby, both organic C/N and δ15Norg suggest a quicker response of microbes than plants to precipitation at the drier site YB but conversely at the wetter site LC. Such a spatially different responses of nitrogen processing to precipitation would be a reference for projection of future terrestrial ecosystem response to climate change.

S18-O-08

陆生苔藓氮利用机制的稳定同位素研究

刘学炎 [1,2]*，董玉平 [1]

1 天津大学表层地球系统科学研究院，天津 300072

2 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室，贵阳 550008

* liuxueyan@tju.edu.cn

苔藓植物，从水生向陆生过渡的先锋植物群落，对环境变化响应敏感。2000 年，苔藓氮同位素记录开始被用于人为成因大气活性氮沉降的生物示踪，并在大气活性氮沉降来源的主要化学组分和来源分析中提供了有用的证据。由于我国大气氮污染物排放和沉降水平持续增加，为了帮助氮沉降来源和效应的评价，研究人员 2006 年开始在南方开始开展苔藓氮同位素指示氮沉降的研究。然而，由于苔藓氮素来源和代谢机理的复杂性，苔藓氮同位素变异的生物学和非生物机制至今仍不十分清楚。因此，我们 2010 年开始基于苔藓组织硝酸根含量和氮氧同位素等指标探讨苔藓氮利用机制，在苔藓氮素还原动力和偏好性等方面取得了一些有用认识。这次报告主要回顾苔藓氮同位素在现代人为氮沉降来源和植物界面过程研究中的应用，强调苔藓氮素来源和过程机制如何决定其同位素记录，探讨苔藓调控大气-有机基质系统氮素循环的生物地球化学问题。

S18-O-09

East Asian Monsoon in controlling Nitrogen Biogeochemistry in the Huguangyan Maar Lake and Implication for the Reconstruction of Palaeomonsoon

Fajin Chen[1,2],Peiwang Bian[1,2],Guodong Jia[3]*,Qibin Lao[1,2],Qingmei Zhu[1,2],Shuwen Zhang[1,2]

1 Guangdong Province Key Laboratory for Coastal Ocean Variation and Disaster Prediction, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China

2 College of Ocean and Meteorology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China

3 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

* jiagd@tongji.edu.cn

Our published paper has found that high $\delta^{15}N$ value in cores took place during the period of the strength of the East Asian winter monsoon (EAWM), while low $\delta^{15}N$ value

occured during the period of the strength of the East Asian summer monsoon (EASM) in Huguangyan Maar Lake (HML). A key issue is whether the East Asian Monsoon (EAM) control the $\delta^{15}N$ record in cores in the HML, which requires modern biogeochemistry study to confirm. Here we investigated $\delta^{15}N$ and $\delta^{18}O$ of nitrate (NO^{3-}) and $\delta^{15}N$ of particulate nitrogen (PN) in lake water from October 2015 to September 2016. During EAWM seasons (from October to March), the $\delta^{15}N$-PN showed an increasing trend, while the $\delta^{15}N$-NO^{3-} have a decreasing trend, suggesting that the vertical mixing promoted by EAWM induced higher remineralization/nitrification contributions vs. NO^{3-} assimilation, which was also supported by the increasing trend of NO^{3-} concentrations and the decreasing trend of NH^{4+} concentrations. The high $\delta^{18}O$-NO^{3-} in water column suggests that atmospheric deposition may contribute to NO3- delivery during EAWM seasons. In contrast, during EASM seasons (from April to September), $\delta^{15}N$-PN was similar to $\delta^{15}N$-NO^{3-} (~ 0‰), reflecting the strong thermocline layer led to stronger N_2 fixation, and the coupling between complete assimilation and remineralization/nitrification. The high $\delta^{18}O$-NO^{3-} in surface water reveals atmospheric deposition might play an important. This study confirms that EAM evidently influenced the degrees of N_2 fixation, and the nitrification/mineralization contributions vs. NO^{3-} assimilation in HML, which can be recorded in the $\delta^{15}N$ of cores finally. Thus, the $\delta^{15}N$ record in cores in HML could be used as a good indicator for the reconstruction of EAM.

S18-O-10

Nitrogen fixation sustained productivity in the wake of the Palaeoproterozoic Great Oxygenation Event

Genming Luo[1,2]*,Christopher K. Junium[3],Gareth Izon[2],Shuhei Ono[2],Nicolas J. Beukes[4],Thomas J. Algeo[1,5,6],Ying Cui[7],Shucheng Xie[1],Roger E. Summons[2]

1 State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, and School of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, People's Republic of China

2 Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139, USA

3 Department of Earth Sciences, Syracuse University, Syracuse, NY 13244, USA

4 DST-NRF Centre of Excellence for Integrated Mineral and Energy Resource Analysis, Department of Geology, University of Johannesburg, P.O. Box 524, Auckland Park 2006, South Africa

5 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, People's Republic of China

6 Department of Geology, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio 45221-0013, USA

7 Department of Earth Science, Dartmouth College, HB 6105, USA

* gmluo@cug.edu.cn

The marine nitrogen cycle is dominated by redox-controlled biogeochemical processes and, therefore, is likely to have been revolutionised in response to planetary Earth-surface oxygenation. The details, timing, and trajectory of the nitrogen cycle's evolution, however, remain elusive. Here we couple nitrogen and carbon isotope records from multiple drillcores through the Rooihoogte–Timeball Hill Formations from across the Carletonville area of the Kaapvaal Craton where the Great Oxygenation Event

(GOE) and its aftermath are recorded. Our data reveal that aerobic nitrogen cycling, featuring metabolisms involving nitrogen oxyanions, was well established prior to the GOE and that ammonium may have dominated the dissolved nitrogen inventory. Pronounced signals of diazotrophy imply a step-wise evolution, with a temporary intermediate stage where both ammonium and nitrate may have been scarce. We suggest that the emergence of the modern nitrogen cycle, with metabolic processes that approximate their contemporary balance, was retarded by low environmental oxygen availability.

S18-O-11

Marinoan 冰期结束后表层海水的反硝化作用：来自峨山陡山沱组的研究

郎咸国[1,2]*，董琳[2]，彭杨[2]，彭永波[3]，周传明[1]，沈冰[2]

1 现代古生物学和地层学国家重点实验室，中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

2 造山带与地壳演化教育部重点实验室，北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

3 Department of Geology and Geophysics, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803

* swpilang@163.com

新元古代 Marinoan 冰期（650—635Ma）结束之后，地表各圈层发生了显著的转变。在埃迪卡拉纪，大气氧气浓度迅速升高，大型带刺疑源类与多细胞藻类快速辐射演化，海洋化学性质发生转变。埃迪卡拉纪的海水化学性质主要体现为氧化还原分层，以缺氧硫化与缺氧铁化动态共存为主要特点，陆架区为缺氧硫化，深部海水为缺氧铁化，且存在间歇性氧化事件的发生。海洋化学性质的空间差异性表明，埃迪卡拉纪的大气氧气浓度依然维持较低的浓度。然而，由于缺乏可以直接记录大气化学性质的载体，使得目前对于 Marinoan 冰期结束后的大气氧气浓度或者表层海水状态的认识存在争议。

我国云南峨山地区保存有完整的埃迪卡拉纪陡山沱期海陆交互相地层，为研究近岸浅水海洋化学性质以及示踪大气含氧程度提供了良好的材料。本研究对峨山地区陡山沱组进行了系统的有机碳、有机氮以及黄铁矿硫同位素研究。结果表明峨山剖面陡山沱组的有机碳同位素值（ ^{13}Corg）变化较小，从-27.8‰到-25.3‰，有机碳含量（TOC）为 2327ppm 至 7889ppm；黄铁矿的硫同位素值（ 34Spy）-25.7‰到+12.8‰；有机氮同位素值（ ^{15}Norg）变化范围从+1.3‰到+9.4‰，有机氮含量（TON）为 262ppm 至 865ppm。在陡山沱组中上部存在明显的 ^{15}Norg 正偏移，幅度可达 8‰，与 ^{13}Corg 表现为明显负相关。 ^{15}Norg 的升高可能是由于水体内反硝化作用导致的。NO^{3-}在次氧化条件下，与有机物发生反硝化作用，大量的 NO^{3-}被转化为 N_2 释放到大气中去。在此过程中，发生明显的 N 同位素分馏，使得表层海水 NO^{3-}的 ^{15}Norg 值升高，同时有机质降解降低了表层海水 ^{13}C，引起 ^{13}Corg 和 TOC 的降低，表现为氮与碳生物地球化学的紧密耦合。

表层海水的反硝化作用会大量的消耗 NO^{3-}离子，因此，Marinoan 冰期结束后的表层海洋 NO^{3-}浓度相对较低。由于反硝化作用主要发生于次氧化环境（溶解氧气浓度 <5μM/L），说明埃迪卡拉纪早期表层海水为次氧化状态，且处于硝酸盐还原带，大气氧气浓度依然维持较低的值。

S18-O-12

早期海洋的氮循环及其对生命演化的重要意义

王丹*

中国地质科学院地质研究所，北京 100037

* njuwangdan@163.com

氮是组成生物有机大分子（如蛋白质与核酸）的重要成分之一，在生物谢陈代谢过

程中发挥着重要作用，同时也是影响生物初级生产力的重要营养元素。海水中可被生物利用的无机氮以多种形式存在，包括溶解态的 N_2、硝酸根离子（NO^{3-}）、氨根离子（NH^{4+}）等，其主要赋存形式取决于海水的氧化还原状态。部分原核生物具备利用 N_2 合成有机质的能力，称为固氮作用，而所有的真核生物都不具备固氮的能力，只能利用海水中离子态的 N（如 NH^{4+}、NO^{3-}）。在地球演化的的早期，海洋中可能缺乏离子态的 N，极大地限制了真核生物的演化与发展（Anbar et al., 2002），新元古代以来，具有固氮能力的浮游蓝藻细菌在海洋中逐渐繁盛，为海洋输入大量的生物氮(Sánchez-Baracaldo et al., 2014)，N 营养元素的供给为真核生物的演化与繁盛提供条件，生标记录表明浮游真核藻类在晚新元古代逐渐代替蓝藻细菌，成为海洋的主要生产者(Brocks, et al., 2017)。生物链与生态系统的变革最终导致海洋环境的进一步改变，可能与动物的出现、演化与繁盛密切相关。

海洋中氮的生物地球化学循环由生物主导，N 循环途径主要包括固氮作用、硝化作用、反硝化作用、厌氧氨氧化作用等，不同的新陈代谢途径所表现出的同位素分馏效应不同，因此 N 循环的信息可以被有机质的氮同位素值所记录，并保存在沉积物中。埃迪卡拉纪-寒武纪早期是后生动物演化与爆发的重要时期，宏观多细胞动物在较短时期内迅速辐射，并发展出接近现代水平的海洋生态系统。目前，生物演化与环境变化之间的关系仍有争议，本研究分析、整理了华南扬子板块不同地区埃迪卡拉系-寒武系地层的氮同位素数据，综合探讨海洋环境、氮循环与生物演化之间的联系，发现海洋中营养元素 N 在整个生态系统进化的过程中起着至关重要的作用。

S18-P-01

晚第四纪冰期旋回中南海的氮循环

董良[1]，李志阳[2]，贾国东[1]*

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 广东农工商职业技术学院，广州

* jiagd@tongji.edu.cn

在晚第四纪冰期旋回中海洋氮循环过程通常是通过沉积物中氮同位素（$\delta^{15}N$）的记录来进行反演重建的。南海的 $\delta^{15}N$ 记录最早发表于本世纪初，测试结果显示沉积物总氮同位素数值偏低于深海硝酸盐的 $\delta^{15}N$，且未表现出与冰期-间冰期气候旋回的相关性。尽管这种特点可能反映了区域固氮作用对东太平洋反硝化作用的一种反馈，但总氮成分构成的多样性影响了对 $\delta^{15}N$ 记录的准确解释。后来，有孔虫壳体 $\delta^{15}N$ 记录则明确显示出在南海存在与东太平洋反硝化区相反的冰期-间冰期变化样式，显示间冰期固氮作用加强（$\delta^{15}N$ 降低），冰期减弱（$\delta^{15}N$ 升高）。我们曾提出一种去除无机氮，测试沉积物中有机氮同位素的一种方法。运用该方法对南海南部氧同位素 MIS 6 期以来的样品进行了分析，发现有机氮同位素也表现出显著的冰期-间冰期变化，反映固氮作用在间冰期增强冰期减弱。

固氮作用与反硝化作用是影响海洋储库的两个终极过程，而氮循环的复杂详细过程及其与碳循环的关系是无法仅仅运用同位素手段来揭示的。为此我们把氮同位素测试与某些与氮循环有关的微生物的特征标志物分析结合，进行多指标的对比，试图了解在南海除了冰期-间冰期的固氮作用之外，还存在哪些密切相关的氮循环过程。海洋奇古菌被认为是最重要的执行浅表层海水硝化作用的微生物。通过沉积物中古菌标志物 GDGT 的测试结果，我们发现间气候暖期浅水奇古菌相对增加（以 GDGT-[2/3]示踪），这暗示在气候暖期真光层硝化作用增强。而这一过程对应于固氮作用增强、夏季风增强和水体分层加强。有机碳同位素也很好地对应于有机氮和 GDGT 变化记录，表明碳循环与氮循环存在某种耦合机制。据此我们提出，暖期气候下，由于真光层硝化作用的加强，通过固氮作用进入南海表层水的可利用

氮更多地在真光层进行再循环，导致生物泵效率降低和表层水 CO_2 的升高。

S18-P-02S

Effects of sea animal colonization on the coupling between dynamics and activity of soil ammonia-oxidizing bacteria and archaea in maritime Antarctica

Qing Wang[1],Renbin Zhu[1]*,Yanling Zheng[2],Tao Bao[1],Lijun Hou[2]

1 Anhui Province Key Laboratory of Polar Environment and Global Change, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

2 State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

* zhurb@ustc.edu.cn; ljhou@sklec.ecnu.edu.cn

The number of sea animals including penguins and seals, is potentially large in coastal Antarctica, and their colonization plays an important role in the nitrogen cycling in tundra ecosystem. However, little is known about the effects of sea animal colonization on ammonia-oxidizing archaea (AOA) and bacteria (AOB) communities involved in nitrogen transformations. In this study, we chose active seal colony tundra soils (STS), penguin colony soil (PTS) and its adjacent penguin-lacking tundra soils (PLS), tundra marsh soils (MS), and background tundra soils (BS), to investigate the effects of sea animal colonization on the abundance, activity and diversity of AOA and AOB in maritime Antarctica. Quantitative PCR analysis of the amoA (encoding ammonia monooxygenase subunit A) indicated that AOB dominated over AOA in PTS, STS and PLS, whereas AOB and AOA abundances were almost close to each other in MS and BS. Potential nitrification rates (PNR) were significantly higher ($P=0.02$) in STS and PTS than in PLS, MS and BS, and they showed a significant positive correlation ($P<0.001$) with AOB amoA gene abundances, indicating that AOB are likely to be more important in the nitrification in animal colony soils. Penguin or seal activities resulted in a significant shift of soil AOA and AOB community compositions. The diversity of bacterial amoA gene was greater in STS and PTS than in PLS and MS, whereas AOA amoA gene had higher diversity in PLS and MS than in BS. Sequence analysis of gene clones showed that AOB and AOA retrieved from soils fell within the Nitrosospira and Nitrososphaera lineages, respectively, and percentages of AOB and AOA related to known Nitrosospira and Nitrososphaera groups were affected by penguin or seal activities. The differences in AOB and AOA community structures were closely related to soil biogeochemical processes associated with animal activities: alteration in soil C: N, and sufficient supply of the nutrients NH4+–N and phosphorus from animal excreta. The findings of this study provide insights into microbial mechanisms driving nitrification in maritime Antarctica.

S18-P-03S

Temperature plays a crucial role in regulating nitrogen removal and associated N2O release in temperate sediments

Ehui Tan, Wenbin Zou, Jicong Xu, Moge Du, Zhenzhen Zheng, Li Tian, Shuh-ji Kao*

State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, China, 361102
* sjkao@xmu.edu.cn

Human activities have caused serious environmental problems by disturbing the natural nitrogen cycle. Global warming will be the norm for the present and future global changes. Microbially mediated sedimentary nitrogen removal pathways (i.e., denitrification and anammox) and the associated nitrous oxide (N_2O) production are significantly regulated by changing temperatures via affecting the activities of enzymes. Using ^{15}N isotope pairing technique, we measured the potential rates of denitrification and anammox, and associated N_2O production in the temperate riverine sediments at temperature gradient ranging from 1-35℃. We found that both nitrogen removal and associated N_2O production potential were stimulated by the increasing temperature. For the denitrification and anammox, the temperature responses were investigated by analyzing the optima temperature (Topt) and apparent activation energy (Ea) of the two processes. The Topt for the denitrification was much higher than that for anammox with value of ~35℃ and 25-30℃, respectively. Likewise, the Ea for denitrification (59.3-76.0 KJ mol-1) was statistically higher than that for anammox (47.4-79.3 KJ mol-1). Our results demonstrated that the denitrifying communities could adapted to a wide range of temperatures, while the anammox bacteria was more cold-adapted relative to denitrifiers. For the N_2O production, we found that both low temperature (1-10℃) and high temperature (30-35℃) have great impacts on the N_2O /N_2, suggesting that N_2O reductase was more sensitive than other enzymes involved in N_2O production to the changing temperatures. In conclusion, climate warming will stimulate both sedimentary nitrogen removal potential and associated N_2O emission, in which denitrification may be more important than anammox in response to climate warming.

S18-P-04S

南海西部晚第四纪多指标氮同位素记录及其古海洋学意义

李琛*，翦知湣，贾国东

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
* 1532983@tongji.edu.cn

海洋氮循环通过固氮作用及反硝化作用等环节调控着海水中营养盐的浓度，影响表层浮游植物的生产力，从而进一步通过生物泵与碳循环过程紧密相连。

通过研究越南岸外上升流区 MD05-2901 站的沉积物氮同位素记录和单体氨基酸分子氮同位素记录，重建了过去 250ka 以来南海的氮循环变化，并讨论陆源输入及越南岸外上升流对氮循环的影响。

对比来自南海北部、南部及西部的数据，发现南海的沉积物氮同位素记录总体上受陆源输入的一定影响。较强的陆源输入会使得沉积物氮同位素值下降。这一影响在南海的南部及北部强于南海西部。通过氨基酸相对百分含量分析讨论了沉积物新鲜度的变化，指示在陆源输入的高值期沉积物中有机质的新鲜度较高，此时该海区有着更高的沉积物埋葬速率与稀释作用。

基于 Source-Amino Acids 氮同位素值建立的 δ^{15}NSrc 指标反映了次表层海水硝酸盐氮同位素的变化。南海的 δ^{15}NSrc 与有孔虫壳体氮同位素记录有着十分同步的冰期旋回变化，间冰期时较低，冰期时偏高。指示了南海的固氮作用在间冰期时较强，冰期时减弱。这一变化主要受陆源输入的调控。氮同位素在冰期旋回上的变化与 C/N 比值

十分相似，推测南海固氮作用在冰期时的减弱由陆源输入的增强导致。

MD05-2901 站的沉积物氮同位素记录和单体氨基酸分子氮同位素记录都具有显著的岁差周期。这反映了越南岸外上升流区的固氮作用在岁差周期的尺度上对上升流强度的变化有直接的响应。上升流强时越南岸外的固氮作用更强。推测上升流对固氮作用的影响主要通过磷元素调控。

S18-P-05S

大气氧化态活性氮循环与稳定同位素研究进展

周涛*

中国科学技术大学地球与空间科学学院，合肥 230026

* genglei@ustc.edu.cn

大气中氧化态活性氮主要包括氮氧化物(NO_X=NO+NO_2)和硝酸等。NOx 是大气中的主要污染物，影响臭氧和羟基自由基的生成，而 NOx 的氧化产物硝酸对颗粒物污染和生态系统也会产生直接影响。工业革命以来，由于化石燃料燃烧和化肥的使用，NO_X 的排放量增加了数十倍以上。量化人类和自然界中不同氮氧化物来源的贡献，对更好的理解大气活性氮循环，进一步明确排放清单，制订相应的减排计划有重要意义。

稳定同位素为研究氮排放和其影响提供了新的方法。前期研究表明，不同排放源 NO_X 的氮同位素特征值存在一定的差异，提供了用氮同位素失踪方法研究 NO_X 排放、乃至大气活性氮循环的可能性。但是目前在氮同位素示踪大气活性氮循环方面还存在着很多问题，包括源信号的不确定性，大气转化和传输过程中分馏机制的不确定等。为了解决这个问题，我们计划完善活性氮在大气转化和传输过程中的同位素分馏效应，结合大气化学传输模型，在量化 NOx 排放源 N 同位素不确定性的基础上，对区域和全球大气活性氮循环过程中的同位素效应进行综合评估，探讨用 N 同位素示踪研究大气氧化态活性氮来源和循环的新方法。

S18-P-06S

南海亚硝极大值层形成机制

吴思琪，高树基*

近海海洋环境科学国家重点实验室（厦门大学），厦门 361102

* sjkao@xmu.edu.cn

氮（N）作为生物必需的重要营养元素，在海洋中起着重要的作用。在上层海洋真光层中，氮循环过程直接影响着生产力和碳循环。在诸多 N 的形态当中，亚硝中的 N 是处于中间价态，是多个氮过程中转的重要形态。由于有多个源汇过程牵涉到亚硝储库的动态变化，快速周转的氮过程使得一般海洋当中亚硝浓度常常低于检测限。然而，在海洋真光层底部普遍存在亚硝极大值层（Primary Nitrite Maximum，PNM），显示亚硝的累积。由于其位置与叶绿素极大值层和铵极大值层相近，暗示活跃的微生物活动是积累主因，然 PNM 层为何位于真光层底部，以及该层亚硝的主要来源，至今未有定论。关于 PNM 层的位置，有假说认为是光限制或光抑制导致其位于真光层底部，也有假说认为是温度限定了 PNM 层的位置。关于 PNM 层中亚硝的来源，到底是由于氨氧化作用还是浮游植物代谢贡献，仍然有很大的争议。本研究以南海为背景，选取水团特征不同的吕宋海峡外侧西太平洋区和南海海盆区各一个站，进行 PNM 附近层位的调控温度（原位温度及原位温度±5 ℃）和光强（固定光强~30 μmol photos m-2 s-1（~1% PAR），~100 μmol photos m-2 s-1，以及暗培养）共 9 种组合培养实验，通过添加 15N-NH4+, 15N-NO2-, 15N-NO3-进行培养测定亚硝相关的源汇过程速率（源：氨氧化作用，浮游植物吸收硝释放亚硝；汇：亚硝氧化作用，浮游植物吸收亚硝），以初步探究 PNM 层受光和温度的影响，以及在不同光照和温度条件下 PNM 层不同源汇过程对

亚硝的贡献。结合源汇过程相关基因以及浮游生物群落结构相关的分子生物信息，探讨 PNM 层的形成机制，结果可提供全球变化（如层化、增温）的背景下 PNM 层的位置及源汇过程贡献以及上层海洋多个氮过程的响应。

S18-P-07S

夏季珠江口氨的迁移转化过程

陈玲，刘婧，高树基*

厦门大学海洋与地球学院，厦门 361102

* sjkao@xmu.edu.cn

硝化作用是指氨在氨氧化微生物作用下氧化为亚硝酸盐，生成的亚硝酸盐继而被亚硝氧化微生物氧化为硝酸盐的过程。由于硝化作用可以调控不同形态氮的分布，因此其在氮循环中至关重要。此外，硝化作用有助于近岸缺氧区的形成及发展。氨作为硝化作用的底物，同时在完全黑暗的环境中浮游植物也会被浮游植物吸收用来进行同化作用。铵盐是珠江口浓度最高的营养盐，为了探究近岸水体在黑暗环境中氨的迁移转化过程，我们在 2017 年 7 月沿着珠江口，采用氮同位素示踪技术测定水体硝化速率（NRb）和浮游植物同化氨的速率（UR）。结果显示，A 断面的 NRb 从低于检测限到 2.3 μmol L-1 d-1，NRb 和 UR 均在盐度约为 0.1 的 A1 站达到最大值。对于 01 断面，NRb 的最大值出现在铵盐浓度最高的 1F701 站，为 0.8 μmol L-1 d-1。此外，我们发现对于上层海水，UR 几乎都高于 NRb，然而底层海水的 UR 总是低于 NRb。这意味着珠江口虽然水深较浅，却呈现双层结构。即使在完全黑暗的环境中，上层海水的氨主要被浮游植物吸收进行自身的同化作用，然而，底层海水的硝化微生物能够在与浮游植物的竞争中显现优势，进而利用氨进行硝化作用。通过主成分分析，我们发现珠江口水体的硝化速率和浮游植物同化氨的速率与水体铵盐的浓度呈现显著的正相关关系，表明氨在珠江口水体 N 的迁移转化过程中具有重要的意义。

S18-P-08

Photosynthetic Responses to Ocean Acidification and Their Relationship with Parallel Drivers

Kunshan GAO*

State Key Laboratory of Marine Environment Sciences (Xiamen University)

* ksgao@xmu.edu.cn

The oceans are taking up over one million tons of CO2 per hr, but, have been acidified by 30% since the industrial revolution, and will be further acidified by 150% (IPCC RCP8.5) by the end of this century. Typical chemical changes associated with the ocean acidification (OA) are increased concentrations of pCO_2、H+ and HCO^{3-} and decreased concentration of CO_3^{2-} and $CaCO_3$ saturation state, with different extents in different regions or waters. On the other hand, decreasing thickness of upper mixing layer, caused by global warming, leads to increased exposures of phytoplankton cells to UV radiation. Marine photosynthetic and heterotrophic organisms are being affected by the global ocean changes.

When exposed to CO^2 concentrations projected for the end of this century, natural phytoplankton assemblages in the upper surface layer of the South China Sea (SCS) responded with decreased photosynthetic carbon fixation and increased non-photochemical quenching (NPQ). The community composition of these experimental phytoplankton assemblages shifted away from diatoms, the dominant phytoplankton group encountered during our field campaigns.

Meanwhile, when diatom species were grown at different CO^2 concentrations under varying levels (5-100%) of solar radiation, above 22-36% of incident surface solar radiation, corresponding to 26-39 m depths in the SCS, growth rates in the high CO^2-grown cells were inversely related to light levels, and exhibited reduced thresholds at which PAR becomes excessive, leading to higher NPQ. That is, elevated CO^2 concentrations (lowered pH) impaired the specific growth rate of diatoms at high levels, but enhanced it at low to moderate levels of solar irradiances. These puzzling results are explained as follows: elevated CO^2 concentrations down-regulate the uptake capacity (CO^2 concentrating mechanisms) of the cells for dissolved inorganic carbon, so that energy, which is used for the active uptake mechanism, is saved and the diatoms' growth at low irradiances is augmented; on the other hand, at high levels of solar radiation, the saved light energy could add to enhance photorespiration and photoinhibition, result in reduced growth rate and enhanced NPQ.

Additionally, based on the data obtained from micro- and mesocosm experiments, OA increases contents of phenolic compounds in phytoplankton and in zooplankton assemblages fed with OA-grown phytoplankton cells. The observed accumulation of the toxic phenolic compounds in primary and secondary producers can have profound consequences for marine ecosystem and seafood quality, with a possibility that fisheries industries could be influenced due to progressive ocean changes.

In terms of combined effects of OA with solar UV irradiances, we found that calcified "skeleton" of calcifying micro- and macro-algae plays a protective role against harmful solar UV radiation. Under OA conditions, these algae calcify less and less under the acidic stress and lowered saturation state of $CaCO_3$. When exposed to solar radiation, OA treatment acted with solar UV radiation synergistically to inhibit rates of calcification and photosynthesis. These results, also supported from shipboard experiments in the South China Sea, imply that calcifying algae suffer from more damages caused by UVB with progressing ocean acidification.

S18-P-09S

珠江口沉积物微生物群落结构及地球化学作用

王文秀 [1]，赖登训 [2]，陶建昌 [1]，陈松泽 [1]，张传伦 [2]*

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 南方科技大学海洋科学与工程系，深圳 518055

* zhangcl@sustc.edu.cn

海洋沉积物的生物地球化学循环过程是我们理解海洋生态系统能量转化和碳循环的关键。沉积物中的细菌（反硝化菌，金属还原菌和硫酸盐还原菌等）通常以有机质为碳源，响应于各种氧化还原过程，参与元素的循环过程。但是我们对沉积物中未培养古菌在其中所扮演的角色知之甚少。通过珠江口沉积柱(300 cm)孔隙水的地球化学参数分析，结合微生物群落结构探究古菌在其中的作用。此处沉积物主要以有机质驱动的硫酸盐还原过程为主，伴随有金属还原过程。基于 16S rRNA 基因的功能预测表明微生物还主要参与有反硝化和甲烷代谢过程。细菌与古菌群落分别分布在变形菌门，绿弯菌门，浮霉状菌门等和深古菌门，MBGD&DHVEG-1，Group C3 等，古菌的相对丰度从表层的 11.6%随深度增加到底层的 42.8%。RDA 分析得到 Depth、NH^{4+}、PO_4^{3-} 等环境因子对微生物群落结构影响较大，且微生物群落随深度有明显的群落结构演替。细菌中典型的硫酸盐还原菌 Gammaproteobacteria 以及 Deltaproteobacteria 下的 Desulfobacterales、Syntrophobacterales 与 SO_4^{2-} 存在较强的正相

关关系，部分细菌还与 Fe^{2+}存在较好的相关性。类似的规律没有显示在古菌与环境因子之间，大部分古菌与降解有机氯化物相关的细菌类群 Dehalococcoidia 成正相关性。这些结果表明细菌在沉积物的氧化还原反应中占了主导地位，古菌随深度增加其竞争力增强，可能以其它方式参与地球化学循环过程。

S18-P-10S

胶州湾海区 MG II 海洋古菌的分布与碳代谢特征探究

陶建昌 [1]，张永雨 [2]，陈松泽 [1]，王文秀 [1]，张传伦 [3]*

1 海洋地质国家重点实验室，同济大学，上海 200092

2 海洋生物与碳汇研究中心，中国科学院青岛生物能源与过程研究所，青岛 266101

3 海洋科学与工程系，南方科技大学，深圳 518055

* zhangcl@sustc.edu.cn

水体环境中的微生物群落和颗粒物之间一直有很强的依附关系，但微生物受到颗粒大小的影响以及颗粒上微生物的碳代谢特征尚未明确。先前的研究表明，依附在颗粒有机质（POM）组分中的 MG II 群体与自由生活的 MG II 相比，在系统发育上存在显著不同并且具有更高的生物多样性。这表明 MG II 可能在利用海洋 POM 方面更有效率，因此在海洋浮游颗粒碳的循环中可能发挥着重要作用。通过对黄渤海区域一个典型的半封闭海湾——胶州湾中逐月采取了从近岸到外海水体中颗粒分级样品，分析 MG II 的分布特征以及影响 MG II 与 POM 之间相互作用的环境因子。结果表明，MG II 的季节变化显着高于同一海区的藻类和细菌，特别是在陆源输入强的海区。而且，MG II 对营养结构的响应更强，特别是对氮磷比的响应。MG II 和细菌之间的相关性更强且稳定，而对藻类可能具有选择偏好性。在富营养化的站点 A，MG IIa 占据优势地位，MG II 倾向于依附在较小的颗粒上或更喜欢自由生活。在相对寡营养的站点 D，MG II 种群更加多样化，MG IIb 在 D 点更有优势。这些结果表明胶州湾海域中的 MG II 不同种群具有较强差异化的生态位和碳代谢特征。

S18-P-11S

新不列颠海沟海水中可培养细菌及其胞外酶的多样性研究

刘乾峰 [1]，方家松 [2]*

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 上海海洋大学深渊技术科技研究中心，上海 201306

* jsfang@shou.edu.cn

表层海水中产生的有机物中只有大约 0.1%的有机物最终沉降至海底并埋进沉积物中。海洋中的有机物在从表层海水到深层海底的沉降过程中，异养微生物通过降解一些颗粒有机物的方式来改变海洋有机碳的性质及数量。近期有关海洋细菌在中层和深层海水碳循环中作用的研究使我们更加确信海洋微生物胞外酶在整个海洋生物地球化学循环中的重要性。

海洋碳循环过程主要受海洋中异养微生物的调控，这些异养微生物主要包括细菌和古菌，其中细菌在海洋中有机物的转化过程及异养微生物呼吸作用中都占主导作用，据统计大约一半的海洋初级生产力被海洋细菌转化利用以此来产生新的生物量和满足自身呼吸作所需的能量。

海洋中通过海洋表层食物网所产生的有机物无论是颗粒有机物（particulate organic matter，POM）或者溶解有机物（dissolved organic matter，DOM）均由一些大分子物质组成，如结构复杂的碳水化合物、蛋白质类、核酸类以及脂类等。由于细胞不能直接利用这些大分子物质，而当微生物遇到这些大分子物质时会产生相应的胞外酶将其催化降解为可穿过微生物细胞膜的小分子物质（<600Da），进而被微生物转化利

用，因而微生物胞外酶的活性被认为是限制有机物异养再矿化过程的关键因素。之前很多研究主要集中在测定表层海水中胞外酶的酶活性，如氨肽酶、磷脂酶、α-葡萄糖苷酶及 β-葡萄糖苷酶，而对深层海水中微生物胞外酶酶活性的研究较少，另外目前为止没有发现对于深层海水中胞外酶及产酶菌的多样性的研究。目前有关海洋沉积物中可培养细菌及其产生的胞外酶的种类多样性的研究越来越多，特别是集中在产蛋白酶细菌及其产生的蛋白酶的种类多样性的研究，这些研究发现在海洋沉积物中可培养的产蛋白酶的细菌菌群主要以 γ-变形菌为主，而且这些可培养细菌产生的蛋白酶主要为丝氨酸蛋白酶或者金属蛋白酶。然而对于海水中，特别是深层海水中可培养细菌及其产生的胞外酶种类多样性的研究却十分少见。

我们从新不列颠海沟深度约 8000m 的站点采集 8 个不同深度海水样品，并现场测定这些层位海水中氨肽酶的活性，之后在实验室内通过基础培养基对海水样品进行细菌的分离纯化培养，根据 16S rRNA 序列进行可培养细菌多样性分析，利用不同的底物来鉴定这些可培养细菌降解底物的能力，利用活性抑制剂实验分析可培养细菌所产生的蛋白酶的种类，据我们所知这是第一次有关海洋深层海水中可培养细菌及其胞外酶活性的多样性研究。通过结果可以非常清晰的看出可培养细菌和胞外酶均呈现分层分布，主要表现出常见种群丰度的多样性及一些独特的存在。而这些都可能是造成海水中微生物胞外酶分层分布的原因。另外氨肽酶的 Vmax 和 Km 值在表层海水中较高而在深层海水中较低，这说明随着深度的增加降解速率在不断降低，而酶与底物的亲和力在不断增加。我们的研究对了解微生物驱动的海洋碳循环机制，特别是海沟环境中微生物种群组成、酶的表达及降解能力之间的相互联系具有重要的意义。由深度变化引起的可培养细菌及其产生的胞外酶的多样性和海水中胞外酶活性可能会反映出深海中溶解有机物性质和数量上的变化以及伴随发生的微生物对多变的深海环境的适应性。因此，在海洋中微生物的群体组成结构和胞外酶的产量决定着有机物的流动和碳循环的总体模式。

众所周知培养技术存在一定的偏向性，因而未被培养的海洋细菌所产生的胞外酶可能与可培养细菌产生的胞外酶存在差异。因此结合传统的培养技术、宏基因组学和宏转录组学将更有利于探究海洋中的功能性的微生物和它们的胞外酶活性。尽管如此，本章节的研究是第一次有关深层海水中可培养细菌和胞外酶活性的研究，为研究海沟环境中可培养细菌多样性及胞外酶活性的研究提供了新的见解。

S18-P-12S

纤毛虫、聚球藻和异养细菌体系的数值模型研究

王力册 [1,2]，林雯欣 [1,2]，徐大鹏 [1,2]，郑强 [1,2]，罗亚威 [1,2]*

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

2 厦门大学海洋与地球学院，厦门 361102

* zhengqiang@xmu.edu.cn; ywluo@ xmu.edu.cn

聚球藻是海洋初级生产者的代表性群落之一，其被纤毛虫等浮游动物捕食，构成了食物链的基础。而异养细菌分解碎屑和溶解有机物（DOM），并被纤毛虫所捕食，构成了“微食物环”。因此，纤毛虫是链接海洋微食物环和食物链的重要环节，研究纤毛虫的摄食偏好对于了解海洋生态系统的能量流动和物质循环有重要意义。在本研究中，我们在四组不同初始浓度的聚球藻-异养细菌的实验室培养体系中，加入等量纤毛虫，测量了 11 天中这些微生物的丰度变化；在此基础上建立数值模型、并通过优化方法较好地模拟了观测到的三种微生物的动态变化。模拟结果初步表明：与传统观点相反，体系中的纤毛虫更偏向捕食聚球藻，此相对偏好性在不同条件下显现出一定的变化；DOM 的产生以及异养细菌对其的利用是模型的重要过程，是成功模拟此体系的关键之

一，反映出微食物环中 DOM 的再循环在海洋浮游生态系统发挥着较为重要的作用。

S18-P-13S

病毒模块优化了海洋生物地球化学模型

谢乐 [1,2]，张锐 [1,2]，罗亚威 [1,2]*

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

2 厦门大学海洋与地球学院，厦门 361102

* ywluo@xmu.edu.cn

病毒是海洋中丰度最高的生命体，它们能侵染海洋细菌和其他浮游生物，影响宿主的丰度和多样性，被认为是全球生物地球化学循环过程中的重要驱动者之一。但是，在已有的海洋生物地球化学模型研究中，病毒往往被忽视，或者以固定的病毒致宿主死亡率参与细菌和浮游植物过程。在本研究中，我们将病毒与细菌关系模块加入一个已有的海洋生物地球化学模型，实现了病毒-宿主细菌关系的时空动态模拟，并应用于北太平洋的夏威夷海洋时间序列站（HOT）。通过与无病毒原始模型的对比分析，结果显示加入病毒后，模拟的细菌死亡率在表层增加，在下层降低。这使得细菌在垂直方向上的变化减少，更好的符合实际测量的细菌丰度垂直分布特征。所以，优化后的模型能更好的反映海洋生态系统、特别是微食物环的物质循环和能量传递。

S18-P-14S

不同粒径浮游植物生长速率对海水 CO_2 浓度上升的响应

张琦 [1,2]，罗亚威 [1,2]*

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

2 厦门大学海洋与地球学院，厦门 361102

* ywluo@xmu.edu.cn

人类活动排放的大量 CO_2 被海水吸收，造成海洋酸化，同时也为浮游植物光合作用提供了更高浓度的 CO_2。但是，对于不同粒径浮游植物对环境 CO_2 浓度升高的响应，并没有进行过系统的基于机制的定量分析。在本研究中，建立了反映浮游植物 CO_2 浓缩机制（CO_2 Concentrating Mechanism，CCM）的细胞数值模型，其中包括了细胞通过 CO_2 分子扩散以及耗能主动转运 HCO_3^- 两种获取无机碳的途径。我们模拟了海水 CO_2 400 ppm（LC）和 800 ppm（HC）两种条件下、不同粒径浮游植物生长率的相对变化（Growth Rate Response, GRR）。结果显示，当细胞粒径很小时，CO_2 的扩散可以满足 LC 和 HC 细胞生长的碳需求，GRR 为 0；随着粒径的增大，LC 的细胞开始耗能吸收 HCO3—，而 CO_2 的扩散仍可以满足 HC 的细胞需求，因此 GRR 为正、并逐步上升、并在一定细胞粒径达到峰值；细胞粒径进一步增大时，LC 和 HC 的细胞均开始耗能吸收 HCO_3^-，GRR 逐步下降，但仍然保持正值。因此，浮游植物细胞存在一个最优的粒径，在此粒径下酸化导致的 GRR 最大。进一步的数值实验显示，预测的最优粒径，对细胞的碳需求速率以及细胞 CO_2 泄漏率最为敏感。硅藻对酸化受控实验的 GRR 观测数据，也粗略显示存在一个对酸化响应的最优粒径，但是其小于模型的预测结果。今后的工作应进一步探讨各种过程对模型结果的影响，并结合实验室培养实验进行研究。

S18-P-15

南海神狐海域储层沉积物的甲烷代谢菌

范习贝*，张亭亭，梁前勇

广州海洋地质调查局，水合物工程技术中心，广州 510760

* xibeifan2017gz@163.com

2017 年 5 月，中国地质调查局广州海洋地质调查局在中国南海神狐海域开展的天然气水合物全球首次连续试采 60 天获得成

功，标志着我国在天然气水合物开采方面的全球领先地位。前人的研究主要关注在潜在水合物区表层沉积物微生物类群及其参与的生物地球化学循环过程，而对水合物储层微生物类群的研究并不清楚。本研究依托神狐海域试采区储层沉积物为出发点，探究水合物储层微生物群落特征，参与水合物代谢过程的甲烷代谢菌的种类和丰度情况，以及甲烷代谢菌与生境之间的相关性，拟解决甲烷代谢菌可能参与的水合物形成过程。

S18-P-16S

电子穿梭体石墨烯以导电桥的方式促进厌氧氨氧化耦合铁的还原过程—以红树林沉积物为研究对象

官庆松，曹文志*

厦门大学环境与生态学院，厦门 361105

* guanqingsong163@163.com

厌氧氨氧化耦合 Fe(III)的还原过程(Feammox)是最近新发现的微生物介导的氮循环方式，Feammox 在热带森林、河口潮间带、水稻田以及红树林等生态系统已有报道。AQS, AQDS 和活性炭等含醌基的物质具有较强的氧化还原能力，能够作为电子穿梭体促进铁还原菌对铁的还原过程。石墨烯是由碳原子组成六角型的二维碳纳米材料，具有相当高的电子迁移速率，石墨烯是否能够作为电子穿梭体影响 Feammox 还未有报道。本研究利用氮同位素标记技术，实验室制备红树林沉积物泥浆，并添加AQS和石墨烯，厌氧箱内厌氧培养。结果表明，石墨烯可以作为电子穿梭体促进红树林沉积物中的 Feammox 过程。石墨烯与 AQS 同时增加了 30N2 和 29N2 的产生量和铁的还原速率，导致潜在的氮流失量增加了 35-102%。石墨烯在微生物与 Fe 化合物之间形成具有高电子迁移率的导电桥，提升了两者间电子的传递速率，从而促进 Feammox 过程，增加了沉积物中氮的流失。本研究为石墨烯的应用提供了新的视野，对我们深入理解氮的地球化学循环具有重要的意义。

S20-O-01

陆地生态系统碳氮水循环及其耦合过程的生物调控机制研究

于贵瑞*

中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

* yugr@igsnrr.ac.cn

重点阐述以下几方面：

陆地生态系统碳循环研究进展及瓶颈问题；陆地生态系统碳氮水循环及其耦合过程的前沿科学问题；中国陆地生态系统碳通量时空格局观测研究进展；陆地生态系统碳氮水耦合循环生物控制研究进展。

S20-O-02

陆地生态系统硅-碳耦合生物地球化学循环

宋照亮*，李子川，杨孝民，张晓东，吴云涛

天津大学表层地球系统科学研究院，天津 300072

* songzhaoliang78@163.com

植物作用驱动下的陆地生态系统硅-碳耦合生物地球化学循环对调节大气二氧化碳起至关重要的作用。陆地生态系统硅-碳耦合生物地球化学循环除了植物促进硅酸盐风化和土壤对有机碳的物理化学保护外，还包括植硅体圈闭有机碳以及非生物胁迫与生物胁迫条件下硅增强植物生物量碳积累等过程。

受植硅体的化学组成、形态及所处环境条件的影响，植硅体中圈闭的碳可在土壤和沉积物中存在几百到几千年。陆地生态系统中的植硅体碳固存是一个富有前景的生物地球化学碳固存机制，并且能缓解全球变暖。

植硅体中绝大多数的有机碳来自于植硅体形成期间植物同化的大气二氧化碳。土壤中植硅体的积累速率不仅受植被枯枝落叶输入的控制，而且受植硅体的地球化学稳定性和周转速率的控制。更深层次的问题比如不同性质和不同环境条件下植硅体的周转、不同生态系统对全球陆地植硅体碳固存的相对贡献以及添加有效硅促进植硅体碳固存的价值和潜力应该被重视。

作为一种有益元素或准必需元素，硅在根际或植物体内积累可以增强植物的抗逆性，缓解非生物与生物胁迫对植物生长产生的不利影响。硅对植物生物量积累的恢复效果随非生物胁迫强度增加呈先增加后下降的响应趋势，而随生物胁迫强度增加呈先增加后稳定不变的响应趋势。虽然硅在植物体内积累会导致植物碳含量降低，但是恢复的生物量中超过 96%的部分可用于增加植物生物量碳积累。环境胁迫下硅对农作物生长的有益作用可以增加 35%的生物量碳和 24%的作物产量。因此，硅能够改善非生物胁迫与生物胁迫下植物的生长状况，促进陆地生态系统植物生物量碳积累。

陆地生态系统硅-碳耦合生物地球化学循环最近的进展为增强大气二氧化碳封存提供了很大的新的可能性。有机覆盖、岩粉施加、培养硅积累植物并部分收割等方法为大气二氧化碳长时间控制和土壤-植物系统中的生物地球化学封存提供了潜在的可能。

S20-O-03

全球生态系统碳通量空间格局及其生物地理学机制

陈智 [1,2]，于贵瑞 [1,2]*，朱先进 [3]

1 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

2 中国科学院大学资源与环境学院，北京 100190

3 沈阳农业大学，沈阳 110161

* yugr@igsnrr.ac.cn

陆地生态系统与大气间的碳交换是全球碳循环中最为重要的生态学过程。科学地理解区域及全球陆地生态系统与大气间的碳交换的空间格局及其驱动机制，对于准确预测与评价气候变化条件下陆地生态系统碳收支、有效管理陆地生态系统服务功能具有重要意义。本研究整合了全球通量观测网络(FLUXNET)以及 ChinaFLUX、AsiaFlux 等各区域通量观测网络的涡度相关碳通量观测结果，分析了区域及全球尺度的陆地生态系统碳通量组分，包括净生态系统生产力(NEP)、总初级生产力(GPP)和总生态系统呼吸(RE)的空间地理分异格局、解析了碳通量组分间在空间格局上的同向偶联共变现象及其形成机制，并探讨了陆地生态系统碳通量空间格局的生物地理生态学调控机制。

S20-O-04

外源营养输入对生态系统碳-氮-磷耦合模型参数的不确定分析

周旭辉*

华东师范大学，上海 200062

* xhzhou@des.ecnu.edu.cn

剧烈人类活动导致外源营养物质（氮、磷）输入的增加，显著改变了陆地生态系统的生物地球化学循环过程，同时对陆地生态系统碳-氮-磷耦合模型关键参数的选取提出了新的要求。本研究采用条件性贝叶斯反演的方法，设计采用生物计量观测数据（木质生物量、叶片生物量、凋落物量、土壤有机质和土壤呼吸）对陆地生态系统碳-氮-磷耦合模型（TECO-CNP）中的 30 个参数进行反演估计，进而探讨在 4 种外源营养物质输入条件（对照、氮添加、磷添加和氮磷添加）下不同模型参数的变化特征。结果表明，30 个目标参数中的 17-19 个参数能被良好地约束下来，其中第一次反演最大能够约束 7-9 个参数；被约束的参数在不同处理下的差异显著（$P<0.05$）。模型模拟的碳库、氮库及土壤呼吸与实际观测值的拟合效果较好，但对磷库的模拟存在较大的不确定性。综上，

外源营养物质的输入显著改变了碳-氮-磷耦合模型中的关键参数，研究结果可为未来地球系统模型的改进以及精确预测碳与气候变化的反馈调节过程提供一定的科学依据。

S20-O-05

全球陆地生态系统水通量空间格局及其形成机制

郑涵[1]，于贵瑞[2,3]*，王秋凤[2,3]，朱先进[4]，陈智[2,3]

1 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061

2 中国科学院地理科学与资源研究所生态系统网络观测与模拟重点实验室，北京 100101

3 中国科学院大学，北京 100190

4 沈阳农业大学农学院，沈阳 110161

* yugr@igsnrr.ac.cn

面对严峻的水资源危机和全球气候变化，如何科学地管理和评估水资源已成为当今影响人类社会可持续生存和发展的重大科学命题。科学的水资源管理首先需要全面认识水分循环过程。蒸散（evapotranspiration，ET）作为陆地水循环的关键环节和重要组分，对陆地生态系统的可利用水资源量具有重要的指示作用。因此，深入研究陆地生态系统实际蒸散量的空间格局及其形成机制不仅有助于全面认识陆地水循环过程，而且对于气候变化背景下的陆地水资源的科学管理和评估具有重要意义。本研究以中国通量观测研究联盟（ChinaFLUX）的通量观测数据为基础，同时收集和整理全球其他区域陆地生态系统的年实际蒸散量（annual actual evapotranspiration，AET）观测数据，结合气候、植被和土壤数据资料，系统阐述了全球陆地生态系统 AET 的空间变异特征及其影响因素，从而探讨了陆地生态系统 AET 空间格局的形成机制。结果表明，全球陆地生态系统 AET 的空间格局与主要气候、植被和土壤因素的空间格局存在复杂的关联性，尤其与潜在蒸散量（PET）和年均降雨量（MAP）的空间格局关系密切，二者共同决定了陆地生态系统 AET 约 55%的空间变异。整体而言，气候、植被和土壤属性通过彼此在空间格局上的紧密偶联关系共同地控制着陆地生态系统 AET 的空间格局，并以气候格局的作用为主。

S20-O-06

普适性陆地生态系统生产力模型

Han Wang[1,2,3]*, I. Colin Prentice[1,2,4], Trevor F. Keenan[2,5], Tyler W. Davis[4,6], Ian J. Wright[2], William K. Cornwell[7], Bradley J. Evans[2,8], Changhui Peng[1,9]*

1 Department of Earth System Science, Tsinghua University, 100084, Beijing, China

2 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, 712100, Shanxi, China

3 Department of Biological Sciences, Macquarie University, North Ryde, NSW 2109, Australia

4 AXA Chair of Biosphere and Climate Impacts, Department of Life Sciences, Imperial College London, Silwood Park Campus, Buckhurst Road, Ascot SL5 7PY, UK

5 Climate and Ecosystem Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, 1 Cyclotron Road, Berkeley, CA 94720, USA

6 United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service, Robert W. Holley Center for Agriculture and Health, Ithaca, NY 14853, USA

7 Ecology and Evolution Research Centre, School of Biological, Earth and Environmental Sciences, The University of New South Wales, Randwick NSW 2052, Australia

8 Faculty of Agriculture and Environment, Department of Environmental Sciences, The University of Sydney, Sydney, NSW 2006, Australia

9 Department of Biological Sciences, Institute of Environmental Sciences, University of Quebec at

Montreal, C.P. 8888, Succ. Centre-Ville, Montréal, Québec H3C 3P8, Canada
* wang_han@mail.tsinghua.edu.cn; peng.changhui@uqam.ca

植被总初级生产力作为大气二氧化碳进入生态系统碳循环的第一步，以植物的光合作用为基础，为陆地生态系统的生命活动提供支持。包含陆地生态系统与气候相互作用的地球系统模式被广泛的应用于预测未来陆地碳汇，该预测的可靠性依赖于对植被总初级生产力的准确模拟。然而，现有地球系统模式在模拟环境变化对植被总初级生产力的影响时存在很大的不确定性，亟需以理论为指导，构建更为稳定的模型基础。本研究以影响植被总初级生产力的关键生物变量—叶片内外二氧化碳浓度比为切入点，指出该关键变量受到环境因子的调控，但在现有地球系统模式对其模拟仍然依赖于片面的、经验性的关系。根据自然选择最优性原理，进一步从理论推导预测该变量对温度、湿度和气压变化的敏感性，该理论预测的结果得到全球 3500 多条叶片碳稳定同位素数据的支持验证。在此基础上，提出一个普适性全球陆地生态系统总初级生产力模型，将经验性的光能利用率模型和经典的 C3 植物光合作用模型有机的统一起来。该模型得到全球总初级生产力通量观测的验证支持。本研究的优势不仅体现在模型参数的简化，以及模型方程对不同生物群区、植物功能类型的普适性，更为在下一代地球系统模式中完善植被总初级生产力的模拟提供了理论基础。

S20-O-07

中国氮素流动分析方法指南

蔡祖聪*，高兵，逄超普，谷保静

南京师范大学，南京 210023
* zccai@njnu.edu.cn

自德国科学家发明 Haber-Bosch 过程以来，氮气（N2）被源源不断地合成为具有生物、环境和气候效应的活性氮，极大地改变了氮的生物地球化学循环，对粮食生产、生态环境和气候产生了深刻的影响。为了完整地认识和评估活性氮对地球系统的影响，欧洲完成了欧洲氮评估报告，美国对本国的氮状况进行了评估，近日，印度也完成和发表了印度国家的氮评估报告。

改革开放以来，我国氮肥的生产量和施用量、矿质燃料燃烧释放的氮氧化物快速增加，已经成为世界上活性氮产生量最大的国家。大量活性氮的投入为我国实现粮食安全和经济快速发展发挥了不可替代的作用，同时也对生态环境产生了极为不利的影响，土壤酸化、次生盐渍化，水体富营养化，雾霾频发等，严重威胁我国的可持续发展。定量地评估我国活性氮在各系统中的流动及其流动的形态是科学地评估活性氮对生态环境和气候的影响，制订对策措施以提高活性氮利用率，减少活性氮向环境泄漏的基础。

我国科学工作者在全国尺度上对我国活性氮流动进行了大量的分析和评估，极大地提高了对我国活性氮生态环境效应的定量认识水平。但是，由于研究者采用的方法和转换系数不尽相同，因而得出的结果也有很大的差异，对决策者制订调控活性氮输入和流动的对策措施造成了极大的困扰。同时，也导致了大量的重复性工作。为了推进我国氮评估，并使评估结果在空间和时间上具有可比性，基于质量平衡原理，我们编制了中国氮素流动分析指南。本指南将活性氮的流动划分为陆地、大气、水体、人为活动和养殖等 5 大功能模块，按转化活性氮的主体类型，将每一模块进一步区分为若干系统，以系统为基本单元进行氮素流动分析，并提供系统氮素流动分析涉及的转换系数。在全国尺度上，我们建议采用本指南提供的转换系数缺省值。如若未采用本指南提供的全部缺省值，建议研究者注明自行确定的转换系数，说明确定的依据。这样有助于避免对一些已经取得高度共识的转换系数的重复性研究，推进对一些有争议的转换系数的研究，并取得共识。在省级及其它行政单元尺度上，鼓励采用从当地获取的转换系数；若当地无可

获取的转换系数，也可采用本指南提供的缺省值。

按本指南分析获得的全国或区域系统间活性氮流动通量是评估活性氮利用率和环境效应的基础数据，研究者可以此为基础，产生次级数据，如估算全国或区域某一系统的氮利用效率，评估活性氮的环境影响程度等。

本指南是国家重大科学研究计划项目《我国活性氮源及其对空气质量与气候变化的影响机理研究》（2014CB953800）的成果之一，预期在 2018 年 8 月由科学出版社出版。

S20-O-08

森林植物硝酸根有效性和利用机制

刘学炎 [1,2]*

1 天津大学表层地球系统科学研究院，天津 300072

2 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室，贵阳 550008

* liuxueyan@tju.edu.cn

氮是地球生物必需的营养元素之一，自进入人类世以来，地表氮污染加剧并影响生态系统结构和功能。环境中有多少氮可供植物利用、植物真正利用了多少氮和哪些形态氮素、以及植物氮素利用机制如何随环境变化而变化一直是环境地球科学和生态学共同关心的科学问题。近年，我们开展了极地苔原、温带森林、热带亚热带森林植物硝酸根来源和利用机制的原位研究。该研究采用新颖的硝酸根氮、氧同位素地球化学方法原理，结合土壤氮状态、植物氮吸收和酶还原等指标，揭示土壤硝酸根是极地苔原植物的重要氮源。这更新了极地苔原植物氮有效性评价的认识，对更准确理解极地生态系统氮、碳动态及其随环境如何变化具有重要意义。利用硝酸根氧同位素的研究表明，在低纬度地区的植物直接吸收大气来源的硝酸根，这说明大气氮输入不仅影响土壤氮状态和循环过程，还直接影响植物氮吸收和利用，这些结果有助于更好地理解植物-土壤系统氮循环过程和功能以及它们对氮污染的响应。

S20-O-09

陆地碳氮耦合过程的模拟及其不确定性溯源

夏建阳 [1]*，骆亦其 [2]，王应平 [3]，崔二乾 [1]，魏宁 [1]，杜正刚 [1]，周健 [1]

1 华东师范大学，上海 200241

2 北亚利桑那大学，美国

3 CSIRO, Australia

* jyxia@des.ecnu.edu.cn

地球系统模式是人类定量研究全球变化、预测地球系统未来趋势的重要工具。然而，当代的地球系统模式大多忽略了陆地碳、氮循环的耦合过程，从而在预测未来陆地生态系统及其对气候变化的反馈作用时存在极大不确定性。近几年来，大多数地球系统模式都将陆地碳氮耦合作为优先发展的方向之一。然而，目前尚不清楚将氮循环引入原有的碳循环模型后，是否能降低模型间对碳循环的模拟差异。我们针对陆地生态系统模型的不确定性构建了一套溯源性分析框架。通过将该框架应用于澳大利亚的 CABLE 模型，我们发现考虑碳氮耦合过程将显著降低模型对木本生态系统生产力的估算，而对草本生态系统而言，则显著缩短了对碳滞留时间的模拟。同时，我们将三个主流的碳氮耦合模式加入同一个碳循环模型，发现原有模型的不确定性将进一步加大。此外，基于实测的土壤无机氮数据，我们发现美国的 CESM 模型显著低估了我国的土壤无机氮库。这些研究结果共同表明，当前的地球系统模式对陆地碳氮耦合过程的模拟仍然存在极大不确定性。结合野外观测、控制试验与理论发展的研究工作将有助于改进地球系统模式对陆地碳氮耦合过程的模拟。

S20-O-10

基于地面和遥感观测的全球大气氮干沉降评估

贾彦龙[1]，于贵瑞[2,3]*

1 河北农业大学林学院，保定 071000
2 中国科学院地理科学与资源研究所生态系统网络观测与模拟重点实验室，北京 100101
3 中国科学院大学资源与环境学院，北京 100190
* yugr@igsnrr.ac.cn

大气氮沉降是全球氮循环的重要过程，对自然生态系统结构和功能有重要影响。大气氮沉降包括湿沉降和干沉降。由于干沉降组分多、观测技术复杂，全球的干沉降的观测点依然较少。然而，越来越多的证据表明，干沉降也是大气氮沉降的重要组成部分。因此，如何准确评估全球干沉降的空间格局是目前的一个难点。随着近些年来 NO_2 和 NH_3 卫星遥感数据的释放，为我们结合干沉降站点观测数据和遥感观测数据探讨全球干沉降的空间格局提供了可能。

在本研究中，我们系统收集了全球 9 个氮沉降观测网络的干沉降资料和公开发表的文献资料，构成了具有 555 个站点、7424 条站点年数据的大气氮化物浓度数据库，并且下载了 OMI NO_2 遥感柱浓度数据和 IASI NH_3 遥感柱浓度数据，基于大气化学转化原理，分别建立了 NO_2 柱浓度数和地面 NO_2、HNO_3、NO_3^- 干沉降观测的遥感经验模型，NH_3 柱浓度和地面 NH_3、NH_4^+ 干沉降观测的遥感经验模型，初步评估了全球干沉降的空间格局。

研究结果表明，全球的干沉降通量存在明显的区域分异规律，中国东部、欧洲西部和美国东部是三大高沉降区，其他地区沉降量较低，但不同氮化物沉降通量的空间格局存在差异。从五种氮化物沉降通量的全球均值来看，$NH_3 > NO_2 > HNO_3 > NH_4^+ > NO_3^-$。本研究为全球干沉降空间格局的评估提供了一种新方法，其评估结果不仅有助于我们对全球干沉降空间格局的认识，并且对政府决策的制定和氮沉降的生态效应研究具有重要意义。

S20-O-11

基于涡度相关观测的中国陆地生态系统水分利用效率时空变异研究

朱先进[1,2]，于贵瑞[2,3]*，胡中民[2,4]，王秋凤[2,3]，李英年[5]，石培礼[2,3]，闫俊华[6]，王辉民[2,3]，王艳芬[7]，张军辉[8]，赵风华[2,3]，赵亮[5]

1 沈阳农业大学农学院，沈阳 110866
2 中国科学院地理科学与资源研究所生态系统网络观测与模拟重点实验室 CERN 综合研究中心，北京 100101
3 中国科学院大学资源与环境学院，北京 100190
4 华南师范大学地理学院，广州 510631
5 中国科学院西北高原生物研究所，西宁 810008
6 中国科学院华南植物园，广州 510650
7 中国科学院大学生命科学学院，北京 100190
8 中国科学院沈阳应用生态研究所，沈阳 110072
* yugr@igsnrr.ac.cn

水分利用效率（water use efficiency, WUE）是反映生态系统碳水循环间耦合关系的指标，量化了水资源对碳固定及生产力的支撑能力。同时，WUE 也是揭示生态系统与大气间相互关系的重要参数，反映了生态系统生产力的变化对水循环及能量分配的反馈。量化 WUE 的时空变异既可以为评估区域生产力时空分布、合理利用水资源提供理论依据，也可以为量化生态系统与大气间的反馈作用提供参考。

基于微气象学理论的涡度相关技术可以同时观测生态系统与大气间的 CO_2 和水汽通量，为分析 WUE 的时空变异提供了便利。随着涡度相关观测技术的不断成熟，联网化涡度相关观测在区域及全球范围内日益兴起，使基于涡度相关观测分析 WUE 的时空变异成为可能。自 2002 年以来，中国陆地生态系统通量观测与研究网络（ChinaFLUX）已在中国典型生态系统开展了长期联网观测，为基于涡度相关观测分析 WUE 的时空变异提供了数据支撑。

以 ChinaFLUX 长期联网观测数据为基础，我们分析了典型生态系统 WUE 的日动态、季节动态、年际变异及其形成机制，发现了碳水通量间的耦合与解耦现象，阐明了不同生态系统 WUE 季节动态的主控因素及其差异。同时，刻画了 WUE 在中国区域的格局规律及影响因素，发现了海拔和叶面积指数在 WUE 空间格局中的作用，揭示了 WUE 空间格局的形成机制，并基于 WUE 的空间分布确定了中国区域的宜林区域。并指出今后需在 WUE 的全球格局规律、WUE 年际变异的生物地理学机制、WUE 格局规律支撑政策决策等方面还需进一步深入研究。

S20-O-12

Leaf Area Index identified as a major source of variability in modelled CO_2 fertilization

Qianyu Li[1,5], Xingjie Lu[2], Yingping Wang[3], Xin Huang[4], Peter M. Cox[5], Yiqi Luo[1,2]*

1 Ministry of Education Key Laboratory for Earth System Modeling, Department of Earth System Science, Tsinghua University, 100084, Beijing, China

2 Center for Ecosystem Science and Society (Ecoss), Northern Arizona University, Flagstaff, AZ 86011, USA

3 CSIRO Marine and Atmospheric Research, Centre for Australian Weather and Climate Research, PMB #1, Aspendale, Victoria 3195, Australia

4 Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, 100084, Beijing, China

5 College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, Exeter, EX4 4QF, UK

* luoyiqi@mail.tsinghua.edu.cn

The concentration-carbon feedback factor (β), also called the CO_2 fertilization effect, is a key unknown in climate-carbon cycle projections. A better understanding of model mechanisms that govern terrestrial ecosystem responses to elevated CO_2 is urgently needed to enable a more accurate prediction of future terrestrial carbon sink. We calculated CO_2 fertilization effects at various hierarchical levels from leaf biochemical reaction, leaf photosynthesis, canopy gross primary production (GPP), net primary production (NPP), to ecosystem carbon storage (*cpool*), for seven C_3 vegetation types in response to increasing CO_2 under RCP 8.5 scenario, using the Community Atmosphere Biosphere Land Exchange model (CABLE). Our results show that coefficient of variation (CV) for the CABLE model among the seven vegetation types is 0.13-0.15 for the biochemical level β, 0.13-0.16 for the leaf-level β, 0.48 for the β_{GPP}, 0.45 for the β_{NPP}, and 0.58 for the β_{cpool}. The low variation of the leaf-level β is consistent with a theoretical analysis that leaf photosynthetic sensitivity to increasing CO_2 concentration is almost an invariant function. In CABLE, the major jump in CV of β values from leaf- to canopy- and ecosystem-levels results from divergence in modelled leaf area index (LAI) within and among the vegetation types. The correlations of β_{GPP}, β_{NPP}, or β_{cpool} with β_{LAI} are very high in CABLE. Overall, our results indicate that modelled LAI is a key factor causing the divergence in β values in CABLE model. It is therefore urgent to constrain processes that regulate LAI dynamics in order to better represent the response of ecosystem productivity to increasing CO_2 in Earth System Models.

S20-P-01S

普定喀斯特关键带系统水、碳耦合过程研究

王彦伟[1,2]，罗维均[2,3]*，曾广能[4]，王世杰

2,3

1 中国科学院大学，北京 100049
2 中国科学院地球化学研究所，贵阳 2550081
3 普定喀斯特生态系统观测研究站，普定 562100
4 贵州民族大学生态环境工程学院，贵阳 550025
* luoweijun@mail.gyig.ac.cn

喀斯特生态系统指主要在基岩为可溶性碳酸盐岩基础上演化而来的生态系统，约占陆地面积的 12-15%。其中我国西南是世界三大喀斯特集中连片分布地之一，受雨热同期的亚热带季风气候和青藏高原隆升地质背景格局影响，岩溶作用强烈，喀斯特二元三维结构发育明显，使得该地区成为关键带科学研究的理想场所。关键带指植被冠层与地下水之间的陆地表层部分，是陆地表层生物地球化学循环的主要场所，并且提供了主要的生态系统服务功能。在全球变化和人类活动（土地利用改变）的双重胁迫下，关键带研究对可持续发展有重要意义。目前该地区有关植被、土壤、岩溶、水文、土地利用改变等已有大量研究，但都相对独立，且以横向上的对比，空间换时间等方法为主，缺乏纵向上原位长期连续系统的综合观测。对此，我们在普定喀斯特生态系统观测研究站选取了一块自然恢复样地，建立了以水、碳耦合过程为核心的基于喀斯特关键带理念的集成观测系统，包括大气-冠层界面的涡度相关通量观测系统、土壤-大气界面的自动箱碳通量观测系统和洞穴-大气界面的二氧化碳浓度、同位素梯度观测系统。另外也包括了定期植被调查、物候观测、土壤剖面二氧化碳观测、岩溶试片观测等辅助观测项目。以期阐明以植被为主的生物过程、以岩溶为主的化学过程和以地下洞穴烟囱效应为主的物理过程在喀斯特生态系统水、碳循环中的作用和贡献，以及与全球变化和土地利用改变之间的响应关系。

S20-P-02

典型农业流域水系 N_2O 间接排放系数时空变异

秦晓波 [1]*，李勇 [2]，Stefanie Daniela Goldberg[3]，廖育林 [4]，范美蓉 [5]，万运帆 [1]，李玉娥 [1]，王毅 [2]

1 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所/农业农村部农业环境重点实验室，北京 100081
2 中国科学院亚热带农业生态研究所，长沙 410125
3 中国科学院昆明植物研究所，昆明 650201
4 湖南省土壤肥料研究所，长沙 410125
5 长沙环境保护职业技术学院，长沙 410004
* qinxiaobo@caas.cn

由于相关研究的缺失，典型农业流域水系氧化亚氮间接排放系数的估算仍然存在较大不确定性，这阻碍了国家温室气体清单的完善及其全球总量的估算。为此，我们在中国亚热带地区湘江流域脱甲河水系开展了野外连续研究（2013-2016），应用顶空平衡法和扩散模型法监测了不同级别河水中溶存氧化亚氮浓度、硝态氮浓度，进而计算了河流氧化亚氮间接排放系数（EF_{5r}），分析了 EF_{5r} 的时空变异特征，对比分析了两种不同方法计算的 EF_{5r} 值，并研究了环境要素对其潜在影响机制。结果表明，脱甲河水氧化亚氮年均扩散通量、溶存浓度及硝态氮含量分别为 3.59 kg N ha^{-1} a^{-1}（0.58 ~ 4.31 kg N ha^{-1} a^{-1}），0.35 ± 0.05 μg N L^{-1} 和 0.93 ±0.14 mg N L^{-1}，脱甲河水系氧化亚氮排放量为 96.07 kg N a^{-1}，根据统计年鉴数据估算的脱甲河流域氮素总输入为 146,034.03 kg N ha^{-1} a^{-1}，估算的中国河流氧化亚氮排放量为 0.01 Tg N a^{-1}（0.002 ~ 0.19 Tg N a^{-1}）。通过两种方法计算的 EF_{5r} 值均明显低于政府间气候变化专门委员会（IPCC）的默认值（0.0025），浓度法和 IPCC2006 方法计算结果分别为 0.0012（0.0006 ~ 0.0017）和 0.0002（0.00008 ~ 0.00066）。在时间分布上，从 2013 年到 2016 年，氧化亚氮溶存浓度和 EF_{5r} 均为夏季明显高于其它 3 个季节，其中 2015 年明显高于其它 3 个年份。空间上，1 级河段氧化亚氮溶存浓度和 EF_{5r} 均明显低于其它 3 级河段，而且从 2 级河段到 4 级河段，两个变量随着河流级别的升高而呈现非线性下

降的趋势。另外，决策树和因子重要性分析（精度百分数递增和节点不纯降低）表明河水溶解氧浓度和温度控制了氧化亚氮溶存浓度和 EF_{5r} 的变化。然而，氧化亚氮溶存浓度和硝态氮浓度间的不显著线性关系表明了河水氧化亚氮产生到大气传输过程的复杂生物化学过程（硝化/反硝化/硝化细菌反硝化/硝酸盐异化还原成铵等过程的组合/竞争/耦合）。我们的研究结果不仅为国家温室气体清单完善提供基础活动水平数据，而且支持了当前 IPCC 修正降低氧化亚氮间接排放系数的有关争论。

S20-P-03

土壤异养呼吸与湿度之间关系的新型过程模型

晏智锋 [1]*，刘崇炫 [2]，李思亮 [1]，刘丛强 [1,3]

1 天津大学表层地球系统科学研究院，天津 300072

2 南方科技大学环境科学与工程学院，深圳 518055

3 中科院地球化学研究所，贵阳 550081

* yanzf17@tju.edu.cn

土壤有机碳是陆地生态系统中最重要的碳库，其通过呼吸作用产生的 CO2 是大气中 CO2 的重要来源，其中通过微生物异养呼吸作用产生的 CO2 占到全球 CO2 排放总量的近 30%，对全球碳循环至关重要。土壤异养呼吸受到土壤湿度等各种环境因素的影响，目前主要采用经验或半经验模型来描述土壤异养呼吸速率与土壤湿度之间的相互关系，给区域和全球尺度土壤有机碳模拟和预测带来了很大的不确定性。该研究根据土壤异养呼吸的主要物理、化学、生物过程构建其速率与壤湿度之间响应关系的过程模型，并且建立了模型参数和易测量土壤属性之间的定量关系，使得该过程模型可以方便地用于模拟和预测各种土壤的异养呼吸速率随含水率变化的响应结果。通过将该过程模型用于不同类型土壤中，结果表明该模型较好地预测了室内实测和室外观测结果，比现有经验模型更准确地模拟了不同土壤湿度条件下的土壤异养呼吸速率（相关成果已经提交到 Nature Communications，三审中）。因此，该过程模型能够降低预测土壤中有机碳降解随气候变化响应关系的不确定性。

S20-P-04S

川东北大气沉降中水溶态重金属元素及来源分析

潘晨光，周厚云*，陈琼，贺海波，汤静

华南师范大学地理科学学院，广州 510631

* hyzhou@gig.ac.cn

对 2011.8-2014.7 采集于川东北地区的大气沉降样品中水溶态重金属和部分其它元素（Ca、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、As、Cd、Pb）进行了分析，计算了其沉降通量。结果表明：①这几种重金属具有不同的季节变化特征：Ca 的季节变化特征十分明显，在春季明显增加，主要原因可是春季来自北方粉尘活动的加强；Fe、Zn、Ga、As、Pb 等重金属在夏季明显增加，主要可能是夏季降水量增加所致；而 Cu、Co、Ni、Cu、Cd 等重金属的季节变化特征不明显。②不同元素之间年沉降通量存在显著差异，Ca 的年沉降通量最大达到 1468914 ug $(m^2\ a)^{-1}$，Ga 年沉降通量最小为 3.4 ug $(m^2\ a)^{-1}$，高出 6 个数量级。

S20-P-05

中国生态系统大气氮、磷、酸沉降：动态、格局与影响因素

王秋凤 [1,2]，于贵瑞 [1,2]，朱剑兴 [1,2]，贾彦龙 [3]，于海丽 [1]，何念鹏 [1,2]*

1 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

2 中国科学院大学资源与环境学院，北京 100049

3 河北农业大学，保定 071000
* henp@igsnrr.ac.cn

由人类活动引起的大气氮磷酸沉降的增加，既会对生态系统产生负效应，如生物多样性破坏、土壤酸化、降低土壤缓冲能力，又会对生态系统产生正效应，如提供营养元素、增加粮食产量、促进森林生长等。因此对大气氮磷酸沉降的动态、格局及影响机制的研究有利于准确评估氮磷酸沉降对生态系统过程和功能的影响。

基于中国生态系统研究网络（CERN）和部分兄弟台站，研究人员首先构建了中国典型陆地生态系统大气降水化学沉降观测网络(China_WD)，包括森林、草地、农田、荒漠、湖泊、湿地以及城市等类型共 50 余个生态系统，实现了生态系统大气氮、磷、酸沉降的联网同步观测。基于规范化的联网实际观测数据，定量分析了中国大气氮沉降的时空变异、影响因素及其驱动机制，中国大气降水酸沉降的时空分布格局及其影响因素，中国典型陆地生态系统大气磷沉降、N:P 比及其生态意义。

研究结果表明，中国地区大气湿沉降(铵态氮和硝态氮)的年平均沉降通量约为 12.4~13.8 kg ha^{-1} a^{-1}，它显著高于美国和欧洲地区；中国的华中和华南为高氮沉降区，西北、东北、内蒙以及青藏区为低氮沉降区；湿沉降中 NH_4^+/NO_3^-的平均比例为 1.22；氮肥施用量、能源消耗量和降水是控制湿氮沉降空间格局的主要控制因子。中国自然生态系统和农田的降水 pH 均值为 6.2，降水酸沉降由北向南呈加重趋势，最严重地区为我国西南地区；能源消耗和降水量显著影响酸沉降。中国大气雨水磷沉降的年平均值为 0.21 kg P ha^{-1} a^{-1}，大气湿沉降中具有较高的 N:P 沉降比(77:1)，长期不平衡的氮磷输入比可能会对中国区域陆地生态系统生产力和物种多样性造成影响。

S20-P-06S

Big-data-big-model fusion to improve prediction of global soil carbon dynamics with Earth System Model

Feng Tao[1, 2], Yiqi Luo[1, 3]*, Zhenghu Zhou[3], Yuanyuan Huang[4]

1 Department of Earth System Science, Tsinghua University, 100084, Beijing, China
2 School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, 510275, Guangzhou, China
3 Center for Ecosystem Science and Society, Department of Biological Sciences, Northern Arizona University, Flagstaff 86011, USA
4 Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, 91191 Gif-sur-Yvette, France
* luoyiqi@mail.tsinghua.edu.cn

Soil carbon is a critical component in terrestrial ecosystems, yet our understanding of the vertical soil carbon distribution is limited and enormous uncertainties still exist in the projection of different earth system models. In this study, by applying Bayesian inference in the matrix form of ORCHIDEE-MICT model, the vertical soil carbon distribution was assimilated by a global dataset containing more than 50,000 soil profiles. The assimilated model projection can explain more than 80% variance of the observation, and the explanatory power keep consistency at different depth of the soil profile. An estimated global carbon storage of 2048 Pg C was obtained after data-model fusion, with 1373 Pg C in the top 100cm of the soil. Surprisingly, the results suggest an anti-conventionally more responsive decomposition of soil carbon to the temperature in tropics (Q_{10} ~ 2) than that in boreal regions (Q_{10} ~ 1.3). The peculiar Q_{10} pattern reflects defects in model structure and refreshes our previous knowledge on the exponential temperature-respiration relationship. To summury, the big-data-big-model fusion achieves

significantly reduced uncertainty in earth system model projection and reveals critical defects in the model structure. The results facilitate a better understanding of the terrestrial carbon cycle and an ever precise vertical soil carbon projection of the world by earth system models.

S20-P-07S

赤道东太平洋晚中新世浮游及底栖有孔虫壳体碳同位素和 Cd/Ca 的变化及意义

凤羽*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* 1632938@tongji.edu.cn

晚中新世碳同位素负偏是中新世以来最引人关注的事件，全球大洋底栖有孔虫碳同位素记录在一百万年左右的时间内负偏 0.9‰，特殊而显著。对于这一负偏的成因有几种主要假说，包括生产力勃发引起生物泵作用加强；海气交换速率变化及陆源输入引起的海洋碳库变化；巴拿马海道关闭引起北大西洋深层水形成加强等。U1337 钻孔位于赤道东太平洋，晚中新世碳同位负偏事件在该站位有着清晰的记录，底栖有孔虫壳体的 Cd/Ca 比值被认为可以反映洋流变化，而目前已有的晚中新世 Cd/Ca 记录不多，且时间分辨率均较低，因此本文通过 U1337 站位浮游及底栖有孔虫壳体的碳同位素记录拟探索晚中新世碳位移在东太平洋的表现，并将进一步获得底栖有孔虫 *Osangularia Culter* 壳体的 Cd/Ca 比值记录，来验证各假说的可能性，同时也进一步丰富了 Cd/Ca 比值作为古海洋学参数在赤道东太平洋的数据库。

S20-P-08S

达里诺尔湖冰封期与非冰封期水体氢氧同位素及水化学特征分析

杜蕾，李畅游*，李文宝

内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院，呼和浩特 010018

* nndlichangyou@163.com

环境同位素是指天然状态存在于自然环境中的同位素，如水中的氢、氧同位素，由于它们是水分子的组成部分且分布广泛，因此在研究水文过程中具有重要意义。不同来源水体中同位素组成特征不同，且水体在发生蒸发、结冰等作用时，会产生同位素分馏现象，因此，可将氢、氧同位素作为示踪剂来研究不同水体的补给来源和指示水体蒸发、结冰作用等。达里诺尔湖是中国北方寒旱区典型的高原内陆湖泊，冬季时长且寒冷，夏季时短，全年蒸发量大于降水量。本文研究了达里湖不同时期（冰封期、非冰封期）水体理化指标和稳定同位素分布特征，分析了理化指标浓度与同位素含量的关系，结论如下：

（1）在水平分布上，各取样点夏季的 δD、$\delta^{18}O$ 值相对于冬季具有明显的稳定性。冬季冰体 δD、$\delta^{18}O$ 值最重，均值为-22.22‰、-0.81‰；冰下水体 δD、$\delta^{18}O$ 值居中，均值为-30.56‰、-1.87‰；夏季水体 δD、$\delta^{18}O$ 值最轻，均值为-32.35‰、-2.05‰。

在垂向分布上，夏季水体各层 δD、$\delta^{18}O$ 值较冬季冰-水体无明显波动。为深入探究水体垂向上的 δD、$\delta^{18}O$ 值变化特征，特选取 G 点进行详细分析。在 G 点，冬季冰下水体 4.25 m 以上和 7.25m 以下处，δD、$\delta^{18}O$ 值变化幅度较大；夏季水体的 δD、$\delta^{18}O$ 值变化不大。

（2）通过对比达里湖的氢、氧稳定同位素组成发现，湖水中的 δD、$\delta^{18}O$ 值大于河水与井水。在 G 点，冬季湖水、湖冰与夏季湖水的同位素值均位于全球大气降水线右侧，且在冰-水体中，底层的 δD、$\delta^{18}O$ 值落在中层与表层左侧。

（3）电导率、总溶解性固体（TDS）与氢氧同位素在 0.01 水平上具有显著负相关关系，δD 与电导率和 TDS 的相关系数分别为-0.623、-0.616；$\delta^{18}O$ 与电导率和 TDS

的相关系数分别为-0.541、-0.539。溶解氧与氢氧同位素在 0.01 水平上具有显著正相关关系，DO 与 δD 和 $\delta^{18}O$ 的相关系数分别为 0.505、0.517。

总之，利用各理化指标在冰封期及非冰封期的冰-水体中与氢氧同位素的相关关系，可以通过对各理化指标的测定指示同位素值的变化趋势，对同位素示踪、水资源评价及预测等具有重要意义。

S20-P-09S

祁连山含水量不同的两个湿地间产甲烷菌和甲烷氧化菌群落对比

崔鸿鹏[1,2]，苏新[1,2]*，魏士平[2]，祝有海[3]，卢振权[3]，王艳发[1,2]，李月娇[1,2]，刘晖[3]，张帅[3]，庞守吉[3]

1 地质过程与矿产资源国家重点实验室，地质微生物实验室，北京 100083

2 中国地质大学（北京）海洋学院，北京 100083

3 中国地质调查局油气资源调查中心，北京 100029

* xsu@cugb.edu.cn

湿地是大气中温室气体甲烷（CH_4）的源。CH_4 主要由微生物参与的地球化学作用过程中产生，其中产甲烷菌和甲烷氧化菌发挥着重要作用，然而在含水量不同的湿地对这两类微生物群落的研究知之甚少。本文主要基于甲基辅酶 M 还原酶的 α 亚基基因（*mcr*A）和甲烷单加氧酶的 α 亚基基因（*pmo*A）通过克隆文库系统发育学分析和实时荧光定量 PCR 技术（QPCR）对祁连山含水量不同的两个湿地（高含水量采样点 DZ2-14-3 和低含水量采样点 DZ2-14-4）产甲烷菌和甲烷氧化菌的多样性和丰度进行了研究。

分析结果得到 16 个 OTU（Operational Taxonomic Unit）属于产甲烷菌、9 个 OTU 属于甲烷氧化菌。其中 Fen cluster（58.0%）和 *Methanosaetaceae*（20.3%）是高含水量采样点的主要产甲烷菌类群；*Methanosaetaceae*（32.4%），*Methanosarcinaceae*（29.4%）和 *Methanobacteriaceae*（22.1%）是低含水量采样点的主要产甲烷菌类群。属于 type I 型甲烷氧化菌的 *Methylobacter*（90.0%）类群相对含量在高含水量采样点非常高，而在低含水量采样点以属于 type II 型甲烷氧化菌的 Methylocystis（53.3%）和属于 type I 型甲烷氧化菌的 *Methylomonas*（42.2%）为主要类群。QPCR 结果显示，*mcr*A 和 *pmo*A 基因丰度在高含水量采样点高于其在低含水量采样点。

总之，通过对祁连山含水量不同的两个湿地间产甲烷菌和甲烷氧化菌群落对比有助于了解在湿地生态环境下与甲烷相关的微生物研究。

S21-O-01

黄渤海颗粒碳、无机碳时空演变规律

王秀君*，樊航，于志同

北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院，北京 100875

* xwang@bnu.edu.cn

黄渤海生物地球化学过程受自然过程和人类活动多重影响，有很强的季节性和年际变化特征。本研究利用高精度的卫星 MODIS-Aqua 遥感数据，分析黄渤海 2002-2017 年期间表层颗粒有机碳（particulate organic carbon, POC）、无机碳（particulate inorganic carbon, PIC）的时空变化特征及其驱动机制。分析发现 POC 和 PIC 在空间分布上有一定相似性，即渤海海域高于黄海、近岸浓度偏高的分布特点。在季节变化上，POC 在春季浓度最高，而 PIC 在冬季最高，前者与初级生产力、沉积物再悬浮有关，后者可能是由沉积物再悬浮引起。PIC 年际变化较弱，但 POC 有明显的年际变化（与叶绿素几乎相反），可能与东海水交换过程的有关。本文结合分析沉积物中有机

碳、无机碳的理化特性，探讨生物过程、水交换和沉积物再悬浮等过程对黄渤海 POC、PIC 时空演变的影响机制。

S21-O-02

长江口外陆架沉积物氧化还原敏感元素富集机制与环境指示

范代读*，吴伊婧

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* ddfan@tongji.edu.cn

Significant enrichment of redox sensitive elements (RSEs) in sediments and sedimentary rocks is a good indicator of redox states, and has been widely used to reconstruct benthic redox histories in suboxic and anoxic (euxinic) basins. Here we use a suite of RSEs from modern sediments to study a seasonally hypoxic environment. Four ^{210}Pb-dated cores from an E-W transect across a hypoxia center off the Changjiang Estuary were analyzed in detail, including grain-size compositions, percent total organic carbon (TOC), and Mo, V, and U concentrations.

RSEs are only slightly enriched above average crustal abundances in these sediments, seldom exceeding twofold. Upcore increasing abundances of Mo, V, and U was only observed in one of the cores (E3), located at the center of the Changjiang hypoxia zone. Time series of RSE concentrations and TOC% reflect annual hypoxia and harmful algal blooms (HAB), respectively. They exhibit two progressive stages of oxic deterioration, with a persistent lowering of benthic water DO minima since the 1980s, a period of increased human disturbance to the environment. Controlling mechanisms vary for different redox sensitive elements from normoxic to hypoxic settings. Enrichment of Mo and V are obviously regulated by the Fe-Mn redox cycle and by particle absorption. Both of these processes are promoted by organic complexation in the hypoxic state, but U enrichment generally shows a negative correlation with these controlling factors because of its ease of remobilization, and significant detrital inputs in the Changjiang Estuary. We also evaluated dual RSEs characters as paleoredox versus paleoproductivity proxies in various coastal basins that range from normoxic to extremely reducing states. Molybdenum is a good paleoredox (paleoproductivity) proxy during mildly to severely (extremely) reducing states, and V is a good paleoredox (paleoproductivity) proxy during severely to extremely (mildly to moderately) reducing states, but U should be used cautiously. The results advance our understanding the mechanisms of Mo, V, and U enrichment in seasonal, moderately DO-depleted settings, which has been reported to increase abruptly in the last few decades during to human disturbance and is also hypothesized to have occurred extensively in ancient oceans.

S21-O-03

Seasonal variability in Dissolved Inorganic Carbon and Biological Pump in the coastal northern South China Sea

Yafeng Zhang, Yongqi Xie, Zhiyao Xiong, Kedong Yin*

School of Marine Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006

* yinkd@mail.sysu.edu.cn

The Pearl River carries a large quantity of anthropogenic nutrients into the Pearl River

Estuary and northern South China Sea (NSCS). The estuarine coastal plume is characterized by high nutrients and low dissolved inorganic carbon (DIC); while the receiving seawater has low nutrients and high DIC. In the coastal NSCS, the coupling of biological pump efficiency and the dynamics of carbonate system is not well understood. In this study, we use four cruises conducted during April, May, June and August 2016 in the Pearl River estuarine and coastal waters to study such coupling. We applied a three end-member (plume water, offshore subsurface water and offshore surface water) model based on potential temperature and salinity conservation to semiquantitatively differentiate the biologically mediated DIC from the overall mixing curve to estimate the net community productivity in the coastal NSCS. The biologically mediated DIC consumption increased from spring to summer and the values were on average 2.74±31.82, 12.08 ± 39.18, 14.69 ± 39.41, 24.48±17.99 μmol/kg for April, May, June and August 2016, respectively, in the studied region. Correlations between freshwater discharge and biologically mediated DIC consumption indicate that the inorganic nutrient input by Pearl River plays a major role in biological productivity. Nutrient-stimulated carbon uptake of photosynthesis consumes a large quantity of DIC and increases biological pump efficiency. As a result, this would lead to alkalinization in the surface layer and enhanced ocean acidification in the bottom layer in the region.

S21-O-04

Physical and biogeochemical controls on pH dynamics in the northern Gulf of Mexico during hypoxia season

Zongpei Jiang[1]*, Weijun Cai[2], Kui Wang[3], Chenhua Han[3], Baoshan Chen[2], Qian Li[2], Katja Feneel[4]

1 Ocean College, Zhejiang University, 1 Zheda Road, Zhoushan, Zhejiang, 361000 China

2 School School of Marine Science and Policy, University of Delaware, College of Earth, Ocean and Environment, 111 Robinson Hall, Newark, DE 19716, USA

3 Second Institute of Oceanography of the State Oceanic Administration, 36 Baochubei Road, Hangzhou, Zhejiang, 310012 China

4 Department of Oceanography, Dalhousie University, 1355 Oxford Street, PO Box 15000, Halifax, NS, B3H 4R2, Canada

* zpjiang@zju.edu.cn

High precision and accuracy pH measurements by electrode method (NBS scale) and spectrophotometry (total scale) were taken during a cruise in summer 2017 to study the pH dynamics and its controlling mechanisms in the northern Gulf of Mexico (nGOM) during hypoxia season. The measurement results from both methods agree well with the pH values calculated from dissolved inorganic carbon (DIC) and total alkalinity (TA) with an average difference of 0.050±0.021 (n=550) for electrode method and 0.004 ± 0.035 (n=550) for spectrophotometry respectively. In the surface water, the spatial pH variability in the nGOM is associated with the trajectory of the Mississippi and Atchafalaya river plumes and the biological processes therein. In both plume regions, the highest pH values (up to 9.3) were observed, together with pCO_2 minimum and oxygen maxima, at intermediate salinities where light and nutrient were both favorable for phytoplankton production. The surface pH variability is also related to the difference in buffering capacity of the fresh waters from the two rivers. In the subsurface layer, low pH

values (down to 7.6) were observed in hypoxic waters mainly distributed in the bottom layer. The subsurface pH shows correlations with DIC and apparent oxygen utilization (AOU) suggesting that decomposition of organic matter was the dominant factor regulating the pH variability. In addition to the low pH in the hypoxic bottom water, this study highlights the occurrence of a pH minimum and hypoxia (even anoxia) at mid-water depth (5-10m) observed in several transects. T-S diagrams and numerical model suggest that this mid-water acidification and hypoxia is not caused by local surface production but as a result of the intrusion of low-pH and low-oxygen water sourced from nearshore bottom layer. This extension of hypoxia and acidification from nearshore bottom might be a threat to marine organisms in the offshore mid-water depth once thought to be not affected by the bottom hypoxia.

S21-O-05

A comparative study of coastal ocean hypoxia and acidification at large river dominated systems

Weijun Cai[1]*, Jianfang Chen[2]

1 School of Marine Science and Policy, University of Delaware, Newark, Delaware, 19716

2 Key Laboratory of Marine Ecosystem and Biogeochemistry, Second Institute of Oceanography, Hangzhou, 310012

* wcai@udel.edu

The northern Gulf of Mexico (nGOM) and the East China Sea (ECS) have faced similar physical drivers and anthropogenic stressors. Most importantly both systems are strongly influenced by large rivers (the Mississippi and Changjiang) and serious eutrophication due to agriculture activities and population growth. Bottom water hypoxia and acidification appear to grow more severe in recent years in both systems despite by the fact that riverine nutrient supply has been stabilized since 1980s in the nGOM while it has increased rapidly in the ECS in recent decades.

In the surface water of the nGOM and ECS, the spatial pH variability is associated with the trajectory of the river plumes and the biological productions therein driven by the riverine nutrients. In both plume regions, the highest pH values were observed, together with pCO_2 minimum and oxygen maxima, at intermediate salinities where light and nutrient were both favorable for phytoplankton production. In the bottom layer, low pH values were observed in hypoxic waters. The subsurface pH shows correlations with DIC and apparent oxygen utilization (AOU) suggesting that decomposition of organic matter was the dominant factor regulating the pH variability. In addition to the low pH in the hypoxic bottom water, there a layer of low pH and low O2 at mid-water depth in the nGOM. T-S diagrams and numerical model suggest that this mid-water acidification and hypoxia is not caused by local surface production but as a result of the intrusion of low-pH and low-oxygen water sourced from nearshore bottom layer. This extension of hypoxia and acidification from nearshore bottom might be a threat to marine organisms in the offshore mid-water depth once thought to be not affected by the bottom hypoxia. Lateral transport also play a role in the formation of hypoxia and acidification in the ECS. However severe hypoxia and acidification events appear to be closely linked to climate change index in the ECS but not in the nGOM. We will discuss the common drivers and processes of and the differences between these

two large-river dominated, eutrophic coastal seas with examples from recent and historical cruises.

S21-O-06

Ecological Effects of Ocean Acidification: Advances based Micro- and Mesocosm Experiments

Kunshan Gao*

State Key Laboratory of Marine Environment Sciences, Xiamen University, 361005

* ksgao@xmu.edu.cn

When exposed to CO_2 concentrations in microcosms (30 L) projected for the end of this century, natural phytoplankton assemblages in the upper surface layer of the South China Sea (SCS) responded with decreased photosynthetic carbon fixation and increased non-photochemical quenching (NPQ). The community composition of these experimental phytoplankton assemblages shifted away from diatoms, the dominant phytoplankton group encountered during our field campaigns. Meanwhile, when diatom species were grown at different CO_2 concentrations under varying levels (5-100%) of solar radiation, above 22-36% of incident surface solar radiation, corresponding to 26-39 m depths in the SCS, growth rates in the high CO_2-grown cells were inversely related to light levels, and exhibited reduced thresholds at which PAR becomes excessive, leading to higher NPQ. That is, elevated CO_2 concentrations (lowered pH) impaired the specific growth rate of diatoms at high levels, but enhanced it at low to moderate levels of solar irradiances.

Additionally, based on the data obtained from micro-(30 L) and mesocosm (4000 L) experiments, OA increases contents of phenolic compounds in phytoplankton and in zooplankton assemblages fed with OA-grown phytoplankton cells. The observed accumulation of the toxic phenolic compounds in primary and secondary producers can have profound consequences for marine ecosystem and seafood quality, with a possibility that fisheries industries could be influenced due to progressive ocean changes.

S21-O-07

我国近海富营养化状况的回顾与展望

王保栋*，辛明，韦钦胜

国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

* wangbd@fio.org.cn

随着我国经济社会的快速发展，人类活动排放加速了近海营养盐的外部输入，造成我国近海严峻的富营养化问题，并已成为我国近海生态系统的主要问题之一。本文系统分析总结了改革开放 40 年来，我国近海富营养化压力、状态的历史演变进程及未来变化趋势。总的来看，近海富营养化进程与我国 GDP 规模和增长速率、发展模式及环保政策等具有密切联系。改革开放最初10年，GDP 增速高但规模小，入海营养盐排放量较低，因此近海富营养化问题尚不十分突出；此后 20 年间 GDP 增速高、规模大，入海营养盐排放量快速增大，导致近海富营养化状况急速恶化；近 10 年来、特别是十八大以来，经济发展模式的转变和绿色发展理念、生态文明建设的推进实施，我国近海富营养化状况恶化的趋势得以遏制，但稳定向好趋势似乎尚不太明显。预计未来一定时期内我国近海富营养化状况将略呈向好趋势，根本性好转则尚需时日。

S21-O-08

Hypoxia and Ecosystem

Consequences around Hong Kong Waters: a Theme-based Research Scheme Project on the Eutrophication

Hongbin Liu*

The Hong Kong University of Science and Technology

* liuhb@ust.hk

The coastal waters around Hong Kong are affected by persistent and increasing eutrophication. This deteriorating situation may increase the frequency of HABs, expand hypoxic zones and lead to other types of ecosystem disruptions, and could, consequently, offset the environmental improvements achieved through the costly Harbour Area Treatment Scheme over the last decade. Eutrophication in Hong Kong waters is primarily caused by the increasing nutrient discharge from upstream as a result of rapidly developing megacities in the Pearl River Delta. Local nutrient sources also contribute to the regional eutrophication. Highly complex coupled physical-biogeochemical processes, modulate the eutrophication and associated bottom water hypoxia. Understanding the full spectrum of causes, consequences, and intrinsic physical-biogeochemical processes of eutrophication is crucial to mitigating the impacts of eutrophication and the associated ecosystem response in Hong Kong and other areas in the world, and remains a huge scientific challenge.

Through an interdisciplinary observational and modelling approach, we will holistically investigate coupled physical-biological-chemical processes in this interactive river-estuary-shelf (RES) system, for diagnosing and prognosticating eutrophication, hypoxia, persistent toxic substances, HABs, and ocean acidification. The proposed research topics in the project are covered by four interlinked tasks to determine: (1) the sources and sinks of nutrients and biogeochemical controls, (2) ecosystem dynamics and biological controls, (3) pollutant and ecosystem impacts, and (4) physical controls, synthesis, and future trends in the RES waters. I will present some preliminary results from last summer's research cruise with the focus on Task-2.

S21-O-09

Benthic respiration exacerbates hypoxia in the coastal sea: New insights derived from ^{224}Ra-^{228}Th disequilibrium

蔡平河*，史向明，魏琳，刘伟

厦门大学海洋与地球学院，厦门 361005

* Caiph@xmu.edu.cn

Hypoxia in coastal seas is a worldwide environmental issue and oxygen consumption through sediment organic degradation or microbial remineralization was proposed to be one of the drivers. In this study, benthic oxygen exchange across the sediment-water interface was investigated in two China hypoxia areas, the Pearl River Estuary and the inner shelf of the East China Sea adjacent to the Yangtze River Estuary, by utilization of ^{224}Ra-^{228}Th disequilibrium in sediments. The benthic dissolved oxygen consumption rates are 1~2 orders of magnitude higher than the values computed based on the traditional molecular diffusion method. In the inner Pearl River estuary, benthic oxygen flux ranged from 240 to 1400 mmol $m^{-2}d^{-1}$, and exhibited a seaward decreasing trend; In comparison, the inner shelf of the East China Sea had a lower rate of 8~30 mmol $m^{-2}d^{-1}$. In

combination with the DO mass balance in the bottom water and the residence time estimated from ^{224}Ra, benthic respiration could account for up to 30% of the total loss of O_2. However, the change of physical circumstances, e.g. intense stratification, would highlight the role of sediments and further aggravate the redox situation of bottom water with the benthic consumption.

S21-O-10

海洋动力过程对东海缺氧多尺度变化的作用

周锋[1]*，黄大吉[1,2]，倪晓波[1]，马晓[1]，宣基亮[1]

1 卫星海洋环境动力学国家重点实验室/国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 河海大学海洋学院，南京 210098

* zhoufeng@sio.org.cn

缺氧已成为全球性重要生态环境问题。长江口是恶化趋势较快、面积较大、区域特征显著的全球重要缺氧区之一。长江口缺氧现象引起了广泛的关注，大量的航次调查研究均已关注到了长江口缺氧显著的季节性和年际性的特征。报告将展示我们围绕长江口缺氧的周期性多年航次调查、间歇性与季节性的浮潜标观测等方面的观测成果。研究发现，缺氧的一些重要指标，如缺氧面积、缺氧分布的位置以及溶解氧的浓度值，不仅有很大的年际和季节变化，也有潮周期和事件尺度的变化，也受极端气候事件的影响。为了进一步了解缺氧多尺度时空变化的特征及其产生的机制，我们利用区域海洋模拟系统（ROMS）和 CoSiNE 生态模型，通过在线耦合模拟的方式，成功构建了三维的物理与生物地球化学过程耦合的数值模型。一系列统计指标显示耦合模型能较好的再现 2006 年长江口缺氧的多尺度变化过程和三维结构。长江冲淡水舌的时空变化是诱导缺氧季节性变化并导致其在夏季达到最强的主要原因。热带风暴或者秋季的强北风事件引起的较强搅拌过程削弱了水体层化，是缺氧间歇性产生得到缓解的原因。研究结果也表明综合考虑了从河口到陆坡的包含物理和生物等多种因素共同作用的三维耦合生态模型，对于深入认识不断变化中的缺氧现象和过程是很有帮助的。

S21-O-11

中国近海典型缺氧区分布特征及渤海缺氧区的控制机制

赵化德*，王菊英，臧昆鹏，郑楠，徐雪梅，霍城

国家海洋环境监测中心，大连 116023

* hdzhaowork@163.com

人类活动导致了大量过剩的氮被输入到近海水体中，并引发海水富营养化。近海富营养化导致的一个严重后果是底层水体的缺氧。近几十年来，近海缺氧现象在全球范围内日趋严重，并对近海生态系统带来了严重的威胁。本研究中，我们根据国家海洋局的历史调查数据，评估了中国近海缺氧区的分布特征。重点讨论了三个典型缺氧区，即长江口缺氧区、渤海缺氧区和珠江口缺氧区的时间和空间分布特征。此外，我们进一步讨论了渤海缺氧区的主要控制机制。基于 2014 年 8 月份的调查结果，渤海海域共包括两个溶解氧浓度小于 3 mg L^{-1} 的缺氧中心，一个位于渤海中部的西北方向，一个位于黄河口北部。缺氧区总面积为 756 平方公里，缺氧水体的总体积为 7820×10^6 立方米。总体来讲，渤海的溶解氧分布主要受环流、层化、有机物耗氧过程以及地形的影响。根据溶解氧浓度的高低、海水层化程度的强弱和底层环流等因素，我们将渤海分成了三个区域：（1）浅水均匀混合区；（2）强交换强层化区；（3）弱交换强层化区。在浅水均匀混合区，强烈的垂直混合作用导致水柱中的溶解氧垂直分布均匀，且没有底层缺氧现象的发生。在强交换强层化区，底层水体主要受北黄海低温、高溶解氧水体输送的影响，因此也没有发生缺氧。弱交换强层化区域，

是渤海缺氧区所在的区域。AOU 数据表明该区域底层水体存在很强的耗氧过程，根据溶解氧消耗量与溶解态无机碳添加量符合 Redfield Ratio 可判断，底层水体的主要耗氧过程为有机物分解耗氧。此外，该区域强烈的层化作用阻碍了表层水体高浓度的溶解氧向底层水体的扩散。因此，有机物分解与层化作用共同导致了弱交换强层化区域缺氧现象的发生。

S21-O-12

珠江径流对珠江口不同形态磷时空分布的影响

李瑞环 [1]，徐杰 [1, 2]*

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 100049

* xujie@scsio.ac.cn

2015 年春季、夏季及 2016 年冬季对珠江口溶解有机磷、溶解无机磷、颗粒有机磷、颗粒无机磷进行了调查，阐释了珠江径流变化对珠江口水体中不同形态磷动态变化的调节机制。研究结果表明冬季强垂直混合使得底层水体磷从底层向表层水体输送，另外，垂直混合引起水体悬浮颗粒物浓度升高，从而降低水体透光率，抑制浮游植物对磷酸盐吸收，最终导致表层水体总颗粒磷（1.50 ± 0.97 μM）和溶解态磷（DIP: 1.44 ± 0.57 μM；DOP: 0.58 ± 0.42 μM）浓度较高。而在春季和夏季，由于珠江径流增大水体层化作用增强，使得悬浮颗粒物很快沉降，水体透光率增加，从而促进表层浮游植物对磷酸盐的吸收，表层磷酸盐浓度快速降低（5 月：0.43 ± 0.37 μM；8 月：0.56 ± 0.42 μM）。此外，层化作用也抑制了磷由底层磷向上层水体的输送，最终导致所有形态磷浓度呈现冬季高、春夏季低的趋势。同时，春夏季氮的输入进一步加剧了珠江口水体的磷限制。该研究发现提升了我们对珠江口磷限制现象的形成过程与机制的认知。

S21-O-13

黄渤海与近岸沉积物中微生物氮循环过程研究

龚骏 [1]*，张晓黎 [2]

1 中山大学海洋科学学院，珠海 519082

2 中国科学院烟台海岸带研究所，烟台 264003

* gongj27@mail.sysu.edu.cn

目前陆源排放的诸多污染物通过地表径流进入海岸带生态系统，其中氮盐的污染在我国海岸带系统中最为严重；此外，我国渤海也遭受漏油污染等多重压力。从河到海，微生物通过硝化、反硝化与厌氧氨氧化过程最终将 NH_4^+ 和 NO_3^- 转化成 N_2 排放到大气中，在土、水系统的“自净”过程中发挥重要作用。然而，从河口到近海，氮循环微生物的群落结构及功能、活性到底发生了怎样的变化，受那些主要因子影响等仍不十分清楚。

利用文生物群落指纹图谱、定量 PCR 等方法，我们研究莱州湾 3 个河口氮循环微生物群落与环境因子之间的关系，发现反硝化功能类群在多样性和丰度上均占绝对优势；除温度、盐度、有机碳氮比、沉积物粒径，重金属含量对氮功能类群的结构和分布也具有重要影响。最近，我们对渤海、北黄海的 21 个站点及其南岸三个河口 8 个位点的表层沉积物进行了取样，利用稳定性同位素 $^{15}NO_3^-$ 添加法测定了沉积物反硝化与厌氧氨氧化过程的速率，分析了从河口到近海的空间变化规律。结果表明，河口区反硝化速率、厌氧氨氧化速率显著高于近海；但厌氧氨氧化过程对脱氮的贡献率在河口区（平均 12.8%）与近海（13.5%）比较接近。从局域环境看，河口上游位点的脱氮速率高于下游位点，海湾高于外海，渤海高于北黄海。厌氧氨氧化过程对脱氮的贡献率在不同河口区差异较大（0.02-30%），但均呈现沿入海方向逐渐降低的趋势；渤海和北黄海中个站点厌氧氨氧化贡献率范围为 0-29.4%。本工作将为北黄海、渤海及其河口氮循环生态建模、自净效率、环境容量评估等提供重要参考资料。

S21-O-14

海洋浮游植物生物碳汇

孙军*

天津科技大学天津市海洋资源与化学重点实验室，天津 300457

* phytoplankton@163.com

海洋浮游植物在海洋碳循环中具有重要作用。通过光合作用固碳，海洋中绝大多数的有机碳来自于浮游植物。通过食物链/网过程，浮游植物固定的有机碳形成海洋中丰富多彩和各种粒径的生源颗粒物，最终通过生物泵过程形成碳汇。这其中，以不同类群浮游植物为主的钙化和硅质化等生物矿化过程可以增大生物泵的沉降效率，是为硬组织泵，这一过程在生物泵中尤为重要。另外，海洋浮游植物会产生胞外透明颗粒物（TEP），它是海洋凝聚网的重要组成部分，可以将海水中颗粒物凝聚成大的有机颗粒物，加速沉降，同时 TEP 本身具有高的碳元素比，这些也会极大提高生物泵碳汇效率。中国近海多以硅藻碳沉降为主要的生物碳汇形式，尤其是在水华区域频发的黄海中部和长江口邻近区域。近年来更需要关注在大洋中新发现的聚球藻硅质化碳汇过程

S21-O-15

海洋古菌与藻类标记化合物的共变关系及其意义

谢伟[1]*，程着[2]，Jagos Radovic[3]，张传伦[4]*

1 中山大学海洋科学学院，珠海 519082

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

3 Department of Geoscience, University of Calgary, T2N1N4 Calgary, Canada

4 南方科技大学海洋科学与工程系，深圳 518055

* xiewei9@mail.sysu.edu.cn; zhangcl@sustc.edu.cn

海洋初级生产力对于研究全球碳循环及气候变化具有重要作用，沉积物中的色素类化合物可以指示海水表层光合藻类的变化，而沉积物中广泛分布的古菌膜脂组成也被证明可以记录表层海洋的温度变化，提示海洋沉积物中的这两类有机物均具有记录表层海洋的信息的功能。因此，揭示沉积物中色素类化合物与古菌膜脂之间的共变化关系，对于理解古海洋表层碳循环过程具有重要意义。我们用高效液相色谱对东海沉积物中绿素进行定量分析，用 LC-MS 对古菌膜脂进行定量分析，统计分析结果显示，东海沉积物中古菌膜脂与绿素呈现显著的正相关。针对珠江口至南海北部盐度梯度沉积物中，我们创新性的使用高分辨率质谱技术，分析沉积物中有机分子的组成，并对这些有机分子与环境参数进行网络分析，结果显示，相比于其他有机分子，古菌膜脂主要与一系列色素类物质（分子式中含有 4 个 N，3-4 个 O 缩合度为 20 到 21 的四个化合物）呈现显著相关，提示表层海水中的古菌与产这些色素的藻类存在依存关系。在珠江口淡水站点，沉积物中色素类化合物与古菌膜脂均呈现出冬季高，夏季低的特征，这可能是由于夏季径流量增加导致河口浊度增加，使得表层水体初级生产力减弱的原因。这些结果均提示，古菌膜脂也具有指示边缘海初级生产力变化的潜在应用，可以作为色素类化合物的替代指标，反演古海洋初级生产力的变化。

S21-O-16

2014-2017 年南海北部三维环流场的构建及其在近海生态中的应用

来志刚*，陈泳

中山大学海洋科学学院，广州 510275

* laizhig@mail.sysu.edu.cn

珠江是我国第二大河流，年均径流量 3492 亿立方米，仅次于长江。珠江每年有大量淡水、泥沙和营养盐等陆源物质排入南海北部陆架，深刻影响近海的物理与生态环境。在陆源高浓度营养盐的驱动下，珠江河口和

近海区域通常具有很高的初级生产力。这些区域因此容易形成浮游藻有机物的大量堆积以及溶解氧急剧下降等富营养化生态效应。但是，近海的环流过程也可以实现这些有机物的跨陆架输送，缓解近海的富营养化生态效应以及实现碳向南海北部深海的埋藏。为了研究这一过程并给与定量的评估，我们成功构建了一个新的跨河口-陆架-深海，多尺度南海北部三维环流数学模型。该模型采取 HYCOM 结果和实际的潮汐过程作为开边界条件，以及再分析的大气数据产品作为海气界面的驱动力，实现了对 2014-2017 年南海北部三维环流场的真实构建。基于模型预测的三维流场，研究开展了一系列 particle tracking 数值实验对有机物从珠江口跨陆架进入南海北部深海的过程、机制以及季节性变化进行了模拟与分析。该研究仍在持续开展之中，初步的结果显示珠江口陆源物质存在复杂的跨陆架过程，且有显著的季节性变化。

S21-O-17

快移动热带风暴对南海西北部陆架区浮游植物浓度的影响

赵辉*，李自超，高慧

广东海洋大学，湛江 524088

* huizhao1978@163.com

热带气旋通常能够通过混合卷吸以及上升流等物理过程引起海洋表层营养物质的增加，进而在贫营养水域触发浮游植物的显著增加。鉴于强台风以及慢移动台风对海洋上层更强的扰动及能量输入，历史研究主要集中在南海海洋生态环境对强台风以及慢移动台风的响应机制研究上。在本研究中，我们分析了一个强度较弱快速移动热带风暴“天鹰”期间海南岛东部大陆架区叶绿素和海洋条件的变化，探讨了该热带风暴对该区域浮游植物的影响及其相关动力学机制。结果表明： 在陆架区叶绿素浓度存在的显著变化，其叶绿素在热带风暴前的低浓度（~0.1 mg m^{-3}）增加达 30%，同时这种增加的模式海呈现出明显的空间变化，具有近海大于离岸的特征。流速剖面仪数据的功率谱分析表明，热带风暴发生后研究区附近具有很强近惯性振荡（NIOS），接近于局部惯性周期。近惯性振荡强化了混合过程并改变海洋上层的层结，引起营养物和较高叶绿素浓度水体从较深层进入混合层，导致浮游植物叶绿素的增加。同时，热带风暴发生前陆架区较浅的营养跃层和温跃层也有利于营养物质的进入表层和以及近惯性振荡的生成。此外，风暴期间和之后的增强径的流排放一定程度上也引起了该叶绿素浓度的增加。

S21-O-18

海洋生态动力学模型性能提升技术研究

石洪华[1]*，沈程程[2]，刘永志[3]

1 青岛海洋科学与技术国家实验室，青岛 266237

2 国家海洋局第二海洋研究所，青岛 310012

3 中国海洋大学，青岛 266100

* hhshi@qnlm.ac

海洋生态动力学以海洋生态系统为研究对象，通过定量物理、化学、生物过程以及人类活动对海洋生态系统的影响以及海洋生态系统的响应和反馈机制，并预测其动态变化，以期揭示海洋生态系统的结构、功能及其时空演变规律。模型性能的提高与评估研究是模型应用的前提。

当前海洋生态动力学模型研究已取得一定成果，但对模型性能提高还未能有效地从全局性着手，对模型性能的评估也不够全面综合，使得模型预测性能不高且其不确定性缺乏定量化描述，从而限制海洋生态动力学模型应用。总结了用于海洋生态动力学模型性能提高与评估研究的方法及其策略，但并未包含所有的相关问题，而是试图构建一个逻辑框架以启发研究思路。希望建模者在模型研究过程中重视对模型性能方面的研

究，以期尽快形成如何科学规范地提高海洋生态动力学模型性能的技术框架。当前海洋生态动力学模型性能方面的研究还相对较少，而科学有效的模型性能提高技术需要基于大量的数值试验，因此，建模者应尽可能加强对模型性能方面的研究，以期促进海洋生态动力学模型性能提高技术的规范化。

S21-P-01

低纬度表层水中现生放射虫的生物生态学特征及其区域差异

张兰兰[1]*，张杰[1,2]，张强[1]

1 中国科学院南海海洋研究所，中科院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 山东曲阜师范大学，生命科学学院，曲阜 273100

* llzhang@scsio.ac.cn

现生放射虫的群落结构与海水温度、盐度、叶绿素和海流等环境要素密切相关，具有很强的区域性特征。而东印度洋-南海是亚洲夏季风爆发和发展的关键海区，该低纬度海区具有最为丰富的现生放射虫群落。本项研究通过 24 小时不间断连续过滤大量表层水的方式，获取了东印度洋--安达曼海—马六甲海峡--南海连续表层水春季 3-5 月样品，采用虎红染色方法区分出放射虫活体和死的残骸；通过定量研究，率先获取了研究区域的现生放射虫属种组成及其多样性等第一手数据资料及其区域性差异；此外，获取了一些典型特征种在不同发育阶段的形态特征变化过程，这对于沉积物中放射虫化石根据其骨骼形态进行属种的准确鉴定具有重要的应用价值。

研究结果表明：低纬度表层水中现生放射虫属种非常丰富，超过 100 个属，种类数量接近 200 个，其中泡沫虫类在属种数量和个体数量上均明显高于罩笼虫类放射虫；现生放射虫的丰度变化呈现三个高值区即阿拉伯海高盐水影响区、90°E 海岭至安达曼海区域和西沙群岛-北部陆坡区，低值区位于马六甲海峡区域和孟加拉湾南部；活体 *Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus* 的绝对丰度变化与总丰度具有非常相似的区域变化，表明 *D. tetrathalamus tetrathalamus* 可以作为表层水体中现生放射虫丰富程度的指示种；东印度洋至南海连续表层水中的现生放射虫属种组合分布也具有明显的区域性变化，比如 *Archiperidium hexacantha*、*Plectacantha oikiskos*、*Pseudocubus group*、*Rhizoplegma boreale* 、 *Rhizosphaera streptacantha* 集中出现在低盐高温的马六甲海峡区域，表明这些放射虫种可作为近岸淡水的指示种；根据研究区域连续表层水中现生放射虫属种组成的分布，认为东印度洋与南海通过安达曼海、马六甲海峡在春季三、四月份的表层水交换为零。聚类分析得出四类属种组合即东印度洋南赤道流属种组合、孟加拉湾南端属种组合、马六甲海峡属种组合和南海属种组合，它们分别受到海水温度、盐度和海流等区域环境参数的影响控制。

S21-P-02

南海北部粤西冬季热锋面和下降流

刘汾汾，殷克东*，陈子健

中山大学海洋科学学院，广州 510006

* yinkd@mail.sysu.edu.cn

下降流指海水在垂直方向的一种向下缓慢运动，量值一般在 10^{-5} m/s-10^{-7} m/s 之间。下降流对局部海区环流结构、生态系统组成以及区域特别是近岸区域碳循环有显著影响，它能够将近岸富含碳的次表层陆架斜坡水带到邻近的深海盆，实现碳的存储。

受人类活动影响，大量营养盐进入珠江口，促进珠江口浮游植物的生长，浮游植物沉降在珠江口下层形成低氧高碳水，冬季在东北季风和科氏力影响下，珠江口的高碳水沿粤西沿岸向西南方向运动，在海南岛东部和东南部陆架区变窄，等深线密集，存在强温度锋面，珠江口高碳水在此区域沿陆架斜坡下沉，实现近海碳的深海储存。

本研究基于 2016 年 2 月 28 日-2016 年 3 月 5 日在南海北部粤西地区的航次的 CTD、卫星遥感以及 SCHISM 模型数据分析珠江高碳水的可能归宿。结果发现，冬季珠江口冷的低密度水与外海水相遇，再加上地形的作用，在海南岛东侧和东南侧形成明显的海洋热锋面，这种热锋面存在于每年冬季，存在位置相对固定。在锋面附近高碳水下沉到深层。模式结果表明，随着风场强度，风应力大小的增加，高碳水的净向下输运增强。

S21-P-03

Ecosystem Buffering Capacity Against Eutrophication in the Pearl River Estuarine Coastal Waters

Kedong Yin*

South China Sea Research Institution/School of Marine Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006

* yinkd@mail.sysu.edu.cn

Nutrient enrichment is a major threat to marine coastal ecosystems. However, the degree of eutrophication and the ecosystem responses vary widely among various estuaries. Estuarine coastal ecosystems have a buffering capacity to accommodate additions of anthropogenic nutrients before severe hazardous ecosystem consequences ocurr. The Pearl River is the 2_{nd} largest in China, and discharges a large load of nutrients into the oligotrophic South China Sea. Therefore, the Pearl River estuarine influence plays a dominant role in determining nutrient concentrations and eutrophication processes in the Pearl River estuary and adjacent coastal waters (PREC). However, eutrophication consequences such as excess phytoplankton biomass, harmful algal blooms and low dissolved oxygen in bottom waters are not as severe as expected from the high N enrichment. It appears that the Pearl River estuarine coastal ecosystem has a buffering capacity for the N enrichment. The buffering capacity is mainly regulated by physical processes and the most limiting nutrient, phosphorus. The physical processes of seasonal monsoons and river discharge are major driving mechanisms for dilution of chemical and biological effects. Wind events are also an important driver to keep interrupting the formation of hypoxia in the bottom water. Phosphorus is low in the Pearl River relative to nitrogen and is the most limiting nutrient, which likely places a limit to primary production. Field experiments over several years also showed P limitation in the Pearl River estuarine influenced waters. Therefore, low P concentration in the PREC appears to determine the biomass (e.g. concentration) of phytoplankton and subsequent consumption of dissolved oxygen in the bottom waters. The buffering capacity of keeping eutrophication under check from high N enrichment from the Pearl River can be collapsed when one of major drivers exceeds a threshold. The study will explore what factors would trigger the overflow of the capacity and increase the occurrences of red tide events and bottom hypoxia.

S21-P-04

Responses of phytoplankton communities to environmental variability in the East China Sea

Xin Liu, Wupeng Xiao, Bangqin Huang*

State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China

* bqhuang@xmu.edu.cn

We investigated seasonal and spatial patterns of phytoplankton variability in the East China Sea in order to understand biomass and compositional responses to environmental factors in the contemporary ocean. We used satellite imagery from 2002 to 2013 to define the mean seasonal climatology of sea surface temperature and chlorophyll *a*. Phytoplankton and environmental measurements were synthesized for the study region and four seasons from 11 cruises conducted from 2006 to 2012. The results of CHEMTAX analyses on group-specific phytoplankton composition were consistent with those of microscopy and flow cytometry observations, revealing three patterns of seasonal variability. Canonical Correspondence Analysis (CCA) and Generalized Additive Models (GAMs) were used to resolve the spatiotemporal variations of major phytoplankton groups and their relationships to month, temperature, salinity, nutrients, mixed-layer depth and bottom depth. Monsoon forcing drove the distributional patterns of environmental factors and was critical to explaining phytoplankton dynamics at the seasonal scale. Compared to autumn and winter, significantly higher chlorophyll *a* concentrations were observed during spring and summer, associated with the spring bloom and the Changjiang (Yangtze) River plume, respectively. Diatoms dominated biomass over the East China Sea, especially during the summer months influenced by the Changjiang (Yangtze) River plume, whereas dinoflagellates were especially important during spring blooms. GAMs analysis showed the differences in their responses to environmental variability, with a clear mid-range salinity optimum (~ 31) and a more pronounced temperature effect for dinoflagellates. The photosynthetic bacteria, *Prochlorococccus* and *Synechococcus*, both increased strongly with warming, but *Prochlorococcus* showed stronger sensitivity to variations in physical environmental parameters, while *Synechococcus* was more responsive to chemical (nutrient) variability, with broader tolerance of low salinity conditions.

S21-P-05

Low Dissolved Oxygen in Pearl River Estuary in summer: long-term scale patterns, trends and ecosystem buffering capacities

Xiuqin Li[1,2], Kedong Yin[2]*, Weixu Cai[1], Chuqian Lu[1]

1 South China Sea Environmental Monitoring Center, SOA, Guangzhou 510300

2 School of Marine Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275

* yinkd@mail.sysu.edu.cn

The Pearl River receives a large load of sewage effluents, which can reduce dissolved oxygen (DO) in the Pearl River estuary (PRE) and adjacent coastal waters. Based on the monitoring data from 1988 to 2011, we examined the spatial and temporal distribution of low DO in the Pearl River estuarine waters in summer. At the tip reach of the freshwater section in the PRE, DO was hypoxic in the whole water column since 2000. In the upstream section, the next downstream section to Humen (river outlet), there is a periodic low DO zone where DO was lower than 3.5 mg L^{-1} and episodic hypoxic events occurred after 2000. The main funneled section of the PRE has been experiencing episodic events of low DO and sporadic hypoxia during the last two decades. Across the PRE, although hypoxia seldom occurs, the bottom waters experience seasonal low DO in the eastern section, but

low DO rarely occurs in the west section. DO in upstream of the PRE shows a declining trend from 1988 to 2011, but no declining trend was observed in the funneled section and the adjacent PRE coastal waters. The evidence indicate that sewage effluent drives the hypoxia in the upstream, while phytoplankton bloom and physical processes are main drivers to regulate the variability of the low DO in the PRE, particularly in the east section.

S21-P-06

沙尘沉降对中国东海和西北太平洋浮游植物群落结构的影响

张潮[1]，姚小红[1]，石金辉[1]，高会旺[1,2]*

1 中国海洋大学海洋环境与生态教育部重点实验室，青岛 266100

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室，青岛 266200

* hwgao@ouc.edu.cn

沙尘沉降提供的氮（N）、磷（P）等营养盐能够促进上层海洋浮游植物的生长，但对不同海域浮游植物群落结构变化规律的认识较少。通过在中国东海、西北太平洋黑潮延伸体及黑潮、亲潮混合区开展的船基围隔培养实验，探究了不同浓度梯度的沙尘加富（低—0.2 mg L^{-1}，中等—1mg L^{-1}，高—2 mg L^{-1}）对浮游植物群落结构的影响。结果显示，相比于海水中初始的生物可利用性N（主要为 NO_3^-+NO_2^-）和 P（主要为 PO_4^{3-}）浓度，沙尘加富整体上对各个海区表层海水中 N 浓度的改变较明显，而对 P 浓度的影响较小。在中国东海，低浓度沙尘加富对 N 浓度的影响较小，浮游植物的群落结构变化不明显，培养期间硅藻始终为优势种群。中等浓度和高浓度的沙尘加富使水体中的 N 浓度分别提高了 71%和 143%，进而明显提高了表层海水的 N:P 比（>>16，Redfield 比值），更趋向于促进甲藻的生长，使优势种群由硅藻逐渐转为甲藻；在西北太平洋黑潮、亲潮混合区，不同浓度沙尘加富对表层海水中 N 浓度的影响有限，表层海水 N:P 比变化范围为 13~18，更趋向于促进硅藻的生长，整体上表现为硅藻为优势种；在黑潮延伸体区域，低浓度和中等浓度沙尘加富使水体中的 N 浓度分别提高了 100%和 500%，但 N:P 比仍较低（3~17），有利于促进硅藻的生长。同时，海水中较低浓度的硅酸盐（主要为 SiO_3^{2-}）在一定程度上限制了硅藻的生长，整体上表现为硅藻和甲藻均为优势种。本研究表明沙尘沉降可通过改变水体的 N:P 比对浮游植物群落结构产生重要影响。

S21-P-07

大连湾含甲烷气泡释放通量和主要影响因素

臧昆鹏，郑楠，霍城，徐雪梅，赵化德，王菊英*

国家海洋环境监测中心，大连 116023

* jywang@nmemc.org.cn

气泡释放是海-气甲烷交换的主要形式之一。作为水动力环境相对稳定的半封闭海湾，在持续且强烈的人为活动（包括市政排污，航运、造船及化工污染等）影响下，大连湾内水体呈严重富营养化特征，部分海域出现气泡释放现象。本研究于 2016 年 7 月，采用倒置漏斗型气泡收集器和水下摄像机等设备，在大连湾西南部近岸海域开展了气泡收集和相关水文化学要素现场采样及观测工作。初步研究结果显示，气泡样品中主要组分包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和水汽等，其中甲烷的含量高达 37.8% (n=5)。气泡释放速率的主要影响因素包括沉积物中有机质含量，潮汐和环境温度等。其中，沉积物中有机质含量受持续性人为活动影响。潮汐通过周期性改变沉积物所受压力和水体混合稀释作用影响气泡的形成和释放。温度则通过影响甲烷生成速率及其溶解度进而影响气泡生成和释放。观测期间，含甲烷气泡直接释放通量达 73.5 mmol m^{-2} d^{-1},

是相同海域溶解态甲烷海-气扩散释放通量的约 14.8 倍，且可直接影响局地大气甲烷的浓度分布。因此，近岸含甲烷气泡释放海域可被认为是大气甲烷强烈的人为源，继续开展更深入的观测研究。

S21-P-08

渤海缺氧区有色溶解有机物变化研究

霍城，臧昆鹏，郑楠，徐雪梅，赵化德，王菊英*

国家海洋局近岸海域生态环境重点实验室，国家海洋环境监测中心，大连 116023

* jywang@nmemc.org.cn

近年来的研究发现，渤海已成为中国近海底层缺氧较严重的区域之一。有机质等在底层的矿化分解和季节性层化现象阻滞海-气交换等因素是引起渤海中部、西北部海水季节性底层缺氧和酸化的重要原因。有色溶解有机物（CDOM）是海洋有机物的一个重要组成部分，对其分布、生成和去除的研究有利于进一步认识渤海的底层缺氧现状。

对渤海不同季节多个航次的表、底层海水样品进行了 CDOM 的三维荧光光谱分析，结合吸收光谱以及溶解有机碳、颗粒有机碳等参数的测定，研究了 CDOM 在渤海缺氧现象发生前、中、后三个不同时期海水中的变化情况。研究结果表明，渤海底层酸化和低氧状态下的 DO、pH 和 CDOM、有机碳含量、叶绿素 a 等都具有很好的线性关系。不同季节的 CDOM 变化明显，缺氧现象发生时 CDOM 含量最高。CDOM 的三维荧光光谱（EEMs）大体显示出 3 个荧光特征峰，即 1 个类蛋白质峰 C1 和 2 个类腐殖质峰 C2 和 C3。其中类蛋白质峰 C1（λ_{ex} /λ_{em} = 220-230/320-360）主要为类色氨酸物质，由新近的水生生物降解产生。类腐殖质峰 C2（λ_{ex} /λ_{em} = 220-250/400-470）和 C3（λ_{ex} /λ_{em} = 320-370/420-480）分别反映的是海洋类腐殖质和陆源类腐殖质，海洋类腐殖质 C2 可能来源于藻类新近分泌物的降解产物及微生物活动或人为活动产生的类腐殖质，陆源类腐殖质 C3 主要由外源输入产生。其中缺氧现象发生时 CDOM 三维荧光光谱的海洋来源的荧光特征峰 C1 和 C2 的荧光强度值明显升高。

S21-P-09

黄河口表层沉积物有机碳、无机碳空间异质性研究

于志同，王秀君*，樊航

北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院，北京 100875

* xwang@bnu.edu.cn

分析河口沉积物的碳动态变化对于解析陆-海碳循环尤为重要。黄河口是中国北方典型大河口，对渤海水域生态环境及碳循环有着深远影响。目前，河口近海沉积物碳动态（尤其是无机碳变化）研究相对较少。本研究在黄河口近海水域采集了 15 个表层短柱样品，对 0-2 cm 的样品进行了粒度、总氮、有机碳（TOC）、无机碳（TIC）及其稳定同位素（$\delta^{13}C_{org}$，$\delta^{13}C_{carb}$，$\delta^{18}O_{carb}$）等的指标分析，来探讨河口表层沉积物有机碳、无机碳的空间分布规律。研究发现：黄河口表层沉积物无机碳含量（6.3-20.1 g kg^{-1}）明显高于有机碳（0.2-4.4 g kg^{-1}），但两者空间分布较为一致，整体上呈现出研究区北部水域高于南部水域。利用碳氮比值（TOC:TON）和有机碳稳定同位素（$\delta^{13}C_{org}$），我们发现研究区表层沉积物有机碳来源主要是海源，然而在南部浅水海湾却汇集了 75%的陆源有机碳。粒度分析显示南部水域较低的有机碳、无机碳含量主要由于较强的水动力冲击环境所致。黄河口表层沉积物低含量有机碳可能由于再悬浮作用促进其分解。而沉积物中高含量的碳酸盐则与较高的水体初级生产力和有机碳（POC/TOC）的分解有关，无机碳稳定同位素（$\delta^{13}C_{carb}$）也证实表层沉积物的再悬浮作用起着重要作用，即上覆水体悬浮物中存在有机碳分解转化为无机碳。总之，黄河口表层沉积物碳动态受多

种复杂沉积过程的影响，后续还需对水体和沉积物中碳形态的时空变化开展进一步的综合研究。

S21-P-10

秦皇岛褐潮爆发海域表层沉积物的光合色素组成研究—兼论渤海褐潮爆发对沉积环境的可能影响

杨庶[1,2]，曹西华[3]，张勇[4]，江涛[2]*

1 山东大学海洋研究院，青岛 266237
2 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室，中国水产科学研究院黄海水产研究所，青岛 266071
3 中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室，青岛 266071
4 国家海洋局秦皇岛海洋环境监测中心站，秦皇岛 066002
* jiangtaophy@163.com

2009 年以来秦皇岛外海域多次爆发由微微型海金藻引发的大规模褐潮，造成了严重的生态危害。微微型浮游生物粒径小、单体沉降速率慢，其有机质能否沉降至真光层以下目前还存在争议，故褐潮爆发对沉积环境的影响尚未引起足够的重视。那么褐潮的爆发是否与其他赤潮现象类似能够造成大量有机质沉降，从而可能诱发沉积环境的恶化？为此，本研究考察了秦皇岛外褐潮爆发海域表层沉积物的光合色素组成，并基于褐潮肇事种—抑食金球藻（*Aureococcus anophagefferens*）特征色素的分布特征讨论了大规模褐潮爆发对沉积环境的可能影响。结果显示：叶绿素 *a*（Chlorophyll *a*）是该海域表层沉积物中含量最高的色素，岩藻黄素（Fucoxanthin）和 β-胡萝卜素（β, β-carotene）是最为主要的类胡萝卜素组分。沉积物中总色素和优势色素含量的高值区主要集中于戴河和新河河口海域，且其平面分布趋势与上覆水浮游植物群落结构组成具有较好的对应关系。沉积物中高比重抑食金球藻特征色素—19-丁酰氧基岩藻黄素（19-Butanoyloxy-fucoxanthin, But-Fuco）的检出是该海域色素组成有别于其他海域沉积物色素组成的独特之处。But-Fuco 在该海域沉积物中的普遍检出及其在色素组成中的较高比重均表明褐潮的爆发能够造成大量有机物质的沉降并最终埋藏进入沉积物；而且这种源自褐潮爆发的大量有机质沉降很可能在底层由于降解而大量耗氧，从而成为渤海底层水季节性缺氧的重要诱因之一。我们的研究结果一方面支持了“微微型浮游生物碳由表层向底层水的输运对碳循环的贡献不能被简单忽略”这个观点，同时也首次指出了渤海褐潮爆发对沉积环境的可能危害。

S21-P-11S

2002-2016 年黄渤海颗粒有机碳时空分布

樊航[1]，王秀君[1]*，张海波[2]，于志同[1]

1 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院，北京 100875
2 浙江省土壤污染生物修复重点实验室，浙江 311300
* xwang@bnu.edu.cn

根据 MODIS-Aqua 卫星传感器上 2002-2016 年的遥感数据，分析黄渤海表层颗粒有机碳（particulate organic carbon, POC）的季节性空间分布和年际变化特征。结果表明，渤海海域内 POC 的浓度要高于黄海，浓度范围分别为 315-588 mg m^{-3} 和 181-492 mg m^{-3}。POC 整体呈现近岸浓度高、远岸浓度低的分布特点。在季节变化上，黄渤海整个海域 POC 在春季浓度最高，而相对于渤海 POC 在冬季最低，黄海 POC 则是在夏季浓度最低，这主要是由于初级生产力、水交换、沉积物再悬浮和陆源物质输入的共同作用引起的。在年际变化上，黄渤海 POC 在 2002-2012 年期间呈下降的趋势，2012-2015 年呈明显上升的趋势，而这一年际变化趋势与叶绿素几乎相反，说明 POC 的年际变化主要是受非生物过程的影响。进一步分析显

示黄渤海 POC 浓度的增加/降低可能与东海水交换过程的减弱/增强有关。此外，2012 年以前陆源物质输入的减少也可能造成 POC 的降低。因此，水交换和沉积物再悬浮是调控黄渤海颗粒有机碳时空分布的主要因素。

S21-P-12S

氨基酸对珠江口及南海北部溶解有机物质来源和生物活性转化过程的指示作用

江鹏，李骁麟*，陈薇

厦门大学海洋与地球学院，厦门 361100

* xlli@xmu.edu.cn

河口溶解态有机物（DOM）的生产、降解与转化调控着由陆地传输到海洋的碳的通量与去向，然而由于河口环境的复杂性，示踪 DOM 的来源与生物活性比较具有挑战性。氨基酸作为生物标志化合物可以通过其总含量、对有机碳的相对贡献量、各氨基酸组分的统计学特征变化及手性对映体含量比值等不同手段，对海水中有机物经历的生物地球化学过程进行研究。

本研究通过采集珠江口上、中、下游区域以及南海北部陆架区域的海水样品，结合物理及生化参数使得不同区域中主导的生物地球化学过程得以区分，并将珠江口分为陆源淡水为主的上游区域、河海两端元保守混合的中游区域、形成分层的下游表层和底层区域。通过颗粒态氨基酸（PHAA）、总溶解态氨基酸（TDAA）及其手性对映体，我们从 DOM 的分子层面上研究珠江口不同区域以及南海北部陆架区域 DOM 的来源以及生物活性的转化，发现珠江口上游和中游区域水体微生物降解程度更高，更多地受到微生物作用；而下游区域初级生产较强，DOM 由浮游植物较高的初级生产产生，更具生物活性。基于两端元混合模型，计算出珠江口下游表层水体有 7%的溶解无机碳（DIC）通过初级生产过程转化为溶解有机碳。

同时，本研究探讨了珠江口区域颗粒有机物（POM）与 DOM 之间的联系。通过氨基酸的主成分分析（PCA）和估算的降解常数（DI），发现珠江口上游及中游区域 POM 和 DOM 的降解程度均比下游区域的更高，而整个珠江口水体中 POM 相对于 DOM 更加新鲜，说明 POM 与 DOM 的生产与转化可能存在一定的耦合关系。研究进一步辨析了珠江口区域具有生物可利用性 DOM 的生产与积累机制，发现生物活性 DOM 主要积累机制由初级生产过程、捕食过程的释放和磷酸盐的限制等过程共同调控，DOM 在珠江冲淡水流至南海北部陆架区域的过程中生物活性不断降低，降解程度变高，而 DOC 含量却无明显变化，这显示出氨基酸相较 DOC 含量对 DOM 生物活性和转化过程的重要指示作用。

S21-P-13

乐清湾水平离散系数的计算与分析

李佳[1]*，姚炎明[2]，张涛[3]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 卫星与海洋环境动力学国家重点实验室，杭州 310012

3 浙江大学海洋学院，舟山 316021

* pawpawjj@sio.org.cn

文章首先基于河流中一维纵向离散过程的研究成果，a 提出相应于近岸海域中二维的水平离散过程概念，并以此作为出发点进行进一步的理论分析和推导得到水平离散系数的计算方法；然后结合乐清湾三维水动力模型的模拟结果，计算得到水平离散系数在整个海湾中的时空分布，并在此基础上通过分析得出：（1）水平离散系数随海湾地形的变化具有两重性，一是总体与水深呈正相关；二是与地形的明显起伏有一定的关系；（2）水平离散系数与海湾内的垂线平均流速呈正相关，而潮差和流速的潮际周期

变化也是重要的影响因子；（3）将上述关系进行量化的提炼，通过回归分析拟合得到乐清湾内水平离散系数的无因次计算表达式：

$$\frac{E}{hU} = 2.88e^{0.096\left(\frac{\Delta H}{h}\right)+0.294\left(\frac{U_{max}}{U}\right)}$$

S21-P-14S

基于卫星高度计和现场观测数据的东海跨陆架营养盐交换的时空变化研究

丁睿彬[1,2]，黄大吉[1,2]*，宣基亮[2]，周锋[1,2]，Thomas Pohlmann[3]

1 浙江大学海洋学院，舟山

2 卫星与海洋环境动力国家重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州

3 汉堡大学海洋与气候研究中心，海洋研究所，汉堡，德国

* djhuang@sio.org.cn, hdj@zju.edu.cn

利用卫星和现场观测得到的流速和营养盐资料，我们研究了东海 200 米等深线处 22 年（1993-2014）跨陆架营养盐交换的时空变化。基于硝酸盐和磷酸盐较高的相关性（相关性为 0.95),本文的主要结果用硝酸盐来表示。我们从整体到局部去分析硝酸盐通量结果，结果表明 22 年平均的通过整个断面的硝酸盐通量（*FQ*）为 22.0±12.4 kmol s^{-1}（正值为向岸方向），其中年际变化要大于季节变化，同时在 22 年间有增加的趋势。同时，*FQ* 的向岸（FQ^+）和离岸（FQ^-）部分至少为 *FQ* 的两倍左右，其中 FQ^+主要决定了 *FQ* 的变化。我们根据多年平均的沿着深度积分的硝酸盐通量（*Fq*）的空间分布将硝酸盐通量分成了台湾东北部，陆架中部和九州西南部三个部分，其中台湾东北部为 *FQ* 向岸和离岸部分的主要来源，此外，这个区域的向岸方向的硝酸盐通量主要决定了 *FQ* 随着时间的变化。最后硝酸盐通量（*F*）的多年平均和标准差场的垂向分布进一步表明最大的硝酸盐通量位于台湾东北部 150 米以下区域。结合经验正交函数分解（EOF）的结果，我们总结得出 *F* 的水平和垂向的空间分布主要由流速和硝酸盐浓度决定，而它随着时间的变化主要由流速和它的地转分量决定。

S21-P-15

Response of active picoeukaryotes to the deposition of Saharan dust and European aerosols in the Eastern Mediterranean Sea

Wenxue Wu[1,2], Cui Guo[1], Paraskevi Pitta[3], Hongbin Liu[1,4]*

1 Division of Life Science, The Hong Kong University of Science and Technology, Clear Water Bay, Hong Kong SAR, China

2 School of Marine Sciences, Sun Yat-sen University, Zhuhai, Guangdong, China

3 Hellenic Centre for Marine Research, Institute of Oceanography, Heraklion, Greece

4 Department of Ocean Science, The Hong Kong University of Science and Technology, Clear Water Bay, Hong Kong SAR, China

* liuhb@ust.hk

Atmospheric depositions are overwhelmingly recognized as being a driving force in marine ecosystems. However, little is known about the effect of atmospheric depositions on the active fraction of picoeukaryotic communities. Here, we reported the results of a mesocosm experiment, which was designed to test the effects of Saharan dust (hereafter referred as ‘Dust’) and European aerosols (hereafter called ‘Aerosols’) on planktonic communities in the East Mediterranean Sea (EMS). Pyrosequencing was performed (on days 2 and 6 of a 9-day long incubation) for the V2–V3 region of 18S rRNA (from RNA that was

reverse-transcribed into cDNA) to determine community variations of active picoeukaryotes. Our results showed that Haptophyta represented the most active group on days 2 and 6 (i.e. with relative abundances >78% in the Dust and Aerosols treatment groups as well as in the controls), and they accounted for the major response of active picoeukaryotes to the addition of Dust and Aerosols (especially on day 2). Our data also showed that the deposition of Dust and Aerosols differently influenced the composition of active picoeukaryotes, of which a number of unique taxa were observed. In particular, the deposition of Dust lead to a higher richness of active picoeukaryotes when compared with the deposition of Aerosols. In summary, our findings reveal the major influence of Dust and Aerosols on the community pattern of active picoeukaryotes in the EMS.

S21-P-16

广东汕头深澳湾硅藻群落演替及其对大型海藻龙须菜栽培的生态响应

姜仕军*，雷远达，杜小琴，王亚苏，苏虹，唐红渠*

暨南大学地下水与地球科学研究院，水体富营养化与赤潮防治广东省普通高校重点实验室，广州 510632

* townningt@gmail.com; sjiang@jnu.edu.cn

随着海水养殖业的迅速发展，近几十年来我国沿岸海水养殖环境恶化问题日趋严重。研究表明，人工栽培大型海藻龙须菜（*Gracilaria lemaneiformis*）能有效地对富营养化海区进行原位生物修复，同时龙须菜本身能带来经济效益。以往对大型海藻生物修复作用的研究，大多采用室内控制实验和短期野外调查。本文以广东汕头市南澳县深澳湾多营养层次综合养殖（IMTA）系统的不同功能区为原位监测场地，利用抽滤采集颗粒有机物（POM）和沉积物捕获器采集沉降颗粒物（SPM），通过长期（2014 年 4 月～2018 年 1 月）、逐月、连续的实地采样，研究水体 POM 浓度与组成、硅藻群落组成、及其在龙须菜栽培期和非栽培期的变化，以阐明大规模龙须菜栽培行为在近海养殖系统中的生态效应，揭示其中的物质循环和关键生物地球化学过程。

研究期间，总氮、总磷、活性硅酸盐含量和化学需氧量表现为龙须菜栽培期（上年 12 月到 5 月）低于非栽培期（6 月到 11 月），而盐度、溶氧、pH 值、水温和透明度的变化则相反，说明龙须菜栽培期的水质状况优于非栽培期。

海水 POM 主要由硅藻、甲藻、金藻、蓝藻等微藻组成，其质量浓度在春季龙须菜栽培期较低，在夏季龙须菜收获后增加，而在秋冬季由于风浪作用出现较大幅度波动，说明龙须菜栽培期的微藻生物量低于非栽培期。

鱼排区 SPM 中的总氮、总磷含量明显高于龙须菜栽培区，且两个区域的 SPM 总氮、总磷含量均表现为龙须菜栽培期低于非栽培期，龙须菜规模化栽培可以降低栽培区的营养盐浓度，改善周围海区的水质。

在 SPM 中发现硅藻 2 纲 6 目 14 科 54 属 230 种（包括变种），主要的优势种有 *Thalassionema nitzschioides*、*Thalassiosira binata*、*Cocconeis scutellum* var. *parva*、*Paralia sulcata* 等。多元统计分析表明，鱼排区硅藻群落对龙须菜栽培活动无明显响应，而龙须菜区的硅藻群落则响应明显。在鱼排网箱养殖海域，硅藻多样性低于龙须菜区，但绝对丰度则相反，对比龙须菜栽培期与非栽培期，各群落参数无明显差异；在龙须菜栽培海域，栽培期硅藻多样性明显高于非栽培期，而代表‘高’营养水平的一些指标，如硅藻绝对丰度、浮游/（底栖+附生）比值和优势种 *T. nitzschioides* 的相对丰度等，其响应行为则相反。所有指标一致表明，龙须菜规模化栽培可以降低养殖区海水营养盐

水平，抑制微藻生长，对于富营养化海水养殖区具有明显的净化和修复作用。

S21-P-17

Sinking rates and export flux of transparent exopolymer particles (TEP) in an eutrophic coastal sea: the Changjiang (Yangtze River) estuary

Shujin Guo[1, 2, 3], Jun Sun[1, 2]*

1 Tianjin Key Laboratory of Marine Resources and Chemistry, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, PR China

2 College of Marine and Environmental Sciences, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, PR China

3 Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, Qingdao 266071, PR China

* phytoplankton@163.com

Transparent exopolymer particles (TEP) are ubiquitous throughout the oceans, and their sedimentation is considered as an efficient pathway of biological carbon sink. However, the role TEP plays in carbon sink in eutrophic coastal seas is not well known. In order to clarify this, two cruises were carried out in a typical eutrophic coastal sea—the Changjiang (Yangtze River) estuary in spring and summer of 2011, and concentrations, sinking rates and export flux of TEP were studied. TEP concentrations ranged from 40 to 1040.0 μg Xeq L^{-1} (mean = 209.70 ± 240.93 μg Xeq L^{-1}) in spring and 56.67 to 1423.33 μg Xeq L^{-1} (mean = 433.33 ± 393.02 μg Xeq L^{-1}) in summer, and a significant positive correlation between TEP concentrations and chlorophyll a concentrations was observed. TEP sinking rates ranged from 0.08 to 0.57 m d^{-1}(mean = 0.28 ± 0.14 m d^{-1}) in spring and 0.10 to 1.08 m d^{-1}(mean = 0.34 ± 0.31 m d^{-1}) in summer, and were always higher in the upper layers than that in the deeper layers during both seasons. The export flux of TEP was also calculated, and it was higher in summer (mean = 44.58 ± 22.83 mg C m^{-2} d^{-1}) than that in spring (mean = 20.57 ± 17.84 mg C m^{-2} d^{-1}) due to the higher TEP concentration in summer. This study is the first study on TEP sink in the Changjiang (Yangtze River) estuary, and it confirmed that TEP played significant role in the carbon sink in the eutrophic coastal sea.

S21-P-18S

长江口有害藻华高发区叶绿素浓度时空变化特征及其影响因素分析

周钰，黄大吉*，周锋

卫星海洋环境动力学国家重点实验室/国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* djhuang@sio.org.cn

近年来，近海有害藻华（HAB）事件爆发的次数总体趋增。长江口及其邻近海域是典型的 HAB 高发区之一。海水中的叶绿素浓度常用来作为评估 HAB 的有效指标，本文利用 1997-2016 年 OC-CCI 叶绿素浓度资料对长江口 HAB 的爆发机制及时空特征进行了分析。根据长江冲淡水路径及上升流的变化对有害藻华的不同影响，由北到南在长江口邻近海域选取了三个水深均超过 20 m 的历史上 HAB 多发海域：受冲淡水东北向偏移影响的 A 区、冲淡水直接影响的 B 区、上升流及冲淡水共同影响的 C 区。分别对叶绿素月平均浓度及其距平值时间序列做分析。找出 HAB 大规模爆发的年份，根据选定的叶绿素浓度阈值，确定 HAB 爆发的时间和区域，结合 HYCOM 模型的温、盐、流数据，分析影响 HAB 爆发的动力机制。结

果表明，三个区域内的叶绿素浓度通常由长江口向外递减，并且 A、B 区域的叶绿素浓度平均值普遍高于 C 区，说明长江口 HAB 主要受陆源输入的营养盐影响，而自然过程补充的营养盐贡献其次。4、5 月份是叶绿素浓度显著升高的时期，这与海表温度、流场（如上升流、黑潮）、长江径流量的变化等有关，即营养盐补充和水温上升趋势共同导致了藻华现象。

S21-P-19S

多种时间尺度下长江口缺氧区的变化特征和机理

曹 童[1,2]，周 锋[2,3]*，倪晓波[2]，马晓[2]，黄大吉[2,3]

1 浙江大学航天工程系，杭州 310027

2 卫星海洋环境动力学国家重点实验室/国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

3 浙江大学海洋科学与工程学系，杭州 310027

* zhoufeng@sio.org.cn

大量航次调查资料已经证实了长江口门向东至 124 °E、27 °-32 °42′ N 之间海域（简称长江口）有低氧水体存在。碎片化的调查资料难以覆盖整个层化季节的缺氧连续变化过程，因此，单纯的调查研究还不足以解析长江口缺氧的时空演变规律。本文对 2006 至 2009 年间 The Regional Ocean Modeling Systems (ROMS)与 CoSiNE 耦合的模拟数值产品进行了分析。通过对此物理—生物耦合模型模拟的营养盐、叶绿素和溶解氧与观测数据之间一系列的定量指标、过程与空间分布的比较，发现两者基本一致，因此，模拟结果能够用于分析缺氧的演变过程。我们不仅分析了 2006 至 2009 年间长江口缺氧在不同时间尺度（季节内、季节间及年际）下的演变特征，还探讨了更短时间尺度上风混合对缺氧的暂时缓解作用以及促进后续缺氧区再度形成的双重影响。

S21-P-20

长江口潮滩沉积物耗氧速率原位潮汐变化

高航[1]*，严文[2]，马忠霖[2]，王璇[1]，朱雯喆[1,3]，周怀阳[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

3 同济大学环境科学与工程学院，上海 200092

* hgao@tongji.edu.cn

沉积物耗氧量常作为估算海底有机质矿化总量的指标。沉积物耗氧速率测定目前主要有通量法、光电极法和微电极法，前两种方法须采取沉积物样本离位测定，而微电极法则可实现沉积物耗氧速率的原位测定。本文利用微电极法测定长江口潮滩沉积物潮汐时间序列的原位耗氧量，实时获得潮滩暴露期原位氧气穿透深度呈现随退潮变浅随涨潮变深的趋势，其耗氧速率为 2.4-5.2 mmol m^{-2} d^{-1}，也呈现退潮时减弱而涨潮时增强的趋势，并通过通量培养法模拟涨潮后沉积物被覆水情况下潜在耗氧速率，通量培养法获得的淹水期耗氧速率比曝露时高出近三倍，结果表明在淹水期可渗透性沉积物间隙水对流作用大大促进其耗氧能力即有机质矿化作用，而采用微电极和通量培养法结合的方法为测定潮滩沉积物潮汐时间序列尺度的耗氧速率和有机质通量的经验模型估算提供了数据依据。

S21-P-21

硅藻藻华引起长江口外夏季底层低氧的形成机制及东海缺氧研究进展

王斌[1]，陈建芳[1,2]*，金海燕[1,2]，李宏亮[1]，黄大吉[2]，蔡卫君[3]

1 国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室，杭州 310012

2 卫星海洋环境动力学国家重点实验室/国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

3 海洋科学与政策学院，美国特拉华大学，纽瓦克 19176

* jfchen@sio.org.cn

近海的有害藻华、底层缺氧和短期酸化是对近海生态系统具有灾难性影响的生态现象，而对其过程间的相互伴生以及形成机制的研究知之甚少。根据 2009 年（受台风莫拉克影响）和 2013 年（无台风影响）两个夏季航次获取的海水 pH，溶解氧，无机碳及营养盐等生化参数，对长江口外的典型缺氧区的研究显示，长江口外夏季底层低氧区的典型位置与表层的高叶绿素和高初级生产力的区域较一致。在已有研究成果的基础上，文章构建了长江口底层缺氧形成机制的概念模型；并结合温盐资料，利用三端元模型半定量估算了现场硅藻藻华形成的有机质降解作用对底层耗氧的贡献在 70~80%。在长江径流带来的羽状锋面区，水柱积分的生物生产为 1.8 g C $\cdot m^{-2}$ d^{-1}，水柱积分的呼吸速率为 1.2 g C m^{-2} d^{-1}，呈现出锋面区较强的生物净生产过程。2009 年夏季受台风影响，长江径流输入增加和表底层水混合涌升过程为长江口外海域的硅藻藻华提供了丰富的营养盐，且这部分现场产生的新鲜有机质在水体层化形成后下沉至底层水体进行耗氧分解，这一过程引起的缺氧和酸化的形成速率较快（6 天左右）。此外，2014 年以来的东海缺氧区研究结果显示，人类活动和自然变化等多重压力下，东海的缺氧区无论在面积、厚度、最低溶解氧值等方面均存在复杂的变化特征，使其生态系统可能面临的挑战更为严峻。

S21-P-22

浮游植物旺发和垂直混合对夏末长江口海表 pCO_2 的影响：基于浮标观测

李德望[1]，陈建芳[1,2]*，倪晓波[2]，王奎[1]，曾定勇[2]，王斌[1]，金海燕[1,2]，黄大吉[2]，蔡卫君[3]

1 海洋生态系统与生物地球化学重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 卫星海洋环境动力学国家重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

3 海洋科学与政策学院，特拉华大学，美国纽瓦克 19716

* jfchen@sio.org.cn

2013 年夏末长江口高时间分辨率浮标观测结果表明该海域海表二氧化碳分压(pCO_2)及其它生物地球化学参数具有强烈的短时间尺度变化。从 9 月 11 到 12 日，表层 pCO_2 下降了~117 μatm，5 天后表层 pCO_2 又下降了 62 μatm (下降到~378 μatm)，pCO_2 的下降过程均伴随层化、高叶绿素 *a* 以及溶解氧过饱和现象。1-D 质量平衡模型表明浮游植物旺发贡献了 9 月 10-23 日期间超过一半的 pCO_2 下降值。9 月 23 日后，伴随大风事件，混合层加深，表层 pCO_2 迅速升高(9 月底升高了 108 μatm)，垂直混合贡献了超过一半的 pCO_2 升高值。另外，由于长江口 pCO_2 强烈的短时间尺度变化，采样频率变化可能会对长江口海-气二氧化碳通量计算结果产生较大影响。

S21-P-23

Effects of prey of different nutrient quality on elemental nutrient budgets in *Noctiluca scintillans*

Shuwen Zhang[1], Hongbin Liu[1]*, Patricia M. Glibert[2], Cui Guo[1], Ying Ke[1]

1 Division of Life Science, Hong Kong University of Science and Technology, Clear Water Bay, Hong Kong SAR

2 University of Maryland Center for Environmental Science, Horn Point Laboratory, P.O. Box 775, Cambridge, MD 21613, USA

* liuhb@ust.hk

Noctiluca scintillans (*Noctiluca*) is a cosmopolitan red tide forming heterotrophic dinoflagellate. In this study, we investigated its ingestion, elemental growth yield and excretion when supplied with different quality food (nutrient-balanced, N-limited and P-limited). Total cellular elemental ratios of *Noctiluca* were nearly homeostatic, but the ratio of its intracellular NH_4^+ and PO_4^{3-} was weakly regulated. *Noctiluca* thus seems able to differentially allocate N and P to organic and inorganic pools to maintain overall homeostasis, and it regulated its internal N more strongly and efficiently than P. The latter was substantiated by its comparatively stable C:N ratio and compensatory feeding on N-limited prey. Using both starvation experiments and mass balance models, it was found that excretion of C, N, and P by *Noctiluca* is highly affected by prey nutritional quality. However, based on modeling results, nutrients seem efficiently retained in actively feeding *Noctiluca* for reproduction rather than directly released as was shown experimentally in starved cells. Moreover, actively feeding *Noctiluca* tend to retain P and preferentially release N, highlighting its susceptible to P-limitation. Recycling of N and P by *Noctiluca* may supply substantial nutrients for phytoplankton growth, especially following bloom senescence.

S22-O-01

冷泉双壳类独立于形态学的地球化学指示标志

冯东[1]*，宫尚桂[1]，彭永波[2]，陈多福[2]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室，广州 510301

2 上海深渊科学工程技术研究中心，上海海洋大学海洋科学学院，上海 201306

* feng@scsio.ac.cn

通过海底冷泉向海洋释放甲烷是一种常见的自然现象，大部分渗漏甲烷在近海底沉积物中被甲烷缺氧氧化（Anaerobic oxidation of methane，AOM）作用所消耗。自新元古代大氧化事件以来，AOM 一直伴随地球表层环境的演化，在一些特定的地质历史时期（如古新世-始新世极热事件），AOM 的影响更加显著，对其沉积记录的研究是了解特定时期海洋乃至大气环境变化、全球碳和硫循环的重要途径。奇怪的是，即使诸多证据表明早期地球海洋环境中并不缺少甲烷，但直到 3.5 亿年前地球上才出现确切的冷泉沉积记录即所谓的冷泉碳酸盐岩。问题很可能出现在与 AOM 作用耦合的硫酸盐还原作用上。对现代海底冷泉系统硫酸盐还原作用的研究，有望搭建了从“现代过程”迈向“古代记录”的桥梁。将围绕现代海底冷泉系统硫酸盐还原作用的沉积记录展开讨论，旨在为深入认识甲烷渗漏对海洋乃至大气环境变化的影响提供了新的思路。

S22-O-02

自生黄铁矿 S、Fe 同位素证据对甲烷厌氧氧化过程的指示

林志勇[1]*，孙晓明[1]，芦阳[1]，Harald Strauss[2]，Jörn Peckmann[3]

1 中山大学海洋科学学院，广州 510275

2 Institut für Geologie und Paläontologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Germany 48149

3 Institut für Geologie, Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit, Universität Hamburg, Hamburg, Germany 20146

* linzhiy9@mail.sysu.edu.cn

Sulfate-driven anaerobic oxidation of methane (SO_4-AOM) is an important biogeochemical process in marine sediments, which prevents the release of methane to the

water column. During this process, hydrogen sulfide is released and eventually results in the formation of pyrite when sufficient iron is available. The geochemical cycles of sulfur and iron are intrinsically linked and eventually archived in pyrite. Studies on both sulfur and iron isotopic compositions of pyrite consequently provide deeper insight into SO_4-AOM in methane-bearing sediments.

In this study, we analyzed the isotopic compositions of authigenic pyrite from two seafloor sites in the Shenhu seepage area, South China Sea. Both sulfur and iron isotopic compositions of pyrite reveal similar patterns with depth in both cores, displaying an extreme variability in $\delta^{34}S$ values ranging from −47.6 to +114.8‰, and a relatively wide range in $\delta^{56}Fe$ values ranging from −0.793‰ to +0.267‰. Interestingly, the enrichment of ^{56}Fe in pyrite in the deeper parts of the studied cores coincides with high pyrite abundance and corresponding extremely high $\delta^{34}S$ values of pyrite. These observations support the conclusion that pyrite formation resulted from SO_4-AOM in the sulfate-methane transition zone. Therefore, the coupled enrichments of ^{34}S and ^{56}Fe in pyrite may represent a tracer for SO_4-AOM in modern and ancient sedimentary sequences.

S22-O-03

Geochemical characteristics of dissolved carbon in seawater affected by hydrothermal and cold seep in the Okinawa Trough, East China Sea

Xianrong Zhang[1,2,3], Zhilei Sun[2,3]*, Dejiang Fan[1], Cuiling Xu[2,3], Libo Wang[2,3], Xilin Zhang[2,3], Wei Geng[2,3], Xiwu Luan[2,3]

1 College of Marine Geoscience, Ocean university of China, 266100, Qingdao, China

2 Evaluation and Detection Technology Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China

3 The Key Laboratory of Gas Hydrate (Ministry of Land and Resources), Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China

* zhileisun@yeah.net.

According to the research on global change, the marine carbon cycle in seawater is a major component of the global carbon cycle, and seafloor hydrothermal systems and cold seepages have recently been reported to contribute considerable amounts of dissolved carbon to ocean water. In this study, we measured the concentrations and distributions of dissolved organic carbon (DOC), dissolved inorganic carbon (DIC) and their ^{13}C stable isotopes in full-depth water columns in the Okinawa Trough (OT). Our results indicate that in the upper layer, > 200 m, the dissolved carbon is mainly controlled by a “biological pump,” whereas in the deep layer, the concentration and isotopes are evidently influenced by hydrothermal and cold seep fluids. According to our calculations, up to 9.4% of the carbon in the seawater is derived from cold seeps, and up to 6% is derived from hydrothermal fluids. In addition, the inventory of carbon in the form of DOC is calculated to comprise 1.43×10^9 mol C derived from methane cold seeps and 0.96×10^9 mol C from hydrothermal fluid in the whole OT. Our study shows that both carbon pools are very significant in the carbon budget and have an important impact on extreme seafloor ecosystems and even on the entire global carbon cycle.

S22-O-04

The origin of the oldest, extremely ^{13}C-depleted calcite: a snowball Earth legacy

Yongbo Peng[1,2]*, Dong Feng[3]

1 Hadal Science and Technology Research Center, College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

2 Department of Geology & Geophysics, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA

3 Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao Nation Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao266237, China

* ypeng@lsu.edu

Marinoan glaciation is one of if not the most severe global glaciation ever occurred in Earth history. After the onset of deglaciation, the Earth system went through a series of dramatic changes, e.g. a rapid drawdown of ultra-high atmospheric pCO_2, a fast increase of atmospheric pO2, intensive weathering, and a quick rise of seawater pH value. In the midst of this Eon-transition, anomalous ^{17}O depletion in sulfate and the deposition of extremely 13C-depleted (δ13Ccarbonate down to –48‰) calcite stand out as two of the most bizarre events of all. While the former has been tightly constrained in time, the latter is not, partly because of the existing debates on its origin. They have been interpreted as products of methane oxidation at the time of deposition or a product of late diagenesis formed from hydrothermal fluids and hydrothermal activity. Here, we have pinned the origin of these calcites to an intense process driven by sulfate reduction coupled with anaerobic oxidation of methane. Our evidence comes from carbon and/or sulfur isotope compositions of pyrite, carbonate-associated sulfate, carbonate, and organic carbon in both the extremely ^{13}C-depleted limestones and the host dolostones in the basal Doushantuo Formation. The data demonstrated that these limestones were early diagenetic, deposited after the cap carbonates but before the overlying shale member of the Doushantuo Formation, thus within 0.62±0.78 Myrs after the onset of the Marinoan ^{17}O-depletion event that probably lasted 0.21±0.78 Myrs according to the estimate of Killingsworth et al (2013). The basal Ediacaran, extremely ^{13}C-depleted calcite is by far the oldest known occurrence of its kind, suggesting that seawater sulfate concentration had probably reached >20 mmol within 1.4 Myrs since the onset of Marinoan snowball meltdown.

S22-O-05

中建南盆地海底流体活动地貌的地质与海洋控制

陈江欣[1,2]*，宋海斌[3]，关永贤[4]，Luis M. Pinheiro[5]，耿明会[3]

1 自然资源部天然气水合物重点实验室，青岛 266071

2 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

3 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

4 自然资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510760

5 Departamento de Geociências and CESAM, Universidade de Aveiro, Aveiro 3800

* jiangxin_chen@sina.com

在古近纪——新近纪过渡期，中建南盆地北部区域区域隆升和火山活动广泛发育，在新近纪和第四纪裂后热沉降期，差异沉降和底辟活动导致了上覆千米厚的沉积物发生变形。主要在中新世后，广泛的聚集流体沿着深部流体管道、多边形断层、倾斜强振幅反射层、倾斜断层和相关通道上升到浅部沉积层，导致海底复杂的流体逃逸海底构造和地貌特征。

流体活动地貌的产生受到多种地质条件的控制。在陆坡北部，长条形麻坑、麻坑冲沟和成型冲沟显著受到埋藏水道和冲沟的控制。但是，在陆坡南部海底发育的大量现代麻坑冲沟和成型冲沟，显著受到重力滑塌/滑坡的影响。大量发育的新月形麻坑发育在此位置，形成与等深线几乎平行的新月形麻坑链。不同程度上，与底辟活动相关的强烈海底流体活动导致了海底泥火山的发育、复杂流体活动地貌的形成和不规则麻坑的产生。与岩浆活动有关的相对构造隆升和基底隆起为深部流体活动提供了断裂通道，导致了海底隆起部位巨型麻坑、塌陷和盲谷的产生。因此，海底活动流体的成分很可能是多源的，包括岩浆和热液活动流体、孔隙水、浅部生物气和水合物分解流体等，但是这需要进一步进行流体采样分析进行验证。

地震海洋学成像发现，南海西边界流明显影响了小于大约 750 米水深的海底。主要向南流动的底流侵蚀海底，导致海底麻坑的坑壁、冲沟和水道两坡的不对称性，北部的坡度大于南部。而沿着麻坑冲沟的浊流，侵蚀海底和沟床，并导致泥火山形态的不对称性，泥火山的东南坡坡度大于西北坡。底流水道发育在晚中新世，随着时间发生迁移，现在仍在活动。而海底长条形麻坑在埋藏浊流水道上方形成且成线型，表明这些水道在以前可能是主水道的分支。

流体活动地貌的产生主要由于过去强烈的海底流体喷溢造成的，但是海底流体通道和羽状流表明现在仍然还有流体活动存在。中尺度涡旋与海底的相互作用可能会带走相当一部分沉积物到深海沉积，并对流体活动地貌的形成和演化具有重要作用。而流体活动的流体成分、天然气水合物及火山活动的影响需要进行进一步探讨和分析。

S22-O-06

南海天然气水合物试采环境监测进展与展望

梁前勇[1,2]，叶建良[1,2]，邱海峻[1,2]，秦绪文[1,2]*，董一飞[1,2]，尉建功[1,2]，卢海龙[3]，陆敬安[1,2]，林进清[1,2]，杨江平[1,2]，石要红[1,2]，钟超[1,2]，夏真[1,2]

1 中国地质调查局天然气水合物工程技术中心，广州 510760

2 中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510760

3 北京大学工学院，北京 100871

天然气水合物被认为是 21 世纪最具潜力的接替煤炭、石油和天然气的新型洁净能源之一，天然气水合物的环境问题备受各国科学家的密切关注。2017 年 5 月-7 月，中国地质调查局在南海神狐海域组织实施了海域天然气水合物试采工程，创造了产气总量和时长的世界纪录，同时也取得了环境安全的重大突破。中国地质调查局非常重视天然气水合物环境影响调查研究工作，自 2011 年起开展了长期的环境影响调查研究，确定了神狐海域试采前海洋环境基线特征。此次试采过程中，开展了大气-海水-海底环境监测，对试采过程进行多手段、多圈层全方位全过程实时监测，试采后及时开展采后海洋环境跟踪调查，及时评价水合物试采环境影响。监测结果表明，试采后海水溶解甲烷含量、海底环境特征与试采前的背景值一致，表明本次水合物试采没有影响海洋环境，没有引起海底滑坡、甲烷泄漏等环境问题。

S22-P-01

Foraminifera from gas hydrate-bearing sediments of the northeastern South China Sea: proxy evaluation and application for methane release activity

Sui Wan[1,2]*, Dong Feng[1,3]*, Fang Chen[4], Chang Zhuang[4], Duofu Chen[2,3,5]

1 CAS Key Laboratory of Ocean and Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology,

Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China
2 CAS Key Laboratory of Ocean and Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China
3 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061, China
4 MLR Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510075, China
5 Shanghai Engineering Research Center of Hadal Science and Technology, College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China
* wansui@scsio.ac.cn

Anomalously low $\delta^{13}C$ values of foraminifera in the stratigraphy are usually interpreted to reflect activities of paleo-methane seepage. The application of this proxy, however, requires to understand the cause of anomalously low $\delta^{13}C$ signals in foraminifera. Here we present stable carbon and oxygen isotopes ($\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$), Mg/Ca ratios and accelerator mass spectrometry (AMS) radiocarbon data from Cores GMGS2-08B (~0-5.5 meters below the seafloor [mbsf]) and 08C (2-23 mbsf) at ~798 m water depth, recovered from the gas hydrate-bearing sediments in the northeastern South China Sea (SCS). The main objectives are to investigate the primary versus secondary signals of extremely negative $\delta^{13}C$ values of foraminifera and further recognize the methane emission events (MEEs). The $\delta^{13}C$ values of benthic (*Uvigerina peregrina* and *Cibicidoides* spp.) and planktonic (*Globigerinoides ruber* and *Pulleniatina obliquiloculata*) foraminifera in these two cores show distinct intervals with negative values (as low as -15.85‰) that indicate the shift of the sulfate methane transition zone (SMTZ) and the change in methane release flux in the past. The $\delta^{13}C$ records of *U. peregrina* by a more exhaustive cleaning procedure designed to remove authigenic carbonate coatings show that most $\delta^{13}C$ values are still lower relative to those in the normal marine environment. The Mg/Ca ratios of *Uvigerina* spp. by this exhaustive cleaning procedure display higher values and more variable for anomalous tests (as high as 13.40 mmol/mol) than normal ones. These observations indicate the ^{13}C-depleted signals of foraminifera are mainly originated from diagenetic alteration of authigenic carbonate precipitates with extremely negative $\delta^{13}C$ values. Furthermore, the mass-balance approach is adopted to assess the relative contribution of methane-derived authigenic carbonate in the low-$\delta^{13}C$ signals in foraminifera and reveals the maximum contribution can be as high as ~30% among the $\delta^{13}C$ anomalies. Additionally, several major MEEs with distinct characteristics can be recognized according to remarkable $\delta^{13}C$ excursions of foraminifera in these two cores.

S22-P-02

Cascadia 大陆边缘水合物海岭沉积物铁组分和黄铁矿硫同位素地球化学对非稳态沉积和成岩过程的响应

刘晨晖 [1,3]*，蒋少涌 [2]，苏新 [3]

1 南京大学 地球科学与工程学院 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室，南京 210093
2 中国地质大学(武汉) 地质过程与矿产资源国家重点实验室，武汉 430074
3 中国地质大学(北京) 海洋学院，北京 100083
* cliu@nju.edu.cn

在大陆边缘海洋沉积环境中，非稳态沉积和成岩现象频繁出现，通常表现为碎屑流、

浊流、滑塌和甲烷通量随时间发生改变。孔隙水数值模拟被有效用于识别和恢复最近或正在发生的非稳态事件，但是由于孔隙水组分被重置的时间尺度为几百年或几千年，因此无法用于重建年代更为久远的非稳态沉积和成岩过程。本研究选取位于 Cascadia 大陆边缘水合物海岭(Hydrate Ridge)的大洋钻研计划(ODP)第 204 航次 1245 和 1252 站位岩芯沉积物作为研究对象，旨在探讨铁组分和黄铁矿硫同位素组成与非稳态沉积和成岩事件之间的响应关系。采用改进后的铁组分化学提取方法，我们将沉积物中的全部含铁矿物归纳为 5 种铁组分：(1) 含铁碳酸盐，主要为菱铁矿；(2) 三价铁氧化物，可能包括水铁矿和/或纤铁矿；(3) 磁铁矿；(4) 含铁硅酸盐；(5) 黄铁矿。基于不同铁组分之间的含量对比，我们认为沉积物中高活性铁的循环过程在整个沉积历史时期处于稳定状态，黄铁矿化程度的高、低主要受控于溶解态硫化氢的供给程度，这也正是黄铁矿与菱铁矿之间呈现出铁含量反相关关系的主要原因。另一方面，整个岩芯记录中黄铁矿的硫同位素组成呈现出极不均一的特征(-42.4 ~ +16.8‰)，我们推测其中 $\delta^{34}S$ 值大于-20‰的黄铁矿可能形成于较浅的硫酸盐-甲烷过渡带(SMTZ)或突发性的快速沉积事件。根据早期成岩过程铁、硫元素地球化学行为，我们提出一系列基于沉积速率和甲烷通量变化的概念性非稳态情景模型，并且对每个模型所得出的硫化程度(即黄铁矿和菱铁矿的相对含量)和黄铁矿硫同位素组成变化模式进行预测。将模型预测与岩芯记录中实际观察到的结果相比较，结合生物地层学年龄、矿物学与区域构造等方面的证据，本研究进一步对每个模型所对应的非稳态事件进行验证。模型验证结果表明，岩芯记录中的铁组分和黄铁矿硫同位素地球化学不仅可以用于重建非稳态沉积和成岩历史，而且可以为地质历史时期天然气水合物的稳定性提供线索和依据。

S22-P-03

南海北部多金属结核成因来源及其对古洋流演变的指示意义

仲义 [1,2,3]，陈忠 [1]*，刘青松 [2]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 南方科技大学海洋科学与工程系，深圳 210093

3 中国科学院大学，北京 100049

* chzhsouth@scsio.ac.cn

多金属结核、结壳是深海潜在的固体矿产资源，同时也是重建古气候、古环境的重要记录。本文以南海北部多金属结核为研究对象，通过对其显微结构构造、矿物组成、元素组分的分析，并对比其他海域不同构造与海洋学背景下的结核、结壳特征，基于 ^{10}Be 同位素年代学框架，综合利用地球化学与环境磁学等多重指标，相互验证，综合探讨了南海北部多金属结核的形成过程及其对全球古洋流与古气候环境影响与响应特征。

结合陆坡区和海盆区结核元素变化趋势及其生长速率变化特征，南海北部多金属结核的具有多个期次的快速生长阶段：它们分别较好地响应了发生于 4.8~3.2 Ma，3.2~1.06 Ma，~1.06 Ma 的重大海洋环境与气候变化，分别记录了上新世的气候变暖事件，北半球冰川事件加强事件以及中更新世气候转型开始事件。

揭示了 3.2 Ma 以来全球气候变化与台湾岛新生代构造演化对南海底流演变的影响和控制：通过 Sr-Nd 同位素示踪分析，发现自 1.06 Ma 以来，结核陆源碎屑主要来自台湾物质。利用结核自生海水相的 Nd、Pb 同位素指标探讨南海北部晚上新世以来底流变化历史，该海域底流强度从 3.2 Ma 到 2.1 Ma 整体水平较高，2.1 Ma 至 1.06 Ma 较低，1.07 Ma 以来发生频繁的大幅度波动变化。总的来说，底流强度变化与太平洋深层水密切相关，不同时期变化主要受区域性构造抬升、全球气候事件以及轨道参数的影响。

S22-P-04

成岩作用对西藏雅鲁藏布缝合带白垩纪冷泉碳酸盐岩氧、碳和锶同位素的影响

佟宏鹏[1]*，曹运诚[1]，王钦贤[2]，Jörn Peckmann[3]，陈琳莹[1]，陈多福[1]*

1 上海深渊科学工程技术研究中心，海洋科学学院，上海海洋大学，上海 201306

2 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640

3 Institut für Geologie, Universität Hamburg, 20146 Hamburg, Germany

* hptong@shou.edu.cn; dfchen@shou.edu.cn

冷泉碳酸盐岩是冷泉活动的记录，常被用于冷泉流体同位素组成的示踪，然而，晚期成岩作用常导致古代冷泉碳酸盐岩氧同位素显著变轻，但是对碳和锶同位素的影响尚未十分清晰。本研究报道了近期在西藏雅鲁藏布缝合带日喀则发现的冷泉碳酸盐岩结核，重结晶作用和后期脉广泛发育反映该冷泉沉积经历了显著的成岩改造，研究利线性回归方法评估了成岩作用对 $\delta^{13}C$ 值和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值改造的程度，并且定量示踪原始冷泉碳酸盐岩和成岩流体的碳和锶同位素组成。微区碳、氧同位素分析显示，日喀则碳酸盐岩结核的 $\delta^{13}C$ 值为 -34.1‰ ~ -12.9‰ (V-PDB)，$\delta^{18}O$ 值为 -11.8‰ ~ -2.2‰ (V-PDB)，碳、氧同位素组成具有显著的不均一性，并且重结晶作用最发育的样品与具有最负的 $\delta^{18}O$ 值样品一致，反映成岩作用对同位素的改造在空间上具有显著的不均一性。$\delta^{13}C$ 值与 $\delta^{18}O$ 值（$R^2 = 0.54$）以及 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值与 $\delta^{18}O$ 值($R^2 = 0.85$)很好的相关性说明，成岩过程中氧、碳和锶同位素均发生了改造，相关性曲线的两端分别指向原始冷泉碳酸盐岩和成岩流体的同位素组成，沿相关性曲线分别外推 $\delta^{13}C$ 值和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值至 $\delta^{18}O$ 值为 -2‰（与白垩纪海水平衡的方解石的氧同位素组成），得到 $\delta^{13}C$ 值为 -34‰和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值为 0.7072 的端元成分。原始的冷泉碳酸盐岩端元显示具有更轻的碳同位素组成和近似白垩纪同期海水的锶同位素组成，说明它们是形成于海底附近的甲烷缺氧氧化作用。相反，成岩流体是具有较低锶同位素组成，贫放射成因锶的特征反映成岩流体为埋藏成岩孔隙水而非大气水。本研究说明除氧同位素外，碳同位素和锶同位素在成岩过程中也可不同程度被改变，并且建立了定量恢复碳酸盐岩原始同位素组成的方法。

S22-P-05

Pore water composition of methane-seep sediments from the western slope of the Mid-Okinawa Trough

Cuiling Xu[1,2], Nengyou Wu[1,2], Zhilei Sun[1,2]*, Xianrong Zhang[1,2], Wei Geng[1,2], Hong Cao[1,2], Libo Wang[1,2], Xilin Zhang[1,2]

1 The Key Laboratory of Gas Hydrate (Ministry of Land and Resources), Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China

2 Evaluation and Detection Technology Laboratory for Marine Mineral Resources, National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China

* zhileisun@yeah.net

Widely distributed cold seeps are crucial sources of carbon to seawater, whereas anaerobic oxidation of methane (AOM) and precipitation of authigenic carbonate might change the compositions of the methane-rich fluids and thus moderate the outputs of dissolved carbon to seawater. In this work we analysis the pore water compositions of four gravity cores with high methane concentration abnormalities in pore water or in overlying seawater in the western slope of the Mid-Okinawa Trough. Active methane seepages from deep sediments and associated AOM are identified at three of the four sites

(sites C01, C10 and C25) by (1) quasi-linear profiles of sulfate concentrations or relative low sulfate concentrations, (2) intense increases of dissolved inorganic carbon (DIC) concentrations and (3) high negative $\delta^{13}C$ values (-7.2 ~ -26.3 ‰) of DIC. Organoclastic degradation in the shallow sediments is not obviously recognized in the study area since the low contents of organic matters and dissolved NH_4^+. Although high methane concentrations occur at deep sediments, most of the methane is oxidized in shallow sediments and thus only <140 nM/m^2yr of methane escapes the seafloor. Our data reveal that the cold systems are one of the DIC sources (the fluxes up to 13.1 mM/m^2yr) to the seawater in the Okinawa Trough, which can be tracked by high depletion of ^{13}C ($\delta^{13}C_{DIC}$ =-7.2 ~ -26.3 ‰ VPDB).

S22-P-06

In situ quantification of gas bubbles flux at GC600 hydrocarbon seeps in the Northern Gulf of Mexico

Pengfei Di[1]*, Dong Feng[1], Duofu Chen[2], Ian R MacDonald[3]

1 Key Laboratory of Ocean and Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510301, China

2 Shanghai Engineering Research Center of Hadal Science and Technology, College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

3 Florida State University, Tallahassee, FL, USA

* pfd@scsio.ac.cn

Natural cold seeps in the marine environment are important sources of methane and other greenhouse gases to the ocean and atmosphere. Accurate quantification of methane flux at hydrocarbon seeps is therefore necessary to evaluate their influence on the global methane budget and climate change. A deep-sea high definition video time lapse camera was used to observe the gaseous and oily bubbles released through partially exposed deposits of gas hydrate. The bubble size and release rate and the temporal variability in bubble releases has been determined. Image processing techniques was used to determine the bubble type (oily, mixed, and gaseous), size distribution, release rate, and temporal variations. A semi-automatic bubble counting algorithm was developed to analyze bubble count and release rates from video data. The seep at GC600 released a mixture of oily and gaseous bubbles with an average diameter of 3.0 mm at a rate of 85 bubbles×s^{-1}. The bubbles flux released form mega plume 2 is 0.0086-0.036L×s^{-1}. However, the bubbles release rate was not correlated with tidal effects rather than with pore activation. The method of in situ gas flux quantification may provide new solutions to evaluate the impact of seeping methane in marine settings.

S22-P-07

南海北部台西南盆地冷泉区硫酸盐还原-甲烷厌氧氧化反应带研究

邬黛黛[1,2]*，杨飞[1]，刘丽华[1]，吴能友[2,3]

1 中国科学院天然气水合物重点实验室，中国科学院广州能源研究所，广州 510640

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

3 国土资源部天然气水合物重点实验室，青岛海洋地质研究所，青岛 266071

* wudd@ms.giec.ac.cn

研究表明，我国南海北部冷泉活动发育，台西南盆地是冷泉活动的典型区域，其中九龙甲烷礁和“海洋四号”沉积体就是两个非常典型的冷泉活动区。由于水合物分解、甲烷渗漏引起的冷泉活动带来的冷泉流体中含有大量的甲烷，上涌甲烷与孔隙水中的硫酸根等离子发生氧化还原反应，其中最为典型的反应就是硫酸盐还原-甲烷厌氧氧化作用（AOM）。而这个反应区域被称为硫酸盐还原-甲烷厌氧氧化反应带（SMRZ 或 SMTZ），这个反应带相对于硫酸盐-甲烷界面（SMI）是一个相对完整的反应带。在这个反应带内，由于受硫酸盐还原-甲烷厌氧氧化作用的影响，导致孔隙水异常，造成碱性及硫化环境，从而导致碳酸盐矿物及硫化物矿物的形成，并且该反应还会造成产物中特殊的硫、氧同位素组成，同时也会影响 Mo、U、V、N、Cu 等氧化敏感元素的富集或亏损。同时冷泉活动/甲烷渗漏强度会影响该反应带在沉积层中的分布范围和上下界面。因此本文希望通过孔隙水、元素、矿物、同位素等异常来研究硫酸盐还原-甲烷厌氧氧化反应带的分布，进一步反演冷泉活动特征和甲烷渗漏强度。

本文选取南海北部琼东南盆地 973-4 站位和 973-5 站位的柱状沉积物样品为研究对象，采用铬还原硫法，电感耦合等离子质谱（ICP MS），射线荧光光谱（XRF）等分析测试方法，测得沉积物中铬还原硫（CRS）含量及其硫同位素值（$\delta^{34}S$），以及沉积物的主微量元素值，并结合临近站位 GC-10 的孔隙水数据，综合分析了该区域沉积物中甲烷渗漏特征及氧化还原敏感元素的指示特征。发现台西南盆地 973-4 站位和 973-5 站位沉积物在 400 cmbsf 左右位置，孔隙水中 SO_4^{2-}、H_2S 和 CH_4 等浓度明显异常，硫化物开始异常富集，$\delta^{34}S$ 值由最负快速增加到正值；而 U、V、N、Cu 等氧化还原敏感元素在 973-5 站位 439 cmbsf 之上显示富集，尤其在 400 ~ 439 cmbsf 深度内显示较高的富集程度；Mo 元素在 400 ~ 439 cmbsf 深度沉积物内强烈富集。结果表明台西南盆地 973-4 站位和 973-5 站位的硫酸盐还原-甲烷厌氧氧化反应带大概分布在 400～900 cmbsf，该区域存在较强的连续或多其次的甲烷渗漏活动。

S22-P-08

Lipid biomarker patterns reflect different formation environments of mussel- and tubeworm-dominated seep carbonates from the Gulf of Mexico (Atwater Valley and Green Canyon)

Hongxiang Guan [1]*, Dong Feng [2], Duofu Chen [3]

1 Key Laboratory of Gas Hydrate, Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640

2 CAS Key Laboratory of Ocean and Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

3 Shanghai Engineering Research Center of Hadal Science and Technology, College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

* guanhx@giec.ac.cn

Mussels and tubeworms thriving at many methane seeps typically live in symbiosis with chemosynthetic, chiefly methanotrophic or thiotrophic bacteria. It has been shown that the activities of chemosymbiotic animals can result in large differences in the sedimentary environments of their habitats. Here, we put forward that geochemical variability can be archived in the lipid biomarker inventory of authigenic carbonates forming in different, locally confined environments at seeps, mussel beds and tubeworm bushes in this case. To test this hypothesis, lipid biomarker patterns of carbonates from mussel and tubeworm environments from two seep sites

(Atwater Valley 340 and Green Canyon 852) of the Gulf of Mexico were analyzed. Previous work revealed stronger carbon isotope fractionation between the methane source and biomarkers of anaerobic methane oxidizing archaea-2 (ANME-2)/sulfate-reducing *Desulfosarcina* (*DSS*) consortia than for ANME-1/*DSS* consortia, both performing anaerobic oxidation of methane (AOM). Although, similar $\delta^{13}C_{methane}$ values were found at the mussel and tubeworm collections from the same study site and the local microbial consortia appear to be largely similar based on the observed AOM biomarker inventories, a large offset between the $\delta^{13}C$ values of molecular fossils of sulfate-reducing bacteria (SRB; Δ–32‰) involved in AOM is apparent between tubeworm carbonates and mussel carbonates. This pattern is interpreted to reflect local effects on isotope fractionation induced by the chemosymbiotic metazoans at mussel- and tubeworm-dominated sites. At tubeworm-dominated sites, the excess sulfate produced by thiotrophic symbionts of tubeworms and pumped down into the sediment results in persistent production of AOM-derived bicarbonate and the enrichment of ^{12}C in sub-surface sediments. Interestingly, tubeworm carbonates also contain high amounts of non-isoprenoidal dialkyl glycerol diethers (DAGEs) with extreme ^{13}C depletions, representing compounds that derived from non-*DSS* cluster SRB. Most likely, ^{13}C-depleted AOM-derived organic intermediates were used as carbon sources by the DAGE-producing non-*DSS* cluster SRB, performing organoclastic sulfate reduction. Our study identifies significant variation in biomarker patterns between mussel and tubeworm carbonates at two seep sites in the Gulf of Mexico. Such variation allows to characterize different habitats at seeps, which are shaped by the interaction of chemosymbiotic seep metazoans and their symbionts with the local environment. Metazoan community composition apparently controls geobiological interaction in seep ecosystems to a large degree, which may allow tracing of the effects of chemosymbiosis into the rock record.

S22-P-09

Preliminary porewater geochemical results of IODP Expedition 375: Insight into fluid flow and water-rock interaction on the Hikurangi subduction margin

Min Luo[1]*, Andre Huepers[2], Evan Solomon[3], Duofu Chen[1], and IODP Expedition 375 shipboard scientists

1 Shanghai Engineering Research Center of Hadal Science and Technology, College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

2 MARUM-Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, 28334 Bremen, Germany

3 School of Oceanography, University of Washington, Seattle, WA 98195, USA

* mluo@shou.edu.cn

Slow slip events (SSEs) are common phenomena in subduction zones and are observed as transient aseismic slip on a fault for weeks to months and are faster than plate convergence rate and slower than the slip rate for regular earthquakes. The main objectives of the IODP Expedition 375 are (1) to characterize the state and composition of the incoming plate and shallow plate boundary fault near the trench, which comprise the protolith and initial conditions for fault zone rock at greater depth; (2) to characterize

material properties, thermal regime, and stress conditions in the upper plate above the SSE source region; and (3) to install borehole observatory instruments to monitor a transect of holes above the SSE source and to measure temporal variations in deformation, fluid flow, and seismicity.

We propose to address the following scientific objectives combining pore fluid geochemistry and reaction-transport modeling: (1) to identify the composition and trace the source of pore fluids; (2) to quantify the velocity of the upwelling fluid, biogeochemical processes in surface sediments, and water-rock reactions in the deep subsurface using reaction-transport modeling; (3) to reveal the spatial and temporal variation in fluid chemistry, fluid pathway, and rate of fluid flow based on borehole observations; and (4) to quantitatively assess methane cycling in sediments.

In this presentation, we aim at qualitatively understanding the diagenetic processes from the incoming plate all the way to the upper plate based on the preliminary porewater geochemical results obtained from onboard measurements.

S22-P-10

天然气水合物生成过程中乙烷分异数值模拟研究-以IODP1327站位为例

曹运诚[1]*，郑子涵，陈多福[1]*

1 上海深渊科学工程技术研究中心，上海海洋大学海洋科学学院，上海 201306

2 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640

* yccao@shou.edu.cn; dfchen@shou.edu.cn

I 型天然气水合物两种容纳天然气分子的笼子，分别为 12 个五边形组成的笼子（5^{12}）以及 12 个五边形和 2 个六边形组成的笼子（$5^{12}6^2$）。因为乙烷分子在 I 型天然气水合物的 $5^{12}6^2$ 笼子更稳定，优先甲烷进入 I 型天然气水合物，导致其在 I 型天然气水合物中富集，为海底天然气水合物识别提供新的标志。

IODP 1327 站位孔隙气的天然气组分具有四个特征区间，海底浅层至约 90mbsf 之间 C_1/C_2 保持稳定 $1.0\text{-}1.5\times10^4$，在 90mbsf 以下 C_1/C_2 迅速降低，到约 220mbsf 附近达到最低约 1.0×10^3。220mbsf 以下 C_1/C_2 随着深度逐渐升高，并在 260mbsf 以下保持基本稳定，平均约 2.6×10^3。根据 IODP1327 站位相关钻探资料，利用乙烷在水合物相和孔隙水相化学势相等，建立基于温度、压力和盐度等条计算乙烷在 I 型水合物和孔隙水之间分配系数计算模型，进而建立乙烷在水合物成藏过程中分异的模型，并应用于 IODP1327 站位。模拟表明乙烷优先富集在水合物相中，孔隙内乙烷和甲烷的比值要达到 IODP1327 站位实测的孔隙气的值，乙烷分配系数（孔隙水相和水合物相的 C_1/C_2 值之比）须等于 5.8，与 IODP1327 站位水合物发育层的温度、压力和盐度等条件计算分配系数值相同。

水合物成藏过程中的乙烷分异形成的 C_1/C_2 剖面可以指示天然气水合物发育特征。水合物带内天然气生成天然气水合物导致体系 C_1/C_2 随深度浅而增大，而水合物带之上没有水合物生成 C_1/C_2 随深度保持稳定。C_1/C_2 变化的拐点，可以作为识别天然气水合物发育顶界，其中识别 IODP1327 站位水合物发育顶界约 90mbsf，比孔隙水盐度负异常确定的顶界更接近保压取芯确定的水合物发育顶界（约 80mbsf）。IODP1327 站位 BSR 之下 C_1/C_2 随着深度逐步增大，可能指示 BSR 之下的天然气水合物饱和度随深度逐渐降低， BSR 之下不仅存在游离气天然气，很可能存在未分解天然气水合物。

S22-P-11

不同冷泉区水合物聚集与甲烷渗漏的地球物理证据

王秀娟[1,2]*，靳佳澎[1]，钱进[1,2]，张鑫，郭依群[3]，栾振东[1]，陈端新[1]，李超伦[1]

1 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

2 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

3 广州海洋地质调查局，广州 510760

* wangxiujuan@qdio.ac.cn

世界海域中发现的活动的水合物系统普遍与海底冷泉相关，都具有强甲烷气通量特征。大量研究发现南海北部不同盆地水合物聚集特征不同，在台西南盆地发现了活动的冷泉系统，而在珠江口盆地神狐海域发现了位于稳定带附近的高饱和度水合物。该高饱和度富集区，水合物钻探岩心显示该水合物可能为一个埋藏的冷泉系统。利用氯离子浓度异常进行数值模拟研究表明该水合物系统活动时间为 19 ky，不同站位水合物形成时间略为存在差异，该系统为末次冰期时形成强流体活动形成的水合物。

在台西南盆地的活动冷泉区，利用反射地震、地球物理属性分析和海底摄像等方法，发现了不同冷泉演化过程中的流体活动、气体运移、水合物分布和近海底地貌特征及生物存在差异，该异常与冷泉活动-停止-再活动和水合物分布有关。在近海底发现裸露水合物的冷泉区反射地震剖面在水合物稳定带内出现地层上拱、振幅空白烟囱状的反射特征，该反射发育在稳定带下部，强流体渗漏导致 BSR 出现上翘和不连续性，近海底呈现高振幅、高速或高波阻抗异常，造成海底呈丘状反射，海底的甲烷泄露和繁茂冷泉生态群落指示该冷泉至今仍在活动；在发现海底出现丘状体区，大量块状和结核状碳酸盐被泥质沉积物、生物壳体、死亡生物等覆盖，BSR 下出现明显强反射和低速异常，指示气体被圈闭在不连续 BSR 下部，表面该冷泉经历强流体渗漏形成埋藏水合物，但目前该冷泉已经活动。不同冷泉区地质与地球物理异常指示了冷泉不同的演化阶段及其对水合物、气体分布与对海底生态群落的影响。

S22-P-12

南海海马冷泉区流体流动样式-来自沉积物孔隙水地球化学的证据

胡钰[1]，罗敏[1]*，梁前勇[2]，陈琳莹[1]，冯东[3]，杨胜雄[2]，梁金强[2]，陈多福[1]

1 上海海洋大学，海洋科学学院，深渊科学和技术研究中心，上海 201306

2 广州海洋地质调查局，广州 510075

3 中国科学院南海海洋研究所，中科院边缘海和大洋重点实验室，广州 510301

* mluo@shou.edu.cn

对海底冷泉流体样式的了解有助于理解冷泉向海洋排放甲烷的机制及评估其环境影响。本文通过南海北部陆坡海马冷泉区采集的 3 根柱状沉积物样品(QDN-14A、QDN-14B、 R1)孔隙水成分的分析，并结合反应-运移模型探讨冷泉区海底的流体流动样式。三根柱样中靠近硫酸盐-甲烷转换带附近非常低的溶解无机碳（DIC）的 $\delta^{13}C$ (<-52‰)值表明甲烷的缺氧氧化过程是占主导的消耗孔隙水硫酸根的过程。柱状样品 R1 中能见到分散状的水合物，导致孔隙水中出现氯离子和钠离子浓度异常。在柱状样品 QDN-14A 和 QDN-14B 最表层沉积物中出现了超过 1 米以上的硫酸根、DIC 和钙离子浓度随深度几乎不变的特征。这种类似于灌洗的特征能够通过甲烷气泡灌洗作用产生，考虑这种作用的稳态反应-运移模型能够很好地拟合相应的孔隙水参数，说明了存在着这种可能性。另一方面，在假设甲烷通量突然增加的情况下，非稳态模型也能够重现这种类似于灌洗的孔隙水组成特征。由于在渗漏中心站位（R1）出现的水合物可能堵塞流体通道以及在周围站位（QDN-14A 和 QDN-14B）中出现了粒度非常粗的层位，因此推测从 R1 站位到 QDN-14A 和 QDN-14B 站位富甲烷流体的侧向运移是导致甲烷通

量突然增加的原因。此外，非稳态模型预测R1 站位中水合物的形成时间不晚于 150 yr B.P。海底冷泉区这些复杂的流体运移样式可能对理解冷泉沉积记录中不均一性特征具有重要的指示意义。

S22-P-13

大陆边缘流体逸散管道形成机制

骆迪 [1,2]*，蔡峰 [1,2]，闫桂京 [1,2]，李清 [1,2]，孙运宝 [1,2]，董刚 [1,2]，李昂 [1,2]

1 国土资源部天然气水合物重点实验室青岛海洋地质研究所，青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

* luodi0927@sina.com

流体运移是大陆边缘沉积盆地中普遍存在的地质过程。流体逸散管道是深部聚集流体向上运移的垂直—亚垂直通道，是流体运移的一种重要的表现形式，在地震资料中表现为圆柱状反射中断或扰动，通常伴随振幅异常、分散和衰减及传输假象。流体逸散管道可以成为垂向流体运移和油气二次运移的重要通道，也可以成为深部超压源层释放的路径。流体逸散管道可以作为向水合物稳定带提供甲烷的通道，也可以使甲烷穿过水合物稳定带在海底释放。此外，当流体逸散管道嵌入潜在储层的盖层中，可以起到阻止碳封存的作用，因此在沉积盆地中识别流体逸散管道，并研究其成因机制是非常重要的。

水力压裂是文献中最常见的一种有关流体逸散管道形成机制的解释，但是随着地震勘探的发展和研究的不断深入，发现水力压裂不足以解释所有类型的流体逸散管道，还存在其他的成因机制，包括：流化侵蚀作用、局部空洞坍塌及同沉积模式等。

虽然水力压裂不能解释所有类型的流体逸散管道，但在大多数情况下，流体逸散管道的形成必须经历水力压裂阶段，因此超压是流体逸散管道形成的初始条件，但并不是必要条件，当发生碳酸盐或蒸发岩分解、水合物分解、有机质降解使，海底之下形成空洞，使上部沉积物重力不稳发生坍塌并向上扩展，大大增加了上覆盖层的垂向渗透率，促使深部流体向上逸散，从而形成管道；在沉积物类型多样的沉积盆地中，常出现一种生长与沉积过程同时进行的流体逸散管道，且许多规模较大的管道由较小的管道构造在沉积过程中演化而形成。

S22-P-14S

海底原油渗漏系统及冷泉碳酸盐岩研究进展

孙跃东 [1,3]*，冯东 [1]，陈多福 [2]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 上海深渊科学工程技术研究中心，上海海洋大学海洋科学学院，上海 201306

3 中国科学院大学，北京 100049

* ydsun@scsio.ac.cn

海底原油渗漏是以原油为主要成分的流体渗漏至海底而形成的一种海底流体活动。原油渗漏在现今海洋环境中广泛发育，由此向海洋中输入原油 0.2-2Tg/yr，并且原油在渗漏的同时有大量烃类气体（C_1-C_4）的释放，促进原油渗漏区水合物的形成，影响全球海洋和大气碳循环。渗漏至海水中的原油经过物理去气、化学氧化以及生物降解作用之后，轻烃组分减少、粘度增大，残余沥青不断堆积形成丘状体，表面发育破碎状、流动状结构。原油渗漏系统中发育营化能合成自养的蠕虫、双壳类以及异养生物群落，但自养生物群落的能量来源还存在争议。自生碳酸盐岩在原油渗漏系统中也广泛发育，其宏观呈结壳状、结核状、碎片状等，形状不规则，岩石表面孔隙发育且常被原油浸染，自生矿物以文石为主（平均 > 95%），矿物中有生物降解原油（如沥青）充填；自生碳酸盐岩的碳同位素组成 $\delta^{13}C_{PDB}$：平均 -25‰ ，与原油类似；自生碳酸盐岩的氧同位素 $\delta^{18}O_{PDB}$：-0.58‰ ~ 4.96‰，显示了较

大的变化范围，可能与原油渗漏相伴生的天然气水合物分解水和粘土矿物脱水有关，极低的 $\delta^{18}O_{PDB}$ 样品可能与形成温度较高有关。原油渗漏区自生碳酸盐岩的稀土及微量元素研究较少，仅有数据显示其稀土元素页岩标准化配分模式既有 Ce 负异常，同时也存在 Ce 无异常的特征；与典型的甲烷渗漏自生碳酸盐岩相比，原油渗漏区发育的自生碳酸盐岩有较高的稀土元素总量（∑REE + Y）以及低 Mo/U。海底原油渗漏区自生碳酸盐岩所显示的矿物岩石学、同位素及元素特征，可能反映了海底原油渗漏流体对成岩环境的影响。

S22-P-15S

墨西哥湾（GC53）海底低镁方解石的地质地球化学特征及形成机制研究

黄慧文[1,4]*，冯东[1]，程明[1]，Harry H. Robberts[2]，陈多福[3]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 Coastal Studies Institute, Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803

3 上海深渊科学工程技术研究中心，上海海洋大学海洋科学学院，上海 201306

4 中国科学院大学，北京 100049

* huiwenhuang@scsio.ac.cn

直至二十世纪后期，学界开始认识到显生宙存在着波动的“文石海”和“方解石海”，其对应沉积的碳酸盐矿物类型分别为文石、高镁方解石（HMC）和低镁方解石（LMC）。现代海洋正处于“文石海”时期，但在墨西哥湾北部陆坡189米水深的海底发育了碳酸盐矿物成分为100% LMC的碳酸盐岩，本文对这些LMC开展了岩石学、矿物学及同位素和元素地球化学研究，以期探寻其形成机制。碳酸盐岩呈块状，含较多的陆源碎屑，指示了它们形成于海底表层沉积物中，与元素地球化学数据表明的LMC在还原条件下形成相一致。样品的 $\delta^{13}C$ 值可分为-3.27‰~2.62‰（V-PDB）和-14.38‰~-7.54‰（V-PDB）两组，分别指示了碳源为海水DIC及海水DIC和有机质降解成因DIC的混合，LMC的 $\delta^{18}O$ 值为-9.17‰~-2.46‰（V-PDB），表明孔隙流体中有大气水的加入。样品的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值为 0.707900~0.708497，指示其沉积环境可能受到了墨西哥湾海底广泛存在的 Louann 盐层溶解流体（具高 Ca 和低 Mg 的特征）的影响，低 Mg/Ca 比流体是沉淀 LMC 的必要条件也支持这一论述。综上，认为所研究的LMC是溶解了盐穹的低Mg/Ca的古大气水渗漏到近海底面，海水DIC的混入或表层沉积物的有机质的降解作用导致孔隙水中碱度上升而沉淀形成。GC53 低镁方解石不但保存了矿物沉淀时的环境信息，同时记录了孔隙水来源和流体在沉积物中经历的复杂过程的信息，为我们研究流体在沉积物中的行为提供了良好的载体。

S22-P-16

示踪冷泉活动特征的不同地球化学指标的有效性和独特性的对比研究

李牛[1]*，冯东[1]，陈多福[2]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 上海海洋大学深渊科学技术研究中心，上海 201306

* liniu@scsio.ac.cn

在全球广泛发育的冷泉活动，其释放的甲烷会显著影响全球的碳循环和气候变化。因此，了解海洋沉积物中的甲烷随着时间和空间的活动特征以及其与环境变化之间的关系，对于评估过去和未来的碳循环和环境变化至关重要。目前，对于地质历史时期冷泉活动特征的重建主要集中于冷泉环境中形成的各种自生矿物，如冷泉碳酸盐岩，黄铁矿和重晶石，然而，上述自生矿物并不是

在所有的冷泉活动中均有发育，从而制约了对冷泉的进一步研究。我们通过对南海受冷泉活动影响的沉积物中的氧化还原敏感元素（Mo，U，Mn），底栖和浮游有孔虫碳氧同位素，无机碳（TIC），有机碳（TOC），总硫（TS），可还原性硫（CRS）和相关的碳硫同位素的研究发现，不同的地球化学指标对冷泉活动的响应并不具有一致性，而且具有其独特性。

冷泉活动持续的时间和释放的甲烷通量的变化是控制沉积物中各种氧化还原敏感元素和碳硫含量及其同位素特征的主要因素。在高通量甲烷和持续渗漏环境下，当底层海水中出现甲烷时，由于甲烷有氧氧化作用（aerobic methane oxidation—MO_X）的发生，底层海水缺氧，因此沉积物中具有 U/Th 的升高和 Mn/Al 的降低，而没有 Mo 的富集，底栖和浮游有孔虫碳同位素异常。同时，沉积物中由于伴随的甲烷缺氧氧化作用（anaerobic methane oxidation—AOM）造成 TS 的富集，但 $\delta^{34}S_{CRS}$ 并不具有一般冷泉沉积物整体偏正的特征，这可能与快速渗漏环境下开放的体系有关，但陆源铁供给的不足也可能造成这种偏负的硫同位素特征。在这种情况下，往往没有冷泉环境中普遍发育的异常偏负的 $\delta^{13}C_{TIC}$ 的特征。这是由于 AOM 形成的冷泉碳酸盐岩往往被 MO_X 造成的酸性条件所溶解，同时强的生物扰动作用和高的沉积速率也可能造成偏负的 $\delta^{13}C_{TIC}$ 的缺失。而高的 $\delta^{34}S_{CRS}$ 值往往形成在较深的硫酸盐-甲烷转换带（sulfate-methane transition zone—SMTZ）内，指示较慢的甲烷渗漏速率和低的甲烷通量。异常偏负的 $\delta^{13}C_{TIC}$ 的特征，高的 TIC 含量和偏负的底栖和浮游有孔虫碳同位素往往与高通量甲烷和持续的渗漏环境中积累的冷泉碳酸盐岩有关，这时 SMTZ 往往很浅。而当 SMTZ 接近于底层海水-沉积物界面时，沉积物中通常伴随着高的 Mo 含量，指示高的底层海水 HS^- 浓度。

因此，单一的地球化学指标可能往往并不能很好的刻画冷泉环境中发生的各种生物地球化学过程，多指标的地球化学对比研究可能是重建冷泉活动特征的更好的手段。

S22-P-17

沉积物碳-硫同位素对冷泉渗漏演化特征的指示：以南海海马冷泉为例

王旭东[1,4]，李牛[1]，冯东[1]*，梁前勇[3]，陈多福[2]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 上海深渊科学技术研究中心，上海海洋大学海洋科学学院，上海 201306

3 广州海洋地质调查局，广州 510070

4 中国科学院大学，北京 100049

* feng@scsio.ac.cn

全球大陆边缘海底广泛发育冷泉渗漏，在渗漏区发生的最主要的生物地球化学过程是耦合硫酸盐还原反应（Sulfate Reduction，SR）的甲烷厌氧氧化作用（Anaerobic Oxidation of Methane, AOM），这一过程显著影响了全球海洋的碳和硫循环。已有的研究表明，冷泉渗漏强度在时间和空间上具有很大的变化，而且指示甲烷渗漏活动的各种自生矿物如自生碳酸盐岩，黄铁矿和重晶石等并不总是发育。为了研究南海冷泉渗漏的演化特征，我们以“海马”冷泉三根重力活塞柱状样（QDN-14A，QDN-14B 和 QDN-31）为研究对象，利用沉积物中的总硫（TS）、可还原性硫（CRS）、酸不溶性硫（acid-insoluble）和总无机碳（TIC）的含量和相关的同位素地球化学特征，确定了三次甲烷释放事件（Methane Release Events, MRE），分别发生在沉积物约 260-300 cm（MRE 1：$\delta^{13}C_{TIC}$ 低值和高含量 TS），380-420 cm（MRE 2：高含量 TS 和 CRS）和 480-520 cm（MRE 3：$\delta^{34}S_{acid\text{-}insoluble}$ 和 $\delta^{34}S_{CRS}$ 高值）。结合前人的研究结果，我们认为甲烷释放事件持续的时间以及甲烷通量的变化是造成不同地球化学指标不一致性的主要原因。具有偏负的碳同位素值特征的自生碳酸盐岩的形成需要持续的甲烷渗漏和较高的甲烷通量；高的 $\delta^{34}S_{CRS}$ 值往往

形成在较深的硫酸根-甲烷转换带内，指示较慢的甲烷渗漏速率和低的甲烷通量；而偏负的 CRS 硫同位素可能与有机质的硫酸盐歧化反应和异化还原反应有关，主要形成于开放的体系，可能指示没有甲烷活动或者快的甲烷渗漏环境。因此，单个地球化学指标可能无法准确重建受变化的冷泉渗漏影响的沉积历史，多个地球化学指标的结合能更好的示踪冷泉活动持续的时间和释放的甲烷通量的变化。

S22-P-18S

南海北部东沙海域天然气水合物分解事件及其与海底滑塌的关系

黄怡[1,2]，王淑红[1]*，颜文[1,2]，程俊[1,2]

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 101408

* wshds@scsio.ac.cn

东沙海域是南海北部一个重要的天然气水合物成藏区，其陆坡广泛发育滑塌构造。本研究对采自东沙陆坡中部 973-4 柱样和下部平坦区 973-5 柱样开展了沉积学粒度、底栖有孔虫种属特征及稳定同位素等的综合分析，旨在识别研究区的天然气水合物分解事件，分析天然气水合物分解对特征底栖有孔虫种类组成的影响，并重点探讨海底滑塌与天然气水合物分解的关系。

研究结果显示，两个柱样中底栖有孔虫的 $\delta^{13}C$ 在末次冰期均出现明显负偏现象，同时 $\delta^{18}O$ 增高。综合前人对该区域沉积物元素含量测试结果，沉积物 TOC 含量低且 TOC/TS 低于浅层正常海洋沉积物比值范围，表明研究区 DIC（溶解无机碳）碳同位素异常的主要原因并不是有机质厌氧氧化作用。因此，特征底栖有孔虫的碳负偏可作为 AOM（甲烷厌氧氧化作用）的信号。沉积物 CRS 及其 $\delta^{34}S$ 值表明在末次冰期硫同位素正偏，最大值接近甚至超过现代海水硫酸盐值，指示研究区在末次冰期存起较强的 AOM 作用，末次盛冰期以来负偏达-40‰的 $\delta^{34}S$ 值主要由 SMTZ（硫酸盐甲烷转换带）之上有机质的硫酸盐还原过程中硫的分馏引起。综上所述，研究区末次冰期存在持续的天然气水合物分解事件；末次冰消期以来，$\delta^{13}C$ 负偏现象逐渐消失，$\delta^{18}O$ 值降低，可能是由于海平面上升阻止了天然气水合物分解。

973-4 柱样的粒度结果显示在 440-600 cm 层段粗颗粒组分明显增多且该层段与特征底栖有孔虫 *Uvigerina* spp.及 *Bulimina* spp. 的数量突增段高度吻合，结合柱样的岩性描述及所处的地质构造背景推测，该层段记录了一次重要的滑塌事件。研究认为末次冰期以来持续的天然气水合物分解使得海底斜坡稳定性降低，而末次盛冰期海平面的大幅度下降诱发了研究区的海底滑塌；973-5 柱样同样记录到了海底滑塌现象，但其滑塌沉积晚于 973-4 柱样的滑塌时间，且其规模较小。

本研究通过沉积物粒度、特征底栖有孔虫种属数量变化与稳定同位素组成进行对比分析，为确定滑塌与天然气水合物分解事件之间的相互关系研究提供了新思路。

S22-P-19

南海东北部古冷泉生态系统的生物特性

陈芳*，吴聪，曹珺，陈弘，周洋，邓义楠，段虓，周建厚

广州海洋地质调查局

* zhchenfang66@21cn.com

南海东北部含水合物钻孔沉积自下而上出现多层厚度不一的古冷泉沉积物，其中含有较丰富的冷泉生物，包括大型和微型双壳类、珊瑚类、微型腹足类和大型底栖有孔虫等，对其保存状况、分类学、稳定同位素学和矿物学等进行分析研究，初步查明了古冷泉系统生物群落结构特征和多样性，双壳类 C-O 同位素分析表明其碳同位素值变化范围很大，介于 0.08‰～－48.78‰，平均值

为－6.51‰，大部分介于－1‰～－6‰，表明其有多种成因，氧同位素介于 1.51‰～4.20‰；微型腹足类的分类研究初步发现其属种类型多，组合面貌独特，明显区别于其它生态系统的组合面貌。

S22-P-20S

泥火山的形成机制：与地震的关系探讨

钟思玲[1]，万志峰[1]*，杨晓璐[1]，段本春[2]

1 中山大学海洋科学学院，珠海 519082

2 德州农工大学地质与地球物理系，美国 77840

* wanzhif@mail.sysu.edu.cn

泥火山是盆地地层深部含水的泥质物在异常高压的作用下沿断裂等高渗透性通道喷发到地表或海底堆积形成的丘状地质构造。它是新构造活动、现代地壳运动的显著标志，多分布于阿尔卑斯山-特提斯缝合带和环太平洋带。我国海域（中建南盆地、莺歌海盆地、台西南盆地等）和陆地（准噶尔盆地、羌塘盆地等）至少有 13 个地区发现了 400 余座泥火山。

泥火山不仅可作为含油气区远景评价的重要指标，也是寻找海底天然气水合物的重要标志。同时，泥火山流体喷发活动会影响钻井、管道铺设等工程建设，喷发出的甲烷气体还会引起温室效应和气候变化。

新疆北天山的区域应力场由 NS 向的水平挤压应力控制，褶皱断裂构造发育，塔里木地块和哈萨克斯坦-准噶尔地块的碰撞导致了北天山地区挤压破裂的形成及倾滑地震的发生。中建南盆地位于南海西部的走滑断裂带以东，是在南海北部陆缘拉张及西缘剪切活动的构造背景下形成的。准噶尔盆地南缘的霍尔果斯泥火山、独山子泥火山、艾其沟泥火山及白杨沟泥火山均位于在背斜带上，地震库伦应力模拟结果表明，与泥火山活动之间存在较好的对应关系，发生在北天山地区的几个中强地震所引起的正应力的变化值（$\Delta\sigma_n$）未能达到触发泥火山喷发的阈值（0.1bar）。而震级较大、震中距较小的 2012 年 6 月 30 日新源-和静地震发生之后 $\Delta\sigma_n$ 为 0.095bar 的艾其沟泥火山的喷发强度并不比 $\Delta\sigma_n$ 小的白杨沟和独山子泥火山强。模拟结果亦表明发生在南海南沙群岛西缘的中强地震引起的正应力的变化值在中建南盆地范围内极小。

泥火山的触发机制问题一直是地质学家争论的焦点，近年来诸多学者的观点认为泥火山是由地震活动触发的，但是地震引起的应力应变规律及其对泥火山喷发的控制机理等问题还有待深入研究。分析认为对研究区的泥火山而言，静态应力可能不是主要的触发机制并且泥火山的地震触发机制可能可以分为两种：（1）震前已经处于临界喷发状态的泥火山在动态应力的作用下供给通道渗透率增加导致泥浆上涌，泥火山喷发，在地表堆积形成泥火山；（2）震前未达到喷发临界状态的泥火山，地震波的通过引起的动态应力变化在泥火山积聚能量达到临界喷发状态的过程中起促进作用，同时受静态应力的作用的影响，挤压作用减小，上升通道扩宽，深部流体沿着通道上升至地表，堆积形成泥火山。

S22-P-21S

泥底辟/泥火山流体热力学特征及其对水合物赋存的影响

杨晓璐，万志峰*，钟思玲，王先庆

中山大学海洋科学学院，广州 510006

* wanzhif@mail.sysu.edu.cn

海底泥底辟/泥火山主要分布在世界各地的大陆架、陆坡、岛坡和内陆海深水区域。世界上墨西哥湾盆地是著名的泥底辟发育区，而里海、黑海、鄂霍次克海、挪威海、格陵兰南部海域和贝加尔湖广泛发育泥火山，Milkov AV(2000)估算全球深水海底泥火山的数量约为 10^3～10^5 个。Ginsburg 等（1984）首次提出天然气水合物的形成与海底泥底辟、泥火山相关，泥底辟/泥火山作为重要的流体运移通道，可为天然气水合物的形成提供充足的气源，Milkov AV（2000)

估算海底泥火山型天然气水合物甲烷资源量为 10^{10}～10^{12} m^3，这一巨大的资源量给资源消耗日益膨胀的世界带来了新的曙光。世界海洋调查发现流体通道结构普遍具有热异常的特征，海底温度的升高显然与泥底辟、泥火山等流体运移通道的形成有直接的成因联系。前人已在贝加尔湖和地中海泥底辟、泥火山发育区开展了详细的热流测量工作，发现泥底辟/泥火山喷口处的温度场和地温梯度在短距离内发生显著变化，部分站位未钻遇水合物，广州海洋地质调查局在我国南海北部陆坡珠江口盆地神狐海域实施的 GMGS1 航次钻探结果亦发现位于泥底辟之上的 SH-5 井未钻成功钻遇水合物样品。探索泥底辟/泥火山流体热效应及其对水合物成藏的影响，不仅为丰富和完善流体渗漏构造环境下天然气水合物成藏动力学研究与勘探提供了热力学理论依据，而且对天然气水合物的勘探开发及资源潜力评价具有重要的指导意义。

国外研究者通过热流调查及钻探结果发现在贝加尔湖 K_2 泥火山赋存区，其流体流速明显大于海底背景流速值，且随着泥火山几何中心距离的增加，泥火山垂向流速迅速降低；在地温梯度值高的站位均未钻遇水合物，而地温梯度值低的站位普遍具有水合物存在的迹象，该现象表明了泥底辟/泥火山热异常和水合物的形成具有直接的成因联系，过高的温度往往不利于水合物的赋存或者使原地早先形成的水合物发生分解。在分析国外泥底辟/泥火山流体热异常及其对水合物赋存之影响的基础上，探索我国南海神狐海域 SH-5 井未钻获水合物样品的原因，总结泥底辟/泥火山流体热效应对天然气水合物赋存的影响。

泥底辟、泥火山在超压环境下侵入上覆地层使海底热流活动明显增强，深层高比热容流体沿着泥底辟/泥火山渗漏通道向上流动过程中使泥底辟/泥火山发育区周缘地层温度场和地温梯度显著增高。同时，泥底辟/泥火山的流体热异常会导致水合物赋存层温度场的改变进而制约水合物的赋存。我国南海北部珠江口盆地珠二坳陷神狐海域 SH-2 站位成功钻遇了水合物样品，而当初寄予厚望位于泥底辟之上的 SH-5 站位却未钻获水合物样品的原因是：在泥底辟晚期演化阶段，深部热流体沿着底辟和断裂组成的渗漏系统上侵促使 SH5 站位水合物稳定带温度场显著升高，破坏水合物矿藏致使原本赋存的水合物分解。

S22-P-22

南海水合物钻探区甲烷来源与水合物系统间的联系：来自孔隙水地球化学和数值模拟的限定

陈琳莹 [1]，胡钰 [1]，罗敏 [1]，梁前勇 [2]，冯东 [3]，陶军 [2]，杨胜雄 [2]，陈多福 [1]*

1 上海海洋大学，海洋科学学院，深渊科学和技术研究中心，上海 201306

2 广州海洋地质调查局，广州 510075

3 中国科学院南海海洋研究所，中科院边缘海和大洋重点实验室，广州 510301

* dfchen@shou.edu.cn

不同来源的甲烷广泛存在于大陆边缘沉积物中，是海洋碳循环的重要组成部分。海底浅表层沉积物中的甲烷能够来源于深部沉积层中的天然气水合物藏。然而，这种类型的甲烷由于其在长距离迁移过程中发生的一系列复杂反应导致它难以被识别。对来自南海神狐和东沙水合物钻探区的两根约 7 米长的柱状沉积物样品（D17-15 和 W01-16）进行了孔隙水地球化学分析、结合运移反应模型来量化与甲烷相关的生物地球化学过程，并追索与浅部甲烷与水合物系统间的潜在联系。模拟结果显示甲烷缺氧氧化（AOM）是两根柱样中占主导的生物地球化学过程，分别消耗了孔隙水中约 85% 和 74%的硫酸盐。孔隙水中产生的溶解无机碳（DIC）与消耗的硫酸盐的投点图解显示被 AOM 消耗的甲烷主要来自于外部甲烷而不是原地产甲烷作用形成的甲烷。结合模拟得到的不同来源 DIC 的比例，通过利用 $\delta^{13}C_{DIC}$ 的质量守恒方程，我们估算得到在

D17-15 站位外来甲烷的 $\delta^{13}C_{DIC}$ 值为 -66.6‰，该值与先前在该研究区中报道的水合物中甲烷的 $\delta^{13}C$ 值一致。这些结果表明南海水合物钻探区中浅表层沉积物中消耗的甲烷主要来自下伏水合物藏。本文的研究方法有望用于区分出不同来源的甲烷，从而有助于理解含水合物的海洋沉积物中的甲烷循环过程。

S22-P-23S

水合物脊 ODP1247 站位天然气水合物藏的甲烷来源和成藏过程模拟

郑子涵 [1,3]，曹运诚 [2,4]*，陈多福 [1,2,4,5]

1 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640
2 上海深渊科学工程技术研究中心，上海海洋大学海洋科学学院，上海 201306
3 中国科学院大学，北京 100049
4 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
5 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071
* yccao@shou.edu.cn

海洋天然气水合物体系天然气水合物成藏受甲烷供给及埋藏的控制。根据海洋天然气水合物体系甲烷的质量守恒，建立了海洋环境沉积物孔隙水溶解甲烷对流和扩散作用及微生物原位产甲烷作用供给甲烷形成天然气水合物的数值模型，对水合物脊 ODP1247 站位天然气水合物成藏过程进行了模拟研究，结果表明该站位孔隙水溶解甲烷的对流和扩散作用是天然气水合物成藏过程中最主要的甲烷供给方式，微生物原位生成甲烷供给的比例很小，并且在 1.67Ma 以来天然气水合物藏受沉积速率变化而动态变化，但幅度不大，至今形成的水合物饱和度约 0-3%，与钻探确定的饱和度接近。

S22-P-24

厦门湾口的海底泥火山群与古湖泊发育

刘伯然*

国家海洋局第三海洋研究所，厦门 361005
* liuboran@tio.org.cn

泥火山是地层中的泥质沉积物刺穿上覆地层，突出地表形成的一种地貌形态。海底泥火山是寻找石油天然气及天然气水合物的重要线索，也是全球温室气体的重要来源。我国的台湾西南部、南海东沙、台西南盆地、珠江口盆地等海域均发现海底泥火山发育，大多与油气、水合物伴生。我们近期发现厦门岸外九龙江口海域存在形态良好的泥火山，通过对历史单道地震和浅剖数据的分析，识别出多个泥火山，这些泥火山个体规模较小，高出海面约 1-2 米，直径数米到数十米，能在侧扫声呐中观察到泥火山喷口，且在浅剖、单道地震剖面中能清晰地识别出顶部的锥形形态、泥火山通道、下伏浅层气造成的声学空白带和毯状反射等。

厦门近岸处于浙闽隆起带内，该地区缺失晚白垩系至第三系地层，第四系沉积层覆于白垩系火山（碎屑）岩或砂岩之上，缺乏有机质。基本可断定，该区泥火山是在第四系沉积层内发育。厦门岸外九龙江口海域的多有埋藏古河道发育，该区的钻孔、柱状样测定和研究显示，约 1000B.P.至 6000 B.P.，厦门湾大多处为一片淡水湖泊，对应地层中一层富含有机质的粘土质软泥沉积。我们发现的第四系泥火山群与已识别出的埋藏古湖泊、古河道，位置相近、存在部分重合。结合研究区的单道地震、浅剖剖面识别和前人的沉积地层、沉积环境研究，我们判断在厦门湾口处，对应古湖泊环境的粘土质软泥沉积层，顶界面在海底以下 4-5 米，古湖泊沉积层随着远离厦门岸边而变厚，遇到厦门岸外广布的厚层砂质沉积而截止，是该区泥火山群和广泛的浅层气发育的物质来源。6000 B.P.以来海水覆盖后该区海底沉积物的快速沉积是泥火山发育的重要诱因，研究区是全新世海进引起的快速沉积诱发下伏

富有机质沉积层喷溢释放的一个生动的实例。

S22-P-25S

珠江口盆地番禺低凸起断层特征以及对流体运移的影响

鲁向阳 [1,2]，孙启良 [1,2]*，解习农 [1,2]

1 中国地质大学（武汉）海洋学院，武汉 430074

2 中国地质大学构造与油气资源教育部重点实验室，武汉 430074

* sunqiliang@cug.edu.cn

在珠江口盆地番禺低凸起东部发现了一系列北东向雁列展布的近“C”形正断层。通过对研究区三维地震剖面的解释研究，发现了这些断层呈现出一些张扭性的特征，同时这一系列断层大多为隐伏断层，部分断层出露海底，并在断层上部呈现出同沉积断层的特征。

作者对研究区部分断层进行了较为详细的剖面上的垂直断距测量和位移测量，统计了断层从深部到浅层的垂直断距和位移的变化。通过断层各个不同深度处断距的变化，确定了断层核部位置，进而确定了断层开始发育的时间。同时，部分断层在其发育过程中上部延伸到海底，并随着地层沉积继续向上发育，形成了同沉积断层。

同时在地震剖面解释过程中发现许多与系列正断层关系密切的席状、枕状地震反射异常，为游离气。通过对研究区均方根振幅和相干体切片的研究，有如下发现：研究区的气体主要来源为南部气烟囱，通过疏导地层（主要为粉砂岩）进行运移，运移方向总体由南向北，最后被研究区北部东西向一大断层阻隔在该断层南部。其中，上述雁列状的系列正断层主要起到了对气体运移的阻隔作用，从而导致部分气体沿疏导地层绕过断层两侧继续向北运移。主要起到阻隔作用的断层大致分为两组，与北部大断层将含气区域分为三个部分。

S22-P-26

南海南部 BK 盆地沉积物孔隙水地球化学特征及对冷泉活动的指示

冯俊熙 [1,2]，杨胜雄 [1]*，梁金强 [1]，罗敏 [3]，陈多福 [3]

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510075

2 中山大学海洋学院，广州 510006

3 深渊科学技术研究中心，上海海洋大学, 上海 201306

* yangshengxiong@gmgs.cn

目前在南海北部海底已经发现了大量的冷泉活动，然而南海南部冷泉活动的特征还不清楚。南海南部 BK 盆地活塞柱样 BH-CL18、BH-CL23、BH-CL29 和 BH-CL35 沉积物中的孔隙水地球化学分析结果表明，该盆地存在显著的冷泉渗漏活动。根据硫酸根浓度梯度计算的 4 个站位的硫酸根-甲烷转换界面（SMTZ）深度分别为 5.3～8.8m。通过反应-运移模型模拟孔隙水中的 SO_4^{2-}, CH_4, DIC, and PO_4^{3-}剖面，SO_4^{2-}主要被甲烷缺氧氧化作用(AOM)消耗，4 个站位的 AOM 反应速率分别为 27.5 $mmol\ m^{-2}\ yr^{-1}$（BH-CL18），28.1 $mmol\ m^{-2}\ yr^{-1}$（BH-CL23），43.1 $mmol\ m^{-2}\ yr^{-1}$（BH-CL29）和 39.4 $mmol\ m^{-2}\ yr^{-1}$（BH-CL35）。由于强烈的 AOM 作用，几乎所有来源于下伏沉积物中的甲烷在 SMTZ 内被消耗，导致海底甲烷通量可忽略不计。在 BH-CL23 中，SO_4^{2-}剖面具有拐点，应该是由甲烷通量增大所造成的。孔隙水中溶解无机碳（DIC）的 $\delta^{13}C$ 在 BH-CL18、BH-CL23 和 BH-CL29 均达到极负值，分别是-43.6‰, -44‰, -51.2‰，也表明 DIC 主要来源于甲烷。相反，在 BH-CL35 和 BH-CL29 柱状样 4.2m 以下的部分，相对较高的 $\delta^{13}C$ 值指示来源于产甲烷带的富 ^{13}C 的 DIC 混入了 SMTZ 附近。据我们所知，这是首次定量研究南海南部浅层沉积物中的甲烷循环，有利于深入认识调查程度还很低的南海南部陆坡冷泉和水合物系统。

S22-P-27

神狐海域水合物试采过程“四位一体”环境监测体系研究

董一飞[1,2,3]，梁前勇[1,2,3]*，林进清[1,2,3]，钟超[1,2,3]，杨江平[1,3]

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510075
2 中国地质调查局天然气水合物工程技术中心，广州 510075
3 中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510075
* tomlqy@163.com

天然气水合物是新型绿色能源之一，但也具有极强的环境灾害效应，因此在水合物试采时必须对环境进行监测，并对其环境效应进行评价。在神狐海域天然气水合物试采过程中，研究人员利用自主创新的多学科多手段立体环境监测技术，围绕试采平台建立了“大气—水体—海底—井下”的“四位一体”环境监测体系，全面监测试采过程中海表大气及表层海水甲烷、二氧化碳含量，全水柱溶解甲烷含量，井口周边海水物理化学特征及试采井筒内温压变化特征，实时评价水合物试采可能引起的甲烷泄漏、海底沉降等环境影响，共获取试采过程 440 余万组环境数据。

大气环境监测系统利用走航甲烷/二氧化碳传感器，不接进水管在空气中运行，实时测量平台周边大气甲烷、二氧化碳含量。水体环境监测系统中，表层海水测量采用走航甲烷/二氧化碳传感器，通过蠕动泵将浅表的海水吸入传感器，实时检测记录浅表层海水中甲烷、二氧化碳含量等参数；全水柱海水甲烷含量特征则是将高精度甲烷传感器集成在平台 ROV 上，在 ROV 对海底井口进行观察作业时监测井口附近及整个纵向剖面海水甲烷含量变化情况。海底环境监测一是利用提前投放在试采区的5套海底潜标监测系统（监测周期 6 个月，3 月~9 月），对试采区海底环境进行原位监测，获取海底长期连续环境参数，评估试采对海底甲烷泄漏的影响；二是利用在井口防沉垫上安装的牛眼（水平仪）监测井口设备的沉降情况，从而进一步推断水合物试采作业是否引起海底沉降等地质灾害。井下环境监测系统则通过在生产测试管柱安装直读式温压传感器，实时读取试采过程中井下温度、压力数据；同时，在生产测试管柱安装温度光纤，监测全井段温度数据，了解水合物储层分解特征。

S22-P-28S

南海北部陆坡冷泉区 973-5 岩心沉积物中微生物 GDGTs 组成特征

李月娇[1,2]，苏新[1,2]*，焦露[3]，陈芳[4]，程思海[4]

1 中国地质大学（北京），生物地质与环境地质教育部重点实验室 100083
2 中国地质大学（北京）海洋学院 100083
3 贵州财经大学 550025
4 广州海洋地质调查局实验中心 510760
* xsu@cugb.edu.cn

微生物细胞膜保存有大量的生物及环境信息，细胞膜脂 GDGTs 是其重要的组成部分。完整极性膜脂（IPLs）仅见于活细胞，是活细胞的生物标志物，由核心脂（CLs，醚或酯类）和头基（磷酸和己糖）构成。当活细胞死亡后，细胞膜脂会丧失易水解的头基部分，较难降解的核心脂 CLs 则在沉积物中保存下来，成为生物化石标志物。细胞膜脂 GDGTs 按结构分为类异戊二烯 GDGT (isoGDGTs，属于古菌)和烷基支链 GDGT (brGDGTs，属于细菌)两大类。

本研究应用改进的 B/D 法对南海北部冷泉区 973-5 岩心（水深 2998m, 柱长 925cm）7 个不同深度沉积物中微生物 GDGTs 进行定量分析，并总结其反映的微生物群落结构特征。研究表明 973-5 岩心各深度样品均检

测出 isoGDGTs（属于古菌）和 brGDGTs（属于细菌）。其中古菌化石标志物 Core-isoGDGTs 的浓度（451~945 ng/g）是活体细胞标志物 IP-isoGDGTs（19~56 ng/g）的 30 多倍；两者随深度变化趋势具有一致性，且都以泉古菌醇(Cren.) 及 GDGT-0 为主要成分。细菌的化石标志物 core-brGDGTs 浓度（19~83 ng/g）较低，并且未检测出 IP-brGDGTs，指示该岩心样品不存在原位存活的细菌群落。化石标志物中古菌含量远远高于细菌，指示该岩心沉积物中占优势的原核微生物类群是古菌。研究还发现能够间接反映产甲烷菌、甲烷氧化古菌的指标随深度变化趋势具有一致性，且与能够间接反映氨氧化古菌的指标随深度变化趋势相反。

本研究运用 Canoco 4.5 对样品中微生物 GDGTs 与环境因子（TOC、pH、EC、顶空气甲烷含量、S^{2-}浓度）进行冗余分析，结果表明各理化参数综合影响样品中微生物 GDGTs 组成，其中影响古菌活体细胞标志物 IP-isoGDGTs 组成的最主要的控制因子为 pH、EC 和 S^{2-}浓度，TOC 的影响最小；现存的甲烷氧化古菌群落的控制因子为顶空气甲烷含量,产甲烷菌群落及氨氧化古菌最主要的控制因子为 TOC。

根据已有的地化数据推测 973-5 岩心 SMTZ 深度在 700~800cm 之间，微生物 GDGTs 各组分含量均在此深度处有明显峰值，推测主要是由于微生物在 SMTZ 深度处较活跃，通过反应微生物群落结构的各指标的数据可得 SMTZ 深度处 AOM 作用较强，产甲烷菌及甲烷氧化古菌含量相对较高，而氨氧化古菌相对含量较低。

S23-O-01

中元古代大气氧含量和动物演化

张水昌[1]*，王晓梅[1]，王华建[1]，Donald E. Canfield[2]

1 中国石油勘探开发研究院，北京 100083

2 Institute of Biology and Nordic Center for Earth Evolution (NordCEE), University of Southern Denmark, Campusvej 55, 5230 Odense M, Denmark

* sczhang@petrochina.com.cn

35 亿年前地球上最早的生命已经出现，而长期蛰伏近 30 亿年，生命熬过中元古代死气沉沉的以原核生物为主的世界，直到距今 6 亿~6.8 亿年前，埃迪卡拉生物群在澳大利亚南部埃迪卡拉地区才被发现，到 5.3 亿年前的寒武纪早期，才发生了快速的生命辐射演化事件-寒武纪生命大爆发，生物种类竞相迎来自己的时代。而根据埃迪卡拉生物群的特征，生物学家推测埃迪卡拉生物群可能是寒武纪生命大爆发之前的一次失败的演化实验。对于生命的演化，比较流行且普遍认可的假设都围绕地质历史中大气氧浓度的演化，普遍认可的观点寒武纪之前氧气浓度太低不足以使得动物生存，直到前寒武纪末期，氧气浓度突然升高到现今的 20%，为需氧生物的演化提供了一个量的突变，导致了动物的最终演化。实际上，在地球演化早期，动物呼吸作用的耗氧需求低于大型动物，通常认为低于 PAL 1%的大气氧含量就可以维持早期生物的呼吸作用，而动物并没有出现，那么是不是中元古代是氧气浓度太低阻碍了动物的演化。

中国华北燕辽坳陷下马岭组保存有完好的大约 14 亿年前黑色页岩，黑色页岩沉积类似于典型的缺氧底水环境中形成高 TOC 沉积物，并且富集 Mo 和 U，但与现代缺氧海洋环境如黑海、Cariaco 盆地、Saanich Inlet、以及现代海洋中的 OMZ 缺氧水体又不同，在下马岭组 3 段的黑色页岩中并不富集 V 元素，而在氧化水体为性质时，V 以[H2V(VI)O4-]形式吸附在 Mn 氧化物的钒酸盐解析出来返回到上覆水体中，导致富有机质沉积物中 V 元素的丰度低于地壳平均值。据此推断在下马岭 3 段内是氧化底层水体。黑色页岩含有大量类异戊二烯指示了透光带静海环境。这就表明下马岭组 3 段形成于 OMZ 缺氧环境，也是地质历史上发现的最古老的 OMZ 水体。假定呼吸作用的强度足以耗尽水体中的溶解氧，就可以确定下马岭组沉积时地球的最低大气氧含量，再根据现

代海洋中表层水体的传送时间和呼吸作用耗氧速率，建立了一个简洁全面的海洋碳-氧循环动力学模型，计算出中元古代大气含氧量高于现今地球大气含氧量的 4%。

根据下马岭组一段具有贫 TOC 的灰绿色页岩层和高 TOC 的黑色页岩的交互沉积提供了另外一个场景，根据沉积物的地球化学性质推断它们形成于交替变化的氧化环境和缺氧环境中，根据两种环境下有机碳的矿化程度及保存差异，与现代沉积环境做了对比，我们建立起了一个简单的成岩模式，在此基础上对中元古代的大气氧含量做了定量研究，推断其位于 4~8% PAL 的范围内。

所以我们的研究结果表明，在 14 亿年前，地球大气氧含量高于 PAL 的 4%，足以维持早期生物的呼吸作用。而这时比动物真正出现提前了 500 百万年。但是我们还不敢把氧气和动物必然相关性的假设抛掉，因为氧气浓度可能偶尔超过动物呼吸的门限，也许并不稳定。但也有可能中元古代氧气浓度已经足以使得动物勃发，只是生物演化还没有准备好。所以地质历史中动物为什么在地球历史上出现的这么晚，我们应该有更多的研究和更广阔的思路来解释。

S23-O-02

基于蒙脱石吸附有机物的稳定性实验探讨边缘海 DOC 循环的意义

蔡进功[1]*，韦海伦[1]，季俊峰[2]，朱晓军[1]，徐敏[2]，蔡元峰[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 南京大学成矿作用研究国家重点实验室，南京 210093

* jgcai@tongji.edu.cn

自然界中矿物与有机质密切共生且相互作用，而边缘海是无机矿物和有机质，特别是溶解有机质（DOC）的重要汇聚地，因此，搞清黏土矿物吸附不同类型和性质有机质的吸附量和稳定性等变化特征，对认识边缘海 DOC 循环是至关重要的。选取蒙脱石与十六烷基三甲基溴化铵（HDTMA）、低分子量的赖氨酸和高分子量的壳聚糖等不同类型和特征的有机化合物进行人工合成及其不同温度、盐度和 PH 条件下的破坏实验，开展有机元素（C、H、N）和红外检测，探讨黏土矿物与有机质间相互作用及其对有机碳循环的意义。

实验表明，不论是蒙脱石和伊利石与 HDTMA 吸附，还是蒙脱石与赖氨酸和壳聚糖吸附，吸附有机质的原始吸附量（C%）巨大，且与有机物的浓度相关，展现了黏土矿物对任何类型和性质有机质都具有极强的吸附能力。对蒙脱石和伊利石吸附 HDTMA 在常温和升温下破坏实验，发现蒙脱石吸附 HDTMA 稳定性远高于伊利石；对蒙脱石吸附赖氨酸和壳聚糖在不同盐度和 pH 下破坏实验，发现低分子量的赖氨酸原始吸附量（C%）的减幅远高于高分子量的壳聚糖原始吸附量（C%），这些特征表明黏土矿物和有机质类型和性质以及环境条件等会都对吸附有机质的稳定性产生重要的影响。对破坏实验前后蒙脱石吸附有机物进行红外检测，发现在破坏实验前/后蒙脱石吸附 HDTMA 的红外振动峰均较强，而伊利石的红外振动峰均较弱；在破坏实验前蒙脱石吸附低分子量的赖氨酸的红外振动峰较强，而吸附高分子量的壳聚糖的红外振动峰较弱;在破坏实验后蒙脱石吸附低分子量的赖氨酸的红外振动峰减弱，且有碳酸盐的形成，而吸附高分子量的壳聚糖的红外振动峰则基本不变，展现了不同黏土矿物与不同类型和特征有机物间存在物理与化学等吸附方式的差异性以及有机物自身特征对吸附稳定性的影响，这对认识吸附有机质的循环特征具有重要的意义。

综合以上实验结果可知，不同类型和性质的黏土矿物-有机质都是可以相互吸附的，而吸附有机质的稳定性受黏土矿物与有机质类型和特征、吸附方式和环境条件等多种因素控制，因此，在边缘海环境中黏土矿物吸附有机质，即可延长 DOC 命运，并随环境条件的改变而发生变化，又可将 DOC 输

送到沉积物中而进入长周期的碳循环，构成了以黏土矿物-有机质相互作用为基础的有机碳循环的渠道，这对深化理解边缘海环境中 DOC 等有机碳的变化特征具有重要的意义。

S23-O-03

东海表层沉积物孢粉相有机质特征及其源汇差异的意义

韦海伦，蔡进功*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* jgcai@tongji.edu.cn

东海沉积物中的有机质类型多样，分布不一，通常通过元素比（C/N）、同位素（$\delta^{13}C$）等了解陆源或海源有机质的影响范围或控制区域，而很少了解具体的有机质类型及其行为差异，且未关注有机质的分布与沉积底质之间的关系。为此，本文选取横跨东海东西向和南北向两个剖面的多个泥质区和砂质区的表层沉积物，并对表层样进行孢粉相有机质屑特征的鉴定与统计、TOC 测试和粒度分析，来了解东海区域有机质的组成、分布规律和源汇差异的意义。

对表层沉积物的孢粉相分析与粒度分析对比研究发现，从有机质类型的相对含量来看，木质在砂质区百分含量较高（23.3-44.2%），而在泥质区则较低（9.7-22.5%）。丝炭在各区域较为均一（12.0-30.5%），浙闽沿岸泥质区稍微高于其他区域（平均 25.2%）；此外，砂质区的丝炭颗粒较大，结构保存较好，而泥质区则破碎较为严重，颗粒细小。粪球粒等无定形有机质粪球粒在泥质区的含量（平均 28.2%）远高于砂质区（平均 16.3%）。由此可知，从相对含量上看，有机质的分布和聚集差异与沉积底质是有一定关联的。木质、丝炭等高等植物有机质更多保存于砂质区，且保存较好；粪球粒等无定形有机质则多保存于泥质区。

陆源有机质包括木质、丝炭、角质等植物碎屑，海源有机质包括粪球粒、沟鞭藻、有孔虫内衬等，将不同来源有机质相对含量与 TOC 共同分析，可以得出其相应的有机碳绝对含量分布。从长江口到冲绳海槽这个东西向剖面来看，陆源有机碳集中于两个区域：长江口（1.01）及靠近冲绳海槽的砂质区（0.68），其他区域陆源有机碳含量为 0.12-0.44；而海源有机碳最高处为冲绳海槽泥质区（0.62-0.64），其他区域含量较低（平均 0.17）。从长江口到浙闽沿岸这个南北向剖面看，陆源有机碳含量大于海源有机碳，且变化趋势相同，由北往南逐渐增大，随后稳定，平均值分别为 0.41 和 0.23。由此可知，陆源有机碳和海源有机碳的变化并非必然的此消彼长关系，在适合保存陆源有机碳的区域，也可能适合保存海源有机碳。

综合以上分析可知，要准确表征研究区不同来源有机质的组成、分布和富集程度，要将有机质的相对比例和有机碳绝对值进行综合分析。由于木质、丝炭、无定形等不同类型有机质的赋存形式、降解等差异，使其参与碳循环的过程和周期亦不相同。因此，在评估碳源汇的过程中，一定要了解不同类型的碳源汇，这对研究不同时间尺度的碳循环也具有重要的意义。

S23-O-04

有机-无机相互作用与碳酸盐岩烃源的形成与演化

刘文汇[1]*，王晓锋[1]，王杰[2]，腾格尔[2]，卢龙飞[2]

1 西北大学地质学系大陆动力学国家重点实验室，西安 710069

2 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所，无锡 214126

* whliu@nwu.edu.cn

我国海相碳酸盐岩层系分布十分广泛，以地层时代老、时空跨度大、埋藏深度深、有机质丰度低和演化程度高为主要特征，其中发现多个大型油气藏，并逐步以天然气藏占优。中国陆相油气突破之前，勘探界认为海相层系是常规油气最主要的来源，海相层

系烃源岩中一直以传统的泥质烃源和高TOC碳酸盐岩烃源为主，几乎所有油气地质理论均以此为出发点。塔里木盆地海相最大油田-塔河油田的发现、鄂尔多斯下古生界天然气的规模发现以及四川盆地海相下组合天然气勘探的不断突破，显示了中国海相油气的巨大勘探潜力。但随着油气勘探的深入，海相油气规模性发现却未见与之匹配的泥质烃源岩和高 TOC 碳酸盐岩烃源规模性发育，目前越来越多的勘探和地质证据证明，仅以高 TOC 泥质和碳酸盐岩烃源岩作为烃源类型难以解释许多海相油气勘探的问题，许多海相油气来源仍然悬而未决，这直接影响到海相油气高效勘探和资源评价。在此背景下，考虑碳酸盐岩烃源沉积成岩过程中的有机-无机相互作用，从赋存形式转换所形成的各类新烃源形式出发，重新审视碳酸盐岩烃源岩的成烃演化过程十分重要和必要。

碳酸盐岩中的酸溶有机质（以有机酸盐为主）可能是高演化阶段烃类的重要来源，或许是 TOC 作为烃源的重要补充。作为特殊的具有生烃能力的新式烃源，它是碳酸盐岩沉积成岩过程中有机-无机相互作用的结果。沉积有机质在演化过程中将产生较多的有机酸，这些有机酸在碳酸盐岩沉积的碱性环境中会发生反应形成有机酸盐，由于有机酸盐具有独特的物理化学性质和高温裂解成气的生烃特征，就将影响碳酸盐岩的总体生烃演化途径，从而可能导致碳酸盐岩烃源岩演化与传统蒂索模式不完全相符的现象，并可能对我国海相碳酸盐岩层系晚期成气过程有较重要贡献。然而，这一特殊赋存形式存在的有机质及其数量、形成与演化特征目前为止还未引起油气地质学家和勘探家的足够重视。

实验结果显示，成源和成烃过程都可形成有机酸盐，而且考虑到有机酸盐存在状态下的碳酸盐岩烃源的演化，更符合自然界海相层系油气的形成过程。然而，目前的关键问题在于精准地测定碳酸盐岩中的有机酸盐，特别是能够有效地对已经过高演化的碳酸盐岩烃源中原始有机酸盐的恢复。同时，碳酸盐岩中有机酸盐的生烃和演化过程是高演化碳酸盐岩烃源岩生烃机理研究、源岩评价和油气勘探实践中不容忽视的重要研究领域，对它们开展深入研究有助于更全面了解碳酸盐岩烃源岩中生烃母质的转化过程、生、排烃内在规律和演化特征，对源岩正确评价和判识方法研究具有重要意义。

S23-O-05

烃源岩中有机-矿物相互作用对生烃的影响及意义

朱晓军[1]*，蔡进功[1]，王国力[2]，宋明水[3]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中国石化科技部，北京 100029

3 中国石化胜利油田分公司，东营 257001

* xjzhu@tongji.edu.cn

选取沾化凹陷沙三下亚段埋深2900~3200 m的烃源岩，并利用斯托克斯沉降法分离其中<2 μm的粘粒级组分。对样品开展岩石薄片、比表面积、热解等检测分析，揭示烃源岩中有机质的赋存特征，探讨烃源岩的生烃母质以及有机-矿物相互作用对生烃的影响及意义。分析结果发现，岩石薄片的透射光和荧光相结合，可以看到有机质与粘土关系紧密，前人对研究区样品的扫描电镜结果同样展示了有机质与粘土矿物的紧密关系。对 TOC 和矿物表面积（MSA）的分析表明，粘粒级组分的 TOC 和矿物表面积都要高于全岩，且粘粒级组分和全岩的TOC 与矿物表面积都具有较好的正相关性。进一步对比全岩与粘粒级组分的 TOC 与矿物表面积的相关性发现，全岩的相关系数要高于粘粒级组分；将矿物表面积分解为内、外表面积后发现，TOC 与内表面积正相关、与外表面积负相关或不相关，并且 TOC 与内表面积的相关系数要高于与总表面积的相关系数（尤其是在粘粒级组分中），表明TOC 与外表面积的关系对其与总表面积关系的解耦作用在粘粒级组分中更为明显，显示了矿物内表面积对有机质赋存的促进作用。此外，前人的研究表明粘土矿物是矿物表面积的主要贡献者。综合来看，有机质与

粘土矿物在微观（镜下分析）和宏观（TOC-MSA）尺度上都是紧密关联的，二者相互结合形成一个统一体——有机-粘粒复合体。对比全岩与有机-粘粒复合体（即粘粒级组分）的热解特征发现，$HI_{全岩}$>$HI_{复合体}$，$OI_{复合体}$>$OI_{全岩}$，$Tmax_{全岩}$>$Tmax_{复合体}$，且复合体的有机质类型要比全岩差，这些特征都显示了有机-粘粒复合体的品质要低于全岩，也即复合体的生烃潜力要比全岩差。对比全岩与复合体生烃潜力差异并结合有机质的赋存特征表明，有机-粘粒复合体是烃源岩的生烃母质。前人大量的模拟实验发现，矿物（特别是粘土矿物）的存在能改变有机质的生烃产率、烃组分以及生烃动力学特征，可以促使有机质生烃在相对较低的温度下就能进行，这些成果充分揭示了有机-矿物相互作用对烃源岩有机质生烃的影响。因此，关注烃源岩有机质的原位赋存特征以及有机-矿物相互作用对生烃的影响，对认识烃源岩的生/排烃机理以及油气的赋存都具有重要意义。

S23-O-06

U 等无机元素对低熟烃源岩生烃的催化作用

吴柏林*

西北大学地质学系，西安 710069

* wbailin@126.com

柴达木盆地北缘中生界中下侏罗统存在厚度巨大的油页岩、黑色炭质泥岩、煤层等烃源岩,其有机地球化学参数 S1+S2(mg/g)绝大多数大于 6, 说明生烃潜力较大。然而其平均 Ro(%)＜0.5, 成熟度较低，说明侏罗系有机质基本上是低熟的.从热力作用这个角度说,这套烃源岩是否真正大规模生烃仍难于定论。但是，该烃源岩富含 U 及相关的伴生元素 Mn,V,Mo,Cs 等重金属无机元素；本文通过采样柴北缘侏罗系烃源岩，分别加入 U,Mn,V,Mo,Cs 等元素，设计了质谱在线高温热解分析方法的模拟生烃实验；共进行了 6 组实验。第一组样品不加任何矿物介质，另五组样品分别加入 10%和 20%的 Mn，Mo，V，CsCl，UO2CO3 ，实验温度选择 200℃，400℃，600℃，800℃四个温度点，在每个温度点恒温 30 分钟。该方法具有高灵敏度，可以测定高温热解生成的很少量的气体组分。结果表明：①加入铀元素后总生烃（主要是甲烷—丁烷）量明显增加，尤其是在 500℃以前，这一规律十分明显，在 400℃时生成量的增加达到高峰，之后累计生烃量趋于平缓；②加入铯、钒和锰元素，对甲烷气体的生成具有明显的促进作用，且其总生气量明显增加；与未加元素相比提前进入生气高峰期，未加时是在 800℃，而加入铯、钒元素后提前到 600℃；③煤中加入钼元素后，对乙烷和丙烷的产气率都有不同程度的促进作用，且生气增加量在 200℃—400℃温度区间内最为显著，增加量最大。因此，通过上述模拟生烃结果可知，U 及其伴生的 Mn,V,Mo,Cs 等重金属无机元素的富集能使烃源岩的生气量明显增加，同时还使烃源岩生烃高峰温度提前。由此推断柴北缘地区侏罗系地层中铀及其伴生的重金属元素的富集可以促使该区低成熟度油气源岩生烃量增加并提早进入生烃阶段；因此，柴北缘侏罗系应该具有较好的生气即页岩气的勘探远景。该认识也为我国中新生代盆地低熟烃源岩中为何具有丰富的油气资源提供了科学依据。

S23-O-07

陡山沱组盖帽碳酸盐岩中甲烷热化学硫酸盐还原作用

蔡春芳[1*,2,3]，刘大卫[1,2,3]，扈永杰[1,2,3]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，中国科学院油气资源研究重点实验室，北京 100029

2 中国科学院大学地球和行星学院，北京 100049

3 中国科学院地球科学院，北京 100029

* cai_cf@mail.iggcas.ac.cn;

宜昌九龙湾和花鸡坡剖面陡山沱组一段盖帽碳酸盐岩和二段底部发育碳同位素值轻达-48‰的方解石，其成因存在争议。

一种认为是下伏南沱组沉积时期“雪球地球”封盖的甲烷在陡山沱组沉积早期以冷泉方式释放，因厌氧甲烷氧化而沉淀为方解石(Wang et al., 2008)；另一种则认为是大约在早寒武世时含热成因甲烷的热液流体(>400°C)在盖帽碳酸盐岩中热氧化形成(Bristow et al., 2011)。针对这一争议，我们开展了岩石学、SIMS 和 NanoSIMS 碳、硫和氧同位素组成研究，我们发现，1) 黄铁矿为自形、半自形，没有草莓状，应为成岩期的产物，且一些黄铁矿颗粒硫同位素组成变化小，应为晚期热化学硫酸盐还原(TSR)成因；一些则变化大，在 40μ×40μ大小内，从 19‰变化到 57‰，应为微生物硫酸盐还原(BSR)成因；2) 明显交代重晶石的黄铁矿和方解石，其$\delta^{34}S$ 和$\delta^{13}C$ 分别是 24.8‰—33.9‰和-3.5—-7.6‰；3）陡二段底部灰岩中，基质方解石胶结物$\delta^{13}C$ 介于-11.5—-39.7‰，与之同期的黄铁矿$\delta^{34}S$ 值变化大；是 BSR 成因; 而第一期方解石脉则更轻，$\delta^{13}C$ 介于-43.8—-57.2‰，晚于自生石英，是典型的 TSR 产物；第二期方解石脉-7.5—-8.0‰，是后期构造活动时，可能是后期地层抬升期间充填的； 4) 自生石英中检测出液态烃包裹体和甲烷包裹体，同时，孔隙中可见固体沥青，是液态烃裂解产物，都说明存在液态烃的充注。一般可认为两者都是同一来源的，都来自有机质热裂解或古油气藏的再运移作用。甲烷和液态烃的充注发生在富 Si 流体运移和沉淀之前或同时；而不太可能在“雪球地球”时期封盖于南沱组沉积物中的纯生物甲烷（可含少量乙烷，但无液态烃）。5) 在研究剖面的南部，发育大塘坡组黑色泥页岩和锰矿，在埋藏过程中，在有机质达到接近成熟时，可以排出甲烷和石油烃，这些有机流体，可与来自大塘坡组富 Mn 和富 ^{87}Sr 的热卤水沿着同一通道运移到盖帽碳酸盐岩中，而后溶解和还原了重晶石，从而沉淀了轻碳同位素的方解石。于是，我们提出，1) 研究区存在早期 BSR 和晚期 TSR 作用；2) 很轻碳的方解石并不能作为雪球地球存在的证据；3) 没有证据显示存在高温(>250°C)火山/岩浆热液活动。

S23-O-08

辐射生氢模拟对比实验及其对烃源岩生烃作用的影响

王文青，张东东*，刘池洋，刘文汇，马奂奂，全晓园

西北大学大陆动力学国家重点实验室，西安 710069

* nwuzhangdd@163.com

近年来，深部油气与非常规油气的不断发现已完全突破传统油气生烃理论，新的生烃机制、条件和过程已成为勘探家和科学家进军深部以及页岩油气勘探必须要解决的一个难题。Seewald 在 2003 年指出只要提供足够的外源氢就会有源源不断的液态、气态烃类以及含氧化合物生成。岩石圈地层内部包含各种流体、矿物、有机质等含氢物质，同时也充满着由火山物质、热液流体所提供的放射性物质产生的各种辐射，这些辐射能否使得地下含氢物质生氢进而促进烃源岩生烃，此类研究国内外尚无人尝试。

本研究针对这一问题进行了辐射生氢的相关对比实验，选取了一系列地下常见物质（水、矿化水、加入黏土矿物的水及有机质等）放入充满高纯氦气的密闭玻璃瓶中进行钴源辐射生氢模拟对比实验（在剂量率为 200-350 Gy/h 中辐照 188 h），并对辐射产生气体组分和含量进行气相色谱检测。实验结果显示，相对于没有进行辐照的蒸馏水，各样品（噻吩、正癸烷、海水、河水、油田水等）或加入不同物质（NaCl、蒙脱石等）的蒸馏水在辐照下均可生成不同量的氢气：（1）噻吩>正癸烷>蒸馏水≈纯石膏，表明对于单一物质，H-X 键能越小，其辐射产氢量越大；（2）矿化水（12%）>黄海水（3.5%）>油田水（2.57%）>渭河水（0.05%）>蒸馏水，反映盐类物质的加入可以大大提高蒸馏水辐射产氢量，其中盐类物质含量越高产氢量越大；（3）蒙脱石>高岭石>石膏，说明蒙脱石因其较大的表面积及能量传递效应使得其辐射产氢量远远大于高岭石，而石膏因其较小的溶解度以及较小的比表面积使

得其生氢量最低。除此之外，含氧及含碳物质受辐照还可生成氧气及甲烷。

以上研究表明，地下在有足够辐射照射的情况下，大部分含氢物质均可被辐照生成氢气。中-东亚巨型成矿域（带）内多数盆地具有油、气、煤和铀等多种能源矿产同盆共存的特征，且地层中普遍富铀，放射性铀元素的大量存在使得地下各类物质在地质演化过程中均不同程度接受辐射照射。以鄂尔多斯盆地为例，该盆地的主力烃源岩长 7 段烃源岩为中国典型的富铀优质烃源岩（平均铀含量为 50 ppm，相当于 $0.3*10^{-6}$ Gy/h 辐射剂量率），对于 1 m^3 该套烃源岩来讲，高含量的铀在烃源岩生烃阶段（中侏罗世-至今）可为其提供约 0.024 mol-3 mol 的氢气，而鄂尔多斯盆地面积达 36 万 km^2，长 7 段沉积地层厚度愈百米，高含量的放射性铀可能已为长 7 段烃源岩生烃提供了大量的外源氢，外源氢可有效增加烃源岩的生烃量，还可使不饱和烃发生加成、加氢裂解等反应，使不饱和烃变为饱和烃，长链烃变为短链烃，进而起到优化油气的作用；塔里木盆地和四川盆地深部皆有火山物质侵入和热液流体活动，其所带来的放射性物质在长期的地质演化过程中亦提供了足够的辐射源，可在深部提供外来氢，促进深层热解后残余有机质向烃类物质的进一步转化，拓展生烃门限和生烃域；同时放射性物质也可直接辐射烃源岩中的有机物质产生甲烷气体。综上所述，本文的研究成果将有可能完善或改变传统的烃源岩评价思想和理论，促进生烃理论的发展和创新，并为油气勘探和评价提供有效科学理论依据。

S23-O-09

粘土矿物—原油界面属性的分子动力学模拟

张立虎，陆现彩*

南京大学地球与工程科学学院，南京 210093

* xcljun@nju.edu.cn

随着计算机性能的不断提升和经验力场的不断优化，分子动力学模拟方法（MD）被广泛地应用于粘土矿物—有机流体体系的研究。它能从原子尺度上描述粘土矿物表面—有机流体界面处的微观结构，并且能揭示纳米孔隙内流体的动力学性质。非平衡态分子动力学模拟（NEMD）可以对孔隙内流体施加外力，以模拟压力差驱动下孔隙内流体的动力学性质。利用 NEMD 方法可以模拟纳米级粘土孔隙内原油的运移特征，揭示影响原油运移的因素，对提高石油开采效率的研究有重要意义。

原油的组分十分复杂，包含数目众多的烃类组分（如烷烃、环烷烃和芳香烃等）和非烃类组分（如含氧化合物、含氮化合物和含硫化合物等），以及胶质和沥青质等。MD 方法虽然能从原子尺度上揭示流体与矿物界面间相互作用的微观机理，但是受制于目前计算资源的限制，本研究能处理的体系尺寸有限（10 nm 尺寸，10^5 原子数）。本研究选取了原油中一些典型的烃类和非烃类化合物构建原油模型。此外，由于胶质和沥青质的分子过大且结构并不明确，本研究未予以考虑。本研究共计构建四种不同孔径大小的蒙脱石孔隙体系（即 5nm 孔隙体系、10 nm 孔隙体系、15 nm 孔隙体系和 18 nm 孔隙体系）。原油组分采用 CHARMM 力场，蒙脱石模型采用 CLAYFF 力场，水分子采用 TIP3P 力场，三种力场耦合使用已经被证明能够准确模拟有机物—粘土矿物界面性质。温度压力为 410 K 和 300 atm。本研究所有 MD 和 NEMD 计算模拟均采用 LAMMPS 软件，利用南京大学 Flex 高性能计算集群完成。

研究表明，带负电的蒙脱石表面几乎完全被水分子和阳离子（Na^+和 Ca^{2+}）所覆盖，具有很强的亲水性。原油中烃类组分难以直接吸附于蒙脱石表面。原油中大量有机酸羧基端指向水层表面，与水层形成密集氢键网络。原油中部分咔唑能靠近水层，与水分子形成氢键。原油中硫醚倾向于溶于烃类，与蒙脱石表面以及水分子之间没有直接作用。研究还表明，纳米粘土孔隙内原油的运移与孔隙表面性质、孔隙内水含量、以及自身组

成（尤其是有机酸含量）密切相关。孔径越小，粘土表面对原油运移的抑制越强。原油中有机酸含量越高，其与粘土表面以及孔隙水之间形成的氢键数量越多，因此运移受抑制程度也越强。

S23-O-10

松辽盆地钱家店铀矿床含铀岩系中炭质碎屑的成因及对铀成矿的指示

荣辉[1]*，焦养泉[1]，吴立群[1]，万盾[2]，崔政劼[3]，郭煦劼[1]，贾俊民[1]

1 中国地质大学（武汉）构造与油气资源教育部重点实验室，武汉 430074

2 中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司，天津 300452

3 中国石油大学（北京）非常规天然气研究院，北京 102249

* ronghui0411@163.com

炭质碎屑是砂岩型铀矿床铀储层内部重要的还原介质类型，与砂岩型铀矿床成矿关系密切。目前关于对铀储层中炭质碎屑成因及与铀成矿之间的关系方面的研究却很少见。论文以松辽盆地南部钱家店铀矿床含铀岩系中炭质碎屑为研究对象，通过岩心观察、偏光显微镜、扫描电镜及镜质体反射率测定等方法查明了炭质碎屑产状和煤岩学特征，通过对比含矿砂岩和不含矿砂岩中炭质碎屑组成的差异性及炭质碎屑中铀的赋存状态阐明了炭质碎屑与铀成矿的关系，利用炭质碎屑镜质体反射率空间变化规律探讨了辉绿岩侵入对铀成矿的影响，综合炭质碎屑产状和组分特征分析了含铀岩系中炭质碎屑的成因。钱家店铀矿床含铀岩系姚家组内部可以识别出三种类型的炭质碎屑：作为滞留沉积物的炭质碎屑、作为交错层理纹层的炭质碎屑、分布于块状砂岩中的炭质碎屑。炭质碎屑有机显微组分含量平均为 95%，由均质镜质体、基质镜质体和惰质体组成。炭质碎屑无机组分主要为黄铁矿，平均含量为 5%。与不含矿砂岩相比，含矿砂岩中炭质碎屑基质镜质体、惰质体平均含量高；同时，扫描电镜观察显示铀或铀矿物往往被基质镜质体和惰质体所吸附，这表明富含基质镜质体和惰质体的炭质碎屑更有利于铀成矿。炭质碎屑的镜质体反射率在 0.25-0.513%，平均为 0.342%。靠近辉绿岩墙的炭质碎屑的镜质体反射率与其对应埋深呈现负相关，而远离辉绿岩墙的炭质碎屑镜质体反射率与其对应埋深呈现正相关；无论含矿砂岩还是不含矿砂岩中炭质碎屑的镜质体反射率在埋深 220-360m 之间均高于理论值，尤其是在含矿砂岩中。这表明辉绿岩脉侵入应该发生在成矿作用之后且其可能导致了铀矿的叠加富集。炭质碎屑产状及煤岩学特征综合研究发现，钱家店铀矿床中炭质碎屑形成与晚白垩世野火事件有关：晚白垩世盆地边缘木本植物遭受火灾导致了炭屑形成，其中一些炭屑被河流带入到沉积盆地内部并保存于砂岩中。

S23-O-11

鄂尔多斯盆地东北部流-岩作用的近地表表达及成矿地质效应

马艳萍[1]*，刘池洋[2]

1 西安石油大学地球科学与工程学院，西安 710065

2 西北大学地质学系，西安 710069

* bye9@sohu.com

鄂尔多斯盆地东北部有机、无机矿产以及各类蚀变产物空间分布关系密切，暗示成因上有机相连。区内分布着乌兰格尔凸起上的白垩系大油苗、东胜-大营大型砂岩型铀矿及其蚀变围岩、紧邻铀矿区发育延安组顶部规模宏大的漂白砂岩、铀矿富集区以南分布着上古生界大气田。揭示近地表流岩蚀变产物的成因机制，对探讨鄂尔多斯盆地后期改造阶段天然气逸散行为和特征可以提供重要的证据，因其有可能作为油气运散的指向，是连接无机砂岩型铀矿与有机能源矿产

相互作用关系的桥梁，对探讨砂岩型铀矿床的成生-富集环境具有重要意义。

在野外考察的基础上，对各类蚀变样品、铀矿砂岩及围岩样品主要进行了薄片鉴定、扫描电镜(SEM)观察、X-衍射分析、全岩主要元素组成(XRF)、微量元素（ICP-MS）分析、镜质体反射率测定、有机质抽提分析、流体包裹体研究、方解石胶结物碳氧同位素分析等，结合研究区东北部天然气逸散的地质特征，探讨了鄂尔多斯盆地东北部各类蚀变岩石的成因及其成矿地质效应。结果显示，蚀变岩石的颜色变化、岩石学、地球化学特征指示了流体作用，直罗组灰色含矿砂岩和绿色蚀变砂岩及延安组漂白砂岩中的流体包裹体特征（烃类包裹体，成分主要为 CH_4 和 CO_2）、方解石胶结物 $\delta^{13}C$ 值（大部分低于-10‰，低至-19.60‰），均表明研究区经历了有机流体与岩石的相互作用。晚白垩世的构造变动，使盆地上古生界天然气逸散，与流经围岩作用，形成了盆地东北部的漂白蚀变、绿色蚀变及砂岩中的碳酸盐胶结。烃类流体在作用过程中，改变了铀成矿体系环境，利于含铀含氧水进入盆地预富集及后期的保存。这些现今不具烃类特征的蚀变产物与直接油气逸散的显示结果相结合，对其追根溯源，对厘定油气、特别是天然气的逸散（几乎无残留可寻）提供了新的途径，成为找矿判识标志，为深入探讨和全面评价油气逸散及其规模这一难题提供新的重要途径。

S23-O-12

鄂尔多斯盆地北部漂白砂岩成因探讨

张龙 [1]*，刘池阳 [2]

1 西安石油大学，地球科学与工程学院，西安 710065

2 西北大学，地质学系，西安 710069

* longz_1988@126.com

油气逸散至浅层并与途径的流体－围岩发生相互作用，在鄂尔多斯盆地北部形成多种油气蚀变现象，包括油气苗、砂岩漂白、灰绿色蚀变、碳酸盐化蚀变等，其中以侏罗系延安组顶部发育的“漂白砂岩”最为壮观。逸散至浅层的油气将原岩中的 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+} 并迁出，引起红色砂岩发生“褪色漂白”，这一现象最早发现于美国科罗拉多高原沙漠相沉积的纳瓦霍砂岩（Navajo Sandstone）。漂白砂岩的深入研究对理解油气运移散失过程，揭示烃类－岩石相互作用具有重要意义。鄂尔多斯盆地北部漂白砂岩主要分布在侏罗系直罗组/延安组构成的不整合面之下，且形成于煤层普遍发育的延安组地层中，这一特征与典型的沙漠红层漂白现象在形成环境上存在明显区别。结合野外观察、矿物学和地球化学分析，对该区漂白砂岩的形成环境和成因进行探讨。结果显示，不整合面之下古风化壳的发育控制了该区红层的形成和漂白砂岩的分布，在盆地抬升过程中，原始的灰色砂岩遭受大气降水的氧化而转变为红色，同时，强烈的风化淋滤作用使砂岩物性得以改善而成为重要的油气运移通道。古风化壳中大规模的漂白作用指示不整合面在油气运移散失过程中发挥了重要的作用。

S23-O-13

腐殖质促进厌氧稻田砷的释放与还原

乔江涛 [1]，李晓敏 [1,2]，李芳柏 [1]*

1 广东省生态环境技术研究所，广州 510650

2 华南师范大学环境研究院，广州 510006

* cefbli@soil.gd.cn

腐殖质是自然环境分布最为广泛的天然有机质。腐殖质中的醌基和芳环结构能够接收微生物传递的电子，并将其传递给不溶性金属矿物如氧化铁和吸附态 As(V)，完成电子传递供微生物呼吸产能。然而，目前有关天然腐殖质在淹水稻田砷还原过程中的作用效应不清楚，相关腐殖质参与的砷还原转化机制尚缺乏深入研究。本研究以砷污染稻田土壤为接种物，通过提取和分离获得土壤腐殖质不同组分黄腐酸(Fulvic acid，FA)、

腐殖酸(Humic acid，HA)和胡敏素(Humin)，构建了厌氧微宇宙体系，对腐殖质在淹水稻田砷还原过程中的作用及相关微生物机制进行了研究。结果表明，FA、HA 和 Humin 均能显著促进淹水稻田砷的释放与还原，导致土壤溶液累积大量毒性溶解性 As(III)(FA > HA > Humin)。此外，还原态腐殖质还能非生物地将电子传递给 As(V)，导致 As(V)的非生物还原。与 HA、Humin 相比，还原态 FA 更明显地促进砷的还原，这与其较高的电子穿梭能力有关。通过提取不同时间点土壤总 RNA，对腐殖质影响的活性细菌类群进行了分子解析，发现腐殖质提高了潜在活性 Fe(III)或 As(V)还原菌如固氮弓形菌(*Azozarcus*)、厌氧粘细菌(*Anaeromyxobacter*)和假单胞菌(*Pseudomonas*)的丰度。砷还原功能微生物群落解析表明，FA、HA 和 Humin 富集的优势活性异化砷还原菌不同，FA 主要富集地杆菌属(*Geobacter*)，而 HA 和 Humin 则为未培养类群(uncultured bacterium)。反转录定量 PCR 分析表明，HA 和 Humin 对细菌 16S rRNA 基因转录提高明显，FA 则显著提高了 *Geobacter* 和异化砷还原基因 *arrA* 的转录。此外，腐殖质体系中 *arrA* 基因和 *Geobacter* spp.的相对转录丰度总是滞后于溶液 As(V)的浓度变化，并且当 As(V)浓度降低时其仍保持较高转录水平。因此，腐殖质能够作为电子穿梭体提高活性砷还原细菌丰度、异化砷还原 *Geobacter* 和 *arrA* 转录进而促进 As(V)的还原。本研究对深入理解腐殖质在厌氧稻田砷转化中的贡献有重要作用。

S23-O-14

Cu(II)溶液对方解石(10.4)晶面的溶解动力学影响及作用机制

朱建喜[1]*，唐红梅[1,2]，鲜海洋[1,2]，吴逍[1,2]，魏景明[1]，何宏平[1]

1 中国科学院矿物学与成矿学重点实验室/广东省矿物物理与材料研究开发重点实验室，广州地球化学研究所，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100049

* zhujx@gig.ac.cn

矿物的溶解常见于风化壳中，在环境界面反应和地球化学元素迁移方面极其重要。在岩石，土壤及海洋沉积物中普遍含有大量的碳酸盐矿物，而方解石作为最普遍存在的碳酸盐矿物之一，它的溶解直接影响全球碳循环、气候演化及生态系统的发展。因方解石在地壳中广泛的时空分布，它的表面性质在过去几十年里受到了广泛关注。研究表明，杂质是影响方解石表面溶解特征最活跃的因素，而亲铜元素作为主要的外来杂质，人们对它们影响方解石表面溶解的认识还不全面。Cu^{2+}作为表生环境中最典型的亲铜元素，研究其与方解石溶解反应的作用机理，有利于探明自然界中方解石的晶体生长与溶解机理，还有助于解释铜的元素迁移和次生富集，有望为风化壳中次生铜矿物（如孔雀石、蓝铜矿等）的形成提供全面的认知。

本文采用原位原子力显微镜（AFM）研究了 Cu^{2+}的 SO_4^{2-}，Cl^-及 NO_3^-盐溶液对方解石(10.4)解理面溶解形貌及溶解动力学的影响，并结合第一性原理计算，X 射线光电子能谱（XPS）和透射电子显微镜（TEM）探讨了 Cu^{2+}对该过程的反应机理。原位 AFM 结果表明，$CuSO_4$ 溶液作用后的溶蚀坑仅可见不稳定的[010]台阶而不存在[421]台阶；$CuCl_2$ 对溶蚀坑的影响与 $Cu(NO_3)_2$ 类似，通入 $Cu(NO_3)_2$ 溶液后，方解石(10.4)表面溶蚀坑的形貌从菱形变得狭长，并伴随[42$\bar{1}$]和[010]台阶的出现，其中[42$\bar{1}$]台阶不完全可逆，而[010]台阶则完全可逆。在非流动溶液体系中，较低铜盐浓度（0 mM<c <1 mM）下，方解石溶蚀坑的扩展速率（v_{sum}）相对于纯水中有所降低，归因于方解石表面 Ca^{2+}周围的水分子有序排列形成的负熵效应所产生的溶解抑制作用大于非配对离子稳定水化层所产生的溶解促进作用；随铜盐浓度

增加（1 mM<c <10 mM），v_{sum} 的顺序遵循：$CuSO_4$>$CuCl_2$>$Cu(NO_3)_2$，表明阴离子种类对方解石的溶解有明显影响；再与具有相同阴离子种类的钾盐对比，发现 v_{sum} 遵循：$CuSO_4$>$CuCl_2$>KCl>K_2SO_4，表明 Cu^{2+} 对（10.4）面促进溶解的作用强于 K^+。通过理论计算发现，(01.2)和(00.1)极性面的相对稳定是导致表面微形貌变化的主要影响因素：Cu^{2+} 占据表面 Ca^{2+} 空位促使了极性面的稳定，使得(01.2)面的稳定性高于(00.1)面，表明[421]与[010]台阶分别受控于特定位点效应与非特定位点效应。再则，离子水化也增强了极性面的稳定，正如 XPS 结果显示，表面产生了钙羟基（S · Ca-OH）。这些结果揭示出了 Cu^{2+} 作用下方解石(10.4)解理面的溶解特征的变化机理，为风化壳中 Cu^{2+} 的元素表生地球化学迁移及碳酸盐的溶解提供了新的认识。

S23-O-15-S23-P-06S

纳米颗粒与黏土矿物相互作用的分子模拟研究：富勒烯与叶蜡石、高岭石表面的相互作用

周慧君 [1,2]，陈锰 [1]，朱润良 [1]*，何宏平 [1,2]

1 中国科学院广州地球化学研究所矿物与成矿重点实验室/广东省矿物物理与材料重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100049

* zhurl@gig.ac.cn

碳纳米材料因其独特的物化学性质被广泛应用于环境修复，电化学，化学工业和医学等多个领域。富勒烯（C_{60}）是重要的碳基纳米颗粒之一，其工业生产规模已达吨级。研究发现大量的碳基纳米颗粒已经排放到环境中，这些碳基纳米颗粒具有一定的生物毒性，对环境和人类健康存在潜在威胁，因此研究其在自然环境中的迁移过程至关重要。黏土矿物作为天然的地质吸附剂，其储量丰富并且广泛存在于地球表层环境中。黏土矿物与 C_{60} 的相互作用对 C_{60} 在自然环境中的迁移过程起到很重要的作用。因此，研究 C_{60} 与黏土矿物表面的相互作用有利于进一步了解 C_{60} 在环境中的迁移过程。我们选取了 2:1 型的叶蜡石，1:1 型的高岭石，采用分子动力学模拟的手段，对比研究了 C_{60} 在叶蜡石硅氧烷表面、高岭石硅氧烷表面和高岭石羟基表面的吸附位点、吸附构型及吸附自由能。

研究结果表明，C_{60} 在真空和水环境中都是吸附在黏土矿物表面的六元环空位上方。在真空中，C_{60} 在硅氧烷表面和羟基表面上均呈现六方堆积排列和单层吸附的构型。在水环境中，C_{60} 在硅氧烷表面呈现六方堆积排列和单层吸附构型，但在羟基表面 C_{60} 分子倾向于形成团簇而不是单层。吸附自由能表明水分子在黏土矿物表面形成能垒并降低了黏土矿物对 C_{60} 的吸附亲和力。并且在水环境中，两个 C_{60} 分子间的吸附自由能比羟基表面对 C_{60} 的吸附自由能更负，所以 C_{60} 分子不能穿透羟基表面的第一水合层，而是在表面之外形成团簇。另一方面，疏水性的硅氧烷表面显示出更明显的负吸附自由能，有利于单层吸附。因此，含有疏水性表面的黏土矿物更易于吸附 C_{60}，这种规律对其它碳基纳米颗粒的吸附过程有一定的启示意义。研究过程中采用的计算方法也可以扩展到研究黏土矿物的其它吸附行为。同时本研究揭示了黏土矿物作为天然地质吸附剂对水环境中碳基纳米材料的迁移过程的影响。

S23-O-16

游离态 Fe(II)与磁铁矿相互作用对环境物质的还原机制研究

梁晓亮 [1,2]*，李瑛 [1,2]，张才华 [1]，何宏平

1 中国科学院广州地球化学研究所中国科学院矿物学与成矿学重点实验室/广东省矿物物理与材料开发研究重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100049

* liangxl@gig.ac.cn

在地表厌氧环境中，铁氧化物可被铁还原菌等微生物异化还原，产生大量的游离态 Fe(II)。铁氧化物通过丰富的表面活性基团吸附游离态 Fe(II)，对环境物质具有强还原性。由于铁还原菌等微生物作用不断提供 Fe(II)，这种自我催化的循环反应是环境物质在厌氧环境中还原转化的重要途径，制约着其在地球表层系统的物质循环。表面吸附态 Fe(II)通过矿物表面或内部结构向环境物质传递电子，是强还原性的主要贡献者。同时，吸附态 Fe(II)不断氧化成 Fe(III)，在矿物表面沉淀和结晶。Fe(II)吸附量，还原能力以及表面矿物组成受铁氧化物的化学计量比（Fe^{2+}/Fe^{3+}）和表面物理化学性质制约。

磁铁矿是自然界中同时含有 Fe^{2+}和 Fe^{3+}的铁氧化物矿物，对地表系统中环境物质的迁移–转化过程起着重要作用。在厌氧环境中，游离态 Fe(II)对磁铁矿的电子补充作用，使其在环境物质的还原过程中扮演更重要的角色。磁铁矿中广泛存在类质同像置换，显著改变其化学组成和表面物理化学性质，可能显著影响磁铁矿与 Fe(II)共存体系的还原性能。本研究通过磁铁矿与游离态 Fe(II)共存体系还原典型环境物质的动力学研究，探讨磁铁矿表面物理化学性质、化学计量比与共存体系还原性能的相关性，分析磁铁矿表面化学与矿物组成，揭示类质同像置换对磁铁矿与 Fe(II)共存体系还原性能的制约机理及影响因素。结果表明，Mg^{2+}、Zn^{2+}、Mn^{2+}和 Co^{2+}等置换离子显著提高了共存体系的还原活性，并与置换离子的价态和占位、及磁铁矿表面物理化学性质（比表面积、表面羟基密度、电子传递速率）有关。以 Zn^{2+}为例，Zn^{2+}通过提高磁铁矿的电导率显著提高共存体系对硝基苯的还原能力，但当 Zn^{2+}置换量较高时，少量 Zn^{2+}占据八面体位，磁铁矿的电导率轻微下降，导致还原活性减弱。Zn^{2+}置换作用显著提高磁铁矿的表面位密度和比表面积，增强其对 Cr(VI)的吸附能力。Cr(VI)先被快速地吸附到磁铁矿表面，被磁铁矿结构中的 Fe^{2+}及吸附在其表面的 Fe(II)还原为 Cr(III)，并与反应后的吸附态 Fe(III)共沉淀。沉淀层的形成抑制 Fe^{2+}通过磁铁矿向 Cr(VI)的电子转移，逐渐降低 Cr(VI)的还原效率。本研究有助于深刻理解磁铁矿在地球表层系统环境物质迁移–转化过程中的作用机制。

S23-O-17

硫酸盐还原菌调制下的纳米磁赤铁矿–磁铁矿固相转化

周跃飞*，高扬，谢巧勤，陈天虎

合肥工业大学资源与环境工程学院，纳米矿物与环境材料实验室，合肥 230009

* alphazhou@hfut.edu.cn

纳米磁铁矿在土壤和沉积物中广泛存在，是示踪成壤和沉积条件的重要矿物。微生物对纳米磁铁矿的形成、分解和转化具有重要制约作用。最新研究发现，在地表氧化–还原过渡带，纳米磁铁矿对微生物的生长起着“电容器”的作用：在同一个系统中，铁氧化菌可以纳米磁铁矿为电子供体进行生长，而铁还原菌(IRB)可以纳米磁铁矿为电子受体进行生长，在该循环过程中，磁铁矿保持稳定，只是 Fe(II)/Fe(III)比值发生变化。硫酸盐还原菌(SRB)广泛存在于表生厌氧环境中，大量研究表明 SRB 可以通过多种机制还原分解铁氧化物，但目前尚不知晓 SRB 是否可以通过直接电子传递作用，还原磁铁矿中的结构 Fe(III)。

针对这一问题，研究开展了 SRB 在有/无硫酸盐条件下分解纳米磁赤铁矿和磁铁矿实验。纳米多孔磁赤铁矿和磁铁矿为实验室煅烧所得，SRB 由本实验室分离得到。实验在 30 ml 厌氧血清瓶中进行，实验变量为：SRB、纳米磁赤铁矿、纳米磁铁矿、SO_4^{2-}。在 160 d 的实验时间里，每隔一定时间测定血清瓶的磁化率。实验结束后测定溶液 pH、Eh、酸可挥发性 S 等，固体经处理后开展 X 射线衍射、透射电镜、常温和低温磁滞回线、X 射线光电子能谱、穆斯堡尔谱等测定。

结果表明：磁铁矿体系中 SRB 还原 SO_4^{2-}的能力强于磁赤铁矿体系中；H_2S 及

SRB 直接作用均可导致磁铁矿和磁赤铁矿还原分解，分解能力为磁铁矿强于磁赤铁矿，产物除了以溶解态 Fe(II)的形式存在，还以铁硫化物(马基诺矿、胶黄铁矿、黄铁矿)的形式存在；SRB 通过直接电子传递作用，还原纳米磁赤铁矿中部分八配位 Fe(III)为 Fe(II)，磁赤铁矿全部转化为磁铁矿；这一过程不受 SO_4^{2-}制约。

研究认为表生环境中的纳米磁铁矿−磁赤铁矿矿物对不仅可以作为 IRB 生长的“电容器”，也可以作为 SRB 生长的“电容器”。该研究不仅丰富了环境矿物学和纳米矿物学的内容，也对环境磁学研究有一定的启示意义。

S23-O-18

微纳米矿物/细菌复合体的表征及其界面作用

赵玉连 [1]，董发勤 [1,2]*，代群威 [1,2]，霍婷婷 [1]，唐洁 [1]，周兵 [3]

1 西南科技大学环境与资源学院，绵阳 621010

2 固体废物处理与资源化教育部重点实验室，绵阳 621010

3 同济大学，上海 200092

* fqdong@swust.edu.cn

雾霾颗粒与人体健康研究一直是全球范围内的研究热点，我国大气悬浮颗粒物浓度在世界范围内较高，尤以冬季雾霾污染突出，呈现出快速蔓延性、区域性、综合性，是一种复合型污染物，颗粒物表面粘附有机污染物、重金属离子、阴离子、微生物、病毒、花粉等，矿物质成分在雾霾颗粒中占20-50%不等，粘附的微生物可达上千种，细菌为优势菌。在自然环境中雾霾颗粒的行为效应较为复杂，除切断污染源外，没有有效的过程阻断的治理防治措施。另外，自然环境中的物质并不是单一独立的，而是表现出一定的相似性与物理-化学-生物作用的相关性，在我国，大气颗粒物污染与水体污染、土壤污染密不可分，水体中的有机物质、微生物等可通过蒸发作用进入大气中而附载于颗粒物表面，土壤表面扬尘等可通过风力作用等进入大气中。在前期的研究课题中多数关注单一的或者无生命特征的研究对象，如大气矿物颗粒的成分调查、溶解特征、自由基释放特征等，并不涉及微生物对象的复合体的研究课题，对于多种污染对象的复合研究，更为接近所研究对象的真实环境。因此，本研究选取 3 种微米矿物（石英、方解石、蒙脱石）、2 种纳米矿物（纳米二氧化硅、纳米碳酸钙）、3 株常见菌（大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、短小芽孢杆菌），在溶液体系下成功制备 15 种矿物/细菌复合体，对其特征及其界面作用取得了如下成果。

矿物/细菌复合体的介观形貌特征以细菌粘附于大颗粒矿物或纳米矿物絮凝团表面为主，单一纳米矿物颗粒粘附于细菌端部及表面。粒径特征表现为纳米矿物 > 微米矿物，短小芽孢杆菌 > 大肠杆菌 > 金黄色葡萄球菌。表面电性特征中矿物/细菌复合体的等电点较矿物等电点的 pH 值增大，微米方解石/细菌复合体表面电性介于矿物与细菌之间，Nano-$CaCO_3$/细菌复合体表面电性趋近矿物颗粒，微纳米石英/细菌复合体的表面电性趋近细菌的表面电性，蒙脱石/细菌复合体呈现出负电荷，无等电点出现。复合体的匹配趋向特征表现为短小芽孢杆菌 > 大肠杆菌 > 金黄色葡萄球菌，蒙脱石 > 方解石 > 石英。矿物/细菌复合体的 FTIR 光谱主要以矿物的红外特征为主，附带菌体红外特征。复合体中细菌膜蛋白二级结构的解谱分析结果表明：微纳米方解石/细菌复合体的静电吸引力作用为主，Nano-SiO_2/细菌复合体中矿物与细菌的氢键作用力较强，蒙脱石/细菌复合体中除物理吸附作用外，氢键作用力也占优势。矿物/金黄色葡萄球菌复合体中菌体 β-折叠/α-螺旋比值增大，说明菌体表面蛋白分子二级结构更趋稳定，氢键效应强力。

复合体的具体形成过程为：矿物边缘部位的菌体聚集→矿物表面边缘部位的菌体粘附→矿物表面的少数菌体粘附→矿物表面被一定数量的菌体完全包裹其中。首次采用超导核磁共振谱仪阐明矿物/细菌复合体的界面有机物作用机理，糖类等碳氢化合物

有机物质在复合体的溶液相、凝胶相与固体相中均存在，脂肪族物质存在于凝胶相与固体相中，芳香族物质仅存在于溶液相中，其木质素位于复合体的固体相中，并可透过内表面。并以实际降尘作为对比，人为制备的矿物/细菌复合体呈现出高峰强、高分辨率特征，这主要是因为在复合体形成过程中强烈的生物化学作用所致。

S23-P-01S

水热模拟实验中不同化合物对蒙脱石伊利石化影响的对比研究

杜佳宗[1]，蔡进功[1]*，陈泽文[1]，雷天柱[2]

1 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

2 中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心，兰州 730000

* jgcai@tongji.edu.cn

蒙脱石伊利石化是泥页岩重要的成岩现象，有机质的存在会对伊利石化产生重要影响，但不同类型有机质对蒙脱石伊利石化进程和转化机制的影响关注较少。为此，本文选取蒙脱石-十六烷基二甲基叔胺复合体(M2)和蒙脱石-赖氨酸复合体(M3)进行水热模拟实验，通过 X 射线衍射、红外光谱和元素等分析检测，开展矿物学和有机质特征研究，探讨不同有机质对蒙脱石伊利石化进程及转化机制的影响。随模拟温度的增加 XRD 显示，M2 和 M3 伊蒙参数在低温时(<300℃)变化缓慢，伊利石均未生成，伊蒙混层 I%由 2%缓慢增至 50%左右，Nave 均较低，构型以 R0 为主；高温时(>300℃)M2 与 M3 中矿物含量变化相似，伊利石含量逐渐增加，I%发生突变(M2：50%→78%；M3：46%→76%)，之后逐步增加。但晶体参数出现较大差异，M2 中 N_{ave} 逐渐从 1.5 增至 4，构型由 R0 增至 R1，表现出渐变的特征，而 M3 中 N_{ave} 突变至 3 之后在 2.5~3 之间变化，构型突变至 R1 之后在 R0.5~R1 之间变化。同时，中红外(MIR)分析显示，蒙脱石硅氧四面体中 Si-O 反对称伸缩振动峰(1100cm^{-1} 和 990cm^{-1})和铝氧八面体 Al-OH 弯曲振动峰(919cm^{-1} 和 752cm^{-1})在 300℃之前变化微弱，300℃之后 M2 中 Si-O 及 Al-OH 振动峰逐渐减弱，而 M3 中则是发生突变，振动峰变弱。综合矿物晶体参数及红外特征，M2 与 M3 伊蒙化进程以 300℃为界发生变化，并且 300℃之后 M2 与 M3 转化机制存在差异。M2 和 M3 中含有较高有机质(TOC 大于 1%)，升温-XRD、中红外(MIR)和近红外(NIR)分析均显示 M2 和 M3 蒙脱石层间域存在有机质，且当模拟温度升至 300℃时蒙脱石层间域有机质大量析出，这是造成 M2 和 M3 以 300℃为界蒙脱石伊利石化进程出现差异的主要原因。中红外(MIR)显示 M2 中有机质官能团主要是甲基，而 M3 中存在着羧基，300℃之后有机质的释放使得羧基进入到反应溶液中，改变了溶液性质，加速蒙脱石层的溶解及伊利石层的形成，结合矿物晶体参数变化、红外特征及有机质性质差异可知 M2 蒙伊化为固态转化，而 M3 为溶解重结晶机制。全岩组成、元素变化及红外显示蒙脱石伊利石化过程伴随着新矿物的形成，并且 M2 与 M3 相比新生矿物更多，尤其是岩盐；并且以 300℃为界 M2 与 M3 中新生矿物进一步增加，特别是 M2 中出现了铁白云石。M2 与 M3 中有机质与粘土矿物的结合分别通过范德华力/氢键和阳离子交换，两者结合强度的不同造成了全岩矿物演化的差异，同时显酸性的赖氨酸对岩盐和铁白云石的生成造成重要影响。这充分展现了有机-无机相互作用对蒙脱石伊利石化的影响及成岩作用体系化的特征。因此，水热模拟实验所展现的蒙脱石伊利石化特征的差异性，是自然界中水-岩-有机质体系下不同有机质作用下矿物形成机理的差异，这对我们深刻理解有机-无机协同作用以及对有机质生烃和碳循环的影响都具有重要的意义。

S23-P-02S

泥质烃源岩成岩矿物演化特征及成岩体系划分——以东营凹陷古近系为例

刘菲，蔡进功*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* jgcai@tongji.edu.cn

泥质烃源岩在埋藏过程中随着温度、压力和孔隙水化学性质的改变会形成不同类型的成岩矿物，即成岩环境与成岩矿物间的响应。因此，根据成岩矿物组合与演化特征可以还原其成岩体系，这对认识不同埋藏演化阶段有机-无机相互作用及有机质生烃的差异性具有重要的意义。

选取东营凹陷古近系 2000m-4000m 的泥质烃源岩，开展 X 射线衍射、扫描电镜和能谱仪等检测，获取烃源岩成岩矿物组合与演化等特征参数划分成岩体系。研究表明，由浅至深碎屑矿物呈分散状或纹层状且含量稳定，而碳酸盐矿物或互层状，或纹层状，并出现隐晶方解石向微晶方解石或（铁）白云石的变化，这表明碎屑是搬运而来属外源，而结晶的碳酸盐矿物是成岩作用产物。泥质烃源岩中黏土矿物含量变化不大，但蒙脱石与伊利石含量互为消长，伊/蒙混层比也发生显著的变化；在 2500m 左右结晶的高岭石大量出现，在 3500m 以下绿泥石大量出现，这些都展现了黏土矿物随埋深增加发生成岩转化的特征。根据成岩矿物出现的深度和矿物组合以及高岭石/（伊利石+绿泥石）比值、高岭石/白云石等比值，发现在 2900m 以上属伊/蒙混层+高岭石等成岩组合带，在 2900m 以下属伊利石+绿泥石+铁白云石+黄铁矿成岩组合带，这与泥岩中异常压力带基本一致，展现了泥质烃源岩埋藏过程中两种不同的成岩体系特征，这对认识有机质生烃过程中不同的成岩体系下无机-有机相互作用特征以及生烃机理的差异性具有重要的意义。

因此，泥质烃源岩中成岩矿物的演化不仅要关注矿物及组合的演化规律，更要关注成岩体系的差异，这对深化认识烃源岩中有机质的生排烃过程都是不可忽视的。

S23-P-03S

东营凹陷沙河街组泥页岩沉积环境演化与有机特征响应关系

李塬丰，曾翔，谢奥博，蔡进功*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* jgcai@tongji.edu.cn

湖相泥页岩由无机矿物（主要包括粘土矿物、碳酸盐矿物和碎屑矿物）和有机质（包括自生和外源输入有机质）构成，与沉积环境的相互响应，沉积了特征各异的岩相类型和有机质组合。因此探讨泥页岩中有机质特征与沉积环境的响应关系，对深入研究泥页岩的成因和生烃能力具有重要意义。选取东营凹陷发育湖相泥页岩的沙四纯下-沙三下段作为研究层段，进行高密度连续取心，得到样品共 765 块，进行 ICP 元素地球化学、XRD 和热解分析，尝试探讨盐度、外源输入等古环境与有机质的响应关系。对比元素地球化学与矿物学间的关系，选取 Sr/Ba 比值作为古盐度指标，Al/Ca 比值作为外源输入量指标，探讨研究区从底至顶 1 至 9 共九个小层的变化规律。研究发现，反映古盐度的 Sr/Ba 比值，由沙四纯下段至沙三下段总体呈下降趋势， 其中第 2、3 和 4 小层盐度最高；代表外源输入量的 Al/Ca 比值，除在第 2 和 5 小层出现阶段性高值外，总体呈逐渐增大的趋势；这些特征表明各小层的盐度与外源输入的匹配关系较为复杂。从热解参数特征来看，1 至 9 小层 TOC 生烃参数呈现出短期降低后升至高值、后又略有起伏的趋势，其中在 2、3、4 小层，TOC 与生烃潜力均呈高值，而且第 9 小层 TOC 明显高于其余小层，充分展现了各小层有机质特征变化的复杂性。综合对比古盐度、外源输入量和有机质特征，发现这 9 个小层大致可以分为四类：第一类如小层 3 和 4，盐度高、外源输入少，具有高 TOC，预示外源输入较少、

盐度较高的时期，营养盐含量增加会提高水体初级生产力并促进内源有机质的富集，利于泥页岩生烃能力的提高；第二类的特征是较低盐度与较少的外源输入量，同时具有低TOC，如小层 6，内、外源有机质来源都不丰富，导致 TOC 较低；第三类如小层 2，以高盐度高外源输入量对应低 TOC 为特征；第四类的特征是较低的盐度与较高的外源输入量，TOC 较高，指示较强的水动力条件，有利于外源有机质的输入与富集，如小层 5。总而言之，沉积环境、外源输入量与有机质含量均有较为密切的关系，查明沉积环境演化对有机质富集乃至泥页岩生烃潜力的作用，在今后的研究中具有重要意义。

S23-P-04S

烃源岩中的有机-无机结合与差异生烃

巢前，蔡进功*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* jgcai@tongji.edu.cn

有机质存在着多种保存机制，因而产生了不同的有机质-矿物结合关系。本文探讨了烃源岩中有机-无机结合关系对有机质生烃的影响。我们从东营凹陷沙河街组三、四段采集了 2900-3500m 深度段的烃源岩样品，使用二氯甲烷+过硫酸钠的连续处理分离了烃源岩中的沥青组分（bitumen）、矿物结合有机质（MOM）和颗粒态有机质（POM）。半定量结果表明在 2900-3500m 整个研究深度内 MOM 持续减少，向沥青组分转化；与之相比，POM 没有显现出趋势性的变化。结果指示着在该研究深度内 MOM 的生烃提前于 POM。

我们通过 Thermo-XRD 确认了 MOM 在蒙脱石层间的存在，因此 MOM 的提前生烃可能受到蒙脱石层间的 Brønsted 酸催化。矿物学的结果表明在 3300m 附近蒙脱石开始大量向伊利石转化，转化过程中加剧的层间电荷和部分排除的层间水可能增强剩余层间水的极化能力，进一步增强 Bronsted 酸的强度。这一蒙脱石伊利石化的转化与 MOM 的生烃高峰在深度上是完全一致的。

导致差异生烃的另一个可能原因是，通过吸附机理保存下来的小分子有机质在矿物表面进一步缩聚形成以无定型为主的干酪根，而通过自身缩聚保存下来的 POM 中含还有相当数量的结构型干酪根。这种差异导致了 MOM 热裂解需要的能量远低于 POM，我们进行的热解分析也证明了 POM 拥有更高的 Tmax。此外，我们通过热解评价了 MOM 和 POM 的潜在生烃能力，结果表明 POM 的生烃潜量高于 MOM，因此我们预期 POM 在更深的深度和热演化的后期能贡献另一次生烃高峰。

这项工作揭示了由于有机-无机结合关系不同导致的差异生烃，这种差异可以归结于有机质和矿物之间的相互作用。MOM 和 POM 可能在生烃的不同阶段分别扮演了重要的角色。

S23-P-05S

泥质烃源岩可溶有机质在有机质生烃过程中属性的转变——以东营凹陷古近系为例

都鹏燕，蔡进功*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* jgcai@tongji.edu.cn

可溶有机质是沉积有机质的重要组成部分，不论在表层沉积物，还是在泥质烃源岩中都是开展有机质地球化学研究的重要载体。因此，搞清可溶有机质的组分变化和演化规律，对认识有机质演化过程中生烃母质与生烃产物间的变化关系，以及有机质的生烃机理和资源评价都具有重要的意义。为此，收集了东营凹陷古近系 1000-5000m 泥质烃源岩样品共计 274 块，整理分析氯仿沥青“A”的含量、族组分、饱和烃组分 GC/MS 数据，探讨可溶有机质演变特征。

构筑参数 C16-/C16+、C17-/C17+、C18-/C18+、C14+C15+C16/C28+C29+C30 等轻/重饱和烃比值参数。数据研究发现，轻/重烃比值参数都具有相似的演化特征，从而可以将可溶有机质氯仿沥青“A”饱和烃组分的轻/重烃比值参数作为一个反应可溶有机质演化特征的参数。随泥质烃源岩埋深的增加，不论是氯仿“A”含量，还是 C16-/C16+等轻/重烃比值，都是在 3000m 以上浅层深度缓慢增加，随后至 3000m 深度段急剧增加，表明 3000m 是可溶有机质的一个重要转化界限。从族组分来看，芳香烃与沥青质组分相对含量随深度变化很小，而饱和烃和非烃组分是在 3000 以上浅层深度基本不变，在 3000m 以下深层二者变化互为消长关系。这些特征表明，可溶有机质的属性随深度增加在发生变化。综合以上分析，认为可溶有机质是沉积的，但在演化过程中，在 3000m 以上的浅层埋深，可溶有机质主要为有机质的生烃产物，非烃、重烃类组分含量高；而在 3000m 以下的深层埋深，可溶有机质主要为有机质的生烃母质，而且非烃组分是主要的母质贡献者。

前人的研究表明 3000m 是泥质烃源岩的成岩作用由开放系向封闭体系的转化点。因此，关注不同成岩体系下有机质生烃机理以及可溶有机质作为生烃产物和生烃母质之间的转换关系，对认识深层有机质的生烃过程以及油气资源评价参数的优选意义重大。

S23-P-07

类腐殖质型穿梭体的生物膜促进机制

吴云当，刘同旭*，李芳柏

广东省生态环境技术研究所，广州 510650

* cefbli@soil.gd.cn

微生物与矿物相互作用的化学本质是胞外电子传递。其中，以腐殖质为代表的穿梭类物质能够加速微生物与矿物之间的胞外电子传递过程，鉴于腐殖质在自然界中存在广泛，因而此过程具有重要的生物地球化学意义。

以往对于穿梭过程的研究主要关注微生物与穿梭体之间的作用方式、穿梭体的化学性质与其穿梭能力之间的关系以及穿梭体对矿物形成的影响等，但少有研究报道穿梭体存在时微生物本身发生了何种变化，因此，本研究以异化金属还原菌希瓦氏 MR-1 为模式微生物，探究了不同类腐殖质型穿梭体存在时 MR-1 生存行为的变化。

结果表明，醌、吩嗪等穿梭体的存在能够强烈刺激 MR-1 生物膜的形成，MR-1 产生的胞外聚合物也随着穿梭体的不同而发生了变化。在 4 天内，添加穿梭体的处理其生物膜量比不添加穿梭体的处理增大了 4.5~36 倍，体系最大电子传递速率增加 7~83 倍，生物膜的增加量与电子传递速率之间呈现出很好的正相关关系。此外，外界条件比如 pH、温度、穿梭体浓度也会改变生物膜的形成，且生物膜的形成与相应条件下的胞外电子传递速率均呈现出很好的线性关系。进一步研究表明，生物膜的形成量与穿梭体被微生物还原的速率线性相关，说明微生物对穿梭体的利用是其生存能力发生变化的重要原因。穿梭体存在时，生物膜上与电子传递相关的功能基因的表达也发生了改变，其中，细胞外膜和周至空间的细胞色素 c，包括 OmcA、MtrC、MtrA、MtrB 等均呈现出表达下调的状况，但细胞内膜电子传递必经途径上的 CymA，其表达量却呈现出一定程度的增加。这说明，穿梭体的存在可能部分替代了 OmcA、MtrC、MtrA、MtrB 等细胞色素 c 的电子传递任务，同时电子传递必要蛋白 CymA 的表达上调，说明穿梭体存在时总体的电子传递效率处于被增强的状态。穿梭体的存在减轻了微生物合成细胞色素 c 的任务，而且还增加了胞外呼吸的速率，这可能是穿梭体促进生物膜繁殖和形成的重要机制。

S23-P-08

九寨沟的碎屑钙华

王富东[1]，董发勤[2]*，赵学钦[1]，代群威[2]，孙仕勇[2]，李琼芳[2]，罗尧东[2]，马鹏程[1]

1 西南科技大学环境与资源学院，国土资源利用研究所，绵阳 621010

2 西南科技大学固体废物处理与资源化教育部重点实验室，绵阳 621010

* fqdong@swust.edu.cn

2017年8月8发生在九寨沟的地震不仅造成了重大生命财产损失，而且诱发了核心遗产点钙华瀑坝的坍塌与溃决，并揭露了许多新的钙华剖面，比如诺日朗瀑布和火花海。这些关键钙华剖面为认识九寨沟钙华岩类提供了重要野外天然试验场。综合考虑钙华的成分、结构构造和产状，我们将九寨沟钙华分为碎屑钙华、孔状钙华和纹层钙华三大类。本摘要只提及九寨沟的碎屑钙华。

九寨沟的碎屑钙华是由其他钙华风化后在流水的机械破碎下而形成，或水体中的钙在沉淀过程中未来得及结晶或结晶不完好就“仓促”形成。这些钙华主要沉积在不同湖泊后缘和湖底。前者常与周围环境卸载下来的泥沙混合形成湖泊后缘的“滤障”，这在九寨沟沟系里起着过滤与拦阻岩石碎屑和植物碎屑的作用，以至于众多湖泊都具有深邃、清澈而色彩斑斓的湖水。湖泊后缘的碎屑钙华现已或正在形成湿地与沼泽地，并具有往湖泊前缘推进的趋势，比如芳草海、天鹅湖、箭竹海后缘、熊猫海后缘、镜海后缘和犀牛海后缘等。

碎屑钙华的另一产出地是各类湖泊的湖底。从火花海溃决后所揭露的剖面来看，湖底的碎屑钙华沉积特征类似于其他地区湖泊沉积，具有典型的水平层理与平行层理，并以前者为最发育，其层厚大多在 4 ~ 10 cm 之间，颜色以灰白相间为主。有意思的是这些碎屑钙华层中还夹持有厚度相当的有机腐泥层和杂色钙华层，并且连续性较好。腐泥层中的碳酸钙成分接近于其他周围层，而有机碳含量却比其他周围层高，这可能是植物碎屑含量高的反应。肉眼下杂色钙华碎屑层矿物成分与其他普通层没有太大区别，但是在颜色上却出现褐红色-浅黄-土黄色，这些杂色层可能含有藻和微生物残骸，尽管藻和微生物在最初生长过程中不具有杂色成色，但其与钙华作用后或晶化后，往往形成杂色钙华体。

开展上述九寨沟碎屑钙华的研究将能很好地揭示该区域古环境古气候信息。湖泊后缘碎屑钙华的研究除了能预测湖泊演化趋势外，还能提取到区域古灾害信息，特别是极端气候与地震，因为这些极端事件能快速导致或诱发这些钙华碎屑的沉积。湖底层状碎屑钙华或将能成为另一古气候古环境高精度档案库，我们认为其中所蕴藏的高精度信息量可以与纹层钙华相媲美，甚至比纹层钙华更有优势。

S23-P-09S

九-黄钙华景观震损修复型块的液相基础特性研究

党政[1]，代群威[1,2]*，董发勤[2]，李琼芳[3]，赵玉连[1]，赵学钦[1]，王富东[1]，李刚[1]

1 西南科技大学环境与资源学院，绵阳 621010

2 西南科技大学固体废物处理与资源化教育部重点实验室，绵阳 621010

3 西南科技大学生命科学与工程学院，绵阳 621010

* qw_dai@163.com

中国四川九寨-黄龙都为独特的高寒钙华沉积地貌，被列入“世界文化与自然遗产名录”，具有极大的旅游文化价值和科研价值。钙华景观形成过程及景区修复技术的的研究，对九-黄地区钙华景观保育及延缓钙华退化等方面具有重要科研和实际工程意义。近年来，由于地震或区内地表径流量减少，钙华核心景观区出现边石坝开裂、垮塌等系列问题。景观的修复需符合以旧补旧、原料相近的原则，利用废弃钙华修补破损景观是一项具有实际工程应用意义的研究。钙华在液相环境中存在 $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \leftrightarrow CaCO_3$ 的溶解结晶过程，当钙华粉末与 $Ca(OH)_2$ 混合成型后，由于液

相条件下型块表面不断向外释放 Ca^{2+}，其浓度逐渐上升达到过饱和态，促进再结晶形成碳酸钙晶体，实现粘接和修补的目的。钙华基型块在封闭体系下的静态水蚀实验中，型块表面出现针状晶须且向空间延伸生长，矿物相表征结果显示新生晶体为方解石和球霰石。液相 pH 和 EC 动态连续监测结果表明，钙华基型块与 $Ca(OH)_2$ 对照组的 pH 曲线在 4d 后趋于稳定，pH 值分别约为 12.53 和 12.30；两组的 EC 曲线于 15d 后趋于稳定，且稳定期内 $Ca(OH)_2$ 对照组的 EC 均值约为前者的 2 倍。两组的碱度（ALK）及 EC 值与液相主要阴阳离子（Ca^{2+}、H^+、OH^-、CO_3^{2-}和 HCO_3^{2-}）浓度相关，计算结果表明，钙华基型块液相 pH 和 EC 值主要受 OH^-和 CO_3^{2-}浓度的影响，变化过程符合碳酸钙相图在相同 pH 范围内离子的分布规律（Vminteq），初步确定了钙华基型块的液相离子主要类型为 Ca^{2+}和 OH^-、CO_3^{2-}。5d 间隔下液相 Ca^{2+}和 CO_3^{2-}的离子浓度测定结果显示，CO_3^{2-}浓度逐步趋于稳定，实验期间液相 SI 值>1（$SI=[Ca^{2+}][CO_3^{2-}]/K_{sp}$），证实晶体形成与钙华表面的溶解重结晶过程有关。此外，短期内（5d）型块表面发现针状晶须（2～10μm），长期（6 月）水蚀实验中型块表面出现大量针状晶体（长度在 2～15mm 之间），并且叠加放置的型块粘接稳固。对钙华基型块在静水环境下的离子溶出行为及碳酸钙晶体生长规律的探究，为钙华景观的原位、生态修复提供了新的思路。

S23-P-10S

天然有机质活性基团在粘土矿物表面络合机制的计算研究

张迎春，刘显东*，张弛，陆现彩

南京大学地球与工程科学学院，南京 210093

* xiandongliu@nju.edu.cn

粘土矿物与天然有机质的相互作用在油气形成，碳封存，有机、无机污染治理等地球化学过程中具有重要的地位。粘土矿物有基面和边缘面两类表面。基面由硅氧烷构成，它的反应活性受层电荷分布影响；边缘面则由水分子和羟基组成，其反应活性受 pH 影响。羧基和醌基是天然有机质中最重要的两种活性基团：羧基是最主要的酸性基团，醌基在氧化还原反应中起重要作用。为了从分子尺度认识羧基和醌基与粘土矿物的作用机制，我们采用醋酸根，1,4-苯醌及其还原态（即半醌，氢醌）作为模型分子，使用第一性原理分子动力学的方法系统地研究了两种基团在 2:1 型粘土矿物基面和边缘面((010)面和(110)面)的脱附自由能和酸度信息。结果表明，羧基能在基面和边缘面形成稳定的内圈络合；半醌和氢醌能在边缘面形成内圈络合；苯醌、半醌及氢醌不能在基面形成稳定的内圈络合。此外，为了明确两种基团在不同环境条件下的络合机制，我们进一步讨论了 pH, Eh 等环境因素对羧基、醌基表面络合的影响。我们的研究为理解粘土矿物与天然有机质的相互作用提供了微观结构信息及热力学数据，可以用于解释、分析实验结果和开发粘土矿物-天然有机质的分子模型。

S23-P-11S

晶格铝对针铁矿及其相变产物吸附磷酸根的影响

李梦雪，刘海波*，陈天虎

合肥工业大学资源与环境工程学院，合肥 230009

* liuhaibosky116@hfut.edu.cn

针铁矿是土壤和沉积物中极具表面活性和生物化学活性的重要组分之一，而土壤中铝元素的存在会影响针铁矿矿物学特征及其热相变规律，进而影响其相变产物表面物化性质。

本文合成了晶格铝替代针铁矿，分别在空气气氛和还原气氛热处理。通过系列表征得知：晶格铝替代针铁矿不仅会改变晶体形貌，影响晶体表面反应活性，抑制针铁矿的成核与生长，同时也提高了晶体的比表面积。

在还原性气氛下，晶格铝替代会阻碍针铁矿向零价铁的转化并生成含有多孔零价铁和晶格铝替代铁氧化物。以磷酸根为探针分子，研究了上述处理方式对矿物表面性质演变的影响。具体探究了反应时间、pH 值、反应温度、磷酸盐初始浓度、固液比和共存阴离子及腐殖酸等影响因素对吸附实验的影响。对铝替代针铁矿而言，等温线的实验结果说明增大磷酸盐的初始浓度有助于吸附量的提高，且吸附量的大小与铝替代量成正比关系，说明了铝对针铁矿的类质同象替代促进了针铁矿对磷酸根的吸附作用。铝替代量也提高了空气气氛热相变产物对磷的吸附量。还原气氛热相变产物吸附磷酸根的等温线实验结果与上述结果不同，铝替代量为 0%和 3%时，对磷酸根的吸附量较大，具体大小顺序为 AZ0 > AZ3 > AZ12 > AZ9 > AZ6，这一结果归因于铝替代量为 0%和 3%时热相变产生的零价铁表面化学活性较强，Al 的替代抑制了针铁矿向零价铁的转化，进而抑制了氢气气氛热处理产物对磷吸附量。机理研究表明在吸附反应中，铝替代针铁矿及赤铁矿中含氧官能团起到了重要作用，为磷酸盐的吸附提供了充足的吸附位点。但还原气氛热处理产物吸附磷酸盐的反应机理不仅有吸附作用、还有化学沉淀作用。研究结果有助于理解火灾后表生氧化环境中针铁矿结构演化规律及其对磷的滞留作用。

S24-O-01

南海大洋钻探与构造研究

林间 [1,2]*，孙珍 [1]，李春峰 [3] 及大洋钻探 349/367/368 航次科学家

1 中国科学院南海海洋研究所，中科院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 美国伍兹霍尔海洋研究所，地质与地球物理系，伍兹霍尔 MA 02543

3 浙江大学海洋学，舟山 316021

* jlin@whoi.edu

As the largest low-latitude marginal sea in the world, the South China Sea (SCS) is linked to the complex tectonic interaction of the Eurasian, Pacific, and Indo-Australian plates. The last several years have witnessed rapid progress in the investigation of the SCS through a combination of the “South China Sea Deep” initiative supported by NSF-China and the three drilling legs of the International Ocean Discovery Program (IODP). In 2014, IODP Exp. 349 drilled five sites (U1431-U1435) in the SCS. The expedition successfully obtained the first basaltic rock samples of the SCS relict spreading centers in the Eastern sub-basin (site U1431) and Southwestern sub-basin (U1433 and U1434), providing important evidence that the seafloor spreading of the two sub-basins terminated at close geological ages. In 2017, the IODP Exp. 367/368 drilled 7 sites (U1499-1505), aiming to constrain the lithosphere extension mechanisms during continental breakup at a non-volcanic rifted margin. The drilling results showed surprisingly rapid transition from continental lithospheric extension to significant magmatism. Furthermore, high-resolution near-seafloor magnetic surveys were conducted in the SCS with survey lines passing near some of the IODP drilling sites. Meanwhile, recent computational geodynamic modeling studies have simulated the mantle dynamics of the SCS and the interaction with surrounding major subduction systems. Together the IODP drilling results and recent geophysical, geochemical, and geodynamic modeling investigations provide unprecedented constraints, leading to new understanding of the SCS as a proto-type marginal sea basin, its unique characteristics that differ from the classic hyper-extension margins, and its interaction with surrounding subduction systems. This presentation will highlight these recent advances.

S24-O-02

南海海盆扩张晚期岩浆活动和地幔动力过程

张国良[1]*，Matthew G. Jackson[2]，孙卫东[1]，Gareth Seward[2]

1 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

2 加州大学（圣芭芭拉），美国 CA 93106

* zhangguoliang@qdio.ac.cn

南海海盆在停止扩张前形成了一个海山链，长期以来，关于这个海山链的成因和相关的岩浆过程是神秘莫测的。国际大洋发现计划349航次U1431站在沿南海残留扩张脊海山附近钻取了一层火山角砾和两个玄武岩层（上、下玄武岩层），三层之间有沉积物夹层。我们综合分析了玄武岩的主、微量元素和同位素组成，以及高精度橄榄石的微量元素组成。上层和下层玄武岩都表现为MORB型的微量元素组成。这些上层玄武岩表现为异常高的MgO含量（~20wt%），是由于玄武岩中含有大量橄榄石堆晶导致，这可能反映了岩浆过程缺少一个稳定的岩浆房。上、下两层玄武岩表现为不同的地球化学组成，且上层玄武岩的同位素组成介于顶部的火山角砾和下层玄武岩之间。我们认为，与顶部的火山角砾（碳酸盐化岩浆）相似，在上层玄武岩形成过程中可能有一个富CO2的EM2型地幔在起作用。总体上，上层玄武岩具有明显低的 CaO 含量，显示了与正常洋中脊玄武岩的不同。进一步分析了玄武岩橄榄石的 Ni、Fe/Mn、Ca 等含量，结果显示，这些橄榄石与太平洋和大西洋的MORB明显不同，却与夏威夷的洋岛玄武岩非常相似。我们认为这些特殊的橄榄石组成，反映了南海地幔源区存在大量的富 CO2 的辉石岩，随着南海停止扩张，辉石岩在刚停止扩张后，浅地幔熔融形成了上层 MORB 型玄武岩，在停止扩张后深部地幔熔融形成了晚期的火山角砾（海山链玄武岩）。本项目得到国家自然科学基金（41522602）和中国科学院先导科技专项（A）（Y3A31301T）的资助。

S24-O-03

南海北部陆缘伸展-拆离-破裂过程及其与岩浆活动的关系

孙珍[1]*，林间[1]，Joann Stock[2]，邱宁[1]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301;

2 美国加州理工学院地球物理与空间科学系，帕萨迪纳 CA 91125

* zhensun@scsio.ac.cn

关于被动大陆边缘的张-破裂方式，国际上较流行两种主要的端元模型，包括：贫岩浆（也称非火山型，或地幔剥露型）和富岩浆型（火山型）。其中贫岩浆型在慢速-超慢速扩张的海区被观测和钻遇，富岩浆型陆缘多与地幔柱或热点有关，与扩张速率不直接相关，其中冰岛-格陵兰火山型陆缘也被多次钻探。但这两个端元类型，尤其是超慢速扩张造成的贫岩浆型陆缘在全球陆缘类型中所占的比例非常有限。据统计，全球40%以上的陆缘为中速张裂-扩张陆缘，但其张裂-破裂过程却鲜有研究和报导。南海中央海盆在破裂后表现为 4 厘米/年的扩张速率，为典型中速扩张海盆，对应的中北部陆缘张-破裂过程也表现出明显不同于超慢速-慢速陆缘的特征。为了探索其张破裂过程和机制，我们在南海新的钻探航次（367-368航次）地层定年研究的基础上，对南海中北部陆缘洋陆过渡带的地震资料开展了地层的追踪解释和地壳结构的追踪解释，主要得到以下认识：1）T70 界面大致停止在 U1502 站位以北，与南海洋盆开始出现的时间基本一致，但洋陆过渡带的张裂作用一直持续到T60前后（24-26Ma）；2）根据地壳内部反射分析，推测伴随张裂的岩浆上涌是导致南海北部陆缘破裂的重要因素；3）洋盆扩张大致可以分为两个阶段，早期表现为岩浆量较少，横向上可能不连续的多以火山式喷发的早期阶段，后期表现为岩浆量较充足，横向上较连续的稳定扩张阶段；4）在张裂-破

裂过程中，由于强伸展和岩浆主动上涌等原因，导致北部陆缘大面积发育拆离断层。

S24-O-04

南海被动源OBS实验及残留洋脊地壳和岩石圈结构

杨挺[1*]，陈名洪[2]，黎伯孟[2]，于有强[2]

1 南方科技大学海洋科学与工程系

2 同济大学海洋地质国家重点实验室

* tyang@sustc.edu.cn

在这一报告中，我将总结被动源OBS观测实验对于南海残留洋脊及其海山链之下深部结构的约束。首先，通过地震面波层析成像方法，我们得到了黄岩-珍贝海山链之下岩石圈的结构信息。相比于正常的海洋岩石圈，横波速度的高速异常表明海山之下的岩石圈比正常的海洋岩石圈要厚，说明形成海山所需的广泛的岩浆活动导致其地幔顶部的化学成分与周边地幔不同，是岩浆提取后的遗留成分较高。通过增厚岩石圈和海山的体积及其活跃时间，我们可以估算岩浆形成时的熔岩百分比。 其次，我们利用接收函数方法，得到了残留洋脊两侧的不同位置的地壳厚度和纵横波速度比。我们发现，地壳厚度随着与洋脊距离从4/5公里而慢慢增加到海洋地壳的平均厚度（6公里），这说明，在南海中央海盆洋脊闭合前，其扩张速率是慢慢降低到超慢速率范围，因为只有这样才会导致较薄的洋壳。 此外，在距离洋脊最近的几个站位，我们所得到的纵横波速度比远高于洋壳的平均值，这表明这些位置的下地壳可能存在蛇纹石化的现象，在超慢速和慢速扩张的洋脊，这一状况很常见（如，西南印度洋中脊和部分大西洋中脊）。

此外，通过此次南海的被动源OBS观测实验，我们还在被动摇OBS数据处理上积累了宝贵的经验，如：OBS数据水平方位的确定、钟漂的校正和OBS摇摆遭遇的去除等。

S24-O-05

南海北部晚新生代岩浆活动的地震学特征

夏少红[1]*，范朝焰[1,2]，孙金龙[1]，曹敬贺[1]，赵芳[1]，万奎元[1]

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 100049

* shxia@scsio.ac.cn

为了研究南海北部海山及其下方的深部地壳结构，我们在东沙海域跨越陆架区和陆坡区开展了三维OBS深地震探测，并进行二/三维速度结构模拟。最新的速度结构剖面显示，南海东北部由厚约25km的减薄型陆壳向东南方向快速减薄至15km厚的超级减薄型陆壳。地壳等厚线的方向约为N045°，与前人定义的洋陆过渡带走向基本一致。该区地壳结构大致可划分为4层：新生代沉积物（2.2–3.5 km/s）、中生代沉积物（3.5–5.5 km/s）、上下地壳（5.5–6.9 km/s）及下地壳高速层（7.0–7.5 km/s）。顶部为新生代沉积层，在陆架区的沉积厚度极薄，平均1-2 km厚；陆坡区厚度明显增加，平均3-5 km厚，由于陆坡区海山密集，岩浆上涌至沉积物中，导致局部沉积物厚度只有0.5-1.0 km。中生代沉积层位于地壳与新生代沉积物之间，分布范围仅仅局限于东沙隆起及潮汕凹陷附近，陆坡区并未发现该层位；其中该层在东沙隆起的厚度约为2-3 km，在潮汕凹陷明显增厚，厚度约为3-5 km，局部厚度可达7km。上下地壳层由东沙隆起向东沙陆坡减薄，在海山下方的地壳速度等值线呈现上凸趋势，推测与岩浆上涌有关，可能是地壳岩浆通道的表现。下地壳高速层整体表现为陆架区厚陆坡区薄，厚度从5 km变化到0.5 km，在接近海盆处尖灭，与前人多条二维OBS探测结果类似（如OBS1993，OBS2006-3）。

由地壳速度结构可见，高速层在南海北部陆缘陆架区与陆坡区都有分布。为了揭示高速层的物质组成，OBS2001测线及OBS2006-3测线分别做了P波和S波速度结

构，并获得了高速层的横纵波速比信息。由波速比信息可以判断南海东北部高速层成分偏向高铁镁质，属于地幔岩浆底侵下地壳的产物。我们利用南海北部沿海地区的地震台网记录的远震 P 波数据，开展了南海北部海陆过渡区的远震层析成像研究，获得了研究区深至 1100 km 的地幔速度结构。其结果显示南海北部晚新生代岩浆活动区存在一条起源于下地幔的连续低速通道，且低速通道穿越处的地幔转换带具有明显减薄的特征；该低速通道的三维透视图揭示出了清晰且倾斜上升的蘑菇头式地幔柱岩浆通道；但该通道形态特征随深度而发生较大变化，呈现成层式的变化特征，即在下地幔低速通道表现为直径约 200-300 km 的柱状体结构，反映地幔柱尾巴特征；当上升至地幔转换带处时，低速通道发生横向扩散，表现为地幔柱头的结构特征；但在上地幔中部，横向扩展的低速体被裂解成多个斑点状异常体，直到岩石层底部再次发生汇聚，我们所揭示的岩浆通道与经典地幔热柱所提出的垂直通道存在较大差异。我们的结果显示南海东北部地幔存在低速异常，且该低速异常与南海北部海山、下地壳高速层在三维空间上具有连续性。由此我们提出了南海北部晚新生代岩浆活动可能受深部地幔柱的控制和影响，其海山形成的一种可能机制是南海扩张期间处于伸展的构造环境，产生一系列 NE-NEE 向断层，之后深部地幔柱的东沙分支上升至岩石圈底部并横向扩散，随之穿透岩石圈地幔并底侵下地壳，形成下地壳高速层，这些底侵的岩浆最终进一步上涌，沿着先存的 NEE 或 NE 的断层通道上升，从而在地表形成底面椭圆长轴沿 NEE 或 NE 分布的大规模海山群。

S24-O-06

印支半岛地幔流系统对南海演化的启示

于有强 [1]*，Stephen Gao[2]，Kelly Liu[2],杨挺 [3]，薛梅 [1]，Khanh Phon Le[4]，高金耀 [5]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 密苏里科技大学地质与地球物理系，美国 65409

3 南方科技大学海洋学院，深圳 518055

4 越南河内矿业地质大学，越南 100000

5 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* yuyouqiang@tongji.edu.cn

Numerous geoscientific investigations have been conducted on the southeastern Tibetan Plateau and adjacent areas for understanding crustal and mantle deformation associated with the indentation of the Indian Plate into Eurasia. A number of key issues, such as the causes of a sudden change of fast polarization orientations from N-S to almost E-W at approximately 26^{o} revealed by shear wave splitting (SWS) studies, and the geodynamic implications of the transition still remain enigmatic, partially due to the lack of sufficient SWS measurements on the Indochina Peninsula. Here we employ the SWS technique to systematically illuminate upper mantle anisotropy beneath the Indochina Peninsula with an unprecedented data coverage. The resulting 409 SWS measurements from 29 stations show that upper mantle anisotropy beneath the vast majorty of the study area is characterized by dominantly E-W fast orientations which are nearly orthogonal to the strike of most of the major tectonic features in the study area, ruling out significant lithospheric contributions to the observed anisotropy. This observation, when combined with results from seismic tomography, numerical modeling, surface movement, and focal mechanism investigations, suggests that the observed azimuthal anisotropy is mostly the consequence of absolute plate motion or the westward rollback of the oceanic Indian slab. The flow system induced by the rollback or absolute plate motion may experience regional alteration from mantle upwelling along the

eastern edge of the slab and through a previously detected slab window, leading to local variations in the observed splitting parameters.

S24-O-07

Extensional styles of the conjugate rifted margins of the South China Sea

Taoran Song[1], Chun-Feng Li[2,3]*, Shiguo Wu[1,3]*, Yongjian Yao[4], Jinwei Gao[1]

1 Institute of Deep Sea Science and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya 572000, China

2 Department of Marine Sciences, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China

3 Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China

4 Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, China

* swu@idsse.ac.cn

To elucidate continental rifting mechanism of the South China Sea (SCS), we characterize crustal structures of the two conjugate rifted margins and calibrate the continental-ocean transition zone (COT) with multi-channel seismic reflection, gravity and magnetic data. Narrower than those found in many other magma-poor margins, the COT in the SCS coincides well with the positive-negative gravity boundary, and shows Moho reflection gaps, basement highs and seaward normal faults. Post-rifting/spreading volcanic bodies and igneous intrusions often complicate the structures of the COT. Rift basins are often bounded by listric normal faults, most of which terminate at the upper-lower crust interface, representing the brittle-ductile transition boundary. This evidence suggests that the lower crust was weak and played a dominant role in the crustal breakup. We propose that the SCS lower crust acted as a decouple layer during extension, but the normal oceanic crust began to establish soon after crustal breakup. We also show how thermal regime affected the extent and timing of continental rifting of the SCS.

S24-O-08

全球海洋地壳的变化特征：揭示大洋中脊与地幔热点规律

林间 [1,2]*，朱健 [2]

1 中国科学院南海海洋研究所，中科院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 美国伍兹霍尔海洋研究所，地质与地球物理系，伍兹霍尔 MA 02543

* jlin@whoi.edu

本文通过研究全球海洋地壳的变化特征，探讨大洋中脊的地壳增生规律、地幔熔融异常区分布、地幔热点效应以及与大洋岩石圈的互动关系。首先介绍由海洋重力场为基础并以海洋地震剖面为约束的全球大洋地壳厚度分布模型。该模型以反演全球海洋重力异常场为基础，利用海底地震剖面资料作为约束。我们首先从观测到的海洋自由空气重力异常场中去除各项可以独立计算出来的重力效应，包括：海底地形、海洋沉积物厚度以及随地壳年龄变化的大洋岩石圈热结构。然后我们对计算得到的剩余地幔布格重力异常场进行反演，得到地壳厚度模型。最后我们参考各大洋的海底地震剖面，调整重力模型中的参数，从而得到一个最佳的全球大洋重力地壳厚度分布模型。分析结果显示，全球的洋盆内存在着大量的厚地壳区。地壳厚度超过 7.6 公里的地区占全球洋盆总面积的40％，以及占全球洋壳总体积的54％。厚地壳区在洋盆中的分布有一定的规律。在地壳年龄小于 5 百万年的年轻海盆，只在慢速和超慢速洋中脊附近发现超厚的地壳，这

可能是因为热点产生的剩余岩浆较容易在该区域的较强岩石圈上增生，并且慢速中脊下较小的上地幔熔融区对地幔异常块体不容易造成解耦影响。反之在中速和快速扩张脊附近，洋壳的厚度不超过 7－8 公里，这可能是因为热点产生的剩余岩浆较难在该区域的较弱岩石圈上增生，而且快速中脊下较宽的上地幔熔融区对地幔异常块体可能造成较强的解耦影响。随着地壳年龄的增加以及岩石圈的增厚，厚地壳区开始在原来为中速和快速扩张率的洋盆出现率的洋盆出现，并且在 40－50 百万年以及 70－80 百万年等多个地质时期出现峰值。这些特性可以直接反映地幔熔融异常与大洋岩石圈的互动关系。因此新建的全球大洋重力地壳模型可以与地球化学等资料相结合，用来研究大洋地壳的地球化学特征、洋中脊的地壳增生规律、地幔热点与大洋岩石圈的相互作用、以及洋底的热与地球化学通量等科学问题。

S24-O-09

南海及周边俯冲系统地幔演化三维模拟研究

周志远 [1]，林间 [1,2]*

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 美国伍兹霍尔海洋研究所，伍兹霍尔 02543

* jlin@whoi.edu

南海及邻近海盆受多个俯冲带的包围。在西边苏门达腊俯冲带的俯冲物质在地幔深度可能已经到达南海的边缘；在南边爪哇俯冲带向北俯冲同样可能在一定深度进入南海底下；在东边菲律宾与马尼拉俯冲带正分别从两方向俯冲到菲律宾岛弧与吕宋海峡下；在东南边较短的俯冲带也直接与周边海盆群的演化有关。同时在北边研究人员也提出在地质时代上有古南海向北俯冲。因此，为了进一步了解南海的构造与岩浆演化及深部结构，需要了解南海与周边俯冲带的关系。

近年来，随着三维地球动力学模拟手段以及计算机能力的发展，模拟全球地幔结构随地质时间尺度的三维演化过程已成为可能。本文首先利用板块重构软件 GPlates 计算 100 Ma 以来全球板块的运动速度。其次，以该板块运动速度作为三维球谐模型的表面速度边界，借助 ASPECT 三维模拟平台，在物质与能量守恒的基础上，构建在全球框架下南海及周边俯冲系统的三维动力学演化模型，模拟随时间演化的地幔温度、粘度、岩石圈厚度、流变性质等地球物理参数，再通过将三维动力学模拟结果与现有观测数据对比，定量化地反演出研究区的最佳地幔参数模型。

南海及周边俯冲系统 100 Ma 以来的三维地幔演化模型初步结果表明，南海周边俯冲带从早期的“L”型逐步演化至现今的“U”型环形俯冲带。约 55 Ma 俯冲到欧亚大陆的伊邪那岐（Izanagi）板块对中国东部及南海海盆的地幔结构具有深远的影响。尽管南海海盆已于 15-16 Ma 停止扩张，但南海及邻近海盆下的地幔对流与演化继续受到周边俯冲系统的影响。

S24-O-10

南海的地球动力学过程：来自地球物理和地球化学的约束

张旭博 [1]，林间 [1,2,3]*，Mark Behn[2]

1 同济大学海洋学院，上海 200092

2 美国伍兹霍尔海洋研究所，伍兹霍尔 02543

3 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

* jlin@whoi.edu

南海的地球物理（地形，重力，地壳厚度）和地球化学数据（主量元素，微量元素）显示东部次海盆和西南次海盆存在系统性的差异。地球物理数据显示相较于西南次海盆，东部次海盆水深较浅，热流较大。东部次海盆的平均地壳厚度为 7.9 km，而西南次海盆的平均地壳厚度为 6.7 km。地球化学数据显示东部次海盆 $Na_{8.0}$ 的平均值为 3.1，而

西南次海盆 $Na_{8.0}$ 的平均值为 2.7。微量元素显示东部次海盆具有 N-MORB 和 E-MORB 特征，而西南次海盆只具有 E-MORB 特征（Zhang et al., 2018）。

基于 2D 的洋中脊地幔速度场和温度场模型，我们利用 BG15 熔融模型系统分析了地幔温度，扩张速率，地幔成分对地壳厚度和岩浆主量元素的影响。地幔温度对地壳厚度的影响最大。扩张速率小于 3 cm/yr 时，地壳厚度会受到扩张速率的显著影响。$Na_{8.0}$ 随着地幔温度的增加而减小。地幔组分为亏损地幔，地幔温度为 1375 ^{o}C 时，模型结果只能很好的拟合西南次海盆的地壳厚度和 $Na_{8.0}$，表明东部海盆和西南海盆具有不同的地幔源区。

S24-O-11

南海西北次海盆地球物理特征及其构造意义

徐行 [1]*，姚永坚 [1]，李淑玲 [2]，汪俊 [1]，姚伯初 [1]，王利杰 [3]

1 广州海洋地质调查局，广州 510760

2 中国地质大学（北京），北京 100083

3 中科院南海海洋研究所，广州 510301

* gz_xuxing@163.com

南海西北次海盆是南海三个次级海盆中面积中最小的一个构造单元，其形成演化过程是南海生命史的重要一幕。深入分析南海西北次海盆及其邻域的地球物理特征，有助于全面、准确地认识其构造特征和地质意义。本文基于广州海洋地质调查局近年获得的大量高精度地形地貌、地震、重力、磁力和地热流探测等数据，利用资料处理的新技术新方法、多手段数据融合，结合南海大洋钻探成果，得到了以下新认识：（1）全覆盖高精度的多波束声呐测深数据，刻画西北次海盆是一个主构造方向呈 NE 向的三角形海盆，两侧最大的宽度约 140 公里；该海盆地势平坦，自西南向东北缓慢变深，水深 3300-3800 米；双峰海山沿着 NE 方向展布，发育西南和西北两个峰，其中西南峰海山规模小，山顶与周围的高差约为 650 米，东北峰海山规模大，山顶与周围的高差约为 1300 米。（2）结合 IODP367/368 航次中的 U1502 井钻井约束，对比解释跨越西北次海盆 NW-SW 向多道地震剖面，结果显示从陆坡向海盆方向即由陆壳向洋壳过渡，T7 区域不整合面逐渐与 T6 界面重合。跨越西北次海盆与东部次海盆 NE-SW 向多道地震剖面解释结果，两者基底之上的新生代地层存在明显的差异，东部次海盆多发育一套 T6-T7 地层，且西北次海盆洋壳的面积小，基底构造走向与该海盆的方向基本一致。（3）在地震测深资料约束下的重力壳幔结构反演，揭示了该海盆莫霍面顶面起伏呈一定规律变化，地壳厚度从西南往东北逐渐变薄，部分区段存在厚度的突变带，海盆两侧边界差异性大，这为西北次海盆分段和洋陆边界（OCB）的确定提供了证据。（4）磁测数据处理表明，西北次海盆内的磁异常主要分为二组。一是在海盆内洋壳出露的区域存在着清晰 NE-SW 向的线性磁异常条带；二是海盆西侧和北侧高磁异常区为后期岩浆活动所致。（5）西北次盆地地热流探测剖面成果分析，该海盆内测点的热流值明显要高于共轭陆缘两侧的热流值。在剔除局部表层流体干扰大的数据后，推算该海盆的扩张年龄约 27-24Ma。

综上所述，西北次海盆是南海海盆第二次海底扩张的产物，其形成演化的驱动力与西南次海盆一致，但两个次海盆形成的时间有差异，西北次海盆由于受到南海北部的制约，在扩张早期已夭折，而西南次海盆诞生于扩张的晚期，它们在构造走向和结构上具有很强的相似性。

S24-O-12

三维海底地震仪深地震探测在南海的应用与挑战

赵明辉 [1]*，杜峰 [1, 3]，王强 [1, 3]，丘学林 [1,3]，孙龙涛 [1]，张洁 [2]，夏少红 [1]，范朝焰 [1]

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
3 中国科学院大学，北京 100049
* mhzhao@scsio.ac.cn

海底地震仪（OBS）深地震探测在南海的实施，获得南海共轭边缘以及深海盆残留扩张脊的地震速度展布特征及构造样式信息，极大地推动了对南海形成演化模式的认识。OBS 探测技术逐步从南海的二维深地震探测、发展到三维深地震探测，标志着南海深地震探测进入一个新的历史阶段；与此同时，探测结果为南海张裂过程、洋壳形成、岩浆活动等理论概念带来了新的认识突破。西南次海盆探测结果揭示了横跨残留扩张脊两侧洋壳不对称增生的速度结构特征。东部次海盆的三维深地震探测与研究，获得了研究区三维空间变化的速度结构，定义了 4 种洋壳类型，珍贝-黄岩海山链是在海盆停止扩张后 6–10 Ma 岩浆活动形成的，可能是由于海南地幔柱活动影响，通过浮力上涌减压融熔机制，岩浆沿着先存的构造薄弱带上涌形成。南海东北部东沙隆起区三维 OBS 探测与研究，阐明了张裂期后的岩浆活动及其上涌通道。南海东北部马尼拉俯冲带三维 OBS 探测与研究，揭示了南海东北部是受到张裂期后岩浆活动影响的减薄陆壳，以及其与马尼拉俯冲板片的构造关系，地壳厚度 12-15 km，下地壳底部存在高速层。以上述成功案例为基础，即将在 IODP367-368 钻探区实施的三维 OBS 探测，以建立南海洋陆转换带（COT）张裂-破裂机制模型为科学目标，将结合最新 IODP 结果，实现深部与浅部相互约束与印证。能否获得精细的三维岩石圈结构？能否有效区分蛇纹石化地幔出露或者中/下地壳出露？以及是否存在下地壳高速层？是今后三维深地震探测面临的最大科学挑战。二维/三维 OBS 联合探测方法在解决南海各向异性、岩浆活动、形成演化等深部动力学机制方面将继续发挥着不可替代的作用。

S24-O-13

南海南缘构造与南海扩张

李学杰*，姚永坚，王哲

广州海洋地质调查局，广州 510760
* xuejieli@yeah.net

南海海盆形成与演化是西太平洋边缘新生代重大构造事件，对其成因，许多学者提出了不同的模式，其中影响最广泛的有挤出逃逸模式和古南海俯冲拖曳模式。前者认为南海的张开是印度－欧亚碰撞，印支地块红河断裂往东南挤出逃逸的结果；而后者则认为南海的张开是古南海洋壳俯冲过程中板片拖曳作用所致。

随着近年研究的深入，发现挤出模型许多与实际不符，如扩张时间不吻合、南海西缘不是自由边界、南海的扩张是从东部而不是西部开始等。显然印支地块挤出不是南海扩张的主要原因。因此对古南海拖曳模型更加关注。

古南海拖曳模型的关键是南海南缘构造，包括婆罗洲至巴拉望。重要证据包括婆罗洲北部锡布（Sibu）带以及沿其南缘卢帕尔线分布的蛇绿岩。

锡布带由高度变形和浅变质晚白垩世－始新世 Rajang 群等深海沉积组成，被解释为古南海沿卢帕尔线往南形成的增生楔。Rajang 群顶部不整合时间约 43Ma，从西往东变新，称为沙捞越造山。那么古南海的俯冲时间与南海扩张并不吻合，不能支持南海扩张，但与陆缘盆地发育的重要界面 T8 吻合，南海南部称为西卫运动，北部珠－琼运动。

43 Ma 前后是重要的区域构造重组时期，事件包括太平洋往欧亚俯冲方向的改变、澳大利亚板块开始快速往北运动、西里伯斯海打开等，看来南海构造事件是区域构造的综合结果。

现今南海处于西太平洋边缘的转折部位，其北部为北东向典型的沟－弧－盆体系，成因争议不大；往南为北北西向排列的南海－苏禄海－苏拉威西海，周围环境复杂，成因争议很大。因此理清周边构造成为认识南海成因的关键。

S24-O-14

南海扩张期末地幔柱-洋中脊相互作用：来自洋中脊玄武岩中的橄榄石结晶温度的证据

杨帆[1,2]*，黄小龙[1]，徐义刚[1]，贺鹏丽[1]

1 中国科学院广州地球化学研究所，同位素地球化学国家重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100049

* yangfan@gig.ac.cn

南海经历并保留了完整的威尔逊旋回，已经成为研究板块构造理论、揭示陆地如何转换成海洋的动力学过程的重要窗口之一。南海打开的动力学机制数十年来备受争议，其中，了解地幔柱活动是否导致了南海的打开以及在南海扩张期是否存在地幔柱的叠加作用是理解南海打开机制及扩张过程的重要研究方向。但由于南海已经停止扩张活动，地球物理无法给出限制；海底样品受限，地球化学也没能有效发挥作用。

本研究对 IODP 349 航次获得的中央海盆玄武岩玻璃进行原位成分分析，根据橄榄石–尖晶石矿物 Al 温度计获得了橄榄石的结晶温度，通过橄榄石液相线以及橄榄石分离结晶反演估计原始橄榄石的结晶温度远高于全球 MORB 而与冰岛、夏威夷等地幔柱活动地区的橄榄石结晶温度相当。由于橄榄石最高结晶温度反映的是其地幔潜能温度的下限值，并且全球不同地区潜能温度与其橄榄石最高结晶温度呈正相关关系，所以南海在~16 Ma 应该存在地幔热异常，意味着存在地幔柱活动对南海在扩张期末的叠加作用。该推断也符合前人对南海扩张期末 MORB 中富集的 Sr-Nd-Pb-Hf 同位素组成所指示的存在大量再循环组分的论断相一致。但是，由于在南海地形上不存在地幔柱–洋脊相互作用的直接证据（海山链等），所以与南海叠加的地幔柱可能不是典型的热地幔柱。本研究结果尚不足以论证南海的打开与地幔柱活动是否有关，但是，揭示了出地幔柱活动对南海演化的可能存在深远影响。

S24-O-15

南海洋陆过渡带绿片岩的矿物组成及结构特征

孙李恒*，孙珍

中国科学院南海海洋研究所，广州 255000

* sunliheng2014@163.com

本文对南海洋陆过渡带大洋钻探获得的 20 块绿片岩样品进行了岩石学、岩石地球化学以及矿物化学成分的分析，目的是研究南海洋陆过渡带绿片岩的矿物组成及结构特征。研究结果表明：绿片岩变质矿物组合为斜长石+绿泥石+绿帘石+石英，显示低绿片岩相；含有 10—20%的砾石组分，砾石种类复杂，包括陆源的长英质砾石和基性火成岩砾石；结合岩石学、地球化学和矿物化学成分，判断其原岩为火山沉积岩类；绿片岩记录了三期构造运动，分别为：脆性变形阶段、韧性变形阶段和脆性变形阶段，韧性变形导致了高角度糜棱面理广泛发育，运动属性为正断层，与区域构造特征相吻合，其成因可能与新生代伸展构造有关。

Mineral composition and structural characteristics of greenschist in the Continent-Ocean transition zone of north China sea

To study the mineral composition and structural characteristics of the greenschist in the Continent-Ocean transitional zone of South China Sea, this paper conducted analyse on the petrologic, geochemical characristics as well as chemical composition of minerals of 20 greenschist samples collected from the study area. There are several key points can be concluded through the study: The

metamorphic mineral assemblage of greenschist in study area is plagioclase + chlorite + epidolite + quartz, which belongs to the low-grade greenschist. The rock contains 10% to 20% gravel components with complex types, which include terrigenous felsic rocks and basic igneous rocks. A synthetical analyses of petrologic and geochemical features, combined with chemical composition of the minerals, suggests that the protolithes of these greenschist are volcanic sedimentary rocks. The greenschist have recorded three stages of tectonic movements, which are respectively, the brittle deformation, the ductile deformation and another brittle deformation stage. Among them, the ductile deformation led to an extensive development of high-angle mylonite foliations. And being consistent with regional structure feature, it belongs to normal faults, which may be caused by Cenozoic extension activities.

S24-O-16

Integrated geophysical-petrological model of the lithospheric structure in the southwestern sub-basin, South China Sea

Wentao Zhang[1,2], Hehua Xu[1]*

1 Key Laboratory of Ocean and Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

* xhhcn@scsio.ac.cn

We apply an integrated geophysical-petrological methodology to study the thermal, compositional, density and seismological structure of the crust and upper mantle along transects crossing the southwestern sub-basin (SWSB) and its north and south margins. Results on the crustal thickness show minimum values beneath the SWSB (6–8 km), and maximum values beneath the Qiongdongnan Basin (20–23 km), in agreement with OBS2011-3. Results show the bottom of lithosphere is almost flat and the thickness of lithosphere is ~70 km thick along the profile. The best fit model of seismic velocities (Vp, Vs) and densities shows lateral changes in the lithospheric mantle composition. Our results are compatible with Phanerozoic peridotitic mantle compositions in lithospheric mantle beneath the transects, and with a more depleted Phanerozoic type mantle composition below the SWSB.

S24-O-17

南沙西南部下地壳高速层成因

李凯[1,2]，沈传波[1,2]*，谢晓军[3]，赵志刚[3]，彭希[1,2]，周延冰[1,2]

1 中国地质大学 构造与油气资源教育部重点实验室，武汉 430074

2 中国地质大学 资源学院，武汉 430074

3 中海油研究总院，北京 100028

* cugshen@126.com

南海东北部具有少量的火山活动，在下地壳至地幔间可以识别出高速层结构（Yan et al.，2001； Wang et al.，2006；卫小冬等，2011；Lester et al.，2014；李亚清等，2017；Wan et al.，2017）。下地壳高速层是指与一般地壳结构相比，下地壳有一纵波波速达7.2km•s^{-1}的反射层（Franke，2013）。对于正常地壳结构，下地壳到地幔纵波波速直接从7.0 km•s^{-1}跳跃到8.0 km•s^{-1}左右（刘安等，2008）。当前关于南海南部深部结构的研究主要集中于海底地震仪 P 波速度模型反演（丘学林等，2011；阮爱国等，2011；Pichot et al.，2014）、深地震剖面解释（丁

巍伟和李家彪，2011；赵长煜，2011）以及重力反演（程子华等，2011）等方面。Pichot 等（2014）认为南海南部陆缘可能存在下地壳高速层。然而对于高速层的成因国际上争论主要有三种观点；古太平洋俯冲（Wan et al.，2017）；岩浆底侵（Kido et al.，2001；Yan et al.，2001；刘安等，2008；李亚清等，2017）以及上地幔蛇纹石化（Franke et al.，2011）。高速层成因限制了对南海深部结构、构造演化以及南海完整演化历史的认识。

本次研究选取位于南沙西南部的南薇西盆地、礼乐盆地和南沙海槽盆地地区。对沿 NW—SE 向穿越研究区的 L1 测线进行重震联合反演；分析南沙西南部地壳深部结构特点，从伸展因子、现今高速层的温度以及火山活动等方面探讨下地壳高速层的成因。

南薇西盆地和礼乐盆地地区伸展因子 1.5 ~ 4，未达到蛇纹石发育条件；南沙海槽区伸展因子大，最大达 11.2，海水可通过深大断裂下渗与橄榄岩反应生成蛇纹石，高速层处温度低于蛇纹石稳定温度；通过地震剖面确定火山在南海停止扩张之后形成。研究认为，南沙西南部高速层按成因分两类，南薇西盆地和礼乐盆地区为南海扩张停止后火山喷发残余的岩浆；而南沙海槽盆地区为早期橄榄岩的蛇纹石化与南海停止扩张后岩浆的混合体。

S24-O-18

基于重力异常的断裂属性综合剖面图

赵俊峰 [1,2]*

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

* zjf@scsio.ac.cn

断裂属性一般包括断裂的下延深度、倾角变化及上下盘密度差等信息。对于它的研究，最常见的方法是在一条人工地震剖面上根据反射强度及相位变化勾画出断裂形态，得出断裂延深、视倾角及相对密度并据此推测断裂类型及其构造意义。地震作业的高昂成本决定了穿越一条断裂的地震剖面不可能太多，因此，我们不得不用为数不多的几个交点的断裂情况来代表整条断裂的属性。很显然，这对于一些具有重要构造意义的深大断裂是不够的，它们动辄延伸几百乃至上千公里，仅靠它们与地震剖面的有限的几个点的情况是无法反映断裂全貌的，很容易陷入以偏概全的误区。

小波变换是进行断裂分析十分有效的工具，在时间域和频率域都具有良好的局部化特性，同时有变焦特性。通过对自由空间重力异常数据进行多尺度分解，我们可以得到其模极值轴线，代表其向深部延伸的空间特征。但该方法极值的选择涉及阈值的选取，很可能丢失小波系数中那些没有达到阈值条件的有用信息，为此，刁博（2009,2010）提出了复小波变换系数模量化编码方法，该方法将所有尺度的系数模采用统一极值的量化编码，有效保留了所有可能的有用信息，可以有效的获得断裂的延深、相对倾角及相对密度差等信息。

基于上述方法，我们以南海的中南礼乐断裂为例，通过公开发表的重力 1′x 1 网格数据提取一系列经过此断裂的重力剖面，间隔为 1′，分别计算得到它们与中南-礼乐断裂断裂交点处的空间展布特征，而后将这一系列交点的结果做成一条可以完整反映其空间展布特征的综合剖面，即断裂属性综合剖面图，其横坐标为沿剖面的距离（km），纵坐标为延深、倾角、密度差，其中延深由系数模极值的最大尺度决定，反映断裂的下延深度；倾角用归一化数值表示，正负反映倾角方向，数值反映倾角大小；密度差用归一化数值表示，正负反映断裂两盘的密度关系，数值反映差值大小。

本方法可以在某种程度上只依赖重力异常数据就勾画出地震剖面才能实现的断裂属性，包括延深、倾角，还可以得到一般地震剖面不易实现的密度差属性，并且将整条断裂任意点的断裂属性综合直观的展示出来，目的是研究整条断裂属性是否存在分段的变化。

S24-P-01

南海南部陆缘地壳结构横向差异性：综合地球物理证据

邱宁[1,3]*，姚永坚[2]，张江阳[1]，孙珍[1]，王利杰[1]，徐东海[1]

1 中国科学院南海海洋研究所，中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 广州海洋地质调查局，国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510760

3 Department of Earth and Atmospheric Sciences，University of Houston，Texas 77204-5008，USA

* nqiu@uh.edu

南海作为太平洋西部一个特殊的边缘海，构造环境特别，演化过程复杂，构成了丰富的地质构造现象。前人研究表明，南海在新生代期间经历共轭陆缘扩张，其陆缘地壳结构及构造特征蕴含南海海底扩张和形成演化过程重要信息。特别是南海东南部海域构造及沉积环境复杂，礁体发育等因素导致目前对地壳深部结构研究存在难度。近年来，有不少调查在南海东南部开展，断裂构造主要为 NE 和 NW 向，但该区整体研究水平依然不太高，仅有不多的钻井资料都集中在巴拉望岛的近岸附近。以往的调查大多是针对浅部构造和盆地地层结构构造和油气资源、大范围区域地质编图等，而对深部结构了解也主要是参考为数较少的海底地震（OBS），导致目前对深部地壳结构研究不够系统和深入，缺乏从构造分区和深部结构在横向差异性上进行分析，制约了对南海共轭陆缘对比和海底扩张的准确认识。因此，我们通过对新采集和重处理的多道地震剖面解释，结合附近钻井，拖网资料、海底地震(OBS)测线的速度结构等资料，对深部结构和界面解释进行约束，开展重震联合反演，以及上下和全地壳厚度、拉伸因子比较，分析南海东南部的地壳密度空间分布特征，以及东西部深部结构差异性，为认识南海“张裂-破裂-漂移-停止”过程的东西穿时演化特点以及南北共轭规律提供帮助。

通过对穿越南海东南部陆缘的综合地球物理剖面模拟解释，以及地壳厚度和拉张因子的计算，我们主要得到以下认识：

(1) 南海西南次海盆和中央海盆南部陆缘的地壳结构存在东西差异中央海盆上下地壳厚度相差不大，地壳厚度由陆向洋缓慢减薄，发育宽阔的颈缩带（~140km）。其中全地壳的拉张因子；而西南次海盆下地壳厚度明显小于上地壳厚度。地壳厚度由陆向洋迅速减薄，发育狭窄的颈缩带（~50km）。我们推测可能与中央海盆和西南次海盆地壳初始流变结构不同有关：

(2) 西南和中央海盆南部陆缘的上下地壳和全地壳的拉张因子存在差别，反映出拉张模式不仅纵向非均一，而且横向也存在差异。我们推测南海中央海盆和西南次海盆在张裂期受到拉张时，不仅下地壳的初始强度不同，地壳的拉伸量也不同。特别是下地壳：西南次海盆下地壳的拉伸程度远远高于中央海盆。

(3) 礼乐断裂为一条延伸至莫霍面的深大走滑断裂，其走向沿着礼乐地块与郑和地块的边界，由北部的近 NS 向向南变为 NE-SW 向，控制了两个地块的在南海扩张时期的相对运动。

(4) 南海西南次海盆和东部海盆之间不只一条转换断层分隔，可能由两条或条转换断层形成的转化带分隔开来。通过综合分析反演结果和平面布格重力异常水平梯度的特征，我们认为西南次海盆与东部海盆之间的转换并非通过一条转换断层，而通过是两条或者多条转换断层来协调两个海盆的运动。

S24-P-02

南海西南次海盆后扩张期岩浆活动

张洁，李家彪*，阮爱国，丁巍伟，于志腾

国家海洋局第二海洋研究所国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* jblir@sio.org.cn

后扩张期的岩浆活动普遍存在于南海区域，影响了包括南海北部陆缘（如珠江口盆地、北部湾、雷琼半岛等）、印支半岛、南海南部陆缘（如礼乐滩）、吕宋岛弧和南海海盆等众多区域（Tu et al., 1992; Zhou et al., 2005; Yan et al., 2006; Yan et al., 2014）。海山作为后扩张期岩浆活动的产物，隐藏大量岩浆活动的重要信息，作为透视深部地球的窗口，有助于揭示不同的深部地球过程（Contreras et al.，2003）。在南海海盆内，后扩张期的海山主要分布于东部次海盆和西南次海盆北部。目前针对这些海山的研究大多集中于岩石地球化学特征、年代学特征、重磁特征等方面(如 Wang et al., 1985; Pautot et al, 1990; Li et al., 1991; Tu et al. 1992; Yan et al., 2008a, 2008b; Wang et al., 2009; Yan et al., 2014)），海山内部结构的揭示相对较少（Zhao et al., 2018）。

因此本文基于 2010 年南海西南次海盆所采集的 OBS 数据，从速度结构的角度出发，以西南次海盆轴部海山为切入点，探讨海盆扩张期后的岩浆活动。结果表明轴部海山是岩浆喷发占主导的海山，海山顶部低速的层2是由于火山碎屑岩的堆积和大孔隙度玄武岩的存在所造成的。纵波速度结构表明海山下无高速异常，不存在明显的山根。与东部次海盆后扩张期海山相比，海山整体的速度相近，但在许多细节特征上存在差异，如层 2 和层 3 的厚度、速度等值线的形态、海山山根等。西南次海盆和东部次海盆后扩张期海山特征差异的存在可能指示了其不同的动力学机制以及不同的形成环境等。

S24-P-03S

通过被动源 OBS 实验研究 2012 年东印度洋走滑大地震地区板内小地震特征

郭来银 [1]，林间 [1,2]*，杨宏峰 [3]

1 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

2 美国伍兹霍尔海洋研究所，伍兹霍尔 02543

3 香港中文大学理学院地球系统科学课程，香港 999077

* jlin@whoi.edu

The 11 April 2012 Mw8.6 earthquake off the coast of Sumatra in the eastern Indian Ocean was the largest strike-slip earthquake ever recorded. The 2012 mainshock and its aftershock sequences were associated with complex slip partitioning and earthquake interactions of an oblique convergent system, in a new plate boundary zone between the Indian and Australian plates. The detail processes of the earthquake interactions and correlation with seafloor geological structure, however, are still poorly known. During March and April of 2017 and 2018, an array of broadband OBS (ocean bottom seismometer) were deployed, for the first time, near the epicenter region of the 2012 earthquake sequence. During post expedition data processing, we identified ~70 global earthquakes from the National Earthquake Information Center (NEIC) catalog that occurred during our OBS deployment period. We then picked P and S waves in the seismic records and analyzed their arrival times. We further identified and analyzed multiple local earthquakes and examined their relationship to the observed seafloor structure (fracture zones, seafloor faults, etc.) and the state of stresses in this region of the eastern Indian Ocean. The ongoing analyses of the data obtained from this unique seismic experiment are expected to provide important constraints on the large scale intraplate deformation in this part of the eastern Indian Ocean.

S24-P-04S

东印度洋盆自 120 Ma 以来的演化：凯尔盖朗热点对洋壳产出的影响

罗怡鸣 [1,3]，林间 [1,2]*，周志远 [1]

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室(南海海洋研究所)，广州 510301
2 美国伍兹霍尔海洋研究所，伍兹霍尔 02543
3 中国科学院大学，北京 100049
* jlin@whoi.edu

印度洋具有众多地幔热点，岩浆输出强烈。重力反演获得的海洋地壳厚度模型显示，印度洋平均地壳厚度为 7.65 千米，按地壳厚度的正态分布可分为三类：较薄地壳（小于 5.9 千米）；正常地壳（5.9-9.4 千米）与较厚地壳（大于 9.4 千米）。厚地壳约占印度洋地壳总面积的三分之一（34.27%），体积约占印度洋地壳总体积的二分之一（48.55%）。其中，凯尔盖朗洋底高原（Kerguelen Plateau），布罗肯海岭（Broken Ridge）以及九十度东海岭（Ninety East Ridge）是东印度洋最显著的厚地壳区。假定其过剩地壳（地壳厚度超出 7.65 千米的部分）的岩浆来源于凯尔盖朗地幔热点，定量分析能显示凯尔盖朗热点岩浆作用对东印度洋盆地壳的贡献与影响。分析结果表明，凯尔盖朗洋底高原-布罗肯海岭-九十度东海岭的过剩地壳体积约 $2.7x10^7$ 立方千米，占东印度洋地壳总体积的 8.72%，反映了凯尔盖朗热点岩浆输出量大，对塑造东印度洋地形特征与地壳构造起重要控制作用。我们采用“移动热点”参考系（global moving hot spot reference frame-GMHRF）的欧拉极参数，重构了东印度洋盆地壳厚度自 120 Ma 以来的演化，确定了凯尔盖朗热点与洋中脊相对距离的变化。分析结果表明，洋中脊可能放大了热点的岩浆效应，因而影响洋中脊地壳产出的时空变化。

S24-P-05S

南海与马里亚纳海沟的海底背景噪音互相关特性对比

田晋雨 [1]，林间 [1,2,3]*，徐敏 [3]，姚华建 [4]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 美国伍兹霍尔海洋研究所，伍兹霍尔 02543
3 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，中科院南海海洋研究所，广州 510301
4 中国科学技术大学地空学院，合肥 230026
* jlin@whoi.edu

海底地震仪（Ocean Bottom Seismometer，简称 OBS)是将携带检波器的仓球直接投置在海底的地震观测系统，其记录的震相走时与波形是我们研究地球内部结构的重要手段之一。OBS 数据记录的精度除了跟检波器自身频带范围相关，还与其投放位置，时钟精度息息相关，这些都将影响地震定位以及地震波速度层析成像结果的精确性。OBS 与陆地地震台站不同，它只能通过仪器投放前和回收时进行 GPS 时钟同步对比，因此需要对 OBS 进行时钟漂移校正。由于时钟漂移不一定是线性的，因此不能简单的通过投放与回收前后的同步误差进行校正。近年来，基于 OBS 记录的背景噪音互相关方法被广泛运用于 OBS 时钟漂移校正。该方法通过不同 OBS 之间进行噪音互相关计算，根据噪音互相关函数（Normalized Cross Correlation Function，NCCF）的时间对称性来判断时钟漂移。但海底下介质物理性质的变化和噪音源空间分布随时间的变化也会影响 NCCF 的时间对称性，因此该方法应用到不同区域的数据上时分辨率会有所不同。本文利用该方法分别研究了垂直于马里亚纳海沟布置的 OBS 数据（2016.12-2017.6）和沿南海西南次海盆残余洋中脊布置的 OBS 数据（2017.6-2017.10）。研究结果显示在马里亚纳海沟的 NCCF 可以清晰的判断时间对称性，因此可以进行时差拾取与钟漂校正。在南海西南次海盆观测到的 NCCF 结果较为复杂，目前正在研究其成因包括海底噪音源的特征。

S24-P-06S

慢速-超慢速扩张脊洋壳增生的时空变化特征

查财财[1]，林间[1,2]*

1 中科院南海海洋研究所，边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 伍兹霍尔海洋研究所，地质与地球物理系，伍兹霍尔 MA 02543

* jlin@whoi.edu

本文对比研究了超慢速扩张的西南印度洋脊 16º25′E 区域、慢速扩张的大西洋洋中脊 24º27′N 和 28º32′N 区域，分析了这些区域的多波束水深、重力异常以及地磁异常数据，定量化地表述慢速-超慢速洋壳的时空变化特征。我们首先计算了剩余地幔布格重力异常（RMBA）：从自由空气重力异常中减去海水/洋壳界面、参考地壳模型的洋壳/地幔界面以及参考地幔模型的板块冷却的重力效应。然后用 RMBA 计算了相对应的洋壳厚度变化的模型。洋脊段（segments）之间的不连续带（discontinuities）以及岩浆供应较少的时期常对应于较薄洋壳，而岩浆供应较多的时期则对应于较厚的洋壳。本文定量化地分析了洋壳厚度在平行和垂直于脊轴两个方向上的变化梯度。研究发现在三个研究区域内，平行于脊轴方向的空间变化梯度在整体上要大于垂直于脊轴方向的变化，但超慢速西南印度洋脊在两个方向上的差异相对较小。区域比较的结果显示，西南印度洋脊在两个方向上的空间变化梯度的平均值要大于大西洋中脊的两个区域。此外，研究还发现垂直于脊轴方向的洋壳厚度变化的时间梯度的平均值均接近一常值（约为 0.6 km/Ma）。以上结果表明在慢速-超慢速洋中脊，洋壳三维增生模式可能受控于扩张速率、岩浆供应量以及洋脊分段稳定性等多种地质因素。

S24-P-07

南海中央海盆岩浆岩分布及其构造意义

邱燕[1]*，黄文凯[1]，彭学超[1]，王英民[2]，高红芳[1]，杜文波[1]

1 广州海洋地质调查局，广州 510075

2 浙江大学海洋学院，舟山 316000

* zqiuyan60@163.com

南海中央海盆发育的众多海山是海盆扩张停止后岩浆喷发活动的显著反映。但是海盆的岩浆活动远不是这些海山可以囊括的，在海盆中的沉积层内部还分布着比出露海底要丰富得多的岩浆岩体。按岩浆岩的分类它们应属于基性浅层侵入岩，即辉绿岩。识别海底扩张期后岩浆活动的实例有：（1）从剖面中认识似基底反射的岩浆岩体刺穿 6.5Ma 之前的沉积层反射同相轴，岩浆岩体明显截断了 10.5Ma 和 7.5Ma 地层的反射同相轴，导致地震沉积相呈杂乱反射；（2）地震剖面显示 1.6Ma 以来岩浆活动形成的浅层侵入活动导致上覆所有沉积层隆起变形。

南海中央海盆发育因海底扩张而形成的新生代洋壳已是不争的事实。该中央海盆又可分为西北次海盆、东部次海盆和西南次海盆。研究证明，三个次海盆的扩张时间、扩张特征等均有差异，原因尚在探索中。需要重视的是，海盆扩张期后的岩浆活动更为频繁，而且其活动特征在三个次海盆中也颇为不同。

前人虽然发表了一些讨论出露海底的海山玄武岩的成果，但是迄今为止，分析海盆沉积层中的浅层基性侵入岩浆岩的成果却寥寥无几，利用南海海盆扩张期后的岩浆活动来探讨三个次海盆的扩张差异和原因更为罕见。本文通过解释南海目前已有的测网密度为 40×80km、由 6km 长电缆作业的 480 道叠加的多道地震剖面的地震相和沉积相，得出海盆扩张期后伴生沉积层发育的岩浆岩分布特征，结合海底玄武岩海山的分布，编制了中央海盆扩张期后岩浆岩分布图，并以此为依据分析各次海盆岩浆岩分布的差异性，进而讨论其与南海海盆扩张演化之关系，为进一步研究南海新生代海底扩张提供有力的佐证。

S24-P-08S

琼东南盆地中央坳陷带泥底辟构造发育特征及形成机制

王利杰[1,3]*，朱继田[2]，孙珍[1]，孙志鹏[2]，满晓[2]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524007

3 中国科学院大学，北京 100049

* ljwang@scsio.ac.cn

钻探表明沟源泥底辟/微裂隙是琼东南盆地中央坳陷带深水油气运聚成藏的有利通道。为进一步研究泥底辟构造对油气分布的控制，优选有利勘探区带，本文基于钻井和地震资料，通过反射特征、地震属性、速度分析等技术系统总结了琼东南盆地中央坳陷带泥底辟构造发育特征及分布规律。研究发现：泥底辟主要以浅埋高幅度中-弱能量为特征，表现为内部模糊反射、同相轴下拉、低速，中-低幅度顶部地层上拱和周围地层向上牵引现象，其形态单一，多为圆形或锥形。泥底辟构造沿中央坳陷带东南部斜坡、低凸起地层薄弱带和先存岩浆底辟呈NE-SW向带状分布，且往NE方向发育规模逐渐减小。结合构造沉降、沉积速率、陆架坡折演化、地层压力系统和区域应力场综合分析，研究认为泥底辟构造形成受控于以下四种因素的有机耦合：（1）以快速沉积巨厚欠压实泥岩为物质基础：中中新世末琼东南盆地开始加速沉降，有利海南岛和越南陆缘物质沿轴向快速注入，陆架坡折往盆地方向快速迁移，并在中央坳陷带西南部快速沉积了巨厚泥岩；（2）超压流体封存箱形成：裂陷结束后（23Ma）中央坳陷带西部断裂活动较弱，晚期快速沉积泥岩有利于坳陷内形成超压流体封存箱；（3）地层薄弱带：早期断裂和岩浆活动控制的凸起带为相对地层薄弱带，是超压流体泄压有利指向。（4）动力机制：晚中新世末，红河断裂系统应力场转变的远程效应为诱发了泥底辟的形成动力条件。

S24-P-09S

南海南部陆缘东南海域破裂/裂陷结束不整合面时空迁移规律及构造意义

王利杰[1,3]，姚永坚[2]*，孙珍[1]，李学杰[2]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 广州海洋地质调查局，广州 510760

3 中国科学院大学，北京 100049

* yjyaomail@163.com

与大西洋形成发生在大陆破裂的基础上不同，南海的形成演化发生在古太平洋（或古南海）的俯冲带上，并受到古南海向南侧加里曼丹岛下俯冲作用的影响。南海海盆磁异常条带分布揭示了南海多期次、沿不同方向的海底扩张过程，形成现今北部陆缘宽、南部陆缘窄的不对称大陆边缘。同样，深反射地震和OBS探测结果亦反应南海不对称的陆缘地壳结构，南海北部陆缘珠江口盆地深水区白云-荔湾凹陷存在4-8km下地壳高速体，而南海西部和南部陆缘的OBS探测中均未发现。南海两侧陆缘盆地构造-沉积响应对认识南海形成演化过程和共轭陆缘对比具有重要意义。研究表明南海北部陆缘盆地破裂不整合面呈现自东向西、由陆向洋不断迁移变新的穿时空现象，而靠近古南海俯冲拖曳作用一侧的南海南部陆缘经历了岩石圈破裂、地块漂移、古南海俯冲消亡、陆陆碰撞等更为丰富的构造演化过程，从而形成了一系列多属性并存、多期次叠合的新生代盆地群。由于地质演化过程复杂、资料分布不均，南海南部陆缘地层系统和主要构造变革面属性认识尚不清楚，尤其破裂/裂陷结束不整合面地质时代和意义存在诸多争议。本文在综合国内外地层划分方案的基础上，运用连井剖面对比、地震相类比，对该海域地震资料进行系统的构造-地层综

合解释，重点厘定了 T7（约 33-29Ma）、T6（25-23Ma）和 T5（20-16Ma）三个具有破裂/裂陷结束性质的不整合面。研究表明，T7 与南海岩石圈破裂事件相关的断坳转换面主要分布在乌鲁根以东的西北巴拉望盆地、礼乐滩和礼乐盆地南部凹陷区，其他区域为裂陷内不整合；西南巴拉望盆地生物地层约束显示 T6 不整合面时代为 25-23Ma，与洋脊跃迁事件有关，在西南巴拉望盆地具有断坳转换性质。该界面受南沙地块往巴拉望岛逆冲推覆，岩石圈挠曲变形改造，主要分布在礼乐盆地南部坳陷深洼区域，往安渡北盆地和南海海槽盆地该界面具有明显穿时现象，基本与 T5 界面重合，但构造意义由逆冲推覆挠曲变形面变为裂陷结束的断坳转换性质以及碰撞不整合性质，其他区域 T6 界面特征不明显；T5 界面在南沙东南海域广泛分布，在 Nido 灰岩连续分布区域为构造、沉积环境变革面。在西南巴拉望盆地-南沙海槽盆地为前陆沉积底界面，而在逆冲推覆体之下为上覆构造变形与裂陷和漂移期地层分界面。沿洋陆过渡带和中南-礼乐断裂带西南部，裂陷作用持续到南海扩张结束，约 16Ma，并以 T5 界面为断坳转换面。不同地质时代或不同构造事件形成的裂陷结束不整合面具有抬升剥蚀、断块掀斜、挠曲变形、拆离滑脱、沉积相突变等特征，以及东北早西南晚，靠陆早、近洋晚的带状时空迁移规律。结合南海构造演化、地层岩性和沉积环境变化分析破裂/裂陷结束不整合面的构造含义，认为其是南海岩石圈破裂、洋脊跃迁、挠曲前隆、陆陆碰撞、扩张停止等一系列构造事件在不同构造位置单次或多次叠加的构造-沉积响应，从而表现出与北部陆缘不对称、与磁条带异常不对应的现象。

S24-P-10S

南海北部地壳密度结构：来自约束的三维重力反演

李海龙[1]，吴招才[1]*，纪飞[1,2]，许明炬[1,3]

1 国家海洋局第二海洋研究所，国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

2 武汉大学，中国南极测绘研究中心，武汉 430079

3 浙江大学地球科学学院，杭州 310027

* wuzc@sio.org.cn

相比成本高昂、覆盖范围有限的地震探测，更具操作性的重力反演是获取区域地壳结构的便捷途径。本文采用 Li and Oldenburg (1996;1998) 的三维重磁反演算法，利用自由空间重力异常数据对南海北部地壳结构进行反演。

我们通过参考密度异常模型将海水和沉积层连同其下的岩石圈作为一个整体进行反演（特别是在沉积层和基底之间不设置“硬边界”），这与通常将海水和沉积层产生的重力异常去除而不纳入反演的做法有所不同。反演过程中，海水参考密度值为 1.03g/cm^3，而沉积物由于随深度而压实，其参考密度值随深度变化。沉积基底以下部分的参考密度也设置一个统一值。模型的每个单元都被分配一个允许的密度异常变化范围。背景密度、最大网格深度、拟合差和平滑长度比例等参数的选择密切影响反演结果的质量。我们通过多次测试反演获取了最佳的反演参数，使得反演得到的三维密度结构能够良好地重现观测重力异常。

在反演得到的三维密度结构中，我们定义-0.05 g/cm^3（相当于绝对密度 2.85 g/cm^3）和 0.15 g/cm^3（相当于绝对密度 3.05 g/cm^3）的密度异常等值面分别代表康氏面和 Moho 面，并与南海北部 14 条地震剖面确定的地壳结构具有很好的一致性。反演结果显示，南海北部由陆向洋方向，Moho 面抬升，全地壳厚度减薄。南海北部近岸大陆架、西沙和中沙地块的 Moho 深度大于 24km，全地壳厚度大于 20km，上、下地壳均厚于 10km。近岸陆架下地壳厚度大于 12km，比上地壳厚。西沙地块下地壳也比上地壳厚，但局部存在较厚的上地壳，厚于 13km。与之相反的是，中沙地块上地壳较厚。洋盆区域 Moho 深度约 15km，全地壳厚度约 10km。除洋盆东北部地壳较薄以外，大部分区域上、下地壳都厚于 5km，且上地壳较厚。存在几个上、

下地壳极度不均一的区域：台西南盆地南部凹陷、白云凹陷、西沙海槽和潮汕凹陷南部。前三者是下地壳较厚，占整个地壳的 60%以上，而潮汕凹陷南部却是上地壳较厚，占整个地壳的 80%以上。

本文得到的三维密度结构提供了 Moho 起伏、地壳厚度和地壳密度分布等信息，能为进一步分析南海北部的地壳结构和构造演化提供参考。

S24-P-11S

南海北部洋陆过渡带重磁异常及地壳减薄特征

吴招才 [1,2]*，李海龙 [1,2]，张家岭 [1,2]，高金耀 [1,2]，丁巍伟 [1,2]

1 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* wuzc@sio.org.cn

根据地震约束的重力异常反演的地壳厚度结果，17 km 和 9 km 的地壳等厚线限定了减薄陆壳与洋壳之间的过度减薄地壳范围。可以看到，在南海北部陆缘，自西侧的西沙海槽至东侧的台西南盆地，不同区域过度减薄地壳的宽度差异很大。在西沙海槽，两侧 17 km 等厚线限定的裂谷半宽度为 33 km，中部地壳厚度为 14 km；在西北次海盆对应的北部陆缘区域过度减薄地壳宽度为 55 km；在白云凹陷南侧的过度减薄地壳宽度加宽到 142 km，该区域盆地构造上主要对应荔湾凹陷；往东的东沙斜坡区域又变窄为 73 km，与西北次海盆北部陆缘的相近；在往东的台西南盆地至笔架海山区域，过度减薄地壳宽度又变宽至 224 km 这种由西往东不同区域过度减薄地壳宽度的宽窄变化，可能反映了在南海北部在张裂时，不同区域具有不同地壳结构，比如厚度、流变性差异等，导致在最终破裂时伸展宽度不同，也可能反映了南海北部陆缘最终破裂时间的由西往东的不同时性，设定以 10 mm/y 的伸展速率计算，西沙海槽、西北次海盆北部陆缘、荔湾凹陷的伸展时间依次相隔 1 My 和 2 My。

通过对船测磁异常的化极处理，可以看到，在海盆区，磁条带都对应着正磁异常带，如石申海山西侧的 11 号磁条带，IODP367 航次的 U1500 钻井也正好位于该磁条带上；另外，海山对磁条带异常形态改造很显著，如东部次海盆西侧的石星海山和宪北海山，西北次海盆的双峰海山等。海盆区磁异常另外一个特点是西北次海盆与东部次海盆磁异常明显不同，后者磁条带十分明显，且幅值很高，而前者不存在类似特征的磁条带异常，且整体上磁异常幅值偏低。与重力异常一样，两者在 116°E 处的特征分界十分明显。这表明中南断裂北延分割西北次海盆和东部次海盆在重、磁异常特征表现上是一致的。

Line04ec1555 地震剖面和空间重力和磁力异常，磁异常的综合剖面显示，整个过度减薄地壳（HTCC）区宽度约 140 km，自 30 km 处开始莫霍面往东南快速抬升，主要是上地壳急剧减薄，下地壳厚度变化不大；重力异常和磁力异常均变化平缓，在化极磁异常的平面图上，U1501、U1504 和 U1505 位于一个小的局部高磁异常周边，对应着地震剖面上 110 km 处的局部隆起。在 170 km 处是 COB，但磁异常变化不明显，第一个磁异常条带 C11 直到 190 km 处才出现，U1500 钻井恰好位于该磁条带上，钻遇的基底枕状玄武岩中泥质充填物钙质超微化石定年为 30 Ma 左右，与 C11 磁条带年龄相当。U1502 钻井位于 COB 北侧附近，距地震剖面约 10 km，化极磁异常图显示 U1502 钻井也位于小局部高磁异常上，其钻遇的基底为强烈热液蚀变的玄武岩，说明该处局部高磁异常与 U1505 的高磁异常不同，应该是地壳最终破裂后岩浆喷出但还未形成正常扩张的区域。IODP349 航次的 U1435 钻井年龄在 33 Ma，也是处于局部高磁异常上，因此两者可能具有相同的成因和年龄。

S25-O-01

综合 349 航次岩芯微构造和地球物理资料分析南海海盆扩张过程

孙珍[1]*，丁巍伟[2]，赵西西[3]，邱宁[1]，林间[1]，李春峰[4]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

3 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

4 浙江大学海洋学院，舟山 316021

* zhensun@scsio.ac.cn

南海（南海）的扩张历史一直存在争议。国际大洋发现计划（IODP）349 航次成功地在南海地区钻了 4 个站位，获得了关于扩张过程的关键信息。我们分析了 U1431,U1433,U1435 三个站位的玄武岩和固结沉积物样品中可识别的微结构（超过 300 个裂缝，岩脉和擦痕）。结合扩张结束后的火山作用，地震解释和震源机制，以及新的自由空气重力异常和磁异常资料，探索了南海最新的扩张历史。后扩张固结沉积物以 WNW 和近 EW 向剪切断裂为主，与扩张后火山作用的长轴方向分布一致，这表明与南海向吕宋弧的俯冲有关。玄武岩中的裂缝和岩脉走向与沉积岩不同，后者表现出明显的 NS 向岩脉和构造方向。对比南海海盆的磁异常条带，揭示东部次海盆最后期次的残留扩张脊可能与海山链的走向一致，这一点与主动源 OBS 探测结果一致，主动源 OBS 识别出火山链附近的上地壳中存在较低的 P 波速度，向南北两侧变薄消失。向西延伸，残留扩张脊走向变为 N60°E 左右，并通过南北走向的中南 – 礼乐断裂带（ZFZ）与西南次海盆残留扩张脊（SWRR）分隔。虽然这个构造事件持续了很短的时间，但 U1431 和 U1433 的微构造却准确记录了它。最晚一期扩张控制了 NS 向转换断层的形成和火山的爆发。这些结果解决了以前扩张方向（NW 向）与转换断层中央段走向（近南北向）不一致的问题，并首次揭示了该盆地最晚一期近 NS 扩张的存在。

S25-O-02

南海海盆洋壳内部结构及对洋壳增生过程的启示

丁巍伟[1]*，孙珍[2]，Kelsie Dadd[3]，方银霞[1]，李家彪[1]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

3 School of Geoscience, University of Sydney，NSW，2006，Australia

* jbli@sio.org.cn

大西洋型的海底扩张表现为稳定的扩张脊和两侧板块的对向漂移，但南海这种小洋盆的张开受制于周缘规模巨大的板块（如欧亚板块，印度-澳大利亚板块等），海盆的张开与大西洋相比具有两大特点，其一是扩张脊并不恒定，南部陆缘的南沙地块和礼乐地块向南漂移，而北部陆缘位置相对不动；其二是形成了“东宽西窄”的 V 字形的海盆。这种南北向、东西向的不对称性的机制一直研究的热点，也存在诸多争议（如 Zhou et al., 1995; Sun et al., 2009; Hayes and Nissen, 2005）。

通过地质与地球物理数据对南海海盆从陆缘到洋中脊的分段特征（纵向）进行解剖，获取南海海盆构造样式的空间变化规律。研究结果表明，南海扩张脊具有两次向南的跃迁，导致了南海洋脊南北两翼构造与岩浆活动的不对称性。

全球大洋洋壳内部普遍存在下地壳反射体（Lower Crustal Reflector，简称 LCR），这种 LCR 终止于莫霍面，倾向普遍朝向洋中脊，在洋中脊两侧形成对称结构，其形成与地幔运动速率和洋壳的运动速率存在差异，从而导致在莫霍面附近形成剪切带，并导致向洋轴倾向的 LCR 的形成。通过对南海东部次海盆多道地震数据所揭示的深部结构研究，发现洋壳内部存在两组具有倾向相对的 LCR，明显不同于一般洋壳所发现的倾向相同的 LCR。这些对倾的 LCR 在不同的地震剖面中均出现在相似的位置（相对于相同的磁异常条带），而且只是分布在较老的洋壳中，在海山分布较多、扩张后期岩浆

活动强烈的扩张脊附近区域很难识别。同时莫霍面也存在类似的特点，即在洋陆过渡带和较老洋壳中表现为清晰、连续的特征，而向残留扩张脊方向逐渐变得断续、模糊，并最终消失。

我们提出南海扩张脊两次向南跃迁导致两组对称 LCR 结构形成的新观点。第一次跃迁发在晚渐新世，洋盆刚开始扩张不久，扩张脊发生了向南约 20km 的跃迁，在洋盆北翼形成了第一个对称的 LCR 结构；第二次向南跃迁发生在 23.8Ma 左右，形成了第二个对称的 LCR 结构。扩张脊的跃迁与周期性的地幔活动导致上涌位置变化相关，而扩张脊的跃迁又会导致地幔的异常活动，从而有利于 LCR 的形成。这种不对称性也导致在扩张脊北翼形成更多的后扩张期的海山，以及更为强烈的热液循环体系。南海海盆停止扩张后强烈的岩浆活动，不仅形成了大量的海山，同时也模糊了早期比较清晰的莫霍面和 LCR。

S25-O-03

南海东北部岩石圈结构对南海地球动力学的制约

赵明辉 [1]*，刘思青 [1,3]，张佳政 [1]，Jean-Claude Sibuet，庞新明 [1,2]，丘学林 [1,2]

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，中国科学院南海海洋研究所，广州 5103012

2 中国科学院大学，北京 100049

3 中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510075

* mhzhao@scsio.ac.cn

马尼拉海沟北段输入板块的沉积物厚度和基底起伏存在明显不同，相应地，陆壳的张裂减薄和深部的岩浆活动也存在时空差异（陈传绪等，2014）。在该区域开展二维 OBS 探测，迫切需要获得马尼拉海沟俯冲带前缘深部速度结构特征，与典型陆壳、洋壳进行对比分析，确定俯冲带输入板块的物质是什么，获得马尼拉海沟俯冲带的地质模型。

南海东北部的马尼拉俯冲汇聚边界是南海形成演化的重要阶段。南海东北部开展了多条广角反射/折射深地震测线研究，很好地展示了深地壳物质组成及在构造中的作用。OBS2015-2 测线记录了清晰的来自地壳、下地壳高速层以及地幔的震相（Pg、Ph、PhP、PmP、Pn）； 利用 RayInvr 软件正演模拟和 Tomo2d 软件进行反演，获得了精细速度结构模型；沉积层速度 1.8-4.5 km/s，厚度 1.2-4.5 km；上地壳速度 5.0-6.4 km/s，下地壳速度 6.4-6.9 km/s，发育有下地层底侵高速层，地壳厚度 10-15 km，是受到张裂期后岩浆活动影响的陆壳（Eakin et al., 2014；Lester et al., 2014；McIntosh et al., 2013, 2014）。OBS2015-2 测线横穿的台湾传递断层带（TTZ），分隔着南海东北部相邻的两个不同张裂方向的陆缘段，但并不是以前 LRTPB 所定义的构造板块边界。该区上部地壳特征很好地约束了 TTZ，TTZ 两侧高速层分布特征不同，两侧地壳厚度不同。天然地震层析成像方法展示了马尼拉俯冲板片深度达 400-500 km，将其展平到地球表面上，从恢复的俯冲板片的 *dVp* 速度波动图，可以很好在区分洋陆转换边界，其向北延伸至 400 km，与碰撞前的吕宋岛弧平行，这些结果很好地为南海地球动力学机制提供了新的约束。

S25-O-04

南海东部海盆和西部海盆张裂机制动力学的数值模拟研究

许鹤华*，张文涛，盛冲

中国科学院南海海洋研究所，中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

* xhhcn@scsio.ac.cn

南海是处于欧亚板块、印澳板块和太平洋板块之间的西太平洋的一个重要的边缘海，是一个典型的被动大陆张裂形成海盆。南海北部陆缘的构造属性一直存在火山型

和非火山型大陆边缘的争议，从地质背景看，在南海东部海盆，海盆宽阔，两侧大陆边缘基本对称，在西部海盆，海盆窄，边缘两侧不对称，北部边缘有宽阔的变形区域，发育大量的断层，因此可以认为东西两侧岩石圈的扩张机制有很大的差异。

本研究选取过中央海盆和西南次海盆的两条剖面建立两类板块扩张模型， 在南海东部区域在拉张过程中有热物质上涌动，引起岩浆发育对岩石圈拉张减薄并随后破裂形成海盆；在南海西部区域岩石圈拉张过程中没有或很少岩浆活动，两种不同的张裂模式是南海东西部构造差异的主要控制因素。

通过对南海东部海盆张裂模拟计算，可以获得是张裂后的地层结构、岩石圈温度场、粘滞系数、岩浆熔融及岩石圈体应变；该模型初始条件是高温岩浆侵入到壳幔之间地层，由于高温作用降低了该区域岩石圈强度，在拉张应力的作用下岩石圈发生减薄，当拉张因子达到 2.2 时,出现减压熔融。由于岩浆侵入使得岩石圈粘滞系数降低，岩石圈变形主要是韧性变形，岩石圈变形是纯剪变形。在拉张过程中下地壳首先破裂，随后岩石圈破裂、海底扩张。研究结果表明在南海西部张裂是岩浆贫乏型裂谷，而在东部有岩浆活动影响张裂过程，应该是一种准火山型张裂大陆边缘。

S25-O-05

南海微地震噪音的成分、来源和传播

薛梅*，肖晗

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* meixue@tongji.edu.cn

近年来地震背景噪音成像的提出和应用对反演地壳浅层结构提供了有力的支撑。利用背景噪音成像通常假设噪音源是随机均匀分布的，然而实际上噪音源的分布是不均匀的也不是随机的，其中一个最受关注的噪音源就是微地震（0.05-0.5 Hz），它主要受海洋活动的影响。我们通过利用南海海盆的 OBS 台站和周边的陆上地震仪记录的数据以及全球浪高模型，利用功率谱密度分析、相关分析、极化分析和聚束分析，对南海及其周边地区的微地震噪音源进行了定位，对噪音的成分和传播进行了约束。我们发现 1）全球微地震公共源区对南海微地震的影响很小，南海及周边微地震的源区主要位于附近的海洋；2）南海双频微地震也观测到了分裂，长周期双频微地震的源区靠近中央海盆，而短周期双频微地震的源区靠近台站附近的海域；3）台风影响微地震的源区位置，且对短周期双频微地震的影响最大；4）微地震主要由勒夫波和瑞雷波组成，在海盆勒夫波/瑞雷波的幅度比大于 1，在近岸则小于 1；随着传播到内陆，勒夫波的方位角发生扩展，或许是由于在沉积层发生了瑞雷波到勒夫波的转化。我们在南海及周边的研究也发现了台站之间两两台站互相关函数的时间上的不对成性，这种不对成性可以用来确定源的位置，但却是背景噪音成像的误差组成。

S25-O-06

南海东部次海盆后扩张期海山发育规模及其时空分布规律的定量分析

赵阳慧[1,2]*，丁巍伟[1,2]，殷绍如[1,2]，董崇志[1,2]

1 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* zhaoyh@sio.org.cn

海盆中岩浆成因的海山是大洋岩石圈构造—热演化过程中深部物质产出的重要表征，其发育规模在一定程度上反映了岩浆活动的强度。南海海盆中的海山主要形成于洋壳停止扩张之后，表明边缘海盆地的后扩张期并非传统认为的构造平静期，而是仍比较活跃的、以岩浆作用为特征的演化阶段。本项目通过识别南海海盆高分辨海底地形

中的海山地貌，精确计算出露海底的海山体积。在东部次海盆中选取关键地质廊带，在多道地震剖面解释分析的基础上，识别被沉积物埋藏的隐伏海山；分析与岩浆作用相关的地震反射结构特征，建立洋壳基底之上的海山模型，估算关键地质廊带中隐伏海山的体积分布，比较残余扩张脊两翼的海山发育规模。结果显示，在南海海盆中，出露海底的海山存在明显的不均匀分布，以东部次海盆中海山的南北向不对称发育特征最为突出：（1）以东部次海盆和西南次海盆的残余扩张脊为界，位于扩张脊北翼和南翼的海山体积总量分别为 12 600 km^3 和 2 000 km^3；（2）以中南断裂带为界，北翼海山中 95%（约 12000 km^3）位于该断裂带的东侧，而分布于南翼的 80%海山（约 1700 km^3）位于断裂带的东侧，西侧仅零星分布几个孤立海山。通过对隐伏海山规模的估算，地质廊带中的大部分海山被沉积物埋藏，出露海底的海山体积仅占洋壳基底以上海山总规模的 44%；隐伏海山的发育规模同样存在北翼多、南翼少的规律。结合区域地质地球物理资料，本研究通过建立南海东部次海盆中海山体积分布与板块运动及岩石圈热结构特征之间的定量关系，认为海山时空演化的不均一性与海盆扩张过程的不对称性存在一定的定量关系。本研究从定量化的角度分析南海东部次海盆后扩张期岩浆活动强度，为完善南海动力学演化模式提供新的依据。

S25-O-07

Pre-Pliocene clockwise rotation of SE Vietnam and its tectonic implications

Xixi Zhao[1]*, Weiwei Chen[1], Dong Pha Phan[2]

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, China

2 Institute of Marine Geology and Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

* xzhao@tongji.edu.cn

The South China Sea (SCS) is a classical representative of western Pacific marginal seas and contains records of Cenozoic tectonic events of SE Asia. The “escape” model links the opening of the SCS basin with the Red River fault zone, which has at least 500 to 600 km of left-lateral displacement created during the Oligocene and Miocene. One way to evaluate the relationship between tectonic events and formation of marginal seas is to study the resulting changes in marginal sea strata. To this end, we have conducted a paleomagnetic and rock magnetic investigation on Mid-Miocene sandstone and siltstone of Song Ba Formation and Pliocene basalt in Phu Thu and Song Cau areas, Southeastern Vietnam, to help understand the causal linkages among geological and tectonic events and their consequences related to the SCS evolution. Stepwise thermal and alternating field demagnetization were used to isolate the multi-component remanent magnetizations. All site show similar paleomagnetic direction after removal of a low-temperature component that resembles present field directions and the stable remanent magnetization has both normal and reversed magnetic polarities. To the first order, the paleolatitutes recorded by the Vietnamese samples are consistent with some published studies for South China Block and other neighboring blocks including the SCS, displaying no significant tectonic displacement. On the other hand, paleomagnetic data show that the sampling area has rotated ~30 ° clockwise with respect to East Asia reference pole since Mid-Miocene. Paleomagnetic directions obtained from the Pliocene basalt display no evidence of the rotation, suggesting the tectonic rotation had completed by the Pliocene when the basalt were erupted. The clockwise rotation may have caused by the

dextral shearing along major strike-slip Tuy Hoa shear zone in the region, instead of the activities of the Eastern Vietnam fault which is potentially a southern extension of the Red River fault.

S25-O-08

基于XKS横波分裂的云南及周边地区各向异性研究

孔凡圣[1,2]*，吴晶[3]，刘琳[1]，Kelly H. Liu[1]，宋建国[4]，李家彪[2]，Stephen S. Gao[1]

1 美国密苏里科技大学，罗拉 65401

2 海底科学重点实验室，国家海洋局二所，杭州 310012

3 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

4 中国石油大学（华东）地球科学与技术学院，青岛 266580

* kongfs@sio.org.cn

本文应用基于核幔边界转换波 SKS，SKKS 以及 PKS 的横波分裂方法测得云南及周边地区的各向异性结构，以探讨本地区地壳与上地幔的构造信息。共有 50 个台站获得了可靠的横波分裂参数，其中 22 个具有足够的方位角覆盖率用于识别和描述复杂各向异性结构。在这 22 个台站中，15 个台站获取的分裂参数呈现出了系统性的后方位角变化，周期为 90°，符合一个两层各向异性模型的特性。应用网格搜索方法计算的上层各向异性参数与通过拟合莫霍面产生的 P 到 S 转换波的相对 P 到达时获得的地壳各向异性参数非常相近，并且快波偏振方向与主要的剪切带走向平行。而下层各向异性参数以及剩余 7 个台站获取的单层各向异性参数主要反应的是研究区域下方软流圈的构造信息，可以解释为在印支板块下方的东北向俯冲的印度板块回滚引发的回流地幔流造成的。

S25-O-09

龙门山和车笼埔断裂带岩石应力-温度响应特征

杨小秋[1]*，Weiren Lin[2]，Osamu Tadai[3]，葉恩肇[4]，李海兵[5]

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室(南海海洋研究所)，广州 510301

2 Graduate School of Engineering，Kyoto University，Kyoto 615-8540，Japan

3 Marine Works Japan Ltd.，Nankoku，Kochi 783-8502，Japan

4 台湾师范大学地球科学系，台北 11677

5 中国地质科学院地质研究所，北京 100037

* yxq2081@scsio.ac.cn

车笼埔和龙门山断裂带，分别于 1999 年和 2008 年发生了灾难性的集集(M_w7.6)和汶川(M_w7.9)地震。震后钻孔测温结果中，不仅在同震滑移面内观察到摩擦导致的温度正异常，而且在滑移面上下~100 m 范围内，出现了明显的温度负异常。为深入研究该负异常机制，我们基于自主设计并组建的岩石快速加、卸载温度响应测试的实验系统，对采自龙门山和车笼埔断裂带典型岩石样品（包括了典型的沉积岩、火成岩和变质岩），进行了应力快速加、卸载温度响应、及综合物性测试。结果表明：1) 本工作中自主设计组建的快速加卸载测试系统，可使得样品中心在加卸载~10 s 内处于绝热条件，从而使得直接测量岩石绝热应力温度响应系数 β (the adiabatic pressure derivative of the temperature)得以实现；2) 地壳常见岩石(包括典型的沉积岩、火成岩及变质岩)，在干燥条件下，其绝热应力-温度响应系数 β 在 1.5~6.2 mK/MPa，且沉积岩的绝热应力-温度响应系数 β 达到 3.5~6.2 mK/MPa，普遍高于火成岩和变质岩(2.5~3.2 mK/MPa)；3) 岩石绝热应力-温度响应系数 β (mK/MPa)与其体积模量 K(GPa)存在比较好的线性关系:β=(-0.068 K+5.69) ±0.4, R^2=0.85。这个经验关系，非常有利于对地壳不同深度处岩石绝热应力-温度响应系数 β 进行估计。因为地壳不同深度处的体积模量可通过

$K=\rho(3V_p^2-4V_s^2)/3$ 获得，而其中 ρ, V_p 和 V_s 为分别为密度，纵波波速及横波波速，这些基础参数通常可通过重力和地震探测获得。这为深入发震断层同震应力与温度响应机制研究提供了新视角。

S25-O-10

下地壳强度及拉张速度对陆缘构造形成的影响

董冬冬[1]*，M. Pérez-Gussinyé[2]，白永良[3]，王文龙[4]

1 中国科学院海洋地质与环境重点实验室，海洋研究所，青岛 266071

2 Center of Marine Environmental Sciences，University of Bremen，Bremen 28359，Germany

3 中国石油大学(华东)，青岛 266580

4 中国科学院大学，北京 100049

* dongdongdong@qdio.ac.cn

新生代南海海盆由东向西呈现渐进式的扩张，其共轭陆缘既存在南北向的差异，也具有东西向的差异。通过对横跨南海共轭陆缘的地震剖面进行解释发现，东部次海盆的南北陆缘呈现不对称形态，北部陆缘宽而南部陆缘窄；而西南次海盆的南北陆缘则呈现近对称的构造样式。东西向的差异可能源自初始地壳的流变结构变化及相关的岩石圈初始热结构变化（Hayes & NIssen，2005）；此外，南海陆缘的拉张速率在东西向也存在不同的变化规律（Brune et al, 2016），这些因素可能都影响了陆缘构造的形成。

基于黏弹塑性模型求解热-力学方程对南海陆缘张裂结构的不对称性开展了动力学模拟。主要探讨了几个关键参数：下地壳流变性、拉张速率和初始上下地壳厚度比。主要分析了脆韧性变形的发育深度以及下地壳流的强弱，和它们对陆缘张裂结构的影响。对于强下地壳模型，下地壳流动很少，形成窄裂谷；中等强度下地壳在主断层上盘形成低粘度带，下地壳流动发育裂谷迁移，形成强烈的不对称陆缘；弱地壳的下地壳流动很强，使得变形分布很广，形成宽裂谷的样式；对于非常弱的下地壳而言，大量的下地壳沿断裂向上流动，造成下地壳的剥露。用粘滞系数 $10^{20.5}$Pas 等值线界定低粘度带的厚度和宽度，可以用来判断裂谷发育的类型。拉张速率和下地壳强度之间的相互作用导致了陆缘的不对称性。如果增大拉张速率，将会有两个趋势：1）对于强的下地壳和非常弱的下地壳来说，陆缘将会由不对称向对称性转化；2）对于相对弱的下地壳来说，陆缘从具有宽陆缘的不对称性向具有更宽陆缘的不对称性转化。这些变化和下地壳具有不同的脆韧性变形有关。

S25-O-11

西南日本火山下低频地震的时空分布：对流体迁移和岩浆活动的启示

于志腾[1,2,3]*，赵大鹏[2]*，牛雄伟[3]，李家彪[1,3]

1 日本东北大学地球物理系，仙台 980-8578

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

3 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* zhitengyu@tongji.edu.cn; zhao@tohoku.ac.jp

低频地震（Low Frequency Earthquake，LFE）通常震级很小（~ M 1.0），频率在 1-10 Hz，广泛发育在俯冲板片上和活火山的下地壳和上地幔中。在俯冲板片上的低频地震已经获得广泛的关注，其可能与地幔楔的脱水过程导致的流体活动有关，也有认为与板片的慢速的剪切滑移有关。但在活火山下的低频地震由于其数量很少，且缺少可靠的震源位置，其形成机理一直并不清晰。

首先通过地震层析成像获得西南日本的地壳和地幔的三维 P 波和 S 波速度模型，然后利用获得的 3D 速度模型对研究区的低频地震进行重定位。研究结果表明，利用 3D 速度模型进行重定位后，地震的定位误差明显减小，为以后的地震定位提供一个新的思路和方法。

将重定位的低频地震与研究区的 3D 速度模型结合起来，发现大部分的低频地震都分布在活火山下的地壳和上地幔中。在空间上其可以分为两类：管道状（Pipe-like）和团簇状（Swarm-like）的低频地震。将所有的低频地震分成 34 个组（family），获取其所在区的速度结构，发现其主要分布在低 P 波、低 S 波速度和高泊松比异常区的边缘或者内部。在时间分布看，有的低频地震的位置会随着时间迁移，包括深度的迁移和水平方向的迁移，指示流体迁移的轨迹。有的低频地震会固定在一个区域，位于下地壳岩浆房的边缘，指示其与局部岩浆活动的关系。基于此，本研究提出管道状的低频地震反应出从上地幔或下地壳到上地壳的上升流体的迁移，而团簇状的低频地震与局部的岩浆活动有关。

本研究还观察到在大地震发生之前或之后，有的区域低频地震数量会显著增加。大地震会导致区域内流体的再迁移，影响到低频地震的发生。有的低频地震会在大地震发生前会进入相对的平静期，没有或者很少有低频地震发生。因此，低频地震也可以作为大地震发生的先导信息。

S25-O-12

转换型微板块及其大地构造启示

王光增 [1,2]，李三忠 [1,2]*，索艳慧 [1,2]，李玺瑶 [1,2]，朱俊江 [1,2]，刘永江 [1,2]

1 海底科学与探测技术教育部重点实验室，中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室，青岛 266237

* sanzhong@ouc.edu.cn

大洋或大陆板块由起始到消亡常经历由小变大再由大变小的复杂旋回。微板块作为大洋或大陆板块发育演化的必经阶段，不仅记录了大洋和大陆板块格局的变迁，也是研究洋内或陆内构造的关键。根据其成因，微板块可分为多种类型，转换型微板块即为其中一类，指受大陆型或大洋型转换断层（破碎带）围限和控制形成的微陆块或微洋块。

转换型微陆块多发育于洋-陆俯冲系统的大陆一侧，其形成与俯冲作用诱发的大陆型转换断层的发育和演化有关，空间上，常与残生微板块相伴生，如发育于北美大陆西缘的 Baja California 微地块和 Western Transverse Ranges 微地块。

转换型微洋块则常见于大洋内部，其演化和发育受洋脊的排列方式及其扩张方向的偏转共同控制。如右阶排列的洋脊扩张方向顺时针偏转（或左阶排列的洋脊扩张方向逆时针偏转）时，洋脊之间的转换断层会随之调整，形成复杂的洋脊-转换断层系统。这种系统在大洋内部的转换型破碎带中广泛发育，通常由多个转换型微洋块组成，在空间上表现为规则的长菱形，如太平洋板块与南极洲板块之间发育的 Macquarie Triple Junction 渗漏转换体系。

转换型微板块的发育演化表明：板块相互作用过程中，转换断层不仅可作为构造转换边界，也是大陆或大洋板块裂解的重要路径，其并非简单的条带而是结构复杂的地质体；洋脊-转换断层系统发育演化会对板块相互作用产生规律响应，这种响应不仅有利于反推板块相互作用的时间和偏转方向，也可用于预测未知海域破碎带结构特征并恢复其构造演化历史。

S25-O-13

马尼拉海沟俯冲带西侧（20°N -21.5°N）的地壳性质——来自数值模拟的证据

马乐天 [1]，丁巍伟 [1]*，廖杰 [2]*，陈林 [3]，Taras Gerya[2]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 ETH Zurich, CH-8092 Zurich, Switzerland

3 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* mlt285772317@126.com

马尼拉海沟俯冲带位于南海海盆东缘，受欧亚板块与菲律宾板块相互作用的影响，是一条正在活动的会聚边界，在空间上为南北向延伸的反“S”形构造。马尼拉海沟北部（20°-21.5°N）呈明显向东突出的弧形，并具有以下两个特征：（1）板片俯冲角度的突变；（2）底侵作用导致的增生楔体积明显增加。

针对马尼拉海沟北部的几何形状和俯冲角度的突变，前人提出南海东北部存在轻质海底高原（buoyant plateau）俯冲的假设，但对该区域的地壳性质存在争议。早期观点认为南海东北部 21.5°N 以南为洋壳性质。随着地震观测数据精度的提高，越来越多的观点认为南海东北部存在着强烈拉伸减薄的陆壳。

我们采用动力学数值模拟方法，揭示洋壳性质的海底高原俯冲和减薄陆壳俯冲对俯冲角度、俯冲板片形态、增生楔体积变化的影响，并与马尼拉海沟西侧（20°N -21.5°N）地壳性质的观测数据进行对照。初步模型结果显示：（1）洋壳性质的海底高原俯冲没有造成板片俯冲角度的突然变化；（2）减薄陆壳俯冲的模型中，板片俯冲从较低角度俯冲突变为约 75°俯冲，可与马尼拉海沟西侧的层析成像结果进行对照；（3）在减薄陆壳俯冲的模型中，俯冲板块下地壳较强的流变学性质可导致底侵作用，并造成增生楔体积的明显增长，可与马尼拉海沟西侧的海底地震仪观测结果进行对照。

S25-O-14

陆壳在马尼拉海沟仰冲引起的海山俯冲的地球动力学过程：来自数值模拟研究

程子华[1,2]，丁巍伟[2,3]*，Manuele Faccenda[3]

1 浙江大学地球科学学院，杭州 31002

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

3 意大利帕多瓦大学地球科学学院，帕多瓦 35131

* czh2436@outlook.com

在全球不同构造背景的板块汇聚边界中， 海山或海底高原的俯冲是一个普遍存在的现象，并且伴随着地震活动增强，俯冲板片角度变小，以及上覆板块火山活动和地形起伏变化。其中以环太平洋俯冲带尤为居多，在前人研究中系统的讨论了海山与板片平板俯冲的关系（Hunen et al., 2002; Gerya et al., 2009， Vogt 等（2014）通过对海山俯冲与增生楔关系分析。 但以往的模型主要基于海山向相对固定不动的大陆的俯冲模型，而对于陆壳单边仰冲引起海山俯冲模式讨论较少。为此，研究马尼拉海沟附近的吕宋岛单向仰冲引起的海山俯冲动力学影响，我们使用基于有限差分和 mark-in-cell 方法的“I2VIS”数值模拟（Gerya et al,. 2003，2007），模型设置区域 1400km×4000km，采用交错网格，在 1500km～3000km 范围内，格点密度为 1k×1km，其余地方逐渐减少到 10km×10km，海山大小为 150 km，给定初始速度，使得陆壳向年轻的洋壳仰冲。在数值模拟实验中，我们关注影响海山俯冲模型演化的几个主要参数，包括影响岩石流变学的活化能体积（V_{act}）和岩石内聚力（C），上下板块的汇聚速率（R_L 和 R_R），和俯冲板片的年龄。

模型结果表明，板块汇聚速率是控制是板片俯冲动力学重要的控制因素，当上部板块的速率大于俯冲板块时（$R_R \geq R_L$），俯冲板片总会在海山边缘发生断离，R_R 越大断离时间越短，尤其是 $R_R \geq 6$ cm./yr 时，断离深度会显著的变浅至 100 km 左右。相对的，当 $R_L > R_R$ 时则断离不会出现，板片呈稳定俯冲。俯冲板片的洋壳的年龄是另一重要的影响因素，板片的断离只发生在年轻的洋壳的条件下（< 60 Ma），在这种情况下，板片的断离的时间与洋壳年龄表现为正相关，而断离深度则不受影响。另外，活化能体积（$V_{act} \leq 1.1$ J/bar）和岩石内聚力（C≤10 MPa）的改变对断离的模式影响很小，较小的 V_{act} 板片更容易下沉进入地幔中去从而形成较大的俯冲角度，而大的 V_{act} 虽然会使板片强度更大，但板片的断离依旧会发生。而石内聚力的变化只影响发生部分熔融的体积。

我们模型的结果可以很好的与黄岩-珍贝海山在马尼拉海沟处俯冲对比，模型结果预示不规则的海山是板片上的一个应力集中区域，板片的断离总是出现在海山的边缘。与之对比，在没有海山模型的条件下，断离时间则会延迟 2Ma 左右。年轻的黄岩海山作为一个薄弱点，在 16°N 北东向俯冲至吕宋岛下方（17°～18°N），使得其在附近发生板片断离。这与前人的层析成像结果一致，在俯冲的板片在 17～18°N °N 左右出现一个 P 波的低速区域，即俯冲的海山在此发生断离，而北部其他区域，洋壳仍稳定俯冲是因为其较老的年龄和没有海山的缘故，断离的时间会比相对要晚。

S25-O-15

海脊正向俯冲对增生楔体构造变形的影响：物理模拟实验的启示

王春阳 [1,2]，丁巍伟 [1,2]*，李家彪 [1,2]，董崇志 [1,2]，方银霞 [1,2]，马乐天 [1,2]，赵阳慧 [1,2]，程子华 [3]

1 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

3 浙江大学地球科学学院，杭州 310027

* wwding@sio.org.cn

在汇聚板块边缘，俯冲洋壳之上通常出露了大量的海山、海脊等海底高原，然而它们的俯冲对于增生楔体变形的影响还并未认识清楚，特别是在从剖面的角度探索海山、海脊俯冲对增生楔体构造演化的影响方面。为了研究海脊俯冲对增生楔体变形的影响，进行了 2 组物理模拟实验，分别从平面及剖面观察楔体变形过程。模拟结果显示，海脊俯冲导致海沟强烈地向陆凹进，在俯冲入口处形成两条共轭走滑断层。海脊俯冲导致增生楔体表面产生“U”型的隆起区，同时引起楔体物质从前端迁移至后端。物质的迁移导致增生楔体几何学和运动学的变化，比如楔体长度降低、高度增加、坡角的变化等。在隆起区，发育复杂的断层系统，包括正断层、逆冲断层及“扇形”的走滑断层系统。这一扇形的走滑断层系统以海脊的轴向为界，左侧为左行走滑，而右侧为右行走滑。在剖面上，海脊俯冲引起增生楔体强烈变形，表现为基底滑脱断层抬升至俯冲的海脊之上，导致了楔体的底部滑脱面的坡度增加，为了保持增生楔体的临界角度，相应地引起地表坡度值降低。楔体地表坡度值的变化对应楔体内部的变形，表现为在基底滑脱断层上盘发育反冲断层及冲断序列外的逆冲断层（out-of-sequence thrust fault）。

结合实验结果对 2 个自然界海脊俯冲导致的增生楔体内部变形样式及变形机制进行了分析：

1 台湾东部加瓜海脊向着琉球海沟俯冲；

2 North d'Entrecasteaux 海脊向着新赫布里底海沟（New Hebrides trench）的俯冲。

S25-O-16

增生型微地块的特征及成因模式：来自洋壳高原俯冲和转换边界的启示

汪刚 [1,2]，李三忠 [1,2]*，姜素华 [1,2]*，索艳慧 [1,2]，郭玲莉 [1,2]，朱俊江 [1,2]

1 海底科学与探测技术教育部重点实验室，中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室，青岛 266237

* Sanzhong@ouc.edu.cn

增生型微板块位于板块的汇聚地带，是指一些大-中型洋壳板块在沿俯冲带消亡过程中较厚洋底高原、大火成岩省、外来地块增生拼贴而形成的微地块。

增生型微板块成因，是由于俯冲板块上的洋壳高原、岛弧或陆壳到达俯冲带后，浮力效应增大，使得该块体处俯冲作用受到明显地抑制并最终停止，最终使得该微板块拼贴“停靠”到上覆板块上。例如，西菲律宾海

沟的宾汉海隆、马里亚纳海沟北部的小笠原高原，都对俯冲作用产生了极大的抑制作用并使其近乎停止，这两个高原也得以“停靠”就位在上覆板块边缘。位于中美洲的科伊瓦微板块（Coiba microplate），则由于巴拿马三节点的作用，逐渐与周缘的可可斯板块、纳兹卡板块相独立出来，并依赖其西侧的右旋转换型边界和南侧的左旋转换型边界，该微板块的俯冲作用得到了极大的抑制，现今已相对较稳定的“停靠”在中美洲陆缘。

总体来说，增生型微板块的边界肯定有一条边为俯冲带，其他边界可以是转换型、俯冲型、离散型。转换型边界的实例有如菲律宾岛弧带和中美洲的科伊瓦微板块等；俯冲型边界的实例有如台湾东部拼贴的北吕宋岛弧；离散型边界的实例主要分布在东南亚—澳洲板块之间的俯冲工厂内，这一地区发育了一系列弧后盆地，这些弧后盆地边缘又包含超伸展而裂离的陆壳残块，这一地壳性质复杂的区域主要是以弧后盆地的扩张中心（离散型边界）和俯冲带作为边界，弧后盆地的俯冲消亡很可能会形成新的增生型微板块。

增生型微板块与残生型微板块不同，虽然两者都与板块俯冲带有关，而且两者原型都可以是大型或中型板块，但是增生型微板块是由于洋壳高原、岛弧或外来陆块受差异浮力效应或沿转换型板块边界的大规模错移制约，进而抑制俯冲，最终发生增生拼贴或停靠到上覆板块上；而残生型微板块一般是比较干净的大型洋壳板块在俯冲过程中逐渐消减缩小过程中板块面积不断缩小而来。

S25-O-17

南海北部陆缘裂后异常沉降与重力均衡之间的关系

王晓芳*，许鹤华，赵俊峰，任自强，张文涛

中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

* wangxf@scsio.ac.cn

南海特别是北部陆缘裂后异常沉降一直是国内外地质学家关注的焦点之一。前人提出很多的观点，做了大量的工作，但前人的研究只是定性的讨论或者半定量的分析，定量计算的分析研究并不多见。本文通过提取前人已有的 OBS 剖面的深部地壳结构数据，获得现今的水深、沉积物厚度、地壳厚度和地幔上涌量。通过武汉地大和中国科学院南海南海研究所联合开发的海洋重磁数据处理软件中的二度半多边形截面水平柱体的重力场正演方法，拟合 GMT 提取自由空间重力异常值得到二维剖面的密度空间的分布。根据普拉特－海福特重力均衡模式，假设剖面原始地壳厚度为 32km，即均衡深度，反演得到南海已有的 OBS 剖面没有变形前的原始地壳厚度。发现其值大于 32km，在 32-35.38km 之间，东部剖面的值比西部剖面较大，伴随南海北部陆缘地壳结构在总体上由北部的华南船海(厚约 30km)向南部的洋盆(5-8km)逐渐减薄呈增加趋势，特别是西南次海盆北缘的两个剖面明显大于其他剖面。说明现今地壳呈现出被抬升的趋势。与近年来国内外科学家提出的南海北部陆缘裂后异常沉降的地质背景对应，我们认为南海裂后地幔上涌，地壳被抬升，重力增加，又由于重力均衡补偿作用，地壳下沉到现在状态并持续下降。所以我们认为南海特别是北部陆缘裂后异常沉降与重力均衡关系密切。

S25-O-18

中朝块体与扬子块体在南黄海海域的接触关系

刘丽华[1]*，郝天珧[1]，吕川川[1]，吴志强[2]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

2 青岛海洋地质研究所，青岛 266071

* liulihua@mail.iggcas.ac.cn

黄海作为连接中国大陆和朝鲜半岛地质构造的重要纽带，是华北块体和扬子块体

的碰撞结合带，保留了大量块体拼合过程中所产生的构造行迹，是认识华北克拉通（NCC）破坏东部边界的重要地区。同时，黄海东侧被西太平洋边缘海的一系列“花边构造”紧紧包围，板块的聚敛、俯冲作用势必对黄海地区的深部构造产生极大的影响，是认识太平洋板块俯冲远程效应的重要窗口。此外，黄海是我国海区唯一一个至今没有取得油气重大突破的海域，其原因主要在于对黄海海区深部结构、构造演化及深浅构造关系的认识不足。因此，黄海地区特别是黄海海域深部结构特征、黄海与邻区地质单元的对比研究、朝鲜半岛构造单元的归属以及黄海地区深部构造对中浅层构造的控制作用一直是周边国家地球科学工作者的重点研究对象。

2016 年，联合中韩双边相关科研人员在南黄海海域利用海底地震仪（OBS）开展了广角地震探测工作，采集了世界第一条自西向东横贯黄海海域的深部地震探测剖面。通过开展中韩国际合作，实施一条广角海陆联测剖面，结合初至层析成像，射线追踪拟合，有限差分模拟，重、磁等多种地球物理数据的反演与模拟，获得了研究区壳幔结构特征。对比了中国东部和朝鲜半岛深部结构的异同，揭示了火成岩、断裂体系、沉积盆地和深部构造之间的相互关系，获得了黄海及邻区（包括中国大陆东部和朝鲜半岛）壳幔结构与深浅构造相互关系，为探讨太平洋板块俯冲的远程构造效应提供了重要地球物理证据，为研究区的前新生代油气勘探远景评价提供了基础资料与新认识。

中韩海陆联测结果表明南黄海地区地壳结构自上而下可分为 5 个速度层（水层除外）：

第一速度层主要由第四系+新近系（Q+N）组成，北部坳陷地区沉积厚度较大（约 3 km），其它位置厚度较小且变化不大，平均层速度在 2200m/s 左右；

第二速度层为一速度梯度层，横向上从测线西端开始的中部隆起区域，主要为中-古生界海相沉积层，速度较高，平均层速度在 5000-6000 m/s 之间，厚度不大(3-4 km)，北部坳陷区域主要为中-新生代陆相沉积层，速度相对较小，平均层速度为 2500-5500 m/s，厚度相对较厚（约 5 km），与多道地震解释的结果一致，部分区域存在小规模高速异常体，对应重力、磁力的高异常，可能为火山侵入岩导致；

第三速度层解释为古生界海相沉积层，该层底界面相对平缓，相较该层其它位置，北部坳陷区域的速度有所增高，达到 6400-6500 m/s，重力异常呈“震荡渐升”的趋势；

第四速度层为下地壳，其结构东西两端差异明显，Moho 埋深总体上呈现了 “西低东高”的格局，测线西端 moho 埋深为 35km 左右，而韩国陆区 Moho 埋深减小为 30km 左右，该层速度在横向上也表现出明显的“分块”特征，在黄海中央断裂带以西速度横向变化较小，黄海中央断裂带至黄海东缘断裂带之间，速度横向变化明显剧烈，而黄海东缘断裂带以东则又恢复为平缓变化，不同的速度变化特征说明其应分属不同的构造单元；

第五速度层为上地幔顶层，速度在 7900 m/s 以上，由于大部分 OBS 台站未拾取到上地幔顶部的折射震相 Pn，仅有韩国岛上和陆上布设的几台陆上台站能有效拾取到 Pn 震相，因此该层海区的可靠性相对较差，但具有充分射线覆盖的黄海东缘断裂两侧速度差异明显，表明该断裂两侧分属不同的构造单元，其东侧地区（韩国陆区）地壳结构（速度、厚度）与华北地区地壳结构接近，而其西侧与扬子块体地壳结构相似。 通过以上分析，可以认定扬子块体的东部边界是黄海东缘断裂（又称朝鲜半岛西缘断裂），朝鲜半岛总体上属中朝块体（中朝克拉通），黄海东缘断裂是扬子块体与中朝块体碰撞的界限。

S25-P-01S

深部动力过程对地球表层系统的影响-以东海陆架盆地南部中生代盆地演化为例

刘泽[1,2]，戴黎明[1,2]*，李三忠[1,2]，李忠海[3]，索艳慧[1,2]

1 海底科学与探测技术教育部重点实验室，中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100
2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266237
3 计算地球动力学重点实验室，中国科学院大学地球科学学院，北京 100049
* dlming.geo@gmail.com

本文主要应用 badlands 软件，模拟了东海陆架盆地南部中生代的深部动力过程对盆地演化过程中的地表沉积过程和地貌变化的影响。试图通过数值模拟方法研究小区域的深浅部耦合过程来探讨深部动力过程对地球表层系统的控制性作用。数值模型的构建主要基于研究区域内现有的地震剖面、测井、平衡剖面等资料获得中生代早期的古地形，并通过改变降雨量，岩石侵蚀性，海平面变化，动态地形加载和地壳弹性层厚度等，构建多种数值模型来探讨影响研究区盆地演化的控制因素。

本文将已知的中生代的地貌特征和沉积分布规律与模拟结果进行对比，定量分析了在不同边界条件下，盆地演化的三维地貌特征、三维沉积分布规律以及中生代盆地沉积过程的主要深部动力学控制因素。并得出以下认识：（1）通过改变模型的深部动力源发现，岩石圈尺度上的伸展裂解过程和深部地幔物质运动共同影响中生代东海陆架盆地南部区域成盆过程。（2）对模拟结果分析后，认为研究区主要存在三个构造阶段，分别为 200-160 Ma、160-130 Ma 和 130-100 Ma，每一个构造阶段的主要深部动力源不同。其中，第一和第二个构造阶段可对应于研究区内的基隆运动（时间大体对应于印支运动）和渔山运动（时间大体对应于燕山运动二幕）。在基隆运动期间，研究区的岩石圈尺度的构造运动占据主导地位。渔山运动期间，地幔尺度的构造运动很可能是构造运动的主要原因。前两个阶段表现为较为强烈的构造抬升。而第三个构造阶段，主要以构造沉降为主。（3）幕式盆地构造旋回控制了盆地的层序地层模式，在盆地沉积层序上表现为沉积体系域的旋回性。（4）深部动力在空间上的不均匀分布表现为在不同地区差异抬升，进而导致地形地貌显著变化。而地形地貌的变化又进一步影响沉积物的运移和物源供给，最终间接影响沉积体系域的发育。（5）构造作用是洋陆过渡带沉积体系演化最主要的动力因素。在各个构造演化阶段过程中，深部动力会加剧海岸线位置的变化。而海岸线位置的变化直接使得沉积环境发生改变，进而影响沉积体系域的发育。（6）对各阶段的沉积地层演化剖面进行分析，本文认为盆地边缘地形坡度及其形态能够影响沉积物供给量,和地层的侵蚀状态,进而对沉积样式、体系域类型及特征有很大的影响。地形坡折带附近能够提供物源供给的保证，容易形成沉积物的聚积，有利于沉积盆地的发育。

S25-P-02S

鄂霍次克微板块及其附近地区构造应力场图像的有限元数值模拟研究

王少坡，王振山，徐佳静，魏东平*

中国科学院大学地球与行星科学学院，北京 100049
中国科学院计算地球动力学重点实验室，北京 100049
* dongping@ucas.ac.cn

鄂霍次克微板块从北美板块分离出来，楔状嵌入阿穆利亚微板块与太平洋板块之间，其内部存在多个洋缘盆地，其东部边界受到太平洋板块强烈俯冲作用，西部南段接力俯冲到阿穆利亚微板块下方，因而持续处于地震的频发强发状态。由于地震的孕育与岩石层内部的应力状态密切相关，对该地区的构造应力场分布研究，可以帮助我们深入理解该地区与板块俯冲相关的地震孕育规律，对板块内部的应力场产生机制及板块运动驱动机理等，也有重要的启发作用。

通过对靠近鄂霍次克微板块东侧边界的俯冲带地区进行区域划分，将其沿南北向分成七个不同的区域，分别进行统计和讨论；同时进行在纵向方向上的深度分层，并主要关注震源深度小于 100 公里的地震。我们收集了国际地震中心（International Seismological Center）关于该地区共 4741 个有效的地震数据，通过转换得到每个地震相关的应力场特征信息。整体来看，该地区地震多发生在俯冲带附近，而且震源深度集中在 100 公里以内，勘察加—千岛—日本海沟西侧以逆冲型为主，海沟东侧则以正断型为主，板块最南端多走滑型地震分布。该微板块所受水平最大主应力方向与太平洋板块俯冲方向走向基本一致。结合世界应力图计划得到的该地区共 1502 个有效应力数据，用于我们模拟分析板块应力场特征的观测约束。

结合板块活动构造的性质和分布特征，利用三维粘弹性有限单元法模拟分析该板块现今的应力场特征和控制因素。由于东侧的俯冲板块几何形态在南北向变化较大，因此我们构建了多种不同几何形态的三维俯冲结构模型。通过模拟计算，我们在横向和纵向上均得到了较为清晰的构造应力场分布图像，与地震资料得到的应力状态分布具有一致性。分析结果表明，太平洋板块的持续俯冲作用控制着鄂霍次克微板块总体的动力学环境，俯冲带参数（俯冲角度、速度和俯冲板块厚度）对微板块内部应力场的分布特征具有不同程度的影响。此外，我们还得到了该地区地壳变形状态的应变速率、最大主压应力应变方向和弹性应变能密度分布等信息。

S25-P-03S

南海最新高分辨率地壳年龄模型

管清胜[1,2,3]，李家彪[2,3]*，张涛[2,3]，高金耀[2,3]

1 南京大学，地理与海洋科学学院，南京 210023

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

3 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* jbli@sio.org.cn

近年来，对于南海局部地壳年龄的认识取得了一系列的突破，如 2014 年 IODP 349 航次提供了 4 个钻孔的精确地壳年龄参考点；高精度近海底磁力数据提供了 4 条剖面的磁条带追踪结果（Li et al., 2014）。然而，目前最为广泛接受的区域性南海地壳年龄模型仍然为 25 年前 Briais et al.（1993）的磁条带追踪结果。利用最新定年资料的约束，重建南海地壳年龄模型的时机已经成熟。

本文利用最新采集的高精度、高密度海面磁力数据（41000 km），在岩芯定年（Expedition 349, 2014）、近海底磁力（Li et al, 2014）以及最新发布的重力梯度（Sandwell et al., 2014）的约束下，通过剖面叠加方法，重追踪了南海磁条带，建立了最新的南海高分辨率地壳年龄模型。新南海地壳年龄模型共识别出 C5Cr-C13n 共 18 个磁异常条，包含 1129 个地壳年龄点，约为 Briais et al.（1993）模型的 2.3 倍。新模型沿扩张方向和垂直扩张方向的平均分辨率分别~23 km 和~10 km。根据地壳年龄的自洽误差，其平均误差优于 0.5 Ma。

最新的南海地壳年龄模型显示，西北次海盆与东部次海盆在 C13n（~33.3 Ma）时同时打开，其中西北次海盆在 C11n.2n（~30 Ma）时便停止扩张，平均半扩张速率~17 mm/yr。东部次海盆继续扩张，并在 C7n.2n（~25 Ma）时洋中脊向南跃迁了~20 km，同时西南次海盆开始打开。西南次海盆在 C5Br（~16 Ma）时停止，东部次海盆在 C5Br（~15.5 Ma）时停止，两者半扩张速率相近，平均~24 mm/yr。

最新的南海地壳年龄模型同时提供了如下新认识：（1）在东部次海盆北部存在 C12r、C13n 两条磁条带，东部次海盆的扩张开始年龄早于 Briais et al.（1993）模型的推断；（3）东部次海盆扩张早期（C9-C11, 28.13-30.29 Ma），北部扩张速率明显高于南部，存在~30%的非对称扩张，可能与南海非对称的地壳结构相关。（3）海盆内存在大量（29 条）断错大于 10 km 的转换断

层和非转换断层不连续带，进一步指示了精确的扩张方向。

S25-P-04

东南亚环形俯冲系统：进展、问题与挑战

李家彪[1]*，林间[2]，徐义刚[3]，丁巍伟[1]，孔凡圣[1]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

3 中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640

* jbli@sio.org.cn

俯冲带是地表物质返回地球深部的主要通道，也是火山带、地震带、矿产带和能源带的交汇。不同于常见的线性俯冲带，三边俯冲的环形系统在自然界极其少见。东南亚环形俯冲带三边向内俯冲，构成了地球上独特的超级汇聚系统，造就了地球表面岩石圈物质向深部循环的巨大“黑洞”，其物质和能量的深部循环与最终归宿一直是一个捉摸不透的科学谜团，缺乏公认的理论模型，从而使该区成为推动板块理论发展和验证科学假说的绝佳场所。鉴于目前陆地台网观测获得的俯冲板片地幔深部成像分辨率不高甚至存在盲区的问题，如何建立一个包含多种新型手段的深海观测系统，与陆地观测构成高效、互补的体系，成为实现理论突破的关键。

S25-P-05S

跃生型微洋块：洋中脊跃迁形成的洋内微地块

孟繁[1]，李三忠[1,2]*，索艳慧[1,2]，朱俊江[1,2]，李玺瑶[1,2]，戴黎明[1,2]，刘永江[1,2]，于胜尧[1,2]

1 海底科学与探测技术教育部重点实验室，中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室，青岛 266237

* Sanzhong@ouc.edu.cn

板块构造学说的研究和发展至今，已逐渐发现大量无法用之解释的板块内部独立旋转和运移的微板块。其中，由板块三节点跃迁而在大洋岩石圈内部形成的微板块，被称为跃生型微洋块（jumping-derived micro-oceanic block）。它的形成原理在于，三节点附近的洋中脊受地幔柱头影响不断跃迁，从而产生新生的洋中脊，在新生洋中脊和老的洋中脊之间发生双重扩张，最终形成跃生型微洋块。跃生型微洋块可以发展为大的板块，也可能随洋中脊不断跃迁远离而不再活动，残存于深海板内系统之中。其边界类型不再受原有板块边界（洋中脊、转换断层、海沟）所限，还可以包括死亡的洋中脊和假断层等。

跃生型微洋块广泛存在于太平洋板块或太平洋东侧之中，它们的形成与太平洋大型横波低速域（LLSVP）的边缘物质上涌及太平洋微板块的形成演化不无关系，比如，数学家（Mathematician）、哈德森（Hudson）、塞尔扣克（Skelkirk）、特立尼达（Trinidad）、麦哲伦（Magellan）、切努克（Chinook）微洋块以及沙茨基海隆附近未命名的微洋块等。最新的重力垂直梯度（VGG）数据（Sandwell et al., 2014）可以清晰地展示宽度小于 6 公里的短波长线性海底构造，同时结合海底磁异常条带的空间分布形态，便于我们确定跃生型微洋块的围限边界并解释其形成演化过程。

对于跃生型微洋块的研究，可以有助于我们更好地认识由地幔深部物质上涌而导致的脊-柱相互作用，丰富大洋内部构造内涵，理解太平洋板块形成演化机制，进而完善板块构造理论体系。

S25-P-06S

残生型微洋块：板块俯冲消减的残留部分

刘金平[1]，李三忠[1,2]*，索艳慧[1,2]，朱俊江[1,2]，李玺瑶[1,2]，戴黎明[1,2]，刘永江[1,2]，于胜尧[1,2]

1 海底科学与探测技术教育部重点实验室，中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室，青岛 266237

* Sanzhong@ouc.edu.cn

微地块（micro-block）是大板块的前身或残余，其起源、生长、夭折、消亡、残留过程对研究板块构造具有重要意义。微地块可以据其组成划分为微陆块、微洋块。本文通过总结前人的研究，得出残生型微洋块（subduction-derived micro oceanic-block）的类型特征和成因模式。

残生型微洋块即正在俯冲消减或俯冲停滞的原来的大型洋壳板块的残余，位于俯冲消减系统的俯冲盘，一般为活动或死亡的洋中脊、海沟及转换断层所围限，但也存在例外，如里维拉（Rivera）微洋块与科科斯（Cocos）板块边界。现确认的残生型微洋块为胡安德富卡（Juan de Fuca）、里维拉（Rivera）、瓜达卢普（Guadalupe）、马格达莱纳（Magdalena plate），均位于太平洋东岸，是法拉龙（Farallon）板块的残余，与陆缘隆起带相接，对应的陆缘为安地斯型。

此类微洋块主要通过边界特征进行识别。可通过地形、重力异常、震源分布、磁异常条带、地震剖面和构造解释等手段辨析其边界、恢复其演化过程。残生型微洋块的形成过程为，大洋中脊与俯冲带的相对位移使围限的洋壳板块面积整体或局部不断减小，当整块洋壳面积减小到一定程度时形成微洋块。较大的微洋块可能因新生洋壳的浮力等因素造成俯冲速度及方向的差异，产生新的边界（转换断层或其他断层），破裂为数个小的微洋块。其产生的动力机制为与相邻大板块（现存实例为太平洋板块及北美板块）等的相互作用

残生型微洋块的形成与演化与大洋中脊、俯冲系统、板片窗形成及三节点的转化密不可分，研究其成因模式可为板块的起源和动力提供参考。在板块俯冲过程中可能产生大洋汇聚边界并以此作为微洋块新的边界（如里维拉-科科斯边界），可与陆内变形带类比。

S25-P-07

南海中北部闽粤滨海断裂带发育特征

徐子英*，黄永健，彭学超，周娇，聂鑫

国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510075

* ziyingx06@scsio.ac.cn

闽粤滨海断裂带主要分布在南海北部陆缘与华南地块之间，该断裂带历史上发生多次强震，近期弱震密集分布，深入研究其发育特征，对解读南海构造演化史及华南沿海地区减震防灾都具有非常重要意义。

本研究主要依据最新采集的覆盖闽粤滨海断裂带的地震剖面及重磁资料，系统地对该断裂带的具体走向、分布位置、分布范围及内部构造变形特征进行整体性剖析。通过对地震剖面的精细刻画，在前人认识基础上，进一步厘定了该断裂带的具体走向、分布位置、分布范围，对该断裂带的内部构造变形特征也进行了深入的分析。初步结果表明：该断裂全长约 530 km，宽约 18~24 km，主体呈 NE-NEE 走向，贯穿了南海中北部陆缘，内部发育有许多小断裂。主控断裂主要向海倾向 SE，为正断层。该断裂带具有明显的分段特征，可分为三段。东段断裂带宽约 24 km，主断裂面呈陡倾板状发育，内部破碎带发育许多小断裂，断距少。主断裂对沉积控制作用强，断裂垂直断距随着地层由新到老逐渐增大。主断裂北西侧为陆架台地，沉积物薄，进入主断裂东南侧沉积物陡增变得巨厚，断裂断距大，沉积中心靠近断裂侧发育，沉积物由沉积中心向海侧隆起区呈层状超覆发育。中段宽约 21 km，该段断裂及沉积物发育特征发生转变，无控凹主断裂，断裂带内部各断裂呈阶梯状由 NW 侧陆架

向 SE 向的海域发育，断裂垂直断距小。各断裂呈阶梯状对沉积进行控制，但控制作用相对弱，沉积物由陆向海由薄向厚呈扇形状发散发育。西段宽约 18 km，沉积及断裂特征又发生转变，主控断裂对沉积控制作用增强，断裂呈铲状发育，主断裂北西侧为陆架台地，沉积层总体薄，主断裂东南侧沉积物突然增厚，向海侧沉积物主要呈水平层状发育，断裂带内部小断裂较发育，但对沉积没有控制作用。该断裂带在重磁上也有明显反映，断裂带位置空间重力异常表现为正的串珠状，断裂两侧表现为负异常；磁异常表现为负的串珠状，断裂两侧表现为正异常。重磁场向上延拖后均显示该断裂为深大断裂。

S25-P-08

南海海盆百万年尺度沉积充填特征及其对海盆同扩张和后扩张期周缘构造活动的约束

殷绍如[1,2]*，李家彪[1,2]，丁巍伟[1,2]，唐勇[1,2]

1 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* yinshaoru@163.com

根据约 50 km 间距的反射地震剖面并结合 IODP349 航次钻井资料的标定，本文描述了南海海盆百万年尺度的沉积充填历史，探讨海盆充填对同扩张和后扩张期周边构造活动的指示。地震地层学分析显示，南海海盆的沉积充填可以划分为三个阶段。渐新世至中中新世(早期)，沉积物先零星聚集，后连成平行于大陆边缘的带状，平均速率~8 m/Ma；晚中新世(中期)，沉积中心迁移至海盆西北部，其平均沉积速率明显提高(~30 m/Ma)；上新世至今(晚期)，沉积物在海盆东北部快速堆积，并在海盆东南和西南部向盆地中心推进，该时期平均沉积速率~70 m/Ma。海盆充填主要由重力流沉积组成，包括块体搬运，海底扇，海底峡谷/水道充填和堤岸沉积。

南海海盆的充填历史为周边构造活动提供了沉积学上的约束。早期，沉积物集中在盆地北部，证实了海底扩张先发生在北部。盆地西北部沉积中心在中期非常发育而晚期不再活动，可能指示附近的红河断裂带移动由活跃到减弱的变化。晚期，盆地东北部沉积中心的发育可能表明台湾活跃的造山活动。此外，晚期盆地东南部沉积中心的明显发育，可能指示北巴拉望与菲律宾移动带的碰撞仍在继续。但是，晚期盆地西南部沉积中心的发育无法直接指示青藏高原的快速隆起。

本次工作展示了南海海盆沉积充填演变至今最详细的研究，并为东南亚和西太平洋地区构造提供地球物理方面的新证据。

S25-P-09

东海陆架区深部地壳结构特征

卫小冬*，丁巍伟

国家海洋局海底科学重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* xdwei_922@126.com

东海陆架区的深部地壳结构对于认识东海是华南陆缘的延伸还是外来地体这一问题极为重要。2017 年在东海陆架区新采集的海底地震仪（OBS）人工源广角地震数据（OBS2017-ES 测线），为研究该区域的深部地壳结构提供了条件。OBS2017-ES 测线长 285 km，布设 15 台 OBS（丢失 2 台），经过浙闽造山带、西部坳陷区和中部隆起区，到达东部坳陷区。通过分析处理 13 台 OBS 记录的气枪信号，拾取单台记录剖面的折射/反射震相，采用射线追踪正、反演模拟，得到该测线的精细地壳结构。结果表明：沉积层厚度从浙闽造山带到东部隆起区呈现增厚的趋势；地壳厚度变化特征明显，从浙闽造山带下方的 23 km 减薄到东部坳陷区的 17 km；速度异常模型揭示在浙闽造山带和西部坳陷区交汇处的壳幔边界存在明显的高速异常（~0.8 km/s），推测东海陆架为

外来地体，该区域为华南陆缘和东海地体拼接的缝合带，高速异常可能与古太平洋板块俯冲在该区域的减压熔融有关。

S25-P-10

西太平洋雅浦俯冲带的地形及地震结构特征

张广旭 [1,3]，董冬冬 [1,2]*，范建科 [1,2]，钱进 [1,3]，张正一 [1,4]

1 中国科学院海洋地质与环境重点实验室，中国科学院海洋研究所，青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿床资源评价功能实验室，青岛 266061

4 中国科学院大学，北京 100049

* zgxu86@gmail.com

雅浦俯冲带位于马里亚纳俯冲带南部，二者在 11° N 附近相连。卡罗琳板块沿雅浦海沟向西俯冲至菲律宾海板块之下。与马里亚纳俯冲带相比，雅浦俯冲带存在很多特殊构造现象，如沟弧距离很近、震源深度很浅（小于 40 km）以及发生洋脊俯冲等，并被认为可能是全球为数不多的年轻俯冲带或典型的不成熟俯冲带。雅浦俯冲带的地球物理数据匮乏，前人对本区域研究程度相对很低，数据较为分散并且精度不高，特别是缺乏较高分辨率的多道地震剖面，从而使得我们对这一为数不多的年轻俯冲带的地质构造不甚了解，因此本区域的地形及其地层结构研究对丰富俯冲带的理论具有重要的科学意义。

雅浦海沟位于西太平洋菲律宾海板块的东南边界，是菲律宾海板块、太平洋板块和卡罗琳板块之间交汇的一个复杂构造区。海沟最北部与马里亚纳海沟的西南端在北纬 11°10′ 东经 139°00′ 相交，向南延伸至北纬 7°15′ 转为 NWW 向，与帕劳海沟在北纬 7°30′ 处相交，全长超过 700 km，海沟轴凸向东南。卡罗琳洋脊是卡罗琳板块之上最突出的地貌单元，走向为 SEE-NWW，东西长约 500 km，南北宽约 300 km，平均地形比周边海域高约 2 km。卡罗琳洋脊沿雅浦海沟向 NW 俯冲至菲律宾海板块之下，与海沟近乎垂直。索罗尔海槽是发育在卡罗琳洋脊上的裂谷，将卡罗琳洋脊分为北部的卡罗琳岛脊和南部的西卡罗琳隆起，雅浦岛位于索罗尔海槽向 NWW 延伸的岛弧位置。

中科院海洋所在西太平洋雅浦海域首次开展了综合地球物理调查，并同步采集了重磁震及多波束浅剖面等数据。本研究主要利用多道地震及多波束数据对雅浦俯冲带主要构造单元的地貌及沉积地层结构开展了研究，并进一步探讨了洋脊俯冲控制下的构造特征。本调查区的俯冲板块主要是被索罗尔海槽裂开的卡罗琳洋脊，俯冲板块上最明显的地貌特征为海沟向海一侧发育的新月形垒堑构造带，本次调查获得的多波束数据可以揭示更多的构造地貌细节。多道地震资料显示研究揭示弧后的帕里西维拉盆地为区域沉积中心，发育近千米沉积层，雅浦海沟内未发育明显水平沉积，以俯冲侵蚀作用为主；俯冲板片之上的卡罗琳洋脊因其特殊的地形地貌控制了俯冲带的构造发育特征，并可能影响了岛弧岩浆作用；揭示了雅浦海沟北段垒堑构造带的地貌及地质结构细节，认为卡罗琳洋脊的高地形可能导致了更大的弯曲拉张量从而形成垒堑构造带；为索罗尔海槽的张裂提供了多道地震剖面证据，并推测了其形成年代。利用在雅浦海区同步测量获得的综合地球物理资料对雅浦俯冲带主要构造单元的地貌及沉积地层结构开展了研究，并进一步探讨了洋脊俯冲影响下的构造特征。

S25-P-11S

南海东北部先存构造对陆缘张裂及地壳结构的影响：来自广角折射地震的证据

范朝焰 [1,2]*，夏少红 [1]，曹敬贺 [1]，赵芳 [1]，万奎元 [1]，周鹏翔 [1]，张严心 [1]

1.中国科学院边缘海地质重点实验室，中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
2.中国科学院大学，北京 101408
* fancy@scsio.ac.cn

南海北部陆缘是一个典型的张裂型大陆边缘，但沿构造走向却呈现出不规则陆缘的形态：在东沙海域陆架区较宽广，但在白云凹陷及台西南海域陆架相对较窄。为了探索南海北部不规则陆缘的控制因素，本研究通过主动源三维 OBS 深地震探测获取了南海东北部三维地壳速度结构，并提取中生代先存残留盆地及北西向断裂信息，阐明了先存构造体在陆缘张裂过程如何控制并影响地壳结构及陆缘几何形态。

根据研究区 LF35-1-1 的钻探结果及大量的多道地震速度分析表明，新生代沉积物 P 波速度明显小于中生代沉积物的 P 波速度，二者大致以 3.5 km/s 的速度界面为界。本研究通过 OBS 数据校正、震相拾取及走时正演等数据处理，获得南海东北部(东沙海域)三维地壳结构速度模型，并将纵波速度介于 3.5–5.5 km/s 的层位划分为中生代地层，将纵波速度介于 5.5–7.5 km/s 的层位划分为结晶地壳层。结果显示，中生代残留地层主要分布在潮汕坳陷及其周围，整体走向为 NEE 向，以潮汕坳陷沉积最厚，向陆一侧缓慢减薄，未见尖灭向洋一侧快速减薄并在陆坡区尖灭消失。该结果与前人通过多道数据勾画的中生代残留盆地分布范围基本一致，说明利用 OBS 数据开展中生代沉积地层研究的可行性。

中生代沉积残留盆地其下方莫霍面埋藏较深，地壳厚(~16–22 km)；与之相反的是其东北缘和西南缘莫霍面埋深浅，地壳薄(~12–14 km)。通过多道地震剖面解释，我们在中生代残留盆地东北缘和西南缘识别出两组 NW-SE 向断裂带，这两组断裂带与重磁数据揭示的断裂带基本吻合。东北缘的断裂带与吕宋琉球转换边界邻近且平行，可能是该转换边界的横向扩展。西南缘的断裂带将中生代沉积残留盆地与白云凹陷隔开。这两组断裂带与中生代残留盆地两侧异常薄的地壳在空间上对应良好。因此，我们推测这两组断裂带在陆缘张裂过程中作为与构造走向垂直的薄弱带，更容易产生拉张减薄；同时薄弱带中的断层在陆缘伸展过程中起到调节局部应力场的作用。与之相反，中生代沉积残留盆地经历多次压实作用，因此相对 NW 向断裂带是一个刚性块体，在陆缘张裂过程中更不容易被拉张减薄。正是该刚性块体和地壳薄弱带相间分布，构成南海北部陆缘的分段性和横向差异性，使得张裂过程中发生差异性减薄，进而控制了南海东北部陆缘的地壳的几何形态及构造走向。同时深部地壳结构的差异还影响后续沉积盆地的发育，导致东沙海域陆架区比其两侧陆架更宽，造就了南海东北部地形呈现锯齿状的几何形态。

S25-P-12

华南各时代沉积岩中钨含量与地壳演化关系

刘东盛*

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所，廊坊 065000

* 348295044@qq.com

华南是世界著名的钨成矿区，并发育大面积的各时代花岗岩和沉积岩。是研究地壳形成演化过程中钨的地球化学循环的理想区域。2009 年启动的国家深部探测专项（SinoProbe）下属子课题地球化学走廊带探测试验与示范，在华南及相邻区域以 1-2 km 的间距连续采集各时代花岗岩、沉积岩样品，具体采样路线为泉州-龙岩-郴州-邵阳-重庆-陇南。

研究区元古宙碎屑沉积岩在成岩以前经历了长距离的搬运，其物源来自于比较广阔的源区，可以代表所处构造单元在元古宙时的上地壳成分。与扬子克拉通以及松潘甘孜造山带造山带、西秦岭造山带相比，SiO_2、Al_2O_3 含量几乎相同，华南造山带更富集 K、Rb、Cs 等大离子亲石元素以及 ΣREE，LREE/HREE 值更高且具有明显的 Eu、Ce 负异常。W 元素含量明显高于其它构造单元。

说明元古宙时期的华夏地块具有与其他构造单元显著不同的地球化学特征并显著地富集 W。

La/Sc 值在长英质岩石中与在镁铁质岩石中差异很大，两种元素在沉积岩形成过程中很稳定，因此 La/Sc 值可以反映沉积岩物源性质。La/Sc 值越高，表明沉积岩源岩中长英质组分越多，镁铁质组分越少。与其他构造单元相比，华南造山带东段 La/Sc 值最高，表明华南造山带演化历史中很少有幔源物质加入，物质循环主要发生在地壳内。W 与 La/Sc 具有较为明显的正相关关系，华南造山带以壳内物质循环为主的演化方式使各时代碎屑沉积岩保持了钨的高含量。

S25-P-13S

东非莫桑比克南部大陆边缘洋陆过渡带的新证据

李赫 [1,2]，唐勇 [2]*，李家彪 [2]，苏泽国 [2]

1 浙江大学地球科学学院，杭州 310027

2 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* tangyong@sio.org.cn

东非大陆边缘的形成演化与冈瓦纳大陆裂离的构造演化过程关系密切，莫桑比克南部陆缘由东非大陆与南极洲大陆长期拉张裂离形成，确定洋陆过渡带的位置对莫桑比克南部陆缘的形成演化和地质属性研究有重要意义。

2016 年中国-莫桑比克大陆边缘海洋地球科学联合调查航次在莫桑比克南部陆缘开展了综合地球物理调查，采集得到高分辨率多道地震数据和重磁数据。结合前人在此区域的钻孔、重磁资料与地震剖面综合解释，在地震剖面基底之下发现一系列产状平行的向海倾斜反射层（Seaward Dipping Reflectors, SDRs），重磁异常在此区域发生明显变化，与北部区域重磁数据对比分析认为此区域 SDRs 可能是晚侏罗纪时期冈瓦纳大陆裂离时，陆缘破裂导致剧烈的岩浆活动，形成向海倾斜的火成岩反射层。

本次研究认为莫桑比克南部陆缘是非洲和南极洲大陆裂离形成的富岩浆型被动陆缘，向海倾斜反射层在地震剖面中分布区域为洋陆过渡带的位置，为莫桑比克南部洋陆过渡带划分提供了新的证据。

S25-P-14S

南海南部陆缘典型区新生代沉积-沉降特征及其对构造作用的响应

方鹏高 [1,2]，丁巍伟 [2]*，方银霞 [2]

1 浙江大学地球科学学院，杭州 31002

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* wwding@sio.org.cn

南海陆缘由面积超过 10 万平方公里的减薄陆壳组成，其上的陆缘盆地相对较年轻，保留了诸多被动陆缘的典型特征，比如与深度相关的拉张作用、差异性沉降、大量发育的拆离断层等等，是研究大陆裂解到海底扩张的最好场所之一。

南海南部陆缘发育有众多的新生代盆地，这些盆地的形成是受各种机制的沉降作用的影响，导致了沉积物的充填埋藏和构造演化，因此研究盆地沉降作用的演化过程是盆地分析的基础。前人对南海南部陆缘构造沉降的工作及认识南海大陆边缘动力学起到了很大的推动作用，但由于资料所限，前人工作主要集中于局部地区，对南海南部陆缘构造沉降的整体性工作却相对较少，这也影响了对包括南陆缘构造沉降的特征、差异性及控制因素等方面的系统认识。

我们的研究分别选取了南海南陆缘南沙地块和礼乐滩区域进行构造沉降方面的研究。通过对南部两条多道地震剖面的地质解释，建立精准的层序地层格架，然后采用空盆构造沉降法进行构造沉降分析及沉降史的反演，论述南海南部陆缘的构造沉降与区域构造运动及沉积特征之间的内在联系，分析沉降的差异性及具体的控制因素，从整

体上认识南海南部新生代盆地的构造沉降特征。

结果表明，南海南部陆缘在海底扩张时期均有沉降速率发生突变并逐渐变缓，而在海底扩张结束后出现加速的现象，沉降速率的变化受断层作用控制明显。海底扩张期间扩张脊之下形成主地幔对流，而陆缘区由于较大的地壳厚度差异，会形成侧向上地温梯度的差异，从而在主地幔对流的控制下形成次生对流，这种地幔次生对流会对岩石圈产生底侵作用，限制岩石圈的进一步增厚，从而导致构造沉降速率的减低。而当海底扩张停止，主地幔对流消失，而陆缘区的次生对流也相应消失，岩石圈开始进入快速冷却沉降阶段，而盆地则表现为快速沉降。南海南部陆缘的沉降速率变缓时期不一致，而这种现象只存在于海底扩张时期，我们认为西南次海盆与东部次海盆相比，其扩张时期的沉降间断现象具有滞后性，这可能是受到南海自东向西的渐进式扩张的影响。

S25-P-15S

南海北部陆坡区海底峡谷地貌、沉积特征及控制因素

刘丛舒 [1,2]，丁巍伟 [1,2]*，方银霞 [1,2]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* wwding@sio.org.cn

南海北部陆坡区东起台湾东南端，西至西沙海槽东口，发育了一系列海底峡谷，如东沙群岛以西珠江口外海底峡谷，以东的东沙海底峡谷，台湾浅滩南海底峡谷，台湾西南陆坡以澎湖海底峡谷为代表的密集的峡谷群。这些海底峡谷改变了南海北部陆缘的地貌，形成了众多在陆坡上 NW-NWW 向的负地形（台湾西南陆坡为近 NE 向），并成了陆缘物质向下陆坡和深海平原运输的通道。这些不同形态，不同位置的峡谷具有不同的影响因素，使得南海北部成为研究海底峡谷的理想场所。

本次研究总结了前人海北部陆坡区海底峡谷的研究成果。在前人对典型海底峡谷形态特征、沉积结构和过程、形成发育过程及控制因素研究的基础上，对不同类型大陆边缘对海底峡谷发育的不同影响展开讨论，以探索区域构造与沉积尺度对海底发育的控制作用。结果显示发育在南海北部陆坡区的海底峡谷，其展布方向基本受到 NWW 向的断裂带的控制，其形成和发育过程是构造运动、沉积作用、快速沉降和海平面变化综合作用的结果。台湾岛以西的海底峡谷群上段主要与浊流沉积下向侵蚀、崩塌等因素相关，下段主要沿马尼拉海沟俯冲带北向延伸段发育。

S25-P-16S

南海海盆区南北不对称性-来自 RMBA 的证据

丁航航 [1,2]，丁巍伟 [1,2]*，张帆 [3]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

3 南方科技大学海洋科学与工程系，深圳 518000

* wwding@sio.org.cn

南海是西太平洋最大的边缘海之一，地形地貌复杂，构造和岩浆活动发育。南海位于欧亚板块、太平洋板块和印度-澳大利亚板块的交汇处，自中生代以来经历了复杂的构造作用，是探讨海底扩张的深部地球动力学机制的理想场所。在南海演化过程中，扩张中心不断向南移动，在 23.5-23.85 Ma 左右发生向南的跃迁，跃迁距离在 20 km 左右。这种非对称型扩张使得南海的地幔对流和构造活动与大西洋的对称扩张不同，对非对称型扩张的研究不仅对研究南海的构造演化和动力学机制具有重要意义，而且将有助于丰富板块构造理论。

本研究计算中主要使用了海底地形数据、自由空间重力异常数据、沉积物厚度数据和洋壳年龄数据计算了洋壳热沉降的重力效应并得到了反映地幔热状态的剩余地幔布格重力异常（RMBA），反演得到海盆

区的地壳厚度。地壳厚度数据与 Crust1.0 数据吻合较好，差距集中在±5 km 以内。无论是 RMBA 还是地壳厚度都显示出明显的南北不对称。南海海盆北侧显示出更负的 RMBA 值和更厚的地壳。在地壳年龄 18 Ma 时南北 RMBA 平均差异约为 0-20 mGal，在 20 Ma 和 22 Ma 平均差异约为 20-40 mGal。

根据南海海盆的 RMBA 和反演的地壳厚度结果表明，海盆北部有比南部更负的 RMBA 值以及更厚的地壳，且北部分布有更多的海山。这种南北的差异与东部次海盆扩张中心向南迁移和残留扩张中心的火山活动仍在持续有关。张健等（2011）热模拟结果表明，在西南次海盆海盆北侧 8 km 深度是有利的岩浆活动温度区，时间上温度相对的时间期限在 9.6-4.6 Ma 之间，温度条件上，北侧 8 km 深度有利岩浆活动温度区在 7 Ma 高达 1100℃以上，也比南部相对应时期最高温度 1020℃要高。可能的解释是扩张中心向南迁移，导致北部深部地幔的残留热活动更强烈。许鹤华（2011）通过数值模拟的结果表明洋中脊跃迁使两洋脊之间行成了一个部分熔融岩浆区，这使得两洋脊之间火山相对较多且地形相对较高，造成了两侧地形和海山分布的不对称。

S25-P-17

利用海底地震仪（OBS）远震记录研究南海西北部陆缘壳内低速结构

黄海波[1]*，丘学林[2]，熊厚[3]

1 边缘海与大洋地质重点实验室，中国科学院南海海洋研究所，广州

2 地球物理与探测技术实验室，深圳地震减灾技术研究所，中国地震局，深圳

* go223@scsio.ac.cn

壳内低速结构（低速层或低速体）反映了地壳组成物质的不均一性。在伸展大陆边缘，该结构一般与拆离断层活动所形成的剪切变质带有关。地壳增厚和深部热活动都能明显降低下地壳粘滞性，从而导致物质流动，促使地壳变形趋于平缓，有利于形成较为宽阔的伸展陆缘。因此，壳内低速结构被认为是陆缘伸展构造的重要调节带，保存有大陆边缘演化的重要信息。南海西北部陆缘自早始新世以来经历了长期的伸展作用，发育有大量伸展构造。拆离断层控制了该区新生代盆地以及断块分布。西沙岛礁区的接收函数研究揭示该区发育有壳内低速构造，但由于缺乏被动源 OBS 阵列调查，其横向分布特征及其形成原因尚不清楚。

主动源地震探测所使用的 OBS 一般只记录 4~5 天，但由于天气原因可能会延长至数周，从而为记录天然地震提供了可能。2011 年 4—6 月，在西沙海域实施的 OBS973-3 共投放 20 台宽频带 OBS(60 s~50 Hz)。在 9~10d 的记录期间，其中 10 台 OBS 记录到了未受气枪信号影响的全球天然地震事件。通过筛选，最终提取 2 条较为清晰的接收函数波形。考虑到反演模拟可能产生严重假象，我们仅在前期射线追踪所获得的纵波速度模型基础上对接收函数进行正演模拟，通过“试错法”尽可能降低观测数据与计算数据的误差，得到关于壳内主要构造，如莫霍面（Moho）深度以及可能存在的低速体的估计。

纵波速度模型显示，从岛礁到中沙海槽中部，Moho 深度由~24 km 抬升至~17.5 km；地壳顶部覆盖~2.5 km 厚的新生代沉积。中沙海槽上地壳由于拆离作用而明显减薄甚至断开，同时中-下地壳物质不对称上涌。据此模型，接收函数正演以 6.0 km/s 作为初始平均速度，水深、沉积层厚度和 Moho 深度提取自纵波速度模型。纵横波速比值参考周边地区的转换横波研究结果。接收函数正演结果显示，台站下方普遍发育低速结构，其顶界埋深、厚度以及展布范围具有明显分段特征。其中，岛礁区低速层分布比较零散，厚度一般为 7~10 km，其顶部埋深具有向海抬升趋势，但连续性较差；中沙海槽及两侧低速体较为连续，厚度为 3~4 km，其顶部埋深由两侧向海槽中心逐渐抬升，并表现出不对称性；海槽 SE 侧位于~6 km 深度处也存在低速层，厚度~3 km；接收函数所获

Moho 深度与 P 波速度模型基本一致，但部分台站表现为一速度梯度带。其中，在海槽地区，Moho 顶部横波速度约 4.0 km/s，厚度~3 km，表明地壳底部地震波速度增加。

南海西北部陆缘较为宽阔，分布高热流值，区内发育大量微陆块和裂谷带，提供了地壳物质流动所需的地温和重力驱动条件。西沙岛礁区所发现的壳内低速层，其分布较为零散，可能对应韧性剪切带发育的初始阶段；随着陆缘伸展进一步作用，中沙海槽形成，拆离断层首先控制上地壳变形和破裂，进而中-下地壳物质不对称上涌，带动壳内韧性剪切带继续发育和连接，最终由于上覆压力减小，地壳底部或出现岩浆底侵作用。

S25-P-18

南海巴士海峡三维探测的 OBS 位置校正研究

张佳政 [1]*，杜峰 [1,2]，赵明辉 [1]，黄海波 [1]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 100049

* jzzhang@scsio.ac.cn

南海是我国走向深海研究的重要突破口（汪品先，2009），而马尼拉海沟俯冲带作为南海现今惟一的俯冲汇聚边界，是构成完整的南海威尔逊循环的端点，更是解决南海的形成与构造演化等科学问题的关键。为了探明南海东北部马尼拉俯冲带北段的地壳结构属性，2016 年 4-6 月，“实验 2”号执行基金委共享航次，在巴士海峡区域实施三维海底地震仪（OBS）深地震探测实验。此次实验共投放了 48 台国产便携式 OBS，最终回收 41 台，放炮测线长 2300 km，有效放炮 10800 次，获得了宝贵的第一手数据资料。由于受海流等因素的影响，OBS 在投放下沉的过程中会偏离投放点，有时会达数百米，所以在对 OBS 进行数据处理时，对其在海底位置的校正是必不可少的环节，高精度的 OBS 位置也是保证后续速度结构模拟等研究准确的基础。

本文首先改进了敖威等（2010）结合最小二乘法和蒙脱卡洛法进行 OBS 位置校正的程序，在引进不同测线具有不同二次时间校正量的同时，使该程序能够自动反演求取该校正量，二次时间校正量是对 OBS 钟漂线性校正不足、平均水速假设和（或）直达水波走时拾取存在误差的整体补偿；然后根据巴士海峡三维探测实验的几何布设、OBS 水深、直达水波走时及其误差等统计数据，设置了一系列理论测试实验，验证了改进后的位置校正程序的可行性，并指出此次探测实验的位置校正存在 20 m 的误差，其与直达水波走时的误差大小直接相关；最后对巴士海峡三维探测实验的 28 台 OBS 进行了位置校正，并将校正结果与该区域实验期间的海流进行了对比，结果发现，OBS 的漂移量（校正后的真实落点与投放点之间的距离）介于 65 m 至 1136 m 之间，虽然漂移量与海流强度的相关性较低，但漂移方向与海流方向的 Pearson 相关系数达到 0.79，说明海流是造成 OBS 漂移的重要因素之一，而具体的影响机制暂不明确。

本研究不仅获得了巴士海峡三维探测实验中 OBS 的高精度落点位置，为该区后续速度结构等研究提供了精确的数据基础，也为海洋地震实验的 OBS 位置校正研究提供了经验借鉴。

S25-P-19S

塞舌尔北部海台的地形地貌特征及其构造演化

苏泽国 [1,2]，唐勇 [1,2]*，李赫 [1,2,3]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

3 浙江大学地球科学学院，杭州 310027

* tangyong@sio.org.cn

塞舌尔北部海台位于西北印度洋，东、西索马里海盆之间。塞舌尔北部海台是在冈瓦纳大陆解体、马达加斯加和印度/塞舌尔分离、印度板块和塞舌尔微陆块的分离的过程中形成的。

2016 中国-塞舌尔大陆边缘海洋地球科学联合调查航次在塞舌尔北部海台开展了综合地球物理调查，采集得到高精度多波束数据、重力数据和岩石学样品。通过对多波束数据进行处理，得到了塞舌尔北部海台的高精度地形图。由该区域的地形图可以看出，在塞舌尔北部海台，水深由南向北增大，陆架区水深变化较小，但是有许多海山和近南北向海岭发育。随着向深海平原推移，水深增加至 3000-5000 米。从地形图水深变化可以看出，海台大陆架呈 SE-NW 向展布，宽广平坦，总体坡度小。结合磁力数据和前人对此区域构造演化历史的综合研究，我们认为塞舌尔北部海台上发现的大量海山和南北走向海岭是在塞舌尔微陆块与印度板块分离之后 2-3 Ma 形成的，与印度次大陆上的晚期火山活动有关。

S25-P-20

古太平洋板块中生代俯冲活动与南海中生界

邱燕[1]*，彭学超[1]，孙桂华[1]，王瑜[2]，杜文波[1]

1 广州海洋地质调查局，广州 510075

2 中国地质大学，北京 100089

* zqiuyan60@163.com

中生代中国大陆东部边缘与古太平洋板块接壤，位于西太平洋板块上的夏威夷－皇帝海山链排列方向清楚地指示，古太平洋板块中生代运动方向为 NNW 向，至 43Ma 转为 WNW 向。尽管持续的俯冲活动使该板块的中生代洋壳消失殆尽，但中国大陆东部边缘乃至南海东部均留下其活动的痕迹。资料证实，南海中生界的形成与古太平洋板块中生代持续向中国大陆东部边缘斜向俯冲的活动不无关系。

一、古太平洋板块中生代俯冲的证据

中国大陆东部边缘的各种地质构造特征证实了古太平洋板块的俯冲活动。

1 发育俯冲增生带：中国大陆东部的那丹达岭至日本列岛一带发育俯冲增生带。那丹达岭发育中侏罗世末构造混杂岩增生带，混杂岩中含带状枕状玄武岩；琉球岛弧发育晚侏罗－早白垩混杂岩。

2 构造变形作用：中侏罗世末期，中国东部边缘由原来的 E～W 构造格局转变为 NNE～NE 向的构造格局，揭示了古太平洋板块向欧亚大陆板块之下俯冲的构造事件。正因为古太平洋的俯冲，使中国大陆东部被动边缘转变为以大洋板块活动为主的活动大陆边缘，又因为板块汇聚作用造成 NW～SE 向挤压作用，导致该边缘的构造格局转变为 NE～NNE 向。野外观察的地质剖面，可发现这一转变现象

3 岩浆活动特征：中国东部大规模的岩浆活动发生于晚侏罗世，形成的火成岩基本呈 NNE 向展布，这是板块俯冲最直接的反映。

4 沉积环境的变迁：中国大陆东缘上侏罗统与中、下侏罗统之间岩性、岩相发生显著变化，说明本区的构造、沉积环境发生了巨大变革，暗示古太平洋板块的俯冲活动事件。

二、古太平洋中生代俯冲与南海中生界

南海中生代残余盆地的存在，揭示了西太平洋往欧亚大陆东部斜向俯冲的同时、南海中生代的沉积作用非常活跃这一事实。位于南海东部的台西南盆地、珠江口盆地东部、潮汕-北港区、礼乐滩盆地等均发育含陆相、海陆过渡相、深海相和滨、浅海相的中生代沉积层。地震剖面显示，残余中生界与上覆新生界呈角度不整合接触，褶皱明显，断层发育。

研究成果证实南海中生界不属于中特提斯大洋板块作用的产物，原因在于：①在华南大陆没有发现可靠的代表中生代大洋缝合线的蛇绿岩套；②红河断裂体系晚三叠世以来为陆相沉积，暗示中特提斯海没有通道到达南海；③特提斯域的构造线为东西向延伸，华南东南缘和南海中生界所有的构造线均为 NE 向、NNE 向或 ENE 向延伸，二者构造线延伸方向不吻合；④通过解释南海海盆的地震剖面得知，所有巨厚的中生界均发育在南海东部，迄今为止在南海西部未发现厚层海相中生界反射，仅见零星疑似陆相

中生界的反射剖面，因而也说明没有通道可使中特提斯海延伸至南海东部。

反之，由于中生代古太平洋板块 NNW 向的俯冲，南海当时的东部边缘与古太平洋板块有关，并受到左旋剪切作用而沉降，导致南海东部中生界的广泛发育。剖面解释中生代沉积盆地和控盆基底断裂隐约具有左行雁列式展布特征，这与中生代古太平洋板块 NNW 向的俯冲作用延至南海东部边缘已经逐渐变为以左旋走滑剪切作用为主的构造应力场相吻合。遗憾的是南海新生代的扩张活动破坏了中生代的构造格局。

综上所述，南海中生界属于西太平洋构造域的组成部分。至于南海中生界是否代表中生代古南海扩张的陆缘沉积，有待今后进一步研究。

S25-P-21S

伊宁地块西部阿腾套山一带早石炭世赞岐质高 Mg 安山岩地球化学特征、岩石成因和构造启示

王祚鹏[1]，李永军[1,2]*，杨高学[1,2]，佟丽莉[1,2]

1 长安大学，地球科学与资源学院，西安 710054

2 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室，西安 710054

* yongjunl@chd.edu.cn

石炭纪火山沉积是伊宁地块的最重要记录，其岩石成因是揭示其构造演化的关键。在伊宁地块西部阿腾套山一带识别出一套早石炭世高 Mg 安山岩。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 346±2 Ma，属早石炭世中期。所有样品具有高的 MgO（3.30～5.45 wt.%）、SiO_2（53.25～60.10 wt.%）、Cr（90.29～156.67 ppm）、Ni（30.97～46.56 ppm）和中等的 TiO_2（0.94～1.10 wt.%）特征，并且相对富集 LILE（Rb、K、Th、Sr）和 LREE（$(La/Yb)_N$=6.34～10.14）、亏损 HFSE（Nb、Ta、P、Ti），其地球化学特征类似于日本西南部 Setouchi 火山岩带和西准噶尔别鲁阿嘎希地区赞岐岩类。阿腾套山赞岐质高 Mg 安山岩同时具有高 Th/La（0.25～0.33）、Th/Yb（2.58～4.01）比率和变化着的锆石 εHf *(t)*值（−2.27～+4.32）。这些地球化学特征表明其形成于地幔楔橄榄岩的部分熔融且受到了俯冲带沉积物熔体的交代。阿腾套山赞岐质高 Mg 安山岩具有相对高的 Y（22.08～28.48 ppm）和 Yb（2.15～2.76 ppm）含量和低 Sr/Y（15.16～27.68）比率、负的 δEu（0.75–0.94）异常，表明这些赞岐质高 Mg 安山岩岩浆源区有石榴子石或闪石熔体的加入和斜长石的残留。

阿腾套山赞岐质高 Mg 安山岩的发现，结合同时期共生的异常高温岩浆岩（埃达克质斑岩、富 Nb 玄武岩、碱性玄武岩+拉斑玄武岩、A 型花岗岩/流纹岩和双峰式火山岩）组合，我们推测赞岐质高 Mg 安山岩形成时，伊宁地块西部早石炭世的俯冲过程中可能发生了板片断离（Slab break-off）。当南天山洋岩石圈板片向北不断俯冲于伊宁地块之下时，由于重心下沉或者扩张脊的存在，使得大洋岩石圈板片在早石炭世中期发生板片回撤，进而发生板片断离和出现板片窗（Slab window）。此时，大量的软流圈物质通过板片窗上涌，造成了上覆岩石圈地幔的局部拉张和下地壳物质的深熔作用，形成了伊宁地块西部具有拉张性质的 A 型和 I 型花岗岩类岩石及双峰式火山岩组合。此外，由于异常高温梯度的存在，诱发了南天山洋俯冲板片的部分熔融，形成了赞岐质高 Mg 安山岩、埃达克质斑岩、富 Nb 玄武岩等具有特殊构造意义的岩石组合。这种板片断离机制可能在中亚造山带地壳生长过程中发挥着极为重要的作用。

S25-P-22S

利用远震 P 波层析成像研究苏门答腊俯冲带上地幔速度结构

李雪垒[1,2]*，郝天珧[1,2]，李志伟[3]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
2 中国科学院大学，北京 100049
3 中国科学院测量与地球物理研究所，武汉 430077
* lixuelei@mail.iggcas.ac.cn

苏门答腊俯冲带位于欧亚板块与印度-澳大利亚板块之间、巽他陆块的西南缘，由于印度-澳大利亚板块向欧亚板块斜向俯冲，在该地区产生了复杂的地质构造和强烈的地震、火山活动，成为研究俯冲带的天然实验场之一。本论文针对苏门答腊俯冲带地区，基于地震走时成像方法对研究区的印度-澳大利亚俯冲岩石圈开展研究。

收集整理了研究区 63 个流动地震台站的远震波形数据，利用自适应叠加和多道互相关方法联合拾取远震 P 波相对到时数据，共获得震中距在 30-90° 范围的 P 波相对走时 1627 个，并基于快速行进走时层析成像方法（FMTT）反演获得了苏门答腊俯冲带三维上地幔 P 波速度结构。成像结果清晰刻画出印度-澳大利亚上地幔俯冲带的形貌特征，揭示出该区海洋岩石圈板片向欧亚板块的斜向俯冲。成像结果给出的俯冲海沟和苏门答腊断裂之间的低速异常与已有研究结果具有很好的一致性，结合前人有关热流和剪切波分裂的研究，推断这些低速区应该指示了平行海沟的地幔流。苏门答腊俯冲带的高速异常在 410 km 以上为一个连续的异常，而不是一个分离的异常。在南苏门答腊地区，约 560 km 以下的异常存在明显的分离现象，推断这里很可能存在一个板片撕裂，前人关于地球动力学的数值模拟和板片撕裂区的深源地震也支持板片撕裂的推测。

S25-P-23

中国东部典型斑岩型铜矿成矿作用迁移及其对西太平洋构造迁移的响应——以 4 个典型矿区为例

周洁 [1,2]，李三忠 [1,2]*，索艳慧 [1,3]，王鹏程 [1,2]，李玺瑶 [1,3]

1 海底科学与探测技术教育部重点实验室，中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100
2 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266237
3 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质功能实验室，青岛 266237
* sanzhong@ouc.edu.cn

西太平洋洋陆过渡带位于欧亚、太平洋和印度三大板块的交汇处，占据了中生代全球板块汇聚中心的独特位置，是完善板块构造理论的思想策源地之一，赋含大量前沿科学根本问题和难题，也是目前地质科学热点地区之一。斑岩型铜矿床是世界上最主要的铜矿床，也是我国铜金属生产中最主要的开采对象。斑岩铜矿有两种成因环境，一种就是熟知的俯冲环境，另一种就是大陆碰撞环境。环太平洋东西两侧斑岩铜矿发育差异显著，这可能与东、西太平洋两侧大陆边缘构造类型不同有关。中国东部洋陆过渡带正是西太平洋成特提斯洋消亡—印度洋打开的控制，构造异常复杂，岩浆活动频繁，成矿条件优越，分布着我国重要的斑岩型铜（多金属）矿床，同时，这种洋陆交接转换地带也反映了东亚深部结构的复杂性，不同于东太平洋简单的安第斯型俯冲模式。因而，这个地区不但是丰富成矿理论的实验室，也成为检验全球构造模型或理论的试金石。对我国东部陆缘构造迁移规律与斑岩型铜（多金属）矿床成矿迁移规律关系的研究，可以探讨西太平洋洋陆过渡带浅部成矿效应与深部过程的耦合机制，具有构造地质学、矿床学、大陆及洋底动力学等多重意义。因此，为了深度认知西太平洋的成矿专属性、规律性，从动力机制上认识成矿过程，这必然需要与西太平洋洋内板块格局变迁重建及其大陆边缘响应过程相结合，也是构造控矿理论的核心问题。

选取我国西太平洋成矿带不同区段的燕山期典型斑岩型铜多金属矿床为研究对象，以构造地质学、岩石学、矿床学剖析为

研究手段，从浅部成矿迁移规律、构造格局变迁、深部动力过程、古太平洋板块重建等角度，理清我国东部大陆边缘浅部成矿迁移与古太平洋俯冲带的关系、深部过程和浅部效应，由点及面，反演西太平洋洋陆过渡带燕山期成矿大爆发的构造迁移、俯冲后撤过程，为建立西太地区时代连续、过程合理的俯冲—岩浆—成矿演化提供一定参考。

S25-P-24

青藏高原中部尼则地区晚白垩世构造岩浆事件：对班公湖-怒江洋闭合的约束

刘一鸣[1]*，李三忠[1]，李才[2]，王明[2]，于胜尧[1]

1 中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 吉林大学地球科学学院，长春 130061

* michael_yatmingliu@foxmail.com

青藏高原大地构造位置处于特提斯构造域的东段，是全球最活跃的构造带之一。由于强烈的高原隆升作用，青藏高原上各时代的岩石单元均有出露，这使得青藏高原成为检验大陆漂移和板块构造理论的天然实验室。班公湖－怒江板块缝合带呈近东西向展布于青藏高原中部，是国内外备受关注的特提斯构造域的重要组成部分。其做为羌南－保山陆块和冈底斯陆块之间重要的构造界线，可以为恢复和反演特提斯构造域及青藏高原早期形成与演化提供重要依据。尽管自 20 世纪 80 年代以来，前人已对该缝合带进行了大量的区域地质调查和专题研究并取得了一定的研究成果，但其闭合时限与过程仍然处于争论之中。在白垩纪时期班公湖－怒江洋的闭合以及羌南－保山陆块与冈底斯陆块之间的碰撞是青藏高原上非常重要的地质事件。

本文在对冈底斯陆块北部尼则地区进行详细的构造解析和岩相学工作基础上，选择晚白垩世花岗闪长岩进行系统的锆石 U－Pb 年代学和全岩地球化学分析。同时对花岗闪长岩围岩进行详细的构造解析。在以上工作的基础上以期对尼则地区晚白垩世花岗闪长岩岩石成因以及羌南－保山陆块和冈底斯陆块碰撞过程的深部动力学机制提供制约。4 件花岗闪长岩样品获得的锆石 U-Pb 年龄为 89-88Ma，其与班公湖-怒江缝合带中上白垩统的磨拉石建造竟柱山组和阿布山组时代相当。全岩地球化学特征显示其具有钙碱性的特征，富集大离子亲石元素，亏损高场强元素。岩石具有较高的 Al_2O_3 和 Sr 含量，低的 Yb 和 Y 含量以及较高的 Sr/Y 比值，显示埃达克岩的亲缘性。构造解析显示该区变形主要表现为大尺度的逆冲断层，晚期表现为张性正断层。并且正断层的活动控制了晚白垩世花岗闪长岩的侵位。综合研究显示尼则地区晚白垩世花岗闪长岩形成于班公湖-怒江洋闭合之后造山带的伸展垮塌阶段，岩浆来源于加厚下地壳或/和中地壳的部分熔融。

S25-P-25

拆离型微地块及其构造意义

李阳[1,2]，李三忠[1,2]*，索艳慧[1,2]，郭玲莉[1,2]，朱俊江[1,2]，刘永江[1,2]

1 海底科学与探测技术教育部重点实验室，中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266237

* Sanzhong@ouc.edu.cn

20 世纪初，地质学家魏格纳提出大陆漂移说，而后在上世纪五六十年代从海底扩张到建立板块构造学说，板块构造逐渐成为地球科学的主导学术思想。可以说板块构造理论是一场伟大的革命，从其诞生起已经统治固体地球科学领域半个多世纪。然而，板块构造学正面临着巨大的挑战，有三个重要的科学问题仍无法解决：（1）板块构造的“登陆”问题，即大陆构造并不能完全符合板块构造已有的理论体系，其多样性、复杂性是经典板块构造理论难以完全解释的；（2）板块构造的起源问题，即地球历史时期何时

开始有板块构造；（3）板块构造的动力学问题。近来，微地块的提出有可能解决板块构造的这三大难题。

按成因机制，微地块可分出拆离微地块、裂生微地块、转换微地块、交生微地块、跃生微地块、残生微地块、增生微地块和碰生微地块等多种类型。其中，拆离型微地块是一种非常重要的类型，在全球中广有分布。例如，在大西洋的伸展裂解系统中，大陆板块沿着岩石圈尺度的铲形拆离断层伸展裂解，会导致残存细小陆块孤立地出现在深海盆地中，也有人称之为伸展型外来体。此外，在大西洋洋中脊和西南印度洋洋中脊已经识别出众多的海洋核杂岩，与之相伴的是发生大规模拆离的上盘块体。严格意义上说，围限这类微地块的边界是切割岩石圈的拆离断层，因而这类微地块已经脱离母板块，成为一个独立的微板块或者微地块。如果这样理解，岩石圈尺度的拆离断层也应为除洋中脊之外的第二种离散型边界。

拆离型微地块形成和演化过程的研究对发展板块构造理论具有重要意义。首先是在海底扩张方面，传统的板块构造学理论认为海底扩张是通过洋中脊洋壳的增生完成的，但 2010 年在塞浦路斯以“大洋岩石圈拆离作用”为主题的会议上，提出了一种新的海底扩张模式，即以大洋拆离断层滑移来弥补慢速—超慢速洋脊的海底扩张伸展量，如大西洋和西南印度洋。其次，在被动陆缘构造环境方面，之前很多人会将被动大陆边缘理解为板块内部环境，而实际上现今的被动大陆边缘，尤其在洋陆转换带处（如纽芬兰—伊比利亚），会发育众多拆离型微地块，同时沿着拆离断层会分布有众多的板内地震，因此我们需要重新认识这个地带“板内环境”这一概念。再者，拆离型微地块的识别还有可能解释一些板块构造难以解释的大陆构造问题，如陆内造山的动力学机制，按照微地块理论，“陆内”造山运动有可能还是发生在块体边缘的构造事件。因此，从这个角度来说，微地块理念能很好地弥补板块构造理论的一些缺陷。

S25-P-26S

裂生型微地块的特征及成因模式：来自俯冲系统中弧后扩张作用的启示

牟墩玲 [1,2]，李三忠 [1,2]*，索艳慧 [1,2]，朱俊江 [1,2]，李玺瑶 [1,2]，郭玲莉 [1,2]，刘永江 [1,2]

1 海底科学与探测技术教育部重点实验室，中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室，青岛 266237

* Sanzhong@ouc.edu.cn

微地块是一种在现今空间尺度上相对微小的地质块体，常见于洋中脊环境以及俯冲系统中，在洋盆内部也有发育。微地块有多种成因类型，其中由弧后扩张作用导致岛弧裂解、漂移所生成的新地块或板块，即为裂生型微地块（rifting-derived block）。本文结合西太平洋“沟-弧-盆”体系中弧后扩张发育的马里亚纳微地块和北斐济微地块的特征，系统总结了裂生型微地块的识别标志、构造特征以及成因模式。

裂生型微地块的基底地壳属性可以是陆壳或洋壳、陆缘弧或洋内弧地壳，其边界必有一侧为离散型边界，其余边界可复杂多样，如俯冲带、转换断层、深大断裂等，可以是已经死亡的构造，也可以是正在活动的构造。裂生型微地块常见于俯冲消减系统的上盘，但却是在弧后伸展裂解的构造背景下形成的，可以位于大洋或边缘海盆中，也可以出露于现今的大陆造山带中。根据研究发现，裂生型微地块的成因模式可总结为两类：与深部地幔上涌相关的主动型扩张模式；与岩石圈拉伸、海沟后撤相关的被动型扩张模式。裂生型微地块的演化往往伴随着不对称、不稳定的弧后扩张以及岛弧和周缘微地块/地块之间的相对旋转，这些都导致了裂生型微地块构造演化的独特性和复杂性。对裂生型微地块的研究，使得洋-陆俯冲带、造山带的研究更加精细化，同时也可以丰富地块/板块发展演化的内容。

S26-O-01

南海海盆东南部大型深水扇体系结构及其控制因素

高红芳，孙美静，聂鑫，周娇，姜涛，吴皎岐，黄文凯，杜文波

广州海洋地质调查局，广州 510760

* promap@163.com

海盆一般以沉积环境稳定而著称，但运用近五年来海洋区域地质调查采集的最新地球物理数据，在南海海盆东南部发现晚中新世到第四纪多期大型深水扇沉积体系。这些沉积体从老到新规模结构不断变化，蕴含了丰富的海平面变化信息。以浊流沉积体、水道砂体等沉积体为主，透镜状浊积体垂向上层层叠置发育，形成厚层的浊积砂体；水道砂体底部呈“V”型展布，海底可见水道十分发育，由南向北延伸，揭示出物源来自礼乐滩及北巴拉望区域；南吕宋岛弧向海沟方向地形地貌图上也可见峡谷水道发育，显示出南吕宋岛弧也是海盆一个重要的物源。该沉积体总体上由南向北、由海盆边部向海盆中央，呈扇形推进，推进距离一般约为150km～200km 左右，在东部，物源供应充裕，浊流沉积体规模明显扩张，和来自南吕宋岛弧的沉积物一起，沿海沟向北推进，延伸超过 400km，部分沉积物越过了古扩张脊，继续向北延伸。海盆南部大型深水沉积体系和海沟重力流沉积体汇合起来，形成了图幅东南部大型的重力流沉积体群，面积超过 8 万平方公里。该大型重力流沉积体群的发现，是海洋区域地质调查的创新性成果，为国际超深水深海平原重力流的研究提供了良好的实例，是南海南部沉积体系“源-聚-汇”的重要环节。

S26-O-02

伸展构造和重力变形的相互作用：以南海中北部陆缘超伸展的荔湾凹陷为例

张翠梅[1]，苏明[2]*，庞雄[3]，郑金云[3]，柳保军[3]，孙珍[1]，Gianreto Manatschal[4]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 中山大学海洋科学学院，珠海 519082

3 中海石油有限公司深圳分公司，深圳 518054

4 法国斯特拉斯堡大学地球科学学校，斯特拉斯堡 67084

* suming3@mail.sysu.edu.cn

伸展构造和重力作用已经被广泛研究，但是对于两者如何相互作用控制超伸展陆缘的发育仍缺乏探讨。本研究旨在通过南海北部陆缘钻孔资料和高精度三维地震资料的解释，揭示超伸展变形过程中荔湾凹陷伸展构造和重力系统的相互作用，及其对沉积作用的控制。

研究区以发育显著的向洋倾斜的页岩层作为标志，其作为滑脱层，将盆地充填划分为上构造层和下构造层。上构造层以来自于北侧的高沉积物供给为特征，发育典型的三角洲进积楔。伸展断层和重力构造及同裂陷层序表现为向洋变新的趋势，且重力系统在同伸展构造期活动。结合反射结构和地震相特征，推断页岩层之下下构造层由翘倾断块构成，其覆盖于厚度小于 7km 的超伸展地壳之上。

研究提出了新的模式来揭示伸展构造和重力系统的相互作用：在初始阶段，强烈减薄的地壳之上发育了翘倾断块，随后沉积了厚层页岩；第二阶段，沉积物供给强烈，沉积中心和伸展作用逐渐向洋迁移，页岩层作为滑脱层，影响上部同期超伸展的沉积物变形；第三年阶段荔湾凹陷主要被同沉积的重力变形所控制，推断此时伸展构造已迁移至陆缘更南端；伸展作用和重力变形在海底扩张结束之后仍在继续，约在 23.8Ma 停止活动。

S26-O-03

被动陆缘破裂不整合系统-以珠江口盆地为例

解习农*，任建业，姜涛，雷超

中国地质大学（武汉）构造与油气教育部重点实验室，武汉 430074
* xnxie@cug.edu.cn

被动陆缘从地壳开始张裂到岩石圈完全破裂、洋壳出现的过程是复杂的、非瞬时的演化过程。世界典型被动大陆边缘岩石圈张裂从陆向海呈现规律性变化，大多经历了伸展、薄化、剥露、海底扩张四个演化阶段，形成机制也经历了纯剪切（伸展阶段）-简单剪切（地壳薄化和剥露阶段）-纯剪切（海底扩张）的变化，相应地在被动陆缘沉积充填过程形成一系列不整合界面。依据被动陆缘地壳厚度及性质的变化依次可划分为近端带、细颈化带、远端带、边缘高地（含OCT）和正常洋壳多个结构构造单元，研究发现不同构造单元内无论是不整合界面的个数还是响应特征均具有明显差异。为了便于被动陆缘沉积地层的对比，更好地表征陆缘岩石圈破裂过程中不同构造单元的不整合界面，提出“破裂不整合系统”（breakup unconformity system）概念，用来描述被动陆缘岩石圈破裂过程中不同阶段所形成的不整合界面特征。

珠江口盆地新生代为典型被动陆缘盆地，浅水陆架区的珠 I 和珠 III 坳陷属于被动陆缘的近端带，深水陆坡区的珠 II 坳陷属于被动陆缘的远端带，处于深水－超深水区的白云凹陷和荔湾凹陷位于细颈化带和远端带内。研究发现这些深水－超深水盆地发育了一系列特殊的与陆架区盆地形成鲜明对比的地质构造。长期以来一直认为白云凹陷和荔湾凹陷的同裂陷阶段为高角度正断层控制的断陷盆地，但是新的长电缆深反射剖面和 3 D 连片资料解释显示，控制这两个深水凹陷同裂陷沉积的是大型拆离断层。其中控制白云凹陷的南侧大型北倾拆离断层向下延伸产状变缓，最后汇聚到 Moho 界面。控制荔湾凹陷的北侧大型南倾拆离断层之上发育旋转断块构造，间于这两个深水凹陷之间的云荔凸起实际上为一典型的 H 构造。类似的拆离断层从东部的靖海凹陷、兴宁凹陷，一直向西到鹤山凹陷都可追踪。正是由于大型拆离断层发育导致多个不整合界面形成，且仅局限于远端带发育。研究显示，利用破裂不整合系统可以更好地揭示被动陆缘岩石圈结构及其破裂过程，便于被动陆缘层序地层对比。

S26-O-04

Upper Miocene-Pliocene provenance evolution of Central Canyon, Qiongdongnan Basin (northwestern South China Sea)

Yuchi Cui[1], Lei Shao[1]*, Peijun Qiao[1], Jianxiang Pei[2], Daojun Zhang[2], Batara Achmad[3]

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, China, 200092
2 Zhanjiang Branch of China National Offshore Oil Corporation, Guangdong 524057, China
3 Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering, University of Islam Riau, Indonesia
* lshao@tongji.edu.cn

Provenance studies of the Central Canyon, Qiongdongnan Basin has provided significant insights into paleographic and sedimentology research of the South China Sea (SCS). A suite of geochemical approaches mainly including rare earth elemental (REE) analysis and detrital zircon U-Pb dating has been systematically applied to the “source-to-sink” system involving our upper Miocene–Pliocene Central Canyon sediments and surrounding potential source areas. Based on samples tracing the entire course of Central Canyon, REE distribution patterns indicate that the western channel was generally characterized by more positive Eu anomalies, in contrast to the dominance of negative values of its eastern side during late Miocene–Pliocene. Additionally, for the whole canyon

and farther regions of Qiongdongnan Basin, the number of samples bearing negative Eu anomalies tended to increase within younger geological strata. On the other hand, U-Pb geochronology results suggest a wide Proterozoic to Mesozoic age range with peak complexity in Yanshanian, Indosinian, Caledonian and Jinningian periods. However in detail, age combination of most western samples displayed older signatures than the eastern. To make it more evidently, western boreholes of the Central Canyon are mainly characterized with confined Indosinian and Caledonian clusters which show great comparability with mafic-to-ultramafic source of Kontum Massif of Central Vietnam, while eastern samples largely bear with distinguishable Yanshanian and Indosinian peaks which more resemble with Hainan Island. Based on geochemistry and geochronology analyses, two significant suppliers and sedimentary infilling processes are generated: (I) the Indosinian collision orogenic belt in central-northern Vietnam, Inodochinahas ever played significant role in Central Canyon, (II) Hainan Island once as a typical provenance to the eastern Central Canyon, has been enlarging its influence into the whole channel, even into the farther regions of Qiongdongnan Basin.

S26-O-05

鲁东灵山岛早白垩世碎屑沉积岩中重矿物化学组成和构造意义

高彪*，李忠

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* 515841980@qq.com

研究地区灵山岛位于南黄海西北部，青岛市的西南方向。该地区发育一套早白垩世地层，地层由正常碎屑沉积岩和火山碎屑岩地层组成，其构成和同时代相邻的胶莱盆地具有相似的特征。在该地区发现的浊积岩层和丰富的软沉积变形结构引起了关于及古地理和构造位置的热烈讨论。为了解决这些争议性问题，开展了许多的相关研究工作，也取得了许多的认识，如地层沉积时间、沉积相配置、同沉积结构构造等。但是，重矿物作为沉积物的重要组成部分能够对构造环境和演化过程起到启示作用。本文对灵山岛早白垩世地层系统的开展重矿物组合分析。除此之外，分别对地层上、下部的样品 SD15-05 和 SD15-25 开展碎屑电气石、石榴石和铬尖晶石化学成分分析。并取得了如下认识：灵山岛早白垩世地层下段沉积于还原环境，且物源构成相对复杂，中高级变质岩及少量的火山岩物质作为其源岩物质；相反，其上部地层具有不同的特点，地层形成于氧化环境且沉积碎屑粒径较下部地层要粗，变质岩仍然在物源中占重要位置，但是火山岩岩石成为重要的源岩类型之一，从而与下部地层区分开来。碎屑重矿物的化学成分同时也记录 124Ma 岩石圈地幔破坏峰期的地表响应过程，也暗示苏鲁 UHP-HP 变质地体的形成过程是以深俯冲侵入折返的模式。

S26-O-06

南海南部前新生代沉积特征及油气资源远景

何凯伦，唐华风*，朱晨曦，尹永康，王璞珺

吉林大学地球科学学院，长春 130061

* tanghfhc@jlu.edu.cn

南海南部位于欧亚板块东南部的边缘，太平洋板块的西部，澳大利亚板块的北部。南沙海域由于其丰富的资源和特殊的地理位置，以及其复杂的构造背景，备受许多国家和学者的关注。通过归纳总结南海南部前新生代地质特征，以及海域重磁震资料的处理，证明南沙海域具有形成中生代沉积层的构造背景，该地区中生界地层应具有良好的

油气勘探前景。

1.南海南部前新生代地质特征

南海南部陆域主要包括越南中南部、纳土纳岛、婆罗洲北部及巴拉望岛地区。越南中南部发育前古生代变质基底，上覆 3 套海相沉积（Є-D、C-P、T-J_2）叠加 1 套海-陆相交互沉积建造（J_3-K）；古晋地区发育古生代变质基底（D-C），上覆 3 套海相沉积建（C_2-P_1、T_3、J_3-K）叠加 1 套海陆交互沉积建造（K_2）；纳土纳岛-沙捞越东部-巴拉望岛南部发育蛇绿岩套基底，上覆 1 套海相沉积建造；沙巴地区发育变质-结晶基底（T/PreT），上覆蛇绿岩套（K）叠加 1 套海相沉积地层（K_2）；北巴拉望-卡拉棉地区发育变质基底（C），上覆 2 套海相沉积（P-T_2）夹 1 套海-陆相交互沉积建造（T_3-J_1）。南海南部海域主要为南沙地区，通过对 S08-18 拖网样中斜长花岗岩的锆石分析且与中西沙前寒武基底岩石资料对比，推断南沙地块存在前寒武纪结晶基底（鄢全树等，2008）。据钻井资料及重磁震联合解释，曾母盆地及危险滩地区主要发育晚中生代浅变质岩和花岗岩，并沉积海相地层；礼乐滩地区发育 2 套海相沉积（T_2、K_2）及 2 套海陆交互相沉积（T_3-J_1、J_3-K_1）；北巴拉望海域发育海相沉积（J_3-K_1）。

南海南部结晶基底呈现中间老、四周新的特征，围区陆域自西向东从印支地块→古晋带→锡布带的结晶-变质基底形成时间由老→新，变质程度从中-高级→中-低级，并经受了差异沉积建造过程。

2.南海南部前新生代油气资源远景

通过海域钻井已经在礼乐盆地勘探到有机质含量较高，以Ⅱ$_2$、Ⅲ型干酪根为主的白垩系烃源岩。通过陆域露头及海域钻井资料对比，证明南海南部具有形成中生代沉积地层的地质背景。对南海南部海域重磁资料处理后，基底剩余重力异常 2 阶细节与区域化极磁力异常进行叠合处理，可见负重力异常且负磁力异常区域在南沙海域广泛发育，且海域剖面也显示新生界地层之下分布连续性好、平行-亚平行反射的层状结构地层，推断南海南部发育一定规模的中生代沉积岩层。礼乐盆地、巴拉望盆地、万安盆地见钻井揭示，是确切的分布区；南薇盆地、北康盆地和曾母盆地可能发育中生代沉积岩层。南沙海区的热流值较高，也有利于沉积层中的有机质转化为烃类。综上可以预测南沙海域中生界地层具有良好的油气勘探前景，为该海域未来中生界油气勘探提供依据。

S26-P-01S

福建河流重矿物特征及其物源意义

陈心怡[1]*，黄奇瑜[1,2]，邵磊[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 国立成功大学地球科学系，台南 701

* xychen@tongji.edu.cn

通过对闽江和九龙江沿岸沉积物中重矿物分析，发现闽江流域重矿物组合与源区岩石具有极好的相关性。该流域重矿物组合为不透明铁矿类-绿帘石-锆石-电气石-角闪石，特征矿物为绿帘石，含量高达原生透明重矿物比重的 70%，其成因除与高级变质岩有关外，还与中酸性岩浆岩和围岩接触蚀变发生的绿帘石化有关。从重矿物组合、重矿物特征指数以及与锆石年龄谱系的比对分析发现，福建河流重矿物组合分别源自闽西北武夷山前寒武纪的变质岩，闽东广泛出露的燕山期岩浆岩及接触变质岩以及闽西南的印支-燕山期花岗岩。闽江上游重矿物以源自高级变质岩的重矿物为特征，中下游沉积物由上游来源的重矿物和下游酸性岩浆岩及接触变质岩形成的重矿物共同构成；闽西南的九龙江沉积物以印支-燕山期花岗岩中的副矿物组合为特征。研究结果显示，对于中小流域面积的河流，由于搬运距离有限，重矿物组合保存的源岩信息量大，可作为研究流域内构造演化和源汇对比的重要手段。

S26-P-02

南海北部深水区岩石圈破裂过程的沉积响应及油气地质

意义

郭帅，杨海长，张功成，赵志刚，纪沫，陈莹，曾清波，赵钊

中海油研究总院

* guoshuai@cnooc.com.cn

Falvey（1974）定义的“破裂不整合面（breakup unconformity）”是指在岩石圈破裂及洋壳增生扩张时，盆地范围内分隔“裂陷地层（syn-rift strata）”与“裂后期地层（post-rift strata）”的不整合界面，在这个经典定义中，岩石圈的破裂被认为是一个瞬时的过程。然而，在北大西洋非火山型共轭陆缘的大洋钻探结果已经证实大陆岩石圈的薄化和破裂是经历了一个从地表到莫霍面，最终到整个岩石圈底界破裂的变形“过程”。这个变形过程在陆缘盆地留下了相应的一套沉积地层序列。近年来相关研究已经有了“破裂层序（break- up sequence）”、“过渡巨层序（transitional mega-sequence）”、“早裂后（Early post-rift）期”等概念来表述介于裂陷期和裂后期之间的沉积充填，这些研究表明了识别这些沉积响应的重要意义。

前人研究表明，新南海自东向西逐步打开，在南海北部深水区，陆缘盆地内的“破裂不整合面”具有穿时性，年龄自 NE 到 SW 逐渐年轻。破裂不整合面只是盆地进入裂后热沉降阶段的标志，却不再是断拗转换的界面；必须与其下部的“断拗转换面”共同控制“地壳破裂—洋壳扩张”过程中的沉积地层。地震资料显示，珠江口盆地深水区下渐新统恩平组上段与琼东南盆地深水区上渐新统陵水组二段、一段是被上述两个不整合面界定的岩石圈破裂期的沉积记录，盆地内地层呈现“碟形”，断层已不再控制沉积；盆地内地势趋于平缓，各个凹陷间已连通，进入准平原化过程。随着可容空间和地形的变化，物源也逐步完成由裂陷物源体系向裂后统一物源体系的转变。锆石 U-Pb 年龄、稀土元素和岩性组合特征共同表明，早渐新世末期，珠江口盆地结束了裂陷期分散的多/近物源体系，逐步统一为与裂后期相似的华南大陆物源体系；稀土元素、重矿物特征及地震剖面也表明，晚渐新世末期，琼东南盆地北部坳陷带逐渐被填平，松涛凸起不再做为主要物源区，中央坳陷的宝岛凹陷、陵水凹陷都开始接受来自盆地北部海南隆起的物源。

岩石圈破裂造成的近端弯曲回弹效应在该时期的大西洋、北冰洋陆缘盆地均发育了大规模的河流-进积三角洲体系。地震和钻井资料表明，南海北部华南大陆和海南岛物源区的大量碎屑物质经过北部坳陷带的河流体系搬运，在白云凹陷、宝岛凹陷以及陵水凹陷形成了大规模的进积三角洲，最大的白云凹陷恩平组三角洲面积超过 4000km^2。过渡期宽缓的地形、合适的可容空间、大量的陆源物质供给以及恰当的气候和地质演化阶段使得该时期的陆缘盆地非常有利于优质烃源岩的发育。以海陆过渡相—浅海相泥岩为烃源岩的含油气系统已经在西非加蓬 Kwanza 盆地、南海北部白云凹陷等地得到了钻探证实。白云凹陷已经成为我国重要的油气产区，主力烃源层恩平组探明程度却依然较低；琼东南盆地已发现陵水 17-2 等大中型气田，但是陵水组巨大的潜力还尚未证实；同时，过渡期三角洲的各类砂体也是潜在的有利储层。南海岩石圈破裂期是南海北部深水区关键的烃源和储层形成期，南海岩石圈破裂过程的研究有着十分重要的油气意义。

S26-P-03S

台湾南部恒春半岛基性岩块来源及构造演化意义

孟宪博[1]*，黄奇瑜[1]，邵磊[1]，余梦明[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中国科学院广州地球化学研究所海洋及边缘海地质实验室，广州 510640

* mengxb@tongji.edu.cn

本研究对恒春半岛晚中新世浊流沉积砾岩层中的基性火成砾石进行沉积及地球

化学分析，其中的玄武岩砾石的元素地球化学显示具有中洋脊玄武岩（MORB）特征，辉长岩砾石的锆石 U-Pb 年龄为 23.9~26.6Ma。参考 IOPD 349 航次调查的最新南海地磁异常条带分布，这些基性岩砾石应该来自于东部次海盆的中洋脊及其附近岩石圈。浊积岩的砾石层可达上百米厚，单次浊积沉积层厚 3-5m，具有砾石层状排列、砂砾互层和正粒序层理沉积构造，砾石经过一定程度的磨圆，显示重力流的搬运机制，具有海底扇体系中补给水道到上扇的沉积特征。南海北坡珠江口盆地地震反射剖面显示，南海洋壳形之上覆盖了大于 2-3 公里厚的晚渐新世-现代沉积物，因此南海洋壳似乎难以受到侵蚀。而早中新世时的南海中洋脊则是凸出于南海海盆的，这为中洋脊受到侵蚀提供有利地形条件，基性岩物质因此进入南海北坡浊流形成的海底扇沉积。恒春半岛晚中新世浊积岩层序位于增生楔的顶部，根据南海及花东海盆/菲律宾海板块相对运动速率（80 km/my）估计，早中新世（23 Ma）时马尼拉海沟的俯冲前缘在今日恒春半岛东~200 km 处。即现今恒春半岛地理位置原为南海北部被动大陆边缘陆坡，在南海南洋岩石圈于 18 Ma 开始向东俯冲，在现已俯冲的南海洋壳的古中洋脊附近形成早中新世海底扇沉积，随南海岩石圈向东俯冲到花东海盆/菲律宾海板块下的过程，这些深海沉积层序被铲刮到增生楔中。由于菲律宾海板块西北向的运动方向导致马尼拉海沟的迁移，增生楔逐渐向西北移动到了现今台湾岛的位置,并在随后的弧陆碰撞过程中出露海面形成恒春半岛。

S26-P-04

南海西部海域地壳演化的深部过程—CFT 剖面部分解释成果

邱燕[1]*，彭学超[1]，汪俊[1]，阎贫[2]，Manuel.P[3]，聂鑫[1]，黄文凯[1]，王彦林[2]

1 广州海洋地质调查局，广州 510075

2 中国科学院南海海洋研究所，广州 510035

3 巴黎高等师范学院，巴黎

* zqiuyan60@163.com

广州海洋地质调查局与巴黎高等师范学院合作采集研究的综合地球物理调查剖面 CFT（China France cooperation of transect）全长 1200km，剖面走向 NW～SE，自北而南横跨南海西部海域。北始于海南岛南部陆架陆坡转折带、南结束于南沙群岛礼乐滩盆地西南区。 CFT 剖面含 48 个站位的海底地震仪（简称 OBS）广角反射和折射数据，8km 二维长电缆多道地震数据 131.7 km，6km 二维长电缆多道地震数据 1087.35km，测深、重力异常、磁异常数据各 1124.550km。

CFT 剖面部分研究成果揭示：①南海西部陆壳减薄区不仅发育具正断层的伸展构造，各种挤压变形构造（如褶皱等）也发育广泛。据此解释该区延展地壳（减薄地壳）的成因为：在裂谷拉张之前，曾发生因挤压作用造成的构造隆升、上地壳被剥蚀、而后空间均衡补偿、再挤压引起构造隆升、又被剥蚀的反复过程，由此形成减薄地壳，而拉张期地壳延展拉伸减薄的量仅占一部分。换言之，不能笼统地以地壳减薄的量作为水平拉伸的总量，本区薄地壳的成因应源于构造隆升剥蚀和地壳拉张减薄两种过程；②数据显示在西南次海盆中部龙门海山附近的洋壳具厚层低速结构，海山对应一个较大规模的空间重力异常波谷，层析成像结果揭示海山之下存在较厚的低速物质。很明显该海山及下部的组成物质密度低于周围物质密度，可见龙门海山的组成不同于一般的岩浆海山，故而推测海山下部包含了较大规模的强烈蛇纹石化蚀变形成的蛇纹岩。由此判断，在海底扩张期间因岩浆供给不足，因此在海盆形成过程中构造拉张活动占了主导地位，导致这种较浅部的地幔蛇纹岩化现象，使之在西南次海盆形成含蛇纹石化蚀变物质的洋壳结构。

S27-O-01

大陆岩石圈地幔记录的板块

构造的历史：深部探测的证据

徐义贤[1]，杨波[1]，张安琪[2]，华远远[2]，杨文采[1]

1 浙江大学地球科学学院，杭州 310027

2 中国地质大学（武汉）地空学院，武汉 430074

* xyxian@zju.edu.cn

板块构造是否可以解释前寒武纪大陆的形成与演化一直存有争议。ABEL 模型预测板块构造起始于 42 亿年前（Maruyama & Ebisuzaki, 2017）。地质学家以蛇绿岩带、蓝片岩带、超高压变质地体、地球化学微量元素组成变化等为主要研究对象，提出板块构造的起始时间差异巨大，从 40 亿年至显生宙早期（如 Stern, 2005; Turner et al., 2014）。2016 年在苏黎世举行的“Workshop on the Origin and Evolution of Plate Tectonics”竟然出现与会者投票决定“板块构造何时起始”的惊人一幕，最终 30 亿年是得票最多的选项。地球表面几乎没有留下超过 40 亿年的地质证据，超过 30 亿年的证据也少见，因而通过全球范围的地质对比来论证板块构造的起始时间，可能是地质学家们难以独立完成的科学任务。虽然地球表面难以留下板块构造的证据，但是相对稳定和“长寿的”岩石圈地幔可能保留有大量板块构造的证据。板块构造以俯冲带为其主要特征之一，因而我们力图从深部探测的大量成果中，梳理出岩石圈地幔内部保留的俯冲带结构，如北美大陆（Chen et al., 2009; Hopper & Fischer, 2015; Ford et al., 2016; Yang et al., 2015）、上扬子地区（Gao et al., 2015）及我国境内的中亚造山带（Xu et al., 2016），结合地质年代学、岩石学及岩石物理学资料，以证据链给出合理的推论。

S27-O-03

地表物质迁移和天然地震的关系

毛小平

中国地质大学(北京) 能源学院，北京 100083

* maoxp9@163.com

地壳运动和天然地震的本质目前还存在较大争议。地震是地质体之间出现错断产生的，这种错断分为水平方向和垂直方向，目前依据板块学说，强调以水平运动为主。本文调研了大量我国及世界较大天然地震，并结合板块运动的实际 GPS 观测数据，总结认为多数地震和水平错断有一些关系，但主要因素是垂向运动差异造成的，查询其周围地形、地貌、地表水系及沉积作用，认为这些地震和山体的剥蚀及沉积体存在着很大的关联性；风化、剥蚀和沉积作用导致的地表物质迁移会引起沉降或地壳均衡调整，且会产生地壳在垂向方向上的运动，积累到一定程度后就会发生强震；总结了这种物质迁移有两种情况：发生在陆地则会形成大型冲积扇群、河流入海则形成大型三角洲。分析认为，在这两种类型中，前者会产生更为强烈的地震；大型水库会诱发地震，但这种沉积负荷远大于水库新增负荷；提出今后需关注物质迁移和沉积较大的地区的地壳垂向移动，应可以有效地预测天然地震，而板块理论可以进行地震机理解释，却无法预测地震的准确位置。

S27-O-04

Structural and stratigraphic records of a rift to drift evolution for the SW Tarim Block NW China during the Late Neoproterozoic to early Paleozoic

Fengqi Zhang[1, 2]*, Xiaogan Cheng[1, 2], Xiubin Lin[1, 2], Hanlin Chen[1, 2], Yildirim Dilek[3, 1]

1 School of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

2 Research Center for structures in Oil & Gas Bearing

Basins, Ministry of Education, Hangzhou 310027, China
3 Department of Geology & Environmental Earth Science, Miami University, Oxford, OH 45056, USA
* zhangfq78@zju.edu.cn

Whether the Tarim Block experienced the Pan-African orogeny remains an issue in debate. To address this, structural analysis has been conducted for the Late Neoproterozoic to early Paleozoic successions, including the Nanhua and Sinian series and Cambrian strata in the SW margin of the Tarim Block.

A reconstruction of the tectono-sedimentary history of these strata demonstrates that the SW Tarim experienced a two-stage evolution. As recorded by the Nanhua and Sinian series, basin subsidence and sedimentation were controlled by normal faults and developed a series of NE-trending grabens and half grabens. In contrast, a late stage of early Paleozoic was characterized by broad subsidence and wide occurrence of shallow marine clastic and carbonate rocks. A transgressive unconformity identified in the regions, together with time-equivalent conformable contact elsewhere, clearly separates these two tectonic units of syn-rift and post-rift in the SW Tarim Block. The diachronous unconformity, possibly related to continental rifting and separation of the Tarim from the Rodinia continent at about the end of Neoproterozoic, is interpreted as a breakup unconformity. The age of this unconformity is well constrained by the transgressive deposits of the overlying Cambrian sequence. These results suggest that the Tarim was not likely to experience the Pan-African orogeny during late Neoproterozoic to early Paleozoic, but alternatively underwent the evolution from continental rifting to drifting leading to opening of the proto-Tethys Ocean and development of passive continental margin along the SW Tarim Block.

S27-O-06

利用2017年九寨沟地震序列震源机制分析树正断裂的构造变形特征

易桂喜[1]*，龙锋[1]，周峥嵘[2]

1 四川省地震局，成都 610041
2 福建省地震局，福州 350003
* yigx64@163.com

2017年8月8日，在青藏高原东缘、四川北部九寨沟县发生*M*7.0级地震，本次地震也是继2008年5月12日汶川*M*8.0、2013年4月20日芦山*M*7.0级地震后，再次发生在四川地区的又一次*M*7级强烈地震，但震后野外调查未发现明显的地表破裂（徐锡伟等，2017）。

基于区域地震台网记录的震相资料和地震波形资料，利用多阶段定位方法，对序列进行了重新定位；同时，利用CAP波形反演方法，计算了九寨沟7.0级主震和24个M_L≥3.5级地震的震源机制解、矩震级和震源深度。进而引入应变花（Strain rosette）和面应变(Areal strain)*As*，分析九寨沟序列震源机制空间分布特征与余震区发震断层的构造变形特征。获得的主要结论有：

（1）重新定位的余震序列位于岷江断裂和塔藏断裂之间，沿SE向左旋走滑的树正断裂呈窄带分布，7.0级主震位于余震带中段，呈现双侧破裂特征。

（2）面应变*As*值显示，余震以走滑型地震占优势，主震与其中19个M_L≥3.5级余震为走滑型，余下的5个余震中4个未逆冲兼走滑，仅1个余震为纯逆冲型。

（3）余震震源机制解存在明显的分段特征，主震以南的余震区南段震源机制以走滑型占绝对优势，15个地震中14个为走滑型、1个为逆冲兼走滑型，而主震以北的余震区北段震源机制相对复杂，9个余震中包括3个逆冲兼走滑型、1个纯逆冲型，仅5

个为走滑型，走滑型地震比例远低于余震区南段。

（3）主震和整个余震序列的应变花具有近乎等长的 NWW 向挤压白瓣和 NEE 向拉张黑瓣，相应的面应变 *As* 分别为-0.06 和 0.16，表明主震和余震整体呈走滑变形。然而，我们基于余震区南段和北段的震源机制差异，分别计算其余震整体的应变花，结果表明，南段余震整体的应变花与 7.0 级主震近乎一致，其面应变 *As* 为-0.01，表明南段整体的构造变形为纯走滑变形。余震区北段余震整体的应变花则明显不同，应变花拉张黑瓣远小于挤压白瓣，其面应变 *As* 为 0.52，表明余震区北段整体的构造变形为带有一定走滑分量的斜滑挤压变形。上述结果揭示九寨沟地震余震区发震断层的构造变形存在南、北分段的空间差异。

S27-P-01S

塔里木盆地塔中志留系构造演化

伍松林*，李祥权 [2]

1 中国地质大学（武汉）海洋学院，武汉 430074
2 中国地质大学（武汉）海洋学院，武汉 430074
* 1486988143@qq.com

塔里木盆地位于新疆维吾尔自治区南部，介于天山、昆仑两大造山带之间，其四周边界分别为：北部边界为天山造山带；西南部边界为西昆仑造山带；东南部边界为阿尔金走滑断裂带。塔里木盆地的主体为长期稳定发育的陆壳克拉通，发育大型隆起是其构造变形的主要特点之一，不同地质历史时期的古隆起在纵向上相互叠置，最终形成现今复杂的构造形态。塔中地区主要经历了塔里木运动、加里东运动、海西运动、印支运动、燕山运动、喜玛拉雅运动七次构造运动改造。塔中地区在寒武纪—中奥陶世为克拉通内坳陷东部，中奥陶世末塔中隆起萌生，加里东中期二幕，形成雏形，海西早期定型，海西晚期进一步强化，印支、燕山运动影响不大，喜山运动亦未显著改造，故而是一个稳定的古隆起。本文基于塔中地区的地震数据，对塔中地区志留系的构造运动进行了分析研究。

S27-P-02S

洋底高原形成原因的探讨

江金生*，杨文采*

浙江大学地球科学学院，杭州 310027
* yang007@zju.edu.cn

大洋岩石圈的构造单元可分为大洋中脊、大洋盆地、洋底高原和大洋岛链四类。其中洋底高原是洋壳的重要组成部分，其面积巨大、厚度可达 20-30km 或者更大，是一般洋壳的 2-5 倍。这些洋底高原既不是通过洋中脊的扩张作用形成的，也与俯冲作用无关，因此难以用板块构造理论加以解释，存在着多种形成机制的假说，如地幔柱作用假说、陨石碰撞假说和裂谷减压熔融假说等。本文在岩石圈调查结果的对比基础上进行归纳类比，对洋底高原的形成原因进行了探讨，认为热点作用是洋底高原形成的主要原因，大陆裂解是洋底高原形成的次要原因，洋底高原中的花岗岩产生于漂移陆块的碎片。

认为热点作用是洋底高原主要形成原因的理由如下：（1）基于全球海洋调查和大洋钻探结果，可以发现洋底高原主要分布在大洋内部和大陆边缘，这与目前所公认的热点位置具有较大的相关性，如冰岛洋底高原、凯尔盖朗洋底高原和翁通-爪哇洋底高原等附近都有公认的热点分布；（2）洋底高原的岩石组成略有不同，但多数洋底高原是由镁铁质-超镁铁质岩石组成，岩石组分非常均匀，并且形成时间短，是快速短暂的岩浆侵入与喷发作用形成的，这与热点造成的岩浆作用特征较为一致；（3）洋壳较薄，容易发育热点，热点可产生多种效应，不同类型的热点可以发育形成不同的洋底地形，如小的热点作用形成夏威夷-皇帝岛链等大洋内部的火山岛屿，大的热点作用则形成面积巨大的洋底高原。

此外，也不能排除大陆裂解是洋底高原形成的另一原因。洋底高原是一类构造单元的总称，这样一个大范围的概念必然会受到多个因素的影响，以洋壳的产生为例，其不仅可以由洋中脊产生，也可以由大陆边缘演化形成（菲律宾板块），因此洋底高原也存在由陆块转变而来的可能。目前洋底高原主要分布在西南太平洋和印度洋，这或许与亚欧大陆为全球的汇聚中心有关，大陆块体在不断向亚欧大陆聚合拼贴的过程中，部分大陆碎块逐渐转变为大洋中的洋底高原，这就大大增加了西南太平洋和印度洋出现洋底高原的可能性。因此部分洋底高原存在的花岗岩基底是来源于大陆的，是大洋开启与闭合遗留的陆块碎片。

S27-P-03S

东亚布格重力异常特征与地貌特征之间相关度的定量分析

陈勐韬*，颜萍，杨文采

浙江大学地球科学学院，杭州 310027

* chenmt@zju.edu.cn

地球表面的地形地貌特征是由地球表层和地球内部的地质作用共同形成的。不同类型的地形地貌的形成和地球内部的地质作用之间相关性有所不同，要了解它们的相关性，就要定量计算它们的特征参数之间的互相关函数。地形地貌的特征函数包括高程、坡度和地形线性度；地形线性度就是地形的各向异性度，由脊形化系数表示。地球内部的地质作用形成地壳构造和变形带，它们反映为地面可测量的布格重力异常。用小波变换把布格重力异常分解为浅层和深层的重力异常后，和高程函数有相关的是深层密度扰动产生的重力异常，和坡度函数有相关的是浅层密度扰动产生的重力异常梯度模，和地形线性度函数有相关的是浅层密度扰动产生的重力异常的各向异性度。

通过计算高程函数和深层重力异常、坡度模函数和浅层重力异常梯度模、地形脊形化参数和浅层重力异常脊形化参数的皮尔森互相关系数，了解到现今东亚地球表面的地形地貌特征和地球内部的地质构造有一定的相关性。其中，地形线性度与地壳变形带的负相关程度总体较高；坡度函数与浅层密度扰动产生的重力异常梯度模的相关系数特征能很好地反映山体边缘与洋陆边缘，山体边缘有明显的正相关带，洋陆边缘有非常明显的负相关带；即使在以外生地质作用为主的盆地和沙漠地区，高程函数与深层构造的负相关性也较强，互相关系数可达-0.6以下。

S27-P-04S

青藏高原地壳流的重力研究

彭中，徐义贤*，王峰

浙江大学地球科学学院，杭州 310027

* xyxian@zju.edu.cn

印度板块和欧亚板块发生碰撞后，青藏高原岩石圈发生剧烈的变形，青藏地区地壳受到强烈的挤压作用使得地壳在南北向被大规模压缩。在此过程中被挤压出的地壳物质一部分被青藏高原的隆升所消耗，而剩余部分的去向目前尚还存有诸多争论。其中“下地壳流”模型认为，剩余的地壳物质在中下地壳通过低粘性的管道向东南方向迁移，但是地壳流在中下地壳的空间分布特征还不是很清楚。本文基于 WGM2012 卫星布格重力异常数据，通过小波变换对青藏地区的布格重力异常做多尺度分解，并利用径向平均对数功率谱估计不同尺度重力异常对应的场源似深度，以期分析青藏区中下地壳相应的重力异常带的分布特征，结果发现在中下地壳有两条较明显的负异常条带，并且统计过去约 100 年时间内青藏区 7 级以上的地震，发现青藏区的地震大多分布于重力负异常带的边缘。此外，两条重力异常条带与前人通过大地电磁探测得到的低阻体以及青藏高原东缘地震层析成像中的低速带在青藏区地壳中的位置上高度一致。推测青藏高

原中下地壳或存有两条地壳流通道：其中一条沿喜马拉雅造山带往东，经过喜马拉雅东构造被分为两支，一支向南转折，后经腾冲火山地区，而另一支继续向东运移，或由于受到四川盆地的阻挡作用后分别沿东北向和东南向两个方向迁移；另一条从西昆仑山往东，沿着羌塘地块运动，在四川盆地受阻后向近正南方向迁移。

S27-P-05

Basement structure and properties of the western Junggar Basin, China

Junmeng Zhao[1, 2, 3]*, Gong Deng[2, 3], Xuezhong Shao[4], Heng Zhang[2], Shuze Chen[2, 3] Jamshed Aminov[2, 3], Xinfa Chen[4], Zongjin Ma[3]

1 Chinese Academy of Sciences (CAS) Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, Beijing 100101, China

2 Key Laboratory of Continental Collision and Plateau Uplift, Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

3 University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

4 Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing, 100029, China

* zhaojm@itpcas.ac.cn

A comprehensive geophysical profile stretching from Qingyijing at the southern edge of the Junggar Basin to Ubara on the northern margins of the Junggar Basin was conducted in an attempt to probe the crustal structure of the western Junggar Basin (hereafter referred to simply as ‘the Basin’), and, in particular, the structure and property of the Basin’s crystalline basement. A survey using seismically converted waves was conducted along this profile to determine the characteristics of the P- and S-wave velocities typical of the crust and uppermost mantle. A joint inversion of gravitation and magnetism data was also performed to acquire the density and magnetic intensity values found beneath the western Basin. This research revealed that the Basin is composed of the so-called Manasi terrain in the south, and the Wulungu terrain in the north. Their boundary is located along the WNW-trending Dishuiquan-Sangequan Suture (DSS), linking the NE-striking Da’erbute Suture (DS) in the west, and the WNW-trending Kalameili Suture (KS) in the east. In its northern part, the Wulungu-type terrain has a double-layered basement, of which the upper layer is a folded basement of Hercynian orogenic origin, and the lower layer is a crystalline basement of Middle-Upper Proterozoic age. The southern part of the Basin, *i.e.* the Manasi terrain, has a single-layered crystalline basement. The folded basement here is too thin to be clearly distinguished.

S27-P-06S

青藏高原东南缘贡觉盆地磁性地层学研究

肖荣洋[1]*，郑洪波[2, 3]，王平[1]，王子桓[1]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

2 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650091

3 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

* xrynjnu@163.com

青藏高原东南缘新生代盆地演化一直是研究的热点内容，但各个盆地所受到的关注程度不同，目前的研究成果大多集中在青藏高原东南缘以南，如剑川、兰坪-思茅一带，而北部盆地（如贡觉盆地等）的研究相对较少。前人关于贡觉盆地的研究成果还处于初期阶段：20 世纪 50 年代，中科院西藏工作队地质组对贡觉盆地进行了盐矿普查，

将该地区的一套沉积岩称作“贡觉红层”，但对其形成时代未达成一致意见，有三叠纪、白垩纪、第三纪等说法；60 年代，四川第三区测队对该地区进行了 1:100 万区测，将其划为第三纪；70 年代，西南地科所钾盐研究组对贡觉盆地进行了 1:20 万盐矿普查，将其时代定为白垩纪，2006 年，西藏地质调查院在 1:25 万区调图贡觉县幅中，根据孢粉（Ephedripites）及藻类化石(Charites sp.)，将贡觉盆地地层划为古近系；李忠熊、C. Studnicki-Gizbert 等人[1][2]对贡觉盆地北部剖面的火山岩进行了 K-Ar 和 Ar-Ar 测年，得出的年龄在 43-44 Ma，认为贡觉盆地至少形成于始新世。同时 C. Studnicki-Gizbert 等人（2006；2008）对盆地沉积和构造进行了较详细的研究；唐茂云等人[3]用 C、O 同位素对贡觉盆地进行了古高程恢复，认为贡觉盆地在古新世-始新世期间海拔至少达到 2100-2500m。

关于贡觉盆地的研究，尤其是盆地的形成时代问题，前人已经有古生物和同位素的证据，但由于缺乏磁性地层学的技术支持，只能确定某一层位的年龄，无法对整个盆地的演化作更深一步的探讨。

本次研究在贡觉地区分别选取两个剖面采集古地磁样品，样品采集后被加工成高约 1 英寸、横截面直径 1 英寸的圆柱体，随后被送往中国科学院地球环境研究所环境磁学实验室进行热退磁测试，热退仪器为 ASC SCIENTIFIC，型号 TD-48 热退磁炉，剩磁测试采用 2G ENTERPRISES U-Channel，型号 755R 超导磁力仪。每件样品的剩磁测试从常温按温度梯度逐步测到 690 °，共 20-23 步。测试数据用 Jones 的 Geomagnetic 软件进行产状校正，再用 PaleoMag v 3.1b2 软件进行选点工作，获得了样品的磁倾角（Declination）、磁偏角（Inclination）、最大角偏差（Maximum Angular Deviation, MAD）三个个重要的参数，用相关参数建立起贡觉盆地的磁性地层柱。

结合前人有关贡觉盆地北部火山岩年龄的同位素证据[1][2]，将获得的磁性地层柱与标准全球地磁极性表（GPTS）对比，得出了贡觉盆地的沉积年龄，对前人的观点进行了补充和修正，同时为研究该地区新生代盆地演化建立了一套时间框架。

S27-P-07S

剑川盆地新生代沉积地球化学特征及其地质学意义

关建宇[1]，郑洪波[2]*，何梦颖[3]

1 云南大学资源环境与地球科学学院，昆明 650500

2 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650500

3 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

* zhenghb@ynu.edu.cn

在新生代地球演化历史中，青藏高原的隆升是最具标志性的事件。而位于云南石鼓南部的剑川盆地，记录了青藏高原东南缘丰富的区域构造-沉积-水系演化的信息，一直以来都是研究古金沙江演化和高原隆升的关键地区之一。

通过元素地球化学特征示踪物源变化，初步揭示了剑川盆地新生代沉积的物源特征。研究发现，SiO2/Al2O3，Th/Sc，Nb/Sc，Th/Co， Nb/Co 等元素比值均表现出从宝相寺组—金丝厂组—双河组由低值-高值-低值的转变。这指示了剑川盆地可能发生了近源沉积（宝相寺组）—远源沉积（金丝厂组）—近源沉积（双河组）的重大转变。结合我们的野外工作，认为金丝厂组和双河组分别代表了剑川盆地渐新世的大型远源河流沉积（古金沙江）与河流边缘的湖沼相沉积，宝相寺组代表了盆地发育初期（始新世）的近源冲洪积扇与风成砂沉积。A-CN-K 图解中风化趋势所反映的源岩特征也印证了这一观点。

S27-P-08S

剑川盆地新生代沉积物源分析与构造地貌意义

边紫璇[1]，郑洪波[2]*，何梦颖[3]

1 云南大学资源环境与地球科学学院， 昆明

650500
2 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650500
3 南京师范大学地理科学学院，南京 210023
* zhenghb@ynu.edu.cn

青藏高原的隆升对亚洲现代地貌格局的形成起到决定性作用，并控制着河流水系的演化和改组。作为青藏高原向东南缘的自然延伸，云南高原在新生代经历了强烈的构造隆升、地貌演化。金沙江作为本区最具典型意义的大型水系，其演化历史与云南高原密不可分，也是开展地质-地貌-环境-生物协同演化这一地球系统科学重大课题的关键切入点和重要研究内容。剑川盆地内新生代沉积物记录了丰富的构造地貌演化信息，对其新生代沉积体系的物源研究，能够为金沙江演化以及区域构造地貌演化历史提供证据。

利用 LA-ICP-MS 对剑川盆地内六件新生代沉积样品中的碎屑锆石进行 U-Pb 定年分析，结果表明：剑川盆地新生代沉积物碎屑锆石主要表现为 5 组年龄区间：分别为 2300~2600Ma、1700~2000Ma、640~960Ma、380~640Ma 和 130~380Ma。将碎屑锆石年龄组成特征与邻近区域大地构造单元内岩体的年龄进行对比，认为宝相寺组整体反映了沉积物源从近源向远源发展的过程，物源区由扬子地块西缘占主导逐渐加入来自昌都地块及松潘-甘孜褶皱带的物质。金丝厂组沉积物源区主要为远源物质，因此证实远源河流确实存在。物源区可能为松潘-甘孜褶皱带以及金沙江缝合带。双河组沉积物源区显示出近源特征，主要为扬子地块西缘。将剑川盆地新生代沉积物碎屑锆石年龄与可能物源端元水系（金沙江，澜沧江以及怒江）进行对比，认为剑川盆地金丝厂组沉积与金沙江沉积物中的碎屑锆石 U-Pb 年龄分布区间特征相似，而与澜沧江以及怒江沉积物碎屑锆石年龄分布特征具有显著差异，因此剑川盆地内金丝厂组沉积物，即远源河流沉积体系主要与金沙江具有物源联系，而与澜沧江以及怒江没有亲缘关系。

S27-P-09S

帕米尔弧形构造带的东西分带特征

陈亚光[1,2]，黄佳轮[1,2]，陈汉林[1,2]*，杨文采[1]

1 浙江大学地球科学学院，杭州 310000
2 教育部含油气盆地构造研究中心，杭州 310000
* hlchen@zju.edu.cn

帕米尔弧形构造带(Pamir salient)位于喜马拉雅—青藏高原的西北部，主要由北帕米尔、中帕米尔和南帕米尔 3 个地体在晚古生代—中生代拼贴而成，并由于印度—欧亚板块的持续汇聚导致其在晚新生代整体向北弧形突进了约 280km。帕米尔强烈的向北扩展，导致地壳厚度由前新生代的 25-30km 增加至现今的 55km 以上，局部地区甚至达到 70km，并使得地壳物质被大规模垂向挤出、剥蚀。帕米尔弧形构造带最主要的特征是其明显的东西分带现象。

帕米尔弧形构造带的东西分带主要表现为地貌特征、构造单元、重磁力场以及深部结构的差异。帕米尔高原西部主要为起伏较大的山脉、深切峡谷和大型山谷冰川；东部则整体具有较高的海拔(平均海拔~4000m)，相较于西部，东部的山峰更高但起伏更平缓，且仅有少量山脉被冰川覆盖。帕米尔内部被萨雷阔勒岭分隔为东、西两大流域系统，西部流域系统主要由喷赤河及其支流组成，流向 W-N-SW；东部流域系统则主要由盖孜河和塔什库尔干河—叶尔羌河组成，流向 N-NE。帕米尔弧形构造带东西部构造的时空分布也存在着差异，西部从晚始新世至今一直表现为逆时针的旋转；而东部在晚始新世-晚渐新世表现为逆时针旋转，早中新世-早上新世表现为右旋走滑，早上新世以来走滑断层也不再活动，帕米尔与塔里木几乎作为一个整体向北运动。重力场和磁力场图也表现出明显的东西差异，以 Karakul 地堑-Shakhdara 穹窿中北部一线为界，高原东部表现更强烈的负重力异常，西部及北帕米尔中部表现为强烈的正磁力异常。地震层析成像结果显示在帕米尔之下存

在着不对称的双向俯冲带，西南部为兴都库什之下北俯冲的印度板片，东北部为北帕米尔之下向南俯冲的亚洲板片。二者之间存在着一条转换断层带，平面上表现为EW-NE-EW向分布的中深源地震带。

本文通过对帕米尔弧形构造带地貌特征、构造单元和重磁力场的东西差异的对比，认为帕米尔弧形构造带东西分带是存在于弧形构造带内部的双向俯冲板片所导致。

S27-P-10S

Petrogenesis of Carnian Huanglonggou granodiorites in Wulonggou area and Late Triassic geodynamic evolutions of Eastern Kunlun Orogen, NW China

Kai Song, Qingfeng Ding*, Qiang Zhang, Long Cheng

College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

* dingqf@jlu.edu.cn

The Wulonggou area located in the Eastern Kunlun Orogen in NW China is characterized by extensive granitoid magmatism, ductile faulting and orogenic gold mineralization. The Huanglonggou granodiorite is cut by an orogenic gold-bearing fault. This study investigated the major and trace-element compositions, zircon U-Pb dates and zircon Hf isotopic compositions of the Huanglonggou granodiorite. One Huanglonggou granodiorite sample yielded a weighted mean U-Pb zircon age of ~221 Ma (Carnian). The Carnian granodiorite is metaluminous, with high alkalis contents of 6.37%–8.86%, high Al_2O_3 contents of 15.41%–16.19%, high Sr contents of (426–475)×10^{-6}, relatively high Sr/Y ratios, high $(La/Yb)_N$ values and low HREE, suggesting an adakite type high-SiO_2 granite. The Huanglonggou granodiorite sample has zircon $\varepsilon_{Hf}(t)$ values ranging from -4.4 to +1.1. These Hf isotopic data suggest that the Carnian granodiorite was likely derived from the partial melting of subducted Paleo-Tethys oceanic slab. It is suggested that the Late Triassic granodiorite was emplaced during the northward subduction of Paleo-Tethys oceanic slab. Orogenic gold mineralization in the Wulonggou area formed after the emplacement of the Late Triassic intrusive rocks.

S28-O-01

深部地幔中保存的俯冲陆源物质：以日本北海道 Horoman 橄榄岩为例

Yibing Li[1]*, Jingsui Yang[1], Kiyoaki Niida[2], Shinji Yamamoto[3], Yangting Lin[4], Xianhua Li[4], Qiuli Li[4], Min Tian[5], Yoshiaki Kon[6], Yusuke Sawaki[7], Kenji Kawaii[7], Teruaki Isii[7], Tusyoshi Komiya[7], Shigenori Maruyama[8]

1 Chinese Academy of Geological Sciences, Institute of Geology, China

2 Hokkaido University, Japan

3 Yokohama National University, Japan

4 Chinese Academy of Science, Institute of Geology and Geophysics, China

5 Chinese Academy of Geological Sciences, Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, China

6 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan

7 The University of Tokyo, Japan

8 Tokyo Institute of Technology, Japan

* tansei007@aliyun.com

地球是唯一存在液态水，板块构造和花岗岩的星球。最早的花岗质岩石（TTG）可能诞生于 43 亿年最早期的大陆地壳。随着大陆地壳的不断产生和加厚，地球历史时期

多次出现过规模巨大的超大陆。随着大陆表面物质的风化和俯冲带的机械剥蚀作用，大陆地壳物质源源不断地通过俯冲带进入地幔。在俯冲带壳幔物质循环体系中，一部分大陆物质由于深部折返作用（片岩，榴辉岩等变质岩），或者部分熔融作用（火山岩浆岩等）返回地表，但是更多的大陆物质通过俯冲作用进入深部地幔。 锆石是花岗质岩石最具有代表性的矿物。锆石的 U-Pb 同位素封闭体系可以在很高的温度/压力下保持相对稳定（< 20 GPa/1200℃）。典型的俯冲带岛弧玄武岩与中央海岭玄武岩相比，一定表现为明显的 Zr & Hf 元素负异常（表明锆石没有融化和进入俯冲带的火山岩浆物质体系）。以上证据暗示了地幔中可能广泛存在俯冲带来源的花岗岩质地壳矿物，例如锆石等。为了验证这一假说，我们采集了日本北海道 Horoman 地区新鲜的地幔橄榄岩（方辉橄榄岩，二辉橄榄岩，各 600-800 公斤），通过系统的矿物分离技术和不同实验室的交叉验证，在橄榄岩样品中找到锆石，金红石，金刚石等陆壳来源矿物。锆石具有典型的陆源碎屑锆石形态和 U-Pb 同位素年代峰值特征。我们的研究结果提供了深部地幔中保存有古老的俯冲陆源物质的矿物学和年代学的直接证据。

S28-O-02

南大西洋中脊 19°S 地区 MORB 地幔源区的熔融特征

张海桃[1,2]，鄢全树[1,2]，李传顺[1,2]，石学法[1,2]

1 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

* zht@fio.org.cn

洋中脊处的板块扩张过程引起软流圈地幔被动上涌，此处的地幔橄榄岩在减压条件下发生部分熔融从而形成洋脊玄武岩的母岩浆。洋中脊玄武岩是对板块分离、上升地幔物质减压熔融等过程的响应，其组分可在一定程度上揭示地幔源区的熔融过程（Niu and O'Hara, 2008）。洋中脊下伏亏损地幔的熔融熔体中，随部分熔融程度的增加，CaO 含量升高而 Al_2O_3 含量降低，同时二者均随熔融压力发生协同变化，因此原始岩浆中的 CaO/Al_2O_3 比值可消除压力效应对熔融过程的影响，有望提取到部分熔融过程的关键信息。此外，原始岩浆中的 Na_2O 含量几乎不受熔融压力变化的影响，其含量与熔融程度呈负相关关系，因此原始岩浆的 Na_2O 含量亦可有效地指示部分熔融程度（Klein and Langmuir, 1987；Weaver and Langmuir, 1990）。

洋中脊地区采集到的玄武岩均为地幔岩部分熔融形成的母岩浆经历了不同程度的结晶分异作用后的熔体组分，因此利用玄武岩组分对地幔熔融程度进行计算时，首先需对组分进行分异结晶矫正以恢复其原始岩浆组分。目前常用矫正方法包括将各元素组分矫正至（1）MgO=8%；（2）Fo=90；（3）Mg#=72。前人已证实南大西洋中脊 19°S 脊段地区下的地幔源区为尖晶石二辉橄榄岩（张海桃，2015），本文根据方法（1）对研究区的洋脊玄武岩组分进行分异结晶矫正，然后根据 Na_8 与 Ca_8/Al_8 比值计算出研究区地幔的熔融程度范围为 15.5-17.6（Langmuir et al., 1992），随后结合 Si_8 与 Fe_8 值计算出研究区地幔的起始与终止熔融压力范围，分别为 16.2Kb-25.3Kb 与 10.7-19.0Kb（Niu and Batiza, 1991)。最后，结合研究区玄武岩样品的水深数据研究显示：研究区内洋中脊下伏地幔的熔融过程受洋中脊水深的控制作用明显，洋中脊水深越深，下伏地幔的初始和终止熔融压力越大，地幔的部分熔融程度越低（图 1）。

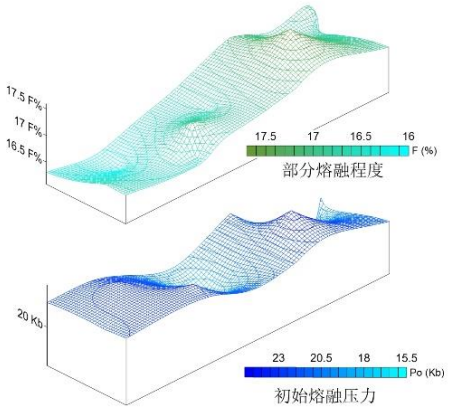


图 1 南大西洋中脊 19°S 地区地幔熔融特征与洋脊水深之间的相关性规律

S28-O-04

台湾利吉中中新世蛇绿岩：南海初始俯冲及弧前扩张岩浆记录

余梦明[1,2]*，黄奇瑜[3,4]，闫义[1]

1 中国科学院广州地球化学研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学地球与行星科学学院，北京 100049

3 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

4 成功大学地球科学系，台南 701

* yumm@gig.ac.cn

蛇绿岩是保存于陆上的海洋岩石圈碎块，与原位洋壳相结合一直是认识海洋岩石圈的结构、岩石组成和洋中脊过程等的主要手段。在台湾弧-陆碰撞造山带残留弧前盆地内，出露中中新世蛇绿岩（东台湾蛇绿岩）。在过去缺乏南海原位 MORB 洋壳样品的年代里，东台湾蛇绿岩一直被作为研究南海洋中脊岩浆过程的主要手段。2014 年 IODP349 航次在南海东部次海盆残留洋中脊附近获取到中中新世（~16 Ma）MORB 洋壳，故而可以开展东台湾蛇绿岩与同时代南海原位 MORB 洋壳的地球化学对比研究，以厘定二者的亲缘关系。

对东台湾蛇绿岩的伟晶辉长岩和斜长花岗岩开展锆石 SIMS U-Pb 定年，揭示东台湾蛇绿岩所代表的海洋岩石圈形成于~17 Ma。同时，东台湾蛇绿岩的基性岩富集 Rb-Ba-Pb-Sr 等流体活动元素、具明显的 Nb-Ti 负异常和亏损的 Nd 同位素组成（εNd = 9.9-12.7），明显区别于南海东部次海盆中中新世 MORB 洋壳，相反与伊豆－小笠原－马里亚纳（IBM）弧前玄武岩（FAB）相似。东台湾蛇绿岩的伟晶辉长岩锆石具有显著低于亏损地幔和慢速洋中脊（如西南印度洋）辉长岩锆石 $\delta^{18}O$，指示其源区富含低 $\delta^{18}O$ 的似水流体，暗示形成于俯冲带上板块（SSZ）环境。东台湾蛇绿岩的斜长花岗岩呈现类似于埃达克质岩石的不相容元素特征，以及类似于其他 SSZ 型蛇绿岩（如 Oman 蛇绿岩）之斜长花岗岩的锆石 $\delta^{18}O$ 值，为南海蚀变洋壳在初始俯冲过程中发生部分熔融的产物。东台湾蛇绿岩弧前扩张构造环境指示南海于~17 Ma 开始俯冲消亡，为西菲律宾海板块北西方向漂移引起的被动俯冲。

S28-O-05

马里亚纳海槽中段深部岩浆演化过程研究

来志庆[1,2]*，赵广涛[1,2]，韩宗珠[1,2]

1 中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 中国海洋大学海底科学与探测技术教育部重点实验室，青岛 266100

* zqlai@ouc.edu.cn

马里亚纳海槽是年轻的活跃弧后扩张盆地，位于马里亚纳火山弧和西马里亚纳洋脊之间，由洋壳基底（<8 km）扩张而成。以 17.5 °N 和 21 °N 为界，可分为北段、中段和南段，其中，中段出露有大量玄武岩和安山岩。目前，对马里亚纳海槽中段火山岩成因研究已取得较丰富的成果，但也尚存争议，尤其该区段岩浆演化的精细过程仍有待深入认识和研究。鉴此，本研究主要基于马里亚纳海槽中段玄武质火山岩中斑晶矿物

的微区结构和成分特征，从微区角度对该区段深部岩浆的精细演化过程进行示踪研究，并构建岩浆演化系统的空间结构，以期进一步理解和揭示马里亚纳海槽中段的火山岩成因。

马里亚纳海槽中段玄武岩斑晶以斜长石为主，橄榄石和尖晶石少量，并有斜长石巨晶出现，斜长石斑晶多存在溶蚀、吸收和细密环带等结构；玄武质安山岩斑晶以斜长石和辉石斑晶为主，斑晶尺寸较小，成分与结构也较均一。研究表明，该区段莫霍面附近（7 km）岩浆房内结晶形成斜长石斑晶及巨晶，在此，多期玄武质高温岩浆的注入，形成斜长石斑晶的吸收和溶蚀结构等，岩浆房内的对流引起的变压结晶形成细密环带结构的斜长石斑晶。含有大量斜长石斑晶/巨晶的岩浆抽离莫霍面附近的岩浆房，直接上升并在海底喷发，或在浅部（1-3 km）结晶形成斜长石与辉石等斑晶后喷出海底，并最终形成该区段大量分布的玄武岩或安山岩。岩浆喷发后的快速结晶过程形成斜长石微晶和斑晶的快速冷凝边。因此，马里亚纳海槽中段不同火山岩的化学成分和矿物多样性受到深部岩浆差异演化过程的制约。

S28-O-06

西太平洋加洛林洋底高原地幔源区性质及其成因

张国良*，张吉，罗青，王帅，赵智华

中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

* zhangguoliang@qdio.ac.cn

加洛林高原位于雅浦俯冲带前缘和加洛林热点海山链以西，但是，其基底岩石组成性质和起源长期以来存在较大争议。本研究针对加洛林高原西侧拖网获得的玄武岩和位于加洛林高原东北侧的 DSDP 57 站获得的钻孔玄武岩，开展了全岩主量元素、微量元素和 Sr-Nd-Pb-Hf 同位素分析。结果显示，加洛林高原西侧获得的玄武岩可以分为两组，第一组为拉斑玄武岩，第二组为碱性玄武岩组成。第一组玄武岩与 DSDP 57 站玄武岩在主量、微量元素和同位素组成上很相似，说明第一组拉斑玄武岩可能代表了加洛林高原主要的岩浆类型。这些拉斑玄武岩在微量元素组成上比 Ontong Java 玄武岩平均值略为富集，而与 E-MORB 相似。这些拉斑玄武岩在同位素组成上介于 Ontong Java 玄武岩和太平洋 MORB 之间，表明加洛林高原形成过程中有大量软流圈亏损组分的加入。这些碱性玄武岩在微量元素组成上表现为典型的碱性洋岛玄武岩特征。其微量元素比值（如，La/Sm，Sm/Yb）与同位素组成之间构成相关性，表明随着地幔源区熔融程度的增大和熔融深度（或石榴子石效应）降低，岩浆中逐渐加入了更多的同位素亏损的组分。在同位素组成上，这些碱性玄武岩还与东加洛林洋岛玄武岩十分相似。第二组玄武岩在同位素组成上位于夏威夷洋岛玄武岩组成范围内，且位于 Ontong Java 溢流玄武岩较亏损一端。结合太平洋板块运动方向，我们认为西加洛林高原碱性玄武岩可能是加洛林地幔柱热点早期岩浆活动的产物，且这个地幔柱热点可能来自与夏威夷地幔柱共同的深部地幔源区。从西向东，加洛林高原和加洛林洋岛玄武岩具有越来越高的 Sm/Yb 比值、且碱性逐渐增强，这与一个逐渐降温和消失的地幔柱热点是相符合。

S28-O-07

Mg isotopic anomaly of the asthenosphere beneath a subducting oceanic slab: constraints from petit-spot volcano in front of Japan Trench

Liu Jia[1, 2]*, Hirano Naoto[3], Tao Chun-Hui[1, 2], Xia Qun-Ke[4]

1 Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

2 Key Laboratory of Submarine Geosciences, State

Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China
3 Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, Kawauchi 41, Aoba-ku, Sendai 980-8576, Japan
4 School of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China
* liujia08@ustc.edu.cn

The petit-spot volcanoes on the NW Pacific Plate were believed to originate from the low extend of partial melts in the upper-most asthenosphere, occurring where the plate flexes and fractured before subduction [1,2]. The recent elemental and Sr-Nd-Pb isotopic studies of these volcanoes indicate the existence of recycled fertile plate materials in the upper mantle, unrelated to any active plumes [2,3]. Thus, these samples provide us a unique opportunity to investigate the Mg isotopic heterogeneity of the upper asthenosphere. Here, we report high-precision analyses (2SD<0.06‰) of Mg isotopic composition for 11 basalt samples from such volcanoes (9 from Site A and 2 from Site B). The results shows that their δ^{26}Mg (relative to DSM-3) varies from -0.223±0.049‰ to -0.454±0.039‰ (with average δ^{26}Mg of -0.339±0.034‰, 2SD), more than half of which are lower than the range defined by the global MORB and OIBs (-0.27±0.07‰). The δ^{26}Mg also show clear negative correlations with TiO_2, Ti/Eu and $^{143}Nd/^{144}Nd$ ratios, but positive correlations with La/Yb, and Zr/Hf ratios, which indicate that the low δ^{26}Mg could not be caused by contamination and must have originated from the recycled components in the mantle source. The implications of this work go to 1) the δ^{26}Mg of the upper most asthenosphere beneath Pacific Plate could be largely heterogeneous, which has never been revealed by any MORB samples previously; 2) the Mg isotopic composition of the subducting oceanic lithospheric mantle could also deviate from the normal mantle value, if they were metasomatized by such basaltic melts.

S28-O-08

Geochemical constraints on the source of northern EPR MORBs

Liyan Tian[1, 2]*

1 Institute of Deep-Sea Science and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya 572000, China
2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061, China
* lytian@sidsse.ac.cn

Geochemical variations of mid-ocean ridge basalts (MORBs) have long been attributed to the presence of compositionally distinct crustal and mantle components in their sources. The oxygen isotope composition of MORBs was proposed to be a valuable tracer of subducted crustal materials since $^{18}O/^{16}O$ ratios are strongly fractioned during low-temperature water-rock interactions (e.g. seafloor alteration). Here, we present a study of combined oxygen isotopes, radiogenic isotopes, and trace elements on volcanic lavas sampled at both ridge axes and off-axis seamounts in the northern East Pacific Rise (EPR; 5-15 ℃N). The chemical composition of these lavas ranges from normal-MORB to enriched-MORB, and the newly analyzed $^{18}O/^{16}O$ ratios of hand-picked fresh glasses from these 53 lavas were measured using laser-fluorination technique, with a typical precision of ±0.08‰ (1σ).

Our results show that the $\delta^{18}O_{SMOW}$ values of EPR glasses span ~0.64‰ (from 5.08‰ to 5.72‰), with an average value of 5.53(±0.12, 1σ) ‰, which is comparable to

results from previous survey of global MORBs (5.52±0.11‰). Two andesitic glasses show unusually lower $\delta^{18}O$ values (5.08‰ and 5.27‰, respectively) and exhibit excess Cl addition ([Cl]>3000ppm), probably indicating an assimilation of seawater-derived component (e.g., saline brines or altered oceanic crust). Previous studies [2, 3, 4, 5] have shown the correlated variations of trace element ratios (e.g. La/Sm ratios) and radiogenic isotope compositions (e.g. $^{87}Sr/^{86}Sr$, $^{143}Nd/^{144}Nd$, Pb isotope ratios), suggesting the presence of at least two components in the source of EPR MORBs, an enriched component and depleted component. Our results show that $\delta^{18}O$ values of these glasses lack statistically-significant correlations with other geochemical indicies in the same sample, suggesting that (1) the source of EPR MORBs has a uniform oxygen isotope composition, (2) the enriched components in the sources cannot be directly derived from recycled upper oceanic crustal rocks/sediments.

S28-O-09

南海扩张始于 32 Ma 吗?

钟立峰[1]*，蔡观强[2]，徐义刚[3]

1 中山大学海洋科学学院，广州 510006

2 广州海洋地质调查局，广州 510075

3 中国科学院广州地球化学研究所 同位素地球化学国家重点实验室，广州 510640

* zhonglf9@mail.sysu.edu.cn

新生代南海的打开伴随着东南亚一系列复杂的伸展、裂谷、海底扩张、俯冲、地体碰撞、大规模走滑断裂等构造事件。重建南海甚至东南亚地质构造演化历史的关键在于建立精确的时间框架，尤其是海底扩张开始和结束的时间格架。尽管上世纪 80 年代初期以来国内外地质学家报道了众多南海海底扩张时代的数据，主流观点认为南海扩张始于~32 Ma，但关于南海初始扩张时间仍然存在很大的分歧，主要原因可能是前期研究所用制约手段多为海底磁条带或水深-热流经验方程。

本次研究首次报道了一块采自南海东部次海盆 17°N 残留扩张脊东边靠近马尼拉海沟蓬莱海山的大洋斜长花岗岩。该大洋斜长花岗岩含有非常低的钾（0.09wt.%）含量，并且微量和稀土元素配分模式以及 Sr-Nd-Hf-Os 同位素显示出类似正常洋中脊玄武岩（N-MORB）的地球化学特征，表明其为洋壳组分。辉石和全岩 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素定年分别获得 32.3 ±0.5 Ma 和 28.9 ±1.9 Ma 的年龄数据，表明其形成时代为早渐新世。这个年龄数据与原先通过磁条带（C7）确定的该位置的年龄（~25 Ma）有较大出入。根据这个年龄数据，我们认为南海东部次海盆 17°N 残留扩张脊附近的磁条带应该为 C12（~32 Ma），并按照现有磁条带推算南海最早的磁条带应该为 C17（~38 Ma）。因此我们得出结论：南海扩张始于~38 Ma。

S28-O-10

吕宋岛新生代埃达克岩成因研究：对南海俯冲的制约

刘海泉[1,2]*，徐义刚[2]，闫义[1]，彭头平[2]，张乐[2]

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510640

2 中国科学院同位素地球化学国家重点实验室，广州 510640

* liuhaiquan@gig.ac.cn

南海的俯冲形成台湾海岸山脉-民都洛一带广泛分布的中新世以来的岩浆岩，其形成的弧岩浆构成吕宋岛弧(Luzon Arc)，由北向南分别为海岸山脉、巴坦、北吕宋和塔尔(Taal)四段。前人通过地球物理和构造地质学对南海的俯冲进行了限定。然而，对于南海开始俯冲的时代和俯冲机制仍然存在争议。目前提出的南海俯冲开始时代跨度从渐新世到中新世，俯冲机制包括平板俯冲、板片窗俯冲和俯冲极性反转等三种模型。解决

这些争议的关键之一是对吕宋岛新生代弧岩浆开展岩石地球化学研究。因为南海发育于欧亚大陆边缘，接受了巨厚大陆沉积物，并且南海的俯冲伴随着古扩张脊与黄岩岛链一起俯冲；这些俯冲输入端元具有显著的元素和同位素差异，便于在弧岩浆尤其是直接由板片熔融形成的埃达克岩中识别。因此，吕宋岛新生代埃达克岩是研究南海俯冲的最佳对象。

本研究通过对吕宋岛埃达克岩的 Sr-Nd-Hf-Pb 同位素研究，并结合已经发表的同位素数据，识别出：1）时代上，吕宋岛渐新世-中中新世岩浆岩以低的 Sr-Pb 同位素比值和高的 $\varepsilon_{Nd}(t)$值为特征，为普通洋壳俯冲产物；而晚中新世-全新世岩浆岩以高的 Sr-Pb 同位素比值和低的 $\varepsilon_{Nd}(t)$值为显著特征，反映了地幔源区有显著大陆沉积物的加入。结合区域地质演化特征，吕宋岛弧岩浆中大陆沉积物 Sr-Nd-Pb 同位素信息的出现，标志着该地区由普通洋壳俯冲转为含有显著大陆沉积物的边缘海俯冲，即由古南海的俯冲转为南海的俯冲。因此，弧岩浆中 Sr-Nd-Pb 同位素比值的变化，限定南海开始俯冲的时间不晚于~9.0 Ma；2）空间上，吕宋岛晚中新世-全新世弧岩浆 Sr-Pb 同位素比值呈现出由北纬 16°向北向南增加的趋势，而北纬 16°正好对应了南海洋脊的位置，这一特征反映了由洋脊向两翼俯冲的大陆沉积物增多的趋势。Monglo 和 Balungao 埃达克岩中的洋岛玄武岩信息则反映了南海的俯冲与古扩张脊和海山俯冲同步进行。Monglo 埃达克岩的形成年龄为 8.7±0.2 Ma，与 Sr-Nd-Pb 同位素限定的南海俯冲时代相近，进一步佐证南海俯冲的时间不晚于~9.0 Ma。

S28-O-11

板块构造从热俯冲模式向冷俯冲模式转变的时间

刘鹤[1]，孙卫东[2]*，Trevor Ireland[3]

1 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

2 南京大学地球与工程科学学院，南京 210093

3 澳大利亚国立大学，堪培拉 2600

* weidongsun@qdio.ac.cn

近年来的众多研究表明，在地质历史时期，由于上地幔温度的逐渐降低，板块构造曾经经历从热俯冲（hot subduction）模式向冷俯冲（cold subduction）模式的转变（O'Neill et al., 2007; Herzberg et al. 2010; Arndt, 2014; Cawood and Hawkesworth, 2014; Hawkesworth et al., 2017）。然而，从热俯冲模式向冷俯冲模式转变的具体时间，目前尚缺少系统的研究。

前人将现代样式的俯冲称为冷俯冲（Cold subduction, Brown 2007, 2014; Hawkesworth et al., 2017），将当今地球上所形成的板块构造称为现代样式板块构造（Modern-style plate tectonics，Stern, 2005, 2008）。相比于地球早期的板块俯冲作用，现代冷俯冲的最重要特征是板块俯冲的深度较深（1100-1300 km 或更深）、俯冲角度较大、俯冲作用能持续进行（van de Hilst et al., 1997; Fukao et al., 2001; Stern, 2005, 2008）。而在地球早期（古元古代以前），当时的地幔潜在温度（T*p*）比现在高出 170-250 K（Herzberg et al., 2010; Korenage, 2013），所形成洋壳和岩石圈的厚度较厚，板块俯冲深度较浅（<150 km），角度相对较缓，且可能频繁发生俯冲板片的断离，以致于板块俯冲作用不能持续进行下去（O'Neil et al., 2007; Herzberg et al., 2010, 2014; Moyen and van Hunen, 2012），因而被国外学者描述为短暂的（short-term）、浅的（shallow）、阵发性（episodic）的热俯冲（Hot subduction），并将当时的板块构造定义为原始板块构造（Proto-plate tectonics，Stern, 2008; Moyen and van Hunen, 2012）。

由于人们对热俯冲模式的认识主要来自于数值模拟的成果，因此热俯冲向冷俯冲样式转变的具体时间，目前尚没有明确的认识。前人曾根据一些特定的地质标志物出现或消失的时间，将板块冷俯冲作用开始的时间初步定义在 1.0-0.75 Ga 之间，如最早的完整的蛇绿岩套的出现（Stern 2005, 2008, 2013）、被动大陆边缘记录的骤增（Bradley,

2008; Hawkesworth et al., 2017)、造山型金矿床的再现（Goldfarb et al., 2001; Cawood and Hawkesworth, 2014)、超高压变质地体的出现（Brown, 2007)、古海水中 Sr 同位素比值的异常变化（Shields, 2007）等。然而，在漫长的地质历史演化过程中，许多早期形成的地质记录会在后期的地质作用中被破坏、改造或埋藏。受这些特定地质记录保存程度和发现情况的影响，以某一标志物的出现或消失所推测的时间往往仅是一个上限或下限，并常常随着新的标志物的发现而不断被改写。而其中部分标志物是否能够指示冷俯冲的开始时间也尚需进一步论证。

本研究全面统计了全球大陆岩浆岩中高场强元素（Nb、Ta、Ti、P）与 SiO_2 (%)含量的相关关系，发现早元古代以前与新元古代以后的岩浆岩中高场强元素与 SiO_2 (%)含量相关性发生了明显的改变，形成于新元古代以后的岩浆岩的高场强元素更加富集于低硅镁铁质岩中。经过对典型俯冲带镁铁质岩浆岩的高场强元素与 SiO_2 (%)含量平面分布特征的深入研究后发现，在现代样式的冷俯冲作用下，高场强元素因其难溶于水溶液的特征，在板块俯冲脱水过程中不易脱离俯冲板片，从而更多地随板片俯冲而进入深部地幔循环，从而导致了高场强元素在低硅镁铁质岩中的相对富集。而在地球早期的热俯冲作用下，板片俯冲的角度小、深度浅、持续时间短，使得高场强元素难以进入深部地幔。根据这一特征的发现，基于 MATLAB 计算机程序设计，以蒙特卡洛（Monte Carlo）方法求得了全球镁铁质岩浆岩中高场强元素与 SiO_2 (%)含量的相关性随时间变化的趋势，限定了热俯冲向冷俯冲的转变时间发生在 1.4-1.25 Ga 之间，并根据统计结果进一步观察到 0.55 Ga 时板块俯冲深度发生了进一步增加，这与前人所发现的全球超高压变质地体（UHP）绝大多数形成于显生宙的观察结果相一致（Brown, 2006, 2007, 2014; Stern, 2005, 2008; Korenaga, 2013; Sizova et al., 2014; Hawkesworth et al., 2017)。

S28-O-12

雅浦岛弧基岩地球化学特征对俯冲带构造演化的启示

张吉[1,2]，张国良[1,3]*

1 中国科学院海洋研究所，海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 中国科学院大学，北京 100049

3 中国科学院海洋研究所，深海研究中心，青岛 266071

* zhangguoliang@qdio.ac.cn

雅浦岛弧系统位于西太平洋菲律宾海板块的东南边界，东侧受卡洛琳洋底高原俯冲，西侧是帕里西维拉海盆，北连马里亚纳海沟，南接帕劳岛弧，构造环境复杂。雅浦岛弧基本由变质岩组成，与西太平洋的其他火山岛弧具有显著区别。研究雅浦岛弧变质岩的地球化学特征对于理解雅浦沟-弧体系的构造背景以及西太平洋边缘海盆的演化具有极其重要的意义。在先前的研究中，我们将在雅浦岛弧通过拖网取得的变质岩样品做了电子探针分析，研究了变质岩的矿物组成和温压条件。电子探针结果表明，雅浦变质岩的变质相为角闪岩相和绿片岩相；变质相系为中等 P/T 型，指示岛弧区域变质作用。对雅浦岛弧的角闪岩做了主量元素、微量元素和 Sr-Nd-Pb-Hf 同位素分析，结果表明雅浦岛弧具有典型的弧后盆地玄武岩的组分特征并具有 Dupal 异常。根据主量和微量元素成分，雅浦角闪岩可划分为三组：(1)N-MORB-type ， (2)E-MORB-type ，(3)IAB-type。Sr-Nd-Pb-Hf 同位素组分指示雅浦角闪岩为具有 Dupal 异常的印度洋型地幔源区。这些结果表明雅浦岛弧的变质岩代表帕里西维拉海盆的变质洋壳。我们认为，帕里西维拉海盆的部分洋壳曾埋藏在初始雅浦岛弧之下，经历了区域变质作用。卡洛琳洋底高原及海山的俯冲侵蚀作用导致雅浦变质岩出露于地表，最终雅浦岛弧基本由变质岩组成。本项目得到国家自然科学基金（41522602）和中国科学院先导科技专项（A）（Y3A31301T）的资助。

S28-P-01

超慢速扩张脊下地壳岩浆演化过程：西南印度洋 U1473A 钻孔辉长岩矿物化学研究

张维骐[1, 4]，刘传周[1, 2, 3, 4]*

1 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室，北京 100029

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质实验室，青岛 266061

3 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

4 中国科学院大学，北京 100049

* czliu@mail.iggcas.ac.cn

大洋下地壳的增生过程、岩性结构和化学组成显著地受到洋中脊扩张速率的影响。其中，慢速-超慢速扩张脊的下地壳通常被认为是由多个小型的辉长岩侵入体组成，不存在如快速扩张脊的稳定岩浆房。然而，作为慢速-超慢速扩张脊下地壳经典钻孔：735B（西南印度洋）和 U1309D（大西洋）所揭示的下地壳的岩性组成却存在巨大差异：1）735B 钻孔缺乏原始的橄长岩，>80%由橄榄辉长岩组成，2）U1309D 钻孔则大量产出橄长岩和贫橄榄石的辉长岩，而橄榄辉长岩的比例仅占 25%。大量的研究表明后期熔体与辉长岩之间的反应可能是造成这一差异的重要原因。但是，这些后期熔体的来源及其在下地壳迁移中的演化过程尚不清楚。IODP 360 航次在西南印度洋的 Atlantis Bank 岩体上开展了钻孔 U1473A 的钻探工作，获得了近 800 米的连续下地壳辉长岩的岩芯。

U1473A 钻孔的辉长岩由主体的橄榄辉长岩和少量的氧化物辉长（苏长）岩组成。依据岩相学、矿物主量元素与微量元素成分，橄榄辉长岩所记录的岩浆演化过程可以分为三个阶段：1）早阶段堆晶过程；2）无水演化熔体-辉长岩反应；3）含水富 Ti、P 熔体-辉长岩反应。而依据全岩和矿物化学的剖面分布，U1473A 钻孔岩芯可以划分出五个旋回，代表五个相对独立的侵入体。不同阶段矿物组成和温度计沿深度分布表明，无水演化熔体的迁移主要受控于旋回边界，受到构造变形影响较小，而含水富 Ti、P 熔体的迁移则显著受控于构造变形。

橄榄辉长岩、氧化物辉长（苏长）岩中的矿物微量元素研究表明，尽管 MORB 的 Zr/Hf 十分均一，但在洋中脊演化过程中，熔体的 Zr/Hf 却是显著分异的，仅有早阶段堆晶的单斜辉石具有和 MORB 平衡、均一的 Zr/Hf，而记录晚期过程的矿物均具有显著升高的 Zr/Hf。地球化学模拟指出结晶分异或原位结晶过程无法产生明显的 Zr/Hf 分异，只用通过熔岩反应过程才能使得熔体产生较高的 Zr/Hf。而常沿剪切带分布氧化物辉长岩中的矿物也具有较 MORB 预测显著高的 Zr/Hf，这表明这些演化岩性并非形成于原始 MORB 岩浆高程度的结晶分异，而是铁质熔体沿剪切带渗透入橄榄辉长岩与之反应而成。

S28-P-02

Reaction between MORB magma and lower oceanic crust: An experimental study

Alexandra Yang Yang[1, 2]*, C. Johan Lissenberg[2], Yan Liang[3]

1 中国科学院广州地球化学研究所，边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510640

2 School of Earth and Ocean Sciences, Cardiff University, Park Place, Cardiff CF10 3AT, UK

3 Department of Geological Sciences, Brown University, Providence, RI 02912, USA

* yangyang@gig.ac.cn

Reaction between MORB magma and lower oceanic crust crystal mush has been invoked to modify the chemical compositions of both MORB and minerals in the mush. Nonetheless, such reaction has been little studied experimentally. We conducted a series

of melt-mush reaction experiments to investigate the mechanism and chemical consequences of melt-mush reaction by reacting both primitive and evolved MORB glasses with a primitive cumulate (troctolite). All of the experiments were conducted at 5 kbar and the respective liquidus temperatures of the starting melts with duration from 6 to 27 hours. Isothermal experiments produced an upper melt and a lower troctolite sections with melt infiltrating into the top of the troctolite by dissolution. Step-cooling experiments produce an upper gabbro and a lower troctolite section with interstitial clinopyroxene as the reaction products exhibiting poikilitic textures with olivine and plagioclase chadacrysts, indicating that melt-mush reaction involves diffusion-assisted dissolution and reprecipitation. The reacted melts have higher MgO and Al_2O_3 and lower TiO_2 and Na_2O contents, and crystallize more primitive olivine and plagioclase compared to those crystallized from the starting melts. The troctolite shifted to more evolved compositions to be equilibrated with the melt near the melt-troctolite interface. The interstitial clinopyroxene have high Mg# (>83) with enriched Na_2O and TiO_2 contents, and olivines in troctolite have different Fo vs. Ni correlations for different starting melt compositions, resulting from varied Ni partition coefficients with different MgO contents of the melt.

This study confirms that melt-mush reaction can cause chemical variations of both MORB and cumulates, and provides further constraints on MORB petrogenesis. Higher MgO and Al_2O_3 of melt after reaction would significantly affect the calculated pressures for MORB fractionation, indicating that major element-based barometers for MORB fractionation can only be used reliably if reaction can be ruled out. Furthermore, the Fo and Ni correlations of olivine, as well as Mg# vs. TiO_2 and Na_2O correlations of clinopyroxene in cumulate rocks can be used to identify the role of melt-mush reaction in the chemical variations of cumulates. By comparison with natural lower oceanic crust and layered intrusion cumulates, we propose that melt-mush reaction plays an important role in the magma transportation in the crystal mush in both oceanic and continental magma systems.

S28-P-03

南大西洋中脊26°S玄武岩成因和地幔源区性质

关义立[1,2]*，石学法[1,2]，鄢全树[1,2]

1 国家海洋局第一海洋研究所，海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，青岛 266061

2 青岛国家海洋科学技术实验室，海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

* guanyili@fio.org.cn

研究业已显示，南大西洋中脊玄武岩（MORB）源区具有强烈的地幔不均一性，这种地幔不均一性被认为是由多种原因造成的，包括地幔柱的上涌、大陆岩石圈物质的再循环和古洋壳物质的再循环等（Fontignie and Schilling, 1996; Douglass and Schilling, 2000; Escrig et al., 2005; Hoernle et al., 2011）。南大西洋 26°S 洋脊段远离地幔柱，因此在讨论本洋脊区段下伏地幔源区的性质可以不用考虑地幔柱的影响。前人的研究成果显示，本区段 MORB 的源区有陆壳物质的加入（Regelous et al., 2009）。因此，对本区段玄武岩地幔源区及岩石成因开展研究，有望为完整认识南大西洋地幔不均一性提供重要证据。本工作针对大洋 22 航次在南大西洋 26°S 洋脊段获取到的玄武岩样品开展了系统的岩石地球化学研究。

南大西洋 26°S 洋脊段位于 Rio Grande 转换断层（北界）和 Moore Fracture 构造带（南界）之间，该段洋脊的长度约 100km，水深为 2400-4000m，轴部裂谷发育。样品

取自裂谷中心的低矮丘体上，共 10 余件，水深在 2500m 左右。该地区的玄武岩以斑状结构为主，斑晶主要是斜长石和橄榄石，少量的单斜辉石，基质为玻璃质。全岩 MgO 变化范围 7-9 wt.%。主量元素的 HARK 图解显示：FeO^T、TiO_2、Na_2O、K_2O、P_2O_5、MnO、L.O.I 与 MgO 呈负相关关系，而 CaO 和 CaO/Al_2O_3 与 MgO 均呈正相关关系，SiO_2 和 Al_2O_3 与 MgO 之间没有明显的相关性。稀土元素为轻稀土亏损重稀土富集的特征，微量元素蛛网图显示其具有典型的 N-MORE 特征。全岩 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值为 0.702384~0.702461，$^{187}Os/^{188}Os$ 比值为 0.2150-0.2533。

玄武岩的 La/Sm 和 Gd/Yb 比值显示 MORB 源区没有大量石榴子石残留，判断其源区较浅，该结果与通过地球化学主量元素计算的熔融压力（大约 1Gpa 左右）基本吻合。据 Rubin and Sinton（2007）的方法，计算南大西洋 26℃S 地区的岩浆房位于洋中脊下部 2.5-4km 处。主量元素的相关性，暗示岩浆运移和成岩过程中可能有橄榄石、单斜辉石和斜长石的分离结晶作用。该地区玄武岩的 La/Sm 比值较为统一，Rb 元素和 Mg# 值变化较大，指示了这些玄武岩母岩浆在离开源区后的岩浆过程主要受结晶分异作用控制。该区域的玄武岩样品 Sr-Os 同位素组分暗示其源区可能有古洋壳物质的加入（亏损地幔 DM：$^{187}Os/^{188}Os=0.125$，$^{87}Sr/^{86}Sr=0.70214$）（Roy-Barman and Allègre，1995）。结合前人的研究成果（Regelous et al., 2009），本区段玄武岩的源区有陆壳与古洋壳物质同时卷入。

S28-P-04S

雷琼地区及南海海盆玄武岩源区对其深部地球动力学背景的制约

赵智华[1,2]，张国良[1,3]*，王帅[1,2]，张吉[1,2]

1 中国科学院海洋研究所，海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 中国科学院大学，北京 100049

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

* zhangguoliang@qdio.ac.cn

雷琼地区位于中国大陆最南端，与中国最大边缘海——南海毗邻，处于三个板块的汇聚边缘，构造位置复杂。世界两大构造域——太平洋构造域和特提斯构造域在中国东南部都有岩浆、构造等响应，但关于其影响范围、演化历史存有很大争议。同时海南地幔柱喷发的核心位置就在雷琼，所以该区域深部动力非常复杂。通过了解该地区玄武岩的源区特征对认识其深部地球动力学背景有重要的意义，有助于认识该区域的构造演化以及大陆边缘的张裂过程等，并且对研究这两个构造域的演化及对欧亚大陆东南地区的影响有重大的意义。

雷琼地区玄武岩的微量元素配分图显示出两种不同特征，一组配分模式类似 OIB，而另一组表现出 Nb、Ta 等高场强元素的亏损，以及 Ba、Pb 等活动元素的富集，显示出 IAB 特征，具有高的 Ba/Nb、Th/Nb，低的 Ce/Pb 、Ti/Y 等。我们根据此特点将这些样品分为两组：OIB-type 和 IAB-type，而这些 IAB-type 都分布于雷州半岛。并且雷琼地区的玄武岩在微量元素比值图中显示较好的连续性，通过两端元混合模拟，我们分析雷琼地区的玄武岩源区为 OIB 和受流体交代影响的地幔楔，这一结论对于主量元素也有反映。结合前人研究的海南玄武岩源区，我们认为这些 IAB-type 的源区混入了橄榄岩，而这些橄榄岩是曾被俯冲的板块脱水交代过。这一发现不仅对雷琼地区的玄武岩源区有新的认识，对认识该地区的地球动力学背景具有非常重要的意义。

同时我们分析了雷琼和南海地区玄武岩中橄榄石的 He 同位素，两个地区的 $^3He/^4He$ 比值在 7.8-9.6 之间，相差不大，南海最大的 $^3He/^4He$ 为 9.6，对于该结果可能存在多种不同的成因，我们接下来将对此做更多的工作，希望可以对南海海盆的打开机制有一个很好的制约。

S28-P-05

中亚造山带核心区蛇绿混杂岩中洋岛玄武岩成因探讨

杨高学[1,2]*，佟丽莉[1]，王祚鹏[1]，段丰浩[1]

1 长安大学地球科学与资源学院，西安 710054

2 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室，西安 710054

* mllygx@126.com

洋岛玄武岩(OIB)起源的研究是当代固体地球岩石学和地球化学最基本的问题之一，在成因上普遍认为与“热点”或“地幔柱”有关。因此洋岛玄武岩是研究地球深部过程的一个重要窗口。

在中亚造山带内部特别是其核心区不断有不同时代洋岛玄武岩被识别出来，其形成时间跨度大，从新元古代晚期到早石炭世均有出现，实际上伴随古亚洲洋的整个演化过程中。初步研究认为这些洋岛玄武岩形成于海山(大洋高原/岛屿)，可能与板内活动的地幔柱有关，即这些洋岛玄武岩是海山在俯冲过程中被刮削下来保留在蛇绿混杂岩中。然而人们不禁要问，这些洋岛玄武岩全部都来自海山并(或)与地幔柱活动有关？事实可能并非如此。

中亚造山带核心区(哈萨克斯坦山弯及翼部)发育新元古代晚期至早石炭世数条蛇绿混杂岩带，它们大多发育典型的海山岩石组合，即枕状玄武岩、火山角砾岩、礁灰岩、滑塌堆积岩、陆源碎屑岩等。结合其特有的构造特征，初步重建了中亚造山带核心区古海山火山地层格架。在地球化学上，构成古海山的火山岩主要为碱性玄武岩，TiO_2 含量高，富集轻稀土元素，无明显 Nb、Ta、Ti 负异常，具有典型洋岛玄武岩特征。Nd、Sr 及 Pb 同位素组成显示岩浆源区有富集组分的参与并受到流体交代的影响。总体上与地幔柱有关的典型海山 Louisville、Ontong Java 及 Hawaiian 的玄武岩地球化学特征一致，但不发育高镁苦橄岩或科马提质玄武岩。

中亚造山带核心区洋岛玄武岩的来源可能至少有两种：(1)海山在俯冲带被刮削保留在增生楔中；(2)直接来自地幔交代岩的部分熔融，也不排除循环洋壳部分熔融和陆源沉积物参与的可能。可见中亚造山带洋岛玄武岩的物质来源多并发生复杂的壳幔相互作用，这与现代大洋中地幔柱活动及海山的发展演化类似。

S28-P-06S

西里伯斯海海盆地幔源区地球化学不均一性及其成因

王帅[1,2]，张国良[1,3]*，赵智华[1,2]，张吉[1,2]

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 中国科学院大学，北京 100049

3 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

* zhangguoliang@qdio.ac.cn

地幔源区的不均一性成因问题一直是全球关注的热点，而西太平洋海盆玄武岩源区不均一性的成因还有很大的争议。认识海盆中地幔源区不均一性的成因对于解释海盆的形成机制有重要的制约作用。西里伯斯海位于印太交汇区，太平洋板快、印度洋板块和欧亚板块的交界处，具有复杂的构造演化历史，这可能会造成地幔不均一性的因素有多种情况。选取西里伯斯海作为研究地幔不均一性的成因具有代表性意义。

为了研究海盆玄武岩源区地球化学特征，对 ODP Leg 124 的 U767 和 U770 的钻孔玄武岩进行了全岩主量和微量元素测试。通过 SiO2-Na2O+K2O 显示样品主要为拉斑玄武岩，在微量元素配分图显示样品具有典型的洋中脊玄武岩的特征；根据元素的富集程度，样品被进一步区分为 E-MORB 和 N-MORB 两种类型，样品还具有富集高场强元素和 Eu 的负异常特征。分析了样品的 La/Sm 对 Sm/Yb、Hf/Sm、Sr/Nd、Nb/Th 和 Sr/Sr*等的相关关系，发现微量元素比值之间具有很好的相关关系。这些微量元素比值之间很好的相关关系排除了岩浆分离结晶和部分熔融作用的干扰，证明了这种相关关

系是地幔不均一性的体现。富集端元具有高的 Sm/Yb、Hf/Sm、Nb/Ta、Ti/Ti*，低的 Sr/Nd、Sr/Sr*、Eu/Eu*；考虑到 Al2O3 和 CaO 对 Sm/Yb、La/Sm、Nb/Th、Sr/Nd 等微量元素比值之间有很好的相关性，且富集端元具有低的 Al2O3、高的 Sm/Yb、La/Sm、Hf/Sm，说明源区存在石榴子石效应。这些地球化学指标说明富集端元可能为再循环的洋壳，并且 La/Sm 与 Sr/Sr*的负相关及 Eu 的负异常说明了再循环的洋壳经历了斜长石的分离结晶作用。通过对主微量元素的研究，发现西里伯斯海海盆玄武岩源区存在再循环的洋壳和亏损上地幔二端元混合。本项目得到国家自然科学基金（41522602）和中国科学院先导科技专项（A）（Y3A31301T）的支持。

S28-P-07S

智利三联点南部俯冲区域纳兹卡板块消减机理的初步探讨

徐佳静[1,2]，王振山[1,2]，王少坡[1,2]，魏东平[1,2]*

1 中国科学院计算地球动力学重点实验室，北京 100049

2 中国科学院大学地球与行星科学学院，北京 100049

* dongping@ucas.ac.cn

扩张洋脊俯冲是一个重要的地球动力学过程，被认为在过去 70 个百万年间对南北美洲边界的地质有显着的影响。智利三联点是由纳兹卡板块、南美板块及南极洲板块交汇形成的特殊三联点。该区域为一个洋脊-海沟-海沟(RTT)三联点系统中活跃的扩张洋脊俯冲与大陆边缘之间的地质相互作用提供了独特的机会来调查研究。智利扩张洋脊是纳兹卡板块和南极洲板块的交界。约 14 个百万年前活跃的智利扩张洋脊俯冲至南美板块之下形成从 54°S 到现今 46°30′S 向北移动的 RTT 型三联点。随着板块的不断俯冲，纳兹卡板块不断变小。因此，本文主要研究俯冲到南美板块之下的纳兹卡板块的消减机理。

本文用数值模拟的方法，通过建立智利三联点南部洋脊海沟碰撞的简单二维模型，采用能量守恒方程来求解模型的二维稳态热结构。其中，模型的平面尺度为 654km*300km，俯冲角度为 17℃。模型通过有无施加板块相对汇聚速度，模拟板块相对汇聚速度对智利三联点南部的温度结构的影响。同时，模型设置时不考虑智利三联点北部洋陆俯冲对南部温度结构的影响。

模拟结果表明，不添加板块相对汇聚速度时，计算后的大洋板块温度低于初始温度；施加板块相对汇聚速度后，具有上覆板块的大洋岩石圈温度与地幔温度接近，表明在模型中此大洋板块消亡于地幔之中。纳兹卡板块以 7.8cm/yr 的速度不断俯冲于南美板块之下，使南美板块之下纳兹卡板块的温度达到地幔温度，最终消亡于地幔之中。这对于板块之间的相互作用提供了一些新的认识，同时对今后三联点迁移方面的研究具有一定的指导作用。

S28-P-08S

秘鲁平板俯冲板片内部低速层的地震学证据

郑逸娴，何小波*

浙江大学海洋学院，舟山 316201

* xbhe@zju.edu.cn

秘鲁俯冲带体系有世界上面积最大的平板俯冲，其特殊的俯冲带性质特征能够很好地用来研究俯冲板片与周围地幔之间的相互作用。本研究中，主要利用了北美 TA 台网数据，对于秘鲁北部的两个地震事件进行分析。通过分析 P 波之后非常规震相的到时、慢度，推断该震相为 P 波在上地幔某一间断面与地表之间的多次波。通过进一步的 1 维模型正演，得出该间断面为在深度～90-130km 之间的低速层，该层层厚～5-8km，且主要分为上下两层，低速层上层主要为 S

波低速，变化范围在～20-40%之间，下层主要为 P 波低速，变化范围为～10-25%之间。在与其他俯冲带体系的低速层对比后，推测该低速层主要是存在于俯冲板片上部的大洋地壳，且其低速特征与大洋地壳的含水性质相关。低速层上层主要为含水量较充足的玄武岩层，而下层主要是孔隙度相对较小、含水量较少的辉长岩层。该低速层的存在表明了至少在该深度，俯冲板片的脱水过程仍未完成，同时也为中等深度地震的发生提供了可能的机制。

S28-P-09S

泰国晚新生代玄武岩与南海地区同时代玄武岩的岩浆过程对比研究

袁龙[1]，鄢全树[1, 2]

1 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

* yanquanshu@163.com

南海扩张停止（15.5Ma）后，南海及周边区域包括雷琼地区、珠江口盆地、北部湾地区以及中南半岛等地区发生了一系列的基性火山活动，先前的地球物理学和岩石地球化学研究显示它们可能与海南地幔柱有关（鄢全树和石学法, 2007; Yan et al., 2014, 2018,及其中参考文献）。这些区域的近同期的火山活动是否具有相同的地球动力学背景是一个重要的科学问题，需要开展区域之间深入的对比研究。

中南半岛地区晚新生代玄武岩主要分布在越南南部和泰国地区（Hoang and Flower ,1998; Zhou and Mukasa, 1997）。泰国境内的晚新生代玄武岩主要跟构造密切相关。泰国及周边区域可分为三个构造地层单位：西部的滇缅泰马板块，中部的素可泰地体和东部的印支板块，这三个构造地层单位被两个古特提斯缝合带分开，此外，有两个新生代走滑断层（湄平、三塔）穿过泰国西部的滇缅泰马板块。泰国地区晚新生代玄武岩主要分布在素可泰地体北部和呵叻高原，除呵叻高原边部的玄武岩年龄较老（24.1-8.8Ma）外，其它玄武岩年龄较新（11.0-0.6Ma）（Yan et al., 2018）。

泰国新生代玄武岩的元素地球化学组分显示它们主要为碱玄岩、玄武岩和粗玄岩，属于碱性系列，富集大离子亲石元素和高场强元素，强烈富集轻稀土，具有典型的 OIB 特征。玄武岩斑晶矿物主要为橄榄石、斜长石及少量的单斜辉石。利用原始熔体组分计算出本区域的地幔潜在温度为 1448-1467℃，与越南南部（An et al., 2017）类似， 稍低于海南岛北部（Wang et al., 2012）。以上地幔潜在温度的对比可能反映了地幔柱物质流在沿着岩石圈流变学边界层往中南半岛之下运移时消耗了部分能量，具体表现在靠近地幔柱中心位置的海南岛地幔潜在温度较高，而在远离地幔柱中心的中南半岛稍低。此外，泰国玄武岩中长石斑晶的结晶温度平均为 1102℃，结合其具有较高的 An 值，表明长石形成于快速上涌的岩浆环境。总体上，泰国晚新生代玄武岩与南海地区其他区域同时代玄武岩的岩石地球化学特征类似，表明泰国地区晚新生代玄武岩和南海地区同时代玄武岩是同一期次岩浆的产物。总之，本研究对泰国晚新生代玄武岩为地幔柱成因的观点提供了重要证据。

S28-P-10

西南印度洋玄武岩中斜长石的研究及其对岩浆作用过程的指示

李洁*，朱继浩，陈灵，初凤友

国家海洋局第二海洋研究所海底科学重点实验室，杭州 310012

* lijie@sio.org.cn

斜长石的环带特征记录了其结晶时岩浆演化的物理化学条件的变化，是认识岩浆

演化机制的重要依据。通过分析斜长石的结构、构造和成分变化特征，特别是斜长石的环带构造，可以反演岩浆的活动过程。本文对西南印度洋洋中脊（SWIR）玄武岩中的斜长石进行了详细的研究，以制约其岩浆作用过程和岩石成因机制。

SWIR 玄武岩的斜长石可以分为三种类型：斑晶、微晶和基质斜长石。其中斜长石斑晶粒径较大，通常大于 500μm，且普遍具有正环带结构，核部 An 值较高（$An_{74\sim81}$），边部 An 值下降（$<An_{71}$），微晶斜长石粒径通常大于 100μm，An 值与斜长石斑晶边部近似，基质斜长石粒径通常小于 100 μm，An 值略低于其他类型斜长石（$An_{58\sim64}$）。通过矿物温度计算发现，斜长石斑晶核部结晶温度最高，边部与玄武岩中斜长石微晶、基质的结晶温度近似，表明斜长石斑晶核部可能形成于不同的结晶环境。此外，Ca/Na 在斜长石-熔体间的分配系数($K_{Ca/Na}$)与岩浆中的水含量正相关，通过斜长石的 Ca/Na 比值和熔体中 Ca/Na 比值对比可以发现，只有斜长石斑晶核部和熔体无法平衡。进一步证明斜长石核部和边部、微晶及基质斜长石的岩浆源区不同。结合前人资料，我们认为斑晶核部可能是来自地幔源区的捕掳晶。

地幔岩浆通常具有更高的 MgO、FeO 成分，然而相对于斜长石斑晶核部，斜长石斑晶边部及基质斜长石 FeO、MgO 含量较低，FeO/MgO 比值较高，不符合岩浆演化趋势。由于 Fe、Mg 在斜长石中属于不相容元素，当扩散没有达到平衡时，在斜长石-熔体边界处 Fe、Mg 浓度较高，此时若结晶速度大于元素扩散速度，会造成边部相对富集 Fe、Mg，因此斜长石边部较高的 Fe、Mg 含量可能与斜长石边部快速结晶有关。斜长石-熔体平衡计算结果也表明斜长石边部 MgO 含量与熔体接近平衡，而 FeO 含量远低于平衡浓度，由于在斜长石中 FeO 的扩散速度比 MgO 慢，说明斜长石在岩浆房中驻留时间较短，导致扩散速度较慢的 Fe 元素无法与熔体间达到平衡。因此，总体来讲斜长石的成分特征与 SWIR 构造环境稳定，岩浆活动较少的特征相一致。

S28-P-11S

西菲律宾海盆本哈姆隆起玄武岩岩浆作用条件

王睿睿[1,2]，鄢全树[1,3]*，田丽艳[2,3]，张海桃[1,3]，施美娟[1]

1 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 中国科学院深海科学与工程研究所，三亚 572000

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061

* wangrr29@126.com

西菲律宾海盆被俯冲带所包围，海盆北侧为琉球海沟，西侧为菲律宾海沟，东南侧为帕劳海沟等，东侧是古 IBM 弧的残余弧脊（九州-帕劳脊）。基于磁异常条带解释认为，西菲律宾海盆是在约 50~30Ma 之间沿着海盆扩张中心发生了海底扩张[1-8]。近年来研究显示，西菲律宾海盆可能是板块构造和地幔柱两大动力学综合影响下发育起来[5-8]。然而，对于本哈姆隆起（Benham Rise）和乌尔达内塔（Urdaneta）海底高原的形成是存在争议的[5-8]。因此，澄清以上重要的科学问题对于理解西菲律宾海盆乃至整个菲律宾海板块的构造演化历史具有重要的科学意义。同时，本哈姆隆起正与吕宋岛弧拼接，两者的相互作用也有助于理解海底高原俯冲增生对俯冲带的地质效应。

本哈姆隆起（形成时代为 36~37Ma）位于菲律宾海板块西侧的西菲律宾海盆内。此海底隆起靠近菲律宾海沟，水深 2000~3000m，体积接近 $1x10^5km^3$，为一典型的海底高原。1988 年即中德合作 SO-57 航次在本哈姆隆起拖网获取了大量的玄武岩样品。全岩主微量元素组分显示这些玄武岩为似 OIB（洋岛玄武岩）的碱性玄武岩。

本研究对这些玄武岩样品中的橄榄石和斜长石矿物开展了矿物化学研究,利用橄榄石斑晶核部的 Fo 值与寄主岩浆的 X_{Fe} 值对本区域地幔潜在温度(T_p)进行了计算，结果显示本哈姆隆起之下的地幔潜在温度与另一边缘海盆（南海）的地幔潜在温度相当，且位于全球两个典型地幔柱热点地区(如夏威夷和冰岛) 范围内，且明显高于正常洋中脊之下的地幔潜在温度，表明本哈姆隆起之下的地幔可能存在热量异常。 此外，本哈姆隆起玄武岩中长石斑晶的结晶温度平均为 1160℃，结合其具有较高的 An 值，表明长石斑晶形成于快速上涌的岩浆环境。总之，本研究对本哈姆隆起为热驱地幔柱成因的观点提供了重要证据。

S28-P-12

Asymmetric crustal accretion across the Southeast Indian Ridge and its geodynamic implications

Yanhui Suo[1]*, Jian Lin[2, 3], Sanzhong Li[1]

1 College of Marine Geosciences, Ocean University of China; Key Lab of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques, Ministry of Education, Qingdao 266100, China;

2 Department of Geology and Geophysics, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, USA;

3 Key Laboratory of Marginal Sea Geology, Chinese Academy of Sciences, South China Sea Institute of Oceanology, Guangzhou, China

* suoyh@ouc.edu.cn

Gravity-derived oceanic crustal thickness were calculated for the Southeast Indian Ocean (SEIO). Using Euler rotation, models of asymmetric crustal thickness over the past 50 Myr have been presented to understand the crustal accretion across the Southeast Indian Ridge (SEIR). More negative gravity and thicker crust occur on the northern flank of the westernmost (70 ℃ -80 ℃) SEIR, while occur on the southern flank of other SEIR segments. After analyzing five tectonic and magmatic contributors, including asymmetric spreading rates, ridge jump, ridge migration, asymmetric mantle temperature, and asymmetric mantle depletion, to the observed asymmetry, we concluded that: (1) Excess melt from the off-axial Kerguelen and Balleny mantle plumes could produce the crustal accretion of >2.5 km on the southern flank of the SEIR. (2) Higher mantle temperature of up to ~35 ℃ on the northern flank of the westernmost SEIR could produce large enough anomalies to explain the observed crustal accretion of 0.8-1.4 km. Higher mantle temperatures of up to ~55 ℃ on the southern flank of the 120 ℃ -140 ℃ SEIR segment could produce large enough anomalies to explain the observed crustal accretion of 0.9-2.1 km. (3) The asymmetric temperature anomalies were due to an off-axial cold slab. The slab extends from the southern flank of the westernmost SEIR to the northern flank of the 120 ℃ -140 ℃ SEIR segment, causing anomalously cool mantle along the slab track and relatively higher temperature on the conjugated plate. (4) For keeping its off-axial property, the cold slab had to move northward in concert with

the northward migrating SEIR, which is very different from the previous fixed old slabs.

S29-O-01

太阳系外行星探测与统计

周济林*，张辉，谢基伟，刘慧根，杨明

南京大学天文与空间科学学院，南京 210023

* zhoujl@nju.edu.cn

将报告南京大学系外行星课题组近年来的一些进展，包括：在南极天区通过凌星方法发现 200 多颗系外行星候选体，利用 LAMOST 光谱开展对 Kepler 发现的系外行星的统计学研究，在阿里的时域天文台建设的最新进展，以及预研的系外行星生命分子探测卫星的进展。

S29-O-02

红矮星附近宜居性行星的臭氧层分布

胡永云*，罗杨程，杨军

北京大学物理学院大气与海洋科学系，北京 100871

* yyhu@pku.edu.cn

行星大气中的臭氧曾是探测行星生命迹象的重要证据之一。因为臭氧是由氧气生成的，如果我们能够在一个新型大气中探测到臭氧的存在，就可以确定氧气的存在。在宜居行星通常是潮汐锁相的，如果红矮星附近的宜居行星的大气中拥有臭氧层，其浓度和空间分布将与地球的臭氧层不同。这一方面是因为红矮星附近宜居行星的自转速度较地球的自转速度慢，另一方面，红矮星的辐射光谱与太阳的不同。为此，我们使用三维气候-大气化学耦合模式模拟了太阳、紫外活跃的红矮星和紫外不活跃的红矮星周围假想的同步自转类地行星上臭氧的浓度和空间分布，并对其进行了比较。模拟结果表明，围绕太阳或紫外活跃的红矮星周围的行星大气中，臭氧柱含量与地球大气的臭氧处于同一量级。臭氧在朝阳面生成，通过大气环流传输到背阳面。由于背阳面缺乏恒星辐射，无法有效地移除臭氧，因此，背阳面的臭氧层比朝阳面厚。这与地球上大气平流层臭氧主要集中在光照较少的高纬地区可以类比。在紫外不活跃的红矮星周围，行星大气的臭氧比地球上的少约三个量级，且仅在朝阳面仅有稀薄的臭氧层。我们还计算了这些行星的地表紫外通量，发现在紫外活跃的红矮星周围，只要行星大气中氧气浓度高于地球大气氧气浓度的百分之一，朝阳面的生命就可受到臭氧层足够的保护免遭紫外线伤害。我们还利用辐射传输模式模拟了这些行星的发射光谱和掩星时的透射光谱，发现在紫外活跃的红矮星周围，行星上臭氧 9.6 微米吸收带有可能被下一代太空望远镜 JWST 等探测到。

S29-O-03

基于 MCS 观测数据对火星大气潮汐季节变化的研究

吴兆朋*，李陶，窦贤康

中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

* ustcwzp@mail.ustc.edu.cn

火星一直以来都是行星科学研究的热点，首要的研究目的自然是探索宇宙中的生命,而对于火星大气及气候的研究也随着火星探测器的增加而越来越多。尽管火星比地球小，离太阳也更远，但是火星上的气候跟地球有着重要的相似点，所以对于两者的比较研究能帮助我们更好的了解地球大气的历史和未来。

我们利用火星气候探测仪(MCS)在新型的 cross-track 观测模式下观测的两个火星年的温度数据，研究了纬向波数 s = 1 ~ 3 的潮汐波和准静止行星波的纬向以及季节变化特征。周日迁移潮汐的振幅在南半球赤道和中纬度地区呈现强烈的半年变化。半日迁移潮汐(SW2)在赤道和北半球的中纬度地

区有明显的半年变化，但在南半球表现为周年变化。赤道地区水冰和沙尘的密度约化不透明度与SW2振幅有着明显的时空相关性，这可为 SW2 的潮汐激发源提供一种可能的解释。纬向波数为 1、2、3 的三种开尔文波(DE1、DE2 和 DE3)在赤道区域有显著的季节性变化。DE1 近似表现为半年振荡，而 DE2 和 DE3 有明显的周年振荡。本文首次利用观测数据研究了火星中层大气中西向传播、纬向波数 s = 2 和 3 的非迁移周日潮汐以及西向传播、纬向波数 s = 1 的非迁移半日潮汐。这三种波都有着不对称的纬向分布，对应于它们可能的激发源，即准静止行星波与迁移潮汐之间的非线性相互作用。

之后我们从经典潮汐理论的霍夫模视角出发，研究了周日迁移潮汐(MDT)的空间和季节变化。霍夫分解结果表明，在春分期间，垂直传播的(1，1)模在所有高度上占主导地位，从近地表到 0.1 Pa 振幅随着高度增长。垂直方向无法传播的波模(1,-2)、(1,-4)、(1,-6)被限制在较低的高度且它们有相似的垂直分布结构。(1、1)和(1,-2)波模都有明显的半年振荡。MDT 与沙尘和水冰加热率的霍夫模构成相同，这说明沙尘和水冰都对潮汐激发有贡献。然而，沙尘加热率的周年和半年振荡都与 MDT 的有较大的相位差，而水冰的半年振荡与 MDT 的相位相符，这表明水冰可能是 MDT 半年振荡重要的驱动源。利用大气环流模式模拟的风场数据，我们也发现赤道地区纬向平均的纬向风以及其随纬度的切变可以通过调制潮汐的上传来影响潮汐的季节变化。总而言之，赤道地区 MDT 的半年变化以及其产生机制与地球非常类似，这也暗示火星作为类地行星与地球有着更多的共同点。

S29-O-04

金星表面更新与热演化：热化学地幔对流的数值模拟与应用

黄金水

中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

* jshhuang@ustc.edu.cn

研究表明现今地球表面具有活跃的板块构造运动，地球内部能量的 70%以上是通过与活动板块构造运动相关的地幔对流传到地表散失的。尽管金星在起源、大小、质量、密度等方面都与地球接近，但与地球不同，金星现今没有活动的板块构造运动，金星地幔表现为单一板块下地幔对流。没有板块构造运动的金星内部热能又是如何散失的？来自金星的观测数据显示金星表面布满均匀正态分布的撞击坑，分析表明其表面年龄基本一致，大约 5 亿年，这暗示着金星发生过快速的表面更新。金星表面的快速更新是如何发生？这与金星散热又具有怎样的联系？

早期的二维数值模拟研究显示，地幔中尖晶石到橄榄石的相变对上下地幔物质流动的阻碍作用可导致上下地幔短期内发生大量物质交换，并认为这或许导致了表面岩浆的快速喷发。为研究金星表面快速更新的机制以及金星散热模式，本项研究开展了一系列三维数值模拟研究。三维模型相变研究结果显示现今金星地幔具有独特的对流模式，以热柱模式为主，缺少类似于地球的软流圈可能是金星没有活动板块构造的原因，但所有模型都显示，上下地幔物质流动速率的时间变化不大，即相变难以在短期内造成大量岩浆喷发。

没有板块构造运动的金星岩石圈或许和地球克拉通区域的岩石圈类似：地壳和比岩石圈下的地幔密度略小的地幔岩石圈。地壳是地幔物质部分熔融的产物，部分熔融后残留的岩石圈地幔由于铁镁等元素的减少而变轻。从对地球克拉通的研究来看，岩石圈地幔组分浮力的变化可以产生厚达 200-400 km 的地幔岩石圈。研究这种岩石圈的稳定性和后果，为研究金星表面散热和快速更新具有参考意义。能量平衡的参数化演化模型显示，这种模型下的金星岩石圈厚度达到 200 km 时，岩石圈会失稳减薄 100 km，此后会逐渐冷却增厚至 200 km。这样循环

的时间周期大约 500 Ma。为讨论岩石圈失稳的后果和效应，本项研究开展了一系列的二维数值模拟，结果显示：这种失稳发生的时间很快，大约 100 Ma 内可完成；失稳初期可造层表面热流快速增大，这意味着可造成大量熔体产生。这或许是金星表面快速更新和金星散热的机制。

S29-O-05

Earth's core-mantle coupling: controlling the core convection via the precessing mantle

K. Lam[1, 2], D. Kong[2], K. Zhang[3]*

1 Lunar and Planetary Science Laboratory, Macau University of Science and Technology, Macao, China

2 Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, China

3 University of Exeter, United Kingdom

* k.zhang@exeter.ac.uk

The Earth's mantle influences the core dynamics via its magnetic, thermal, gravitational, and precessional coupling. We investigate how thermal convection in the Earth's liquid core can be effectively controlled by the precessional coupling. We consider nonlinear thermal convection in rapidly rotating, precessing, self-gravitating fluid spheres containing liquid metal gallium. When the Poincare number quantifying the strength of the precessional coupling is sufficiently small, it is found that the nonlinear flow is marked by several convection-driven inertial modes which are nonlinearly interactive and lead to a weakly turbulent state. When the precessional coupling becomes significant, the characteristics of the dynamics are profoundly different and largely controlled by the nonlinear interaction between the precession-driven flow and convection-driven inertial waves. Several new phenomena, including the localized flow resulting from the precessional coupling between the core and mantle, will be reported.

S29-O-06

利用 MAVEN 数据研究火星热层-电离层-磁层大气密度对于太阳风的响应及其机制

刘建栋[1, 2]，金双根[1]*

1 中国科学院行星重点实验室，中国科学院上海天文台，上海 200030

2 中国科学院大学，北京 100049

* sgjin@shao.ac.cn; sgjin@yahoo.com

火星大气热层-电离层-磁层（MIT）研究有助于揭示火星上层大气结构、气候演变和时变特征及其科学机制。2014 年 10 月发射的火星大气和挥发物演化任务（MAVEN），其综合数据为研究火星 MIT 层及其耦合响应机制提供了可能。本论文利用 MAVEN 加速度计（ACC）和中性气体和离子质谱仪（NGIMS）获得的大气密度数据，研究了 MIT 的垂直结构、日常、年度和全球变化。并研究内部输入量如地表尘暴、外部输入量如太阳辐射/太阳风对于 MIT 的冲击，揭示 MIT 对于上述变量的响应及其耦合机制：1）获得了 MIT 层原子 O 及其他粒子的日常、季节和冲击响应，及其垂直分布结构；2）分析了太阳风携带的高能粒子和星际磁场对于 MIT 层结构和粒子逃离的影响，并尝试获取该过程激发的重力波；3）获得了热层或低层内部重力波携带的动量、能量和粒子对于上层风场的冲击；4）并用 GCM 热层模型模拟 MIT 响应的耦合过程。

S29-P-01

海洋动力及其对同步自转行

星气候的影响

杨军*

北京大学物理学院大气与海洋科学系，北京 100871

* junyang@pku.edu.cn

Recent studies show that ocean dynamics can have a significant warming effect on the permanent night sides of synchronously rotating terrestrial exoplanets in the middle range of the habitable zone. However, the impact of ocean dynamics on the habitable zone's width and the planets' observational characteristics is still unknown and represents a major gap in our understanding of this type of planets. Here we use a coupled ocean-atmosphere global climate model to show that planetary heat transport from the day to night side is dominated by the ocean at lower stellar fluxes and by the atmosphere near the inner edge of the habitable zone. This decrease in oceanic heat transport with increasing stellar flux is due to weakening of surface winds and a decrease in surface shortwave energy deposition. We further show that ocean dynamics move the hottest spot on the surface eastward from the substellar point in the habitable zone's middle range, which could be observed by future space telescopes, but have no effect on the planets at the inner edge. These results suggest that future studies of the inner edge can devote computational resources to atmosphere-only processes such as clouds. For studies of the middle range of the habitable zone, however, fully coupled ocean-atmosphere modeling will be necessary.

S29-P-02S

27 亿年前的地球气候

熊俊琰，杨军

北京大学大气与海洋科学系，北京 100871

* jybear@pku.edu.cn

根据当前的古气候研究以及地质学研究结果，在距今 38-25 亿年前的太古宙时期，太阳的辐射强度只有现在的 75%-80%。但地球并未进入被称为“冰雪地球”的全球冰封状态，而是保持了一个可以拥有开阔洋面的地表温度。如何在这样一个太阳辐射较弱的环境下保持较高的地表温度被称为古气候的暗弱太阳问题。该时期地球大气的气压、组分与现在有很大差异，海陆分布、地球自转周期都与现在有所不同。本研究的目的在于通过对太古宙时期气候的数值模拟，重建太古宙时期的地球气候，为解决暗弱太阳问题提出新的思路。

我们利用一维辐射传输模式和三维大气环流模式模拟了大气背景气压对辐射传输的影响。在三维模式中，也在水球假设下对温室气体含量、海洋热量输送对行星气候的影响进行了模拟。

对温室气体含量影响的模拟显示，量足够大的温室气体可以在太阳辐射较弱的情况下维持行星的开阔洋面，但和他人工作进行比较时发现所需的温室气体含量可能超过太古宙时期温室气体的实际含量。另一方面，对海洋热量输送的模拟则表明较强的海洋热量输送有利于行星维持较高的海表平均温度。

对于背景大气气压的影响使用了两种模式进行模拟。一维辐射传输模式的模拟结果显示，在大气内温室气体比较丰富的前提下，较低的背景大气气压显示为负的辐射强迫，因此不利于暗弱太阳问题的解决。但三维大气环流模式的结果显示云的辐射强迫效应和冰雪反照率正反馈的影响显著，改变大气气压的效果显得更加复杂。在气压较低时，中纬度的云带有所展宽，覆盖的纬度范围更大，整体的云的辐射强迫效应也是背景大气压较低时比较明显。但全球的地表温度和背景大气气压则并非简单的线性关系。

S29-P-03S

Tide, Ocean and Climate on

Exoplanets

Yidongfang Si, Jun Yang*, Yonggang Liu

Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871;

* junyang@pku.edu.cn

On Earth, tide is a main part of the driving force for the deep ocean overturning circulation. For habitable planets around low-mass stars, the tidal force is expected to be much stronger than that on Earth, due to the fact that the habitable zone is very close to the host stars, and tidal force is inversely proportional to the orbital distance cubed. The ocean circulation on this type of planets is therefore expected to be much stronger than that on Earth, if all else being equal. We test this hypothesis using a fully coupled atmosphere-ocean model, the Community Climate System Model version 3 (CCSM3). Five groups of experiments are designed to simulate the ocean circulation and climate on planets with different orbital conditions, stellar fluxes, topographies and land-sea distributions. In each group, we change the background vertical thermal/salinity diffusivity K_t, which is mainly determined by the strength of the tidal force. In addition, the influence of background vertical viscosity K_v is also tested. Our results show that larger K_t intensifies the circulation in the ocean, reduces the meridional temperature gradient and warms the entire ocean meanly through positive cloud and water vapor feedbacks. We also find that K_t have competitive effects with K_v, which slows down the circulation and has a cooling effect. These results imply that stronger ocean tides act to warm the planet. This study significantly improves our understanding of the possible coupling between planetary orbit, ocean circulation and climate.

S29-P-04S

半径与重力参数对地外行星气候的影响

杨焕州，杨军

北京大学物理学院大气与海洋科学系，北京 100871

* junyang@pku.edu.cn

了解类地的岩石行星上的气候特征，从而推知此类行星各自可能具有的宜居性，是地外行星研究中非常重要的主题。地外行星的各种参数会对行星的气候态产生不同影响。本研究主要关注半径和重力两个与行星大小有关的参数，在与地球类似的快速自转行星中，对行星气候的影响。

本研究主要采用大气环流模式 CAM3 对行星气候进行模拟。对行星表面的处理，采用的是具有固定的经向热量输送的平板海洋模式。模式中主要的温室气体为水汽与 CO_2。CO_2 含量设置为常值 600 ppm，而水汽是变量。

通过将控制组与改变参数的实验组比较，可以得出半径和重力的主要影响。

相对控制实验，当半径增大 2 倍后，行星表面温度梯度$\frac{\partial T}{\partial y}$减小，导致能量的经向输送作用减弱。在此情况下，气候的主要变化是赤道-极地温度差值$T_{equator} - T_{pole}$增大。同时，全球平均温度的变化在 1 K 左右，相对前一效应不显著。而重力增大 2 倍时（地表压强不变），地表平均温度则降低了 8 K 左右。此温度的改变主要是重力增大时空气中水汽质量降低，温室效应减弱带来的。同时，如在保持大气质量不变的情况下增大重力（地表压强增大两倍），与地表压强不变的实验相比，地表温度的变化类似，同时云强迫发生了改变。

半径和重力各自对气候态的改变，会进而影响行星的宜居性。本研究通过在不同的行星参数下改变辐射常数，观察两个参数对

进入冰雪地球时的辐射常数的影响。

半径增大时，行星赤道和两极的温度差增大，两极更容易结冰，海冰正反馈增大，所以在未进入冰雪地球时，行星的海冰覆盖率高于控制实验。但此时进入冰雪地球需要的辐射常数低于控制实验。这是由于温度输送减弱，在靠近宜居带外边界时，热带的热量向高纬传输较弱，从而更容易保持一个具有宜居温度的热带。重力增大时，行星具有较低的地表温度，但进入冰雪地球时对应的辐射常数变化不大。

当两个参数同时变化时，行星宜居性的变化与并不是两个参数效应的线性叠加，二者的交互作用需要进一步的研究。

S29-P-05

地震活动场研究若干问题讨论

马禾青，杨明芝

宁夏回族自治区地震局，银川 750001

* mahq222@163.com

要解决地震预测问题，一是要找到能够代表地震活动本质的要素变量，二是要找到分析这个要素变量异常的方法。笔者将地震释放能量、地震活动频次等随机变量看作是地震活动要素场，通过随机场的自然正交展开方法，分析其时间变化，以期寻找大震前的异常变化。

引入地震活动随机场概念的意义在于：

第一，将地震活动要素变量看作是空间和时间的函数，通过自然正交函数展开，分解为 n 个相互独立的典型场，每个典型场是地震活动能量空间分布的一种模式或类型，典型场连同它的时间因子一起描述了地震活动的一种状态。由此，找到了一种描述地震活动的数学方法。

第二，更有意义的是，随机函数展开为自然正交分量之和，可以把具有最大变率（方差）的线性组合挑选出来，这个线性组合即为最大的特征值所对应的典型场的时间因子 T_1。其次再分析与 T_1 不相关的线性组合 T_k，并从中挑选出具有最大变率的线性组合 T_2，于是依次挑选出数目不大的几个线性组合之后，所有剩余的线性组合的变率就已经很小了。因此，如果希望描述场的主要变化特征，就可以不必使用所有展开的项，而只利用其中最大的几个特征值相对应的组合。自然正交展开的这 n 个典型场并不是同等重要的，其中特征值大的典型场在总场中占有较大的比重。在能量场的情况下，由于自然正交函数展开收敛很快，多数情况下只需要前 3～4 个典型场叠加就可达到 95% 以上的精度，它们代表了能量场的主要部分，这样就相当于把原始场的主要信息浓缩在前 3～4 个主要典型场上。于是，集中研究这几个主要典型场，就能够了解地震能量释放的主要变化特征，使问题更加简化和清晰。地震活动场的主要典型场和主要典型场的时间因子正是集中反映异常变化的宏观统计参量，通过分析主要典型场及时间因子，找出有异常变化的典型场，排除无变化或与大地震关联程度小的典型场，可能是寻找大震前地震活动异常，进而探索地震预测的一种有效途径。

第三，如果将地震发生看作是非线性过程，从地震预测的角度，感兴趣的不是系统演化的最终结果，而是系统在突变前的表现，即分析突变前的异常活动，然后对地震活动的动力学演变的稳定性作出判断。

地震活动场描述了地震活动随机性特征。地震活动包含着深层的应力状态和介质性质的丰富信息，区域地震活动的时空变化能够显示场的空间变化，因此能够反映与大震孕育有关的实际应力积累和集中的趋势。不同等级的地震显示异常的程度可能不同，由于较大震级的地震活动更能突出异常变化，从地震预测的角度，较大震级的地震活动更具有前兆意义。

通过分析 1980 年后发生的多次 7 级以上地震和 6 级地震震例，表明随机场方法可以识别地震活动性异常，还可以通过不同地震要素场和多种方法显示异常。异常表现形态清晰、具有异常指标定量化的特点，在时间进程上表现为中、短、临特征，分析地震活动异常非常具有优越性。

但目前分析的震例是在已知地震各种参数的情况下进行分析的，如何对未知大地震进行预测，仍然存在很大困难，需要继续进行不懈探索。

S30-O-01

南黄海前陆盆地特征及其中-古生代深水沉积新认识

许红[1,2]*，陆永潮[3]，周瑶琪[4]，韩宗珠[5]，邱隆伟[4]，李祥全[3]，闫桂京[1,2*]，苏大鹏[1,2]，史同强[1,6]，陶萌[1,4]，纳琴[1,4]，张威威[1,4]，季兆鹏[1,6]，张柏林[3]，张成[3]，马鹏飞[1,6]，赵新伟[1,4]，朱玉瑞[1,4]，雷宝华[1,2]，李旭平[1,6]

1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所，青岛 266071

2 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

3 中国地质大学（武汉），武汉 430074

4 中国石油大学（华东）地球科学与技术学院，青岛 266580

5 中国海洋大学，青岛 266071

6 山东科技大学地球科学与工程学院，青岛 266590

* qdxhong@163.com

世界前陆盆地油气勘探获得巨大发现，报道中国 20 个前陆盆地，中西部 18 个多数发现巨大油气储量；学术界并认可南黄海发育前陆盆地，但争议它成因年代，沉积特征尤其深水沉积特征研究较为薄弱。本文报道了 2009 年至今地质调查与井震联合研究成果，发现千里岩岛扬子-华北板块陆陆碰撞形成椭圆形地质露头，构造薄弱部位赋存金红石 C 型榴辉岩，锆石 SHRIMPU-Pb 年龄 217-247Ma，证实南黄海三叠纪早-中期形成周缘前陆盆地，侏罗纪中-后期形成陆内前陆盆地，发育经典前陆盆地楔顶、前渊、前隆、隆后次级构造单元。前渊最大沉积超过 5km，面积超过 8000km^2，S-1 井揭露千余米深灰黑色砂泥岩层系，或为高位体系域半深湖沉积暨深水重力流沉积砂体；S-2 井揭露二叠系栖霞组、大隆组深水沉积体系，发现野外露头剖面弥漫浓厚臭鸡蛋味，评价为深水黑色富含有机质泥灰岩；著名幕府山寒武系剖面、二叠系栖霞组剖面现场采样，都发现深水沉积体系，测试评价为优质有效烃源岩。通过钻井砂岩锆石、磷灰石裂变径迹测试，发现晚白垩纪-古近纪南黄海前陆盆地构造抬升，地层大规模剥蚀超过 3 千米；与盆地形成 E/N，K/N，T2/N 地震解释接触关系相互印证；其时下扬子南黄海海区与苏北陆区区别：海区饱受后期菲律宾海、太平洋板块对欧亚板块多期俯冲作用影响，导致大规模构造抬升，抬升叠加剥蚀强烈，影响南黄海周缘前陆盆地与陆内前陆盆地系统赋存分布，前渊残留凹、凸、凹构造样式，形成青岛近岸中国北部最高海拔海岛灵山岛，也发现白垩系深水重力流沉积；预示南黄海复杂盆地系统油气勘探潜力。

S30-O-02

南海北部深水区始新世-渐新世古海洋环境与烃源岩

刘传联*，马瑞罡，程众

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* liucl@tongji.edu.cn

国际大洋发现计划 IODP 367/368 航次钻取了南海北部深水区始新世-渐新世的海洋沉积物样品，其取芯率高，钙质化石保存好，为研究南海北部深水区古海洋环境演变与烃源岩发育提供了良好的材料。本研究对 IODP U1501 站位样品开展了钙质超微化石、元素地球化学、陆源碎屑粒度分析及有机地球化学分析等工作。首先建立了南海北部始新世-渐新世生物地层和年龄模式,在此基础上通过钙质超微化石群落组合及丰度变化讨论了南海北部始新世-渐新世古海洋环境演变；通过元素地球化学及陆源碎屑粒度分析讨论了南海北部该时期陆源碎屑沉积物的搬运机制和沉积环境；通过有机地球化学分析讨论了烃源岩条件及发育情况。最后结

合珠江口盆地钻井资料，讨论了由南向北南海北部沉积相的演变过程。

本研究对南海始新世-渐新世古海洋环境及烃源岩取得的主要认识包括：1）比较确切的证实了南海北部始新世海相沉积。钙质超微化石群落组合的主成分析指示，在约32 Ma时期前后，IODP U1501站位由滨-浅海环境转变为半深海环境，与南海海底扩张构造活动的开始有关；2）粒度端元分析指示始新世陆源碎屑沉积以河流和风尘沉积为主，约32 Ma之后陆源碎屑沉积物明显粒度变粗，砂质组分的增加与海绿石的分布有一定联系；3)元素变化特征表明T_{60}附近(约26.8Ma)可能发生了明显的沉积物源区变化；4）与南海北部珠江口盆地钻井资料进行对比，发现了南海北部始新世-渐新世逐渐海侵的演化过程具有南北非同步性的特征：U1501站位从约32 Ma开始转变为深水环境，且水深快速加深，而白云凹陷渐新世始长期处于海陆过渡相; 5）IODP U1501站位始新世-渐新世样品有机地球化学分析显示，有机碳含量普遍较低，有机质以陆源有机质为主，但在个别层位海源有机质发育，表现在颗石藻勃发现象的存在。这说明南海北部深水区始新世-渐新世烃源岩的发育具有非均质性，既有陆源有机质也有海源有机质。这一发现可为南海北部深水区烃源岩研究提供一定的启示作用。

S30-O-03

珠江口盆地裂后有序差异沉降及其地质意义

郑金云*，庞雄，何敏，柳保军，张忠涛，李洪博

中海石油(中国)有限公司深圳分公司，深圳 518054

* zhengjy3@cnooc.com.cn

珠江口盆地是位于华南陆缘的新生代裂陷盆地，基于大面积三维地震资料的研究表明，珠江口盆地裂后期发生由南向北的有序差异沉降，可分为三个阶段：渐新世早期（~33-27.4 Ma）、渐新世晚期（~27.4-23 Ma）、中新世早-中期（~23-10 Ma）。①渐新世早期整个陆缘发生裂后初期的缓慢沉降,以大规模海侵为主要特征；②渐新世晚期发生第一期裂后差异沉积，邻近西北次海盆陆缘区域的沉降量显著大于其他区域，并控制了大规模向海推进的S形前积的发育、北东-南西向大型陆架坡折带的形成及其下方深水扇的分布。同时，该区域内的差异沉降形成局部凹槽，控制了深水扇的富集区，并在两侧形成大型上超不整合面；③中新世早-中期发生第二期裂后差异沉降，裂后强烈沉降的区域扩展至整个南海北部陆缘，奠定了现今深水的地貌格局。珠江口盆地以白云凹陷的强烈沉降和盆地南缘向南的强烈掀斜为主要特征，并导致陆架坡折带的向北跃迁。此外，珠江口盆地裂后沉降表现出明显的分带差异性，近端带（陆架浅水区）以裂后缓慢持续沉降为主，细颈化带经历裂后早-中期的缓慢沉降和晚期快速沉降，远端带则经历裂后早期缓慢沉降和中、晚两期快速沉降。

珠江口盆地裂后的有序差异沉降显著不同于陆内典型裂陷盆地，具有南海北部陆缘裂陷盆地的特色。两期快速沉降的初始时间，分别对应于南海扩张脊的两次跃迁，表明陆缘裂后沉降与扩张脊发育所导致的地幔物质向南流动密切相关，越靠近扩张脊，热沉降发生的时间越早，沉降量也越大。而渐新世晚期快速沉降范围相对较小，且沉降显著不均衡，可能反映了西北次海盆扩张脊发育不充分，并导致海底磁条带特征不典型；其次，整个陆缘裂后初期的缓慢沉降，表明陆缘岩石圈在破裂初期经历了短暂的均衡调整，可能与陆缘岩石圈的挠曲回弹有关。珠江口盆地裂后有序差异沉降意味着盆地的热演化史具有同样的分带差异性，则必然具有不同的成烃、成岩规律，为陆缘裂陷盆地的差异勘探提供了科学依据。

S30-O-04

文莱-沙巴盆地油气地质特征及勘探前景

刘世翔*

勘探研究院
* liushx2@cnooc.com.cn

文莱-沙巴盆地油气资源丰富，是南海油气战略区最重要的盆地之一，截至 2013 年，国外石油公司在文莱沙巴盆地累积钻井 2704 口，已发现油气田 141 个（其中位于我国传统疆域内约有 45 个），在全盆地累计发现油气可采储量 56.7×10^8 t（油气当量）。文莱-沙巴盆地蕴含着丰富的油气，目前我国对该盆地研究相对较少，特别是对盆地油气地质特征和成藏控制因素尚不明晰，本文在研究前人大量研究成果的基础，综合利用钻井、地震等资料，对文莱-沙巴盆地构造演化和沉积充填特征进行了研究，重点分析了文莱-沙巴盆地烃源岩、储集层和盖层等油气地质特征和成藏条件。指出了文莱-沙巴盆地深水区的逆冲推覆带是下一步有利的勘探区带。

文莱-沙巴盆地是在古南海持续向婆罗洲之下俯冲形成的增生楔背景上发育起来的海沟-斜坡盆地。前人通过不同的资料条件对文莱-沙巴盆地构造演化与沉积充填特征有不同的认识，本次研究在最新研究成果的基础上，结合板块构造、区域构造演化、岩相古地理和加里曼丹岛野外露头等资料，认为文莱-沙巴盆地从始新世-第四纪经历了两期构造演化阶段：1）俯冲增生期（始新世-早中新世）和 2）快速沉降期（中中新世-第四纪）。

始新世-渐新世沉积期间，由于处于古南海持续向西北婆罗洲俯冲的背景之下，盆地主要发育滨浅海-浊积扇-半深海-深海沉积体系。中新世时期，受澳大利亚板块和菲律宾板块作用的影响，婆罗洲发生逆时针旋转，该时期盆地主要发育三角洲-滨浅海-半深海-深海沉积体系。中中新世沉积期间，盆地主要发育三角洲-滨浅海-半深海-深海-浊积扇沉积体系。晚中新世沉积期间，盆地继承早期沉积环境，主要发育三角洲-滨浅海-半深海-深海-浊积扇沉积体系。上新世-第四纪沉积期间，盆地主要发育三角洲-滨浅海-半深海-深海-滑塌体沉积体系。

文莱-沙巴盆地发育中新统两类烃源岩：煤系烃源岩（包括煤和炭质泥岩）和陆源海相烃源岩。干酪根类型为 II_1-III型，盆地南部以煤系烃源岩为主，盆地北部以陆源海相烃源岩为主。

文莱-沙巴盆地的储层岩性均为砂岩，油气主要聚集在中新统砂岩储层中。中中新世以后，盆地沉积环境呈海相和海陆交互相，主要发育河流、三角洲和滨浅海沉积相，各沉积相内发育的砂体是盆地主要的储集层。

文莱-沙巴盆地缺乏区域性盖层，主要发育以三角洲层间页岩、泥岩、钙质粉砂岩为主要的局部盖层。同时深水区还发育浅海-半深海的泥岩盖层。

在平面上，油气分布具有近岸油远岸气的特征。按水深分区带统计，油气储量具有浅水区（300 米水深）以产油为主向深水区过渡为以产气为主的趋势。在垂向上，油气主要赋存于中中新统-上新统三角洲砂岩中。

文莱-沙巴盆地主要发育自生自储型成藏组合类型，按照主力产层不同可以划分为两套成藏组合，产层以中中新世储层为主的油气田主要分布在盆地中北部沙巴坳陷内、产层以晚中新世储层为主的油气田主要分布在盆地中南部的巴兰三角洲坳陷内。

文莱-沙巴盆地钻井和已发现油气田主要分布在盆地的浅水区，在盆地水深大于 300 m 的深水区域勘探程度相对较低。盆地深水区待发现油气资源量大，石油剩余资源量为 18.3×10^8 t，天然气剩余资源量为 0.8×10^{12} m^3。深水区具有构造发育背景，该区内发育大量重力滑脱形成的挤压褶皱，该类圈闭是盆地内深水区油气富集的主要圈闭类型。

文莱-沙巴盆地从始新世-第四纪经历了 2 期构造演化阶段。其中，始新世-早中新世为俯冲增生期，主要发育浊积扇-半深海-深海沉积体系，物源主要来自西南侧；中中新世-第四纪为快速沉降期，主要发育三角洲-滨浅海-半深海-深海-浊积扇沉积体系，物源主要来自东南方向的婆罗洲隆起。

文莱-沙巴盆地发育中新统的煤系和陆源海相 2 类烃源岩；主要发育中新统砂岩储层，其中上中新统砂岩储层是主力储层；发

育以三角洲层间页岩、泥岩、钙质粉砂岩为主要的局部盖层。

文莱-沙巴盆地油气分布呈“近岸油远岸气”的分布特征，中中新统-上新统三角洲砂岩储层是主要的油气富集层系。盆内发育两套重要的自生自储型成藏组合，中北部以中中新世自生自储型成藏组合为主，中南部以晚中新世自生自储型成藏组合为主。自北向南成藏组合具有逐渐变新的趋势。盆地深水区的逆冲推覆带是下一步有利的勘探区带。

S30-O-05

南海北部潮汕坳陷侏罗系沉积特征及模式

强昆生[1]*，张光学[1]，张莉[1]，吕宝凤[2]，钟广见[1]，冯常茂[1]，易海[1]

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510760

2 中山大学海洋学院，广州 510082

* qks80@163.com

南海北部潮汕坳陷侏罗系具有很大的油气勘探潜力，沉积特征对其储层的发育具有明显的控制作用。通过对研究区最新地震资料精细解释，可以划分出四个典型地震反射界面和三个地震反射层，根据层序界面圈出侏罗系分布特征和残留厚度；通过地震相-沉积相转换对比分析研究，识别出侏罗纪地层不同时期的沉积相类型及其分布特征，重塑了潮汕坳陷侏罗系沉积演化史。该区主要发育 5 类沉积相、8 种沉积亚相，其中滨岸三角洲前缘亚相和深水扇中亚相分别控制了碎屑流砂岩优质储层的发育

侏罗纪时期，潮汕坳陷主要发育滨岸三角洲和海底扇和浊积体沉积，东部凹陷和西部凹陷发育南、北双物源体系，由于是整体在欠补偿沉积环境，物源供给相对不足，沉积物的有效供给除了通过古海底峡谷外，还在西部斜坡带，由于坡度较缓，沉积物搬运距离相对较长，发育滨岸三角洲，沉积了一套薄层的、磨圆度相对较好的含砂岩及细沙、粉砂岩；而在东部凹陷，由于北部物源在相对海平面快速下降时期，大量的沉积物由陆架边缘三角洲经过海底峡谷以重力流的方式搬运到坳陷的深部区域，快速堆积形成盆底深水扇，在水动力的作用条件下，形成一套多期次叠加的砂砾岩和含砾砂岩与海相泥岩互层的沉积组合；滨岸三角洲前缘向前快速推进，朵叶向前延伸较远时，在三角洲前缘向坳陷延伸范围，形成数量众多，面积不一的重力作用的滑塌浊积体沉积，由于海水的浮力作用，深水扇端亚相前缘易于滑塌形成小规模的浊积体，该浊积体发育规模普遍不大，物源通道的发育规模对其影响作用十分明显，主要在潮汕坳陷东部凹陷深水扇前缘附近发育。

S30-O-06

南海中南部主要盆地油气地质差异性及成因机制

唐武*，赵志刚，谢晓军，刘世翔，宋双，王龙，王一博，郭佳

中海油研究总院有限责任公司，北京 100028

* tangwu3@cnooc.com.cn

南海中南部油气资源极其丰富，然而油气分布却极不均匀，相邻盆地油气发现量差异极大。前人虽对不同盆地油气地质特征开展过详细分析，但由于资料限制对盆地间油气地质差异性及成因缺乏整体认识。为此，本文利用覆盖南海中南部的 90000km 二维地震、34 口钻井、3 口井岩心、36 处露头、2 口井古生物及区域重磁等资料，深入探讨南海中南部9个主要盆地油气地质差异性及成因机制。结果表明南海中南部发育三大盆地群，三大盆地群油气地质条件差异显著。

三大盆地群按位置划分为南部、西部和中部，主要发育叠合盆地，其中南部盆地群以伸展-挤压型盆地为主，包括曾母和文莱沙巴盆地，地层厚度大，一般大于 10km，最大可达 17km，以中新统为主，发育三角洲、浅海和半深海沉积，且具有“早深晚浅”

的特点，烃源岩以中新统过渡相和陆源海相为主，砂岩和碳酸盐岩储层均发育，近岸以构造圈闭为主，远岸以构造-地层或地层圈闭为主；西部盆地群以伸展-走滑型盆地为主，包括万安和中建南盆地，地层厚度较大，一般 6-10km，以渐新统-中新统为主，发育湖、三角洲、浅海和深海沉积，且具有“早湖晚海”的特点；烃源岩以渐新统-下中新统煤系和海相泥岩为主，局部发育湖相 II_1 型，储层以砂岩为主，构造圈闭是主要成藏圈闭；中部盆地群以伸展-漂移型盆地为主，包括礼乐、巴拉望、北康、南薇和南沙海槽盆地，地层厚度中等，一般 3-6km，以始新统-渐新统为主，发育浅海-深海沉积，且具有“早砂晚灰”的特点，有机质类型以 III 型为主，储层以碳酸盐岩为主，地层圈闭发育。

始新世-早中新世古南海自西向东“剪刀式”俯冲与晚渐新世-早中新世新南海自东向西“渐进式”扩张过程主控三大盆地群成盆、成烃、成藏差异性，导致三大盆地群主成盆期盆地性质、主要充填地层、沉积环境、主力烃源岩形成时代、有机质类型、丰度、生烃潜力、主力储层时代和类型、成藏条件形成时间、成藏模式规律变化，最终形成南部油气资源最富、西部次之，中部最少的分布格局。

S30-O-07

南海中南部盆地群烃源岩特征、差异性及主控因素分析

王一博*，谢晓军，兰蕾，郭佳，王龙，唐武

中海油研究总院有限责任公司，北京 100028

* 29759850@qq.com

南海油气资源丰富，随着南海北部油气资源勘探程度日益提高以及世界各国对能源需求的日益增长，南海中南部盆地成为油气资源接替的重要选区，受到国内外地质学界的重视。南海中南部盆地可划分为三个盆地群，分别为南部盆地群（曾母盆地、文莱-沙巴盆地）、西部盆地群（万安盆地、中建南盆地）和中部盆地群（礼乐盆地、北康盆地、南薇西盆地和巴拉望盆地）。目前勘探程度相对较低，烃源岩尚未形成系统认识，各盆地群主力烃源岩发育时代、烃源岩特征、生烃潜力及控制因素等认识尚不明晰，严重制约油气勘探步伐。本文从沉积相展布及沉积充填演化入手，结合盆地烃源岩地球化学特征，探讨中南部各盆地群烃源岩发育时代、有机质类型、生烃潜力及主控因素。通过对三角洲规模、物源体系、古气候条件、古植被发育程度和生烃母质等方面的精细研究，揭示各盆地群烃源岩生烃潜力差异性主控因素。

西部盆地群主力烃源岩为渐新统-下中新统，发育湖相、海陆海陆过渡相和陆源海相烃源岩，以海陆过渡相和陆源海相烃源岩为主，湖相烃源岩仅分布在万安盆地下渐新统和中建南盆地渐新统西部局部地区，有机质类型以 II_2 型-III型为主，为中等-好烃源岩；南部盆地群主力烃源岩为渐新统-中新统，以中新统为主，发育海陆过渡相烃源岩和海相烃源岩，有机质类型以 II 型-III型为主，多为中等-好烃源岩，具有较强的生油能力。中部盆地群主力烃源岩为始新统-渐新统，发育海相烃源岩，有机质类型以III型为主，多为差-中等烃源岩。

南部盆地群烃源岩生烃潜力最高，西部盆地群次之，中部盆地群较低。南部盆地群三角洲规模最大，物源主要来自南部婆罗洲隆升形成的深水相砂泥岩，水系发育，可以携带大量营养物质进入盆地，古气候炎热湿润，处于非常潮湿-超级潮湿气候条件下，古植被和煤系地层极为发育，烃源岩壳质组含量丰富，生烃潜力最大；西部盆地群三角洲规模较大，物源主要来自盆地西部的隆起，基底以花岗岩和花岗闪长岩为主，水系欠发育，向盆地输送的营养物质相对匮乏，气候较为炎热湿润，处于季风-非常潮湿气候条件下，古植被较为发育，壳质组含量相对较低，生烃潜力次之；中部盆地群不发育大型三角洲，物源主要来自盆地周缘隆起，生烃潜力最小。

S30-O-08

南海北部陆缘地壳超伸展区成盆过程与沉积环境变迁讨论

——以珠江口盆地荔湾凹陷为例

李洪博*，庞雄，何敏，郑金云

中海石油（中国）有限公司深圳分公司研究院，深圳 518067

* lihb8@cnooc.com.cn

珠江口盆地超深水区荔湾凹陷处于南海北部洋陆过渡带，地壳强烈薄化，盆形结构异常复杂。荔湾凹陷典型结构剖面上可识别出伸展、似重力滑动以及强底劈等多重构造作用叠加改造的复杂样式，地壳存在深部作用控制下的强烈薄化作用，它们之间的相互作用过程以及如何控制超伸展盆地的形成仍然不清楚。本次研究基于陆缘伸展薄化模式和构造解析方法，综合运用重磁、地震、钻井等资料，旨在查明荔湾凹陷裂陷期超伸展过程及其沉积环境变迁。通过研究，我们提出了荔湾凹陷裂陷期具有深浅耦合控盆的三段式演化过程：1、脆性断陷幕：上地壳脆性伸展下的小断陷，具体表现为一系列分割的小断陷或断阶；2、韧性超伸展幕：地幔上涌-地壳强烈韧性减薄的超伸展作用，形成具有无明显断层控制、碟型特征的宽深坳陷；3、韧性伸展辟滑幕：地幔物质逐渐向南部聚集，荔湾凹陷下部地壳持续减薄，发生一系列强烈底劈隆升并伴生局部 mini 盆地沉降，特别是云荔低隆起的隆升规模巨大，使得早期沉积地层在尚未压实脱水的三角洲泥岩层发生重力滑动作用，进一步复杂化了盆形结构。研究初步认为，深部地幔物质驱动、地壳强烈薄化是直接控制荔湾凹陷超级伸展作用的主因。基于已钻井及区域古地理环境分析，明确了荔湾凹陷裂陷期由早到晚，沉积环境由陆变海的变迁过程。结合盆地超伸展过程认识，认为：1、初始断陷幕为陆相沉积环境；2、超伸展幕：地壳强烈减薄，荔湾凹陷被动沉降，由北向南遭受海侵，南部偏海相，北部偏陆相。3、辟滑幕：持续地壳薄化作用下，荔湾凹陷沉降作用加剧，整体进入海相环境。荔湾凹陷具有广阔的油气勘探前景，明确超伸展成盆过程及沉积环境变迁，对下步油气勘探有重要指导意义。

S30-O-09

琼东南盆地构造-沉积演化

朱继田*，郭明刚，段亮，唐历山，熊小峰，宋鹏，江凡

中海油湛江分公司，湛江 524057

* zhujt@cnooc.com.cn

琼东南盆地位于南海北部大陆边缘，西部为东南半岛、北部为海南隆起和神狐隆起，南部为西沙地台，内部具有多凸多凹、南北分带、东西分块的特征。从南到北分为北部坳陷带、中部隆起带、中央坳陷带以及南部隆起带（西沙地台北端）。东西区以松南低凸起为界分为西部凹陷群和东部凹陷群。

琼东南盆地前震旦纪是古老地台的结晶基底，后断陷，古特提斯洋发育，沉积了早古生界的海相-浊流沉积。晚古生界莺琼为一个大隆起，沿海南岛周边发育碳酸盐岩沉积。中生界琼东南地区火山发育，发育陆相-火山沉积。新生代开始拉张断陷，具有断陷-断拗-拗陷三期构造演化，控制沉积了新生代的湖相、海陆过渡相、滨浅海相、半深海-深海相地层。其中始新世时期，受北西-南东向拉张影响，形成了北东向断裂。始新世南海北部破裂从北开始逐渐向南推进，琼东南盆地始新统的构造沉积背景类似珠江口盆地。盆地内，凸凹相间。在北东向断层的控制下，形成了始新统湖相源岩。外围西沙地块和隆起区则发育潜山风化壳、裂缝储层。早渐新世南海西北次海盆拉开，并与琼东南盆地连通，海水从琼东南盆地东侧侵入，并逐渐漫过松南低凸起，进而侵入莺

歌海盆地，在盆地内沉积了海相和过渡相源岩沉积。琼东南盆地西部受海南隆起和西沙地块限制，过渡相沉积发育，东部与海盆相通，海相沉积广布；而周围隆起区仍暴露剥蚀，继续发育潜山储层，同时剥蚀物为盆地斜坡区提供了充足的物源，并形成早渐新世崖城组大面积的滨海-三角洲沉积体系。琼东南盆地早渐新世末，受珠琼运动影响，盆地南部斜坡和中部低凸起带，地层发生构造反转、抬升剥蚀或形成褶皱。在中部低凸起区，上覆崖城组地层抬升接受剥蚀，部分地区形成平台，在晚渐新世-中新世海侵过程中，在这些平台之上及古潜山顶部逐渐发育多期生物礁。晚渐新世断拗期，盆央水体迅速变深，发育大型海底扇，且各凹陷逐渐填平补齐，形成统一的中央拗陷。渐新世末期，受南海运动影响，琼东南盆地隆升遭受剥蚀，形成广泛的不整合面，为早中新世三亚期盆地中央发育南、北物源大型海底扇提供了条件。中中新世梅山期，盆地内北物源海底扇继续发育，此时南部隆起（西沙地台北端）已基本没入水下，盆地南物源不发育；但西部物源越过中建凸起进入琼东南盆地，在乐东-陵水凹陷发育西物源海底扇。中新世晚期，在印度板块 NE 向挤压、华南块体 NEE 向逃逸挤出、菲律宾海板块 NWW 向挤压背景下，南海北部所在的区域形成 NEE 向右旋剪切应力场，伴随局部隆起、岩浆活动，且由于构造隆升、剥蚀而形成了一个区域性的不整合面。该期构造作用（暂称西沙运动），在盆地内形成了一些反转背斜，反转构造多在刚性块体间沉积盖层最厚处形成。中新世末期，黄流组水道沿着早期反转构造高部位破碎区下切，进而形成中央峡谷。由于西部物源注入，琼东南盆地发育以轴向物源为主的黄流期中央峡谷浊积水道以及莺歌海早期继承性限制型海底扇储层，上覆深海泥岩盖层。第四纪冰期北极冰盖形成，引起区域大海退，广泛形成晚期削蚀不整合面。剥蚀物为凹陷中央带来大量含砂碎屑，为浅部地层水合物发育提供了储集空间。

据构造-沉积耦合分析，前新生代构造活动控制多期基底发育，新生代构造活动控制了琼东南盆地形成，其中断陷期控制琼东南盆地烃源发育，断拗-坳陷期控制储层和盖层沉积。

S30-O-10

南海南部礼乐盆地层序地层及沉积演化特征

张道军*，裴健翔，陈志宏，王亚辉，刘新宇

中海石油(中国)有限公司湛江分公司，湛江 524057

* zhangdaojun@cnooc.com.cn

南海是东南亚陆缘最大的边缘海之一，也是中国大陆边缘唯一发育了洋壳的海盆。礼乐盆地（ReedBank）位于南海的东南部，北邻中央海盆，东接西北巴拉望盆地，其西南侧依次排列九章盆地、安渡北盆地和南沙海槽盆地，盆地总体呈 NE—SW 向延伸，面积约 $5.5\times10^4\,km^2$。

礼乐盆地由于钻井数据较少，使得对盆地层序界面的划分和定年均存在一定的争议，这也在一定程度上制约了对盆地构造演化、沉积特征及勘探潜力的认识。本文在新采集的二维地震资料，以及对老地震资料重新处理的基础之上，结合几口钻井精细分析，明确了礼乐盆地构造演化特征、关键层序界面及沉积充填样式等。研究表明礼乐盆地经历了“早期陆缘裂陷—中期陆块漂移—晚期前陆沉降”三次构造演化，分别对应了三个一级层序界面，三个二级层序界面，二个三级层序界面；以地震沉积学为指导，地震精细刻画为手段，结合钻井岩性、测井、古生物及沉积旋回等精细分析，以三级层序为单元综合分析了盆地各层序沉积体系时空展布；揭示出古新统～渐新统下部为陆缘裂陷型盆地沉积体系配置样式，各层序粗碎屑沉积体系继承性发育，并分别汇聚到北次凹和南次凹中，其中西北部发育大型长源三角洲体系，南部、东部及中部隆起两侧发育多点短源的扇三角洲体系；自盆地边缘到凹陷内依次可识别出滨岸平原、滨浅海（或滨浅湖）、内浅海和外浅海（浅湖-半深湖）沉积；上

渐新统～中新统沉积时期主要为生物礁沉积。剖析了礼乐盆地生、储、盖发育及组合特征，认为盆地垂向上发育多套生储盖组合，指出古新统～渐新统的三套碎屑岩组合最为有利，尤其是三角洲前缘砂体物性好，近油源，油气容易聚集成藏，可作为下一步的首选勘探目标。

S30-O-11

南海南部北康盆地中新世碳酸盐台地结构特征及控制因素

鄢伟 [1,2,3]*，张光学 [1,2]，张莉 [1,2]

1 广州海洋地质调查局海底矿产资源重点实验室，广州 510075

2 广州海洋地质调查局海洋石油天然气地质研究中心，广州 510075

3 中山大学海洋学院，广州 510075

* yanwei021066@126.com

南海南部北康盆地是位于我国传统疆域之内的陆坡深水沉积盆地，为了了解该盆地碳酸盐台地结构特征和发育演化，本次研究以高精度 2D 地震资料为基础，对北康盆地碳酸盐台地地震反射特征、台地结构以及台地发育的控制因素开展了系统研究。北康盆地碳酸盐台地自晚渐新世-早中新世开始发育，中中新世广泛发育，而从晚中新世开始衰退淹没。中新世碳酸盐台地多为北东向和北西向的孤立台地，台地边缘常发育断层，台地顶部在地震剖面上多呈现为两条平行和亚平行强反射轴，内部呈杂乱和亚平行空白和弱反射轴，底部则多为一条光滑的平行和亚平行弱反射轴。北康盆地中中新世碳酸盐台地发育可以划分三个期次，第一期台地发育范围大且厚度较薄；第二期台地范围缩小，断控作用明显；第三期台地范围进一步缩小直至被淹没。北康盆地中中新世台地结构依据海平面上升/下降速率和生长速率的变化关系，可以将台地结构划分为 7 个主要类型，分别是退积型、淹没型、加积型、进积型、向外-向上堆叠型、向外-向下堆叠型、向下堆叠型。北康盆地碳酸盐台地顶部多见一套翼状或者蘑菇状碳酸盐岩，多形成与海平面下降时期。通过对台地发育控制因素的探究，认为北康盆地中新世碳酸盐台地主要受到构造和沉积环境的控制，且受到陆源碎屑注入的影响。该研究填补了北康盆地在该领域的空白，这对于碳酸盐台地发育规律分析和碳酸盐岩储层预测具有一定意义。

S30-O-12

基于联合基追踪的薄层反演方法

石战战 [1,2]*，周怀来 [1]，王元君 [1]，庞溯 [2]，池跃龙 [1,2]

1 成都理工大学地球物理学院，成都 610059

2 成都理工大学工程技术学院，乐山 614000

* shizhanzh@163.com

薄层含油气储层预测是油气地球物理勘探领域的热点和难点问题，如何从地震剖面中准确识别出薄地层往往成为油气勘探成功与否的关键。其中，高分辨率地震反射系数反演是最常用的薄层识别方法之一。

反射系数反演是利用地面采集到的地震资料推测地下地层介质物理性质空间变化及物性结构的一种地球物理方法。反演方法假设：（1）地下地层为层状介质，各层介质均为均匀、各向同性弹性介质；（2）地震正演满足褶积模型（Robison 模型）。但褶积模型仅是对地震地质模型的近似，实际地层为粘弹性介质，地震波在传播过程中会被吸收衰减，频率越高衰减越快。因此，实际介质中子波是时变的，地震波是频散的。后期资料处理会对这些畸变进行一定校正，如振幅恢复和反褶积等处理。这些处理存在两个缺点：（1）会使中高频噪声放大，（2）引入新的噪声和畸变。

假设模型不准确和信息不足造成反演过程不适定，即存在多解性。需要引入先验信息进行约束（正则化），对反射系数的分布进行假设，得到满足先验假设条件的全局

最优解。通常认为反射系数是稀疏或近似稀疏的，反射系数序列中仅存在数量相对较少的随机分布的大反射系数，大部分反射系数接近零值，这种假设和实际地质模型是相吻合的。引入稀疏约束后，反演目标函数转化为基追踪问题。

基追踪地震反演面临着：（1）地震反演是一个不适定问题，存在多解性，单道地震反演结果横向连续性差；（2）采集和处理流程产生噪声和畸变降低算法的稳定性。针对这两个问题，将 L_1 范数正则项引入联合稀疏表示，提出一种新的 $L_{2,1}$-L_1 范数联合范数稀疏表示方法，并将其应用于多道地震反演。

$L_{2,1}$-L_1 范数稀疏表示目标是使一个具有 $L_{2,1}$ 范数拟合项和 L_1 范数正则化项的非平滑凸函数最小化。基本思想是：通过变量代换将目标函数转化为等价联合基追踪问题，可以看作为交替方向法（alternating direction method，ADM）的特例（目标函数只有一项），借助 ADM 交替迭代求解各变量，从而得到原问题的解。

该方法结合了 L2,1 范数拟合项和 L1 范数正则项（约束项）的优势，计算结果既能保证稀疏反射系数要求，又具有较好噪声鲁棒性。通过井震联合提取子波构造过完备楔形子波字典，实现了噪声干扰条件下 λ/8 的纵向分辨率。理论模型和实际资料试算结果表明，所提方法具有较好应用效果。

S30-O-13

南海深水油气田薄储层识别及研究

周慰[1]*，牛聪[2]，周怀来[1,3]，黄饶[2]，龙丹[1]

1 成都理工大学地球物理学院，成都 610059

2 中海油研究总院，北京 10000

3 油气藏地质及开发工程国家重点实验室，成都 610059

* weizhouup@163.com

南海工区位于白云深水区，巨大油气潜力和勘探前景逐步得到证实。由于，研究区域在构造背景上是深水沉积水道砂岩储层气藏，砂岩呈条带分布状，且以薄气层为主。为了更好的识别该地区的储层，对改该地区数据高分辨处理，达到准确估计油气储量的目的。

在原理上反 Q 滤波和时频域反褶积都可以提高衰减地震记录的分辨率，从而达到精细解释的目的。由于反 Q 过程中的指数增益使得处理结果产生严重的不稳定性，且如何准确的估计 **Q** 值也是关键性的问题；针对南海数据的宽频带现状，本文对 S 变换进行改进，通过调节改进广义 S 变换参数，提高其对高频信号的识别能力，获得衰减地震记录的精细时频谱，从而提取出子波时频谱，实现基于改进广义 *S* 变换的时频域反褶积。经过时频域反褶积处理后能更好识别出南海油气田的薄储层，且能在不影响地震资料信噪比的前提下，恢复地震波被地层吸收衰减的能量，提高地震记录分辨率；最后对反褶积前后的数据进行属性提取和切片研究，达到对该工区储层进行准确预测和精细描述的目的。

S30-O-14

南海北部岩浆弧与中生代大陆边缘演变

许长海[1]*，张成晨[1]，施和生[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中海石油(中国)有限公司勘探部，北京 100010

* xchxch@tongji.edu.cn

以南海北部钻遇花岗岩类为主，海陆结合，开展了锆石 U-Pb 定年、地球化学和 Sr-Nd 同位素等研究工作(Xu et al., 2013, 2016, 2017; Shi et al., 2011; 阙晓铭, 2013; 王长势, 2016)，形成的初步认识归结如下：

根据继承锆石年龄，南海北部基底记录了元古代、加里东期和印支期等主要构造事

件，与华南构造演化具有可比性，认为南海北部基底应属于华夏地块的南延部分。

钻遇岩浆岩证实了由南海北部经台湾至东海南部的早侏罗世岩浆弧存在，它与俯冲杂岩、华南大陆伸展及区域断裂等一道，构成了侏罗纪早期古太平洋初始斜向俯冲及东亚活动大陆边缘的构造格局。

南海北部花岗岩类锆石 U-Pb 年龄集中在 165~100Ma，不同于华南同时代高分异 I 型或 A 型花岗岩，它们属于流体活动元素富集、Ta-Nb-Ti 亏损的岩浆弧类型。它们与俯冲杂岩和弧后单元一道，区域上构成了晚中生代东亚大陆边缘的俯冲模式。

南海北部钻遇了多层安山岩(58~62%)，明显不同于浙闽流纹质火山岩主体，其锆石 U-Pb 年龄为 160~108 Ma，代表了两个重要俯冲演化阶段，为重建晚中生代东亚大陆边缘演变提供了依据。建立了潮汕坳陷中生界盆地的锆石 U-Pb 地层年代，作为地层划分对比的区域性参照标准。

应用地震结合钻孔，分析描述了南海北部中生界地层的构造变形特征，识别追踪了中、新生界之间的不整合 Tg 界面，与南海南部及东海西南中生界构造变形进行了对比，认为区域上白垩纪晚期挤压变形不均一性明显。

S30-O-15

双相介质渐进方程流体识别方法

周钰邦[1]，牛聪[2]，李勇[1]*，张益明[2]

1 成都理工大学地球物理学院，成都 610059

2 中海油研究总院勘探研究院地球物理室，北京 100027

* liyong07@cdut.cn

随着油气勘探重点由原来的构造油气藏向岩性油气藏、隐蔽油气藏的转移。储层预测的最终目的除了判别储层的存在与否，预测储层发育的程度地好与坏，同时也需要判定储层中所含流体的性质。流体识别已成为储层预测中遇到的新的挑战和瓶颈问题。实际油气储层，无论砂岩储层还是碳酸盐储层，都是由固体和流体组成的双相介质。鉴于含流体双相各向异性介质中的地震波传播理论是目前石油勘探和地震学研究的前沿热点问题和难点问题，其理论和应用尚在发展和完善中。如何对双相介质中的流体（油、气、水）进行识别一直是一个难点问题。

本文通过推导双相介质方程的渐进表达式，观察到了反射系数随频率变化的趋势，并改写渐进方程建立反演目标函数，并对目标函数中与流体相关的参数进行反演可以清楚的判断储层以及储层中的流体性质。渐进方程建立在双相介质的理论基础上，依据双相介质的固相与流相的岩石物理性质，通过对经典胡克定律、流体的剪切应力以及平面波的动量与质量守恒定律的推导，然后在渐进分析的过程中将部分参数解耦，并且舍去高阶项，最终得到平面波法向入射的反射与透射系数的渐进表达式，同时定义了与流体密度、渗透率、和流体粘滞系数都有关的一项综合参数—双相介质流体识别因子。然后基于这个渐进方程建立起基于流体识别因子的目标函数。

在南海实际工区的研究中发现，由本文构建的基于渐进方程的可以在地震频带内观测到气/水界面的反射系数的明显变化，双相介质流体识别因子的值越大表明储层存在油气的可能性越大。通过将分频数据带入我们的反演公式中对流体因子进行反演，得到的反演剖面对流体具有很好的指示作用，并与测井解释结果相吻合，验证了本文方法对流体识别的有效性。

S30-O-16

同步挤压广义 S 变换的分频油气检测技术在南海工区的应用

严海滔[1]*，黄饶[3]，周怀来[1,2]，牛聪[3]，周健[1]

1 成都理工大学地球物理学院，成都 610059

2 油气地质及开发工程国家重点实验室，成都 610059
3 中海油研究总院，北京 100000
* 1033045771@qq.com

受窗函数的影响，传统时频分析方法如：短时傅里叶变换、小波变换、S 变换等的时频聚焦性不高。为了提高信号的时频聚焦性，在小波变换基础上发展了同步挤压算法，该算法将信号的时频谱值向其中心频率位置挤压，改善了时频分析结果。由于传统算法时窗固定，处理缺乏灵活性；因此，对窗函数进行扩展，提出了同步挤压广义 S 变换。通过挤压信号在 S 域的时频谱值，提高了算法的灵活性和时频分析聚焦能力。时频分析方法都可以对地震资料进行谱分解，但是由于每种算法的时频分辨能力具有差异性，据此，在南海某工区运用同步挤压广义 S 变换进行分频处理，结果显示含油气层能量随着频率的增加而逐渐衰减并且对地层的刻画非常清晰。因此，利用同步挤压广义 S 变换可以实现很好的储层预测。

S30-O-17

南海北部陆缘深水区地壳结构与盆地石油地质

庞雄[1]*，任建业[2]，郑金云[1]，刘军[1]，于鹏[3]，柳保军[1]，何敏[1]

1 中海石油(中国)有限公司深圳分公司，深圳 518054 / 中海石油深海开发有限公司，深圳 518054
2 中国地质大学（武汉）构造与油气资源教育部重点实验室，武汉 430074
3 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
* pangxiong@cnooc.com.cn

深水区仅仅是水深大、油气勘探的工程技术难度大而已吗？石油地质条件与陆区和浅海区有何异同？自荔湾 3-1 大气藏发现、南海北部深水油气勘探全面展开以来，这些问题就成为南海北部深水区勘探亟待解决的石油地质认识问题。本文综合利用大面积三维地震、重力、船载磁力、OBS 和深水油气探井、南海大洋钻探井等资料，针对南海北部陆缘深水区，以白云凹陷为主体，开展了陆缘地壳伸展薄化与深水区凹陷结构构造及油气地质之间关系的研究，发现了穿过地壳、沿 Moho 面滑脱的大型拆离断层控制了白云凹陷的形成和演化，揭示出地壳圈层式伸展差异流变控制的拆离作用是导致南海北部陆缘深水区地壳强烈薄化的主要原因。研究表明，深水区裂陷期经历了早期上地壳脆性伸展高角度断裂控制的箕状半地堑断陷、中期地壳脆韧性差异伸展低角度拆离断裂控制的宽深断陷、晚期以韧性地壳流变为主的碟形流变断拗演化过程。裂陷期的中晚期，地壳岩石圈伸展作用迁移集中至陆缘深水区，下地壳韧性流变薄化明显，受穿过地壳的大型拆离断裂控制而发育的宽深断陷是深水区盆地结构的重要特征。陆缘地壳强烈拆离薄化形成的白云凹陷宽深断陷为大型三角洲-湖相沉积体系和规模烃源岩的发育提供了可容空间；陆缘岩石圈薄化程度的差异导致了裂后拗陷期热沉降差异，进而控制了拗陷期陆架坡折带的发育和深水储层沉积环境；岩石圈强烈薄化、幔源上升导致的高热流背景，使得深水区的储层成岩作用、烃源岩成烃过程和油气成藏条件具有特殊性。

S30-O-18

Astronomically forced sea-level changes and third-order sequences, East China Sea Shelf Basin

Yang Liu, Chunju Huang*

School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074
* huangcj@cug.edu.cn

Sea-level change could be an important scientific issue for the East China Sea Shelf Basin (ECSSB) development, however,

sea-level change during Paleogene and Neogene has not been unified or established. Analysis on the response of global sea-level change to the glacial change and astronomical forcing could be a valid way to reconstruct paleoclimate evolution and rebuild geologic timescale. The GR log curve act as an indicator of paleoclimate and sea level change. Here we present the spectral analysis of the GR log series that show great significance in 405-kyr term and ~100-kyr term eccentricity cycles throughout the depth domain. The average accumulation rate rise slowly from deep to shallow which performs an increasing spanning of the 405-kyr term from ~20 m (section3, 4 and 5) to ~34.5 m (section 2) and ~50 m (section 1). Long-term precession and obliquity modulation signal of ~2.4-Myr and 1.2-Myr terms could also be recognized in depth domain. According to these 405-kyr eccentricity cycles recognition, we construct an astronomical time scale based on the 405-kyr eccentricity term tuning.

There are ~2.4-Myr and 1.2-Myr long term cycles exist in the 405-kyr tuned series that indicate the amplitude modulation of precession and obliquity cycles. The sea-level variations is well correlated to these 1.2-Myr cycles interpreted from GR series during this period. This resulting sea level changes suggests that astronomical forcing, especially the Million-year scale long-term obliquity and eccentricity could be the most fundamental driving factors for the sea-level changes in East China Sea Shelf Basin. We suggest that the Million-year scale long-term astronomical forcings dominantly controlled the climate change and conducted the signals through sea level change to the sedimentary and observed GR series. Based on these Astronomical Time Scale (ATS), these Million-year scale long-term obliquity cycles consistent with the third-order sequences and sea-level changes could be well compared to other basins.

S30-P-01

南海北部西南向古水流系统及其油气地质意义

卓海腾[1]*，王英民[2]，孙珍[1]，何敏[3]，陈维涛[3]

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 浙江大学海洋学院，舟山 316021

3 中海石油（中国）有限公司深圳分公司，深圳 518000

* htzhuo@scsio.ac.cn

利用南海北部陆缘珠江口盆地大面积三维地震和上百口钻井资料，对中中新世以来的古珠江三角洲—陆架沉积体系进行了系统的层序地层学—沉积学解剖，并通过与南海现代环流体系的类比，对影响古珠江三角洲—陆架体系发育的古水动力条件进行了系统厘定。研究表明，以约 13.8Ma 为界，古珠江三角洲整体沉积构型和沉积过程发生了突然的变化，从大型河控型三角洲快速转变为波浪、沿岸动力过程占据主导的浪控型三角洲，且三角洲整体形态发生了明显的西南向偏转，同时不对称性突然增加。分析认为古珠江三角洲自 13.8Ma 开始受到单向的、持续的西南向古水流控制。进一步对晚中新世陆架砂体和第四纪古珠江陆架边缘三角洲的解剖表明，这种西南向的古水流系统可能一直持续至今。

借助于多年的水流观测和模拟等研究手段，南海现今环流体系研究程度较高。研究利用与南海现今水动力条件的类比，提出南海北部的西南向古水流并非单一水流，而具有复杂的组成结构。有证据表明，控制其动力强度和发育演化的主要机制包括东亚季风场、黑潮向南海的入侵（及其向陆架区的侵入），以及产生于吕宋海峡的大型内波等。此外，一系列古构造、古海洋事件对于西南向古水流系统的形成意义重大：约 16 Ma 开始，南海扩张基本停止，南海海盆洋壳向东俯冲于菲律宾板块之下，形成的海脊和增生楔为内波的触发提供了绝佳的海底

地形条件；13.8 Ma 左右，南极冰盖扩张导致的全球气候变冷事件导致西南向古水流系统流速突然增速；12 Ma 左右，亚澳板块与南海南部的碰撞过程导致太平洋—印度洋海道的关闭，迫使太平洋西边界流增速，进而导致黑潮南海分支流速明显加强。南海北部西南向古水流系统的识别和厘定对于深刻理解南海北部古珠江三角洲—陆架储层砂体的发育和展布具有重要的启示意义。

S30-P-02

南海晚中生代地层分布及沉积环境

邵磊[1]*，朱伟林[1,2]，施和生[2]，张向涛[3]，乔培军[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中海油中国有限公司，北京 100010

3 中海油深圳分公司研究院，深圳 518067

* lshao@tongji.edu.cn

南海北部中生界涉及古特提斯洋与古太平洋交汇以及古太平洋与欧亚板块俯冲碰撞等重大科学问题，一直是国际地质学界关注的热点。一般认为，白垩纪是南海北部由主动大陆边缘向被动大陆边缘转化的重要时期，完成了由挤压褶皱到断陷伸展的转换过程。但是由于直接证据的缺乏，对于这种转化过程发生的时间分歧很大，主要认识集中在两个时间，即早晚白垩世之间（100 Ma 左右）和中生代和新生代界线（65 Ma 左右）。

在粤东地区早侏罗世发生海浸，在沿海一带出现半深海浊流沉积；到早侏罗世末，逐渐海退，中晚侏罗世转为陆相盆地及火山碎屑沉积；进入白垩纪，该地区以山间盆地为主接受陆相沉积，伴随火山活动。

通过台西南盆地钻遇中生代的6口探井分析发现，台西南盆地侏罗系以滨浅海相为特征，到下白垩统为海陆过渡相，缺失上白垩统沉积；位于台西南盆地西南侧的潮汕坳陷侏罗系以滨浅海到深海相为特征，到下白垩统为海陆过渡相，上白垩统发育有泻湖相沉积，是南海北部唯一发现晚白垩世沉积的地区；与此相应，在北巴拉望，侏罗系为深海相到滨浅海相沉积，早侏罗世放射虫硅质岩系发育，在中晚侏罗世转为碎屑岩的时代，海水由北往南随时代变新而变浅，在北巴拉望的南部构造带早白垩世初仍为深海相放射虫硅质岩系。在沙巴和沙捞越发育有白垩纪蛇绿岩及相关远洋沉积，由于古南海向婆罗洲的俯冲拼合作用而出露地表，说明南海南侧白垩纪古洋壳的存在。从海水深度从北向南随时间逐步变浅，表明南中国海在晚侏罗世到早白垩世处于收缩状态，北侧逐步隆起。

依据现有资料，南海及周边地区在白垩纪是沉积环境发生剧烈改变的时期，基本缺失晚白垩世地层。位于潮汕坳陷的 LF35-1-1-1 井揭示了白垩纪地层的存在[20]，白垩纪地层明显分为两段，下部为灰色、灰绿色碎屑岩夹火山碎屑岩，含底栖有孔虫及丰富的有机质，为海陆过渡环境，火山岩锆石 U-Pb 定年在 110 Ma 左右，为早白垩世；之上发育一套紫红、黄绿色等杂色砂泥岩夹砾岩沉积，含石膏等蒸发盐类矿物。通过对 1300m 砂岩样品中所含锆石 U-Pb 定年测定，得出最小年龄为 88 Ma 和 93.1±4.7 Ma 的地质年龄。虽然砂岩中的锆石年龄并不能代表地层形成年龄，但是其可以对砂岩沉积的时代进行约束，这些砂岩一定形成于 88 Ma 之后。该地区地震剖面清楚地显示新生代地层以大角度不整合的形式覆盖在中生代地层之上（Tg 界面），也对这套杂色碎屑岩进行了有效的时间限定。因此，该套地层的时代只能是晚白垩世。

潮汕坳陷西侧晚白垩世发育数条大型推覆断层，晚白垩世地层（Tm30-Tg）由西向东产状逐步变缓，反映出当时古地理格局西侧高、东边低的格局。因此，从沉积物组成特征及古地理特征上均显示出该时期潮汕坳陷具有山间盆地或前陆盆地性质，也显示出该时期南海北部仍属挤压环境。

一般认为，华南陆缘侏罗-白垩纪为活动陆缘。Taylor 和 Hayes 认为中侏罗世到白垩纪中期有安第斯型岩浆弧。周蒂等认为，

在南海东北部中生代火山弧外侧，有晚侏罗世-早白垩世俯冲增生带，在火山弧和俯冲增生带之间的潮汕坳陷和白云凹陷等可能存在弧前盆地，但对细节并未论述。张功成等认为，晚中生代古太平洋板块向华南板块俯冲造成南海北部发育一条 NE-SW 走向的隆升山脉，南海北部处于挤压环境下的活动大陆边缘。在古新世由于古太平洋板块俯冲带后撤造成古南海台地发生裂解，使南海北部转为被动大陆边缘。

从广东沿岸及南海海域该时期岩相古地理的演化特征看，南海北部隆升造山带存在由北向南逐步迁移的过程，在中晚侏罗世隆起山脉位于广东沿岸，到白垩纪迁移到南海北部东沙与现今大陆之间，造成广东沿岸地带接受陆相山间盆地河湖相沉积，夹火山碎屑堆积；在隆起带北侧较远的粤北闽浙地区则接受大量磨拉石堆积。位于隆起带南侧的南海北部潮汕坳陷及台西南盆地早白垩世为海陆过渡相沉积环境；到晚白垩世，台西南盆地隆起成山，整体缺失上白垩统，但是在潮汕坳陷及其东侧发育了厚达千米的上白垩统，应为前陆盆地的产物。在民都乐，巴拉望及礼乐盆地均未发现上白垩统，说明这些地体当时拼合在潮汕坳陷南侧位置，均属于古隆起带的一部分。根据广东沿岸及南海海域构造-地层发育特征，结合该区地震剖面，从华南大陆向东穿越潮汕坳陷到古太平洋板块，编制一条构造-地层横切剖面图，可以形象地看出，潮汕坳陷在晚白垩世应属陆内前陆盆地（或周缘前陆盆地），接受了厚度较大的晚白垩世地层堆积。

S30-P-03S

南海北部大陆边缘热流及其构造意义

李香兰 [1,2]，刘绍文 [1,2,3]*，李旭东 [1,2]

1 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023

2 南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室，南京 210023

3 中国南海研究协同创新中心，南京 210093

* shaowliu@nju.edu.cn

大陆边缘是衔接大陆岩石圈和洋盆之间的过渡单元，记录了大陆岩石圈张裂到海底扩张以及大洋岩石圈板块向大陆俯冲消亡的过程。此外，大陆边缘区还发育了众多沉积盆地，是世界深水油气及天然气水合物勘探的主要场所。大陆边缘热流和岩石圈热状态是大陆边缘研究中的重要课题，它不仅能为探讨岩石圈热动力过程提供地热约束，也能为大陆边缘沉积盆地构造—热演化提供基本参数。南海地处欧亚、印-澳及太平洋板块三大板块交汇之处，是西太平洋地区最大的边缘海，构造位置特殊，构造变形复杂，油气潜力巨大。深入研究该区的热流和岩石圈热状态，具有理论和实践双重意义。

基于我们新近获得的南海北部大陆边缘莺歌海、琼东南盆地近 70 个热流数据，并汇编该区已发表的探针热流、钻孔热流及 BSR 热流(Shi et al., 2003;唐晓音等，2014)，分析了南海北部大陆边缘的热流分布特征。整体而言，该区具有高热流特征，高于中国大陆和近海部分含油气盆地，平均值 74±15.3 mW/m^2，且热流总体沿着 NNW-SSE 方向由陆架区往深海盆地地区逐步升高。

具体到各盆地而言，其热流分布存在显著的横向差异。北部湾盆地的热流相对最低，范围在 48～88 mW/m^2 之间，平均值为 64±7.8 mW/m^2；莺歌海盆地和琼东南盆地的现今热流相对较高，分布范围分别为 53～98 mW/m^2（平均为 81±7.5 mW/m^2）和 53～96 mW/m^2（平均为 79±6.9 mW/m^2）；而珠江口盆地和台西南盆地属中等热流，范围分别是 45～112 mW/m^2（平均值为 71±9.7 mW/m^2），和 43～115 mW/m^2（平均为 73±11.7 mW/m^2）。各盆地的热流差异一方面反映了深部构造的差异，地壳和岩石圈减薄程度不一，此外也与局部的断裂活动和区域构造—热事件等有关。

另外，该区的浅水和深水地区的大地热流也存在差异。琼东南盆地浅水区（53 mW/m^2~89 mW/m^2），平均值 74±8.1 mW/m^2；其深水区热流为 62 mW/m^2~96 mW/m^2，平均为 82±4.7 mW/m^2。珠江口盆地浅水区热流范围为 45 mW/m^2~98 mW/m^2，平均值

66±8.4 mW/m^2；深水区热流为 54 mW/m^2~112 mW/m^2，平均值 77±7.5 mW/m^2。最近的工作表明，台西南盆地浅水区梯度为 34.5℃/km，热流为 62.7 mW/m^2；而陆坡区的地温梯度高达 56.4℃/km，热流为 70.9 mW/m^2（Liao et al., 2014）。一般地，南海北部大陆边缘深、浅区热流差异一方面与其地壳差异伸展拉张程度有关；另外，浅水陆架区堆积的沉积物厚，且沉积速率快，其热屏蔽效应（Thermal blanketing effect）一定程度上造成了目前的观测热流偏低。

南海北部大陆边缘构造上处于张裂动力学环境，特别是晚新生代的裂谷作用，使得地壳和岩石圈减薄，深部热物质上涌，造成其区域热背景较高。局部的构造—热事件，如岩浆侵入和断裂活动等也能明显影响到不同盆地热流的分布特征。此外，浅水大陆架之上快速堆积的巨厚沉积物造成了其热流偏低。整体高热流背景下快速堆积的巨厚沉积物深埋作用，进一步加速了该区烃源岩的热演化，这也是该区油气形成的地热条件。

S30-P-04S

琼东南盆地演化及其对油气资源的控制

斯琴*

中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

* zhai2000@ouc.edu.cn

琼东南盆地地处南海北部大陆边缘。沉积地层由下到上包括：崖城组、陵水组、三亚组、梅山组、黄流组、莺歌海组、乐东组。本文在分析研究了盆地发展演化历史的基础上，探讨了琼东南盆地发展演化与烃源岩、储集层、圈闭系统及运聚条件之间的关系，旨在为琼东南盆地油气资源的勘探开发提供科学依据。研究结果表明，琼东南盆地的沉积环境演变历经了从湖盆相→海陆过渡相→滨海相→浅海相→半深海相，最后到深海相的变化过程。自始新世以来，琼东南盆地的构造演变可以分为始新世-早渐新世的断陷期，晚渐新世的断坳期，早-中中新世热的沉降期，晚中新世-第四纪的加速沉降期共4个阶段。琼东南盆地深水海域凹陷多、沉积厚度大、凸起凹陷相间排列，烃源岩、油气运聚、储盖组合、圈闭及成藏条件较好。崖城组和陵水组地层是最好的烃源岩地层，而琼东南盆地的中央峡谷区可以作为次一级勘探区域，其中黄流组地层作为潜在的勘探地层。乐东凹陷、陵水凹陷、北礁凹陷是琼东南盆地中有利于生烃的良好生烃凹陷。琼东南盆地有成为大中型油气田的地质基础，油气开发远景非常可观，可作为我国南海北部深水区油气开采的重要选区。

S30-P-05S

尼日利亚尼日尔三角洲盆地区块阿格巴达组沉积相研究

江松莲*，赵峰

西南石油大学

* 340296212@qq.com

三角洲前缘的沉积体系是阿格巴达组最为发育的沉积相类型，遍布发育于阿卡塔组、阿格巴达组以及贝宁组。依据有限的岩屑录井描述及井壁取心资料，结合运用地震、测井等建立岩电关系，从单井相分析入手进行研究，确定了 XX 区块阿格巴达组各亚段沉积相平面展布，绘制了阿格巴达组河道砂体沉积微相平面分图。研究表明，XX 区块主要位于尼日尔三角洲盆地核心部位，阿格巴达组为进积的三角洲前缘-前三角洲沉积。对于阿格巴达组相分析，共划分为前三角洲、三角洲前缘及相应微相，并建立了 XX 地区阿格巴达组沉积相模式，从沉积相的角度为油气勘探提供知道依据。

S30-P-06

北康盆地中中新世深水沉积体特征及油气意义

雷振宇[1,2]，张莉[1,2]，苏明[3]*

1 中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510760
2 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510760
3 中山大学海洋科学学院，珠海 519082
* suming3@mail.sysu.edu.cn

利用中国地质调查局广州海洋地质调查局已有的 2D 地震资料，以北康盆地中中新世以来的沉积充填序列为研究对象，采用地质-地球物理综合分析的思路，通过描述整体形态特征，刻画地震反射同相轴的振幅强度、连续性、接触关系等要素，在北康盆地中中新世沉积地层中识别出5中典型的地震相类型，分别是中等振幅强度、平行连续反射地震相（地震相 A），中等-强振幅、连续、薄层楔状/透镜状反射地震相（地震相 B），强振幅、连续、透镜状反射地震相（地震相 C）、强振幅、杂乱、U/V 型反射地震相（地震相 D）和强振幅、连续、厚层透镜状反射地震相（地震相 E）。

基于典型地震反射特征，选择骨干地震测线刻画其整体变化规律，认为中中新世时期，北康盆地主体处于深水的沉积环境之中，主要的沉积类型包括半深海-深海细粒沉积、三角洲前缘砂体、浊积体和小型浊积水道。北康盆地具有良好的油气勘探潜力，三角洲前缘砂体和浊积体构成了研究区内中中新世时期（坳陷阶段）两大主要的深水储集体类型，是盆地油气勘探的重要补充类型。

区域油气地质条件研究表明，北康盆地内普遍发育了中始新统、上始新统-下渐新统、上渐新统-下中新统 3 套烃源层系，干酪根类型可能为Ⅱ-Ⅲ型，为北康盆地的油气成藏提供了较为充足的物质来源。T3 界面之下断陷阶段发育的三角洲、滨浅海相砂岩，中中新世时期发育的以生物礁为代表的碳酸盐岩，是研究区主要的储集层类型，且目前周边国家已经获得了一定的油气发现。而 T3 界面之上坳陷阶段发育的深水碎屑岩沉积体，如陆架边缘三角洲前缘砂体、水道、浊积体等，具有一定的油气勘探价值。

S30-P-07

南海北部深水区海相与煤系烃源岩的成烃母质和成烃模式

苏龙[1]*，张东伟[1,2]，杨海长[3]，陈莹[3]，曾清波[3]，陈国俊[1]，李超[1]

1 甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室，兰州 730000
2 中国科学院大学，北京 100049
3 中海油研究总院，北京 100027
* longsu@lzb.ac.cn

南海北部含油气盆地主要包括珠江口盆地和琼东南盆地。已有的地震数据、钻井资料和地球化学研究表明，白云凹陷 LH29-2-A 井所揭示的恩平组海相烃源岩丰度高、类型好，具备一定的生烃潜力。孢粉组合及有机屑组成等分析也表明：恩平组海相烃源岩中以海相沟鞭藻为主的浮游藻类相对含量较高，且富含壳质、孢质和无定形有机质等富氢的有机显微组分，有机质的生源构成既有水生生物，又有陆源有机质输入，以陆源有机质为主。

然而，以往对该区烃源岩地球化学的研究主要以煤系烃源岩为主，对白云凹陷深水区特殊地质条件认识不足的同时，也忽视了恩平组海相烃源岩的生烃潜力。因此，本次实验选取 LH29-2-A 井（3119-3230 m）恩平组海相泥岩岩屑样品，及琼东南盆地深水区 CC26-1-1 井（3820-4225 m）与 YL19-1-1 井（4410-4926 m）崖城组煤系泥岩岩屑样品，结合南海北部含油气盆地具有高地温场、高地压场和晚期快速埋深等的特殊地质条件，采用高温高压模拟实验的方法探讨深水区烃源岩的生烃母质与成烃模式。

在该区平均古地温梯度的基础上，选取 LH29-1-1 井作为地质模型参数井，将实验分为6个温度点（250℃、300℃、350℃、400℃、450℃和 500℃）进行。各温度点样品反应完成后，分别收集、计量生成的气态烃和液态烃。气态烃产物在 MAT271 气体质谱计上进行组分分析。液态烃由排出油和残留油两部分组成，排出油经族组分分离后定量。残留

油由残渣样品经氯仿抽提后获得。由完成实验后的各温度点残渣样品制备干酪根，测定 Ro 值，以确定各温度点的演化程度。依据各温度点的气液态烃生成量编制产量与产率曲线。

原始样品生物标志化合物主要特征：$\sum C_{21-}/\sum C_{22+}>1$，主峰碳为 nC16；C27、C28、C29 甾烷呈“V”字形分布且富含奥利烷，Pr/Ph>2；树脂类化合物结构的惹烯（RET）含量较高以及甲基萘（MN）、菲（P）、芴（F）、氧芴（OF）以及甲基氧芴（MOF）含量较高，基本以陆源有机质为主。据已有的珠海组海相烃源岩孢粉组合和有机显微组分分析结果可知：海相烃源岩中的富氢组分含量由浅水沉积向深水沉积存在增加的趋势。而且，对西湖凹陷煤岩中单个有机显微组分的生烃模拟实验结果也表明：孢子体生烃产物的总气油比为 0.37，树脂体生烃产物的总气油比为 0.29，可见孢子体和树脂体等富氢组分具有一定的生油能力。

通过对模拟实验后生成和排出的气、液态产物进行有机地球化学对比分析，结果表明：白云凹陷恩平组海相烃源岩以生油为主，生气为次；在 P-T-t 条件下，恩平组海相烃源岩的排出油及其族组成产率呈先增加后减小的趋势，产率高峰在 350℃；残留油及其族组成产率除饱和烃之外呈递减的趋势，产率高峰在 300℃；由于饱和烃在 300℃后裂解成气，甲烷、乙烷以及重烃在 300℃以后产率增加明显。有机碳呈递减趋势，在 250-300℃降幅明显；反应热演化程度的 Tmax 呈递增趋势；经过计算恩平组海相烃源岩未熟-成熟阶段排烃效率为 54-80%；煤系烃源岩生成油气的能力要高于陆源海相烃源岩的。该模拟实验结果不仅对恩平组海相烃源岩和崖城组煤系烃源岩生排烃能力的综合评价，提供了理论依据和技术支持，而且也为深水区的油气勘探开拓了新的领域。

S30-P-08

南海北部琼东南盆地深水区天然气水合物形成条件与潜力研究

郭明刚*，朱继田，毛雪莲，曾小宇，熊小峰，贺懿，张焱，符永磊

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

* guomg@cnooc.com.cn

南海蕴含着丰富的天然气水合物，目前已经成功在珠江口盆地神狐海域进行了商业试开采。而位于南海北部和珠江口盆地西部的琼东南盆地，针对天然气水合物的研究经过了 12.5 期间的浅层水合物地质灾害防治和 13.5 期间的深水东区浅层水合物成藏条件与潜力评估两个阶段。近年研究表明，琼东南盆地同样具有形成天然气水合物的有利条件和巨大的资源潜力。

首先，第四纪冰期北极冰盖形成引起区域大海退，大量的含砂碎屑被搬运到了凹陷中，为天然气水合物发育提供了充足的储集空间，而后期海平面上升后发育的深海细粒沉积物和块体流泥岩可作为良好盖层；其次，该区具有生物气和热解气两种气源，热成熟气来源于深部始新统和崖城组成熟湖相-海陆过渡相-浅海相泥岩，而生物气则主要来源于有孔虫等微生物大量发育的中新世未成熟海相泥岩。另外区内大量发育的断裂-微裂隙和底劈为天然气在浅层成藏提供了良好的运移通道。进一步研究表明生物气型天然气水合物集中在陆坡及之上的隆起区，而混源天然气水合物主要位于深凹区。另外，从地震反射特征看，区内的天然气水合物表具有的典型 BSR 反射特征。从温压条件分析，这些 BSR 分布区整体处于天然气水合物能稳定形成和保存的温压范围内。研究最后认为琼东南盆地深水东区具有两种气水合物成藏模式，即稳定域周边生物气近源垂向+侧向成藏模式、稳定域周边生物气和深部成熟气垂向或垂向+侧向混源成藏模式，

前者以生物气水合物为主，后者由于深大断裂沟通浅层，水合物中混有不少成熟气。

本次研究初步在深水东区的长昌凹陷内发现了多个天然气水合物分布矿区，总面积超过 2000km^2，显示出了琼东南盆地天然气水合物具有巨大的勘探潜力。

S30-P-09S

南堡凹陷 5 号构造带古近系沙一段沉积相展布研究

巩天浩*

中国地质大学（武汉）资源学院，武汉 430074

* cuggongtianhao@foxmail.com

位于渤海湾盆地南堡凹陷西北部、西南庄断层西段下降盘的南堡 5 号构造带，是南堡油田主要的产油区。该区中浅层油气富集，具有较大的滚动评价开发潜力。本研究在前人研究成果基础上通过观察分析大量的岩芯资料、测井资料、地震资料及分析化验资料，对研究区的沉积特征及展布规律进行了系统研究。以南堡 5 号构造带沙一段为研究对象，在区域地层及构造研究的基础上，本研究针对沉积物源体系和沉积相进行分析，总结了研究区各沉积微相的基本沉积特征和分布规律，分析了沙一段的平面相展布特征和沉积模式。

南堡凹陷5号构造带沙一段地层受北部断层带控制整体呈现为“北厚南薄”的展布特征。通过研究区内重矿物分析、岩屑组分分析、成熟度分析、分选磨圆分析、地震发射分析及砂率体系识别分析等认为，物源主要来自于北部造山带，并存在两个物源，分别为自 NNW 方向向盆内推进的主物源区的沉积物和以南堡 5-4 井为代表的扇三角洲前缘的次要物源区的沉积供给。南堡凹陷 5 号构造带沙一段为扇三角洲-湖泊相沉积，根据沟槽控砂模式和古水流研究识别出研究区河道的延伸方向为 NW 方向。其中扇三角洲相发育了完整的扇三角洲平原亚相、扇三角洲前缘亚相和前三角洲亚相；扇三角洲平原亚相发育了分流河道和分流间湾沉积微相；扇三角洲前缘亚相发育了水下分流河道、水下分流间湾、远砂坝及席状砂沉积微相。湖泊相主要为半深-深湖相沉积，湖泊中可见浊积岩。

通过分析区扇三角洲-湖泊相沉积模式的发育及形成过程，认为北部断层活动在整个构造及沉积过程中对沉积体系的发育和形成具有重要的影响。北部造山带为扇体的发育提供了物源沉积物质；盆地内的裂陷、洼槽等地貌作为输砂系统控制了扇体的发育和分布；同生断层发育形成的陡坡带为沉积物的输送与堆积提供了控砂古地貌条件和可容纳空间。

S30-P-10

基于速度分析的油气识别正演模拟研究

贺懿*，朱继田，郭明刚

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

* heyi1@cnooc.com.cn

南海西部深水东区潜在富生烃凹陷-C 凹陷具有巨大的天然气资源潜力，勘探程度低，迄今仍未有大的油气发现。其中 W 构造评价认为成藏条件良好，是该区域实现勘探突破的最有利目标。由于面临区内钻井少、地质条件复杂、烃类检测无直接油气层实例可供参考等难点，因此基于常规资料基础上的常规油气检测方法与技术的适用性和有效性还有待证实，严重制约该区油气勘探。

为此，研究人员利用在该区域采集处理的叠前地震资料，摆脱非典型井的测井速度束缚，尝试从新地震资料速度分析的角度出发，找出一种新的有效方法，实现在无井或少井地区开展烃检工作。首先，研究人员抛开由地震数据和岩石物理分析出发进行油气检测的传统思维，从叠前地震资料速度分析出发，获得研究区目的层实际地层地震速度；然后，在统计本区已钻遇油、气、水储层测井速度的基础上，利用 Wyllie 等人求解地层速度的理论方程，反推本地区地层速度

计算校正系数，并计算获得本地区含气、油、水储层接近实际地层情况的地层速度理论值；接着，在对比分析由速度分析所得地层速度值与本区含气、油、水储层地层速度理论值两种速度的基础上，结合本区地质认识，建立储层含气、油、水不同情况下的地质模型；最后，对所建立的模型展开正演模拟，获得相应的合成地震记录，将这些合成地震记录分别与研究区目的层相应的实际地震剖面进行对比分析。由分析可知，储层含气、油、水后将各自分别对应一个速度范围，那么当叠前地震数据速度分析所获得的速度介于气、油、水三种速度范围中的一种，这就说明该研究区目的层含这种速度所对应的流体可能性更大，同时，其相应的合成地震记录与实际地震记录更相似。将上述技术手段开展钻前研究，研究成果与常规油气检测相互印证，实钻吻合较好。

S30-P-11

南海北部琼东南盆地渐新统气源岩体系与生烃特征

熊小峰*，甘军，朱继田，郭明刚，郭潇潇，曾小宇，梁刚，李兴

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

* xiongxf@cnooc.com.cn

琼东南盆地是位于南海北部的新生代沉积盆地，水深变化大，主要由浅水区的北部拗陷带-中部隆起以及深水区的中央坳陷带-南部隆起构成。盆地主要发育断陷期始新统和渐新统两套烃源岩。以往研究表明，盆地内的崖 13-1 等多个浅水气田均与渐新统海陆过渡相煤系气源岩密切相关，因而该类气源岩一直被视为盆地的唯一主力气源岩。随着勘探逐渐向深水转移，陆续在盆地深水区中央坳陷带的中央峡谷内发现多个深水大气田，研究发现这些气田的油气地球化学特征均与浅水区的崖 13-1 气田存在明显不同，从而揭示了盆地内还存在一类不同于渐新统海陆过渡相煤系烃源岩的气源岩。

本文利用已钻井化验分析等资料，在烃源岩与油气地球化学详细剖析的基础上，结合孢粉相特征对渐新统气源岩进行了精细划分。并以此为基础，结合地质与古地理环境分析，建立了渐新统气源岩体系及其发育模式。最后通过生烃热模拟，分析了气源岩体系内不同类型气源岩的生烃特征。研究表明，琼东南盆地渐新统发育海陆过渡相煤系-煤质型陆源海相-含藻类草质型陆源海相气源岩体系，这个气源岩体系的构成与河流-三角州体系向海的输入密切相关，其发育主要受控于生烃母质类型、古生产力、河流-三角洲分布、古地理及地形等。进一步的研究表明，除了河流-三角洲携带能力的差异会造成陆源有机质丰度变化外，陆源有机质在搬运过程中也会发生明显的重力分异作用。质量重、体积大的煤质有机碎屑容易在近岸带发生沉积，而质量轻、体积小的草质碎屑更容易漂浮搬运到离岸较远的外浅海环境，从而造成气源岩有机质组成种类及含量上存在差异，进而导致海陆过渡相煤系-煤质型陆源海相-含藻类草质型陆源海相气源岩体系的组分及生烃能力存在一定差别。生烃热模拟结果显示含藻类草质型陆源海相气源岩的单位有机质生烃量最高，其次为煤质型陆源海相气源岩，最后是海陆过渡相煤系气源岩。这一研究成果为继续在琼东南盆地找到大气田提供了理论基础。

S30-P-12

基于多重分形的信息融合技术在琼东南盆地深水区油气勘探中的应用

张焱*，张迎朝，杨希冰，甘军，朱继田

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

* zhangyan20@cnooc.com.cn

为解决常规地震属性预测储层时效果差、精度低而导致的预测多解性的问题，采

用基于多重分形的信息融合技术预测琼东南盆地深水区有利储层区域。该研究根据分形谱函数曲线形态提取优势属性，然后采用多重分形技术进行信息融合，通过计算融合后的谱函数得出：多重分形融合的曲线形态不同于任何一种单一属性的谱函数形态，这说明信息融合的结果不是任何一种单一的属性能够代替的。多重分形考虑了属性与属性之间非线性边界问题、地震属性的非线性特征差异、有效的刻画了局部细节。将该技术应用于琼东南盆地陵南斜坡区崖城组储层预测，结果表明：有利储层区域分布于陵水 29A、陵水 30A、陵水 29B、陵水 35A 和陵水 35B，从属性融合结果得知，通过多重分形法圈出的这六个有利储层区域储层优于永乐 1，同时结合该区石油地质条件综合分析，最后确定陵水 29A、陵水 30A 和陵水 29B 为有利储层目标区，为下步的靶区优选提供了依据。

S30-P-13

琼东南盆地深水区崖城组(扇)三角洲沉积体特征及油气地质意义

段亮*，朱继田，郭明刚，熊小峰，张焱，唐历山

中海石油(中国)有限公司湛江分公司，湛江 524057

* duanliang@cnooc.com.cn

琼东南盆地早渐新世发育三大物源：北部海南岛—神狐隆起物源、南部南部隆起物源和西部越南方向物源。物源在平面上和纵向上具有明显的分区性和继承性，其崖城区主要受北部物源的影响；松西、松东凹陷受北部海南岛和松涛凸起双物源的影响；而中央坳陷带则可能同时受北部、南部和西部等多个方向物源影响，并且在中央坳陷带交汇。

琼东南盆地崖城组(扇)三角洲在地震相上具有强振幅、杂乱反射的波组特征。平面上（扇）三角洲主要分布在隆起/凸起周缘，并沿着凸起边缘向凹陷伸展，多呈带状分布。纵向上，自始新统滨岸分隔湖盆充填开始，到崖城组充填初期，琼东南盆地总体为一渐进的水进过程。早期的构造活动剧烈，物源区广泛，因此(扇)三角洲十分发育。崖城组二段至崖城组一段时期，由于水体加深，(扇)三角洲发育规模逐渐减小。

根据崖城组(扇)三角洲发育的古构造条件，将其分为三类：陡坡型、缓坡型和转换带型。陡坡型(扇)三角洲主要在裂陷活动强烈时期发育，其地形坡度较陡，往往受相邻的大型活动断裂控制，沉积物搬运以重力流为主，具有沉积厚度大，相变快的特征，在盆内发育十分广泛。缓坡型的(扇)三角洲的沉积基底较缓，断裂不发育，其沉积虽仍以重力流为主，但牵引流沉积比例增多，一般发育在裂陷活动的中—后期。转换带型(扇)三角洲与陡坡、缓坡型有着相似之处，其形成既受活动断裂的控制，也有缓坡带构造背景的影响，因此该类型(扇)三角洲不仅沉积厚度大，岩性相对粗，其展布面积和伸展距离也较大较远，是最有利的类型。

崖城组(扇)三角洲生储盖组合发育，是继中央峡谷后，又一重要勘探领域。该领域以始新统中深湖相油源岩和渐新统陆源海相气源岩为主力烃源岩，位于主力烃源岩上部及周缘的大型(扇)三角洲为主要储集体，深大沟源断裂、优质输导砂体和大型古构造脊为主运移通道，深部烃源层超压为主要动力，晚渐新世及后期厚层浅海—半深海泥岩为区域盖层，成藏条件优越。该领域圈闭以构造型为主，定型一般较早，可油气兼聚，油气分布垂向上可具有下气上油的晚气驱早油模式。

因此，崖城组(扇)三角洲具有“陆源海相源岩供烃—深大断裂垂向沟源—超压驱动—大型（扇）三角洲储集”的特点，生储盖组合发育，勘探潜力十分巨大。

S30-P-14

万安盆地中部凹陷大中型油气田富集规律与勘探潜力分析

张亚震[1,2]*，李俊良[1,2]，赵晔[1]，吴诗阳[1]

1 中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

2 中海油海南能源有限公司，海口 570105

* zhangyz@cnooc.com.cn

万安盆地位于巽它大陆架边缘，属于南海西南缘油气富集区，截至 2013 年，共发现油气田 30 余个，累计探明原油地质储量 3 亿吨，天然气地质储量 3300 亿方，其中围绕万安盆地中部凹陷及其周缘所发现的油气储量超过总储量的 90%。

根据万安盆地中部凹陷的油气地质条件及已发现油气田的分布特征，总结了万安盆地油气富集规律及其主控因素，并分析了勘探潜力。研究表明：1、中部凹陷渐新统湖沼相、海岸平原相泥岩、煤系地层是一套优质并且广泛发育的主力烃源岩，受热演化差异影响，万安盆地中部凹陷具有“外油内气”的油气分布特点；2、下-中中新统三角洲控制了凹陷西区的油气田的成藏层系，中-上中新统碳酸盐岩台地与海底扇控制了凹陷中区油气田的成藏层系；3、凹陷西区以伸展作用为主，圈闭多发育于断块及其相关构造中，纵向上成藏层系多，而中-东区则为伸展-走滑作用叠加，圈闭多发育于挤压反转构造与鼻状构造中，单层圈闭规模大，油气富集程度高。

经过数十年的勘探开发，万安盆地勘探程度不断提高，油气勘探对象日趋复杂。从油气勘探潜力来看，中部凹陷西区的勘探目标主要是受断层控制形成的断块、断垒圈闭，并且已经过多轮、多层系的立体勘探，勘探目标越来越小，勘探难度越来越大，未发现油气资源越来越少，潜力有限；中部凹陷中-东区目前油气发现主要集中于浅层中-上中新统碳酸盐岩台地与海底扇构造-岩性圈闭，中深层勘探程度低，而近年来，中部凹陷及其周缘发现的 HT 气田与 CRD 油气田，证实中部凹陷中-东区中深层具有发育大中型油气田的地质条件，勘探潜力较大，是未来万安盆地油气勘探的重要增长点。

S30-P-15

琼东南盆地深水区天然气成藏过程及动力机制

甘军*，张迎朝，李兴，梁刚，郭潇潇

中海石油（中国）有限公司湛江分公司研究院，湛江 524057

* ganj@cnooc.com.cn

琼东南盆地深水区中央峡谷已发现多个大中型气田，但天然气成藏过程、动力机制一直存有疑问,制约勘探新领域的拓展。综合应用有机地球化学、储层沉积学、构造地质学及成藏动力学分析方法，对比剖析中央峡谷气田群及长昌凹陷万宁 X 构造天然气的油气来源、储层展布与天然气成熟度、输导特征。研究表明：（1）天然气主要来自中央拗陷带深部的崖城组三角洲～浅海陆源海相烃源岩，有别于传统的海岸平原煤系烃源，该套烃源岩除陆源高等植物（Ⅲ型干酪根）的贡献外，来自藻类的富氢组分（Ⅱ型干酪根）也较多，烃源岩类型更好且热演化程度高，是深水区的主力烃源岩。（2）中新统～渐新统浊积水道、海底扇及（扇）三角洲纵横向展布、储盖组合及压力特征控制了天然气多期有序充注、聚集-逸散动平衡的过程，局部构造高点控制了成藏规模；（3）中央拗陷带深部异常高压为规模成藏提供了充足动力和运移通道，垂向压力封存箱及区域盖层控制了天然气的富集层位，中央峡谷天然气成藏具备“垂向+侧向运移、常压～压力过渡带复式聚集”特征；峡谷下方的底辟上拱与峡谷下切呈现“似镜像”关系，导致剩余压力梯度大，形成高效的天然气输导体系。（4）盆地深部的壳-幔结构、基底性质控制了上覆新生代地层的构造变形、沉积充填和烃源岩热演化特征，凹中强烈构造变形区和近凹古隆起区有利于压力和流体的集中释放，陵水凹陷、松南-宝岛凹陷中新统大型伸展-走滑构造+岩性圈闭带、松南低凸起背斜圈闭群等是大中型气田的勘探新领域。

S30-P-16S

拉张构造中缩短量计算方法及在琼东南盆地中的应用

汪伟[1]，尹宏伟[1]*，朱继田[2]，熊小峰[2]，贾东[1]，张佳星[1]，李长圣[1]

1 南京大学地球与工程科学学院，南京 210093

2 中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

* hwyin@nju.edu.cn

我们将三种以面积平衡为原理的几何学方法应用在物理模拟拉张实验中，对比三种方法的结果与模型设计参数间的误差，讨论了三种方法的优缺点和适用范围。其中层长守恒方法假设在构造变形过程中层长保持不变，通过曲线拉直可以恢复构造各阶段拉张量和拉张总量，利用面积守恒可以计算拉张构造中滑脱层深度。面积深度法允许构造变形过程中层长和层厚的变化，多个构造前沉积地层的面积深度拟合直线可以反映构造整体拉张量和滑脱层深度。面积守恒法在已知构造滑脱层位置的基础上，通过同构造沉积地层可以计算出拉张活动不同阶段拉张量变化和拉张总量。结合琼东南长昌凹陷剖面特征，面积守恒法是计算其拉张量变化最准确又有效的方法，面积守恒法应用结果显示过长昌凹陷剖面在岭头组、崖城组和陵水组沉积阶段的拉张量分别为 13.8 km、15 km 和 21.4 km，拉张总量为 50.2 km，拉张率为 42.7%。

S30-P-17

南海琼东南盆地深水区底辟构造特征及其油气地质意义

赵钊*，杨东升，王龙颖，纪沫

中海油研究总院有限责任公司，北京 100028

* 172607288@qq.com

琼东南盆地位于南海北部陆缘，为海南岛与西沙群岛海域间的一个高温超压较发育的盆地，在其深水区发育多个底辟构造。底辟构造是在地质应力作用下，深部或者层间的塑性物质垂向流动，致使沉积盖层上拱或刺穿，侧向地层遭受牵引形成的构造。据底辟核充填可将底辟类型进一步划分为泥底辟、岩浆底辟、盐底辟。琼东南盆地深水区发育的底辟以泥底辟与岩浆底辟为主，该研究区地震资料受限于中深层的资料品质与海底崎岖造成的底辟假象，且两类底辟均以模糊带反射为主要地震剖面反射特征，难于准确区分。加之两类底辟均有多种亚相特征，这对于识别底辟类型，进而分析其对油气成藏的控制作用造成了很大的研究困难。针对这个难题，本研究运用三维地震资料、重磁资料与速度资料中的敏感属性与技术手段综合识别深水少井区底辟构造特征与分布。

陵水 17 大气田的勘探实践表明底辟活动形成的构造不仅是油气勘探的重点目标，其发育演化形成的断层和微裂隙也是油气垂向运移的优势通道，即底辟活动造就多类型圈闭及垂向高效输导体系。通过调研、已钻井分析与类比陵水 17 等典型底辟构造开展琼东南盆地深水区底辟形成的地质条件分析，认为渐新统沉积的巨厚海相泥岩和生成的烃类流体为泥底辟的形成奠定了丰富的物质基础；琼东南深水区的油气以垂向运移充注为主，底辟是主要的沟源通道。

研究认为琼东南盆地深水区底辟分布规律为：西部以发育于中央水道下方和凹陷两侧断裂带的泥底辟为主，东部以宝岛凹陷和长昌凹陷东部发育的岩浆底辟为主。西部泥底辟具有裂缝与断裂两类输导泄压模式，早期泥、烃类流体混相共存至晚期逐渐分离运聚成藏；东部岩浆底辟具有中心式与裂隙式两类喷发模式，三亚组晚期至梅山组早期为火山主要活动期。琼东南盆地深水东区以 2 号断层东段为代表的晚期活动较强的深大断裂以及岩浆底辟活动区具有高 CO_2 运移风险，CO_2 气主要充注时期为中晚中新世-上新世。

S30-P-18

南海北部大陆边缘分段性控制深水区油气成藏

张功成*

中海油研究总院有限责任公司，北京 100028

* zhanggch@cnooc.com.cn

中国海洋深水区含油气盆地主体分布在南海。南海北部大陆边缘新生代构造演化具有分段性，东部珠江口盆地演化早于西部琼东南盆地，两盆地的差异性演化控制了南海北部大陆边缘早渐新世主成盆期在琼东南盆地是断陷结构成盆、在珠江口盆地深水区是断坳结构成盆。

南海北部深水区渐新统时期，琼东南盆地断陷结构受三大断裂带的控制，由隆起或凸起进入凹陷处，在崖城组、陵三段各发育三个小型煤系(扇)三角洲带。早渐新统断坳结构控制珠江口盆地深水区白云凹陷和荔湾凹陷缓坡区发育大型煤系三角洲，三角洲平原区发育多层薄煤层。琼东南盆地渐新统崖城组、陵三段的煤系(扇)三角洲-海湾体系构成三个烃源岩富集带，每个扇三角洲-海湾体系对应着一个有机质系统，由三角洲平原煤系、三角洲前缘-过渡带的陆源海相分散有机质和静水海湾体系构成。每个成熟（扇）三角洲-海湾体系形成一个生烃灶，天然气近源聚集。琼东南盆地深水区峡谷水道、中央坳陷北缘带、南缘带、坳中海底扇是重要的勘探领域。珠江口盆地煤系烃源岩主要分布于三角洲平原的分流间湾、河漫沼泽环境，陆源有机质富集于大型三角洲的前缘-前三角洲，分布范围广，凹陷内三角洲附近的静水海湾区保存条件好是陆源海相烃源岩主要分布区。珠江口盆地深水区三角洲-海湾体系控制形成白云凹陷恩平组潜在岩性-地层圈闭带、荔湾凹陷背斜圈闭带和云开低凸起-南部隆起构造圈闭带三个有利勘探领域。

S30-P-19

“沉积物供给的粒度”和“物源区水动力条件”是驱动砂体向深水盆地搬运分散的重要“推手”

龚承林[1]*，王英民[2]，Ronald J. Steel[3]，冯楠[1]，马源[1]

1 中国石油大学（北京）地球科学学院，北京 102249

2 浙江大学海洋学院，舟山 316021

3 Department of Geological Sciences, Jackson School of Geosciences, University of Texas, Austin, Texas 78712

* chenglingong@cup.edu.cn

“外陆架富砂的沉积物向深水盆地中搬运分散的驱动机制”是层序地层学和深水油气勘探研究的核心科学问题，层序地层学认为“相对海平面下降”是驱动陆架边缘砂体向深水盆地搬运分割形成海底扇的重要“推手”。本文利用“全球低位陆架边缘三角洲数据库”（由 42 个发育平坦或低角度向下坡折迁移轨迹的低位陆架边缘三角洲构成）温故了砂体向深水陆坡搬运的驱动机制，结果表明：除“相对海平面下降”之外，“沉积物供给的粒度”和“物源区水动力条件”对外陆架砂体向深水中搬运分散也具有重要的控制作用，具体表现在：

首先，在全球 42 个低位陆架边缘三角洲数据库中，与传统的“相对海平面下降驱动砂体向深水中搬运”吻合的是：有 24 个（57%）内前缘富砂的低位陆架边缘三角洲的前方出现了富砂的海底扇。而与传统的“相对海平面下降驱砂的层序地层学模式”不同的是：数据库中 18 个（43%）内前缘富泥的低位陆架边缘三角洲的前方，即使在高幅相对海平面下降的条件下，也以富泥的深水沉积为主。这表明“沉积物供给的粒度属性”（富砂或富泥，取决于陆架边缘三角洲内前缘的岩性特征）决定了深水盆地中能否形成富砂的海底扇，亦即一个富泥的源无论相对海平面下降有多大，也不可能在深水中形成一个富砂的海底扇。

此外，在全球 42 个低位陆架边缘三角洲数据库中，与传统的“河控陆架边缘三角洲才可以形成富砂的海底扇”吻合的是：河控且发育富砂内前缘的低位陆架边缘三角洲往往与一个富砂的海底扇相伴生；而与这一模式不同的是：有 6 个（14%）浪控的陆架边缘三角洲的前方也出现了富砂的海底扇。这表明“物源区水动力条件”（河控、浪控和潮控）决定了深水盆地中能否形成富砂的海底扇：河控和浪控的外陆架是砂体向深水中搬运输送的重要“推手”。

S30-P-20

南海深水区宽频地震勘探技术应用

刘春成 [1]*，陶杰 [2]

中海油研究总院有限责任公司，北京 100028

* liuchch@cnooc.com.cn

自中国海油成功建成浅水“海上大庆”后，南海深水区成为了我国海上油气勘探的重要领域和储量接替区。虽然在南海北部深水区发现了一批以荔湾 3-1 为代表的大气田，但与周边国家在南海发现的大规模油气储量相比仍有巨大差距。南海深水区具有水体深、陆坡陡、海底崎岖、地质结构以及沉积环境复杂的特点，导致地震波场能量衰减严重，散射明显，地震资料的品质差，凹陷结构和沉积充填模式及演化规律难以落实、储层及油气预测多解性强。特别是南海中南部地震资料严重缺乏，无任何钻井，无法开展系统性勘探评价，严重制约了油气勘探进程。迫切需要实现深水地球物理技术突破，解决上述瓶颈问题,进而发现大规模油气储量。

制约南海深水区油气勘探地球物理关键问题主要体现在三个方面：（1）常规震源+水平拖缆采集方式导致海洋地震资料的鬼波存在调谐性的陷频，制约地震资料频带宽度；（2）由于鬼波、多次波、地震吸收衰减的影响，导致海洋地震资料频带窄，地震分辨率低，无法有效识别大套岩性和薄互层；（3）相同沉积类型的目标 1 个成功、1 个落空，相同地震属性反演结果、含油气性截然不同，存在着多解性问题。

针对上述问题研发针对性的宽频地震采集、处理、反演技术，并应用于多个靶区，取得了良好的应用效果：

（1）研发了海洋“犁式”斜缆宽频地震采集系统，包括宽频震源、“海燕”精确定位和“犁形”电缆信号接收三部分，解决了深水区地震频带窄、特别是低频缺失的问题，使得地震资料频带宽度拓展到 5 个倍频程，频带范围达到 3-120HZ（常规采集在 6～80Hz）。

（2）研发了高精度地震资料处理新技术体系，包括深水高精度宽频处理技术系列、深水中深层地震成像处理技术系列。实现了变深度缆、上下缆和等深度拖缆地震鬼波压制，解决了深水区中深层地震成像差的难题。

（3）研发了深水少井、无井储层及油气预测技术新体系，包括频散 AVO 技术和富低频地震反演技术，解决了传统技术在少井、无井情况下储层及油气预测多解性强的问题，提升了储层及油气预测成功率。

S30-P-21

基于频谱分解的北黄海碎屑岩薄砂体储层识别

吴淑玉 [1,2]*，刘俊 [1,2,3]，陈建文 [1,2]

1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所，国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室，青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室，海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

3 中国地质大学（武汉）资源学院，武汉 430074

* hnwushuyu@163.com

北黄海为中生代沉积为主的小型中-新生代叠复含油气盆地，面积 50000 km^2，中-新生代最大沉积厚度可达 8000 m。自 1977 年到至今，朝鲜在西朝鲜湾发现了资源量达 30 亿吨的油气储量，该油气区也包括北黄海盆地东部坳陷（龚承林等，2009；吴淑玉和刘俊，2015），随后在西朝鲜湾钻探了 15

口井，发现了中侏罗统烃源岩，并在中-上侏罗统和下白垩统中获得了工业性油流。我国从 1966 年到至今在北黄海盆地进行油气勘探，但未获得重大突破，仍停留在勘探阶段，目前主要是对盆地有效储层的预测，勘探目地层为中生界中-上侏罗统和下白垩统储层，为湖泊-三角洲沉积相（刘振湖等，2007），主要储集相带为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和近岸水下扇，碎屑岩储层厚度薄，横向变化大，储层物性较差，非均质性较强，纵向多套薄砂层相互叠置，给本区的油气勘探带来很多困难（王强等，2010；吴淑玉和刘俊，2016）。

已有的各种叠后反演、叠前反演以及振幅、频率、相位、波形等地震属性分析技术虽在储层预测和油气识别中取得了一定效果，但是在薄储层研究方面的应用还存在各自的局限性，叠后阻抗反演和地震属性分析依赖于反射波主频高低和频带宽度。叠前阻抗反演根据佐普利兹方程及其近似解进行反演，但是对于厚度小于和远小于 1/4 波长的薄层，在薄层的顶底面易形成层间多次反射波及其转换波叠加形成的复合反射波，因此利用叠前反演不满足条件（郭见乐等，2013）。频率域中的薄层定量预测通过频谱分解，该技术在描述地质异常体横向不连续性以及刻画地质异常体厚度方面受到了广泛应用（李雪英等，2014）。本文根据研究区块内最新钻得的 3 口井，对下白垩统自然伽玛（GR）和自然电位（SP）测井曲线进行了沉积相划分，通过分析叠后波阻抗反演方法难以对北黄海下白垩统薄层砂体预测的特点，采用频谱分解方法得到离散能量体，通过对分频剖面和分频属性平面图进行沉积相分析，结合砂岩百分含量和储层物性资料，从而对有利地储层进行预测和圈定。

通过对北黄海东部坳陷下白垩统地震资料进行 S 变换的频谱分解，反映了砂体厚度薄、横向变化大，物性为非均质性的储层特征，利用传统的地震属性和波阻抗反演方法难以区分薄砂体和有利储集层，而频谱分解技术是寻找薄储层的有利手段，也是本研究区储层预测的新方法。通过对地震数据进行拓频处理，拓展频带宽度，为储层预测和烃类检测提供了良好的基础。

根据频谱分解资料，下白垩统早期的物源位于研究区的西北边，从西北到东南，水体逐渐加深，从扇三角洲平原相过渡到扇三角洲前缘相。通过频率调谐体对砂体厚度分析，西北砂体厚东南变薄。结合砂岩百分含量和孔渗等资料分析，下白垩统虽为低孔特低渗储层，但以指状分布的扇三角洲平原相砂岩百分含量高，其谱分解的烃类检测效果比较好，因此下白垩统砂岩为圈闭区域比较有利储集层分布范围。

S30-P-22S

鄂尔多斯盆地与南海含油气盆地地质特征与油气勘探开发技术对比

冯凯龙[1,2]*，田景春[1]，王峰[1]，冯自兴[3]，滕骧[1,2]，陈威振[1,2]

1 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室，成都 610059

2 成都理工大学地球科学学院，成都 610059

3 中国石油长庆油田分公司，西安 713900

* engkailongCHN@icloud.com

鄂尔多斯盆地位于我国西部，是我国第二大含油气盆地，地质特征复杂，而且地形涵盖广，地形特征受不同的构造体系的影响，导致了构造地形差异较大。此外，鄂尔多斯盆地的西部受复杂的地质因素的影响，油气储藏情况较为复杂。特别是鄂尔多斯盆地低渗透性油气藏分布广、储量大、开发难度大，随着油气勘探和开发程度的逐年增大，低渗透性油气藏所占比例越来越高。但低渗透油田一般形成于复杂的地质条件下，目前仍然有一些问题还没有形成成熟系统的研究技术方法。

而南海是西太平洋最大的边缘海之一，在南海内发育着二十余个沉积盆地，有极大的油气开发潜力。而现在已经探明的南海油气藏绝大多数位于陆架与上陆坡区的十个

盆地内，而在深水区盆地，油气发现率极低 。这一方面是由于南海特殊的地缘政治背景与工程条件限制，但更重要原因是对深水区盆地油气成藏条件、成藏组合划分与分布、组合内成藏特征与模式、油气有利聚集区及成藏主控因素认识不清，这极大制约了南海油气勘探进展与海疆领土维护。

在现阶段，鄂尔多斯盆地主要由中国石油长庆油田分公司和延长石油开发；南海油气盆地则主要由中海石油湛江分公司与深圳分公司以东经 113° 10′ 分界开发。其中中国石油响应中央国资委号召，要将长庆油田建成“西部大庆” ，建设国家级致密油开发示范基地。而关于南海，习总书记则是多次提到发展蓝色经济，这把南海的能源开发放在了中国崛起的战略性地位。

鄂尔多斯盆地与南海油气盆地是中国新时期油气资源开发中最重要且最具潜力的两块区域，但同时也都面临这或相同、或不同的困难。虽然有海陆之别，但在发展思路，勘探方法，开发技术等方面却又有很多可以借鉴之处。本文将两区域进行综合对比，并探寻值得对方借鉴的开发思路或技术工艺。

S30-P-23

南海北部潮汕坳陷中生界石油地质条件及勘探面临的挑战

何敏*，张向涛，郑金云，张青林，汪文强

中海石油（中国）有限公司深圳分公司，深圳 518054

* emin1@cnooc.com.cn

南海北部潮汕坳陷中生代处于古太平洋和特提斯多岛洋两大构造域的连结地带，其构造-热演化对揭示西太平洋地区中生代复杂构造演化过程十分关键，对开拓我国海洋油气勘探新领域也具有十分重要的现实意义。

综合岩浆岩年代学及区域构造环境、盆地结构、构造及充填特征等，可将潮汕坳陷晚中生代以来的构造演化划分为 5 个阶段：（1）J1-J2 古太平洋板块有限俯冲与潮汕初始弧前盆地、（2）J3-K1 古太平洋板块强烈俯冲主导沟-弧-弧后伸展体系与潮汕弧前盆地、(3)K2 造山体制与潮汕周缘前陆盆地、（4）E1-19 Ma 太平洋板块斜向俯冲与东沙隆起、（5）19 Ma 至今菲律宾海板块斜向俯冲与区域沉降。潮汕坳陷 MZ-1 井基于低温热年代学的热演化可划分为5个阶段：(1) J3 盆地沉降至 K1 初期盆地隆升剥蚀阶段，形成 J/K 不整合面，盆地增温阶段受沉降和弱岛弧岩浆作用双重控制。(2)K1 中期- K2 早期盆地沉降至 K2 末期盆地隆升剥蚀阶段，盆地增温阶段受沉降和强岛弧岩浆作用双重控制。（3）63~55 Ma 快速冷却阶段，冷却速率 10.0℃/Ma；（4）55~20 Ma 减缓冷却，冷却速率为 1.4℃/ Ma；（5）19~0 Ma 盆地沉降阶段，增温速率为 1.8℃/Ma。

研究表明南海北部潮汕坳陷晚中生代以来的构造-热演化对其油气地质条件具有十分重要的控制作用，表现为：（1）J1-J2 初始弧前盆地阶段发育稳定分布的主要烃源岩；（2）MZ-1 井烃源岩、储层高演化与其靠近 J3-K1 弧前盆地岛弧位置遭受强岛弧岩浆增温作用有关，而弧前盆地远离岛弧的主体区为冷盆；（3）K1 晚期的弧前盆地萎缩期以及 K1 周缘前陆盆地阶段，海水深度逐渐变浅，发育主要的储层；（4）K2 末期至 19 Ma 盆地长期整体处于隆升阶段，为盆地大型构造圈闭的主要发育期；（5）19 Ma 至今的区域沉降阶段所沉积的稳定分布的厚层泥岩则是良好的区域盖层。

S30-P-24S

南海南部深部热状态

任自强[1,2]，施小斌[1]*，王丽芳[3]，赵俊峰[1]，王彬[3]

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，南海海洋研究所，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 100049

3 中海油海南能源有限公司，湛江 524057
* bshi@scsio.ac.cn

南海是西太平洋最大的边缘海，中生代以来在欧亚板块、太平洋板块以及印澳板块的相互作用下形成了张、压、剪俱全的陆缘，并发育众多含油气盆地。因此开展南海深部热状态的研究不仅有助于对南海陆缘的形成演化及海底扩张等问题的认识，同时也为油气资源潜力的评价提供重要依据。目前，南海北部深部温度场的计算多依赖于海底热流数据的深部外推。然而，相对于研究程度较高的北部，南海南部热流数据较少、多集中在陆架区，不能代表区域热状态及用于深部温度场的研究。本文利用南海南部磁异常数据反演得到其居里面深度，在此次基础上分析深部热状态的变化及受控因素，对认识南海南部深部温度场及盆地油气资源潜力评估具有重要的科学研究价值。

岩石中磁性矿物的温度随埋深的增大而增加，当温度超过居里温度（550-580 ℃）时其铁磁性会逐渐变为顺磁性，该深度界面就称为居里面，因而居里面不仅是岩石圈磁性底界同时也是等温度面。南海南部居里面深度在 7-23 km 之间，陆缘区居里面深度小于莫霍面，海盆内居里面深度与莫霍面相差小于 2 km。研究区内南海西南部巽他陆架区居里面最深，最大超过 20 km，对应于相对较小的热流值，平均约 60 mW/m^2。南沙群岛及礼乐滩居里面相对较深，大部分区域深度大于 13 km，热流数据较少。南海西部走滑断裂带、中建南盆地、南沙海槽及巴拉望海槽居里面深度较浅，大部分区域小于 11 km；其中越东断裂和西巴拉姆断裂等走滑断裂带为高热流带，热流值普遍在 80 mW/m^{2}以上；南沙海槽及巴拉望海槽平均热流值虽仅有 61 mW/m^2，然而较薄的岩石圈及地壳厚度、构造热演化模拟显示的高基底热流以及较浅的居里面深度均表明其可能存在着较高的深部温度，来自婆罗洲的陆源沉积以及活动推覆体的热披覆效应等浅部热活动可能是其海底热流相对较低的原因。海盆内居里面均在 13 km 以浅。

研究区内南海西部走滑断裂带、中建南盆地、南沙海槽及巴拉望海槽较浅的居里面深度反应较高的深部热状态。综合分析得出，研究区内居里面及深部热状态的变化主要受控于区域走滑断裂带的展布及地壳的伸展减薄程度。越东断裂和西巴拉姆断裂等走滑断裂是沟通岩石圈的深大断裂，在南海形成演化过程中起着重要的作用，沿断裂带火山作用及超热活动发育是造成高热流值和浅居里面的原因。中建南盆地幔直接与上地壳和上部沉积物接触，地幔上涌和地壳的强烈减薄是控制该区居里面抬升的主要因素。南海南部沿走滑断裂及海槽发育多个沉积盆地，较高的热流及深部热状态有利于有机质的成熟，是油气勘探开发的重要领域。

S30-P-25

新生代构造运动对南海中南部盆地油气地质条件的控制作用

谢晓军*，赵志刚，刘世翔，赵志刚

中海油研究总院有限责任公司，北京 100028
* iexj@cnooc.com.cn

根据盆地基底类型、南海区域断裂特征及盆地构造演化过程，将南海中南部 9 个盆地划分为中部伸展-漂移型（包括南薇盆地、北康盆地、礼乐盆地、南沙海槽盆地和巴拉望盆地）、西部伸展-走滑型（中建南盆地和万安盆地）和南部伸展-挤压型（曾母盆地和文莱-沙巴盆地）三个盆地群。

新生代，南海中南部盆地主要经历了四期构造运动，分别是礼乐运动、西卫运动、南海运动和南沙运动（包括Ⅰ和Ⅱ幕）。礼乐运动是由于太平洋板块的运动方向和运动速率发生了显著改变，由前期的挤压作用为主转为晚白垩世之后的拉张作用为主而产生的；西卫运动是由于古南海由西向东的俯冲作用下，曾母地块与婆罗洲地块碰撞而产生的；南海运动形式的原因是由于新南海由东向西（32-16Ma）的扩张；南沙运动Ⅰ

幕是由于南沙地块与婆罗洲地块的碰撞而产生的，南沙运动Ⅱ幕的形成是因为苏禄海扩张导致卡加延脊与巴拉望、礼乐地块的碰撞。

构造控制盆地形成与演化阶段。礼乐运动和西卫运动控制盆地雏形的形成，礼乐运动主要控制礼乐和巴拉望2个盆地雏形的形成，西卫运动则控制中南部其他盆地雏形的形成。南海运动和南沙运动控制盆地构造演化阶段，其中南海运动控制礼乐、巴拉望和中建南盆地的断拗转换，南沙运动则控制中南部其他盆地的断拗转换。

构造运动控制沉积环境。南海运动控制中部盆地群在晚渐新世-早中新世沉积期间以碳酸盐岩-滨浅海沉积环境为主，盆地周缘缺乏大型陆源的输入；南海运动使西部盆地群由新生代早期的湖相沉积过渡到晚渐新世逐渐开始的海相沉积；西卫运动和南沙运动使得古南海持续俯冲并逐渐消亡，俯冲抬升形成的加里曼丹岛成为南部盆地群主要的物源区，促使南部盆地群从早渐新世-现今持续发育大规模的三角洲沉积体系。

构造运动运动控制盆地烃源岩发育时间。南海运动控制中部盆地群主力烃源岩的发育时间，为始新-渐新世的Ⅲ型陆源海相烃源岩；南沙运动控制西部和南部盆地群主力烃源岩的发育时间，以渐新世-中新世Ⅱ-Ⅱ型海陆过渡相-陆源海相烃源岩为主。

构造运动运动控制成藏条件形成时间。各盆地群的圈闭大规模开始发育的时间受不同构造运动的控制，中部盆地群由西卫运动控制，西部盆地群由南海运动控制，南部盆地群由南沙运动控制。南沙运动则整体控制南海中南部盆地的生烃高峰和油气开始大规模运移的时间。

总体上，新生代南海中南部各构造运动控制着各盆地群的不同的油气地质条件。

S30-P-26

南海新生代地层识别及展布规律分析

宋双*，张功成，赵志刚，谢晓军，刘世翔，王一博，郭佳，王龙，唐武，王龙颖

中海油研究总院，北京 100028

* ongshuang2@cnooc.com.cn

南海一直以来都是国内外研究的焦点，但受资料分布及品质限制，至今无法建立一个大南海区域地层格架，本文以覆盖南海的区域科考地震资料为基础，用“多元法”结合多种地球物理资料开展层位识别和地震解释，主要采用借鉴南海北部钻井合成地震记录、成熟区地震剖面（珠江口、琼东南、曾母、礼乐等盆地）引层、国外地震剖面（北康、南薇西等盆地）立体标定、ODP（大洋钻探）资料以及南海磁异常条带定年等方式开展层位识别与地震综合解释，共识别出新生代六套反射层位，总结出每套界面波阻特征，在区域地震解释的基础上，从整体上首次分析了南海中央海盆及周边地层形态及展布特征，从纵向上认识了南海，是开展南海地质研究迈出的重要一步，所取得的成果对揭示新南海扩张、南北两侧盆地地层对比、洋盆结构分析等均具有重大科学意义。

根据区域构造演化特征规律，识别出的地震反射界面与区域构造运动具有很好的对应关系，随着地层时代由老变新分别对应礼乐运动、西卫运动、南海运动、洋壳跃迁、南沙运动一幕以及南沙运动二幕。其中T100（前新生界顶）对应礼乐运动，成因主要是南海中生代处于欧亚板块-太平洋板块“双板块汇聚”体制中，后来太平洋板块的运动方向和运动速率发生了显著改变，由前期的挤压作用为主转为晚白垩世之后拉张作用，导致形成区域性不整合，在此之后裂陷开始，盆地雏形形成。T80（始新统顶）对应西卫运动，其形成原因为古南海俯冲作用下曾母地块与婆罗洲地块碰撞，古南海逐渐开始消亡于婆罗洲之下，在婆罗洲北部形成逆冲增生楔，三角洲开始形成并向北推进。T70（早渐新统顶）对应南海运动，该运动主要由于新南海扩张导致南海南北两侧形成区域性破裂不整合面，并且随着新南海自东向西的扩张，破裂不整合面逐渐向西迁移，南海运

动后中央海盆形成，区域海相沉积范围扩大。T60（晚渐新统顶）对应南海洋壳跃迁，随着新南海的扩张，在晚渐新世末期，受区域应力场变化的影响，南海中央海盆扩张方向发生改变，由东西向扩张转变为北东南西向扩张，西南次海盆打开。南沙运动分为两幕，其中T50(早中新统顶)对应南沙运动一幕，其成因为南沙地块与婆罗洲地块碰撞，古南海消亡殆尽，新南海扩张停止，该时期在南部曾母盆地和文莱-沙巴盆地形成大量三角洲，沉积环境为海陆过渡相；T40（中中新统顶）对应南沙运动二幕，苏禄海扩张导致卡加延脊与巴拉望、礼乐地块的碰撞，在巴拉望岛和礼乐盆地南部形成大量逆冲断层，区域上以挤压应力为主，沉积环境为深海相。

在此基础上，对南海新生代地层展布规律进行了分析：始新世地层在南部主要分布的礼乐及北康盆地，在北部主要在珠江口盆地局部凹陷内分布，大型隆起区基本不发育；早渐新世地层缺失边界与南海磁异常条带边界相似，该时期在珠江口盆地、礼乐盆地均发育有明显的角度不整合特征；渐新世地层展布范围逐渐扩大，在北部局部隆起区，南部礼乐盆地台地上局部位置不发育，该时期在琼东南盆地、中建南盆地均发育有明显的角度不整合特征；早中新世地层基本覆盖全区，洋盆中心位置认为该时期南海仍处于持续扩张阶段，沉积缺失；中中新世以后区域构造趋于稳定，地层全区分布。

结合南海区域演化规律，本次研究认为南海区域地层展布受新南海扩张控制。扩张前（早渐新世以前）：该时期区域构造运动相对较弱，始新统及以下地层发育局限，主要发育在坳陷深处及隆起上残洼深部。扩张初期（早渐新世末期）：区域构造运动对应南海运动，新南海由东向西扩张，早渐新世地层广泛发育，大型隆起区缺失，洋盆范围无地层沉积。扩张调整期(晚渐新世末期)：西北次海盆关闭，西南次海盆打开，中央海盆仅南北边缘发育，西南次海盆不发育。扩张停止（早中新世末期）：由于南沙地块与南部的婆罗洲地块碰撞，古南海俯冲消亡，南海扩张停止，洋盆内地层沉积范围扩大，地层沉积范围覆盖全区。综上所述，新南海扩张东早西晚，扩张过程控制了地层展布具有早期发育局限，晚期全区发育的特点。

S30-P-27

南海中南部区域储层分布规律及油气成藏模式

王龙*，郭佳，宋双，王一博，唐武，刘世翔，谢晓军

中海油研究总院有限责任公司，北京 100028

* 7306585@qq.com

南海是西太平洋最重要的边缘海，位于欧亚板块、太平洋板块和印-澳板块的交汇地带。南海中南部区域蕴藏着丰富的油气资源，是我国未来重要的油气勘探接替区。截至目前，该区域内油气可采储量共 57.8×10^8t（2P 可采储量油当量，下同），其中石油 17.56×10^8t，天然气 5.01×10^{12}m^3。根据南海中南部各盆地油气分布情况，将其划分为礼乐盆地-巴拉望盆地油气区、万安盆地油气区、曾母盆地-文莱-沙巴盆地油气区。目前在南海中南部区域内主要分布碎屑岩和碳酸盐岩两类储层，其中碎屑岩储层主要分布于西南缘万安盆地的西侧、南缘曾母盆地的南侧及东南缘文莱-沙巴盆地；碳酸盐岩储层主要分布于礼乐盆地、巴拉望盆地、万安盆地中东部和曾母盆地中北部。

礼乐盆地和巴拉望盆地内主要为上渐新统-下中新统碳酸盐岩储层富气；万安盆地和曾母盆地近岸为上渐新统-下中新统砂岩储层富油，远岸为中-上中新统碳酸盐岩储层富气；文莱-沙巴盆地为中中新统-上新统砂岩储层富油气。万安盆地西侧、曾母盆地南侧及文莱-沙巴盆地构造活动弱缺少沟通上部储层的大型油缘断裂，发育自生自储式砂岩油气藏，文莱-沙巴盆地内 Ampa Southwest 油气田具有自生自储的成藏特征；礼乐盆地和巴拉望盆地在漂移期断层继承性发育，万安盆地东侧和曾母盆地中北部构造活动强烈，主要发育下生上储式碳酸盐岩油气藏，曾母盆地的 L 气田和 E11 油气田具有下生上储的成藏特征。

依据烃源岩和储层分布特征及多个油气田的成藏特征，将南海中南部的成藏模式分为三类：①万安盆地西侧在渐新世-早中新世发育大型三角洲，不仅形成了盆地内重要的海陆过渡相烃源岩，同时形成了盆地内重要的碎屑岩储层，属于自生自储、砂岩储层富油为主、早期成藏类型；②礼乐盆地和巴拉望盆地发育始新世-早渐新世陆源海相烃源岩及晚渐新世-中中新世碳酸盐岩储层，曾母盆地中北部发育早中新世陆源海相烃源岩及中-晚中新世碳酸盐岩储层，它们属于下生上储、碳酸盐岩储层富气为主、晚期成藏类型；③文莱–沙巴盆地发育中中新世–上新世多期三角洲沉积，烃源岩与储层发育良好，属于自生自储、砂岩储层内油气并存、晚期成藏类型。

S30-P-28

南海南部礼乐盆地构造层序界面特征及油气地质意义

左倩媚*，王亚辉，张道军，刘峰，罗威

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

* uoqm@cnooc.com.cn

礼乐盆地是南海南部深水领域一个重要的沉积盆地，具有较好的油气资源前景。应用沉积学和层序地层学的原理和方法，结合区域构造演化特征，明确了 S100、S70、S50 为礼乐盆地原型构造演化阶段的三个关键性构造层序界面，详细研究了这 3 个关键层序界面在钻井岩性、测井曲线、古生物及地震剖面上的特征，结果表明：1）构造层序界面为岩性、电性的突变面，如 S100 界面之下为火山集块岩，界面之上为正常的海相砂泥岩；S70 界面之下岩性为砂泥岩互层，界面之上岩性突变为碳酸盐岩；S50 界面上下自然伽玛曲线和声波时差曲线呈现明显突变，代表了台地灰岩向生物礁灰岩的转变。2）构造层序界面附近，古生物演化过程中存在标志生物种属和数量的突变，代表了沉积环境存在较大差异，可能存在地层缺失或较长时间的沉积间断。3）地震剖面上这 3 个构造层序界面是区域性的不整合界面，表现为明显的上超、下超或削截特征，局部地区 S70 还呈现明显的“薄底”现象。进而详细论述了这三个构造层序界面形成的油气地质意义，具体表现为：1）反映了关键时期礼乐盆地性质的转化：根据层序界面所对应的地质年代及其和区域构造时间的响应关系，将礼乐盆地划分为陆源裂陷阶段（S100-S70）、地块漂移阶段（S70-S50）及前陆沉降阶段（S50-现今）3 个构造演化阶段，分别对应于“伸展宽缓型”、“张扭收缩型”、“压陷坳陷型”3 期原型盆地的发育演化；2)有利于形成优质储集空间：不整合界面是控制碎屑岩储层和碳酸盐岩溶储层的重要控制因素。特别是地块漂移阶段形成的碳酸盐岩台地及台地边缘礁滩相储集体，后期由于构造抬升遭受风化剥蚀，经受了长期的风化淋滤作用，在地表水和地下水的共同作用下，形成的储集物性高的岩溶储集体。3）层序不整合面是油气横向长距离运移的重要通道，也是礼乐盆地油气藏成藏的关键。来自盆地中央古新统和始新统的煤系源岩层和海相源岩层生成的油气，主要通过断裂、输导砂体以及层序界面中的不整合面运移，首先由断裂垂向运移，再通过输导砂体和不整合面横向运移，向有利的储集区带运聚成藏。该研究成果将为礼乐盆地油气勘探提供重要的基础地质资料。

S30-P-29

南海中南部三大盆地群沉积体系新认识

郭佳*，刘世翔，宋双，王一博，唐武，王龙

中海油研究总院有限责任公司，北京 100028

* yspace_8423@163.com

目前，国内外学者对南海中南部沉积体系研究成果较少，以往研究多是以单个盆地为研究对象，鲜有对中南部作为整体进行区

域分析。本文在前期研究成果的基础上，利用古生物、钻井、露头、地震等资料，结合区域地质演化规律，对南海中南部 9 个盆地（划分为三个盆地群）的新生代沉积体系进行了综合分析。首次明确了不同盆地群沉积体系展布特征及充填演化规律，创新性提出了新生代早期（始新世-早渐新世）“西湖东海”、晚期（晚渐新中新世-第四纪）“广海分布”的沉积体系变迁规律，阐明三大盆地群沉积体系展布规律与南海构造演化的对应关系：中部伸展-漂移盆地群具有“早砂晚灰”的沉积特点，受新南海扩张的影响，盆地缺少物源供给，仅接受局部物源，晚渐新世开始隆起上发育碳酸盐岩；西部伸展-走滑盆地群具有“早湖晚海”的沉积特点，由于受古隆起阻隔，晚始新世-早渐新发育湖相，晚渐新世随着新南海的打开开始接受海侵，主要接受西侧物源供给；南部伸展-挤压盆地群具有“早深晚浅”的沉积特点，始新世受古南海的影响，发育深海沉积，渐新世以后随着新南海打开和古南海向南俯冲消亡，曾母地块与婆罗洲地块碰撞，南部持续发育大中型三角洲，主要接受南侧供源。本文的认识为下一步烃源岩分析指明了方向，为南海中南部油气勘探打下了基础。

S30-P-30

从微体古生物和地化指标看珠江口盆地始新世-渐新世沉积环境演变

张丽丽*，舒誉，龙祖烈，蔡国富

中海石油（中国）有限公司深圳分公司，深圳 518054

* hanglili@cnooc.com.cn

沉积记录中的微体古生物和有机地球化学可以作为沉积环境重建的替代性指标，因此，利用海陆古生物组合特征可以用来重建地质历史时期的环境变迁。针对始新世-渐新世时期，珠江口盆地是否遭受海侵、海侵的期次、影响范围及对烃源岩形成条件的影响等问题，本研究利用珠江口盆地已钻井沉积物中的微体古生物化石（孢粉、藻类、有孔虫、钙质超微化石）记录和有机地化指标等来进行对比分析。研究结果表明：早中始新世文昌组沉积期（文昌期），盆地沉积以陆相湖泊-三角洲沉积为主，但盆地南部荔湾凹陷和东部的韩江凹陷遭受过海侵，这一时期盆地发育的烃源岩主要以中深-浅湖相泥岩为主，生烃母质为湖生低等植物源，荔湾凹陷烃源岩地化指标有海相指示；晚始新世恩平组沉积期（恩平期），盆地北部各凹陷仍以陆相浅水湖泊-河流三角洲沉积为主，盆地南部的荔湾凹陷则以海相陆架沉积为主，在恩平末期白云凹陷遭受海侵影响，该时期烃源岩以陆源高等植物源、富含煤质、III 型干酪根为主，但南部坳陷烃源岩明显有遭受海侵的指征；渐新世珠海组沉积期（珠海期），珠江口盆地沉积以三角洲-陆架-陆棚海相沉积为主，而珠一坳陷早期为剥蚀区，未接受沉积，仅到珠海中-晚期，随着海平面不断上升，才沉没于海下接受古珠江三角洲-陆架沉积，此时期仅白云凹陷发育海相珠海组烃源岩，由于地温等原因，其余海相泥岩沉积未成熟。总体而言，沉积记录中微体古生物组合和有机地化指标很好地记录了始新统以来构造活动强度影响下珠江口盆地沉积环境的演变过程及对烃源条件的影响，对于对比、类比分析盆地东部、南部低勘探程度区的资源潜力有十分重要的意义。

S30-P-31

琼东南盆地深水区陆源海相烃源岩发育模式及勘探启示

李兴*，甘军，梁刚，汪紫菱

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

* ixing4@cnooc.com.cn

琼东南盆地深水东区由于基底韧性拉张导致凹陷新生代地层断裂较发育，深部崖

城组烃源岩生成的油气主要通过这些垂向断裂运移至上部储层成藏。而深水西区发育脆性基底，造成新生代地层断裂不发育，油气则通过泥底辟微裂隙带垂向运聚的方式成藏。分析发现，深水东西区的油气尽管均是垂向运聚模式，却呈现出不同的烃类气地球化学特征，本文主要从烃类组成差异、烃源岩发育模式等角度对琼东南盆地深水区优质烃源岩进行了剖析，以期寻求下步有利勘探方向。

深水西区发现的陵水 17-2 气田烃类气甲乙烷碳同位素分别为 37.4‰、-24.1‰，同时 C_7 轻烃化合物中富含来源于腐殖型母质的甲基环己烷，为典型的煤型气。而深水东区最新发现的万宁 1-1 烃类气甲烷碳同位素值约-34‰，乙烷碳同位素均值-26.7‰,C_7 轻烃具有同样的特征，成因上同属于煤型气，但相比之下，反映成熟度的甲烷同位素更重，说明成熟度应更高，烃类来源指示意义的乙烷同位素又较轻。另外 C_3-C_5 等重烃碳同位素值也显示，深水东区的万宁 1-1 烃类气更轻，综合表明深水东西区的烃类气组成上的区别，也暗示了其对应烃源岩沉积环境、生烃特征上的差异性。

按照生烃动力学理论，烃源岩成熟度越高生成的烃类气碳同位素应该更重，但这里出现了相反的特征。其中的影响因素可能有两点，其一深水东区烃类气属于早期成藏，事实上 WN1-1-1 井区烃类气成熟度与三亚组一段沉积期烃源岩成熟度相近，而深水西区烃类气成熟度与上新世时烃源岩成熟度相匹配，反映出深水东区烃类气成藏早于深水西区。其二是陆源生烃母质的差异，沉积相解释深水东、西区气田位置底部烃源岩都属于浅海相带，两者底部的气源岩应为高丰度陆源有机质通过海水搬运在斜坡处沉降沉积而形成，东区受海水的影响更大，此外受早渐新世南海扩张的影响，在南北方向的应力场作用下形成西沙海槽，与西北次海盆连通，也是陆源有机质受海水改造的重要因素。

综上所述，深水东西区的烃源岩都属于陆源海相、洋流搬运、海水改造及坡下富集的发育模式，已发现的天然气证实了陵南斜坡、长南断阶带均发育优质陆源海相烃源岩。琼东南盆地深水下步可围绕这两个优质烃源分布区进行勘探。

S30-P-32

南海白云凹陷深水区砂岩储层岩石物理相特征

田兵[1]*，牟炜卫[1,2]，赵钊[3]，陈国俊[1]

1 甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室，兰州 730000

2 中国科学院大学，北京 100049

3 中海油研究总院，北京 100028

* b0915@sina.com

作为典型的深水砂岩油气藏（水深300~2000m），白云凹陷深水区油气藏具高温、高压、高资源潜力、高丰度、高生烃强度、规模储层、巨厚盖层与构造-岩性圈闭发育、产量受有效储层控制的基本特征。鉴于深水勘探的高昂成本，大型有效储层发育的“甜点”区预测是白云凹陷深水区勘探和开发的重点和难点。储层“甜点”区的发育是在一定构造背景下沉积物经历沉积和成岩等不同因素综合作用的结果，而储层岩石物理相是三者对储层改造效应的综合体现。

综合应用普通薄片、铸体薄片、阴极发光、扫描电镜、压汞测试和测井等资料，对白云凹陷深水区渐新世砂岩储层的岩石物理相特征进行了研究。结果表明：渐新世砂岩沉积以陆架边缘三角洲前缘为主，发育水下分流河道、河口坝和水下分流间湾等微相。根据砂岩沉积层理、粒度及成分成熟度指标进一步量化细分，划分出水下分流河道粗砂岩、水下分流河道中砂岩、水下分流河道细砂岩、河口坝中砂岩、河口坝细砂岩和水下分流河道间泥岩共 6 种岩性岩相类型。

渐新世储层经历压实、胶结和溶蚀等成岩作用，现今处于中成岩演化 B 期。根据成岩作用类型和强度、成岩矿物等将储层划分为强压实、碳酸盐强胶结、弱压实不稳定组分强溶蚀和中压实强溶蚀 4 种成岩相。选取自然伽马、声波时差、电阻率、密度和中子

等测井曲线归纳了不同成岩相的测井响应特征并建立了各成岩相的测井识别标准。

渐新世储层孔隙类型多样，储集空间主要是压实残余粒间孔、粒间、粒内溶蚀孔，属于中孔中渗非均质性较强的储层。孔隙结构具中小孔隙、细微喉道、细歪度和孔喉分选、连通性中-差的特征。利用压汞参数将储层孔隙结构划分为粗喉大孔型、中喉中孔、细喉中孔、微喉小孔 4 类，细喉中孔、微喉小孔对应较差储层或者无效储层，有效储层主要以中喉中孔为主。

通过岩性岩相、成岩相和孔隙结构相 3 个单相与物性、产能资料等储层有效性参数的标定和拟合建立各相的表征参数，利用“相控”叠加法与模糊聚类分析建立渐新世储层岩石物理相的分类标准，划分出了水下分流河道中砂岩-不稳定组分强溶蚀-中喉中孔型、河口坝细砂岩-碳酸盐强胶结-微喉小孔型共 13 种不同的岩石物理相，并建立了岩石物理相与储层有效性的对应关系模型。

S30-P-33

全球深水富油气盆地分布格局及成藏主控因素

屈红军 [1]*，张功成 [2]

1 西北大学大陆动力学国家重点实验室/西北大学地质学系，西安 710069

2 中海油研究总院，北京 100027

* ongjun@nwu.edu.cn

全球深水盆地主要分布在环大西洋区域、东非陆缘海域、西太平洋区域，以及环北极区域和新特提斯区域等五大主要区域，前三者呈近南北向分布，后者呈近东西向分布，总体呈“三竖两横”格局。通过对全球深水富油气盆地的分布情况分析，全球深水富油气盆地主要分布在 28 个盆地，呈“一横二竖”分布格局，“一横”指新特提斯深水盆地群，“二竖”指大西洋大陆边缘深水盆地群及东非陆缘深水盆地群；另外“一横一竖”的环北极深水盆地群及西太平洋大陆边缘深水盆地群油气勘探程度低，油气发现相对比较贫瘠。这 28 个深水富油气盆地分别是：大西洋大陆边缘深水盆地群——挪威中部陆架，墨西哥湾盆地，巴西东部大陆边缘的坎波斯盆地、桑托斯盆地，西非大陆边缘的阿尤恩—塔尔法亚盆、塞内加尔盆地、尼日尔三角洲盆地、赤道几内亚盆地、加蓬盆地、下刚果盆地、宽扎盆地、纳米比亚盆地、西南非海岸盆地；新特提斯深水盆地群——地中海的尼罗河三角洲盆地，孟加拉湾盆地，澳大利亚西北大陆架的卡那封盆地、布劳斯盆地、波拿巴盆地，南海北部深水区的珠江口盆地、琼东南盆地，南海南部深水区的文莱－沙巴盆地、北巴拉望盆地、曾母盆地、万安盆地；东非陆缘深水盆地群——索马里盆地、鲁伍马盆地、坦桑尼亚盆地、莫桑比克盆地。

全球已发现深水富油盆地群主要分布在南北走向的大西洋深水盆地群的“一竖”，受“南湖北海南北向断陷盆地群”影响；全球已发现深水富气盆地群沿新特提斯构造域及东非陆缘盆地群呈“一横一竖”展布，受“海陆过渡断陷盆地群”影响；通过对世界主要深水富油气盆地成藏要素的系统对比分析研究，认为全球富油气深水盆地油气成藏主控因素可归纳为以下五种类型：①盐构造、输导体系和大型浊积扇共同控藏；②源控区，大型储集体控藏；③源盖控区，大型三角洲控藏；④源盖控区，礁滩控藏；⑤源热控区，输导体系和圈闭控藏。

S30-P-34

基于深度域地震成像的中沙海槽盆地东北部结构构造研究

赵斌 [1,2]*， 高红芳 [1,3]，张衡 [1,2]，李丽青 [1,2]

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510075

2 广州海洋地质调查局资料处理研究所，广州 510760

3 广州海洋地质调查局区域地质调查所，广州 510760
* zhaobin@163.com

深度域地震成像基于叠前深度偏移技术，叠前深度偏移是在精确地质建模和速度分析基础上进行处理，在叠加之前进行归位，断点更为清晰，归位更为准确，具有更高的信噪比(Baysal et al.,1983；Dai et al.,2004)。因时间偏移不能解决大构造倾角以及强横向变速等问题，深度偏移已逐渐成为复杂构造区域高精度地震成像的关键技术（潘兴祥等，2013）。目前，叠前深度偏移技术在深层盐下、深水崎岖海底、复杂构造和低信噪比地区的地震资料成像中得到了有效应用（王维红等，2011；许自强等，2013）。此外，叠前深度偏移剖面的纵轴是深度（Depth）而非“双程走时”（Time），具有比时间域剖面更直接的地质意义，可直接与钻井、测井及地质资料进行关联解释（孙万元等，2017），目前该技术被越来越多地应用于区域构造解释、含油气沉积盆地分析中。

据估计，整个南海盆地群石油地质资源量为 226.3 亿吨，天然气总地质资源量为 15.84 万亿 m^3 （张功成等，2010），油气资源非常丰富。目前，南海陆架和上陆坡的研究和勘探程度相对较高，如珠江口盆地、北部湾盆地和莺歌海盆地等都有丰富的油气资源发现（施和生等，2014；杨希冰，2016；李绪深等，2017）。而对下陆坡——洋壳过渡带盆地的研究还比较少,特别是深水区勘探刚刚开始，新领域较多（张功成等，2010）。中沙海槽盆地位于南海北部下陆坡——洋壳盆地过渡带，紧邻南海西北次海盆，对南海构造演化、沉积学和古海洋学等研究都具有重要意义。而目前对于中沙海槽盆地的研究还比较少，特别是对于盆地的基底和边界构造等特征还没有明确的定论，仅有一些重磁反演的相关研究（郝天珧等，2011），随着南海深水区油气勘探需求的不断增加，进一步明确中沙海槽盆地的结构构造特征显得尤为主要。

基于叠前深度偏移处理技术，在深度域地震成像分析、解释基础上，结合前人重磁反演等地球物理资料成果，对中沙海槽盆地东北部结构构造进行探索研究，主要获得以下新认识：中沙海槽盆地东北部发育新生代地层，厚度在 1500-2500 m 之间，地层层速度为 1500-3500 m/s，不存在中生界沉积层，盆地基底为海山或前寒武系基岩及岩浆岩隆起。整体上，中沙海槽盆地东北部的沉积厚度较小，盆地中心新生界地层厚度在 5000 m 以上，最大厚度可达 8000 m；盆地西南部海盆和海山发育，地形起伏大，而盆地中北部以深海平原为主。

S30-P-35S

塔中北坡奥陶系深层碳酸盐岩高频层序发育及沉积特征

王洁[1]*，韩建辉[2]

1 成都理工大学能源学院，成都 610059
2 成都理工大学能源学院，成都 610059
* 27894604@qq.com

通过对高频层序的成因分析认为，周期性高频海平面升降变化和气候是高频层序发育的主控因素。根据 GR、SP、AC 值等测井资料,以及岩心、薄片等反映沉积基准面和沉积相变化的资料，利用测井曲线进行旋回地层学分析，找出古环境及海平面变化响应，采用米级旋回分析方法，结合观察岩性和岩相变化，对四级层序界面加以识别及划分，在塔中北坡奥陶系碳酸盐岩台地边缘内划分出 20 个高频层序（四级层序）。塔中北坡高频层序层序上段主要发育台地边缘相，包括台缘礁丘和台缘浅滩，台缘浅滩以各种亮晶粒屑灰岩为主，中段发育台坪、台内滩和深水台地 3 种亚相，台内滩可细分出砂屑滩、砾屑滩、鲕粒滩、生屑（藻屑）滩微相，下段以台内滩和局限台坪（滩间海）亚相。高频层序的研究为建立高精度层序地层格架和有利储集层的精细划分、对比及预测奠定了基础。

S30-P-36S

婆罗洲北部中新生代岩石磁化率特征

朱晨曦，唐华风*，何凯伦

吉林大学地球科学学院，长春 130000

* anghfhc@jlu.edu.cn

磁化率主要反映样品被磁化的难易程度及磁性的强弱。磁化率在海相沉积物的研究过程中也被广泛的应用，由此记录并反映了沉积物物源、沉积动力大小和次生条件等沉积环境及古气候变化的综合信息。我们对婆罗洲北部马来西亚沙巴州以及沙捞越州野外露头区共测量了 532 组、2128 个磁化率数据，并且对岩石的实测资料进行了详细系统地分类整理，通过进一步分析，将被测的 532 组磁化率数据按照岩性分成了沉积岩、岩浆岩和变质岩三大类。其中，沉积岩 378 组，岩浆岩 145 组；变质岩 2 组，煤等其他岩石 7 组。沉积岩样品的磁化率主要集中在 -15～19000×4π×10-6（SI）；岩浆岩样品的磁化率主要集中在 30～41000×4π×10-6（SI）；工区内测量的变质岩样品主要是正变质岩即由岩浆岩经过变质作用而形成的变质岩，所以采集的变质岩样品的磁化率主要集中在 29000～32000×4π×10-6（SI）。在测量数据中玄武岩表现出了磁化率最大值，其磁化率值为 41000×4π×10-6（SI），最小值的岩性为硅质岩，其磁化率值为-15×4π×10-6（SI）。岩浆岩当中磁化率变化比较大，这主要与岩浆岩中的含铁镁质矿物含量有关，如果岩石中磁铁矿、角闪石和黑云母的含量较多，那么其磁化率也会随之升高；在沉积岩当中，因为岩石的矿物组成多为无磁性或者弱磁性的矿物，其磁化率主要由黑云母、碱性长石及岩屑提供；变质岩当中其磁化率的变化范围也比较大，主要取决于在未遭受变质作用之前的原岩的性质。最后又将相同岩性的沉积岩样品的磁化率进行比较，发现中生代形成的沉积岩的磁化率要略高于新生代时期形成的沉积岩的磁化率。

S30-P-37S

四川盆地五百梯区块长兴组礁滩储层精细刻画研究

王雷*

成都理工大学能源学院，四川成都 610059

* 182573928@qq.com

长兴组礁滩是五百梯地区主要的油气储层类型之一。通过对前人研究成果的分析，发现虽然近年来研究区的勘探取得了一定的成果，但因为油气地质条件复杂，特别是钻遇的生物礁井少，前人对其的研究也大多是基于宏观区域的研究，导致对礁滩特征认识不明确和对礁滩储层刻画不准确，与钻井资料不吻合。而礁滩储层的精细刻画分析可以明确礁滩不同微相的物质组成、岩性特征差异，这些沉积特征的差异往往导致了礁滩储层的差异并进而导致礁滩油气藏的成藏差异。因此有必要开展礁滩储层的更为精细的刻画研究。本文结合研究区现有的地质资料，通过钻井和地震信息识别出了生物礁的相对位置、通过底拉平和地震扫描解释的方法辨别出了生物礁（礁群）、礁间、台地、斜坡和海槽等大类环境相和通过地震模拟分析并结合生物礁井过井剖面，根据地震反射外部特征、内部反射构型、振幅、频率、相位以及波形特征等，总结出了研究区内长兴组礁滩的地震识别模式以及又通过开展地震模拟分析，包括宏观层划分、合成记录制作、地震地层对比、相位和振幅匹配分析、速度校正以及依据地震模拟（合成记录）得到的储层段波阻抗曲线，认识了波阻抗的结构特征，弄清了不同波阻抗结构的地震响应特征。最后，这些研究结论对于进一步落实研究区长兴组生物礁滩气藏的勘探开发潜力具有重要的意义。

S30-P-38

南海北部琼东南盆地深水区构造运动对流体势场的控制作用研究

郭明刚*，朱继田，曾小宇，熊小峰，贺懿，张焱，毛雪莲，符永磊，孙志鹏

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057

* uomg@cnooc.com.cn

琼东南盆地深水区的勘探实践表明运移是区内油气成藏的关键要素之一，而流体势场则是运移的驱动能量和研究关键，流体势又由重力能、弹性能和界面能3部分组成。本文利用区内钻井、测井、地化和地震等资料，从宏观和微观角度系统研究了构造运动对流体势场的控制。

研究表明，构造运动直接和间接控制了区内流体势场的形成与展布特征。一方面构造应力本身直接导致孔隙流体压力发生改变，因此弹性能发生变化。另一方面构造运动对输导体系格架要素的形成与质量产生控制，间接造成界面能发生变化。具体来说，在构造运动控制下形成了异于深水泥岩背景下（低孔喉区）的由断层/底辟、砂体和构造脊构成的输导体系格架（高孔喉区），造成界面能发生了变化，并成为流体势场能量优先释放的载体。另外构造运动还控制了区内古地貌的形成，造成“源”-“运”-“圈”之间的高程差，从而间接影响了重力能。进一步的深入研究表明，每一次的构造运动都是流体势场能量“失衡”-“爆发”-“再平衡”过程的诱发因素，而这一过程往往伴随着地下油气的集中大量运移，区内中央峡谷大气田就是新近系西沙运动背景下的产物。

最终在构造运动的控制下形成了深水区从凹内-斜坡、低凸起和隆起区横向上流体势逐渐降低，从早渐新世烃源岩地层到浅层晚渐新世及以上地层流体势垂向上逐渐降低的特征。其中，中央峡谷、陵水-宝岛凹中构造带和松南低凸起位于流体势场的低势区，区内底辟-断裂-“断-砂-脊”等不同样式的输导体系格架和渐新世-中新世大中型构造圈闭/岩性圈闭发育，是油气运聚有利区带，并且目前在这些地方已经有千亿方大型深水气田发现。

S30-P-39S

琼东南盆地深水区东段渐新统深水扇沉积特征及物源分析

毕广旭[1,3]*，陈国俊[1]，李超[1]，张功成[2]，周钱山[1,3]

1 甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室，兰州 730000

2 中海油研究总院，北京 100028

3 中国科学院大学，北京 100049

* gx2017@163.com

目前地质学家对垂直大陆斜坡走向发育的重力流扇体的研究日渐成熟，我国南海琼东南盆地深水区深水扇和深水水道体系发育广泛，是取得重大油气突破的重要领域和主要方向。应用新采集的大量三维地震数据，结合钻井数据，分析了琼东南盆地宝岛-长昌凹陷深水扇的发育特征和沉积来源，总结了其沉积分布特征的主控因素。研究表明：宝岛-长昌凹陷陵水组沿凹陷边缘发育小型扇三角洲；长昌凹陷中央自陵二段起发育大型深水水道-朵叶型深水扇，物源来自凹陷东南方向的永乐隆起区；凹陷东南物源区，发现大型深水峡谷，但目前并未发现大型朵叶体，是未来研究的潜力区。影响宝岛-长昌凹陷渐新统深水扇沉积和分布的主控因素主要为构造运动、相对海平面升降、古地貌等。

S30-P-40

多期岩浆热事件影响下长昌凹陷生烃门限的厘定

曾小宇*，郭明刚，朱继田，熊小峰，江凡

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，湛江 524057
* engxy6@cnooc.com.cn

长昌凹陷位于琼东南盆地深水区东部，凹陷面积大（14000 km^2），是盆地潜在的富生烃凹陷。但凹陷勘探程度低，钻井少（2口），受多期岩浆热事件发育影响，凹陷的生烃门限不能明确，制约着本区油气勘探进程。为厘定凹陷的生烃门限，就必须弄清多期岩浆热事件对凹陷烃源岩的热演化到底有什么影响及其影响程度。本文依据最新地震资料、前人对岩浆热事件发育机制研究成果和长昌凹陷热流史研究成果以及通过相干体切片技术等手段，判断识别岩浆热事件的分布与发育期次。研究表明，长昌凹陷发育两类岩浆热事件：一是突破基底进入沉积地层的岩浆底辟/火山，二是基底下岩浆房活动。基底下岩浆热事件主要有4个期次（与盆地四期区域构造运动时间相对应）；而岩浆底辟/火山也主要有 4 个期次（三亚期、梅山期、黄流期和莺歌海期），并且主要发育在凹陷中部，岩性以花岗岩、玄武岩为主。

在此基础上，运用盆地模拟技术，建立了三个受不同岩浆热事件影响的三维地质模型：模型 1 不考虑所有岩浆热事件，模型 2 只考虑基底下岩浆热事件，模型 3 考虑所有岩浆热事件（实际情况）；并结合 Easy%Ro 模型来定量分析不同岩浆热事件对凹陷烃源岩热演化影响范围与程度。

模拟结果显示：模型 1 中长昌凹陷的生烃门限为海底以下 2700-2800 m，模型 2 中凹陷的生烃门限为海底以下 2300-2500 m，模型 3 除岩浆底辟/火山影响地区外，其他地区的生烃门限与模型 2 的基本一致。对比分析模型 1 和模型 2 模拟结果表明：基底下岩浆活动对整个长昌凹陷烃源岩的热演化都有影响，导致凹陷生烃门限抬升了 200-300 m。对比分析模型 2 和模型 3 模拟结果表明：岩浆底辟/火山对周边烃源岩热演化有促进作用，影响范围和影响程度则跟岩浆体规模、与岩浆体距离远近等因素相关。影响范围根据岩浆底辟/火山大小划分为三个级次：岩浆底辟/火山直径小于 2 km，对烃源岩热演化影响范围的半径小于 3 km；岩浆体直径大于 2 km 而小于 5 km，影响范围半径小于 5 km；岩浆体直径大于 10 km 而小于 20km，影响范围半径小于 18 km。而长昌凹陷内除了宝岛-长昌凹陷之间大火山（短轴 10 km，长轴 20 km）影响范围较大外，大部分地区岩浆底辟/火山规模小（1-5 km），对烃源岩的热演化影响范围小，因此长昌凹陷的生烃门限以不受沉积层中岩浆底辟/火山热影响地区的生烃门限为准。

另模拟结果显示：长昌凹陷内钻井 W1-1-1 井受岩浆底辟/火山影响微弱，而另一口 C6-1-1 井受晚期火山影响生烃门限抬升约为 700 m。因此研究认为 W1-1-1 井实测的生烃门限（约为海底以下 2350 m）基本能代表凹陷的生烃门限；排除火山影响后 C6-1-1 井生烃门限为海底以下 2450 m，与推测凹陷生烃门限基本一致。且模型 3 模拟结果与两口井实测数据相吻合。经过以上研究，我们认为在多期岩浆热事件影响下长昌凹陷生烃门限为海底以下 2300-2500 m，为对凹陷下一步油气勘探奠定了基础。

S30-P-41S

鄂尔多斯盆地海相碎屑岩非均质性特征分析

滕骧 [1,2]*，田景春 [1]，王峰 [1]，冯凯龙 [1,2]

1 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室，成都 610059
2 成都理工大学地球科学院，成都 610059
* engjigo@qq.com

中国含油气盆地的古生代深层除了发育大量的海相碳酸盐外，还发育了相当规模的海相碎屑岩，根据塔里木盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地及国外海相的勘探与研究现状，中国海相碎屑岩主要分布在晚奥陶世-志留纪、晚泥盆世-石炭纪早二叠世及晚二叠世，并以滨岸海滩、潮滩、障壁岛、滨浅海三角洲、浅海陆棚等五种沉积相类型发育，相带分部较为稳定，储层物性主要受沉积相和后期成岩作用的控制，埋藏深度大，区域

差异性强，既发育高控高渗储层，也发育低孔低渗的致密储层。其中鄂尔多斯盆地晚石炭世-早二叠纪世为克拉通内陆远海背景，以广泛的海陆交互相滨浅海环境为主。本文以鄂尔多斯盆地上石炭统本溪组、下二叠统太原组为例，利用测井解释数据计算渗透率变异系数、突进系数、级差等来刻画储层的非均质性进行研究与探讨，针对低孔低渗透率与高孔高渗透的成因类型与层内非均质性模式建立储层非均质性评价，完善了油气田开发优势区与趋势预测，为其他盆地的海相碎屑岩的研究提供了参考。

S31-O-01

陆相低熟页岩储层孔隙结构特征及其对含油性的控制

姜振学[1,2]*，李廷微[1,2]，苏思远[3]，王智[1,2]

1 中国石油大学(北京) 油气资源与探测国家重点实验室，北京 102249

2 中国石油大学（北京）非常规天然气研究院，北京 102249

3 吉林大学地球科学学院，长春 130061

* jiangzx@cup.edu.cn

页岩油作为一种重要的非常规石油资源，其富集机理与分布规律不同于常规的石油资源。页岩储层中微–纳米级的孔隙和裂缝作为页岩油的赋存空间，对其孔隙结构特征的研究是明确页岩油富集机理的关键。论文以沾化凹陷沙三下亚段页岩为研究对象，通过对有机碳含量分析，X 射线衍射分析、岩石薄片鉴定、场发射扫描电镜、CO_2 吸附、N_2 吸附、高压压汞、纳米 CT 扫描、微区矿物定量分析、自发渗吸、岩石热解分析、索氏抽提和核磁共振分析等技术手段，对页岩储层的孔隙结构进行了定性和定量的表征，分析了控制页岩储层孔隙结构的主要因素，明确了页岩油富集的孔径区间，阐明了页岩储层孔隙结构对于页岩油富集的控制作用。

沾化凹陷沙三下亚段页岩储层孔隙结构极为复杂，发育有机质孔、粒间孔、粒内孔和微裂缝等多种储集空间。各种尺度的孔隙均有发育，其中宏孔提供了主要的孔体积，而微孔提供了主要的比表面积。孔隙形状以墨水瓶形和狭缝形为主。不同类型岩相页岩孔隙结构特征不同，其中富有机质块状混合质页岩孔隙发育差，以微孔为主，连通性差；而富有机质纹层状钙质页岩孔隙发育好，以宏孔为主，具有最大的孔体积和比表面积，连通性好。

矿物组成、纹层发育和有机地化特征等因素共同影响着沾化凹陷沙三下亚段页岩的孔隙结构。微孔和中孔的发育主要受矿物组成和有机地化特征影响，高的粘土矿物和硅酸盐矿物含量有利于微孔的发育，而高的碳酸盐矿物含量有利于中孔的发育，有机质热演化促进中孔发育。宏孔的发育除了受矿物组成和有机地化特征影响外，还受纹层发育的影响。当碳酸盐矿物含量足够高，且粘土矿物和硅酸盐矿物含量又达到一定值时，纹层最为发育，页岩储层的储集和渗流性质最好。

沾化凹陷沙三下亚段页岩中残留烃主要以游离态的形式分布在孔径介于 10~1000 nm 的孔隙中，将此类孔隙定义为“富集型孔隙”，为页岩油勘探的有效孔隙。孔径小于 10 nm 的孔隙中页岩油以吸附态为主，这部分页岩油在目前阶段无法开采，此类孔隙为“无效型孔隙”。能够促使液态烃类排出的最小孔径为 1000 nm，此类孔隙为“渗流型孔隙”。页岩油富集是生烃能力和储集性质共同作用的结果，富有机质层状混合质–钙质页岩的下部和含有机质纹层状钙质页岩的下部达到了生烃能力和储集性质的最佳匹配，为页岩油富集的有利层段。

S31-O-02

页岩孔隙连通性定量表征

孙梦迪[1]*，胡钦红[2]，于炳松[3]

1 中国地质大学（武汉）资源学院，武汉 430074

2 中国石油大学（华东）地球科学与技术学院，青岛 266580

3 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

* sunmd@cug.edu.cn

随着页岩气工业的发展，页岩储层的评价与改造越来越受到重视。目前国内外学者主要关注页岩孔隙结构的几何学研究，缺乏对页岩孔隙连通性拓扑学特征的定量表征。本研究通过小角中子散射、高压压汞、气体吸附、场发射扫描电镜、自发渗吸实验和示踪剂饱和扩散实验对中国南方三套典型页岩储层（下志留统龙马溪组、下寒武统牛蹄塘组、上二叠统龙潭组）孔隙连通性进行了定量表征。通过在同一孔径尺度范围内不同方法的表征结果，我们测定了三套页岩的闭孔率。同时结合不同方法的孔径分布和场发射扫描电镜观察，得出页岩中的不连通孔隙主要分布在有机质中。同时不连通孔隙占总孔隙的比例与页岩基质渗透率和孔道迂曲度呈反比。通过自发渗吸实验和示踪剂饱和扩散实验可以在微米-毫米尺度上测得流体在页岩基质孔隙中的扩散率，结合小角中子散射在纳米-微米尺度对页岩孔隙连通性的表征，建立了孔隙连通性与基质扩散率之间的联系。通过孔隙连通性的局部变化，可以评价流体扩散的宏观趋势。

S31-O-03

页岩油可动界限的实验研究

朱晓军[1]*，蔡进功[1]，刘庆[2]，李政[2]，张学军[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092;

2 中国石化胜利油田勘探开发研究院，东营 257001

* xjzhu@tongji.edu.cn

泥页岩作为一类细粒级、自生自储的岩石，近年来在非常规油气的研究中越来越受到重视，并被认为是油气勘探开发的重要目的层。泥页岩具有低孔隙度、低渗透率的特征，且泥页岩孔隙主要为纳米孔，这使得页岩油的赋存主要与这些纳米级孔隙密切相关。前人研究发现，页岩油的赋存主要呈游离态和吸附态，且不同油组分在矿物表面的滞留能力存在差异。另外，页岩油与矿物之间吸附关系的强弱对页岩油的可动性具有重要影响。这些特征表明，游离油和吸附油的可动性是不一样的，这也导致了众多学者对页岩油可动性的关注。

本研究选取沾化凹陷沙三下亚段单井位的成熟泥页岩，对泥页岩进行有机溶剂抽提去除页岩油处理，并对泥页岩原样和抽提残样进行热解、氮气吸附和 X-射线衍射（XRD）检测。分析结果发现，抽提处理前后的泥页岩孔隙表面积和孔隙体积与粘土、碎屑矿物正相关，与碳酸盐矿物负相关，表明泥页岩孔隙表面积和孔隙体积主要由粘土和碎屑贡献，碳酸盐矿物对其具有抑制作用。对抽提处理前后的泥页岩孔隙表面积和孔隙体积与有机质相关性的分析表明，有机质对孔隙表面积和孔隙体积没有体现出主控性作用。由此可以看出，本研究的泥页岩孔隙表面积和孔隙体积主要由粘土、碎屑矿物贡献。进一步分析页岩油含量与孔隙表面积、孔隙体积的相关性，发现页岩油相对于孔隙表面积和孔隙体积在含量上有一个拐点（0.70 wt.%：当页岩油含量低于该值时，孔隙表面积和孔隙体积趋于稳定；高于该值时，页岩油含量随着孔隙表面积和孔隙体积的增加而增加），表明该值（0.70 wt.%）是页岩油可动的油含量下限。分析孔隙表面积和孔隙体积的变化与油含量的变化发现，二者呈现正相关，暗示了孔隙空间的变化是由页岩油的移除所导致。为此建立洗油前后平均孔径的变化，并揭示了页岩油可动的孔径下限为 12.1 nm。综上分析表明，研究区页岩油可动的油含量下限为 0.70 wt.%、孔径下限为 12.1 nm。该界限值可为具有相似沉积背景的页岩油可动性研究提供参考。本研究建立了一套揭示页岩油可动界限值的方法，这有利于页岩油资源量的计算以及可采性的评价，对非常规油气的勘探开发具有重要意义。

S31-O-04

鄂尔多斯盆地长 7 富有机质

页岩“理论可动烃”实验研究

张文正[1,2,3]*，杨伟伟[1,2]，秦艳[3]，吴凯[1,,2]，罗丽荣[1,2]，李善鹏[1,2]，彭平安[3]

1 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

2 长庆油田分公司勘探开发研究院

3 中国科学院广州地球化学研究所

* zwz_cq@petrochina.com.cn

鄂尔多斯盆地长7富有机质页岩纹层发育，草莓状黄铁矿丰富，岩石结构细密、孔隙微小，经氩离子抛光后，在场发射电子显微镜下仅能见到少量亚微米－纳米级孔裂隙。氮气吸附实验显示，页岩孔隙以介孔为主。要严格区分页岩微小孔隙中页岩油的赋存状态，并分别测定游离烃与吸附烃是十分困难的，因此，探索近似、有效的实验测试方法可能是更为切合实际的。

为了科学地进行页岩油评价，有必要提出“理论可动烃”的概念，即“理论可动烃”是指滞留于页岩中的轻－中质烃类组分。“理论可动烃”的组成性质与轻质油相似，也就是在地层状态下页岩层经压裂改造后具有较好流动性的油质组分－页岩油。“理论可动烃”以游离态油质组分为主，同时也包括吸附态的可挥发性轻烃组分。因此，“理论可动烃”可以运用物理、化学方法进行分离测定。

开展了冷冻岩芯三段式热解测试法、有机溶剂快速萃取法与石油醚抽提法进行“理论可动烃”测试的方法试验，取得了较为理想的结果。.三种方法各有特点，冷冻岩芯三段式热解测试法可以直接测定页岩中理论可动烃含量，也可以对常规保存的岩芯进行测试，再进行轻烃恢复；有机溶剂快速萃取法与石油醚抽提法则需要进行轻烃恢复后得到页岩中理论可动烃含量。

利用三种方法对鄂尔多斯盆地长7富有机质页岩进行了“理论可动烃”测试，测试数据具有良好的可比性。测试结果反映出长7富有机质页岩的“理论可动烃”含量较高，页岩油潜在资源量巨大，具有良好的勘探开发前景。

S31-O-05

采用相继处理表征泥页岩孔隙结构及其意义

李旭，蔡进功*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* jgcai@tongji.edu.cn

泥页岩残留烃的赋存空间是孔隙和表面，它们的发育既与泥页岩矿物成分、结构、有机质类型以及矿物-有机质（烃）关系等相关，又易被有机质或烃填充和堵塞，因此，还原泥页岩的赋存空间特征，获取泥页岩孔隙结构等的定量参数，对页岩油气等研究具有重要意义。选取东营凹陷 14 块暗色泥页岩和 3 块红色泥岩样品，将样品粉碎至<3mm 的颗粒，采用二氯甲烷抽提-次氯酸钠湿氧化等相继处理，对原样和相继处理样进行 XRD、N_2 吸附和压汞、热解等检测，研究泥页岩的矿物成分、有机质、孔隙结构等的变化特征，探寻适合泥页岩孔隙结构定量表征的方法。

采用相继处理以及 XRD 检测发现，不论是红色泥岩，还是暗色泥岩，其矿物成分基本不发生变化；相继处理后暗色泥页岩泥页岩 TOC 均值（与原样相比）减少 31.85%和 34.07%，PC 的减少更显著，分别为 49.78%和 59.87%，这些特征表明采用二氯甲烷抽提，或次氯酸钠氧化处理，都可除去有机质，而不破坏矿物成分，还原泥页岩的赋存空间特征。相继处理后暗色泥页岩的热解检测发现，S1 的均值（与原样相比）分别减少 98.24%和 95.89%，S2 的均值分别减少 40.67%和 55.51%，二氯甲烷抽提出去了物理吸附的有机质或烃，而次氯酸钠氧化除去了泥页岩化学吸附有机质或烃，因此，采用相继处理方法，可获得除去泥页岩不同赋存态有机质或烃后的赋存空间特征。红色泥页岩经相继处理及压汞法检测，发现总孔体积（与原样相比）变化微弱；暗色泥页岩经相继处理及 N2 吸附法和压汞法检测，发现总孔体积均

值（与原样相比）分别增加了 33.58%和 26.55%，其中大孔体积分别增加了 18.43%和 0.52%，介孔体积分别增加 51.04%和 53.93%，微孔体积分别增加了 94.37%和 94.71%，相继处理后增多的主要是微孔和介孔，这些特征表明泥页岩采用二氯甲烷抽提或次氯酸钠氧化处理能还原孔隙结构特征，但不同处理得到的孔隙结构特征的意义不同。综合上述分析，泥页岩在开展孔隙结构检测前必须进行前期处理，采用二氯甲烷或次氯酸钠等除去有机质或烃；采用相继处理可以逐次剥离不同赋存态的有机质或烃，进而深化对矿物-有机质（烃）关系及其对孔隙结构影响的认识，这对页岩油气等研究具有重要意义。

S31-O-06

应用成岩模拟技术探讨库车深部碎屑岩裂缝型储层的形成机理

崔京钢[1,2]*，高志勇[1,2]，冯佳睿[1,2]

1 中国石油勘探开发研究院石油地质实验研究中心

2 石油天然气股份公司油气储层重点实验室

* cuijingg@petrochina.com.cn

中国西部塔里木盆地库车地区的深部发育砂岩裂缝型储层，不同粒级的砂岩储集体经历了早期长期浅埋，后期快速深埋的成岩演化史，这种裂缝型储层的发育可能与沉积的不同粒级的差异性具有关联性。因此，我们开展了垂向应力即静岩压力作用对不同岩石粒级差异性影响因素的成岩模拟实验。

实验中为了排除不同岩石颗粒性质差异性的影响，选用人造石英砂的细粒（70-100 目）和中粒（30-40 目）两种粒级作为实验样品，每组实验样品重量均为 100 克填入样品管中，实验模拟深度及对应的静岩压力分别为：1000m=27.5MPa、2000m=55MPa、3000m=82.5MPa、4000m=110MPa、5000m=137.5MPa、6000m=165MPa。实验结束后，将实验样品进行铸体液固化和制片，并进行了显微镜下的薄片观察、鉴定和对比，发现不同粒级的石英砂在同种堆积方式下，由于不同静岩压力的作用形成两种成岩特征：一种是在模拟条件为浅、中深度的储层，即 1000 米至 4000 米范围，颗粒堆积特征表现为细粒比中粒更加紧密；第二种是在模拟条件为深部埋藏，即 5000-6000 米范围时，最紧密堆积方式被破坏，颗粒发生挤压变形现象，且颗粒越粗越易发生破碎现象。

通过机械成岩过程的机理分析认为：随着静岩压力的不断增强，碎屑颗粒人造石英砂承受的压力越来越大，颗粒堆积方式从浅到深有一个从松散堆积、较堆积紧密、最紧密堆积和过压实破坏性改造的成岩过程。针对库车深部砂岩储层也应该存在着在浅、中层深度，颗粒经过了欠压实、堆积比较紧密、最紧密堆积的三个演化阶段，而当颗粒埋深达到深层、超深层，颗粒堆积方式将进入机械压实的过压实阶段，早期的最紧密堆积方式的平衡被破坏。在同一压强条件下，颗粒越细、比表面积越大，承受压力的能力更强。所以对于同种岩性的细粒储集体具更强的抗压实能力，储集体首先表现为发生侧向挤压现象；而对于中粒或粗粒级的颗粒集合体抗压实能力相对较弱，颗粒首先表现为变形、碎裂，造成原始最紧密堆积方式发生破坏，改善了原储层的孔隙物性，从而形成储集体改善带。当颗粒越多、越粗、岩石固结差的刚性脆性颗粒为主的砂岩储集体越易发生这种现象，像塔里木盆地的库车砂岩储层在经过早期长期浅埋，后期快速深埋成岩演化过程中，深部砂岩储层就具有裂缝发育的物性特征。静岩压力作用是影响储层性质的一个重要因素，前人在早期的储层成岩机理研究中，普遍认为静岩压力对储层主要具有破坏性作用。也有少数中外研究人员认为，当地层埋深达到深部时，储层孔隙变化与上覆静岩压力的关系不再遵循简单的线性减少趋势，与我们的实验结果具有一致性。通过本次机械成岩模拟的静岩压力作用的单因

素实验，对深层砂岩的储层研究提供了一个很好的实验理论依据，有助于我们进一步认识和剖析深部、超深部储层形成的特殊性。

S31-O-07

中美典型页岩连通性和润湿性的多尺度研究

胡钦红*

中国石油大学（华东）地球科学与技术学院, 青岛 266680;

* water19049@gmail.com

美国页岩油气的成功勘探开发改变了世界能源格局，然而，导致油气产量快速递减（一年后~2/3）和低采收率（页岩气~20%；页岩油 5-10%）的机理尚未明确。页岩细粒储层孔隙连通性较差并且具有混杂型润湿性，使得油气分子不能很快地从超低渗页岩基质中运移到裂隙网络而得到开采。我们采用实验（主要）和渗滤理论相结合的方法，开发了水相（卤水）和油相（正葵烷）流体以及它们含有的不同纳米分子大小的示踪剂，针对多种美国（沃夫坎普、鹰滩、巴肯、巴纳特）和中国（沙河街、潜江、五峰-龙马溪）的页岩，进行了抽真空、自吸、扩散实验、和伍德合金高压注入试验，以及之后的微米尺度上激光剥蚀-电感耦合-等离子体质谱仪对示踪元素分布的成像。我们的结果表明，页岩中多重微-纳米孔隙体系对润湿性差的亲水流体有不好连通性，从边界可达的孔隙连通空间仅只有~400 微米。页岩样品都显示了很强的亲油性，但是正葵烷流体中较宽的有机铼（分子大小为长 1.273 nm×宽 0.919 nm×高 0.785 nm）比有机碘（长 1.393 nm×宽 0.287 nm×高 0.178 nm）示踪剂在以纳米孔径为主（2.8-50 纳米的孔隙占了总孔容积的 60-90%）的页岩中更会容易受到阻塞。我们还开发完善了一套互补性实验手段和流体（颗粒密度-体密度，高压压汞、小角中子散射和同位素对比匹配）以及相应的理论解释方法，以定量表征与样品大小相关的不同润湿性连通孔隙度；例如，沃夫坎普 1 厘米立方体和 75-177 微米颗粒的有效孔隙度分别为 1.12%和 12.6%。总之，孔隙连通性、润湿性、和分子大小等因素影响了油气分子从页岩基质补给到水力压裂所激发的裂缝网络，从而导致了油气生产量快速的下降。

S31-O-08

甲烷分子在龙马溪组页岩干酪根中吸附特性研究

熊健*，罗丹旭，刘向君，梁利喜

西南石油大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室，四川 成都 610500

* 361184163@qq.com

页岩气的赋存形式不同于常规油气藏，其赋存状态包括游离态、吸附态和溶解态等。Curtis(2002)研究认为美国海相页岩气藏的吸附气所占比例为 20%-85%，说明吸附气在页岩气储量中占有重要地位。因此，研究页岩吸附性能对页岩气资源评价有重要意义。目前，对于页岩的吸附性能，主要采用宏观实验和微观分子模拟等手段研究页岩对甲烷的吸附能力。Ross, Gasparik, Zhang, Tan, Yang 等基于等温吸附实验，从统计学角度分析了不同地区的页岩中有机碳含量对页岩吸附性能有重要的影响；Xiong 等从微观角度甲烷分子在黏土矿物孔隙、有机质孔隙和石英孔隙中的吸附能力，研究结果表明甲烷分子在页岩孔隙中的吸附能力大小顺序为有机质孔>黏土矿物孔>非黏土矿物孔，这些研究结果表明页岩中有机质对页岩的吸附能力有重要的贡献。然而这些研究都将页岩中有机质近似简化为石墨结构，这种近似结构不能有效的代表干酪根的分子结构模型，利用干酪根这种近似结构研究其吸附性能是不准确的，对干酪根吸附规律的认识也会有一定的偏差。因此，在笔者前期研究基础上，本文构建了龙马溪组页岩干酪根的平均分子结构模型，继而采用巨正则蒙特卡罗

模拟方法研究甲烷分子在干酪根狭缝孔的吸附行为，并讨论孔径、温度、含水量和二氧化碳含量对甲烷在石墨中吸附行为的影响。研究结果表明：甲烷分子在干酪根中的吸附能量全部由范德华能贡献，且这种贡献与压力、孔径无关，说明了甲烷在干酪根中的吸附属于范德华吸附，即物理吸附。干酪根中甲烷超额吸附量随压力先上升后下降且存在一个最大超额吸附量；甲烷超额吸附量却随着孔径的增加而降低；温度越高，甲烷超额吸附量越小，说明低温则有利于甲烷的吸附；含水量增加，甲烷超额吸附量降低，说明孔中水分子将不利于干酪根分子对甲烷分子的吸附；在甲烷/二氧化碳竞争吸附中，顺序是 CO_2 单组分>混合组分>CH_4 单组分。

S31-O-09

基于分形理论的湖相泥页岩孔隙结构评价研究

张少龙[1]，闫建平[1,2]*，蔡进功[3]，胡钦红[4]，王敏[5]，晁静[5]，李尊芝[1]

1 西南石油大学地球科学与技术学院，成都 610500

2 油气藏地质及开发工程国家重点实验室（西南石油大学），成都 610500

3 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

4 Department of Earth and Environmental Science, University of Texas at Arlington, Texas, 76019

5 中石化胜利油田勘探开发研究院，山东东营 257015

* yanjp_tj@163.com

孔隙结构特征对泥页岩储层的吸附、脱附、渗流以及储集能力关系密切，因此，深入认识和评价泥页岩储层孔隙结构对指导页岩油的勘探开发具有重要意义。

以沾化凹陷沙三下亚段湖相泥页岩为例，综合运用扫描电子显微镜、常规压汞、核磁共振、纳米 CT 等实验，对其孔隙类型与特征、孔径分布以及孔隙连通性进行了研究；此外，基于分形理论和方法，通过核磁共振 T2 谱提取了孔隙分形特征，讨论了核磁分形维数与泥页岩样品矿物类型、TOC 含量以及孔隙结构参数之间的关系；最后，在连续测井剖面上进一步论证了核磁共振分形维数与孔隙结构之间的关系。

研究结果表明：（1）沾化凹陷沙三下亚段泥页岩样品孔隙类型以黄铁矿晶间孔、粘土矿物晶间孔、溶蚀孔以及微裂缝为主，含有少量的有机质孔；（2）泥页岩样品压汞曲线进汞段短而陡，整体上偏向右上方，排驱压力均值为 0.24059MPa，孔喉半径平均值 7.6915μm，最大汞饱和度平均值 22.203%；核磁共振 T2 谱曲线凌乱，弛豫时间分布范围广，T2 截止值均值 1.59ms；（3）利用纳米 CT 扫描技术构建的三维数字岩芯表明研究区泥页岩样品不同位置孔隙的大小、形状以及发育程度不同，且孤立孔隙普遍存在，孔隙连通性差；（4）核磁共振分形维数计算范围为 2.2544-2.439，其与石英、粘土、TOC 含量呈正相关关系，与方解石含量呈正相关关系；（5）T2 几何平均值、T2 截止值和孔隙度与核磁共振分形维数呈负相关关系，排驱压力与核磁共振分形维数呈正相关关系，表明核磁共振分形维数与孔隙结构关系密切，孔隙结构越复杂，分形维数越大，其可以用来定量评价泥页岩孔隙结构。

S31-O-10

富有机质页岩硅质胶结对其脆性的影响作用-以加拿大西部盆地 Duvernay 地层为例

董田[1,2]*，Nicholas B. Harris[2]，Julia M. McMillan[2]，何生[1]

1 中国地质大学（武汉）构造与油气资源教育部重点实验室，武汉 430074

2 Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada, T6G2E3

* winter866877@126.com

页岩储层低孔低渗的物性特征使得页岩油气的成功开采在很大程度上依赖于多阶段体积压裂改造，而岩石的脆性特征则是影响压裂品质和效果的主要因素，决定着压裂的难易程度和压裂缝的形态。通常认为石英是影响页岩脆性的重要因素，但是页岩储层中的石英有诸多来源，如陆源碎屑石英和成岩过程中形成的硅质胶结物。页岩储层中石英能否有效增强岩石的脆性和可压裂性主要取决于硅质胶结物能否有效的胶结刚性矿物颗粒。因此，搞清楚富有机质页岩的硅质胶结对页岩储层脆性的影响机制十分重要。加拿大上泥盆统 Duvernay 页岩矿物组成多样化、横跨未成熟、低成熟、中成熟，高成熟等多个成熟度范围，是研究石英成岩胶结过程的绝佳天然实验室。本研究以 Duvernay 页岩为研究对象，开展主微量元素、X 衍射、扫描电镜、能谱及阴极发光分析，以期分析石英的成因及硅质胶结过程，并结合脆性表征，探讨硅质胶结过程对页岩脆性的影响机制。

研究结果表明，该套页岩由有机质和石英、长石、黏土矿物、碳酸盐岩等主要矿物组成。页岩的脆性主要受控于黏土矿物的含量，并与之呈负相关性。在不同的成熟度阶段，TOC 含量对脆性的影响具有差异性，未成熟阶段有机质降低页岩的脆性，随着成熟度的升高，这种影响作用逐渐消失。这可能是随着成熟度的增加，原始沉积有机质逐渐转变为烃类流体，或排出、或充填于孔隙中，使得有机质对岩石整体脆性的作用减弱。碳酸盐岩矿物整体上对页岩的脆性起促进作用。

扫描电镜、能谱及阴极发光分析表明 Duvernay 页岩的石英具有多种类型，主要有盆外碎屑石英、盆内硅质生物骨架、石英次生加大、生物腔体等粒内孔充填和粒间孔广泛分布的微晶石英充填等五种形式。结合薄片镜下观察和黏土矿物的 X 衍射分析，该套页岩的硅质胶结物主要来源于放射虫和海绵骨针等硅质生物骨骼的溶解和再沉淀，而并非来自黏土矿物的成岩转化。生物硅的含量对页岩脆性起促进作用，而碎屑硅含量的增加跟脆性呈反向关系。

从未成熟到低成熟阶段，页岩的脆性主要受控于机械压实作用。从中成熟度阶段开始，埋深压实作用对页岩脆性的控制作用减弱，脆性主要受控于岩石的矿物组成，比如生物硅的含量以及生物硅能否有效的胶结刚性矿物颗粒，形成有效的脆性矿物网络。

S31-O-11

跨越地化参数的陷阱—利用孢粉相探索烃源岩生烃能力

曾翔[1]，蔡进功[1]*，边立曾[2]

1 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

2 南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

* jgcai@tongji.edu.cn

热解参数由于能够准确反映有机质整体特征而被用于判别烃源岩的生烃能力。但是，由于烃源岩中的有机质是多种来源有机物的集合体，仅根据地化指标对有机质整体特征进行分析，在实际应用中可能会出现误判。而孢粉相恰好能够准确地反映有机质的来源与演化程度。因此，充分结合热解参数和孢粉相，才能准确反映岩石的真实生烃情况。东营凹陷沙河街组沙三中至沙四上亚段是典型的湖相烃源岩层，其中沙三下和沙四上亚段是优质烃源岩层段，实际勘探显示两个层段的生烃量之比是 1:3，但沙三下的热解指标却明显优于沙四上。为了解释热解指标和实际勘探之间的矛盾，本文通过孢粉相分析判识岩石中有机质的类型、来源及演化程度，同时结合热解分析，进而判别各层段生烃的差异性。研究发现，东营凹陷泥页岩中包含了有机质聚合体、粪球粒、微生物席、底栖藻、高等植物、和孢型 6 小类三大类来源和性质各异的有机质。其中，高等植物来源的有机质属于外源输入物质，而有机质聚合体和结构藻类等则属于内源有机质。利用常规孢粉相三角图分类显示，研究区三个亚段的有机组分都集中在特定区域内，反映了研究区缺氧-还原

性湖盆的大沉积背景。为了进一步区分各层段有机质的差异，本次研究根据有机物来源建立了新的分类方案，并对内源有机质进行了细分，结果显示沙三下富集宏观藻为主的底栖类有机质，而沙四上富集水体自生的无定型有机质。热解分析发现，无定型和结构藻类虽然同为良好的生烃有机质，但无定型的热解指标却明显低于底栖类有机质，这也直接导致了富无定型的沙四上亚段热解指标弱于沙三下亚段。用荧光分析判别有机质的演化程度发现，无定型有机质的荧光性明显弱于底栖类有机质，且同一类有机质的荧光性在沙四下亚段更弱，这说明无定型类有机质的自身性质使得埋藏过程中演化程度高于底栖类有机质，沙四上亚段岩石中的有机质演化程度高于沙三下。两个因素同时作用，导致了富集无定型有机质的沙四上亚段生烃更早而显示出了比沙三下更差的热解指标。因此，地化参数反映了最终的演化形态，但不一定能够准确反映真实的生烃情况，结合孢粉相分析，能够更加准确全面地对烃源岩作出判断。

S31-O-12

油气地质样品微量烃类单分子化合物碳同位素分析技术研究

闫灿灿[1,2]*，李中平[1]，李树同[1]

1 中国科学院 油气资源研究重点实验室/甘肃省油气资源研究重点实验室，兰州 730000

2 中国科学院大学，北京 100049

* ccy805905145@163.com

将进样器萃取技术（SSPE）引入油气同位素分分析领域，结合气相色谱-同位素比质谱仪（GC-IRMS）分析，快速实现了油气地质样品中微量烃类化合物的有效富集。通过15种吸附剂的条件对比实验，选择13X作为吸附剂，在不同的平衡时间及温暖度条件下，对油气地质样品中微量化合物碳同位素吸附特征进行对比研究，确定样品的吸附量与温度及时间的关系，认为化合物的富集因子与烃类化合物的分子量及烃类的种类有密切的关系。通过重复性试验，并与固相微萃取技术（SPME）作对比，认为该方法能够更好地进行油气地质样品中微量烃类化合物（C_1~C_7）的碳同位素分析，大大提高了分析效率。通过标准正构烷烃对比实验及实际地质样品分析，表明该方法得到的数据可以满足研究的需求，从而使研究的限度的到了进一步的延伸。

S31-P-01S

海相页岩有机孔隙特征及其影响因素

张艺凡[1]*，于炳松[1]，孙梦迪[2]

1 中国地质大学（北京），北京 100083

2 中国地质大学（武汉），武汉 430074

* yfzhang@cugb.edu.cn

页岩气作为重要的非常规油气资源，页岩储层特征成为了重要的研究领域。有机质孔隙是页岩气赋存的主要场所，为了更好的研究有机质孔隙特征，本文以上奥陶统五峰组、下志留统龙马溪组，下寒武统牛蹄塘组和中元古界下马岭组海相页岩共十块岩心样品为研究对象，通过X射线粉晶衍射、有机碳总含量、有机质成熟度实验得到样品的岩石学特征，RO平均值为2.55%、2.85%、3.14%、0.68%，TOC平均值为3.26%、2.41%、2.51%、6.36%。通过抽提的方法将有机质从全岩中分离出来，并对全岩和有机质分别进行氮气（0.614-600nm）及二氧化碳（0.305-1.475nm）吸附实验。有机质孔隙体积占总孔隙体积的31.88%（N_2）及24.33%（CO_2），此结果与场发射扫描电镜图像观察到的结果一致。有机质的微孔平均孔径与全岩相差不大，中-宏孔隙平均直径明显大于全岩。有机质BET与全岩BET相差较大，同时利用FHH模型计算得到了两种分型维数D_1、D_2，可知有机质孔隙表面比无机质孔隙表面更加复杂，其可能与生烃及脱烃过

程有关。有机质孔隙是页岩孔隙的重要组成部分。通过定量与定性研究，不同成熟度不同有机碳含量的海相页岩中有机质孔隙的发育程度及影响因素，为海相页岩气勘探开发提供一定的地质基础。

S31-P-02S

样品尺寸对边界可达连通孔隙度的影响-以美国德州 Eagle Ford 页岩地层为例

王齐鸣*，胡钦红

University of Texas at Arlington, Arlington, Texas, 76013

* qiming.wang@mavs.uta.edu

真空饱和法是一个应用在常规储层（碎屑岩、碳酸盐岩）的孔隙度测量方法。经过改进，该实验方法也被应用于非常规储层（泥岩、页岩）受孔隙连通性影响的连通孔隙度测量。真空饱和法测量的孔隙体积是样本边界可达的连通孔隙，然而孔隙连通性差的页岩样本内部，存在着很大部分的孤立孔隙。本实验以 Eagle Ford 页岩为主要实验对象，辅以 Del Rio 粉砂岩、Big Horn 白云岩、Atco 和 Austin 白垩以及 Buda 和 Salmon Peak 石灰岩作为对照。我们通过控制岩石样品尺寸对比所测孔隙度差异，来衡量孤立孔隙的程度和孔隙连通性。实验结果表明了样品尺寸大小与可达连通孔隙度的负相关关系。通过该实验可得出不同岩性最适样品尺寸来指导实验设计和尺度放大。

S31-P-03S

南海北部神狐海域水合物赋存层位古环境和古生产率

谢瑞 [1,3]，邬黛黛 [1,2*]，刘丽华 [1]，吴能友 [2,4*]

1 中国科学院天然气水合物重点实验室，中国科学院广州能源研究所，广州 510640

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

3 中国科学院大学，北京 100049

4 国土资源部天然气水合物重点实验室，青岛海洋地质研究所，青岛 266071

* wudd@ms.giec.ac.cn

天然气水合物是由水和有机气体形成的笼子状结构物，主要分布于海洋陆坡和永久冻土地带。一般而言受沉积物颗粒的影响，水合物主要分布于粗粒的沉积物中,比如墨西哥湾的水合物，以及日本的水合物。细粒沉积物中的水合物一般较少，或者细粒沉积物中的水合物的饱和度一般较低。然而，在 2007 年神狐海域以及韩国的 Ulleng 盆地的海底钻探活动中，发现了细粒沉积物中赋存的高饱和度的天然气水合物。前人运用地质、地球化学、地球物理、以及数值模拟的方法对于细粒沉积物的水合物进行研究。研究认为在神狐海域的沉积物中，其有机气源主要来源于生物成因的有机气，其有机气源的运移体系主要是由三种不同气烟囱以及微小的断层组成，其中海底钙质的有孔虫在水合物的赋存中扮演了非常重要的角色。有孔虫的存在增加了细粒沉积物中的孔隙率，不同的学者也分别从不同的层面对于有孔虫多的作用做了研究。

虽然前人对于神狐海域的水合物成因机制做了很多的研究，但是很少有学者对于水合物形成的外部条件作出研究。本次研究通过对神狐海域水合物赋存层位的古环境（古水动力条件、古沉积环境）、古生产率（陆源碎屑输入物质、古初级生产力的指标）研究。研究表明在水合物赋存层位其古水动力条件明显的增强，增强的水动力力条件有助于海水富氧，从而有利于生物的繁殖；其沉积环境为次氧化的沉积环境，次氧化的沉积环境有利于有机质的保存和富集；比较多的陆源碎屑物质的输入，有利于有机质的封存；比较高的初级生产力也极大的增加了有机质赋存的概率。通过本次研究希望可以更好的了解水合物的成因机制，为水合物的研究提供一定的科学意义

S31-P-04S

川南龙马溪组页岩孔隙演化及其电性特征研究

张明明[1]*，张兵[1,2]，王绪本[1,2]

1 成都理工大学地球物理学院，成都 610059

2 成都理工大学“地球勘探与信息技术”教育部重点实验室，成都 610059

* 1104545766@qq.com

川南龙马溪组是中国页岩气勘探的重点区域，复杂的地形地貌使得电磁法勘探在此地区成为一种重要的勘探手段。为了研究川南龙马溪组页岩孔隙演化过程及其对岩石电性的影响。以川南龙马溪组页岩为对象，建立页岩电学、沉积环境和孔隙类型三者之间的关系。研究结果表明：川南龙马溪组孔隙类型主要包括脆性矿物粒内孔、粘土矿物粒间孔、有机质孔和微裂缝孔隙,并且其中粘土矿物粒间孔和有机质孔是控制岩石电性的主要孔隙类型；有机质孔隙占比与电阻率表现出较好负相关关系，与 TOC 含量正相关，黏土矿物孔隙占比与电阻率呈正相关关系，与 TOC 含量负相关，随着埋藏深度的增加，有机质孔隙占比增大，黏土矿物孔隙占比减小，相应岩芯电阻率随埋深的增加而减小。龙马溪组下段表现出高有机质孔隙占比、低黏土矿物孔隙占比、高 TOC、高脆性和低电阻率的特征，是电磁法勘探识别页岩气有效储层的有效标识。以上研究成果可为页岩气的电磁法“甜点”勘探提供指导，进而对页岩气勘探和开发都有十分重要的地质意义。

S31-P-05S

泥页岩中可溶有机质的赋存机理研究

何晋译[1]，蔡进功[1]*，雷天柱[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心，兰州 730000

* jgcai@tongji.edu.cn

泥页岩由可溶和不可溶有机质及碎屑、黏土、碳酸盐等矿物等组成，特别是可溶有机质及黏土和碳酸盐等矿物都具有较强的化学活性，它们之间可产生物理和化学吸附及晶格包裹等形式，这造成了泥页岩中可溶有机质赋存的差异性和层次性，因此，系统探讨泥页岩中不同赋存可溶有机质的组分特征、赋存位置和赋存形式等，对泥页岩的油气赋存机理和页岩油可动性以及有机质生烃机理和油气资源评价都具有重要意义。为此，选取济阳坳陷东营凹陷古近系沙河街组沙三下亚段(Es3x)和沙四上亚段(Es4s)不同埋深的泥页岩样品共 20 块，采用“有机溶剂抽提-碱解-HCl 酸解-HCl/HF 酸解”相继处理，进行氯仿沥青“A”和族组分等定量检测以及处理残渣 XRD 检测，研究泥页岩中不同赋存态的可溶有机质与无机矿物间的关系。

研究发现，经相继处理后可得到抽提、碱解、酸解和 HF 酸解等四种可溶有机质，其中抽提可溶有机质占总量的 67.58~92.49%(均值为 78.28%)，其他三种可溶有机质仅占总量 7.51~32.42%(均值为 21.72%)；而且，抽提可溶有机质中饱和烃最丰富(均值为 65.22%)，碱解中非烃(均值为 38.27%)和沥青(均值为 30.76%)较多，酸解中非烃 (均值为 43.70%)较多，HF 酸解中沥青质(均值为 76.52%)最多。可以看出，可溶有机质的赋存差异对其数量和族组成特征具有重要的影响。

对相继处理残渣的 XRD 检测，发现泥页岩的原样、抽提和碱解残渣中全岩矿物成分基本不变，酸解和 HF 酸解残渣中分别是碳酸盐和硅酸盐矿物消失，进一步分析发现碱解处理后蒙脱石层间距离明显变小，结合前人对原样与抽提后孔隙和比表面的变化特征研究，认为抽提的可溶有机质来自于孔隙和矿物外表面，碱解的与黏土矿物相关，尤其是与蒙脱石层间域相关，酸解的与碳酸盐矿物相关，HF 酸解的与破坏无机矿物后的 “干酪根”相关。

从泥页岩经相继处理后的可溶有机质

与矿物变化特征来看，抽提可溶有机质游离于泥页岩孔隙中和以物理吸附的方式赋存于矿物外表面，富含饱和烃和芳烃；碱解和酸解可溶有机质以化学吸附的方式赋存于黏土和碳酸盐矿物表面，以非烃和沥青质为主，其中酸解的部分来自于碳酸盐晶格包裹；HF 酸解以溶解的方式赋存于破坏矿物后的“干酪根”中，沥青质最为丰富。由此看来，泥页岩中可溶有机质并非仅仅存在于孔隙中，而是有选择性的以不同方式赋存于泥页岩中，且差异明显。

可溶有机质中的烃类组分，尤其是饱和烃，是关注的焦点，它是油气赋存机理和页岩油可动性以及有机质生烃机理和油气资源评价研究中的重点。通过研究泥页岩中可溶有机质的赋存机理，可进一步定量表征不同赋存态烃类的绝对量、相对比例，明确其优先赋存位置和解吸附条件，为非常规油气的勘探开发提供有力的理论支持。

S31-P-06S

西沙群岛西科 1 井白云岩储层致密化成因研究

纳琴[1]*，许红[2]，陶萌[1]，张江晖[1]，秦敏[1]

1 中国石油大学（华东），青岛 266000

2 青岛海洋地质研究所，青岛 266000

* 641405319@qq.com

碳酸盐岩致密储层储集空间类型分为为原生粒间孔隙，次生溶蚀孔隙以及微裂缝，此外在对湖相碳酸盐岩致密储层研究时，熊金玉等提出了有机孔隙的新概念。事实上，针对不同的储集空间类型，储层成因的主控因素也会发生相应的改变。①针对次生溶蚀孔隙发育的储层，当埋藏深度较浅时，经由断裂活动及其伴生裂缝，大气降水下渗并进入内幕区，形成大气水岩溶作用改造的缝洞型储层；埋藏深度较深时，主要表现为有机酸或深部热液的溶蚀[2]。②有机孔是由于碳酸盐岩中有机质在热演化过程中，随着热成熟度的增加，有机质发生分解，而形成有机孔。针对有机孔发育的储层，其中微孔-介孔对成熟度变化最为敏感。③针对微裂缝发育的储层，随埋藏深度增大，成岩作用增强将加剧储层岩石致密程度和脆性，构造运动等外力作用使岩层产生裂缝形成储层。此外，低渗透储层还与碳酸盐岩的岩性有关，如果黏土矿物含量较低，碳酸盐岩性脆，随着上覆地层压力的增大，很容易产生微裂缝，反之，则不容易产生微裂缝形成该类储层。综上所述，优质储层的发育主要受控于岩性岩相组合，断裂活动及岩溶作用。其中岩性岩相组合是储层发育的物质基础，断裂活动是储层发育的有利保障，岩溶作用是储层发育的关键。

在西沙群岛西科1井深层赋存近百米土黄灰色、浅灰白色、浅白色生物礁-碳酸盐岩；岩心手标本坚硬致密，结晶程度高，表面密布杏仁状-丹凤眼状孔隙，孔隙度可达18%，系统岩心 X 光粉晶衍射测试获得典型白云石矿物谱图，扫描电镜下矿物成典型菱形；但渗透率很低，接近于零，可能是后期孔隙被充填殆尽，造成孔隙之间的连通性降低。

S31-P-07S

非常规油气地质理论与进展

季兆鹏[1]*，许红[2]，陶萌[3]，纳琴[3]

1 山东科技大学，青岛 266510

2 国土资源部油气资源和环境地质重点实验室，青岛海洋地质研究所，青岛 266071

3 中国石油大学（华东），青岛 266580

* 1506469634@qq.com

非常规油气是指用传统技术无法获得自然工业产量、需用新技术改善储集层渗透率或流体黏度等才能经济开采、连续或准连续型聚集的油气资源。，两个关键标志为：①油气大面积连续分布，圈闭界限不明显；②无自然工业稳定产量，达西渗流不明显。两个关键参数为：①孔隙度小于 10%；②孔喉直径小于 1 μm 或渗透率小于 1×10-3 μm^2。

非常规油气主要地质特征表现为源储

共生，在盆地中心、斜坡大面积分布，圈闭界限与水动力效应不明显，储量丰度低，主要采用水平井规模压裂技术、平台式“工厂化”生产、纳米技术提高采收率等方式开采。

非常规油气的源储关系多数为源储共生，主要包括源储一体型和源储接触型两种类型：源储一体型油气聚集是指烃源岩生成的油气没有排出，滞留于烃源岩层内部形成油气聚集，包括页岩气、页岩油和煤层气等，是烃源岩油气；源储接触型油气聚集是指与烃源岩层系共生的各类致密储集层中聚集的油气，包括致密油和致密气，是近源油气。

非常规油气地质学更加强调从宏观—微观—超微观不同级别尺度，研究非常规油气的形成机理、分布特征、富集规律与产出机制等。初步形成了“千米、米、厘米、毫米、微米、纳米”6 个级别尺度的研究方法。

运用纳米技术与材料等学科知识，使用场发射扫描电镜、纳米 CT、聚焦离子束（FIB）等，开展纳米级孔喉结构、油气赋存与流动机制等研究，向“油气分子地质学”发展应用地震、测井、岩心实验分析等技术方法，研究　岩性、物性、脆性、含油性、烃源岩特性与应力各向异性“六性”关系，综合评价非常规油气富集“甜点区”与集中段，为水平井设计和规模有效压裂提供依据。

S31-P-08S

考虑有机质的湖相泥页岩岩相划分、识别及应用--以济阳坳陷沾化凹陷沙三下亚段为例

闫建平[1,2]*，张少龙[2]，蔡进功[3]，胡钦红[4]，晁静[5]，王敏[5]，李尊芝[2]

1 油气藏地质及开发工程国家重点实验室（西南石油大学），成都 610500

2 西南石油大学地球科学与技术学院，成都 610500

3 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

4 Department of Earth and Environmental Science, University of Texas at Arlington, Texas, 76019

5 中石化胜利油田勘探开发研究院，山东东营 257015

* yanjp_tj@163.com

湖相页岩油气越来越关注富含Ⅰ或$Ⅱ_1$型有机质纹层状岩相，因此，泥页岩岩相划分除了应考虑矿物组分、层理构造之外，还应特别重视有机质类型及丰度的差异。以济阳坳陷沾化凹陷沙三下亚段（$Es_3^{下}$）湖相泥页岩为研究对象，综合利用薄片、岩心描述、压汞、核磁、电镜及测井（包括电成像）等资料进行岩相类型划分、测井识别方法及应用研究。首先，从构造、岩性角度区分泥页岩岩相，通过薄片鉴定和岩心描述资料将泥页岩岩相详细划分为 12 小类、6 大类，并考虑将有机质信息融入到岩相分类中，提出了“构造+岩性+有机质”三重信息结合的湖相泥页岩岩相划分方案。然后，针对岩相三重信息分别进行识别研究，利用敏感测井数据三维交会可提高岩性识别精度，同时鉴于曲线分形对岩石构造有较好的指示，将敏感无铀伽马曲线分形维数作为交会变量，优化了岩相构造识别方法，进而对于有机碳含量（TOC）、热解烃（S_2）等地化参数，利用测井信息多元回归分析进行反演，得到较为准确的计算结果，结合 HI-Tmax 图版可识别研究层段主要的有机质类型。最后，利用最优分割算法对沙三下亚段测井曲线进行计算机自动分层，并通过聚类分析法，结合 TOC 计算曲线以及有机质类型识别结果实现了在测井剖面上“构造+岩性+有机质”三重信息限定的泥页岩岩相定量识别。由此建立的湖相泥页岩岩相测井精细分析方法，能够准确地识别泥页岩岩相中构造、岩性、有机质含量与有机类型等信息，为在连续井筒中识别有效页岩储层与寻找油气甜点提供了依据。

S31-P-09

Discussion on the rapid formation mechanism and evolution process of methane

hydrate-bearing sediments in Shenhu Area of northern South China Sea

Jinan Guan[1,2,3,4]*, Deqing Liang[1,2,3,4]

1 Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2 Key Laboratory of Gas Hydrate, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

3 Guangdong Provincial Key Laboratory of New and Renewable Energy Research and Development, Guangzhou 510640, China

4 Guangzhou Center for Gas Hydrate Research, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

* guanja@ms.giec.ac.cn

Because of free gas migration in sediment pores, the Shenhu seafloor layers in the northern South China Sea is speculated to have experienced some rapid methane hydrate generation and accumulation. In this study, the main hydrate formation is presumed to occur rapidly in the gas-hydrate-liquid three-phase zone. A first-order reaction kinetics mechanism, which controls the hydrate generation, has been coupled into a flow-transportation-reaction model. The methane flux is chosen to be 0.5 mol m^{-2} a^{-1}, and the scope of the kinetic reaction coefficient ranges from 10^{-1} mol m^{-3} MPa^{-1} a^{-1} to 10^{2} mol m^{-3} MPa^{-1} a^{-1}. Using these basic conditions, two geological scenarios are designed to investigate the hydrate formation within local effective MH distribution area which is 240-150 mbsf. At three moments (800 a, 4 ka and 8 ka) the state of dissolved methane and salt, layer temperature, gas and hydrate saturation, stratum permeability and capillary pressure has been displayed. The effect of kinetic coefficient on gas and hydrate content, and local temperature, has been compared. The phenomenon accompanying transient decomposition at the hydrate formation front has been found in this process. At last, the constant bottom boundary temperature is set to reflect the influence from deep tectonic activity, and the effects have been discussed. The results demonstrate the possibility of a kind of rapid dynamic evolution process and mechanism on hydrate-bearing sediment formation and aggregation. They also present interesting differences between the enclosing and open characteristics of the Shenhu hydrate system.

S31-P-10S

鄂尔多斯盆地华庆地区长 62、长 63 致密砂岩储层平面非均质性研究

黄健玲*

同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

* huangjlvictoria@163.com

鄂尔多斯盆地华庆地区长6段致密砂岩储层分布于湖盆的中心，绝大部分砂岩为深水重力流沉积，其储层物性的下限情况决定了油气能否充注储层。本文在长 6_2、长 6_3 岩心观察、岩石薄片的基础上，结合测井资料、录井资料，明确长 6_2、长 6_3 储层岩石学特征、沉积相展布特征，并进一步开展储层平面非均质性研究。综合分析结果表明，长 6_2 致密砂岩储层平面非均质程度最高、长 6_3^1、长 6_3^2 次之，长 6_3^3 致密砂岩储层平面非均质最弱，是油气勘探开发的主要目的层。

S31-P-11

沾化凹陷页岩油富集机理研究

苏思远[1,2,3]，姜振学[1]，单玄龙[2,3]*

1 中国石油大学，北京 102249

2 吉林大学，长春 130026
3 东北亚生物演化与环境教育部重点实验室（吉林大学），长春 130026
* shanxl@jlu.edu.cn

页岩油与页岩气相比，由于其分子较大，因此赋存的形式也有别于页岩气。研究区沾化凹陷的页岩油主要以吸附态和游离态两种方式赋存在孔隙中。吸附态的页岩油通常会吸附在微孔颗粒的表面上，而游离态的页岩油则会赋存在介孔、宏孔及微裂缝中。不同相态的页岩油赋存空间位置不同，因而其富集成藏的机理也有所差异。根据页岩油相态的不同，主要分为原地滞留聚集和短距离运移聚集两种。

当泥页岩生成油气以后，并不是所有的油气都会运移到外部储层中，而是首先要满足烃源岩本身对油气的饱和能力。当烃源岩生成的油气总量未能满足其自身的饱和能力并且烃源岩所在的地层没有受到大规模的断裂构造破坏时，生成的油气一般会滞留在烃源岩内部，并不会发生长距离运移，因此这部分油气就被保存在了烃源岩中，被称为滞留油气或基质型页岩油气。

由于此类油气很少发生运移，以滞留为主，并且粘度较大，通常以吸附及少量游离态的形式滞留在烃源岩中。泥页岩储层的压力伴随着烃源岩不断的生烃增加，呈现逐渐加大的趋势。此时，页岩油藏的平衡还未被打破，烃类仍然一直聚集在烃源岩储层中[3]。因此，这类原地滞留的页岩油主要分布在凹陷中心的泥页岩地层之中。当烃源岩生成的油气量超过其自身对油气的饱和能力时，源岩内部会因为生烃增压产生较大的异常高压，在超压的驱使下，过多的油气会逐渐运移到临近的薄夹层中。这类油气由于经过了较短距离的运移，因此其可动性较好，气油比较高，适合现今阶段进行压裂开采。

其中滞留聚集的页岩油主要受控于有机质丰度、原油性质等因素控制,并且产能相对较低。而经过短距离运移的页岩油主要富集在较大孔隙和微裂缝中，可动性好，易于开采，是现今阶段最有利的勘探目标。

S31-P-12S

鄂西渝东地区页岩孔隙连通性与润湿性流体示踪研究

杨锐[1]*，何生[1]，胡钦红[2]

1 中国地质大学（武汉）资源学院，武汉 430074
2 中国石油大学（华东），青岛 257061
* yangyingrui@163.com

鄂西渝东地区是我国南方页岩气勘探开发的重点区域，该区多口钻井在五峰组-龙马溪组页岩中有良好的天然气显示，证实了该区具有巨大的页岩气资源潜力。页岩储层的孔隙连通性是页岩气勘探高效开发的关键之一，然而研究区受多期构造运动的影响，导致了五峰组-龙马溪组页岩的孔隙结构和孔隙连通性复杂，制约了天然气大规模勘探与开发。此外，页岩纳米孔隙结构、连通性和润湿性与孔隙流体运移的相互关系，及其在页岩气开采过程中对天然气产量的影响仍然认识不清，这些问题严重影响了页岩气的产量评估、富集规律的深入认识以及页岩气田的高效开发。本次研究目的层位为鄂西渝东地区五峰组-龙马溪组富有机质页岩，采用多种互补的实验手段，包括高分辨率扫描电镜直接观察和实验定量测定，对研究区五峰组-龙马溪组黑色页岩开展多尺度的孔隙结构（连通孔+闭合孔）表征。结合页岩润湿性特征，采用纳米级示踪剂和 LA-ICP-MS 技术研究了五峰组-龙马溪组黑色页岩的孔隙连通性与示踪流体运移行为，为页岩气勘探提供了理论研究意义。研究发现，五峰组-龙马溪组页岩基质渗透率介于 10^{-15}~$10^{-21}m^2$ 之间，迂曲度随着临界压力增加快速增加，具有典型的特低渗特征。五峰组和龙马溪组页岩存在不同数量的拐点特征反映了两套页岩的孔隙结构和孔隙渗透通道差异明显。另外，小角度中子散射实验证实了龙马溪组页岩中存在大量的闭合孔隙，闭合率介于 12.9~69.9%之间，随着有机碳含量的增加，闭合孔隙度呈现出增加的趋势。五峰-龙马溪组页岩具有强烈的亲油性和中等程度亲水性，表现出混合润湿性的特

征。不同页岩之间润湿性的差异主要与有机碳含量、孔隙类型和矿物组分等有关。不同流体和不同层理方向自吸实验对比研究发现，与垂直层理方向相比，页岩的亲油孔隙具有更好的孔隙连通性且流体更易在顺层方向运移。润湿性流体示踪实验结果发现，铼 ReO_4^-的表观扩散系数主要介于 $0.4\times10^{-13}m^2/s$~$8\times10^{-13}m^2/s$，拟合的有效迂曲度介于 1826~40000，表明五峰-龙马溪组页岩边缘孔隙的连通性非常差，有限的孔隙连通性制约了 API 卤水及其中示踪剂的运移。五峰组-龙马溪组页岩储层中亲水孔隙整体具有极低的孔隙连通性、复杂孔隙结构、混杂润湿性特征制约了页岩孔隙中流体的运移。

S31-P-13S

四川盆地雷口坡组构造与油气输导系统研究

李贝贝[1,2]*，雍自权[1,2]

1 成都理工大学能源学院，四川成都 610059

2 成都理工大学油气藏地质及工程国家重点实验室，四川成都 610059

* 980557279@qq.com

通过分析四川盆地雷口坡组的沉积和构造特征，分析构造地质与油气成藏中的输导单元和输导体系，对盆地范围内的不同位置的不同构造带差异性主控因素差异进行区分，结合构造地质形成演化的过程，划分出四川盆地雷口坡组的输导单元如下：断层及其破碎带输导体，雷口坡组优质（内幕）储层输导体，雷口坡组顶面风化壳输导体，褶皱、断层伴生裂缝输导体。将油气的生成、运移方式、运移路径结合，划分出了断层及破碎带-优质（内幕）储层外源源-汇输导系统、断层及破碎带-褶皱、断层伴生裂缝层楼式外源源-汇输导系统、褶皱、断层伴生裂缝-优质（内幕）储层层内源源-汇输导系统、雷口坡组风壳-优质（内幕）储层外源源-汇输导系统、断层及破碎带-雷口坡组风壳长距外源源-汇输导系统五种输导体系，通过不同输导单元和体系划分，结合各类输导单元的不同气源条件和输导条件划分出三类成藏模式：A 然气以近源短距输导体系进行运移，成藏模式属于内源成藏型；B 天然气以混源远近结合的输导体系进行运移的混源成藏型；C 天然气以近源断层或不整合面等输导体系进行运移的外源成藏型.从油气生成、运移、聚集的动态过程指出四川盆地雷口坡组勘探潜力巨大。

S31-P-14

Two different types of fine-grained turbidites associated with gas hydrates in the Shenhu Area, northern continental slope of the South China Sea

Ming Su[1, 2]*, Heng Jiang[2, 3], Nengyou Wu[4, 5], Zhibin Sha[6], Jinqiang Liang[6], Zenggui Kuang[6], Jie Liu[2], Xiaorong Cong[2], Rui Yang[2], Yifan Wang[2]

1 School of Marine Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou Guangdong, 510275, China

2 Key Laboratory of Gas Hydrate, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou Guangdong, 510640, China

3 School of Ocean Sciences, China University of Geosciences, Beijing, 100083, China

4 Key Laboratory of Gas Hydrate, Ministry of Land and Resources, Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao Shandong, 266071, China

5 Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao Shandong, 266071, China

6 Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou Guangdong, 510075, China

* suming3@mail.sysu.edu.cn

Since 1999, several integrated geological, geophysical and geochemical investigations have been carried out by Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS), China

Geological Survey. Considerable geophysical anomalies association with gas hydrate have been identified through seismic data, as bottom simulating reflectors (BSR), blanking zone (BZ), enhanced reflectors (ER) and so on. The targets of hydrate in the northern continental slope of the South China Sea (SCS) have been mapped with a speculated resource of about 18.5 billion ton oil equivalent.

In recent decade, Shenhu Area, has been highly attracted attentions and regarded as one of the most potential area for gas hydrate in the northern continental slope of the SCS. This area is located on the northern continental slope of the SCS, between the Xisha Trough and the Dongsha Islands. To the northwest is the Pearl River Delta and to the southeast is the Pearl River Canyon. The Northwest Sub-basin is located in the southern aprt of the study area at a water depth of about 3500 m. Structurally, Shenhu Area is belonged to the Baiyun Sag, Pearl River Mouth Basin, one of the key hydrocarbon-rich basins in the northern SCS. Based on the tectonic evolution of the PRMB, a deep-water environment was formed since, at least, the Middle Miocene, with regional tectonic subsidence being associated with the Dongsha and Taiwan tectonic events. The Pearl River in the north is one of the largest rivers in SE Asia, and comprise as a major sediment source to northern continental margin of SCS. Sediment transported into the PRMB formed the large Pearl River Subaqueous Delta, which shows thick clinoform depositional sequences on the continental shelf. This relative large input of sediment from the Pearl River helped the frequent development of gravity flow deposits (as canyons, channels, slides and slumps) in the continental slope.

During 2007 and 2015, two marine gas hydrate expeditions had been conducted by GMGS in the Shenhu Area. Both these two drilling areas (in 2007 named as GMGS01 and in 2015 named as GMGS03) were located at water depth of about 1200-1800 m, where seventeen comb-shaped slope-confined submarine canyons were developed. Eight sites of GMGS01 were at the ridges of submarine canyons. Hydrates were recovered from fine-grained sediments (silt or silty clay) at three sites in the north (sites SH2, SH3 and SH7) with the maximal saturation of about 48%. Different from GMGS01, eight sites of GMGS03 were located at the ridges, and other southern eleven sites were located in the lower reach and the mouth of the canyons. Hydrates could be identified through the logging data at all the nineteen sites and were acquired from silt-dominated sediments at sites W11, W17, W18 and W19.

Using the high-resolution seismic data and the cores samples obtained from GMGS, combination with the drilling results, two distinct hydrate-bearing fine-grained turbidites were identified in the Shenhu Area. The first type was developed in the northern ridges of the slope-confined submarine canyons, characterized as the thin-bedded, transparent/chaotic, high-amplitude seismic reflection with lenticular geometry just above BSR on the seismic profiles. In the Cm pattern of grain size at site SH7, these thin-bedded sediments were approximatively paralleling to the C=M baseline. These hydrate-bearing fine-grained sediments located at the northern ridges were originally related to numerous small-scale deep-water channels developed on the upper slope in the north. Eroded by these small-scale channels, pre-existing sediments could be re-transported downslopewards and re-deposited as fine-grained turbidites on the lower slope. The dimensions of these small-scale channels implied a limited ability of sediment transportation, which would result in these re-deposited turbidites developing only at the northern part of the lower slope paralleling to the distribution of channels on

the upper slope in the north. Subsequently developed slope-confined submarine canyons would destroy the strata causing the residual fine-grained turbidites only located at the northern ridges of the canyons.

In contrast, the other type was located in the lower reach and the mouth of the slope-confined submarine canyons. Through the seismic profiles across the lower reach of canyons, the infillings of the canyons were characterized as chaotic, high-amplitude reflectors with gradual increasing thicknesses southwards. These canyon-fills were typically interpreted as ponded fine-grained turbidites, which were transported via these submarine canyons. Acted as the main conduits, sediments could be transported into southern part of the lower slope, even into the basinfloor. In the mouths of the canyons, several stacked continuous high-amplitude reflectors could be observed with some erosional bases. Without the influences from the topography caused by submarine canyons, these chaotic reflectors were suggested to be canyon-mouth lobes.

Therefore, in the study area, two different types of hydrate-bearing turbidites were proposed in term of the comprehensive analysis focused on the source to sink in the Shenhu Area. The first one is small-scale deep-water channels in the upper slope and residual re-deposited fine-grained turbidites in the northern part of the lower slope. Whereas, the second one is slope-confined submarine canyons and ponded fine-grained turbidites filling the canyons and fine-grained turbidites lobes in the lower reach and the mouth of the canyons.

S31-P-15S

四川盆地下二叠统岩石储集类型及有利区研究

陈威振[1]*，田景春[2]，林小兵[2] ，冯凯龙[1]，腾骥[1]

1 成都理工大学沉积地质研究院，成都，610059

2 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室，成都，610059

* 958526969@qq.com

本文主要通过对研究区岩石类型，成岩作用，物性特征详细分析，结合岩石储集类型及储层发育的主控因素，明确了四川盆地下二叠统有利储层勘探区并对勘探有利区进行了系统预测。栖霞组储集岩在大气淡水-埋藏-表生溶蚀、构造破裂等作用改造下，经过混合水-热液-埋藏作用形成的晶粒、细晶、粗晶、马鞍状的白云岩为主，为研究区的主要储集岩类型。储层发育过程中主要受沉积相、成岩作用及构造作用的多因素控制，栖霞组储集岩类属于混合水-热液叠合白云石化成因，以热液改造为主，在川西南部地区发育大规模热液改造活动，多呈厚层状发育，而在川西北部地区，由于热液改造范围有限，仅在裂缝两侧发育热液白云岩云化，呈薄层、斑块状发育。由于茅口组多受控于古岩溶，构造破裂则有利于其次生孔隙的发育，进一步改善了储集体的渗滤能力。综合以上特征，认为川西地区以发育具有良好物性的厚层白云石化生屑滩为特征，其岩性以高能生屑滩经白云石化、溶蚀作用改造形成的厚层马鞍状白云岩为主。相对于茅口组，其有利勘探区主要分布于古岩溶发育的岩溶高地-岩溶陡坡带。本研究由国家科技重大专项（2016ZX05007-004-02）；成都理工大学沉积地质学科研创新团队项目（KYTD201703）资助。

S32-O-01

Microstructural characterization of zinc sulfides from modern seafloor hydrothermal systems and its

constraints on Au-Ag enrichment mechanisms

Xiaoming Sun[1,2]*, Zhongwei Wu[1], Huifang Xu[3], Hirimi Konishi[3], Yang Lu[1], Kaijun Cao[2]

1 School of Marine Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China

2 School of Earth Sciences and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

3 NASA Astrobiology Institute, Department of Geoscience, University of Wisconsin-Madison, WI 53706, USA

* eessxm@mail.sysu.edu.cn

A close Zn-Ag association has been noted recently in several polymetallic sulfide ore deposits from the Indian Ocean. However, the role of nanotextural controls on "invisible" silver distribution within sphalerite (a significant Ag-carrier) is still not well understood. In this study, typical Zn-sulfide samples from the Edmond vent field (Central Indian Ridge) can be roughly classified into three different groups based on their chemical compositions and mineral textures. Among them, sulfosalt-bearing, Fe-poor zinc sulfides in sulfate-dominant outer chimney walls usually contain higher contents of Ag, Cu and Pb (up to wt% levels) than Fe-rich, massive to disseminated sphalerite in Zn-(Fe)-rich chimney fragments coated by silicified crusts. Such sphalerite is represented by colloform/botryoidal aggregates of optically anisotropic ZnS with a strongly disordered structure or hexagonal habit, which are actually formed by coalescence and agglomeration of colloidal nanocrystalline particles. Using high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) and in-situ micro-XRD techniques, we have investigated the ultrastructure and crystal-chemistry of the {1 1 1} twin boundaries and wurtzite-type stacking faults that occur in Ag-rich, colloform or porous dendritic sphalerite. Submicroscopic electrum and Ag nanoparticles appear to nucleate on the micro-/nano-pore walls as cavity-fillings, or occur along grain boundaries between chalcopyrite-tennantite inclusions and the host sphalerite. Interestingly, the inhomogeneous distribution of precious metals and other chalcophile elements is generally concordant with the extent of recrystallization, intragranular porosity as well as various degrees of structural disordering/imperfectness (i.e., bulk defect density) in ZnS domains. Lattice defects and interfaces may play a limited role in promoting the simultaneous introduction of exotic impurities into colloform sphalerite during rapid growth. Even though certain morphological traits and aggregation state at the nanoscale seem to support a biogenic origin of these ZnS particles characterized by admixed polytypic intergrowth structures, the mineralogical and geochemical features of highly-defective sphalerite crystals, in addition to their microscale S-isotope signatures with relatively high $\delta^{34}S$ values, exhibit signs of abiologically-mediated, rapid precipitation caused by extensive mixing and cooling at Edmond. The physicochemical conditions and seafloor disequilibrium processes indicated by ZnS formation mechanism might facilitate the incorporation and enrichment of Ag, Au or other trace elements in hydrothermal sphalerite.

This research project was jointly funded by National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 41273054, 41503036 & 41702066)

S32-O-02

Mineralogical and chemical signatures of metalliferous

sediments in Wocan Hydrothermal Field on the slow spreading Carlsberg Ridge, Indian Ocean: Implication for past hydrothermal activities.

Samuel Olatunde Popoola[1,2,3], Xiqiu Han[2]*,Yejian Wang [2], Zhongyan Qiu[2], Ying Ye[1]

1 Department of Marine Science, Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan, 316021, China

2 SOA Key Laboratory of Submarine Geosciences, Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

3 Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research, Lagos, P.M.B, 12729, Nigeria

* xqhan@sio.org.cn

To understand the intensity and past processes of hydrothermal activities in the active and inactive venting sites, it is imperative to determine the hydrothermal fingerprints of its surrounding sediments. Here we conduct a comparative study on the mineralogy and geochemistry of surface metalliferous sediment collected in close proximity to the active hydrothermal site (AHS) and inactive hydrothermal site (IHS) from the Wocan hydrothermal Field (WHF), on the Carlsberg Ridge (CR), northwest Indian Ocean. The isolated sulfide grains from the bulk sediments at the AHS and IHS comprises mixed hydrothermal precipitates mainly pyrite, marcasite, chalcopyrite and sphalerite. The samples from AHS (type-1) are enriched in Se, Co, As, Sb, indicating that they bear the signature of intermediate-high temperature hydrothermalism. The shale normalized Rare Earth Elements (REEs) patterns are characterized by LREE enrichment, weak positive Eu anomaly (Eu/Eu* = 1.05-1.31), and negative Ce anomaly (Ce/Ce* = 0.46-0.57). The sulfur isotope analysis of pyrite separate and representative rock fragments returned δ34 Spy values of 0.8-4.3‰. These signatures are indications of close proximity to the discharge zone environments. The samples from IHS (type-2) show the signature of low temperature hydrothermalism (Zn, Tl, Sn enriched). The shale normalized REE patterns show LREE enrichment, negative Eu/Eu* (0.28-0.42) and Ce/Ce* (0.25-0.27). The δ^{34}Spy returned a heavy value of 6.4‰. These indicate masked hydrothermal signature, altered sulfide sediment, with increased contributions of ambient seawater, and waning conditions of high temperature hydrothermal activities. The spatial variations in the mineralogical and chemical signatures of the AHS and IHS can be explained by multistage hydrothermal processes of the Wocan Hydrothermal System. This study provides valuable information on the characteristic geochemical signatures of the surrounding sediments of the WHF, and the probable depositional environments of the isolated sulfide grains.

S32-O-03

西南印度洋洋中脊表层沉积物地球化学特征及其热液活动指示意义

张霄宇[1]*，陶春辉[2]

1 浙江大学地球科学学院，杭州 310027

2 国家海洋局海底科学重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* zhang_xiaoyu@zju.edu.cn

洋中脊热液硫化物资源勘探开发目前无论在科学界还是工业界都没有成熟的经验可供借鉴，严重制约了国际海底区域多金属硫化物资源勘探开发的发展。

本次研究挑选了大洋 40 航次第三、四航段在我国西南印度洋洋脊合同区域采集的 25 个表层沉积物样品，基于主量、微量和稀土元素检测分析数据，采用元素含量、相关性、元素对比值、特征元素三角图解，以及稀土元素分馏特征值等手段，开展沉积物类型、物质来源探讨，研究表明，样品所代表的大部分研究区域内主要为钙质生物沉积，部分样品元素地球化学特征受沉积物中玄武岩风化碎屑的影响，龙旂热液区的部分样品中表现出一定的热液迹象，稀土元素分馏特征和配分模式、Al+K-Mg-Fe+Mn 三角图解可较好地指示热液活动。

本次研究不仅为我国在西南印度洋的硫化物勘探提供基础数据参考；同时也是对海底热液硫化物勘探的沉积物地球化学找矿理论和方法的初步探索。

S32-O-04

洋中脊拆离断层演化过程对扩张中心迁移的影响研究

范庆凯 [1,2]，李江海 [1,2]，刘持恒 [1,2]

1 造山带与地壳演化教育部重点实验室，北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

2 北京大学石油与天然气研究中心，北京 100871

* 18810812308@163.com

洋中脊拆离断层和洋底核杂岩（OCC）通常发育于慢速-超慢速扩张洋中脊中央裂谷边界，并伴随不对称的洋底扩张方式，其形成与演化起源于洋中脊中央裂谷间歇性的岩浆作用循环。拆离断层的规模和位置会随其自身演化而变化，并影响到洋中脊扩张中心的位置变化。本文依据洋中脊扩张中心位置的离轴迁移规律，将拆离断层和洋底核杂岩的演化过程划分为 6 个阶段，并参照洋中脊拆离断层和洋底核杂岩演化阶段的划分，将全球 27 处拆离断层进行分类。依据分类结果，现今全球洋中脊拆离断层多属于非活动性拆离断层，位于阶段 VI（如 Logachev Massif 拆离断层和 Kane Megamullion 拆离断层）；少数拆离断层仍在活动，即属于发展期和成熟期（阶段 III/IV，如 MAR, 13°19′N 拆离断层和 Mt.Dent 拆离断层），以及衰亡期（阶段 V，如 MAR, 13°30′N 拆离断层和 Atlantis Massif 拆离断层）。在洋中脊拆离断层和洋底核杂岩的“形成-演化-衰亡-再次形成”的理想循环模型中，中央裂谷的岩浆作用强度随之发生周期性循环，洋中脊扩张中心亦产生“新生火山岩区中线-拆离断层终止线-重新活动的新生火山岩区中线”的位置变化，并先后产生离轴和向轴的位移。

S32-O-05

辉石和尖晶石对橄榄石蛇纹石化速率的影响

黄瑞芳 [1]*，孙卫东 [2]，宋茂双 [3]，丁兴 [3]

1 南方科技大学前沿与交叉科学研究院，深圳 518055

2 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

3 中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640

* huangrf@sustc.edu.cn

蛇纹石化是指超基性岩(主要为橄榄岩和科马提岩)的一种热液蚀变，产物包括蛇纹石、(±)水镁石、(±)滑石、(±)磁铁矿等。蛇纹石化广泛分布于多种构造环境中，如海底、洋中脊和俯冲带。蛇纹石化改变了大洋岩石圈的物理和化学性质。蛇纹石化大幅度降低大洋岩石圈的密度和强度。蛇纹石($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$)为富水矿物，其水含量高达 13.5 wt%。同时，蛇纹石富集 Cs、Ba 和 Sr 等大离子不相容元素。实验岩石学和热力学计算表明，蛇纹石可以在深度超过 150 km 时仍然保持稳定。因此，蛇纹石化对俯冲带水和不相容元素再循环有着重要影响

尽管如此，目前存在的问题是：俯冲带中超基性岩发生蛇纹石化的程度？蛇纹石化对俯冲带中水循环的影响？这些问题的解决需要研究橄榄岩的蛇纹石化速率。蛇纹石化速率是模拟计算俯冲带中蛇纹石化比例所必需的参数之一。近 40 年来，已有大量的实验研究了蛇纹石化速率，但是已经得

到的蛇纹石化速率相差高达一个数量级。此外，目前的实验研究主要以橄榄石为初始物，实验条件(例如，初始流体组成、水岩比以及厘定产物中蛇纹石比例的方法)差别较大，缺乏以橄榄岩为初始物的实验。

本研究分别以橄榄石和橄榄岩为初始物，进行一系列 311 ° C、3.0 kbar 条件下的蛇纹石化实验。实验目的是为了对比橄榄石和橄榄岩的蛇纹石化速率，并探讨辉石和尖晶石对橄榄石蛇纹石化速率的影响。实验结果表明，橄榄岩的蛇纹石化速率远高于橄榄石。对于初始粒径为 100-177 μm 的橄榄石，反应时间为 27 天时蛇纹石化程度为 5.3%。与之对比，同样粒径大小的橄榄岩，相同反应时间内蛇纹石化速率为 28%。橄榄岩之所以蛇纹石化速率快，是由于辉石和尖晶石在反应过程中释放出铝和铬，铝和铬会大大提高蛇纹石化速率。

本研究得到以下启示：首先，橄榄石的蛇纹石化反应不同于橄榄岩，辉石和尖晶石的加入会大大提高蛇纹石化反应速率。地质过程中橄榄石周围常有富铝、铬的矿物(例如，辉石和角闪石等)，蛇纹石化过程中这些矿物释放出铝和铬，铝和铬会提高蛇纹石化速率。其次，铝和铬这些通常认为不活动的元素，在蛇纹石化过程中是活动的。这些元素也可能影响蛇纹石化过程中氢气和烷烃的形成，以及磁铁矿的形成。

S32-O-06

西南印度洋多金属硫化物合同区资源勘查与评价进展

陶春辉*

国家海洋局海底科学重点实验室，国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* taochunhuimail@163.com

西南印度洋中脊全长约 8000km，属于典型的超慢速扩张脊。研究表明，该类洋脊系统发育丰富的热液活动，其产物多金属硫化物以富 Cu、Au 为特征，并具有较高的资源量。2011 年 11 月，我国与国际海底管理局签订了位于西南印度洋超慢速扩张脊的《多金属硫化物资源勘探合同》。根据《规章》要求，在合同签署 8 年内（2011 年 11 月—2019 年 11 月）和 10 年内（2021 年 11 月以前）应分别放弃 50%和 75%的合同区面积。

2011 年勘探合同签订后，我国在合同区组织实施了 6 个航次的调查研究工作。目前矿化异常调查整体进度已达 85%以上，为 2019 年完成 50%区域放弃提供了有利的基础资料支撑；在合同区发现 15 处热液异常区，确定 5 处勘探目标，其中龙旂、断桥、玉皇热液区硫化物具有相当的资源前景；通过中深钻探和瞬变电磁法初步查清了玉皇 1 号矿体空间结构特征，发现厚度超 60cm 的富铜硫化物层，Cu 平均含量超过 20%；通过基于 AUV 的高精度调查，获取了合同区部分热液区高精度近底地形地貌、磁力和水体异常数据，圈定了进一步勘探的靶区。

通过上述工作，目前我国在多金属硫化物找矿方法、技术、设备方面均取得重大进展。构建了近底地球物理和羽状流找矿模型，形成了洋中脊多金属硫化物的综合信息快速找矿方法。通过对现有资料的收集与研究，建立了洋中脊硫化物地电模型和硫化物瞬变电磁数据处理流程；结合已知热液区已有资料与实测数据，提出了适于海底硫化物瞬变电磁法的正反演算法，完成了相应的数据处理软件的开发，并获取了龙旂热液区、断桥热液区等热液区典型视电阻率剖面图和电性平面分布图。高新探测设备应用走向成熟。大洋自主研发的多金属硫化物勘探高新技术装备“潜龙二号”AUV、中深孔岩心钻机、瞬变电磁探测系统等集中在西南印度洋多金属硫化物资源合同区成功应用，标志着我国在多金属硫化物资源勘探领域正在实施高新技术的升级换代。我国学者在基础研究方面取得了重要进展，包括地幔的整体抬升、洋脊-热点相互作用、巨厚洋壳和轴部岩浆房的存在以及地壳厚度显著不均一性获得了一些新认识。同时提出了控制西南印度洋脊热液分布的新机制，揭示了超慢速扩张脊硫化物矿藏前景。

未来，将继续在合同区开展矿化异常调查，全面完成合同区找矿异常信息积累工作，完成 50%区域放弃，履行勘探合同；完成合同区典型热液区矿体/矿化体圈定，获得其分布和规模；进一步了解合同区及邻区环境基线及其变化特征，开展勘探活动环境影响评估、环境参照区与保护区研究。

S32-P-01S

深海多金属硫化物磁性源 TEM 激电效应研究

李泽[1,2]，陶春辉[1,2]*，朱忠民[3]，王华军[4]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

3 中国石油大学（北京），北京 102249

4 浙江大学，杭州 310012

* taochunhuimail@163.com

深海多金属硫化物矿床是未来最赋潜力的海底矿产资源之一，富存大量多金属硫化物矿，其潜在资源量与现有陆地上开采的铜，锌、铅、银和金等金属矿比较，蕴含了超出人们所预期的资源量。瞬变电磁法（TEM）是深海多金属硫化物矿勘探的有效手段。

利用自主研制的拖曳式磁性源瞬变电磁系统可以快速有效地识别热液硫化物矿异常，在西南印度洋中脊热液区硫化物探测中取得较好效果。多金属硫化物中的金属组分会引起极强的激电效应，为了准确分析激电效应对瞬变电磁数据处理及资料解释的影响，对西南印度洋中脊（SWIR）热液区的岩矿石样品进行了直流电阻率和复电阻率测量，其中硫化物矿在时间域表现出高极化特征，在频率域有明显的相位移动。矿化岩石与非矿化岩石电阻率（1Hz）的变化范围较大，从 0.5~1500Ω·m，跨三个数量级。致密的块状玄武岩具有较高的电阻率，约 1500Ω·m，其次是角砾岩，约几十 Ω·m，随着硫化物含量的增加，含硫化物的角砾岩电阻率在 10Ω·m 左右，而块状的硫化物具有最低的电阻率，约 0.5~2Ω·m，部分蛇纹岩的电阻率也可以达到几 Ω·m。用 Cole-Cole 模型对实测复电阻率数据进行非线性最小二乘拟合，得到洋中脊热液沉积环境下多金属硫化物的激电效应特征参数，基于 Cole-Cole 模型的 1D 瞬变电磁正演程序计算得到海底层状地电模型的瞬变电磁响应，激电效应导致电磁响应早期先增强，然后迅速衰减，后期发生极性反转。

模拟结果表明，利用近底拖曳式瞬变电磁系统对深海多金属硫化物矿勘探，在有效观测到海底热液硫化物矿床响应的最佳观测时窗内可同时观测到激电效应的影响，除在晚期引起瞬变响应极性反转外，在信号接收早期，激电效应能有效增强瞬变电磁法对深海多金属硫化物的可探测性。

S32-P-02S

超慢速扩张西南印度洋脊 63°E 热液活动

陈杰，陶春辉*，梁锦

国家海洋局第二海洋研究所海底科学重点实验室，杭州 310012

* taochunhuimail@163.com

在西南印度洋超慢速扩张脊（SWIR）最东段，Melville 转换断层以东区域，岩浆供给总体极为不足，并具有较低的地幔温度和较薄的地壳。由于热平衡较低且扩张极为缓慢，SWIR 最东段一直被认为缺失海底热液活动，直至 Mt. Jourdanne 热液区被发现。2009 年，中国大洋 20 航次在这段洋中脊上再次发现了两个热液区，即天成热液区(63°55′E/27°51′S) 和天作热液区(63°32′E/27°57′S)。2014-2015 年，中国蛟龙号载人深潜器对这两个热液区开展了进一步的详细调查，获取了该热液活动的直接观测资料。

天成热液区具有低温弥散流（最高温度仅为 13.2℃）并以玄武岩为基岩，海底遍布各种类型的热液生物；天作热液区是当前在西南印度洋海底首个被确认为由拆离断层控制并以超基性岩为基岩的非活动热液区。

我们的分析表明，天成和 Mt. Jourdanne 热液区所在的#11 中脊段是 SWIR 最东段上典型的局部强岩浆供给区域，其又同时具有合适地壳渗透率（断层和裂隙）。这为热液活动提供了充足的热源和有效畅通的流体循环通道。进一步推测，热液活动以及硫化物矿床在 SWIR 最东段具有较大的勘探前景。

S32-P-03

龙旂热液区羽状流空间分布特征研究

王渊，丘磊，蔡巍，梁锦

国家海洋局第二海洋研究所海底科学重点实验室

* zonalwind@163.com

“龙旂”活动热液区是全球首个在超慢速扩张洋中脊发现的活动热液区，由多个高温热液喷口和大面积低温弥散区组成。国内外调查表明，热液活动形成的热液羽状流具有极其复杂的空间结构和时间变率。我们利用中国大洋 30-49 科考航次获取的海水垂直剖面、近底拖曳和锚系调查数据，展开“龙旂”热液区热液羽状流时空分布特征研究。结果显示，“龙旂”热液区羽流水平展布范围可达 7 公里，最大喷发高度在 350 米左右，并形成数个不同深度的热液中性浮力层。相较于周围同深度水体，“龙旂”热液区热液羽状流中性层内水体呈现低温低盐特征，这与大西洋洋中脊 TAG 热液区情况相似。为揭示“龙旂”热液区热液羽状流时空分布的主要控制因子，引入改进的 MTT 积分模型和二维平流扩散方程，对热液羽流空间分布结构简单数值模拟。模拟结果显示，强背景流场会降低羽流喷发高度；在喷口附近小尺度内羽流热液异常水体空间分布主要受周期变化的潮流控制，而较大空间尺度羽流空间分布受热液区所在峡谷内背景流场制约。以上研究结果为进一步研究“龙旂”热液区热通量及热液活动对大洋深层水循环奠定了基础，并有助于深入了解热液生物在深海迁移过程。

S32-P-04

印度洋中层水季节变化

何海伦 [1]*，王渊 [2]

1 卫星海洋环境动力学国家重点实验室, 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室, 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012

* hehailun@sio.org.cn

海洋中层水是海洋水体的重要组成部分。海洋中层水区别于上层水和底层水，并不受到海表面或海底地形的直接强迫，其动力机制更倾向于由密度水平梯度诱导的海洋环流。于是海洋中层水密度差异直接驱动海洋海盆尺度的经纬向环流，在区域和全球大洋环流中发挥重要作用。印度洋有三个典型的中层水水团，分别为南极中层水，印度尼西亚中层水和红海-波斯湾中层水，其中红海-波斯湾中层水通常又被细分为红海水和波斯湾水。顾名思义，红海水和波斯湾水生成源地不同，同时，红海水比波斯湾水密度更高，在海洋中的深度也相对更深。印度洋红海水受到学者的普遍关注，它能够顺着印度洋西海岸南延至厄加勒斯角，并在南大洋和南极中层水混合。为此，本研究搜集印度洋海洋剖面数据，分析印度洋中层水特别是红海水的季节变化规律，为印度洋海洋环流研究奠定基础，并为印度洋资源开发提供依据。

S32-P-05

Os isotopes and highly siderophile elements distribution in abyssal peridotites from the Southwest Indian Ridge: Implications for the evolution of the oceanic upper mantle

Wei Li[1]*, Chunhui Tao[1], Zhenmin Jin[2]

1 Key Laboratory of Submarine Geosciences, The Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012
2 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geoscience, Wuhan 430074
* lwttkl89@163.com

The abyssal peridotites are extensively exposed on the seafloor of amagmatic segments at the ultraslow spreading Southwest Indian Ridge (SWIR). We present platinum-group elements (Os, Ir, Ru, Pt and Pd) abundances and Re-Os isotopic compositions in addition to major and trace elements for 10 spinel-facies peridotites from the Dragon Bone amagmatic segment (~53 ℃) and the easternmost part (~63.5 ℃ and 69.5 ℃) of the SWIR. These peridotites generally experienced intense serpentinization and seafloor weathering in addition to their variable degrees of melt-depletion (bulk rock Al_2O_3 = 0.74-2.73 wt. %). The low-temperature alterations, however, have a neglectable effect on their Os isotopes and platinum-group elements. The 63.5 ℃ peridotites display sub-chondritic Os/Ir and chondritic Pt/Ir ratios, and slightly variable Re/Ir and Pd/Ir ratios. The observed positive covariance between $^{187}Re/^{188}Os$ ratios and γOs and Re and Pd abundances can most likely be explained by interaction of mantle residues with radiogenic MORB melts, which is consistent with the petrographic observations indicative of melt infiltration as well. The 53 ℃ peridotites, on the other hand, display larger variations in Os isotopes, Re and relative PGE abundances, indicative of a more complex evolutionary history. High-Re abundance in some 53 ℃ samples attest to Re addition in a metasomatic process. Specifically, sample 21V-S9-D5-2 shows high $^{187}Os/^{188}Os$ ratio (0.148) and enrichment of Cu and Pt abundances, implying interaction with an oxidizing agent. Although the Re-Os isotopes of SWIR peridotites are superimposed by variable metasomatic processes, they preserve the record of ancient melting episodes (~0.8 Ga). We infer that the ancient depleted and hence buoyant source mantle exists beneath the SWIR, which probably supports the weakly magmatic rifted Marion Rise.

S32-P-07

西太平洋深海盆地表层沉积物的浅地层剖面特征

韦振权*，朱克超，王海峰

国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510075

* wei_zhenquan@163.com

地质取样调查结果揭示，西太平洋深海盆地表层沉积物的类型主要包括深海粘土、含沸石粘土、沸石粘土、硅质粘土、硅质软泥和钙质软泥。通过对浅地层剖面调查与重力活塞取样调查结果的对比分析，西太平洋深海盆地表层深海粘土、硅质粘土和含沸石粘土层的浅地层剖面特征总体上表现为透明-半透明层，极个别测线段表现为弱-中等强度杂乱反射层。沸石粘土层在浅剖上主要表现为强的杂乱反射层。钙质软泥层在浅剖上亦表现为强的杂乱反射层。而硅质软泥在浅剖上则表现为弱-中等强度的杂乱反射层，在很多情况下与深海粘土层的浅剖特征相似，较难区分。近年来的调查研究结果表明，深海粘土层是深海稀土矿床主要赋存层位，因此备受学者们的关注。上述深海盆地表层沉积物的浅地层剖面特征的分析结果表明，浅剖上表现为透明-半透明层很大程度上反映剖面所在区域存在粘土层，根据浅剖资料的解释结果，研究区浅剖上的透明-半透明层的厚度多集中在 15~35m，最大厚度约为 50m。

S32-P-09S

西南印度洋中脊27段热液活动

岳羲和[1,2]*，李怀明[2]，陶春辉[2]，任建业[1]

1 中国地质大学（武汉）海洋学院，武汉 430074
2 国家海洋局第二海洋研究所，海底科学重点实验室，杭州 310012
* yuexihe@cug.edu.cn

利用热液异常特征对羽状流进行探测，是寻找喷口位置，研究热液活动特征的有利工具。2014-2015 年，中国大洋 34 航次利用深拖热液探测系统对西南印度洋 27 段洋脊进行了详细的测线调查，获取了研究区沿轴和离轴区域热液探测数据。27 段地壳厚度可达 9.5km，并且在下地壳中存在岩浆房，整体表现出强岩浆供给的特征，这些可能是受到 900km 外 Crozet 热点的影响。

27 脊段以近底的热液异常为主，浊度异常、ORP 异常较弱但分布广泛。利用热液活动异常的判断参数，在 27 脊段沿轴区域确定了 3 处热液异常，离轴区域确定了 5 处热液异常。热液异常集中分布于 27 脊段中心以西区域。前人利用烟囱体样品对断桥热液活动历史进行研究后发现，最近的一次热液活动开始于 17.3（±0.1）kyrs，断桥热液区的热液活动终止于 0.737（±0.023）kyrs。在此之后，脊段中心岩浆活动逐渐减弱。来源于地幔的集中熔融供给岩浆进入了洋脊段中心的下地壳，沿着洋脊轴中地壳深度发生再分布。西侧的岩浆为 27 段热液活动提供了稳定热源，证明了现今的热液活动热源由洋脊中心转移至西侧。同时，对 27 脊段的扩张速率研究表明，南侧有更快的扩张速率，强烈的岩浆供为轴部及以南区域发育更强烈的热液活动提供基础。通过计算得到 27 段沿轴热液活动发生率（Fs）约为 3.5，与热点洋脊相互作用的区段的热液活动频率（Fs）低于正常区段、热液活动受到抑制的规律性认识不一致。对此的一种可能性解释是 27 段发育的离底高度较低的热液活动在探测中较难被发现，存在未探测到的热液活动影响了热液活动频度的计算。

S32-P-10

基于海底应力场的西南印度洋脊热液活动预测研究

王汉闯[1,2]*，陶春辉[1,2]，陈钦柱[3]

1 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012
2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
3 温州科技职业学院，温州 325000
* wanghc@sio.org.cn

超慢速扩张洋脊具有不同于其他速率扩张洋脊的扩张方式、地形地貌与构造特征特征，且具有形成大型多金属硫化物矿床的潜力。2007 年以来，中国通过大洋航次在超慢速扩张西南印度洋脊发现了多处热液区，并于2011年同国际海底管理签订了1万km^2多金属硫化物勘探合同。超慢速扩张洋脊热液区预测在解决国际前沿热点问题和满足国家战略需求方面意义重大。

当前，洋中脊热液区探测主要利用的船载地球物理探测、地质取样与物理海洋等方法，调查难度大、成本高，在实际应用中探测效率较低。已有研究表明，海底热液喷口的发育受应力、渗透性和断层的影响，通过一定的手段分析应力、渗透性和断层的分布可以确定喷口位置的潜力区。

海底地形自重引起的应力场对喷口发育具有重要影响。不同热液区的海底应力场模拟研究表明，海底切应力场与热液喷口存在一定的关系。通过对 TAG 热液区地形应力和热液喷口的关系研究，发现热液喷口的分布位置与最大水平主应力的低值区域较为吻合。利用近年来我国在西南印度洋脊积累的大量船载多波束与近底高精度地形资料，计算应力场分布，划分热液区发育的优势区。

流体流动遵循最省力原则，即总是流向阻力最小的位置。因此，热液活动发育位置受渗透率高的断层迁移，而拆离断层在热液系统的对应关系已有大量证据。通过 OBS 地震成像，对划分热液区发育的构造优势区内的拆离断层开展研究，进而确定热液喷口最大潜力区。

综上所述，海底应力场分布对预测西南印度洋脊热液活动区提供了重要帮助，可以确定出热液喷口发育的优势区域。在此基础上，结合地震手段寻找拆离断层和断裂的分布，最终预测出的热液喷口的最大潜力区。上述结论在已有探测结构中得到了证明，并用于下一步热液区预测研究中。

S32-P-11S

基于背景噪声互相关技术的海底地震仪的时钟校正方法在西南印度洋脊的应用

柳云龙[1,2]，陶春辉[2]*，姚华建[3]，丘磊[2]，王鼐[2,4]

1 吉林大学地球探测科学与技术学院，长春 130026
2 国家海洋局第二海洋研究所海底科学重点实验室，杭州 310012
3 中国科技大学地球与空间科学学院地震与地球内部物理实验室，合肥 230026；
4 中国地质大学（武汉）地球物理与空间信息学院，武汉 430074
* taochunhuimail@163.com

利用海底地震仪（OBS）进行地震监测是调查远离大陆的洋中脊地震非常有效的手段。由于电磁波信号不能在水中传播，海底地震仪之间的时间同步非常困难。传统的时钟校正方法是在假设时钟漂移是线性的前提下，通过 OBS 投放前后与 GPS 对时的方式来实现。然而，中国大洋 34 航次在西南印度洋脊布放的部分 OBS 回收后，由于仪器故障不能与 GPS 进行对钟。因此，我们采用一种利用 OBS 间的背景噪声互相关函数的时间对称性分析方法来估计台站间的时钟误差。首先利用钟漂已知的中国大洋 40 航次海底地震数据的每天噪声互相关函数来测试时间对称性分析方法的可行性，结果表明任意两个台站的互相关函数的面波走时随时间呈线性分布且向着相反的方向发展；其次讨论了不同的分量的地震数据，频带范围，振幅归一化方法等参数对互相关结果的影响，我们发现时间对称分析方法在经过 2-5 s 滤波后的水听器分量数据中应用效果最佳。最后将该方法应用到中国大洋 34 航次 108 天地震监测数据中，得到海底地震台站之间累积的最大钟漂长达 2.2 s。根据实际应用的效果，我们证实了在没有 GPS 授时和种差非线性变化的情况下选择合适的参数利用 OBS 台站间的背景噪声互相关方法是的一种切实可行的时钟校正方法。

S32-P-12S

西南印度洋脊龙旂热液区蚀变玄武岩研究

王媛*，李怀明，陶春辉，李伟

国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
* verawang94@163.com

洋中脊玄武岩与热液流体的相互作用可淋滤出元素，对成矿流体的形成、演化有重要贡献。龙旂热液区位于西南印度洋脊中部，普遍出露玄武岩基底。受拆离断层控制，龙旂热液区出露的玄武岩经历了不同程度的变质和变形作用，记录了该区域热液及构造活动的历史。本研究选取了中国 DY125-30、DY125-34 和 DY125-40 航次利用电视抓斗采集的龙旂热液区玄武岩样品，利用光学显微镜、电子探针(EMPA)开展了岩相学和矿物地球化学分析。岩相学特征表明，该区玄武岩普遍发生脆性变形，根据其变形程度不同划分为低、中、高三种变形现象；玄武岩的变形程度越高，岩石发生蚀变（如绿泥石化、矿化作用）的频率则越高。玄武岩中常见的蚀变矿物包括绿泥石，绿帘石，榍石等，与钠长石，石英伴生。绿泥石+钠长石的特征矿物组合，代表大于 300℃的高温蚀变。本研究的蚀变玄武岩中绿泥石的 MgO/FeO 比值大多在 1.1-1.2 左右，与 Kawahata (1984)研究中的受高温蚀变的典型 MORB 中绿泥石的 MgO/FeO 比值较为接近。龙旂热液区玄武岩中蚀变矿物主要填充在岩石裂隙或气孔中，为岩石发生脆性变形作用及后期热液流体渗透结果所致。结合龙

旂热液区的构造特征，推断拆离断层为循环热液流体提供了运移通道，进而为研究区的玄武岩高温蚀变提供了物质来源。

S32-P-13

西南印度洋中脊断桥热液区多金属硫化物的组成和形成

杨伟芳*，陶春辉，梁锦，廖时理

国家海洋局第二海洋研究所海底科学重点实验室

* yangweifang@sio.org.cn

作为超慢速西南印度洋中脊典型热液区之一的断桥热液区，其洋壳厚度较厚（~9.5 km），岩浆供应量相对较大，为多金属硫化物的形成提供了充足的热源。本文对采自该热液区多金属硫化物的组成、物质来源等进行了深入而系统的研究。

断桥热液区残留烟囱体硫化物及块状硫化物矿物组合主要为黄铁矿-黄铜矿-闪锌矿-白铁矿。断桥热液区的成矿序列可初步划分 5 个矿物学组合，分别是粒状黄铁矿（Py1）+黄铜矿+粒状闪锌矿（Sp1）+中间固溶体（Iss）；树枝状黄铁矿（Py2）+闪锌矿（粒状，Sp1）+等轴古巴矿（Iso）；胶状黄铁矿（Py3）+白铁矿（Mar）+胶状闪锌矿（Sp2）；黄铁矿+胶状闪锌矿（Sp2）；以及成矿晚期的无定型硅+铜盐的沉淀。研究区硫化物的 Cu、Fe 和 Zn 的平均含量分别为 2.5 wt%、27.6 wt%和 3.1 wt%，而 Pb（≤7500 ppm，平均 1455 ppm）、As（≤830 ppm），Ag（15.6-＞100 ppm），Sb（≤98.9 ppm）和 Cd（≤920 ppm）含量高于洋中脊大部分热液区。现代海底热液系统中不寻常的高 Pb、Cd、As、Sb 和 Ag 被解释为热液流体最初富集这些元素；另外一个可能原因是元素的再活化作用及随后的矿床区域提纯过程造成的。

S32-P-14

西南印度洋中脊海底热液区微地形地貌探测

张国埕[1,2]*，陶春辉[1,2]，何拥华[1,2]，王昺[1,2,3]

1 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

3 中国地质大学（武汉），武汉 430074

* zhanggy@sio.org.cn

海底热液区广泛分布于洋中脊，其空间范围较小，而洋中脊地形复杂，常规的船载多波束测深系统难以获得高分辨率的地形资料，制约了对热液区的地形地貌进行精细研究。近底地形地貌探测，可有效提高探测分辨率，获得海底热液区的微地形地貌数据，对热液区的科学研究与资源勘查具有重要意义。自 2005 年我国在西南印度洋脊发现首个活动热液区以来，大洋航次对该区域开展了长期持续的调查研究。近两年，大洋航次应用我国自主研制的“潜龙二号”自主潜水器（auto underwater vehicle，AUV），搭载测深侧扫声呐，对西南印度洋的龙旂、断桥、玉皇、苏堤以及白堤等多个热液区执行了 30 余个潜次的微地形地貌探测。

洋中脊发育大量陡坡陡砍，水深高差变化较大，为了保持地形地貌探测覆盖范围一致，AUV 采用定高航行模式，离底 50 米或者 100 进行“梳形”测线测量。 “潜龙二号”使用的导航定位单元为 PHINS 与 DVL 组合导航系统，辅以声学长基线或超短基线，导航精度可达到航程的 0.5%。测深侧扫声呐的工作主频为 150kHz，沿航迹方向波束开角约为 1.5°，测深的覆盖范围可达 400 米，可获得 1024 个水深点；侧扫的覆盖范围可达到 800 米。通过对西南印度洋中脊海底热液区微地形地貌探测，取得如下认识：

（1）AUV 定高 100 米近底探测可获得分辨率为 0.5 米的地形资料，同时，测深资料与侧扫资料具有良好的对应关系，有助于提高海底目标判断的准确性；

（2）相比长基线，超短基线辅助定位虽精度下降，但可提高作业效率，在测区具有特征地物时，通过后处理特征匹配定位的方法，可对定位精度改正，获得较理想的定位效果；

（3）AUV 的姿态变化，对声呐探测作

业影响较大，发展坡度跟踪的走航探测方法，可减小 AUV 调整航行状态时的剧烈姿态变化；

（4）洋中脊热液区微地形探测技术需求与发展趋势：a)为适应洋中脊地形变化，AUV 采用不同离底高度作业，应用双频声呐，针对不同的作业量程使用不同的工作频率，可提高地形地貌测量精度；b)结合 AUV 航速较慢的特点，采用较高频率的声呐，可获得更高分辨率的地形地貌资料；c）AUV 不断跟踪起伏变化的洋中脊地形航行时，姿态变化较大，声呐的波束实时补偿技术可获得测点均匀的地形地貌资料；d)具备水体探测功能的声呐，有助于对海底热液羽状流的探测。

S32-P-15S

西南印度洋玉皇热液区黄铁矿形貌及地球化学

於俊宇 [1,2]，陶春辉 [2]*，廖时理 [2]

1 浙江大学海洋学院，舟山 316021

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* taochunhuimail@163.com

黄铁矿在海底热液型矿床中分布广泛，且其标型特征在不同的形成环境下差异显著，是热液区成矿过程的重要标志之一。玉皇热液区位于超慢速扩张的西南印度洋脊，在中央裂谷南侧的谷壁上被发现，也是目前该洋脊上发现的水深最浅的热液区。玉皇热液区多金属硫化物主要由黄铁矿、白铁矿、闪锌矿、黄铜矿和等轴古巴矿等组成。本研究对其中的黄铁矿进行矿物地球化学分析，发现其微量元素中 Zn 的含量最高，且主要在自形细粒的黄铁矿颗粒中富集，而在与黄铁矿伴生的白铁矿中贵金属元素 Ag 的含量较高，达 0.087%，在针状白铁矿中富集，和 Zn 元素的迁移特征类似。扫描电镜分析发现样品中黄铁矿形貌多样，以单颗粒和集合体形态出现，晶型大多较为完整，主要可分为结晶颗粒大小不同的两类，代表两个期次的热液活动。结晶颗粒较大者的晶型为立方体和五角十二面体及其聚形，且互相堆叠生长；结晶颗粒较小的黄铁矿微晶中，八面体最为广泛，也有不规则微粒状的晶型。同时，大量的石膏与黄铁矿伴生，棱柱状和放射状是两种最常见的形貌。综上所述，玉皇热液区的黄铁矿可分为两期，成矿早期为高温环境下形成的八面体微晶，而晚期为中低温环境，重结晶形成，且伴生有白铁矿和石膏，Ag 和 Zn 元素也在该时期进入。

S32-P-16S

三维无约束聚焦反演方法在西南印度洋玉皇热液区近底磁测数据中的应用

周飞 [1,2]，陶春辉 [2]*，吴涛 [2]，张金辉 [2]，曾昭发 [1]

1 吉林大学地球探测科学与技术学院，长春 130012

2 国家海洋局第二海洋研究所海底科学重点实验室，杭州 310012

* taochunhuimail@163.com

位场三维物性反演过程有其固有的不稳定性和多解性，因此在反演过程中需要采取正则化，物性约束等方法以获得更具地质意义的最优解。本文主要针对物性约束方法进行研究，在前人研究基础上采用双曲线转换函数将模型参数解 m 转化成中间变量 x，以达到无约束效果，这样在迭代过程中不会破坏搜索方向，从而获得更有意义的反演解。同时对前人的双曲线函数形式进行改进使其适用于初始模型为零，模型下界为负值的情况。采用模型试验验证方法的有效性，反演得出的模型位置及磁化强度值与理论模型对应较好，证明了方法的有效性。最后将上述方法应用到西南印度洋玉皇热液区的 AUV 近底磁测数据中，结合样品物性测试数据，获得了该区三维磁性结构并与实际地质情况相对应，证明了方法的实效性，并且为进一步研究该区地质问题提供有效依据。

S32-P-17S

多参数化学传感器在西南印度洋中脊热液探测中的应用

吴荣荣[1]，陶春辉[1,2]*，叶瑛[1]，陈雪刚[1]

1 浙江大学海洋学院，舟山 316021

2 国家海洋局第二海洋研究所海底科学实验室，杭州 310012

* taochunhuimail@163.com

随着科学技术的发展，化学传感器在微型化、集成化、智能化等方向得到快速发展，其在海洋环境监测和海底资源勘探中的应用越来越受到关注。以贵金属作基体的全固态离子选择性电极，通过在基体表面镀不同的敏感膜而对水体中的不同离子响应，因其体积小，耐高温高压等优点广泛用于海洋原位监测。由参比电极、氧化还原（Eh)电极、pH 电极和 S^{2-}电极等全固态化学电极组装成的多参数化学传感器功耗低、寿命长、响应灵敏、操作简单、携带方便，可同时监测水域中不同离子浓度的变化。基于热液及其羽状流的化学异常特征，可将该传感器搭载在其他探测设备上寻找热液喷口。在西南印度洋中脊热液探测过程中，将该多参数化学传感器、温度传感器、甲烷传感器和浊度传感器搭载在摄像拖体上进行同步原位观测。在非羽状流区，该传感器示数稳定，各电极电位无明显变化。在热液羽状流区，该化学传感器上 Eh 电极出现 49mV 负异常，pH 电极出现 18mV 负异常，S2-电极出现 94mV 负异常,与其对应的浊度传感器、甲烷传感器和温度传感器都检测到热液异常。测试结果表明多参数化学传感器可灵敏地检测由热液引起的化学量变化，是探测热液及其羽状流的有效传感器。

S32-P-18S

西南印度洋 49°E—50.25°E 洋脊段 多金属硫化物定量预测与评价

刘露诗[1,2]，陶春辉[2]*，陈建平[1]，廖时理[2]

1 中国地质大学 地球科学与资源学院 北京市国土资源信息研究开发重点实验室，北京 10003

2 国家海洋局第二海洋研究所 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* taochunhuimail@163.com

大洋环境特殊，实地考察耗费大量人力物力。海底硫化物资源预测方法的研究对于硫化物成矿远景区的选取具有重要意义。前人的海底资源预测方法多数只能对单一数据进行处理(German et al., 2016; Hannington et al., 2010)，如何同时运用地、物、化数据综合的进行定量预测仍处于探索阶段。陆地资源定量预测体系已比较成熟，大洋矿产资源评价体系的建立可借鉴相关经验。

本文的研究对象为西南印度洋 49°E—50.25°E 洋脊段。根据西南印度洋的成矿地质背景和热液活动特征，本文综合地形、地质、地球物理、地球化学等 5 个类型找矿标志，建立了与之对应的找矿概念模型。根据概念模型，深入挖掘所收集的相关数据，将模型从定性化逐渐过渡为定量化，并建立数据找矿模型。本次研究搜集了水深地形、重力异常、磁力异常、断裂构造、化探异常等数据。对这些数据进一步分析处理，提取与已知热液点相关的成矿信息，结合西南印度洋硫化物的成矿特征，建立了该区多金属硫化物的找矿预测模型。最终通过综合计算多种数据的证据权理论，形成适用于大洋多金属硫化物的资源定量预测方法。基于该模型的多金属硫化物资源预测与评价，可为后期定量分析硫化物资源潜力以及资源勘探提供资料基础。

通过本文的研究可得出以下结论：根据验证区实际情况充分搜集资料，对西南印度洋海底地形、地质构造、重磁异常、火山地震等数据进行深入挖掘并建立找矿模型，提取 7 项条件独立的证据因子进行二维定量预测。预测结果与已知热液点叠合度良好，证明本文所建立的方法体系具有可行性。

S32-P-19S

西南印度洋中脊龙旂热液区沉积模型分析

潘东雷[1,2]，陶春辉[1,2]*，廖时理[1,2]，邓显明[1,2]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* taochunhuimail@163.com

据统计 65%的海底热液活动发于大洋中脊 2000-3000m 的海底，下渗的海水被热源加热后淋虑、富集多种金属元素，喷出海底表面后形成热液羽状流，在喷口及附近形成富含多种金属元素的硫化物堆积物，并在海底地形和区域底流的耦合作用下进行着风化剥蚀和迁移运输。洋中脊热液区沉积模式的研究对于热液活动沉积历史重构和硫化物找矿工作都具有重要意义。

龙旂热液区发育在洋中脊中央裂谷东南斜坡丘状凸起高地形之上，周围地形复杂，起伏较大。本文基于近底 AUV 获取的龙旂热液区精细地形数据，综合考虑区域底流信息，对重力驱动的热液沉积物迁移进行了分析，提出了热液区物质迁移堆积模式，包括海底沟谷组成的沉积物运移通道，以及局部高地形对沉积物运移的阻隔作用。羽状流自身形态受到区域底流的作用，影响着热液物质的沉积与分布；而区域底流与海底地形的共同作用又影响着热液沉积物的二次迁移；热液羽状流、区域背景底流和海底地形的共同作用于热液区的综合沉积。

本文在元素和矿物两方面对沉积模型合理性进行对比验证。对于大洋历次航次在龙旂热液区获取的 64 个站位的沉积物样品进行了化学分析，得到了各个站位化学元素百分比含量值，并以 w(Al+Fe+Mn)/w(Al)指标绘制地球化学晕图；结合他人对龙旂热液区重砂矿物重分散晕的模式研究，绘制研究区重砂矿物分布图，结果显示矿物组合及主要金属元素的空间赋存特征都与地形分析具有出一定的相关性，热液羽状流、地形因素和大洋底流共同作用于海底热液物质的沉积。

S32-P-20S

洋中脊多金属硫化物成矿物质组成与水深的关系

黄玉强[1]*，廖时理[2]，陶春辉[2]

1 中国地质大学（武汉）资源学院，武汉 430074

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

* hyq_person@163.com

水深是控制硫化物形成的重要因素，Monecke 等[1]对岛弧环境的海底多金属硫化物矿床的研究表明，不同岛弧环境的硫化物矿床的产出水深具有一定的差别，例如弧后扩张中心的硫化物矿床对应的水深范围在 1500~2000m 之间，而产出于成熟弧后扩张中心至火山岛弧之间的矿床对应产出水深大致在 2000~3700m。洋中脊由于不同的扩张速率使得热液区的产出水深具有一定差别，而目前尚未有人对水深与洋中脊环境的现代海底多金属硫化物的形成关系进行过深入研究和探讨。

热液流体的压力在一定程度上受到静水压力的影响，特别是对热液流体上升过程中流体的最大温度具有一定的控制作用，从而对热液流体的沸腾作用具有一定的影响。因此本文通过对不同扩张类型洋中脊环境多金属硫化物区的产出水深与多金属硫化物的 Cu、Zn、Au、Ag 等元素含量的对应关系以及不同类型赋矿围岩的多金属硫化物区的数量进行统计分析。结果表明，快速扩张洋脊的多金属硫化物区的主要产出水深为 2280~2640m，而慢速扩张洋脊的多金属硫化物区的水深大致集中在 2720~3360m。超慢速扩张洋脊的多金属硫化物区的产出水深范围跨度较大，集中在 2750~4950m 之间。在已发现的多金属硫化物区中，洋中脊玄武岩（MORB）作为主要的赋矿围岩占已发现多金属硫化物区数量的 82%，而以超基性岩为主的多金属硫化物区的数量只占 3%，其次以超基性岩和基性岩均出露的赋矿围岩的多金属硫化物区的数量约占 15%。其中快速扩张洋中脊环境的多金属硫化物区的基岩类型主要以 MORB 类型为主。多金属

硫化物中 Au、Ag、Cu、Zn 等为主的成矿元素在海底多金属硫化物形成过程中同水深的关系不明显，特别是在同一扩张类型的洋中脊环境中。然而不同扩张类型的洋中脊环境的各元素特征具有一定的差别，特别是快速扩张洋中脊的多金属硫化物区的各元素含量集中在某一相对较小的水深区间内，而慢速扩张洋中脊环境的多金属硫化物区的元素含量则分散在不同的水深范围内。通过对不同扩张速率洋中脊环境的多金属硫化物区各成矿元素与水深对应关系的探讨，表明水深同现代海底多金属硫化物的形成无直接关系。

S32-P-21

Bulk geochemistry, sulfur isotope characteristics of the Yuhuang-1 hydrothermal field on the ultraslow-spreading Southwest Indian Ridge

Shili Liao[1,2], Chunhui Tao[1,2]*, Huaiming Li[1,2], F. J.A.S. Barriga[3], Jin Liang[1,2], Weifang Yang[1,2], Junyu Yu[1,4], Chuanwei Zhu[5]

1 Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, Zhejiang, China

2 Key Laboratory of Submarine Geosciences, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, Zhejiang, China

3 Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

4 Ocean college, Zhejiang University, Zhoushan 316021, Zhejiang, China

5 State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China

* taochunhuimail@163.com

The Yuhuang-1 hydrothermal field (HF) was discovered recently on the ultraslow-spreading Southwest Indian Ridge (segment 29). This field comprises two main sulfide deposition areas, including the southwest sulfide area (SWS) and the northeast sulfide area (NES), all of which are about 500m in diameter. Sulfide-rich samples collected on the seafloor consist of zinc-rich, iron-rich, and silicified samples. The Zn-rich samples contain up to 60% sphalerite and 5% chalcopyrite, while iron-rich samples primarily contains pyrite and marcasite, and silicified sulfide rich sample primarily consists of amorphous silicon (70%), pyrite (15%–20%), and minor sphalerite. Sulfide rich samples generally show mound features with similar mineral assemblages, except that the NES contains pyrrhotite, indicating precipitation under relatively reduced conditions. Bulk geochemistry of the SWS and NES massive sulfide samples display similar Au, Co, Ni, and Si contents and Ni/Co ratios, similar to mafic-related HFs, while the Sn content and the Cd/Zn ratio are comparable to ultramafic-related HFs, which probably indicates a multi-stage origin. Sulfides rich samples from the SWS have $\delta^{34}S$ values ranging from −1.37‰ to 6.02‰ with a median value of 0.83‰. Currently, the $\delta^{34}S$ value of −1.37‰ is the lowest sulfur isotope composition observed in HFs on ultraslow-spreading ridges. Bacteria-derived sulfur, which is calculated to be 10%–25% of the total sulfur component, is likely the cause of the negative sulfur isotope composition. Conversely, the δ34S values of the seafloor sulfides rich samples in the NES ranges from 3.75‰ to 8.73‰ with a median value of 4.74‰, which is distinctly heavier than that of the SWS. This study suggests that the SWS and NES of the Yuhuang-1 HF probably formed during different mineralization stages.

S32-P-22

Formation of hydrothermal vents in the Longqi-1 field,

Southwest Indian Ridge: Trace elemental constraints

Jin Liang*, Chunhui Tao, Weifang Yang, Shili Liao

Key laboratory of Submarine Geosciences, Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

* 11538014@zju.edu.cn

The Longqi-1 hydrothermal Field at 49˚39'E, 37˚47'S, pre-called Dragon Flag Field (DFF), was the first active vent field reported along ultra-slow spreading Southwest Indian Ridge. During the dives of submersible Jiaolong of Chinese Cruise DY35 in 2015, the vent sites of DFF were mapped in detail for the first time. Together all, the field hosts almost 20 active and inactive structures, exhibiting a wide variety of morphologies that include spires, mounds and pinnacles.

The chimney samples recovered Longqi-1 field were divided into three groups: (1) Cu-rich chimneys (black smokers); (2) Zn- and Fe-rich chimneys and diffusers; and (3) Cu-Fe rich inactive chimneys. Detailed mineral texture and assemblage observation and Laser-ablation ICP-MS analyses were conducted to study the mineralization processes. The results show that there are distinct systematic trace element distributions throughout the different minerals in the 3 sample groups. In general, chalcopyrite from group (3) is enriched in most trace elements than those from group (1), except Ni and Se, the typical high-temperature metals. The Pb, As,Mo, Ga, Ge, V, and Sb, metals that are commonly referred to as medium- to low-temperature elements show more enrichment in the Chalcopyrite from group 3. As with chalcopyrite, pyrite also shows distinct trace element associations in grains with different habitus. The low-temperature association of elements (Pb, Mo, Mn, U, Mg, Ag, and Tl) is significantly present in pyrite from group (1) than the other groups, whereas the high-temperature association (Se, Co) is enriched in euhedral pyrite from group (1) and (3). Sphalerite in the groups (2) and (3) is characterized by high concentrations of Ga, Ge, Pb, Cd, As, and Sb, indication of intermediate temperatures precipitation.

Our results indicate that the chimneys in Longqi-1 field have experienced a cycle of heating with Cu-rich chimney growth and subsequent cooling, followed by late seafloor weathering. Seafloor weathering processes or mixing of hydrothermal fluids with seawater during the waning stages of hydrothermal fluid flow result in significant redistributions of trace elements in sulfide minerals.

S32-P-23

西南印度洋"龙旂"热液区声学特性研究

丘磊[1,2]*，陶春辉[1,2]，王渊[1,2]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* lqiu_sio@163.com

大洋中脊是地球上最为活跃的区域之一，其特有的岩浆活动及构造运动会产生大量的微地震事件，通过对这些地震事件进行长期的原位声学观测可以为我们了解洋脊特性提供基础数据。位于西南印度洋的"龙旂"热液区是一个典型的超慢速扩张脊活动热液区，也是近年来国际上洋中脊研究的难点和热点之一。在 2016-2017 年的中国大洋第 43 航次中，我们在该区域布放了 6 套海底地震仪和 1 套锚系式水听器，共记录到近两个月的连续数据。

声学数据分析结果表明，"龙旂"热液区微地震活动非常频繁，平均每天能记录到 8 个地震。此外，声学信号的种类也非常丰富，不仅有远震和区域震引起的 T 波、热液

喷口活动和断层活动产生的微地震，甚至还记录到了热液弥散活动引起的声学事件。热液弥散声学事件的振幅极其微小，通常小于2 帕，且主要集中两个时间段内，持续时间约 2-3 天，与锚系上记录到的浊度异常数据非常吻合。

S32-P-24S

卡尔斯伯格脊大糙热液区热液活动分布特征及其控制因素初探

王叶剑*，韩喜球，邱中炎，李洪林，宗统，余星，吴雪停，周鹏，蔡翌旸

国家海洋局第二海洋研究所，国家海洋局海底科学重点实验室

浙江省杭州市保俶北路 36 号

* yjwang@sio.org.cn

2015 年中国大洋 33 航次在慢速扩张卡尔斯伯格脊发现了印度洋最北的海底活动热液系统：大糙热液区（60°10′E/6°48′N）。该热液区坐落于中央裂谷非转换不连续带（Non-Transform Discontinuity，NTD）内的一条长约 8km、宽 3km 的新火山脊之上。2017 年大洋 38 航次借助“蛟龙号”载人深潜器对大糙热液区实施了三个潜次的近底观测，获得了该区微地形地貌、构造地质和热液活动分布等初步认识。调查研究发现，大糙热液区分布在新火山脊中央鞍部位置，面积约为 280m×180m，展布方向近垂直于洋脊走向，呈 NE-SW 向。热液区受控于 NE 和 SW 两侧的正断层，其中 NE 侧水深较浅，接近 3430m，SW 侧水深较深，可达 3493m，NE-SW 两侧高差近 60m，NW-SE 向高差近 50m，整个热液区呈丘状体。热液区发育 8 处活动热液喷口和烟囱体群，主要分布在丘状体中部 70m×40m 的范围内。活动喷口群多呈城堡状，由高达 20m、根部直径~3m 的大型烟囱体组成，多数烟囱体的根部粗、顶部细，偶见顶部烟囱体变粗、分叉，呈佛手状，快速喷发热液流体（温度 275℃）。在烟囱群底部发现数十厘米到 2m 高的小型烟囱体，呈树枝状、蜂窝状、笋状等多种形态，表面多覆盖一层黄褐色铁氢氧化物，其喷口的热液流体多呈弥散型喷发。活动喷口区外围分布着 10 处已停止活动的烟囱体群，可见大量的硫化物烟囱体坍塌体、块状硫化物、铁锰氧化壳、含金属沉积物和蚀变玄武岩等热液产物。调查发现，热液区及其邻近区域多见枕状和席状玄武岩，表明大糙热液区的围岩系统是以 MORB 为主导。与 80km 之外、同样发育在新火山脊之上的卧蚕热液区（Wang et al., 2017）相比，大糙热液区所展现的赋存水深较深、中高温聚集型喷发、产出巨型富锌烟囱体建造等特征有可能与 NTD 岩浆供给相对较弱有关，但这需要更多的重力、地震、地热梯度等地球物理证据进行制约。

S32-P-25S

H_2O in the basaltic Magma beneath the Slow-spreading Carlsberg Ridge

Tong Zong[1,2], Xiqiu Han[1]*, Jiqiang Liu[1], Yejian Wang[1], Yiyang Cai[1], Zhongyan Qiu[1], Honglin Li[1]

1 Key Laboratory of Submarine Geosciences & Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012

2 Key Laboratory of Submarine Geosciences and Prospection of Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100

* xqhan@sio.org.cn

H_2O in the mantle have been the subject of interest in geochemistry and geophysics due to its significant effect on the melting and the physical properties of mantle rocks. The abundance of water in derivative mantle melts beneath mid-ocean ridge can provide important insight on the abundance and distribution of water in mantle. We analyzed

the volatiles (H_2O, CO_2 and Cl), major and trace element content in basaltic glass samples collected along the slow-spreading Carlsberg Ridge from 59 ℃ to 66 ℃, Indian Ocean. Our results show that all of the studied samples are N-MORB with their H2O content range from 0.13 wt% to 0.29 wt% with an average of 0.22 ± 0.10 wt%. H_2O content in the mantle beneath the Carlsberg Ridge was estimated to range from 96 to 146 ppm with an average of 123 ± 17 ppm. Along the ridge from 59 ℃ to 66 ℃, H_2O/La, H_2O/Ce and the incompatible trace element ratios show systematic variation, i.e. H_2O/La and H_2O/Ce ratios are increasing with the longitude, while K_2O/Ti_2O and (La/Sm)N are decreasing. It is suggested that although the mantle source of Carlsberg Ridge is contaminated by continental crust material, the variable degree of the mantle melting is the main factor responsible for chemical variation along the ridge axis from 59 ℃ to 66 ℃.

S32-P-26S

热液活动对深海沉积物富集稀土的影响

邱忠荣，马维林*

国家海洋局第二海洋研究所 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* maweilin308@sina.com

继大洋多金属结核、富钴结壳及多金属硫化物之后，深海沉积物稀土资源成为当前新的研究热点。Kata et al. （2011）对太平洋 2000 多个深海沉积物样品研究分析发现太平洋深海沉积物中的稀土元素有广泛富集，其中靠近东太平洋洋脊（EPR）附近的海域表层沉积物稀土含量更是高达 1500ppm 以上，而远离洋脊，火山活动不明显的区域沉积物稀土含量明显偏低。

其他学者如 Amaya et al. (2017) 在对横穿北大西洋洋脊区域的采样中发现，靠近洋脊区的富含铁锰氧化物微结核的红黏土稀土含量最高，达 513ppm，明显高于其他类型的沉积物，并认为热液源的相对缺乏是北大西洋沉积物较之太平洋沉积物稀土含量低的原因之一。于增慧等（2010）对冲绳海槽中部热液区附近沉积物岩芯的研究认为，该区沉积物中的稀土一方面由热液源物质直接输入，另一方面由热液物质对海水中的稀土元素进行清扫共同进入沉积物。Mascarenhas-Pereira et al. (2010) 对中印度洋海盆沉积物的研究发现该区沉积物中有50%-85%的热液组分，受火山活动的影响明显，部分样品的稀土含量最高近 1000ppm。研究表明，靠近洋脊或海底火山活动影响的区域，沉积物中稀土元素的富集与热液活动关系密切。相关过程表现为热液活动产生大量的羽状流，扩散羽状流中富铁锰氧化物与氢氧化物对海水中的稀土元素进行吸附清扫后沉降富集（刘季花, 2004；Kato et al., 2011; Bau, 2013; Amaya, 2017）。

海底沉积物富集稀土的过程漫长而复杂，热液活动对其有重要影响，但同时也有如陆源物质输入、生物活动等其他因素的影响，因此在研究热液活动区域的沉积物稀土富集机制问题时须一并考虑。

S32-P-27S

The effect of Ca2+ on the carbonation of serpentinized harzburgite in Carlsberg Ridge, Northwest Indian Ocean

Yang Chen[1,2,3]*, Xiqiu Han[1,2,3], Yejian Wang[2,3]

1 School of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027

2 Key Laboratory of Submarine Geosciences, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

3 Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

* 11538014@zju.edu.cn

Carbonation of serpentinized ultramafic rock plays a significant role on the storage of CO_2. In this study, the harzburgite samples that come from Carlsberg Ridge contain typical alteration minerals of serpentine, dolomite, and calcite, which reflect the characteristics of serpentinization and carbonation. However, the formation processes of different carbonate minerals and their difference on storing CO_2 are affected by temperature, protolith, water/rock (w/r) ratios, and dissolved components, which are not fully understood. Based on the petrology observation and geochemical analyses of the harzburgite sample, it is attempted to conduct a series of geochemical reaction models under temperatures of 2, 50, 150, 250, and 350 ℃ and w/r ratios from 0.2 to 10. The results suggest that calcite could appear under a relative high content of CO_2, aq conditions, when the fluid contains Ca^{2+} inside, otherwise, it only appears under low CO_2, aq conditions. Ca^{2+} also contributes to the formation of the dolomite, which cost twice amount of CO_2 than that of magnesite during carbonation. The carbonation threshold of brucite increases along with the increase of temperature but decreases with the enhancement of dissolved Ca^{2+} gradually, when the temperature is stable. It is assumed that the supply of $Ca2^{+}$ into the fluid not only promotes the formation of dolomite, and decreases the threshold of carbonation, but also assists to store more CO_2. Given the long and widely exposed peridotite at the seafloor, it remarkably contributes to the storage of CO_2, with the help of Ca^{2+} in the fluid.

S33-O-01

南海北部珠江口盆地第四纪海底滑坡滑动过程重建

孙启良[1,2,3]*，Joe Cartwright[4]，解习农[1,3]，鲁向阳[1,3]，袁圣强[5]，陈传绪[6]

1 中国地质大学，海洋学院海洋科学系，武汉 430074

2 青岛海洋科学与技术国家实验室，青岛 266061

3 中国地质大学构造与油气教育部重点实验室，武汉 430074

4 Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford OX1 3AN, England, UK

5 中石油勘探开发研究院，北京 100083

6 中国科学院三亚深海科学与工程研究所，三亚 572000

* sunqiliang@cug.edu.cn

根据对大量的 2D/3D 地震资料、多波束资料和 ODP/IODP 钻井的整合解释，发现在南海北部珠江口盆地发育着一系列的海底滑坡（Mass transport deposits）。这些海底滑坡覆盖总面积约 11000 km2，滑坡体的体积至少达 1035 km3，从而使它们进入世界上大型海底滑坡行列。与别的大型海底滑坡不同，珠江口盆地的海底滑坡并不是直接起源于陆架区的三角洲沉积区。另外，更为特殊的是整个珠江口盆地是一个大型碎屑流沉积物通道。沉积物在整个陆坡被掏空（体积亏损），而在较深的洋盆地区沉积成碎屑流扇体。掏空区和沉积区仅通过一宽度约 13 km 的狭长通道相连。在陆坡区，根据滑坡的侵蚀底界面和滑坡内部的地震反射特征，可以划分出四期海底滑动；而在洋盆地区可以划分出两期海底滑坡。根据体积的相似性以及滑坡发生的年龄，洋盆区两期海底滑坡对应于陆坡区两次较新的海底滑坡。南海北部海底滑坡的发生主要受控于沉积建构以及游离气体的充注等。从老到新，珠江口盆地的海底滑坡呈现出退积式发育特征。本研究第一次系统的研究了该区域海底滑坡的形成期次、几何参数、敏感性参数以及重建了它们的形成过程。这对评估海底滑坡所造成的地质灾害（如海啸等）非常重要。同时，该研究也指明沉积序列在滑坡形成中至关

重要，本研究的研究结果可以借鉴应用到其他大陆边缘盆地中。

S33-O-02

南海北部深水区地震识别的海底地质灾害研究

陈端新[1,2]*，王秀娟[1,2]，张广旭[1,2]，吴时国[3]，孙启良[4]

1 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071
2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061
3 中国科学院深海科学与工程研究所深海地球物理与资源研究室，三亚 572000
4 中国地质大学海洋学院海洋科学系，武汉 430074
* chenduanxin07@qdio.ac.cn

南海北部陆架边缘和陆坡区地形崎岖，重力流沉积广泛发育。同时分布着 LW3-1，LS17-2 等多个大型气体，二十多口水合物钻井，流体活动非常丰富。基于 2D/3D 地震资料，在珠江口盆地陆坡峡谷区和琼东南盆地 LH17-2 地区研究了块体搬运沉积体系和气烟囱、泥底辟、麻坑、天然气水合物等流体活动构造的地震特征、分布和成因机制。

研究表明构造断层、海平面变化和物质供给是研究区海底地质灾害分布的重要原因。珠江口盆地 BSRs 与气烟囱具有较好的对应关系，说明气烟囱是形成天然气水合物的流体来源的重要通道，深部热解气对水合物的形成具有一定的影响。分布在琼东南盆地 LH17-2 地区断层活动和埋藏的块体搬运沉积体系控制了泥火山的分布。南海北部陆架边缘和陆坡区海底地质灾害的研究对深水盆地油气井的选址、钻探和管道铺设具有重要影响。该研究也为陆缘物质源汇过程和盆地流体运移过程研究提供了重要依据。

S33-O-03

南海神狐海域 SH2 站位水合物开采的沉降规律研究

金光荣[1,2,3]*，刘丽华[1,2]，许天福[3]

1 中国科学院广州能源研究所，广州 510640
2 中国科学院天然气水合物重点实验室，广州 510640
3 吉林大学,地下水资源与环境教育部重点实验室，长春 130026
* jingr163@163.com

海洋天然气水合物开采不仅面临提高产气率方面的技术问题，还存在对相关地质环境(如海底沉降、海底滑坡、井筒失稳、出砂)等方面的担忧。水合物开采将引发传热、地下流体流动、流体-沉积物相互作用等多个过程，该传热-流动-力学(THM)耦合过程复杂，需开发特定的数值模拟工具来评价海洋沉积物的地质环境响应。基于业内领先的 TOUGH+hydrate 程序，作者开发了新的耦合力学过程的水合物模拟程序，通过多个力学问题对比验证程序正确性与可靠性；最后将其应用到我国南海神狐 SH2 站位，预测了降压法开采水合物时的沉降等地质响应问题。模拟结果显示，对于 SH2 站位来说，产气速率很快达到稳定，产水速率缓慢增加。井附近的孔隙水压力降低控制着有效应力的增加，沉降随生产井压力降低增加明显；生产早期的沉降量可占到总沉降量的一半以上。产气速率随生产压力降低而增大，但相应的沉降量也同时增加。若水合物储层上下顶底沉积物渗透率降低，产气速率增加甚微，但沉降增加明显，不利于水合物开采。故在水合物开采前，需评价产气速率和可能的地质环境问题，选择合适的生产压力。本文初步成果为水合物开采相关地质环境问题研究提供参考和新的预测工具。

S33-O-04

Modern carbonate slope-basin type and platform gravity flow

development model around the Xuande Atoll

Bai Hongxin[1,2], Wang Dawei[1], Wu Shiguo[1,2,3]*

1 Laboratory of Marine Geophysics and Georeource, Institute of Deep Sea Science and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya 572000, China

2 University of Chinese Academy of Science (UCAS), Beijing 100049, China

3 Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China

* swu@idsse.ac.cn

Carbonate slope is a very important part of carbonate platform, there is significant difference between slope-basin sedimentary and terrace top-edge deposition. The slope-basin gravity flow deposition is closely related to the slope type and the platform surrounding environment. The study of the sedimentary model and slope type of the carbonate platform periphery gravity flow can not only help us to understand the development and evolution of carbonate platform and its relationship with the present deep-water environment, but also has great significance for the safety construction of islands. The Xisha carbonate platform is an isolated carbonate platform, because it is far from the continental shelf and has little interference from terrigenous clastic sediments, which is the best place for analyzing the carbonate gravity flow system. In this paper, the carbonate platform slope and the gravity flow depositional system developed on the periphery of Xuande Atoll are characterized by using multibeam bathymetric data. We found that the slopes around the platform have different characteristics, and the types of gravity flow such as landslides and channels, which are developed on the slopes and basins, are also greatly different. The main reason for these differences is the different types of slopes. Some of these carbonate platform slopes are adjacent to the seafloor canyon, some are connected to the deep-water plain, some are linked to the deep-water basin, and some slopes have fringing reef, these different types of slope-basin developed different type and scale of gravity flows. In this paper, the type of carbonate platform slope-basin and the development model of platform gravity flow are discussed, and it is hoped that the applicable range of gravity flow's controlling factors and development models can be obtained, which provides a theoretical reference for the study of deep-water geological hazards.

S33-O-05

黄河水下三角洲海底滑坡启动过程研究

王振豪，贾永刚*

山东省海洋环境地质工程重点实验室（中国海洋大学），青岛 266100

* yonggang@ouc.edu.cn

黄河携带大量泥沙在山东省河口三角洲沉积，由于沉积物的快速沉积、复杂的水动力作用，现代水下三角洲沉积物表现出显著的非均匀固结特性，海底滑坡等地质灾害广泛发育，威胁着胜利海上油田的海洋工程安全。通过多种地球物理方法在黄河水下三角洲埕岛海域进行了划区调查，发现海底滑坡地质灾害广泛发育，空间展布呈现为浅层圆弧状，滑坡体地层扰动特征显著。滑坡范围几百平方米到几十万平方米，滑坡深度3-5 m。通过原位工程地质调查、海底滑动变形及水动力原位长期监测、室内水槽模拟实验等工作，将波浪作用对海底滑坡的诱发启动过程进行研究，发现波浪作用与海底滑动变形有很好的响应关系，原位波高大于特定极限值时即可诱发海床变形，海床变形呈

现往复振荡特征；海床液化、剪切破坏及对沉积物的改造，使滑动界面呈现为浅-深-浅的发育模式，控制着海底滑坡过程。

S33-O-06

基于 Labview 的天然气水合物环境监测实验模拟研究

钟超*

中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510760

* zcjf_999@126.com

2017 年 5 月，我国首次海域天然气水合物试采成功，在试采过程方法的选择中，大气、海水、井下立体监测手段，结果表明是有效的。为了更好的进行第二次试采及将来商业安全开采，通过对监测方案的实验室模拟是有必要的。基于图形化编成软件 Labview 做上位机，以单片机的嵌入式作为下位机，通过串口连接监测大气、海水、井下环境的传感器模块，实时监测相关参数，通过实验模拟可以验证该方案的可行性，为实际开采做铺垫。

S33-P-01S

粒度模式反演南海北部海底沉积物声速分区特征

田雨杭[1,2]，陈忠[1]*，罗云[1,2]，许安涛[1,2]，侯正瑜[1]

1 中国科学院南海海洋研究所，中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 100049

* chzhsouth@scsio.ac.cn

海底沉积物粒度组分影响和控制着沉积物的声学特性和物理性质，具有区域性的特征。对不同海域的海底沉积物声速分区进行精细划分，可为海底沉积物地声模型的科学构建提供理论基础。

本文测定了南海北部海底沉积物的声速和粒度组分，分别建立了适用于研究海域陆架区、陆坡区和深海区的沉积物声速与粒度组分的经验方程，结合本海域实测沉积物粒度组分对海底沉积物的声速进行反演计算。研究表明，1）南海北部沉积物声速分布特征与沉积物粒度组分含量分布具有较高的一致性，砂含量高值区的沉积物声速值相对较高，粘土含量高值区的沉积物声速值较低，并且陆架区沉积物的声速明显高于深海区的沉积物声速值；2）提出了陆架区砂-粉砂和陆坡区粉砂-粘土预报海底沉积物声速新的双参数公式，提高了以往单一参数预报声速经验方程的准确性并扩大了适用范围；3）根据研究海域沉积物纵波声速与海水声速的比值，将南海北部沉积物声速特征划分为沉积物低声速Ⅰ区和沉积物高声速Ⅱ区，沉积物高声速Ⅱ区又可进一步划分为Ⅱ-1 区和Ⅱ-2 区。其中，低声速Ⅰ区（<1529.4 m/s）的沉积物类型为粉砂质和粘土质，高声速Ⅱ-1 区（>1529.4 m/s，<1679.0 m/s）和高声速Ⅱ-2 区（>1679.0 m/s）的沉积物类型以砂质和粉砂质类型为主；4）研究揭示了沉积环境与沉积作用、不同来源物质混合沉积作用及沉积物类型是影响沉积物声速分布的主要因素。

因此，利用粒度模式反演沉积物声学特性的结果可信度高，具有示范性意义，可为南海的沉积物声学研究与工程建设提供有价值的参考依据。

本研究得到国家自然科学基金（41676056）的资助。

S33-P-02S

海底冷泉气泡羽流声学探测参数研究

余翼[1,2]，栾锡武[2,3]，刘鸿[2,3]，郭龙祥[4]

1 中国石油大学（华东）地球科学与技术学院，青岛 266580

2 自然资源部中国地质调查局青岛海洋地质研究所，青岛 266071

3 青岛海洋科学与技术国家实验室矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071
4 哈尔滨工程大学水声工程学院，哈尔滨 150001
* xluan@cgs.cn

对气泡羽流的声学探测是目前海底冷泉调查的主要手段。声学探测过程中 CW 声波脉冲信号的发射频率、发射功率、声波脉冲宽度（脉冲持续时间）等探测参数对海底冷泉气泡羽流成像有较大的影响。结合黄、渤海老铁山水道海域海底冷泉外业调查和人工模拟冷泉实验的数据，可以进一步明确这些参数的选取原则和范围。针对声学水体剖面上出现的异常干扰带，还可以通过改变脉冲发射时延值参数来消除水体声学剖面图中干扰带的方法，进一步优化海底冷泉气泡羽流的声学成像效果。

对于未知工区的海底冷泉外业调查，基于声学探测理论，不同尺寸的冷泉羽流气泡在不同深度的水体上有不同的共振频率，因此必须根据调查工区的水深范围计算出常见气泡的理论共振频率范围，并进行相应的海底冷泉人工模拟实验来检验水体声学剖面成像效果，从而先一步优化，确定合适的探测频率范围。

相应的，对于已发现的海底冷泉气泡羽流，需要加密观测测线。在冷泉区人工模拟冷泉实验的基础上，进一步在海底冷泉气泡羽流喷口处鉴于常见大小气泡的理论共振频率范围内进行频率梯度实验，从而选择最优成像探测频率。适当增加换能器的激发功率可以提升对气泡群识别的精度，适当缩短脉冲时间有利于提升气泡群的成像精度。因此在声学探测中需要适当调节换能器的发射功率和发射脉冲宽度（脉冲持续时间），这样在不影响脉冲探测距离的前提下，起到适当增加脉冲发射声功率和减小脉冲宽度的作用，使得声学探测成像效果更好。

对于水体声学剖面图中出现的干扰带，可以通过控制换能器 ping（ping 代表信号的一次激发与接收）时延参数的方式来实现。但时延不可过长，避免对海底冷泉气泡羽流成像精度的干扰。

S33-P-03S

水合物分解诱发海底变形的可视化模型试验

朱超祁[1]，焦欣然[1]，刘柯涵[1]，程升[1]，贾永刚[1,2]*

1 中国海洋大学，山东省海洋环境地质工程重点实验室，青岛 266100
2 海洋国家实验室，海洋地质过程与环境功能实验室，青岛 266061
* yonggangr@ouc.edu.cn.com

天然气水合物分解可以诱发泥火山、麻坑、海床沉降、海底滑坡等海洋地质灾害过程，威胁海洋工程设施安全。可视化模型试验有助于揭示该海底变形过程机制。利用 R11 水合物替代甲烷水合物，实现常压状态下的水合物配置与分解。利用 laponite 制备透明土，替代海相沉积物，实现水合物分解模拟实验的可视化。实验过程中采集温度、压力、海床变形数据。试验表明 ①可视化模型试验可以对水合物分解形成的流体迁移通道进行有效捕捉：水合物分解产生的流体不仅可以向上覆层迁移，还可以在迁移过程中发生转向，甚至向下伏层迁移，最终形成流体迁移网络。②无明显迁移通道时，水合物分解形成的孔压累积与消散可以显著影响海底地形：孔压累积造成海底坡度由 0 度变化为 18 度，孔压消散造成海底坡度重新恢复 0 度。③存在明显迁移通道时，海底地形以沉降为主，孔压不断重复累积消散现象，孔压波形呈现锯齿状。④流体迁移通道可能发展为海底滑坡的潜在滑动面。可视化模型试验为水合物分解诱发海底变形机制研究提供了有效手段。

S33-P-04S

基于光纤传感技术的地球物理仪器

张文涛[1]*，李丽[2]，刘文义[3]

1 中国科学院半导体研究所，北京 100083

2 中国地震局地球物理研究所，北京 100081
3 中国地震局第二监测中心，西安 710054
* zhangwt@semi.ac.cn

光纤传感技术随着光电子技术的进步发展迅速，其特点是全光纤传感和传输，可在传感端没有任何电子器件，可长距离传输。因此在工程应用中表现出了抗电磁干扰能力强、寿命长、可靠性高的优异性能。在地球物理探测领域，尤其需要高精度、高可靠性、免维护的仪器进行地球物理场基本参数的长期、连续、实时观测。因此，基于各种光纤传感技术的仪器有望提供一种新的解决途径。

本文报道了中国科学院半导体研究所与中国地震局联合开发的若干地球物理仪器。主要包括：光纤应变仪、光纤地震仪、光纤温度传感器等。经过多次野外试验和台站的长期观测试验，证明了基于光纤传感技术的地球物理仪器其技术指标可达到现有电学仪器的水平，其稳定性、可靠性具有独到的优势。本文通过各个应用案例展示光纤地震与地球物理仪器的在地震科学研究、地球物理场观测、减灾防灾等领域的应用前景。

S33-P-05S

南海典型沉积物声速频散特性及模拟研究

罗云[1,2]，陈忠[1]*，田雨杭[1,2]，颜文[1,2]，许安涛[1,2]

1 中国科学院南海海洋研究所，中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室，广州 510301
2 中国科学院大学，北京 100049
* chzhsouth@scsio.ac.cn

声速是海底沉积物声学的重要参数之一，反映海底沉积物浅表层结构和物理-力学性质的信息，是海底沉积物声学分类的重要依据之一，也是海洋水声传播和声场空间结构等研究的重要参数。然而海底沉积物存在声速频散、声速对探测声波频率具非线性关系，增加了沉积物速度多变性和复杂性。为了精细确定南海典型沉积物声速的频散特征，论文以南海 5 种典型沉积物（粉砂质砂、砂质粉砂、粉砂、砂-粉砂-粘土和粘土质粉砂）为研究对象，采用 25kHz、50kHz、100kHz 和 250kHz 的四种纵波换能器测定和研究了沉积物声速及其与物理参数相关性，并结合粒度组成和物理性质，模型不同沉积物的声速频散特性。

结果表明，5 种典型海底沉积物的声速均随着探测声波频率的增加而增大，但不同类型的沉积物声速的增加值差异明显，频散度变化值在 0.46%~2.84%之间，粗粒沉积物（粉砂质砂和砂质粉砂）的速度频散比细粒沉积物（砂-粉砂-粘土和粘土质粉砂）的更为明显，其频散度与湿密度呈负相关，与含水率和孔隙度呈正相关，而细粒沉积物则恰恰相反。

通过运用 Biot-Stoll 理论模型对南海典型沉积物声速进行模拟计算。模拟的声速频散曲线与实测声速值对比表明，模型计算值与实测声速值具有较好的形似程度和变化趋势，其中粉砂质砂、砂质粉砂、粉砂和砂-粉砂-粘土的声速实测值与 Biot-Stoll 模型预测值较为吻合，而粘土质粉砂的声速实测值则与 Biot-Stoll 模型预测值有一定的偏差，表明通过输入参数的 Biot-Stoll 模型，对于预测较粗粒的海底沉积物声速可行，但对于较细粒的海底沉积物则容易导致速度不匹配。

研究成果深化了南海海底沉积物声学探测与研究，可为海洋声学环境、海洋沉积声学理论等研究提供重要基础资料。

S33-P-06

基于浅剖数据求取海底沉积物反射系数

吴学敏*，梁前勇

广州海洋地质调查局，广州 510740
* wxm9211@163.com

天然气水合物调查区的海底土体稳定性综合评价是天然气水合物开采所面临的

关键问题之一，而海底沉积物的物性参数作为海底土体稳定性研究中非常重要的信息，目前主要的测量方式是站点式的原位测量和取样测量，这类测量方法效率低，深水作业困难，且测量结果不具备连续性。而基于浅地层剖面数据的海底表层沉积物的物性参数反演能利用已有的地声学模型（geoacoustic model）及经验公式反演得到丰富的海底反射系数，并通过反射系数进一步得到海底沉积物的物性信息，是一项高效的物性参数反演技术。同时，该方法能够在浅地层剖面定性描述海底表层沉积特征的基础之上，对沉积物的物性参数做到定量分析，大大提升海洋油气和水合物调查过程中浅剖资料的利用率。

S35-O-03

塔克拉玛干沙漠的诞生

郑洪波[1]*，魏晓椿[2]，杨青[1]

1 云南大学地球系统科学研究中心，昆明 650500

2 浙江大学地球科学学院，杭州 310027

* zhenghb@ynu.edu.cn

塔克拉玛干沙漠位于中国的新疆，是中国第一大沙漠，世界第二大流动沙漠。塔克拉玛干沙漠除了自身活跃的地质与生态过程，还向全球风尘系统提供粉尘，对全球气候产生重要影响。塔克拉玛干沙漠的诞生，是新生代地球演化历史中的重大地质与环境事件，具有重要的构造-地貌-气候意义。

对分布于塔克拉玛干沙漠（塔里木盆地）西南缘和盆地中部的新生代沉积序列开展地层学、沉积学、年代学与古环境综合分析，确定了沙漠的诞生最晚在渐新世晚期（约 25 Ma），大大老于以前的认识。研究表明，沙漠的形成必须同时满足两个前提条件：一是干旱的气候，二是丰富的物质：1）自中生代晚期以来，塔里木地区就一直处于西风环流的控制之下，气候相对干燥。进入新生代以来，本区的干旱气候又经历了几次加剧的过程。一次是在始新世末期，随着副特提斯海逐渐退出，西风带来的水汽大大减少。到渐新世晚期，随着青藏高原的整体隆升，尤其是西昆仑和帕米尔的隆升已经达到临界高度，水汽已经很难到达塔里木腹地，气候变得极度干旱；2）同样重要甚至更为重要的是沙漠物质的来源。青藏高原（北缘）的隆升，导致大量岩石被风化剥蚀，风化产物通过冲积作用，以洪积扇的形式被输送到盆地，再经过地表过程（水与风的共同作用）产生分选，形成戈壁、沙漠与粉尘。粉尘不仅沉降于附近的山前地带形成近源黄土，也可通过西风输送到亚洲东部（黄土高原地区）和太平洋地区，构成全球风尘系统的重要组成部分。因此认为，青藏高原的隆升驱动了塔克拉玛干沙漠的形成。

S35-O-04

中国东部海岸平原的过去、现在和未来

李广雪*

中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

* estuary@ouc.edu.cn

末次盛冰期以来，海平面上升了 100 多米，中国东部海岸经历了三次明显的阶段性演化过程。本文对中国东部海岸平原的历史演变过程进行了讨论，引出了一系列尚待解决的科学和社会问题。在盛冰期，古海岸带停顿并在东海陆架边缘发育，中国东部陆架成为一片陆地平原，古河道和湖泊等生命依赖生存的环境是否广泛分布以及状况如何？是否存在沙漠化？文章探讨了这些问题，但没有定论。在冰消期，海面经历了快慢相间的阶段性上升过程，海岸在东部陆架平原上表现为相应的阶段性移动，最快移动达到每天半米的速度，场景蔚为壮观。古海岸的形态调整与海面上升速度的适应性如何？黄河和长江口在哪里？潮流沙脊如何演变的？人类对海面上升的适应性如何？本文初步介绍了一些研究进展。在高水位期，距今 7 千年，现代的海岸带环境逐步发育，形成了独特的沉积体系、地层结构和海岸平原环境，与社会发展密切相关，成为人类新的生存优

选空间。在我国经济快速发展时期，我们对中国东部海岸带做了些什么？目前海岸带面临的问题有多严重？未来海岸带演变趋势如何？如何应对？这些问题值得全社会高度重视。

S35-O-05

西沙探源

汪品先*

同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

* pxwang@tongji.edu.cn

珊瑚礁犹如是点缀海盆的珍珠，“大珠小珠落一盘“;又像是茫茫大洋里的“城市”，在低生产力的海洋里，好比是沙漠中的绿洲。南沙、中沙、西沙、东沙，都是南海的瑰宝，但是有多少人知道这些珊瑚礁的来历，这些地质上碳酸盐台地的前生今世？ 三沙市所在的西沙群岛，是南海珊瑚礁里研究最多的一个。不光有众多的地震测线穿越其邻近海底， 而且从 1970 年代以来至少有七口深井探索西沙珊瑚礁的历史，其中五口都打在永兴岛一带。地质证据表明，今天并不是南海珊瑚礁发育的黄金时期，距今一、二千万年前的中新世中期，南海的珊瑚礁曾经极其兴旺，形成了大片的碳酸盐台地，有的后来形成了宝贵的油藏，与当时相比，南海今天的岛礁只能算是残留的台地。是什么原因使南海珊瑚礁的兴旺发育不再继续？首要的关键在于海面升降。是珊瑚只在贴近海面，在阳光充足的暖水里生长。无论是构造运动的地壳升降，还是冰期旋回里洋面波动，都可以导致珊瑚死亡，使碳酸盐台地停止生长。本文将在近年来多个团队大量研究成果的基础上，以西沙为例，阐述南海岛礁出现的时代和盛衰的原因，追溯南海珊瑚礁在地质时期里大起大落的过程，探讨南海碳酸盐台地成长的历史和前景。

S36-O-01

Long term sea level change impacted by cryosphere mass balance: Antarctica, Arctic and Tibetan plateau

Rongxing Li[1,2]*, Huan Xie[1,2]*, Wenjia Du[1,2], Yinsheng Zhang[3], Hansheng Wang[4], Fei Li[5] and Xiaohua Tong[1,2]

1 Center for Spatial Information Science and Sustainable Development Applications, Tongji University, Shanghai 200092;

2 College of Surveying and Geo-Informatics, Tongji University, Shanghai 200092;

3 Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101;

4 Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077;

5 Chinese Antarctic Center of Surveying and Mapping, Wuhan University, Wuhan 430072

* rli@tongji.edu.cn

Rising sea levels and ice sheet instability analysis are the frontier scientific topics in the research of global change. The analysis of sea level change for the last 100 million years (Ma) shows that the influential factors are various on different time scales. On the time scale of Ma, it is mainly affected by the land-sea distribution pattern caused by plate motions, global tectonic change and climate changes. In the past 100 years, the rising trend of sea level has been particularly prominent. The contribution of ice sheets and glaciers is especially significant including the Antarctica, Artic, Tibetan Plateau and other mountain glaciers. Among these contributors, Antarctic ice sheet holds the largest fresh water volume. In addition to physical models, direct measurements using remote sensing satellites, such as gravity satellites (GRACE) and altimetry satellites (Radar or Laser altimetry), have provided the unprecedented evident of the recent rapid global sea level rise and

discharges from the ice sheets and glaciers. Here we compared three main techniques that are used to calculate the mass balance of the Antarctic ice sheet and obtained an ensemble result of -56±43Gt a-1 from 1996 to 2014, equivalent to 0.16±0.12 mm a-1 for sea level rising. An estimate of the Greenland ice sheet from GRACE observations of 2003-2012 resulted in 255±17.9Gt a-1. A new approach is being developed to monitor the mass balance of glaciers in the third pole region (Tibetan plateau) and its contribution to the global sea level rise.

S36-O-02

基于多源卫星的海冰参数反演

徐世明[1]*，周璐[1]，刘骥平[2]

1 清华大学地球系统科学系，北京 100084

2 中国科学院大气物理研究所，北京 200092

* xusm@tsinghua.edu.cn

海冰是气候系统的重要组成部分之一，海冰参数的准确估计对于气候变化研究、气候预估和极地航道导航等重要科学和实际应用均具有十分重要的意义。由于海冰观测手段有限，大尺度观测往往依赖于卫星遥感。目前对海冰范围的卫星反演比较成熟，但海冰厚度以及冰上积雪仍十分缺乏较为稳定的遥感产品。对海冰厚度的反演主要基于主动卫星，如微波和激光高度计，其估计的最大不确定性主要来自于冰上积雪存在较大不确定性；而冰上积雪是极地水循环的直接表征，并很大程度上影响海冰生长和融化等关键热力学过程。通过将主动卫星观测和较长波长的被动微波遥感卫星数据相结合，可有效地同时反演海冰厚度和冰上积雪厚度，且能有效降低两这两个参数的反演误差。既可用于历史数据（如冰冻圈卫星 CryoSat-2，冰卫星 ICESat）时期的反演，也可用于基于未来卫星数据的融合（如 ICESat-2）。所生产的海盆尺度反演数据可有效服务于海冰和极地气候变化研究和季节预报系统初始化等实际应用。

S36-O-03

North Pacific freshwater events linked to glacial ocean circulation changes

E. Maier[1], X. Zhang[1,2]*, A. Abelmann[1], R. Gersonde[1], S. Mulitza[3], M. Werner[1], M. Méheust[1], J. Ren[1], B. Chapligin[4], H. Meyer[4], R. Stein[1], R. Tiedemann[1], G. Lohmann[1]

1 Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven, Germany

2 Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, China

3 MARUM – Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Leobener Strasse 8, 28359 Bremen, Germany

4 Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Telegrafenberg A43, 14473 Potsdam, Germany

* zhangxu@lzu.edu.cn

There is compelling evidence that episodic deposition of large volumes of freshwater into the ocean strongly impacts global ocean circulation and glacial climate variability. Episodes of massive freshwater discharge to the North Atlantic (NA) are related to distinct cold periods in the NA region, so-called Heinrich stadials (HSs). In contrast, the freshwater history of the North Pacific (NP) region remains unclear, giving rise to persistent debates on the dynamical controls on inter-basin responses of climate variability between the NP and NA during HSs. Here we show evidence of coherence of freshwater injections to the north-eastern NP

(NENP) during HSs based on a 50,000-year diatom oxygen isotope ($\delta^{18}O$) record and a water-isotope enabled climate model. Our proxy records show that a 2-3‰ decrease in surface seawater $\delta^{18}O$ (~2-4 psu salinity decline) coincides with enhanced ice-rafted debris (IRD) deposition and slight sea surface cooling in the NENP during HS1 and HS4, but not HS3. Our model results suggest that eastern Equatorial Pacific (EEP) warming during HSs is crucial for transmitting the NA signal to the NENP, where the associated subsurface warming results in discernible freshwater discharge from the North American Cordilleran ice sheet (CIS) during HS1 and HS4. However, enhanced background cooling across the northern high-latitudes during HS3 - the coldest HS in the last 50,000 years - prevents NENP subsurface warming, and thus the increased CIS freshwater discharge. In combination, our results demonstrate that nonlinear oceanic-atmospheric background interactions play a complex role in the dynamics linking glacial freshwater discharge responses of the NA and NP.

S36-O-04

Calving Front Dynamics and the drive mechanisms of Jakobshavn Glacier in recent 30 years

Zhuoqi Chen, Kaijia Wang, Xiao Cheng*

北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院，北京 100875

* xcheng@bnu.edu.cn

Greenland glaciers are sensitive indicators for monitoring climate changes. The melting Greenland ice sheet and glaciers have large contributions of global sea-level rise. Jakobshavn Glacier (JG) is one of the most active glaciers around the world. In this study, dozens of Landsat images obtained from 1986 to 2016 were used to detect the calving fronts of JG. The result shows that JG retreated by over 15 km in the last three decades. The positions of calving front of JG had little changes during 1986 to 2000 and since 2012. The rapid retreats of JG happened in the period from 2001 to 2012, with an average retreat rate about 1334.1 m/yr. The changes of surface elevation and variations of ice velocity implicate that the rapid retreats of JG may be related to decreased thickness of JG. To explore the possible reason for the thinning of JG, a distributed energy balance function is used to estimate the energy balance of surface and bottom of JG by using reanalysis data. The result shows that the available energy for melting at the bottom of JG was about 500 W/m2 on average of 30 years which was about three times more than the energy at the glacier surface. Basal melt of JG provided more contribution for thinning the glacier than surface melt. All results implicate a possible explanation for the rapid retreats of JG. Firstly, ocean heat drives rapid basal melt of JG which results in decreasing thickness of JG. Then, the thinning glacier leads to increased variations of velocity. Finally, the risks for calving of JG are also increased since movements of JG become stronger.

S36-O-05

Ocean circulation variability in Beaufort Gyre related to sea ice rapid change

杜凌*，徐道欢

中国海洋大学海洋与大气学院，青岛 266100

* duling@ouc.edu.cn

利用锚定海流观测资料和同化数据，结合海冰冰龄和冰基锚系剖面浮标数据，本文分析了北冰洋波弗特流涡的时空变化特征，及其与海冰快速减退、淡水含量变化之间的关系。波弗特流涡上 20m 的海流呈正压结构；次表层流速明显增强，且主要发生在盐跃层以上，次表层以下快速减弱至 400m。表层海流在过去的 12 年间存在显著减小甚至反向流动的情形。波弗特流涡的强度受海冰变化影响，且与淡水含量变化密切相关。加拿大海盆海冰融化提前，冻结延迟这与波弗特流涡的变化关系密切。海冰快速减退，导致上层海洋环流加快，进而改变上层的海洋环流结构。锚定数据结果显示 2008 和 2012 加拿大海盆海冰变化显著，观测到了较强的海流，最大速度可达到 20cm/s 以上，且环流加速维持时间与融冻期长度有较好的对应关系。环流加速与多年冰的减退、淡水含量增加有较好的一致性。2005-2009 年锚定流速增强，多年冰面积也在此时大幅度减少，同时伴随着淡水含量的迅速增加，增长速率约为每年 3 米。

S36-O-06

北极海洋环境中微塑料污染研究的挑战与思考

黄清辉[1,4,5]，黄鹏[2,4]，陆志波[1,4,5]*，吴立宗[3]，凌岚[1,4,5]，蔡明刚[2,4]，蔡明红[3]

1 同济大学环境科学与工程学院，上海 200092

2 厦门大学海洋与地球科学学院，厦门 361102

3 中国极地研究中心，上海 200136

4 中国高校极地联合研究中心，北京 100875

5 同济大学三极科学研究院，上海 200092

* luzhibor@tongji.edu.cn

微塑料污染作为一种新兴的海洋环境问题为全球高度关注。2017 年夏，中国北极黄河站科学考察队员搭乘挪威极地科考船，在北极斯瓦尔巴群岛的王湾（Kongsfjorden）、赖普峡湾（Rijpfjorden）等重点峡湾及其邻近海域开展现场观测，采集 7 个站位的表层沉积物和5个站位水平拖网或垂直拖网样品。通过超声分散、浮选分离、氧化和筛分过滤等步骤对样品进行处理，分离出 50μm 以上的微塑料。研究结果表明，王湾表层沉积物中检出的微塑料含量为 1.5±1.0 个/kg，而在赖普峡湾表层沉积物中检出微塑料含量为 3.2±1.9 个/kg；经典的拖网采样方法存在诸多缺陷：塑料网具可能会引入微塑料污染，网具残留的微塑料可能会引起样品之间的交叉污染，长距离拖网样品中浮游生物丰富导致微塑料分离难度大。总体而言，北极海洋水体和沉积物中均可检出微塑料，颗粒尺寸较大的微塑料存在较少，未来面临的挑战可能在于改进采样和鉴定等调查方法，重点关注颗粒尺寸较小的微塑料群体。

S36-O-07

极地地质钻探研究进展与展望

王汝建*，肖文申，章陶亮，聂森艳

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* rjwang@tongji.edu.cn

南北极在全球海平面变化和碳循环中扮演关键角色，并蕴藏着地球如何从新生代初期的温室转向现代冰室演变过程的关键信息，因而成为地球科学研究的热点地区。极地地质钻探计划(例如DSDP/ODP/IODP/ICDP)的研究所取得的成就令人瞩目，刷新了人类对过去全球变化的认识，成为探究地球气候系统演化的一个窗口。通过这些钻探计划，发现了新生代以来气候变冷，南北极冰盖几乎同时形成；揭示了南极冰盖形成和陆地风化的加剧，导致南极中深层水和底层水的生产加速并向北推进，造成全球大洋环流的重大变化；南大洋对大气 CO2 的调控作用、全球大洋深部循环、营养盐的分布和海洋生产力等多方面在

不同时间尺度上都发挥着重要作用；检验了南北极冰盖形成和消融与海平面变化的关系，为人类预测未来海平面变化提供了历史依据。未来的南北极国际大洋发现(IODP)计划将继续关注于极地冰盖的演变历史、南大洋古海洋学演变历史，追踪北极海-陆环境的联系，极其对全球气候的影响。这些结果将对未来全球气候预测提供重要的参考和边界条件。

S36-O-08

北大西洋北部全新世海冰变化及其对碳循环的影响

肖晓彤[1]*，赵美训[2]，蒋辉[3]，郭志刚[4]

1 中国海洋大学海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室，青岛 266100
2 青岛海洋与技术国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室，青岛 266071
3 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062
4 复旦大学环境科学与工程学院，上海 200433
* xtxiao@ouc.edu.cn

随着全球气候的日益变暖，北冰洋夏季海冰覆盖面积的快速减少，改变了海洋初级生产力高峰期的时间，一定程度上影响了海源有机碳的输入，并且海冰变化影响了随海冰漂流的陆源有机质的输入。我们通过分析冰岛北部陆架区沉积物岩芯中的生物标志物以及总有机质，来重建北大西洋北部全新世海冰分布变化和不同来源有机质的贡献。根据海冰硅藻生物标志物 IP25，并结合其浮游植物生物标志物的含量，计算所得 PIP25 值半定量估算了海冰的密集度。结合前人发表数据，北大西洋北部海冰覆盖在全新世呈扩张趋势。我们使用总有机质和海冰、浮游生物和陆源生物标志物含量来分析有机质来源。总有机碳（Total Organic Carbon, TOC）的含量在全新世呈上升趋势，表明有机质沉积逐渐增多。在早全新世，由于气候温暖，北大西洋北部春夏季海冰消退，导致冰藻缺乏生长条件，而浮游植物生产力对海洋沉积有机质的贡献高达 70-80%。在该时期，陆源输入有机质的贡献约为 20-30%，主要受陆地冰川融水的影响。中全新世海冰逐渐扩张并出现春夏季节性海冰，冰藻对有机质埋藏的贡献约为 10%，浮游植物生产力对有机质的贡献仍占主导，约为 60-80%。晚全新世海冰持续扩张，研究区域受北冰洋浮冰的影响，为冰藻生长提供了适宜的条件，冰藻对有机质的贡献逐渐增大，在晚全新世末期高达 60%，而浮游植物生产力的贡献逐渐降低。陆源输入有机质的贡献平均在在 20-30%之间，变化较小。在北极及亚北极区域，有机质来源和埋藏与海冰变化密切相关，厘清北极海冰的演化对海洋沉积有机质的影响，对理解全球探寻话和气候变化有重要意义。

S36-O-09

LGM 早期及全新世以来的南极罗斯海西部沉积环境

韩喜彬[1]*，龙盼盼[1]，陈文深[2]，宋乐慧[1]，刘庚[1]

1 国家海洋局第二海洋研究所，国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310014
2 国家海洋局第二海洋研究所，国家海洋局海洋生态与生物地球化学重点实验室，杭州 310014
* hanxibin@sio.org.cn

罗斯海是南太平洋扇区深入南极洲的大海湾，是南极底层水的主要生成区，对全球冷热循环和气候变化有着重要的意义。对位于罗斯海西部乔迪斯海盆（JOIDES Basin）的 ANT31-JB03 柱状沉积物进行的 AMS14C 测年、物性特征和有机分子地球化学等分析结果揭示了末次冰期冰盛期（LGM）早期和全新世以来两个阶段的沉积环境变化，两个阶段之间在 76cm 处存在着沉积间断，LGM 中后期到全新世之间的沉积物可能被罗斯冰架下的冰海沉积流所冲刷侵蚀，就在 LGM 早期沉积中存在外来的与底部有不整合面（118cm）接触，有着年代倒转，说明在 LGM 早期罗斯冰架覆盖下，冰海沉积或冰下流非常活跃和强大。在全新世以来也有

着 3 次密度增加孔隙率减小的事件。GDGTs 显示研究区表层水温 SST 在 LGM 早期叠加沉积时有所升高，这也许是导致冰架下冰海沉积物滑塌的原因。表层水温随着全新世的开始逐渐升高，在全新世中期升到最高，而后有所降低。在 LGM 早期烧失量（LoI）、总有机碳（TOC）、有机碳（Org.C）和总氮的含量都很低，在全新世早期含量逐渐增加，在全新世中期达到最高值，而后在全新世晚期降低，说明随着气温的回升，生物活动增强，有机质来源增加。有机质主要海洋细菌藻类低等生物的输入。Pr/Ph 比值整体上都大于 1，在 0.8~2.8 之间，植烷占绝对优势，表现出弱还原-还原环境，在 LGM 早期叠加沉积和全新世的早期，还原性有所减弱，伴随着沉积物有机质的成熟度有所增加。

S36-O-10

Exploring the evolution of the Western Antarctic Ice Sheet since the Neogene: An introduction of IODP EXP 374

Wenshen Xiao[1]*, Zhifang Xiong[2], Rob McKay[3], Laura de Santis[4], Denise K. Kulhanek[5], Expedition 374 Scientists

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University

2 First Institute of Oceanography, SOA

3 Antarctic Research Centre, Victoria University of Wellington, New Zealand

4 Geophysics Division, Instituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Italy

5 International Ocean Discovery Program, Texas A&M University, USA

* wxiao@tongji.edu.cn

The vulnerable West Antarctic Ice Sheet (WAIS) has been retreating as a result of global warming due to excessive anthropogenic CO2 emission. Numerical models project that complete loss of the WAIS will cause a sea level rise that threatens the habitation of large coastal regions and greatly impact global climate. To understand the process and pace of the WAIS melt, and to refine the prediction of future climate change, a geological history of the WAIS evolution is required. As the first of a series Antarctic International Ocean Discovery (IODP) expeditions in recent and coming years, EXP 374 (2018.1-3) drilled five sites on the outer Ross Sea continental shelf and slope. The retrieved long sediment sequences (nearly 1300 m in total) will allow for reconstructions of ice proximal and distal environmental changes through the Neogene and Quaternary. EXP 374 aims to:

1.Evaluate the contribution of West Antarctica to far-field ice volume and sea level estimates.

2.Reconstruct ice-proximal atmospheric and oceanic temperatures to identify past polar amplification and assess its forcings/feedbacks.

3.Assess the role of oceanic forcing (e.g., sea level and temperature) on Antarctic Ice Sheet (AIS) stability/instability.

4.Identify the sensitivity of the AIS to Earths orbital configuration under a variety of climate boundary conditions.

5.Reconstruct eastern Ross Sea bathymetry to examine relationships between seafloor geometry, ice sheet stability/instability, and global climate.

S36-O-11

南极菲尔德斯半岛和阿德雷岛地区企鹅和人为活动造成的重金属污染评价

储著定，杨仲康，孙立广*

中国科学技术大学地球和空间科学学院，极地环境与全球变化安徽省重点实验室，合肥 230026
* slg@ustc.edu.cn

菲尔德斯半岛上分布着多个科学考察站，频繁的人类活动对该地区的环境造成了严重的影响，而企鹅作为一种从海洋向陆地传输污染物的重要媒介，其环境影响却很少被评估。在本研究中，我们在菲尔德斯半岛采集了 32 个湖泊表层沉积物样品，在阿德雷岛采集了8个湖泊表层沉积物样品来确定其 Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Cd, Co, Sb, Hg 和 P 的含量，结果显示阿德雷岛湖泊表层沉积物中重金属元素的含量显著高于菲尔德斯半岛。菲尔德斯半岛上的污染物主要来源于人类活动，而阿德雷岛上的污染物是经过食物链一系列的生物放大作用之后以企鹅粪便的形式输入的。显然，在某些特定的区域，企鹅对南极环境的影响已经超过了人类活动的影响。但是，企鹅粪便中的污染物最终还是追溯到全球各地人类活动产生的。因此，为了更好的保护南极环境，适当的污染控制和修复是很有必要的。

S36-O-12

Late Quaternary dynamics of the Lambert Glacier Amery Ice Shelf System revealed by sediments off Prydz Bay (East Antarctica)

Li Wu[1]*, Rujian Wang[1], Wenshen Xiao[1], Qianyu Li[1,2]*, Zhifei Liu[1], Wout Krijgsman[3], Shulan Ge[4]

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China
2 School of Earth and Environment Sciences, University of Adelaide, SA 5005, Australia
3 Department of Earth Sciences, Utrecht University, Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands
4 First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China
* wuli@tongji.edu.cn

In this study, we report the clay mineral composition and ice-rafted debris (IRD) content from a well-dated sediment core (ANT30/P1-02) retrieved off Prydz Bay (East Antarctica) extending back to 523 ka. The clay mineral assemblage is composed of illite (6-73 %), smectite (4-38%), kaolinite (5-31%) and chlorite (3.8-10.5 %). Illite is well crystallized, Fe and Mg-rich, and likely from physical erosion of rocks rich in biotite. Kaolinite and smectite were mostly reworked from the older successions beneath the Lambert Glacier Amery Ice Shelf System (LGAISS). The kaolinite/illite ratio presents a power spectral structure similar with that of the global ice volume record and modeled Antarctica ice volume time series, and was used to reveal the oscillation history of the LGAISS. However, a more pronounced obliquity periodicity on the kaolinite/illite ratio may reflect an austral orbital forcing, likely as the austral summer energy to exert a significant role in modulating the LGAISS dynamics. Seven IRD enrichment events occurring near each interglacial-to-glacial transition period with prominent 100-kyr periodicity were clearly eccentricity forced, while the obliquity and procession cycles are virtually absent from this record. Thus, all the evidence indicates the LGAISS became so stable with long-term ongoing climate cooling that even those weaker orbital cycles (obliquity and precession) were insufficient to trigger any significant iceberg calving from the LGAISS throughout the late Quaternary.

S36-O-13

基于中国北极黄河站观测的日侧极光研究新进展

韩德胜[1]*，胡泽骏[2]，陈相材[2]，刘建军[2]，胡红桥[2]，杨惠根[2]

1 同济大学海洋与地球科学学院，海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中国极地研究中心，上海 200136

* handesheng@tongji.edu.cn

回顾基于中国黄河站全天空极光观测对日侧弥散极光与喉区极光研究的最新进展。利用黄河站极光观测，对日侧弥散极光展开系统性分类与统计研究；对日侧弥散极光这一空间物理现象取得系统性新认识，指出日侧弥散极光对研究日侧外磁层冷等离子体的分布、形成及磁鞘粒子进入磁层都具有重要启示作用；同时发现并定义了一种新型极光结构——喉区极光。随后，观测验证了喉区极光对应磁层顶局地内陷式变形的推测；统计发现喉区极光是一种非常高发的现象，对应的磁层顶变形尺度可达 2-3Re，并指出这种变形最可能由磁鞘高速流冲击磁层顶产生；发现在喉区极光产生过程中还可能触发磁重联；证实伴随喉区极光的产生，磁鞘粒子会进入磁层并诱发产生一种新型弥散极光。通过喉区极光研究，可以将已有的磁鞘瞬态过程研究和触发式磁重联研究有机地结合在一起，对太阳风-磁层耦合过程形成完整的新认识，即：在磁鞘中局地产生（而不是存在于太阳风中）的瞬态过程可以在日下点附近频繁地导致磁层顶局地变形、触发重联、引发系列地球空间效应，可能对太阳风-磁层耦合具有不可忽略的重要性。喉区极光是中国学者立足自主观测发现并命名的一种重要空间物理现象。该现象的命名和相关成果已在国际同行中产生重要影响。以此为基础，重点探讨极地小卫星用于喉区极光观测研究的可能性与重要科学意义。

S36-O-14

东南极中山站-Dome A 断面硝酸根雪-气界面过程：稳定同位素证据

史贵涛[1,2]*, Meredith Hastings[3]，胡正毅[2]，马红梅[2]，孙波[2]，安春雷[2]，姜苏[2]，于金海[2]，马天鸣[2]，鲁思宇[2]，秦瑞[1]，李院生[2]

1 华东师范大学地理科学学院，上海 200241

2 中国极地研究中心，上海 200136

3 Department of Earth, Environmental and Planetary Sciences and Institute at Brown for Environment and Society, Brown University, Providence, RI, 02912, USA

* gt_shi@163.com

硝酸根(NO_3^-)是雪冰中一种主要的化学组分，是大气中氮氧化物（NO_x = NO + NO_2）与氧化剂（如 O_3，HO•，BrO 等）相互反应的产物，因此通过冰芯 NO_3^-氮氧稳定同位素记录可研究 NO_x 来源和大气氧化能力（即大气中氧化剂的相对丰度）等大气环境信息。不同于雪冰中其它化学组分（如 Na+），NO_3^-沉积进入雪层后可发生一系列复杂的雪-气界面过程，NO_3^-可再次释放进入大气，使得初始沉积信息被改变，因此 NO_3^-雪-气界面过程研究是开展冰芯 NO_3^-记录研究的基础。

为开展 NO_3^-雪-气界面过程研究，我们于 2012-2013 年、2015-2016 年南极冰盖断面考察期间，系统采集了雪坑样品、表层雪和低层大气气溶胶样品，对 NO_3^-的含量和稳定同位素构成（$\delta^{15}N$, $\delta^{18}O$ 和 $\Delta^{17}O$）进行了分析，发现在南极内陆低积累率区域，NO_3^-在表层雪中的循环过程（即 NO_3^-沉积-光降解-再氧化-再沉积）非常显著，光分解的产物（NO_x）可在大气中被氧化，生成“二次”NO_3^-进而沉降至表层雪中；在南极高积累率区域，NO_3^-沉积后光解程度较弱，大部分初始沉积信息得以保存；氮同位素多端元混合模型结果表明中低纬 NO_x 是雪冰中 NO_3^-的主要来源（~65%），内陆区域 NO_3^-光分解释放的 NO_x / NO_3^-是另一来源。雪冰和大气中 NO_3^-氧同位素的线性关系（$\delta^{18}O$-$\Delta^{17}O$）揭示了雪冰中 NO_3^-的主要氧化生成途径，发现 O_3 和 HO•是主要的氧化剂，且大气中 HO•的氧同位素（$\delta^{18}O$ 和 $\Delta^{17}O$）主要受 HO•与 H_2O 交换作用的控制。研究结果为揭示极地大气与冰雪中 NO_3^-的氧化

生成过程、定量解读冰芯 NO_3^- 记录提供了重要依据。

S36-O-15

大气温室效应驱动北极冬季升温与春季海冰初融的观测证据

曹云锋 [1]*，梁顺林 [2]

1 北京林业大学林学院，北京 100871

2 马里兰大学地理系，College Park, MD, 20740

* yfcao@bjfu.edu.cn

北极地区是对气候变化最为敏感的区域之一，长期以来受到了气候变化研究的极大关注。尽管最近一段时间，全球暖化出现了一定程度的减缓迹象，但北极地区的气温上升却呈现明显的加速趋势。研究表明，北极地区的近地表气温正在以超过全球平均两倍以上的速度急剧升高，且在冬季尤为显著，达到四倍以上，这一现象被称为“北极放大”。

北极的快速升温既与受北极独特的地理、大气环境影响形成的多种辐射反馈机制（如海冰反照率辐射反馈机制、边界层大气逆温引起的温度梯度正反馈机制、普朗克反馈机制等）有关，也可能是由地球大气、海洋环流异常引起的极向物质与能量传输增强所致。目前对于北极地区快速升温的关键驱动机制仍无定论，不同理论之间存在很大的分歧。

本研究通过多源数据融合生成了一套长时间序列 (1984-2014)、时空完整的北极地区大气下行长波辐射数据。基于本套数据，并结合美国冰雪数据中心提供的基于遥感观测生成的北极地区逐日海冰密集度、覆盖范围数据，以及 GEWEX、ERA-Interim、MERRA 等提供的大气总云量、地表温度、大气可降水含量等参量，对北极冬、春季大气温室效应与春季海冰初融状态的关系进行了研究。结果表明，北极冬、春季大气云量、水汽的异常增加导致地表大气下行长波辐射显著增加，大气温室效应增强加热北极底层大气，使得冰面温度显著升高。进一步的观测证据表明，冬春季大气温室效应增强所引起的北极近地表升温作用不但抑制了冬季海冰的重新冻结过程，而且促进了春季海冰的初始融化过程，从而导致北极海冰 5 月份的初始融化季节提前，进而引发了海冰反照率的辐射反馈过程，最终引起了北极海冰在夏季的加速融化现象。

S36-O-16

Regional-specific variations in summer copepod communities during 2003–2012 in the western Arctic Ocean: implications for potential beneficiaries of ice decline

Zhiqiang Xu[1], Guangtao Zhang[1,3,4]*, Song Sun[1,2,3,4]

1 Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Shandong, Qingdao 266071, China

2 Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Shandong, Qingdao 266071, China

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

4 Laboratory for Marine Ecology and Environmental Sciences, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Shandong, Qingdao 266071, China

* gtzhang@qdio.ac.cn

A rapid decline in sea ice has been observed in the western Arctic Ocean in the past decade, but the responses of copepods, which play especially distinctive roles in benthic-pelagic coupling in this ecosystem, are still uncertain, as they may vary among habitats and species. To evaluate the inter-annual variabilities of copepod

communities and their potential responses to ice decline, we combined copepod samples collected in the summers of 2003, 2008, 2010 and 2012. Three geographically separate habitats and four ecological groups of copepods were identified. The inter-annual variability is exhibited separately in various habitats and among different ecological groups. The total abundance increased tremendously in 2012 in the Chukchi shelf (CS) and slope/plateau (CSP) habitats, while a decreasing trend is observed in the Canada Basin (CB). In the four identified ecological groups, we demonstrate flux-correlated inter-annual variability for exclusive Pacific species and multiplication with the ice minimum for pan-Arctic species. The abundance of oceanic Arctic species decreased in all areas, but only fluctuation was observed in that of opportunistic Arctic species. Of the pan-Arctic species, Calanus glacialis is designated the earliest beneficiary of ice retreat in the western Arctic Ocean, in contrast to the potential negative consequence in the eastern part induced by the mismatch between primary production peaks and its reproductive cycle. By filling in the originally vacant ecological niche, this species might increase the contribution of the pelagic food chain to the total carbon flux.

S36-O-17

ELEVATION CHANGE Monitoring of Antarctic ice sheet USING MULTISOURCE SATELLITE ALTIMETRIC DATA 2003-2016

Huan Xie[1,2], Wenjia Du[1,2], Lei Chen[1,2], Gang Hai[1,2], Shanshan Zhang[1,2], Jiajin Chen[1,2], Yixiang Tian[1,2], Shijie Liu[1,2], Xiaohua Tong[1,2], Rongxing Li[1,2]*

1 College of Surveying and Geo-informatics, Tongji University, Shanghai 200092

2 Center for Spatial Information Science and Sustainable Developments, Tongji University, Shanghai 200092

* rli@tongji.edu.cn

Over the past 30 years, satellite altimetry has been proved to be an effective method in monitoring Antarctic ice sheet mass balance. While the radar altimetry (such as GEOSAT, ERS1/2, Envisat, Cryosat-2) covers the longest combined time period, the laser altimetry is available solely from ICESat mission which offered a more accurate result. This paper presents a long term assessment of Antarctic ice sheet surface elevation change from 2003 to 2016 which based on ICESat, Envisat and CryoSat-2 data. All datasets are of L2 and are currently processed separately using different models. Firstly, a repeat-track processing method that includes terms accounting for the trend and the first order fit of topography is applied to repeat-track measurements of all ICESat Campaigns from 2003 to 2009. It uses the Least Squares fitting of the model to all observations in a box of 500 m × 500 m. The estimated trends in these boxes are then averaged inside a 30 km × 30 km cell. Similarly, the cells are used to estimate basin and ice sheet level surface elevation change trends. Secondly, considering Envisat data from 2003 to 2009 having the larger foot-prints size with a diameter of 1.7 kilometers and a spacing of 350 meters between spots, a box of 1 km × 1 km is used. The method applied for the Envisat repeat-track data is similar to that for ICESat with additional parameters of second order terrain and waveform corrections. Thirdly, for CryoSat-2 data from 2010 to 2016,

we applied a model within a cell of 5 km × 5 km considering that CryoSat-2 does not maintain repeated tracks. In this model the elevation trend, and higher order topography are solved in an iterative way using the Least Squares technique. The elevation change is computed at the cell level in the same way as the ICESat data. GIA correction is applied for all estimates in 30 km level. The above is our preliminary data processing and analysis result. The integrated multisensory estimation model for the long term change estimation will be designed and developed based on our result of analysis. Detailed information about the data processing, elevation change trend, and comparison with other studies will be introduced at the conference.

S36-O-18

东南极长半岛过去千年的企鹅灾难事件与聚落废弃

高月嵩[1]，杨连娇[1]，谢周清[1]，王玉宏[1]，Louise Emmerson[2], Colin Southwell[2]，孙立广[1]*

1 中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

2 Australian Antarctic Division, Kingston, Tasmania

* slg@ustc.edu.cn

阿德雷企鹅(Pygoscelis adeliae)是气候环境变化的敏感指示剂。然而，在环南极无冰区对阿德雷企鹅古生态及其对气候强迫的响应的研究主要集中在较长的时间尺度上。在东南极长半岛，我们在地表发现了数量惊人的企鹅干化尸体，年代集中在距今750年和200年两个十年尺度的年代区间，并且分别对应了当地粪土沉积物中的两个快速沉积阶段，指示了两次剧变的、大规模的企鹅死亡事件。基于当地和南极其它地区沉积学、冰芯的记录，我们提出这两次事件是由区域性强降水事件引起的，它导致了当地数个企鹅聚落的废弃。这些异常降水的时期的驱动机制可能是长波3状态下增强的经向气团输送。而现代气象观测和模型预测均指出，这种状态在现代气候变化背景下有增加趋势，因而本研究报道的企鹅死亡事件对企鹅甚至南极生态都可能成为一个新的威胁。

S36-P-01S

西北冰洋末次冰消期中煤屑沉积记录及其指示的冰消期冰融水排泄事件

章陶亮[1]，王汝建[1]*，Leonid Polyak[3]，肖文申[1]，Jens Bischof[3]，黄晓旋[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 Byrd Polar and Climate Research Center, The Ohio State University,Columbus, OH 43210, USA

3 Department of Geological Science, Old Dominion University, Norfolk, VA 23529, USA

* rjwang@tongji.edu.cn

末次冰消期中，北美劳伦冰盖(Laurentide Ice Sheet，LIS)冰融水的排泄路径，一直存在争议。其中一种观点认为部分冰融水向北通过马更些三角洲(Mackenzie Delta)流入北冰洋(Polyak et al., 2004; Not and Hillaire-Marcel, 2012）。

对于西北冰洋楚科奇海台的10个岩芯大于250 μm冰筏碎屑(Ice Rafted Debris，IRD)的岩矿鉴定发现，深海氧同位素5期（Marine Isotope Stage 5，MIS 5）以来，在末次冰消期的IRD中发现了煤屑。因此，西北冰洋沉积物地层对比中，可以将IRD中的煤屑层作为末次冰消期的新指标。

煤屑丰度从西北向东南逐渐减少，指示了其来源于研究区东南部阿拉斯加北部陆坡或加拿大西南沉积盆地的含煤地层。我们认为末次冰盛期（Last Glacial Maximun，LGM）后LIS冰融水向北通过马更些三角洲流入北冰洋，扩大了马更些河流域，携带加拿大西南沉积盆地的煤进入北冰洋。不过我

们无法排除煤屑来源于阿拉斯加北部陆坡的可能性。LGM 覆盖于阿拉斯加布鲁克斯脊（Brooks Range）冰盖融化后，大量冰融水向北流入北冰洋，携带北部陆坡地区的煤进入北冰洋。

S36-P-02S

A 7200-year record of vegetation history and its responses to climate change in Ny-Alesund, Svalbard

Zhongkang Yang[1], Jianjun Wang[2], Linxi Yuan[3], Wenhan Cheng[1,4], Yuhong Wang[1], Zhouqing Xie, Liguang Sun[1]*

1 Anhui Province Key Laboratory of Polar Environment and Global Change, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026, China

2 Key Laboratory of Global Change and Marine-Atmospheric Chemistry, Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen, 361005, China

3 Advanced Lab for Selenium and Human Health, Suzhou Institute for Advanced Study, University of Science and Technology of China, Suzhou 215123, China

4 CAS Key Laboratory of Crust-Mantle Materials and Environments, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

* slg@ustc.edu.cn

The Arctic has undergone unprecedented changes within the past a few decades and it has warmed twice as fast as the globe average. The Arctic vegetation is very sensitive to climate change, and the study of vegetation history and its relationship with climate is necessary for understanding the response of terrestrial ecosystem to climate change. In this study, we collected a palaeo-notch sediment profile (YN) in Ny-Alesund, Svalbard, performed organic biomarker and geochemical analyses on the sediments, reconstructed a 7200-year record of vegetation coverage history since 9400 BP, and examined the relationship between vegetation coverage and historical climates in the Arctic region. The vegetation coverage experienced four development periods. It rose steadily at the beginning and became stabilized at a high level during the Holocene thermal maximum (HTM). The vegetation coverage dropped sharply during the mid-Holocene transition. After that, the vegetation coverage increased again, stayed at a relatively high level, and then decreased abruptly around 2300 BP. The historical vegetation record is in good agreement with the palaeoclimate records, and climate is likely the driving factor controlling the vegetation coverage. This study improves our understanding of the terrestrial ecosystem and its responses to climate change in the Arctic.

S36-P-03S

Organic geochemical features of long chain n-alkanes and alkenones in Southern Ocean sediments and paleoclimate implication

Xin Chen[1,3]*, Xiao-Dong Liu[1], Min-Te Chen[2], Da-Cheng Lin[2] , Jian-Jun Wang[3], Li-Qi Chen[3]

1 Anhui Province Key Laboratory of Polar Environment and Global Change, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui 230026, China

2 Institute of Applied Geosciences, National Taiwan Ocean University, Keelung 20224, Taiwan

3 Key Laboratory of Global Change and Marine-Atmospheric Chemistry, Third Institute of

Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen, Fujian 361005, China
* chenxust@mail.ustc.edu.cn

The Southern Ocean plays an important role in the global climate and carbon cycle related to westerly winds and Antarctic Circumpolar Current (ACC). Importantly, mid-latitude westerly winds have a crucial role in transporting mineral dust from continent to Southern Ocean. In this study, we investigated organic geochemical features of long chain n-alkanes and alkenones and individual carbon isotope ratios of long chain n-alkanes in an ocean sediment core collected from Pacific sector of the Southern Ocean (168°11′8.34″E, 66°13′47.16″S) during the "31th Chinese National Antarctic Research Expedition" cruise in 2014-2015. Abundant of long chain n-alkanes (C27 to C35) with predominate odd-over even carbon preference major originated from terrestrial higher plant waxes, and might be transported though dust long range from Australia and New Zealand. Mid-chain n-alkanes (C23 to C25) had no odd-over even carbon preference and major derived from marine (non-diatom pelagic phytoplankton and marine microalgae) and terrestrial source. The highest abundance of tetra-unsaturated alkenones (C37:4) was found in high latitude of Southern Ocean sediments ranging from 11 to 37%, and it might be related to low sea surface temperature. Based on the calculation of Uk37 and Uk 37 as sea surface temperature proxy, the results indicated that Uk 37-SSTs were highly warmer than the modern observation data in this region, and even higher than Holocene highest SSTs at the same latitude of the Antarctic Ocean calculated using TEX86. Thus, the Uk37 was a more reliable index for SST reconstruction in higher latitude of Southern Ocean.

S36-P-04S

紫外辐射强度减弱对南极苔原温室气体通量的影响

包韬，代海涛，朱仁斌*

中国科学技术大学地球与空间科学学院，合肥 230026
* zhurbr@ustc.edu.cn

自《蒙特利尔议定书》实施以来，南极平流层臭氧开始逐渐恢复。然而极地地区很少有报道紫外辐射对苔原温室气体通量的影响。本文通过在南极法尔兹半岛苔原设计紫外辐射强度减弱的野外模拟实验，对苔原温室气体通量进行 3 年的夏季观测。结果发现：紫外辐射强度减弱显著增加苔原 N_2O、CH_4 和 NEE 通量。相对于对照观测点，紫外辐射强度减弱 20%平均增加 N_2O、CH_4 和 NEE 通量分别 8μg N_2O m^{-2} h^{-1}、93μg CH_4 m^{-2} h^{-1} 和 76 mg CO_2 m^{-2} h^{-1}，减弱 50%平均增加它们的通量分别 17μgN_2O m^{-2} h^{-1}、128μg CH4 m-2 h-1 和 118 mg CO_2 m^{-2} h^{-1}。三种温室气体通量与土壤温度、土壤水分、总碳、总氮、硝氮和氨氮含量之间均无显著的统计学相关性（P>0.05）。研究结果证实：紫外辐射强度变化对南极苔原温室气体通量有重要影响。在未来南极臭氧洞缩小、极区臭氧层恢复的环境背景下，忽略紫外辐射强度变化的影响，可能会低估极地苔原温室气体排放量。

S36-P-05

East Asian winter monsoon variations and their links to Arctic sea ice during the last millennium, inferred from sea surface temperatures in the Okinawa Trough

Li Dongling[1]*, Jiang Hui[2], Sha Longbin[1]

1 Department of Geography & Spatial Information Technology, Ningbo University, Ningbo 315211
2 Key Laboratory of Geographic Information Science, East China Normal University, Shanghai 200062
* lidongling@nbu.edu.cn

The East Asian winter monsoon (EAWM) significantly impacts living conditions in a large part of Asia, and therefore it is important to understand its major driving mechanisms. Winter sea-surface temperature (SSTW) and circulation in the southern Okinawa Trough are today both primarily controlled by the EAWM. Here we present a new SSTW reconstruction for the last millennium based on a diatom record from sediment core MD05-2908, from the continental slope of the southern Okinawa Trough off northeastern Taiwan. Our reconstruction indicates that SSTW varied between 14.1 and 19.6 ℃ over the past 1000 years. Changes in SSTW in the southern Okinawa Trough correspond closely to the index of warm winters (IEW) based on historical documents from the East Asian monsoon domain. This implies that our SSTW record can be used to reconstruct EAWM variability during the last millennium. Comparisons with the reconstructed winter Arctic Oscillation (AO, developed from historical snow anomaly events in Eastern Asia) and Arctic sea ice cover reveal a significant positive correlation between the EAWM and AO during the time interval from AD 1000-1400, coinciding with reduced sea ice cover. However, there is no significant correlation with increased sea ice cover during the interval from AD 1400-1700. This suggests that the reduction in Arctic sea ice may periodically have played a role in strengthening the relationship between the EAWM and the AO during the last millennium and that the current and future reduction in Arctic sea ice may have significant consequences for the EAWM.

S36-P-06

白令海晚第四纪放射虫的古海洋学研究

张海峰 [1,2]*，王汝建 [2]

1 国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室，杭州 310012
2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
* zhanghaif520@163.com

本文利用 SO202-INOPEX（Innovative North Pacific Experiment）联合科考航次在白令海南部鲍尔斯脊和北部陆坡获取的优质沉积物岩芯，基于 AMS14C 测年数据建立的年龄模式，开展了白令海晚第四纪放射虫的古海洋学研究，获得如下认识：

1、基于沉积物岩芯中气候事件的界限年龄、AMS14C 测年数据以及放射虫标志种 Lychnocanoma nipponica sakaii 的末现面年龄建立了地层学框架。其中，白令海南部鲍尔斯海脊 SO202-12-1 站位沉积物顶部年龄约 6.66ka，底部（6.76m）年龄约 56.5ka；北部陆坡 SO202-18-6 站位沉积物顶部年龄约 7.36ka，底部（700cm）约 13.54ka。

2、放射虫标志种 Cycladophora davisiana 是一个十分有效的地层学工具，其百分含量的变化曲线与格陵兰冰芯 NGRIP 氧同位素曲线具有良好的对应性，可以作为高纬海区碳酸钙沉积匮乏地区年代地层学划分的重要依据，尤其是在白令海及其所在的亚北极太平洋地区，具有重要的年代地层学意义。同时，C. davisiana 还是北太平洋中层水（NIPW）的替代性指标，冰期-间冰期旋回中 C. davisiana 百分含量的变化可以反映 NPIW 的源地，通过对比分析发现：晚第四纪以来，至少在 MIS3 期，NPIW 的源区同时为白令海和鄂霍次克海，LGM（MIS2 期）前后，NPIW 形成于白令海，MIS1 期以来则转而形成于鄂霍次克海。

3、岩芯中放射虫属种组合的 Q 型因子分析结果表明两个站位均可获得 4 个方差极大因子，分别代表 4 个不同的放射虫组合：

因子 1 在四个因子中占绝对优势，代表中层水组合，其优势种是 C. davisiana，可以作为北太平洋中层水（NIPW）的标志；因子 2—4 分别代表不同区域的表层水组合、次表层水组合以及深层水组合，其中，表层水组合和深层水组合最主要的标志种分别是 Stylochlamidium venustrum 和 Siphocampe arachnea，次表层水组合由于受到不同区域次表层水团结构的影响而具有不同的优势种。

4、LGM 末期以来，白令海盆沉积物中的表层水优势种 S. venustrum 的含量与中层水优势种 C. davisiana 的含量具有明显的此消彼长的负相关关系，与该区水团结构在 LGM 期间发生变化有关；而白令海南部沉积物岩芯记录的 MIS3 期千年尺度气候变化与格陵兰冰芯中记录的冰期-冰期旋回中的间冰阶具有良好的一致性，这一发现表明北太平洋和北大西洋千年尺度气候变化是同步的，可能都受控于北半球的大气环流的变化，以及劳伦冰盖体积的快速变化，而不应统一的的解释为北大西洋温盐环流的驱动。

S36-P-07

Greenland Ice Sheet and Sea Ice Change Analysis Using Multi-source Satellite Sensing Data

Rongxing Li[1,2]*, Hansheng Wang[3], Yixiang Tian[1,2], Tiantian Feng and Xiaohua Tong[1,2]

1 Center for Spatial Information Science and Sustainable Development Applications, Tongji University, Shanghai 200092

2 College of Surveying and Geo-Informatics, Tongji University, Shanghai 200092

3 Institute of Geodesy and Geodynamics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077

* rli@tongji.edu.cn

The rate of ice loss of the Greenland ice sheet has accelerated since 1992 according to the IPCC AR5 report. The ice loss is partitioned in approximately similar amounts between surface melt and outlet glacier discharge. Meanwhile, both the extent and thickness of the Arctic sea ice decreased since 1980. As more and more satellite data have become available, a number of important factors, such as mass balance, sea ice thickness and extent, ice surface albedo and others, can be estimated in higher spatial and temporal resolutions and help multi-factor based analysis in the Arctic environment. We present our recent work on processing multi-source satellite data and the results of analyzing interactions between snow, ice, and water on and around the ice sheet using estimated mass balance, surface albedo and sea ice changes. For example, GRACE data are used to obtain estimates of the mass variations of the ice sheet; AMSR and MODIS data are applied to extract Arctic sea ice changes; and an improved algorithm is implemented to enhance the daily albedo product from MOD10A1 by a set of processing steps, including de-nosing, gap-filling and bias correction. Patterns of changes in temporal scales (e.g., decadal, annual and seasonal) are presented, as well as their correlations. These results can be extended to perform studies on the entire Arctic region and tri-polar interactions.

S36-P-08S

LGM 以来南极罗斯海西部有机质来源及其变化研究

宋乐慧 [1]，韩喜彬 [2]*

1 南京大学地理与海洋科学学院，南京 210023

2 国家海洋局第二海洋研究所海底科学重点实验室，杭州 310012

* hanxibin@sio.org.cn

LGM 以来，罗斯冰架的进退过程引起罗斯海地区有机质输送的变化，对南大洋甚至全球的碳循环过程和有机质的演化程度都有重要影响。以中国第 32 次南极考察所采集的位于罗斯海西部 ANT31-RB16C 站位的柱状沉积物为研究对象，主要通过生物标志物研究 LGM 以来该地区有机质的来源及其变化特征。总体上沉积物中饱和烃的碳数分布范围，主峰碳主要，L/H 、(C21+C22)/(C28+C29)等指标指示沉积有机质以海源输入为主，部分有有陆源混合输入。末次冰盛期到冰消期期间（28-11.7kaBP），主峰碳、（C21+C22)/（C28+C29)、TOC 含量、TOC/TON 等参数综合表明沉积有机质以海洋输入为主，带有陆源物质混合输入，陆源有机质可能来源于罗斯冰架消退过程中冰山融水带来的有机质，这期间水动力增强搬运较粗颗粒的沉积物导致平均粒径变大，分选较差。CPI、C29ααα20S/C29ααα（20S+20R）结果显示有机质演化程度较低，Pr/Ph 小于 1，处于还原性沉积环境中，有利于有机质的保存，可能是因罗斯冰架消融产生低温高盐的陆架重水（DSW）所致。全新世以来（11.7-0kaBP），TOC 含量增加，TOC/TON 比值降低，主峰碳、（C21+C22)/（C28+C29)等指标显示沉积物中有机质主要来源于海洋，CPI、C29ααα20S/C29ααα（20S+20R）结果显示有机质演化程度较高，Pr/Ph 大于 1，总体上呈现弱氧化-氧化的沉积环境，可能是受上涌的变性环南极深层水（MCDW）的影响。

S36-P-09S

Reconstruction of the Western Arctic Ocean water stratification over the last 50,000 years

Ho Lai Hilary Man[1]*, Rujian Wang[2], Wenshan Xiao[2], Baochun Zhou[3], Christelle Not[1]

1 Department of Earth Sciences, The University of Hong Kong, Hong Kong

2 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092

3 Shanghai Natural History Museum, Shanghai, 200092

* kela2405@connect.hku.hk

The Arctic Ocean is one of the most vigorously responsive water bodies towards climate changes. Sea ice plays a prominent role in Arctic climate system due to its effects on albedo, hydrological cycle and biological productivity. Yet, the recent decline of the sea ice cover and extend in the Arctic Ocean is not well understand. It is speculated that the change in the depth of halocline is one of the possible controls on regulating Arctic sea ice extent and thickness. The halocline separates the Arctic sea ice from the warm water mass originated from the Atlantic Ocean, namely Atlantic Intermediate Water (AIW) and therefore will inhibit extensive sea ice melting via direct contact with the warm AIW. Here we aim to test the variability of the halocline and its relationship with sea ice over the last 50 000 years. By estimating the temperature of deep-water masses from different sediment cores located at Chukchi Plateau in the Western Arctic Ocean, our research aims at reconstructing the Arctic's water mass stratification variability, and thus unraveling the fluctuation of halocline thickness in the Chukchi Plateau throughout the last 50,000 years. With the support from instrumental results, we further delineate the relationship between deep-water mass stratification and sea ice variability in the Arctic, and thus their respective impacts towards the Arctic climate system. By looking at the Mg/Ca in ostracods shells from a sediment core (ARC3-P31) retrieved at 445m in the Chukchi Plateau, we observed that the temperature of the bottom water ranges between masses 0℃ and 2℃ in the past 10,000 years. Such temperature suggests that the Atlantic Intermediate water

(AIW) lies at up to 445m for the last 10ky, indicating no large changes for that period and the preliminary result indicates the presence of the AIW at a shallow depth in the Western Arctic Ocean during Marine Isotope Stage 1 (MIS1).

S36-P-10

Late to middle Pleistocene Arctic glacial history implied from a sedimentary record from the Northwind Ridge

Linsen Dong[1,2],Yanguang Liu[1,2], Xuefa Shi[1,2]*, Aimei Zhu[1]

1 Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao, 266061, China

2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, 266061, China

3 Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao, 266061, China

* dongls@fio.org.cn

Sediment core ARC6–C21 collected from the Northwind Ridge, western Arctic Ocean, covers the late to middle Quaternary (Marine Isotope Stages (MIS) 1-11), as estimated by correlation to earlier proposed Arctic Ocean stratigraphies and AMS14C dating of the youngest sediments. Detailed examination of the elemental composition of sediment along with grain size in core ARC6–C21 provides important new information about sedimentary environments and provenance. We use increased contents of coarse debris as an indicator of glacier collapse events at the margins of the western Arctic Ocean, and identify the provenance of these events from geochemical composition. Notably, peaks of MgO and CaO, including large dropstones, presumably track the Laurentide Ice Sheet (LIS) discharge events to the Arctic Ocean. Major LIS inputs occurred during the stratigraphic intervals estimated as MIS 3, intra-MIS 5 and 7 events,MIS6, MIS 8, MIS 10 and MIS11. Inputs from the East Siberian Ice Sheet (ESIS) and/or Eurasia Ice Sheet (EIS) are inferred from peaks of SiO2 , Al2O3 and TiO2 associated with coarse sediment. Major ESIS and/or EIS sedimentary events occurred in the intervals estimated as MIS 2, MIS 4, MIS 6, MIS 8 and MIS 10.

S36-P-11

近 800 ka 以来南大洋经向海表温度差异及气候变化响应

李文宝 [1,2]*，王汝建 [2]

1 内蒙古农业大学水资源保护与利用自治区重点实验室，呼和浩特 010018

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* tianshiTD@126.com

大洋表层海水温度(SST)是大洋水体变化的重要物理性质，也是驱动大洋环流的重要因素之一。例如，温盐环流系统(THC)就是由海水温度、盐度差异驱动的全球尺度大洋环流。同时，在这一系统里，大西洋经向反转流(AMOC)、北太平洋经向反转流(NPMOC)、环南极洋流(ACC)以及 Agulhas 流等区域尺度的环流，则由于海水温度差异等因素的影响，不仅在不同海域之间扮演着热量传输的关键角色，又在地球气候变化过程中起着极其重要的作用。而在环南极地区，不同海域间 SST 的变化不仅可以影响大洋环流的演化，而且往往显示不同海洋锋面的迁移情况，反应不同区域海水热量差异的演变过程。

通过对比南大洋不同海域近 800 ka 以来的海水表层温度(SST)变化记录，同时结合南极冰芯记录的大气 CO2 浓度、大气温

度(δD)及大洋底栖氧同位素($\delta^{18}O_B$)、相对海平面(RSL)等气候演变替代指标，对南大洋海表热量差异影响因素及气候响应进行了分析，结果显示: 1) 近 800 ka 以来，虽然不同站位 SST 变化对关键气候事件的响应情况基本一致，但是由纬度差异导致接收太阳辐射量的不同成为区域 SST 平均值不同的主要因素之一。不过，南大西洋海域 ODP1090 站位近 800 ka 以来的 SST 平均值(9.42 ℃)却比南塔斯曼海 ODP1170 站位的 SST 平均值(10.27 ℃)低，显示大洋环流(如 Agulhas 流)变化对区域 SST 变化的影响。同时，环南极不同海域间 ΔSST 值在"中布容事件-MBE"之后的逐渐偏正，又显示了不同海域热量分布演化特征的差异；2) 在间冰期，$\Delta SST_{1090-1170}$ 和大气 CO2 浓度、$\delta^{18}O_B$、RSL 及南极冰芯 D‰值等指标参数的相关系数较高，r 值分别为 0.80、0.72、0.48、0.74; 而在冰期，$\Delta SST_{1090-1170}$ 和大气 CO2 浓度等指标参数的相关系数则均出现不同程度的减小，r 值分别为 0.24、0.15、0.31、0.06. 这说明气候演变替代指标对南大洋 ΔSST 值变化的影响在间冰期较强，而在冰期较弱. 同时，$\Delta SST_{1090-1170}$ 值与直接反映气温变化的大气 CO2 浓度、南极大气温度等几乎同时变化，而领先于间接反映气温变化的极地冰盖体积、RSL 变化等环境演变指标参数。

整体上，冰期-间冰期旋回中，太阳辐射量改变引起的海洋 SST 变化，并由此导致的区域气候环境的改变，如 STF 的迁移等，最终成为影响环南极海域温度差异变化的关键因素之一。

S36-P-12

Evidence of Arctic Ocean extended ice sheets off Alaska during the mid-Pleistocene

Rong Wang[1,2]*, Weiyan Zhang[1,2], Xiaoguo Yu[1,2], Liming Ye[1,2], Boris K. Biskaborn[3], Ziyin Wu[1,2], Xun Gong[4], Gerrit Lohmann[4], Jian Ren[2],Dineng Zhao[1,2], Wenshen Xiao[5], Yanguang Liu[6], Weiguo Wang[7], Bernhard Diekmann[3]

1 Key Laboratory of Submarine Geosciences, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

2 Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

3 Alfred Wegener Institute, Helmholtz Center for Polar and Marine Research, Potsdam14473, Germany

4 AlfredWegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Am Handelshafen 12, D-27570 Bremerhaven, Germany

5 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

6 First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China

7 Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China

* rongwang@sio.org.cn

A gravity-core sediment record covering marine isotope stages MIS 10 to MIS 1 from the northern Northwind Ridge (off northwest Alaska) was studied for insights into glacial–interglacial terrigenous sediment cycles, Beaufort Gyre circulation changes, and the role of marine ice sheets in affecting deposition process since the mid-Pleistocene.

Core ARC6-C22 was characterized in terms of grain size, clay mineralogy, ice-rafted detritus, color features, X-ray fluorescence, and stable nitrogen isotope composition; the core was dated using AMS 14C ,magnetic inclination and stratigraphic correlation with reference cores. We used a high-resolution North Atlantic/Arctic Ocean Sea Ice Model to simulate wind-driven Beaufort Gyre circulation during glacial and interglacial stages. For glacial stages prior to MIS 5, core concentrations of IRD, kaolinite, and calcium were high, consistent with the presence of a

marine ice sheet on the Chukchi Borderland and a strong Beaufort Gyre circulation capable of delivering abundant debris from the Canadian Arctic Archipelago. This extended marine ice sheet acted as an "ice dam," blocking the passage of large icebergs. For interglacial intervals, fine-grained materials (smectite and illite) were abundant in the core sediments, indicating the dominance of Pacific water inflow in supplying terrigenous materials.

During MIS 5, the marine ice sheet melted due to global warming, leading to a significant increase of sea level during MIS 5e. High sediment Ca values indicate a sustained strong Beaufort Gyre capable of delivering icebergs that were by now no longer blocked from moving across the Northwind Ridge. Subsequent to MIS 5e, the core is characterized by disparate fine materials, the presence of reworked materials, and low temporal variability in clay abundance. These characteristics indicate an erosional environment with deep-keeled icebergs arriving from multiple sources, consistent with the weaker glacial–interglacial cycles that characterized terrigenous sedimentary systems during this period.

S36-P-13S

北欧海末次盛冰期以来的古海洋与古气候记录

洪佳俪，王汝建*，肖文申，章陶亮，李英搏

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* rjwang@tongji.edu.cn

温盐环流系统在全球的气候以及环境的变化与平衡中起着关键作用。北大西洋地区作为大洋传送带的伊始，更是在整个大洋环流系统中扮演着至关重要的角色。本文对我国第五次北极科考在北欧海所采集的三根岩芯样品进行了各项古环境指标的综合分析，包括 IRD 丰度、有孔虫丰度、浮游有孔虫 Neogloboquadrina pachyderma (sin.)（Nps）和底栖有孔虫 Cibicidoides wuellerstorfi 稳定氧碳同位素、以及浮游有孔虫 Nps 的 Mg/Ca 值。北欧海过去 20ka 以来的研究结果表明，在末次盛冰期（20ka-18ka），北欧海地区受到寒冷气候的影响，次表层温度整体较低 3℃；冰消期（18ka-12.8ka）以来，大量淡水注入，水体通风作用降低，导致次表层水温度升高，几乎达到 4℃；早全新世（10ka-5.5ka）时期，次表层水温度稳定在 4.5℃左右，海水通风作用增强，有孔虫丰度上升，生产力增加；在中晚全新世（5.5ka-2ka），新冰川运动时期扩大的融冰水导致次表层水的通风作用减弱，导致次表层水温度比早全新世略高 0.5℃；晚全新世（2.7ka-0.8ka）以来，大西洋水流入增强导致次表层水温度持续上升，并且在 1.5ka 的时候达到最高（6℃）。

S36-P-14S

中更新世以来南极气候及海洋环境对南极冰盖变化的响应

聂森艳，肖文申，王汝建*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

* rjwang@tongji.edu.cn

南极大陆承载着地球上 90%的冰，冰盖的消长直接影响南极气候及海洋环境的变化，中更新世以来冰期-间冰期尺度上南极冰盖的消长使得全球海平面波动达 6-13 m。本研究欲利用 32 次南极科学考察在东南极边缘海临 Balleny 群岛海域取得的沉积岩芯样品的硅藻属种统计及海洋环境参数（如物理参数、XRF 扫描、粒度分析、粗组分分析、生源组分分析等），以期探讨中更新世以来南极气候及海洋环境对南极冰盖变化的响应。通过对顶端样品关键点样品的 AMS14C 测年、硅藻地层年代对比、磁倾角对比及输

出生产力模式法对比初步确定了该岩芯的年代框架（MIS17 期-至今）。对海洋环境参数的初步分析显示该海域中布容事件以前海洋沉积环境相对稳定，中布容事件以后筏冰碎屑输入显著增强，冰川排泄增强，以MIS11 最强，这与南极冰盖变化一致。后续硅藻属种的统计分析将从海冰浓度及范围、海水营养环境等细致探讨海洋环境变化。

S36-P-15

南极乔治王岛附近海域沉积物分布特征

王海峰*，邓希光

中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510760

* wanghaifeng112@163.com

2016 年 12 月 28 日至 2017 年 2 月 10 日，中国地质调查局广州海洋地质调查局“海洋六号”船在中国第 33 次南极科学考查期间，对长城站所在的乔治王岛附近海域底质沉积物进行了调查，初步查明了南设德兰海沟—布兰斯菲尔德海峡之间的底质沉积物分布特征。

该区海域底层沉积物为典型的海洋冰川沉积，沉积物类型主要以中—细粒的粉砂质粘土为主，常见砾石，且在部分站位取到 4.75mm 粗粒径的火山碎屑沉积，在一个箱式取样站位中取到的沉积物中夹杂 2 层火山灰层（在该点位附近已发现 Three Sister 和 Hook Ridge2 处海底热液硫化物点），表明该区海底火山、热液活动亦较为频繁。结合已有研究表明，沉积物源主要由以下 5 类构成：

1、海洋生物沉积（主要为硅藻、有孔虫等，主要分布于布兰斯菲尔德海峡内）；

2、水流搬运的陆源粗粒沉积（以砂、粉砂为主，为工区主要沉积物）；

3、风尘粘土（较少）；

4、火山碎屑（分布较为集中）；

5、冰筏漂砾（粒径较大、磨圆度差的砾石，较常见）。

自南设得兰海沟向北至布兰斯菲尔德海峡，大致可分为 4 个区域，其沉积物分布特征如下：

1、南设得兰海沟—南设得兰群岛之间，主要沉积物以中-细粒的粉砂质粘土沉积为主，常见冰筏漂砾；自向北随水深增加，沉积物粒径变细，且漂砾出现减少。

2、南设得兰群岛南部海湾内，沉积物主要以细粒的粘土质粉砂为主，富含有机质，生物发育，表明此处为相对静水环境，岛上的有机质碎屑随水流注入海湾，有机质富集，易于生物生长。

3、布兰斯菲尔德海峡内部：沉积物以细粒灰色粘土为主，富含黑色团块，一般具有特殊臭味，表明黑色团块为未分解的有机质团块，而非火山碎屑。颜色呈灰绿色，富含硅藻团块，生物富集，表明该处水动力较弱，水体平静，适于生物发育；无冰筏漂砾出现。

4、欺骗岛附近：欺骗岛为活火山喷发形成，最近一次喷发为上世纪 70 年代，仅获得刀口处约 20cm 砂质沉积物，沉积物以高度压实、固结，几近成岩。沉积物源为外围火山剥蚀至此的玄武-安山岩碎屑。而细粒沉积物随水流搬运至远处沉积。

总体而言南设得兰群岛与南设得兰海沟之间沉积物以粉砂-砂为主，夹杂砾石（最大粒径可达 18cm），向北方南设得兰海沟方向，随水深增加，沉积物粒径变细；在布兰斯菲尔德海区表层沉积物有砾质、砂质、粉砂质、粘土质四大类，其分布具有不对称性：海峡南部陆架-上陆坡以及海槽东北和相邻陆架，沉积物以砾石、砂质为主；海槽和下陆坡为粉砂质硅质软泥；北部岛架、岛坡以砂、粉砂为主。在欺骗岛附近所取样品为粉砂质沉积，压实、固结程度较高，未见到火山碎屑层。上述分布格局表明：控制表层沉积物类型粒度特征的主要因素为海流，其次为物源。表层和柱状沉积物样品遗留有冰川-海洋环境标志沉积，为典型的冰海沉积物，不同类型的冰海沉积物反映不同介质条件和一定沉积环境。

S36-P-16S

后沉积作用对格林兰岛 Summit 积雪硝酸盐同位素季节性变化的影响

蒋壮*，周涛

中国科学技术大学地球与空间科学学院，合肥 230026

* pb1300@mail.ustc.edu.cn

活性氮氧化物(NO_x=NO+NO_2)是大气中重要成分，它通过与 OH 以及 O_3 反应影响大气氧化能力，进而影响各种污染物质及温室气体在大气中的停留时间。NO_x 的终产物 HNO_3 通过干湿沉降进入雪层并保存，因而冰芯中的硝酸盐记录可以为我们提供长时间尺度的大气 NOx 变化及氧化能力的信息。然而雪表层中的硝酸盐会经由后沉积作用(post-depositional process)发生光解损失，评估后沉积作用强度和对硝酸保存的影响可以帮助我们对冰芯中硝酸盐记录的解读。

积雪中硝酸的后沉积作用主要是通过硝酸在雪晶表面或者内部紫外光解完成，在波长小于 345nm 范围内生成 NO_2。后沉积作用的主要影响因素包括雪的累积速率，臭氧柱浓度及雪中的吸光性杂质浓度（如 black carbon）。光解产生的 NO_2 在传输到表层大气中后，会生成 HNO_3 再次沉降或者被传输到其他地区。硝酸光解过程伴随着同位素分馏（$^{15}\varepsilon_p$= (47.9 ± 6.8)‰），导致积雪中剩余的氮同位素值不断上升。长期以来，格林兰岛 Summit 地区的积雪硝酸盐氮同位素存在的季节性变化被认为是由不同季节 NO_X 来源不同导致的。利用后沉积作用模型(TRANSITS)，我们发现后沉积作用可以完全解释这一地区记录中的季节变化和同位素范围，显示出后沉积作用在较高雪累积区域的作用同样不容忽视。同时，也证实在偏远地区，由于大气传输过程和沉降过程中的同位素分馏效应，NO_X 源的氮同位素值很难被保存下来。

S36-P-17S

The remote correlation research between precipitation of 108 stations on Qinghai-Tibet Plateau in China and Arctic Sea Ice Extent

Lu Zhibo[1,2], Cai Yiwei[1,2], Wang Juan[1,2]*

1 College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 State Key Laboratory on Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China

* wangjuan@tongji.edu.cn

Based on the sea ice data and China meteorological monthly data set, the paper analyzes the change of Arctic sea ice extent during 1979-2016 and spatial and temporal variation of precipitation in about 50 years in Qinghai-Tibet Plateau, which contains 108 weather stations in Sichuan, Qinghai, Yunnan, Gansu, Tibet and Xinjiang province. It also studies instant/lag correlation analysis between Arctic sea ice and Qinghai-Tibet Plateau precipitation. The analysis shows that: in the past 38 years, Arctic sea ice is decreasing and reached the lowest record in 2016; in a year, sea ice extent is largest in March while smallest in September. Mean annual precipitation of Qinghai-Tibet Plateau decreases from southeast to northwest, which shows the obvious spatial difference; the precipitation during 1961-2005 featured the oscillation from positive to negative anomaly but had a slightly increasing trend overall. In a year, precipitation is largest in Summer, and then Autumn, Spring, finally Winter. The instant/lag correlation analysis shows that the Arctic sea ice's influence on Qinghai-Tibet Plateau has a 12 months cycle and has the largest positive correlation when lagging 3-5

months and negative correlation when lagging 9-11 months. Based on the above information, Qinghai-Tibet Plateau can be divided into 4 parts, which are the Southern and Southeastern Plateau area, the Eastern Plateau area, the Qaidam Basin area and the Western Plateau area, they are influenced by Indian Monsoon, East Monsoon, Plateau Monsoon, westerlies and subtropical circulation respectively. By doing further analysis, we found that: summer precipitation in the Southern and Southeastern Plateau area has negative correlation with Arctic sea ice 5 to 11 months in advance, mainly influenced by the southwesterly from the Bay of Bengal; Summer precipitation in the Eastern Plateau area has overall positive correlation with Arctic sea ice 4 to 10 months in advance, mainly influenced by west Pacific subtropical high; Summer precipitation in the Qaidam Basin area has negative correlation with Arctic sea ice 4 to 10 months in advance overall, mainly influenced by westerlies.

S36-P-18S

ICESAT/GLAS 测高数据作为高程约束的南极 ZY-3 影像平差定位研究

龙杭 [1,2]，刘世杰 [1,2]*，金雁敏 [1]，童小华 [1,2]，李荣兴 [1,2]

1 同济大学测绘与地理信息学院，上海 200092

2 同济大学空间信息科学与可持续发展中心，上海 200092

* liusjtj@tongji.edu.cn

高分辨率遥感卫星影像和激光测高是目前南极遥感应用中的两个重要数据来源。于 2012 年发射的资源三号(ZY-3)测绘卫星是我国首颗民用高精度立体测绘卫星，主要搭载了 3 台前正后视全色相机，能够在沿轨方向上推扫成像形成三线阵立体像对。该卫星经调整相机参数以适应南极环境后，获取了一些指定区域的南极立体影像。沿轨立体像对具有影像匹配质量高和地理定位精度高的优点，然而，由于内外方位元素的测量误差和缺少地面控制信息，资源三号卫星影像和其他数据源之间存在几何偏差。美国发射的激光测高卫星 ICESat 上搭载了地球科学测高系统(Geo-science Laser Altimeter System, GLAS)，其在 2003～2009 年间获取了高程精度约为 0.15 米的全南极测高数据，其高程精度优于 ZY-3 影像定位精度。因此，我们提出了一种几何校正方法，用 ICESAT/GLAS 测高数据作为 ZY-3 影像区域网平差中的高程约束，来提高 ZY-3 影像的地理定位精度及 ZY-3 影像与测高数据间的几何一致性。实验结果表明，ZY-3 影像与 ICESAT/GLAS 测高数据之间的几何不一致性显著改善，ZY-3 地理定位精度得到提高。

S36-P-19

LGM 热带西太平洋大型硅藻 Ethmodiscus rex 的 δ18O 组成

熊志方 [1]*，翟滨 [2]，李铁刚 [1]

1 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 自然资源部青岛海洋地质研究所，青岛 266071

* zhfxiong@fio.org.cn

有孔虫氧同位素（$\delta^{18}O$）在古海洋学研究中的地位极其重要。然而，在南北极海区以及水深超过碳酸钙补偿深度的海域，海底有孔虫缺乏或者保存不完整，这时硅藻 $\delta^{18}O$ 将发挥不可替代的作用。不像单种有孔虫 $\delta^{18}O$ 分析早已成为常态，硅藻由于粒径小、分离纯化比较困难，目前还未见报道单种硅藻的 $\delta^{18}O$。另外，对于单种硅藻 $\delta^{18}O$，是否像有孔虫一样也存在生命效应问题，还不清楚。得益于大的硅藻粒径、低的硅藻分异度和高的蛋白石含量，我们成功从末次盛冰期（LGM）东菲律宾海沉积的纹层硅藻席中

分离纯化出两个粒径（>154 μm 和 63-154 μm）的大型硅藻 Ethmodiscus rex，并首次获得了单种硅藻 E. rex 的 $\delta^{18}O$。

能量色散 X 射线荧光光谱仪（EDS）分析结果显示，WPD-03 孔 E. rex 的 SiO_2 含量在 97.49%-98.61%，Al_2O_3 含量在 0.13%-0.59%；WPD-12 孔 E. rex 的 SiO_2 含量在 97.86%-98.54%，Al_2O_3 含量在 0.08%-0.32%。这些结果表明从两孔硅藻席中提纯的 E. rex 纯度极高，没有明显的杂质，因而适合同位素分析和应用。WPD-03 孔>154 μm 组分 E. rex 的 $\delta^{18}O$（$\delta^{18}O_{E.\ rex\ (>154\ \mu m)}$）在 42.21‰至 44.74‰之间，平均为 43.97‰；$\delta^{18}O_{E.\ rex\ (63\text{-}154\ \mu m)}$在 41.02‰至 44.48‰之间，平均为 43.35‰。WPD-12 孔的 $\delta^{18}O_{E.\ rex\ (>154\ \mu m)}$在 43.56‰至 45.51‰之间，平均为 44.42‰；$\delta^{18}O_{E.\ rex\ (63\text{-}154\ \mu m)}$在 42.69‰至 44.55‰之间，平均为 43.71‰。两孔>154 μm 和 63-154 μm 组分之间的 $\delta^{18}O_{E.\ rex}$ 差值范围分别为 0.06‰-1.52‰和 -0.16‰-1.42%，都表现为 $\delta^{18}O_{E.\ rex\ (>154\ \mu m)}$ 大于 $\delta^{18}O_{E.\ rex\ (63\text{-}154\ \mu m)}$。WPD-03 孔 26 个 $\delta^{18}O_{E.\ rex}$ 差值中有 16 个超过了 $\delta^{18}O$ 分析的长期外部重现性（±0.25‰，σ_{sd}），WPD-12 孔 7 个 $\delta^{18}O_{E.\ rex}$ 差值中有 5 个超过了 $\delta^{18}O$ 分析的长期外部重现性。这些结果清晰地表明单种 E. rex 仍然存在 $\delta^{18}O$ 的生命效应问题。考虑到两孔中>154 μm 和 63-154 μm 组分 E. rex 唯一差别体现在粒径上，推断不同粒径导致了 $\delta^{18}O_{E.\ rex}$ 的种内差异。对于海洋单种硅藻而言，仍然存在粒径相关的氧同位素分馏效应，因而对硅藻 $\delta^{18}O$ 的古海洋学解译应谨慎对待。下一步，结合前期推断的研究区 E. rex 纹层硅藻席沉积时的古环境信息，分析 $\delta^{18}O_{E.\ rex}$ 的控制因素和古海洋学意义。

S36-P-20S

基于NAPA-CAR对北极海区碳循环过程的模拟与评估

赵伟[1]，罗晓凡[1]，魏皓[1]*，胡宪敏[2]，鹿有余[2]

1 天津大学海洋科学与技术学院，天津 300072

2 Bedford Institute of Oceans, Department of Fisheries and Oceans, Dartmouth, NS, B2Y 4A2, Canada

* hao.wei@tju.edu.cn

北极海冰快速融化对北冰洋碳循环过程乃至全球碳源/汇格局有重要影响。基于海洋-海冰-碳循环模型（NAPA025-CAR），对北太平洋（45°N 以北）、整个北冰洋海区以及北大西洋（26°N 以北）进行了 1993-2015 年的后报模拟，模拟结果与观测资料对比表明该模型可抓住北极海区与太平洋和大西洋的交换过程，能够较为准确的再现北极海洋-海冰环境的变化，以及生态循环与碳循环过程，同时，利用 NAPA025-CAR 模拟结果对楚科奇海陆坡高溶解无机碳水团的运动路径进行了初步分析。

S36-P-21S

NAPA 高分辨率海洋-海冰模型的研究进展及初步结果

张永莉[1]，王雅丽[1]，秦钰[1]，赵伟[1]，董春明[1]，罗晓凡[1]，聂红涛[1]，魏皓[1]*，胡宪敏[1]，鹿有余[2]

1 天津大学海洋科学与技术学院，天津 300027

2 Bedford Institute of Oceans, Department of Fisheries and Oceans, Dartmouth, NS, B2Y 4A2, Canada

* hao.wei@tju.edu.cn

基于海洋模型 NEMO3.6 和海冰模块 LIM3，本课题组发展了应用于北太平洋、北冰洋和北大西洋的高分辨率海洋-海冰模型（NAPA 模型）。该模型以 1/4° 的水平分辨率（NAPA025）进行了 1993-2015 年的后报模拟，经与观测数据的对比表明，海洋-海冰物理场的模拟与实际观测较为一致。利用该长时间序列的后报模拟初步分析了近二十年北冰洋的海冰时空分布特征。基于 NAPA025，本课题组又开展了 1/12° 高水平

分辨率的模拟（NAPA12），结果表明其对海冰细节过程的刻画得到明显改善。

S36-P-22

波弗特海高压在北极海冰快速变化中的作用

马靖凯，杜凌*

中国海洋大学海洋与大气学院，青岛 266100

* duling@ouc.edu.cn

近年来北极海冰大面积减退，波弗特海高压作为北极气候系统的重要组成部分，其动力热力特征已发生显著改变。本文利用NECP/NCAR提供的再分析数据和北极海冰密集度数据，分析波弗特海高压的变化，以及其对夏季海冰面积（7-10月）的动力贡献。北极海冰快速变化时期(2006-2016年)，波弗特海反气旋式环流的出现频率明显增大，东风增强，涡度增大，同时波弗特海上空位势高度增强，且该异常东风可达对流层顶。与大面积冰封时期（1982-1992 年）相比，波弗特海域平均海冰密集度显著降低，最大可达 60%；海冰快速变化时期北部海域海冰密集度变化剧烈，这与波弗特海高压对局地海冰变化的动力影响有关，超前一个月的东风异常与该海域的海冰面积相关性最大。

A. Abelmann 618
Ahmed Suhail..... 148
Aifeng Zhou..... 213, 237
Aimei Zhu 633
Aizhi Sun 244
Alaa Salem..... 335
Alan T. Kennedy 113
Alex Farnsworth..... 113
Alex Pullen..... 200
Alexandra Yang Yang..... 525
Alison Betts..... 140
Amalia Filippid 199
Anatolii Astakhov 309
Anchun Li 285, 292
Andre Huepers 428
Andrew Fraass 184
Ángel Rodés..... 151
Angiolini L.....84
Ann Pearson..... 184
Anqing Lu 333
Arnaud Meunier..... 187
Arnico K. Panday..... 170
Ashish Sinha 187
Assayag N 173
Au Yang D..... 173
Augusto S Auler..... 188
Aurèle Anquetil André..... 187
B. Chapligin 618
Bai Hongxin..... 612
Bangqin Huang 408
Baochun Zhou..... 632
Baoshan Chen 399
Baotian Pan..... 162
Bardoux G..... 173
Batara Achmad..... 505
Becky Alexander..... 183
Benjamin Passey..... 98
Bernhard Diekmann.....634
Biao Chen.....266
Bing Song.....285, 333
Bingbin Qin 367
Bingqi Zhu.....161
Bo Cheng.....244
Boo-Keun Khim 297
Boris K. Biskaborn 634
Bradley J. Evans 388
Bulkajyr T. Mambetov.....249
C. Johan Lissenberg.....525
Cai Yiwei 637
Can Zhang 237
Carmala Garzione.....185
Carmala N. Garzione 200
Cartigny P. 173
Chang Liu 208
Chang Zhuang 422
Changhui Peng.....388
Chendong Ge.....258
Cheng Xue.....292
Cheng Zhao 237
Chenhua Han 399
Chixin Chen.....109, 324
Christelle Not.....632
Christoph Spötl.....187, 188
Christophe Colin.....285, 312, 348
Christopher K. Junium.....375
Chuan-chou Shen.....220, 369
Chuan-Chou Shen.....234
Chuanwei Zhu 606
Chuanxiu Luo 109, 324
Chun-Feng Li.....463
Chunhai Li 244
Chunhan Jin.....235, 238
Chunhui Tao 598, 606, 607
Chunju Huang.....181, 205, 549

Chuqian Lu..... 409
Claudia R. Benitez-Nelson..... 319
Clift..... 297
Colin Maden..... 148
Colin Southwell..... 627
Cornel Olariu..... 320
Cristian Necula..... 185
Cruz, Francisco W..... 188
Cui Guo..... 414, 418
Cuiling Xu..... 420, 425
D. Kong..... 535
D. LEMARCHAND..... 172
Da-Cheng Lin..... 628
DADA Olusegun A..... 252
Daidu Fan..... 325
Dake Chen..... 337
Dali Huang..... 267
Daniel J. Lunt..... 113
Daniel O. Breecker..... 219
Daojun Zhang..... 505
Darryl Granger..... 153
David A. Hutchins..... 370
David Bridgland..... 155
David D. Zhang..... 244
David Hedding..... 169
David Heslop..... 185
David L. Shuster..... 65
David Madsen..... 200
Debo Zhao..... 285, 292
Dehai Song..... 292
Dejiang Fan..... 296, 420
Deliang Chen..... 193
Denise K. Kulhanek..... 622
Deqing Liang..... 588
Derek Fabel..... 151
Devin McPhillips..... 150
Diederik Liebrand..... 184
Dineng Zhao..... 634
Donald E. Canfield..... 64, 440
Dong Feng..... 421, 422, 426, 427
Dong Pha Phan..... 480
Dong Xiao..... 244
Dongxiao Wang..... 337
Duo Wu..... 213
Duofu Chen..... 422, 426, 427, 428
E. Maier..... 618
Ed Gasson..... 184
Eduardo Garzanti..... 162
Ehui Tan..... 378
Enlou Zhang..... 215
Erwin Appel..... 153
Evan Solomon..... 428
F. J.A.S. Barriga..... 606
Fahu Chen..... 208, 213, 220, 369
Fajin Chen..... 373, 374
Fang Chen..... 422
Fei Li..... 617
Feiya Lv..... 213
Feng Tao..... 395
Fengqi Zhang..... 510
Fengyan Lu..... 244
Francesco Muschitiello..... 203
Francesco Pausata..... 203
Frank Lamy..... 348
G. Lohmann..... 618
Gabriele Messori..... 203
Gang Hai..... 626
Gangjian Wei..... 264
GAO Fei (高飞)..... 252
Garbelli C..... 84
Gareth Izon..... 375
Gareth R. Davies..... 199
Gareth Seward..... 460
Gavin Young..... 116
Gayatri Kathayat..... 187
Gen Wang..... 124, 218
Genming Luo..... 375
Gerhard Kuhn..... 348
Gerrit Lohmann..... 634
Gert J. de Lange..... 199
Gianreto Manatschal..... 504
Gong Deng..... 514
Greg Hoke..... 150
GREGORY J. RETALLACK..... 115
Guanghua Wang..... 266
Guangtao Zhang..... 625
Guangxue Li..... 300
Guixing Chen..... 178
Guodong Jia..... 373, 374
Guohui Liu..... 262
H. Meyer..... 618
Hai Cheng..... 191, 192, 234
Hai-Bo Wei..... 121
Haichao Xie..... 220, 369
Haifeng Fan..... 77
Haixia Zhang..... 237
Han Wang..... 388
Hanjie Sun..... 285
Hanjie Wen..... 77
Hanlin Chen..... 148, 510
Hansheng Wang..... 617, 631
Haowen Dang..... 244
Harald Strauss..... 419
Harry F. Lee..... 244
Harry H. Robberts..... 432
Hehua Xu..... 468
Helmut Willems..... 84
hen S.Z..... 84
Heng Jiang..... 590
Heng Zhang..... 514
Hirano Naoto..... 520
Hirimi Konishi..... 593
Ho Lai Hilary Man..... 632

Hong Ao 102
Hong Cao 425
Hong Yan 244
Hongbin Liu 402, 414, 418
Hong-Chun Li 236
Hongfei Su 266
Honglin Li 608
Hongqiang Yan 262
Hongxiang Guan 427
Horng-Sheng Mii 236
Houyuan Lu 333
Huaiming Li 606
Huan Xie 617, 626
Hubert B. Vonhof 187
Huifang Xu 593
Huili Liang 373
I. Colin Prentice 388
Ian J. Wright 388
Ian R MacDonald 426
Ingrid Stimac 319
Isabel P. Montañez 79
J. Paul Liu 327
J. Ren 618
Jaesoo Lim 285, 333
Jagos Radovic 405
James Russell 314
Jamshed Aminov 514
Jason Curtis 213
Jayant Biswas 187
Jean-Claude Sibuet 478
Jef Vandenberghe 155
Jens Bischof 627
Ji Shen 237
Jiajin Chen 626
Jian Lin 532
Jian Liu 235, 238, 292
Jian Ni[9] 244
Jian Ren 634
Jianbao Liu 220, 369
Jianfang Chen 400
Jianfang Hu 83
Jiang Hui 629
Jianguo Liu 109, 284, 324
Jianhui Chen 208, 213
Jianjun Wang 628
Jian-Jun Wang 628
Jianping Gan 370
Jianxiang Pei 505
Jianyong Li 244
Jiayuan Liang 266, 267
Jicong Xu 378
Jie Chen 208
Jie Huang 285, 292
Jie Liu 590
Jin Liang 606, 607
Jin Zhang 292
Jinan Guan 588
Jin-Cheul Kim 285
Jing Guo 267
Jinghao Shi 300
Jingjie Yu 161
Jingmai K. O'Connor 74
Jingsui Yang 517
Jinqiang Liang 590
Jinwei Gao[1] 463
Jin-Young Lee 285
Jinzhuang Xue 114
Jiqiang Liu 608
Ji-Yuan Yang 121
Joann Stock 460
Joanna J. Waniek 328
Joe Cartwright 610
John C.H. Chiang 196
John Dodson 244
John N. Maina 74
John Pohlman 358
Jonathan M Harbor 149
Jörn Peckmann 419, 425
Jui-Lin Wang 236
Julia M. McMillan 581
Julia Shackford 183
Jun Lu 109
Jun Sun 416
Jun Yang 537
Junfeng Gong 148
Junmeng Zhao 514
JunMing Chen 244
Junping Wang 162
Junqing Yu 213
Junsheng Nie 162, 185, 200, 219
Junyu Yu 606
K. Lam 535
K. Zhang 535
Kai Song 517
Kaidi Zhang 292
Kaijia Wang 619
Kaijun Cao 593
Kam–Biu Liu 112
Katharina Pfaff 162
Kathrin Fisch 328
Katja Feneel 399
Kedong Yin 398, 408, 409
Kefan Chen 238
Kefu Yu 260, 262, 265, 266, 267, 271
Kelly H. Liu 481
Kelly Liu 462
Kelsie Dadd 477
Kenji Kawaii 517
Keyan Fang 193, 216
Khanh Phon Le 462
Kiyoaki Niida 517
Kui Wang 399
Kumar Sazal 324
Kunshan Gao 401

Kunshan GAO..... 381
Kyoung-nam Jo..... 285
Lanlan Zhang..... 324
Laskar C..... 173
Laura de Santis..... 622
Laura F. Robinson..... 181
Lei Chen..... 626
Lei Shao..... 505
LEI Yanli..... 316
Leonid Polyak..... 191, 627
Li Cao..... 284
Li Dongling..... 629
LI Guangxue..... 252
Li Liu..... 370
Li Tian..... 378
LI Tiegang..... 316
Li Wu..... 623
Liang Ning..... 235, 238
Liangcheng Tan..... 234
Libo Wang..... 420, 425
Liguang Sun..... 240, 628
Lijian He..... 319
Lijun Hou..... 378
Limi Mao..... 333
Liming Ye..... 634
Lin Li..... 205
Lin Wei..... 320
Lina Song..... 285
Linda Hinnov..... 82
Linsen Dong..... 633
Linxi Yuan..... 628
Li-Qi Chen..... 628
Lisheng Wang..... 258
Liu Jia..... 520
LIU Ling (刘玲)..... 252
LIU Yong (刘勇)..... 252
Liyan Tian..... 521
Long Cheng..... 517
Longbing Sha..... 333
Loraine Gourbet..... 148
Louise Emmerson..... 627
Lu Liu..... 119, 238
Lu Zhibo..... 637
Luis M. Pinheiro..... 421
Lulu Qiao..... 292, 300
Luo Wang..... 215
M G Wiesner..... 360
M. Méheust..... 618
M. Pérez-Gussinyé..... 482
M. Werner..... 618
Maheswar Rupakheti..... 170
Mahyar Mohtadi..... 110
Malcolm McCulloch..... 264
Manuel.P..... 509
Manuele Faccenda..... 484
Mao-mao Wang..... 191
Maoyan Zhu..... 73
Maria Giuditta Fellin..... 148
Marissa M.Tremblay..... 65
Mark Abbott..... 213
Mark Behn..... 464
Mark Brenner..... 213
Mark H. Thiemens..... 170
Mark Pagani..... 184
Martin G Wiesner..... 366
Martin G. Wiesner..... 340
Martin.Wiesner..... 352
Matthew Fox..... 65
Matthew G. Jackson..... 460
Meixia Zhao..... 262
Meng Tang..... 258
Meredith Hastings..... 624
Mi Yan..... 235, 238
Michael Bender..... 368
Michael Sarnthein..... 348
Min Han..... 285
Min Luo..... 428
Min Nina Xu..... 370
Min Tian..... 517
Min Zhu..... 83
Ming Su..... 590
Ming Tai..... 258
Minghang Chu..... 265
Mingjiang Cai..... 346
Mingsen Zhou..... 178
Minhan Dai..... 370
Minhan Dai[1*]..... 366
Min-Te Chen..... 628
Mitch Lyle..... 183
Moge Du..... 378
M-P. TURPAULT..... 172
Narumol Kornkanitnan..... 283, 311
Narumol Kornkanitnan Somkiat-khokiattiwong..... 283
N'dji dit Jacques DEMBELE..... 163
Negar Haghipour..... 289
Nengyou Wu..... 425, 590
Nicholas B. Harris..... 581
Nicolas J. Beukes..... 375
Norbert Nowaczyk..... 348
Örjan Gustafsson..... 170
Osamu Tadai..... 481
Overpeck, J.T..... 112
P. ROUX..... 172
Paraskevi Pitta..... 414
Patricia M. Glibert..... 418
Patrick Rioual..... 161
Paul Bierman..... 150
Paul J. Valdes..... 113
Paul Liu..... 286
Peep Mänik..... 92
Peijun Qiao..... 505
Peiwang Bian..... 374

Peixian Shu 102
Peng Zhang 102
Pengfei Di 426
Pengju Liu 73
Pengzhen Duan 192
Peter D 297
Peter Kershaw 328
Peter M. Cox 392
Peter W Jia 140
PI Zhong 316
Pincelli Hull 184
Ping Zhao 244
Ping'an Peng 83
Pinghe Cai 319, 320
P-O. REDON 172
Qi Shi 262
Qian Li 399
Qiang Zhang 109, 517
Qianli Sun 325
Qianyu Li 392, 623
Qibin Lao 374
Qing Pei 244
Qing Wang 378
Qingda Su 185
Qingfeng Ding 517
Qinghai Xu 244
Qingmei Zhu 374
Qingsong Liu 185
Qiong Zhang 203
Qiuli Li 517
Qiuzhen Yin 180
Quang Lan VU 334
R. Gersonde 618
R. Lawrence Edwards 188, 196, 234, 246
R. Mark Leckie 184
R. Stein 618
R. Tiedemann 618
Renbin Zhu 378
Rob McKay 622
Robert DeConto 184
Roger E. Summons 375
Ron Steel 320
Ronald J. Steel 561
Rong Wang 634
Rong Xiang 109, 324
Rong Yang 148
Rongxing Li 617, 626, 631
Roy Wilkens 183
Rui Yang 590
Rui Zhang 181, 185, 205
Rui Zhou 333
Ruijie Zhang 267
Rujian Wang 623, 632
Ruohong Jiao 148
Ryuji Tada 312
S. A. McClellan 302
S. Mulitza 618
Samuel Olatunde Popoola 594
Sangheon Yi 285, 333
Sanzhong 532
Sebastian F.M. Breitenbach 196
Selvaraj Kandasamy 308
Sergey Krivonogov 105
Sha Longbin 629
Shanshan Zhang 626
Shaopeng Wang 265
Shendong Xu 265
Sheng-Zhong Wang 236
Shidong Liu 300
Shigenori Maruyama 517
Shiguo Wu[1] 463
Shihong Zhang 185
Shijie Liu 626
Shili Liao 606, 607
Shiling Yang 83, 215
Shiming Wan 285, 292
Shinji Yamamoto 517
Shi-Yong Yu 285
Shu Li 262
Shucheng Xie 181, 375
Shuhei Ono 375
Shuh-ji Kao 378
Shuh-Ji Kao 370
Shujin Guo 416
Shulan Ge 623
Shumin Chen 178
Shunchuan Ji 219
Shuqun Cai 337
Shuwen Zhang 374, 418
Shuze Chen 514
Sidonie Révillon 345
Simon D'haenens 184
Somkiat Khokiattiwong 311
Song Feng 208
Song Sun 625
Stefanie Daniela Goldberg 393
Stephan Steinke 110
Stephen Gao[2] 462
Stephen S. Gao 481
Sui Wan 422
Tao Bao 378
Tao Chun-Hui 520
Tao Liu 265
Taoran Song 463
Taras Gerya 483
Tatiana Blyakharchuk 250
Teruaki Isii 517
Thomas J. Algeo 375
Thomas Pohlmann 414
Thomas Stevens 162
Tianran Chen 262
Tiantian Feng 631
Tiegang Li 285, 292, 346, 367
Timothy I. Eglinton 289

Timothy J. Shaw 319
Ting Zhang 218
Tong Zong 608
Torsten Wappler 100
Trevor F. Keenan 388
Trevor Ireland 523
Tsung-Ren Peng 236
Tusyoshi Komiya 517
Tyler W. Davis 388
Vera Pospelova 333
Verena Heuer 358
Vidusanka Thilakanayaka 109
W.N.C. Priyadarshani 340
Walter Geibert 319
Wang Dawei 612
Wang Jietao 163
Wang Juan 637
WANG Linmiao 252
Wei Geng 420, 425
Wei He 218
Wei Huang 208
Wei Jiang 260, 265
Wei Li 598
Wei Qian 370
Weibiao Li 178
Weidong Sun 292
Weifang Chen[1] 366
Weifang Yang 606, 607
Weiguo Wang 634
Weijie Zhang 370
Weijun Cai 399, 400
Weiming Jiang 109
Weiren Lin 481
Weiwei Chen 480
Weixu Cai 409
Weiyan Zhang 634
Weiyi Sun 238
Wen Huang 266
Wen Yan 284
Wenbin Peng 162, 200
Wenbin Zou 378
Wenhan Cheng 628
Wenjia Du 617, 626
Wenjian LI 305
Wenjing Xue 292
Wenshan Xiao 632
Wenshen Xiao 622, 623, 634
Wentao Zhang 468
Wenwen Luo 266
Wenxue Wu 414
Wenying Jiang 215
Widory D. 173
Willard S. Moore 319
William K. Cornwell 388
Wook-Hyun Nahm 285
Wout Krijgsman 623
Wu Shiguo 612
Wupeng Xiao 408
X. Zhang 618
Xi Mei 292
Xia Qun-Ke 520
Xianfeng Wang 220, 369
Xiang Su 324
Xiangming Shi 319
XiangSu 109
Xianhua Li 517
Xianhui Sean Wan 370
Xianrong Zhang 420, 425
Xianyu Huang 181
Xiao Cheng 619
Xiaochun Wei 148
Xiao-Dong Liu 628
Xiaodong Shang 337
Xiaofei Hu 162
Xiaogan Cheng 510
Xiaoguo Yu 634
Xiaohua Tong 617, 626, 631
Xiaohui Wang 258
Xiaohui Xie 337
Xiaojian Zhang 220, 244, 369
Xiaokang Liu 220, 369
Xiao-Ming Liu 306
Xiaoming Sun 593
Xiaorong Cong 590
Xiaoshuang Sun 237
Xiaoshuang Zhao 329
Xiaotong Liu 258
Xiaoxiao Yu 292
Xiaoyan Chen 271
Xilin Zhang 420, 425
Xin Chen 628
Xin Huang 392
Xin Liu 408
Xin Zhou 240
Xinfa Chen 514
Xingjie Lu 392
Xingwen Li 102
Xinqing Zou 258, 336
Xinxin Dong 83
Xinxin Zuo 333
Xiqiu Han 594, 608, 609
Xiubin Lin 148, 510
Xiuqin Li 409
Xiwu Luan 420
Xixi Zhao 480
Xu Chen 181
Xu wang 83
Xu-Dong Gou 121
Xuefa Shi 284, 633
Xuefei Chen 264
XUELIAN GUO 115
Xuemei Chen 213
Xueshi Sun 296
Xueyong Huang 266, 267

Xuezhong Shao 514
Xun Gong 634
Xunhua Zhang 292
Yafeng Zhang 398
Yahui Qiu 102
Yali Li 258
Yan Gao 161
Yan Liang 525
Yan Liu 325, 329
Yan Zhao 193
Yancheng Zhang 240
Yang Chen 609
Yang Li 267
Yang Liu 258, 549
Yang Lu 593
Yangting Lin 517
Yanguang Liu 633, 634
Yanhui Suo 532
Yanjun Cai 234
Yanling Zheng 378
Yanqiu Luo 266
Yansheng Gu 205
Yassine, A.B. 214
Yehui Tan 262
Yejian Wang 594, 608, 609
Yi Liu 240
Yi Zhong 292
Yibing Li 517
Yidongfang Si 537
Yifan Ma 366
Yifan Wang 590
Yifan Zhu 370
Yifei Zhao 336
Yildirim Dilek 510
Ying Cui 375
Ying Ke 418
Ying Ye 594
Yinghui Wang 265, 266, 267, 268, 271
Yingping Wang 392
Yinsheng Zhang 617
Yiqi Luo 392, 395
Yiqing Jiang 240
Yixiang Tian 626, 631
Yiyang Cai 608
Yizhen Li 357
Yongbo Peng 421
Yonggang Liu 537
Yongjian Yao 463
Yongli Wang 124, 218
Yongqi Xie 398
Yongqiang Zong 244
Yongxiang Li 102
Yongzhi Wang 271
Yoshiaki Kon 517
Yoshiki Saito 333, 334
Yougui Song 185
Youyu Lu 178
Yuanyuan Huang 395
Yuchi Cui 505
Yue Wang 244
Yuhong Wang 628
Yu-Kun Qian 178
Yunxia Li 220, 369
Yunxiang Zhang 102
Yusuke Sawaki 517
Yuxin He 240
Zeng Luo 185
Zenggui Kuang 590
Zhao Li 133
Zhao Wang 162, 200
Zhaojie Yu 285, 292
Zhaokai Xu 285, 346
Zhen Li 333
Zhenghu Zhou 395
Zhengtang Guo 193
Zhenjun Qin 266, 267
Zhenmin Jin 598
Zhenyan WANG 305
Zhenzhen Zheng 370, 378
Zhibin Sha 590
Zhifang Xiong 367, 622
Zhifei Liu 623
Zhifu Wei 124, 218
Zhiguo Rao 220, 369
Zhilei Sun 420, 425
ZhiMin Jian 244
Zhiping Wen 178
Zhiqiang Xu 625
Zhisheng An 234
Zhiyang Li 373
Zhiyao Xiong 398
Zhiyong Han 292
ZhongFang Liu 244
Zhonghui Liu 240
Zhongkang Yang 628
Zhongli Ding 83
Zhongwei Wu 593
Zhongyan Qiu 594, 608
Zhongyong Yang 285
Zhongyuan Chen 325, 329
Zhouqing Xie 240, 628
Zhuo Feng 121
Zhuo Zheng 324
Zhuoqi Chen 619
Zia Ur Rahman 104
Ziliang Pan 267
Ziyin Wu 634
Zongjin Ma 514
Zongjun Yin 73
Zongmin Zhu 181
Zongpei Jiang 399
Zuoling Chen 83
阿叁 104

艾可可 97
艾乔 314
安春雷 624
安芷生 196, 207
敖红 186, 204
白亚之 308
白艳 101
白永良 482
拜阳 338
包韬 629
包易格 132
鲍晶晶 313
鲍睿 197
鲍颖建 135
毕广旭 574
毕磊 307, 316
边立曾 582
边紫璇 515
蔡春芳 444
蔡峰 431
蔡锋 313
蔡观强 224, 522
蔡国富 569
蔡虹明 174
蔡进功441, 442, 443, 453, 454, 455, 577, 578, 581, 582, 585, 587
蔡明刚 620
蔡明红 620
蔡明江 297
蔡平河 319, 402
蔡巍 598
蔡卫君 417, 418
蔡演军 196
蔡翌旸 608
蔡元峰 441
蔡祖聪 389
曹 童 417
曹超 310, 313
曹敬贺 461, 493
曹珺 434
曹立 349
曹美丹 106
曹鹏 311
曹拴拴 254
曹文志 386
曹西华 412
曹新星 86
曹叶婷 126, 127, 138, 140, 141, 146
曹云锋 625
曹运诚 425, 429, 437
曹知勉 319
曾定勇 418
曾广能 392
曾琳 219
曾清波 508, 554
曾翔 454, 582
曾小宇 555, 557, 574
曾昭发 603
查财财 473
柴扉 365
柴乐 163
常凤鸣 247, 344
常宏 207
常洁琼 81
晁静 581, 587
巢前 455
陈柏淳 321
陈飚 273, 276
陈波 80
陈朝军 246
陈炽皓 101
陈传绪 610
陈聪 189
陈丹 327
陈德亮 170
陈殿宝 155
陈端新 430, 611
陈多福299, 419, 425, 429, 430, 431, 432, 433, 436, 437, 438
陈发虎 102, 104, 105, 108, 200, 202, 213
陈芳 227, 351, 434, 439
陈更新 337
陈国俊 554, 570, 574
陈汉林 516
陈鹤 69
陈弘 434
陈红瑾 297
陈红梅 355
陈惠芬 168
陈慧娴 323, 332
陈吉涛 79, 82
陈建芳 340, 352, 360, 366, 417, 418
陈建徽 202, 213
陈建平 604
陈建文 562
陈江欣 421
陈杰 136, 597
陈婕 213
陈锦 305
陈井双 350

陈静 335
陈玖斌 171, 174, 175, 176
陈骏 181, 197, 341
陈亮 248
陈林 483
陈琳莹 299, 425, 430, 436
陈灵 530
陈玲 381
陈路锋 294
陈勐韬 513
陈锰 450
陈名洪 461
陈明德 251
陈钦柱 600
陈琼 246, 394
陈秋荷 133
陈嵘 217
陈珊珊 310
陈圣乾 213
陈思 320
陈松泽 361, 382, 383
陈特固 239, 264
陈天虎 451, 458
陈天宇 181
陈威振 166, 563, 592
陈薇 413
陈维涛 550
陈文深 621
陈相材 624
陈心怡 507
陈雪刚 604
陈亚光 516
陈旸 169
陈业伟 338
陈晔 153, 309
陈怡平 171
陈怡绮 321
陈毅 157
陈毅凤 358
陈莹 508, 554
陈颖军 306
陈影影 294
陈泳 405
陈又瑄 250
陈泽文 453
陈志宏 545
陈智 387, 388
陈中阳 92
陈中原 329, 335
陈忠 257, 348, 424, 613, 615
陈竹君 372
陈子健 407
成沁梓 305
成然 163
成玥 126, 127, 138, 140, 141, 146
程海 128, 187, 188, 196, 214, 246, 253
程俊 434
程珂 242
程良清 217
程猛 94
程明 432
程升 614
程思海 439
程心 69, 71
程着 405
程至杰 133
程仲景 110
程众 539
程子华 484, 485
池跃龙 546
仇传银 327
仇建东 279
初凤友 530
储著定 622
褚光琛 171
丛志远 170
崔安宁 107, 201, 256
崔二乾 390
崔鸿鹏 397
崔京钢 579
崔一鑫 81
崔政劼 447
代海涛 629
代群威 452, 457
戴高文 111
戴紧根 65
戴君虎 238
戴黎明 488, 490, 491
戴民汉 353, 355
戴亚南 159, 160
单玄龙 588
党皓文 354
党少华 275
党政 457
邓芳芳 299
邓涛 75, 95, 98, 99
邓炜煜东 100
邓文峰 259, 261
邓希光 636
邓显明 605

邓义楠 434
邓云凯 201
刁现民 134
丁海燕 294
丁寒维 196
丁航航 496
丁虎 169
丁林 84
丁睿彬 414
丁巍伟68, 470, 476, 477, 479, 483, 484, 485, 490, 492, 495, 496
丁兴 595
董崇志 479, 485
董春明 639
董冬冬 482, 493
董发勤 452, 457
董刚 431
董广辉 102, 103, 104, 106, 107, 108, 202
董江 345, 348
董进 137
董进国 209
董良 188, 377
董林森 191
董琳 376
董帅帅 359
董田 581
董亚杰 135
董一飞 422, 439
董玉平 374
都鹏燕 455
窦贤康 533
窦衍光 308
杜川军 353
杜峰 465, 498
杜佳宗 453
杜金龙 363
杜军 279
杜蕾 396
杜凌 620, 640
杜文 290
杜文波 473, 499, 504
杜文静 187, 214
杜文涛 170
杜小琴 415
杜正刚 390
段本春 435
段丰浩 528
段克勤 219
段亮 544, 558
段虓 227, 351, 434
樊航 397, 411, 412
樊隽轩 79
樊妙 232
范朝焰 461, 465, 493
范代读 226, 315, 398
范德江 281
范建科 493
范美蓉 393
范庆凯 595
范习贝 385
范泽孟 167
方家松 383
方晶 330
方鹏高 495
方习生 191, 308, 311
方小红 159, 160
方小敏 95, 101, 149, 152, 157, 164
方银霞 477, 485, 495, 496
方引 306
房庚雨 99
房强 82
费皓柏 240, 254
丰爱平 284
冯常茂 542
冯东 419, 430, 431, 432, 433, 436
冯华 249
冯佳睿 579
冯俊熙 438
冯凯龙 166, 563, 575, 592
冯楠 339, 561
冯旭光 198, 321, 345, 348
冯兆东 158
冯自兴 166, 563
凤羽 396
符超峰 193
符浩 276
符永磊 555, 574
付淑清 331
付玉 190
甘恢元 131
甘军 557, 559, 569
高 彪 506
高兵 389
高峰 125
高航 417
高红芳 473, 504, 571
高会旺 410
高慧 406
高建华 314
高金耀 462, 476, 489

高晶波 372
高晶晶 308
高磊 206, 334
高萌 341
高抒 154
高树基 380, 381
高涛 128
高文华 158
高新勃 186, 190
高星 103
高扬 451
高玉 103
高月嵩 627
高志勇 579
葛灿 305
葛建忠 295
葛俊逸 103
葛全胜 145
耿雷 183
耿明会 338, 421
耿同 166
宫尚桂 419
龚承林 339, 561
龚骏 404
巩天浩 556
勾晓华 249
谷保静 389
谷东起 279, 332
谷蕾 158
谷帅 355
顾纯光 131
顾康蜀云 104
顾万发 135
顾延生 141, 234
关建宇 515
关义立 526
关永贤 221, 222, 227, 230, 338, 421
官庆松 386
管明雷 314
管清胜 489
管硕 234
闵诗阳 559
郭斌斌 350
郭飞 211
郭华明 167
郭佳 542, 543, 566, 567, 568
郭军 230, 231
郭军明 170
郭来银 471
郭磊城 325
郭立 171
郭玲莉 485, 502, 503
郭龙祥 613
郭明刚 544, 555, 556, 557, 558, 574
郭帅 508
郭双兴 97
郭卫东 357
郭香 364
郭香会 353
郭翔 251
郭潇潇 557, 559
郭兴伟 322
郭煦劼 447
郭炀锐 259
郭依群 225, 228, 347, 430
郭玉龙 282, 307
郭正堂 66, 179, 190
郭志刚 308, 621
韩冰 229
韩德胜 624
韩贵琳 167
韩建辉 572
韩建业 106
韩龙 190
韩民伟 273
韩琦 314
韩韬 239, 264, 269, 274, 275
韩天伟 318
韩喜彬 621, 631
韩喜球 608
韩晓晓 294
韩昱 67
韩子云 335
韩宗珠 519, 539
郝青振 190
郝天珧 486, 500
郝秀东 122
何碧烟 357
何德奎 99
何海伦 598
何宏平 449, 450
何建华 299
何晋译 585
何凯伦 506, 573
何玲 86
何梦颖 322, 515
何敏 540, 544, 549, 550, 564
何念鹏 394
何青 325
何生 581, 589

何小波 529
何拥华 602
何毓新 105
贺海波 394
贺娟 342
贺可洋 127, 137
贺鹏丽 467
贺懿 555, 556, 574
贺跃 195
洪冰 196
洪东铭 279
洪海征 367, 368, 371
洪佳俪 635
洪清泉 319
洪业汤 196
侯光良 106
侯佳林 356
侯居峙 105, 107, 195
侯梅 144, 145
侯旭东 92
侯彦冬 206
侯正瑜 613
胡邦琦 280
胡钢 149, 151
胡红桥 624
胡建芳 242
胡婧 373
胡凯衡 154
胡利民 308, 309
胡钦红 576, 580, 581, 584, 587, 589
胡宪敏 639
胡小飞 155
胡亚毅 135
胡永云 533
胡钰 430, 436
胡圆峰 126, 147
胡玥 253
胡泽骏 624
胡哲 296
胡振波 155
胡正毅 624
胡中民 391
胡竹君 125, 126, 127, 138, 140, 141, 146
扈永杰 444
华远远 510
黄邦钦 355
黄宝琦 296, 303, 341
黄博津 274
黄春菊 78
黄大吉 403, 414, 416, 417, 418
黄德坤 299
黄恩清 67, 185, 342
黄海波 497, 498
黄河清 161
黄慧文 432
黄佳轮 516
黄健玲 588
黄杰 170, 317, 345, 348
黄金水 534
黄君瑗 321
黄康有 189, 201, 335
黄蝌 228, 347
黄朋 300
黄鹏 620
黄璞 118
黄奇瑜 507, 508, 519
黄清辉 620
黄冉 246
黄饶 547, 548
黄荣永 271
黄瑞芳 595
黄韬 353
黄天正 120
黄伟 213
黄文凯 473, 504, 509
黄文星 223
黄雯 273
黄晞桐 338
黄咸雨 114, 195
黄宪荣 126, 127, 138, 140, 141, 146
黄湘通 249, 287
黄小龙 467
黄小忠 202
黄晓旋 627
黄学勇 276
黄怡 434
黄毅 304, 329
黄永健 491
黄永江 113
黄玉强 605
黄元辉 191
黄云 255
霍城 403, 410, 411
霍婷婷 452
姬翔 177
吉振明 170
纪飞 475
纪沫 508, 560
纪然 163
季军良 97

季俊峰 441
季峻峰 181
季兆鹏 539, 586
贾东 560
贾国东 188, 377, 379
贾俊民 447
贾丽云 156
贾林波 97
贾奇 344
贾彦龙 391, 394
贾永刚 612, 614
简星 279
翦知湣 209, 354, 359, 379
江凡 544, 574
江金生 512
江蕾蕾 274
江鹏 355, 413
江松莲 553
江涛 412
江小英 183
姜宝玉 69, 72
姜大膀 202
姜锋 335
姜海涛 132
姜仕军 94, 98, 415
姜苏 624
姜素华 485
姜涛 504
姜侠 138
姜振学 576, 588
蒋富清 198, 321, 345
蒋干清 77
蒋辉 621
蒋乐平 126, 137
蒋庆丰 105
蒋少涌 423
蒋诗威 138
蒋顺兴 69, 71
蒋小伟 167
蒋亚梅 298
蒋壮 637
蒋宗凯 86
焦露 439
焦念志 67, 357
焦天 137
焦欣然 614
焦养泉 447
解习农 438, 504, 610
解小宁 209
解哲辉 161
金光荣 611
金海燕 417, 418
金明 200
金双根 535
金晓波 184, 362, 365
金鑫 104
金雁敏 638
金章东 306
金钊 171
金志伟 133
靳华龙 317
靳佳澎 430
靳立亚 213
荆夏 227, 328
隽轩 92
康佩虹 357
康世昌 170
康淑媛 256
柯珊 167
孔德明 251
孔凡圣 481, 490
孔庆鹏 104
孔兴功 153, 209
来志刚 405
来志庆 519
赖登训 382
赖佩欣 227
赖正 282
兰蕾 543
郎咸国 75, 376
雷宝华 539
雷超 504
雷昉 194
雷少 127
雷天柱 453, 585
雷晓洁 121
雷远达 415
雷振宇 553
类彦立 359
黎伯孟 461
李安春 282, 293, 300, 312, 317, 345, 348
李昂 431
李贝贝 590
李才 502
李畅游 396
李超 79, 94, 120, 282, 307, 554, 574
李超伦 430
李潮流 170
李琛 379
李成龙 204

李传顺 518
李春峰 459, 477
李春海 112
李德望 418
李方舟 364
李芳柏 448, 456
李芳亮 287
李丰江 135
李刚 457
李高军 169, 170, 174, 181, 341
李冠华 182
李广雪 291, 302, 616
李国强 200
李海兵 481
李海龙 475, 476
李海燕 82
李瀚瑛 187, 214
李行 323, 327
李赫 495, 498
李红春 246, 250
李宏亮 360, 365, 366, 417
李洪博 540, 544
李洪林 608
李怀明 600, 601
李辉 165
李佳 413
李家彪68, 327, 470, 477, 481, 482, 485, 489, 490, 492, 495
李江海 595
李杰 201, 260
李洁 530
李金华 72
李金澜 365
李景瑞 311
李军 280
李俊良 559
李开封 158
李凯 468
李来峰 170, 174
李丽 188, 342, 614
李丽青 571
李亮 201, 256
李梦昊 155
李梦雪 458
李明 273
李宁 71
李牛 432, 433
李培英 284
李平日 331, 335
李前裕 188, 350
李勤 138
李青 319, 357
李清 431
李琼芳 457
李荣兴 638
李锐龙 259
李瑞环 404
李三忠483, 485, 488, 490, 491, 501, 502, 503
李善鹏 578
李邵波 231
李淑 263
李淑玲 465
李树峰 113
李树同 583
李思亮 169, 394
李涛 181
李陶 533
李铁刚 247, 297, 314, 344, 359, 638
李廷微 576
李廷勇 241, 243, 246
李团结 248
李伟 601
李伟英 368
李文宝 396, 633
李玺瑶 483, 490, 491, 501, 503
李香兰 552
李香钰 96
李祥权 512
李祥全 539
李向磊 187
李骁麟 355, 413
李小强 125, 132, 139, 140, 144, 146
李小燕 332
李晓敏 448
李新周 254
李兴 557, 559, 569
李幸 318
李旭 578
李旭东 552
李旭平 539
李学杰 466, 474
李雪垒 500
李亚龙 287
李炎 357
李艳丽 353
李艳雯 232, 233
李雁宾 294
李阳 502
李杨 330

李英搏 635
李英年 391
李瑛 450
李永军 500
李勇 393, 548
李宇亮 373
李玉春 104
李玉娥 393
李塬丰 454
李远平 201
李院生 624
李月娇 397, 439
李泽 597
李长圣 560
李正祥 61
李政 577
李志恒 75
李志伟 500
李志阳 377
李中平 583
李忠 506
李忠海 488
李孜晔 354
李子川 386
李自超 406
李尊芝 581, 587
理晨 230
栗粲圪 105
梁刚 557, 559, 569
梁杭海 279
梁甲元 276
梁洁 195
梁金强 430, 438
梁锦 597, 598, 602
梁乐文 356
梁利喜 580
梁前勇 385, 422, 430, 433, 436, 439, 615
梁顺林 625
梁晓亮 450
梁中和 131
廖杰 483
廖时理 602, 603, 604, 605
廖育林 393
廖芝衡 265, 272
廖志良 347
林峰 299
林刚 299
林杭生 171
林间459, 460, 463, 464, 471, 472, 473, 477, 490
林进清 422, 439
林静 299
林丽芳 269
林留根 131
林雯欣 384
林武辉 262
林小兵 592
林晓武 321
林志勇 419
凌光久 126, 127, 138, 140, 141, 146
凌岚 620
刘 伟 402
刘伯然 437
刘畅 294
刘晨晖 423
刘成程 68, 239, 240
刘池阳 448
刘池洋 445, 447
刘持恒 595
刘崇炫 63, 394
刘传联 184, 362, 365, 539
刘传周 525
刘春成 562
刘春莲 304, 329
刘丛强 169, 173, 394
刘丛舒 496
刘大卫 444
刘德新 158
刘东盛 494
刘菲 454
刘汾汾 407
刘丰豪 242
刘峰 568
刘峰文 104, 107, 108
刘锋 115
刘刚 224
刘庚 621
刘海波 458
刘海泉 522
刘浩东 361
刘鹤 523
刘恒 189
刘红叶 141, 234
刘鸿 613
刘晖 397
刘慧根 533
刘季花 308
刘骥平 618
刘嘉鎏 271
刘建栋 535

刘建国 349
刘建军 624
刘建兴 191, 308
刘健 279, 322
刘金平 491
刘婧 381
刘敬圃 323
刘静 150
刘军 549
刘俊 562
刘柯涵 614
刘立娜 210
刘丽华 361, 426, 486, 584, 611
刘丽强 223, 231
刘琳 481
刘凌峰 319
刘露诗 604
刘敏轩 134
刘乾峰 383
刘青松 308, 424
刘庆 577
刘绍文 552
刘升发 283, 311
刘胜旋 221, 222, 227, 230, 231
刘盛遨 167
刘世昊 284, 332
刘世杰 638
刘世翔 540, 542, 565, 566, 567, 568
刘淑安 327
刘淑华 246
刘思青 478
刘素美 368
刘同旭 456
刘维明 154
刘卫国 105, 373
刘文汇 442, 445
刘文义 614
刘喜停 348
刘显东 458
刘向君 580
刘晓东 189, 207
刘孝艳 138
刘欣欣 310
刘新宇 545
刘兴起 109
刘学炎 374, 390
刘演 335
刘彦锋 135
刘焱光 191, 308, 309
刘一鸣 502
刘永岗 75
刘永江 483, 490, 491, 502, 503
刘永志 406
刘玉 309
刘玉龙 174
刘彧 151
刘媛媛 63
刘云彤 158
刘泽 488
刘泽雨 125
刘占飞 355
刘正华 248
刘志飞 340, 341, 346, 351, 353
刘志勇 314
刘志宇 353
刘子琦 246
柳保军 504, 540, 549
柳欣 355
柳云龙 601
柳中晖 105, 217, 251
龙丹 547
龙锋 511
龙杭 638
龙盼盼 621
龙祖烈 569
隆浩 206, 334
娄本军 138
卢海龙 422
卢惠泉 313
卢健 293, 300, 348
卢静 116
卢龙飞 442
卢振权 397
芦阳 419
鲁思宇 624
鲁向阳 438, 610
陆红峰 328
陆敬安 422
陆现彩 446, 458
陆永潮 539
陆禹成 305
陆志波 620
鹿化煜 194
鹿有余 639
路永莉 372
栾锡武 613
栾振东 430
伦子健 141
罗丹旭 580
罗海业 272

罗立 259
罗丽荣 578
罗敏 299, 430, 436, 438
罗青 520
罗威 568
罗维均 392
罗伟 225
罗武宏 131, 133
罗晓凡 639
罗亚威 371, 384, 385
罗燕秋 273
罗杨程 533
罗尧东 457
罗一鸣 359
罗怡鸣 472
罗云 257, 613, 615
骆迪 431
骆亦其 390
吕宝凤 542
吕川川 486
吕飞亚 202
吕厚远 107, 127, 134, 135, 136, 137
吕怀民 87
吕曼 359
吕晓霞 318
吕璇 346
吕晔 297
马本俊 224
马春梅 125, 127, 147, 194, 201, 256
马禾青 538
马红梅 624
马奂奂 445
马嘉欣 123
马金龙 260
马靖凯 640
马乐天 483, 485
马鹏程 457
马鹏飞 352, 539
马瑞丰 254
马瑞罡 539
马天鸣 624
马婷 131, 201
马维林 609
马文涛 67, 185, 365
马小林 68, 183, 185, 239, 240
马晓 403, 417
马晓旭 365
马馨慧 342
马艳萍 447
马永 232
马永超 133, 137
马永法 138
马源 339, 561
马忠霖 417
满美玲 189
满晓 474
毛小平 510
毛雪莲 555, 574
梅西 322
门武 299
孟博文 217
孟博闻 105
孟大江 227
孟凡巍 87
孟繁 490
孟庆泉 95
孟宪博 508
米泓生 250, 321
米玲仁 86
苗运法 95, 96
闵思雨 126
莫多闻 143
牟墩玲 503
牟炜卫 570
纳琴 229, 539, 586
倪甲林 299
倪培 87
倪晓波 403, 417, 418
年小美 305, 324, 335
聂红涛 639
聂森艳 620, 635
聂婷 120
聂鑫 491, 504, 509
宁丽晨 86
宁有丰 187
牛聪 547, 548
牛明杨 356
牛雄伟 482
牛志梅 210
欧阳绪红 122, 311
潘保田 155
潘晨光 394
潘大东 287
潘东雷 605
潘军 310
潘永信 72
潘振 110
盘子涵 276
泮燕红 65, 73, 74
庞崇进 301

庞守吉 397
庞溯 546
庞新明 478
庞雄 504, 540, 544, 549
庞洋 126, 142
裴健翔 545
裴文强 312, 313, 348
彭渤 159, 160
彭海军 196
彭辉平 115
彭杰 182
彭平安 578
彭诗云 251
彭头平 522
彭希 468
彭小桃 246
彭学超 473, 491, 499, 509
彭杨 376
彭永波 376, 419
彭友兵 253
彭志远 227
彭中 513
彭宗仁 250
祁玉平 79, 82
钱进 430, 493
钱培元 62
钱鹏 105
钱云 170
强昆生 542
强小科 193
乔江涛 448
乔静茹 163
乔培军 354, 551
乔淑卿 283, 308
乔彦松 138
秦大河 170
秦莉 249
秦敏 586
秦瑞 624
秦晓波 393
秦绪文 422
秦艳 578
秦养民 234
秦钰 639
秦臻 158
丘磊 598, 601, 607
丘学林 465, 478, 497
邱凤钺 305, 324
邱海峻 422
邱隆伟 539
邱璐 288
邱宁 460, 470, 477
邱燕 473, 499, 509
邱勇 355
邱中炎 608
邱忠荣 609
屈红军 571
瞿书逸 177
曲华祥 303
全晓园 445
冉莉华 340, 360, 366
任发慧 315
任航 294
任建业 504, 549, 600
任金锋 229
任向文 345
任小林 106, 143
任鑫 177
任自强 486, 564
荣辉 447
阮爱国 470
阮佳萍 184
阮骄杨 182
沙丽娟 187, 214
沙莹莹 207
尚广春 256
尚华明 249
尚墨翰 76, 77
尚晓东 230
邵孔兰 134
邵磊 507, 508, 551
邵亚男 277
佘琳琳 200
申顺喜 345
申添毅 97
沈冰 75, 81, 120, 376
沈才明 112, 253
沈程程 406
沈川洲 209, 246, 250, 277, 321
沈传波 468
沈慧 125, 132, 140
沈吉 206
沈树忠 61, 79, 82
沈兴艳 312, 343
盛冲 478
盛雪芬 197, 204
施和生 547, 551
施美娟 531
施祺 261, 269
施小斌 564

石歌 254
石洪华 406
石金辉 410
石培礼 391
石学法191, 283, 308, 309, 311, 312, 345, 518, 526
石要红 422
石勇 314
石战战 546
石正国 177, 207
时美楠 210
史大 371
史大林 367, 368, 371
史恭乐 97
史贵涛 624
史同强 539
史向明 402
史晓颖 76, 77, 93
史志林 108
舒军武 136
舒强 153, 309
舒业强 337
舒誉 569
树基 348
斯琴 553
宋博文 97
宋春晖 149, 153
宋海斌 338, 421
宋佳泽 249, 287
宋建国 481
宋乐慧 621, 631
宋茂双 595
宋明水 443
宋木 105
宋鹏 544
宋双 542, 566, 567, 568
宋友桂 217
宋泽华 317
宋照亮 386
苏大鹏 539
苏宏飞 272, 276
苏虹 415
苏怀 153
苏建锋 315
苏龙 554
苏明 504, 553
苏妮 168, 179, 306
苏思远 576, 588
苏涛 95, 100, 113
苏锡宝 364
苏翔 207
苏新 351, 397, 423, 439
苏泽国 495, 498
苏正 361
睢瑜 78
孙波 624
孙桂华 499
孙国平 125
孙惠凤 318
孙金龙 461
孙军 405
孙李恒 467
孙立广 622, 627
孙麟 352
孙龙涛 465
孙美静 504
孙梦迪 576, 583
孙明照 177
孙启良 438, 610
孙千里 335
孙全 313
孙仕勇 457
孙恬 142
孙卫东 460, 523, 595
孙晓明 253, 419
孙兴全 311
孙毅 233
孙有斌 198, 211, 212
孙元林 81, 120
孙跃东 431
孙运宝 431
孙珍 . 459, 460, 467, 470, 474, 477, 504, 550
孙志鹏 474, 574
索艳慧483, 485, 488, 490, 491, 501, 502, 503
覃祯俊 276
谭惠中 335
谭亮成 196
谭扬 312
汤冬杰 76, 77
汤静 394
汤凯 67
汤文坤 137
汤永杰 335
唐赫 113
唐红梅 449
唐红渠 415
唐华凤 506, 573
唐洁 452
唐历山 544, 558

唐亮 136
唐领余 112, 194
唐倩玉 163
唐天意 147
唐甜甜 357
唐武 542, 543, 566, 567, 568
唐兴颖 278
唐勇 492, 495, 498
陶春辉594, 596, 597, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 607
陶慧 332
陶建昌 382, 383
陶杰 562
陶军 337, 436
陶萌 229, 539, 586
陶士臣 239, 264, 269, 275
腾格尔 442
腾骧 592
滕骧 166, 563, 575
逯超普 389
田兵 570
田翠翠 274
田丰 75
田娇阳 104
田晋雨 472
田景春 166, 563, 575, 592
田举 245
田军 67, 183, 185, 249, 363, 364, 365
田立军 246
田丽艳 301, 531
田庆羿 69, 72
田雨杭 257, 613, 615
田元 281
田芝平 202
同号文 101
佟宏鹏 425
佟丽莉 500, 528
童康毅 151
童小华 638
涂路遥 138
瓦西拉里..... 323, 332
万盾 447
万奎元 461, 493
万世明 312, 313, 317, 343, 345, 348
万随 354
万运帆 393
万志峰 435
汪道京 135
汪福 173
汪刚 485
汪建 104
汪俊 465, 509
汪品先 67, 617
汪松枝 135
汪伟 560
汪文强 564
汪筱林 69, 71
汪瑶 122
汪永进 209
汪紫菱 569
王鼻 601, 602
王宝利 173
王保栋 401
王毕文 225
王彬 564
王斌 219, 360, 417, 418
王冰翎 125
王博 121
王灿 135, 137
王超 357
王晨羽 282
王成龙 289
王成善 65
王传超 104
王春阳 485
王东晓 337
王飞飞 279
王芬芬 299
王风平 356
王峰 305, 513, 563, 575
王福 330
王富东 457
王关锁 318
王光增 483
王广华 270, 273
王国力 443
王海峰 599, 636
王海粟 209
王汉闯 600
王翰林 194
王红莉 348
王华 320
王华建 64, 78, 440
王华军 597
王欢业 105
王辉民 391
王慧颖 149
王建 125, 139, 146
王建华 323, 332
王杰 442

王洁 572
王结华 127
王金鹏 288
王菊英 403, 410, 411
王俊 368
王俊康 157
王俊霞 69
王奎 418
王奎峰 331
王雷 573
王力册 384
王立成 166
王丽芳 564
王丽伟 276
王丽艳 291
王利杰 465, 470, 474
王嘹亮 225, 228, 347
王龙 542, 543, 566, 567, 568
王龙颖 560, 566
王敏 74, 581, 587
王明 502
王明达 195
王娜 202, 296
王珮玲 321
王鹏 128, 361
王鹏程 501
王平 514
王萍 149, 151
王璞珺 506
王齐鸣 584
王强 71, 331, 337, 465
王钦贤 425
王庆 242
王秋凤 388, 391, 394
王汝建 211, 620, 627, 630, 633, 635
王睿睿 531
王少鹏 239, 264
王少坡 488, 529
王社江 103
王盛宇 69, 72
王士伟 321
王世杰 151, 393
王淑红 434
王帅 520, 527, 528
王硕 295
王涛 246
王婷婷 354
王薇 297, 331
王维 210
王伟铭 242
王文龙 482
王文青 445
王文秀 382, 383
王先庆 435
王向东 79, 80, 82
王晓丹 306
王晓芳 486
王晓锋 442
王晓慧 315
王晓梅 64, 440
王晓鸣 98
王孝理 74
王新强 93
王新欣 114
王秀娟 430, 611
王秀君 109, 397, 411, 412
王旭东 433
王绪本 585
王璇 417
王选策 301
王雅丽 639
王亚辉 545, 568
王亚苏 415
王延华 142
王岩 74
王彦林 225, 509
王彦伟 392
王艳发 397
王艳芬 391
王扬 212
王杨 98
王叶剑 608
王一博 542, 543, 566, 567, 568
王毅 393
王寅炤 356
王英辉 259, 262, 265, 271, 272, 273, 276, 278
王英民 339, 473, 550, 561
王应平 390
王咏绚 321
王勇智 318
王瑜 499
王雨薇 340
王玉宏 627
王渊 598, 607
王元 132
王元君 546
王媛 601
王远 210
王云强 171

王张华 136, 287, 295, 297
王哲 466
王振豪 612
王振山 488, 529
王志兵 260
王治祥 78
王智 576
王中波 310
王中伟 171
王子桓 514
王祚鹏 500, 528
旺罗 190
韦芬 278
韦刚健 251, 259, 260, 261
韦海伦 441, 442
韦钦胜 401
韦振权 599
卫小冬 492
尉建功 227, 422
魏 琳 402
魏东平 488, 529
魏海涛 200
魏昊明 93
魏皓 639
魏景明 449
魏宁 390
魏士平 397
魏晓椿 616
温旭 94
翁成郁 110, 311
邬黛黛 426, 584
吴柏林 444
吴朝东 78
吴承强 313
吴聪 227, 351, 434
吴丹 288
吴飞翔 95, 99
吴福莉 95, 96
吴海斌 138
吴怀春 82, 210
吴加学 281, 323, 332
吴家望 199
吴峧岐 504
吴晶 481
吴凯 355, 578
吴凯凯 311
吴立群 447
吴立宗 620
吴乃琴 107, 134, 135
吴能友 426, 584
吴庆龙 153
吴荣荣 604
吴时国 224, 611
吴淑玉 562
吴思琪 380
吴涛 603
吴婷婷 227
吴伟艳 363
吴卫华 177
吴文祥 144, 145
吴逍 449
吴学敏 615
吴雪停 608
吴伊婧 315, 398
吴月琴 304, 329
吴云当 456
吴云涛 386
吴招才 475, 476
吴兆朋 533
吴志强 486
吴舟扬 168
吴自银 327
伍松林 512
武则州 366
席建建 193
夏敦胜 200
夏建阳 390
夏任远 306
夏少红 461, 465, 493
夏真 422
鲜海洋 449
向华 75
向荣 207, 234, 255, 349, 360
肖国桥 111, 165
肖晗 479
肖杭芳 261
肖劲根 337
肖荣洋 514
肖文杰 289
肖文申 211, 620, 627, 635
肖武鹏 355
肖晓彤 621
肖鑫 314
谢奥博 454
谢红霞 245
谢基伟 533
谢乐 385
谢巧勤 451
谢瑞 584
谢树成 195

谢伟 361, 405
谢小磊 168
谢晓军 468, 542, 543, 565, 566, 567
谢一璇 206
谢依婷 159, 160
谢周清 627
辛明 401
星耀武 113
邢萌 373
邢喆 232, 233
熊聪慧 119
熊海仙 331
熊厚 497
熊健 580
熊俊琰 536
熊小峰 544, 555, 557, 558, 560, 574
熊志方 344, 638
修鹏 365
胥勤勉 323
徐大鹏 384
徐道欢 620
徐德克 107, 127
徐东海 470
徐芬 63
徐行 465
徐虹霓 299
徐洪河 117, 122, 123
徐继尚 245
徐佳静 488, 529
徐杰 404
徐静 357
徐雷 356
徐敏 441, 472
徐胜 151
徐世明 618
徐帅良 270, 273
徐思宇 126
徐晓霞 84
徐雪梅 403, 410, 411
徐义刚 467, 490, 522
徐义贤 510, 513
徐影 253
徐兆凯 297, 301
徐子英 491
许安涛 257, 613, 615
许晨曦 66
许鹤华 478, 486
许红 229, 539, 586
许莉佳 263
许明炬 475
许强 101
许清海 202
许天福 611
许懿 353
许云平 289
许长海 547
宣基亮 403, 414
薛进庄 120
薛梅 462, 479
郇秀佳 127, 137
鄢全树 518, 526, 530, 531
鄢伟 546
闫灿灿 583
闫桂京 431, 539
闫建平 581, 587
闫俊华 391
闫文文 279, 332
闫义 519, 522
严海滔 548
严宏强 239, 264, 269
严文 417
阎贫 225, 509
颜川云 159, 160
颜茂都 157, 164
颜萍 513
颜文 348, 434, 615
颜钰 321
颜中辉 310
晏宏 68, 239, 240, 254, 264
晏智锋 394
燕青 96
杨保 256
杨滨宇 104
杨波 510
杨东升 560
杨帆 467
杨飞 426
杨高学 500, 528
杨海长 508, 554
杨和 200
杨红强 256, 269
杨宏峰 471
杨欢 216
杨焕州 537
杨惠根 624
杨江平 422, 439
杨军 533, 536, 537
杨俊华 170
杨利琴 104
杨连娇 627

杨明 533
杨明芝 538
杨青 .125, 126, 127, 138, 140, 141, 146, 616
杨庆江 125, 146
杨锐 589
杨瑞霞 166
杨胜雄 430, 436, 438
杨士雄 189
杨守业168, 179, 249, 282, 287, 290, 306, 307, 316
杨庶 412
杨崧 63
杨天水 82
杨挺 461, 462
杨威 353
杨伟芳 602
杨伟伟 578
杨蔚 68
杨文采 510, 512, 513, 516
杨文丰 248
杨希冰 557
杨小强 182, 189, 206, 304, 329
杨小秋 481
杨晓璐 435
杨晓燕 103, 133, 137
杨孝民 386
杨勋林 197
杨艺萍 255, 360
杨谊时 108
杨玉璋 131, 133
杨志 360
杨仲康 622
杨子潇 69, 72
姚伯初 465
姚华建 472, 601
姚佩萱 277
姚鹏 288
姚小红 410
姚炎明 413
姚永坚 465, 466, 470, 474
姚政权 308
要乐 80
叶丰 260
叶建良 422
叶思源 302
叶文星 311
叶瑛 604
叶勇军 166
叶幼亭 367
叶云涛 78
葉恩肇 481
弋双文 256
易朝路 149
易桂喜 511
易海 225, 542
易亮 187
殷建军 214, 250
殷鉴 304, 329
殷克东 407
殷绍如 479, 492
殷雅倩 192
殷勇 326
尹宏伟 560
尹永康 506
雍自权 590
由德方 211
於俊宇 603
于炳松 576, 583
于贵瑞 386, 387, 388, 391, 394
于海丽 394
于际民 185
于金海 624
于鹏 549
于胜尧 490, 491, 502
于涛 299
于晓晓 284, 332
于严严 145
于有强 461, 462
于兆杰 297, 345
于志腾 470, 482
于志同 109, 397, 411, 412
余采伦 321
余国安 161
余继峰 86
余克服239, 259, 261, 262, 263, 264, 265, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278
余梦明 508, 519
余仁哲 128
余少华 189, 328
余舒琪 141
余雯 299
余星 608
余雪洋 302
余翼 613
余云龙 171
喻杰 145
喻树龙 249
袁红明 302
袁龙 530

袁圣柳 174
袁圣强 610
袁玮 175
袁玉江 249
岳天祥 167
岳伟 287
岳羲和 600
咎金波 164
臧昆鹏 403, 410, 411
翟滨 638
翟俪娜 343
翟秋敏 158
翟艳辉 323
詹涛 138
张安琪 510
张柏林 539
张兵 585
张才华 450
张潮 410
张成 539
张成晨 547
张弛 458
张传伦 361, 363, 382, 383, 405
张翠梅 504
张道军 545, 568
张东 131
张东东 445
张东菊 102
张东伟 554
张恩楼 109
张帆 214, 314, 496
张方涛 353
张福婷 371
张功成 508, 561, 566, 571, 574
张光学 542, 546
张广旭 493, 611
张贵林 139
张国良 460, 520, 524, 527, 528
张国堙 602
张海波 412
张海春 121
张海峰 630
张海桃 518, 531
张海伟 188, 214
张晗 357
张汉羽 301
张菡 251
张衡 571
张红梅 230
张洪瑞 362
张鸿 167
张华国 327
张辉 311, 361, 533
张会领 239, 264, 269, 274, 275
张伙带 229
张吉 520, 524, 527, 528
张佳星 560
张佳政 478, 498
张家富 157
张家岭 476
张嘉良 71
张健平 127, 134, 135, 137
张键 243, 246
张江晖 586
张江阳 470
张江勇 223, 342
张杰 407
张洁 465, 470
张金辉 603
张晋 300, 317, 345
张晶 171
张靖雯 351
张静静 360, 366
张居中 131, 133
张军辉 391
张俊 138
张俊娜 106
张俊宇 163
张凯棣 293
张恺 304, 329
张克信 97
张兰兰 407
张乐 522
张立虎 446
张丽丽 569
张莉 542, 546, 553
张琳琳 259
张玲芝 255
张龙 448
张茂恒 153
张弥曼 99
张明礼 142
张明明 585
张乃鹏 171
张平中 128
张琦 385
张乾江 281
张强 407
张强弓 170
张乔民 256, 261

张青林 564
张清海 84
张冉 96
张人禾 63
张如伟 227
张蕊 78
张锐 355, 385
张瑞 314
张瑞波 249
张瑞杰 273
张山佳 108
张少龙 581, 587
张生瑞 202
张世红 82
张帅 397
张水昌 64, 78, 440
张硕 279
张太平 331
张涛 149, 153, 413, 489
张亭亭 385
张庭伟 182
张威 163, 254
张威威 539
张维骐 525
张伟林 149, 153, 164
张卫国 305, 324, 334
张文超 254
张文防 219, 341
张文涛 478, 486, 614
张文正 578
张喜林 281
张向涛 551, 564
张霄宇 290, 594
张晓东 386
张晓栋 351
张晓黎 404
张晓林 138
张晓凌 103
张新荣 147
张鑫 430
张鑫俊 69
张信宝 151, 154
张旭博 464
张学军 577
张训华 322
张雅泽 201
张亚震 559
张严心 493
张彦成 217
张艳伟 351
张焱 555, 557, 558, 574
张杨硕 283
张瑶 357
张一歌 184, 354
张艺凡 583
张益明 548
张迎朝 557, 559
张迎春 458
张永莉 639
张永强 318
张永雨 383
张勇 412
张玉芬 248
张玉兰 170
张媛媛 176, 276, 277
张云峰 294
张振克 294
张正一 493
张志卫 284
张智礼 87
张忠涛 540
张仲石 96
章典 108
章陶亮 620, 627, 635
赵彬 288
赵斌 571
赵超 138
赵成 105, 217
赵大鹏 482
赵德博 317, 343, 345
赵获能 327
赵方臣 70
赵芳 461, 493
赵风华 391
赵峰 553
赵广明 302
赵广涛 519
赵红艳 114
赵宏 120
赵化德 403, 410, 411
赵辉 406
赵建虎 221, 230, 231
赵景耀 187
赵玖强 351
赵俊峰 469, 486, 564
赵克良 125, 132, 140, 146
赵良 181
赵亮 391
赵琳 125, 194, 201, 256
赵美霞 256, 261

赵美训 621
赵明辉 465, 478, 498
赵娜 167
赵卿宇 165
赵泉鸿 315
赵绍华 310
赵世锦 216
赵松 247
赵万苍 219
赵伟 639
赵西西 477
赵希涛 156
赵新伟 539
赵鑫 209
赵旋琪 305, 334
赵学钦 457
赵阳慧 479, 485
赵晔 559
赵艺 251
赵玉连 452, 457
赵玉龙 340, 341, 351, 352
赵云 168, 179
赵钊 508, 560, 570
赵志刚 468, 508, 542, 565, 566
赵志军 110, 153
赵智华 520, 527, 528
赵州峤 120
赵洲峤 75, 227, 228, 229, 230
郑涵 388
郑洪波125, 126, 127, 138, 140, 141, 144, 145, 146, 322, 514, 515, 616
郑金云 504, 540, 544, 549, 564
郑丽波 122
郑楠 403, 410, 411
郑强 384
郑晓廷 74
郑旭峰 348
郑妍 144
郑艳伟 335
郑逸娴 529
郑勇玲 313
郑云飞 127
郑卓 131, 189, 201, 328, 335
郑子涵 429, 437
钟超 422, 439, 613
钟广法 225, 226, 228, 347
钟广见 225, 542
钟贵财 313
钟华 122
钟君 169
钟立峰 522
钟思玲 435
仲义 424
周 锋 417
周爱峰 105
周爱锋 202
周斌 125, 126, 127, 142, 147, 201
周兵 452
周传明 75, 376
周飞 603
周锋 403, 414, 416
周海波 254
周厚云 242, 245, 246, 394
周怀来 546, 547, 548
周怀阳 352, 417
周慧君 450
周济林 533
周建斌 372
周建宏 183
周建厚 434
周健 390, 548
周娇 491, 504
周洁 501
周洁琼 327
周景亮 128
周力平 158
周璐 618
周鹏 608
周鹏翔 493
周绮娴 182
周钱山 574
周胜男 269
周涛 380, 637
周慰 547
周锡强 77
周新郢 125, 132, 138, 139, 140, 146
周鑫 138
周旭辉 387
周延冰 468
周洋 227, 351, 434
周瑶琪 539
周友胜 125, 140, 141, 146
周於蓁 277
周钰 416
周钰邦 548
周园园 161
周跃飞 451
周浙昆 95, 97, 100, 113
周峥嵘 511
周志远 464, 472

周忠和 74, 75
朱本铎 223, 229, 231
朱超祁 614
朱晨曦 506, 573
朱怀诚 115
朱继浩 530
朱继田474, 544, 555, 556, 557, 558, 560, 574
朱建喜 449
朱剑兴 394
朱健 463
朱俊江 483, 485, 490, 491, 502, 503
朱克超 599
朱敏 116
朱仁斌 629
朱润良 450
朱伟林 62, 551
朱雯喆 417
朱先进 387, 388, 391
朱潇 198, 321, 345
朱晓军 441, 443, 577
朱玉瑞 539
朱正涛 332
朱忠民 597
朱珠 349
朱卓毅 368
朱宗敏 195
祝依凡 357
祝有海 397
庄畅 328, 351
庄光超 356
卓海腾 550
卓勤功 87
宗统 608
宗永强 189, 322, 335
邹欣庆 289
左倩媚 568
左昕昕 134, 135, 137
左志燕 63

物理海洋
仪器设备
Physical Oceanology Instruments



Satlantic公司产品主要包括硝酸盐测量仪、pH测量仪、叶绿素荧光分析仪、辐射测量仪等海洋化学和光学仪器。图为Profiler II型自由落体式水色剖面测量仪。







Wet Labs公司产品主要包括吸收衰减仪、透射计、散射计、荧光计等海洋光学仪器。图为AC-S型高光谱水体吸收/衰减系统。

R2SONIC公司产品主要包括SONIC2026/2024/2022/2020型宽带超高分辨率多波束测深仪，代表了当前世界最先进的水下声学技术。图为SONIC 2026型多波束测深仪。









GT-2M海洋重力仪采用智能控制平台，并有4个可编程滤波器，可同步运行，在恶劣的海况下也能保证数据的高质量采集，且适用各种大小船型。同时，劳雷公司也是Micro-g&LaCoste MGS6型重力仪国内唯一代理商。





Sea-Bird Electronics公司产品主要包括剖面式、定点式和船载走航式温盐深测量仪，以及多瓶采水器，感应耦合传输系统，Argo浮标等。

Teledyne BlueView公司产品主要包括3D/2D/AUV声呐系统。图为BV5000型水下三维全景成像声呐，可生成水下地形、结构和目标的高分辨率图像。

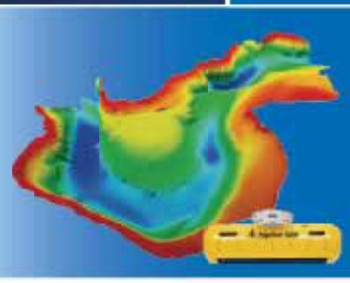


海洋测绘
仪器设备
Hydrographic Survey Instruments

Teledyne RDI公司产品主要包括多普勒流速剖面仪、多普勒计程仪等，适合锚系式、坐底式和船载走航式等多种调查方式。







EdgeTech公司产品主要包括侧扫声呐、浅地层剖面仪、组合式侧扫（浅剖）、模块化声呐、大型组合式深拖声呐系统等。图为6205测深型侧扫声呐系统，该系统采用EdgeTech新一代测深技术，全面提高测深、双频侧扫的集成度。



• 更多产品详情请咨询劳雷工业有限公司 (www.laureltechnologies.com)

北京公司:
北京市朝阳区青年路7号院(达美中心)1号楼8层
邮编：100025
电话：010 - 8585 0088
传真：010 - 8585 0087
E-mail: laurel@laureltech.com.cn

上海公司:
上海市徐汇区龙吴路777号10号C室
邮编：200232
电话：021 - 6119 6200
传真：021 - 6119 6210
E-mail: laurelsh@laureltech.com.cn

成都公司:
四川省成都市青羊区蜀金路1号金沙万瑞中心C座2109室
邮编：610091
电话：028 - 6133 8015
传真：028 - 6133 8025
E-mail: laurelcd@laureltech.com.cn

劳雷工业公司长期致力于海洋调查、海洋测绘及水下工程仪器设备的系统集成、产品开发、市场营销及技术咨询服务。主要经营的产品包括：多普勒流速剖面仪、温盐深剖面仪、高频海流测量系统、声学释放器、测波浮标、水下声通机、多波束测深仪、侧扫声呐、浅地层剖面仪、重力仪、磁力仪、全球声学定位系统、甲板机械设备、ROV等。

LAUREL 劳雷工业公司 LAUREL TECHNOLOGIES

晶诚地矿——
环境科学钻探的工匠















单位名称：青海晶诚地矿有限责任公司
单位资质；地质钻探　　乙级
成立日期：二〇〇七年八月二日
法定代表人：　黄卫东
业务范围：地质钻探、地矿物资经销等
单位地址：青海省西宁市海西西路 5 号
电话：0971 4299090　传真：0971 4299090
手机：+8613909717288
邮箱：1055538003@qq.com



www.radiocarbon.cn

欢迎莅临C3展位！

BETA
RADIOCARBON DATING
Consistent accuracy
Delivered on time

新服务一重磅升级

可接收更小样品

实验室技术升级，≤100毫克的碳样品现在已可以进行标准化测试。微小样品测年分析服务不再额外收费。

骨头样品δ15N免费测

对于未火化样品，为更好地进行生物饮食习惯的研究，Beta提供免费的δ15N测试，并为提取骨胶原的骨头样品提供免费C:N比，%C和%N测试。

碳酸盐样品δ18O免费测

对于碳酸盐样品，为进行古温度研究和古气候重建，Beta提供免费的δ18O测试。

水样δ18O、δD免费测

进行碳测年的所有水样，Beta提供免费的δ18O、δD测试服务。

免除样品预处理费

针对因量太少（小）或不适合做AMS定年的样品，Beta免除预处理费用。若因主观原因（非样品问题）取消测试则仍需收取分布测试费用。

对于溶解和纤维素萃取，在取消测试时仍需收费。

www.radiocarbon.cn

欢迎莅临C3展位！

BETA

Beta Analytic

青岛斯八达分析测试有限公司

Qingdao Sparta Analysis&Testing Co., Ltd.

做科学家自己的实验室

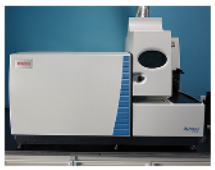
公司简介

青岛斯八达分析测试有限公司成立于2014年1月，是一家技术型、创新型科技企业，是青岛市分析测试学会会员单位。公司已顺利取得检验检测机构资质认定证书，具备向社会出具公正数据的资格和能力。公司集分析方法研究与对外测试服务于一体，为地质、矿产、海洋、环境、农业等行业科研及生产单位提供理化分析、元素分析、矿物鉴定、同位素分析等测试服务。同时，我们还开展定制实验项目，依靠现有设备帮助客户验证实验可行性，实现从容器、试剂、耗材的优化。

实验室建设

公司拥有分析洁净实验室800平方米，区域划分合理，包括样品室，无机实验室，有机实验室，洁净实验室，理化仪器实验室，光谱质谱室及高分辨质谱室等。

实验室实验设备齐备，购置美国热电公司电感耦合等离子体质谱仪及电感耦合等离子体发射光谱仪，美国戴安公司离子色谱仪，美国安捷伦公司气质联用仪，美国沃特世公司液相色谱仪，德国Elmentar公司元素分析仪，北京吉天公司原子荧光光谱仪，天津港东公司分子荧光分光光度计，济南海天公司凯氏定氮仪，以及青岛济科实验仪器有限公司电热消解仪等10余台国内外先进设备。



ICP-MS



ICP-OES



元素分析仪



XRF



AFS



IC



样品室



有机实验室



实验室走廊



理化仪器实验室



光谱质谱室

检测资质

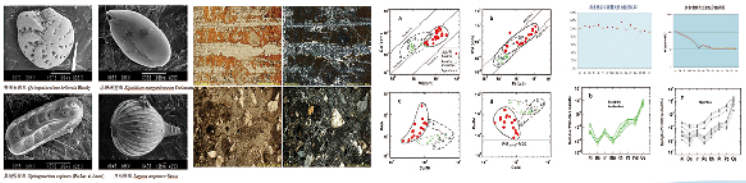
公司于2015年4月首次取得实验室资质认定计量认证证书，并于2018年2月通过资质认定换证及扩项评审。认证项目包括硅酸盐岩石、土壤、森林土壤、地表水、地下水、生活饮用水、海水水质、海底沉积物与生物体等9个产品的500余个参数。



资质认定证书

服务宗旨

为了给用户提供满意的服务，公司在检测工作中始终贯彻“公正、科学、准确、满意”的质量方针，把公正服务作为行为准则，确保检测数据的科学性和准确性。同时，公司还将不断提高检测质量和服务质量，成为广大用户可以信赖的实验室。



检测成果展示

公正 科学 准确 满意

SPARTA

公司名称:青岛斯八达分析测试有限公司
地　址:青岛市黄岛区钱塘江路369号（青岛职业技术学院内）
电　话: 18561713258
Q　Q: 1937180666
E-mail: qdspt2014@163.com

Geotek, the global leader in core logging for over 20 years!
If a core is worth taking, it's worth logging.....
领海公司，带来世界领先的海洋仪器！

GEOTEK

LinkOcean 领海



Multi-Sensor Core Logger（MSCL）
岩芯综合测试系统（多传感器岩芯扫描仪）

传感器：
1. XRF元素浓度 XRF elements
2. 伽玛密度 Gamma Density
3. P波速度 P-wave Velocity
4. 磁化率 Magnetic Susceptibility
5. 电阻率 Non-Contact Resistivity
6. 颜色光谱 Colour Spectrophotometry
7. 高清照相 Geoscan IV Linescan Imaging
8. 紫外光成像 UV imaging
9. 自然伽玛谱 Natural Gamma Spectrometry
10. 远红外温度IR temperature
11. 可见光近红外地物光谱 Vis/NIR Spectrometer
12. XCT三维内部结构3D structure

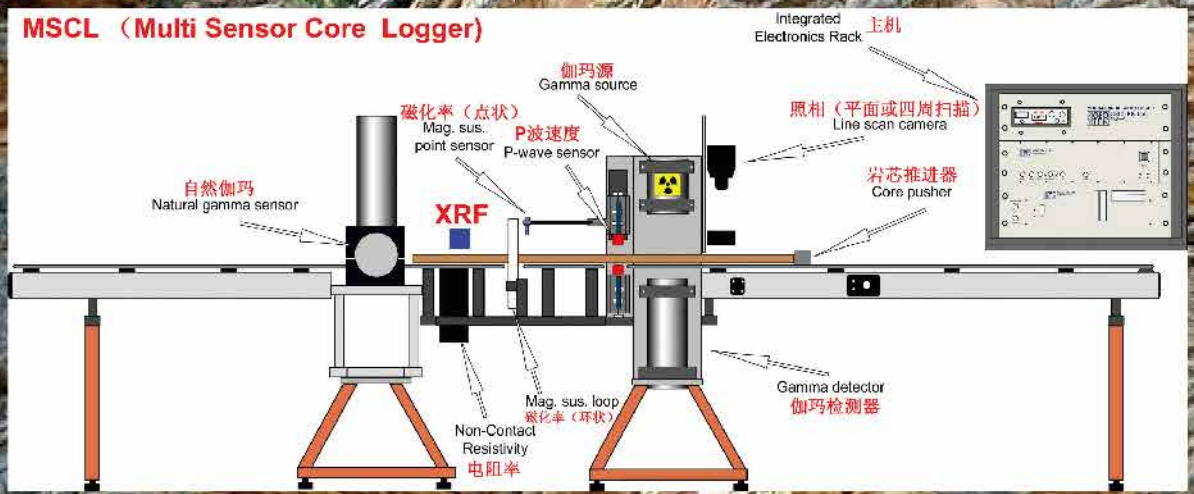
产品型号：
1. 标准型：MSCL-S (Standard)
2. 岩芯CT断层扫描：MSCL-XCT
3. XRF扫描型：MSCL-XRF Core Scanner
4. 光学岩芯扫描仪（彩色照相型）：MSCL-CIS
5. 半岩芯桌面型：MSCL-XZ (Benchtop Split-Core)
6. 多岩芯型：MSCL-XYZ (Multiple Section)
7. 垂直型：MSCL-V (Vertical)
8. 自然伽玛型：MSCL-NG (Natural Gamma)
9. 红外成像型：MSCL-IR (Thermal IR Imaging)
10. 岩芯切割机：Core Splitter
11. 岩芯孔隙水挤压器：Pore Water Squeezers
12. 岩芯小样P波声速测量仪MSCL-DPW
13. 天然气水合物红外热成像仪MSCL-IR
14. 岩芯保压综合测试系统PCATS（Pressure Core Analysis and Transfer System）
15. 集装箱型岩芯综合分析测试实验室Geotek Container Lab







MSCL （Multi Sensor Core Logger)





www.geotek.co.uk www.linkocean.cn
青岛领海海洋仪器有限公司（LinkOcean Technologies Ltd.） Your Link to the Ocean!
电话：0532-8099-9236或9237或9239 传真：0532-8099-9238 info@linkocean.cn

海奕环境科技
Oceanen Environmental Sci.& Tech.

上海海奕环境科技有限公司致力于海洋及水环境领域内仪器的引进及技术开发与咨询，主营产品有海洋监测仪器、水生生物仪器、水文勘测仪器、水体采样等设备。经过多年发展，目前已是国外品牌仪器（美国 General Oceanics 公司、意大利 Idronaut 公司、美国 Battelle 公司）等公司在中国区的总代理和技术服务中心。

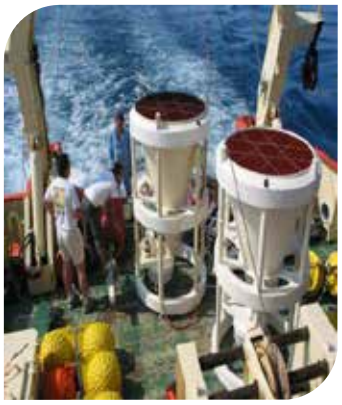


美国 Battelle 公司全自动 CO_2 在线监测系统





美国 General Oceanics 公司
8050 走航式 CO_2 检测系统



法国 Technicap 公司
沉积物捕获器



意大利 Idronaut 公司
CTD 温盐深仪





美国 General Oceanics 公司
单通道/多通道采水器



美国 FSI 公司声学海流计



德国 Trios 公司水中油监测/水面油监测/光度计/荧光计



美国 OIS 公司沉积物剖面成像仪



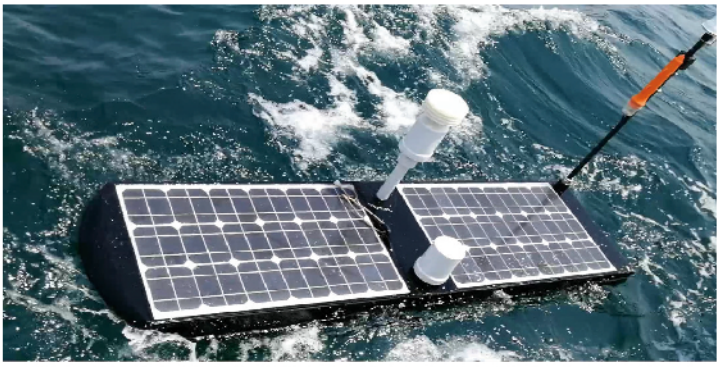
美国 Teledyne Benthos 公司声学应答释放器

地址：上海市松江区茸兴路时亦商务大厦6号楼202　　电话：021-54047221
网址：www.oceanen-tech.com　　邮箱：info@oceanen-tech.com

上海航事志汇海洋装备有限公司（SHANGHAI MEPUS MARINE EQUIPMENT INC）
上海市浦东新区海洋一路399号临港海洋科技广场415室　021-80230066　sales@mepus.cn　www.mepus.cn

公司简介

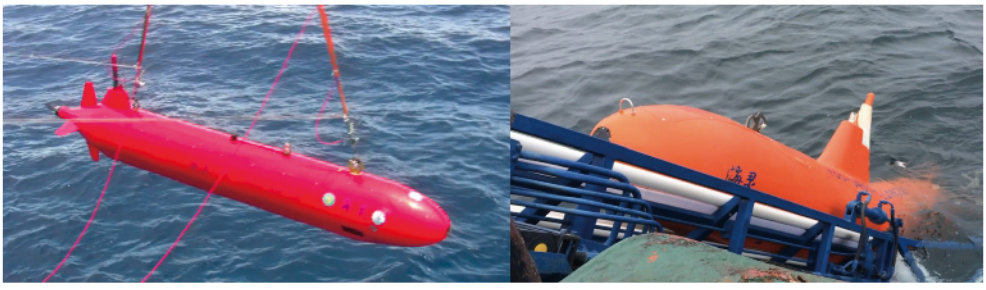
上海航事志汇海洋装备有限公司是一家迅速崛起的以水下机器人、海洋科学专用仪器、特种水下设备、海洋水下工程检测服务等为核心业务，并具备自主研发、生产、销售能力的科技创新型企业。公司同时代理销售国外相关领域知名品牌产品。公司在哈尔滨和上海设有研发生产和售后服务基地，在山东威海设有海试试验场，在上海临港设有产业化基地。公司致力于提高我国船舶与水下智能装备领域的核心技术水平，推进海洋高端制造的军民融合产业化发展，服务我国海洋科技发展对海洋装备国产化、智能化的迫切需求。



波浪涌动机（Wave MEPUS）

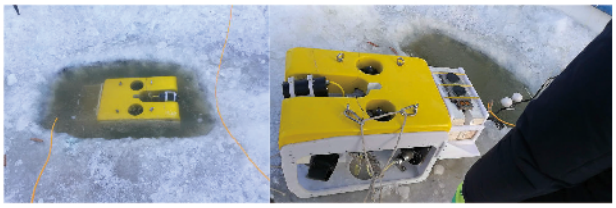


200米级自主水下机器人（MEPUS-200 AUV）



MARUS系列大型探测级无人自主潜器（≤ 2000 m AUV）





观察级水下机器人（Spindrift-300 ROV）



海洋缆系剖面仪（SMP-3000）

公 司 简 介

我厂是专业生产、研发、销售高科技痕量分析实验室器皿的厂家，填补了国内空白，产品质量可与国外品牌相媲美，我们诚挚感谢各位的支持及协助，并为我们的合作深感荣幸。

明星产品

PFA 溶样罐：广泛应用于地质地矿实验样品的消解和中低压溶样，配套 ICP-MS/ICP-OES 分析等实验。根据实验的要求 7、15、22、30、60ml 有 U、V、平底的设计



配套消解



消解罐：也称：溶样罐、闷罐、压力溶弹、密闭压力罐等。用来消解难溶地质、地矿样品，广泛应用于地质元素分析行业



后期赶酸



新品展示

PFA 微柱(同位素离子交换柱)：一次成型，绝无焊接缝隙，规格：1.5、15、30ml,可定制



可拉尖



PFA 大型溶样罐:口径更大,蒸干更快速



配套消解



热销产品

石墨消解仪应用新型消解技术，具有升温快速、程序控制、消解完全、温度均衡等优点，可配套 PFA 消解管、四氟消解管、各厂家微波消解罐等器皿做赶酸、消解使用。



配套器皿



配套产品

酸纯化仪



- 满足 ICP 分析应用中，实验级超纯酸（HNO_3、HCl、HF 等）的制备
- 金属杂质含量约 10ppb 的酸，经过一次蒸馏后，可降低到约 0.01ppb
- 高纯实验级特氟龙材质制造，宝塔形设计，无需水冷，使用方便
- 密闭环境下提纯酸，不受环境污染，具有蒸干自我保护功能
- 可拆卸清洗，一台可蒸不同种酸，节约成本

全自动器皿清洗系统



- 利用酸蒸发冷凝回流的原理对器皿内壁进行清洗，更干净、彻底
- 无需浸泡，快速清洗各种用于痕量分析使用的容器及配件
- 洗净的容器可在密闭的腔体内冷却干燥，无污染
- 适用清洗试剂：氢氟酸、盐酸、硝酸和水等，清洗试剂可循环使用
- 自动温控系统，控温精准
- 一次可清洗 24-150 位不等

分体式温控电热板



- 进口特氟龙防腐涂层,一抹即净,永不生锈
- 精致铸铝加热板升温快速,多个样品同时处理无交叉污染
- 四个支柱全部采用聚四氟乙烯材料,避免金属零部件进入实验室
- 可按要求加工不同规格的板面

滨海县正红塑料仪器厂　　南京滨正红仪器有限公司

025-8555 7400　　8322 4668　　8322 3500　　8322 3307



LGR 是利用激光光谱技术测量痕量物质领域的领导者，既是技术理论的缔造者，也是世界知名的激光光谱仪器制造商。



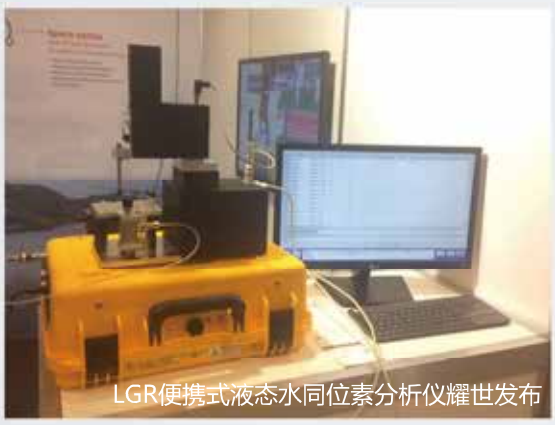
LGR便携式液态水同位素分析仪



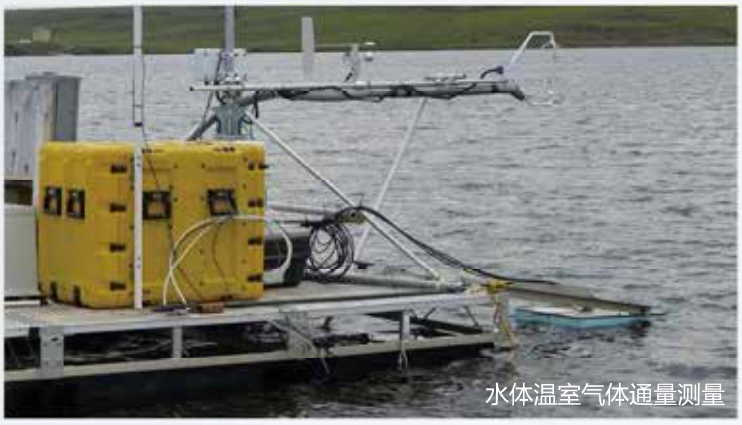
LGR水气分离装置



LGR深海气体分析仪



LGR便携式液态水同位素分析仪耀世发布



水体温室气体通量测量

北京理加联合科技有限公司

地址：北京市海淀区安宁庄东路18号光华创业园5号楼

电话：010-51292601　　传真：010-82899770

E-mail：info@li-ca.com

网址：www.li-ca.com

ULS系列水下三维激光扫描器



ULS-100型



ULS-200型

动态AUV式三维激光
扫描系统集成组件





ULS-500型



动态ROV式三维激光
扫描系统集成组件



静态支架吊放式三维
激光扫描系统集成组件





INNOMAR - SES2000系列
参量阵浅地层剖面测量系统



Seabotix- LBV系列水下机器人

智海科技是一家专注于水文物理、海洋测绘、水下搜救和海洋工程专业设备销售与技术服务的高科技企业，致力于为海洋环境保护、水利水电检测、潜水打捞救助、海洋工程勘察和海洋科学调查等行业应用提供专业、高效的一体化系统方案和工程技术服务，目前在无锡、上海、香港、青岛和深圳都设有分支机构。

智海科技
Smartsea Tech

总部地址：无锡市滨湖区隐秀路901号联创大厦403/404/408室
电话：0510-85885556/85880495　传真：0510-85885556
网址：www.smartseatech.com　邮编：214072

特提斯 TETHYS 北京特提斯科技有限公司

岩石取样



背包式岩心取样钻机

便携式背包取样钻机最大钻进深度23米，支持多种尺寸。

野外地质刻槽取样机

露头取样首选



土壤取样



手持式土壤取样钻机

高频振动，原状土取样，最大深度10米。

多马土壤采样器

多种类型钻头



底泥沉积物取样



美国SDI公司C型水底沉积物采样器

水下20米取样

美国SDI公司D型水底沉积物采样器

水下60米取样



服务热线 / 18001279411

网址：www.bjtethys.com
Q Q：1538585951
邮箱：liumj@bjtethys.com
地址：北京市昌平区文华东路紫晶七星广场423室

北京欧华联科技有限责任公司

欧华联公司成立于1996年，经过二十多年的努力及广大用户的支持，现与多家世界知名的地球物理仪器公司和地震监测仪器公司建立了良好合作关系，全权负责其在中国市场的产品销售、技术支持、培训和售后服务。主要合作厂商：

1、英国 Güralp 公司： 宽频带地震仪、强震仪、多种类型海底地震仪、短周期地震仪、各种频带地震传感器，地震数据记录仪等数十多种仪器设备

2、德国 DMT 公司： Summit X one 分布式地震仪、多种组合型地震仪、微振动监测仪、Summit II Ex 防爆槽波地震仪、RESECS II 高密度电法仪等

3、德国 Metronix 公司： GMS-08e 综合电磁法仪、张量可控源电磁法 TCSMT，MFS-07e/MFS-06e 感应式磁传感器等

4、加拿大 GEONICS 公司： Protem 瞬变电磁仪系列、EM 系列大地电导率仪系列、金属探测仪系列

5、加拿大 GEM 公司： GSM-19T 磁力仪、overhauser 磁力仪、钾光泵磁力仪、d1dD 磁场变量观测仪、无人机钾光泵航空磁力仪等

6、瑞典 RADATEAM 公司： 100m 大穿透深度地质雷达、高分辨率浅层地质雷达

7、芬兰 VIBROMETRIC 公司： VIBSIST 可控震源、火花震源、机械震源等

公司网址： www.ouhualian.com
咨询电话： 010-82920623、82920624
邮箱： sales@ouhualian.com

北京科荟测试技术有限公司

公司简介

北京科荟测试技术有限公司是以现代分析仪器为平台，以先进分析测试技术为核心；主要开展面向矿产资源、地质环境、农业生态、生物医药、食品安全等领域的公共检测服务和测试方法研发。检测技术实力雄厚，测试速度快，数据精确度高。







仪器设备

公司拥有各类仪器设备30余台套，总价值2000余万，可进行包括主、微量元素分析，稀土元素分析，C、H、O、N、S等稳定同位素分析，单矿物B、Sr、Nd、Pb、Hf同位素，锆石、斜锆石、独居石U-Pb定年等原位微区同位素分析和Li、Fe、Cu、Zn、Mg等非传统同位素分析等分析项目。



253 plus



Flash 2000HT

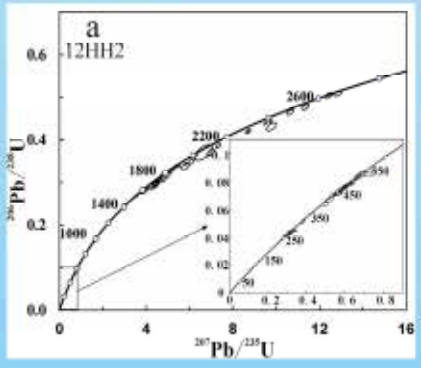


Neptune-Plus

成果展示

公司与国内外高校、科研院所和企业建立了良好的合作关系，测试数据发表在岩石学报、GCA、Precambrian Research等期刊。







地址：北京市大兴区18号8幢1层116室
电话：010-60219887;15611119781;15611119782
邮箱：kehuiceshi@126.com
QQ：1302086051;2303038614
微信公众号：测试工厂
网址: www.kh-test.com

EcoTech
易科泰生态技术

国际领先快速 高精度 无损伤元素分析技术



Itrax CoreScanner芯体密度X-光扫描成像与元素分析系统

- 目前世界最先进的海洋湖泊沉积岩芯及地球岩芯分析系统，广泛应用于环境科学、海洋科学、地球科学等研究
- 高解析度、非接触和无损伤扫描
- 高检测效率，10分钟即可完成1米样品的扫描分析
- XRF元素分析技术：Al-U，ppm级
- X-光密度扫描及光学扫描成像技术：分辨率可达20微米

Sci-Trace实验室LIBS元素分析系统

- 全部元素同时探测、样品无须预处理、非接触式准无损伤测量
- 自动2D元素制图
- 可方便进行双激发、多激发、辅助LIFS、LAMAN等扩展分析
- USB组件即插即用扩展
- 反应室气体自动控制系统，范围0-1300mbar
- 统一软件控制全部组件，数据自动捕获及分析





X-Trace原位遥测LIBS元素分析系统

- 遥测距离20米以上，即时分析
- 便于车载，坚固耐用

北京易科泰生态技术有限公司

北京总部
公司地址：北京市海淀区中关村东路89号恒兴大厦19A/B
邮政编码：100190
联系电话：010 82611269/1572
联系传真：010 62536325
电子邮件：sales@eco-tech.com.cn info@eco-tech.com.cn
公司网址：Http://www.eco-tech.com.cn



HP-18
液压冲击土壤取样钻机

适用于浅层土壤原状采样、浅水层沉积物采样













公司产品：

- 多种规格土壤取样钻机、背包钻机，1 米、5 米、10 米、20 米；
- 取样方式多样化：半合管取样、双管取样、半剖管取样；
- 沉积物、淤泥、泥炭专用取样设备；
- 声波钻机、多功能钻机；
- 采空区探测三维激光扫描仪；

提供产品技术服务：

- 土壤取样、淤泥沉积物取样服务；
- 采空区三维激光探测；
- 溜井检测；

关注公众号
了解更多产品信息

北京中勘安测科技有限公司
地址：北京海淀清河安宁庄东路 18 号（光华创业园）7-209
电话：010-62998689　17746535786
网址：http://www.wceasm.com

公司简介

北京欧仕科技有限公司是专业的环境与海洋科学仪器综合服务供应商，专注海洋监测与调查领域。公司在研发生产高品质仪器设备的同时，也将国际先进的仪器设备引进中国，现已经与国外数十家世界顶级的仪器设备供应商建立了长期稳定的合作关系。我们不仅能够为国内科研工作者提供高品质的仪器设备、优质的服务，并且能为客户提供各种系统解决方案。

深海采样解决方案

为观察人类活动对深海海底环境影响以及探测深海海床浅层反映油气资源分布的碳氢化合物饱和度，深海海泥取样调查成为有效手段。无扰动的底泥样品提供了重要的海洋环境信息，其化学成分和沉积物分层可反应自然环境和人类生产生活活动对海水水体造成的改变。德国 OKTOPUS 全系列的深海沉积物采样解决方案，可完成各种情况下的深海采样任务。



视频多管采泥器



深海电视抓斗



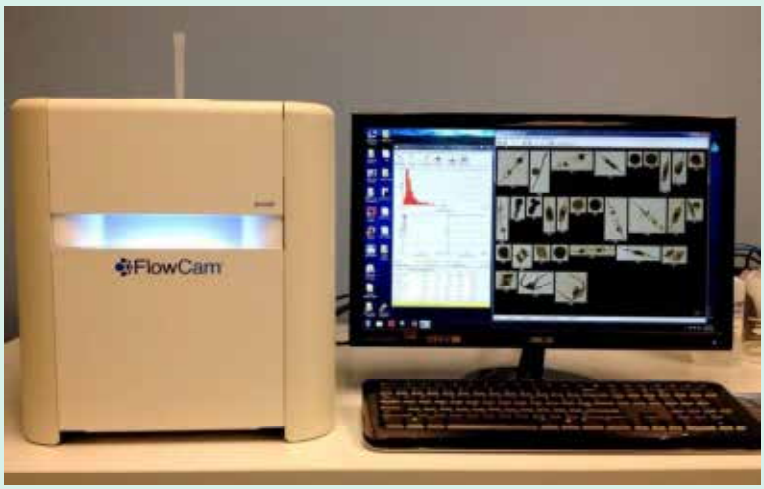
Lander 1500 海底监测系统

水生态研究解决方案

我公司专注于海洋及淡水水生态监测及研究设备的供应和相关服务的提供。由美国 Fluid Imaging 公司研发生产的 FlowCam 8000 系列流式影像仪采用先进的流体分析、显微成像、荧光监测、智能数据分析技术，实现水体中浮游植物的自动识别及分类、计数功能。由德国 4H-JENA 公司生产的水生态监测站 FerryBox 是一套全自动、实时水生态监测系统，具有多参数、高精度、低维护的特点。适用于海洋及淡水环境的长期、自动化监测，可以实现便携式、船载式、站房式等监测方式。仪器配有除气泡及除泥沙部件，具有自动清洗功能，可以确保用户获取稳定、精确的长期监测数据。



水生态监测站 FerryBox



流式影像仪 FlowCam

其他产品请见公司网站 www.osees.com.cn

地址：北京市朝阳区裕民路12号元辰鑫大厦E2402室　　电话：010-82251190　　传真：010-82251957
网站：www.osees.com.cn　　邮件：shawn@osees.com.cn

浅海科技
Shallow-sea Technology

杭州浅海科技有限责任公司由海外归国博士创办，注册成立于浙江省杭州市国家高新技术产业开发区，是一家以先进技术的气象及海洋仪器及系统为主要产品的科技型公司。
公司目前的主营业务包括：智慧海洋信息化、智慧气象解决方案、海洋探测仪器及系统、气象探测设备及系统，公司专注于为客户提供领先的技术应用服务和智能化解决方案，是国内领先的海洋、气象设备及智能化整体解决方案的提供商。浅海科技在海洋和气象界有着众多成功项目经验，凭借着高质量的仪器设备和优质的售后服务，拥有一大批稳定客户， 已才成为用户首选的供应商之一.

Hangzhou Shallow-Sea Technology Co., Ltd. located in National Hi-Tech Development Zone of Hangzhou, Zhejiang Province, was founded by overseas Doctors and is an advanced technology-based company of meteorology & marine instruments and systems. The company has the professional marketing technical team, and the senior technical personnel is accounted for 60%. All of them have undergraduate diploma or above, and most of them come from 985, 211 universities, research institutes and other first-class institutions.
The company's current main business includes: Intelligent Marine information solutions, intelligent meteorological solutions, marine detection instruments & systems, meteorological detection equipment & systems. The company is focused on providing customers with leading technology application services and intelligent solutions, and is the leading supplier of marine, meteorological equipment and intelligent overall solutions in China. Shallow-sea company has many successful project experiences in the ocean and meteorological industry. With high-quality equipment and high-quality customer service, the company has a large number of stable and loyal customers, and has become the preferred supplier of users.







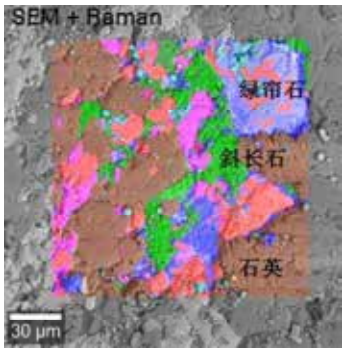



杭州浅海科技有限责任公司
Hangzhou Shallow-sea Technology Co.,Ltd

地址：杭州市滨江区和瑞科技广场S2幢1301室
电话：0571-81956003 传真：0571-81956002
邮箱：market@shallow-sea.com
网址：www.shallow-sea.com

桔灯勘探
Orange lamp

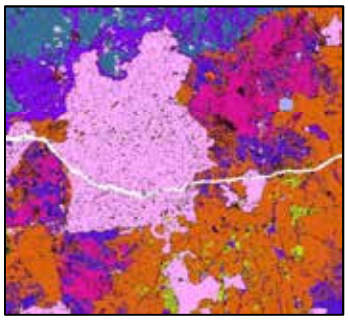
欢迎到　A4　展台莅临指



RISE 电镜—拉曼一体化系统

超快速超高分辨率、大景深视野+真正共聚焦拉曼成像

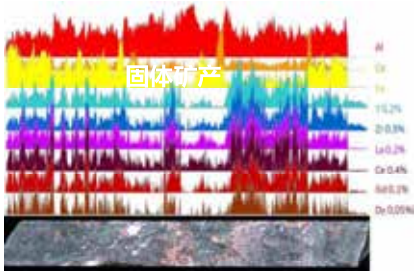
矿物表征：矿物鉴定、微量元素分析、相分析、相结构鉴定、结晶度分析、应力分析



TIMA 综合矿物分析系统

快速定量矿物分析、亮相搜索模块自动追踪 PGM 和 REE

岩石类型、矿物丰度、粒径分布、解离/锁定参数等的识别与测量



Itrax XRF Scanner 全岩心扫描仪

最快完全无损、自动连续扫描岩心扫描仪，可同时记录单岩心、多岩心所有元素(Na—U)，可达 ppm 级

沉积岩水界面分析、海洋湖泊沉积与古环境、页岩油气化学痕量指标调查、岩心管理

实验室分析检测：无损检测、微观形貌、地球化学、物性分析、样品制备

海洋勘查设备：电磁法勘探、海洋重力、深海日变监测、海洋测绘、物理海洋



更多地学领域分析解决方案

北京桔灯地球物理勘探股份有限公司

www.orangelamp.com.cn

德严科技
DEYANKEJI

北京德严科技是专业研发、销售0-100米浅层取样系列钻机的高新技术企业。凭借完善的浅层取样产品和标准化的服务体系，已经成功地将产品和服务应用于地矿、有色、冶金、煤炭、黄金、化工、建材、核工业、国土资源等矿产资源领域，同时在电力、水利水电、交通、环保、石油化工、房地产、市政工程、科研院校等多个行业具有广泛应用，企业客户数量达到500多家，并成功进入多家世界五百强、企事业单位的供应商名录。

德严科技将一如既往地紧跟世界最新钻探科技潮流，本着“以人为本，共求发展”的企业价值观和“以优异的产品、可靠的质量、优越的性价比和完美、持续有效的服务，满足客户日益增长的需要”的企业目标，不断提高企业核心竞争力，致力于为中国的浅层取样技术贡献我们毕生的力量！

犀牛S1项目案例　取土钻机“新用途”：果木施肥

福建某化肥公司研制了一种“肥料炸药”需要在农户的果林中对土壤进行成孔，深度在0.8m，以便放置肥料炸药，给农户们的果林施肥。S1钻机内置加拿大专利技术的高频震动动力头，在几秒钟内就可将钻杆震动到密实干燥的土壤内。当天总共进行了5次针对不同地质的取土，结构都大大超乎了客户的预期，对成孔的效果和钻进效率非常的满意。

美国犀牛S1型取土钻机特点是：重量轻，油耗低，功率大，性能稳定，寿命长。钻机可以在较松软的土壤中实现最深至10米的土壤取样，可以快速取出无扰动如让样品。适用于岩土、环境、海岸地带、湿地环境等勘查。





绍尔钻机项目案例　内蒙胜利煤矿取煤钻探试验

内蒙古神华北电胜利能源进行采煤层进行取样，绍尔钻机面对6-10兆帕的采煤层仅用数分钟就可以完成一个回次的取芯任务，取出的样品呈柱状型并且保存完整。在此次项目中，绍尔钻机能够顺利而流畅的在零下二十几度的露天煤矿或者类似的地层进行取样钻探工作。

绍尔单人背包式取样钻机钻进深度达23米，可代替传统的人工挖掘、槽探和井探等取样方式，同时也降低了浅层岩芯取样的成本，保护了环境。重量轻，单人即可背负至崇山峻岭，能到达交通不便的地质取样地点进行探查勘查工作。适用于物化探取样、区域地质填图、矿山矿脉探查、岩土工程检测、电力线路勘探等领域。





北京德严科技有限公司

联系地址：北京市昌平区景兴街企业墅・上区1-3门 3层
免费电话：400-668-9937
传　　真：010-82782455
邮　　箱：sales@deyankeji.com

德严科技公众号

德严美女客服小雅

青岛国科海洋环境工程技术有限公司（简称：青岛国科），成于 2006 年，是一家从事海洋环境监测仪器、海洋工程勘探设备、海洋地球物理探测设备销售的公司。为您的海洋科研及观测提供解决方案。代表产品有深海高温温度探针、深海溶解氧测量仪、热液保压取样器、深海海底热流探测系统、深海孔隙水压力测量仪、在线监测浮标系统、多参数水质测量仪、沉积物捕获器、海床侵蚀淤积测量仪、深海倾角测量仪、 海岸带影像监测系统、水下绞车系统、海底泥温计等


深海海底热流探测系统


多参数水质测量仪

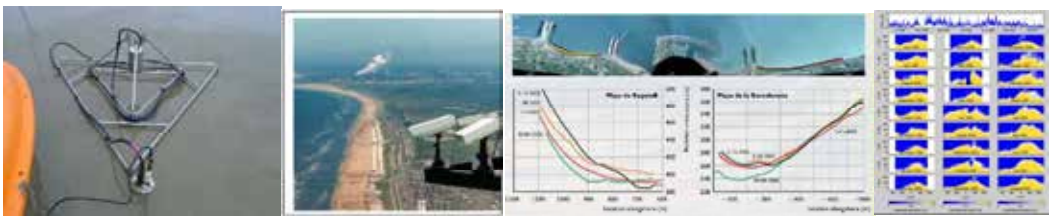

热液保压取样器


水下绞车


沉积物捕获器产品系列


深海孔隙水压力测量仪

在线监测浮标


海床侵蚀淤积测量仪

海岸带影像监测系统

sales@qdgkcoean.com +86-532-83932271

SCIENCE CHINA

Earth Sciences

中国科学：地球科学

IF=1.989
Q2区

微信公众号

SPECIAL TOPIC:
Past human-environmental interaction

FREE the full text

SPECIAL TOPIC:
Advances in organic proxies for research in climate and environmental changes

FREE the full text

SPECIAL TOPIC:
Carbon cycling in the China Seas

FREE the full text

SPECIAL TOPIC:
Climate changes and human adaptation

FREE the full text

SPECIAL TOPIC:
Challenges and uncertainties of ENSO prediction: Enlightenments from El Niño event of 2014–2016

FREE the full text

专题:
华夏山水的由来

扫码看全文

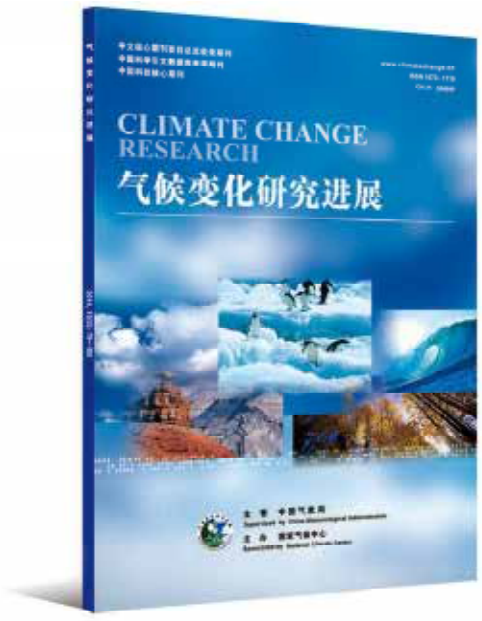
主管：中国科学院
主办：中国科学院
国家自然科学基金委员会
出版：《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS

气候变化研究进展

《气候变化研究进展》（中、英文版）是气候变化研究领域内自然科学和社会科学相结合的学术期刊，主要刊登与气候变化相关的多个学科研究。

主　　编：秦大河

主办单位：国家气候中心



中文核心期刊要目总览收录

CSCD、CJCR 收录

双月刊

ISSN 1673-1719

CN 11-5368/P

电话：010-58995171

Email: accr@cma.gov.cn



开放获取

Scopus、CSCD 收录

ISSN 1674-9278

CN 11-5918/P

电话：010-68400096

Email: accre@cma.gov.cn



地球科学进展（月刊）

Advances in Earth Science

创刊于1986年

主　　办：中国科学院资源环境信息中心

国家自然科学基金委员会地球科学部

中国科学院前沿科学与教育局

栏目设置：院士论坛；发展战略论坛；国家重点研发计划进展；综述与评述；研究论文； IODP研究；学科发展与研究；探索与争鸣；全球变化研究；可持续发展研究；生态学研究；新学科•新发展•新技术；基金项目管理与成果介绍；研究简报等。

联系方式： Tel：0931-8762293　　QQ：114723517

E-mail：adearth@lzb.ac.cn

收录情况：中文核心期刊要目总览、中国科技核心期刊、CSCD数据库

网　　址：www.adearth.ac.cn

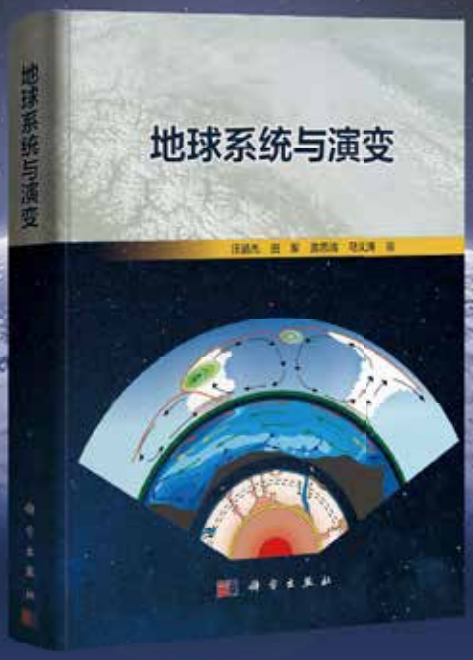
国内地球科学界唯一评述、报道国内外地球科学进展状况的综合性学术刊物

2016 年的最新影响因子为 1.781（地球科学综合中排名第二）

平均录用周期：2 个月，平均发表周期：4 个月

- 第三届全国“百强报刊”
- 首届“甘肃省十佳期刊”
- 中国科学院科学出版基金择优支持期刊
- 中国最具国际影响力学术期刊
- RCCSE中国核心学术期刊





565 页全彩印刷

定价：158.00 元

地球系统科学的大家之作

汪品先作品 · 廿年积淀 · 笔耕三载



汪品先院士

三十多年来“全球变化”的研究，是 20 世纪科学界最大的亮点之一，也把地球科学推上了一个新台阶。因此而引发的气候政治的国际斗争，使“全球变暖”成为历史上第一个由科学界提出的全球性政治问题；同时也掀起了学术高潮，将人类生存环境的问题，拓展到整个地球系统的科学研究。“全球变化”提出的科学问题要求向时空伸展，驱使学术界将地球表层看作整体，从宇宙大爆发追踪到人类智能的产生，诞生了研究“地球系统科学”的新领域。

地球上的大气圈、水圈、岩石圈和生物圈连成一个完整的系统，牵一发而动全身，甚至地球内部和表层的物质和能量交换，也在影响着人类享用的环境与资源。每一个圈层都有不止一门学科在研究，而地球系统科学的特点就在于穿越界限，把各圈层串起来研究。

本书由汪品先院士等专家执笔，内容来自一门研究生课程。二十年教学实践中，课程内容随着国际学术发展而与时俱进，在此基础上花费三年时间编写完成，并经多位国内外相关领域的院士和知名专家审阅。全书内容共十二章，前五章介绍各圈层的构成与来历，后五章讨论不同时间尺度的地球系统演变，最后两章介绍地球系统科学的研究方法和理论。全书以圈层间相互作用为主题，重点突出机理追究和问题探讨，不以灌输知识为目的。

全书铜版纸彩印精装，版面活跃、形式新颖，各章均配有内容提要和思考题，适于地球科学各学科作研究生教材使用；同时尽量反映国内外研究的最新进展，提供千余篇文献供读者追索，适于地球科学工作者或者关心环境变化的读者，用作拓宽知识领域、激活研究思路的参考书。

扫码购书

科学出版社地质分社出版范围包括基础地质、古生物地层、地球物理、地质资源与地质工程、矿业工程、石油与天然气、大气科学、海洋科学，地质信息科学等相关专著、基础理论和教材以及专业地图集，出版了大批享誉学术界的优秀地学著作。

欢迎洽谈出版业务！

电话：010-64011160　010-64034012
E-mail：mengmeicen@mail.sciencep.com
earthscience@mail.sciencep.com
地址：北京市东城区东黄城根北街 16 号

扫码与作者交流

本书责编：韩　鹏　孟美岑

图书优惠专场



http://www.cess.org.cn

联系地址： 同济大学海洋地质国家重点实验室
上海市四平路1239号（邮编 200092）
传　　真： 021-65988808

