

LETTER

doi:10.1038/nature18018

FeO₂ and FeOOH under deep lower-mantle conditions and Earth's oxygen-hydrogen cycles

Qingyang Hu^{1,2*}, Duck Young Kim^{1,2*}, Wenge Yang^{1,3*}, Liuxiang Yang^{1,3}, Yue Meng⁴, Li Zhang^{1,2} & Ho-Kwang Mao^{1,2}

地球内部的氢和氧的分布、聚集和循环的氢控制着水圈、大气圈和生物圈的地球化学演化。富氧的大气圈和富铁的地核代表了氧-铁(O-Fe)体系的两个端元，氧-铁(O-Fe)体系包含了地球上所有的压力-温度-物质组成的变化范围。地球深部的极端压力和温度条件改变了铁氧化物的氧化状态、旋转状态和相稳定性，创造新的化学计量，如 Fe₄O₅ 和 Fe₅O₆。O 和 Fe 之间的这种相互作用控制着地球的形成、地核与地幔的分异及大气圈的演化。多种氧化状态的铁，控制着氧逸度和氧通量，同时氢在铁和氧的反应中起关键作用（使铁在潮湿的空气中生锈）。在此，我们使用第一性原理计算和实验来确定在 76 GPa 和 1800 K 状态下，一种高度稳定、黄铁矿结构的氧化铁(FeO₂)，含有过量的氧。我们展示了矿物针铁矿 (FeOOH)，它以“铁锈”的形式无处不在，赋存在沼泽类型的铁矿石中，在深部下地幔条件下分解形成 FeO₂ 和释放氢气。这种反应可能会导致下地幔中较重的、含 FeO₂ 的斑块发生聚集，氢气向上迁移，于是氢和氧循环发生分离。这个过程为下地幔地震和地球化学异常来源提供了另外一种解释，也成为二十亿年前大氧化事件氧气的零星来源，从而形成现在富氧的大气层。

LETTER

doi:10.1038/nature24461

Hydrogen-bearing iron peroxide and the origin of ultralow-velocity zones

Jin Liu^{1*}, Qingyang Hu^{1,2*}, Duck Young Kim², Zhongqing Wu³, Wenzhong Wang³, Yuming Xiao⁴, Paul Chow⁴, Yue Meng⁴, Vitali B. Prakapenka⁵, Ho-Kwang Mao^{2,6} & Wendy L. Mao^{1,7}

核幔边界的超低速层对于指示地球的化学组成和热结构具有重要意义，但是它的起源仍存在争议。贮氢过氧化铁是一种具有黄铁矿晶型结构的化合物。最近对其的研究发现，它能够在地幔最底层的环境下保持稳定。经过高压条件下实验和理论计算，

ARTICLES

https://doi.org/10.1038/s41561-021-00696-2

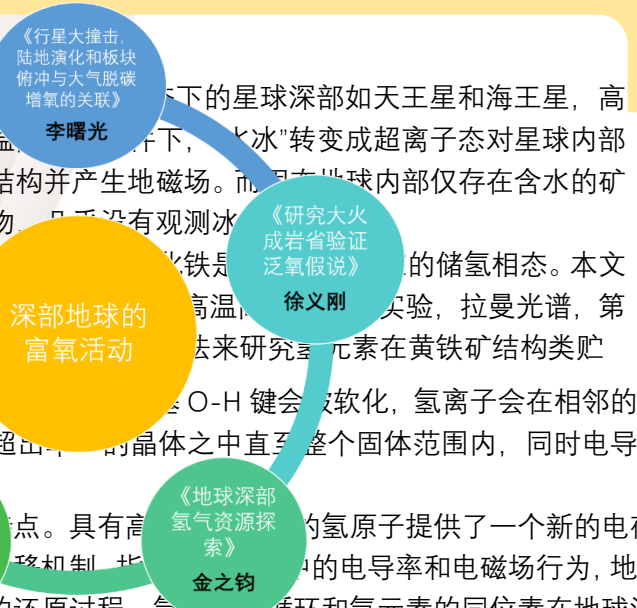
nature geoscience

Superionic iron oxide-hydroxide in Earth's lower mantle

Mingqiang Hou^{1,2,3,4}, Yu He^{1,2,3,4}, Bo Gyu Jang^{1,4}, Shichuan Sun^{1,4}, Yukai Zhang^{1,4}, Ruilian Tang^{1,6}, Jiahua Chen⁷, Feng Ke⁸, Yue Meng⁹, Vitali B. Prakapenka¹⁰, Ji Hoon Shim⁴, Jin Liu¹¹, Duck Young Kim¹², Qingyang Hu¹³, Chris J. Pickard¹⁴, Richard J. Needs¹⁵ and Ho-Kwang Mao¹

氢过氧化铁中的状态。我们发现当压力达到 73GPa 的室温条件下，O-H 键会被软化，氢离子会在相邻的晶格中产生扩散。当温度进一步升高压力保持不变，氢原子的扩散超出晶格之中直至整个固体范围内，同时电导率升高，这表明向超离子态的转变。

超离子状态以自由移动的质子和一个固体的过氧化铁为特征。具有高温高压下超离子态的还原过程、氢和氧循环和氢元素的同位素在地球深部地幔圈的混合。



行星大撞击、陆地演化和板块俯冲与大气脱碳增氧的关联》李曙光

《地球保护伞的行程》罗根明

《研究大火成岩省验证泛氧假说》徐义刚

《地球深部氢气资源探索》金之钧

《深部地幔的不均一性及新物理新化学启示》李娟

主办：会议秘书处 责任编辑：李江涛
编辑：崔宇驰 杜佳宗 郭俊杰 李嘉盈 王瑜
朱津琬 曾治惟
联系方式：jtl@tongji.edu.cn
cess@tongji.edu.cn





“深部地球的富氧活动” 圆桌论坛

2021年7月7日19:30-21:30
上海富悦大酒店三楼
8号会议室

地球核-幔边界的震超低速层(D'')对地球系统的演变至为关键,但其成因至今仍存在较大的争议。此外,长期以来人们普遍认为地球深部的下地幔与地核都处于缺氧的还原状态,有关的化学组成,特别是氢和氧的分布、聚集和循环对地球表层岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的演化有重要的影响。

近年来,毛河光院士及其团队提出了一个与上述地球深部普遍缺氧认识完全不同的新假说,即在地球深部存在极度富氧的物质,正是这些富氧物质的过量累积及间歇性喷发,从而驱动了地球历史上一系列重大地质事件的发生。

围绕这一潜在的重大科学突破,会议邀请毛河光院士在大会特邀报告之余,特举办“深部地球的富氧活动”圆桌论坛,旨在为我国地球系统科学的深入研究提供新切入点。论坛将围绕地球深部富氧这一科学假说,从陆壳演化与板块俯冲、地幔柱与大火成岩省、地球深部的化学物质循环、地幔不均一性、现代大气的形成等方面展开广泛的讨论。论坛特别邀请了李曙光院士、金之钧院士、徐义刚院士、罗根明教授和李娟研究员等作重点发言,同时,也**热忱期待参加地球系统科学大会的各位同仁,积极参加本论坛,踊跃发表真知灼见,共同促进多学科交叉的学术交流和深度合作研究。**



邀请嘉宾名单及谈话主题

专家	单位	谈话主题
李曙光	中国地质大学(北京) 中国科学技术大学	行星大撞击, 陆壳演化和板块俯冲与大气脱碳增氧的关联
徐义刚	中国科学院广州地球化学研究所	研究大火成岩省验证泛氧假说
金之钧	北京大学	地球深部氢气资源探索
李娟	中国科学院地质与地球物理研究所	深部地幔的不均一性及新物理新化学启示
罗根明	中国地质大学(武汉)	地球保护伞的形成