
地质地球所揭示奥陶纪末海洋缺氧导致生物大绝灭的过程

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18967.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

地球生命的演化兴衰往复，跌宕起伏，生物所赖以生存的苛刻环境和条件使地球的宜居环境（气温、氧气等）显得弥足珍贵。显生宙曾发生了五次全球性的生物集群大绝灭事件。奥陶纪末的第一次生物集群绝灭（LOME）是显生宙第二大规模生物灭绝事件，在不到2 Myr时间内，全球就有约85%的海洋生物物种彻底告别了地球。那么，究竟是什么原因造成了这次灾难事件？

近年来的研究发现，奥陶纪末生命大绝灭可划分为两幕，并分别受控于不同的灭绝机制：第一幕灭绝（LOME-1）发生在凯迪期（Katian）和赫南特期（Hirnantian）之交，彼时气候迅速变冷，冈瓦纳大陆冰川快速扩张至低纬度地区，海平面快速下降，最终导致大规模生物绝灭；第二幕灭绝（LOME-2）发生在赫南特期中晚期，此时随着气候快速回暖，大陆冰川快速消融，冰川融水携带大量大陆风化营养物质进入海洋，促使初级生产力飙升，并进一步导致浅海区耗氧量增加，缺氧程度加剧，再次重创刚刚适应冷水环境的海洋“机会主义者”（以赫南特动物群为代表）。然而，过去绝大多数对LOME的研究主要着眼于陆棚-斜坡区富有机质沉积的古海洋环境变化，缺少对全球海洋氧化还原环境变化的约束。因此，LOME时期全球整体海洋氧化还原特征变化的特征、重要时间节点及与生命兴衰的联系仍不明确。

针对上述问题，中国科学院地质与地球物理研究所研究人员与美国耶鲁大学、斯坦福大学和中国地质大学（武汉）研究人员合作，在华南川滇交界的大凉山腹地，寻找到了完整记录晚奥陶世末生物幕式演化的连续浅水碳酸盐岩剖面——“乌科”剖面，但由于奥陶系-志留系界线地层序列是基于浮游型笔石生物带确定的，与缺乏笔石的浅水碳酸盐地层对比就存在很大困难。为此，他们通过古生物演化序列及与典型界线剖面旋回地层和碳同位素地层的对比，建立了该剖面奥陶系-志留系界线地层格架，并通过铀同位素地球化学变化和数值模拟，明确了LOME时期全球海洋缺氧面积变化与生物演化和衰落的关系。

晚奥陶世末期，受沉积相控制，我国华南地区主要发育富有机质黑色页岩，仅在赫南特期短暂发育少量碳酸盐岩沉积。而乌科剖面，不仅出露了连续的上奥陶统碳酸盐岩地层，还保存了典型的晚奥陶世浅水底栖生物的化石、生物绝灭后的微生物岩（凝块石、核形石等），以及冰期后的暖水生物（图1）。在此基础上，研究人员将乌科剖面上奥陶统顶部识别出的（七个）典型沉积旋回与具有良好笔石生物带约束的深-浅水过渡剖面“万和”剖面的旋回一一对照，同时结合碳同位素地层学（图2），准确建立起乌科剖面上奥陶统时间地层格架，为后续在华南地区对LOME时期生物与环境相互作用的研究打下了基础。

海洋碳酸盐矿物保存的 $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ (²³⁸

U) 铀同位素比值常被用于追踪地球历史上关键生物事件时期的全球海洋氧化还原环境变化。其原理概括来讲，即在低温缺氧水体系下，U(VI) 会被还原为不溶的U(IV)，其中较重的同位素²³⁸

U更倾向于沉淀进入沉积物中富集，因此会使海水的²³⁸U降低，而碳酸盐矿物可以记录当时²³⁸

U海水信号，并作为推断全球海洋缺氧面积变化的依据。基于此，研究团队选取碳酸盐晶格中的²³⁸

U信号作为重要参考指标（图3），结合多源U同位素体系质量平衡模型，识别出了晚奥陶世末期两期全球性的海洋缺氧事件和一期（赫南特早期）增氧事件（图4）。

第一期缺氧事件发生在凯迪晚期，早于LOME-1事件；而第二期发生在赫南特期中晚期，与LOME-2同步。之间为一次短暂海洋增氧事件，所对应的时间恰好是赫南特冰期快速发展直至顶峰的时期，该研究将其命名为一次氧化“快闪”事件。这一发现不仅对显生宙海洋为长期氧化的传统观点提出了重大挑战，还展示了海洋缺氧作为奥陶纪末大灭绝的驱动机制要比之前的认识更加复杂，即凯迪晚期的第一次缺氧事件中，生物的灭绝速率并不高；相比之下，与LOME-2同时发生的第二次缺氧事件却造成了广泛的生物绝灭。研究推断，这是因为两次事件海底缺氧发生的主要区域有所不同：第一次集中在深海远洋，由于栖息生物种类和体量较少，因而对生态系统影响较小；第二次缺氧水体扩张至生物聚落丰富的陆架区域，最终导致浅海底栖生物的大量死亡。

相关研究成果发表在Earth and Planetary Science Letters上。

[论文链接](#)

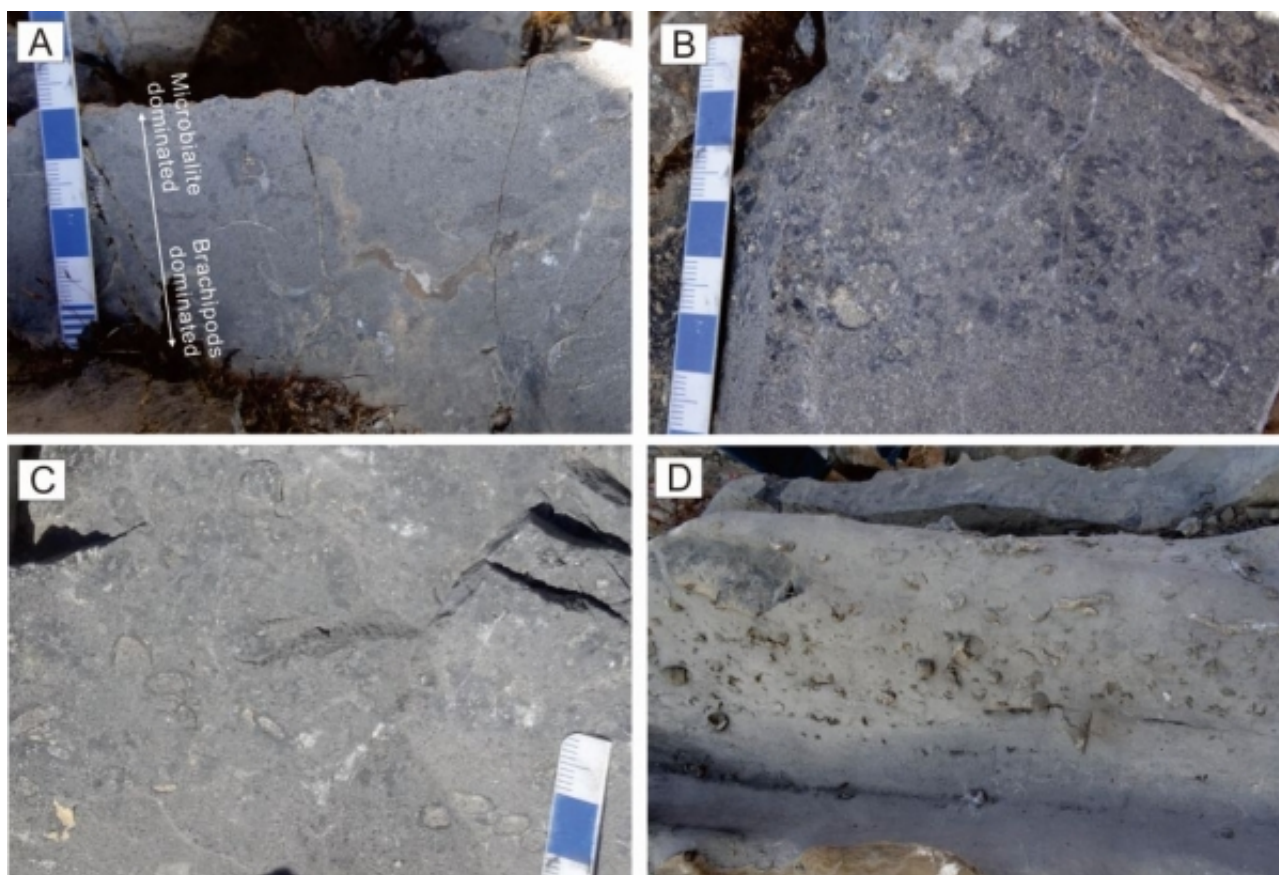


图1

乌科剖

面LOME相关层位生物演化的记录。（A）上奥陶统铁足菲克组顶部记录了从富含Hirnantia? sp.或Triplexia

sp.

腕足动物碎片逐渐向上过渡到微生物凝块岩层的现象；（B）和（C）赫南特阶中出现典型的微生物岩（凝块石、核

形石）；（D）铁足菲克组顶部出现的暖

水型四射珊瑚Lambeophyllum（略高于微生物岩层或侧向过渡）

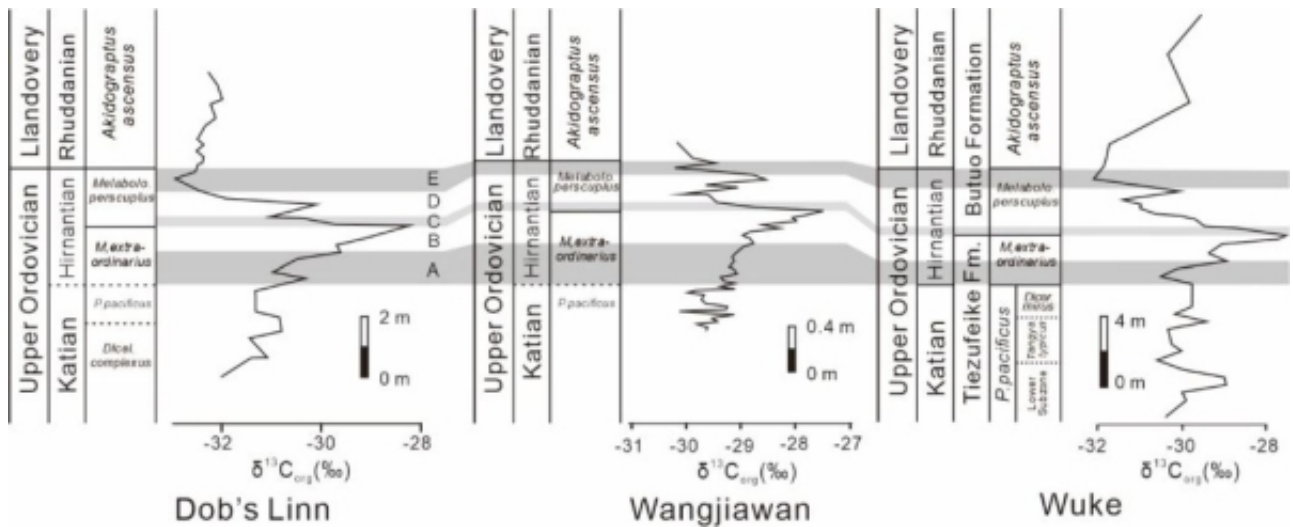


图2 乌科剖面与赫南特阶顶底GSSP剖面王家湾和Dob's Linn的碳同位素地层学对比

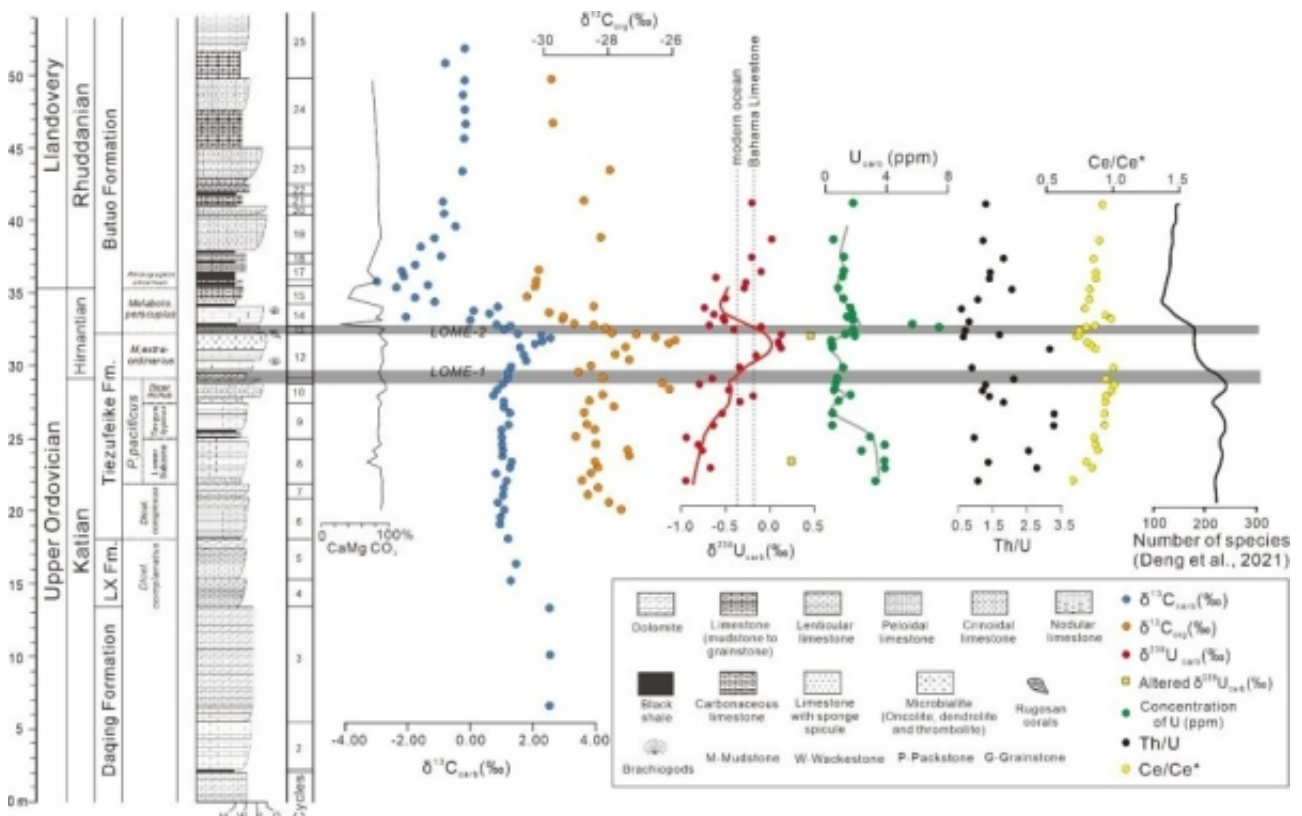


图3 乌科剖面奥陶-志留界限段岩性柱、重要的地球化学指标以及生物特征变化规律示意图，其中红色曲线为LOESS平滑校正后的U同位素值

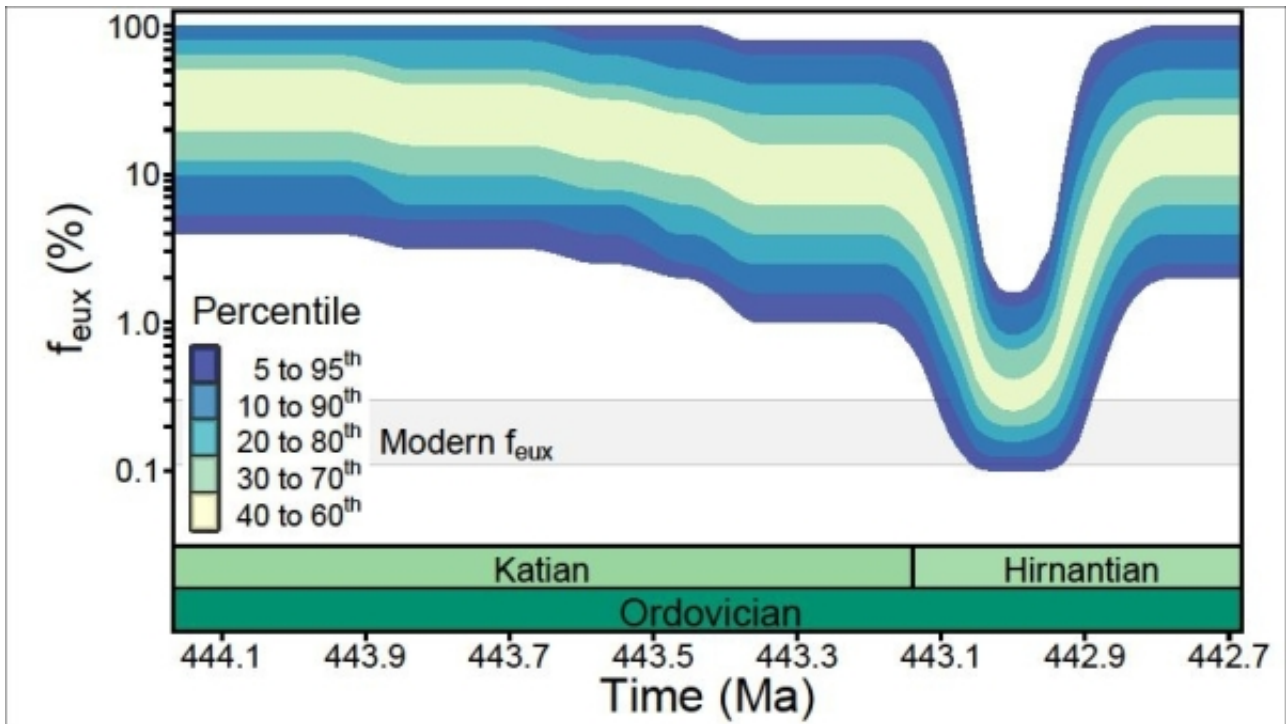


图4 基于三元U同位素模型建立的晚奥陶世末期全球海洋缺氧硫化面积 (f_{eox}) 演化结果

研究团队单位：地质与地球物理研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发