

---

# 新研究揭示五亿多年前海洋氧化的周期性机制

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37720.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！*

新研究揭示五亿多年前海洋氧化的周期性机制。1月6日，中国地质大学（武汉）地质微生物与环境全国重点实验室陈中强教授团队联合英国埃克塞特大学、南京大学团队，在《自然·地学》发表研究成果。该研究通过前沿的数值模拟方法，首次系统揭示了约5.8亿年前地球海洋氧化过程的非线性特征，指出全球海洋曾经历剧烈而规律的周期性氧化脉冲。这一发现革新了人们对早期地球环境演变模式的理解。

元古宙末期。受访者供图

该研究的核心突破在于成功构建并应用了自持振荡数值模型。团队创新性地模拟了埃迪卡拉纪中期的磷—氧—碳生物地球化学循环，将5.79亿年前的加斯基尔斯冰期与其前后的全球性增氧事件

---

直接动力学关联。模型结果表明，当时的地球系统处于一种不稳定状态，能够在缺氧与富氧两个稳态之间发生周期性振荡，周期约为500万年，且在约2000万年内至少规律性地发生了三次。

研究将这一过程形象地比喻为跷跷板机制：在富氧阶段，关键营养元素磷被锁在海底沉积物中，抑制了后续的初级产氧生产；氧气水平的下降又导致磷被重新释放回海水，为下一轮生物繁荣和产氧激增准备了燃料，从而驱动系统进入下一个循环。这种由系统内部反馈驱动的自持振荡，是首次通过数值模拟在该关键地质时期得到清晰揭示和验证。

研究的实证基础来自澳大利亚西北部依甘组的岩石记录。团队从这些岩层中提取了碳、铀等同位素数据，发现了清晰且同步的碳降铀升信号模式。这一指标显示了海洋生产力变化与氧化状态的紧密耦合关系。

数值模拟的成功之处在于，它不仅能解释我们观测到的同位素信号，更重要的是，它预测并重现了这种周期性波动的内在逻辑。李子珩博士强调，模型结果与地质记录的高度吻合，证实了‘氧气脉冲’并非随机事件，而是当时地球系统内在不稳定性的必然表现。

该模拟研究首次为早期复杂生命的爆发式出现提供了动态环境背景框架。模型显示的三次氧气脉冲高峰期，在时间上与全球最早一批复杂多细胞生物群（如我国的蓝田生物群瓮安生物群等）的繁盛期高度吻合。这表明，是地球系统自身的周期性振荡，而非缓慢的线性增氧，为生命复杂化创造了关键的机会窗口。

这项研究从根本上改变了我们的视角。陈中强指出，地球从长期缺氧向富氧状态的过渡，并非平静的‘渐变’，而是必然要经历一个充满剧烈波动的‘动荡青春期’。数值模拟帮助我们捕捉到了这一系统转换期的本质规律。

此前，该团队在《自然·通讯》上发布了自主研发的自持振荡数值模型框架，本次研究成功将该模型应用于更古老的地质历史事件解析，并取得了实证支持和延续性突破，展现了数值模拟在深时地球科学研究中的强大能力。

陈中强介绍，自持振荡数值模型框架不仅仅是对特定地质事件的重建，更构建了一个理解复杂地球系统行为的通用框架，它能将复杂地球系统简化为由关键物质循环构成的微分方程组，让地球的动态行为对应方程解的稳定性特征；系统稳定性取决于内部结构，在外部驱动力作用下，稳定性变化意味着系统可能跨越关键临界点，进而触发周期性振荡或状态突变。这一视角不仅有助于解读地球历史中的重大转变，也为认识当代地球系统演变提供重要启示。（来源：中国科学报 李思辉 刘琳）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41561-025-01883-1>

作者：陈中强等 来源：《自然—地学》

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

---

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