

2.5亿年前,地球上最严重的一场生物灾难席卷全球——超过八成海洋物种、七成陆地脊椎动物消失。长期以来,科学界普遍认为,北半球西伯利亚的大规模火山喷发是这场灾难的“元凶”。然而,近日云南大学牵头的一项最新研究表明,这场灭绝的重要环境指标碳—硫循环扰动并非全球同步爆发,而是经历了分阶段、区域性爆发的过程。相关成果发表于国际著名学术期刊《美国科学院院刊》(PNAS),揭示了远古陆地生态危机从“局部失衡”走向“全球系统性危机”的演化机制,也为今天的气候变化研究提供了重要警示。

2.5亿年前一场“森林倒塌” 如何演变成全球性灾难



二叠纪晚期「华夏植物群」——大羽羊齿类植物为主的森林植被系统。

1

一场「森林倒塌」：远古生态的连锁反应

来自云南大学植物古生态团队的研究显示,在二叠纪与三叠纪过渡时期,古赤道地区的森林生态系统经历了突发性崩溃。科研人员在贵州冷清沟剖面钻孔岩芯中发现,植物群的剧烈衰退伴随着碳、硫同位素信号的强烈异常——标志着区域性碳—硫循环被打乱。

团队负责人研究员冯卓介绍,化石记录显示,昔日繁盛的“华夏植物群”曾如同现代热带雨林般覆盖华南地区。随着环境胁迫增强(例如频繁野火),森林系统逐渐退化,最终跨越生态阈值而全面崩溃。取而代之的,是以石松类等草本型植物为主的低矮植被体系。

“森林的崩塌带来了连锁效应。”论文第一作者副研究员陈剑波说,“失去森林根系‘抓握’后,土壤、岩石和矿物质被迅速冲刷,大量硫酸盐被带入盆地,导致硫同位素值迅速下降,扰乱了区域的硫循环和水体化学条件等,使得生态失衡被进一步放大,推动了区域环境恶化。”

2

从南到北：灭绝并非「同时发生」

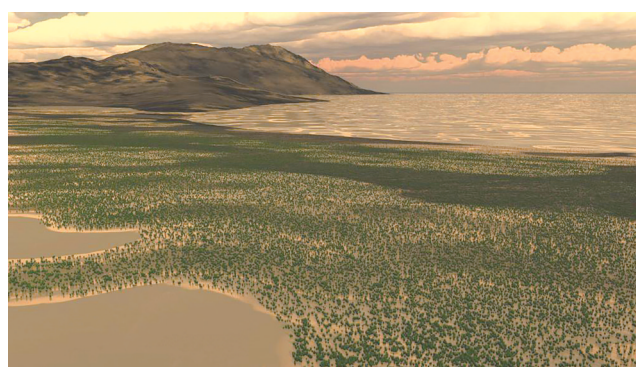
研究团队进一步将冷清沟剖面的结果与南半球高纬度地区的澳大利亚悉尼盆地进行对比。两地均记录到植被系统崩溃与碳—硫循环异常的现象,但时间上存在约60万年的差异——南半球的生态危机比北半球早得多。

“这意味着二叠纪末的环境危机不是一场全球瞬时打击。”冯卓说,“不同地区的生态系统在先后跨越阈值后逐步失稳,并在区域之间叠加放大,最终演变为全球性危机。”

当前研究提出的“区域性植被破坏后的风化反馈”机制凸显了在全球气候变化背景下,碳—硫循环是陆地生态系统阈值的重要参考,同时,证实大规模的“森林倒塌”可对区域环境造成极其深远的影响。

3

当森林倒下,整个生态系统随之失衡



早三叠世“华夏植物群”灭绝后——草本石松类为主的植被系统。

本研究是首次对二叠纪—三叠纪过渡期非海相地层开展了单矿物(黄铁矿)的多硫同位素分析。相较传统的硫同位素地球科学研究主要依赖于2个稳定同位素的比值,多硫同位素分析方法通过同时测量4种稳定同位素,能够更精准地追踪硫的来源与转化路径。

“过去20多年来,多硫同位素技术为地球科学研究提供了前所未有的高维信息,就像为地球历史研究配备了‘高维显微镜’,让我们看到过去看不清的细节。”陈剑波说。借助这一方法,科研人员明确了区域硫循环异常的成因,厘清了

全球与地方信号的差异。

专家指出,这一成果不仅为理解二叠纪末生物大灭绝提供了新的视角,也为当代气候研究提供了深刻启示:森林系统一旦跨越生态安全阈值,其引发的连锁反应可能远超预期。

“远古的教训告诉我们,一片森林的消失,可能撬动整个地球生态系统的平衡。”冯卓说,这项对远古灾难事件的研究,为当今人类可能面临的环境危机提出了预警:一片森林的消失可能会触发严峻且不可预测的环境反馈,区域性森林系统的稳定对整个地球的健康至关重要。

文图均据新华社