

### 研究揭示大陆风化作用增强诱发泥盆纪末生态危机

2023-06-30 来源：南京地质古生物研究所

【字体：大 中 小】 语音播报

中、晚泥盆世，随着森林系统和种子植物的出现，复杂陆地生态系统得以建立，形成了地球生命演化史中继生命起源、寒武纪海洋生物大爆发之后的一次重要生物演化事件，并对地球表层系统产生重要影响。

陆地植物通过增强岩石与矿物的物理与化学风化，增加有机碳库和促进水循环，逐渐改变大陆地形地貌、地表元素循环过程和海洋沉积物类型，最终引发一系列的气候与海洋环境变化，如气候变冷、海水富营养化和死亡地带增加等。然而，早期陆地植物演化是否曾导致大陆风化作用的显著增强，以及能否对地球表层实现快速而大幅度地改造，引发争论。

泥盆纪-石炭纪之交是地质历史演化关键转折期之一。随着种子植物起源与多样化，大气二氧化碳分压(pCO2)急剧下降，全球气候变冷，海洋碳-氮循环异常，海水发生大范围缺氧，同时发生显生宙以来最大的生物灭绝事件之一，即泥盆纪末Hangenberg生物灭绝事件。

这次集群灭绝事件具有“瞬时性”和多幕式特点，持续时间为10-30万年，以短时间内极高的生物灭绝率为特征，最终导致海洋生物属一级的灭绝率达50%，层孔虫后生动物生物礁彻底消亡和盾皮鱼类灭绝。同时，这次事件对应晚古生代最早的冰川记录和“温室地球”向“冰室地球”的关键转折，为探索地史时期极端气候环境条件下的陆地-海洋-生物-环境相互作用提供了重要研究实例。

关于该事件的诱因和机制，前人曾提出多种假说，如海洋缺氧、气候变冷、海平面快速升降、火山喷发以及多种环境因素综合作用等。部分学者则提出“泥盆纪植物假说”，即泥盆纪晚期陆地森林的大量出现和植物根系的发育，促进陆表风化作用和成土作用，改变地表径流及元素循环，大量营养元素的涌入导致海洋表层藻类繁盛、海水缺氧，最终导致海洋生态系统的崩溃。然而，这一复杂的海-陆-气相互作用目前停留在假说阶段。究其原因，该假说缺少大陆硅酸盐风化增强、营养盐供应增大这一关键一环的实质证据。

近日，中国科学院南京地质古生物研究所研究员邵文昆、助理研究员张俊鹏等，与中国地质大学(武汉)、南京大学、美国辛辛那提大学和英国伦敦大学学院等合作，对我国四川龙门山泥盆系-石炭系界线剖面开展系统的地质学、沉积学和地球化学综合研究。研究重建了这一时期大陆风化作用、古海洋溶解磷酸盐含量与碳循环的动态变化，并为“泥盆纪植物假说”提供关键的地质证据和模型结果支撑。相关研究成果发表在《地球物理研究通讯》(Geophysical Research Letters)上。

四川龙门山剖面保存了全球为数不多的、完整且连续的浅海相泥盆系-石炭系界线碳酸盐岩序列。研究人员应用Pearson相关性分析，依次排除非成岩性、陆源粘土矿物输入与成岩作用的影响，证实碳酸盐岩锂同位素δ7Li在事件层位呈现~8‰的负向偏移，同时碳酸盐结合态磷酸盐(Carbonate-Associated Phosphate, CAP)、δ13Ccarb和δ13Corg记录亦同步呈现出相应的变化特征，表明海洋锂循环发生异常、海洋溶解磷酸盐含量快速上升和陆源轻碳的大量输入(图1)。

海洋锂-碳循环耦合模型进一步表明：单一的热液和河流输入通量变化无法引起δ7Li这一显著变化，而前者的通量发生明显变化的时间尺度通常在5-10个百万年，因此河流输入通量和河水同位素组成必须同时发生变化(图2)；δ7Li和碳酸盐结合态磷酸盐记录揭示泥盆纪-石炭纪之交大陆风化作用显著增强，且表现出两幕式变化特征，即事件发生前的10万年，河流锂通量初步增加，海洋磷酸盐含量逐步升高，而Lower Hangenberg事件期间，河流锂通量大幅度增加，海洋磷酸盐含量大幅度上升，锂循环模型显示方案III(δ7Liriv=6‰, τ=0.25×present, F=2×Friv+4×Friv)更符合现有的地质记录(图2)；δ13Ccarb在Hangenberg事件之前与Lower Hangenberg事件层位表现为负向偏移特征，在Upper Hangenberg事件层位则表现出约4.5‰的正向偏移，代表显生宙以来最大碳同位素偏移事件之一(图3)。碳循环模型显示随着河流陆源输入增强，碳同位素表现出负向偏移，其后随着营养元素水平提高，初级生产力提高和海洋有机碳的大量埋藏，δ13Ccarb最终在Upper Hangenberg事件层位表现出显著的正向偏移特征。

研究表明，早在人类活动诞生之前的3.58亿年前，地球生命(植物)演化已在十万年时间尺度上对地球表层系统产生了重大的、不可逆的影响(“移天换地”，改变大气圈组成，促进土壤圈成型，形成现代意义上的地球关键带)。作为显生宙以来海洋中最大生物集群灭绝事件之一的Hangenberg事件，不过是泥盆纪晚期种子植物向大陆内部快速“入侵”过程中产生的附带伤害，体现了陆地植物登陆后地球表层复杂的陆-海-气相互作用。

研究工作得到国家自然科学基金委员会、科学技术部、中国科学院、国家留学基金管理委员会及欧洲研究理事会的支持。

论文链接

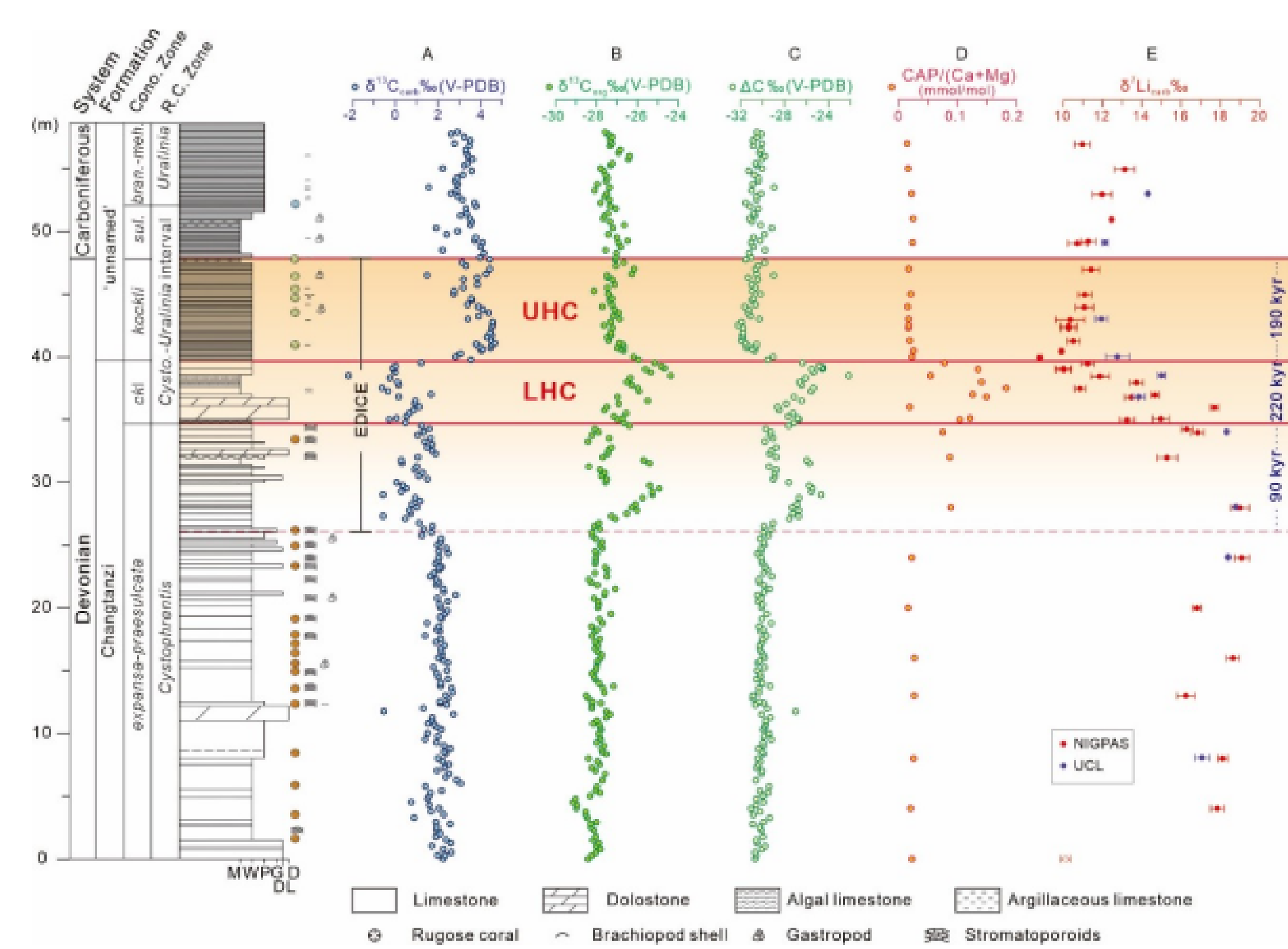


图1.四川龙门山泥盆系-石炭系界线剖面δ13Ccarb和δ13Corg记录、CAP含量和δ7Li记录

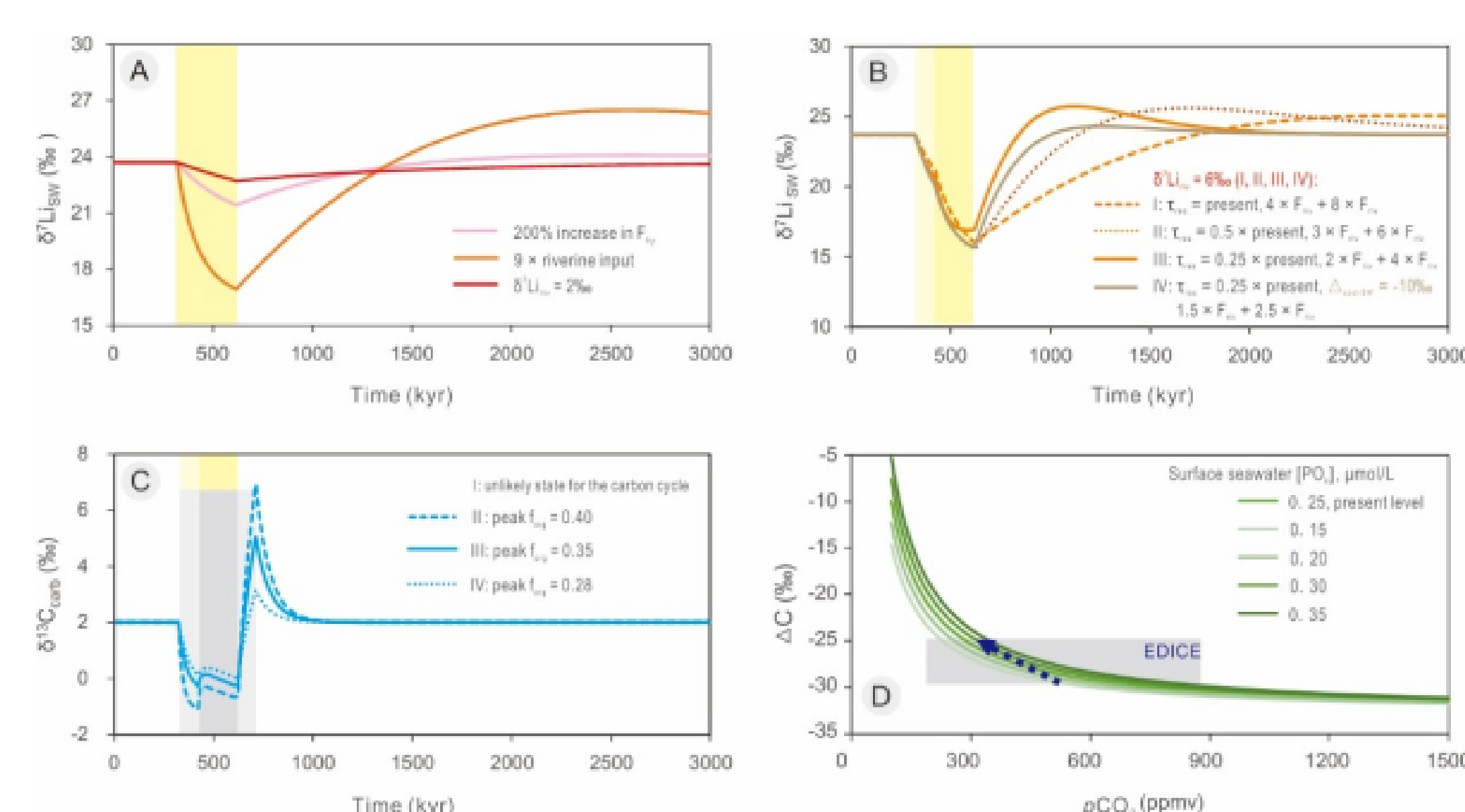


图2.泥盆纪-石炭纪之交海洋碳-锂循环模拟结果

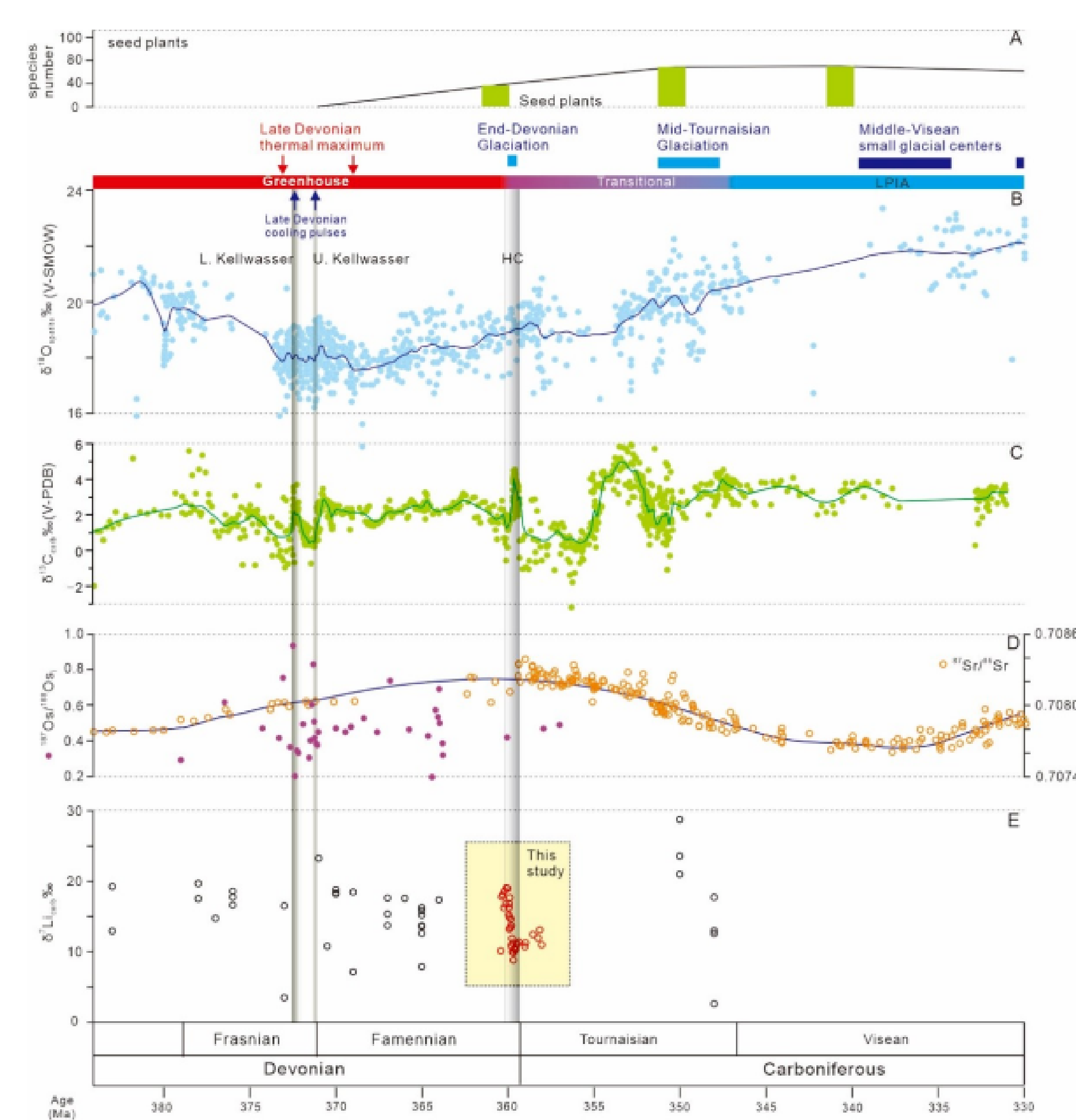


图3.中泥盆世-早石炭亚纪陆地种子植物丰富度、气候环境与地化指标综合对比图

责任编辑：侯茜 打印 更多分享

- 上一篇： 里德堡离子实验发现研究获进展
- 下一篇： 理化所在氮掺杂非交联纳米带非线性光学材料方面获进展



扫一扫在手机打开当前页

