



新闻动态

您现在的位置: 首页 > 新闻动态 > 学术前沿

- 图片新闻
- 头条新闻
- 通知公告
- 学术活动
- 综合新闻
- 科研动态
- 研究亮点
- 学术前沿

## Nature: 重新厘定“大氧化事件”

2021-05-21 | 【大 中 小】 【打印】 【关闭】

所谓的“大氧化事件” (Great Oxidation Event) 是指发生在24亿年前至20亿年前期间, 地球大气中氧气 ( $O_2$ ) 第一次大幅度升高的现象。该事件发生之后, 地球的表生环境发生了翻天覆地的变化, 为之后真核生物的诞生、演化以及动植物的生存提供了宜居环境。因此, 围绕“大氧化事件”的研究是近些年地学研究的热点问题。其中地球大气氧气的演化轨迹一直是学术界争论的焦点问题 (Lyons et al., 2014)。

“大氧化事件”的起始时间一直是个谜, 直到Farquhar et al. (2000)发现古老地层 (20.9亿年之前) 中的含硫矿物中具有显著的硫同位素的非质量相关分馏 (可表示为 $\Delta^{33}S > 0$ 或 $\Delta^{33}S < 0$ ), 而20.9亿年至今含硫矿物的硫同位素的非质量相关分馏就消失了 (可表示为 $\Delta^{33}S = 0$ )。产生硫同位素非质量相关分馏的机理是与火山中的含硫气体 ( $SO_2$ ,  $H_2S$ ) 在地球大气中经过光化学反应的结果 (图 1), 而当大气氧气浓度高于或等于现代氧气水平的0.001%时, 这种硫同位素的非质量相关分馏就不复存在 (Pavlov and Kasting, 2002)。自此, 地球化学指标硫同位素的非质量相关分馏的存在与否与大气氧气浓度高低直接关联, 也为判断“大氧化事件”的起始时间的确立提供了有力的工具。借助这一地化指标, 经过众多学者不断的细化工作, 尤其是针对南非Eastern Transvaal盆地的古老沉积岩的研究工作, 硫同位素非质量相关分馏现象第一次消失的时间被确定在23.2亿年前, 这也被认为是地球大气由还原转变为氧化的起始时间 (Luo et al., 2016)。

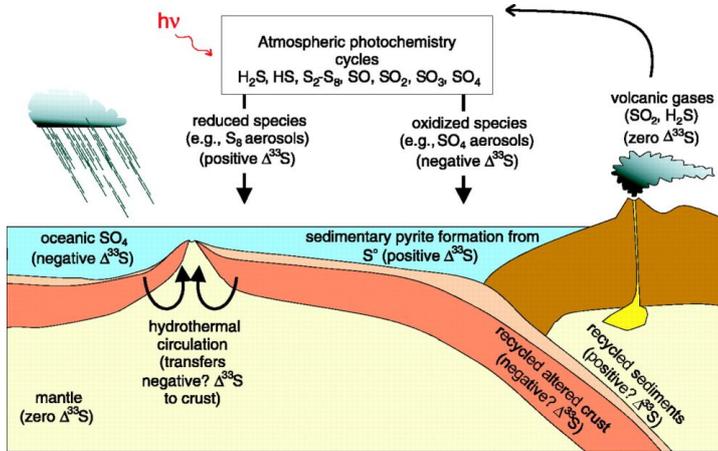


图1 早期地球的硫同位素非质量相关分馏发育模式 (Farquhar et al., 2002)

同样是围绕南非Eastern Transvaal盆地这一得天独厚的古老沉积岩, 利用硫同位素非质量相关分馏这一指标, Poulton et al. (2021)进一步对“大氧化事件”现有模式提出了修正。作者不但在23.2亿年前发现硫同位素非质量分馏消失的现象, 还在其后的一亿年间发现了硫同位素非质量分馏重现的现象 (图2)。实际上, 在同时期其它地区的地层中发现了类似现象, 但是并不认为其与大气的氧气浓度的变化有关系, 而是古老沉积物再循环导致的 (Philippot et al., 2018)。但是, Poulton等通过对于黄铁矿的矿物学观察和数据分析, 首先排除了古老沉积物再循环加入的可能性, 确定了硫同位素非质量分馏的重现是与大气中氧气水平急剧降低是相关联的。也就是说在23.2亿年前-22.2亿年前, 地球大气并没有完全成为氧化的大气, 氧气浓度在大气中剧烈波动, 这期间是一个向氧化大气演化的过渡阶段。

这个解释也就颠覆了我们之前关于“大氧化事件”的认识, 将大气氧气完全氧化的时间又向后推迟了1亿年, 即在最后一次冰期之后的Lomagundi事件发生时期 (22.2亿年前和20.6亿年前)。“Lomagundi事件”是无机碳同位素 ( $\delta^{13}C$ ) 呈现为地质历史时期前所未有的高值 (可达10‰), 被解释为有机质的大量埋藏, 进而造成大气氧气的急剧增加 (Bekker and Holland, 2012), 持续时间大约为一亿年。相对于传统定义的长时间尺度的“大氧化事件 (Great Oxidation Event)”, “Lomagundi事件”被作者定义为“大氧化片段 (Great Oxidation Episode)” (图2)。

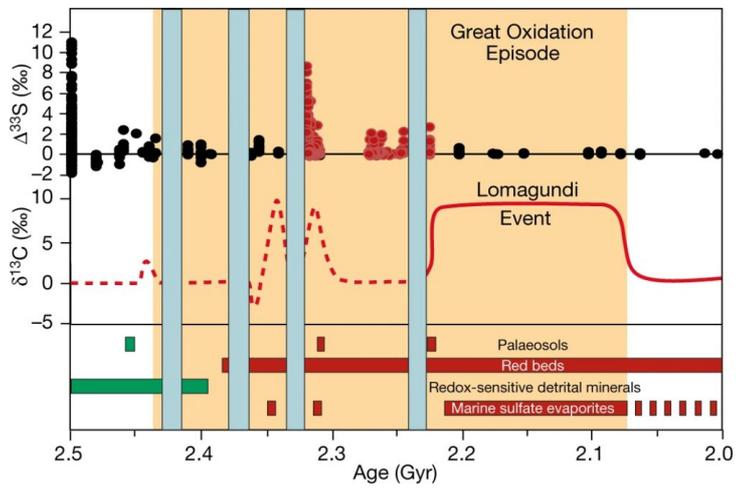


图2 25亿年前至20亿年前地球化学数据及地质记录汇总 (Poulton et al., 2021)。棕色区域代表的是传统意义上的“大氧化事件”

作者进一步提出大气氧气的剧烈的波动是直接导致冰期发育的元凶。直接的原因是大气中氧气 ( $O_2$ ) 升高直接导致早期地球大气主要还原气体甲烷 ( $CH_4$ ) 的急剧减少, 破坏了地球系统的平衡, 导致地球温度的急剧降低, 直到冰期的发生。当最后一次冰期结束后, 稳定氧化大气的建立造成之后15亿年间地球没有大规模冰期的发育, 直到新元古代“雪球地球”的到来。

#### 主要参考文献

Bekker A, Holland H D. Oxygen overshoot and recovery during the early Paleoproterozoic[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2012, 317: 295-304.

Bekker A, Holland H D, Wang P L, et al. Dating the rise of atmospheric oxygen[J]. *Nature*, 2004, 427(6970): 117-120.

Farquhar J, Bao H, Thiemens M. Atmospheric influence of Earth's earliest sulfur cycle[J]. *Science*, 2000, 289(5480): 756-758.

Farquhar J, Wing B A, McKeegan K D, et al. Mass-independent sulfur of inclusions in diamond and sulfur recycling on early Earth[J]. *Science*, 2002, 298(5602): 2369-2372.

Luo G, Ono S, Beukes N J, et al. Rapid oxygenation of Earth's atmosphere 2.33 billion years ago[J]. *Science Advances*, 2016, 2(5): e1600134.

Lyons T W, Reinhard C T, Planavsky N J. The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere[J]. *Nature*, 2014, 506(7488): 307-315.

Pavlov A A, Kasting J F. Mass-independent fractionation of sulfur isotopes in Archean sediments: strong evidence for an anoxic Archean atmosphere[J]. *Astrobiology*, 2002, 2(1): 27-41.

Philippot P, Ávila J N, Killingsworth B A, et al. Globally asynchronous sulphur isotope signals require re-definition of the Great Oxidation Event[J]. *Nature Communications*, 2018, 9(1): 1-10.

Poulton S W, Bekker A, Cumming V M, et al. A 200-million-year delay in permanent atmospheric oxygenation[J]. *Nature*, 2021: 1-5. (原文链接)

(撰稿: 冯连君/科技平台)