

晚泥盆世 F-F 之交灭绝事件的主要控制因素探讨

冯山山

(成都理工大学 610059)

摘要: 本文的研究聚焦于晚泥盆世佛拉期-法门期 (F-F) 之交的生物灭绝事件, 通过在前人研究的基础上进行深入探讨, 本文以时间尺度为导向, 系统梳理了事件发生的一系列证据, 旨在揭示造成晚泥盆世生物大灭绝的主要原因。F-F 之交生物灭绝事件作为五大生物灭绝事件之一, 呈现出多幕式、多周期、多因素等特点。经深入研究分析, 在频繁发生的海平面升降、海底热液活动以及不同规模的火山作用在 F-F 之交期间的联合作用下, 共同导致了海水缺氧、海水酸化、海水温度降低以及全球气候变冷等异常现象的发生, 直接或间接对生物界产生了严重的影响, 导致了大规模的物种消亡。通过本文, 期望为解释晚泥盆世生物大灭绝事件的原因提供更为完整和深入的认识。这对于我们理解地球历史上生物演化和环境变迁的重要时刻具有重要意义, 也为今后面对类似问题时提供了有益的参考、提供新的视角。

关键词: 晚泥盆世、F-F 事件、生物灭绝

1. 前言

在漫长的地球发展史中, 生命从无到有, 经历了五次重大灭绝事件, 本文主要对第二次生物大灭绝事件进行阐述与剖析, 理清时间线与原因。晚泥盆世发生的第二次生物大灭绝, 称为 F-F 事件, 可划分出下、上 Kellwasser 两个事件层。目前多认为, F-F 事件发生时间不晚于 371.78Ma, 上 Kellwasser 事件层为 200Kyr^[1,2], 下 Kellwasser 事件层为 150Kyr^[1]。对于泥盆纪的研究, 自 19 世纪中叶开始, 至今已有 170 多年, 最初研究方法主要是通过直接观察生物化石和地质路线调查等方法来进行研究, 如今研究方法与手段在不断创新改善, 可以更加精确的获得生物化石的年龄。自研究至今, 国内学者不断对泥盆系进行研究与完善, 并对造成第二次生物灭绝事件的原因提出了很多种假说。F-F 事件背景复杂, 处于剧烈多变的全球性气候环境变化背景之中。本文主要探究造成 F-F 灭绝事件的主要原因及其控制因素进行阐述, 了解过去的最终目的是为了能够更好地预测未来, 合理预测自然灾害。

2. F-F 之交灭绝事件主要控制因素

2.1 海洋水体缺氧与酸化

海平面的上升与下降与浅水低栖生物的生存环境相关联。浅水底栖生物适应好氧水体环境, 而海平面的下降会直接缩小其栖息空间, 同时还会造成陆架转折处最低含氧带 (oxygen minimum zone OMZ) 的扩大, 从而进一步影响浮游生物; 海平面的上升会直接形成海水垂向分层, 将缺氧水体空间扩大至原浅水区域, 引发陆架上

缺氧, 降低气候温度。发生在泥盆纪-石炭纪 (DC) 之交的 Hangenberg 事件揭示了早泥盆世的海水环境, 刘翠嗣 (2019) 对华南隆安、其林寨和马栏边三条剖面, 利用碳-氮-硫稳定同位素和 I/Ca 比等手段, 显示了碳循环异常 $\delta^{15}\text{C}_{\text{carb}}$ 和有机碳同位素 $\delta^{15}\text{C}_{\text{org}}$ 正偏、氮循环异常 $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$ 以及硫循环异常 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CAS}}$ 的负偏, 种种实验结果都反映了 D-C 之交时期海洋水体不同程度的缺氧环境, 奠定了 F-F 灭绝的前期缺氧环境^[3]。目前有较多学者支持缺氧黑色页岩与上 Kellwasser 事件相关联的观点, 王玉珏等 (2020 年) 整理了 155 处 F-F 界线剖面的黑色岩点, 证明了该时期可能具有区域性的海洋缺氧事件^[4]。Johnsoon 等 (1985) 基于劳伦西亚大陆的层序地层研究, 识别出 F-F 事件包含两次海进与海退事件, 而黑色页岩的形成正好与海侵环境相对应^[5]。

海洋是海洋生物赖以生存的环境, 海底的热液活动、过量的 CO₂ 和甲烷以及其他温室气体的释放会改变海洋水体的酸碱平衡, 降低水体 PH 值从而影响生物的生长与繁衍, 甚至导致生物大量灭绝。曾剑威等 (2011) 通过杨堤剖面的 REE 特征揭示出 F-F 界线之下存在明显的热液作用, 并且在中国华南和世界其他地方均有证据证明 F-F 之交存在热液活动。海底热液流体所携带的重金属和有毒元素无疑会影响海洋水体环境, 造成海洋酸化、水体富营养化以及缺氧等重大环境问题, 而这些环境问题直接导致了该时期生物的灭亡^[6]。

2.2 气候与温度

气候的变化与海水的温度也是影响着生物生存、分

布和演化的重要因素,气候变冷与海水温度下降都会直接影响动植物的生存环境,频繁的气候变冷使得生物一步步走向灭亡。海平面升降改变的不仅仅只有海水的酸度,还包括温度、含氧量等生物生存所需条件。

在 F-F 之交事件期间气候存在多次骤变的情况,并且在该时期地球进入了长达一亿年的卡鲁冰河时期,研究表明,当时南北半球的冈瓦纳泛大陆和劳伦泛大陆曾相对靠近,且分布在赤道附近。这一地理格局导致热带暖流的消失,使得寒冷且缺氧的海水流向赤道邻近的浅海区域。由此导致该地区的喜暖动物面临毁灭性的影响,而高纬度地区和深水海域却未受到同等影响^[7]有学者通过对腕足类壳体或牙形石的氧同位素 O^{16} 与 O^{18} 比值的测定发现,当时的气候曾经发生过变冷。具体而言,牙形石氧同位素的记录表明,在下、上 Kellwasser 事件发生之前,海水平均温度达到了 $35.5^{\circ}C$;而在事件发生后,海水平均温度下降了 ($3^{\circ}C-7^{\circ}C$),约 $28^{\circ}C$ 的温差对海洋生物的影响是极大的^[4]。王勋(2018)针对晚泥盆世古海洋环境进行约束,通过 Zn、Sr 等同位素方法标定古气候古环境,认为气候变冷造成浅水狭温性动物遭受灭亡,同时气候变冷使海平面发生下降^[8]。

2.3 火山活动与陨石撞击

不同规模的火山-构造运动和不同大小粒径的陨石会对地球造成不同程度的影响和破坏。在 F-F 事件发生时期有多次火山活动与陨石撞击的证据,其中热液活动与火山-构造活动之间存在着密切的关系,在广西和湖南地区紧靠大灭绝上、下地层中,发现地层中 Ni、Ir、Ce、La、Sr 几种元素含量异常,特别是亲铜元素的存在,这些都是海底裂谷引起火山喷发或热液流出的结果。晚泥盆世主要发生的火山活动包括西伯利亚 Yakutsk-Viluyi 大火成岩省、俄罗斯台地 Pripyat-Dnieper-Donets (PDD) 和 Kola 大火成岩省。经放射性同位素年龄研究表明 Yakutsk-Viluyi 和 PDD 两次火山事件分布发生在 F-F 之交事件的前后两个重要节点。由此可见大规模的火山活动是导致海洋环境恶劣的重要因素^[9]。

陨石撞击假说在早期得到较多学者支持,其依据是在瑞典发现直径约 52 千米的 Siljan 陨石坑,此外在其他地方也有陨石坑的发现。但是经后来研究发现 Siljan 陨石坑发生事件在 $377 \pm 2Ma$,早于 F-F 事件发生时间 ($372.2 \pm 1.6Ma$)^[9]。但此次陨石撞击事件对地球产生的破坏是否对 F-F 事件产生影响还待证明。

3. 结论

本文在通过在前人研究的基础上进行深入探讨,以时间尺度为导向,系统梳理了 F-F 之交事件的时间顺序及对应事件的一系列证据,揭示造成晚泥盆世 F-F 之交生物大灭绝的主要原因是频繁发生的海平面升降、海底热液活动以及不同规模的火山作用在 F-F 之交期间的联合作用下,共同导致了海水缺氧、海水酸化、海水温度降低以及全球气候变冷等异常现象的发生,直接或间接对生物界产生了严重的影响,导致了大规模的物种消亡。研究生物灭绝的意义在于更好的了解生命与环境的演化历程,期望为今后面对类似问题时提供了有益的参考、提供新的视角。

参考文献:

- [1]De Vleeschouwer D, Da Silva A C, Sinnesael M, Chen D Z, Day J E, Whalen M T, Guo Z H, Claeys P. 2017. Timing and pacing of the Late Devonian mass extinction event regulated by eccentricity and obliquity. *Nature communications*, 8(1): 2268.
- [2]Huang C, Gong Y. 2016. Timing and patterns of the Frasnian-Famennian event: Evidences from high-resolution conodont biostratigraphy and event stratigraphy at the Yangdi section, Guangxi, South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 448: 317 — 338.
- [3]刘肇嗣. 泥盆纪—石炭纪之交生物大灭绝期生物地球化学循环及其环境背景[D]. 中国地质大学, 2019.
- [4]王玉珏;梁昆;陈波;宋俊俊;郭文;乔丽;黄家园;郑文昆. 晚泥盆世 F-F 大灭绝事件研究进展[J]. 地层学杂志, 2020, 44(03): 277-298.
- [5]Johnson J q Klapper q Sandberg C A. 1985. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geological Society of America Bulletin*, 96(5): 567 — 587.
- [6]曾剑威;徐冉;龚一鸣. 泥盆纪 F-F 之交海底热液活动与海洋酸化: 来自稀土元素的证据[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(08): 1089-1099.
- [7]冯伟民. 泥盆纪晚期生物大灭绝[J]. 化石, 2021(02): 42-45.
- [8]王勋. Cu、Zn、Sr 同位素在寒武纪生命大爆发和晚泥盆世生物大灭绝时期古海洋环境中的应用[D]. 中国地质大学(北京), 2018.
- [9]Svensson N B. 1971. Probable meteorite impact crater in central Sweden. *Nature Physical Science*, 229(3): 90