

质火山-侵入杂岩特征与成因. 高校地质学报, 6(4): 487-498

王德滋, 周新民. 2002. 中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩成因与地壳演化. 北京: 科学出版社, 22-38

王孝磊. 2017. 花岗岩研究的若干新进展与主要科学问题. 岩石学报, 33(5): 1445-1458

王晓霞, 王涛, 柯昌辉, 杨阳, 李金宝, 李洪英, 齐秋菊. 2014. 秦岭晚中生代花岗岩的 Nd-Hf 同位素填图及其对基底和钨矿的约束. 矿床地质, 33(S1): 285-286

吴福元, 刘志超, 刘小驰, 纪伟强. 2015. 喜马拉雅淡色花岗岩. 岩石学报, 31(1): 1-36

吴福元, 刘小驰, 纪伟强, 王佳敏, 杨雷. 2017. 高分异花岗岩的识别与研究. 中国科学: 地球科学, 47(7): 745-765

谢家莹, 陶奎元. 1996. 中国东南大陆中生代火山地质及火山-侵入杂岩. 北京: 地质出版社, 1-2

徐夕生, 周新民, 王德滋. 1999. 壳幔作用与花岗岩成因——以中国东南沿海为例. 高校地质学报, 5(3): 240-250

翟明国. 2017. 花岗岩: 大陆地质研究的突破口以及若干关键科学问题——“岩石学报”花岗岩专辑代序. 岩石学报, 33(5): 1369-1380

张少兵, 郑永飞. 2011. 低 $\delta^{18}\text{O}$ 岩浆岩的成因. 岩石学报, 27(2): 520-530

(本文责任编辑:刘莹;英文审校:张兴春)

• 亮点速读 •

营养盐输入促成二叠纪末海洋大规模缺氧环境的形成

距今约 2.52 亿年的二叠/三叠纪之交发生了地质历史时期最为严重的全球生物大灭绝事件,在很短时间内造成了超过 80% 的海洋生物和 70% 的陆地生物的灭绝。众多地球化学记录表明,海洋缺氧环境的大规模扩张是造成晚二叠世生命大灭绝的重要原因,但目前对于全球海洋局部缺氧形成和大规模扩张机制尚不清楚。最近的研究推测,海洋磷(调控海洋生产力关键元素)库存量的变化是驱动初期海洋局部缺氧环境形成的主要控制因素,不过这种假设至今仍未得到证实。

针对这些问题,英国利兹大学的研究团队通过对挪威斯瓦尔巴特群岛德塔达伦(Deltadalen,位于距离大陆较近的陆架地方)和费斯汀(Festningen,位于距离大陆较远的陆架地方)两个地层剖面开展了二叠-三叠系界线剖面海洋缺氧状态的时空模式研究,论

证了二叠-三叠系界线剖面海洋缺氧状态时空模式和海洋磷存量变化的关系。多种地球化学指标显示,在晚二叠世生物灭绝之前,靠近大陆的海洋陆架(Deltadalen)出现了贫氧现象,而在生物灭绝期间(Deltadalen)陆架变成了硫化海洋,同时贫氧或者铁化海洋逐渐延伸到更远的陆架地方(Festningen),直到早三叠世生物灭绝之后整个海洋陆架仍处于缺氧状态。作者依据不同形态的磷数据解析了全球海洋局部缺氧环境的形成和大规模扩张机制,即在生物大灭绝之前,西伯利亚地幔柱的火山喷发导致大陆风化作用加强,迅速增强的大陆风化作用能够将地表巨量的离子和营养盐(如磷)输送至海洋,从而引发洋陆架局部富营养化和缺氧。但是,海水的非硫化状态有效地使磷和有关含铁氧化物进入沉积物中,从而限制了海水的富营养化

和缺氧环境的规模扩张。海洋大灭绝发生前陆地植被系统的崩塌引起陆源输入铁和硫酸盐通量的相对比例失衡,使海洋由缺氧环境转变成硫化环境状态,激活了封存在沉积物中的生物活性磷被释放到海水中,从而引起陆架海洋无氧环境规模的扩张,引起晚二叠世海洋生物大规模灭绝。

正如生态模型预测的那样,海洋环境的恶化早于生物大灭绝事件。最早发生于北方浅海水域的贫氧或缺氧水体的进一步发展,是随后发生的生物大灭绝事件的前奏。该研究解释了西伯利亚岩浆活动、增强的风化作用和主体灭绝事件在时间上的差异。这些影响广阔海洋大陆架,并曾是古生代生物多样性避风港的氧化还原条件,在二叠纪末对许多物种而言不仅不再安全,而且已经变得十分有害。

[以上成果发表在国际著名地学期刊 *Nature Geoscience* 上: Schobben M, Foster W J, Sleveland A R N, Zuchuat V, Svensen H H, Planke S, Bond D P G, Marcellis F, Newton R J, Wignall P B, Poulton S W. 2020. A nutrient control on marine anoxia during the end-Permian mass extinction. *Nature Geoscience* 13: 640-646.]

(袁超 编译)