

Lomagundi-Jatulian 事件在华北克拉通的记录

汤好书¹, 陈衍景^{2*}, 赖勇², 武广³, 陈威宇², 李凯月², 孙晓辉⁴

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550081; 2. 北京大学 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京 100871; 3. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037; 4. 长安大学 地球科学与资源学院 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054)

古元古大氧化事件 (Great Oxidation Event, GOE1) 是前寒武纪重大地质事件之一。它涉及 26~18 亿年期间超大陆演化、全球冰期、生命爆发、成矿爆发、地球演化、环境变化等一系列问题, 是前寒武纪研究最重要的进展和研究热点 (Chen and Tang, 2016; Tang et al., 2016)。世界著名克拉通大面积连续出露 26~18 亿年期间的地层; 相较而言, 我国这套地层发育局限。塔里木、扬子克拉通很少出露 26~18 亿年期间的地层, 华北克拉通也只是不连续地呈地垒状出露该时间段的地层, 而且多被显生宙花岗岩类侵入, 造成地层剖面完整性和连续性均较差, 限制了深入细致的解剖性研究工作。加之普遍遭受不同程度的构造变形、变质作用, 恢复原始沉积特征和环境变化的难度较大, 即使较准确地恢复了原始沉积记录, 被国际同行认可的难度也明显加大。因此, 我国对于该事件的研究长期重视不够。

Lomagundi-Jatulian 事件 (LJE) 是使地球大气成分由缺氧到富氧急剧变化的特定事件, 它以 2.22~2.06 Ga 期间沉积碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 异常正向漂移 (>5‰) 为特征, 是地球历史上规模最大的一次全球碳循环扰动事件, 该事件是地球系统演化及其前后大气圈氧化作用的关键事件 (Schidlowski et al., 1975; Karhu and Holland, 1996; Tang et al., 2011, 2013a, b)。据估算, 该事件排放 O_2 的总量超过现今大气圈 O_2 总量的 12~22 倍, 使大气中的自由氧含量从 <1% PAL (2×10^{-3} atm) 骤升至 >15% PAL (0.03 atm)。在其后的文献中, Holland (1999, 2002) 最早使用大氧化事件 (Great Oxidation Event) 的概念, 概括了 LJE 事件中大气圈快速、巨量充氧的特征。可以说, 狭义的大氧化事件最初指的就是 Lomagundi-Jatulian 事件。但我国一直缺乏此类研究。本文介绍作者们近些年在华北克拉通变质等级较低、古元古地层出露相对完整的部分地区开展 Lomagundi-Jatulian 事件研究的情况。我们采用地层剖面系统测量和区域性采样相结合的方法, 先后研究了辽北泛河盆地关门山铅锌矿区的北辽河群 (Tang et al., 2011)、河南嵩山群 (Lai et al., 2012)、五台地区的溇沱群 (Chen et al., in press)、胶东莱州菱镁矿区的粉子山群 (Tang et al., in press) 等古元古碳酸盐地层。

研究表明: ① 2.3~1.85 Ga 的北辽河群关门山组盛产叠层石、沉积于浅海相, 剖面中主要岩性 (厚逾 1000m) 为花斑状、块状、条纹状和条带状白云岩, 结晶粒度均匀, 无显著蚀变现象, 可以更准确地代表关门山组地层的碳氧同位素组成。该段样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 介于 4.6‰~5.9‰, 平均 5.4‰, 正异常显著; $\delta^{18}\text{O}$ 介于 21.0‰~24.8‰, 平均 23.0‰。② 前人在溇沱群内做了大规模大范围的碳酸盐碳氧同位素研究, 碳同位素值分布集中在 -3‰~+3‰, 少数碳酸盐岩碳同位素的正漂移达到了 +2‰ 以上, 碳同位素正漂移较弱。根据我们对溇沱群的岩性分析和新近发表的年龄数据, 推测正向漂移将会出现在溇沱群 2.12~2.09 Ga 的大石岭组。大石岭组之所以未被进行详细的碳同位素研究是因为主要出露在难以采集的山岭处, 并且不是纯大理岩或者白云岩。研究结果表明, 溇沱群大石岭组的碳同位素都有较大幅度的正漂移, 在 +3‰ 以上, 甚至高于 +5‰ (Chen et al., in press); 从侧面表明了前人无法测出碳同位素正漂移的原因是因为在 LJE 事件时期, 五台地区的环境为滨海-浅海环境, 并不是全球多数地方保留的浅海环境。同时, 我们注意到, 溇沱群 2.01~1.96 Ga 槐荫村组地层的碳氧同位素组成可能记录了 2.09~1.98 Ga 的 “Shunga-Francevillian” 碳同位素负漂移事件 (Kump et al., 2011)。③ 河南嵩山群 2.35~1.96 Ga 五指岭组形成于浅海环境, 局部发育叠层石。白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 介于 -1.0~4.2‰, 平均 2.5‰, 蚀变最弱的岩性段以微晶白云岩为主, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 介于 2.1‰~4.1‰, 平均 3.3‰, 正异常明显 (Lai et al., 2012)。④ 对胶东莱州菱镁矿区的粉子山群 2.24~1.90 Ga 的张格庄组碳酸盐类开展同位素研究, 剖面样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 介于 -0.49‰~2.31‰, 平均 $1.31\% \pm 0.60\%$, 从地层下部大理岩围岩→

基金项目: 国家“973”项目 (批准号: 2014CB440802); 国家自然科学基金项目 (批准号: 41072077)

作者简介: 汤好书, 女, 1976 年生, 副研究员, 主要从事前寒武地质与地球化学, 矿床地质与地球化学研究. E-mail: tanghaoshu@163.com

* 通讯作者, E-mail: yjchen@pku.edu.cn

中部白云岩→中部菱镁矿→上部大理岩逐渐增高; $\delta^{18}\text{O}$ 为 20.58‰~10.33‰, 平均 13.56‰±2.90‰, 从大理岩围岩→菱镁矿→白云岩逐渐降低 (Tang et al., in press)。碳同位素 (>2.8‰) 和氧同位素变化范围 (>10‰) 都很大, 指示成矿流体的多源或多阶段性。碳同位素最大峰值出现在 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 为 1.5‰~2.0‰ 范围, 高于正常海相碳酸盐岩平均值 (0.5‰, Schidlowski, 2001), 指示粉子山群张格庄组存在 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 正漂移, 并且记录了 2.22~2.06 Ga Lomagundi-Jatuli 同位素漂移事件 (LJE) 晚阶段的地球化学信息。

以上研究表明, 华北克拉通上述地区记录了大氧化事件时期的碳同位素正漂移事件, 可能同时保留了负漂移以及其它地质与地球化学方面的重要信息。这也说明了 21 亿年左右碳同位素的正向漂移事件并不是局部环境引起的, 具有全球性。作为全球重要的克拉通之一, 华北克拉通完全具备研究大氧化事件的地质条件, 采用更多研究手段深入系统研究, 有望获得更多突破性进展, 应当予以更多重视。

参 考 文 献:

- Chen Y J, Tang H S. 2016. The Great Oxidation Event and Its Records in North China Craton. In: Zhai MG, Zhao Y, Zhao TP (eds.), *Main Tectonic Events and Metallogeny of the North China Craton*. Singapore: Springer, PP: 281-304(DOI 10.1007/978-981-10-1064-4_11).
- Karhu J A, Holland H D. 1996. Carbon isotopes and the rise of atmospheric oxygen. *Geology*, 24: 867-870.
- Kump L R, Junium C, Arthur M A, Brasier A, Fallick A, Melezhik V A, Lepland A, Crne A E, Luo G. 2011. Isotopic evidence for massive oxidation of organic matter following the great oxidation event. *Science*, 334(6063): 1694-1696.
- Lai Y, Chen C, Tang H S. 2012. Paleoproterozoic Positive $\delta^{13}\text{C}$ Excursion in Henan, China. *Geomicrobiology Journal*, 29(3): 287-298.
- Schidlowski M, Eichmann R, Junge C E. 1975. Precambrian sedimentary carbonates: Carbon and oxygen isotope geochemistry and implications for the terrestrial oxygen budget. *Precambrian Research*, 2: 1-69.
- Schidlowski M. 2001. Carbon isotopes as biogeochemical recorders of life over 3.8 Ga of Earth history: evolution of a concept. *Precambrian Research*, 106: 117-134.
- Tang H S, Chen Y J, Li K Y, Chen W Y, Zhu X Q, Ling K Y, Sun X H. 2016. Early Paleoproterozoic Metallogenic Explosion in North China Craton. In: Zhai MG, Zhao Y, Zhao TP (eds.), *Main Tectonic Events and Metallogeny of the North China Craton*: Springer, Singapore, 305-328 (DOI 10.1007/978-981-10-1064-4_12).
- Tang H S, Chen Y J, Santosh M, Zhong H, Wu G, Lai Y. 2013a. C-O isotope geochemistry of the Dashiqiao magnesite belt, North China Craton: Implications for the Great Oxidation Event and ore genesis. *Geological Journal*, 48: 467-483.
- Tang H S, Chen Y J, Santosh M, Zhong H, Yang T. 2013b. REE geochemistry of carbonates from the Guanmenshan Formation, Liaoh Group, NE Sino-Korean Craton: Implications for seawater compositional change during the Great Oxidation Event. *Precambrian Research*, 227: 316-336.
- Tang H S, Chen Y J, Wu G, Lai Y. 2011. Paleoproterozoic positive $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ excursion in northeastern Sino-Korean craton: Evidence of the Lomagundi Event. *Gondwana Research*, 19: 471-481.