

# 华北克拉通中元古界锰矿床的成矿模式研究

郑旭<sup>1</sup>, 禚喜准<sup>2</sup>, 蒋佳俊<sup>1</sup>, 张飞武<sup>1\*</sup>

(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. 辽宁工程技术大学 矿业学院 地质系, 辽宁 阜新 123000)

锰成为铁、铝之后的第三位大宗急缺型金属矿产, 主要应用于冶金和新兴能源等领域, 是重要的战略性矿产资源(毛景文等, 2019)。近年来, 随着国内需求量的不断增加, 锰矿资源无法跟上现代工业的发展步伐, 对外依赖度逐年增加。从 2015 年开始, 对国外矿石的依赖度达到 60%, 2021 年超过 90% (黄屹等, 2021; USGS, 2022; 丛源等, 2018)。面对国内外矿产资源形势严峻, 锰矿资源出现后备不足的局面(丛源等, 2018)。我国已将锰矿列为急需矿种, 全面地推进锰矿业的战略行动目标, 提高锰矿产的资源保障能力。

我国锰矿资源丰富, 但时空分布极不均匀。地理上主要分布在华北的燕辽、华南的泛扬子古陆、西北的天山和祁连山, 呈现出局部集中分布的特点(付勇等, 2014; 丛源等, 2018)。研究区位于华北克拉通北缘燕辽铁锰成矿带, 该区是中国北方最大的锰矿远景区, 近年来该区锰矿累积探明储量已达 5332 万吨, 具有巨大的经济价值。范德廉等众多学者在燕辽地区开展了一系列的锰矿研究工作, 主要包括岩石矿物学、地球化学、找矿标志、成矿时代、古地理环境和矿床展布规律(Delian et al., 1992, 1999a, 1999b; Fang et al., 2020; 靳松等, 2020; 付勇, 2014; 丛源等, 2018)等。但对矿床的物质来源及成矿模式方面研究匮乏。此外, 研究区瓦房子锰矿为氧化锰和碳酸锰共存的锰矿床, 具有明显的氧化还原分带现象, 锰元素是变价元素, 对古环境和古气候的演化具有一定的指示意义。

虽然中元古界(1800~800Ma)表层海洋-大气系统被认为是低氧系统, 但在华北克拉通含锰序列(约 1437~1400Ma)中发现了动态氧化还原波动。为进一步阐明其成因和古氧化还原意义, 对锰的来源、沉积环境、矿物组合和地球化学特征进行了研究。同时, 还将锰矿床与波罗的海中部的现代锰矿床进行比较。结果表明: 氧化锰矿和碳酸锰矿中的鲕粒结构表明其起源于表大陆海环境, 而垂直序列则证实锰矿床的形成经历了两个阶段。首先, 由于华北克拉通的广泛隆升, 黑云母-超黑云母岩和较古老的含锰白云岩被深度风化, 紧靠侵蚀带附近的不整合上部出现了红土结壳。在随后的侵蚀过程中, 富锰矿物在以稳定矿物组合分带为特征的限制性盆地中积累。在近岸区域的氧化条件下, 氧化锰矿与赤铁矿交替富集, 而在离岸区域的缺氧条件下则形成了菱锰矿和黄铁矿。由于原生碎屑的输入和海洋 Eh-pH 的波动, 含锰序列中锰的含量变化很大, 并与掺入铁和硅的丰度呈负相关。在近海地区的锰富集区, 存在着黄铁矿首先从水体中析出, 然后菱锰矿析出的沉淀序列。同时, 在近岸区域也发现了赤铁矿和氧化锰矿之间类似的沉淀序列。地球化学和矿物学特征表明, 中元古界受限盆地的氧化还原条件与现代分层的波罗的海相似。

总体而言, 研究区沉积环境的 Eh-pH 变化为了解 1800~800Ma 之间 Mn 的循环动力学提供新的见解, 为古地理和古环境演化提供启示, 同时以为区域找矿提供成矿模式依据。

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 41773057; 41402101)

第一作者简介: 郑旭, 1996, 博士研究生, 从事 Fe-Mn 成矿相关的岩石学、矿床学和计算矿物物理学研究。

**参考文献:**

- Fan Delian, Dasgupta S, Bolton B R, et al. Mineralogy and geochemistry of the Proterozoic Wafangzi ferromanganese deposit, China[J]. *Economic Geology*, 1992,87(5): 1430-1440.
- Fan Delian, Ye Jie, Li Jiaju, et al. Geology, mineralogy, and geochemistry of the Middle Proterozoic Wafangzi ferromanganese deposit, Liaoning Province, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 1999a,15(1-3): 31-53.
- Fan Delian, Yang Peiji, Wang Rao. Characteristics and origin of the Middle Proterozoic Dongshuichang chambersite deposit, Jixian, Tianjin, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 1999b,5(1): 15-29.
- Fang H, Tang D, Shi X, et al. Manganese-rich deposits in the Mesoproterozoic Gaoyuzhuang Formation (ca. 1.58 Ga), North China Platform: Genesis and paleoenvironmental implications[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 2020,559: 1-16.
- US Geological Survey. Mineral Commodity Summaries[R]. 2022 104-106.
- 毛景文, 杨宗喜, 谢桂青, 等. 关键矿产——国际动向与思考[J]. *矿床地质*, 2019,38(04): 689-698.
- 黄屹, 陈广义, 田郁溟, 等. 中国锰业存在的主要问题及对策建议[J]. *地质与勘探*, 2021,57(02): 294-304.
- 丛源, 董庆吉, 肖克炎, 等. 中国锰矿资源特征及潜力预测[J]. *地学前缘*, 2018,25(03): 118-137.
- 付勇, 徐志刚, 裴浩翔, 等. 中国锰矿成矿规律初探[J]. *地质学报*, 2014,88(12): 2192-2207.
- 靳松, 郭华, 余文超, 等. 燕辽拗拉槽古—中元古代裂谷盆地演化及其对锰矿沉积的控制作用[J]. *古地理学报*, 2020,22(05): 841-854.