

辽宁弓长岭型富铁矿的 Fe 同位素初步研究*

李志红, 朱祥坤, 王 跃, 闫 斌, 孙 剑

(中国地质科学院地质研究所国土资源部同位素地质重点实验室, 北京 100037)

随着多接收器等离子体质谱仪 (MC-ICPMS) 的诞生, 非传统稳定同位素 (Fe、Cu、Zn、Mo 等) 研究得以飞速发展, 其中, Fe 同位素研究的发展尤其令人关注 (Zhu et al., 2000; Beard et al., 2003; Dauphas et al., 2006; Johnson et al., 2008)。铁不仅是地球上丰度最高的变价元素, 而且是与生命活动密切相关的元素和重要的成矿元素, 因此, Fe 同位素研究逐渐成为一种示踪地幔熔融过程、环境与生命演化、成矿作用等一系列重大科学问题新的地球化学手段 (Johnson et al., 2008; Thomazo et al., 2009)。

我国铁矿资源多, 但品位较低, 富铁矿成为我国经济发展的急缺矿产之一。分布于辽宁省鞍山-本溪地区的弓长岭型富铁矿是我国重要的富铁矿床, 以矿石储量大、品位高、易选冶而闻名。弓长岭型富铁矿属于鞍山式火山-沉积变质铁矿床, 主要分布在弓长岭二矿区, 在南芬等地区的铁矿中也附存有小型富矿。长期以来, 许多的地质学家对富矿进行过详细研究并取得了非常重要的研究成果 (程裕淇, 1957; 李曙光等, 1983; 周世泰等, 1992; 万渝生等, 1993)。如物质来源、硫和氧同位素地球化学、成矿理论及成矿模式等, 但对矿床成因仍存在着原生沉积、贫矿经热液改造和菱铁矿变质分解三种不同的观点和认识。近年来, 随着测试技术的进步, Fe 同位素的测试方法得以建立, 而铁是铁矿的主要成矿元素, 因此, Fe 同位素可能提供了直接示踪矿床成因的巨大潜力。本文将通过对弓长岭富铁矿的 Fe 同位素研究, 从一个新的同位素体系角度对矿床的成因提出约束, 并将有助于对矿床作出正确评价, 进一步明确寻找富铁矿的方向。

将定量称取的全岩粉末样品放入 Teflon 溶样器中, 以 HF 和 HNO₃ 混合酸溶解样品, 溶解后的样品均转换为盐酸介质并且确保样品中的 Fe 全部被氧化成 Fe³⁺ 后, 采用离子交换层析法, 使 Fe 与其它元素实现有效的分离 (唐索寒等, 2006)。化学分离后的样品溶液在 Nu Plasma HR 型 MC-ICP-MS 上进行 Fe 同位素分析测定 (朱祥坤等, 2008), 所有样品的化学处理和质谱分析均在国土资源部同位素地质重点实验室完成。

弓长岭二矿区和南芬矿区的弓长岭型富铁矿的 Fe 同位素分析测试结果表明: 弓长岭型富铁矿具有两个显著特征: 其一, 与国际标准物质 (IRMM) 或地球硅酸盐总体的 Fe 同位素成分相比, 富铁矿呈现明显的重同位素富集, Fe 的变化范围为 2.6~5.2, 平均值为 4.2; 其二, 与本区贫矿相比 (Fe 的变化范围为 2.1~18.52, 平均值为 7.9), 富矿 Fe 同位素成分的平均值轻, 且变化范围小。

研究区富铁矿的主要矿物为磁铁矿, 而磁铁矿的沉淀以 Fe³⁺ 为主 (一个磁铁矿分子含有 2 个 Fe³⁺ 和 1 个 Fe²⁺)。实验研究的结果表明, 溶液中三价铁和二价铁之间存在较大的同位素分馏, 相对于溶液中二价铁, 溶液中三价铁呈现重铁同位素富集 (Croal et al., 2004; Anbar et al., 2005; Balci et al., 2006)。同时, 同位素分馏又与沉淀程度密切相关, 当沉淀比率接近 100% 时, 沉淀物的同位素组成与原始溶液相似, 因此, 如果富铁矿是直接来自海水中沉淀即原生沉积, 则富铁矿 Fe 同位素组成应与其形成时海水的 Fe 同位素组成相似, 接近于 0 值, 这与富铁矿均为正值不太相符。已有的研究表明, 以二价铁形成存在的菱铁矿等矿物富集铁的轻同位素 (Frost et al., 2007; von Blanckenburg et al., 2008), 而弓长岭型富铁矿呈现 Fe

*本文得到中国地质调查局地质调查项目 (1212010911046, 1212010711815) 的资助
第一作者简介 李志红, 女, 1975 年生, 助理研究员, Email: lizh1129@cags.net.cn

重同位素富集的特征, 这表明研究区富铁矿并非完全由菱铁矿分解而成。此外, 富矿呈现铁重同位素富集, 这与鞍本地区条带状贫铁矿的 Fe 同位素研究结果一致, 也与世界其它地区前寒武纪贫铁矿的研究结果相似 (Dauphas et al., 2004; Rouxel et al., 2005; Whitehouse et al., 2007; Frost et al., 2008, 李志红等, 2008)。但与贫矿具有较大的 Fe 同位素变化范围不同, 富矿 Fe 同位素成分变化范围相对较小, 可能是热液活动过程使 Fe 同位素发生了更高程度均一化的结果。

纵上所述, 鞍本地区弓长岭型富铁矿的 Fe 同位素呈现明显的重同位素富集; 与本区贫矿相比, 富矿 Fe 同位素组成的平均值轻, 且变化范围小, 这可能表明富矿中的铁来源于贫矿或者贫矿与菱铁矿的混合, 变质热液活动中因 CO₂、SiO₂ 等组分的带出而发生了铁的进一步富集从而形成富铁矿。

参 考 文 献

- 程裕淇. 1957. 中国东北部辽宁山东等省前震旦纪条带状铁矿中富矿的成因问题[J]. 地质学报, 37(2): 153-180.
- 李曙光. 1979. 弓长岭富磁铁矿成因的地球化学模型[J]. 地球化学, 9(2): 143-157.
- 李志红, 朱祥坤, 唐索寒. 2008. 鞍山-本溪地区条带状铁建造的铁同位素与稀土元素特征及其对成矿物质来源的指示[J]. 岩石矿物学杂志, 27(4): 285-290.
- 沈其韩. 1998. 华北地台早前寒武纪条带状铁英岩地质特征和形成的地质背景[A]. 见: 程裕淇, 编. 华北台早前寒武地质研究论文集[M]. 北京: 地质出版社. 1-30.
- 周世泰. 1994. 鞍山-本溪地区条带状铁矿地质[M]. 北京: 地质出版社. 1-250.
- Balci N, Bullen T D, Witte-Lien K, et al. 2006. Iron isotope fractionation during microbially stimulated Fe(II) oxidation and Fe(III) precipitation[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 70: 622-639.
- Dauphas N M, Zuilen V, Wadhwa M, et al. 2004. Clues from Fe isotope variations on the origin of Early Archean BIFs from Greenland[J]. *Science*, 306: 2077-2080.
- Frost C D F, von Blanckenburg, R Schoenberg, et al. 2007. Preservation of Fe isotope heterogeneities during diagenesis and metamorphism of banded iron-formation[J]. *Contrib. Mineral Petrol*, 153: 211-235.
- Whitehouse M J and Fedo C M. 2007. Microscale heterogeneity of Fe isotopes in >3.71 Ga banded iron formation from the Isua Greenstone Belt, southwest Greenland[J]. *Geology*, 35: 719-722.
- Zhu X K, O'Nions R K, Guo Y L, et al. 2000. Secular variation of iron isotopes in north Atlantic Deep Water[J]. *Science*, 287: 2000-2002.