

山东莱芜张家洼铁矿及其近矿闪长岩的铁同位素初步研究

唐超^{1,2)}, 朱祥坤¹⁾

1) 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, 大陆构造与动力学国家重点实验室, 北京 100037; 2) 中国地质大学, 北京, 100083

莱芜张家洼铁矿位于华北克拉通东部的鲁中地区, 是典型的矽卡岩型富铁矿床。因其地理位置、成矿条件与河北邯邢式铁矿相近, 故也被认为是典型的邯邢式矽卡岩型铁矿床。综合邯邢式铁矿的成因争议和张家洼铁矿的矿床特点, 可推知张家洼铁矿的铁质来源主要包括以下两种可能: ①来源于沉积地层。即热液流体对地层中沉积型菱铁矿的改造或是交代过程中碳酸盐岩地层中铁的析出。②来源于闪长岩体。即矽卡岩化过程中热液交代富铁闪长岩体所带出的铁或未固结成岩时出溶的富铁热液流体直接成矿。

成矿物质来源问题一直是矿床学研究的一个核心问题。传统的 H、C、O、S 等轻稳定同位素都是对成矿介质的行为示踪, 并不能提供直接、可靠的指示。而铁作为成矿物质, 其同位素可作为铁质来源最直接的证据。因此, 本文拟通过研究张家洼矿区富铁矿石(磁铁矿含量大于 90%)和与其接触的新鲜闪长岩体的全岩铁同位素特征来探讨其成矿铁质的来源。

1 样品采集与测试结果

本文对张家洼铁矿的富铁矿石(4 件)、以及与矿石接触的新鲜闪长岩(4 件)进行了全岩的铁同位素分析。铁同位素测试在中国地质科学院地质研究所国土资源部同位素重点实验室进行。测试仪器为的 Nu Plasma HR 型 MC-ICP-MS, 仪器在高分辨模式下运行(朱祥坤等, 2008), 仪器质量歧视采用样品-标准交叉法校正, 标样和样品进样溶液的浓度

相对偏差控制在 10% 以内。

结果表明, 富铁矿石和围岩闪长岩的铁同位素组成具有明显差异。富铁矿石和围岩闪长岩的铁同位素组成($\delta^{56}\text{Fe}_{\text{IRMM-014}}$)介于+0.02‰至+0.55‰之间, 其中相对于岩浆岩而言, 磁铁矿矿石整体上富集轻的铁同位素, 且变化范围较小, 铁同位素组成($\delta^{56}\text{Fe}_{\text{IRMM-014}}$)介于+0.02‰至+0.09‰之间, $\delta^{56}\text{Fe}_{\text{平均值}} = +0.06\text{‰} \pm 0.054$ (2SD, N=4); 而闪长岩整体上富集铁的重同位素(相对于岩浆岩), 铁同位素组成($\delta^{56}\text{Fe}_{\text{IRMM-014}}$)介于+0.17‰至+0.55‰之间, $\delta^{56}\text{Fe}_{\text{平均值}} = +0.33\text{‰} \pm 0.28\text{‰}$ (2SD, N=4)。

2 讨论和初步结论

前人研究表明(Wiesli et al., 2004), 沉淀的菱铁矿与溶液的铁同位素分馏程度($\Delta^{56}\text{Fe}_{\text{菱铁矿-溶液}}$)约为-1.5‰至-0.5‰之间, 总体富集轻的铁同位素。若成矿铁质的主体来源于沉积的菱铁矿, 那么富铁矿石(磁铁矿含量大于 90%)的铁同位素应继承沉积型菱铁矿的铁同位素组成, 显示出整体上富集轻的铁同位素的特征。而张家洼铁矿富铁矿石的铁同位素组成集中于 0 附近且变化较小。故张家洼铁矿的铁质不可能直接来源于沉积的菱铁矿。此外, 与矿体直接接触的奥陶系马家沟组灰岩的铁含量非常低, 无法提供足量的铁成矿。因此, 沉积地层不可能是张家洼铁矿铁质的主要来源。

在矽卡岩化过程中, 闪长岩体在与热液的交代反应中重的铁同位素优先析出, 矽卡岩相对于岩浆岩更富集铁的轻同位素(Wang et al., 2011), 那么磁铁矿将比岩体具有更重的铁同位素组成。而张家

注: 本文为国家重点基础研究发展计划项目(编号 2012CB416806)资助的成果。

收稿日期: 2015-09-28; 改回日期: 2015-09-28; 责任编辑: 刘志强。

第一作者简介: 唐超, 男, 硕士研究生, 1991 年生。地球化学专业。Email: 9223764@qq.com。通讯作者: 朱祥坤, 男, 研究员, 1961 年生。长期从事同位素地球化学研究。Email: xiangkun@cags.ac.cn。

洼铁矿的围岩闪长岩铁同位素组成显著重于富铁矿石（磁铁矿大于 90%）。而且野外调查表明张家洼铁矿的矽卡岩厚度远低于铁矿的厚度，矽卡岩化无法提供全部成矿所需的铁质。

流体出溶是岩浆由深及浅的侵位过程中流体在岩浆系统中达到饱和并从岩浆系统中分离的过程（马星华等，2010）。而在流体出溶过程中，流体将相对于岩浆岩轻的铁同位素优先析出（Wang et al., 2015）。正常岩浆岩的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 值在 0.1‰ 附近，流体出溶过程中铁的轻同位素（ $\delta^{56}\text{Fe}$ 小于 0.1‰）优先进入流体相，进而使得残余的岩浆（后期形成固结成岩，例如闪长岩）富集重的铁同位素（ $\delta^{56}\text{Fe}$ 大于 0.1‰）。若是出溶形成的低密度富铁流体汇聚在岩浆房与碳酸盐岩地层之间，磁铁矿结晶沉淀后成矿，那么闪长岩体可能具有比富铁矿石（主体为磁铁矿）更重的铁同位素组成。本文研究表明，张家洼铁矿围岩闪长岩的铁同位素组成明显重于富铁矿石（磁铁矿大于 90%）。这与上述推论相一致，说明，张家洼铁矿的铁质主要来源于岩浆大规模出溶的流体。

参 考 文 献 / References

- 马星华, 陈斌, 赖勇, 窦金龙, 邹滔. 2010. 斑岩铜钼矿床成矿流体的出溶、演化与成矿: 以大兴安岭南段敖仓矿床为例. 岩石学报, 26(5): 1397~1410.
- 朱祥坤, 李志红, 唐索寒, 李延河. 2008. 早前寒武纪硫铁矿床 Fe 同位素特征及其地质意义——以山东石河庄和河北大川为例. 岩石矿物学杂志, 27(5): 429~434.
- WANG Yue, ZHU Xiang-kun, CHENG Yanbo. 2015. Fe isotope behaviours during sulfide-dominated skarn-type mineralization. *Journal of Asian Earth Sciences*, 103: 374~392.
- WANG Yue, ZHU XiangKun, MAO JingWen, LI ZhiHong, CHENG YanBo. 2011. Iron isotope fractionation during skarn-type metallogeny: a case study of Xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit in the Middle-Lower Yangtze valley. *Ore Geology Reviews*, 43: 194~202.
- Wiesli R A, Beard B L, Johnson C M. 2004. Experimental determination of Fe isotope fractionation between aqueous Fe(II), siderite, and green rust in abiotic system. *Chemical Geology*, 221(3-4): 343~362.