

凹山铁矿成矿作用过程的铁同位素初步研究

王跃, 朱祥坤

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

同位素示踪技术是矿床学研究的重要手段。近代成矿理论的许多重大进展都得益于同位素示踪技术(C、O、S、Pb、Sr、Nd等)的应用。但从成矿学角度讲,传统的H、C、O、S等稳定同位素对成矿物质起源与集聚过程的研究毕竟是间接的,其主要研究对象只是矿化剂元素,而不是矿化元素本身,因此研究仍带有一定的推断性和不确定性。作为矿化元素本身,Fe等过渡族元素同位素高精度测试方法的建立为成矿理论的研究提供了一种新的途径。

1 研究背景

安徽宁芜矿集区是长江中下游铁铜铁铜成矿带中的一个重要成矿区,区内主要的矿床类型为陆相火山岩型矿床,凹山铁矿是该类型矿床的代表性矿床,前人已对其开展了详细的岩石学、矿物学及矿床学研究(宁芜研究项目编写小组,1978),并提出了玢岩型铁矿床的概念。对凹山铁矿的Fe同位素进行研究具有非常重要的意义。一方面,作为成矿元素本身,对凹山铁矿的铁同位素组成进行研究对于运用铁同位素直接示踪玢岩型矿床成矿物质来源和成矿作用过程提供了可能。另一方面,开展Fe同位素示踪技术在矿床学领域的应用研究对于丰富和发展同位素地质基本理论也具有重要意义。

2 样品采集和分析方法

本研究在系统的野外地质调查和岩矿鉴定工作的基础上,对凹山铁矿发育的不同产状的磁铁矿进行Fe同位素组成的测定。通过野外观察,磁铁矿石主要有四种类型,一是浸染状磁铁矿石,

二是角砾状磁铁矿石,三是网脉状磁铁矿石,四是伟晶状磷灰石阳起石磁铁矿三位一体矿石。在空间上,这些自浸染状过渡到伟晶状的磁铁矿分别产于地表深部到浅部。本次研究选取了成矿岩体的全岩样品和不同产状的磁铁矿单矿物样品进行了Fe同位素测定。将定量称取的单矿物和全岩样品放入Teflon溶样瓶中,分别以6M HCl和浓HNO₃+HF(1:3)溶解样品,溶解后的样品均转换为盐酸介质,利用离子交换层析法实现Fe与其他元素的有效分离(唐索寒,2006)。Fe同位素测定在Nu Plasma HR型MC-ICP-MS的高分辨模式下进行(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。测试结果以样品的Fe同位素比值相对于标样(IRMM-014)的同一同位素比值的千分偏差表示:

$$\delta^{57}\text{Fe} = \left[\left(\frac{{}^{57}\text{Fe}}{{}^{54}\text{Fe}} \right)_{\text{样品}} / \left(\frac{{}^{57}\text{Fe}}{{}^{54}\text{Fe}} \right)_{\text{IRMM-014}} - 1 \right] \times 1000$$

3 结果与讨论

所测试的37个样品的Fe同位素组成的总体变化范围为 $\delta^{57}\text{Fe} = -0.10 \sim 0.65\%$ (图1),平均为0.34%;其中闪长玢岩体全岩的Fe同位素组成变化范围为 $\delta^{57}\text{Fe} = -0.10 \sim -0.02\%$,平均值为-0.07%;浸染状磁铁矿石的Fe同位素组成变化范围为 $\delta^{57}\text{Fe} = 0.14 \sim 0.26\%$,平均值为0.22%;角砾状磁铁矿石的Fe同位素组成变化范围为 $\delta^{57}\text{Fe} = 0.12 \sim 0.45\%$,平均值为0.27%;网脉状磁铁矿石的Fe同位素组成变化范围为 $\delta^{57}\text{Fe} = 0.36 \sim 0.55\%$,平均值为0.47%;三位一体磁铁矿石的Fe同位素组成变化范围为 $\delta^{57}\text{Fe} = 0.41 \sim 0.65\%$,平均值为0.53%。

注:本文为国家自然科学基金会项目(编号41203006)和国土资源部公益性行业基金项目(编号201111027,201311144)共同资助的成果。

收稿日期:2015-08-28;改回日期:2015-09-28;责任编辑:周健。

作者简介:王跃,女,1984年生。博士,副研究员,地球化学专业。Email:wyivy@cags.an.cn。

当前的测定结果显示：(1) 相对于整体硅酸盐地球的 Fe 同位素平均组成，磁铁矿呈现显著的 Fe 的重同位素富集，并且相对于火成岩的平均铁同位素组成，辉石闪长玢岩全岩相对富集 Fe 的轻同位素；(2) 凹山矿床不同产状的磁铁矿间存在 Fe 同位素组成的显著变化，呈现出铁同位素组成的时空分带现象。从浸染状矿石→角砾状矿石→网脉状矿石→伟晶状矿石，从早到晚，自深部向浅部，磁铁矿的 Fe 同位素组成逐渐变重。

结合岩浆型矿床（王世霞等，2012; Liu et al., 2014; Chen et al., 2014）、矿浆型矿床（王跃等，2014）和斑岩-矽卡岩型矿床（Wang et al., 2011, 2015）的铁同位素研究结果，即总体上岩浆和矿浆型矿床中磁铁矿普遍富集铁的重同位素，原岩相对地球火成岩的平均组成更为富集铁的轻同位素，而热液型矿床磁铁矿相对富集铁的轻同位素，原岩相对地球火成岩平均组成更为富集铁的重同位素，凹山铁矿磁铁矿和原岩的铁同位素组成特征表明，凹山铁矿的成矿作用过程与岩浆、矿浆型成矿作用更为接近，而与热液型矿床成矿作用有所不同。凹山铁矿不同产状磁铁矿的时空分带特征可能是由矿浆的演化、温度的改变或早期矿物的沉淀所引起的。

参 考 文 献 / References

- 宁芜项目编写小组. 1978. 宁芜玢岩铁矿. 北京: 地质出版社, 160~162.
- 王世霞, 朱祥坤, 宋谢炎, 陈列锰. 2012. 四川攀枝花钒钛磁铁矿床 Fe 同位素特征及其成因指示意义. 地球学报, 33(11):995~1004.
- 王跃, 朱祥坤, 毛景文, 程彦博. 2014. 安徽姑山矿浆型铁矿床 Fe 同位素初步研究. 矿床地质, 33(4): 689~696.
- Liu P P, Zhou M F, Luais B, Cividini D, Rollion-Bard C. 2014. Disequilibrium iron isotopic fractionation during the high-temperature magmatic differentiation of the Baima Fe-Ti oxide-bearing mafic intrusion, SW China. Earth and Planetary Science Letters, 399: 21~29.
- Chen L M, Song X Y, Zhu X K, Zhao X Q, Yu S Y, Yi J N. 2014. Iron isotope fractionation during crystallization and sub-solidus re-equilibration: Constraints from the Baima mafic layered intrusion, SW China, Chemical Geology, 38: 97~109.
- Wang Y, Zhu X K, Cheng Y B. 2015. Fe isotope behaviors during sulfide-dominated skarn-type mineralization. Journal of Asian Earth Sciences, 103: 374~392.
- Wang Y, Zhu X K, Mao J W, Li Z H, Cheng Y B. 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.

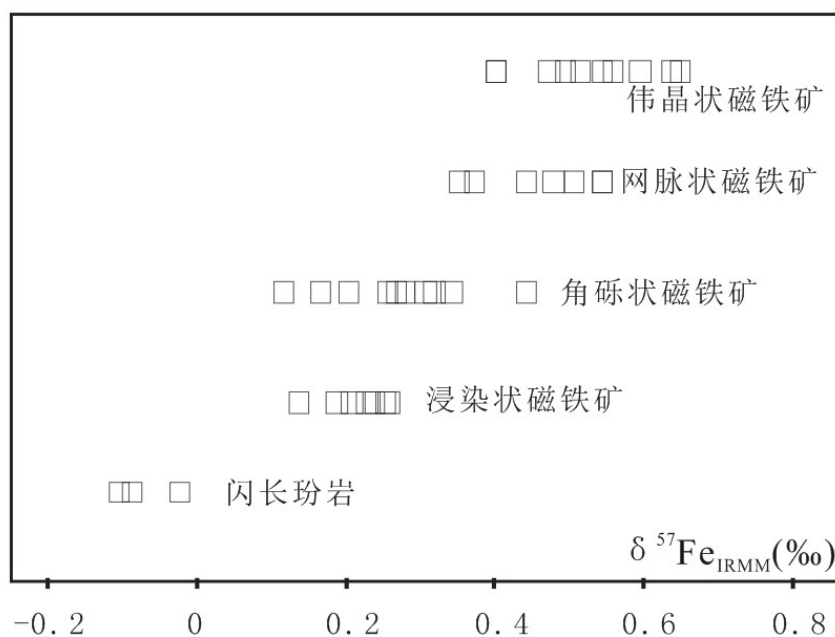


图 1 凹山铁矿不同类型磁铁矿的铁同位素组成