

内蒙古炭窑口铅锌多金属硫化物矿床的铁、硫同位素地球化学特征及其对成矿物质来源的制约

高兆富, 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

内蒙古狼山成矿带位于华北板块北缘西段, 赋存有丰富的锌、铅、铜、铁、金等矿产资源, 是中亚成矿域的重要组成部分(彭润民等, 2004; 高兆富等, 2014)。炭窑口铅锌多金属硫化物矿床是狼山成矿带内一个大型多金属硫化物矿床(陈喜峰, 2010), 通过对该矿床的地质和地球化学特征研究, 前人取得了一些重要的科研成果(王可南, 1984; 陈喜峰, 2010)。目前对炭窑口矿床成矿物质来源的认识尚存在争议: 王可南(1984)认为炭窑口矿床的成矿物质来源具有多源性; 修世荫(1987)认为主要成矿物质来源于成岩阶段的热卤水; 而彭润民等(2004)在炭窑口矿床发现了钾质双峰式火山岩, 认为成矿作用与火山活动密切相关, 成矿物质与火山岩具有同源性。另外, 铅同位素研究(李兆龙等, 1986; 施林道等, 1994; Ding Tiping et al., 2000)指示炭窑口矿床的矿石铅以幔源铅为主。因此, 岩浆物质贡献程度是炭窑口成矿物质来源争议的焦点。

成矿物质来源一直是矿床学研究的重点。作为硫化物矿床中最重要的两种元素, 铁和硫的同位素在矿床学中的应用对于示踪成矿物质来源具有重要意义。研究表明岩浆成因与热液成因的硫化物的铁、硫同位素组成均具有显著差别(Seal et al., 2000; 王跃等, 2012; 朱祥坤等, 2013), 本文通过研究炭窑口矿区常见硫化物的铁、硫同位素地球化学特征来探讨炭窑口矿床成矿物质来源, 并对火山活动对炭窑口矿床成矿的贡献程度提出地球化学制约。

1 分析测试及结果

黄铁矿和黄铜矿是内蒙古炭窑口矿区最常见的矿石矿物, 本文分别选取 2 件富黄铁矿矿石和 3 件富黄铜矿矿石进行研究。铁同位素的分析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。铁同位素组成的测定在 Nu Plasma HR 型 MCICP-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。硫同位素的分析测试在中国地质科学院矿产资源研究所同位素实验室完成, 实验以 Cu_2O 做氧化剂制备 SO_2 , 并用冷冻法收集, 然后用 MAT253 气体同位素质谱仪分析硫同位素组成, 硫同位素测量结果以 V-CDT 为标准。黄铁矿的 Co、Ni 含量在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室完成。

本次研究的分析测试结果列于表 1。炭窑口矿床黄铁矿明显富集铁的轻同位素, 铁同位素组成 $\delta^{57}\text{Fe}_{\text{IRMM}}$ 值在 -1.07‰ ~ -0.18‰ 之间, 平均 -0.57‰ ; 另外, 黄铁矿明显富集硫的重同位素, 硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 值在 $+33.7\text{‰}$ ~ $+37.7\text{‰}$ 之间。黄铜矿相对富集铁的轻同位素, 铁同位素组成 $\delta^{57}\text{Fe}_{\text{IRMM}}$ 值在 -1.82‰ ~ -0.59‰ 之间, 平均值 -1.18‰ ; 硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 值在 $+33.8\text{‰}$ ~ $+36.8\text{‰}$ 之间, 与黄铁矿的硫同位素组成类似。

修世荫(1987)整理了炭窑口矿区黄铁矿的 Co/Ni 值, 其平均值为 1.03, 并且呈现不均一的特征, 既有大于 1 者, 又有小于 1 者。本次研究中,

注: 本文为国土资源部地质调查项目(12120113015700)资助的成果。

收稿日期: 2015-09-11; 改回日期: 2015-09-20; 责任编辑: 费红彩。

第一作者简介: 高兆富, 男, 1989 年生。博士生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。Email: gaozhaofu@163.com。

通讯作者: 朱祥坤, 男, 1961 年出生。研究员, 长期从事同位素地球化学方面的研究。Email: xiangkun@cags.ac.cn。

三个黄铁矿样品的 Co/Ni 值都在 1~5 之间, 呈现典型的热液来源特征。

表 1 炭窑口矿床硫化物的铁、硫同位素组成及 Co/Ni 值

样品编号	样品名称	$\delta^{57}\text{Fe}_{\text{IRMM}}(\text{‰})$	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}(\text{‰})$	Co/Ni 值
CYK12-2	黄铁矿	-0.67	/	/
CYK12-3	黄铁矿	-0.30	36.1	5
CYK12-4a	黄铁矿	-0.18	37.7	1
CYK12-4b	黄铜矿	-0.59	36.8	/
CYK12-5a	黄铁矿	-1.07	33.7	/
CYK12-5b	黄铜矿	-1.12	33.8	/
CYK12-6a	黄铁矿	-0.62	35.3	4
CYK12-6b	黄铜矿	-1.82	33.8	/

注: /代表未分析测试。

2 讨论和初步结论

岩浆来源铁的同位素组成 $\delta^{57}\text{Fe}_{\text{IRMM}}$ 值一般在 0 附近, 而热液流体则相对富集轻的铁同位素。另

外, 由于硫化物沉淀过程发生了动力学分馏, 铁的轻同位素优先结晶沉淀导致热液成因的硫化物一般相对热液更加富集铁的轻同位素(王跃和朱祥坤, 2012)。炭窑口矿床黄铁矿和黄铜矿均明显富集铁的轻同位素, 具有明显的热液成因特征, 表明炭窑口矿床的铁直接来源于岩浆的可能性不大。

岩浆和海洋是硫化物矿床最重要的两个硫的来源, 两者的硫同位素组成具有显著差异: 岩浆成因硫化物的硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 值离零值不远; 而地质历史时期海水硫酸盐明显富集重硫, 其硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 值在 +10‰ 到 +30‰ 之间变化(Seal et al., 2000)。炭窑口矿床硫化物明显富集硫的重同位素, 指示硫来源于海水或海水沉积硫酸盐的还原。

结合炭窑口矿床硫化物的铁、硫同位素及 Co/Ni 值等地球化学特征研究, 我们认为火山物质对成矿的直接贡献并不明显。

参 考 文 献 / References

- 陈喜峰. 2010. 炭窑口矿区基性火山岩地球化学特征及其构造意义. 地质与勘探, 46(1): 113~119.
- 高兆富, 朱祥坤, 罗照华, 孙剑, 张飞飞, 高文革, 王炳林, 钟畅怀. 2014. 东升庙多金属硫化物矿床主要含矿岩系地质地球化学特征及其对矿床成因的指示意义. 岩石矿物学杂志, 33(5): 825~840.
- 李兆龙, 许文斗, 庞文忠. 1986. 内蒙古中部层控多金属矿床硫、碳和氧同位素组成及矿床成因. 地球化学, 1: 13~23.
- 彭润民和翟裕生. 2004. 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代被动陆缘热水喷流成矿特征. 地学前缘, 11(1): 257~264.
- 施林道, 谢贤俊, 巩正基. 1994. 狼山-渣尔泰山中元古代裂陷槽有色金属矿床. 见: 芮宗瑶, 施林道, 方如恒, 编. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质. 北京: 地质出版社, 127~131.
- 王可南. 1984. 内蒙古炭窑口、东升庙铜、铅、锌多金属矿床硫同位素组成及其地质意义. 地质与勘探, 07: 20~22.
- 王跃, 朱祥坤. 2012. 铁同位素体系及其在矿床学中的应用. 岩石学报, 28(11): 3638~3654.
- 修世荫. 1987. 炭窑口-东升庙多金属硫铁矿床成因探讨. 化工地质, 02: 01~12.
- 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.
- 朱祥坤, 王跃, 闫斌, 李津, 董爱国, 李志红, 孙剑. 2013. 非传统稳定同位素地球化学的创建与发展. 矿物岩石地球化学通报, 32(6): 651~688.
- Ding Tiping, Jiang Shaoyong. 2000. Stable isotope study of the Langshan polymetallic mineral district, Inner Mongolia, China. Resource Geology, 50: 25~38.
- Seal R R II, Rye R O, Alpers C N. 2000. Stable isotope systematics of sulfate minerals. Review Mineral Geochemistry, 40: 541~602.