

勉-略-阳地区金矿床硫同位素特征

岳素伟^{1,2,4)}, 林振文^{3,4)}, 邓小华⁵⁾

- 1) 华南理工大学广州学院珠宝学院, 广州, 510800; 2) 华南理工大学广州学院珠宝研究所, 广州, 510800;
3) 中山大学地球科学与地质工程学院, 广州, 510275;
4) 中国科学院矿物学与成矿学重点实验室, 广州, 510640; 5) 北京矿产地质研究院, 北京, 100012

勉(县)略(阳)阳(平关)地区位于陕西省南部, 是西秦岭重要的组成部分, 以产金、铜、镍、铅锌等多金属矿产而闻名, 素有“金三角”之称(图 1)。蕴含了煎茶岭、东沟坝、李家沟等大中型金矿床, 历来是矿床研究和找矿的重点地区。前人对该矿床做了大量工作(冯华和吴闻人, 1997; 王启, 2006; 任小华, 2007), 积累了丰富的资料。

本文在前人研究基础上, 系统总结了勉-略-阳地区各金矿床硫同位素特征, 分析了勉略阳地区金的物质来源及成矿条件。

1 区域地质概况

勉-略-阳三角区南以汉江断裂为界, 相邻扬子板块, 北界为勉略缝合带。区内最主要的岩石地层单元是上太古界鱼洞子组, 上元古界碧口群与断头崖组与九道拐组(原震旦系), 以及少量显生宙地层。勉-略-阳三角区受限于北部勉略构造带与南部汉江深大断裂, 区内经历了强烈的变形、变质作用, 发育北西、北东向韧性、韧性剪切带及脆性断裂构造, 控制了区内火山岩和侵入岩分布, 同时也是成矿作用的主要控制因素。区内岩浆岩一般以小岩株或岩脉形式产出, 岩性从超基性到酸性皆有, 空间上多沿断裂分布, 时间上从新元古代到中生代均有发育。

2 硫同位素特征

煎茶岭硫同位素从镍矿石、蚀变超基性岩、钠长斑岩、白云岩, 到金矿石, 依次升高, 镍矿石最低, 为+6.1‰~+12.9‰(平均+9.3‰), 超基性岩、

白云岩均偏离地幔硫(+3‰~0‰)明显, 显示了重硫富集。纵观煎茶岭矿区的硫同位素分布范围(图 2), 金矿石中的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值及变化范围与断头崖组的硫同位素基本一致, 与矿区蚀变超基性岩体/镍矿石及花岗岩硫同位素虽有重叠, 但最高值普遍高于后者(最高位中酸性岩: 17.5‰)。这就表明, 矿石中的 S 同位素虽不能排除超基性岩或中酸性岩浆岩的贡献, 但不可能仅来源于超基性岩或中酸性岩浆岩。

东沟坝金矿床硫化物及硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 基本为正值, 重晶石 11.9‰~21.5‰, 硫化物为-1.3‰~10.5‰, 值相似表明有相似的成矿溶液和形成环境(卢武长, 1997, 1998)。样品中硫同位素均显示, 硫酸盐>>黄铁矿>黄铜矿>闪锌矿>方铅矿特征, 推测该矿床硫同位素达到交换平衡, 汪东波和李树新(1991)根据硫化物与硫酸盐共生特点, 估算出成矿热液为 12‰~15‰, 富集重硫主要是火山成因与海相硫酸盐发生同位素交换与分馏作用(汪东波和李树新, 1991; 尹福光和唐文清, 1999), 富含 SO_4^{2-} 的古海水与富含水溶硫化氢的溶液(火山岩硫)混合的作用结果(卢武长, 1997, 1998), 硫同位素的聚集是由后期变质流体对早期富集地层进行了淋滤, 发生了硫同位素的再平衡作用, 使得早期富集在火山-沉积岩中硫同位素及矿质在合适的部位富集成矿。

李家沟金矿岩体、围岩地层及矿石硫化物硫同位素显示变质辉绿岩 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+6.4‰~+6.7‰(平均+6.6‰), 远大于强烈蚀变辉绿岩 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+8.0‰~+14.7‰(平均+11.7‰), 说明在流体蚀变辉绿岩过程中发生了硫同位素富集; 闪长玢岩硫同

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 41403032, 41202050, 41072061)、国家“973”项目(编号 2012CB416602)、中国博士后科学基金项目(编号 2012M510261)以及全国危机矿山接替资源找矿项目(编号 20089934)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: 岳素伟, 男, 1985 年生。讲师, 从事矿床学与矿床地球化学研究。Email: Doctor-Yue@foxmail.com。

位素为+11‰~+13.1‰ (平均+12‰), 变化较小; 断头崖组地层 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+3.0‰~+23.3‰; 矿石硫同位素值为+9.8‰~+15.1‰ (平均+12.6‰)。流体蚀变过程导致了流体 ^{34}S 向辉绿岩中转移, 后期演化中流体不断释放重硫而使得 $\delta^{34}\text{S}$ 值不断降低, 所以矿石硫应该不可能来自辉绿岩和闪长岩; 矿石 $\delta^{34}\text{S}$ 值落在断头崖组硫同位素变化范围内, 说明断头崖组是重要的硫来源。

勉-略-阳地区各金矿床(煎茶岭、李家沟、东沟坝等)硫同位素均显示较高的正值(集中于10‰~15‰, 图2), 显示了流体活动的区域性。这种很高的硫同位素值很可能是由硫酸盐还原引起(赵瑞, 1986; 李文博等, 2006), 因为在有机质参与海相硫酸盐还原条件下, 硫酸盐与还原硫之间同位素分馏很小, 在封闭体系中硫酸盐还原为硫化物

(如黄铁矿), 具有与海相硫酸盐一样的硫同位素值(Gavrielli et al., 1995), 而矿石中 $\delta^{34}\text{S}$ 正异常可能为与富 ^{34}S 围岩水岩反应所致(Sangster, 1992)。矿石硫同位素分布比较集中, 说明有比较统一的硫源, 反映出矿源岩均以富集重硫为特征, 根据硫同位素分馏原理, 说明硫源硫同位素均一化程度较高, 成矿环境稳定, 硫源丰富(卢焕章和袁万春, 1999), 可能与陆陆碰撞过程中变质流体混入了基底及盖层硫而成的混合硫。另外, 前人报道了我国上元古界海相地层(原震旦系)中的大量矿床均具有较高的硫同位素值, 为地层硫酸盐还原硫源特征(李文博等, 2006)。

注 释 / Notes

- ① 马建秦. 1998. 秦岭勉略宁地区金矿床形成模式与找矿方向. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所博士学位论文: 1~90.

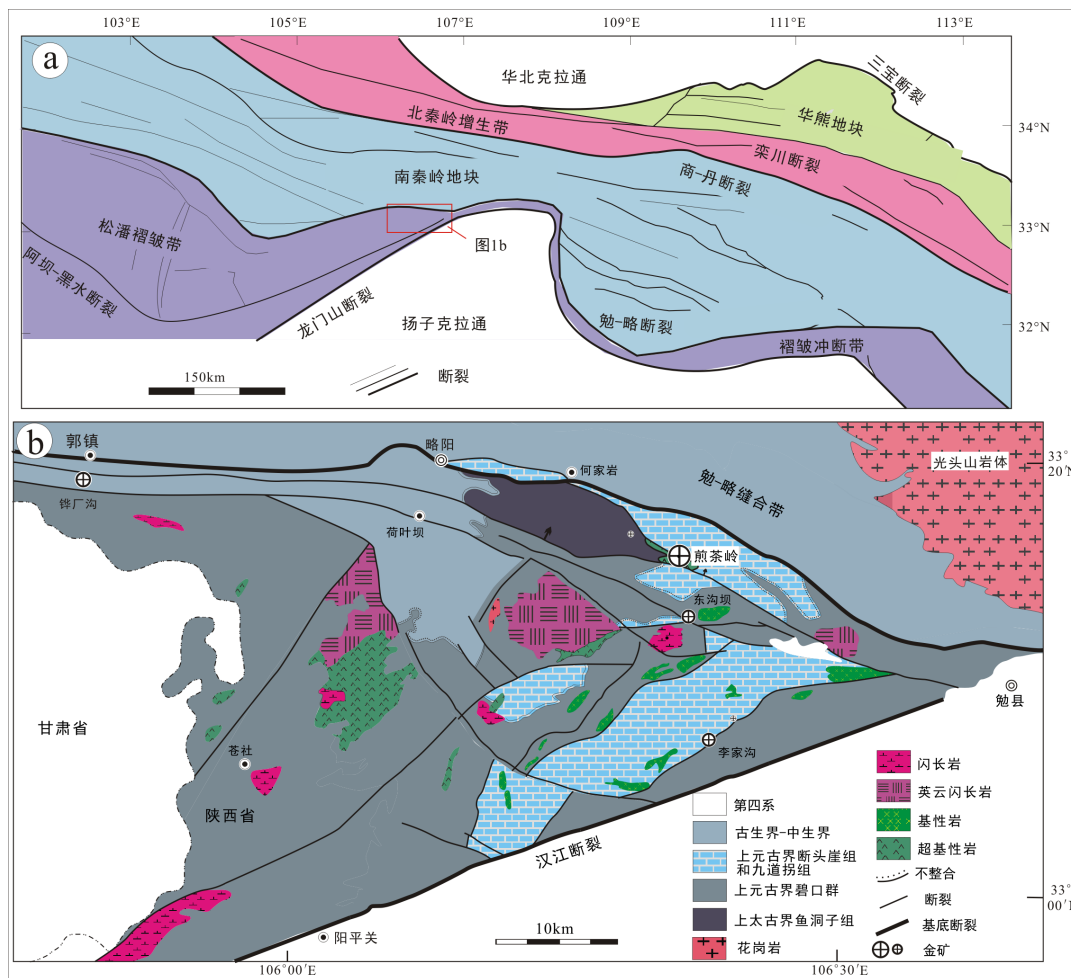


图1 秦岭造山带构造格架与勉-略-阳三角区位置(a, 据 Li et al., 2011)和勉-略-阳三角区地质简图与煎茶岭金矿床位置(b)
Fig. 1 Tectonic framework of the Qinling Orogen and the location of the Mian-Lue-Yang block (b, after Li et al., 2011), the geology of Mian-Lue-Yang region, showing the location of the Jianchaling Au deposit (b)

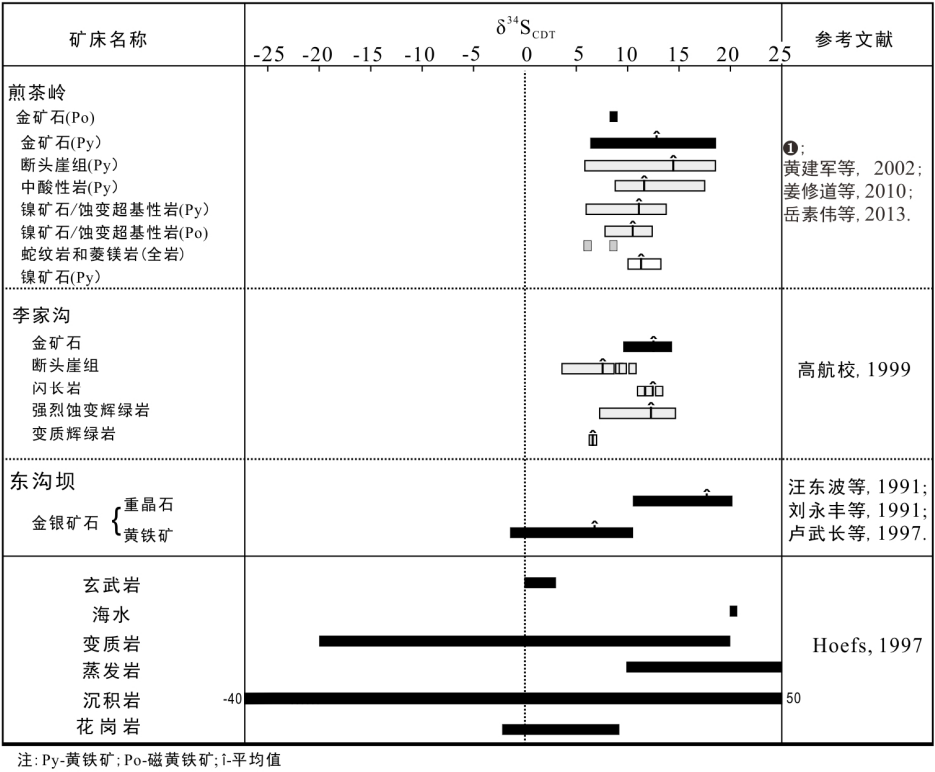


图 2 勉-略-阳地区金矿硫同位素分布图

Fig.2 $\delta^{34}\text{S}$ values of wallrocks and hydrothermal sulfide at Mianlueyang Zone Au deposit

参 考 文 献 / References

冯华, 吴闻人. 1997. 陕西勉略宁地区金_多金属矿产控矿条件及成矿模式. 陕西地质, 15(2): 39~47.

高航校. 1999. 李家沟金矿床成矿物质来源研究. 有色金属矿产与勘查, 8(2): 86~91.

姜修道, 魏刚峰, 聂江涛. 2010. 煎茶岭镍矿——是岩浆还是热液成因. 矿床地质, 29(6): 1112~1124.

李文博, 黄智龙, 张冠. 2006. 云南会泽铅锌矿田成矿物质来源: Pb, S, C, H, O, Sr 同位素制约. 岩石学报, 22(10): 2567~2580.

刘永丰, 李才一. 1991. 陕西略阳东沟坝黄铁矿型金银多金属矿床成矿物理化学条件研究. 矿物岩石, 11(2): 155~164.

卢焕章, 袁万春. 1999. 玲珑—焦家地区主要金矿床稳定同位素及同位素年代学. 桂林工学院学报, 11(1): 1~8.

卢武长, 杨绍全. 1997. 东沟坝多金属矿床硫同位素交换动力学. 矿物岩石, 17(1): 105~110.

卢武长, 张萍, 杨绍全. 1998. 东沟坝多金属矿床同位素地质特征. 成都理工学院学报, 25(3): 447~456.

任小华, 王瑞廷, 毛景文, 李春兰, 向婷婷, 汪军谊. 2007. 勉略宁多金属矿集区区域地球化学特征与找矿方向. 地球科学与环境学报, 29(3): 221~226.

汪东波, 李树新. 1991. 略阳东沟坝金、银、铅、锌、黄铁矿-重晶石型矿床的成因——成矿物理化学条件及稳定同位素地球化学研究. 西北地质, 12(3): 25~32.

王启, 周静庭, 王晖. 2006. 陕西省勉略宁地区铅_锌矿地质特征及找矿方向. 矿产与地质, 20(4-5): 389~391.

尹福光, 唐文清. 1999. 陕西略阳东沟坝金银铅锌多金属矿床成因. 特提斯地质, 23: 96~102.

岳素伟, 林振文, 邓小华, 李福让, 何怀新, 冯安国. 2013. 陕西省煎茶岭金矿 C、H、O、S、Pb 同位素地球化学示踪. 大地构造与成矿学, 37(4): 653~670.

赵瑞. 1986. 冀鲁皖若干内生矿床的硫同位素研究. 岩石学报, 2(1): 26~31.

Li N, Chen Y J, Fletcher I R, Zeng Q T. 2011. Triassic mineralization with Cretaceous overprint in the Dahu Au-Mo deposit, Xiaoqinling gold province: Constraints from SHRIMP monazite U-Th-Pb geochronology. Gondwana Research, 20(2): 543~552.

Hoefs J. 1997. Stable Isotope Geochemistry (4th Edition). Berlin: Springer-Verlag: 1~201.

Gavrielli I, Starinsky A, Spiro B, Aizenshtat A, Nielsen H. 1995. Mechanisms of sulphate removal from subsurface calcium chloride brines, Heletz-Kokhav oilfields, Israel. Geochimica et Cosmochimica Acta, 59: 3525~3533.

Sangster A L. 1992. Light stable isotope evidence for a metamorphogenic origin for bedding-parallel, gold-bearing veins in Cambrian flysch, Meguma Group, Nova Scotia. Exploration and Mining Geology, 1(1): 69~79.