

四川里伍铜矿田成矿物质来源探讨

曹发生^{1,2)}, 何政伟^{1,2)}, 刘严松^{1,2)}, 解晓颖²⁾, 黄飞²⁾

1) 国土资源部构造矿产成藏重点实验室, 成都理工大学, 四川成都, 610059;

2) 成都理工大学地球科学学院, 四川成都, 610059

四川里伍铜矿田地处四川省甘孜州九龙县境内, 大地构造位置位于扬子地台西缘的江浪穹隆构造内, 是一个主要受环状穹隆的滑脱-拆离构造体系控制, 储量大于 50 万吨的大型铜矿田, 其主要由里伍、黑牛洞-大水沟、挖金沟、柏香林等一系列成因联系紧密的矿床(点)组成。江浪穹隆的地层由核部向外依次为: 早元古代里伍岩群、早元古代甲坝岩组、晚元古代江浪岩组、二叠纪乌拉溪组、三叠纪西康岩组^①。矿田内目前已发现的矿床(点)只在早元古代里伍岩群(含矿地层)中, 矿体主要呈浸染状、脉状或块状赋存于地层的黑云母石英片岩中(夹杂有一定规模的斜长角闪岩), 对于矿田成矿物质主要来源于穹隆北东部的文家坪燕山期花岗岩还是地层中的斜长角闪岩一直存在争议。这个问题的解决对于矿田外围的找矿突破具有重要的现实意义。本文拟从矿床地球化学特征方面(包括氢氧、硅、铅、硫同位素、微量元素、稀土元素)进行总结, 以此探讨矿田的成矿物质来源。

1 同位素、微量元素及稀土元素特征

宋铁和(1990)、宋鸿林等^②、冯孝良(2008)、陈敏华(2011)研究了矿田内不同矿床成矿流体的氢氧同位素特征, 综合其所得结果: $\delta^{18}\text{O}$: $-8.79\% \sim +13.93\%$, 主要集中在 $0-11\%$, δD : $-101\% \sim +5.13\%$, 主要集中在 $-65\% \sim -100\%$ 。流体主要的分布区域为大气降水与热液交换区, 海水与热液交换区, 总体集中于与岩浆水或变质水的 δD 较为接近, 冯孝良(2008)、陈建等(2012)对含矿石英包裹体成分数据分析表明, 包裹体成分总体划分为 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}(\text{F}^-)$ 类型, 反映了成矿流体来源于深部热

卤水及海水等的多源特征。结合上述分析, 认为里伍矿田早期主要是岩浆水和变质水, 并在后期有较多的海水和大气水的加入, 从而改变了含矿热液成分。

姚鹏(2008)通过选取黑牛洞、中咀矿床中不同类型矿石(块状富矿石、浸染状、条带状-脉状矿石、电气石-石英脉型矿石)以及相关地质体(文家坪燕山期花岗岩、含矿层中的斜长角闪岩)的做了 Si、Pb 同位素及稀土元素分析。测试得出: ①不同类型的矿石 $\delta^{30}\text{Si}(\text{‰})$ 值较为一致($-0.2 \sim -0.3$); ②不同类型的矿石($-0.2\% \sim -0.3\%$)与变质穹窿含矿变质岩系(-0.2%)的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值接近或相同, 但与变质穹窿核部花岗岩的 $\delta^{30}\text{Si}(\text{‰})$ 值(0)相差较大。而且不同类型的矿石的铅同位素组成及稀土配分型式较为一致, 不同类型的矿石与变质穹窿含矿变质岩系(包括斜长角闪岩)的铅同位素组成(岛弧铅演化曲线与上地壳铅演化曲线之间)及稀土配分型式(右倾斜的具 Eu 负异常的曲线)相似, 但与文家坪燕山期花岗岩的铅同位素组成(上地壳铅演化曲线上部区域)及稀土元素配分型式(右倾具 Eu 正异常的曲线)存在明显差异。这三个特点暗示该矿床不同类型矿石硅及铅的来源与含矿变质岩系(包括斜长角闪岩)的可能性较大, 而与文家坪燕山期花岗岩可能性明显较小。

宋铁和(1990)、姚家栋(1990)、宋鸿林等^②、吴健民(1998)、姚鹏(2008)、陈敏华(2011)通过对不同类型矿石、围岩的金属硫化物(黄铁矿、闪锌矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿)进行取样分析, 发现 $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ 值变化范围基本一致, 硫同位素($\delta^{34}\text{S}$)值范围为 $-1 \sim +10\%$, 基本集中于

注: 本文为中国地质调查局地质调查项目《四川攀枝花深部找矿疑难问题研究》(1212011220867)的成果。

收稿日期: 2015-03-01; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 曹发生, 男, 1992 年生, 硕士研究生, 主要从事固体矿产勘查与评价研究。Email: fashengc@163.com。

+4.5‰ ~ +8.5‰。并且吴健民(1998)测出黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 的变化范围(‰)为+2.5 ~ +7.8, 显示出单塔式分布峰值(+5‰ ~ +7‰)。总体来看, 里伍矿田硫同位素具有一方面具有地幔硫塔式效应明显, 变化小的特点, 另一方面又明显富集重硫, 显示海水硫参与成矿的特点, 据 OHomoto(1979)等的意见, 岩浆硫的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+4‰, 本矿床硫化物平均 $\delta^{34}\text{S}$ 值比岩浆硫的 $\delta^{34}\text{S}$ 值稍大一点, 故推测本矿床的硫是以地幔硫(火山喷发硫)为主, 混入了部分当时海水硫。另一方面又具有地层硫富集 $\delta^{34}\text{S}$ 的特点, 这种双重特点是可能由于矿石中硫源来自里伍岩群, 而里伍岩群是一套浅变质火山-沉积岩, 因而最初始硫应来源于当时海底火山喷发带来的硫混合海水硫但以前者为主的一种混合硫源, 并且在后期地层硫发生活化并产生硫同位素均一化的结果。

姚家栋(1990)、宋鸿林等^②、陈敏华(2011)对矿田内的黄铁矿和磁黄铁矿进行的电子探针分析, 其 Co/Ni 比与火山作用有关的黄铁矿 Co/Ni 比值(1.93~89.35)王奎仁(1989)较为一致, 也显示出里伍铜矿田成矿元素物质源与可能与早期的海底火山活动有关, 后期受热液作用的影响。

根据袁华云^③对矿石中的黄铜矿进行测年得出的本区三个有效年龄对应的 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 初始值分别为 3.65、2.32、0.69, 对比前人资料(地幔 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比值为 0.12~0.13, 大陆地壳平均值为 3.63, 元古代 Virginia 建造变质沉积岩(1100Ma)的 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 值为 9.68), 可反映其成矿物质为壳幔混合来源。

注 释 / Notes

^①成都地质矿产研究所. 2013. 四川九龙江浪穹窿铜多金属评价报告, 未刊资料.

^②宋鸿林, 田竟亚, 颜丹平, 等. 1995. 扬子地台西缘江浪变质核杂岩体变形变质作用及里伍式铜矿成矿模式, “八五”地质矿产部重点科技攻关项目研究成果报告, 未刊资料.

^③袁华云. 2013. 里伍铜矿田中铜矿床成矿流体与矿床成因研究. 成都: 成都理工大学硕士论文.

参 考 文 献 / References

陈建, 张增民, 冯孝良. 2012. 里伍铜矿床地质特征与成因浅析. 矿物岩石, 32(3): 34~39.

陈敏华, 丁俊, 陈道前. 2011. 四川省九龙县里伍铜田成矿物质来源探

2 结 论

通过以上对矿田的矿床地球化学特征进行了总结概述, 得出结论如下:

(1) 从硅同位素、铅同位素的特征来看, 硅源、铅源、稀土元素特征都显示是来源于含矿岩系中的斜长角闪岩而与穹隆东北部的文家坪花岗岩可能亲缘性不强。

(2) 从氢氧同位素的来源探究成矿流体的来源来说, 虽然不同学者有不同的观点, 但综合比较各家之言, 再对比前面的硅源、铅源、稀土元素的特征都显示江浪穹隆内的花岗岩提供成矿来源的可能性比较小, 因矿质经常是需要流体进行运移的, 而因矿质本身并不与此侵入体提供, 故认为流体可能也与此侵入体岩浆热液相关性不大, 但不能排除此侵入花岗岩体为成矿提供了热能量。

(3) 从微量元素的特征探讨可知矿田内的矿床显示内生矿床成因, 并认为矿田内的物质来源于火山活动有关, 可能来自于原岩的火山物质, 并受到后期热液的叠加。

(4) 总结以上所有证据, 认为成矿物质主要来源于与海相火山活动相关的斜长角闪岩(原岩主要为变基性岩), 而文家坪燕山期花岗岩体可能基本未提供成矿物质。并且同为早元古代的甲坝岩组与早元古代里伍岩群一样经历了基本相同的变质变形等一系列的地质事件, 并且地层中也具一定规模的斜长角闪岩(变基性岩)可能在合适的构造部位产出与里伍铜矿田中相似的矿床。

讨. 沉积与特提斯地质, 31(1): 89~93.

冯孝良. 里伍铜矿成因及找矿方向研究. 2008. 成都: 成都理工大学, 博士论文.

宋铁和, 幸石川. 1990. 李伍铜矿床成因探讨. 西南矿产地质, 4(4): 1~12.

王奎仁. 1989. 地球与宇宙成因矿物学. 合肥: 安徽教育出版社.

吴健民, 刘肇昌, 黎功举, 等. 1998. 扬子地台西缘铜矿床地质. 北京: 中国地质大学出版社.

姚家栋. 试论李伍铜矿床成因. 1990. 四川地质学报, 10(4): 251~258.

姚鹏, 汪名杰, 李建忠, 等. 2008. 里伍式富铜矿床同位素示踪及其成矿地质意义. 地球学报, 29(6): 691~696.

Ohmoto H, Rye R O. 1979. Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes HL, ed. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. New York: Wiley:509~567.