

易门三家厂铜矿床的成矿年龄、物质来源及成因：

兼论“康滇地轴”新元古代铜成矿作用与 Rodinia 大陆裂解的关系

刘玉平¹, 李正祥², 叶霖¹, 刘家军³, 李朝阳⁴, 王奖臻⁵

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002; 2. Department of Applied Geology, Curtin University of Technology, Bentley WA6102; 3. 中国地质大学, 北京 100037; 4. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 5. 成都理工大学资源环境学院, 成都 610059)

引言

扬子地块西部的“康滇地轴”, 是我国重要的铜多金属成矿带之一(冉崇英等, 1990; 黎功举等, 1995; 李朝阳等, 2002), 产出了拉拉、东川、易门、大红山等大型-超大型矿床。由于长期缺少高精度年代学和有效的同位素示踪数据的支持, 对这些矿床的成因仍存在较大争议。本文应用⁴⁰Ar-³⁹Ar快中子活化法测定易门铜矿床矿石的形成年龄, 通过矿石的 Os、Sr 同位素示踪成矿物质来源, 进而讨论了矿床成因。并在此基础上结合前人研究成果, 提出“康滇地轴”新元古代铜成矿作用可能与 Rodinia 大陆裂解有关。

1 三家厂铜矿床地质概况

易门铜矿田位于滇中易门-禄丰一带, 大地构造处于近 SN 向的元古宙昆阳裂谷武定-易门-元江裂陷带的中段, 由三家厂、狮子山、七步郎、里士等矿床组成。其中, 规模最大的三家厂铜矿床, 由北而南依次分为狮山、菜园河和凤山等三个矿段, 探明铜金属储量达到 50 余万吨。矿区内主要出露元古界昆阳群的一套低绿片岩相浅变质岩, 局部出露元古-太古界大红山群中-深变质岩。东矿带主要分布热水沉积-改造型(狮山型)矿床(狮山、狮子山和田心等铜矿床(点)), 具东川式铜矿床的特征(冉崇英, 1993)。广义上, 两者均为易门式铜矿床。

凤山矿段主要分布火山热水沉积-强改造-深源叠加型矿床(凤山、一都厂、峨腊厂和梅山西等铜矿床(点)), 属典型的易门式铜矿床①; 分别采自凤山矿段(样号 FS-33、样号 FS-SK)和狮山矿段 8 号矿体(样号 SS-K8)。其中, FS-33 为切层石英脉型铜矿石, 主要矿物组合为石英+方解石+黄铜矿+辉铜矿+黝铜矿; FS-SK 为夕卡岩型铜矿石, 主要矿物组合为透闪石/阳起石+透辉石+绿泥石+石英+方解石+黄铜矿+斑铜矿; SS-K8 为顺层透镜状浸染铜矿石, 主要矿物组合为石英+绢云母+粘土矿物+方解石+黄铜矿+辉铜矿。

2 测试方法

用于测定 Sr、Os 同位素组成的矿物, 分别为矿石中的方解石和黄铜矿; 用于⁴⁰Ar-³⁹Ar 定年的矿物样品为透闪石和石英。

透闪石和石英的⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄, 由中国科学院地质与地球物理研究所桑海青高级工程师完成。样品于中国原子能科学研究所的 49-2 反应堆 H8 孔道中进行快中子照射后, 用 RGA-10 气体源质谱计测定 Ar 同位素组成, 衰变常数 $\lambda = 5.543 \times 10^{-10}$ /年, 全系统静态本底为:⁴⁰Ar = 1.6×10^{-14} /mol 和³⁶Ar = 1.2×10^{-16} /mol, Ar 同位素的测量误差在 0.5%~1% 以内。

黄铜矿的 Os 同位素组成, 由中国地质科学院国家地质测试中心杜安道研究员和屈文俊博士完成。样品在 Carius 管中用反王水消解, Os 同位素组成用 ICP-MS(PQ Excell)测定。

方解石的 Sr 同位素组成由中国科学院地质与地球物理研究所乔广生研究员和储著银博士

基金项目: 中国科学院创新项目(KZCX2-101, KZCX2-YW-111), 中国科学院留学基金项目(2003023)

完成,测试仪器为 VG354 热电离子质谱仪。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值标准化参数为 0.119, Rb 和 Sr 的空白值均低于 $n \times 10^{-10}$, NBS-607 标样的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 测定值为 1.200325 ± 0.000011 。

3 分析结果与讨论

3.1 成矿年龄

凤山矿段砂卡岩型铜矿石(FS-SK1),透闪石样品($K_2O\% = 0.075$)获得了平坦型的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄谱(^{39}Ar 析出量占总量的 90.44%),坪年龄和等时线年龄分别为 $825.2 \pm 1.3 \text{ Ma}$ 、 $829.0 \pm 5.3 \text{ Ma}$ 。凤山矿段切层脉型铜矿石(FS-33)和狮山矿段顺层透镜状网脉型铜矿石(SS-K8)中的石英样品,均获得了呈两侧高、中间低的“马鞍型” $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄谱。其中,FS-33 的最小视年龄、坪年龄和等时线年龄分别为 $822.0 \pm 30.8 \text{ Ma}$ 、 $824.1 \pm 0.5 \text{ Ma}$ (^{39}Ar 析出量占总量的 58.01%) 和 $824.9 \pm 4.9 \text{ Ma}$; SS-K8 的最小视年龄、坪年龄和等时线年龄分别为 $836.6 \pm 34.5 \text{ Ma}$ 、 $837.9 \pm 0.7 \text{ Ma}$ (^{39}Ar 析出量占总量的 49.94%) 和 $836.8 \pm 4.9 \text{ Ma}$ 。各样品的坪年龄和等时线年龄在误差范围内一致;且三件样品的($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)₀ 分别为 279.8 ± 9.3 、 293.1 ± 2.4 和 295.8 ± 2.5 ,与尼尔值(295.5)吻合或接近,表明定年结果可靠。因此,三家厂铜矿床的形成时代为 824 ~ 838 Ma。

3.2 成矿物质来源

在 OS-($^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$)_{t = 830 \text{ Ma}} 图解中,所有样品的投点大致呈抛物线型分布($\gamma = 0.8589$),表明矿石中的 Os 可能来源于含矿地层(高 Os 含量、 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比值大)与深部岩浆(低 Os 含量、 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比值小)的二元混合。其中,凤山矿段样品多数投影靠近深部岩浆端元,狮山矿段样品多数投影靠近含矿地层端元。

在 Sr-($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_{t = 830 \text{ Ma}} 图解中,所有样品的投点表现出相关性极好($\gamma = 0.9778$)的线性分布特征,表明矿石中的 Sr 可能来源于含矿地层(高 Sr 含量、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值大)与深部岩浆(低 Sr 含量、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值小)的二元混合。其中,顺层似层状、透镜状矿石,主要投影在含矿地层端元一侧;而切层脉状、囊状矿石,主要投影在深部岩浆端元一侧。

3.3 矿床成因讨论

关于三家厂铜矿的成因众说纷纭,主要观点有喷气-沉积成因(张云生,1989)、沉积成岩-改造成因(冉崇英,1994)、多因复成成因(韩润生等,2000,2003)等。本文通过 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年和 Sr、Os 同位素示踪,表明该矿床形成于 ~ 830 Ma,成矿物质具有含矿地层和深部岩浆二元混合的特点,应属于沉积成岩-岩浆热液叠加改造矿床。

3.4 “康滇地轴”新元古代铜成矿作用与 Rodinia 大陆裂解的关系

大量研究显示,在“康滇地轴”广泛出露 740 ~ 860 Ma 岩浆活动的记录,不少学者认为与 Rodinia 大陆裂解有关(例如, Li et al, 2003)。近年来,一些学者相继探索了“康滇地轴”若干铜矿床的成矿时代。由北而南,高家村-冷水管 Cu-Ni 矿床含矿辉长岩的锆石 U-Pb 年龄为 $840 \pm 5 \text{ Ma}$,角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $790 \pm 1 \text{ Ma}$ (朱维光等,2004);拉拉厂 Cu-Fe 矿床的铜-铁氧化物型矿石白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $849 \pm 3.6 \text{ Ma}$ (Greentree, 2005 面告);东川铜矿田因民矿段和落雪矿段层状矿石的石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 776 ~ 782 Ma(邱华宁等,2002),桃园矿段脉状矿石的石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $768.4 \pm 0.6 \text{ Ma}$ (叶霖等,2004a);迤纳厂 Cu-Fe-REE 矿床铜-铁氧化物型矿石的石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $784.3 \pm 1.0 \text{ Ma}$ (叶霖等,2004b);易门矿田三家厂矿床铜矿石获得透闪石和石英的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 824 ~ 838 Ma(本文);大红山 Cu-Fe 矿床的矿化辉长岩角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 779 ~ 795 Ma,含矿片岩黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 817 ~ 833 Ma(Greentree, 2005 面告)。上述成矿年龄均集中在 760 ~ 850 Ma 的范围内,与“康滇地轴”740 ~ 850 Ma 岩浆事件在时间上吻合,可能是 Rodinia 大陆裂解有关的构造-岩浆活动导致成矿物质迁移、富集的产物。

致谢 桑海青高级工程师、杜安道研究员、屈文俊博士、乔广生研究员、储著银博士等在样品测试过程中予以了大力的支持和帮助,冉崇英教授、韩润生教授、张兴春副研究员和 M Greentree 博士等在成文过程中给予了指教和帮助,在此一并致以衷心的感谢!