

· 专题 13: 成矿作用过程、成矿末端效应及找矿预测 ·

西藏甲玛斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床 Au-Ag 矿物形成条件与成因研究

郑石基^{1,2}, 张忠坤³, 钟宏^{1,2*}, 柏中杰¹, 胡文俊¹

1. 中国科学院 地球化学研究所, 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国黄金集团公司 西藏华泰龙矿业开发有限公司, 拉萨 850200

西藏甲玛斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床是冈底斯铜矿带中东段产出的超大型斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床。甲玛矿床中 Au 的平均品位为 0.11g/t, 金属量约 200 t, Ag 的平均品位为 5.92g/t, 金属量 1 万 t, 其中矽卡岩型矿体的 Au 和 Ag 品位和金属量最高 (Zheng *et al.*, 2016)。

本研究通过对甲玛矿床的黄铁矿-黄铜矿矿石、方铅矿-闪锌矿矿石、斑铜矿矿石和黝铜矿矿石的元素分析, 发现 Ag 在斑铜矿矿石、黝铜矿矿石和铅锌矿石中含量较高, 最高可达 1100 g/t。Au 在斑铜矿矿石和富 Sb 的黝铜矿矿石中含量较高, 最高可达 54.3 g/t。黄铜黄铁矿石中, Au 和 Ag 含量较低。铅锌矿石中, 富 Ag 的铅锌矿石, As 和 Sb 的含量相应较高。斑铜矿矿石中, Bi 的含量较高, 最高可达 2.2%, 与 Au 和 Ag 含量表现出一定的正相关关系。黝铜矿矿石中, As 和 Sb 的含量较高, Sb 高可达 20%。富 Sb 黝铜矿的 Au 含量较高, 而富 As 黝铜矿的 Au 含量则特别低。在富 Au 和 Ag 的矿石中, Te 的含量相应较高。

电子探针分析数据显示, 斑铜矿、硫铋铜矿、辉铜矿、硫砷铜矿、块硫砷铜矿等矿物中 Au 和 Ag 的含量超过 1%, 表明 Au 和 Ag 在这些硫化物和硫酸盐矿物中可能以非常微细矿物存在。显微镜观察、扫描电镜和能谱分析结果发现, 在铅锌矿石、斑铜矿矿石和黝铜矿矿石中 Au 和 Ag 的独立矿物的出现。重点对斑铜矿矿石和黝铜矿矿石中的 Au、Ag 矿物及共生矿物的研究, 研究 Au、Ag 的成矿物理化学条件和成因。

在斑铜矿矿石中, 硫铋铜矿以有序的条带状固溶体结构分布。Ag 以碲银矿形式存在于硫铋铜矿中或者边部, 或与 Au 结合形成银金矿存在于碲银矿中或者斑铜矿的边部和裂隙中。Au 和 Ag 的富集与硫铋铜矿和斑铜矿在空间上密切相关。斑铜矿矿

石中还存在方硫镍矿、辉铜矿等矿物。通过斑铜矿+硫铋铜矿+碲银矿+银金矿+方硫镍矿组合, 结合唐晓倩等 (2011) 流体包裹体的研究, Au、Ag 在斑铜矿中形成的温度范围为 210~244°C, 形成的物理化学条件为: $\text{Log}(T_{e_2})$ 范围介于 -15.0~-11.2, $\text{log}(S_2)$ 范围介于 -10.9~-7.3。

在黝铜矿矿石中, Ag 和 Au 主要以碲银矿和针碲金银矿以及少量的碲金银矿等形式存在于黝铜矿、硫铜铋矿等矿物中, 也有少量银金矿分布在碲银矿的边部。富 As 的黝铜矿中, 出现硫砷铜矿+砷黝铜矿+碲银矿+方铅矿等矿物组合, 未发现 Au 矿物。富 Sb 黝铜矿中, 出现铋黝铜矿+硫铜铋矿+硫砷铜矿+硫铜铋矿+块硫砷(铋)铜矿+碲汞矿等矿物组合, Au、Ag 在富 Sb 黝铜矿矿石中形成温度大致在 210°C, 形成的物理化学条件为: $\text{Log}(T_{e_2})$ 范围为 -15.2~-12.3, $\text{log}(S_2)$ 范围为 -16.8~-12.1。

黝铜矿矿石的矿物组合对应的硫逸度低于斑铜矿矿石的矿物组合, 黝铜矿矿石的形成晚于斑铜矿, 表明硫逸度从早到晚有降低趋势。本研究结果显示, 硫逸度的变化使矿物组合发生改变, 但并不影响 Au 和 Ag 的富集。由于 As、Sb、Te、Bi 有相似的地球化学性质, 常与 Au 和 Ag 共生。Bi 元素在斑铜矿固溶体中的溶解度较高, 最高可达 17% (Sugaki *et al.*, 1981; 1984), 富 Bi 的熔体使 Au 和 Ag 在硫化物熔体中的溶解度大大提升, 温度降低, Bi 以硫铋铜矿从固溶体中分离, 导致 Au 和 Ag 与 Te 结合形成碲化物或者合金在硫铋铜矿的边部或者内部析出。黝铜矿矿石富集 As 和 Sb, 对热液中的 Au 和 Ag 具有吸附作用, 使 Au 和 Ag 与 Te 结合或者形成合金在黝铜矿中沉淀成矿, 但 Sb 的作用大于 As 的作用。本研究证实了斑铜矿富集 Bi 促进 Au 和 Ag 富集, 黝铜矿富集 As 和 Sb 促使 Au 和 Ag 的富集。

基金项目: 国家自然科学基金杰出青年基金项目 (41425011)

第一作者简介: 郑石基 (1990-), 男, 硕士生, 研究方向: 岩浆热液矿床。E-mail: zhengshiji@mail.gyig.ac.cn.

* 通讯作者简介: 钟宏 (1971-), 男, 研究员, 研究方向: 岩浆演化与成矿。E-mail: zhonghong@vip.gyig.ac.cn.