

· 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 Cu-As-Sb-S 矿物学研究

郑石基^{1,2}, 张忠坤³, 钟宏^{1*}, 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。我们在该矿床的研究发现 Cu-As-Sb-S 矿物成分主要为 $\text{Cu}_3(\text{AsSb})\text{S}_4$ 和 $\text{Cu}_{10-12}(\text{AsSb})_4\text{S}_{13}$ 。 $\text{Cu}_3(\text{AsSb})\text{S}_4$ 矿物主要为硫砷铜矿、块硫砷铜矿和块硫锑铜矿, $\text{Cu}_{10-12}(\text{AsSb})_4\text{S}_{13}$ 矿物主要为砷黝铜矿和锑黝铜矿, 是由于 As 和 Sb 的类质同象作用形成的。

块硫砷铜矿(又称四方硫砷铜矿)和块硫锑铜矿(又称脆硫锑铜矿)属于四方晶系, 立方紧密堆积、闪锌矿结构, 二者为不完全的类质同象关系。硫砷铜矿属于斜方晶系, 六方紧密堆积、纤锌矿结构, 与块硫铜矿为同质多像的关系。块硫锑铜矿中的 $\text{Sb}/(\text{As}+\text{Sb})$ 原子百分比(at.%)不超过 20%, As 在分子中的质量百分比不超过 6%, 块硫砷铜矿的 $\text{Sb}/(\text{As}+\text{Sb})$ at.% 大于 20%, 块硫锑铜矿的 $\text{Sb}/(\text{As}+\text{Sb})$ at.% 大于 50%, 但是不能超过 90% (Poósfai *et al.*, 1998; Pfitzner *et al.*, 2004; Luce *et al.*, 1977)。硫砷铜矿转变为块硫砷铜矿的温度为 280℃, 块硫砷铜矿的稳定温度小于 250℃, 因此矿物的转变关系可以作为一种地质温度计 (Krismer *et al.*, 2013)。

甲玛矿床中的硫砷铜矿、块硫砷铜矿和块硫锑铜矿的主要成分为 Cu: 45.98% ~ 48.98%, As: 5.47% ~ 19.14%, Sb: 0.034% ~ 18.75%, S: 28.15% ~ 31.96%。砷黝铜矿和锑黝铜矿主要成分

为 Cu: 37.92% ~ 50.33%, As: 2.42% ~ 21.06%, Sb: 0.051% ~ 22.49%, S: 23.34% ~ 27.38%。砷黝铜矿和锑黝铜矿表现为完全的类质同象序列。Cu 原子的原子个数为 10 ~ 12 个, 另外有 Zn、Fe、Hg、Mn 和 Pb 的取代现象, 分别可高达 6.68%、7.94%、11.13%、1.19% 和 1.01%。除了 Cu 原子, 其他阳离子在黝铜矿的总和不超过 2 个原子。Hg 和 Mn 表现为一定的正相关关系, 而 Cu 和 Fe、Hg、Mn 则表现为一定的负相关关系。黝铜矿在 BSE 图像中表现为环带结构, As 含量越高, BSE 亮度越暗。

甲玛矿床的砷黝铜矿与硫砷铜矿、车轮矿等共生; 锑黝铜矿则与硫砷铜矿、块硫砷(锑)铜矿、硫铜锑矿等矿物共生; 硫砷铜矿与块硫砷铜矿共生。砷铜矿的 S 含量比硫砷铜矿和块硫砷(锑)铜矿的含量低, 黝铜矿表现为中硫矿物, 硫砷铜矿和块硫砷(锑)铜矿则表现为高硫矿物。随温度的降低或者硫逸度的升高, 砷黝铜矿转变为硫砷铜矿, 锑黝铜矿则转变为硫砷铜矿、硫铜锑矿和块硫砷(锑)铜矿等。硫砷铜矿转变为块硫砷铜矿, 其温度小于 280℃。甲玛矿床中, 硫砷铜矿和块硫砷(锑)铜矿与砷铜矿、碲银矿、针碲金银矿、银金矿车轮矿等其他硫盐矿物共生, 与高硫型低温热液矿床的金属矿物组合相似。

我们的研究表明, 甲玛斑岩-矽卡岩型铜多金属矿床可能有低温热液成矿作用的叠加。

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.