

# 云南中甸红山铜矿中硫化物环带及其地质意义

俎波<sup>1</sup>, 薛春纪<sup>1\*</sup>, 王庆飞<sup>1</sup>, 梁华英<sup>2</sup>, 宋庆伟<sup>1</sup>, 陈永健<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院 地质过程与矿床资源国家重点实验室, 北京 100083;

2. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510301)

云南中甸红山铜矿床是三江义敦岛弧带南端中甸弧内的重要铜矿床, 与区内普朗、雪鸡坪等大中型铜矿床一同构成中甸斑岩(夕卡岩)铜成矿带(侯增谦等, 2003; 2004; 曾普胜等, 2000; 2003; 2004; 杨岳清等, 2002)。硫化物结构构造是矿石特征的最直接表现形式, 能够提供成矿过程和矿石成因的诸多信息(顾连兴等, 2006)。陆建军等(2003, 2008)、郭维民等(2011)研究长江中下游冬瓜山铜矿时发现黄铜矿沿黄铁矿变斑晶周围交代形成的“环斑”结构, 反映了成矿过程中存在多阶段性。在红山铜矿中也存在类似的环带结构, 1960年云南省地质局十八地质队对红山铜矿Ⅱ、Ⅲ号矿体初勘时提到硫化物矿石中黄铜矿交代黄铁矿形成环带结构构造; 2006年中国地质科学院矿产资源研究所在“西南三江中甸斑岩型铜金矿找矿模型及技术方法”一文中认为硫化物经受变质, 黄铜矿由浸染状变为团斑状围绕黄铁矿产出。然而针对红山铜矿中硫化物环带的研究仅仅是一概而过, 并没有进行细致分析。本文拟在分析红山铜矿地质特征的基础上, 通过铜矿石中硫化物环带的矿相学研究和硫同位素组成分析, 分析其形成过程和对成矿过程中流体环境的变化。

## 1 岩石特征

矿区出露上三叠纪曲嘎寺组、图姆沟组地层, 岩性为泥质板岩、千枚岩、结晶灰岩和安山质火山岩。矿区内岩体不甚发育, 主要为零星出露的花岗闪长玢岩和石英二长斑岩岩枝、岩脉。矿区内夕卡岩和角岩相间排列, 呈层状、似层状与

地层整合接触, 是矿区的主要容矿岩系。铜矿体几乎全部产在夕卡岩体中, 极少量以脉状形式产于大理岩和角岩中。传统接触交代型的夕卡岩其规模决定于岩体和碳酸盐岩接触带的大小, 一般夕卡岩的规模远比岩体小(廖宗廷等, 2001), 而红山铜矿矿区仅出露少量岩枝、岩脉, 远小于夕卡岩体的规模, 而且夕卡岩呈层状或似层状与地层整合产出, 在地表未见其与岩体无直接接触, 因此其并非出现在岩体与钙质地层的接触带中的传统意义上的夕卡岩型矿床。

夕卡岩型铜矿石是红山铜矿床中最主要的矿石类型。夕卡岩型矿石中普遍发育以黄铁矿为核心, 向外围依次出现黄铜矿和磁黄铁矿的硫化物环带。环带中, 黄铁矿常呈自形-半自形立方体晶形, 边部平直; 黄铜矿呈他形围绕黄铁矿生长, 从1 mm至10 mm宽度不一, 在黄铁矿晶体拐角位置明显减薄, 判断其被更晚形成的磁黄铁矿溶蚀形成。

其内可见黄铜矿溶蚀后的残余, 判断其为硫化物环带最晚期的产物。硫化物环带的矿相学特征反映矿石中硫化物矿物生成顺序大致为黄铁矿—黄铜矿—磁黄铁矿。

## 2 同位素组成

硫同位素在研究硫化物环带形成过程中成矿流体的变化具有重要意义。40件硫同位素样品测试结果表明矿石硫化物的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ 平均值为4.649‰, 显示成矿流体中硫来自地幔或地壳深部来源特征(+0‰~+5‰); 在硫同位素直方图上, 硫同位素呈现明显的塔式现象(图2), 表明硫来源具有均一性;  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (磁黄铁矿)(-0.24‰~5.17‰, 平均4.238‰) <  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (黄铁矿)(0.09‰~5.80‰, 平均4.429‰) <  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$ (黄铜矿)(3.94‰~5.23‰, 平均4.687‰), 反映矿

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 41072069; 40930423; 40772061); 国家重点基础研究发展计划项目(2009CB421005); 高等学校学科创新引智计划(B07011); 长江学者和创新团队发展计划(IRT0755)

\* 通讯作者, E-mail: chunji\_xue@cugb.edu.cn

石中黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿等硫化物间并未达到硫同位素分馏平衡,它们很可能形成于不同的矿化阶段。根据硫化物环带中各矿物分子式(黄铁矿- $\text{FeS}$ ,黄铜矿- $\text{CuFeS}_2$ ,磁黄铁矿- $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ),结合矿物生成顺序(由先到后:黄铁矿—黄铜矿—磁黄铁矿),可判断成矿流体中硫逸度有早到晚逐渐降低。

通过以上分析认为,红山铜矿中硫化物成矿流体来源于地幔或地壳深部,具有均一性,但在

矿物形成过程中可能由于硫逸度的原因,硫同位素未达到分馏平衡。在硫逸度较高的阶段形成黄铁矿,并且因为结晶温度较高,形成自形较好的晶体;随着黄铁矿的晶出,流体中硫逸度逐渐降低,继而在下一个阶段形成黄铜矿;在黄铁矿和黄铜矿不断晶出之后,硫逸度更低,而形成磁黄铁矿,从而呈现出矿石中由内到外的硫化物环带特征。