

## 专题 10: 地质过程的流体作用及成矿、成藏效应

贵州晴隆锑(金)矿床硫化物 Nano-SIMS  
硫同位素组成研究陈军<sup>1</sup>, 黄智龙<sup>1\*</sup>, 杨瑞东<sup>2</sup>, 杜丽娟<sup>2</sup>, 罗开<sup>1</sup>, 甘甜<sup>1</sup>

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.贵州大学 资源与环境工程学院, 贵阳 550025

大面积低温成矿作用是近些年地球科学领域关注的热点科学问题之一, 右江盆地低温热液矿集区以金、锑矿床密集产出为特征, 被认为是研究低温成矿过程的理想场所。晴隆锑矿床是右江盆地低温成矿带内大型的锑矿床之一, 相对于邻区的卡林型金矿床而言, 晴隆锑矿床研究程度较低。近些年开展的“贵州省晴隆县晴隆锑矿接替资源勘查”(全国危机矿山找矿项目)和“贵州省晴隆锑矿整装勘查”项目找矿成果显示, 在晴隆锑矿区及外围区域查明接替总锑金属资源量(333+334?)约 7 万吨, 显示出巨大的找矿潜力(贵州省地矿局 113 地质大队, 2016); 此外, 在进行共伴生资源调查时, 发现晴隆锑矿床的赋矿层——“大厂层”普遍存在 Au 矿化显示(品位介于 0.1~9.9g/t), 晴隆锑矿床呈锑、金共生特征。年代学研究显示, 晴隆锑矿床的成矿时代与黔西南水银洞金矿床基本一致(晴隆萤石 Sm-Nd 年龄 148~142Ma, 彭建堂等, 2003; 水银洞方解石 Sm-Nd 年龄 136~134Ma, Su et al., 2009), 暗示二者之间具有相同的成矿动力背景, 金、锑成矿可能属于同一成矿谱系(王登红等, 2012)。因此, 晴隆锑矿床呈锑、金共生的这一特征, 为系统研究锑、金成矿过程提供了良好条件。通过限定富 Sb、富 Au 流体来源, 提取 Sb、Au 矿化有利信息, 可为深入研究 Sb、Au 共生分异提供“理论参数”。同时有可能形成以点带面, 对于认识整个右江盆地锑、金成矿过程都具有一定的参考意义。

晴隆锑矿床主要包含两种矿化类型, 分别为锑矿化和锑-金矿化(Chen et al., 2018)。锑矿化以石英-辉锑矿±萤石矿物组合为特征, 而锑-金矿化以石英-辉锑矿±黄铁矿矿物组合为特征。从宏观地质特征来看, 锑-金矿化时间上晚于锑矿化(Chen et al., 2018)。矿物学研究显示, Au 主要以 Au<sup>+1</sup> 方式赋存在锑-金矿体中的环带状含砷黄铁矿中, 与右江盆地的卡林型金矿床 Au 的赋存状态一致(Chen et al., 2018), Sb 主要以辉锑矿的形式存在。

本次研究主要对晴隆锑矿床主要矿石矿物辉锑矿及载金黄铁矿进行 Nano-SIMS 硫同位素组成分析。纳米微区 mapping 研究显示, 载金黄铁矿呈核边结构, As、Au、Cu 等元素呈现有规律的元素富集环带。为明确指示含 Au 流体的来源, 本次研究重点在纳米微区元素 mapping(As 和 Au)的基础上, 对富 As-Au 环带进行硫同位素组成分析。结果表明, 这些富 As(部分含 Au)环带 $\delta^{34}\text{S}$  值为-6.9~6.1‰, 主要集中在-4.2~1.6‰, 平均 1.1‰(n=33)。辉锑矿 $\delta^{34}\text{S}$  值为-6.6~-0.9‰, 平均-3.3‰(n=23)。由此可见, 晴隆锑矿床的富 Au、As、Sb 流体可能为同一来源。然而, 在右江盆地范围内, 金、锑呈明显的共生分异特征, 即金矿化常伴生有弱的锑矿化, 反之锑矿化必然存在弱的金矿化, 呈现“你中有我, 我中有你”特征(涂光炽, 2002)。结合前人的大量研究成果(Su et al., 2008, 2009a,b, 2012, 2018; Cline et al., 2013;

基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 41802107), 贵州省科技计划项目(黔科合基础[2019]1315 号)

第一作者简介: 陈军(1987-), 男, 博士后, 研究方向: 低温成矿作用 研究. E-mail: chenjun@mail.gyig.ac.cn

\*通信作者简介: 黄智龙(1967-), 男, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 成矿规律与成矿预测. E-mail: huangzhilong@vip.gyig.ac.cn

Hou et al., 2016; Chen et al., 2018), 发现金、锑在成矿过程方面既有共性又存在明显的不同(表 1)。基于此, 初步推测这种富 Au-As-Sb 的含矿流体可能源于深部隐伏岩浆, 但在流体演化过程中发生不混溶导致流体发生分离, 富 As-Au、中等盐度(~5 wt.% NaCl equiv)、中等温度(~210°C)及含 CO<sub>2</sub> 的流体与围岩去碳酸盐化形成富 Fe 流体混合导致大量的含 Au 黄铁矿沉淀, 形成右江盆地诸多金矿床。另一方面, 这些富 Sb(相对贫 As、Au)的、中-低温(161~294°C)和中-高盐度(0.35~13.18 wt.% NaCl equiv)的流体可能与盆地流体混合, 导致流体温度和氧逸度的明显降低, 引起大量的辉锑矿沉淀, 形成了晴隆锑矿床。

表 1 右江盆地代表性卡林型金矿床和锑矿床成矿异同对比

	卡林型金矿床		锑矿床	
代表性矿床	水银洞金矿床		晴隆锑矿床	
主成矿时代	136~134Ma		148~142Ma	
矿化类型	金矿化	锑矿化	金矿化	锑矿化
矿化顺序	早	晚	晚	早
围岩蚀变	硅化、去碳酸岩化、黄铁	方解石化	硅化, 伊利石化、黄铁矿	硅化、去碳酸盐化、
矿石矿物	含砷黄铁矿、毒砂	辉锑矿	含砷黄铁矿、辉锑矿	辉锑矿
脉石矿物	石英、白云石	方解石	石英	石英、萤石
成矿温度(°C)	178~332(平均=251)	116~285(平均=193)	130~200(平均=175)	170~250(平均=220)
流体氧化还原性	还原(含 CO <sub>2</sub> 和 CH <sub>4</sub> )	-	弱氧化	还原(有机烃)
成矿物质来源	壳幔混合	-	上地壳	下地壳或地幔
成矿流体来源	岩浆流体或变质流体	-	大气降水参与明显	岩浆水为主
导矿构造	深大断裂		深大断裂	
控矿构造	背斜、逆冲断裂		背斜穹窿、不整合面	
参考文献	Su et al., 2008, 2009a,b, 2012; 胡瑞忠等, 2015		Chen et al., 2018	