

滇东南白牛厂多金属矿床成因的 地质地球化学新证据

张乾, 李开文, 王大鹏, 侯晓风

(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, 贵州 贵阳 550002)

白牛厂矿床是滇东南地区三大锡多金属矿床之一, 银、铅、锌、锡都达到大型或超大型规模, 同时还伴生丰富的分散元素 (In Cd Ge Ga等)。关于矿床成因, 江鑫培 (1990) 认为是岩浆热液成因, 白金刚等 (1995) 认为属喷流沉积成因, 而更多的学者则认为属喷流沉积 + 岩浆热液叠加改造成因 (华仁民等, 1997; 周建平等, 1887, 1998; 陈学明等, 1998, 2000; 祝朝辉等, 2008); 同样, 对于成矿物质来源也存在不同的认识, 高子英 (1996) 认为成矿流体以古大气降水为主的混合流体为主, 成矿物质主要来源于震旦系、寒武系和下泥盆统; 邓军等 (2000) 及陈学明等 (1998, 2000) 认为成矿流体以深部建造水为主, 成矿物质由燕山期花岗岩浆及下寒武统黑色页岩提供。近年来的研究表明, 在该矿床的形成过程中, 热水喷流沉积作用是存在的, 而对成矿起关键作用的还是后期岩浆作用。

1 同生热水喷流沉积作用证据

白牛厂矿床的成矿地质特征已经有不少论文介绍, 有兴趣的读者可以查阅相关文献。

与处于同一地区的个旧和都龙矿床相比, 白牛厂矿床热水沉积特征更加明显, 主要表现在规模最大的 1 号矿体在数千米范围内顺层产出。的确, 不管是阅读矿体地质剖面图, 还是野外观察, 都可以看到主矿体呈层状, 贯穿几个矿段, 层状、层纹状构造发育, 给人的第一印象就是该矿体是热水沉积成矿的结果。在显微镜下, 可以看到多金属硫化物纹层由白铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿及硅质、钙质组成, 非金属纹层主要由绢云母、硅质、钙质组成, 层纹与地层层理一样发生同步褶曲, 形成漂亮的微形貌。经过我们的研究, 发现白铁矿是最初形成的, 纹层状黄铁矿由白铁矿转化而来, 磁黄铁矿是浅变质 (区域或埋藏变质) 的产物。

与其它热水沉积硫化物矿床最大的不同是, 白牛厂矿床的热水沉积作用, 没有形成独立的硅质岩层, 与硫化物共生的硅质也与典型的热液沉积硅质岩不同, 前者为细粒石英, 通常硅质与钙质同在, 而后者为隐晶质致密块状岩石。

2 后期岩浆热液成矿的同位素地球化学证据

即使坚持热水沉积成矿的学者, 大都不否认岩浆作用在形成白牛厂矿床中所起的作用。在这一问题上, 硫、铅同位素组成是最直接的证据:

(1) 铅同位素组成蕴含的矿石铅来源: 我们以热水沉积成矿特征最为明显的白羊矿段作为研究对象, 分析了 20 个硫化物样品的铅同位素组成, 连同矿床原有的铅同位素组成样品, 研究发现, 矿床极为分散的铅同位素比值, 几乎很难肯定地给出一个准确的答案, 仅根据样品分布的集中性特点, 与岩浆岩、地层及基底岩石的铅同位素组成对比, 发现铅主要来自燕山期岩浆作用 (祝朝辉等, 2008)。

进一步研究发现, 如果仅以我们自己的分析数据与矿区及区域岩浆岩、地层的铅同位素组成对比, 则得出完全不同的结论: 白羊矿段 20 个样品的分布非常集中, 与矿区及区域寒武系地层的铅同位素组成完全不同, 而与矿区及区域薄竹山花岗岩的铅同位素组成落在完全相同的区域内。因此认为: ① 收集到的不同时期、不同作者的铅同位素组成分析数据, 可能存在显著的误差, 在没有验证的情况下, 不能进步对比; ② 白羊矿段矿石铅的来源应该与岩浆活动有关, 而不是热水沉积的结果。当然, 还不能否认层状产出的白铁矿、细粒黄铁矿是热水沉积的产物, 而且仅凭铅同位素组成还不能够肯定该矿床共生的银、锡、锌等有用元素也同时来源于岩浆作用, 必须找到其它

证据。

(2) 硫的来源: 目前所得到的白牛厂矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) 值为 1.3 ~ 5.4, 无论是变化范围, 还是平均值, 亦或是总硫同位素组成, 都与典型的岩浆硫有一定差异。分析发现, 该矿床典型沉积成因的白(黄)铁矿的硫同位素组成为 5‰ ~ 10‰。由此分析, 铅、锌硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 之所以偏离岩浆硫, 是因为岩浆源硫与热水沉积源硫混合的结果。也就是说, 虽然热水沉积硫也参与了铅锌成矿, 但岩浆硫还是占主导地位。

3 岩浆热液成矿的地质证据

(1) 随着白牛厂矿床多个矿段进入全面采掘阶段, 所揭露出来的地质现象更加丰富。规模最大的 1 号矿体虽然在宏观上表现出层状矿体的特点, 但是最初的资料也认为, 1 号矿体所在的部位正好是一条区域性剥离断层(推覆断层), 穿心洞、阿尾等矿段坑道的观察发现, 构造控矿特征非常明显。不管该顺层剥离断层是区域构造作用的产物还是由薄竹山岩体的侵位上拱造成, 断裂构造的存在及其对矿化的控制是不可否认的。

镜下研究发现, 构造作用对矿石最明显的影响, 体现在早期形成的白(黄)铁矿、磁黄铁矿纹层发生弯曲变形及破碎。交代这些早期硫化物的闪锌矿、方铅矿、锡石、银矿物等都没有发生构造变形。说明顺层剥离(推覆)断层的大规模活动发生在铅、锌、银、锡矿化之前。

(2) 镜下研究发现, 白(黄)铁矿、磁黄铁矿条带与地层层理表现出相同的褶曲变形, 说明这样的硫化物条带在变形之前就已经存在。而容易忽视的一点是, 这些发生褶曲变形的硫化物层中常见 S 型劈理或不同方向的裂隙, 方铅矿、闪锌矿、锡石、银的硫化物或硫酸盐矿物等都沿这些裂隙充填交代, 显示出后期热液成矿特点。仔细研究发现, 早期的白(黄)铁矿纹层, 往往被铅、锌矿物交代, 交代强烈部位, 原生条带仅剩残余, 但仍保持条带构造特征。显然, 交代与被交代者表现出

了至少两个不同的成矿期次。

(3) 在滇东南地区, 与中酸性岩浆活动(或多或少)有关的铅、锌、锡多金属矿床, 都富含分散元素铟, 甚至形成共生铟矿床, 如个旧、都龙、白牛厂矿床都是如此。最近的调查研究发现, 分布于该区与岩浆活动无明显关系的铅、锌矿床(点), 棕色、棕黄色闪锌矿基本不含铟, 矿石含铟都很低。我们较早的研究也证实, 富铟矿床的形成与岩浆活动总有一定关系。这也从一个侧面说明白牛厂矿床的最终形成与岩浆活动有关。

(4) 说白牛厂矿床的形成与岩浆活动有关并非凭空设想。仅从岩浆岩的分布来说, 有两点是不能忽视的: 其一, 钻孔资料表明阿尾矿段深部存在隐伏岩体, 岩体上部存在与其有关的夕卡岩化及多金属矿化, 并且具有岩浆热液矿化的分带特点; 其二, 据区域重力资料, 薄竹山岩体北西端向下倾伏, 倾伏端延伸至白牛厂矿区深部。白牛厂矿区深部的岩浆岩与薄竹山岩体两者岩性相同, 因此推测, 在深部可能是相连的同一岩体。在薄竹山地区, 岩体上部已经被剥蚀, 而在白牛厂矿区, 仍属隐伏岩体, 岩体、接触带、围岩俱存, 是成矿的最佳场所。

4 找矿远景分析

白牛厂矿床几乎所有的矿体都属于隐伏矿体, 深部还有找矿空间。据地球物理资料, 在白牛厂矿床与薄竹山岩体之间的大范围内, 都是隐伏岩体的接触带, 其间存在多个 300 ~ 3000 m 深度不等的岩体突出部位, 这些部位具有极好的成矿条件, 是寻找隐伏矿体的最有利地段。

5 结 论

(1) 白牛厂矿床的确存在热水沉积成矿事件, 但这一阶段形成的主要是铁的硫化物, 而银、铅、锌、锡的成矿是后期热液作用的结果。

(2) 白牛厂矿区到薄竹山岩体之间隐伏岩体接触带是找矿的最有利部位。