

成矿作用中的地幔流体现踪迹与壳幔混染机制

——以金顶超大型铅锌矿床为例*

李春辉¹, 刘显凡^{1, 2}, 赵甫峰¹, 卢秋霞¹, 吴 冉¹, 王艳艳^{1, 3}
楚亚婷¹, 肖继雄¹

(1 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北 武汉 430074; 3 成都理工大学材料与化学化工学院, 四川 成都 610059)

金顶铅锌矿床产于滇西北兰坪沉积盆地北段, 位于金沙江—哀牢山深大断裂带中的昌都—思茅微板块, 东与扬子板块相接, 西与藏滇板块相邻。受印度板块和欧亚板块陆陆碰撞制约, 板内构造体制下的深大断裂和岩浆活动、地幔扰动和地幔流体上涌、地层中的不整合—幔壳相互作用是兰坪—思茅盆地成矿的基本地质背景。

1 岩(矿)石岩相学特征

砂岩型矿石的主体岩性为云龙组粉砂岩和砾泥岩及虎头寺组厚层石英砂岩。图 1A 显示, 碎屑矿物以石英为主, 少量长石; 碎屑矿物呈基底式胶结, 胶结物除碳酸盐和微晶石英充填物外, 还有呈脉状贯入的黑色不透明物质。对黑色不透明胶结物开展电子探针、扫描电镜和能谱分析显示, 不仅测得 Pb、Zn 硫化物矿石矿物(方铅矿、含 Cd 闪锌矿和黄铜矿), 还测得包裹于硫化物中的超显微的菱锌矿、菱铁矿、白云石和方解石等主要碳酸盐矿物, 更有意义的是, 还发现闪锌矿中包裹有超显微的硅酸盐矿物—钾长石。由此可知砂岩型矿石的铅锌矿质主要以硫化物和碳酸盐形式集中分布于黑色不透明的胶结物中。此外, 在北厂矿段采得结晶菱锌矿, 进一步证实了锌的碳酸盐存在形式。据此综合分析可知, 砂岩型矿石中黑色不透明胶结物为富 Pb、Zn 硫化物、碳酸盐和硅酸盐的超显微隐晶固体。

角砾岩型矿石的主体岩性为三叠系三合洞组白云质灰岩、白云质泥岩和黑色泥晶灰岩。如图 1B 显示, 角砾间的胶结物是贯入的结晶方解石脉和呈网状分布于方解石脉中的硫化物矿脉, 以及混染其中的黑色不透明超显微隐晶固体。采用电子探针、扫描电镜和能谱分析对硫化物矿脉的成分测定, 判定出有菱铁矿、含 As 黄铁矿、含 As 硫酸铁(胆矾)和硫酸铅(铅矾)等, 均为超显微晶固体。含 As 黄铁矿与铅矾和胆矾伴生, 表明在角砾岩型矿石的成矿蚀变过程中伴随原生硫化物的次生氧化, 是成矿流体与地壳流体相互作用的一种物质表现。

角砾岩型矿石伴随微晶和非晶 SiO₂ 的贯入而发育硫化物矿化。如图 1C 对应图 1D 显示黑色不透明胶结物由微晶硫化物和非晶质蛋白石组成, 见蛋白石交代熔蚀长石角斑, 并伴生有超显微铅矾和胆矾, 其组成与砂岩型矿石中黑色不透明胶结物的差别, 反映流体在参与成矿的过程中遭受壳幔混染强度的差异。

2 黑色不透明物质的性质讨论

前述研究表明, 金顶超大型铅锌矿床的成矿物质呈脉状贯入特征, 黑色不透明胶结物, 与成矿物质共生的还有微晶方解石、白云石和菱铁矿等碳酸盐及钾长石等硅酸盐矿物, 物质组成结合岩相学特征表明, 该黑色不透明胶结物是一种流体作用的产物, 这种流体作用不同于一般认识的热液流体作用, 这是因为:

(1) 从物质组成看, 不是一般认为的热卤水所具有的矿物组成;

(2) 热液作用于晶质矿物是通过固-固转化直接交代生成新的结晶粗大的晶质矿物, 不出现隐晶或超显微晶质, 这种物相一般产生于熔浆流体快速冷凝条件下;

(3) 黑色不透明物质中的超显微晶硫化物与碳酸盐和硅酸盐矿物呈熔离交生关系, 这种现象类似于 Bea 等(2001)研究认为的碱性熔浆在冷却过程中发生的成分不混溶的熔离现象。

据此推论, 该黑色不透明胶结物是一种富含硫化物和硅酸盐的碳酸盐熔浆在参与成矿作用的交代蚀变过程中, 由于环境温压条件改变, 导致该熔浆突然失去挥发份, 流体固相线温度相应突然升高, 造成熔浆因来不及结晶而形成隐晶—超显微晶质固体(刘显凡等, 2010)。

已有研究表明, 碳酸盐熔浆起源于深部地幔交代作用条件, 可侵入到大陆和洋壳构造环境, 在时空上与地壳减薄事件有关, 高温下具有极强的搬运碱金属、大离子亲石元素和成矿物质的能力(范宏瑞等, 2001)。金顶矿床虽未发现碳酸岩岩体, 但矿石中碳酸盐熔浆流体的发现, 可以认为是成矿过程中地幔流体作用的直接微观踪迹。正是该地幔流体在参与成矿作用过程中引发矿床中硅化、碳酸盐化和硫化物化, 以及矿石中的蛋白石化等, 与地壳流体和物质发生混染、叠加和氧化反应, 导致矿质富集并出现黄铁矿与铅矾和胆矾伴生的事实, 表明地幔流体在由砂岩型矿石到角砾岩型矿石的交代蚀变成矿作用过程

*国家自然科学基金项目(批准号: 40773031, 40473027), 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室开放基金项目(编号 GPMR2007, GPMR0509)和成都理工大学矿物学、岩石学、矿床学国家重点(培育)学科建设项目(编号: SZD0407)

第一作者简介 李春辉, 男, 1985 年生, 硕士研究生, 研究方向: 矿床地球化学; E-mail: mervyn.lee@live.cn

通讯作者 刘显凡, 教授, 博士生导师, E-mail: liuxianfan@cdut.cn

中遭受地壳流体和物质的混染程度增强。该地幔流体与滇西地区富碱斑岩及其包体中发育的富铁玻璃、富钠玻璃及富铁熔浆包体等地幔流体的现实微观踪迹(刘显凡等, 2010), 在形成背景上具有相似性, 在演化关系上具有相关性, 是地幔流体在相对开放系统中脱离富碱岩浆沿次级断裂通道进入远程地层岩石中进行交代成矿的壳幔混合流体, 是引发该矿床铅锌成矿物质超常富集的最重要的动力源和物质源之一。

3 稀有气体同位素特征

金顶矿床成矿流体 He-Ne 同位素图解(图 2)显示, 流体性质从下地幔端元($r=1$)→地下水端元过渡的特征, 说明地幔流体在参与成矿作用过程中发生了明显的壳幔混染过程。

4 铅同位素

金顶矿床铅同位素比值属于正常铅范围, 其成分投点分布整体呈壳幔混染渐变(图 3)表明, 本区造山运动和与之伴随的成矿作用象搅拌机一样把不同来源的铅充分混合, 使之形成具有均一 U/Pb 和 Th/Pb 的混合铅, 使最终的铅同位素组成由地幔线向造山带线, 甚至向上地壳线过渡。金顶矿床矿石中幔源铅的减少和壳源铅的增加大致具有线性正相关关系, 进一步揭示了地幔流体在参与成矿作用过程中引发与围岩相互作用的交代蚀变, 进而促进成矿物质叠加富集的成因机制。

5 结论与讨论

岩相学结合电子探针、扫描电镜和能谱分析研究发现, 铅锌成矿物质主要以微晶硫化物(方铅矿和闪锌矿)和微晶碳酸盐(菱锌矿)的形式赋存于黑色不透明胶结物中; 此外还有其它碳酸盐(微晶方解石、白云石和菱铁矿)和硅酸盐(钾长石)等; 这种黑色不透明胶结物是来自地幔并具熔浆性质的不均匀混溶有硫化物和硅酸盐的碳酸盐流体, 是地幔流体参与铅锌成矿作用过程中的现实微观踪迹; 而两类矿石中的黑色不透明胶结物微晶矿物组成差异, 揭示地幔流体在由砂岩型矿石到角砾岩型矿石的交代蚀变成矿作

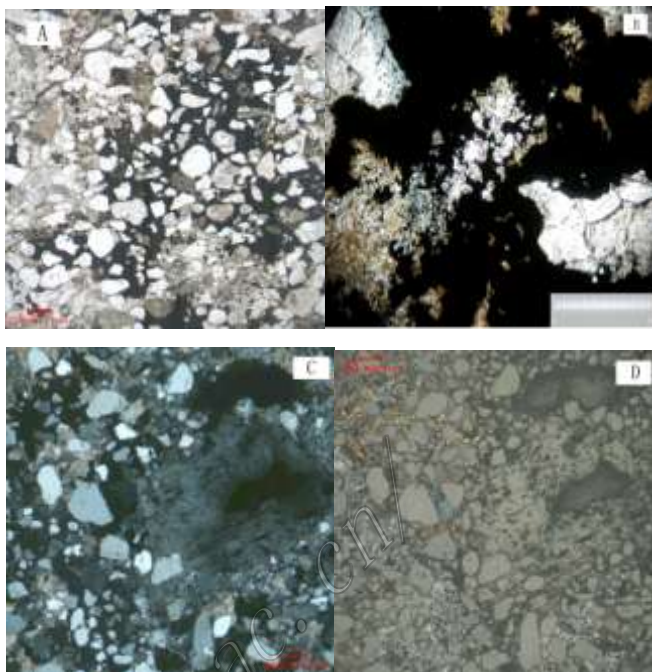


图 1 金顶铅锌矿床矿石显微特征

A-蚀变矿化石英砂岩: 矿石具砂状结构, 基底式胶结, 碎屑矿物以石英为主, 部分长石; 胶结物除含有碳酸盐和微晶石英(填充物)外, 还有呈脉状贯入的黑色不透明超显微隐晶固体(单偏光); B-角砾岩型矿石中, 透明结晶矿物为方解石脉, 胶结物为黑色不透明超显微隐晶固体(单偏光); C-矿化角砾岩: 不等粒角砾间的胶结物部分呈黑色不透明物质, 一长石角斑被黑色物质局部交代溶蚀(正交偏光); D-矿化角砾岩: 对应 C 的反射单偏光, 黑色不透明物质由微粒金属硫化物和非晶态蛋白石组成, 长石角斑被蛋白石交代溶蚀

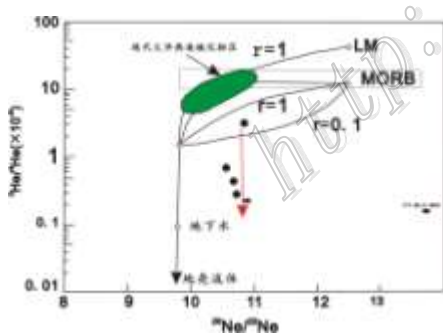


图 2 自然界 He-Ne 同位素组成和演化

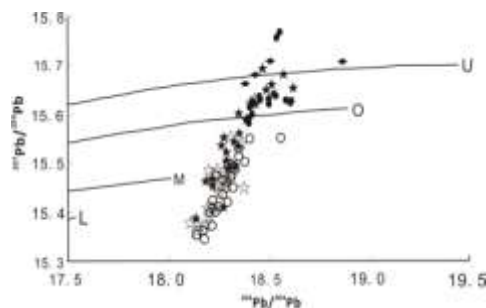


图 3 顶铅锌矿床的铅同位素演化曲线

用过程中遭受地壳流体和物质的混染程度增强; 结合稀有气体和铅同位素特征, 表明地幔流体是参与金顶矿床成矿作用并引发围岩蚀变和壳幔混染最重要的动力源和物质源; 赋存于地幔流体中呈超显微晶的铅锌矿物形式, 伴随流体参与成矿作用的蚀变过程中向宏观结晶态转化, 同时导致铅锌成矿物质发生超常富集而形成超大型矿床。本文研究从新的角度发现并论证了金顶矿床存在于砂岩型和角砾岩型矿石中的地幔流体现踪及其物质组成和演变, 为地幔流体引发壳幔混染和叠加成矿的矿床成因机制研究提供了新的证据。

参考文献(略)