

专题3: 地质过程与成岩成矿作用的矿物标识

川滇黔地区震旦-寒武系层控铅锌矿与磷块岩 关系初探: 以麻栗坪、茂租铅锌矿为例

罗开^{1,2}, 周家喜^{1*}, 黄智龙¹, 金中国³, 陈军¹, 向震中^{1,2}

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 550081; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局, 贵阳 550005

沉积岩型磷矿,即 P_2O_5 含量在 18wt.% 以上的磷块岩,是一种海相生物化学沉积岩(Pufahl and Groat, 2017)。在我国,晚震旦世陡山沱期与早寒武世梅树村期是最重要的两大沉积成磷期(Pufahl and Groat, 2017; 田升平等, 2000)。沉积磷块岩主要产出在扬子地块东南缘(上震旦统陡山沱组)和西缘(下寒武统梅树组)(东野脉兴, 2001),其中扬子地块西缘的磷矿层显示出与铅锌矿明显的伴生关系。位于扬子地块西缘的川滇黔接壤铅锌矿集区由 400 多个铅锌矿床(点)成群成带分布,该矿集区 >50%(数量/储量)的铅锌矿床均赋存于上震旦统-下寒武统过渡层,且被下寒武统梅树村组磷块岩层所覆盖,或与之紧密伴生。一些铅锌矿床甚至可作为独立经济价值的磷矿来进行开采,例如麻栗坪、黑区-雪区矿床等(高俊彩等, 2008; 林孝先等, 2014)。

截至目前,前人对沉积型磷矿与 MVT 热液铅锌矿之间关系的研究依旧薄弱。林孝先(2014)认为磷矿层在川滇黔地区灯影组白云岩中铅锌成矿过程中起地球化学还原障的作用,具体表现为磷酸钙可与来自深部的含铅锌热卤水产生反应,形成强还原的亚磷酸或亚磷酸盐。然而,另外一些学者认为盆地热卤水若须携带足够金属 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 进行运移,其流体性质应偏氧化(Leach et al., 2005),是无法还原磷酸钙的。那么,磷块岩到底能否为川滇黔地区铅锌成矿热液提供还原障或者起到其他的作用?晚震旦-早寒武系这套地层中富集如此巨量铅锌矿床是否与磷块岩有关?解决以上问题对完善整个川滇黔铅锌矿集区成矿理论机制及找矿勘查都具有重要意义。

本文选取川滇黔地区麻栗坪、茂租两个大型铅锌矿床作为研究对象,在搜集最新国内外文献资料的基础上,对铅锌矿石进行了详细的光薄片鉴定、扫描电镜工作。结果显示,磷块岩在平均岩石组成上包含 >50% 细晶磷灰石, 20%~30% 微晶石英, ~10% 黄铁矿, 以及少量泥质和有机质。麻栗坪铅锌矿床中的细晶磷灰石主要呈浸染状或者不规则状构造,而茂租矿床的细晶磷灰石则主要呈竹叶状或椭圆状构造,少部分呈近圆形。磷灰石角砾大小为 0.06~1.5mm。由于含杂质多少不等,磷灰石呈现不同的透明度,从不透明到半透明,黑色到黑褐色,正交偏下全消光,反光镜下的反射率与石英相近或略低于石英,有的有弱内反射。相比于闪锌矿,方铅矿与磷灰石角砾的伴生关系更为密切,其中一类方铅矿呈细粒浸染状、脉状充填于磷灰石裂隙中,充填于溶蚀的石英或磷灰石边缘空隙中,另一类则呈浸染状交代磷块岩(主要为核部)、黄铁矿,交代作用较强,个别几乎已完全交代。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(批准号: 41430315)

第一作者简介: 罗开(1993-), 男, 博士研究生, 研究方向: 矿物学、岩石学、矿床学. E-mail: luokai@mail.gyig.ac.cn

*通信作者: E-mail: zhoujiayi212@qq.com

下寒武统梅树村组上段磷块岩的 Pb、Zn 丰度均较高, 分别为 $(15\sim 845)\times 10^{-6}$ 和 $(40\sim 185)\times 10^{-6}$, 明显高于上震旦统赋矿白云岩的铅锌丰度 ($\text{Pb } 100\times 10^{-6}$, $\text{Zn } 44\times 10^{-6}$) (Liu and Zhou, 2017; 王奖臻等, 2001)。磷块岩中的 Pb、Zn 含量与 Al_2O_3 、TOC 无线性关系, 而与 P_2O_5 呈正相关, 说明 Pb、Zn 元素主要赋存于自生含磷矿物(例如细晶磷灰石)中, 而与碎屑组分或有机质无关。磷块岩的最主要组成矿物细晶磷灰石是一种自生的富碳酸盐氟磷灰石, 化学式为 $\text{Ca}_{10-a-b}\text{Na}_a\text{Mg}_b(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{CO}_3)_{x-y-z}(\text{CO}_3\text{F})_{x-y-z}(\text{SO}_4)_z\text{F}_2$ (Jarvis, 1994; Pufahl and Groat, 2017)。其中, Ca 离子容易与重金属离子 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 、 REE^{3+} 、 Zn^{2+} 等发生类质同象替换。另外, 磷灰石中结构碳酸根的存在使得磷灰石的结晶度下降, 比表面积和表面活性增大, 更有利于对重金属离子的吸附, 吸附效果最好的是 Pb^{2+} 离子。Cao et al.(2004) 也通过实验证明了磷块岩与金属离子 Pb、Zn 的水岩交换反应中, 磷块岩优先固定 Pb, 其次为 Zn。lg 改造活化天然磷灰石可去除水溶液中高达 800mg 的 Pb 离子量。其反应机理以磷灰石的溶解, 铅的磷酸盐矿物沉淀为主, 并伴随有表面吸附(石和彬等, 1999)。而 Liu and Zhou (2017) 则认为 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 离子主要是被磷块岩中的铁氧化物吸附, 待磷块岩埋藏成岩后再释放出来。总的来看, 前人的研究成果为磷块岩对热液 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 离子的固定和吸附提供了理论支持, 对 Pb^{2+} 的固定作用大于 Zn^{2+} 的理论结果也正好与本文麻栗坪、茂租以铅为主交代磷灰石相对应, 同时与前文实际统计的铅锌丰度结果相对应(Liu and Zhou, 2017)。

因此, 麻栗坪和茂租铅锌矿床中的磷块岩与方铅矿紧密伴生, 且溶蚀、交代作用强烈, 暗示二者之间很可能存在一定成因联系。在空间上, 低渗透率、致密的磷块岩层可能为铅锌成矿起“阻挡层”或“遮挡层”的作用, 成矿流体无法穿越磷矿层, 只能就位于磷矿层之下的层位。在物质来源上, 磷块岩中大量的成岩期黄铁矿被热液方铅矿所交代, 可能为后者提供了硫源。磷块岩较高的 Pb、Zn 丰度暗示其可能为铅锌矿床形成提供金属物质, 尤其是铅。更详细的工作有待下一步深入研究。