

陕西马元铅锌矿床自然硫的发现及其成因初探*

陈翠华, 尹力, 程文斌, 张燕, 黄小东, 黎洪秩

(成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610051)

四川盆地是中国具有找矿前景的铅锌成矿区带之一, 盆地中部及其周缘广泛出露震旦系碳酸盐岩地层, 该层位发育有许多不同规模的铅锌矿床。马元铅锌矿床位于四川盆地东北缘, 是近年来取得重大找矿突破的铅锌矿床。较多学者对马元铅锌矿床进行过相对系统的研究, 在该矿床的地质特征、矿石特征、地球化学、成因模式、成矿年龄等方面进行了探讨。综合多数学者的研究成果认为, 该矿床是发育于震旦系碳酸盐岩地层, 与盆地有机质流体有关的 MVT 型层控矿床, 成矿作用发生于早古生代 ($(482 \pm 28) \text{ Ma}$)。而此次野外工作中发现自然硫的存在及其成因的思考, 又为研究该矿床的成矿过程提供了一定的参考。

1 地质概况

马元铅锌矿床大地构造位置处于扬子克拉通北缘的米仓山隆起带东缘——陕西汉中南部碑坝(杂岩)穹隆中部。区域基底地层为火地垭群和澄江期的基性杂岩-变中酸性侵入岩等, 基底上覆地层为震旦系—寒武系碳酸盐岩-碎屑岩, 两者为角度不整合接触。矿区出露地层主要为上震旦统一下寒武统浅海相碳酸盐岩-碎屑沉积岩系, 且以上震旦统灯影组为主要含矿层位, 岩性主要为灰白-浅灰色厚层状砾屑-角砾状白云岩, 沥青含量较高。

铅锌矿化主要发育于灯影组上段第一岩性段 (Z_2dn^{2-1}) 的角砾状白云岩中, 矿石矿物成分比较简单, 以闪锌矿、方铅矿为主, 次为黄铁矿、黄铜矿、褐铁矿、铅钒等。脉石矿物以白云石、方解石、石英、重晶石、沥青为主。

2 自然硫矿物特征

在马元矿床中发现的含自然硫岩石为矿区内普遍发育的白云岩, 自然硫主要发育于白云岩的解理、裂隙面以及矿物发育的晶洞中, 呈团粒状、粉末状发育。手标本在体视镜下放大 50 倍后, 可见自然硫晶体呈橘黄色、黄绿色, 透明-半透明, 发育自形或半自形的双锥状晶形; 晶面呈金刚光泽, 断面呈油脂光泽, 贝壳状断口, 硬度低于铜针(铜针摩氏硬度约 3~3.5), 性脆易碎裂, 敲击野外露头有硫臭味。

3 自然硫的成因初探

在自然硫矿床的成因研究中, 多认为 H_2S 是自然硫形成的前提, 因此, 探讨 H_2S 成因及其来源, 有着特殊的意义。关于矿床中 H_2S 的成因有几种观点, 包括火山活动成因、硫酸盐自然条件氧化形成、硫酸盐

* 本项目得到国家自然科学基金项目热流体作用及其铅锌成矿和油气成藏效应——以四川盆地震旦系富有机质碳酸盐岩型铅锌矿床为例(编号: 41372093)、中国地质调查项目“冈底斯成矿带地质矿产调查”下属综合研究项目“西藏金达铅锌矿整装勘查区成矿规律与找矿方向综合研究”项目(编号: 12120113036200)、高等教育质量工程项目《矿相学》优秀教材建设(编号: XJC1105)及国家级自然科学基金面上项目子课题——耦合不确定性空间推理和案例推理的区域矿产资源潜力预测模型研究(编号 41171302)联合资助
第一作者简介 陈翠华, 女, 教授, 主要从事矿床学、矿相学、地球化学研究工作。Email: chencuihua@cdut.edu.cn

还原反应成因等,且以第三种成因为主。在自然硫矿床的地质条件中,基本包括碳酸盐地层出露以及硫酸盐矿物、有机质的存在。

马元铅锌矿区主要出露为碳酸盐地层,矿区内可见重晶石等硫酸盐矿物存在,并且地层中有大量的沥青发育。因此,就该矿床的地质条件结合自然硫分布情况分析,推测自然硫可能是经硫酸盐还原反应形成。而在低温条件下,硫酸盐还原反应可通过细菌还原作用(bacterial sulfate reduction, BSR)和热化学还原作用(thermochemical sulfate reduction, TSR)两种方式实现。但由于硫酸盐细菌还原作用发生的温度一般小于 80℃,显著低于 MVT 型矿床成矿流体的温度(80~200℃),因此在金属矿石的沉淀场所或含矿热液流体流经的场所,这一作用事实上是不太可能发生的。刘玲芳(2012)曾提出马元矿区存在硫酸盐 TSR 还原的证据,且硫酸盐热还原作用通常是在 127℃ 以上的温度条件下进行的,因此,TSR 应是本矿区提供还原硫的一种重要机制。一般认为,TSR 通过下列反应提供 H₂S: 烃类+SO₃²⁻→CO₃²⁻+H₂S+H₂O±CO₂±S,其反应速率随温度的增高和 pH 值得降低而增大。从上式中可以看出,TSR 反应不仅能生成 H₂S,也能产生少量的 S。但就自然硫生成的位置分析,直接由 TSR 生成的 S 较少。因此,还应关注 TSR 生成的 H₂S 的去向,大量的 H₂S 应是与存在于其生成部位的水溶金属离子或与逸散一定距离后相遇的水溶金属离子发生反应,形成金属硫化物沉淀,推测反应式为: M²⁺+H₂S→H⁺+MS,式中 M 代表贱金属元素,一般指铅或锌。而少数 H₂S 在缺少金属离子的情况下,与热液一起迁移,当逸散至裂隙、孔洞等含氧量稍高的部位时,受含氧量的升高或下渗含氧地下水的影响, H₂S 势必被氧化形成自然硫和 SO₄²⁻,推测反应式为: H₂S+O₂→S+H₂O+SO₄²⁻。这与矿床中自然硫多发育于岩石裂隙、晶洞等位置的地质事实相吻合。

4 小 结

(1) 马元铅锌矿床是研究较为系统的 MVT 型矿床, MVT 型矿床中存在有硫酸盐-硫化物-碳酸盐的矿物组合,且矿床中有机质发育良好,为自然硫的形成提供了条件。

(2) 推断自然硫的成因应为硫酸盐热化学还原反应(TSR)生成的 H₂S 发生氧化作用生成。

参 考 文 献

刘玲芳. 2012. 扬子北缘马元铅锌矿地质地球化学特征[D]. 西安: 长安大学.