

兰坪金顶铅锌矿床胶状闪锌矿的指示意义

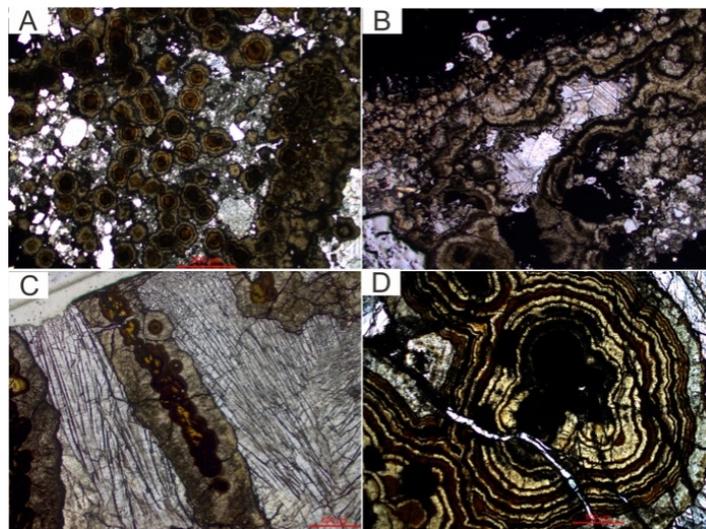
木兰^{1,2}

(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, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院大学 地球科学学院, 北京 101408)

云南金顶铅锌矿是亚洲第四大锌矿床, 其铅锌的控制储量达 1500 万吨, 锌和铅的平均品位分别达 6.08% 和 1.29%, 同时镉、铊、银、硫、锶的储量也颇具规模(云南地矿局, 1984; 薛春纪等, 2002a; Leach et al. 2005)。闪锌矿和方铅矿作为主要的矿石矿物, 对研究矿床成因有着重要意义。过去对闪锌矿、方铅矿和黄铁矿的铅同位素、稀有气体同位素等做了大量的研究工作(白嘉芬等, 1985; 叶庆同等 1992; 张乾, 1993; Hu, 1998; 修群业, 2006; Xue et al., 2007; 唐永永, 2013), 而近年来展开的微区原位硫同位素等的研究(Tang et al., 2014; Xue et al., 2015; Deng et al., 2016) 认识到成矿过程中需要的 S 主要为生物成因, 与硫酸盐的细菌还原作用有关, 但对于金顶铅锌矿的金属来源、流体组成的等问题仍有争议, 这驱使研究者应从更细微处入手, 用更有效的研究手段对金属元素和成矿机制进行深入的探讨。

用闪锌矿微量元素组成来区分成矿流体来源, 是限制金顶铅锌矿成矿过程的有力工具。显微岩相学观察表明金顶矿石主要为浸染状构造和胶状构造。浸染状构造主要以闪锌矿交代砂岩中的碳酸盐胶结物, 包裹石英碎屑呈他形或自形粒状结构(图 1A)。胶状构造则为流体交代强烈时形成开放空间, 使得闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、方解石等矿物充填生长, 灰岩角砾岩型矿石中闪锌矿围绕角砾呈环带状分布(图 1B), 在方解石、天青石脉中有的呈豆荚状(图 1C)、同心圆状分布(图 1D), 粒径大小为 0.2~5 mm。黄铁矿和方铅矿常被胶状闪锌矿所包裹, 见有溶蚀构造, 少数可见有黄铁矿包裹闪锌矿。胶状闪锌矿在镜下显示浅黄至深棕色相间分布, 通常浅黄色的环带宽于深棕色的环带, 环带的数目受生长空间限制, 砂岩中浸染状的闪锌矿单颗粒见有 2~6 层环带, 脉状矿石中胶状闪锌矿环带可达 20 层左右。



A-浸染状闪锌矿; B-环带胶状闪锌矿; C-豆荚状闪锌矿; D-同心圆胶状闪锌矿

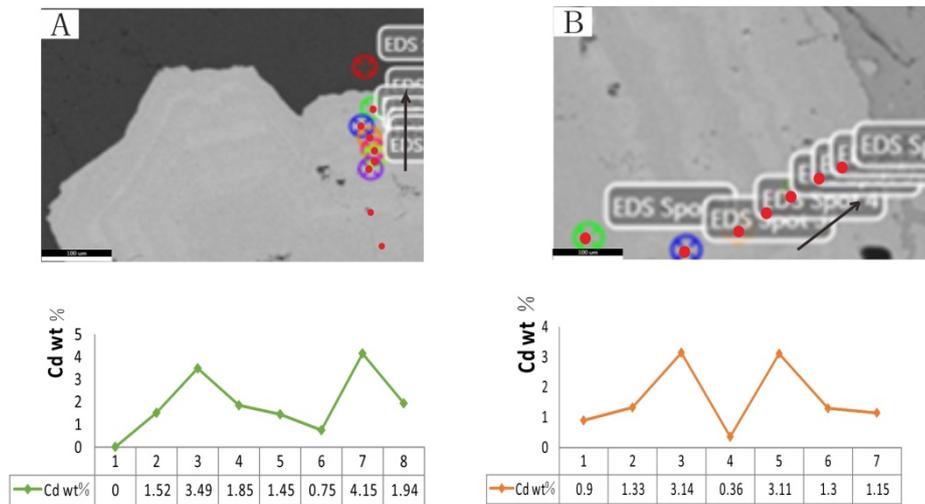
图 1 金顶铅锌矿闪锌矿结构特征

场发射扫描电镜(SEM)对闪锌矿中含量达到 1‰的元素进行了定性和定量分析, 得到二次电子背散射图像及原位能谱点位(图 2A, B), 沿胶状闪锌矿的生长环带从内到外依次选不同颜色环带上的点, 将不同点位的 Cd 含量投点于坐标之上, 实验发现胶状闪锌矿中不同颜色指示的不同环带的 Cd 元素含量明显不同, 且具有一定规律, 结合岩相学观察发现浅黄色的环带中 Cd 的含量较高, 为 1.90%~4.15%, 而深棕

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(B类)(子课题编号: XDB18030200)

作者简介: 木兰, 女, 1992年生, 博士研究生, 矿床地球化学专业. E-mail: mulan@mail.gyig.ac.cn

色的环带中 Cd 含量少或无, 为 0%~1.94%, 不同颜色环带相间分布, Cd 的含量呈现消长变化, 闪锌矿中常见的 Fe、Sb、As 元素含量少于 1%无法检测出。



A-样品 JDBC20-4 胶状闪锌矿 BSE 图像及 Cd 含量曲线图; B-样品 JDPMP1-2 胶状闪锌矿 BSE 图像及 Cd 含量曲线图

图 2 金顶铅锌矿环带和 Cd 含量关系图

胶状环带在毫米和微米尺度下有较大的化学组成变化, 闪锌矿的这种化学组成和结构变化可以指示脉冲热液在闪锌矿的特定生长阶段因不同的温度、pH 和 S 活动性而沉淀。胶状构造是浅成热液充填沉淀的一个重要标志, 系含矿热液骤然快速冷却所造成的强烈过饱和所致, 而非胶体成因, 可能形成深度小于 1500 m (Roedder, 1968)。Galley (2007) 等提出胶状矿石要求以流体混合作为矿石沉淀的触发机制, 流体混合是胶状构造所要求的过饱和在自然条件下最通常的手段。Barrie (2009) 和 Gagnerin (2014) 在研究爱尔兰 Navan 的胶状铅锌矿时认为胶状闪锌矿经历了一个复杂的生长历史, 重复的热液硫的汇入使其温度、pH、S 活动性变化从而使饱和度变化, 沉淀出不同元素的分布的闪锌矿, 并且得出规律富 ^{34}S 闪锌矿相对也富 Cd、Sb、Cu 和 Ag, 在较轻的 S 同位素组成的细菌成因闪锌矿中相对富 Fe 和 As, 即热液成因的闪锌矿相对富 Cd、Sb, 而细菌成因的流体相对富 Fe、As。

金顶胶状闪锌矿中元素含量的变化可能指示了流体活动的某种信息。结合原位硫同位素的进展, BSR 过程为成矿提供了大部分的硫源, 但同时 Tang (2014) 也发现在第二阶段中有较高的指示 TSR 过程的硫, Xue (2015) 和 Deng (2016) 也得到相似结果并将其解释为间歇汇入的含金属热液流体暂时抑制 BSR 过程而促进 TSR 过程导致了 $\delta^{34}\text{S}$ 在微尺度上的变化。因此, 同位素指示的 S 的活动性和胶状闪锌矿中 Cd 含量变化的结果可能共同指示了金顶穹窿中由 BSR 过程产生的硫供应了早期的矿化, 热液流体的注入使得 TSR 过程发生, 流体的混合可能导致了流体组成、温度、pH 和硫活动性的变化, 从而导致胶状闪锌矿中元素含量不均一沉淀。场发射扫描电镜的实验只是研究胶状闪锌矿成因的一块敲门砖, 将闪锌矿的原位硫同位素结合 LA-ICP-MS 和 EPMA 原位主微量元素才能得到更精确的元素变化信息, 探讨沉淀机制及成矿规律。

参 考 文 献:

- Roedder E. 1968. Noncolloidal origin of colloform textures in sphalerite ores: *Economic Geology*, 63: 451-471.
- Gagnevin D, Menuge J F, Kronz A, et al. 2014. Minor elements in layered sphalerite as a record of fluid origin, mixing, and crystallization in the Navan Zn-Pb ore deposit, Ireland. *Economic Geology*, 109: 1513-1528.
- Tang Y, Bi X, Fayek M, et al. 2014. Microscale sulfur isotopic compositions of sulfide minerals from the Jinding Zn-Pb deposit, Yunnan Province, Southwest China. *Gondwana Res.* 26: 594-607.
- Xue C J, Chi G X, Fayek M. 2015. Micro-textures and in situ sulfur isotopic analysis of spheroidal and zonal sulfides in the giant Jinding Zn-Pb deposit, Yunnan, China: implications for biogenic processes. *J Asian Earth Sci.* 103: 288-304.