

青海东昆仑夏日哈木 Ni-Co 硫化物矿床 岩浆通道成矿过程

王开元^{1,2}, 宋谢炎^{1*}, 易俊年³, 陈列锰¹, 余宇伟⁴

(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 550081; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 贵州师范大学 喀斯特生态文明研究中心, 贵州 贵阳; 4. 中国地质科学院 地质研究所同位素地质重点实验室, 北京 100037)

夏日哈木 Ni-Co 岩浆硫化物矿床位于东昆仑造山带, 是中国第二大 Ni 矿。硫化物矿石量约为 1.57 亿吨, 其中 Ni、Cu、Co 的平均品位分别为 0.65 wt. %、0.14 wt. %、0.013 wt. % (Song et al., 2016)。硫化物矿化主要赋存于斜方辉石岩、橄榄方辉岩与方辉橄榄岩中。全岩与矿物主、微量元素含量在钻孔中显示多次旋回变化。X 射线荧光面扫描图像显示: 夏日哈木斜方辉石岩与橄榄方辉岩个别样品中发育斜方辉石的反环带(贫 Cr 核部-富 Cr 环带)与韵律环带(贫 Cr 核部-富 Cr 幔部-贫 Cr 环带)。斜方辉石环带与核部之间存在突变的接触界限。橄榄方辉岩中斜方辉石的粒径统计曲线显示出典型的“两段式”特征, 在粒径大于 3 mm 的范围, 粒径统计曲线向上偏转, 斜率的绝对值减小, 说明粒径较大的斜方辉石很可能经历了两阶段的结晶生长过程。电子探针与激光剥蚀微区原位分析表明: 斜方辉石反环带的 Cr 与 En 含量高于核部, 不相容元素(Ti、Zr、Ga、Sr)含量低于核部, 而不发育环带结构的斜方辉石主、微量元素含量更接近斜方辉石环带的成分范围。斜方辉石环带的形态学与地球化学特征说明环带结构不是岩浆温度或氧逸度变化的结果, 而是由岩浆成分变化导致。基性程度更高的岩浆进入岩浆通道, 与残余岩浆以及堆晶岩混合, 形成斜方辉石反环带结构, 而韵律环带的形成不仅与岩浆补充有关, 也受到晶间残余熔体以及硫化物熔体的影响。斜方辉石的环带结构对夏日哈木镁铁-超镁铁岩体的成因提供了重要的指示意义。斜方辉石环带结构、超基性岩全岩与矿物成分在钻孔中的旋回变化、岩相接触关系说明夏日哈木镁铁-超镁铁岩是由基性程度不同的岩浆多次补充形成 (Wang et al., 2019)。

夏日哈木岩浆硫化物矿床主要矿石类型包括浸染状矿石、海绵陨铁状矿石与斑杂状矿石。X 射线荧光面扫描与三维 CT 扫描显示: 斜方辉石岩相中浸染状矿石硫化物呈珠滴状, 位于斜方辉石晶体间隙, 二面角通常接近 90°; 橄榄方辉岩相中的海绵陨铁状矿石硫化物呈叶片状, 对橄榄石的润湿性较好, 二面角通常小于 60°, 沿着矿物间隙渗透距离较远, 相互连接形成硫化物网脉; 块状矿石在厘米尺度上形成块状硫化物-网脉状硫化物-正堆晶岩的连续过渡系列, 其中正堆晶岩的硫化物含量较低, 对斜方辉石的润湿性较差。硫化物形态学与地球化学特征说明: 浸染状矿石的硫化物基本保持了其在岩浆搬运过程的形态与物理性质, 是硫化物与硅酸盐矿物原地堆积的结果; 海绵陨铁状矿石是硫化物在重力、压力以及毛细作用下沿着晶体间隙渗透、聚集的结果, 但是硫化物在堆晶岩中的迁移受到晶间残余熔体的抑制, 因此海绵陨铁状矿石中硫化物的分布并不均匀。夏日哈木硫化物矿体的形态受到岩体形态的控制, 硫化物的迁移、沉淀、聚集等动力学过程受到岩体顶-底板波状起伏, 即岩体形态“膨胀-收缩”的影响 (Song et al., 2016)。携带硫化物的岩浆在岩体“收缩”位置流速较快, 硫化物发生少量沉淀, 形成浸染状矿石。块状矿石可能是岩浆通道底部的团块状硫化物被后续补充的岩浆重新搬运, 岩浆在岩体“膨胀”位置流速变慢, 导致大量的硫化物在斜方辉石堆晶岩表面沉淀的结果。

参考文献:

- Song X-Y, Yi J-N, Chen L-M, et al. 2016. The Giant Xiarihamu Ni-Co Sulfide Deposit in the East Kunlun Orogenic Belt, Northern Tibet Plateau, China. *Economic Geology*, 111; 29-55.
- Wang K-Y, Song X-Y, Yi J-N, et al. Zoned orthopyroxenes in the Ni-Co sulfide ore-bearing Xiarihamu mafic-ultramafic intrusion in northern Tibetan Plateau, China: Implications for multiple magma replenishments. *Ore Geology Reviews*, in press.

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: Nos. 41473050; 41630316; 41772067)

作者简介: 王开元, 男, 博士研究生, 主要从事岩浆硫化物成矿相关的岩石学、矿床学研究。

*通讯作者, E-mail: songxieyan@vip.gyig.ac.cn