

斑岩—接触交代复合型金属矿多维异常体系 ——以河北省小寺沟铜钼矿床为例

彭芊芊¹⁾, 陈海燕¹⁾, 张运强²⁾, 刘洪章¹⁾

1) 河北省区域地质调查院(河北省地学旅游研究中心), 河北廊坊, 065000;

2) 中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 河北廊坊, 065000

关键词: 斑岩—接触交代复合型; 多维异常体系; 小寺沟铜钼矿

多维异常体系是指在特定成矿地质时期成矿地球化学系统中存在的空间有序共存、形成机理各异、成矿指向递进的多层次、多属性的地球化学异常体系。前人通过 40 多个热液成因铜多金属矿床研究表明, 矿产成矿过程中发生富集的元素不仅包括成矿及其伴生元素, 还有矿化剂元素 S、Fe₂O₃、MgO 等常量元素, 同时伴随 Al₂O₃、Na₂O、CaO 等亲石元素的贫化, 而工业矿体通常富集于 Na₂O、CaO、Ba 和 Sr 等元素所形成的负异常之内(马生明等, 2009, 2011, 2014; 艾金彪等, 2013)。多维异常体系理论最初是以热液型铜多金属矿为研究基础的, 斑岩—接触交代复合型有色金属矿在成矿过程中的地球化学异常组合特征也与成矿热液密切相关, 多维异常体系理论上也应该存在。基于此, 本论文选取河北省小寺沟铜钼矿床 500m 标高以下矿体为研究实验对象, 探讨斑岩—接触交代复合型有色金属矿的多维异常体系, 验证金矿成矿系统中是否存在多属性异常, 进而为矿床下一步深部找矿突破提供参考。

1 地质背景

研究区地层从太古代到新生代均有出露, 区域内岩浆活动频繁而激烈, 主要形成于太古宙和中生代, 尤其以中生代燕山期岩浆活动更为激烈, 以岩浆侵入为主, 表现为从深成到浅成, 从基性到酸性, 多期次多旋回的岩浆活动。大地构造位置处于华北板块北缘, 冀北隆起带与燕山沉降带的交接处, EW

向的承德—平泉深大断裂和 NNE 向桑园—平房深大断裂交汇的锐角部位。矿床的成矿区带处于环太平洋有色金属西成矿带的外带辽西冀东铜钼多金属成矿区内, 成矿地质条件较好, 是河北省重要的铜钼矿产基地。

2 矿床地质特征

小寺沟铜钼矿属于斑岩—接触交代复合型矿床, 其中铜矿体主要分布在外接触带部位, 而钼矿体主要赋存在接触带内侧岩体内, 受接触带控制, 总体连续性较强, 向内外两侧逐渐减弱, 矿体边部不规则, 分叉较多。其中 1 号钼矿体沿上杖子—铜洞子沟北东展布, 呈 40°~50°方向展布, 长 1670 m, 厚度 10~80 m, 平均厚度为 45 m, 矿体埋深标高 241~810 m。由 600 m 标高以下矿体多分叉成树枝状, 钼矿石平均品位为 0.0947%。矿体总体产状与接触带一致, 倾向南西, 倾角 50°~80°; 2 号钼矿体位于 Mo1 号矿体之上, 划分 4 个钼矿透镜体, 长度为 100~456 m, 平均厚度 85 m, 产状与 Mo1 号矿体一致, 倾向 145°~165°之间, 倾角具有上陡下缓的特点。铜矿体多赋存于蓟县纪雾迷山组白云岩与白垩纪花岗闪长斑岩体的外接触带附近, 位 Mo1 号钼矿体下部, 呈狭长条带状或似层状, 倾向南西, 倾角 39°。

3 小寺沟铜钼矿床多维异常体系

本次测试样品采自小寺沟铜钼矿区 ZK101、ZK201、ZK601、ZK901 4 个钻孔内, 其中利用已有岩芯粉末样副样 321 件, 新采集钻孔岩芯样 72

注: 本文为“多维异常体系在小寺沟铜钼矿床成矿预测研究”(编号: 201719 号)的成果。

收稿日期: 2023-01-10; 改回日期: 2023-04-30; 责任编辑: 方向。DOI: 10.16509/j.georeview.2023.sl.066

作者简介: 彭芊芊, 女, 1983 年生, 本科, 工程师, 主要从事矿床学研究; Email: 736155041@qq.com。通讯作者: 张运强, 男, 1982 年生, 硕士, 高级工程师, 主要从事区域地质调查及矿产勘查研究; Email: zhyqok@163.com。

件。具体采样方法为从浅部向深部按照 5~8 m 的间距连续取样编号,样品总重量不少于 200 g。矿化蚀变地段适当加密,即按 1~2 m 左右间距采集 3~5 块重量为 40~60 g 的子样,组合成一个样品。测量结果表明,在小寺沟试验区,既存在元素的正异常,又有元素的负异常。在元素异常图编制过程中,依据含量将小寺沟试验区每个元素划分为依次递增的 3~5 个含量段,如正异常元素 Mo 的最低含量段上限(异常下限)大体以赋矿围岩中元素丰度值或丰度值的 10 倍(取整)为标准,最高含量段界限视含量水平选取成矿元素边界或工业品位的 n 倍($n=1, 2, 3$)。负异常元素如 Na_2O 等最低含量段上限依据经验值或测试数据与主成矿元素的关系调整确定,最高含量段界限(异常上限)的确定依据丰度值或丰度值的 n 倍,在此基础上编制了试验区钻孔岩石测量元素异常图。

3.1 元素正异常

小寺沟试验区出现正异常的有成矿元素 Mo、Cu,成矿伴生元素 Pb、Zn,矿化剂元素 S 以及氧化物 Fe_2O_3 、CaO、MgO。其中 Cu 平均 700×10^{-6} , Mo 平均 300×10^{-6} ,均为明显富集,在 4 个深部钻孔中除砂卡岩外 Cu 的高值区均出现在 Mo 的高值区域,但 Mo 达工业品位, Cu 均未达到工业品位;伴生元素 Pb、Zn 的异常总体上也呈 NW—SE 向展布,其中 Pb 与已知矿化带产出位置吻合较好, Zn 异常不明显。成矿及伴生元素异常很好地指示出已知矿床产出位置和矿化带展布方向; S 元素具有很好的原生异常,能为金属硫化物矿床的形成提供了充足的矿化剂。区内花岗闪长斑岩体及白云岩的 S 值普遍高于华北片区 S 丰度值 350×10^{-6} , 高达 3000×10^{-6} ; Fe_2O_3 含量 0.77%~7.02%, 平均 3.44%, 略高于华北片区丰度值 1.93。且随着 Cu、Mo、S 含量的增加 Fe_2O_3 含量总体呈增加的趋势,表现出正相关关系; K_2O 含量 2.35%~6.03%, 平均 4.11%, 高于丰度值 2.92%, 表现出较弱的正异常,与 Cu、Mo 具有一定的正相关性,即随着成矿作用增强, Cu、Mo 含量增高, K_2O 含量逐渐增加,且本区测试数据显示 Mo 矿体部位 K_2O 含量一般高于 4%; SiO_2 含量 61.33%~73.46%, 平均 68.95%, 高于丰度值 65.68%, 表现出较弱的正异常,与 Cu、Mo 具有一定的正相关性,即随着 Mo 成矿作用增强, SiO_2 含量逐渐增加,且试验区 Mo 矿体中 SiO_2 含量多高

于 69%。 SiO_2 含量随成矿作用增强而增加是因为围岩蚀变中硅化作用导致的。

3.2 元素负异常

试验区出现负异常的元素主要有 Na_2O 、CaO、MgO 和 Ba、Sr,其中与成矿关系最密切的为 Na_2O ,且与 Cu、Mo 高值区吻合很好。本次的 4 个钻孔 393 件岩石样品中,有 332 件 Na_2O 含量在 3.7% 以下,而全部样品的 Na_2O 平均含量仅为 3.06%。可能表明在 ZK101、ZK201、ZK601 3 个钻孔深部已达到热液活动边界,往深部成矿的可能性很小,而 ZK901 的 300 m 以下出现了较强的 Na_2O 负异常区,说明尚未达到热液活动边界,具有成矿的可能性; CaO 含量 0.36%~5.96%, 平均 2.12%; MgO 含量 0.38%~2.08%, 平均 1.05%, 均明显低于丰度值(CaO: 3.2%, MgO: 2.08%),表现为负异常。CaO 与 Cu、Mo 总体上呈较弱的反相关,而 MgO 则与 Cu、Mo 呈较弱的正相关。CaO 含量在 ZK901 深部 265~275 m 处明显升高至 11.85%~12.7%, MgO 含量升高至 9.56%~13.84%, 且 SiO_2 含量为 42.2%~46.6%, 惰性元素 Zr 含量从 150×10^{-6} 降到 $71 \sim 78 \times 10^{-6}$, 已非花岗闪长斑岩或其蚀变岩的成分,推测其受白云岩的影响较大,可能为花岗闪长斑岩与白云岩接触带部位的砂卡岩化岩体。即 ZK901 深部 265~275 m 处应为接触带部位或离接触带已经很近。

3.3 多维异常结构模式

本次工作选择 ZK101、ZK201、ZK601、ZK901 四个钻孔中发生强富集的成矿元素 Mo、Cu,成矿伴生元素 Pb、Zn,矿化剂元素 S 以及发生贫化的常量元素 Na_2O 参与深部异常结构模型构建。

由深部异常结构模型表可以发现,在整个成矿系统中,指示热液活动的 Na_2O 元素的负异常范围最大,是整体异常结构的外层,也是异常是指示成矿的前提。而在负异常之内矿化剂元素 S 的正异常和成矿元素 Mo 的正异常,则成为整体异常结构的内部异常,且在 360~500 m 高程范围内 Mo 的高异常区恰好是 Na_2O 的最低异常区。Mo 矿体的伴生元素 Cu、Pb 的正异常总体分布在成矿元素、矿化剂元素异常地段,但是异常并不连续,是成矿作用的伴生产物。Sr 的负异常集中分布在 ZK901 的 300~600 m 高程范围内,与 Cu、Pb 正异常区吻合较好,也具有找矿指示作用。在上述分析总结基础

上, 构建了小寺沟钼铜矿床深部异常结构模式。

3.4 成矿预测

根据小寺沟深部异常结构模型特征, 表明 Cu、Mo 矿体均产出于 Na_2O 元素组成的负异常体系内, 且在负异常指示的成矿系统范围内, 已知矿床或矿体产出部位相应出现成矿元素 Mo、Cu, 矿化剂元素 S、成矿伴生元素 Pb 等元素的正异常。依据此异常分布规律, 追索成矿相关元素的正、负异常延伸趋势, 综述表明在小寺沟 ZK901 钻孔深部 300 m 标高以下仍有成矿的可能性。

4 结论

(1) 通过对小寺沟矿床中元素富集贫化特征、规律等试验研究, 表明多维异常体系在小寺沟矿深部负异常体系及矿化剂元素正异常体系与成矿元素异常体系套合较好, 说明该理论方法在斑岩—接触交代复合型铜钼矿床具有较好的适用性。

(2) 运用多维异常体系理论与方法分析认为 Na_2O 负异常强度较大且范围较广, 是成矿的前提条件; 矿化剂元素 S 正异常很明显, 提供了充足的矿化剂物质条件, 是成矿的必要条件; 成矿元素 Cu、Mo 正异常值高, 范围广, 为成矿提供了必要的成矿物质条件。

(3) 以多维异常体系理论为指导, 确定了 Cu、Mo、Pb 和 Na_2O 、S 作为异常指标, 总结了其各自异常属性及异常特征, 建立了小寺沟铜钼矿床的深

部多维异常体系模式。

(4) 根据小寺沟铜钼矿床的深部多维异常体系模式综合分析 ZK101、ZK201、ZK601 区域内向深部已到达底界, ZK901 钻孔深部 300 m 标高以下仍有成矿的可能性。

参 考 文 献 / References

- 艾金彪, 马生明, 朱立新, 席明杰, 樊连杰, 胡兆鑫, 张燕. 2013. 安徽马头斑岩型钼铜矿床蚀变带常量元素迁移规律及其定量计算. 矿床地质, 32(6): 1262~1274.
- 马生明, 朱立新, 刘崇民, 陈晓峰, 梁胜跃. 2009. 斑岩型 Cu(Mo) 矿床中微量元素富集贫化规律研究. 地球学报, 30(6): 821~830.
- 马生明, 朱立新, 刘海良, 王会强, 徐明钻. 2011. 甘肃北山辉铜山铜矿地球化学异常结构研究. 地球学报, 32(4): 405~412.
- 马生明, 朱立新. 2014. 热液成因有色金属矿多维异常体系——以马头斑岩型钼铜矿为例. 吉林大学学报(地球科学版), 44(1): 134~144.

PENG Qianpeng, CHEN Haiyan, ZHANG Yunqiang, LIU Hongzhang: Multi-dimensional anomaly system of porphyry- contact metasomatic complex metal deposit: a case study of Xiaosigou copper-molybdenum deposit, Hebei province

Keywords: porphyry-contact metasomatic complex; multi-dimensional anomaly system; Xiaosigou copper-molybdenum mine