

黑龙江多宝山斑岩型铜矿中低温热液蚀变矿物研究

高鹏鑫, 王瑞红, 张海兰, 朱有峰

(国土资源实物地质资料中心, 河北 三河 065201)

摘要: 多宝山斑岩型铜矿位于黑龙江省齐齐哈尔市嫩江县境内, 大地构造位置属于中亚-兴蒙地槽褶皱带的东端, 是我国著名的超大型斑岩铜矿床。高光谱扫描分析技术是近些年的新兴技术, 在识别中低温热液蚀变矿物方面效果显著。根据多宝山斑岩型铜矿的蚀变发育与成矿特征, 选择代表性钻孔岩芯和标本进行高光谱扫描、显微镜下鉴定等, 获取与成矿关系密切的中低温热液蚀变矿物的成分与空间变化特征等数据, 从而进一步揭示矿床成矿地质规律, 为今后矿区的边部、外围和深部找矿乃至后续的矿石开采与综合利用等提供依据。

关键词: 多宝山; 铜矿; 高光谱; 热液蚀变

中图分类号: P618.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4051(2017)S1-0214-06

Research on the medium-low temperature hydrothermal altered minerals from Duobaoshan porphyry-type copper deposit, Heilongjiang province

GAO Pengxin, WANG Ruihong, ZHANG Hailan, ZHU Youfeng

(Cores and Samples Center of Land and Resources, China Geological Survey, Sanhe 065201, China)

Abstract: As one famous super-large porphyry-type copper deposit, Duobaoshan copper deposit locates in the Nenjiang town, Heilongjiang province and tectonically belongs to the east end of the central Asia-Xingmeng geocynclinal zone. High spectral scanning is a newly scan technology and it is especially effective on medium-low temperature hydrothermal altered minerals identification. Based on the alteration development and mineralization characters of Duobaoshan copper deposit, we especially select some typical cores and samples to high spectral scanning test and microscope identification, and then acquired data like medium-low hydrothermal altered mineral composition and space variation, which closely associated with mineralization. These data also can provide information on the ore-forming law, the deep edge and around area mineral exploration, ore mining and comprehensive utilization and so on.

Keywords: Duobaoshan; copper deposit; high spectrum; hydrothermal alteration

0 引言

斑岩型铜矿是我国最为主要的铜矿成矿类型, 以埋藏浅、品位低和规模大为特点, 具有重要的经济意义。几乎所有的斑岩型铜矿均以“白菜式”的面型矿化蚀变分带性为特征, 即成矿岩体由内向外的“钾化带-绢云母化带-青磐岩化带-泥化带”的蚀变分带, 大多数工业矿体位于钾化带外侧或绢云母

化带内。对于多宝山铜矿而言, 矿体主要赋存于绢云母化带内, 青磐岩化带围绕绢云母化带发育, 其内可见微量的黄铁矿化或黄铜矿化, 因此, 中低温热液蚀变的发育特征是指示该矿床矿化作用的重要标志。

高光谱扫描技术基于反射光谱分析技术, 利用光谱仪采集和测量岩芯 400~2 500 nm 波长范围内的反射波谱, 依据其光谱诊断性特征来计算和识别不同的矿物, 最终形成矿物学信息。目前市场应用成熟的技术为中低温蚀变矿物的识别, 如在可见光近红外区域(400~1 000 nm)可识别铁氧化物矿物、含铁矿物、稀土矿物等; 在短波红外区域(1 000~2 500 nm)可识别烃类物质、含羟基类矿物、磷酸盐

收稿日期: 2017-04-15 责任编辑: 刘硕

基金项目: 中国地质调查局“全国实物地质资料汇聚整理与服务”项目资助(编号: DD20160349)

第一作者简介: 高鹏鑫(1986—), 男, 河北承德人, 大学本科, 地质矿产工程师, 主要从事实物地质资料管理政策与技术方法研究, E-mail: 565611549@qq.com。

类矿物、硫酸盐类矿物、碳酸盐类矿物等^[1]。

利用高光谱扫描分析技术,并结合岩石镜下鉴定,对多宝山铜矿矿体(主要在绢云母化带)和围岩(主要为青磐岩化带)的代表性岩芯段进行扫描、鉴定,获取中低温热液蚀变矿物的组成与分布特征,可为今后的找矿勘查和开发等提供重要依据。

1 矿床简介

1.1 矿区特征

多宝山超大型铜矿床由多宝山、铜山、小多宝山等组成,是我国大型铜矿之一,目前已探明储量超过 200 万 t。矿区内出露的地层主要是奥陶系和志留系,另有少量的泥盆系和白垩系。奥陶系主要为铜山组和多宝山组,前者为陆源碎屑岩建造,后者主要为中酸性火山岩-火山碎屑岩建造。其中,多宝山组铜元素含量高,由矿床中心向外,矿带处含铜量大于 1 000 ppm,离开矿带几十米处,含铜量突然降到 30~50 ppm^[2],因此多宝山组被认为是区内铜矿的矿源层。志留系主要是陆源碎屑岩建造,局部夹中基性火山岩。泥盆系主要出露下、中统,岩性变化较大,有砂岩、粉砂岩、泥质板岩、板岩夹灰岩透镜体、安山岩、英安岩及凝灰熔岩和细碧岩等。

多宝山矿区侵入岩有华力西中期先后形成的辉长岩、花岗闪长岩及花岗闪长斑岩和华力西晚期先后形成的石英闪长岩和斜长花岗岩、更长花岗岩等。与斑岩型铜矿关系密切的花岗闪长岩及花岗闪长斑岩的复合体,沿北西向延伸,出露面积约 8 km²;矿区中最基础的构造是北西向构造,是一始于早奥陶世的长期、反复活动的构造带,与区域上的北东东向构造交汇,是控岩、控矿和容矿构造^[3]。

1.2 矿体特征

多宝山铜矿体产在海西期片理化的花岗闪长斑岩内,矿床所赋存矿体数量较多,形态复杂,呈雁行排列,主要分布在绢云母化带中。多数矿体呈透镜状和条带状沿北西向片理化带分布,矿体长上千米,宽数十米至数百米。

按照工业类型,本矿床为铜钼矿床,以铜伴生钼为主要矿石类型,矿石主要为原生硫化物矿石,主要金属矿物为黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿、赤铜矿、铜蓝、辉钼矿等;非金属矿物主要为长石、石英、白云母、方解石和绿帘石等。常见矿石包括黄铁黄铜矿石、含黄铜矿辉钼矿石、黄铜矿化花岗闪长岩和黄铁黄铜矿化蚀变岩等。

2 蚀变发育情况简介

与其他斑岩型铜矿表现相似,多宝山铜矿斑岩体的围岩蚀变发育在空间上呈环带状,蚀变中心为

硅化斑岩,向外依次发育钾长石化带、黑云母化带、绢云母化带和青磐岩化带,其中,石英核分布于矿床中心,由部分斑岩及邻近的岩石破碎后被石英脉充填而成;钾化带环绕石英核分布,体现为钾长石多、黑云母少,具有较弱的铜钼矿化;绢云母化带大致环绕钾化带分布,典型特征为岩石的片理化结构,与此带伴生的铜矿化连续而稳定,常形成厚大矿体;青磐岩化带,环绢云母化带分布于蚀变带外围,矿化微弱(图 1)^[4]。

3 高光谱扫描分析

选取多宝山铜矿详查项目 D1088 号勘查线上的井 ZK762 钻孔全孔岩芯,该孔为坑内钻,岩芯采取率高、深度较大、控制齐全,揭示了矿体延深的矿化特点,反映铜矿矿化有向深部延伸的趋势,为矿区内极具代表性的钻孔。

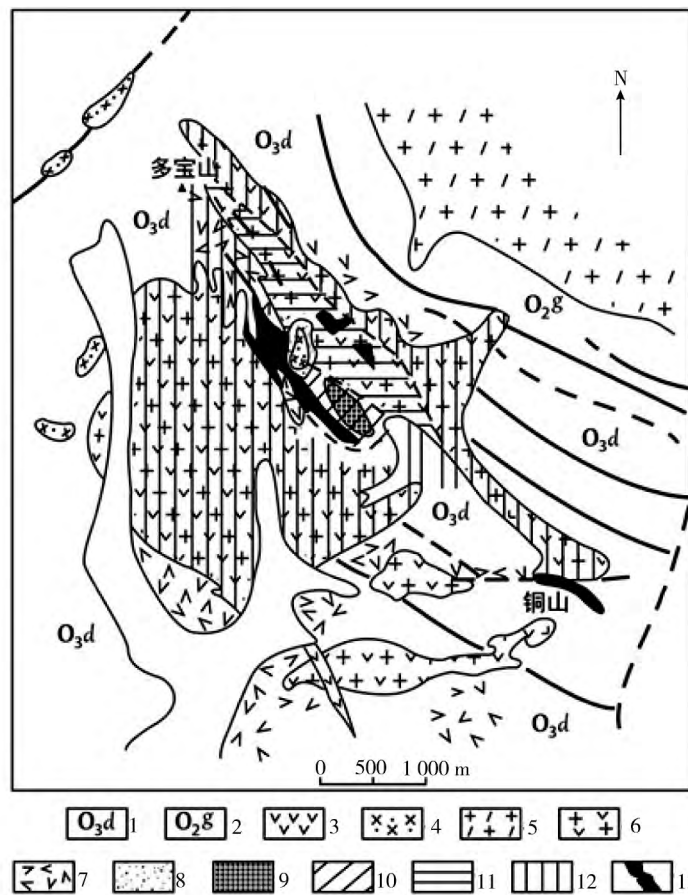
高光谱扫描技术对于中低温热液蚀变具有较好的识别效果,但目前尚无法检测石英、钾长石等高温蚀变矿物,因此选择与成矿关系密切的绢云母化带和矿体外围的青磐岩化带进行高光谱扫描。分别选择该孔 631.5~632.5 m 岩芯(矿体部分、绢云母化带)和 205~250 m 岩芯(围岩部分、青磐岩化带)进行高光谱扫描分析,结果如下所述。

3.1 矿体部分

选择 ZK762 钻孔矿化较好的 631.5~632.5 m 处进行高光谱扫描,该位置岩性为绢云母化花岗闪长岩,为黄铜矿矿石,厚度约 400 m,属于蚀变花岗岩岩体,也是矿体部分。在蚀变带划分上,为绢云母化带。据野外观察,呈碎裂半自形粒状结构,块状构造,主要蚀变:绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、石英化、碳酸盐化,局部钾化。矿化以黄铜矿、辉钼矿为主,黄铁矿、斑铜矿次之。黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、斑铜矿均沿裂隙呈细脉状、网脉状分布,与石英、绢云母化关系密切。

该层厚度大、岩性稳定,因此选择其中有代表性的 1 m 岩芯进行高光谱扫描,设置扫描间隔为 1 cm,共测试了 97 个测试点,获取了每个测试点的矿物组成数据。首先,设定能够检测出的所有矿物总量为 1,计算每一种矿物所占的比例,因此,这些数据并不是矿物在岩石中的含量百分比,而是在检测出的所有矿物总和中所占的百分比数值。基于这些数据,绘制了柱状分布图(图 2)。

如图 2 所示,该范围内白云母占绝对优势,因此在蚀变上属于绢云母化,高光谱扫描数据结果与岩性野外观察结构契合度很高。测试范围内未发现绿泥石化,仅有少量的绿帘石化。此外,本段岩芯



1-上奥陶统多宝山组; 2-中奥陶统关乌河组; 3-闪长岩; 4-华里西晚期更长花岗岩; 5-华里西晚期斜长花岗岩; 6-华里西中期花岗岩闪长岩; 7-安山玢岩; 8-黑云母角岩; 9-钾化、硅化花岗闪长岩; 10-钾化带; 11-绢云母化带; 12-青磐岩化带; 13-矿体

图 1 多宝山铜矿床地质简图

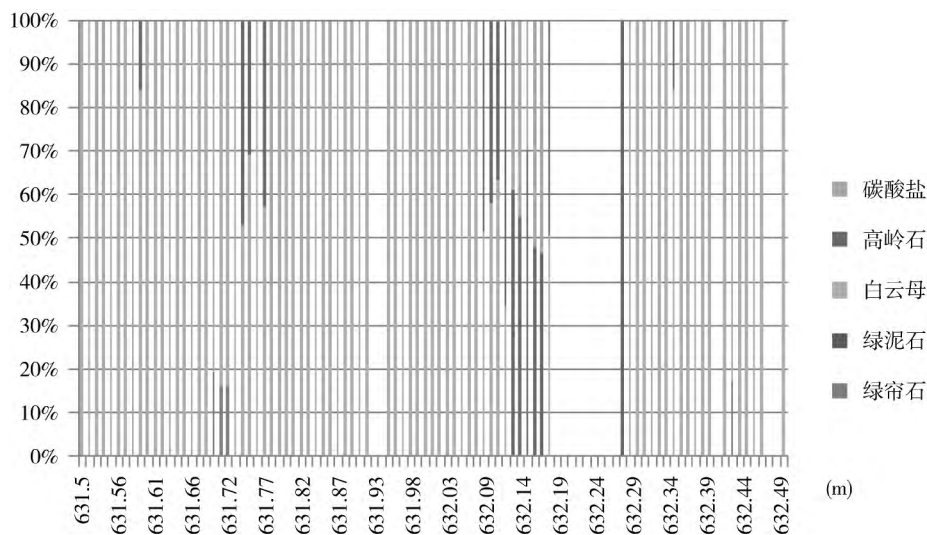


图 2 631.5~632.5 m 蚀变矿物分布柱状图

高岭石化发育明显,由于高岭石是采矿过程中有害矿物,不利于后期矿石选冶,因此在矿床综合利用过程中,应予以考虑。

3.2 围岩部分

围岩部分选择 ZK762 钻孔中低温热液蚀变强

烈、岩性变化大的 205~250 m 部分进行高光谱扫描,该范围内主要岩性为蚀变的凝灰岩和闪长玢岩,肉眼观察主要的蚀变矿物包括绿泥石、方解石、白云母、绿帘石等,在蚀变带划分上属于青磐岩化带,是矿体的围岩部分。每隔 1~2 cm 设置 1 个扫

描点, 总计扫描 4 845 个扫描点, 获取了每个扫描点的蚀变矿物组成数据, 这些数据的获取过程中的计算方法同上。根据这些数据, 绘制成蚀变矿物柱状分布图(图 3)。

在柱状分布图中, 可直观地看到, 该部分最主要的蚀变为绿泥石化和绢云母化, 分布广泛、稳定, 绿泥石化的增多, 体现了蚀变过程中温度的降低; 其次为碳酸盐化, 且碳酸盐化往往与绿泥石化共生; 绿帘石化分布不稳定, 可能主要由于其呈脉状分布造成; 高岭石化微弱, 仅有部分监测点检测出高岭石。未检测出角闪石、黑云母、蒙脱石、电气石等矿物。因此, 总体上来看, 高光谱扫描结果与野外观察结果是一致的。

据野外观察可知, 该蚀变带内可发现微弱的黄铁矿化和黄铜矿化, 属于矿体外围, 矿化程度弱于绢云母化带, 但分布的范围大于绢云母化带, 且呈

环绕绢云母化带分布, 因此可利用该蚀变带“绿泥石+碳酸盐”的蚀变矿物组合与绢云母交替出现的规律, 作为圈定多宝山斑岩型铜矿外围找矿远景区域或重点找矿靶区的标志之一。

3.3 主要蚀变矿物的变化规律

在获取的数据中, 每间隔 1 m 抽取一个测试点的数据, 形成数据汇总表(表 1)。经测算, 该段岩芯范围内, 绿泥石平均含量最高, 在检测到的所有矿物中, 所占比例高达 50.82%, 其次为白云母, 所占比例为 28.63%, 再次为碳酸盐, 所占比例为 4.42%, 绿帘石含量最低, 为 2.78%, 未检测出其他中低温热液蚀变矿物。

根据表 1 中数据, 绘制 205~250 m 绿泥石、白云母、碳酸盐和绿帘石所占比例变化的曲线图(图 4)。如图 4 所示, 总体上绿泥石与绢云母呈负相关关系, 绿泥石含量高则绢云母含量低, 绿泥石含量

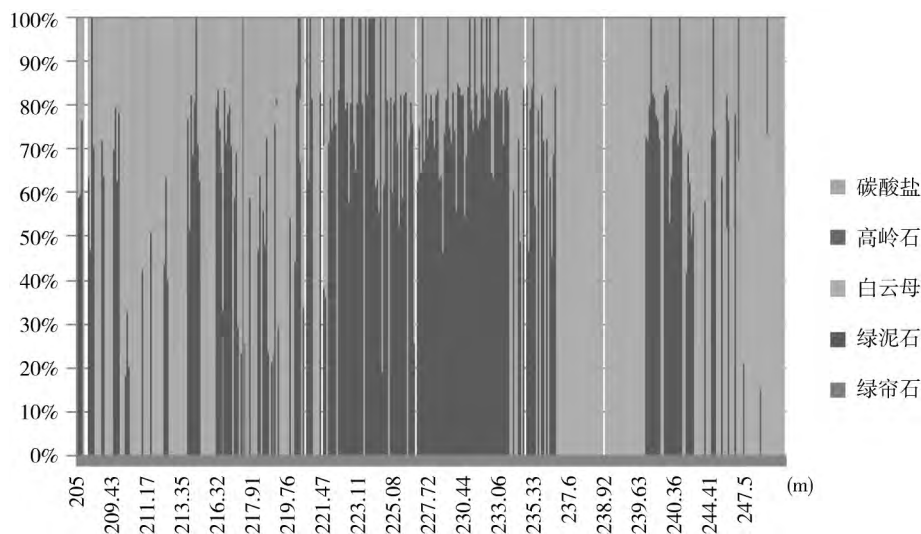


图 3 205~247.5 m 蚀变矿物分布柱状图

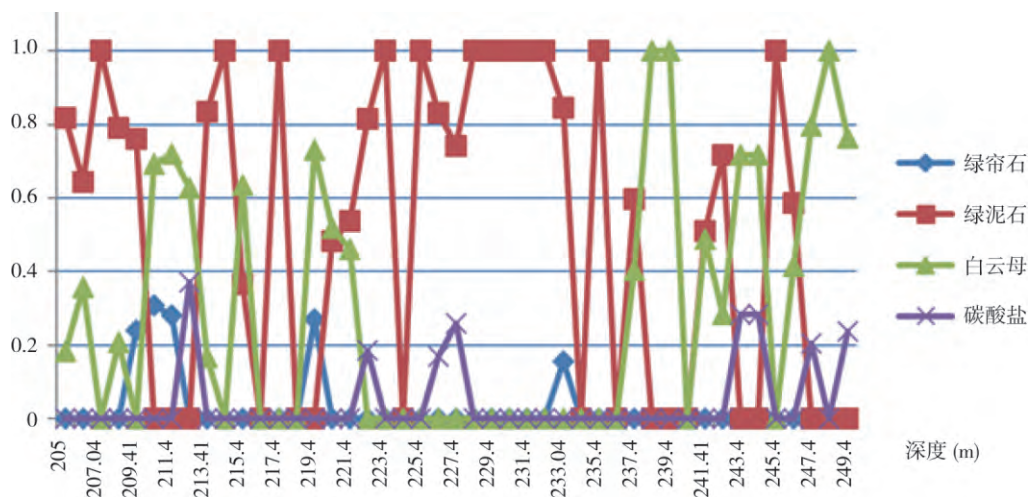


图 4 205~250 m 中低温热液蚀变矿物含量变化曲线图

表 1 205~245 m 深度蚀变矿物高光谱扫描
(间隔 1 m)数据汇总表

深度(m)	绿帘石(%)	绿泥石(%)	白云母(%)	碳酸盐(%)
205	0	0.817	0.183	0
206.46	0	0.643	0.357	0
207.4	0	1	0	0
208.41	0	0.792	0.208	0
209.41	0.24	0.76	0	0
210.4	0.307	0	0.693	0
211.4	0.28	0	0.72	0
212.4	0	0	0.628	0.372
213.41	0	0.834	0.166	0
214.4	0	1	0	0
215.4	0	0.364	0.636	0
216.4	0	0	0	0
217.4	0	1	0	0
218.4	0	0	0	0
219.4	0.27	0	0.73	0
220.4	0	0.483	0.517	0
221.4	0	0.538	0.462	0
222.4	0	0.816	0	0.184
223.4	0	1	0	0
224.4	0	0	0	0
225.4	0	1	0	0
226.4	0	0.831	0	0.169
227.4	0	0.741	0	0.259
228.4	0	1	0	0
229.4	0	1	0	0
230.4	0	1	0	0
231.4	0	1	0	0
232.4	0	1	0	0
233.4	0.155	0.845	0	0
234.4	0	0	0	0
235.4	0	1	0	0
236.4	0	0	0	0
237.4	0	0.596	0.404	0
238.4	0	0	1	0
239.4	0	0	1	0
240.4	0	0	0	0
241.41	0	0.511	0.489	0
242.4	0	0.716	0.284	0
243.4	0	0	0.718	0.282
244.41	0	0	0.718	0.282
245.4	0	1	0	0
246.4	0	0.585	0.415	0
247.4	0	0	0.796	0.204
248.4	0	0	1	0
249.4	0	0	0.763	0.237
平均比例(%)	2.78	50.82	28.63	4.42

低则绢云母含量高,且随着钻孔深度越深,越靠近矿体部分,绢云母含量越高,体现的是青磐岩化向绢云母化的一种过渡关系,也体现了蚀变过程中热液温度由低温向中温逐渐增高。此外,碳酸盐与绿泥石的含量呈正相关关系,一般绿泥石化发育之处,也同时发育碳酸盐化,一般认为碳酸盐化为后期蚀变的叠加。

4 蚀变矿物的镜下鉴定特征

选择多宝山斑岩铜矿中低温热液蚀变带中,具有代表性的蚀变岩——绢云母化花岗闪长岩、绿泥石化花岗闪长岩、碳酸盐化花岗闪长岩和绿帘石岩,观察白云母、绿泥石、方解石和绿帘石四种最为主要的中低温热液蚀变矿物的镜下特征(图 5~8)。

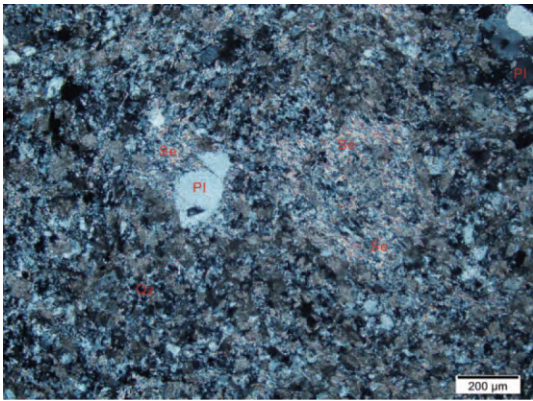


图 5 绢云母化细粒花岗闪长岩

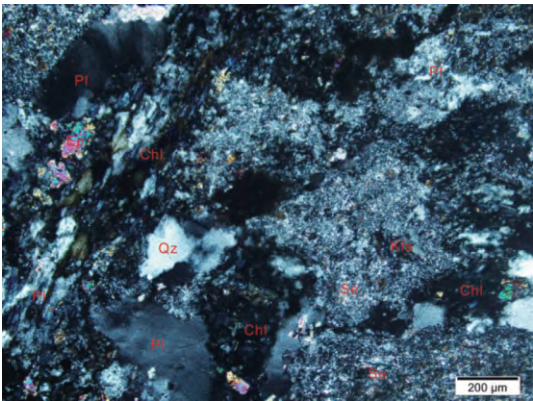


图 6 绿泥石化中粒花岗闪长岩

绢云母镜(Se)下特征:主要由斜长石、钾长石等蚀变形成,在图 5 中,斜长石发生了强烈的绢云母化作用,矿物均已定向拉长,由于蚀变较强,矿物边界模糊,绢云母集合体呈鳞片状,具丝绢光泽,为一种细小鳞片状的白云母。

绿泥石(Chl)镜下特征:主要由暗色矿物蚀变形成,淡绿色,具弱多色性,干涉色低,为一级灰白,“柏林蓝”或“铁锈色”异常干涉色,呈平行或近平行

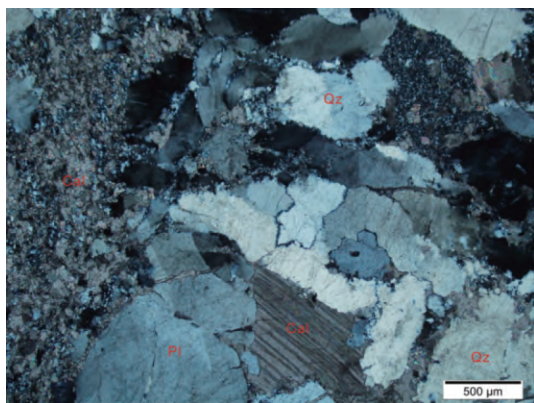


图7 碳酸岩化的花岗闪长岩

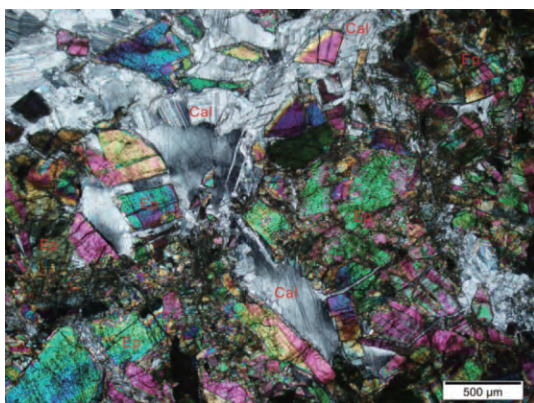


图8 绿帘石岩

消光(图6)。

方解石(Cal)镜下特征:由图7可见,方解石胶结生长在石英跟长石之间,菱面体解理、明显的闪突起、珍珠晕高级白干涉色。

绿帘石(Ep)镜下特征:绿帘石主要由斜长石后期被交代而形成,仍保留了斜长石的晶形(图8),单斜晶系,多色性,正高-正极高突起,干涉色二级蓝。

5 结 论

1)多宝山斑岩铜矿的绢云母化带蚀变矿物以白云母为主,占绝对优势,并含有少量方解石和绿帘石;青磐岩化带蚀变矿物组合为“绿泥石+白云母+方解石+绿帘石”,未见黑云母、角闪石、蒙脱石等其他矿物。蚀变带中绿泥石和白云母占绝对

优势,主要由原花岗闪长斑岩等岩体中的斜长石、钾长石和暗色矿物蚀变形成,保留了原岩结构。白云母与绿泥石在含量上呈现出负相关关系,方解石与绿泥石在含量上呈现正相关关系。

2)矿体所在的围岩蚀变为绢云母化,矿石原岩是花岗闪长斑岩等岩体,发生了强烈的绢云母化作用。鉴定结果显示,矿石中白云母在蚀变矿物中的比例占绝对优势,且未检测出绿泥石的存在。因此,绢云母化是本矿床找矿勘查中应重点关注的蚀变作用。

3)围岩中的蚀变主要为青磐岩化,主要蚀变矿物特征为绿泥石含量最多,白云母次之,再次为方解石,绿帘石含量最少。该蚀变带内可发现微弱的黄铁矿化和黄铜矿化,属于矿体外围,矿化程度明显弱于绢云母化带,但分布的范围大于绢云母化带,且呈环绕绢云母化带分布,因此可利用该蚀变带“绿泥石+碳酸盐”的蚀变矿物组合与绢云母交替出现的规律,作为圈定多宝山斑岩型铜矿外围找矿远景区域或重点找矿靶区的标志之一。

4)矿体中高岭石化发育,由于高岭石的存在不利于矿石后期的选冶,属于有害矿物,因此,在矿山综合开采与综合利用过程中,应予以考虑。

5)高光谱扫描数据结果与野外观察结果高度一致,因此,该技术在识别中低温热液蚀变矿物上精度较高,尤其在区分绿泥石与绿帘石,确定绢云母种类和检测高岭石等有害矿物方面,具有快速、不破坏测试样品、批量化获取数据的特点,因此在斑岩型矿床找矿、开采中具有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 高鹏鑫,王瑞红,张慧军,等. 岩芯扫描信息采集技术方法与应用分析[J]. 中国矿业,2015,24(S1):441-443.
- [2] 杜琦,陈明秀. 多宝山斑岩铜矿床成因模式[J]. 矿床地质,1983,2(2):42-46.
- [3] 朱久恒. 多宝山斑岩铜矿地质特征及找矿标志[J]. 黑龙江科技信息,2013(5):17.
- [4] 葛朝华,孙海田,周太和. 中国矿床(上册)[M]. 北京:地质出版社,1994:49-53.