

航空物探综合站测量在多宝山斑岩铜矿上的应用效果

范正国, 赵玉刚, 卢建忠

(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

[摘要] 文章介绍了多宝山和铜山斑岩型铜(钼)矿床的高精度航空物探综合异常: 高精度航磁为弱正异常; 航空伽玛能谱测量总道、钾道、钍道为弱相对高异常, 钽道为弱相对低异常, F 参数有明显相对高异常; 航电异常实分量为高(峰)值异常、虚分量为低(谷)值异常。根据多宝山和铜山斑岩型铜(钼)矿床产出的地质环境、岩石蚀变特点, 以及实测的岩(矿)石物性参数和航空物探综合异常特征, 探讨了斑岩型铜(钼)矿床引起航空物探综合异常的前提条件, 并认为航空物探综合站测量是普查斑岩型铜(钼)矿的一种有效的物探方法组合。

[关键词] 航空物探 磁法 伽玛能谱 电磁法 斑岩铜矿

[中图分类号] P631 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2004)04-0060-04

黑龙江省北部嫩江县境内多宝山地区, 位于重要的蒙古—鄂霍茨克斑岩型铜矿成矿带内。在该成矿带的西段, 发现了科恩拉德(俄罗斯)和阿尔马雷克(俄罗斯)等矿床; 在该成矿带的中段, 发现了额尔德图音鄂博(蒙古)、查干苏布尔(蒙古)、白乃庙、公婆泉等矿床; 在该成矿带的东段, 发现了多宝山、乌奴格吐等矿床^[1]。为了研究斑岩型铜矿的地质—地球物理—地球化学模型和进一步在多宝山地区开展斑岩型铜矿的普查找矿, 中国国土资源航空物探遥感中心使用 HC-85 氦光泵磁力仪(灵敏度 0.01 nT)、GRD-6 四道伽玛能谱仪[NaI(Tl) 晶体两箱、体积 33566.7 cm³、能量分辨率优于 10%] 和 TRIDEM 三频航电仪(时间常数 1s、频率为 520Hz、2020Hz 和 8020Hz) 等设备, 在该地区开展了 1: 5 万高精度航空物探综合站测量, 完成测量面积 8259 km², 并在多宝山矿床上进行了网格测量, 取得了十分丰富的磁、电、放综合信息。本文以多宝山和铜山斑岩型铜(钼)矿床为例, 介绍斑岩型矿床的航空物探综合异常特征。

1 区域地质概况

多宝山地区位于大兴安岭华力西中期褶皱带东南侧边缘带上, 主要由新开岭—柏根里元古宙复背斜和阿龙沟—鸡冠山古生代复背斜构成, 其南与吉

黑海华力西晚期褶皱带相连。按潘龙驹的观点^[2], 这里属大兴安岭褶皱带与小兴安岭褶皱带相互衔接地带, 即古板块之缝合带。

区内古老地层仅见于新开岭隆起一带, 主要为片麻岩、混合岩等变质岩, 可能属于元古宙到下古生界。古生界至新生界地层, 除未见三叠纪地层外, 其余各系均有出露, 其中奥陶系—泥盆系为海相沉积地层和海相火山岩, 石炭系—二叠系以陆相沉积地层为主, 中生界为陆相沉积地层和火山沉积地层。

区内岩浆岩分布广, 从活动时间上来看, 主要分为华力西期和燕山期。华力西期侵入岩多呈岩基状产出, 且均是深成产物, 岩性十分复杂, 酸性、中性和基性均有出露。燕山期侵入岩岩性主要有辉石闪长岩、闪长岩、花岗闪长岩、白岗花岗岩等。

2 矿区地质及矿化蚀变概况

多宝山斑岩型铜(钼)矿床位于嫩漠公路 186 km 东偏南 6 km 处。区内出露地层主要为奥陶系多宝山组灰绿色角砾熔岩、安山岩、凝灰岩和铜山组灰绿色石英砂砾岩、凝灰砂岩等。侵入岩以华力西中期花岗闪长岩、花岗闪长斑岩为主, 其次为华力西晚期斜长花岗岩、更长花岗岩等。北西向压—压扭性弧形断层和华夏系北东向压性断层发育, 多宝山斑岩型铜(钼)矿床便处于这两组断层的复合部

[收稿日期] 2003-05-23; **[修订日期]** 2003-07-25; **[责任编辑]** 曲丽莉。

[基金项目] 中国地质调查局项目(编号: 20002010002026)资助。

[第一作者简介] 范正国(1962年-), 男, 1985年毕业于成都地质大学, 获硕士学位, 教授级高工, 主要从事航空物探工作。

位,矿体基本上沿北西向弧形环绕花岗闪长斑岩体分布。花岗闪长斑岩是铜(钼)矿的成矿母岩,主矿体产于斑岩体的上盘,并且矿化主要围绕花岗闪长斑岩发生,斑岩体内部基本上没有矿体。近矿围岩主要是花岗闪长岩,其次是紧靠花岗闪长岩的安山岩。围岩蚀变围绕花岗闪长斑岩形成了大致对称的环带状,由内而外分为石英核、钾硅酸盐化蚀变带、绢英岩化蚀变带和青磐石化蚀变带4个带。矿化与蚀变相伴发生,其中绢英岩化阶段铜矿化最强烈,其次是钾硅酸盐化阶段,青磐石化阶段也有一定铜矿化。从成矿期来看,可分为花岗闪长斑岩岩浆活动晚期残余气液成矿期、岩浆活动期后热液成矿期和表生成矿期3个成矿期,但表生成矿期很弱。原生金属矿物主要为黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、磁黄铁矿等,在矿体中心以黄铜矿—斑铜矿组合为主,在矿体内部以黄铜矿—辉钼矿组合为主,在矿体的边缘(特别是上盘)以黄铁矿(磁铁矿)—黄铜矿组合为主。

铜山斑岩型铜(钼)矿床位于多宝山斑岩型铜(钼)矿床东南4km处。矿区内出露地层主要为奥陶系铜山组灰绿色石英砂砾岩、凝灰砂岩和多宝山组一段火山角砾岩、安山岩、凝灰岩等。多宝山组一段的安山岩及凝灰岩系本矿床的成矿围岩。侵入岩为华力西中期花岗闪长岩,与上述地层呈侵入接触,接触处有混染现象,并且具有不同程度的热液蚀变,与矿化关系密切。北西向压—压扭性弧形断层与东西向构造控制的片理化带是容矿构造,矿体赋存于片理化和压碎的蚀变安山岩及凝灰岩和蚀变花岗闪长岩中。主要的蚀变类型和原生矿物与多宝山斑岩型铜(钼)矿床相似。也许铜山花岗闪长岩与多宝山花岗闪长岩在深部相连,铜山斑岩型铜(钼)矿床与多宝山斑岩型铜(钼)矿床为同一矿床的两处集中矿化区。

3 岩(矿)石物性特征

3.1 岩(矿)石磁性特征

磁铁矿的磁性最强,磁化率值 κ 可达 $300\,000 \times 10^{-6}\text{SI}$,剩磁 J_r 可达 $1\,000\,000 \times 10^{-3}\text{A/m}$ 。其次,磁黄铁矿的磁性也很强,磁化率值 κ 可达 $100\,000 \times 10^{-6}\text{SI}$ 。黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿等的磁性很弱,磁化率值 κ 接近 $0 \times 10^{-6}\text{SI}$ 。

安山岩、凝灰岩、凝灰熔岩等中—基性火山岩的磁性很强,磁化率值 κ 多在 $2\,000 \times 10^{-6}\text{SI}$ 左右,个别可达 $15\,000 \times 10^{-6}\text{SI}$ 以上;剩磁 J_r 多在 $1\,500 \times$

10^{-3}A/m 左右,个别可达 $400\,000 \times 10^{-3}\text{A/m}$ 以上。花岗岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩等中酸—酸性侵入岩的磁性较强,磁化率值 κ 多在 $400 \times 10^{-6}\text{SI} \sim 2\,000 \times 10^{-6}\text{SI}$ 之间,剩磁 J_r 多在 $500 \times 10^{-3}\text{A/m}$ 左右。但是,随着蚀变程度的增加,岩石的磁性迅速降低,如多宝山斑岩型铜(钼)矿区遭受蚀变的花岗闪长岩的磁化率值 κ 多在 $400 \times 10^{-6}\text{SI}$ 以下,强蚀变的花岗闪长岩的磁化率值 κ 已接近 $0 \times 10^{-6}\text{SI}$ 。

古生界至新生界的沉积地层属无磁性或弱磁性,磁化率值 κ 一般小于 $40 \times 10^{-6}\text{SI}$ 。片麻岩、变粒岩、混合岩等老变质岩属弱磁性,磁化率值 κ 一般在 $50 \times 10^{-6}\text{SI}$ 左右。

3.2 岩(矿)石的放射性特征

多宝山矿区主要岩(矿)石的放射性参数统计结果如表1所示。

表1 多宝山地区岩矿石放射性特征

岩石类型	K /%	U / 10^{-6}	Th / 10^{-6}	K/Th / 10^{-4}	U/Th	K * U/Th /%
安山岩	2.12	1.03	1.16	1.83	0.89	1.88
安山玢岩	0.91	0.76	2.06	0.44	0.37	0.34
凝灰熔岩	1.05	1.81	2.47	0.43	0.73	0.77
紫色流纹岩	2.37	2.43	6.04	0.39	0.40	0.95
石英岩	2.29	0.08	0.56	4.09	0.14	0.33
花岗岩	3.39	2.73	7.37	0.46	0.37	1.26
铜矿化花岗闪长岩	5.03	1.20	2.31	2.18	0.52	2.61
铜矿化安山岩	3.86	3.11	2.55	1.51	1.22	4.71
蚀变带	5.36	2.00	2.61	2.05	0.77	4.11
石英砂岩	1.36	2.51	3.31	0.41	0.76	1.03
泥板岩	2.20	4.83	6.07	0.36	0.80	1.75
页岩	3.00	2.69	10.55	0.28	0.25	0.76

使用仪器为:GR-410A型四道伽玛能谱仪。

由表1可看出,蚀变和矿化会导致放射性元素的重新分布,钾、铀含量通常有增加的趋势,钍含量一般变化不大,其结果使得放射性元素的比值增大,特别是 $K * U/Th$ 增大更明显,蚀变(矿化)岩石的 $K * U/Th$ 一般都大于2%,而非蚀变(矿化)岩石的 $K * U/Th$ 一般都小于2%。

3.3 岩(矿)石的电性特征

岩石蚀变和矿化使电阻率降低,如未蚀变和矿化的安山岩电阻率值常见值为 $5\,200\Omega \cdot \text{m}$,蚀变安山岩视电阻率值常见值仅 $40\Omega \cdot \text{m}$,矿化安山岩视电阻率值常见值 $1\,500\Omega \cdot \text{m}$;未蚀变和矿化的花岗闪长岩视电阻率值常见值 $4\,000\Omega \cdot \text{m}$,含矿花岗闪长岩视电阻率值常见值 $2\,766\Omega \cdot \text{m}$ 。此外,电阻率还与岩石中含矿多少有关,如含矿0.1%~0.5%的安山玢岩的电阻率值常见值 $3\,700\Omega \cdot \text{m}$,含矿大于0.5%的

花岗闪长岩的电阻率值常见值小于 $2700\Omega \cdot m$ 。

4 斑岩型铜(钼)矿床上的航空物探综合异常

4.1 多宝山斑岩型铜(钼)矿床上的航空物探综合异常

航空物探综合站测量结果,在多宝山斑岩型铜(钼)矿床上出现了明显的组合异常,图1为通过主矿带的一条综合剖面。

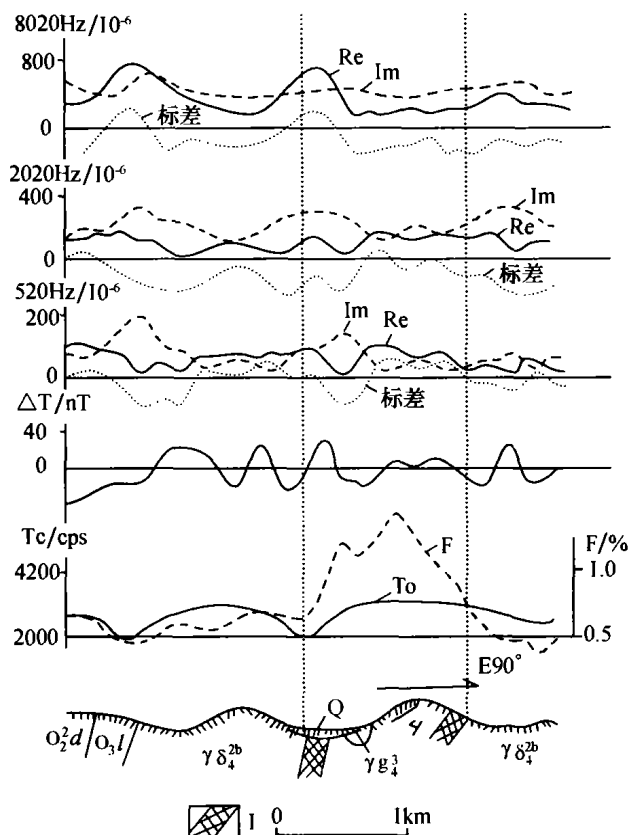


图1 多宝山斑岩型铜(钼)矿床航空物探地质综合剖面
Q—第四系;O₂d—中奥陶系多宝山组;O₃l—上奥陶系裸河组;
γδ₄^{2b}—花岗闪长岩;γδ₄³—更长花岗岩;1—铜钼矿体

从图1中可见:矿体的近矿围岩是华力西中期花岗闪长岩(γδ₄^{2b})。航磁在矿带上有明显异常(约10nT),不过因异常较小,与岩性差异引起的异常难于区别。航空伽玛能谱在矿带上有明显组合异常(总道、钾道、铀道有相对高异常,钍道为相对低异常),F参数(为K·U/Th比值)在矿带上的异常十分明显,矿带上F参数值远大于围岩的F参数值。三频航电在矿带上有弱异常显示,其主要特征是实分量为高(峰)值异常、虚分量为低(谷)值异常,航电标差(实分量与虚分量差值)异常显示较清楚。

地面物探测量结果(图2),矿带上地磁ΔT和ΔZ异常十分明显,且异常的宽度和位置与矿体基本吻合;激电ηs也有较明显的异常,但异常比矿体宽、

位置相对于矿体有所偏移。

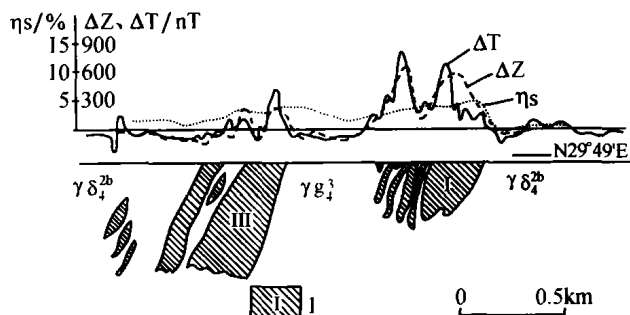


图2 多宝山斑岩型铜(钼)矿床地面物探地质综合剖面
γδ₄^{2b}—花岗闪长岩;γδ₄³—更长花岗岩;1—铜钼矿体
(据陈润琨,1992)

4.2 铜山斑岩型铜(钼)矿床上的航空物探综合异常

在铜山斑岩型铜(钼)矿床上,航空物探综合站测量结果显示(图3),该矿床位于波动变化的区域低磁场中,在主矿带(近矿围岩为多宝山组安山岩)上有10nT左右的航磁ΔT弱异常,不过因异常较小,与岩性差异引起的异常难于区别;航空伽玛能谱有明显组合异常(总道、钾道有相对高异常,钍道为相对低异常,铀道异常不明显),F参数异常明显,矿带上F参数值远大于围岩的F参数值。三频航电,8020Hz异常较弱,2020Hz和520Hz异常明显(520Hz实分量异常可达 100×10^{-6} 以上),异常主要特征是实分量为高(峰)值异常、虚分量为低(谷)值异常,三个频率航电标差异常均有较明显的显示,且520Hz标差异常反映最好。

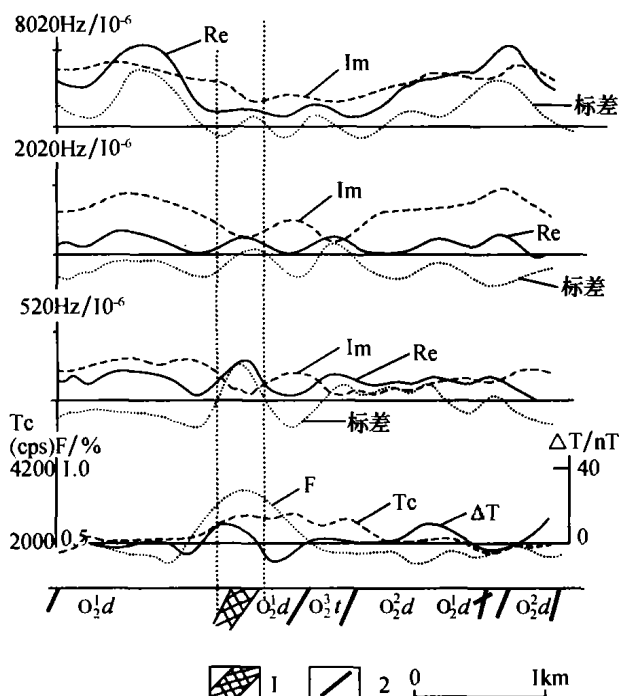


图3 铜山斑岩型铜(钼)矿床航空物探地质综合剖面
O₂d—中奥陶系多宝山组一段;O₂d—中奥陶系多宝山组二段;
O₃t—中奥陶系铜山组三段;1—铜钼矿体;2—断裂

与多宝山斑岩型铜(钼)矿床地区地面物探测量结果一样,矿带上地磁 ΔT 和 ΔZ 异常十分明显,且异常的宽度和位置与矿体基本吻合;激电 η_s 也有较明显的异常,但异常比矿体宽、位置相对于矿体有所偏移。

5 航空物探综合异常形成机制的讨论

多宝山和铜山两矿床的近矿围岩主要是华力西中期花岗闪长岩,其次是富含铁镁质的安山岩和酸性凝灰岩,当发生多次热液活动时,使围岩遭受青磐石化、绢英岩化和绿泥石化蚀变,从而围岩中的 Cu、Fe、Mg、K、U 等元素大量被带出^[1,3],磁铁矿物变为赤铁矿和假象赤铁矿,从而造成蚀变岩石的磁性和 K、U 等元素含量降低,在区域航磁图和航空伽玛能谱图上出现负场区或低场区。

由成矿溶液的硫化学性质决定,随着氧化-还原条件的变化,可以形成不同的自然硫化物。在碱性溶液中 S^{2-} 浓度大大提高。当成矿温度高在溶液早期可形成低硫化物的磁黄铁矿($Fe_{1-x}S$),在中温溶液阶段则形成大量富硫化化合物的黄铁矿(FeS_2)、黄铜矿(CuS_2)等,因此在矿体外缘形成大量黄铁矿。在强还原条件下,黄铁矿有可能分解成磁黄铁矿^[4-7]。从多宝山铜矿床的铜矿石结构研究^[1]中得知,从热水溶液中结晶出来的自形和半自形的磁铁矿、磁黄铁矿,以及从固溶体中分离出来的呈斑状磁铁矿等,在矿石中体积总含量的 1% 左右。因此,矿体的磁性会明显高于近矿围岩。前面讲的岩石磁性测量结果也清楚地表明,矿化岩石的磁性明显高于近矿围岩的磁性,因此在矿带上能产生航磁弱异常。类似的现象,在俄罗斯阿耳马累克铜矿、内蒙古白乃庙铜矿、新疆小热泉子铜矿^[8]等也存在。

由于多宝山和铜山两矿床的矿带可能具有相对低电阻率,从而形成了实分量为高(峰)值异常、虚分量为低(谷)值异常的特征航电异常。

在多宝山和铜山两矿床中,矿带内一般都存在钾硅酸盐化蚀变,使 K、U 等元素相对富集、而 Th 元素明显向围岩中迁移的现象。因此,航空伽玛能谱测量结果,总道、钾道、铀道有弱的相对高异常,钍道有弱的相对低异常, F 参数有明显异常。

6 结语

斑岩型铜(钼)矿带的矿体内及其表面通常存在磁铁矿、磁黄铁矿等矿石矿物,高精度磁法测量可测到弱磁异常;矿体一般具有相对低电阻率,能产生实分量为高(峰)值异常、虚分量为低(谷)值异常的特征航电异常;与斑岩型铜(钼)矿成生有关的钾硅中低温热液蚀变,可能导致放射性元素的再分布,从而使航空伽玛能谱测量形成明显的组合异常。根据俄罗斯、澳大利亚等国矿产勘查的经验,航空伽玛能谱测量在斑岩型铜(钼)矿床上也有较好反映^[9]。因此,航空物探综合站测量是普查斑岩型铜(钼)矿的一种有效的物探方法组合。

[参考文献]

- [1] 杜琦. 多宝山和铜山斑岩铜矿床[M], 北京:地质出版社, 1988.
- [2] 潘龙驹. 小兴安岭北段地质构造格局的新认识[J], 黑龙江地质, 1984, (1): 14~18.
- [3] 王京彬, 王玉强, 王莉娟. 大兴安岭中南段铜矿成矿背景及找矿潜力[J]. 地质与勘探, 2000, 36(5): 1~4.
- [4] 齐家喆等. 岩(矿)石磁参数与原生晕关系的研究及其地质意义[J]. 物探与化探, 1990, 14(2): 135~143.
- [5] 崔彬, 杨明银, 詹朝阳. 武山铜矿北矿带黄铁矿的成因矿物学研究[J]. 地质与勘探, 2002, 38(5): 44~48.
- [6] 莫江平, 黄明扬, 覃龙芳, 等. 新疆预须开普台铁铜矿床成因探讨[J]. 地质与勘探, 1997, 33(4): 7~12.
- [7] 郭友钊. 磁性勘探在金属矿床中应用的若干进展[J]. 物探与化探, 1995, 19(1): 48~53.
- [8] 孟贵祥. 小热泉子铜矿区物探找矿效果及综合找矿模式[J]. 物探与化探, 2002, 26(1): 32~38.
- [9] 周镭庭. 放射性测量新技术(第三集)[M], 北京:地质出版社, 1986.

THE EFFECTS OF AERO - GEOPHYSICAL INTEGRATIVE SURVEY IN THE EXPLORATION OF THE DUOBAOSHAN PORPHYRY COPPER DEPOSIT

FAN Zheng - guo, ZHAO Yu - gang, LU Jian - zhong

(China Aero - Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083)

Abstract: After describing the features of the petrophysical parameters and the aero - geophysical anomalies in the Duobaoshan and Tongshan porphyry copper deposits, the paper considered that the porphyry copper deposit could cause the aero - geophysical anomalies, and the aero - geophysical integrative survey can be used as a tool to explore porphyry copper deposit.

Key words: aero - geophysical survey, magnetic survey, Gamma - ray spectrometry, electromagnetic survey, porphyry copper deposit