



大兴安岭北段南木地区斑岩型铜矿地质特征与成矿预测

胡永臻, 范月野, 房冬昱, 董 明, 席海银, 李军业

核工业 240 研究所, 辽宁 沈阳 110000

摘 要: 南木火山盆地位于大兴安岭中北段的林西-扎兰屯多金属成矿带中, 是华北板块北部大陆边缘与西伯利亚板块东南陆缘增生带的交汇部位。侵入岩以岩株、岩脉出露为特征, 岩性以花岗斑岩、石英斑岩为主。蚀变类型主要有绢云母化、褐铁矿化、硅化和绿泥石化, 构成多条蚀变带。在 1:5 万矿产调查评价工作基础上, 采用激电中梯与激电测深两种方法进行金属矿产勘查。研究发现低阻、高极化异常带与地表岩脉矿化部位及土壤地球化学异常吻合良好。研究区圈定激电异常 4 处, 测深穿过 JD2 高极化、中低阻层, 推测地下存在含铜石英斑岩体。综合地质、化探及物探特征, 南木地区斑岩体、孔雀石化和激电异常均有存在, 具有一定的深部找矿前景。

关键词: 南木盆地; 激发极化; 斑岩铜矿; 成矿预测; 大兴安岭

GEOLOGY AND METALLOGENIC PREDICTION OF PORPHYRY COPPER DEPOSIT IN NANMU AREA, NORTHERN DAXINGANLING MOUNTAINS

HU Yong-zhen, FAN Yue-ye, FANG Dong-yu, DONG Ming, XI Hai-yin, LI Jun-ye

No. 240 Research Institute, CNNC, Shenyang 110000, China

Abstract: Located in the Linxi-Zhalantun polymetallic metallogenic belt in central-northern Daxinganling Mountains, Nanmu volcanic basin is the intersection between northern continental margin of North China Plate and southeast continental margin accretion zone of Siberian Plate. The intrusive rocks are outcropped as stocks and dikes, lithologically dominated by granite porphyry and quartz porphyry. The main alteration types of sericitization, ferritization, silicification and chloritization form multiple alteration zones. The methods of induced polarization (IP) intermediate gradient and IP sounding are used for metal mineral exploration on the basis of 1:50 000 mineral survey and evaluation. The results show that the low-resistivity and high-polarization anomaly zones are in good agreement with the surface dike mineralization sites and soil geochemical anomalies. Four IP anomalies are delineated in the area, with the deep sounding section passing through the JD2 high-polarization, low-middle resistivity layer. It is inferred that there is copper-bearing quartz porphyry body underground. Combined with the geological, geochemical and geophysical characteristics, the existence of porphyries, malachite mineralization and IP anomalies in Nanmu area suggest a certain prospect of deep exploration.

Key words: Nanmu Basin; induced polarization; porphyry copper deposit; metallogenic prediction; Daxinganling Mountains

0 引言

地球物理方法在多金属矿产勘探发展过程中一直

发挥着重要作用,尤其是在当前以“攻深探盲”为特征的矿产勘查中^[1],对金属矿产找矿突破的贡献更为突

收稿日期:2020-06-18;修回日期:2020-09-13. 编辑:李兰英.

基金项目:中国核工业地质局铀矿地质调查评价项目“内蒙古扎兰屯市南木-新林地区铀矿资源调查评价”(编号 2019-31).

作者简介:胡永臻(1992—),男,硕士,主要从事地球物理勘查工作,通信地址 辽宁省沈阳市沈北新区孝信街 12 号, E-mail//948668809@qq.com

出^[2],其中激发极化法在金属矿产勘查中发挥着愈来愈重要的作用,包括平面上激电异常的圈定和断面上异常体产状、埋深的推断^[3-5]。针对南木盆地矿化集中地区的地质及地球物理特征,采用激发极化方法,其原理为以岩矿石的电化学性质为物质基础,通过观测和研究大地激电效应,从而达到矿产勘查的目的,特别是在寻找盲矿体、隐伏矿体方面效果明显^[6-8]。激发极化方法中一般认为低电阻率、高极化率为矿致激电异常^[9-16]。

研究区地处大兴安岭中北段林西-扎兰屯多金属成矿带,通过1:5万矿产地质调查工作已发现金属、铀矿(化)点多处,其中金属矿产以铜矿为主,次为银铅锌。笔者通过激电中梯与激电测深工作,探讨激发极化法在南木地区铜多金属矿勘查中寻找盲矿体的应用效果,初步认为研究区具有良好的斑岩铜矿成矿前景。

1 地质特征

1.1 地层与岩体

区内地层主要为三叠系老龙头组、哈达陶勒盖组,侏罗系红旗组、万宝组、塔木兰沟组、满克头鄂博组、玛尼吐组、白音高老组,白垩系龙江组、梅勒图组、孤山镇组(图1)。其中,侏罗系满克头鄂博组(酸性火山岩)、玛尼吐组(中、酸性火山岩)和白音高老组(酸性火山岩)分布面积较大,构成了一套中性—酸性—中性、中酸性—酸性—中性火山喷发建造,具有多旋回性并大量发育流纹斑岩与花岗斑岩^[17],为研究区成矿有利层位。新生界为新近系呼查山组、泰康组、五叉沟组及第四系。

1.2 断裂构造

根据断裂构造的展布方向可划分为NE—NNE向、NW向、近E—W向、近S—N向4组断裂系,其中NE—NNE向深大断裂为主干断裂,NW向深大断裂次之(见图1),断裂形成于中生代太平洋板块斜向俯冲作用。近E—W向、近S—N向断裂反映了多期活动迹象,为晚古生代以来受西伯利亚板块和华北板块的汇聚作用而形成。区内深大断裂控制着区域火山喷发带、火山盆地的形成及展布。次级断裂控制着火山机构的产出位置。断裂构造交汇部位常为研究区活动中心及热点中心。

1.3 矿化蚀变与地球化学特征

研究区主要发育上侏罗统满克头鄂博组的流纹质

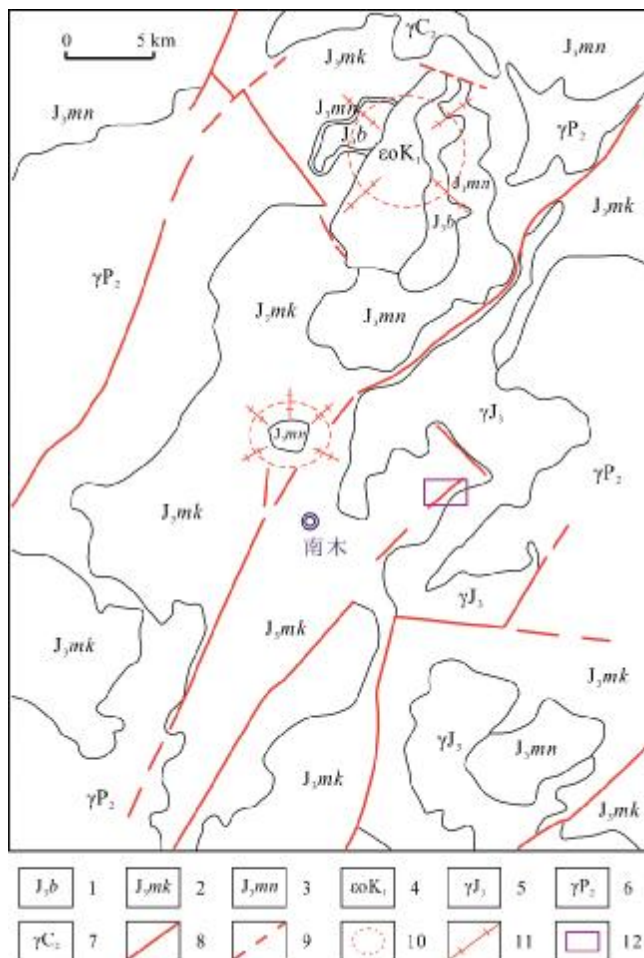


图1 南木盆地地质图

Fig. 1 Geological map of Nanmu Basin

1—侏罗系上统白音高老组(U. Jurassic Baiyingaolao fm.); 2—侏罗系上统满克头鄂博组(U. Jurassic Manketouebo fm.); 3—侏罗系上统玛尼吐组(U. Jurassic Manitu fm.); 4—古元古界岩群(Paleoproterozoic rock group); 5—晚侏罗世二长花岗岩(L. Jurassic monzogranite); 6—中二叠世中粒花岗岩(M. Permian medium-grained granite); 7—晚石炭世二长闪长岩(L. Carboniferous monzodiorite); 8—断裂(fault); 9—推测断裂(inferred fault); 10—火山环状断裂(volcano ring fault); 11—放射状火山断裂(radial volcano fault); 12—研究区位置(study area)

晶屑熔结凝灰岩、流纹质熔结凝灰岩以及上侏罗统二长花岗岩,沿断裂发育多条北东向的花岗岩、二长斑岩、正长斑岩和辉绿岩脉体,一般宽度2~3 m,倾向南东,倾角一般在65°~72°。硅化蚀变带岩石较为破碎,局部可见明显的重胶结痕迹。蚀变可见明显的硅化、褐铁矿化、钾长石化以及少量的黄铁矿化、孔雀石化现象(图2)。结合研究区土壤化学特征分析发现两处浓集中心(图3),每处浓集中心均呈团块状,整体呈北东向展布,Cu元素最高值为 $1\,330.0 \times 10^{-6}$,推测研究区

具有良好的多金属成矿潜力。



图 2 研究区岩石孔雀石化

Fig. 2 Surface malachite alteration in the study area

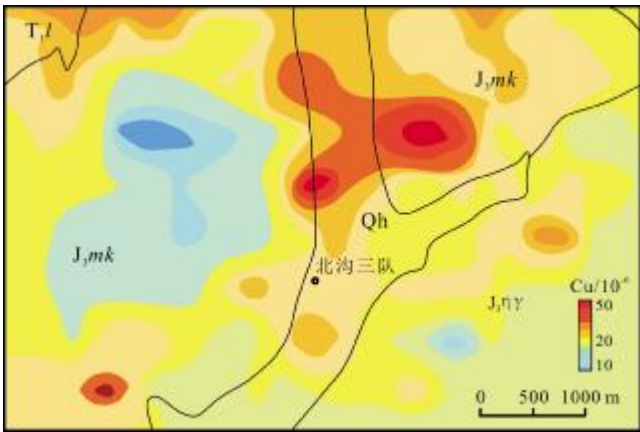


图 3 研究区 Cu 元素地球化学异常图

Fig. 3 Geochemical anomaly of Cu in the study area

2 岩矿石物性参数特征及工作方法

2.1 岩矿石物性参数测试

矿体与围岩具有一定物性差异是地球物理工作得以开展的前提^[18-20]。为了解研究区岩(矿)石电性特征,采集了晶屑凝灰岩、安山质凝灰岩、花岗岩、砾岩等物性标本。通过测量标本的极化率 η_s 、电阻率 ρ_s 等参数,综合所收集的资料,得到了研究区的岩石电性参数(见表1)。其中,石英斑岩(含黄铁矿化、黄铜矿化)视极化率最高为3.54%,视电阻率为475.87 Ωm 。熔结凝灰岩、二长花岗岩、流纹斑岩以及石英斑岩视极化率较低,变化范围在1.26%~2.13%之间,熔结凝灰岩、石英斑岩的视电阻率小于2 000 Ωm ,二长花岗岩与流纹斑

岩的视电阻率大于2 000 Ωm 。这些显著的物性差异为研究区开展激电工作提供了良好的条件。

表 1 南木地区地层(岩体)电性参数统计表
Table 1 Electrical parameters of strata (rock mass) in Nanmu section

岩性	$\rho/\Omega\text{m}$		$\eta/\%$	
	变化范围	平均值	变化范围	平均值
满克头鄂博组熔结凝灰岩	634.46~1 634.23	1 298.34	0.96~1.56	1.26
二长花岗岩	2 165~5 435.65	3 876.23	1.28~1.79	1.54
流纹斑岩	1 654.34~3 535.23	2 013.23	1.65~2.23	1.94
石英斑岩	1 865.35~3 954.23	1 823.45	1.82~2.45	2.13
石英斑岩(黄铁矿化、黄铜矿化)	224.45~534.24	475.87	2.78~4.29	3.54

2.2 工作方法

本研究采用中梯扫面 and 对称四极测深装置,正反向供电32 s,断电延时200 ms。所用仪器有:重庆地质仪器厂生产的10 kW大功率测量系统,1台DJF10-1A型发送机,3台DJS-8型接收机,1台10 kW本田发电机,供电电线采用铜线,供电电极采用8根紫铜棒并联而成,并适量浇灌盐水以保证电流大于1 A, MN测量电极,电极采用不极化电极。质量检查结果显示精度符合设计和规范要求。

3 地球物理异常特征

在研究区大北沟地段开展了激电中梯测量工作,绘制了视极化率及视电阻率1:1万平面图和平面剖面图。据图4、5可知:研究区内电性分区明显,总体形成了东南部高阻低极化和中西部低阻高极化区。其中高阻低极化区视极化率小于4%,视电阻率大于2 000 Ωm ,对应地层为晚侏罗世二长花岗岩。低阻高极化区视极化率大于4%,视电阻率小于2 000 Ωm ,对应地层为满克头鄂博组熔结凝灰岩、流纹斑岩与含金属石英斑岩岩体。研究区电性特征与物性测试结果基本一致。

3.1 激电中梯异常特征

研究区视极化率 η_s 范围0.21%~13.08%,平均值为3.39%,以4.0%为异常下限,共圈定了4处激电异常区域,由西向东、由南向北依次编号为JD1—JD4。据激电平面等值线图(图4)及研究区激电平面剖面图(图5)可知激电异常特征如下。

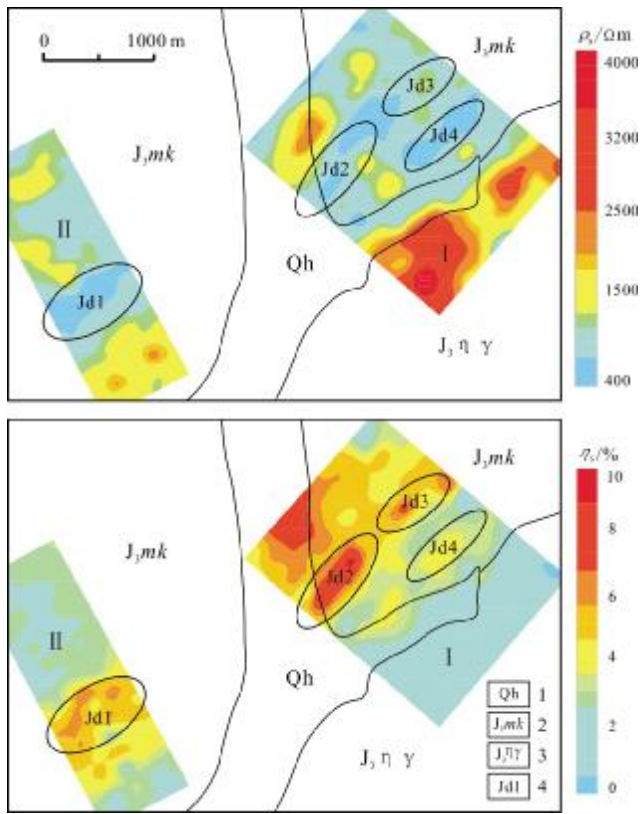


图 4 研究区激电平面等值线图

Fig. 4 IP plane contour map of the study area

1—第四系 (Quaternary); 2—上侏罗统满克头鄂博组 (Upper Jurassic Manketouebo fm.); 3—晚侏罗世二长花岗岩 (Late Jurassic monzogranite); 4—异常范围及编号 (anomaly and number)

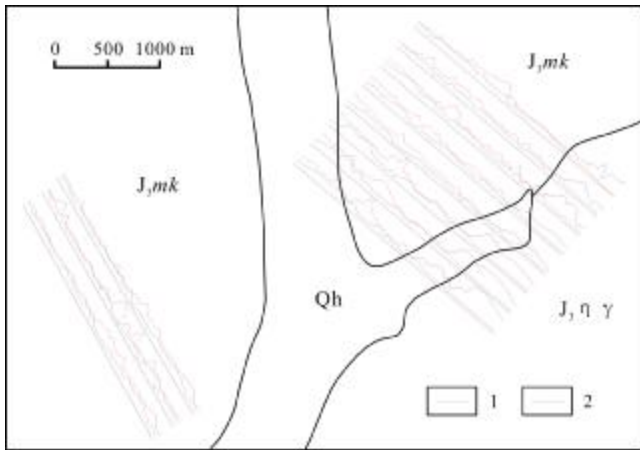


图 5 研究区激电平面剖面图

Fig. 5 Plane profile of induced polarization in the study area

1—视极化率 (apparent polarizability); 2—视电阻率 (apparent resistivity)

JD1 激电异常较为明显 ($\eta_s > 6\%$), 位于研究区西南部 I 区块满克头鄂博组, 呈北东向条带状分布, 与东北部异常区域遥相呼应, 且该处视电阻率表现为低值

($\rho_s < 800 \Omega m$), 符合低阻高极化矿致激电异常特征^[9-16], 附近地表已发现银矿化点.

JD2 激电异常位于 I 区块中西部满克头鄂博组熔结凝灰岩中, 呈 NNE 向带状展布, 有花岗斑岩、二长斑岩脉出露, 可见绢云母化、褐铁矿化、硅化等低温蚀变. 围岩中见绿泥石化、绿帘石化、褐铁矿化和硅化等, 具备典型的斑岩铜矿蚀变特征. 蚀变带亦呈 NNE 向规律分布, 推测深部为一隐伏断裂控制下的斑岩岩体. 异常中心 η_s 最高值为 13.08%, ρ_s 范围 400~1 000 Ωm . 据平剖图可见 η_s 曲线较为平缓, 具有深部异常特征.

JD3 激电异常位于 I 区块中北部满克头鄂博组熔结凝灰岩中, 呈 NNE 向带状展布, 有正长斑岩、花岗斑岩岩脉出露, 局部见铜矿化. 异常中心 η_s 最高值为 6.79%, ρ_s 范围 1 000~1 500 Ωm , 属高极化中低阻异常特征.

JD4 激电异常位于 I 区块中部, 岩性同为满克头鄂博组熔结凝灰岩, 呈 NE 向带状展布, 之间被出露的二长花岗岩岩体所分割. 矿化蚀变带明显, 围绕花岗岩呈半环状连续分布, 异常带 η_s 为 4%~4.5%, ρ_s 为 400~1 500 Ωm .

3.2 激电测深异常特征

为进一步了解异常体顶底板埋深、规模及空间赋存形态, 垂直 JD2 异常中心走向布置了激电测深剖面 1 条 (图 6), 视极化率断面显示地表下 50 m 存在低阻高极化异常体, 异常体呈“Y”型近似直立状, 倾向西, 视极化率最高值达 20%, 视电阻率小于 600 Ωm . 在勘探深度达 250 m 时并未封闭, 表明异常体向下有较大延伸. 推测有 2 条 NE 向区域隐伏断裂穿过, 在断面图上显示为断裂 F1、F2, 为花岗岩体、石英斑岩体与满克头鄂博组熔结凝灰岩发生蚀变提供了有利的环境, 并在一定程度上控制了低阻高极化的分布 (图 7).

4 结论

(1) 研究区大北沟地段铜多金属矿的形成与燕山期花岗斑岩、石英斑岩岩体侵入具有密切的成因联系. 侵入岩体与围岩接触蚀变带含有金属硫化物, 电性差异明显, 且激电结果显示存在高极化和低阻异常, 表明深部具有一定的成矿前景, 是个良好的斑岩型铜矿找矿靶区.

(2) 激电测深断面穿过 JD2 异常中心, 可大致推断异常体形态、规模以及埋深, 解译隐伏断裂 2 条. 结

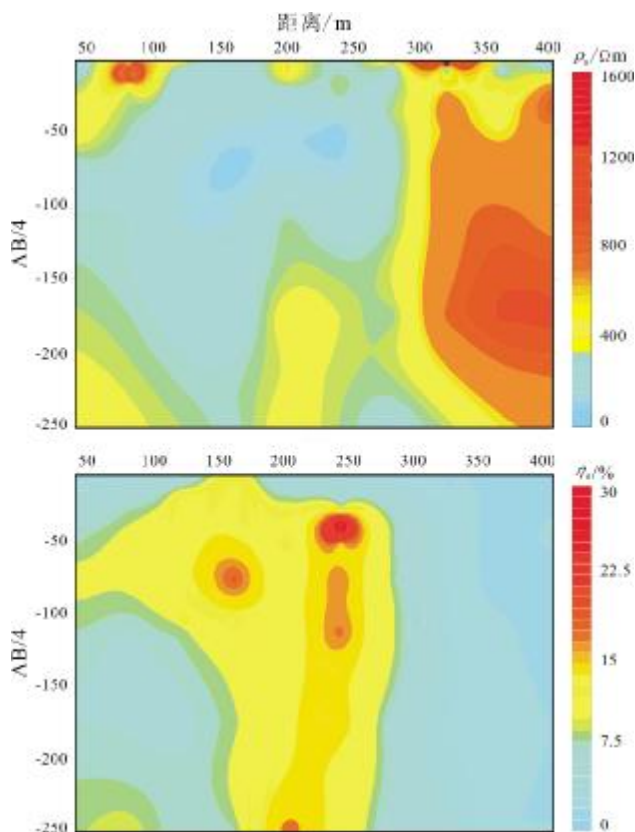


图6 激电测深断面图

Fig. 6 Cross section of IP sounding

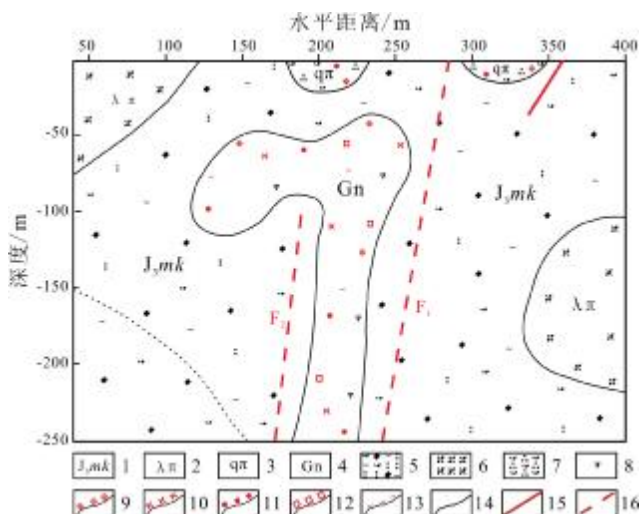


图7 激电测深地质解译图

Fig. 7 Geological interpretation map through IP sounding method
 1—上侏罗统满克头鄂博组(Upper Jurassic Manketouebo fm.); 2—流纹斑岩脉(rhyolite porphyry dike); 3—石英斑岩脉(quartz porphyry dike); 4—方铅矿化(galena mineralization); 5—流纹质晶屑熔结凝灰岩(rhyolitic crystal ignimbrite); 6—流纹斑岩(rhyolite porphyry); 7—石英斑岩(quartz porphyry); 8—闪锌矿化(sphalerite mineralization); 9—硅化(silicification); 10—钾长石化(potash feldspathization); 11—黄铜矿化(chalcopyritization); 12—黄铁矿化(pyritization); 13—绿泥石化(chloritization); 14—岩性界限(lithologic boundary); 15—断裂(fault); 16—推测断裂(inferred fault)

合研究区地质及地球化学特征,认为隐伏岩体与熔结凝灰岩发生蚀变形成的蚀变带是引起低阻高极化的主要原因,断裂在控制矿液运移的同时也为矿化蚀变提供良好环境。

(3)根据激电测深断面图得出地质解译,结合前人总结的新疆斑岩铜矿的“三位一体”找矿模式^[21-22],南木地区具备斑岩体、孔雀石化和激电异常特征,找矿潜力不容忽视。建议后续对激电异常区域进行高精度磁法及深部钻探验证工作。

参考文献(References):

- [1]刘光鼎,郝天珢.应用地球物理方法寻找隐伏矿床[J].地球物理学报,1995,38(6):850-854.
Liu G D, Hao T Y. Searching of hidden mineral deposits by geophysical methods[J]. Chinese Journal of Geophysics, 1995, 38(6): 850-854.
- [2]于宝显,李德亮,张帅,等.综合地球物理方法在蒙古国中戈壁省某铁-锌多金属矿区勘查中的应用[J].地质与勘探,2014,50(1):192-198.
Yu B X, Li D L, Zhang S, et al. Joint application of magnetic and electric methods to an iron-zinc polymetallic deposit in Middle Gobi Province of Mongolia[J]. Geology and Exploration, 2014, 50(1): 192-198.
- [3]王庆乙.激电视参数直接评价异常源的研究[J].地质与勘探,2005,41(6):67-74.
Wang Q Y. Study in evaluating anomalous source characters by IP apparent parameters[J]. Geology and Prospecting, 2005, 41(6): 67-74.
- [4]李金铭.激发极化法方法技术指南[M].北京:地质出版社,2004:1-2.
Li J M. Technical guide for induced polarization method[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004: 1-2. (in Chinese)
- [5]张东风,柳建新,谢维.激电测深法在非洲刚果(金)某铜钴矿区的勘查应用[J].地质与勘探,2010,46(4):664-669.
Zhang D F, Liu J X, Xie W. Application of IP sounding method to exploration of a copper-cobalt deposit in Congo (DRC), Africa[J]. Geology and Prospecting, 2010, 46(4): 664-669.
- [6]王妙月,底青云,王赞,等.勘探地球物理学[M].北京:地震出版社,2003:235-255.
Wang M Y, Di Q Y, Wang Y, et al. Exploration geophysics[M]. Beijing: Seismological Press, 2003: 235-255.
- [7]曾歌明,张胜业,陈长敬,等.激发极化法在某铅锌矿勘探中的应用[J].工程地球物理学报,2007,4(5):466-469.
Zeng G M, Zhang S Y, Chen C J, et al. Application of induced polarization method in lead-zinc exploration[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2007, 4(5): 466-469.

- [8] 陈长敬, 张胜业, 曾歌明, 等. 激发极化法在西藏某地铜矿区的应用效果[J]. 工程地球物理学报, 2007, 4(4): 327-331.
Chen C J, Zhang S Y, Zeng G M, et al. The application of induced polarization method in a Tibet copper mine[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2007, 4(4): 327-331.
- [9] 陈伟军, 刘红涛. 综合地球物理方法在隐伏矿床勘查中的应用——以内蒙古赵家围子银铅锌多金属矿床为例[J]. 地球物理学进展, 2009, 24(1): 293-302.
Chen W J, Liu H T. Integrated geophysical exploration for concealed ore beneath cover in the Zhaojiaweizi area, Inner Mongolia, Northern China[J]. Progress in Geophysics, 2009, 24(1): 293-302.
- [10] 潘月栋, 张学谦, 时忠义, 等. 激发极化法在吉林安图刘生店钼矿的应用[J]. 世界地质, 2009, 28(3): 334-338, 360.
Pan Y D, Zhang X Q, Shi Z Y, et al. Application of induced polarization method to Liushengdian Mo deposit of Antu, Jilin[J]. Global Geology, 2009, 28(3): 334-338, 360.
- [11] 商木元. 岩石电容: 物探“激发极化”的实质——对于物探“激发极化”一次和二次电压现象的讨论[J]. 地质与资源, 2019, 28(1): 98-108.
Shang M Y. Rock capacitance — the nature of induced polarization in geophysical prospecting: A discussion on the phenomenon of primary and secondary voltage[J]. Geology and Resources, 2019, 28(1): 98-108.
- [12] 何继善, 鲍光淑. 频率域激发极化法的观测系统[J]. 中南矿冶学院学报, 1986(4): 1-9, 110-111.
He J S, Bao G S. On induced polarization surveying system[J]. Journal of Central South Institute of Mining and Metallurgy, 1986(4): 1-9, 110-111.
- [13] 李帝铨, 王光杰, 底青云, 等. 大功率激发极化法在额尔古纳成矿带中段找矿中的应用[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(5): 1621-1626.
Li D Q, Wang G J, Di Q Y, et al. The application of high-power induced polarization in the middle section of Eerguna metallogenic belt[J]. Progress in Geophysics, 2007, 22(5): 1621-1626.
- [14] 陈绍裘, 陈灿华. 激发极化法探测断裂蚀变带型金矿[J]. 中南工业大学学报(自然科学版), 2003, 34(6): 674-677.
Chen S Q, Chen C H. Application of induced polarization method to prospecting the fracture altered belts-type gold[J]. Journal of Central South University of Technology (Natural Science), 2003, 34(6): 674-677.
- [15] 胡云沪, 罗先熔, 王桂琴, 等. 厚层覆盖区综合物化探方法找金试验研究——以广西兴安金石金矿为例[J]. 矿产与地质, 2002, 16(5): 302-305.
Hu Y H, Luo X R, Wang G Q, et al. Research on prospecting Au deposit study with geophysical and geochemical method for deeply concealed deposit: Taking Jinshi Au deposit of Guangxi as an example[J]. Mineral Resources and Geology, 2002, 16(5): 302-305.
- [16] 关键. 大功率激电在吉林某铜矿新一轮找矿中的应用[J]. 物探与化探, 2002, 26(5): 364-367.
Guan J. The application of high power IP method to the new round of ore prospecting work in a copper ore district, Jilin Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2002, 26(5): 364-367.
- [17] 于跃江, 赵忠海, 杨欣欣, 等. 大兴安岭北段漠河前陆盆地早侏罗世火山岩时代的厘定[J]. 中国地质, 2021, 48(2): 580-592.
Yu Y J, Zhao Z H, Yang X X, et al. Dating of Early Jurassic volcanic rocks in the Mohe foreland basin of northern Greater Khingan Mountains, Northeast China[J]. Geology in China, 2021, 48(2): 580-592.
- [18] 孙燕, 刘建明, 曾庆栋, 等. 综合地球物理方法在某金多金属矿区找矿中的应用[J]. 地球物理学进展, 2010, 25(6): 2096-2101.
Sun Y, Liu J M, Zeng Q D, et al. Application of comprehensive geophysical methods in ore prospecting in one Au polymetallic mineralizing area[J]. Progress in Geophysics, 2010, 25(6): 2096-2101.
- [19] 郭镜, 李文昌, 李光明, 等. 多尺度综合地球物理方法在扎西康铅锌锑金多金属矿找矿预测中的应用[J]. 地球科学, 2019, 44(6): 2129-2142.
Guo J, Li W C, Li G M, et al. Application of multi-scale integrated geophysical method in prospecting prediction of Zhaxikang Pb-Zn-Sb-Au polymetallic deposit[J]. Earth Science, 2019, 44(6): 2129-2142.
- [20] 李祥才, 张志伟, 敖颖锋, 等. 激电法在辽宁柏杖子金矿勘查中的作用及意义[J]. 地质与勘探, 2009, 45(2): 74-79.
Li X C, Zhang Z W, Ao Y F, et al. The application and significance of the induced-polarization method in exploration of the Baizhangzi gold deposit in Liaoning[J]. Geology and Prospecting, 2009, 45(2): 74-79.
- [21] 王福同, 冯京, 胡建卫, 等. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义[J]. 中国地质, 2001, 28(1): 36-39, 29.
Wang F T, Feng J, Hu J W, et al. Characteristics and significance of the Tuwu porphyry copper deposit, Xinjiang[J]. Chinese Geology, 2001, 28(1): 36-39, 29. (in Chinese)
- [22] 王福同, 庄道泽, 胡建卫, 等. 物探在新疆土屋地区铜矿找矿中的应用——兼谈斑岩铜矿“三位一体”的找矿模式[J]. 中国地质, 2001, 28(3): 40-47.
Wang F T, Zhuang D Z, Hu J W, et al. Application of geophysical prospecting for copper deposit in Tuwu area, Xinjiang: With a discussion on the “trinity” prospecting model for porphyry copper deposits[J]. Chinese Geology, 2001, 28(3): 40-47. (in Chinese)