

大功率激电法在辽宁新宾南杂木金矿床勘查中的应用效果

高忠晖,袁 昆

(辽宁省地质矿产研究院有限责任公司)

摘要:南杂木金矿床地处辽东的抚顺—清原金铜成矿带内,其内矿产资源丰富,金矿床(点)密布,地质找矿前景良好,但受森林覆盖率高的限制,找矿突破难度大。鉴于此,以南杂木金矿床为研究对象,基于矿体与围岩的激电特性差异,采用大功率激电面积测量和激电测深工作圈定矿致异常。基于激电测量工作成果,在矿区内圈定激电异常5处,并在DJ-2号激电异常处探获矿体1条,该矿体控制长200 m,中部水平厚度最大,为3.1 m,平均金品位2.39 g/t。研究成果表明,大功率激电法在南杂木金矿床勘查中找矿效果较好,可为进一步找矿工作提供理论基础和实践依据。

关键词:辽东;南杂木金矿床;大功率激电;激电测深;隐伏矿体;激电异常;找矿效果

中图分类号:TD11 P618.51

文献标志码:A

文章编号:1001-1277(2025)02-0083-06

doi:10.11792/hj20250213

引言

南杂木金矿床行政区划隶属于辽宁省新宾县,处于辽东的抚顺—清原金铜成矿带内^[1]。自20世纪70年代以来,抚顺地质总队、辽宁省第十地质大队等在抚顺—清原金铜成矿带内开展了地质填图和土壤地球化学测量工作,发现了红透山铜锌矿床^[2-3]、下大堡金矿床^[4]、树基沟铜锌矿床^[5]、南口前金矿床^[6]等,为找矿工作和矿产资源评价奠定了基础。南杂木金矿床地处辽东山地丘陵区,森林覆盖率达60%,地表覆盖层厚,以致矿产资源勘探和评价难度较大,地质工程验证程度较低,找矿前景不明。鉴于此,亟须在矿区内开展相关地质-地球物理找矿研究工作,识别、定位矿致异常,以便开展进一步找矿评价研究工作。

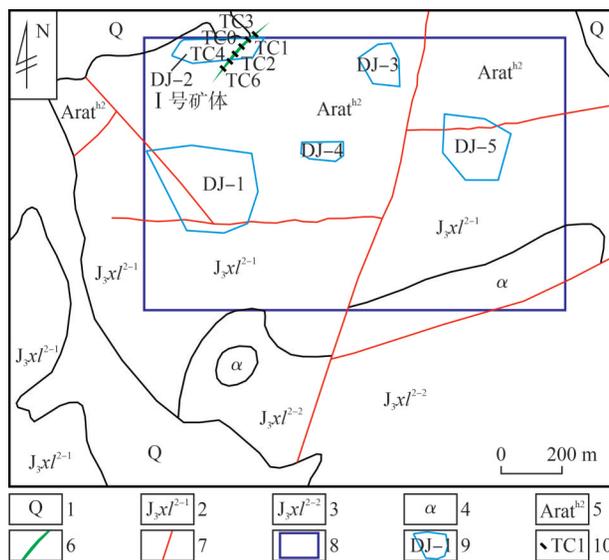
考虑到区域内已发现矿床以金属硫化物矿床为主,而大功率激电面积测量和激电测深在寻找隐伏金属硫化物矿床方面具有非常好的应用实践效果^[7-11],本文以南杂木金矿床为研究对象,开展大功率激电面积测量和激电测深研究工作,并对采集数据进行系统处理、分析和综合研究,圈定了激电异常5处,且在DJ-2号激电异常处发现金矿化异常现象,经地表踏勘、探槽和钻孔验证,探获矿体1条,为进一步找矿工作提供理论基础和实践依据。

1 研究区成矿地质特征

1.1 地层

研究区出露地层主要为太古界鞍山群通什村组

红透山亚组变粒岩夹片岩段、中生界侏罗系上统小岭组上亚组中基性熔岩段和火山碎屑岩段,以及零星分布的第四系^[12](见图1)。



- 1—第四系 2—小岭组上亚组中基性熔岩段
3—小岭组上亚组火山碎屑岩段 4—闪长岩脉及闪长玢岩脉
5—通什村组红透山亚组变粒岩夹片岩段 6—矿体
7—断裂 8—大功率激电法测量范围
9—激电异常及编号 10—探槽及编号

图1 研究区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the study area

通什村组红透山亚组变粒岩夹片岩段分布在矿区北部,占矿区面积的45%,总体走向北东,顶部为薄层阳起片岩,上部为灰绿色黑云斜长变粒岩及黑云斜长片麻岩,中部为黑云斜长变粒岩、黑云斜长片麻

岩,下部为含角闪斜长片麻岩、角闪斜长变粒岩^[13]。小岭组上亚组中基性熔岩段和火山碎屑岩段分布在矿区南部,占矿区面积的50%,主要岩性为灰色含集块玄武岩^[14]、紫色—紫灰色杏仁状安山岩、灰色安山玄武岩、灰色—灰紫色拉斑玄武岩、灰色安山岩、灰色—灰紫色含角砾拉斑玄武岩,以及少量火山集块^[15]。

1.2 构造

研究区内有2条东西向断裂,横贯研究区,为走向70°的压性断裂。其中,北部的东西向断裂北侧主要为通什村组红透山亚组变粒岩夹片岩段地层,南侧为小岭组上亚组中基性熔岩段和火山碎屑岩段地层^[16];东南侧的东西向断裂长570 m,走向72°左右,北侧为宽约150 m的闪长岩脉及闪长玢岩脉。北东向断裂在研究区内由南到北贯穿,切割东西向断裂,走向20°左右,断裂内透镜体、挤压片理等现象发育,岩石糜棱岩化明显,属于压性断裂,为主要成矿构造。北西向断裂在研究区西侧,长450 m左右,走向315°左右。

1.3 岩浆岩

研究区内岩浆岩不发育,仅在东南部有1条长约750 m、宽约150 m的闪长岩脉及闪长玢岩脉。

2 地质-地球物理特征

研究区出露的主要岩性为变粒岩、安山岩、玄武岩,并有磁铁矿脉出露,含金石英岩脉大多位于构造破碎带处,黄铁矿化不明显,因而具有视电阻率较高的电性特征,视极化率异常与黄铁矿化程度密切相关。

变粒岩、安山岩、玄武岩等岩石,多呈低极化率、中—低电阻率的电性特征。其中,玄武岩视电阻率值为200~600 $\Omega \cdot m$,视极化率值为0.50%~2.00%;变粒岩、安山岩视电阻率值多为300~900 $\Omega \cdot m$,视极化率值为0.50%~2.00%;具有较强黄铁矿化的矿带呈现低阻、高极化特征。含金岩脉多处于构造破碎带两侧,视电阻率呈高阻向低阻的梯级变化带处,视极化率因黄铁矿化程度不同,异常显示不同。矿体与围岩的这种激电特性差异,具备了采用激发极化法找矿的地球物理前提^[17]。

3 大功率激电法测量原理与测量方法

3.1 测量原理

激发极化法是以不同岩(矿)石激电效应的差异

为基础,在外电流的作用下,观测和研究激电效应,探明地下地质体情况的一种地球物理勘探方法^[18]。然而,大功率激电法是应用激发极化法勘查金属矿产的主要方法,特别是电阻率与围岩相差不大的浸染型金属矿产而言,比其他方法更为有效^[19-20]。在实际工作中,主要运用大功率激电中梯对工作区进行面积性普查工作,然后运用四极垂向测深装置对重点区域进行测量^[21-22]。

3.2 测量方法

在研究区开展1:5 000大功率激电面积测量工作,结合前期化探测量结果,在合适地段进行了激电测深工作,以对激电异常特征进行综合推断解释,为矿产普查提供物探依据。

根据工作设计,大功率激电面积测量的面积为1.26 km²,网度为50 m(线距)×20 m(点距),测线方向南北向,选择供电电极距为1 500 m,测量极距为40 m,点距为20 m,供电周期为8 s;激电测深选择最大极距为500 m,最小极距为2.5 m,供电周期为8 s。采用重庆顶峰地质勘探仪器有限公司生产的EDFS大功率直流激电测量系统EDFS-10发射机,大功率激电测量系统EDJS-3接收机。

4 大功率激电法应用与效果

4.1 测量结果及异常特征

大功率激电测量数据经过系统处理和成图,显示视电阻率大部分呈现为中等幅值。在研究区东北部,有近东西向的高阻带出现,视电阻率最大值为4 564 $\Omega \cdot m$,在东北部有1条北西向视电阻率梯级带,推断为具有高阻岩脉侵入地段与其他地层的接触带或断裂(见图2)。

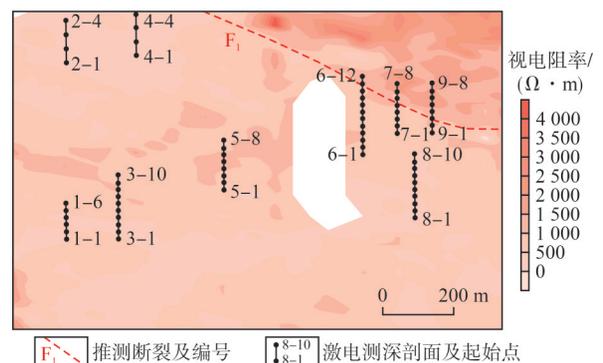


图2 视电阻率平面等值线图

Fig. 2 Plane contour map of apparent resistivity

研究区内大部分视极化率背景场值为0.5%~1.5%,通过对整个研究区情况分析,并结合地质、化探结果,以达到与地质、化探综合解决矿产地质勘查

问题的目的,确定以视极化率值在2.0%以上为异常值,以圈定激电异常。

4.2 激电异常圈定及推断解释

研究区内视极化率异常较小且零散,并且幅值较低,通过对异常分析,共圈出5处激电异常,编号为DJ-1、DJ-2、DJ-3、DJ-4、DJ-5(见图3)。根据激电异常特征与化探异常,布设了9条激电测深剖面,以了解激电异常与化探异常处地质体的空间展布特征。在DJ-1号激电异常处布设了激电测深1号剖面 and 3号剖面,在DJ-2号激电异常处布设了激电测深2号剖面 and 4号剖面,在DJ-4号激电异常处布设了激电测深5号剖面,在DJ-5号激电异常处布设了激电测深6号剖面、7号剖面、8号剖面、9号剖面。各激电异常特征描述与推断解释如下。

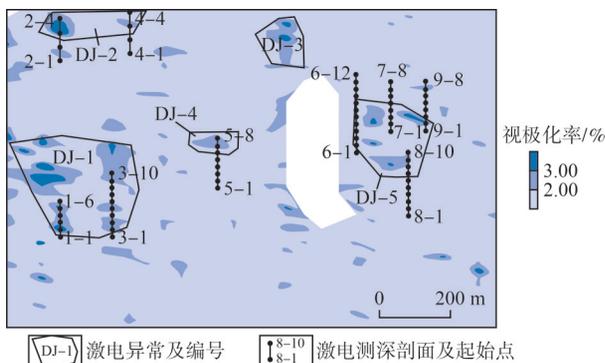


图3 视极化率平面等值线图

Fig. 3 Plane contour map of apparent polarizability

4.2.1 DJ-1号激电异常

DJ-1号激电异常位于研究区西部,由多个小异常组成,长、宽均近300 m,视极化率值集中在2%~4%,视极化率最高值为4.77%,视极化率异常南侧部具有400~800 $\Omega \cdot m$ 的视电阻率,北侧有1条近东西向展布的视电阻率为1000~1300 $\Omega \cdot m$ 的相对高阻带,此高阻异常地表揭露闪长岩夹磁铁石英岩扁豆体,推断此处高极化异常与铁矿化有关。该激电异常南部范围较小,且幅值不高,视电阻率为400~800 $\Omega \cdot m$,但异常处见有Au异常,为了解此处地质体展布特征,布设了1号、3号2条激电测深剖面。

在1号剖面的1-3号测点200 m深处,见有高极化异常,视极化率最高值为5.47%,产状近于直立,推断此处异常与黄铁矿化有关,从而形成较高的视极化率异常(见图4-a)。在3号剖面的3-5号测点40 m深处,见有较低的极化异常,视极化率异常最高值为2.3%,3-7号至3-9号测点为高阻异常,产状近于直立,3-5号测点在视电阻率变化的梯级带上,此异常位

置与Au异常吻合,推断此处异常与黄铁矿化、硅化有关,从而形成高视电阻率的视极化率异常(见图4-c))。

4.2.2 DJ-2号激电异常

DJ-2号激电异常位于研究区西北部,由2个小异常组成,视极化率异常值集中在2%~4%,视极化率最高值达4.77%,视极化率异常处具有200~400 $\Omega \cdot m$ 的低视电阻率特征。在此异常处布设了2号剖面(见图4-b))和4号剖面(见图4-d)),从2号剖面可以看出,在深300 m处有视极化率异常,推断与黄铁矿化有关。

4.2.3 DJ-3号激电异常

DJ-3号激电异常位于研究区北中部,异常范围较小,视极化率异常值集中在2%~3%,视极化率最高值3.78%,视极化率异常处于高视电阻率异常及视电阻率梯级带交会处,此处具有高视电阻率异常和高视极化率异常,推断与黄铁矿化和硅化有关,但此处未见Au异常,对寻找石英脉型金矿意义不大。

4.2.4 DJ-4号激电异常

DJ-4号激电异常位于研究区中部,异常范围较小,视极化率异常值集中在2%~3%,视极化率最高值为2.87%,视极化率异常处在中等视电阻率异常处,此处具有Au异常,推断激电异常与黄铁矿化有关,在此处布设了5号剖面(见图4-e)),在5-3号测点至5-6号测点65 m以下呈相对高视电阻率异常特征,在高视电阻率异常的两侧呈高视极化率异常,此处有Au异常存在,推断此异常处两侧具有黄铁矿化,中间部位为硅化,对寻找金矿(化)体具有一定意义。

4.2.5 DJ-5号激电异常

DJ-5号激电异常位于研究区东部,异常由多个小异常组成,视极化率异常集中在2%~4%,视极化率最高值为3.77%,异常北部位于视电阻率异常值为600~2000 $\Omega \cdot m$ 的梯级带处,此处具有Au异常,推断视电阻率梯级带为不同岩性接触部位,此处激电异常与黄铁矿化有关,对金成矿有利。在此处布设了6号剖面(见图4-f))、7号剖面(见图4-g))、9号剖面(见图4-i))。异常南部视电阻率为400~900 $\Omega \cdot m$,并且有Au异常,布设了8号剖面(见图4-g))。

从激电测深剖面可以看出,在6剖面的6-3号至6-4号测点处呈相对高视电阻率异常,视极化率异常不明显,此处有Au异常存在,推断高视电阻率异常可能与硅化有关,为含金硅化岩脉。6号剖面的6-10号测点、7号剖面的7-4号测点和9号剖面的9-3号测点

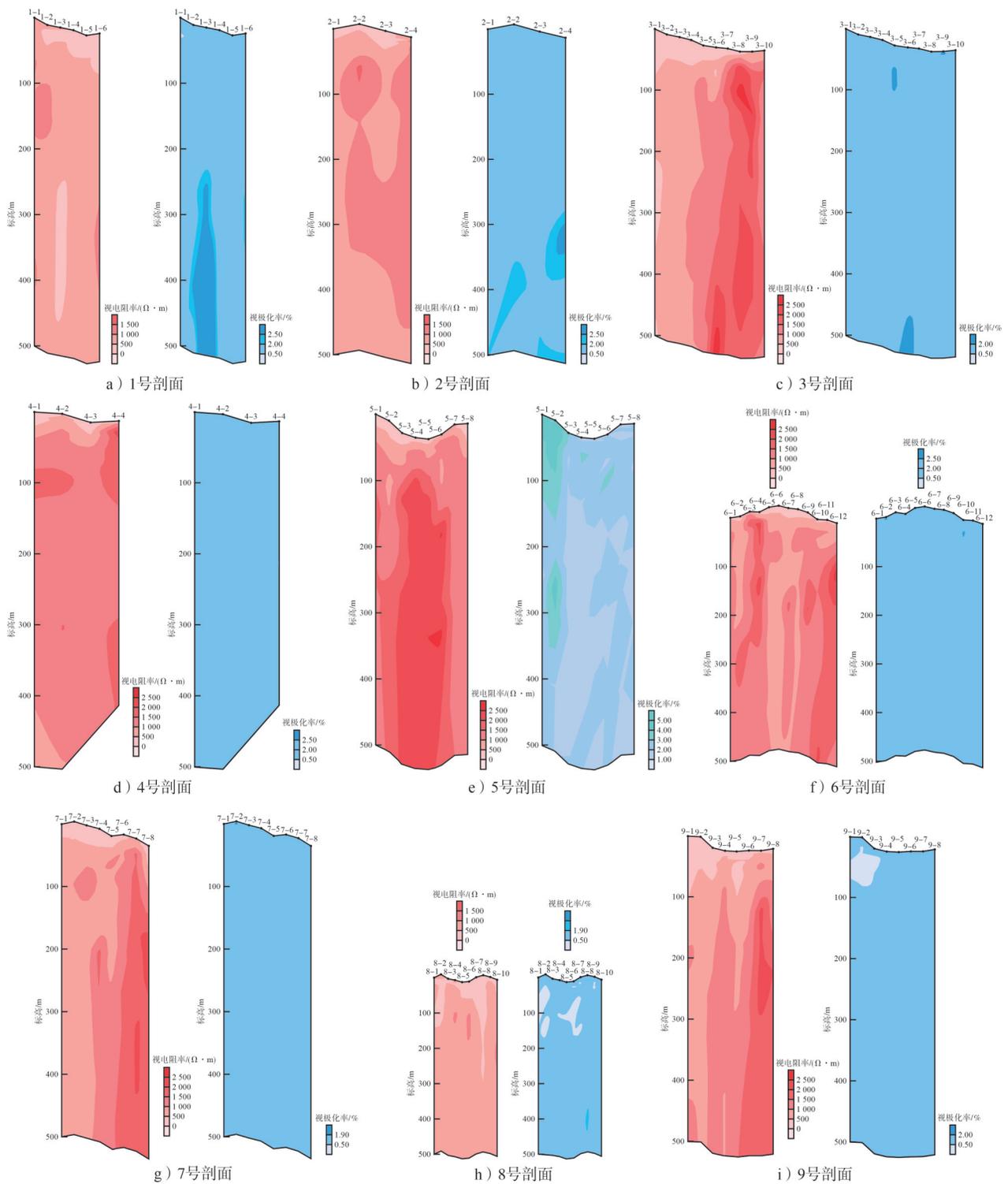


图4 激电测深剖面视电阻率和视极化率等值线断面图

Fig. 4 Contour profiles of apparent resistivity and apparent polarizability of IP sounding profiles

为视电阻率异常梯级带,推断为构造带,北侧的高视电阻率异常为硅化岩脉地层,推断其具有 Au 异常区域,应该有含金石英脉存在。

在激电测深8号剖面处因有 Au 异常存在,布设了10个测点。从激电测深剖面上可以看到,此处异常不明显,仅中间部位视电阻率值稍高,推断黄铁矿化及硅化不明显,对寻找含金地质体不具有较好的指

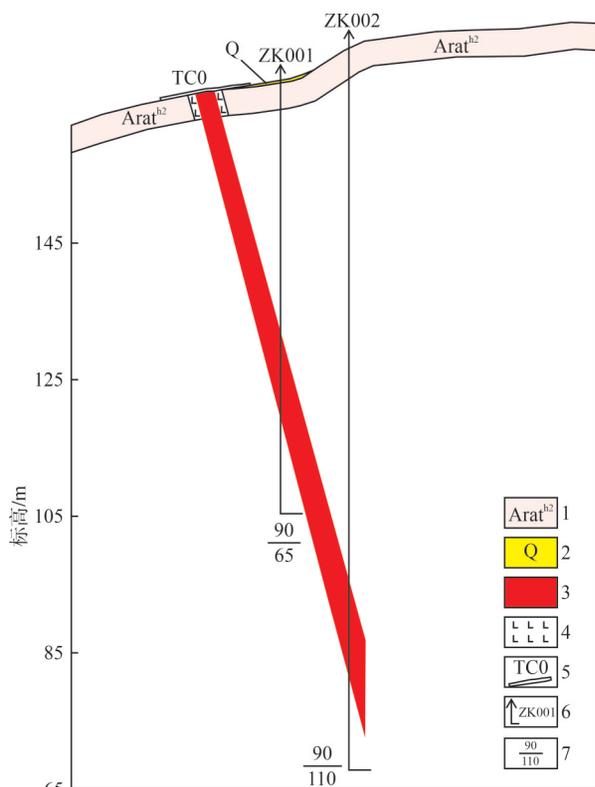
示作用。

4.3 激电异常验证与成果分析

在DJ-2号激电异常范围内进行踏勘,在地表发现褐铁矿化,通过进一步探槽工程控制,发现矿体1条(I号矿体),该矿体主要受北东向断裂控制,整个断裂走向稳定,倾向290°左右,倾角75°~80°; I号矿体由6个探槽控制(TC3、TC1、TC0、TC2、TC4

和TC6),倾向132°,倾角75°,地表控制长200 m,中部水平厚度最大,为3.1 m,其中,金品位最高2.64 g/t,最低2.13 g/t,平均金品位2.39 g/t。

经钻孔ZK001和ZK002验证,I号矿体深部延伸超过100 m,延续情况较好(见图5),矿石矿物以黄铁矿、磁铁矿为主,含少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然银等,黄铁矿呈大小不等的颗粒状分布;脉石矿物主要为斜长石、石英、角闪石、透闪石、黑云母、绿泥石等。矿石结构主要为碎裂充填结构、交代溶蚀结构;矿石构造主要为脉状构造、网脉状构造,其次为浸染状构造及斑杂状构造等。



1—通什村组红透山亚组变粒岩夹片岩段 2—第四系
3—矿体 4—围岩蚀变 5—探槽及编号 6—钻孔及编号
7—钻孔倾角(°)和孔深(m)

图5 0号勘探线剖面图

Fig. 5 Profile of Exploration Line 0

5 结论

1)南杂木金矿床不同岩矿石存在明显的电性参数差异,可以通过大功率激电面积测量和激电测深来识别隐伏金属硫化物引起的激电异常。

2)在南杂木金矿床内共圈定激电异常5处,并在DJ-2号激电异常开展了系统现场查证工作,探获矿体1条,充分说明可以采用大功率激电法在区内寻找隐伏矿体。

3)在DJ-1号激电异常南部、DJ-4号激电异常和

DJ-5号激电异常北部,发现存在具有视极化率异常和视电阻率异常分布的区域,推断由黄铁矿化和硅化引起,可以作为潜在金找矿靶区。

[参考文献]

- [1] 赵朋,任立国,艾旭光,等.辽宁抚顺地区金成矿系列划分与典型矿床特征研究[J].矿产勘查,2020,11(4):647-655.
- [2] 张增杰,邢树文,马玉波,等.辽宁红透山铜锌矿围岩黑云斜长角闪岩锆石U-Pb定年及其块状硫化物指示意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2013,43(4):1159-1168.
- [3] 王彦明,张晓,高忠晖,等.辽宁省清源县宏达金矿床地质特征及矿床成因探讨[J].黄金,2014,35(6):22-25.
- [4] 李志锋,刘长纯,温德娟.辽宁省下大堡金矿床地质特征及成矿模式[J].露天采矿技术,2013(5):18-22,25.
- [5] 张朋,寇树林,赵岩,等.辽宁树基沟铜锌矿床黑云斜长角闪片麻岩锆石U-Pb年龄、Hf同位素组成及其地质意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2018,48(5):1365-1377.
- [6] 钱焯,孙丰月,张雅静,等.辽宁清原王家大沟金矿床流体包裹体特征及矿床成因研究[J].黄金,2011,32(10):17-22.
- [7] 王立群,刘国兴,韩江涛,等.大功率激电和CSAMT法在敦化团北地区查找锡钨矿的应用[J].吉林大学学报(地球科学版),2008,38(增刊1):4-7.
- [8] 朱满怀,王运,刘凯,等.激电测深法在南秦岭苏岭沟金矿区的勘查应用[J].地质与勘探,2024,60(2):294-310.
- [9] 高锋辉,王树新,梁新辉,等.激电测深在吉家洼金矿区找矿预测中的应用[J].黄金,2024,45(3):78-84.
- [10] 顾观文,王顺吉,武晔,等.类中梯装置的大功率三维激电法在甘肃花牛山金矿勘查中的应用[J].地质与勘探,2023,59(4):872-882.
- [11] 黄文清.大功率激电在江西省德兴市某铜银多金属矿区的找矿勘查应用[J].矿产与地质,2022,36(5):1011-1017,1040.
- [12] 马光,刘继顺,宫丽,等.辽宁省早前寒武纪两类不同花岗岩质岩石元素地球化学模型及意义[J].地质与勘探,2004,10(1):50-54.
- [13] 杨占兴,田立臣.辽宁省铅锌矿床成矿作用研究[J].辽宁地质,1998(1):2-20.
- [14] 袁和,王登红.辽宁省金矿成矿规律及成矿系列[J].中国地质调查,2022,9(2):73-82.
- [15] 颜丹平,孔若颜,董小宇,等.辽东半岛晚侏罗-早白垩世挤压-伸展构造转折及金成矿意义[J].中国科学:地球科学,2021,51(9):1536-1557.
- [16] 段士刚,薛春纪,燕长海,等.华北陆块南、北缘铅锌矿床成矿特征对比[J].矿床地质,2008,27(3):383-398.
- [17] 高锋辉,王树新,梁新辉,等.激电测深在吉家洼金矿区找矿预测中的应用[J].黄金,2024,45(3):78-84.
- [18] 林家勇,汤井田,丁茂斌,等.复杂地形条件下激发极化有限单元法三维数值模拟[J].吉林大学学报(地球科学版),2010,40

- (5):1 183-1 187.
- [19] 张凯伦,温守钦,汪徽,等.辽宁阜新排山楼金矿床深穿透地球化学找矿方法的应用研究[J].黄金,2023,44(9):111-116.
- [20] 邱海成,李德东,李建平,等.辽宁五龙金矿床163号脉Au品位数据特征与找矿预测[J].黄金,2022,43(11):19-24,30.
- [21] 苏文利,陆桂福,刘福胜,等.覆盖区矿产勘查中电法技术应用及有效性探讨[J].中国煤炭地质,2023,35(11):72-76.
- [22] 严加永,孟贵祥,吕庆田,等.综合地球物理在荒漠覆盖区隐伏矿床预测与定位中的应用:以新疆拉伊克勒克铜多金属矿床为例[J].地球物理学报,2021,64(11):4 117-4 133.

Application of high-power induced polarization method in the exploration of the Nanzamu Gold Deposit, Xinbin, Liaoning

Gao Zhonghui, Yuan Kun

(Liaoning Geology and Mineral Resources Institute Co., Ltd.)

Abstract:The Nanzamu Gold Deposit is located within the Fushun-Qingyuan Au-Cu metallogenic belt in Eastern Liaoning, an area rich in mineral resources and densely distributed with gold deposits (spots), offering excellent prospecting potential. However, the high forest coverage poses challenges for significant breakthroughs in exploration. To address this, the study focused on the Nanzamu Gold Deposit, employing high-power induced polarization (IP) area measurement and IP sounding techniques to delineate ore-induced anomalies based on the IP property differences between the orebody and surrounding rocks. From the results of the IP survey, 5 anomalies were identified within the mining area. Among them, a single orebody was discovered in the DJ-2 IP anomaly zone. The orebody spans 200 m in length, with a maximum horizontal thickness of 3.1 m in the central part and an average gold grade of 2.39 g/t. The findings indicate that the high-power IP method achieves promising results in the exploration of the Nanzamu Gold Deposit, providing both theoretical and practical support for future prospecting efforts.

Keywords: Eastern Liaoning; Nanzamu Gold Deposit; high-power induced polarization; IP sounding; concealed orebody; IP anomaly; prospecting results

(上接第61页)

Study on pollution characteristics and sources of heavy metal elements in soil of a mining area in Hebei Province

Yu Ming^{1,2,3,4}, Bian Pengsha^{2,4}, Lu Qian^{2,4}, Che Jian^{2,4}, Zhang Shuo^{2,4}

(1. Postdoctoral Research Station, Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration;

2. Hebei Research Center for Geoanalysis;

3. Postdoctoral Research Station of Crop Science, Hebei Agricultural University;

4. Hebei Key Laboratory of Mineral Resources and Ecological Environment Monitoring)

Abstract:To clarify the pollution characteristics and sources of heavy metal elements in the soil of a mining area in Hebei Province, 10 sampling points were selected in the study area, and a total of 100 soil samples were collected. The comprehensive quality impact index method was used to calculate the content of heavy metal elements in the soil samples, which were compared with standard and background values to determine whether heavy metal levels exceeded allowable limits. Principal component and factor analyses were employed to identify the sources of heavy metals, while a multiple linear regression model was used to calculate the contribution rates of pollution sources. The horizontal and vertical migration patterns of heavy metals in soil and crops were also investigated. Results showed that the soil in the study area contains varying amounts of Cu, Cr, Zn, Ni, and As, all of which exceed standard limits to a serious degree. The primary sources of heavy metal pollution in the area are industrial activities, coal combustion, traffic dust, mining, and transport-related diffusion. The distribution and migration patterns of heavy metals in different media indicate that their sources are closely related to mining activities. The findings provide data support for the prevention and control of heavy metal pollution in the soil of this mining area.

Keywords: heavy metal elements; pollution characteristics; pollution sources; multiple linear regression model; background value exceedance rate; log-normal distribution; contribution rate of pollution sources