

doi: 10.11720/wtyht.2020.0197

梁维天, 孙新胜, 王东波, 等. 广域电磁法在河洼多金属矿勘查中的应用[J]. 物探与化探, 2020, 44(5): 1048-1052. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.0197>

Liang W T, Sun X S, Wang D B, et al. The application of the wide field electromagnetic method in the exploration of the Hewa polymetallic ore deposit[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2020, 44(5): 1048-1052. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.0197>

广域电磁法在河洼多金属矿勘查中的应用

梁维天^{1,2}, 孙新胜¹, 王东波^{1,2}, 冯家新¹, 孙文¹, 陈广镇¹

(1. 辽宁省第五地质大队有限责任公司, 辽宁 营口 115100; 2. 辽宁工程技术大学, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 在辽宁河洼地区多金属矿近年来地质资源勘查认识的基础上, 利用广域电磁法对该区成矿有利地质界面进行勘查, 勘探深度及精度较以往工作有了较大提升, 对该地区深部矿产资源勘查意义重大, 为河洼地区多金属矿成矿理论研究、辽东地区金矿成矿模型建立等方面提供了较准确的地球物理依据。

关键词: 广域电磁法; 多金属矿; 深部勘查; 成矿模型

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2020)05-1048-05

0 引言

本次项目为河洼地区多金属矿的深部勘查, 勘查区位于辽南变质核杂岩体金州断裂拆离断层西部, 分水至华铜有色金属成矿带南部。

广域电磁法是一种人工源频率域电磁勘探方法^[1-2], 该方法从何继善院士团队研发投入实际生产以来, 应用到了地球物理勘查的各个领域, 但应用到金属矿产勘查领域的案例相对较少。广域电磁法工作勘查深度大、精度较高, 而该地区以往地质勘查工作程度均不高, 本次工作成果为河洼地区多金属矿成矿理论研究, 为辽东地区金矿成矿模型建立等提供了较准确的地球物理资料, 对该地区后续金属矿产资源勘查具有较大参考价值^[3-7]。

1 矿区地质及地球物理特征

勘查区大地构造位于中朝准地台南缘, 胶辽台隆西部, 复州台陷中部, 永宁凹陷中北部, 分水至华铜有色金属成矿带南部, 金州断裂西部。区域出露地层为太古宇鞍山群城子幢组, 新元古界青白口系永宁组、钓鱼台组、南芬组及震旦系桥头组。青白口

系及震旦系地层不整合分布于太古宇鞍山群城子幢组之上。沿沟谷分布新生界第四系冲洪积、坡积物。金州断裂为辽南变质核杂岩体拆离断层的一部分, 其拆离断层带可分为 NNE 走向的金州拆离断层带和 NEE 走向的董家沟拆离断层带。区域内矿产种类较多, 多沿金州断裂呈 NNE 向展布(图 1)。

勘查区内出露地层为新元古界青白口系永宁组, 沿沟谷分布第四系冲洪积、残坡积物。勘查区内褶皱构造不发育或者规模较小, 断裂构造较发育, 但规模相差较大, 按其展布方向主要分为 NE、NW 向, NE 向极发育, NW 向发育较差。NE 向断裂多被后期脉岩群充填, 近平行密集分布, 规模较大, 具有多期性。在 NE 向断裂中发现多条构造角砾岩带, 在地表出露, 形状呈弧形, 性质为张性—张扭性, 总体呈舒缓波状, 严格受 NE 向断裂构造控制。区内角砾及胶结物发育硅化、绿泥石化、黄铜矿化、黄铁矿化、磁黄铁矿化, 在砂砾岩带中局部发育少量黄铁矿化^[8-11]。

收集该地区以往的激电中梯、激电测深资料以及浅部的槽探及钻探取样化验资料进行分析, 初步结果表明低阻高极化率异常应与金属矿化有关, 高阻应为花岗斑岩脉引起, 其他低阻大多为含一定矿化的砂砾岩等引起。

收稿日期: 2020-04-08; 修回日期: 2020-07-27

基金项目: 辽宁省 2018 年度财政出资地质勘查项目(LNC2018-0589)

作者简介: 梁维天(1984-), 男, 高级工程师, 长期从事地球物理勘查及研究工作。Email: 15009869686@163.com

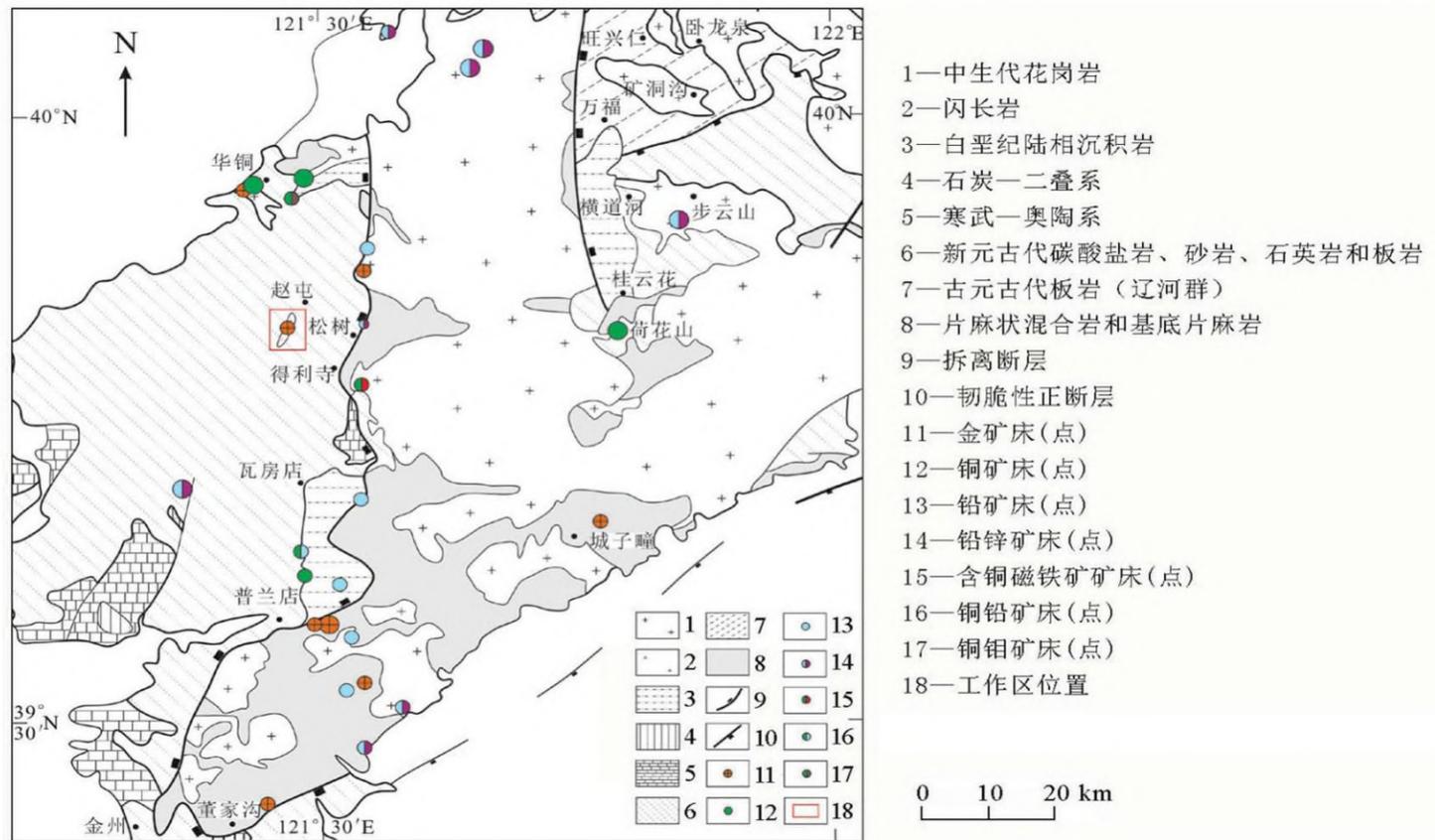


图 1 辽南地区地质矿产简图

Fig.1 Geological and mineral resources map of southern Liaoning

对该矿区岩矿石物性参数进行测定,标本来自钻孔岩心及地表露头采集,岩心标本加工成等轴状,采集的标本加工成长 10 cm 长方体,标本放入水中浸泡 24 h,使其饱和后晾干,使用岩石标本物性测定仪器进行测量,并对测量采集数据进行分类统计(表 1)。从统计结果可以看出,该矿区各岩性组之间电阻率参数相差较大,矿化岩脉体幅频率较其他岩体较大。广域电磁法采集的为岩体的电场分量,计算的是电阻率参数,该矿区各地层界线及赋矿层位存在电阻率差异,可以应用广域电磁法对其进行辨识^[12-13]。

表 1 矿区物性统计

Table 1 Statistical of physical properties in mining area

岩性	样本数 / 块	幅频率平均值 / %	电阻率平均值 / ($\Omega \cdot m$)
花岗斑岩	35	1.8	5422.6
闪长玢岩	35	1.4	4698.7
长石砂岩	40	1.2	4428.5
砂砾岩	35	1.5	2045.6
闪长岩体	35	1.6	11246.3
矿化岩脉体	30	10.5	565.6

2 主要技术参数

广域电磁法是相对于传统的可控源音频大地电磁法和磁偶源频率测深法提出来的。在包括远区也包括部分非远区在内的广大区域进行测量,观测人工源电磁场的一个分量(而不是彼此正交的一组

电、磁分量),计算广域视电阻率。

通过极距实验、收发距实验、频组实验等开工实验工作,选定 $MN=50\text{ m}$, $AB=1\text{ km}$,收发距 12 km,供电电流 50 A,频率范围 0.016~8 192 Hz。共布设 7 条广域电磁剖面(图 2)。在剖面测量时,对每一对 MN 都进行电阻测量,保证每个测量电极接地电阻在 2 000 Ω 以下。图 3 为实测广域电场与天然场对比曲线,可以看出天然场得到很好的压制,在适当的增益下,接收端的信号强度大,采集到的数据曲线连续性、质量均较好,能够满足工作要求。

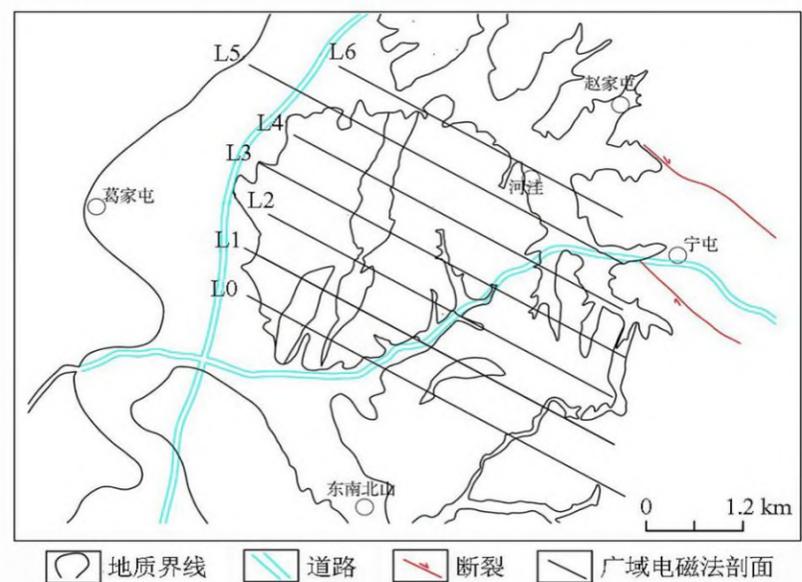


图 2 测区广域电磁法测量剖面布置

Fig.2 Layout of wide field electromagnetic method section in survey area

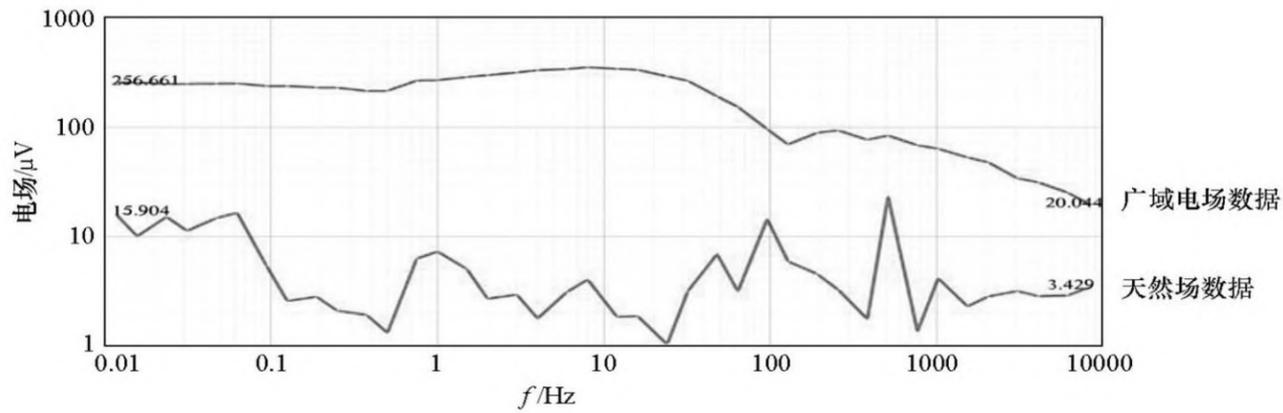


图3 广域电场与天然场测量曲线对比

Fig.3 Comparison of wide field and natural field measurement curves

3 成果解释

3.1 数据分析

通过对测区内曲线类型的分析比较,可对测区地质构造单元进行初步划分与归类,给测区地质构造定性,尽量克服资料解释过程中的多解性问题,提高地质解释的准确性。

对经过处理的数据做拟地震成图分析(图4),发现原数据曲线变化形态基本一致,低频电阻率总体比较高,高频数据曲线在测线小号点变化较大,在200~650点之间高频部分曲线形态变化凌乱,在650~1150点之间低频部分电阻率变化出现畸变,推断构造比较发育。小号点数据曲线连续性均出现明显畸变,推断该侧地层电性变化大。由拟地震曲线推断的断层及地层界面等可与广域数据处理的结果进行对比,应用多种数据处理方式提高广域电磁解释的可信度。

3.2 反演成果及解释

通过数据处理成图,对比7条广域电磁剖面反演图形态基本类似。以L3线为例。图5显示地层自上而下可划分为低阻—高阻—中低阻—高阻4个电性层。浅部电阻率在800~2000Ω·m,该层的厚度变化不大,大致在400~500m,中部由于地表干燥或附着物的影响存在团状高阻异常。第二个电性层为2500~16000Ω·m的高阻层,该层埋深起伏较大(400~2200m),成层性较差,推测该高阻异常可能由断层引起。其下为低阻层,推断为目标层,该层连续性较差,上下起伏极大,电阻率大部分为1000~2000Ω·m,在测点距离700~800m的位置埋深最深,约为3000m。最底部为高阻层,电阻率在6000Ω·m以上,埋深大于1400m。以上分析表明,该剖面不同位置电性规律均具有差异,电阻率变化较为复杂,同一电性层的埋深差异较大,预示了该区域地质活动活跃,断裂较为发育,与之前拟地震曲线推测出的断裂位置大致相同。

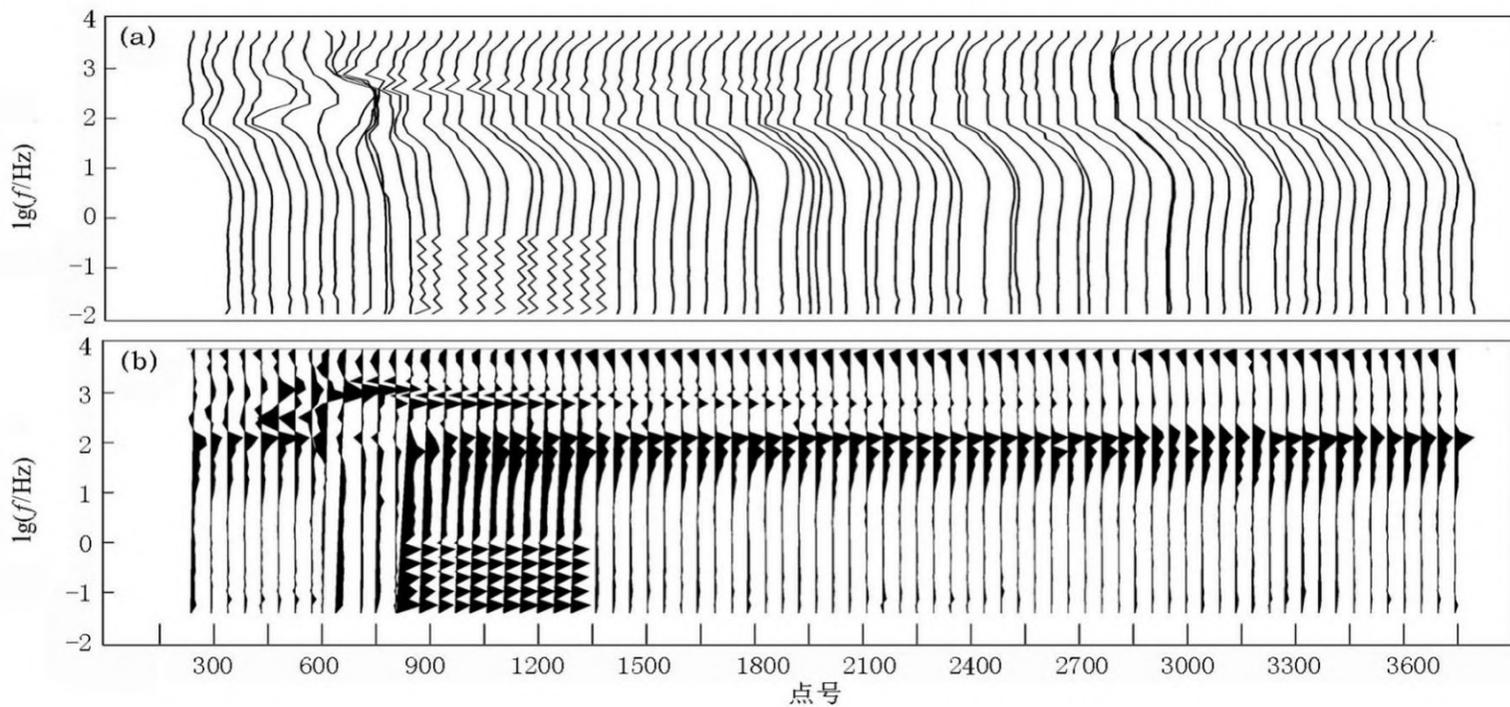


图4 L3线的原始数据(a)及其拟地震曲线(b)

Fig.4 Original data(a) and pseudo seismic curve(b) of line L3

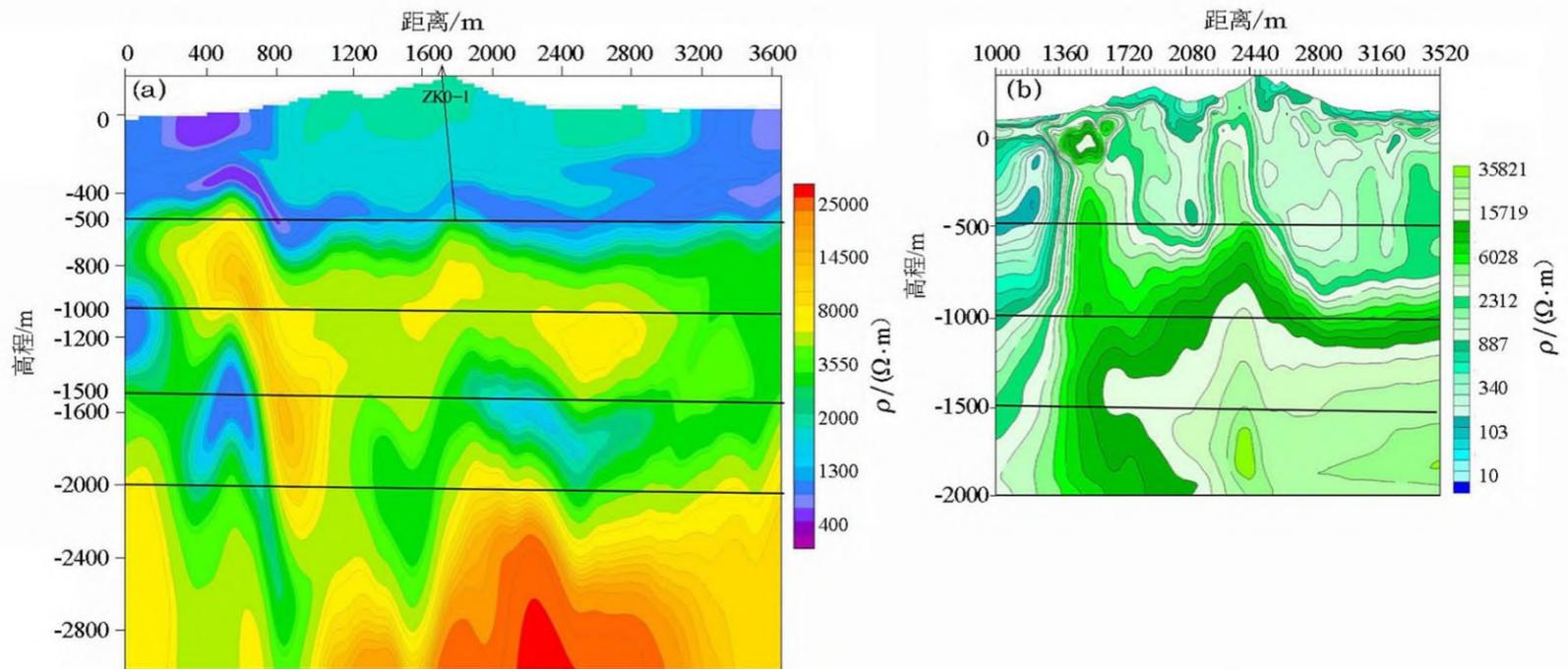


图5 L3线广域电磁法反演电阻率剖面(a)与CSAMT测量结果(b)对比

Fig.5 Results of WFEM(a) and CSAMT(b) of line L3

在该线位置同时施工了CSAMT以作对比。由CSAMT推断的低阻异常带与广域电磁法解释的第二层低阻带深度相同,形态大致吻合,CSAMT在1000 m以下未见异常清晰反映,广域电磁法测量结果较好地显示了3000 m以浅的电阻率分布规律。

L3线1750号点在以往地质勘查中施工有ZK0-1钻孔,孔深815 m,孔内未见矿体,但根据岩心资料显示,在钻深700 m时出现了某一岩体,并且到815 m时未见尖灭。在图中700 m左右时大约为第一电性层和第二电性层的接触面,可见广域测深结果和钻井资料吻合度较高。

3.3 成矿理论模型

在该地区取得的地质资料的充分归纳研究的基础上,分析该区的成矿动力学背景,总结该区的成矿规律,形成了明确的找矿思路,据此绘制了该区成矿理论剖面模型(图6)。

原地系统为太古宙结晶基底,其顶部发育一条近水平韧性剪切带,伸展构造的变形机制为简单剪切,变形环境具垂向分带性,上部为永宁组盖层,伸展构造具区域成矿、控矿作用,沿基底剥离断层可寻找同伸展韧性剪切带型金矿,而且同时期岩浆活动活跃,为成矿也十分有利。结合广域电磁法数据成果,太古宙基底为高电阻率反映,上部盖层总体也为中高阻,而剥离断层带及相邻部位为相对低阻^[14-15]。广域电磁法在现有钻孔地质资料的佐证下,对地层的辨识程度较高,对于存在物性差异的各个界面划分十分明显,而且勘探深度大,对于这种成矿模型的勘探效果十分显著,在该矿区的勘查中,广域电磁法主要针对剥离断层进行大范围辨识,对此

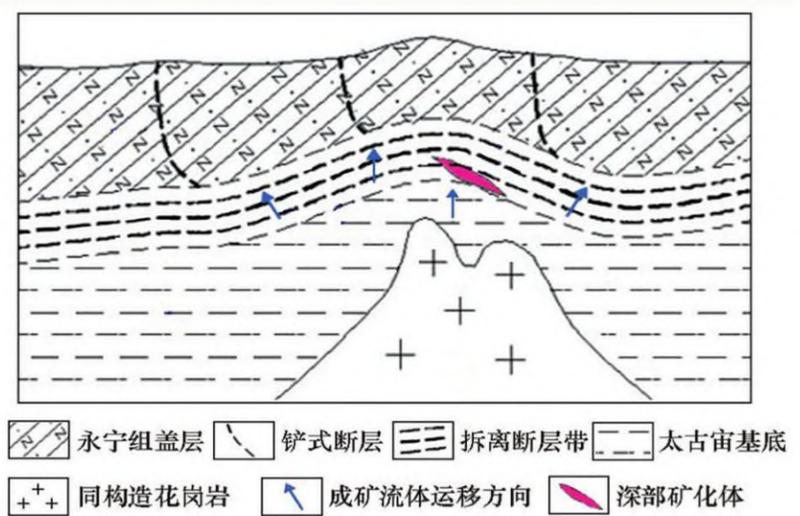


图6 成矿理论模型

Fig.6 Theoretical model of mineralization

种成矿有利层位的划分准确度高。

4 结论

1)本次测量成果显示测区深部1300 m以下均存在波状起伏的面状构造带,判断为金州剥离断层延伸至勘查区深部或其次级构造,为成矿有利结构面,该结构面上盘为新元古界永宁组,其下盘可能为太古宙基底。

2)广域电磁法勘探深度大,对存在物性差异地层的辨识程度较高,勘探效果显著。本次工作勘探深度达到近3 km,通过本次工作选定有利位置进行大深度激电测深,并设计深孔进行验证,使广域电磁法数据成果可以和该区成矿模式有机结合,细化找矿模型。

参考文献 (References) :

- [1] 何继善.广域电磁法和伪随机信号电法[M].北京:高等教育出版社,2009.
He J S. Wide field electromagnetic method and pseudo-random signal electrical method[M]. Beijing: Higher Education Press, 2009.
- [2] 何继善.广域电磁测深法研究[J].中南大学学报:自然科学版,2010,41(3):1065-1072.
He J S. Wide field electromagnetic sounding methods[J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2010, 41(3): 1065-1072.
- [3] 李帝铨,胡艳芳.强干扰矿区中广域电磁法与CSAMT探测效果对比[J].物探与化探,2015,39(5):967-972.
Li D Q, Hu Y F. A comparison of wide field electromagnetic method with CSAMT method in strong interferential mining area[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(5): 967-972.
- [4] 张乔勋,李帝铨,田茂军,等.广域电磁法在赣南某盆地油气勘探中的应用[J].石油地球物理勘探,2017,52(5):1085-1092.
Zhang Q X, Li D Q, Tian M J, et al. Application of wide field electromagnetic method to the hydrocarbon exploration in a basin of south Jiangxi[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2017, 52(5): 1085-1092.
- [5] 邓锋华,杨洋,李帝铨.广域电磁法在隐伏金矿中的应用[J].工程地球物理学报,2013,10(3):358-362.
Deng F H, Yang Y, Li D Q. The application of wide-field electromagnetic method to hidden gold deposit[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2013, 10(3): 358-362.
- [6] 何继善.深部矿产资源探测中电磁方法的若干进展[J].贵州地质,2013,30(1):1-8.
He J S. Some advances of electromagnetic methods in the deeper prospecting of mineral resources[J]. Guizhou Geology, 2013, 30(1): 1-8.
- [7] 凌帆,朱裕振,周明磊,等.广域电磁法在南华北盆地长山隆起页岩气资源潜力评价中的应用[J].物探与化探,2017,41(2):369-376.
Ling F, Zhu Y Z, Zhou M L, et al. Shale gas potential assessment of Changsan uplift area in southern North China basin by using wide field electromagnetic method[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(2): 369-376.
- [8] 黎彤,倪守斌.地球和地壳的化学元素丰度[M].北京:地质出版社,1990.
Li T, Ni S B. Abundance of chemical elements in earth and crust[M]. Beijing: Geological Press, 1990.
- [9] 柳建新,蔡盛,刘海飞,等.激发极化法测深曲线反演方法及对比分析[J].物探与化探,2012,36(6):956-959.
Liu J X, Cai S, Liu H F, et al. A comparative analysis of the inversion methods for induced polarization sounding curve[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2012, 36(6): 956-959.
- [10] 丁绪荣.普通物探教程[M].北京:地质出版社,1984.
Ding X R. General geophysical exploration course[M]. Beijing: Geological Press, 1984.
- [11] 王超文.分析矿区地质特征进行矿体端部区域探矿[J].矿业工程,2011,9(5):14-16.
Wang C W. Analysis of the geological characteristics of the mining area for ore body end regional prospecting[J]. Mineral Engineering, 2011, 9(5): 14-16.
- [12] 汤井田,任政勇,周聪,等.浅部频率域电磁勘探方法综述[J].地球物理学报,2015,58(8):2681-2704.
Tang J T, Ren Z Y, Zhou C, et al. Summary of electromagnetic exploration methods in shallow frequency domain[J]. Journal of Geophysics, 2015, 58(8): 2681-2704.
- [13] 陈仲候.工程与环境物探教程[M].北京:地质出版社,2005.
Chen Z H. A course of engineering and environmental geophysical exploration[M]. Beijing: Geological Press, 2005.
- [14] 李忠满,赵艳秋,温晓春,等.辽东南金矿床成矿模式及找矿信息[J].地质找矿论丛,2005,20(s1):66-70.
Li Z M, Zhao Y Q, Wen X C, et al. Metallogenic model and prospecting information of gold deposits in Southeast Liaoning[J]. Discussion on Geological Prospecting, 2005, 20(s1): 66-70.
- [15] 毛永涛.辽东裂谷金矿地质特征及找矿标志[J].西部探矿工程,2017,56(9):161-164.
Mao Y T. Geological characteristics and prospecting criteria of gold deposits in Liaodong rift[J]. West-China Exploration Engineering, 2017, 56(9): 161-164.

The application of the wide field electromagnetic method in the exploration of the Hewa polymetallic ore deposit

LIANG Wei-Tian^{1,2}, SUN Xin-Sheng¹, WANG Dong-Bo^{1,2}, FENG Jia-Xin¹, SUN Wen¹, CHEN Guang-Zhen¹
(1. Liaoning Fifth Geological Brigade Co., Ltd., Yingkou 115100, China; 2. Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: The resource exploration of Hewa area in Liaoning Province was carried out. On the basis of the understanding obtained, the wide field electromagnetic method was used to explore the favorable geological interface for mineralization in this area. The exploration depth and accuracy were greatly improved comparing with the previous work, which was of great significance to the exploration of deep mineral resources in this area. It is the theoretical study of polymetallic ore formation in Hewa area and the gold mineralization model in eastern Liaoning. The establishment of the metallogenic model provides a more accurate geophysical basis.

Key words: wide field electromagnetic method; polymetallic ore; deep exploration; metallogenic model

(本文编辑:沈效群)