

航空瞬变电磁法在阿奇山铅锌矿床的应用效果及找矿意义

张梦虎, 刘帅, 何希位, 孙奕

新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第一地质大队, 新疆昌吉, 831100

关键词: 航空瞬变电磁法; 电磁响应异常; 时间常数; 铅锌矿床

航空瞬变电磁法(简称航电)是近年来国际上普遍使用的一种多金属矿探测技术,该方法测量速度快、效率高、受地形影响小。随着我国矿产资源勘查难度的加大,新方法新技术的应用变得尤为重要。航空瞬变电磁法在黑龙江、内蒙、新疆等地试验性开展工作,获得较好找矿效果。新疆东天山成矿带是新疆最重要的成矿带地区之一,为了加快阿奇山-黑尖山一带多金属矿找矿步伐,该地区引入了航空瞬变电磁法技术,查明了测量范围内电性特征,圈定低阻异常区,为寻找低阻隐伏矿提供了更多物探依据。为该地区多金属矿勘查快速突破提供找矿线索,结合成果总结出航空瞬变电磁法在东天山地区主成矿区带的优化工作建议。

1 地质概况

阿奇山铅锌矿区主要分布于雅满苏组浅海相沉积-火山岩地层中,为一套酸(中酸)性火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩、碳酸盐岩为特征的(中)酸性火山-沉积岩系。区内出露地层有下石炭统阿齐山组(C_{1a})、雅满苏组(C_{1y})和上石炭统土古土布拉克组(C_{2tg}),北部被第四系覆盖(图 1A)。工作区主要出露地层为下石炭统雅满苏组第三、四岩性段,雅满苏组第四岩性段主要为凝灰质粉砂岩、火山灰凝灰岩、含砾晶屑岩屑凝灰岩、英安质凝灰岩、玄武岩夹安山岩、灰岩,该段中下部为主要的赋矿

部位。矿区内侵入岩侵入规模较小,主要分布于矿区的南部,岩体产状主要呈岩枝、岩墙以及岩脉的形态产出,主要岩石类型为花岗斑岩。矿区构造简单,主要受阿齐克库都克-沙泉子断裂带影响,发育 4 条北西向走滑断裂;矿区内雅满苏组地层为单斜地层,地层产出形态单一,产状稳定,均为南西倾向。

2 矿区地球物理特征

2.1 岩矿石物性特征

收集了矿区内 20 种岩(矿)石以及 ZK2401 钻孔岩芯标本的物性测定结果,通过物性综合分析,得出结论:矿区内岩(矿)石之间电阻率存在 1~2 个数量级的差异,其中矽卡岩电阻率为 189~1356 $\Omega\cdot m$,矽卡岩(含磁铁矿)电阻率为 337~810 $\Omega\cdot m$,铅锌矿化凝灰岩电阻率为 585~1803 $\Omega\cdot m$,砂岩电阻率为 947~13868 $\Omega\cdot m$,凝灰质砂岩电阻率为 452~2593 $\Omega\cdot m$,安山岩、玄武岩、砂砾岩、灰岩等围岩电阻率为 900~59646 $\Omega\cdot m$ 。围岩的基本电性特征是中高阻,随着矿化程度加强,电性上表现为电阻率逐渐降低,因此,矿化围岩、矿化体和矿石具有甚低阻特征。根据收集阿奇山铅锌矿区 ZK2401 钻孔标本物性统计成果可知,矿区主要含矿岩性为矽卡岩类,且矽卡岩类矿石与凝灰岩类矿石相比电阻率偏低。

综上所述,相对于矿区围岩,与铅锌矿化相关岩石均具有低阻高极化的电性特征,是具备开展航空瞬变电磁法工作的物性前提。

注:本文为新疆维吾尔自治区地质勘查基金管理中心资助项目(编号:T14-1-LQ29)的成果。

收稿日期:2019-03-10;改回日期:2019-04-01;责任编辑:刘志强。Doi:10.16509/j.georeview.2019.s1.139

作者简介:张梦虎,男,1982年生,本科,高级工程师,地球物理学专业,Email:zhangmenghu@126.com。

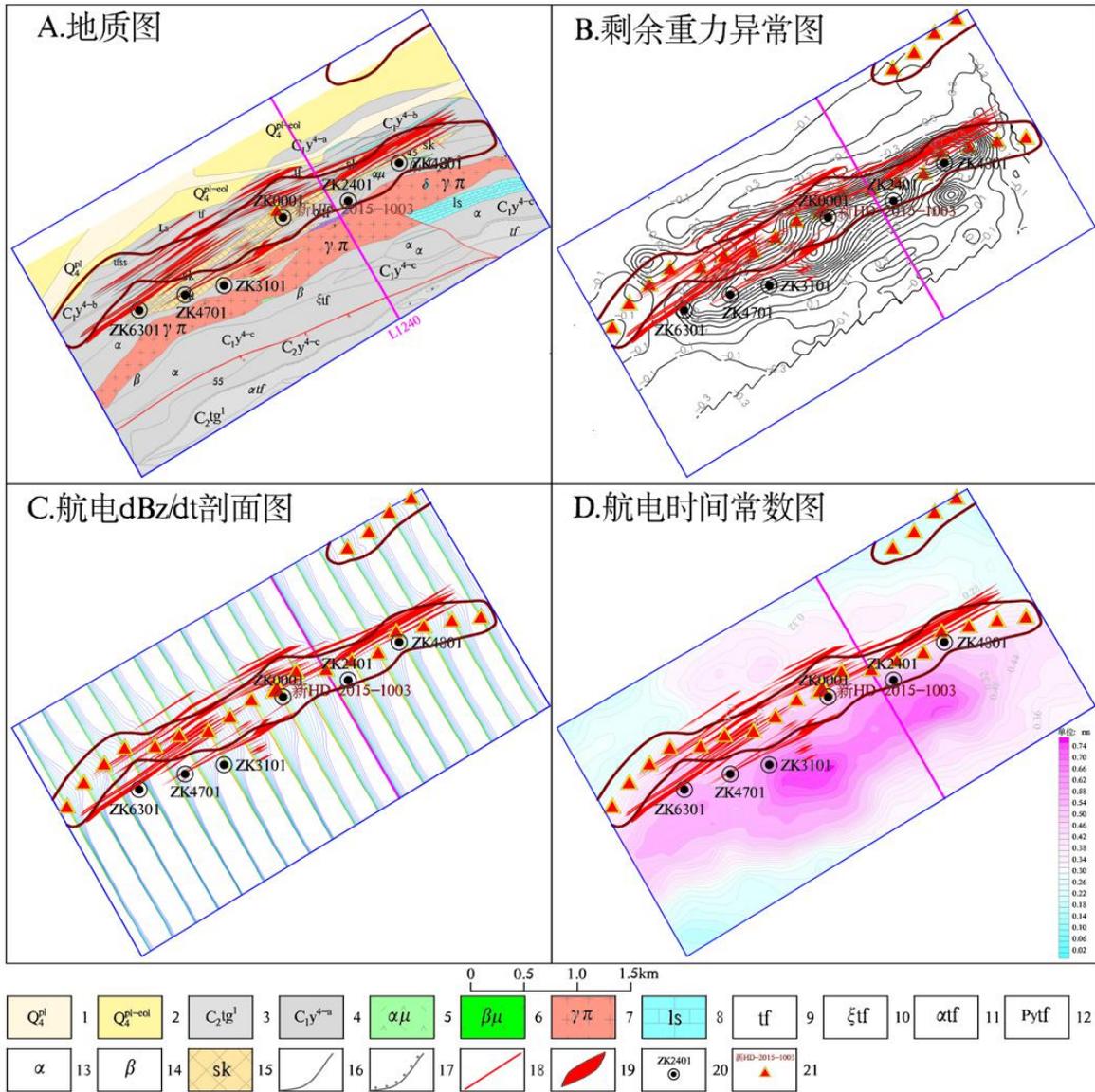


图1 阿奇山铅锌矿区地质及物探综合平面图

1-第四系洪积物 2-第四系风积物 3-中石炭统土古土布拉克组 4-下石炭统雅满苏组第四岩性段 5-安山玢岩 6-辉绿岩 7-花岗斑岩 8-灰岩 9-凝灰岩 10-英安质凝灰岩 11-安山质凝灰岩 12-黄铁矿化晶屑凝灰岩 13-安山岩 14-玄武岩 15-砂卡岩 16-地质界线 17-不整合地质界线 18-断层 19-铅锌矿体 20-钻孔 21-航电异常及编号

2.2 矿区航空电磁异常特征

2.2.1 多测道 dBz/dt 剖面特征

纵观全区多测道 dBz/dt 剖面曲线图(图 1C)可知,剖面中部存在一个明显北东东走向的电磁响应异常带,呈宽大山峰状;具有二次场衰减慢,各道的磁感应强度和感应电动势都较大的特征,对应低阻的下石炭统雅满苏组凝灰岩类。从时间上看,早期道到晚期道均有明显的异常响应,推测低阻体顶板埋深较浅并向下有一定深度的延伸。两侧各道电磁响应弱,具有二次场衰减较快,各道的磁感应强

度和感应电动势都较小且值相近的特征,对应电阻率较高的石炭统阿奇山组、下石炭统雅满苏组的火山岩及火山碎屑岩类。因此,在平面上圈定了电磁响应高值区,确定了地表低阻区大致范围,与地表矿体分布基本一致。

2.2.2 时间常数特征

时间常数是反映异常体瞬变场衰减速率的大小,是推断异常体电性的重要参数。对于良导体,二次场初值较小,但衰减速度慢,时间常数 τ 值较大;反之,对于不良导体,二次场初值较大,但其衰减

速度较快, 时间常数 τ 值较小。由图 1D 可知, 时间常数平面特征表现为中间两个椭圆高值区组合而成的带状高值区以及两侧低值区。时间常数的变化趋势和 dBz/dt 变化趋势一致, 其背景值在 $0.12\sim 0.3\text{ ms}$; 工区中部偏南呈北东东向带状展布的高值区, 其值为 $0.54\sim 0.76\text{ ms}$, 该高值区位于 dBz/dt 剖面圈定的强电磁响应异常区南侧, 说明低阻体中心位于地表矿体南侧, 推断低阻体向南倾, 与地层倾向一致。时间常数高值区主要对应雅满苏组第四岩性段, 其延伸方向与地层走向一致, 主要是铅锌矿化的蚀变地层引起。

2.2.3 视电阻率特征

通过对矿区航电测深进行视电阻率深度成像处理后, 得到不同高度进行视电阻率切面图(图 2), 获得低阻体的立体空间分布情况。其低阻带主要由 3 个呈北东东向展布的透镜状低阻体组成, 垂向上均有一定延伸。中部低阻体对应阿奇山铅锌矿, 在浅地表显示不明显, 在海拔 1200 m 左右有低阻显示, 随着深度增加, 低阻体电阻率逐步减小且面积逐步增大, 直至海拔 1050 m 左右视电阻率值最小约为 $30\ \Omega\cdot\text{m}$, 之后电阻率及面积均为稳定。西南部低阻体、东南部低阻体分别在海拔 1250 m 、 1150 m 有低阻显示, 与中部低阻体相比面积稍小、向下延伸深度小, 这两处低阻体为中部低阻体东西两侧的延伸段, 地质条件相同, 也具有较好成矿前景。

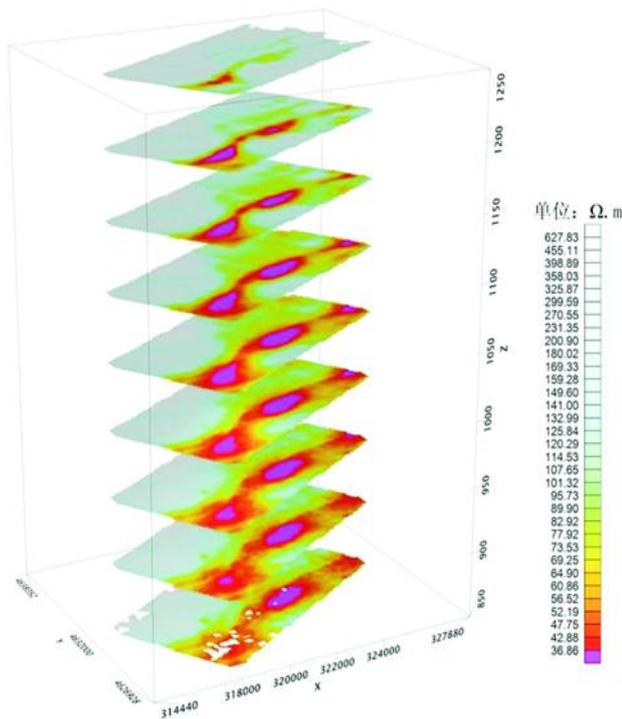


图 2 阿奇山铅锌矿区不同高度视电阻率切面图

通过不同测线视电阻率断面(图 3)可以有效反映出低阻体的形态和产状, 从图上可知测区中部低阻体呈北东东向带状展布, 走向约为 60° , 向南东方向倾斜, 倾角 $25^\circ\sim 50^\circ$, 与区内出露的雅满苏组地层产状基本一致, 表明该低阻体受该地层控制。

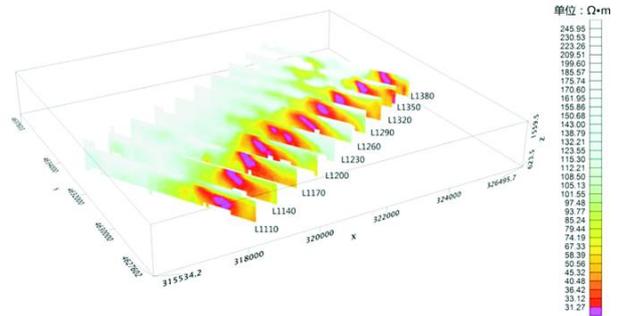


图 3 阿奇山铅锌矿区不同测线视电阻率断面示意图

2.2.4 典型剖面特征

从多测道 dBz/dt 剖面图(图 4)上可以看出, 早期异常呈单峰平顶状, 在低阻体边缘外侧出现次级极值, 这是典型宽厚低阻板体的早期响应异常特征; 从早期逐渐过渡晚期, 高值异常凸显, 呈宽缓的单峰异常特征; 在晚期开始出现峰值南低北高的不对称双峰状异常, 极值逐渐向南偏移, 说明低阻体具有倾向性。因此, 在电阻率深度成像断面图中, 反演低阻体近似为不规则椭圆状, 长约 504 m , 宽约 450 m , 向南倾, 倾角约 40° , 视电阻率在 $30\sim 60\ \Omega\cdot\text{m}$ 。围岩的电阻率在 $110\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上, 低阻体与围岩电阻率值相差较大。通过矿区 ZK2401 钻孔成果对比, 该低阻体主要为受南倾地层控制的富含铅锌硫化物砂卡岩和凝灰岩。

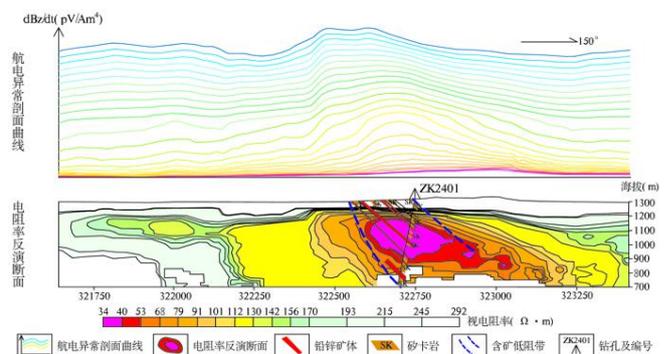


图 4 阿奇山铅锌矿区 1240 线综合剖面图

2.3 矿区成果研究

该区航电异常特征结合地质、剩余重力异常图(图 1B)综合分析以及钻孔对比, 阿奇山铅锌矿具有

强电磁响应异常、剩余重力高一侧的浅部特征，还具有向南偏移的大时间常数、剩余重力高的深部特征。矿区多个钻孔也证实了该高密度、低阻宽大异常体就是富含铅锌硫化物矽卡岩和凝灰岩组成的矿化蚀变带(图 4 中蓝色虚线范围)。因此，重力、航电等技术方法在阿奇山铅锌矿区立体展现了矿体从浅部到深部的空间展布规律，具有非常好的找矿效果。

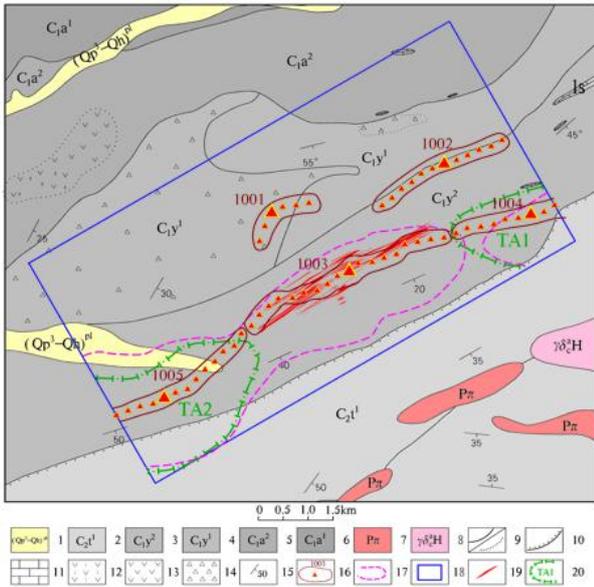


图 5 阿奇山铅锌矿区外围成矿预测图

1-第四系 2-中石炭统上古土布拉克组第一岩性段 3-下石炭统雅满苏组第二岩性段 4-下石炭统雅满苏组第一岩性段 5-下石炭统阿奇山组第二岩性段 6-下石炭统阿奇山组第一岩性段 7-二叠纪石英斑岩、石英钠长斑岩 8-石炭纪第一次侵入花岗岩长岩 9-地质界线/岩相界线 10-不整合界线 11-灰岩 12-安山质凝灰岩 13-安山岩 14-火山角砾岩 15-岩层产状 16-航电异常及编号 17-低阻体地面投影范围 18-航电工作区范围 19-已知铅锌矿体 20-靶区范围

3 成果应用

阿奇山航电工作区共选编航电异常 5 个，分布在工区中部，总体呈北东—近东西向展布，航电异常分布情况见图 5(图中紫色实线区域)。其中 1003 号异常与已知阿奇山铅锌矿相关，从异常地质环境、异常特征、类型评价来看，把 1004、1005 号异常与 1003 号异常进行类比，异常具有相似性。区内已知阿奇山铅锌矿在航电 dBz/dt 剖面曲线图上从早期道到晚期道均有清晰的异常显示，而且早、中、晚期电磁异常均呈相似有规律的变化。结合时间常数等值线图特征圈出了区内低阻体在平面上大致投影范围(图 5 中浅红色虚线区域)，基本圈定了矿化分布范围，其中航电 1004、1005 号异常在

此范围内。

在上述航电成果基础上，结合区域地质和成矿条件、航磁成果，依据已知矿的地质及航电航磁特征，将具有找矿潜力、航电和航磁反映的异常和找矿信息集中，在航电工作区内预测了两处优先开展勘查工作的找矿靶区 TA1、TA2(图 5 中绿色点虚线区域)，推测为阿奇山铅锌矿在东西走向上延伸的隐伏—半隐伏矿体。通过地质勘查发现了较好铅锌矿化线索，为探索低阻隐伏矿提供了新的依据。

4 找矿意义

以往新疆主要成矿区带都是以化探、地面普通物探开展工作，除了重力、磁法开展过大比例尺面积性工作，已取得较多的地球物理信息，并在此基础上获得很多找矿有用线索。在目前新疆主要成矿区带地质勘查程度很高的情况下，进一步通过开展航空瞬变电磁法，获得更多地球物理参数，为突破新疆矿产资源目前存在的勘查方法制约，具有重要的现实意义。同时也对东天山主要成矿区带形成的新认识或用于解决以前主要成矿区带里存在的问题，对新疆其它地区寻找低阻大型矿产也具有较为重要的指导意义。

参考文献 / References

- 牛之琰. 2007. 时间域电磁法原理. 长沙: 中南大学出版社.
- 田江涛, 等. 2014. 新疆鄯善县阿奇山一带铜铅锌矿远景调查报告.
- 仇银江, 田江涛, 李涛. 2016. 东天山觉罗塔格成矿带铁铅锌矿床成矿地质特征分析. 矿产勘查, 7(6): 882~890.
- 高俊宝, 陈荣光, 骆燕, 等. 2016. 新疆东天山阿奇山—黑尖山一带航空 TEM 示范测量与异常查证成果报告.
- 骆燕, 曾阳, 石岩, 等. 2014. 航空电磁法在火山岩型块状硫化物矿区的试验. 物探与化探, 38(4): 840~845.
- 王笠洁, 骆燕, 王培建, 等. 2017. 新疆黄土坡块状硫化物矿床航空瞬变电磁异常特征. 科学技术与工程, 17(22): 1~7.
- 骆燕, 江民忠, 宁媛丽, 等. 2016. 不同类型低阻异常航电时间常数的特征分析. 物探与化探, 40(5): 991~997.

ZHANG Menghu, LIU Shuai, HE Xiwei, SUN Yi: application effect of aeronautical transient electromagnetic method in Aqishan Lead-Zinc mining area and its prospecting significance

Keywords: aeronautical transient electromagnetic method; electromagnetic response; time constant; Pb-Zn deposits