

音频大地电磁测深在西藏某斑岩铜矿深部找矿中的应用

吴小勇,左焕成,王阳玲

(四川省冶金地质勘查院,成都 610051)

摘要: 文章阐述了在西藏尼木县某斑岩铜矿区开展的音频大地电磁测深工作,并取得了较好的勘查效果。经由钻孔验证,在4 800~5 300 m段见铜、钼矿化二长花岗斑岩,品位 $w(\text{Cu})=0.05\%$ ~ 1.4% 、 $w(\text{Mo})=0.1\%$ ~ 0.27% 。利用音频大地电磁测深勘探深度大、不受高阻层屏蔽、对低阻体敏感等优点,结合高精度磁测、激电资料,有效指导该区隐伏矿体的勘查工作。实践证明,音频大地电磁测深在斑岩铜矿深部找矿中行之有效,值得借鉴。

关键词: 音频大地电磁测深;高阻体;深部找矿;斑岩型铜矿;西藏

中图分类号: P631,P618.41 **文献标识码:** A

0 引言

铜矿是我国缺口最大的有色金属矿产资源之一,而斑岩型铜矿以其规模巨大、品位低、全岩矿化、适于大规模开采(露采)、选矿回收率高、伴有益元素多等特点,成为当前最重要的铜矿类型^[1]。

西藏是国内斑岩型铜矿主要分布区域,其中以尼木县厅官铜矿床和墨竹工卡县驱龙铜矿床为代表的斑岩型铜矿床,是西藏冈底斯成矿带中最具优势的成矿类型^[2]。但某些因素制约着该类矿床的进一步勘查与开发,比如深部隐伏矿体的发现。本文将将以尼木地区某斑岩铜矿深部找矿为例,说明基于天然场源的音频大地电磁测深(AMT)法在深部隐伏矿体勘查中具有独到的优势,是寻找该类斑岩型铜矿行之有效的地球物理方法之一。

1 矿区地质概况

研究区属EW向冈底斯成矿带中段斑岩型铜

多金属矿田典型矿区,其地处雅鲁藏布江板块缝合带以北帕谷—热堆脆韧性剪切带附近,区内断裂、节理发育。区内主要出露地层为上白垩统设兴组(K_2s)和第四系(Q)。区内岩浆岩发育,其岩性为含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩,其中二长花岗斑岩为区内主要含矿岩体。

矿区主要蚀变有钾化、硅化、黄铁矿化、绢云母化、粘土化、电气石化、石膏化、碳酸盐化和青磐岩化。与物探工作相关且与成矿关系较为密切的有钾长石化、硅化、粘土化、黄铁矿化几种蚀变类型。

矿石中金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿,次为黝铜矿、斑铜矿、闪锌矿、钦铁矿、磁铁矿等。

2 岩(矿)石地球物理特征

岩(矿)石的物性特征是物探方法的应用前提,也是资料解释的重要依据。从矿区采集测定的岩矿石物性特征(表1)可以看出:(矿化)二长花岗斑岩电阻率表现为区内最低,一般 $n \times 10 \Omega \cdot m \sim n \times 10^2 \Omega \cdot m$;似斑状二长花岗岩、花岗闪长斑岩、含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩等电

收稿日期: 2016-06-24; 责任编辑: 王传泰

作者简介: 吴小勇(1983—),男,工程师,主要从事地球物理勘探工作。通信地址:四川省成都市成华区地勘路6号,四川省冶金地质勘查院;邮政编码:610051;E-mail:wy406@163.com

阻率为 $n \times 10^2 \Omega \cdot m \sim n \times 10^3 \Omega \cdot m$ 。黄铜矿、黄铁矿电阻率一般小于 $100 \Omega \cdot m$ (经验)。

上述工作成果表明,矿与围岩存在较大的电性差异,矿区具有开展音频大地电磁测深工作的地球物理前提。

3 工作方法

音频大地电磁测深(AMT)是一种被动源的电磁探测技术,通过在地表测量正交电、磁场分量的扰动值,计算得到地下介质的电性结构信息,以目标地质体与围岩的导电性和导磁性差异为地球物理前提,具有勘探深度大、不受高阻层屏蔽、对低阻体敏感等优点。

本次音频大地电磁测深(AMT)工作采用加拿大凤凰公司生产的 V8 多功能电法工作站进行野外数据采集,采集的频率范围为 $10\ 400\text{ Hz} \sim 0.35\text{ Hz}$ 。布设 AMT 剖面方位角为 0° ,点距 50 m ,共 48 个 AMT 物理点。野外采集张量模式数据(以磁北方向为 X),即相互垂直的两对电场分量 E_x 、 E_y 和垂直方向的磁场分量 H_y 、 H_x ,为保证视电阻率、阻抗相位资料的数据质量,所有测点观测记录时间均超过 3 小时。

4 资料处理与推断解释

4.1 资料处理

采用加拿大凤凰公司生产的 SSMT2000 软件系统对 AMT 数据进行处理。首先分析了时间序列数据,采用 Robust 估计、远参考处理、功率谱编辑等

技术手段,得到单点的视电阻率、阻抗相位数据。接着对剖面数据进行了阻抗张量分解,获得电性主轴方向,并对所有测点数据进行了坐标轴旋转,获得 TM 模式(YX 模式)、TE 模式(XY 模式)数据。

接着用 Winglink 软件对剖面数据进行不同模式(TE、TM、TE+TM 等)的非线性共轭梯度(NL-CG)二维反演工作。同时选用不同的反演参数,分析比较不同参数、不同模式的反演结果,结合地质资料选择最为可靠的地电结构模型。

4.2 推断解释

本次测量剖面长 2.85 km ,方位角 0° 。由其反演得到的视电阻率断面图(图 1)可知,整个断面图电性差异明显,沿剖面大部分区域浅部均表现为低阻,视电阻率低至几十欧姆米,推测为第四系和浅部破碎带的电性反映;沿剖面存在 3 个较大的低阻体 WD-1、WD-2、WD-3。

(1)WD-1 低阻体:位于平距 $600 \sim 800\text{ m}$ 的范围内,视电阻率小于 $300 \Omega \cdot m$,其顶界与浅部低阻体相接,底界面则位于标高 $5\ 000\text{ m}$ 位置,产状向北陡倾,地表出露含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩,从物性标本测定统计结果来看,含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩为高阻。而该异常顶界面对应为河沟位置,不排除该河沟位置存在一隐伏断层破碎带的可能,断层破碎带由于破碎、含水等而形成低阻特征,推断该异常由一向北陡倾的隐伏断层破碎带引起。

(2)WD-2 低阻体:位于平距 $1\ 300 \sim 1\ 750\text{ m}$ 的范围内,视电阻率小于 $300 \Omega \cdot m$,低至几欧姆米,整个低阻体微向南倾,顶界面位于标高 $5\ 300\text{ m}$ 位置,往深部逐渐收窄,尖灭于标高 $4\ 800\text{ m}$ 左右,该低阻体位于环带型视极化率异常内,中心位置顶部地表见多条矿化蚀变强烈的二长花岗斑岩脉,推测该低阻异常由局部矿化的斑岩体引起。

表 1 矿区岩(矿)石物性特征统计表

Table 1 Statistics of Physical property characteristics of the ore and rock in the mine

标本名称	磁化率 $k/4\pi \times 10^{-6}\text{ SI}$	极化率 $\eta/\%$	电阻率 $\rho/\Omega \cdot m$
二长花岗斑岩	1~1521	0.53~8.01	40~650
含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩	7~8815	0.22~13.67	256~1974
花岗闪长斑岩	1~3611	0.37~9.7	241~2189
黄铁矿化二长花岗斑岩	2~158	2.64~6.46	54~280
闪长玢岩	5~2240	0.11~6.81	216~4600
石英闪长玢岩	4~1237	0.11~3.19	145~1641
似斑状二长花岗岩	10~2240	0.71~7.95	122~1226
花岗闪长岩	664~8145	1.72~6.45	466~7978
凝灰岩	32~1673	0.53~8.99	103~5583

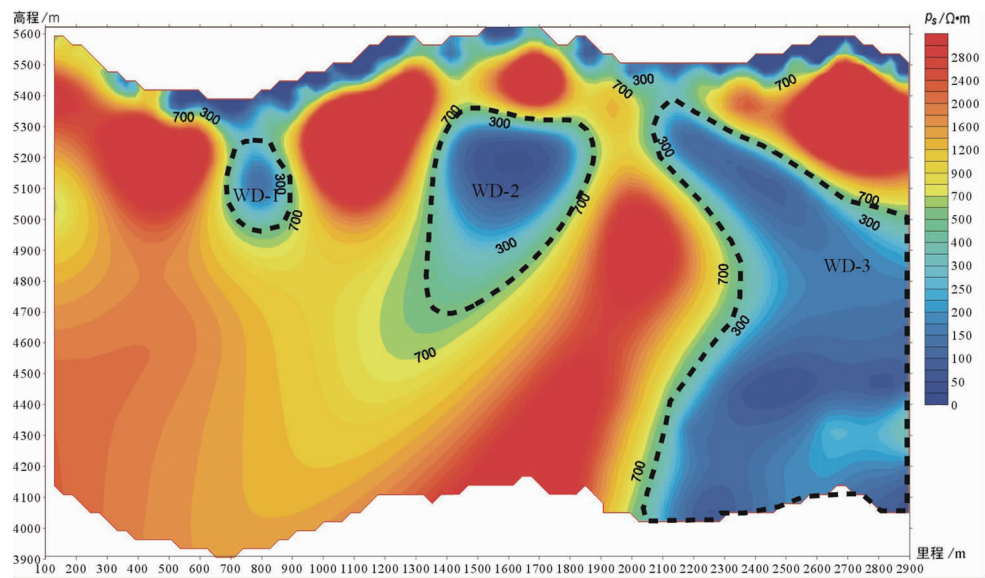


图 1 AMT 测深剖面反演成果图
Fig. 1 Inversion of AMT sounding profile

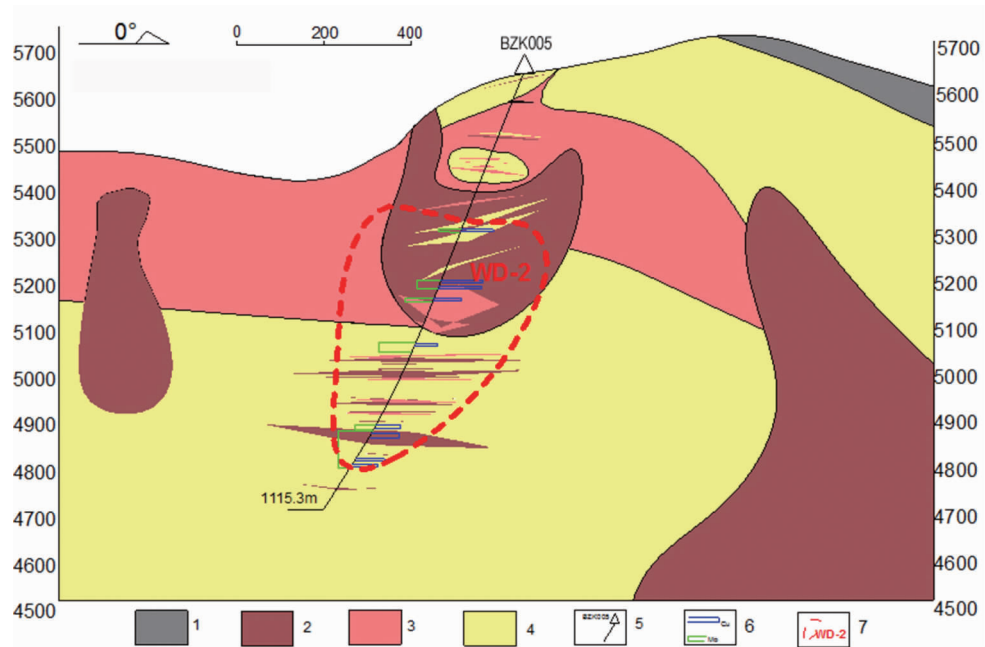


图 2 钻探验证矿(化)体与物探异常的对比图
Fig. 2 Comparison of the ore hit by drill and the geophysical anomalies
1. 凝灰岩; 2. 二长花岗斑岩; 3. 含巨斑黑云母角闪二长花岗岩; 4. 花岗闪长斑岩;
5 钻孔.; 6. 铜、钨矿化段; 7. AMT 异常带及编号

(3)WD-3 低阻体:存在于平距 1 900 m 往北的几乎整个区域内,标高 4 800 m 以浅低阻体范围较小,且向北倾;标高 4 800 m 以深,向南倾。从邻近钻孔 BZK03 已揭露的地质剖面来看,结合物性资料特征,推测该低阻体为二长花岗斑岩、石英闪长玢岩等的电性显示。

从图 1 还可见,沿剖面存在数个较大的高阻体,电阻率达几千欧姆米。WD-2 南边高阻体范围较大,从近地表一直延伸到深部,地表出露含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩,推测该高阻体为含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩等的电性显示。WD-2 顶部存在一个近似椭圆状的高阻体,从近地表延伸至标高约 5

300 m 位置,近地表出露花岗闪长斑岩、含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩、二长花岗斑岩,推测该高阻体由花岗闪长斑岩、含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩、二长花岗斑岩引起。WD-3 南边存在一高阻体,从标高 5 400 m 位置一直延伸到深部,产状较陡,地表主要出露含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩,推测该高阻电性由含巨斑黑云角闪二长花岗斑岩引起,WD-3 上部北边存在一高阻体,位于浅部低阻和 WD-3 之间,电阻率上千欧姆米,地表出露凝灰岩、花岗闪长斑岩,推测该高阻体为凝灰岩和花岗闪长斑岩的电性显示。

5 钻探验证

由上述成果资料分析认为 WD-2 低阻异常由隐伏矿化斑岩体引起。为了验证 WD-2 低阻异常,2015 年底在 1[#] 剖面 1600 号测点布置并施工了钻孔 BZK005,在标高 4 800 m—5 300 m 段见层状分布的铜、钼矿化二长花岗斑岩,品位 $w(\text{Cu}) = 0.05\% \sim 1.4\%$ 、 $w(\text{Mo}) = 0.1\% \sim 0.27\%$,与 WD-2 异常位置基本一致(图 2)。

6 结语

本文从音频大地电磁测深资料出发,结合该区已有地质、地球物理资料,简述了音频大地电磁测深(AMT)在西藏尼木地区某斑岩型铜矿中的应用效果。共圈定出 3 个低阻异常,结合地质资料认为 WD-2 异常由矿化斑岩体引起,并经钻孔验证证实。

深部矿体是由音频大地电磁测深了解各岩体在剖面上的电性分布特征,结合其他有关物化探资料,综合解释,经钻探验证后发现的,此次深部矿体的发现,证明了音频大地电磁测深在本区或类似地区可以用于寻找同类型的深部隐伏矿。

参考文献:

- [1] 左焕成,郑伟,吴小勇. 综合物探在西藏尼木地区斑岩铜矿找矿中的应用[J]. 地质找矿论丛, 2012, 27(2): 245-251.
- [2] 王小春,周维德,李作华. 西藏冈底斯带斑岩铜矿勘查的现状、走向和相关建议[J]. 地质与勘探, 2006, 42(1): 30-33.
- [3] 石应俊,刘国栋,吴广耀,等. 大地电磁测深法教程[M]. 北京:地震出版社, 1985.
- [4] 陈乐寿,刘任,王天生,等. 大地电磁测深资料处理与解释[M]. 北京:石油工业出版社, 1989.

Application of Audio magnetotelluric sounding to deep prospecting of a porphyry copper mine in Tibet

WU Xiaoyong, ZUO Huancheng, WANG Yangling

(Metallurgical Geological Prospecting Institute of Sichuan Province, Chengdu 610051, Sichuan, China)

Abstract: Audio magnetotelluric sounding survey has been applied to a porphyry copper mine in Nimu county, Tibet. Drill holes hit Cu-Mo-mineralized monzogranitic porphyry at depth 4 800~5 800 m. The grade is $w(\text{Cu}) = 0.05\% \sim 1.4\%$, $w(\text{Mo}) = 0.1\% \sim 0.27\%$. Audio magnetotelluric sounding is characteristic of exploration to great depth, little affection of high resistance layer and sensitivity to low resistance body. Combined with high precision magnetic survey and IP data, Audio magnetotelluric sounding survey guide to concealed ore body thus is effective for deep prospecting of porphyry copper deposit.

Key Words: audio magnetotelluric sounding; high resistance body; deep prospecting; porphyry copper mine; Tibet