

# 可空源音频大地电磁法 (CSAMT) 在青海某地铜镍矿中的应用

袁宏亮<sup>1</sup> 贾建军<sup>2</sup>

中陕核工业集团二一一大队有限公司 陕西西安 710024

**摘要:** 该文主要以青海某地铜镍矿勘查为基础,采用可空源音频大地电磁测深法(CSAMT)进行勘探,并结合工作区内区域地质背景、地层出露情况,进一步推测矿化或成矿体的位置及深度,取得了较好的找矿效果。为工程布置提供物探依据。

**关键词:** 可空源音频电磁法; CSAMT; 铜镍矿

## 引言:

可空源音频大地电磁法(CSAMT)是在大地电磁(MT)和音频大地电磁(AMT)的基础上发展起来的一种人工场源频率域电磁测深方法<sup>[1-4]</sup>。20世纪70年代由加拿大学者提出,并在80年代中期后得到发展和推广,特别是美国Zonge公司提出野外阵列标量观测方式并以仪器实现以后,该方法得到广泛应用。通过本次勘探工作,了解地质线路间视电阻率变化特征,圈定低阻异常,结合地质,对低阻异常进行推断,进一步推测矿化或成矿体的位置、深度,为工程布置提供物探依据。

## 1 工作区地质概况

勘查区位于柴达木盆地西北缘,工作区位于区域南部,根据板块构造划分,大地构造位置属柴达木陆块的柴达木中新代后造山磨拉石前陆盆地。地层区划属昆仑区柴达木北缘分区大通沟南山小区。本区经历了多次强烈的构造变动,形成复杂的构造形迹。岩浆侵入活动频繁而剧烈,是本区最显著的一个特征。侵入岩分布广泛且规模大,类型繁多,从超基性-酸性均有出露。

**作者简介:** 袁宏亮,出生年月:1986年01月,民族:汉族,性别:男,籍贯:内蒙古赤峰市,单位:中陕核工业集团二一一大队有限公司,职位:项目技术负责,职称:工程师,学历:本科(学士);邮编:710024,邮箱:447859808@qq.com,研究方向:地球物理勘查与遥感。

**通讯作者简介:** 贾建军,出生年月:1990年09月,民族:汉族,性别:男,籍贯:陕西省子长市,单位:中陕核工业集团二一一大队有限公司,职位:项目经理,职称:工程师,学历:大学本科,邮编:710024,邮箱:632041328@qq.com,研究方向:地质调查与矿产勘查。

## 1.1 地层

区内出露的地层主要以古元古代金水口岩群上岩组( $Pt_1J^2$ )和第四纪地层(Q)为主,其次有少量新近纪地层(N)和侏罗纪地层( $J_{1-2}dm$ )出露。

## 1.2 构造

区域构造位置属柴达木地块大通沟南山台隆中的牛鼻子梁凸起。区内古元古代地层褶皱构造已经多次变质改造变形,是有层无序的地层,其褶皱产状均为层理产状;断裂构造主要有近东西向、近南北向、北西向和北东向四组。其中以近东西向断裂规模最大,其它方向断裂次之。断裂普遍具有长期、多次、复杂活动特征,形成机制复杂。

## 1.3 侵入岩

本区岩浆活动频繁而剧烈,分布广泛且规模较大。其中侵入岩从超基性-酸性均可见到且岩石类型繁多,分属于加里东期、华力西期及印支期,其中尤以华力西期酸性侵入岩最为发育,分布较广;基性及超基性岩多呈脉状,零星分布。

## 1.4 变质岩

区内变质岩区在区域上属柴达木变质岩、柴北缘变质带的产物,该变质岩系区内分布较广。区内主要以区域变质、动力变质及接触变质作用比较发育。

## 2 地球物理特征

### 2.1 区域重力异常特征

柴达木盆地基本上为一均匀地质块体,元古界基底构造层的广泛存在是形成东昆北断裂以北地区相对于南部地区区域重力异常高的一个重要原因。调查区在阿尔金-北祁连重力梯度带区域负异常的背景下,布格重力反映调查区处在重力相对较高的带上,与地面岩浆岩带

同步延伸，其走向为北东东向。

## 2.2 区域航磁异常特征

整个区域基本处于正的0-25nT背景磁场内。其中在青新界山附近有条带状的局部磁异常，沿近东西向延伸，值均在50nT以上，峰值100-200nT，在牛鼻子梁北东方向有一长条状较大磁异常，值在50-250nT之间。这些局部磁异常主要由下古生界中酸性侵入岩及超基性-基性岩引起。

## 3 基本原理及方法技术

### 3.1 CSAMT基本原理

运用水平接地电偶源作为信号源的频率域电磁测深方法称之为可控源音频大地电磁测深法。该方法是为了克服天然场源的随机性和信号弱的缺点而在20世纪80年代末兴起的一种电磁测深技术<sup>[5]</sup>。我们可以通过调整供电频率的高低，得到不同深度的地电信息，从而达到垂向频率测深的目的，根据所测视电阻率特征，了解地下地质体的产状和特征，分析推断构造带空间分布形态及地层岩体之间的接触关系。

### 3.2 方法技术

仪器采用加拿大凤凰地球物理公司生产的V8多功能电法仪，包括V8接收机及TXU-30大功率发射机。测量电极MN=20米，收发距 $r=6.5 \sim 8.0$ Km，场源电极距 $AB=1.7 \sim 2.0$ Km。采用标量测量，观测电场 $E_x$ 分量和磁场 $H_y$ 分量，计算不同频率卡尼亚电阻率。根据试验情况确定观测频率范围为1Hz ~ 7680Hz，观测频点40个，每个测点观测时间不少于40分钟。纵向分辨率随着深度的加大而减小。

## 4 资料处理和解释

### 4.1 资料处理

对CSAMT资料主要进行了以下处理。

(1) 对测点中偏离大、明显畸变的数据进行平滑，主要采用多点圆滑滤波处理；

(2) 进行近场影响分析，对有近场附加效应的曲线进行了近场校正；

(3) 静态位移校正。在近地表高阻不均匀体的分界面上产生积累电荷，这些积累电荷在高阻围岩中不能及时逃逸，将产生畸变电场，影响CSAMT的实测结果。因此，根据已知地质资料和视电阻率、相位断面图及地形起伏情况，进行了静态位移校正；

(4) 采用博斯蒂克反演模型，对视电阻率进行了BOSTICK一维反演；

(5) 对视电阻率进行二维反演时，以视电阻率为主

要参数，并参考相位观测结果，建立初始模型进行二维反演；

(6) 结合地质资料对二维反演结果进行了解释推断。

### 4.2 资料成果分析

可空源音频大地电磁原始数据经二维反演后电阻率取以10为底的对数，绘制CSAMT二维反演断面图(图1)。剖面南北走向，大号点方向为北，测点数30个，累计长度300米。从图1中可见二个低阻异常区。

①剖面南部埋深较浅的低阻异常在10~18号点下方标高从3340~3420米之间，处在山前洪积区，异常范围小，从地表一直延伸到标高3340米处，并有向纵深及向南延伸的明显趋势，受剖面长度限制，异常形态显示不完整，低阻特征明显，在10号点下方出现一低阻异常中心，中心值为 $2.5 \Omega m$ 。地面为第四系覆盖。低阻特征为山前洪积地表泥沙等相对低阻物质的电性反应还是矿化的电性反应，性质不明。

②第二个低阻异常在22~66号点下方标高从3100~3420米之间，异常范围大，从地表一直延伸到标高3100米处，异常呈条带状展布，异常形态显示完整，向北倾。低阻特征明显，在32、62号点下方出现二个低阻异常中心，中心值分别为 $2.5 \Omega m$ 、 $6.3 \Omega m$ 。该低阻异常区处在地质圈定的Ⅲ号岩体上，对应岩性为古元古代金水口群片麻岩、辉长岩、浅色辉长岩、斜长岩韵律、二辉岩、暗色辉长岩韵律等。推测该低阻异常区潜在的成矿空间较大。

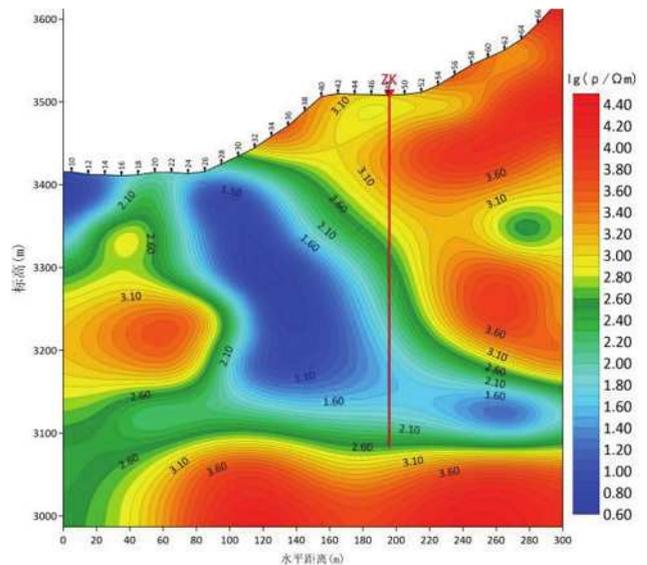


图1 CSAMT二维反演电阻率断面图

经综合研究后在剖面上48号点处布置一个证孔，据钻孔资料可知，在标高3160米发现了厚度6.6米的铜镍矿体，在标高3090米遇到了破碎带。之后在Ⅲ号岩体布

置了7个钻孔，6个见矿孔，共发现四层铜镍矿体，控制矿体长度640米。另外此低阻异常展布与Ⅲ号岩体有较好的对应关系。

## 5 结论与建议

通过本次可控源音频大地电磁勘探，对成矿有利地段进行初步圈定，圈定的低阻异常与钻探情况吻合较好，与地质上已探明的成矿段对应关系良好。反映了可控源音频大地电磁测深在本区的应用效果。

根据地质工程验证的结果，对物探异常及时重新认识，及时修正和总结物探异常与地质工程验证结果的规律和关系，及时指导后续地质工程的部署，寻找新的找矿思路。

建议布置大功率直流激电扫面等工作，对区内的成

矿及矿化作一个面积上的控制。

## 参考文献：

[1]考夫曼，凯勒.大地电磁测深法[M].刘国栋译.北京：地震出版社，1987.

[2]郭志强，张继令等.可控源音频大地电磁在铁路工程勘察中的应用[J].铁道建筑技术，2008：522-525.

[3]李国鸿，李仁和，张良敏，等.可控源音频大地电磁法若干方法技术问题的探讨.安徽地质，2009，12（2）.

[4]时彬.CSAMT在深部矿产勘查中的研究与应用[D].吉林大学硕士学位论文，2015.

[5]汤井田，何继善.可控源音频大地电磁法及其应用[M].长沙：中南大学出版社，2005.