

# CSAMT 在盐碱覆盖区铜多金属矿勘查中的应用研究

周 鹏 贾世俊 李朝辉 崔扬洋 (中国冶金地质总局第三地质勘查院, 山西 太原 030002)

**摘 要:** 从可控源音频大地电磁法工作原理、工作区地质条件、可控源音频大地电磁法的应用与效果、探测结果及钻孔验证等几个方面, 介绍了可控源音频大地电磁法在盐碱覆盖区开展铜多金属矿勘查的应用实例。着重介绍了 CSAMT 勘查成果结合具体地质情况解决问题的重要性, 说明了可控源音频大地电磁法在盐碱覆盖区开展铜多金属矿勘查是可行的。

**关键词:** 可控源音频大地电磁法; 盐碱覆盖区; 铜多金属矿

可控源音频大地电磁法 (CSAMT) 是利用人工偶极频域电场向下发送, 电磁场在地下介质中产生各种效应并不断向远处传播, 在一定范围内通过对不同频率信号的接收, 来反映地下不同深度介质变化特征的方法。由于 CSAMT 采用人工源, 具有较强的抗干扰能力, 且更容易获得对地电变化较灵敏的相位信息, 野外数据质量高、重复性好, 解释与处理方法成熟、解释剖面横向分辨率高、勘探深度较大且工作效率高、高阻层屏蔽作用小等优点, 因而广泛在深部找矿、地质填图、环境工程勘查等领域得到推广利用。

本次勘查区位于内蒙古自治区的西北部边陲地带, 行政区划隶属阿拉善盟额济纳旗管辖。勘查区地处中纬度区, 位于蒙古高原西部、巴丹吉林沙漠北部, 为内陆干旱的荒漠腹地, 为经济不发达地区。但区内矿产资源潜力较大, 主要矿种有金、铜、铅、锌、铁、萤石、石英等, 这些资源的开发利用将对当地经济发展起到很大的促进作用。但地表发育大量盐碱壳, 在本区开展常规激电等物探方法对效果一般, 不能有效的反应矿化蚀变带的深部产状特征。本次工作应用可控源音频大地电磁法 (CSAMT), 并结合具体地质情况为勘查钻孔的布设提供了依据。经钻探验证, 取得了较好的效果。

## 1 工作区地质概况

### 1.1 地层

勘查区出露地层主要为石炭系白山组一、二段, 一段主要出露于勘查区南部, 二段主要出露于本勘查区北部, 勘查区东南部多为第四系洪积物及风积物覆盖, 地层由老至新分述如下:

#### 1.1.1 白山组一段 ( $C_2b^1$ )

白山组一段分布于勘查区南部, 地层呈北东向展布, 分布面积  $0.34\text{km}^2$ 。主要岩性为薄—中厚层状粉砂岩、砂岩和玄武岩, 局部夹有薄层状凝灰质砂岩和灰岩透镜体。该段岩石已经全部发生强烈碎裂岩化, 延裂隙可见到硅化、碳酸盐化、绢云母化、高岭石化及褐铁矿化等。该层为地表铜矿体的主要围岩。

#### 1.1.2 白山组二段 ( $C_2b^2$ )

白山组二段分布在勘查区北部, 地层呈北东向展布。主要岩性为流纹岩、流纹斑岩、玄武岩。该段岩性碎裂岩化普遍发育并伴有强烈蚀变, 蚀变类型为绢云母化、

高岭石化、硅化及碳酸盐化。

#### 1.1.3 全新世洪积物夹风积物 ( $Qp^{al+pl}$ )

广泛分布于勘查区中部及东部平缓地带, 岩性为灰黄色砂、砾石等松散堆积物和风积物。风积物一般有细粉砂、中粒砂和粗粒砂三种情况。

### 1.2 构造

矿区东南部分布一条北东向的隐伏断裂构造 F71。

F71 断裂位于矿区南侧, 总体走向  $40^\circ\sim 50^\circ$ , 局部产状  $307^\circ \angle 70^\circ$ , 勘查区内出露长约 2km, 断裂内大部被第四系冲积物充填, 局部为硅化碎裂岩, 碎裂成分为砂岩, 棱角状, 硅质胶结, 裂隙内可见褐铁矿化薄膜。受其影响, 勘查区内断裂构造发育, 早期构造多被岩脉填充。

### 1.3 岩浆岩

#### 1.3.1 侵入岩

区内晚石炭纪及二叠纪侵入岩发育, 主要分布于勘查区北部和西部, 由老而新依次为: 石炭纪中粒石英闪长岩 ( $C_{\delta o}$ ), 中粗粒、细粒二长花岗岩 ( $P_{\eta \gamma}$ )。

#### 1.3.2 脉岩

出露的脉岩主要为花岗斑岩脉。脉岩碎裂岩化发育强烈, 蚀变有绢云母化、硅化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化及褐铁矿化。

#### 1.3.3 火山岩

火山岩主要分布于勘查区中部的白山组二段。其岩组合为流纹岩、凝灰岩、并夹有玄武岩。溢流相流纹岩主要沿北东向断裂 F71 和第四系一侧呈不规则带状产出, 玄武岩多为地表剥蚀残留体, 零散分布。

#### 1.3.4 变质岩

矿区变质作用主要为动力变质作用, 动力变质岩主要赋存于次级断裂的破碎带中, 以碎裂岩为主。碎裂岩: 破碎程度较低, 碎裂纹发育, 裂隙中多由次生的铁质、硅质等充填。例如硅化碎裂状流纹岩, 岩石呈灰色, 碎裂状结构, 块状构造。

#### 1.3.5 围岩蚀变

本区地表蚀变发育强烈, 从西南角至东北角贯穿全区, 呈与 F71 平行的北东—南西走向的带状展布。蚀变带走向  $50^\circ\sim 60^\circ$ , 长 8km, 宽约 2km。蚀变种类有绿泥石化、绿帘石化、高岭石化、硅化、碳酸盐化、绢云母

化。蚀变带中部发育有多条北东走向的矿化构造碎裂岩带，中部形成强褐铁矿化、硅化、碳酸盐化、绢云母化、高岭石化，两侧的砂岩、粉砂岩、玄武岩中呈强绢云母化、绿泥石化，外部石英闪长岩见绿帘石化、绿泥石化、褐铁矿化、碳酸盐化。

### 1.3.6 矿化带特征

本区目前发现 2 条铜矿化蚀变带（编号 I、II），2 条矿化蚀变带均位于 F71 大断裂北侧，带内普遍发育有绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、高岭石化、绢云母化、硅化、褐铁矿化、孔雀石化等矿化蚀变。

### 1.3.7 找矿标志

①矿化体产出于北东向的构造蚀变带；②青盘岩化发育，强绿帘石化、绿泥石化的石英闪长岩和强硅化、绢云母化、绿泥石化的岩石。青盘岩化的石英闪长岩对北东向展布的铜多金属矿点具有一定的控制作用特别是该期岩体与构造交汇处是找矿的有利地段；③强硅化北东向的碎裂岩带，特加是具褐铁矿化、孔雀石化等矿化蚀变的硅化碎裂岩带。本次 CSAMT 测深工作在 0 线共布置测线 1 条，测点 15 个，点距 40m，主要目的是解决北东向矿化蚀变带的深部产状特征，为后续钻探验证提供依据。详见图 1。

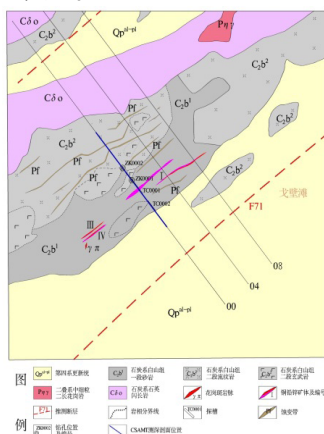


图 1 工程布置图

## 2 可控源音频大地电磁（CSAMT）的应用与效果

### 2.1 CSAMT 测深工作方法

CSAMT 方法是利用人工偶极频域电场向下发送，电磁场在地下介质中产生各种效应并不断向远处传播，在一定范围内通过对不同频率信号的接收，来反映地下不同深度介质变化特征的方法。地层电阻率  $\rho_s$  与电场分量和磁场分量的关系式如下：

$$\rho_s = \frac{1}{\omega \mu_0} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2$$

式中： $\omega$  是角频率， $\omega = 2\pi f$ ； $\mu_0$  是真空磁导率， $4\pi \times 10^{-7}$ ，H/m； $E_x$  是电场分量，V/m； $H_y$  是磁场分量<sup>[1]</sup>。

从理论上说，CSAMT 的探测深度大致为  $356 \sqrt{\rho/f}$ （ $\rho$  为地层电阻率； $f$  为电磁波频率），因此，对于目前所用的频率范围（例如 0.125~8192Hz）及可能达到的发送功率，其探测深度的范围为几十米到 2~3km<sup>[2]</sup>。本次探测装置形式选用电偶源赤道偶极装置；供电电源采

用美国进口的 ZMG30 发电机、GGT30 大功率发射机和 XMT-32 同步控制器对其控制输出，频率从 0.125Hz 到 8192Hz。AB 极距为 1.2km，收发距  $r=6.5$ km。采用沿线 3 道同时观测（共用一个磁探头），即排列测量。确保测点观测控制在场源 AB 平分线两侧 30° 角扇形范围内进行。

### 2.2 物探成果解释与推断

本次 CSAMT 测深成果及钻探验证结果如下图 2 所示：从 0 线卡尼亚视电阻率反演断面图可以看出，0 线西北部主要为相对中高阻反应，东南部主要表现为相对低阻区域，在 900~980 号点下方为卡尼亚视电阻率梯度带位置，推测是地表发现的蚀变破碎带往深部延深的反应；梯度带整体产状往西北方向倾斜，经钻孔 ZK0001、ZK0002 验证矿体产出于卡尼亚视电阻率梯度带上，浅部出现的串珠状高阻区域经钻孔验证为流纹岩的反应，东南方向深部出现的低阻带推测是 F71 断层往深部延深的反应。本次 CSAMT 测深对本区矿化蚀变带反应较好，对本区找矿具有较好的指导作用。

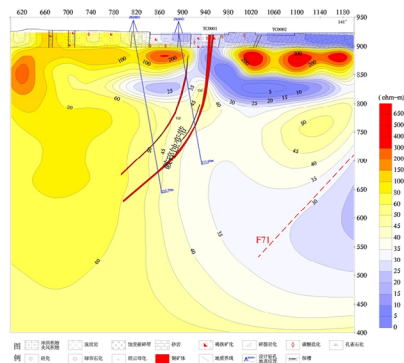


图 2 0 线 CSAMT 测深反演断面及钻探验证成果图

## 3 结论

本次工作结合了前期的地质资料及本次的物探成果，得出了较好的结论，对今后该区域多金属矿产勘探及类似区域多金属矿产勘探有一定参考作用。

①由于本区是盐碱覆盖区，浅地表电阻率较低，将大大影响了 CSAMT 有效测深深度，深部数据请参考使用；②本次 CSAMT 测深工作通过对卡尼亚视电阻率断面图进行分析，认为卡尼亚视电阻率梯度带是本区矿化蚀变带的反应，通过钻探验证在深部发现多条矿化体。该方法在本区是一种较为有效可靠的间接找矿手段，对本区找矿具有较好的指导作用；③物探工作必须结合具体地质情况进行分析，才能取得较好的勘查效果。

### 参考文献：

- [1] 贾永梅,姚成林,等.可控源音频大地电磁法探测煤矿采空区[J].物探与化探(增刊),2012,36(10):7-11.
- [2] 何继善.可控源音频大地电磁法[M].长沙:中南大学出版社,1990.

### 作者简介：

周鹏(1988-),男,湖南湘阴县人,物探工程师,地球信息科学与技术专业学士,主要从事地球物理勘探工作。