

复杂地形电磁探测技术研究

杨若迪 尹相好 张涛 陈方宇 张修江

山东省日照地震台

DOI:10.32629/gmsm.v2i3.150

[摘要] 标量 CSAMT 对一维地质构造有着较好的探测效果,但受复杂地质构造影响较大。张量 CSAMT 在探测复杂地质构造时可以得到更多的电性参数,从而能够反映更多的构造信息,但是由于发射源采用垂直交叉的布极方式进而带来探测盲区严重加大的问题,而采用旋转矢量源可以实现无盲区探测,再结合实际施工来探讨这一技术的原理和实际应用效果。

[关键词] 张量 CSAMT; 盲区; 旋转矢量源; 施工方式

CSAMT 标量测量虽然对简单的一维地质体有着较为良好的探勘效果,但是,在实际工作中,更多的是二维、三维地质体。此时再使用单一偶极发射装置在地下建立单一方向的电流矢量时电磁场数值与所反映的实际地质构造会出现较大的误差。张量 CSAMT 使用正交的电偶极子作为发射源,突破了原有的单一赤道偶极的模式,接收系统获得电磁场的五个分量,在此基础上可以求得张量阻抗和倾子向量,在面对复杂地质结构探测的时候有着标量测量无法比拟的优势。但是在实际勘探中也会带来盲区加大的问题,当探测目标处于探测盲区时,获得的电磁场信号微弱且干扰较大,严重降低了探测精度,而本文所探讨的矢量源发射方式可以实现电磁场极化方向的 360° 全覆盖,从而在此基础上实现无盲区探测。

1 张量 CSAMT 无盲探测原理

标量可控源的发射源一般为单偶极子源,这种场源只能在地下建立单一方向的电流矢量,当地质体比较复杂时,单一方向的电流针对地质构造的有关信息反映则不够全面,20 世纪 60 年代 Cantwell, T. 等人提出了地下介质的张量电性阻抗的概念,并就此提出了大地电磁法中张量阻抗的计算和分析的理论方法。而在可控源大地电磁法中,如果要求得张量阻抗,就需要测量求出 E_x 、 E_y 、 H_x 、 H_y 四个电磁场分量,因此一般采用 L 型或十字型电偶极子源来激发两组极化方向相互垂直的电磁场来分别获取 E_x 、 H_x 和 E_y 、 H_y 。这就造成了盲区范围加大的问题,在实际施工中常常因为探测目标区域在盲区中而使得接收端获得的电磁场信号低,从而造成了探测效果不好,分辨率低。但是我们根据电流矢量合成法则设计的旋转矢量源可以模拟任意极化方向的电磁场源,就能始终保证探测目标区域不处于我们的探测盲区内,以此来保证电磁场信号的强度和稳定。

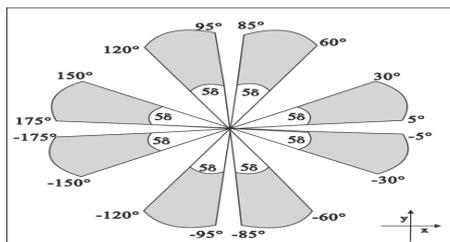


图 1-1 十字型源、L 型源观测区域示意图

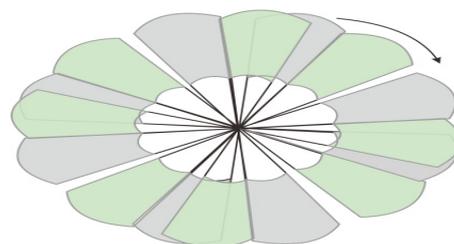


图 1-2 矢量旋转偶极子观测区域示意图

2 张量 CSAMT 在采空区探测中的应用

2.1 施工区域概况

本次实验所在矿区位于山东省巨野县柳林镇吕坑村西,井田面积 129.86 平方千米,矿区公路、铁路、水路交通便利,矿区内部公路纵横交错,运输便利。探测区的水文地质概况为:(1)断层破碎带:钻孔所穿过的地层取芯率高,岩层完整,地层倾角 4 度至 6 度之间,在 921.10m 至 930.77m 发现有破碎带,厚度为 3.24m。(2)溶洞裂隙特点:钻孔揭露的风化带地层,风化裂隙较发育。揭露的其他地层岩性较致密完整,局部地层裂隙较发育,冲洗液消耗不明显,揭露地层未发现有溶洞,各含水层主要是以孔隙为主的含水层。(3)含水层:主井井筒检查钻孔穿过的地层有第四系、上第三系、二叠系下统山西组、二叠系下统太原组、石炭系上统本溪组、奥陶系。(4)隔水层:自孔深 525.32m 至 618.88m,厚 93.56m,主要由黏土、砂质粘土组成,隔水层隔水性良好;自孔深 645.61m 至 725.39m,厚 79.78m,主要由黏土、砂质粘土组成,隔水性良好;自孔深 786.19m 至 805.00m,厚 18.81m,主要由泥岩、粉砂岩组成,致密无裂隙,隔水性良好。本次施工目的主要有:1、探测主副井底板岩层富水性情况;2、探测主副井底板岩层构造情况。

2.2 施工部署及参数设置

2.2.1 发射端参数设置

本次实验发射源布置在万丰镇,距离万福矿约 9.5 公里,位于万福矿以东,向南距离万福河约 0.5 公里,发射源采用 T 型布置,横向偶极子长度(东西向)约 1100m,纵向偶极子长度约 1000m,三个偶极子之间夹角约为 90 度,收发距约为 9 公里。发射时先根据电流矢量合成的原理进行 360 度全方位角度测试,由主机自动计算出最合适的两个角度进行发射,发

射过程中高频 8192Hz 电流最小约 12A, 4096Hz 基本上在 20A 左右, 其他频率的电流强度维持在 33A 左右。

2.2.2 接收端参数设置

根据要求和实际场地情况, 测试测线位于正在施工的矿区主井偏南约 70m, 测线方向约为北偏东 30 度, 点距为 50m, 总共布置 10 个测点, 测线总长度约为 800m, 共用到三个卫星盒, 由于条件所限, 并且考虑到测线长度较短, 采用所有测点共享磁棒的数据采集模式, 数据采集为人工场源电磁场采集。发射和接收频率包含 8192Hz、2048Hz、1024Hz、512Hz、256Hz、128Hz、96Hz、64Hz、32Hz、16Hz、8Hz、4Hz、2Hz、1Hz、0.5Hz、0.25Hz、0.125Hz 等 17 个频点, 平均每个点采用张量 CSAMT 法时发射总时长为 1 小时 39 分 12 秒。

2.3 张量 CSAMT 模式二维反演结果:

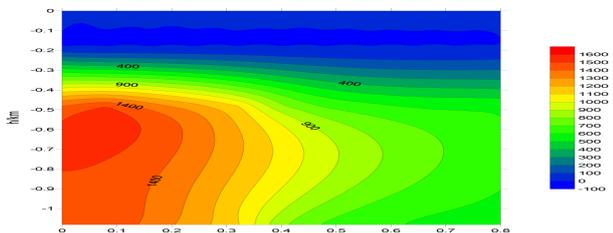


图 2-1 TM 模式视电阻率 ρ 拟断面图 (Ω/m)

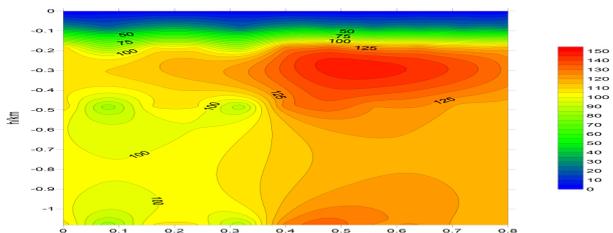


图 2-2 TM 模式纵向电导 σ 拟断面图 (s/m)

张量 CSAMT TE 模式二维反演结果:

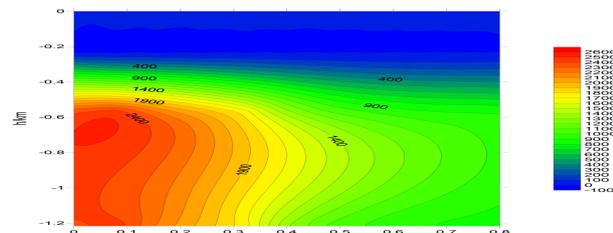


图 2-3 TE 模式视电阻率 ρ 拟断面图 (Ω/m)

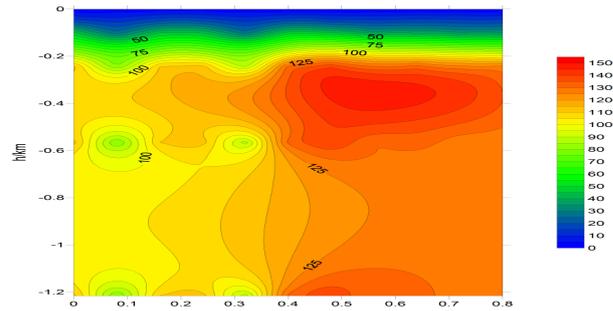


图 2-4 TE 模式纵向电导 σ 拟断面图 (s/m)

3 结束语

对比以上两图即可以发现, TE、TM 模式下视电阻率分布基本上一致, 都能很好反映地下富水采空区的分布位置和范围, 进一步观察可发现 TM 模式下高阻分布范围较宽, TE 模式下高阻分布范围相对较窄较深, 但总体分布形态基本一致, 说明地下地质体分布横向和纵向电导分布差异不大, 反映了地下地质体分布形态基本为二维形态, 同样 TE 模式和 TM 模式一样, TE 模式在克服近地表畸变效应方面也有很好的效果, 使得反演结果更加准确。同时, 可以发现张量 CSAMT 探测深度可以达到 1km 多, 相比于其他频率域电磁方法张量 CSAMT 在探测深度方面有着独特的优势。

[参考文献]

- [1]俞汶.可控源音频大地电磁法在金属矿产勘探中的研究及其应用[D].成都:成都理工大学,2014,(04):73.
- [2]王显翔,底青云,许诚.CSAMT 的多偶极子源特征与张量测量[J].地球物理学报,2014,57(2):651-661.
- [3]王刚,张振宇,李永博,等.张量可控源音频大地电磁法及其应用效果[J].物探化探计算技术,2016,38(5):598-602.
- [4]俞汶.可控源音频大地电磁法在金属矿产勘探中的研究及其应用[D].成都理工大学,2014,(04):73.
- [5]彭亚,龚育龄,余安,等.CSAMT 全区视电阻率的定义[J].工程地球物理学报,2016,13(2):161-165.
- [6]金胜,张乐天,魏文博.中国大陆深探测的大地电磁测深研究[J].地质学报,2010,84(6):808-817.