

高密度电法在渠道工程采空区查找中的应用

毛东辉

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v6i10.4608

[摘要] 高密度电法试验验证其能有效反映一定深度范围内的空洞异常,针对每条高密度电法反演剖面图在横向和纵向的电性差异,寻找独立的高阻圈闭或相对高阻异常,查找地质资料,并结合钻孔的验证情况,区分与钻孔对应岩性的电阻率值,从而识别剖面采空区、采煤巷道在高密度反演成果图上的位置及规模。

[关键词] 高密度电法; 高阻异常; 采空区

中图分类号: TV732.6 **文献标识码:** A

Application of High-density Electrical Method in Finding Goaf of Channel Engineering

Donghui Mao

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd

[Abstract] The high-density electrical method test verifies that it can effectively reflect the cavity anomaly within a certain depth range. In view of the horizontal and vertical electrical differences of each high-density electrical method inversion profile, it can search for independent high resistivity traps or relatively high resistivity anomalies, search for geological data, and distinguish the resistivity value of the lithology corresponding to the borehole based on the verification of the borehole, so as to identify the mined-out area of the profile, the location and scale of the mining roadway on the high-density inversion result map.

[Key words] high-density electrical method; high resistance anomaly; goaf

引言

本文主要通过高密度电法查明干渠渠线指定段渠底60m以上范围内是否存在采空区,若存在,了解其存在的位置,以便给干渠施工提供线路规划,避免采空区对工程的影响及破坏。在采空区查找领域主要的测试方法有高密度电法、探地雷达法、瑞雷波法等多种手段,主要是根据具体地层的电阻率、反射波成像效果以及波束等不同性质来查找采空区。本次研究主要采用不同道间距的高密度电法,来通过由已知到未知,由粗到细的测试来逐步圈定异常区,在异常区进行加密测试,从而更加精确的确认可能存在的采空区。本次研究通过大量的实践测试为高密度电法查找采空区的有效应用提供案例依据。

1 工程概况及地质简况

工程区位于伊犁河中、下游段,河谷宽阔,河谷南岸Ⅲ级阶地发育,北岸Ⅰ、Ⅲ级阶地发育,北岸干渠沿线通过地貌单元为伊犁河北岸低阶地,山前丘陵区,黄土区和沙漠区,地形起伏较大。出露的岩性表层为第四系全新统粉土,下部基岩岩性为侏罗系上统砾岩、砂岩、泥岩互层及煤层。

物探工作的任务是:查明干渠渠线71+613~85+825m桩号段指定段渠底60m以上范围内是否存在采空区,若存在,了解其存

在的位置。为完成以上任务配置仪器设备有E60M型高密度电法仪一台。

2 地球物理特征

根据现场掌握资料反映,采煤巷道一般存在于砂岩、砂砾岩层及煤层中,规模较小,宽1~2m,高2~4m左右。根据本次试验及物探测试成果,在测区主要分布的地层有:表层的原状黄土层、渠道回填碾压的黄土层,其电阻率呈相对低阻反映,电阻率2~15 $\Omega\cdot m$;基岩主要为泥岩、砂砾岩、砂岩互层及煤层,其中泥岩、煤层的电阻率相对较低,在18~50 $\Omega\cdot m$,砂岩、砂砾岩及互层的电阻率差异不大,电性表现为相对高阻,其电阻率值45~150 $\Omega\cdot m$ 。完整的巷道或未塌陷的空洞在反演图中呈相对高阻反映,一般为封闭圆形,电阻率值100~300 $\Omega\cdot m$;塌陷或半塌陷的巷道、空洞,在反演图中呈相对高阻反映,异常区表现为有规律的半圆隆起向深部延伸,电阻率值60~200 $\Omega\cdot m$ 。

3 可行性验证试验工作成果

为验证高密度电法在查找采煤巷道或采空区方法的有效性,沿渠道桩号附近已知的采煤巷道或采空区的桩号段布置了验证剖面,结论如下。

3.1 煤矿采煤巷道及通风井试验剖面

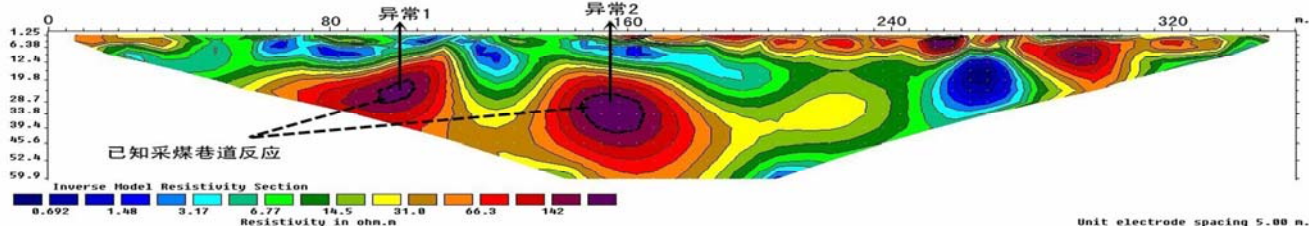


图 3.1 13-13 剖面 0+000~0+395 段反演推断成果图

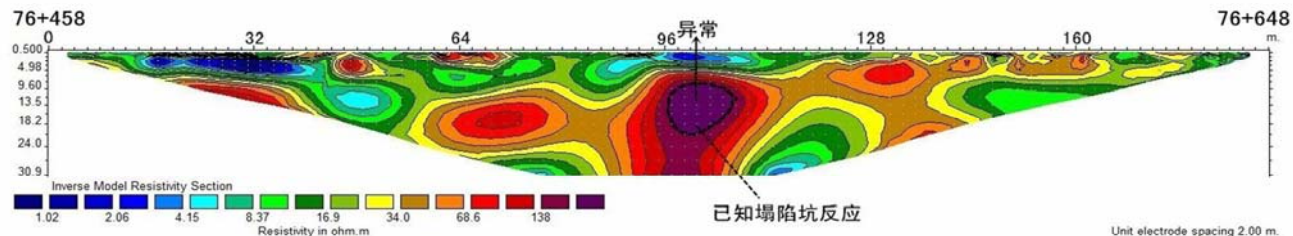


图 3.2 17-17 剖面 0+000~0+190 段反演推断成果图

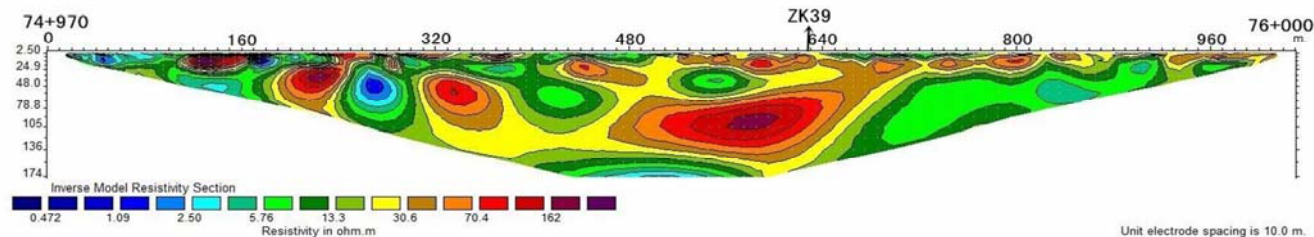


图 6.1 59-59 剖面 0+000~1+030 段反演推断成果图

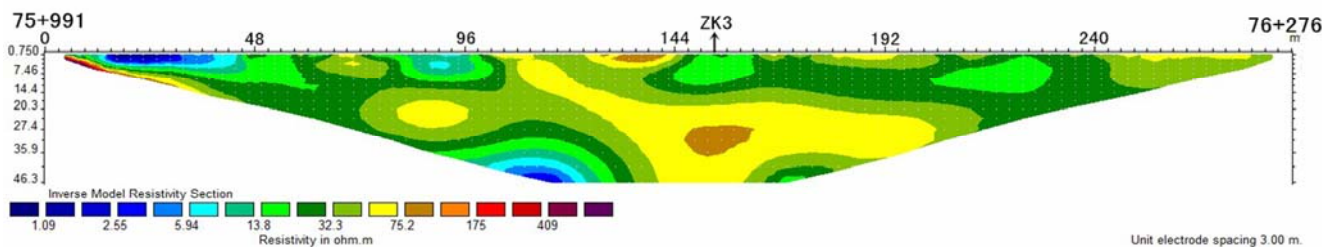


图 6.2 1-1 剖面 0+000~0+285 段反演推断成果图

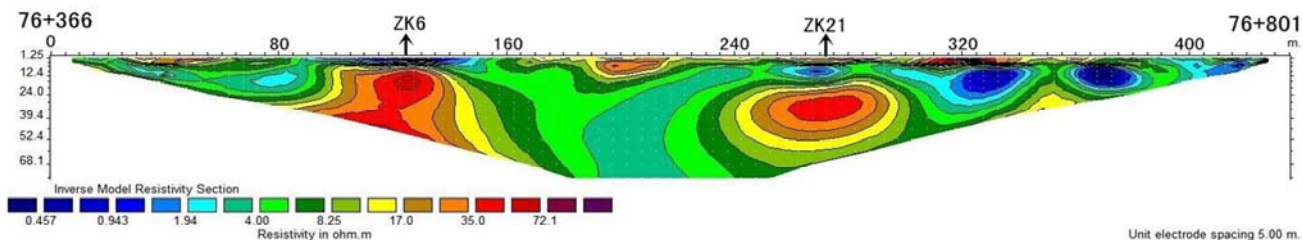


图 6.3 6-6 剖面 0+000~0+435 段反演推断成果图

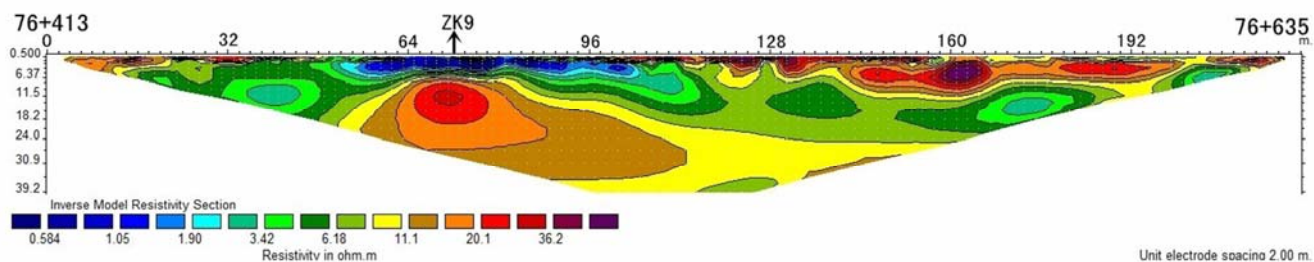


图 6.4 19-19 剖面 0+000~0+222 段反演推断成果图

该剖面位于渠道桩号76+315以北300米处,剖面桩号0+000~0+160段的相对低阻为地表黄土层和强风化的泥砂岩反映;剖面桩号0+160~0+280段的相对高阻反映为出露的砂岩和砂砾岩,剖面桩号0+280~0+330段的相对中高阻反映为地表堆积物和杂填土。根据现场测量显示,在剖面桩号0+100和0+160两处异常和采煤巷道位置吻合,剖面桩号0+293处的异常推测为砂砾岩反映,此类异常电性特征为相对特高阻,由于采煤巷道和通风井已经做过支护,因此在高密度电法反演推断成果图上呈比较规则的同心圆,以异常中心向周围扩散,影响范围为10~15米,电阻率逐渐降低,最终和围岩电阻率连成一片(详见图3.1)。

3.2 坍塌矿井巷道试验剖面

该剖面位于渠道桩号76+568以北100米处,地表的岩性为黄土层和强风化的泥砂岩。根据现场测量,剖面桩号0+101处的异常和塌陷矿井的位置相吻合,该异常电性特征为相对高阻,同时因塌陷引起周围大面积岩层稳定性被破坏,导致在高密度电法反演推断成果图上会形成较大面积的相对中高阻异常区(详见图3.2)。

由试验结果可知,测区的围岩和采煤巷道或空洞存在明显电性差异,适宜开展高密度电法工作,可以满足本次物探工作测试目的。

4 工作方法

测试区内各种机械施工、车辆通行作业面广,干扰因素较多,测试工作采用高密度电法进行测试。高密度电法测试采用E60M型高密度电法仪,工作方式采用温纳 α 排列倒梯形装置进行采集,采煤巷道测试采用5米的电极距进行测试,对发现异常的部位再采用1~3米的电极距进行加密测试,采空区测试采用10米电极距进行测试,供电时间1秒,重复采集次数3次。

5 资料解释

数据处理采用RES2高密度视电阻率反演软件进行多重反演,对比确定最好的反演效果,具体过程如下:利用Res2高密度电法数据反演软件对野外观测时如出现坏点参考剔除,通过数据分析,视电阻率出现负值时,参考电压和电流值分析原因,对应视电阻率作为参考修正或删除,视电阻率值超大或超小不符合规律时仅作参考或删除;再使用正版RES2高密度电法反演软件,对数据进行反演处理。

针对每条高密度电法反演剖面图在横向和纵向的电性差异,寻找独立的高阻圈闭或相对高阻异常,查找地质资料,对并结合钻孔的验证情况,区分与钻孔对应岩性的电阻率值,从而识别剖面采空区、采煤巷道在高密度反演成果图上的位置及规模。

6 物探测试结果

物探测试渠道桩号74+950~86+010段,其剖面布置较多,成果只对发现空洞异常的剖面进行了叙述,其他暂未做描述,其测试结果分析如下。

6.1 59-59剖面成果分析:

59-59剖面起点位于渠道桩号74+970附近,沿渠道以北的空地东西向渐近平行渠道布置,反演推断成果图可见:在剖面桩号

0+585(渠道桩号75+557)段地表下90~100米处存在一相对高阻异常,该异常电阻率250~300 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的3~5倍(详见图6.1),推测为青灰色砂岩反映。ZK39(渠道桩号75+598附近)根据煤炭院提供资料布置,经钻孔验证,孔深0~9m岩性为粉末状白砂岩;9~45m岩性为土黄色砂岩,岩芯破碎,呈碎块状或散沙状;45~57.5m岩性为铁锈色、土黄色砂岩,岩芯破碎,呈碎块状或散沙状;57.5~63m岩性为较完整的粉砂质泥岩;63~98.5m岩性为青灰色砂岩,岩芯破碎,呈碎块状或散沙状;98.5~99.2m岩性为煤层,岩芯较破碎;99.2~118.2m岩性为青灰色泥质粉砂岩,岩芯较完整;118.2~132m岩性为泥质粉砂岩;132~148m掉钻,无岩芯,推测为采空区;148~154m岩性为泥炭;154~170m岩性为煤层。

6.2 1-1号剖面成果分析

1-1剖面起点位于渠道桩号75+991附近,沿渠道中心轴线东西向布置,反演推断成果图可见:在剖面桩号0+154.5(渠道桩号76+144)段地表下25~30米左右处存在一相对高阻异常,该异常电阻率120~170 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的2~5倍(详见图6.2),在该异常处布置钻孔ZK3,孔深0~7.8m岩性依次为砂砾岩、砂岩、含砾砂岩;7.8~28.3m岩性为砂砾岩,其中23.3~24.4m回水异常,清水钻进不返水,泥浆钻进回水亏损大,有垮孔、埋钻现象;孔深25.5~26.4m钻进困难(7小时进尺0.7m),孔深25.5~28m取芯困难,在冲洗液带出的碎渣中夹有铁屑。沿ZK3向南平移1m布置ZK5号钻孔,在23.2~25.5m漏浆、取芯困难、在冲洗液带出的碎渣中夹有铁屑。结合ZK3、ZK5初步判定23.3~26.4m为已垮塌的巷道。

6.3 6-6号剖面成果分析

6-6剖面起点位于渠道桩号76+366附近,沿渠道以北的砂砾石连接路右侧东西向布置,反演推断成果图可见:在剖面桩号0+125(渠道桩号76+492)段地表下11~20米左右处存在一相对高阻异常,该异常电阻率50~75 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的3~5倍,在该异常处布置钻孔ZK6,孔深0~5.6m岩性为含砾土层、砂岩;7.2~20.1m岩性为破碎砂岩,其中孔深16m时出现不返水、漏水、不返浆(植物胶)现象,对该深度连续注水30分钟,孔口不返水,16~19.9m掉钻,推测为采煤巷道。

6.4 19-19号剖面成果分析

19-19剖面起点位于渠道桩号76+413附近,沿渠道以北的砂砾石连接路左侧东西向布置,反演推断成果图可见:在剖面桩号0+072(渠道桩号76+484)段地表下11~13米左右处存在一相对高阻异常,该异常电阻率30~40 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的3~5倍(详见图6.4),在该异常处布置钻孔ZK9,孔深12.3m取出岩性中可见5cm呈柱状的木块,孔深12.7~14.3m出现易钻、不返水现象(岩性为泥岩),推测为采煤巷道支护。

根据ZK6、ZK9号钻孔钻进情况,推测在渠道桩号76+484~76+492m段在埋深16~20m附近为塌陷顶拱和塌陷巷道段,巷道高度约3.9m。

6.5 20-20号剖面成果分析

20-20剖面位于渠道桩号76+393以北122m的山前坡脚由东向西布置,反演成图对比揭示:剖面桩号0+090(渠道桩号76+484)段的高阻异常电阻率1500~2000 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的10~15倍,为已知水坑旁塌陷坑反映;剖面桩号0+131(渠道桩号76+526)段地表下埋深10~16m处存在一相对高阻异常,该异常电阻率300~500 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的3~8倍。在异常处布置钻孔ZK10,孔深0~4m岩性为含砾碎石土层;4~7.3m岩性为泥岩夹黑色泥炭;7.3~19.9m岩性为白砂岩;19.9~22.7m岩性为含砾砂岩;22.7~36.5m岩性为煤层,多为粉末状,煤层段孔口不返水,推测为采空区或采煤巷道;36.5~39.5m岩性为泥岩夹泥炭;39.5~45.7m岩性为砂岩。

6.6 22-22号剖面成果分析

22-22剖面起点位于渠道桩号76+606以北连接路的左侧垂直渠道南北向布置,反演成图对比揭示:剖面桩号0+063(渠道桩号76+573.5)段地表下埋深10~14m处存在一相对高阻异常,该异常电阻率100~150 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的5~10倍。在异常处布置钻孔ZK11,孔深0~9.9m岩性为破碎白砂岩;9.9~17.1m岩性为泥质粉砂岩、泥岩、粉砂质泥岩;17.1~25.3m岩性为白砂岩;25.3~32.3m岩性为煤层,返水率差;32.3~35.2m有掉钻现象,推测为小型采空区或采煤巷道;35.2~42.1m岩性为泥岩、泥质粉砂岩。

6.7 38-38号剖面成果分析

38-38剖面起点位于渠道桩号76+618以北连接路的左侧垂直渠道南北向布置,高密度电法反演成图对比揭示:剖面桩号0+083(渠道桩号76+604)段地表下埋深8~12m处存在一相对高阻异常,该异常电阻率60~90 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的3~5倍。在异常处布置钻孔ZK19,孔深0~2.3m岩性为含砾土层;2.3~11.3m岩性为白砂岩;11.3~14.5m掉钻、无岩芯,推测为采煤巷道;14.5~16.1m岩性为砂岩,呈粉末状;16.1~17.6m掉钻、无岩芯;17.6~36.3m岩性为白砂岩、砂岩为主。

6.8 47-47号剖面成果分析

47-47剖面起点位于渠道桩号83+454以北的渠堤东西向布置,高密度电法反演成图对比揭示:剖面桩号0+220(渠道桩号

84+691)地表下埋深45~55m处存在一相对高阻异常,该异常电阻率60~80 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的2~3倍,在异常处布置钻孔ZK23,孔深0~29.5m岩性为砂砾岩、砂岩;29.5~30.4m岩性为煤层;30.4~31.4m岩性为砂岩;31.4~32.1m无岩芯,漏浆、掉钻,推测为采煤巷道;32.1~34m为砂岩;34~34.9m岩性为煤层;34.9~39.3m岩性为砂岩;39.3~40.3m岩性为煤层。剖面桩号0+237.5(渠道桩号84+709)地表下埋深8~13m处存在一相对高阻异常,该异常电阻率80~100 $\Omega \cdot m$,是相邻岩体电阻率值的3~5倍,在异常处布置钻孔ZK22,钻孔验证剖面异常为砂岩反映,孔深0~10.7m岩性以砂砾岩为主,含砂岩段;10~13m岩性为砂岩;13~20.7m岩性以砂砾岩为主,局部夹有泥岩团块。

7 测试结论与建议

物探工作中,对发现的物探测试异常向地质提出了钻孔验证建议,通过钻孔验证其为采煤巷道或采空区其余测试剖面未见异常。

8 结束语

高密度电法测试在煤矿采空区的查找应用,通过对已知巷道、采空区进行试验测试得到采空区在工区内的电阻反应,再由该已知的采空区电阻反应去查找未知的采空区,有着良好的测试效果。

[参考文献]

- [1]刘海生.高密度电法在探测煤矿采空区中的应用研究[D].太原理工大学,2006.
- [2]刘昌军,赵进勇,孙东亚,等.高密度电法仪在工程隐患探测中的应用[J].水利水电技术,2007,38(2):90-94.
- [3]王波,袁景花,肖伯勋,等.《水电水利工程物探规程》(DL/T5010-2005)[Z].中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院,2007.
- [4]罗术,孙茂锐.高密度电法在公路大长隧洞中的应用[J].工程地球物理学报,2013,10(05):663-686.

作者简介:

毛东辉(1989--),男,汉族,河南孟州市人,本科,工程师,从事工程地质勘察及物探检测技术工作。