

# 高密度电法在尾矿坝地基勘查中的应用

鲍世才

(甘肃省地矿局第一地质矿产勘查院 甘肃·天水 741020)

**提 要** 该文以小沟尾矿库地基勘查为例,介绍了高密度电法在确定第四系堆积物厚度、了解基底起伏形态方面的应用效果。实践证明,高密度电法是工程地质勘查中解决此类问题的有效手段。

**关键词** 高密度电法 尾矿坝 勘察

## Application of High Density Electric Prospecting Method in Foundation Investigation of Tailings Dam

Bao Shicai

(No. 1 Institute of Geology and Mineral Exploration, Gansu Bureau of Geological Exploration)

**Abstract** Taking the foundation investigation of Xiaogou tailings dam as an example, the application effect are introduced by using high density electric prospecting method to determine the thickness of debris in Quaternary and the fluctuation form of foundation base. The practice proves that high density electric prospecting method is an effective means to solve the issues in engineering geotechnical investigation.

**Keywords** high density electric prospecting method; tailings dam; investigation

### 1 引言

工程地质勘查中经常遇到划分土体结构、确定第四系堆积物(或被勘查土体)厚度、基底埋深和起伏形态等问题。解决此类问题常常采用钻探手段。钻探方法成本高,施工周期长,因此,方便、快捷、高效的勘查方法在工程勘查中是十分必要的。高密度电阻率剖面法是一种可行的解决此类问题的勘探方法。结合少量钻孔,高密度电阻率剖面法不仅可以较准确地划分土体结构,而且可以确定勘查基底是否完整、有无断裂等问题。在小沟尾矿库地基勘查中利用高密度电法确定第四系堆积物厚度,了解基底起伏形态,取得了满意的成果。

### 2 方法原理

高密度电法具有电测深和电剖面的双重特点,就其原理而言它与常规的电阻率法完全相同,由于它采用了多电极高密度一次布极并实现了跑极和数据采集的自动化<sup>[1]</sup>,因此,其探测密度高,信息量大,工作效率高。

作者简介: 鲍世才(1963-)男,高级工程师,从事物探工作。

收稿日期: 2012-05-24

由于所用仪器的不同,观测系统的电极排列方式有所不同,本次工作采用澳大利亚 ZZ 研发中心生产的 FLASHRES64 多通道、超高密度直流电法勘探系统。

FLASHRES64 多通道、超高密度直流电法勘探系统,一次布设 64 个电极,数据采集过程全部自动化。程序自动将 64 个电极分为奇数组 32 个(1、3、5、……61、63) 和偶数组 32 个(2、4、6、……62、64) 两组,然后在这两组电极中各选取一个做为供电电极 A 和 B,在一次通电过程中同时测量其它电极相对于某一电极 M 的电位差(如图 1),就可得到 61 个电位差(MN1、MN2、MN3……MN60、MN61) 数据。而奇数组 32 个电极和偶数组 32 个电极互相配对(即全排列)做供电电极,即做一个排列就有  $32 \times 32 = 1024$  次供断电过程,每次供电可同时采集 61 个电位差数据,所以总的数据量应为  $32 \times 32 \times 61 = 62464$  个。它与常规高密度电法的不同之处在于不受装置排列的限制,采集数据量大,提高了反演结果的准确性和可靠性。也避免了常规数据采集方法中数据采集的片面性(有些偏重于横向分辨率,有些偏重于纵向分辨率等等)而导致在同一地点采用不同数据采集方式采集的数据所产生的反演结果不同的缺点。



图1 电极排列示意

数据采集完成后,利用该套仪器专门配置的处理软件 FlashRES64S 直接反演成真电阻率剖面图,供专业人员结合实地地质条件进行地质分析对比。

### 3 野外工作方法

根据本套仪器特点,一条剖面布设 64 个测点,点距 6m,剖面长 378m。根据测区接地条件供电电压选择 250V,数据采集周期 2s,反演深度 60m。

### 4 应用实例

#### 4.1 测区地质地球物理条件

小沟尾矿坝位于西安河一支流小沟沟谷内。沟体呈南北走向,两侧山坡较陡峭,坡度  $40^\circ \sim 70^\circ$ ,沟底宽  $60 \sim 150m$ ,常年流水,自然比降  $5\% \sim 10\%$ ,受第四系地质作用,坝区内坡积物、冲洪积物较厚。区内地层岩性主要有:①第四系残坡积物、冲洪积物,为本次勘查的主要目标层,分布在拟建坝区沟谷的谷底及沟谷两侧的山坡地带,该层主要为碎石土,很湿-饱和;②炭质碎裂岩;③泥盆系含砾石英砂岩。炭质碎裂岩与含砾石英砂岩构成拟建坝区的基底。碎石土层随含水量及碎石含量的不同电阻率有一定变化,一般  $300 \sim 600\Omega \cdot m$ ,当含水量大且碎石含量较少时电阻率将小于  $300\Omega \cdot m$ ;炭质碎裂岩为低阻,电阻率  $50 \sim 300\Omega \cdot m$ ;完整的含砾石英砂岩为高阻,电

阻率大于  $700\Omega \cdot m$ ,最高达  $1300\Omega \cdot m$ ,当砂岩强烈风化时电阻率将小于  $700\Omega \cdot m$ 。由上述分析可知,各地层间具有电性差异。该区具备高密度电法工作前提。

#### 4.2 物探结果

图2是1线剖面反演结果。它清晰地反映出地层电阻率的变化特征。根据剖面电性特征结合测区地质特征解释如下:K0 线以上电阻率在  $350 \sim 700\Omega \cdot m$  之间,推测为第四系沟谷堆积物,厚度  $7 \sim 33m$ ,K0 线基本反映了第四系沟谷堆积物基底形态;K1 线以西基岩电阻率大于  $700\Omega \cdot m$ ,可能为泥质砂岩或砂岩;K1 ~ K2 线间基岩为低阻层,电阻率小于  $300\Omega \cdot m$ ,一般为  $100 \sim 300\Omega \cdot m$ ,可能为炭质碎裂岩的反映;在 K2 ~ K3 线间、K4 线以东为高阻基岩,电阻率大于  $800\Omega \cdot m$ ,最大达  $1300\Omega \cdot m$ ,推测为砂岩;在 K3 ~ K4 间有一低阻带,很可能为断裂破碎带。

图3是2线剖面反演解释结果。该剖面 K0 线以上为第四系沟谷堆积物,厚度  $15 \sim 36m$ ;K1 线以西基岩电阻率大于  $650\Omega \cdot m$ ;K1 ~ K2 线间基岩电阻率一般为  $450 \sim 700\Omega \cdot m$ ,为中-低阻层,其电阻率与第四系沟谷堆积物电阻率相近,故在此段解释第四系厚度可能有一定偏差;K2 线以东为高阻基岩,基岩出露地表,电阻率大于  $900\Omega \cdot m$ ,最大达  $1300\Omega \cdot m$ 。

从以上两条剖面的实践表明,利用高密度电法在该区划分第四系地层厚度、确定基底界面非常有效。

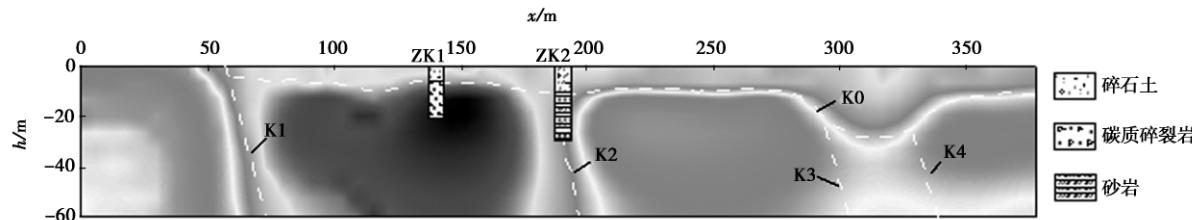


图2 1线剖面反演解释结果

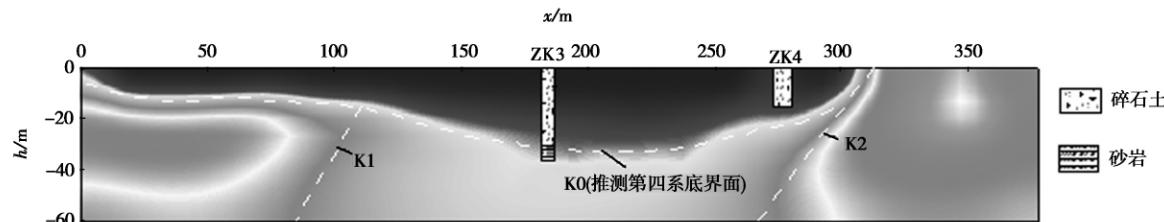


图3 2线剖面反演解释结果

#### 4.3 钻探验证

经钻探验证,1 线剖面 145m 附近 ZK1 孔,深度  $0 \sim 6.5m$  为碎石土,  $6.5m$  以下为炭质碎裂岩;剖面

190m 附近 ZK2 孔深度  $0 \sim 11m$  为碎石土,  $11m$  以下为风化砂岩,解释结果与实际情况非常接近。

(下转第 60 页)

进行勘探。在记录上确定反射波后运用常规的处理手段处理成果,如图4。由图4看出,基岩面反映清晰,同相轴连续。

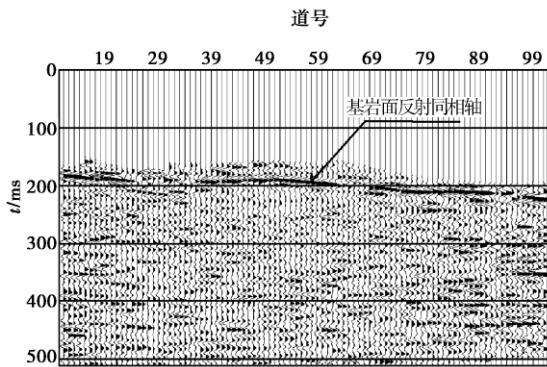


图4 两层水平介质地震反射波处理成果

## 5.2 实例二

某工区覆盖层厚度约6m,砂卵石厚度约30m,利用反射波法求砂卵石的底界面埋深。该工区采集的原始记录,见图3(b)。根据原始记录和正演时距曲线,识别第二层砂卵石底界面的反射波,然后运用地震反射处理手段得出成果图,见图5。由图5可见,处理效果明显,砂卵石反射波同相轴连续可追

(上接第54页)

经钻探揭露,2线剖面185m处的ZK3孔深度0~31m为第四系沟谷堆积物,31m以下为强风化砂岩,剖面275m处ZK4孔钻探16m全为碎石土,未见基岩,因塌孔而终孔。解释深度与实际厚度很吻合。

## 5 结束语

高密度电法是工程勘查中划分第四系厚度及土体结构的有效方法之一,具有快速、方便、成本低、效率高等特点。应用该方法只要事先掌握工区地质条

(上接第57页)

## 3 结论

通过以上两个实际勘探资料的对比分析,我们可以得出以下结论:1)反褶积处理技术较适合于第四系层状介质内目标的探测;2)反褶积可有效压缩地震子波,提高有效波频率,极大地压制层间多次反射波;3)拟进行反褶积处理的资料须具备较高的信噪比,否则,因反褶积本身降低信噪比的缺陷,会导致无法取得理想效果。

踪基本上能够清晰反映砂卵石下界面的情况。该结果与钻孔验证情况相符。

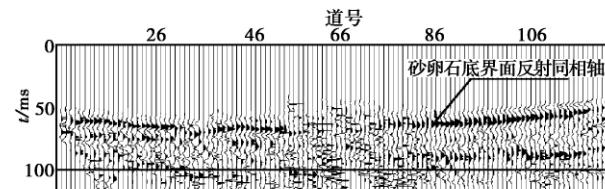


图5 三层水平介质地震反射波处理成果

## 6 结束语

在浅层地震反射波法勘探中,反射波的识别非常重要,它直接影响着成果的精度和可信度。因此在做浅层地震反射勘探时,要认真分析和识别反射波的位置,做出正确判断,力求勘探成果与实际一致。

## 参考文献

- [1] 王振东.浅层地震勘探应用技术.北京:地质出版社,1988
- [2] 王庆海,徐明才.抗干扰高分辨率浅层地震勘探.北京:地质出版社,1991

件,仔细分析地层间电性情况,结合已知钻孔资料或用钻孔资料后期修正勘察结果,就可能较准确地划分第四系地层厚度,确定基岩界面,达到预期勘察目的。

## 参考文献

- [1] 李金铭.地电场与电法勘探.北京:地质出版社,2005
- [2] 刘成禹,何满潮.隐伏古护城河的勘查方法研究.工程勘查,2006,(6):66~69
- [3] 王书民,孟小红.频率域高密度电法在秦始皇陵地宫探测中的试验效果.物探与化探,2004,(4):327~329

## 参考文献

- [1] 谢忠球.浅层地震探测技术应用中的分辨率问题.矿产与地质,1999,13(2):112~116
- [2] 张军华.预测反褶积去多次波几个理论问题探讨.物探化探计算,2009,31(1):7~10
- [3] 唐大荣,雷炜,彭成.Mini-Sosie浅层高分辨反射波技术在西安市地裂缝研究中应用.地球物理学报,1988,31(6):708~712
- [4] 李忠生.西安地裂缝勘探中的地震勘探.工程勘察,2004,(5):64~67
- [5] 周洁玲.反褶积与信噪比的关系研究.西安石油学院学报,2002,17(4):25~27