

# 高密度电阻率法数据的地形改正

王广仓<sup>1</sup> 董延朋<sup>2</sup>

(1. 山东省水工机械厂 山东兖州 272100)

(2. 山东省水利科学研究院 山东济南 250013)

**摘要:**高密度电阻率法在野外工作时,经常会遇到地形条件较复杂的区域,如何在常规的采集资料中赋予地形变化的信息显得十分重要。本文简单介绍了 RES2DINV 软件,并结合工程实例讲述了 RES2DINV 软件中地形改正的方法与步骤,从而使反演的电阻率图像更接近实际地形地貌,有利于成果图件的分析 and 解译。

**关键词:**高密度电阻率法 RES2DINV 地形改正 高程

## 1 前言

高密度电阻率法是 80 年代日本为适应山地工程的需要而提出的一种电法勘探新技术,在设计和技术实施上,采用先进的自动控制理论和大规模集成电路,使其拥有比常规电法更优越的特点。由于该方法操作简单、自动化程度高、反映地电信息丰富、显示直观等优点,使电法勘探能力明显提高。近年来,高密度电阻率法在堤防检测、考古、地质灾害监测、工程与环境物探等领域发挥了重要作用,逐渐成为人们可以信赖的有效手段。

高密度电阻率法与其它电磁场测量方法一样,观测的视电阻率曲线亦受地形影响而发生畸变,常使反演结果出现假异常或假构造。在野外实际工作中,地形往往是起伏不平的,起伏较大的地形有时是可以掩盖地下的真实异常,使得地形的影响是不可忽视的,所以大大地增加了分析难度甚至失去了探测的意义。因此,为了充分发挥高密度电阻率法的探测效果,必须进行地形校正。

## 2 RES2DINV 软件简介

RES2DINV 是一款高密度电阻率法二维反演软件,对于地质情况比较复杂的区域,现在广泛采用二维的电子图像进行勘查。传统的一维电阻率探测和纵剖技术有不足之处,它所得到的近似结果是“伪截面”,地质图像有失真。该软件采用强制平滑的最小二乘法反演技术,利用地面上的电阻率数据生成地下的二维模型,其处理过程是全自动化,无需提供初始模型,为大批量数据的反演进行了优化。

本系统中所采用的地形改正不同于通常使用的

各种地形改正方法,它通过对原始数据进行多次改正,最大程度地削弱了地形影响。而以往的地形改正方法主要或大量应用的是比值法或畸变张量法,或者在此方法上作些改进。近几年来,随着电法勘探数据 2D、3D 模拟和解释技术的发展,人们认为比值法或畸变张量法不能完全消除地形带来的影响,从而更加看重带地形 2D、3D 反演算法,以便直接消除地形的影响。

## 3 结合实例介绍地形改正的方法与步骤

### 3.1 工程概况

泰安市山阳水库建于 1959 ~ 1960 年,总库容 2295 万  $\text{m}^3$ ,有效库容 1151 万  $\text{m}^3$ ,主坝为均质坝,全长 800m,坝顶宽 5m,最大坝高 13.2m。由于大坝多年失修,主体建筑物特别是坝体存在严重的渗漏隐患,主坝上游坡曾多次出现塌坑,下游坡坝基附近草皮护坡长年湿润,坝后一片沼泽地。为探明坝体内部实际状况首先开展了高密度电法勘探,下文以坝体横断面为例介绍高密度电法勘探中的地形校正方法。

本次工作中采用 E60C 型高密度电法仪,主机置于大坝下游坡坡底,电极距为 1m,共 48 个电极,对称四极方式采集数据,最大隔离系数为 15,电法勘探工作区为 0+342 和 0+155 两个断面。

### 3.2 地形改正前的数据编辑

在野外工作时,应根据地形条件选择合适的电极数和电极距,以满足探测深度和精度的需求。在地形起伏变化较大的工区要严格记录各电极的相对位置(或高程);如果是探测滑坡体或工作面为固定坡度的斜坡,可以只记录起始电极和结束电极的高

程。这些野外工作的细节一定要做好才能在后期的资料处理中带来方便,提高资料解释的准确度。

采集程序“sampdf”所使用的数据格式为 .ems,

需先将其转换为 .abm 格式,然后用资料处理程序“RES2DINV”读取并另存为 .txt 或 .dat 格式。以 0+342 断面为例,txt 格式的存储方式为:

标题区:0+342 断面资料处理系统

```
1. 0000
1
360
0
0
1. 0000 ,      1. 0000 ,      71. 1880
2. 0000 ,      1. 0000 ,      90. 9040
3. 0000 ,      1. 0000 ,      72. 8270
4. 0000 ,      1. 0000 ,      114. 8350
5. 0000 ,      1. 0000 ,      258. 8660
6. 0000 ,      1. 0000 ,      227. 7780
7. 0000 ,      1. 0000 ,      344. 5630
8. 0000 ,      1. 0000 ,      158. 5120
.....
2. 0000 ,      14. 0000 ,      53. 7480
3. 0000 ,      14. 0000 ,      53. 1200
4. 0000 ,      14. 0000 ,      48. 7020
5. 0000 ,      14. 0000 ,      48. 4810
6. 0000 ,      14. 0000 ,      47. 8980
1. 0000 ,      15. 0000 ,      47. 3410
2. 0000 ,      15. 0000 ,      46. 1750
3. 0000 ,      15. 0000 ,      50. 9090
```

RES2DINV 处理软件本身对地形文件的要求是可选的,如果无地形文件,则按水平地形计算。地形文件是 1 个 ASC 码的随机文件,<sup>[5]</sup>文件记录为 1 个整数和 1 个实数,数据之间用空格隔开,其中整数记录了电极的序号,实数记录了该电极的相对高程或实际高程。

地形文件要求包含所有电极的记录,如果没有第一根电极记录,则第一根电极的相对高程为 0;如

最小电极距为 1m

装置类型(Wenner=1)

总数据点数

表示用电极数代表横向坐标

表示仅为电阻率数据(不包含激发极化数据)

横坐标,电极距,所测第 1 个点的视电阻率值

横坐标,电极距,所测第 2 个点的视电阻率值

以下同

果没有最后一根电极的记录,则最后一根电极的高程等于前一个记录电极的相对高程;如果中间连续几个电极没有记录,则根据前后有记录的两个电极的相对高程进行线性插值。一般而言,地形文件应含有地形的所有拐点处电极的记录。

处理程序中要求地形文件以下面的格式出现,并且紧随上面的采集数据.txt 文件,形成一个整体的带有地形的数据文件。

```
2
19
1. 0000 ,      - 11. 6825
6. 0000 ,      - 7. 9005
7. 0000 ,      - 7. 1441
8. 0000 ,      - 6. 8441
9. 0000 ,      - 6. 7441
```

地形数据的标志,如没有地形数据则为 0

地形数据记录点的个数

电极的序号,相对于假设高程 0 点的高程

第 2~5 个电极的高程根据第 1、6 电极高程进行线性插值

电极的序号,相对于假设高程 0 点的高程

以下同

10. 0000 , - 6. 7241  
 11. 0000 , - 6. 6441  
 12. 0000 , - 6. 1441  
 20. 0000 , - 4. 3417  
 21. 0000 , - 4. 0417  
 25. 0000 , - 2. 6969  
 26. 0000 , - 2. 6969  
 33. 0000 , - 0. 5969  
 34. 0000 , - 0. 2000  
 35. 0000 , 0. 0000

电极的序号,假设的 0 高程(此点位于坝顶)

第 36 ~ 39 个电极的高程根据前后两电极的高程线性插值

电极的序号,假设的 0 高程(第 35 ~ 40 个电极位于坝顶)

40. 0000 0. 0000  
 41. 0000 , - 0. 8000  
 42. 0000 , - 1. 2449  
 48. 0000 , - 3. 0143

1

地形数据点的起始电极横向坐标定为 1

0

在地形数据结束后输入 4 个零

0

0

0

至此,带有地形数据的 .txt 文件就编辑好了,下一步便可以导入 RES2DINV 二维电阻率反演软件中进行自动反演成图。

### 3.3 用 RES2DINV 软件实现地形改正

通过程序主界面中的“Read data file”将编辑好的带有地形的数据文件输入程序,利用“Edit”中的功能对所记录的数据文件进行编辑,剔除那些突然变大或变小的孤立的电阻率值异常点,以保证反演的准确性。在各参数设置完成后进行反演处理,点击图 1 中的“Inversion”菜单,此时的反演是未考虑

地形因素的,如果无地形数据时,这时反演完成的图片就是下一步进行分析解释的成果图。但是,此处有地形文件,则需要进一步加载地形数据,使用“Topography options”菜单选择合适的地形走向方式,形成地形趋势图(图 2)。

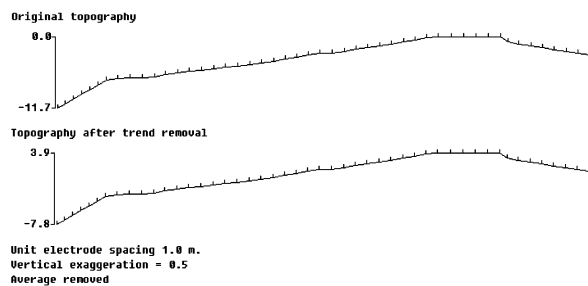


图 2 地形走向趋势图

地形数据加载完成后,点击“Display”菜单显示反演结果操作界面(图 3)。在此操作界面上可以显示加载地形数据前后的反演图像和电阻率反演模块。

### 3.4 反演成果图及定性解释

使用 RES2DINV 电阻率反演程序得到了两断面的电阻率反演成果图(图 4),图中地形起伏状况与实际地形基本一致,形象地显示了坝体横断面的形状。

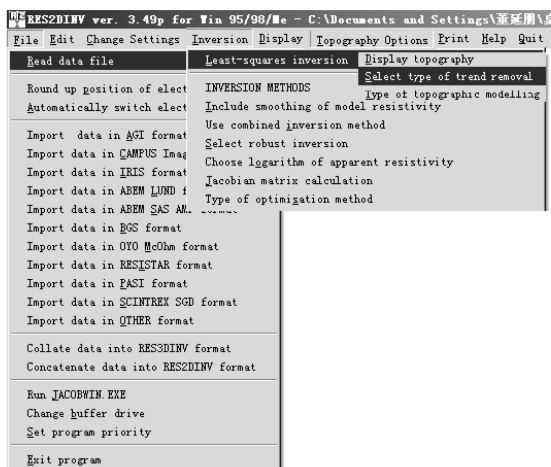


图 1 RES2DINV 程序操作主界面

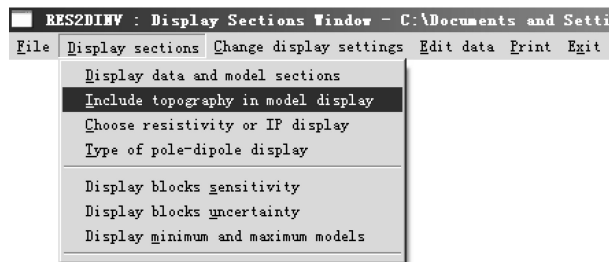
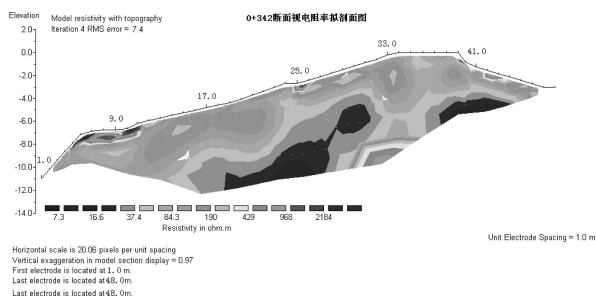
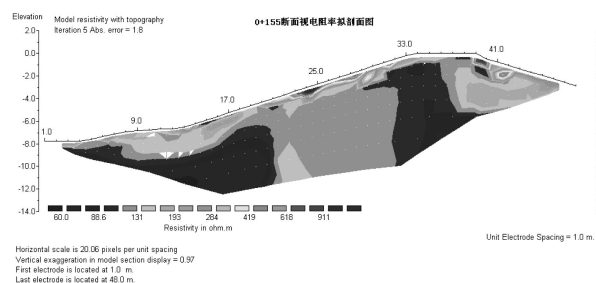


图3 反演结果显示操作界面



(a) 0+342断面视电阻率拟剖面图



(b) 0+155断面视电阻率拟剖面图

图4

图4(a)和(b)中色谱图虽然差异较大,但其电阻率值却十分相近,大都在  $90 \Omega \cdot m$  以下;在坝体下游坡均出现了低阻异常区,纵向深度在 10m 以下,坝体含水量较大;结合实地踏勘推测认为坝基与岩石结合部位渗漏较严重。局部地区是否已形成渗漏

通道需结合坝体纵向电阻率法勘探进行确认,高密度电阻率法勘查为后期的地质钻探提供了宝贵技术资料。

#### 4 体会与建议

在电法勘探中,地形异常往往会歪曲甚至淹没有意义的地电信息,应用 RES2DINV 程序进行地形改正,消除地形影响后,在一定程度上提高了电法勘探数据的解释水平。但是,在野外数据采集工作中一定要记录好地形变化各点的相对高程,这项工作十分重要。

由于工作环境中的地形条件复杂程度不同,探测目标体实际宽度和深度的限制,高密度电法测线长度和探测条件不一定能满足实际要求,因此,应当尝试采用综合物探方法,这样可以扬长避短,提高物探勘查的灵活性和准确度。

#### 参考文献:

- 1 汤洪志、刘庆成、龚育龄. 边界单元法在高密度电阻率法二维地形改正中的应用成果. 物探与化探, 2001(6)
- 2 杨利容. 高密度电阻率法在考古探测中的应用研究. 硕士学位论文. 成都理工大学
- 3 孙鸿雁、林天亮、李汝传. 电法勘探地形影响问题研究进展. 地质与勘探, 2003(增刊)
- 4 韩永琦、张守智. 用 VB 编写高密度电法数据格式转换程序. 物探与化探, 2000(4)
- 5 董延朋、万海. 高密度电阻率法在堤坝洞穴探测中的应用. 大坝与安全, 2006(2)
- 6 张献民、陈文华、刘国辉. 电阻率法地形校正公式的应用. 地质与勘探, 1991(1)

(收稿日期:2008年3月21日)

## Topographic Correction of High Density Resistivity Data

**Abstract:** While we work in the field where the topographic and geological conditions are complex by high density resistivity, it is very important for us to fit the topographic information into the normal data of the electricity. In this paper, it introduces simply the rapid 2D resistivity and IP inversion soft, and it set forth the means and steps by engineering sample. So, the observed apparent resistivity pseudosection is close to the actual topography and physiognomy and it is good for us to analyze and explain the fruit figures. (by Wang Guangcang & Dong Yanpeng)

**Key words:** High Density Resistivity, Rapid 2D Resistivity and IP Inversion, Topographic Correction, Elevation