

高密度电阻率法中几种装置实测效果比较

肖宏跃¹, 雷 宛¹, 雷行健²

(1. 成都理工大学信息工程学院, 成都 610059; 2. 电子科技大学生命科学与技术学院, 成都 610054)

摘要: 高密度电阻率法具有数据采集密集、生产效率高、观测精度高和分辨率高的特点, 已经成为常规物探方法之一, 本文介绍了四种高密度电阻率法装置的工作方式, 并对同一测线的四种高密度电阻率法装置勘探结果进行了比较, 结果表明: 在该地电条件及在相同的剖面长度下, 温纳装置较其它装置具有更好的勘探效果, 而偶极装置更适用于垂向电性变化大的地质情况。

关键词: 高密度电阻率法; 装置; 勘探效果

中图分类号: P631.3⁺22

文献标识码: B

Abstract: The method of high-density Resistivity is of the characteristics of the dense data acquisition, high productivity, precise observation and high resolution, which is one of the convenient geophysical prospecting. The working of the installations for the four methods of high-density resistivity is introduced, and the exploration results in the same line with the four methods are compared. The results indicate that under the same geoelectric conditions and the same length of section, the Wenner array is of the best exploration effect in the four methods and the dipole-installation is prior to the vertical-resistivity-changing geologic condition.

Key words: method of high-density resistivity; array; exploration effect

0 前言

高密度电阻率法原理成熟, 已有一批熟练掌握此方法原理且已积累了丰富实践经验的工程技术人员; 另一方面计算机数据处理与成像技术, 又把大量烦琐的数据计算、成像处理变得极为快速准确, 极大地提高了探测效率和成功率, 因此该探测方法与其它物探方法相比推广应用速度极快, 目前在金属与非金属矿产、地质、构造、水文地质、工程灾害地质、考古、岩溶洞穴景观资源等领域得到了广泛的推广应用, 解决了诸多实际问题, 产生了极大的社会效益及经济效益。

1 高密度电阻率法的工作方法

高密度电阻率法属于电阻率法的范畴, 它是在常规电法勘探基础上发展起来的一种勘探方法, 仍然是以岩土体的电性差异为基础, 研究在施加电场的作用下, 地下传导电流的变化分布规律。相对于传统电法而言, 高密度电阻率法的特点是信息量大。利用程控电极转换器, 由微机控制选择供电电极和测量电极, 实现了高效率的数据采集, 可以快速采集到大量原始数据。具有观测精度高、数据采集量大、地质信息丰富、生产效率高特点。一次布极可以完成纵、横向二维勘探过程, 既能反映地

下某一深度沿水平方向岩土体的电性变化, 同时又能提供地层岩性沿纵向的电性变化情况, 具备电剖面法和电测深法两种方法的综合探测能力^[1]。

高密度电阻率法现场工作时是在预先选定的测线和测点上, 同时布置几十乃至上百个电极, 然后用多芯电缆将它们连接到特制的电极转换装置, 电极转换装置将这些电极组合成指定的电极装置和电极距, 进而用自动电测仪快速完成多种电极装置和多电极距在观测剖面的多个测点上的电阻率法观测。再配上相应的数据处理、成图和解释软件, 便可及时完成给定的地质勘查任务。其具体工作如图1所示。

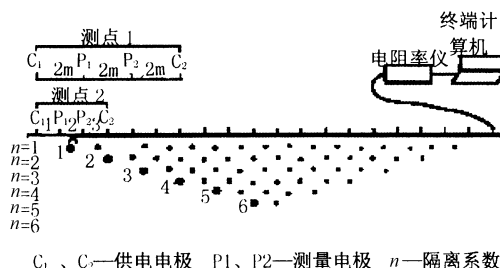


图1 高密度电阻率法勘探系统示意图

收稿日期: 2006-11-27; 修订日期: 2007-02-09

作者简介: 肖宏跃 (1958 -), 女 (汉族), 四川成都人, 大学本科, 副教授。

高密度电阻率法的探测深度随着供电电极距的增大而增大,当隔离系数 n 逐次增大时电极距也逐次增大,对地下深部介质的反映能力亦逐步增加。由于岩土剖面的测点总数是固定的,因此,当极距扩大时,反映不同勘探深度的测点数将依次减少。通常把高密度电阻率法的测量结果记录在观测电极的中点、深度为 na 的点位上,整条剖面的测量结果就表示成为一种倒三角梯形的电性分布及工作剖面。

2 几种排列装置的工作方式

2.1 温纳装置 AMNB (又称 装置)

测量时, $AM = MN = NB$ 为一个电极间距, A、B、M、N 逐点同时向右移动,得到第一条剖面线;接着 AM、MN、NB 增大一个电极间距,逐点向右移动,得到另一条剖面线;这样不断扫描下去,得到倒梯形断面 (见图 2)。

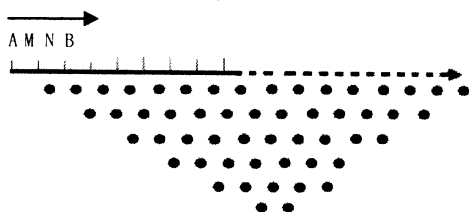


图 2 温纳装置测量示意图

2.2 偶极装置 ABMN (又称 装置)

测量时, $AB = BM = MN$ 为一个电极间距, A、B、M、N 逐点同时向右移动,得到第一条剖面线;接着 AB、BM、MN 增大一个电极间距,逐点同时向右移动,得到另一条剖面线;这样不断扫描下去,得到倒梯形断面 (见图 3)。

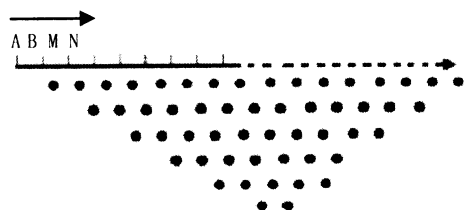


图 3 偶极装置测量示意图

2.3 微分装置 AMBN (又称 装置)

测量时, $AM = MB = BN$ 为一个电极间距, A、B、M、N 逐点同时向右移动,得到第一条剖面线;接着 AM、MB、BN 增大一个电极间距,逐点同时向右移动,得到另一条剖面线;这样不断扫描下去,得到倒梯形断面 (见图 4)。

2.4 四极测深装置

测量时 MN 固定, $AM = NB$, A、B 沿剖面移

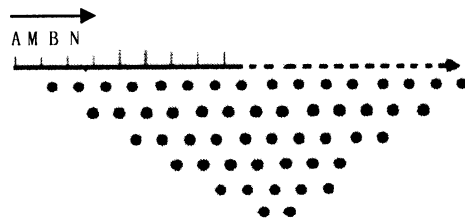


图 4 微分装置测量示意图

动,得到一条滚动线;MN 向右或向左移动一个电极距并固定不动, A、B 同样沿剖面移动,得到另一条滚动线,这样不断下去得到矩形断面 (见图 5)。

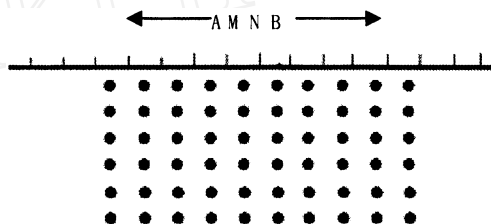


图 5 四极测深装置测量示意图

以上四种方法都适用于固定断面扫描测量,除了四极测深装置得到的是矩形二维电性分布剖面以外,其它三种装置得到的都是倒梯形的二维电性分布剖面^[2,3]。

3 数据处理

高密度电阻率法的数据处理是把所测得的视电阻率,经数据格式转换、数据预处理、地形校正、正演和反演计算,最后得到视电阻成像色谱图并对其进行地质解释。

把格式转换好的视电阻率,经数据预处理消除坏点,保留数据较一致的数据点。并根据现场试验和与其它资料对比分析,选择正演、反演计算参数。

把经预处理后的数据经地形校正,绘成测试原始数据视电阻率成像色谱图 (见图 6)。

反演工作是由所测得的高密度电法原始数据色谱图 (图 6),推断该剖面下的地电断面,确定地下岩石的真电阻率分布。反演采用最佳拟合法,给定一个初始地电断面,在初始断面上计算视电阻率的理论曲线,将理论曲线与实测曲线作对比 (拟合),通过修改参数获得最佳拟合效果,即高密度电法反演成像色谱图 (见图 7)。

用反演得到地电断面图 (见图 7),采用最小二乘法进行正演计算,从而得到高密度电法正演成像色谱图 (见图 8)。

当正演结果色谱图 (图 8) 与 原始数据色谱图

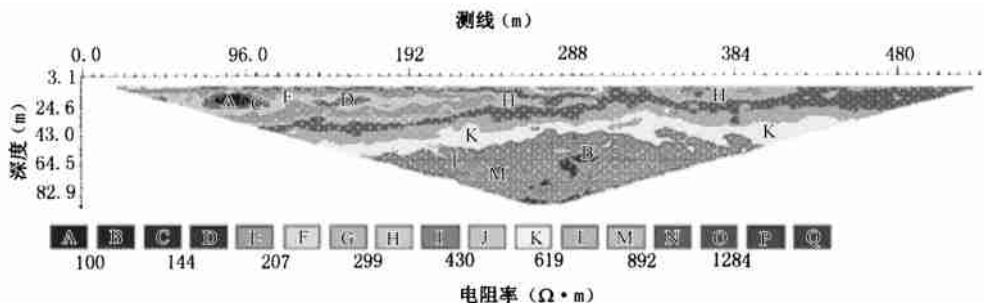


图6 高密度电法原始数据色谱图

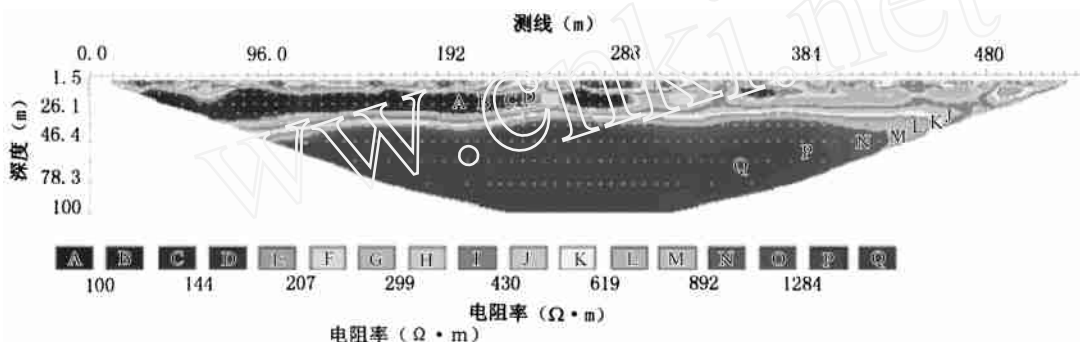


图7 高密度电法反演成像色谱图

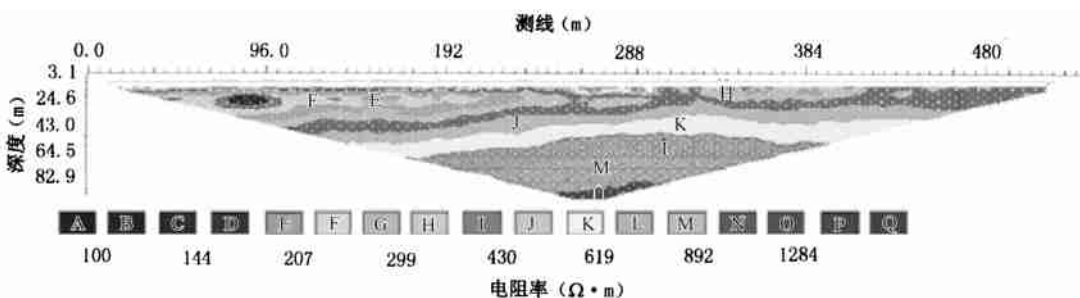


图8 高密度电法正演成像色谱图

(图6) 结果一致时, 说明反演地质剖面结果正确。

4 同一测线上4种排列装置的勘探结果

为研究有可比性, 采用以上4种装置在某一工区选取同一测线进行试验, 该测线位于一堆积体上, 覆盖层为第四系松散堆积物, 成分为含块碎石土坡积物及耕植土, 含块碎石土坡积物电阻率为100~2500 $\Omega\cdot m$, 耕植土电阻率为100~800 $\Omega\cdot m$; 下伏基岩为花岗岩, 电阻率为900~5000 $\Omega\cdot m$ 。

对4种装置在同一剖面上所得到的数据进行数据处理, 在原始、正演成像色谱图结果相同的前提下, 为了节省文章篇幅, 只采用高密度电法反演成像色谱结果图进行的各装置勘探效果比较, 各装置勘探结果如下。

4.1 温纳装置勘探结果

2007年第9期

从温纳装置反演结果图(图9)看出, 图像呈现明显层状结构, 电性界线明显。覆盖层为第四系坡积物, 成分为耕植土及块碎石土, 电阻率表现为不均匀的低阻晕团, 电阻率明显低于基岩电阻率, 其值为100~900 $\Omega\cdot m$; 基岩电阻率呈现层状的高阻反映, 其值为900~5000 $\Omega\cdot m$ 。

从横向上看, 该剖面覆盖层厚度变化较大, 剖面0~240m处覆盖层较浅, 厚度为12~22m; 剖面240~590m处覆盖层变厚, 厚度为22~90m; 最厚位于剖面480m处, 厚度90m。

综合以上分析可知, 堆积体覆盖层深度变化范围为12~90m。

4.2 微分装置勘探结果

从微分装置反演色谱结果图(图10)可以看出: 层状结构比较明显, 电性界线比较清楚, 覆盖

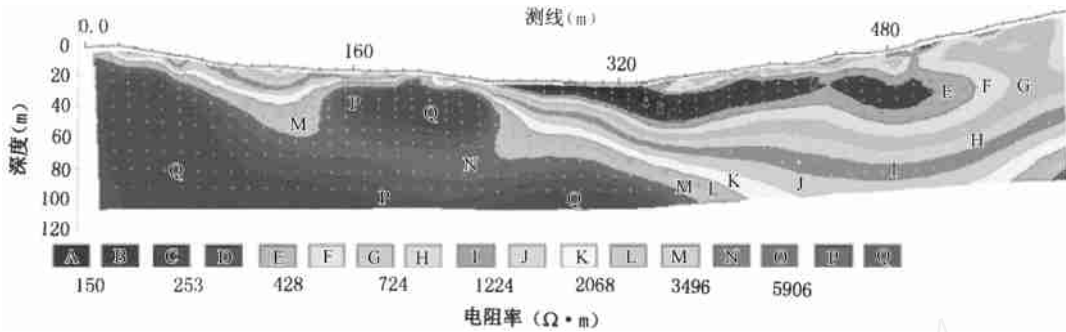


图9 温纳装置反演结果图

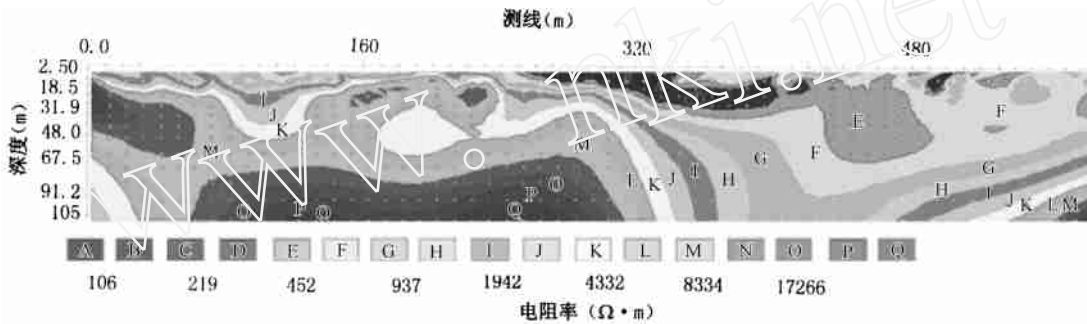


图10 微分装置反演色谱图

层的电阻率表现为不均匀的低阻晕团，电阻率明显低于基岩电阻率；剖面覆盖层厚度变化较大，剖面0~240m处，覆盖层厚度为10~13.5m左右；而剖面240~590m处，由于图无法全部显示900m的地层，所以推断覆盖层厚度为91.2~105m；最厚位于剖面400m左右处，覆盖层的厚度约为105m。

4.3 偶极装置勘探结果

从偶极装置反演色谱图（图11）可以看出：层状结构一般明显，覆盖层的电阻率表现为不均匀的低阻晕团，电性界线比较明显，电阻率明显低于基岩电阻率；剖面0~240m处，覆盖层厚度为14~17.4m左右；剖面240~590m处，由于图无法全部显示900m的地层，所以推断覆盖层厚度为81.9m；最厚的覆盖层的厚度为81.9m。

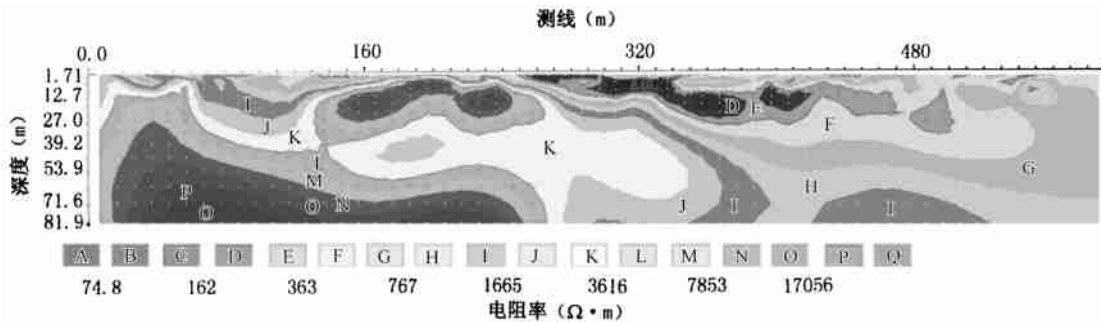


图11 偶极装置反演色谱图

4.4 四极测深装置勘探结果

从四极测深装置反演结果图（图12）可以看出：层状结构较明显，覆盖层的电阻率没有表现出低阻晕团，基岩则表现出高阻晕团，电性界线较明显。由于采用与以上3种排列装置相同剖面长度，但四极测深装置只能测量AB的中点，所以跑极长度不够，剖面0~240m处及240~590m处所反映的地层均不完整，所以图无法全部显示900m的地层，只能按图形趋势推断覆盖层厚度约为78.8m，最厚的覆盖层的厚度约为78.8m。

5 同一地测剖面上几种装置的勘探效果比较

4种装置勘探结果如表1所示。

4种装置勘探结果		表1
装置	剖面0~240m处覆盖层厚度 (m)	剖面480m处覆盖层最大厚度 (m)
温纳	12~22	90
微分	10~13.5	91
偶极	14~17.4	70
四极	-	-

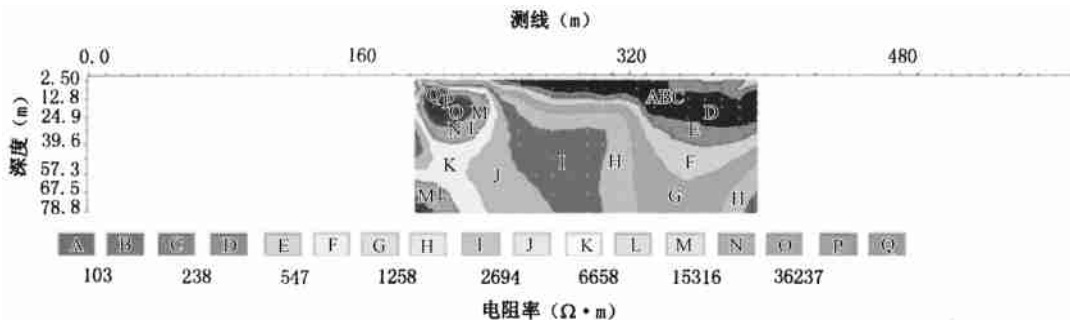


图 12 四极测深装置反演色谱图

结合当地的工程地质资料及钻孔资料可见：

(1) 0~300m, 地形起伏不大, 除四极测深装置外, 其他 3 种装置反映的地下形态基本相似。而在 300~600m, 地形起伏, 温纳装置色谱图能完整地显示各个地层, 微分装置能够大体反映但不完全, 偶极装置反映的地层较混乱;

(2) 在 4 种装置相同的剖面长度下, 只有温纳反演出的结果最完整, 将 900 m 的地层完全显示出来, 层状结构最明显, 比较完整地反映出了基岩及覆盖层; 微分装置和偶极装置也能大致反映出基岩及覆盖层, 但没有温纳装置完整, 且层状结构及视图效果不及温纳装置; 四极测深装置由于跑极长度不够, 不能完整地反映基岩及覆盖层, 效果最差;

(3) 在地形起伏时, 温纳装置仍能很好地反映地层分布, 微分和偶极装置则不是很好, 说明温纳装置受地形影响要小于微分和偶极装置, 而受地形影响最大的则是偶极装置;

(4) 从对覆盖层的反映来看, 效果最好的是温纳装置, 它完整地反映出了覆盖层的厚度, 其次是微分装置, 在现有剖面长度下, 效果最差的是四极测深装置;

(5) 温纳装置对于电性的水平方向变化比垂向变化反映灵敏些, 偶极装置对垂向电性变化十分灵

敏而对水平变化相对不灵敏, 所以偶极装置用来测量垂向电性变化大的地质剖面效果较理想。

5 结论

(1) 当地形起伏不大时, 各装置均能较好地显示各地层; 当地形起伏时, 温纳装置能完整地显示各地层, 微分装置、偶极装置次之。

(2) 对覆盖层厚度探测, 温纳装置最准确, 微分装置、偶极装置次之。

(3) 偶极装置对垂向电性变化最灵敏, 适用于测量垂向电性变化大的地质剖面。

(4) 在实际工作中还要结合当地的地电条件, 具体情况具体分析, 先做实验, 选取最适合当地地电条件的装置及方法, 从而取得最佳的物探效果^[4]。

参 考 文 献

- [1] 雷宛, 肖宏跃等. 工程与环境物探 [M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [2] 王兴泰. 工程与环境物探新方法新技术 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [3] 董浩斌等. 高密度电法的发展与应用 [J]. 地质前缘, 2003, 10 (1).
- [4] 郭建强. 地质灾害勘查地球物理技术手册 [M]. 北京: 地质出版社, 2003.

(上接第 35 页)

- [9] 滑坡防治工程设计与施工技术规范 (DZ/TD219 - 2006) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [10] 滑坡防治工程勘查规范 (DZ/T0218 - 2006) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [11] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算 [M]. 北京: 水利水电出版社, 1994.
- [12] 姚仰平 (主编). 土力学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [13] 李广信 (主编). 高等土力学 [M]. 北京: 清华大学出版

社, 2004.

- [14] Huang Y H. 土坡稳定分析 [M]. 北京: 清华大学出版社.
- [15] 杨光照. 滑坡稳定性分析. 三峡库区地质灾害防治工作指挥部编《三峡库区三期地质灾害防治工程地质勘察技术要求》.
- [16] 赵明阶等. 边坡工程处治技术 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [17] 方玉树. 基于水压率讨论土中孔隙水压力及有关问题 [J]. 岩土工程界, 2007, (5).