

# 高密度电法在水文地质和工程地质中的应用

朱元卓 宋庆伟

河北省地质矿产勘查开发局第五地质大队(河北省海洋地质环境调查中心)

中国地质环境监测院

**[摘要]** 高密度电法测量密度高, 可以获得大量信息, 避免了传统测量技术的局限性。同时, 高密度电法以其自身的优势, 具有广泛的应用性能, 特别是在我国的水文地质和工程地质行业。涉及的工作包括: 管线探测、地下水寻找、矿区识别、岩溶发育区探测、各种地层划分等。然而, 在高密度电法应用于水文地质和工程地质的过程中, 有必要了解其优势和应用形式, 为高密度电法在水文地质和工程地质工程中的发展提供重要参考, 确保工程的安全和稳定。

**[关键词]** 高密度电法; 水文地质; 工程地质; 地质应用

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.03.1164

高密度电法是电阻率电法中的重要内容, 主要是利用地下稳定的电场规律对地质问题进行全面分析和了解。近几年, 在我国水文地质工程不断发展的过程中, 应用高密度电法, 具有经济、快速、简易等性能, 得到了广泛的应用。

## 一、高密度电法优势分析

1. 高密度电法实施的过程中, 电极的布置是一次完成的, 这样可以提升工作效率, 同时也降低故障出现可能性, 避免安全事故的发生。

2. 电极的排列的方式有很多种, 不同测量方案以及测量的环境, 获取的数据有很大差异, 这样可以充分展现出高密度电法的适应性, 打破了传统测量方式带来的弊端和局限。

3. 一般情况下, 工程建设都是露天状态进行, 因此在高密度电法实施的过程中, 可以在露天的状态下实施半自动化的工作形式, 这样可以避免一些人力、物力的浪费, 保证量化的经济效益, 同时也在一定程度上保证了数据收集的准确性, 避免误差。

4. 高密度电法颠覆了传统的技术形式, 从过去的一维到三维技术, 提升了数据收集和分析的准确度, 为相关行业的发展, 以及工程的建设, 提供了重要的技术支持。

## 二、高密度电法的特性和实际应用中的方法

1. 高密度电法在应用的过程中拥有普通电阻率法不具有的特点。一是高密度电法在工作过程中, 可以一次性实现电极的布置, 这就避免了在电极设置的过程中出现的故障和干扰, 大大提高了勘探的效率。二是高密度电法可以通过电极排列方式来测量地质数据。这样的工作方法能够收集到更多的地电断面数据。三是高密度电法能够自动化的进行野外的数据收集, 这就大大提高了地质勘探数据的收集速度, 有效地避免操作失误。除了上述优点之外, 高密度电法用于水文和工程勘探中具有操作简便快速的优点, 而且它需要的场地小, 适合多种勘探环境。

2. 在利用高密度电法进行现场测量的工作时, 首先应布置好地质勘探用的测量线以及测量点, 布置工作完成后, 在具有一定间隔的测量点上将所有的电极设置好, 然后利用转换装置将其转换为地质勘探需要的具有特殊用途的电极。需

要注意的是这些转换好的电极要按照指定的要求进行组合, 并且要按照一定的间距排列好。在测量点利用观测剖面电阻率法进行测量观察的过程中, 要迅速完成电极装置及多电极距的观察工作。之后, 将收集到的数据利用相应的数据处理软件进行处理, 并得出结果这样就可以快速而且有效的完成地质勘探的任务。在用高密度电法进行勘探工作的过程中, 要注意勘探设施的设置。在设置高密度的电勘探温纳装置的时候, 测量点的最小间距系数要设置成 $n_{min}=1$ , 而它的最大间距因子要设置成 $n_{min}=16$ 。高密度电法勘探设备的数据处理包括两个方面, 一个是处理数据前的设置, 还有就是数据反演处理的设置。其中处理数据前的设置需要进行如下步骤: 首先要对视电阻率的值进行编辑, 确保所有数据都是原来的数据。然后进行拼接横截面各个数据, 再就是要把对应的电极平面的坐标添加到已获得的数据文件中。当在处理勘探数据时遇到变化比较大的横截面需要将其海拔坐标添加到数据文件中, 以便数据进行反演处理得到校正。在反复计算该段地质数据的过程中, 要将这些数据转换成不同地质体电阻率之间的关系。数据的反演处理需要在建立和分析二维地电的模型的基础之上, 通过所收集到的数据进行反演计算法计算, 最终得出反演的结果。这个结果能够用于对地形的校正以及地电断面的数据分析。

## 三、高密度电法工作方法

1. 现场测量。首先对测量线、点进行布置, 预先选取完成之后, 全部电极需设置于具有一定间隔的点位上。之后经过转换设备所必须的特殊电极, 此类电极自由组合成指定的设备与间距, 针对各个电极设备与间距所进行的观察可在剖面电阻率方法中的测点内快速进行。观察的同时辅以数据处理、绘图与解释软件, 可以在最短的时间完成勘探工作。

2. 数据前处理。对于地形情况较为复杂多变的横截面而言, 其海拔坐标需要添加至数据文件当中, 为后续反演处理提供重要的参考。通过对此过程收集到的数据分析和计算以后, 采集到的数据资料就可以转换成电阻率之前的联系。

3. 反演处理。创建初始的二维地电结构模型, 结合地质普查资料选取适宜的反演参数, 如阻尼因子、迭代次数以及

收敛极限等,此后运用最小二乘法进行反演计算,最后对反演计算得到的结果进行查看。另外,还要对地形进行校正,最终得到的地电断面可以使用在地质解释过程中。

## 四、高密度电法在水文和工程地质中的应用

在水文地质和工程地质的勘探中,高密度电法是最常用的一种勘探应用方法。应用高密度电法可以有效的评价大坝的地质稳定程度,检测大坝的坝基是否有渗流现象,还能对大坝的裂缝情况进行全面的探测。高密度电法不仅能够应用在地面各种地质体的探测上,还能探测地下的地质现象比如洞穴等。当工程队在岩溶石山区这些地质比较复杂的地段进行井位的搜寻时,应用高密度电法往往能够发挥很好的效果,帮助施工人员找到最好的打井位置。高密度电法在管线探测方面的应用是最为有名的。西气东输工程是我国石油天然气的运输命脉,对我国的油气资源的合理分配和高效利用具有重要的作用和意义。在确定这一工程使用的管道路线时,使用的勘探方法就是高密度电法。当油气管道的铺设的过程中遇到比较复杂的地形时,铺设管道的工程队往往会采用高密度电法对地质体进行探测,确定最佳的铺设管道的线路。然而,在这些复杂的地形环境中,由于地形高度相差比较大,而且不易开展工程工作,有时候使用高密度算法得出的探测结果会出现较大的偏差。在这个时候,工程队可以在多个钻孔中应用高密度电法,然后对各个钻孔中反馈出来的数据,逐一比较并进行数据验证,可以很好的提高探测的精度。

## 五、高密度电法应用实例

1. 水库大坝渗漏探查。某水库工程下坝址的低邻谷是建新河。根据地表调查,左岸有断层构造发育,左岸坝肩孔zk6发现溶洞溶隙,稳定地下水位65m左右,高于河床;河心孔zk5水位为6.5m,低于河水位6m左右;右岸坝肩孔岩芯较完整,但稳定地下水位为78.5m,低于河水位3m左右。鉴于两岸山体雄厚,库水向邻谷建新河渗漏的可能性小,主要是库首绕坝渗漏。T1yn2泥岩为隔水层,确定为左岸帷幕的防渗边界,右岸帷幕防渗边界接飞仙关砂泥岩地层,以切断库水沿T1yn1向建新河渗漏的可能性通道。帷幕下限根据岩体风化、透水性及地下水位进行综合考虑,确定帷幕灌浆防渗底界,则有效防渗面积为92400m<sup>2</sup>。

2. 水库库岸稳定性探查。下坝址正常蓄水位1579m,上下坝址之间河段长1170m,岸坡地形坡度一般35°~50°,河谷为斜向~横向谷,岩层陡倾下游,65°~80°。水库蓄水后,库岸稳定性好,仅在下坝址上游300m处右岸有一崩塌堆积体。水库蓄水高度大于崩塌堆积体后缘,水库蓄水后可能引起浅层滑塌,最大方量约2000方左右,由于库水位以下的浅层滑动,对水库影响不大。

3. 海堤砌石体深度探测。按照相关标准选出一个具有代表性的海堤砌石体,运用高密度电法对其深度进行探测,

得出反演色谱表示图。被测区域中,绝大多数提防工程都建立在抛石的上端。迎水侧实质上就是趋近于直立形式的浆砌石挡墙,填方下层基础主要由淤泥、含泥中细砂层以及淤泥夹薄粉砂层等构成。通过对反演成果的分析得知,其主要呈现出常见的电阻率三层水平形式分布,整体起伏相对较小。在此基础上,对被测区域中的抛石电阻率进行测试,并对地质信息进行深入分析,将维持在30~40n·m的电阻率作为抛石和填土的主要划分依据,同理将10n·m以内的电阻率作为填方下层基础结构的主要划分依据。通过进一步分析可知,砌石层的实际厚度达到6.0m,填土相较于砌石层薄,厚度为2.0~4.0m。

4. 滑坡体分界面应用。按照相关标准选出一个具有一定代表性的枢纽工程,运用高密度电法对其滑坡体进行探测,得出反演色谱表示图。色谱不存在规律层次,从整体的角度看,其中低阻带大多分布于中部与上部,并且是较不连续的。此外,高阻凸起点有两个,其表层存在稍高阻反应。下埋深度保持在6~17m范围内,实际电阻率可以达到120Ω·m。为进一步验证上述结果,对被测区域进行钻探,钻探结果显示预测结果与实际情况完全吻合,确实存在滑坡体,再次有利证实了高密度电法的可靠性与准确性。

5. 应用于地层划分。按照相关标准选出一个具有一定代表性的供水线路,运用高密度电法对其地层进行探测,得出反演色谱表示图。由反演色谱可以明显看出,电阻率曲线主要呈现出一种闭合与半闭合相交的情况,实际电阻率取400Ω·m,这是由于受到回填砂性土的影响而产生的。表层下方的多个桩基中存在阻倒U型闭合圈,这是由于受到淤泥质土的影响而产生的,其余桩段地层大多为粉质黏土。

6. 高密度电法其他应用范围。除以上应用范围外,高密度电法还能使用在建筑选址、高等级公路桥梁建设以及机场跑道等重点工程的地质勘探工作中,这些都离不开高密度法的支持。在对坝体整体强度与起伏特点进行分析和评定的过程中,高密度电法同样可以使用,而且所得到的成果也较为准确。实例表明,合理运用高密度电法可以十分准确地得出岩溶地区中水资源的主要分布情况;借助瞬态瑞雷面波法可以很好地解决机场扩建工程必须面临的岩土勘察难题;还可对河道以及墓穴等进行定位和测量,以此更好掌握实时信息,为施工提供可靠的数据参考和技术支持。

总之,高密度电法是当前较为先进的新型电探技术,依靠全面的技术支撑,在进行日常工作中可以大幅缩减电磁干扰与事故发生概率,极大地提升了工作的准确性与效率。

## 参考文献

- [1] 汤浩, 谢蒙, 许进和. 高密度电法在水文地质和工程地质中的应用[J]. 人民珠江, 2011, 32(z1): 39-41.
- [2] 王士鹏. 高密度电法在水文地质和工程地质中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2000, 27(1): 52-56.