

高密度电法物探在工程勘察中的应用

史少博 阴世宁 徐 涛

中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司 河北 保定 073000

摘 要: 本文探讨了高密度电法物探在工程勘察中的应用。高密度电法基于电阻率法勘探原理,通过布置高密度电极阵列,提高数据采集密度和自动化程度,能够直观显示地层、构造,便于综合推断。高密度电法具有适用范围广泛、数据采集高效等优势,为工程勘察提供有力的技术支持。

关键词: 高密度电法;物探技术;工程勘察

1 高密度电法基本原理

1.1 电阻率法勘探基础

电阻率法勘探是一种基于地下介质导电性差异进行地质探测的物理勘探方法。其基本原理在于,不同地质体由于其成分、结构、含水率等因素的差异,导致它们的导电性有所不同。通过在地表布置电极并施加电流,观测地下稳定电流场的分布规律,可以推断出地下介质的电阻率分布,进而揭示地质构造、岩性分布、地下水活动等地质信息。

1.2 高密度电法概述

高密度电法是在常规电法勘探技术基础上优化升级而来。它的突出特点在于电极阵列的巧妙布局,通过高密度设置电极,将电极按特定间距精准排列,造就极小的测量点间距。高密度电法深度融合现代信息技术,有着高度自动化的工作模式。计算机全程介入数据采集与处理流程,大大削减了人力投入,不仅规避了人工操作失误,还缩减了人力成本。以滑坡勘察为例,该技术立足土层与岩石导电率差异,敏锐捕捉地下电位变化,挖掘地质规律,为棘手的地质难题提供破解思路。它能够快速把测井资料转化成直观的电阻率剖面,清晰呈现岩石密实程度、边界轮廓等关键要素,充分彰显其在工程物探里的实用价值。而且,配套的计算机构成的物探系统可循环利用,前期铺好线路,后续连接数据处理系统,就能覆盖数千探测点,运维成本较低^[1]。

2 高密度电法在工程勘察中的优势

2.1 提高数据采集密度与自动化程度

高密度电法在工程勘察中显著提高了数据采集的密度和自动化程度。相较于传统的电阻率法勘探,高密度电法通过预先设定的电极阵列,可以实现对测量点的高密度布置,从而获取更丰富的地质信息。另外,该方法与现代信息技术紧密结合,利用计算机和自动化设备进行数据采集和处理,大大提高了勘探的效率和准确性^[2]。



图1 高密度电法物探仪器

2.2 直观显示地质构造,便于综合推断

高密度电法的另一个显著优势在于其能够直观显示地质构造,便于进行综合推断。通过观测和分析高密度电法采集的数据,可以生成电阻率剖面图等可视化成果,清晰地展示出地下介质的空间分布特征。这些成果不仅能够帮助工程师直观地了解地质构造、岩性分布等信息,还能够为地质灾害预警、矿产资源勘探等领域提供有力的支持。同时,高密度电法的数据还可以与其他地球物理勘探方法的数据进行融合分析,进一步提高综合推断的准确性和可靠性。

2.3 适用范围广泛,可用于不同地质条件

高密度电法在工程勘察中的适用范围广泛,可用于不同地质条件下的勘探任务。无论是平原地区、山区还是丘陵地带,高密度电法都能够根据实际需求进行灵活布置和勘探。该方法对于不同类型的地质体(如岩石、土壤、含水层等)也具有较好的适应性。通过调整电极间距、观测方式等参数,可以实现对不同深度、不同规模地质体的有效探测。

3 高密度电法在工程勘察中的应用

3.1 工程地质勘探中的应用

3.1.1 项目背景

本项目位于西藏自治区日喀则市，雅鲁藏布江左岸支沟内。场地地形北高南低，标高范围在4515~3905m之间。本沟谷为侵蚀堆积沟谷，呈“U”型，走向NW60°，长约5.1km。拟建场地包括截水坝、上游排土场、下游排土场及雨水收集池等部分，工程沿沟谷分布。

3.1.2 高密度电法物探的应用

本次高密度电法物探的主要目的是查明工作区内是否存在影响场地稳定性的断裂构造等不良地质作用，同时辅助查明覆盖层厚度和基岩埋深情况，为拟建排土场的设计提供可靠依据。本次勘察采用了高密度电法中的温纳装置进行测量。该方法通过向地下供电流，并在测量电极间测量电位差，从而求得地层的视电阻率值。通过仪器控制进行电极转换，实现组合测量，提高了测量效率和测量点数，获得了丰富的地层信息^[3]。

3.1.3 物探解析与成果

(1) 解析原则

利用测线所经过的钻探成果，判断钻孔位置各地层的电阻率分布范围，确定覆盖层与基岩的分界线。根据各分界线的电阻率值从钻孔处外推，获得整个剖面的覆盖层与基岩分界面。最后结合视电阻率值的相对大小和等值线变化形态，以及钻探成果和其他地质资料，推断覆盖层厚度、断层、破碎带等隐伏地质构造。

(2) 物探剖面解释

本项目在上下游排土场区域内共布置了15条物探剖面，包括上游排土场的1、2、3、4、8、9、15剖面 and 下游排土场的5、6、7、10、11、12、13、14剖面。通过对各剖面的物探解析，得到了以下主要成果：

上游排土场：覆盖层厚度在0-27m之间，地层从上到下主要为碎石土、破碎岩体、较完整~完整的岩体。局部表层出现高阻值，主要是由于碎石土中含块石所致。其下测的低阻区为碎石土赋存地下水所致。通过钻探验证，物探结果与实际情况基本一致。

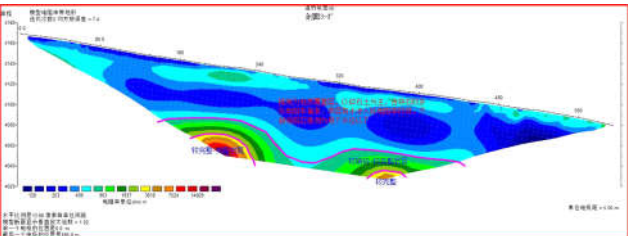


图2 上游排土场典型剖面图

下游排土场：覆盖层厚度最大超过127m，位于下游排土场坡脚区域。地层从上到下同样主要为碎石土、破碎岩层、较完整~完整的岩层。表层局部出现高阻值，低

阻区同样为碎石土赋存地下水所致。此外，在下游排土场的部分剖面中，还探测到了第四系覆盖物的沉积层理和局部含大块块石的情况。

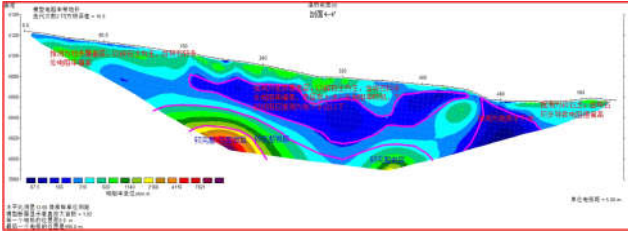


图3 下游排土场典型剖面图

3.1.4 高密度电法物探的应用效果

通过本次高密度电法物探的应用，成功查明了工作区内是否存在影响场地稳定性的断裂构造等不良地质作用，并辅助查明了覆盖层厚度和基岩埋深情况。物探结果与钻探验证基本一致，证明了高密度电法在工程勘察中的准确性和可靠性。

3.2 在某高速公路滑坡勘察中的应用



图4 高速公路滑坡勘察背景图

3.2.1 工程背景

某高速公路11标段K220+660-K220+900处的边坡遭遇了滑坡难题，在勘察设备与人员进场前，K220+710-K220+855位置已然发生滑坡。此次勘察任务艰巨，需探明滑坡区域的规模、地层厚度、滑动面形状、地质运行规律，明确滑坡位置及周边构造带，为后续治理提供精准基础数据^[4]。

3.2.2 场区地质概况

(1) 自然状况：待勘察的边坡区域植被茂盛，以松树、茶树和杂草为主，山谷间小溪潺潺，沟谷发育。(2) 地形地貌：属于构造剥蚀中、低山区地貌，山谷呈“V”字形，坡度均匀，介于25°-30°，山顶相对标高159m，沟谷底相对高程60m。(3) 地层构造：地层岩性主要是第四系坡残积土及泥盆系片岩，受区域构造影

响,存在断层,节理发育且走向与边坡基本一致,岩体破碎。(4)水文地质条件:地下水依赖降雨补给,包含基岩裂隙水与孔隙水,径流方向随地形从高向低流动。

3.2.3 高密度电法应用详情

野外工作时,因项目对数据量与精度要求高,电极极距间隔设为3m,温纳装置隔离系数定在1-28范围。测量数据现场直传笔记本电脑处理,遇异常点位,即刻重测复查,力保数据真实可靠。全场区共布设8条测线(Z1-Z8),各测线依据现场条件精准施测,像Z1测线在K220+680-K220+857位置开展测量,测点间距依实际情况设为3m,完成了58个测深点的采集工作。

3.2.4 数据处理及解释成果

利用高密度电法获取的可视电阻率等值线图展开分析,这是解读滑坡地质信息的关键一环。以Z3剖面为例,可明显看到K220+730-K220+740区间呈现低阻带,与之相对,K220+770-K220+790范围则是高阻带。结合现场实地勘查与钻探反馈的数据,最终确认Z3剖面的滑坡体最大厚度为14.2m。综合各条测线的高密度电法数据,能够精准判定出滑坡不稳定区域边界,以及滑坡区域软弱地层的埋深情况,为后续制定滑坡治理方案提供关键支撑。

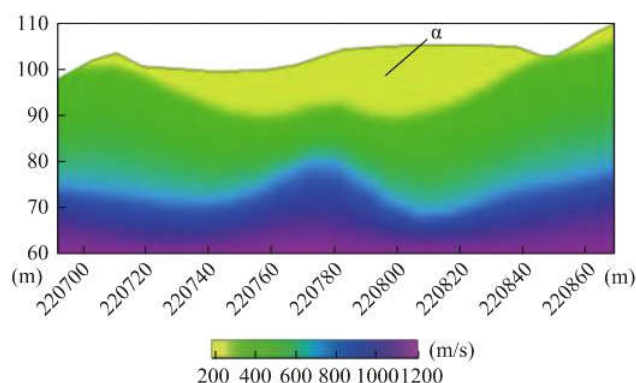


图5 Z3剖面面波波束影像图

3.2.5 勘察成果总结

滑坡体基本性状:经高密度电法全面勘察,发现在K220+700-K220+850区间存在低阻区,预示着潜在的滑坡风险;而K220+742-K220+819区域呈现高阻带,埋深处于0.8-15.5m之间,此处由稳定岩石构成。潜在滑坡体平面近似马蹄形,纵向长约120m、横向宽约74m,总面积约7100m²,厚度在1.2-14.7m范围,平均厚度达11m,属于中型滑坡体。

滑坡体形成原因:从高密度电法揭示的地质电阻率特征切入分析,高阻带两侧视电阻率降低,表明这两侧地质结构松散破碎。一旦遭遇气候波动,在重力、风荷载、雨水等外力作用下,松散土体就会顺着特定方向滑移。加之该区域岩土体节理裂隙发育,裂隙中的填充物起到助滑效果,降水又进一步增加了滑坡体重量、降低了摩擦力,多重因素叠加,致使边坡失去稳定性,最终形成滑坡。

结束语

综上所述,高密度电法在工程勘察中发挥着重要作用,其高效、精确的数据采集能力和直观的地质构造显示功能,为工程师提供了丰富的地质信息。通过实际工程案例的应用,证明了高密度电法在查明地质构造、滑坡体性质等方面的准确性和可靠性。

参考文献

- [1]张健.高密度电法在工程物探中的应用分析[J].世界有色金属,2020(18):268-269.
- [2]王涛.高密度电法在工程物探中的应用[J].价值工程,2022,37(27):221-222
- [3]李智源.高密度电法在水利水电工程地质勘察中的应用[J].工程与建设,2023,37(04):1129-1131.
- [4]黎周,叶伟杨,陈大喜.高密度电法在东屏水库工程坝址区勘察中的应用[J].安徽水利水电职业技术学院学报,2023,23(02):15-18.