

# 电法勘探方法在水文和工程地质中的应用探析

陈佐明

重庆市勘测院

DOI:10.12238/gmsm.v7i3.1679

**[摘要]** 随着经济的快速发展,相关企业加大了项目建设、矿业开采等行业的投入,使得水文和工程地质勘探的重要性也越来越突出,有必要采用更为高效的勘探方法来获得高质量的水文和工程地质相关参数。电法勘探方法是一种利用矿石电化学特性和电磁学性质差异进行地质勘探的方法,由于适应性好、问题处理能力强等优势被广泛应用于各个领域。其在水文和工程地质勘探中具有良好的应用效果。文章详细分析水文和工程地质勘探中电法勘探方法的具体应用,为相关行业提供参考。

**[关键词]** 电法勘探方法; 水文; 工程; 地质勘探

中图分类号: TD166 文献标识码: A

## The application of electric exploration method in hydrology and engineering geology

Zuoming Chen

Chongqing Survey Institute

**[Abstract]** With the rapid development of the economy, the relevant people increased the project construction, mining and other industries, hydrology and engineering geological exploration is becoming more and more important, it is necessary to adopt more efficient exploration methods to obtain high-quality hydrological and engineering geological exploration work. Electrical method is a method of geological exploration which makes use of the difference between electrochemistry and electromagnetism of ore. It is widely used in various fields because of its good adaptability and strong problem-solving ability. It has good application effect in hydrologic and engineering geological exploration. This paper analyzes in detail the application of electrical prospecting methods in hydrological and engineering geological exploration, and provides reference for related industries.

**[Key words]** Electrical exploration method; Hydrology; Engineering; Geological exploration

### 引言

随着经济的发展,对各种资源的需求量逐渐增加,进而推动了地质勘探的发展。水文和工程地质勘探是地质勘探的重要内容,关系到人类的生存与发展,因此探索更为高效的勘探方法是非常有必要的。由于地壳是由各种矿石、地质构造、矿体等组成,因此具有导磁性、导电性、介电性、电化学性质,因此可以利用上述特征使用电法勘探方法开展勘探工作,根据其时间特性与空间分布规律,可以实现地质构造和矿体物性参数、大小、位置、产量、埋藏深度等赋存状态的推断,为水文和工程建设的开展提供数据支持。文章主要介绍地质雷达、瞬变电磁法<sup>[1]</sup>、高密度电法、可控源音频大地电磁法、激发极化法等,并详细阐述不同方法在水文和工程地质中的应用,为地质勘探人员提供参考。

### 1 地质雷达

地质雷达是电法勘探方法中的一种,主要利用不同物质对超高频电磁脉冲信号的反射原理来开展地质勘探工作<sup>[2]</sup>。首先

利用发射机的发射宽带或发射天线将超高频电磁脉冲信号传送到地下,当电磁波信号遇到阻碍后会产生发射信号,而接收天线接收到信号后将其传输到接收机中,并对信号进行解析和放大,然后显示在示波显示器中。专业人员则能够通过显示器中的波段判断是否存在探测目标,并且通过平均反射波速、信号滞后时间等计算出目标距离。而地质性质和地质分布情况等则可以通过电磁脉冲波的振幅、频率等参数分析。地质雷达的工作原理和地震反射原理相似度高,因此也叫做探地雷达,被广泛应用于探地工程中。地质雷达穿透效果和发射电磁脉冲波的频率呈正相关,也就是说地质雷达发射的电磁脉冲波频率越高,那么其穿透效果也越好。和普通电磁波探测仪器相比,地质雷达的勘探能力更强。

地质雷达最初应用于含冰、盐土等地层的地震勘探中,经历了长期的应用开发,得到了迅速地推广应用。现阶段,我国在地质雷达勘探仪器的研制多与高校和科研机构共同进行,但受多种因素制约,仍需借助进口设备才能获取更为准确、高效的地质

信息资料。地质雷达有一个明显的优点,那就是高分辨率,可以得到更准确的资料。地质雷达不仅在地质灾害、考古、潜水、溶洞等领域中有重要的用途,在工程地质中也得到广泛应用,包括城市给排水系统铺设、大型基础设施建设、建筑的钢筋水泥结构与无损检测、公路路基和铺层建设等。以城市建筑供水地层勘探为例,勘探的过程中显示土层深度不同,其电阻率也有一定的差异,根据地质雷达探测仪器显示的波形图实现土层地质性质的评估,比如说表层电阻率在 $200\sim 400\ \Omega\cdot m$ 之间,并且为半闭合样,可判断回填沙土为表层土质的性质。下层电阻率为 $40\sim 40\ \Omega\cdot m$ ,则表示为淤泥。这些数据信息为工程的建设提供了数据依据。

## 2 瞬变电磁法

瞬变电磁技术一般将发射点线圈设置在地面或控制,在接地源线或不接地回线的情况下,将一个脉冲的磁场辐射到地球上,从而产生一种脉冲磁场,利用电磁场的变化情况来获得二次场衰减曲线,进而感受各地质体感应磁场的不同,进而实现各地质体的规模与性质的推断<sup>[3]</sup>。由于瞬变电磁法可消除装置耦合噪音,可提高分辨率。瞬变电磁法还具有两个优势,其一,设备体积小,携带方便,操作也相对简单。其二,响应速度更快、分辨率更高,可以实时、细致地获得更多的地质信息,从而提高了地质勘探工作质量和效率。由于瞬变电磁法是结合不同地质条件产生的磁场差异的特性来开展工作的,并且工作过程中受到地势、地形等地质条件影响比较小,因此可以在更深度的地质条件下工作。同时由于该探测方法灵活敏锐性更高,不但可以较快地实现勘测数据记录与传输,还能够提高分辨率分析的科学与准确性。

瞬变电磁法的应用优势被许多人重视,早期主要应用于矿产资源的勘探中,现如今已经广泛应用于工程、地质灾害、环境等领域中。我国也加强了瞬变电磁法的研究,目前已经研发出多种瞬变电磁法探测仪,这些探测仪具有操作效果好、功率小、探测深度小的特点,但是在功率大,探测深度大的探测仪的研发方面依然落后于发达国家,尚需进口。水文和工程地质勘探中瞬变电磁法的应用主要体现在以下方面:矿山地下水储量与水位的确定,断层砂岩与矿区顶板的富水性和导水性的判断、地下含水层的勘探、断层的空间位置与含水程度的评估等。在煤矿开采过程中,瞬变电磁技术在煤矿开采过程中起到了很大的作用,如采空区各煤柱的检测、矿井水源的监测等。瞬变电磁方法在工程地质勘探中的应用主要体现在:水库坝址与防洪堤安全隐患探测、隧道地质构造探测、高层建筑和桥梁地基探测、防渗帷幕探测等,在市政地下管网的分布情况探测也有一定的价值。

## 3 高密度电法

相对于常规的电阻率方法,高密度电法是一种电阻率法勘查技术,有机结合了电测探法和电剖面法,利用高密集布设形成对二维电断面进行探测<sup>[4]</sup>。与常规的电阻率方法相比,高密度电法具有较高的智能性。工作过程中利用微机工程电测仪器与程

控电极实现开关的转换,检测剖面上的电极距离、电极排列方式,能够自动化完成数据收集工作。经过多年的研究、探讨与实践,高密度电法在国内已有很大的发展与完善。数据收集的自动化程度很高是高密度电法的优点,能够不间断地一次完成数据的收集,因此能够避免由于人类原因造成的资料遗失等问题,大大减少了由电极设定造成的扰动和发生故障的危险。同时也可以应用于野外数据收集工作中,全自动化或半自动化完成数据收集工作,替代了手工数据收集,大大提高了工作效率。高密度电法不仅能够获得海量数据,而且更加完备,而且在探测精度、探测深度、探测速度等方面更具优越性,在水文学和工程地质勘探领域得到广泛的应用。高密度电法兼容性较强,可以与其他地质勘探方法结合使用,解决了分辨率低的问题。现如今,高密度电法主要应用于地质灾害的调查、地下水源的寻找、煤矿采矿业区域管线勘探、大型工程(高层建筑、桥梁工程大型基础设施等)建设地基勘探、考古工作场地类别划分、水库坝基和堤坝稳定性或渗漏的勘查、隧道工程建设物理性质与周边介质地下形体检查等领域中。以城市污水管网工程地质勘探中的应用为例,可以利用高密度电法进行土层的划分,得到了高精度的成像结果,并且通过不同地质结构导电性能的不同,通过地层上部电阻率较高判断为填土层,而下层电阻率较低,可判断下层为黏土层,这样可以实现岩土土质的划分,然后根据这个分析结果进行管网的铺设,提高了施工的科学性。

## 4 可控源音频大地电磁法

可控源音频大地电磁法是一种结合了大地电测法(ATM)与音频大地电测法(MT)的探测方法,是在麦克斯韦方程组与电磁波传输理论的基础上发展而来<sup>[5]</sup>。通过在地面上放置多个音源与接收器,利用电磁波在地下传播的特性,获取地下结构的信息。在工作过程中需要建立一个人工场源,根据磁场和电场间的电阻率来探明电磁波频率和深度之间的对应规律,进而通过对应的频率判断目标深度。可控源音频大地电磁术利用可控人工场源,在此基础上,利用电偶极形成两个电磁场,然后测量其电磁场分量,并且测量工作中应该严格控制电极电源的间距以及电源与具体测量位置的间距,是两个场源之间能够产生平面波,从而实现了目标的探测。可控源声波地球电磁技术能够有机融合剖面法和测深两方面的特性,因此在探测深度上有着其他探测方法没有的优势,表现为(1)探测工作通过改变频率来进行,可以实现不同深度地层的有效勘探,克服了常规电法勘探中由于结构参数的改变而导致的测量误差及工作效率低下等不利因素,大大提高了勘探信息的准确性,工作效率也都有了很大的提升。(2)可控的人工场源的使用,可有效避免各种干扰因子的影响,具有良好的抗干扰性能,从而降低了工程中复杂的地质条件和地质条件对电阻的影响。(3)可控源音频大地电磁法功能强大,可在同一时间发射多个电磁脉冲波,且每一个电视脉冲波的频率不同,这样不仅可以缩短探索的时间,还可以扩大探测的深度范围,获得更加全面、准确的数据,大大提高了探测效率和探测质量。(4)具有较高的横向分辨率,在断层结构方面探测的灵敏

性更高。可控源音频大地电磁法上述优点,使其在矿产勘查、寻找地下水源、水库渗漏状况勘探等方面具有广阔的应用前景。以水库坝体渗漏情况勘探为例,可结合其不同高程处的电阻率曲线状况及异常状况,可判定有无漏水现象。另外,在水文地质条件下,也可以通过电阻率的变化用来判别各层的地层属性。比如说水库所在地受降水影响,地下水源充足,如果岩层透水性较强,那么岩溶湿润度也随之增加,松安降低了电阻率。通过这些数据可以判断此地段的岩层性质为灰岩,并且岩层中有裂缝、裂隙等。但是如果是密集度较高的砂页岩,岩溶填充物较少,且岩层比较干燥,电阻率是比较高的。

### 5 激发极化法

在使用激发极化法进行地质勘探时,电器供电或切断电源的一瞬间会发生电场的变化,这个变化就是激电效应。激发极化法是利用电流对岩石或矿石的传导而发生电场的反应,通过观察这个反应的不同来达到勘探目的<sup>[6]</sup>。根据电磁场的时间特性可分成直流电法和交流电法两种。直流表现为时间域,交流表现为频率域。采用激发极化法进行地质勘探时,一般不受地形与围岩导电性的影响,因此扩大了其应用范围,尤其是在各种地下水源的寻找中优势更为明显。利用岩石、矿石所产生激电效应的不同,因此在解决地质问题、寻找水源方面提供更为准确的数据。激发极化法也具有较高的兼容性,如果能够与高密度电阻法有机结合,则能够在水源寻找方面展现出更高的优势,大大提高

了地层含水量监测的准确性,成功寻找到水源,因此也叫做“找水新法”。

### 6 结束语

总而言之,电法勘探方法比较多,这些技术为地质勘探工作提供了更多的数据支持,但是根据目前的使用情况来看,电法勘探方法在水文和工程地质勘探中的应用依然存在一些不足之处,因此应该对各种电法勘探方法进行深入的研究,不断提升分辨能力,使其能够为相关领域提供更为准确性、可靠性的数据依据,促进相关行业的发展。

### 【参考文献】

- [1]刘俊伯,张建.水文和工程地质中电法勘探应用实践[J].冶金管理,2023,(05):61-62.
- [2]卜永宁.电法勘探方法在水文和工程地质中的应用[J].世界有色金属,2022,(24):178-180.
- [3]刘叶,欧东新.电法勘探方法在水文和工程地质中的应用探析[J].世界有色金属,2022,(13):199-201.
- [4]哈连金,李海龙.电法勘探方法在水文和工程地质中的应用分析[J].世界有色金属,2019,(24):233-234.
- [5]侯海丽.电法勘探方法在水文和工程地质中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2018,(09):53+89.
- [6]黄庆倡.电法勘探方法在水文和工程地质中的应用[J].低碳世界,2017,(16):37-38.