

# 水利工程建设中的地球物理勘探方法及其应用

卜梓轩 徐凯

江苏省工程勘测研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v8i7.5548

**[摘要]** 水利工程建设需要全面勘察复杂的地质和环境条件。其中地球物理勘探方法在水利工程建设的设计、施工和监测中起到重要作用。基于此,本文综述了重力、磁法、地震、电法和地电化学勘探等地球物理勘探方法在水利工程中的应用,如坝体调查、渗漏检测、岩基稳定性评价等,分析了其优缺点,并探讨了新技术和多方法综合应用的趋势。

**[关键词]** 地球物理勘探; 水利工程; 坝体结构; 渗漏检测; 岩基稳定性

**中图分类号:** TV5 **文献标识码:** A

## Geophysical Exploration Method and Its Application in Hydraulic Engineering Construction

Zixuan Bu Kai Xu

Jiangsu Engineering Geophysical Investigation Institute Co., Ltd

**[Abstract]** The construction of water conservancy projects requires thorough investigation of complex geological and environmental conditions. Geophysical exploration methods play a crucial role in design, construction, and monitoring. This paper reviews the applications of gravity, magnetic, seismic, electrical, and geochemical explorations in water conservancy projects, such as dam structure investigation, leakage detection, and rock foundation stability evaluation. It also analyzes their pros and cons and explores trends in new technologies and integrated approaches.

**[Key words]** Geophysical exploration; Water conservancy project; Dam structure; Leakage detection; Rock foundation stability

### 引言

(1)背景介绍。水利工程是指通过对水资源的开发、治理和利用而建造的工程设施,包括水库、坝体、渠道、河道治理等。水利工程在防洪、灌溉、水力发电、供水以及生态保护等方面起着至关重要的作用。然而,水利工程建设往往涉及复杂的地质条件和多变的环境因素,这对工程的安全性和稳定性提出了很高的要求。

地球物理勘探作为一门利用物理方法研究地球结构和性质的科学技术,在水利工程的设计、施工和监测中发挥了重要作用。通过地球物理勘探,可以获取地下岩层、构造、含水层等信息,为工程决策提供可靠的数据支持。

(2)研究目的与意义。本研究旨在系统总结地球物理勘探方法在水利工程建设中的应用,分析其优势与局限,并探讨未来发展的方向。通过对不同勘探方法的介绍和实例分析,提升水利工程在设计 and 施工阶段的科学性和精确性,从而降低工程风险,提高工程质量和安全性。

地球物理勘探在发现隐蔽的地质缺陷、评估坝基稳定性、监测渗漏等方面具有不可替代的优势。深入了解和准确应用这

些方法,不仅能够节约工程成本,还能有效预防和减少工程建设中可能出现的各类安全隐患。因此,研究地球物理勘探方法的应用具有重要的实际意义和理论价值。

### 1 地球物理勘探方法概述

#### 1.1 重力勘探

##### 1.1.1 原理与方法

重力勘探是利用地球引力场的变化来研究地下结构的方法。由于不同地质体的密度不同,会引起重力场的异常变化,这种变化能够被重力仪器测量出来。典型的重力勘探方法包括区域重力测量和小规模的详细地重力测量。

##### 1.1.2 应用实例

重力勘探技术常用于基础结构的勘探,例如检测大坝基础的地质条件,还可以用于评估地质灾害,如滑坡和地陷的潜在风险。

#### 1.2 磁法勘探

##### 1.2.1 原理与方法

磁法勘探利用地球磁场中磁性异常来探测地下的地质构造。磁性资料主要通过磁力仪测量地表或空中磁场强度的变化。该方法对探测地下铁磁性物体和岩体非常有效。

### 1.2.2 实际应用

磁法勘探在水利工程应用中多用于定位地下岩体和断层结构。例如,在建造大坝之前,利用磁法勘探可以发现潜在的隐患断层,从而采取预防措施。

### 1.3 地震勘探

#### 1.3.1 原理与方法

地震勘探基于地震波在地质体中传播的特点,通过分析地震波的传播时间和反射特性来推断地下结构。主要包括反射法和折射法两种技术。

#### 1.3.2 实践中的应用

地震勘探广泛用于工程地基研究和地质层分析。在水库建设中,通过地震勘探可以确定地下岩层的分布和特性,为坝体建设提供关键数据。

### 1.4 电法勘探

#### 1.4.1 原理与方法

电法勘探使用人工电流在人造电场中的传导特性来探测地下不同地质体的电阻率变化。主要方法包括电阻率法、电位法和极化法。

#### 1.4.2 具体应用

电法勘探在检测地下水和评估土壤孔隙率方面非常有用。例如,在水利工程中,电法勘探可以确定地下含水层的位置和范围,从而有效管理水资源。

### 1.5 地电化学勘探

#### 1.5.1 原理与方法

地电化学勘探通过测定地下水和土壤中的化学成分变化来识别地质异常。其主要工具包括地化传感器和分析仪器,能够高效检测地球化学异常。

#### 1.5.2 应用领域

地电化学勘探广泛应用于矿产资源勘探和环境污染监测。对于水利工程,特别是在评估环境影响和检测污染源时具有重要意义。

## 2 地球物理勘探在水利工程中的具体应用

### 2.1 坝体结构调查

坝体结构调查是水利工程施工前的重要步骤,确保坝体的稳定性和安全性。勘探目标包括识别坝体内部的缺陷、测量坝体材料的物理性质以及评估坝体的结构完整性。选择的技术因坝体的类型和特定的调查目标而异,常用的方法有地震反射法、重力探测法和电阻率成像技术。

例如,在某水库坝体调查中,采用地震反射法成功识别出坝体内部的裂隙和弱层,为后续加固提供了科学依据。使用重力探测法和电阻率成像技术能够有效地评估坝体的密实度和材料分布情况。

### 2.2 水库渗漏检测

水库渗漏是一个常见但严重的问题,渗漏不仅浪费水资源,还可能损害水库及周边环境的稳定性。渗漏的原因复杂多样,可能是由于坝体裂隙、基础渗漏或坝体材料不均匀性造成的。

常用的渗漏探测方法有地电法、温度法和地震法等。

例如,在某水库的渗漏检测工程中,利用地电法精确识别出了多个渗漏通道,结合温度法进一步定位了渗漏点的位置。通过数据分析,可以了解到渗漏发生的机制和位置,为修补工程提供了有效的参考。

### 2.3 岩基稳定性评价

岩基是水利工程的基础,其稳定性直接影响到整个工程的安全。岩基参数的测定,包括密度、弹性模量、裂隙率等,是评价岩基稳定性的重要依据。常用的地球物理测定方法有地震波测定、阻抗成像和磁法探测。

在某工程项目中,利用地震波测定技术对岩基的结构进行了详细勘探,得到了岩基的弹性模量和密度数据。这些数据经过详细分析后,为工程设计和施工提供了可靠的依据,确保了岩基的稳定性和安全性。勘探过程中获取的参数数据对后续的施工方法选择和工程安全评估极具价值。

### 2.4 河床与渠道勘探

河床和渠道的形态及沉积物分布是影响水流和水运的关键因素。通过勘探,可以了解河床的形态变化、沉积物类型以及渠道中的障碍物位置,保障水利设施的高效运行。常用的方法包括声纳探测、水下地电法和地质雷达等。

例如,通过声纳探测技术,对某河段的河床形态进行了细致的测绘,发现了多个影响水流的障碍物,并据此进行清理,提高了航道的通航能力。利用地质雷达技术,对某渠道的沉积物厚度进行了测量,提供了疏浚工程的参考数据。

## 3 地球物理勘探方法的优缺点分析

### 3.1 优点

**高效性与经济性:** 地球物理勘探方法通常操作简便、测量快捷、成本相对较低,能够快速获取大量数据。这对于水利工程建设中需要大面积、深层次勘探的场景尤为重要。例如,重力探测和磁力探测方法可以通过地表观测快速获取地下结构信息,这极大地提高了工程的勘探效率,并且大大降低了总体施工成本。

**非侵入性和环境友好:** 大部分地球物理勘探方法都是非破坏性的,不会对工程现场造成破坏,对环境影响较小。例如,地震勘探和电法勘探通过在地表或浅地表进行测量,能够获取地下结构信息,不需要进行大规模的挖掘或建设,保证了勘探过程中对环境的最小扰动。这对于保护自然环境、维持生态平衡具有重要意义。

### 3.2 缺点

**数据精度问题:** 由于各种地质条件和环境因素的复杂性,地球物理勘探方法在实际应用中可能会受到诸如地形起伏、地下水存在以及人工噪声等因素的干扰,导致数据结果的准确性下降。例如,电法勘探中的电阻率测量可能因地下水的电导率变化而产生误差,而地震勘探中的反射波和折射波数据也可能因地质构造的不连续性而受到干扰。

**解释的复杂性和多解性:** 不同勘探方法往往提供不同类型的测量数据,单一方法的结果可能具有多解性,难以直接得出明

确结论。例如,重力和磁力勘探方法获得的异常值需要结合岩性资料进行解释,才能判断地下构造的具体特征。而地震勘探中的速度结构也需要结合地质模型进行反演和分析。因此,单一地球物理勘探方法的结果往往难以满足高精度研究的要求,需要多种方法联合应用,以提高数据解释的准确性和可靠性。

综上所述,尽管地球物理勘探方法在水利工程建设中具有显著的优点,但其缺点和局限性也不能忽视。为充分发挥地球物理勘探在工程中的作用,应根据具体需求,合理选择和组合使用不同的勘探方法,并结合其他地质调查手段,进行综合分析,以获得更高精度和可靠性的地下结构信息。

#### 4 地球物理勘探方法的技术改进与发展趋势

##### 4.1 新技术的引入与应用

在地球物理勘探领域,近年来新技术的引入和应用极大地提升了勘探效率与精度。其中,3D地震勘探技术尤为突出。与传统的二维地震勘探相比,3D地震勘探技术能够获取更精细的三维地下结构信息。这项技术通过密集的地震测点布置和先进的成像处理算法,能够提供详尽的地下地质构造图像,为水利工程的设计提供了更可靠的依据,显著提高了对潜在风险和资源分布的评估能力。

高分辨率电磁勘探也是当前技术进步的代表之一。借助新一代高分辨率的电磁设备和数据处理技术,勘探人员能够更加精准地探测地下目标物。这种方法在发现和识别细小的地质异常方面表现出色,尤其适用于复杂地质环境下的资源勘查和工程勘探。

##### 4.2 多方法综合应用

地球物理勘探中,多方法综合应用逐渐成为趋势。各类勘探方法的优势互补,提高了整体勘探成果的准确性和可靠性。通过组合使用重力、磁法和电法勘探技术,可以更全面地评估地下结构特征。

具体应用案例显示,综合勘探技术在水库坝基的稳定性评估中表现突出。例如,重力勘探可以提供大尺度地下密度变化的信息,磁法勘探可以探测地下磁性矿物的分布,而电法勘探则能详细揭示地下电性结构。通过对多种数据的联合分析,综合勘探能提供更为精准的坝基稳定性评估结果,有效预防地质灾害。

##### 4.3 数字化和智能化

地球物理勘探的数字化和智能化进程显著加快,推动了数据处理与大数据分析的广泛应用。计算机技术的发展,使得大量的勘探数据进行高效处理和复杂分析成为可能。通过先进的数据处理算法和数据可视化工具,勘探数据的解释更加直观,丰富的信息也极大提升了决策的科学性。

人工智能的引入,为地球物理勘探数据的解释和预测带来了新的可能。利用机器学习等技术,可以从大量历史数据和勘探实测数据中发现模式,构建复杂地质环境的预测模型。人工智能的应用,不仅提高了勘探数据的解释能力,还显著增强了预测精

度,推动地球物理勘探迈向智能化时代。

通过这些技术的不断改进和发展,地球物理勘探的方法和手段变得更加多样和精准,为地质研究和工程建设提供了更加坚实的技术保障。

#### 5 结论

地球物理勘探在水利工程建设中扮演着不可或缺的重要角色。通过收集和分析地下结构和构造的物理参数,地球物理勘探能够为水利工程的设计和施工提供可靠的科学依据,从而预防和降低工程实施中的各类安全隐患。

然而,当前地球物理勘探在水利工程中的应用仍然面临一些挑战。例如,数据精度问题和解释的复杂性常常限制了其应用效果。因此,未来的研究和实践需要进一步提高勘探方法的精确性和可靠性。同时,加强多种勘探技术的综合应用,利用各技术的优势互补,将有助于提供更全面和精准的地下信息。

新技术的引入为地球物理勘探注入了新的活力。例如,3D地震勘探和高分辨率电磁勘探技术的应用,可以提供更详细和精确的地下结构信息。此外,数字化和智能化的发展趋势,也将进一步提升地球物理勘探在数据处理和分析方面的能力。这些技术进步将显著推进地球物理勘探在水利工程中的应用水平。

为了应对上述挑战并充分利用技术进步,提出以下建议:首先,应加强地球物理勘探技术的研发与创新,重点提升数据处理和解释能力;其次,应鼓励多种勘探方法的综合应用,以提高整体勘探的精度和可靠性;最后,应促进地球物理勘探与其他工程技术的深度融合,形成系统性的支撑体系,从而为水利工程建设提供全方位和多层次的支持。

#### [参考文献]

- [1]蔡海涛,孙磊,薛宝林,等.复杂地区综合地球物理勘探方法技术应用[J].世界有色金属,2023,(11):142-144.
- [2]葛京京.地球物理勘探方法在水文地质工作中的应用[J].世界有色金属,2017,(20):294-295.
- [3]李斌.尾矿库安全评价中坝体结构稳定性分析[J].世界有色金属,2022,(04):60-62.
- [4]李广才,李培,姜春香,等.我国城市地球物理勘探方法应用进展[J].地球物理学进展,2023,38(04):1799-1814.
- [5]万佳明.地球物理勘探技术的发展现状及实际应用研究[J].世界有色金属,2017,(18):175-176.
- [6]喻青.卫生填埋场穿坝管处防渗系统渗漏检测及修复案例[J].中国给水排水,2023,39(22):133-136.

#### 作者简介:

卜梓轩(1997--),男,汉族,江苏省扬州市人,硕士研究生,助理工程师,研究方向:水利工程物探。

徐凯(1998--),男,汉族,江苏省南通市人,本科,助理工程师,研究方向:水利规划设计物探。