

水利工程渗透性检测方法及其在实践中的应用

图雅

呼和浩特托克托经济开发区管理委员会

DOI:10.12238/hwr.v8i12.5914

[摘要] 水利工程作为国家基础设施的重要组成部分,在防洪、灌溉、发电、供水和生态保护等方面发挥着不可或缺的作用。随着社会经济的快速发展,水利工程规模和数量不断增加,其安全性和稳定性直接关系到社会经济的可持续发展和人民生命财产的安全。其中渗透性问题一直是影响工程安全运行的关键因素之一。因此,涉及技术的研究方式和工程实践,已经成为现阶段关注的重点。

[关键词] 水利工程; 渗透性; 检测方法研究; 工程实践应用

中图分类号: TV 文献标识码: A

Permeability test method and its application in practice for hydraulic engineering

Ya Tu

Hohhot Tokuto Economic Development Zone Management Committee

[Abstract] As an important component of national infrastructure, water conservancy projects play an indispensable role in flood control, irrigation, power generation, water supply, and ecological protection. With the rapid development of the social economy, the scale and quantity of water conservancy projects continue to increase, and their safety and stability are directly related to the sustainable development of the social economy and the safety of people's lives and property. The issue of permeability has always been one of the key factors affecting the safe operation of engineering. Therefore, research methods and engineering practices involving technology have become the focus of attention at this stage.

[Key words] water conservancy engineering; Permeability; Research on detection methods; Engineering Practice Application

引言

在水利工程中,渗透性问题较为常见,渗透性问题主要表现为工程结构中的水体渗透和渗漏,这会导致一系列工程病害,如坝体沉降等。这些病害不仅会影响工程正常运行,还可能引发严重的环境灾害和社会经济损失。但由于水利工程通常建设在复杂的地质环境中,传统渗透性检测方法存在一定的局限性。例如,传统钻孔压水试验和注水试验,虽然能够提供较为准确的渗透性数据,但其成本高、操作复杂,且难以全面覆盖大范围的工程区域。因此,探索和研究更加高效、经济、适用的渗透性检测方法,成为当前水利工程发展的关键。本文将系统研究水利工程中常用的渗透性检测方法,并结合具体的工程实践案例研究,旨在为水利工程渗透性检测提供科学依据,推动检测技术的不断创新和发展。

1 关于渗透性检测方法的概述

1.1 传统试验方法分析

在水利工程的渗透性检测中,传统试验方法因其直观、可靠的特点,长期以来被广泛应用。其中,压水试验是最为经典的检

测方法之一,尤其适用于较完整、较坚硬的岩石地层。该方法通过向钻孔中特定试验段压入水,并根据岩体对水的吸收情况来评估其渗透性能,为工程设计和施工提供了重要的参考依据。首先,在岩体中钻孔,并根据工程需要和岩体的地质特征,选定一个特定的试验段。该试验段通常选在岩性较为均匀、具有代表性的位置,以确保试验结果的准确性和可参考性。其次,使用专门的栓塞设备将钻孔分隔出一个固定长度的孔段。这一步骤的目的是将待测岩体与钻孔的其他部分隔离,确保水压仅作用于选定的试验段,避免外界因素干扰试验结果。之后向隔离的孔段中持续稳定地压入水,并通过专门的测量设备记录压入水量。在这一过程中,通过观测岩体对水的吸收情况,可以判断岩体的渗透性能。通常情况下,吸收量越大,表明岩体的渗透性越强;反之,吸收量小则意味着岩体较为密实,渗透性较低。试验过程中,有关人员需要详细记录压水量、水压变化以及岩体的吸水率等数据。根据这些数据,可以计算出岩体的渗透系数,并进一步推断其渗透性能。吸收量大的岩体通常意味着其内部存在较多的裂隙或孔隙,水流通过这些通道的阻力较小,因而渗透性较强。压

水试验方法操作相对简单,结果直观,尤其适用于较完整和坚硬的岩石地层。然而,该方法也存在一定的局限性,例如主要适用于岩石地层,对于土层或破碎严重的地层,试验效果较差。并且也会由于试验仅在钻孔中的特定段进行,结果可能具有局部性,难以全面反映大范围岩体的渗透性。

1.2 先进的检测技术

1.2.1 地质雷达探测方法

地质雷达是一种基于高频电磁波的地球物理探测技术,通过电磁波在地下介质中的反射和传播特性,能够精确探测地下不同介质之间的界面,从而确定渗漏位置和范围。该方法具有无损检测、高分辨率和快速采集等优点,适用于大范围的地质勘测。地质雷达通过发射高频电磁波,当电磁波遇到不同介质界面(如地下水、岩石、土壤等)时会发生反射。接收器记录反射波的到达时间和强度,通过分析这些数据,可以确定地下介质的分布情况和渗漏路径。地质雷达能够有效识别水利工程中的渗漏通道、空洞和裂隙等隐蔽病害,精确定位渗漏位置,为工程修复提供依据。

1.2.2 电阻率法探测地下水分布

电阻率法是一种通过测量地下不同地层的电阻率差异来推断地下水分布和流动情况的地球物理方法。不同地层由于含水量、孔隙率和渗透性不同,其电阻率也存在显著差异。通过电阻率测量,可以分析地下水的分布和流动路径,进而评估地层的渗透性。在地面上布置电极,通过电极向地下通电,测量不同位置的电位差和电流强度,计算出地下各层的电阻率分布。低电阻率区域通常意味着该区域含水量较高,可能存在地下水流动。在实际应用期间,电阻率法适用于大范围的地层渗透性评估,能够帮助技术人员掌握地下水的分布和流动情况,预测潜在的渗漏风险。

1.2.3 计算机模拟技术与渗流模型构建

基于计算机模拟技术,可以构建水利工程的渗流模型,模拟不同工况下的地下水流动情况,预测渗流场的变化,为工程设计和运行管理提供科学依据。运行中渗流模型通过建立数学模型,模拟地下水在不同介质中的流动过程。模型考虑了水利工程的地质条件、边界条件和水力参数,能够在计算机中重现实际的渗流场情况。通过模拟不同工况(如洪水、地震、长期运行等)下的渗流场变化,技术人员可以预测渗漏风险,优化工程设计和运行管理策略,确保工程的安全性和稳定性。

1.2.4 高精度监测仪器实时监测

在相关检测技术的影响下,为了实现水利工程的实时监测和长期跟踪,常使用渗压计、测压管等高精度仪器对工程的渗流情况进行连续监测。这些仪器能够实时采集渗压、水位等数据,帮助技术人员及时发现和处理潜在的渗透问题。其中渗压计用于测量孔隙水压力,能够反映地下水的流动和渗透情况。测压管主要安装在工程关键部位,用于监测水位变化,帮助判断渗漏情况。

2 水利工程渗透性检测方法在工程实践中的应用

2.1 地质雷达

2.1.1 案例分析与实际应用

某水库大坝已运行多年,近期出现了库区水位快速下降的现象,初步判断可能存在渗漏问题。为查明渗漏原因并及时采取有效措施,决定采用地质雷达技术对大坝进行渗漏检测。地质雷达作为一种先进的地球物理探测工具,能够通过高频电磁波精确探测地下介质之间的界面,从而精确定位渗漏通道的位置、深度和范围。在实际的检测工作进行中,本次检测沿大坝轴线布置了多条测线,使用地质雷达对大坝进行连续扫描。地质雷达系统通过发射高频电磁波并记录地下介质的反射信号,捕捉大坝内部结构的异常情况。在地质雷达扫描过程中,系统清晰的捕捉到了大坝内部的反射信号。通过对采集到的雷达数据进行处理和分析,技术人员发现大坝某处存在明显的渗漏通道。该渗漏通道的位置、深度和范围均被精确地确定出来。其中渗漏位置分布在大坝的不同位置,渗漏的深度在8~12米,各渗漏通道的横向范围有所不同,最大为15平方米。对此,根据地质雷达的检测结果,工程人员迅速制定了渗漏通道的封堵和加固处理方案,并对大坝进行了修补。研究人员结合地质雷达在大坝渗漏检测中的应用制定了测线1、测线2、测线3和测线5,均成功检测到了渗漏通道的存在。具体而言,地质雷达成功在测线1、测线2、测线3和测线5上检测到了渗漏通道。这些渗漏通道位于大坝的不同位置,深度在8~12米之间,范围从8~15平方米不等。例如,测线1上的渗漏通道位于距离起点120米处,深度为8米,渗漏范围为15平方米。地质雷达的精确探测为工程人员提供了详细的渗漏信息,有助于制定有效的修补方案。在处理前,各测线的水位下降速度均为3.5cm/d,表明大坝存在较为严重的渗漏问题。经过对渗漏通道的封堵和加固处理后,各测线的水位下降速度均显著降低,如测线1的水位下降速度从3.5cm/d降至0.8cm/d。这表明修补措施取得了显著成效,大坝的渗漏问题得到了有效控制。

2.1.2 地质雷达工作原理与数据解释

结合上述案例可以看出,地质雷达是一种通过向地下发射高频电磁波来探测地下结构的地球物理方法。基本工作原理是通过电磁波在地下介质中的反射和传播特性,获取地下信息。地质雷达设备配备有发射和接收天线。发射天线向地下发射高频电磁波,电磁波的频率通常在10MHz至2.5GHz之间,具体频率选择取决于探测深度和目标体的尺寸。当电磁波遇到不同地层或地下目标体(如岩石、土壤、水、空洞、裂缝等)时,由于这些介质的电性差异(如介电常数、电导率等),电磁波会发生反射、折射或散射。之后接收天线捕获从地下反射回来的电磁波信号。这些反射信号携带了地下介质的信息,包括其位置、深度和性质。接收到的电磁波信号被转换为电信号,随后经过放大、滤波和数字化处理,以去除噪声并增强有效信号。处理后的信号通过专门的软件进行进一步分析,提取出有关地下结构的信息。此时,数据通常以时间或深度为单位进行显示。结合实际的处理后信号,系统可以生成反映地下物质分布的二维或三维图像(雷达剖面图)。这些图像直观的展示了地下不同介质和目标体的分布情

况。在检测工作中,反射信号的强度取决于地下介质的介电常数差异。介电常数差异越大,反射信号越强。例如,空洞、裂缝或不同地层之间的界面通常会产生较强的反射信号。例如,空洞和裂缝通常会产生较强的反射信号,且信号形态表现为不连续或散乱的反射波。例如,空洞通常会在图像中表现为一个强反射信号,其后可能伴随阴影区(由于电磁波被大量反射,导致信号穿透能力减弱)。而渗漏通道通常表现为连续或断续的强反射信号,反映出地下水流动路径。通过地质雷达的连续扫描,可以精确确定渗漏通道的位置、深度和范围。

2.2 热成像原理与设备

热成像技术基于物体发出的红外辐射来生成图像,任何温度高于绝对零度(0K)的物体都会发出红外辐射,其辐射强度与物体的温度相关。热成像设备通过红外探测器和光学成像物镜接收并分析物体发出的红外辐射能量,从而生成反映物体表面温度分布的图像。物体由于温度的存在,会以电磁波的形式向外辐射能量。根据物体的温度不同,辐射的波长主要集中在红外波段(约0.9~14微米)。物体的温度越高,发出的红外辐射能量越大,辐射强度与温度的四次方成正比(斯特藩-玻尔兹曼定律)。在运作期间,热成像设备中的光学成像物镜用于收集被测物体发出的红外辐射,并将这些辐射聚焦到红外探测器上。红外探测器由光敏元件组成,能够将接收到的红外辐射能量转换为电信号。这些电信号的强度与物体各部分的温度成正比。在水利工程的渗漏检测中,由于渗漏部位通常伴随着局部的温度变化,例如渗漏区域的水分蒸发会带走热量,导致该区域的温度低于周围环境。基于此,热成像设备能够通过检测这种温度差异,快速定位渗漏源。例如,在大坝表面使用热成像仪扫描时,渗漏区域会显示出与周围不同的温度分布特征,工程师可以根据这些特征确定渗漏的具体位置。并且热成像技术不仅能发现渗漏源,还能通过温度分布图像直观地显示渗漏的范围和程度。温度差异越大,通常表明渗漏问题越严重。工程师可以根据热成像图中的温度

梯度,评估渗漏的范围和严重程度,从而制定合理的维修方案。

3 结语

综上所述,水利工程作为国家基础设施的重要组成部分,安全性和稳定性直接关系到社会经济的发展和需求。其中,渗透性问题是导致工程病害和安全隐患的主要因素之一。因此,开展水利工程渗透性检测方法的研究,对于及时发现和处理渗漏隐患,保障工程安全运行具有重要意义。通过研究分析可以看出,渗透性检测方法具有显著成效,为工程的加固处理和安全运行提供了有力支持。未来在有关施工及技术人员共同努力下,水利工程渗透性检测技术能够取得更大的突破,为水利事业的发展作出更大贡献。

[参考文献]

- [1]刘强,王超.探地雷达技术在水利工程质量检测中的应用研究[J].工程技术研究,2022,7(20):20-22.
- [2]张鹏利,崔超,贾宁霄.BIM在黄金峡水利枢纽工程设计中的应用研究[J].人民长江,2022,53(05):149-155.
- [3]杨妮.基于有限元法的土地山水库渗透性及稳定性分析[J].地下水,2024,46(02):271-272.
- [4]孙志翔,韩新捷,黄鹏.土石坝填筑材料级配特征对渗透性影响分析[J].水利技术监督,2023(06):207-209+228.
- [5]胡坤生,王胜波.罗田水库—铁岗水库输水隧洞工程围岩渗透性研究[J].人民长江,2024,55(S1):77-80.
- [6]张定彪,苏正猛,张学辉,等.构造体系复合区域岩体渗透性规律认识[J].水利技术监督,2023(08):100-102+128+132.
- [7]钟金先,许模,张强.低渗透各向异性裂隙岩体渗透性探讨[J].中国农村水利水电,2010(01):67-69.

作者简介:

图雅(1985—),女,蒙古族人,内蒙古托克托县人,本科,助理工程师,研究方向:水利水电工程。