

水利水电工程土石堤坝渗漏探测技术研究

金明月¹ 刘涛²

1 吉林省水利水电勘测设计研究院 2 中水东北勘测设计研究有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i3.6142

[摘要] 水利水电工程是一个多方面、多效益的复杂系统工程,其发展前景广阔。随着技术的不断进步和环保意识的提高,未来水利水电工程的建设将更加注重科学有序开发、严格控制小型水电站的建设开发、加快建设抽水蓄能电站等方面的工作。同时,也需要不断加强技术创新和人才培养,以应对日益复杂和严峻的技术挑战和环境问题。

[关键词] 水利水电; 工程土石; 堤坝; 渗漏探测

中图分类号: TV5 **文献标识码:** A

Research on leakage detection technology of earth-rock dam in water conservancy and hydropower engineering

Mingyue Jin¹ Tao Liu²

1 Jilin Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute

2 Zhongshui Northeast Survey and Design Research Co., Ltd.

[Abstract] Water conservancy and hydropower engineering is a complex system engineering with many aspects and benefits, and its development prospect is broad. With the continuous progress of technology and the improvement of environmental awareness, the future construction of water conservancy and hydropower projects will pay more attention to scientific and orderly development, strictly control the construction and development of small hydropower stations, and accelerate the construction of pumped storage power stations. At the same time, it is also necessary to continuously strengthen technological innovation and personnel training to cope with increasingly complex and severe technical challenges and environmental problems.

[Key words] water conservancy and hydropower; Engineering earth and stone; Dams; Leakage detection

引言

水利水电工程中的土石堤坝,作为防洪、灌溉、发电等关键基础设施,其安全性直接关系到人民群众的生命财产安全和国家经济的稳定发展。然而,由于土石堤坝大多建于复杂的地质环境之中,且长期受到水流冲刷、渗透压力等自然因素的影响,导致堤坝出现渗漏等安全隐患。据不完全统计,由土石堤坝渗漏引发的溃坝事故占全部垮坝事故的相当比例,因此,对土石堤坝渗漏进行及时、准确的探测,对于保障堤坝安全、减少灾害损失具有重要意义。近年来,随着地球物理探测技术的不断发展,各种物探方法如地震法、电法、电磁法等,在土石堤坝渗漏探测中得到了广泛应用。这些方法各有优势,但也存在一定的局限性和多解性,难以单独实现对渗漏路径的快速、精确探测。因此,综合物探技术的研究和应用成为当前土石堤坝渗漏探测的重要方向。

1 水利水电工程简述

水利水电工程是指以防洪、灌溉、发电、供水、治涝、水环境治理等为目的的各类工程(包括配套与附属工程),用于控

制和调配自然界的地表水和地下水,达到除害兴利的目的。这些工程是国民经济中不可或缺的重要组成部分,涉及到水资源的开发、利用和管理,以及电力的生产和供应。

1.1 水利水电工程的分类

水利水电工程按照目的或服务对象可分为多种类型,如防洪工程、农田水利工程(灌溉和排水工程)、水力发电工程、航道和港口工程、城镇供水和排水工程、水土保持工程和环境水利工程、渔业水利工程以及海涂围垦工程等。综合利用水利工程则同时为防洪、灌溉、发电、航运等多种目标服务。

1.2 水利水电工程的主要工程内容

水利水电工程的主要工程内容包括水工建筑物的建设(如坝、堤、水闸、溢洪道等)、水电站建设、水泵站建设、水力机械安装、电气设备安装、自动化信息系统建设、环境保护工程建设、水土保持工程建设、土地整治工程建设等。此外,还包括与防汛抗旱有关的道路、桥梁、通讯、水文、凿井等工程建设,以及与上述工程相关的管理用房附属工程建设等。

1.3 水利水电工程的重要性

水利水电工程不仅能够有效地调节水资源,减少洪涝灾害,还能通过水力发电提供清洁能源,对促进社会经济发展和环境保护具有重要意义。这些工程的建设和运营能够带来显著的经济效益,如提供大量的就业机会、稳定地供应电力支持工业和农业生产、提高生产效率以及为国家的财政收入做出贡献。同时,水利水电工程还能带来显著的社会效益,如改善农村地区的供水条件、提高居民的生活质量以及促进当地社区的发展等。

1.4 中国水利水电工程的发展历程

中国地势西高东低,主要河流多发源于青藏高原,蕴藏着得天独厚的水能资源。中国水电事业历经了艰苦奋斗、改革开放、继往开来、高质量发展四个阶段,发生了巨大变化。从新中国成立初期水电装机容量仅36万千瓦,到如今成为全球水电装机容量和发电量均居前列的国家,中国水电事业取得了举世瞩目的成就。如新安江水电站、刘家峡水电站、葛洲坝水利枢纽工程、三峡水利枢纽工程等都是中国水电建设的重要里程碑。

1.5 水利水电工程的技术挑战与环境影响

水利水电工程的建设和运营面临着诸多技术挑战,如大坝的设计和施工需要考虑到地质条件、水文特性等多方面因素,确保工程的安全性和稳定性。此外,水电站的运行管理也需要高度的技术支持,以保证电力供应的可靠性和效率。然而,水利水电工程的建设也可能对环境产生一定影响,如大坝的建设可能会改变河流的自然状态,影响生态系统的平衡。因此,在水利水电工程的规划和建设过程中,需要充分考虑环境保护,采取相应的措施减少对环境的不良影响。

2 水利水电工程中土石堤坝渗漏探测技术的重要性

水利水电工程中,土石堤坝作为关键的水工建筑物,承担着挡水、蓄水和调节水流等重要功能。然而,由于施工质量、地质条件、运行管理等多种因素的影响,土石堤坝往往会出现渗漏问题,这不仅会浪费宝贵的水资源,更重要的是会对堤坝的结构安全构成严重威胁。因此,土石堤坝渗漏探测技术在水利水电工程中具有至关重要的作用。

土石堤坝渗漏的危害主要体现在以下几个方面,渗漏会导致坝体内部土壤颗粒的流失,土壤黏性降低,进而引发坝体变形、裂缝扩大等结构问题,另外,渗漏可能引发坝基或坝肩的失稳,对整个水利水电工程的安全运行构成重大风险;长期渗漏还可能对下游地区造成洪涝灾害,威胁人民群众的生命财产安全。因此,及时发现和解决土石堤坝渗漏问题,对于确保水利水电工程的安全运行具有重要意义。

通过渗漏探测技术,可以及时发现土石堤坝中的渗漏点,为后续的修复工作提供科学依据。这不仅可以避免渗漏问题进一步恶化,还可以延长土石堤坝的使用寿命。渗漏探测技术能够准确判断渗漏的位置和范围,为修复工作提供精确的定位信息。这不仅可以提高修复工作的效率,还可以确保修复质量,避免因定位不准确而导致的修复不彻底或反复修复的问题。土石堤坝是水利水电工程中的重要组成部分,其安全运行直接关系到整

个工程的安全性和效益。通过渗漏探测技术,可以及时发现和解决渗漏问题,确保土石堤坝的安全运行,从而保障水利水电工程的整体安全性和效益。

目前,土石堤坝渗漏探测技术的主要方法包括地质雷达探测、高密度电法探测、瞬变电磁法探测等。这些方法各有优缺点,适用于不同的探测环境和条件。

地质雷达探测利用高频电磁波在介质中的传播特性来探测地下目标体的位置和形态。该方法具有探测速度快、分辨率高等优点,适用于探测浅层渗漏问题。

高密度电法探测:高密度电法探测通过布置电极阵列,采集地下介质的电阻率数据,利用层析成像技术揭示地下介质的电阻率断面分布情况及变化规律,从而判断渗漏的位置和范围。该方法适用于探测深层渗漏问题。瞬变电磁法探测利用电磁感应原理来探测地下目标体的位置和形态。该方法具有探测深度大、对低阻体敏感等优点,适用于探测深层且电阻率较低的渗漏问题。

在实际工程中,土石堤坝渗漏探测技术已经得到了广泛应用。例如,在某大型水库的堤坝渗漏探测中,通过采用地质雷达探测和高密度电法探测相结合的方法,成功确定了渗漏点的位置和范围,并进行了有效的修复工作。修复后,该水库的堤坝渗漏问题得到了有效解决,确保了水库的安全运行。

土石堤坝渗漏探测技术在水利水电工程中具有至关重要的作用。通过采用先进的探测技术和方法,可以及时发现和解决渗漏问题,确保土石堤坝的安全运行和效益发挥。未来,随着技术的不断进步和创新,土石堤坝渗漏探测技术将更加精准、高效和智能化,为水利水电工程的安全运行提供更加有力的保障。因此,在水利水电工程建设和管理中,应高度重视土石堤坝渗漏探测技术的应用和推广。

3 水利水电工程土石堤坝渗漏探测技术及其应用发展

土石堤坝通常由土石材料筑成,具有施工速度快、成本低的优势,但也容易产生隐患。渗漏是土石堤坝最常见的安全隐患之一,如果不及时发现和处理,可能导致坝体变形、裂缝扩大,甚至引发溃坝等严重后果。因此,采用先进的渗漏探测技术,及时发现和处理土石堤坝的渗漏问题,对于确保堤坝的安全运行具有重要意义。

水利水电工程中的土石堤坝作为重要的水工建筑物,承担着挡水、蓄水和调节水流等关键功能。然而,由于施工质量、地质条件、运行管理等多种因素的影响,土石堤坝常常面临渗漏问题,这不仅威胁到堤坝的结构安全,还可能对下游地区造成洪涝灾害,影响人民群众的生命财产安全。因此,土石堤坝渗漏探测技术显得尤为重要。

目前,土石堤坝渗漏探测技术主要包括同位素示踪技术、温度监测技术、多传感器信息融合技术、地球物理测井技术、瞬变电磁法、高密度电阻率法等。

3.1 水利水电工程土石堤坝渗漏探测技术

3.1.1 同位素示踪技术

该技术通过在岩体钻孔中注入同位素示踪剂,利用示踪剂的迁移特性来探测堤坝的渗漏情况。然而,该方法需要在岩体钻孔,且渗漏现象和隐患位置需要通过其他物理现象的解释进行推断,定量解释尚有一定困难。

3.1.2 温度监测技术

通过观测堤坝内部的温度变化,可以判断是否存在渗漏现象。但温度监测实际操作比较繁琐,通常用于局部监测。

3.1.3 多传感器信息融合技术

该技术综合利用多个传感器获得的信息,通过数据融合和分析,可以实现对土石堤坝渗漏的精确探测。

3.1.4 地球物理测井技术

该技术利用地球物理原理,通过测井仪器对土石堤坝进行探测,可以揭示堤坝内部的物理特性,从而判断是否存在渗漏问题。

3.1.5 瞬变电磁法

瞬变电磁法基于电磁感应原理,通过向地下发射垂直方向的一次脉冲磁场,使地下低阻介质产生感应涡流,进而产生二次磁场。观测并研究该二次场的时空分布特征,可以探查地下介质的性质及分布特征,从而判断土石堤坝的渗漏情况。

3.1.6 高密度电阻率法

该方法通过布设大量电极,采集地下介质的电阻率数据,利用层析成像技术揭示地下介质的电阻率断面分布情况及变化规律,从而判断渗漏的位置和范围。

3.2 土石堤坝渗漏探测技术的应用实践

在实际工程中,土石堤坝渗漏探测技术已经得到了广泛应用。例如,在某大型水库的堤坝渗漏探测中,采用了瞬变电磁法和高密度电阻率法相结合的方法,成功确定了渗漏点的位置和范围。通过后续的修复工作,有效解决了堤坝的渗漏问题,确保了水库的安全运行。

3.3 土石堤坝渗漏探测技术的发展趋势

随着科技的不断发展,土石堤坝渗漏探测技术将呈现出更加智能化、自动化和集成化的趋势。未来,将更加注重数据的准确性和可靠性,通过采用更高精度的传感器和更先进的监测技术,实现对土石堤坝的全面、实时、准确监测。同时,还将更加注重数据的分析和应用,通过采用大数据分析和人工智能技术,

实现对监测数据的深入挖掘和智能预警,为决策支持提供更加科学、准确的依据。

土石堤坝渗漏探测技术在水利水电工程中具有至关重要的作用。通过采用先进的探测技术和方法,可以及时发现和处理土石堤坝的渗漏问题,确保堤坝的安全运行和效益发挥。未来,随着技术的不断进步和应用的深入拓展,土石堤坝渗漏探测技术将在水利水电工程领域发挥更加重要的作用,为水利事业的可持续发展提供更加有力的保障。

4 结束语

通过上文的深入探索与实践,我们见证了在水利水电工程当中的多种渗漏探测技术的蓬勃发展,它们在提高探测精度、优化修复方案、缩短工期等方面展现出了显著优势。未来,随着智能化、信息化技术的不断融入,土石堤坝渗漏探测将更加高效、精准,实现从被动应对到主动预防的转变。我们期待,通过持续的技术创新与应用推广,能够构建起更加完善的水利水电工程安全防护体系,为国家的水资源开发利用与经济社会可持续发展提供坚实的技术支撑与安全保障。在保障人民生命财产安全的同时,也为构建人与自然和谐共生的生态文明贡献力量。

[参考文献]

- [1]李建华,林品荣,郭鹏.磁激电方法技术试验研究[J].地震地质,2010,32(03):492-499.
- [2]邹德兵,傅兴安,闵征辉.磁电阻率法在水库渗漏探测中的应用[J].水利与建筑工程学报,2019,17(05):148-152.
- [3]徐磊,张建清,严俊.磁电阻率法在平原水库渗漏探测中的试验研究[J].地球物理学进展,2021,36(05):2222-2233.
- [4]周华敏,邹爱清,肖国强,等.堤防渗漏通道弱磁探测技术及其磁场分布特征[J].长江科学院院报,2023,40(3):98-104.
- [5]张化鹏,钱卫,刘瑾.基于伪随机信号的磁电法渗漏模型试验[J].物探与化探,2022,46(01):198-205.
- [6]张昌达.航空磁力梯度张量测量——航空磁测技术的最新进展[J].工程地球物理学报,2006(05):354-361.
- [7]郭华,王明,岳良广.吊舱式高温超导全张量磁梯度测量系统研发与应用研究[J].地球物理学报,2022,65(01):360-370.

作者简介:

金明月(1992--),女,朝鲜族,吉林省公主岭市人,本科,工程师,水利水电工程。