

水利水电工程中的大坝安全监测技术探究

陆旭东 杜守波

盱眙县桂五水库管理所 江苏 淮安 211700

摘要：水利水电工程是国家基础设施建设的重要组成部分，大坝作为其中的关键设施，其安全性直接关系到人民生命财产安全和社会稳定。本文概述了大坝安全监测技术的基本概念与重要性，阐述了当前水利水电工程中应用大坝CT技术、渗流监测技术、水位及降水量监测技术、水下监测技术和温度监测技术等安全监测技术。提出了建立完善的安全监测管理体系、定期进行安全监测评价以及提升大坝安全监测技术人员的综合素质等优化策略，旨在为水利水电工程中的大坝安全监测提供理论参考和实践指导。

关键词：水利水电工程；大坝安全；监测技术；策略

引言：随着科技的进步，大坝安全监测技术得到了长足的发展。但大坝在长期运行中会受到各种自然和人为因素的影响，存在潜在的安全隐患。对大坝进行安全监测，及时发现并处理潜在问题，是确保大坝安全运行的必要手段。本文将对水利水电工程中的大坝安全监测技术进行详细探讨。

1 大坝安全监测技术概述

大坝作为水利水电工程的核心组成部分，其安全性直接关系到下游人民的生命财产安全及工程的长期稳定运行。大坝安全监测技术，通过一系列专业的监测设备和数据分析方法，对大坝的结构状态、运行环境及潜在风险进行全面、实时的监控。大坝安全监测技术主要涵盖了对大坝变形、裂缝、渗流、应力、水位、水质、地震活动、地质稳定性等多个方面的监测。这些监测数据不仅有助于及时发现大坝的异常情况，还能为工程管理人员提供科学的决策依据，以便及时采取必要的维护或加固措施^[1]。随着科技的进步，大坝安全监测技术也在不断更新换代。从传统的机械式监测仪器，如水准仪、测斜仪等，到现代的电子监测设备，如位移传感器、渗压计、应力计等，监测精度和效率得到了显著提升。同时，随着物联网、大数据、人工智能等先进技术的引入，大坝安全监测正逐步向智能化、自动化方向发展。智能化的大坝安全监测系统能够实现数据的实时采集、传输、处理和分析，通过算法模型预测大坝的潜在风险，并自动触发预警机制，为管理人员提供更加及时、准确的安全信息。

2 水利水电工程中的大坝安全监测技术的必要性

水利水电工程作为国民经济的重要基础设施，对于防洪、灌溉、发电、航运等方面发挥着不可替代的作用。而大坝作为水利水电工程的核心组成部分，其安全

性直接关系到下游地区人民的生命财产安全及工程的长期稳定运行，其必要性体现在以下几方面：（1）大坝在运行过程中会受到多种因素的影响，如自然环境的侵蚀、地质条件的变动、水位的涨落以及人为因素的干扰等。这些因素都可能导致大坝结构出现变形、裂缝、渗流等安全隐患。如果不进行及时有效的监测，这些隐患可能会逐渐扩大，最终导致大坝失稳，造成严重的灾害事故。（2）能够提供准确的数据支持，帮助工程管理人员及时了解大坝的实际情况。通过对监测数据的分析，可以评估大坝的安全性，预测可能存在的风险，并制定相应的应对措施。这不仅可以提高大坝的安全系数，还能延长其使用寿命，降低维修成本。（3）能够促进水利水电工程的可持续发展。通过长期监测，可以积累大量的数据资源，为工程的设计、施工、运行和维护提供科学依据^[2]。随着监测技术的不断进步，可以实现对大坝状态的实时监测和预警，进一步提高工程的可靠性和安全性。（4）大坝安全监测技术的发展是推动水利水电工程技术进步的重要动力。通过不断研发和应用新的监测技术和方法，可以推动整个行业的技术创新和发展，提高水利水电工程的整体水平和竞争力。

3 大坝安全监测的主要技术

3.1 大坝CT技术

大坝安全监测技术中，大坝CT技术基于计算机层析成像原理，利用波在坝体内部传播的特性，对坝体内部结构进行非破坏性检测。（1）声波大坝CT技术通过发射声波，使其在坝体内部传播并形成切面，随后接收并分析切面上的声波信号。这一过程中，声波检测设备发挥着关键作用，它由发射、接收和记录三部分组成，能够精确地捕捉由动能源产生的瞬时波。这些声波信号经过计算机的数学分析，可以准确地揭示坝体内部的强度分

布,从而判断坝体的安全性能和是否存在潜在的质量问题。(2)电磁波大坝CT技术则利用高频宽带电磁波在坝体内部的传播特性,通过发射和接收天线,对坝体内部结构进行探测。电磁波在坝体内部的传播路径、波形和强度与介质面的几何形态密切相关。因此,通过分析接收到的电磁波信号,可以推断出坝体材料的特性以及老化情况。这两种大坝CT技术各有优势,声波技术更侧重于对坝体内部结构的强度分布进行精确测量,而电磁波技术则更擅长于对坝体材料的特性和老化情况进行评估。在实际应用中,可以根据大坝的具体情况和监测需求,选择合适的技术手段进行监测。

3.2 渗流监测技术

渗流监测主要关注坝基压力与渗透压力的变化情况。为了实现这一目标,通常会在坝体内布设孔隙水压力监测设备。这些监测点被精心设置在灌浆帷幕前、排水孔后以及两者之间的关键位置,以确保能够全面而准确地捕捉到坝体内部的渗流动态。在灌浆排水平洞中,特别设置了孔隙水压力计,用于实时监测渗透压力的变化。这种设备能够精确地测量出坝体内部的水压力情况,为工程管理人员提供了宝贵的数据支持。在压力点的布设上,采取了科学的策略。在帷幕前设置了一个孔隙水压力计,以监测帷幕前的水压情况;而在帷幕后则设置了三个压力计,以便更全面地了解坝基地下水水位以下的情况。大坝渗流监测还需要专业人员的配合。他们会在坝基廊道中设置监测设备,对易渗水位置进行重点监测。

3.3 水位及降水量监测技术

为了确保大坝的安全运行,必须实时、准确地掌握水库的水位变化和降水情况。在水位监测方面,通常采用高精度的水位计进行实时监测。这些水位计能够精确地测量水库的水位高度,并将数据实时传输至监测中心。通过连续监测水位的变化,可以及时发现水库水位异常,为水库的调度和管理提供重要依据。降水量监测则主要通过雨量计来实现。雨量计能够精确地测量降雨强度和降雨量,为洪水预报和水库调度提供基础数据^[3]。现代雨量计通常采用翻斗式或称重式原理,能够自动记录降雨过程,并将数据传输至监测中心进行进一步分析。为了更全面地掌握水库的水情变化,通常会将水位监测和降水量监测相结合,形成一个完整的水情监测系统。该系统能够实时监测水库的水位、降雨强度等关键参数,并通过数据分析,预测未来的水情变化趋势。随着物联网和大数据技术的不断发展,水位及降水量监测技术也在不断创新和升级。通过引入远程传感器和无线

通信技术,可以实现数据的远程实时监测和传输;通过应用大数据分析和机器学习算法,可以对监测数据进行深度挖掘和分析,提高监测的准确性和效率。

3.4 水下监测技术

在水利水电工程中,大坝作为核心结构,部分区域需长期浸没于水下,处于隐蔽状态。传统监测手段难以全面检测这些区域的结构稳定性和安全性,因此水下监测技术应运而生。水下监测技术主要依赖于多种专业设备,其中光学设备占据重要地位。水下闭路电视和水下照相设备能够直观展现水下坝体的实际状况,为工程人员提供清晰、直接的观测结果。这些光学设备在监测过程中易受到水环境的影响,如光线折射、散射以及水质浑浊等问题,都可能影响观测效果。为了克服光学设备的局限性,声学设备成为水下监测的另一重要选择。扫描声呐和剖面声呐等设备通过声波的传播与反射,能够绘制出水下坝体的结构图像。尽管声学设备的图像分辨率相对较低,但它们具有穿透力强、适用范围广等优势,能够弥补光学设备在某些方面的不足。近年来,水下机器人在大坝安全监测中的应用日益广泛。这些机器人具备高度的灵活性和自主性,能够深入水下进行长时间、高精度的监测工作。通过搭载各种传感器和检测设备,能够对坝体存在的各种隐患进行精确检测、分析与定位,为工程人员提供详尽的数据支持。同时还能够根据监测结果,为后续的检修工作提供科学合理的理论依据。

3.5 温度监测技术

在水利水电工程中,大坝施工通常采用现场浇筑混凝土结构的方式,这种施工方法虽然施工速度快,但内部结构散热相对困难。由于外部结构受外界温度持续下降的影响而快速降温,而内部结构散热较慢,导致内外结构温差较大。当温差瞬时变化量较大时,内部应力可能导致结构破坏,进而引发异常形变问题。为了解决这一问题,温度监测技术通过实时监测混凝土结构在固化过程中的温度变化,为工作人员提供精确的数据支持。在混凝土浇筑过程中,工作人员需要密切关注混凝土的固化状态,以及其与外界的热传递情况。通过温度监测技术,可以实时掌握混凝土内部的温度变化情况,从而及时采取必要的维护措施。温度监测技术可以帮助工作人员了解混凝土内部的温度变化,可以预测可能出现的温度应力问题。通过对监测数据的分析,工作人员可以及时发现并处理潜在的裂缝隐患,确保大坝结构的安全稳定。温度监测技术还可以与其他监测技术相结合,形成一套完整的大坝安全监测体系。可以与渗流监测、水位监测等技术相结合,共同评估大坝的整体安全

状况。

4 优化大坝安全监测技术策略

4.1 建立完善的安全监测管理体系

为确保大坝的安全运行,需建立完善的安全监测管理体系,必须采取以下一系列有效策略:(1)明确监测目标和内容。针对大坝的不同部位和潜在风险点,制定详细的监测计划,明确监测的频率、方法和所需设备。设立明确的监测指标和阈值,一旦监测数据超过这些阈值,就应立即启动预警机制,确保及时响应和处理。

(2)建立健全的监测数据管理机制。所有监测数据应被准确、完整地记录下来,并进行科学分析和处理。通过数据分析,可以发现大坝结构的变化趋势和潜在问题,为后续的维护和管理提供重要依据。确保数据的保密性和安全性,防止数据泄露或被恶意篡改。(3)加强人员培训和管理。监测人员应具备丰富的专业知识和实践经验,能够熟练操作各种监测设备,并准确解读监测数据。定期对监测人员进行培训和考核,确保他们的技能水平始终符合监测工作的要求。(4)建立相应的资金保障机制^[4]。监测设备的购置、维护和更新,以及人员的培训和薪酬等都需要资金支持。应设立专门的监测经费,并确保资金的合理使用和监管。

4.2 定期进行安全监测评价

大坝作为水利水电工程的重要组成部分,其安全性直接关系到下游地区人民的生命财产安全。为确保大坝长期安全运行,定期进行安全监测评价,应做好以下策略:(1)建立科学的评价体系和严格的监测标准。评价体系应涵盖大坝的各个方面,包括结构安全、渗流状况、水位变化、温度应力等。通过全面、细致的监测,可以及时发现大坝存在的各种问题,如裂缝、渗漏、变形等。同时结合专业的评估方法和技术手段,对监测数据进行深入分析和处理,形成准确的评价结果。(2)注重数据的真实性和可靠性。监测数据应来源于可靠的监测设备和人员,避免数据失真或遗漏评价过程中应充分考虑各种因素的影响,如气候条件、地质条件、运行工况等,确保评价结果的客观性和准确性。(3)采取相应的维护和管理措施。对于发现的安全隐患,制定针对性

的整改方案,明确责任人和整改时限,确保问题得到及时解决。加强大坝的日常巡查和保养工作,提高大坝的整体安全性和稳定性。

4.3 提升大坝安全监测技术人员综合素质

大坝安全监测是一项高度专业化的工作,技术人员的综合素质直接决定了监测工作的准确性和有效性。为了提升大坝安全监测技术人员的综合素质,应做好以下策略:(1)加强专业知识培训。定期组织技术人员参加专业课程,涵盖大坝结构、监测技术、数据分析等多个方面,确保他们掌握最新的理论知识和技能。鼓励技术人员自主学习,提供丰富的学习资源和平台,如在线课程、专业书籍等,以拓宽他们的知识面和视野。

(2)强化实践操作能力。通过模拟演练、现场操作等方式,提升技术人员在复杂环境下的应变能力和解决实际问题的能力。建立严格的考核机制,对技术人员的操作技能进行定期评估,确保他们能够满足实际工作需求。

(3)培养团队协作精神。大坝安全监测工作往往需要多个部门和技术人员的协同作战。加强团队建设,培养技术人员的团队协作精神至关重要。通过组织团队建设活动、开展跨部门合作等方式,增强团队凝聚力和协作能力,提高整体工作效率。

结束语:随着科技的不断发展,大坝安全监测技术将不断更新和完善,为水利水电工程的安全运行提供更加有力的保障。未来应持续关注大坝安全监测技术的最新进展,加强技术研发和应用,确保大坝在复杂多变的环境中安全运行,为国家的经济社会发展贡献力量。

参考文献

- [1]梁定浩.水利水电工程中的大坝安全监测[J].建材发展导向(上),2020,18(03):16-18
- [2]郑志成.水利水电工程中的大坝工程安全监测改造分析[J].陕西水利,2019(011):102-104.
- [3]牛广利,基于云平台的大坝安全监测数据管理及分析系统研发与应用[J].长江科学院院报,2019,36(06):161-165.
- [4]阮俞娴.对水利水电工程中大坝安全监测工作的解读[J].城市建设理论研究(电子版),2019(10):159.