

大坝安全监测技术及其在水利工程施工中的应用研究

孔得志

南京振高建设有限公司 江苏南京 211300

摘要: 本文深入探讨了大坝安全监测技术及其在水利工程施工中的应用。首先对大坝安全监测技术进行了全面概述,包括其核心内容、主流监测技术与方法等。接着详细阐述了该技术在施工质量监控管理、施工过程安全保障、监测信息的采集与管理以及监测数据的分析与预测等方面的具体应用。为了更好地发挥大坝安全监测技术的作用,提出了提高监测技术的智能化水平、加强监测系统的集成化建设、完善监测数据的质量控制以及培养专业的监测人才队伍等应用优化策略。通过研究旨在为水利工程施工中大坝安全监测技术的合理应用与发展提供理论支持和实践参考,确保水利工程建设的安全与稳定。

关键词: 大坝安全监测技术; 水利工程施工; 应用; 优化策略

引言

水利工程在国家基础设施建设中占据着重要地位,在社会经济发展以及人们生活稳定中起着关键作用。大坝是水利工程中的核心建筑,大坝的安全状态直接影响着下游人民生命财产安全以及生态环境稳定。但水利工程建设中大坝所面临的多种复杂地质条件、施工工艺和自然环境都有可能诱发大坝变形、渗漏和结构损伤等一系列安全性问题。因此,高效的大坝安全监测技术对确保水利工程施工安全与质量有着十分重要的作用。通过大坝实时监控,能够及时发现可能存在的安全隐患并采取适当措施加以治理,从而避免事故发生。同时,监测数据也可为大坝设计优化、施工管理等提供科学依据,促进水利工程经济社会效益的提升。

一、大坝安全监测技术概述

水库大坝是水资源调控及水利基础设施的重要组成部分,水库大坝的安全状况非常重要,它直接影响着下游群众生命财产安全、社会稳定及流域生态、社会经济和公共安全。大坝安全监测工作具有十分重要的意义,它既可以及时发现可能存在的安全隐患,避免大坝发生故障而造成灾难性的后果,又是对大坝运行和管理情况进行科学评估的基础。这不仅有助于提升大坝的运行效率和管理水平,同时也作为对大坝设计、施工和管理流程的一个反馈,有助于增强大坝建设的科学性和规范性。主要监测指标涉及大坝变形、渗流、应力、温度和裂缝,能够反映大坝安全状态。通过监测这些关键指标,我们能够评估大坝是否存在潜在的安全风险以及其潜在的严

重性。

监测方法分为传统与现代两大类。传统的监测方法包括人工巡查、物理测量以及地质勘探,这些方法虽然简单易操作,但是效率较低,并且受到环境因素的影响较大;遥感监测、无人机监测和地震波监测等现代监测方法逐步被广泛使用,并具有效率高和精度高等优势。今后的趋势是将现代与传统的方法有机地结合在一起,构成一个综合监测系统,而且监测将更趋智能化和自动化,强调多源信息的融合和预防性,运用大数据和人工智能技术对监测数据进行分析与预警,并综合分析各种信息,实现对安全隐患的超前检测与应对。

二、大坝安全监测技术在水利工程施工中的应用

(一) 施工质量监控管理

施工质量监控管理对保证工程项目质量合格具有重要意义。内容涉及制度保障、每个环节的监控要点、技术支持、信息化管理、考核奖惩等诸多方面。在制度保障上,制定质量例会、技术交底和质量台账管理制度。每周举行一次质量例会,由项目经理负责分析存在的质量隐患,制订改进措施;技术交底涵盖全部施工班组,并明确工艺标准和质量要求;质量台账对材料检验和工序验收情况进行实时记录,以保证质量行为的可追溯性。

在施工的各个阶段,质量监控的重点也有所不同。在施工准备阶段,对物料和设备进行控制,进场物料需要提供合格证、检测报告等资料,监理按照一定比例见证取样送检,不合格品禁止进场;施工设备必须经过合格调试,特种作业设备还需完成备案程序并提交定期的检测报告。在施工期,关键工序及分项工程都要严格把

关，例如深基坑开挖这类危险性较大的分部分项工程需制定专项施工方案，组织专家论证，施工期间由监理和建设单位全程监管；混凝土浇筑及其他分项工程由施工单位按照工艺标准进行操作，并由监理在关键工序进行旁站监督。

在技术支持方面，请行业专家指导复杂工序和新技术的应用，构建技术问题的快速响应机制。在信息化管理中利用BIM技术、质量管控平台等手段，将施工过程进行可视化管理，并将质量数据和影像资料实时上传，从而实现闭环跟踪质量问题的目的。建设单位在建设过程中应实施评价和奖惩机制。竣工阶段先经预验收、施工单位自检后再向监理提出申请，监理核实后提出整改建议和后续工作要求；最终由建设单位负责组织项目的竣工验收工作，确认工程是否达到预定标准，并在合格后出具相应的报告。

（二）施工过程安全保障

施工过程安全保障需多方面协同发力。起重吊装作业要提交专项方案并通过审批，特种设备操作实行双人复核机制，确保作业规范安全。临时用电系统须符合“一机一闸一漏电”标准，临电作业人员持证率达100%，保障用电安全。施工设备需定期维护并建立电子档案，以便及时掌握设备状况。超过50米的高空作业项目，强制使用防坠速差自控器，降低高空作业风险。自2025年起推行VR模拟事故体验系统，覆盖坠落、触电等6类场景，增强施工人员安全意识。

安全检查与隐患处理采用“定期巡检+突击抽查”模式，检查防护装备佩戴率、消防通道畅通度等12项指标，隐患整改执行“定人、定时限、定措施”的三定原则，重大风险实施挂牌督办。施工现场设置必要的警示标志和防护设施，如栏杆、安全网等，施工区域实行封闭管理，防止非工作人员进入。所有施工人员必须佩戴安全帽、防滑鞋等个人防护装备，电气设备和线路应具备良好的接地和保护措施。高处作业场所临边应设置防护栏杆，洞口作业采取防坠落措施，人行梯等通道底板应满铺、平整。

（三）监测信息的采集与管理

大坝安全监测技术依靠各种监测设备及传感器可以收集到大量的监测信息。在水利工程施工中，建设一个完善的监测信息采集与管理系統是非常关键的，只有如此才能确保监测信息能够准确、及时地获取，并对其进行有效的管理。监测信息的获取依靠具备多通道同步采集功能的数据采集设备实现，采样频率可根据需要调节，

存储容量应能保存至少30天内的连续数据，采用本地存储和实时上传的双模式，同时抗电磁干扰能力应满足相关标准的要求^[5]。在监测信息管理中，借助信息化技术构建数据库，对监测数据进行分类、存储和管理，极大地方便了查询和分析工作的开展。同时利用网络技术对监测信息进行远程传输与共享，使施工管理人员能够随时获得及时准确的信息。如此一来，施工过程中就能依据这些信息及时发现潜在问题，提前采取应对措施，保障大坝施工安全和质量，为水利工程顺利推进提供坚实支撑。

（四）监测数据的分析与预测

水利工程施工过程中，对所收集监测数据的分析和预测是大坝安全监测技术应用的重要环节。通过对监测数据进行分析，可以掌握坝体变形、渗流和应力应变的规律，并在此基础上对坝体的安全状态做出判断。常见的数据分析方法包括统计分析、时空分析和模型模拟。统计分析可用于统计监测数据的均值、标准差和极值，迅速掌握数据分布情况，确定各指标之间的关联，从而使我们对数据整体特征有清晰的认识。通过时空分析，我们可以深入了解监测数据在时间和空间上的变化模式，这有助于更好地理解坝体在不同时间和空间位置的安全状况及其随时间的变化规律。模型模拟可通过构建数学模型来预测坝体变形、渗流等状态，预先识别可能存在的安全隐患，为防范事故的发生奠定基础。同时，借助机器学习算法（如LSTM、随机森林）建立安全预警模型，可自动识别异常趋势，如位移速率突增、渗流量超限等，在异常情况下能够及时报警，为施工决策提供科学依据，保障水利工程施工的安全性，保证大坝运行的稳定性，避免因安全问题造成损失与灾难，确保大坝在其全生命周期内都能以安全和高效的方式运行。

三、水利工程施工中大坝安全监测技术的应用优化策略

（一）提高监测技术的智能化水平

在科学技术日益发展的今天，进一步提升大坝安全监测技术的智能化水平，是未来发展的方向。一方面应加大新型智能传感器的开发与应用。研究开发精度较高、抗干扰能力强、使用寿命长的智能传感器，可实现监测数据的自动获取、处理与传输，降低人工干预程度，提高监测效率与精度。例如研究和开发能够自适应环境变化、根据监测环境自动调节监测参数的智能位移传感器等，以保证在各种运行条件下均可获得精确的位移数据。

另一方面应强化人工智能技术在监测数据分析中的应用。采用深度学习、强化学习等人工智能算法构建更

智能化的监测数据分析模型，实现对监测数据的自动分类、异常检测及趋势预测。利用机器学习算法学习海量历史监测数据，该模型可在监测数据出现异常时自动识别出大坝的正常运行模式与异常模式，能够迅速而准确地发出报警，提供细致的故障诊断信息和更科学的决策依据。同时，人工智能技术也可用于监测系统的自我优化与升级，在数据不断累积与新技术不断应用的过程中，监测系统性能也将持续提升。

（二）加强监测系统的集成化建设

当前大坝安全监测系统通常由多个子系统构成，各子系统之间存在数据格式不一致和通信协议不兼容的情况，导致数据共享困难，影响监测系统整体效能的发挥。因此，加强监测系统的集成化建设非常关键。应制定统一的监测数据标准及通信协议，实现各子系统间数据的无缝连接与共享。通过建立标准化数据接口规范，使各类监测设备与监测系统连接更加便捷，保证数据的准确传输与共享。

利用集成化监测平台将各子系统功能整合到一个平台中，实现大坝安全监测的统一管理与控制。平台集数据采集、传输、存储、分析、预警于一体，可实时显示大坝各项监测参数及运行状态，为监测人员提供一站式工作界面。同时，集成化监测平台还能实现与其他水利工程管理系统（如施工管理系统、调度管理系统）的集成，实现信息共享和业务协同，提高水利工程的整体管理水平。

（三）完善监测数据的质量控制

监测数据的质量直接关系到大坝安全监测的准确性与可靠性。因此，健全监测数据质量控制体系，是保障监测工作高效开展的重点。在数据采集环节，应加强监测设备的维护与管理，定期校准与测试传感器，以保证其准确性与稳定性。同时建立数据采集质量检查体系，对采集数据进行实时检查与审核，及时发现并纠正数据采集过程中存在的错误或异常情况。

在数据传输环节，应采用可靠的数据传输技术和装置，确保数据传输的稳定与安全。对传输数据进行加密处理，防止数据泄露与篡改。同时建立数据传输监控机制，对数据传输状态进行实时监控，在发生数据传输中断或异常时及时采取应对措施，确保数据传输的完整性。在数据处理与分析环节，应制定严谨的数据处理流程及质量控制标准。对获取的原始数据进行预处理，包括数据清洗、滤波和归一化处理，以消除数据中的噪声及异常值，提升数据质量。

（四）培养专业的监测人才队伍

大坝安全监测是一门专业性强的学科，要求掌握多学科知识与技术的专业人才。因此，培养高素质的监测人才队伍，是确保大坝安全监测顺利实施的重要保障。应加强现有监测人员的培训与继续教育，定期举办专业培训课程和技术交流活动，使监测人员掌握最新的监测技术与手段，熟练操作先进监测设备，提升业务水平与综合素质。

加强与高校、科研机构的合作，开展人才培养与科研合作项目。通过联合培养研究生、建立实习基地等方式，吸引并培养一批创新能力强、实践能力强的专业人才。同时鼓励监测人员参与科研项目、学术交流等活动，拓宽学术视野，提升科研能力与创新能力。此外，还应建立健全人才激励机制，对在监测工作中表现突出者予以表彰奖励，调动监测人员的积极性与创造性，为大坝安全监测事业提供坚实的人才支持。

结论

总之，大坝安全监测技术在水利工程施工中应用价值显著，渗流、变形、应力应变监测等技术能实时掌握大坝安全状态，为施工质量监控、安全保障、信息采集管理及数据分析预测提供有力支持。通过提高智能化水平、加强集成化建设、完善质量控制和培养专业人才等优化策略，可提升其应用效果，保障施工质量与安全。但随着水利工程和科技的发展，该技术面临新的挑战与机遇。未来需加强研究与创新，提高监测精度与可靠性，推动监测向智能化、自动化发展，增强数据分析预测和隐患预警处置能力，以保障水利工程安全运行，助力国家经济社会发展。

参考文献

- [1] 甘兴云. 水利水电工程中的大坝工程安全监测控制[J]. 中国高新技术企业, 2015(27): 2.
- [2] 李佳宇. 水利工程大坝的安全监测技术与发展[J]. 河南水利与南水北调, 2015(4): 2.
- [3] 岳磊. 水利工程大坝的安全监测技术与发展[J]. 冶金丛刊, 2016(6): 1.
- [4] 岳磊. 水利工程大坝的安全监测技术与发展[J]. 冶金丛刊, 2016.
- [5] 仲林玉. 堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用研究[J]. Water Conservancy & Electric Power Technology & Application, 2023, 5(8).