

水库大坝安全监测与管理技术

聂 梅

新疆维吾尔自治区塔里木河流域吉音水利枢纽管理中心 新疆 和田 848000

摘 要: 水库大坝是保障水资源合理利用、防洪抗旱、灌溉发电的关键水利设施,其安全与否,关乎下游地区人民生命财产安全与社会经济稳定发展。本文围绕水库大坝安全监测与管理技术展开探讨。先简述相关技术概述,接着详细阐述安全监测技术,包括自动化监测系统、卫星遥感、无人机及智能感知技术;随后介绍安全管理技术,涵盖制度建设、监测数据分析评估、信息化管理平台建设等。最后展望发展趋势,如多技术融合、智能化、标准化及全生命周期管理等,旨在为提升水库大坝安全保障水平提供参考。

关键词: 水库大坝; 安全监测; 管理技术

引言: 水库大坝作为水利工程的关键组成部分,其安全与否关乎下游人民生命财产安全与社会经济稳定发展。随着科技进步与社会对水利设施安全关注度的提升,传统的安全监测与管理手段已难以满足需求。在此背景下,深入研究水库大坝安全监测与管理技术意义重大。本文系统分析各类监测与管理技术,探究其发展趋势,期望为保障水库大坝安全运行,推动水利行业可持续发展提供有力支持。

1 水库大坝安全监测与管理技术的概述

水库大坝作为水利工程体系的核心枢纽,其安全状况不仅关系到水利设施的正常运行,更与下游地区人民生命财产安全以及社会经济的稳定发展紧密相连。水库大坝安全监测与管理技术,便是确保大坝长期稳定运行的关键保障。安全监测技术,通过各类先进设备与手段,对大坝的运行状态进行全方位、实时性的监控。从坝体的位移、渗流、应力应变,到周边环境的水位、气象等参数,都能被精准捕捉。这些数据如同大坝的“健康指标”,为及时发现潜在安全隐患提供了有力依据。安全管理技术,则侧重于构建科学合理的管理体系。涵盖从安全管理制度的制定与执行,到监测数据的分析评估,再到应急处置预案的规划与演练等多个环节。通过有效的组织协调与决策,实现对大坝全生命周期的精细化管理,确保一旦出现异常情况,能够迅速响应,采取恰当措施,将损失降到最低。水库大坝安全监测与管理技术相辅相成,共同守护着大坝的安全,为水利事业的稳健发展筑牢根基^[1]。

2 水库大坝安全监测技术

2.1 自动化监测系统

自动化监测系统是保障水库大坝安全的重要技术手段。它以传感器为基础,在大坝的坝体、坝基、溢洪道

等关键部位,密集部署各类传感器,如位移传感器、渗压计、应力应变计等。这些传感器就像大坝的“神经末梢”,能实时捕捉大坝运行过程中的物理参数变化。借助有线或无线通信网络,数据被迅速传输到数据处理中心。在数据处理中心,专业软件对数据进行深度分析,不仅能直观展示大坝的实时状态,还能通过数据对比和模型计算,预测大坝运行趋势。一旦监测数据偏离正常范围,系统立即触发预警机制,通知管理人员及时采取措施。该系统极大提高了监测效率,减少人工干预,广泛应用于大型水库,为大坝安全运行提供可靠保障。

2.2 卫星遥感监测技术

卫星遥感监测技术利用卫星搭载的多光谱、雷达等传感器,从太空对水库大坝进行宏观监测。通过获取不同时期的卫星影像,分析大坝周边地形地貌、水体分布、植被覆盖等信息,从而判断大坝是否存在安全隐患。例如,利用合成孔径雷达干涉测量技术(InSAR),可以精确测量大坝的微小形变,即使是毫米级别的变化也能被捕捉到。这种技术不受地形、天气和交通条件的限制,能够实现大面积、周期性的监测,尤其适用于偏远地区或地形复杂的水库大坝。通过长期的卫星遥感监测,可以建立大坝安全状况的动态数据库,为大坝的安全评估和管理提供宏观、全面的数据支持。

2.3 无人机监测技术

无人机监测技术以其灵活性和高分辨率的特点,在水库大坝安全监测中发挥着独特作用。无人机可以根据预设的航线和任务要求,贴近大坝飞行,对坝体、坝肩、溢洪道等部位进行细致检查。搭载的高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等设备,能够获取大坝表面的图像、温度分布和三维地形数据。操作人员通过地面控制站,可以实时查看无人机回传的图像和数据,及时发现

大坝表面的裂缝、渗漏、滑坡等异常情况。无人机还可以在恶劣天气或夜间条件下执行应急监测任务，为大坝安全管理提供及时、准确的信息。相比传统的人工巡检和地面监测手段，无人机监测具有成本低、效率高、覆盖范围广等优势。

2.4 智能感知技术

智能感知技术是融合了物联网、大数据、人工智能等先进技术的新型监测手段。在大坝内部和表面部署智能传感器，这些传感器不仅能够实时采集大坝的物理参数，还具备自我诊断、自适应调整和数据预处理功能。通过物联网技术，将分布在大坝各个部位的传感器连接成一个庞大的网络，实现数据的实时传输和共享。利用大数据分析技术，对海量的监测数据进行深度挖掘，发现数据之间的潜在关联和规律。结合人工智能算法，如机器学习、深度学习等，建立大坝安全状况的智能评估模型，实现对大坝安全隐患的早期预警和精准预测。例如，通过对历史数据的学习和分析，智能系统可以提前预测大坝可能出现的渗漏、裂缝扩展等问题，为大坝安全管理提供科学决策依据。

3 水库大坝安全管理技术

3.1 安全管理制度建设

安全管理制度建设是水库大坝安全管理的根基，它为整个管理工作提供了行动指南和规范准则。（1）要明确组织架构与职责分工，清晰界定管理部门、运行单位、维护团队以及相关人员在大坝安全管理中的具体职责，避免出现职责不清、推诿扯皮的现象。例如，明确规定运行人员负责日常的大坝运行操作和基本巡查，维护团队承担设备设施的定期维护和故障修复，管理部门统筹协调各项工作并监督制度执行情况。（2）制定全面细致的操作规范，涵盖大坝运行的各个环节，包括水位调度、设备启停、日常巡检等。这些规范要具体、可操作，详细说明操作流程、注意事项和安全要求，确保操作人员能够准确无误地执行任务，减少因操作不当引发的安全风险。（3）建立严格的监督考核机制，对安全管理制度的执行情况进行定期检查和评估，对遵守制度、工作表现优秀的人员给予奖励，对违反制度的行为严肃处理，以此强化全体人员对制度的敬畏之心，保障制度的有效落实。通过完善的安全管理制度建设，使水库大坝安全管理工作有章可循、有序开展，为大坝的安全稳定运行奠定坚实基础^[2]。

3.2 监测数据分析与评估

监测数据分析与评估是水库大坝安全管理的核心环节，它能帮助管理者准确掌握大坝的运行状态，及时发

现潜在安全隐患。在数据采集方面，要确保各类监测设备正常运行，按照规定的时间间隔和精度要求收集数据，包括坝体位移、渗流、应力应变、水位、气象等多方面信息。在数据分析阶段，运用统计学方法、数据挖掘技术和专业的大坝安全分析模型，对采集到的数据进行深入处理。例如，通过趋势分析判断数据随时间的变化规律，通过相关性分析找出不同参数之间的内在联系，通过对比分析将实时数据与历史数据、设计标准进行对比，从而判断大坝运行是否正常。评估工作则是在数据分析的基础上，综合考虑大坝的设计条件、运行历史、地质状况等因素，对大坝的安全状况进行全面评价。根据评估结果划分安全等级，为后续的决策提供科学依据。如果评估发现大坝存在安全隐患，要进一步深入分析原因，制定针对性的处理措施，并跟踪措施的实施效果，确保大坝安全。

3.3 应急管理体系建设

应急管理体系是应对水库大坝突发安全事件的关键防线，直接关系到下游人民生命财产安全和社会稳定。应急预案制定是应急管理体系的首要任务，预案应针对可能出现的各种险情，如洪水漫顶、坝体坍塌、渗漏等，制定详细的应急响应流程，明确各部门和人员在应急处置中的职责和任务，规定应急抢险的技术措施和行动步骤。应急物资储备是应急管理的重要保障，要根据可能发生的险情，储备足够数量、种类齐全的应急物资，如沙袋、土工布、排水泵、照明设备等，并定期对应急物资进行检查、维护和更新，确保物资在关键时刻能够正常使用。应急演练也是不可或缺的环节，通过定期组织实战演练，检验和提高应急队伍的快速响应能力、协同作战能力和应急处置能力，使全体人员熟悉应急流程，增强应对突发事件的信心和能力。

3.4 信息化管理平台建设

信息化管理平台是提升水库大坝安全管理效率和水平的重要工具。该平台整合了数据采集、传输、存储、分析和展示等功能，实现了大坝安全管理的数字化和智能化。在数据采集端，接入各类自动化监测设备和传感器，实时获取大坝运行的各类数据，并通过有线或无线网络将数据传输至数据中心。数据中心运用大数据技术对海量数据进行高效存储和管理，利用云计算技术实现数据的快速处理和分析。通过数据分析模型和人工智能算法，对大坝运行状态进行实时评估和预测，及时发现异常情况并发出预警。在展示层面，通过可视化界面，将大坝的实时运行数据、安全评估结果、历史数据趋势等信息以直观、易懂的方式呈现给管理者，使他

们能够快速了解大坝的安全状况。同时,平台还具备信息共享功能,方便不同部门和人员之间的数据交流和协作。此外,信息化管理平台还可以与上级管理部门的信息系统对接,实现数据的上传和共享,便于上级部门对水库大坝安全进行统一监管。

4 水库大坝安全监测与管理技术发展趋势

4.1 多技术融合发展

在未来,水库大坝安全监测与管理将呈现多技术融合的显著趋势。自动化监测系统会与卫星遥感、无人机监测及智能感知技术深度结合。自动化监测系统负责对大坝关键部位进行高频次、高精度的实时监测,获取位移、应力等基础数据;卫星遥感凭借其宏观观测优势,从大尺度上监测大坝周边地质、水体变化;无人机则灵活穿梭于坝体周边,对细节进行近距离观察;智能感知技术利用先进算法分析整合各方数据。例如,在汛期,卫星遥感监测到水库周边降水量大幅增加,自动化监测系统实时反馈水位快速上升,无人机迅速对坝体进行巡检,智能感知技术依据这些多源数据,精准评估大坝安全风险,提前预测可能出现的滑坡、渗漏等问题,为及时采取防护措施提供科学依据,极大提升监测与管理的全面性和准确性。

4.2 智能化监测与管理

智能化将成为水库大坝安全监测与管理的核心方向。随着人工智能、机器学习技术的不断发展,监测设备将具备更强的自我诊断、自适应调整能力。智能传感器能自动识别异常数据,及时调整监测参数,确保数据的可靠性。在数据分析方面,机器学习算法可对海量历史和实时监测数据进行深度挖掘,精准预测大坝运行趋势。比如,通过对多年来坝体温度、应力变化数据的学习,算法能够预测在不同工况下坝体可能出现的应力集中区域和潜在裂缝发展趋势。在管理层面,智能决策系统依据监测数据和评估结果,自动生成最优管理方案,如合理的水位调控策略、设备维护计划等,实现从监测到决策的智能化无缝对接,提高管理效率和科学性。

4.3 标准化与规范化建设

标准化与规范化建设是保障水库大坝安全监测与管理质量的关键。目前,不同地区、不同类型大坝的监测

与管理标准存在差异,这给数据共享、经验交流带来困难。未来,行业将制定统一、详细的技术标准和管理规范。在监测技术上,明确各类传感器的选型、安装位置与精度要求,规范数据采集频率、传输格式等;在管理方面,统一安全评估流程、报告格式,规范应急响应等级与处置流程。这样一来,无论大坝位于何处,都能依据相同标准进行监测与管理,便于形成统一的行业数据库,促进经验分享与技术交流,提升整体行业水平,确保大坝安全管理的一致性和可靠性。

4.4 注重全生命周期管理

水库大坝全生命周期管理理念将日益受到重视。从大坝的规划设计阶段开始,就融入安全监测与管理的考量,充分考虑未来运行中的各种工况,优化设计方案。在建设施工阶段,严格把控质量,确保监测设备的正确安装与预留。运行期,持续监测大坝健康状况,根据监测数据及时调整管理策略,进行必要的维护与改造。在退役阶段,也制定科学的拆除或后续利用方案,确保整个过程安全环保。例如,通过全生命周期管理,在大坝运行多年后,根据长期监测数据判断坝体老化程度,合理安排加固或重建计划,保障大坝在各个阶段都能安全稳定运行,延长使用寿命,充分发挥水利设施的效益^[3]。

结束语

水库大坝安全监测与管理技术是保障大坝安全稳定运行的关键。从安全管理制度建设,到监测数据分析评估,再到应急管理体系和信息化平台建设,各环节紧密相扣。通过多技术融合、智能化发展,未来这些技术将不断完善,为水库大坝全生命周期管理筑牢防线,有效降低安全风险,保障下游人民生命财产安全,推动水利事业可持续发展,在防洪、灌溉、供水等领域持续发挥重要作用。

参考文献

- [1]王霄清.水库大坝安全监测自动化技术在水库安全中的应用[J].河北农机,2022(3):121-123.
- [2]王迪,倪罗华.水库大坝安全监测自动化技术在水库安全中的应用[J].区域治理,2023,0(49):225-225.
- [3]李积强,高世宇,祁维青,张永强.关于水库大坝安全监测自动化技术的探讨[J].科技视界,2022,0(4):167-169.