

Application analysis of intelligent monitoring system in safety management of water conservancy projects

Xiaobing Yi

Chongqing Energy Chuan Yu Electric Power Branch, Chongqing, 400000, China

Abstract

As a vital component of national infrastructure, the safety of water conservancy projects directly impacts the safety of people's lives and property and regional social stability. With technological advancements, traditional safety management methods can no longer meet the demands of high-risk and dynamic water conservancy projects. The intelligent monitoring system, by integrating perception terminals, data platforms, and intelligent analysis modules, enables real-time perception, analysis, and early warning of the project's structure, environmental parameters, and operational status, significantly enhancing management efficiency and response speed. This article focuses on typical safety scenarios in water conservancy projects, systematically analyzing the core components, application paths, and improvement mechanisms of the intelligent monitoring system. It explores efficient application models under the integration of technology, mechanism building, and institutional support, aiming to provide the industry with digital, precise, and intelligent safety management references.

Keywords

water conservancy project; intelligent monitoring; safety management; real-time warning; system integration

智能化监控系统在水利工程安全管理中的应用分析

易小兵

重庆能源川渝电力分公司, 中国·重庆 405902

摘要

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分,其运行安全直接关系到人民生命财产安全和区域社会稳定。随着科技发展,传统安全管理手段已难以满足高风险、多变性的水利工程监管需求。智能化监控系统通过集成感知终端、数据平台与智能分析模块,实现对工程结构、环境参数和运行状态的实时感知、分析与预警,极大提升了管理效率与响应速度。本文围绕水利工程的典型安全场景,系统分析智能化监控系统的核心构成、应用路径及提升机制,探讨在技术融合、机制建设与制度支撑下的高效运用模式,以期为行业提供数字化、精准化、智能化的安全管理参考。

关键词

水利工程; 智能化监控; 安全管理; 实时预警; 系统集成

1 引言

水利工程是保障农业灌溉、防洪减灾和生态调控的重要基础设施,其安全运行对区域经济发展和社会稳定具有基础性意义。当前,我国水利工程普遍面临运行环境复杂、风险类型多样、管理跨度大等问题,传统人工巡检与事后处置的方式已难以满足现代化工程监管的高要求。伴随信息技术和智能设备的发展,集成传感监测、自动采集、数据传输与智能预警等功能的智能化监控系统在水利安全管理中逐步推广。系统化、实时化、精准化的特征使其在提升风险识别效率、加强运维管理、构建科学预警体系等方面发挥显著作用。本文拟围绕智能监控系统在水利工程安全管理中的应用

现状、技术路径与优化对策开展系统性研究分析。

2 水利工程安全管理的现实需求与技术转型背景

水利工程具有规模庞大、结构复杂、运行周期长的特点,其风险因素涉及自然灾害、结构老化、运行失误等多个维度,表现为突发性强、链条长、后果严重等特征。传统安全管理模式依赖人工巡查与定期检测,信息传递滞后、数据分散,难以及时发现隐患并有效响应处置。在面对强降雨、突发地质活动或设备异常时,传统方式往往无法提供实时数据支撑,导致判断失误或决策延迟,影响抢险效率与预警时效。尤其在大坝、水库等高风险工程中,传统方法缺乏精细化手段和量化指标,易造成安全监管盲区与管理真空,严重制约工程安全治理水平的现代化转型。从风险管控需求来看,突发灾害频发、气候不确定性增强以及超期服役工程数

【作者简介】易小兵(1978-),男,中国重庆人,本科,工程师,从事水工水文研究。

量增多,倒逼管理体系向数字化升级。技术层面,物联网、云计算、大数据、边缘计算等手段不断成熟,构成了智能监控系统落地的基础条件^[1]。

3 智能化监控系统的核心构成与功能结构

3.1 感知终端与边缘设备在风险识别中的应用角色

感知终端是智能监控系统实现动态监测的基础环节,涵盖渗压计、位移计、雨量计、水位计、温湿度传感器等各类高精度传感装置,能够持续监测工程关键部位的结构应力、水文变化和环境信息。边缘计算设备作为数据初步处理与事件识别的载体,承担对原始数据的快速筛选与异常预警功能,减少数据回传延迟和后台负载压力。二者协同运行可形成面向坝体、闸门、泄洪设施等关键区域的高覆盖、多维度、低延迟的实时感知网络,提升对突变指标的识别敏感性,支撑动态安全风险判断与分级响应策略制定,构建精准、高效的监控前端体系^[1]。

3.2 数据传输与集成平台的结构体系与运行机制

数据传输系统在智能监控结构中承担关键枢纽角色,依托无线通信、光纤链路、卫星信道等多种方式,实现前端采集数据的高效汇聚。平台集成层则基于统一的数据标准与接口协议,构建横向贯通、纵向联通的管理架构,实现不同监控模块、应用系统之间的数据共享与互操作。运行机制包括数据清洗、格式转换、状态识别、指标提取等多个子流程,通过集成可视化界面支持多级管理人员实时调阅现场信息、掌握运行动态,并依据权限进行策略部署与信息反馈。高可用性、高稳定性的通信与平台结构确保系统在复杂环境下持续运转,为安全决策提供实时支撑。

3.3 智能分析模型在隐患识别与应急预警中的作用

智能分析模型基于历史监测数据与实时数据的融合运算,依托机器学习、时间序列预测、模式识别等算法构建风险评估框架。系统通过模型训练,能实现对趋势性变化、突发性异常的自动识别,对如坝体渗漏增长、结构沉降异常等隐患提前形成预警。模型可结合阈值管理机制,分级设定报警等级与响应策略,自动联动现场应急装置、远程控制设备或值守人员信息推送系统,提高突发事件响应的及时性与干预的精度。此类模型以数据驱动为核心,提高判断的客观性,避免人为误判,强化水利工程安全的数字支撑与智能响应能力。

4 智能化监控系统在典型安全场景中的应用模式

4.1 大坝结构变形与渗漏监测的实时数据采集与分析

在高坝及重要水库工程中,结构稳定性与渗流控制是安全运行的核心要素。通过布设多点位移监测传感器、渗压计、测缝计等设备,能够实现对坝体横向位移、沉降速率及渗流变化的连续感知。系统通过高频采集数据并进行边缘处理,可快速识别微小形变趋势与压力异常信号,并将数据实时上

传至中央平台形成图谱化展示。分析模块通过比对历史模型与当前趋势,对超限数据自动触发预警信息,同时提供建议性处置措施。上述机制构成从监测到响应的完整闭环,显著提升了坝体渗流与结构变形风险管理的科学性与主动性^[2]。

4.2 水库运行安全中的水位、流量与雨情信息联动控制

水库调度管理需充分掌握来水、水位与出库流量的动态关系,保障防洪、供水及生态下泄等多重功能的协同实现。智能化系统通过水位传感器、流量计、雨量站与视频监控设备的协同工作,获取库区内外实时水文数据,并结合区域气象系统实现暴雨预报信息同步接入。系统将流域降雨量与入库流速等指标联动分析,动态预测库容变化与溢洪风险,支持调度人员调整闸门开启策略,保障库容合理分配与泄洪操作安全执行。通过构建多源信息融合的调控逻辑,提升水库调度精度与洪水风险应对能力。

4.3 施工期与运维期现场环境与人员安全智能监管

在施工阶段,水利工程环境复杂、作业频繁,易发生坍塌、滑坡或机械事故,亟需构建覆盖人员、设备、环境的智能监管机制。系统可部署现场视频监控、人员定位、环境气体检测、边坡位移监测等多类终端,实时掌握作业面动态与环境风险指标。在运维期,通过红外监测、声波传感与接触式传感器结合,对设备运行状态与关键部位的结构性能进行综合评估。一旦发生临界值越限行为,系统立即启动警报联动机制,向管理人员推送风险信息并触发预设处置方案。该类监管模式有效填补了人工巡检盲区,增强现场作业风险的前瞻性管理能力^[2]。

5 提升智能化系统效能的关键技术与管理机制

5.1 多源数据融合与算法优化技术的协同构建路径

智能化监控系统需处理来自结构传感、环境监测、水文气象、人员行为等多源异构数据,为实现精准识别与动态预判,必须构建融合感知、逻辑处理与算法优化的协同模型体系。通过空间配准与时序同步技术,将各类传感数据统一映射至工程结构模型中,实现监测指标的全景呈现。融合算法基于神经网络、聚类分析与贝叶斯推理等方法,识别出潜在风险信号间的关联关系与演化路径,增强系统对异常状态的识别能力。数据融合平台还需嵌入模型训练机制,实现自适应参数优化与特征提取能力提升,推动智能系统向高精度、强泛化的技术方向演进^[3]。

5.2 软硬件集成与系统兼容性提升的工程实践基础

水利工程现场环境复杂,软硬件系统的稳定集成是确保智能监控系统长期运行的重要前提。在硬件层面,需要选用具备高抗干扰能力和广泛适配性的设备,确保在高湿、高粉尘或强震动等环境下稳定运行。软件平台应采用模块化设计思路,增强系统扩展性与可维护性,同时提供统一的接口协议,实现与已有自动化设施、调度系统的无缝集成。跨品

牌设备的数据标准需统一，确保不同厂商产品间的兼容性，构建覆盖感知层、传输层、应用层的完整闭环。通过制定集成工程手册和测试评估标准，为项目部署与后期升级提供操作模板与保障条件，提升系统稳定性与适应性，图1为一种多元控制集成的水利监控系统设计。

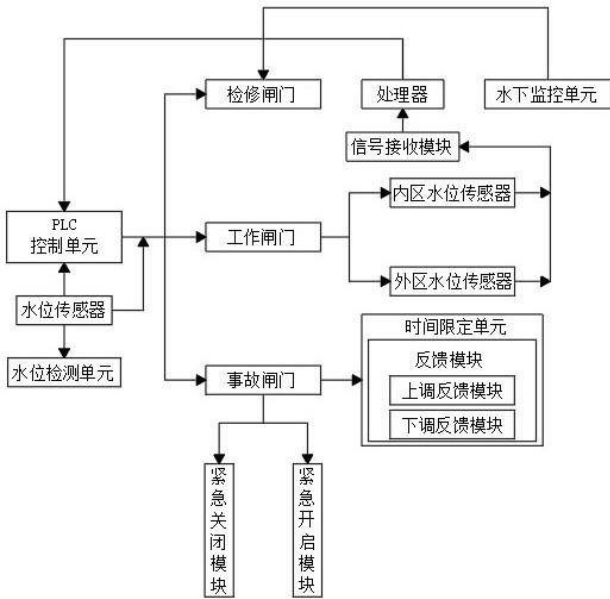


图1为一种多元控制集成的水利监控系统设计

5.3 安全预警与管理响应机制的制度化配套体系

智能化系统运行不仅依赖技术支撑，更需建立一套科学、规范的响应机制和制度框架，实现从感知预警到管理决策的闭环联动。应构建以风险等级划分为基础的预警分级制度，明确各类异常状态的报警规则、响应主体与处置流程。结合信息推送机制，将预警信息快速传达至现场责任人、管理中心与应急机构，形成联动闭环。制度层面需明晰系统巡检频次、数据存储规范、日志审计要求与绩效考核办法，推动管理责任层层落实。还应制定与地方应急预案、调度平台和气象系统等多源系统对接的接口机制，构建纵向协同、横向贯通的高效管理体系，保障系统长期、有效运行^[9]。

6 强化智能化监控系统在水利安全管理中的推进策略

6.1 推动系统标准化建设与技术规范落地实施

智能监控系统在水利安全领域的广泛推广亟需统一的技术标准与实施规范作为支撑基础。当前存在设备参数不一致、通信协议不统一、平台接口封闭等问题，影响系统互联互通与集成效率。应由行业主管部门牵头，结合典型工程实践，编制感知设备安装规范、数据格式标准、算法接口目录与平台功能框架要求，确保各环节具备统一操作依据。通过出台相关技术导则与工程验收细则，明确系统建设、测试、运行与升级全过程的质量标准。引导各地试点先行、逐步推广，将标准化成果与财政补贴、工程审批、绩效考核等政策

挂钩，加快推动技术规范落地实施，为水利工程智慧化转型提供制度基础与可复制路径。

6.2 加快专业技术队伍培育与操作能力提升

系统的有效运行与数据价值的充分发挥，离不开具备专业素养与实操能力的技术队伍。当前水利行业在信息技术复合型人才储备方面存在短板，需通过制度引导与培训机制并重，构建系统完善的人才培养体系。一方面应依托高等院校与科研机构开设智能监测、水文信息、数据建模等方向的专项课程，推动工程技术人员能力结构转型升级。另一方面可通过行业内部开展常态化技能竞赛、专项岗位培训与技术沙龙交流，提升现场运维人员对系统设备、数据处理与应急处置等操作环节的掌握程度。同时，应建立专业岗位考核标准与持续认证机制，形成以能力提升为导向的技术人员激励与评估体系^[4]。

6.3 构建长效运维机制与跨部门协同监管模式

系统的可靠性不仅依赖建设初期的设计与部署，更取决于长期运行维护的制度建设与跨层级协作机制。应设立专门的运维机构或委托专业服务团队，建立包含设备巡检、数据备份、软件升级、故障处理在内的全生命周期技术保障体系。通过运用远程监控与自动巡检机制，减少人工维护负担，提高异常响应效率。在管理层面，应打破水利、气象、应急、环保等部门的信息壁垒，构建多部门共管共治的联动机制，实现监测数据互通共享、风险预警联动发布与处置资源统筹调配。依托数字化指挥平台，实现数据实时传输、事件同步上报、响应信息协同反馈，推动形成系统联动、响应高效、协作紧密的现代水利安全管理格局^[4]。

7 结语

智能化监控系统作为水利工程安全管理现代化的重要支撑，已逐步展现出在感知精度、数据效率与风险应对能力方面的突出优势。其在结构监测、水情联动、人员监管等环节实现了全周期覆盖与实时响应，显著提升了管理的科学性与时效性。在系统构建过程中，应注重核心技术的融合演进与应用模式的持续优化，推动数据驱动的管理模式落地。配套标准制度、人才体系与协同机制的完善，将进一步保障系统效能的稳定释放。未来，随着信息技术不断升级，智能化系统将在水利安全领域发挥更广泛、更深入的作用，助力构建集智能感知、精密决策、高效响应为一体的安全保障新格局。

参考文献

- [1] 丁宝民.智能节水灌溉技术在农田水利工程中的应用研究[J].水上安全,2025,(07):93-95.
- [2] 张志军.智能节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J].河北农机,2025,(06):145-147.
- [3] 赵杰.智能化技术在洞庭湖区水利工程管理中的应用[J].湖南水利水电,2025,(02):72-73.
- [4] 王凤波,李洪军.智能化技术在水利工程管理中的应用研究[J].水上安全,2025,(05):28-30.