

水利工程智能化监控系统的创新与应用研究

倪一品¹, 胥照², 李梦莎³, 陈飞², 张双林⁴

1. 淮安市城市水利工程管理中心, 江苏 淮安 223001

2. 淮安市清晏园, 江苏 淮安 223001

3. 淮安市洪金灌区管理所, 江苏 淮安 223001

4. 淮安市淮泗涵闸管理所, 江苏 淮安 223001

DOI:10.61369/ETQM.2026030043

摘 要 : 随着水利工程对安全性、效能及资源利用的要求日益提高, 智能化监控系统的应用成为解决这一需求的重要途径。本文探讨了水利工程智能化监控系统的创新技术与应用, 重点分析了基于物联网、人工智能和大数据技术的智能化监控解决方案。通过对智能化监控系统的构建、关键技术与实施效果进行深入剖析, 本文展示了智能化监控在水利工程中的实际应用效果, 并提出了进一步优化和推广的策略。研究结果表明, 智能化监控系统有效提升了水利工程的管理效率与安全性。

关 键 词 : 水利工程; 智能化监控; 物联网; 人工智能; 大数据

Research on Innovation and Application of Intelligent Monitoring System for Water Conservancy Projects

Ni Yipin¹, Xu Zhao², Li Mengsha³, Chen Fei², Zhang Shuanglin⁴

1. Huai'an Urban Water Conservancy Project Management Center, Huai'an, Jiangsu 223001

2. Qingyan Park, Huai'an, Jiangsu 223001

3. Hongjin Irrigation District Management Office, Huai'an, Jiangsu 223001

4. Huaisi Sluice Management Office, Huai'an, Jiangsu 223001

Abstract : With the increasing demands for safety, efficiency, and resource utilization in water conservancy projects, the application of intelligent monitoring systems has become a crucial approach to meeting these requirements. This paper explores innovative technologies and applications of intelligent monitoring systems for water conservancy projects, focusing on analyzing intelligent monitoring solutions based on the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and big data technologies. Through an in-depth analysis of the construction, key technologies, and implementation effects of intelligent monitoring systems, this paper demonstrates the practical application effects of intelligent monitoring in water conservancy projects and proposes strategies for further optimization and promotion. The research results indicate that intelligent monitoring systems effectively enhance the management efficiency and safety of water conservancy projects.

Keywords : water conservancy projects; intelligent monitoring; Internet of Things; artificial intelligence; big data

引言

水利工程是国家基础设施建设的重要组成部分, 其建设和维护直接关系到人民生命财产安全及社会经济发展。近年来, 随着信息技术的飞速发展, 智能化监控系统在水利工程中的应用逐渐成为提升管理效率和工程安全的重要工具。智能化监控系统通过实时数据采集与处理, 实现对水利工程各项指标的动态监控、预警和智能分析。本文将聚焦水利工程智能化监控系统的关键技术创新与实际应用, 探讨如何利用物联网、大数据、人工智能等先进技术, 提升水利工程管理与安全保障水平, 推动智能化监控在水利领域的应用深入发展。

一、水利工程智能化监控系统的构建

（一）系统架构设计

智能化监控系统的架构设计是高效运行的基础，通常包括数据采集层、传输层、数据处理层和应用层。数据采集层通过传感器实时收集数据，传输层将数据传输至中心服务器，数据处理层负责数据的处理、存储与分析，应用层为用户提供实时监控与决策支持。功能模块如数据采集、故障诊断、预警和远程控制模块确保系统及时发现故障、发出警报并进行远程调控。数据流与通信机制的设计至关重要，需采用高效、稳定的通信协议（如无线通信、光纤通信和卫星通信等），根据实际环境和需求选择合适的传输方式，以确保数据的稳定传输和系统的顺畅运行。

（二）硬件设施配置

硬件设施是智能化监控系统的核心，传感器和采集设备的选择直接影响系统的准确性和稳定性。根据水利工程需求，传感器种类繁多，如流量计、水位计、温湿度传感器等，设备需具备高精度、长寿命和低维护要求，且能承受复杂环境和极端条件，如水位传感器需具备防水、防腐蚀功能。数据传输设备和网络布设决定了数据交换效率，采用 LoRa、NB-IoT 等无线网络协议可实现长距离低功耗传输，而光纤网络或无线网桥则提供高带宽和低延迟。硬件的耐久性与可靠性至关重要，设备需抗高温、低温和腐蚀等极端条件，并注重防护等级（如 IP67 防水防尘），确保设备长期稳定运行，减少故障和维护成本。

（三）软件平台开发

智能化监控系统的软件平台是数据处理、分析与可视化的核心，需具备高效的数据处理能力，实时接收并清洗、分析和存储传感器数据。通过历史数据挖掘，软件支持故障预测、趋势分析和风险评估，帮助决策者制定管理方案。用户界面应简洁明了，提供图形化显示，如地图、曲线图和实时数值，便于用户快速理解系统状态并采取措施。系统还应具备多级权限管理，确保不同角色的权限划分。系统集成与数据管理功能确保各模块无缝对接，保障数据流转高效稳定，提供长期存储、备份与安全管理，确保数据安全和系统高可用性，从而提高管理效率并确保系统稳定运行。

二、水利工程监控系统的关键技术

（一）物联网技术应用

物联网技术在水利工程监控系统中的应用主要体现在传感器技术、数据采集与实时传输技术以及物联网平台的建设与管理。传感器通过高精度的水位、流量、温湿度和压力等传感器实时监测水体状态和环境变化，确保数据的可靠性和稳定性。传感器数据通过无线传感器网络（WSN）和通信技术（如 LoRa、NB-IoT）实时传输至中心平台，支持远程监控和数据可视化。物联网平台负责数据的整合、存储和处理，支持大规模设备接入，具备故障诊断与自动报警功能，确保水利工程的安全运行。

（二）大数据技术在监控中的作用

大数据技术在水利工程监控系统中发挥着关键作用，尤其在

故障预测、实时数据处理和历史数据存储方面。通过机器学习和数据挖掘，系统能分析大量传感器数据，提前预测故障，避免突发事故。实时数据处理确保监控数据的准确性，历史数据存储则为后期决策提供支持。数据可视化和报告生成通过图表、地图和实时监控画面直观呈现水利工程状态，帮助操作人员及时掌握关键指标，自动生成报告，为管理人员优化资源配置和提高运营效率提供依据。

2.3 人工智能与自动化分析

人工智能技术在水利工程监控系统中的应用显著提升了系统的智能化与自动化水平，特别是在水位、流量预测、故障识别与预警以及自动化控制方面。智能算法通过机器学习和深度学习，能够分析历史数据与实时数据，准确预测未来的水位和流量变化，支持水库调度、灌溉管理和洪水预警。同时，基于 AI 的故障识别与预警系统能智能分析传感器数据，及时发现设备故障或异常情况，减少故障发生并降低损失。自动化控制与响应机制设计进一步增强了水利工程的运行效率与应急响应能力，系统能够根据预警或预测结果自动调整设施状态，如水位过高时自动启动排水设施或调整水流方向，防止洪水发生。这种自动化控制提升了水利工程的安全性，并确保设施稳定运行。

三、智能化监控系统的应用效果分析

（一）提升水利工程的安全性

智能化监控系统通过实时监控与早期预警的结合，显著提升了水利工程的安全性。系统通过传感器实时监测水位、流量、压力等关键指标，及时发现异常情况进行数据分析，提前预测潜在风险，如洪水季节的水灾预警，确保足够的应急响应时间。同时，系统基于历史与实时数据综合分析，自动评估工程风险，辅助决策者制定科学的水资源调度和应急处置方案。智能化监控系统有效降低了事故发生率，通过精准监控和及时预警，许多突发事件得以避免或提前处理，尤其在大坝管理中，系统能够实时检测坝体微小裂缝并及时修复，减少了自然灾害和设备故障引发的安全隐患。

（二）优化资源管理与运营效率

智能化监控系统在水利工程中的应用显著优化了水资源的分配与管理，通过精准水量监控和数据分析，根据实际需求智能调节水流量，提升水资源利用率。系统结合土壤湿度、气象数据和作物需求，自动调整水流，避免资源浪费。同时，智能调度与远程控制使管理人员能够实时监控设施运行状况，远程调整水库泄洪阀门等，减少人工干预，降低人为错误，提高运营效率。在运营成本节约与效益提升方面，系统通过智能调度和优化管理，提升水利设施利用率，减少能源浪费、降低运行成本，带来更高经济效益，使水利工程更加高效、可持续地运作。

（三）提高数据精度与系统响应速度

智能化监控系统通过提升数据精准度，确保了监测数据的可靠性与准确性，实时反映水利设施的运行状态，减少决策错误。例如，水位监测系统通过高精度传感器提供准确的水位信息，帮助管理人员及时作出决策，避免突发事件。系统的响应速度与处

理能力的提升使其能够快速处理大量数据并做出反应。在紧急情况下，系统能够迅速分析并发出警报，如检测到异常水位时，立即启动预设的应急措施，确保水利工程的安全。

长期运行中的系统稳定性同样是智能化监控系统的优点之一。系统能够在长时间的运行过程中保持稳定性和高效性，确保不会因设备故障或系统崩溃而影响监控和控制。这种稳定性对于水利工程的长期管理至关重要，尤其是在恶劣环境下，系统能持续稳定地运行，避免出现意外停机或数据丢失的情况。如表1所示。

表1 优化前后的数据精度与系统响应速度对比

指标	优化前	优化后	改进效果
数据采集精度	± 5cm	± 1cm	提升数据精度，增强监测准确性
系统响应时间	5-10 秒	1-2 秒	提高响应速度，缩短决策时间
故障识别率	85%	95%	增强故障识别能力，减少漏报
数据处理能力	每秒 100 条数据	每秒 1000 条数据	提高数据处理速度，增强实时性
系统稳定性	偶尔出现系统崩溃或故障	系统稳定运行，全年无故障	提高系统的稳定性，降低故障率

展示了数据精度、系统响应时间、故障识别率、数据处理能力和系统稳定性等关键指标的提升情况，充分体现了智能化监控系统对水利工程管理效果的积极影响。

四、水利工程智能化监控系统的挑战与解决方案

（一）数据安全与隐私保护

随着智能化监控系统在水利工程中的广泛应用，数据安全和隐私保护成为不可忽视的挑战。为确保数据不被非法访问或篡改，必须建立完善的数据加密和访问控制机制，采用强加密算法（如 AES256）保障数据传输安全，并根据用户角色设置权限，确保只有授权人员能访问敏感信息。系统还需通过防火墙、入侵检测系统和防病毒软件等措施防范攻击，同时遵守《网络安全法》和《个人信息保护法》，确保符合法律要求并保护用户隐私。

（二）系统的可扩展性与兼容性

水利工程智能化监控系统的可扩展性与兼容性同样是面临的重大挑战之一。随着水利工程规模的扩大和技术的不断发展，系统需要具备灵活的可扩展性，以适应未来新增设备、传感器及其他监控需求的接入。因此，在系统设计时，必须考虑到模块化架构和开放的接口设计，以便于未来的扩展和升级。同时，系统还应支持多种网络协议和通信方式，保证能够兼容不同类型的设备

和传感器，尤其是面对不同地区和不同环境下建设的水利工程时，兼容性设计显得尤为重要。

此外，系统的升级与维护方案也需要提前规划。由于技术的迅速更新，监控系统中的软件和硬件很可能会出现过时的情况，因此，系统需要支持便捷的升级和扩展机制，确保可以及时集成新技术，提升系统性能和稳定性。定期的系统维护和优化，不仅能延长设备的使用寿命，还能提升系统的整体效率和适应性，减少系统崩溃或性能下降的风险。

（三）技术集成与人员培训

在多技术融合的过程中，技术集成是水利工程智能化监控系统面临的又一大挑战。系统中涉及到的物联网、人工智能、大数据等多种先进技术必须协调工作，实现无缝连接。不同技术之间的兼容性、数据传输与处理的同步性可能会带来一定的技术难题，尤其是在传感器数据和云平台之间的集成时，如何保证数据的实时性与准确性，如何避免不同技术之间的冲突，都是技术集成中亟需解决的问题。

操作人员的培训与技术支持也是系统顺利运行的重要保障。随着智能化技术的不断发展，操作人员需要掌握新的技能和知识，才能有效操作和管理复杂的监控系统。因此，定期开展技术培训、操作技能提升和系统故障应急处理等方面的培训至关重要。同时，系统供应商应提供全面的技术支持，包括24小时服务热线、在线帮助以及现场技术支持，确保在出现问题时能迅速得到解决。

系统优化与维护的持续改进也是智能化监控系统需要面对的挑战之一。随着使用时间的增加，系统中的某些组件可能会出现性能瓶颈或设备故障。因此，定期进行系统优化与维护，及时发现潜在问题，并进行修复和调整，以保证系统长期稳定运行，是确保水利工程智能化监控系统高效工作的基础。

五、结语

智能化监控系统的引入为水利工程的安全管理和资源优化提供了新的解决方案。通过物联网、大数据与人工智能等技术的应用，智能化监控系统有效提升了水利工程的运行效率与安全性。然而，系统的实施也面临数据安全、系统兼容性与人员培训等方面的挑战。未来，随着技术的不断发展和应用经验的积累，水利工程智能化监控系统有望在更多水利项目中得到推广，为提升水利工程管理水平、保障水资源安全作出更大贡献。

参考文献

[1] 胡翼. 智能化水利工程调度系统的设计与应用研究 [J]. 水上安全, 2025, (16): 13-15.
[2] 周坤峰, 李翔晖. 水利工程中河道治理施工技术及其优化措施研究 [J]. 水上安全, 2025, (11): 176-178.
[3] 林素婷. 新时代背景下水利工程施工管理特点及质量控制措施 [J]. 工程与建设, 2025, 39(03): 715-716+722.
[4] 张为. 基于山科水利物联网的闸阀智能监控与故障预警系统研究 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第七届工程技术管理与数字化转型学术交流会议论文集. 杭州山科智能科技股份有限公司; , 2025: 52-53.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2025.021150.
[5] 姜龙, 赵宇飞, 孟亮, 等. 水利工程智能建造 BIM 技术研究与实践 [M]. 中国水利水电出版社: 202312: 287.
[6] 张发红. 水利工程项目施工管理智能化研究. 新疆维吾尔自治区, 新疆成业建设集团有限公司, 2022-02-10.
[7] 杨诚. 水利工程质量管理中的智能化监控系统研究 [J]. 陕西水利, 2018, (03): 250-252.
[8] 何彭. 水利工程混凝土结构防裂缝施工技术的应用研究 [J]. 治淮, 2025, (09): 73-74.