

水利工程运行维护的智能化管理模式研究

徐冉¹, 殷海平², 薛照³, 于坚⁴, 王旭⁵

1.淮安市淮泗涵闸管理所, 江苏 淮安 223001

2.淮安市高良涧水利工程管理站, 江苏 淮安 223001

3.淮安市清晏园, 江苏 淮安 223001

4.淮安市淮涟灌区管理所, 江苏 淮安 223001

5.淮安市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223001

DOI:10.61369/ETQM.2025110026

摘要 : 水利工程作为重要的基础设施, 其运行维护直接关系到水资源的合理利用与安全保障。随着信息技术的不断发展, 智能化管理在水利工程中的应用成为提升管理效率和精准度的有效手段。通过物联网、大数据与人工智能等技术的融合, 智能化管理模式能够实时监控水利设施运行状况, 优化资源配置, 并提前预测和处理潜在问题。研究表明, 智能化管理能显著提高水利工程的运行效率, 减少维护成本, 为未来水利工程的可持续发展提供有力支持。

关键词 : 智能化管理; 水利工程; 物联网; 大数据分析; 自动化调度

Research on Intelligent Management Mode for the Operation and Maintenance of Water Conservancy Projects

Xu Ran¹, Yin Haiping², Xu Zhao³, Yu Jian⁴, Wang Xu⁵

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

2.Gaoliangjian Water Conservancy Project Management Station, Huai'an, Jiangsu 223001

3.Qingyan Park, Huai'an, Jiangsu 223001

4.Huailian Irrigation District Management Office, Huai'an, Jiangsu 223001

5.Huai'an Water Conservancy Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu 223001

Abstract : As vital infrastructure, water conservancy projects' operation and maintenance directly relate to the rational utilization and safety assurance of water resources. With the continuous development of information technology, the application of intelligent management in water conservancy projects has become an effective means to enhance management efficiency and precision. Through the integration of technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence, intelligent management modes can monitor the operational status of water conservancy facilities in real-time, optimize resource allocation, and predict and address potential issues in advance. Research indicates that intelligent management can significantly improve the operational efficiency of water conservancy projects, reduce maintenance costs, and provide strong support for the sustainable development of future water conservancy projects.

Keywords : intelligent management; water conservancy projects; Internet of Things; big data analysis; automated scheduling

引言

水利工程是保障社会经济发展和人民生活的重要基础设施, 其运行维护直接影响水资源的利用与安全。随着信息技术的不断进步, 智能化管理在各行业的应用取得了显著成效, 特别是在水利领域, 智能化管理能够提升运行效率、优化资源配置, 并有效预防和解决潜在问题。目前, 传统水利工程管理面临着信息滞后、效率低下等挑战, 因此, 探索智能化管理模式对于解决这些问题具有重要意义。通过引入先进的技术, 推动水利工程管理的智能化转型, 能够确保水资源的合理利用和可持续发展。

一、水利工程管理的传统模式与存在的问题

(一) 传统水利工程管理的特点

传统水利工程管理主要依赖人工监控与管理，运作方式较为传统。工程运行过程中的数据大多依赖人工记录和现场观察，信息的传递与处理多通过纸质文件或人工手动输入系统。由于这些管理方式的依赖性，传统管理模式常常存在效率低下的问题。例如，工程工作人员需手动巡检设备和设施，检查结果可能延迟录入系统，从而导致信息更新滞后，无法及时反映设施的实际运行情况。同时，传统模式下，管理层面之间的信息传递也常常存在时间上的空档，决策时无法得到及时且精确的数据支持^[1]。这种管理方式不仅增加了工作量，还极大地影响了水利工程的运营效率和管理质量。

(二) 面临的挑战

水利工程的管理面临着复杂性与多元化的挑战。随着社会发展，水利设施规模不断扩大，涉及的项目种类、管理层次、设备种类等也越来越多，增加了管理的复杂性。不同类型的水利工程（如水库、灌溉系统、供水系统等）在功能、运行维护要求和管理难度上各不相同，因此在管理过程中涉及的知识面广，要求人员具备多学科知识。同时，水利工程管理中大量的数据无法得到及时采集与处理，导致决策支持系统的效率低下。由于监测设备分布广泛且难以实时联网，很多设施的运行状况难以及时获取，数据收集常常依赖人工巡查和定期记录。这样，不仅提高了管理成本，还降低了管理的响应速度，给水利工程的安全性和稳定性带来了隐患。

(三) 传统模式的局限性

传统水利工程管理模式的局限性表现得尤为明显，尤其是在管理成本和突发事件应对能力方面。首先，传统管理模式下，人工巡检、数据记录和信息传递都需要大量的人工参与，增加了人力成本和管理成本。此外，人工管理方式难以有效提高工作效率，往往依赖于人工经验和感知，容易出现管理盲点或失误，导致设备故障、运行问题等难以及时发现和解决。其次，传统模式下的应急反应速度较慢，面对突发问题时，管理人员通常需要依赖现场调查、手动处理等方式来获取信息并作出决策，这在实际操作中往往出现延误，导致应急处置滞后。例如，在暴雨、洪水等突发情况下，水利设施的应急响应能力较差，可能导致水库溃坝或排水系统堵塞等严重问题^[2]。这些局限性不仅影响了水利工程的运行效果，还对水资源的安全性和高效利用造成潜在威胁。

二、智能化管理的核心技术与应用

(一) 物联网技术的应用

物联网（IoT）技术作为智能化管理的核心技术之一，已在水利工程管理中发挥着重要作用。物联网技术的关键在于通过传感器和设备将水利工程中的各种设施与管理系统进行连接，实现数据的实时采集与传输。通过布设大量的智能传感器，水利工程中的水位、流量、压力、温度等关键参数能够被实时监控和记录。

这些传感器采集到的数据可以通过无线网络传输至中央数据库进行存储与分析，管理人员可以在任何时刻查看水利设施的运行状态。物联网技术的应用大大提高了数据的精度和时效性，确保了实时掌握设施运行状况，使得管理人员可以及时做出响应。同时，物联网技术还能够与其他系统结合，推动水利工程管理向智能化、自动化方向发展^[3]。

(二) 大数据分析与人工智能的支持

随着物联网技术的普及，水利工程生成的数据量急剧增加。大数据技术能够高效处理这些海量数据，并为决策提供支持。通过对多维数据（如气象、土壤湿度、设施状态等）的分析，系统可以实时了解工程健康状况，并预测水位变化、设备磨损等趋势，帮助管理者做出预防性维护决策。人工智能（AI）通过深度学习和算法优化，对大数据进行更深层次分析，提供精准的决策支持。AI能够识别设备故障规律，并预测未来的故障风险，减少设备停机时间。AI还可以根据实时数据调整水利设施的运行策略，如优化水流量和调整泵站运行，实现系统的自我优化和调整。通过大数据与 AI 的结合，水利工程管理更加智能化，能够提前识别潜在问题并提高响应速度，降低设备故障带来的风险。

(三) 智能化监控系统的构建

智能化监控系统的构建是实现水利工程智能化管理的关键环节。通过远程监控和自动化控制，智能化监控系统能够实现对水利设施的全天候、全方位的监控与管理。传统的管理模式需要依赖人工巡检，而智能化监控系统通过联网传感器和监控设备的布设，能够实时监测水库、水闸、泵站等重要设施的运行状态，及时发现故障或异常情况，并通过远程操作系统进行处理。管理人员可以通过集中的监控平台，随时查看各项数据，并远程进行控制和调整。例如，在某一水库出现溢洪问题时，监控系统可以自动调节闸门开度，并及时通知相关人员进行处理，从而避免灾难性的后果。此外，集成信息平台的设计与应用也是智能化监控系统的重要组成部分。该平台可以将水利工程的所有数据、设备和控制系统进行集成，形成一个高度协同的管理体系。集成信息平台不仅能显示各类数据，还能对数据进行深入分析，帮助管理者做出合理决策^[4]。通过集成各类信息，系统能够实现跨部门、跨区域的协作管理，确保水利设施的高效运行与智能化决策的实时性。如图1展示物联网设备、传感器、数据中心、分析平台与智能监控系统。数据采集后传输至数据中心，经过大数据分析与 AI 支持，生成决策支持，同时进行远程控制、自动化维护和应急响应。

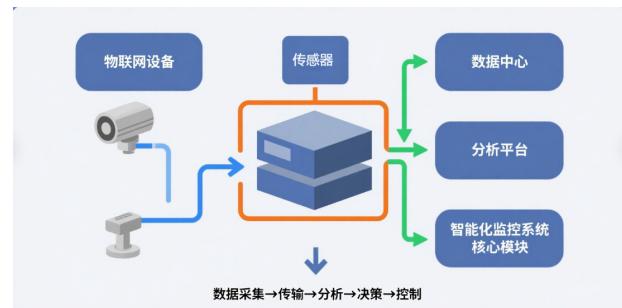


图1：智能化水利工程管理系统的框架图

三、智能化管理模式的实现路径

(一) 智能感知与信息采集系统

智能感知与信息采集系统是实现智能化管理的基础。为了有效提升水利工程管理效率，首先需要在关键设施和设备上安装传感器与物联网设备。这些传感器可以监测水位、流量、压力、温度等多项参数，并通过无线网络将数据实时传输到中央数据处理平台。通过这些设备，管理人员能够实时掌握各个水利设施的运行状态，迅速发现潜在问题，及时进行调整和维护。传感器的准确性与数据传输的及时性直接影响智能管理系统的效能。因此，在设备安装时需要确保传感器的稳定性和高精度，以保证数据采集的可靠性^[5]。

(二) 数据中心与分析平台建设

数据中心与分析平台建设是智能化管理系统的核心组成部分。水利工程的智能化管理需要处理海量的实时数据，这些数据来自各类传感器、监控设备及外部环境因素，如何高效处理和利用这些数据成为关键。建设一个统一的数据处理平台，可以将来自各个设施和系统的数据集中管理，实现数据的标准化、清洗与存储。数据中心不仅需要具备强大的存储能力，还要有高效的处理能力，以便能够快速分析和挖掘数据中的有价值信息。通过高效的数据分析，管理人员可以获得设备运行状态的全面视图，分析设施的运行效率、预测设备的维护周期，并作出科学决策。此外，平台还需要具备强大的决策支持能力，通过与人工智能结合，平台可以根据历史数据和实时数据，为管理者提供精确的决策建议，甚至实现决策的自动化，进一步提升水利工程的运营效率与安全性^[6]。

(三) 智能化维护与自动化调度

智能化维护与自动化调度是智能管理模式中实现高效运作的关键。通过远程控制和自动化维护，水利设施管理变得更灵活高效。智能化维护可以自动检测设备状态，分析潜在故障，及时进行调整或维护，减少人工操作。例如，当监控系统发现泵站压力异常时，自动调节阀门或启用备用设备，确保系统稳定运行。智能化维护不仅降低了人工成本，还提高了维修效率，减少设备故障停机损失。此外，故障诊断与应急响应机制也智能化，系统能自动诊断故障并发出预警或启动应急响应。这种智能化方式使水利工程能够迅速应对突发事件，保障安全运行，提高应急管理能力。

四、智能化管理模式的效益分析与未来发展

(一) 提高水利工程运行效率

智能化管理模式显著提高了水利工程的运行效率。一方面，自动化技术使得大量的人工操作得以减少，从而节省了管理成本。比如，通过物联网技术和智能化监控系统，水利设施的运行

状况可以实时监控，管理人员只需处理异常数据和紧急情况，极大降低了日常管理和巡检的频率。另一方面，自动化管理减少了人为错误。研究显示，在实施智能化管理前，传统水利工程的人工误操作率高达15%，而智能化管理模式下误操作率已降至2%以下。通过精确的控制和数据分析，设施的运行效率得到了极大的提升，确保了水资源的合理利用和工程的安全高效运行^[7]。

(二) 提升管理精准度与决策支持

智能化管理模式极大提升了水利工程的管理精准度与决策支持能力。传统的管理方式依赖人工经验和偶然信息，决策过程难以做到精准和实时。而在智能化管理模式下，数据驱动的决策过程成为核心。通过实时采集和分析来自各类传感器的数据，管理系统能够及时提供详尽的信息和趋势分析，为决策者提供更准确的参考依据。比如，在洪水期间，基于历史数据和实时气象信息，系统能提前预警并优化排水方案。通过数据分析，系统可为管理者提供关于水库水位、流量等多维度的预警信息，显著提高了风险管理能力。例如，某地区的智能水利管理系统在过去五年内，通过精准的决策支持，降低了水库溢洪事件的发生率达30%。

(三) 未来智能化管理的发展方向

未来智能化管理的发展方向将朝着深度集成与跨领域应用的方向发展。随着物联网、云计算、大数据和人工智能技术的不断进步，水利工程的智能化管理系统将不再是孤立的系统，而是一个高度集成的网络，能够与气象、环境等其他领域的数据进行联动与整合。通过跨领域数据的整合，水利工程管理可以更加精确地预测水资源的需求和分配，实现资源的最优配置。同时，随着技术的不断进步，智能化管理系统将持续优化，逐步实现自学习、自优化和自决策能力的提升^[8]。智能化管理系统将通过技术迭代，逐步提升其在复杂环境下的适应性与智能决策能力，为水利工程的可持续发展提供更有力的保障。如表1所示。

表1：智能化管理模式实施前后水利工程管理效率对比表

水利工程管理效率提升对比	智能化管理前	智能化管理后
人工巡检频率	每周3次	每月1次
设备故障响应时间	48小时	2小时
误操作率	15%	2%
管理成本	100万元	60万元

智能化管理系统显著提高了水利工程的管理效率和精准度，降低了人工巡检频率和误操作率，大大节省了管理成本。随着技术的持续优化，未来智能化管理将在资源配置、风险预测等方面发挥更大作用，为水利工程的可持续发展提供强有力的支撑。

五、结束语

智能化管理模式在水利工程中的应用显著提高了运行效率、

降低了管理成本，并大大减少了人为错误。通过物联网、大数据和人工智能的结合，水利工程的管理更加精准、实时和高效。智能感知与信息采集系统为决策提供了实时数据支持，智能化维护和自动化调度优化了应急响应与设备维护，提升了管理的整体效

能。未来，随着技术的不断发展和跨领域应用的深入，智能化管理将在水利工程的资源配置、风险管理等方面发挥更加关键的作用，推动水利工程的可持续发展。

参考文献

- [1] 赵文靖. 推进水利工程运行管理智能化的实践探索 [J]. 中国战略新兴产业, 2022, (23): 89–91.
- [2] 曾俊翔. 农田水利灌溉渠道工程运行维护与管理探析 [J]. 粮油与饲料科技, 2024, (02): 192–194.
- [3] 陈琳. 水利工程管理现代化与精细化建设路径探究 [J]. 工程建设与设计, 2024, (16): 239–242. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2024.08.279.
- [4] 邢世林. 水利工程运行管理单位财务智能化转型思考 [J]. 治淮, 2024, (10): 10–11.
- [5] 彭直. 基于信息化的黄河下游防洪工程管理效能提升研究 [D]. 河南大学, 2024. DOI: 10.27114/d.cnki.ghnau.2024.003448.
- [6] 陈道刚. 智慧灌区运维管理研究 [J]. 四川水利, 2025, 46(02): 107–109.
- [7] 左淑燕. 国家粮食安全战略下山东现代化生态灌区建设与管理新模式研究 [D]. 重庆三峡学院, 2025. DOI: 10.27883/d.cnki.gcqsysx.2025.000024.
- [8] 张佳. 试论基层水利工程智能化管理及运行机制 [J]. 科技视界, 2025, 15(16): 20–22.