

# 水利工程智能运行管理中的应用与实践研究

翟羽佳<sup>1</sup> 段修然<sup>2</sup> 王小艳<sup>1</sup> 龙翔宇<sup>2</sup> 张洋<sup>3</sup>

1. 徐州市水利工程运行管理中心 江苏 徐州 221000

2. 徐州市供排水管理中心 江苏 徐州 221000

3. 徐州市南水北调工程管理中心 江苏 徐州 221000

**摘要:** 水利工程智能运行管理对保障工程安全、提升水资源利用效率意义重大。本文阐述核心技术支撑体系,涵盖感知层、网络层、应用层技术架构与应用;剖析核心应用维度,包括水资源调度、工程设施监测、水安全防控;探讨实践核心环节,如系统构建、数据处理、全流程协同;最后提出实践优化方向,涉及技术适配、效能提升、前沿技术融合与体系迭代,为水利工程智能运行管理提供全面参考。

**关键词:** 水利工程; 智能运行管理; 核心技术; 应用维度; 实践优化

引言: 水利工程作为国家基础设施重要组成部分,在防洪、灌溉、供水等方面发挥关键作用。随着信息技术发展,传统水利工程运行管理模式面临挑战,智能运行管理成为必然趋势。智能运行管理借助先进技术,可实现对水利工程全要素、全流程的精准感知、智能分析与科学决策,提升工程运行安全性与水资源利用效率,推动水利工程向现代化、智能化方向发展。

## 1 水利工程智能运行管理的核心技术支撑体系

### 1.1 感知层技术架构与应用方向

感知层作为水利工程智能运行管理的数据基础层,核心在于构建多源传感技术的融合应用体系。通过部署应变传感器、水位传感器、流速传感器及水质监测设备,形成覆盖工程全要素的监测网络<sup>[1]</sup>。以大型水库为例,在大坝不同高程、部位部署50-100个应变传感器,在水库周边及输水洞布置20-50个水位传感器,在主要水流区域设置30-80个流速传感器,在水库不同水域安装10-30套水质监测设备。不同类型传感器的数据融合需解决时空对齐问题,采用基于时间戳的同步采集机制与空间坐标转换算法,确保多源数据在统一时空框架下融合。数据采集环节引入边缘计算节点,通过轻量化算法实现原始数据预处理,降低无效数据传输量。传输路径设计采用有线与无线混合组网方式,关键区域部署光纤传输保障可靠性,偏远区域采用低功耗广域网技术实现覆盖。智能传输协议通过动态调整采样频率与传输周期,在工程运行平稳期降低数据量,在异常工况下提高采集精度,形成自适应的数据传输机制。例如,平稳期采样频率可设为每10-30分钟一次,异常工况下提高至每1-5分钟一次。

### 1.2 网络层技术部署与协同机制

网络层是连接感知层和应用层的桥梁,为数据的传

输和共享提供支撑。物联网与工业互联网的融合架构为水利工程智能运行管理提供了更强大的网络支持。物联网技术实现了水利工程设备与传感器之间的互联互通,而工业互联网则侧重于工业生产过程中的设备联网、数据交互和协同制造。将两者融合,可构建一个覆盖水利工程全要素、全流程的网络体系,实现设备之间、设备与系统之间的无缝对接和高效协同。以引调水工程为例,通过物联网技术将沿线200-500个阀门、泵站等设备与传感器连接,工业互联网技术实现设备运行数据与调度系统的交互,实现全流程自动化控制。数据传输的安全保障技术应用是网络层建设的重中之重。水利工程数据涉及国家安全、工程安全等重要信息,一旦泄露或被篡改,将造成严重后果。采用加密技术对传输数据进行加密处理,确保数据在传输过程中的保密性和完整性。同时运用身份认证和访问控制技术,对数据的访问进行严格管理,只有经过授权的用户和设备才能访问相关数据,防止非法访问和数据泄露。例如,采用256位加密算法对数据进行加密,设置3-5级身份认证权限,对不同用户和设备分配不同访问级别。

### 1.3 应用层核心技术支撑

应用层是水利工程智能运行管理的核心层级,直接为管理决策提供支持。大数据分析技术的应用框架为水利工程数据处理和分析提供了系统的方法。通过对海量监测数据的存储、清洗、挖掘和分析,可发现数据背后的规律和趋势,为工程运行管理提供科学依据。人工智能与机器学习技术的适配应用能够提升水利工程智能运行管理的智能化水平。利用机器学习算法对水利工程运行状态进行预测和诊断,提前发现潜在的安全隐患和故障问题,并及时采取措施进行处理。数字孪生技术的构

建与运行逻辑通过创建水利工程的虚拟模型,实现对工程运行状态的实时模拟和预测,为工程调度和管理提供更加直观、准确的决策支持。

## 2 水利工程智能运行管理的核心应用维度

### 2.1 水资源调度的智能化实现路径

智能调度模型构建需整合多源数据与多目标约束条件<sup>[2]</sup>。通过融合气象预报、用水需求、工程状态等动态信息,建立基于数据驱动的预测模型,采用深度学习算法优化模型参数,提升对来水过程与用水变化的模拟精度。以跨流域调水工程为例,收集3-7个气象站的气象预报数据、沿线5-15个用水户的用水需求数据以及10-30个工程节点的状态数据,构建预测模型。模型应用逻辑采用分层递阶控制结构,上层决策系统基于长期预测结果制定年度调度计划,中层优化系统根据实时数据调整旬月调度方案,下层执行系统通过自动化控制设备实现分钟级调控指令落地。供需平衡优化策略引入多目标协同机制,在保障防洪安全前提下,兼顾发电效益、生态流量及农业灌溉需求,通过构建多目标优化函数,运用粒子群优化算法求解最优调度轨迹,实现水资源高效配置。

### 2.2 工程设施运行状态的智能监测与管控

关键构筑物状态感知依托高精度传感网络与智能分析技术。针对大坝、水闸等主体结构,部署应变计、测缝计及倾角仪等设备,实时采集结构变形数据,采用小波分析方法提取异常特征,结合有限元模型反演结构健康状态。以混凝土大坝为例,布置50-150个应变计、20-80个测缝计和10-50个倾角仪,采样频率设为每1-10分钟一次。研判系统集成机器学习算法,通过历史数据训练分类模型,自动识别裂缝扩展、渗流异常等潜在风险。机电设备管控机制构建全生命周期管理体系,振动传感器与温度传感器实时监测设备运行参数,边缘计算节点实现故障特征初步提取,云端平台运用支持向量机算法进行故障类型诊断,结合设备劣化曲线预测剩余使用寿命,生成预防性维护计划。以水泵机组为例,安装3-10个振动传感器和2-8个温度传感器,故障诊断准确率可达80%-95%,预防性维护计划可使设备故障率降低30%-60%。智能控制模块根据设备状态动态调整运行参数,在保证工程功能前提下延长设备服役周期。

### 2.3 水安全防控的智能化体系构建

洪涝灾害预警机制融合气象水文耦合模型与实时监测数据。通过构建分布式水文模型模拟降雨径流过程,结合雷达测雨数据修正模型参数,提高洪水预报精度。预警系统采用阈值预警与趋势预警相结合模式,当水位或流量超过警戒值时触发阈值预警,通过时间序列分析

预测未来变化趋势,提前启动应急响应。水质安全防控路径构建"监测-预警-处置"闭环体系,多参数水质传感器实时监测pH值、溶解氧等指标,运用异常检测算法识别污染事件,结合水动力模型追溯污染源传播路径。防控系统自动联动应急处置设备,根据污染类型投放针对性药剂,通过智能加药装置精确控制投加量,实现水质快速达标。

## 3 水利工程智能运行管理的实践核心环节

### 3.1 智能运行管理系统的构建流程

智能运行管理系统的构建是水利工程迈向智能化的关键一步。需求分析与功能模块设计逻辑是系统构建的起始点<sup>[3]</sup>。深入调研水利工程运行管理的实际需求,涵盖水资源调度、工程设施监测、水安全防控等各个方面。依据需求确定系统应具备的功能模块,如数据采集模块负责收集各类监测数据,数据分析模块对数据进行深度挖掘,决策支持模块为管理提供科学依据等。各功能模块之间需紧密关联、逻辑清晰,确保系统能够全面、高效地满足水利工程智能运行管理需求。系统开发与集成的关键技术要点决定系统的性能与稳定性。在开发过程中,选用成熟、可靠的技术框架和编程语言,保障系统的可扩展性和可维护性。集成多源数据采集设备,实现不同类型数据的统一接入与处理。运用分布式计算和云计算技术,提升系统对海量数据的处理能力。同时应注重系统的安全防护,采用加密技术、访问控制等手段,防止数据泄露和非法访问,确保系统安全稳定运行。

### 3.2 智能管理数据的处理与应用流程

智能管理数据的处理与应用是水利工程智能运行管理的核心。多源数据的清洗与融合处理机制是保障数据质量的关键。水利工程产生的数据来源广泛、格式多样,存在数据缺失、错误等问题。通过数据清洗技术,剔除无效数据、修正错误数据,提高数据准确性。运用数据融合技术,将不同来源、不同格式的数据进行整合,形成统一的数据集,为后续分析提供可靠基础。数据驱动的运行决策支持流程是发挥数据价值的重要途径。基于清洗融合后的数据,运用大数据分析、人工智能等技术,挖掘数据背后的规律和趋势。建立决策模型,根据不同的管理场景和目标,生成科学合理的决策建议。例如,在水资源调度中,根据实时水位、流量等数据,结合历史调度经验,为调度人员提供最优的调度方案,提高水资源利用效率。

### 3.3 智能运行管理的全流程协同机制

智能运行管理的全流程协同机制是提升管理效能的重要保障。跨部门协同管理的智能化实现方式打破部门

壁垒,实现信息共享和业务协同。通过建立统一的协同管理平台,各部门可实时获取工程运行信息,及时沟通协调工作。运用智能调度算法,根据各部门的需求和任务优先级,合理分配资源,提高工作效率。全生命周期运行管理的智能衔接路径确保水利工程从规划、建设到运行维护的全过程智能化管理。在规划阶段,利用智能模拟技术,评估不同规划方案的可行性和效益。建设阶段,通过智能监控系统,实时掌握工程进度和质量情况。运行维护阶段,运用智能监测和诊断技术,及时发现设备故障和工程隐患,并采取相应措施进行处理,延长工程使用寿命,保障工程安全运行。

#### 4 水利工程智能运行管理的实践优化方向

##### 4.1 技术应用的适配性优化路径

不同类型水利工程的智能技术适配需立足工程特性与功能需求<sup>[4]</sup>。大型水库工程侧重构建多目标协同调度系统,整合防洪、发电、灌溉等约束条件,通过强化学习算法优化调度规则;引调水工程重点发展长距离输水系统智能监控技术,采用分布式光纤传感实现管线全覆盖监测,结合数字孪生技术模拟水流运动状态;城市防洪工程着力提升快速响应能力,部署雷达测雨与智能闸门联动系统,缩短暴雨预警到工程启动的响应周期。现有工程智能化改造需解决异构系统融合难题,通过协议转换网关实现PLC、SCADA等传统控制系统与物联网平台的数据互通,运用边缘计算节点提升现场数据处理能力,降低云端传输压力。改造过程应遵循“最小干预”原则,保留原有可靠设备,通过加装智能模块实现功能升级,避免大规模重建带来的资源浪费。

##### 4.2 智能运行管理的效能提升路径

管理流程重构需打破传统部门壁垒,建立数据驱动的扁平化管理模式。将巡检、维护、调度等环节纳入统一平台,通过 workflow 引擎实现任务自动派发与进度跟踪,运用知识图谱技术构建故障处置经验库,提升异常事件处理效率。人机协同模式优化聚焦能力互补与交互效率提升,开发自然语言处理接口实现语音指令操控,运用增强现实技术辅助现场检修,通过智能助手推送操作建

议与安全预警。建立人机能力评估体系,根据任务复杂度动态分配执行权限,在常规操作中发挥机器精准性优势,在应急处置时保留人工决策最终控制权。

##### 4.3 长期发展的技术与实践创新方向

前沿技术融合探索包含多维度创新路径。量子计算技术可应用于超大规模水库群优化调度,通过量子退火算法突破传统计算瓶颈;区块链技术用于构建工程数据可信共享机制,确保监测数据不可篡改与全程可追溯;卫星遥感与无人机巡检协同,形成“天-空-地”立体监测网络,提升偏远区域数据采集覆盖率。智能运行管理体系迭代需建立持续优化机制,构建包含技术成熟度、管理效能、经济性等指标的评估模型,定期开展系统健康度诊断<sup>[5]</sup>。设立创新试验区开展新技术验证,通过AB测试对比不同技术路线效果,形成“研发-验证-推广”的闭环创新链条,推动智能运行管理技术持续进化。

##### 结束语

水利工程智能运行管理是行业发展的必然选择,通过核心技术支撑、多维度应用、实践环节落实及持续优化,能显著提升工程运行管理水平。从技术适配到效能提升,再到前沿技术融合与体系迭代,每一步探索都推动着水利工程智能运行管理不断进步。持续完善智能运行管理体系,将为水利工程安全稳定运行和水资源高效利用提供坚实保障,助力水利工程更好地服务社会发展。

##### 参考文献

- [1]王海群,王纳纳.智能化技术在水利工程运行管理中的应用研究[J].科技创新与应用,2025,15(30):183-186.
- [2]孟虹隐.智能化技术在水利工程运行与管理中的应用研究[J].水上安全,2024(14):61-63.
- [3]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.
- [4]文鲁康.智能化技术在水利工程管理中的应用研究[J].模型世界,2025(7):222-224.
- [5]刘启俊,侯军,肖文忠.智能化技术在水利工程运行管理中的应用研究[J].水上安全,2025(14):73-75.