

基于信息化平台的涡河蒙城段水利工程 智能管理模式探讨

陈四虎

(蒙城淮河道管理局)

【摘要】在区域水利工程运行复杂性与气象不确定性提升的背景下，提升调度精度与响应效率成为治理重点。研究以涡河蒙城段为对象，依托信息化平台构建智能管理体系，系统集成感知设备、分析模型与远程控制技术，重构调度逻辑与业务流程，通过技术部署与运行机制优化，实现水位流量监控自动化、调度响应智能化与风险处置协同化。试点数据表明，该管理模式在信息实时性、调度准确性与系统稳定性等方面均具备良好表现，对区域水利治理能力现代化形成有效支撑。

【关键词】信息化平台；水利工程；智能管理；涡河蒙城段；数据集成

中图分类号：TV737

DOI：10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.178

Exploration of Intelligent Management Mode for the Water Conservancy Project of Mengcheng Section of the Guohe River Based on Information Platform

CHEN Si-hu

(Mengcheng Huaihe River Management Bureau)

【Abstract】Against the backdrop of increasing complexity and meteorological uncertainty in the operation of regional water conservancy projects, improving scheduling accuracy and response efficiency has become a key focus of governance. The study takes the Mengcheng section of the Guohe River as the object, and builds an intelligent management system based on an information platform. The system integrates sensing devices, analysis models, and remote control technology, reconstructs scheduling logic and business processes, and achieves automatic water level and flow monitoring, intelligent scheduling response, and collaborative risk management through technical deployment and operation mechanism optimization. The pilot data shows that this management model has good performance in terms of real-time information, scheduling accuracy, and system stability, effectively supporting the modernization of regional water conservancy governance capabilities.

【Keywords】information platform; water conservancy engineering; intelligent management; mengcheng section of the Guohe River; data integration

1 引言

传统水利工程管理模式依赖人工经验与分散操作，难以满足洪水风险上升与水资源调度精度提高的管理需求。随着感知技术、数据通信与智能算法发展，水利工程信息化水平逐步提高，智能化管理成为趋势。在淮河流域治理体系中涡河蒙城段具有流量调节、灌溉支撑与防洪减灾等多重功能，对管理技术依赖性日益增强，通过信息化平台建设与集成应用，推动工程调度、运行监管和预警响应向数字化、智能化转型，为构建现代水利治理体系奠定基础。

2 涡河蒙城段水利工程现状与需求

2.1 涡河蒙城段水利工程基本概况

涡河蒙城段地处淮河流域腹地，对区域防洪、灌溉、水资源调蓄及生态保障具有重要作用，该段河道

总长约55km，堤防设计洪水标准为50年一遇，主要水利设施包括涡河蒙城枢纽及35座中小型涵闸、沿堤泵站、113.87km堤防。工程涵盖河道管理、运行管理、水旱灾害防御、水生态保护等模块，但水文测站布点密度偏低，部分站点仪器老化，水位与流量数据采集频率不高，存在区域信息盲区，工程总体呈“分段管理、分散运行”状态^[1]。

2.2 当前水利管理存在的主要问题

当前管理体系以人工巡查、定点监测和经验判断为主，存在监测数据缺失、运行信息滞后和资源调配不协调等问题，水利工程基础数据库尚未统一整合，数据共享程度不足，不同单位间信息壁垒显著，难以实现一体化调度；运行过程中对气象、水情、工情的综合分析依赖人工汇总与初级模型，预警能力薄弱，突发事件响应存在明显时滞；工程运维层级复

杂,决策指令传递链条长、现场反馈延迟,导致部分调度行为无法精细化实施;闸门启闭、泵站启停多依赖值班人员操作,设备运行效率受人为因素影响较大,部分设备维护记录未实现数字归档。

2.3 智能化管理的现实需求与紧迫性

随着极端天气频次提升与区域经济发展对水资源配置效率的要求上升,涡河蒙城段面临工程运行安全压力与管理精度提升的双重挑战。现阶段防洪调度需依赖实时雨量、水位、流速等多维数据进行联动响应,而目前数据传输速率普遍低于5Mbps,且精度不稳定^[2]。对于突发性洪水事件,现有系统平均响应时间在20min以上,严重制约了应急处置时效,智能传感设备覆盖率不足30%,无法对重点节点实施全天候、全要素监测,导致调度指令缺乏依据支持。管理单位在缺乏平台化工具的前提下,难以开展跨部门联动管理与全生命周期运维监管,需构建集感知、处理、分析、执行于一体的智能化平台体系,以适应水利工程治理能力现代化的现实需求。

3 信息化平台构建关键技术路径

3.1 系统结构设计与功能模块划分

信息化平台构建采用分层架构,整体分为感知层、传输层、平台层与应用层,其中平台层作为核心结构,集成数据处理、模型计算与业务协同功能。功能模块划分依据水利工程管理需求设定,包括水情监测模块、工情监控模块、智能调度模块、风险预警模块与综合展示模块,各模块通过服务总线实现统一调用与信息互通。平台支持多协议接入与数据异构处理,兼容GB/T 28181-2022、MODBUS、MQTT等通信协议,具备面向不同设备与系统环境的适配能力,支持自定义 workflow、权限配置与报警规则配置等功能,满足多级水行政部门的管理需求^[3]。

3.2 数据集成与感知层建设

感知层部署采用“固定+移动+遥感”三类终端组合,布设水位计、雨量计、流速仪、视频监控、红外探测等传感节点,在关键堤防段、涵闸控制口与泵站机房部署不少于200个采集点位,水情数据采样周期不高于1min,信号上传延迟控制15s内;视频流压缩采用H.265标准以降低带宽负载。遥感数据融合基于Landsat、Sentinel等卫星资源,通过NDWI、DEM模型对河道变化进行周期性复核,数据接入统一经

边缘计算网关初步处理,过滤率达87%以上,有效提升平台中心节点数据处理效率、降低主节点负载。

3.3 平台智能分析与辅助决策模型

分析与决策模块基于多源异构数据融合技术构建高维特征库,采用多变量回归模型与随机森林算法实现短临降雨预测与洪水演进趋势分析,调度策略模型嵌入动态规划与贝叶斯优化算法,结合历史调度案例与实时工况参数,实现流量调配的方案推演^[4]。风险预警采用分布式计算框架处理突发异常数据,通过规则与模型双驱动机制触发告警推送,平均处理延迟控制在3s以内,平台具备与水利部水旱灾害防御系统数据同步能力,可实现跨区域协同调度建议生成与断面级预警精准推送功能。

4 智能管理模式的构建与运行机制

4.1 智能管理模式的总体构想

涡河蒙城段水利工程智能管理模式以“感知—分析—决策—执行”闭环为核心架构,通过信息化平台构建集实时监控、动态调度、风险预警、过程管控于一体的数字化运行系统。通过多维感知网络监测水位、水质、流速、设施运行状态等关键指标,结合气象数据、来水量、区域用水计划及历史调度经验等数据建模预测工程运行状态。调度决策引擎可基于多情景条件生成调度路径,并结合当前运行边界条件与响应约束参数,输出控制指令联动涵闸、泵站、电控闸门等终端设备完成精准调度。管理架构按“平台统一指挥、分级响应处置”设1个主控节点与3个分控节点,分别覆盖上下游及城区河段,增强区域协调能力和数据响应冗余。

4.2 平台驱动下的业务流程重构

基于智能平台的水利管理流程实现了从“人工作业+纸面调度”向“信息驱动+模型支持”转型,涉及监测、调度、维护、预警、归档等多个环节重构。平台接入统一身份认证,实现对操作人员的角色绑定、权限控制与行为日志记录;日常调度由模型自动生成初步方案,经人工确认后执行并自动归档入库。设备运维流程嵌入状态评估模型,当指标异常时平台自动推送工单。预警处置流程采用分级响应机制,重大事件触发联动响应机制,实现基层工程管理部门、水利部门、应急管理等多部门信息同步。信息归档流程可实现与省水利信息系统对接,确保调度决

策、运维记录、突发事件处理流程自动形成结构化数据,支持后续审计与评估工作。

4.3 保障机制与运维体系构建

为确保智能管理模式长期稳定运行,构建涵盖系统安全、运维组织、制度规范、人员支撑等的综合保障机制。在系统安全方面,平台部署多级防火墙、入侵检测系统与数据加密协议,采用国密 SM4 标准进行数据传输加密,设有数据备份节点和冗余主机,数据容灾恢复时间控制在 15min 以内。在组织体系方面,设立智能管理专班,配置系统管理员、数据分析师、调度值守员、设备维护员等岗位,明确职责边界与应急处置流程,建立跨部门协同联动机制,在水情紧急时刻可实现快速响应。制度建设方面,制定《智能平台运行规程》《调度流程自动化控制细则》等技术与管理规范,明确平台操作、数据维护、设备运行标准化流程。在人员保障方面,结合平台技术升级进程组织周期性培训与技能考核,建立专家库机制以支持复杂调度问题分析与决策评估,搭建模拟训练系统进行实战推演,提升工作人员对平台环境下突发工况的应对能力^[5]。运维体系构建上,建立“分区运维+集中监管”机制,每个分控节点配备专业运维小组,负责本区域内传感设备与执行终端日常维护与检修工作,平台总部设立运维调度中心,通过远程监测系统掌握设备运行状态,定期开展数据一致性审查与运行效率评估。整体保障体系结合平台健康度评估模型进行持续优化,关键运行参数指标达成率需维持在 98% 以上,平台可用性不低于 99.5%,以确保系统稳定高效运行。

5 智能管理平台应用成效与优化方向

5.1 试点运行成效分析

涡河蒙城段管理平台自试点覆盖约 55km 河段,集成设备 110 余套,水位测量误差 $\pm 1.5\text{cm}$ 内。数据采集与上传周期由 30min 缩短至 2min,平均响应时延低于 20s,信息同步率达 98.6%;涵闸开度调整误差 $\pm 2\%$ 以下,大幅减少人工干预。水闸调度效率与巡查频次显著提升;数据可视化实现上下游流量匹配动态曲线显示,强化水资源态势的实时掌控能力。

5.2 存在问题与系统优化需求

尽管平台运行取得初步成效,但在系统集成深度、功能延展性与人机交互适配方面仍存在若干制

约因素,部分老旧设备兼容性不足,导致个别点位数据回传失真率达 11.3%;系统功能层级划分尚不精细,数据中心与业务应用模块耦合度偏高,跨模块调度指令存在路径冗余与响应迟滞;预警模型参数配置仍依赖静态阈值设定,对极端气象识别能力弱;用户界面在功能可视化、操作引导及权限分级设计上仍需优化;未与上下游水利部门控制运行信息全面贯通,导致区域调度建议缺乏上下游信息支撑。

5.3 未来优化方向与拓展路径

针对当前运行瓶颈与管理挑战,未来平台优化可围绕系统兼容性提升、模型精度增强与治理协同拓展三大方向开展。通过信号适配模块与工业物联网网关,提升老旧设备兼容性;引入基于长短期记忆神经网络(LSTM)的时序建模算法与实时气象模型(WRF),增强对洪水演进、水位波动与设备故障趋势的预测能力,采用微服务架实现模块解耦与服务拆分,提升高并发调度请求下的响应性能与功能扩展能力^[6]。推进跨部门数据互通与联合调度,优化操作界面智能引导及定制化菜单,提升操作效率,增强突发处置直观性。

6 结语

基于信息化平台的智能管理实践在涡河蒙城段水利工程运行中展现出较强的实用性与适应性,多源数据融合、预测模型应用与远程控制机制的协同运行,有效提升了管理响应速度与决策支持能力。未来可在跨流域数据共享、模型算法演进和多部门联动机制等方面持续优化,推动区域水利系统迈向更加高效、精准与可持续的治理阶段。

参考文献

- [1] 冯宝平, 李永春. 涡河蒙城枢纽工程建设与运行管理探究[J]. 治淮, 2021 (11): 19-20.
- [2] 于品正. 涡河蒙城新闸枢纽工程启用对老闸枢纽流态变化的分析[J]. 水上安全, 2023 (8): 184-186.
- [3] 赵宁. 水利工程施工管理中信息化技术的应用[J]. 河北水利, 2024 (9): 43-44.
- [4] 吴娅. 信息化技术在水利工程建设与管理中的应用[J]. 水上安全, 2024 (15): 64-66.
- [5] 董涵斌, 朱明星. 涡河蒙城枢纽建设工程施工中的质量控制措施思考[J]. 治淮, 2021 (11): 17-18.
- [6] 丁新贤. 信息化技术在水利工程管理中的应用研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022 (8): 102-104.