

智慧水闸系统中物联网与大数据技术的融合应用

谢陆林, 徐鹏飞, 范小敏

镇江市长江河道管理处(镇江市重点水利工程建设管理中心), 江苏 镇江 212000

DOI:10.61369/WCEST.2025090003

摘 要 : 在防洪减灾、水资源调配及流域生态保护需求日益精细化的背景下, 智慧水闸系统成为传统水利设施升级的关键方向。该系统通过物联网技术构建感知层, 整合水位传感器、闸位编码器、水质监测终端及视频监控设备, 实现水闸运行数据、周边水文环境数据的实时采集与传输。故此, 文章从物联网与大数据技术角度出发, 深入探讨智慧水闸系统的构建与应用, 希望能够为水利行业的智能化发展提供有益参考。

关 键 词 : 智慧水闸系统; 物联网技术; 大数据技术

Integrated Application of Internet of Things and Big Data Technologies in Intelligent Sluice Gate Systems

Xie Lulin, Xu Pengfei, Fan Xiaomin

Zhenjiang Yangtze River Management Office (Zhenjiang Key Water Conservancy Project Construction Management Center), Zhenjiang, Jiangsu 212000

Abstract : Against the backdrop of increasingly refined demands for flood control and disaster mitigation, water resource allocation, and watershed ecological protection, intelligent sluice gate systems have emerged as a crucial direction for upgrading traditional water conservancy facilities. This system constructs a perception layer through Internet of Things (IoT) technology, integrating water level sensors, sluice position encoders, water quality monitoring terminals, and video surveillance equipment to enable real-time collection and transmission of operational data from sluice gates and hydrological environmental data from surrounding areas. Therefore, this article delves into the construction and application of intelligent sluice gate systems from the perspectives of IoT and big data technologies, aiming to provide valuable insights for the intelligent development of the water conservancy industry.

Keywords : intelligent sluice gate system; Internet of Things technology; big data technology

在水利工程中, 水闸作为挡水、泄水或取水建筑物, 被广泛应用^[1-5], 其运行效率与管理质量直接关系到流域水安全与水资源利用效益, 并推动着我国水利事业向“智慧化、精细化”转型, 在此背景下, 传统水闸管理模式逐渐暴露出短板, 无法为调度决策提供全面、精准的支撑。而物联网及大数据技术能够推动水闸管理从“被动运维”向“主动预判”进行转变。由此可见深入探究智慧水闸系统中物联网与大数据技术的融合应用, 对于提升水闸运行管理水平、保障流域水安全及提高水资源利用效益具有至关重要的意义。

一、智慧水闸系统的核心技术基础

(一) 物联网技术在智慧水闸中的应用基础

大数据时代背景下, 利用物联网技术部署海量网络互联的传感设备, 不仅可以实现重要数据的实时采集, 还能智能分析潜在问题, 为水闸的安全稳定运行提供可靠保障^[6-12], 其应用基础围绕水闸运行数据的全链路获取与初步处理展开。

在感知层, 核心是构建适配水闸复杂环境的感知网络, 需重点解决设备环境适应性 with 数据采集关联性问题。水闸多处于潮湿、多尘或户外开阔区域, 感知设备需具备抗干扰、耐老化的硬件特性, 同时需根据水闸管理需求, 确定水位、闸位、流速、水质等核心指标的采集频次与精度, 确保数据既能反映实时状态,

又避免冗余。

传输层的应用基础聚焦于数据传输的稳定性与适配性。需结合水闸地理位置特点选择传输技术, 具体来说, 对于偏远、分散的中小型水闸, 低功耗广域网技术更适合长距离、低带宽的数据传输, 可降低设备能耗与部署成本; 对于数据量大、实时性要求高的大型水闸, 需依托高带宽移动通信技术, 保障闸位控制信号、视频监控数据等的实时传输。此外, 传输层还需构建多路径备份机制, 避免单一传输链路故障导致的数据中断。

接入层是物联网与后续大数据平台衔接的关键, 其应用基础在于实现多源感知数据的标准化接入。需制定统一的数据接入协议, 完成不同品牌、不同类型感知设备的数据格式转换, 同时对采集到的原始数据进行初步预处理, 包括数据校验、异常值过滤

与时间戳同步，确保进入大数据平台的数据具备完整性与一致性，为后续分析挖掘奠定基础。

（二）大数据技术在智慧水闸中的应用基础

大数据技术为智慧水闸系统提供“海量存储－深度处理－模型构建”的核心能力，其应用基础围绕水闸数据的全生命周期管理与价值转化展开。在数据存储层面，核心是构建适配水闸数据特性的存储架构。水闸数据兼具时序性与多源性，既包含长期积累的历史水文数据、设备运行数据，也包含实时产生的感知数据，需采用分布式存储技术实现海量数据的高效存储。同时，需根据数据访问频率差异，设计分层存储策略：将高频访问的实时数据存储于高速存储介质，保障查询效率；将低频访问的历史数据迁移至低成本存储介质，平衡存储性能与成本。

模型构建层面的应用基础在于建立贴合水闸管理需求的分析模型体系。需基于水闸运行规律与管理目标，设计针对性的模型框架：针对运行状态评估，需构建数据特征与状态等级的映射模型；针对风险预警，需挖掘历史故障数据与异常工况数据的关联规律，建立风险识别模型；针对调度优化，需结合水闸功能定位，构建多目标优化模型，且该技术能够直观地展示水闸的运行状态，提供实时监控、故障诊断和预警功能^[3]，并根据新产生的数据持续优化参数，提升模型对水闸运行状态的适配性与分析结果的准确性。

二、物联网与大数据技术的融合逻辑与架构

（一）物联网与大数据技术的融合核心逻辑

物联网与大数据技术的融合，本质是围绕智慧水闸“数据价值转化”形成的协同机制，核心在于打通“感知－处理－应用”的全链路数据流转，实现智慧水闸的应用场景建设。凭借云平台对数据运算与分析，依据决策结果实现对设施设备智能控制，形成一套“业务全域一张图”现代化、高科技系统^[4]。其中，物联网技术的核心作用是为大数据分析提供高质量、高时效性的“数据原料”，通过感知层设备捕捉水闸运行的动态指标与环境参数，再经传输层实现数据的无间断传递，确保大数据平台能获取完整的原始数据。

大数据技术则承担“数据加工”职能，对物联网传输的多源、异构数据进行标准化处理，消除设备差异导致的数据格式壁垒；同时通过时序分析、关联挖掘等技术，从海量数据中提取水闸运行规律、风险特征与调度优化方向。大数据分析结果可反哺物联网感知策略，比如根据风险预警需求调整特定指标的采集频次；物联网实时数据则持续更新大数据模型的训练样本，提升分析结果的准确性，最终实现从“被动采集数据”到“主动输出决策”的闭环。

（二）物联网与大数据技术的融合系统架构

智慧水闸中两者的融合架构遵循“分层协同”原则，整体分为感知层、平台层与应用层，各层通过数据交互实现技术融合落地。感知层是融合的基础，以物联网设备为核心，重点构建统一规范的采集网络，明确不同类型传感器的部署标准与数据传输协

议，确保采集的数据能直接适配后续处理需求，避免跨设备数据兼容问题。

平台层是融合的核心载体，整合大数据技术的核心功能模块，包括数据接入模块、数据处理模块、建模分析模块，同时嵌入物联网传输状态监控功能，实时排查数据传输异常。应用层是融合的价值落地层，基于平台层的分析结果，开发水闸运行监控、风险预警、调度决策等功能，通过可视化界面呈现数据结论，同时将决策指令反馈至物联网执行设备，实现“分析结果－设备动作”的直接联动，确保融合技术真正服务于水闸管理实践。

三、物联网与大数据融合在智慧水闸中的应用路径

（一）多源感知数据的标准化整合路径

物联网与大数据融合的首要应用路径，聚焦于解决智慧水闸数据碎片化问题，构建从“感知采集”到“价值提取”的标准化数据链路。该路径以“数据协同”为核心，先通过物联网技术建立统一的感知规范体系，针对水闸运行涉及的水位、闸位、流速、设备工况等不同类型数据，明确统一的采集频率、精度阈值与数据格式标准，确保分散部署的传感器采集的数据具备一致性，避免因设备型号差异导致的数据格式冲突。同时，传输环节需依托物联网的协议适配能力，通过制定统一的传输协议框架，平衡数据传输的实时性与低功耗需求，尤其针对偏远水闸场景，需构建多链路备份机制，防止单一传输故障导致的数据中断。

进入大数据处理环节后，融合重点转向数据的深度整合与质量优化。首先，大数据平台需搭建专门的多源数据接入模块，将物联网实时采集的数据与水闸历史运行数据、流域水文背景数据进行关联整合，通过数据映射技术建立不同数据维度的逻辑关联，形成覆盖“设备－水情－环境”的全域数据集。其次，利用大数据清洗算法对原始数据进行处理：针对传感器偶发故障导致的异常值，通过水闸运行的物理规律进行逻辑校验与剔除；针对传输延迟导致的缺失值，结合时序数据的趋势特征进行动态补全，确保数据质量满足分析需求，为后续应用场景提供精准的数据支撑。

（二）水闸运行状态的动态管控路径

智慧水闸管理系统可达成对水闸设备的远程监控与精准控制，显著提升操作的灵活性与运行效率。借助远程调度模块与智能控制算法，系统可快速响应汛期泄洪、枯水期蓄水等不同水情需求，大幅降低人为操作的复杂性与安全风险^[5]。在状态监测环节，物联网技术发挥前端数据感知核心作用，通过在闸体应力监测点、液压系统压力阀、控制系统信号接口等关键部位部署专用传感器，实时捕获设备运行参数与水情动态变化，并将这些数据以毫秒级响应速率实时传输至后端大数据分析平台，确保运行状态信息的即时性，规避传统人工巡检存在的时间滞后与盲区问题。

大数据技术在水闸状态评估与处置决策中承担核心支撑职能。首先，需基于水闸历史运行数据构建多维度运行状态评估模型，通过随机森林、神经网络等大数据挖掘算法提炼不同运行状态的特征指标体系，并设定各指标的安全阈值范围。当物联网终端传输的实时数据接入平台后，模型会自动将实时指标与安全阈

值进行比对, 结合设备健康度、水情紧急程度等多维度数据综合评估当前运行状态等级, 自动生成含趋势曲线、风险预警标识的可视化状态评估报告。若监测发现指标超出安全阈值, 大数据平台将通过数据溯源分析定位问题源头, 并触发分级处置机制。此外, 系统以可视化交互界面直观呈现核心功能与关联数据信息, 保障管理者与用户可以高效开展监控与操作: 管理人员可在管理后台执行入库登记、库存预警、出库追溯等表具仓库管理操作, 以及设备台账更新、运行数据导出、故障记录查询等设备信息管理操作; 用户则可在前端界面完成在线水费充值、缴费凭证下载、历史账单查询等操作, 助力用户直观掌握自身用水消耗情况, 进而优化用水行为^[16-20]。

（三）水闸调度决策的智能化优化路径

智慧水闸系统通过物联网与大数据的融合, 突破传统调度依赖经验的局限, 构建“数据支撑-模型运算-动态迭代”的智能化调度体系。在调度数据准备阶段, 物联网技术负责提供实时动态数据, 包括当前闸位开度、上下游水位、流量变化趋势等, 确保调度决策能贴合水闸实时运行工况; 大数据技术则承担全域数据整合职能, 将物联网实时数据与历史调度数据、流域水资源供需数据、气象预测数据进行融合, 构建多维度的调度决策数据库, 为方案生成提供全面的数据基础, 避免因数据片面导致的调度偏差。

调度方案生成环节, 融合应用体现在模型构建与多目标优化。大数据平台需搭建适配水闸多功能定位的调度优化模型, 该模型需嵌入多目标优化算法, 将水资源利用效率、防洪安全系

数、生态保护要求等目标转化为可量化的约束条件, 再以物联网实时数据与大数据整合的历史数据作为输入参数, 计算出满足当前需求的闸位调整幅度、流量控制范围、调度时长等核心参数, 生成初步调度方案。

方案实施后, 物联网能够实时采集方案实施后的运行数据, 大数据平台则对比分析实际效果与模拟效果的偏差, 通过数据挖掘技术定位偏差原因, 并根据原因优化调度模型。同时, 需将每次调度方案、实施效果、优化调整记录归档至历史数据库, 形成调度经验库, 为后续同类场景下的调度决策提供参考, 实现调度方案从“智能化生成”到“持续优化”的良性循环, 提升水闸调度的科学性与精准性。

四、结束语

综上所述, 物联网与大数据技术深度融合应用所构建的智能水闸系统, 为水资源管理优化、节约利用及智慧城市建设提供了关键技术支撑。通过多源感知数据的标准化整合、水闸运行状态的动态管控以及水闸调度决策的智能化优化, 能够实现水闸防洪排涝、农田灌溉、流域生态补水等多重功能的协同高效运转, 而进一步提升水资源的综合利用效益与配置精准度。未来, 等新技术的持续融入与落地, 物联网与大数据在智慧水闸领域的融合应用深度与广度将进一步拓展, 进而还将助力水利事业向更高质量、更精细化、更智慧化的方向转型发展。

参考文献

- [1] 张晨. A 水闸工程智慧水利系统需求分析与设计 [D]. 山东: 山东大学, 2024.
- [2] 明星. 分水闸门采用直流供电系统的设计研究 [J]. 陕西水利, 2024(6): 120-122, 126.
- [3] 张丹. 水闸对河道水流调控的影响及优化措施 [J]. 珠江水运, 2025, (16): 147-149.
- [4] 吴新友. 智能传感技术在水闸安全监测中的应用 [J]. 中国水运, 2025, (12): 48-50.
- [5] 陈鑫. 基于物联网的水闸电气设备无线调度自动化系统 [J]. 电气技术与经济, 2025, (05): 205-207+211.
- [6] 周桂珍, 叶超, 马越, 等. 基于物联网与大数据技术的新型电力系统数据通信优化策略分析 [J]. 电子技术, 2024, 53(10): 58-59.
- [7] 王传家. 物联网与大数据技术在智慧城市中的应用 [J]. 电子技术, 2023, 52(07): 68-69.
- [8] 李春辉. 大数据技术在物联网中的应用 [J]. 科技资讯, 2022, 20(14): 13-15.
- [9] 任志鹏, 邢红日. 基于物联网的农田水闸远程控制系统的研究 [J]. 现代化农业, 2020, (10): 65-66.
- [10] 张大伟, 马进, 周新华. 基于物联网大数据技术的智慧交通系统 [J]. 中国设备工程, 2019, (02): 158-159.
- [11] 梁宇. 大数据时代背景下物联网技术的实践探析 [J]. 信息与电脑, 2025, 37(07): 32-34.
- [12] 李文艳. 基于物联网与大数据技术的智能交通系统设计与应用 [J]. 中国电信业, 2025, (02): 77-80.
- [13] 李亚楠, 李黎, 袁涛, 等. 基于数字孪生的智慧水闸监测数据可视化及预警分析 [J]. 数字技术与应用, 2025, 43(01): 85-87.
- [14] 蔡宏. 浅析智慧水闸一体化管理系统在水管单位中的应用 [J]. 水上安全, 2025, (01): 160-162.
- [15] 李照. 智慧水闸在东淝闸的应用与实践 [J]. 中国水运, 2024, (11): 39-41.
- [16] 江莉. 基于物联网及大数据技术的智能水表管理应用平台设计 [J]. 华东科技, 2024, (06): 39-41.
- [17] 张文璠. 浅谈水闸自动化控制系统的建设 [J]. 治淮, 2024, (03): 58-60.
- [18] 高戈, 刘博文, 周宇航, 等. 水闸管理智慧运维系统主要功能及运用浅析 [J]. 内蒙古水利, 2022, (12): 49-50+53.
- [19] 谷维超, 何旭斌, 张由松, 等. 基于 BIM+ 的智慧建管平台在水闸工程中的应用 [J]. 浙江水利科技, 2022, 50(06): 6-9+13.
- [20] 何立军. 基于物联网技术的水闸自动化远程控制方法 [J]. 农业科技与信息, 2022, (18): 88-91.