基于信息化技术的智慧水务运营管理平台应用

肖政
中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司 湖南 长沙 410014

摘 要 本文以某污水处理厂的实际运营为研究对象，分析信息化技术在智慧水务管理中深度融合的应用价值及实施效果。平台以数据驱动、智能决策、闭环管控为核心思想，创建了“1+8”信息化体系，即1个数字孪生驾驶舱加8个生产管理系统。利用BIM、AI、GIS、SCADA等新一代信息技术，实现了生产监控、工艺调控、设备管理、管网运维的全流程信息化覆盖和智能化提升。实践结果表明，该平台较好地解决了传统水务管理可视化程度低、数据分散、调控精度低、协同效率低等问题。运用数据整合和智能分析技术，运营管理效率得以提升，能耗以及药剂费用明显下降。具体成效为：管网漏损率比上年同期降低18%，设备检修响应时间缩短40%。本案例对于水务行业推进信息化转型、实现高质量发展有一定的借鉴意义。

关键词 污水处理厂；智慧水务；运营管理平台；平台应用

Application of an Intelligent Water Operation Management Platform Based on Information Technology

Xiao Zheng
PowerChina Zhongnan Engineering Corporation Limited, Changsha 410014, Hunan Province, China

Abstract This paper examines the application value and implementation effects of the deep integration of information technology in the intelligent water management of an actual wastewater treatment plant. Centered on the concepts of data-driven decision-making, intelligent operations, and closed-loop control, the platform establishes a “1+8” informatization system, consisting of 1 digital twin command center and 8 production management subsystems. Utilizing new-generation information technologies such as BIM, AI, GIS, and SCADA, it achieves full-process informatization coverage and intelligent enhancement of production monitoring, process control, equipment management, and pipeline network operation and maintenance. Practical results indicate that this platform effectively addresses issues common in traditional water management, including low visualization, scattered data, imprecise control, and low coordination efficiency. By applying data integration and intelligent analysis technologies, operational management efficiency is improved, and energy consumption and chemical costs are significantly reduced. Specific outcomes include an 18% reduction in pipeline leakage rate compared to the same period last year and a 40% decrease in equipment maintenance response time. This case study offers reference value for the water industry in advancing informatization transformation and achieving high-quality development.

Key words Wastewater Treatment Plant; Intelligent Water Management; Operation Management Platform; Platform Application

随着新一代信息技术与实体经济的深度融合，信息化已成为推动水务行业转型升级的核心引擎。某污水处理厂作为区域环境治理的核心设施，其传统管理模式面临数据割裂、业务协同不畅等痛点。本文结合该厂实际运营需求，探究智慧运营管理平台的技术架构与功能实现，为污水处理行业智能化转型提供实践参考。

1 现状分析

目前我国的许多水务企业，特别是那些受到严格排放标准约束的污水处理厂，在污水处理厂的运营管理中面临着扩容提标、节能降耗、精细化管理等各方面的压力。以设计总规模为12万m^3/d，分两期建设的污水处理厂为例，进水水质指标为CODcr 250 mg/L、BOD5 120 mg/L、SS 220 mg/L、TN 42 mg/L、NH_3-N 30 mg/L、TP 3 mg/L。而出水水质要符合《浙江省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33-2169—2018）类IV类标准，即CODcr≤40 mg/L，BOD5≤10 mg/L，SS≤10 mg/L，TN≤12 mg/L，NH_3-N≤2 mg/L，TP≤0.3 mg/L，对工艺过程的稳定性及控制精度要求非常高。

2 智慧水务运营管理平台总体架构

昆鳌污水处理厂智慧水务运营管理平台以“数据驱动、智

能决策、闭环管控”为核心理念，采用“1+8”的总体架构，即1个数字孪生驾驶舱与8个生产管理系统，实现对水厂生产运行、设备管理、工艺控制等全业务场景的数字化覆盖与智能化升级。

2.1 数字孪生信息化驾驶舱

数字孪生驾驶舱为整个平台提供视觉中心、决策中心。核心就是利用建筑信息模型（BIM）技术，在虚拟空间里高精度复刻水厂的物理实体，包括所有的建构筑物、工艺管线、机电设备等，形成与物理水厂同步映射、双向交互的数字孪生体。该孪生模型可以表现出静态结构，也可以接入实时数据流，动态地反映出设备的运行状况、工艺参数的变化、能源消耗的情况等。

驾驶舱一般采用“一个综合态势+多个专题中心”的视图。综合态势视图对水厂整体运行健康度、KPI完成情况、报警事件汇总等进行宏观展示，给管理层提供一个清晰的运行快照。针对传统管理中的可视化痛点，驾驶舱可以专门实现地下管廊、工艺池下区域的透明化展示，使隐藏的管线走向、阀门位置、设备状态一目了然，极大地方便规划与检修工作。专题中心主要针对具体的业务，比如运营中心对水质水量、能耗药耗的趋势进行集中监测，设备中心将三维模型与实时数据相结合，对重要设备的启停、负荷、温度等状态进行动态展示，事件中心实现报警信息的空间定位和快速溯源，巡检中心支持线上规划巡检路线和线下移动端打卡的协同模式。数字孪生驾驶舱把抽象的数据转化为直观的图形和图像，实现了运营场景的全景穿透和沉浸式管理[1]。

2.2 八大信息化生产管理系统

八大信息化业务管理系统给水务平台的功能落地赋予了载体，涵盖了运营的全部生命周期，各个系统功能互相补充、互相促进。

1.信息化生产监控系统。以SCADA系统为核心，对各个工艺环节的流量、水质、设备运行状况等数据进行实时采集，实现生产过程全流程可视化监控和信息化管控。

2.信息化运营管理系统。围绕经济运行目标，通过数据分析找出电耗异常，给出药剂库存预警，为运营策略优化提供数据支撑。

3.信息化智能分析系统。依靠AI算法创建水质预估、工艺改良以及设备故障预警模型，促使维修方式由事后维修转向预测性维修。

4.信息化设备物资管理系统。给设备赋予唯一的数字身份，实行全生命周期的管理，同库存系统联动，保证备件及时供应。

5.信息化报表管理系统。将监测数据和业务记录自动整合，生成标准化的报表，取代人工统计，提高数据的准确性以及处理速度。

6.信息化安全与应急管理系统。把安防监控同AI识别技术融合起来，可以实现安全风险的自动预警以及应急调度的辅助，从而提升安全管理的信息化水平。

7.信息化管网GIS系统。创建“管网一张图”，构建管网全景图，整合空间坐标与属性数据，实现管网资产的数字化管理。

8.信息化移动外业系统。通过移动终端完成现场任务处理和实时数据回传，提升外业协同效率，实现内外业工作联动。

3 平台核心功能及关键技术应用

3.1 生产监控与智能工艺控制

平台的生产监控功能实现了从“监视”到“调控”的智能转变。对全厂11个主要工艺环节进行感知之后，系统就可以根据实时的数据以及预先建立好的模型，对主要设备实施自动控制或者半自动控制。以进水提升泵房为例，根据集水井液位预测及电价峰谷时段，智能调度水泵运行组合及启停时序，在保证安全的前提下使泵组整体能耗最优。生物处理单元中精准曝气控制是主要应用。系统用人工智能算法综合进水水质、生化池状态、风机曝气量等指标，动态预测需氧量，精准调节鼓风机风量或者曝气器开度，把溶解氧控制在最佳设定范围内，避免了过量曝气造成的电能浪费[2]。

3.2 运营管理与数据分析

运营管理系统把大量的运行数据转化成管理洞见。电耗分析模块不仅能显示全厂及各部门的用电趋势，还可以钻取到单个大功率设备的能耗细节，找到能效瓶颈。药耗分析模块可以实时跟踪各种药剂的吨水单耗、日消耗量、库存变化，结合进水水质趋势，可以评价投加策略的有效性。水质水量分析模块用统计分析工具对进水负荷冲击规律、各工艺段对污染物的去除效率做深入分析，给工艺优化提供数据支持。深度分析报告使管理者从凭经验做出模糊判断，变为根据数据做出科学的决策。

3.3 智能分析与AI深度应用

平台的智能分析能力是依托于强大的数据中台和AI引擎才有的。一方面可以构建水务知识图谱与智能问答系统，将工艺规程、设备手册、应急预案、专家经验等非结构化的知识转化为机器可读、可利用的形式，支持工作人员用自然语言快速查询专业问题。另一方面，高级AI模型被用于核心场景，水质预测预警模型用历史数据进行训练，可以提前几个小时预测出水

水质超标的风险，设备故障预测模型通过对振动、温度、电流等时序数据的分析来预测潜水泵、鼓风机等关键设备的剩余使用寿命或者故障概率，AI图像识别技术通过厂区摄像头，自动识别仪表读数、设备跑冒滴漏、生物池泡沫异常、人员不安全行为等，可以实现不间断的自动化巡检和安全监管。

3.4 设备物资与报表管理

设备物资管控模块创建起设备、药剂以及备品备件等主要资产的全流程数字化管控体系，依靠对设备故障详情、累计运行时长、维修工单进度等重要数据实施动态采集，塑造起设备故障类型同供应商资源相互关联的机制。它既能对备品备件库存阈值实施实时监管，保证应急物资储备充裕，又能在设备故障突然发生的时候启动快速反应程序，给维修调度提供精确的数据支持。报表管理模块把自动监测数据和业务操作记录当作双数据源，自动生成脱泥房交接班记录、工艺运行日志、日度运行分析、水质化验报告等标准报表，用以取代传统的手工统计方式，降低了数据误差率，加快了报表产出的速度，给运营决策提供了可信的数据支撑。

3.5 GIS数据库实现管网资产科学化管理

利用GIS技术建立的专属数据库，把供水管网系统里的管道、阀门、消防栓、水表等各类设施的空间坐标数据同其规格型号、安装时间、维护记录等属性信息展开全面的整合录入[3]。此举将管网资产信息由纸质图纸转存为数字化、结构化的形式，彻底解决了以往图纸存档难、查找慢、版本混乱等问题，更重要的是创建了一个唯一的、精确的空间数据底座，为之后所有基于地理空间位置的深度分析及业务应用打下了基础。

4 平台应用成效

4.1 运营效率显著提升

智慧水务运营管理平台的深度使用，推动水厂运营管理实现数字化革新。数字孪生驾驶舱用可视化技术破解传统运营里的管路排查、设备监测难题，检修耗时明显减少；协同巡检机制同工单闭环管理模式融合之后，设备维护的响应速度明显变快；智能工艺控制系统取代传统的人工操作，工艺参数可以实时准确地进行调节，核心工艺自动化运行既提升了污水处理的效能，又保证了出水水质一直达标[4]。

4.2 资源能耗有效降低

依靠AI算法对泵组运行、精准曝气等关键环节实行智能优化，水厂能耗水平比传统运营模式要好很多；经由药耗动态分析并开展精准投加控制，防止药剂超量投加引发的浪费，从而有效地削减运行成本；设备故障预警系统同预防性维护体系联手发力，减少设备停机次数和维修费用，继续延长设备的使用期限。

4.3 管理水平全面升级

平台打破了传统业务流程中的数据孤岛，实现了生产运行、设备管理、物资采购等业务数据的整合共享，形成全流程闭环管控体系。多维度数据分析为管理人员提供了科学的决策依据，替代了传统依赖经验的管理模式；自动化报表生成、异常事件自动报警等功能，降低了管理工作量，提升了管理的精细化与智能化水平，为水厂长效稳定运行提供了坚实保障[5-6]。

5 结束语

智慧水务运营管理平台通过技术与业务的深度融合，为昆鳌污水处理厂构建了数字化、智能化的运营体系。其在效率提升、能耗控制、管理升级等方面的显著成效，验证了平台的实践价值。未来，可进一步拓展应用场景，深化技术融合，为智慧水务行业高质量发展提供更有力的支撑。

参考文献

[1]张仰义.智慧水务可视化监管系统构建与应用研究[J].电脑知识与技术,2025,21(23):34-37.

[2]胡健钊.智慧水务在万江街道水利工程管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025(15):205-207.

[3]许海波,于志明.智慧水务综合管理平台建设及关键技术研究[J].测绘与空间地理信息,2025,48(5):72-74.

[4]段昌松.智慧水务建设研究[J].智能城市,2025,11(5):131-133.

[5]李辉,侯云峰.智慧水务技术赋能污水处理厂运行管理的模式[J].智慧中国,2025(9):102-103.

[6]河北建投水务投资有限公司.基于“互联网+”的智慧水务运营管理服务云平台[R].石家庄:河北建投水务投资有限公司,2022.

（本文编辑 吴文博）