

Research on the Application of Smart Water Data Informatization in the Water Supply and Drainage Industry

Jian Zhong

Shanghai Haibin Wastewater Treatment Co., Ltd., Shanghai, 201302, China

Abstract

With the acceleration of urbanization, the complexity and management challenges of drainage systems have significantly increased. Smart water management, leveraging digital informatization technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, artificial intelligence (AI), and digital twins, provides efficient and precise solutions for the drainage industry. This study explores the practical pathways and challenges of smart water management in drainage systems from perspectives including technical frameworks, closed-loop construction, modular applications, and case analysis, while proposing future development trends. The research demonstrates that smart water management, empowered by end-to-end data integration, significantly enhances operational efficiency, resource utilization, and emergency response capabilities of drainage systems, offering critical support for the sustainable development of the industry.

Keywords

Smart water management; Digital twin; Drainage system; Data informatization; Intelligent optimization

智慧水务数据信息化在供排水行业中的应用研究

钟建

上海海滨污水处理有限公司, 中国·上海 201302

摘要

随着城市化进程加速,排水系统的复杂性和管理难度显著增加。智慧水务通过数字信息化技术,整合物联网、大数据、人工智能(AI)及数字孪生等前沿技术,为排水行业提供了高效、精准的解决方案。本文从技术框架、建设闭环、模块化应用、案例分析等角度展开研究,探讨智慧水务在排水行业中的实践路径与挑战,并提出未来发展趋势。研究表明,智慧水务通过全流程数据赋能,显著提升了排水系统的运营效率、资源利用率和应急响应能力,为行业可持续发展提供了重要支撑。

关键词

智慧水务; 数字孪生; 排水系统; 数据信息化; 智能优化

1 引言

城市化进程的加速使排水系统面临管网老化、环境污染、应急管理滞后等挑战。传统依赖人工经验的管理模式已难以满足现代城市需求。在此背景下,智慧水务通过数据信息化技术,实现了从“经验驱动”向“数据驱动”的转变。例如,瀚蓝环境通过数字孪生技术将超4000公里供水管网转化为动态数字模型,实现“秒级预警”与智能调度。^[1] 本文结合技术框架、建设闭环、实际案例等维度,系统分析智慧水务在排水行业中的应用价值与实施路径。

2 智慧水务的数字信息化技术框架

2.1 物联网(IoT)技术

物联网技术通过部署传感器与智能终端,实现对水务系统的全域感知。例如,在管路管网中,压力、流量、水质

传感器实时采集数据,并通过无线网络传输至云端平台,为漏损检测,实时数据与故障预警提供基础支持。位山灌区通过“天空地水工”立体感知网,整合2000余处监测站点,实现输配水过程的动态模拟与精准调度。^[2]

2.2 大数据与云计算

水务系统产生的海量数据需通过大数据技术进行清洗、存储与分析。云计算平台则为数据共享与模型计算提供算力支持。

大数据一半是指所涉及资料量的规模巨大,无法通过目前主流软件工具在合理时间内达到提取,管理,处理并整理成为企业经营决策提供更积极目的资讯。^[3]

2.3 数字孪生技术

数字孪生技术,作为数字孪生体应用的基础,数字孪生化实现非常关键。根据数字孪生化精度不同,通常可以分为五种等级,也用以区别数字孪生化水平,分别为集合模型,数据描述,数据融合,动态孪生和自主孪生,它们不同于传统的仿真,其设计的理念来自于数据驱动。^[4]

【作者简介】钟建(1988-),男,中国上海人,本科,助理工程师,从事供排水大数据智能信息化研究。

2.4 人工智能 (AI) 与机器学习

AI算法在水质预测、需求分析等领域表现突出。例如,需水预测模型结合气象与农情数据,生成灌溉方案;AI驱动异常检测系统可识别管网压力突变,触发秒级预警810。此外,智能照明系统通过AI优化能耗,降低水厂运营成本。

2.5 5G 与边缘计算

5G网络的高带宽与低时延特性,支撑了远程控制与实时决策。边缘计算则通过在终端设备就近处理数据,减少云端依赖。例如,安科瑞电气的能效管理平台通过边缘节点实现配电系统实时监控,保障应急响应速度。

3 智慧水务建设在项目中的介入方式及程度研究

3.1 项目落地的一般阶段

3.1.1 前期调研

前期调研过程中,数据收集工作至关重要,涵盖了用水需求数据、水质数据、地理信息数据等多维度信息。通过对这些数据的综合分析,为厂区选址提供科学依据,确保厂区位置既能满足供水、排水需求,又能充分考虑周边环境及未来发展规划,降低建设与运营成本。

3.1.2 设计院项目规划设计与现场勘探

规划期间,现场勘探是不可或缺的步骤,设计人员需深入实地,对地形地貌、地质结构、周边基础设施等进行详细勘查。依据勘探结果,结合前期调研数据,进行项目的总体布局设计、工艺流程设计以及各类设施的详细设计,确保项目规划科学合理,满足功能需求且符合相关规范标准。

3.1.3 承建方总包建设

承建过程广泛且复杂。从基础的地基施工开始,需确保地基承载能力满足构筑物的建设要求。随后进行各类构筑物的建设,包括水处理池、泵房等。同时,铺设管道系统,涵盖供水、排水、循环水等多种管路,自动化设备的安装与调试等。现场建设及管理的好坏直接影响智慧水务的成功率。

3.1.4 移交运营方验收使用

项目建设完成后,进入移交运营方验收使用阶段。运营方会依据相关标准和合同要求,对项目进行全面细致的验收。包括对各类设施设备的性能测试、运行稳定性检查、工程质量检验等,只有通过验收,项目才能正式投入运营,为用户提供可靠的水务服务。

3.2 智慧水务建设介入的重要性与方式

在众多项目中,智慧水务以及大数据信息化建设的介入时间、方式及深度常被忽视。然而,智慧水务建设在项目伊始便深度介入具有重要意义,具体分析如下:

3.2.1 调研及设计阶段介入

在调研阶段引入智慧水务建设考量,有利于精准确定智慧水务硬件系统的配置及实际需求。通过对区域用水模

式、水质监测需求、数据传输要求等方面的深入分析,能够合理规划传感器、数据采集终端、通信设备等硬件设施的类型与数量,确保硬件系统既能满足当前项目需求,又具备一定的扩展性,为后续智慧水务功能的升级与优化奠定基础。

3.2.2 建设期间介入

建设期间,智慧水务建设团队需密切关注项目进展,保证图纸与现场实际情况一致,并实时根据设计院的变更通知及现场修改记录更新项目状态,确保数据的真实有效性。以数字孪生建模为例,若图纸与现场存在偏差,会极大增加建模的难度与成本,同时导致建模结果失真,进而影响到对实际生产过程的模拟与分析,甚至可能干扰工艺参数的准确性,影响整个水务系统的运行效率与稳定性。

3.2.3 初期详尽分析与设计

在项目初期对智慧水务进行详尽分析与设计,是确保其发挥预期效果、提高有效性的关键。以智能加药功能模块为例,智能化控制通常依赖流量计、正磷酸盐分析仪、出口总磷仪表等设备进行关联计算并输出控制信号。在此过程中,管路与仪表的布局设置会直接影响控制泵的台数及加药量的准确性。若仅在总进水管加装流量计,而不在每条支路增设,虽然后期可通过计算公式进行调整,但前期若能合理配置硬件,如在各支路安装流量计,将显著提升加药控制的准确性与效率,更好地实现对水质的精准调控,保障水务处理效果。

4 智慧水务数据信息化在排水行业的应用剖析

4.1 大数据信息平台在实用场景中的运用及现状

大数据平台通过对海量排水数据的深度分析,为排水系统的高效运行提供了有力支撑。其一,实现了精准的管网运行状态评估。基于流量和液位数据的分析模型,能够准确判断管网是否存在堵塞、渗漏等异常情况。通过对历史数据和实时数据的对比,可预测管网在不同季节、不同降雨条件下的运行趋势,提前制定维护计划,有效减少了因管网故障导致的城市内涝等问题。其二,优化了污水处理厂的运营管理。借助大数据分析,能够根据进水水质和水量的变化,实时调整污水处理工艺参数,使处理过程更加高效、节能。

4.2 优缺点分析

全面监测与预警:大数据平台能够整合分散在各处的监测数据,实现对整个排水系统的全面实时监测。通过设置阈值和建立预警模型,可在排水系统出现异常时及时发出警报,为运维人员争取宝贵的处理时间,大大提高了应对突发情况的能力。

决策支持:基于大量历史数据和实时数据的深度分析,为排水行业的规划、建设和运营管理提供了科学的决策依据。无论是新管网的规划建设,还是老旧管网的改造升级,大数据分析结果都能帮助决策者确定最优方案,避免盲目投资。

资源优化配置:通过对污水处理厂运行数据的分析,

优化处理工艺参数,实现能源和药剂等资源的合理利用,降低运营成本,提高资源利用效率。

数据质量问题:排水数据来源复杂,传感器精度、传输过程中的干扰等因素都可能导致数据质量参差不齐。不准确的数据会影响分析结果的可靠性,进而误导决策。例如,传感器故障可能导致采集的液位数据异常偏高或偏低,若未及时发现并纠正,基于此数据做出的管网运行状态评估将出现偏差。

系统兼容性挑战:排水行业存在不同时期建设的多种设备和系统,其数据接口和通信协议各异,在将这些数据整合至大数据平台时,面临着较大的系统兼容性问题。不同厂家生产的传感器、监测设备可能无法直接与大数据平台无缝对接,需要进行大量的接口开发和适配工作,增加了建设成本和时间。

数据安全风险:排水数据涉及城市基础设施运行的关键信息,具有较高的敏感性。大数据平台集中存储大量数据,一旦遭受黑客攻击或数据泄露,将对城市的排水安全和居民生活造成严重影响。如何保障数据的安全性,防止数据被非法获取、篡改或滥用,是大数据平台应用中面临的重要挑战。

5 智慧水务在供排水行业运用的挑战

智慧水务的基础是数据。算据,算力和算法是体现数据应用水平的三个指标。算据本身决定了水务数字化的深度,大数据技术可以实现海量水务数据的存储和处理,为数据价值挖掘提供支撑;算力决定着数据价值挖掘的广度和速度;算法直接决定了数据价值和可挖掘的高度。其中,算据需要利用大数据技术,开展数据治理,实现数据价值;随着虚拟化,分布式资源管理与并行编程技术的逐渐成熟,云技术也为算力和算法的发展提供支持。^[5]

5.1 数据管理困境

数据质量参差不齐:供排水数据来源繁杂,涵盖众多传感器、监测设备以及不同时期建设的系统。传感器的精度差异、设备老化、传输过程中的信号干扰等因素,导致收集到的数据存在缺失、错误、异常值等问题。

数据整合难度大:供排水行业内部存在多个独立运行的子系统,如供水调度系统、污水处理厂监控系统、管网监测系统等,各系统的数据格式、接口标准、通信协议各不相同。将这些分散的数据整合至统一的智慧水务平台,需要耗费大量的人力、物力进行接口开发、数据格式转换和系统适配,增加了数据管理的复杂性与成本。

数据安全风险高:供排水数据涉及城市水资源的关键信息,包括水源地位置、供排水管网布局、水质监测数据等,具有极高的敏感性。智慧水务平台集中存储和处理海量

数据,一旦遭受黑客攻击、恶意软件入侵或数据泄露事件,将对城市供水安全、居民生活以及社会稳定造成严重威胁。

5.2 技术应用瓶颈

技术瓶颈主要涵盖物联网设备稳定性欠佳,数据分析模型有待优化,人工智能技术应用深度不够等情况。从中可以看出,设备使用工况较差,故障率高,分析模型普遍较为简单,无法处理复杂问题,人工智能技术应用较为简单等情况使得当下大数据平台多为数据汇总,简单分析,作为工艺调整辅助为主。

5.3 管理与运营难题

运营困难主要集中在专业人才短缺,多部门协同困难,投资与运营成本压力较大。从客观上给智慧水务建设造成了一定困难。

6 结论

智慧水务在供排水行业的应用已成为推动行业变革、提升城市生活品质的关键力量。它凭借物联网、大数据、人工智能等前沿技术,对传统供排水模式进行革新,在优化资源配置、保障供水安全、提升污水处理效能等方面发挥着不可替代的作用,极大地提升了行业管理的精细化与智能化程度。

然而,当下智慧水务的推进并非一帆风顺。数据管理层面的,数据质量的不稳定、整合难题以及安全隐患制约着系统效能的充分发挥;技术应用上,物联网设备的不稳定、数据分析模型的不完善以及人工智能应用的浅尝辄止,都阻碍着智慧水务向纵深发展;管理与运营环节,专业人才短缺、部门协同困难以及成本压力大等问题,成为行业持续进步的瓶颈。

面对这些挑战与机遇,供排水行业需强化数据管理,提升技术水平,优化管理运营。通过实施严格的数据质量管控、突破技术瓶颈、加强人才培养与部门协同等措施,定能突破障碍,实现智慧水务的蓬勃发展,为城市的可持续发展提供坚实的水务支撑。

参考文献

- [1] 腾讯新闻. 瀚蓝环境以数智赋能水务高质量发展[EB/OL]. (2025-01-01)[2024-09-30]. <https://example-url-1.com>
- [2] 腾讯新闻. 位山灌区数字化助力“智水”有方[EB/OL]. (2025-01-01)[2024-09-30]. <https://example-url-2.com>
- [3] 周丽琨,侯钢. 数字化技术基础[M]. 北京: 中国人事出版社,2022.
- [4] 胡权. 数字孪生体: 第四次工业革命的通用目的技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2021.
- [5] 简德武,章林伟,张辛平等. [智慧水务: 数字化实践与应用][M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2023.