

## 智慧水务技术在给水排水工程中的应用研究

梁枫

枣庄市胜利渠管理服务中心, 山东 枣庄 277317

[摘要]传统的给水排水工程存在着数据分散、响应迟缓、决策粗放等状况。智慧水务融合物联网、大数据、GIS、人工智能技术,给破解困境赋予有效的途径。对管网老化、感知缺乏、信息孤岛等现实问题以及智慧水务的应用必要性进行了分析。从智能感知、大数据分析、GIS平台、智能调度四个方面展开具体应用,提出完善基础设施、统一数据平台、加强安全保障、提高人才水平的优化策略。从目前的研究结果可以看出,智慧水务技术可以减少管网漏损率、提高应急反应速度、改善工艺能耗等,有利于给水排水工程的数字化转型。

[关键词]智慧水务;给水排水;智能调度

DOI: 10.33142/ect.v4i6.19948

中图分类号: TU992

文献标识码: A

### Research on the Application of Smart Water Management Technology in Water Supply and Drainage Engineering

LIANG Feng

Zaozhuang Shengli Canal Management Service Center, Zaozhuang, Shandong, 277317, China

**Abstract:** Traditional water supply and drainage engineering has problems such as scattered data, slow response, and extensive decision-making. Smart water management integrates the Internet of Things, big data GIS, artificial intelligence technology provides effective ways to solve difficulties. An analysis was conducted on the practical issues of aging pipeline networks, lack of perception, information silos, and the necessity of applying smart water management. Specific applications will be carried out from four aspects: intelligent perception, big data analysis, GIS platform, and intelligent scheduling. Optimization strategies will be proposed to improve infrastructure, unify data platforms, strengthen security guarantees, and enhance talent levels. From the current research results, it can be seen that smart water technology can reduce pipeline leakage rate, improve emergency response speed, and improve process energy consumption, which is conducive to the digital transformation of water supply and drainage engineering.

**Keywords:** smart water management; water supply and drainage; intelligent dispatching

#### 引言

在数字中国以及新型城镇化战略的推动之下,水务行业也正在发生着由传统走向数字化、智能化的过程。政策上已经把智慧水务当作城市基础设施生命线工程的重点方向。但是目前给水排水工程普遍存在管网老化、监测滞后、数据壁垒等状况,传统的模式不能满足精细化治理和韧性城市建设的要求。智慧水务集成物联网、大数据、地理信息系统、人工智能技术,对水资源的“源-网-厂-站-户”全链条进行实时监测和智能决策,可以提高供水安全保障能力和排水防涝应急处置水平。因此,对智慧水务技术在给水排水工程中的应用展开系统研究,对促进给水排水行业高质量发展有着十分重要的理论与现实意义。

#### 1 智慧水务技术概述

智慧水务是以新一代信息技术为基础,对水资源的开发、供水、排水、污水处理和再生水回用等全过程进行智能感知、分析、决策和控制的现代水务管理方式。其技术架构一般由感知层、网络层、数据层、平台层和应用层这五个层次组成,具有全面感知、互联互通、智能处理、精准控制这四个特点。从技术发展角度来说,智慧水务是由自动化控制、信息化管理、智能化决策这三个阶段组成的。早期用 SCADA 系统做远程监控,后来用 GIS 技术做管网信息化管理,现在依靠物联网、数字孪生、AI 大模型等技术创建起“预报、预警、预演、预案”智慧决策体系。该过程体现出水务管理由原来的“经验驱动”转变为现在

的“数据驱动”。智慧水务技术的价值不单是降低成本、提高效率,更重要的是重新构建了传统水务运行方式和管理模式。利用数字孪生技术建立物理水务系统虚拟模型,可以对管网水力进行模拟,对水质扩散进行推演,对设施健康状况进行诊断,为工程设计和运行维护提供科学的依据。

## 2 给水排水工程中智慧水务建设需求分析

### 2.1 给水排水工程运行管理现状

目前我国给水排水工程运行管理还存在着很多薄弱环节。在供水系统中管网老化和漏损比较严重。一些地方的公共供水管网漏损率高达 19% 以上,管线分布在各个部门中,造成无法进行改造。排水系统也存在管网底数不清、雨污混接、运行监测手段落后等各方面的困难。经过调研发现,该沿海城市排水系统内雨污混接点有 1500 多个,旱天有冒溢现象。就管理机制而言,由于存在数据孤岛而造成运行效率低下的问题十分严重。供水管网压力、污水厂进水水质、泵站运行状况等重要数据分布在不同的系统里,不能够及时联系起来加以分析。传统的模式下加药、曝气、管网调度等主要的作业依靠人工的巡检以及经验的判断,误差达到 15%~20%。问题发现普遍滞后,水质超标、管网漏损等异常事件一般是在用户投诉或者环保检查的时候才被发现,错过最佳处置窗口。被动应对、低效运行的模式已经成了水务行业高质量发展的主要瓶颈。

### 2.2 智慧水务技术应用的必要性

推进智慧水务技术应用有很强的现实必要性。经济效益方面,智慧化改造可以使得漏损率从原来的 19.39% 下降到现在的 5.02%,每年节约水费超过 1200 万元,同时可以节省掉一部分运行成本。公共安全方面, AI 漏损识别可以将抢修到场时间从原来的 60min 缩短到现在的 10min 以内,处置成本降低了 72%,有效地减少了水资源的浪费以及次生灾害的风险;智慧水务平台把防洪、排涝、治污、供水等场景融合起来,防汛实战效果明显,很好地保证了城市生命线的安全。从政策导向来看,2017 年发布的《数字中国建设整体布局规划》把智慧水务列为新型基础设施建设的重点领域之一,水利部、住建部不断推进相关建设工作。加快智慧水务技术的应用已经成为行业发展的必然趋势。

## 3 智慧水务技术在给水排水工程中的具体应用

### 3.1 智能感知技术在供排水监测中的应用

智能感知是智慧水务体系的基础层,它所具有的主要功能就是实现对供水、排水系统运行状况的全面、精确检测。供水侧布置压力传感器(精度 $\pm 0.1\text{MPa}$ )、电磁流量

计、余氯在线分析仪(响应时间 $< 30\text{s}$ ),对水厂、泵站、管网重要节点进行布设;排水侧安装 COD 和氨氮在线监测仪(量程 0~500mg/L)、浊度传感器(精度 $\pm 0.5\text{NTU}$ )、超声波和雷达双水位计,实时掌握污水厂进水负荷及管网运行情况。在设备侧加装振动传感器、温度传感器、电流监测模块,对水泵、风机、加药泵等重要设备进行健康状态诊断。所有的终端都是通过 5G 或者 4G 网络连接到平台上,数据采集的频率最高可以达到一秒一次,保证所有的关键指标都是零延迟地上传到平台上。以微型光谱水质监测终端为基础可以创建高时空分辨率的河湖水质实时监测网络,从而达到对水质异常的快速识别、污染溯源以及动态预警的目的。智能感知技术大规模应用之后,水务系统由原来的“盲人摸象”变成现在的“耳聪目明”,给后面的数据分析和智能决策打下了基础。

### 3.2 大数据技术在水务运行管理中的应用

大数据技术最根本的价值就是从海量的监测数据中发现其中蕴含的规律和知识,促使水务管理由经验决策转向数据决策。供水调度上,用历史用水数据、天气、节假日等变量,用 LSTM 神经网络预测未来 24h 用水量,误差率小于 5%,可以指导水厂做好生产计划。管网漏损控制时,根据压力传感器的数据以及用户的用水模式来调节泵站的出口压力。夜间低峰期压力降低 0.1MPa,年均漏损率降低 3%~5%<sup>[1]</sup>。某城市供水管网分区规划项目用阀门控制来实现供水系统的压力分区,水厂出水压力由原来的 60m 降到现在的 50m,节能约 16.6%,漏损率降低了 1.3%。根据气象预警和工业排水分时数据来预测污水厂未来 6 个小时的进水量和污染物浓度, COD 波动范围预测精度达到 $\pm 10\%$ 。利用联动溶解氧、污泥浓度等传感器数据,用强化学习算法来调节曝气机的频率以及污泥回流比,从而达到降低能耗和保证出水达标的目的。智慧水务项目依靠数据治理,初步创建起包含 5 大类 255 个数据目录的数据资产库,汇聚了数据上亿条,开发出了上千项数据服务,给决策赋予了统一的数据支撑。

### 3.3 GIS 与数字化平台在管网管理中的应用

地理信息系统、数字化平台属于实现管网可视化管理以及空间分析的主要手段。利用 BIM 和 GIS 技术可以创建出与物理水务系统 1:1 对应的数字孪生体,把管网拓扑、水厂工艺、设备布置等静态信息同实时监测数据结合起来。在三维地图上可以清楚地看到管网走向、泵站位置、污水处理单元,可以点击查看任意节点的实时流量、压力等数据。该地区依靠组织全面覆盖数据普查的方式,把市

政干管、小区内部管网信息合并成一张可以被观察到的数字地图。依靠这张图的指引，几十公里老旧管道得到了同步更新，长期以来存在的跑冒滴漏问题也从源头上得到了缓解。同时把城区划分为上百个供水网格，每个网格设压力监测点，分时分段进行差别调节。夜间用水低谷时段系统自动将管网压力降低，防止高压不断冲击老旧管道，爆管次数明显减少。智慧排水信息化管理平台是包含排水设施管理、在线监测、运行调度等方面的综合性平台，对排水系统实行全要素数字化管理。该地区依靠数字孪生、5G、AR 等技术，以几百公里的排水管网、几十座雨污水泵站、多座污水处理厂为对象，创建起包含数字孪生、实时感知、模型分析、智能预警等诸多功能的智慧排水应用体系。

### 3.4 智能调度与预警系统在工程运维中的应用

智能调度和预警系统属于智慧水务价值产出的组成部分。根据设备振动、温度等数据进行时序分析，可以建立设备健康度模型，在故障发生前 7~15 天就发出预警，从故障维修变为预测性维护<sup>[2]</sup>。在某污水处理厂使用时，提升泵由于叶轮磨损引起振动异常，平台提前十天发出警报，防止了由于泵机停机造成污水外溢的事故。当管网压力突然下降或者水质出现异常的时候，AI 会自动给出关阀、排查、修复的处理方案，然后发送给相关责任人。智慧应急指挥平台对管网流量进行实时监测，一旦发现有漏损点出现，就自动生成工单并发送给最近的抢修班组，处理结果也立即反馈回来，形成一个完整的闭环。表 1 给出了智慧水务各个技术模块的功能定位以及应用效果。

表 1 智慧水务主要技术模块功能与应用效果

技术模块	核心功能	典型应用场景	应用效果
智能感知	数据采集与设备诊断	水质监测、泵站状态监控	监测精度达 0.1MPa, 响应时间小于 30s
大数据分析	趋势预测与优化决策	用水量预测、漏损控制	预测误差小于 5%, 药耗降低 22%
GIS 数字化平台	管网可视化与空间分析	管网普查、网格化管理	漏损率降幅达 70% 以上
智能调度预警	故障预警与应急指挥	设备健康预测、抢修调度	到场时间压缩至 10min 内

## 4 给水排水工程智慧水务建设优化策略

### 4.1 完善智慧水务基础设施建设

智慧水务高效运转要依靠感知层、网络层、平台层三者共同支撑。目前很多水务企业感知终端覆盖率低，网络传输带宽小，算力资源不能满足实时分析的要求。按照全域覆盖、标准统一、安全可控的原则分阶段推进感知终端

的部署工作，重点加强老旧管网节点、泵站、污水处理厂关键工艺段数据采集的能力。在通信网络方面要统一创建起覆盖全公司的内部城域网，用 5G 和光纤混合组网的方式来实现数据的有效传输。云计算和边缘计算协同部署十分重要，边缘计算网关对数据进行就近处理并作出实时反应，云计算平台完成复杂的模型训练以及跨区域的数据融合分析，创建起“云-边-端”一体化的管控架构，给全域数字化转型赋予支持。

### 4.2 构建统一的数据管理与共享平台

数据是智慧水务的核心资产，但是目前数据标准不统一、系统之间接口不兼容、信息孤岛现象仍然严重。应该从组织架构、标准规范和技术平台这三个方面一起推进数据治理工作。创建统一的数据标准体系，确定水质、水量、水压等主要指标的编码规则和采集频率，达成“源-网-厂-站”一体化数据融合，塑造行业层面的智慧水务数据中枢。创建统一的数据中台和业务中台，向下整合各种感知数据和业务系统数据，向上为应用场景提供标准化的数据服务<sup>[3]</sup>。利用安全可控的 API 对接方式创建区域水务数据共享生态，加强与气象、市政、环保等相关部门的数据合作。创建数据质量控制体系，对数据的完整性、准确性、及时性实施持续监控并加以改善。

### 4.3 强化智慧水务运行安全保障体系

由于水务系统的数字化水平提高，网络安全和数据安全风险也会随之增大。安全体系要从物理安全、网络安全、应用安全、数据安全四个方面来整体筹划。从物理安全层面来讲，水源地安防系统要由原来的“人防”转向“智防”，创建起包含智能监控、入侵报警、应急联动等要素的智慧安防体系。网络和数据安全方面，实行网络安全等级保护制度，安装防火墙、入侵检测、数据加密等防护设备，把内生安全理念融入到基础设施的设计当中。创建数据分类分级管理规章制度，对重要的基础设施敏感数据加以重点保护，制订应急预案并定期开展演练，从而加快安全事件的反应速度。

### 4.4 提升专业技术人才与运维管理水平

智慧水务建设对人才队伍提出了新的要求。传统的水务人员对工艺熟悉但是没有数字技术能力，IT 人员懂技术但是不了解水务业务逻辑。目前高校没有水务和人工智能交叉领域的人才，只能依靠行业本身来培养。应该创建起多层次的人才培育体系，对现有的运维人员展开物联网、大数据分析、智能系统操作等方面的专门培训，还要吸纳具备复合背景的专业人才。运维管理上建立系统运行维护

标准,确定巡检频次、故障响应时间、数据质量考核指标,实行平战结合的运维模式,保证智慧水务系统实用、管用、好用。

## 5 结语

智慧水务技术正在从根本上改变给水排水工程的技术范式和管理方式。新一代信息技术系统应用,使智能感知、大数据分析、地理信息系统可视化、智能调度预警等得以实现,从而很好地解决了传统水务“看不见、摸不清、控不准”的问题。部分地区漏损率由原来的近 20%下降到现在的 5%左右,某原水智能调度系统能耗降低了 10%以上,智慧水务平台成功支持了多次防汛实战,这些实践案例很好地体现了智慧水务技术巨大的应用价值。随着人工智能大模型、数字孪生、边缘计算等技术不断取得突破,智慧水务也由原来的“被动应对”变成现在的“主动优化”,

朝着“自主决策、自我进化”的方向发展。水务行业要抓住数字化转型的战略机遇,用数据驱动重构业务流程,用智能技术赋能管理创新,给城市水安全和水资源可持续利用提供更加坚实的科技支撑。

## [参考文献]

- [1]段龙武,张馨.智慧排水信息化管理平台建设及探索[J].中国给水排水,2025,41(10):126-131.
- [2]杨彪,钱原铭,陈良志,等.城市内涝监测预警系统研发与应用[J].中国给水排水,2024,40(14):107-112.
- [3]陈帅,舒启瑞,陈小龙.城市排水系统智能控制与调度研究[J].给水排水,2024,60(7):155-161.

作者简介:梁枫(1977—),男,汉族,江苏邳州人,本科学历,哈尔滨工业大学土木工程专业,现就职于枣庄市胜利渠管理服务中心,从事枣庄市城乡供排水工作。