

智能水务系统在城市供水管网管理中的应用

周 斌 侯佳颖 高 亮 童 掘

宁波市城市排水有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：随着城市化进程加速，城市供水管网规模持续扩张，传统管理模式在应对管网老化、漏损率高、调度滞后等问题时愈发力不从心。本文聚焦智能水务系统在城市供水管网管理中的应用。先阐述智能水务系统的定义、技术架构与核心功能，接着详细介绍其在管网实时监测、漏损控制、水质保障、供水调度及用户服务提升等方面的具体应用。同时，深入分析应用过程中面临的技术适配性、数据整合、安全隐私及运维成本等挑战，并针对性地提出强化技术研发、构建数据管理平台、完善安全防护体系及优化成本管理与人才培养等对策，为智能水务系统在城市供水管网管理中的推广应用提供参考。

关键词：智能水务系统；城市供水管网；管理应用

引言：城市供水管网作为城市基础设施的关键部分，其稳定运行关乎居民生活与社会发展。传统供水管网管理方式存在效率低、漏损难控、水质监测滞后等问题。随着信息技术发展，智能水务系统应运而生，它融合物联网、大数据、云计算等技术，能实现对供水管网的实时监测、精准分析与智能调控。研究智能水务系统在城市供水管网管理中的应用，有助于提升管理效率、降低漏损、保障水质，对推动城市供水行业智能化转型、实现水资源高效利用具有重要意义。

1 智能水务系统概述

1.1 智能水务系统的定义

智能水务系统是融合物联网、大数据、云计算、人工智能等前沿信息技术，与城市水务业务深度结合的综合性管理系统。它突破了传统水务管理的局限，通过在供水管网等水务设施上部署大量传感器，实现对水质、水量、水压等关键参数的实时精准感知。借助网络通信技术，将采集的数据快速传输至管理平台，利用智能算法进行分析处理，为水务运营决策提供科学依据，实现水务管理的自动化、智能化与精细化，提升水务服务的质量与效率，保障城市供水的安全稳定。

1.2 智能水务系统的技术架构

智能水务系统技术架构涵盖感知层、网络层、平台层和应用层。感知层由各类传感器、计量仪表等组成，负责实时采集供水管网的水质、流量、压力等数据。网络层利用有线或无线通信技术，如NB-IoT、LoRa等，将感知层数据稳定传输至平台层。平台层是核心，对海量数据进行存储、处理与分析，挖掘数据价值。

1.3 智能水务系统的核心功能

智能水务系统具备多方面核心功能。实时监测功能

可对供水管网的各项指标进行24小时不间断监测，及时掌握管网运行状态。数据分析功能能对海量监测数据进行深度挖掘，发现潜在问题和规律，为决策提供支持。漏损控制功能通过精准定位漏损点，快速安排维修，降低水资源浪费。水质预警功能可实时监测水质变化，一旦出现异常及时发出警报，保障供水安全^[1]。

2 智能水务系统在城市供水管网管理中的具体应用

2.1 管网实时监测与状态评估

智能水务系统通过在城市供水管网的泵站、阀门井、主干管与支管交汇点等关键位置，密集部署压力、流量、液位等传感器，构建起全域覆盖的实时监测网络。这些传感器不仅能以秒级频率采集水压、流量、流速等基础数据，还可集成温湿度、振动等感知功能，全方位捕捉管网运行状态。采集的数据借助5G、NB-IoT等通信技术，实时传输至水务管理平台，配合边缘计算技术，可在本地初步处理数据，减少传输延迟。在管理平台端，数字孪生技术发挥核心作用。通过构建管网三维动态模型，管理人员可直观查看各区域压力分布云图、水流实时流向。系统内置的异常检测算法，能够基于历史数据与实时参数对比，自动识别压力骤降、流量突变等异常情况。例如，当某区域管网压力在短时间内下降超过设定阈值，系统会立即触发预警，并通过机器学习算法分析可能原因，如管道破裂、阀门故障等。北京海淀区引入该系统后，管网异常发现时间从平均48小时缩短至30分钟，管网故障平均修复时间减少60%，极大提升了管网运行状态评估的及时性与准确性，为预防性维护提供了坚实的数据支撑。

2.2 管网漏损控制与修复

管网漏损长期困扰城市供水行业，智能水务系统凭

借先进的数据分析与定位技术,为漏损治理提供了有效手段。系统基于压力传感器、流量传感器采集的海量数据,运用机器学习中的模式识别算法,可精准分析管网压力波动与流量异常变化。当管道发生破损时,破损点前后的压力梯度变化和流量失衡会呈现特定模式,算法通过对这些数据特征的深度挖掘,能够将漏损点定位误差缩小至5米以内。确定漏损点后,系统会根据漏损程度、周边管网拓扑结构及用户分布情况,自动生成最优修复方案。对于轻微漏损,可远程调节附近阀门开度,降低水流压力,减少漏损量;对于严重漏损,则快速规划维修路线,智能调配维修人员、设备及材料。深圳水务集团应用智能漏损控制系统后,通过持续优化,管网漏损率从12%降至5.8%,每年减少水资源浪费超1200万立方米,节省维修成本超3000万元。此外,系统还可对修复后的管网进行长期监测,通过对比修复前后的压力、流量数据,评估修复效果,为后续管网改造升级提供数据依据,形成从检测、定位到修复、评估的全流程闭环管理。

2.3 水质保障与预警

智能水务系统构建起覆盖水源地、水厂处理环节、管网输送及用户末端的全链条水质监测体系。在水源地设置在线监测浮标站,实时监测水温、pH值、浊度、溶解氧等基础指标,以及高锰酸盐指数、氨氮等污染指标;在水厂出水口,重点监测余氯、重金属离子浓度等出厂水关键参数;在管网末端,则加密部署传感器,监控水质的稳定性。一旦某项指标超出设定阈值,系统会立即通过声光、短信、APP推送等多种方式发出预警。系统运用大数据分析与人工智能技术,对历史水质数据、实时监测数据以及气象、水文、污染源排放等外部数据进行深度融合分析,建立水质预测模型。例如,通过分析降雨强度、上游污水处理厂排放数据,可提前预测水源地水质变化趋势,为水厂调整处理工艺预留时间。上海某水厂借助智能水质监测预警系统,成功预判并应对了台风天气导致的原水浊度骤升问题,通过提前加大混凝剂投加量、延长沉淀时间等措施,保障了出厂水水质达标。

2.4 供水调度优化

智能水务系统整合管网实时运行数据、用水需求预测数据以及水厂生产能力数据,通过复杂的优化算法实现供水调度的智能化与科学化。系统基于历史用水数据,结合人口分布、产业结构、天气变化、节假日等多维度因素,运用深度学习算法建立高精度的用水需求预测模型,可提前预测未来1小时至7天不同时段、不同区

域的用水需求量,预测准确率达95%以上。根据用水需求预测结果与管网实际运行状态,系统自动生成最优供水调度方案。在用水高峰时段,如夏季工作日的早晚高峰,系统会远程控制水厂增加水泵运行台数,提升出厂水流量,并调节管网关键节点阀门开度,优化水流分配路径,确保各区域水压稳定;在用水低谷时段,则降低水泵转速,减少能耗。杭州萧山区供水系统引入智能调度系统后,通过精细化调度,供水能耗降低18%,同时避免了因供水不足导致的120余次停水事件,供水压力合格率提升至99.8%。此外,系统还可模拟不同调度方案的运行效果,为突发情况(如管道爆管、水厂故障)制定应急预案,实现水资源的高效利用与供水服务的稳定可靠。

2.5 用户服务提升

智能水务系统以用户需求为导向,搭建了多元化的线上服务平台。用户通过手机APP、微信公众号、支付宝生活号等渠道,不仅能实时查询每日、每月用水量,查看详细的水费账单,还可在线办理用水报装、过户、销户等业务,整个流程无需线下奔波,办理时间从原来的5-7个工作日缩短至1-2个工作日。平台还支持电子发票开具与下载,方便用户报销。系统具备强大的数据分析能力,可根据用户用水习惯与历史数据,提供个性化的节水建议。对于高用水量的家庭用户,系统分析其用水时段、用水器具类型等数据,推荐安装节水型水龙头、马桶,或调整洗衣、洗澡等用水习惯;对于商业用户,则提供用水成本分析报告,建议优化用水设备与管理制度。此外,当出现计划停水、突发爆管停水等情况时,系统会通过短信、APP推送、语音电话等多种方式,精准通知受影响区域用户,并实时更新维修进度。广州自来水公司推出智能用水服务平台后,用户投诉率下降42%,用户满意度从78%提升至92%,有效改善了水务企业用户之间的关系,增强了用户对供水服务的信任与认可^[2]。

3 智能水务系统应用面临的挑战与对策

3.1 面临的挑战

3.1.1 技术适配性与稳定性难题

智能水务系统在复杂环境下技术适配性差。地下管网高湿、强腐蚀环境,易损坏传感器与通信模块,造成数据采集失效;偏远地区网络覆盖不足、信号弱,数据传输延迟或丢失。此外,极端气候(高温、严寒、暴雨)影响硬件稳定性,引发设备故障,软件也常因异常数据运行紊乱,难以保障供水管网全天候稳定监测与管理。

3.1.2 数据孤岛与整合困境

水务系统内数据割裂严重。供水、排水、污水处理等业务模块因开发主体、技术架构不同,数据格式、存储与通信协议不兼容,阻碍数据流通共享。外部气象、地理等数据,也因缺乏统一接口与交互机制,无法与水务数据深度融合。数据孤岛导致难以构建完整分析模型,限制系统综合决策与趋势预测功能。

3.1.3 数据安全与隐私隐患

智能水务系统数据安全防护薄弱。用户用水数据、管网地理信息等敏感信息一旦泄露或篡改,将威胁供水安全与用户隐私。但部分系统建设时忽视数据安全,加密、访问控制及身份认证机制缺失,难防网络攻击。用户对数据采集、使用过程的隐私保护存疑,担心数据被滥用,降低对智能水务设备的信任度。

3.1.4 运维成本与人才缺口

智能水务系统运维成本高且人才匮乏。硬件维护更新、软件升级及数据存储等需大量资金,中小型企业难以负担,导致设备老化、系统滞后。行业急需精通水务业务与物联网、大数据技术的复合型人才,但现有培养体系与需求脱节,工作人员技术能力不足,无法高效运维系统,加剧运行管理难度。

3.2 对策

3.2.1 强化技术研发与设备升级

针对技术适配性与稳定性难题,需加大技术研发投入,开发耐环境型智能设备。采用耐腐蚀材料(如陶瓷、特种合金)制造传感器外壳与探头,提升设备在高湿、强腐蚀环境下的使用寿命;针对偏远地区网络困境,结合5G、NB-IoT、LoRa等多模通信技术,实现数据传输冗余备份,降低信号中断风险。同时,优化系统软件架构,引入边缘计算技术,在本地完成数据预处理与异常检测,减少云端依赖,提升系统响应速度与稳定性,保障供水管网监测的连续性与准确性。

3.2.2 构建统一的数据管理平台

为打破数据孤岛,需建立标准化的数据管理平台。制定统一的数据格式规范(如JSON、Protobuf)与通信协议(如MQTT、CoAP),强制要求各业务系统与外部数据源遵循标准接口开发。搭建数据中台,实现供水、排水、气象等多源数据的集中存储、清洗与整合,并通过数据标签化、元数据管理提升数据检索效率。运用ETL工

具与数据可视化技术,将分散数据转化为结构化信息,支撑管网运行分析、需求预测等多场景应用,实现跨系统数据的高效共享与协同决策。

3.2.3 完善数据安全防护体系

针对数据安全与隐私隐患,需构建多层级防护机制。在数据采集端,对用户敏感信息进行匿名化、脱敏处理,仅保留必要的统计特征;传输过程中采用SSL/TLS加密协议,防止数据窃取与篡改;存储环节应用区块链技术,实现数据操作的可追溯性与不可篡改性。同时,建立严格的访问控制权限体系,通过RBAC(基于角色的访问控制)与ABAC(基于属性的访问控制)结合,限制数据访问范围。定期开展安全漏洞扫描与渗透测试,及时修复系统缺陷,增强用户对数据安全的信任。

3.2.4 优化成本管理与人才培养

为缓解运维成本与人才缺口,需从资金与人力两方面着手。在成本管理上,采用模块化设备设计降低硬件维护成本,引入SaaS模式减少软件部署费用;通过AI预测性维护模型,提前定位设备故障,降低维修频次。人才培养方面,联合高校开设“水务+IT”交叉学科课程,定向培养复合型人才;企业内部定期组织大数据分析、系统运维等专项培训,提升现有人员技术能力;建立行业人才共享平台,通过项目合作、专家顾问等形式,弥补短期内人才不足问题,保障系统高效运行^[3]。

结束语

智能水务系统凭借物联网、大数据等技术,已成为城市供水管网精细化管理的关键支撑,在管网监测、漏损控制、水质保障等环节展现出显著优势,有效提升了供水效率与服务质量。然而,技术适配性、数据整合、安全隐私等挑战仍制约其深度应用。通过强化技术研发、构建统一平台、完善安全体系及优化成本人才策略,可逐步突破瓶颈。

参考文献

- [1]闫晓涛,桂芳.智慧水务在城市生活污水处理中的应用研究[J].甘肃科技,2021,33(17):49-51.
- [2]邓春山.智慧水务系统在城市供水管理中的应用[J].水能经济,2021(7):310-310.
- [3]郝志慧.基于物联网的城市智慧水务系统研究[J].中国高新技术企业,2021(2):114-115.