智慧水务系统在城镇供水管理中的应用

姚　荣
宁夏水务集团吴忠水务有限公司　宁夏　吴忠　750400

摘　要：数字技术与城市基建的深度融合，暴露了传统城镇供水管理粗放、响应滞后的短板。智慧水务依托物联网、大数据、人工智能、数字孪生等技术，搭建供水全流程智能化管控体系，覆盖水源、水厂、管网及用户终端全环节。立足水务数字化转型趋势，通过研究其系统架构与核心应用场景，总结漏损管控、智能调度、水质保障等创新应用方式，探究现存问题并优化改进路径，为城镇供水精细化、高效化、绿色化治理提供实践与技术支撑。

关键词：智慧水务系统；发展现状；核心技术；城镇供水管理

引言

城镇化建设持续推进，城镇供水规模不断扩大，城市供水管网愈发复杂，依靠人工巡检、经验调度的传统供水管理模式，难以满足现代城市供水安全、节水降耗、精准服务的发展需求。随着数字基础设施不断完善，水务行业进入数智化转型阶段，数据驱动、智能预判、全域智联成为城镇供水管理的新趋势。智慧水务系统打破传统水务业务的数据与管理壁垒，搭建全链条可视化动态管理体系，有效解决管网漏损、调度低效、监管滞后等行业问题，持续推动城镇供水设施升级与城市水务治理现代化发展。

1 智慧水务系统整体架构与发展现状

当前国内智慧水务建设已从单一设备智能化改造，迈入全域数智融合、价值闭环的全新发展阶段，摆脱了传统碎片化、形式化的数字化建设模式，形成感知、传输、分析、决策、运维一体化的完整架构体系，适配新时期城镇供水精细化治理的核心需求[1]。智慧水务系统整体架构分为四层核心模块，各模块协同联动、数据互通，构建起完整的智慧供水管理体系。感知层依托高精度智能传感器、智能水表、水质监测终端等设备，实现城镇供水全场景数据的实时采集，覆盖水源地、水厂生产、管网运行、终端用水等全环节，相较于传统监测设备，新一代感知设备具备高精准、低功耗、全天候运行的特征，可捕捉微小流量、压力波动等精细化数据。传输层依托5G、物联网专网、边缘计算网络，搭建高速、稳定、低延迟的数据传输通道，实现海量水务数据的实时上传与指令快速下发，解决了传统水务数据传输滞后、数据丢失、信号不稳定等问题。平台层依托云计算、大数据技术搭建一体化水务数据中台，完成多源水务数据的整合、清洗、存储与分类，打破供水运维、水质监管、用户服务、应急处置等业务的数据孤岛，实现全域数据统一管控。应用层基于数据中台与AI算法、数字孪生技术，落地各类智能化应用场景，覆盖智能调度、漏损预判、水质溯源、设备运维、用户管理等核心业务，实现从人工经验管理向数据智能决策的转型。

2 智慧水务系统核心技术支撑

2.1 物联网全域感知技术

物联网全域感知技术是智慧水务系统的数据基础，重构了城镇供水系统的监测模式，实现从定点监测、阶段性巡检向全域覆盖、全天候动态感知的升级。该技术依托分布式智能感知终端，在城镇水源地、输水管道、加压泵站、居民终端等全节点布设监测设备，持续采集供水系统的流量、压力、水质、设备运行状态等核心数据。新一代水务感知设备融合微型传感与智能识别技术，可精准捕捉管网微小泄漏、压力异常波动等隐性问题，改变传统人工巡检只能发现显性故障的局限。同时，物联网感知体系支持设备状态自监测、数据异常自识别，可自主筛选无效、异常数据，保障采集数据的真实性与精准度。结合边缘计算技术，感知终端可实现本地数据预处理，减少云端数据传输压力，提升数据响应速度。该技术彻底解决了传统城镇供水监测覆盖不全、数据滞后、精准度低的行业短板，为后续智能分析、精准调度、隐患预判提供完整、实时的数据支撑，是实现供水精细化管理的核心基础技术。

2.2 数字孪生可视化技术

数字孪生可视化技术是当前智慧水务领域迭代升级的核心创新技术，通过构建城镇供水系统全要素虚拟镜像，实现物理供水网络与数字虚拟模型的实时映射、动态同步、双向联动，彻底改变传统供水管理碎片化、静态化的管理模式。该技术基于城镇供水管网真实拓扑结构、设备参数、地理信息等基础数据，搭建一比一还原的全域供水数字模型，覆盖水源、水厂、管网、终端

用户全场景，将复杂的地下管网、隐蔽设备、供水运行状态转化为可视化三维界面，实现供水系统全要素透明化管控[2]。相较于传统二维数据监测模式，数字孪生模型可实时同步物理管网的压力分布、流量变化、水质参数、设备运行状态，动态模拟不同供水工况、极端天气、管网故障下的供水运行态势，实现供水风险的前置预判。依托模型仿真功能，可模拟管网改扩建、供水调度调整、故障抢修等各类场景的运行效果，为供水方案优化、管网改造规划提供数字化依据，规避传统经验决策的主观性与局限性。同时，数字孪生技术可实现供水隐患精准定位、故障影响范围模拟、抢修流程可视化管控，大幅提升供水应急处置效率。

2.3 大数据智能分析技术

大数据智能分析技术是智慧水务系统实现数据价值转化的核心载体，通过对海量水务数据的整合挖掘、关联分析，破解传统供水管理数据利用率低、分析维度单一的问题。城镇供水系统运行过程中会产生海量的监测数据、运维数据、用户用水数据、设备工况数据，大数据技术可完成多源异构数据的统一整合、清洗分类、关联建模，构建标准化水务数据资源体系。依托智能算法对数据进行深度挖掘，可精准分析管网漏损规律、用水负荷变化、设备老化趋势、水质波动特征，挖掘传统人工分析无法识别的隐性问题与运行规律。同时，大数据技术支持动态数据迭代更新，可根据季节变化、用水峰值、管网改造等变量，持续优化分析模型，保障分析结果的适配性。基于数据分析结果，系统可自动生成供水调度优化、设备运维、漏损治理的精准方案，实现数据驱动业务决策。

3 智慧水务系统在城镇供水管理中的创新应用

3.1 全域管网智能漏损管控

管网漏损管控是城镇供水管理的核心痛点，传统管控模式依赖人工听音排查、分段试压检测，存在排查效率低、漏点定位不准、隐性漏损难以发现、处置滞后等问题，造成大量水资源浪费与供水成本损耗。智慧水务系统依托全域感知、AI算法与数字孪生技术，构建全时段、高精度、主动式的管网漏损管控体系，实现漏损问题的前置预警、精准定位、闭环管控。系统通过布设在管网各节点的高精度传感终端，实时采集管网流量、压力、声波数据，全天候监测管网运行状态，可精准捕捉夜间微小流量波动、压力异常衰减等隐性漏损信号，突破传统检测技术的局限[3]。依托AI深度学习算法，系统对多维度管网运行数据进行实时比对分析，自动区分正常用水波动与管网漏损异常，精准识别漏损点位、漏损规模及漏损类型，定位精度覆盖精细化管段，无需大面积开挖排查。同时，系统搭建漏损数据动态统计模型，实时更新全域管网漏损率、漏损分布区域、高频漏损管段数据，形成漏损问题台账，实现漏损问题的动态跟踪、闭环处置。针对老旧管网易破损、反复漏损的区域，系统可通过长期数据积累，预判管网老化趋势，提前推送管网改造、预防性维护提示，从源头降低漏损发生率。该应用模式彻底改变了传统被动堵漏的管理模式，形成预判、预警、定位、处置、优化的全流程漏损管控体系，有效降低城镇供水管网综合漏损率，节约水资源与运维成本，适配当下水务行业节水降耗、绿色低碳的发展要求。

3.2 供水系统智能调度优化

传统城镇供水调度依托工作人员经验，结合历史用水数据进行人工调控，存在调度滞后、供需匹配度低、能耗偏高、区域供水不均衡等问题，用水高峰期易出现低压缺水、管网压力过载等状况，低谷期存在能源浪费、管网长期高压损耗等隐患。智慧水务系统依托大数据仿真模拟与智能算法，构建动态化、精准化、自适应的供水调度体系，实现水源调配、水厂运行、管网压力调控的全流程智能优化。系统整合全域用水数据、管网工况数据、气象数据、时段用水特征数据，构建用水负荷预测模型，可精准预判不同时段、不同区域的用水需求变化，提前制定差异化供水调度方案。在日常运行中，系统实时监测各片区管网压力、流量、供水负荷，自动调控水厂出水压力、泵站运行频次、输水流量，实现供水产能与用户用水需求的动态精准匹配，解决区域供水不均、压力失衡等问题。针对节假日、极端天气、突发用水激增等特殊场景，系统可快速迭代调度模型，自动适配特殊工况的供水需求，保障供水系统稳定运行。同时，智能调度体系兼顾供水保障与节能降耗，通过优化泵站机组启停节奏、合理调控输水压力，降低水厂运行能耗与管网运维损耗，实现供水安全与低碳节能的双向赋能。此外，系统可记录所有调度数据与运行工况，持续迭代优化调度算法，不断提升调度精准度与科学性，彻底摆脱人工经验调度的局限性，构建起自适应、高精度、低能耗的现代化供水调度模式，全面提升城镇供水保障能力与运行效率。

3.3 全流程水质智能溯源管控

城镇供水水质安全直接关系民生保障质量，传统水质管理采用定点、定期抽样检测模式，存在监测覆盖不全、数据更新滞后、污染溯源困难、风险处置被动等问题，无法实现水质全时段、全链条管控。智慧水务系统

构建从水源地到用户终端的全流程水质智能溯源体系，实现水质状态实时监测、异常风险自动预警、污染问题精准溯源，全面筑牢城镇供水水质安全防线。系统在水源地、水厂处理工序、主干管网、小区支管、用户终端布设多品类水质监测终端，实时监测浊度、余氯、pH值、微生物指标等核心水质参数，实现供水全链条水质数据的动态采集与实时上传，打破传统抽样检测的时间与空间局限[4]。依托大数据分析模型，系统对水质数据进行常态化比对分析，一旦监测数据超出正常阈值，立即触发智能预警机制，同步锁定水质异常点位、异常范围，快速识别水质波动诱因。结合数字孪生模型，系统可动态模拟水质扩散路径与影响范围，为水质应急处置、管网冲洗、水源调控提供精准数据支撑。同时，系统搭建水质溯源数据库，留存全流程水质监测数据、工艺调控数据、管网运行数据，形成水质管控全链条数据台账，实现水质问题可追溯、可核查、可整改。针对水源污染、工艺波动、管网二次污染等不同水质风险场景，系统可匹配对应的防控与处置方案，实现水质风险的前置防控与快速处置。该应用模式构建了全覆盖、动态化、可溯源的水质管控体系，彻底解决传统水质管理的滞后性问题，持续保障城镇供水水质稳定达标。

3.4 供水设备全生命周期智能运维

城镇供水设备包含水厂机组、加压泵站、管网阀门、监测终端等多类设施，传统设备管理采用定期检修、故障后维修的模式，存在检修资源浪费、隐性故障无法及时发现、设备过度损耗、运维效率低下等问题。智慧水务系统依托物联网感知与大数据分析技术，搭建设备全生命周期智能运维体系，实现供水设备从采购投用、日常运行、故障预警、维修保养到报废更新的全流程数字化、智能化管控。系统实时采集各类供水设备的运行参数、工作状态、能耗数据、启停记录等信息，动态监测设备运行工况，精准识别设备异常振动、负荷超标、运行卡顿、能耗异常等隐性故障，改变传统定期检修的粗放化管理模式。依托设备运行大数据，系统构建设备老化趋势预测模型，结合设备使用年限、运行频次、工况波动等数据，预判设备故障风险与老化进度，提前推送预防性保养、部件更换、停机检修提示，从源头降低设备故障发生率[5]。同时，系统搭建设备运维台账，自动记录设备基础信息、运行数据、检修记录、耗材更换情况，实现设备运维数据的全程追溯与统一管理。针对故障设备，系统可快速定位故障点位、分析故障成因，匹配最优维修方案，缩短故障处置时长，降低设备停机对供水系统的影响。此外，系统通过分析全域设备运行数据，优化设备运维频次、资源分配方案，减少无效检修工作，降低运维人力与物资成本，延长供水设备使用寿命，实现供水设备运维的精细化、高效化、低成本化管理，保障城镇供水系统设备稳定、长效运行。

结语

水务数字化与城市治理现代化发展，有效弥补了传统城镇供水管理的各类缺陷，构建起全新的智能化供水管理体系。智慧水务依托数字化技术，实现管网管控、供水调度、水质监管、设备运维的全流程精细化智能管理，改变了传统经验化、被动式管理模式，显著提升城镇供水保障能力与资源利用效率。随着AI大模型、数字孪生等技术不断革新，智慧水务将朝着全域智联、自主决策、绿色低碳方向持续演进，持续优化城镇供水治理体系，推动水务行业高质量发展，赋能城市水治理现代化建设。

参考文献

[1]周新杰.智慧水务系统在农村供水工程管理中的应用[J].农村科学实验,2026,(11):121-123.

[2]赵凯.智慧水务在城市供水系统运行管理中的应用[J].城市开发,2026,(9):102-104.

[3]胡明昭.智慧水务系统在城市供水管理中的创新应用与实践[J].水上安全,2025,(9):16-18.

[4]温远东.智慧水务平台在供水管网水质监测与精细化调度中的应用[J].信息系统工程,2026,(5):43-45.

[5]张允希.智慧水务系统在城市供水中的应用研究[J].水上安全,2025,(21):74-76.