

智慧水务在市政给排水系统中的应用与发展趋势

穆 锐

天津水务集团华森规划勘测设计研究院有限公司 天津 300220

摘要:智慧水务通过物联网、大数据、人工智能等关键技术,深度赋能市政给排水系统。本文系统阐述了其感知、数据、平台、应用四层技术支撑体系,重点分析了在给排水管网监测、供水调度优化、排水应急管理及设施智能运维等核心场景的应用模式,并探讨了技术融合、系统协同、绿色低碳与安全韧性四大发展趋势,为构建高效、安全的现代水务系统提供理论参考。

关键词:智慧水务;市政给排水系统;应用场景;发展趋势

引言:城市发展进程加快,市政给排水系统面临更高要求。传统管理模式难以应对复杂状况,智慧水务应运而生。它借助先进技术,实现对给排水系统的全面感知、智能分析与精准调控。从数据采集到决策应用,各环节紧密协作,不仅能提升系统运行效率,还能增强应对风险的能力。深入探讨智慧水务在市政给排水系统中的应用与发展趋势,对城市水务建设意义重大。

1 智慧水务关键技术支撑体系

1.1 感知层技术

感知层是智慧水务的数据采集基础,通过部署于管网、泵站、水厂等场景的传感器网络,实现对水务系统运行状态的实时监测。压力传感器可动态捕捉管网压力波动,为调度优化提供依据;流量传感器通过超声波或电磁技术精确计量用水量,支撑漏损定位与水量平衡分析;水质传感器集成电化学、光学等检测模块,可连续监测pH值、浊度、余氯等关键指标,确保供水安全。无线传感网络技术采用LoRa、NB-IoT等低功耗广域通信协议,解决传统有线部署成本高、灵活性差的问题,实现传感器数据的远程传输。边缘计算技术通过在现场端部署智能网关,对原始数据进行初步清洗、聚合与异常检测,减少无效数据上传,提升系统响应速度。例如,某城市在老旧管网改造中部署的智能压力监测节点,通过边缘计算过滤噪声数据后,将有效数据上传频率从每秒1次降低至每分钟1次,显著减轻了云端处理负担。

1.2 数据层技术

水务大数据采集与存储技术是数据层的基础。智慧水务系统需要采集来自不同来源、不同类型的水务数据,包括传感器数据、业务系统数据、外部数据等。通过高效的数据采集技术,能够确保数据的完整性和准确性。同时,采用分布式存储、云存储等技术,可满足海量数据的存储需求,并保证数据的安全性和可靠性^[1]。数据

清洗、整合与标准化技术对采集到的原始数据进行处理。原始数据往往存在噪声、缺失值、重复值等问题,通过数据清洗技术可以去除这些无效数据,提高数据质量。数据整合技术则将来自不同系统的数据进行融合,形成统一的数据视图。数据标准化技术将数据按照统一的格式和规范进行转换,便于后续的数据分析和应用。水务数据安全加密与隐私保护技术保障了数据的安全性。在水务数据的传输和存储过程中,采用加密算法对数据进行加密处理,防止数据被窃取和篡改。通过访问控制、身份认证等技术,限制对数据的访问权限,保护用户隐私。

1.3 平台层技术

智慧水务综合管理平台架构设计是平台层的核心。该架构应具备高可用性、可扩展性和灵活性,能够集成各种水务业务系统和应用模块,实现数据的集中管理和共享。通过统一的平台架构,不同部门和用户可以方便地获取所需的水务信息,提高工作效率。数据可视化与交互界面技术为用户提供了直观、便捷的操作体验。通过将复杂的水务数据以图表、地图等形式进行可视化展示,用户能够快速了解水务系统的运行状况。友好的交互界面设计使得用户可以方便地进行数据查询、分析和操作,提高了用户的使用满意度。跨系统数据兼容与接口技术解决了不同系统之间的数据交互问题。在智慧水务系统中,存在多个不同的业务系统和数据源,通过定义统一的数据接口标准和协议,实现不同系统之间的数据共享和交换,促进了系统之间的协同工作。

1.4 应用层技术

水力水质模拟与预测算法通过对水力水质模型的建立和求解,整合管网拓扑、水文气象等多源数据,模拟水流运动和水质变化过程,预测未来一段时间内的水力水质状况。这些算法可以为水务规划、调度和管理提供科学依据,帮助决策者制定合理的决策方案。设备故障

诊断与预警模型利用传感器采集的设备运行数据,通过机器学习、深度学习等算法对设备状态进行实时监测和动态分析,及时发现设备潜在的故障隐患,并发出预警信号。这有助于提前采取维修措施,避免设备故障对水务系统造成影响。智能调度与优化决策算法根据实时采集的水务数据和用户需求,结合线性规划、遗传算法等优化算法,对供水、排水等系统进行智能调度和优化决策。通过合理分配水资源、调整设备运行参数等方式,提高水务系统的运行效率,降低运行成本。

2 智慧水务在市政给排水系统中的核心应用场景

2.1 给排水管网智能监测与管控

在市政给排水系统中,对管网运行参数实时监测是保障稳定运行的基础。在管网关键节点部署压力传感器,压力监测范围覆盖0-2.5MPa,持续获取压力数据,反映压力分布,为调整供水压力提供依据。流量传感器实时监测水流速度和流量,流量测量范围0.01-10m³/s,有助于掌握水资源分配使用动态。水质传感器检测水中多种指标,检测项目包括10余项关键参数,确保供水水质达标。管网泄漏、堵塞等异常工况智能识别定位是智慧水务重要功能:借助传感器技术和数据分析算法,系统自动分析管网数据,压力异常波动识别阈值设为±10%,出现异常时迅速判断并定位问题,故障定位精度达50米以内,缩短排查时间,提高维修效率。管网健康状态评估与寿命预测对长期稳定运行至关重要。长期积累分析管网数据,结合材质、使用年限等因素,利用机器学习算法建立评估模型,预测剩余寿命,提前制定改造更新计划,避免老化引发安全事故。

2.2 供水系统智能调度与运行优化

实现水源供水能力与用水需求的动态匹配是供水系统智能调度的核心目标。通过实时监测水源的储水量、水位变化以及用水需求的变化趋势,利用智能调度算法动态调整水源的取水量和供水计划,确保在满足用水需求的前提下,合理利用水资源^[2]。水厂工艺运行参数智能调控能够提高水厂的运行效率和水质稳定性。根据原水水质的变化情况,系统自动调整水处理工艺中的加药量、反应时间等参数,确保出水水质符合标准。通过对水厂设备的运行状态监测,实现设备的智能启停和优化运行,降低能耗。供水管网压力分区优化与节能运行是降低供水系统能耗的重要手段。根据管网的拓扑结构和用水需求分布,将供水管网划分为不同的压力分区,通过智能调控各分区的压力,避免管网压力过高或过低,减少水头损失,实现节能运行。

2.3 排水系统智能管理与应急响应

雨水管网实时监测与内涝风险预警对于城市防洪排涝具有重要意义。通过在雨水管网中安装水位传感器和流量传感器,实时监测雨水管网的运行状态。结合气象预报数据和城市地形地貌信息,利用内涝风险预警模型,提前预测可能发生内涝的区域和时间,为城市防洪排涝工作提供决策支持。污水管网运行状态监测与溢流防控能够保障城市污水处理系统的正常运行。实时监测污水管网的水位、流量和水质等参数,及时发现污水管网的堵塞、泄漏等问题,并采取相应的措施进行处理。通过优化污水泵站的运行调度,避免污水溢流对环境造成污染。极端天气下排水系统应急调度是应对突发自然灾害的重要保障。在暴雨、台风等极端天气条件下,排水系统面临着巨大的压力。通过建立应急调度模型,根据实时监测数据和气象预报信息,合理调配排水资源,确保排水系统能够正常运行,降低城市内涝风险。

2.4 给排水设施全生命周期智能运维

关键设备运行状态监测是给排水设施智能运维的基础。通过在关键设备上安装传感器,实时监测设备的运行参数,如水泵的转速、电流、振动等,阀门的状态等,及时发现设备的异常情况,为设备的维护和维修提供依据。设备维护需求预测与维护计划制定能够提高设备维护的效率和效果。根据设备的运行历史数据和实时监测数据,利用机器学习算法预测设备的维护需求,制定合理的维护计划,避免设备过度维护或维护不足,延长设备的使用寿命。设施资产信息数字化管理与更新能够实现给排水设施的精细化管理。通过建设设施资产信息数据库,对设施的基本信息、运行记录、维护记录等进行数字化管理,实现信息的实时更新和共享,为设施的规划、建设和运营提供决策支持。

3 智慧水务在市政给排水系统中的发展趋势

3.1 技术融合深度升级趋势

在智慧水务发展进程中,物联网与5G技术结合将推动全域感知拓展至新高度。物联网凭借广泛连接能力,能让各类水务传感器无缝对接,5G技术高速率、低延迟特性则为海量感知数据实时传输提供保障^[3]。这使得从水源到用户终端的每个环节,都能被精准感知监测,实现全域水务信息实时采集与动态更新,为智慧水务精细化管理奠定基础。人工智能大模型在水务决策中的应用将愈发深入。通过对海量水务数据深度学习分析,能挖掘数据潜在规律趋势,为水务规划、调度、管理等提供科学精准决策依据。例如,在水质预测方面,大模型可结合历史水质、气象、周边环境等数据,提前预测水质变化趋势以便及时应对。数字孪生与实体管网实时联动

协同优化将成为重要方向。数字孪生技术构建虚拟管网模型,能实时映射实体管网运行状态。借助先进算法模型对虚拟管网模拟分析优化,再将结果反馈至实体管网,实现两者实时联动协同,提高管网运行效率与可靠性。

3.2 系统协同化与一体化趋势

给排水系统一体化智能管理是未来发展的必然趋势。将供水系统与排水系统进行整合,实现信息共享与协同运作,能够打破传统供排水系统之间的信息壁垒,提高水资源的综合利用效率。例如,在供水紧张时,可合理调配排水系统中的再生水进行补充;在排水高峰期,可优化供水系统的运行,避免对排水系统造成过大压力。水务系统与城市交通、环保等基础设施的协同也将日益紧密。水务系统与城市交通系统协同,可根据交通流量信息优化排水设施布局,避免在交通繁忙区域出现内涝影响交通;与环保系统协同,可实现对水环境的全方位监测与治理,共同推动城市生态环境的改善。区域间智慧水务系统数据共享与联动调度将进一步提升水务管理的整体效能。不同区域的水务系统通过数据共享,能够实时了解周边区域的水资源状况与需求,实现水资源的跨区域调配与优化配置,提高区域水资源的利用效率与抗风险能力。

3.3 绿色低碳与可持续发展趋势

水务系统节能降耗技术的智能化集成将成为绿色发展的重要举措。通过引入智能控制系统,对水厂的水处理工艺、泵站的水泵运行等进行智能调控,根据实际需求实时调整设备运行参数,降低能耗与物耗,实现水务系统的节能减排,例如通过变频控制技术动态适配水泵出力。再生水、雨水等非常规水资源的智能利用将得到更广泛推广。利用智能监测与控制系统,对再生水与雨水的收集、储存、处理与利用进行全程监控与优化,结合水质动态监测数据调整处理工艺,提高非常规水资源的利用率,缓解城市水资源短缺问题。水务碳足迹监测与低碳运行模式优化将助力水务行业实现碳中和目标。通过建立碳足迹监测体系,实时掌握水务系统各环节的碳排放

情况,结合智能优化算法,制定低碳运行模式,降低水务系统的碳排放强度,推动水务行业向低碳化转型。

3.4 安全韧性与风险防控强化趋势

极端气候下水务系统风险预警与应对能力将不断提升。借助先进的气象监测技术与大数据分析,提前预测极端气候对水务系统的影响,制定针对性的应急预案,提高水务系统在极端气候条件下的抗风险能力。水务系统网络安全防护体系将进一步完善^[4]。随着智慧水务系统的信息化程度不断提高,网络安全问题日益凸显。通过建立多层次的网络安全防护体系,采用加密技术、访问控制技术等手段,保障水务系统的数据安全与稳定运行。系统故障快速自愈与应急保障能力提升将增强水务系统的韧性。利用智能监测与诊断技术,及时发现系统故障并进行定位,通过自动修复机制实现故障的快速自愈;同时建立完善的应急保障体系,确保在突发情况下能够迅速恢复水务系统的正常运行。

结束语

智慧水务的建设是提升市政给排水系统运行效能与抗风险能力的重要路径。当前,技术融合不断深化,应用场景持续拓展,系统协同性与绿色低碳导向日益增强。面对日益复杂的内外部环境,需进一步加强技术集成创新、完善标准规范、强化数据驱动,推动水务系统向更智能、更安全、更可持续的方向发展,为城市水系统的高质量运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 乔丹,米广鑫,陈晓明.智能化技术在市政给排水工程中的应用研究[J].水上安全,2025(7):49-51.
- [2] 俞浩亮,张科,白快,等.智能化技术在市政给排水工程中的应用与展望[J].居业,2025(7):25-27.
- [3] 刘祥祥.试论智慧水务在市政排水系统效能提升中的应用[J].数字化用户,2024(47):155-156.
- [4] 李高波.基于数据分析与监测的智慧排水系统设计与实现[J].张江科技评论,2023(06):49-51.