

智慧水务理念下管网漏损的研究

闫 雨 杨异凡

中国市政工程华北设计研究总院有限公司 天津 300202

摘 要: 本文围绕智慧水务理念下的管网漏损问题展开研究,分析了管网漏损的成因及其对供水安全和水资源利用的影响。结合物联网、大数据、人工智能等技术,探讨了基于传感器的漏损检测方法、数据分析与建模技术以及新兴检测手段的应用。提出了智慧水务背景下漏损控制的关键策略,包括监测预警系统建设、修复决策支持体系构建以及运行管理优化措施。研究成果为提升城市供水管网运行效率、降低漏损风险提供了理论支撑和技术路径。

关键词: 智慧水务; 管网漏损; 检测技术; 控制策略

引言: 随着城市发展,水务管理面临诸多挑战,管网漏损问题愈发凸显。传统水务管理模式在应对漏损时效率低下,难以满足现代化城市供水需求。智慧水务理念应运而生,其融合多种先进技术,为管网漏损管理带来新契机。通过对管网漏损成因及影响的深入剖析,借助智慧水务技术实现精准检测与有效控制,对保障城市供水安全、提高水资源利用效率具有重要意义。

1 智慧水务理念

1.1 智慧水务的定义与内涵

智慧水务是依托物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术构建的水务管理新模式。物联网实现水务系统中各类设备、设施的互联互通,让遍布供水管网、污水处理厂、泵站等各处的传感器、仪表实时采集水位、流量、水质、压力等数据,并进行高效传输。大数据技术对海量多源异构数据进行存储、处理和分析,挖掘数据背后隐藏的规律和价值,为水务管理提供数据支撑。云计算则提供强大的计算能力和灵活的资源调配能力,保障数据处理和分析的高效运行。人工智能通过机器学习、深度学习等算法,赋予水务系统自主学习和智能决策能力。智慧水务的核心特质体现在智能化管理、优化资源配置、提升服务水平。智能化管理实现对水务系统全流程、全要素的实时监测和智能调控,从水源地取水、水厂处理,到管网输水、用户用水,每个环节都能精准管理。优化资源配置根据用水需求、管网状态、水源情况等,合理调配水资源,提高水资源利用效率。提升服务水平则通过智能化手段,及时响应客户需求,提供更优质、便捷的水务服务,实现水务管理从传统模式向现代化、智能化模式的转变。

1.2 智慧水务的关键技术

传感器技术是智慧水务的基础,通过各类传感器获取水务系统运行的关键信息。压力传感器安装在管网不

同位置,实时感知管网压力变化;水质传感器对水源地、水厂出水口、管网末梢等的水质指标进行监测^[1]。数据采集与传输技术将传感器采集的数据快速、准确地传输至数据中心,借助无线网络、光纤等通信技术,保障数据传输的稳定性和实时性。数据分析与挖掘技术对采集到的数据进行深度处理。通过建立数学模型和算法,分析管网运行规律、用水变化趋势等。智能决策技术基于数据分析结果,结合专家经验和历史案例,为水务管理提供科学决策建议。在管网漏损研究中,这些技术具有巨大应用潜力。传感器实时监测管网状态,数据采集与传输技术快速传递信息,数据分析与挖掘技术找出管网漏损的潜在位置和原因,智能决策技术制定针对性的漏损控制方案。

1.3 智慧水务对管网漏损管理的优势

智慧水务在管网漏损管理方面优势显著。在提高漏损检测精度上,通过密集部署的传感器和先进的数据分析算法,能够发现微小漏损点,改变传统依靠人工巡检难以发现隐蔽漏损的状况。实现实时监测与预警,借助物联网和大数据技术,对管网运行状态进行24小时不间断监测,一旦出现异常,系统立即发出预警,相比传统定期巡检模式,能更早发现漏损问题,减少水资源浪费。在优化漏损控制策略方面,智慧水务综合考虑管网结构、用水需求、地理环境等多因素,利用智能决策技术制定科学合理的漏损控制方案。根据实时监测数据动态调整方案,提高漏损控制的精准性和有效性,改变传统漏损控制策略单一、缺乏灵活性的问题,为管网漏损管理提供更高效、更智能的解决方案。

2 管网漏损成因与影响分析

2.1 管网漏损的成因

管网漏损受管网自身条件和外部环境双重作用。管材质量与老化是关键诱因,铸铁管长期接触水分土壤易

腐蚀,管壁变薄强度降低;塑料管虽耐腐蚀,但高温或长期受压会蠕变变形。各类管材随使用年限增加,老化加剧,最终导致渗漏或破裂。施工质量直接影响管网运行状态。管道连接不严密、埋设深度不合规、基础处理不到位,都会埋下隐患。接口密封缺陷在外部荷载下易错位脱开;埋深不足或地基不实,会使管体受力不均产生裂缝。管网运行时,系统启停频繁或阀门操作失误引发水锤现象,瞬间高压冲击管道内壁与接头,形成疲劳裂纹,缩短使用寿命。外部环境对管网完整性威胁显著。地面沉降、地震等地质变化,使地下管道在软土区域或断裂带附近承受额外应力,因不均匀沉降而弯曲断裂^[2]。温度变化致使管材热胀冷缩,接口反复伸缩松动;冬季低温下,裸露或埋深不足的管道易因冻结膨胀破裂。第三方破坏同样常见,城市建设中施工误挖、重型车辆频繁碾压,都会造成管体变形破裂。

2.2 管网漏损的影响

管网漏损带来的后果不仅体现在经济损失上,还对供水安全和生态环境造成深远影响。水资源浪费是最直接的表现之一。大量经过净化处理的优质自来水因泄漏流失,未能发挥应有的使用价值,加剧了城市水资源供需矛盾,尤其是在水资源本就紧张的地区,漏损问题进一步加重了用水压力。供水成本随之上升。由于漏损导致有效供水量减少,供水企业需增加取水量以维持正常供应,从而推高能耗和运营支出。为查找和修复漏点,还需投入大量人力物力进行巡检与维修,进一步增加了维护费用,降低了整体经济效益。更严重的是,漏损可能带来水质安全隐患。破损的管网在负压作用下可能吸入周边污水、泥沙、微生物等污染物,进入供水系统后影响水质,进而危及居民健康。特别是在老旧城区或地下水位较高的区域,此类风险更为突出。深入分析漏损成因并采取有效防控措施,对于提升供水系统效率与保障用水安全具有重要意义。

3 智慧水务理念下管网漏损检测技术

3.1 基于传感器的漏损检测技术

压力传感器在管网中的安装位置影响检测效果,常部署于泵站出口、管网末梢及关键节点处。其工作原理基于压力传导特性,当管网正常运行时,压力分布遵循既定规律;一旦发生漏损,水流流失导致压力场失衡,压力传感器捕捉到异常压力波动。漏损点附近压力骤降,周边区域压力梯度变化,通过分析压力数据变化趋势,可初步定位漏损范围。流量传感器通过监测管网水体积或流速变化,实现漏损检测。在管网节点处安装电磁式、超声波式等流量传感器,持续采集实时流量数

据。正常工况下,管网各节点流量满足质量守恒定律,流量变化平稳;当某处出现漏损,水流从破损处流失,导致上游节点流量增加,下游节点流量减少。对比上下游流量数据差值,结合管网拓扑结构,可精准锁定漏损区域。声学传感器利用漏损产生声音信号的特性进行检测。管网发生漏损时,水流从破损处喷射而出,与管壁摩擦、冲击周围介质产生特定频率声音。声学传感器部署在管道表面或附近,接收这些声音信号,不同漏损程度、管径及管材产生的声音频率和强度存在差异。通过分析声音信号的频谱特征,可判断漏损位置与严重程度,尤其适用于埋地管道的隐蔽性漏损检测。

3.2 基于数据分析与建模的漏损检测方法

大数据分析技术对管网运行数据进行系统性处理。收集管网压力、流量、水质等多源数据,存储于数据库中。借助数据挖掘算法,分析海量历史数据,挖掘漏损发生前的异常特征,如压力波动频率增加、夜间最小流量异常上升等规律。结合实时数据监测,及时发现与历史漏损特征相似的异常情况,提前预警潜在漏损风险^[3]。机器学习算法在管网漏损检测中发挥重要作用。通过收集大量管网正常运行与漏损工况下的数据,构建训练集。运用支持向量机、神经网络等算法对数据进行训练,使模型学习漏损时压力、流量等参数变化模式。训练好的模型接入实时监测数据,可自动识别漏损发生,并通过算法计算漏损位置。随着数据不断积累,模型检测精度持续提升。水力模型模拟为管网漏损检测提供辅助分析手段。基于管网拓扑结构、管材参数、水泵特性等信息,构建管网水力模型。在模型中模拟管网正常运行状态下的水流情况,设定不同压力、流量参数。当实际监测数据与模型模拟结果出现偏差时,通过调整模型参数,模拟漏损场景下的压力、流量变化,对比实际数据与模拟数据,辅助判断漏损位置与规模。

3.3 新兴检测技术展望

无人机巡检技术为管网漏损检测带来新方向。搭载高清摄像头、热成像仪等设备的无人机,可对地面及高架管网进行巡查。高清摄像头捕捉管道表面破损、漏水痕迹,热成像仪检测因漏损导致的温度异常区域。无人机机动性强,能快速覆盖大面积管网,尤其适用于地形复杂、人工巡检困难区域,提高漏损检测效率。卫星遥感技术在管网漏损检测领域具有潜在应用价值。利用高分辨率遥感影像,可观察地表植被、土壤湿度等变化,间接判断地下管网漏损情况。漏损处长期渗水会改变周边土壤含水量,导致植被生长状态异常。通过分析不同时期遥感影像数据,结合地理信息系统,识别潜在漏损

区域,为地面检测提供参考,实现大范围管网的宏观监测。

4 智慧水务理念下管网漏损控制策略

4.1 漏损监测与预警系统建设

在智慧水务理念指导下,构建高效的漏损监测与预警系统是实现管网精细化管理的关键环节。通过部署覆盖全面的实时监测网络,将压力传感器、流量计、声波探测器等多种设备集成到统一平台,对管网运行状态进行全天候感知。各类数据经通信网络传输至中心系统,形成动态更新的管网运行图谱,为漏损识别提供基础支撑。在此基础上,需科学设定预警指标和阈值。依据历史数据分析和管网实际运行情况,确定合理的压力波动范围、流量异常区间等关键参数,作为判断漏损风险的重要依据。当监测数据超出设定阈值时,系统自动触发预警机制,提高响应效率。预警信息的发布与响应流程也需同步完善。通过短信、微信、APP推送等方式及时向相关管理人员发送预警信息,并结合GIS定位技术明确漏损疑似区域。建立标准化的响应流程,确保从发现异常到现场核查、应急处置的各环节衔接顺畅,提升漏损事件的应对速度和处置能力。

4.2 基于智慧水务的漏损修复决策支持

一旦确认漏损发生,准确评估其严重程度是制定修复方案的前提。利用智慧水务平台对漏水量、影响区域、管道重要性等因素进行综合分析,形成漏损等级划分标准,为修复优先级排序提供依据。这种基于数据分析的评估方式,有助于避免盲目施工和资源浪费^[4]。修复方案的优化依赖于平台提供的多维度数据支持。根据漏损点的地理位置、管材类型、周边环境等信息,系统可推荐最适宜的修复技术和材料。例如,在交通繁忙区域采用非开挖修复技术减少施工影响;在主干管网中则优先考虑结构加固或更换措施,以保障长期运行稳定性。修复完成后,还需建立完善的跟踪评估机制。通过对修复区域的压力、流量等参数进行持续监测,验证修复效果是否达到预期目标。若发现异常情况,及时调整修复策略,确保漏损问题得到彻底解决。通过闭环式的修复管理流程,不断提升漏损控制的科学性和有效性。

4.3 管网运行管理与维护优化

在日常运行中,合理调控管网压力是降低漏损风险的重要手段。智慧水务系统可通过远程调控泵站和阀门,实现分区压力管理。在保障用户用水需求的前提下,尽量维持较低的运行压力,从而减少因高压或频繁波动造成的管道疲劳损伤。设备的定期维护与更新也是保障管网稳定运行的关键。通过平台对水泵、阀门、仪表等核心设备的状态进行实时监控,提前识别潜在故障隐患,安排计划性检修,避免突发性损坏引发漏损。逐步淘汰老化严重、性能下降的设施,提升整个系统的运行可靠性。人员素质的提升不可忽视。智慧水务的发展对从业人员提出了更高要求,必须具备数据分析、系统操作和应急处置等多方面能力。应依托智慧水务平台开展系统培训,使工作人员熟练掌握新技术、新工具的应用方法,提高整体管理水平。通过人才队伍建设,推动漏损防控由经验驱动向数据驱动转变,为供水系统的高效运行提供坚实保障。

结束语

智慧水务理念为管网漏损管理提供了全新的思路与方法。通过应用传感器技术、数据分析与建模技术等,可实现漏损的精准检测与定位;通过构建漏损监测与预警系统、优化漏损修复决策以及加强管网运行管理与维护,可有效降低漏损率,提高供水系统的可靠性与经济性。未来,随着技术的不断进步,智慧水务将在管网漏损管理中发挥更加重要的作用,推动水务行业向智能化、现代化迈进。

参考文献

- [1]黎子麟,荣清文,武玉峰.智慧水务在供水管网漏损控制方面的运用分析[J].中国高新科技,2024,(16):64-66.
- [2]陈艳文.智慧水务在水务供水管网漏损控制方面的运用分析[J].供水技术,2022,16(01):34-37.
- [3]王欣,徐雪婧.智慧水务理念下管网漏损的研究进展[J].清洗世界,2022,38(4):45-48.
- [4]李嵘.智慧水务营销管理下城市供水管网漏损综合评估模型构建[J].城镇供水,2024(3):25-29.