

市政供水管网漏损控制技术与措施研究

许馨方

天津滨海旅游区水务发展有限公司 天津 300000

【摘要】：市政供水管网承担城市生活、生产及公共服务供水任务，管网长期运行中易受管材老化、压力波动、接口松动和巡检不足等因素影响，造成漏损率偏高、水资源浪费和供水安全隐患。通过建立分区计量体系、应用声波检漏和智能监测技术、优化压力调控、推进老旧管网改造、完善巡检维护制度，可实现漏点快速识别、管网精准管理和漏损持续控制，提升供水稳定性和水资源利用效率。

【关键词】：市政供水管网；漏损控制；分区计量；智能监测；压力调控

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.037

引言

城市供水管网像隐藏在地下的生命线，直接关系居民用水质量、企业生产秩序和公共服务运行。管网规模不断扩大后，漏损问题逐渐从单一的管道破损转变为技术检测、压力控制、设施更新和管理机制共同影响的综合问题。漏损不仅造成大量清洁水流失，还会增加供水企业运行成本，影响局部区域水压稳定，严重时甚至引发道路塌陷和二次污染。传统人工巡检方式难以及时发现隐蔽漏点，老旧管材、接口腐蚀和压力异常进一步加大控制难度。因此，市政供水管网漏损治理需要从问题识别入手，将监测技术、分区管理、压力优化和维护制度结合起来，形成针对性较强的控制路径。

1 市政供水管网漏损表现及成因识别

1.1 管材老化引发的结构性渗漏

市政供水管网长期埋设于地下，受土壤腐蚀、交通荷载、温差变化和水质条件影响，管壁容易出现锈蚀、脆化、裂纹和局部穿孔。部分早期铺设管道材质强度不足，防腐层脱落后，外部腐蚀与内部水流冲刷叠加，导致管体承压能力下降。老旧管段一旦处于高压运行状态，细小裂缝会逐渐扩展为持续性渗漏，漏点隐蔽性较强，短时间内不易通过地表积水发现。管材老化还会造成接口密封性能下降，使管道整体结构稳定性减弱，形成多点分散漏损，增加精准定位和维修难度。

1.2 压力波动导致的接口破损

供水管网运行过程中，水压受用水高峰、泵站启停、阀门调节和管径变化影响，容易形成瞬时压力升降。压力频繁波动会使管道接口、弯头、三通和阀门连接处长期承受交变荷载，密封圈逐步老化变形，法兰螺栓松动，承插口产生微小位移。水锤现象出现时，局部压力瞬间增大，薄弱节点可能发生开裂、脱节或喷漏^[1]。部分区域为保障末端供水而长期维持偏高血压，进一步放大接口处的受力风险。压力管理缺乏精细化调控时，漏损往往集中出现在高压区和压力突变区，影响管网运行稳定。

1.3 巡检滞后造成的隐蔽漏点扩大

市政供水管网分布范围广、埋设深度不一，部分漏点发生在道路下方、绿化带内或地下管线密集区域，早期表现不明显，仅以夜间流量异常、局部水压下降或地面轻微沉降形式呈现。传统巡检主要依靠人工经验和定期排查，检测频率有限，难以及时捕捉小流量暗漏。信息化监测覆盖不足时，漏点从微渗发展为持续漏失，周边土体被长期冲刷，可能引起管基松动和路面病害。巡检数据缺少连续积累与动态比对，也会降低异常判断精度，使维修时机延后，漏损范围进一步扩大。

2 漏损控制中的关键技术配置

2.1 声波检漏技术定位暗漏

声波检漏技术主要依据漏水点水流冲击管壁、土体和接口时产生的异常声波信号，对地下暗漏位置进行识别和定位。实际应用中，可先结合管网分布、阀门位置和夜间流量异常区域确定检测范围，再利用听音杆、相关仪、噪声记录仪等设备分层排查。听音杆适用于阀门井、消火栓和裸露管件处的初步判断，相关仪可通过两端传感器接收声波传播时间差计算漏点距离，噪声记录仪适合夜间连续采集低干扰环境下的漏水信号。针对非金属管道声波衰减较快的问题，可缩短布点间距，提高传感器灵敏度，并结合压力数据和管材信息修正判断结果。声波检漏与数字化记录结合后，能够形成漏点坐标、声强变化和维修状态档案，为后续复检、管段评估和漏损趋势分析提供依据。

2.2 智能传感设备采集运行数据

智能传感设备通过压力、流量、水质、振动和液位等多类数据采集，实现供水管网运行状态的连续感知。压力传感器可布设在高压区、末端区域、泵站出口和关键节点，用于识别压力突升、压力不足和异常波动；流量计可安装在分区入口、主干管和重点支管处，用于对比日变化曲线和夜间最小流量；振动传感器能够捕捉管壁异常微振信号，辅助判断潜在渗漏位置^[2]。数据采集终端通过无线通信上传平台后，可形成实时监测曲线、报警阈值和异常推送机制。针对数据孤立和误报问题，

应建立多源数据联动规则,将压力突变、流量异常和声波信号进行交叉验证。智能传感配置不仅提高漏损发现速度,也能支撑管网由事后抢修转向主动预警和精准维护。

2.3 GIS 系统辅助管网信息管理

GIS 系统通过空间化方式整合管线走向、管径、材质、埋深、阀门、消火栓、泵站和用户接入点等信息,使供水管网由纸质资料管理转向数字化、可视化和动态化管理。漏损控制过程中, GIS 可将历史漏点、维修记录、压力监测点和分区计量数据叠加到同一空间界面,便于识别高发漏损管段和薄弱环节。管网抢修前,可通过系统快速查询相邻阀门位置、关阀影响范围和周边地下管线分布,减少盲目开挖和停水范围。针对资料更新滞后的问题,应将新建管线、改造工程和维修结果同步录入系统,形成一管一档的数据管理模式。GIS 与传感监测平台、分区计量系统联动后,可实现异常区域自动定位、维修工单派发和处置结果回写,提升漏损治理的精细化和闭环管理水平。

3 分区计量管理下的漏损精准控制

3.1 划分独立计量区域

分区计量管理通过将供水管网划分为独立计量单元,每个单元由入口计量点控制,形成封闭的水量监测区域。管网分区需综合考虑管径、用水负荷、管网密度和水压特性,使每个计量区域能够准确反映管段漏损情况。独立计量区域的划分应兼顾可操作性与经济性,确保每个区块水量流入可完全计量,同时便于异常数据快速追踪。分区边界与阀门布局紧密结合,可通过分区阀门调控流量,实现区块隔离,便于后续检测和维修。区域划分后,可形成区域水量基准,对比实际用水量与计量值差异,评估漏损率,为精准调度和维护决策提供量化依据。

3.2 对比夜间最小流量数据

夜间最小流量数据分析是识别暗漏的重要手段。夜间用水量低、居民活动减少,水流基本维持在管网自流状态,此时管网漏水成为夜间最小流量的主要组成部分。通过连续监测夜间流量曲线,可建立历史夜间基准线,对比当期数据偏差,量化管网漏损水平^[3]。对异常高值夜间流量区域,可进一步分段分析,结合管径、材质和压力信息,判断漏损可能集中位置。夜间流量数据对管网微漏、接口漏点以及隐蔽管段漏损均有较高敏感度,有助于确定优先排查区域,同时为分区计量和智能监测提供实时数据支撑,实现漏损识别从经验判断向数据驱动转变。

3.3 锁定异常区域开展排查

异常区域锁定以分区计量结果和夜间流量分析为基础,通过数据异常值叠加确定重点排查管段。锁定后,可结合声波检测、振动监测和压力分析进行精细化检测,确定漏点具体位置和漏损强度。排查策略应分层实施:先定位区域,再缩小至管

段,最后识别具体节点,形成可执行维修计划。异常区域排查强调动态管理,将历史漏点、维修记录和运行数据融合分析,提高漏损发现效率。通过系统化排查,可防止微漏发展为漏,保证管网稳定运行,并为漏损趋势分析和后续分区优化提供数据支撑,使管网管理从被动应急转向主动控制。

4 管网运行问题的对应治理措施

4.1 老旧管段实施分批更新

老旧管段更新应以漏损频率、管龄年限、管材性能、道路承载和供水重要程度为排序依据,建立分级改造清单,避免大范围集中施工造成供水扰动。运行年限较长、漏点密集、维修次数偏多的管段,可优先纳入更新计划;仍具有一定承压能力但存在局部腐蚀的管段,可采用内衬修复、局部更换和接口加固方式延长使用周期。管材选择应兼顾耐腐蚀性、抗压强度和水质安全,优先使用密封性能稳定、施工适应性强的新型管材。施工阶段需同步核查阀门、消火栓、支管接驳和用户连接点,防止新旧管道衔接处形成新的薄弱部位。分批更新还应结合道路改造、片区开发和地下管线整治,减少重复开挖,提高改造效率,使漏损治理从单点修补转向系统更新。

4.2 压力异常区域设置调压设施

压力异常治理应根据不同区域高峰用水、低谷用水和末端供水需求,构建分级压力控制体系。高压区域可设置减压阀、稳压阀和压力监测点,降低夜间低流量时段的过高压力,减少接口松动、管壁疲劳和隐蔽渗漏。末端压力不足区域可通过优化泵站运行参数、调整阀门开度和完善环状管网连接方式,提高供水连续性^[4]。调压设施布设前,应分析管网水力模型,明确压力突变点、流向变化点和易损节点,防止单一调压造成相邻区域水压失衡。运行过程中,可采用远程调压设备与在线压力传感器联动,根据实时数据自动修正压力区间。压力控制不应只追求短时供水充足,还需兼顾节水降损和管网安全,使压力始终处于稳定、适宜、可监测的运行范围。

4.3 维护不足环节完善巡检制度

巡检制度完善应从固定周期检查转向分级分类巡查,将主干管、老旧管段、高压区域、漏损高发区和施工影响区列为重点对象。日常巡检应记录阀门井积水、路面沉降、水压异常、用户投诉和夜间流量变化等信息,并形成标准化数据台账。重点区域可增加夜间巡检、专项听漏和复核检测频次,避免小流量暗漏长期存在。巡检人员、检测设备和信息平台需要形成闭环衔接,发现异常后及时生成工单,明确核查位置、处置时限、维修结果和复检要求。维护管理还应引入数字化考核机制,对漏点发现率、维修及时率、复漏情况和管段运行状态进行持续跟踪。巡检制度由经验式排查转向数据化管理后,可提高隐蔽漏损识别效率,减少盲目抢修和重复维修。

5 漏损控制成效及长效运行机制

5.1 降低供水漏损率

供水漏损率下降需要依托分区计量、压力控制、暗漏检测和管段更新形成联动机制。分区计量能够将整体漏损拆分到具体片区，避免漏损数据停留在总量层面；夜间最小流量分析可识别持续性暗漏，使小流量漏点在扩大前进入处置流程；压力优化能够减少高压状态下的管壁疲劳和接口渗漏；老旧管段更新可从结构源头减少反复维修。各项措施协同运行后，漏损控制由零散抢修转为全过程管理，漏点发现时间缩短，维修定位精度提高，重复漏损概率降低。水量损失减少后，供水企业制水、加压和输配成本同步下降，有限水资源得到更充分利用，城市供水系统的节水水平和运行效益明显提升。

5.2 提升管网运行稳定性

管网运行稳定性提升主要体现在水压均衡、供水连续、故障减少和应急处置速度提高。通过压力监测和调压设施联动，高压区过度承压得到抑制，末端区域供水不足得到缓解，管网水力状态更加平稳。智能传感设备持续采集压力、流量和振动数据后，异常波动可在早期被识别，避免管道破裂、接口脱节和局部停水扩大。GIS系统提供阀门位置、管段属性和影响范围信息，可缩短故障判断与关阀操作时间，降低抢修对周边用户的影响^[5]。稳定运行还依赖管网结构优化，环状供水能力增强后，局部维修期间可通过相邻管线调配水量，减少大范围停

水风险，保障城市供水系统在高峰用水和突发故障条件下保持可靠运行。

5.3 建立持续维护管理机制

持续维护管理机制应以数据更新、责任分工、周期评估和闭环处置为核心。管网运行数据、漏点记录、维修结果、管材状态和压力变化需持续录入管理平台，形成动态档案，避免资料滞后影响判断。维护任务可按照管龄、漏损频率、压力等级和区域重要程度进行分级安排，使有限资源优先用于风险较高管段。巡检、检测、维修和复核之间应建立工单流程，明确发现问题、现场核查、处置反馈和效果验证等环节，防止问题处理停留在一次性维修。管理机制还应引入绩效评价，将漏损率变化、维修及时率、复漏率和数据完整率纳入考核。持续维护从制度层面保障技术措施长期运行，使漏损控制保持稳定、可追踪和可改进状态。

6 结语

市政供水管网漏损控制是提升城市供水系统效能和水资源利用效率的核心环节。通过技术集成、精细分区计量、智能监测和科学调压，可显著降低漏损率，提高供水稳定性并推动管网长期健康运行。持续维护机制的构建为漏损控制提供了制度保障，实现了漏损治理从被动应对向数字化、数据驱动管理的转变。

参考文献：

- [1] 王然.基于供水管网水力模型的市政管网消防供水能力研究[J].消防界(电子版),2025,11(14):49-51.
- [2] 郝技.非开挖修复技术在市政供水管网改造中的应用[J].中国给水排水,2025,41(14):101-106.
- [3] 高世洋.市政供水管网漏损控制与压力分区管理策略[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会,重庆建筑编辑部,重庆市建筑协会.智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集(二).[出版者不详],2025:303-306.
- [4] 李杨,封磊.市政供水管网泄漏原因及检测技术研究[J].安徽水利水电职业技术学院学报,2024,24(6):28-35.
- [5] 兰丁滋校.依托数字化赋能提升市政供水管网巡检质效研究[J].给水排水,2024,60(S2):601-605.