

城镇供排水管网检测技术与管理策略

文 / 徐晓磷 深圳市光明区环境水务有限公司

摘要: 随着城镇化建设速度不断加快, 城镇居民、经济发展体系对于城镇供排水系统提出了更高质量的服务要求。本文从事城镇供排水管网检测技术与管理策略的研究, 旨在面向相关管理部门提供技术、管理双维度的技术支持、管理策略, 继而对城镇供排水管网建设、运行质量提供高效保障, 并自宏观推进我国高质量城镇化建设脚步。

关键词: 城镇供排水; 管网系统; 声波监测; 管网规划设计; 环境管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.001

引言

城镇供排水管网作为城市发展的基础设施之一, 其重要性不可忽视。一方面, 完善的供水管网, 是确保城市居民、企业能够获得稳定、优质的饮用水与生产用水的基本保障, 其直接支撑着城镇生活、经济活动的正常进行。另一方面, 排水管网系统负责有效收集、输送、处理城市污水和雨水, 是防止环境污染、洪涝灾害发生的重要保护措施, 承担着维护城镇生态环境、公共卫生的重任。此外, 城镇供排水管网的高效运行, 直接影响着城镇的综合承载能力、可持续发展水平。一个现代化、科学规划并持续维护的供排水系统, 其不仅能够提升城镇居民生活质量, 对于城镇吸引投资、促进经济增长更有着积极作用。因此, 掌握城镇供排水管网检测技术, 制定合理的管理策略, 对于支撑城镇的可持续发展而言有着至关重要的意义。

一、国家面向城镇供排水管网提出的管理要求

2024年3月, 住房城乡建设部、生态环境部、国家发展改革委、财政部、市场监管总局联合发布《住房城乡建设部等5部门关于加强城市生活污水管网建设和运行维护的通知》(城建[2024]18号)文件, 针对城市生活污水管网在提出: “以效能提升为核心、以管网补短板为主线”的工作目标后, 依次提出了推进设施体系建设、加强管网设施管理、完善管网运行维护机制的要求。

其中, 加强管网设施管理要求下, 指出了“双随机、一公开”的监管方式, 要求全面加强排水管网的质量安全监管。完善管网运行维护机制, 则提出了明确运维主体、建立常态化长效运维机制的具体要求, 要求相关部门积极推进管网养护工作。在此基础上, 全国各地省、市、城镇纷纷制定了面向供排水管网的管理要求政策, 如面向城镇排污管网运行、维护的要求等。由此可见, 国家在高度认识供排水管网对于民生、地区经济发展、城市基础建设发展的重要性基础上, 对供排水管网予以了高度的重视, 这便为地方基层城建管理部门带来了面向供排水管网艰巨的任务与严峻挑战, 相关部门需要应用先进的检测技术结合全面、完善的管理策略, 保证城镇供排水管网始终处于高度稳定运行状态。

二、城镇供排水管网检测技术研究

当前, 面向城镇供排水管网应用较为广泛、先进的检测技术, 包括声波检测、摄像头检测以及磁力检测。

(一) 声波检测技术

1. 城镇供排水管网声波检测技术原理

通常, 城镇区域供排水管网泄漏、损坏的原因, 集中于施工质量不佳、应力作用、管材质量不佳以及环境腐蚀作用, 这些因素可能导致供排水管网出现不同程度的裂纹, 而漏水的主要表现形式, 可能为地面渗水、路面隆起/塌陷, 水表不停转动或是地表植物生长过于旺盛, 供排水管网泄漏的噪声, 会沿着管道传播、向地面传播, 同时也会在管道内水体中传播, 泄漏噪声的主要来源则集中于喷流水头撞击声音、管道漏孔边缘摩擦声以及喷流与介产生的摩擦声。

关于漏水噪声在土壤内的传播特性, 通常, 漏水的频率越高, 则信号衰减越快, 漏水噪声通常到达地面的频率范围集中于70Hz至800Hz。漏水噪声频率在供排水管内传播阶段, 会因管材的材料有所不同, 其衰减强度依次为塑料、铸铁与钢管, 特别是在声波高频段尤为明显。图1为漏水噪声在供排水管道内的传播特性示意图:

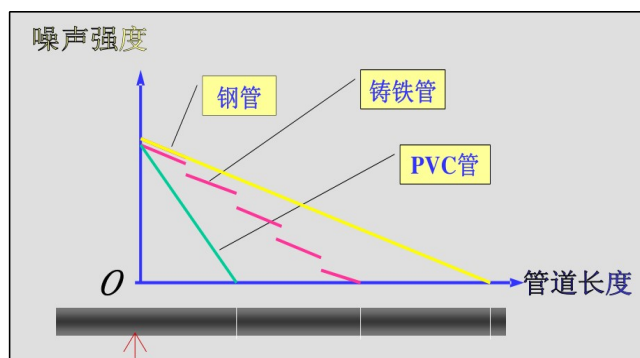


图1 漏水噪声在供排水管道内的传播特性示意图

2. 检测操作方法

将声波检测法应用于城镇供排水管线的检测工作, 其主要流程包括准备工作→水平衡调查→定位→检查确认→开挖维修。其中, 准备工作, 需要收集管线相关的图纸材料, 确保管线具体走向, 同时拟定声波检测工作

方案。水平衡调查，旨在掌握漏损是否超出容许容量，在超出容许容量期间进入定位作业环节，使用钻孔机或探测棒穿透管线上方土层、利用听音杆接触到管道，确认漏点位置。该过程下，需要操作人员反复进行监测，以确定泄漏点、泄漏范围，随后确认泄漏部位后进行开挖修复，同时对泄漏量、修复情况进行详细记录。

具体操作阶段，可采用“栓阀听音法”，准备机械式听音棒与电子检漏仪，使用听音棒接触管线的暴露点、阀门、消防栓等，对耳机内传来的声音仔细辨别，确认是否存在漏点。这一过程下，声波会经过触杆向耳机进行传播，同时音质较好、单纯，强度变化高度明显，可辨别是否存在漏点。然而，由于声波传输期间，经过触杆阶段会有一些的低音频损失，故而需要检测人员具备较为丰富的经验。“地面听音法”，是使用地面探头（拾音器设备），沿着管道在地表进行检测，配合电子放大听漏仪与智能数字滤波检漏仪，在管带上方采取S路线检测，测量间距控制在1m左右，可实现漏水造成异常情况的分辨。针对发现区域，需多次进行反复测量，同时比较噪声频率的变化与强度变化，最终确认泄漏位置。此外，基于声波检漏还存在第三种技术手段，即“相关检漏法”。该方法原理是使用相关仪接收安装于管道部位传感器所采集的噪声，随后自动化进行噪声数据分析，自动给出管线漏点到传感器之间的文字。该技术对于工作经验要求较低，且可提供良好的人机交互界面，抗干扰力较强，几乎不会受到环境噪声带来的影响，且不受供排水管线埋深的影响。图2为相关检漏法原理示意图：

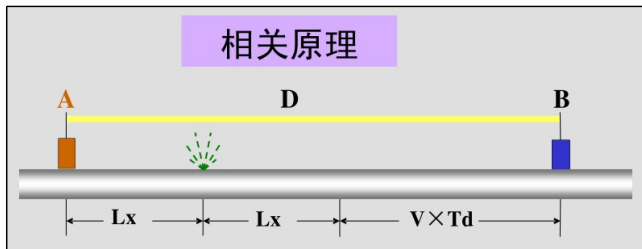


图2 相关检漏法原理图

图2内， Lx 表示供排水管线漏点距离传感器A的距离， D 表示A、B两个传感器之间供排水管线的长度。 Td 为漏水噪声声波到达两个传感器所消耗的延迟时间， V 则表示管道内声波的传播速度，该速度会受到供排水管线管材、管径的影响。最终， Lx 的计算表达式如式1：

$$Lx = \frac{D - V \times Td}{2} \quad (1)$$

（二）摄像头检测技术

1. 城镇供排水管网摄像头检测技术原理

对城镇供排水管道采用的像头检测技术，其原理是通过高分辨率摄像设备，对供排水管网内部进行实时监控、图像采集，快速发现管网内部的结构缺陷、堵塞和漏点等问题。操作阶段，摄像头安装在特殊设计的机

器人或是探测器上，引入管道内部进行巡检，结合强大的照明系统，以确保在管道低光环境下也能获取清晰图像、视频数据。这些图像和视频数据，以有线或无线形式传输到地面控制中心，专业技术部门对数据进行实时监控、后期分析，从而及时发现管道内的裂缝、腐蚀、沉积物等一系列结构性损坏问题。

2. 检测操作方法

基于摄像头的城镇供排水管道检测，其技术流程为准备工作→图像数据采集→数据分析→开挖维修。准备工作期间，主要开展初步调查与评估，确认待检测区域，掌握供排水管线的材质、直径、长度等信息，同时进行摄像头校准、测试，制定明确的检测计划与路径。图像数据采集阶段，将摄像头安装于远程机器人或爬行者上，让其搭载摄像头在管线内部自由移动，并将实时获取的图像信息传输回地面控制中心。随后，地面控制中心对图像、视频数据及时分析，确认管线堵塞、裂缝、腐蚀问题，同时记录、标注损坏具体位置，在生成报告基础上指导后续开挖维修作业。

（三）磁力检测技术

1. 城镇供排水管网磁力检测技术原理

磁力检测主要面向对象为供排水系统下的金属管道，特别是钢制管道。磁力检测技术原理在于利用对磁场变化的检测，在磁场通过存在缺陷的金属管道材料期间，将改变磁场的分布。监测期间，磁力检测设备会在管道表面或是内部产生恒定磁场，然后使用高灵敏度的传感器测量沿管道产生的磁场变化，基于对这些变化的分析，技术部门以识别管道中的裂缝、腐蚀、厚度减薄等缺陷。

2. 检测操作方法

磁力检测技术应用于城镇供排水管网检测，其技术步骤为准备工作→设备部署→磁力检测→数据分析→开挖维修。其中，准备工作，包括掌握管道材质、直径、长度等信息，以选择适宜的磁力设备、检测方案。设备部署环节，部署磁场发生器、传感器以及数据采集系统，以管道具体情况为依据将设备布置于管道表面或是内部，对于外部布置通常使用环绕机械进行设备固定。检测作业阶段，启动磁场发生器，产生恒定磁场，让传感器沿着管道移动，对磁场分布变化进行实时测量，获取数据后传输到地面控制单元。最后，技术人员基于控制单元进行磁场分布数据分析，从而对供排水管道的裂缝、腐蚀等各种缺陷进行识别，并翔实记录具体位置，生成检测报告指导后续开挖维修。

三、城镇供排水管网管理策略

除掌握先进、可靠的管网检测技术，制定完善的供排水管网管理策略，同样是站在管理维度保障管网安全、稳定运行的重要基础。

（一）加强管网规划与设计

加强管网设计，是保障城镇供排水管网长期安全、稳定运行的基础。具体设计期间。

首先,规划部门需开展全面的城镇区域供排水需求评估、流量预测。通过对城镇现有人口规模、用水需求、排污量三类数据全面评估,结合未来城镇发展的趋势进行供水、污水排放流量预测,在此基础上确立供排水管网规划方案,确保管网可在满足现状、未来发展需求同时实现成本节约。其次,规划部门应优化管网布局与结构。具体规划期间,可采用先进的地理信息系统(GIS)技术进行管网布局设计,在确保供城镇区域水安全、排水顺畅前提下尽量减少管长度、复杂度,提高系统的运行效率,并为后期检修维护提供最大化便利。此外,通过合理规划主干管道、分支管道位置与走向设计,也可避免出现交叉污染、水头损失问题。最后,基础建设管理部门应加强管网管理的信息化建设,即建立数字化管网信息系统,全面记录管设计参数、施工情况、运行状态、后期运维记录,为管网的优化调度、紧急情况应对提供数据支持^[6]。

(二) 开展周期性管网检测运维机制

供排水管网建设后,后期的运维是保证管网系统运行质量、管材使用寿命的重要手段。一方面,城镇建设管理部门应制定科学的周期性检测计划。计划制定期间,以管网的材质、年龄、运行状况、环境条件为依据来确定合适的检测周期、检测范围。针对新建管网、运行状况良好的管道,可在计划制定期间适当延长检测周期,而针对老旧居民区、老旧工厂等地下易损管道,则应增加检测频次。

(三) 加强管网沿线环境管理

除管线自施工质量、管线材质等因素可能对管线造成损坏,环境因素同样是导致管线损耗的重要因素,如人为破坏、废弃物堵塞管线、植物根系渗透管线、地质条件变化等。故而对管线沿线环境管理也应纳入供排水系统后期管理工作范畴内。其一,基础建设管理部门应联合园林部门,在管网沿线应选择种植根系较浅、不易侵蚀管道的植物,并定期修剪树木,防止其根系扩展到管网区域。若遇到植物根系已经侵蚀管道问题,需立即采取修复措施,同时将可能造成侵蚀的植物尽快替换。其二,联合环保部门,加强供排水管网沿线、蓄水区、水库周边的废弃物、垃圾管理。其三,基础设施管理部门应在管网沿线设置明确的标识、保护措施,避免大型机械、重型车辆在管道上方频繁通行、作业。其四,针对地质条件变化如地表沉降、地震等造成的破坏,城镇建设主管部门应加强自然灾害情况的密切关注,与气象部门建立长期合作机制,时刻掌握环境、地质变化情况,继而在自然灾害前采取有效的防护措施。

(四) 加强管材选取与施工工艺把控

如上分析,大量城镇供排水管线出现损坏,其根本原因均为施工阶段埋下质量隐患。故而,加强管材选取与施工工艺的把控,对于后期城镇供排水管网稳定、安全运行至关重要。

一方面,管线系统建设期间,建设主管部门需科学、合理地选取管材。各种类型的管材如铸铁、钢、塑料、混凝土管等有着不同的物理、化学特性。故而,选取管材时,需侧重于考虑输送介质性质、管道压力等级、地质条件、施工环境等多项因素,并结合实际需求、经济可行性选择性价比最优的管材,同时严格进行管材质量检验,确保管材高度符合国家相关标准。另一方面,施工阶段,需严格把控施工工艺,施工设计应科学合理,确保管道合理布局,避免过多弯折、交叉,减少流体阻力。施工阶段,应监督施工单位严格按照设计图、工程规范操作,确保每个连接点、支撑点、固定点的质量。对于管沟开挖和回填,必须严格控制深度与宽度,保障管道基础稳固,有效防止地基沉降,管道的焊接、胶接等接口工艺必须执行严格质量检验,确保接口部位的密封性、强度满足设计要求,避免后期出现泄漏等问题。此外,管线施工期间应建立健全的质量监督机制,定期进行管线现场抽查、检验,严格开展管线密封性与强度测试,避免后期管线投运后出现故障。

结语

如上分析,为保证城镇供排水管道系统长期处于安全、稳定运行,且有效延长管线使用年限,本文针对城镇供排水管线的管网检测技术、策略进行探讨,形成了技术、管理“双管齐下”的治理体系。城镇基础建设管理等相关管理部门可借鉴本文成果,优化管道检修阶段的技术体系,并打造完善的管理机制,为城镇供排水系统的高质量运行提供技术、管理双重保障。

参考文献

- [1] 黄亚洲,任杰,刘磊.基于几何网络的城市排水管网出水口分析[J].智能城市,2024,10(04):62-64.
- [2] 白小晶,蔡志强.城市排水管网运行问题识别及改进措施研究[J].北京水务,2024,(01):40-43.
- [3] 程浩然.智能技术在城市排水管网管理中的应用[J].电子技术,2023,52(04):200-201.
- [4] 丁晓欣,苏旭苒,高静思,等.BIM技术在城市供排水管网中的应用研究[J].海河水利,2023,(02):63-66.
- [5] 金俊伟,朱松,元鹏鹏,等.城镇供排水管网检测技术与管理[J].中国科技信息,2023,(02):125-127.
- [6] 郑文魁,曾伟杭,吴甜.复杂工况条件下城镇排水管网缺陷检测关键技术[J].人民黄河,2022,44(S2):178-179+183.
- [7] 曾伟杭.城镇排水管网内部缺陷检测关键技术应用浅析[J].人民珠江,2022,43(S2):101-105.
- [8] 孙建雄.城市下水道排水管网管理分析[J].绿色环保建材,2020,(06):96-98.