

Study on renovation strategy of urban old water supply network

Jianjun An

Hohhot Sifang Engineering Quality Inspection and Testing Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

Abstract

This study focuses on the renovation of aging water supply networks in urban areas of Inner Mongolia. The region's aging water supply networks exhibit several prominent issues. Based on these conditions, the paper integrates innovative technologies such as new pipe materials and trenchless construction methods, while innovatively incorporating X-ray pipeline crawlers with rotating cameras and magnetic induction sensors for locating concentric points. This approach establishes a risk assessment priority model and diversified renovation solutions. Subsequently, case studies validate the effectiveness of the "high-risk priority, zoned advancement" strategy. After implementation, the pilot areas achieved significant results: leakage rates decreased to 8.5%, water quality met standards, and residents' satisfaction with water supply improved. Finally, targeted safeguard measures are proposed regarding policy formulation, organizational management, and public engagement, aiming to provide practical references for water network renovation in cold regions.

Keywords

Urban aging water supply networks; Renovation strategies; Safeguard measures

城市老旧供水管网更新改造策略研究

安建军

呼和浩特市四方工程质量检测试验有限公司, 中国·内蒙古 呼和浩特 010010

摘 要

本文聚焦内蒙古区域城市老旧供水管网展开重点研究。就该地区老旧供水管网而言, 存在一系列较为突出的状况。基于这些情形本文通过综合运用新型管材、非开挖施工等相关技术办法, 并创新性融入X射线管道爬行器可转动摄像头检测技术与磁性感应传感器找同心点位法, 构建起风险评估优先级模型以及多样化的改造方案。随后以案例针对“高风险优先、分区推进”这一策略进行有效性的验证工作。经改造实施之后, 试点区域取得了显著的成效, 漏损率成功降低至8.5%, 水质达到相应的标准, 居民对于供水状况的满意度也得以提升。最后从政策制定、组织管理以及公众参与等方面, 提出具有针对性的保障措施, 期望能够为寒冷地区供水管网改造在实践上给予参考借鉴。

关键词

城市老旧供水管网; 更新改造策略; 保障措施

1 引言

城市供水管网属于关系民生保障的重要基础设施, 在内蒙古地区, 由于受到低温、高盐碱环境的不利影响, 老旧管网老化腐蚀、漏损等突出问题愈发明显。传统检测中, 螺旋焊缝管道依赖人工近距离操作 X 射线探伤机, 存在辐射风险高、效率低、定位易错位等问题。大口径管道环向焊缝检测更是因同心点位确定困难, 常导致检测无效与返工。本文以内蒙古地区为研究范围, 结合呼和浩特市四方工程质量检测试验有限公司研发的两项创新技术, 探索科学改造策略, 解决管网困境保障城市供水安全。

【作者简介】安建军(1988-), 男, 蒙古族, 中国内蒙古呼和浩特人, 本科, 工程师, 从事市政工程研究。

2 城市老旧供水管网现状及问题分析

内蒙古地区城镇供水管网建设初期, 受成本与技术限制, 大量采用灰口铸铁管、早期硬聚氯乙烯管, 设计寿命与抗环境能力不足。在低温冻胀与高盐碱腐蚀双重作用下, 管材老化腐蚀速度远超常规地区, 中部某老城区 1970 年代铺设的灰口铸铁管, 在含盐量超 0.4% 土壤中, 内壁腐蚀深度超 4 毫米, 抗压强度下降超 50%, 频繁因水压波动或路面荷载破裂。东部硬聚氯乙烯管因昼夜温差大, 接口密封圈失效, 仅去年就发生 15 起停水维修事件。更为关键的是, 传统检测技术加剧了管网维护困境。螺旋焊缝管道检测需两名人员在管道内外协同操作, 人工往返频繁、辐射暴露风险高, 单根 1.6 米直径、12 米长管道需 160 次检测, 效率低下。大口径管道环向焊缝检测依赖卷尺测量与人工经验确定同心点位, 因管道内外无法直接观测, 点位错位率高, 导致射线

源无法精准透照胶片，检测无效返工率超 30%，不仅增加人工与时间成本，还延误管网缺陷修复，进一步加剧漏损与水质隐患。

3 更新改造策略的技术支撑

3.1 新型管材与非开挖施工技术

新型管材呈现多样发展态势为管网改造带来能适配各种不同环境的材料选项，比如在气候寒冷地区，钢丝网骨架塑料复合管因具备优良抗低温及抗冲击性能而获广泛应用，例如某边境城市用其替换老旧灰口铸铁管，历经两冬检验，管道抗冻胀能力大幅提升且冬季破裂事故发生几率降低百分之七十五。球墨铸铁管因具有高强度、高密封性特征适宜在交通繁忙主干道运用，某省会城市在核心商圈改造选用它，其柔性接口技术能适应路面沉降情况，投入使用三年未出现渗漏现象。在施工技术层面，非开挖技术极大减轻对城市运行的影响，其中定向钻技术在穿越河流、铁路等场景优势突出，某沿河城市改造穿越黄河支流的管网时运用该技术七天内完成一点二公里管道铺设工作，相较传统开挖方式工期缩短十五天且未对河道生态及交通造成影响。夯管技术适用于地下管线较为密集区域，某老城区改造利用它铺设 DN300 管道，成功避开十二条已有管线，施工期间居民用水未受任何干扰，充分彰显新型技术高效、环保特性。

3.2 管道检测技术创新应用

针对螺旋焊缝管道传统检测效率低、风险高的问题，引入呼和浩特市四方工程质量检测试验有限公司研发的 X 射线管道爬行器改造技术。将原有固定式摄像头改为沿周向射线发射窗口转动的摄像头，配合 X 射线发生器外壳的齿轮圈轨道，实现多角度精准检测。集成远程信号接收器、驱动电机与可充电锂电池，构成独立驱动供电系统，支持单人远程操作，减少人工成本 50%。通过齿轮圈凹槽内置绝缘导电铜圈 + 碳极电刷设计，解决摄像头转动时连接线断裂或缠绕问题，信号传输稳定性提升 90%。该技术使单根 12 米管道检测时间缩短 60%，且检测人员无需近距离接触辐射环境，安全性显著提升。针对大口径管道环向焊缝同心点定位难的痛点，采用磁性感应传感器找同心点法。在管道内壁焊缝标记处吸附直径 10mm 的柱状钕磁铁，其强磁场可穿透管道壁。检测人员在管道外壁用检测距离超 20mm、工作频率 1500HZ 以上的双极磁性感应传感器扫描，当传感器指示灯闪烁且提示音响起时即可精准定位同心点。该方法避免人工尺量误差定位精度达 99%，返工率降至 5% 以下，检测人员无需频繁往返管道内外，单点定位时间从 30 分钟缩短至 5 分钟。

4 城市老旧供水管网更新改造策略制定

4.1 基于风险评估的改造优先级确定

构建多维度风险评估模型是确定改造优先级的关键方法，该模型需全面考虑管网运行年限、管材类型、故障发生

频率、周边用户密度及区域重要性以及 X 射线检测的焊缝缺陷率、磁性感应定位的点位偏差率等诸多因素，某资源型城市评估时将服役超 40 年、近三年故障超 5 次，且 X 射线检测焊缝缺陷率超 15% 的钢管管网，判定为高风险区域。同时将冬季故障频繁、磁性感应定位偏差率超 8% 的北部城区管网优先列入改造清单。通过该模型该市从 320 公里待改造管网中筛选出 85 公里高风险管网优先改造，改造后故障发生率下降 62%，资源利用效率提升 40%。

4.2 改造方案的多元化设计

依据管网实际情形以及区域发展需求对改造方案进行多样化规划，需灵活制定。遇局部管段腐蚀程度较轻却有渗漏风险状况可采用局部修复技术，采用局部内衬修复工艺配合 X 射线管道爬行器检测修复效果。单段工期控制在 2 天内，较整体更换缩短 80%，且仅需短暂停水。对管材老化严重、检测缺陷率高的区域，比如回民区海拉尔西街超 45 年的灰口铸铁管，整体更换为球墨铸铁管或钢丝网骨架塑料复合管。同时结合磁性感应定位法优化管网布局，在东影南路等区域增设加压泵站，配套智慧调度系统提升供水能力 50%，满足未来 10 年用水需求。

5 案例分析

5.1 案例城市选取与背景介绍

呼和浩特市作为区域政治、经济和文化核心，近年借“强首府”战略推动城市更新，东客站片区、金川开发区等区域发展迅速。供水管网建设虽同步开展，但老城区管网老化问题成关乎民生薄弱环节，全市供水管网总长 3200 公里，其中 1995 年之前铺设老旧管网占比 38%，这些老旧管网主要分布在回民区通道街、玉泉区大南街等核心老街区，覆盖公主府小区、梁山街社区等 28 个建于上世纪七八十年代老旧小区，涉及居民 22 万户，随着城市人口以年均 2.1% 速度增长，居民日均用水量从 2018 年 18 万立方米增至 2023 年 25 万立方米，老旧管网输水能力不足、漏损严重等问题突出，限制老城区业态升级，当地将管网改造纳入“15 分钟生活圈”建设重点任务，计划投入 12 亿元分三年完成老城区 180 公里管网改造。

5.2 案例城市老旧供水管网问题诊断

当地携手联合国所属专业检测机构开展为期半年的管网全面排查工作，运用 X 射线管道爬行器、磁性感应定位法及 CCTV 内窥检测等技术，完成 85 公里重点管网检测。检测结果显示回民区海拉尔西街沿线投入使用超 45 年的灰口铸铁管，因北方冬季零下 25 摄氏度以下低温致冻胀且土壤氯盐侵蚀，X 射线检测显示管壁最大腐蚀深度 3.2 毫米，32 处管段穿孔使得该区域漏损率达 21% 远超国家 12% 标准。夏季用水高峰期玉泉区南茶坊周边因管网管径多在 DN80 - DN100，磁性感应定位发现 15 处同心点位偏差导致用水高峰期水压降至 0.12MPa，12 个高层小区早晚高峰断水。水

质检测 42% 水样铁含量超标最高 1.8mg/L，居民反映自来水呈黄褐色，水垢明显。

5.3 改造策略实施过程与效果评估

此次管网改造依“高风险优先、分区逐步推进”模式，优先改造漏损率超 18% 的回民区海拉尔西街及玉泉区南茶坊片区，依据地质条件选用抗冻等级零下 40 摄氏度的球墨铸铁管和钢丝网骨架塑料复合管，老城区狭窄街道采用定向钻非开挖施工方式减少对沿街商铺经营影响。同步运用 X 射线管道爬行器检测焊缝质量，磁性感应定位法确保管道安装同心度。施工期间安排临时供水车保障居民日常用水，针对水压不足在东影南路、石羊桥南路新增 4 座加压泵站并配套智慧调度系统实现水压动态调节，改造后试点区域漏损率降至 8.5%、每年节约 620 万立方米水资源（相当于 12 万居民一年用水量），高层小区水压稳定在 0.28MPa 以上、用水高峰断水现象彻底消除，水质检测所有水样铁含量控制在 0.2mg/L 以下，居民改造满意度从 62% 提升到 94%，老城区沿街商铺因用水稳定月营业额平均提高 12%，此次改造实现民生效益与经济社会效益双丰收良好局面。

6 更新改造策略实施的保障措施

6.1 政策法规与标准规范保障

政策法规以及标准规范对于老旧供水管网更新改造有序开展的重要支撑作用的发挥，面对改造工作里或存在的政策衔接不完善、标准缺乏一致性等状况时结合当地实际情况，对相关制度体系加以健全的举措需落实。可通过颁布专项实施意见明确改造工作的责任主体、时间节点以及考核机制，X 射线管道爬行器检测、磁性感应定位等技术应用纳入强制标准，要求寒冷地区管材抗冻等级不低于零下 40℃。并对改造进度较快、成效较好的区域给予财政补贴等方面倾斜。与此同时对技术标准规范进行细化并针对不同气候条件，地质状况制定有区别的管材选择以及施工工艺标准，比如在寒冷地区明确管材抗冻等级与埋深要求以保障改造工程质量。

6.2 组织管理与协调机制建设

高效的组织管理以及协调机制作为保障改造工作顺利推进核心要点的体现，组建由政府带头、供水企业、住建、城管、交通等多部门参与，供水企业负责技术落地，比如 X 射线设备操作、磁性感应定位实施，城管协调道路占用，每周召开例会解决问题。构成专项工作小组明确各部门职责分

工，即供水企业承担改造项目具体落实工作、住建部门负责项目规划审批、城管及交通部门负责协调，施工期间道路占用及交通疏导等相关事宜，以防部门间推诿扯皮现象出现的工作要开展。建立定期会商制度每周召开工作例会及时处理改造过程中出现如施工过程中遭遇地下管线冲突、居民投诉等问题以保证问题能得快速响应与处置。

6.3 公众参与与社会监督机制

公众的积极参与连同社会的有力监督，可为改造工作塑造良好社会环境，促使改造工作在透明度及被认可程度上得以提升。改造项目正式开启前，借助社区发布公告、线上平台等多种途径向居民公开改造方案、重点说明 X 射线检测的辐射防护措施、磁性感应定位的精准性等各类信息。同时邀请居民代表参与方案论证会议，广泛收集并充分吸纳居民意见与建议，将合理诉求及时融入方案优化调整中，比如依据居民实际需求适当调整施工时间段以避开居民休息高峰期。改造具体过程中，设置线上与线下相结合反馈渠道，居民可通过拨打热线电话、在微信公众号留言等方式反馈遇到问题，相关工作人员需在 24 小时内回应并处理，且定期向居民公示改造工作进展情况，让居民能随时知晓工程推进情况，与此同时引入社会监督力量，邀请人大代表、政协委员及媒体记者针对改造项目开展监督工作，对改造工程质量、资金使用状况等诸多方面抽查并予以报道，保障改造工作在公开透明环境下进行，通过广泛推动公众参与及强化社会监督，拉近与居民距离，降低改造工作阻力，凝聚社会各界共识，为改造工作顺利推行奠定坚实基础。

7 结语

本文结合内蒙古地区气候与地质特点，将 X 射线管道爬行器可转动摄像头技术、磁性感应传感器找同心点位法融入老旧供水管网改造，通过风险评估优先级模型与多元化方案，有效解决管网老化、漏损与检测低效问题。经呼和浩特案例证明，创新检测技术与科学改造策略结合，可显著提升改造成效。未来还可进一步探索智慧管网与低碳技术有机融合，持续提升城市供水系统韧性及可持续发展能力。

参考文献

- [1] 林英姿,李思文.北方老旧城区供水管网改造研究[J].中国资源综合利用, 2015, 33(12):3.
- [2] 王子兴.城市老旧供水管网改造的难点及应对措施[C]//智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集（一）.2025.
- [3] 赵明月.城市老旧排水管网更新改造技术分析[J]. 2025(9):1-3.