

非开挖修复在排水管道预防性修复工程的应用

王晓敏

(上海市浦东新区规划建筑设计有限公司, 上海市 200125)

摘要: 城市化进程的加速使城市排水管道老化、破裂、渗漏等问题日益凸显,由此造成的路面沉降、水体污染、地下水资源浪费等问题不容忽视。因此需通过对城市管网进行排查,采用非开挖修复、开挖修复等方法,对存在隐患的管道进行预防性修复,恢复管道使用功能,延长管道使用寿命,保证城市排水管道安全稳定运行。以上海市2022年静安区排水管道隐患修复、改造工程为依托,对存在三级及以上结构性缺陷的管道提出相应的预防性修复方案,以期同类工程提供借鉴。

关键词: 排水管道;隐患;预防性修复;非开挖修复;热水原位固化法

中图分类号: TU990

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0353-04

Application of Trenchless Renovation in Preventive Renovation of Drainage Pipelines

WANG Xiaomin

(Shanghai Pudong Urban Planning & Architecture Design Co., Ltd., Shanghai 200125, China)

Abstract: The acceleration of urbanization has made problems such as aging, rupture and leakage of urban drainage pipelines increasingly prominent. The problems such as pavement subsidence, water pollution and waste of groundwater resources caused by this cannot be ignored. Therefore, it is necessary to investigate the urban pipeline network. The methods of trenchless renovation and excavation repair are used to conduct the preventive renovation of the pipelines with potential hazards, which restore the service functions of pipelines and extend the service life of pipelines in order to guarantee the safe and stable operation of urban drainage pipelines. Relying on the Shanghai 2022 Jingan District Drainage Pipeline Potential-hazard Repair and Reconstruction Project, the corresponding preventive renovation schemes are proposed for the pipelines with structural defects of Grade III or above, aiming to provide a reference for similar projects.

Keywords: drainage pipeline; potential hazards; preventive renovation; trenchless renovation; hot water in-situ curing method

0 引言

城市排水管道设施作为市政基础设施的核心构成要素,在城市雨污水的收集与输送环节、城市防汛安全的保障工作中均发挥着不可替代的作用。随着城市开发强度不断增加,新建排水工程持续推进的同时,大量既有管网已进入中后期运行阶段。如何在加快新增设施建设的同时,全面掌握现状管道的结构与运行状况,及时处置存在缺陷的管段,确保排水系统长期稳定发挥功能,已成为城市管理工作中的关键任务之一。

排水管道隐患修复及改造,是指以预防管道结

构性缺陷引发安全事故为目标,运用高清声纳、闭路电视(closed-circuit television, CCTV)等技术手段检测并定位结构性问题,遵循非开挖修复技术优先的原则实施管道维修,最终实现管道使用功能恢复与使用寿命延长的系统性工程行为。同时,对存在结构性损坏较严重的排水管道进行预防性修复,避免管道进一步损坏,可以较好地减少因管道破裂坍塌、错位等而造成的路面沉降、排水不畅、道路积水等问题;可以减少因排水管道渗漏而导致的污水污染地下水、地下水随管道流失、水土流失、水体污染等安全事故^[11-12]。

近几年,排水管道非开挖修复技术发展迅速,修复技术繁多,在设计、施工、验收等环节更加规范,在城市排水管道维修、抢修等方面的应用越来越广泛。

收稿日期: 2025-11-19

作者简介: 王晓敏(1991—),女,硕士,工程师,从事市政给排水工程设计工作。

此次以上海市2022年静安区排水管道隐患修复、改造工程(中区)项目为例,探讨排水管道非开挖修复技术在管道预防性修复中的应用。

1 工程概况

《上海市水务局关于加快本市排水管道检测、修复和改造工作的意见》明确提出,在“十四五”规划期内,要基本完成使用年限超过10年的排水主干管的结构状况排查和修复工作,并统筹实施需要扩容的管线改造,降低污水系统地下水入渗比例,防范“沉管”等安全事件。本项目在国家 and 地方关于深入推进污染防治攻坚、加强城市内涝治理等政策要求的框架下实施,目标是通过系统排查和修复措施,提升中心城区排水系统的整体运行能力,减少污水溢流和积水对城市运行的影响。

静安区市政工程和配套管理中心全面梳理2016—2021年已检测的排水管道检测成果,梳理出了结构性缺陷等级达到三级及以上且未完成修复的管段;全面梳理2021年以来的管道巡查及养护记录,对存在路面沉陷或管道养护中发现大量泥沙淤积的情况,立即组织管道检测,查明了三级及以上结构性缺陷的管段。根据上述检测结果,静安区民宴、老沪太、和田、普善、华昌、广肇、福建北等7个排水系统中37条道路的管道,管径DN300~DN1500,共计约33.2 km,埋深为1.5~4.5 m,其中存在3~4级结构性缺陷的管道约2.6 km,范围内大部分管道建设年份为20世纪90年代,主要为混凝土管;部分雨水主管建设较晚,为塑料管。

2 排水管道检测情况

根据《排水管道电视和声纳检测评估技术规范》^[16],排水管道可通过计算排水管道修复指数RI值来确定排水管道结构性缺陷严重程度并对管道的修复和养护提出相应的建议。

(1) $RI < 4$, 损坏等级为一级,存在少量管道损坏,管道情况较好,建议局部修复或不修复;

(2) $4 \leq RI < 7$, 损坏等级为二级,有较多损坏或个别出现中等或严重缺陷,若局部修复点超过3处,应整体修复;

(3) $RI \geq 7$, 损坏等级为三级,大部分已损坏,管道情况较差,应整体修复或翻新。

本次检测的静安区民宴、老沪太、和田、普善、华昌、广肇、福建北等7个排水系统的康乐路、梅园路、

北苏州路、民立路等37条道路路段排水管道口径DN300~1500。本工程筛选出缺陷三级及以上的管道进行修复,主要包括破裂、渗漏、变形、错位、脱节、洼水、障碍物等。

3 管道修复方法的选择

排水管道的修复方法按照难易及对环境影响程度由小到大依次为局部修复、整体修复和开挖翻新3大类。本次工程主要针对的是结构缺陷三级及以上的管道,故采用对其进行管道整修,以增加管道使用寿命,避免地下水入渗造成的路面坍塌等事故。排水管道整体修复可分为非开挖整体修复及开挖翻新。

3.1 非开挖整体修复工艺的选择

目前工程中常用的非开挖整体修复工艺包括:原位固化内衬(如热水固化、紫外光固化等)、现场制管内衬(管片拼装内衬、短管内衬、螺旋缠绕内衬等)以及碎(裂)管更新技术(如静力拉裂更换管道)等^[5,17]。本工程结合管径、埋深、周边环境及施工条件,从热水固化、紫外光固化、管片拼装内衬和螺旋缠绕内衬等工艺中进行比选和优化。

3.1.1 热水原位固化法

热水原位固化法需先结合现场工况定制内衬软管,再向软管中浸渍树脂制成树脂基软管。施工阶段通过翻转工艺,将树脂软管与温水循环加热管一同置入待修复管道,随后借助水压使树脂软管膨胀并与旧管内壁紧密贴合;接着采用循环模式通入温水加热,根据管道管径、管长、内衬管厚度等因素确定循环时间,让热固性树脂软管完成硬化成型,最终在旧管内部形成高强度的内衬新管,实现管道修复。适用管径为DN300~DN1800^[5]。

热水原位固化法具有止水效果好、结构强度高、耐腐蚀能力强的特点;内衬厚度较薄,对管道过流断面的影响较小;内衬后管道内壁光滑,可提升管道过流能力;需保证管内无影响施工的积水。

3.1.2 紫外光原位固化法

紫外光原位固化法是玻璃纤维软管内衬修复工艺,与热水原位固化法技术类似,同样采用翻转方式将预制好的软管衬入管道后固化。主要特点为材料采用玻璃纤维树脂,并采用紫外光加热固化。适用管径为DN300~DN1500^[1]。

紫外光原位固化法具有止水效果好、结构强度高、耐腐蚀能力强的特点;内衬厚度相对热水原位固

化法更薄,对管道过流断面的影响很小,同时内衬后管道内壁光滑,可提升管道过流能力;需保证管内无影响施工的积水;施工速度最快^[7,9]。

3.1.3 管片拼装内衬法

管片拼装内衬修复技术在 2010 年由上海管丽公司和杭州诺地克公司从日本引进,在国内尤其在上海市的大型排水管道中得到应用。该方法是在可以进入的大型管道或箱涵内,采用人力的方式在管道或者箱涵内部拼装或组装模块,并在组装完成的管道和原有管道之间注入高强度的特殊水泥砂浆,使原有管道和模块组装管道结合形成一体化的复合结构的新管道^[3]。适用管径为 DN800 ~ DN4000,主要用于修复渗漏、腐蚀、破裂和脱节能缺陷。

管片拼装内衬法主要优点包括:为结构性修复,可大幅提高管道环刚度,并减少管道摩擦系数;可带水作业并可随时中断施工,可分段同时施工。

但是管片拼装需要人工下水作业,不适用于 DN800 以下的管段,相对现状管段,修复后缩径较为明显^[10]。

3.1.4 螺旋缠绕内衬法

螺旋缠绕内衬法是将带状型材置入原有管道,通过机器以公母锁扣相互搭接互锁的方式,在原有管道内螺旋缠绕形成新管,并对内衬管与原有管道之间的空隙进行填充^[15]。

螺旋缠绕内衬法主要优点包括:可用于结构性修复,可大幅提高管道环刚度,并减少管道摩擦系数;亦可带水作业并可随时中断施工,可分段同时施工,减少临时排水工作量及费用。

由于该方法内衬管相对于原管道有较大的缩径,过流能力有较明显的降低,目前主要应用于大口径管道的修复^[4]。

3.1.5 非开挖修复技术的选择

项目筛选出缺陷等级三级及以上的管道进行修复,主要包括破裂、渗漏、变形、错位、脱节、洼水、障碍物等。考虑工程所在区域为中心城区,交通流量及人口密度大,为尽量减少管道施工对周边居民出行、生活的影响,保证修复后排水管排放能力不受影响,通过对以上修复工艺的比较,热水原位固化法及紫外光原位固化法均能满足本工程排水管道非开挖修复的技术要求,鉴于热水原位固化法强度较高、止水效果好、造价适中,该工程采用该修复技术进行排水管道非开挖修复。热水原位固化法及紫外光原位固化法工艺技术比较详见表 1。

表 1 热水原位固化法及紫外光原位固化法工艺技术比较表

修复技术	热水原位固化法 修复技术	紫外光原位固化法 修复技术
适用管径/mm	300 ~ 1 800	300 ~ 1 500
适用管材	所有	所有
适用修复目的	永久	永久
止水效果	非常好	非常好
恢复强度	较好	一般
不降低排水能力	较好	很好
适用损坏类别	破裂	可以
	变形	可以
	错位	可以
	脱节	可以
	渗漏	可以
	腐蚀	可以
优点	施工速度快,临时排水方便,对管道内处理要求不高,使用寿命长	施工速度最快,临时排水方便,对管道内处理要求不高,使用寿命长
缺点	对施工技术要求较高	对施工技术要求较高
造价	一般	较高

3.2 开挖翻新

坍塌(破裂 4 级)、变形(变形 3 级)、错口(错位 3 级及以上)等非常严重的排水管道,采用开挖翻新的修复方式。

4 排水管道非开挖修复设计

4.1 非开挖修复预处理

(1)管道防渗处理

对于管道破裂、渗漏严重的部位,采用土体注浆进行加固和止水。

(2)管道降水清淤

管道修复前需对管道内积水、淤泥进行清理。降水清淤,必要时可同时采用临时封堵渗漏点的措施,防止发生管道的线形突变。

管道预处理完成后,管内没有影响施工的积水,管道内表面应洁净,无附着物、尖锐毛刺或突起,方可进行下一步热水原位固化工艺操作^[1,5]。

4.2 热水原位固化法施工

热水原位固化法施工流程如图 1 所示。

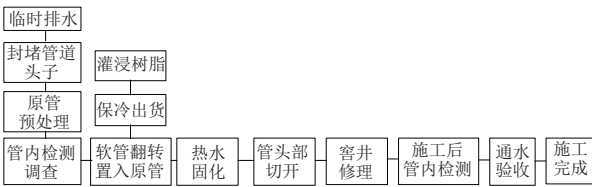


图 1 管道采用热水原位固化法施工流程

4.3 热水原位固化法修复效果

本工程对静安区民宴、老沪太、和田、普善、华昌、广肇、福建北等7个排水系统中37条路段存在3~4级结构性缺陷的排水管道进行了预防性修复,根据管道缺陷情况,为减少施工过程对中心城区居民生活、交通通行等影响,主要采用热水原位固化法进行管道非开挖修复,对管道破损严重,无法采用热水原位固化法修复的管道,采用开槽埋管进行维修。

管道内衬完成后,原管道粗糙系数降低,管道修复后与修复前的管道过流断面比值大于1,如表1所示,在保证不减小原管道过流能力的前提下,一定程度提高了管道的排水能力。内衬完成后的管段闭水试验均合格,由于管道破裂、渗漏等结构性病害可能造成的水土流失、水体污染等问题得到有效解决。

表1 排水管道非开挖修复前后水力条件对比表

管径/ mm	内衬管 壁厚/mm	修复前粗糙 系数 n_e	修复后粗糙 系数 n_1	过流能力 B
DN300	4	0.013	0.010	1.210
DN400	6	0.013	0.010	1.199
DN450	6	0.013	0.010	1.210
DN600	8	0.013	0.010	1.210
DN800	11	0.013	0.010	1.207
DN900	12	0.013	0.010	1.210
DN1000	13	0.013	0.010	1.212
DN1200	15	0.013	0.010	1.215
DN1350	16	0.013	0.010	1.219
DN1500	19	0.013	0.010	1.222

管道采用热水原位固化法修复前后分别如图2所示。

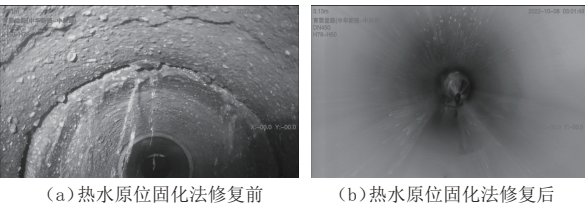


图2 管道采用热水原位固化法修复前后对比图

5 结 语

城市排水管道设施作为市政基础设施的核心构成要素,其安全稳定运行直接关乎城市防汛安全、生态环境与民生保障。

采用非开挖修复技术对现状排水管道开展预防

性整治,一方面可以在不大规模开挖道路的前提下消除结构隐患,减少对交通和周边居民的干扰,另一方面有助于提升排水系统的整体安全水平和运行保障能力。

另外,排水管道预防性修复主要针对已建城区道路下的管道,大部分管道建设时间长,管道内部沉积较为顽固,当内部障碍物无法清除时,需采用局部开挖的方式更换管道,不得在存在毛刺、附着物的表面进行内衬施工,进而影响内衬效果甚至造成内衬管脱落。

参考文献:

[1] 郁片红,孙跃平.排水管道原位固化法修复常见问题与质量控制方法[J].净水技术,2020,39(增刊1):252-255;259.

[2] 黄帅.城市排水管网非开挖修复的技术研究与运用[J].城市建设理论研究(电子版),2025(4):205-207;195.

[3] 杨后军.排水管道管片内衬法修复工程施工质量控制[J].城市道桥与防洪,2023(12):170-174;180.

[4] 胡举波.机械制螺旋缠绕内衬法用于大口径排水管道非开挖修复[J].科技创新与应用,2022,12(16):121-124.

[5] DG/TJ 08-2354—2021 城镇排水管道非开挖修复技术标准[S].

[6] 付兴伟.排水管道非开挖修复技术比选方法研究[J].给水排水,2021,57(增刊2):422-424;428.

[7] 王阳阳.非开挖修复UV-CIPP技术在城市排水管网缺陷改造中的应用[J].重庆建筑,2024,23(1):74-77.

[8] 郁片红,庄敏捷,曹依雯,等.上海市《城镇排水管道非开挖修复技术标准》解读[J].净水技术,2021,40(11):1-5;34.

[9] 石东优,张军,李静,等.城镇排水管道CIPP紫外光固化修复技术应用[J].给水排水,2024,50(2):113-120;126.

[10] 戴勇华,季敏捷,王国强,等.采用3S模块技术实施苏州河倒虹管预防性修复的应用实践[J].城市道桥与防洪,2024(12):142-146.

[11] 陈忱,王捷.浅谈结构性普查及预防性修复工程在排水管道管理中的作用[J].城市道桥与防洪,2017(7):163-166.

[12] 秦捷.排水管道预防性修复工程的探讨[J].市政技术,2020,38(3):200-201;242.

[13] 甘帅,陈辉虎,陈敏,等.城镇排水管网非开挖修复技术研究与应用[J].施工技术(中英文),2024,53(22):147-152;158.

[14] 王坚麟.福佑路排水管道预防性修复工程设计要点分析[J].建材世界,2025,46(1):89-92;108.

[15] 杨佳兴,曹井国,杨宗政,等.排水管道机械制螺旋缠绕修复技术国内外标准对比研究[J].给水排水,2022,58(增刊2):617-625;630.

[16] DB31/T 444—2022 排水管道电视和声纳检测评估技术规程[S].

[17] 范森,檀新流,翟树达.非开挖修复技术在排水管道工程中的应用[J].绿色建造与智能建筑,2023(10):25-29.