

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.06.024

# 新型原位热塑成型管道非开挖修复技术应用案例

刘 琳<sup>1</sup>, 刘 勇<sup>2</sup>, 黄宁君<sup>3</sup>

(1. 江苏联合职业技术学院 南京工程分院, 江苏 南京 210000; 2. 南京市市政工程质量安全监督站, 江苏 南京 210036; 3. 江苏润来建设集团有限公司, 江苏 南京 210046)

**摘 要:** 原位热塑成型管道非开挖修复技术采用热塑性高分子材质衬管, 强度高、韧性好、耐腐蚀性强, 施工便捷, 衬管与管道紧密贴合, 修复成品质量好, 可用于多类型截面、多用途管道以及大曲率半径、错位严重、变径等复杂情况管道的修复, 是一种新型的管道非开挖修复技术。结合南京市板桥街道 13 条道路雨污管网清疏检测修复工程案例, 系统介绍了新型原位热塑成型管道修复技术的基本原理、特点、适用范围以及热塑高分子材质衬管详细性能参数, 总结了施工工艺流程、施工操作要点以及主要的质量检验验收标准, 可为类似工程提供参考。

**关键词:** 原位热塑成型; 热塑性高分子内衬管; 排水管道; 非开挖修复技术

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)06-0134-05

## Application Case of New Trenchless Pipe Rehabilitation Technology for Formed-in-Place Pipe (FIPP)

LIU Lin<sup>1</sup>, LIU Yong<sup>2</sup>, HUANG Ning-jun<sup>3</sup>

(1. Nanjing Engineering Branch of Jiangsu Union Technical Institute, Nanjing 210000, China;  
2. Nanjing Municipal Engineering Quality and Safety Supervision Station, Nanjing 210036, China; 3. Jiangsu Runlai Construction Group Co. Ltd., Nanjing 210046, China)

**Abstract:** As a new type of trenchless repair technology for pipeline, the trenchless rehabilitation technology for formed-in-place pipe(FIPP) using thermoplastic polymer liner can be used in the repair of pipelines with different cross sections and different purposes, as well as with large curvature radius, serious dislocation, diameter change and other complex situations, since it has the advantages of high strength, good toughness, strong corrosion resistance, convenient construction, close fit between liner and pipeline, and good repair quality. Taking 13 roads of Banqiao street in Nanjing as an example, the basic principle, characteristics, application scope and detailed performance parameters of the new in-situ thermoplastic pipe repair technology are systematically introduced, while the construction process, construction operation points and main quality inspection and acceptance standards are summarized, which can provide reference for similar projects.

**Key words:** formed-in-place pipe; thermoplastic polymerliner; drainage pipeline; trenchless rehabilitation technology

管道破损、渗漏、错位是当前排水管道最为常见的问题,随之引起的管道淤塞、流水不畅等问题会影响排水管道的正常使用,而管道渗漏出的水流也会不断冲刷管道周边土体,极易造成路面塌陷或建

(构)筑物沉陷。为了保证排水管道安全、有效地工作,有必要加强排水管道的检修工作。相较于常用的开挖修复管道方法,非开挖修复方法在交通流量大、地质条件差以及周边建(构)筑物沉降敏感等地

区管道修复工程中具有明显优势。

非开挖修复方法,顾名思义就是无需开挖或少开挖地表的管道修复方法,常见的非开挖修复方法包括穿插法、碎(裂)管法、原位固化法、缩径内衬法、折叠内衬法、机械制螺旋缠绕法、管片内衬法以及不锈钢套筒法等<sup>[1-3]</sup>。原位热塑成型(Forced-in-Place Pipe, FIPP)法是一种新型的非开挖管道修复技术,其采用热塑性高分子材质衬管,强度高、韧性好、耐腐蚀性强,施工便捷,衬管与管道紧密贴合,修复成品质量好,可用于多类型截面、多用途管道以及大曲率半径、错位较重等复杂情况管道的修复。

目前,国内应用新型 FIPP 技术修复管道的可查案例很少,相应的参考文献也十分稀少。结合南京市板桥街道 13 条道路雨污管网疏通检测修复工程案例,对 FIPP 技术在排水管道修复工程中的应用进行了详细介绍,可为类似工程提供参考。

表 1 既有排水管道结构性缺陷统计

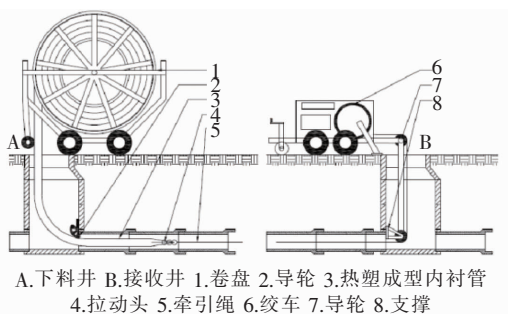
Tab. 1 Statistics of structural defects of existing drainage pipes

道路名称	雨污水管道总长度/m	检测段数/段	结构性缺陷数/处										合计/处
			支管暗接	变形	错口	异物穿入	腐蚀	破裂	起伏	渗漏	脱节	接口材料脱落	
振兴路	5 073	368	0	18	43	1	0	13	1	1	6	0	83
宁芜公路	11 611	730	27	10	44	3	9	42	1	5	16	4	161
宁桥北路	1 806	122	0	14	2	1	0	10	0	0	1	3	38

## 1.1 FIPP 技术及其适用性

### 1.1.1 技术原理

FIPP 技术是利用热塑性材料在一定温度范围内能够反复加热软化和冷却硬化的特性,在现场对热塑性高分子材质的衬管加热软化后拖拉至待修管道内,加热加压使衬管膨胀与待修管道紧密贴合,冷却后形成内衬管。修复技术示意图见图 1。



A.下料井 B.接收井 1.卷盘 2.导轮 3.热塑成型内衬管  
4.拉动头 5.牵引绳 6.绞车 7.导轮 8.支撑

图 1 修复施工工艺技术示意

Fig. 1 Schematic diagram of repair construction technology

### 1.1.2 技术特点

① 衬管在工厂预制,无需现场固化,有助于保

## 1 工程概况

板桥街道 13 条道路雨污管网疏通检测修复工程位于南京市雨花台区板桥街道,工程实施范围为板桥街道振兴路、青年路、凤汇大道、宁芜公路等 13 条道路,道路总长约 15.3 km,对道路范围内约 34.2 km 雨污水管道(管径分别为 DN300、DN400、DN800、DN1 200、DN1 500)和箱涵进行检测、调排、疏通,修复破损管道约 8.1 km。其中,振兴路、宁芜公路、宁桥北路不具备开挖条件,采用非原位热塑成型非开挖修复技术施工,管道材质包含钢筋混凝土及 HDPE 两种。通过管道 CCTV 检测排查上述 3 条道路既有雨污水管道存在的缺陷,其中,结构性缺陷统计如表 1 所示。

由表 1 可以看出,错口、破裂、变形、脱节缺陷在所有结构性缺陷中占比较大,是本次修复施工需要解决的主要问题。

证工程施工质量。

② 适用范围广,可用于钢筋混凝土、HDPE、铸铁等多种材质给排水管道修复。

③ 衬管与管道内壁紧密贴合,修复后管道结构性能好。

④ 高分子热塑性材质衬管不仅强度高、韧性好,而且具有很强的耐腐蚀性。

⑤ 修复后管道过流能力损失小。

⑥ 施工便捷,修复质量好,衬管内壁表面光洁度高,有利于后期维护。

### 1.1.3 适用范围

① 适用于管径 $\leq 900$  mm 的管道修复,对管道材质无特定要求。

② 适用于多种类型断面管道修复。

③ 适用于存在大曲率半径、错位较重等情况的管道修复。

④ 适用于包括给排水管道在内的多种用途管道修复。

⑤ 适用于极端负荷条件下管道修复,如:超低

温环境、地震多发区、循环荷载作用区等。

#### 1.1.4 FIPP 技术在本工程的适用性

根据前述分析,本工程中既有排水管道结构性缺陷以错口、破裂、变形、脱节为主,且工程施工工期紧、道路交通流量大、作业面有限,同时要求修复后管道流量损失较小。结合 FIPP 技术特点及适用性,该技术均可以满足这些要求。

表2 衬管技术性能参数及检测标准

Tab.2 Technical performance parameters and testing standards of screened pipe

项目	数值	检测标准
厚度/mm	3~20	《塑料管道系统 塑料部件 尺寸的测定》(GB/T 8806—2008)
弯曲模量/MPa	>2 000	《塑料 弯曲性能的测定》(GB/T 9341—2008)
弯曲强度/MPa	>50	
拉伸模量/MPa	>30	《塑料 拉伸性能的测定 第2部分:模塑和挤塑塑料的试验条件》(GB/T 1040.2—2006)
断裂伸长率/%	>25	
耐腐蚀性	适用于污水管道环境	《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》(GB/T 11547—2008)
耐磨性	磨损介质质量为1 000 g、转速为1 000 r,磨耗<20 mg	《色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法》(GB/T 1768—2006)
工作环境	70℃以下	

表3 常规管径衬管壁厚对照

Tab.3 Wall thickness comparison of conventional diameter liner mm

母管管径	出厂壁厚	出厂外径	安装后壁厚	检测标准
DN300	>6	280	>5	《塑料管道系统塑料部件 尺寸的测定》(GB/T 8806—2008)
DN400	>7	370	>6	
DN500	>8	460	>7	
DN600	>10	550	>8	
注: ①衬管原材料出厂外径通常为母管内径的90% ~ 95%,可以最大程度地防止待修复管道内径不规则造成的衬管皱褶。 ②安装后衬管的壁厚减小率和衬管的膨胀率呈线性关系(如衬管膨胀5%,壁厚减小5%)。 ③管道厚度应根据修复结构设计要求的管道强度来确定。				

衬管出厂时截面形状通常为扁形、C形或工字形,缩小衬管的截面面积,方便后续拖拉至母管中。

## 2 施工操作及质量管控要点

### 2.1 施工操作要点

#### ① 待修管道预处理

施工前,根据前期 CCTV 检测成果有针对性地对待修管道进行清理。

#### ② 衬管预热软化

根据现场实际管段情况制作衬管,衬管成盘送入加热箱加热,加热温度90~105℃,加热时长2~4h,具体加热时长视管径、长度而定。

#### ③ 衬管拖拉敷设

### 1.2 新型热塑性高分子衬管性能参数

经过比选,决定采用泰特菲品牌热塑性高分子材质衬管,相关技术性能参数及常规管径衬管壁厚标准分别见表2、3。

可以看出,热塑性高分子材质衬管具有强度高、韧性好(断裂伸长率达到25%以上)、抗腐蚀能力强等特点。

衬管现场预热完成后,将衬管拖入经预处理的待修管道。在拖入过程中,接收井(B井)的卷扬机通过铁链和下料井(A井)卷盘上的衬管相连,两井处施工人员通过步话机联系相互配合,确保将衬管顺利拖入待修管道之中。

#### ④ 衬管加热加压膨胀成型

衬管在拖入待修管道过程中会冷却硬化,待衬管完全拖入待修管道后,在下料井处用水蒸气继续对衬管加热。在衬管再次加热软化后,用专用堵头在下料井与接收井处分别将衬管两端塞住,专用堵头中部设有可通气体的管道。

通过下料井处衬管堵头中部通气管道向衬管内部吹送水蒸气,接收井处衬管堵头中部通气管道则与阀门、温度表和压力仪表相连,阀门根据温度及压力的数值进行实时调整。在水蒸气加热加压作用下,衬管首先会膨胀恢复到生产阶段冷却前的圆形,后续会继续膨胀直至紧贴待修管道内壁。

衬管膨胀成型过程中,温度表数值一般不会超过95℃,压力则与管长及管径有关,但一般数值不会超过0.15 MPa。通常,在下料井端口观察到衬管已紧贴待修管道后即可停止输入水蒸气。

#### ⑤ 衬管冷却和端头处理

衬管膨胀紧贴管道内壁后,在保持压力的情况下,通过下料井处衬管堵头中部气体通道向衬管内



部输入冷空气冷却衬管。当接收井端温度表显示流通气体温度降至 30℃ 以下时可以释放压力。衬管压力释放完后,将井内两端多余的衬管切除,衬管伸出母管约 10 cm,呈喇叭状。

## 2.2 施工质量管控要点

### ① 资料收集及现场踏勘

工程施工前,应认真研究设计图纸、既有管线资料及管道 CCTV 检测报告等工程资料。在此基础上,开展现场踏勘,核对管道位置、长度、管径、管道材质以及检查井位置,查看工程所在地道路交通状况、可作业面等内容。

### ② 方案编制及技术交底

根据工程资料及现场踏勘结果,编制排水管道 FIPP 修复专项施工方案,邀请 5 位业内专家对专项施工方案进行评审。施工作业前,按照设计图纸及专项施工方案向技术人员及一线作业人员开展详细的技术交底。

### ③ 原材料质量控制

严格做好原材料的检验验收工作,确保进场衬管材料产品合格证及出厂检测报告齐全,产品标识及外观完好。同时,现场随机抽取衬管样品,按表 2 检测衬管第 1~7 项参数,确保所得检测结果均满足规定。

### ④ 待修管道清理

控制待修管道的清理质量,确保经过清理后能够达到《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)第 6.2.1 条规定标准。

### ⑤ 做好温度及压力控制

衬管拖入待修管道后,二次加热软化后衬管两端封堵应采用与之配套的专用堵头,保证气密性。同时,在衬管膨胀以及冷却成型过程中,要做好温度及压力的控制。

### ⑥ 验收环节控制

管道修复施工完成后,除 CCTV 检测、闭气试验外,还对成型后衬管壁厚进行了检测。在两端管口处沿环向均匀间隔取至少 6 点进行壁厚测量,取算术平均值,任一端头的平均壁厚应不小于设计厚度,任一端头的最小壁厚应不小于设计壁厚的 90%。

## 3 工程验收结果

原位热塑成型修复完成后,对管道进行 CCTV 复检,检查管道修复质量。CCTV 检测按《城镇排水

管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)及《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008)规定执行。图 2 分别给出了宁芜公路 Y62—Y61 段钢筋混凝土排水管道及宁桥北路 Y33—Y32 段 HDPE 排水管道修复前后 CCTV 检测结果,可以看出修复完成后的内衬管表面光滑,无明显划伤、裂纹、磨损、孔洞、起泡、褶皱、突起及渗漏水,效果较好。CCTV 复检完成后,还需进行成型后衬管壁厚、闭气试验,经检测,均达到合格标准。

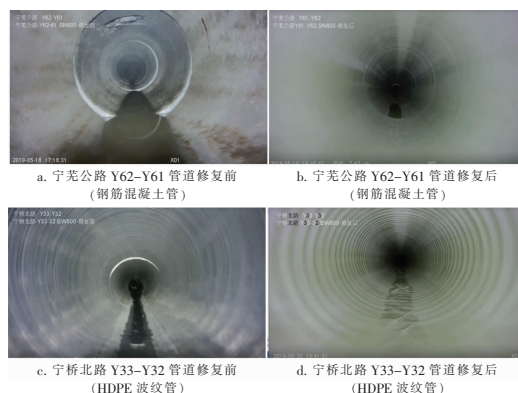


图2 管道修复前后 CCTV 检测结果对比

Fig. 2 Comparison of CCTV test results before and after pipeline repair

## 4 结语

新型原位热塑成型管道非开挖修复技术在本工程中得到成功应用,经检验验收,各项指标均符合标准规定。该技术核心是选用可反复加热软化和冷却成型的热塑性高分子管材作为内衬管,借助现场衬管预热、牵引、供热(水蒸气)等装置即可完成整个工艺流程,施工周期短,所需作业空间小,对周边环境的影响小,修复后内衬与管道紧密贴合,强度高、韧性好、耐腐蚀性强,在修复复杂截面形式、大曲率半径、错位较重等复杂情况管道时具有独特优势,有较大的推广价值。

## 参考文献:

- [1] 王刚,王卓. 机械式螺旋缠绕管道非开挖带水修复技术应用案例[J]. 中国给水排水,2018,34(6):120-122.

WANG Gang, WANG Zhuo. Trenchless pipe rehabilitation using machine wound spiral lining technology with water flow[J]. China Water & (下转第 142 页)