



城镇排水管渠原位固化修复材料工程示范

曹井国^{1,2} 石东优¹ 张文宁¹ 杨宗政¹ 张 军³ 张大群²

(1 天津科技大学化工与材料学院, 天津 300457; 2 天津水工业工程设备有限公司, 天津 300070;

3 重庆克纳维环保科技有限公司, 重庆 401147)

摘要 重庆市渝中区某小区排水管道, 由于运行年代久远, 管道内部腐蚀较为严重, 经 CCTV 检测, 管道缺陷严重, 需尽快修复。该排水管道埋深 35 m, 管径为 DN800~1 200, 长度为 150 m, 检查井位于悬崖附近, 修复难度极大。经过研究, 项目采用了基于无纺布内衬软管的原位固化(CIPP)翻转修复技术, 通过缜密施工, 确保了一次修复成功。经检测固化管道力学性能及表观形貌达到国内外相关标准和设计要求。

关键词 非开挖 原位固化 软管 管道修复 工程示范

中图分类号: TU990

文献标识码: A

文章编号: 1002-8471(2020)01-0115-05

DOI: 10.13789/j.cnki.wwe1964.2020.01.021

Engineering demonstration of cured in place pipe repair material for urban drainage canals

Cao Jingguo^{1,2}, Shi Dongyou¹, Zhang Wenning¹, Yang Zongzheng¹,

Zhang Jun³, Zhang Daqun²

(1. College of Chemical Engineering and Materials Science, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China; 2. Tianjin Water Industry Engineering and Equipment Co., Ltd., Tianjin 300070, China; 3. Chongqing Knarwei Environmental Protection Technology Co., Ltd., Chongqing 401147, China;)

Abstract: The project was located at a community in Yuzhong district, Chongqing. The internal corrosion of drainage pipeline was serious due to long time running. It is urgently to repair with the defects according to CCTV examination. The depth, diameter and the length of disease pipeline were 35 m, DN800~1 200 and 150 m. Another difficulty was the inspection well near to a cliff. Therefore, it is hard to cured. After careful consideration and design, CIPP (cured-in-place pipeline) based on non-woven hose was introduced to the project. The results show that the mechanical properties and appearance of the CIPP pipe can meet the demands of standards both home and abroad, which ensures the success of the repairment.

Keywords: Trenchless; Cured in place pipe; Hose; Pipe repairment; Demonstration project

0 引言

随着城市的发展, 我国地下管网的建设也越来

越复杂多样, 管网规模日益扩大, 到 2017 年, 全国城镇排水管渠长度已达到 82.01 万 km^[1], 且以每年 6% 的速率增长。中国 80 年代以前排水管道长度为 3.59 万 km^[2], 一些老城区地下管网由于敷设年代

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项 (2015ZX07309001)。



久远,与新敷设的管网彼此之间形成错综复杂的状况。同时,由于管道敷设工艺,管道材料的耐久性、施工的成熟性等多种原因,部分管道出现了渗漏、变形、脱节等病害情况。此外,一些新敷设的排水管道也因施工质量原因开始出现病害情况,道路塌陷、行洪不畅等问题屡见不鲜,这严重影响了城市的排水管网的正常运行,甚至危害人们的生命财产安全。因此,急需对病害管道进行摸底普查和修复。

“城市排水管道原位修复材料工程示范”课题是“十二五”水专项课题“城市排水管道数字化诊断、清淤设备及修复材料产业化”的子课题之一,应课题要求,采用国产化软管进行排水管道修复,施工建设了 2.8 km 管道非开挖修复示范工程,取得了良好的示范效果。本文以重庆市渝中区嘉韵山水城小区原位固化修复示范工程进行介绍,以期为行业提供参考和借鉴。

1 示范工程简介

工程所在地为重庆市渝中区嘉韵山水城小区,由于运行年代久远管道内部腐蚀较为严重,该排水管道埋深 35 m,管径为 DN800~1 200,长度为 150 m,经 CCTV 检测,管道缺陷指数 $3 < F \leq 6$,判定缺陷等级为 III 级,修复指数 RI 为 4.4,管道缺陷严重,会导致坍塌、渗漏不均匀沉降等情况发生。由于该管段斜穿 3 个小区,而且检查井位于悬崖边上,因 CIPP 翻转内衬工艺具有适应性强、环境污染少、施工时间短、综合效益高、内衬管性能好、管线整体性强^[3]等优点,经过比选,确定采用 CIPP 修复方式对其进行修复。

如图 1 和图 2 所示,主要排水管的规格均为 D1 200,但靠近 P1 检查井端处有 12 m 长的排水管道为 D800 的双壁波纹管,其中,4 m D800 双臂波纹管位于井口,8 m 双臂波纹管的外侧是 D1 200 的混凝土管。D800 管底标高低于 D1 200 的混凝土排水管道。

本次管道修复方案采用原位固化法(CIPP 热翻转),从 D800 变径为 D1 200,管径变化大,对 CIPP 翻转施工的风险很大。经过研究,将 4 m 仅有 D800 的双壁波纹管采用短管置换变为 D1 200,将 8 m D 800 的双壁波纹管拆除,露出 D1 200 混凝土管,最后进行原位固化法(CIPP 热翻转)修复,保证

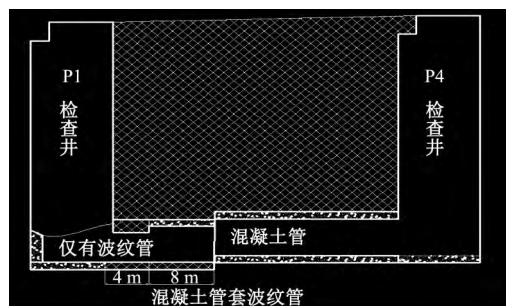


图 1 管道截面

Fig.1 Pipe cross-section diagram

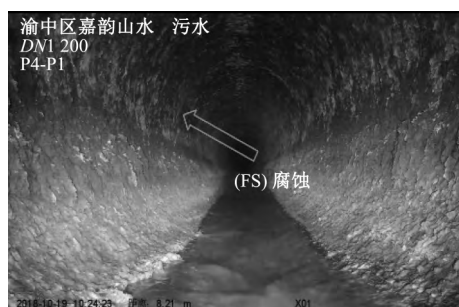


图 2 CCTV 检测典型缺陷

Fig.2 CCTV detection typical defects

管网的整体性及连贯性。

2 无纺布软管厚度与幅宽设计

2.1 厚度设计

为了满足管道修复后的抗压能力与过水能力要求,按《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)计算,并经专家论证, DN 1 200 内衬管道的设计厚度为 $t=20.0$ mm。单层无纺布的厚度为 5.0 mm,采用 4 层结构。

2.2 幅宽设计

因翻转施工后,内层转成外层,与病害管道内壁接触,采用多层结构,不同层软管之间的直径需配合良好,才不至于在翻转后出现褶皱。依据胡克定律,施工过程中,环向的应力最大,使软管产生较大的膨胀率,在受水压膨胀过程中,覆膜层具有一定的弹性,但会将力量传递给其他几层无纺布,直到膨胀到管壁上,因此,幅宽设计要考虑在给定施工水压下的膨胀率,但要考虑裕量。《给水排水管道原位固化法修复技术规程》(T/CECS 559—2018)规定了原位固化法所用软管外径应与原有管道内径相一致,翻转或拉入管道后,应与病害管道紧密贴合,同时也不应因内衬管直径过大而在管道内部产生影响质量的隆



起或褶皱。

理论上,按给定水压的极限膨胀率设计,会确保固化管表面光滑,但较大的膨胀率会使固化管壁厚减少,导致厚度低于设计标准,因此,不同层软管幅宽需依据不同层材料的泊松比和弹性模量按照胡克定律^[4]进行计算,或采用有限元模拟方式确定^[5],必要时进行试验段试验验证,避免褶皱出现或固化管壁厚因膨胀减薄的问题。

本项目无纺布的泊松比和弹性模量分别为 0.46 Mpa 和 5.56 Mpa;覆膜无纺布的泊松比和弹性模量分别为 0.3 Mpa 和 18.18 Mpa。根据胡克定律,在 6 m 水压下,覆膜无纺布环向应力高达 5.88 Mpa,径膨胀率为 14.7%;单层无纺布膨胀率为 82.9%,内外层软管均具有较大的弹性空间,水翻后能够充分胀开即可(内外层材料各向应力及应变计算结果如表 1 所示)。因此,以最内层即无纺布层为基准(翻转后处于最外层),经多次试验,确定覆膜层直径较管壁内径小 50 mm(约为管径的 4%),幅宽为 3 611 mm,自外向内,各层幅宽较上层减少 100 mm,各层幅宽分别为 3 511 mm、3 411 mm,覆膜层幅宽为 3 311 mm。

表 1 内外层材料各向应力及应变计算结果

Tab.1 Calculation results of stress and strain in inner and outer layers

内层软管	无纺布	覆膜无纺布
径向应力 δ_r /MPa	0.055	0.055
环向应力 δ_θ /MPa	6.69	5.88
轴向应力 δ_z /MPa	3.34	2.94
径向应变 ε_r /%	82.98	14.55
环向应变 ε_θ /%	92.69	27.49
轴向应变 ε_z /%	4.72	6.47

软管产品由天津水工业工程设备有限公司提供,经测试,软管和接缝横向与纵向抗拉强度高于 5 MPa,能够承受施工的拉力、压力和固化温度,多层软管各层的接缝错开布置。

3 施工流程

施工按照资料收集、现场踏勘→架设临管临泵井运行(依据实际管道修复需要定)→管道风度、抽水、清淤、冲洗、局部缺陷处理、CCTV 检测→翻转内衬→固化定型→端头处理→CCTV 内窥检测→试验及验收→恢复通水进行。

3.1 现场踏勘

到即将施工的现场进行实地踏勘,了解施工现场具体环境,如交通状况,周围建筑分布等。根据之前收集的资料,核实收集的资料准确性,给井盖打上标记,实地测量井位之间管道的长度,方便下一步施工。

3.2 管道清洗、清淤

采用高压冲洗车对下水道进行清洗、吸泥,配备污水净化装置,可以在车内完成对抽吸上来的淤泥进行分离,并将分离出来的污水排回水道,固形物运输至污泥站进一步处理。

3.3 气囊封堵抽水

检查井内情况,进行硫化氢有毒气体测定。封堵前必须先人工清捞井内及封堵位置的垃圾和淤泥。由潜水员将气囊放置在指定位置,并利用空压机对气囊进行冲气,直至将管道完全封堵住。封堵气囊使用期间,须有专人对气囊内部压力以及上游水位进行监测,若气囊压力低于正常使用压力范围,则需给气囊补气,若上游水位超过警戒值,需开泵降低水位。

管道封堵成功后,可在管道封堵区域内的下游井(标高较低的井)架泵进行抽水,管道余水排至封堵区域外的下游井,为管道疏通冲洗及修复做准备。采用联合冲吸车对管道进行疏通冲洗,潜水员下井清捞管道内或窨井内大型的砖石块以及较硬的泥块。所有抽出来的泥浆及清捞出来的垃圾运送到指定堆放点。

3.4 CCTV 检测

对管道进行 CCTV 检测,判定管道冲洗后的洁净程度,并对管道拟修复位置进行定位。在 CCTV 检视时,异常点处停留 10 s 以上,以获得清晰的影像。在 CCTV 检测结束后,所有在检测过程中产生的文件(包括数字影像文件、图表、报告、照片等)将转化成可在用户电脑上浏览和播放的文件格式,并刻成光盘供用户查询。

3.5 软管浸渍树脂

根据制造商提供的计算依据,按比例加入固化剂和催化剂,通过搅拌器搅拌 10 min 以上,搅拌速度为 30~60 r/min,待混合均匀后,充填于软管内部,树脂充填量应增加 15%~20%,以弥补因树脂聚合及树脂进入原有管中的裂缝处所减少的量。



通过压料平台对软管进行定厚,压料平台设置为上下 2 层,充分节约空间。由于树脂体积较大,采用隔膜泵向软管中灌注树脂。浸渍后软管采用塔吊进行牵引,折叠进入软管存放车。

因软管较大,树脂量浸渍量也相应增大,为保证软管充分抽真空,每隔一段距离开十字孔,用吸盘抽真空,从而保证软管内部真空度。当树脂浸渍接近开口处时,采用热熔枪粘合开口处,保证开口处粘接牢固。

在浸渍树脂过程中,灌入的树脂浸渍速率会逐渐下降。因此,间隔 50 m 在软管表面开 10 cm 左右孔灌入树脂,需注意树脂浸渍接近开孔处时,需提前进行密封处理。

3.6 翻转施工

本项目中翻转作业台放在上游井,有利于翻转过程排出管道内渗水,避免固化后起包。但因管道坡度大,软管自重大,给施工带来较大风险。在事先已准备的翻转作业台上,把通过保冷运到工地的树脂软管安装在翻转头上,根据翻转施工净水压力进行绑扎和箍紧。软管末端每层插入 1 根长度约为 1 m 的塑料管以利于排气,并将控制绳和热水管紧箍再封闭端,随软管翻转一起进入管道中。利用水压把树脂软管通过翻转送入病害管道内,翻转注水流量和树脂软管翻转输送速度保持匀速,通过控制绳和注水量控制翻转速度和水位,采用 CCTV 机器人在另一端实时观测翻转进度。

3.7 加热固化

树脂软管翻转送入管内后,将管内温水输送管与水泵、锅炉设备连接起来,开始树脂管加热固化工作。此次固化所需循环水量较大(接近 200 m³ 水),为加快循环水升温速度,采用 2 台锅炉加热(锅炉功率为 1.2 MW),采用潜水泵与锅炉回水处相连接的方式进行热水循环加热。翻转过程中在井中预埋温度传感器,传感器分别布置在翻转头处、管道中部和管道末端,作为监测软管固化过程中软管表面的温度。经过 8 h 的热水循环加热,入水温度及回水温度达到 80 ℃。

确认固化完成后,缓慢降温,防止内衬管产生收缩裂缝。采用常温水替换固化管内部的热热水,当冷却至 38 ℃ 以下,进行排水,排水后进行 CCTV 检测

及切管送检。整个工作完成以后,工地现场恢复到原来的状况。

4 施工质量评定

4.1 表观形貌

用 CCTV 设备对已修复的管道进行检测,内衬管内壁表面无鼓胀,无未固化现象;表面无裂纹,没有严重的褶皱与纵向棱纹。软衬管端部切口与井壁平齐,封口不渗漏水。内衬管与原有管道贴附紧密,符合《城镇排水管道检测与评估技术规程》(CJJ 181—2012)的有关规定。

4.2 固化管初始结构性能

采样数量以每一个工程取一组试块,每组 3 块。单位工程量小于 200 m 时,根据委托方的要求进行;试块一般在施工现场直接从内衬新管的端部截取。受现场条件限制无法截取时,可以采用和施工条件同等的环境下制作的试块。试块强度检测依据和测试结果如表 2 所示。

表 2 试块初始结构性能

Tab.2 Initial structural performance of test block

性能项目	测试方法	技术指标	检测结果	评定
弯曲强度/MPa	GB/T 2570	>31	38	合格
弯曲弹性模量/MPa	GB/T 2570	>1 724	2 650	合格
第一裂缝时弯曲应力/MPa	GB/T 2570	>25	28	合格
厚度/mm	测厚仪	20	22	合格

4.3 闭水试验

修复后,进行闭水试验,试验水头 5 m,经恒压 40 min,测得实际渗水量为 0.002 3 L/(min·m),折合平均实测渗水量为 3.28 m³/(24 h·km),实际渗水量小于允许渗水量,符合设计和规范要求,试验合格。

5 经验总结

5.1 树脂浸渍注意预防提前固化

在此过程中应保证开孔处无树脂,因为后续需要对开孔进行热熔焊接,若开孔处存在树脂,在焊接过程中,焊接温度过高会造成树脂反应,存在软管提前固化的风险。尽管如此,在操作过程中有两个开孔处入渗树脂,为减小施工风险,确定采用翻转过程修补的方式。用丙酮清洗开孔周围软管表面,隆起开孔区域,尽量减小开口处的树脂量,在开孔下方垫一层干无纺布,内层无纺布采用缝合连接,然后通过热熔焊接密封外部膜层,完成后迅速降温。



5.2 翻转施工速度控制

由于软管浸渍树脂后质量较重,采用吊车吊起软管进行翻转,但是在翻转过程中由于水压过大(6 m水头),带着软管向前移动,造成软管翻转速度过快,极易造成软管团聚及软管膨胀不足,甚至导致水压过载事故。经现场研究,采用缓冲带的方式加以避免,在翻转过程中先减低水头(保持 3~4 m 水头),同时做出一段缓冲段,每释放一段软管,就重新做一段缓冲段。在软管进行翻转过程中,CCTV 机器人一直在井下全程观测翻转情况,保证施工过程风险可控。

6 结语

CIPP 翻转内衬修复技术适用于管道结构性缺陷为破裂、变形、错位、脱节、渗漏、腐蚀,管径为 150~2 500 mm 各类管材的排水管道非开挖修复,管道修复从现场准备到固化完成并恢复通水,可在 24 h 内完成。施工技术程序,施工时占用待修复管道检查井周边的少量场地,用于放置锅炉、吊车和检测仪器等,基本不影响现状道路的正常通行。施工时噪声低,清淤污泥及时处理,对环境影响小。固化内衬管耐腐蚀、耐磨损,材料强度高,厚度大,质量可靠,使用寿命长。管道断面损失小,表面光滑,能够显著提高原有管道过水能力。

随着原位固化技术的成熟化与标准化,施工质量得以较好的保证,特别是原位固化修复材料—内衬软管和树脂等材料的全面国产化,替代进口产品,能够确保国内原位固化工程的应急修复特征和周期,更好的适应我国管道修复特点。经过精心设计,周密组织和问题的及时解决,确保软管树脂浸渍充分、温度控制适宜、施工过程顺利,获得良好的固化效果,满足用户的使用需求。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2018.
- [2] 白静. 非开挖管道修复技术在城市地下管道中的应用[J]. 工程建设和设计, 2018, (6): 73-74.
- [3] 姜向东, 张会, 刘海军, 等. CIPP 翻转内衬工艺用于污水管道功能性修复[J]. 中国给水排水, 2012, 28(14): 106-108.

- [4] 张淑洁, 王瑞, 徐磊. 管道修复用管状纺织复合材料的力学性能分析[J]. 复合材料学报, 2009, 26(5): 178-185.
- [5] 王瑞, 张淑洁, 张丽. 管道修复用管状纺织复合材料的管径设计[J]. 复合材料学报, 2010, 27(3): 196-199.



§ 作者简介:曹井国(1980—),山东济南,硕士研究生,副教授,主要研究方向为水污染防治技术、管道非开挖修复技术及材料。

通讯作者:曹井国

通讯处:300457 天津市滨海新区第十三大街 29 号天津科技大学泰达校区

电话:13752721342

E-mail:cjg@tust.edu.cn

收稿日期:2019-08-02

修回日期:2019-11-25

四川《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》1月1日起实施

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》《四川省环境保护条例》等法律法规,加强农村水环境治理,改善农村人居环境,近日四川省制定并印发《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(以下简称《标准》),将于 2020 年 1 月 1 日起实施。

目前,全省农村生活污水处理率仍较低,大量农村生活污水未经处理排出,已成为农村以及湖泊、河流富营养化等环境污染的主要原因之一。由于国家和地方层面之前都没有出台针对农村生活污水的排放标准,缺乏统一技术标准规范,因此亟须加快制定农村生活污水处理排放标准,规范农村生活污水治理。《标准》根据四川省农村生活污水单户污水量少、排放分散、水质水量波动大的特点,确定控制指标、排放限值、监测方法和实施监督等规定,希望通过标准的实施,实现农村水环境质量的持续改善,推动美丽乡村建设。