

排水管道管片内衬法修复工程施工质量控制

杨后军

(上海管丽建设工程有限公司,上海市 201108)

摘 要:随着管片内衬法在排水管道非开挖修复中应用的增加,需要解决施工过程中出现的技术问题,强化施工过程质量控制管理来保证施工质量。结合上海市奉贤区南排污水总管及附属设施修复工程,介绍了管片内衬法的技术原理、施工工艺流程;列举了管片内衬法施工过程中常见的各类质量问题并深入分析其产生的原因,同时结合以往工程施工经验,提出了有针对性且可操作的控制措施;最后给出了施工质量控制及验收要求。

关键词:排水管道;非开挖修复;管片内衬法;管片拼装;注浆;质量控制

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0170-05

0 引 言

根据我国住房和城乡建设部统计资料,2020 年我国市政排水管道总长度 102.7 万 km,其中使用年数超过 20 a 的市政排水管道为 18.2 万 km,一部分管道逐渐进入老化期,迫切需要实施修复和更新。随着民众对城市基础设施安全及对城市环境保护要求的不断提高,非开挖管道修复技术受到重视并在全国得到应用和发展。管片内衬法作为大口径排水管道的非开挖修复技术之一,可满足我国对大口径排水管道非开挖修复的迫切需求,近年来在国内的应用逐渐增多。该修复技术在 2000 年左右由日本企业设计研发,在日本、韩国、美国和俄罗斯等国家有很多应用。2010 年引进国内后,在上海、杭州和丽水等地获得应用。本文对当前管片内衬法修复施工过程中的质量问题进行了分析和探讨,提出了具体的控制措施,以期为同类型工程项目质量管理提供参考。

1 工程概况

上海市奉贤区南排污水总管及附属设施修复工程主要施工范围为南排污水总管(西闸公路-6#泵站),含 3 条穿越上海 S4 沪金高速的管道,承担着奉贤区污水收集的主要功能。该段管线管径范围:直径 DN600~DN1500,总计 20.83 km。南排污水总管建于上世纪 90 年代,使用时间近 30 a。通过 CCTV 检

测发现这部分管网存在不同程度的病害,参照上海市地方标准《排水管道电视和声呐检测评估技术规程》(DB 31/T444—2009)中的评估方法,计算得出 85% 的管道修复指数 RI 达到了严重的三级。这些管道的病害,如破损、渗漏等不仅影响着污水的运行能力和周边水体环境,同时会导致管周土体流失,甚至地面塌陷,因此急需对该污水管线进行修复。其中有 630 m 钢筋混凝土管道(DN1500)位于 S4 高速公路上下匝道范围绿化内,大型施工车辆、设备和材料无法进入,CIPP 翻转法、紫外光固化法等无法进入实施。经过专家的论证,决定变更采用可以分段拼装实施的管片内衬法进行修复。

2 管片内衬法修复施工

2.1 工艺原理

根据原有管涵的形状和尺寸,将订制的 PVC 或同等性能塑料管片通过检查井口处置入原有管内,采用螺栓拼装连接形成内衬管,并在内衬管和原有管道之间注浆填充,形成可承载式复合管道。该技术主要用于 DN800~DN3000 的圆形排水管道,以及短边 1 000 mm 以上、长边 2 200 mm 以下矩形排水箱涵的非开挖内衬修复。管片内衬法具有以下优点:修复后的复合管道破坏强度大于修复前原管道新管的强度,因而可延长管道使用寿命;采用透明 PVC 管片,其耐腐蚀、耐磨耗,且注浆液位可视,注浆质量可控;可从管道中间向两端同时拼装作业,缩短工期;施工可无限延长,不受管道长度限制;出现紧急情况时,可以快速暂停施工,恢复通水,保证排水安全;无需大型机械,适用于多种施工环境;施工噪音低,对周围环境和

收稿日期: 2023-01-15

作者简介: 杨后军(1985—),男,学士,工程师,从事排水管道无损检测、非开挖修复技术研究及施工管理工作。

居民生活影响小^[1]。

2.2 施工流程

管片内衬法排水管道修复施工工艺流程见图 1。

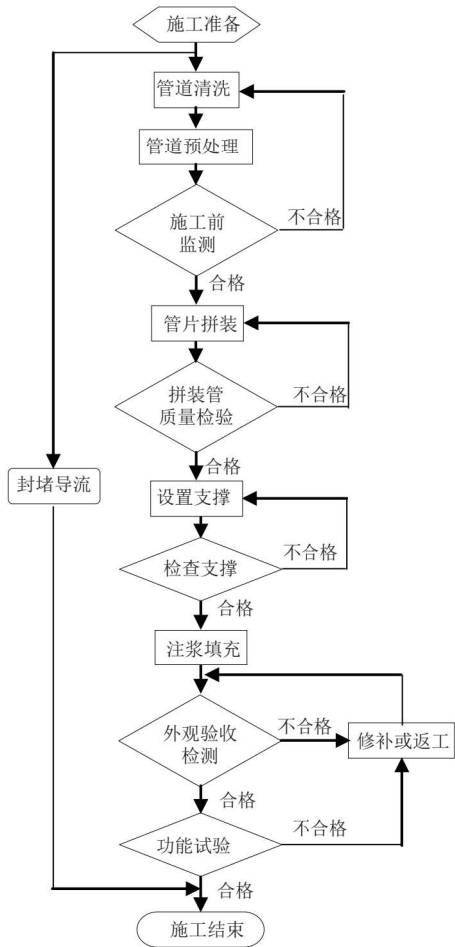


图 1 管片内衬法排水管道修复施工工艺流程

2.3 施工材料

2.3.1 管片

表面构件为硬质透明 PVC 管片,要求厚度均匀,表面光滑,无裂纹及缺损情况,尺寸大小和材料力学指标符合设计要求,并具有耐久性、抗腐蚀性。

2.3.2 填充砂浆

本次采用的填充砂浆干料为预混料,其成分见表 1。

表 1 砂浆预混料成分			
成分	主要材料	掺量 /%	备注
水泥	高炉水泥	36.9	B 种
骨料	石灰石、碎石砂	59.6	≤1.2 mm
添加剂	微膨胀剂 + 减水剂 + 消泡剂 + 增稠剂	3.5	

填充砂浆应具有水中不易分离、水平流动性好等特性,其配合比应严格按照表 2 规定。

2.3.3 其他材料

(1)密封剂可为聚氨酯、透明硅胶,本次选用透

表 2 每 m³ 填充砂浆配合比

水胶比 /%	预混料 /kg	水 /kg
21.2	1 722	365

明硅胶。

(2)连接构件为钢制防锈螺栓组件,尺寸应与管片匹配,强度应满足设计要求。

3 管片内衬法关键工序质量控制措施

3.1 内衬管片出现缺损、裂纹等问题

3.1.1 问题产生原因

(1)管片质量不合格,管片生产变形、焦化、尺寸不统一,出厂前未经过严格检验。

(2)管片在装运过程中,未采取有效保护措施,管片因摩擦、碰撞等原因造成管片本体破裂、变形,插头、插槽破损等问题。

(3)监理、施工单位未严格、仔细、逐一对进场管片进行检查验收。

(4)管片拼接、组装、注浆施工过程中,管内搬运磕碰、摩擦,管内存在碎石等硬质尖锐物,管片被划伤等。

3.1.2 控制措施

(1)严格控制管片生产质量,出厂至少附有产品合格证、使用说明书和试验检测报告,不合格品严禁出厂^[2]。

(2)应严格管控进场管片及配件,未经检查或经检查不合格的,禁止验收。

(3)管片装运时,采用专用绳带绑扎固定。管片应存储在阴凉、通风、干燥的地方,堆放在专用托盘上,堆放高度不宜高于 1.5 m。

(4)拼装前,应检查管片外观质量,严禁使用存在裂纹、插槽破损的管片。管片置入检查井时,不得采用硬质吊带,不得碰撞井壁,以免划伤管片。

3.2 管道预处理不满足要求

3.2.1 问题产生原因

上下游封堵效果差,漏水严重,管内余水未排干净且水质较脏,影响内衬管底密封胶质量和管底填充砂浆与管壁的黏结强度;管壁清洗不彻底,老化酥松管壁未清除,影响填充砂浆黏结强度;原管道有渗漏点,地下水渗入影响填充砂浆配合比,进一步影响注浆质量;原有管道结构突起或其他突出构造影响管片拼接及内衬管线形。

3.2.2 控制措施

(1)根据现场实际情况,选择封堵效果好的堵头,

在管道上下游合理设置,采用合适的抽水设备排除管道内余水。

(2)对二级及以上明显渗漏,应采取聚氨酯堵漏等措施处理,以满足施工要求。

(3)对于原管道,清除淤泥、采用高压水清洗后,严格按照《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》(T/CECS 717—2020)和设计要求,人工进入管道,以机械清洗的方式敲除附着的结垢物和突起,清除原管道内砖块、碎石及其他硬质杂物。

3.3 管片拼装连接质量问题

3.3.1 问题产生原因

管片涂抹密封胶后承插并采用螺栓进行连接。管道连接时,如果未将承插口清洁干净,或漏涂密封胶、密封胶涂抹不均,或插口偏差,或螺栓未拧紧,会造成内衬管拼装接口不良,使内衬管道严密性受影响,产生漏水现象,注浆时影响浆液配合比,进一步影响注浆质量^[2]。

3.3.2 控制措施

(1)管片拼装前,应按照施工技术方案要求,对管片拼装作业人员进行安全和技术交底,让施工人员了解管片拼装实施过程中的注意事项及质量控制要点;作业中每道工序完成后,经检验合格才能进入下道工序施工。施工过程中应签署管片拼装过程验收资料并留档。

(2)初步拼接宜在地面进行;径向拼接宜在检查井室进行;轴向拼接应在管道内进行。拼装前仔细检查插头和插槽,不洁净不允许进行拼装。

(3)保证管片拼装时均匀涂抹密封胶并准确对槽;螺丝应采用专用扭矩扳手拧紧且受力均匀;纵向拼装过程中按照设计方案结合实际情况设置楔块,不断监测内衬管线形,如有偏向及时纠正。

管片拼装连接示意图见图2。

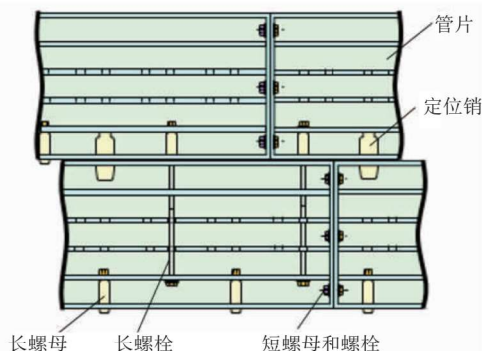


图2 管片拼装连接示意图

3.4 填充砂浆不凝固

3.4.1 问题产生原因

原有管道预处理不到位,局部漏水过多造成浆液无法凝固;填充砂浆性能变化,配合比出错,造成浆液无法凝固。

3.4.2 控制措施

(1)拼装前严格检查渗漏情况,对所有渗漏点进行堵漏处理。

(2)施工前严格按照供应商提供的预混料说明书上的配合比进行配料,做小样试验,掌握凝固时间、凝固强度与说明书给出指标的差异。按照调整后的配合比进行配料,并保证计量准确。

3.5 填充砂浆强度不达标

3.5.1 问题产生原因

填充砂浆干料质量不合格,填充砂浆配合比不准确;原管道存在渗漏或内衬管接头渗漏;取样人员责任心不强,取样、制样不合格。

3.5.2 控制措施

(1)控制进场材料质量,严格检查相应的出厂合格证和试验检测报告等材料,严格按照说明书配合比进行配料。

(2)预处理应满足施工要求,严禁出现二级及以上渗漏情况。

(3)填充砂浆的配合比应符合要求。

(4)取样人员应有相应资格证书,取样应符合相关规范要求,按照《水泥基灌浆材料应用技术规范》(GB/T 50448—2015)要求进行试件养护。填充砂浆应现场取样,并按照要求制作、养护试件(见图3)。



图3 现场制作测试试件

3.6 管道注浆不密实问题

3.6.1 问题产生原因

填充砂浆配合比不准确,砂浆流动度过小或过大;内衬管与原管道直接密封没有处理好,原管道存在渗漏或内衬管拼接缝存在渗漏,浆液注入后水分

通过漏点渗出或深入,导致浆液配合比改变,影响注浆质量;出气孔位置不对,未设置在管段上游封堵的最高点,在浆体通过出气孔外溢时误认为空间浆体已充满;作业人员责任心不强,出气孔未冒出同密度浓浆即停止压浆。

3.6.2 控制措施

(1)填充材料为高流动无收缩特种砂浆。填充砂浆应具有在水中不易分离、水平方向的流动性好等特性,可用于狭窄的间隙填充;填充砂浆的配合比应符合要求。填充砂浆的流动度要求见表 3,现场检测填充砂浆流动度示意图见图 4。

表 3 填充砂浆的流动度要求			单位:mm
项目	技术指标	测试值	检验方法
30 min 截锥流动度	≥270	285	GB/T 50448



图 4 现场检测填充砂浆流动度

(2)注浆前,应采用专用密封材料将内衬管与原有管道之间的环向间隙密封,防止填充浆液从间隙流出;在管道下游最低处设置排水口,在管道上游最高处设置排气管,注浆完成后密封。

(3)合理分配注浆孔。注浆孔的分配,可采用以下方法:(1)从距上游管口 1 m 处开始,在环向时钟位置 11 点与 1 点处分别开孔,然后每隔 5 m 并排开孔,直至下游管口;(2)从距上游管口 1 m 处开始,在环向时钟位置 11 点或 1 点处开孔,每间隔 2.5 m 交叉开孔,直至下游管口。

注浆口常规设置示意图见图 5。

(4)填充应采用分层式注浆,每次注浆间隔不小于 24 h。注浆由管道上游浆孔向下游浆孔依次进行,第一次注浆高度宜控制在 30~40 cm,通过设置在下游端部最低处的排水孔排出内衬管与原有管道之间的污水,使内衬管固定在原管底;后续每层注浆高度宜控制在 60 cm 以内,左右交叉进行,保证两边浆液均匀,两侧浆液高差不宜超过 20 cm;最后一次注浆,由下游浆孔向上游浆孔依次进行,直至上游最高点

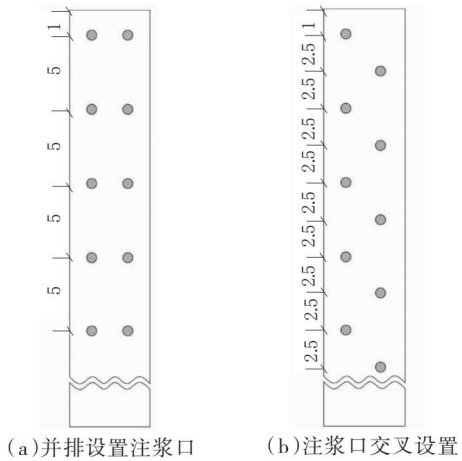


图 5 注浆口常规设置示意图(单位:m)

排气孔喷出与注入相同的浆液,相对密度不小于 2.0,停止注浆。填充注浆作业时由技术人员全程监视、观察浆液充满情况,在确认管片与老管壁空隙全部填充密实后,密封注浆口和预留排气管。

(5)采用透明材料,通过目测即可确认密实情况。对不密实的地方,应进行二次注浆。

3.7 管道偏移

3.7.1 问题产生原因

纵向螺栓松紧不一样,造成管道线型偏移,进而导致接口渗漏;安装的楔块厚薄、间距不合理;另外,因原有管道线形、预处理等存在问题也可能导致内衬管偏移。

3.7.2 控制措施

(1)纵向拼接采用专用气动扳手,通过扭矩控制拧紧情况,紧固扭矩应控制在 5~20 N·m 范围内。

(2)拼装时在内衬管与原有管道间每隔 50~100 cm,采用不同规格的楔块契入并固定,进行线型调整,防止注浆导致内衬管位移。

(3)注浆时,管道两侧对称进行,严禁单侧注浆,防止管道上浮或左右偏移。当管道出现左右偏移时,可在偏移一侧缓慢注浆进行微调。若管道上浮应及时停止注浆,并在底部钻孔泄压微调。

3.8 管道变形与破裂

3.8.1 问题产生原因

导致管道变形的原因有:原有管道内有凸起物未预处理;管道施工时环向拼装螺栓未拧紧;支撑设置长短不一;管道注浆压力过大或注浆太快;没有按照规定进行分层注浆等。另外,最终阶段没有严格按照要求控制注浆压力也会导致管道变形,甚至破裂。

3.8.2 控制措施

(1)严格控制预处理质量,清除管道内的砖块、

碎石、凸起物。

(2)环向拼接的紧固扭矩应控制在 $12 \sim 30 \text{ N} \cdot \text{m}$ 范围内。

(3)为了防止注入填充砂浆时内衬管环向变形,注浆前在内衬管中间隔设置支撑,间隔距离约 2 m ,支撑应保证管道圆整度。注浆前支撑情况见图 6。



图 6 注浆前支撑情况

(4)监测发现注浆导致内衬管变形时,应及时停止注浆,在变形处采用可调支撑进行支撑,并微调向外缓慢扩张,直到内衬管复原为止。

(5)注浆应分层、对称、均匀进行,注浆速度宜为 $20 \sim 40 \text{ L/min}$,最大注浆速度不得大于 50 L/min ;严格控制最终注浆阶段的注浆压力和流量,压力不应大于 0.02 MPa ,流量不应大于 15 L/min 。

4 管片内衬修复施工质量验收方法

应严格按照相关工程标准进行工程验收,主要对修复后的管道内部外观质量、管道直径与变形量、材料性能以及功能性试验等指标进行控制,工程质量应符合要求。

4.1 管道外观质量验收

内衬修复施工完成后,清除施工造成的内衬管表面污渍,采用电视检测方法,对内衬管进行外观检测并留存影像资料,要求内衬管内壁不得出现鼓包、漏浆等外观缺陷;通过人工目视浆液充满情况,以及敲击听音来判断注浆密实情况,浆液应充满,无空洞。内衬管外观验收检测见图 7。

4.2 内衬管直径控制

施工过程中应对管道形状及内径进行控制,对内衬管垂直直径和水平直径进行测量,计算管道变形率不应大于 3% 。修复后应对内衬管进行内径测量,每隔 $5 \sim 10 \text{ m}$ 测量 1 次,取平均值进行判断,平均值不得低于设计值。内衬管内径测量方法见图 8。



图 7 内衬管外观验收检测

本次设计修复后直径范围为 $1360 \sim 1380 \text{ mm}$,实测平均直径为 1373 mm ,满足设计要求。

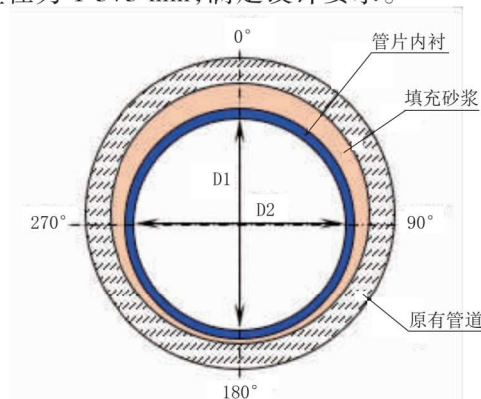


图 8 内衬管内径测量示意图

4.3 材料性能检测

管片的纵向拉伸强度及热塑性塑料维卡软化温度必须满足表 4 中的技术要求;填充砂浆强度应符合要求,砂浆强度要求见表 5。

表 4 管片材料性能要求

检验项目	技术指标	检测值	检验方法
纵向拉伸强度 /MPa	>40	48.6	GB/T 1040.2
热塑性塑料维卡软化温度 / $^{\circ}\text{C}$	>60	85.0	GB/T 1633

表 5 填充砂浆的强度要求

检验项目	技术指标	检测值	检验方法
抗压强度 /MPa	>30	56	GB/T 50448

4.4 功能性试验

修复后的管道应进行严密性试验。可采用闭水试验,实测渗水量应小于或等于允许渗水量,允许渗水量按 $Q_e = 0.0046 \text{ DL}$ 计算,其中 Q_e 为允许渗水量,DL 为试验管道内径。管径大于或等于 $\text{DN}1500 \text{ mm}$ 时,还可采用内渗法进行严密性试验。具体应严格按照《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008)中的规定执行。经试验确认,修复后的管道密闭性符合设计要求。

(下转第 180 页)

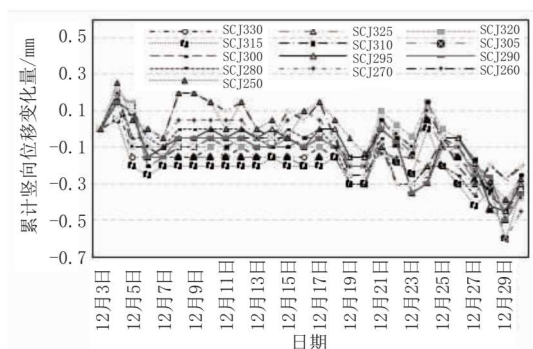


图13 各监测点竖向位移监测历时变化曲线图

别给出了基于单台和多台全站仪的组网方法,列举了相关的平差计算模型。通过工程案例可以看出,使用1台全站仪进行自动化监测,在测区两侧设置后视控制大棱镜,采用多点后方交会的平差计算方法,仪器台平差精度可优于 $\pm 0.5\text{ mm}$;当测区范围较广,为实现整个控制网的实时自动化监测,必须采用多台全站仪串联的方式进行组网,通过设置传递棱镜的方式,其控制网精度基本能控制在 $\pm 1\text{ mm}$ 左右,

满足自动化控制网的观测需求。

参考文献:

- [1] 梅文胜,张正禄,郭际明,等.测量机器人变形监测系统软件研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2002(2):165-171.
- [2] 梅文胜,张正禄,黄全义.测量机器人在变形监测中的应用研究[J].大坝与安全,2002(5):33-35.
- [3] 梅文胜,张正禄.测量机器人控制网观测与数据处理自动化研究[J].大坝与安全,2003:37-38.
- [4] 潘国荣,李伟.多台测量机器人在地铁隧道自动化监测中的开发与应用[J].山东科技大学学报(自然科学版),2015(2):79-85.
- [5] 段伟.地铁隧道结构稳定性自动化监测系统的应用[J].测绘通报,2015(9):91-94.
- [6] 杨帆,赵剑,刘子明,等.自动化实时监测在地铁隧道中的应用及分析[J].岩土工程学报,2012(8):162-166.
- [7] 梅文胜,刘涛.TS30/TM30 测量机器人变形监测系统研究[J].测绘地理信息,2014(2):45-48.
- [8] 徐春明,汪春桃,孙泽信,等.地铁保护区变形自动化监测技术应用研究[J].工程勘察,2014(12):70-74.
- [9] 徐正扬.边角后方交会的精度分析及应用[J].解放军测绘学院学报,1985(1):1-13.

(上接第174页)

5 结 语

采用管片内衬法实施管道修复过程中,除严格按照规范及设计要求切实注重质量以外,施工前还需对管片和填充砂浆的材料采购、管片运输装卸保护、材料送检等工程进场准备工作严格把关。施工过程中需持续加强管片拼装机注浆施工的质量控制,注意每道工序的施工管控与检验。管片拼接时,严格控制用于管片间密封的涂胶量及涂胶均匀度,控制承插位置及深度,采用专用扭矩扳手施工,保证管片拼接到位,接口严密。搅拌填充砂浆时严格按照设计配合比进行,并采用分层注浆,严格控制注浆高度,最

后一次注浆严格控制注浆速度及注浆压力以保障注满注实。针对管片内衬法修复施工的常见质量问题,及时采取预防措施,发现影响质量的因素应及时整改,才能有效保证施工质量。严格按照规范及设计要求进行验收工作,才能确保修复后的大管径箱涵平稳安全运行。

参考文献:

- [1] 杨后军,孙大为,孙跃平,等.管片模块法在特大型排水管道整体修复中的应用[J].非开挖技术,2021(6):29-33.
- [2] 杨万航,王丰,张超,等.市政HDPE缠绕增强结构壁管(B型)施工质量控制[J].中国给水排水,2022,38(6):14-19.