

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.03.048

无锡市某道路污水主管采用机械螺旋缠绕修复工程案例

漆磊廷,陈秋萍,周彬宇

(无锡市政设计研究院有限公司,江苏无锡 214072)

摘要:针对无锡市某道路 DN600 管管身和管道接口处均出现不同程度的破裂和脱节等结构性缺陷,经过反复论证,确定采用机械式螺旋缠绕管技术进行修复。分析了机械式螺旋缠绕管技术原理、设计重点、施工流程及质量控制要点等,总结出该法具有可带水作业、不影响过流、施工简洁迅速等优点,所修复的工程取得了较好效果。

关键词:污水管;结构性缺陷;机械螺旋缠绕

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-0190-03

0 引言

在 2019 年初住房和城乡建设部、生态环境部、发展改革委发布的《关于印发城镇污水提质增效三年行动方案(2019~2021)的通知》中,明确要求加快补齐城镇污水收集处理设施短板,提高城镇污水收集效能,做好污水管网排查和检测修复工作。排查出存在破裂、渗漏、错口、脱节等结构性缺陷的污水管,绝大部分位于城市主干道下,埋深较深,且周边存在燃气、电力、光纤和供水等多种管线,交通影响大,不宜开挖翻建修复。

此种条件下非开挖修复技术优势明显,但拉入式或翻转式原位固化法、钢内衬法及喷涂法等均对原管道内壁清理要求较高,且具有需连续、不带水作业等不足之处。而机械式螺旋缠绕管修复技术对原管道清洁度无要求,具有强度高,同时可带水作业等优点^[1-2]。

1 工程概况

无锡市某道路现状污水管径为 DN500、DN600,管道长度 1 199 m,原管道材质为钢筋混凝土管道、实壁 PE 管,该段污水管主要收集两侧地块污水。管道周边有燃气、电力、光纤和供水等多种管线。其中紧邻泵站约 300 m 段管径 DN600 的钢筋混凝土管道,因管道长期高负荷运行和外力影响,管身和管道接口处均出现不同程度的破裂和脱节,且局部存在

渗漏点,直接影响了污水管网及下游污水泵站的运行安全和可靠性,应对该管段进行结构性修复。

2 管道存在的问题

2.1 管道质量问题

根据 CCTV 检测结果,该段污水管存在脱落、破裂、错口、渗漏等结构性缺陷(见表 1、图 1~图 3)。

表 1 管道缺陷统计表

序号	管径	井段	缺陷情况	缺陷数量
1		WS1-WS2	变形 2 级、渗漏 1 级、错口 2	3
2		WS3-WS4	破裂 2 级	1
3	DN600	WS4-WS5	破裂 2 级	1
4		WS5-WS6	脱节 3 级	1
5		WS7-WS8	脱落 2 级、渗漏 2 级	2
6		WS9-WS10	渗漏 3 级	1



图 1 管道渗漏 3 级

2.2 管道竖向标高

污水由井 WS1 流向井 WS10 后进入泵站,通过全站仪测得起点井 WS1 管内底标高 -0.25 m,终点井 W10 管内底标高 -0.68 m;除井 WS3 至井 WS5 管段有 10 cm 倒坡情况,总体随管道水流方向顺坡。

收稿日期: 2022-06-09

作者简介: 漆磊廷(1990—),男,学士,工程师,主要从事市政给水、雨水、污水管网的设计研究工作。



图2 管道破裂2级



图3 管道脱节3级

2.3 管道平直度

原污水管为开挖施工,通过激光经纬仪测得管段的平直度最大偏差 55 mm,无明显起伏,管段平直度总体较好。

3 修复方案选择

基于以上检测报告评估结果,按照《城镇排水管道检测与评估技术规程》(CJJ 181—2012)判断该污水管道修复等级为Ⅲ级,修复指数为 6.4,结构在短期内可能发生破坏,应及时进行修复。由于管道埋深均在 4 m 左右,且紧邻泵站水量大、流速快,经反复论证,决定对此段管道采用可带水作业的机械制螺旋缠绕非开挖修复工艺。机械制螺旋缠绕非开挖修复工艺适用范围见表 2。

表 2 机械制螺旋缠绕非开挖修复工艺适用范围和使用条件

适用管径/mm	内衬管材质	工作坑需求	注浆要求	最大允许转角/(°)	局部或整体修复
200~3 000	PVC-U、PE 型材	不需要	根据设计要求	≤15	整体修复

4 机械式螺旋缠绕管修复技术简介

机械式螺旋缠绕技术首先是将预制好的 PVC-U 带状型材、不锈钢带及缠绕机运至待修复污水管段,完成缠绕机的井下安装后,将 PVC-U 带状型材及不锈钢带不断输送到井下的缠绕机上,以螺旋缠绕的方式将带状型材及不锈钢带进行推进,通过型材边

缘接缝的公母锁扣互锁。一个井段完成后根据设计要求对新老管之间进行灌浆处理,最终形成一条连续、高强度、具有良好水密性的钢塑型新管^[2]。机械制螺旋缠绕工艺示意图见图 4、图 5。

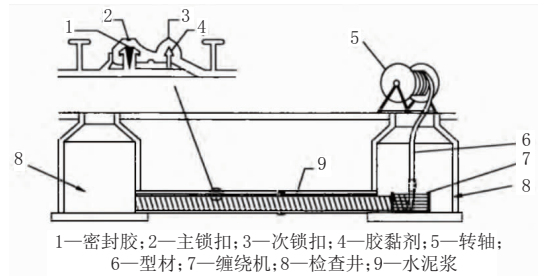


图 4 固定直径螺旋缠绕工艺

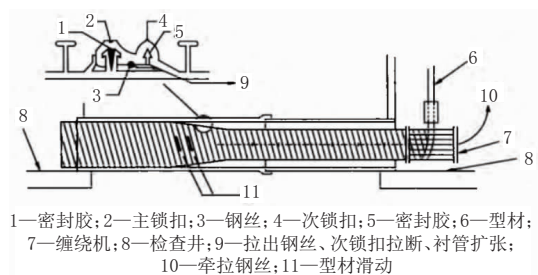


图 5 可扩张直径螺旋缠绕工艺

5 机械式螺旋缠绕管修复设计

5.1 内衬管修复设计

机械制螺旋缠绕非开挖修复技术主要用于对原有管道进行整体修复。该技术是将适合尺寸的 PVC-U 带状型材及不锈钢带缠绕,利用原管道形成“管中管”复合结构,具有刚性、强度、承载力更强以及耐腐蚀、耐渗漏、耐磨损的优点。

污水管道修复前后的过流能力比值应按下列公式计算^[1]:

$$B = \frac{n_e}{n_1} \times \left(\frac{D_1}{D_E} \right)^{\frac{8}{3}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: B 为管道修复前后过流能力比; n_e 为原有管道的粗糙系数; n_1 为内衬管的粗糙系数; D_E 为原有管道的平均内径, mm; D_1 为内衬管道内径, mm。

修复前后过流能力比值表见表 3。

表 3 修复前后过流能力比值表

D_E /mm	D_1 /mm	n_e	n_1	B
600	560	0.014	0.01	1.165

由于本工程采用 PVC-U 型材进行管内衬修复,修复后管道内壁较原混凝土管光滑,粗糙系数减小。通过修复前后过流能力比公式计算复核发现,修复后的管道过流能力是原管道的 1.165 倍,过流能力增加。

5.2 材料及附属设施

本工程管材采用PVC-U带状型材,型材质量应满足国标《塑料管道系统塑料部件尺寸的测定》(GB/T 8806—2008)中有关规定。管道接口采用型材边缘的公母锁扣互锁,同时将钢带紧密压合在接缝处;管缠绕过程中将密封剂和胶黏剂分别注入主锁扣和次锁扣中,管道接口的严密性应满足《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》^[1]标准测试要求。修复后形成的内衬管强度应满足独立管设计强度,环刚度应大于 8 kN/m^2 。对内衬新管与原有老管之间的环状空隙进行注浆处理,注浆材料及工艺应符合《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》^[1]中有关注浆工艺的规定。

6 施工操作要求与质量控制

6.1 施工操作要求

(1)封堵和调水。通常情况下,螺旋缠绕非开挖修复技术可带水施工作业(水深可达到 $20\sim 30\text{ cm}$)。当上游来水量过大或水流过急影响施工,威胁施工人员安全时,则需要封堵或调水。

(2)CCTV 管线探测。在进行修复施工之前,必须进行CCTV检查。通过复查确认、记录和定位管道内与检测报告不一致的特殊情况(如破裂加重,新增水泥硬块等)。若2个井段之间有支管,须精确测量和记录支管位置,待整段修复之后进行切割和密封。在管道清淤完成后,再次对管线进行CCTV检测,检测管道是否符合缠绕条件。本工程设计之前进行管道检测时已进行疏通清淤,且距离施工时间较短,故符合缠绕条件,无需再次清淤即可进行后续工序施工。

(3)母管(即待修复的管道)准备。根据管径选择人工清掏或高压疏通车冲洗的方式,对母管进行简单清理,将母管管道内的大件垃圾,如大块水泥、树根和其他物质进行清理。由于此次原管道管径为DN600,主要有变形、脱落、破裂、渗漏、树根等结构性缺陷,因此需根据非开挖修复规范要求对相应缺陷进行预处理,经CCTV检测具备缠绕修复条件后方可进场施工。

(4)人孔准备。螺旋缠绕管修复施工是在2个检查井段之间或其他适合的进口和出口进行的整段修复。因此,一般情况下只需打开检查井井盖即完成人孔准备。实际由于国内部分检查井未严格按照图集进行施工制作,存在检查井内径偏小等问题,有可能

需要对检查井进行改造后才具备条件。

(5)缠绕制管。型材卷扬机在地面安放到位后,将缠绕设备放入检查井内安放到位,启动型材卷扬机及缠绕设备,将型材和钢带同步送入检查井内进行缠绕施工。

(6)封堵注浆。内衬管道完全缠绕施工后,埋设注浆管,由注浆管进行注浆,对内衬新管与原有老管之间的环状空隙进行注浆处理,注浆材料及工艺应符合规范规定。

(7)检测及闭水试验。整段修复完成后采用CCTV进行初步检测,对修复管道的完整性和平直度进行评估,然后按照给排水管道施工及验收规范进行闭水试验,通过CCTV影像资料和闭水试验记录作为竣工验收的依据。

6.2 质量控制

(1)内衬管表面质量应符合规定。PVC-U带状型材与不锈钢带接缝应连接牢固,同时嵌合严密,无明显凹陷、突起、错台等现象,管道平直光滑,无环向扁平、纵向隆起、接缝脱离等现象。

(2)内衬后新管较原有管道的缩小量应符合设计要求。本次内衬管内径为 560 mm ,按规范要求应量测管道两端各1个断面,每个断面相应测垂直方向4个点,取4个点平均值作为该断面的代表值。本工程内衬新管设计厚度为 12.2 mm ,厚度正误差满足 $0\%\sim 20\%$ 允许误差范围。

(3)内衬新管与原有老管之间的环状间隙处理。目前比较常用的注浆材料为水泥浆液,细粉煤灰与水泥-水玻璃配比为 $4:6$ 混合浆液,水灰比为 $0.75\sim 1.0$ 。注浆压强经现场试验结果确定,一般为 $0.6\sim 3.5\text{ MPa}$,以分段注浆形式进行,通气孔分别设置在两端密封处。完成注浆后密封内衬管上的注浆孔,对管道端口进行处理,同时做好施工注浆记录。

7 实际效果

本工程采用机械制螺旋缠绕法对旧管道进行非开挖修复施工,修复总长约 300 m ,管道内衬完成后闭水试验合格。施工完成后,应用CCTV管道内窥检测系统车对管道施工质量进行检测,检测结果均满足设计要求,且通过竣工验收。管道修复后效果见图6。

8 结语

(1)机械制螺旋缠绕法非开挖修复技术可带水作

(下转第221页)

泥替代量的比例定为水泥掺量的0.15~0.2。

表 10 不同快硬水泥替代量灌浆料性能

快硬水泥替代量	流动度	4 h 抗折强度 /MPa	4 h 抗压强度 /MPa
0.1	12.8	1.6	8.7
0.15	13.2	1.9	10.9
0.2	14.2	2.2	11.8

6 结论

本课题首先通过正交试验确定满足性能要求的半柔性灌浆料配比,然后采用快硬水泥替代部分普通水泥的方法来提高灌浆料的凝结时间,具体结论如下:

(1)水灰比、矿粉、膨胀剂、减水剂及速凝剂显著影响半柔性灌浆料的流动度,而砂胶比对流动度的影响很小,水灰比是影响强度的主要因素,矿粉影响试件的早期强度,膨胀剂对试件的抗压强度的影响较大。

(2)通过数据分析,确定半柔性灌浆料的配比为(水泥:矿粉):水灰比:砂胶比:膨胀剂:减水剂:絮凝剂=(0.85:0.15):0.45:0.2:0.04:0.001:0.005。

(3)采用快硬水泥部分替代普通水泥,确定能够满足4h强度要求的快硬水泥替代量为0.15~0.2。

参考文献:

- [1] 吕豹译.法国新型路面标准结构手册[M].北京:人民交通出版社,1987.
- [2] 建设省中国技术事务所.半たわみ性コンポジット舗装の開発[J].道路建设,1992,531(4):52-60.
- [3] Schmidt R J, Santucci L E, Conge L D, et al. Performance characteristics of cement-modified asphalt emulsion mixes [J]. In: Association of

Asphalt Paving Technologists, 1973, 300-319.

- [4] Guirguis H R, Daoud E K, Hamdani S K. Asphalt concrete mixture with cement-coated aggregates[J]. In: Transportation Research Record No843, Washington D C, Transportation Research Board of the National Academies, 1982, 80-85.
- [5] Guirgeis H R, Daoud E K, Hamdani S K. Asphalt Concrete Mixture Made With Cement-Coated Aggregates[Z]. 1982, TRR 843:80-85.
- [6] WU S P, CONG P L, YU J Y. Experimental investigation of related properties of asphalt binders containing various flame retardants[J]. Fuel, 2006, 85(9): 1298-1304.
- [7] Monismith C I, Tayebali A A. Pavement deformation considerations in Asphalt Concrete Pavement sections[J]. Association of Asphalt Paving Technologists, 1988, 57:414-446.
- [8] 正素勤, 林绣贤, 楼海祥. 新型路面的复合材料——特种沥青混合料的研究[J]. 华东公路, 1989(2):76-81.
- [9] 谭积青, 张肖宁, 张太平. 半柔性铺装技术浅析[J]. 广东公路交通, 2000(2):7-9.
- [10] 潘大林, 张肖宁, 王树森. 半柔性路面水泥胶浆的配制研究[J]. 中南公路工程, 2000(2):6-7, 9.
- [11] 程磊, 郝培文. 基于体积法的半柔性路面母体沥青混合料设计方法[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2002(1):1-3.
- [12] 程磊. 半柔性路面用混合料性能及其设计方法研究[D]. 西安:长安大学, 2002.
- [13] 凌天清. 半柔性路面材料的微观结构分析及强度理论[A]//中国公路学会. 第四届国际道路和机场路面技术大会论文集[C]//中国公路学会, 2002.
- [14] 李常贵. 半柔性路面混合料设计方法[J]. 重庆交通学院学报, 2003(S1):42-48.
- [15] 王伟鹏. 半柔性复合路面材料与结构研究[D]. 长沙:长沙理工大学, 2012.
- [16] 吴国雄. 半柔性复合路面设计与施工[M]. 北京:人民交通出版社, 2009.
- [17] 成志强, 孔繁盛, 贾蓉蓉. 半柔性路面水泥基灌浆材料泌水性性能研究[J]. 中外公路, 2016, 36(4):276-279.

(上接第 192 页)



图 6 修复后管道

业,对原管道清理要求低,即使管道内有部分水流也可施工。

(2)机械制螺旋缠绕法非开挖修复技术不影响过流能力。内衬管道材质防腐性能强、摩阻系数小,

不仅提高了过流能力,且对过流能力长期运行更有保障。

(3)机械制螺旋缠绕法非开挖修复技术施工简单迅速。对于不同直径的管道,缠绕速度1~5 min/m,适用作业空间受限区域,遇突发情况可随时切断型材终止施工,恢复路面交通,因此对类似工程具有借鉴指导意义。

参考文献:

- [1] CJJ/T 210—2014, 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程[S].
- [2] 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):3.