

采用玻璃钢夹砂管内衬修复大口径污水管工程设计

刘金星, 刘 刚, 耿 震, 余步存
(无锡市政设计研究院有限公司, 江苏 无锡 214072)

摘 要: 江苏省某 DN1 800 污水主管运行近 25 年, 全长约 2.0 km, 因管道长期高负荷运行和受污水腐蚀影响, 管道存在严重结构性缺陷, 主要为腐蚀和渗漏, 严重影响城市污水管网运行安全和可靠性。该管段应做结构性修复更新, 经技术比选, 确定采用 DN1 600 玻璃钢夹砂管内衬修复, 修复后可延长管道设计使用寿命 50 年以上, 恢复主干管输水能力。

关键词: 大口径污水管; 玻璃钢夹砂管; 内衬修复; 工程设计

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)24-0085-05

Engineering Design of Large Diameter Sewage Pipe Lining Repairing with Centrifugal Casting Glass Fiber Reinforced Plastics (CCGRP) Mortar Pipes

LIU Jin-xing, LIU Gang, GENG Zhen, SHE Bu-cun
(Wuxi Municipal Design and Research Institute Co. Ltd., Wuxi 214072, China)

Abstract: A main sewage pipe of DN1 800 has been running in Jiangsu Province for nearly 25 years, with a total length of about 2.0 km. Due to high-load running and sewage corrosion for a long time, the pipe has serious structural defects, mainly corrosion and leakage, which seriously affect the operation safety and reliability of the urban sewage pipe network. So the pipe section should be repaired and structurally updated. After technical comparison, DN1 600 CCGRP mortar pipe was determined to be used for pipe lining repairing. After repair, the designed service life of the pipe can be extended for more than 50 years, and the water delivery capacity of the main pipe can be resumed.

Key words: large diameter sewage pipe; centrifugal casting glass fiber reinforced plastics mortar pipe; pipe lining repairing; engineering design

1 工程背景

江苏省某 DN1 800 污水主管运行近 25 年, 全长约 2.0 km, 因管道长期高负荷运行和受污水腐蚀影响, 管身和管道接口处均出现不同程度的混凝土剥落和开裂, 加强钢筋和骨料裸露, 且局部存在渗漏点, 严重影响城市污水管网运行安全和可靠性。该管段应做结构性修复更新, 要求设计使用期限不低于 50 年。由于该段污水管位于城市主干道且埋深较深, 不宜开挖翻建, 经技术比选, 确定采用 DN1 600 玻璃钢夹砂管内衬修复。

玻璃钢夹砂管道内壁光滑不结垢, 粗糙率仅为

0.009, 在相同流量及输水压力条件下, 虽然过流断面减小, 内衬新管后过流能力将大于现状管道实际过流量, 并可以满足其初始的设计流量。采用此非开挖技术, 可以实现原管位修复, 避免全线大开挖施工, 修复后达到延长管道设计使用寿命 50 年以上, 恢复主干管输水能力。

2 管道存在的问题

2.1 管道质量

2.1.1 管道结构性缺陷

根据管道闭路电视系统 (CCTV) 检测结果, 该污水管结构性缺陷主要为腐蚀和渗漏, 其中管线全

段重度腐蚀,1级渗漏15处,2级渗漏4处。管道腐蚀现状见图1。

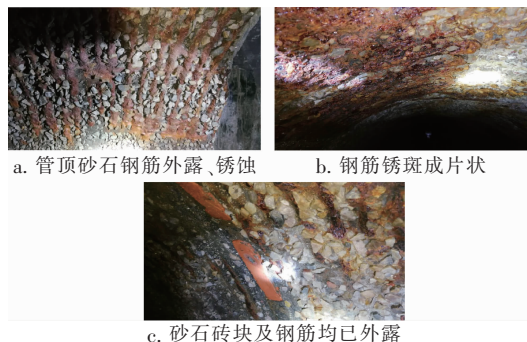


图1 管道腐蚀现状

Fig.1 Pipe corrosion conditions

2.1.2 管道结构性缺陷成因分析

① 该段污水管已建成运行近25年,当时管材生产工艺和标准相对较低。

② 非满管运行,管道内存在硫化氢气体,对管道有一定腐蚀作用,日积月累,腐蚀越来越严重,进而出现渗漏等结构性缺陷。

③ 个别时段污水量较大,管道处于满管运行状态,污水对管道腐蚀处的冲刷加剧管道的损坏。

2.2 管道平直度

该段污水管原采用开挖施工,此次采用激光经纬仪对管段平直度进行了测量,总体较好,最大偏差为80 mm。

2.3 管道竖向标高

管道起点管底标高为0.8 m,终点管底标高为-1.25 m,总体由北往南沿管道水流方向顺坡,其中个别管段出现小幅度倒坡情况,最大高差≤20 cm。

3 修复方案选择

基于以上检测评估结果,该管段应做结构性修复更新,设计使用期限不得低于50年。根据现场情况调查,经研究拟采用以下方案:原位开挖更换管道、HDPE短管贴壁内衬、玻璃钢夹砂管内衬。

3.1 原位开挖更换管道

对需要修复段现状管道进行开挖拆除,并沿原管位重新铺设DN1 800的钢筋混凝土管。现状管线平均埋深约为5.5 m,管中心距离运河驳岸约为11~15 m。

该段管道位于沿河绿化带内,开挖施工可采用12 m的IV型拉森钢板桩进行支护,钢板桩采用双排密打,双排拉森钢板桩间距为3.8 m。开挖施工时

需迁移一根DN200中压燃气管约200 m,迁移电信(含移动及省管国防光缆)管约70 m,绿化迁移及恢复约7 000 m²等。

3.2 HDPE短管贴壁内衬

短管焊接内衬修复技术,可用于对原有管道进行整体或局部修复。该技术是将适合尺寸的HDPE管插入需要修复的原有管道内,利用原管道的刚性和强度为承力结构以及HDPE管耐腐蚀、耐磨损、耐渗透的特点,形成“管中管”复合结构,使修复后的管道具备综合性能。

修复后管道的过流能力与修复前的比值应按下式计算:

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

式中 B ——管道修复前后过流能力比

n_e ——原有管道的粗糙系数,取0.014

n_1 ——内衬管的粗糙系数,取0.01

D_E ——原有管道的平均内径,取1 800 mm

D_1 ——内衬管内径,取1 730 mm

经计算, $B=1.232$ 。

若采用HDPE短管内衬进行修复,由于修复后管道内壁较原混凝土管光滑,粗糙系数降低,使得修复后部分管道的过流能力比原管略有增加。

3.3 玻璃钢夹砂管内衬

将DN1 600玻璃钢管吊入发射井后由电动绞车逐节牵引入原管道,在原管内布管后,玻璃钢内衬管道之间通过FWC接头,采用特定机械连接工具进行连接。新旧管之间的环向间隙,则通过由内往外压力注浆固定玻璃钢管内衬管道,确保内衬管道长期稳定运行。

玻璃钢夹砂管内衬修复示意图2。

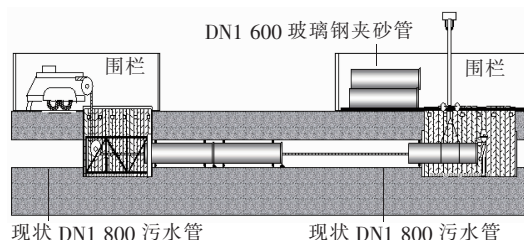


图2 内衬修复示意

Fig.2 Lining repair with CCGRP mortar pipe

原DN1 800混凝土污水干管已运行近25年,管道内壁腐蚀严重的条件下,粗糙系数 n_e 取0.30(—

般取值范围为 0.30 ~ 3.50),内衬修复后管道过流能力与修复前过流能力比值 B 计算如下:

$$B = (0.30/0.009) \times (1\,585/1\,800)^{8/3} = 23.7。$$

DN1 800 钢筋混凝土污水管内衬 DN1 600 玻璃钢夹砂管道后,过流能力高于原旧混凝土管的过流能力。

3.4 修复方案对比

原位开挖更换管道、HDPE 短管贴壁内衬修复和玻璃钢夹砂管内衬修复对比见表 1。

表 1 三种修复方案对比

Tab. 1 Comparison of three repair plans

修复方案	优点	缺点
原管位开挖换管	①原管位翻建,不占用其他位置; ②新建管道质量有保障	①交叉管线多,施工困难; ②造价高,施工周期长
HDPE 贴壁内衬	①对现状管线无影响; ②适合现状管线不平直的情况; ③完成后管道耐腐蚀性好; ④不需要改造检查井	①使用较少; ②对原有管道结构强度提升作用不大; ③适用于管径 ≤ 800 mm 管道; ④焊缝多且长,增加渗漏风险
玻璃钢管内衬修复	①更新为完全独立结构性材料,新管道使用寿命长; ②管道摩阻系数小,过流能力强; ③管道防腐性能好,且不结垢; ④施工进度较快	需要改造检查井

针对该工程管径较大、工期较紧等实际情况,综合考虑管道修复的可靠性、施工难度、工期以及工程造价等因素,最终确定采用玻璃钢夹砂管内衬修复方案。

4 玻璃钢夹砂管内衬修复案例及流程

4.1 玻璃钢夹砂管内衬修复案例

- ① 2006 年,上海市水电路 DN900 自来水管内部锈蚀严重,经常爆管;采用 DN800 玻璃钢夹砂管内衬修复,目前运行良好。
- ② 2012 年,香港特别行政区政府渠务署 DN1 800 污水管干管渗漏,采用 DN1 600 玻璃钢夹砂管内衬修复(带水修复),目前运行良好。
- ③ 2017 年,嘉兴市秀洲区东方路 DN1 200 污水管破损,采用 DN1 000 玻璃钢夹砂管内衬修复,目前运行良好。

4.2 玻璃钢夹砂管内衬修复流程

玻璃钢夹砂管内衬修复流程见图 3。

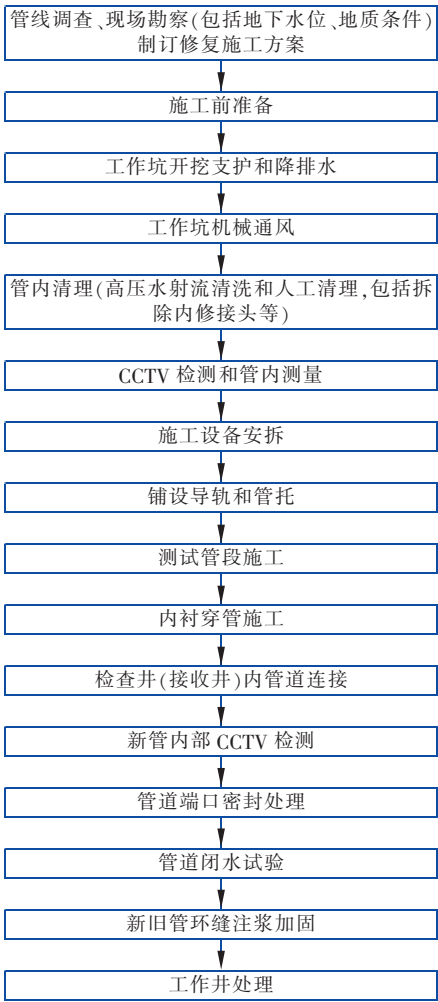


图 3 工艺流程

Fig. 3 Flow chart of process

5 内衬修复工程设计

5.1 施工前期准备及施工方法

施工前应根据原有管道纵向起伏测量和水平方向笔直度检测结果,合理选择内衬管道的管节长度,通过牵引、顶推或两者结合的方法置入原有管道中。管道牵拉速度不宜大于 0.15 m/s,在管道弯曲段或变形较大的管段中施工应减慢速度。非开挖内衬玻璃钢夹砂管道需在部分原检查井位置设工作井,工作井分分管井和牵引下管井两种,均采用拉森钢板桩支护开挖,顶进坑尺寸为 10 m × 4 m,牵引坑尺寸为 8 m × 4 m。顶推施工时,内衬管道在工作井内进行连接,对接后顶推应在前方牵引下控制连续内衬管轴线实现管节姿态调整,精确内穿管道。牵引法

施工时,内衬管道在原有管内进行连接。

顶推+牵引控制法,采用120 t液压顶管机顶推DN1 600新管,同时用10 t电动绞车(慢速牵引机)牵引,控制连续内衬管轴线实现管节姿态调整,精确内穿管道。布管完成后,新旧管之间的环向空隙通过由内往外压力注入水泥砂浆以固定内衬管道,确保内衬管道长期稳定运行。

工作井设计如图4所示。

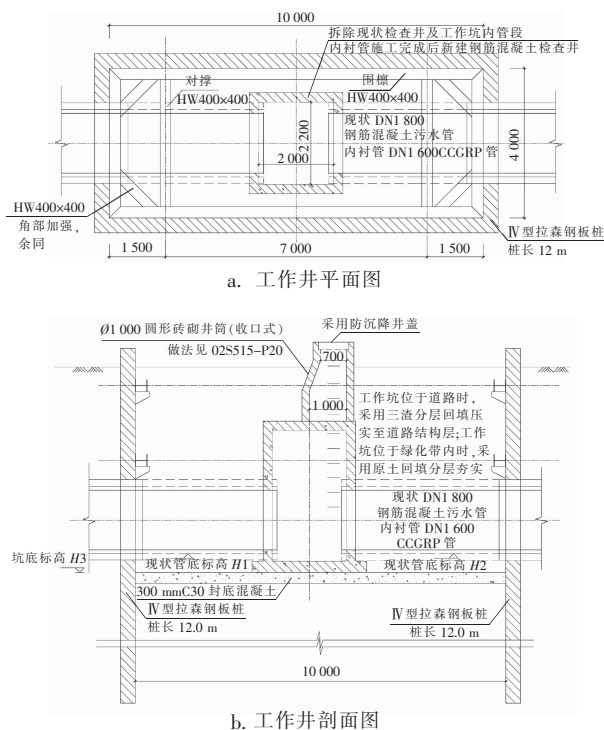


图4 工作井设计图

Fig. 4 Working manhole plan

5.2 材料及附属设施

① 管材

该工程采用的内衬离心浇筑玻璃钢夹砂管规格为DN1 600,外径为1 638 mm,环刚度为SN5 000,壁厚为27 mm^[1],管材质量标准按《玻璃纤维增强塑料夹砂管》(GB/T 21238—2016)执行。

② 管道接口

管道接口采用套筒式接头,借助倒顺牙式宽体橡胶密封圈,其由三元乙丙胶材料制成,具有连接简便、密封性好的特点^[2]。接头质量按照《压力和无压力和排污塑料管道系统——基于不饱和聚酯树脂的玻璃增强热固性塑料(GRP)系统》(ISO 10467—2018)标准执行。

③ 管道基础及回填

工作坑内管道采用360°砂石基础。管道回填采用三渣回填至道路结构层底。

④ 检查井

顶管及牵引工作坑内非开挖内衬玻璃钢夹砂管道修复完成后重新砌筑2.2 m×2.0 m或Ø2.5 m钢筋混凝土检查井。检查井内外抹面至井顶,爬梯采用包塑钢或高分子复合材料构件。位于道路上的检查井井盖与道路路面齐平。机动车道内井盖采用重型铸铁防盗井盖,承载能力需达到D400级;采用铸铁井座。检查井井盖要与井座配套,安装时座浆要饱满;爬梯安装要控制好上、下第一步的位置,偏差不要太大,平面位置准确。井盖需满足《检查井盖》(GB/T 23858—2009)标准。

为避免在检查井盖损坏或缺失时发生行人坠落检查井的事故,污水检查井应安装防坠落装置。防坠落装置应牢固可靠,具有一定的承重能力(≥100 kg)。

5.3 新老管间隙注浆要求

为实现内衬管使用过程中的稳定和防渗目的,对于新旧管道之间的环状间隙,采用水泥浆液分段注浆,在玻璃钢夹砂管上开孔由内向外压注入,每5~8管节划为1个注浆段。当有支管存在时,注浆前应采取保护措施,注浆时浆液不得进入支管。通气孔应设置在两端密封处。注浆完成后应密封内衬管上的注浆孔,且应对管道端口进行处理,使其平整。内衬管与原管道间隙注浆量应进行记录。

内衬管道横断面见图5。

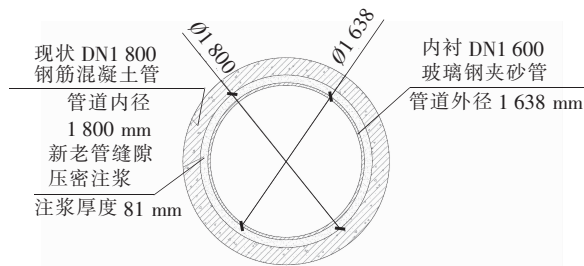


图5 内衬管道横断面

Fig. 5 Lining pipe cross-section chart

注浆浆液应具有流动性较强、固化过程收缩小、放热量低的特性。注浆配比为40%细粉煤灰及60%水泥-水玻璃混合浆液。其中水泥浆与水玻璃溶液体积比为1:0.25,水玻璃溶液浓度为35~40°Bé,注浆压强为0.6~3.5 MPa,水灰比为0.75~1.00,具体经现场试验确定。

5.4 现场遇到的问题及解决措施

① 修复管段沿线污水支管有污水流出,影响主管的修复工作,内衬修复施工前应对沿线污水支管进行核查,并进行封堵,为保证上游排水户正常排水,封堵支管设置临泵调水,待主管修复完成后确保每根支管都能接入主管内。

② 工作坑位置的选择应尽量避免其他现状管线,现场个别工作井位置与现状市政管线管位重合,需对产生影响的管线进行迁改或加固处理。

③ 由于工期紧张,为加快施工周期,合理降低工程投资,采取分段实施的方法,将待修复污水管分为3段,边检测、边设计、边施工,大大加快了施工进度,降低了调水难度。

6 工程投资

该工程总投资为2 662.60万元,其中工程直接费为2 054.80万元,工程其他费为298.13万元,工程预备费为188.23万元,建设期贷款利息为47.94万元,铺底流动资金为73.50万元。

7 修复效果

施工前将内衬管管材试块送至第三方质检机构检测,各项指标均满足设计及相关规定要求。管道内衬完成后闭水试验合格。施工完成后,利用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。污水管内衬修复完成已投入运行近一年,根据养护单位监测结果,未出现污水外溢和管道破损情况,彻底消除了原管道腐蚀和渗漏等结构性缺陷,管道运行情况良好。

8 设计特点

① 离心浇筑玻璃纤维增强塑料夹砂管结构强度高;更新为完全结构性管道,设计使用寿命可达50年以上;

② 防腐性能强(防腐性强的不饱和聚酯树脂,接口采用耐高油脂的丁腈橡胶);

③ 管道摩阻系数较原混凝土管道显著降低,提高了水力性能;

④ 新管材防腐性能强的树脂内衬层,长期运行不结垢,过流断面输水能力更有保障;

⑤ 柔性接头,内衬施工对原管道平直度要求较低;

⑥ 管道接头机械连接,柔性接口,防滑脱;

⑦ 施工迅速方便。

9 结语

采用玻璃钢夹砂管内衬修复大口径混凝土污水管,技术可行,经济效益明显,对类似工程具有借鉴意义。该工程的实施对当地改善污水管网运行安全与稳定性具有重要意义,可有效缓解区域水环境的污染,改善区域水域水质,对污水厂的稳定运行将起到非常重要的作用。

参考文献:

- [1] 郑春华,王明辉,金叶,等. 离心浇筑玻璃钢夹砂管在顶管工程中的应用[J]. 特种结构,2006(4):84-86.
Zheng Chunhua, Wang Minghui, Jin Ye, et al. Application of centrifugal casting FRP sand pipe in pipe jacking engineering[J]. Special Structures, 2006(4):84-86 (in Chinese).
- [2] 张艳. 玻璃钢夹砂管穿入旧管道,完成结构性管道修复[J]. 上海建设科技,2008(1):49-50.
Zhang Yan. Glass fiber reinforced plastics sand pipe penetrates into the old pipeline to complete the structural pipeline [J]. Shanghai Construction Science & Technology, 2008(1):49-50 (in Chinese).



作者简介:刘金星(1987-),男,辽宁葫芦岛人,本科,工程师,主要从事城市污水、工业废水处理以及市政给水、雨水、污水管网的设计研究工作。

E-mail:liujinxing123@126.com

收稿日期:2019-05-21