

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.16.022

上海白龙港片区 $\varnothing 3\ 600\ \text{mm}$ 合流污水总管修复实例

黄 薇

(上海市城市建设设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200125)

摘 要: 上海白龙港片区 $\varnothing 3\ 600\ \text{mm}$ 合流污水总管位于罗山路下方,轨道交通13号线盾构区间从下方垂直穿越,竖向距离仅4.2 m。为推进盾构,对该现状总管护管桥进行拔桩处理,造成总管严重沉降。针对以上情况,研究了复杂地下空间环境影响下的合流污水总管修复加固措施。通过在现状总管上下游新建骑马井,采用临管(浅敷)及井内临泵进行临排,使总管处于无水状态,继而对该总管进行非开挖不锈钢内衬加固,增强管道整体性,13号线盾构顺利穿越推进。目前该修复后的 $\varnothing 3\ 600\ \text{mm}$ 合流污水总管和13号线盾构区间均已竣工运行多年,状况良好。作为上海首个大口径排水总管临排及修复的实施案例,对类似工程具有一定借鉴作用。

关键词: 总管; 骑马井; 临排; 管道修复; 不锈钢内衬加固

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)16-0129-06

Rehabilitation Case of $\varnothing 3\ 600\ \text{mm}$ Combined Sewage Main Pipe in Shanghai Bailonggang Area

HUANG Wei

(Shanghai Urban Construction Design & Research Institute Groups Co. Ltd., Shanghai 200125, China)

Abstract: The $\varnothing 3\ 600\ \text{mm}$ combined sewage main pipe is located under Luoshan Road in Shanghai Bailonggang area, and the shield of metro line 13 crosses vertically from the below, with a vertical distance of only 4.2 m. The pile foundation of partial pipe protection bridge are pulled for shield propulsion, which result in severe settlement of the main pipe. In allusion to the above problem, the rehabilitation measures of the main pipe under complex underground space are studied. New riding wells are built at the upstream and downstream of the main pipe. Temporary pipes (shallow laying) and temporary pumps are used to keep the main pipe dry. Then the pipe is reinforced with trenchless stainless steel lining to enhance the pipe integrity. Eventually, the shield of metro line 13 is propelled successfully. So far, the rehabilitated $\varnothing 3\ 600\ \text{mm}$ combined sewage main pipe and metro line 13 have been completed and operated for many years. The main pipe is in good condition. As the first case of temporary drainage and rehabilitation of large diameter drainage main pipe in Shanghai, it can provide reference for similar projects.

Key words: main pipe; riding well; temporary drainage; pipe rehabilitation; stainless steel lining reinforcement

随着城市建设的快速发展,排水管道的建设逐年增加,城市地下管网的规模不断扩大,而地下空间

如轨道交通、地下隧道等建设也如火如荼,其与排水管道的关系错综复杂。在地下空间建设过程中对排

水管道造成破坏或形变等影响的情况时有发生。如何在复杂的地理环境影响下对现状管道进行修复加固,确保城市排水尤其是大口径排水总管安全运行,是近年来的研究热点。

本研究中 $\varnothing 3\,600\text{ mm}$ 合流污水总管(以下简称合流污水总管)是上海市污水治理二期总管,是白龙港片区污水外排中线和南线的连通管,位于罗山路下方^[1]。轨道交通13号线华夏中路站—中科路站区间盾构从其下方垂直穿越,与其竖向距离较近(约4.2 m)。该合流污水总管1号护管桥既有桩基中,有21根位于13号线区间盾构及3 m净距保护范围内,因护管桥的桩基主筋为通长布置,致使盾构施工无法穿越,因此需对护管桥桩基进行拔桩处理。监测数据表明,拔桩过程造成该总管沉降约51.3 mm,超过允许沉降值。

在13号线盾构推进过程中,将往返3次从合流污水总管下方穿越,对管道周边的土体扰动较大。此外,13号线运营后产生的振动亦会对该总管造成影响,可能产生管道脱节、渗漏等现象,导致严重后果。作者主要研究在复杂地下空间环境影响下的合流污水总管修复加固措施,保证13号线盾构顺利穿越推进以及该总管在地铁运行阶段的正常运行。

1 合流污水总管概况

上海市白龙港片区2035年规划日均污水量为 $360\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,污水通过污水二期总管中线、南干线以及污水二期总管南线等污水总干管收集后,输送至白龙港污水处理厂。合流污水总管(见图1)为白龙港片区罗山路连通管中的一段,除服务于华夏中、华夏西泵站的污水输送,还作为中线与南线总管之间的连通管,起到转输水量的作用。



图1 合流污水总管地理位置

Fig.1 Location of the combined sewage main pipe

罗山路(川杨河以北)下的合流污水总管采用 $3.3\text{ m}\times 3.3\text{ m}$ 箱涵,罗山路(川杨河以南)下的合流污水总管采用 $\varnothing 3\,600\text{ mm}$ 管道。合流污水总管于1999年12月25日建成通水,大部分采用PCCP管,部分采用钢管,设计内压为0.2 MPa,采用开槽埋管方法施工,覆土厚度为2 m。轨交13号线盾构垂直下穿合流污水总管。总管沿线共有A、B两座透气井,高出路面10.5 m,侧面设检修孔,两座间距为360 m。

2 合流污水总管与13号线盾构位置关系

轨交13号线华夏中路站—中科路站区间为单圆盾构区间,盾构直径为6.4 m,区间长1 768.147 m,区间顶覆土深度为10~23.1 m。两条盾构从华夏中路上下行线依次始发,中科路站接收。华夏中路站东侧还有一根进场线盾构。三条盾构分别从罗山路下合流污水总管下方正交穿越(见图2)。轨交13号线正线下行盾构的北边线在总管A透气井下方穿越;13号线正线上行盾构的南边线距离总管B透气井约330 m。区间盾构距合流污水总管竖向距离较近,约4.2 m。

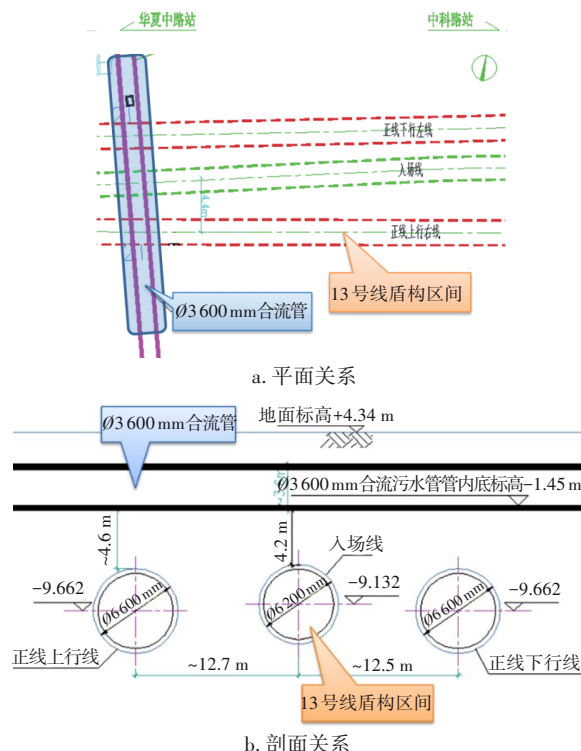


图2 合流污水总管与轨交13号线盾构的位置关系

Fig.2 Position relationship between the combined sewage main pipe and shield of rail transit line 13

3 合流污水总管的修复方案

3.1 总体方案

合流污水总管的修复方案主要分五部分:

① 临排。新建 J1、J2 骑马井,对盾构施工影响区段合流污水总管采取临排措施,使盾构穿越该段合流污水总管时,其为无水状态,并为该合流管内部加固、检修提供条件。

② 盾构施工前检测。对合流污水总管进行闭路电视(CCTV)检测,检查盾构推进前合流管内部情况。

③ 修复加固。对合流污水总管进行不锈钢内衬修复及管道四周土体加固,增强合流管整体性,保证盾构穿越后该管道不发生沉降。

④ 盾构施工后检测。盾构穿越后,对该合流管进行 CCTV 检测,了解盾构穿越后检测管道有无发生破坏。

⑤ 后期恢复。合流污水总管修复完成后,将临排设施、闸门等拆除,浇筑 J1 和 J2 骑马井顶板,作为检查井,内砌流槽。

具体工序:开挖基坑→砌筑骑马井底板、侧墙、中隔墙,预留顶板钢筋→泵站配合,降低管道水位→切割合流污水总管,清除垃圾→安装叠梁门、水泵等临排设施→临排启用→管道不锈钢内衬加固→浇筑骑马井下料顶板→泵站配合,降低管道水位→拆除闸门、临排设施等→浇筑盖板上方的钢筋混凝土顶板→覆土竣工。

3.2 临排方案

3.2.1 临排规模

根据前期调研,原设计在合流污水总管与南线总管的连接处设置一座闸阀井,用以控制南线和中线之间的水量调配,而实际该座闸阀井尚未实施,现状为封堵状态。因此该段合流污水总管目前无法起到转输水量的作用,仅服务于华夏中、华夏西泵站的污水输送,将污水由南向北排入中线管道,最终进入 M2 泵站。

华夏中、华夏西两座泵站的设计流量累计约 $3\text{ m}^3/\text{s}$,则临排规模为 $3\text{ m}^3/\text{s}$ 。

3.2.2 临排方案

由于合流污水总管沿线仅有两座透气井,需要在其 13 号线盾构穿越段的上、下游分别新建 J1、J2 骑马井^[2],为临排措施提供条件。

① 方案一:浅敷一根 $1\ 500\text{ mm}\times 1\ 200\text{ mm}$ 钢箱涵作为临管,同时设临时排水泵。

在上游 J2 骑马井中配置临时排水泵,并在其西侧设置 1 座钢制出水井(浅埋),即 J3 井。在 J1 骑马井和 J3 出水井之间设置一根 $1\ 500\text{ mm}\times 1\ 200\text{ mm}$ 临时钢箱涵,浅埋敷设(见图 3)。两座骑马井管段处各安装一座叠梁门(内径尺寸 $4.4\text{ m}\times 4.4\text{ m}$),使合流污水经 J2 骑马井内临泵→J3 出水井→临时钢箱涵→J1 骑马井排除,确保合流污水总管保持无水或半管水状态。



图 3 方案一平面布置

Fig.3 Plane layout of scheme 1

② 方案二:新建一根 DN1 500 钢管作为临管。

在两座骑马井西侧分别新建一座顶管工作坑和一座顶管接收坑,并新建一根 DN1 500 临排钢管,埋深约 5.8 m ,采用顶管施工,顶管完毕后内砌压力井,分别与骑马井接通,见图 4。

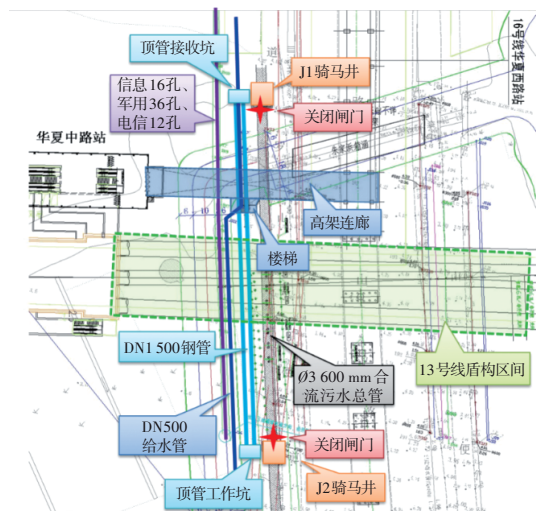


图 4 方案二平面布置

Fig.4 Plane layout of scheme 2

两座骑马井管段处各安装一座 $\phi 3\ 600$ mm的闸门(带水封装置),使合流污水从DN1 500临排钢管内通过,确保合流污水总管保持无水或半管水状态。

从施工周期、公用管线搬迁、施工风险、运行费用等4个方面对两种临排方案进行比较,具体见表1。

表1 临排方案比较

Tab.1 Comparison of temporary drainage scheme

比较内容	方案一	方案二
施工周期	较短(临时钢箱涵及J3出水井均浅埋于地面,施工较方便,施工周期较短)	较长(周边环境复杂,西侧有河道,东侧有合流污水总管桩基,北侧有地铁人行通道和楼梯的桩基及设施,顶管施工困难,施工周期较长)
公用管线搬迁	无需搬迁	需搬迁较多公用管线(周边现状敷设有军用、电信、信息电缆及DN500给水管,实施顶管工作坑及接收坑时需要搬迁公用管线)
施工风险	较低(浅埋临时钢箱涵及J3出水井,与盾构间距较大,施工风险较低)	较高(DN1 500临排钢管埋深约5.8 m,与盾构间距约4.2 m,距离较近,施工风险较高)
运行费用	较高(合流污水经临泵排除,需在J2井内配备6台临泵,运行费用约1 200万元)	较低(合流污水经DN1 500临时钢管排除,无需设临泵)

为了确保13号线华夏中路站—中科路站区间盾构能按时推进,同时提高盾构推进期间合流污水总管的临排运行安全性,推荐采用方案一作为临排方案。

3.2.3 工艺设计

J1和J2骑马井尺寸均为 $6\text{ m}\times 7.5\text{ m}$ 。在J2骑马井中配置6台临时排水泵(4用2备),其中3台泵(含1台备用泵)单泵设计流量为 $1.11\text{ m}^3/\text{s}$,扬程为83 kPa,功率为110 kW;另外3台泵(含1台备用泵)单泵设计流量为 $0.38\text{ m}^3/\text{s}$,扬程为94 kPa,功率为55 kW。在J2骑马井西侧设置1座钢制出水井J3,尺寸为 $4\text{ m}\times 6\text{ m}$ 。在J1骑马井和J3出水井之间设置一根 $1\ 500\text{ mm}\times 1\ 200\text{ mm}$ 临时钢箱涵,总长约240 m,浅埋敷设。

工艺设计分别见图5、6。

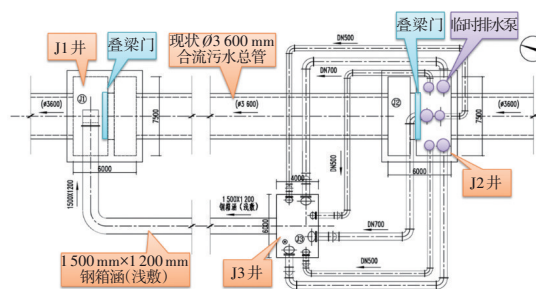


图5 临排方案工艺设计

Fig.5 Process design of temporary drainage scheme

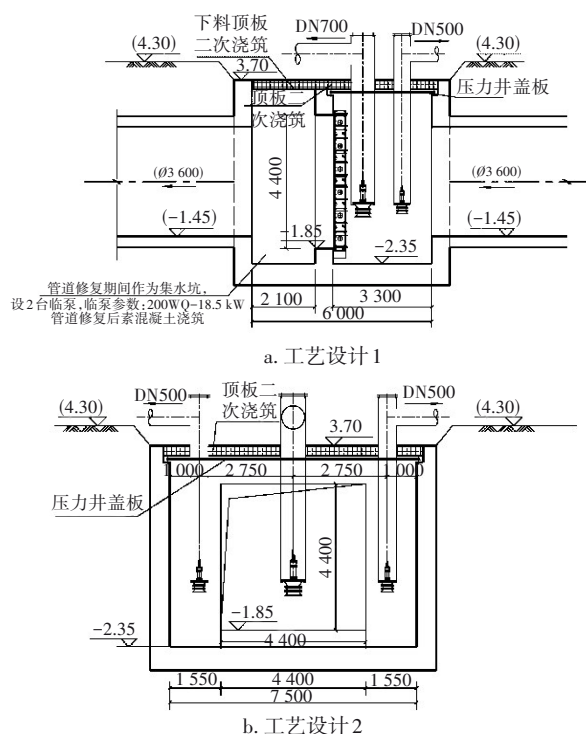


图6 J2骑马井工艺设计

Fig.6 Design of J2 riding well

3.3 CCTV检测

CCTV技术是目前国内外用于管道状况检测较为先进和有效的手段。将摄像设备置于管道内,根据检测的影像数据,通过软件和人工对渗漏、结垢、腐蚀、穿孔、裂纹等情况进行判读,全面且直观地检查排水管道的结构性和功能性状况^[3-5]。

通过临排使现状合流污水总管处于无水状态,随即对其进行CCTV检测,检测范围为J1骑马井~J2骑马井之间的现状总管,总长228 m,共38个接口。

根据检测报告,管道整体结构尚可,管身无裂缝、脱节、腐蚀、结垢等情况。接口部位纵向错位偏移不明显,但部分管道接口下部横向错位较明显大于上部,14个接口出现渗漏情况。其中有11个接口

出现一级渗漏(轻微),管壁上有明显水印,说明有地下水渗入;有3个接口出现二级渗漏(中等),水间断从缺陷点流出,地下水渗入较为严重(见图7)。同时,由于拔桩和盾构穿越的共同作用,现状合流污水管沉降较为严重。

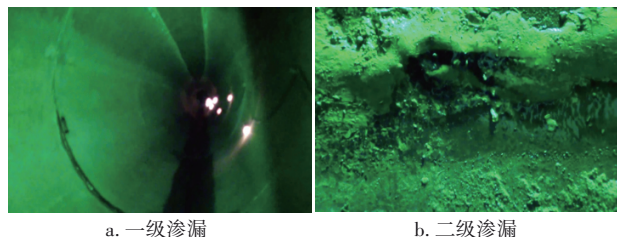


图7 CCTV检测结果

Fig.7 CCTV detection result

3.4 加固方案

3.4.1 土体加固

在盾构穿越现状合流污水总管的228 m范围内,沿线管道采用连续加固,即管底以下2 m至管底以上1 m范围采用全方位高压喷射工法(MJS)加固,从而大幅减少施工对周边环境的扰动,并保证管线安全。

3.4.2 管道不锈钢内衬加固

近年来,我国各地在给排水管道非开挖修复技术的研究和应用方面取得了较大进步,已引起广泛关注^[6-7]。合流污水总管为上海市污水治理二期总管,且其距离地铁位置较近,考虑到13号线区间盾构施工推进以及后期运行振动均会对合流管安全运行产生影响,同时综合周边复杂的地下空间环境和CCTV的检测情况,采用施工较成熟、内衬效果较好、对周边环境影响较小的不锈钢管片内衬,增强合流管整体性,延长管道使用寿命。加固范围为J1骑马井~J2骑马井之间的现状总管,包括透气井的加固。

不锈钢管片内衬技术是在旧管道内部安装已加工好的不锈钢管片,通过铺装及支架定位后在管道内部进行焊接,整体成型,从而达到管道加固、防渗防裂的目的,亦可提高原管道耐压水平。由于不锈钢内衬可以阻止管道内壁腐蚀,减小管道内壁粗糙度,增加水的过流量,使内衬后的管道更安全、轻便、经济,使用寿命更长,从而达到修复的目的。

不锈钢管片内衬的加固工艺流程:管道抽水→潜水员疏通→管接口堵漏剂修复→管壁凿毛→不锈钢管片加工、制作→不锈钢管片运输至需加固的

管道内→不锈钢管片在管道内铺装及焊接→焊缝检测→不锈钢管片与原管壁之间的间隙注浆填充。

内衬不锈钢管片采用16~20 mm厚的304不锈钢,管片采用4片式,管片与管片之间采用90°对接焊缝。不锈钢管片与原管之间采用水泥浆(标号为42.5的纯水泥浆)注浆填充,注浆点分别布置在12点、3点、6点、9点处,见图8。

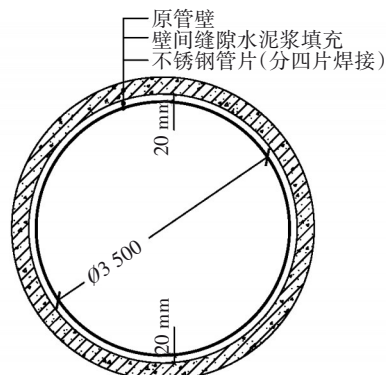


图8 不锈钢内衬横断面

Fig.8 Cross-section of stainless steel lining

3.5 后期恢复

恢复后骑马井工艺设计见图9。

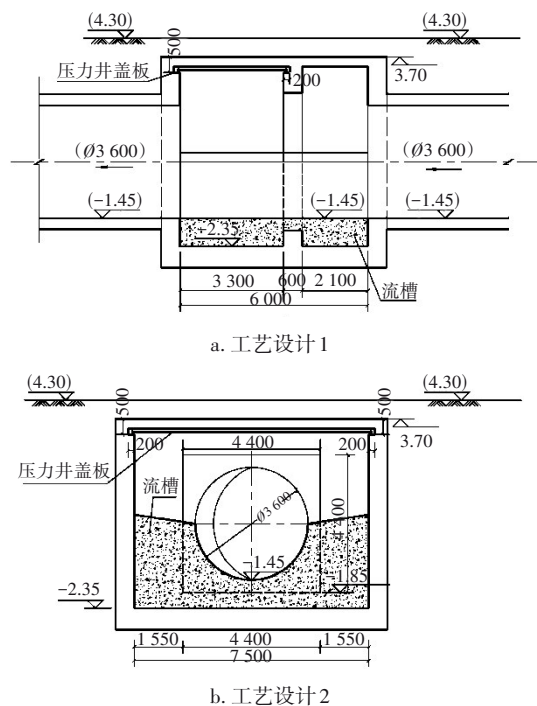


图9 恢复后骑马井工艺设计

Fig.9 Design of riding wells after reconstruction

盾构穿越后,对该合流污水总管进行CCTV检测,结果显示修复后的管道整体结构良好,未发生

破坏。合流污水总管修复完成后,将临排设施、闸门等拆除,浇筑J1、J2骑马井顶板作为检查井,内砌流槽。

4 结论

上海白龙港片区 $\varnothing 3\ 600\text{ mm}$ 合流污水总管和13号线盾构区间均已竣工运行多年,根据管理单位的反馈,运行效果较好,达到了设计要求,发挥了良好的作用。针对13号线盾构影响下现状合流污水总管沉降严重的情况,对复杂地下空间环境进行分析后,采用新建骑马井、浅敷临管同时设临泵进行临排,使合流污水总管处于无水状态,继而进行不锈钢内衬加固,确保了13号线盾构顺利穿越推进以及该总管在地铁运行阶段的正常运行。该合流污水总管的临排及修复是上海首个大口径排水总管临排及修复的实施方案,对未来类似大口径排水管道的临排和修复具有借鉴作用。

参考文献:

- [1] 张辰,徐国锋.上海市污水治理二期工程(一)[J].净水技术,2003,22(1):44-46.
ZHANG Chen, XU Guofeng. Second stage Shanghai sewerage project [J]. Water Purification Technology, 2003, 22(1): 44-46 (in Chinese).
- [2] 刘刚,华伟,惠伟.污水管道骑马井施工方式探讨[J].中国给水排水,2013,29(16):105-108.
LIU Gang, HUA Wei, HUI Wei. Discussion on construction method of riding well in sewer [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(16): 105-108 (in Chinese).
- [3] 牟丹,李永清,孙伟君,等.基于CCTV方法的排水管道检测技术与应用[J].管道技术与设备,2015(2):28-29,32.
MU Dan, LI Yongqing, SUN Weijun, et al. Detection technology and application of drainage pipeline based on CCTV [J]. Pipeline Technique and Equipment, 2015(2): 28-29, 32 (in Chinese).
- [4] 许州,王天宇,杨善,等.CCTV用于成都市锦兴路排水管道检测与评估[J].中国给水排水,2016,32(14):114-118.
XU Zhou, WANG Tianyu, YANG Shan, et al. Application of CCTV to detection and evaluation of sewer at Jinxing Road in Chengdu [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(14): 114-118(in Chinese).
- [5] 齐利华,祖士卿,马骥.珠海市某区域污水管网CCTV检测结果与建议[J].中国给水排水,2017,33(22):135-138.
QI Lihua, ZU Shiqing, MA Ji. CCTV inspection and thinking of a regional sewage networks in Zhuhai [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(22): 135-138 (in Chinese).
- [6] 周杨军,蒋仕兰,解铭,等.非开挖修复技术在城市排水管道维护中的应用[J].中国给水排水,2020,36(20):58-62.
ZHOU Yangjun, JIANG Shilan, XIE Ming, et al. Application of trenchless repair technology in urban drainage pipeline maintenance [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(20): 58-62 (in Chinese).
- [7] 罗智程.给水管道不锈钢内衬非开挖修复技术研究与应用[J].中国给水排水,2021,37(16):102-107.
LUO Zhicheng. Research and application of trenchless repair technology for stainless steel lining of water supply pipeline [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(16): 102-107(in Chinese).

作者简介:黄薇(1990-),女,上海人,硕士,工程师,注册公用设备工程师(给水排水),注册二级建造师,主要从事市政给排水相关设计工作。

E-mail:huangwei1@sudri.com

收稿日期:2022-11-08

修回日期:2023-02-13

(编辑:衣春敏)