

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyh.2024.07.055

临排中导管安拆施工的创新与实际运用

张文贵,张亦弛,余汉,林益虎,祁涛

(上海市政建设有限公司,上海市 200126)

摘要:中导管是管道非开挖修复施工中一种常用的临时导流设施。其以管节形式在待修复管道中逐节敷设,然后对两端进行封堵截流,将管道内的水流导流其中,创造管道内干仓环境,为管道修复提供条件。然而,由于中导管管节重、管道内空间狭窄及环境复杂,中导管的施工难度极大。为解决这一问题,设计并使用了一套新型设备,包括运输浮箱和固定式杠杆吊架。这套新型设备成功解决了中导管在管道内运输和拼接方面的施工难题,显著提高了施工效率,并带来了明显的经济效益和社会效益。

关键词:管道非开挖修复;中导管临排;运输浮箱;固定式杠杆吊架

中图分类号: TU992.23

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)07-0228-05

0 引言

随着我国城市建设不断发展,早期建设的城市干线排水管道往往已运行较久,结构性及功能性问题逐步突显,并渐次达到设计使用年限。主线管道管径大,运行任务重,受限于主要城区环境及经济成本,往往无法进行开挖更新。采用非开挖修复,既可充分利用原有管道,保障干线管道的正常运行,又可减小对城区环境的影响,并具有良好的经济性。

为实现大直径管道的非开挖修复,需将排水管道内的水流进行临时导流,以创造管道干仓修复环境。利用原管道空间,在管道中央布设临时导流管(即“中导管”)是一种有效的方式^[1]。中导管以管节型式沿原管道中央逐节连接敷设,并在管道上下游工作井对中导管两端进行封堵,将管道水流导流其中,实现管道内干仓环境,便可对原管道进行修复。待管道修复完成后,拆除中导管,恢复管道通水。

中导管的施工涉及水下作业和有限空间作业,管道内空间小,施工难度大,危险性大,中导管的运输及拼接极为困难。为此,在工程实践中开发了新型设备——运输浮箱和固定式杠杆架,解决了中导管的施工难题。

1 应用工程概述

1.1 工程概况

合流污水一期干线 1993 年建成通水,是上海中

心城区现状输送规模最大、服役年限最长的污水输送总管^[2]。总管已连续运行约 30 a,结构性、功能性问题逐渐凸显,工程范围内管段处于 3 级重度腐蚀状态(见图 1)。

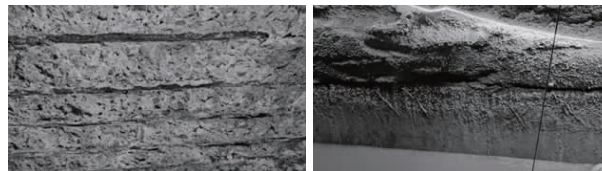


图 1 现状管道腐蚀情况

本项目为合流污水管道修复一期工程,工程全线沿中山北路敷设,施工标段管段全长约 1 019 m,管段内有现状井 2 座。管道修复工艺采用薄壁不锈钢内衬+壁后注浆的修复工艺^[3]。为满足管道干仓修复环境,采用地面临排及中导管临排的方式进行临时排水。同时,为满足修复期间临排设置、投料、人员进出等功能,新建骑马井 5 座。

1.2 创新发明背景

合流一期干线管线运行流量大,任务重,在管线修复施工期间,需保证其正常运行。本工程采用中导管和地面临排管(见图 2)作为管道修复期间的临排方式。其中,中导管承担临排流量达 1.7 m³/s。



图 2 临时排水示意图(中导管、地面临排管)

收稿日期: 2023-08-19

作者简介: 张文贵(1965—),男,本科,高级工程师,从事市政工程技术管理工作。

中导管管径为 DN1400, 材质为 Q235B 碳钢管, 壁厚 14 mm, 管节采用法兰连接, 接头压力等级不低于 0.6 MPa, 管节长 3 m, 管节重达 1.1 t (见图 3)。根据实际需要, 在管道错台或转弯处设置可挠曲式接头, 适应一定的变形要求。



图3 中导管管节

考虑到现状管道水流流量大, 且管道封闭空间狭窄, 为保障施工安全, 在早期且夜间低峰流量下, 方可进行中导管的施工。因此, 中导管的施工工期紧、任务重, 可连续作业时间短。经与上游泵站协商配合, 在天气晴朗时夜间 11 点至凌晨 4 点之间进行施工, 实际可连续作业时间约 4~4.5 h。在此工况下, 管道内水流深度在 0.6~1.0 m, 流速在 1 m/s 以内。

同时中导管的布置还面临有两大难题: (1) 管内空间狭窄, 中导管管节自重较重, 管内运输较为困难; (2) 中导管管节需要在老管内提升至圆心位置进行拼接、固定, 并与全段管节进行法兰连接。由于管道空间狭窄, 且缺乏起吊空间和固定空间, 常规起吊设备无法满足工况。

2 工程技术创新

虽然管道内环境复杂, 施工条件恶劣, 但也注意到其中的有利因素。(1) 施工条件下, 管道内有 0.6~1 m 范围的水深。若能借助水流利用浮力和水流作用搬运中导管, 将大大降低中导管的运输难度并提高运输效率。(2) 已安装完毕的中导管牢靠稳定, 其顶部可作为起吊装置的设置平台。若能利用其设计一种起吊装置, 将解决中导管的提升拼接问题。

为解决中导管运输及拼接的两大难题, 基于上述两大特点, 设计了新型施工辅助装备——运输浮箱和固定式杠杆吊架辅助中导管安装就位。

2.1 运输浮箱设计与分析

2.1.1 运输浮箱设计

设计运输浮箱作为管道内中导管的运输工具, 巧妙地借助现有老管内施工时 0.6~1.0 m 深度污水的流动及其浮力来运输管节。其设计需考虑管道直径、转角、运输重量、浮力效果等多方面因素。其三维

模型如图 4 所示。



图4 运输浮箱模型

浮箱由箱体和托架两大部分组成。箱体内部以 6 块 6 mm 厚钢板作为分仓加劲板, 用于保持箱体的刚度和承载, 如图 5 所示。箱体由 4 mm 厚不锈钢板焊接封闭, 以使浮箱能在水中排开较大体积的水以提供浮力。浮箱顶部设置 4 个千斤顶, 用于支撑中导管托架, 使中导管可平稳地放置在托架上。

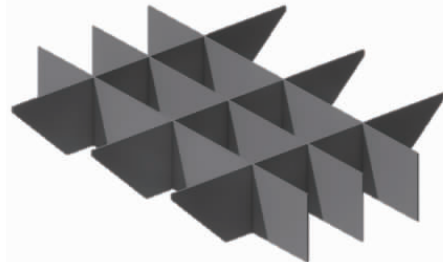


图5 分仓加劲板

浮箱底部设置 6 个导轮, 中部为主导轮, 两侧为底侧轮, 用于底部导向运动。箱体两侧分别设置 2 个侧轮, 避免浮箱与管壁直接碰撞。箱体顶板上设置 4 个吊耳, 用于吊装浮箱进入井下。

2.1.2 浮力效果分析

在实际施工中, 需要总浮力与装置及中导管总重相当。若浮力过小, 则省力效果不明显; 若浮力超过总重过大, 将增大运输中的风险性及操作的复杂性。因此, 在设计浮箱时, 应预先对浮力效果作定量分析, 使浮力符合预期。

浮箱总重为 700 kg, 中导管管节重量为 1 100 kg。根据不同水位下浮箱排开水流体积情况, 可得水深 - 浮力变化如图 6 所示。浮箱总体积为 1.79 m³, 可受最大浮力为 17.54 kN。60 cm 以上的水位可将浮箱主体淹没, 满足浮力效果。

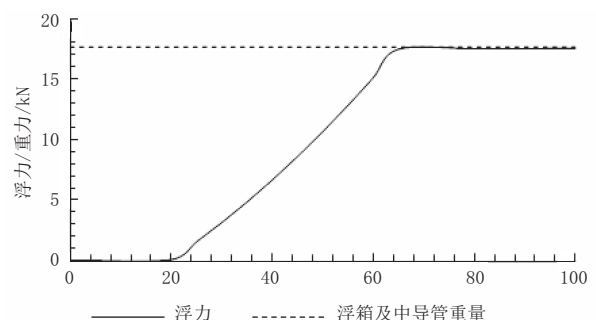


图6 水深 - 浮力变化

中导管及浮箱总重量为 17.64 kN, 浮箱提供的总浮力为 17.54 kN, 与重量相差 104 N, 相当于 10.7 kg 的重量。因此, 在使用浮箱后, 大大降低了中导管运输的难度。同时, 在水流的作用下, 浮箱可载着中导管只需人力轻轻推动即可轻松匀速前进。水中浮箱运输中导管模型如图 7 所示。

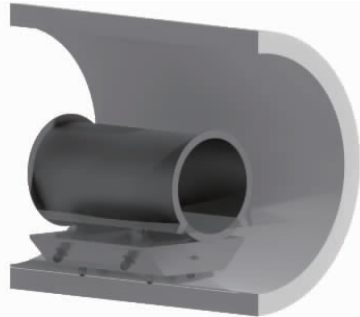


图 7 水中浮箱运输中导管模型示意图

在实际施工中, 运输浮箱取得了良好的经济效益和社会效益(见图 8)。



图 8 运输浮箱应用实例

2.2 固定式杠杆吊架设计与分析

2.2.1 固定式杠杆吊架设计

考虑到吊装设备布置的局限性, 大胆采用已安装的中导管作为支承平台, 设置固定式杠杆吊架可固定在中导管上, 然后用其提升前方一节中导管管节。杠杆吊架主要由支点固定盘、支柱固定盘、杠杆梁、起吊装置四部分组成。装置安装于已施工完成的中导管上, 装置支点固定盘以螺栓与中导管的后方法兰盘连接; 支柱固定盘支承于中导管上, 通过杠杆梁作为承重梁; 起吊部分设计有手拉葫芦, 通过手拉葫芦对前方将安装或拆除的中导管进行起吊, 如图 9 所示。

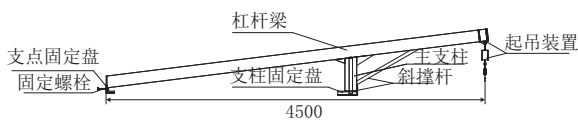


图 9 杠杆吊架设计(单位:mm)

支点固定盘由 10 mm 厚钢板焊接而成。固定盘上设置两处螺栓孔与中导管上法兰盘顶部两侧螺栓孔一致。在安装管节时, 预留这两个螺栓孔作为固定杠杆吊架的螺栓孔, 采用中导管连接所用的螺栓

(D.G8.8 螺栓)进行固定。

在工字钢端部设置起吊挂钩和 HSZ-2t 手拉葫芦作起吊装置。支柱固定部分以 10 mm 厚弧形钢板作放置盘, 可使杠杆吊架平稳放置在中导管上。在其中部焊接 14# 工字钢作为主支柱作支撑, 在主支柱两侧分别焊接一根倾斜的钢管 $\phi 48 \times 3$ 作斜撑。杠杆吊架在中导管上的布置如图 10 所示。



图 10 杠杆吊架模型

2.2.2 杠杆架安全性分析

中导管后期需承担管内水流重量, 其安装牢靠稳定。对于设计的辅助装备杠杆吊架, 需分析其使用时的受力情况, 并通过计算确保其安全可靠满足要求。主要分析杠杆主梁的强度及刚度, 以及支点端的螺栓抗剪强度。

根据结构受力情况及主要分析对象, 将左侧螺栓连接与中部支腿处焊接简化为铰接型式进行分析, 结构受力如图 11 所示。

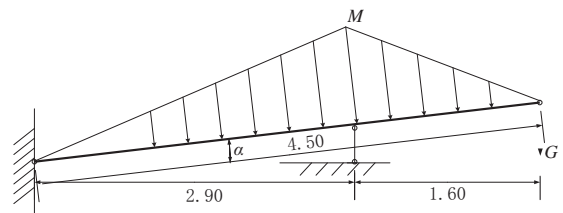


图 11 受力计算简图(单位:m)

经计算, 杠杆主梁最大弯矩 $M_{\max}=20.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$; 最大拉应力 $\sigma_{\max}=146.24 \text{ MPa}$, 小于 $[f]=215 \text{ MPa}$, 且小于 $0.8[f]=172 \text{ MPa}$; 最大剪应力 $\tau_{\max}=4.93 \text{ MPa}$ 。故工字钢强度满足要求。

同时, 工字钢受集中荷载挠度 $\omega_{\max}=-0.48 \text{ mm}$, 小于 $[l]=l/500=1.6 \text{ mm}$, 故工字钢杠杆梁满足刚度要求。

对于结构左侧螺栓, 螺栓处受力 $F_Q=1.6G/2.9$, 所以 $\tau=F_Q/2S$, S 为螺栓截面积。计算得 $\tau=1.0 \text{ GPa}$, 8.8 级螺栓抗剪强度为 8.8 GPa, 因此螺栓强度满足要求。

实际应用如图 12 所示, 运输浮箱运输中导管到

位后,通过杠杆吊架对中导管进行提升,两新型装置具有很好的协调性。

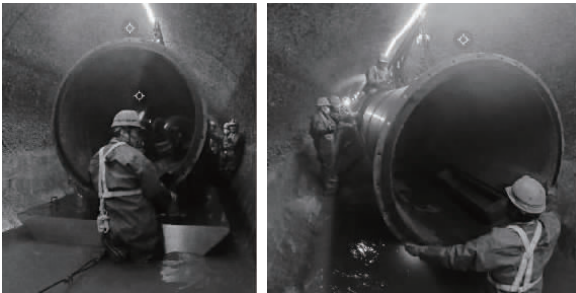


图 12 管节运输提升实例

2.3 创新设备操作要点

2.3.1 下游井位中导管安装

中导管拼接施工时,首先布置下游井位第一节或第一节、第二节管节(视井位大小定),通过吊车将管节吊入井位,然后进行中导管支腿安装及首节管端头加固。井位部分的中导管可通过外部吊机直接吊入并进行安装,因此不存在拼接上的难题。在井位部位的管节安装完成后,即可在其上设置杠杆吊架,用于后续的中导管提升及安装。

2.3.2 中导管运输

除可直接在下游井位安装的中导管管节外,其余中导管管节均从上游井位运输至安装位置。

中导管运输前,首先从上游井位将浮箱吊放至井内,并用卷扬机的钢丝绳通过锁扣与运输浮箱拖车勾连接,以固定浮箱,防止浮箱被水流带走。卷扬机可布置在井外,通过导向滑轮将其钢丝绳导向至管道内,用于拉住浮箱及将浮箱从运输中导管至安装位置后的下游拉回,减少人力投入。

将中导管通过合适的吊车吊至井内,平稳地放置在浮箱上。在下吊时,井下作业人员应稍远离吊点位置。待吊车将中导管下吊至底部时再由人工辅助控制,将中导管平稳放置在浮箱顶部的弧形托架上。如图 13 所示,待中导管放稳后,取下吊车钢丝绳锁扣,再取下后方固定浮箱的钢丝绳锁扣,由人工辅助借助水流作用将中导管顺流运输至中导管安装处。



图 13 上游井位中导管运输实例

2.3.3 中导管拼接安装

中导管运输到位后,通过杠杆吊架提升至相应位置,如图 14 所示。

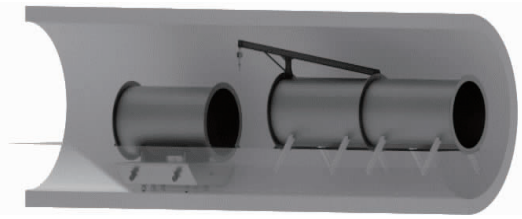


图 14 中导管运输及拼接模型示意

杠杆吊架安置在待安装管节的上一节管节,每安装完一节中导管,将其前移至安装完的中导管,用于提升待安装的中导管。

在浮箱运输中导管到位后,使用杠杆吊架通过其手拉葫芦,使用吊带将中导管提升,并使用卷扬机的钢丝绳将浮箱撤去上游井位以运输下一节中导管。将中导管管节提升至与已安装的中导管对齐,使用钢筋穿孔辅助进行法兰盘螺栓对孔并初步安装螺栓,同时人员从侧面安装中导管支架。支腿安装牢靠后将螺栓拧到位,然后再撤去后一节中导管上的杠杆吊架并安装至当前管节,后续安装以此类推。

3 经济及社会效益

3.1 新型装置性能分析

本套创新设备的使用取得了良好的效果。本工程另一标段采用常规小推车进行管节运输(见图 15)。相较于传统施工方式,本次施工取得了如下优势:



图 15 常规小推车实物

(1)新型设备操作简单,安全性高。运输浮箱借助浮力及水流作用,轻便省力,安全性高。杠杆吊架操作时,人员均可位于安全位置,不用在中导管下方操作,提升方便,安全性高。

(2)新型设备施工简便,人力投入少。中导管施工新型设备施工需投入 12 人/班次(6 人运输+6 人拼装),常规设备需投入 20 人/班次(12 人运输+8

人拼装),人力投入减少40%。

(3)新型设备工效高,缩减了工期。相同的施工条件下,新型设备中导管施工190 m用时20 d,常规设备施工约180 m用时35 d,工效提升约75%。

(4)新型设备制作简单,周转率高。新型设备制作简单,材料也是工程上的常用材料。常规小推车在运输中极易损坏轮子,新型设备由于浮力作用,重量大大减轻,设备可周转次数更高。

(5)新型设备更利于管道修复成品保护。在中导管拆除阶段,新型设备的采用大大减轻了拆除管节在管道上的压重,避免了运输中损坏已修复的管道内壁。

3.2 经济效益

新型设备运输浮箱和固定式杠杆吊架在经济效益上主要体现为缩减工期和减少人力投入。通过与同工程其他标段的对比,在人力投入方面可减少40%,在工效方面可提升75%。同时,新型设备制作简单,材料均为施工中常见的可回收材料,成本投入低。

除为项目带来直接经济效益外,新型设备还可为项目带来间接的增益效果,如可为后续管道修复施工预留更多的工期,对于项目后续工作中的人工费、措施费等产生较好的增益效应。

3.3 社会效益

新型设备的使用,为本标段节省了大量的工期。本标段工期紧、任务重,阶段性中导管施工及管道修复需在汛期前完成。

本工程第一阶段需于2023年5月底汛期前完

成第一阶段190 m的管道修复。借助新型设备,本标段第一阶段中导管施工仅耗时20个工作日,为后续的管道修复争取了大量的时间,并成功在汛期前如期完成了第一阶段的管道修复施工。

同时,围绕中导管的施工,还形成了多项创新专利,为未来的类似工程提供参考和借鉴。针对不同工况中导管的运输开发研究了低水位工况中导管运输浮箱和中高水位工况中导管运输双向泵气囊两项装置,针对中导管的提升研究开发了固定式杠杆吊架和管内移动式吊机两项不同装置,相关装置及其施工方法已申报创新专利。

4 结论

在工程实践中,常常会遇到各式各样的不利因素,通过对这些不利因素进行分析,往往会发现这些不利因素对立着其有利的另一面。如何通过这些不利因素分析出其有利的一面并加以利用,是工程创新的关键所在。本工程中,新型设备运输浮箱和固定式杠杆吊架正是将工程的涉水作业和吊装空间小的不利因素转化为了有利因素,既解决了施工难题,又节省了工期和成本,取得了良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 冯峻.不锈钢全断面内衬技术对重大排水管道保护的应用[J].山西建筑,2023,49(10):193-195.
- [2] 张大华.城市超大直径污水管道非开挖修复施工技术的应用[J].建筑施工,2022,44(10):2420-2424.
- [3] 李瑞典.不锈钢内衬修复技术及其应用研究[J].河南城建学院学报,2022,31(6):59-64.

(上接第212页)

- 46(增刊1):978-979.
- [4] 范远林,李本鑫.易渗漏地质条件下大直径超深钻孔桩施工技术[J].市政技术,2014,32(4):66-68.
 - [5] 毛奎,王昌喜.嘉鱼长江公路大桥超长桩旋挖钻配合冲击钻复合成孔技术[J].中外公路,2018,38(3):199-204.
 - [6] 邹明,胡培强.温州港状元岙港区二期工程斜桩冲击钻钻孔嵌岩施工技术[J].施工技术,2015,44(24):80-82,113.
 - [7] 冯忠居,刘闯,戴良军,等.中国海洋环境桥梁大直径深长桩基的应

- 用研究[J].筑路机械与施工机械化,2017,34(11),46-50.
- [8] 李嘉明.强潮流河段大直径桩基钢护筒沉放关键技术[J].公路,2013(9):109-113.
 - [9] 江和明,荣劲松.海上超长直径嵌岩钻孔灌注桩施工技术[J].水运工程,2015(2):156-162.
 - [10] 刘谭升.舟洲大桥深水大直径桩基成孔施工技术[J].铁道标准设计,2008(11):58-62.