

雨污分流顶管施工技术在市政给排水工程中的应用研究

李 瑞

(安徽圣合建设工程有限公司, 安徽 合肥 230041)

摘 要 城市化进程的推进,加重了市政给排水系统的承载压力,加之雨污合流现象的存在,极易引发城市内涝、水体污染等问题。为有效改善水环境,在市政给排水工程中,可尝试引入雨污分流顶管施工技术。本文从这一角度出发,简单介绍该类技术的应用原理及应用优势,结合工程实践,着重探究技术的应用要点,以期对相关工程的高效推进提供技术参考。

关键词 市政给排水工程;雨污分流顶管施工技术;顶管设备;管道顶进;注浆加固

中图分类号: TU992.05

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.03.021

0 引言

我国持续开展城市水环境治理工作,现阶段已进入攻坚关键期。通过开展雨污分流改造项目的方式,切实提升污水收集率及水体质量。在传统的市政给排水工程中,通常会采取开挖式工艺进行上述项目,但极易对周边建筑安全及交通秩序造成影响,背离现代化城市建设要求。顶管施工工艺优势明显,无需进行开挖操作,是雨污分流管道铺设中的不二选择。

1 雨污分流顶管施工技术概述

雨污分流顶管施工技术的实施原理主要体现在力的传递与路径控制层面。在具体施工中,工程人员需要提前布设施工轴线,并在其两端处开挖工作井与接收井,以顶进设备产生的水平推力,按照设计轴线逐步将预制管道顶入土层,以实现管道的精准铺设^[1]。此期间,工程人员可借助导向系统,合理控制管道顶进方向;可通过注浆系统,减少管道及土层间的摩擦阻力。该技术的应用优势较明显,主要体现在以下方面:

首先,该技术对周边环境的干扰较小,工程人员仅需在轴线两端开挖作业井接收井,不会形成较大的地表作业面积,可控制对周边居民及商业活动造成的不良影响;其次,该技术的复杂地质适应力较强。城市地下地质条件复杂,土层结构繁琐,且地下水位较高。在顶管施工作业中,工程人员可根据现场实际情况,选择合适的工具管材料及大型设施设备。并且,该技术实施中,不会对原有构筑物造成破坏,可实现管道的安全推进,有助于提高工程综合效益。

2 雨污分流顶管施工技术在市政给排水工程中的应用实践

2.1 工程概况

案例工程为市政给排水工程中的主干管铺设项目。该项目位于城市核心商业区,施工路段为城市主干道,交通流量大,周边建筑物及地下管线密集。工程开展期间,需要基于城市给排水需求,铺设雨污分流污水主干管。该管道总长 820 m,设计坡度为 0.003。经过前期地质勘察,确定该区域地下土层组成复杂,由上至下包括表层杂填土、粉质粘土、中砂层及卵石层(厚度 1.5~2.8 m)组成,且地下水埋深 2.8 m,属于富水地层。

2.2 技术应用

2.2.1 设计施工方案

为保证顶管施工作业的顺利推进,工程人员需在正式开展施工任务前展开全面的现场勘查,充分了解工程地质条件、周边环境情况以及管道设计参数,设计合理可行的施工方案。案例工程中优先选择以下几类要点:

一是施工轴线设计。工程人员需要以市政给排水管网总体规划为参考,辅以现场勘查结果,对管道铺设轴线加以优化,尽量规避管线密集区域。可采取现场人工探测,配合 GIS 地下管线系统,对各类管线的位置走向与埋深形成精准定位,确保调整后的管道轴线及管线间距满足施工要求,避免后续作业中对现有地下管线造成破坏^[2]。同时,充分考虑现场地质条件

作者简介:李瑞(1988-),女,本科,副高级工程师,研究方向:市政给排水。

变化,提前预留轴线纠偏余量,以提升后续管道铺设精准性。

二是挺进参数设计。以地质勘察报告为参考标准,基于管道直径、管道长度等关键参数,合理设计顶进力及顶进速度。案例工程中,优先使用DN1600管道材料。在中砂层及粉质粘土中,该类材料的顶进力计算值为1 800 kN。因地下水位影响及摩擦阻力影响,选择额定顶进力为2 500 kN的顶进设备,以提升顶进效果。此外,为避免造成较大土层扰动,引发坍塌风险,还需合理控制顶进速度。案例工程中,将这一参数设定为8~12 cm/h。

三是工作井与接收井设计。在具体实践中,着重参考施工轴线及现场场地条件信息,在施工路段两端设置工作井与接收井。其中工作井尺寸为8 m×6 m×8 m;接收井尺寸为6 m×4 m×8 m。工程勘察阶段,发现施工作业区域土层稳定性较差,且地下水位较高,所以优先选用SMW工桩法进行井体支护。针对支护桩的关键参数,需根据现场情况酌情设定,如直径850 mm、桩长12 m、桩间距600 mm,切实保障井体结构稳定性。必要时,还需在工作井及接收井底部设置降水井。以轻型井点降水,控制地下水位,保障后续开挖作业的安全效益。

四是风险预案设计。雨污分流顶管施工作业中极易出现顶力不足、轴线偏差过大、涌水坍塌等风险,所以建立配套应急预案至关重要。针对轴线偏差问题,工程人员可采取调整顶进千斤顶受力分布的方案,以进行有效纠偏;针对涌水问题,工程人员可采取启动排水设备,加水泥浆封堵的方案,以避免险情进一步扩大。

2.2.2 顶管设备选型

在雨污分流顶管施工作业中,顶管设备的选型是对工程质量及施工效率造成直接影响的要素之一。工程人员需把握地质条件、施工环境、管道参数等指标,合理进行设备选型。

选择顶进设备时,优先选用液压千斤顶。针对该类设备的额进顶进力,需根据工程需要酌情筛选。例如:案例工程中优先选用额定顶进力为2 500 kN的千斤顶设备,以对称布置的方式,将两台设备安置于工作井底部导轨,以稳定顶进力,使之均匀传向雨污分流顶管^[3]。

在导轨选型方面,优先选用重型钢轨,并将其固定于工作井底部的混凝土基础。为保证引进作业期间达到轴线稳定的目标,工程人员需合理设计导轨顶面高程,确保其与管道设计高程一致。

选择出土设备时,优先选择能够与土压平衡顶管机配套使用的旋螺输送机。施工作业期间,该类设备

可实现高效输送土体连续出土的目标。市政给排水工程中,土体含水量相对较大,且地下水位较高,所以工程人员可提前在旋螺输送机出口处安装脱水装置,以便于运输渣土。

选择分流管道时,优先选用强度等级为C50的预制钢筋混凝土管,并以柔性承接式接口为主要形式,设置橡胶密封圈,提高管道密封性能,避免出现污水渗漏问题。

2.2.3 工作井与接收井施工

工作井与接收井施工是雨污分流顶管施工中的核心环节。在市政给排水工程中,施工人员需建立详尽可行的施工流程,具体包括以下三个环节:

一是测量放线作业。工程人员需要以设计方案为参考,精准定位工作井及接收井位置,辅以全站仪设备进行轴线放样,明确基坑开挖范围,确保井体作业结果满足设计要求。在开挖基坑时,优先采取分层开挖工艺,并将煤层深度控制在1.5 m范围内,避免诱发出土层坍塌风险。开挖期间,需在基坑边坡处安装智能传感设备,实时监测其位移情况及稳定性情况。一旦出现位移过大现象或稳定风险,需立即暂停开挖作业,采用加固措施进行处理。

二是支护结构施工作业。案例工程中,优先采用SMW工桩法。为切实提高支护桩强度及抗渗性能,工程人员需合理调配水泥浆水灰比。案例工程中将这一参数设定为1:1~1:1.5。此外,针对桩长偏差、桩位偏差等参数,也需要精准设定。其中前者需控制在100 mm范围内,后者需控制在50 mm范围内。完成支护桩作业后,需在桩顶位置安装钢筋混凝土冠梁,以提高支护结构稳定系数。

三是降水施工作业。在具体实践中,工程人员需提前在工作井及接收井周边布置降水井点,并严控井点间距及深度,有效控制地下水位。降水期间需实时监测地下水位变化,根据实际情况调整设备运行参数。并且完成基坑开挖作业后,工程人员需及时清理底部土层,并浇筑强度等级为C15的混凝土材料,形成稳定垫层;浇筑强度为C30的钢筋混凝土材料,形成稳定底板;在底板内可加设双层双向钢筋,以提高其承载力^[4]。

2.2.4 管道顶进施工

在管道顶进施工中,工程人员需严格控制顶进方向、顶进力度与顶进速度,同时可参考以下施工步骤,切实提高管道铺设的精准度与安全性。

一是需开展设备安装调试作业。提前向工作井内吊装顶管机、千斤顶、旋螺输送机等设备。当设备到达设计位置后,对其进行固定连接以及调试工作,确保其

位置精准、运行正常。安装导轨时需严格参考顶面高程、轴线偏差等参数指标。将前一偏差控制在 ± 2 mm 范围内, 将后一偏差控制在 ± 3 mm 范围内, 以保持管道顶进轴线稳定。

二是在管道吊装作业中, 可优先使用汽车起重机设备, 先将预制钢筋混凝土管吊至导轨, 而后以人工操作的方式进行位置调整, 确保管道接口能够对齐顶管机接口。最后以缓慢、平稳移动的方式, 将管道吊装至指定位置, 防止其与导轨或井壁发生碰撞, 造成损坏问题。

三是在顶进启动作业中, 工程人员需先启动顶管机刀盘, 当其转速达到稳定状态后, 缓慢启动千斤顶, 并逐步施加顶进力, 精准控制顶进速度, 使之处在 5 cm/h 区间范围内。作业期间需随时观察顶进情况及开挖面的稳定状态。一旦出现开挖面异常或顶进阻力过大现象, 需立即暂停作业, 进行问题全面排查, 确保问题解决后, 重新启动作业任务。此外, 在该环节, 工程人员还需以监测数据、地质条件为参考标准, 酌情调整顶进速度与顶进力, 确保前者处在 8 ~ 12 cm/h 区间范围内, 后者能够低于 2 000 kN。施工期间, 可运用导向仪工具对轴线偏差实时检测, 以调整千斤顶受力的方式进行纠偏。

四是在管道拼接作业中, 工程人员需在完成第 1 节管道引进作业且管道进入工作井内剩余 1 m 长度时停止操作, 替换第 2 节管道吊装^[5]。完成位置调整操作后, 需检查第 1 节管道与第 2 节管道接口是否对齐。在满足这一要求的前提下, 于接口处涂抹密封胶, 并安装密封圈。为切实提高接口密封性能, 还可利用螺栓进行紧固处理。完成拼接作业后, 工程人员需向接口处注水进行密封检测。

2.2.5 注浆加固施工

为有效减少雨污分流顶管施工作业中的顶进阻力, 预防管道沉降或土层坍塌风险, 工程人员需着重关注注浆加固施工环节。案例工程中, 在该环节优先选用触变泥浆注浆加固技术。

一是通过顶管机尾部的注浆孔向管道外周注入触变泥浆。随着泥浆的逐渐凝固, 形成天然泥浆套, 对管道与土层进行隔离, 控制摩擦阻力。并且, 触变泥浆的填充性能较大, 可密实填充管道及土层空隙, 避免出现管道沉降或土层坍塌风险。针对触变泥浆的材料配比, 工程人员需要以施工需求及地质条件为参考标准。例如: 案例工程中将膨润土比例设定为 20%, 并优先选用优质钠基膨润土, 以切实提高泥浆的流动性能与触变性能; 将纯碱比例设定为 2%, 以改善泥浆 pH

值, 确保其性能稳定; 将 CMC 比例设定为 0.5%, 以提高泥浆粘度, 避免泥浆流失。完成原材料配制作业后, 需利用搅拌机设备对其进行充分搅拌, 达到泥浆均匀细腻的标准。

二是在注浆作业中可采取同步注浆与补浆相结合的工艺。其中同步注浆作业需开展于管道顶进作业期间。工程人员可根据管道直径及土层空隙率, 合理设定注浆量及注浆压力。案例工程中将注浆量设定为 $0.5 \text{ m}^3/1 \text{ m}$ 管道; 将注浆压力设定在 0.2 ~ 0.3 MPa 区间。完成管道顶进作业后, 工程人员需进行全面检查及补交作业, 通过二次注浆, 确保泥浆套完整, 具有稳定的固壁作用及减阻作用。在二次注浆中, 工程人员需酌情提高注浆压力, 使之处在 0.3 ~ 0.4 MPa 范围内。此外, 在注浆作业中, 工程人员需实时监测注浆量与注浆压力两大参数。若出现注浆压力骤升现象, 表明可能出现注浆孔堵塞问题, 此时需及时进行清理作业, 而后继续注浆。整体注浆作业结束后需全面展开效果检测, 通过超声波检测技术, 观察泥浆套形成情况, 以无损检测保证注浆效果, 切实保障工程综合效益。

3 结束语

与传统雨污分流技术相比, 顶管施工技术应用优势明显, 既不会对周边环境造成过大影响, 也能够适应复杂地质, 是提升市政给排水施工质量及综合效益的必要举措。为确保技术应用优势的充分体现, 在相关工程中, 工程人员需基于前期的勘察, 制定合理可行的施工方案。同时, 要着重推进顶管设备选型作业、工作井与接收井施工作业、管道顶进作业、注浆加固作业。整体工程任务结束后, 还需展开全面的质量检测, 有效保障雨污分流顶管工程的质量安全, 切实提高工程综合效益, 助力城市水环境的健康发展。

参考文献:

- [1] 尹莎莎. 市政雨污分流工程项目中的顶管施工工艺[J]. 四川建材, 2023, 49(04): 247-249.
- [2] 孙虹波. 市政雨污分流工程中顶管施工技术应用[J]. 建筑技术开发, 2020, 47(16): 91-92.
- [3] 李新. 城市雨污分流摇管及微型顶管施工技术[J]. 建井技术, 2024, 45(02): 20-24.
- [4] 苏玲. 市政雨污分流工程中的顶管施工技术分析[J]. 居业, 2021(08): 73-74.
- [5] 郑于浩. 雨污分流工程中顶管施工工艺的应用与优化[J]. 清洗世界, 2025, 41(11): 78-80.