

市政给排水工程定向钻施工技术分析

骆学经

湖南城市学院

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6440

[摘要] 在市政给排水工程中,穿越复杂地层施工技术是影响项目质量的关键因素。本文以某河道截污整治工程为研究对象,重点分析水平定向钻进技术在粉质黏土地层中的应用难点及施工控制要点,合理配置钻机型号、优化扩孔工艺、控制钻进参数、规范管道回拖流程,全面控制穿越过程中的施工质量。研究表明,在粉质黏土层中采用分级扩孔策略,结合泥浆配比调整,能够有效降低钻进阻力,全面提高成孔的稳定性,工程最终在确保施工安全的前提下按照施工工期完成全部施工任务,验证了水平定向钻进技术在市政截污管道非开挖施工中的可行性。

[关键词] 截污管道; 水平定向钻法; 扩孔; 管道施工

中图分类号: U175 文献标识码: A

Analysis of Directional Drilling Construction Technology for Municipal Water Supply and Drainage Engineering

Xuejing Luo

Hunan City University

[Abstract] In municipal water supply and drainage engineering, the construction technology for crossing complex strata is a key factor affecting project quality. This paper takes a river sewage interception and improvement project as the research object, focusing on analyzing the application difficulties and construction control points of horizontal directional drilling technology in silt clay strata. It also emphasizes the rational configuration of drilling machine models, the optimization of reaming processes, the control of drilling parameters, and the standardization of pipeline pulling-back procedures to comprehensively control the construction quality during the crossing process. The research shows that by adopting a staged reaming strategy and adjusting the mud ratio in silt clay layers, the drilling resistance can be effectively reduced, and the stability of the borehole can be comprehensively improved. The project was ultimately completed within the construction period while ensuring construction safety, verifying the feasibility of horizontal directional drilling technology in the non-excavation construction of municipal sewage interception pipelines.

[Key words] Sewage interception pipeline; Horizontal directional drilling method; Reaming; Pipeline construction

引言

水平定向钻进(HDD)技术凭借其环境友好性、施工效率高、路径可控性强等特点,在穿越河道、公路、建筑群等复杂工况下展现出良好的适应能力,该技术通过导向钻进、分级扩孔、管道回拖等阶段,精准铺设地下管道,避免出现大规模开挖作业,科学减少土方扰动,大幅度提高粉质黏土层等复杂地层条件下施工的稳定性和安全性。基于此,本文结合某河道截污整治工程实例,系统性分析水平定向钻法在粉质黏土地层中的应用效果。

1 工程概况及施工方案设计

1.1 工程的基本情况

某河道截污整治工程总长度4.5km,主要任务是在河道两侧设置截污干管和支管系统,有效控制沿岸污水直排问题。干管采用DN600mm、DN800mm、DN1000mm三种规格的高密度聚乙烯(HDPE)双壁波纹管,局部支管配置DN300mm、DN400mm、DN500mm管道,并且配套建设截污井、跌水井、检查井共计35座,形成完整的截污排水体系。工程区域属于丘陵地貌,地质条件采用粉质黏土,根据地勘资料,土层分布自上而下依次为杂填土、可塑状粉质黏土、硬塑状黏土层,层底标高变化幅度较大,对于施工工艺提出较高要求。针对不同埋深工况,项目采取差异化施工策略,有利于提高复杂粉质黏土地层中管道敷设的稳定性。

1.2 施工方案设计

为了保证水平定向钻进施工的顺利实施,现场勘测确认穿越总长度为940m,选用XZ500型定向钻机,配备 $\Phi 89$ mm高强度钻杆,加强施工导向的精度。在施工过程中,施工人员采用分级扩孔策略,从 $\Phi 400$ mm逐级扩大至 $\Phi 900$ mm,扩孔级别依次为400mm $\rightarrow$ 500mm $\rightarrow$ 600mm $\rightarrow$ 700mm $\rightarrow$ 800mm $\rightarrow$ 900mm,每级扩孔全部严格控制操作时间,如在淤泥质粉质黏土层中扩孔时间应大于7.5min,在一般粉质黏土层则应大于4.5min,在保证孔壁稳定性的基础上,科学减少塌孔风险。

2 施工工艺

2.1 现场勘察

本项目结合现场勘察成果,制定分级扩孔、分段回拖的定向钻进施工方案,科学设定关键工艺参数,塑料管道入土角控制在 $8^{\circ}\sim 30^{\circ}$,出土角控制在 $4^{\circ}\sim 20^{\circ}$;对于 $D<400$ mm的小管径管道,曲率半径不得小于1200倍钻杆外径;而对于 $D\geq 800$ mm的大管径管道,则要求曲率半径不小于300D,科学降低钻进过程中的摩擦阻力,有效保障成孔的稳定性(见图1)。

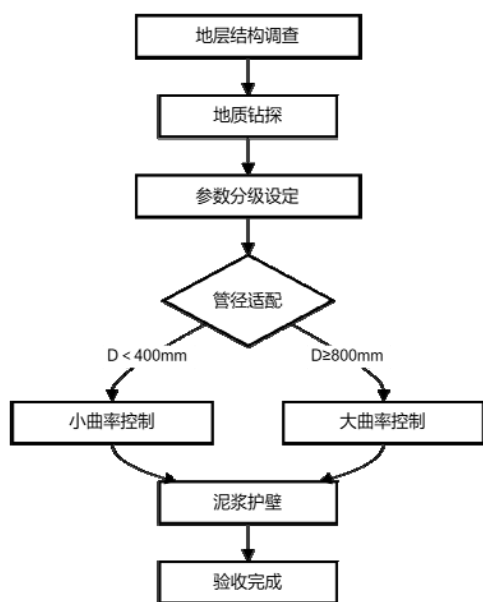


图1 现场勘察

2.2 测量放线

根据设计图纸,施工人员在施工前期采用全站仪和GPS RTK技术,结合地形图,系统测放出管道穿越路径的控制点,包括入土点、出土点、中心线轨迹、跌水井、管沟开挖边界线等,沿着管道敷设方向按照2m间距布设高程控制桩,精准标定出地面高程,为后续导向钻进提供精准的空间基准。特别是在粉质黏土地层穿越过程中,施工人员要综合考虑地层变形特性,合理调整出土角度,保证穿越轨迹符合设计曲率半径要求。而在复杂交叉地段,测量人员应联合产权单位开展现场复核,防止地下管线标注误差产生钻进路径偏离,不仅能够提高施工精度,还可以有效降低施工风险,保障管道敷设的稳定性。

2.3 工作坑开挖

在入土端工作坑施工中,施工人员采用楔形结构,尺寸控制为 $2.0\text{m}\times 1.5\text{m}\times 1.0\text{m}$,坑底设置 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 斜面,帮助钻具顺利入土,合理减少启动阻力;出土端工作坑具有检查井、跌水井等功能需求,其坑底尺寸设定为 $3.0\text{m}\times 4.0\text{m}$,具体开挖深度和边坡比例应该根据现场土质条件、地下水位、周边建筑物分布情况进行动态调整,有利于加强坑壁施工的稳定性的。在管道回拖斜道施工中,其开挖宽度按“管道直径 $D+2\times 0.5\text{m}$ ”控制,斜道角度严格控制在 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 范围,起到回拖牵引力分布、管材受力均匀性等作用,防止角度过大产生管材局部应力集中问题。

2.4 导向钻进

本项目采用XZ500型定向钻机进行先导孔施工,在钻头喷嘴确认泥浆循环正常后启动钻进作业,在首根钻杆进入粉质黏土地层时采取轻压慢转方式,加强钻具入土的平稳性,建立完整的初始稳定钻进路径;等到钻杆达到设计入土角后,直接进入持续钻进阶段,利用导向系统实时监控钻头空间位置,并由地面导向员携带信号接收设备于钻头上方案定点测量,动态追踪地下钻进姿态。为了保证钻进轨迹符合设计要求,施工人员在入土点、出土点及地下交叉管线区域每0.5m进行一次高程、平面坐标的复核计算,促进钻头沿着提前设定路径进行推进;对于直线段则按3.0m间距实施轨迹校验,防止地质条件变化引发钻杆偏离,一旦发现偏差超出允许范围,施工人员必须退杆重钻,避免累积误差影响到整体成孔质量(见图2)。

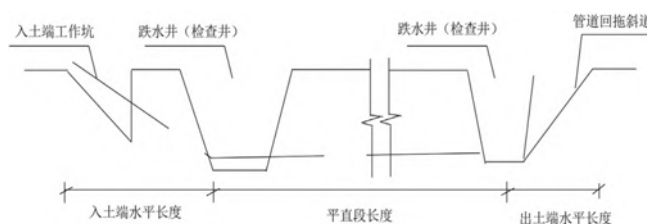


图2 管道穿越示意图

在完成先导孔施工后,现场技术员将实际钻进路径数据和设计资料进行比对分析,经检验合格后方可拆除导向钻头,换装挤桶式扩孔器,准备分级扩孔作业,扩孔阶段按照 $\Phi 400\text{mm}\rightarrow \Phi 500\text{mm}\rightarrow \Phi 600\text{mm}\rightarrow \Phi 700\text{mm}\rightarrow \Phi 800\text{mm}\rightarrow \Phi 900\text{mm}$ 逐级扩大;同时,严格控制各级扩孔时间,淤泥质粉质黏土层扩孔时间应大于7.5min,一般粉质黏土层不得少于4.5min,有效加强孔壁的稳定性,合理减少塌陷风险。

2.5 泥浆循环

在导向孔钻进阶段,采用0.2%~0.4%增黏剂、8%~9%预水化钠基膨润土、0.3%降滤失剂组合配方,保证初始钻孔过程中泥浆具备良好的流变性;扩孔阶段则调整为0.3%~0.5%增黏剂+8%~9%膨润土+0.4%降滤失剂,增强粉质黏土地层中孔壁坍塌倾向的抑制作用,大幅度提高泥浆的悬浮输送能力;至扩孔回拖阶段,泥浆需要具有护壁、排砂、润滑等功能,所以施工人员要在其中应用2%~3%润滑剂,合理降低钻杆和孔壁之间的摩擦系数,大幅度增强回拖顺畅性;清孔阶段则进一步提高润滑剂比例,提高泥浆

对于管材外壁的保护作用,减少PE管道表面磨损。接着,施工现场同步设置泥浆沉淀池,重复利用泥浆,减少资源浪费,科学控制环境污染。

2.6 扩孔

在扩孔中,施工人员主要采用挤桶式扩孔器进行分级扩孔工艺,共设定6级扩孔工序,依次为 $\Phi 400\text{mm} \rightarrow \Phi 500\text{mm} \rightarrow \Phi 600\text{mm} \rightarrow \Phi 700\text{mm} \rightarrow \Phi 800\text{mm} \rightarrow \Phi 900\text{mm}$,主要目的是让每一级扩孔均能有效释放地层应力,有效维持孔壁的稳定性。在正式扩孔前,施工人员要全面检测扩孔器喷嘴工作状态,确认泥浆循环畅通、冷却润滑充分后方可启动扩孔作业。每完成一级扩孔操作,即执行一次清孔处理,利用高黏度泥浆冲洗残渣,防止碎屑堆积引发卡钻风险。

2.7 注浆

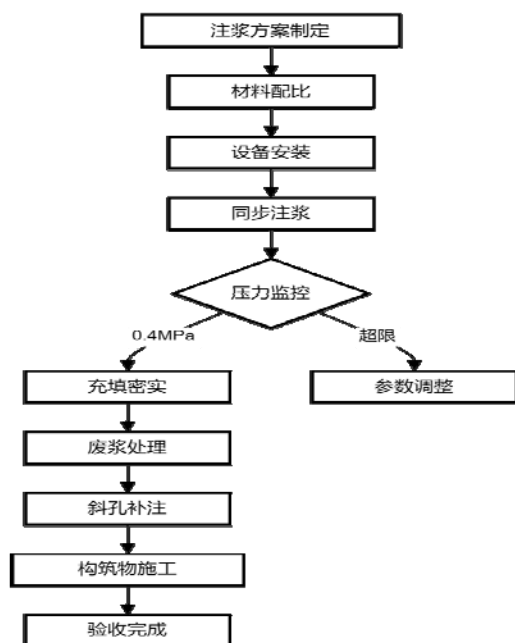


图3 注浆流程图

为了有效填充管壁和地层之间的空隙,本项目采用同步注浆工艺,在PE管道回拖的同时将D25mm钢管作为注浆导管引入钻

孔,并且在其末端连接6m长的花管,进一步增强浆液扩散能力。注浆泵选用SYB50-45型高压注浆设备,采用0.4MPa的注浆压力控制标准,浆液配比按照水泥:粉煤灰=1:1执行,每完成6m注浆作业后要及时拆除当前节注浆管,才能继续后续段落的注入操作,直至全部注浆段落完成,有效加固整个穿越路径(见图3)。

3 结语

在本河道截污整治工程中,通过科学选型XZ500型钻机,结合分级扩孔、轨迹导向控制及同步注浆加固等工艺,有效保障了粉质黏土地层条件下的成孔稳定性。然而,为了充分发挥该技术的应用价值,施工单位要精准匹配钻机性能参数,建立全过程质量控制机制,加强施工现场的风险预控能力。在未来研究中,研究人员应进一步融合BIM技术,促进定向钻进路径向智能规划方向发展,同时推动自动化导向系统优化,全面加强市政给排水工程非开挖施工的智能化水平,为城市地下管网建设提供更加高效、安全、可控的技术支撑。

[参考文献]

- [1]黄亚.市政给排水工程定向钻施工技术及管理[J].智能城市,2021,7(1):35-36.
- [2]赵海凤.水平定向钻技术在市政给排水管道项目中的应用研究[J].中国新技术新产品,2022(20):125-127.
- [3]王元明.某引水管道穿山水平定向钻施工方案研究[J].水利技术监督,2025(6):108-112.
- [4]吴亮,戴俊豪.水平定向钻法穿越对既有城市主干给水管的影响分析[J].山西建筑,2025,51(3):162-165.
- [5]马玉峰,蒋有才.岩层中施工大口径非开挖水平定向钻孔现场情况处置应对[J].西部探矿工程,2025,37(2):51-53,56.
- [6]王秋错,房蕾.市政给排水工程定向钻施工技术及管理研究[J].建筑工程技术与设计,2021(9):738.

作者简介:

骆学经(2002--),男,汉族,海南省儋州市人,本科,研究方向:给排水科学与工程。