

定向钻穿沙颍河航道工程施工方案与技术措施

钟选明

(中铁十二局集团城市发展建设有限公司, 江苏 苏州 215101)

摘要 本文聚焦定向钻穿越沙颍河航道工程, 详细阐述了以“安全前置、全程可控”为原则的施工总体流程、前期测量准备、场地分区布置及航道堤防专项保护措施, 分析了航道周边噪声扬尘、地下管网保护、地层软硬交接等施工重难点及对应解决办法, 并构建了以 ISO 9000 为核心的质量体系、依托 HSE 的安全体系与环保措施, 以期为同类定向钻穿越航道工程提供技术参考。

关键词 定向钻穿越; 沙颍河航道; 施工方案

中图分类号: TU990.3

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.35.016

0 引言

沙颍河是华东重要的内河航道, 定向钻因扰动小、不中断通航成为其穿越工程优选, 但面临噪声扬尘、地下管网隐患、地层软硬交接、泥浆漏失及堤防保护等难题, 现有研究多聚焦单一环节。中铁十二局以“安全前置、全程可控”为原则, 构建全链条技术体系, 通过优化泥浆、立体防护、双维度监测等关键问题, 依托 ISO 9000 与 HSE 体系保障质量安全环保。本文通过阐述定向钻穿沙颍河航道工程施工方案与技术措施, 旨在为同类工程提供参考。

1 定向钻穿沙颍河航道工程施工方案与技术措施

1.1 施工总体流程设计

在定向钻穿越沙颍河航道施工中, 施工总体流程设计以“安全前置、工序衔接、全程可控”为原则, 形成环环相扣的作业链条, 流程图见图 1。该流程的衔接逻辑紧密围绕航道与堤防安全展开, 其中堤防安全监测设施埋设为后续施工提供实时安全数据支撑, 高压旋喷桩截渗墙先行施工可在穿越作业前构建堤防渗屏障, 避免后续钻进与回拖过程中泥浆渗漏引发堤防渗透风险; 导向孔施工则作为整个穿越工程的“基准线”, 其精准度直接决定了分级扩孔的轨迹与管道回拖的顺畅性, 后续每一道工序均以前置工序的合格验收为前提, 确保施工全过程不对沙颍河航道通航安全与堤防稳定造成扰动^[1]。

1.2 前期准备阶段技术措施

前期准备阶段的测量放线与控制工作, 是保障穿越轨迹符合设计要求的关键环节, 需严格遵循“校验先行、精准定位、多方确认”的技术逻辑。测量前需完成 GPS 全球定位仪的校验、施工图纸与交接桩记录

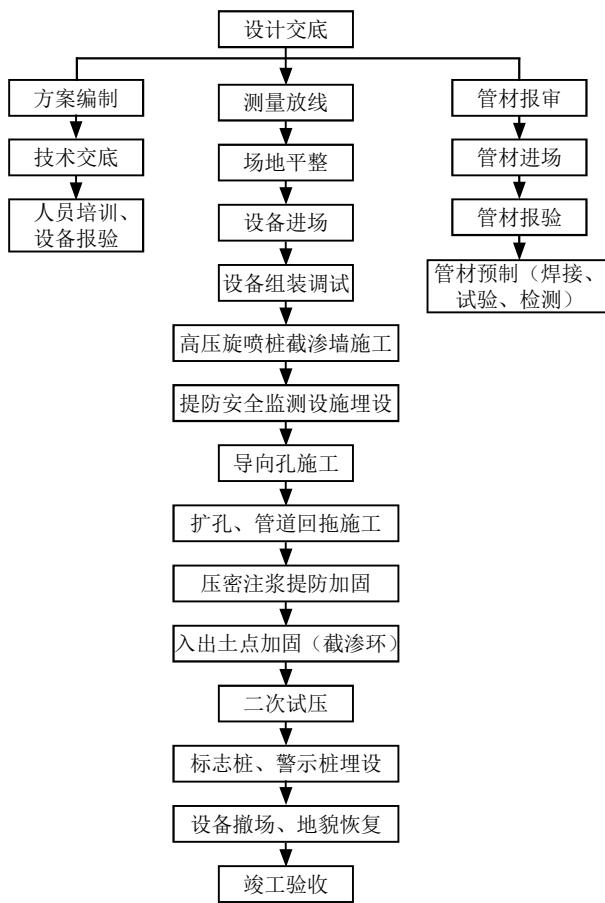


图 1 定向钻穿越施工流程图

的全面梳理, 同时备齐全站仪、木桩、白灰、盘尺等测量器具及防晒、防雨设备; 定位过程中采用全站仪测定穿越轴线及入、出土点位置, 沿轴线设置加密标示桩以保障后续施工定位连续性, 对地下障碍物需单独设置标志桩并注明其名称、埋深与尺寸, 且全程保

护测量控制桩防止移位；交桩环节需现场填写交接桩记录，对接收的控制桩采取护桩措施，放线完成后需邀请监理单位到场复核确认，确保穿越轴线与作业带边界线符合设计要求，为后续施工场地布置与钻进作业奠定精准基础。

1.3 核心施工工序技术方案

施工场地布置需结合沙颍河航道周边环境与施工需求，分区域实现“功能分区明确、安全防护到位、环保要求达标”的设计目标。入土端场地规划为 $60\times 60\text{ m}$ 临时占地，同步设置 $30\times 30\text{ m}$ 泥浆池，场地四周采用 2 m 高双边丝护栏网封闭隔离，内部局部铺设钢板硬化处理，施工机械设备下方与渣池内均铺设防渗布，防止施工污水与泥浆污染土壤；出土端场地为 $40\times 40\text{ m}$ 临时占地，配套 $20\times 20\text{ m}$ 泥浆池，采用彩钢围挡封闭并加装警示灯与反光条，提醒过往车辆减速慢行，回拖场地巧妙利用约 300 m 一般段管道临时征地，避免重复征地与额外地貌恢复工程量。泥浆池专项设计需严格遵循“分层开挖、防护到位、防渗可靠”原则，采用挖掘机分层开挖，基础施工阶段浇筑混凝土基础并安装防护栏，池底与四周铺设防渗透薄膜，边缘设置锚固沟将薄膜固定，防止泥浆渗漏污染地下水与航道水体^[2]。

1.4 航道与堤防保护专项措施

在定向钻穿越沙颍河航道施工中，航道与堤防保护专项措施以“防渗漏、强加固、实时监测”为核心，构建全流程防护体系：泥浆置换系统优化从风险预判、配方适配与工艺管控三方面发力，针对施工中可能出现的冒浆问题制定专项预案——当泥浆压力超过 2 MPa 时立即回撤 $1\sim 2\text{ m}$ 并保持旋转洗孔，出现泥浆渗漏则及时添加堵漏剂封堵地层缝隙，若发生泥浆溢出地层情况则钻设倒流孔引导泥浆回收；置换浆液采用水泥：膨润土：粘土：水玻璃：水 = $1:0.5:1.5:1.5:3$ 的重量比配方，既规避了纯水泥浆流动性差与纯膨润土浆强度不足的缺陷，又通过级配优化提升了管周密实度，工艺上采用双泵双路独立注浆系统实现管道回拖与注浆同步联动，控制注浆压力在 $0.8\sim 1.2\text{ MPa}$ 、充盈系数 $1.2\sim 1.5$ ，每段注浆后维持压力稳压 $3\sim 5$ 分钟，补偿浆液固结收缩以避免渗漏通道形成。堤防防渗处理形成“防渗墙+压密注浆+截渗环”的立体防护结构，高压旋喷防渗墙布设于迎水侧堤脚 1 m 处，墙底伸入管道中心线以下不小于 4 m 、墙顶低于现状堤脚 0.5 m 、顺堤向长 40 m ，采用桩径 0.8 m 的单重管旋喷工艺，水泥用量 185 kg/m 、水灰比 1.0 ；压密注浆在堤防管理范围内沿管道两侧各设 2 排梅花形注浆孔，孔距 2 m 、排距 1 m ，注浆深度伸入管底以下不小于 5 m ，浆液按

水泥：粘土 = $1:3.5$ 配比制备，注浆压力控制在 $0.3\sim 0.5\text{ MPa}$ ；定向钻出、入土坑各设置 3 道 $3\times 3\times 0.3\text{ m}$ 的装配式混凝土截渗环，拼缝处加装膨胀条密封，环外 1 m 范围内采用 10% 水泥土换填加固。堤防安全监测则通过“变形+渗流”双维度监测保障堤防稳定，变形监测在穿越轴线两侧堤顶内外侧、迎水坡与背水坡堤脚布设位移观测点，监测精度达 $\pm 3\text{ mm}$ ，沉降预警值为 $\pm 10\text{ mm}$ ；渗流监测在迎水坡、背水坡各设 1 个测压管监测地下水位，监测频率按施工期每 2 小时 1 次、穿越后 1 周内每天 1 次、 1 周后每周 1 次、稳定后每月 1 次执行，实时掌握堤防状态以规避安全风险^[3]。

2 定向钻穿沙颍河航道工程施工重难点分析及应对措施

2.1 航道周边噪声与扬尘控制

在定向钻穿越沙颍河航道施工中，航道周边噪声与扬尘控制是保障周边居民生活与空气质量的关键难点——施工所用钻机、泥浆泵等设备运行时易产生持续性噪声，若在居民休息时段作业会造成干扰，同时土方开挖、物料堆放与运输过程中易产生扬尘，对航道周边空气环境造成污染。针对此难点，噪声控制方面优先选用静音发电机等低噪声设备，从源头上降低噪声源强度，同时严格调整高噪声工序的作业时段，避开 $22:00\sim 6:00$ 居民休息时间，对临近居民区的施工区域额外设置声屏障，进一步阻隔噪声传播；扬尘管理则聚焦施工全流程，在土方开挖、场地平整等易起尘作业环节，采用洒水车与雾炮机配合的湿法作业模式，实时抑制扬尘扩散，对施工场地内裸露土方全覆盖防尘网，物料运输车辆均加盖篷布，防止运输途中扬尘外泄，确保符合沙颍河航道周边环保要求。

2.2 地下管网排查与保护

地下管网排查与保护是施工前期需重点突破的难点。由于本工程施工区域位于界首市城乡结合部，地下分布有大量通信光电缆、给排水管等既有管线，且部分管线埋设年代久远、资料不全，定向钻施工过程中若误碰极易造成管线损坏，影响周边居民与企业的正常生产生活。为解决此问题，前期探查阶段采用探地雷达对施工区域进行全面扫描，初步确定地下管线的大致走向与埋深，再通过人工探坑的方式对雷达探测结果进行精准验证，明确管线具体位置、规格与权属后，现场标注清晰的标志桩^[4]。

2.3 地层软硬交接

地层软硬交接控制是定向钻钻进过程中的核心技术难点，沙颍河穿越段地层存在明显的粉质黏土与粉砂夹层，两类地层的物理力学性质差异显著，粉质黏

土黏结性较强而粉砂层密实度较低，钻进时钻头受力不均易导致孔内形成台阶，不仅影响后续扩孔效率，还可能增加管道回拖阻力。针对该问题，首先从钻具优化入手，在扩孔钻头前端加装适配扶正器，确保钻头在穿越软硬地层时能均匀切削、稳定钻孔轨迹，同时在扩孔钻头与扶正器之间连接8 m长钻铤长轴，延长钻具系统整体长度以增强稳定性，当扩孔孔径超过750 mm时，在钻头后方加装浮筒，通过计算浮筒尺寸与材质提供适宜浮力，抵消部分钻头重量防止下沉；在工艺调整方面，严格执行分级洗孔制度，小孔径扩孔每完成3级扩孔作业后进行1次洗孔，大孔径扩孔每完成2级扩孔后洗孔1次，若监测发现孔内已形成台阶，则启用专用台阶修复钻具，结合冲击回转钻进技术磨削台阶边缘，恢复钻孔曲线平滑性。

2.4 多变中风化岩石地层泥浆调配

多变中风化岩石地层泥浆调配难点突出体现在中风化岩层破碎程度高、裂隙发育，施工过程中泥浆易沿岩层裂隙漏失，同时岩层破碎产生的岩屑颗粒较大，常规泥浆难以有效携带出孔，易造成孔内岩屑堆积。为应对此问题，泥浆配方采用动态调整策略，在基础配方基础上针对性添加防漏剂，利用防漏剂在岩层裂隙中形成封堵层，减少泥浆漏失量，同时将膨润土用量提高至4%以增强泥浆护壁能力，润滑剂添加量增至0.3%，降低钻具与孔壁的摩擦阻力；泥浆性能控制严格遵循既定标准，确保漏斗粘度维持在45~70 s、泥皮厚度≤1.0 mm、中压失水≤10 mL，施工过程中每2小时采用马氏漏斗、比重计等仪器对泥浆性能进行1次检测，根据检测结果实时调整添加剂用量，保证泥浆始终具备良好的护壁、携砂与润滑性能，满足中风化岩石地层钻进需求^[5]。

3 定向钻穿沙颍河航道工程质量、安全与环保保障体系

3.1 质量保证体系

本工程质量保证体系以ISO 9000标准为核心构建，明确项目经理为质量第一责任人，由质保工程师牵头统筹质量管理工作，机组质量员负责现场实时管控，形成“决策—执行—监督”三级管理架构。控制环节聚焦关键节点，材料验收时严格核查膨润土等核心物资的环保证明，确保符合环保与工程质量要求；工序管理执行“自检→互检→专检”三检制，每道工序需经三级检验合格后方可推进；对管道回拖、试压等关键工序，安排专人全程旁站监督，杜绝质量隐患。检测程序上，导向孔轨迹验收需满足平面偏差≤±1%穿

越长度、深度偏差≤±1.5%穿越长度，扩孔直径需达到管道外径的1.3~1.5倍，确保后续管道回拖顺畅。

3.2 安全生产保障

安全生产保障依托HSE体系展开，遵循“以人为本、安全第一”的方针，建立以项目经理为组长的HSE管理小组，HSE部负责专职监管，各施工机组配备专职安全员，实现安全管理全覆盖。现场措施围绕风险防控落实，临时用电严格执行“一机一闸一保护”制度，避免电气安全事故；钻机、泥浆泵等核心设备每日施工前需完成点检，确认性能完好后方可作业；施工人员按岗位要求佩戴绝缘手套、防毒口罩等防护用品，保障人身安全。应急预案针对施工常见风险制定，导向孔卡钻时立即回撤1~2 m洗孔清理，回拖力超限时启用辅助钻机反拖与滑轮组助力，堤防变形超预警值则暂停作业并采取应力释放措施，快速控制风险。

3.3 环境保护措施

施工产生的废弃泥浆需用专用罐车转运至当地环保部门指定弃渣场处理，严禁直接排入航道水体，避免污染水质；在生态保护方面，施工时间避开鱼类产卵期，严禁破坏作业带外植被，工程完工后及时对临时占地进行地貌恢复，采取复耕或植草等措施，还原区域生态环境，符合沙颍河航道生态保护要求。

4 结束语

定向钻穿越沙颍河航道工程以“安全、质量、环保”为核心目标，设计了全流程施工技术方案（含立体堤防防护、精准测量、合理场地布置），针对性解决了噪声扬尘、复杂地层等重难点问题，并通过完善的质量、安全与环保体系保障施工。工程最终顺利完成管道穿越，确保了沙颍河航道通航与堤防稳定，其技术与管理经验可为同类定向钻穿越内河航道项目提供借鉴。

参考文献：

- [1] 齐利华,邓海,谭庆俭,等.滨海河网城市污水管穿越河涌工程设计关键点[J].中国给水排水,2025,41(10):65-69.
- [2] 李春森.市政工程施工中地下管线的施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(07):121-123.
- [3] 姜宇飞,刘鹏,成磊,等.海对海水平定向钻跨越航道铺设海底管道施工工艺研究[J].石油和化工设备,2024,27(03):105-109.
- [4] 孙建军,倪晓雯.城镇燃气管道定向钻穿越内河航道通航条件影响分析[J].中国水运,2023(23):51-53.
- [5] 焦广宇,陈杨,曹良,等.供水管道水平定向钻穿越航道关键技术研究:以闽江水平定向钻穿越工程为例[J].安全与环境工程,2023,30(01):46-55.