

顶管及拉顶管施工专项技术与安全保障

马勇举 宋宇航

中国水利水电第十一工程局有限公司, 中国·河南 郑州 450000

摘要: 近几年来, 中国工程行业发展速度不断增快, 人们开始更加关注污水综合整治工程项目实施情况。为保障整治工程建设效果, 施工单位多会选择顶管及拉顶管施工专项技术, 这种技术不仅可保障管道紧密衔接, 同时还可降低施工难度, 提高施工效率。因此, 论文将结合实际案例, 讨论顶管及拉顶管施工专项技术与安全保障措施, 希望进一步提高技术应用效果, 并保障施工安全。

关键词: 顶管; 拉顶管; 专项技术; 安全保障

Special Technology and Safety Guarantee for Pipe Jacking and Pipe Pulling Construction

Yongju Ma Yuhang Song

China Water Resources and Hydropower 11th Engineering Bureau Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract: In recent years, the development speed of China's engineering industry has been continuously increasing, and people have begun to pay more attention to the implementation of comprehensive sewage treatment projects. To ensure the effectiveness of rectification projects, construction units often choose specialized techniques for pipe jacking and pipe pulling construction. This technique not only ensures tight connection of pipelines, but also reduces construction difficulty and improves construction efficiency. Therefore, this paper will discuss the special technology and safety measures for pipe jacking and pipe pulling construction based on practical cases, hoping to further improve the application effect of technology and ensure construction safety.

Keywords: top management; pull the top pipe; specialized technology; security guarantee

0 前言

顶管及拉顶管施工专项技术实施流程较为复杂, 需要用到多种机械设备, 如挖掘机、拉管顶进设备、水平定向钻、高压泥浆泵等, 同时还要科学设置顶管工作井与接收井参数, 才可保障顶管及拉顶管施工专项技术高效应用。同时, 在实际施工过程中, 施工单位还要结合科学安全保障措施, 确保每一个施工步骤可靠、安全, 才可充分发挥顶管及拉顶管施工专项技术优势。

1 项目介绍

某区河流域综合整治项目, 占地面积为 114.4km²。本项目核心工作集中于污水收集、源头控制方面, 包含市政污水管道查漏补缺工作、市政雨水管道清淤修复、污水处理控制等。具体实施中, 某路段污水管道建设项目顶管施工长度为 170m, 需构建两座工作井、两座接收井, 使用管材为高等级三级钢筋混凝土管。同时, 本项目还采用拉顶管施工技术, 总长度为 643.7m, 需建立 17 座工作井, 施工单位采用先进柔性密封自锁接口聚乙烯缠绕实壁排水管^[1]。

2 顶管施工专项技术要点

2.1 沉井

沉井下沉过程中, 施工单位做好井筒内土壤移除工作,

有效去除刃脚前方阻力和沉井内壁摩擦力, 促使沉井借助自身重力完成下沉。初沉阶段, 沉井四壁未受到外部作用约束, 摩擦力较低, 整座沉井重量由下方砂层支撑, 使下沉系数较大。由于沉井重心较高, 需要施工单位在开挖过程中保持均匀性, 避免引发沉井倾斜或位移。为确保初沉阶段安全性, 施工单位对刃脚下砂垫层进行分层, 实施均匀开挖作业, 每层开挖厚度严格控制在 25cm 内, 沿刃脚全线同步进行, 避免局部压力过大导致沉井倾斜。下沉过程中, 施工单位密切关注土层变化, 持续进行沉井下沉观测, 详细记录数据, 深入分析土体阻力与沉井重力之间动态关系, 制定合理下沉方案, 降低施工风险^[2]。

下沉阶段中, 施工单位优先从沉井中间刃脚部位开始, 采用对称式土壤移除方法, 维持沉井竖直下沉姿态。随沉井深入土层, 施工单位使用长臂反铲挖掘机进行挖土作业, 遵循分层、均匀、对称原则, 每层开挖厚度控制在 30cm 左右, 促进沉井下沉稳定。同时, 施工过程中施工单位持续监测井内土面高度差异, 保持在 0.5m 范围内, 防止因局部掏土过深导致突沉。若发现沉井出现倾斜, 应立即采取纠偏措施。

2.2 测量

顶入第一节管道, 即工具管, 施工单位为确保管道准确进入预定土层位置, 将测量间隔严格控制在 50cm 内, 可及时发现并纠正微小位移偏差。管道成功进入土层并开始正

常顶进, 测量频率仍需保持在 100cm 内。

中心测量环节, 本项目施工单位使用激光导向经纬仪, 操作过程中, 测量人员要仔细瞄准工作井内激光发射器, 通过调整激光发射器位置, 确保激光发射点对准管道轴线。高程测量中, 施工单位使用水准仪、特制高程尺, 根据工作井内预设两处水准点标高, 测量人员分别记录管道前端、后端管内底高程。完成测量后, 需与工作井中另一水准点进行闭合校验, 确保测量数据准确^[3]。

2.3 触变泥浆减摩

触变泥浆主要功能为减摩、控制沉降, 本工程顶管作业中, 施工单位灵活运用触变泥浆技术, 在钢管周围形成浆套, 降低钢管外壁周围地层间的摩擦力, 为顶管施工提供技术支持。注浆作业开展时, 施工单位合理布置注浆孔, 保证注入润滑泥浆能在管道外壁均匀分布, 形成完整泥浆套。压浆作业中, 施工单位严格遵循“先压后顶、随顶随压、及时补浆”原则。将压浆泵输出压力精准控制在 0.3~0.4MPa 范围内, 保证泥浆高效注入, 避免作业对管道及周围地层造成损害, 确保施工安全性^[4]。

注浆孔设计方面, 本工程选择斜螺纹注浆孔, 与顶管管节呈 90° 夹角, 在注浆孔外端安装塑料单向阀。顶管施工结束后, 可通过斜螺纹钢闷头封堵注浆孔。同时, 还在钢闷头、单向阀之间设置 2mm 厚橡胶板, 于注浆孔内壁涂抹厌氧密封胶, 确保封堵严密性, 防止渗漏发生。

压浆过程中, 施工单位在压浆管与压浆孔连接处设置单向阀, 防止停止压浆时管外泥砂逆流入浆管造成注浆管堵塞。完成浆液搅拌后, 施工单位预留足够浸泡时间, 确保搅拌均匀, 提高泥浆性能。选择压浆泵时, 施工单位优先考虑螺旋泵, 泵体具有无脉动现象, 可形成稳定浆套。此外, 头三节顶管处施工过程中, 施工单位增设注浆孔, 确保浆液充分渗透并形成完整浆套。并且, 随顶进距离延长, 施工单位还设置泥浆接力站, 实现同步压浆、沿线补浆, 确保注浆作业连续性^[5]。

另外, 对于减阻泥浆使用量来说, 施工单位考虑多重因素, 包括管道周围空隙大小、土层特性、泥浆流失、地下水状态等。实际施工中, 为确保泥浆用量适宜, 施工单位根据土质情况、顶进状态、地面沉降要求等因素灵活调整, 确保顶管施工顺利进行。

2.4 出洞加固

本工程顶管作业中, 为确保进出洞口土体稳固, 施工单位采取高压旋喷桩技术实现土体加固, 其直径为 600mm, 旋喷桩搭接宽度为 150mm, 桩体长度设定为 4m, 按照设计需求将其布置在管道中心线上下两侧, 各自延伸 2m。高压旋喷桩施工过程中, 本项目使用大于 42.5 级的普通硅酸盐水泥材料, 为增强防渗效果, 施工单位在水泥中适量掺入水玻璃。

顶管作业中, 为防止管道与洞口间存在间隙, 施工单

位采用洞口止水技术。在洞口周围提前埋设四根注浆管, 当顶管在进出洞阶段遭遇渗漏情况, 预埋注浆管能及时向外压注聚氨酯或双液浆等止水材料, 迅速控制渗漏问题。顶管机机尾离开工作井壁后, 施工单位及时调整洞圈止水装置中的压板位置, 阻止土体从间隙流失, 降低地面塌落风险。同时, 施工单位还进行管道外侧注浆加固作业, 进出洞施工中, 可能发生漏水和漏沙现象, 施工单位提前准备木板、棉花胎、支撑槽钢、双快水泥、聚氨酯等应急材料。

2.5 顶进施工

顶管机出洞作业前, 施工单位会对洞圈外部土体加固效果进行全面核查, 确认洞口土体止水性能达施工要求后, 才能开始顶管出洞施工。出洞作业中, 洞口第二道橡胶衬压密封效果要经过严格检查测试, 确认橡胶衬压密封性达到设计标准。同时, 施工单位还要根据设计要求, 在法兰上安装两道工作井洞口止水装置, 确保其与导轨上管道保持同心, 误差控制在 2mm 内, 确保顶管作业中, 止水装置可抵挡地下水、渗透土体, 维护施工环境安全稳定。

洞口围护墙凿除作业完成后, 顶管机迅速接近开挖面, 施工技术人员要灵活调整洞口止水装置, 之后贯入工作面加压顶进。出洞作业完成后, 将转入顶进阶段, 施工单位要利用大刀盘对开挖面土体精准切削, 利用螺旋机将切削后的土体输送至倾土水槽内。经充分搅拌后, 土体将以泥水形式通过输送管道运送至地面沉淀水槽。沉淀水槽内, 泥水完成沉淀, 排出沉淀后废水, 清水通过回流管道被再次输送至倾土水槽, 实现水资源循环利用。

每节管节顶进作业完成后, 施工单位及时缩回主千斤顶, 进行下一节钢管吊装和焊接作业。顶进施工期间, 施工单位要依据中继间布置情况, 对管道内动力、照明、控制电缆等设施斤西瓜分段接入。同时, 要保障管道内各类管线应妥善固定, 防止由于松动或滑落引发安全隐患。

3 拉顶管施工专项技术要点

3.1 导向钻孔

设备安装阶段, 施工单位要在预定入钻方向上, 于井位中心位置开凿小型洞口或安装定位轮装置, 才可精确控制管道流水标高, 确保管道铺设稳定性。本项目施工现场还设置若干绝对标高点, 进行导向作业时, 技术人员必须复核标高点, 计算实际误差值, 并做好数据修正。修正完成后, 施工将推进至下个井位。

导向孔轨迹设计过程中, 施工单位会依据管线剖面图, 规划最佳钻孔曲线。设计过程中, 钻孔应远离现有管线, 尤其是压力管线、电力管线、光缆, 避免发生安全问题。同时, 钻孔曲线应尽量简化, 避免过多曲折变化, 对于曲线部分设计, 可增加曲率半径, 实现降低施工难度、成本的目标。设计实践中, 需根据具体施工要求确定施工段管线曲率半径范围。通常来说, 该范围被设定为管径 400~600D。此外, 人

土角设计中,应 $< 12^\circ$,借此计算入土点最短距离。

3.2 回扩掘进顶拉

开展土层穿越管道铺设作业过程中,要科学制作化学泥浆配比,施工单位要考虑因素为土层特性、土壤类型、水文条件。为实现高效泥浆循环处理,本项目选用真空泥浆车,该设备能对泥浆进行持续低压回收处理,保持泥浆相对稳定性。由于此次施工选用管道材质为聚乙烯(PE),承受顶进压力能力较弱。因此,施工单位还会结合泥浆在管道与土壤之间的作用。具体来说,泥浆可大幅降低供给摩擦阻力,为管道提供保护,避免因土壤压迫造成损伤。

在钻进作业实施过程中,施工单位在钻导向孔、回扩阶段采用步行追踪方式精准控制,操作人员要严格遵循设计钻进曲线,指导钻孔走向。作业过程中,施工单位实时监测钻进方向、钻孔深度、钻头板状态、信号棒温度等参数,有效确保作业顺利进行。此外,钻进过程中,要严厉禁止钻杆逆时针旋转,以免影响钻进效果;若在施工现场遇到电磁干扰,导致控向失误,施工单位需及时采用有线控向方法完成导向,保证钻进作业准确。计算顶拉力方面,不同管径管道所需最大顶拉力不同。例如,直径为 DN500 的管道,最大顶拉力为 11.43t; DN600 管径管道需最大顶拉力为 17.95t。

3.3 管道拉顶

管道拉顶作业时,施工单位建立完整拉顶系统,包括将钻杆、卸扣、扩孔器、分动装置、回拖管线等。具体操作中,钻杆应以渐进方式旋转,泥浆要匀速注入系统内。实施管道回拖作业过程中,施工单位确保入土点、出土点之间形成紧密沟通,在钻机操作人员、出土点工作人员间建立不中断信息传递链,保证所有指令准确无误传达。

3.4 进出洞加固

针对该项目管道拉顶进出洞口需求,施工单位采用直径为 $\Phi 500\text{mm}$ 的高压旋喷桩技术,对土体进行加固处理。旋喷桩采用 300mm 中心间距均匀布置方式,桩体长度设定为 3m,分别设于管道中心线上方、下方各 1.5m 位置,以形成坚固防护屏障。

4 顶管及拉顶管施工安全保障措施

为达到顶管及拉顶管施工技术目标这一目标,施工单位深入落实“安全至上、预防为主、综合治理”理念,确保在各施工环节中,高度重视安全管控工作,明确“谁主管生产,谁就负责安全”责任体制,实现安全管理全面覆盖。

实践过程中,所有新入职员工都接受系统三级安全教育,尤其是特殊工种从业人员,必须持有资格证书才可上岗。在员工岗位更换时,重新进行安全教育和操作培训,确保其具备必要安全知识。针对本项目顶管、拉顶管施工特殊性,施工单位考虑外部环境、内部条件、业主要求,还会开展详尽安全技术交底。在每个施工工序开始前,重复进行安全技术交底,要求参与人员签字确认,确保全部工作人员深入理解安全措施实施细节。

设备管理方面,本项目所有机械设备、安全防护设施由专人负责管理,并进行定期维护,确保其处于良好运行状态,预防因设备故障引发的安全事故。同时,施工单位还开展施工现场科学布局、严格安全管理,所有材料、机械、临时建筑物严格按施工平面图有序放置,确保作业环境整洁安全^[6]。

5 结语

结合论文分析可以看出,应用顶管及拉顶管施工专项技术过程中,需要做好测量、洞口加固、沉井等操作,同时还要制定科学安全保障措施,才可充分发挥顶管及拉顶管施工专项技术作用,保障项目顺利开展。本项目经过施工全流程精细操作后,取得良好施工效果,节约一定施工成本。希望在未来的研究中,顶管及拉顶管施工专项技术体系可获得进一步优化,促进中国工程行业得到繁荣发展。

参考文献:

- [1] 黎大鹏.狭小空间或地下管线密集条件下牵引式顶管施工[J].工程质量,2024,42(9):93-97+106.
- [2] 胡高鹏,马永生,阙宝存,等.富水地层盾构区间联络通道反拉顶管法施工技术[J].建筑机械化,2023,44(5):51-56.
- [3] 邓章铁,杨圣虎,吏细歌,等.超深长距离顶管对接施工关键技术研究与应用[J].中国给水排水,2023,39(2):125-132.
- [4] 欧雪峰,屈星,王磊,等.拉顶管施工技术在排水管网工程中的应用[J].山西建筑,2022,48(5):156-158.
- [5] 欧雪峰,屈星,王磊,等.非开挖拉顶管施工过程管道力学计算及案例分析[J].建筑结构,2021,51(S2):1866-1871.
- [6] 邱俊新.非开挖管道拉顶铺设技术在城镇环保设施改造中的应用[J].施工技术(中英文),2021,50(21):11-13.

作者简介:马勇举(1982-),男,中国河南平顶山人,本科,高级工程师,从事水利水电和市政工程研究。