

顶拉管技术在市政管网工程中的应用研究

刘 剑

中国水利水电第十二工程局有限公司 浙江 杭州 310012

摘 要：在市政道路排水管网施工中，明挖施工受场地空间限制，不利于保护周边建筑物和地下管线的安全，如何采取非开挖施工解决该问题，成为工程领域关注的焦点。本文以佛山市南海区解放水系水环境综合治理项目大涡塘污水管网穿越广三高速桥涵工程为背景，针对桥涵净空高度低，明挖施工难以实施的难题，采用顶拉管技术完成了管道敷设，有效解决了该难题。通过工程实例分析，阐述了该技术的工艺流程、关键控制点及实施效果，验证了其在复杂地形下施工的经济性、环保性与安全性。

关键词：顶拉管技术；市政道路；穿越桥涵；非开挖施工

引言

随着城市化进程加快，市政管网建设常面临既有构筑物（如高速桥涵、铁路等）的交叉穿越问题。传统明挖法因机械作业空间受限、对交通及环境影响大，难以满足施工需求。非开挖技术中的顶管工艺（包括顶拉管技术）凭借其“少开挖、低干扰”的特点，成为此类场景的首选方案。本文结合佛山市南海区解放水系水环境综合治理项目大涡塘污水管网穿越广三高速桥涵工程，探讨顶拉管技术的应用实践。

1 工程概况

1.1 项目背景

佛山市南海区狮山镇大涡塘村广大线需敷设DN400污水管道68m，穿越既有广三高速桥涵。桥涵净空高度仅4m，明挖施工需下挖2.3-2.8m，受桥涵净空高度制约无法

通过机械作业的方式，进行沟槽土方开挖前的钢板桩支护作业。经综合比选，采用非开挖顶拉管施工工艺实现该段管网穿越既有广三高速桥涵，该工艺既具有地质适应广，障碍处理能力强，次生灾害小等特点，又具有标高控制准的优点。顶拉管管材采用聚乙烯缠绕实壁排水管，满足环刚度12.5KN/m²，拉伸强度≥15MPa，柔性密封自锁接口，接口满足拉伸速率25mm/min，最小拉伸强度1.5MPa的要求。

1.2 地质条件

土层分布：表层为素填土（厚4m），下部为淤泥质粉质黏土（厚7.4m）、强风化泥质砂岩（厚5.1m）、中风化泥质砂岩（厚3.5m）。地下水埋深：3.94m。

难点：桥涵基础距顶进轴线2.67-3.54m，管道埋深2.3-2.8m，需控制地面沉降。

工程地质剖面图 14-----14'

比例尺 水平 1:1000 垂直 1:200

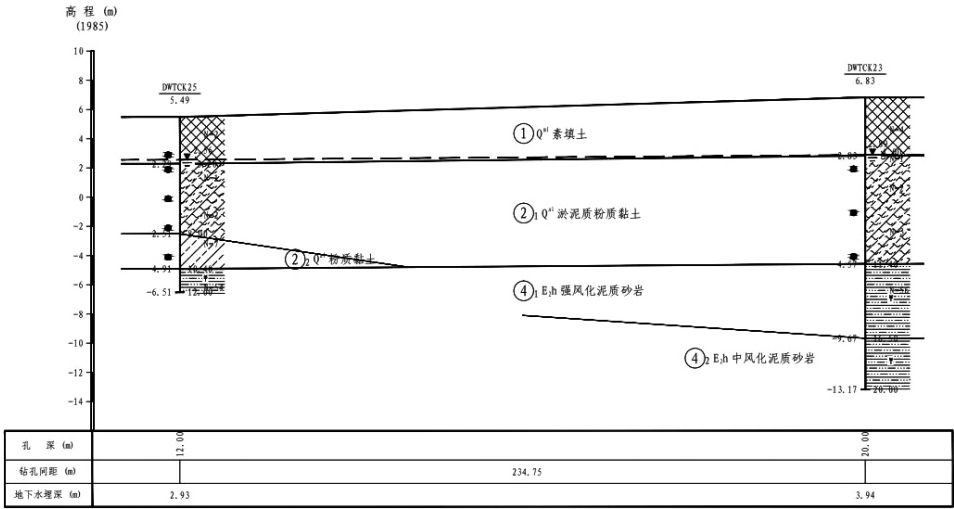


图1 顶拉管段工程地质剖面图

2 顶拉管施工工艺

2.1 技术原理

(1) 导向施工：使用地下导向技术，采用地面方位、高程测量和导向仪结合进行精准导向，使用水平定向钻机预钻导向孔，水平钻杆在导向头的引导下，在地下按设计管道的轴线、标高，形成精准路径打出钻杆；

(2) 制孔：采用扩孔工具头，沿着导向方向回拖，同时由钻杆喷入制备泥浆形成泥浆护壁，在地下预先制作大于管道外径4cm的孔洞，孔洞内土方被切削破碎形成

半流动状态的稀泥，含水量在40%-50%；

(3) 管道敷设：采用一端顶拉施工，钻杆穿过管道中心后，在管道末端拉管，利用接收井内的水平千斤顶辅助管道就位，一节管材一节管材的循环顶拉直至将管道敷设完成。

(4) 泥浆清理：对于制孔和顶拉出的泥浆随时清理，用清水对敷设完成的管道冲洗，吸污车将井内管内泥浆吸出干化处理运至收纳厂^[1]。

2.2 施工流程

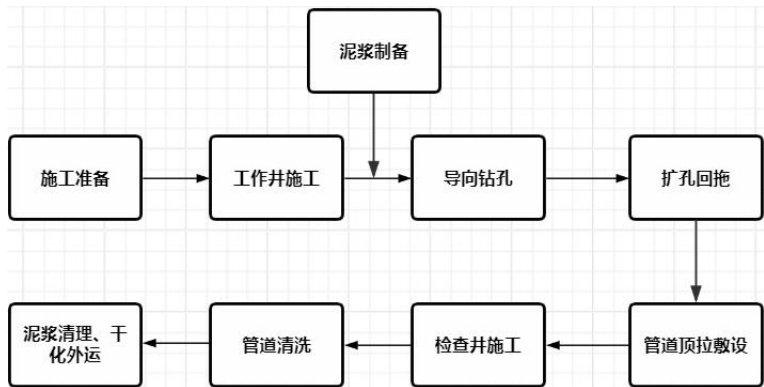


图2 顶拉管施工工艺流程图

(1) 施工准备：施工前做好施工技术、施工人员、施工材料、施工机械等方面的准备工作。查阅设计图纸及地勘报告，充分理解设计意图，察看现场地质情况，必要时进行补勘，充分了解地质、水文情况，选用合适的钻进方法、钻进机具；做好现场平面控制点、高程基准点的布设；对顶拉管段范围内的地下管线详细探测，出具物探图纸并现场标记，为定向钻进曲线设计、地下管线及桥涵基础的保护提供技术支撑。根据施工进度计划要求，按时间节点要求备齐、备足现场施工所需的材料、物资。根据设计图纸要求和施工方案，选用满足生产要求，符合现场生产条件的机械设备。组织工人、机械设备操作人员开展入场教育，进行安全技术交底，使施工人员熟练掌握安全操作技术规程和应急处理方法。

该顶拉管段施工范围地下主要涉及军用光缆、输油管道、供水管道、桥涵基础。施工前需充分考虑对地下管线和桥涵基础的保护，安全距离满足规范要求，加强安全监测。

(2) 工作井施工：在桥涵两侧各设置一座圆形工作井、接收井，几何尺寸：内径2m，外径2.8m；井深分别为4.9m，5.4m。采用沉井法施工，施工流程：路面破除→

场地平整和铺砂垫层→绑扎钢筋和立模板→浇筑混凝土和养护、拆模→初挖和抽垫→下沉和纠偏、到位→后续井筒浇筑下沉→清底和混凝土封底→浇筑底板混凝土。

控制要点：做好刃脚下砂垫层严防沉井制作时出现不均匀沉降；沉井直立模板需在混凝土达到设计强度的25%方可拆除，沉井下沉时必须在首节混凝土达到设计强度后方可下沉；严格控制锅底深度，防止超深引起突然下沉；下沉时均衡对称挖土，使井体挤土下沉，出现倾斜位移时及时纠正，沉井各点不均匀沉降 ≤ 100mm；沉井下沉至设计标高后8小时累计沉降量 < 10mm时方可进行封底。

(3) 泥浆制备：根据工程地质情况，施工前进行小规模泥浆配制试验，配置最佳性能泥浆，使得注入泥浆达到稳定孔壁、携带钻渣、润滑钻具、冷却钻头的最优效果。

表1 泥浆基本配置方案表

材料	参数
水	1m ³
钠基膨润土	60kg (6%)
增黏剂 (CMC)	3kg (0.3%)
降滤失剂 (磺化沥青)	10kg (1%)
润滑剂	20kg (2%)
NaOH	pH (9-10)

作者简介：刘剑，1990年生，男，汉族，湖南邵阳人，本科，工程师，研究方向为：市政公用工程项目管理。

表2 泥浆性能参数表

参数	数值范围
密度	1.08-1.12g/cm ³
黏度（马氏漏斗）	40-45s
API滤失量	≤ 10-12mL/30min
pH值	9-10

（4）导向钻孔：导向轨迹曲线设计是影响顶拉管敷设效果的关键环节，在进行导向轨迹曲线设计时需根据桥涵基础所在位置、地下管线分布情况和安全距离要求、施工场地大小、顶拉管道埋深，综合考虑设计最优导向轨迹曲线。根据设计图纸和导向轨迹曲线设计测量放样，在工作井、接收井井壁开孔，开孔尺寸、标高需符合顶拉管设计要求。根据导向轨迹设计曲线进行导向钻孔，首段为造斜段，入钻位置、钻杆角度、钻杆方向需严格按照设计值钻进，实时监测钻头位置确保钻头按设计曲线平顺进入水平段。第二段水平段钻进时，严格按照预先标记在地面得方位、深度值，实时监测钻头位置，确保钻头按设计管道轴线、标高到达接收井完成导向钻孔。

施工过程中注意控制钻进速度不宜过快，记录钻进时的钻压、转速、泥浆流量、倾角、方位角、标高等数据，控制误差 ≤ 1%。导向钻孔完成后，将钻进原始数据记录与设计轨迹曲线对比分析，判定导向孔是否符合要求可用，确保纵向偏差 ≤ 1%穿越长度，横向偏差 ≤ 1%穿越长度。

（5）扩孔回拖：导向钻孔完成后，采用扩孔工具头，沿着导向轨迹曲线回拖作业，扩孔回拖时扭矩控制在钻机额定值的70%以内，速度控制在0.5-1.5m/min范围，匀速向后回拖，并同步注入泥浆润滑，护壁成孔，防止塌孔，终孔直径应大于顶拉管材外径4cm。扩孔施工时同步做好泥浆回收和地表沉降监测，沿线每20m布设一

个监测点，沉降量不得超过设计允许值。

（6）管道顶拉敷设：经初步扩孔成型后，检查确认孔道直径满足管道顶拉敷设尺寸后，开始管道顶拉敷设作业。将管节分节吊入接收井，钻杆连接扩孔器、回拖旋转活节，通过传力杆穿过管节中心在管节末端进行顶拉，设置水平千斤顶配合管节顶拉入孔就位，分节依次完成管道顶拉敷设。管道敷设完成后及时清理管道和工作井内的泥浆杂物。

管道顶拉要求：顶拉高程偏差在±8cm，轴线偏差在±5cm左右；管节接口压紧到位以防接口渗漏；顶拉过程中每班记录顶拉长度、扭矩、拉力、校正情况。

（7）检查井施工：顶拉管敷设完成后，在工作井、接收井内新建两个直径1m的检查井，采用预制装配式钢筋混凝土检查井，防水砂浆抹面，并用石粉将检查井四周间隙填充夯实。预制装配式检查井做法参照《钢筋混凝土及砖砌排水检查井》（20S515）

（8）管道清洗：施工作业完成后，需及时对管道内泥浆彻底清洗确保管道能畅通运行。采用高压水射流清洗，将高压水枪喷头伸入管道内部，从下游往上游逐步推进，水压控制在合适的范围内，避免压力过低冲洗不彻底，压力过高损伤管道内壁^[2]。清洗完成后及时将泥浆抽出干化外运，使用CCTV机器人进入管道，对整段管道内窥检查。

3 施工效果评价

通过大涡塘污水管网穿越广三高速桥涵工程实践表明，顶拉管施工工艺在施工空间受限、周边建（构）筑物及地下管线保护要求高、交通繁忙路段，从经济性、安全性、实用性、环境保护的方面取得了较好的综合效益。对比明挖法，顶拉管施工工艺从施工质量、成本、进度、安全等角度展现了其优越性。

表3 施工工艺对比分析

施工工艺	日完成量（m）	DN400延米造价（元）	质量缺陷	施工安全性
明挖施工	12	3950	无	中等
顶拉施工	17	3050	无	较高

注：受施工工艺不同、投入人员不同、施工环境不同、施工组织等多项因素影响，以上数据仅供参考。

4 结语

顶拉管施工工艺在大涡塘污水管网穿越广三高速桥涵工程的应用，不但有效的解决了因桥涵净空高度受限，无法采用钢板桩支护明挖施工，施工安全难以保障的问题。同时规避了大型机械开挖扰动对桥涵和地下管线运行的安全风险，降低了对路面通行车辆的交通干扰。加快了施工进度，降低了项目造价，保障了施工质量。由此可见顶拉管施工工艺的发展和创新，在市政管

网工程非开挖施工中的应用，对我国工程技术发展已经起到了重要的促进作用。

参考文献

[1]李雷,徐荣华.顶拉管施工技术在排水管网工程中的应用[J].内江科技,2020,41(04).
[2]邵文婧,王一帆.大管径长距离顶管施工技术在市政供热管网工程中的应用研究[J].工程建设与设计,2024,(16)