

# 市政排水管道非开挖顶管施工技术管理

文 / 华佳佳 温州市排水有限公司

**摘要:** 本文详细探讨了市政排水管道非开挖顶管施工技术的应用与管理。通过分析该技术在环境保护、经济效益和施工效率等方面的优势,深入研究了其具体应用方法与管理要点。文章重点阐述了地质勘探、施工控制、质量管理等关键环节,并提出了相应的管理措施和解决方案,旨在为相关工程实践提供参考。

**关键词:** 市政排水管道; 非开挖技术; 顶管施工; 施工管理

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.072

## 引言

随着城市化进程的加快,市政排水管道建设在城市基础设施中扮演着越来越重要的角色。传统的开挖施工方式往往会对城市交通、居民生活和环境造成显著影响。非开挖顶管施工技术作为一种先进的地下工程施工方法,能够有效解决传统开挖施工带来的诸多问题。本文将从技术应用和管理两个维度,全面探讨市政排水管道非开挖顶管施工技术的实践应用。

## 一、市政排水管道中非开挖顶管施工技术应用的优势

### (一) 环境友好与保护

在城市绿地、公园等环境敏感区域施工时,能够避免对地表生态系统的破坏。相比传统开挖方式,顶管施工主要在工作井内进行,地面上的施工活动大大减少,降低了对周边环境的影响。传统开挖方式往往需要大面积破坏地表结构,容易造成雨季施工时的水土流失问题。而顶管施工仅需设置始发井和接收井,大大减少了地表扰动面积。同时,该技术还能最大限度地保护地下水文环境,避免因大规模开挖导致的地下水位变化和水质污染问题。在城市既有建筑密集区施工时,非开挖技术能够有效避免对建筑基础的扰动,减少施工振动对建筑物的影响,从而保护城市建筑遗产和现有建筑设施。

### (二) 经济效益与成本节约

虽然顶管设备的初始投入较大,但在实际施工过程中,由于无须大规模开挖和回填,可以显著减少土方工程量。浅埋管道(埋深<3米),在这种情况下,传统开挖施工方式通常更经济。因为土方工程量相对较小,施工难度低,机械设备投入少。而采用顶管施工需要配备专用设备,固定成本高,对于小规模项目来说性价比不高。深埋管道(埋深>3米),深开挖需要支护措施,土方量大幅增加,施工周期长。交通疏解、地下管线保护等费用也相应提高。相比之下,顶管施工虽然前期设备投入大,但可以大幅减少土方开挖和回填工程量,缩短工期,降低对周边环境的影响,从而在总成本上具有明显优势。特别是在深埋管道施工时,传统开挖方式需要考虑支护、降水等附加工程,而顶管施工可以大大简化这些工序。非开挖技术只需要少量的地面工作面积,能够最大限度地保持地面交通的正常运行。同时,也避

免了对沿线商业活动的影响,减少经济损失。在施工周期方面,非开挖技术由于无须分段开挖和回填,施工效率更高,能够缩短工期,加快项目进度。这不仅降低了施工单位的管理成本,也减少了对城市正常运转的影响时间。

### (三) 施工效率与灵活性

非开挖顶管施工技术实现了机械化施工,通过先进的顶管设备,可以保证施工的连续性和稳定性。现代顶管设备配备了自动化控制系统,能够实时监控施工参数,保证施工精度,提高施工效率。在施工适应性方面,非开挖技术表现出极强的灵活性。它可以适应不同的地质条件和工程环境,能够在砂性土、黏性土、卵石层等各种地层中施工。通过选择合适的顶管机型和施工参数,可以克服各种复杂地质条件带来的挑战。此外,在穿越障碍物方面,非开挖技术可以灵活穿越建筑物基础、既有管线、河道等障碍物,而不影响其正常使用,这种灵活性使得非开挖技术特别适用于城市复杂环境下的管道施工。

## 二、市政排水管道非开挖顶管施工技术的应用

### (一) 地质勘探与顶管机型选择

详细的地质勘探工作包括钻探取样、原位测试和室内土工试验等,需要重点关注地层结构、岩土性质、地下水位等关键参数。特别是对于易变形土层、含水层等特殊地质条件,要进行专门的工程地质评价。在机型选择方面,要根据地质条件、管径大小、顶进距离等因素综合考虑。对于不同的地质条件,可选择泥水平衡式、土压平衡式或其他类型的顶管机。在软土地层中,泥水平衡式顶管机能够有效控制地层变形;而在硬土或岩石层中,则需要选择具有足够切削能力的机型。同时,要充分考虑顶管机的动力系统、控制系统和辅助设备的配置。现代顶管设备普遍采用计算机控制系统,能够实现自动导向和姿态控制。此外,还需要考虑工作井尺寸、吊装能力等施工条件对机型选择的限制,准确的机型选择是确保施工顺利进行的关键因素。

### (二) 顶进过程控制与纠偏技术

顶进过程控制需要重点控制顶进速度、顶力大小、泥水压力等参数,通过实时监测系统,随时掌握顶管机的位置和姿态,确保其按设计轨迹推进。当发现偏差

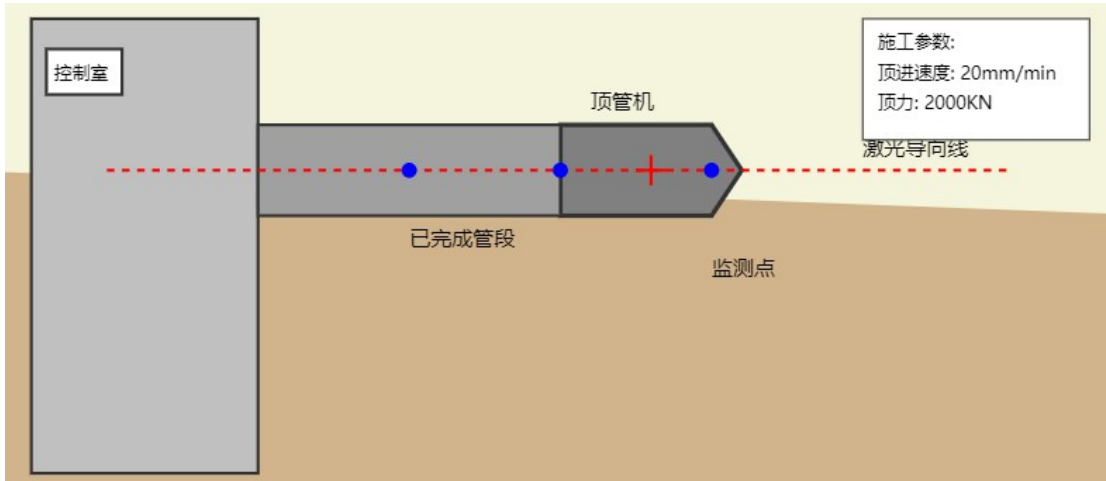


图 1 顶进过程控制与纠偏技术示意图

时，要及时采取纠偏措施。现代顶管机普遍采用电子激光导向系统，通过测量顶管机的位置和姿态参数，实现精确控制。当出现偏差时，可通过调整顶管机的切削面板、调节推进速度等方式进行纠偏。对于曲线段施工，更需要精确的导向控制和纠偏技术。在特殊地质条件下，如穿越断层带或软硬地层交界面时，要特别注意控制顶进参数，防止顶管机产生较大偏差。

### （三）管道接口处理与密封技术

在顶管施工中，要严格控制管节间的对接精度，确保接口平整、垂直。现代顶管施工普遍采用橡胶密封圈作为接口密封材料，需要严格按照设计要求选择合适的密封圈型号。在接口处理过程中，要特别注意清理管端面，去除浮浆、杂物等影响密封的因素。安装密封圈时要确保其均匀就位，避免扭曲或脱落。对于预制混凝土管，接口型式通常采用企口式，配合密封圈能够确保良好的防水性能。此外，还应注意管道接口的防腐处理。在地下水水位较高或腐蚀性较强的环境中，要采取特殊的防腐措施，如环氧树脂涂层等。通过规范的接口处理和可靠的密封措施，确保管道系统的长期使用性能。

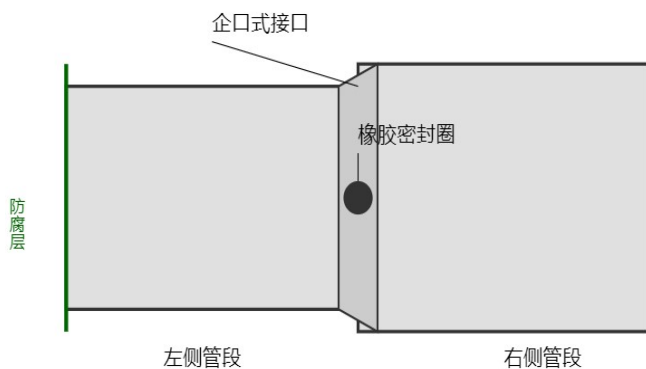


图 2 管道接口处理与密封示意图

### （四）环境监测与交通疏导方案

环境监测需要建立完善的监测系统，对地表沉降、周边建筑物变形、地下水位变化等进行实时监测。特别

是在重要建筑物附近施工时，要加密监测点，确保施工安全。交通疏导方案要根据工程特点和现场条件制定，虽然非开挖技术大大减少了对地面交通的影响，但工作井的设置仍需要占用部分道路。因此，要科学规划施工场地布置，合理设置交通导向标志，必要时实施交通管制措施。同时，要做好施工现场的环境保护工作，如噪音控制、扬尘防治等。

### 三、市政排水管道非开挖顶管施工技术的管理要点

#### （一）施工前准备与规划管理

首先，需要进行详细的地质勘察工作，包括土质分析、地下水位测定、周边建筑物分布调查等。通过专业的地质雷达探测和钻探取样，全面掌握施工区域的地质条件，为顶管施工方案的制定提供可靠依据。其次，要进行完整的管线探测工作。需要调查施工区域内的供水、供电、通信、燃气等地下管线的分布情况，绘制详细的地下管线分布图，避免施工过程中损坏现有管线。然后，需要建立可靠的测量控制网，进行精确的测量放线工作，确定工作井、接收井的位置和深度，以及顶管的轴线和坡度。测量数据必须经过复核验证，确保其准确性。再次，需要根据工程特点，选择合适的顶管机型和工艺，制定详细的施工组织设计，包括工作井、接收井的施工方案，顶管机的组装方案，土方开挖运输方案等。方案中还要包含质量控制措施、安全保障措施和环境保护措施。最后，要做好人员、设备和材料的准备工作。组建专业的施工队伍，对施工人员进行技术交底和安全教育。设备方面要确保顶管机、泥浆系统、动力系统 etc 设备完好可靠。

#### （二）施工过程质量控制要点

在掘进过程中，必须严格控制顶进力度，实时监测土压力变化，确保不超过管道承受能力的的安全范围。操作人员需要根据地质条件适时调整顶进速度，避免因速度过快导致管道损坏或偏离设计轴线。施工团队应采用全站仪等精密仪器，定期进行管道轴线复测，确保垂直和水平偏差都控制在规范允许范围内。一旦发现偏差，

要立即采取纠偏措施,调整顶进方向。泥水处理系统的管理同样重要,要严格控制泥水配比,确保其具有良好的输送性能和稳定性。泥水循环系统要保持通畅,防止堵塞造成施工中断。管节连接质量直接关系到整体工程的防水性能,每个管节连接处都要仔细检查密封圈的完整性,确保安装位置准确。连接时需控制接口间隙,避免产生错位或胶圈脱落。所有连接完成后要进行闭水试验,确保连接处不渗漏。机械设备的维护保养也是质量控制的重要组成部分,顶管机、千斤顶等核心设备要建立定期检修制度,要确保各项性能指标符合要求。设备运行过程中要密切关注各项参数,发现异常及时处理,防止因设备问题影响施工质量。此外,要建立完善的质量检查记录制度。每道工序完成后都要进行自检、互检和专检,并形成书面记录。

### (三) 安全风险识别与防范措施

在市政排水管道非开挖顶管施工中,施工前必须全面收集地下管线资料,采用地质雷达等设备进行详细探测,绘制地下管线分布图。对重要区域要进行试挖确认,制定详细的防护方案。地层塌陷是另一个重要风险点,要严格控制地层损失率,合理选择泥水参数,确保地层稳定性。在软土地层施工时,要采取地层加固等预防措施。工作井周边要设置沉降观测点,实时监测地表变形情况,一旦发现异常沉降,立即采取加固措施。有限空间作业带来的安全隐患不容忽视,作业人员必须佩戴安全防护装备,建立出入井登记制度。井内照明、通讯设备要确保可靠运行,制定详细的应急救援预案。机械设备运行安全也需要重点关注,所有设备操作人员必须持证上岗,严格执行操作规程。设备运行时要设置安全警示标志,划定危险区域。电气设备要做好防水、防潮处理,定期检查线路绝缘性能。此外,施工现场排水安全不容忽视。要根据天气情况做好防汛预案,配备足够的排水设备。工作井周边要设置截水沟,防止地表水灌入。强降雨时要加强巡查,确保排水系统畅通。劳动保护措施要落实到位,要为作业人员配备合格的劳保用品,定期进行安全教育培训。建立健康档案,定期组织体检,防止职业病危害。

### (四) 项目后期验收与维护管理

项目验收是确保工程质量的最后把关环节,要进行管道闭水试验,检测管道的严密性和结构强度。试验时要按规范要求控制水压和试验时间,详细记录渗漏情况。对不合格段落要查明原因,采取补救措施直至达标。同时要使用专业设备对管道内部进行全面检查,重点关注管道接口、内壁完整性等。检测过程要录像存档,并形成详细的检测报告。一旦发现问题必须及时修复,确保管道内部质量符合要求。沉降观测也是验收内容之一,要对管道沿线地表进行水准测量,确保沉降量在允许范围内。对重要建筑物周边要进行特别关注,必要时延长观测时间。测量数据要进行统一整理,作为后续验收的依据。完工资料的整理归档同样重要,要收集

施工过程中的各类记录,包括测量数据、试验报告、影像资料等,确保资料完整准确。此外,对施工中的技术难点和解决方案要进行总结,可以为今后类似工程提供参考。竣工后的维护管理要建立长效机制,定期进行管道检查,建立检查维护台账。同时检查内容包括管道结构完整性、接口密封性、井盖设施等,发现问题要及时修复,防止损坏扩大。还应该建立应急维修响应机制,配备专业的维修队伍和设备,制定详细的应急预案。一旦发生管道堵塞、破损等问题,要能快速响应,最大限度减少对市政排水的影响。随着信息化的发展,信息化管理要逐步推进。可以建立管道信息管理系统,将检查维护记录、维修记录等数据录入系统,利用GIS技术进行可视化管理,提高维护效率。此外,要注重维护人员的培训。定期组织技术培训,提高维护人员的专业水平。建立考核制度,确保维护工作质量。

### 结束语

非开挖顶管施工技术作为一种先进的市政排水管道施工方法,在环境保护、经济效益和施工效率等方面具有显著优势。从施工前的地质勘察、机型选择,到施工过程中的质量控制、安全管理,再到后期的验收维护,每个环节都需要严格把控,确保工程质量。随着城市化进程的加快和环保要求的提高,非开挖技术将在市政工程中发挥越来越重要的作用。要充分发挥该技术的优势,关键在于加强施工管理,提高施工人员的专业素质,不断总结经验教训。同时,要积极引入新技术、新设备,推进信息化管理,提升施工和维护管理水平。

### 参考文献

- [1]牛汉文.非开挖顶管技术在市政排水管道施工中的应用研究[J].水上安全,2024,(11):190-192.
- [2]段李浩.管道排水工程建设中的非开挖顶管施工技术[J].交通世界,2023,(Z1):188-190.
- [3]张乾.非开挖顶管技术在市政排水管道施工中的应用研究[J].石油化工建设,2022,44(03):110-112.
- [4]郭旭忠.市政排水非开挖顶管施工技术及施工要点[J].居舍,2020,(19):68-69.
- [5]张思海.非开挖铺设排水管道工程技术研究[J].安徽建筑,2019,26(06):64-66.
- [6]王伟.建筑给排水设计中管道安装方式研究[J].住宅与房地产,2019,(15):70.
- [7]毛拓荒.非开挖顶管施工技术在市政排水的应用[J].居舍,2018,(29):70+80.
- [8]牟红梅.非开挖顶管施工技术在市政给排水施工中的研究[J].科学中国人,2017,(12):39.
- [9]杨红涛.市政给排水工程施工中中长距离顶管施工技术标准研究[J].中国标准化,2016,(15):153-154.
- [10]李萍.市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术研究[J].低碳世界,2016,(32):264-265.