

市政道路排水工程顶管施工的关键技术分析

黄 华

西安市西郊市政设施养护管理有限公司, 陕西 西安 710082

[摘要]随着城市化进程的加速,城市基础设施的建设需求日益增长,市政道路排水工程成为保障城市正常运行的重要组成部分。顶管施工作为一种先进的地下施工技术,因其高效、安全、环保的特点,越来越多地应用于市政道路排水系统的建设中。顶管施工无需开挖地面,能够有效减少对交通的影响,降低环境污染,同时还具有较强的适应性,能够在狭小的空间中完成复杂的工程任务。通过这种方式,不仅能够提高施工效率,还能确保城市排水系统的稳定性和可靠性,有力支持城市排水能力的提升。

[关键词]市政道路排水工程;顶管施工;关键技术;安全控制;施工质量

DOI: 10.33142/ect.v3i4.16119

中图分类号: TU991

文献标识码: A

Key Technical Analysis of Top Pipe Construction in Municipal Road Drainage Engineering

HUANG Hua

Xi'an Xijiao Municipal Facilities Maintenance and Management Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710082, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, the demand for urban infrastructure construction is increasing day by day, and municipal road drainage engineering has become an important component to ensure the normal operation of cities. Top pipe construction, as an advanced underground construction technology, is increasingly being applied in the construction of municipal road drainage systems due to its high efficiency, safety, and environmental protection characteristics. Top pipe construction does not require excavation of the ground, which can effectively reduce the impact on traffic and environmental pollution. At the same time, it has strong adaptability and can complete complex engineering tasks in small spaces. Through this approach, not only can construction efficiency be improved, but the stability and reliability of the urban drainage system can also be ensured, effectively supporting the improvement of urban drainage capacity.

Keywords: municipal road drainage engineering; top pipe construction; key technology; safety control; construction quality

引言

城市防洪排涝及市政基础设施的持续发展,与市政道路排水系统建设相辅相成,传统挖掘技术面临现代城市排水需求之挑战,尤其在都市中心及商业密集地带,施工开挖常伴随交通拥堵及环境污染现象,鉴于顶管技术在较小开挖规模中的实施性,实施管道布线作业,构成解决问题的关键途径,本文将全面分析市政道路排水工程顶管施工的核心技术,考察技术实施过程中的难题及处理途径。

1 顶管施工技术的基本原理

1.1 顶管施工概述

顶管施工是一种先进的无开挖施工技术,它在市政建设中的地下管道铺设方面得到了广泛地应用,尤其是排水管道、输水管道以及通信管道等项目。与传统的开挖施工方法相比,顶管施工采用了一种非开挖的方式进行,显著减少了对地面交通和环境的破坏,同时施工过程中也大幅降低了对周围建筑物的潜在影响。在顶管施工的过程中,施工设备会从管道的起点处开始推进,利用顶管机的力量,通过土壤或岩石的压力,逐步将管道推进到预定的位置。由于这种施工方式无需进行大规模的地面开挖,因此能够

大幅度缩短工期,并且在施工过程中减少了安全隐患。特别是在城市密集区或交通繁忙的地区,顶管施工技术能够有效地避免对周围环境和交通的干扰,特别适合于跨越河流、铁路、道路等难以开挖的区域。此外,顶管施工还具有环境友好、节省空间、减少噪声等优点,完全符合现代化城市建设对环保和资源节约的高标准要求^[1]。

1.2 顶管施工设备的组成与作用

在顶管施工过程中,所使用的设备种类是相当繁多的。其中,顶管机作为核心设备,扮演着至关重要的角色。它主要负责将管道从起始点逐步推进至目标位置。顶管机的设计具有极高的灵活性,可以根据不同的土层条件进行相应的调整,无论是坚硬的岩石还是松软的土壤,顶管机都能够顺利地进行作业。通过其强大的推进力,顶管机能够克服土壤的阻力,将管道安全地安装到预定的位置。除此之外,顶管机还配备了各种先进的传感器和监控系统,这些系统能够实时监测施工过程中管道的状态以及推进的力道,从而确保施工过程的精确性和安全性。导向装置是顶管施工中的另一个重要组成部分,它的主要作用是确保顶管机能够沿着预定的路径行进,避免偏离目标位置。导

向装置通常会采用激光或其他先进的测量技术进行精准定位,以保证管道的精度与方向性。而土方清理设备则负责处理施工过程中产生的土方和杂物,确保施工通道畅通无阻,避免土方堆积影响施工进度和质量。正是通过这些设备的紧密配合和高效协作,顶管施工才能够顺利、稳定地完成。

2 顶管施工过程中的关键技术问题

2.1 设计要求与施工方案的优化

顶管施工设计构成项目实施的核心要件,设计阶段应对土壤及水文地质背景进行调研,也需纳入管道尺寸与敷设路径等核心考量,施工难度受土层性质及类型制约明显,全面地质条件评估是设计阶段的基础,针对复杂地层结构,施工方案优化乃关键途径。顶管路径抉择极为关键,维持路径畅通无障碍,应消除潜在障碍,管道规格应与地质条件相契合,适应施工强度与耐久性挑战的挑战要求,设备选用需与地质条件相契合,在高密度及坚硬地层,高推进力顶管机为首选,设计阶段应采纳监测系统方案,持续跟踪施工全过程的土层变化、管道安装及顶管机运行状态,保障施工安全水平,调整施工结构,应全面权衡成本、工期与资源的高效实施,实现项目实施的高效成果^[2]。

2.2 土层与地质条件对施工的影响

顶管施工受土层硬度、密实度及水文地质条件制约明显,土层硬度及密实度偏高,土层硬度与施工阻力成正比,硬度高则阻力大,尤其是在岩石质或硬土层层位层段,顶管机推进力可能未达到施工所需水平,甚至面临不可逾越的障碍,加大顶管机推力,或采用辅助施工手段,辅助施工措施,诸如爆破与钻孔,应对施工阻碍现象。施工过程明显受水文地质条件约束,在高水位地段,管道浮升问题与地下水变化紧密相扣,甚至引发管道稳定性降低,施工阶段应先行进行水文地质勘探,研究地下水位变动规律,在高水位地带实施,可实施高效防水防护方案,实施临时排水设施及防水材料部署,保障顶管施工的稳定性和安全水平,地质环境复杂区域群,施工顺利实施的核心要素为方案的适应性调整与即时应对策略。

2.3 管道安装与质量控制

顶管施工阶段,管道安装质量与后期使用安全及耐久性紧密相连,施工实施阶段,管道连接环节必须按照设计规范实施,维持接头密封牢固性,减少接头不严密引起的管道泄漏与位移,管道安装质量与材料品质紧密绑定,旨在保障管道对长期使用中不同外部负荷的承受力,初期施工阶段宜选用满足设计规范及高耐久性的管材。安装实施阶段,必须持续校对管道的水平和垂直定位,预防安装误差引起的管道应力集中风险,安装作业之后阶段实施,管道应进行严密的质量检验,实施压力测试与水密性检验,再现管道内外压力值,维持管道在标准操作条件下的稳定性,水密性检验维护管道无渗漏,维持管道系统的安全稳

定性,施工阶段中实施,常规检验是质量保障的根基,必须采用精细的检测技术消除潜在隐患,维持管道系统的整体性与稳定性水平^[3]。

3 顶管施工中的安全控制与风险管理

3.1 施工安全管理的重要性

顶管技术构成地下工程的关键施工技术,普遍融入城市基础设施项目,诸如城市轨道交通、地下管网等行业,顶管施工流程繁复,风险等级高,设备与人员数量繁复,安全管理为核心环节要求,力保施工过程无停滞,预防事故隐患,施工前及施工阶段应严格执行安全管理程序。全面安全培训是施工队伍的必经阶段,保障工人对顶管施工风险及应对策略的掌握,培训需包含设备操作规范、安全防护及应急处理程序细节,特别强调顶管机操作及故障处理、管道铺设的安全关键点,确立详细的安全作业指导原则,是施工单位针对项目特性的关键步骤,制定安全措施执行细则,施工各阶段需依循规程操作。

施工安全保障的实现离不开施工现场的安全设施,基于现场实际背景,施工单位需实施,配备所需的安全器具,规范安全装备清单,如防护网、警示标识及应急救援设备等,施工实施阶段之,应进行设备运行状况的周期性审查活动,特别关照顶管机的养护与检测作业,及时识别并消除潜在故障,减少因设备故障引发的卡死及损坏概率,须提高管道铺设监控水平,防止施工失误及土质不稳定引起的塌方、滑坡等灾害,建立突发事件的应对预案,应配置专业救援团队及装备,确保突发事件发生时迅速开展救援行动,规范操作人员操作纪律,降低由设备误操作引起的潜在安全威胁。

3.2 风险识别与应对措施

顶管施工技术归类于复杂且风险显著的地下工程作业范畴,面临多重挑战与风险,不稳定土壤状况易造成管道铺设时的变形与坍塌现象,管道质量问题往往引起泄漏及破裂,设备故障可能引起施工中断,导致安全事故,实施有效手段应对风险挑战,各施工阶段应执行一系列程序,维持施工连续性,降低风险隐患的潜在威胁。施工前应进行系统地质勘探,对施工区域土壤、地下水位及岩土结构等要素进行细致探测,可全面把握地下环境的复杂层面,构建施工方案的科学根基,报告助力施工单位预见不稳定土壤地带,实施针对性加固施工,缓解施工期地质灾害的潜在威胁,勘察成果辅助施工设备与工艺的选配,提高施工效率及安全防护水平^[4]。

施工实施阶段,迅速应对潜在威胁源,推进实时监控与数据分析的结合,实施自动化监控手段,实时监控顶管机操作、管道铺设状况及施工场地土壤变化等核心参数,检出异常数据信号,系统激活预报警模式,引领调整操作实施,防止问题进一步扩散,土壤松动及设备故障显现之刻,系统自动调整设备速度参数,或实施停工程序,确保

安全。风险管理中,应急预案的制定占据核心地位,施工单位需识别潜在紧急事故,涵盖设备故障、塌方、管道质量问题等潜在威胁,预先制定全面应急预案,实现突发事件的即时反应能力,可快速实施有效应对,设备故障情形出现,应配置备用设施及快速修复机制;若出现塌方,现场应配备专业救援队伍及应急物资保障机制,实现事故处理的即时高效处理。

4 顶管施工的环保与可持续性分析

4.1 减少对环境的影响

与传统的挖掘技术相对比,显著展现环保潜力,尤其是在城市化快速扩张的阶段,顶管技术成为城市基础设施建设的首选技术方案,传统施工模式普遍依赖大面积地面开挖,能源及资源消耗急剧上升,也产生了土方运输及堆放环节的环境污染后果,尤其在人口稠密区,施工过程大幅消耗道路资源,引起交通拥堵效应,干扰周边居民出行节奏,施工开挖对城市外观质量构成损害,破坏了道路美感,居民生活面临干扰。

顶管施工技术采纳地下作业技术路线,施工阶段无需地面大规模开挖,摆脱了土方运输的依赖,出土方回收成为标准作业程序,并实施科学管理,与传统的挖掘技术形成对比,环境破坏降低至较低水平,顶管施工多采用地下作业方式,施工噪音及扬尘量明显削减,显著降低了施工对周边居民生活环境的干扰,与既定施工模式相较,顶管施工技术有效减轻了施工引起的空气污染,有效阻断了周边环境的二次污染扩散,大幅减轻了城市生态环境的破坏后果。在都市密集地带,顶管施工有效降低地下水破坏及土壤污染风险,传统挖掘作业常干扰地下水流动规律,或引发水源污染,顶管施工技术实施精细化的地下作业,阻隔地下水系破坏,维持地下水资源,防止施工引起的土壤沙化后果,现代城市建设采纳顶管技术以实现环保施工,也为促进城市可持续发展的核心途径^[5]。

4.2 资源回收与再利用

顶管施工阶段,废土回收与处理是施工绿色环保的核心要求,顶管施工伴随废土大量生成,废土主要源自地下施工的挤压及挖掘作业,若废土回收处理未达预期,存在环境污染的潜在威胁,也引发资源回收的浪费,探讨废土利用路径的合理性,成为施工绿色化与资源节约研究的核心焦点领域。废土回收与再利用助力城市基础设施建设拓展环保空间,筛选、改良及加工后的废土展现出广泛的应用前景,处理废土被城市绿化项目采纳,为公园绿地补给优质土壤,扩大绿化地带,增进空气质量水平;在建筑材料应用方面,废土可作为砖块、混凝土等建材的基底,降

低了自然资源依赖水平,减少了矿产资源的开采依赖,优化了资源循环利用的路径,该行动契合了当代社会对环保的迫切需求,该行动推动了城市可持续材料供应的进步。

顶管施工阶段,设备与材料应采纳环保标准,现代顶管施工设备普遍采用节能环保动力机制,能源消耗同步降低至新水平,降低CO₂排放水平要求,采用环保施工机械,显著降低环境污染水平,也增强施工效率,精简施工阶段,增进工程效益的整体水平。采纳环保型及可回收资源,摒弃对环境持续污染的化学成分,持续降低施工环境压力水平,实施废土回收与再利用路径,整合现代与绿色施工理念,顶管施工有效降低施工环境负荷,推动市政工程与城市建设向环保低碳的新阶段过渡,该策略与城市可持续发展的理念相协调,也推动未来城市建设走向环保高效的新阶段^[6]。

5 结语

顶管施工技术作为市政道路排水工程中的重要施工方法,具有许多优势,如减少开挖、节省时间、降低环境污染等。然而,在施工过程中,仍然存在着诸多技术难点,如土层条件的影响、设备选择与管道质量的控制等。通过加强设计优化、施工方案的合理性、施工质量控制及安全管理,可以有效地提升顶管施工的效率与质量。同时,随着环保意识的提高,顶管施工的可持续性和环保技术也将成为未来发展的重要方向。我们应继续探索顶管施工技术的创新与优化,为市政道路排水工程的顺利实施提供更加坚实的技术支持。

[参考文献]

- [1]周火凯.市政道路排水工程顶管施工的关键技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025(6):139-141.
- [2]杨志刚.市政道路排水工程污水顶管施工关键技术研究[J].水上安全,2024(23):139-141.
- [3]李熙浩.浅析简析市政道路排水管道顶管施工技术的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(24):103-105.
- [4]朱小龙.市政道路排水工程中的污水管顶管施工技术研究[J].建材发展导向,2024,22(4):116-118.
- [5]宋国强.市政道路排水工程污水管顶管施工技术研究[J].运输经理世界,2023(19):16-18.
- [6]黄腾飞.市政道路排水工程污水管顶管施工技术研究[J].智能建筑与智慧城市,2023(5):170-172.

作者简介:黄华(1984.6—),毕业院校:长安大学,所学专业:道路桥梁与渡河工程,当前就职单位:西安市西郊市政设施养护管理有限公司,职务:设备管理员,职称级别:初级工程师。