

市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术研究

梁山波

新疆蓬隆建设工程有限公司, 新疆 喀什 844000

[摘要]随着城市化进程的加快,传统的开挖施工方法对环境和交通造成了较大影响,而顶管施工技术因其无需开挖地面,能有效避免这些问题,逐渐成为优选方案。文章介绍了顶管施工的关键技术,如顶力控制、管道导向、泥水平衡等,并分析了施工过程中的质量控制、安全管理和环境保护措施。通过对顶管技术的研究,文章为市政给排水管道的施工提供了理论支持,旨在提高施工效率、安全性和环保性。

[关键词]市政基础设施;地下给排水管道;顶管施工技术

DOI: 10.33142/sca.v8i4.15951

中图分类号: TU991.36

文献标识码: A

Research on the Construction Technology of Top Pipe for Underground Water Supply and Drainage Pipelines in Municipal Infrastructure

LIANG Shanbo

Xinjiang Penglong Construction Engineering Co., Ltd., Kashgar, Xinjiang, 844000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, traditional excavation construction methods have had a significant impact on the environment and transportation. However, pipe jacking construction technology has gradually become the preferred solution because it does not require excavation of the ground and can effectively avoid these problems. The article introduces the key technologies of pipe jacking construction, such as jacking force control, pipeline guidance, and mud water balance, and analyzes the quality control, safety management, and environmental protection measures during the construction process. Through the study of pipe jacking technology, this article provides theoretical support for the construction of municipal water supply and drainage pipelines, aiming to improve construction efficiency, safety, and environmental protection.

Keywords: municipal infrastructure; underground water supply and drainage pipelines; pipe jacking

引言

在市政基础设施中,地下给排水管道系统是保障城市正常运行的重要组成部分,其功能直接影响到居民的生活质量与城市的可持续发展。随着城市化进程的加速,传统的开挖施工方法逐渐暴露出对环境、交通及周边建筑的负面影响。在这种背景下,探索更加高效、安全、环保的施工技术,已成为亟待解决的关键问题。作为一种不需要开挖地面、不会对交通与周围环境造成干扰的施工方式,顶管施工技术逐渐成为现代市政工程中不可或缺的重要手段。特别是在城市繁华地段、复杂的地质条件以及铁路、公路、河流等特殊环境中,该技术表现出明显优势,有效避免了传统开挖施工带来的噪音、粉尘、地面沉降等不良影响。尽管顶管施工具有显著的优势,但在实际应用过程中,许多技术难题仍然存在,如顶力控制、管道姿态调整、泥水平衡管理等问题。为了确保施工质量和安全,必须依赖先进的技术手段和科学的管理方法。本文将从关键技术、质量控制、安全管理等角度,深入分析市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术的应用现状、面临的挑战以及未来发展趋势,旨在为市政给排水管道建设提供理论依据和技术支持。

1 市政排水管道顶管施工的特点

地下给排水管道顶管施工技术虽然具有许多优点,但也存在一些问题和不足。顶管施工技术并非简单的操作,实际应用中存在一定的挑战。此外,排水管道顶管施工技术是一种相对较为陌生的工程技术。该技术的核心优势在于无需开挖地表即可实现管道的铺设。具体而言,顶管施工技术能够穿越城市建筑物、铁路、公路以及河流等难以开挖的区域,实现管道的顺利铺设。这一技术不仅有效减少了资金投入,还大大缩短了施工周期,降低了成本。通过顶管施工,能够显著减少对城市环境的污染,减少施工过程中粉尘的飞扬,降低噪声污染,避免对周围建筑物和公路造成破坏,从而保持交通秩序的畅通。因此,排水管道顶管施工技术是一种高效、低污染的地下排管方式。

2 市政给排水管道顶管施工中的关键技术

2.1 顶力控制与管道姿态调整技术

顶力控制与管道姿态调整技术在市政给排水管道顶管施工中占据着核心地位,其对施工质量、效率与安全性的影响不容忽视。控制顶力的关键,便是确保管道受到均匀的推进力。若顶力过低,则可能导致管道推进困难或发生卡阻,而若顶力过大,则可能引起管节损坏,甚至导致

地层扰动与地面沉降。因此，在合理计算顶力时，必须综合考虑土质、管径、顶管长度、摩擦阻力等多方面因素，依托液压顶进系统来实现精确控制。对于较长顶进距离的工程，通常会采用分段顶进的方法，以减少单次顶进时产生的阻力，并通过监测系统实时调节顶力分布，从而确保各个顶进段的受力保持均衡。管道姿态调整则是保证管道沿设计轴线推进的关键步骤。在顶进过程中，由于地层变化、摩擦力不均等因素，管道往往会发生轴向偏移或倾斜。为了保证施工精度，通常会使用激光导向系统、陀螺仪导航或惯性测量系统进行实时监测，并配合纠偏千斤顶进行调整，确保管道始终保持在设计轨道内^[1]。现代顶管施工中，信息化监测技术被广泛应用，数据采集与自动分析系统能够实时监控顶力变化、管道位移与姿态偏差，监测结果将反馈至控制中心，进而进行及时调整。通过这种精细化的控制手段，施工精度与成功率得以显著提升，同时有效降低了施工过程中的风险，尤其是在穿越城市建筑、道路、河流等敏感区域时，地面沉降与环境影响能够得到显著减轻。

2.2 纠偏与管道导向技术

纠偏与管道导向技术是市政给排水管道顶管施工中的关键控制技术，其对施工精度以及管道最终使用效果的决定性作用不容忽视。在施工过程中，由于地质条件的变化、顶力分布不均、摩擦阻力波动以及施工误差的累积，管道往往会发生偏移或姿态失稳。为了确保管道能够按预定轨迹精确推进，必须借助先进的导向技术进行实时监控，并结合纠偏措施进行动态调整。目前，常用的导向技术包括激光导向系统、陀螺仪导航系统与惯性测量系统等，这些技术能够实时监测管道的空间位置、姿态偏差及推进轨迹，并将相关数据反馈至控制中心，进而指导施工调整。激光导向系统通常被应用于短距离顶管施工，通过激光束投射到靶板进行位置测量，适用于精度要求较高的工程。而对于长距离、大深度的顶管施工，陀螺仪导航系统与惯性测量系统更为适用，它们能够在复杂地质条件下，确保较高的精度。管道的纠偏技术主要依赖顶管机的千斤顶系统，当偏差被发现时，顶推力的调整（如上下、左右）将逐步修正偏移。在必要时，局部纠偏千斤顶还可用于精细调整，确保管道回归设计轴线。在复杂地质条件下，智能化数据分析系统被广泛应用，通过自动优化纠偏参数，提高调整精度并降低人工干预的风险。为了减少频繁纠偏对施工进度影响，施工前应对地质情况进行精确勘测，合理规划顶管路径，同时优化顶管参数，以尽量减少施工中的偏差。

2.3 泥水平衡与排土技术

泥水平衡与排土技术在市政给排水管道顶管施工中扮演着至关重要的角色，施工的稳定性和顶进效率以及对周围地层的扰动程度直接受到其影响。泥水在施工过程中起到支撑土体、平衡地下水压力、减少顶进阻力以及润滑管道外壁等作用，这些都为管道的顺利推进提供了有力保

障，同时也降低了地层塌陷的风险。确保施工顺利进行的关键，在于合理的泥水配比与压力控制。泥水的黏度、密度与流变性需要根据地层特性进行精确调整，方能实现支撑开挖面并确保泥水顺畅排出的最佳状态。若泥水压力过大，则可能引发地层隆起或管道周围渗流破坏，甚至影响地表建筑物的稳定性；反之，若压力过低，开挖面可能失稳，导致塌方或顶进困难。因此，施工过程中必须依赖实时监测系统，动态调节泥水压力，确保其始终保持在合理范围内。排土技术同样至关重要，其目标是确保开挖出的土体能够顺利排出，防止沉积物堵塞管道或影响泥水循环。排土工作通常通过泥水循环系统完成，开挖出的土体通过泥水输送管道送至地面分离设备，在振动筛、旋流器、压滤机等设备的帮助下，泥沙逐步被分离出来，净化后的泥水经过调配后回流至掘进机内，形成循环利用，从而减少资源浪费并降低施工成本。在复杂地质条件下，特别是在含水量较高或土层渗透性较强的区域，稳定剂的加入或泥水成分的调整，可能是必要的，以增强土体支撑力并提高排土效率。随着信息化与智能化技术的不断发展，现代顶管施工已广泛采用自动化监测系统。这些系统能够实时监控泥水压力、流速、含砂率等关键参数，并通过数据分析优化泥水与排土方案，从而进一步提高施工的稳定性和安全性。

2.4 施工监测与信息化管理

施工监测与信息化管理在市政给排水管道顶管施工中具有重要的技术价值，对保障施工安全、提升工程精度以及优化管理流程起到了至关重要的作用。顶管施工通常面临复杂的地质条件、地下水变化以及长距离推进等挑战，施工过程中，地层沉降、管道偏移、设备故障等风险可能会发生。为应对这些潜在问题，必须建立一个全面的施工监测体系，实时监控关键参数，并进行动态调整。施工监测的内容主要包括顶进力、管道姿态、地层沉降、泥水压力以及管壁摩擦阻力等。现代传感器、激光导向仪、陀螺仪、压力传感器等先进设备，广泛被应用于数据采集，并实时反馈施工过程中的各项数据^[2]。通过信息化管理系统，采集到的监测数据会自动传输至控制中心，施工人员可以及时对数据进行分析，进而调整施工参数，如顶力分布、泥水平衡的调整以及管道方向的修正，从而确保管道按照预定路线安全推进。信息化技术的应用不仅提升了施工效率，还优化了管理水平。利用BIM（建筑信息模型）、GIS（地理信息系统）等技术手段，地下管线及地质条件可在施工前进行三维建模与模拟分析，从而制定更加合理的施工方案，降低施工过程中的风险。

3 市政地下给排水管道顶管施工的质量控制与安全管理

3.1 质量控制体系与检测标准

质量控制体系与检测标准是确保市政地下给排水管道顶管施工顺利实施并满足设计要求的 key 组成部分，其主要目标是保证管道的结构强度、密封性能、安装精度及

长期运行的可靠性。顶管施工的质量控制体系涵盖了施工前的准备阶段、施工过程中的监测与调整环节,以及施工后的验收与评估阶段。施工前,施工方案需进行严格审查,确保顶管设备、管材、泥水配比及施工参数符合工程设计与相关技术标准,并进行地质勘察与风险评估,为施工过程提供科学、准确的技术依据。在施工过程中,质量控制的重点包括顶进力的监测与调节、管道姿态的精确调整、泥水平衡的维护、管节拼接质量的控制以及地层沉降的实时监测等。实时监测系统必须被依赖,持续跟踪各项施工参数,并根据实时数据动态调整施工方案,以减少施工误差和降低安全风险。此外,施工质量的评估至关重要,检测标准在其中发挥了关键作用。常规的检测依据包括《顶管施工技术规程》和《给水排水管道工程施工及验收规范》等行业标准,对管道轴线偏差、接口密封性能、管节质量、管道承压能力以及回填密实度等关键指标进行全面检测。常用的检测方法包括管道闭水试验、视频内窥检测、激光测距仪测量及地表沉降监测等,这些手段有助于确保管道的安装符合设计要求,防止渗漏及结构变形的发生^[3]。在施工完成后,完善的质量验收与评估体系也应当建立,确保管道的运行安全。同时,结合信息化管理手段,施工过程中所有数据将被存档,为后续运营维护工作提供精准的技术支持。

3.2 施工安全风险分析与防控措施

施工安全风险分析与防控措施在市政地下给排水管道顶管施工中至关重要,其目的是通过系统地识别与评估安全风险,制定切实可行的防控策略,以保障施工过程的安全性并确保施工人员的生命安全。由于作业环境复杂、施工条件多变,顶管施工过程中可能会面临多种潜在安全风险。例如,地层不稳定可能引起塌方、管道推进过程中可能发生设备故障、周围建筑物或设施可能会遭到损坏,地下水涌入可能导致设备损坏等问题。此外,泥水平衡系统失控、顶力过大导致管道破裂、施工人员操作不当等因素,也可能引发事故的发生。为了有效防范这些安全风险,施工前必须进行全面的风险评估,识别出各个阶段可能遇到的危险源,并对其发生的概率及可能造成的后果进行详细分析。在此基础上,完善的安全管理体系应当建立,明确各岗位的职责与权限,编制详细的施工安全操作规程,并为施工人员提供充分的安全培训。此外,必要的技术防控措施是确保安全的关键。实时监测土体变化、地层沉降、泥水压力等指标的实施,是通过先进的监测设备来全面监控施工现场,及时发现潜在安全隐患并采取有效措施进行处理。在施工过程中,必须严格控制各项施工参数,防止顶力过大或泥水压力失控等现象发生,同时,周围建筑物与设施的支撑与加固也应得到加强,确保施工人员配备必需的安全防护装备。在应对突发情况时,制定的应急预案应当得到执行,并定期开展应急演练,以确保施工人员在紧急情况下能够迅速采取有效的应对措施,从而保障施工的顺利进行。

3.3 施工环境保护与可持续发展

施工环境保护与可持续发展是市政地下给排水管道顶管施工中必须重视的关键因素,涉及施工过程对周围环境的影响以及项目的长期效益与社会责任。在顶管施工过程中,通常位于城市地下的施工区,施工活动难免对周围环境产生一定的负面影响,如噪音、粉尘、地下水污染、土壤扰动以及地表沉降等问题。为有效保护环境,先进的施工技术及设备应当采用,尤其是低噪音、低排放的机械设备,以最大限度地减少对环境的负面影响。泥水平衡技术在施工中发挥着重要作用,能够有效避免地下水污染,并通过水土保持措施防止泥沙溢出及土壤污染。

在施工过程中,应加强对周围生态环境的实时监测与管理,定期检测空气质量、水质、噪音等关键指标,确保施工活动符合环保标准。此外,随着可持续发展理念的不断普及,顶管施工也应贯彻资源节约与循环利用的原则。例如,通过减少对原有地面和绿地的破坏,采用封闭式施工方法、减少开挖等手段,施工对生态环境的干扰得以尽量降低^[4]。所有施工废料应根据环保标准进行分类、收集与处理,以避免造成二次污染。施工完毕后,施工现场的生态修复应当注重,确保原有的自然环境得到恢复。同时,管道的妥善维护与管理也应当进行,以延长其使用寿命,从而减少未来的维修及更换需求,降低对资源的消耗,进一步促进项目的可持续发展。

4 结语

通过对市政基础设施中地下给排水管道顶管施工技术的深入研究,发现了顶管施工在城市建设中展现出的显著优势,尤其是在减少环境影响和提高施工效率方面。尽管在施工过程中仍面临一些技术挑战,但随着相关技术的不断进步和管理手段的逐步改进,顶管施工的安全性与高效性得到了显著提升。本文对顶管施工的关键技术进行了详细分析,并提出了一些可行的改进措施,旨在为未来的市政管道施工提供宝贵的参考。随着技术的持续创新与应用,顶管施工在城市基础设施建设中的作用将愈加重要。

【参考文献】

- [1]陈禹莹. 市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术[J]. 科学中国人, 2016(11): 16.
- [2]王册删. 市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术[J]. 城市建筑, 2013(16): 236.
- [3]叶琴. 市政基础设施地下给排水管道顶管施工技术[J]. 科协论坛(下半月), 2013(10): 18-19.
- [4]姜淑英. 浅谈给排水管道的顶管施工技术应用[J]. 科技与企业, 2012(9): 220.

作者简介: 梁山波 (1985.1—), 毕业院校: 华南理工大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位名称: 新疆蓬隆建设工程有限公司, 就职单位职务: 技术负责人, 职称级别: 中级。