

市政工程给排水施工中顶管技术的应用分析

周伟龙¹, 迟建秋¹, 王成安¹, 倪守增²

(1. 济南城建集团有限公司, 山东 济南 250031;

2. 山东汇友市政园林集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘要 顶管技术作为一种高效的非开挖施工方法, 在市政工程给排水系统的建设中扮演着至关重要的角色。本文深入分析了顶管技术的施工特点、应用中存在的问题及其解决策略, 揭示了顶管技术在提高施工效率、确保工程质量以及保护环境方面的显著优势。特别是在施工前期准备、管道顶进环节、通风系统设置以及质量控制与安全管理等方面, 顶管技术展现了其对于复杂地质和城市密集环境的高适应性。本文旨在通过对顶管技术在市政工程中应用的全面分析, 为未来的工程实践提供参考。

关键词 市政工程; 给排水施工; 顶管技术; 管道顶进环节

中图分类号: TU99

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)07-0046-03

在市政工程建设中, 给排水系统的建设对于城市的可持续发展和居民生活质量具有基础性的影响。随着城市化进程的加快和环境保护要求的提高, 传统的开挖施工方法已无法满足现代城市建设的需求。顶管技术作为一种先进的非开挖施工方法, 因其对环境的最小化干扰、施工精度高以及适应性强等优点, 已成为市政给排水工程中不可或缺的施工技术。

1 顶管技术施工特点

1.1 非开挖技术

顶管技术作为一种先进的非开挖施工方法, 在市政工程给排水系统的建设中被广泛应用, 以其显著的环境友好性和高效率而受到重视。该技术通过在地面上设置顶管机和接收井, 利用顶管机的推进力, 将预制的管段或管材顶入地下, 形成所需的管线通道, 从而避免了传统开挖方式对地面交通、周边建筑及环境的大幅度干扰。顶管技术的关键在于其精确的管道定位能力和对复杂地质条件的适应性, 通过先进的导航系统, 如激光导向或 GPS 定位技术, 保证了管道按照预定轨迹精确推进, 即使在多变的地下条件下也能保持高精度。

此外, 该技术的适应性强, 能够在不同的地质条件下施工, 包括砂土、黏土、砾石层乃至岩石层, 能极大地提高工程的适用范围和灵活性。顶管施工过程中的环境影响最小化策略, 如使用封闭式施工、减少噪声和振动等措施, 进一步体现了其在现代城市建设中不可或缺的价值^[1]。

1.2 高精度定位

高精度定位技术是顶管施工过程中的核心, 利用先进的导航系统确保管道按照预定轨迹精确铺设, 对提升工程质量和效率具有至关重要的作用。这一技术通常依赖于激光导向系统、地面增强 GPS 和惯性导航系统等, 能够实现毫米级的定位精度。激光导向系统通过在顶管机前端安装的接收器, 接收激光束的信号来校正顶管方向, 保证管道推进的直线和坡度控制在预定范围内, 其定位精度可达 ± 5 mm。而地面增强 GPS 系统则适用于较长距离的顶管工程, 通过接收地面基站和卫星的信号, 综合处理后提供高精度的位置信息, 精度可达 ± 10 mm。惯性导航系统通过测量设备的加速度和角速度, 计算出设备的位移和姿态变化, 用于无 GPS 信号的环境下, 维持高精度定位, 其精度亦能达到毫米级。

1.3 适应性强

顶管技术的适应性强在于其能够应对各种复杂地质条件及环境挑战, 从松软的沙土层到坚硬的岩石层, 都能有效施工。这种适应性得益于顶管技术中使用的多种先进设备和方法, 如泥水平衡顶管机、硬岩顶管机等。泥水平衡顶管机适用于液态和塑性土层, 能够在施工过程中调节泥水压力, 保证地层稳定, 防止地面沉降, 适用性达到 90% 以上的地质条件。硬岩顶管机则采用强力切割头, 适用于强度达到 120 MPa 的岩石层, 显示了顶管技术在极端地质条件下的应用能力。此外, 顶管施工还能适应各种环境限制, 如狭窄的城市空间、重要设施附近或水下施工等, 使其施工灵活

性极大地提高。通过精确的地质预测和施工策略调整,顶管工程能够实现对预设路径的精确铺设,即使是在地下水位高、地质不连续或空洞多发的情况下,也能确保施工的安全和有效。

2 市政工程给排水施工中顶管技术应用存在的问题

2.1 施工前准备工作不充分

在市政工程给排水施工中,顶管技术应用面临的主要问题之一是施工前准备工作的不充分。这通常体现在对施工图纸的理解和勘察工作的不足上,导致施工方案和地质条件预判的误差。详细的地质勘察和图纸复核是保证顶管施工顺利进行的关键,但实践中往往因时间或成本压力而被忽视。例如,未能准确计算每个顶进环节所需的精确力量和中继井的设置,会导致管道无法顺利顶进或需要额外的施工时间和成本进行调整。此外,管材的选择和质量检验环节的忽略,会增加施工过程中出现问题的风险,质量不合格的管材会导致顶管过程中的失败,影响整个项目的进度和安全。电源准备不足也是一个常见问题,顶管技术依赖于连续的电力供应来维持操作的连续性和效率,电源不稳定或功率不足会导致施工中断,甚至出现顶管与土壤“抱死”的情况,使得顶管无法继续顶进,不仅延误工期,还会增加项目成本,尤其是在大管径顶管作业中,数千瓦的功率需求对电源的稳定性和连续性提出了更高的要求^[2]。

2.2 不重视施工现场勘探工作

施工现场勘探工作在顶管技术应用过程中经常被忽视,这一疏忽会导致严重的施工障碍和安全隐患。顶管技术虽然能减少地面干扰,但对施工现场的地下环境要求极高,包括地下管线、建筑物的精确位置和距离,这些都需要通过全面细致的勘察来确认。仅仅依赖管线单位提供的图纸是远远不够的,因为图纸存在更新不及时或信息不完整的情况,若不通过实地勘察获取准确数据,会在施工过程中遇到预料之外的障碍物,导致工程延期或增加成本。此外,工作坑和接收坑周围的建筑物及上部空间障碍物的勘察同样重要,忽视这些因素需要在施工中进行位置的调整和变更,这种调整如果不基于准确的中轴线位置进行,会影响顶管路径的精确度和安全性。

2.3 现场障碍物处理不及时

在市政给排水施工中,顶管技术的应用过程频繁遭遇现场障碍物处理的问题,尤其是在老城区施工时,这一问题尤为凸显。虽然施工单位通常对施工区域内的管线布局有所了解,但仍难以避免在顶进过程中遇

到未预见的障碍物,如地下旧管线、矿石、地下文物等,这些障碍物的存在不仅会导致顶进工作的暂停,还会引发更为严重的工程安全问题。此外,当顶进过程中遭遇异常增大的顶力时,缺乏及时的应对措施和对异常情况的分析,往往会导致工程延期或增加成本。在一些特殊路段,即便经过实地勘察,也存在着没有适合机械顶管施工条件的情况,在这种情况下,需考虑转向人工顶管施工方法^[3]。

3 市政工程给排水施工中顶管技术的应用

3.1 施工前期准备工作

在市政工程给排水施工中,顶管技术的成功应用始于彻底和周全的施工前期准备工作。这一阶段,施工人员的首要任务是对施工现场进行全面勘察,不仅包括地表的可见条件,如道路、建筑物的布局,更重要的是深入了解地下的复杂情况,例如土质、地下水位、已有的管线及其他潜在障碍物。这种全方位的勘察工作是确保顶管施工顺利进行的基础,能帮助施工团队预见和规避出现的风险,制定出更加精确和可行的施工方案。此外,施工人员需要依据勘察结果和施工资料深入分析施工地区的具体条件,包括地质结构、环境保护要求以及地区内的具体工程需求。

此外,施工人员必须根据对现场条件的深入了解,选择最适宜的顶进方式、工具及顶井设备。这一选择过程要求施工团队不仅要有丰富的专业知识,还需要具备对市场上可用技术和设备的全面认识。例如,根据土质的不同,选择合适的顶管机型,如在软土地质条件下优选泥水平衡顶管机,在硬岩地质则需要选择硬岩顶管机。同样,顶管的直径和长度的选择也需要根据实际的工程需求和地质条件来决定,以确保既能满足工程设计的需要,又能确保顶进过程的安全和经济效益。这样的精细化管理能确保顶管施工的高效性和经济性,是实现市政给排水系统高质量建设的关键。

3.2 管道顶进环节

管道顶进环节是顶管技术施工过程中的核心部分,要求施工人员在精确性和技术细节上投入极大的注意力。在施工开始前,确保坑底工作的精准执行是首要步骤。这一过程中,工作人员必须根据设计方案中规定的管线位置、顶进方向以及管道直径,科学地安装导轨。导轨的安装不仅要考虑坡度的精确控制,还需确保其对顶管机的指引作用最大化。坑道的挖掘深度控制在 30 ~ 50cm 之间,这一精确度的保证,为后续的“先挖后顶、随挖随顶”原则施工提供了基础。

在顶进过程中,顶进井的设置也显得至关重要。

施工人员需要根据具体的地质和施工条件,将顶进井安置在最合理的位置,以确保顶管过程的连续性和顺畅性。顶进井主要采用混凝土材料建造,其中单排井和单孔井是两种基本形式。实践中,圆形顶进井因其较好的受力效果和适应性,成为最常用的选项。顶进井不仅支撑了顶管作业的进行,还保证了施工过程中管道的正确导向和保护,其稳固性和可靠性对于整个顶管施工的成功至关重要。因此,从坑底工作的精确执行到顶进井的合理布置,每一步都体现了顶管技术在施工精确度和技术细节上的高要求,能确保市政工程给排水系统建设的高效率和高质量完成^[4]。

3.3 设置通风系统

在市政工程给排水系统的顶管技术施工过程中,有效的通风系统设置是确保施工安全的关键环节。在施工过程中,尤其是在封闭的管道内部,往往会积聚大量的有毒有害气体,如硫化氢、甲烷等,这些气体不仅对施工人员的健康构成严重威胁,还会导致爆炸等安全事故。缺乏氧气的环境更加剧这一风险,因此,确保管道内部通风顺畅,是保障施工人员人身安全的前提。为此,在施工过程中必须采取有效的通风措施,通过科学设置通风系统,强制排除管道内的有害气体,同时供应足够的新鲜空气,确保管道内氧气浓度维持在安全水平以上,从而创造一个安全的工作环境。

针对顶管施工中的特殊环境和需求,常见的通风方式包括组合式、鼓风式和自然通风式。组合式通风是通过外部通风机和管道将新鲜空气送入工作区域的同时,使用排风设备强制排出有害气体,这种方式适用于长距离或复杂地质条件下的顶管工程。鼓风式通风则主要依靠强大的鼓风机向管道内部供应新鲜空气,通过增加空气流动速度来稀释和排出有害气体,适合于直径较大的顶管工程。自然通风方式虽然成本较低,但效率不稳定,通常作为辅助通风方式或在环境允许的情况下使用。无论采用哪种通风方式,都必须根据实际的工程条件和环境,进行合理设计和布置,确保通风效果达到最佳,从而有效地保障施工现场的安全和施工人员的健康。

3.4 质量控制与安全管理

在市政工程给排水系统的顶管技术施工中,质量控制与安全管理构成了工程成功的双重保障。质量控制不仅涉及工程材料、施工设备的选择和使用,还包括施工过程中各个环节的精确执行。从材料选择开始,必须确保所有使用的管材和建筑材料均符合国家标准和工程要求,通过严格的质量检验。此外,施工设备

的维护和校准也至关重要,确保设备的正常运行和施工精度。在施工过程中,每一个步骤都需按照设计图纸和工艺要求执行,从顶管机的定位、顶进速度的控制到管段的连接,每个环节都必须经过严格监督和检验。此外,对施工过程中出现的任何质量问题都需立即采取措施进行纠正,确保工程的整体质量符合预定标准^[5]。

安全管理在顶管技术施工中同样占据核心地位。首先,施工前的安全培训对于提升工作人员的安全意识和操作技能至关重要。通过培训,工作人员能够熟悉顶管施工的操作流程、安全预警系统以及紧急情况下的应对措施。在施工现场,实施有效的安全监控系统和安全预警机制,对于预防事故的发生至关重要。比如,通过实时监控施工现场的视频和数据,可以及时发现潜在的安全隐患,进行预警和处置。同时,现场的安全措施,如适当的防护栏杆、安全标识和紧急疏散路径的设置,都是保障施工人员安全的必要条件。

4 结束语

顶管技术在市政工程给排水施工中的应用体现了现代城市基础设施建设向着更高效、环境友好和安全可靠的方向发展的趋势。通过深入分析顶管技术的施工特点、存在的问题以及解决策略,可以看出,尽管面临着施工前准备不充分、现场勘察不重视和现场障碍物处理不及时等挑战,但通过持续的技术创新和管理优化,这些问题是可以被有效解决的。顶管技术不仅能够为城市提供更为安全、稳定的给排水服务,还能在施工过程中最大限度地减少对环境的影响,展现了技术进步与环境保护相结合的现代工程建设理念。随着技术的不断进步和施工经验的积累,顶管技术将在未来的市政工程中发挥更加重要的作用,为城市的可持续发展贡献力量。

参考文献:

- [1] 赵明.关于市政给排水工程中的长距离顶管施工技术的应用分析[J].居业,2021(02):111-112.
- [2] 陈军民.长距离顶管施工技术在市政给排水施工中的应用研究[J].建材发展导向,2019(02):386.
- [3] 劳维挺.市政给排水工程中的长距离顶管施工技术的应用分析[J].工程与建设,2022,36(05):1424-1426,1467.
- [4] 季陈军.分析在市政给排水施工中顶管技术的应用[J].智能城市,2020,06(01):149-150.
- [5] 郭光财.探析市政给排水施工中顶管技术的应用[J].甘肃科技纵横,2019,48(11):53-55.