

顶管施工技术在市政给排水工程中的应用

郑 飞

(郓城县自来水有限公司, 山东 菏泽 274700)

摘 要 市政给排水工程作为城市基础设施的重要组成部分, 其建设质量和效率直接关系到城市居民的生活质量和城市的可持续发展。传统开挖式管道铺设技术因其施工周期长、对地面交通和建筑物影响大等弊端, 已难以满足现代城市建设的需求。在此背景下, 顶管施工技术作为一种高效、环保的非开挖管道铺设技术, 逐渐在市政给排水工程中得到广泛应用。本文探讨了顶管施工技术在市政给排水工程中的应用, 以期能够为相关工程实践提供参考。

关键词 顶管施工技术; 市政给排水工程; 顶管纠偏

中图分类号: TU992.05; TU991.05

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.16.015

0 引言

顶管施工技术, 又称非开挖管道铺设技术, 是一种在不破坏地表土层的情况下, 通过液压顶进设备将预制管道按设计线路顶入地下, 完成管道铺设的施工方法, 该技术具有施工精度高、综合成本低、对环境破坏小、可穿越障碍物等优点, 适用于城市繁华地段、交通要道及地下管线复杂的区域。为此, 需要结合市政给排水工程的实际情况, 设计科学的技术方案, 掌握关键技术要点, 并做好质量控制工作, 从而能够提升市政给排水工程质量, 促进城市建设与发展。

1 顶管施工技术在市政给排水工程中的优势分析

1.1 对地面交通和建筑物影响较小

在市政给排水工程中, 传统施工方式需要开挖大面积的土方, 从而会对地面交通造成严重破坏, 还会影响到周围构筑物, 使其稳定性降低, 而通过采用顶管施工技术, 通过在地下开展管道铺设工作, 能够不对地面造成影响, 确保地面交通流畅运行, 还不会影响周围建筑物。非开挖的特点及优势, 使其在城市繁华区域、交通流量较大区域以及地下管线复杂区域具有良好的应用效果, 可以在最大程度上避免对城市正常运行产生影响。

1.2 施工精度高

市政给排水工程对于施工精度的要求较高, 如果管道铺设精度无法达到要求, 很可能导致在后续运行过程中出现漏水等问题, 所以需要采用高精度的施工技术, 而顶管施工技术则能够很好地满足该要求, 顶管施工体系中包含精准的导向与纠偏设备, 可以对管

道铺设全过程进行实时监测, 一旦出现误差问题可以立即调整, 从而能够提升管道铺设施工质量, 减少后期运行维护工作量, 使得市政给排水工程能够保持长期稳定地运行^[1]。

1.3 性价比较高

市政给排水工程投资规模较大, 为了确保经济效益, 则需要采用先进的施工技术, 其中顶管施工技术具有较高的性价比, 主要是由于采用该技术不需要开挖大量土方, 可以减少施工总量, 并缩短施工周期, 且能够避免拆迁、改道等额外的费用, 从而全面降低工程投资, 避免出现资金浪费等问题。

1.4 环境适应性好

顶管施工技术具有良好的适应性, 在软土、砂石以及岩石等不同地质条件中, 都能够表现出良好的效果, 主要是由于顶管技术灵活性较强, 可以根据实际情况调整施工参数, 使得施工适应性提升, 从而为市政给排水工程提供了更加多样化的选择, 且该技术的污染性与破坏性较低, 基本不会对城市环境造成影响, 符合现代城市可持续发展的理念^[2]。

2 市政给排水工程概况

本市政给排水工程位于某新兴城市开发区内, 旨在满足该区域日益增长的居民生活用水及排水需求, 促进区域经济的可持续发展。该开发区规划总面积约 5 km², 预计常住人口将达到 8 万人。随着城市化进程的加速, 区域内住宅、商业及公共设施的建设不断推进, 对给排水系统的需求日益迫切, 所以本项目的实施对于提升区域基础设施水平、改善居民生活质量具有重要意义。

本工程采用双水源供水策略,主水源为距离开发区约10 km的一座中型水库,备用水源为城市供水管网,水库水质优良,经净化处理后可达国家饮用水标准;根据开发区规划及人口预测,设计日供水量为20 000 m³,变化系数取1.5,最大时的供水量为3 000 m³。在输配水系统方面,从水库至开发区设一条DN600的输水管线,全长约12 km,采用球墨铸铁管,确保供水安全;开发区内配水管网采用环状与枝状相结合的方式,主干管管径为DN400-DN200,支管管径为DN150-DN50,总长度约30 km;管网设有多个加压泵站,确保各区域水压均衡。在排水工程方面,采用雨污分流制,分别建设雨水管网和污水管网,提高排水效率,减少环境污染;根据开发区规划及排水量预测,设计日污水量为1.2万m³,雨水设计重现期取3年一遇;开发区内污水管线总长度约25 km,主干管管径为DN500-DN300,支管管径为DN200-DN100;在开发区下游建设一座日处理能力为1.5 m³的污水处理厂,采用A2/O工艺,出水水质达到国家一级A排放标准;雨水管线总长度约28 km,根据地形及汇水面积合理布置,管径为DN600-DN300;雨水通过管网收集后,就近排入周边河道或低洼地带,确保排水顺畅。

3 顶管施工技术在市政给排水工程中的应用要点

3.1 前期规划与准备

开发区内顶管施工沿线进行地质勘察,勘察范围覆盖整个施工区域,深度达到地下20 m,以准确掌握地下土层结构、岩性特征、地下水位及土壤渗透性等关键参数;采用钻探、原位测试及室内土工试验等多种方法相结合,共布置钻探孔50个,间距控制在50 m以内,确保勘察数据的全面性和准确性,勘察数据可以为顶管施工提供可靠的地质依据。

线路设计遵循“安全、经济、合理”的原则,结合开发区规划及给排水管网布局,设计顶管施工线路,确保线路避开重要建筑物、地下管线及不良地质区域;顶管线路总长度约1.5 km,其中穿越道路段采用曲线设计,半径不小于300 m,以适应地形变化,线路坡度控制在0.5%~1.5%之间,确保管道排水顺畅^[3]。

根据地质勘察结果和管道规格,选用泥水平衡式顶管机,该机型适用于软土至硬岩等多种地质条件,最大顶进力可达5 000吨,满足施工需求;配备液压千斤顶4台,单台顶力1 250吨;主顶油缸行程3 m,确保顶进过程的连续性和稳定性,并选用高精度导向系统,实现顶进方向的实时监测和调整。针对开发区内可能遇到的不同地质条件,定制化设计刀盘结构,

配备滚刀、切刀及刮刀等多种刀具,以适应软土、砂土及岩石的破碎需求;建立泥浆循环系统,包括泥浆池、泥浆泵及泥浆管道等,确保泥浆的循环使用,减少环境污染。泥浆池容积设计为200 m³,满足施工过程中的泥浆储存和循环需求。

3.2 工作井与接收井施工

本工程中工作井选在距离道路边缘10 m、地下管线密集区外20 m的开阔地带,根据顶管机型号及施工需求,工作井设计为矩形结构,长8 m、宽6 m、深12 m,井壁采用C30钢筋混凝土浇筑,厚度0.8 m,确保井体结构稳定。首先进行场地平整,设置围挡及安全警示标志,采用旋挖钻机进行分层开挖,每层开挖深度不超过2 m,开挖过程中及时进行井壁支护;井壁钢筋绑扎采用双层双向布置,钢筋间距150 mm,模板安装需确保平整、牢固,混凝土浇筑采用分层振捣,每层厚度不超过500 mm,确保混凝土密实度;井底开挖至设计标高后,进行素混凝土垫层施工,厚度100 mm,底板钢筋绑扎及混凝土浇筑同井壁施工标准,确保底板承载能力。施工过程中采用激光垂准仪进行井壁垂直度监测,每浇筑一层混凝土进行一次测量,确保井壁垂直度偏差不得超过1/500,并设置通风管道,采用轴流风机进行井内通风,确保井内空气质量符合安全标准^[4]。

接收井选在距离顶管线路终点5 m、地下水位较低的区域,同样设计为矩形结构,长6 m、宽4 m、深10 m,井壁及底板施工标准与工作井相同,确保接收井结构稳定。接收井开挖采用小型挖掘机配合人工进行,开挖过程中及时进行井壁支护,防止井壁坍塌;在接收井井壁内侧安装接收导轨及固定装置,导轨间距根据管道外径确定,确保管道能够顺利进入并固定;顶管机头到达接收井前,需对接收井进行清理及检查,确保接收装置完好,机头到达后采用千斤顶将管道缓慢顶入接收井,并与已铺设管道进行连接;管道连接采用橡胶圈密封连接,连接前对管道接口进行清理及检查,确保连接紧密、无渗漏;接收井施工完成后,需对井口进行封闭处理,防止杂物进入,并对井周进行回填及压实,确保地面平整及稳定。

3.3 顶进施工与注浆减阻

顶进设备配备4台200吨液压千斤顶,总顶力达800吨,行程为3 m,确保顶进过程的连续性和稳定性,并设置主顶油缸压力传感器和位移传感器,实时监测顶进力和位移。在顶管机安装调试完成后,进行初始顶进,首先启动液压千斤顶,将顶管机头缓慢顶入土中,顶进速度控制在每分钟5~10 mm,确保机头姿态稳定;

当初始顶进段完成后,进入正常顶进阶段。顶进速度可提升至每分钟 20~30 mm,但需根据地质情况和顶进力实时调整,每顶进 1 m 需停机检查机头姿态和管道连接情况;根据管道规格、地质条件和顶进距离,计算所需顶进力,本工程中 DN800 钢筋混凝土管道在软土中的顶进力约为每米 10~15 吨,硬土中约为每米 20~25 吨;在顶进过程中实时监测千斤顶的压力和位移,确保顶进力不超过设备额定值;每连接一段管道后,进行密封性检查,采用气压试验方式检查,试验压力为工作压力的 1.5 倍,保持时间不少于 30 分钟,确保无渗漏^[5]。

在注浆减阻施工时,选用优质膨润土和添加剂配制触变泥浆,泥浆比重控制在 1.05~1.15 之间,触变泥浆具有良好的流动性和触变性,能有效减少顶进阻力, DN800 管道每米注浆量约为 0.05 m³,总注浆量根据顶进距离动态调整。在顶管机头后方设置注浆管,注浆管间距为 3~5 m,确保泥浆能均匀覆盖管道周围。注浆管采用高压软管连接,便于灵活调整注浆位置,采用高压注浆泵,注浆压力控制在 0.2~0.5 MPa 之间。注浆泵具备流量和压力自动调节功能,确保注浆过程稳定可靠。在顶进过程中,同步进行注浆,注浆速度与顶进速度相匹配,确保泥浆能及时填充管道周围的空隙,从而可以有效减少地面沉降和顶进阻力;在顶进完成后,对管道周围进行补浆,补浆时从管道一端向另一端逐步进行,确保泥浆能充分填充管道周围的空隙,补浆压力略高于同步注浆压力,以提高注浆效果^[6]。

3.4 顶管纠偏

采用高精度激光导向系统,安装在顶管机头内部,通过激光束实时监测机头姿态和位置,激光发射器精度为 ± 1 mm,接收器分辨率达到 0.1 mm,确保纠偏数据的准确性。在顶进过程中,每顶进 1 m 进行一次姿态测量,记录机头及管道的倾斜角度和位移量,当倾斜角度超过 0.5° 或位移量超过 10 mm 时,需进行纠偏操作;纠偏时主要采用千斤顶组进行微调纠偏,根据偏离方向调整相应千斤顶的顶进力,使机头逐渐回到设计轴线,每次纠偏量不超过 5 mm,避免过度纠偏导致管道应力集中;对于较长距离的偏离,采用分段纠偏的方法,每段纠偏完成后进行姿态测量,确认机头回到设计轴线后,再继续顶进^[7]。

采用水准仪或全站仪对管道沿线地面沉降进行监测,监测点间距为 10~15 m,监测频率根据施工进度和地质情况确定。施工后的检查与验收:地面沉降量应控制在设计允许范围内,本工程设定为不超过 30 mm,

如果地面沉降超过预警值,必须立即停机检查,分析原因并及时采取补救措施^[8]。采用全站仪对管道轴线和高程进行检测,每 50 m 设置一个检测点,测量管道的实际轴线和高程与设计值的偏差;管道轴线偏差不超过 ± 50 mm,高程偏差不超过 ± 30 mm,如果偏差超过标准,需进行纠偏处理,确保管道位置准确。

在管道安装完成后,进行闭水试验。试验段长度不宜超过 1 000 m,试验水头为管道设计水头加 2 m,保持时间不少于 24 小时;在试验水头下,管道无渗漏现象,本工程允许渗水量为每千米管道每 24 小时不超过 2.5 m³;在闭水试验合格后,进行通水试验,通水流量达到设计流量的 1.2 倍,持续通水时间不少于 24 小时;通水过程中,管道应畅通无阻,无堵塞现象,水流速度、流量等参数符合设计要求

4 结束语

顶管施工技术在市政给排水工程中的应用,具有显著的优势和广阔的前景,本文结合具体工程案例,对施工技术要点进行全面总结。实践证明顶管技术的应用效果显著,能够在对环境产生较小干扰的情况,确保给排水工程顺利实施,还可以提升工程质量、降低施工成本。未来,随着技术的不断进步和创新,顶管施工技术将更加高效、环保、智能化,为城市基础设施建设提供更加优质的解决方案,推动城市现代化建设与发展。

参考文献:

- [1] 孔凡龙,弓胜彤.市政工程顶管施工技术及其质量控制[J].建筑与装饰,2023(4):98-100.
- [2] 王朗.市政给排水工程中的长距离顶管施工技术的应用研究[J].科技资讯,2023,21(23):170-173.
- [3] 林鹏,林璐,何远圆.市政工程顶管施工中的沉井结构优化设计[J].城市周刊,2023(41):65-67.
- [4] 余国爱,陆致发,胡云现.市政工程顶管施工过程中常见问题及处理措施[J].云南水力发电,2023,39(12):46-51.
- [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] 宋心.市政给排水工程中的长距离顶管施工技术[J].工程建设与设计,2024(23):230-232.
- [7] 蔡国圉.长距离顶管施工技术在市政给排水施工中的运用[J].上海建材,2024(05):113-116.
- [8] 郑育芳.市政给排水施工中的非开挖顶管施工技术分析[J].工程建设与设计,2023(08):150-152.