

市政工程给排水管道顶管施工与质量控制研究

汪美云

博乐市通源市政工程有限责任公司 新疆 博乐 833400

摘要：本文围绕市政给排水管道顶管施工技术及质量控制展开系统研究。首先阐述了顶管施工的技术原理与实操优势，明确其在地表扰动控制、施工安全性、工期可控性方面的显著特点。其次梳理了施工前期现场准备、设备安装调试、管道顶进贯通三大核心流程的操作要点。在此基础上，深入分析了管道轴线偏移、接口渗漏破损、地面沉降三类常见质量问题的成因，并从前期管控、过程动态管控、收尾核查整改三个维度提出了系统性质量控制措施，涵盖精细化勘察、设备校准、顶进参数控制、同步注浆、功能性检测等关键环节，为市政给排水管道顶管施工的质量保障提供了完整的技术参考。

关键词：市政工程；给排水管道；顶管施工；施工工艺；质量控制

引言：市政给排水管道是城市基础设施的核心组成部分，其施工质量直接关系到城市排水防涝能力与供水安全保障水平。顶管施工作为非开挖管道铺设的主流技术，因其对地表环境扰动小、施工安全性高、工期可控性强等优势，在城市密集建成区的管网建设中得到广泛应用。然而，顶管施工涉及地下隐蔽作业，轴线精度控制、接口密封性、土体稳定性等质量问题一旦发生，修复难度大、成本高，对工程整体安全构成严重威胁。当前部分市政顶管项目仍存在前期勘察不充分、过程参数管控粗放、收尾检测不到位等问题，制约了工程质量的全面提升。本文围绕顶管施工技术流程、常见质量问题及成因，系统提出全过程质量控制措施，旨在为市政给排水管道顶管施工提供科学的技术指导。

1 市政给排水管道顶管施工技术概述

顶管施工是一种典型的非开挖地下管道铺设技术，其核心原理为借助顶管设备的液压顶进系统，在预先开挖的工作井与接收井内，将预制钢筋混凝土管道或钢制管道沿设计轴线逐步顶入地下土层中。施工过程中，通过管道前端的切削刀具破开土层，利用管内取土设备将切削产生的土体运出管外，管道在千斤顶持续推力作用下沿预定轨迹向前推进，最终实现管道的贯通铺设。该技术无需对施工路线进行全程沟槽开挖，仅需在管道起点与终点设置小型工作井与接收井即可完成全部施工作业，大幅缩减了施工占地面积，可适配软土、黏土、砂土、粉土等多种城市常见地层条件^[1]。

市政给排水管道顶管施工具备多项显著的实操优势。（1）施工对地表环境扰动极小，无需大面积开挖

路面，可有效避免因沟槽开挖导致的路面开裂、地基沉降等问题，保障城市道路交通的正常通行与周边建筑物的结构安全。（2）施工安全性显著优于传统明挖法，规避了深沟槽开挖带来的边坡坍塌、地下水涌入、积水淹槽等施工安全风险，降低了施工过程中的人身与财产安全隐患。（3）管道铺设连续性强，各工序衔接紧凑，受天气与季节因素影响较小，整体施工工期可控性强，适用于工期紧张的市政工程项目。同时，该技术对施工精度、设备选型适配性、现场管控力度要求较高，轴线偏差控制、顶力监测、纠偏操作等每一个施工环节的疏漏均会直接影响管道铺设质量与工程整体安全，因此精细化的施工管控与全过程质量把控尤为关键。

2 市政给排水管道顶管核心施工流程

2.1 施工前期现场准备

施工前期准备是保障顶管施工顺利开展、规避前期质量隐患的基础，核心围绕现场勘察、场地整理、井体施工三方面开展。（1）开展精细化地下勘察，精准掌握施工区域的土层分布、地下水位、既有管线分布、地下障碍物等情况，明确施工地层的承载力、含水率、压缩性等核心参数，为设备选型、顶进参数设定、施工方案调整提供依据。（2）进行施工场地平整处理，清理工作井、接收井施工区域及设备摆放区域的杂物、积水，压实场地土体，保证施工场地承载力满足大型顶管设备、起重设备的摆放与运行要求。（3）完成工作井与接收井的施工浇筑，根据管道设计管径、顶进长度、施工设备尺寸，确定井体的深度、宽度与结构形式，采用钢筋混凝土浇筑井体结构，做好井壁防水、加固处理，避免井

体渗水、变形,同时在井内布设顶管基座、后背墙等核心结构,保证后背墙平整度、垂直度达标,能够承受顶进施工的反向作用力,防止顶进过程中基座偏移、墙体变形^[2]。

2.2 顶管设备安装与调试

顶管设备的选型与安装调试精度,直接决定管道顶进的轴线精度与施工稳定性。核心施工设备包括液压顶进系统、掘进机头、取土设备、激光导向系统、注浆系统等。(1)设备选型需结合管道管径、土层条件、顶进距离确定,软土地层优先选用土压平衡式顶管机头,可有效平衡土体压力,避免土体坍塌;砂土、硬黏土地层可选用泥水平衡式机头,提升土体清理与顶进稳定性。(2)设备安装阶段,严格按照施工轴线标准定位安装顶进油缸、导轨、机头设备,保证导轨水平度、平行度符合施工标准,轴线偏差控制在规范允许范围内。激光导向系统是把控顶进精度的核心设备,安装后需进行精准校准,确保导向数据实时、精准,能够实时反馈机头顶进偏移情况。设备安装完成后,开展空载、负载双重调试,检查液压系统压力、设备运行状态、导向系统灵敏度、注浆系统通畅性,排查设备卡顿、压力不稳、数据偏差等问题,确认所有设备运行正常后方可正式开展顶进施工。

2.3 管道顶进与贯通施工

管道顶进是整个施工过程的核心环节,施工质量直接决定管道铺设成型效果。(1)正式顶进前,先进行机头试顶作业,缓慢提升液压顶进压力,带动机头缓慢切入土层,观察机头运行状态、土体变化、设备压力参数,根据试顶结果调整顶进速度、土压力、注浆量等核心参数。试顶达标后,正式开展管道拼接与顶进作业,将预制管道通过起重设备平稳吊装至导轨,精准对接前一节管道,做好管道接口密封处理,保证接口对齐、贴合紧密。(2)顶进过程中遵循“低速匀速、稳步推进、实时监测”的原则,控制顶进速度均匀稳定,避免忽快忽慢造成土体扰动、管道偏移。同时依托激光导向系统实时监测机头轴线位置、高程偏差,一旦发现偏移趋势,及时通过机头微调装置进行纠正,杜绝偏差累积。顶进过程中同步开展管内取土作业,根据土层含水率与密实度控制取土量,保证土压力平衡,避免超挖、欠挖问题。当机头抵达接收井预设位置后,缓慢降低顶进速度,完成机头出洞、管道贯通作业,随后依次完成设备拆除、管道接口二次加固、管周土体填充等收尾工序。

3 顶管施工常见质量问题及成因分析

3.1 管道轴线与高程偏移

管道轴线、高程偏移是顶管施工中最常见的质量问题,主要表现为管道铺设轨迹偏离设计轴线,出现左右偏移、高低起伏,导致管道对接错位、坡度不达标,影响给排水管道排水通畅性。该问题的核心成因主要分为三类:一是设备安装精度不足,导轨安装不水平、不平行,后背墙受力不均发生轻微变形,导致顶进受力方向偏移;二是顶进过程管控不到位,未实时监测导向数据,发现偏移后未及时纠正,小偏差持续累积形成大幅偏移;三是地层受力不均,施工区域土层软硬不均、存在局部空洞或障碍物,机头顶进过程中受力失衡,被迫偏离设计轨迹。

3.2 管道接口渗漏与破损

管道接口渗漏、管体破损会直接降低给排水管道的防渗性能,长期运行易出现渗水、漏水、土体流失等问题,影响管道使用寿命。造成该问题的主要原因:其一,管道预制构件本身存在质量缺陷,管体存在裂缝、蜂窝麻面,接口密封橡胶圈老化、破损、安装错位,密封效果不达标;其二,管道吊装、对接过程操作不规范,吊装磕碰造成管体破损,对接时管道轴线错位、挤压力度过大,导致接口密封件变形、管体开裂;其三,顶进压力控制不当,顶进压力过大超出管道承受荷载,或顶进过程中管道受力不均,造成管体破损、接口松动^[3]。

3.3 地面沉降与土体扰动

顶管施工虽为非开挖工艺,但施工管控不当仍会引发地表沉降、土体塌陷、路面开裂等质量隐患,严重影响周边环境安全。核心成因包括:一是土压力控制失衡,顶进过程中超量取土,地下土体出现空隙,上部土体失去支撑后发生沉降;二是注浆加固不到位,管周注浆量不足、注浆不均匀,浆液无法有效填充管土间隙,土体固结稳定性不足;三是施工速度过快,机头顶进时剧烈扰动周边土体,破坏原有土层结构,加之地下水扰动影响,最终引发土体松动、地面沉降。

4 市政给排水管道顶管施工质量控制措施

4.1 强化施工前期质量管控

前期质量管控以“提前规避隐患、精准把控基础条件”为核心,是保障顶管施工整体质量的第一道防线。(1)需细化现场勘察工作,对施工区域的土层类型、地下水位、土质承载力、地下障碍物分布等基础信息进行全面采集与分析,结合工程实际制定差异化施工方案。针对软土、不均匀土层、高地下水位等特殊地层条件,需提前制定土体加固稳定措施与顶进压力调控方

案,明确顶力控制阈值与纠偏预案。(2)需严格把控原材料与设备进场质量。管道进场后需逐一检查外观完整性、抗压强度、内径尺寸精度及接口平整度,杜绝存在破损、开裂、尺寸偏差的管道投入施工。密封橡胶圈、止水带等配件需逐一核验完整性与规格适配性,确保与管道接口严格匹配。同时需规范井体与设备安装施工,严格控制工作井、接收井的混凝土浇筑质量,保证井体结构强度与后背墙平整度满足设计要求。设备安装完成后需进行多次校准与调试,精准把控导轨轴线偏差、顶进设备水平度,校准激光导向系统与测量仪器精度,确保设备运行状态与导向数据准确可靠,从源头规避因设备偏差、基础结构缺陷引发的质量问题^[4]。

4.2 优化施工过程动态质量管控

施工过程是质量控制的核心阶段,需实施全流程动态管控,确保各工序操作规范、参数可控。(1)精准控制顶进参数,根据土层变化实时调整顶进速度、液压顶力与取土量,保持匀速连续顶进,确保机头土压力与外部土体压力处于平衡状态,避免超挖或欠挖造成土体扰动过大或地表隆起沉降。(2)强化轴线精度管控,安排专人实时监测激光导向系统数据,每顶进一段距离即进行一次轴线偏差与高程复核,发现微小偏移立即通过机头微调装置进行精准纠正,将偏差控制在允许范围内,杜绝偏差累积导致管道偏离设计轨迹。(3)规范管道对接施工,管道吊装采用轻吊轻放方式,避免磕碰损伤管体或接口;对接前彻底清理接口处杂物与积水,规范安装密封橡胶圈,保证管道同轴对接、接口贴合紧密,对接完成后逐一检查接口密封性能,确认无错位、无松动后方可继续顶进作业。(4)做好同步注浆管控,根据管外间隙大小合理控制注浆量与注浆压力,保证浆液均匀填充管壁与土体之间的间隙,有效固结周边土体,降低地表沉降风险,保障顶管施工沿线地面环境安全。

4.3 完善施工收尾质量核查与整改

施工收尾阶段的质量核查是保障工程最终成型质量的关键环节。管道贯通后,(1)对整体管道铺设质量进行全面检测,逐一核查管道轴线偏差、高程偏差及坡度是否符合设计标准,检查所有管道接口的密封状态,排

查渗漏、松动、破损等质量缺陷。针对检测中发现的偏移、渗漏等问题,需制定专项整改方案并及时修复处理,对渗漏接口重新更换密封配件并加固对接,对轻微偏移管道进行校正处理。(2)做好管周土体加固与场地收尾处理。对注浆不饱满的区域进行补注浆加固,保证管道周围土体充分固结稳定,彻底消除地面沉降隐患。同时对工作井、接收井进行结构检查与清理,确保井体无裂缝、无渗漏。(3)完成管道通水试验、闭水试验等功能性检测,检验管道排水通畅性与防渗性能,所有检测指标均达标后方可进行设备拆除、场地清理、井体封堵等收尾作业,确保工程整体质量完全符合施工验收要求^[5]。

结束语

市政给排水管道顶管施工质量控制是一项贯穿施工全周期的系统工程,前期精准勘察与设备校准是质量保障的基础,过程中顶进参数控制、轴线纠偏、同步注浆等动态管控是质量成型的核心,收尾阶段的全面检测与整改是质量达标的最终把关。三个阶段环环相扣,任一环节的疏漏均可能引发轴线偏移、接口渗漏、地面沉降等质量缺陷。在实际工程中,应严格落实全流程精细化管控要求,强化各工序间的衔接与协同,同时建立完善的质量监测与应急纠偏机制。随着城市地下管网建设需求持续增长,顶管施工技术与质量控制体系仍需在智能化监测、新型环保建材应用等方面持续优化,推动市政给排水工程向高质量、高效率方向发展。

参考文献

- [1] 陈彬琦. 市政工程给排水管道顶管施工与质量控制研究[J]. 中国建筑金属结构,2025,24(8):178-180.
- [2] 成豹. 市政工程给排水管道非开挖顶管施工及质量控制研究[J]. 建设机械技术与管理,2026,39(2):84-86.
- [3] 杨航. 市政工程给排水管道施工的质量控制探讨[J]. 中国科技期刊数据库工业 B,2026(3):160-163.
- [4] 韦办. 市政工程给排水管道施工中质量的控制[J]. 中国科技期刊数据库工业 A,2026(3):052-055.
- [5] 康震浩. 市政工程给排水管道施工方法优化研究[J]. 新疆有色金属,2026,49(1):100-101.