

市政道路排水工程污水管顶管施工技术研究

张 艺

宁夏领誉工程咨询有限公司 宁夏 固原 756000

摘 要：污水管顶管施工属非开挖技术，优势明显，环境影响小、效率高、适应性强且综合成本低，适用于城市核心区、复杂地下环境等场景。施工前要做好地质勘察、设备选型调试及工作井施工。施工中需把控顶管机安装与顶进、管节运输拼接、泥浆制备处理等关键技术要点。同时，要从施工质量和安全两方面加强控制，针对顶管机卡壳、管节接口渗漏、地面沉降等常见问题及时采取应对措施。

关键词：市政道路；排水工程；污水管；顶管施工技术；研究

引言：在市政工程污水管铺设领域，污水管顶管施工技术作为非开挖施工的典型代表，凭借环境影响小、施工效率高、适应性强及综合成本低等显著优势，广泛应用于城市核心区域、复杂地下环境、特殊地质地形及既有道路改造等场景。然而，该技术施工涉及地质勘察、设备选型、顶进控制、管节拼接等多环节，对质量与安全要求严苛。深入剖析其特点、适用场景、施工要点及控制措施，对保障工程顺利推进意义重大。

1 污水管顶管施工技术的特点与适用场景

1.1 核心特点

污水管顶管施工技术作为非开挖施工技术的一种，具备明显的技术优势。首先，环境影响小，无需大规模开挖路面，仅在施工两端设置工作井和接收井，能有效避免破坏城市道路、绿化带、地下管线及周边建筑物，减少对居民生活和城市交通的干扰。其次，施工效率高，可在地下连续作业，不受地面交通、天气等因素制约，相比明挖施工能缩短工期，适合工期紧张的市政工程。再者，适应性强，能根据不同地质条件调整施工工艺与设备参数，满足不同管径、深度的污水管铺设需求，还可实现曲线顶进，适配复杂的地下管线布局。最后，综合成本低，虽然前期设备投入和工作井建设需要一定成本，但省去了路面开挖、恢复及交通疏导等费用，从整体工程效益来看，成本低于传统明挖施工^[1]。

1.2 适用场景

结合顶管施工技术的特点，其在市政道路排水工程污水管施工中有明确的适用范围。（1）城市核心区域，像市中心商业区、交通枢纽等地，道路车流量大、行人密集，明挖施工易造成交通拥堵，顶管施工能在不影响地面交通的情况下完成污水管铺设。（2）复杂地下环境区域，若施工区域地下管线密集，或临近建筑物基础，明挖施工可能导致管线破损、建筑物沉降，顶管施

工可通过精准控制顶进轨迹，避开地下障碍物。（3）特殊地质与地形区域，例如穿越河流、湖泊底部的污水管施工，或是在软土、高水位地质条件下施工，顶管施工能有效解决明挖施工中可能出现的基坑坍塌、渗水等问题。四是既有道路改造工程，对老旧道路排水系统升级时，采用顶管施工可避免道路反复开挖，减少对居民出行的影响，降低对城市基础设施的破坏。

2 污水管顶管施工前的准备工作

2.1 地质勘察与方案设计

地质勘察是顶管施工前的基础工作，直接关系到施工方案的合理性。施工单位需联合地质勘察机构，对施工区域进行全面勘察，明确地质分层情况、地下水位状况、土壤特性、地基承载能力以及地下障碍物的位置和类型。根据勘察结果，结合污水管设计要求（如管径、埋深、走向）和工程工期，制定专项顶管施工方案。方案中要明确顶管机型的选择、工作井与接收井的位置及结构形式、顶进轨迹设计、施工工序流程以及应对塌方、渗水、管节偏移等问题的应急预案，同时组织专家对方案进行论证，确保方案安全可行。

2.2 施工设备选型与调试

施工设备的性能是保障顶管施工质量和效率的关键，需依据地质条件和施工方案选择合适的设备。核心设备包括顶管机（根据地质情况，土压平衡顶管机适用于渗透性较低的地层，泥水平衡顶管机适用于渗透性较高的地层）、顶进系统（如千斤顶、油泵站）、管节运输设备（如起重机、专用运输小车）、测量设备（如激光导向仪、全站仪）以及泥浆制备与处理设备（如泥浆搅拌罐、泥浆分离器）。设备进场后，要对其进行全面调试，检查设备运行状态、参数精度和安全保护装置的可靠性，确保设备在施工过程中能稳定运行，避免因设备故障导致施工中断或引发质量事故^[2]。

2.3 工作井与接收井施工

工作井和接收井是顶管施工的重要设施,工作井用于安装顶进设备、放置管节并提供作业空间,接收井用于接收顶管机和已铺设的管节。(1)井体施工需根据地质条件和周边环境选择合适的工艺,常见的有沉井法、钢板桩支护法和地下连续墙法。沉井法适用于地质条件较好、地下水位较低的区域,施工成本较低,但对周边土体有一定扰动;钢板桩支护法适用于软土或高水位地层,施工速度快,能减少塌方风险,但支护深度有限;地下连续墙法适用于深基坑、复杂地质或临近建筑物的区域,墙体刚度大、防渗效果好,但成本较高。(2)施工过程中,要严格控制井壁的垂直度、结构强度和防渗性能,井体完成后对井底进行硬化处理,安装导轨、千斤顶基座等设施,确保顶进设备安装符合要求。

3 污水管顶管施工关键技术要点

3.1 顶管机安装与顶进控制

顶管机安装作为顶进施工的关键核心环节,其安装精度必须与预设的顶进轨迹严格保持一致。(1)施工开始,需在工作井内精准安装导轨。依据顶进轨迹的详细设计要求,仔细调整导轨的高程与坡度,随后采用高强度型钢进行稳固固定,确保导轨表面平整、连接牢固,为顶管机的安装提供稳定基础。接着,运用专业吊装设备将顶管机吊运至导轨上,通过精密调整装置对顶管机的姿态进行全方位校准,并借助激光导向仪进行实时、动态监测,保证顶管机的初始姿态完全契合设计要求。(2)在顶进过程中,需紧密结合现场地质条件,科学合理地控制顶进速度与顶力大小,防止因顶力过大造成管节破损或周边土体过度扰动。针对土压平衡顶管机,要实时、精准地调整土仓压力,使其与地层压力达到动态平衡,有效避免地面出现沉降或隆起等不良现象;对于泥水平衡顶管机,则要严格控制泥浆压力和流量,确保泥浆在管节外周形成稳定、可靠的护壁层,同时及时、高效地排出渣土,防止堵塞影响正常施工。此外,还需持续通过激光导向仪实时监测顶进轨迹,定期检测顶管机姿态,一旦发现轨迹偏移,立即调整顶进参数,及时纠正偏移,保障管节严格按照设计轨迹精准铺设。

3.2 管节运输与拼接质量控制

污水管管节通常选用钢筋混凝土管或者钢管,其质量直接关乎整个污水管道系统的安全与稳定运行,因此在运输与拼接环节必须严格把控质量。(1)在运输过程中,要着重避免管节因碰撞而损坏。需在车厢内精心铺设缓冲材料,如橡胶板、泡沫板等,以起到减震防护作用。管节之间则采用柔性材料,像毛毡、草帘等进行

隔离,最大程度降低相互间的摩擦与碰撞。同时,严格控制运输速度,谨慎驾驶,防止出现急刹、急转等激烈操作,避免引发管节移位,确保管节在运输途中完好无损。(2)管节运达工作井后,利用起重机将其吊装至导轨上。吊装时务必使用专用吊具,保证管节各部位受力均匀,防止因局部受力过大导致管节开裂。拼接前,要彻底清理管节接口处的杂物和浮浆,仔细检查接口密封圈完好程度,确保密封圈无破损、老化等问题。拼接过程中,使用千斤顶缓慢、平稳地顶推管节,使接口精准对接。对接完成后,认真检查接口间隙,确保其严格符合设计要求。此外,还需通过打压试验检测接口密封性,一旦发现渗漏情况,立即调整密封圈位置或更换管节,杜绝污水泄漏,避免污染地下水体^[1]。

3.3 泥浆制备与处理技术

在泥水平衡顶管施工体系里,泥浆性能是影响护壁成效与排渣效率的关键因素。优质且适配的泥浆能够在管节外周构建起稳固的护壁层,有效抵御土体压力,防止塌方;同时,还能为顶进过程提供良好的润滑作用,降低摩擦阻力,并且高效携带出挖掘产生的渣土。(1)泥浆制备环节需紧密结合地质条件来科学选材。通常情况下,以膨润土作为主要原材料,其具有良好的水化和膨胀性能,能够形成稳定的胶体结构。在此基础上,按需添加适量的外加剂,如增黏剂、降失水剂等,以进一步优化泥浆性能。将这些材料投入搅拌罐中,经过充分、均匀的搅拌,形成具备良好护壁、润滑和排渣功能的稳定胶体体系。(2)施工过程中,要实时、精准地监测泥浆性能指标。依据地质情况的动态变化,灵活调整外加剂的掺量。当地层渗透性较强时,适当增加膨润土的掺量,提高泥浆的黏度,增强护壁效果;若渣土颗粒较大,则调整泥浆流量,确保渣土能够顺利排出。此外,对于施工产生的废弃泥浆,需采用泥浆分离器进行渣土与泥浆的有效分离,回收合格的泥浆进行循环使用,剩余的渣土经妥善处理运至指定地点处置,最大程度避免对环境造成污染。

4 污水管顶管施工质量与安全控制措施

4.1 施工质量控制要点

顶管施工质量控制要全方位、全过程渗透,以下几个关键环节务必重点把控。(1)管节安装质量方面,不仅要严格管控拼接间隙,确保其紧密贴合,还要做好密封性检测,防止渗漏。同时,定期采用专业测量工具检查管节轴线与高程偏差,保证其在设计允许范围内,维持管道整体走向精准。(2)土体稳定性控制不容忽视。利用先进监测设备实时关注地面沉降或隆起状况,一旦

数据异常,迅速调整顶管机压力参数,维持土体压力平衡。若情况严重,及时采取注浆加固措施,增强周边土体强度与稳定性。(3)管节结构完整性控制上,施工中定期仔细检查管节表面,一旦发现裂缝、破损等问题,立即停止顶进,深入分析原因,采取更换或加固等有效措施,避免损伤进一步扩大。(4)防水质量控制上,除做好管节接口防水,还需对工作井与接收井的井壁、井底进行全面防水处理,在井体与管节连接处合理设置止水带,杜绝地下水渗入和污水泄漏。

4.2 施工安全管理措施

顶管施工因涉及地下作业及重型设备操作,安全风险系数较高,故而必须构建一套完备的安全管理体系。

(1)在设备安全管理上,要建立定期维护保养制度,针对顶管机、千斤顶、起重机等关键设备,细致检查零部件磨损状况以及安全保护装置的有效性,坚决杜绝设备带故障运行。作业前,务必对操作人员开展全面且深入的安全技术交底工作,确保其熟练掌握操作规程与应急处理流程,从源头上降低操作失误风险。(2)地下作业安全方面,在工作井与接收井周边合理设置防护栏杆与醒目的警示标志,防止人员意外坠落。井内作业时,保证通风系统正常运行,实时检测有害气体浓度,一旦超标立即停止作业。同时,配备齐全的应急救援设备,确保在险情发生时人员能够迅速、安全撤离。(3)用电安全不容忽视,施工区域临时用电需采用规范接线方式,安装可靠的漏电保护装置,电线电缆规范敷设并做好防护,避免破损漏电。定期检查用电设备接地情况,全方位防止触电事故发生。

4.3 常见问题与应对对策

顶管施工过程中常会遭遇各类问题,必须采取针对性措施加以妥善处理。(1)顶管机卡壳是较为常见的问题之一,通常是由于地层中存在障碍物,或是管节出现偏移所引发。一旦发生卡壳,应立即停止顶进作业,运用专业探测设备确定障碍物的具体位置。若障碍物位于

前方,可根据实际情况采用人工开挖或者机械破碎的方式将其清除;若卡壳是由管节偏移造成的,则要合理调整千斤顶的顶力,缓慢、精准地纠正管节的姿态,切不可强行顶进,以免损坏设备。(2)管节接口渗漏也不容忽视,一般是由密封圈损坏、接口间隙设置不当或者管节变形所导致。处理时需停止顶进,拆除渗漏接口处的管节,更换全新的密封圈,并重新调整拼接间隙,之后再次进行密封性检测,确保接口无渗漏。(3)地面沉降多因压力控制不合理或土体流失引起。要及时调整顶管机压力,向管节周边注入浆液填充土体空隙,后期加强沉降监测,必要时对地面进行加固处理,保障周边建筑物安全^[4]。

结束语

污水管顶管施工技术凭借其环境影响小、施工效率高、适应性强及综合成本低等显著优势,在市政污水管道铺设中展现出强大生命力。从前期周密的地质勘察、精准的方案设计与设备选型调试,到施工阶段顶管机精准安装与顶进控制、管节高质量运输拼接、科学泥浆制备处理,再到严格把控施工质量与落实安全管理措施,每个环节紧密相连、缺一不可。同时,针对顶管机卡壳、管节接口渗漏、地面沉降等常见问题,需及时采取有效应对对策。唯有如此,才能充分发挥该技术优势,确保污水管顶管施工安全、高效、优质完成,为城市污水排放系统稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]蔡宇.市政道路排水工程污水管顶管施工技术研究[J].工程技术研究,2020,5(2):99-100.
- [2]李玉伟,杨卫红.顶管施工技术在市政给排水施工中的应用[J].四川水泥,2021(04):214-215.
- [3]熊杰.顶管隧道上穿施工对地铁隧道的的影响分析[J].江西建材,2021(03):116-117.
- [4]杨晓亮.关于市政工程排水管道中的质量把控及相关要点研究[J].工程建设与设计,2021(05):176-177+180.