

雨水管道顶管工程重难点分析研究

周 飞

上海百通项管科技有限公司 上海 200100

摘要：本文聚焦雨水管道顶管工程，阐述其施工核心特点，包括环境隐蔽、精度要求高、环节关联性强、对周边环境敏感。分析施工重难点，如地质与水文条件复杂、顶管轴线与高程控制难、管节顶进阻力控制与设备选型难。针对这些重难点，提出应对思路，涵盖地质勘察与动态处理、构建轴线与高程控制体系、合理选型与控制顶进阻力等。同时强调施工中的管节质量与接口处理、安全控制、质量验收等注意事项，为雨水管道顶管工程的高质量施工提供全面指导。

关键词：雨水管道；顶管工程；施工重难点；施工技术

引言：在城市基础设施建设不断推进的当下，雨水管道顶管工程作为非开挖施工技术的重要应用，凭借其独特优势在城市排水系统建设中发挥着关键作用。该工程具有施工环境隐蔽、施工精度要求高、施工环节关联性强以及对周边环境敏感度高为核心特点。然而，复杂的地质与水文条件、顶管轴线与高程控制难题、管节顶进阻力控制与设备选型困境等，都给施工带来了巨大挑战。为保障雨水管道顶管工程顺利实施，确保工程质量与安全，深入分析其施工重难点，并提出针对性的应对措施具有重要的现实意义。

1 雨水管道顶管工程施工核心特点

雨水管道顶管工程作为非开挖施工技术的一种，相较于传统开挖施工，具备独特且鲜明的施工特点，这些特点也精准界定了工程施工的重难点方向。（1）施工环境隐蔽性是顶管工程的首要特征。顶管作业在地下空间开展，地质与水文条件难以通过直观方式进行判断。地下地层结构复杂多样，可能存在软弱土层、岩石层、地下水位变化等不可预见因素。在施工过程中，这些突发地质问题随时可能出现，如遇到不明障碍物、土体稳定性差等情况，会极大增加施工难度，甚至导致施工中断，影响工程进度。（2）施工精度要求高是顶管工程的关键要点。雨水管道承担着城市雨水排放的重要功能，必须满足严格的排水坡度要求。在顶管过程中，管道轴线和高程的偏差必须精准控制在极小且合理的范围内。一旦偏差超出允许值，不仅会影响雨水的顺畅排放，降低排水效率，还可能引发管道内水流不畅，造成局部积水，长期积累甚至会导致管道堵塞，影响整个雨水排放系统的正常运行。（3）施工环节关联性强也是顶管工程的重要特性。顶管施工是一个系统且复杂的工程，涉及设备调试、土体加固、管节顶进、接口处理等多个紧

密相连的环节。每个环节的施工质量都环环相扣，任何一个环节出现问题，都可能对整个工程效果产生连锁反应，影响工程质量和安全性。（4）顶管工程对周边环境敏感度高。尽管相较于传统开挖施工，顶管施工对地面的干扰较小，但施工过程中的土体扰动仍不可避免。这种扰动可能引发地面沉降，对周边建筑物的基础稳定性和地下管线的正常运行构成威胁，严重时甚至会造成建筑物开裂、地下管线破损等安全事故。因此，在雨水管道顶管工程施工中，必须高度重视这些重难点问题，采取科学有效的针对性措施，确保施工顺利推进^[1]。

2 雨水管道顶管工程施工重难点分析

2.1 地质与水文条件复杂的影响

地质与水文条件作为影响雨水管道顶管工程施工的关键重难点因素，对施工工艺选取、施工难度把控以及施工风险防控起着决定性作用。（1）雨水管道顶管施工通常需穿越城市地下复杂区域，该区域地下土层种类繁多，常见粉质黏土、砂土、卵石土等不同类型土层。这些土层物理力学性质差异显著，对顶管施工产生的影响也千差万别。（2）具体而言，砂土土层渗透性良好但稳定性欠佳，在顶管施工过程中，极易出现土体坍塌现象，进而引发管道偏移、地面沉降等不良后果；卵石土土层硬度较大，会显著增加顶管阻力，不仅容易造成管节破损，还会加速顶管设备的磨损。同时，地下水位状况对施工影响重大。当地下水位过高时，管内渗水、土体软化等问题频发，大幅增加施工难度，甚至可能诱发施工事故。此外，地下隐藏的孤石、废弃管线等障碍物，会直接阻碍顶管施工的顺畅推进，为施工增添诸多不确定因素，严重影响施工进度与质量^[2]。

2.2 顶管轴线与高程控制难度大

在雨水管道顶管工程中，确保管道轴线和高程精准

符合设计要求的核心任务，同时也是施工过程中的重点与难点所在。（1）顶管施工时，管道在地下持续顶进，会受到多种因素的干扰。顶力分布不均衡，会使管道在顶进方向上受力不一致，从而引发轴线偏移；土体阻力并非恒定不变，不同土层的阻力差异以及土体状态的改变，都会导致管道顶进轨迹出现偏差；设备精度偏差也会对管道的行进方向产生影响，使得轴线和高程难以严格遵循设计路径。（2）轴线偏移若超出合理范围，管道会出现异常转折，这会严重阻碍雨水的顺畅排放，还可能造成管道接口处破损、漏水，影响管道系统的整体性和稳定性。高程偏差过大，会使管道坡度偏离设计标准，导致雨水在管道内淤积，排水功能大打折扣。（3）鉴于顶管施工的隐蔽性，轴线和高程的偏差无法直观地被发现。即便发现偏差，调整过程也极为复杂，且调整操作可能会对周边土体造成二次扰动，进而给施工质量带来新的挑战。所以，精准控制顶管轴线和高程是该工程施工必须攻克的重难点。

2.3 管节顶进阻力控制与设备选型难题

管节顶进阻力的有效控制以及顶管设备的科学选型，对于确保雨水管道顶管施工顺利开展起着关键作用，同时也是施工过程中的重点与难点所在。（1）在顶管施工过程中，顶进阻力主要源于土体对管节产生的摩擦力以及土体正面的抵抗力。当顶进阻力过大时，顶管设备会承受超标的负荷，这不仅容易引发设备损坏，还可能导致管节出现开裂现象，严重时甚至会使顶进作业无法继续进行。而若顶进阻力过小或者分布不均匀，管节的顶进速度将失去控制，进而引发轴线偏移等一系列问题。顶进阻力的大小受到地质条件、管节材质、顶进速度等多种因素的综合影响，难以做到精准预判和有效控制。（2）顶管设备的选型需要综合考虑工程地质条件、管道规格以及施工进度要求等多方面因素。倘若设备选型不合理，将会导致施工效率低下，施工质量也难以得到保障。比如，设备顶力不足，就无法克服土体阻力；设备精度不够，便无法精准控制管道的轴线和高程，最终都会对工程的整体施工效果产生不利影响。

3 重难点问题的应对思路

3.1 地质与水文条件复杂的应对措施

面对地质与水文条件复杂这一关键难题，关键在于强化施工前勘察与施工过程动态处理。（1）施工前，要开展全面且细致的地质勘察工作。运用多种勘察手段，如钻探取样、原位测试、地球物理勘探等，精确掌握施工区域内土层的垂直与水平分布状况，明确不同土层的物理力学性质，如密度、含水量、内摩擦角等。同时，

准确测定地下水位的高低、变化规律以及地下水的化学性质，排查地下障碍物的类型、位置和规模。基于勘察结果，组织专家进行论证，制定科学严谨、针对性强的施工方案，合理选择顶管施工工艺，如泥水平衡顶管、土压平衡顶管等。（2）对于砂土、卵石土等稳定性差的土层，采用注浆加固、深层搅拌加固等土体加固技术，增强土体的强度和整体性，降低坍塌风险。若地下水位过高，通过设置井点降水、管井降水等降水系统，有效降低地下水位，防止施工过程中出现渗水、涌水等问题。（3）施工过程中，借助先进的监测设备，实时跟踪地质和水文条件的变化。一旦遭遇突发地质问题或未知障碍物，迅速组织技术人员分析原因，及时调整施工方案，采取有效处理措施，保障施工安全与进度^[3]。

3.2 轴线与高程控制的应对措施

要实现顶管轴线和高程的精准控制，需构建涵盖设备、监测、调整三个角度的完备控制体系。（1）在设备选用方面，应挑选精度卓越的顶管设备，其配备的专业导向系统至关重要。该系统能够实时、精准地监测管道在顶进过程中的轴线和高程偏差，确保任何细微偏差都能在第一时间被察觉，为后续的调整工作提供及时且准确的数据支持。（2）监测机制是保障控制效果的关键环节。在顶管施工期间，要运用专业的监测仪器，如高精度的全站仪、水准仪等，按照既定的时间间隔，对管道轴线和高程展开全面、细致的监测。详细记录每一次的监测数据，并运用专业的数据分析方法，深入剖析偏差的变化趋势，从而提前预判可能出现的偏差问题，做到防患于未然。（3）一旦监测发现偏差，需迅速采取有效的调整措施。可通过精准调整顶进速度、合理分配顶力等方式进行初步纠正；若偏差较大，则要启用专门的纠偏设备进行强力纠偏，确保偏差始终控制在规范允许的范围内。此外，还应加强对施工人员的技术培训，提升其操作水平，最大程度减少人为操作失误对轴线和高程控制造成的不利影响。

3.3 顶进阻力与设备选型的应对措施

在雨水管道顶管工程中，顶进阻力控制与设备选型是影响施工质量和进度的关键因素，需依据工程实际情况，做好前期规划与施工中的动态调整。（1）设备选型环节至关重要。要综合考量地质条件、管道规格、顶进长度等多方面因素。不同的地质条件对设备的顶力和适应能力要求不同，如软土地层和岩石地层所需设备差异显著；管道规格和顶进长度则决定了设备的功率和持续作业能力。据此合理选定顶管设备的型号与参数，确保设备的顶力、精度等关键指标契合施工要求。同时，

为应对可能出现的设备故障等突发状况,需配备备用设备,保障施工的连续性。(2)顶进阻力控制方面,施工前要依据地质勘察结果,精确计算合理的顶进阻力,据此制定科学的顶进方案,严格控制顶进速度,防止因速度不当导致阻力异常。在管节表面涂抹专业润滑材料,可有效减少土体与管节间的摩擦力,进而降低顶进阻力。若遇到阻力过大的区域,可采用土体加固、超前开挖等措施,减小土体正面抵抗力。施工过程中,借助先进监测设备实时监测顶进阻力变化,及时调整顶进参数,避免因阻力异常引发施工问题。

4 施工过程中的其他注意事项

4.1 管节质量与接口处理

雨水管道施工中,管节质量与接口处理至关重要,关乎管道密封性与耐久性。管节选用必须严格契合设计要求,仔细核查材质、强度、尺寸等指标,严禁使用破损或不合格管节。运输和吊装环节,要采取针对性保护措施,如使用软质吊带、设置防撞垫等,防止管节碰撞受损。接口处理时,先彻底清理接口处杂物,保证表面洁净。再依据管道工况选用适配密封材料,规范施工确保密封严密。接口施工完毕后,采用专业检测方法进行密封性检测,及时排查并处理接口隐患,切实保障管道防水性能^[4]。

4.2 施工安全控制

雨水管道顶管工程因施工环境复杂,安全风险突出,施工安全控制是保障工程顺利推进的关键。施工前,要组织所有施工人员参加安全培训,详细讲解安全操作规范,强化其安全意识,确保施工人员熟悉并遵守安全准则。施工期间,强化施工现场安全管理,在关键位置设置醒目的安全警示标志,严禁任何违规操作行为。鉴于地下施工的特殊状况,着重防范土体坍塌、管节坠落、设备伤人等潜在安全风险。定期对施工设备进行全面检查与维护,保证设备始终处于正常运行状态。同时,加强对施工区域周边地面和建筑物的监测,一旦发现地面沉降等异常,立即采取有效防范措施,杜绝安全事故发生。

4.3 施工质量验收

施工质量验收作为保障雨水管道顶管工程质量达标的核心环节,应全方位贯穿于施工全程。在施工过程中,要针对每个施工步骤开展细致的质量检查工作。着重检查管节质量是否符合设计标准,轴线和高程偏差是否在允许范围内,接口密封性是否良好,土体加固效果是否达标等。一旦发现不合格环节,必须立即整改,保证施工质量始终满足要求。工程竣工后,需进行全面且严格的质量验收,涵盖管道外观、轴线、高程、密封性以及排水能力等各项指标的检测。只有验收合格,管道方可投入使用。此外,还应认真做好施工资料的整理与归档,为管道后期维护管理提供可靠依据^[5]。

结束语

雨水管道顶管工程是一项复杂且系统的工程,其施工重难点众多,对技术和管理要求极高。通过深入分析施工核心特点,明确重难点问题,并针对性地提出应对措施,从地质勘察、轴线与高程控制、顶进阻力与设备选型,到管节质量、施工安全和质量验收等方面,全方位保障了施工的顺利进行。在实际工程中,需严格遵循相关规范和要求,加强各环节的管理与控制,不断总结经验,提高施工技术水平,以确保雨水管道顶管工程的质量和安 全,为城市排水系统的稳定运行提供坚实保障,推动城市基础设施建设的可持续发展。

参考文献

- [1]林朝进.顶管施工技术在城市排水管道工程中的应用[J].江苏建材,2022(06):65-66.
- [2]丁丽丽.顶管技术在市政排水管道施工中的应用研究[J].四川水泥,2021(08):171-173.
- [3]钱峰,罗苗,成蕾等.复杂地质环境长距离顶管施工关键技术研究与应用[J].四川建筑,2023(4):270-272.
- [4]陈冠男.顶管工程施工技术及质量控制[J].中国地名,2024(6):91-93.
- [5]陈刚.市政综合管廊矩形顶管工程施工技术的研究[J].云南水力发电,2024(9):28-30.