

# 市政道路排水工程顶管施工技术研究

文 / 唐磊落 济宁市鸿翔公路勘察设计研究院有限公司

张庆松 济宁市规划设计研究院

**摘要:**近年来,顶管技术在诸多工程项目中应用广泛,而将此项技术应用到市政道路的给排水施工中能在不破坏路面的基础上完成相应管道铺设、养护工作。顶管技术和传统施工技术相比不仅能保证路面的完整,还能减少施工程量,减少劳动力,节约施工成本,最大限度地避免给环境造成污染,保证人民群众日常交通的便利。所以,不论从哪个角度出发,顶管技术的作用、优势都是其他技术不可代替的,对市政道路给排水施工来讲,具有重要意义和价值。

**关键词:**市政道路;排水工程;顶管施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.02.084

## 引言

在市政基础设施建设领域,道路给排水系统的建设和维护对城市运行至关重要。近年来,顶管技术作为一种先进的无开挖地下管道铺设方法,在市政道路给排水施工中得到了广泛应用。该技术以其最小化对地面交通和周围环境的干扰、适应多种地质条件等优点,成为市政工程中的重要技术选择。

### 一、顶管技术的概述

当前的市政道路给排水施工中,顶管技术应用广泛,且效果明显。顶管技术还可以称为“非开挖管道敷设技术”,此项技术与以往应用的管道施工技术明显不同,顶管技术的优点非常多,如:在进行管道铺设的过程中应用顶管技术不需要人工挖掘路面,减少施工人员的劳动量。同时,还能保护土地资源,减少对土地的损害。而且,在进行需要越过多个建筑的管道铺设、施工的过程中应用顶管技术,能最大限度地减少施工成本,降低施工费用,缩短施工时长。所以,这也就表明了顶管技术在给排水施工中具有不可估量的作用和价值,能在避免施工影响城市建筑的同时,减少对环境的污染,实现我国倡导的“绿色施工”目标,提升工程的整体效益<sup>[1]</sup>。

### 二、顶管技术在给排水管道施工中的特点

#### (一) 周围环境基本无污染

在应用顶管技术时,不需要改变土层原有结构,不需要挖沟,因此在施工过程中也不会有粉尘,噪声相对较小,不会对环境造成污染,也不会产生噪声等污染,避免影响周围居民的生活。此外,此项技术的另一个明显优势就是在施工过程中仍然可以使用原有的地下管线和地面建筑,不需要二次购买施工材料,也不会对原有建筑产生负面影响<sup>[2]</sup>。

#### (二) 施工中不需要挖掘

顶管技术还可以称为“非开挖技术”。从字面的角度来讲,这种技术在施工过程中,不需要挖沟,能明显地缩短施工时间,提高了整体的施工效率。因为在施工

过程中不需要挖沟,不会对人们的日常出行产生影响,保证地面交通的正常运行。另外,顶管施工在不拆除建筑物的情况下,可直接通过土体进行施工。这样既降低了工程成本,又保护了施工环境。

### (三) 施工面的典型分布特色

与顶管施工技术不同,传统沟埋管施工表面呈线性,施工面积大,工程效益不理想。顶管技术的应用不仅填补了传统的埋管技术的不足,并且其建设面转向点式,从而有效地减少了施工所需面积,有效地缓解了我国土地资源紧张的状况。

## 三、顶管技术的应用范围

### (一) 繁华地段的施工

顶管技术最重要的特点是它可以避免交通堵塞。在城市繁华地段不需要挖掘地表,并且不破坏城市道路,特别是在行人流量大的区域。所以,将顶管技术用于铺设的管道,它既不会破坏城市道路的完整性又保证了人流的正常流动,在很大程度上缓解了城市交通的压力,让我国的城市道路、交通保持畅通无阻<sup>[3]</sup>。

### (二) 绿化地段的施工

传统的顶管技术具有“距离长、施工所需面积较大、需要大量人工、设备投入”等缺点。经过不断发展,今天的顶管技术已经具备了“小面积、点状施工”等特点,这种施工方法可以大大保护地面绿地和植被,灵活应对各种天气变化,避免雨雪等恶劣天气影响施工质量和进度,有效降低施工成本。

### (三) 建筑密集地区的施工

在管道规划过程中,经常要考虑公路、铁路、河流、地下建筑等因素对施工的影响,城市管线的铺设往往会影响到现有地下管线及其设置,给人们的生活带来不便。顶管技术可以有效地解决这个问题,而且不会破坏建筑物的基础,也影响小区的正常生产生活。在铺设管道的过程中,管道可以以曲线的方式穿过地下,新铺设的管道可以绕过现有的地下建筑或管道,不会破坏或影响居民区的供电、供水管道。

#### 四、市政道路排水工程顶管施工技术分析

##### （一）设计与工程方案制定

设计团队需进行详尽的地质勘察，评估土壤类型、地下水位、周边环境等因素。例如，地下土壤的成分（如黏土、砂石等）和硬度会直接影响顶管机的选择和切割头的配置。设计师需根据勘察结果制定具体的工程方案，包括确定管道的直径（如DN300、DN500等标准尺寸），管道材质（如钢、混凝土、塑料等）以及铺设的深度（一般在5米至25米之间）。设计方案还需包含顶管机的型号选择，这取决于预定管道的尺寸和土壤条件。例如，对于直径小于1米的管道，可以选择小型的顶管机；而对于大型项目，则需使用大型或者特制的顶管机械。此外，方案中应包括详细的施工路线图，标明起始井和接收井的位置，以及管道的精确轨迹。这一阶段还需精确计算推力（通常以千牛（kN）为单位）和顶进速度，以确保施工过程的安全和效率。每个施工阶段的时间表和资源分配（如人员、设备等）也应在方案中详细规划，以确保工程顺利进行<sup>[4]</sup>。

##### （二）准备工作

在采购材料和设备时对成本、质量进行综合考虑，严格考核厂家的自身资质。特别要注意管材和施工机械的选择，施工管材的规格和质量必须符合施工规范，否则，施工机械设备一定不能使用，防止在施工过程中出现硬件损坏等故障影响施工进度。每批施工材料应在施工前和施工中进行检验和试验，确保正确使用，符合使用标准。

##### （三）顶管机械的选择

（1）根据管道直径和工程规模，选择合适的顶管机型号至关重要。例如，对于直径较小的管道（如DN300至DN600），可以选用小型的顶管机。而对于更大直径的管道（如DN800以上），则需选择大型顶管机。

（2）推力的大小通常以千牛（kN）表示，需要根据地质条件和预期的施工难度来确定。对于坚硬或复杂地质，推荐使用高推力的顶管机（如3000kN或更高），以确保足够的穿透力和稳定性。

##### （四）设备安装

后背墙安装的主要作用是支撑千斤顶。一般情况下，安装期间的后壁，顶的方向与管道必须垂直以确保垂直和水平扭转的偏差是在规定范围内，后壁后面的钢板用来确保力墙的支撑作用；要保障安装的导轨能够稳定地工作，它对应的是斜率管接头和中央高度，主要用于指导管保持进行中线和斜率；安装接口，接口的类型应根据施工条件合理地选择，在安装过程中应与管道垂直，中心对称，以确保管壁的反应和合力的作用点在同一轴；千斤顶主要用于在安装过程中连接千斤顶与管道端部，对千斤顶的合力和管道端部之间的距离进行均匀对称调整。在安装过程中，安装前要注意清洗顶铁、导轨和彼此之间的接触面，顶铁的轴线必须垂直并与管道中心对称，施工完成后保证千斤顶与管道轴线

相互平行<sup>[5]</sup>。

##### （五）管道顶推过程

顶推操作开始前，顶管机应进行全面检查，确保所有系统正常工作。特别是液压系统，其推力输出必须精确调校以适应管道的规格和地质条件。例如，对于DN800的管道，在坚硬土壤中顶推时，推力可能需要调整至3000kN以上，推力的平稳增加对于避免对管道造成应力集中和损伤至关重要。通常，初始推力会设定为预定最大推力的一定比例，如40%至50%，然后根据管道顶进情况和地下反馈逐步调整。需注意的是，顶管机的轨迹偏差必须严格控制在允许范围内，通常在±5cm。此外，为了确保管道沿预定路径顶推，顶管机的角度调整也必须非常精准，调整精度通常控制在±0.1°以内。在顶推过程中，持续监测土壤压力和地下水位是至关重要的。顶管施工可能改变周围土壤的应力状态，因此需通过土压力计等仪器实时监测土壤应力，保证其在安全范围内。例如，土壤压力通常维持在50kPa至100kPa。地下水位的变化也需紧密监控，以防止地下水渗入施工区域，导致土壤松动或其他施工风险。顶管进行中，管道受到的力应均匀分布，避免产生局部应力集中。管道的每个接头都应在顶推前进行仔细检查，以确保密封性和结构完整性。一旦管道开始顶推，操作团队需要持续监控管道的状态，如通过闭路电视（CCTV）检测系统观察管道内部状况，确保没有裂纹或变形发生。

##### （六）管道对接与密封

（1）管段的对接技术在管段对接的准备阶段，端面加工的精度至关重要。例如，对于DN800的管道，端面的平整度和垂直度公差需要控制在±0.5mm以内，以确保后续对接的精确性。使用高精度的机械设备进行端面加工，以达到这一严格标准。在管段对接时，使用对接夹具确保两管段之间的精准定位和对齐。管段的榫卯式连接设计需保证插口和凹槽的匹配精度在±1mm范围内，以承受顶管过程中产生的最大轴向载荷，这一载荷通常为3000kN或更高。对于密封处理，选择的密封材料必须能承受长期的水压和化学侵蚀。例如，使用的橡胶圈需符合ISO4633标准，能在持续水压下保持至少0.5MPa的密封性能。环氧树脂的应用则需确保至少24小时的固化时间，以形成连续、无缝隙的密封层。此外，对于热胀冷缩和地质位移的适应性，柔性接头或膨胀节的设计需能够容纳±10mm的轴向位移和±5°的角度变化，以适应环境因素对管道系统的影响。（2）管道接头的加固措施对于管道接头处的加固，通常采用增加额外支撑或加强筋的方法。例如，对于DN800的管道，可以在接头周围添加直径不小于12mm的钢筋，以增强结构的整体强度。这些钢筋通常以环状或纵向布置，以对顶管过程中产生的轴向和径向压力。在接头密封方面，除了标准的橡胶圈或环氧树脂密封外，还常采用额外的密封措施，如使用聚氨酯或硅橡胶材料作为第二道密封层。这些材料在应用时需确保完全填充接头周围的空

间,形成至少5mm厚的连续密封层,以提供更高级别的防水和防化学腐蚀性能。此外,考虑到环境因素对接头的潜在影响,如温度变化和地面振动,接头处可能还需要安装抗震或热胀冷缩的缓冲装置。这些装置设计要能够容纳±15mm的轴向位移和±6°的角度变化,确保管道在各种环境条件下的稳定运行。加固过程中,对接头的焊接质量和螺栓紧固力矩也需严格控制。焊缝需符合相应的焊接标准(如AWS D1.1),确保无裂纹、气孔或未熔合等缺陷。对于螺栓连接的接头,紧固力矩需根据螺栓规格和材质严格执行,例如M16级别的螺栓,其推荐紧固力矩为210Nm至230Nm<sup>[6]</sup>。

### (七) 施工监控与质量控制

首先,施工监控始于对施工现场的全面审查。这包括确保所有设备和材料符合规定的标准和质量要求,例如,顶管机械需满足特定的性能标准(如ISO 9001),管材需符合相应的材质和尺寸标准(如DN 800的钢管或混凝土管)。此外,施工现场的安全措施,如临时支撑和防护设施,也需严格检查和维护。其次,在顶管操作过程中,实时监控系统如GPS定位和激光导航系统,被用于实时跟踪管道的位置和姿态,确保管道按照预定轨迹准确推进。任何偏差都需立即记录并调整,以确保管道的精确铺设。例如,管道轨迹的偏差应严格控制在±5cm范围内。最后,针对质量控制方面,对管道材料和接头的检验是必不可少的步骤。每个管段在使用前都需经过严格的检验,包括尺寸测量、材料测试和视觉检查,以确保无裂纹、变形或其他缺陷。对于接头的密封性能,采用水压试验等方法进行验证,确保密封层无泄漏,承受的最小水压为0.5MPa。此外,施工过程中的数据记录和分析也是质量控制的重要部分。所有关键参数如推力、速度、土壤压力等都需实时记录,以便于后期分析和评估。任何异常情况都应立即报告,并采取相应的纠正措施。

### (八) 施工后的检查与评估

(1) 视觉物理检验视觉物理检验包括对管道的外观进行检查,确保没有可见的裂纹、变形或损伤。管道接头处特别需要仔细检查,确保密封完好无损。此外,检查地面是否有不正常的沉降或裂缝,这可能是管道施工不当的迹象。(2) 管道的压力测试该测试是验证管道完整性和密封性的关键步骤。通常,这包括对管道系统施加一定水压(通常高于系统设计压力的1.5倍,例如如果设计压力为0.4MPa,则测试压力可达0.6MPa)并保持一定时间,以检查是否有泄漏,任何泄漏点都需记录并进行必要的修复。(3) 内部的检查内部检查通常通过闭路电视(CCTV)检测系统完成。CCTV检测可以详细查看管道内部的情况,确保内部无杂物堆积、无构造缺陷,并检查管道是否按照预定轨迹铺设。而对于功能性能的评估,则涉及管道系统的流量测试和效率分析。这包括测量实际流量与设计流量的对比,评估管道系统是否达到了预期的排水效率。如果流量低于预期,表明

管道内可能存在阻塞或设计存在缺陷。(4) 综合评估首先,综合评估需聚焦于技术实施的准确性和效率,包括分析顶管操作的精准度,例如管道布设的轨迹偏差是否控制在可接受的范围内(通常为±5cm)。同时,评估顶管机械的性能,如推力和速度是否符合设计参数。这些技术指标的分析有助于确定施工过程中的优势与不足,为后续工程提供改进的参考。其次,成本效益分析是综合评估的重要组成部分。这涉及对工程预算的执行情况进行审查,包括材料、人力、设备使用和时间管理等各方面的成本。评估不仅包括直接成本,还需考虑由于施工效率带来的间接成本节约,如减少因交通和商业活动的干扰导致的经济效益。最后,顶管技术作为一种无开挖施工方法,其对周围环境的影响相对较小,但仍需详细评估。这包括施工期间对土壤、水质和空气质量的影响,以及施工噪音对周围居民生活的影响。评估结果可用于优化未来工程的环境保护措施,此外还可评估团队的组织结构、沟通效率以及应对突发情况的能力,可以为提高未来工程管理的效率和有效性提供宝贵的意见<sup>[7]</sup>。

### 结语

综上所述,顶管技术作为一种高效、环境友好的无开挖管道铺设方法,在现代市政工程中扮演着不可或缺的角色。通过详尽审视其在设计、施工及质量控制各阶段的应用细节,本研究揭示了该技术在确保施工精度、降低环境干扰以及提升管道系统长期稳定性方面的显著优势。考虑到市政基础设施面临的不断变化和挑战,顶管技术进一步优化与创新,将对城市发展的可持续性产生深远影响。未来研究应继续集中于技术创新、材料优化和施工方法的改进,以应对复杂地质条件和日益增长的城市基础设施需求。

### 参考文献

- [1]何自然.市政道路排水工程污水管顶管施工技术探析[J].城市建设理论研究(电子版),2020(5):49.
- [2]刘云兵.浅析砂层顶管下穿市政道路施工的沉降控制技术[J].门窗,2019(3):56-57.
- [3]宋逍飞.市政道路工程中泥水平衡法顶管施工的应用与研究[J].工程技术研究,2018(11):164-165.
- [4]侯小龙,袁胜强.手掘式顶管下穿既有道路施工技术要点分析[J].施工技术,2018(s1).
- [5]阎健.市政道路工程中泥水平衡法顶管施工的应用探讨[J].山西建筑,2017,43(35):142-143.
- [6]刘国栋.泥水平衡法顶管施工技术在市政道路工程中的应用[J].居业,2017(4):70-71.
- [7]梅君,何凡.复杂工况条件下大断面矩形顶管接收施工技术[J].施工技术(中英文),2022,51(19):70-74.
- [8]卢康明,王金一,黄德中,等.城市密集区超大断面矩形顶管设计与施工关键技术[J].施工技术(中英文),2022,51(07):69-73.