

顶管技术在市政给排水管网工程中的应用分析

吴少勇

中交公路规划设计院贵州分公司

DOI:10.32629/etd.v7i8.21656

[摘要] 作为不需要进行地面开挖的一种施工方式,顶管施工具有很强的适用性及优越性,在市政给排水管道工程建设中发挥着非常关键的作用。本文结合市政工程实际,探讨了顶管施工的应用意义,并对施工前的调查设计、顶管轨迹的把握、顶进过程中的力学稳定性以及泥水压力防止坍塌等问题进行了具体探究。并对之分别应用于城市主道路、老城小区、穿河、穿越密集区等地形环境下的不同情况,以供市政给排水管道工程顶管施工作业的技术参考。

[关键词] 顶管技术; 市政给排水; 管网工程; 非开挖施工; 施工控制

中图分类号: TU990.3 **文献标识码:** A

Analysis of Pipe Jacking Technology in Municipal Water Supply and Drainage Pipeline Engineering

Shaoyong Wu

CCCC Highway Consultants Co., Ltd. Guizhou Branch

[Abstract] As a construction method requiring no ground excavation, pipe-jacking construction features strong applicability and superiority and plays a vital role in the construction of municipal water supply and drainage pipeline projects. Combined with practical municipal engineering practices, this paper discusses the application significance of pipe-jacking construction. It conducts specific research on pre-construction investigation and design, control of pipe-jacking trajectory, mechanical stability during jacking, and slurry pressure for collapse prevention. Moreover, it analyzes its differentiated applications under various terrain and environmental conditions including urban main roads, old residential communities, river-crossing sections and densely-built areas, so as to provide technical references for pipe-jacking operations in municipal water supply and drainage pipeline projects.

[Key words] pipe-jacking technology; municipal water supply and drainage; pipe network engineering; trenchless construction; construction control

引言

市政给排水管道工程在城市建设发展中发挥着十分重要的作用,承担着城市雨污排放及生产生活用水供应等工作任务,其施工质量和使用效果决定着城市的正常运作及人们的生活品质。传统埋管施工方式具有较为丰富的施工经验,然而在城市中又面临交通中断、管线交叉、环境干扰等问题限制。随着城市建设的发展,顶管施工作为一种不开槽施工技术,可以在地面不进行开挖的前提下进行地下管线铺设工作,在很大程度上避免了常规施工带来的诸多不便及影响,因此在市政给排水工程中被广泛应用。现就顶管法在市政给排水工程中的应用、施工工艺以及适用条件等方面展开分析探讨。

1 顶管技术应用于市政给排水管网工程的核心价值

1.1 规避传统开挖施工弊端,提升城市施工安全性与稳定性

传统的开挖施工需要大面积开挖沟槽,不但影响路面结构及地下设施,也极易造成边坡坍塌、管线破损、地面沉陷等安全事故的发生。顶管则是在地下利用工作井与接收井进行管道的顶进施工,不需开挖长距离的沟槽,从根本上避免了因开挖施工而产生的安全隐患。此外,顶管施工对土体扰动范围较小,可有效控制地表沉降及变形,保证周围建筑物及地下管线安全稳固,大大提高了城市复杂环境下施工的安全性。

1.2 减少城市地面扰动,保障道路交通与市民生活正常运转
城市道路作为城市交通的血脉,传统的开槽作业须封锁车道、导流绕行,给交通带来极大的拥堵和出行困难。而顶管只需要在顶进起点及终点处设小的工作井即可,占地极小,在其施工过程中地面交通基本不受影响,大大减少了施工对城市交通的影响。同时,顶管施工作业产生的噪音、扬尘、废料等污染大大

低于开挖施工,对于附近商业及居民影响最小化,真正做到了建设与城市运营两不误。

1.3 适配复杂城市施工环境,拓宽给排水工程施工适配范围

城市地下空间管线密布、地质条件复杂、建筑物基础交错,传统开挖施工在许多场景下难以实施或代价高昂。顶管施工可以在不破坏地表的情况下越过公路、铁路、河道及各类建(构)筑物等障碍,能够适应砂性土、黏性土、卵石层、岩石层等多种地质环境,即使在地下水位偏高、埋设深度较大、管道直径较大的条件下,依然具备可实施的施工条件。这种广泛的适应性,极大拓宽了市政给排水管网的施工路径选择,使许多传统方法无法实施的工程成为可能^[1]。

2 市政给排水管网工程中顶管技术的核心施工要点

2.1 施工前期现场勘察与施工方案精准规划要点

顶管施工的成功实施高度依赖于前期勘察的全面性与方案规划的科学性。勘察工作须从工程地质、水文地质、地下管线以及地面环境等方面入手,在地质勘察工作中,弄清土层的物理和力学性质、空间分布及其变化规律,鉴别是否有流砂、淤泥、孤石、岩层等不良地质体;在水文勘察过程中,了解地下水位、水质、含水层构造以及渗透系数等等。勘察施工可能存在的涌水风险以及降排水要求;管线勘察需明确已建地下管线的位置、埋深、材质、使用状态等信息,避免施工发生碰撞损坏;环境勘察中,为此还需了解地面建筑、道路交通量以及各种敏感设施的情况,为采取相应防护措施及紧急救援提供依据。根据勘察结果,对施工方案进行准确策划,如顶管机型选型、顶进线路、工作井与接收井设置位置、顶力核算与后背墙设计、泥浆系统的设计、测量控制网布设等等。根据地质条件、管道直径及顶距等合理选择顶管设备的机型,在软土地质中应采用泥水平衡式顶管机,坚硬岩层中适宜选用岩石顶管机,软硬交替或者成分复杂地区则可选用复合式顶管机。顶进线路设计时避免地下障碍和不良地质地段,选取最小长度和最小纵坡,减小顶进阻力及施工风险。

2.2 顶管施工轴线控制与姿态精准调控技术要点

轴线控制直接影响顶管的线形质量和接口密封性,是顶管施工过程中的控制核心。轴线控制应该形成高精度的测量基准,使用全站仪、水准仪、激光经纬仪等测量设备,在工作井中设置稳定的测量控制点并及时复测。顶进过程中的轴线监测应采用自动导向系统与人工复测相结合的方式,自动导向系统通过安装在机头内的倾斜仪、旋转编码器、激光靶等传感器,实时采集机头的姿态参数与空间位置,传输至地面监控终端进行显示与记录,人工复测则通过全站仪测量机头反射靶或测量管壁上的监测点,验证自动导向数据的准确性并及时发现系统漂移。姿态控制是指在观测到机头位置偏离设计轨迹的情况下进行的姿态调节动作,在此过程中需及时判断偏差成因及发展态势,通过对机头内纠偏油缸推力差异的控制来实现机头的预设偏转位移量以达到逐渐恢复至设计轨迹的目的。姿态控制应本着“勘测微纠、预判控差”的原则,防止大起大落造成轴线蛇行或管节接口

损坏。此外还应建立轴线偏差预警系统,设置不同等级的偏差警戒值,在偏差接近或到达警戒值时自动报警并进入相应处理流程,保证轴线控制在可控范围内;长距离顶进或者曲线顶进还要考虑到管节弹性形变、土体蠕变、温差等因素对轴线的影 响,建立动态补偿模型,提升轴线控制的精准性及有效性^[2]。

2.3 管道顶进过程匀速施工与受力平衡控制要点

顶进过程中施工控制影响到管道结构受力的安全性及施工进度,需做到匀速顶进和受力平衡。匀速顶进是指在顶进的过程中保持顶进速度均匀平稳,不能出现忽快忽慢或者长时间停滞的情况,在速度发生变化的情况下会造成土压力的变化、摩阻力的不平衡以及管节受力情况变得较为复杂,不利于施工人员对施工风险进行控制,并增加了轴线控制的难度。顶进速度应根据地层、顶力余量、出土能力、泥浆供应等情况综合考虑确定,软土地层宜慢速施工以控制地层变形,硬土地层可适当加快速度以增加工效,但都应注意速度的连续性及稳定性。受力平衡控制包含顶力平衡、土压平衡及泥水平衡三个方面,顶力平衡要求主顶油缸推力均匀、同步伸缩,避免管节承受偏压或扭矩,土压平衡要求机头切削面支护压力与开挖面土压力动态平衡,避免因超挖或欠挖造成地面沉降或隆起,泥水平衡即指在泥水舱内泥水的压力能够稳定并受控,可通过控制泥水密度及泥水位高度来达到平衡压力的目的。在顶进过程中应实时监控顶力、土压、泥水压、出土量、注浆量等重要指标,并建立参数之间的关系分析模型,找出异常状态及时调整施工参数。

2.4 施工泥浆配比与护壁防塌关键技术要点

顶管施工中泥浆系统具有润滑减阻、稳壁护壁、携砂出土等多种作用,其技术状况直接关系到施工工效及质量安全,泥浆配合比应依据地质情况、工艺需求合理配置,对于粘性土,宜选用粘度较小的泥浆以防糊钻;对于砂性土,则宜选用粘度较大的泥浆以便于稳壁,卵砾石地层应使用黏度较高、切力较大的泥浆来悬浮大颗粒渣土;对于岩石地层,应加入润滑剂减少刀盘损耗。泥浆主要性能指标有密度、黏度、切力、滤失量、含砂率、PH 值等,应采用实验室配制试验结合现场试顶试验确定最优配合比,在施工中根据出土情况及监测情况进行动态修正。泥浆体系的作用主要是成形稳定护壁防坍塌,对于在不稳定地层或者地下水位以下进行顶进的情况,泥浆压应适应开挖面上的土压力和水压力的要求,防止孔壁失稳坍塌及涌水、涌砂现象发生^[3]。土压平衡式顶管机以控制出土量及螺旋输送机转速来平衡土舱压力;泥水平衡式顶管机以泥水舱形成一定的泥水压力来平衡开挖面;两种方式都需要对压力进行严格控制,并留有一定的富余度以及采取必要的应急封堵措施。同时还需要考虑对泥浆的循环处理,将出渣口排出的泥浆进行除砂、除泥、调制处理后才能再次使用,将渣土分离出来,并对泥浆进行处理使其恢复性能再次利用,减少了材料用量及对环境的影响。

3 顶管技术在市政给排水管网工程中的具体应用场景

3.1 城市主干道地下给排水主干管网铺设施工场景

城市主干道车流量大、交通地位重要,传统开挖施工将导致长时间的交通中断与严重的拥堵蔓延。顶管技术在此场景下的应用,仅需在道路两侧或中央绿化带设置工作井,顶进施工在地下进行,地面交通可维持基本通行,大幅降低了施工对城市交通的影响。主干道下的给排水主管通常管径较大、埋深较深、线路较长,顶管技术能够一次性完成长距离大口径管道的敷设,减少接口数量与渗漏风险,同时深埋管道采用顶管施工比开挖施工更加经济安全。施工中需特别注意对路面结构与地下既有管线的保护,控制地面沉降在允许范围内,必要时采用跟踪注浆加固措施,确保道路安全与管线正常运行。

3.2 城市老旧城区给排水管网更新改造施工场景

城市旧改区域现状给水管网和雨水管道大多存在管径偏小、管材陈旧、渗漏严重、雨污合流等现象,亟需改造扩容提升排水量及排涝能力;同时老旧城区道路较窄、建筑物密集、地下管网复杂,开挖作业空间狭小且危险性大。顶管法可在不损坏道路及建筑物基础前提下实现新建管道埋设,实现非开挖老旧管道更新。在施工中,准确探明既有地下管线位置及埋深,并规划合理的顶进路线避开冲突管线,在不可避免交叉穿越部分应做好悬吊保护、注浆加固等针对性措施;同时老旧城区建筑物基础浅、年代久,对于地面沉降较为敏感,顶进过程中应加强对地表沉降的监测,控制好土压力平衡,在必要的情况下采取小扰动顶进法进行顶进作业,把施工对周围造成的影响降到最低限度。

3.3 跨河道、湖泊水域给排水管道敷设施工场景

城市给排水管道往往需要经过一些河流、湖泊,在传统的开挖法中就需要修建围堰进行堵水或者在水中作业,工作量较大,对周边环境的影响严重,并且存在很大的安全隐患;而采用顶管法可以在河床或者湖面下穿过河道,不需要堵塞河水或者污染水质,是最适合在这种环境下施工的方法。这种情况下顶管施工的主要难点在于如何防止进水漏水以及坍塌。工作井的位置宜选择河床稳定段,埋设深度应满足冲刷防护的要求;机头及管节接口处应采取有效的防水措施^[4]。施工过程中需注意严格控制泥水压力,避免与水体联通引起压力流失及泥浆渗漏,并制定相应的水文监控措施及应急方案以备突遇大洪水或其他水位

变动情况发生;在顶进完毕后需及时进行管外压浆处理,填补缝隙的同时也起到一定的防渗效果,保证管道长久使用过程中的密封性。

3.4 城市商业区、居民区密集区域管网施工场景

商业区及居民区对于施工噪声、扬尘、交通干扰极为敏感,传统的开挖施工引起的投诉与纠纷较多,顶管的低扰动、低污染是此类敏感地区管网施工的最佳选择。施工井位应尽可能远离商业门口及居民楼门前,在绿化带内、停车区域内、空闲场地中选取,顶进方向避开建筑基础及地下室室内,保证一定安全距离。建筑垃圾运输车辆应避免在深夜、中午休息时间行驶,严禁将泥浆洒漏至道路两侧,采取降尘设备、排水沟渠等措施确保环境整洁;积极与周边居民、商铺协商,说明施工计划,征求意见建议,在日常工作中耐心解答疑问,接受监督举报,做好沟通协调工作及精细化管理工作,争取得到周围居民和商家的支持与理解,做到工程进展顺利,社会关系和谐两不误。

4 结语

综上所述,在市政给排水管道工程施工中采用顶管法克服了常规挖掘方法在城市条件下无法解决的问题,并具有明显的优点和社会效益。随着顶管机及配套工艺的发展和完善,它将在更多的市政管道工程领域发挥作用,从而保证城市市政工程建设的质量。

[参考文献]

- [1]陈骏.市政工程给排水管线长距离顶管施工技术创新[J].中国房地产业,2025(24):18.
- [2]洪安娥.市政工程给排水管道顶管施工技术研究[J].工程技术研究,2024,19(19):49-51.
- [3]市政给排水施工中长距离顶管施工技术的应用分析[J].中国建筑金属结构,2025(S1).
- [4]周军恒.市政给排水施工中长距离顶管施工技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(2).

作者简介:

吴少勇(1989--),男,汉族,贵州省遵义市人,本科,给排水工程师,主要研究方向:道路及市政给排水。