

市政工程建设中顶管工程技术的应用要点及质量控制方法

毛金川

中国一冶集团有限公司 湖北武汉 430000

摘要: 顶管工程施工流程繁琐, 为保证工程质量, 实现对施工流程的强化管理, 需要从顶管工程的施工流程和现场施工质量管理要点入手, 把控工程质量。基于此, 本文介绍了顶管技术的优劣势以及顶管技术的施工工艺流程, 确保施工流程规范化的同时运用施工检测、材料质量管理、强化人员专业素养等策略提高现场施工质量控制水平, 以期在施工中构建起完善的质量控制体系, 保证顶管工程技术的应用效果与设计需求相一致。

关键词: 市政工程; 顶管技术; 应用要点; 质量控制; 策略

Key Points of Application and Quality Control Methods of Pipe Jacking Technology in Municipal Engineering Construction

Mao Jinchuan

China First Metallurgical Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, China 430000

Abstract: The construction process of pipe jacking project is complicated. In order to ensure the project quality and realize the strengthened management of the construction process, it is necessary to start from the construction process of pipe jacking project and the key points of on-site construction quality management to control the project quality. Based on this, this paper introduces the advantages and disadvantages of pipe jacking technology and the construction process flow of pipe jacking technology, to ensure that the construction process is standardized while using construction inspection, material quality management, strengthening the professional quality of personnel and other strategies to improve the on-site construction quality control level, in order to build a perfect quality control system in the construction, and ensure that the application effect of pipe jacking technology is consistent with the design requirements.

Keywords: Municipal engineering; Pipe jacking technology; Key points of application; Quality Control: Strategy

引言

伴随着城市经济的快速发展, 市政工程数量不断增加, 随着工程建设规模的急速扩张, 工程建设难度同样也在不断提升, 为保证市政工程质量, 管理人员应在建设中积极转变传统思想观念, 在施工中大胆应用新技术, 满足城市发展需求。城市建筑物密度较大, 公路、轻轨等设施的发展同样在一定程度上阻碍了正常施工, 顶管工程技术的应用能够有效节约土层开挖审批时间, 加快项目建设速度, 保护周边土层环境, 为避免技术应用不当引发质量问题, 在技术应用的同时应充分做好准备, 传达技术要求, 加强现场管理, 保证技术应用质量, 为现代化工程项目建设模式的建立打好基础。

一、顶管工程技术优劣势

(一) 顶管技术优势

顶管技术规避土层开挖动工需求, 将施工面由线压缩至点, 有效减少施工区域占地面积, 节约施工土地, 交通出行影响较小。施工面主要位于地下, 地面活动不受影响, 加快施工效率。工程管道需穿越铁路、公路、河流等地面障碍时, 可在不拆迁情况下完成施工作业, 有效降低施工技术难度, 减少工程量, 节约施工成本。顶管施工流程人工作业需求相对较低, 大部分工序实现机械化, 降低体力劳动强度, 节约用人成本^[1]。

(二) 顶管技术劣势

软弱土质施工作业易出现地面下沉及路表开裂等情况, 需进行修复。顶管作业用压力将管道打入作业面, 让水和泥保持在同一作业面上, 一旦土层结构发生变化, 容易影响正常施工流程, 因此在顶管作业开始前必须对施工地进行详细调查, 搜集地质情况和水文资质资料, 完善施工设

计方案。遭遇砂砾层、碎石层、粉土层等复杂地质情况时施工难度加大，工程造价升高，顶管技术优势难以体现。

二、市政工程建设中顶管工程技术的应用要点

（一）现场勘查

顶管工程技术应用前首先需要进行现场实地勘查，探查地下土层土质分布情况，必要时可取土查验，了解地下土层结构，提高施工设计质量，确保顶管施工排土、排水顺利进行。超前探查地下管线，了解地下管线敷设位置，在顶管施工中确保电力、水利、燃气、石油、通讯等管线仍然能够正常运行，运行状态不受施工影响。提前探查施工工作坑洞，确定工作坑位置，安装木质标记，方便施工作业，施工坑开挖后应搭设支撑框架，确保施工坑洞稳定，避免工作坑结构失稳影响工程建设质量。勘察顶管设计施工线路，确定线路位置是否存在可能影响正常施工的硬质障碍物，对靠近施工线路的管线和建筑物做好防护，避免顶管施工磕碰管线或建筑^[2]。

勘察结束后，根据勘察结果、周围环境、设计要求、现场条件等要素综合确定管体顶进方式。如设计要求控制地层变形，可使用封闭式土压或泥水平衡顶管机，避免泥土进入管体内部，降低顶管作业对土体的破坏程度。如顶管施工作为管道口径较小，且无地层变形控制要求，土层结构中土质环境良好，可使用挤密土层顶管法，一次性顶进管体，降低施工成本。如设备条件有限，仅能提供敞口式顶管机，为保证顶管作业顺利进行，泵动吸水降低地下水位，地下水水位低于管体高程0.5米以上，施工现场开挖排水渠，引流地表径流，避免其他水源进入顶管管道，影响施工作业。

（二）设备准备

顶管施工主要需要顶管机、主顶系统、穿墙止水环、泥水系统、触变泥浆系统、测量系统、纠偏系统、中继间等。顶管机负责切削土体并搅拌均匀，起到控制顶进方向的作用。主顶系统包括后座垫铁、导轨、千斤顶、千斤顶支架、后座泵站等结构，负责推进管道。穿墙止水环安装在预留洞口处，防止地下水泥砂、触变泥浆流入工作井内。泥水系统负责排出多余泥土，平衡地下水资源。触变泥浆系统由拌浆、注浆、管道三部分组成，负责混合水与泥土形成泥浆，润滑管节与土体，降低顶进阻力。测量系统包括激光经纬仪、测量靶和监视器，负责监测顶管施工中顶管机推进中轴线偏差值，保证顶管施工质量。纠偏系统有纠偏千斤顶、油泵站、位移传感器和倾斜仪组成，辅助控制顶管机推进方向，顶进方向变化时及时纠偏复原^[3]。中继间负责分段退推动顶进管道。

（三）顶管选型

施工人员同样需要结合现场条件确定顶管参数和类型。顶管直径选定应同时参考设计要求与现场情况，根据顶管承压需求和管道输送需求确定管道材质、壁厚、管道直径等参数，管道直径越小成本越低，但通常管道直径至少应大于0.5米，方便人工作业，物质流通。直线顶进中，为降

低技术难度，通常需分几次顶进，保证作业质量，分段顶管越长则接管次数越少，管道接缝处质量能够得到保证，但顶管越长，单次顶进后的偏差长度越大，纠偏修复工程量更大，影响施工成本管控水平。顶管长度越短，顶进所需纠偏次数越多，顶进过程中容易出现方向偏移、路线弯曲等问题，顶管长度缩短，接管次数增加，焊接作业量增加，更容易出现焊缝质量不佳、管道泄漏等质量问题。为保证工程质量，管道长度通常与管道直径结合在一起，单次顶管长度与管道直径比值大于等于2.1，适合选用长管施工作业，单次顶管长度与管道直径比值小于等于1.1，适用短管施工^[4]。

（四）注浆止水

工作井穿墙前注入灰浆控制水流，避免水流涌入影响正常作业。注浆材料包括黏土、水泥与石灰，配合比，为3:1:2，充分混合搅拌均匀后，将浆液打入土壤，等待一小時左右，浆液固结即可开始穿墙作业。

（五）顶管穿墙

检查墙体门板是否处于开启状态，保证门板常态开启后，结合现场情况制定穿墙作业方案。在穿墙管内部填充纸筋、粘土等物质，隔离水土，重新检查穿墙管附近土体情况，确定土体质量是否符合标准，必要时重新进行注浆加固，保证土体强度。穿墙管顶出后使用止水法兰加压板快速止水，避免管道穿墙暴露外部墙体。

（六）顶管出洞

顶管出洞易出现偏斜问题。出洞后将工具归零，并在工具管下方墙壁处架设支撑设施，实时测量顶管位置，出现倾斜时及时操作主顶油缸校正出洞位置，如顶管出洞后下跌严重，可预先施加初始角度控制下跌程度。

（七）注浆减阻

顶管作业管道外壁摩擦土体，增加推进阻力，影响管道外部质量。为加快施工进度，需在管道外壁注入泥浆降低顶进摩擦力。作业前对顶管机头尾进行降压处理，并在管道和中继间补浆，如灌注泥浆存在泄漏问题，可在中继间插入排水管或灌注混凝土，人工灌浆保证顶进作业顺利进行^[5]。

（八）顶管校正

顶进过程时刻检查确定纠偏仪读数，对比前后尺读数与机尾和地面的沉降数值，发现顶管顶进位置偏离中轴线及时停止顶进，操作纠偏系统校正方向，如水平方向偏移，可操作纠偏千斤顶校正，方向偏左则伸左缩右，方向偏右则伸右缩左。如顶进高程偏离轴线，对比高程水平偏移距离，优先校正偏移较大一方。为避免再次偏移，应多次校正，逐步恢复顶进方向。如偏差超限说明设备可能出现问题，应先停工，确定偏离原因，解决后恢复作业。如机头旋转位置影响测量，可通过调整机头和切削刀盘转动方位、在管中反方向增加压重块等方式解决。

（九）顶管通风

施工地层如存在淤泥层，需及时通风换气，避免有毒气

体聚集影响正常作业。可在管内增加气体报警装置，有毒气体含量超标后自动报警，连通通风设备，换气通风。常用通风方式以鼓风法和抽风法为主，鼓风发利用设备将新鲜空气送入管道内部，稀释有毒气体含量，抽风法将有毒气体抽出换气，净化空气质量。施工人员应根据现场情况和土层有毒气体含量选择通风措施。如选择在施工中通风换气，应使用鼓风设施，将有毒气体吹至机头位置，避免影响正常作业秩序。

(十) 顶管照明

考虑到地层中可能存在沼气等易燃气体，施工现场平均每三个管节安装一处照明灯，照明灯具功率不得小于60W，施工环境位于地下，且存在泥浆，为避免触电，所有照明设施统一使用36V安全电压供电。

(十一) 搭建应急处理预案

顶管技术应用集中于地下环境，顶管机进洞施工、垂直吊运管材、顶管推进作业都可能出现意外情况影响人员安全，包括工作井坍塌、路面塌陷、触电、坠物、碎石溅射、机械伤害、起重伤害等。为保证施工安全，需在现场针对可能意外建立应急处理预案，在紧急安全事件发生后，立刻停工，了解现场情况，伤者及时送医抢救，现场排查事故原因，分析继续施工是否存在二次事故发生概率，评估损失状况，上报现场情况，组织人员复工。

三、市政工程建设中顶管工程质量控制策略

(一) 顶进施工实时监测，防范质量问题

现场环境复杂，顶进施工作业中容易遭遇各类突发问题，为保证工程质量，避免顶进方向偏离预定位置，应加强施工监测，构建起完善的检测监管体系，保证基础参数准确，施工按预定计划进行。

实时监测中首先需要确定基准点，确保基准点位置与设计标准保持一致，相邻基准点距离控制在30米内。确定变形监测点，观测顶管施工中周围土体结构形变量，在形变量超出极限控制范围前停工，重新加固土层结构，降低施工风险。顶进作业中实时观察纠偏仪和测量监视器读数，收集整理数据，基础数值超过预警值时发出预警，组织停工检查，确定作业偏差原因，控制顶管施工质量。

(二) 强化施工现场管理，提高施工质量

顶进作业中，管道封闭后内部如残留污染物或硬质物，容易损伤管道中的仪表设备，影响正常施工作业，为此应在管道封闭前清理管道内部，分段施工时每段管道封闭前重新清扫，降低后续工作量。清扫结束后进行管体压力测试，确定管道气密性与管体强度是否符合标准。气体封闭试验要求环境温度保持在零下15℃—零上50℃之间，地下水水位低于管道敷设高程，如冬季温度条件不满足，可考虑在管道周围布置升温防冻措施，人工调整管道温度创造气闭试验条件。地下水水位过高可尝试在周围增设排水管或水泵抽水，降低地下水水位高度，保证测试正常进行。

(三) 制定现场材料检存制度，保障材料质量

管材质量直接影响工程建设质量，因此为保证顶管工程质量，应严格控制管道选材，管材运抵施工现场后及时进行抽检测试，确定管材几何尺寸与设计要求是否相符，试验测试确定管道抗压性和材质强度后，出具试验报告，报告一式三份传递给项目负责人与现场管理人和甲方代表人员。所有管材集中非露天存放，存放位置安装排水设施，避免泡水锈蚀影响管材质量。管材投入使用前重新组织人员检查，确保管道表面无破漏、锈蚀、刮伤，避免管道质量出现问题影响工程质量。

顶管工程技术机械化水平较高，施工所用机械设备数量较多，机械设备采购应严格遵守国家标准，设备入厂后及时组织技修人员检查设备情况，确定设备质量和使用安全性。顶管施工需入土作业，作业持续时间长，作业环境较差，设备损耗严重，应组织技术人员定期对设备进行维护保养，延长设备使用寿命，避免机械故障影响施工进度。

(四) 加强人员培训和现场管理，提高专业水平

顶管工程施工由少量技术人员带领大批基层施工人员现场作业，基层施工人员的技术水平和专业能力直接影响工程质量。为此可在作业流程开始前组织开展技术培训活动，视频讲解配合现场实践，说明顶管施工流程质量把控要点。培训结束组织考核，考察施工人员对培训内容的掌握情况，推动基层施工人员形成质量控制意识，在施工中主动采取措施，辅助管理人员做好工程质量控制。顶管施工作业精密性要求较高，一旦作业出现问题，容易损伤周边建筑及地下管线，影响工程质量，为此可在施工中配套搭建奖惩机制，物质奖励嘉奖优秀员工，惩处违反施工现场制度要求施工人员，提高基层施工人员工作积极性和自主性，保证工程项目顺利向前推进。

四、结束语

综上所述，市政工程建设中应用顶管工程技术，为保证工程质量，需从现场环境、设备管理和人员培养三方面入手，实现对关联性要素的合理管控，结合施工流程要点在现场构建起完善的质量控制体系，降低建设成本的同时保证工程建设质量。

参考文献：

- [1] 郑友. 市政道路配套污水管道顶管施工主要技术分析[J]. 居业, 2021(12): 78-79.
- [2] 赵康康, 廖志兴, 陈磊. 大直径原水管迁改顶管施工控制及纠偏技术[J]. 云南水力发电, 2021, 37(12): 218-220.
- [3] 程保民. 穿湖区大管径顶管施工变形影响机理分析[J]. 山西建筑, 2021, 47(24): 157-159.
- [4] 陶灿. 顶管施工技术在市政工程中的应用[J]. 工程技术研究, 2021, 6(22): 115-116.
- [5] 韩淑琳. 顶管下穿既有铁路线施工技术应用[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(11): 189-190+192.