

水平定向钻穿越施工技术在城市燃气管道工程中的运用

陈健辉

(开平华润燃气有限公司, 广东 开平 529367)

摘要 在城市燃气管道工程建设过程中,复杂的地表环境以及多样化的地下条件对施工技术提出了更高要求。水平定向钻穿越施工技术作为典型非开挖技术,通过导向钻进、扩孔及回拖等工序,可实现管道在地下精准敷设,减少对地表结构的扰动,同时也可提高施工效率,保障施工效益。本文围绕水平定向钻穿越施工技术在城市燃气工程中的运用展开分析,以期同类项目提供技术方案参考,进而推动城市地下空间资源的高效利用。

关键词 城市燃气管道; 水平定向钻; 穿越施工技术

中图分类号: TU996

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.041

0 引言

随着城市化进程不断推进,燃气管道建设逐步向复杂区域延伸,传统开挖方式在施工安全、环境影响及组织效率方面逐渐显现局限。施工单位在面对城市道路、河流及建筑密集区等多种障碍条件时,需要更加高效且扰动较小的施工手段。水平定向钻穿越施工技术在此背景下得到广泛应用,其通过地下定向钻进完成管道敷设,能够有效避免大面积开挖带来的影响。通过对水平定向钻穿越施工技术在城市燃气管道工程中的应用优势及控制要点进行系统梳理,助力构建更加安全、可靠、绿色的城市能源供应网络。

1 水平定向钻穿越施工技术分析

在城市燃气管道建设中,水平定向钻穿越施工技术作为典型的非开挖施工方式,逐渐成为复杂环境下的重要技术路径^[1]。该技术以预设轨迹为基础,通过导向钻进、扩孔及回拖等工序实现管道敷设,在确保

地表环境低干扰的前提下完成穿越作业。施工单位需要结合工程条件对其技术特性进行综合分析,但不同地层条件对施工难度影响显著,该技术与地层条件的适应性见表 1。

2 水平定向钻穿越施工技术在城市燃气管道工程中的应用优势

2.1 施工工期短

与传统开挖方式相比,水平定向钻穿越施工技术可减少大面积土方开挖、支护结构搭设及后期恢复等多个环节,使施工流程更加简化,施工准备、设备进场及现场布置等工作可以在较短时间内完成。在施工过程中,导向钻进、扩孔及回拖等关键工序衔接紧密,各环节之间转换较为顺畅,可以避免多工种交叉作业带来的时间损耗^[2]。同时,由于施工主要集中在入土点与出土点区域,不需要长时间封闭道路或大范围围挡,施工单位在交通组织协调方面的时间投入明显减

表 1 水平定向钻穿越施工技术与地层条件的适应性

地层条件	适用	可行但有难度	困难极大
黏土、淤泥及风化岩地层	√		
中密实砂层(砾石含量<30%)	√		
松散砂层及低含砾地层		√	
中等含砾砂砾石层(30%<砾石含量<50%)		√	
高含砾砂砾石层(50%<砾石含量<85%)			√
卵砾石、孤石及障碍物地层			√

作者简介: 陈健辉(1989-),男,本科,工程师,研究方向:燃气施工。

少,对于城市中心区域工程尤为重要。此外,该技术在实施过程中对天气的依赖程度相对较低,设备具备较强的自主作业能力,可以连续开展施工,从而进一步提升作业效率。

2.2 使用范围广

在复杂城市环境中,燃气管道往往需要穿越道路、河流、建筑物密集区等多种障碍条件,施工单位在选择施工方法时必须兼顾适应性与可实施性。水平定向钻穿越技术在这一方面表现出较强的通用性,能够满足长距离、大口径管道的穿越需求,并适用于多种地层条件^[3]。在常见的黏土、亚粘土、粉砂土及回填土等地层中,该技术均可稳定实施,同时在岩层或含一定比例卵砾的地层中也具备一定适应能力。此外,该技术不受地表空间限制,能够在不破坏既有设施的情况下完成穿越作业,适用于城市道路、河道及建筑密集区域等多种环境,具有较广的应用范围。

3 水平定向钻穿越施工技术在城市燃气管道工程中的应用策略

3.1 明确地层条件

施工单位应采取钻探、取样及现场踏勘等方式,对穿越区域内的土层类型进行细致划分,将黏性土层、砂性土层、硬质岩层及卵石砂砾层分别加以识别,并对各类地层的稳定性、含水情况及颗粒分布特征进行分析。在黏性土层中,应重点控制泥浆含水量与泵送压力,使孔壁保持稳定且不发生软化;在砂性土层中,应提高泥浆的黏稠度并加入具有膨胀性的材料,使泥浆附着于孔壁形成稳定泥皮,防止沉积、塌孔;在硬质岩层中,应增强泥浆润滑性能改善钻头工作状态,以维持钻进效率;在卵石砂砾层中,应重点关注大颗粒掉落对孔道的影响,调整钻进方式降低孔壁破坏风险。

3.2 轨迹参数设计

在轨迹设计过程中,应以保证钻杆受力合理、路径连续为基本原则,避免因曲线变化过大导致设备受

损或施工难度增加^[4]。一般要求穿越段最小埋深大于管道外径的10倍,在河床区域应位于设计洪水冲刷线以下6m,在道路区域应保证覆土厚度大于路基受压层以下1.5m,从而确保运行安全。钻入角控制在 $8^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 之间,钻出角控制在 $4^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 之间,使轨迹过渡平缓并减少应力集中。同时,对曲率半径进行计算,通常应大于管道外径的1500倍。施工单位在设计过程中,应结合现场条件对多个方案进行比较分析,选择施工风险较低且经济性较优的路径方案,使轨迹设计不仅满足规范要求,还能适应实际施工环境。

3.3 导向钻进

城市燃气管道工程周边环境复杂,地下既有管线密集,地面上方又常有道路、建筑物及其他市政设施,因此,正式开钻前,施工人员应先完成钻机定位、钻杆连接、探头安装及导向仪调试,对入土点位置、钻机方向和钻进角度逐项校核,确保实际布置与设计要求一致^[5]。进入钻进阶段后,施工人员应通过方向测定、造斜、纠偏等方式实时控制钻头姿态,使钻头严格沿设计曲线推进,并确保在出土端准确到达预定位置。施工中要连续掌握钻头的倾角、深度、方位变化情况,对监测数据进行及时比对,一旦发现钻进方向与设计轨迹不符就立即修正,防止偏差积累后造成返工(如图2所示)。施工现场还应尽量排除外界电磁环境对导向设备的干扰,避免测量数据失真。为了保证导向孔施工质量,施工单位还要把泥浆循环状况纳入同步观察范围,通过返浆状态判断孔内环境是否稳定,并据此对泥浆性能作出及时调整。

3.4 扩孔作业

施工单位在扩孔阶段必须坚持分级实施、逐步放大的原则。扩孔器选取应结合穿越管径、地层状况及预计回拖阻力综合确定,并按照由小到大的顺序逐级进行。当管径小于219mm时,扩孔直径宜控制为管径加100mm;当管径在219mm至610mm之间时,扩孔

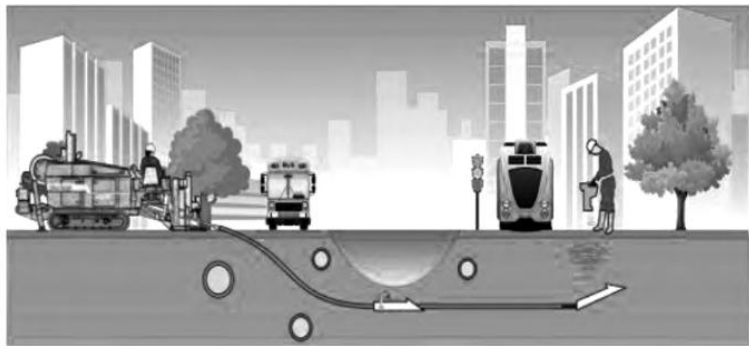


图2 水平定向钻导向钻进示意图

直径宜控制为管径的 1.5 倍;当管径大于 610 mm 时,扩孔直径宜控制为管径加 300 mm,以确保孔道扩展过程保持平稳,使土体应力释放更加均匀,减少孔壁坍塌风险。扩孔过程中,施工人员应根据返浆情况、钻进阻力变化和孔内排屑状况随时调整推进速度。若返浆量突然减少、含渣异常增多或扩孔阻力明显上升,就说明孔道内部状态出现变化,此时应及时分析原因并采取针对性措施。对于砂层、卵石层等不稳定地层,孔径增大后更容易出现局部掉块、沉积堵塞或扩孔器受阻现象,因此更需严格控制扩孔。

3.5 回拖施工

在组织城市燃气管道回拖作业时,必须把连续控制放在首位,确保各项准备工作提前完成、各个岗位密切配合,尽量避免中途停顿。回拖开始前,施工单位应同步完成发送沟开挖、摆管、垫管、焊口检查、防腐层检验、无损检测、清管以及强度、严密性试验等工作,确保待拖管段整体处于可下孔状态。尤其是管道表面防腐层,应使用电火花检漏仪进行检查,避免带伤回拖后形成运行隐患;对回拖万向头与管道的连接部位,应重点校核其抗拉性能,确保连接强度满足施工要求^[6]。正式回拖时,施工人员应尽量保持匀速、连续推进,避免因停拖时间过长导致孔内泥浆沉积加重、孔壁局部失稳或回拖阻力迅速增加,从而引发卡管现象。管道发送宜通过发送沟方式进行,使管段在入孔前保持较好的线形状态,减少附加弯曲应力。施工中还要配合使用润滑性能较好的泥浆,以降低管道与孔壁之间的摩擦,减轻回拖负荷,并减少对防腐层的擦伤。对回拖力的变化情况,施工现场应安排专人连续观察,一旦出现异常波动,就要及时判断是孔道阻塞、泥浆失稳还是设备运行不畅,并立即进行调整。

3.6 泥浆处理

不同地层对泥浆性能的要求并不一致,施工人员应根据土层性质和作业阶段及时调整泥浆配比。在黏性土层中,应重点控制泥浆含水量和泵送压力,防止孔壁软化失稳;在砂性土层中,应使泥浆既具有一定流动性,又保持适当黏稠度,同时加入具有膨胀性的添加剂,提高泥浆附着能力,使其在孔壁形成稳定泥浆层,减少沉淀、塌孔风险;在硬质岩层中,应适当增加润滑剂比例,以加强钻头减磨作用,保证钻进速度;在扩孔阶段,常用泥浆成分包括膨润土、CMC、纯碱等,施工人员还应根据返浆中杂屑变化情况及时调整比例,使泥浆性能始终与孔内状态相适应。在泥浆循环过程中,返浆情况是判断孔内环境的重要依据,施工单位

应安排专人持续观察返浆量、返浆颜色、颗粒含量和流动状态,若发现返浆异常,需立即查明原因,必要时暂停作业、重新调整泥浆体系。泥浆压力也应严格控制,既不能过低,以免护壁能力不足,也不能过高,以免扰动周边土体。

3.7 沉降监测

在城市道路、河流沿线、居民区周边及其他人员活动较为集中的区域,若施工过程中出现孔壁失稳、泥浆外逸或局部土体松动,容易诱发地表沉降、路面开裂甚至周边设施受损。因此,施工单位在组织穿越施工时,必须同步做好沉降监测,将施工扰动控制在安全范围内。具体实施中,应在穿越区域及其周边布设必要的监测点,对重点道路、建筑物附近、敏感管线区域和可能受影响的地段进行连续观测,掌握施工前、施工中和施工后的地表变化情况。若监测中发现异常沉降,应及时向相关单位反馈,并尽快采取补救措施,同时提高后续监测频率,防止局部问题进一步扩大。沉降监测不应只停留在施工阶段,完工后仍需保留一段时间的跟踪观察,以便掌握回填区、穿越带周边土体的稳定状况。

4 结束语

水平定向钻穿越施工技术在城市燃气管道工程中具备较强的适应性。施工单位通过合理组织导向钻进、扩孔及回拖等关键工序,并结合地层条件进行参数优化,能够实现管道的稳定敷设,不仅能缩短施工周期,还能降低对城市环境及交通系统的影响。未来,在施工经验不断积累且技术手段持续优化的基础上,施工单位应进一步加强水平定向钻技术的应用,使其在城市燃气工程领域发挥更重要的作用。

参考文献:

- [1] 杨波.城市燃气管道老化问题及其更新改造技术分析[J].城市燃气,2026(02):15-23.
- [2] 方金水.燃气管道工程水平定向钻穿越砂层敷设施工技术研究[J].新城建科技,2024,33(03):157-159.
- [3] 高遥,张燕青,朱辉.水平定向钻在燃气管道穿越管中的施工要点[J].石油和化工设备,2024,27(02):153-155.
- [4] 王加虎,张军.水平定向钻穿越砂层敷设燃气管道的施工技术[J].上海煤气,2023(05):8-9,17.
- [5] 闫喜彬.水平定向钻穿越施工技术在城市燃气管道工程中的应用[J].居业,2023(05):10-12.
- [6] 费焜.水平定向钻施工中燃气管道外防腐层防护分析[J].石化技术,2022,29(06):233-235.