

# 市政燃气管道非开挖定向穿越施工技术

宋宝正

富阳华润燃气有限公司 浙江杭州 311400

**【摘要】**在城镇的发展过程中，燃气的使用是保障城市空气质量，降低环境污染程度的重要一环，为市民的日常生活带来极大的便利。然而，在燃气管道施工过程中，与道路施工项目的冲突和矛盾时常发生。随着城市规模的不断扩大和经济的快速发展，道路建设项目日益复杂。为了应对这一挑战，国内学者对燃气输送管线工程施工技术进行了创新和改进，成功研发出非开挖定向穿越施工技术，该技术的有效应用，降低了工程建设的复杂性和成本预算，为城镇燃气发展提供了有力的技术支持。

**【关键词】**市政燃气管道；非开挖定向穿越；施工技术

## 引言

在城镇建设与发展过程中，燃气输送管网的作用至关重要，对于改善城市大气质量和减轻环境污染具有积极的影响。然而，在实施天然气管线工程时，经常面临与现有道路和已铺设管线等路由冲突、复杂交错的局面。针对这一挑战，非开挖定向穿越技术应运而生，并逐渐在燃气输送管道施工领域得到广泛应用。为了充分发挥该技术的优势，迫切需要对其进行更深入地研究和探讨。

## 1 非开挖定向穿越施工技术概述

### 1.1 技术原理

非开挖定向穿越技术作为一种避免大规模翻土作业的先进方法，与传统挖沟安管方式有着显著的优势，其中水平定向钻进法是一项应用广泛的工程技术，利用专用的定向钻进设备，直接在土壤中钻孔，形成专为管道铺设的通道，广泛应用于管道的铺设、维修和更换等维护工作中。作业中首先利用水平定向钻机进行钻孔；其次，钻孔结束后更换为专用的扩孔器进行逆向拓宽作业；最后，将连接完成的天然气管材拖入已完成的孔道中，标志着整个施工过程的结束。关于孔径放大的频率，取决于具体的工程量和管材的横截面尺寸。非开挖定向穿越施工技术的核心在于利用钻进设备提供的拉力，配合水平定向钻进装置的钻进机制，按照燃气管线施工的标准实施定向钻进作业，在钻进过程中，通过钻杆的运作状况和楔形钻头，可以实现三维位置的精确调控，若需改变钻进路线，操作人员会暂停钻杆转动，根据需求重新配置楔形钻头的前端角度，然后重新启动钻杆继续作业，从而完成方向的调整。在实际操作中，地面上的电磁接收设备能够接收探测器发射的信号，并对这些信号进行解析，从而准

确地掌握钻头的位置和倾斜状况<sup>[1]</sup>。在钻进完成后，准备撤出钻杆时，需先利用锥状扩孔工具拆除楔形钻头，然后进行孔径扩大和管材回拖。

### 1.2 技术优势

(1) 广泛适用性：非开挖定向穿越技术能够在多种地质环境中，包括粉质土、粘土和沙质土等，展现出优异的施工效果。此外，该工艺适用于DN40至DN2000直径范围内的各种管道敷设，对管材种类要求较为灵活，包括塑料、钢管和铸铁等管道材料均可应用此技术进行施工。

(2) 最小化作业面：采用非开挖定向穿越技术时，仅需挖掘一个适宜的浅洞作为操作空间，钻孔作业仅限于预设的进入点和退出点之间，全程施工无需大量挖掘作业，因此对既有建筑和既有路面的影响较小。

(3) 高效施工周期：相较于传统的大型开挖施工方法，非开挖定向穿越技术能够显著缩短施工周期，通常情况下在10至15天内完成管线工程，而传统开挖方法通常需要2至3个月的时间。因此，非开挖定向穿越技术的施工效率更高。

(4) 精简人员配置与增强安全性：在实施非开挖定向穿越技术中，通常仅需少量作业人员即可完成作业。由于施工过程主要依赖机械钻具在地下进行，操作人员仅需在地面上操控设备，从而提高施工安全性。

## 2 市政燃气管道非开挖定向穿越施工风险分析

### 2.1 工程前期施工问题

#### 2.1.1 施工质量把控

在传统开挖作业中，工作人员直接检查管道的表面状况、密闭性及防腐层的完整性。然而，在非开挖定向穿越技

术下,无法直接观测拉回管道的防腐层完好状态,必须依赖拖管完成后的电流测试检查评估防腐层的质量。在管道拖移工作告一段落后,若发现防腐层存在缺陷,此时仅可依赖于阴极保护、地下补救措施或替换全新管道作为解决方案<sup>[2]</sup>。此外,在地下定向穿越施工中,由于地下高电压电缆产生的电磁干扰,容易影响导向仪器的精确度。事实上,考虑到岩土条件的多样性,为确保钻探作业质量不受不同岩石层或复杂岩土结构的影响,原先设计的管道路径需要做出相应的调整,为燃气管道工程的构建增加了不确定性。

### 2.1.2 施工沿线环境难确保

在非开挖作业中,其作业原理主要基于能量流动与互变的理论,核心在于利用机械作用力改变原有的地质状态,从而实现在非开挖方式下完成管道敷设工作。然而,这一过程中会对工程路线沿途的地形产生变化,导致地表升高或沉降的机力效应。当这类地形变化发生在市区内时,容易引发一系列工程难题,包括绿地浆液溢出、道路塌陷和隆起以及邻近建筑和设施因地形变动而产生的形变和损毁等。因此,在非开挖作业实施过程中,需充分考虑地形变化对周边环境的影响,并采取相应措施以降低潜在风险。

### 2.1.3 非开挖施工安全性问题

传统的管道施工方法依赖于挖掘沟槽,以便直接观察和了解邻近管道及其周边环境情况。在应用非开挖技术进行管道施工前,必须对沿线管线进行详尽的地下探测和勘查,此过程要求高度的精确性和细致性,但工程实施过程中仍可能对现有城市管网造成潜在损害,因此必须采取适当的风险控制措施。

## 2.2 管道的修复及报废

在非开挖工程实施过程中,若遇到管道损坏、达到设计寿命或需对管道网络进行优化升级,需要进行非开挖管道修复工作。目前,我国常用的修复技术包括插入法、现场硬化法、螺旋包裹法、喷射法以及部分翻新等,但非开挖修复技术尚处于发展初期,尚未得到广泛应用。在实际操作中,更多情况下会选择采取截断和封闭的处理方式,但容易导致以下问题:一是造成在用管道与废弃管道难以辨识;二是对周边其他管道的施工活动产生影响。

## 3 市政燃气管道非开挖定向穿越施工技术应用

在某市燃气高压输送网络的建设过程中,施工团队采用了非开挖定向穿越技术,该技术实施的总长度为483米,穿越的地质构造主要为完全风化的花岗石地层。工程竣工并移交后,采用变频选频技术和管内电流检测方法评估管

道防腐涂层的电阻性能,从而为后续防腐保护措施提供科学依据。本次工程所选用的管道,系采用双面埋弧焊接工艺制造的钢管,规格为直径813mm、壁厚19.1mm,辅以直径114mm的管道,整体管道直径达到927mm,并设计为承受4.4Mpa的压力。

### 3.1 导向孔施工

在该工程的地导孔施工环节,选用165型钻具进行作业,在施工过程中施工人员必须严格遵循操作指南操作钻机,同时为了确保对地下钻进情况有全面的了解,必须实时监控钻机的控制面板数据波动,并根据实际情况及时调整钻机的工作参数。相关人员需要密切监视导向指示,并详细观测导向器械提供的数据,确保这些数据能够迅速传递给操控者,双方必须紧密配合,以确保钻具始终沿正确路径推进。此外,泥浆工作人员必须严格监控泥浆泄漏情况,准确评估穿越区域的地层特征,并将相关信息及时传达给泥浆工作人员。

### 3.2 泥浆调配

经过对本工程泥浆配比及施工过程的深入分析,为确保扩孔作业后孔内泥沙的顺利排出,选用钠基膨润土,具备高生产效率、低过滤流失量、强粘合力以及出色的携带悬浮钻削碎屑(包括中粒与粗粒沙)的能力,不仅维持了泥浆系统的稳定流动,还促进了钻削过程中产生的中沙与粗沙的循环利用,并有效清除了孔隙中的残留物,从而确保孔隙的清洁度,避免因堆积的中、粗粒沙可能引发的钻具卡阻问题<sup>[3]</sup>。

在遇到含有大量细砂和粗粒砂的土层时,为悬浮并传输钻出的砂质碎屑,必须适当增加泥浆的黏稠度,但过高的黏性会削弱泥沙的流变特性,增加流动阻力,不利于碎屑的搬运。此外,泥浆黏度的过度增加还会导致泥浆泵流量减少,甚至引发堵塞。根据对某工程案例的深入研究,结合现场实际情况和规范要求,确定了泥浆的黏度指标应在50至60的范围内,基于这一标准,计算得出膨润土的投入量应为每立方米30至36公斤。穿越的地层富含细粒粘土,使得造浆效率极高。由于泥浆的高粘性,能有效黏结钻屑(包括中等粒径和粗粒径的砂粒),并帮助将钻屑从钻孔中移出,从而实现孔洞的净化。因此,在本工程的泥浆搅拌过程中,无需添加任何辅助化学物,观察钻孔回流的泥浆,可见大量沙粒在液体内部悬浮,形成“悬砂”现象,同时在泥浆沉淀物中也观察到“悬砂”现象,表明有不少细小沙颗粒混入其中,需适时清除,充分证明了泥浆在携带

沙粒方面的有效性。

### 3.3 逐级预扩孔

采用分步骤、渐进式的扩孔施工技术，可以确保天然气管道的平稳“逆向拖动”过程。对于导向孔的扩展，该工程增加开孔直径，其扩张比率控制在1.3至1.5的范围内，当遇到超过100米长的风化花岗岩土层时，必须运用岩石回扩器进行作业。在扩孔过程中，施工人员需持续监控钻探机的仪表数据，以便全面掌握地下钻井的情况，同时根据实际施工情况，适时调整钻探机的技术参数，以确保孔径扩展工作能够顺利进行。

### 3.4 管道回拖铺设及管道防腐层的保护措施

在导向孔钻探完成后，随即转入扩孔作业环节，同时，另一组工作人员将专注于管道敷设与检测工作。鉴于本次穿越工程适宜采用开挖浮槽方式，将在浮槽内部实施注浆作业，以有效保护防腐层免受损害，扩孔作业完成后，将立即着手安装拖回设备、旋转接头等关键组件，并对整个管道系统进行周密检查<sup>[4]</sup>。为确保防腐层完好无损，需在钢管底部合理铺设膨润土或橡胶轮胎，钢管应通过转动钻具的方式缓缓旋入孔内；在倒出钻具时，需遵循既定方向，并根据钻进深度和扩孔频率进行精确操作；回收钻具时，需充分考虑所穿越的管道长度及开孔次数，确保倒转钻具的准确性；在搬运管道前，务必确认管道端部连接牢固可靠，并细致检查管道表面状况；搬运前还需进行防腐层的质量检验，如电火花探测等；搬运钢管期间，施工单位应指派具备相应资质的工作人员负责管线品质监督，如果发现擦伤等损伤，需立即通知防腐技术人员进行修复，以保障防腐层的完整性。在拖动钢管时，应确保拖动速度均匀稳定。鉴于本工程计划采用定向穿越技术进行管道敷设，管道将深埋地下并可能长期受地下水浸泡，因此对管道的水密性、耐腐蚀性、抗老化性和耐磨性要求极高。经过综合评估，选用加强型3PE防腐层及紫外线固化保护层，以满足上述要求。

### 3.5 水平定向穿越作业控制程序

在施工作业现场，技术人员和导向工作人员需按照设计图纸，精准确立穿管路径的核心轴线、钻入点和钻出点。在钻入点一侧，应精确布置钻机并定位地锚箱，同时规划出钻出点焊接管道的具体位置及其中轴线<sup>[5]</sup>。完成测量后，技术人员需根据采集的数据制定工程计划和施工策略，并向施工队伍进行技术交底，确保每位作业人员对施工细节有清晰理解。在确定具体位置后，施工人员应清理现场障碍物，确保施工车辆和机械设备顺利作业，为便于工程设

备进出，需构建临时行车路径，根据土质和管线延伸距离等因素，合理配置泥浆储存设施，并准备相应的泥浆材料，以保护环境。

在实施钻探活动时，施工领导人员应根据设计图纸和技术数据，指导作业人员调整钻具路线，若遇到泥浆压力不稳定或检测设备异常，需立即分析原因并采取相应措施。由于地表导向铺设管道的特殊性，为确保管道防腐性能，回拉过程中需铺设保护性缓冲层，如使用膨润土或废旧橡胶轮胎作为铺垫。根据地质条件，合理控制泥水的压力和灌输体积，以防止地层断裂，当管路预制工作接近尾声时，导向孔建设可启动，并由场地负责人详细记录。施工方需在回收现场准备起重机，并负责其搭建，以确保回拖管道稳固，避免位移，设备保养人员应定期检查设备并记录情况。钻孔作业完成后，逐步放大孔径，确保两侧联络畅通，若出现异常情况，应立即停止钻孔，确保人员安全，孔洞扩展作业后，应立即实施连贯的提钻流程，以防止孔洞塌方。

## 4 结论

非开挖定向穿越施工是一种无需开挖的先进方法，已在燃气输送管道建设中得到广泛应用，其所展现出的高效率、卓越的安全性和生态友好性等优势，远超过传统的开挖施工方式。然而，在应用此技术进行燃气管线建设时，仍面临一些挑战和难题。为有效应对这些状况，必须深化对定向穿越施工的理论研究与创新实践，优化施工规划与作业流程，并加强现场监控，有助于提升施工效率、质量以及安全水平。未来，随着技术的持续发展和完善，非开挖定向穿越施工技术在燃气管道建设领域将获得更多的认可与广泛应用。

### 参考文献：

- [1] 张雄. 市政燃气管道非开挖定向穿越施工技术[J]. 四川建材, 2023, 49(07): 131-133.
- [2] 刘宇翔, 杨楠. 城镇燃气管道非开挖定向穿越施工技术[J]. 中国新技术新产品, 2021, (23): 104-106.
- [3] 王文彬. 探讨城镇燃气管道非开挖定向穿越施工技术的应用[J]. 化工管理, 2020, (15): 107-108.
- [4] 尹凡. 城镇燃气管道非开挖定向穿越施工技术的应用[J]. 消防界(电子版), 2017, (03): 100.
- [5] 刘西亚. 探析城镇燃气管道非开挖定向穿越施工技术的运用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017, 37(01): 48-49.