

# 天然气管道水平定向钻穿越施工中的防腐层防护研究

刘建辉（招远滨海燃气有限公司，山东 招远 265400）

**摘要：**水平定向钻穿越技术作为一种先进的管道施工方法，被广泛应用于长距离、复杂地形下的燃气管道铺设。在施工过程中，管道防腐层很容易受到多方面因素而损坏，进而影响管道的安全性及使用寿命。本文研究天然气管道水平定向钻穿越施工中的防腐层防护问题。首先，阐述防腐层防护的必要性。然后，分析燃气管道水平定向钻穿越施工中损坏防腐层的主要原因。最后，提出相应的防腐层防护措施，包括做好地质勘测、加强防腐补口焊接保护工作、避免拖管沟内遭受尖、硬石类杂物划伤、控制拖管扭矩减小回拖阻力、严格控制拖管过程泥浆配比以及确保燃气管道扩孔孔径达标，由此才能切实提高燃气管道的安全性和使用寿命。

**关键词：**天然气管道；水平定向钻穿越施工；防腐层防护；使用寿命

## 0 引言

为了满足日益增长的天然气需求，管道输送成为最主要的运输方式。在复杂地形和长距离的场景下，水平定向钻穿越技术以其高效、精准的特性，逐渐成为铺设燃气管道的主要手段<sup>[1]</sup>。防腐层作为管道的重要保护层，能够有效地防止管道腐蚀、延长管道使用寿命，对于确保管道安全、提高能源输送效率具有不可替代的作用。然而，在实际的水平定向钻穿越施工过程中的防腐层很容易受到损坏<sup>[2]</sup>。具体而言，通常是由于地质条件、施工操作、泥浆配比等因素的影响，防腐层可能受到损坏，导致管道腐蚀、泄露等问题的发生。因此，研究天然气管道水平定向钻穿越施工中的防腐层防护问题，对于提高管道的安全性和使用寿命具有重要的理论和实践意义。

## 1 工程概况

某燃气管道工程地处国道主干道，由于管道工程位于国道主干线内，日交通量巨大，无法采用常规的开挖方法铺设管道。为了保证施工的顺利进行和交通的正常通行，必须采用水平定向钻的方法铺设燃气管道。根据设计和估算文件，燃气管道总长 335m，深度为路面以下 6.5m。主管道规格为 DN 350mm 的螺旋缝钢管，材料型号为 L360，计划铺设规格为 DN 500mm 的钢套管以保护主管道。主管道和套管外防腐层的防护等级为 3PE 增强防腐。

## 2 燃气管道水平定向钻穿越施工中损坏防腐层的主要原因

### 2.1 水平定向钻穿越施工原理及流程

水平定向钻穿越施工原理主要是利用先进的导向钻头和钻杆，在地下形成一个导向孔，然后通过扩孔和回拖管道的方式，将燃气管道敷设到导向孔中。导

向钻头具有精确的导向功能，能够按照设计轨迹进行钻进，确保管道敷设的准确性和安全性。该工程燃气管道水平定向钻穿越施工的原理及流程主要表现为以下内容：

#### 2.1.1 精准的放线测量

在水平定向钻穿越施工前，需要进行精准的放线测量。通过测量确定水准点位置及相关数据信息，确保施工精度。这一步骤是施工过程中的重要环节，需要多次测量、校核，确保数据的准确性和可靠性。

#### 2.1.2 现场调查和实地勘测地下管线情况

在施工前，需要对施工区域地下管线进行全面调查和实地勘测。通过了解地下管线的分布、埋深、材质等信息，为施工提供可靠的数据支持，避免对周边地下管线造成损害。

#### 2.1.3 核实管线位置

根据施工设计图和相关资料，核实管线的具体位置<sup>[3]</sup>。通过核实管线位置，确保施工过程中对管线的准确避让，避免与已有管线发生冲突。

#### 2.1.4 确保施工设备就位

将相关施工机械设备送入到施工现场，确保设备就位。设备包括导向钻头、钻杆、扩孔器、回拖装置等。设备的就位是施工顺利进行的前提条件，需要确保设备的完好性和可用性。

#### 2.1.5 施工机械设备固定和调试

对相关施工机械设备进行固定和调试。在设备安装过程中，要确保规范安装，如全部电缆线都要进行埋地处理、水管线与行车路线要相互隔离等。在设备调试过程中，要进行仔细、全面调试，检测设备安装质量，重点对钻具质量进行控制。一旦发现问题要及时进行处理。

### 2.1.6 根据设计轨迹,利用导向钻头和钻杆进行钻进

在钻进过程中,要控制好钻进方向、钻孔速度、钻孔深度等参数,如钻进轨迹  $D_n < 75h$  时,钻杆控制在  $R=75m$ ,同时采用塑料管,维持管道入土曲率半径在  $100m$ 、出土曲率半径在  $120m$ 。此外,要密切关注泥浆的运行情况,确保泥浆性能稳定、流动性良好。在遇到软基地层时,要及时采取相应措施进行处理,如添加泥浆添加剂等。

### 2.1.7 进行分级多次扩孔

在导向孔完成后,需要进行分级多次扩孔。扩孔的目的是为了扩大导向孔的直径,以便于燃气管道的回拖。在扩孔过程中,要保持各道工序之间的紧密衔接。若出现扩孔不畅的情况,要及时进行清孔和修正孔眼。最终确定的扩孔直径应符合地质条件、管径、穿越长度等多方面要求。

### 2.1.8 管道回拖

在扩孔完成后,将燃气管道通过回拖装置进行回拖。回拖过程中需控制好回拖速度和方向,确保管道顺利回拖到导向孔中。同时要密切关注泥浆的运行情况,避免泥浆堵塞或泄漏等问题。

### 2.1.9 将施工现场彻底清理干净并撤离

在完成燃气管道敷设后,需要对施工现场进行彻底清理。清理内容包括废弃物、泥浆等。清理完成后撤离施工现场,确保施工现场整洁有序(如图1)。

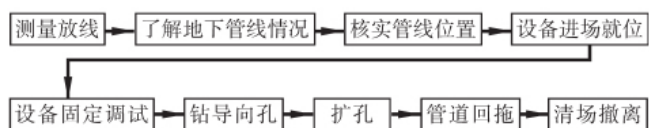


图1 燃气管道水平定向钻穿越施工工艺流程

## 2.2 燃气管道防腐层损坏的主要原因

①未做好现场地质勘测。如果未对穿越施工区域地质进行勘测,对地质情况不明,这将对施工造成极大的风险。因为不同的地质条件会对燃气管道的敷设产生不同的影响,如果对这些情况不了解,就可能导致防腐层的损坏;②钢质管道的焊口是防腐补口的薄弱点,这一点在拖管过程中尤为明显。由于外防腐层在拖管过程中容易受到外力的影响,如果焊口没有得到妥善的处理,就可能导致防腐层的开胶乃至脱落;③拖管管理不规范。在拖管过程中,如果发送沟内有硬石等尖锐物,这些物体可能会划伤防腐层。这是因为在拖管过程中,管道可能会与发送沟底部的硬物产生摩擦,从而损坏防腐层;④拖管线路与管道不同轴

是另一个可能导致防腐层受损的原因。当管道在拖管过程中产生扭矩时,如果扭矩过大,就可能对管道防腐层产生破坏;⑤对于特殊地质孔洞,未进行充分的清孔作业,孔洞内存有的尖石、碎石等硬物可能会划伤外防腐层。这是因为这些硬物可能会与管道接触,从而在管道表面留下划痕;⑥孔洞达不到拖管曲率要求,孔洞内壁与管道可能会产生摩擦,导致防腐层的划伤。这是因为当管道在孔洞内移动时,管道与孔洞内壁可能会接触,从而产生摩擦力;⑦膨润土配比未控制好,拖管过程产生的摩擦阻力可能会过大。这可能会对管道防腐层造成损坏,因为过大的摩擦力可能会使防腐层剥落或开胶。

## 3 天然气管道水平定向钻穿越施工中的防腐层防护措施

### 3.1 做好对穿越区的地质勘测

在天然气管道水平定向钻穿越施工过程中,地质勘测是至关重要的环节。具体需要结合《油气输送管道穿越工程施工规范》(GB 50424-2015)的规定标准来执行,通过对穿越区的地质情况进行详细勘测,可以了解土壤类型、地下水位、岩石硬度等关键信息,为后续的施工提供科学依据。具体而言,地质勘测应包括以下几个方面:①土壤类型:了解土壤的腐蚀性、含水量、孔隙率等参数,有助于选择合适的防腐措施和材料;②地下水位:地下水位的高低直接影响土壤腐蚀和管道防腐层的稳定性。通过勘测,可以确定是否需要采取排水措施或调整管道埋深;③岩石硬度:对于穿越岩石区的管道,了解岩石的硬度、裂隙发育情况等,有助于确定钻进参数和防腐层保护措施。通过地质勘测,可以获得详细的地质数据,为后续的施工设计和防腐层防护措施提供依据。同时,也有助于及时发现潜在的地质问题,避免因地质条件不良导致的防腐层损坏。

### 3.2 加强防腐补口焊接保护工作

在天然气管道水平定向钻穿越施工中,钢质管道的焊口是防腐补口的薄弱点。为了加强焊口的防腐保护工作,可以采取以下措施:①严格控制焊接质量:确保焊缝无气孔、无裂纹,避免因焊接缺陷导致的腐蚀问题;②选择合适的焊接材料:根据管道材质和施工要求,选择具有优良耐腐蚀性能的焊接材料,提高焊口的防腐性能;③加强焊后处理:对焊口进行严格的清理和检查,确保无残留物和缺陷。同时,对焊口进行必要的补涂防腐层,增强其耐腐蚀性能。通过加

强焊口的防腐保护工作,可以降低焊口作为防腐薄弱点的风险,提高管道的整体防腐性能。

### 3.3 避免拖管沟内遭受尖、硬石等杂物划伤

在天然气管道水平定向钻穿越施工中,拖管沟内可能存在尖硬石等杂物,这些杂物可能会对管道防腐层造成划伤。为了避免这种情况发生,可以采取以下措施:

#### 3.3.1 清理拖管沟

在拖管前,应对拖管沟进行清理,确保沟内无尖硬石等杂物。对于较大的石块或障碍物,应进行破碎或移除,避免对管道防腐层造成划伤。

#### 3.3.2 安装滚轮支架

在拖管过程中,每隔 2m 安装一只滚轮支架,使管道在拖管过程中能够平稳移动,减少与沟内障碍物的摩擦和碰撞。滚轮支架的选择应具有足够的强度和耐磨性,以确保其能够承受管道的重量和摩擦力。

#### 3.3.3 加强现场监控

在拖管过程中,应加强对现场的监控和检查,及时发现并处理潜在的尖硬石等杂物划伤风险。对于发现的障碍物,应及时进行清理或移除,确保管道防腐层的完整性。

通过以上措施,可以避免拖管沟内遭受尖硬石等杂物划伤的风险,保护管道防腐层的完整性。同时也有助于提高管道的稳定性和安全性。

### 3.4 控制拖管扭矩减小回拖阻力

在天然气管道水平定向钻穿越施工中,拖管过程中的扭矩是影响管道防腐层稳定性的重要因素。为了减小回拖阻力,可以采取以下措施:①优化拖管路径:选择平坦、无障碍物的路径进行拖管,减少拖管过程中的摩擦阻力;②控制拖管速度:合理选择拖管速度,避免过快导致管道防腐层受到过大的摩擦力;③加强泥浆润滑:在拖管过程中,使用具有良好润滑性能的泥浆进行润滑,降低管道与土壤之间的摩擦阻力。通过控制拖管扭矩减小回拖阻力,可以降低管道防腐层受到的摩擦力,提高其稳定性。

### 3.5 严格控制拖管过程泥浆配比

在天然气管道水平定向钻穿越施工中,泥浆是影响管道防腐层稳定性的重要因素之一。为了确保泥浆配比的合理性,可以采取以下措施:①确定合适的泥浆配比方案:根据土壤类型、地下水位等因素,选择合适的泥浆配方和材料。确保泥浆具有良好的护壁、润滑和悬浮能力;②加强泥浆质量监控:在施工过程

中,定期对泥浆进行质量检测和控制,确保泥浆性能稳定、黏度符合要求。对于不合格的泥浆应立即进行更换或调整;③主要采用马氏漏斗黏度计来测量泥浆黏度,其中不同地质层的泥浆黏度要求也不一样,比如沙土层泥浆黏度要控制在 40-60s,而细砂岩的黏度则要求可知在 40-80s 的范围。本工程穿越施工的土质是以素土、沙土为主,因此黏度控制在 45-60s 的范围,这样才能确保管道外防腐层所受摩擦阻力尽可能的减小,确保拖管工序的连续进行。

### 3.6 确保燃气管道扩孔孔径达标

在天然气管道水平定向钻穿越施工中,扩孔孔径的大小直接影响到管道防腐层的稳定性。为了确保扩孔孔径达标,可以采取以下措施:①合理选择扩孔钻头:根据土壤类型、岩石硬度等因素,选择合适的扩孔钻头,确保其能够满足扩孔要求,同时减少对管道防腐层的磨损;②控制扩孔速度:在扩孔过程中,应控制好扩孔速度,选择扩头的范围从 300、450、600、750、900mm 的范围逐步增大,以此来避免过快导致管道防腐层受到过大的摩擦力;③加强扩孔过程中的监控:在扩孔过程中,应加强对现场的监控和检查,及时发现并处理潜在的问题。通过以上措施,可以确保扩孔孔径达标,提高管道防腐层的稳定性。同时也有助于减少后期运营过程中的维护成本和风险。

## 4 结语

综上,在天然气管道水平定向钻穿越施工中,防腐层防护措施是确保管道安全运行的关键环节。通过做好地质勘测、加强防腐补口焊接保护工作、避免钻口内遭受尖硬物划伤、控制拖管扭矩减小回拖阻力、严格控制拖管过程泥浆配比以及确保燃气管道扩孔孔径达标等措施,可以有效地保护管道防腐层,提高管道的稳定性和安全性。同时,这些措施也有助于减少后期运营过程中的维护成本和风险。

### 参考文献:

- [1] 詹泽丞,杨梦颖,马坤等.浅谈天然气管道河流水平定向钻穿越施工技术[J].石油化工建设,2022,44(03):98-103.
- [2] 张俊卿.天然气管道水平定向钻穿越施工中 3PE 防腐层防护措施的探讨[J].工程质量,2020,38(06):98-100.
- [3] 孔令飞.石油天然气管道水平定向钻穿越工程质量控制研究[J].石化技术,2019,26(08):263-264.