

# 长输油气管道防腐补口质量的控制探讨

杨立华

中石化中原建设工程有限公司 河南 濮阳 457001

**摘要:** 通过深入探讨了长输油气管道防腐补口质量的控制问题,分析防腐补口在管道保护中的关键作用,并总结影响防腐补口质量的主要因素。通过典型案例分析与实践经验分享,提出加强选材、优化施工工艺、实施全过程质量控制及采用先进检测技术等措施,以提高防腐补口质量。本文的研究对于确保长输油气管道的安全运行、延长管道使用寿命具有重要意义。

**关键词:** 长输;天然气管道;防腐补口;施工质量

长输油气管道作为连接油气资源与生产消费地的重要纽带,其安全稳定运行直接关系到国家能源安全和经济发展。防腐补口作为管道防腐体系中的关键环节,其质量直接影响管道的使用寿命和安全性。在实际工程中,防腐补口质量问题时有发生,给管道运营带来潜在风险。因此深入探讨长输油气管道防腐补口质量的控制措施,对于提升管道防腐性能、确保安全稳定运行具有重要意义。

## 1 长输油气管道防腐补口技术的概述

### 1.1 防腐补口的定义和重要性

定义:防腐补口是指对长输油气管道的连接区域(如焊缝、法兰连接处等)进行专门的防腐涂装处理,以确保这些区域在恶劣的地下或水下环境中免受腐蚀侵害,从而维持管道的整体完整性和延长使用寿命。重要性:防腐补口在管道防腐工程中占据举足轻重的地位。由于管道连接区域往往是防腐层的薄弱环节,若不进行有效的防腐补口处理,极易导致该区域出现腐蚀现象,进而引发泄漏、穿孔等严重事故。据统计,大部分管道穿孔事故都发生在焊缝补口附近,防腐补口的成功实施直接关系到管道运行的安全性和经济性。

### 1.2 防腐补口技术的分类及原理

防腐补口技术主要分为几类;(1)热收缩材料补口:利用聚乙烯、聚丙烯等热收缩材料,通过加热使其收缩并紧密贴合在管道表面,形成连续的防腐层。该技术具有施工方便、综合性能优异等特点,但受温度影响较大。(2)液体聚氨酯补口:采用双组分快速固化涂料,无需加热即可直接喷涂在管道表面。聚氨酯涂层具有良好的粘结性、耐环境应力和化学稳定性,但价格较高且对设备依赖性强。(3)无溶剂液体环氧补口:以低分子量改性液态环氧树脂为主要成膜成分,通过活性稀释增韧剂的添加实现无溶剂化并提升柔韧性。该涂料

可在常温下进行施工,但与塑料类防腐层表面的粘结牢固性有待加强<sup>[1]</sup>。(4)粘弹体胶带补口:利用具有冷流特性且永不固化的高分子聚合物制成的粘弹体胶带,外加外护层进行防腐处理。该技术对环境和施工人员要求低,施工质量容易控制,但价格较高且不能在高温下使用。原理:防腐补口技术的核心在于在管道连接区域形成一层连续、致密、耐腐蚀的防护层。通过选用合适的防腐材料,并采用适当的施工工艺,使防腐层与管道表面紧密结合,有效隔绝土壤、水分等腐蚀介质对管道本体的侵蚀。

### 1.3 长输油气管道防腐补口的特点

特点;第一、现场作业环境复杂:长输油气管道防腐补口通常需要在施工现场完成,受地形、气候等自然条件的影响较大,防腐补口作业需要具备良好的适应性和灵活性。第二、对防腐材料要求高:由于补口区域是管道防腐的薄弱环节,因此对防腐材料的性能要求更为严格。需要选用具有良好粘结性、耐环境应力和化学稳定性的材料,以确保防腐层的长效性。第三、施工质量控制难度大:防腐补口施工涉及多个环节和步骤,需要严格控制施工质量和工艺参数,由于现场作业环境复杂多变,施工质量控制难度相对较大。第四、技术创新不断:随着材料科学和防腐技术的不断发展,长输油气管道防腐补口技术也在不断创新和完善。新型防腐材料和施工工艺不断涌现,为管道防腐补口提供了更多的选择和可能。

## 2 长输油气管道防腐补口质量控制的关键环节

### 2.1 表面处理和预处理

在长输油气管道防腐补口过程中,表面处理和预处理是确保防腐层与管道本体紧密结合、有效隔绝腐蚀介质的关键步骤。这一环节的质量控制直接关系到补口效果的成败。必须对管道连接区域进行彻底的清洁,去

除表面的油污、锈迹、泥土等杂质。这些杂质不仅会影响防腐材料与管道表面的粘结力，还可能成为腐蚀的起点。采用高压水射流、喷砂除锈等方法进行表面清洁，确保达到规定的清洁度标准，是质量控制的首要任务。除了清洁度外，表面粗糙度也是影响防腐层附着力的重要因素。适当的粗糙度可以增加防腐材料与管道表面的接触面积，提高粘结强度。过度的粗糙度也可能导致防腐层在应力作用下产生裂纹。在预处理过程中，需要根据所选用的防腐材料特性，合理控制表面粗糙度，以达到最佳的粘结效果。在潮湿环境下进行防腐补口作业，会严重影响防腐材料的固化效果和粘结强度。在表面处理完成后，必须采取有效措施对管道表面进行除湿和干燥处理，确保表面干燥无水分，为后续的防腐施工创造有利条件。

### 2.2 补口材料选择与施工

补口材料的选择与施工是长输油气管道防腐补口质量控制的核心环节。在选择补口材料时，应综合考虑材料的耐腐蚀性、粘结性、柔韧性、耐环境应力等因素。还需考虑材料的施工性能、成本效益以及环保要求。目前市场上常见的补口材料包括热收缩套、液体聚氨酯、无溶剂环氧涂料以及粘弹体胶带等。根据具体工程条件和要求，选择最适合的补口材料至关重要。补口材料的施工工艺也是影响防腐效果的重要因素。在施工过程中，应严格按照材料说明书和施工工艺要求进行操作。

### 2.3 各类检测手段和评估方法

为了确保长输油气管道防腐补口的质量达到设计要求，必须采用各类检测手段和评估方法对补口效果进行全面检查。这些检测手段和评估方法是确保防腐补口质量的最后一道防线。首先进行的是外观检查。通过目视或放大镜等工具观察补口区域的外观质量，检查是否有气泡、裂纹、剥落等缺陷存在。外观检查是初步评估补口质量的重要手段之一<sup>[2]</sup>。电火花检测是一种常用的无损检测方法，通过向补口区域施加高压电脉冲，利用电火花放电原理检测防腐层是否存在针孔等微小缺陷。该方法具有灵敏度高、检测速度快等优点，是评估防腐层致密性的有效手段。附着力测试是评估防腐层与管道表面粘结强度的重要方法，常用的附着力测试方法包括划格法、拉拔法等。通过测试可以了解防腐层在管道表面的附着情况，为评估防腐层的长期性能提供依据。为了更准确地评估防腐层在实际使用环境中的性能表现，还可以进行环境模拟试验。通过模拟管道运行过程中的温度、湿度、压力等条件，对防腐层进行加速老化试验或腐蚀试验。通过对比试验前后的性能变化，可以评估防

腐层的耐久性和抗腐蚀能力。

## 3 长输油气管道防腐补口质量控制的技术要点

### 3.1 防腐补口施工规范与标准：确保质量的基础

长输油气管道防腐补口的施工规范与标准是确保防腐补口质量的基础。这些规范与标准不仅为施工提供了明确的指导，还规定了材料选择、施工工艺、检测要求等方面的具体指标。施工规范应涵盖从表面处理到补口材料施工的全过程，它要求施工单位必须按照既定的工艺流程进行作业，包括表面清洁度与粗糙度的控制、补口材料的准备与混合、涂覆或安装的技术要求等。规范还应对施工环境提出明确要求，如温度、湿度等条件需满足材料说明书的要求。技术标准则是对防腐补口质量的具体量化指标，它规定了防腐层的厚度、附着力、耐腐蚀性、耐环境应力等性能要求。

### 3.2 质量控制流程与监测方法：保障质量的关键环节

质量控制流程与监测方法是保障长输油气管道防腐补口质量的关键环节。通过建立完善的质量控制体系，实施严格的监测措施，可以及时发现并纠正施工过程中的质量问题，确保防腐补口的整体质量。质量控制流程应包括施工前准备、施工过程控制和施工后检测三个主要阶段。施工前准备阶段应完成施工方案的编制、材料检验与准备、施工人员培训等工作；施工过程控制阶段则应加强现场监管，确保施工人员按照规范操作，及时发现并处理质量问题；施工后检测阶段则应对防腐补口进行全面的检测与评估，确保各项质量指标符合要求。监测方法应多样化，以全面反映防腐补口的质量状况，常用的监测方法包括外观检查、电火花检测、附着力测试等，这些方法可以分别评估防腐补口的外观质量、致密性和粘结强度，还可以采用无损检测技术如超声波检测、射线检测等，对防腐层内部的缺陷进行探测。

### 3.3 防腐补口后的保护措施：延长使用寿命的必要手段

防腐补口后的保护措施是延长长输油气管道使用寿命的必要手段。定期对防腐补口区域进行检查与维护是保护防腐层的有效方法。通过检查可以及时发现防腐层的破损、老化等问题，并采取相应的修复措施，定期对管道进行清管作业，清除管道内的沉积物和杂质，也可以减少腐蚀介质对防腐层的侵蚀。加强管道周围环境的管理也是保护防腐层的重要措施。例如，在管道沿线设置警示标志和防护设施，防止人为破坏和意外损伤；对管道周围的土壤进行改良和植被恢复，减少水土流失和土壤侵蚀对管道的影响；对管道沿线的地下水、土壤等环境因子进行监测和评估，及时发现并处理潜在的污染

问题。随着科技的不断发展,新的防腐补口技术和材料不断涌现。积极引进和应用新技术、新材料可以提高防腐补口的质量和效率,同时也有助于降低维护成本和提高管道的安全性<sup>[3]</sup>。

#### 4 长输油气管道防腐补口质量控制的实践应用与案例分析

##### 4.1 典型防腐补口质量问题案例分析

在长输油气管道的建设与运营过程中,防腐补口质量问题时有发生,这些案例为我们提供了宝贵的经验和教训。案例一:补口材料选择不当;某长输油气管道项目在防腐补口过程中,由于选用了性能不稳定的补口材料,导致补口区域在运营后不久便出现了严重的腐蚀现象。经检测发现,该材料在特定环境条件下易发生化学反应,形成腐蚀性物质,加速了管道的腐蚀过程。此案例提醒我们,在选择补口材料时,必须充分考虑材料的耐腐蚀性、稳定性以及与管道材料的相容性。案例二:施工工艺不规范;由于施工人员对防腐补口施工工艺掌握不熟练,导致补口区域存在多处气泡、裂纹等缺陷。这些缺陷在运营过程中逐渐扩大,最终引发管道泄漏事故。此案例强调了施工规范的重要性,要求施工单位必须严格按照施工规范进行操作,确保每一步骤都达到质量要求。案例三:检测手段不足;还有一起事故是由于检测手段不足导致的。该项目在防腐补口完成后,仅进行了简单的外观检查,未能及时发现防腐层内部的微小缺陷。随着管道的运行,这些缺陷逐渐扩大,最终造成严重后果。此案例警示我们,必须采用全面的检测手段对防腐补口质量进行评估,确保无遗漏、无死角。

##### 4.2 防腐补口质量控制实践经验分享

在长期的实践中,人们积累了许多关于长输油气管道防腐补口质量控制的宝贵经验。以下是一些实践经验的分享;(1)严格选材与验收:在防腐补口材料的选择上,应优先考虑性能稳定、质量可靠的材料,并严格按照相关标准进行验收。建立材料供应商评估体系,确保所选用材料的质量符合项目要求。(2)加强施工人员培训:施工人员是防腐补口质量控制的直接执行者,其技能水平和责任心对防腐补口质量有着至关重要的影响,应加强施工人员的培训和教育,提高其专业技能和质量意

识,确保施工过程中的每一步骤都按照规范要求进行<sup>[4]</sup>。

(3)实施全过程质量控制:防腐补口质量控制应贯穿于整个施工过程中,包括施工前准备、施工过程控制和施工后检测等环节。通过建立完善的质量控制体系,实施全过程质量控制,可以及时发现并纠正施工过程中的质量问题,确保防腐补口的整体质量。(4)采用先进检测技术:随着科技的不断发展,越来越多的先进检测技术被应用于防腐补口质量评估中。这些技术具有检测精度高、速度快等优点,可以大大提高检测效率和准确性。

##### 4.3 防腐补口质量对管道运行的影响

防腐补口质量对长输油气管道的运行具有重要影响。优质的防腐补口可以确保管道在恶劣环境条件下保持长期稳定运行,减少因腐蚀导致的泄漏、穿孔等事故风险,良好的防腐补口还可以延长管道的使用寿命,降低维护成本,提高经济效益。相反,如果防腐补口质量不过关,将会对管道运行造成严重影响。例如,补口区域出现腐蚀现象会导致管道壁厚减薄、强度降低,进而引发泄漏、穿孔等事故;补口材料脱落或开裂则会影响防腐层的完整性,加速管道的腐蚀过程;此外,防腐补口质量不合格还可能对管道的阴极保护系统产生干扰,降低其保护效果。

##### 结束语

长输油气管道防腐补口质量的控制是保障管道安全稳定运行的关键环节。通过科学的选材、规范的施工、严格的检测以及持续的维护管理,可以显著提升防腐补口的质量水平。未来,随着科技的不断进步和经验的积累,有理由相信,长输油气管道的防腐补口技术将更加成熟和完善,为油气资源的安全输送提供更加坚实的保障。

##### 参考文献

- [1]张富春,段红,王猛等.长输天然气管道防腐补口施工质量控制[J].全面腐蚀控制,2019,(1):19-21.
- [2]施德海.长输油气管道防腐补口质量的控制[J].油气储运,2019,33(9):1022-1023,1028.
- [3]刘立建.长输油气管道防腐补口质量的控制探讨[J].全面腐蚀控制,2019,33(08):77-78.
- [4]刘照元.浅析油气长输管道施工质量控制[J].商品与质量·焦点关注,2018(9):151-152.