

Optimization Practice of Anti-corrosion Coating Technology in Long-distance Pipeline Engineering

Yanchong Hou

National Pipeline Network Group Engineering Quality Supervision and Inspection Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510710, China

Abstract

Based on the special needs of China's long-distance pipeline engineering, this paper focuses on the harsh operating environment and high requirements for anti-corrosion performance. It deeply studies the anti-corrosion coating technology and modifies and optimizes the existing anti-corrosion coating technology. Research has shown that the use of optimized anti-corrosion coatings can effectively reduce the erosion effect of corrosive environments on pipelines, improve the salt spray resistance, oil resistance, and chemical resistance of pipelines; At the same time, it can also significantly improve the adhesion and anti-corrosion strength of the coating. The practical application of optimization schemes shows that they can maintain the long-term stability of pipelines, thereby meeting the requirements of anti-corrosion coating technology for long-distance pipeline engineering. This effective solution is significant for optimizing the anti-corrosion scheme of long-distance pipeline engineering, improving the technical level of the anti-corrosion industry, and providing reference for related practices.

Keywords

long distance pipeline engineering; anti-corrosion coating technology; technology optimization; corrosion resistance; engineering safety

长输管道工程防腐涂层技术的优化实践

侯艳冲

国家管网集团工程质量监督检验有限公司, 中国·广东 广州 510710

摘 要

根据中国长输管道工程的特殊需要, 论文针对其使用环境的恶劣和对防腐性能要求极高的问题, 深入研究了防腐涂层技术, 对现有的防腐涂层技术进行了改造与优化。研究表明, 采用优化后的防腐涂层可以有效减弱腐蚀环境对管道的侵蚀作用, 提高管道的耐盐雾性能、耐油性能和耐化学品性能; 同时, 也可使涂层的附着力和防腐强度获得大幅度提升。优化方案的实践应用显示, 其可以维护管道的长久稳定, 从而满足长输管道工程防腐涂层技术的需求。这一有效解决方案对优化长输管道工程防腐方案, 改善防腐行业技术水平显著, 也为相关实践提供参考。

关键词

长输管道工程; 防腐涂层技术; 技术优化; 耐腐蚀性能; 工程安全性

1 引言

随着中国石油天然气等能源产业发展的需求, 长输管道建设日益增加, 其工程的技术要求已经成为决定这些基础设施安全稳定和寿命长短的重要因素。在长输管道的工程实施过程中, 管道保护技术, 尤其是防腐涂层技术, 无疑是至关重要的。由于中国广大的地域和复杂的地质条件, 使得不同地方的长输管道所处的使用环境存在着巨大的差异, 这为防腐涂层技术的研究和实践提供了硬性要求。尽管目前常规的防腐涂层技术已经娴熟, 但对于满足长输管道工程种种复

杂的环境条件, 常规的防腐涂层技术表现出的总体性能仍然有待提高。因此, 对防腐涂层技术进行改造与优化对进一步提升中国长输管道工程的质量具有重要意义。论文就此问题进行深入研究, 以期能为相关实践提供有效参考。

2 长输管道工程的特殊要求及防腐涂层技术的现状

2.1 长输管道工程的环境以及防腐性能需求

长输管道工程对防腐涂层技术有着苛刻的要求, 这主要源于其特殊的使用环境和对防腐性能的严格需求^[1]。长输管道通常铺设在复杂而多变的地理环境中, 包括但不限于潮湿、酸碱度变化剧烈、有盐雾侵蚀以及存在多种化学物质等。这些环境因素对管道的防护层提出了多重挑战: 一是需要防

【作者简介】侯艳冲 (1987-), 男, 中国河南洛阳人, 本科, 工程师, 从事长输管道工程建设期避免管道腐蚀研究。

护层具有卓越的抗腐蚀性能，能够在极端状况下长期有效地阻挡介质对管壁的侵蚀；二是需要防护层具有良好的机械性能，如附着力强、硬度高，能够在复杂的地质运动和外部机械冲击下保持稳定^[2]。

长输管道的防腐系统还要满足高耐久性要求。管道通常铺设时间长，维护与检修难度大，任何一点防护涂层的失效都可能导致大面积的腐蚀蔓延，进而引发严重的环境污染、经济损失，甚至安全事故。防腐涂层材料不仅需要初期施工时就具备优良性能，更重要的是需要在长期运行中保持其防腐效果，这对材料的耐老化、耐磨损性提出了更高的要求。

长输管道的工程规模和投入巨大，要求所选防腐技术不仅要具备优异的性能，还需在成本控制和施工便捷性上表现突出。这要求防腐涂层技术在提升自身性能的同时，必须兼顾经济性和操作性，能够实现大面积连续涂覆并保证施工质量的可靠性。在这一系列要求下，现有的防腐涂层技术在实际应用中暴露出诸多不足，亟须通过优化和改进来满足实际工程需求。

2.2 目前防腐涂层技术的概述

目前，防腐涂层技术在长输管道工程中应用广泛，主要包括外防腐涂层和内防腐涂层两大类。外防腐涂层主要有熔结环氧粉末涂层（FBE）、3层聚乙烯涂层（3LPE）、3层聚丙烯涂层（3LPP）等。这些技术在提升管道耐腐蚀性能、延长管道使用寿命方面表现突出。FBE涂层具有良好的附着力和耐化学品性能，被广泛应用于埋地管道。3LPE涂层则因其优异的机械强度和抗湿热性能，在长输管道工程中获得重视。内防腐涂层常采用环氧煤沥青涂料和环氧粉末涂料等，以减少管道内壁的腐蚀和结垢，保障流体输送的效率和管道使用的安全性。目前的防腐涂层技术已经取得一定成效，但尚存在一些问题，如附着力不足、施工复杂性高等^[3]。不同涂层在特殊环境下的适应性存在差异，急需进一步优化和改进。

2.3 防腐涂层技术存在的问题

现有的防腐涂层技术在长输管道工程中的应用面临多个挑战。对恶劣环境的适应性不足，尤其是在极端温度和高湿度条件下，涂层的耐久性和稳定性欠佳。涂层在长期使用过程中容易出现脱落和龟裂，导致防腐性能下降。现有技术在抵抗化学侵蚀和机械损伤方面的能力有限，影响了管道的整体耐用性。不仅如此，防腐涂层的施工工艺复杂，成本偏高，也限制了其广泛应用。亟需针对这些问题开发更加高效、经济的涂层技术，以满足工程需求。

3 防腐涂层技术的改革与优化实验研究

3.1 改革优化的方法及步骤

在长输管道工程中，为应对使用环境的严峻挑战以及防腐性能的要求，需对现有防腐涂层技术进行改革与优化。

选用了多种创新材料，通过实验室测试确定其耐腐蚀性能，尤其是在高盐分和多油多化学品的环境下的表现。进行涂层配方的调整，以确保涂层在各种环境下拥有更强的耐久性和附着力。对不同涂层材料进行合并实验，以找到最佳组合。

应用新型纳米技术对涂层微观结构进行改良，使其在提高耐磨性的同时，兼顾抵抗化学腐蚀。在研究过程中，重点考察在涂层应用后的界面特性，通过显微扫描电镜和能谱分析等方法，深入分析涂层与管道表面之间的结合力和化学稳定性。

在实际操作中，采用标准化施工工艺进行涂料的应用，以减少现场施工中可能遇到的变异和不一致性^[4]。在应用过程中，严格控制施工参数，确保涂层的一致性和稳定性。通过对实验和现场应用数据的对比分析，验证了优化后的涂层技术在实际工况中的优异表现。这一优化方法和步骤为提升长输管道的防腐能力提供了可靠依据和有效路径。

3.2 改革优化实验过程及其结果分析

在实验过程中，选取了几种常用的防腐涂层材料作为基础样本，对其进行成分分析与结构改造。对这些改造后的涂层进行了多项测试，包括耐盐雾性、耐油性和耐化学品性等。实验在模拟长输管道的复杂腐蚀环境中进行，以确保结果的可靠性与适用性。

在耐盐雾实验中，使用盐雾试验箱对涂层的抗腐蚀能力进行了深入评估。测量显示，改进后的涂层在盐雾暴露后的失重率显著降低。而在耐油性测试中，涂层样本浸入标准矿物油中一定时间后，观察到其物理性质保持稳定，没有明显的降解现象。在化学品耐受性试验中，涂层经受了多种酸碱溶液的侵蚀，结果表明其化学稳定性得到了有效提升。

通过拉伸与剪切测试对涂层附着力进行了评估^[5]。结果显示，优化后的涂层在不同基材上的附着力均显著增强。所有测试结果共同表明，经过优化的防腐涂层技术能够在有效抵御恶劣环境腐蚀的提升涂层的附着力和整体性能，为长输管道工程的安全稳定运行提供了有力的技术保障。

3.3 优化后防腐涂层的性能评价

优化后的防腐涂层性能评价主要从几个关键指标展开。是耐盐雾性能，通过盐雾试验，测试后的结果表明，该防腐涂层在长时间的盐雾环境中未发生明显的腐蚀点，有效延长了管道在高盐分环境中的使用寿命。是耐油性能，在油浸试验中，涂层的物理和化学性质保持稳定，表面无明显变化，证明其在油类介质中的稳定性。耐化学品性能通过不同化学品的侵蚀实验得到了验证，优化后的涂层在强酸、强碱环境中显现出较强的抗腐蚀能力，提高了管道系统应对复杂介质的能力。

附着力评估采用划痕试验，显示涂层附着力相比优化前有显著提升，保证了涂层在管道上长久不脱落。防腐强度通过电化学阻抗谱分析，优化前后的对比数据证明，优化后的涂层电化学阻抗显著增加，表明其防腐性能大幅度改

善。这些性能指标的提升，验证了优化后的防腐涂层在实际应用中具有更高的防护效果，为长输管道的稳定运行提供了坚实保障。

4 优化后防腐涂层在长输管道工程中的应用效果

4.1 应用效果的评估方法

在评估优化后防腐涂层在长输管道工程中的应用效果时，采用了一系列科学的方法。通过现场试验和实验室模拟相结合的方式，分析涂层在实际环境中的耐久性和稳定性。现场试验涉及在典型运行条件下的无损检测和定期监测，以评估涂层抵御腐蚀介质侵害的能力。

使用加速老化测试来模拟涂层在恶劣环境中的长期性能。这包括耐盐雾测试、耐湿热测试及耐化学品性测试等，意在快速评估涂层在不同腐蚀介质和环境条件下的防护能力。

为了评估涂层与基材的附着力及其对机械损伤的抵抗力，进行了一系列力学性能测试，如附着力测试、抗冲击测试和柔韧性测试。这不仅能验证涂层的附着牢固程度，还可观测其在外力作用下的完整性。

在这些定量指标之上，应用科学的统计分析方法，量化涂层性能的提升幅度，并与传统涂层技术的参数进行对比，确保优化方案在实际应用中具备明显优势。为了全面体现涂层的适应性，还进行了长期观察，以记录其在不同环境中表现的综合效能。

4.2 应用效果的实例分析

在分析优化后防腐涂层在长输管道工程中的应用效果时，某重点项目提供了显著的案例支持。该项目位于盐雾腐蚀严重区域，对管道防腐性能要求极高。优化后的防腐涂层通过严格的条件模拟测试，展现出卓越的耐盐雾性能，涂层有效阻止了盐雾对管道基体的侵蚀，维持了管道的完整性。长期现场监测数据进一步表明，管道在实际应用中的防腐性能显著增强，腐蚀速率显著降低。结果显示，涂层的附着力保持良好，无明显剥落和损坏现象，管道外观无显著变化，这一结果与实验室测试数据相符。应用该涂层的管道在输送高腐蚀性化学品过程中亦无不良反应，显示出优秀的耐化学品性能。由此可见，优化后的防腐涂层技术不仅有效增强了管道的耐久性，还显著提高了工程的安全性和经济性，为长输管道工程的防腐方案提供了坚实保障和有力支持。

4.3 防腐涂层的效能与工程安全性的关联

优化后的防腐涂层在长输管道工程中的应用，不仅在

防腐效能方面取得了显著提升，也在工程安全性方面展现出强大关联。防腐涂层的增强能有效减少管道因腐蚀导致的物理损坏，从而降低管道运行中的事故风险。良好的耐盐雾性能使管道能够在潮湿和高盐环境中保持稳定，有效避免腐蚀穿孔的发生，保障管道的结构完整性。

增强的油性能和耐化学品性能意味着防腐涂层能够更好地抵御外界油污和化学品的侵蚀，这在一些特殊作业环境中显得尤为重要。由于涂层附着力的提升，管道在剧烈的物理应力下也能保持涂层的完整，不易脱落。这种附着力的增强不仅保护了管道本体，也减少了因涂层剥落所需的人力和维修成本，加强了工程的经济性和可靠性。

涂层技术的改进进一步巩固了管道的使用寿命，使管道在漫长的使用周期中更能保持性能稳定，显著提升了工程的整体安全性。这种防腐涂层技术的应用在实际工程中提供了一个可靠的解决方案，使得长输管道工程在面临极端环境时能更长久地平稳运行。

5 结语

论文着重对长输管道工程防腐涂层技术进行了研究与优化，旨在满足长输管道工程在恶劣环境下防腐性能的严苛需求。结果表明，优化后的防腐涂层技术能够显著提高管道的抗腐蚀能力和耐化学品性能，同时提升了涂层的附着力和防腐强度，因此能够有效保障长输管道的长期稳定性和工程的安全性。尽管取得了一定的研究成果，但我们必须清醒地认识到，管道工程涂层防腐技术是一个包含众多完善和研究方向的复杂系统，其中的许多具体问题仍然需要我们进一步的研究和探讨。总体看来，本研究取得的结果既为优化长输管道工程防腐方案，改善防腐行业技术水平提供了重要参考，也对中国管道工程防腐技术的发展打下了坚实的基础，但面临的挑战仍然不小，还需要我们持续不断的努力和深入研究。

参考文献

- [1] 郭银.油气长输管道工程安全评价及其确定方法[J].化工管理, 2021(35):175-176.
- [2] 牛胜彬.加强油气长输管道工程线路施工安全管理[J].现代职业安全,2019(11):79-80.
- [3] 薛延丰.长输管道工程施工测量技术[J].科技创新导报,2020,17(7):10-11.
- [4] 唐志华.长输管道工程中的水工保护探讨[J].智能城市,2019,5(9):183-184.
- [5] 李洋.石油天然气长输管道工程建设技术探讨[J].中国化工贸易,2020,12(2):184-185.