

港口油品及化工品管道腐蚀损伤原因及安全防护措施探究

吕亮 唐庆森 (龙口港集团有限公司, 山东 龙口 265700)

摘要: 本文深入分析了港口油品及化工品管道腐蚀损伤原因, 提出针对性的安全防护措施, 保障管道运行的安全性, 促进港口油品及化工品运输可持续发展。综合分析环境和运输介质以及管道等因素分析了管道腐蚀损伤原因, 并从技术和管理以及应急等方面提出防护措施, 为实际工作的开展提供参考, 合理控制腐蚀风险和经济损失以及环境污染等问题。

关键词: 港口油品及化工品; 管道腐蚀损伤; 原因; 安全防护措施

中图分类号: TQ086 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 010-0160-03

Exploration of Corrosion Damage Causes and Safety Protection Measures for Oil and Chemical Pipeline in Ports

Lv Liang, Tang Qingmiao (Longkou Port Group Co., Ltd., Shandong Longkou 265700, China)

Abstract: This article deeply analyzes the causes of corrosion damage in port oil and chemical pipelines, proposes targeted safety protection measures, ensures the safety of pipeline operation, and promotes the sustainable development of port oil and chemical transportation. A comprehensive analysis was conducted on the causes of pipeline corrosion and damage, taking into account factors such as the environment, transportation media, and pipelines. Protective measures were proposed from the perspectives of technology, management, and emergency response, providing reference for practical work and effectively controlling corrosion risks, economic losses, and environmental pollution.

Keywords: port oil and chemical products; Pipeline corrosion damage; reason; Safety protection measures

港口油品及化工品管道面临的主要威胁为腐蚀损伤, 不仅会影响管道运行的安全性, 还会增加环境和经济损失。因此需要深入研究腐蚀损伤的原因, 采取合适的防护措施, 保证港口管道运行的安全性。具体来说, 综合分析环境因素和输送介质以及管道自身因素等分析腐蚀损伤的成因, 同时综合技术和管理以及应急层面提出防护策略, 完善安全防护体系, 不仅可以延长管道使用寿命, 同时可以提高港口管道的安全水平, 可以高效、稳定地输送能源。

1 港口油品及化工管道腐蚀损伤原因

1.1 环境因素

1.1.1 土壤腐蚀

土壤是埋设港口油品及化工品管道的重要介质, 因此土壤成分直接关系到管道腐蚀。土壤的含水量和含盐量以及 pH 值等因素关系到腐蚀速率。如果土壤含水量较高, 将会引发电化学反应, 加快腐蚀金属管道。此外土壤含盐量直接关系到电解液的电导率, 如果具有较高的含盐量, 将会增强电导率, 引发金属电化学腐蚀反应^[1]。在沿海中土壤含盐量较高, 将会提高管道局部腐蚀问题的发生率。同时土壤 pH 值的影响也十分重要, 例如酸性土壤会释放氢离子, 提高金属阳极溶解反应速度。碱性土壤会在金属表面形成氧化膜, 可以对腐蚀发挥抑制作用。但是土壤中存在硫酸盐等, 即使在碱性环境中也会引发微生物腐蚀问题。

1.1.2 海洋环境腐蚀

海洋环境的腐蚀条件十分复杂, 例如海水盐度和温度以及海浪冲击等因素都会引发管道外壁腐蚀问题。海水具有高盐度特点, 将会增强金属表面的电磁活性, 提高腐蚀速率。海水中的氯离子不仅会破坏金属表面的钝化膜, 同时会形成金属氯化物, 加快腐蚀速度。此外改变海水温度也会影响腐蚀速率, 快速提高温度之后, 将会加快扩散金属原子, 提高电解液的电导率, 增长腐蚀速率。海浪冲击会磨损管道外壁, 海水长期冲刷管道表面, 将会引发金属保护层剥落, 很容易引发金属腐蚀问题。

1.2 输送介质因素

1.2.1 油品性质影响

油品化学性质很容易引发管道内腐蚀问题, 主要作用因素包括酸碱性和含水量以及含硫量等。如果油品呈酸性, 将会产生氢离子, 氢离子和金属之间发生反应, 将会溶解金属而引发腐蚀问题。尤其是含硫油品, 其中的硫元素和酸性环境中将会形成复杂体系, 例如硫化氢和金属之间反应之后产生硫化亚铁元素, 在氯化物环境中, 氯化物将会破坏硫化亚铁膜, 引发膜层失效问题, 引发金属腐蚀问题^[2]。此外油品的含水量因素也会引发腐蚀问题, 例如水分因素会形成电解质环境, 此外和油品中硫化物等成分之间共同作用, 将会产生腐蚀性溶液。例如在输送原油阶段, 存在乳

化水层将会引发管道内壁点蚀问题，甚至会引发严重的泄漏问题。

1.2.3 化工品性质的影响

化工品的化学性质具有多样化特点，很容易引发管道腐蚀问题。例如强腐蚀性介质和金属管道之间发生化学反应，将会破坏金属基体。例如浓硫酸接触碳钢之后，将会引发金属氧化问题，产生疏松的膜，很容易渗透腐蚀介质，加深腐蚀问题。而弱腐蚀性介质会溶解管道内部的防护层，也会引发腐蚀问题。例如氯化物离子会利用酸化效应破坏金属钝化膜，引发点蚀问题。硫化物利用电化学反应沉淀硫化亚铁，提高腐蚀速度。因此需要结合化工品特点合理选择管道材料和防护措施，合理控制腐蚀问题。

1.3 管道因素

1.3.1 材质特点

管道金属材质关系到其抗腐蚀能力，不同材质的化学成分和微观结构等直接关系到耐腐蚀能力。碳钢的成本较低，而且具有良好的机械性能，因此在港口油品和化工品管道中广泛利用，但是碳钢缺乏抗腐蚀能力，很容易出现腐蚀问题。而不锈钢材料中包含铬、镍等元素，将会形成钝化膜，可以阻止腐蚀介质的渗透，因此不锈钢的抗腐蚀能力较强。但是不锈钢投资较高，因此对其推广利用造成限制^[3]。此外金属材质微观结构也会影响管道的耐腐蚀性。例如晶粒细化会提高金属的强度和塑性，有利于降低晶间腐蚀问题发生率。但是在冷加工或者热处理阶段，出现集中应力问题，将会加剧腐蚀。总之在选择管道材质阶段，需要综合考虑材质的抗腐蚀能力和投资等因素。

1.3.2 制造和安装问题

在管道制造中常见焊接缺陷，例如发生未焊透和气孔以及裂纹等问题，将会降低管道机械强度，很容易侵入腐蚀介质，引发局部腐蚀问题。例如在未焊透部位很容易集中水分和腐蚀性介质，将会产生闭塞电池效应，提高电化学腐蚀速率。此外管道表面出现划痕和凹陷等问题，将会破坏金属表面的完整性，将会加剧腐蚀。在吊装和运输管道的过程中，如果没有选择合适的操作方式，将会引发管道机械损伤问题。安装不合理也会引发管道抗腐蚀能力，例如在安装中没有结合设计要求固定，在后续运行中将会引发管道振动和应力集中等情况，提高疲劳腐蚀问题发生率。

2 港口油品及化工品管道腐蚀损伤的安全防护措施

2.1 技术层面

2.1.1 涂层防护技术

涂层防护技术可以有效隔离金属表面和环境，有利于控制腐蚀问题。当前常用的涂层材料包括环氧树

脂和聚乙烯，其中环氧树脂涂层的附着力和耐磨性良好，适用于港口环境。同时该涂层可以形成致密性的保护膜，可以避免渗透氧气和水等^[4]。聚乙烯涂层的电绝缘性和耐化学腐蚀能力较强，适用于埋地管道和海洋环境。聚乙烯涂层可以隔离电解质和金属，同时还可以发挥抗冲击和耐老化作用，有利于维持长期运行的稳定性。在实际工程中，主要是在内防腐层利用环氧树脂涂层，在外防腐层中利用聚乙烯涂层，可以发挥抗海水侵蚀作用。但是涂层防护技术也存在局限性，例如涂层施工过程中出现问题，将会引发局部腐蚀问题，而且很容易出现老化或者开裂问题。因此为了充分发挥该技术优势，需要提高施工质量控制力度，定期检测涂层性能。

2.1.2 阴极保护技术

阴极保护技术基于电化学原理，通过向金属表面施加电子，向某一临界值以下转移金属表面电位，对金属溶液反应发挥控制作用。阴极保护技术主要包括牺牲阳极法和外加电流法。牺牲阳极法指的是连接电位负金属和被保护金属，通过牺牲金属的腐蚀提供保护电流，在小型管道和局部防腐场景中适合利用。该方法的投资较低，而且安装相对简单，但是在长距离管道中效果并不明显。外加电流法指的是利用外部电源施加电流，通过调节电流来控制金属表面的电位，适用于大型管道和复杂环境中。该方法具有较大的保护范围，同时可以灵活调节，但是在使用阶段要保证电源设备的可靠性。

在港口油品及化工品管道中利用阴极保护技术的过程中要结合具体环境条件。如果区域土壤的腐蚀性较强，可以利用外加电流法优化保护作用。在海洋环境中，因为海水具有良好的导电性，可以利用牺牲阳极法提供保护电流^[5]。在利用阴极保护技术的过程中，需要考虑管道涂层实际情况，协同发挥涂层和阴极保护的作用。保证涂层的完整性，需要较低的阴极保护电流，如果涂层出现破损，需要利用阴极保护系统提供足够的电流，对缺陷区域的腐蚀风险合理弥补。因此需要合理设计阴极保护系统，对其运行状态定期检测，保障港口管道运行的稳定性。

2.2 管理层面

2.2.1 完善检测制度

完善管道检测制度，可以有效发挥管道防腐作用。通过定期检测，可以及时发现潜在的腐蚀隐患，还可以制定科学的维护措施。常用的管道检测方法包括超声波检测和漏磁检测以及涡流检测等，不同方法的适用性和技术特点是不同的。超声波检测通过发射高频声波和接收反射信号，可以精准测量管道壁厚，有利

于及时发现管道局部腐蚀和点蚀缺陷。漏磁检测指的是根据磁场变化识别管道金属损失区域,适用于全面筛查长距离管道。涡流检测以电磁感应原理为基础,可以灵敏地监测金属表面缺陷,可以及时发现管道外壁的腐蚀问题。

确定检测周期的过程中,要综合考虑管道运行环境和输送介质特点等因素。例如港口海洋环境的腐蚀性较强,可以提高检测频率,例如针对埋地管道和架空管道交界部位,建议每隔1~2年开展一次全面检测工作。针对内腐蚀严重的油品管道,可以根据介质酸碱性和含硫量等因素,每隔3~5年开展一次内检测工作。此外要详细记录检测结果,构建相关数据库,有利于动态化监控管道腐蚀发展趋势,制定科学的防护措施。

2.2.2 加强人员培训

管道维护人员的专业性关系到管道运行的安全性,因此需要加大人员培训力度。主要培训内容包括腐蚀识别和防护技术操作以及应急处理等方面,有利于提高维护人员的技术能力,积极应对突发情况^[6]。在腐蚀识别中,在培训过程中要讲解各种腐蚀问题的特点和成因,同时利用案例分析方式辅助维护人员精准判别腐蚀缺陷。例如可以展示因为油品含硫化物引发的管道内部点蚀案例,引导维护人员精准判断类似问题,制定科学的解决方案。

针对防护技术操作,要加强培养实践技能,包括涂层施工和阴极保护系统调试以及日常维护等操作。例如对环氧树脂涂层的施工场景进行模拟,有利于引导维护人员掌握表面处理和喷涂措施等要点,顺利开展相应的工作。此外要加强培养维护人员的应急处理能力,在培训过程中要积极解读应急预案,同时要通过演练实际操作,如果出现突发泄漏事故,保证维护人员可以立即采取措施,避免扩大损失。总之通过提高培训工作的系统化,不仅可以提高维护人员的专业性,还要增强维护人员的安全责任意识,有利于保障港口管道运行的安全性。

2.3 应急层面

2.3.1 制定应急预案

在编制应急预案的过程中,需要综合考虑事故类型和影响范围等,保证可以及时响应发生的事故。首先在应急预案中明确应急组织的机构和实际分工,高效地开展应急救援工作。其次详细规划救援程序,详细规划事故报警和现场评估以及泄漏控制等工作。例如发生管道泄漏事故之后,现场指挥组要立即评估泄漏位置和泄漏量,立即采取封堵措施。技术支持组负责提供指导工作,科学地执行封堵工作。此外在应急预案中要详细规划资源调配工作。例如针对管道泄漏问题,需要提前储备充

足的吸油毡和围油栏以及堵漏设备等,并且要对相关设备定期检查和更新,使其维持良好的状态。通过完善应急预案的内容,可以提高管道腐蚀泄漏事故应急水平,在最大程度上控制事故损失。

2.3.2 应急演练的实施

定期组织应急演练活动,对实际事故场景进行模拟,引导相关工作人员熟悉应急流程,提高他们的救援能力,及时完善预案中的不足之处^[7]。例如在港口油品管道泄漏应急演练中,需要对各种复杂情景进行设置,有利于提高工作人员的综合能力。在演练中要检查信息传递效率和资源调配能力等,有序衔接各个工作环节。结束演练之后需要组织总结会议,对演练中的问题进行分析,提出针对性的改进措施。如果发现某些工作人员在应急响应中存在不熟练的情况,需要加大培训力度。如果发现应急预案中某一条款存在执行问题,需要结合实际情况落实完善措施。此外要积极总结工作经验,合理配置应急资源,提高应急处理水平。

3 结束语

本文分析了港口油品及化工品管道腐蚀损伤原因,分别在技术层面和管理层面以及应急层面提出针对性的安全防护措施,对实际工作的开展提供参考作用,提高港口油品及化工品管道运行的稳定性,在最大程度上控制腐蚀负面影响,为行业发展奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 阿都庆. 煤化工管道系统的腐蚀失效分析与防护对策[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(22): 15-17.
- [2] 吴雪松. 化工安全储运中管道系统的腐蚀防控与维护策略[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2025, (11): 162-164.
- [3] 徐凌. 化工检测技术在工业用水管道材料腐蚀分析中的应用研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(14): 60-62.
- [4] 金时理, 郑建军, 杨思依, 等. 化工管道中耐腐蚀蝶阀的材料应用与技术进展[J]. 阀门, 2025, (07): 804-808.
- [5] 江国华, 李华萍, 关超, 等. 化工压力管道腐蚀损伤的无损检测方法研究与应用[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2025, (03): 89-91.
- [6] 熊伟. 石油化工工艺管道的腐蚀及防护技术分析[J]. 中国设备工程, 2024, (16): 107-109.
- [7] 安洋. 基于化工生产的耐腐蚀管道综合性能探讨[J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(08): 136-138.

作者简介:

吕亮(1989-), 男, 汉族, 山东龙口人, 本科, 工程师, 研究方向: 化工安全。

唐庆淼(1982-), 男, 汉族, 山东龙口人, 本科, 工程师, 研究方向: 化工工程。