

# 石油储运设施的腐蚀防护与维修保养

初征楠<sup>1</sup> 杨 曾<sup>2</sup>

1. 山东联合能源管道输送有限公司 山东 烟台 264000

2. 山东港口烟台港集团有限公司 山东 烟台 264000

**摘要:** 石油储运设施作为能源行业的重要组成部分,其安全性和可靠性直接关系到能源供应的效率和可持续性。然而,长期运行于复杂多变的自然环境中,石油储运设施易受腐蚀影响,导致性能下降甚至安全事故。本文旨在系统探讨石油储运设施的腐蚀机制、防护技术及维修保养策略,以期延长设施使用寿命、保障能源安全提供理论支持和实践指导。

**关键词:** 石油储运设施; 腐蚀防护; 维修保养

## 引言

石油储运设施,包括管道、储罐、泵站等,是石油资源从开采到消费终端的关键环节。然而,这些设施在运行过程中常面临电化学腐蚀、化学腐蚀等多种腐蚀形式的挑战,严重威胁其结构完整性和运行安全。因此,深入研究腐蚀防护与维修保养技术,对于确保石油储运设施的安全高效运行具有重要意义。

## 1 石油储运设施的腐蚀机制

### 1.1 电化学腐蚀

电化学腐蚀是石油储运管道面临的一种主要腐蚀形式,其发生机制涉及金属表面与电解质环境之间的相互作用。在电解质溶液中,管道金属表面会形成阳极和阴极区域。阳极区域发生氧化反应,金属原子失去电子成为离子,进入溶液;而阴极区域则发生还原反应,溶液中的氧化剂接受电子被还原。这种阳极氧化和阴极还原的过程导致金属逐渐溶解,形成腐蚀。电化学腐蚀的速率和程度受多种因素影响,包括环境湿度、温度以及介质成分等。高湿度和温度会加速电化学反应速率,而介质中的氯离子、硫酸根离子等则会促进腐蚀过程,进一步加剧管道的腐蚀程度。

### 1.2 化学腐蚀

化学腐蚀是石油储运设施面临的另一种重要腐蚀形式,它主要由介质中的化学物质与管道金属直接反应引起。在酸性介质中,酸性氧化物和硫化物等化学物质能与金属表面发生反应,生成可溶性盐类,从而导致管道金属的腐蚀。这种腐蚀过程通常表现为金属表面的均匀减薄,且腐蚀速率受介质浓度、温度和压力等因素的影响。除了酸性腐蚀,碱性腐蚀和氧化腐蚀也是常见的化学腐蚀类型。碱性介质中的氢氧根离子能与金属反应,生成金属氧化物和氢气,导致腐蚀。而氧化腐蚀则是金

属与氧发生化学反应,生成金属氧化物,这种腐蚀在高温和潮湿环境中尤为严重。这些化学腐蚀类型都会对石油储运设施的安全性和可靠性造成威胁。

## 2 石油储运设施的腐蚀防护技术

### 2.1 防腐蚀涂层

防腐蚀涂层是石油储运设施腐蚀防护中的一项关键技术。通过在管道或储罐表面形成一层保护膜,防腐蚀涂层能够有效地隔绝金属与环境介质的直接接触,从而显著减缓腐蚀速率,延长设施的使用寿命。常用的防腐蚀涂层材料包括环氧树脂、聚氨酯和聚酯等。环氧树脂涂层具有优异的附着力和耐化学腐蚀性能,能够有效地抵御多种介质的侵蚀。聚氨酯涂层则具有优异的耐磨性和抗冲击性能,适用于使用环境较为恶劣的场合。聚酯涂层则具有良好的耐候性和抗紫外线性能,适用于户外使用的储运设施。在选择防腐蚀涂层材料时,需要充分考虑介质特性、操作条件和施工要求<sup>[1]</sup>。例如,对于输送高酸性原油的管道,应选择具有优异耐酸性能的涂层材料;对于需要频繁清洗的储罐,应选择具有良好耐清洗性能的涂层材料。同时,施工要求也是选择涂层材料时需要考虑的重要因素,包括涂层厚度、固化时间、施工温度等。除了选择合适的涂层材料外,涂层的施工质量也是决定其防护效果的关键因素。涂层施工应遵循严格的工艺流程和质量标准,确保涂层均匀、无缺陷,并与金属表面形成良好的结合。在施工前,需要对金属表面进行彻底的清洗和除锈处理,以确保涂层的附着力和防护效果。

### 2.2 阴极保护

阴极保护技术是石油储运设施腐蚀防护中另一种行之有效的手段。其核心原理是通过向管道金属表面提供足够的阴极电流,使其电位降至腐蚀电位以下,从而有

效抑制电化学腐蚀的发生。这一技术基于电化学原理，通过改变金属表面的电位状态，达到减缓或阻止腐蚀的目的。常见的阴极保护方法主要包括牺牲阳极法和外加电流法。牺牲阳极法是通过在管道附近埋设电位更负的金属或合金（如镁、锌等），使其作为阳极，与管道金属形成原电池。由于阳极材料的电位更负，因此会优先发生氧化反应，从而保护了管道金属不受腐蚀。这种方法无需外部电源，维护简单，但阳极材料需要定期更换。外加电流法则是通过外部电源向管道金属提供阴极电流，使其电位降低至腐蚀电位以下。这种方法需要专业的电源设备和控制系统，但能够提供更为稳定和可靠的阴极保护效果。在外加电流法中，电流密度的设计和阳极材料的选择是至关重要的。电流密度过低可能无法提供足够的保护，而过高则可能导致管道金属表面析氢，反而加速腐蚀<sup>[2]</sup>。因此，需要根据管道的长度、直径、土壤电阻率等因素进行精确的电流密度设计。在选择阳极材料时，需要考虑其电位、电流效率、使用寿命以及与环境介质的相容性等因素。常见的阳极材料包括高硅铸铁、石墨、混合金属氧化物等。不同的阳极材料具有不同的特点和适用范围，因此在实际应用中需要根据具体情况进行选择。

### 2.3 材料选择

在石油储运设施的腐蚀防护中，材料选择是至关重要的一环。选用耐腐蚀性能好的管道材料，能够有效降低腐蚀风险，延长设施的使用寿命。不锈钢是一种广泛应用的耐腐蚀材料，其主要成分是铁、铬、镍等元素。铬元素在不锈钢表面形成一层致密的氧化物保护膜，能够有效抵御多种介质的侵蚀，特别是在氧化性环境中表现出优异的抗腐蚀性能。因此，不锈钢材料常用于石油储运设施的关键部位，如泵站、阀门、管道连接处等。除了不锈钢，耐蚀合金也是一种重要的耐腐蚀材料。这类合金通过添加一定量的铬、钼、铜等元素，显著提高了材料的抗腐蚀性能。耐蚀合金在多种腐蚀性介质中都能保持稳定的性能，特别适用于恶劣环境下的石油储运设施。聚合物材料是近年来在石油储运设施中逐渐得到应用的新型耐腐蚀材料。这类材料具有优异的耐化学腐蚀性能、良好的机械性能和加工性能，且重量轻、易于安装和维护。聚合物材料适用于一些特定环境下的石油储运设施，如腐蚀性较强的介质输送管道、储罐内衬等。在选择耐腐蚀材料时，除了考虑材料的抗腐蚀性能外，还需要综合考虑材料的机械性能、加工性能、成本以及与环境介质的相容性等因素。例如，在某些高温、高压环境下，需要选择具有优异机械性能和耐高温性能

的耐腐蚀材料；在某些需要频繁清洗的场合，则需要选择具有良好耐清洗性能的耐腐蚀材料。

## 3 石油储运设施的维修保养策略

### 3.1 定期检测与监测

为了确保石油储运设施的安全运行并延长其使用寿命，定期的检测与监测工作是必不可少的。当前，超声波检测、电化学腐蚀监测和红外热像仪等先进技术手段已被广泛应用于石油储运设施的腐蚀检测和评估中。超声波检测技术利用超声波在材料中的传播特性，可以准确地检测出设施内部的腐蚀、裂纹等缺陷。这种技术具有非破坏性、高精度和易于操作等优点，因此在石油储运设施的定期检测中得到了广泛应用。电化学腐蚀监测技术则通过测量金属在电解质溶液中的电位变化，来评估设施的腐蚀速率和程度。这种技术可以实时监测设施的腐蚀情况，为及时采取防护措施提供重要依据。红外热像仪则是一种利用红外辐射对物体进行热成像的技术<sup>[3]</sup>。在石油储运设施中，红外热像仪可以用于检测设施的温度分布，从而发现潜在的过热区域和腐蚀问题。除了上述技术手段外，物联网技术的发展也为石油储运设施的远程实时监测提供了可能。通过物联网技术，可以将各种传感器和监测设备连接到网络中，实现数据的实时传输和处理。这样不仅可以提高检测效率，还可以提高检测的准确性和可靠性。定期采用超声波检测、电化学腐蚀监测和红外热像仪等技术手段，并结合物联网技术进行远程实时监测，是确保石油储运设施安全运行和延长使用寿命的关键。通过这些技术手段的应用，可以及时发现并处理潜在问题，为石油储运设施的安全运行提供有力保障。

### 3.2 优化运行环境

为了有效减少石油储运设施的腐蚀风险，优化其运行环境是一项至关重要的策略。这主要涉及到对介质成分、温度、湿度等环境因素的控制和调节，以降低腐蚀发生的条件。首先，控制介质成分是优化运行环境的关键。例如，在含盐度较高的介质中，盐类会加速金属的腐蚀过程。因此，可以采用脱盐处理措施，如离子交换、电渗析或反渗透等方法，有效降低介质中的盐类含量，从而减少腐蚀风险。其次，调节温度和湿度也是优化运行环境的重要措施。高温和高湿度环境会加速金属的腐蚀反应，因此需要将储运设施内的温度和湿度控制在适宜的范围内。这可以通过安装温湿度控制系统、使用保温隔热材料以及加强通风换气等方式来实现。除了上述措施，还可以通过优化储运设施的设计和运行方式，进一步减少腐蚀发生的条件。例如，合理设计管道

布局 and 储罐结构,减少介质与金属的接触面积和滞留时间;采用耐腐蚀性能更好的材料,提高设施的抗腐蚀能力;以及定期对设施进行清洗和维护,去除可能加速腐蚀的杂质和污垢等。

### 3.3 预防性维护计划

预防性维护计划是确保石油储运设施长期稳定运行的重要策略。这一计划是基于设备的历史运行数据、制造商的建议以及行业内的丰富经验而制定的,其核心在于通过一系列定期的检查、测试、调整和更换易损件等措施,有效预防设备故障和性能下降。实施预防性维护计划的首要步骤是制定一份详细且全面的计划。这份计划需要充分考虑设施的具体情况和运行需求,明确列出每一项维护项目、执行周期、负责执行的责任人以及具体的执行标准。通过这样的详细规划,可以确保维护工作的有序进行,避免遗漏任何关键环节。在执行维护计划时,必须严格按照预定的时间表进行,确保每一项维护任务都能得到及时且有效的执行。同时,对每次维护活动都要进行详细记录,包括维护的具体内容、在维护过程中发现的问题、采取的处理措施以及处理后的效果等。这些记录不仅有助于对维护工作的效果进行评估,还能为后续的优化提供宝贵的数据支持。除了定期执行维护任务外,还需要根据维护记录和设施的实际运行数据,定期评估维护计划的效果。通过对数据的深入分析和研究,可以发现计划中存在的不足和需要改进的地方,从而及时对计划进行调整和优化<sup>[4]</sup>。这种持续优化的过程是保证预防性维护计划长期有效的关键。预防性维护计划是确保石油储运设施稳定运行的重要策略。通过制定详细的计划、严格执行并定期评估和优化,可以有效预防设备故障和性能下降,延长设施的使用寿命,降低运营成本。

### 3.4 应急响应机制

应急响应机制是石油储运设施面对突发故障或事故时,能够迅速启动并有效应对的预案和流程。这一机制的核心目标是减少事故带来的损失,防止事态进一步扩大,并确保设施能够尽快恢复正常运行。为了实施这一机制,首先需要制定一套详细的应急预案。这套预案需要针对可能发生的各种突发情况,如设备故障、火灾、

泄漏等,明确应急组织、通讯联络、资源调配、处置措施等关键要素。预案的制定需要充分考虑设施的实际情况和运行需求,确保在紧急情况下能够迅速、有效地进行应对。除了制定预案,还需要定期对相关人员进行应急培训和演练。通过培训和演练,可以提高人员的应急响应能力和协同作战水平,确保在紧急情况下能够迅速、准确地执行预案。同时,演练还可以帮助发现预案中存在的不足和需要改进的地方,为预案的修订和完善提供重要依据。一旦发生突发情况,需要立即启动应急预案,迅速组织力量进行处置。在处置过程中,需要保持通讯联络的畅通,确保信息的及时传递和共享。同时,还需要根据实际情况灵活调整处置措施,确保事态得到有效控制。每次应急响应结束后,都需要及时总结经验教训。通过对响应过程的回顾和分析,可以发现存在的问题和不足,并对预案进行必要的修订和完善。这种持续的改进和优化是提高应急响应机制针对性和有效性的关键。应急响应机制是石油储运设施面对突发故障或事故时的重要保障。通过制定详细的预案、定期进行培训和演练、迅速响应并总结经验教训,可以有效减少事故损失、防止事态扩大,并尽快恢复设施的正常运行。

### 结语

石油储运设施的腐蚀防护与维修保养是确保其安全高效运行的关键。通过深入了解腐蚀机制、应用先进的防护技术和实施科学的维修保养策略,可以有效延缓腐蚀进程,延长设施使用寿命,保障能源供应的安全与可持续性。未来,随着科学技术的不断进步,新兴腐蚀防护技术将为石油储运设施的保护带来更多机遇和挑战,需持续关注 and 深入研究。

### 参考文献

- [1]卢少俊.石油化工油气储运设备的有效管理及维护措施[J].中国设备工程,2022,(12):48-50.
- [2]刘勇.石油化工油气储运设备的有效管理及维护措施[J].现代盐化工,2024,51(02):90-91+94.
- [3]王永超.油气储运中的设施安全问题及解决措施[J].石化技术,2022,29(11):164-166.
- [4]李千,张斌,勇乐,王青锋.油气储运设备的日常管理 with 维护保养探讨[J].清洗世界,2022,38(05):150-152.