

油储罐区设备的腐蚀监测与防护技术研究

毛小波（中海油气（泰州）石化有限公司，江苏 泰州 225300）

摘 要：油储罐区设备在长期的使用过程中，由于受到环境因素和化学物质的侵蚀，容易发生腐蚀现象。特别是在湿度较高、温差较大的地区，设备表面容易积水或受到化学腐蚀物的侵害，导致金属表面逐渐失去原有的强度与耐用性。腐蚀不仅会减少设备的使用寿命，还可能引发泄漏、爆炸等安全事故，严重威胁到石油储运的安全。为了确保油储罐区的正常运作，定期的检查与维护显得尤为重要，尤其是在腐蚀较为严重的部位，应及时进行防护与修复工作。

关键词：油储罐区；设备腐蚀；监测技术；防护措施；安全管理

0 引言

油储罐区设备作为石油储运系统的核心组成部分，长时间暴露在极为复杂的工作环境中，腐蚀问题一直是影响其安全与可靠性的关键因素。随着油储罐区规模的不断扩大和使用年限的增长，腐蚀问题愈加严重，甚至可能引发安全事故。因此，腐蚀监测与防护技术的研究与应用显得尤为重要。

本文将针对油储罐区设备腐蚀的监测与防护策略进行深入探讨，分析当前技术的优缺点，并提出创新性的研究思路和解决方案。

1 油储罐区设备腐蚀的主要原因

1.1 环境因素

油储罐区的环境因素是导致设备腐蚀的主要原因，其中湿气、空气中的氧气和二氧化碳是最常见的腐蚀源。湿气能够在储罐表面形成水膜，使得金属长期暴露在潮湿的环境中，从而加速腐蚀的发生。氧气和二氧化碳与水分共同作用，会促使设备表面发生氧化反应，形成腐蚀层。特别是当储罐区域与地下水接触时，水分与地下水中的杂质（如盐分、矿物质等）会渗透到设备内部，使金属材料的保护层受到破坏，进一步加速设备的氧化腐蚀过程。此外，气候变化、温差较大和气候湿润等因素也会显著影响腐蚀速率。比如，在气候较为潮湿的地区，空气中水分含量较高，金属表面容易积水，形成腐蚀的有利条件。而温差变化较大的地区，则容易引起金属表面的热膨胀与收缩，导致裂缝的产生，为腐蚀提供了突破口。因此，油储罐区的设备需要定期进行检查与防护，以减少外部环境对设备的腐蚀影响^[1]。

1.2 化学物质的侵蚀

储存油品的化学成分及油气中溶解的酸性物质和其他杂质是对油储罐区设备腐蚀的另一大威胁。油品

中的硫化物、氯化物等物质，具有强烈的化学反应性，当这些物质与设备表面发生接触时，容易引发一系列化学反应，从而加速金属的腐蚀过程。硫化物在高温下尤其容易与金属表面反应，形成腐蚀性较强的硫化物层，这种层的形成不仅导致设备表面被浸蚀，还可能使设备表面失去原有的防护能力。氯化物则在存在水分的情况下会生成氯化铁等腐蚀产物，进一步加剧腐蚀。在油气储存过程中的高温和高压环境下，腐蚀现象尤为严重。由于高温可加速化学反应的速度，而高压则会使金属材料表面应力增大，裂纹和孔隙容易形成，为腐蚀物质的渗透提供了通道。这些因素共同作用，使得油储罐区设备在长期使用过程中容易遭受腐蚀损害，严重影响设备的安全性和稳定性，因此需要采取有效的防护措施。

1.3 生物因素

微生物引起的生物腐蚀是油储罐区设备腐蚀的另一种重要原因。在油品储存过程中，细菌、真菌及其他微生物群体在油品中生长繁殖，形成微生物群落。这些微生物在油品中繁殖时，会利用油品中的有机物和其他营养成分作为生长所需的能源，并在设备表面定殖。随着微生物的生长，它们会分泌一层由蛋白质、糖类及其他有机物质组成的生物膜，这层生物膜附着在设备表面，形成一个保护层。然而，这种生物膜的存在不仅阻碍了设备表面与外界环境的正常接触，还容易聚集腐蚀性物质。生物膜中的微生物通过代谢作用，可能会产生酸性物质，进一步降低设备表面的pH值，加速金属的腐蚀。

同时，某些微生物，如铁还原菌和硫酸还原菌，在代谢过程中释放的化学物质，能够与金属表面发生反应，形成腐蚀性产物，导致设备的损害。尤其是在湿度较大或温度较高的环境中，微生物的活动更加旺

盛,生物腐蚀现象愈发严重,增加了油储罐区设备的维护难度和安全隐患^[2]。

2 油储罐区设备腐蚀监测技术

2.1 腐蚀监测传感器技术

近年来,随着传感器技术的快速发展,各类用于腐蚀监测的传感器逐渐成为工业设备安全监控中的重要工具。尤其是在油储罐区等对安全要求极高的环境中,腐蚀检测技术的应用日益普及。腐蚀问题一方面可能会导致设备的损坏,另一方面也对环境和安全构成威胁。因此,实时、准确地监测设备表面的腐蚀情况显得尤为重要。目前,广泛应用的腐蚀监测传感器主要包括电化学传感器、腐蚀速率传感器和超声波传感器等。电化学传感器通过检测金属表面与腐蚀介质之间的电化学反应,能够实时反映设备表面腐蚀的变化情况。这类传感器的优点是灵敏度高,能够早期发现腐蚀问题,及时采取防护措施。

腐蚀速率传感器则侧重于量化腐蚀过程的速度,为设备的维护和管理提供了直观的数据。这些传感器能够对腐蚀速率进行连续跟踪,从而有效预防由于腐蚀速度过快而造成的设备损坏。超声波传感器通过发射高频声波并分析反射波的变化,可以精确监测材料的厚度变化,这在监测油储罐等大型设施的腐蚀方面具有显著优势。其无需接触设备表面,避免了直接接触腐蚀面带来的干扰和损伤^[3]。这些传感器能够实时监测设备表面的腐蚀情况,提供精确的数据,从而为制定防护措施提供科学依据。通过这些技术的应用,能够提前发现腐蚀隐患,有效延长设备的使用寿命,减少维修成本,并确保工业操作的安全性与可靠性。

2.2 智能监测系统

智能监测系统是一种结合了先进技术,如传感器、物联网、大数据分析等的综合解决方案,旨在实现对油储罐区设备的远程实时监控。通过这一系统,企业能够有效掌握油储罐设备的状态,特别是对于设备腐蚀的实时监测和分析。这些传感器安装在油储罐区的关键设备上,可以定期检测金属表面的腐蚀程度、温度、湿度、压力等环境因素。这些传感器所采集到的数据会通过物联网技术实时传输到云端数据平台。云端平台对这些海量数据进行实时处理和分析,运用大数据技术对设备的腐蚀趋势进行预测。通过对历史数据的对比分析和机器学习算法的支持,系统能够识别出腐蚀的发展规律,从而预测出设备可能出现的危险情况,避免突发的设备故障。系统还能够通过图表、

报表或警报的形式,及时将相关信息反馈给维护人员,提醒他们进行检查和必要的维护工作。这一系统的引入大大提高了油储罐区设备的管理效率和安全性,减少了人工巡检的频率和失误的风险。更重要的是,它能够在腐蚀尚未达到危险程度之前,提供预警,帮助企业提前采取措施,从而降低了设备故障的发生率,延长了设备的使用寿命,减少了生产停滞和维修成本。

2.3 非破坏性检测技术

非破坏性检测技术(NDT)是一类先进的检测方法,能够在不破坏设备的结构和功能的前提下,准确地检测出设备中的潜在问题,特别是腐蚀区域。常见的非破坏性检测技术包括X射线检测、超声波检测、磁粉探伤等。这些技术能够高效地对设备进行全面检查,特别是对于一些内壁或不易接触的部分,传统的检测方法可能无法有效到达或无法准确评估其损伤情况,而非破坏性检测则能弥补这一不足。例如,X射线检测利用射线穿透物体的特性,可以清晰地显示设备内部的腐蚀情况和结构缺陷,尤其适用于金属材料的深层次检查。

超声波检测则通过声波在不同介质中传播的特性,能够精确判断材料的厚度、腐蚀情况以及内部是否存在裂纹等缺陷。磁粉探伤技术则通过将铁磁性材料表面或近表面的裂纹等缺陷引起的磁场变化检测出来,特别适合对金属材料表面进行检测^[4]。这些非破坏性检测方法的应用,极大提高了设备检查的效率,避免了因设备停工进行拆解和修复所造成的生产中断。传统的检查方法往往需要停工拆解设备,而非破坏性检测技术能够实时、连续地进行监测,减少了停工时间并降低了维护成本。此外,通过高效的预警机制,这些技术能够及时发现设备的潜在隐患,为维修和更换部件提供重要依据,从而延长设备的使用寿命,保障生产的安全和稳定运行。

3 油储罐区设备腐蚀防护技术

3.1 防腐涂层技术

防腐涂层技术作为一种广泛应用于设备保护的技术,通过在设备表面涂覆特殊的防腐涂层,形成一道有效的保护膜,从而有效隔离设备与外界腐蚀因子的接触。腐蚀因子如水分、氧气、酸性物质和化学污染物常常是导致设备损坏的主要原因,而防腐涂层的作用就是防止这些有害物质与设备表面直接接触,进而延长设备的使用寿命。

常见的防腐涂层种类包括环氧树脂涂层、聚氨酯

涂层等。这些涂层材料具有出色的附着力和耐腐蚀性能,能够有效地保护金属、混凝土等不同材质的设备。环氧树脂涂层以其强大的抗湿气和耐化学腐蚀性能而著称,广泛应用于石油、化工等行业的设备表面,特别适合用于湿润环境下的防护。聚氨酯涂层则具有良好的耐磨性和抗紫外线性能,能够有效抵御氧气和酸性物质的侵蚀,因此被广泛应用于暴露在户外或恶劣环境中的设备,如海上平台、船舶等。

除了这些常见的涂层材料,市场上还有许多其他种类的防腐涂层,例如富锌涂层、铝粉涂层等,它们各有特点,适用于不同的腐蚀环境。防腐涂层技术的优势不仅体现在防止腐蚀方面,还能在一定程度上提高设备的耐候性和美观性,使得设备在恶劣环境下仍能保持良好的工作性能。此外,涂层的施工过程相对简单、成本较低,因此成为许多工业领域中最常用的防护方法之一。

3.2 阴极保护技术

阴极保护是一种广泛应用的防腐技术,通过施加外加电流来抵消设备表面原本存在的腐蚀电流,从而有效减缓金属腐蚀的速度。其基本原理是在金属表面引入一个负电流,使得金属表面成为阴极,从而避免金属表面的正电位状态,减少或消除腐蚀反应的发生。这一技术广泛应用于金属储罐、管道以及各种需要抵抗腐蚀的设备,尤其在高腐蚀环境下如地下设施、海上平台、石油天然气管道等领域,阴极保护技术发挥了至关重要的作用。

在实施阴极保护时,常见的两种方法为牺牲阳极法和外加电流法。牺牲阳极法通过在设备表面设置比设备本身更易腐蚀的金属(如锌、铝或镁),这些金属会优先发生腐蚀,从而保护设备本身不被腐蚀。外加电流法则通过外部电源向设备施加电流,抵消腐蚀反应中产生的电流,避免设备的腐蚀。这种方法的效果更为精准和可控,特别适合用于大规模的金属结构防护,如海上平台、长输管道等。通过施加外加电流,阴极保护能够有效降低腐蚀速率,显著延长设备的使用寿命。

3.3 腐蚀抑制剂的使用

腐蚀抑制剂是一类通过改变腐蚀介质的化学性质,减少或阻止金属腐蚀反应的化学物质。腐蚀抑制剂通常通过与金属表面或腐蚀介质中的化学成分发生反应,形成一层保护膜,进而隔离金属表面与腐蚀因子的接触,减少腐蚀的发生。这种化学物质在工业设

备的防腐保护中起到了重要作用,尤其是在油储罐区等设备的长期运行中,腐蚀抑制剂能够显著减缓设备的腐蚀速度^[5]。腐蚀抑制剂广泛应用于那些腐蚀环境较为严峻、化学物质活跃的地方。例如,在油储罐区,油品和水分的接触会导致金属设备表面发生腐蚀反应,尤其在高温、酸性或含盐的环境中,腐蚀反应速度更加加剧。此时,使用腐蚀抑制剂能够有效降低腐蚀介质对设备的腐蚀作用。腐蚀抑制剂通过与水、氧气或酸性物质等腐蚀源发生化学反应,形成一层稳定的保护膜,减少设备金属表面的直接腐蚀。

为了确保其防腐效果,腐蚀抑制剂需要定期添加并保持适当的浓度。定期监测和补充腐蚀抑制剂能够在一定程度上控制腐蚀的发生,延长设备的使用寿命。此外,腐蚀抑制剂的应用还能够降低设备的维护成本,减少因腐蚀引起的设备故障和停机时间。不同种类的腐蚀抑制剂适用于不同的环境条件,选择合适的腐蚀抑制剂对于提高油储罐区等设备的防腐能力至关重要。通过科学合理地使用腐蚀抑制剂,企业可以有效防止设备因腐蚀而导致的性能下降、故障和事故,提高设备的可靠性和经济效益。

4 总结

综上所述,油储罐区设备的腐蚀问题是影响石油储运安全的重要因素,必须引起足够重视。本文从腐蚀的主要原因、腐蚀监测技术和防护技术三个方面进行了详细探讨,并提出了适用于油储罐区设备的腐蚀监测与防护策略。未来,随着技术的不断进步,智能化、数据化的监测与防护手段将为设备腐蚀问题的解决提供更多的技术保障。通过不断优化监测系统,改进防护技术,能够有效延长设备的使用寿命,确保油储罐区的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 张世英,李隆飞.结合EPC项目对某沿海化工储罐区防腐地面做法的优化[J].天津化工,2022,36(04):133-135.
- [2] 刘宇.石油化工储罐区管道工艺与配管工艺[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(15):143-144.
- [3] 赵泽,胡世杰,林睿,等.石油储罐腐蚀行为及腐蚀监测研究进展[J].电镀与涂饰,2023,42(14):42-54
- [4] 卜廷普,许可.利用电化杂波技术监测化工设备腐蚀研究[J].化工设计通讯,2018,44(3):2.
- [5] 李佳林.声发射技术在炼油厂储罐腐蚀检测中的应用研究[J].石油石化物资采购,2020(15):1.