

## 石油化工设备常见的腐蚀原因及防腐策略

孔凡景

江苏盛虹石化产业集团有限公司, 江苏 连云港 222000

**[摘要]**随着石油化工产业的扩张, 设备的持续稳定运行显得尤为重要, 直接关联到生产效益与安全性。尽管如此, 设备腐蚀问题仍是一个常见挑战, 对其寿命和安全运行产生威胁, 也增加了维护成本。文中首先强调了预防腐蚀的必要性, 并深入分析了腐蚀的主要原因, 涵盖了外部和内部两大因素。接着, 介绍了针对这些原因的多种防腐策略, 从材料选择到设计优化, 再到监测系统的建立。文中为石油化工设备提供了一套综合的防腐方案, 以期增强其对抗腐蚀的能力并确保其稳定运行。

**[关键词]**石油化工设备; 腐蚀原因; 防腐策略

DOI: 10.33142/ec.v6i12.10348

中图分类号: F424

文献标识码: A

## Common Corrosion Causes and Anti-corrosion Strategies of Petrochemical Equipment

KONG Fanjing

Jiangsu Shenghong Petrochemical Industry Group Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu, 222000, China

**Abstract:** With the expansion of the petrochemical industry, the continuous and stable operation of equipment is particularly important, directly related to production efficiency and safety. However, equipment corrosion remains a common challenge, posing a threat to its lifespan and safe operation, and increasing maintenance costs. The article first emphasized the necessity of preventing corrosion and conducted a thorough analysis of the main causes of corrosion, covering both external and internal factors. Subsequently, various anti-corrosion strategies were introduced to address these reasons, from material selection to design optimization, and then to the establishment of monitoring systems. The article provides a comprehensive anti-corrosion plan for petrochemical equipment to enhance its ability to resist corrosion and ensure its stable operation.

**Keywords:** petrochemical equipment; corrosion reasons; corrosion prevention strategy

### 引言

石油化工产业, 作为全球经济的关键支柱之一, 在众多国家和地区的工业发展中占据着举足轻重的地位。作为该产业核心的石油化工设备, 其稳定、高效的运行直接影响到产业的整体效益和安全。然而, 这些设备在复杂、多变的生产环境中运行, 经常面对腐蚀这一普遍但又具有破坏性的问题。腐蚀不仅对设备的寿命和性能造成损害, 还可能导致意外事故, 给人员安全带来隐患并引发巨大的经济损失。因此, 深入探讨腐蚀的成因和制定有效的防腐策略对于石油化工产业至关重要。本文将对此进行详细的探索与分析, 希望为业内提供有价值的参考。

### 1 防止石油化工设备腐蚀的必要性

#### 1.1 石油化工设备使用寿命延长

石油化工设备作为整个产业的核心, 其稳定性和耐用性对于整体产值有着至关重要的作用。腐蚀作为设备退化的主要因素之一, 对设备寿命产生明显的负面影响。一旦设备因腐蚀而损坏, 不仅设备需要更频繁地更换或大修, 而且生产过程也可能受到严重干扰。因此, 通过有效的防腐措施, 可以明显延长设备的使用寿命, 从而保障生产的连续性和稳定性。

#### 1.2 保障石油化工企业生产安全

腐蚀不仅对设备的性能造成损害, 而且可能导致设备

的突然故障, 如泄漏、破裂等, 这些故障都可能引发更大的安全事故, 如火灾和爆炸。防止设备腐蚀, 实质上是为了避免这些潜在的安全隐患, 确保生产过程的安全, 防止人员伤害和资产损失。

#### 1.3 提高产品质量

腐蚀可能导致设备内部的金属微粒等杂质进入生产过程, 进而影响最终产品的质量和纯度。在一些要求高的生产线中, 这种污染可能导致整批产品的报废。通过有效的防腐措施, 可以确保生产过程的清洁和产品的高质量。

#### 1.4 降低维修和运营成本

腐蚀导致的设备故障和性能下降会增加维修和更换设备的频率, 从而增加企业的运营成本。每次的维修或更换都意味着生产的中断和损失。此外, 频繁的维护还会增加维护人员和材料的成本<sup>[1]</sup>。有效的防腐策略可以减少这些额外的开支, 从而增加企业的经济效益。

#### 1.5 落实生态环境保护

设备的腐蚀和故障可能导致有害化学物质的泄漏, 对环境造成污染。这不仅可能导致企业面临法律责任, 还可能损害企业的公众形象。通过实施有效的防腐策略, 不仅可以确保生产的连续性, 还可以避免对环境的潜在污染, 履行企业的社会责任。

## 2 石油化工设备常见的腐蚀原因

### 2.1 外力原因

#### 2.1.1 化学腐蚀

化学腐蚀是由于化学反应导致材料损耗,这通常发生在石油化工设备材料与其生产环境中的化学物质发生直接反应时。例如,强酸和强碱的存在可能使设备的金属部件快速氧化或反应,导致设备的腐蚀和损坏。对于石油化工产业,这是一个严重的问题,因为大多数生产过程都涉及到一系列具有侵蚀性的化学物质。化学腐蚀不仅会减少设备的使用寿命,还可能影响生产的连续性和效率。

#### 2.1.2 电化学腐蚀

电化学腐蚀是由于电化学反应导致材料损耗,通常在一个导电液体的存在下发生,涉及电子的迁移。在石油化工设备中,这种腐蚀类型常见于液体介质,如水、盐溶液或其他导电液体中。电化学腐蚀的一个常见示例是金属在盐水环境中的锈蚀,其中金属的阳离子会从金属表面溶解,导致腐蚀。该过程通常涉及阳离子和阴离子的转移,并且在微观层面上可以形成腐蚀电池。对于石油化工设备,电化学腐蚀可能会导致设备的早期失效,从而增加维护成本和生产中断的风险。

#### 2.1.3 高温腐蚀

高温腐蚀,如其名所示,是在高温条件下发生的腐蚀现象。在石油化工产业中,许多生产过程都需要在高温环境下进行,这样的环境常常加速化学反应的速率,从而增加了设备材料与环境介质之间反应的可能性。一种常见的高温腐蚀形式是氧化,其中金属在高温下与氧反应形成氧化物。随着时间的推移,这些氧化物可能导致设备的结构弱化,进一步增加腐蚀的风险。

#### 2.1.4 微生物腐蚀

微生物腐蚀是由微生物活动导致的腐蚀形式。在石油化工设备中,有些环境条件可能适合某些微生物的生长和繁殖,这些微生物可以产生酸性或其他侵蚀性物质,直接导致设备腐蚀。此外,它们还可以形成生物膜,这些生物膜可能进一步加速腐蚀过程。例如,硫酸盐还原细菌在无氧环境中可以产生硫化氢,这是一种高度侵蚀性的气体,可能导致金属腐蚀。

#### 2.1.5 应力腐蚀开裂

应力腐蚀开裂是一种在应力存在的情况下,由腐蚀介质引起的腐蚀机制。在这种情况下,金属在受到持续或周期性的机械应力的同时,也暴露于侵蚀性环境中,这两个因素相结合,导致金属表面出现裂纹。随着时间的推移,这些裂纹可能会扩展,最终导致设备的破裂或失效。在石油化工设备中,这种腐蚀形式特别危险,因为它可能在没有明显外部腐蚀迹象的情况下突然导致设备失效。

### 2.2 自身原因

#### 2.2.1 设备金属性能存在不足

设备的金属特性对其在石油化工环境中的表现至关重要。金属的机械强度、韧性、耐热性及其对特定化学物

质的抗腐蚀性能是确定其使用寿命和稳定性的关键。如果选择的金属或其合金不能满足工作环境的要求,那么设备可能会出现过早的磨损、腐蚀和故障。例如,一种对某些酸不够稳定的金属在酸性环境中可能迅速失效。

#### 2.2.2 材料管理使用不当

正确的材料管理和使用是确保石油化工设备长期稳定运行的关键。这不仅包括选择合适的材料,还包括在设备的整个生命周期中对材料的储存、维护和更换。如果管理不当,例如储存条件不佳导致材料性能下降,或者在维修时使用了不合适的替代材料,都可能导致设备的预期性能下降和腐蚀风险增加。

#### 2.2.3 设备的设计、加工不当

设备的设计和加工是决定其在实际工作环境中性能的关键因素。设计缺陷,如不合适的结构、材料选择不考虑实际工作条件,都可能导致设备的腐蚀和故障。此外,加工过程中的问题,如焊接缺陷、应力集中或材料处理不当,都可能导致设备在使用中的早期失效。在石油化工设备中,由于工作条件的复杂性和多样性,设计和加工的每一个细节都至关重要。

## 3 石油化工设备防腐策略

### 3.1 隔离腐蚀介质,科学选择设备

对于石油化工设备,腐蚀介质是其耐用性的最大威胁。腐蚀介质,如酸、碱、盐和某些有机化合物,都可以与设备的材料发生反应,导致设备腐蚀和性能下降。为了降低这种风险,重要的一步是隔离这些腐蚀介质,确保它们不直接接触到设备的敏感部分<sup>[2]</sup>。这可以通过使用密封件、防护层或其他隔离措施来实现。此外,科学选择设备也是关键。基于操作的具体条件和环境,选择最适合的设备材料和设计是防止腐蚀的首要步骤。例如,对于酸性环境,选择耐酸的金属或合金;对于高温操作,选择耐高温的材料。通过合理的设备选择,不仅可以提高设备的使用寿命,还可以降低维护成本和生产中断的风险。

### 3.2 材料选择与改进

在石油化工领域,材料的选择对于确保设备稳定、长期且安全地运行至关重要。正确的材料能够提供所需的机械和化学性能,从而抵御各种工作环境中的腐蚀和应力。首先,选择合适的基础材料是非常重要的,这意味着基于工作环境(如温度、压力和化学成分)的具体需求来选择。例如,在强酸性环境中,不锈钢和某些特殊合金可能表现得更好。然而,随着技术的发展,我们不仅可以选择现有的材料,还可以对它们进行改进以满足特定的需要。材料工程师和科学家们通过纳米技术、合金化、表面处理和其他先进技术来改善材料的性能,使其更加耐腐蚀、耐磨损或更有弹性。例如,钛合金和陶瓷涂层可能被用于特定的高腐蚀环境,以延长设备的使用寿命。

### 3.3 防护涂层

防护涂层在石油化工设备的腐蚀控制中扮演着至关重要的角色。这些涂层为设备提供了一个屏障,隔离了其

与腐蚀介质的直接接触,从而降低了腐蚀的风险。根据工作环境和涂层的目的,涂层材料的选择可能涉及多种合成树脂、橡胶、陶瓷、金属和其他特殊材料。涂层不仅能够提供化学防护,还可以提供物理防护,例如,抵御摩擦、撞击或其他机械应力。对于石油化工设备,防护涂层可以大大延长设备的使用寿命,减少维护需求和停机时间。然而,仅仅选择合适的涂层材料是不够的。涂层的应用方法、固化过程以及其与基材的附着性都会影响涂层的最终性能。因此,涂层的选择和应用需要科学、技术和经验的结合,以确保石油化工设备在严格的工作条件下获得最佳的防护。

### 3.4 阴极保护

阴极保护是一种广泛应用于石油化工设备的电化学防腐技术。它通过施加一个外部电流来保护金属设备不被腐蚀。在这种方法中,被保护的金属成为电路的阴极,而牺牲阳极(如镁、锌或铝的阳极)会受到腐蚀。这种“牺牲”的阳极将消耗,而被保护的金属设备则得以保存。阴极保护技术在石油化工设备中具有多个优点。首先,它为大型和复杂的设备提供了均匀且持续的保护。其次,由于它是一个主动的保护系统,可以根据需要进行调整,从而为各种工作条件下的设备提供恒定的保护。尽管阴极保护是一个非常有效的腐蚀控制方法,但其实施和维护需要专门的技术知识。系统的设计、阳极材料的选择以及电流的监控和调整都需要专业知识,以确保阴极保护系统的有效性和经济性。

### 3.5 设备设计与操作改进

设备的设计和操作对其在石油化工环境中的耐腐蚀性能起着关键作用。正确的设计不仅可以减少腐蚀的机会,还可以在设备出现问题时减少其影响。首先,设计时应考虑到所有潜在的腐蚀环境和应力,确保设备的形状、尺寸和材料都能抵御这些挑战。例如,为了避免积液造成的腐蚀,可以设计设备的底部呈斜坡状,使液体容易排出<sup>[3]</sup>。又如,对于易受疲劳损伤的部件,可以使用增加厚度或增加辅助支撑的方式来减少应力。操作上的改进也是防止腐蚀的关键。这包括定期的维护、检查和清洁,以确保设备始终处于良好状态。通过实施标准化的操作程序和培训操作员,可以确保设备在最佳的工作条件下运行,从而降低腐蚀的风险。

### 3.6 环境控制与处理

石油化工设备的运行环境对其耐腐蚀性能产生直接影响。因此,对这些环境进行有效的控制和处理是减少腐蚀并延长设备寿命的关键。环境控制主要涉及调整和维护工作环境中的参数,如温度、湿度、化学物质的浓度和 pH 值,使其保持在设备友好的范围内。例如,通过冷却系统降低高温下的工作环境,可以减少高温腐蚀的风险<sup>[4]</sup>。同样,通过脱水或净化系统去除含有的腐蚀性物质,如酸或盐,可以显著降低化学腐蚀的风险。环境处理则涉及到直接处理和改变工作介质或环境以降低其腐蚀性。例如,添加腐蚀抑制剂或缓蚀剂可以降低介质的腐蚀性。对于含有侵蚀

性气体的环境,可以通过通风或更换空气来降低其浓度。

### 3.7 强化结构、工艺与防腐意识

设备的设计和制造工艺直接影响其对抗腐蚀的能力。坚固和科学的设计可抵抗各种应力,而良好的制造工艺确保设备的高性能。为适应不同工作环境,可能需要使用更强的材料或改进结构设计。特别要注意避免设计缺陷,如锐角,因为它们容易成为腐蚀的重点。工艺上,选择正确的制造技术,如适当的焊接方法,是关键。此外,强化员工的防腐意识和进行定期培训也是非常重要的,以确保日常操作中的腐蚀预防。

### 3.8 建立健全防腐设备监测系统

随着技术的进步,现在有了更先进的手段来实时监测设备的健康状态。对于石油化工设备,建立一个健全的防腐监测系统至关重要,因为它不仅可以提前发现潜在的腐蚀问题,从而避免更大的灾难,还可以提高生产效率和设备使用寿命。防腐设备监测系统通常包括各种传感器和仪器,它们可以实时测量和记录诸如温度、湿度、pH 值、电化学性质等与腐蚀相关的参数。例如,电化学传感器可以检测设备上的微小电流变化,这可能是腐蚀活动的早期迹象。除了硬件外,监测系统还应包括数据分析软件。这些软件可以实时分析收集的数据,根据预设的阈值发出警告或建议采取特定的维护操作。此外,通过长期的数据收集和分析,可以更好地理解设备的腐蚀模式,从而制定更有效的预防策略。

## 4 结语

石油化工设备在日常生产中扮演着至关重要的角色,而其耐腐蚀性能直接影响到生产的稳定性、安全性和经济效益。通过对腐蚀原因的深入理解,结合先进的科学技术和策略,可以有效地预防和控制设备的腐蚀。本文深入探讨了多种腐蚀类型、其成因以及相应的防护措施,从材料选择到操作优化,再到高级的监测系统,为石油化工行业提供了一套全面而实用的防腐指导方案。期望这些措施不仅能确保设备的长期稳定运行,还能进一步推动石油化工行业向更加可持续、安全和高效的方向发展。

### 【参考文献】

- [1]姚哲哲,胡云永.石油化工设备常见腐蚀原因及防腐措施[J].化工管理,2022(27):133-135.
- [2]陈凯,商极极,王爱青.石油化工设备常见腐蚀原因及防腐措施[J].石化技术,2023,30(08):171-173.
- [3]赵国辉.石油化工设备防腐的措施和方法研究[J].中国设备工程,2023(15):152-154.
- [4]韩晗.石油化工设备防腐的措施和方法[J].设备管理与维修,2023(12):136-137.

作者简介:孔凡景(1983.4—),毕业院校:中国石油大学(华东),所学专业:土木工程,当前就业单位:江苏盛虹石化产业集团有限公司,职务:安装造价工程师,职称级别:中级工程。