

# 提升化工机械设备防腐能力的措施分析

胡佳伟

国家能源集团西部能源投资有限公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 化工机械设备在化工生产过程中起着关键作用,然而,设备的腐蚀问题严重影响其性能、寿命以及化工生产的安全性、经济性和稳定性。本文深入剖析化工机械设备防腐的必要性,并从多个维度详细阐述提升其防腐能力的具体措施,旨在为化工行业设备管理与维护提供理论支持与实践指导,以保障化工生产的高效、安全、可持续运行。

**关键词:** 化工机械; 设备腐蚀; 防腐措施

## 引言

化工行业作为国民经济的重要支柱产业,涵盖众多复杂的生产过程,涉及各种具有腐蚀性的化学物质。在这样的生产环境下,化工机械设备长期面临严峻的腐蚀挑战。腐蚀不仅会导致设备损坏、维修成本增加,还可能引发生产中断、安全事故以及环境污染等一系列严重问题。因此,深入研究化工机械设备防腐的必要性,并探索有效的防腐措施,对于化工行业的稳定发展至关重要。

## 1 化工机械设备防腐必要性分析

### 1.1 为化工生产的顺利进行提供保障

化工生产过程具有连续性和复杂性的特点,各个生产环节紧密相连,任何一台设备出现故障都可能引发整个生产系统的中断。化工机械设备一旦遭受腐蚀,其零部件的尺寸精度、表面质量以及机械性能都会受到不同程度的损害。管道腐蚀可能导致管道穿孔、泄漏,使物料输送受阻;反应釜腐蚀会影响反应的正常进行,降低产品质量和产量。这些问题的出现不仅会打乱生产计划,增加生产成本,还可能导致整个生产流程停滞,给企业带来巨大的经济损失。因此,加强化工机械设备的防腐工作,能够有效减少设备故障的发生,确保化工生产的顺利进行。

### 1.2 有利于提高化工生产的经济性

从设备的全生命周期成本角度来看,防腐工作对于提高化工生产的经济性具有重要意义。腐蚀会加速设备的损坏,缩短设备的使用寿命,从而增加设备的更换频率和维修成本。新设备的购置费用以及旧设备的维修、拆除费用都将给企业带来沉重的经济负担。由于设备腐蚀导致的生产中断,会造成原材料、能源的浪费以及生产效率的降低,进一步增加了生产成本。而通过采取有效的防腐措施,可以延长设备的使用寿命,降低

设备的维修和更换频率,减少生产中断带来的损失。采用高质量的防腐涂层或耐腐蚀材料制造设备,可以显著提高设备的耐腐蚀性,虽然初期投资可能会有所增加,但从长期来看,能够有效降低设备的全生命周期成本,提高企业的经济效益。

### 1.3 促进化工生产安全水平的提高

化工生产中涉及大量的易燃易爆、有毒有害化学物质,一旦设备因腐蚀发生泄漏,极易引发火灾、爆炸、中毒等严重安全事故,对人员生命安全和环境造成巨大威胁。盛装强酸、强碱等腐蚀性物质的储罐如果发生腐蚀穿孔,泄漏出的腐蚀性液体可能会灼伤操作人员,同时对周围的土壤和水体造成污染;输送易燃易爆气体的管道因腐蚀破裂,可能引发爆炸事故,造成重大人员伤亡和财产损失。据相关安全事故统计分析,设备腐蚀是引发化工安全事故的重要原因之一<sup>[1]</sup>。因此,加强化工机械设备的防腐工作,能够有效降低设备泄漏和事故发生的风险,保障化工生产的安全进行,保护人员生命安全和生态环境。

## 2 提升化工机械设备防腐能力的措施

### 2.1 加强设备的结构优化

(1) 在化工机械设备的结构设计中,应尽量避免出现缝隙和死角。缝隙和死角容易积聚腐蚀性介质,形成浓差电池,加速腐蚀的发生。在设备的连接部位,应采用焊接或密封性能良好的连接方式,避免使用螺栓连接等容易产生缝隙的连接形式。对于无法避免的缝隙,应采取密封措施,如填充密封胶或采用密封垫片,防止腐蚀性介质进入缝隙内部。同时,在设备的结构设计中,应保证液体和气体能够顺畅流动,避免出现局部积液或积气的情况,减少因介质积聚而导致的腐蚀。(2) 化工机械设备中流体的流动状态对设备的腐蚀有重要影响。流速过高会导致冲刷腐蚀,流速过低则容易造成沉积物

的积聚,引发垢下腐蚀。在设计设备的流体通道时,应根据介质的性质、流量和压力等参数,合理确定流速范围。对于含有固体颗粒的流体,应适当降低流速,避免颗粒对设备壁面的冲刷磨损;对于易产生沉积物的介质,应适当提高流速,防止沉积物的积聚。此外,还应优化流体通道的形状,避免出现急转弯、突扩突缩等部位,减少流体的紊流和局部压力降,降低冲刷腐蚀的风险。(3)设备在运行过程中会受到各种应力的作用,如机械应力、热应力等。应力集中部位容易发生腐蚀开裂,如应力腐蚀开裂、腐蚀疲劳等。在设备的结构设计中,应充分考虑应力分布的均匀性,避免出现应力集中的情况。在设备的转角处、开孔处等部位,应采用适当的圆角过渡或补强措施,降低应力集中系数。同时,在设备的制造过程中,应严格控制加工工艺,避免因加工不当产生残余应力。对于承受较大应力的部件,可采用优化的结构设计,如增加壁厚、采用合理的支撑结构等,提高部件的承载能力和抗腐蚀能力。

## 2.2 加强设备的防腐强度

(1)在设备设计之初,依据设备所处的复杂使用环境、腐蚀介质的化学特性以及预估的腐蚀速率,科学合理地确定设备壁厚,是提升防腐强度的基础且有效的手段。适当增加壁厚,为设备在面对腐蚀侵蚀时预留了充足的腐蚀余量,从而显著延长设备的使用寿命。以在强腐蚀性介质中服役的管道和储罐为例,在满足力学强度要求的前提下,合理增加壁厚,可有效补偿因腐蚀造成的壁厚减薄。然而,增加壁厚会使设备重量增加,导致运输、安装难度加大,同时也会提高制造成本。因此,在实际应用中,需要综合考虑各种因素,权衡利弊,确定合理的壁厚。(2)防腐衬里是在设备的内壁表面粘贴一层耐腐蚀的材料,如橡胶、塑料、玻璃钢等,以保护设备本体不受腐蚀。防腐衬里具有良好的耐腐蚀性、耐磨性和抗渗透性,能够有效地隔离设备与腐蚀介质的接触。在一些大型的化工储罐和反应釜中,常采用橡胶衬里或塑料衬里来防止介质对设备的腐蚀。橡胶衬里具有良好的柔韧性和弹性,能够适应设备的变形,且对多种化学物质具有较好的耐腐蚀性;塑料衬里则具有优异的化学稳定性和耐腐蚀性,如聚四氟乙烯衬里对几乎所有的化学物质都具有良好的耐受性。在选择防腐衬里材料时,应根据设备的使用环境、介质的性质以及工艺要求等因素进行综合考虑,确保衬里材料与设备本体具有良好的粘结性和相容性<sup>[2]</sup>。(3)表面处理是提高设备防腐强度的重要手段之一。常见的表面处理方法有电镀、热喷涂、化学镀等。电镀是通过电解的方法在设备表面沉

积一层金属或合金镀层,如镀铬、镀锌等,以提高设备的耐腐蚀性和装饰性。热喷涂是将熔融状态的金属或非金属材料喷涂到设备表面,形成一层具有一定厚度和性能的涂层,如喷涂陶瓷涂层、金属陶瓷涂层等,可显著提高设备的耐磨性、耐腐蚀性和耐高温性能。化学镀是在无外加电流的情况下,利用化学反应在设备表面沉积一层金属镀层,如化学镀镍等,具有镀层均匀、孔隙率低等优点,能够有效提高设备的耐腐蚀性。不同的表面处理方法适用于不同的设备和使用环境,应根据具体情况选择合适的表面处理方法。

## 2.3 选择合适的材料

(1)材料对腐蚀介质的耐受性是选材的首要考量因素。不同化学介质会引发材料各异的腐蚀行为。例如,不锈钢在氧化性介质中凭借其表面形成的钝化膜展现出良好的耐腐蚀性,但在还原性介质中,该钝化膜可能遭到破坏从而引发腐蚀。钛及钛合金对多数有机酸、无机酸和氯化物溶液具备优异的抗腐蚀能力,然而在氢氟酸环境中,由于氟离子的强络合性,会发生严重腐蚀。故而,选材时需依据化工生产中腐蚀介质的种类、浓度、温度和压力等参数,精准挑选具有良好耐腐蚀性的材料,并充分考虑不同工况下材料的腐蚀速率,以确保设备在全生命周期内满足生产需求。(2)化工机械设备运行时需承受多种机械载荷,如压力、拉力、冲击力等,因此材料的机械性能至关重要。所选材料应具备足够的强度、硬度、韧性和塑性。以高压反应釜为例,需高强度且韧性良好的材料来承受反应过程中的高压和温度剧变。制造输送高速流体的管道,则需高硬度和耐磨性的材料抵抗冲刷磨损。在选材时,必须综合权衡材料的耐腐蚀性与机械性能,防止顾此失彼,保障设备在正常及意外工况下的安全性与可靠性。(3)材料成本显著影响化工机械设备的制造成本。不同材料价格差异悬殊,钛及钛合金耐腐蚀性优异但价格高昂,普通碳钢耐腐蚀性欠佳却成本低廉。实际选材中,可通过优化设计、采用复合结构等手段,合理搭配不同价格的材料。对于腐蚀性较弱的部位,以碳钢为基体,结合防腐涂层或衬里提升其耐腐蚀性,从而在满足设备性能要求的同时有效降低成本。

## 2.4 挑选适当的防腐涂层

在化工机械设备的防护中,挑选合适的防腐涂层至关重要。常见的防腐涂层主要包括有机涂层、无机涂层以及复合涂层。(1)有机涂层因种类多、施工便捷且成本较低而被广泛应用。其中,环氧树脂涂料附着力强、耐腐蚀性与机械性能良好,能耐受多数化学物质,常作

为化工设备的底漆与面漆；聚氨酯涂料的耐磨性、耐候性和耐腐蚀性优异，在设备防护中应用普遍；酚醛树脂涂料则以良好的耐高温性和耐酸性，适用于高温、酸性环境下的设备防腐。选择时需综合设备使用环境、腐蚀介质性质及涂层性能等因素。（2）无机涂层在特殊工况下优势独特，具备耐高温、耐磨损及化学稳定性好的特点。像陶瓷涂层，其高硬度、高熔点和良好的化学稳定性，使其能有效抵御高温、腐蚀和磨损，常用于高温炉管、反应釜内衬等部位；金属陶瓷涂层结合了金属韧性与陶瓷的耐高温、耐腐蚀性，适用于对耐磨性和耐腐蚀性要求高的场合。其制备方法如热喷涂、化学气相沉积等，会对涂层性能产生影响，需合理选择。（3）复合涂层将不同性质的涂层材料复合，以发挥各材料优点，弥补单一涂层的不足。例如有机-无机复合涂层，先喷涂无机底漆（如陶瓷底漆）以提供良好的附着力和耐高温性能，再涂覆有机面漆（如聚氨酯面漆）提升耐候性和装饰性。设计与制备复合涂层时，要考虑各涂层间的相容性、附着力及整体性能，通过合理搭配和工艺控制实现最佳防护效果。

### 2.5 合理运用涂布缓蚀剂

（1）缓蚀剂是一类能够有效抑制金属腐蚀的化学物质，按作用机理与化学成分，可分为无机、有机和气相缓蚀剂<sup>[3]</sup>。无机缓蚀剂如铬酸盐、亚硝酸盐、磷酸盐，通过在金属表面形成钝化膜或沉淀膜，构建物理屏障，阻隔腐蚀介质与金属的接触，从而抑制腐蚀反应。有机缓蚀剂种类繁多，包含胺类、醛类、杂环化合物等，其作用机制主要是通过物理或化学吸附，在金属表面生成致密保护膜，抑制腐蚀。气相缓蚀剂具有挥发性，能在封闭空间内挥发并在金属表面成膜，适用于设备包装、储存等封闭环境下的金属设备防腐。（2）选择缓蚀剂时，需综合考虑设备使用环境、腐蚀介质特性及缓蚀剂性

能。理想的缓蚀剂应具备显著的缓蚀效果，大幅降低金属腐蚀速率。同时，要与设备内其他物质高度相容，不影响设备正常运行与产品质量。缓蚀剂的成本效益与使用便捷性同样不容忽视。不同缓蚀剂对不同腐蚀介质和金属材料的缓蚀效果不同，实际应用中需经实验筛选出适配特定工况的缓蚀剂。（3）缓蚀剂的使用方法主要有添加到腐蚀介质和涂覆在金属表面两种。添加时，需依据介质性质与用量，精确确定添加方式与剂量，保证缓蚀剂均匀分散。对于大型设备或难以直接添加的情况，可将缓蚀剂配制成溶液或涂料，涂覆于设备表面。使用过程中，持续监测缓蚀剂浓度与缓蚀效果，以便及时调整添加量或更换缓蚀剂，保障设备防腐蚀效果。

### 结束语

化工机械设备的防腐蚀工作在化工生产体系中占据着举足轻重的地位。它不仅直接关乎生产流程的连贯性，而且对提升生产经济性、保障安全水平意义非凡。通过实施设备结构优化、增强防腐强度、合理选材、精准挑选防腐涂层以及科学运用缓蚀剂等一系列综合性措施，能够有效提升设备抗腐蚀能力，降低腐蚀风险。在实际场景中，需依据具体工况，综合运用多种手段，同时持续推进技术创新，从而推动化工行业稳健、可持续发展。

### 参考文献

- [1]刘志鹏,金鑫,梁富维,等.提升化工机械设备防腐蚀能力的措施分析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(12):21-22.
- [2]杨雷波.提升化工机械设备防腐蚀能力的措施分析[J].化工管理,2020(26):160-161.
- [3]代晓宇.提升化工机械设备防腐蚀能力的措施分析[J].设备管理与维修,2020(4):143-145.