

化工设备防腐技术优化策略

冯少华

浙江石油化工有限公司 浙江 舟山 316000

摘要: 化工设备腐蚀由介质、工况和材质等多因素引发, 现有防腐技术存在材质适配性不足、涂层有缺陷、工艺不完善、运维管理不到位等痛点。优化策略包括控制腐蚀源头, 优化工况与调控介质; 升级防腐材料, 选用高性能耐腐材质; 完善施工工艺, 提升防腐施工质量。配套保障措施有强化腐蚀监测体系建设, 完善运维管理机制, 明确运维职责、流程, 加强人员培训, 建立运维档案; 加强技术研发与应用适配, 针对不同设备制定个性化方案, 改进创新现有技术, 加强与设备制造、工艺优化的协同衔接。

关键词: 化工设备; 腐蚀; 防腐技术; 优化策略; 材料升级

引言: 在化工生产领域, 化工设备占据核心地位, 其运行状态关乎生产的安全与稳定。然而, 化工设备腐蚀问题长期制约行业发展, 深入探究其成因与现有防腐技术痛点迫在眉睫。化工设备腐蚀由介质、工况及材质等多因素共同作用, 涵盖化学与电化学腐蚀机理。当前常用防腐技术存在材质适配性不足、涂层有缺陷、工艺不完善、运维管理不到位等痛点。为解决这些问题, 需从腐蚀源头控制、防腐材料升级、施工工艺完善等方面优化防腐技术, 并配套强化腐蚀监测、完善运维管理、加强技术研发与应用适配等保障措施, 以提升防腐水平, 保障设备稳定运行。

1 化工设备腐蚀的核心成因与现有防腐技术痛点

化工设备在化工生产中占据着核心地位, 其运行状态直接关乎生产的安全性与稳定性。然而, 化工设备腐蚀问题一直是困扰行业发展的关键因素, 深入剖析其腐蚀成因并解决现有防腐技术痛点, 对于优化防腐技术、延长设备使用寿命具有重要意义。

化工设备腐蚀并非由单一因素引发, 而是介质作用、工况条件以及设备自身材质等多因素共同作用的结果。从腐蚀机理层面分析, 主要涵盖化学腐蚀和电化学腐蚀两类。化学腐蚀是指设备表面与腐蚀性介质直接发生化学反应, 在反应过程中, 设备表面的原子或分子结构被破坏, 导致表面材质逐渐损耗, 进而影响设备的性能与完整性。电化学腐蚀则更为复杂, 在存在介质的情况下, 设备材质内部不同部位之间会形成原电池, 发生氧化还原反应。这种反应会引发局部的电位差异, 使得某些区域成为阳极, 发生氧化反应而被腐蚀, 而其他区域成为阴极, 加速了阳极的腐蚀进程, 最终造成设备局部的严重损坏^[1]。

当前, 化工设备常用的防腐技术在实际应用中暴露

出诸多亟待解决的痛点, 严重制约了防腐效果的提升。

(1) 材质适配性不足是较为突出的问题。部分设备在选材时, 未能充分考虑实际工况的复杂性, 选用的金属或非金属材质的耐腐蚀性与实际工况不匹配。在面对强腐蚀介质或复杂多变的工况时, 这些材质容易快速老化、破损, 导致设备无法正常运行。(2) 防腐涂层存在缺陷。在涂层施工过程中, 由于施工工艺的限制或操作不当, 容易出现气泡、开裂、脱落等问题。这些问题使得介质能够轻易渗透涂层, 直接与设备表面接触, 从而使涂层失去防腐作用。(3) 防腐工艺不完善。施工流程不规范、参数控制不合理等现象较为普遍, 这导致防腐层与设备表面结合不紧密, 在设备运行过程中容易脱落, 大大缩短了防腐层的使用寿命。其四, 运维管理不到位。缺乏系统的腐蚀监测和维护机制, 无法及时发现早期的腐蚀隐患, 使得腐蚀问题得不到及时处理, 进而进一步扩大, 给设备带来更严重的损害。

2 化工设备防腐技术的核心优化策略

2.1 腐蚀源头控制: 优化工况与介质调控

腐蚀源头控制作为化工设备防腐技术优化的基石, 其关键在于精准调整工况条件、科学调控介质特性, 以此降低腐蚀性因素对设备的侵害程度。(1) 在工况优化层面, 高温、高压环境会显著加剧设备的腐蚀速率。因此, 需依据设备的实际性能与工艺要求, 合理调整运行参数, 避免设备长时间处于极限工况状态, 减少温度、压力的剧烈波动对设备材质造成的损伤。针对易引发腐蚀的工艺环节, 要对流程设计进行优化, 通过改进工艺流程、缩短物料停留时间等方式, 减少设备与腐蚀性介质的接触时长, 从时间维度上降低腐蚀发生的可能性。(2) 在介质调控方面, 添加缓蚀剂、中和剂等化学物质是降低介质腐蚀性的有效手段。通过合理添加这些物质,

能够调节介质的酸碱度、浓度等关键参数，使其处于相对温和的状态，从而减缓对设备的腐蚀作用。同时，对含有杂质、有害离子的介质进行预处理至关重要，可采用过滤、沉淀、离子交换等方法去除其中的腐蚀促进因子，从源头上减少腐蚀的诱因。此外，加强介质的在线监测必不可少，借助先进的监测仪器和技术，实时掌握介质特性的变化情况，根据监测结果及时调整调控方案，确保防腐措施能够持续、稳定地发挥作用^[2]。

2.2 防腐材料升级：选用高性能耐腐材质

材料作为化工设备防腐的核心要素，其性能优劣直接决定了防腐效果的好坏。选用高性能耐腐材质是提升化工设备防腐能力、保障设备稳定运行的关键举措。(1) 在材质选择上，需紧密结合化工设备的具体工况特点和介质类型，有针对性地对设备及部件材质进行升级，逐步替代那些耐腐蚀性不足的传统材质。对于需要长期接触强腐蚀介质的设备，如反应釜、换热器等，可选用钛合金、哈氏合金等特种耐腐金属材料。这些材料具备卓越的耐酸、耐碱以及耐高温性能，能够在复杂的腐蚀环境中保持稳定，有效抵御各类腐蚀性介质的侵蚀，为设备提供可靠的防护。(2) 对于非承压、次要的化工设备，如一些储槽、管道等，可选用玻璃钢、聚四氟乙烯等非金属耐腐材料。这类材料不仅重量轻、耐腐蚀性强，而且成本相对较低，非常适合中低腐蚀工况下的应用。(3) 在选用高性能耐腐材质的同时，还需充分考虑材质的加工性能。确保升级后的材质能够满足设备制造、安装的工艺要求，避免因材质加工难度过大而影响设备的制造精度和整体性能。此外，还可对设备的关键部位进行材质强化处理，例如采用表面合金化、渗碳等技术，进一步提升局部部件的耐腐能力，从而延长设备整体的使用寿命。

2.3 施工工艺完善：提升防腐施工质量

防腐施工工艺的规范程度是决定防腐层附着性能与整体防腐效果的关键因素，必须从施工前准备、施工过程中控制以及施工后验收这三个关键环节入手，进行全面且细致的完善与优化。(1) 在施工前准备阶段，对设备表面的处理至关重要。需彻底清除设备表面的油污、铁锈、氧化皮等各类杂质，可采用喷砂、打磨等专业的处理方式，有效提升设备表面的粗糙度。这一操作能够增加防腐层与设备表面的接触面积，确保二者紧密结合，为防腐层提供稳固的附着基础。同时，要对施工材料进行严格检查，仔细核对防腐涂料、胶粘剂等材料的质量证明文件，确保其各项性能指标符合使用要求，从源头上避免因材料质量问题对防腐效果产生不利影响。(2)

施工过程中，要严格把控施工参数。依据设备材质特性和现场施工环境，科学合理地调整涂料调配比例、喷涂厚度以及干燥时间等关键参数。精确控制这些参数能够有效避免涂层出现气泡、开裂、漏涂等缺陷，保证防腐层的质量。对于结构复杂的设备部件，应采用分段施工、重点防护的策略，确保防腐层能够全面、均匀地覆盖设备表面。(3) 施工完成后，要建立一套严格且细致的验收标准。通过外观检查、厚度检测、附着力测试等多种方式，对防腐施工质量进行全面检验。对于验收中发现的不合格部位，要及时进行返修处理，确保防腐层完全达到设计要求^[3]。

3 防腐技术优化的配套保障措施

3.1 强化腐蚀监测体系建设

腐蚀监测作为精准把握化工设备腐蚀状况、及时察觉潜在腐蚀隐患、切实保障防腐效果的关键手段，构建一套全方位、多层次的腐蚀监测体系势在必行。(1) 化工设备种类繁多、运行工况复杂，不同设备的运行特点与腐蚀风险等级存在显著差异。因此，要依据设备的具体运行特性以及预先评估的腐蚀风险等级，在设备的关键部位和易腐蚀部位精准安装腐蚀监测设备。例如，腐蚀探针可深入设备内部，直接测量特定位置的腐蚀速率；在线腐蚀监测仪则能实时获取设备表面的状态参数，如壁厚变化、电位波动等。通过这些监测设备的协同工作，可实现对设备腐蚀状况的全方位、实时监测，在腐蚀隐患处于萌芽阶段时便发出早期预警，为后续的防腐处理争取宝贵时间。(2) 建立科学完善的监测数据管理机制至关重要。借助先进的信息技术，对监测数据进行实时采集、高效分析与妥善存储。通过对大量监测数据的深入分析，挖掘数据变化趋势，精准判断腐蚀的发展态势，如腐蚀速率是否加快、腐蚀范围是否扩大等。这些分析结果能够为防腐维护决策提供坚实的数据支撑，使维护人员能够根据实际情况制定针对性的防腐措施，及时对设备进行维护和修复，有效避免因腐蚀隐患未能及时发现和处理而导致设备损坏，保障化工设备的长期稳定运行^[4]。

3.2 完善运维管理机制

科学的运维管理对于延长化工设备防腐寿命、保障防腐技术切实有效落地起着至关重要的作用。(1) 要建立专门的防腐运维团队，清晰界定团队中各成员的运维职责。团队成员需定期对化工设备展开全面且细致的检查与维护工作。在检查过程中，要着重关注防腐层的完整性，查看是否存在破损、脱落、鼓包等情况；同时，仔细检查设备表面的腐蚀状况，包括腐蚀面积、深度等。一旦发现轻微腐蚀隐患，应立即采取相应的处理措施，防止

腐蚀问题进一步扩大,避免造成更严重的设备损坏和经济损失。(2)制定一套规范且严谨的运维流程。明确规定设备的检查周期,根据设备的运行工况和腐蚀风险等级,合理确定检查的频率;详细说明维护方法,针对不同类型的腐蚀问题和设备材质,制定科学有效的维护方案;严格界定维修标准,确保设备维修后能够恢复到良好的运行状态。通过规范运维流程,保证运维工作能够有条不紊地开展。(3)加强运维人员的专业培训不可或缺。定期组织培训活动,提升运维人员对腐蚀机理、各类防腐技术以及监测设备的掌握程度,使其能够准确判断设备的腐蚀状况,熟练运用各种监测设备,提高运维工作的专业性和针对性。(4)建立完善的运维档案,详细记录设备的防腐施工情况、监测数据、维护记录等信息。这些档案资料能够为后续的防腐优化工作提供重要的参考依据。

3.3 加强技术研发与应用适配

鉴于化工设备运行工况的复杂性与多样性,强化防腐技术的研发以及与实际应用的适配工作,是提升防腐水平、保障设备稳定运行的核心要点。(1)针对不同类型、处于不同工况的化工设备,需制定个性化的防腐优化方案。每类设备所接触的介质成分、温度、压力等条件各异,对防腐技术的要求也不尽相同。例如,高温高压且接触强腐蚀性介质的设备,需要具备更高耐温、耐压和耐蚀性能的防腐技术;而常温常压下接触弱腐蚀性介质的设备,则可选用相对经济适用的防腐方案。(2)要注重对现有防腐技术的改进与创新。传统防腐技术在长效防腐、复杂工况适配等方面存在一定局限性,如某些防腐涂层在长期使用后易出现脱落、老化等问题,影响防腐效果。通过研发新型防腐材料、优化防腐工艺等手段,解决这些不足,提升防腐技术的实用性和可靠性。

(3)还需加强防腐技术与设备制造、工艺优化的协同衔接。将防腐要求全面融入设备的设计、制造、安装等各个环节,确保设备在结构设计上便于防腐施工,在制造过程中选用合适的防腐材质,在安装时避免对防腐层造成破坏。同时,使防腐技术与工艺流程相适配,减少因工艺操作对设备防腐性能的影响,最大化发挥防腐效果,实现设备防腐与生产效率的协同提升^[5]。

结束语

化工设备防腐技术的优化是一项系统且长期的工作,涉及腐蚀成因剖析、痛点解决、策略制定以及配套保障措施实施等多个环节。通过控制腐蚀源头、升级防腐材料、完善施工工艺等核心优化策略,结合强化腐蚀监测、完善运维管理、加强技术研发与应用适配等配套保障措施,能够有效提升化工设备的防腐水平,延长设备使用寿命,降低设备故障率,保障化工生产的安全性与稳定性。未来,随着化工行业的不断发展,还需持续关注防腐技术的新进展,不断优化和完善防腐体系,以适应日益复杂多变的化工生产工况,推动化工行业实现可持续发展。

参考文献

- [1]高小川.机械设计制造技术在化工设备中的运用实践分析[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(2):123-126.
- [2]闫绍辉.化工机械设备腐蚀与防腐措施探究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(5):164-167.
- [3]孙春良.化工机械设备及管线腐蚀管理与维护[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(10):074-077.
- [4]李兴健.化工设备防腐技术的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(23):172-174.
- [5]陈泽阳,韩刚,钱铎.化工设备设计中的防腐蚀问题[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(4):0176-0179.