

石化厂加氢裂化装置的腐蚀分析和防护

李天顺

宁波中金石化有限公司 浙江 宁波 315200

摘要: 本文详细分析了石化厂加氢裂化装置的腐蚀问题,包括腐蚀类型(如高温硫化氢腐蚀、湿硫化氢腐蚀、铵盐腐蚀等)、腐蚀机理及其对装置安全性和可靠性的影响。探讨了多种腐蚀检测与评估方法,如超声波检测、红外检测、涡流检测等,并介绍了注水防腐、原料控制、高质量焊接与材料选择等腐蚀防护措施。通过综合施策和科学管理,可显著降低加氢裂化装置的腐蚀风险,确保石化生产的安全与高效运行。

关键词: 石化厂; 加氢裂化装置; 腐蚀分析

引言: 石化厂加氢裂化装置作为炼油工业的核心设备,对原料油进行高效转化,生产高价值轻质产品,对保障能源供应和促进经济发展具有重要意义。该装置长期运行于高温、高压及含有腐蚀性介质的环境中,腐蚀问题尤为突出。本文深入分析加氢裂化装置的腐蚀类型、机理及其对装置的影响,探讨有效的腐蚀检测与评估方法,并提出针对性的防腐措施,以指导石化厂的设备管理与维护,确保生产的安全性和可靠性。

1 石化厂加氢裂化装置介绍

石化厂加氢裂化装置是炼油工业中的核心设备之一,它扮演着将重质烃类原料转化为高价值轻质产品的关键角色。该装置通过在高温、高压及催化剂存在的条件下,对原料油进行加氢处理,使其发生裂解反应,从而生成汽油、柴油等轻质馏分以及液化石油气等副产品。加氢裂化装置通常由反应系统、分馏系统、循环水系统等多个子系统组成。反应系统是整个装置的核心,其中装有催化剂床层,原料油与氢气在此混合后,经过催化剂的作用发生加氢裂化反应。分馏系统则负责将反应产物分离成不同沸点的馏分,以满足后续加工或市场需求。循环水系统则用于冷却和稳定装置的运行温度,确保各系统能够高效、稳定地运行。该装置具有原料适应性强、产品灵活性高、产品质量好等优点,能够处理包括重质原油、渣油在内的多种原料,生产出符合环保标准的高质量燃料油。同时,加氢裂化技术还能有效脱除原料中的硫、氮等杂质,降低产品的硫含量和氮氧化物排放,符合现代炼油工业绿色、低碳的发展趋势^[1]。

2 石化厂加氢裂化装置的腐蚀类型与机理分析

2.1 腐蚀类型及影响因素

在石化厂中,加氢裂化装置作为核心设备之一,因特殊运行环境,腐蚀问题突出。主要腐蚀类型有高温硫化氢腐蚀、湿硫化氢腐蚀、铵盐腐蚀、氢损伤及不锈钢

的硫化物应力腐蚀开裂。高温硫化氢腐蚀常发生在反应系统高温段,受温度、硫化氢浓度、氢气分压及材料成分等影响,高温高压下腐蚀速率加快。湿硫化氢腐蚀多在设备低温且含水部位,如冷凝器、冷却器等,与硫化氢浓度、温度、湿度及介质流速密切相关。铵盐腐蚀由原料中的氮、硫、氯等杂质与氢气反应生成铵盐晶体沉积所致,受原料硫、氮、氯含量,操作温度、压力及设备清洗频率影响。氢损伤包括氢脆、氢致剥离等,与氢分压、温度、材料微观结构及热处理工艺相关。不锈钢的硫化物应力腐蚀开裂受不锈钢成分、组织结构、应力水平及介质条件影响。

2.2 腐蚀机理及成因分析

加氢裂化装置各类腐蚀成因各异。高温硫化氢腐蚀是硫化氢在高温下与金属表面反应生成金属硫化物,氢气加速硫化物扩散渗透,致金属晶格畸变脆化。湿硫化氢腐蚀为电化学过程,水与硫化氢形成电化学反应膜,产生腐蚀电流并溶解材料,还伴有氢脆现象。铵盐腐蚀因铵盐晶体沉积形成垢层,垢下局部浓缩加速腐蚀,且可能滋生微生物,还会引起设备堵塞和传热效率下降。氢原子在高温高压下通过材料缺陷进入内部,聚集形成甲烷气泡致材料脆化开裂。不锈钢的硫化物应力腐蚀开裂是硫化物破坏不锈钢表面钝化膜,加上应力作用而开裂,其敏感性受成分、组织结构及热处理工艺影响。

2.3 腐蚀对装置安全性和可靠性的影响

加氢裂化装置的腐蚀问题对装置的安全性和可靠性产生严重影响。腐蚀不仅会降低设备的承压能力和使用寿命,还可能引发泄漏、爆炸等安全事故。例如,高温硫化氢腐蚀和湿硫化氢腐蚀会导致设备表面和内部的严重损伤,降低材料的强度和韧性,增加泄漏的风险;铵盐腐蚀则会引起设备的堵塞和传热效率下降,影响装置的稳定运行。铵盐晶体的存在还可能对设备的密封性

能产生不良影响, 进一步增加泄漏的风险; 氢损伤和不锈钢的硫化物应力腐蚀开裂更是对装置安全构成了直接威胁。这两种腐蚀类型往往导致材料在无明显塑性变形的情况下突然断裂, 这种脆性断裂难以预测, 且一旦发生, 后果将十分严重。它可能直接引发设备失效, 甚至造成整个生产线的停运, 带来巨大的经济损失和社会影响。另外, 腐蚀还会对加氢裂化装置的产品质量和生产效率产生负面影响。腐蚀产物可能混入产品中, 影响其纯度和质量, 降低市场竞争力。由于腐蚀导致设备性能下降, 可能需要进行更频繁的维修和更换, 增加了生产成本和停机时间, 降低了生产效率; 更重要的是, 腐蚀还会对环境造成潜在危害。泄漏的烃类混合物和有毒气体如硫化氢等可能污染大气和水体, 对生态环境和人类健康构成威胁。因此, 防止和减轻加氢裂化装置的腐蚀问题不仅是保障生产安全和可靠性的需要, 也是履行企业社会责任、保护环境和公众健康的必然要求。

3 加氢裂化装置的腐蚀检测与评估方法

3.1 腐蚀检测技术

在加氢裂化装置的腐蚀管理中, 检测技术是预防和诊断腐蚀问题的关键环节。这些技术不仅需具备高精度和高灵敏度, 还需能适应高温、高压、临氢等极端操作环境。

3.1.1 超声波检测技术

超声波检测因其非破坏性和广泛的适用范围, 在加氢裂化装置的腐蚀检测中占据重要地位。该技术通过发射高频超声波并接收其反射信号, 分析信号的变化来判断材料内部的缺陷或腐蚀情况。例如, 利用超声波可以检测到堆焊层下的再热裂纹、氢致剥离等隐蔽缺陷; 针对多层热套和多层包扎压力容器, 超声波检测也能实现有效的无损检测。

3.1.2 红外检测技术

红外检测技术利用物质表面红外辐射的差异来识别腐蚀区域。在高温环境下, 不同腐蚀程度的材料表面会表现出不同的红外辐射特性。通过红外热成像仪, 可以直观地观察到设备表面的温度分布, 进而判断是否存在腐蚀引起的热异常区域。这种方法在加氢裂化装置的外部表面检测中尤为有效^[3]。

3.1.3 涡流检测技术

涡流检测技术利用电磁感应原理, 通过探头在金属表面产生涡流, 并检测涡流变化来推断材料内部的缺陷或腐蚀。该技术对材料表面的微小裂纹、剥落等缺陷敏感度高, 适用于检测加氢裂化装置中复杂形状部件的腐蚀情况。此外, 涡流检测还具有检测速度快、操作简便

等优点。

3.1.4 实时成像技术

实时成像技术结合了多种传感器和图像处理技术, 能够在设备运行过程中实时捕捉并显示设备内部的腐蚀情况。例如, 采用内窥镜技术可以直观地观察到加氢反应器内部的腐蚀形态和分布; 而激光扫描技术则可以快速生成设备内部的三维图像, 为腐蚀分析提供准确的数据支持。

3.2 腐蚀评估方法与标准

腐蚀评估是加氢裂化装置管理中至关重要的一环, 它旨在精确确定腐蚀的严重程度, 预测腐蚀的未来趋势, 并据此制定有效的应对策略。评估方法主要分为三类: 一是基于经验的评估, 此法依赖工程师的专业知识和历史数据, 虽简便快捷但存在一定主观性; 二是定量评估, 通过复杂的数学模型和精确的计算公式, 对腐蚀速率、剩余寿命等关键参数进行科学预测, 结果更为可靠但需要大量数据支持; 三是遵循行业标准与规范, 如API和NACE等权威机构制定的标准, 这些规范不仅详述了评估流程和技术参数, 还提供了实用的工具和模型, 为工程师提供了坚实的依据。

3.3 腐蚀情况监测与数据分析

为了确保加氢裂化装置的安全运行, 腐蚀情况的实时监测与深入分析不可或缺。现代石化厂普遍部署了在线腐蚀监测系统, 该系统集成了多种传感器和数据处理技术, 能够连续监测并记录设备的温度、压力、介质成分和电位差等关键参数, 实现对腐蚀过程的即时跟踪; 定期的离线检测如目视检查、超声波测厚和涡流检测等, 也是确保监测全面性和准确性的重要手段。收集到的腐蚀数据通过统计分析、趋势分析和模型预测等科学方法进行处理, 揭示腐蚀的规律和趋势, 为防腐策略的制定提供科学依据。同时, 建立完善的数据管理系统, 利用数据挖掘和机器学习技术, 能够进一步提升数据利用效率, 为决策提供有力支持。这些措施共同构成了加氢裂化装置腐蚀管理的坚实后盾, 保障了石化生产的安全性和效率。

4 石化厂加氢裂化装置腐蚀防护措施研究

4.1 注水防腐措施

注水防腐是加氢裂化装置中常用的防腐手段之一, 其核心在于通过注入适量的水以改变介质环境和控制腐蚀因素。在加氢裂化过程中, 硫化氢等腐蚀性物质在高温下易与金属表面反应, 导致严重的腐蚀问题。而适量注水可以有效稀释介质中的腐蚀性成分, 降低硫化氢等物质的浓度, 从而减缓腐蚀速率; 注水防腐措施包括在

加氢裂化装置的关键部位设置注水点,如反应器入口、换热器前等,确保水能够均匀、有效地分布在整个系统中。要根据介质的组成和操作条件,精确控制注水量和注水温度,以达到最佳的防腐效果;注水防腐还需要注意水质的控制,避免水中含有的杂质对设备造成二次腐蚀。

4.2 原料控制措施

原料作为加氢裂化装置的初始输入,其质量状况直接关联到装置运行的安全性、稳定性以及腐蚀防护的有效性。因此,实施一套全面而细致的原料控制措施,对于预防和控制加氢裂化装置的腐蚀问题至关重要。第一,原料筛选与检验的严谨性需进一步提升。这不仅要求对每批原料进行严格的质量检验,包括对其硫、氮、氯等腐蚀性元素的含量进行精确测定,确保其符合国家或行业标准,还应建立原料供应商评估体系,优先选择信誉良好、产品质量稳定的供应商。对于高硫、高氮等特殊原料,应预先制定针对性的预处理方案,如采用加氢脱硫、脱氮技术,或在混合配比时适量加入低硫、低氮原料以稀释其腐蚀性,从而从源头上减轻装置的腐蚀负担。第二,在原料的输送与储存环节,必须实施严格的密封与隔离措施。原料管道应采用耐腐蚀材料制造,并定期检查维护,确保无泄漏点。输送过程中,应保持适当的温度和压力,避免过高或过低的条件导致原料性质发生变化。储存方面,应选用具有良好密封性的储罐,并定期检查储罐的防腐涂层和密封结构,防止空气、水分等杂质渗入;储罐内部应定期清洗,以去除可能沉积的腐蚀性物质,保持储存环境的清洁与干燥。第三,原料的定期分析与检测也是不可忽视的重要环节。通过建立完善的原料分析检测制度,可以实时掌握原料成分和性质的变化情况,及时发现潜在的腐蚀风险。对于检测结果异常的原料,应迅速采取应对措施,如调整配比、改变操作条件或退回供应商等,以确保装置运行的平稳与安全。

4.3 高质量焊接与材料选择

焊接是加氢裂化装置制造和维修过程中不可或缺的一环。焊接质量的好坏直接影响到设备的密封性、强度和耐腐蚀性。因此,在焊接过程中应采用高质量的焊接材料、合理的焊接工艺和严格的检验标准,确保焊接接头无缺陷、密封可靠。在加氢裂化装置的制造和维修中,应选用耐腐蚀性能优良、机械性能稳定的材料。例

如,对于反应器、换热器等关键部件,可选用不锈钢、合金钢等耐腐蚀材料;对于密封面、阀门等易损部件,可选用高硬度、高耐磨性的材料。同时,在材料的选择过程中还需要考虑其经济性和可加工性等因素。

4.4 强化腐蚀监测与检测

强化腐蚀监测与检测是及时发现和解决腐蚀问题的有效手段。通过实时监测设备的腐蚀情况并进行定期检测,可以掌握腐蚀的发展规律、评估防腐措施的效果,并为后续的维修和更换工作提供科学依据;石化厂应建立完善完善的腐蚀监测体系,包括设置腐蚀监测点、安装在线监测设备等,以实现了对设备腐蚀情况的全面监控。同时,还应定期对设备进行离线检测和评估,如超声波测厚、涡流检测、金相分析等,以获取更详细、更准确的腐蚀数据^[4]。在此基础上,还应对腐蚀数据进行科学分析,并结合设备的运行情况和操作条件,制定合理的防腐策略和维护计划。石化厂加氢裂化装置的腐蚀防护措施需要从多个方面入手,包括注水防腐、原料控制、高质量焊接与材料选择以及强化腐蚀监测与检测等。通过综合施策、科学管理,可以显著降低设备的腐蚀风险,延长设备的使用寿命,保障石化生产的安全和稳定。

结束语

综上所述,石化厂加氢裂化装置的腐蚀问题复杂且影响深远,需要采取综合性的防护措施进行有效应对。通过注水防腐、原料控制、高质量焊接与材料选择以及强化腐蚀监测与检测等手段,可以显著降低设备的腐蚀风险,延长使用寿命,确保石化生产的安全和稳定。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,加氢裂化装置的防腐技术也将不断升级和完善,为石化工业的高质量发展提供有力保障。

参考文献

- [1]高美莹.加氢裂化装置设备的腐蚀分析及防护措施[J].化工中间体,2018(008):160-161.
- [2]郝文月.刘昶.曹均丰.等.加氢裂化催化剂研发新进展[J].当代石油石化,2018,26(7):29-34.
- [3]安琪琪.加氢裂化装置铵盐的腐蚀及防控[J].中国化工贸易,2018,010(021):198-199.
- [4]蒋全荣.修鹏昊.徐超.基于加氢裂化装置的腐蚀分析和防腐对策[J].中国化工贸易,2019,011(008):214-216.