

石油炼化装置防腐控制技术与经济效益分析

朱宏睿 (中国石化青岛炼化化工有限责任公司, 山东 青岛 266500)

摘要: 石油炼化装置在生产过程中会受到多种腐蚀因素的影响, 导致设备损坏和生产效率下降。为了延长设备使用寿命、提高生产效益和降低维护成本, 需要采取有效的防腐控制技术。本文介绍了石油炼化装置腐蚀的化学原理、防腐控制流程、常用防腐检测技术以及防腐控制技术的经济效益分析。

关键词: 石油炼化装置; 腐蚀控制; 防腐技术; 经济效益

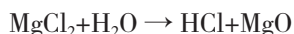
0 引言

石油炼化装置是将原油加工成各种成品油和化工产品的工业装置。在炼化过程中, 会遇到高温、高压、酸碱、盐等多种腐蚀性介质, 导致设备腐蚀。设备腐蚀会缩短设备使用寿命, 增加设备维护和更换成本, 降低生产效率, 影响产品质量, 还会造成泄漏事故, 威胁安全生产和环境安全。因此, 采取有效的防腐控制技术对于石油炼化装置的安全、高效运行至关重要。

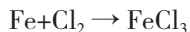
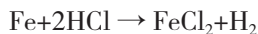
1 石油炼化装置的腐蚀化学原理

1.1 盐类物分解腐蚀

盐类物分解腐蚀是石油炼化装置中常见的腐蚀类型之一, 主要发生在高温、高压的蒸馏、裂化等装置中。原油中含有氯化钠、氯化镁等盐类物, 在高温下会发生分解, 生成氯气和盐酸等腐蚀性介质, 腐蚀设备。在高温下, 盐类物发生分解, 生成氯气和盐酸等腐蚀性介质:



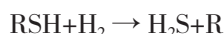
氯气和盐酸等腐蚀性介质会与设备表面的金属发生反应, 生成腐蚀产物, 导致设备腐蚀:



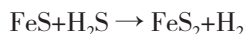
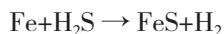
盐类物分解腐蚀的影响因素中, 原油中盐类物含量越高, 腐蚀越严重, 温度越高, 盐类物分解越快, 腐蚀越严重。压力越高, 腐蚀性介质的扩散速度越快, 腐蚀越严重, 不同的材料对盐类物分解腐蚀的抵抗能力不同。

1.2 硫化物腐蚀

硫化物腐蚀是石油炼化装置中常见的腐蚀类型, 主要发生在高温、高压的炼油、裂化、加氢等装置中。原油中含有硫化氢等硫化物, 在高温下会与金属发生反应, 生成硫化物腐蚀产物, 腐蚀设备。原油中的硫化物在高温下会分解, 生成硫化氢:



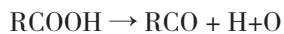
硫化氢对设备的腐蚀: 硫化氢会与设备表面的金属发生反应, 生成硫化物腐蚀产物, 导致设备腐蚀:



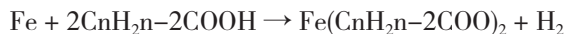
原油中硫化物含量越高, 腐蚀越严重, 温度越高, 硫化氢的生成速率越快, 腐蚀越严重。压力越高, 硫化氢的溶解度越高, 腐蚀越严重, pH 值越低, 硫化氢的腐蚀性越强, 不同的材料对硫化物腐蚀的抵抗能力不同。

1.3 环烷酸物腐蚀

环烷酸物腐蚀是石油炼化装置中常见的腐蚀类型, 主要发生在高温、高压的炼油、裂化、催化等装置中。原油中含有环烷酸等有机酸, 在高温下会与金属发生反应, 生成腐蚀产物, 腐蚀设备。原油中的脂肪酸在高温下会发生裂解, 生成环烷酸:



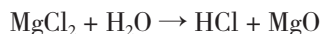
环烷酸对设备的腐蚀: 环烷酸会与设备表面的金属发生反应, 生成腐蚀产物, 导致设备腐蚀:



原油中环烷酸含量越高, 腐蚀越严重, 温度越高, 环烷酸的生成速率越快, 腐蚀越严重。压力越高, 环烷酸的溶解度越高, 腐蚀越严重, pH 值越低, 环烷酸的腐蚀性越强。

1.4 氯化物腐蚀

氯化物腐蚀是石油炼化装置中常见的腐蚀, 主要发生在高温、高压的炼油、裂化、催化等装置中。原油中含有氯化物, 在高温下会与金属发生反应, 生成氯化物腐蚀产物, 腐蚀设备。原油中的氯化物在高温下会发生分解, 生成氯气和盐酸等腐蚀性介质:



原油中氯化物含量越高,腐蚀越严重,温度越高,氯化物的分解速率越快,腐蚀越严重。压力越高,腐蚀性介质的扩散速度越快,腐蚀越严重,pH 值越低,氯化物的腐蚀性越强。

2 设备防腐控制流程

2.1 绘制腐蚀流程图

通过在线监测、离线分析等手段,定期采集设备腐蚀数据,建立腐蚀数据库,分析腐蚀趋势,预测腐蚀失效风险。利用无损检测技术,对设备进行定期检测,评估设备腐蚀状况,确定腐蚀缺陷位置和程度,严格控制原油中盐类、硫化物、环烷酸、氯化物等腐蚀性介质的含量,降低腐蚀风险。采用先进的防腐蚀技术和材料,如耐腐蚀材料、防腐蚀涂层、缓蚀剂等,提高设备的抗腐蚀能力。优化工艺流程,减少腐蚀性介质在设备内的生成和积聚,降低腐蚀速率。加强对员工的腐蚀控制知识和技能培训,提高员工的腐蚀防治意识和水平,按照国家标准和行业规范,定期对设备进行检验,确保设备的安全运行,定期评估腐蚀控制措施的效果,分析腐蚀控制成本和效益,优化腐蚀控制策略,针对腐蚀控制过程中发现的问题,及时采取措施进行整改,提高腐蚀控制效果。具体流程见图 1 所示。

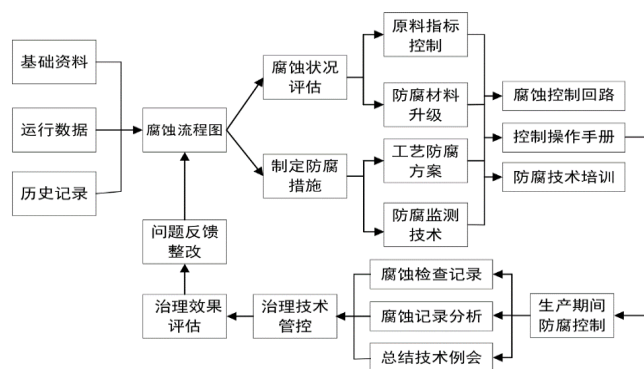


图 1 设备防腐技术控制流程图

2.2 设备腐蚀现状危险性评估

石油炼化装置设备腐蚀现状危险性评估可以提前发现风险并制定防范措施,先收集设备设计、制造、运行、维护等相关资料,包括设备材质、腐蚀介质、操作温度压力、腐蚀历史等。对设备进行现场检查,记录设备腐蚀缺陷类型、尺寸、数量、位置等信息,腐蚀利用腐蚀监测技术,测定设备的腐蚀速率,根据腐蚀缺陷的类型、尺寸、数量、位置、腐蚀速率等因素,分析设备腐蚀的危险性。

常见的腐蚀缺陷类型包括点蚀、均匀腐蚀、缝隙

腐蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀开裂等,腐蚀缺陷的尺寸越大,腐蚀缺陷的数量越多,腐蚀缺陷位于设备的关键部位,腐蚀速率越高,危险性越高。

石油炼化装置设备腐蚀现状危险性评估的结果主要分为以下几类:

①低风险:设备腐蚀缺陷较小,数量较少,位置不关键,腐蚀速率较低,危险性较低;

②中等风险:设备腐蚀缺陷有一定程度,数量有一定规模,位置有一定关键性,腐蚀速率有一定程度,危险性中等;

③高风险:设备腐蚀缺陷严重,数量较多,位置关键,腐蚀速率较高,危险性较高。

石油炼化装置设备腐蚀现状危险性评估的结果可用于制定设备维修计划,采取有效的防腐蚀措施,降低设备腐蚀风险,提高设备安全运行水平。

2.3 制定监测方案,划分易腐蚀检测点

石油炼化装置腐蚀监测方案应根据装置的工艺特点、腐蚀介质、材质、运行参数等因素,制定科学合理的监测方案,可以掌握设备腐蚀现状及发展趋势,评价设备腐蚀风险,预警设备腐蚀失效,优化防腐蚀措施。根据监测目标,选择合适的监测方法,可以利用腐蚀传感器、探针等实时监测设备腐蚀情况,定期采集设备腐蚀数据,进行实验室分析,利用超声波、射线等技术检测设备内部腐蚀缺陷。

根据装置腐蚀风险评估结果,划分易腐蚀检测点,重点监测高温、高压部位、介质腐蚀性强的部位、应力集中部位、薄壁部位和焊缝部位。根据设备腐蚀速率、风险等级等因素,确定监测频率,高风险设备每月监测一次,中风险设备每季度监测一次,低风险设备每半年监测一次。建立腐蚀数据库,对监测数据进行分析,评估设备腐蚀状况,预测腐蚀发展趋势,提出防腐蚀措施建议。

根据石油炼化装置的工艺特点和腐蚀规律,易腐蚀检测点可划分为以下几类:①原料侧:原油进料管线、储罐、加热炉、脱盐装置;②加工侧:反应釜、分馏塔、换热器、冷凝器;③产品侧:成品油管线、储罐、加氢装置;④其他:阀门、泵、管道支架和安全附件。

2.4 设定标准化管控清单与工艺操作流程

石油炼化装置腐蚀控制标准化管控清单应严格控制原油中硫化物、氯化物、环烷酸等腐蚀性介质的含量,建立原油进厂检验制度,确保原油质量符合标准。

优化工艺流程,减少腐蚀性介质的生成和积聚,控制操作温度、压力等参数,降低腐蚀速率。选用耐腐蚀材料,如不锈钢、耐酸碱材料等,对关键部位进行防腐处理,如喷涂防腐涂层等。

建立健全的腐蚀监测体系,定期对设备进行腐蚀监测,定期对设备进行检验,评估设备腐蚀状况。制定设备维护保养计划,定期对设备进行维护保养,及时修复设备腐蚀缺陷,防止腐蚀进一步发展。加强对员工的腐蚀控制知识和技能培训,提高员工的腐蚀防治意识和水平。

3 常压装置腐蚀检测技术应用分析

3.1 脉冲涡流检测技术

脉冲涡流检测技术是一种利用脉冲激励产生的涡流来检测金属材料缺陷的无损检测技术,利用脉冲激励产生的涡流在金属材料中的传播和衰减来检测缺陷。当脉冲激励电流施加到探头时,会在金属材料中产生涡流。涡流在金属材料中传播时会受到缺陷的影响,导致涡流的幅度、相位和频率发生变化。通过分析这些变化,可以判断缺陷的存在和位置。主要用于检测管道、储罐、反应釜、换热器和阀门。

3.2 电磁无损检测技术

电磁无损检测技术是指利用电磁场来检测金属材料缺陷的无损检测技术,利用电磁场在金属材料中的传播和衰减来检测缺陷。当电磁场施加到金属材料时,会在材料中产生感应电流和磁场。这些感应电流和磁场在材料中传播时会受到缺陷的影响,导致其分布发生变化。通过分析这些变化,可以判断缺陷的存在和位置。

3.3 贴片无源测厚技术

贴片无源测厚技术是一种利用电磁感应原理,通过测量贴片与被测物体之间的距离来测量物体厚度的无损检测技术,利用用电磁感应原理,当贴片靠近被测物体时,会形成一个电磁场。电磁场中的磁通量会受到被测物体厚度的影响。通过测量贴片中感应电压的变化,可以计算出被测物体厚度。

4 经济效益分析

4.1 初期投资成本分析

石油炼化装置腐蚀需要控制的初期投资成本,选用耐腐蚀材料,如不锈钢、耐酸碱材料等,需要增加材料采购成本。优化工艺流程,减少腐蚀性介质的生成和积聚,需要进行工艺改造,增加设备改造成本。对于腐蚀严重无法修复的设备,需要进行更新,增加

设备采购成本,腐蚀程度较轻的设备,可以进行改造,如喷涂防腐涂层等,增加设备改造成本。

购置和安装智能检测技术,如脉冲涡流检测、电磁无损检测等,需要增加设备采购和安装成本,购置和安装加注系统,如自动加注阻垢剂系统等,需要增加设备采购和安装成本。对于石油炼化装置腐蚀控制的初期投资成本,可以采用估算法,根据经验和类似项目的成本数据,估算出项目的投资成本。进行工程造价预算,委托专业人员进行工程造价预算,得出项目的投资成本。

4.2 长期维护与更换成本对比

石油炼化装置腐蚀控制的长期维护与更换成本中,维护成本由于腐蚀导致的设备故障和泄漏,需要频繁进行维修,增加维护成本,更换成本由于腐蚀导致的设备损坏,需要提前进行更换,增加设备更换成本。通过防腐控制技术降低了设备腐蚀速率,减少了设备故障和泄漏,降低了维护成本,延长了设备使用寿命,降低了设备更换频率,降低了设备更换成本。采用防腐控制技术的初期投资成本虽然较高,但从长远来看,可以明显降低设备维护与更换成本,获得经济效益。

4.3 生产中断时间成本估算

为了防止腐蚀导致的设备故障和泄漏,需要定期进行设备维护,这会导致生产中断,由于腐蚀导致的设备损坏,需要进行设备更换,这也会导致生产中断。防腐控制技术可以降低设备腐蚀速率,减少设备维护频率,降低生产中断时间,防腐控制技术可以延长设备使用寿命,减少设备更换频率,降低生产中断时间。装置规模越大,生产中断时间越长,造成的损失越大,维护和更换工作越复杂,生产中断时间越长,生产工艺越连续,生产中断造成的损失越大。

4.4 长期经济效益评估

石油炼化装置腐蚀控制长期经济效益评估,可通过延长设备使用寿命,减少设备更换频率,减少设备故障和泄漏,降低维修成本。减少生产中断时间,提高装置稼动率,提高产品质量,减少废品率。降低腐蚀速率,延长装置使用寿命,提高装置安全性,减少安全事故发生概率。延长设备使用寿命,提高资产价值,降低运营成本,提高资产收益率。不同的防腐控制技术具有不同的成本和效益。选择合适的防腐控制技术,可以获得最佳的经济效益。

投资回报率(ROI)是指投资项目在一定时期内获

得的收益与投资成本的比率,是衡量投资项目盈利能力的重要指标。资产价值增长是指资产在一定时期内的价值增值幅度,是衡量企业资产管理能力的重要指标。净现值(NPV)是指项目未来所有现金流入的现值与所有现金流出的现值的差额,是衡量项目盈利能力的指标。内部收益率(IRR)是指使项目净现值为零的贴现率,是衡量项目盈利能力的指标。采用防腐控制技术后,石油炼化装置的成本会下降,维护和更换成本、生产中断成本下降。会使收益增加,产量增加、产品质量提高、资产价值增长,盈利能力提高,投资回报率、净现值、内部收益率提高。

5 结论

石油炼化装置腐蚀问题是行业内普遍存在的难题,会造成巨大的经济损失和安全风险。本文针对石油炼化装置腐蚀控制技术进行了深入研究,分析了不同防腐控制技术的优缺点,并评估了其经济效益。研究表明,采用防腐控制技术可以有效降低设备腐蚀速

率,延长设备使用寿命,减少设备故障和泄漏,提高生产效率,降低维护和更换成本,提高装置安全性,延长装置使用寿命,提高资产价值,显著提高石油炼化装置的长期经济效益。

参考文献:

- [1] 张金岩,侯文涛.石油炼化设备腐蚀检测技术与防腐措施应用分析研究[J].山西化工,2023,43(08):136-138.
- [2] 王振.石油炼化管道防腐保温隔热复合涂层的制备及性能研究[D].江西理工大学,2020.
- [3] 康杰,马明明,钱铎,等.国内石油炼化企业中设备腐蚀的基本情况及防腐措施[J].化工管理,2020(13):158-159+161.
- [4] 宋鑫泽.YC石油炼化公司过程控制的精细化管理研究[D].西北大学,2018.
- [5] 赵慧慧.石油炼化企业基于ERP环境下对成本管理的探索[J].商,2014(17):92+91.

