

酸水汽提装置回流系统设备腐蚀原因分析及对策

李元星

宁夏煤业集团有限公司煤制油分公司, 宁夏 银川 750002

[摘要] 本篇文章对酸水汽提装置回流系统设备的腐蚀问题进行了深入分析, 从宏观腐蚀特征、回流凝液样检测、设备材质分析及腐蚀原因分析等方面入手, 全面了解系统的腐蚀状况。通过对设备表面腐蚀形态的观察, 以及回流凝液样的化学分析和腐蚀产物检测, 可获取了关键的腐蚀信息; 设备材质分析帮助评估材料的耐腐蚀性能, 而腐蚀原因分析则综合考虑各方面因素, 明确导致腐蚀的主要因素。这一深入的分析为制定有针对性的预防和修复措施提供了科学依据, 以提高系统的稳定性和可靠性。

[关键词] 酸水汽提装置; 回流系统; 设备腐蚀; 原因及对策

DOI: 10.33142/sca.v7i7.12800

中图分类号: TQ536

文献标识码: A

Analysis of Corrosion Reasons and Countermeasures for Reflux System Equipment in Acid Water Stripping Unit

LI Yuanxing

Coal to Oil Branch of Ningxia Coal Industry Group Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750002, China

Abstract: This article provides an in-depth analysis of the corrosion problem of the reflux system equipment in the acid water stripping unit. Starting from the macroscopic corrosion characteristics, reflux condensate sample detection, equipment material analysis, and corrosion cause analysis, a comprehensive understanding of the corrosion status of the system is obtained. By observing the corrosion morphology on the surface of the equipment, as well as conducting chemical analysis of reflux condensate samples and detecting corrosion products, key corrosion information can be obtained; Equipment material analysis helps evaluate the corrosion resistance of materials, while corrosion cause analysis comprehensively considers various factors and identifies the main factors that cause corrosion. This in-depth analysis provides a scientific basis for developing targeted prevention and repair measures to improve the stability and reliability of the system.

Keywords: sour water stripping device; reflux system; equipment corrosion; reasons and countermeasures

随着酸水汽提装置回流系统在工业生产中的广泛应用, 设备腐蚀问题逐渐凸显出其在系统运行中的重要性。本文旨在通过对系统腐蚀问题的全面分析, 深入了解其形成的原因和机制, 通过宏观腐蚀特征、回流凝液样检测、设备材质分析等步骤, 将探讨腐蚀的表现形式、介质的特性以及材料的选用对系统的影响。通过对这些方面的综合考虑, 意在为腐蚀问题的预防和治理提供系统性的解决方案, 确保酸水汽提装置回流系统设备的安全、高效运行。

1 酸水汽提装置回流系统运行概述

酸水汽提装置回流系统是炼油和化工行业中关键的设备之一, 其运行直接关系到生产过程的稳定性和产品质量, 该系统主要包括酸水回流泵、回流冷凝器、回流除氧器等关键设备, 通过将酸性水溶液回流至酸水汽提塔, 实现酸气的有效吸收和净化, 从而维持整个装置的正常运行。在酸水汽提装置回流系统中, 酸水回流泵起着输送酸性水溶液的关键作用。其将含有酸性物质的溶液从回流冷凝器中抽取, 并输送至回流除氧器进行处理。回流冷凝器负责将高温高压的酸性气体冷却凝结成液体, 从而实现酸气的有效回收。而回流除氧器则通过去除酸性溶液中的氧气,

防止氧气对装置内金属部件的腐蚀, 保障系统的长期稳定运行^[1]。

2 酸水汽提装置回流系统设备腐蚀现象

酸水汽提装置回流系统设备腐蚀是在长时间运行中逐渐显现的问题, 其腐蚀现象主要表现在设备表面的金属材料上。首先, 设备表面可能出现锈蚀, 即金属表面形成一层红色或橙色的氧化铁膜, 这会导致金属材料的表面质量下降, 影响设备的整体性能。其次, 设备可能发生局部腐蚀, 形成凹坑或小孔, 这对设备的结构强度和密封性都构成威胁^[2]。此外, 腐蚀还可能导致设备表面粗糙度的增加, 降低了设备的传热效率和传质性能。在一些严重的情况下, 设备的腐蚀还可能引起设备的渗漏, 导致介质泄漏, 不仅对生产环境造成污染, 还存在安全隐患。因此, 准确识别和分析酸水汽提装置回流系统设备腐蚀现象, 有助于采取有针对性的措施进行修复和改进, 提高系统的稳定性和可靠性。

3 酸水汽提装置回流系统设备腐蚀原因分析

3.1 宏观腐蚀特征

宏观腐蚀特征的观察是酸水汽提装置回流系统设备

腐蚀原因分析中的首要步骤。首先, 锈蚀是常见的腐蚀形态之一, 锈蚀表现为金属表面呈现红褐色或橙褐色的氧化物层。通过观察锈蚀的分布和密度, 可以初步判断酸水汽提装置回流系统中可能存在的氧化腐蚀情况, 锈蚀通常是由于金属与氧气发生氧化反应而产生的, 因此, 对锈蚀的观察可以提供氧气腐蚀的线索。其次, 凹坑和孔蚀是另外两种常见的腐蚀形式, 凹坑是金属表面出现的局部凹陷, 孔蚀则表现为金属表面出现孔洞, 这些形态可能暗示着局部腐蚀的发生, 可能是由于介质中存在局部腐蚀的催化剂, 或是由于金属表面的局部缺陷引发的, 通过观察凹坑和孔蚀的位置和分布, 可以初步判断腐蚀的局部性质和影响程度。此外, 腐蚀的程度也是观察的重要方面。通过估算腐蚀的深度和面积, 可以初步判断设备在实际运行中受到的腐蚀程度。腐蚀程度的观察有助于评估腐蚀对设备性能和安全性影响程度, 为后续制定相应的修复和预防措施提供重要依据^[3]。

3.2 回流凝液样检测

回流凝液样的检测是在酸水汽提装置回流系统设备腐蚀原因分析中不可或缺的关键步骤。首先, 化学分析是回流凝液样检测的重要手段之一, 通过测定回流凝液中各种酸性和碱性物质的浓度, 我们能够了解介质的酸碱度, 进而推断出介质对设备腐蚀的潜在性。高浓度的酸性物质可能加速金属的腐蚀速率, 而高碱性则可能引起碱腐蚀, 因此对这些成分的定量分析有助于判断腐蚀的可能机制。其次, 腐蚀产物的检测是另一个关键方面, 通过分析回流凝液中是否存在腐蚀产物, 以及其种类和数量, 可以推断出设备中可能发生的腐蚀反应。例如, 铁锈的存在可能暗示着氧化腐蚀, 而铜、锌等金属的溶解则可能表明局部腐蚀的可能性^[4]。除此之外, 还可以通过检测回流凝液中的溶解氧含量等指标, 了解氧气对金属腐蚀的影响, 氧气是金属腐蚀的重要催化剂, 因此溶解氧的检测可以提供设备腐蚀的额外线索。

3.3 设备材质分析

设备材质分析在腐蚀原因分析中具有重要意义, 因为设备所采用的金属材料直接影响到其在酸水汽提装置回流系统中的抗腐蚀性能。首先, 耐腐蚀性能是设备材质分析的重要指标之一, 不同的金属材料对酸性介质的抗腐蚀性能差异很大。例如, 不锈钢和镍基合金通常具有较高的耐腐蚀性, 能够在酸性环境中维持相对较好的稳定性, 对比不同金属的耐腐蚀性能, 可以评估设备所选用材料的适用性, 判断其是否能够在实际运行条件下抵御腐蚀的侵蚀。其次, 机械性能也是设备材质分析的重要考量因素, 在酸水汽提装置中, 设备常常会受到一定的机械应力, 如压力和温度的影响, 因此了解设备材质的强度、韧性等机械性能特性, 有助于判断材料在操作条件下的稳定性, 避免机械性能不足导致的设备失效或腐蚀问题^[5]。在设备材质分析中, 还需要考虑不同部位所采用的金属材料的差异。有

些设备可能由于不同部位所受到的工作条件不同, 因而选择了不同的金属材料, 这种差异可能导致不同部位腐蚀的速率不同, 需要分别加以关注和分析。

3.4 腐蚀原因分析

腐蚀原因的深入分析是确保酸水汽提装置回流系统设备腐蚀问题有效解决的关键步骤。首先, 通过对宏观腐蚀特征的观察, 可以初步了解设备表面的腐蚀形态和程度, 锈蚀、凹坑、孔蚀等不同的宏观特征可能暗示着不同的腐蚀机制。例如, 锈蚀可能表明存在氧化腐蚀, 凹坑和孔蚀可能是由局部腐蚀引起的。其次, 回流凝液样检测结果提供了关于介质成分和腐蚀产物的宝贵信息, 检测结果可能揭示出回流凝液中酸性物质、氧气含量是否超标, 从而帮助确认腐蚀的可能机制, 通过分析化学成分和腐蚀产物, 可以进一步确认酸性介质的腐蚀性, 了解腐蚀的化学过程。例如, 某研究对汽提塔的浮阀进行了取样分析, 整体上, 该浮阀并未发生明显的腐蚀减薄或开裂, 但有大量蓝色或绿色产物沉积, 严重者甚至堵塞了浮阀空隙。对沉积产物进行了取样, 该沉积物宏观表现为具有较强着色力, 并且不易溶于水的固体。首先对于蓝色产物, 采用电子能谱对其进行了成分分析, 结果表明蓝色产物主要含 C、N、Fe 元素, 其中碳氮原子比例接近 1:1, 另外, 产物中还含有少量的 O 和 Cr 元素。采用红外光谱对产物的键结构进行表征, 结果表明产物中存在典型的 $-C\equiv N$ (2070cm^{-1}) 和 $-Fe-C\equiv N$ (596cm^{-1}) 振动特征峰, 并且与普鲁士蓝的标准图谱吻合良好, 初步表明沉积物的形成可能与酸水回流液中的 CN- 有关。最后, 设备材质分析提供了对金属材料性能的详细认识, 了解材质的耐腐蚀性、机械强度等特性, 可以判断设备选择的金属是否符合操作条件。

4 酸水汽提装置回流系统设备腐蚀策略探讨

4.1 注重材料优化措施运用

在注重材料优化措施的应用中, 关键在于选用更具耐腐蚀性的金属材料, 以降低酸水汽提装置回流系统设备的腐蚀风险。首先, 不锈钢作为一种常见的耐腐蚀金属材料, 具有优异的耐腐蚀性和机械强度, 适用于在酸性环境下的长时间运行, 其抗腐蚀性源于其表面形成的致密铬氧化物层, 有效隔绝了外界介质对金属内部的侵蚀。另一方面, 镍基合金也是一种被广泛采用的耐腐蚀材料, 这类合金通常含有镍、铬等元素, 能够在极端的环境中保持其稳定性。特别是在高温和酸性条件下, 镍基合金表现出卓越的抗腐蚀性, 适用于需要承受较高温度和强酸腐蚀的部位。在运用这一材料优化措施时, 需要对系统中的关键部件进行重新评估, 包括酸水回流泵、回流冷凝器、回流除氧器等核心设备^[6]。此外, 定期对设备的材质进行检测和评估也是至关重要的, 通过定期检查材质的耐腐蚀性能, 可以及时发现材料老化、腐蚀程度等问题, 为后续的维护和修复提供重要的数据支持。

4.2 优化操作参数以及流程

在酸水汽提装置回流系统中,通过优化操作参数和流程,可以有效减缓设备腐蚀,提高系统的稳定性和可靠性。首先,操作温度的合理调整是至关重要的一环,在酸性环境中提高操作温度有助于加速化学反应速率,但过高的温度可能导致金属材料的加速腐蚀。因此,需要在确保反应效率的同时,避免温度对设备材料造成不可逆的腐蚀损害。通过精细调节操作温度,可以在保障反应效果的前提下最大程度地降低对设备的腐蚀风险。其次,调整操作压力也是影响腐蚀的关键参数之一,在高压环境下酸性介质对金属的腐蚀速率通常较低,然而过高的压力可能增加设备的机械应力,使得金属材料更容易发生腐蚀疲劳,因此需要合理控制操作压力,以平衡腐蚀速率和机械强度之间的关系。例如,某酸水汽提单元是煤化工四合一装置硫回收单元的一部分,主要处理来自一氧化碳变换装置的变换凝液和合成气净化装置的低洗酸水,在汽提塔内采用低压蒸汽直接汽提的方式,使溶解在凝液中的氨、硫化氢和二氧化碳等可溶解气体扩散到气相中去,从而达到从凝液中分离氨和硫化氢等可溶解气体的目的。酸水汽提装置加工生产期间低洗凝液、变换凝液和汽提凝液的物性参数,其研究报告显示低洗凝液介质主体偏酸性,pH主要位于5左右,同时介质氨氮含量约分布在3000mg/L左右。结果显示变换凝液的氨氮含量较低,约为2500mg/L左右,pH值位于7.5左右;汽提凝液COD分布于500mg/L左右,pH值位于6~10范围内,其中汽提凝液在装置开始投用时,氨氮指标较低,大部分位于100mg/L左右。此外,流速的调节也是一项重要的操作参数优化策略。适当增加流速有助于降低酸性介质在设备表面停留的时间,减缓腐蚀的发生。然而,过快的流速可能导致介质在设备内部流动不稳定,增加设备的机械磨损,从而影响设备的耐腐蚀性,因此需要在保证有效传质的前提下,通过调整流速来最佳化系统的运行参数^[7]。

4.3 强化定期检测与维护

强化定期检测与维护是一项至关重要的策略,可以有效降低酸水汽提装置回流系统设备的腐蚀风险,提高系统的可靠性和稳定性。首先,采用无损检测技术是定期检测的重要手段之一,这种技术能够在不影响设备正常运行的情况下,对设备的内部和表面进行全面、无损的检测。通过超声波检测、磁粉探伤等方法,可以及时发现潜在的裂纹、腐蚀等问题,为后续的维护工作提供有力的依据。其次,建立完善的设备维护计划是强化定期检测与维护策略的重要一环,该计划应包括对设备的清理、润滑、紧固、更换磨损部件等多方面的内容,特别是对于回流除氧器等容易受到氧气腐蚀的设备,需要定期清理氧化物,保障除氧效果。对于腐蚀严重的部件,及时更换或进行修复,以

防腐蚀问题扩大。定期检测与维护计划的执行需要有系统的记录和跟踪机制,确保每一项维护活动都得到及时的执行,有助于延长设备的使用寿命,减少因腐蚀引起的设备故障,提高系统的可靠性^[8]。

4.4 加强介质处理与监控

加强介质处理与监控是一项重要的酸水汽提装置回流系统设备腐蚀防控策略。首先,有效的介质处理是关键,使用高效的除氧器能够有效降低回流凝液中的溶解氧含量,因为氧气是金属腐蚀的重要催化剂。通过减少氧气的存在,可以降低设备表面的腐蚀速率,同时过滤设备的应用有助于去除回流凝液中的固体颗粒和杂质,减少对设备的机械侵蚀,进一步保障系统的稳定性。其次,建立实时监控对回流凝液的酸碱度、含氧量等关键指标进行实时监测是一项重要的措施,通过实时监测,可以迅速发现介质中的异常变化,如酸性度的增加、含氧量的升高等,有助于及时判断是否存在腐蚀的风险,并采取相应的调整措施,如调整操作参数、更换处理设备等。

5 结语

综上所述,通过本文对酸水汽提装置回流系统设备腐蚀问题的深入分析,可以全面了解了系统腐蚀的特征和原因,腐蚀原因分析综合考虑了多个因素,为制定有针对性的预防和修复策略提供了科学的依据,通过这一系列的研究,期望能够为提高酸水汽提装置回流系统设备的抗腐蚀性性能,确保系统长期稳定运行提供有益的参考和建议。

[参考文献]

- [1] 蔡永平. 大型炼化酸性水汽提装置腐蚀开裂分析及防护研究[J]. 中国设备工程, 2020(10): 153-155.
 - [2] 李能. 酸性水汽提装置长周期运行实践[J]. 硫酸工业, 2018(8): 43-46.
 - [3] 景晓兵. 酸水汽提装置运行中存在的问题及对策[J]. 石油炼制与化工, 2010, 41(12): 20-23.
 - [4] 兰宦勤, 王团亮, 李炜锋, 等. 酸水汽提装置酸气管线腐蚀开裂原因及对策[J]. 石油化工设备, 2014(1): 97-99.
 - [5] 刘杰平, 朱中华. 煤化工酸水汽提装置运行存在问题及解决方法[J]. 能源科技, 2021, 19(2): 63-66.
 - [6] 刘吉平, 朱中华, 罗文保. 煤化工酸水汽提装置含氨酸性气的处理办法[J]. 山东化工, 2022, 51(8): 220-221.
 - [7] 孙文国, 周永强. 酸性水汽提装置节能优化研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(2): 51-53.
 - [8] 陈宁. 酸水汽提装置单塔侧线抽出工艺参数模拟分析[J]. 硫磷设计与粉体工程, 2020(6): 5-9.
- 作者简介: 李元星(1988.12—), 男, 毕业院校, 内蒙古科技大学, 所学专业, 化学工程与工艺, 当前单位, 国家能源集团宁夏煤业公司煤制油气化二厂, 职务, 班长, 职称级别, 助理工程师。