

乙烯裂解装置稀释蒸汽发生器泄露原因分析

杨克功

身份证号: 6401111986****3116

【摘要】由于工艺水系统存在腐蚀性介质,而工艺防腐措施实施过程中操作不平稳,造成工艺水系统呈酸性或碱性腐蚀环境,在一定温度、压力和流速下与汽蚀作用叠加,造成了稀释蒸汽发生器管束局部的严重腐蚀泄漏。因此,需要加强工艺水系统腐蚀性介质监测,优化工艺水 pH 值控制参数,精细化管理工艺水系统工艺防护措施,优化完善稀释蒸汽发生器的操作工艺,并加装流量调节装置,平均分配工艺水的流量,防止因偏流造成单台稀释蒸汽发生器发生严重的局部腐蚀。本文就此进行了探究。

【关键词】 乙烯裂解装置; 稀释蒸汽发生器泄露; 泄露原因

引言

近几年来,由于市场需求量的增加和新的生产装置的建设,使我国的乙烯工业得到了前所未有的发展。乙烯是我国工业“龙头”,位于石化工业“金字塔尖”,涉及石化工业的全部运行单元,且存在着高温、高压、低温等多个严苛工况,热解原料成分多样,热解反应机理复杂,反应与分离过程参数多变等问题,因此,对该领域的研究具有重要意义。近几年来,人们对乙烯裂解装置的腐蚀和防护问题进行了广泛的研究和实践,文章对当前所做的防腐工作进行了综述,并就应注意的一些问题提出了一些看法。

1 乙烯裂解装置腐蚀泄漏问题

1.1 腐蚀问题

由于炉内产生了较高温度的碳化物,从而导致了乙烯热裂解过程中的腐蚀。高速冲蚀的材料。热裂解过程中产生的 H₂S 和 CO₂ 等酸性气体,以及 COS、CS₂、RSR 等微量有机硫化物对热裂解过程的侵蚀作用。介绍了 CO₂ 和 H₂S 在生产过程中的腐蚀情况。锅炉进水质量差,造成设备在结垢下发生缺氧腐蚀、酸蚀。清焦和启动时产生的温度差和热变形应力侵蚀。由于循环冷却水造成的被腐蚀的焊接部位发生了 SCC。极低的温度导致材料的破坏和腐蚀。高温下的氧化、腐蚀、热疲劳等。在这些因素中,炉膛内的碳化是最普遍和最严重的,其次是水的侵蚀。氢气,硫化氢,二氧化碳,有机酸,氢氧化钠等是主要的腐蚀介质。

1.2 腐蚀监测情况

某裂解装置,多年来采用工艺防锈和材料更新两种方法,有效地降低了设备的腐蚀;虽然在实际应用中取得了一定的缓蚀作用,但对体系的腐蚀仍未得到有效控制。该设备使用了腐蚀介质监控、在线腐蚀探头和定点测量等技术,采用旁通实验釜和停机期间的腐蚀检测等

方法,构建了一套腐蚀监控体系。从当前的监测情况来看,急冷单元的工艺水系统、压缩机段间系统、脱戊烷塔塔顶冷凝冷却系统的 pH 值和铁离子含量变化比较大,压缩及下游工艺管线有显著的减薄现象,说明系统仍存在较严重的腐蚀。

2 乙烯裂解装置稀释蒸汽发生器泄露原因

我们 100 万吨/年乙烯裂解装置,稀释蒸汽系统的稀释蒸汽发生器(E-11211ABCD),正常是三开一备,自 2017 年开工以来,腐蚀泄漏问题频发,特别是在 2020 年以来,每台换热器运行 6 个月就要工艺交出堵漏,已经有稀释蒸汽发生器 E-11211ABC 共 3 台已经更换新管束。2023 年 5 月大检修时对 4 台稀释蒸汽发生器进行检查消漏,5 月底检修结束开车,运行至 8 月份,稀释蒸汽发生器 E-11211D 已经发生内漏情况(有 4.5%的管束泄露),严重威胁了装置的安稳长满优运行。

2.1 宏观检查

宏观检查发现,稀释蒸汽发生器 E-11211D 管束内壁及管板无明显腐蚀现象,腐蚀情况发生在管束外壁。稀释蒸汽发生器 E-11211D 泄漏部位发生在气液相变区域,上部管束外表面有大量的腐蚀麻点;从单根换热管来看,减薄及泄漏区域发生在管子上部,呈纵向沟槽形貌,沟槽有逐层剥落痕迹,宽 15~20mm;沟槽边缘平滑,局部减薄严重区域穿孔、破裂;失效部位有明显的“马蹄形”形貌,并有明显的冲击痕迹。

2.2 微观检查

对管束上部失效部位进行微观检查。单一的腐蚀坑出现大量的“岛状”形貌,同时腐蚀坑中可见有类似“疲劳辉纹”的形貌,局部有微小裂纹产生。这是空泡腐蚀的偶尔可见的典型微观形貌,由此可以判断,管束存在汽蚀的可能。当流体与金属构件作高速相对运动时,会在金属表面局部地区产生涡流,并伴随有气泡的迅速生成和破灭,呈现与点蚀类似的破坏特征^[1]。这种条件下

发生的磨蚀被称为空泡腐蚀,是冲刷腐蚀的一种特殊形式。当液体内的静压力突然下降到低于同一温度下液体的蒸气压时,在液体内部就会形成大量的空泡,而空泡群进入较高压力的位置时,空泡就会溃灭。由于空泡的溃灭速度不同,远离壁面的空泡壁将较早地破灭,而最靠近材料表面的空泡壁破裂较迟,使流体内形成向材料表面的流体冲击波^[2]。这种流体冲击波的反复作用会引起材料的疲劳破损甚至表面剥蚀,使材料表面形成许多细小的麻点,随着冲击的持续,麻点逐渐扩大,直至穿孔。稀释蒸汽发生系统管程介质为低压蒸汽,上进下出,入口温度 249℃(最高 305℃),压力 1.4MPa,出口温度 197.7℃左右,压力约 1.1MPa;壳程介质为工艺水,下进上出,入口是 0.77MPa 的饱和水,出口为气相,压力约 0.78MPa,温度 172℃左右。通过二次过热后 1185℃时的饱和蒸气压为 0.78MPa。因此,壳程介质在出口之前就已经产生了大量的蒸汽,不可避免地会产生汽蚀,并且在相变区域,腐蚀性介质会浓缩,浓度急剧增大,对金属表面产生强烈的腐蚀作用。

2.3 材质及金相分析

采用直读光谱仪对失效管束材质进行成分分析。稀释蒸汽发生器管束的材质成分满足 GB/T1591—2008 中 Q345E(16Mn)的要求。对失效管束进行金相组织分析。管束外壁侧有明显局部减薄情况,且腐蚀坑具有明显的方向性,坑底圆滑;管束内壁未发生腐蚀和冲刷,管壁未见减薄,金相组织为铁素体+珠光体^[3]。由此可以判断,腐蚀发生在管束外壁,是壳程介质的作用造成的。检查稀释蒸汽发生器管束内壁及管板,无明显腐蚀现象。

2.4 工艺介质分析

根据工艺流程可知,稀释蒸汽发生器壳程用于产生

稀释蒸汽的工艺水中残存着由裂解气带来的 H₂S、CO₂、O₂、低分子有机酸等腐蚀性介质,随着温度、压力、流速的变化,这些腐蚀性介质会对下游工艺水系统所涉及的容器、冷换设备、动设备及管线产生一定的腐蚀。该装置通过在工艺水汽提塔进口处的工艺水系统中注胺、注碱和注软水来调整、控制稀释蒸汽系统工艺水的 pH 值介于 7~9 之间,以减轻工艺水系统中的腐蚀性介质对系统的腐蚀影响^[4]。2021 年 1 月 1 日~2022 年 5 月 22 日工艺水系统 pH 值变化情况(aP30003 是稀释蒸汽分离罐罐底水质情况)。现场调查发现,装置根据每周两次的离线分析数据,凭经验不定期手动调整注碱泵,来控制工艺水系统的 pH 值。这种调整方式会导致注碱调整滞后、注量少和过量的情况出现,影响工艺水系统 pH 值的稳定,使工艺水系统的设备和管线长时间处于酸性或碱性交替的腐蚀环境中,在一定的温度、压力和流速作用下,造成设备的腐蚀加剧。

3 结束语

通过对稀释蒸汽发生器的腐蚀形貌、管束材质、工艺介质、腐蚀整体状况进行分析,确定泄漏原因是工艺水系统存在腐蚀性介质,而工艺防腐措施的操作不平稳,造成工艺水系统呈酸性或碱性腐蚀环境,在一定温度、压力和流速下,与汽蚀作用叠加,导致稀释蒸汽发生器管束局部产生严重的腐蚀泄漏。

【参考文献】

[1]郑金航.乙烯裂解装置急冷塔焊缝裂纹问题分析探讨[J].质量技术监督研究,2020,(04):35-38.

[2]孙继锋,张剑,马琪.在线气体分析仪在乙烯裂解装置中的应用[J].化工自动化及仪表,2020,47(03):260-263.

作者简介:杨克功(1986.9—),男,回族,本科学历,中级工程师,主要从事裂解装置操作工作。