

石油化工行业加氢装置换热器故障分析与预防

唐玉峰, 聂阳阳, 李国旗

(科谷节能技术(山东)有限公司, 山东 东营 257335)

摘要: 本文主要围绕石油化工行业加氢装置换热器的故障分析与预防展开研究。首先介绍了石油化工行业加氢装置换热器运行中常见的故障问题, 包括设备腐蚀故障、设备密封故障和设备结晶结垢故障。其次探讨了石油化工行业加氢装置换热器故障的诊断方法和内容, 包括换热器外部检查、无损检查、金相检查和硬度检测等。分析了石油化工行业加氢装置换热器故障发生的原因, 包括循环氢流量、进料量及温度影响以及冷剂与塔顶回流中断等因素的影响。在解决问题方面, 讨论了加大设备生产质量控制力度、改进石油化工生产工艺以及定期清理换热器等措施。最后提出了石油化工行业加氢装置换热器故障预防的对策, 包括加强加氢换热器管理力度、操作管理水平和维护保养水平的提升。

关键词: 石油化工行业; 加氢装置; 换热器故障; 预防

中图分类号: TE65

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.18.045

当下, 国家与有关部门对生态环境保护工作的重视程度日渐提升, 需要石油化工行业在未来发展过程中肩负起节能减排的重要职责, 降低油品中的硫含量。我国石油化工产业主要借助加氢技术脱离石油产品中的硫醇性硫, 确保生产出的石油产品满足国家环保标准要求。由于在实际生产过程中加氢换热器接触到的原料具有易燃易爆特性, 加氢反应也属于一种强放热反应, 因此极容易在高温高压情况下出现氢脆情况进而导致换热器出现故障。

1 石油化工行业加氢装置换热器运行故障问题

1.1 设备腐蚀故障

石油化工行业加氢换热装置在运行过程中, 腐蚀破坏问题最为常见, 具体可分为氢腐蚀、高温硫化腐蚀、应力腐蚀以及晶间腐蚀等多种类型。加氢装置换热器腐蚀污染问题多发生在温差较大的情况下, 焊接残留应力、管路弯头处也容易出现腐蚀问题。

加氢装置换热器氢腐蚀问题多是由于换热器长期处于高温高压运行环境下, 氢离子被逐步分解成氢原子, 借助金属晶格或者晶格的扩散反应进入到金属材料中, 与金属材料的不稳定碳化物发生化学反应, 最终生成甲烷气体^[1]。甲烷气体生成后会导致气泡逐渐累积, 在晶间空穴以及非金属夹杂的位置上出现局部换热器压力升高的情况, 进而导致钢强度及韧性下降。

应力腐蚀是金属材料受到静拉应力与腐蚀介质共同影响, 表面氧化膜受到一定程度破坏, 进而形成阴极、阳极。阳极处的金属在高温高压情况下形成离子并被逐步溶解, 使破坏表面受到严重腐蚀。在静拉应力的影响下, 被破坏处也会逐步形成裂缝, 导致换热器发生断裂问题。

1.2 设备密封故障

石油化工行业在使用加氢装置换热器接触氢气以及石油类反应介质时, 很容易发生火灾、爆炸等安全事故^[2]。由于外界反应温度及压力会高于外界气压, 且生产过程中不得出现任何泄漏问题, 因此需要着重关注换热装置加氢气后的密封性。

加氢装置换热器密封故障可分为内泄漏、外泄漏两种类型。内泄漏发生频率更高, 多数是由于加氢装置换热器在受到腐蚀或焊接作用的影响下, 换热管及固定管板连接处出现开裂、破坏等问题。此类故障发生在换热器内部, 因此检测难度大, 对换热器运行期间的安全稳定性将会造成严重不利影响。

1.3 设备结晶结垢故障

石油化工加氢装置换热器由于运行时所处的流体介质组分较为复杂, 故在具体运行过程中极容易出现结晶结垢现象。结晶结垢问题又会衍生出化学反应结垢、粒结垢、生物结垢等多种类型。其中, 化学反应结晶结垢最为常见, 化学反应过程中的硫化物、氮化物以及加氢氯化物产生的氯化氢副产品会与环境中的其他介质反应而生成氯化铵。环境温度下降时, 此类物质会附着到换热管管壁上, 导致换热器的传热效果下降, 最终影响到加氢装置实际运行过程中的安全稳定性。在没有及时解决化学反应结晶、结垢问题的情况下, 换热器还极易发生管路堵塞问题, 该问题最终会引发爆炸等严重安全事故。

2 石油化工行业加氢装置换热器故障诊断

2.1 加氢装置换热器故障诊断内容

(1) 换热器外部检查

换热器外部检查工作主要是由相关技术人员借助肉眼观察的

方式对换热器外观进行检查,检查设备外表处是否出现腐蚀现象^[3]。

(2) 无损检查

无损检查方式是现阶段最为常见的检查技术手段之一,在使用过程中不会对设备内外结构造成损坏。无损检查主要检查内外换热装置管板角焊缝处是否有开裂现象,通过使用无损检测技术手段能及时发现角焊缝初期膨胀等。

(3) 金相检查

金相检查方式就是利用显微镜开展检查工作,以发现换热器外部较为细微的结构缺陷,结合晶格发展情况推断换热器内部结构是否出现裂缝。

(4) 硬度检测

硬度检测主要是对换热器管板以及角焊缝部位进行检测。如果发现硬度超过初期设计值,则说明换热器内部产生了明显的残余应力,这将会导致裂缝故障出现概率进一步提升。

2.2 加氢装置换热器故障诊断方法

在加氢换热器装配系统故障诊断环节使用数据处理技术,需要明确数据录入格式要求,尽量减少数据录入期间的字段输入量,提高加氢换热器装配构件及各检测设备的数据格式的兼容性。还需要结合现有规范要求及常用格式生成结果文件以及图表资料,从而提高数据处理水平。

现有故障诊断系统还具备查询功能,可以满足不同部门及维修人员关于故障诊断及维修环节的信息查询的要求,直观展现出设备运行参数以及最大值,帮助开展局部查询或整体查询工作,从而为维护工作提供更加全面的装配构件运行状态信息^[4]。在故障诊断系统中还设有完善的报警值,以便及时发现并解决存在于加氢换热器装配活动中的故障问题,提高故障诊断水平。为从根本上提升加氢换热器装配构件诊断效果,还需要加大资金投入力度,在加氢换热器装配构件选型与检修过程中投入充足的资金,从而有效消除加氢换热器装配安全隐患。

对故障智能诊断案例进行分析,结合加氢换热器质量故障表单数据库,验证诊断技术的可行性。通过加氢换热器质量故障表单中包括的类型、偏离描述、零件名称、偏差描述等内容明确科目属性,开展对历史表单及新表单的属性简约与分词操作。明确加氢换热器故障类型、偏离描述、零件名称与偏差描述,提出纠正措施说明与处置说明,找寻出各属性内容、数据表达方法。

3 石油化工行业加氢装置换热器故障问题发生原因

3.1 循环氢流量

加氢装置换热器在实际运行过程中的反应氢主要包括反应床打进的急冷氢、炉前混氢等。在炉前混氢经过装置加热后,可以将其与原料油混合并送入到反应器入口,反应环节产生的

氢气流量对温度平衡性会造成直接影响。在产品正式生产环节,加氢裂化以及加氢精制过程均发生放热反应。在床层温度大于12~13℃的情况下,裂变速度会增加1倍;床层温度超过25℃的情况下,裂变速度会增加4倍。

注入急冷氢会对反应催化床运转期间的反应温度造成极大影响。因此在其他操作因素保持不变的情况下,换热器温度及急冷氢气流之间会呈现出负相关关系。

急冷氢流量的持续增加虽然能够有效提升换热器内部的气相流量值,但操作期间的安全滞留反应时间也会随之延长,对加氢装置与换热器的运行效率造成直接影响^[5]。不仅如此,急冷氢气流也会降低加氢反应装置整体转化率,导致循环压缩泵的能耗量进一步上升。

在氢流量较小的情况下,难以对床层温度进行及时调整,致使床层温度快速上升,进而导致设备在运行环节出现故障问题。

3.2 进料量及温度影响

在石油化工加氢装置其他生产条件保持不变的情况下,进料量、换热器的温度会呈现出先上升后下降的特征。由于进料量增加,装置整体内控速度会增加,单位时间内的催化剂原料数量上升较快,致使原料与催化剂反应时间变短,进而导致石油化工产品质量受到不利影响。换热器在长时间处于高温运行状态时,更容易发生安全事故。

不仅如此,进料温度、换热器运行温度之间具有正相关关系。由于加氢裂变属于放热反应,因此进料温度增加会使换热器末端反应速度明显加快。如果进料温度过高,催化剂床层会出现结焦问题,导致机械结构出现故障。

3.3 冷剂与塔顶回流中断

加氢装置换热器中的其他控制器处于正常运行状态时,系统整体运行参数也会维持在正常运行状态^[6]。塔顶冷剂中断情况极容易引发塔顶超温问题。如果塔顶温度超过原始设计温度,塔顶产品的组分会变重,进而影响产品质量。

塔顶回流中断也会导致温度升高,严重影响到组分的质量。塔顶回流中断也会使塔顶温度升高,导致柴油、煤油的回收量增加,产出的石油产品质量难以得到根本保障,严重影响石油化工行业生产的经济效益。

4 石油化工行业加氢装置换热器故障解决措施

4.1 加大设备生产质量管控力度

为使石油化工行业加氢装置换热器始终保持安全可靠的运行状态,应当在原有基础上加大产品生产质量管控力度。负责生产加氢设备的厂家需要严格遵循现行国家标准,选择适宜的板材以及管道材料,组织开展多次质量检验。

换热器生产环节的管子、管板接头处应当使用强度焊张贴，并选择适宜的焊接工艺进行焊接。这样做可以确保管道与管板接头的45℃坡口伸出脚接头部位的密封性满足实际生产要求。此外，管头的伸出长度值应控制在3~5mm范围内。

4.2 改进石油化工生产工艺

石油化工生产工艺将会直接影响加氢换热装置运行状态及故障控制效果，石油化工企业需要在具体生产过程中结合直馏蜡油、焦化蜡油以及外购蜡油等不同蜡油种类含量的差别，对掺量比例进行灵活调整，确保混合生产原料的总氯含量与我国制定的标准相符。

在石油化工生产环节，生产管理人员需要加大安全管理监督力度。如换热器表面出现结盐问题，应当及时做好注水调整工作，从根本上提高实际注水量，避免结晶物质对散热器造成堵塞或腐蚀。

4.3 定期清理换热器

针对换热器结构堵塞故障，需要对换热器进行及时清理，配合使用机械清洗、高压水清洗以及化学清洗的方式，使换热器始终处于洁净状态。如换热器出现聚合物堵塞故障问题，应当使用手电钻进行清洗。

5 石油化工行业加氢装置换热器故障预防对策

5.1 加大加氢换热器管理力度

由于加氢换热器多在复杂环境下运行，极易受外界不良环境因素影响，加氢换热器故障问题发生概率很高。为切实提升加氢换热器管理水平，需要结合企业生产经营建设特征，切实优化加氢换热器管理机制。

5.2 提高加氢换热器操作管理水平

为切实保障石油化工生产期间的质量与效率，在加氢换热器管理工作开展期间，相关工作人员应当严格遵循安全第一原则，加大加氢换热器安全操作管理力度^[7]。现阶段应用于石油化工生产中的加氢换热器更新换代速度不断加快，原有加氢换热器安全操作与管理水平依然无法满足现阶段石油化工实施要求，仍需紧抓加氢换热器安全操作流程，对加氢换热器安全管理环节不断进行归纳、提炼以及完善。注重更新加氢换热器运维技术要求、安全要求，明确不同加氢换热器运行期间的安全操作流程，确保加氢换热器安全管理工作能够在保障工程有序开展过程中发挥重要作用。

为进一步降低加氢换热器安全故障问题发生的概率，还应当原有基础上加大加氢换热器日常巡查管控力度。各部门也应做好沟通交流工作，确保加氢换热器操作人员能够自觉约束自身行为。配合使用视频图像监管方式，及时发现与解决在加氢换热器

运行期间存在的的多当问题，有效消除加氢换热器运行安全隐患。

5.3 提高加氢换热器维护保养水平

为每台加氢换热器建立起技术档案，使加氢换热器维护人员能够快速了解加氢换热器运行性能以及故障和维护情况。做好线路主动维护工作，借助档案内的加氢换热器修理记录、交接班记录以及维修保养记录，优化加氢换热器维护流程，将加氢换热器运行故障风险控制在源头。建立起严格的加氢换热器日常保养机制，依照加氢换热器保养使用说明书制定保养计划。

利用多样化加氢换热器过程管控方式，针对加氢换热器运行性能制定具有针对性的管理维护方案，确保加氢换热器运行过程中的管控细节问题能够得到及时解决。根据工程各施工关键环节开展加氢换热器过程管控工作，利用信息化手段构建起加氢换热器过程管控平台，提高管控工作中的信息数据利用率，使相关信息数据为构建科学有效加氢换热器过程管控方案提供重要理论依据。

6 结语

总而言之，在加氢换热器管理过程中，加氢换热器维修管理效果尤为重要，可直接影响到加氢换热器管理工作的综合效益。在管理加氢换热器期间，不仅应当重点关注日常维修管理工作，还需要依照相关规定有序开展全面检查，确定出专项可行的故障维护对策，避免加氢换热器长期处于高负荷运行状态。

参考文献：

- [1] 郑树坚, 陈超. 渣油加氢装置高压换热器换热效率下降原因分析及对策[J]. 炼油技术与工程, 2022, 52(10): 50-54.
- [2] 叶雨辰. 胶体稳定性对渣油加氢装置反应进料/反应产物换热器结垢影响初探[J]. 广东化工, 2022, 49(16): 8-10.
- [3] 韩丽丽. 石油化工行业加氢装置换热器故障诊断措施[J]. 化工设计通讯, 2022, 48(07): 7-9.
- [4] 张建文, 赵亚辉, 李彦, 等. 加氢装置换热系统的铵盐结晶研究进展[J]. 现代化工, 2022, 42(08): 27-30.
- [5] 张士元, 赵景岩, 杨勇辉, 等. 连续重整装置预加氢换热器内漏原因分析及对策[J]. 石化技术与应用, 2022, 40(03): 199-205.
- [6] 孙伟. 石油化工行业加氢装置换热器故障分析与预防[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(02): 36-38.
- [7] 黎宇仲, 黎荫棠. 石油化工行业加氢装置换热器故障诊断分析[J]. 化工机械, 2020, 47(01): 11-15.

作者简介：唐玉峰（1988-），男，山东东营人，大学本科，工程师，主要从事工程技术化工工程研究。