

高温高压环境下化工设备的安全运行与维护管理

闫 煜

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司烯烃二分公司 宁夏 银川 750000

摘 要: 本文围绕高温高压化工设备安全运行与维护管理展开研究。首先分析了设备运行高负荷持续、工况波动大、介质腐蚀性强、部件损耗差异化明显等核心特点,以及材质失效、密封泄漏、堵塞超压、疲劳开裂等主要安全隐患。其次,从严格管控运行参数、规范日常操作流程、强化运行实时监控三方面提出安全运行管控措施。在此基础上,构建了涵盖日常基础维护、定期专项检修、易损部件专项管控的精细化保养体系,并从故障快速处置、台账管理、现场管理优化三个维度提出管理改进策略,形成覆盖运行、维护、故障处置全链条的系统化管理框架。

关键词: 高温高压; 化工设备; 安全运行; 设备维护; 故障管理

引言: 高温高压化工设备是化工生产的核心承压装备,长期处于高温、高压、强腐蚀的极端工况下运行,设备材质老化、密封失效、结构疲劳等安全风险突出,一旦发生故障,极易引发物料泄漏、超压爆炸等严重事故。当前,部分化工企业在设备安全管控中仍存在运行参数管控不严、操作流程不规范、维护保养不到位、故障处置不及时等问题,制约了设备安全运行水平的提升。本文立足高温高压化工设备运行实际,系统分析设备运行核心特点与安全隐患,提出安全运行管控措施与精细化维护保养方案,并从故障处置与管理优化角度构建系统化管控策略,为提升化工设备安全运行管理水平提供参考。

1 高温高压环境下化工设备运行核心特点及安全隐患

1.1 设备运行核心特点

一是负荷持续性强。高温高压化工设备多为连续化生产运行设备,长期保持恒定高温、高压状态,无常规停机休整时间,设备承压部件、密封件、换热元件始终处于高负荷工作状态,材质长期处于热膨胀、压力挤压的交变状态。二是工况波动性大。化工生产物料投放、反应进度调整、温度调控等操作,会导致设备内部温度、压力出现小幅频繁波动,使设备金属结构反复产生热胀冷缩,形成疲劳损伤。三是介质腐蚀性强。高温高压环境会大幅加剧化工物料的腐蚀、冲刷作用,多数化工原料、反应产物具有酸碱腐蚀性、氧化性,会持续侵蚀设备内壁、接口焊缝及密封部位。四是部件损耗差异化明显。设备不同部位受力、受热、受腐蚀程度不同,釜体、管道弯头、密封法兰、换热管等关键易损部位损耗速度远高于设备主体,故障高发特征显著^[1]。

1.2 主要安全隐患

首先是材质失效隐患。长期高温高压作用会导致设备金属材质出现蠕变、硬化、脆化等问题,金属内部结构发生变化,抗拉、抗压性能大幅下降,易出现局部变形、开裂,引发承压失效。其次是密封泄漏隐患。设备法兰、阀门、接口密封件多为橡胶、石墨、填料等材质,耐高温高压性能有限,长期使用后会出现老化、硬化、磨损、变形,导致密封不严,引发易燃易爆、腐蚀性物料泄漏。再次是堵塞与超压隐患。高温工况下物料易结焦、结晶、沉淀,会造成设备管道、换热通道堵塞,导致设备内部压力异常升高、换热效率下降,引发超压、超温运行风险。最后是疲劳故障隐患。温压频繁波动引发的设备结构疲劳,会导致焊缝开裂、部件松动、传动卡顿等问题,引发设备运行异响、工况异常,严重时造成设备突发故障停机。

2 高温高压化工设备的安全运行管控措施

2.1 严格管控设备运行参数

每台高温高压化工设备均有固定的额定温度、压力、负荷运行区间,超参数运行是引发设备失效的核心诱因。日常生产运行中,需严格按照设备工艺技术标准管控各项运行参数,杜绝超温、超压、超负荷运行。生产操作人员需实时监测设备表盘数据与中控系统数据,精准把控设备内部温度、压力、物料流量、液位等核心运行参数,根据生产工艺需求缓慢调整,严禁瞬间大幅升降温、升降压,减少工况剧烈波动对设备密封结构、承压元件造成的冲击损伤。针对不同生产工序,明确制定参数波动允许范围与控制标准。一旦出现参数异常偏移,立即进行工况微调;若参数

无法恢复至正常区间,及时降低设备运行负荷或执行停机检查,避免设备长期在异常工况下运行,加速设备性能衰减。同时,做好运行参数的实时记录与归档,通过分析数据变化规律预判设备运行趋势,提前识别潜在隐患,有效规避隐性故障^[2]。

2.2 规范设备日常操作流程

不规范的人工操作是导致高温高压设备故障的人为核心因素,需建立标准化、规范化的设备操作流程,杜绝违规操作。设备启动前,操作人员需完成全面预检,重点检查设备密封部位、阀门状态、仪表监测装置、安全附件是否完好,确认设备无堵塞、无泄漏、部件紧固到位后方可启动。设备启动、升温、升压过程需遵循“缓慢递增、分步调控”原则,按照标准工序逐步提升温度与压力,避免快速升温升压导致设备结构应力集中、密封件受损。设备运行期间,严格禁止随意开关阀门、调整工艺参数、拆卸设备部件,杜绝超负荷投料、违规改工艺等操作。设备停机时,需按照降温、降压、泄压、排空的标准顺序操作,严禁紧急骤停,防止温压骤变引发设备结构开裂、部件损坏。同时,定期开展操作人员技能培训,规范操作行为,提升人员对异常工况的识别与处置能力。

2.3 强化设备运行实时监控

高温高压化工设备故障具有突发性强、隐蔽性高的特点,仅依靠人工定时巡检难以全面排查潜在隐患,需构建人工巡检与智能监测相结合的实时监控体系,实现设备运行状态的全方位、全时段管控。日常运行中,严格执行定时巡检制度,操作人员每小时对设备外观形态、密封接口状态、管道焊缝完整性、阀门仪表读数、运行异响等情况进行系统性现场排查,重点聚焦法兰连接处、焊缝热影响区、阀门填料函等易损部位的运行状态,及时发现轻微泄漏、部件松动、局部温度异常等显性问题并做好记录。同时,充分依托设备搭载的温度传感器、压力变送器、液位监测装置、振动监测传感器等智能感知设备,对设备关键运行参数进行实时采集与传输,实现运行状态 24 小时不间断在线监测。针对各类监测数据设定分级预警阈值,当设备出现超温、超压、振动幅值异常、参数波动超出允许范围等情况时,系统自动触发预警信号并推送至岗位操作人员,确保故障隐患在初始阶段即被识别和处置,有效降低设备非计划停机风险。

3 高温高压化工设备的精细化维护保养管理

3.1 日常基础维护保养

日常基础保养是设备常态化养护的核心内容,主要用于维持设备基础运行状态,减少积尘、结垢、腐蚀等日常损耗。每日设备运行结束后,对设备外观、外壁、管道表面进行清洁,清除表面粉尘、物料残留、油污,避免腐蚀性介质长期附着侵蚀设备外壁。定期对设备仪表、监测探头、阀门传动部位进行擦拭保养,保证仪表显示精准、传动部件灵活无卡顿。针对设备密封部位、法兰接口,每日检查密封状态,及时清理接口处结晶、结焦物料,防止物料堆积磨损密封件。同时,做好设备润滑养护,对设备轴承、传动齿轮、活动阀门等运动部件,按照保养标准定期加注专用耐高温润滑油脂,减少部件摩擦损耗,避免高温环境下润滑失效导致部件磨损卡顿。此外,做好保养记录,明确每日保养内容、设备状态,实现保养工作可追溯^[3]。

3.2 定期专项检修保养

基于高温高压设备的损耗周期,制定月度、季度、年度分级定期检修保养计划,针对设备核心部件开展专项检修养护。月度检修重点排查易损部件,包括密封垫、密封圈、阀门阀芯、压力表、温度计等易损耗配件,对老化、变形、磨损严重的配件及时更换,杜绝小部件故障引发大安全隐患。季度检修聚焦设备主体结构及换热系统,检查设备釜体、管道有无局部变形、裂纹、腐蚀变薄等问题,清理换热器、管道内部结焦、结晶、堵塞物料,恢复设备换热效率与通流能力,同时检查设备焊缝、接口紧固状态,对松动部位及时紧固加固。年度检修为全面深度养护,对设备整体材质厚度、结构强度、承压性能进行全面检测,排查隐性材质损伤,对长期高温高压运行导致的疲劳损伤部件、老化结构进行整体更换,全面恢复设备运行性能。

3.3 易损部件专项管控

高温高压设备的故障大多集中于密封件、阀门、仪表、换热管等易损部件,需建立易损部件专项台账与专项养护更换机制。梳理设备所有易损部件的型号、使用寿命、损耗特点,结合设备运行工况,明确各类部件的更换周期,提前储备适配的耐高温、高压、耐腐蚀专用配件,杜绝配件老化超期使用。针对密封系统,优先选用适配高温高压工况的石墨、聚四氟乙烯等高性能密封材质,定期检查密封件老化程度,避免密封失效引发物料泄漏。针对压力、温度仪表,定期进行校准校验,保证监测数据精准,避免仪表失灵导致参数管控失误。针对管道弯头、换热管等易冲刷、易堵塞部件,增加巡检与检修频次,定期检测壁厚与通畅度,及时处理局部腐蚀、堵塞问题,从部件层面降低设备整体故障概率。

4 设备常见故障处置与管理优化策略

4.1 常见故障快速处置

针对设备密封泄漏故障,发现法兰连接、阀门填料函、管道接口存在轻微泄漏时,可在设备稳定运行工况下进行微调紧固处理,同步记录泄漏量变化趋势。泄漏量较大或持续增大时,应立即降低设备运行负荷,执行停机泄压降温程序后更换密封配件,严禁带压高温状态下强行拆卸维修。针对设备管道、换热系统堵塞故障,需根据物料结焦、结晶、聚合等特性,选用专用清洗剂冲洗、蒸汽吹扫或机械疏通工艺进行清理,严禁采用高压硬冲、暴力疏通等方式,避免损伤设备内壁防腐层与管道结构完整性。针对设备运行参数异常波动故障,第一时间核对现场仪表与中控监测数据,系统排查物料投放异常、管道堵塞、控制阀门失灵等诱因,精准定位问题点位,快速调整运行工况或执行停机检修,避免设备长期异常运行导致损伤扩大。针对设备振动、异响异常故障,立即检查地脚螺栓紧固状态、轴承润滑状态及内部物料工况,排查部件松动、转子卡顿、叶轮偏心运行等问题,及时整改修复,防止振动持续加剧引发结构开裂^[4]。

4.2 建立设备故障台账管理

对高温高压设备出现的各类故障实行台账化、精细化管理,全面记录每次故障的发生时间、故障部位、故障现象、诱因分析、处置方式、修复效果及后续养护措施等完整信息,确保故障数据可追溯、可查询。通过对故障台账的定期梳理与统计分析,系统总结设备故障高发部位、高发时段、核心诱因及配件消耗规律,精准掌握设备性能衰减趋势。针对反复出现的同类故障,深入排查根本原因,针对性优化操作流程与养护方案,从源头消除故障重复发生的条件。同时,将故障处置经验与典型案例整理归档,作为操作人员、维保人员技能培训的核心素材,提升工作人员故障预判与应急处置能力,形成“故障记录—分析总结—优化改进—规避隐患”的闭环管理模式,持续提升设备运行可靠性。

4.3 优化设备现场管理模式

结合高温高压设备运行与养护特点,系统优化现场管理机制,明确操作人员、维保人员、巡检人员的岗位

职责边界,细化各岗位工作内容与考核标准,杜绝岗位职责交叉、工作内容遗漏等管理漏洞。实行设备专人专管制度,每台高温高压设备配备专属操作与维保责任人,全程负责设备的日常操作、定时巡检、定期保养、故障上报及处置跟进等工作,提升设备管理的针对性与专业性,确保每台设备均处于可控状态。同时,优化设备维保排班机制,结合设备连续运行特点,科学规划巡检、维保时段,避开生产高峰与关键工序,在保障生产连续性的前提下,高效完成设备养护任务。定期组织设备管理复盘,系统梳理日常运行、养护作业、故障处置中存在的问题与不足,持续优化管控流程与养护方案,不断提升设备安全运行管理水平^[5]。

结束语

高温高压化工设备的安全运行是化工生产持续稳定的核心保障。本文系统分析了高温高压环境下设备运行的高负荷、强腐蚀、工况波动大等核心特点,剖析了材质失效、密封泄漏、堵塞超压、疲劳开裂等主要安全隐患,提出了严格参数管控、规范操作流程、强化实时监控等安全运行措施,并从日常维护、定期检修、易损部件管控三个层面构建了精细化保养体系,同时建立了故障快速处置、台账管理、现场管理优化等策略。高温高压设备安全管理是一项系统性工程,需从参数、操作、监控、维护、故障处置等多维度协同推进,持续完善闭环管理机制,才能有效降低设备故障率,保障化工生产安全高效运行。

参考文献

- [1] 王振伟. 高温高压化工设备结构完整性评估与寿命预测技术研究 [J]. 当代化工研究, 2026(4): 155-157.
- [2] 郑学华. 高温高压环境下工业管道应力腐蚀开裂的无损检测方法及应用研究 [J]. 中国科技期刊数据库工业C, 2026(3): 061-064.
- [3] 徐廷国. 化工设备故障诊断与预测性维护技术研究 [J]. 石油石化物资采购, 2026(8): 82-84.
- [4] 徐东岩. 火电厂发电设备安全运行与维护技术 [J]. 消费电子, 2026(4): 143-145.
- [5] 任俊涛. 基于检维修技术的化工设备故障诊断方法研究 [J]. 行车指南, 2026(3): 0064-0066.