

化工设备管理的化工机械维护保养技术分析

张 斌 李平平

贵州黔希化工有限责任公司 贵州 毕节 551700

摘 要：化工机械维护保养技术是保障设备安全运行的核心手段。本文围绕化工机械基础结构与运行特性展开分析，梳理了腐蚀、磨损与疲劳等常见损耗的产生机理。在此基础上探讨了清洁密封、润滑防护、紧固调校与动态监测等常规保养技术，以及转动、承压、输送与换热类设备的专项养护方法。还提出了精细化养护升级、周期流程优化与故障前置养护等技术提升路径，为化工设备管理提供了系统性的技术参考。

关键词：化工机械；维护保养；损耗机理；状态监测；设备管理

引言：化工生产对机械设备的可靠性与稳定性提出极高要求，设备长期处于高温高压与强腐蚀工况下运行，维护保养技术的优劣直接关系到生产安全与运行效率。当前化工机械损耗形式多样，腐蚀磨损与疲劳裂纹交织出现，传统定期检修模式已难以适应复杂工况需求。围绕设备结构特性与损耗机理，系统梳理各类保养技术并探索优化路径，对提升化工设备管理水平具有现实价值。

1 化工机械基础结构与运行特性分析

1.1 核心化工机械基本结构组成

化工机械是完成化学反应、物质分离、热量交换等工艺过程的关键装备，常见类型涵盖反应釜、换热器、塔设备、泵类及压缩机等。反应釜由筒体、搅拌装置、密封组件与传动机构构成，筒体承担物料容纳与反应空间提供功能，搅拌装置驱动物料均匀混合，密封组件防止介质外逸^[1]。换热器以管壳式与板式为主，管壳式由壳体、管束、折流板与管板焊接而成，板式换热器则由波纹板片与密封垫片层叠组装。塔设备由塔体、内件、支承结构与附件组成，内件承担气液传质或传热任务。泵类由叶轮、泵体、轴封与轴承组件装配而成，压缩机则由气缸、活塞、连杆与曲轴等运动部件构成封闭压缩空间。各类机械虽然功能各异，但均由承压壳体、运动部件、密封系统与传动机构四大基本模块拼装而成，各模块之间通过法兰、螺栓或焊接方式连接为整体，构成完整的工艺执行单元。

1.2 化工机械工况运行特点

化工机械在运行过程中承受多重复杂载荷的交替作用，工作环境与普通机械存在显著差异。多数设备在高温高压或低温真空条件下持续运转，介质往往具有强腐蚀性、高黏度或含固体颗粒等特征，对材料耐受性提出苛刻要求。反应类设备内部物料处于剧烈搅拌与化学

反应状态，温度与压力波动频繁，载荷呈现明显的动态变化特征。换热设备长期面对冷热流体交替冲刷，管壁两侧温差引发的热应力反复叠加，加速材料疲劳。泵类与压缩机等转动设备在高速运转中承受交变应力与离心力，振动问题贯穿整个运行周期。化工生产线多为连续运行模式，单台设备停机往往牵动整条产线，对设备可靠性与稳定性的要求远高于间歇式生产场景。

1.3 化工机械常见损耗产生机理

化工机械在长期服役过程中，损耗以腐蚀、磨损、疲劳与老化4种形式最为普遍。腐蚀损耗源于介质与金属表面发生电化学或化学反应，酸性、碱性及含氯介质对碳钢与合金材料的侵蚀速率差异明显，均匀腐蚀导致壁厚均匀减薄，局部腐蚀则在特定区域形成穿透性孔洞。磨损损耗多发生在流体冲刷与颗粒碰撞部位，叶轮出口、弯头内壁与阀门密封面是高发区域，冲蚀与磨蚀共同作用加速材料流失。疲劳损耗由交变载荷反复加载引起，焊缝、开孔边缘与截面突变处为应力集中区域，微裂纹在此萌生并逐步扩展直至断裂。老化损耗则表现为密封件硬化、垫片压缩蠕变与涂层脱落，这类损耗虽不直接改变承压结构强度，却会逐步削弱设备的密封完整性与运行精度。

2 化工机械常规维护保养关键技术

2.1 设备清洁与密封养护技术

化工机械运行一段周期后，内部会积累反应残留物、结垢沉积物与腐蚀产物，这些附着物不仅堵塞流道、降低传热效率，还会在局部形成浓差电池加速金属腐蚀。清洁作业需根据介质特性选择合适的清洗介质与工艺，酸性结垢采用碱洗工艺，碱性沉积则用酸洗方式处理，对于难以清除的聚合物结垢可借助高压水射流或超声波清洗手段^[2]。密封系统的养护重点在于定期检查填料函、机械密封与法兰垫片的完好程度，填料函需按时

补充或更换填料以维持压紧力,机械密封的动环与静环磨损量超过允许值后须整组更换,法兰垫片出现老化硬化或压缩永久变形时应立即替换,避免因密封失效导致介质泄漏引发安全事故。

2.2 机械润滑与磨损防护技术

润滑管理是延缓运动部件磨损、降低摩擦功耗的直接手段。化工机械轴承、齿轮、轴封等摩擦副在运转中持续产生热量与金属微粒,润滑油膜一旦破裂便会引发粘着磨损与磨粒磨损。润滑技术的要点在于依据工况温度、转速与载荷条件选用合适黏度与极压性能的润滑油脂,高温部位需采用耐高温合成油,重载齿轮箱应选用含极压添加剂的齿轮油。润滑方式上,封闭轴承可采用脂润滑减少泄漏风险,开式齿轮与链条则需滴油或油浴润滑保障供油连续性。磨损防护还包括在叶轮、阀芯等易冲蚀部位堆焊耐磨合金或喷涂碳化钨涂层,通过提升表面硬度来抵抗流体冲蚀与颗粒碰撞造成的材料流失。

2.3 零部件紧固与对位调校技术

化工机械在交变载荷与热胀冷缩作用下,螺栓连接部位容易出现松动与应力松弛,紧固件力矩衰减会导致法兰泄漏或结构失稳。维护作业中需使用定扭矩扳手按规定力矩值逐一校核高强度螺栓,对于高温法兰连接还应考虑螺栓与法兰材料热膨胀系数差异带来的附加应力。对位调校技术主要应用于泵与电机、压缩机与驱动机之间的联轴器找正,径向偏差与轴向偏差超出允许范围会引起剧烈振动并加速轴承与密封件损坏。激光对中仪能够将找正精度控制在0.05mm以内,配合百分表检测轴系跳动量,确保旋转部件在运转中不产生附加弯矩与偏心载荷。

2.4 运行状态动态养护技术

动态养护区别于停机检修,强调在设备运转过程中持续监测关键参数并及时干预。振动监测通过在轴承座与机壳布置加速度传感器捕捉异常频谱,叶轮不平衡、轴承点蚀与齿轮断齿均会在频谱中呈现特征频率。温度监测利用热电偶或红外测温仪跟踪轴承温升与壳体局部热点,温度突变往往预示润滑失效或内部摩擦加剧。油液分析技术通过检测润滑油中金属磨粒浓度与粘度变化判断摩擦副磨损程度,为更换润滑油或安排检修提供数据支撑。压力与流量参数的偏离则反映密封泄漏或流道堵塞状况,运维人员依据动态数据调整运行参数或安排针对性维护,将故障消除在萌芽阶段。

3 化工机械专项维护保养技术的应用

3.1 转动类化工机械维护保养技术

转动类化工机械涵盖泵、压缩机与风机等设备,维

护保养的重心集中在转子系统与轴承组件两个部位。转子在长期高速旋转中受到离心力与气流脉动的持续冲击,叶轮与轴颈部位容易产生不平衡与弯曲变形,需定期利用动平衡机检测残余不平衡量并进行配重校正^[3]。轴承作为转动部件的支承核心,润滑状态与配合间隙直接决定运转寿命,维护中应按周期抽取润滑油样检测金属磨粒成分,依据铁谱分析数据预判轴承剩余寿命。压缩机气阀的密封面在频繁启闭中磨损较快,阀片弹簧弹力衰减后会造成气量下降,需定期拆检更换。风机叶片在含尘气体冲刷下前缘磨损明显,叶轮积灰会破坏动平衡引发振动,停机后应清理积灰并检查叶片厚度是否低于报废标准。

3.2 承压类化工机械维护保养技术

承压类设备包括反应釜、储罐与压力容器,维护保养围绕壁厚监测与焊缝完整性两条主线展开。容器在交变温度与内压作用下,筒体与封头的焊缝区域为应力集中部位,微裂纹可能在热循环中缓慢扩展,定期采用超声波探伤或磁粉检测手段排查焊缝缺陷十分必要。壁厚监测采用超声测厚仪沿纵缝与环缝逐点测量,将实测值与设计壁厚对比,壁厚减薄量超过原壁厚10%的区域应列入重点观察名单。反应釜内部的搅拌轴与密封装置长期浸泡在腐蚀性介质中,轴套磨损与机械密封泄漏是高频故障,维护时需检查轴套间隙与密封面平整度,磨损超差的部件应整组更换以恢复密封功能。

3.3 输送类化工机械维护保养技术

输送类机械主要指管道系统与阀门组件,维护保养的难点在于腐蚀控制与密封可靠性。管道内壁在酸性介质或含氯流体冲刷下容易产生局部减薄,弯头与三通处因流态突变导致冲蚀速率远高于直管段,需在弯头外侧安装测厚点定期检测。阀门密封面在频繁开关中承受摩擦与介质冲刷,闸阀与截止阀的阀座密封面出现麻点或沟槽后会丧失严密性,应拆下研磨或堆焊修复。管道支吊架在设备热胀冷缩中承受交变载荷,弹簧支吊架的载荷指示针偏离零位说明弹力发生变化,需重新整定弹簧预紧力。法兰连接部位的垫片在高温下容易蠕变松弛,维护中应按规定力矩重新紧固并更换老化垫片。

3.4 换热类化工机械维护保养技术

换热类设备以管壳式与板式换热器为主,维护保养的重点在于结垢清除与泄漏排查。管壳式换热器壳程侧易积存泥垢与钙镁沉积,管束内壁结垢会使传热系数大幅下降,化学清洗与机械刷洗相结合是常用的除垢方式,清洗后需进行水压试验验证管束密封性。板式换热器的板片在拆装过程中容易变形,密封垫片老化后会导

致板间内漏,维护时应逐片检查板片平整度与垫片弹性,变形超差的板片须整张更换。换热管与管板连接处是泄漏高发部位,胀管松动或腐蚀减薄都会造成介质串通,胀接失效的换热管需采用爆炸焊或胀接加焊接的方式重新固定,确保管板连接的长期密封可靠。

4 化工机械维护保养技术优化与提升路径

4.1 精细化养护技术升级方向

精细化养护的升级路径指向检测手段与修复工艺两个维度的纵深拓展。在检测层面,传统的定期拆检正逐步被在线连续监测所替代,超声波相控阵检测能够在不拆除保温层的条件下完成焊缝内部缺陷的精确定位,红外热成像技术可在设备运行状态下捕捉肉眼不可见的温度异常区域^[4]。在修复层面,激光熔覆与冷喷涂技术为磨损部件提供了低热输入的修复方案,既避免了传统堆焊带来的变形与热影响区问题,又能使修复层与基体实现冶金结合,大幅延长部件服役周期。纳米级陶瓷涂层在叶轮与阀芯表面的应用,为抗冲刷磨损开辟了新的技术通道,涂层厚度虽仅数十微米,耐磨寿命却可提升数倍。

4.2 周期性养护流程优化方式

传统的固定周期养护模式往往造成过度维护或维护不足两种偏差,优化方向在于引入以设备状态为驱动的弹性周期机制。依据在线监测数据与历史故障记录,为每台设备建立个性化的养护间隔模型,振动趋势平稳、油液指标正常的设备可适当延长检修间隔,而参数出现劣化倾向的设备则缩短检查频次并增加检测项目。养护流程中应推行标准化作业卡片制度,将拆检步骤、检测标准与判定准则固化在工单中,减少人员经验差异带来的操作偏差。备件更换与修复作业应纳入流程节点管控,确保每一项养护动作均有数据记录与质量确认,形成可追溯的闭环管理链条。

4.3 设备故障前置养护技术完善

故障前置养护的核心在于将维护节点从故障发生后前移至故障萌芽期,技术支撑来源于多源数据融合与智能诊断算法。振动频谱中出现的微弱边频带往往早于轴承失效数周出现,油液中铁元素浓度的缓慢攀升则预示着齿轮箱内部正在发生渐进磨损,将这些前兆信号纳入预警模型,可在故障尚未造成停机损失前安排针对性维

护。声学发射技术能够捕捉裂纹萌生阶段释放的高频应力波,为承压设备的早期损伤识别提供了新手段。完善前置养护技术需要打通监测系统与工单系统之间的数据壁垒,让预警信号直接触发维护工单,缩短从发现异常到实施干预的响应时间。

4.4 养护技术与设备管理的融合提升

养护技术的价值释放离不开设备管理体系的支撑,二者的融合体现在信息共享与决策协同两个层面。设备全生命周期管理平台应整合每台机械的设计参数、运行记录、检修历史与备件消耗数据,为养护方案的制定提供完整的信息底座。管理层依据技术数据而非经验判断分配维护资源,将有限的人力与备件优先投向故障风险最高的设备^[5]。养护人员在执行维护作业后应将检测数据与异常描述录入管理系统,为后续状态评估积累样本。技术与管理的深度融合使维护保养从被动的故障修复转变为主动的风险管控,推动化工机械管理水平向更高层次跃升。

结束语

化工机械维护保养是一项融合多学科技术的系统工程,从基础结构认知到专项技术应用,再到管理体系的深度融合,每个环节都对设备运行可靠性产生直接影响。常规保养技术解决了日常运维的基本需求,专项养护技术则针对不同设备类型提供了精准的技术支撑。精细化养护与故障前置技术的引入,推动维护模式从被动修复向主动管控转变,为化工设备全生命周期管理奠定了坚实的技术基础。

参考文献

- [1]张星宇.化工设备管理的化工机械维护保养技术分析[J].中国设备工程,2024(6):53-55.
- [2]奥永泉.化工设备管理的化工机械维护保养技术分析[J].建筑与施工,2024,3(11):84-86.
- [3]郑闰文,张瑞明.化工设备管理的化工机械维护保养技术分析[J].建筑工程与设计,2024,3(8):192-193.
- [4]马东.化工设备管理的化工机械维修保养技术[J].清洗世界,2023,39(10):187-189.
- [5]陈政,杨武.化工设备管理及化工机械维护保养技术[J].石油石化物资采购,2022(7):114-116.