

化工压缩机维修工艺优化探讨

王 鑫

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油化工安装检修分公司 宁夏 银川 750000

摘要: 化工压缩机运行稳定性关乎生产安全与效率。本文分析机械、气动、电气三类常见故障成因,指出传统维修工艺存在精度低、效率差、成本高等问题。通过引入振动分析、油液检测等先进诊断技术,优化状态监测与预测性维修方法,并从人员培训、工具更新、备件管理等方面整合维修资源。提出组织、制度、技术三重保障措施,推动维修工艺向精准化、高效化、绿色化转型,为化工行业压缩机运维提供实践参考。

关键词: 化工压缩机; 故障分析; 维修工艺; 优化策略; 实施保障

引言: 化工压缩机作为化工生产核心设备,其稳定运行关乎整个生产流程的顺畅与安全。然而,受高负荷运行、复杂工况等因素影响,压缩机故障频发,影响生产效率与产品质量。传统维修工艺在应对这些故障时,逐渐暴露出维修精度不高、效率低下、成本居高不下等问题。因此,对化工压缩机维修工艺进行优化探讨,提升维修水平,保障设备稳定运行,成为化工企业亟待解决的重要课题。

1 化工压缩机常见故障类型及成因分析

1.1 机械故障

轴承故障在机械故障中占比极高,磨损、疲劳、润滑不良是主要表现形式。长期高负荷运行会使轴承接触面应力持续超标,金属表层逐渐脱落形成磨损。润滑油质量不佳会导致油膜稳定性下降,无法有效隔绝摩擦面,加速部件损耗。安装过程中若间隙调整不当,会造成局部受力不均,进一步加剧磨损并引发疲劳裂纹,最终导致轴承失效^[1]。齿轮故障多体现为齿面磨损与齿根断裂。齿轮设计阶段若载荷计算偏差,会使齿面承受力超出材料耐受极限。制造精度不足会导致齿面光洁度不够,运行时啮合摩擦阻力增大,逐步造成齿面金属剥落。化工生产中介质波动常引发冲击载荷,这种瞬时过载会使齿根应力集中处产生裂纹,裂纹扩展后最终导致齿根断裂。转子故障主要包括不平衡、弯曲与碰磨。转子材质浇筑时若存在夹杂或密度不均,会形成质量偏心,高速旋转时产生离心力引发振动。加工过程中轴颈圆度误差超标,或装配时存在应力集中,会导致转子运行中发生弯曲变形。气体介质带液或管路共振,会使转子与定子间隙异常,进而引发碰磨故障。

1.2 气动故障

压缩比异常直接影响压缩机效率,过高或过低均由多因素导致。进气端过滤器堵塞会使进气压力下降,排

气阀密封不严则导致排气压力降低,两者均会造成压缩比下降。气缸活塞环磨损导致内部泄漏,或排气管路阻力增大,会使压缩比升高,增加设备能耗。气体泄漏常发生在各级间与密封部位。密封件长期处于高温高压环境,会逐渐老化失去弹性,贴合面密封性能下降。活塞杆往复运动造成的磨损,或安装时密封件压缩量不当,会形成间隙泄漏。介质中含有的杂质会加剧密封面划伤,进一步扩大泄漏范围。气流脉动会引发管路振动与压力波动,根源在于管道布局不合理。进气管路转弯过多或管径突变,会使气体流动产生涡流,形成脉动。压缩机转速因电机负载波动而不稳定,会导致排气量周期性变化,叠加管路共振后,脉动现象更为明显。

1.3 电气故障

电机故障以绕组问题与绝缘损坏为主。过载运行会使绕组电流超出额定值,铜损增加导致温度骤升,绝缘层加速老化。潮湿环境会使电机内部绝缘电阻下降,冷凝水附着在绕组表面,易引发短路或断路。轴承卡涩导致电机堵转,会瞬间产生大电流烧毁绕组。控制系统故障涉及传感器与控制器。温度、压力传感器长期使用后,感应元件灵敏度下降,测量误差增大。控制器内部电子元件受温度变化与电压波动影响,易发生老化失效。软件程序在工况突变时可能出现逻辑混乱,外界电磁干扰也会导致控制信号传输异常,引发系统失灵。

2 传统化工压缩机维修工艺分析

2.1 维修流程

传统维修工艺遵循固定流程逐步推进。故障诊断依赖维修人员经验,通过听运行声音、测关键参数等方式初步判断问题范围,缺乏精准检测手段支撑。拆卸环节需按部件关联顺序操作,若记录不细致易导致后续装配混乱^[2]。检查阶段以目视观察和简单工具测量为主,重点查看零部件磨损、变形情况。维修环节根据损坏程度

选择更换或修复, 老旧部件修复后性能易打折扣。装配过程需人工校准配合关系, 调试则通过空载、负载试运行, 观察运行参数是否回归正常范围。

2.2 维修方法

定期维修以时间为基准制定计划, 无论设备运行状态如何, 到固定周期就开展全面检查维修。这种方式能提前处理潜在磨损问题, 减少突发故障概率, 但易造成过度维修, 部分状态良好的部件也被拆解检查, 增加不必要的损耗。事后维修是设备故障停机后的被动维修方式, 无需提前规划, 维修针对性强, 仅针对故障部件处理。其适用场景多为非关键设备或故障影响范围较小的情况, 缺点是故障停机导致生产中断, 可能引发连锁生产损失。预防性维修在定期维修基础上增加状态监测, 通过监测运行温度、振动等参数判断设备状态, 据此安排维修。该方式能更精准捕捉潜在故障, 减少过度维修, 但依赖基础监测设备, 前期投入相对较高。

2.3 传统维修工艺存在的问题

维修精度不高是突出问题, 拆卸时缺乏专用工具, 易造成部件隐性损伤。装配过程中人工调整配合间隙, 难以达到设计精准度, 导致部件运行阻力增大, 磨损速度加快, 降低设备运行效率和使用寿命。维修效率低下源于多方面因素, 故障诊断依赖经验易出现误判, 导致反复拆卸检查, 延长维修周期。维修工具和设备落后, 面对复杂部件拆解、测量时耗时费力, 进一步拖慢进程。维修成本居高不下体现在人力投入多, 需多名技术人员协同操作。备件库存需覆盖各类易损件, 占用大量资金。维修周期长导致生产停机时间久, 间接造成的生产损失往往远超直接维修费用, 整体经济性较差。

3 化工压缩机维修工艺优化策略

3.1 维修流程优化

先进故障诊断技术的引入为维修流程的起点注入了更高的精准性。振动分析技术通过捕捉设备振动频谱的变化, 能够有效定位轴承磨损、转子不平衡、不对中等故障, 其数据化的分析方式逐步替代单纯的经验判断, 显著提升了诊断的科学性与效率。油液分析技术借助光谱或铁谱手段检测润滑油中金属磨粒的成分与含量, 可以提前识别齿轮、轴颈等部件的早期磨损迹象。红外热成像技术则能直观呈现电机绕组、密封部位等关键点的温度场分布, 快速发现因摩擦增大或内部短路引起的异常温升^[3]。将这些先进诊断技术系统性地融入维修流程的前端环节, 可以大幅缩短故障定位时间, 为后续针对性的维修作业提供清晰明确的技术方向。模块化的拆卸与装配方法, 主张按功能单元对压缩机进行拆分, 减少非

关联部件的拆卸工作量, 配合专用的工装夹具确保拆卸与装配过程中的精度。详细的操作规范应明确每个步骤的技术要求与验收标准, 从源头上避免人为操作偏差。完整的质量管控体系需要贯穿维修全程, 维修前核查备件质量与工具精度, 维修中实时记录关键安装数据, 维修后则通过多轮空载与负载测试, 全面验证设备性能是否达标。

3.2 维修方法优化

状态监测与预测性维修模式主要依托在线监测系统得以实现。该系统能够实时采集压力、温度、振动等多维参数, 通过智能算法进行对比分析与趋势判断, 一旦发现异常趋势便自动预警并推送初步的维修建议, 从而将被动响应式的维修转变为主动预防性的维修管控。以可靠性为中心的维修理念则聚焦于设备运行的核心需求, 通过对历史故障发生频率与后果严重程度进行统计分析, 科学划分各部件的关键性等级。对于转子、主轴承等一旦失效影响巨大的关键部件, 实施重点监测与计划性预防维修; 对于次要或冗余部件, 则可采用更为灵活的按需维修或事后维修模式, 以此提升维修资源的整体配置与利用效率。绿色维修理念强调将环境保护贯穿于维修全过程, 例如选用可生物降解的环保型清洗剂替代传统挥发性溶剂, 对废旧部件进行分类回收与再制造修复, 优化维修工序以减少能源消耗, 系统性降低维修活动对环境造成的潜在影响。

3.3 维修资源优化

维修人员的培训工作应采取理论与现场实践紧密结合的模式。定期组织开展关于先进诊断技术原理、智能维修设备操作、新型密封材料应用等专题培训, 并通过组织技能竞赛与典型案例研讨会等形式激发学习热情, 建立严格的考核认证机制以确保人员技能持续达标。维修工具与设备的更新应当紧跟技术发展步伐, 积极引进高精度激光对中仪、自动化液压拉伸工具、智能扭矩扳手乃至辅助装配机器人等先进设备, 逐步替代传统的手动与简易工具, 从硬件层面提升关键维修作业的精度与效率。备件管理优化可以借助信息化管理系统来实现, 该系统能够整合设备历史故障数据与实时运行参数, 运用预测模型精准推算各类备件的未来需求。建立动态安全库存机制, 为不同关键等级的备件设置差异化的库存阈值, 实现备件采购计划、库存状态与现场调配的数字化与可视化管理, 在减少资金占用的同时, 确保维修任务启动时关键备件能够快速供应到位。

4 化工压缩机维修工艺优化的实施保障

4.1 组织保障

组织保障是维修工艺优化措施得以落地的核心支撑,需要构建一个层级清晰、职责明确且运行顺畅的维修管理组织体系^[4]。企业可考虑设立专门的设备维修管理部门,全面统筹协调年度维修计划的制定、各类维修资源的统一调配以及重大维修项目的进度管控工作。明确划分设备管理岗、技术研发岗、现场维修工段长等不同岗位的具体工作范围与相应权限,避免出现职责交叉或管理真空地带。建立高效的跨部门日常协作机制尤为重要,需加强维修部门与生产运行部门的日常沟通,例如生产部门可定时反馈设备运行中的细微异常,维修部门则据此提前做好技术分析与应急准备。推动维修部门与采购供应部门的紧密联动,确保那些先进的诊断工具、专用的环保型备件等物资能够按技术需求及时供应。定期召开跨部门协调会议,通报维修工艺优化的阶段进展,共同协商解决实施过程中出现的资源协同与流程衔接问题,致力于打造一个分工明确、协作紧密、高效运转的维修管理团队,为各项优化措施的扎实落地提供坚实的组织基础。

4.2 制度保障

完善的制度体系是维修工作规范开展的重要前提,需围绕维修全流程制定配套管理制度与操作规程。维修计划管理制度需结合设备运行数据与故障规律,明确计划制定周期为1个月、审批流程不超过3个环节与调整机制,确保计划科学可行。维修质量管理体系应细化各环节20项质量标准,从备件入库检验到维修后性能测试,每一步都明确验收指标与责任人员,通过闭环管理保障维修质量。维修安全管理制度需针对化工场景特点,规范维修人员5类安全防护措施、设备停机隔离流程及危险介质处理方法,降低维修作业风险。同时制定操作规程手册,对先进诊断设备使用、模块化装配等10项关键工序进行详细说明,通过每年2次制度培训与考核,确保维修人员熟练掌握并严格执行,让维修工作全程有章可循、规范有序。

4.3 技术保障

技术保障体系为维修工艺的持续优化与迭代提供了不竭动力,需要通过多元化的对外合作与有针对性的自主研发来不断提升整体技术水平。企业应主动与相关

领域的高等院校、专业科研院所建立稳定的合作关系,借助外部机构的人才与实验设备优势,共同开展故障智能诊断算法优化、长寿命密封材料研发、绿色清洗工艺改进等前瞻性课题研究,并规划每年引进若干项经实践证明有效的先进技术或创新理念。定期举办技术交流活动,邀请行业内的资深专家开展专题技术讲座,分享国内外在压缩机维修领域的最新动态与成功案例,持续拓宽维修团队的技术视野与认知边界。在企业内部组建一支精干的技术研发或攻关小组,紧密结合自身压缩机群的运行特点与常见故障模式,对引进的外部技术进行消化吸收和适应性改进,甚至开发出更贴合自身实际需求的专用维修工艺、工具或辅助装置^[5]。搭建一个内部技术与经验共享平台,系统收集整理维修过程中积累的技术诀窍、典型故障处理案例与改良措施,促进隐性知识的显性化与内部传承,逐步形成一个“引进吸收、自主创新、实践应用、反馈改进”的良性循环,为维修工艺的持续优化提供稳定而可靠的技术支持源泉。

结束语

化工压缩机维修工艺优化是一项系统工程,需从维修流程、方法、资源等多方面入手,结合组织、制度、技术保障措施,形成全方位优化体系。通过优化,可有效解决传统维修工艺存在的诸多问题,提升维修质量与效率,降低维修成本,减少设备故障停机时间,保障化工压缩机稳定可靠运行,为化工企业安全生产与高效运营提供有力支撑,推动企业实现可持续发展。

参考文献

- [1]王强,张敏.化工离心式压缩机气阀等离子喷涂修复工艺实践[J].化工机械,2023,50(4):512-516.
- [2]鲁智强.化工厂大型压缩机机械故障诊断与维修技术探讨[J].科技资讯,2025,23(19):136-138.
- [3]陈兆龙,孙冠龙.化工企业离心式压缩机的故障检查与维修与设备管理措施分析[J].石化技术,2025,32(8):263-265.
- [4]陈鹏,张鹏.化工机械往复式压缩机维修与保养分析[J].中国设备工程,2022(3):48-49.
- [5]邵悦.化工机械中往复式压缩机的维修与保养措施[J].化工管理,2022(29):117-119.