

化工压缩机常见故障检修策略与预防措施研究

樊祥琨

国家能源集团宁夏煤业煤制油化工安装检修分公司 宁夏 银川 750411

摘 要：化工压缩机作为化工生产的核心增压输送设备，其运行稳定性直接决定生产线的生产效率与安全生产水平。本文结合设备基础结构与容积式运行原理，系统梳理设备运行过程中机械运转、气动性能、润滑系统、密封系统四大类常见故障，深入剖析各类故障的产生机理与诱发因素，针对性制定专项故障检修方案，同时从日常管控、周期保养、工况规范、体系优化多个维度，构建全方位的故障长效防控体系，能够有效降低设备故障发生率，保障化工生产安全、稳定、连续运行。

关键词：化工压缩机；设备结构；运行原理；故障检修；运维预防

引言：现代化工生产呈现规模化、连续化、精细化的发展特征，压缩机作为气体增压与输送的关键动力设备，广泛应用于石化、煤化工、精细化工等诸多生产场景。设备长期处于高速、高负荷、多腐蚀介质的复杂工况中，极易出现部件磨损、性能衰减、介质泄漏等各类故障问题。设备突发故障不仅会中断生产流程、降低生产效率，还会引发安全隐患，威胁现场生产安全。因此，掌握压缩机结构原理，厘清故障成因，落实精准检修与常态化防控工作，对保障化工生产稳定开展具有重要意义。

1 化工压缩机设备基础结构与运行原理

1.1 化工压缩机整体结构组成

化工压缩机是化工生产中气体增压、输送的核心动力设备，整体结构由主机系统、辅助系统两大核心部分构成。主机系统包含压缩机体、传动机构、密封壳体，是实现气体压力转换的核心载体。辅助系统涵盖润滑单元、冷却单元、进气排气调控单元、安全防护单元，为设备稳定运转提供基础保障^[1]。各类结构模块分工明确，分别承担气体压缩、动力传输、温度管控、故障防护的核心功能，适配化工生产线24小时连续化作业的基本需求。设备整体采用集成式布局，各结构模块相互配合，可适配0.1MPa~42MPa不同压力、多类腐蚀性、易燃易爆化工介质的气体处理场景，覆盖精细化工、石化、煤化工等主流生产工况。

1.2 化工压缩机关键部件构造特点

气缸为核心压缩部件，采用高强度合金材质铸造而成，内壁经过精密打磨处理，耐磨、耐腐蚀性能优异，可适配化工易燃易爆、腐蚀性特殊气体介质。活塞与活塞杆采用一体化锻造工艺，结构强度高，运行过程中形变幅度小，能保障压缩行程的精准度。气阀采用环状

阀片结构，启闭响应速度快，密封性能稳定，可有效降低气体回流造成的能耗损耗。轴承部件选用滑动轴承结构，适配高速连续运转工况，摩擦阻力小、耐高温能力强。密封部件采用多级组合式密封结构，能有效阻断化工气体外泄，规避介质泄漏引发的生产隐患。

1.3 化工压缩机工况运行原理

设备依托容积式压缩原理完成气体增压作业。动力装置输出动能带动传动机构运转，驱动活塞在气缸内部做往复直线运动。活塞下行阶段，气缸内部形成负压环境，进气阀自动开启，工艺气体顺利导入气缸腔体。活塞上行阶段，进气阀闭合，气缸内部腔体容积持续缩小，腔体内气体被持续挤压，分子密度与压力逐步提升。气体压力达到设定工况参数后，排气阀自动开启，高压气体排出气缸，输送至下一生产工序。单次往复运动即可完成一次气体吸入、压缩、排出的完整流程，循环往复实现持续供气增压。

1.4 化工压缩机化工生产运行特性

化工压缩机适配化工生产多工况作业需求，具备压力调控范围广的运行特点，可根据生产线工艺参数调整压缩强度，适配低压输送、高压精制等不同生产环节。设备运行转速平稳，气流输出均匀，能够保障化工反应工序的稳定性，避免气压波动影响产品生产质量。面对含微量杂质、腐蚀性的化工工艺气体，设备核心部件可保持长期稳定运行，耐损耗、抗老化性能突出。设备可长时间不间断连续作业，启停响应灵敏，负荷调节精度高，能够匹配化工生产线24小时连续生产的运行节奏，适配精细化、规模化的化工生产作业模式。

2 化工压缩机常见故障类型及成因分析

2.1 机械运转类故障及形成机理

机械运转类故障为化工压缩机高频多发故障，主要

包含设备振动异常、部件异响、往复卡滞、轴系偏移等问题。故障诱因多来自设备长期连续运行产生的部件磨损。曲轴、活塞销、连杆等传动构件长期承受交变载荷,表面金属会出现微量磨损,构件配合间隙逐步增大。设备固定基座螺栓出现松动、地基沉降不均,会破坏设备运行平衡状态^[2]。转子、活塞等运动部件积结粉尘、油垢或工艺杂质,会改变原有运动配重,引发高频振动。气缸内部异物滞留、活塞行程偏差超标,会造成运行卡顿与金属撞击异响。工况参数长期超限运行,会加重传动结构疲劳损伤,逐步诱发结构性机械故障。

2.2 气动性能类故障及形成机理

气动性能类故障直接影响气体压缩输送效率,主要表现为排气压力不足、排气量衰减、气体压力波动、气阀启闭异常等问题。气阀阀片长期开合会出现形变、磨损或结垢卡阻,阀口闭合严密度下降,高压气体出现回流泄压。进气滤网长期未清理,表面堆积大量工艺粉尘与胶质杂质,堵塞进气通道,降低气缸进气容积效率。气缸内壁、活塞环磨损后密封间隙变大,压缩阶段高压气体向进气侧渗漏。生产线工艺气压频繁波动、进气温度超标,会改变气体压缩倍率,造成输出压力不稳定。阀座密封面损伤、阀片弹簧弹力衰减,都会干扰气阀正常启闭节奏,削弱设备气动工作性能。

2.3 润滑系统类故障及形成机理

润滑系统故障以油压异常、油路堵塞、润滑失效、油品变质为主要表现形式,直接威胁运动构件使用寿命。润滑油长期循环使用会混入金属磨屑、水汽与化工介质杂质,油品黏度、润滑性能持续下降。滤芯、油路管道杂质堆积会造成通流截面缩小,供油压力持续降低,供油流量无法满足高速运转部件的润滑需求。油泵磨损、调压阀调节失准,会造成系统油压偏高或偏低,无法形成稳定油膜。设备低温启停或长期低负荷运行,润滑油流动性变差,局部油路供油不足。油品长期高温氧化变质,会产生胶质沉淀物,进一步堵塞油路,加剧部件干摩擦磨损。

2.4 密封系统类故障及形成机理

密封系统故障集中体现为介质泄漏、密封失效、密封件老化破损,是化工压缩机安全运行的主要隐患。填料密封、端面密封部件长期接触腐蚀性工艺气体,材质会逐步出现腐蚀、硬化、开裂问题。设备高频启停带来的温度、压力变化,会让密封件反复热胀冷缩,加速材质疲劳老化。密封面附着杂质会造成贴合面出现细微划痕,破坏密封结构完整性。密封腔体供油不足、冷却效果不佳,会提升密封件工作温度,加快磨损老化速度。

安装阶段密封件对位偏差、预紧力度不合理,会造成局部密封受力不均,运行初期就出现微量渗漏,长期运行后渗漏问题持续加重。

3 化工压缩机针对性故障检修策略

3.1 机械运转故障专项检修方式

机械运转故障检修以间隙检测、构件校验、基座整改为核心流程。定期拆解曲轴、连杆、活塞销等传动构件,测量部件磨损数值,核对构件配合间隙,磨损超标构件直接更换,恢复传动结构配合精度。对设备基座螺栓开展全面紧固作业,检测地基平整度,对沉降偏移位置做找平加固处理,矫正设备整体水平度。清理活塞、转子表面附着的油垢与工艺杂质,校正运动部件配重平衡^[3]。排查气缸内部腔体,清除残留异物,校准活塞运行行程参数。严格对照设备工艺标准管控运行负荷,杜绝超参数作业,减少传动结构疲劳损伤,从源头降低振动、异响、卡顿等故障频次。

3.2 气动系统故障专项检修方式

气动系统检修聚焦气阀组件、进气通路与气缸密封结构。定期拆卸气阀组件,清理阀片表面结垢,修复轻微形变阀片,更换弹力衰减的弹簧与破损阀座,保障气阀启闭灵活、闭合严密。定时拆解清洗进气滤网,彻底疏通堵塞通道,无法复用的滤网直接更换,保障进气通量稳定。检测气缸内壁与活塞环磨损状态,对磨损超标的配件进行替换,缩小压缩腔体密封间隙。实时监测进气温度与工艺气压,及时调整前端工序参数,稳定气体压缩倍率。逐点排查气路接口,处理细微渗漏点位,保障设备排气压力与排气量达标。

3.3 润滑系统故障专项检修方式

润滑系统检修围绕油品管控、油路疏通、设备部件校验开展。定期抽取设备在用润滑油,检测油品黏度、纯度与氧化程度,及时更换变质、掺杂杂质的润滑油。更换油路滤芯,疏通堵塞的管道通路,恢复油路通流截面,保障供油压力与流量达标。拆解检查油泵、调压阀工作状态,维修磨损故障部件,校准油压调控参数,维持系统油压稳定。优化设备启停与负荷运行规范,低温环境下提前预热设备,改善润滑油流动性能。清理油路内部沉积胶质,规避局部供油不足引发的部件干摩擦问题,保障各运动构件形成有效保护油膜。

3.4 密封系统故障专项检修方式

密封系统检修以密封件更换、密封面养护、安装工艺优化为重点。定期检查填料密封、端面密封等核心配件状态,替换腐蚀、硬化、开裂的老化密封件。清洁密封接触面,打磨修复表面细微划痕,保证密封结构完

整。检查密封腔体供油与冷却工况,调整供油参数、优化冷却效果,降低密封件运行温度,减缓部件老化损耗。检修装配阶段规范密封件对位流程,精准把控预紧力度,避免密封结构受力失衡。逐段检测密封点位运行状态,及时处理初期微量渗漏问题,阻断泄漏故障持续恶化,保障设备整体运行安全。

4 化工压缩机故障长效预防管控措施

4.1 设备日常运行管控措施

设备日常运行管控是筑牢设备安全稳定运行的第一道防线,能有效遏制各类突发性故障滋生。操作人员必须恪守标准化作业流程,完成开机全流程检查作业。全面核查润滑系统供油状态、各类密封结构完好程度、气路管道通畅情况以及设备底座固定状态,排查各类潜在隐患。设备处于运行状态时,定时采集排气压力、介质温度、润滑油压等核心工艺参数,完整留存运行数据,快速识别参数异常波动现象。定时清理设备机身、管路及周边作业区域积攒的粉尘、油垢与工艺残留杂质,营造干净规范的作业环境^[4]。严格执行标准化启停流程,杜绝带负荷开机、强行停机等违规操作。细化日常巡检核查要点,重点甄别设备运行异响、介质渗漏、机体异常震动等细微隐患,及时处置初期轻微缺陷,防止小型故障持续恶化影响设备整体运行状态。

4.2 周期性维护保养措施

周期性保养按照设备运行时长划分保养等级,落实分层维护机制。按照固定周期更换润滑油、油路滤芯及易损密封配件,保持润滑与密封系统稳定工况。定期拆解气阀、活塞、轴承等核心部件,检查磨损、结垢、形变情况,对超标配件及时更替。清理气路、油路内部沉积的胶质与金属碎屑,疏通各类流通通道。校准压力调控组件、阀类配件的工作精度,保证设备运行参数精准可控。对设备基座、连接螺栓、传动结构做定期紧固与调试,修正长期运行产生的配合偏差,维持设备机械运行稳定性。

4.3 运行工况规范管控措施

运行工况管控以稳定生产参数、规避超限作业为核心。严格划定设备负荷运行区间,控制进气压力、排气温度与介质流速在工艺允许范围,杜绝超负荷、超温、超压运行。针对化工生产不同工序状态,合理调整设备运行负荷,平缓过渡工况变化,减少参数骤变对设备结

构的冲击。严控输入介质品质,过滤气体中腐蚀性杂质、固态颗粒,降低介质对气缸、密封件、气阀的磨损与腐蚀。根据环境温度变化微调冷却与供油参数,适配不同环境下的设备运行状态,弱化工况波动带来的设备损耗。

4.4 设备运维体系优化措施

设备运维体系优化从制度建设、人员管理、流程升级多维度完善防控体系。细化完善设备运维台账,精准登记日常运行、定期保养、故障排查处置等各类数据,实现设备全生命周期运行状态可追溯。常态化组织运维人员开展专项技能实训,夯实设备结构认知、隐患识别、规范保养、故障处置等专业能力。搭建完整的故障溯源机制,针对设备出现的各类故障逐一排查诱因,针对性调整保养周期与管控标准。结合生产线实际运行现状,迭代优化老旧运维管理流程,细化各环节管控细则。严格落实岗位专属责任制,清晰划分巡检、保养、设备操作各岗位工作职责,让运维管控工作落地落地,以标准化、常态化的管理模式降低设备故障发生频次^[5]。

结束语

化工压缩机各类故障的产生,多与部件磨损、系统工况失衡、运维管控不到位密切相关。常态化的精准检修与系统化的预防管控,是降低设备故障频次、延长设备使用寿命的核心关键。通过分类落实专项故障检修手段,规范设备运行与保养流程,优化完善运维管理体系,能够有效改善设备运行状态,规避各类故障隐患,为化工生产工况稳定、生产安全及提质增效提供坚实的设备保障。

参考文献

- [1]黄安福.裂解气压缩机振动故障诊断与检修分析[J].造纸装备及材料,2025,54(7):34-36.
- [2]刘立.往复式压缩机的常见故障及处理措施研究[J].张江科技评论,2026(3):108-110.
- [3]秦德鑫,汪翔,崔凡,等.往复式空气压缩机常见故障及建议措施[J].设备管理与维修,2026(9):66-68.
- [4]张世凯,鞠琦,程新续.离心式压缩机长周期运行故障分析与检修策略[J].设备管理与维修,2022(24):40-41.
- [5]刘思远.离心式压缩机组转子系统故障判定与检修分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(10):21-23.