

# 机械设备离心压缩机技术管理及维修保养探析

马久利 白保存 张莹

国家管网集团北京管道有限公司 北京 100000

**摘要:** 离心压缩机作为透平式动力设备,在工业领域应用广泛,其高效稳定运行依赖技术管理与维修保养。该研究从设备档案管理、运行参数监控、操作规程制定等方面阐述技术管理要点,分析振动、温度、压力异常等常见故障及安装调试、维护、环境等成因,提出定期预防性维护、智能故障诊断、技术升级等策略,旨在为提升设备全生命周期效率、保障工业生产连续性提供系统性参考。

**关键词:** 机械设备;离心压缩机;技术管理;维修保养

## 引言

离心压缩机凭借大流量、高效率等优势,成为石油化工、电力等行业的核心设备,但其高速运转特性及对工况的敏感性,使其技术管理与维修保养面临挑战。设备故障不仅影响生产效率,还可能引发安全风险。本文聚焦离心压缩机的技术管理要点,深入剖析常见故障成因,探索针对性维修保养策略,以期为企业优化设备运维模式、提升设备可靠性提供实践指导,推动离心压缩机在工业生产中发挥更大效能。

## 1 机械设备离心压缩机概述

离心压缩机作为一种透平式动力压缩机,凭借其独特的工作原理,在众多工业领域发挥着关键作用。其核心工作机制基于离心力对气体的作用,当叶轮在电动机或其他驱动装置带动下高速旋转时,气体在叶轮入口处获得动能,沿叶片通道在离心力作用下径向加速,速度能逐步转化为压力能,随后经扩压器,气体速度降低,压力进一步提升后排出。从结构层面剖析,叶轮作为高速旋转的核心部件,其材质多选用耐腐蚀的钛合金或不锈钢,设计直接关乎压缩机性能与效率;吸气室引导气体均匀入叶轮,减少气流紊乱;扩压器负责将叶轮出口高速气流减速增压,实现动能向压力能的高效转化;轴承与轴封支撑转子系统稳定运转,防止高压气体泄漏;驱动装置为叶轮旋转提供动力;壳体与中间冷却器(部分机型配备)构成主体结构,多级压缩时中间冷却环节可降低气体温度,提升压缩效率并避免高温不良影响。在工业应用中,离心压缩机优势显著。它能实现大流量气体输送,满足大规模生产需求,且能量转换效率较高,契合节能减排趋势;其结构紧凑,空间占用小,便于在有限场地布局。它也存在局限,不适用于气量过小或压比过高场合,稳定工况区较窄,气量调节经济性欠佳,对气体性质敏感,负荷变化时操作适应性差,转速

高易产生机械振动与喘振现象。正因如此,在石油化工、天然气输送、制冷、空分、冶金、电力、制药等诸多行业,离心压缩机虽广泛应用,却需精准匹配工况与精细运维,以保障其高效稳定运行,持续为工业生产注入强劲动力。

## 2 机械设备离心压缩机技术管理要点

### 2.1 设备档案管理

为全面掌控离心压缩机情况,需精心构建详尽设备档案。档案内容涵盖设备基础信息,如型号、制造商、出厂编号等,这是识别设备的关键标识。技术参数部分记录额定流量、压比、转速等核心指标,为设备运行评估提供依据。安装调试资料囊括安装步骤、调试数据,有助于追溯设备初始状态。维护保养记录详细登记每次维护时间、内容、更换部件,反映设备健康动态。随机技术文件如说明书、图纸,是深入了解设备结构与原理的重要参考。档案应分类清晰、条目明确,采用电子与纸质双重存储,电子档案便于检索查询,纸质档案作为原始备份以防数据丢失,且定期更新,确保档案与实际状况同步,为设备全生命周期管理筑牢根基。

### 2.2 运行参数监控

运行参数监控是保障离心压缩机稳定运行的关键手段。对流量参数的监控,可洞察气体输送量是否满足工况需求,流量异常波动可能暗示管道堵塞或叶轮磨损。压力参数监测至关重要,进出口压力变化反映压缩机做功状态,压力失衡易引发喘振等故障。温度方面,密切关注轴承、润滑油、压缩气体温度,过高温度预示润滑不良、冷却系统故障或压缩过程异常。转速监控确保叶轮按设计速度运转,转速偏差影响压缩机性能与稳定性<sup>[1]</sup>。借助先进传感器实时采集参数,传输至监控系统进行分析处理,设定合理报警阈值,一旦参数偏离正常范围,系统即刻报警,运维人员能迅速响应,排查问题,保障设备

平稳运行。

### 2.3 操作规程制定与执行

科学合理的操作规程是离心压缩机正确运行的行动指南。制定时,充分考量设备结构、工作原理、运行工况及过往经验,明确开机前全面检查项目,如各部件连接紧固性、润滑系统油位、电气系统绝缘性等。开机步骤依序进行,避免误操作引发设备损坏。运行中规范操作流程,如调整负荷要平稳,防止突变冲击设备。关机流程严谨,先卸载再停机,随后做好设备清理与维护。注重异常情况处理规定,如突发故障时紧急停机操作及后续排查方向。对操作人员开展深入培训,使其透彻理解操作规程内涵,严格按规程操作,定期考核强化记忆与执行能力,确保操作规程有效落地,降低操作失误风险,保障设备安全高效运行。

## 3 机械设备离心压缩机常见故障及原因分析

### 3.1 常见故障

#### 3.1.1 振动异常

振动异常是离心压缩机运行中需高度警惕的故障表现,通常体现为机体振动幅值超出正常范围,伴随异常声响且振动频率与转子转速存在关联。这种现象可能源于转子系统不平衡,叶轮磨损、积垢或叶片损坏导致质量分布不均,高速旋转时产生周期性离心力引发振动;也可能是轴承间隙过大或润滑不良,使转子支撑稳定性下降,运转中出现径向或轴向窜动;联轴器对中偏差超标会造成附加力矩,迫使转子偏离旋转中心,加剧振动;气流脉动与叶轮相互作用形成的气动激振,或壳体与管道共振,同样会引发持续性振动,若不及时处理,可能导致部件疲劳损坏、连接松动,甚至引发更严重的机械故障。

#### 3.1.2 温度异常

温度异常主要表现为轴承温度、润滑油温度或压缩气体温度超出设计允许范围。轴承温度过高往往是由于润滑不足,润滑油量短缺或油质劣化导致摩擦加剧,也可能是轴承装配过紧,径向间隙过小,运转时产生过量摩擦热;润滑油温度异常升高可能源于冷却系统失效,冷却器堵塞或冷却介质流量不足,无法有效带走热量;压缩气体温度超标多因级间冷却不良,中间冷却器换热效率下降,或叶轮与壳体间隙过大,导致气体回流产生二次压缩,额外消耗能量转化为热能,高温不仅影响气体性质,还会降低材料强度,缩短设备使用寿命<sup>[2]</sup>。

#### 3.1.3 压力异常

压力异常包括出口压力过低、进口压力波动或级间压力失衡等情况。出口压力不足可能是叶轮磨损严重,

叶片型线受损导致做功能力下降,或扩压器通道堵塞,气流减速增压效果减弱;进口压力频繁波动多与吸气系统有关,吸气室存在泄漏使外界空气渗入,或上游气源压力不稳定,导致进入叶轮的气体压力忽高忽低;级间压力失衡常见于多级压缩机组,某一级叶轮效率降低、导叶调节不当使气流分配不均,或级间密封失效造成气体窜流,都会破坏各级压力的正常梯度,影响压缩机整体压缩性能,无法达到预期的压力输出要求。

### 3.2 原因分析

#### 3.2.1 设备安装与调试问题

设备安装时基础施工不符合要求,混凝土强度不足或地脚螺栓紧固力不均,会导致机组运行时产生共振;转子与壳体同心度偏差显著超出标准,装配时未严格精准校准,导致叶轮与扩压器径向间隙不均,高速旋转引发气流紊乱与机械摩擦;轴承座安装平面不水平,造成轴承载荷分布失衡,运转时局部应力集中;调试阶段未按规程进行空负荷试车,直接带负荷运行,无法及时发现转子动平衡不良或气阀卡涩等潜在问题,初始运行参数设置不合理,如转速提升过快,超出轴承润滑建立的最佳时机,为设备长期运行埋下故障隐患。

#### 3.2.2 维护保养不到位

维护保养不到位体现在定期检查流于形式,未能及时发现叶轮叶片的微小裂纹或腐蚀斑点,这些缺陷随运行时间推移会逐渐扩大;润滑油更换周期过长,油中混入金属碎屑、水分或杂质,导致润滑性能下降,加剧轴承磨损;过滤器未按时清洁或更换,造成吸气过滤器堵塞,进气量减少,同时油过滤器堵塞影响润滑油循环;轴封组件磨损后未及时更换,导致高压气体泄漏,不仅降低压缩效率,还污染环境;对调节系统的维护缺失,如导叶执行机构卡涩未及时处理,使气量调节失灵,无法适应工况变化,这些疏忽都会逐步削弱设备性能,引发各类故障。

#### 3.2.3 运行环境影响

运行环境中的粉尘、腐蚀性气体等杂质过多,会随气体进入压缩机内部,附着在叶轮和扩压器表面,造成流道堵塞,增加气流阻力,同时加速部件腐蚀;环境温度过高,超出设备设计工作温度范围,使冷却系统散热效率降低,影响润滑油和气体的冷却效果;周围振动源传递的振动干扰,如邻近设备运行产生的共振波,会破坏压缩机自身的振动平衡,加剧转子系统的不稳定性;空气质量不佳导致吸气口过滤器频繁堵塞,清理不及时会造成进气量不足,使压缩机长期处于低负荷工况,增加喘振风险;潮湿环境易使电气控制系统受潮,引发接

触不良或控制失灵,影响设备正常运行。

#### 4 机械设备离心压缩机维修保养策略

##### 4.1 定期预防性维护

定期对离心压缩机开展全面巡检,运用专业检测工具,对叶轮进行详细检查,查看其是否存在磨损、腐蚀、裂纹等问题,借助无损探伤技术,精准识别潜在缺陷,确保叶轮运转的平衡性与可靠性。密切监测轴承工作状况,通过温度传感器、振动检测仪,实时掌握轴承温度与振动数据,依据数据变化趋势,提前预判故障风险,适时调整润滑策略,保障轴承稳定运行。对润滑系统进行深度维护,定期抽样检测润滑油品质,分析油液中的杂质成分与含量,及时更换受污染或性能衰退的润滑油;清洁润滑管路与过滤器,确保润滑油路畅通无阻,为设备各部件提供良好润滑条件。严格检查密封系统,针对机械密封与轴封,查看其磨损程度,运用泄漏检测设备,排查是否存在气体泄漏隐患,一旦发现密封件磨损超标,即刻予以更换,防止高压气体泄漏影响压缩效率与生产安全<sup>[3]</sup>。仔细核查冷却系统,测量冷却水流量与温度,清理冷却器内部的污垢、杂质,确保冷却系统高效散热,避免设备因过热而引发故障,维持压缩机在适宜温度区间稳定运行。

##### 4.2 故障诊断与及时维修

当离心压缩机出现故障迹象,迅速启动智能诊断流程。借助先进监测系统,全面收集故障发生瞬间的异常声响、振动幅值、温度骤变、压力波动等多维度信息,并结合设备历史运行数据,运用大数据分析、人工智能算法,对可能引发故障的原因进行深度剖析,精准定位故障部件与根源。依据故障严重程度与性质,制定差异化维修策略。对于诸如过滤器堵塞、传感器故障等简单且紧急的问题,在确保安全的前提下,采用在线维修技术,快速更换堵塞滤芯、修复或更换故障传感器,最大程度减少停机时间;面对叶轮损坏、转子失衡、轴承烧蚀等复杂故障,则需制定详尽停机维修方案,精心调配专业维修人员,提前做好好适配的备品备件,严格按照维修工艺规范,有条不紊地开展维修作业,确保维修质量达到甚至超越设备初始性能标准。维修过程中,构建全方位质量管控体系,对每一个维修环节进行严格监督与记录,从备品备件的质量验收,到维修操作的精准执

行,再到维修后设备的性能测试,都进行细致把控,保证维修后的压缩机能够稳定可靠运行,降低故障复发概率,提升设备整体运行稳定性与可靠性。

##### 4.3 技术改造与升级

持续关注行业前沿技术动态,积极引入先进的设计理念与制造工艺,对离心压缩机进行技术革新。针对叶轮结构,采用新型空气动力学设计,优化叶片型线,提高叶轮对气体的做功效率,降低气体在压缩过程中的能量损耗,从而提升压缩机整体流量与压比性能。在密封技术方面,应用新型密封材料与结构,如采用高性能的碳纤维复合密封件,增强密封系统的耐磨性与密封性,有效减少气体泄漏,提高压缩效率,降低能耗<sup>[4]</sup>。对控制系统进行智能化升级,融入先进的自动化控制算法与远程监控技术,实现压缩机运行参数的精准调节与实时监控,操作人员可通过远程终端,随时随地掌握设备运行状态,及时调整运行参数,应对工况变化,同时系统具备智能预警功能,能够提前预测潜在故障,为设备维护提供决策依据,提高设备运行的智能化、自动化水平,保障设备高效稳定运行,适应不断变化的生产需求。

#### 结语

综上所述,离心压缩机的技术管理与维修保养需贯穿设备全生命周期,从档案构建到智能监控,从预防性维护到技术升级,形成闭环管理体系。未来可结合数字孪生技术实现设备状态实时模拟,通过预测性维护替代传统定期检修,借助新型材料延长核心部件寿命。唯有将精细化管理与技术创新深度融合,才能突破现有运维瓶颈,充分释放离心压缩机的性能潜力,为工业高质量发展提供持续动力。

#### 参考文献

- [1]牛聪.离心压缩机机械振动故障分析[J].中国设备工程,2025(12):194-196.
- [2]凌智敏.离心压缩机机械振动故障分析[J].建筑工程技术与设计,2020(9):658.
- [3]于震远,曹万林,刘超.离心式压缩机的维护保养及检修管理[J].石化技术,2020,27(11):183-184.
- [4]方佳浩,田帅.浅析离心式压缩机维护保养与检修管理[J].户外装备,2020(6):92.