

减少结垢、焦状物对设备流通面积及运行阻力的影响,保障裂解气压缩机高效、稳定运转。

#### 4.2 强化设备状态监测

立足设备全生命周期管理,技术人员需要采取必要举措,构建全方位、高精度的设备状态监测体系,实现故障早发现、早预警、早处理,延长设备运行周期。具体来看,其一完善监测仪表配置,在压缩机转子、叶轮、轴承、密封系统等关键部位,增设轴振动、轴位移、轴承温度、密封泄漏量等监测仪表,实时采集设备运行数据,设定合理的预警阈值,当数据超标时及时发出报警信号,避免故障扩大化。定期校验监测仪表,确保数据采集的准确性和可靠性,重点监测轴振动 $\leq 25\mu\text{m}$ 、轴瓦温度 $\leq 90^\circ\text{C}$ 等关键指标<sup>[5]</sup>。其二建立设备状态分析机制,结合监测数据、检修记录,运用大数据分析、故障诊断技术,对叶轮结垢、密封泄漏等潜在故障进行预判,精准识别故障根源,制定针对性的预处理措施。例如,通过分析密封泄漏量变化数据,预判干气密封磨损情况,提前进行维护更换,避免密封失效引发停机事故。其三优化设备检修工艺,制定科学的检修周期,定期对压缩机进行解体检查,重点清理叶轮、流道结垢,检查密封件、叶轮、轴承等部件的磨损情况,及时更换损坏部件。

#### 4.3 完善润滑油系统管控

针对润滑系统异常问题,技术人员应当从油品品质管控、设备维护、应急保障等层面入手,完善润滑油系统管控体系,确保润滑系统稳定运行。其一强化润滑油品质管控,定期检测润滑油的粘度、酸值、漆膜倾向指数等指标,建立润滑油更换标准,及时更换老化、变质的润滑油。使用新型除漆膜滤油机,采用静电吸附+树脂吸附协同技术,如图1所示:

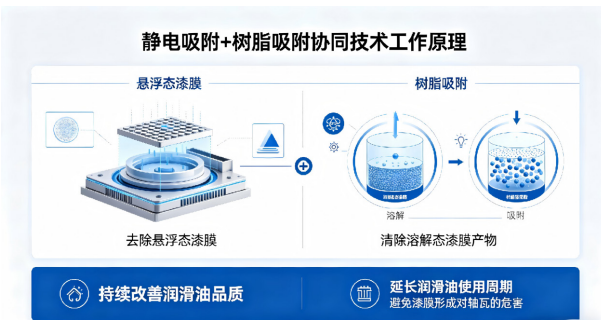


图1 静电吸附+树脂吸附协同技术原理示意图

去除悬浮态漆膜,清除溶解态漆膜产物,持续改善润滑油品质,延长润滑油使用周期,避免漆膜形成对轴瓦的危害。其二加强润滑系统设备维护,定期检查主油泵、辅助油泵、冷却器、过滤器等设备的运行状态,及时清理过滤器滤

芯,修复冷却器换热管结垢问题,确保油压、油温稳定在合理范围,结合过往经验,油压需要控制在0.1-0.22MPa、油温保持在38-48 $^\circ\text{C}$ 。定期检查高位油箱、蓄能器的密封性和应急供油能力,确保断电时能够实现应急供油,防止轴瓦烧毁。其三优化润滑油系统操作,根据压缩机运行负荷、环境温度,及时调整油温、油压,避免润滑油因温度过高加速老化,因压力不足导致润滑不充分,加强油站密封管理,防止裂解气、水分混入润滑油,避免润滑油乳化变质。

#### 4.4 科学调节工艺参数

建立工艺参数动态调节机制,实时监测裂解气原料组分、流量变化,结合压缩机运行工况,精准调节压缩机转速、进出口阀门开度,确保入口流量、进出口压力、级间温度等参数稳定在最佳范围,避免机组偏离最佳运行工况,防止喘振现象发生。优化防喘振系统控制逻辑,提升防喘振阀的响应速度,当流量接近喘振线时,自动打开回流阀,确保机组稳定运行。规范操作流程,加强操作人员培训,提升操作技能,避免阀门操作过快、过猛,减少系统压力骤升骤降。建立操作记录制度,详细记录工艺参数变化、操作调整情况,便于后续故障分析和工艺优化。优化分液罐液位控制,确保液位稳定,避免凝液夹带进入压缩机本体,稳定蒸汽、循环水、仪表风等公用工程参数,为压缩机系统稳定运行提供保障。

## 5 结语

裂解气压缩机系统受介质特性、设备工艺、运行工况等多方面因素的综合影响,易出现叶轮结垢磨损、密封系统泄漏、润滑系统异常、工艺参数波动等系列问题,制约系统运行效能的发挥。文章通过多维度、全方位的优化举措,完善裂解气压缩机系统管控体系,提升系统运行的稳定性、可靠性和高效性,延长设备运行周期,减少故障停机情况的发生,为乙烯装置的精细化、规模化生产提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1] 杨坤松,刘宗林,林镇杰.乙烯装置裂解气压缩机仪表和控制系系统长周期运行探讨[J].石油化工自动化,2024(5):97-101.
- [2] 田晓兰,坎晓杰,万晓明等.裂解气压缩机长周期运行中的问题及对策[J].乙烯工业,2024(2):60-64.
- [3] 马红杰,周尖,丁少辉.乙烯装置裂解气压缩机段间冷却器腐蚀原因分析[J].炼油技术与工程,2024(6):38-42.
- [4] 张立冬.裂解气压缩机高压缸轴位移、温度升高原因分析及对策[J].当代化工,2025(1):236-240.
- [5] 朱思勉.裂解气压缩机油膜涡动故障诊断与处理[J].石油化技术经济,2025(5):45-49.

# Analysis of Vibration Causes and Treatment Measures for Cracker Compressors

Kun Zhang Zhangbin Luo Chaohui You Yongmeng Sun

Sinopec Zhongyuan Petrochemical Co., Ltd., Puyang, Henan, 457000, China

## Abstract

To enhance the operational stability of pyrolysis gas compressors, effectively prevent and address vibration issues, reduce the incidence of abnormal wear, seal failures, and shutdown incidents, and ensure the smooth and orderly conduct of pyrolysis and separation processes, this article examines the technical principles and key characteristics of pyrolysis gas compressors. Through literature review and other methodologies, it identifies the root causes of vibration, adopts a systems thinking approach with a problem-oriented perspective, and addresses vibration monitoring, fault resolution, and risk prevention. The study aims to systematically improve the ability to mitigate vibration-induced issues such as rotor abnormalities and installation deviations, ultimately establishing a comprehensive management and maintenance framework for pyrolysis gas compressors.

## Keywords

cracking gas; compressor; cause of vibration; treatment strategy

## 裂解气压缩机振动原因分析及处理措施

张坤 罗涨宾 尤朝辉 孙永猛

中国石化中原石油化工有限公司, 中国·河南 濮阳 457000

## 摘要

为提升裂解气压缩机运行的稳定性,有效防范、处置振动等问题发生,降低异常磨损、密封失效、停机事故的发生机率,确保裂解、分离等生产活动的稳妥有序开展,文章着眼裂解气压缩机技术原理与主要特点,借助文献资料研究等方法,总结概括振动诱发原因,遵循系统思维,坚持问题导向,从振动监测、问题处理以及隐患预防等多个维度出发,稳步提升对转子异常、安装偏差等裂解气压缩机振动诱因的应对能力,旨在形成完备的裂解气压缩机管理与维护机制。

## 关键词

裂解气; 压缩机; 振动原因; 处理策略

## 1 引言

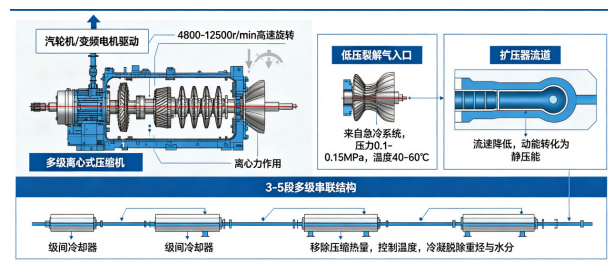
裂解气压缩机作为连接裂解与深冷分离的关键组件,具有逐级升压、级间净化、温控防聚等功能,在乙烯生产制备等方面发挥着关键作用。在各类因素叠加影响下,裂解气压缩机容易产生异常振动,技术人员在日常养护、监测过程中,应当坚持问题导向,着眼振动诱因,从技术、制度等层面,探索裂解气压缩机振动问题处置举措,实现振动原因的精准识别与高效介入,保障设备运行的安全性与稳定性。

## 2 裂解气压缩机概述

### 2.1 裂解气压缩机技术原理

裂解气压缩机作为乙烯装置的核心动力设备,其核心工作原理是实现动能与压力能的连续转化,满足裂解气逐级

升压的工艺需求,为后续深冷分离工序提供必要的压力支撑。当前大型乙烯装置主流采用多级离心式裂解气压缩机,如图1所示:



该裂解气压缩机由三缸五段17级蒸汽汽轮机驱动,转子带动叶轮以5450-8388r/min的高速旋转,吸入压力0.3至0.7Mpa,温度30至50度,出口压力3.2至3.8Mp<sup>[1]</sup>。气体进入扩压器流道,流速显著降低,动能高效转化为静压能,实现压力逐级提升。由于裂解气总压缩比高达30-40,单级压缩无法满足工艺要求,行业主流采用3-5段多级串联结构,

【作者简介】张坤(1988-),男,中国河南辉县人,本科,工程师,从事于乙烯装置裂解气压缩机操作与维护研究。

每段压缩后配置专用级间冷却器,及时移除压缩热量,控制气体温度在工艺允许范围,同时冷凝脱除重烃与水分,避免烯烃聚合结焦,保障气体纯度与机组运行稳定性,最终将裂解气压缩至合理区间范围,适配深冷分离工序的压力需求。

## 2.2 裂解气压缩机技术特点

裂解气压缩机依托其在乙烯生产流程中的核心定位,形成了与工艺需求高度适配的技术特点,且运行工况的复杂性决定了其对稳定性的严苛要求。结构设计复杂且精度要求高,主流采用三缸五段多缸体布局,整机通常包含17级压缩,缸体多采用高强度铸钢材质以保障承压能力与结构稳定性,叶轮采用三维流线型设计并选用高强度合金钢材质,动平衡精度需达G1级,确保高速运行下的稳定性。介质适应性要求严苛,处理的裂解气包含氢气、乙烯、丙烯等复杂组分,具有易燃易爆特性,对机组抗腐蚀、抗结垢能力提出较高要求,流道需要采用光滑防粘涂层设计,配套专用阻聚剂注入系统抑制烯烃聚合<sup>[2]</sup>。能耗占比高且运行连续性要求高,单机功率覆盖20-50兆瓦,能耗占乙烯装置总能耗的15%-20%,作为乙烯装置的核心设备,如果出现停机问题,将导致全厂停产。

## 3 裂解气压缩机振动原因分析

### 3.1 转子系统异常

转子系统异常是引发压缩机振动的最主要诱因之一,具体来看,叶轮结垢、磨损、腐蚀不均,异物撞击导致叶片变形,或平衡块脱落引发,长期运行会导致轴承磨损、轴系失稳,甚至引发叶轮断裂。主轴长期在高温、高压工况下运行,如果冷却系统失效或启停操作不规范,会导致主轴热变形弯曲,转子内部紧固件长期受振动冲击,易出现松动,引发转子偏心旋转,产生周期性振动。轴承作为转子的支撑部件,如果润滑介质老化、污染,或润滑系统供油不足,会导致轴承磨损、间隙增大,出现巴氏合金脱落现象,使转子运行轨迹偏移,产生异常振动,同时伴随轴承温度升高。

### 3.2 气动力扰动

气动力扰动与工艺工况、介质特性及流场分布相关,具有较强的随机性和关联性。气流在叶轮内发生严重分离,沿轴向周期性来回倒流,当压缩机运行流量低于临界值、下游管网压力突然升高、进气参数突变或防喘振系统故障时,均会引发喘振,表现为机组产生强烈的低频振动,伴随出口压力、流量、电流的周期性剧烈波动,长期喘振会导致轴承疲劳、叶轮损坏、密封失效,甚至整机损坏<sup>[3]</sup>。同时,旋转失速也是气动力扰动的重要表现,当气流在叶轮叶片表面过早发生附面层分离,形成旋转的脱离团,会产生周期性的压力波动,激励转子发生异常振动,其振动频率小于转子角频率,当旋转失速频率与机组固有频率耦合时,会引发共振,出现危险振动。裂解气介质组分波动、分子量变化,以及级间冷却器换热效率下降导致的气体温度不均,会使叶轮受力不平衡,产生周期性的气动力冲击,引发机组振动。

### 3.3 安装偏差

裂解气压缩机安装过程中,各累积类偏差会导致机组运行时产生附加振动,具有持续性和难以消除的特点。如果设备基础浇筑时强度不足、平整度不达标,或地脚螺栓紧固不牢固、存在松动,会导致压缩机运行时基础产生共振,传递至整机引发振动,尤其在机组高速运行时,基础松动会使振动幅度急剧增大。联轴器作为连接驱动装置与压缩机转子的关键部件,若冷态对中或热态对中精度不足,会导致两轴中心线不重合,运行时产生附加力矩,引发周期性的振动,其振动频谱含1倍频及2倍频。安装过程中,如果没有严格校准压缩机的水平度,会导致转子运行时受力不均,轴承载荷分布失衡,长期运行会加剧轴承磨损,同时引发转子偏心振动。

### 3.4 密封系统异常

现阶段,裂解气压缩机轴端在浮环密封技术应用过程中,运行状态与机组振动存在显著的耦合关联,密封系统异常引发的振动具有隐蔽性强、传导性广的特点,易被误判为转子或轴承故障。具体来看,油膜作为浮环密封的核心缓冲与密封介质,其厚度、压力分布直接决定密封效果与振动传导特性,当密封油供油压力波动、油质劣化或油温过高时,会导致油膜厚度不均、油膜振荡,引发浮环径向跳动量增大,进而产生周期性的振动信号,该振动会通过轴系传递至整机,表现为机组径向振动幅值升高,且振动频谱中出现明显的油膜振荡特征频率。密封系统引发的振动会反向影响密封性能,振动导致的浮环磨损、油膜破裂会加剧介质泄漏,泄漏的介质腐蚀密封部件、干扰油膜稳定性。

## 4 裂解气压缩机振动问题处理举措

### 4.1 完善振动问题监测机制

搭建智能在线监测系统,参照行业先进经验,为压缩机关键部位安装振动传感器、温度传感器、压力传感器等设备,实时采集轴振动、轴位移、轴承温度、进出口压力等12项关键参数,振动值严格控制在 $\leq 4.5\text{mm/s}$ ,超过 $3.5\text{mm/s}$ 时及时发出预警,预警响应时间 $\leq 1$ 秒,通过实时数据库实现数据的自动采集、高效推送,确保设备管理人员及时掌握机组运行状态。实施分级监测管理,依据压缩机功率、运行工况、重要程度,将振动区域划分为A、B、C、D四个等级,A区为最佳运行范围,B区为允许长期运行范围,C区为振动上升不宜长期运行范围,D区为振动剧烈存在损坏风险范围,针对不同区域采取差异化的监测频次和处置措施<sup>[4]</sup>。建立振动数据历史数据库,结合机组运行参数、工艺工况,通过大数据分析、频谱分析等方法,强化数据研判分析,挖掘振动数据与故障诱因的关联规律,提前2-4周预警叶轮结垢、密封老化、转子不平衡等潜在隐患。

### 4.2 健全振动问题处置路径

#### 4.2.1 转子异常的应对

对于转子不平衡问题,需立即停机,对叶轮进行全面