

# 关于醋酸乙烯工艺中罗茨风机的检修技术与优化策略

张君威

中国石化长城能源化工(宁夏)有限公司 宁夏 银川 750411

**摘要:** 在乙炔与醋酸合成醋酸乙烯的工艺体系中,罗茨风机作为核心输送设备,承担着乙炔原料气的稳定增压与输送任务,其运行可靠性直接决定工艺连续性与产品收率。本文结合某醋酸乙烯生产装置罗茨风机的实际运行数据与检修案例,分析风机常见故障类型及成因,系统阐述从解体检查、核心部件更换到组装调试的全流程检修技术,并提出基于状态监测的预防性检修优化策略,旨在为同类装置风机检修提供实践参考,降低非计划停机风险,保障工艺长周期稳定运行。

**关键词:** 醋酸乙烯;罗茨风机;检修技术;故障诊断;预防性维护

## 引言

醋酸乙烯(VAC)作为重要的有机化工原料,广泛应用于涂料、胶粘剂、纺织助剂等领域,其主流生产工艺为乙炔气相法,即乙炔与醋酸在催化剂作用下于固定床反应器中合成。该工艺体系中,罗茨风机承担着循环输送乙炔气体的核心功能,其运行状态直接影响反应器压力控制、气体混合均匀性及催化剂活性。然而,由于输送介质含微量醋酸、乙炔易燃易爆等特性,罗茨风机常面临转子卡涩、密封泄漏、振动超标、墙板变形等典型故障<sup>[1]</sup>。本文结合某化工厂醋酸乙烯合成装置的长期运行数据,系统分析罗茨风机故障类型及成因,并提出针对性解决措施。

某年产45万吨醋酸乙烯装置中共采用九套系统,含9台罗茨风机(型号ZSR6-600NSP),自投产以来,该9台罗茨风机运行已达11年,其中在2023年集中发生8次故障,导致系统发生非计划降负荷,单次停机导致装置减产约150吨,经济损失超30万元。因此,建立科学、高效的罗茨风机检修体系,是保障醋酸乙烯工艺稳定运行的关键环节。

## 1 罗茨风机结构特点与工艺适配性

### 1.1 设备结构原理

该类型风机是一种双转子容积式气体压缩机,机壳内两个耦合的转子彼此保持一定的微小“啮合”间隙,通过同步齿轮带动,以相同的速度作等速反向旋转,由于气室容积由小变大,此侧形成低压区,得以进气;在转子的出口侧,气室容积由大变小,此侧形成高压区,得以压送气体。气体从低压区向高压区的输送,则依靠转子将气体从低压区沿机壳间隙压入高压区<sup>[2]</sup>。

### 1.2 主要特点:

主机采用进口专用轴承,增加风和承载能力、提高可靠性;机壳采用偏心加工,保证风机在高压时效率高

且运行可靠;叶轮型面引进日本设计制造技术生产,该叶轮在保持低线速度时具有以下优点:高效节能、低噪、型面精确(装配无需修整,叶轮气换性好);主、副油箱采用水冷技术,保证润滑油温度在65℃以下;机械密封采用双端面机械密封,技术成熟,密封效果好

### 1.3 性能参数

输送介质: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(81.15%)+醋酸乙烯(12.64%)+醋酸(2.74%)+乙醛(0.25%)+二氧化碳(1.77%)+高级炔烃(0.5%);进气压力: 3kPa(G),排气压力: 50kPa(G);进气温度: 21.7℃;升压: 47kPa;进口态乙炔量: 278.7Nm<sup>3</sup>/min;风机转速: 535r/min;叶轮最大线速度: 22m/s;轴功率, 319kW

## 2 罗茨风机常见故障类型及成因分析

结合乙炔醋酸合成工艺的工况特点(输送介质含微量醋酸雾、运行温度35-45℃、连续运行周期长),罗茨风机的故障集中表现为以下四类,其成因与工艺工况直接相关:

### 2.1 风量/压力不足

核心成因: 由于转子的材质为铸铁,在长期运行过程受到酸性介质的腐蚀,造成转子与机壳、转子与转子间的间隙超标,导致气体内泄漏量增大。工艺关联: 合成气中含有的醋酸会腐蚀转子表面,长期运行导致转子轮廓磨损,间隙从设计值0.20~0.25mm扩大至1.25mm以上,内泄漏量增加14%以上,直接造成风机有效风量下降<sup>[3]</sup>。

### 2.2 异常振动与噪声

罗茨风机的噪音主要产生来自于气体动力性噪音和机械噪音,前者由气流脉动产生,后者由齿轮、轴承和电机的机械运动产生,还包括由基础振动激发的固体声。当噪音从进出口向外辐射时,有些噪音的频率得到了增强<sup>[4]</sup>。数据表现: 底座间隙大于0.15mm以上,墙板变形

后, 风机振动值从正常的  $\leq 11.8\text{mm/s}$  升至  $12\text{mm/s}$  以上, 并伴随高频噪声, 严重时引发机座共振; 其中结构物主要是: 球墨铸铁表面: 醋酸亚铁晶体或其与碳化物的混合物 (图 1左图所示为从设备中清理出的这类红褐色、块状腐蚀结垢物) 机壳表面: 系统中的活性炭粉末随气流沉积在机壳表面, 同时吸附聚合生成的有机碳化物, 不可燃是由于聚合物燃点高且活性炭需高温引燃 (图1右图展示了机壳表面附着的这类黑色沉积物的实际样貌)。



图1 球墨铸铁表面和机壳表面

### 2.3 轴承温度过高

核心成因: 桥轴承润滑脂老化或填充量不当 (过多导致搅拌发热, 过少导致干摩擦); 轴承安装过紧, 径向游隙不足; 由于该装置处于西北沙尘高发地区, 灰尘大量进入污染润滑脂, 导致轴承润滑不良, 摩擦增大。(图 2所示为出现故障的轴承部件, 其表面可见明显锈蚀、污损的润滑脂残留, 直观呈现了沙尘污染与润滑不良造成的轴承劣化状态)



图2 出现故障的轴承部件G

工况影响: 醋酸乙烯工艺中风机连续运行, 润滑脂在  $40^{\circ}\text{C}$  左右的环境温度下易氧化失效, 若未按周期更换, 轴承温度会在短时间内升高, 发生轴承抱死故障。

### 2.4 密封泄漏

核心成因: 机封水流量、压力低, 机封腔体和机封表面覆盖大量的碳酸盐等水垢杂质, 摩擦副磨损, 弹簧补偿力失效, 机封泄漏 (图3); 轴端机械密封磨损或O型圈老化; 密封腔压力失衡; 密封冲洗液 (脱盐水) 中断。



图3 机封泄漏

风险后果: 乙炔气为易燃易爆气体, 轴端密封泄漏不仅造成原料损失, 还可能引发车间内乙炔浓度超标, 存在安全隐患。

## 3 故障解决措施与实施效果

### 3.1 转子间隙优化

清理转子表面异物: 通过旋转齿套与轮毂相对角度记录转子间隙。具体步骤: 将转子盘至水平  $45^{\circ}$  位置, 用塞尺检测转子各部件间隙。每次旋转角度控制在  $5^{\circ}$  以内, 确保各位置间隙均匀性。清理转子表面异物后再次采用上述方法检测转子各部件间隙, 清理后实测转子间隙  $1.25\text{mm}$ 、转子和断面间隙  $1.05\text{--}3.05\text{mm}$ , 振动速度值降至  $5\text{--}7\text{mm/s}$ 。对于腐蚀严重的转子进行更换, 包装设备风量输送<sup>[5]</sup>。

### 3.2 噪音及振动优化

转子动不平衡调整: 罗茨风机长期运行, 由于介质中含有醋酸以及催化剂粉末, 会附着在转子内腔及表面; 为了保证转子的长期运行, 需要制定设备预防性检修计划, 定期对转子表面酸渍、内腔结垢进行清理。机体底座水平度的保证, 采用塞尺验证水平度  $\leq 0.08\text{mm/m}$ , 无法滑动为合格。

### 3.3 桥轴承温度控制

安装质量: 如果轴承在安装过程中公差配合 (轴承顶间隙控制在  $0.12\text{--}0.16\text{mm}$ , 侧间隙为顶间隙的  $1/2$ ) 不到位, 会发生跑圈现象, 而轴承跑圈会加剧配合部件的磨损, 严重时甚至会导致设备报废, 降低机器精度。该地

区由于地处风沙频发的北方,需要做好灰尘对于润滑脂的污染防范措施,主要是从管理方面,注意风机房门及时关闭,日常检查发现班组在清理卫生是采用压缩空气吹扫,严禁风机房使用压缩空气吹扫。定期维护,通过实践发现,该风机桥轴承定期保养轴承时间控制在17-19个月左右为最佳<sup>[6]</sup>。

#### 3.4 机封泄漏问题解决措施

对机封水槽进行定期置换。对风机机封水管线入口过滤器进行定期清洗。

### 4 罗茨风机全流程检修技术

基于上述故障分析和解决措施,结合装置检修实践,罗茨风机的检修需遵循“解体检查-部件更换-组装调试-性能验证”的流程,关键步骤及技术要求如下:

#### 4.1 检修前准备

**安全隔离:**通过氮气置换系统内残留乙炔气,直至采样分析乙炔浓度合格,对风机进出口管线进行加装盲板隔离。**工具与备件准备:**准备专用拉马、间隙测量工具(塞尺、百分表)、扭矩扳手;备好备用轴承(型号642222、NU330、6311)、机械密封、润滑脂(三号锂基脂)等关键备件。**数据记录:**记录检修前风机的振动值、轴承温度、进出口压力等运行参数,作为检修后性能对比的基准。

#### 4.2 解体检查与故障定位

**机壳解体:**检测底座间隙,拆除风机上端盖螺栓,检测转子各部件间隙,对风机进行解体。

**核心部件检查:转子检查:**用塞尺测量转子与机壳的径向间隙、转子间的啮合间隙,若间隙超标(转子与转子间隙控制在0.20-0.25mm,与墙板间隙控制在0.40-0.45mm),需进一步检查转子表面磨损情况;用百分表检查转子轴的圆度与圆柱度,转子叶轮端面圆跳动值 $\leq 0.05\text{mm}$ ,转子外径圆跳动值 $\leq 0.05\text{mm}$ ,转子轴的圆柱度跳动值 $\leq 0.04\text{mm}$ 。

#### 4.3 组装与调试

**部件组装:**组装后拧紧齿轮轴螺母时采用扭矩扳手,扭矩值按设计要求设定(如M20螺母扭矩为 $180\text{N}\cdot\text{m}$ );组装轴承时,采用热装法(将轴承加热至 $80-100^{\circ}\text{C}$ ),避免强行敲击导致轴承损伤。**间隙测量:**组装端盖后,用百分表与塞尺重新测量转子间隙,径向间隙 $0.20\sim 0.25\text{mm}$ ,与墙板间隙控制在 $0.40\sim 0.45\text{mm}$ ,确保间隙均匀。**空载调试:**向轴承箱加注润滑油(填充量为轴承箱容积的 $1/3-1/2$ ),启动风机空载运行1小时,监测轴承温度( $\leq 60^{\circ}\text{C}$ )、振动值( $\leq 6.0\text{mm/s}$ ),检查有无异常噪声。

### 5 检修优化策略:从定期检修到预防性维护

由于人工巡检的不连续性,以及无法做到对于现场异常数据的及时收集分析,故采用状态检测系统,可以及时发现设备异常,分析故障位置及原因,由原先的定期维护做到预防性维护。

#### 5.1 建立状态监测体系

**在线监测:**在风机轴承座、桥轴承安装振动传感器与温度传感器,通过系统实时采集振动值(采样频率1次/分钟)、温度值(采样频率1次/5分钟),设定报警阈值(风机振动 $> 11.2\text{mm/s}$ 、桥轴承振动 $> 18\text{mm/s}$ 、温度 $> 70^{\circ}\text{C}$ ),实现异常情况实时预警。

#### 5.2 制定动态检修周期

根据状态监测数据调整检修周期:若风机运行参数稳定,可将检修周期延长;若出现振动值缓慢上升或温度异常波动,提前安排针对性检修,避免故障扩大。

#### 5.3 备件管理优化

基于检修记录与故障统计,建立关键备件的安全库存:如轴承、机械密封按“2台/年”的消耗量储备;转子、同步齿轮等大部件储备1套备用,缩短检修停机时间。

### 6 结论

罗茨风机在乙炔醋酸合成醋酸乙烯工艺中,故障主要源于间隙超标、轴承磨损、密封失效,其检修需严格控制解体检查精度、核心部件修复质量与组装间隙,确保负载试车参数符合工艺要求;通过建立“在线监测”的状态监测体系,可实现从“定期检修”向“预防性维护”的转变,显著降低非计划停机风险。

### 参考文献

- [1]姜大海,陈文勇. 醋酸乙烯储运管线TP304焊接接头泄漏失效分析[J].石油化工腐蚀与防护,2025,42(06):56-59.
- [2]袁静. 数字化转型背景下醋酸乙烯采购流程再造与效率提高建议[J].投资与合作,2025,(12):199-201.
- [3]王新妮,吴海波,苏军. 乙烯-醋酸乙烯酯共聚物改性沥青的高温稳定性与抗疲劳性能研究[J].塑料科技,2025,53(11):86-89.
- [4]谢阳志,刘斌,周增亮,等. 异氰酸酯-聚醋酸乙烯酯复合乳液木材胶黏剂的制备及耐水性能研究[J].江西建材,2025,(10):31-33+37.
- [5]麻省理工学院的钨催化醋酸、乙烯反应过程异相-均相双功能机制研究获进展[J].石油炼制与化工,2025,56(08):58.
- [6]闫维佳,杨昊玮,康越,等. 高低温环境对剪切硬化胶改性乙烯-醋酸乙烯酯泡沫的防护性能影响[J].力学与实践,2025,47(04):759-765.