

# 煤化工生产中压缩机的异常工况处理及经济效益分析

汪显斌（国能新疆化工有限公司，新疆 乌鲁木齐 831400）

**摘要：**本文以某煤化工公司烯烃分离装置产品气压缩机为例，探讨压缩机异常工况处理及经济效益。该机组轴瓦温度反复升高回落，拆检发现轴瓦积碳且上瓦有摩擦损伤。分析表明，积碳是主要与润滑油形成漆膜、轴承间隙小、瓦块油楔小相关。针对性采取保持油品品质、强化冷却控温、增加油楔宽度至8mm、调大轴瓦间隙至0.15mm等措施。经济效益显著，可减少停机损失、降低维修成本、延长设备寿命、提高能源效率，为压缩机稳定运行及企业降本增效提供参考，凸显科学处理策略的重要性。

**关键词：**煤化工生产；压缩机；异常工况；经济效益

中图分类号：TQ051.21 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)028-0058-03

## Abnormal Condition Handling and Economic Benefit Analysis of Compressors in Coal Chemical Production

Wang Xianbin (CHN Energy Xinjiang Chemical Co., Ltd., Urumqi Xinjiang 831400, China)

**Abstract:** This paper takes the product gas compressor in the olefin separation unit of a coal chemical company as an example to discuss the handling of abnormal compressor conditions and their economic benefits. The unit experienced repeated fluctuations in bearing bush temperature, and disassembly inspection revealed carbon deposits on the bearing bush, along with friction damage on the upper bush. Analysis indicates that the carbon deposits were primarily related to the formation of lacquer films in the lubricating oil, small bearing clearances, and insufficient oil wedge size in the bush blocks. Targeted measures were implemented, including maintaining oil quality, enhancing cooling and temperature control, increasing the oil wedge width to 8 mm, and adjusting the bearing clearance to 0.15 mm. These measures yielded significant economic benefits by reducing downtime losses, lowering maintenance costs, extending equipment lifespan, and improving energy efficiency. The study provides a reference for ensuring stable compressor operation and achieving cost reduction and efficiency improvement for enterprises, highlighting the importance of scientific handling strategies.

**Keywords:** coal chemical production; compressor; abnormal conditions; economic benefits

压缩机作为化工工艺生产体系中至关重要的动力机组，主要承担着压缩和输送工艺所需气体的作用，其好坏在一定程度上直接决定着整个化工生产装置的运行稳定、安全生产和经济效益<sup>[1]</sup>。而一旦压缩机发生异常工况，轻则产生生产中断、经济损失大的影响，重则造成装置设备损坏乃至安全事故发生，所以，研究压缩机异常工况处理方法，并对经济效益做出分析，意义重大。本文以某煤化工公司烯烃分离装置产品气压缩机的异常工况为载体，就异常工况的出现、处理方法及带来的经济效益等问题进行相关探讨。

### 1 产品气压缩机异常工况案例介绍

产品气压缩机为装置主体动力设备，为低压缸和高压缸联合使用，可以实现分步升压压缩气体，达到工艺对其不同级别的压力的要求。转子系统动平衡校验，并采用五瓣可倾轴瓦支撑结构，以适应变负荷工况下的平稳运行。本次修理过程中机组主体结构没有太大改动，支撑轴瓦也以原五瓣可倾轴瓦形式设计。此轴瓦结构由3块下瓦、2块上瓦构成，利用多瓣可倾，以稳定支撑轴颈，其运行中受力分布均匀，针对此轴瓦进行支撑温度监控。轴瓦系统2个测温探头均为本

体测温探头，均按照原设计要求分别安装在轴瓦上、下瓦。此轴瓦主要负荷区域下瓦温度的波动能反映该轴承的润滑和摩擦状况，在此设置测温探头以抓取关键温度点能对设备的运行状态做出客观的分析，为设备的安全平稳运行提供参考指标。对称可倾瓦，动平衡性好，承载能力大，耗功小，能承受从任何方向作用的径向力，但结构复杂，安装检修都较为麻烦，成本高。

该装置在2018年9月投用后连续稳定运行了近1年。2019年9月以后未做工艺调整，轴瓦温度出现时高时低，调整止推轴承油压到0.17MPa后，T2560测温点降到87.7℃，温度稳定。2019年7月检修处理了轴瓦温度不稳问题后，8月开车正常运行。2020年2月出现高低压支撑瓦温度不稳，其他参数稳定，因影响机组正常运行，3月被迫停，拆检。2次拆检情况相同，前支撑上下瓦有积碳，上瓦有轻微的轴擦伤，顶隙、侧隙、瓦块的接触面积正常，原因未查清楚。

### 2 产品气压缩机异常工况分析

#### 2.1 产品气压缩机故障表象分析

根据拆检和维修前后运行资料分析结果，判断得

出：该型号气压缩机的工艺条件不发生任何变动，设备运行状态不变的情况下，其瓦温先急升后在短时间内下降，某段周期内的温度甚至低于升压前的温度，这样的自然升高和下降现象，说明产生瓦温升高的原因有可能自然消失；并且由于该气压缩机的结构属于低压缸与高压缸连通，在缸内上下方向贯通，上下瓦有同样的支撑，属五瓣可倾式轴瓦结构，轴瓦的升高，说明该气压缩机不存在由于机组本身机械结构的磨蚀损坏、转子失衡等“刚体性”故障而造成的问题<sup>[2]</sup>，可采取提高供油压力的办法来压低轴瓦瓦温。在瓦块拆检数据和瓦温数据对比分析结果中得出，积碳较严重的瓦块温度升高，两者呈直接正相关，积碳可造成轴瓦间隙变化，进而损伤上瓦，所以也可得出在轴瓦间隙变化造成轴瓦磨损的基础上，积碳则是造成轴瓦温度升高的主要因素，消除积碳问题则不会产生瓦温升高反复不定的状况。

## 2.2 产品气压缩机轴承积碳原因分析

“漆膜”是在润滑过程中最容易产生的，它是润滑系统中碳积聚的结果，经过时间积累后完成。因为润滑油使用时间越长，随着其本身的缓慢氧化同时出现氧化物质。氧化物在慢慢凝结成为可溶解或有极性的可软化的污染粒子的同时溶在润滑油里。仅仅在某些条件下（温度和压力）和达到特定浓度污染粒子的粒子后才沉降下来，这将导致产生“漆膜”，沉积在轴瓦和轴承上。这些条件加快了润滑油的氧化同时也可以启动润滑油微燃的反应，导致微燃的发生，释放大量的热将轴瓦和轴颈区局部温度提高到1000℃以上，引起润滑油热分解，结果产生“漆膜”。所以在轴瓦轴颈区的干摩擦期间“漆膜”的部分将被擦掉，轴温在短时间内升高后再降低，整个轴温波动上升的过程是不平滑的。

故障分析表明，轴承间隙小会减少油流，导致散热不足、温度升高及积碳。拆检发现支撑瓦上瓦刮伤，说明转子抬起使间隙缩小。下瓦积碳显示漆膜堆积致转子抬起、间隙减小，引发温度升高、漆膜结焦脱落，这是轴瓦温度反复升降的主因<sup>[3]</sup>。油楔偏小，导致高速运转时，润滑油进入到瓦中的量少，引起轴承润滑冷却不良，转子与轴承轴瓦之间摩擦产生的热量不易散出，造成积碳的可能性。

## 3 产品气压缩机异常工况处理

### 3.1 产品气压缩机避免漆膜的形成

高质量的润滑油是避免漆膜形成的重要因素。对现场油进行分析，检测出油标基本满足要求，对润滑脂影响不大，但使用时间长，使用性能减弱。表1分析可见，定期分析油品是必须的，发现异常应迅速采

取措施使油始终处在一个良好的状态，避免漆膜的形成。

表 1

指标	加剂前	加剂后	标准要求
运动黏度（40℃）/mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	38.2	41.5	32-40
酸值 /mgKOH · g <sup>-1</sup>	0.35	0.12	≤ 0.3
水分 /%	痕迹	无	无
闪点（开口）/℃	210	225	≥ 200
氧化安定性（旋转氧弹）/min	85	150	≥ 100

提高产品气压缩机油冷却器换热效率，控制好系统油温，产品气压缩机油氧化是油中漆膜的产生之源，油品温度是影响氧化反应的主要因素之一，产品气压缩机的机油温度每升高10℃氧化速度则加倍，若油中溶水过大会使油氧化速度比正常增大10倍甚至更多。所以说，对于产品气压缩机，加强对机油冷却器的监视管理，定期对冷却器管束的结垢进行清洗，确保冷却水充足，控制好产品气压缩机润滑油系统的油温在35~45℃范围内，从而减缓油品氧化速率，从根源上防止轴承油漆膜的产生。

### 3.2 产品气压缩机增加轴瓦进油楔的宽度

在清理了支撑瓦积碳后，对轴承油楔宽度进行人工刮研，将宽度由原4mm增至约8mm。为确保措施正确，事前对设备技术资料进行了调研，并与厂商技术人员进行了沟通，技术人员指出，油楔加宽后，润滑油膜形成好，摩擦损失少，要求轴承有一定的面积（80%）接触面积，轴瓦内油过流量增大，瓦块温度不升高，在保持轴承出、入口油量后，消除了由于轴瓦进油量小造成轴承温度高从而形成轴瓦积碳的问题<sup>[4]</sup>。

### 3.3 产品气压缩机在标准范围内增加轴瓦间隙

现场利用压铅丝法重检轴瓦间隙，检查结果表明虽然原轴瓦间隙在0.10~0.15mm区间标准范围内，但是其均处在下限值范围，其驱动端间隙为0.10mm，非驱动端为0.11mm。考虑到间隙偏小影响润滑问题，在维修人员现场手工刮研过程中对轴瓦间隙实施调整，最后其两端间隙分别被精准控制在轴瓦间隙标准上限0.15mm范围。该调整方案秉持的调整原则是“合理加大”，也是为了借此增加间隙进一步保障其增加供给润滑油数量。

从技术分析，合理加大间隙可以优化润滑油流通路径，将其自身通过一定的润滑油作用保证其能更好进入摩擦面，加强散热作用，更高效带走轴承摩擦产

生热量，避免供油不足引发的轴瓦温度过高发生轴瓦漆膜焦化、积碳等故障的发生，从根本上保证其设备能够长期稳定运行。

#### 4 产品气压缩机经济效益分析

##### 4.1 产品气压缩机减少停机损失

一旦压缩机出现异常工况，要进行拆检维修，就需要停机处理，停机后引发生产中断，造成产量损失。以烯烃分离装置停机进行拆检为例，装置每天生产双烯烃  $Q$  吨，每吨产品利润  $P$  元，停机  $t$  天，那么本次停机造成的产量损失是  $Q \times t$  吨，利润损失是  $Q \times t \times P$  元。经过采用合理的处理策略后，该产品气压缩机轴瓦温度异常问题得到了解决，避免了相似问题带来的非计划停机和计划停机次数的增多<sup>[5]</sup>。假设每年可以避免停机次数  $n$  次，每次停机时间平均  $t$  天，则每年可以避免的产量损失是  $n \times Q \times t$  吨，避免的利润损失是  $n \times Q \times t \times P$  元。

##### 4.2 产品气压缩机降低维修成本

压缩机异常工况处理中需要对轴瓦拆检、清理、刮研以及更换相关部件等，产生维修费用。两次拆检，需要人工费用、工具使用费用、零部件更换费用等。以该案例为例，每次拆检人工费用假定为  $A$  元，工具使用费用为  $B$  元，零部件更换费用为  $C$  元，则每次拆检的总维修成本为  $A+B+C$  元。采取处理策略后，轴瓦积碳问题得到控制，轴瓦的损伤程度减轻，维修周期延长，维修次数减少。假定原年维修  $m$  次，则采取策略后年维修次数  $k$  次，则年可减少维修成本为  $(m-k) \times (A+B+C)$  元。同时，润滑油的品质变好，减少油品问题引起设备磨损，降低设备维护成本。

##### 4.3 产品气压缩机延长设备使用寿命

因为压缩机油品中污染、氧化物多、脱水、冰点高、沉淀过多、压缩机油标尺油面下降、透平油氧化的沉渣较多等原因造成的压缩机轴承的积碳及轴承异常磨损，降低了压缩机的使用寿命，增加换机的成本。通过对压缩机油品的改进、对轴瓦的间隙、油楔宽度等调整来减少压缩机轴瓦的磨损及积碳，减少了压缩机故障率，缩短了压缩机的使用寿命，压缩机的寿命延长，例如压缩机原设计寿命为  $T$  年，处理措施后寿命延长  $\Delta T$  年，压缩机购置费用  $M$  元/台，则每年节约设备购置费用  $M/T-M/(T+\Delta T)$ 。设备寿命的延长同时降低了因设备更换而造成的停产停机及更换成本。

##### 4.4 产品气压缩机提高能源利用效率

产品气压缩机非正常情况下生产时，由于轴瓦油膜间隙过小，使得高低压缸的转子之间摩擦严重，直导致压缩机组能耗增加。产品气压缩机轴瓦油温上升后，产品气压缩机效率下降明显，尤其是在压缩机高

压缸压缩过程需要消耗更多电能维持产品气额定的出口压力和气体流量。通过改进油膜润滑、调整轴瓦间隙等措施后，产品气压缩机组轴瓦润滑情况改善，转子之间运转摩擦阻力降低，使压缩机的低压缸和高压缸的单级效率均得到提升<sup>[6]</sup>。以该型产品气压缩机的额定输出功率为  $N$  千瓦安、每年运行时间为  $H$  小时、处理前的能源利用率为  $\eta_1$ ，处理后的能源利用率为  $\eta_2$ ，当地电力部门电价为每千瓦时  $D$  元，则处理后每年节约能源使用费用为  $N \times H \times D \times (1/\eta_1 - 1/\eta_2)$  元。总之，通过对产品气压缩机异常工况的正确处理，尽管降低了单位产品的能耗量，然而在长期的生产实践中，仍会带给企业可观的节能效益，经济效益随着产量的增长愈发明显。

#### 5 结论

通过分析某煤化工公司烯烃分离装置产品气压缩机轴瓦结碳问题的产生，分析了轴瓦温度跳变频繁的原因是可倾瓦瓦块表面积碳造成。积碳的原因是润滑油漆膜、轴承间隙、瓦块油楔过窄造成的。采用提高油质、强化油冷却、加宽轴瓦进油楔，适当放大轴瓦间隙等措施，之后产品气压缩机轴瓦结碳问题得到解决，装置产品气压缩机轴瓦跳变频繁的问题得到有效解决，保证了装置安全平稳运行。从经济效益的角度看，在压缩机等设备异常工况出现时，及时做好分析和处置，不断对异常情况处置策略进行优化，可以为企业经济效益最大化和可持续发展创造显著的经济效益。后续需要进一步加强对压缩机运行异常工况的监测和预警，提前发现异常，对进一步查找更优更经济的处置方式进行不断探索，为化工装置平稳运行创造更有力的保障。

#### 参考文献：

- [1] 李彪, 王程成, 雷永生, 等. 长输天然气管道离心式压缩机异常停机原因分析及对策 [J]. 中国设备工程, 2025(S2):108-110.
- [2] 张峰. 浅析聚丙烯循环产品气压缩机异常现象分析及工艺处理 [J]. 化工与医药工程, 2025, 46(02):1-4.
- [3] 别中正. 基于数字化监测技术的压缩机振动异常分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(06):104-106.
- [4] 刘泽攀. 渣油加氢装置循环氢压缩机振动异常分析及处理 [J]. 广东石油化工学院学报, 2024, 34(03):100-104.
- [5] 徐世博. 离心压缩机振动故障的分析和处理 [J]. 化工管理, 2023, (30):126-128+147.
- [6] 李肇敏. 煤化工烯烃分离工艺流程及优化措施探究 [J]. 天津化工, 2025, 39(02):152-154.