

裂解炉风机故障分析及改造

Failure Analysis and Reformation of Cracking Furnace Fan

常建朝

Jianzhao Chang

福建古雷石化有限公司 中国·福建 漳州 363216

Fujian Gulei Petrochemical Co.,Ltd., Zhangzhou, Fujian, 363216, China

摘要: 针对乙烯装置裂解炉风机的轴承振动和异常声音问题, 论文通过故障现象、频谱分析、拆解检查、轴承寿命核算、轴热膨胀量的计算等手段, 分析了其故障原因, 进而提出了对原轴承进行重新选型的改造方案, 彻底解决了风机的故障。

Abstract: Aiming at the bearing vibration and abnormal sound problems of the cracking furnace fan of the ethylene plant, by means of fault phenomenon, frequency spectrum analysis, disassembly inspection, bearing life calculation, shaft thermal expansion calculation and other means, this paper analyzes the fault reason, and then puts forward the transformation scheme of the original bearing for re selection, which thoroughly solves the fan fault.

关键词: 裂解炉风机; 振动; 轴承寿命; 改造

Keywords: cracking furnace fan; vibration; bearing life; reformation

DOI: 10.36012/etr.v2i7.2235

1 引言

裂解炉风机是乙烯装置的关键设备, 一般设置在裂解炉顶部的框架上, 采用引风式, 为裂解炉燃烧器提供充足的助燃空气。风机的运行状态关系到裂解炉的安全平稳运行, 风机故障停机, 裂解炉必须停车。某公司在 $1 \times 10^6 \text{t/a}$ 乙烯装置扩能改造项目中, 新增裂解炉风机初始运行一个月便出现声音异常、振动值变大、频谱异常等故障信号, 导致裂解炉被迫停车。

2 风机的概况

该风机是中国上海某公司生产, 结构为单吸入离心式, 进气口、排气口水平垂直向上。支撑方式为前后双支撑, 前后端轴承均为 SKF 1226M/C3。润滑方式为脂润滑, 转速控制方式为变频电机调节。风机具体参数如表 1 所示。

3 故障特征

风机连续运行时间 28 天后, 后端出现异常持续噪

表 1 风机设计参数

性能	设计参数
进口容积流量	277181m ³ /h
全压	2560Pa
标态密度	1.23kg/m ³
进口压力	-2060Pa
进口密度	0.735kg/m ³
额定转速	960r/min
电机功率	355kW
最高工作温度	200℃

音; 前后端轴承箱振动值均增大, 后端轴承垂直振动比故障前增加 4 倍; 后端温度也有所升高, 检查轴承润滑情况良好。具体振动和温度测量数据如表 2 所示, 风机故障的前后变化如图 1 所示。

表 2 故障前后状态数据

部位	前端轴承			后端轴承			
	垂直 V1	水平 F1	温度 T1	垂直 V2	水平 F2	轴向 A2	温度 T2
故障前	0.5mm/s	0.5mm/s	37℃	0.7mm/s	1.2mm/s	1.1mm/s	33℃
故障后	1.2mm/s	1.1mm/s	38℃	2.8mm/s	1.6mm/s	2.2mm/s	40℃

【作者简介】常建朝(1986~), 男, 甘肃庆阳人, 工程师, 从事乙烯装置设备管理研究。。

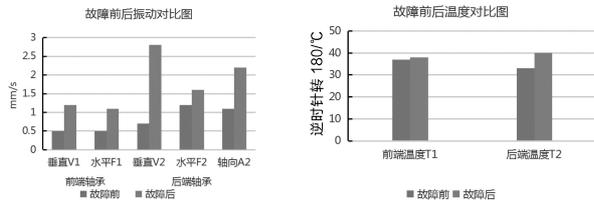


图1 风机故障前后对比图

4 故障分析

4.1 轴承频谱分析

在出现故障特征后,采用频谱仪在后端轴承箱进行了采样分析,采样转速为 764RPM。查阅 SKF 轴承手册,1226M/C3 的相关参数如下:

- Number of Balls/Rollers/n: 21
- Ball/Roller Diameter/d: 0.9375
- Pitch Diameter of Races/D: 7.090
- Contact Angle (Degrees)/ α : 7.3

则轴承特征频率计算如下:

转频:

$$f = \frac{n}{60} = \frac{764}{60} = 12.73\text{Hz} \quad (1)$$

外圈故障频率:

$$\text{BPO} = \frac{f}{2n} \left(1 - \frac{d}{D \cos \alpha}\right) = \frac{12.73}{2 \times 21} \left(1 - \frac{0.9375}{7.09 \cos 7.3}\right) = 116\text{Hz} \quad (2)$$

式中,12.73Hz 为风机的转频。频谱图除了转频,还出现了 111Hz 的频率,并且出现非常明显的系列谐波,且幅值超过转频的幅值。该频率 111Hz 接近轴承外圈的故障特征频率 BPO。估初步推断,该风机后端轴承外圈存在故障。

4.2 轴承拆解检查

从轴承拆解情况可见,后端外圈外侧滚道有连续剥落,内侧滚道有磨痕,但无麻点、无压痕、无剥落,手感光滑;一个滚珠有剥落情况,其余滚珠有压痕;内圈未见明显痕迹,一侧有滚动痕迹,且偏内圈中心位置。另外一侧滚道未见明显缺陷。

根据以上现象推断如下:①该轴承连续运行一个月,滚动体和轴承外圈有剥落情况,在润滑良好的情况下,这种短时间的剥落一般由过载或轴承选型不当引起。②内圈滚动痕迹明显偏向一侧,另外一侧滚道无明显痕迹,内圈单列滚子

受力明显偏大,一般由轴向力偏大引起。③轴承外圈的剥落也存在于外侧一侧的滚道上,而另一侧滚道上,除了磨痕,无其他的缺陷,这印证该轴承承受了较大的轴向力。

4.3 轴承寿命校核

根据上述 3.2 条的分析,现对轴承寿命进行校核,以核实轴承是否存在选型不当和过载问题。该轴承设计要求寿命不小于 $3a^{[2]}$ 。

①径向载荷计算。转子重量 $G=3000\text{kg}$,重心如图 2 所示。

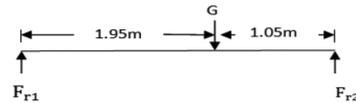


图2 径向载荷计算图

后端径向载荷 $F_{r1}=10.29\text{kN}$ 方向朝下

前端径向载荷 $F_{r2}=19.11\text{kN}$ 方向朝下

②轴向载荷计算。

$$F_a = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) (P_2 - P_1) - Q_m V \quad (3)$$

式中, D 为叶轮吸入口直径 0.9m; d 为叶轮轮毂直径 0.2m; P_2 为叶轮入口口压力-2060pa; P_1 为叶轮出口压力 200pa; m 为入口体积流量 203451kg/h; V 为入口流速 127m/s。

③当量动载荷计算。

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{5.799}{19.11} = 0.3 > e \quad (4)$$

$$P = 0.65 F_r + Y_2 F_a = 42\text{KN} \quad (5)$$

式中,查询 SKF 轴承手册 Y_2 为 5.1,因前后端轴承选型相同, F_r 取径向载荷最大值 19.11KN。

④轴承基本寿命核算。

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^\epsilon = 480\text{h} \quad (6)$$

式中, C 为基本额定动载荷,查询 SKF 轴承手册 $C=127\text{kN}^{[3]}$; n 为转速 960r/min; ϵ 为寿命指数,球轴承 $\epsilon=3$ 。

综上所述,该风机轴承基本寿命只有 480h,严重低于 3 年。所以该轴承选型不当。

4.4 轴膨胀量核算

根据对风机轴承承受较大的轴向载荷分析,现对风机在热态下的轴向膨胀量进行核算,核实轴承是否存在附加轴向力。风机正常运行介质温度 120℃,烧焦期间介质温度 200℃。

则风机轴的膨胀量为:

$$\Delta L = \beta L \Delta T = 6.6 \text{ mm} \quad (7)$$

式中, β 为热膨胀系数, 轴的材质为 45# 钢, 则 $\beta = 12.32 \text{ E}^{-6}$; L 为轴的长度; ΔT 为温差变化, 常温 20°C 到烧焦状态下, $\Delta T = 200 - 20 = 180^\circ\text{C}$ 。

根据以上计算, 轴在热态下的膨胀量达 6.6mm, 而该轴承无轴向游隙, 这将使轴承承受很大的轴向力。

4.5 轴承故障原因

通过以上分析, 轴承故障的原因是该轴承额定寿命仅为 480h, 严重低于 3 年的要求, 且轴存在较大轴向膨胀, 使轴承承受了额外的附件轴向载荷, 最终导致该轴承过载、轴承滚道和滚动体表面剥落, 发生轴承损坏。

5 风机轴承的改造

针对轴承故障原因的分析, 对该风机轴承按以下方案进行改造。①风机前端轴承改为 SKF23026CC/W33, 经计算该轴承满足 3 年的额定寿命。②风机后端轴承改为 C3026, 该轴承允许的轴向位移可达 16.5mm, 完全满足轴的膨胀量。③将原轴承箱更换为与新轴承相匹配的轴承箱 SN3026。④原

轴承箱中心高 150mm, 新轴承箱中心高 125mm, 增加 24mm 厚垫板焊接在旧轴承箱底座上, 垫板表面加工, 并与新轴承箱对应位置安装 4-M24 螺纹孔, 以便轴承箱与底座连接。

6 结语

通过采用频谱分析和轴承拆解检查, 分析了风机轴承故障可能存在的原因。继而对轴承寿命、对轴的热膨胀量进行核算, 证实了轴承故障的原因是选型错误和承受了额外的轴向载荷。为此提出了有针对性的改造方案, 将原前后端轴承 1226M/C3 进行更换, 前端采用 SKF23026CC/W33, 后端采用 C3026, 并更换了与轴承相匹配的轴承座等部件, 彻底解决了风机轴承振动问题, 为乙烯装置裂解炉的平稳、安全运行提供了保障。

参考文献

- [1] 刘峰. 机械设计基础[M]. 山东: 中国石油大学出版社, 2006. 287-294.
- [2] 郁永章. 压缩机工程手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2012. 587-588.

(上接第 131 页)

如图 1a 所示, 随着速度的不断增大, 实验样品的抗拉性能却未出现较大变形, 所以速度并不是覆膜砂抗拉强度的主要影响因素; 如图 1b 所示, 随着压力的不断加大, 实验样品的抗拉性能也同样未出现较大变化, 所以压力也同样不是覆膜砂抗拉性能的主要影响因素; 如图 1c 所示, 随着温度的不断加大, 实验样品的抗拉性能呈现出先升后降的态势, 由此可见温度对覆膜砂抗拉强度的影响相对较大; 如图 1d 所示, 随着时间的不断推移, 实验样品的抗拉性能虽然呈持续上升的态势, 但增加却并不是很明显。综上所述, 在速度、压力、温度、时间四种参数中, 温度对覆膜砂抗拉强度的影响比较大、时间的影响比较小, 而速度和压力基本不会对覆膜砂的抗拉强度造成太大影响。

6 结语

本文基于压塑成型过程中所涉及的原理和参数, 设计出

一种可以分析不同参数条件对压塑成型所造成影响的压塑成型过程测控实验系统。结合《材料成型过程检测与控制》课程, 设计“覆膜砂压塑成型性能规律研究”实验。实验中以覆膜砂为成型材料, 以速度、压力、温度和时间参数为变量, 进行相应的实验验证, 最终不仅确定本文所设计的压塑成型过程测控系统具有较好的实际应用效果, 还发现在速度、压力、温度、时间参数中, 温度对覆膜砂抗拉强度的影响比较大、时间的影响比较小, 而速度和压力基本不会对覆膜砂的抗拉强度造成太大影响。

参考文献

- [1] 赛庆峰. 3D 玻璃热弯机模压成型阶段数值模拟及实验分析[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2019.
- [2] 隋鹏昊, 杨煜普, 陈志平, 等. 注塑机保压控制非线性系统模型的建立与应用[J]. 自动化博览, 2019(2): 96-101.
- [3] 贺皖松, 殷礼胜. 注塑成型过程模具变形量的测量与有限元分析研究[J]. 塑料工业, 2018, 46(12): 92-96.