

# 大规格转子压缩机止推音研究

蓝榕江，罗积广，廖熠  
(珠海凌达压缩机有限公司技术部，珠海 519000)

**摘要：**某大规格的转子压缩机，在不稳定工况出现异常声音，结合噪音、振动的分析判断为曲系的异常轴向运动引起的止推音。根据止推音产生的原理，项目设计优化气流路径，增加轴向约束和稳定轴系三个方案，均有效避免止推音产生，使用压缩机噪声达到正常状态。

**关键词：**转子压缩机，轴系，止推音

## SOLUTION OF BEATING-SOUND FROM COMPRESSOR FOR LIGHT COMMERCIAL AIR

Lan Rongjian, Luo Jiguang, Liao Yi  
(Zhuahi Landa Compressor CO., LTD, ZHuhai)

**Abstract** A compressor for light commercial air makes beating-sound because of the crankshaft beating. This experimental design three experiments for making the crankshaft works stable, and elimination of beating sound, and all three experiments are working.

**Keywords** Rotary compressor Crankshaft Beating sound

### 0 前言

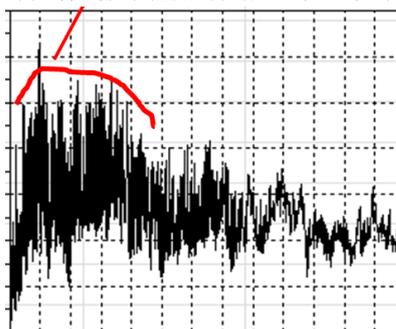
如今中轻商用空调在高端住宅领域的迅速普及，越来越成为家装首选。据专业市场数据统计轻商空调是近几年空调市场的主要增长点。早年商用空调产品中，涡旋机占市场绝对的垄断地位，但近几年随着转子压缩机不断向大规格拓展，不断侵蚀涡旋压缩机在轻商市场份额，到 2017 年大规格转子压缩机已经超过 50% 以上的份额，成为轻商空调市场的主导产品。

### 1 止推音分析

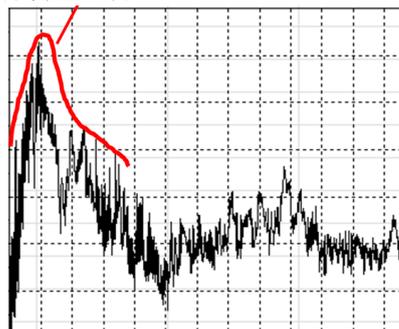
产品拓展大规格化或者小型化的两个极端方向开发中，容易引发前所未有的问题。

我司某 SH 型号的大规格转子压缩机，在拓展排量到原量产的 100% 后，在不稳定的工况下容易引发了一种奇怪的“突突”异响。经系列试验测试，得到以下信息：

- 在不稳定的工况容易出引异响，如在工况建立之前，或者切换工况过程，或者极限工况下。
- 异响压缩机的噪声频谱外轮廓清晰，与正常噪声有明显区分。



a 音质正常外轮廓



b 音质异常外轮廓

图 1 音质正常和止推音频谱图

c) 压缩机轴向振动异常大。转子压缩机以旋转运动为主，轴向运动应尽量避免<sup>[1]</sup>，该异常压缩机在轴向（Z）方向振动值异常高出，见表 1。

表 1 正常样机和异常样机振动对比

样机类别	Y 方向	Z 方向	X 方向
正常样机	2.32	1.84	2.85
异响样机	4.46	5.78	4.72

在转子压缩机里只有旋转轴可以在轴向方向移动，异响可能是因为轴系异常跳动造成的。

压缩机轴系在轴向主要受力如图 2 所示，主要有轴系自重  $G$ 、电机轴向拉力  $F_{pm}$ ，以及上、下腔压力差产生的向上压力  $F_p$ 。如果轴系轴向合力  $G + F_{pm} - F_p \leq 0$  则有可能产生轴系跳动<sup>[1]</sup>。

压缩机排出脉动冷媒气流从电机下腔流到上腔，因为压力损失电机上腔和下腔产生压力差  $P_{\Delta}$ ，当上、下腔压力差值  $P_{\Delta}$  上升到足够大，作用在转子上的压力接近或者超过了转子轴系的向下合力时容易引起轴系异常跳动。

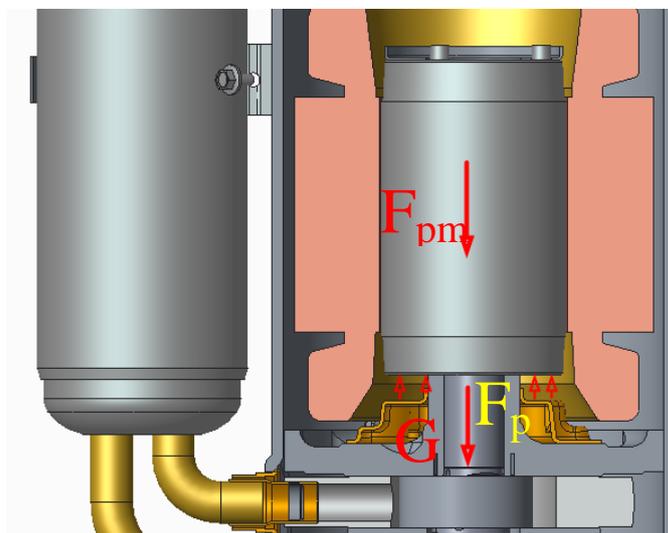


图 2 轴系轴向受力

某 SH 型号的大规格转子压缩机，在变工况下轴向受力如图 3。当  $P_{\Delta}$  变化较大时，向上和向下的合力相当，处于临界状态，轴系容易受不稳定的因素影响，产生轴向跳动并撞击止推面。

我们称这种异响为止推音。

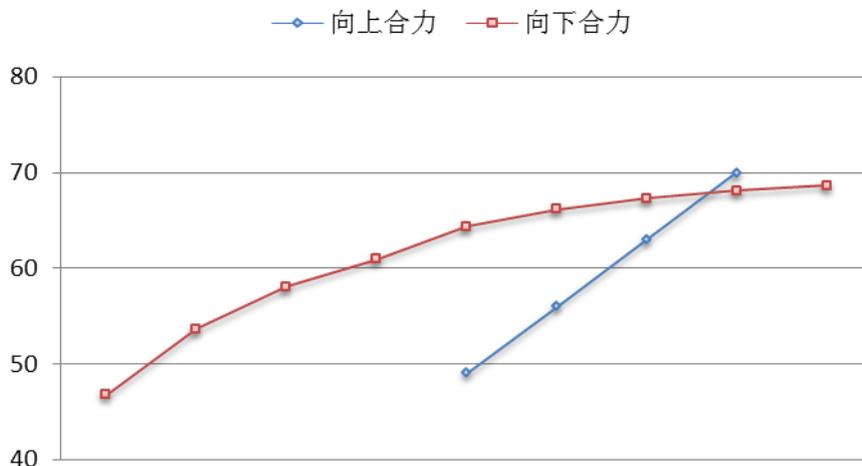


图3 变工况下轴向受力

## 2 实验验证

根据上述的分析，要解决轴系的异常轴向运动主要受以下因素影响：

- a) 上、下腔压力差值  $P_{\Delta}$
- b) 电机磁力  $F_{pm}$
- c) 轴系稳定性

项目通过对影响因素优化，试验其对止推音的影响。

### 2.1 减少上、下腔压力差值 $P_{\Delta}$

某 SH 型号的大规格转子压缩机原 DA 款电机，DA 电机上、下腔压力差值  $P_{\Delta DA}$ ；新设计 DS 款电机上、下腔压力差值  $P_{\Delta DS}$ ， $P_{\Delta DS}$  约为  $P_{\Delta DA}$  的 60%。分别在 SHA 和 SHB 型号上进行两款电机进行交叉试验。

试听音质对比如表 2（1★代表差，5★代表优，下同），DS 款电机有明显改善，说明方案有效。

表 2 型号 SHA、SHB 与 DA 电机、DS 电机交叉音质听感

型号	DA 电机	DS 电机
SHA	★	★★★★
SHB	★	★★★★

### 2.2 增加电机磁力 $F_{pm}$

在 SHA 型号原始方案基本上，改变电机不同电机磁力<sup>[2]</sup>A-G（A 到 G 依次增加）的分布试验，结果如表 3。通过试验的结果可以看到在这款机型上，随着电机磁力增加噪音也是得到改善的，说明方案有效。

表 3 SHA 不同高度差音质听感

电磁力	音质体验
A	★
B	★
C	★★
D	★★
E	★★
F	★★★★
G	★★★★

### 2.3 增强轴系稳定性

轴系在轴向支撑面积影响轴系高速运转的稳定性，如果原方案支撑面积过小，通过增加支撑面积可以减少加工或者装配的不良影响，提高曲轴运转的稳定性。

原轴系轴向区域接触面积  $S_a$  较小，优化后面轴向接触面积  $S_b$  增加 40%。在 SHA 和 SHB 在原方案上，试验增加大接触面积，试制结果如表 4。试验表明增加接触面积的压缩机听感提高，整个轴系运转稳定提高。

表 4 加大支撑面积后听感

型号	音质体验
SHA	★★★★★
SHB	★★★★★

### 2.4 综合方案验证

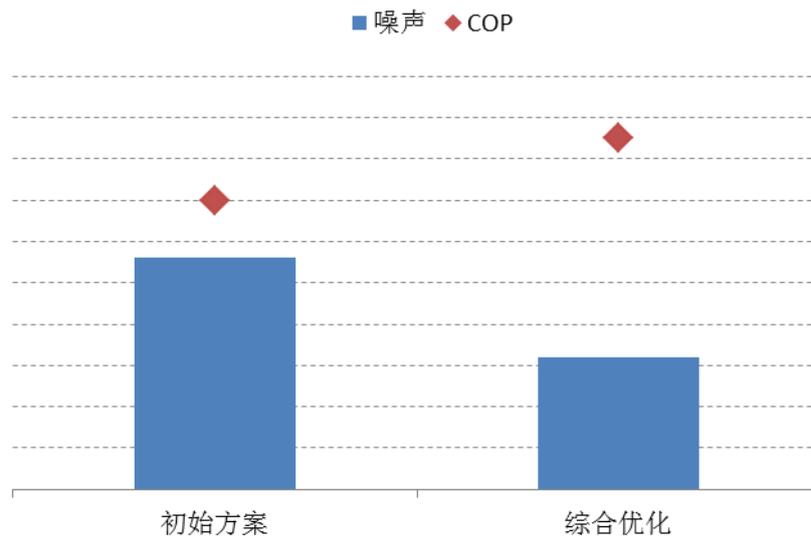
SHA 型号综合上述 2.1、2.2、2.3 三个方案试验。

如表 5 所示，综合方案的音质得到明显的改善，在各种变工况及极限工况下依然稳定运行并表现出良好的音质。

如图 4 所示，综合方案的压缩机除了听感得到提升外噪声总值也随之下降，性能也得到提升。

**表 5 综合方案测试对比**

方案	音质体验
初始方案	★★
综合优化	★★★★★



**图 4 综合方案噪声总值和性能对比对比**

### 3 结论

压缩机轴系轴向跳动是个比较隐性的问题，在常规的产品设计容易忽视，在大规格化的产品中浮现。本文试验从原理分析，做较小的改进实现音质完美呈现，仅当抛砖引玉。

#### 参考文献

- [1] 王志远,制冷原理与应用.北京:机械工业出版社,2010
- [2] 赵明生等.电机工程手册.北京:机械工业出版社,1996