

# 一种冰箱压缩机吸气消声器的改进设计

窦作为 方文杰 陈刚  
(黄石东贝电器股份有限公司 湖北黄石 435006)

摘要:扩张式消声器是目前冰箱压缩机中普遍采用的消声装置,其形状结构的不同对压缩机的消声效果影响很大,本文试图对某款吸气消声器进行改进设计,应用ANSYS FLUENT与Virtual.Lab软件进行仿真计算与装机试验测试,验证了此改进后的吸气消声器在保证压缩机性能的同时改善了压缩机的噪音。

关键词:吸气消声器;冰箱压缩机;压力损失;传递损失

## Improvement design of a refrigerator compressor suction muffler

DOU Zuwei FANG Wenjie CHEN Gang  
(Huangshi Dongbei Electrical Appliance Co.,Ltd. Huangshi 435006)

Abstract:Expansion muffler is currently widely used in refrigerator compressor, and its different shape and structure has great influence on the compressor's noise. We tried to design a suction muffler, and analyzed it through simulation and calculation by applying ANSYS FLUENT and Virtual. Lab software, also by experimental test. It verified this improvement suction muffler had very good effect on compressor's noise, while not reduced COP of the compressor.

Keywords:Suction muffler; Refrigeration compressors; Pressure loss; Transmission loss

压缩机产生的噪声是冰箱噪声的主要来源<sup>[1]</sup>,压缩机的噪声受很多因素的影响,其中流体噪声是由于吸、排气时气体的压力脉动、气体流经电动机时产生的噪声以及气体在壳体内振荡引起的共鸣声,由于气流脉动是重要的噪声源,对压缩机的性能有重要的影响,因此降低气流脉动及其噪声对改善压缩机的性能有十分重要的意义<sup>[2]</sup>。

降低压缩机气流脉动的有效方法是在其吸、排气口处设置消声器。目前,在往复式冰箱压缩机中,普遍采用扩张式消声器,它的消声原理是利用管道截面的突然扩张或者收缩,造成通道内声阻抗突变,使沿管道传播的某些频率的

声波通不过消声器而反射回声源去,从而达到消声的目的。以下几种方法可以有效提高消声器的消音量,降低压缩机的噪声<sup>[3]</sup>:

(1)合理设计消声器的扩张比,使噪声突出的频率等于消声器的最大消声频率;

(2)采用多级扩张室,由于压缩机噪声的频率带比较宽,使用多级扩张式消声器,可以消除消声器的通过频率;

(3)通过调整消声器进、出口面积与形状,对消声器的进气道进行优化改进。

### 1 改进前吸气消声器噪声分析

图1所示为某款“裤衩型”吸气消声器,该

消声器具有左、右两个声学消声腔,左边为扩张腔室,右边为共振腔室。将此吸气消声器安装在某一型号压缩机上,在如图2所示的半消声室进行声功率测试,得压缩机测试噪声频谱如图3所示,总噪声幅值为38.2dB(A),虽然噪声水平能满足目前用户要求,但为进一步提升该产品的市场竞争力,要求对噪声进行改进。

图3所示噪声频谱,主要在800Hz与4000Hz频率附近产生峰值噪声,根据相关资料的研究结果及经验可知,800Hz频率附近噪声主要为压缩机进气端气流脉动噪声,4000Hz频率附近噪声主要为压缩机壳体辐射噪声<sup>[4]</sup>。为降低此型号压缩机在800Hz附近噪声值,可试图对吸气消声器

进行改进设计。

## 2 吸气消声器改进结构设计

扩张式消声器是抗性消声器中最常用的结构形式,是利用管道横断面的扩张和收缩引起声波反射与干涉来进行消声,扩张式消声器由管和室两种基本元件组成,声波在管道中传播时,横断面的突变会引起声波传播方向的改变,使透射声波减弱,从而达到消声目的<sup>[5]</sup>。常用的抗性消声器主要有扩张室式和共振腔式两大类,如图4所示为一单节扩张式消声器模型,其消声量计算公式如下公式1所示,当 $\sin^2 kl=1$ 时,获得最大消声量,此时有最大消声量的频率计算公式2。

$$T_{NR} = 10 \lg [1 + (\frac{m_{21} - m_{12}}{2})^2 \times \sin^2 kl] \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

$$f_{\max} = (2n-1) \frac{c}{4l} \quad (2)$$

抗性消声器中的赫姆霍兹共振消声器结构简单,且有较好的低频消声性能<sup>[6]</sup>。赫姆霍兹共振式消声器共振频率的计算公式如公式3。本文根据此款压机产品的噪声特性,对改进前吸气消声器的扩张腔及共振腔进行改进计算,考虑到实际工艺的要求,设计了如图5所示改进后吸气消声器,此吸气消声器将吸气管改为90°的弯管结构,长度值根据上式2计算确定;共振腔口的高度根据公式3计算调整。

$$f = \frac{c}{2 \times 3.14} \sqrt{\frac{G}{V}} = \frac{c}{2 \times 3.14} \sqrt{\frac{S_0 n}{V(t + 0.8d)}} \quad (3)$$

## 3 吸气消声器仿真分析

目前,国内外评价消声器性能主要使用两个指标,即消声量和空气动力性能,评价消声量常用传递损失,评价空气动力性能常用压力损失。消声器传递损失 $L_{TL}$ 定义为消声器入口和出口处的声功率级之差,即<sup>[4]</sup>:

$$L_{TL} = 10 \lg \frac{W_1}{W_2} = L_{W1} - L_{W2} \quad (4)$$

式中 $W_1$ 、 $W_2$ 为消声器入口和出口的声功率,  $L_{W1}$ 、 $L_{W2}$ 为入口和出口的声功率级。传递损失反映了消声器入口的入射声能与出口的透射声能之比,其反映的是消声器自身的声学特性,不受测量环境和应用场合的影响。消声器的压力损失为气流通过消声器前后所产生的压力降低量,也就是消声器前、后气流管道内的平均总压之差值。

本文利用ANSYS FLUENT 软件与Virtual Lab软件分别对改进前、后吸气消声器进行压力损失与传递损失仿真计算,得改进后吸气消音腔的网格模型如图6所示,共划分了17940个节点与88262个网格单元,流体工质为R600a制冷剂,经仿真计算,得改进前、后吸气消声器的压力损失与传递损失分别如表1、如图7所示。

从传递损失的仿真结果可以看出:改进后吸气消声器对800Hz附近消声效果有明显改善,且对中、低频段800Hz~3400Hz均有改善;从压力损失仿真结果看:改进后吸气消声器静压损失与总压损失均大于改进前结构,但不是很明显,可以预测对压缩机的性能影响不大。

## 4 改进后吸气消声器装机测试

制作改进后结构吸气消声器,与改进前吸气消声器各装机4台进行噪声测试,得8台压缩机的噪声频谱,图8所示为改进后吸气消声器装机试验中某一台噪声频谱图。对改进前、后各4台压缩机测试的频谱取均值统计,得如图9所示改进前、后吸气消声器装机测试频谱噪声对比。

从装机试验结果看:改进后吸气消声器装机试验测试的噪声值在800Hz附近有较大的降低,噪声总值从改进前的38.2dB(A)降到了36.4dB(A),改进后消音器装的4台压缩机的COP均值为1.831W/W,比改进前吸气消音器装的4台压机COP均值1.835低0.004W/W,实践证明改进

表1 改进前、后吸气消声器压力损失仿真计算结果

消声器类型	静压(Pa)		总压(Pa)		静压差(Pa)	总压差(Pa)
	进口	出口	进口	出口		
改进前	-29805.2	-30000	-29739.4	-29943.1	194.8	203.7
改进后	-29783.1	-30000	-29707.1	-29931.3	216.9	224.2



图1 改进前吸气消声器模型



图2 压缩机在半消声室进行噪声测试

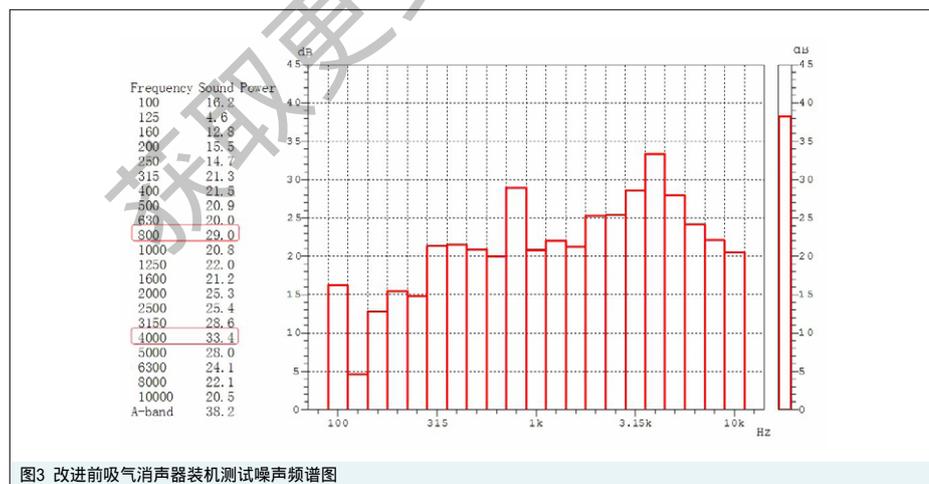


图3 改进前吸气消声器装机测试噪声频谱图

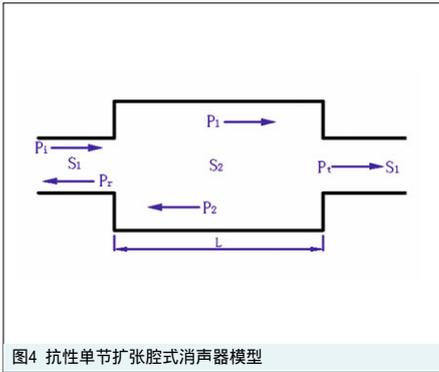


图4 抗性单节扩张腔式消声器模型

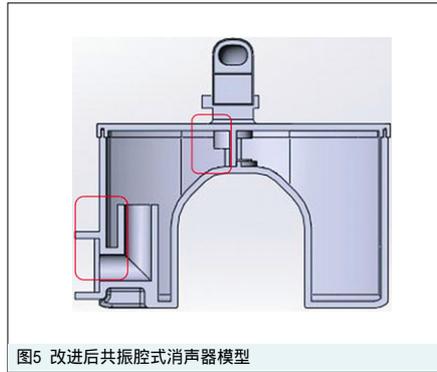


图5 改进后共振腔式消声器模型



图6 改进后消声器网格模型

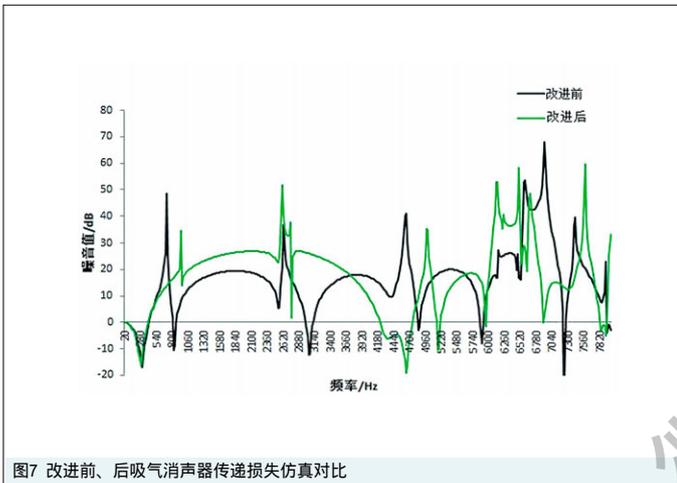


图7 改进前、后吸气消声器传递损失仿真对比

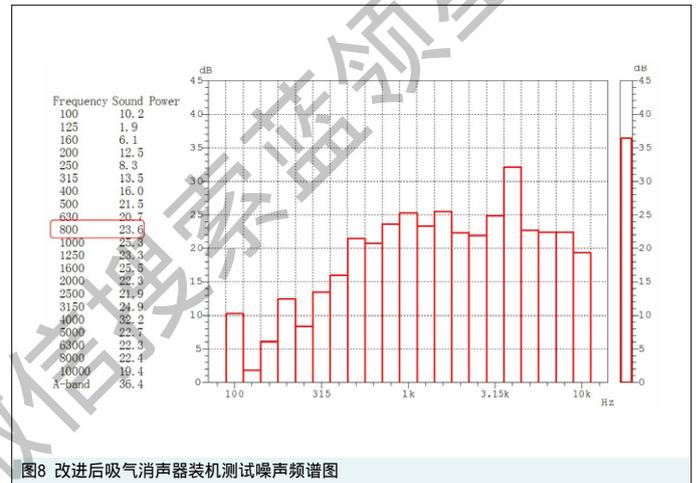


图8 改进后吸气消声器装机测试噪声频谱图

后消声器对压机性能的影响可忽略不计。

## 5 结论

本文对某款压缩机的噪声频谱特点进行分析,对其吸气消声器进行了改进设计及仿真分析,验证了改进后吸气消声器对压缩机进气端气流脉动引起的800Hz频率附近及中、低频段800Hz~3400Hz噪声均有较大改善。最后通过装机对比测试,进一步验证了改进后吸气消音腔对800Hz频率噪声降低了5.4dB(A),总噪声值降低了1.8dB(A),同时通过对压缩机性能测试对比,验证了改进后吸气消音器对压机COP几乎无影响。



图9 改进前、后吸气消声器装机测试噪声均值频谱对比

### 参考文献

- [1] 季晓明,孟晓宏,金涛.往复式冰箱压缩机噪声分析及控制方法综述[J].噪声与振动控制,2007,(1):17-20.
- [2] 吴业正,李红旗,张华.制冷压缩机[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [3] 管志俊.R600a冰箱压缩机噪声分析及解决方法[J].机械制造,2011,(49):39-41.
- [4] 韩睿.全封闭往复压缩机整机降噪的研究[D].天津:天津大学,2004.
- [5] 徐磊,刘正士,毕焱.结构参数对扩张式消声器消声性能影响的数值分析[J].汽车科技,2010,(1):26-29.
- [6] 范钱旺,沈颖刚,翁家庆,张韦,陈贵升.赫姆霍兹共振消声器结构参数对消声性能的影响[J].噪声与振动控制,2007,(4):116-119.