

文章编号:1000-582X(2006)08-0070-04

# 旋叶式汽车空调压缩机的噪声源识别\*

卢喜,杨诚

(重庆大学机械工程学院,重庆 400030)

**摘要:**运用分别运行法、频谱法和声强法分析了JSS-96系列旋叶式汽车空调压缩机噪声的产生机理,指出该型号压缩机的噪声源主要是由电机噪声和排气口的气体压力脉动引起的周期性脉动噪声以及进气噪声,其中电机噪声和进排气脉动噪声对整个压缩机的噪声贡献最大,为进一步控制压缩机的噪声提供了依据。

**关键词:**旋叶式;压缩机;噪声源;识别

**中图分类号:**V270.38

**文献标识码:**A

汽车空调压缩机是制冷系统的核心,是推动制冷剂在制冷系统中不断循环的动力源。随着人们对汽车舒适性要求的提高,对压缩机的噪声,尤其是怠速时的噪声,提出了更高的要求。就目前国内汽车质量状况而言,汽车空调用压缩机产生的噪声问题很普遍,而且针对这方面所进行的研究还很少,主要以采用试验方法进行分析的居多,其中压缩机噪声特性分析和噪声源识别是压缩机噪声控制中的一项关键技术。

## 1 旋叶式压缩机的噪声机理

如图1所示,压缩机系统实验台包括被试压缩机和电机,一般来讲,它的噪声源主要包括电机噪声、机械噪声和气流噪声<sup>[1]</sup>。电机的噪声主要有电磁噪声和脉动气流噪声,压缩机有进气,排气,滑片的撞击,制冷剂引起的射流噪声和气穴噪声,由此可见,旋叶式压缩机的噪声源较多,要有效的降低其噪声,首先必须识别其主要噪声源。

### 1.1 电机噪声

电机噪声主要包括轴和轴承之间的滑动,电磁噪声,摩擦引起的机械噪声等。电磁噪声是电机的电磁力作用在定、转子的气隙中会产生旋转力波和脉动力波,使定子产生振动而辐射噪声,这类噪声为电磁噪声,它与电机气隙内的谐波磁场及由此产生的电磁力波的幅值、频率、极数以及定子本身的振动特性,如固有频率、阻尼、机械阻抗均有密切的关系,还与电机的声学特性有关<sup>[2]</sup>。

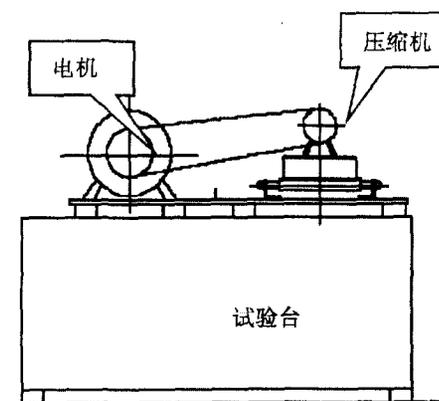


图1 压缩机系统实验台

### 1.2 机械噪声

机械噪声旋转机械引起的系统不平衡产生的振动和噪声,其频率应是转子转动基频的整数倍,即有:

$$f_n = nf_0 = nN/60, \quad (1)$$

式中 $f_n$ 为转子旋转引起系统不平衡力产生的振动和噪声的频率, $f_0$ 为转子的转动频率, $N$ 为转子的转速<sup>[3]</sup>。压缩机工作时,由于机体中的阀片、滑片等运动件的敲击会产生频率高于2 kHz的突发性噪声,而压缩机各运动部件的相对滑动会产生1.6~2 kHz的摩擦声。

### 1.3 气流噪声

如图2所示,当转子在外力作用下旋转时,转子上的5个滑片由于受到离心力和油压差的共同作用,其边缘紧贴在气缸的壁上,由于固定的气缸为椭圆形的,转子上的叶片在转子旋转时,依气缸的几何形状而伸

\* 收稿日期:2006-03-01

作者简介:卢喜(1981-),男,江西新人,重庆大学硕士研究生,主要研究方向为振动与噪声控制。

出缩进,使由气缸、叶片等零件组成的月牙形容积不断发生变化,从而实现吸气、压缩、排气等功能。

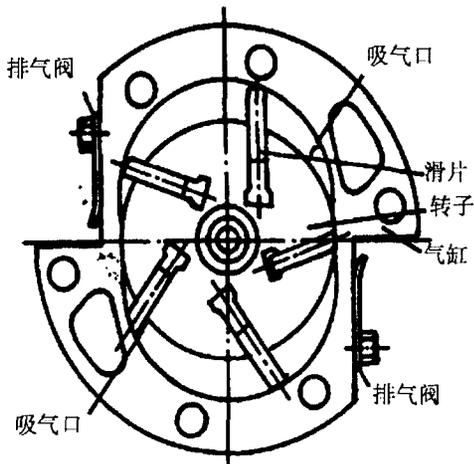


图 2 压缩机工作原理图

进气噪声是压缩机在吸气过程中,气流直接从进气管进入吸气腔,和转子、滑片碰撞,激发转子和滑片的振动并产生噪声。由于吸气口没有吸气阀,在吸气的整个过程中,气压和速度都比较低,对转子与滑片的冲击比较小,激发的振动和噪声相对也比较小。

排气噪声是压缩机中能量最大最主要的噪声源。它的噪声往往比压缩机整机噪声(排气噪声除外)高 10~15 dB(A)<sup>[4]</sup>。排气噪声主要是在排气开始,气体以脉冲形式从排气阀片缝隙排出,并迅速从排气口冲入排气管,从而形成能量很高、频谱很复杂的噪声。依据排气过程发生噪声的机理,排气噪声含有以下成分:

- 1) 排气压力脉动噪声,排气出口喷流噪声;
- 2) 气流通过阀片等处发生的涡流噪声和阀片的敲击声;
- 3) 由于边界层气流扰动发生的噪声;
- 4) 外壳受压缩机排气脉动压力激发,向周围辐射噪声。

在整个的排气噪声频谱中呈现出基频及其高次谐波的延伸<sup>[3]</sup>。压缩机排气噪声的频率可由下式计算:

$$f_k = \frac{ni}{60}k(\text{Hz}), \quad (2)$$

式中: $k$  为谐波次数; $n$  为压缩机轴转速(r/min); $i$  为叶片数。

## 2 压缩机系统的实验研究

为了进一步分析压缩机的噪声,确定压缩机的主要声源及产生的原因,用分别运行法来分离压缩机的噪声和电机噪声,根据压缩机噪声的频谱分析,得出压缩机噪声的频率构成,又通过压缩机表面近场声强分析,找出压缩机表面噪声的主要辐射部位。

### 2.1 分别运行法和频谱法

在台架试验中,压缩机和电机是一体的,电机的噪声会影响压缩机噪声的正确测试,为了找出压缩机的噪声源,必须首先把电机的噪声识别出来。运用分别运行法分离出压缩机的噪声和电机噪声(背景噪声),分析出各自的频率成分<sup>[5]</sup>。

实验压缩机在 3 个工况下分离出电机噪声,皮带噪声和压缩机噪声,工况分别为:去掉电机皮带让电机空转,认为此时只有电机噪声,离合器断开,合上皮带电机空转,此时,压缩机不工作,认为此时有电机噪声和皮带的噪声,合上离合器压缩机正常工作,认为此时有电机噪声、皮带噪声和压缩机的噪声。以上 3 个工况电机的转速都相当于压缩机 3 000 rpm 时正常工作的转速。3 个工况下得到的频率图如图 3-图 4 所示:

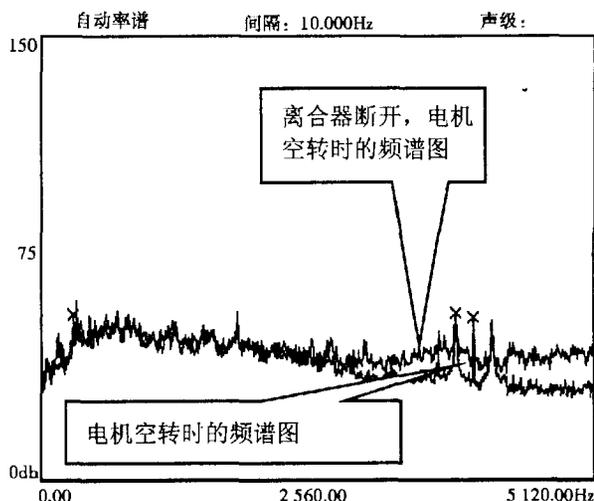


图 3 电机及皮带的噪声频谱图

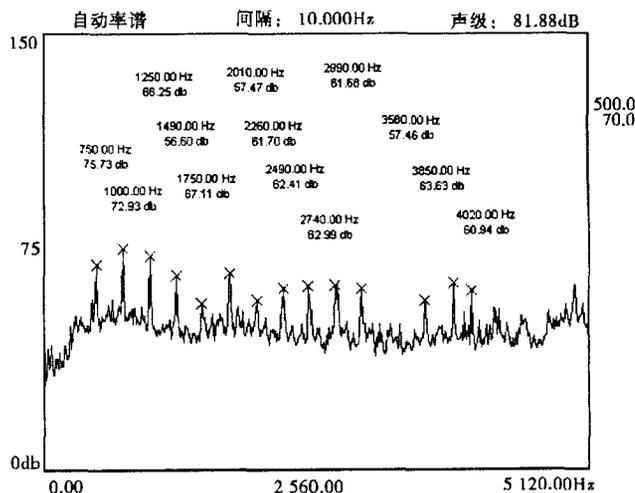


图 4 压缩机工作时噪声频谱图

从图 3 可以看出,电机单独运行时的噪声值为 71.93 dB(A),在 4 000 Hz 以下基本呈白噪声特征,没有明显的噪声峰值;离合器断开,压缩机时的噪声值为

73.35 dB(A),同样在 4 000 Hz 以下基本呈白噪声特征,没有明显的噪声峰值;从图 4 中可以看出,压缩机正常工作时的噪声值为 81.88 dB(A),在 4 000 Hz 以下有明显的峰值频率,并且噪声峰值的频率和该工况下进排气的频率(250 Hz)成整数倍的关系.各工况下的声压级如表 1 所示.

表 1 各工况下的声压级

工况(电机 3 000 r/min)	$L_p$ /dBA
电机空转(无皮带)	71.93
电机空转(有皮带)	73.35
压缩机正常工作	81.88

由此可以看出电机噪声对压缩机的噪声影响较大,并且从图 4 中还可以看出,压缩机正常工作时,该压缩机的噪声还主要是由进排气的脉动噪声为主,同样对该压缩机在 1 000 r/min、1 200 r/min、1 800 r/min 3 个工况下进行了测量,结果也是以进排气的脉动噪声为主,但发现随着转速的提高压缩机的噪声也增大,这和旋转叶片机械的气动声学是一致的.为了验证排气噪声和吸气噪声是该压缩机的主要噪声源,以及各自的贡献大小,用声强法加以验证.

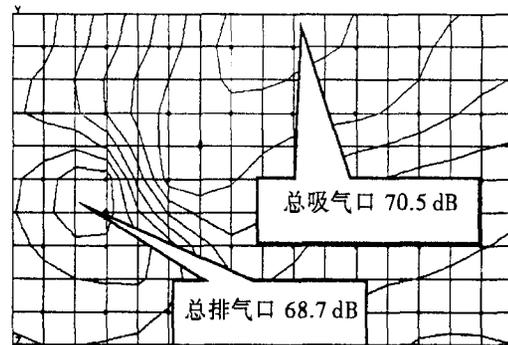
## 2.2 声强法

声强法既能进行声源定位,又可以进行声功率级估算,是广泛使用的噪声源识别方法.

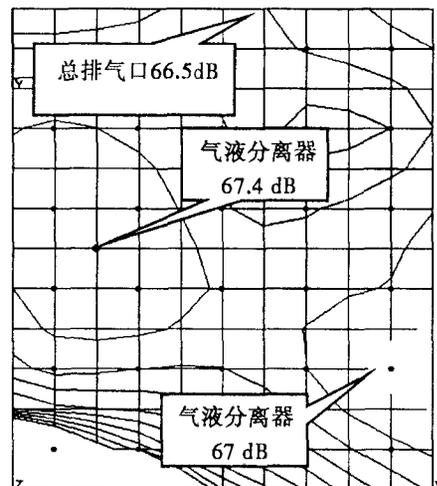
依据国际标准 ISO9614-1 将被测压缩机用一假设的矩形包络面包围.原则上网格点数越密越好且测点尽可能的包络各主要辐射部件.根据实际情况,对压缩机的后端面、左侧面、右侧面和顶面进行声强测量,测量距离都为 3 cm,网格大小为 1.5 cm × 1.5 cm.实验是在半消声室里进行,此消声室的本底噪声为 20 dB(A),截止频率为 100 Hz.实验仪器采用丹麦 B&K 公司的声强测试系统,分析软件为 B&K 公司的 PULSE ATC 声强分析软件.压缩机在工况为 1 000 r/min 时测得的各面的声强结果如图 4 所示:

从图 4 中可以看出,图 4(a)顶面声强等高线在总吸气口出声强最大,声强级为 70.5 dB,在右侧的声强等高线收敛较慢,是由于右侧有排气口和排气阀的影响;图 5(c)和(d)左右侧面的声强等高线声强最大集中在两侧的排气阀出,且等高线收敛较快,坐左侧面在吸气口处收敛较慢,说明吸气口是主要声源,右侧皮带轮处收敛较慢,说明皮带轮也对总体噪声有一定的影响;图 5(b)中,气液分离器处声强最大,其次是总排气口处.

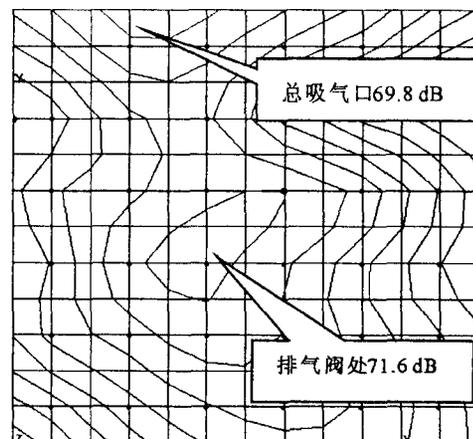
总之,声强压缩机外壳辐射声音主要在两侧的排气阀处、总吸气口处和气液分离器处,其中,排气阀和总吸气口的辐射强度最大,故可以断定,该压缩机的主



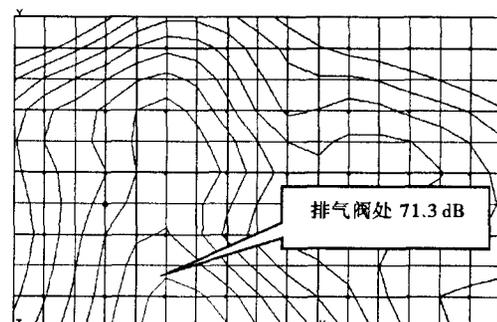
(a)压缩机顶面声强等高线图



(b)压缩机后端面声强等高线图



(c)压缩机左侧面声强等高线图



(d)压缩机右侧面声强等高线图

图 5 压缩机工作时噪声频谱图

要噪声源为进排气的气流噪声,和分别运行法、频谱法得到的结论是一致的.有效的控制了该处的气流噪声,

排气阀可总吸气口的噪声辐射也就降下来了<sup>[6]</sup>。

### 3 结 论

1) 通过上述的实验分析,该压缩机的主要噪声源是电机噪声、气流噪声和旋转机械噪声;

2) 该压缩机为汽车空调压缩机,在车上使用不需要电机去驱动,所以电机噪声对该压缩机的噪声影响可以不考虑;

3) 上述实验表明,在气流噪声中,排气噪声占最主要的部分,吸气噪声对整体噪声影响也较大,有效的控制进排气噪声,可以大大的降低该压缩机噪声;

4) 增加叶片数,改变排气阀处喷口的形状,以及降低压缩机的转速可以降低压缩机的噪声;

5) 机械噪声主要是由于转子的偏心运动所引起

的冲击噪声和滑片与气缸之间的摩擦引起的噪声,可以通过提高加工精度来减少其噪声。

#### 参考文献:

- [1] 崔天生. 微小型压缩机的使用维护及故障分析[M]. 西安:西安交通大学出版社,2001.
- [2] 陈永校. 电机的噪声分析和控制[M]. 杭州:浙江大学出版社,1987. 86-109.
- [3] 潘永密. 家用冰箱及空调器用滚动活塞式压缩机的噪声分析[J]. 流体工程,1990,(7):42-47.
- [4] 杨伟成. 家用小型制冷压缩机的噪声控制[J]. 家用电器科技,1999,(4):16-19.
- [5] 宋雷鸣,金洪杰. DQX 系列旋转式压缩机噪声源的理论分析与实验研究[D]. 北京,北方交通大学,2000.
- [6] 马大猷. 现代声学理论基础[M]. 北京:科学出版社,2004.

## Identifying Research on Noise Sources of Rotary Vane Compressor

LU Xi, YANG Cheng

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** This paper describes the noise mechanism of rotary vane compressor JSS-96 by the method of running independently, spectrum and the measurement of the sound intensity. The noise sources of this type compressor mainly include noise of electromotor, outlet noise and intake noise. Electromotor noise and outlet noise among them have most influence on the compressor noise. This is the further basis of noise control for rotary vane compressor.

**Key words:** rotary vane; compressor; noise sources; identifying

(编辑 张小强)

(上接第 52 页)

## Growth of Potassium Perchlorate Single Crystals in Gels

CHEN Shu-xian<sup>1</sup>, LI Ming-wei<sup>1,2</sup>, CHEN Chen<sup>1</sup>

(1. Institute of Power Engineering, Chongqing University; 2. Research Center of Biological Function Information and Instruments of Chongqing University by Second-Term National 985 Project, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Gel growth is the best method for growth of potassium perchlorate single crystals. The effect of concentration of reactants, concentration of gel, temperature, pH value of gel on crystal nucleation density, size, form and quality has been studied by experiments. The best growth parameters for growth of large size, well defined and transparent potassium perchlorate single crystals are obtained. The crystal morphology and the relative importance of crystal faces of potassium perchlorate single crystals are quantitatively analyzed for the first time, and the results are in satisfactory agreement with experimental observations. The theory of periodic bond chain (PBC) is verified in the experiment.

**Key words:** Gel growth; potassium perchlorate single crystals; the best growth parameters; crystal morphology

(编辑 成孝义)