

文章编号: 1000-8055(2002) 01-045-04

风扇进气道胶接蜂窝声衬样件声学性能实验研究

李春林¹, 王同庆¹, 赖士洪², 乔海涛²

(1. 北京航空航天大学 动力系, 北京 100083;

2. 北京航空材料研究院, 北京 100095)

摘要: 使用消声短舱是降低飞机噪声的重要方法。本文介绍的高速压气机实验台架消声短舱样件的声学实验在以往基础上进行改进, 增加了消声终端, 使用可工程应用的胶接铝蜂窝制作的进气道消声短舱原理样件, 测量了各压气机工况下声衬的减噪量和总压损失。测量结果表明漏气增加了总压损失, 某些声衬组合可明显增加减噪量。

关键词: 消声短舱; 胶接蜂窝; 噪声控制

中图分类号: TB535⁺. 2

文献标识码: A

Experimental Study on the Acoustic Property of Bonding Honeycomb Nacell Models in Compressor Inlet

LI Chun-lin¹, WANG Tong-qing¹, LAI Shi-hong², QIAO Hai-tao²

(1. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China;

2. Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

Abstract: Using nacell to reduce airplane noise is an important method. The paper presents an experimental acoustic investigation in a high speed compressor rig, of which the measurement method has been improved based on the research work finished previously. In the experiment an anechoic termination and an inlet sound-absorbing nacell model made from bonding honeycombs are used. The results were discussed, and some conclusions about the effects of liners on the acoustic field and its sound-absorbing capability were obtained.

Key words: nacell; bonding honeycomb; noise control

1 前言

噪声是民用飞机适航性的主要指标, 降低民机噪声是民机研制的关键。为了减小飞机的主要噪声源发动机噪声的向外辐射, 消声短舱的设计成为飞机声学设计的重要组成部分。

在以往进行过多次的有机玻璃蜂窝声衬消声

短舱样件实验^[1~3]的基础上进行胶接铝蜂窝进气道消声短舱样件的高速压气机实验台声学实验。目的是取得有工程意义的声衬结构参数和优化组合。为了减小以往减噪量测量中所发现的端口声反射产生的影响增加了消声端。

实验包括单段、双段声衬组合的总压损失和减噪量测量, 声衬组合产生的界面声反射作用可

以提高减噪量。

2 测量方法与测量系统

2.1 可模拟真实声场环境的测试装置

实验在跨音轴流压气机实验装置上进行的,实验选用的转子为 J-69-T41A 发动机轴流跨音转子。由于该转子叶尖速度可达到超音,产生激波,转子流道内不仅可以产生转静干涉噪声等离散噪声和尾流宽带噪声,还可以产生激波噪声,因此该压气机实验装置可以模拟发动机进气道真实的流场环境和声场环境。

实验装置见图 1,用传声器同时测量 4,7 两测点的 1/3 倍频程频谱并计算减噪量。并同时测量流量、转速、压比和效率,并用声衬前后的总压

梳 3,8 测量声衬段产生的气动损失。

消声终端 1 是参照 ISO7235 标准设计的^[4]。其内壁使用厚度为 0.8 mm、穿孔率 20% 的铝穿孔板,骨架使用塑料板制作,内部填充密度为 48 kg/m³ 和 24 kg/m³ 的超细玻璃棉。

2.2 可工程应用的铝蜂窝声衬样件

6 个胶接铝蜂窝消声短舱原理实验样件的具体结构为: 每单段蜂窝消声短舱样件由 8 个 1/8 圆周的蜂窝夹层块组成,由 SY-p1 发泡胶拼接成圆筒,外面用厚度为 0.5 mm 的 LY12CZ 铝合金板材箍紧,蜂窝高度分别为 30 mm 和 60 mm 两种,长度为 300 mm,蜂窝芯芯格边长为 4 mm,蜂窝芯铝箔厚度为 0.04 mm,面板用厚度为 0.5 mm 的穿孔铝板,具体结构如图 2 所示。6 段声衬

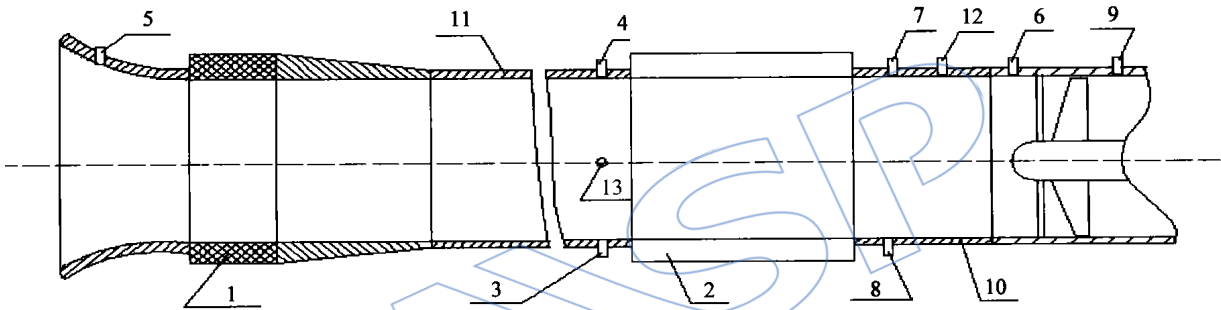


图 1 实验装置方案图(1. 消声终端;2. 实验声衬样件;3. 声衬前(进气端)总压梳;4. 声衬前(进气端)传声器;5. 进口流量管;6. 转子前(进气端)总压梳;7. 声衬后(出气端)的传声器;8. 声衬后(出气端)总压梳;9. 转子后(出气端)总压梳;10. 实验测试机匣;11. 进气管道;12. 声衬后测量传声器;13. 声衬前测量传声器)

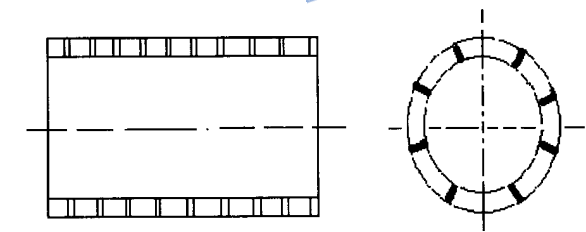


图 2 声衬样件结构示意图

样件可两两组合得到双段声衬,用第一个数字表示靠近转子的声衬号。声衬样件的参数包括蜂窝高度、面板穿孔率、小孔直径、样件长度等。

2.3 实验测量工况及方案

实验工况为 60%, 70%, 80%, 90% 4 个折合转速,每一个折合转速分别测量设计流量点 1 及压气机节流后的流量测点 2 和 3。实验的声衬样件包括两段组合、单段以及光壁 3 种情况。

3 实验结果及分析

3.1 气动损失测量结果及分析

气动损失是使用声衬带来的性能代价。从表 1 的测量结果来看,声衬壁比光壁带来更大的总压损失,对同一种声衬转速增大或流量增加都会

表 1 总压损失测量结果 kPa

声衬	70%折合转速			80%折合转速		
	流量点 1	流量点 2	流量点 3	流量点 1	流量点 2	流量点 3
双段 6/2	0.53	0.43	0.42	0.70	0.62	0.63
单段 1	0.60	0.55	0.50	0.76	0.69	0.58
光壁	- 0.09	0.24	0.12	0.23	0.08	0.01

增加总压损失。其中单段声衬与双段声衬具有相同的总压损失数量级的不合理现象是由于管路漏

气增加的总压差^[5]造成的, 这说明实际声衬产生的总压损失要远小于所测量的值。

3.2 声学性能测量结果及分析

3.2.1 声衬的入射声压(测点 7)

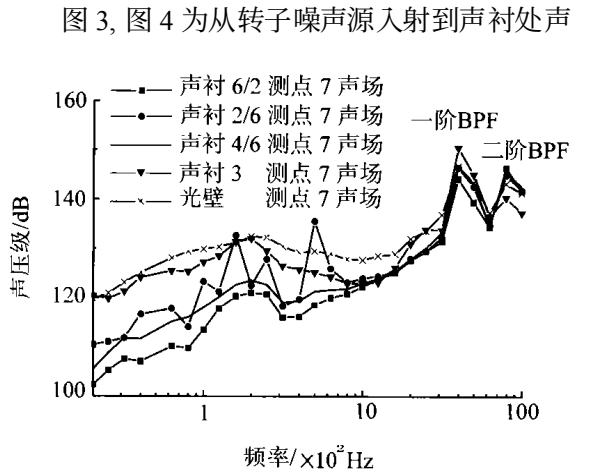


图 3 70%折合速度入射声压谱

压的 1/3 倍频程典型频谱, 工况为 70%折合转速和 80%折合转速设计流量点。光壁、3 号、4/6、6/2、2/6 声衬的声压谱绘制在同一图上, 显示出明显的叶轮机噪声特征。最高声压在一阶通过频率上, 其次在二阶通过频率, 80%折合转速时在 1/2 通过频率的次谐波附近显示出有明显的激波噪声成分。同一种工况不同种声衬入射声压的频谱显然有共同的特征, 但是也有差别, 高频差别小, 低

频差别大, 这说明声衬段对转子的入射声场会产生影响, 这种影响也与端口反射有关。因低频分量的端口反射比高频分量大, 实验中使用的参照 ISO7235 设计的消声端主要对 160 Hz 以上频率

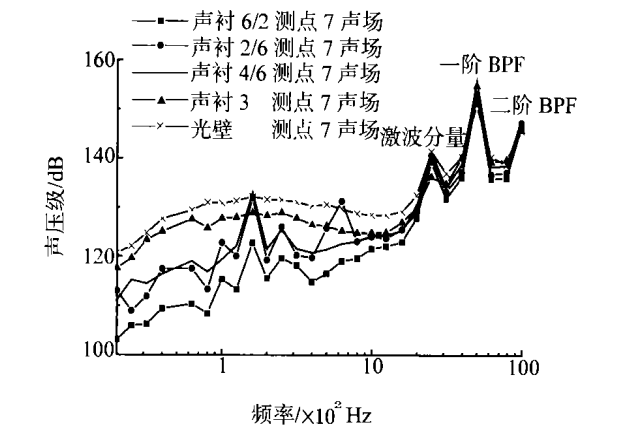


图 4 80%折合速度入射声压谱

分量有较大吸收^[4], 对低频分量仍有较大的反射, 端口对高频、低频分量反射的不同造成了声压谱的离散情况不同。但其对声场影响的细节分析须要通过声模态的测量来实现。

3.2.2 减噪量的测量结果

各单段声衬和双段声衬在 70%折合转速、80%折合转速和 90%折合转速的一阶通过频率分量、二阶通过频率分量、总声压级及其减噪量列于表 2、表 3 和表 4 中。

表 2 70%折合转速第一流量点减噪量和入射声压级数据

	1	2	3	4	5	6	6/2	2/6	3/6	4/6	4/3	2/1
4 kHz	6.6 / 145	8.9 / 144	8.4 / 149	10 / 149	8.5 / 145	7.9 / 150	10 / 144	16 / 146	16 / 148	14 / 146	18 / 141	12 / 135
8 kHz	13 / 137	12 / 137	13 / 143	8.3 / 145	11 / 138	15 / 140	18 / 146	18 / 144	18 / 144	20 / 145	18 / 137	14 / 135
总声级	9.0 / 148	10 / 148	10 / 151	9.9 / 153	9.5 / 149	9.6 / 152	13 / 150	15 / 151	15 / 152	15 / 151	16 / 146	11 / 144

表 3 80%折合转速第一流量点减噪量和入射声压级数据

	1	2	3	4	5	6	6/2	2/6	3/6	4/6	4/3	2/1
4 kHz	7.9 / 152	5.1 / 154	10 / 155	4.2 / 158	4.7 / 156	10 / 154	12 / 152	11 / 152	14 / 154	12 / 155	14 / 150	15 / 143
8 kHz	12 / 143	14 / 141	12 / 144	12 / 145	12 / 142	12 / 145	21 / 146	16 / 147	17 / 146	16 / 147	17 / 142	12 / 143
总声级	9.2 / 153	7.6 / 154	10 / 156	6 / 159	6.8 / 156	11 / 155	15 / 154	12 / 154	15 / 155	13 / 157	15 / 151	12 / 148

从表中看出组合声衬的减噪量可远远高于单段减噪量的迭加。如 80% 折合转速时 4 号声衬、3 号及其组合, 这说明组合声衬在交接界面上对声场产生的反射作用, 有可能大大增加减噪量。

表 4 90% 折合转速第一流量点减噪量
和入射声压级数据 dB

	6/2	3/6	4/3
5 kHz	18. 49/147. 2	21. 69/149. 22	19. 78/149. 98
10 kHz	18. 02/140. 6	16. 1/137. 27	16. 1/143. 5
总声级	16. 5/152. 4	19. 7/153. 3	20. 1/152. 85

图 5、图 6 是 70% 折合转速和 80% 折合转速在设计流量时声衬 3、4 和 4/3 的减噪量谱图。可

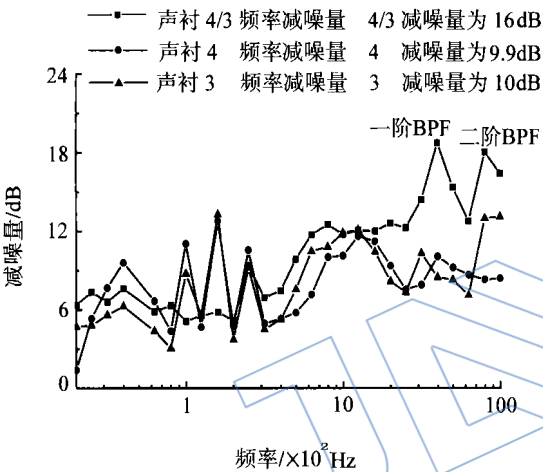


图 5 70% 折合速度减噪量谱

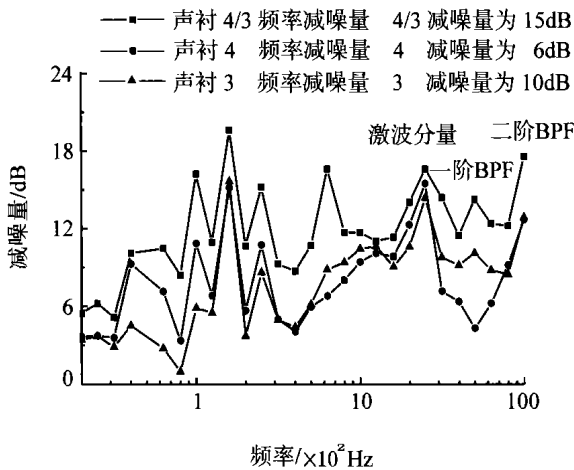


图 6 80% 折合速度减噪量谱

以看出胶接蜂窝声衬的减噪量有很高的频率选择性, 不同频率间的差别与声衬及工况有关。这几种声衬对通过频率分量及 80% 折合转速的激波噪

声分量都有较大的减噪量, 尤其是组合声衬的减噪量更大。

在 70% 折合转速下 100 Hz 和 160 Hz 分量出现了组合声衬的减噪量大大小于单段声衬的情况, 这与管内的驻波现象有关, 但是 315 Hz 以上高频部分及 80% 折合转速工况未出现组合声衬减噪量小于单段声衬的情况, 说明高频反射减小。

从表 2、表 3 以及图 5、图 6 来看, 由于对叶片通过频率分量和激波噪声频率分量有高的减噪量, 单段和组合声衬都有较高的减噪量, 大部分单段声衬的减噪量达到 10 dB 或接近 10 dB, 而双段声衬都大大超过了 10 dB, 90% 折合转速时减噪量已达到 20 dB 的总减噪量。

由于消声端减小了端口反射, 这次实验中未出现以往实验中曾发生过的通过频率上的负减噪量现象^[3]。

4 结 论

(1) 由于声衬与管路密封性问题使得测量声衬样件的气动损失有较大的偏差, 但是可以得到最大流动损失的过盈估计值; (2) 比较而言, 本次实验所用声衬样件比以往实验^[1~3]所用有机玻璃制作的声衬样件减噪量有很大的提高。两段声衬样件组合后所得减噪量可以远大于单段声衬样件减噪量的能量迭加值; (3) 消声端减小了端口反射, 这次实验中未出现以往实验中曾发生过的通过频率上的负减噪量现象。端口反射和不同声衬段界面反射作用在低频段大于高频段; (4) 为进一步分析蜂窝声衬消声短舱样件的消声机理模式测量和数值计算是必要的。

致谢 本项研究是在国防预研项目和航空基金项目(98C51066)支持下进行的。

参考文献:

[1] 李运敏, 吕亚东, 冯毓诚, 胡宗安. 微穿孔消声声衬降噪实验[J]. 航空动力学报, 1994, 9(3): 315- 317.
[2] 曾吾, 李运敏. 发动机微穿孔板结构消声短舱试件的声学性能研究[J]. 航空动力学报, 1997, 12(3): 321- 323.
[3] 曾吾. 发动机消声短舱的试验研究及其有限管道声传播幅射的数值计算[D]. 北京: 北京航空航天大学, 1996.
[4] ISO7235. Acoustics—Measurement Procedures for Ducted Silencers—Inserting Losses [M]. Flow Noise and Total Pressure Loss First Edition, 1991.
[5] 潘锦珊. 气体动力学基础[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1995.

(责任编辑 杨再荣)