

发动机微穿孔板结构消声短舱试件的声学性能研究

北京航空航天大学 曾 吾** 李运敏

【摘要】 介绍了不同转速、不同进口马赫数工况下跨音单级轴流压气机进气管道敷设单段、三段声衬以及硬壁管道的试验研究情况,发现了微穿孔板蜂窝夹层消声结构的一些特点,获得了比较丰富的试验数据,为短舱设计奠定了试验基础。

主题词: 发动机短舱 穿孔板吸声构造 声学试验

分类号: V 216 54

1 引言

现代民用高亚音速客机都为高涵道比涡轮风扇发动机,对总噪声级影响最大、最突出的是风扇/压气机噪声。发动机短舱消声设计的目的是通过设计风扇前后短舱内的声衬结构及其分布以及短舱结构来实现最优消声特性——抑制风扇激波噪声、干涉噪声、宽频噪声沿进气道和风扇排气管道向前和向后传播。目前,短舱内所使用的声衬大多为单层或多层蜂窝夹层微穿孔板吸声结构。为了促进我国发动机短舱的研究,进一步研究管壁敷设声衬的消声机理——声衬结构参数对噪声传播的影响和声场对声衬声学性能参数的影响,探讨抑制风扇/压气机噪声传播,增大管内消声量,降低发动机辐射噪声级的有效方法,本文在文献[1, 2]的基础上,设计制作了一个单层微穿孔板蜂窝夹层消声声衬。结合以前的声衬^[2],在试验台上进行了不同转速和不同进口马赫数工况下的单段、多段声衬及硬壁管道气动声学试验。

2 试验方案及设备

试验是在北航跨音轴流压气机试验台上进行的。该试验台转子叶尖相对 Ma 数可达到1.404,不仅可以模拟发动机短舱真实的流场环境,而且可以模拟其真实的声源环境(压气机转/静干涉噪声、宽频噪声和激波噪声都可产生)。

声衬的特点为大穿孔率大腔深。此声衬的微穿孔板选用上海机筛厂生产的微穿孔铝板,其余部分都为有机玻璃制成,其主要结构参数为:微穿孔板穿孔率为20%,小孔孔径为1mm,板厚为1mm,腔深为60mm,声处理长度为300mm,声衬内壁与管道内壁平齐。

试验分3个阶段进行,分别为压气机进气管道管壁敷设单段、三段声衬(将本文所制作的声衬与以前所加工的两段穿孔率分别为2.45%和5.09%,声处理长度都为245mm的声衬^[2]串接在压气机进气管道上)及进气道为硬壁。每一阶段又分为两部分:转速对消声量的影响和马赫数对消声量的影响。各阶段试验传声器测点布置如图1所示,1# - 5#为传声器编号。5#

传声器布置在进气间内,与进气道口间隔着一层薄海绵。

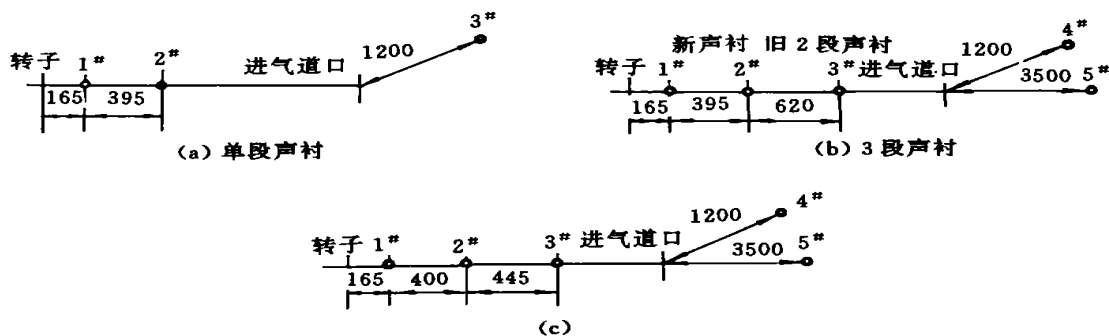


图1 管道声场测量示意图

由于条件的限制,还难以进行模拟自由空间下的声传播出口条件,试验时仅用普通海绵做了简单的声处理,即将其铺设在进气间的地板及墙壁上,降低反射噪声。

3 试验结果及分析

敷设单段声衬的管道声场试验各传声器测量的总声压级见图 2(a)和(b)。敷设三段声衬

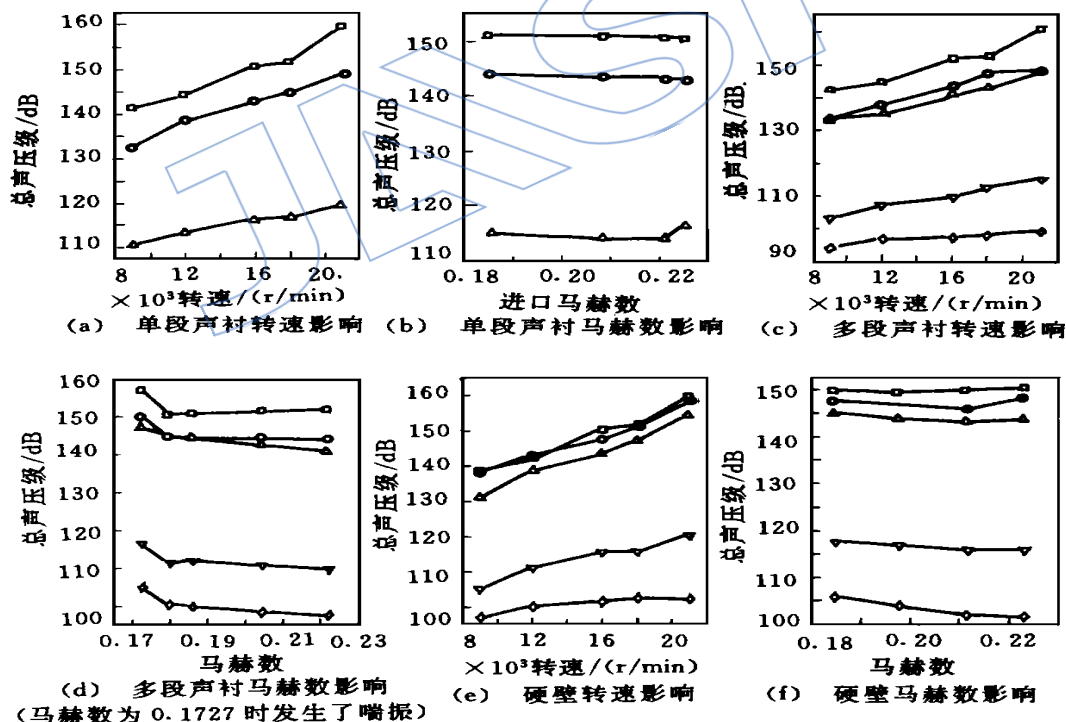


图2 管道声场测量结果

的管道声场试验各传声器测量的总声压级见图 2(c)和(d)。在进行马赫数影响试验节流三状态时节流程度过大,发生了一次喘振,图中可见总声压级显著增加。硬壁管道的管道声场试验各传声器测量的总声压级见图 2(e)和(f)所示(图中,□ 传声器 1,○ 传声器 2,△ 传声器 3,▽

传声器 4, ◇ 传声器 5)。

将声衬后传声器测得的值减去声衬前传声器测得的值(单段试验为 2# - 1#, 多段声衬和硬壁试验为 3# - 1#), 即可得到各种情况下的噪声衰减量, 如图 3(a) 和 (b) 所示(图中, □ 硬壁, ○ 单段声衬, △ 多段声衬)。

通过以上各图可见, 噪声在不同的管壁条件下经过管道时均有一定程度的衰减, 但敷设声衬后噪声衰减量明显增加, 且多段声衬比单段声衬更大。

比较转速 16000 r/m in 的各个节流状态, 可看出随着进口马赫数的逐渐减小, 单段声衬和多段声衬的消声效果都下降, 但当喘振发生时, 声衬的消声量很大。

与文献[2]的试验结果进行对比, 发现当大幅增加声衬的腔深和穿孔率后, 可以使管内噪声的衰减量有很大程度地增加, 而且消声频带也增宽, 特别是在设计转速(21000 r/m in)时达到了最大消声量。

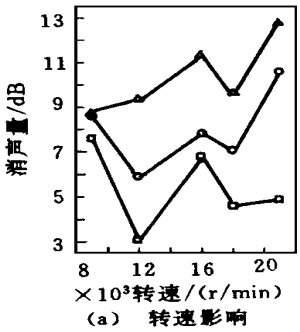


图 3 硬壁与敷设声衬情况下的噪声衰减量对比

表 1 硬壁与敷设声衬情况下的总压损失 (Pa) 对比

	转速的影响(单位: r/m in)					马赫数的影响(转速为 156906.4 r/m in)			
	9000	12000	16000	18000	21000	全开	节流一	节流二	节流三
三段声衬	343.14	519.61	1009.80	784.31	1813.73	1009.80	892.16	754.90	647.06
硬壁	39.22	137.25	470.59	431.37	29.41	470.59	480.39	470.59	254.90

本试验还对硬壁与敷设多段声衬情况下的总压损失进行了测量, 测量结果如表 1 所示。由表中数据可以看出敷设声衬后总压损失相对硬壁情况来说增加很大, 但相对于总的总压损失来说很小, 因此对压气机的效率影响很小。

4 结 论

(1) 对 300 mm 左右的声处理长度, 在高速气流、高声强、复杂声源条件下, 在试验范围内增大声衬的空腔深度和穿孔率可使噪声衰减量增大, 消声频带增宽, 而且能使声衬在设计转速时达到最大消声量。(2) 敷设单层微穿孔板蜂窝夹层消声声衬后管内气流的总压损失增加值相对整个压气机总压损失来说很小。(3) 敷设多段声衬的消声效果比敷设单段声衬的消声效果好, 但多段声衬间的匹配存在优化问题, 否则效果增加并不明显。本文只进行有关微穿孔板声衬的一些基础性试验, 对于高速气流、高声强条件下声衬的消声机理有待于进一步的研究。

参 考 文 献

1 吕亚东 航空发动机短舱管道气动声学研究: [学位论文] 北京航空航天大学, 1993
2 李运敏等 微穿孔消声声衬的实验 航空动力学报, 9(3): 315- 317
3 庄平 轴流压气机机匣处理试验及数值研究: [学位论文] 北京航空航天大学, 1987
4 陈江 风扇/压气机气动噪声理论与实验研究: [学位论文] 北京航空航天大学, 1993
5 俞天亮, 胡章伟, 陈玉清 航空声学 航空高等院校教材, 1986

(责任编辑 魏星禄)

PREDICTION OF TURBULENT SEPARATED FLOW WITH A LOW REYNOLDS NUMBER NONLINEAR $K-\epsilon$ MODEL

Zhu Guangsheng, Zhang Yuelin, Sun Rong, Zhao Guang

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094)

ABSTRACT A new low Reynolds number nonlinear $K-\epsilon$ model is presented, in which two correction functions for the near-wall flow and a nonlinear expression for the Reynolds stress are incorporated. Several backstep separated flow with two different expansion ratios are numerically studied by using the above model and a standard $K-\epsilon$ model. In comparison with experimental data, the results obtained show that the predictions of the presented nonlinear model are obviously improved over these of the standard $K-\epsilon$ model in respect of various flow parameters, such as reattachment length, time mean velocities and Reynolds stress components. Also, the presented model is the partial differential Reynolds stress model in prediction of the Reynolds stress components.

Key Words Turbulence characteristics Flow separation Anisotropy field

AN EXPERIMENTAL ANECHOIC RESEARCH OF PERFORATED PLATES FOR NACELLE LINER

Zeng Wu and Li Yumin

(4th Dept Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT An experimental anechoic research of perforated plates for nacelle liner has been completed under conditions of different rotor speeds and inlet Mach numbers. The duct, which was lined with single segment or three segments made of the perforate honeycomb plates or had a hard wall, was installed on a transonic axial compressor facility at BUAA. The experimental results discovered some anechoic features of the perforated plate honeycomb structure and enriched data base for designing the engine nacelles. A new nacelle liner, which has larger cavity-depth and open area ratio, has been designed. The largest noise reduction can reach to 10, 5 dB under the condition that the acoustic treatment length is only 30 cm.

Key Words Engine nacelles Perforated plate sound absorption Acoustic experiments

A SYSTEM FOR MEASURING IGNITION DELAY TIME

Bi Qun and Tan Haoyuan

(2nd Dept Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

ABSTRACT A measuring system for ignition delay time, which consists of an Intel 8253 chip, a microcomputer, an electric magnetic valve and an ultraviolet photodiode was developed. It can realize the real-time and on-line measurement with precision of 0.001 second. The system has been used successfully in measuring of ignition delay time to appraise the performance of a catalytic igniter.

Key Words Catalytic ignition Ignition delay Measuring systems