

微穿孔消声声衬降噪实验

北京航空航天大学 李运敏* * 吕亚东 冯毓诚 胡宗安

【摘要】 介绍用有机玻璃制作的两套结构尺寸不同的微穿孔消声声衬试件,在单级跨音压气机台上进行的3次降噪实验。目前国内尚无人获得微穿孔消声声衬在跨音、大流量、高声压级模拟声源环境条件下的噪声测试数据。通过实验,为进一步合理地设计声衬提供了参考数据,并看到了这种降噪方法在流体机械管道消声方面的应用前景。

主题词: 穿孔吸声衬 噪声控制 噪声降低系统

分类号: V216.54

1 实验设备及测试系统

微穿孔声衬是对航空发动机及其它流体机械管道噪声控制的一种有效方法。在跨音压气机台硬壁管道噪声实验^[1]的基础上,为研究管道内壁敷设微穿孔声衬后对风扇/压气机的激波噪声、宽频噪声,转/静干涉噪声的衰减效果,并探讨声衬结构参数对噪声衰减、噪声频谱特性的影响,分别以单段、双段声衬,在实验台上进行了各种转速工况下的气动声学实验。转速范围9000~20500r/min,流量范围5.7~12.4kg/s,叶尖相对马赫数0.5~1.19,平均总声压级达130~160dB。经过分析比较证明,微穿孔声衬降噪效果明显。

本实验是在北航单级跨音压气机台上进行的。该设备动力由一台AN-20A涡轮螺桨发动机改装而成,空气流量范围0~15kg/s,转速调节范围8000~24000r/min。在该实验台上,压气机转/静干涉噪声、宽频噪声及高转速下的激波噪声都能出现,逼真地模拟真实发动机的声学环境。用等截面机匣测量管、声衬,把等截面流量管和压气机机匣连起来。在进气间铺设吸音材料,希望减少远场背景噪声。

在圆筒形有机玻璃薄板上穿以大量的小孔,板后设置空腔夹层,做成两段微穿孔蜂窝夹层消声声衬。其主要结构参数有:面板穿孔率分别为2.85%和5.85%,小孔孔径分别为1mm和0.9mm,板厚均为1.5mm,背腔深度均为25mm左右,两圆筒长均为350mm,声衬内壁与管道内壁平齐。

图1(a)、(b)、(c)为硬壁、两个单段声衬、双段声衬的管道管内声场测量示意图。①~⑥为传声器编号。

2 实验结果及分析

硬壁进气管道管内声场详细测量结果参见文献[1]。实验段及传声器布置见图1(a)。图2是转速为19000r/min工况时,③号传声器记录的频谱图(②和③号两条曲线基本重叠)。

敷设穿孔率为 2.85% 的单段声衬的管内声场实验段及传声器布置见图 1(b)。图 3 是典型的转速 19000 r/min 工况下, ②和④号传声器记录的噪声频谱图。

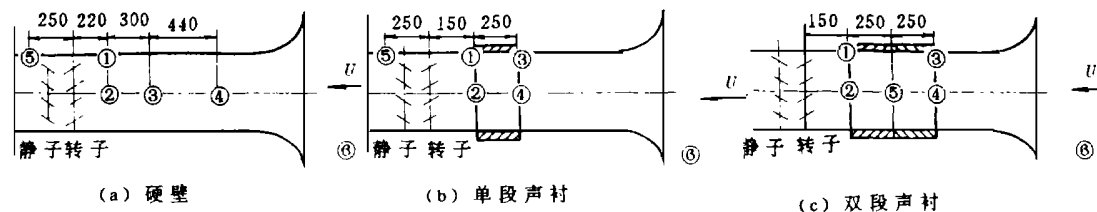


图 1 管道管内声场测量示意图

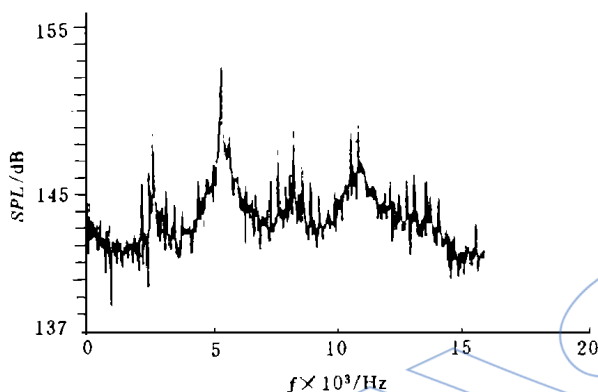


图 2 $n = 19000 \text{ r/min}$ ②号时传声器
声压分布频谱图(硬壁)

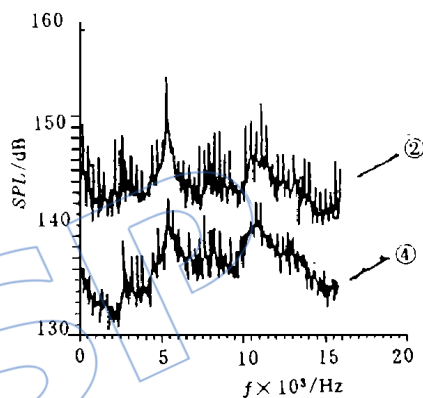


图 3 $n = 19000 \text{ r/min}$ 时②、④号传声器
声压分布频谱图($\sigma = 2.85\%$)

敷设穿孔率为 5.85% 的单段声衬的管内声场实验段及传声器布置如图 1(b)。图 4 是典型的转速为 20500 r/min 工况时, ②、④号传声器记录的噪声频谱图。

敷设双段声衬管内声场实验段及传声器布置见图 1(c)。图 5(a)、(b) 是典型的转速为 19000 r/min 工况时, ②④号传声器记录的噪声频谱图。

敷设单、双段声衬与硬壁的实验结果相比, 均有降噪效果。通过图示可见, 硬壁管道基本无消声降噪效果, 而敷设了声衬之后, 产生了降噪效果, 穿孔率为 2.85% 的单段声衬、穿孔率为 5.85% 的单段声衬及两段声衬串接起来的双段声衬, 消声量依次渐增, 可见, 敷设微穿孔声衬对管道消声有效。

穿孔率高的声衬比穿孔率低的声衬消声效果好, 平均消声量增大, 消声频带加宽。穿孔率 2.85% 的声衬最大消声量产生于 19000 r/min 工况; 穿孔率 5.85% 的声衬在 20000~20500 r/min 转速工况下消声量最大。小于一阶 BPF(叶片通过频率) 频率部分噪声衰减更大些。

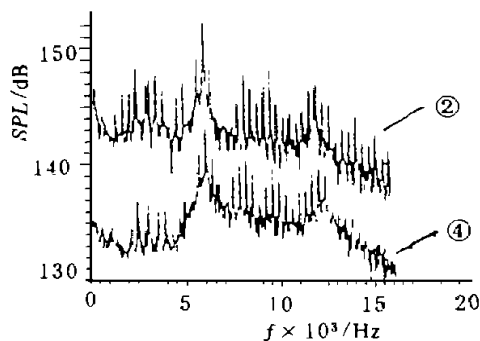


图 4 $n = 20500 \text{ r/min}$ ②、④号传声器声压
分布频谱图($\sigma = 5.85\%$)

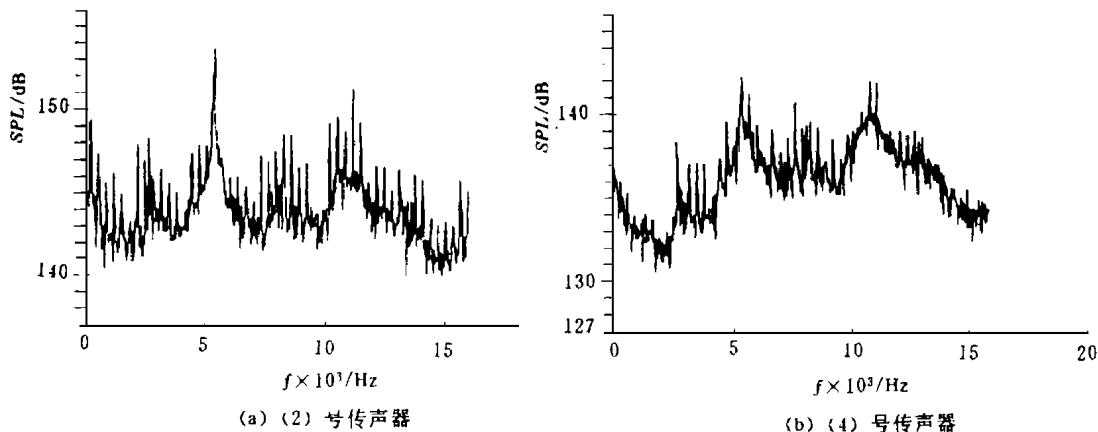


图 5 $n=19000\text{r/min}$ 时②、④号传声器声压分布频谱图($\sigma_1=2.85\%$, $\sigma_2=5.85\%$)

敷设两段声衬比单段声衬的降噪效果更明显。将两段单声衬串接起来, 形成一个沿轴向穿孔率不同的单声衬。各转速工况下, 平均消声量明显增加, 并且声衬沿轴向穿孔率的两次改变, 对应着产生了两个最佳消声工况。这个实验结果引起我们的特别兴趣, 即声衬上沿轴向穿孔率的改变引起最佳消声工况个数增加; 声衬加长, 各工况下消声能力明显增强。

通过对比数据可见, 管内周向声分布不均匀现象一直存在。敷设声衬后比硬壁情况下分布不均更明显, 双段声衬比单段声衬更明显。说明敷设声衬后, 加深了周向声分布不均的程度。

3 结 论

(1) 对于给定声衬结构, 对应存在较佳消声范围, 通过声衬结构参数的调整、匹配, 有望选择所希望的最佳消声范围。

(2) 低穿孔率的微穿孔板消声频带窄、消声量小; 提高穿孔率, 加长声衬长度, 使噪声衰减量增大, 衰减频率范围拓宽。声衬上穿孔率改变, 会呈现几个对应的最佳消声工况。

(3) 转/静干涉噪声、激波噪声衰减明显。(4) 管内声场存在一定指向性。

参 考 文 献

- 1 陈江, 任汝根, 胡宗安, 冯毓诚. 风扇/压气机气动噪声实验研究. 首届航空声学会议论文, 北京, 1992
- 2 吕亚东. 航空发动机短舱管边气动声学研究: [学位论文]. 北京航空航天大学, 1993

(责任编辑 魏星禄)

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SWIRL CONTROL IN AN S- SHAPED DIFFUSER BY VORTEX REDUCED DEVICE

Weng Peifen

(Dept. of Engineering Mechanics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

Guo Rongwei

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

ABSTRACT

An experimental investigation on swirl control in an S-duct has been completed by the aid of a so-called vortex reduced device (VRD) which is made of a metallic frame and placed upwards near the throat of the diffuser. Effects of geometric sizes of the VRD and its angle of attack on the flow in the duct were investigated in a wind tunnel. The flow parameters, including wall static pressure, total pressures and 3-D velocity field at the duct exit were measured. The optimum geometry shape and size ($W_{in} = 0.0595$) are found. The VRD with optimized geometry can effectively reduce the swirling range and improve the average total pressure coefficient at the exit.

Key words Air intake Flow field Distortion

DEVIATION ANGLE DETERMINATION IN TRANSONIC AXIAL FLOW COMPRESSOR DESIGN

Cao Renjing and Tao Deping

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

ABSTRACT

The deviation angle determination in transonic axial compressor design is analyzed in detail. In addition, the aerodynamic and geometrical parameters acting on deviation angle distribution are discussed. A new deviation angle calculation formula is provided and applied to redesigning of an axial compressor stage. The results show that the aerodynamic and blade design is quite satisfactory.

Key words Transonic compressors Axial flow compressors Deviation angles

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON PERFORATED ACOUSTIC LINER IN A SINGLE TRANSONIC AXIAL COMPRESSOR INLET DUCT

Li Yunmin, Lu Yadong, Hu Zongan

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

ABSTRACT

Some experimental results and analyses from the measurements of the sound field in a single transonic axial compressor inlet duct with single plastic glass lining are presented. The plastic glass linings are designed and made by ourselves (two kinds of perforate rating, $\sigma_1 = 2.85\%$ and $\sigma_2 = 5.85\%$). The experimental results are firstly obtained in China from the real sonic fields in a single transonic axial compressor at high sound pressure conditions ($> 150\text{dB}$). The experimental results and conclusions provide some reference for the further investigation on design of the acoustic treatment assemblies in aeroengine nacells and turbomachinery duct.

Key words Perforated linings Noise control Noise reduction systems