

多层烧结金属丝网在风洞中的应用

虞择斌 廖达雄 周廷波 杨文国 黄知龙

(中国空气动力研究与发展中心空气动力学国家重点实验室, 绵阳 621000)

文 摘 在跨超声速风洞中常采用在稳定段上游安装阻性消声器或谐振腔式消声器来降低暂冲式风洞主回路的主调压阀门、引射器或连续式风洞的压缩机等驱动风洞的动力源所产生的气流噪声强度,达到抑制这些噪声下传影响风洞试验段流场动态品质的效果。随着技术的不断更新特别是降噪技术的不断发展,采用多层烧结金属丝网作为一种新型的消声装置代替原有消声器成为可能。针对这种新技术是否达到降低风洞气流噪声强度的目的,开展了试验研究方法,通过引导性试验证明,采用多层烧结金属丝网的消声效果优于常规的消声器,且出口气流品质得到较大改善,湍流度大幅度降低,可将这一技术运用到某超声速风洞中。通过性能测试,达到了预期目的,拓展了风洞的降噪技术。

关键词 多层烧结金属丝网, 风洞, 应用

Application of Multi-Layer Sintered-Wire Mesh in Wind Tunnel

Yu Zebin Liao Daxiong Zhou Tingbo Yang Wenguo Huang Zhilong

(State Key Laboratory of Aerodynamics . China Aerodynamics Research and Development Center, Mianyang 621000)

Abstract For transonic and supersonic wind tunnel, fiber glass-filled or micro-perforated silencer, or resonant-cavity silencer is usually installed upstream of the settling chamber to reduce the strength of current noises generated by the driving force source components such as the main pressure-regulating valve, the ejector for the intermittent wind tunnel and the compressor for the continuous wind tunnel, restraining noise propagation from affecting the flow quality in the test section. With the development of technology, especially the technology of noise-reduction, multi-layer Sintered-wire mesh becomes a kind of new-style silencer which may replace the above-mentioned silencers. A method is proposed in this paper for this new technique to test whether or not reduce the strength of current noises for wind tunnel. Through pilot tests, it is proved that multi-layer sinter-wire mesh is better than above-mentioned silencers in the aspect of anechoic impact in the 0.3 m pilot wind tunnel, improving downstream flow quality remarkably and reducing the turbulence extensively. This technology can be applied to the xx supersonic wind tunnel. Through capability test in xx supersonic wind tunnel, this method achieve intention, expand the technology of noise-reduction for wind tunnel.

Key words Multi-layer sinter-wire mesh, Wind tunnel, Application

0 引言

多层烧结金属丝网是一项具有国际先进水平的多孔结构与功能材料,广泛用于航空、航天、石油、化工、冶金、环保、制药、能源和机械等相关工业领域。在国外文献中有相关文献记载其降噪功能在小型试验设备中的试验结果^[1-2],但此项技术在国内未曾有过记载。为了将该技术运用到生产型风洞中,我们进行了引导性试验及在0.3 m跨超声速风洞中进行了"微穿孔板+柔性软隔板"式消声器和多层烧结金属丝网的对比性试验,从中得出该技术可用于某超声

速风洞中。从性能校测的结果看,该技术在风洞的低频降噪方面非常有优势,是其他类型的消声器无法比拟的。另外,本文还对此技术在生产型风洞中运用时遇到的结构问题进行了阐述。

1 多层烧结金属丝网特点

多层烧结金属丝网采用普通金属编织丝网为原料,通过多层金属丝网叠层的合理搭配和真空高温烧结等复合工艺制备而成(图1),既可以保留普通金属编织丝网较为理想均匀的孔隙分布和优异的流体渗透性能,又能够获得金属结构材料特有的整体刚性和

较高机械强度,在高温结构防热、资源回收利用、流体分布控制、消音降噪等方面得到广泛应用,归纳起来具有以下特点^[3-4]:

- (1) 强度、模量好,网孔径均匀,能够对材料的空隙大小、渗透性能进行合理的匹配;
- (2) 传质、传热均匀;
- (3) 金属微孔孔径和孔隙易于控制,过滤精度高、性能稳定。使用环境广泛,可耐用于从 $-200 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 的环境以及酸碱腐蚀环境的过滤。

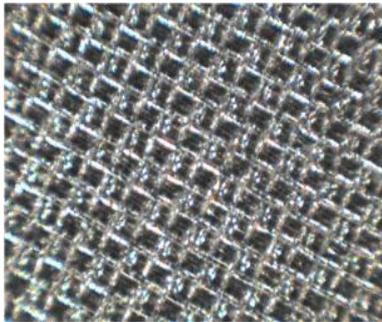


图1 多层烧结金属丝网(微观照片)

Fig. 1 Multi-layer sintered-wire mesh(microgram)

2 引导性试验结果

超声速试验段气流噪声主要来自于喷管及试验段的湍流边界层噪声、阀门气流噪声。这就要求其气动性能的设计必须满足如下基本要求:

- (1) 达到在预期频带范围内的降噪量;
- (2) 流过消声器或多层烧结金属丝网的阻力损失尽可能小,同时流过消声器气流产生的再生气流噪声要低;
- (3) 经过风洞长期运行使用,降噪性能稳定、维修、更换方便。

通过在 0.3 m 跨超声速风洞中对微穿孔板+柔性软隔板”消声器和多层烧结金属丝网两种消声装置前后的压力损失、出口的速压剖面分布、降噪性能等进行测量、计算和分析后,得出以下结论。

(1) 采用多层烧结金属丝网的消声效果优于“微穿孔板+柔性软隔板”消声器,且出口气流品质得到较大改善,湍流度大幅度降低,在马赫数为 1.5 时,采用几种不同规格的烧结丝网,核心流区域的湍流度值均小于 $3\% \sim 5\%$ 。缺点是压力损失较大,各种状态(包括增压试验)下的压力损失值范围为 $6.6 \sim 68\text{ kPa}$ 。

(2) 增大烧结金属丝网目数,可以增强消声效果,但压力损失也相应增大。如 120 目 26 层,单层的压力损失系数为 123 ; 160 目 26 层,单层的压力损失系数为 251 。

(3) 综合分析,在某超声速风洞中,多层烧结金属丝网规格为某目某层。

3 烧结丝网在大风洞中的应用

3.1 对结构的要求

- (1) 多层烧结金属丝网规格为某目某层。
- (2) 多层烧结金属丝网网孔直径较小,为了保证丝网的通气率、减少压力损失,在丝网前增加一层过滤网,过滤网为一层 300 目、通气率为 60% 的不锈钢金属丝网,过滤网用两层加强网夹持,加强网的目数为 $5 \sim 6$ 目,通气率为 75% 。
- (3) 稳定段为双层壳体,要保证丝网前后不窜流。
- (4) 丝网前后按最大 0.1 MPa 压差考虑。

3.2 稳定段结构简介

稳定段长 14.5 m ,宽 10.68 m ,壳体采用双层结构^[5-7],外壳承压,内壳整流,内外壳间通过环型板连接在一起,两端分别与大开角段和收缩段焊接。外壳内径 $\Phi 9.5\text{ m}$,内壳内径 $\Phi 8\text{ m}$ 。稳定段分为前后两部分,前部安装消声装置,后部为整流段,安装有蜂窝器和阻尼网,如图2所示。

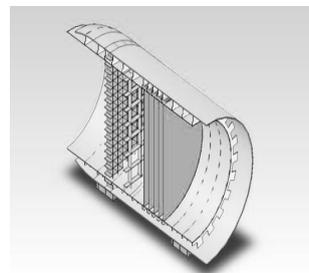


图2 稳定段

Fig. 2 Settling chamber

3.3 结构考虑

根据设计要求,结合稳定段的结构特点进行了如下考虑:

(1) 由于多层烧结金属丝网是采用高温、真空压制技术,受压制设备的限制,最大尺寸只能达到 $1\text{ m} \times 0.5\text{ m}$,因此需分成多块进行拼装。

(2) 在多层烧结金属丝网前适当位置的内外壳间焊接堵板,防止窜流。

(3) 在 $\Phi 8\text{ m}$ 直径范围内安装这种降噪材料将产生约 $5\,000\text{ kN}$ 的轴向力,而多层烧结金属丝网自身承载能力有限,必须考虑刚性烧结金属丝网的支撑。采用框架式结构,支撑端的前后进行必要的整流,同时考虑到人孔的大小和在 0.3 m 引导风洞的设计和使用的经验,确定将多层烧结金属丝网分成若干块,最大网块为 $1\text{ m} \times 0.5\text{ m}$,支撑框架的隔框依烧结金属丝网网块确定。支撑框架与稳定段内壳体焊接。

(4) 增强多层烧结金属丝网框架周边刚度,与内外壳体整体退火,控制变形。

(5) 经过有限元分析,框架厚度定为 600 mm ,结

果如图3所示。

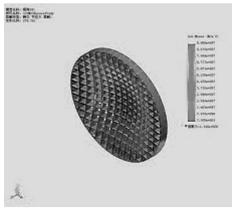


图3 多层烧结金属丝网框架

Fig. 3 Frame of multi-layer sintered-wire mesh

(6) 每个网块通过前压紧板和由 $0.15\text{ m} \times 0.15\text{ m}$ 间距组成的后顶紧框夹持在框架格框中,然后通过整流、压紧装置固定到格框中。过滤网和加强网与多层烧结金属丝网采用一套固定装置,如图4所示。

(7) 多层烧结金属丝网通过反吹方式进行清扫,吹扫压力 0.5 MPa 。



前视(顺气流) 后视(逆气流)

图4 多层烧结金属丝网的安装

Fig. 4 Install of multi-layer sintered-wire mesh

4 结果与讨论

某超声速风洞目前已经过流场校测,从测量的数据看,多层烧结金属丝网在大风洞中的应用是成功的,对多层烧结金属丝网安装上采取的措施是合理的,总结如下:

(1) 常压试验各种状态下的压力损失值范围为 $5 \sim 45\text{ kPa}$,压力损失绝对值随试验段马赫数的增大而减小,如图5所示。

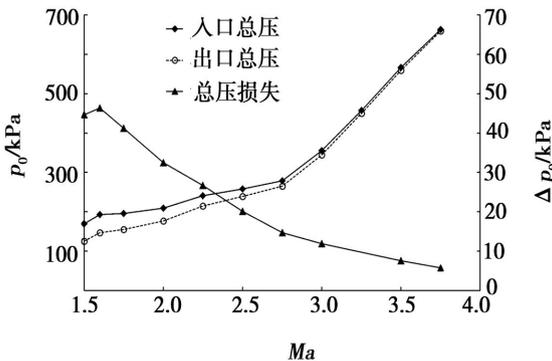


图5 多层烧结金属丝网前后压力损失

Fig. 5 Pressure loss of before and after multi-layer sintered-wire mesh

(2) 多层烧结金属丝网降噪量随试验段马赫数的变化曲线见图6所示,降噪量范围约 $4.3 \sim 14.2\text{ dB}$,随试验段马赫数的增大而减小,消声量与无量纲

的压力损失系数成正比,与绝对压力降无关。

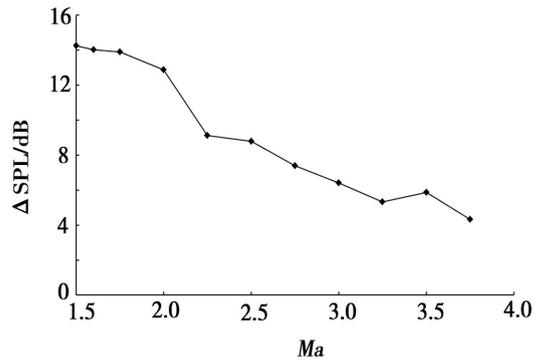


图6 多层烧结金属丝网降噪量

Fig. 6 Noise-fall of multi-layer sintered-wire mesh

(3) 典型试验段马赫数下烧结网格噪声 $1/3$ 倍频程频谱特性见图7~图9,可以看出频率 100 Hz 以下多层烧结金属丝网的消声效果相对较弱。当频率大于 10 kHz 后整个频带 ($<20\text{ kHz}$) 下的消声效果基本相同,频率 0.2 kHz 左右多层烧结金属丝网消声效果最佳,且多层烧结金属丝网在低频范围不存在声压级放大的现象。

(4) 多层烧结金属丝网安装方式合理,经过几百次试验结构完好。

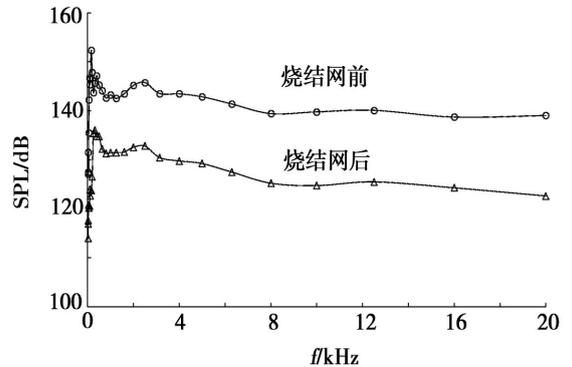


图7 多层烧结金属丝网噪声 $1/3$ 倍频程 ($Ma1.5$)

Fig. 7 $1/3$ octave band freq (Hz) of multi-layer sinter-wire mesh ($Ma1.5$)

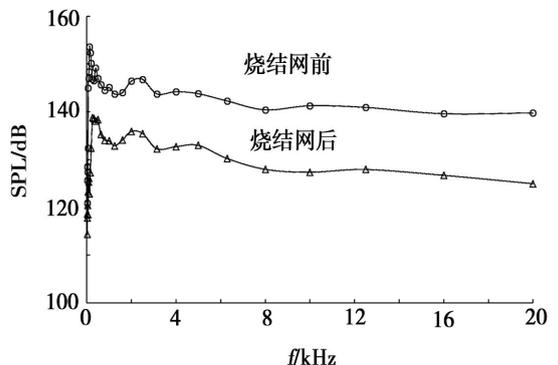


图8 多层烧结金属丝网噪声 $1/3$ 倍频程 ($Ma2.0$)

Fig. 8 $1/3$ octave band freq of multi-layer sinter-wire mesh ($Ma2.0$)

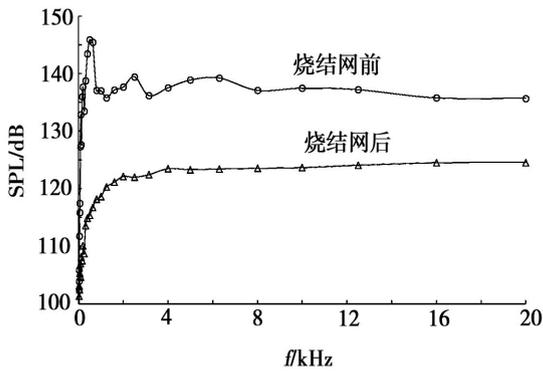


图9 多层烧结金属丝网噪声 1/3 倍频程 ($Ma3.5$)
Fig.9 1/3 octave band freq of multi-layer sinter-wire mesh ($Ma3.5$)

5 结论

通过大风洞的性能校测,多层烧结金属丝网作为降噪材料在风洞中的应用是有效的,结构布局是合理的,具有很好的推广前景。

参考文献

- [1] 榊元胜三,高岛一明,三輪. Flow quality of NAL two-dimensional transonic wind tunne[R]. NAL Paper TR-693,1981
- [2] Sunil J, Kenneth L. Sintered metal filters for hot and corrosive liquid and applications [C]. World Filtration Congress 8
- [3] 比利时贝卡特公司. Bekipor 金属纤维烧结虑材在气体和聚脂过滤方面的发展[J]. 过滤与分离,1995(2):32-37
- [4] 顾林,邱世庭,赵扬. 烧结金属多孔虑材技术综述[j]. 流体机械,2002,30(2):30-34
- [5] 刘政崇,廖达雄,董谊信,等. 高低速风洞气动与结构设计[M]. 北京:国防工业出版社,2003:222-234
- [6] 伍荣林,王振羽,等. 风洞设计原理[M]. 北京:航空工业出版社,1985:150-155
- [7] 刘政崇. 风洞结构设计[M]. 北京:国防工业出版社,2004:154-157

(编辑 任涛)

高性能铜钢双金属多孔转子热等静压扩散连接技术

铜钢双金属转子是航空航天型号伺服系统液压泵的核心部件,随航空航天型号液压泵性能不断发展,对转子的性能及可靠性提出了更高的要求。航天材料及工艺研究所于2004年起开展了高性能铜钢双金属多孔转子热等静压扩散连接技术研究。

2011年10月21日,中国航天科技集团公司组织技术专家对“高性能铜钢双金属多孔转子热等静压扩散连接技术的研究与应用”项目进行了成果鉴定。鉴定结论表明:课题组已掌握了具有自主知识产权的双金属扩散连接技术,可运用物理冶金原理和选择性微形变方法,实现铜钢双金属材料在异形曲面上的高强度连接;已创立了清洁隔离技术,可消除异形连接界面的夹杂缺陷,确保连接界面的可靠性。该技术成果已达到国内领先、国际先进水平。

目前该成果已成功应用在某型飞机液压柱塞泵生产配套及国产化备件上,实现了定型批产;并应用在为新一代飞机液压系统、新型航空发动机和航天伺服系统配套的液压柱塞泵上,取得了良好的社会和经济效益。专家们建议该技术继续向其他军用及民用高性能液压泵、双金属结构件等应用方向推广。

· 罗焱 ·