

时,还对同一消声管道进行了传统方法测量,并将这两种测试结果与理论计算值做了比较。

M-序列信号是在周期内具有随机特性的伪随机信号。线性系统在 M-序列信号激励下,输入输出互相关正比于系统的脉冲响应  $h(\tau)$ 。据 Schoedder 的推导,某一声学系统受到自相关为  $\delta$  函数的信号激励,则接收点处的均方声压为:  $\langle P^2(t) \rangle \propto \int_0^{\infty} h^2(\tau) d\tau$  按 M-序列的钟频对输出信号采样,则可利用 Hadamard 变换快速计算系统的脉冲响应。利用消声管道中的声传播理论和传递矩阵分析方法,可以计算存在气流时消声管道的传递损失  $TL$  和插入损失  $IL$  的理论值。实验采用截面为宽 30cm×高 10cm 的扁矩形管道。管道上面铺设离心玻璃棉。我们在 4 种不同风速条件下进行了传递损失和插入损失的 M-序列相关法测量及传统测量,气流马赫数  $M$  分为 0, 0.05, 0.1, 0.15。并进行了相应的理论计算。从实验结果得出以下初步结论:(1)  $IL$  和  $TL$  随马赫数  $M$  的增加而降低,其数值比一般所用的近似式,  $A_1 = A_0 / (1 + M)^2$  要低,  $A_1$  为有气流时的消声系数,  $A_0$  为静态消声系数。(2)  $IL$  和  $TL$  随  $M$  的降低与频率有一定的关系。一般地,低频段  $IL$  和  $TL$  的降低速度比较慢,中高频段降低速度比较快。(3) 对于管道内存在气流的情况, M-序列相关法在一定的信噪比下, (本实验条件下信噪比在 -10dB 内) 能得到令人满意的结果, 与理论值符合良好。而在气流流速较大时, 传统方法测量值与理论相距甚远。因此, 用 M-序列相关法在有流消声管道内测量能得到比传统方法更加可信的实验依据。

## 伪随机扩散体吸声性能的研究

盛胜我(同济大学声学研究所,上海·200092)

伪随机扩散体的基本结构是用隔板把空间分隔成一系列的闭管,这些闭管具有相同宽度但深度不同,其深度按数论中的伪随机序列(如二次剩余序列)而确定。从理论与实验两方面都已证实,由这种结构表面产生的散射与角度无关,因此具有最佳的扩散效果。同时,实验也发现这种结构在低频范围内还具有优良的吸声性能。许多研究者企图从理论上解释这种吸声现象,但都未取得满意的结果。

对于伪随机扩散体吸声性能的机理,本文提出了分析的理论。理论假定相邻闭管管口间的声压差决定于相应的振速差,引入“耦合声阻抗率”的概念来反映闭管间声耦合的强弱,并从基本的声学方程出发,获得了一阶近似的精确解,在这基础上,讨论了非线性耦合声阻抗率,导出了严格的理论计算公式。理论分析表明,这种相邻管口间的相互作用在近场范围内将导致非常显著的空气流,其速度远大于由原声场引起的质点速度,因此增加了能量耗散,提高了声吸收作用。耦合声阻抗率包括线性与非线性两部分。线性声阻抗率的实部取决于闭管壁面的粘滞性,与粘滞层的厚度成正比。由于粘滞层厚度通常为小值,因此耦合声阻抗率的线性部分实际上影响较小。

非线性耦合声阻抗率来源于流体的脱体绕流现象,在局部范围形成的旋涡区内产生强烈的声能损耗。值得指出,由于声学结构对振速的局部放大作用,因此在入射声压并不很高的情况时,非线性效应仍是不可忽视的。非线性耦合声阻抗率取决于相邻闭管管口间的振速差,与振速差的幅值成正比。当声学结构共振时,振速差可以达到很大,因此非线性声阻的作用是很显著的。通过数值计算进一步分析整体结构表面的平均声压与振速,得出结构表面处的平均声阻抗率,着重分析了非线性耦合声阻抗率的影响。实验试件采用二维的声学结构,在大型低频驻波管中进行。实验结果与理论计算相吻合。同时实验也表明除了粘滞性与热传导引起的声能耗散之外,闭管间声耦合引起的非线性声阻的影响将显得更加重要。

对伪随机声学结构的数值分析与实验研究表明,闭管管口之间的耦合声阻抗率,特别是非线性部分是决定这种结构在低频具有高吸声性能的关键。耦合声阻抗来源于不同的闭管长度引起的声压差与振速差,频率范围将取决于闭管长度。论文较圆满地解释了这种声学结构优良的吸声效果,为今后指导工程设计提供了理论基础。