采用双通道数字信号分析仪测定吸声材料声学特性

D. M. Yeager G. C. Maling

美国IBM公司的声学研究室利用计算机系统测定吸声材料的声学特性，可以方便地获得反射系数、吸声系数以及声阻抗（声阻和声抗）等数据。在驻波管中采用一个宽频带声源，两个传声器，一个双通道数字信号分析仪。测量的结果可以得到一张材料声学特性随频率变化的高分辨率图，这是其他方法不能做到的，而且这种方法所需的时间仅为通常方法的1/15到1/20。

采用⅓倍频程频带噪声激发的混响室法测定不仅很费时间，而且局限于测定幅值的变化，对于声抗的作用不能完全掌握。常用的驻波管（SWR）法是按驻波的极大极小位置和大小来逐个进行测定的。这种方法也相当花费时间。驻波管法需要只有平面波模式，测量正入射时声阻和声抗分量。以下介绍的实验技术是用宽频带激发，运用双通道数字信号分析仪的高分辨与后处理的能力，可在相当短时间内得到正入射时反射系数、吸声系数以及法向声阻抗率的实部和虚部，所得到的数据与通常单频测得的完全一致。

测量系统如图1所示。两个13毫米电容传声器嵌在1米长的刚性管壁上(方管)，测试材料固定在可移动的管端活塞上，材料表面保持在同一垂直面，在管的另一端用扬声器激发平面波模式。扬声器由经低通滤波的白噪声驱动。传声器1和2之间的传递函数(H_{12})用Hewlett-Packard 5420A数字信号分析仪加以计算，分析仪带有信号平均装置，用以消除随机误差。传递函数(H_{12})贮存在存贮器(采用磁带)。

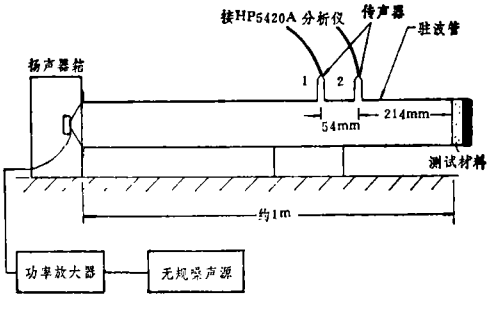


图1 测量装置

这种方法称为传递函数法（Transfer Function Method)。传声器1和2之间的传递函数由下式给出

$$H_{12}=\frac{F(P_2)}{F(P_1)} \qquad (1)$$

其中$F(P_i)$表示在i位置上声压P的付里叶变换。在位置1和2的声场是由向右和向左的行波线性叠加而成(即$P_i=P_{i+}+P_{i-}$)。在i位置的反射系数是向左和向右的二个行波声压的付里叶变换之比，即

$$R_i=\frac{F(P_{i-})}{F(P_{i+})} \qquad (2)$$

因为付里叶变换是线性的，上述的表示式可以得出传声器位置1的反射系数R_1。

假设管道无衰减，则对于正向的声波，两点间的传递函数为

$$H_{12+}=e^{-iKS} \qquad (3)$$

其中S是两点间距离，K是自由空间的波数。由此关系式，材料表面的反射系数可表示为

$$R=-e^{2iK(L+S)}\left[\frac{H_{12}-e^{-iKS}}{H_{12}-e^{iKS}}\right] \qquad (4)$$

其中L是材料表面到邻近的传声器之间的距

离，括号左边的 $e^{2iK(L+S)}$ 项来源于由传声器1到材料表面的反射系数的转换。在分子和分母上的指数因子（$e^{\pm iKS}$）是对应于向左和向右两种行波情况下传声器间的传递函数。

测量中传声器的间距受到传声器本身的大小以及上限频率的限制，在 S 恰好为½波长的频率上，两个传声器获得的样本将重复，因此需要将传声器间距减小到最小值。实验中采用的管道内截面约为 83×83 毫米²，高次模式在 2.07 千赫以上出现。如果 S 太小，则传声器的大小就会影响到实在中心距与有效中心距之间的关系，同时将引起衍射问题。

式(4)中的指数部分是将白噪声馈给 HP 5420A 的通道 1 和通道 2，并对所需的相移选择适当的通道之间时间衰减而产生的。注意传声器间距 S 与距离 2(L+S)都是分析仪的时间间隔乘以声速的整数倍，例如在 HP 5420A 上选择 3.2 千赫带宽，时间间隔即为 78微秒，传声器间距取 54 毫米就能使两个通道间取样有一个延迟，从而产生函数 e^{iKS}。

传声器和放大器的共振特性要尽力做到匹配。这一点在理论上并不必要，因为可以采用校准因子。另一步骤需要消除失配的传声器系统的影响，可以采用交换传声器位置得到二个传递函数，并计算它们的几何平均。但是由于 HP5420A 后处理能力的限制，这一方法未采用，当测量系统建立以后，校准因子和指数项($e^{\pm iKS}$，$e^{2iK(L+S)}$) 也已计算出并贮存在磁带中，就可以测量各个试样，得到正入射反射系数、吸声系数和法向声阻抗率。

图2，图 3 分别是用传递函数法测得的25毫米厚泡沫塑料的正入射吸声系数和法向声阻抗率，频率分辨率是12.5赫，因此测量精度远比通常测量的方法来得高。

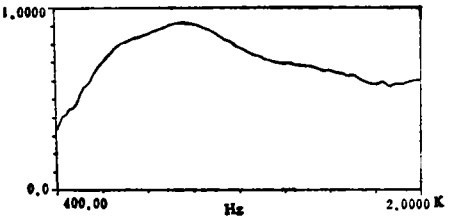


图2　25毫米厚泡沫塑料正入射吸声系数

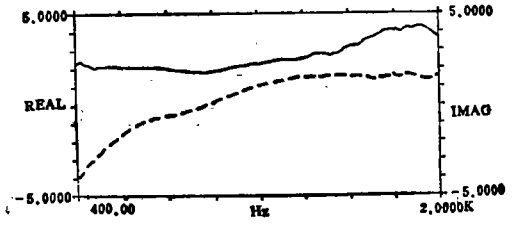


图3　25毫米厚泡沫塑料法向声阻抗率与 ρc 的比值
实线表示声阻率，虚线表示声抗率

[盛胜我摘译自《IBM 技术报告 TR3073》，1980]

（上接第40页）

节油，降低污染，而且在经济上也是有利的。

四、结　论

1．柴油掺水超声乳化技术是成功的。乳化油供柴油机燃烧，机器能正常而稳定地运行，燃烧得比较完全、充分。排温、积炭、烟度均有明显的下降（排气分析因受条件限制未能进行测试）。

2．在20*重柴油中，加1‰添加剂，掺入10～20%的水，经 CRZ-1 电超声乳化器制备出来的乳化液，采用边乳化边使用的方式，供 6135AG 柴油机使用，燃烧得到改善，实测节油率可达 6～10%。

3．柴油机使用乳化油燃烧，活塞、缸套、高压油泵芯套及喷油器等零件磨损不明显，无腐蚀现象。

4．采用 CRZ-1 电超声乳化器制备乳化油，不但降低油耗，减少对环境的污染，而且有一定的经济效益，例如 337 轮全年净赢利 900.78 元。如果考虑到节下来的柴油进行再生产，全年的毛利润可达 8423.32 元。

5．CRZ-1 电超声乳化器不但适用于内河航行的轮船，而且还可用于发电机组，内燃机车，拖拉机、汽车及化工、轻工、食品、医药卫生等行业。