

$$q_1(\xi, \eta) = \sum_{n=1}^N \frac{A_n}{B_n} \frac{\exp(-\alpha\eta)}{g_n(\eta)} \exp\left[-\frac{\xi^2}{g_n(\eta)}\right] \quad (3)$$

$$g_n[z] = \frac{1}{B_n} + j\eta$$

设有损媒质中圆形活塞聚焦换能器的二次谐波声压幅度的复数表示形式为  $q_2(r, z)$ , 在  $ka \gg 1$  情况下, 应用 parabolic 近似, LightHill 非线性方程归一化后为:

$$\frac{1}{\xi} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[ \xi \frac{\partial q_2}{\partial \xi} \right] + 8j \frac{\partial q_2}{\partial \eta} + 32j\alpha R q_2 = \left( j \frac{\beta \omega^3 \alpha^2}{c^4} \right) q_1^2 \quad (4)$$

其中二次谐波的衰减系数近似表示为  $2\alpha\beta$  为衰减媒质的非线性参数。对上式应用 Hankel 变换和 Bessel 积分公式可得:

$$q_2(\xi, \eta) = \sum_{m=1}^N \frac{\beta \omega^3 \alpha^2}{8c^4} \frac{A_m^2}{B_m^2} \frac{\exp(-R\alpha\eta)}{g_m(\eta)} \cdot \exp\left[-\frac{2\xi^2}{g_m(\eta)}\right] \cdot \int_0^\eta \frac{\exp(2R\alpha\eta')}{g(\eta')} d\eta' + \frac{2\beta \omega^3 \alpha^2}{8c^4} \sum_{n=1}^N \sum_{m=N}^N \frac{A_n A_m}{B_n B_m} \cdot \eta \frac{\exp(2R\alpha\eta)}{g_n(\eta) g_m(\eta) + g_n(\eta) g_m(\eta)} \cdot \exp\left[-\frac{2(g_n(\eta) |\eta| + g_m(\eta) |\eta|)}{g_n(\eta) g_m(\eta) + g_n(\eta) g_m(\eta)} \xi^2\right] d\eta \quad (5)$$

## 2.2 理论计算

本文利用高斯叠加法数值上计算了一圆形活塞聚焦换能器(半径  $a = 0.7\text{cm}$ , 焦距  $D = 6\text{cm}$ )的轴向基波及二次谐波声场。用 10 项高斯函数之和来近似聚焦活塞声源, 基波及二次谐波的轴向声场理论计算曲线见图 2。

图 3 为测量圆形活塞聚焦换能器声场的实验系统框图。所测得圆形活塞聚焦换能器在水中的基波

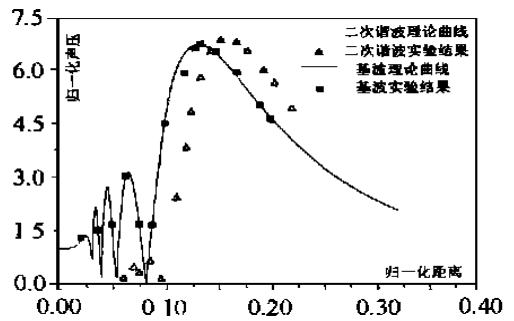


图 2 轴向基波及二次谐波归一化声压图

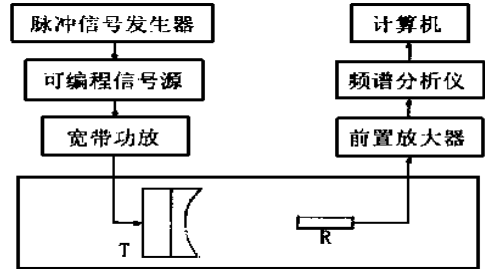


图 3 实验装置图

及二次谐波轴向声场归一化声压分布也表示在图 2 上。由图 2 可见除了距声源较近区域外, 实验曲线与理论曲线符合得较好, 并且基波轴向声压最大值出现在焦点之前, 二次谐波在焦点附近。

参考文献:

- [1] B. G. Lucas and T. G. Muir. The field of a focusing source[J]. J. Acoust. Soc. Am, 1982, 72(4): 1289-1296.
- [2] J. J. Wen and M. A. Breazeale. Diffraction beam field expressed as the superposition of Gaussian beams[J]. J. Acoust. Soc. Am., 1988, 83(5): 1752-1756.

## SHX—DFL 型大风量片式消声器系列通过产品鉴定

2000 年 4 月 25 日经上海市经委批准, 由上海市轻工控股(集团)公司主持, 对上海申华声学装备有限公司研制的 SHX—DFL 型大风量片式消声器系列通过了产品鉴定。

大风量片式消声器广泛应用于地铁、隧道、地下车库、发电站等大中型通风工程中。上海申华声学装备有限公司结合上海地铁 1# 线、2# 线通风工程的需要, 经过数年的试生产已形成一定的生产能力。目前可提供风量由  $1.5\text{万 m}^3/\text{h}$ — $40\text{万 m}^3/\text{h}$  7 大系列共 91 种规格的片式消声器。消声片长度为 2000mm, 消声片单元高度分别为 1000mm、1250mm、1500mm、1750mm、2000mm, 消声片厚为 250mm, 片间距为 250mm。消声器声学和气动性能经同济大学测试, 单位长度消声量为  $8\text{dB(A)}$ , 压力损失为  $1\text{mmH}_2\text{O}$ 。产品质量经上海市环保产品质量监督检验总站检测, 产品质量优良。专家鉴定认为, 该系列消声器生产工艺合理, 工装设备先进, 检测手段完善, 产品加工质量符合设计要求和标准规定, 产品质量达到国内领先水平, 一致同意通过产品鉴定, 投入批量生产。

中国船舶工业第九设计研究院 吕玉恒