一种采用激振器激励的扬声器振动部件共振频率测量方法及系统

姚心悦[1,2]，徐楚林[1,3]，温周斌[1,3]
(1. 中国科学院声学研究所东海研究站，上海 201815；2. 中国科学院大学，北京 100190；3. 浙江中科电声研发中心，浙江嘉善 314100)

摘要：提出了一种采用激振器激励方式的扬声器振动部件共振频率测量方法及系统。采用激振器作为激励被测部件振动的激励源，并通过加速度传感器实时检测夹具的振动加速度(包括幅度和相位)，以确保被夹具夹持住的被测部件在测量频率范围内上下平稳振动；通过激光位移传感器测量被测部件在不同频率点振动时的振动位移，可得到被测部件振动的频率响应(被测部件振动加速度和夹具振动加速度的比值的频率响应)；根据该频率响应进行计算最后可得到被测部件的共振频率。实验结果表明，实测频率响应的曲线与理论分析相一致，测量结果的可重复性和准确性良好，可测量的振动部件的种类和范围更广。

关键词：扬声器；振动部件；共振频率；频率响应
中图分类号：TN912 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-3630(2019)-06-0644-06
DOI 编码：10.16300/j.cnki.1000-3630.2019.06.008

Method and system of measuring resonant frequency of loudspeaker vibration component by vibration exciter

YAO Xin-yue[1,2], XU Chu-lin[1,3], WEN Zhou-bin[1,3]
(1. *Shanghai Acoustics Laboratory, Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai* 201815, *China*;
2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100190, *China*;
3. *Zhejiang Electro-Acoustic R&D Center, Chinese Academy of Sciences, Jianshan* 314100, *Zhejiang, China*)

Abstract: The method and system of measuring resonant frequencies of loudspeaker vibration components is presented by using vibration exciter in this paper. The vibration exciter is used as an excitation source to excite the vibration of measured component. The vibration acceleration (including amplitude and phase) of the testing fixture is measured by acceleration sensor in real time and the measured component clamped by the fixture can be ensured to vibrate up and down smoothly in the measured frequency range. Meantime, the vibration displacements of the measured component at different frequencies are measured by the laser displacement sensor to obtain the frequency response curve of the ratio of the vibration acceleration of the measured component to the vibration acceleration of the fixture, and finally to calculate the resonant frequency of the measured component. The experimental results show that the measured frequency response curve is the same as the theoretical one, the repeatability and accuracy of measurement results are good, and the types and range of measuring vibration components are wider.

Key words: loudspeaker; vibration component; resonant frequency; frequency response

0 引 言

扬声器振动部件(包括纸盆、振膜和定心支片等)的共振频率是扬声器的一项重要技术指标。较早的测量扬声器振动部件共振频率的方法主要为间接测量法[1-2]，它通过测量激励扬声器的电流或阻抗等相关参数的变化得到被测部件的共振频率。该方法比较适合测量谐振 Q 值较大、尺寸较大、质量又比较适中的被测部件，并且要求激励扬声器的共振频率要远小于被测部件的共振频率，因此它的适用性受到一定限制，准确性也存在一定问题。目前应用比较广泛的测量方法为直接测量法[3-6]，它通过直接测量被测部件在不同频率振动时的振动位移曲线得到其共振频率。由于该方法难以彻底消除被测部件与激励扬声器之间的空气腔体对测量结果的影响，无法确保在各个频率点由激励扬声器发出并通过声波传递到被测部件上的激励力是相同的，因而所测量得到被测部件的振动位移频率响应曲线可能会出现多个波峰或产生不同程度的波动，进而导

收稿日期：2019-01-10; **修回日期：**2019-03-20
作者简介：姚心悦(1994－)，女，浙江嘉兴人，硕士研究生，研究方向为电声技术。
通讯作者：温周斌, E-mail: wenzhoubin@mail.ioa.ac.cn

致所测量得到的共振频率存在一些误差。

针对上述问题，本文提出了一种采用激振器激励方式的扬声器振动部件共振频率测量方法及系统。它可实时检测夹具的振动加速度(包括幅度和相位)，可确保被夹具夹持住的被测部件在测量频率范围内上下平稳振动，从而得到准确的被测部件振动的频率响应，然后根据该频率响应的曲线拟合得到被测部件的固有角频率和衰减因子，从而计算得到更为准确的共振频率，由此提高了测量扬声器振动部件共振频率的准确性。

1　测量系统及其理论模型

本文提出的扬声器振动部件共振频率测量系统如图 1 所示，它由信号处理系统、功率放大器、测量支架、激振器、夹具、被测部件、加速度传感器和激光位移传感器等组成。激振器固定在测量支架底端，激光位移传感器固定在测量支架顶端；被测的扬声器振动部件由夹具夹持，该夹具固定在激振器上，加速度传感器安装在夹具上；激光位移传感器发出的激光光束对准被测部件较平缓处。

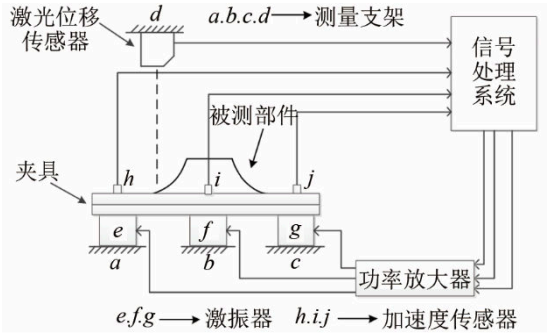


图 1　测量系统示意图

Fig.1　Schematic diagram of measuring system

首先信号处理系统输出电压信号经功率放大器放大后激励激振器工作，3 只激振器共同激励被夹具夹持住的被测部件进行振动；然后激光位移传感器采集被测部件的振动位移信号，加速度传感器采集夹具的振动加速度信号，信号处理系统同步采集这两个振动信号，并将振动位移信号转换成对应的振动加速度信号，由此可计算得到被测部件振动的频率响应(被测部件振动加速度(输出)与夹具振动加速度(输入)的比值的频率响应)；最后信号处理系统对上述频率响应进行分析处理，得到被测部件的共振频率。

这样一个由激振器激励被夹具夹持住的被测部件进行振动的系统可简化为如图 2 所示的隔振系统，夹具(用于被测部件的外沿)为隔振系统的基础端 O_1，被测部件为隔振系统的质量块，质量块的平衡位置为 O，激振器激励被夹具夹持住的被测部件进行振动的过程，也就是在弹簧和阻尼的共同作用下激励力施加在基础端并通过基础端将振动传递给质量块的过程。

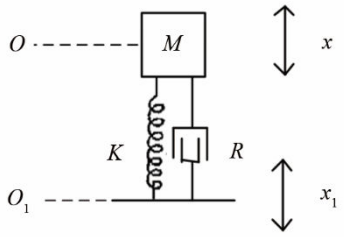


图 2　隔振系统示意图

Fig.2　Schematic diagram of vibration isolation system

设质量块的质量为 M、弹簧的劲度系数为 K、阻尼为 R；并设基础端受到激励力的作用后所产生的位移为 $x_1=X_1e^{j\omega t}$，质量块的位移为 $x=Xe^{j\omega t}$，那么，质量块的振动方程为

$$M\ddot{x}+R(\dot{x}-\dot{x}_1)+K(x-x_1)=0 \tag{1}$$

在无外界干预时，$x_1=0$，则上述方程变为

$$M\ddot{x}+R\dot{x}+Kx=0 \tag{2}$$

设该方程的通解为 $x=x_0e^{j\beta t}$，其中 β 为待定常数，则方程变为

$$\left(-M\beta^2+jR\beta+K\right)x=0 \tag{3}$$

因固有角频率 $\omega_0=\sqrt{\dfrac{K}{M}}$、衰减因子 $\gamma=\dfrac{R}{2M}$，式(3)可表示为

$$\left(-\beta^2+2j\gamma\beta+\omega_0^2\right)x=0 \tag{4}$$

若式(4)对任意时间 t 都成立，则必须满足：

$$-\beta^2+2j\gamma\beta+\omega_0^2=0 \tag{5}$$

解此代数方程可得：

$$\beta=j\gamma\pm\omega_0' \tag{6}$$

式中：

$$\omega_0'=\sqrt{\omega_0^2-\gamma^2} \tag{7}$$

这样，通解 x 变为：

$$x=x_0\cdot e^{-\gamma t}\cdot e^{j\omega_0' t} \tag{8}$$

这是一个衰减振动。阻尼使得振动的角频率 ω_0' 比固有角频率 ω_0 低，则与之对应的共振频率 f_0 的表达式为

$$f_0=\frac{\omega_0'}{2\pi}=\frac{\sqrt{\omega_0^2-\gamma^2}}{2\pi} \tag{9}$$

2　测量方法

测量扬声器振动部件共振频率的流程如图 3 所

示，主要步骤为：首先设定所需测量的频率范围和频率间隔，然后由低频到高频，测量每个频率点被测部件的振动位移并计算该频率点下被测部件振动加速度和夹具振动加速度的比值，即构成被测部件振动的频率响应，最终根据该频率响应计算得到共振频率。

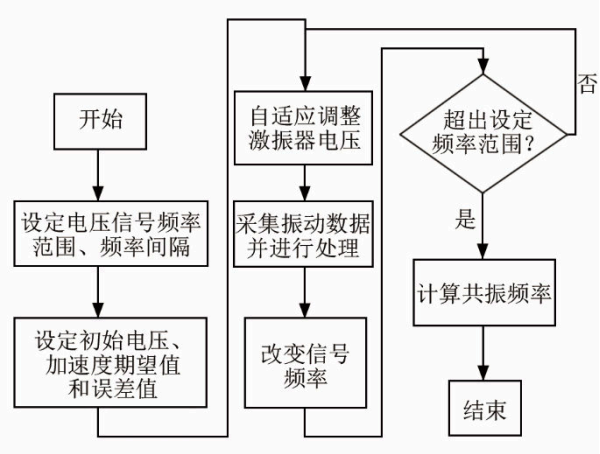


图 3 测量流程图

Fig.3 The flow diagram of measuring process

在测量每个频率点被测部件的振动位移之前，需自适应调整激振器的输入电压，以使得被夹具夹持住的被测部件能进行平稳振动。

2.1 自适应调整激振器输入电压

因 3 点可确定一个平面，故为了确保被夹具夹持住的被测部件进行平稳振动，本文采用了 3 只激振器和 3 只加速度传感器(它们在圆形夹具上呈 3 等分排列)。若测量得到的夹具上 3 个位置处的振动加速度相同，则可认为被夹具夹持住的被测部件外沿上任意点处的振动情况均相同。

将 3 只激振器分别标记为 e、f 和 g，并将 3 只加速度传感器分别标记为 h、i 和 j。给 3 只激振器设定输入电压，这 3 只激振器一同带动被夹具夹持住的被测部件进行上下振动；固定在夹具上的 3 只加速度传感器分别测量 3 个位置的振动加速度信号。当 3 只激振器进行第 n 次振动时，3 只激振器的输入电压分别记为 $U_n^e e^{i\varphi_n^e}$、$U_n^f e^{i\varphi_n^f}$ 和 $U_n^g e^{i\varphi_n^g}$，而 3 只加速度传感器采集到的夹具的振动加速度分别记为 $A_n^h e^{i\theta_n^h}$、$A_n^i e^{i\theta_n^i}$ 和 $A_n^j e^{i\theta_n^j}$。将 3 只激振器的输入电压向量 $\boldsymbol{U}_n$ 表示为

$$\boldsymbol{U}_n=\left(U_n^e e^{i\varphi_n^e},\ U_n^f e^{i\varphi_n^f},\ U_n^g e^{i\varphi_n^g}\right) \tag{10}$$

而 3 只加速度传感器输出的振动加速度向量 $\boldsymbol{A}_n$ 表示为

$$\boldsymbol{A}_n=\left(A_n^h e^{i\theta_n^h},\ A_n^i e^{i\theta_n^i},\ A_n^j e^{i\theta_n^j}\right) \tag{11}$$

可以认为输出向量 $\boldsymbol{A}_n$ 和输入向量 $\boldsymbol{U}_n$ 之间有如下线性关系式：

$$\boldsymbol{A}_n=\boldsymbol{U}_n\boldsymbol{M}_n \tag{12}$$

式(12)中，$\boldsymbol{M}_n$ 为系数矩阵，它可表示为

$$\boldsymbol{M}_n=\begin{bmatrix} m_n^{eh} & m_n^{ei} & m_n^{ej} \\ m_n^{fh} & m_n^{fi} & m_n^{fj} \\ m_n^{gh} & m_n^{gi} & m_n^{gj} \end{bmatrix} \tag{13}$$

其中，m_n^{pq} (p=e、f、g，q=h、i、j)表示第 n 次振动时激振器 p 在加速度传感器 q 位置处的系数分量。

因为系数矩阵 $\boldsymbol{M}_n$ 中有 9 个未知数，所以，可以根据 3 只激振器前面连续振动 3 次所得到的输入输出数据，求解得到该系数矩阵 $\boldsymbol{M}_n$。

根据第 n–2 次、第 n–1 次和第 n 次振动时的输入和输出，可列出如下线性方程：

$$\begin{pmatrix} \boldsymbol{U}_{n-2} \\ \boldsymbol{U}_{n-1} \\ \boldsymbol{U}_n \end{pmatrix}\boldsymbol{M}_n=\begin{pmatrix} \boldsymbol{A}_{n-2} \\ \boldsymbol{A}_{n-1} \\ \boldsymbol{A}_n \end{pmatrix} \tag{14}$$

方程式(14)也可记为 $\boldsymbol{U}_n\boldsymbol{M}_n=\boldsymbol{A}_n$，其中，$\boldsymbol{U}_n$ 和 $\boldsymbol{A}_n$ 分别为线性方程的输入矩阵和输出矩阵，求解该线性方程，可以得到：

$$\boldsymbol{M}_n=\boldsymbol{U}_n^{-1}\cdot\boldsymbol{A}_n \tag{15}$$

其中，n>=3。

设 3 只激振器的前 3 次振动的初始输入电压向量分别为 $\boldsymbol{U}_1$、$\boldsymbol{U}_2$ 和 $\boldsymbol{U}_3$，并设第 3 次振动之后的夹具的振动加速度期望值为 $\boldsymbol{A}'$、加速度误差值为 e_0，则自适应调整激振器输入电压的具体步骤如下：

(1) 根据预先设定的 3 只激振器的初始输入电压向量 $\boldsymbol{U}_1$、$\boldsymbol{U}_2$ 和 $\boldsymbol{U}_3$ 激励激振器工作，3 只加速度传感器采集到的夹具的第 1、2 和 3 次振动加速度分别为 $\boldsymbol{A}_1$、$\boldsymbol{A}_2$ 和 $\boldsymbol{A}_3$。

(2) 在 3 只激振器进行第 n 次(n≥3)振动之后，可以根据式(16)计算得到下一次(即第 n+1 次)振动时的输入电压向量：

$$\boldsymbol{U}_{n+1}=\boldsymbol{A}'\boldsymbol{M}_n^{-1} \tag{16}$$

其中，系数矩阵 $\boldsymbol{M}_n$ 需要通过求解最近前 3 次振动的输出输入线性方程得到，即 $\boldsymbol{M}_n=\boldsymbol{U}_n^{-1}\cdot\boldsymbol{A}_n$。

(3) 将向量 $\boldsymbol{U}_{n+1}$ 中的分量作为输入电压信号激励 3 只激振器工作，3 只加速度传感器实际输出的振动加速度向量为 $\boldsymbol{A}_{n+1}$，则 $\boldsymbol{A}_{n+1}$ 和期望值 $\boldsymbol{A}'$ 之间的差值 e 为

$$e=\boldsymbol{A}_{n+1}-\boldsymbol{A}' \tag{17}$$

若该差值小于预先设定的加速度误差值 e_0 (包括幅度和相位)，则调整结束；否则，转至步骤(2)，继续下一次调整。

2.2　计算共振频率

根据被测部件振动的频率响应曲线，计算得到被测部件共振频率的方法为：选用非线性参数拟合方法得到被测部件的固有角频率和衰减因子，并根据公式(9)计算得到共振频率。具体过程如下：

第 1 节中的式(1)可表示为

$$-\omega^2+2\mathrm{j}\gamma\omega+\omega_0^2 x=\left(2\mathrm{j}\gamma\omega+\omega_0^2\right)x_1 \tag{18}$$

这样，该隔振系统的输入(基础端也即夹具的振动加速度 $\ddot{x}_1$)和输出(质量块也即被测部件的振动加速度 $\ddot{x}$)之间的传递函数可表示为

$$H(\omega)=\frac{\ddot{x}}{\ddot{x}_1}=\frac{x}{x_1}=\frac{2\mathrm{j}\gamma\omega+\omega_0^2}{-\omega^2+2\mathrm{j}\gamma\omega+\omega_0^2} \tag{19}$$

式(19)中的传递函数为一复数值，为便于计算，本文使用传递函数幅值的平方来进行参数拟合。传递函数幅值的平方为

$$|H(\omega)|^2=\frac{4\gamma^2\omega^2+\omega_0^4}{\omega^4+\left(4\gamma^2-2\omega_0^2\right)\omega^2+\omega_0^4} \tag{20}$$

将实际测量得到的被测部件振动的频率响应曲线记为 $h(f)$，根据该曲线可计算得到传递函数幅值平方的实测值，记为 $|h(\omega)|^2$。选用 MATLAB cftool 拟合工具箱中的用户自定义拟合方法，根据实际测量得到的 $|h(\omega)|^2$ 的曲线，可拟合得到 $|H(\omega)|^2$ 表达式中的固有角频率 ω_0 和衰减因子 γ，最后根据式(9)可计算得到共振频率 f_0。

3　实验系统及其测量结果

所搭建的实验系统如图 4 所示，主要包括 3 部分，左侧为测量装置(包括测量支架、激振器、夹具、被测振动部件、激光位移传感器和加速度传感器等)，右侧为显示器和多功能机箱(包括功率放大器、电源和激光控制器)，中间为信号处理系统(包括 NI 机箱、控制器、板卡和接线盒等)。

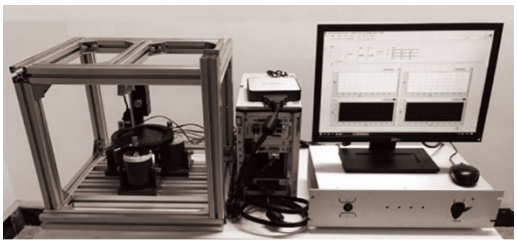
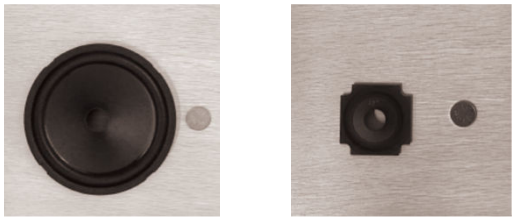


图 4　实验系统
Fig4　Photo of experimental system

基于该实验系统，作者测量了多款不同形状和不同材质的扬声器纸盆，图 5 给出了两款被测扬声器纸盆的照片(1 in=2.54 cm)。



(a) 6.5 in　　(b) 2.5 in

图 5　被测扬声器纸盆照片
Fig.5　Photos of the measured loudspeaker cone samples

随机选取 6.5 in 纸盆的 4 个样品进行测量，每个样品各测量两次，共得到 8 条频率响应曲线，如图 6 所示。

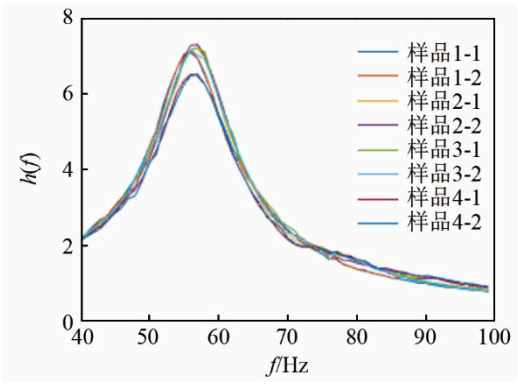


图 6　不同样品的实测频率响应曲线
Fig.6　The measured frequency response curves of different samples

从图 6 中的频率响应曲线可看出，同一个样品各测量两次得到的数据曲线几乎完全重合，且曲线平滑、有明显的主峰。这说明测量结果具有良好的稳定性和一致性。此外，不同样品之间共振峰出现的位置基本相同，但是幅值和开口大小略有差异，这是由于各个样品之间的差异性导致的。

根据测量得到的频率响应曲线可拟合得到被测部件的两个重要参数。如图 7 所示为根据其中一个样品的频率响应曲线进行参数拟合的结果。

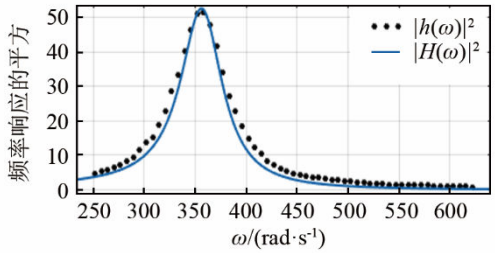


图 7　实测频率响应曲线和拟合曲线对比图
Fig.7　Comparison of the measured and fitted frequency response curves

从图 7 中的对比结果可以看出，两条曲线的主峰出现的位置及开口大小基本一致，说明实际测量得到的数据符合理论模型，这也在一定程度上验证了测量结果的准确性。

根据上述频率响应曲线可计算得到 4 个样品的固有角频率 ω_0、衰减因子 γ 和共振频率 f_0，结果如表 1 所示。

表 1 不同样品的 ω_0、γ 和 f_0 测量结果

Table 1 The measured results of ω_0、γ and f_0 for different samples

样品编号	ω_0/(rad·s^{-1})	γ/(s^{-1})	f_0/Hz
样品 1	352.84	24.88	56.01
样品 2	357.77	24.92	56.80
样品 3	357.91	24.78	56.82
样品 4	356.65	27.41	56.59

4 个样品共振频率的平均值为 56.56 Hz。

与此同时，作者也采用基于直接测量法[6]的测量系统进行了相同的测量工作，并将测量结果与采用本实验系统得到的结果进行了比较。

图 8 给出了基于直接测量法的测量系统测量上述 6.5 in 纸盆的振动位移曲线(最大振动幅度同样设置为 0.27 mm，4 个样品各测量两次)。

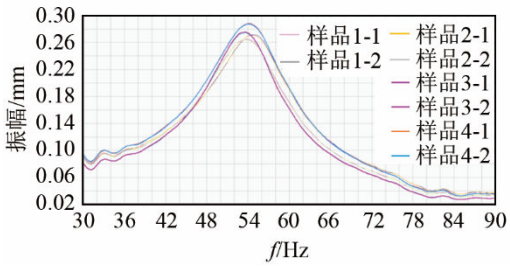


图 8 直接测量法得到的振动位移曲线

Fig.8 The vibration displacement curves obtained by direct measuring method

从图 8 可以看出，同一样品测量两次得到的曲线基本重合，但不同样品的测量曲线的共振峰出现的位置以及幅值和开口的大小都略有差异。根据该曲线图计算得到的共振频率如表 2 所示。

表 2 直接测量法的共振频率 f_0 测量结果

Table 2 The measured result of the resonance frequency f_0 by direct measuring method

样品编号	f_0/Hz	
	第一次	第二次
样品 1	53.63	53.76
样品 2	54.67	54.75
样品 3	53.43	53.51
样品 4	54.08	54.13

4 个样品共振频率的平均值为 54.00 Hz。

比较采用两套系统测得的实验结果可知，针对这款 6.5 in 纸盆，两者结果虽略有差异，但仍较为相近。

但是，针对一些尺寸较小、比较难被激振的纸盆，本文提出的测量方法相较于直接测量法就有明显的优势。

针对图 5(b)所示的 2.5 in 纸盆，随机选取两个样品，分别采用本文提出的方法和直接测量法进行测量，每个样品各测量两次，得到的频率响应曲线和振动位移曲线分别如图 9 和图 10 所示。

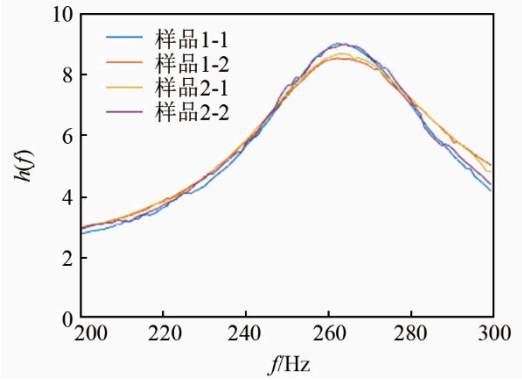


图 9 本文方法测量的频率响应曲线

Fig.9 The frequency response curves measured by the method in this paper

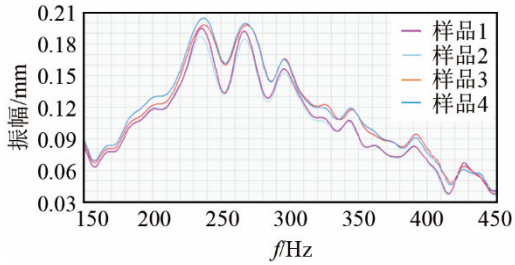


图 10 直接测量法得到的振动位移曲线

Fig.10 The vibration displacement curves obtained by direct measuring method

从图 9 和图 10 可以看出，采用直接测量法测量得到的振动位移曲线有很大的波动，在 235 Hz 和 265 Hz 附近均出现了共振峰，而采用本文提出的测量方法测量得到的频率响应曲线只在 265 Hz 附近有一个很明显的共振峰，且曲线没有波动。

4 结 论

本文提出了一种采用激振器激励方式的扬声器振动部件共振频率测量方法及系统。它可实时检测和控制夹具实际振动的加速度，可确保被夹具夹持住的被测部件在测量频率范围内上下平稳振动，从而准确地测量得到被测部件振动的频率响应，进而更为准确地得到被测部件的共振频率。实验结果表明，实际测量得到的结果符合理论模型，并且同一样品测量多次的结果完全重合，而同款产品不同样品之间的测量差异很小，故可认为本文提出的方法可以准确测量扬声器振动部件的共振频率。相比

于直接测量法，本方法还可准确测量一些尺寸较小、较难被激振的振动部件的共振频率。

参 考 文 献

[1] 盛盘大, 徐柏龄, 黄兴志. 小口径电声器件振膜的谐振频率与力顺测量装置, CN 2572706 Y[P]. 2003.
SHENG Panda, XU Boling, HUANG Xingzhi. Resonant Frequency and Compliance Measuring System for Membrane of Small Electroacoustic Device, CN 2572706 Y[P]. 2003.

[2] 许益. 扬声器振膜等效质量及等效力顺的测量方法, CN 101296533[P]. 2008.
XU Yi. Measurement method for equivalent quality and equal efficiency of loudspeaker diaphragm, CN101296533[P]. 2008.

[3] 白晖. 扬声器锥盆谐振频率 Fo 测试探讨[J]. 电声技术, 2002(11): 25-26.
BAI Hui. Discussion on the Fo test of the cone of loudspeaker[J]. Audio Engineering, 2002(11): 25-26.

[4] KLIPPEL W, SEIDEL U. Dynamic measurement of loudspeaker suspension parts[J]. Journal of the Audio Engineering Society, 2007, **55**(6): 443-459.

[5] 陈朝方. 激光振膜 F0 测试仪: CN104125532A[P]. 2014.
CHEN Chaofang. Laser membrane F0 tester: CN104125532A[P]. 2014.

[6] 温周斌, 李宏斌, 王宇, 等. 扬声器部件谐振频率测量方法及系统: CN, 201510230506.6[P]. 2015.
WEN Zhoubin, LI Hongbin, WANG Yu, et al. Method and system for measuring resonantfrequency of loudspeaker component: CN, 201510230506.6[P]. 2015.

• 简 讯 •

上海市声学学会十届三次理事会召开

2019 年 12 月 21 日，上海市声学学会十届三次理事会在同济大学声学馆召开。近 30 位理事会成员到会，符合会议法定召开人数。会议由学会理事长胡长青主持。

本次会议通报了 2019 年学会各项管理工作与学术活动概况，商讨了 2020 年工作计划。胡长青理事长对学会 2019 年各项工作进行总结。他在报告中指出，2019 年是上海市声学学会平稳长效发展的一年。在市科协的领导下，学会完成了统计年报工作，在团体会员与个人会员发展，《声学技术》编委会换届，对外技术咨询服务工作，开展奖项评比和资助大型学术活动以及强化党建引领等方面均取得了一定的成绩。

会议强调，学术活动是学会工作的重心，上海市声学学会的学术活动在 2019 年度形成了学会重点落实、各专业委员会协调发展的积极景象，完成了“2019 上海城市噪声污染防治技术国际论坛”、“2019 新型压电材料与声学器件国际研讨会”、“第十二届海峡两岸声学学术交流会”、“中国声学学会环境声学高峰论坛”等多项具有闪光点的学术活动，吸引了海内外诸多专家学者的光临与交流探讨，有力促进了国内声学技术的长足发展。

胡长青理事长还报告了学会 2020 年度的初步工作计划，并提请理事会商议。他指出，2020 年将是上海市声学学会继往开来的一年。学会将继续以党的建设引领学会发展，根据《上海市科学技术协会改革实施方案》的要求，在秉持延续以往优良工作与学术传统的前提下，聚焦 2020 年学会成立四十周年重要时机，在科技展览、专业科普体验活动等方面突破创新，扩大学会影响力，实现学会持续、稳定、健康发展。

会议通过了新一届“魏墨盦声学奖”评审委员会的组成人选，学会前任理事长孟昭文担任新一届评审会主任（委员会成员：胡长青、程茜、高建农、胡兵、毛东兴、龚农斌、钱梦騄、周红生）。同时，会议颁发了 2018 年度魏墨盦声学奖（获奖者：同济大学声学研究所程茜）。

会上，各专业委员会分别汇报了各自在学术交流、科普等方面开展的工作，介绍了所承担的国家重点项目技术背景、关键技术突破及人才培养等，并就学会 2020 年的工作计划展开研讨。

会场

会场

胡长青理事长为获奖者程茜颁奖

上海市声学学会