

材料非线性衰减系数的二次谐波测量方法研究^{*}

张荣繁¹ 李雄兵^{1†} 张书增¹ 郑慧峰²

(1 中南大学交通运输工程学院 长沙 410075)

(2 中国计量大学计量测试工程学院 杭州 310018)

2015 年 8 月 10 日收到

2016 年 6 月 1 日定稿

摘要 采用有限幅值法测量材料在基波和非线性引起的二次谐波作用下的衰减系数; 利用准线性下的 KZK 方程推导基波和二次谐波的声压分布, 并提取波束修正系数; 采用短纯音信号进行非线性实验, 对检测得到的基波和二次谐波声压进行衍射修正处理, 有效抑制衍射对衰减系数测量的不利影响, 继而通过线性拟合的方法计算得到更精确的基波和二次谐波的衰减系数。以水为例进行实验, 研究了实验测量所得衰减系数的频率依赖关系, 结果表明在非线性条件下水的衰减系数与频率间存在较强的线性关系, 而线性条件下衰减系数随频率呈现二次方增长的特性则不适用于非线性条件。该研究提出了准确测量非线性声波衰减系数的方法, 为更有效地应用非线性超声检测提供理论依据。

PACS 数: 43.25

Research on nonlinear acoustic attenuation coefficients of material based on second harmonic measurement

ZHANG Rongfan¹ LI Xiongbing¹ ZHANG Shuzeng¹ ZHENG Huifeng²

(1 School of Traffic and Transportation Engineering, Central South University Changsha 410075)

(2 College of metrology and measurement engineering, China Jiliang University Hangzhou 310018)

Received Aug. 10, 2015

Revised Jun. 1, 2016

Abstract The material attenuation coefficients under the action of fundamental and second harmonic wave are measured by the finite amplitude method. Based on the quasilinear theory of KZK equation, the nonlinear sound fields are derived and these beam correction terms are extracted. The measured nonlinear sound pressures using tone-burst are adjusted using these extracted diffraction corrections in order to reduce the impact on the measurement of attenuation coefficients from diffractions. The attenuation coefficients of fundamental and second harmonic are calculated precisely from the linear fitting lines of experiment data. Take water for experiment, the frequency-dependent performance of attenuations is researched and it is found that the attenuation coefficients grows linearly with the frequency in nonlinear experiment, which is different from the case in linear condition that attenuation coefficients show a quadratic correlation with frequency. The research gives a useful method to measure nonlinear acoustic attenuation coefficients and will provide a theoretical basis for the effective application of nonlinear ultrasonic test.

引言

相比传统的线性超声检测技术, 非线性超声具有对材料的微观组织结构变化及力学性能退化敏感的

优势而得到了广泛的研究^[1-2]。材料的微缺陷^[3-4]、疲劳损伤^[5]及塑性变形^[6]等均会导致材料非线性系数的差异, 因此可根据检测材料非线性系数的变化评价材料的性能变化。准确测量材料的非线性系数是非线性超声检测的关键。而超声波在材料中的衰

^{*} 国家自然科学基金项目 (61271356, 51575541)、中南大学硕士生自主探索创新项目 (2016zzts330) 和浙江省自然科学基金项目 (LY15E050012) 资助

[†] 通讯作者: 李雄兵, lixb_ex@163.com

减会导致测量幅值比理论值偏小, 进而影响非线性系数的计算, 故需对检测幅值进行衰减修正以提其测量精度^[7-8]。而获取准确的衰减系数是实现衰减修正的前提, 因此有必要开展基波和二次谐波衰减系数的测量研究。

超声波的衰减主要包括衍射衰减、散射衰减和吸收衰减, 其中材料导致的超声波衰减主要来自散射和吸收^[9-10]。通常在线性条件下利用宽带脉冲激励超声探头, 并根据材料中传播一定距离的声波信号计算不同频率下材料的衰减系数^[9]。目前研究者测量固体^[11]或者液体^[7]材料的非线性系数时, 均基于该线性条件计算衰减修正项。

但线性条件下二倍基波频率时的衰减系数与二次谐波的衰减系数是否等效, 目前还未有研究定论^[11]。国内外学者对非线性条件下衰减系数测量的研究相对较少, Wu^[12]利用宽带脉冲信号进行非线性实验, 发现伴随高次谐波及能量转移导致高频声波的衰减系数降低, Chen^[13]等利用窄带信号进行实验, 发现材料的衰减系数随着输出声压的增加而增大, Verma^[14]等研究窄带短纯音信号、高输出声压条件下基波和高次谐波的衰减特性, 得到了总衰减系数呈现增大的趋势。上述研究结果表明, 非线性条件下材料的衰减系数与线性时存在差异, 因此有必要在非线性条件时测量材料的基波和二次谐波衰减系数, 但目前还未见二次谐波衰减系数的计算方法的报道。

对此, 本研究利用短纯音信号激励超声探头, 获得基波和二次谐波的信号幅值, 并通过衍射修正消除声场扩散对衰减系数检测结果带来的不利影响, 进而计算得到准确的衰减系数。开展实验测量水的衰减系数, 并与线性条件下检测结果进行比较, 对其进行必要的分析和讨论。

1 理论方法

1.1 非线性声场模型

准确计算非线性声场分布是测量材料中非线性声波衰减系数的前提。随着对 KZK (Khokhlov-Zabolotskaya-Kuznetsov) 方程^[15]和多元高斯声束模型^[16]的不断深入研究, 准确快速的计算非线性声场成为可能。KZK 方程考虑衍射、衰减及非线性系数对声场的影响, 将在 z 方向上传播的声束表示为:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial z \partial t} = \frac{c_0}{2} \nabla_{\perp}^2 p + \frac{\delta}{2c_0^3} \frac{\partial^3 p}{\partial \tau^3} + \frac{\beta}{2\rho_0 c_0^3} \frac{\partial^2 p^2}{\partial \tau^2}, \quad (1)$$

式中, $\tau = t - z/c_0$ 为延迟时间, $\nabla_{\perp}^2 = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2$ 为横向拉普拉斯算子, $\beta = 1 + B/2A$ 为液体材料的非线性系数, δ , c_0 和 ρ_0 分别表示声束扩散系数、声速和介质密度。

在准线性理论对方程进行求解, 将式 (1) 表示为基波和二次谐波方程, 并利用格林函数方法对其进行求解, 得到声场声压表达式为:

$$p_1(r, z) = 2\pi \int_0^{\infty} p_1(r', 0) G_1(r, z|r', 0) r' dr', \quad (2)$$

$$p_2(r, z) = \frac{\pi \beta k}{\rho c^2} \int_0^z \int_0^{\infty} p_1^2(r', z') G_2(r, z|r', z') r' dr' dz', \quad (3)$$

格林函数表示为:

$$G_n(r, z|r', z') = \frac{ink}{2\pi(z-z')} J_0 \left(\frac{nkrr'}{z-z'} \right) \exp \left[-\alpha_n(z-z') - \frac{ink(r^2 + r'^2)}{2(z-z')} \right], \quad (4)$$

其中 J_0 为 0 阶贝塞尔函数, 式中 α_n 表示在频率 $n\omega$ 下的衰减系数, 单位 Np/m, $k = \omega/c_0$ 表示介质中波数, $(z - z')$ 表示目标点至声源的距离。

在探头表面声源声压已知的情况下可求解得到基波方程式 (2) 的解, 假设二次谐波全部由基波在非

线性材料中传播时产生, 将基波解代入式 (3) 即得到二次谐波的解。采用多元高斯声束对声场的计算过程进行简化, 根据高斯声束叠加方法可将基波和二次谐波的声场表示为:

$$p_1(r, z) = p_0 \exp(ikz) \exp(-\alpha_1 z) \sum_{n=1}^N \frac{A_n}{1 - iB_n z/D_R} \exp \left[-\frac{B_n (r/a)^2}{1 - iB_n z/D_R} \right], \quad (5)$$

$$p_2(r, z) = \frac{\beta k p_0^2 z}{2 \rho c^2} \exp(2ikz) \frac{\exp(-2\alpha_1 z) - \exp(-\alpha_2 z)}{(\alpha_2 - 2\alpha_1)z} + \frac{1}{z} \int_0^z \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N \frac{-2A_m A_n B_b}{(2z + B_a)z' + B_a z - 2B_b} \exp \left[-2ikr^2 \frac{(z'^2 + B_a z' - B_b)/(z - z')}{(2z + B_a)z' + B_a z - 2B_b} \right] dz', \quad (6)$$

式中, a 为发射探头半径, $D_R = ka^2/2$ 表示瑞利距离, $B_a = iD_R/B_m + iD_R/B_n$, $B_b = D_R^2/B_m B_n$, A_m 和 B_m 为 25 组高斯优化系数^[17]。相比较式 (2) 和式 (3), 采用多元高斯声束模型计算声场不仅具有更高的计算效率, 同时具有更加清晰的表达形式: 第 1 项为理想平面波形式解, 第 2 项为衰减项^[18], 式中 $\alpha_2 \neq 2\alpha_1$, 第 3 项为衍射项。当采用有限孔径探头作为接收源时, 对探头接收表面声压积分可获得探头接收声压的均值, 即:

$$\tilde{p}_n(0, z) = \frac{1}{\pi b^2} \int_0^b \tilde{p}_n(r, z) 2\pi r dr, \quad (7)$$

式中, $n=1, 2$ 分别对应基波和二次谐波, b 为接收探头半径。进一步我们可以看出, 不同孔径探头接收的声压均值主要由声场的衍射决定, 即对衍射项进行积分求均值。于是可利用式 (5) 和式 (6), 将式 (7) 表示为:

$$\tilde{p}_n(0, z) = p_n(0, z) M_n(z) D_n(z), \quad (8)$$

式中, p_n 对应式 (5) 和式 (6) 的平面波解, M_n 为衰减修正项, 对应其中的衰减项, $D_n(z)$ 为通过积分得到的衍射修正项, 对应式中的衍射项。至此得到了采用有限孔径探头发射和接收非线性声场声压的理论表达式。

1.2 衰减系数的测量方法

通过上述公式可见, 当激励频率和探头尺寸已知时, 衍射修正项可通过计算求得, 此时检测得到的声压主要由探头初始声压、衰减系数和材料非线性系数决定, 其中初始声压和材料非线性系数决定检测声压值的大小, 而衰减系数将决定不同检测距离下检测声压的衰减趋势。利用测量得到的声压通过式 (8) 可计算基波和二次谐波在材料的衰减系数, 即:

$$M_1(z) = \exp(-\alpha_1 z) = \frac{\tilde{p}_1(0, z)}{p_0 D_1(z)}, \quad (9)$$

$$M_2(z) = \frac{\exp(-2\alpha_1 z) - \exp(-\alpha_2 z)}{(\alpha_2 - 2\alpha_1)z} = \frac{2\rho c^2 \tilde{p}_2(0, z)}{\beta k p_0^2 z D_2(z)}, \quad (10)$$

式中忽略了相位项。实际上上述两式是对检测的声压值进行衍射修正处理, 消除声场衍射对衰减系数测量的影响。

由式 (9) 可见, 基波的衰减可利用简单的指数函数进行表示, 而由式 (10) 发现, 二次谐波的衰减呈现较复杂的特性, 其同时受到基波衰减和自身衰减的影响, 因此只有计算出基波的衰减系数才能得到二次谐波的衰减系数。但实现衰减系数的计算必须得到初始声压和材料的非线性系数。当检测距离很短或者衰减系数较小时, 基波和二次谐波声压均表现出线性衰减的趋势, 因此为解决难以准确测量初始声压和材料非线性系数的问题, 可对经衍射修正后的基波和二次谐波声压幅值进行归一化处理, 并对结果进行线性拟合, 利用该斜率求得衰减系数, 该方法可表示为:

$$\frac{M_n(z_2) - M_n(z_1)}{\Delta z} = s, \quad (11)$$

式中, s 表示对归一化后声压幅值的线性拟合的斜率, z_1 和 z_2 均表示检测位置与发射探头的距离。首先需通过基波声压值计算基波的衰减系数, 利用该衰减系数进而计算得到二次谐波的衰减系数, 最终实现基波和二次谐波衰减系数的测量。

2 实验设计

图 1 为基波和二次谐波衰减系数测量的非线性实验装置示意图, 其中两个水浸超声探头一发一收, 直径均为 9.525 mm, 中心频率为 5 MHz。利用波形发生器产生 30 个周期中心频率为 3.5 MHz 的短纯音信号, 经过 50 dB 增益的放大器线性放大后驱动超声探头。实验过程中首先调节并固定发射探头, 之后调整接收探头, 使两探头具有良好的同轴度, 以尽量

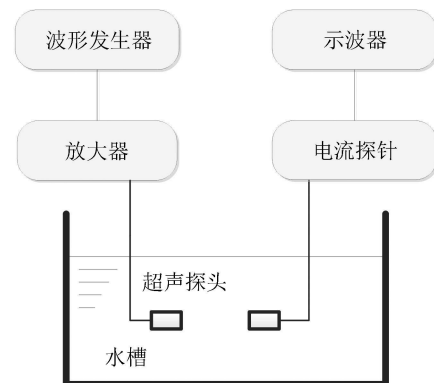


图 1 检测系统示意图

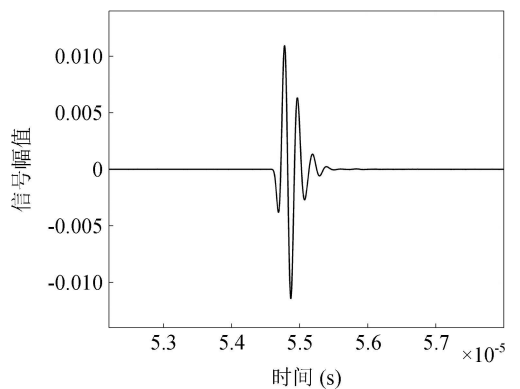
减少仪器条件精度带来的检测误差。不断移动接收探头,使两探头之间的距离由 5 mm 至 200 mm,间隔 5 mm 进行一次采样实验。水中的超声信号被探头接收后,经电流探针转换为电信号传入示波器,信号通过示波器存储至工控机进行数据处理。由于二次谐波幅值通常比基波幅值低 1~2 个数量级,因此需要较高输出声压以检测得到二次谐波;另一方面,相比于固体介质,水表现出更强的非线性特性,因此参照文献 6 中实验条件,为了尽量使准线性检测条件成立,选取 100 mV 和 200 mV 的初始输入电压来驱动探头。

为了与非线性条件下测量结果对比,开展了线性条件下衰减系数的测量实验。实验过程与上述相似,采用脉冲发生器产生的脉冲信号直接激励超声探头,以检测得到宽带宽信号。

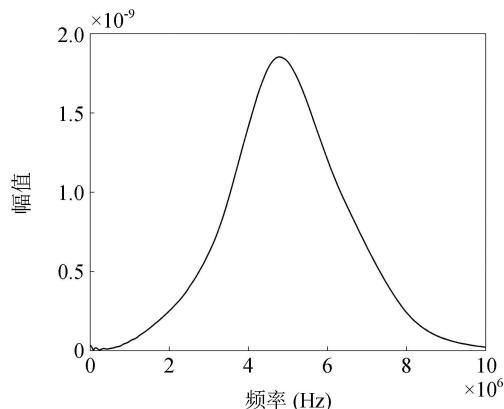
3 结果及分析

3.1 线性条件测量结果

首先采用脉冲信号测试探头性能,然后测量线性条件下水的衰减系数。图 2(a) 和图 2(b) 分别显示了采用脉冲信号输入时接收探头在 80 mm 处采集的



(a) 采集信号



(b) 频域特性

图 2 探头接收脉冲信号及其频域特性

信号及其频域特性。由频谱特性可见,接收探头的有效带宽范围约为 3~7 MHz,能有效地接收非线性实验中的基波和二次谐波信号。

如前所述,线性条件下得到不同频率下的衰减系数测量结果,采用如下表达式计算衰减系数值:

$$\alpha_f = \frac{1}{z_1 - z_2} \ln \left(\frac{\tilde{p}_f(0, z_2) D_{1,f}(z_1)}{\tilde{p}_f(0, z_1) D_{1,f}(z_2)} \right), \quad (12)$$

式中符号下标的 f 表示检测或计算结果均为频域值。该式表明线性条件下衰减系数的测量仅需要基波的衍射修正值。利用该式计算衰减系数时,对不同距离下测量结果进行平均处理。图 3 为水的衰减系数计算结果,可见,在 3~7 MHz 之间衰减系数值相对稳定,采用衰减系数与频率的关系式对该区段频率下衰减系数进行拟合,该关系式为^[12]:

$$\alpha_f = \alpha_0 f^m, \quad (13)$$

式中频率以 MHz 计,拟合结果为 $\alpha_0 = 29.1$, $m = 1.98$,拟合曲线如图虚线所示,结果显示该频段内拟合曲线与实验测量结果吻合良好。

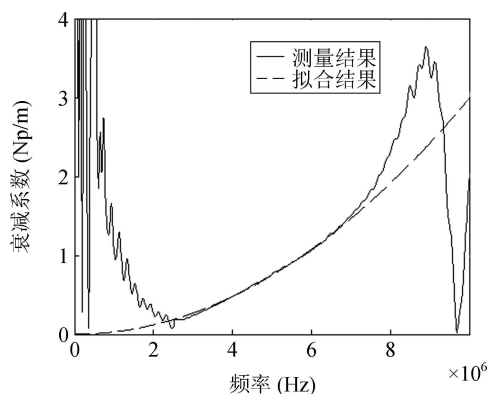


图 3 线性条件下衰减系数测量结果及拟合曲线

3.2 非线性条件测量结果

其次分析非线性条件下检测信号并计算基波和二次谐波的衰减系数。图 4(a) 显示为 200 mV 输入电压下 100 mm 处示波器采集的电流信号,图 4(b) 显示为该信号的频域特性。信号的基波和二次谐波的中心频率分别为 3.5 MHz 和 7 MHz,有效带宽均为 0.2 MHz 左右,因此可认为采集的基波和二次谐波的声压为单一频率下的声压。由于该条件下初始信号并不存在高频成分,因此可认为此处的二次谐波均由水的非线性效应引起。

利用信号频域上基波和二次谐波的幅值表示相对应的检测声压值。图 5 显示了不同驱动声压下检测基波和二次谐波在不同检测距离下的声压值,为了对比检测结果,对声压值进行了归一化处理,考虑

到靠近发射探头区域检测的声压受冲击波或声源非线性的影响而出现较大的误差,选取 40 mm 处的检测结果作为基准。图中还绘制了忽略衰减条件时理论预测得到的声压值。由图 5(a) 的结果可见,理论计算值与实验检测结果之间存在一定的差异,该差异主要由水衰减引起,因此可利用该差异进行衰减系数的计算。

利用时间渡越法计算水中传播的声速为 $1485 \pm$

5 m/s,进而求得基波和二次谐波的衍射修正项。采用本方法对基波和二次谐波的衰减系数进行测量,同样选择 0.04 m 处的声压幅值作为基准,衍射修正后归一化的声压特性如图 6 所示。由图中数据点可以看出,基波和二次谐波在 0.04~0.2 m 上的声压值均呈线性分布,对不同驱动声压下的声压值进行线性拟合,100 mV 和 200 mV 的最佳拟合结果及其斜率如图 6 所示。

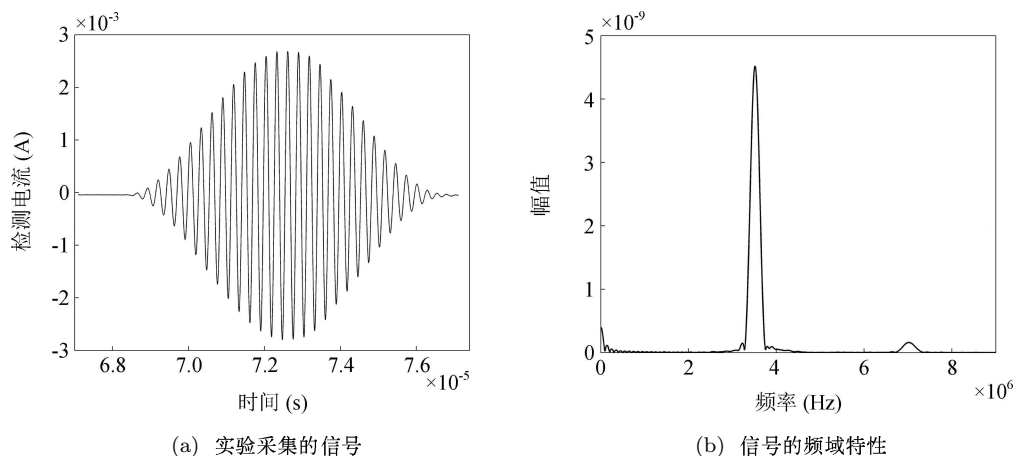


图 4 探头接收短纯音信号及其频域特性

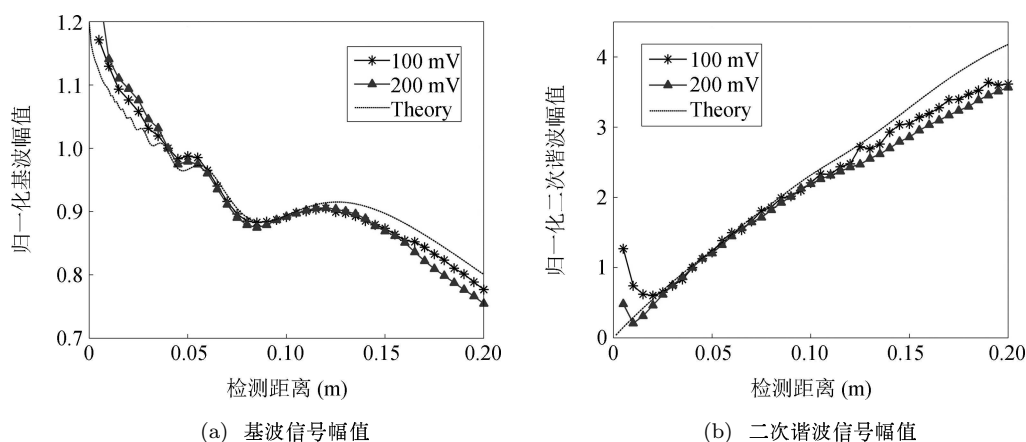


图 5 实验检测基波和二次谐波幅值

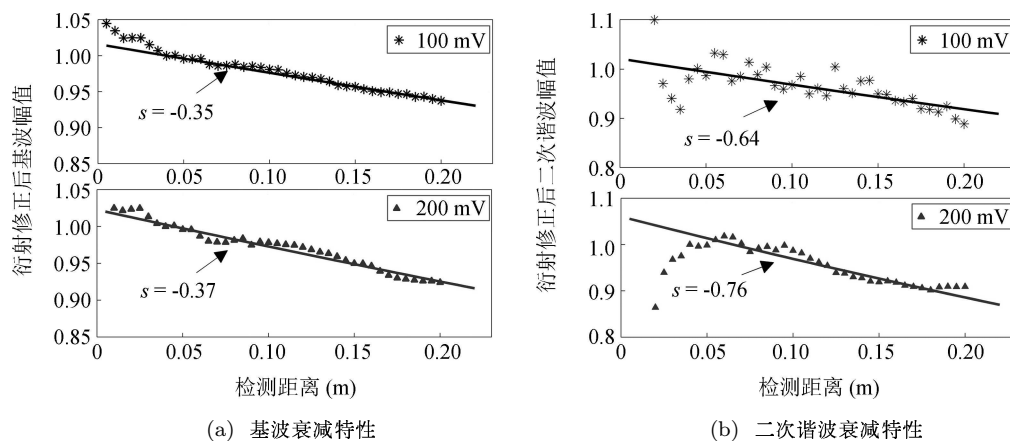


图 6 衍射修正后基波和二次谐波的衰减特性

表 1 4 种频率时水的衰减系数测量结果及拟合值

测量条件	3.0 MHz	3.5 MHz	6.0 MHz	7.0 MHz	m
100 mV	0.28	0.36	0.53	0.61	0.912
200 mV	0.30	0.38	0.66	0.82	1.186
脉冲信号	0.25	0.35	1.06	1.42	2.021

利用式 (11), 通过该拟合直线的斜率计算出材料的基波和二次谐波的衰减系数, 计算过程中 $z_1 = 0.1\text{ m}$, $z_2 = 0.15\text{ m}$, 结果如表 1 所示, 表中还显示了线性条件下测量结果。由表 1 可见, 在不同驱动声压下基波的衰减系数几乎相同, 而且与线性条件下检测结果相近, 表明线性条件和非线性条件下基波衰减系数的测量结果一致。

而在非线性条件下二次谐波衰减系数的测量结果存在一定的差异, 其随着驱动声压的增大而增加。对比表中 7 MHz 频率时的衰减系数值可发现, 二次谐波的衰减系数测量结果均远小于线性条件下测量得到其频率下的衰减系数, 由此可知线性条件下的测量结果并不适应于非线性条件下的高次谐波衰减系数。

采用中心频率为 3 MHz 的短纯音信号重复上述非线性实验, 计算得到 3 MHz 频率基波以及 6 MHz 频率二次谐波的衰减系数, 并利用式 (13) 对不同声压下测量所得 4 组数据进行拟合, 以得到衰减系数与频域间的关系。测量结果及拟合数据如表 1 所示, 拟合曲线如图 7 所示。表中结果显示在非线性条件下基波的衰减系数与线性条件该频率下衰减系数吻合, 而二次谐波的衰减系数则远小于线性条件检测结果; 同时非线性条件时衰减系数随频率呈现线性增长的关系。检测结果进一步支持上述结论。

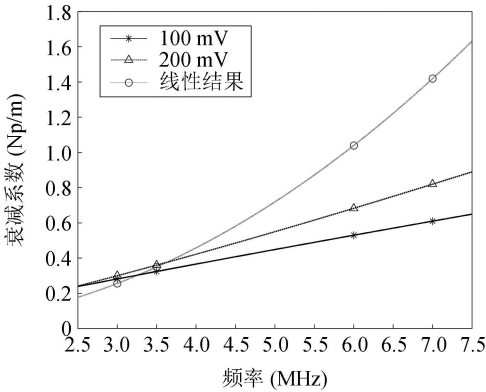


图 7 衰减系数的频率依赖特性

4 结论

(1) 利用窄带短纯音信号驱动超声探头以产生频率单一的基波和二次谐波信号, 对检测得到的基波和

二次谐波进行衍射修正并计算衰减系数, 该方法可有效检测出基波和二次谐波的衰减系数, 相比于线性条件下脉冲信号测量得到衰减系数更适应于非线性实验条件。

(2) 对水的基波和二次谐波的衰减系数进行测量, 并与线性条件测量结果进行比较, 结果显示非线性条件下基波的衰减系数与线性条件下该频率时测量结果吻合良好, 而得到的二次谐波衰减系数则与线性条件该频率下的结果存在较大的差异, 由此可见, 线性条件下测量得到的衰减系数并不适用于非线性条件时二次谐波的衰减系数的计算。

(3) 分析了衰减系数与频率的关系, 结果显示线性条件下水的衰减系数随频率呈现二次方增加, 而在非线性条件下, 水的衰减系数与频率表现出线性关系。

参 考 文 献

- 1 周正干, 刘斯明. 非线性无损检测技术的研究、应用和发展. 机械工程学报, 2011; **47**(8): 2—11
- 2 Jhang K Y. Nonlinear ultrasonic techniques for nondestructive assessment of micro damage in material: A review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. 2009; **10**(1): 123—135
- 3 焦敬品, 孙俊俊, 吴斌等. 结构微裂纹混频非线性超声检测方法研究. 声学学报, 2013; **38**(6): 648—655
- 4 陈振华, 史耀武, 赵海燕等. 微小缺陷的非线性超声检测及其成像技术. 声学学报, 2010; **35**(1): 9—13
- 5 吴斌, 颜丙生, 李佳锐等. 镁合金疲劳早期非线性超声在线检测实验研究. 声学学报, 2011; **36**(5): 527—533
- 6 Pantea C, Osterhoudt C F, Sinha D N. Determination of acoustic nonlinear parameter of water using the finite amplitude method. *Ultrasonics*, 2013; **53**: 1012—1019
- 7 Cobb W N. Finite-amplitude method for determination of the acoustic nonlinearity parameter B/A. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1983; **73**(5): 1525—1531
- 8 Vander Meulen F, Haumesser L. Evaluation of B/A nonlinear parameter using an acoustic eslf-calibrated pulse-echo method. *Appl. Phys. Lett.*, 2008; **92**(21): 214106
- 9 Schmerr L W, Song S J. *Ultrasonic nondestructive evaluation systems models measurement*. America: Springer, 2007
- 10 Schmerr L W, Huang R, Sedov A. The simulation of ultrasonic beams with a Gaussian beam equivalent point source model. *Chin. J. Acoust.*, 2010; **29**(2): 97—106
- 11 Best S R, Croxford A J, Neild S. Modeling harmonic gene-

- tation measurements in solids. *Ultrasonics*, 2014; **54**: 442—450
- 12 WU J. Effects of nonlinear interaction on measurements of frequency-dependent attenuation coefficients. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1996; **99**(6): 3380—3384
- 13 Chen Q, Zagzebski J, Wilson T *et al.* Pressure-dependent attenuation in ultrasound contrast agents. *Ultrasound in Med. & Biol.*, 2002; **28**(8): 1041—1051
- 14 Verma P K, Humphrey V F, Duck F A. Broadband attenuation and nonlinear propagation in biological fluids: an experimental facility and measurements. *Ultrasound in Med. & Biol.*, 2005; **31**(12): 1723—1733
- 15 Hamilton M F, Blackstock D T. *Nonlinear acoustics*. America: Academic Press, 1998
- 16 Wen J J, Breazeale M A. A diffraction beam field expressed as the superposition of Gaussian beam. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1988; **83**(5): 1752—1756
- 17 Kim H J, Schmerr L W, Sedov A. Generation of the basis sets for multi-Gaussian ultrasonic beam models—An overview. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2006; **119**(4): 1971—1978
- 18 Baker A C, Ward B, Humphrey V F. The effect of receiver size on nonlinear pressure field measurements. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1996; **100**(4): 2062—2069

声学消息

2016 全国环境声学学术会议在海口举行

“2016 全国环境声学学术会议”于 2016 年 12 月 14—16 日在海南省海口市召开, 本次会议由中国声学学会环境声学分会、全国声学标准化技术委员会、中国环境保护产业协会噪声与振动控制委员会、中国环境科学学会环境物理分会、中国职业安全健康协会噪声与振动控制专业委员会和中国铁道学会环保委员会联合主办; 中国科学院噪声与振动重点实验室、国家环境保护城市噪声与振动控制工程技术中心、上海城市环境噪声控制工程技术研究中心、上海申华声学装备有限公司、深圳中雅机电实业有限公司和广东启源建筑工程设计院有限公司声学分公司协办。

本次会议的主题为——标准体系建设与产业创新发展!

全国声学标准化技术委员会主任李晓东研究员主持会议并致开幕词, 热烈欢迎与会代表, 感谢新老朋友的热诚支持!

声学学会副理事长毛东兴教授、环境物理分会主任杨军研究员和中国环境保护产业协会噪声与振动控制委员会副主任张明发先生分别致辞。

为了深入贯彻国务院标准化改革精神, 进一步通过团体标准众筹新概念, 为环保企业的有序竞争与发展提供标准体系保障, 促进企业品牌建设, 提升企业产品质量和技术创新能力, 国家标准化管理委员会在积极推进团体标准化工作发展, 大力推进企业标准升级。该工作的开展和制度的建立对培育和发展团体标准, 以及社会团体规范开展团体标准化工作具有重要的指导意义。为吸纳更多的声学同行共同探讨该领域的发展, 本届会议将邀请国内专家学者和企业家等共聚一堂开展全方位多层次探讨, 推动我国声学标准事业的发展。会议特邀声标委吕亚东秘书长介绍了我国声学标准体系建设和声标委标准化项目科研进展, 邀请中国科学院过程工程研究所/中国颗粒学会李兆军研究员介绍了标准化改革及团体标准工作情况。

会议还邀请环境声学领域专家, 就基于心理声学的声品质评价、铁路及轨道交通环境影响评价导则修订相关内容、室内低频噪声控制指标及限值建议、电力电容器噪声多频跳变现象分析以及自主制定的 GB/T32524-2016 系列标准宣贯、结合声导则修订, 探讨高速公路交通噪声预测参数优化等做了报告, 就环境声学领域的难点、热点问题, 会议邀请专家, 就城市轨道交通浮置式减振措施的减振降噪效果、声景营造—从中国园林到山地城市、新型地铁减振装置的研发等做专题学术报告。

精彩的报告内容展示了我国声学各个领域的最新研究成果, 以声学标准化、轨道交通和《中国大百科全书》——环境物理篇(第三版的编撰工作)词条讨论等多种形式为主题的小论坛交流形式, 营造了浓厚的学术氛围, 与会者分享了环境声学的最新科研进展, 还特别关注我国声学标准化工作的发展, 并希望广泛交流声学标准制定、推广应用的成果和经验, 随着我国声学标准化体系建设的日趋完善, 将吸引和带动更多企业关注、支持参与标准工作, 使标准更好地服务于社会, 为推动我国声学标准化的创新发展做出积极奉献。

通过研讨交流, 与会代表深感收获颇丰, 一致认为达到了助力我国环境声学的创新发展的目标; 并对本次会务组织工作给予了高度评价, 期待再聚 2017!

(中国声学学会环境声学分会、全国声学标准化技术委员会 徐欣 供稿)