

差,使其 e^2 值高于其它声调的值。

具体的声调判定过程如图 8。

五、实验结果及结论

本系统对现代汉语中出现的 1252 个不同单音节,其中含一声 336 个音,二声 253 个音,三声 315 个音,四声 348 个音,对一男一女两名话者分别录制在磁带上的语音,均作了考察。发音在保证准确的前提下,可按正常发音方式,读得较为轻松自然。

每个音识别一遍的结果,列于表 1 中。系统对女性话者的平均正识率为 99.4%,对男性话者的平均正识率为 98.9%,总平均正识率为 99.2%。

总之,本文提出一种比较简单的时域基音检测方法,具有较宽的适用范围,不失为一种良好的基音检测器。此外,所用声调识别的特征参数,能够较准确地反映调型特性,从而可保证声调识别的精度。目前主要存在的问题,是头尾截取的结果尚不够理想,造成一些二、三声的混淆。

表 1 声调识别结果

发音 声调	识别声调(女)					识别声调(男)				
	一	二	三	四	正识率	一	二	三	四	正识率
一	336				100%	334	1	1		99.4%
二		250	3		98.8%		249	4		98.4%
三		4	311		98.7%		6	309		98.1%
四				348	100%			2	346	99.4%

参 考 文 献

[1] Prezas D. P. and Picone Toe, ICASSP-86, Proceedings: IEEE, Vol. 1, 1986, 109—112.

[2] Cooper Leon and Cooper Mary W., 动态规划导论,国防工业出版社,1985,1—36。

[3] 张寿、于清文,计量经济学,上海交通大学出版社,1984,19—31,304—307。

100kHz—10MHz 智能超声衰减、声速综合测试仪

方 彦 军

(武汉水利电力学院)

1989年2月28日收到

本文基于单片机技术,研制了频率范围为 100kHz—10MHz 的超声衰减、声速综合测试仪。文中声衰减系数的测量是采用两个不同反射脉冲回波序列包络的面积之比——即“面积比值法”来求得;声速的测量是在定距离下,用时差法测出声传播时间,再换算成声速值。

一、概 述

超声衰减、声速的综合测试,在基础理论研究应用声学

究方面,如固体物理、分子声学、物理声学等领域上均有广泛的应用;在工程上,对材料的声学性能检验方面,如金属和非金属材料内部的探伤方面就有相当的用途。此外,在生物医疗方

面,对组织病变的检测更具有广阔的前景。

国内外在声速测量方面,都已有了相当的历史,检测技术及仪器设备也都很成熟。主要检测技术有两种:一是时差法,二是声谐波(或称回鸣法)。

在声衰减测量方面,困难较多,起步也晚些。早期的声衰减测量多是通过显波拍照,经人工度量、计算获得。这种方法不仅费时费力,并且人为影响较大,所得结果可信度低。1960年 B. Chick 等^[1]首先报道了 5MHz—200MHz 的超声衰减测量装置,后来 A. Г. Иленен^[2]也报道了这类设备。国内 1979 年潘正良等^[3]报道了他们在这方面研究的成果,1984 年吴贵玉等^[4]研制出性能更佳的超声衰减、声速测试仪。但是上述仪器有的采用全电子管电路,有的采用电子管和半导体混合结构,集成度低,仪器都比较笨重,成本高,并且没有智能特点,自动化程度低,无测试结果的程序处理能力。

本仪器采用全集成化电路,并利用 MPU 技术,以两个不同的反射脉冲回波序列所包络的面积之比——即“面积比值法”求取衰减系数,以时差法测量声速值,是一套智能的、完整的超声衰减、声速综合测试装置。该仪器可以方便地与其他设备组成超声衰减、声速自动测量及控制系统,实现对材料声检验变化过程的监测和控制。

二、测试方法

1. 声速的测量

声速的测量采用时差法,计数频率为 20 MHz。由此,根据下式

$$c = \frac{20 \times 10^6 L}{N} \quad (1)$$

可求得声速值 c 。式中 L 为声传播距离, N 为计数值。

计数器的开门和关门信号,可选用任意两个对应的回波脉冲,一般不采用发射脉冲作开门信号,否则将引入测量误差。经实验证明,采用这种方法可精确的测定时间差,其测量误差

小于 $\pm 1 \mu s$ 。

2. 衰减系数的测量

衰减系数的测量方法很多,传统的方法有:改变声程法、多次脉冲反射法和比较法^[5],这些方法应用起来有很多麻烦。为此后来又提出了一些新的方法,如标准指数波形比较法、射频脉冲比较法和差分对数放大法。以往所研制的衰减系数测试仪器都是采用上述方法进行测量。这些方法的共同点都需要示波管进行波形观察,以便人工调节各种电位器,达到测量目的。因此,不便于实现自动地、适时地测量衰减系数。此外,示波管的使用,仪器相应庞杂得多。

我们在 1988 年提出了一种新的声衰减系数测试法——“面积比值法”^[6]。该方法不需配用示波管和调节外部电位器,因此测量使用非常方便。此外,该方法测量范围宽,且可消除接收通道总等效增益及传感器灵敏度变化所带来的影响。下面简要地介绍一下这一方法的思想。

声波在均匀连续介质中传播时,声压衰减过程与传播距离的关系可表示为

$$P(x) = P_0 \exp(-\alpha x) \quad (2)$$

式中 P_0 和 $P(x)$ 分别为初始点和 x 点处的声压, α 为衰减系数, x 为传播距离。对各向同性的连续介质,在保证晶片与其间隔为 L 的反射面相平行下,采用多次脉冲反射法可接收到图 1 所示的信号。由(2)式知,当反射过程为全反射时(否则给予适当的修正),第 i ($i = 1, 2, \dots$)次回波声压可表示为

$$V_{pi} = V_{p1} \exp(-2(i-1)L\alpha) \quad (3)$$

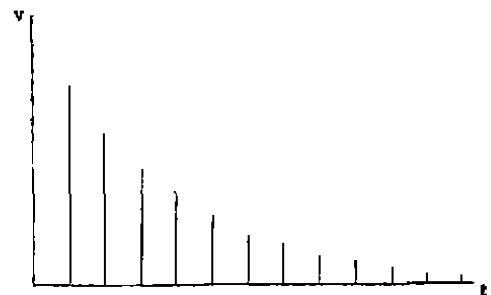


图 1 回波脉冲序列信号

式中 V_{p1} 和 V_{pi} 分别为第 1 次和第 i 次回波所对应的电压值。

从图上可以看出, 衰减系数 α 决定着回波脉冲所包络的面积。因此可设想采用求面积的方法来求得 α 值。另一方面, 为减少仪器的测量误差, 比值方法常常是行之有效的。基于这样的思路, 并通过推导可得到衰减系数 α 值的一种新算法

$$\alpha = \frac{1}{2L} \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^{\infty} V_{pi}}{\sum_{i=2}^{\infty} V_{pi}} \right) \quad (4)$$

式中 V_{pi} 为第 i 次回波声压所对应的电压值, 不难证明, 这一测试方法消除了发射强度 V_{p0} 以及整个接收通道的总等效增益变化时对测量结果的影响。

此外, 对于某些衰减较大的介质, 如高浓度悬浮液情况, 其接收到的回波不多, 不便于采用“面积比值法”。对这种强衰减介质的衰减系数 α 值的测量, 我们采用了第一次回波脉冲幅度与第二次回波脉冲幅度之比的方法来获得。

三、工作原理

1. 原理性框图概述

图 2 所示为仪器的原理性方框图。衰减系数测量部分由 MPU、发射、接收、线性放大、增益控制、检波、程控峰值保持、清零控制、A/D 转换、缓冲器, 以及饱和放大和整形电路所组

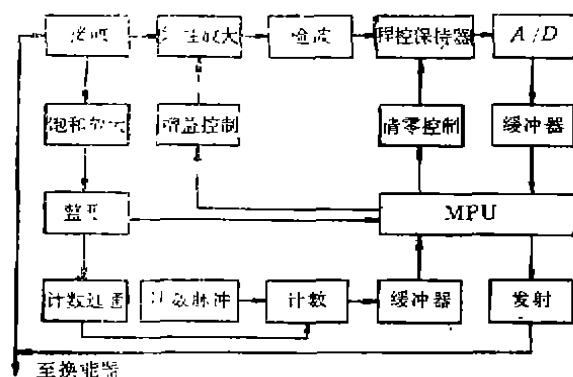


图 2 仪器原理性方框图

应用声学

成。声速测量部分由 MPU、发射、放大、饱和放大、整形、计数选通、计数脉冲振荡器、计数器、缓冲器所组成。其中 MPU、发射、接收、饱和放大、整形等部分为两者所共用。下面简要介绍一下两者的工作过程。

(1) 衰减系数的测量

在衰减系数检测状态下, MPU 根据用户设定的同步频率, 定时向发射电路提供触发脉冲, 使发射电路产生一射频脉冲电压, 并馈送到超声换能器, 转换成超声脉冲偶合到测试样品中。超声脉冲在样品两平行端面间来回反射, 逐渐衰减并由同一换能器接收。接收到的电脉冲经带增益控制的线性放大器放大后, 进行滤波和峰值保持, 最后经 A/D 转换后进入 MPU。MPU 对采集到的回波脉冲幅值, 经数字滤波, 根据 (4) 式算出相应的衰减系数 α 值, 并给予实时显示。饱和放大和整形部分是为 MPU 提供一个中断信号, 通知 MPU 外部的回波脉冲已经到来, 以便 MPU 进入中断服务程序, 进行数据采集。

(2) 声速的测量

在声速检测状态下, 同样 MPU 根据用户设定的同步频率, 定时提供触发脉冲。接收到的电脉冲经饱和放大, 以获得陡峭前沿, 再进行整形。整形后的脉冲信号经计数选通电路后产生一个计数开关门信号, 该信号与计数脉冲一起加到计数器上, 即可精确测量两回波脉冲间隔的时间差。对已知的样品厚度, 根据 (1) 式就可得到声速值。

2. 主要电路介绍

(1) MPU

该 MPU 采用 Zilog 公司生产的单片 Z8671 微处理器, 它除具有体积小、功耗小、抗干扰能力强外, 主要有下列特点:

- 具有 BASIC/Debug 解释程序, 程序开发十分方便;
- 144 个 8 位寄存器;
- 4 个 8 位可编程输入输出接口;
- 两个计数器/定时器;
- 配备 UART 串行通讯接口, 可与系统

机相联接。

(2) 程控放大器

放大器由运放 LM318 器件所组成。该器件经适当补偿后的摆率为 $150\text{V}/\mu\text{s}$ ，对 10MHz 的超声信号可保证不失真。增益控制分成 8 档，由 MPU 程序控制。在解决电子模拟开关导通阻抗变化对增益的影响，采用一种开关电路不在增益回路中的方式，消除了程控增益中增益不稳定因素。

(3) 程控峰值保持器

用常规的峰值保持器对超声回波脉冲序列信号进行峰值保持时，存在信号的“淹没”问题。回波脉冲序列信号的特点是第一次回波信号最强，随后逐一衰减。因此，一旦第一次回波脉冲被保持，则其后的脉冲信号将全部被掩盖。为解决这一问题，在第一次回波脉冲被保持并采集之后，立即对被保持信号进行程控清零，以保证下一回波脉冲信号的正常保持，如此循环，回波脉冲信号即可逐一被采集。信号的同步采集由回波脉冲信号本身经放大、整形后，作 MPU 的中断申请信号，MPU 接到中断申请信号，立即挂起现行操作，执行数据采集中断处理程序，达到信号采集的严格同步。

(4) A/D 转换器

以往衰减系数测试仪的分辨率一般在 $1 \times 10^{-2}\text{NP/cm}$ 左右，主要原因之一是定标由人工肉眼观测来完成，因此大大地限制了观测的分辨率。本装置回波脉冲幅值的测量采用了 A/D 转换技术，所用芯片为 ADC1210，转换时间典型值为 $100\mu\text{s}$ ，分辨率和精度均为 12Bit。采用该技术后，增加了衰减系数的测量范围，提高了装置的分辨率。

(5) 计数选通电路

经整形后具有陡前沿的回波脉冲信号，选取其中任意两个脉冲信号作为计数的开关门信号。当样品的声衰减较小时，选取两个相距较远的脉冲以相对加大声程 L 值，提高声速的测量精度。

四、软件配置

1. 人机界面管理程序

为实现对仪器所设置的十六个键（其中数字键十个，命令键六个）和六个七段 LED 显示器进行管理，我们配置了人机界面管理程序，程序流程图如图 3 所示。这一程序主要实现某些参数及工作方式命令的输入，以及测量结果的显示等。

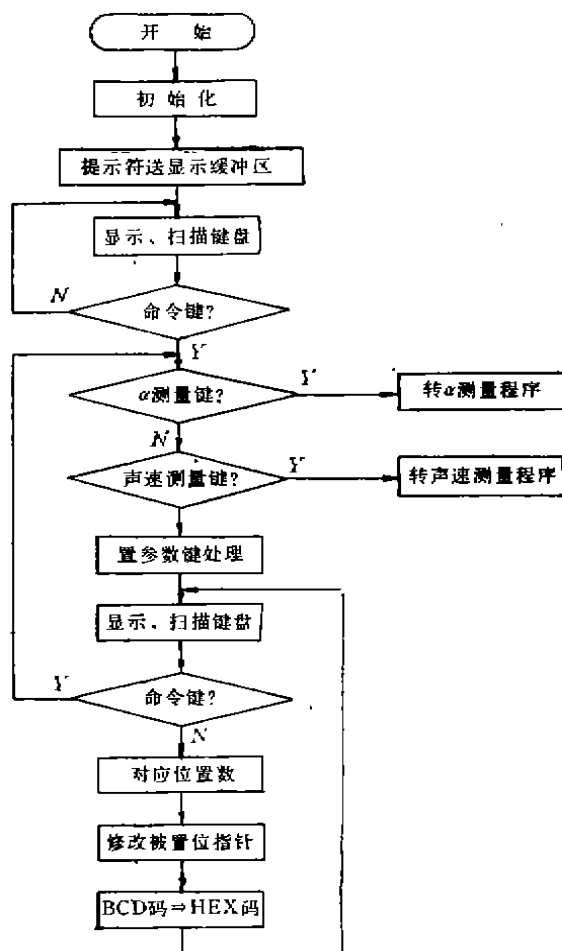
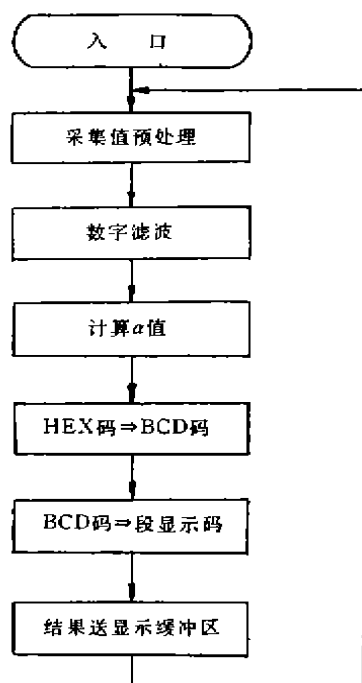
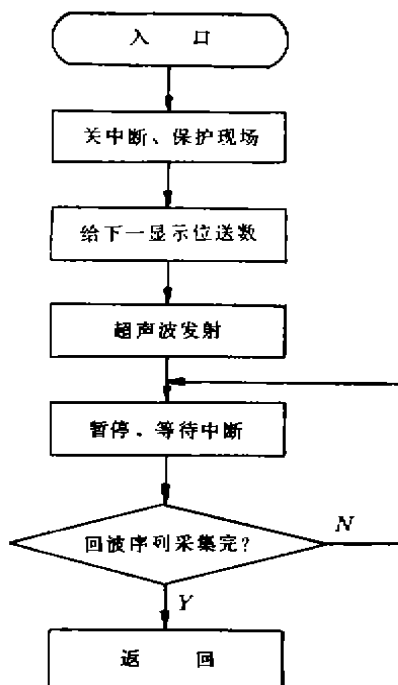


图 3 键盘及显示器管理程序流程图

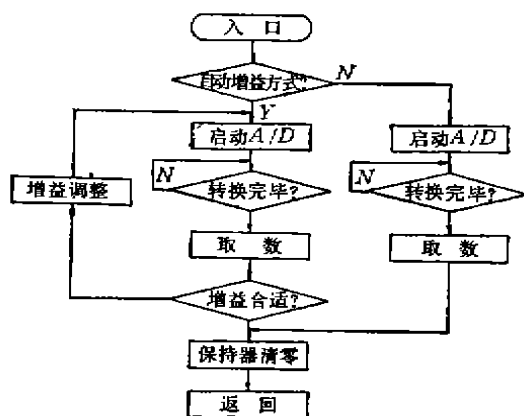
2. α 值测量程序

α 值测量主程序流程图如图 4 所示。该程序首先对所采集到的回波脉冲序列信号的幅值进行预处理，然后进行数字滤波，计算相应 α 值，并将其 α 值变成段显示码形式送到显示缓

图4 α 值测量主程序流程图图5 α 值测量中断服务程序1流程图

冲区,如此从头到尾不断地循环着.图5所示为 α 值测量中断服务程序1的流程图.它主要功

能是根据用户所设置的同步频率,进行超声波的发射.超声波发射后,MPU 暂停并等待回波信号的到来,回波信号接收并被采集后,MPU 判断回波序列是否被全部采集完毕,若未采集完毕则继续等待回波信号,否则返回到主程序上.图6所示为回波脉冲信号中断采集程序2的流程图.它主要实现对回波脉冲信号的采集及保持器的清零.此外,若仪器工作在程控增益方式下,还必须进行必要的增益调整.

图6 α 值测量中断服务程序2流程图

3. 声速值的测量

该程序根据用户设置的同步频率,进行超声波发射,并在超声发射后的适当时间内读入计数值,随后对计数器清零.计数值经换算后可直接显示所测到的声速值.

本文的实验工作是在清水及其悬浮液中进行的.限于篇幅,有关仪器的实验部分,将另文发表.

参考文献

- [1] B. Chick, G. Anderson and R. Truett, J. Acoust. Soc. Amer. 32-3 (1960), 186—196.
- [2] А. Г. Шепелев, Г. Д. Филимонов, Приборы и Техника Эксперимента, 1(1965), 194—198.
- [3] 潘正良、苏和会,声学学报,4(1979),188—198.
- [4] 吴玉贵、孔祥致、吴昆裕、周康源、张谦琳、陆玲珍,应用声学,1(1985),22—25.
- [5] 魏荣爵、张淑仪,物理学报,5(1965),1061—1073.
- [6] 方彦军、唐燃官,武汉水利电力学院学报,3(1988),13—19.