

多次超声脉冲回声法测量声速的研究

金树武 晁 勇 张绍明*

(浙江大学科仪系 杭州, 310027)

采用超声多次脉冲回声法研制了一种高精度声速测量装置, 测量误差小于0.4%。可用于溶液及生物试样的迅速测量。

Study of sound velocity measurement by multiplicate pulse echo method

Jin Shuwu Chao Yong Zhang Shaoming

(Dept. of Scientific Instrumentation, Zhejiang University)

The development of sound velocimetry with high accuracy is described by using ultrasonic multiplicate pulse echo method. The device can be used to measure fast the ultrasonic velocity of the solutions and the biological test samples. Its measuring errors is better than 0.04%.

1 引言

本文提出一种固定试样距离的多次超声脉冲回声检测法测量声速的原理, 系统测量的精度可以获得进一步提高。利用单片机设计处理可以显示渡越时间及声速值。本装置利用标准水的声速作基准, 利用五次脉冲回声检测法测量2cm厚度的试样的声速, 其测速精度可达0.4%。该原理测速读数迅速准确, 可以进一步发展其在超声诊断和食品检测方面的应用。

2 原理和设计

根据回声测距原理, 令发、收两用探头

* 进修教师, 吉林空军医学专科学校

收稿日期: 92-8-8

在声速为 c 的媒质中发射超声脉冲, 脉冲在位于 s 处的反射界面反射后被接收, 其渡越时间为 $t = 2s/c$, 由此可求声速 c , 即

$$c = \frac{2s}{t_1}$$

式中 s 是探头与反射面间距离, 也是试样的厚度, t_1 是第一次回波到达时的渡越时间。当 s 为2cm时, 生物组织中的渡越时间只有20~30 μ s。若采用多次脉冲回声法测量, 则有

$$c = \frac{ns}{t_n}$$

式中 n 是回声次数, t_n 是从第一次脉冲到最后一次脉冲所经历的时间 $t_n = nt_1$, 显然采用多次回波检测后可以降低对高速开关器件的要求, 也减少了计时误差。

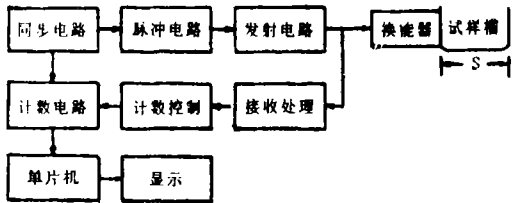


图1 基本结构框图

本文所研制的装置的基本结构原理，如图1所示。该装置主要包括同步控制电路、发射电路、超声换能器、试样槽、接收电路、计数电路，单片机系统等几部分组成。同步电路由振荡器构成，产生同步控制脉冲，协调整个系统各部分工作。同步脉冲的前沿触发脉冲发生电路产生脉宽为(30~500ns)可调的窄脉冲去触发发射电路。发射电路采用VMOS场效应管构成。它比可控硅(SCR)^[6]和MOSFET^[7]管有更快的导通时间(≤ 20 ns)和更高的耐压特性(≥ 200 V)，能产生更理想的高频高压脉冲激励信号^[8]。受激励后的换能器向受检试样发射超声脉冲，遇槽壁反射的超声脉冲回声信号再由换能器接收，接着经接收电路进行放大、检波、整形处理，形成方波脉冲信号去触发计数电路。计数电路由74HC390构成。在计数控制电路的控制下，从第一个回波开始至第六个回波时计数停止，利用五进制计数特性。舍弃泄漏初始脉冲，可以防止阻塞效应导致的误检。

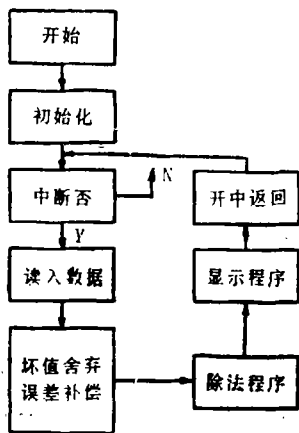


图2 数据处理流程图

单片机系统用来进行数据处理和显示控制，其程序流程如图2所示。计数器控制信号的下降沿使单片机响应中断请求，将计数结果读入。为了防止系统干扰形成误触发，引入判断程序，以舍弃坏值和误差补偿，增加系统输出的稳定性和准确性。由于采用固定距离检测，故以距离值与计数频率相乘作被除数，而以读入值作除数。除法由移位相除法进行。然后进入显示程序，数据送入显示电路以显示速度值。最后开中断，回到中断等待状态为下一次数据处理作准备。

3 实验结果和讨论

实验装置利用2.5MHz的PZT超声探头作为发射超声换能器，由VNF320构成发射器，同步电路由74LS221构成多谐振荡器组成，触发脉冲电路由75452构成，接收放大电路由 μ A733构成。利用20MHz晶振、74HC390和74HC74等构成计数及计数控制电路，显示部分由CD4511、74LS138及7段数码管构成，电路逐级调试后，又与单片机系统进行联机调试，利用光学系统实测试样槽长度s为4.084cm。系统调试后以25℃蒸馏水以及有关文献提供的标准声速值对系统进行了校正定标。然后分别对不同温度下的蒸馏水声速进行测试，同时对胃超声显像剂、不同浓度的糖溶液和果汁状态等进行了测试。

3.1 水的声速测量

首先，利用本装置测量不同温度下，蒸馏水的声速值。用数字显示出一次回波的平均渡越时间及声速值，并与文献所给出的标准声速值作了比较，其平均相对百分误差为0.26%。结果列于表1中。

3.2 糖水溶液的声速测量

声速测量在检测食品方面已有初步应用报告。糖是食品中重要的原料，我们对不同含糖量的糖水溶液在29℃下进行初步测量结果如图3所示。由图可见，随着水中含糖量的

表 1 蒸馏水声速测量

温度 (°C)	平均渡越时间 (μs)	测量声速 (m/s)	标准声速 [9] (m/s)	相对偏差 (%)
23	54.76	1491.2	1490.6	0.4
24	54.68	1493.4	1493.1	0.2
25	54.60	1495.6	1495.6	0
27	54.44	1500.0	1500.6	4.4
30	54.16	1507.8	1508.1	0.27
32	53.97	1512.9	1513.1	0.13
34	53.79	1518.7	1518.1	0.4
37	53.63	1522.6	1523.0'	0.26

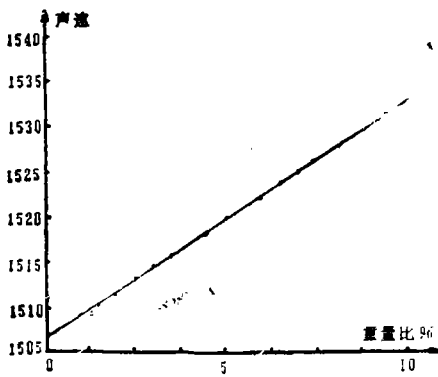


图3 糖溶液声速

增加声速呈线性增长,含糖比重每增加1%,糖溶液声速平均增加2.68m/s。为研究含糖量提供了方便。

同时,还利用本装置对食品型胃窗-85超声显像剂,对显像粉按1:8和1:10与水配置时,其声速在25°C为1496.3m/s和1505.0m/s。本装置可以成为研究胃超声显像剂的重要的检测仪器。对市售桔汁汽水在27°C测

试得到声速为1526.1m/s,变质时在同样的温度下测试其声速为1535.6m/s。显见声速也是反映饮料品质的重要参数。

初步实验表明,本测速计具有测速迅速方便,数字显示,精度高的特点,可以进一步发展其在生物医学工程和食品工业研究方面的应用。

参考文献

- 1 金树武,现代生物医学超声工程的研究领域,中国超声医学杂志,1990,6(3):179~181
- 2 Feng Ruo, et al., Compressibility and sound velocity of red cells Kexue Tongbao 1986, 31(18):2165~1268
- 3 Javanaud.C. Applications of ultrasound to food system. Ultrasonics 1988, 26(3):117~123
- 4 Zacharias Jr.E.M.et al. Measuring the solids content of foods by sound velocimetry. Food Technology.1972, 26:160~166
- 5 McClments et al., Ultrasonic pulse echo reflectometer. Ultrasonics 1991, 29(1):58~62
- 6 金树武,在医用超声脉冲发射器中应用高频可控硅的设计考虑,中国医疗器械,1981,5(4):23~28,
- 7 Mattila P.et al. FET pulse generator for ultrasonic pulse echo applications. Ultrasonics 1981, 19:235~240
- 8 A.Ramos-Fernandez,et al. Broad-band driving of echographic arrays using 10ns-500V efficient pulse generators. Ultrasonics.1987, 25(4):221~228
- 9 超声波探伤原理及应用,北京技术交流站编,P460,1978

