

# 智能声速测量仪

张绪德, 李永涛, 王秦君, 葛智勇, 董成林, 刘辉

(南京邮电大学理学院, 江苏南京 210046)

**摘要:**针对大学物理实验中声速测量装置存在的缺陷,对仪器进行了改进.运用物理实验中的共振干涉法,利用单片机、步进电机搭建的基本框架,结合AD采样、设计运放电路,形成一套智能控制的声速测量系统,来代替人的手工操作,降低了实验的误差,提高了实验精确度.

**关键词:**声速测量;智能控制;AD采样

中图分类号:O422.1 文献标识码:A 文章编号:1005-4642(2014)06-0019-03

## 1 引言

声速是描述声波在媒介中传播特性的物理量.声速测定技术已得到广泛地应用,比如:空气密度和温湿度的测量、大气污染度、声波定位、材料的杨氏模量等.声波的传播需要媒质,声波在媒质中的传播速度与该媒质的特性及状态等因素有关.因此,通过对声速的测定,还可以了解被测媒质的特性及状态变化,可见,声速测定在实际生产和生活上具有实用意义.声速测量实验也是大学物理实验教学的重要组成部分,是大学物理实验中一个综合性较强的内容,它不仅可使学生综合应用示波器、信号发生器等电子仪器的能力得到训练,还可以加强学生对振动与波的概念的认识和理解.

声速的测量方法很多,有共振干涉法、相位比较法、时差法及共鸣管驻波法等.共振干涉法是常用的实验方法,其实验原理比较抽象,实验现象不能充分展示实验原理,教师难以讲授清楚,学生也难以真正理解实验原理,更难以掌握实验方法以及实验现象的分析.本文着重讨论共振干涉法测声速时,对现有的实验仪器进行改进,使得声速测量仪器小型化、智能化.

## 2 实验原理

声音本质上是一种波.在波动过程中波速  $v$ 、

波长  $\lambda$  和频率  $f$  之间存在着下列关系:

$$v = f\lambda.$$

因此可以通过测定声波的波长  $\lambda$  和频率  $f$  来求得声速  $v$ .

共振干涉法则是测量波长最常用的方法.其原理图 1 所示.图中  $S_1$  和  $S_2$  为压电陶瓷超声换能器, $S_1$  作为超声源(发射端),信号源发出的正弦电压信号接到换能器  $S_1$  后,即能发出一平面声波. $S_2$  作为超声波的接收端,接收的声压转换成电信号后输入示波器观察, $S_2$  在接收超声波的同时还反射一部分超声波.由声源发出的平面波,经空气传播到达前方的接收器,如果接收面与发射面平行,入射波即在接收面上垂直反射,在接收面上的反射波到达发射面上时又可反射回去,如是往返声波多次叠加,在一定条件下,在声源与接收器之间形成共振现象.由声波理论可知,当 2 个声波幅度相同、方向相反进行传播时,在它们的相交处产生声波干涉现象,出现驻波.声源与接收器间的驻波较强,反射面处为位移的波节,声压

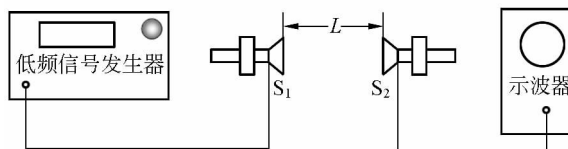


图 1 共振干涉法测量声速实验装置示意图

收稿日期:2013-12-20

资助项目:南京邮电大学自制实验仪器项目(No. 2013XZZ12);南京邮电大学教改项目(No. JG00713JX32, No. JG00712JX21)

作者简介:张绪德(1994-),男,贵州天柱人,南京邮电大学理学院应用物理专业 2011 级本科生.

通讯作者:李永涛(1977-),男,山东济宁人,南京邮电大学理学院讲师,博士,从事物理实验教学研究及管理工作.

的波腹,驻波波长与声波的波长相等。若改变接收器与发射源间的距离  $L$ ,在一系列特定的距离上,媒质中出现共振现象,显然对于相邻 2 次达到共振时的距离为  $L_1$  及  $L_2$ ,则

$$|L_2 - L_1| = \lambda/2 .$$

因此若保持声源频率不变,移动接收器(或发射源),依次测出接收信号极大的位置为  $L_1, L_2, L_3, L_4, \dots$ ,则可求出声波波长  $\lambda$ ,再结合声波的频率即可算出声速。

在共振干涉法测量声波波长的时,需要学生在示波器上找到出现波峰最大的位置,由于学生在实验过程中不太容易判断最大波峰的位置,往往错过读数的最佳时刻。另外,还要记录每次波峰之间的间隔距离,也给人眼造成一定的疲劳。基于以上所提到的实验缺陷,对现行的声速测量装置进行了改装,可以有效解决以上问题,提高实验的精度。

### 3 技术原理

#### 3.1 机械装置的设计

现在市面上销售的声速测量装置主要是采用手动操作的测量装置,本文设计的智能型的声速测量装置是要代替手工操作,整个装置采用了现代化的信息传输手段。智能声速测量仪工作原理图,如图 2 所示。首先将压电陶瓷片的发送端固定,接收端通过齿轮耦合的方式将接收端和齿条连接,步进电机也通过齿轮耦合的方式和齿条连接在一体,构成声速测量装置的基本框架。应用单片机技术,将接收端的信号,经过运放电路传到单片机上,通过单片机的 AD 采样找到信号波峰位置。此外可以通过步进电机转动的步数确定找到波峰位置时的最大值,依此步骤经过多次测量,计算出 1 组数据[注:传统实验仪器测量声速时,波长测量的精度取决于游标卡尺的读数误差限

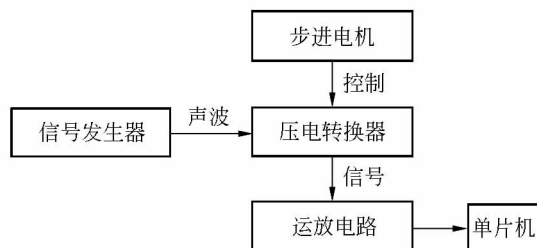


图 2 智能声速测量仪工作原理图

0.02 mm;本实验仪器测量波长的精度公式为:  $SA/360^\circ$ ,其中,  $S$  为螺距的长度 0.1mm,  $A$  为步进电机的步进角  $1.8^\circ$ ,所以精读可达 0.000 5 mm,即在相同的共振频率下,测量的实验数据会有较高的提高],然后应用逐差法可以提高实验的精度,这样就可以把峰值达到最大值时,发送面和接收面之间的间隔距离测量出来。从而计算出声波的波长。

#### 3.2 运放电路及信号采集处理

由于接收端的信号强度比较弱,使用单片机判断起来比较困难,所以采用 LM358 搭建放大电路。其引脚图如图 3 所示。使用该方式搭建起来的运放电路可以很好地满足要求。

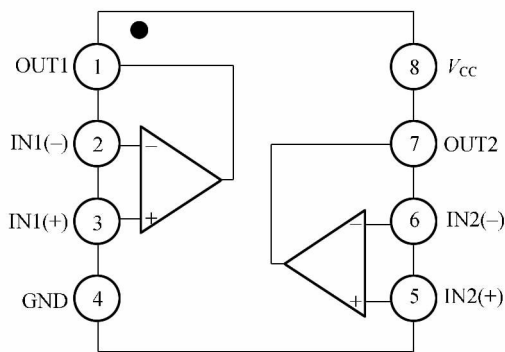


图 3 LM358 引脚图

信号放大的部分采用运放搭成同相比例放大器,因为它有输入电阻高、输出电阻小、电路简单等优点,信号放大电路,如图 4 所示。其中,  $V_o = (1 + R_f/R_1)V_i$ 。通过合理设置  $R_f$  与  $R_1$  的值,就可以得到合适的信号。这样就能利用单片机的 ADC 进行采样,把数据存储起来之后进行处理。

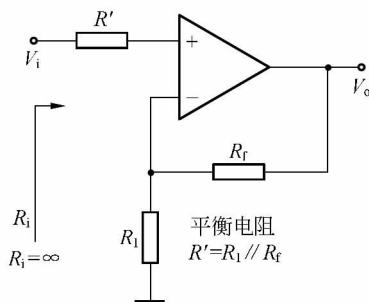


图 4 信号放大电路图

### 4 结束语

改进的实验装置减少了实验过程中手动测量

产生的误差,应用现代化的全智能的实验装置留给学生更多的时间去思考实验原理及其过程。根据实验教学的需要,还对现有的空气中声速测量装置进行了改进,使现有装置既能测量空气中的声速,减少了重复购置仪器的投资,获得了较好的实验效果。此外该仪器具有结构简单、成本低廉、原理易懂、操作简便等优点。该仪器综合了声学、电学和机械动力学知识,是一个典型的设计性实验仪器,对培养学生的创造能力有很大的帮助。

### 参考文献:

- [1] 李光仲,刘俊英,王云创,等. 声速测量实验装置扩展应用[J]. 物理实验,2006,26(2):35.
- [2] 潘学军. 声速测量装置实验的改进[J]. 物理实验,2006,26(5):18-21.
- [3] 朱方玺. 声速测量实验仪的改进[J]. 物理实验,2011,31(10):40-43.
- [4] 刘镇清. 一种改进的脉冲回波声速测量方法[J]. 实验技术与管理,1992,9(2):29-32.
- [5] 周武,竺江峰. 声速测量仪使用新发现[J]. 大学物理实验,2012,25(1):10-12.
- [6] 刘爱华. 传感器在超声速测量中的应用[J]. 实验技术与管理,2005,22(9):32-33,38.
- [7] 郭立群,李将录,万新. 单片机在测量声速实验中的应用[J]. 物理实验,1995,15(3):127-128.

## Intelligent sound velocity measurement instrument

ZHANG Xu-de, LI Yong-tao, WANG Qin-jun, GE Zhi-yong, DONG Cheng-lin, LIU Hui  
(School of Science, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** To overcome the defects of velocity measurement instrument in college physics experiment, the instrument was improved. The improved instrument adopted resonance interferometry, SCM step motor, AD sampling, and operational amplifier to form an intelligent velocity measurement system. The system improved the accuracy of the experiment.

**Key words:** velocity measurement; intelligent control; AD sampling

[责任编辑:尹冬梅]

(上接第18页)

## Development of comprehensive position sensitive detector experimental device

YANG Ying-ping, CHEN Meng-wei, HU Chang-kui, JIA Xin-ting  
(Physics Experimental Model Center, College of Science,  
Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Based on the studies of position sensitive detector light spot center location theory, a comprehensive position sensitive detector experimental device for students was developed. The experimental device had hardware and software spot center positioning of the two methods, it could realize simple, intuitive, rapid, accurate light spot positioning and measurement.

**Key words:** position sensitive detector; light spot; center location

[责任编辑:尹冬梅]