

# 一种测声速的新装置\*

张 瑛 李艳茹 张皓晶 张 雄

(云南师范大学物理与电子信息学院 云南 昆明 650500)

(收稿日期:2015-12-01)

**摘 要:**声速的测定是物理学中一个基础实验,就目前而言已有多种测定方法可以供我们选择,本文中介绍一种测声速的简单新装置,本装置通过声波的反射、叠加,利用钢管中液体的振动来测定声音在液体中的传播速度,该实验操作简单,实验仪器精度高,可行性高,可以在物理教学中推广使用.

**关键词:**声速 钢管 计时器 线圈 铁锤

## 1 引言

在初中物理八年级全一册中提到声音可以在液体中传播,但课本上并没有谈及利用实验装置来测量声音在液体中的传播速度.在大学教材《普通物理教材》中提到测量声速常用的方法有3种:驻波法(共振干涉法)、相位比较法(李萨如图法)、时差法.在这3种方法中,时差法的测量精度是最高的,因为驻波法和李萨如图法是通过观察者观察实验现象,实验时难免存在一种视觉上的误差,导致测量结果的精确度降低.

由于时差法的实验数据由仪器本身来记录,因此实验误差相对较小,测量精度最高,只需要考虑仪器本身的测量精度即可,所以在许多工程上都是采用时差法来测量声音的传播速度.

但是传统的时差法实验装置存在设备难以调节,示波器和信号源的操作要求较高,对实验者的实验技能和方法没有任何帮助,对学习者的要求较高等因素,这个实验不适用于所有的群体,有一定的特殊性,所以本文将介绍一个实用新型的实验装置以协助测定声音在液体中的传播速度.

## 2 传统时差法测声速的实验装置及原理

时差法测声速的实验器材有:SVX信号源、示波器、脉冲发生器、接收换能器、超声实验装置、控制

电路.时差法测试声速的基本原理是基于速度

$$v = \frac{s}{t}$$

通过在已知的距离内计测声波传播的时间;从而计算出声波的传播速度,在一定的距离之间由控制电路定时发出一个声脉冲波,经过一段距离的传播后到达接收换能器.接收到的信号经放大,滤波后由高精度计时电路求出声波从发出到接收这个在介质传播中经过的时间,从而计算出在某一介质中的传播速度.

本实验避免了人为反应时间,直接由仪器本身来计测,所以其测量精度较高.实验装置如下图1所示.

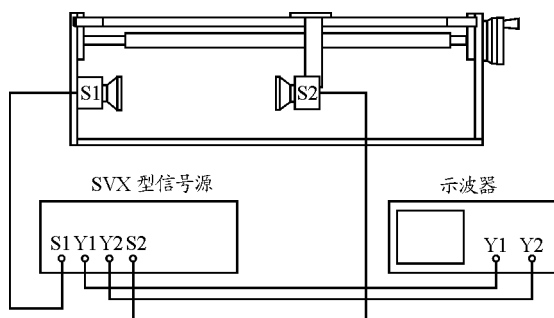


图1 时差法测声速的实验装置<sup>[1]</sup>

## 3 新型实验装置测声速的工作原理

### 3.1 实验装置介绍

实验装置结构如图2所示<sup>[2]</sup>,铁锤(质量  $m =$

\* 国家教育部高等学校“物理学专业综合改革试点”项目“物理学专业”资助.

作者简介:张瑛(1991-),女,硕士研究生在读,物理学科教学方向.

通讯作者:张皓晶(1982-),男,副教授,主要从事天体物理和物理课程与教学论方向.

0.2 kg), 活塞(无磁性), 磁铁片, 启动线圈, 装满水的钢管(长  $l=1.4$  m), 停止线圈, 计时器. 铁锤用于敲击活塞, 活塞放入钢管中 50 mm, 钢管装满水, 起始线圈(600 匝线圈) 上端有磁铁片连接应变计, 把信号送给计时器, 此时计时器开始计时, 当声波和水波一起运动到停止线圈时, 停止线圈(3 600 匝线圈) 处的应变计把驻波信号传给计时器, 此时计时器停止计时.

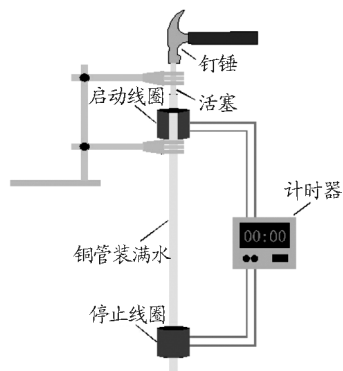


图2 新型实验装置

启动线圈的内部组成: 由钢自攻螺钉、磁盘钕磁铁(10 mm×4 mm), 铜杆, 600 匝的线圈, 15 mm 宽的铜管.

停止线圈的内部组成: 钕磁铁, 3 600 匝线圈, 橡胶圈, 橡胶塞子, 木块.

空心线圈传感器原理: 将感应电压转换成电流, 利用绕成的线圈产生反馈磁场.

感应式空心线圈传感器产生的电压是由法拉第电磁感应定律得到

$$U = -n \frac{d\varphi}{dt} = -nS \frac{dB}{dt}$$

式中,  $n$  为线圈的匝数,  $\varphi$  为磁通量,  $S$  为线圈的截面积,  $B$  为磁感应强度.

自感电动势的公式

$$E = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}$$

式中  $L$  为自感系数,  $\Delta I$  为电流的变化.

起始线圈的工作原理: 当钉锤敲击活塞, 活塞向下运动, 线圈中磁盘的磁铁吸附在活塞上, 线圈中的磁铁发生移动, 使得线圈的磁通量发生变化, 引起线圈中自感电压的变化, 电流也发生变化, 产生自感电动势, 使得应变计开始工作, 应变计把信息传递给计时器并开始计时.

停止线圈的工作原理: 当水波向下移动到底部,

接触到钕磁铁, 线圈中的磁铁发生移动, 使得线圈的磁通量发生变化, 引起线圈中自感电压的变化, 电流也发生变化, 产生自感电动势, 使得应变计开始工作, 应变计把信息传递给计时器并停止计时.

### 3.2 测声速实验原理

声速就是声音的传播速度, 单位时间内振动波传递的距离, 也就是声波传播的速度. 声波是一种纵波, 因此在利用图 2 的实验装置测声音在水中的传播速度实验时, 就是利用声波的反射和叠加来产生纵波的驻波, 声音驻波的振动使得水发生振动, 声波顺着水波一起移动.

实验时用铁锤敲打活塞, 活塞突然向下移动几毫米, 此时管中的水将会出现一个波形, 磁盘的磁铁吸附在活塞上将会运动, 磁铁诱发启动线圈, 线圈处的应变计打开计时器并开始计时, 当波形到达底部, 它将使另一个磁盘的磁体向下移动诱发停止线圈, 线圈处的应变计关闭计时器并停止计时. (钢棒的感应磁铁必须有效, 当铁锤接触活塞的时候, 磁铁必须使起始线圈开始反应, 木塞必须被浸入水中 50 mm, 声波的能量通过水传给磁铁, 水必须装满钢管并淹没在磁铁的上面, 声波有足够的能量使得水波足够明显).

计时器上的时间  $t$  就是声音在钢管即水中的传播时间. 根据钢管的长度和计时器所记录的时间. 测驻波的运动时间时, 多做几次实验, 测出每次实验的时间  $t_i$ , 利用公式

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

求出时间  $t$  的平均值, 使用公式

$$v = \frac{S}{t}$$

计算出声音在水中的传播速度.

## 4 总结

该实验装置的思想来自 Richard J Ward, 它应用这个测声速装置在教学中做了 10 年的实验, 该实验装置简单, 实验现象明显, 实验操作方便, 成本较低, 学生易懂容易接受, 一直深受学生的喜欢. 我们可以把这个装置在教学中推广使用, 用于弥补中学物理缺少声速测定实验的不足. 该实验装置还可以改变钢管内液体或气体的密度、温度、湿度来测量声速.

# 静电实验的改进

张德霞

(环县环城初级中学 甘肃 庆阳 745700)

(收稿日期:2015-12-01)

**摘要:**对静电实验的改进,介绍如何克服环境因素的影响,顺利完成静电实验的方法与技巧.

**关键词:**静电实验 改进 策略 技巧

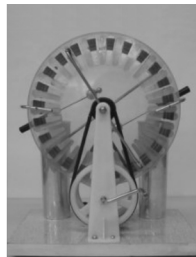
高中物理“电场”一章是高中物理的重点和难点内容之一,因为关于静电场概念比较抽象,加上学生从实际生活中对静电获取的感性认识较少,所以理解起来困难重重.若能配合教材内容做出对应的实验,不但能增强学生学习的兴趣,而且可以把抽象的概念具体化,便于学生理解.但实际教学中大多数教师不能全面开出这部分内容的对应实验,笔者通过进一步了解发现,多数学校不是因为实验设备不齐全,也不是物理教师怕辛苦而不愿做实验,而是因为大家形成一种共识:静电实验做起来不容易成功,想要得到的实验现象不明显,有时甚至事与愿违,出现与想要得到的现象相反的结果,与其这样还不如不做,最起码不会引起不必要的麻烦.笔者最初做静电实验时,也和他们有着相同的认识.通过几年反复实验研究,笔者探索出一些做静电实验方法技巧,现总结如下,愿与广大同仁探讨.

## 1 选择适当的“静电源”

选择适当的“静电源”,即选取有效的起电工具和起电方法.可根据各校实验设备的不同因地制宜地选取,当然最方便快捷的当数高压起电机了,常见的有范德格拉夫起电机[图1(a)]和维氏静电感应起电机[图1(b)],这两种起电机操作简便,起电效果好.在实验室无以上设备时还可用摩擦起电和感应起电的方法使物体带电.



(a)



(b)

图1

## 参考文献

- 1 杨述武.普通物理教学.北京:高等教育出版社,2000
- 2 Richard J Ward Measuring the speed of sound in water. The Physics education,2015(6):727 ~ 732
- 3 刘炎松.物理实验创新研究.北京:冶金工业出版社,2009.11 ~ 19
- 4 曹志辉,周有庆,彭春燕,龚伟,吴涛,周华平.螺线管空心线圈电子式电压互感器.电力系统及其自动化学报,2010(2)
- 5 符磊,林君,王言章,王世隆,杨蒙蒙.磁通负反馈空心线圈传感器的特性和噪声的研究.仪器仪表学报,2013(6)

# A New Device on Measuring Sound Velocity

Zhangying Liyanru Zhanghaojing Zhangxiong

(Physical and Electronic Information Institute of Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500)

**Abstract:** The measurement of sound velocity is a basic experiment in physics, for now there are a variety of measuring methods for us to choose. This article introduces a new device to measure sound velocity simply. This device can determine the sound velocity in liquid by the acoustic reflex and overlay, and the liquid vibration in steel tube. This experiment can be operated simply with precision instruments. And also for its high feasibility, it can be adapted widely in physics teaching.

**Key words:** sound velocity; steel pipe; timer; coil; ammeter