

声速测量的讨论

罗志娟 段永法 何艳 喻莉

(空军预警学院基础部 湖北 武汉 430019)

(收稿日期:2019-01-05)

摘要:通过共振干涉法对声速测量的实验进行研究,结果表明:示波器上显示的是余弦信号而不是驻波信号,接收端移动半个波长时接收信号变化一个周期,同时信号振幅总是不为零。

关键词:声速测量 共振干涉法 驻波

声速是描述声波在介质中传播特性的一个基本物理量,它与介质的特性有关,因而通过介质中声速的测定,可以了解介质的特性或状态变化,例如材料的弹性模量.又由于超声波具有波长短,易发射,能定向传播等优点,在超声波段进行声速测量是比较方便的,并且超声波的实际应用,例如探测物体、深海测量等都是以超声波测声速为基础的,所以超声波声速的测量具有十分重要的意义.超声波声速的测量是大学物理实验中一个经典的验证性实验,但是对于大多数物理学专业的学生来说,声学理论课程涉及较浅,而这恰好是实验原理的关键所在,所以学生很难真正理解实验原理和对实验现象进行分析.也有大量的文献从声学的知识出发对一些现象进行了研究,例如文献[1]通过声压和声波波动知识就反射端的相位问题从理论上较深刻的讨论,文献[2]通过对接收端信号多次反射和衰减推导出反射端和接收端之间的振动是一个驻波和一个正向行波的叠加,再加上声压方程得出相邻两共振之间的距离恰好是半个波长,文献[3]对系统的振动如何被激发和平面单色波场合声波的干涉场问题进行了讨论.在大学物理实验教材中一般把共振干涉法和驻波法看成是等效的,认为接收端接收到的信号的周期变化的距离,根据形成的波形是驻波波形相邻波节的距离是半个波长得出的,但是驻波理论与实验现象有明显不合理的地方,文中对共振干涉法的实验现象加以阐述,并提出了新的解释.

1 实验装置

如图1所示为超声测速仪,左端发射换能器(作为发射端)记为 s_1 ,固定在支架上,换能器的固有频率为37 kHz,当信号源的正弦信号频率调节为37 kHz时,根据逆压电效应换能器的厚度按正弦规律变化产生形变,成为超声波的波源,超声波传播到右端超声测速仪接收换能器(作为接收端)记为 s_2 ,根据换能器的压电效应,它使声压转化为电压将信号传送给示波器, s_2 与游标卡尺固定,通过转动鼓轮可在滑杆上移动,从而改变 s_1 与 s_2 之间的距离.



图1 超声测速仪

2 实验现象的解释

2.1 实验现象 1

当固定 s_2 时示波器上显示的余弦信号.

在声学检测中,声波的位移振幅大小不容易测量,而空气柱中声压的幅值较容易测量,所以本质上示波器上显示的是接收处感受到波的声压信号,根

据文献[4]中的声学基础知识,以 s_2 为坐标原点(s_2 在鼓轮运动过程中是移动的,但是在示波器检测的瞬间可以看做是固定的),设到达 s_2 的入射波声压信号为

$$p_1 = p_i e^{i(\omega t - kx)} \quad (1)$$

其中 p_i 是 $s_1 s_2$ 的距离为 l 时声压的幅值,设 s_2 的反射系数为 γ ,考虑半波损失,反射波的声压信号为

$$p_2 = \gamma p_i e^{i(\omega t + kx + \pi)} \quad (2)$$

则

$$p = p_1 + p_2 \quad (3)$$

只研究 s_2 的声压信号,令式(1)、(2)中 $x=0$,代入式(3)取其实部得

$$p = (1 - \gamma) p_i \cos(\omega t) \quad (4)$$

从上面的式子可以看出 s_2 处的声压信号是余弦信号,所以转化成相应的电信号也是余弦信号,也就是说无论 l 是否满足半波长的整数倍,接收器 s_2 总有入射波和反射波的叠加信号送入到示波器中,示波器上显示出余弦信号。

2.2 实验现象 2

改变 s_1 和 s_2 的距离 l 时,示波器上的电压信号随 l 变化呈近似周期性,周期大约为半个波长。

有些实验教材认为接收端 s_2 移动半个波长从而示波器上的信号改变一个周期的理论依据是:忽略空气的吸收,并且在接收端 s_2 处发生全反射, s_1 与 s_2 之间恰好形成驻波,并根据声学知识在驻波波节处声压最大,所以认为 s_2 恰好处于某个波节处,系统达到共振,信号最大,当 s_2 移动半个波长,又恰好处在波节处,信号再次达到最大,即形成一个周期。该说法不够正确,因为当 s_1 和 s_2 之间满足驻波长度形成驻波,并且 s_2 不动时,把示波器的探头放到 s_1 和 s_2 之间各波节上探测的信号才是驻波波节的信号,但实验的过程中 s_2 是移动的,所以这种说法是把两换能器之间的声压振幅随场点的变化关系与接收端上的声压振幅随换能器之间距离 l 的变化关系两个概念混淆。合理的解释为,当

$$l_1 = \frac{\lambda}{4}(2k) \quad k=1,2,\dots \quad (5)$$

此时 s_1 经 s_2 反射回到 s_1 处的声波的传播路程为

$$s = 2l_1 = k\lambda \quad (6)$$

考虑到偶数次反射,半波损失可以抵消,即相位差

$$\Delta\varphi = 2k\pi$$

由

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos \Delta\varphi} \quad (7)$$

其中 A_1 是信号源的振幅, A_2 是多次反射后的反射波到达 s_1 处的振幅,所以经过多次反射叠加后 s_1 处的振动越来越强,因此传播到 s_2 的振动也加强,即入射波的声压也大,由于各处的反射系数一样,所以在

$$l = \frac{\lambda}{4}(2k)$$

处示波器的信号最强。同理,当

$$l_2 = \frac{\lambda}{4}(2k+1)$$

时 s_1 处的振动减弱,所以示波器上信号变小,且相邻的 l_1 和 l_2 之间的距离差为 $\frac{\lambda}{2}$ 。

2.3 实验现象 3

无论 l 取何值信号的振幅均不为零。

由 2.2 的分析, s_1 的振动为

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos \Delta\varphi}$$

因为反射波的振幅总是小于入射波的振幅,即 $A_1 > A_2$,所以无论 l 取何值, A 不等于零,则传播到 s_2 处的信号不为零。

3 结论

通过上面的分析讨论,有利于加深学生对驻波和干涉概念的理解,同时对声速测量实验的教学有一定的实际指导意义。

参考文献

- 1 彭菊村,李天应.声速测量中反射端相位问题的讨论.大学物理实验,1995,4(8):1~3
- 2 郑庆华,童悦.声速测量实验的理论分析.宜春学院学报,2006,4(28):44~46
- 3 刘香菇,曹万民,巩晓阳.声速测量原理中的两个问题.洛阳工学院学报,2001,3(22):86~88
- 4 杜功焕,朱哲民,龚秀芬.声学基础.南京:南京大学出版社,2001

自制可定量测量的安培力演示仪

吴登平 苏耀杰

(广东石油化工学院物理系 广东 茂名 525000)

(收稿日期:2019-01-11)

摘要:针对测量安培力的传统演示仪器只能定性演示、无法定量探究的局限,设计了可定性又可定量探究的安培力演示仪,同时还能让学生在学习中更深入地理解磁电式仪表的基本原理。

关键词:自制 安培力演示仪 定性 定量

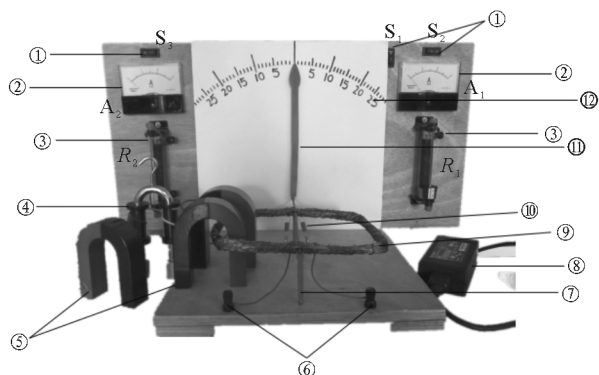
教材及教学中一般通过传统演示仪器定性探究安培力的大小与导线电流、导线在磁场中的长度的关系,但由于教材所用传统仪器的局限,无法探究安培力大小与磁感应强度的关系,也不能对影响安培力大小的3个因素进行定量探究.通过自制的安培力演示仪,不仅可以对影响安培力大小的3个因素的猜想进行定性验证,而且能够定量探究安培力大小与磁感应强度、电流大小和导线在磁场中的长度的关系,从而突破了传统仪器的局限,让学生经历从定性到定量的完整的探究过程。

以下从自制可定量测量的安培力演示仪的简介、实验原理、操作步骤与使用方法等几个方面加以展示,还就使用效果、注意事项等做了说明。

1 简介

安培力演示仪如图1所示,用以探究匀强磁场

中,电流和磁场垂直情况下影响安培力大小的因素及其定量关系。



①开关; ②电流表; ③滑动变阻器; ④蹄形电磁铁; ⑤蹄形磁铁; ⑥接线柱; ⑦支架; ⑧电源适配器; ⑨线圈; ⑩小弹簧; ⑪指针; ⑫刻度盘

图1 安培力演示仪

1.1 功能

探究影响安培力大小的因素:(1)电流;(2)磁场强弱;(3)导线在磁场中的长度,并能够研究三者

Discussion on the Measurement of Sonic Velocity

Luo Zhijuan Duan Yongfa He Yan Yu Li

(Department of the Basics, Air Force Early Warning Academy, Wuhan, Hubei 430019)

Abstract: The measurement of sonic velocity is studied in the experiment by means of resonance interference. The following are the results: This is cosine signal not standing wave signal in the oscilloscope; The receptive signal wave is in cyclical variations when the receptive equipment is moved half wavelength and the swing id not zerowherever the receptive equipment is.

Key words: sonic velocity measurement; resonance interference; standing wave