

基于声卡和 Audacity 软件的固体声速测量

陈丹慧 叶泽波 李德安

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东广州 510006)

(收稿日期:2021-05-25)

摘要:基于时间差法原理设计了利用电脑声卡和 Audacity 软件测量固体声速的实验. 利用电脑声卡收集左右声道的声音并实时呈现在 Audacity 软件界面, 可准确测得左右声道收集到声音的时间差, 计算得到声音在固体材料中的传播速度. 实验现象直观, 可用于中学课外拓展实验.

关键词:固体 声速测量 时间差 声卡 Audacity 软件

在物理实验的教学中, 声速的测量与应用是非常重要的基础实验, 由于固体介质中声速传播较快, 当前对于固体声速的测量研究较少, 中学物理教材对于固体声速的探究仅是提及固体能传声以及提供一些固体中的声速参考, 没有开展有关固体中声速的测量实验.

对固体声速的测量, 文献[1]提出利用脉冲光声技术测量固体声速的方法; 文献[2]用驻波法测定固体中的声速; 文献[3]利用 DIS 数字信息系统采集处理声波信号, 从波形图中得到周期与基频进而计算固体材料的声速. 已有的学者测量固体声速的方法都能巧妙地测得固体声速, 但都需要较为专业的设备.

本实验使用声卡和 Audacity 软件解决了利用时间差法原理测量声速实验中准确测量时间差的关键问题, 仅需普通的耳机便可实现在较短距离内有效、精确地测得固体材料的声速.

1 测量原理及方法

1.1 硬件结构和基本原理

本实验用于测量固体材料声速的方法是时间差法, 如图 1 所示, 紧贴着固定且拉紧的固体材料两端分别放置左右侧耳机用于拾取声音信号, 在固体材料中的任意位置(非中点)进行敲击发出声音作为声源. 声波在固体材料中进行传播, 由于声源(敲击点)

与接收装置处于同一直线上, 且声源到达两侧接收装置的距离不同, 因此声音到达两个接收装置的时间有先后之差, 若能精确测量得到 Δt , 利用公式

$$v = \frac{d_2 - d_1}{\Delta t} \quad (1)$$

即可求出对应该固体材料的声速, 式中 d_1 和 d_2 表示两耳机到声源的距离, Δt 为两声音信号到达耳机的时间差.

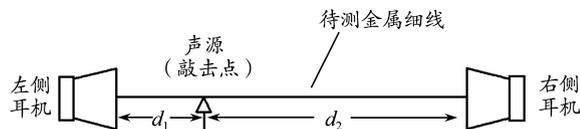


图 1 时差法原理图

用于声音采集的是不带麦克风的耳机, 耳机头部分与动圈式麦克风构造原理相同, 可直接充当麦克风使用, 无需改造.

1.2 软件实现部分

电脑的音频输入主要有麦克风输入(mic in)和线路输入(line in)两种方式. 目前大多数的电脑麦克风输入接口全都是单通道输入方式, 无法将先后得到的音频信号分别显示在两条音轨上, 因此也无法得到时间差, 而声卡的线路输入(line in)端口是双通道输入^[4], 可以实现两个通道分别收集声音信号.

在时差法原理测量固体声速的实验中, 准确地测量声波在固体介质中的传播时间是实验的关键,

作者简介: 陈丹慧(1997-), 女, 在读研究生, 研究方向为学科教学(物理).

通讯作者: 李德安(1974-), 男, 高级实验师, 硕士生导师, 主要从事中学物理、小学科学实验教学研究.

假设距离差为 2 m, 固体声速为 3 000 m/s, 可算得传播时间约为 0.6 ms, 因此需要精度非常高的计时工具, 普通计算机的声卡采样频率可以达到 48 000 Hz, 即采样时间间隔可以达到 0.020 8 ms^[5], 精度满足固体声速的测量要求。

Audacity 软件是一种免费的音频剪辑软件, 可以将采集到的声音信号分为左右声轨显示, 放大音轨即可看出两个声道之间音频信号及其微小的时间差。

2 实验装置

实验装置如图 2 所示, 将待测固体细线的两端分别穿过一次性纸杯杯底, 并将一次性纸杯分别固定在铁架台上, 用耳机紧贴贴在固体材料的两侧用于收集在固体材料中传播的声音信号, 同时耳机插头插入电脑的线路输入 (Line in) 接口, 实时将收集到的声音信号分别输入电脑。



图 2 实验装置图

3 实验内容

基于计算机声卡和 Audacity 软件, 利用时差法原理测量不锈钢线、T2 型紫铜线、H59 型黄铜线 3 种固体材料中的声速, 并将实验结果与理论值进行比较从而验证该方法的准确性。

(1) 选取适当长度的待测固体细线, 将其穿过一次性杯子底部, 固定在铁架台上, 并测量其长度 (注意铁架台需要放置于不同桌面上, 以减少其他途径的传播带来对实验结果的影响)。

(2) 将用于拾取声音的左右两侧耳机紧贴固定于固体材料两侧, 插头接入电脑计算机声卡输入插孔, 打开 Audacity 软件做好声音采集准备。

(3) 点击 Audacity 软件的录制按钮, 在与固体材料一侧距离 d_1 处用力地敲击或弹固体材料, 发出声音, 然后停止录制。

(4) 以波形 (dB) 为纵坐标, 显示采集到的声音信号, 如图 3 所示, 放大音轨就可以看出左右声道中两个声音信号之间的时间差 Δt , 选取每一次敲击 (或弹) 时两个声音信号的第一个波形进行放大 (图 4) 并读出时间差 Δt (由于后面的声音易受干扰, 因此选择第一个波形)。

(5) 改变 d_1 , 重复步骤 (3) 和 (4) 进行实验和数据采集, 即可得到对应的时间差, 利用式 (1) 可以得到声速。

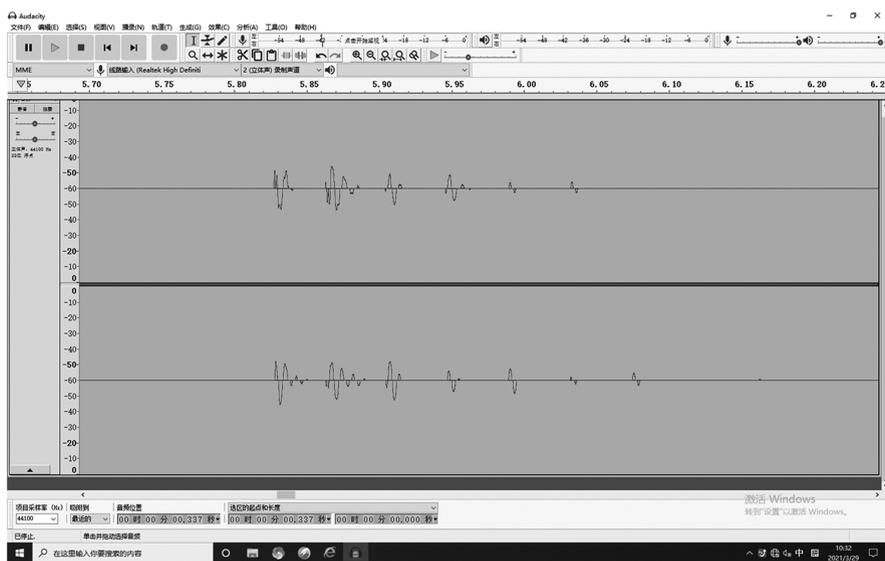


图 3 左右声道声音信号采集图

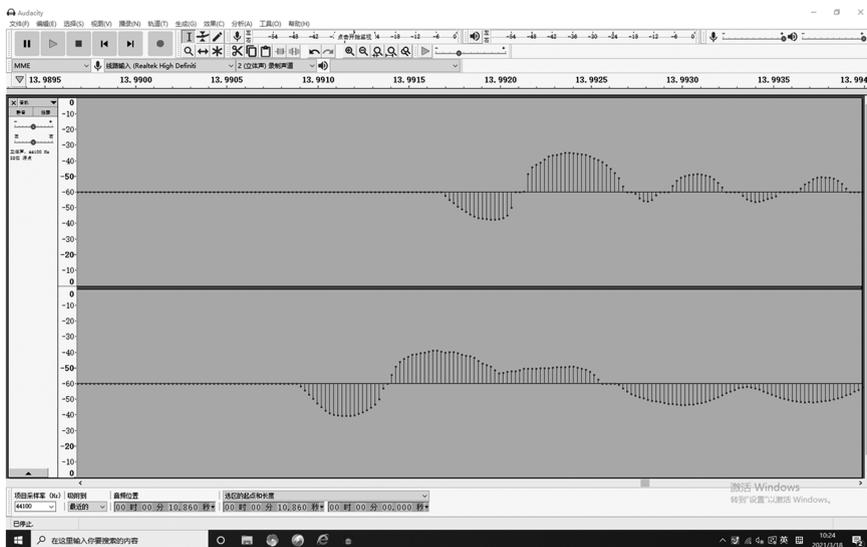


图 4 声音信号局部放大图

4 数据处理

选取不锈钢细线进行实验,实验数据如表 1 所示.

4.1 不锈钢线

表 1 不锈钢细线中声速测量数据表

d_1/cm	距离差 $\Delta d/cm$	时间差/s	声速/ $(m \cdot s^{-1})$	与理论值的相对误差/%	平均相对误差/%
5	162.50	0.000 33	4 924.24	1.52	1.71
10	152.50	0.000 30	5 083.33	1.67	
15	142.50	0.000 29	4 913.79	1.72	
20	132.50	0.000 26	5 096.15	1.92	

将表 1 的数据代入式(1)再求平均,得到不锈钢细线中声速的平均值 $\bar{v}_{\text{不锈钢}} = 5\ 004.38\text{ m/s}$,再通过不确定度计算可以求得不锈钢中声速 $v_{\text{不锈钢}} = (5\ 004.38 \pm 49.40)\text{ m/s}$.

4.2 T2 型紫铜

选取 T2 型紫铜细线进行实验,实验数据如表 2 所示.

表 2 T2 型紫铜细线中声速测量数据表

d_1/cm	距离差 $\Delta d/cm$	时间差/s	声速/ $(m \cdot s^{-1})$	与理论值的相对误差/%	平均相对误差/%
5	163.40	0.000 45	3 631.11	3.17	4.14
10	153.40	0.000 42	3 652.38	2.60	
15	143.40	0.000 40	3 585.00	4.40	
20	133.40	0.000 38	3 510.53	6.39	

将表 2 的数据代入式(1)再求平均,得到 T2 型紫铜细线中声速的平均值 $\bar{v}_{\text{T2紫铜}} = 3\ 594.76\text{ m/s}$,再通过不确定度计算可以求得 T2 型紫铜细线中声速 $v_{\text{T2紫铜}} = (3\ 594.76 \pm 31.40)\text{ m/s}$.

4.3 H59 型黄铜线

选取 H59 型黄铜细线进行实验,实验数据如表 3 所示.

表3 H59型黄铜细线中声速测量数据表

d_1/cm	距离差 $\Delta d/cm$	时间差/s	声速/($m \cdot s^{-1}$)	与理论值的 相对误差/%	平均相对 误差/%
5	163.90	0.000 49	3 344.90	3.88	5.49
10	153.90	0.000 47	3 274.47	5.91	
15	143.90	0.000 44	3 270.45	6.02	
20	133.90	0.000 41	3 265.85	6.15	

将表3的数据代入式(1)再求平均,得到H59型黄铜细线中声速的平均值 $\bar{v}_{H59\text{黄铜}} = 3\ 288.92\text{ m/s}$,再通过不确定度计算可以求得H59型黄铜细线中声速 $v_{H59\text{黄铜}} = (3\ 288.92 \pm 18.74)\text{ m/s}$.

将测得的各种固体细线声速与文献[6]中列出的不锈钢、紫铜、黄铜中的声速理论值($v_{\text{不锈钢理论}} = 5\ 000\text{ m/s}$, $v_{\text{紫铜理论}} = 3\ 750\text{ m/s}$ 和 $v_{\text{黄铜理论}} = 3\ 480\text{ m/s}$)比较,结果在正常误差范围内,说明了该方法的正确性;对同一材料的不同距离差进行多次测量,所测得的声速基本相同,相对误差总体不超过5.5%,说明该方法的精确性.

利用电脑声卡和Audacity软件测量固体声速的实验方法实现了简单的软件测量固体声速,与实验室现有利用其他专业工具测得的固体声速结果相比,两者准确性相当,但前者可行性更高,适合不具备专业条件的中学开展相关的探究和实验.

5 结束语

本实验利用时间差法原理,结合电脑的声卡输入和Audacity软件得到精确的时间差,计算得到

304不锈钢线、H59型黄铜线、T2型紫铜线等3种不同固体细线材料中的声速,实验测得的各固体声速结果一致性较高,并且各金属材料的测量值与理论值的相对误差小于5.5%.基于电脑的声卡输入和Audacity软件的声速测量方法存在以下特点:直观的图像可以使学生更好地理解实验原理,实验取材与操作简单,实验测量结果准确.

参考文献

- 周红仙,王毅.用脉冲光声法测量固体介质中声速[J].大学物理,2011,30(1):45~47
- 黄龙沫,池范洙,玄奉龙.用驻波法测定固体中声速和材料杨氏弹性模量的实验尝试[J].实验技术与管理,1993(3):56~58
- 颜茜,祝菲霞,袁正能,等.用DIS数字化信息系统测量金属棒中声速的有效方法[J].大学物理,2021,40(2):25~31
- 李兴.巧用音频软件Audacity2.0轻松测定空气中的声速[J].中学物理,2019,37(11):19~21
- 何春乐,付美荣.基于声卡和MATLAB软件的声速测量[J].大学物理,2015,34(11):28~30
- 杨述武.普通物理实验[M].北京:高等教育出版社,2000

Measuring the Sound Velocity in Solid in Based on Sound Cards and Audacity Software

Chen Danhui Ye Zebo Li De'an

(School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract: Based on the principle of time difference method, an experiment was designed to measure the sound velocity of solid by using computer sound card and Audacity software. The computer sound card is used to collect the sound of the left and right sound channels and present it in real time on the Audacity software interface, which can accurately measure the time difference of the sound collected by the left and right sound channels and calculate the sound propagation speed in the solid material. The experiment phenomenon is intuitive, and can be used in the middle school extracurricular expansion experiment.

Key words: solid; measuring the sound velocity; time difference; sound cards; Audacity software