

姓名: 胡永琴 专业: 网络工程 班级: 243 学号: 2024121091
实验日期: 2025.4.30 实验教室: H6306 指导教师: 刘辉

$\epsilon_3 = \epsilon$
 $A_2 = 0.5$
由此
位上
图4

一、实验名称: 声速的测量

二、实验目的

1. 了解声速的测量原理
2. 学习示波器的原理与使用
3. 学习用逐差法处理数据

三、实验原理

1. 超声波与压电陶瓷换能器

频率 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$ 的机械振动在弹性介质中传播形成声波。高于 20kHz 称为超声波。超声波的传播速度就是声波的传播速度,而超声波具有波长短,易于定向发射等优点。声速实验所采用的声波频率一般都在 $20 \sim 60\text{kHz}$ 之间。在此频率范围内,采用压电陶瓷换能器作为声波的发射器、接收器效果最佳。

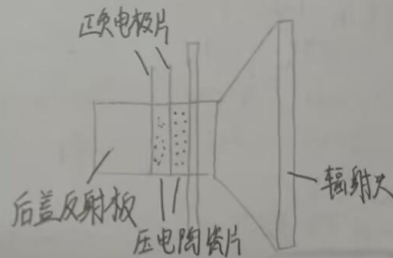


图1 纵向换能器的结构简图

压电陶瓷换能器根据它的工作方式,分为纵向(振动)换能器、径向(振动)换能器及弯曲振动换能器。声速教学实验中所用的大多数采用纵向换能器,图1为纵向换能器的结构简图。

2. 共振干涉法测量声速 ($v = f\lambda$)

假设在无限声场中,仅有一个点声源 S_1 (发射换能器) 和一个接收平面 (接收换能器 S_2)。当点声源发出声波后,在此声场中只有一个反射面,并且只产生一次反射。在上述假设条件下,发射波 $E_1 = A \cos(\omega t + 2\pi x/\lambda)$ 。在 S_2 处产生反射,反射波 $E_2 = A_1 \cos(\omega t + 2\pi x/\lambda)$ 。信号相位与 E_1 相反,幅度 $A_1 < A$ 。 E_1 与 E_2 在反射平面相叠加,合成波束 E_3 。

$$E_3 = E_1 + E_2 = (A_1 + A_2) \cos(\omega t - 2\pi x/\lambda) + A_1 \cos(\omega t + 2\pi x/\lambda) = A_1 \cos(2\pi x/\lambda) \cos \omega t + A_2 \cos(\omega t - 2\pi x/\lambda)$$

由此可见,合成后的波束 E_3 在幅度上,具有随 $\cos(2\pi x/\lambda)$ 呈周期变化的特性,在相位上,具有随 $(2\pi x/\lambda)$ 呈周期变化的特性

图4所示波形显示了叠加后的声波幅度,随距离按 $\cos(2\pi x/\lambda)$ 变化的特征

接收到的信号幅度的包络线

图2 换能器间距与合成幅度

发射换能器与接收换能器之间的距离

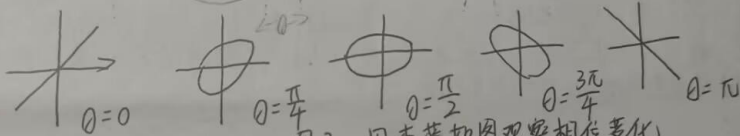
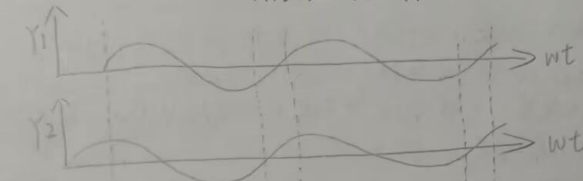


图3 用李萨如图观察相位变化

在连续多次测量相邻半波长的 S_2 的位置变化及声波频率 f 以后,我们可用测量数据计算出声速,用逐差法处理测量的数据

3. 相位法测量原理

由前述可知入射波 E_1 与反射波 E_2 叠加,形成波束 E_3

$$E_3 = A_1 \cos(2\pi x/\lambda) \cos \omega t + A_2 \cos(\omega t - 2\pi x/\lambda)$$

即对于波束: $E_1 = A \cos(\omega t - 2\pi x/\lambda)$

由此可见,在经过 Δx 距离后,接收到的余弦波与原来位置处的相位差为 $\theta = 2\pi \Delta x/\lambda$

如图5所示,因此能通过示波器,用李萨如图法观测测出声波的波长

4. 时差法测量原理

连续波经脉冲调制后由发射换能器发射至被测介质中,声波在介质中传播,经过 t 时间后,到达 L 距离处的接收换能器,由运动定律可知,声波在介质中传播的速度可由以下公式求出:

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

发射换能器波形

接收换能器波形

图4 发射波与接收波

四. 仪器用具

1. SV-DH-3 型声速测定仪
2. 双踪示波器
3. SVX-3 型声速测定信号源

五. 实验内容

T= 1. 仪器在使用之前, 加电开机预热 15 min. 在接通市电后, 自动工作在连续波方式, 选择的介质为空气的初始状态

2. 驻波法测量声速

2.1 测量装置的连接

(如图所示, 信号源面板上的发射端换能器接口, 用于输出一连续波的功率信号, 需接至测试架的发射换能器(S1). 信号源面板上的发射端的发射波形Y1, 需接至双踪示波器的(Y1)(Y1). 用于观察发射波形. 接收换能器(S2)的输出接至示波器的(Y2)(Y2)

2.2 测定压电陶瓷换能器的最佳工作点

只有当换能器S1的发射面和S2的接收面保持平行才有较好的接收效果, 为了得到最佳的接收波形, 应将外加的驱动信号频率调节到换能器S1, S2的谐振频率点处, 才能较好的进行声能与电能的相互转换

2.3 步骤

改变两只换能器间的距离, 同时用示波器监测接收器上的输出电压幅度变化, 可观察到电压幅度随距离周期性的变化. 记录下相邻两次出现最大电压数值时换能器间距离的变化. 两读数之差的绝对值应等于声速波长的一半. 已知声速频率并测出波长, 即可计算声速. 为提高测量精度, 可连续多次测量并用逐差法处理数据.

3. 相位比较法测量声速

当接收器和发射器的距离变化为一个波长时, 则发射与接收信号之间的相位差正好是一个周期($\Delta\phi=2\pi$). 相同图形出现. 反之, 当 $\Delta\phi=2\pi$ 时, 接收器移动距离, 即可得声速波长

1. 再根据声速频率, 求出V

4. 时差法测声速

以脉冲调制正弦信号输入到发射器, 使其发出脉冲声波, 经时间t后到距离L处的接收器. 脉冲信号过后, 测量仪上测得t, 测出L后, 由 $V=\frac{L}{t}$ 得出

六. 注意事项

1. 严禁将液体滴到数显尺杆和数显表头内, 如果不慎将液体滴到数显尺杆和数显

2. 使用时应避免声速测试仪信号源的功率输出端短路

七. 数据记录

1. 测共振频率 F_N 1组 $F_N = 36.190 \text{ kHz}$

2. 驻波法 $t = 23.8^\circ\text{C}$

次数	1	2	3	4
$L(\text{mm})$	180.840	178.115	173.640	170.627

3. 相位比较法 $t = 23.8^\circ\text{C}$

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
$L(\text{mm})$	169.680	164.890	159.032	154.090	149.602	144.602	139.765	134.860

续传方式送

4. 时差法 $t = 23.8^\circ\text{C}$

次数	1	2	3	4
$L(\text{mm})$	50.000	70.000	90.000	110.000
$t(\mu\text{s})$	736	294	351	408

信号. 调节
至双峰示
的 (H) (Y2)

为3得到
振频率点处

八. 数据处理

$t = 23.8^\circ\text{C}$ 声速的理论值 $V = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}} \text{ m/s} \approx 345.588 \text{ m/s}$

(1) 驻波法

$$\Delta L = \frac{(L_4 - L_1) + (L_3 - L_2)}{4} = \frac{1073 + 4.475}{4} \approx 267.119 \text{ mm}$$

$$\lambda = 2\Delta L = 534.238 \text{ mm} \quad V_1 = \lambda f \approx 354.372 \text{ m/s} \quad \text{误差 } A_1 = \frac{V - V_0}{V_0} \times 100\% \approx 2.477\%$$

可观察到
波节间距
变长. 即可计

(2) 相位比较法

$$\Delta L = \frac{(L_1 - L_8) + (L_4 - L_5)}{16} \approx 4.929 \text{ mm} \quad \lambda = 2\Delta L = 9.858 \text{ mm} \quad V_2 = \lambda f \approx 356.756 \text{ m/s}$$

$$\text{误差 } A_2 = \frac{V - V_0}{V_0} \approx 3.232\%$$

差正是一
声速误差

(3) 时差法

$$V_3 = \frac{(L_4 - L_1) + (L_3 - L_2)}{(t_4 - t_1) + (t_3 - t_2)} \approx 351.64 \text{ m/s} \quad A_3 = \frac{V - V_0}{V_0} \times 100\% \approx 1.707\%$$

九. 实验结果

$$\begin{cases} \text{(1) 驻波法} \begin{cases} V_1 = 354.372 \text{ m/s} \\ A_1 = 2.477\% \end{cases} \\ \text{(2) 相位比较法} \begin{cases} V_2 = 356.756 \text{ m/s} \\ A_2 = 3.232\% \end{cases} \\ \text{(3) 时差法} \begin{cases} V_3 = 351.64 \text{ m/s} \\ A_3 = 1.707\% \end{cases} \end{cases}$$

处的波动

十. 实验分析与总结

(1) 误差分析: 波形不稳定, 仪器精确度, 温度, 湿度, 气压等.

(2) 问题讨论: 固体中声速的测量可以使用哪一种方法. 为什么?

和数量

固体中声速的测量可以采用时差法. 因为固体的特性其传播距离只能取固定长度. 驻波法和相位法都需要改变长度来测量. 固体不适用

UH-3型声速测定仪

显示装置

X-3型声

内容

在使用

质为空气

测量

量装置

示信

发射

接收

电压

控制

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

接收

成都信息工程大学物理实验数据记录

1. 声共振频率 f_n

2. 驻波法 $\lambda = 23.8^\circ\text{C}$

~~23.8~~

$$T = 23.8^\circ\text{C} = 296.95\text{K}$$

ϕf 1组

$$f_0 = 36.194\text{KHz}$$

$$36.190$$

② 驻波法 4组

$L_1 = 180.084\text{mm}$	180.340mm
$L_2 = 178.012\text{mm}$	178.115mm
$L_3 = 173.064\text{mm}$	173.640mm

次数	1	2	3	4
$L(\text{mm})$	180.840	178.115	173.640	170.627

③ 相位比较法 8组

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
$L(\text{mm})$	169.680	164.890	159.032	154.090	149.345	144.602	139.765	134.860

④ 时差法 4组

次数	1	2	3	4	5
$L(\text{mm})$	100	150	200	250	300
$t(\text{ns})$	380	523	666	809	238

次数	1	2	3	4
$L(\text{mm})$	50.000	70.000	90.000	110.000
$t(\text{ns})$	236	294	351	408