

实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 声速测量实验 实验日期: 2024 年 11 月 1 日 晚上
班 级: 07112304 教学班级: 学 号: 1120233329 姓 名: 陈思霖

实验: 声速测量

一、实验目的
学习利用共振法、相位法测量超声波在空气中的传播速度。

二、实验仪器
超声波声速测量仪, 信号发生器, 双踪示波器。

三、实验原理
超声波在弹性媒质中(如空气中)以纵波形式传播, 其传播速度 u 与频率 f 及波长 λ 之间的关系为

$$u = f\lambda$$

本实验中采用压电陶瓷超声换能器实现超声波的产生和测量。超声波波长为毫米量级, 定向性好, 且可近似认为平面波。

波长的测量方法常见的有共振干涉法和相位比较法两种。

1. 共振干涉(驻波)法

发射器发射出的平面超声波, 入射到接收器的平面上被反射, 在发射器与接收器之间入射波与反射波叠加形成驻波。由纵波的性质可以证明, 当空气中形成驻波共振时, 接收器端面位于振波节处接收到的声压最大, 转换成的电信号也最强, 此时发射器与接收器之间的距离应为半波长的整数倍。同时, 示波器上应观察到最强的接收信号。继续移动接收器时, 信号将变弱, 然后又再次出现强接收信号, 相邻两次出现强信号的位置之间距离为 $\lambda/2$ 。

2. 相位比较(行波)法

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

在波的传播方向上,两个相邻的振动状态完全相同的位置之间的距离为一个波长。通过观察李萨如图形(两个相互垂直的简谐振动的合成所得),判定同相位置,或反相位置,从而测得超声波的波长。由于余弦线(相差为 0° 或 180° 的两束同频率正弦波所形成的李萨如图形)位置比较容易确定,因此,这种方法比共振法更为准确。

四、实验内容与步骤

1. 仪器介绍

(1) 超声波测定仪由支架、游标尺及两只超声波压电换能器组成。它们的相对位置的变化可以由游标尺直接读出,一只发射超声波,另一只接收超声波。

(2) 两只换能器的输入和输出接口,均为红色接信号,黑色接地(仪器外壳)。将发射换能器的输入端连接到函数信号发生器的输出(OUTPUT)的T型BNC输出端,而使接收换能器的输出连接到示波器的 $Y_2(Y)$ 输入。示波器的工作方式选择双踪开关置于1档, T/div , V/div 选择波数开关置于合适位置,例如 $20\mu s/div$ 和 $20mV/div$ 。

(3) 调节函数信号发生器的频率,当示波器有接收信号显示之后,仔细调整信号发生器的输出信号频率,使发射换能器处于谐振状态。此时,示波器显示的接收信号的幅度最大,此时的共振频率,即为超声波频率 f 。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

2. 共振干涉法(驻波法)测波长

在换能器系统共振的条件下,从靠近发射换能器处,使接收换能器由近及远地移动。示波器上出现较大振幅的信号时,利用该示波器上的微调机构,找到并记录产生最大共振信号的位置,逐点记下各振幅最大时的位置读数 $X_1, X_2, \dots, X_{10}, X_{11}, X_{12}, \dots, X_{20}$, 然后利用逐差法处理数据,得到超声波的平均波长值 λ 。

$$\lambda_{\text{共}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (X_{0+2i} - X_i) / 10}{10} \times 2.$$

3. 相位比较法(行波法)测波长

(1) 把函数信号发生器输出(OUTPUT)的T型插头的另一BNC输出端连接到双踪示波器的Y₁(X)输入,使信号源输出的正弦波直接加到示波器X轴输入端,接收换能器输出的接线位置不变。

(2) 在共振频率条件下,再将接收换能器平面端面调整到精确垂直方向,以便于示波器观察李萨如图形。

(3) 用示波器观察李萨如图形,使接收器由近及远移动,诸点记录李萨如图形由椭圆转化为勾在(或左)的斜线时的接收器的位置,逐差法求出超声波的平均值 λ 。注意:要求每个相邻斜线之间相差为 π 。

$$\lambda_{\text{相}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (X_{0+2i} - X_i) / 10}{10} \times 2.$$

计算产生的不确定度时,应考虑仪器的误差,本实验用的声速测量仪卡尺,其允许误差限为0.02mm,信号发生器输出的频率允许误差限为0.2kHz。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

数据处理

由 $V_0 = 331.45 \text{ m/s}$, $T_0 = 273.15 \text{ K}$, $t_0 = 20.0^\circ \text{C}$

得 $V_t = V_0 \sqrt{1 + \frac{t}{T_0}} = 343.37 \text{ m/s}$ 已知 $f = 37.454 \text{ kHz}$

驻波法: $\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{15} (X_i + 15X_i) / 15}{15} \times 2 = 9.242 \text{ mm}$

$V = \lambda f = 346.16 \text{ m/s}$

相对误差 $\varepsilon = \frac{V - V_t}{V_t} = 0.81\% < 5\%$, 在合理范围内

$u_{A\lambda} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta X - \bar{\Delta X})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} (\Delta X - \bar{\Delta X})^2}{15 \times (15-1)}} = 0.1031 \text{ mm}$

$u_{B\lambda} = \frac{\Delta m_{\text{砝码}}}{K} = 0.01 \text{ mm}$

$u_{C\lambda} = \sqrt{u_{A\lambda}^2 + u_{B\lambda}^2} = 0.1036 \text{ mm}$

而 $u_f = u_{Bf} = \frac{\Delta m_{\text{砝码}}}{K} = 0.1 \text{ kHz}$

$V = \lambda f$ 得 $u_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial \lambda}\right)^2 u_{A\lambda}^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial f}\right)^2 u_f^2}$
 $= \sqrt{f^2 u_{A\lambda}^2 + \lambda^2 u_f^2} = 4 \text{ m/s}$

$\therefore V = 346 (4) \text{ m/s}$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

相位比较法

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^{15} (X_i + 15X_i) / 15}{15} \times 2 = 9.165 \text{ mm}$$

$$V = \bar{\lambda} f = 343.25 \text{ m/s}$$

$$\text{相对误差 } \varepsilon = \frac{V - V_t}{V_t} = \frac{-0.04}{343} \% < 5\% \text{ 在允许范围内}$$

$$u_{A\lambda} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} (X_i - \bar{X})^2}{15 \times (15-1)}} = 0.2672 \text{ mm}$$

$$u_{B\lambda} = 0.01 \text{ mm}$$

$$u_{C\lambda} = \sqrt{u_{A\lambda}^2 + u_{B\lambda}^2} = 0.2674 \text{ mm}$$

$$u_f = 0.11 \text{ Hz}$$

$$u_V = \sqrt{f^2 u_{C\lambda}^2 + \bar{\lambda}^2 u_f^2} = 4 \text{ m/s}$$

$$\therefore V = 343 (4) \text{ m/s}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

思考题

1. 为什么要在系统共振下测定声波的波长?

选择系统共振下测量声波的波长是为了获得更准确的测量结果,这是因为:

1. 共振时声波幅度最大: 在共振状态下, 声波的驻波模式形成, 使得声波振幅达到最大值, ~~驻波~~波节和波腹更加清晰, 有利于精确定位, 更准确的测量出波长

2. 减少能量损耗的影响: 共振时, 系统能量损耗较小, 波形更稳定, 减少了环境或系统内部阻尼对波长测量的影响。

3. 提高信噪比: 共振会显著放大声波信号, 从而提高信噪比, 使波长测量更清晰准确

2. 本实验产生误差的主要原因是什么?

1. 波长测量不准确: 由于~~依靠~~人眼无法精确定位波节波腹位置, 使得波长测量不准确

2. 设备误差: 学校实验器材老化, 导致~~测量~~测量示数不精确; 设备无法维持在系统共振频率, 影响结果

出

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

驻波法.

$f: 37.94 \text{ kHz}$

$t: 20.0^\circ\text{C}$

声速(理论) $v: 343.37 \text{ m/s}$

波节	位置/mm	波节	位置/mm	波节差	位置差/mm
X_1	0.64	X_6	70.59	$X_5 - X_1$	
X_2	5.42		75.01		
X_3	10.18		79.40		
X_4	14.85		83.94		
X_5	19.55		88.65		
X_6	24.17		93.47		
X_7	28.64		98.11		
X_8	33.19		102.91		
X_9	37.65		107.44		
X_{10}	42.30		112.05		
X_{11}	47.02		116.48		
X_{12}	51.99		121.01		
X_{13}	56.66		125.35		
X_{14}	61.43		130.14		
X_{15}	65.85	X_{30}	134.74	$X_{30} - X_{15}$	

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

$\varphi=0/\pi$	位置/mm	$\varphi=0/\pi$	位置/mm	位置/mm
X_1	1.72	X_{16}	70.81	$X_{16}-X_1$
X_2	7.00		75.33	
X_3	11.67		79.68	
X_4	17.12		84.31	
X_5	21.881		88.87	
X_6	26.32			
X_7	30.77			
X_8	33.40			
X_9	37.99			
X_{10}	42.52			
X_{11}	47.29			
X_{12}	51.95			
X_{13}	56.84			
X_{14}	61.58			
X_{15}	66.26			

序号:	93.72	王红梅
时间:	年 月 日	
上午	下午	晚上

联系方式: _____

指导教师签字: _____