

内蒙古工业大学物理实验报告

姓名	杨昊泽	班级	材20-2	教师签字	
学号	202010401061	组别		成绩	
日期	2021.10.8	题目	空气中超声声速的测定		

[实验目的]

1. 了解超声压电换能器的结构和原理
2. 掌握驻波法和相位比较法测声速的基本原理
3. 学会用三种方法测量声速
4. 学会用逐差法处理数据,并对结果的不确定度进行分析

[实验仪器]

主要包括示波器、综合声速测定仪信号源及声速测定仪

[实验步骤]

一、驻波法

1. 打开示波器和信号源电源开关,预热15min,示波器出现扫迹
2. 将发射端换能器接口,接至发射换能器 S_1 ,发射波形接至 CH_1 通道,观察发射波形,同理,可观察接收波形
3. 调整压电陶瓷换能器的测试频率工作点
4. 测量:缓慢移动 S_2 ,使其与 S_1 的间距逐渐增大,荧光屏显示正弦波振幅由大到小呈周期性变化,记录 f_i 和 S_2 ,连续10次,并记录室温 t_2

二、相位比较法

1. 保持驻波法测量状态不变,调节相应参数,使荧光屏显示两正弦波
2. 示波器Y-MODE至 CH_1 ,X-MODE至 CH_2 ,SEC/DIV调节为X-Y模式,观察椭圆型或直线型李萨如图形
3. 记录室温 t_1 ,微变 S_2 位置,记录 S_2 与 L_i
4. 记录信号源频率值与 L_i ,连续10次

三、双踪显示法

1. 接收端信号接 CH_1 ,发射端信号接 CH_2 ,调节相应参数,使示波器处于双踪显示状态
2. 对齐两个波形的峰,相位差为 2π 的整数倍
3. 缓推 S_2 ,当再次双峰对齐时,记录信号源频率值和 S_2 的位置读数,连测10次,最后记录室温 t_2

[实验原理概述]

声波在空气中的传播速度与自身频率无关,只取决于空气本身的性质,理论上:

$$v = v_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} = v_0 \sqrt{\frac{T_0 + t}{T_0}}$$

代入相关数据,得20℃时空气的声速为343.37m/s.

压电陶瓷换能器可实现声压和电压之间的相互转化

声速的测量方法可分为两类,一是根据关系式 $v = L/t$,测出传播距离 L 与所需时间 t ,即可算出声速 v ;二是利用关系式 $v = f\lambda$ 测量频率和波长来算声速。

一、驻波法

实现了驻波,测出波腹和波腹,或波节与波节之间的距离,就测出了波长。用示波器来观察接收的信号,若信号最强,则表明接收面处于波节处,调节接收器位置,使信号呈现出周期性变化,测出相邻两次信号达到极大时接收面的位置变化量 ΔL ,得

$$\lambda = 2\Delta L$$

$$v = 2f\Delta L$$

二、相位比较法

声波从声源经过介质到达接收器,在发射波与接收波间产生相位差,相位差 $\Delta\varphi$ 和角频率 ω 、传播时间 t 、声速 v 、距离 ΔL 、波长 λ 之间有如下关系:

$$\Delta\varphi = \omega t = 2\pi f \frac{\Delta L}{v} = 2\pi \frac{\Delta L}{\lambda}$$

相位差每变化 2π ,传播距离正好变化一个波长 λ ,由此可测得波长

三、时差法

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 t 时间后,到达 L 距离处的接收换能器。由运动定率可知,声波在介质中传播速度可由以下公式求出:

$$v = L/t$$

通过测量换能器发射平面与接收平面之间的距离 L 和时间 t ,就可以计算出当前介质下的声波传播速度

[实验数据记录] 实验室初温: $t_1 = 25^\circ\text{C}$ 实验室末温: $t_2 = 24^\circ\text{C}$

驻波法		
	频率 f_i/Hz	S_i 位置 L_i/mm
1	4×10^4	55.10
2	4×10^4	59.54
3	4×10^4	63.80
4	4×10^4	68.20
5	4×10^4	72.40
6	4×10^4	76.88
	4×10^4	81.18
	4×10^4	85.50
9	4×10^4	89.92
10	4×10^4	94.32

实验室初温: $t_1 = 25^\circ\text{C}$ 实验室末温: $t_2 = 24^\circ\text{C}$

相位比较法			双踪示波法	
	频率 f_i/Hz	S_i 位置 L_i/mm		频率 f_i/Hz
+	4×10^4	28.84	1	
-	4×10^4	33.30	2	
+	4×10^4	37.66	3	
-	4×10^4	41.98	4	
+	4×10^4	46.34	5	
-	4×10^4	50.70	6	
+	4×10^4	55.08	7	
-	4×10^4	59.44	8	
+	4×10^4	63.90	9	
-	4×10^4	68.34	10	

[数据处理及结果表达]

一、驻波法

$$\bar{\lambda} = 2 \sum_{i=1}^5 (L_{i+5} - L_i) / 25 = 8.7008 \text{ mm}$$

$$v_e = f \bar{\lambda} = 348.032 \text{ m/s}$$

$$t_0 = (t_1 + t_2) / 2 = 24.5^\circ\text{C}$$

$$v_t = \sqrt{\frac{T_0 + t_0}{T_0}} = 345.995 \text{ m/s}$$

$$E_r = \frac{|v_e - v_t|}{v_t} \times 100\% = 0.588\%$$

驻波法测得声速约为 348.032 m/s
误差为 0.588%

二、相位比较法

$$\bar{\lambda} = 2 \sum_{i=1}^5 (L_{i+5} - L_i) / 25 = 8.7472 \text{ mm}$$

$$v_e = f \bar{\lambda} = 349.888 \text{ m/s}$$

$$t_0 = (t_1 + t_2) / 2 = 24.5^\circ\text{C}$$

$$v_t = \sqrt{\frac{T_0 + t_0}{T_0}} = 345.995 \text{ m/s}$$

$$E_r = \frac{|v_e - v_t|}{v_t} \times 100\% = 1.125\%$$

相位法测得声速约为 349.888 m/s
误差为 1.125%

思考题]

1. 两列波振幅相同, 频率相同, 传播方向相反且传输速度相同叠加而成, 才可形成驻波; 若两个压电换能器不平行, 入射波与反射波就不平行, 不能产生驻波。因此二者必须平行。
2. 共振干涉法是通过测量波节间的长度从而计算波长, 算出声速; 而相位比较法是利用李萨如图形周期性的变化, 测出半波长, 再计算出声速。两种方法都是测量声波的半波长, 利用频率, 算得声速。

实验心得]

1. 粗略了解了示波器的一些用法
2. 观察到了几个特殊的李萨如图形
3. 了解了一些声波的特性, 对声波的测量与利用有了更深的认识
4. 对用逐差法处理实验数据的流程更加熟悉

说明: 实验报告共 50 分。其中前实验目的、实验仪器和实验步骤共 5 分, 这三项要求课前完成; 实验原理概述 15 分 (课后完成); 数据记录 5 分 (课上完成); 数据处理及结果表达 10 分 (课后完成); 思考题 5 分 (课后完成); 实验心得 5 分 (课后完成); 报告整洁度 5 分。上课迟到扣 10 分, 未按时交实验报告扣 10 分, 补做实验扣 10 分。每人必须准备一个“原始实验数据记录本”, 实验数据首先记录于此, 经教师检查确定后再誊抄到实验报告上, 无“原始实验数据记录本”扣 20 分。