KSW-2 型
声速测量综合实验仪

使用说明书

Science-can®

天津科岸仪器有限公司

一、实验目的

1、学习两种测定超声波在空气中传播速度的方法

2、了解压电传感器的功能，熟悉示波器与信号源的使用

3、加深驻波及振动合成的理解

二、工作原理及操作方法

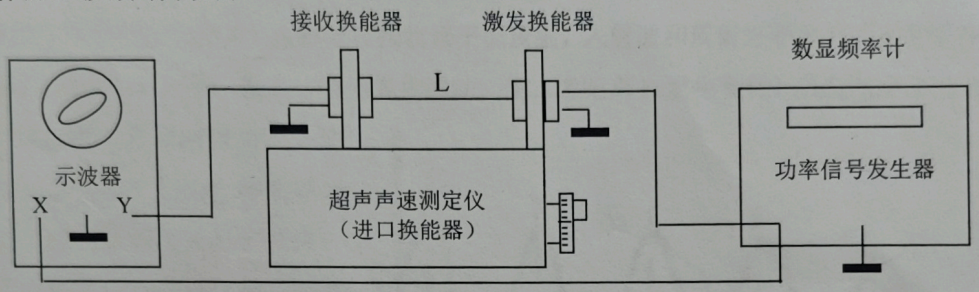


图1　实验原理图

1、　按实验原理图将激发换能器接通功率信号发生器的正弦波输出、接收换能器接通示波器Y轴，**调节信号发生器的频率** f **使激发换能器处于谐振状态**，这时示波器接收到的信号达到最大，开机约10分钟、待信号源工作稳定后即能开始实验。可分别用干涉法和相位法求出波长 λ，利用 $V = f \bullet \lambda$ …（1）计算声速。空气中0℃时声速V0为331 m/s，t℃时：

$$V_t = V_0\sqrt{\frac{273.15 + t}{273.15}}$$

据此：相对误差 $E_r = \frac{|V_0 - V_t|}{V_0} \times 100\%$

2、空气绝热系数测定：

理想气体中声波的传播可以认为是一绝热过程，其传播速度可表示为 $V_t = \sqrt{R \bullet \gamma \bullet T / \mu}$ 即 $\gamma = \mu V_t^2 / RT$ …… (2)，式中R为气体常数，$R = 8.314 Jmol^{-1} \bullet K^{-1}$；μ为空气分子量，T为气体温度。$\gamma = C_P / C_V$ 为比热容比即绝热系数。由（2）知，对一定温度下的气体，只要（1）测出声速指即可求出（绝热系数）γ。由经典理论可知，单元子气体 γ =1.67、双元子气体 γ =1.40,空气是多种气体混合物，其中99.9%以上为双原子气体氮和氧、所以 γ 近似等于1.40，实验表明我们所求出 γ 和理论值很好符合。

由实验可知、引入传感器元件后的实验为一个既是验证性又是应用性、其内容包括声、电、机械和热学理论的综合性实验，学生还可以发现本实验所用仪器又和“动态法测弹性模

量”的实验中所用信号源和示波器完全相同。这就开拓了学生的视野，对培养学生创造思维极为有利。

三、测量方法

1、干涉法

将激发换能器连接信号源的正弦波输出端，接收换能器连接示波器的 Y 轴，发射换能器发出的声波经空气传到接收器上，入射波在接收器平面反射，入射波和反射波叠加形成具有驻波加行波的特征（如图 2）所示：如果接收面发生移动，使二者距离 L 发生变化，当空气中形成驻波时产生共振现象，由纵波性质和驻波理论可知，接收面按振动位移来说处于波节时、按声压来说是处于波腹、接收到的声压相应达到最大值、所接受电信号最强。移动接受器时、示波器所显示的信号幅度会由极大逐渐变小、然后再变大、相邻二次达到极大值的距离为 λ /2，我们可测出多声压变化与接收器位置的关系

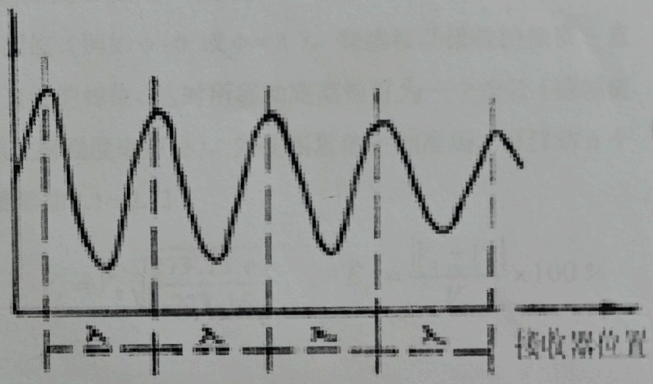


图 2

组极大值再采用逐差法处理数据。

测量次数 i	位置 L1	测量次数 i+10	位置 L2	$\lambda_i = (L_2 - L_1)/5$
1		11		
2		12		
3		13		
4		14		
5		15		
6		16		
7		17		
8		18		
9		19		
10		20		
$\overline{\lambda} = \sum \lambda i / 10 =$			$V = f \bullet \overline{\lambda} =$	

2、相位比较法（李萨如图形法）：

在干涉法实验基础上、同时将信号源接入示波器的 X 轴、示波器采用外扫描、这时示波器将显示一椭圆或直线。当移动接收换能器时将会发现：不仅椭圆的幅值大小会随发射—接收的距

离 L 发生变化，而且椭圆的相位亦发生变化。详见图 3：

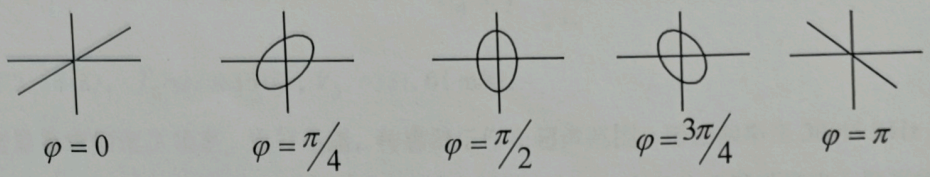


图 3 相位差图

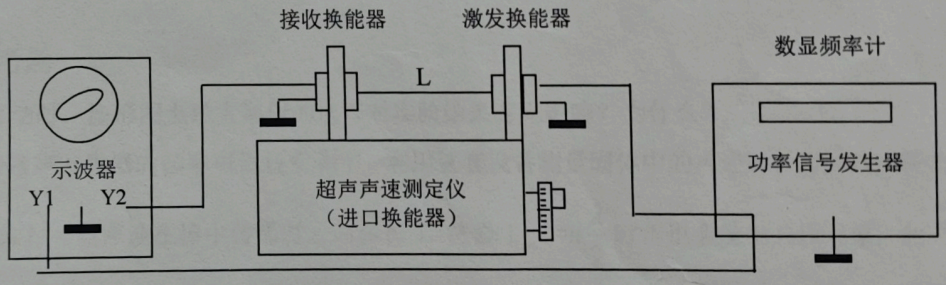
利用图形找出同相（Φ=0）或反相（Φ=π）时椭圆退化为右斜或左斜直线，其优点是判断直线相位差最为清晰和准确。当两个换能器的距离 L 变化一个波长时，相位就发生 2π 的变化。调整接收器的位置，注意屏幕上出现的椭圆相位（例如 ϕ=0 或 ϕ=π），继续移动接收换能器、直到椭圆或直线的相位完全重复上述椭圆或直线的相位、这时所移动距离恰好为一个波长（振幅值会随距离增大而减少,可用适当调节信号源发射强度来解决），为使测量值更加准确，可移动 n 个波长，例如：当移动 12 个波长，接收换能器由 L1→L13

$$\text{则 } \bar{\lambda}=(L_{13}-L_1)/12 \qquad V_0=f\bullet\bar{\lambda} \qquad V_t=V_0\sqrt{\frac{273.15+t}{273.15}} \qquad E_r=\frac{|V_t-V_0|}{V_0}\times 100\,\%$$

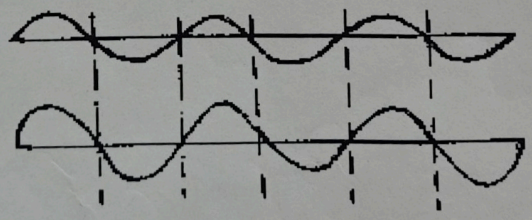
当然也可用逐差法进行数据处理。

（2） 双线示波器法

为判断相位差并且测定波长，也可以利用双线示波器直接比较发射器的信号和接收器的信号，同时沿传播方向移动接收器寻找同相点来测出波长。如图 4 所示



λ 双线相位比较示意图



四、实验内容与要求

1、计算声速的理论值。记下室温t℃，有公式$V_{理}=V_0\sqrt{\frac{T}{T_0}}$算出室温t℃时的声速。其中

T=t+273.15(K)，T_0=273.15(K)，V_0=331.6(m/s)。

2、调整测量系统的谐振频率。连好电路，传感器工作在超声范围，谐振频率在30-45 KHz之间，调节信号源频率，使示波器上的电压信号的幅值达到最大，表示传感器已经进入谐振状态。此时，信号源的频率即为传感器的固有频率f_0。

3、共振干涉法测量波长。移动S_2，观察示波器上波形振幅的周期性变化。选择一个振幅极大时的位置作为测量的起点，缓慢移动S_2，逐一记下各振幅极大时S_2的位置，同时记下信号输出频率的大小，直到记下10个数据为止（数据表格自拟）。用逐差法计算波长$\lambda_i=\frac{2}{5}\left|L_{i+5}-L_i\right|$，并求出λ的平均值，计算出声速$V_0$。进一步计算绝对误差和相对误差，写出误差表达式。

4、相位比较法测量波长。适当调节信号源的频率，使传感器工作在谐振状态。移动S_2是示波器上显示出椭圆或斜直线的图形，选择一个图形为斜直线时作为测量的起点，连续记下10个同样形状斜直线时S_2的位置，同时记下信号源输出频率的大小（数据表格自拟）。用逐差法处理数据，计算出λ的平均值，计算出声速V_0。进一步计算绝对误差和相对误差，写出误差表达式。

五、思考题

1、移动时，波形图上最大幅值的选择对实验结果有无影响？为什么？

2、如超声发生器的频率可以任意调节，利用这套设备测量固体中的声速时，其实验步骤如何安排？（设声波在棒中传播时，当棒长L符合$L_n=n\frac{\lambda}{2}$时，也会发生共振现象，此时棒的两端面是振幅最大处。）