

实验六 声速的测定

声波是一种在弹性介质中传播的机械波。声波的波长、频率、强度和传播速度是其重要的性质，而对声波特性的测量则是声学技术的重要内容。声波的频率范围在 20--20kHz 之间是人耳可以接收到的，次的频率低于 20Hz，具有不易衰减，不易被水和空气吸收的特点，声波频率高于 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。

一、实验目的：

- 1、用驻波法和行波法测量声波在空气中的传播速度
- 2、了解超声波产生和接收的原理

二、实验仪器：

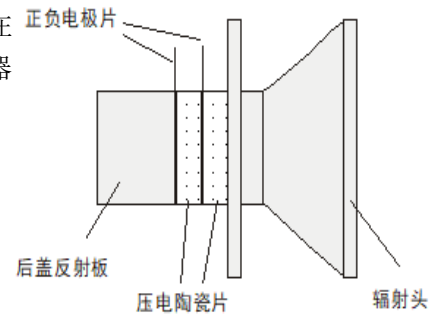
SV-DH-8/SVX-6 声速测定仪及信号源；数字示波器

三、实验原理：

超声波的产生与接收

实验中采用压电陶瓷换能器完成声压和电压之间的转换，从而实现对超声波在空气中传播速度这一非电量的测量。

声速实验所采用的声波频率一般都在 20~60kHz 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。



压电陶瓷晶片在交流电的作用下由于逆压电效应产生超声波，从而产生机械振动，在空气中激发出声波；压电陶瓷换能器还可以利用压电陶瓷晶片的正压电效应来接收超声波。当输入的正弦电压信号的频率和压电陶瓷晶片的频率相同时，压电陶瓷晶片产生共振，振幅达到最大时，致使换能器输出的超声波能量达到最大。

此时所对应的频率称为压电陶瓷换能器共振频率。

图 1 纵向换能器的结构简图

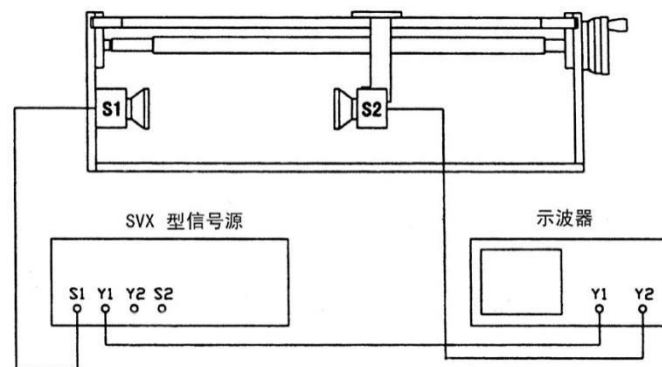


图2 驻波法、相位法连线图

四、实验内容：

分别用驻波法（共振干涉法）和行波法（相位比较法或李萨如图形法）测量声速

1. 仪器在使用之前，加电开机预热 15min。在接通市电后，自动工作在连续波方式，这时脉冲波强度选择按钮不起作用。

2. 驻波法测量声速。

2.1 测量装置的连接

如图2所示，信号源面板上的发射端换能器接口（S1），用于输出一定频率的功率信号，请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，请接至双踪示波器的CH1（Y1），用于观察发射波形；接收换能器（S2）的输出接至示波器的CH2（Y2），用于观察换能器接收波形。

2.2 测定压电陶瓷换能器的测试频率工作点

只有当换能器S1的发射面和S2的接收面保持平行时才有较好的接收效果。为了得到较清晰的接收波形，应将外加的驱动信号频率调节到换能器S1、S2的谐振频率处时，才能较好的进行声能与电能的相互转换（实际上有一个小的通频带），S2才会有有一定幅度的电信号输出，才能有较好的实验效果。

换能器工作状态的调节方法如下：首先调节发射强度旋钮，使声速测定仪信号源输出合适的电压，再调整信号频率（在25~45kHz之间），观察频率调整时CH2（Y2）通道的电压幅度变化。合适选择示波器的扫描时基t/div和通道增益，并进行调节，使示波器显示稳定的接收波形。在某一频率点处（34~40kHz之间），电压幅度明显增大，再适当调节示波器通道增益，仔细地细调频率，使该电压幅度为极大值，此频率即是压电换能器相匹配的一个谐振工作点，记录频率 F_N 。改变S1和S2间的距离，适当选择位置，重新调整，再次测定工作频率，共测5次，取平均频率 f 。

在一定的条件下，不同频率的声波在介质中的传播速度是相等的。利用换能器的不同谐振频率的谐振点，可以在用一个谐振频率测量完声速后，再用另外一个谐振频率来测量声速，就可以验证以上结论。

2.3 测量步骤

将测试方法设置到连续波方式，选择合适的发射强度。完成前述2.1、2.2步骤后，选好谐振频率。然后转动距离调节鼓轮，这时波形的幅度会发生变化，记录下幅度为最大时的距离 L_{i-1} ，距离由数显尺（SV-DH-3A、SV-DH-7A、SV-DH-8A型）或在机械刻度（SV-DH-3、SV-DH-7、SV-DH-8型）上读出，**数显尺原理说明见附录2**。再向前或者向后（必须是一个方向）移动距离，当接收波经变小后再到最大时，记录下此时的距离 L_i 。即可求得声波波长： $\lambda_i = 2 | L_i - L_{i-1} |$ 。多次测定，用逐差法处理数据。

3. 相位法/李萨如图法测量波长的步骤

将测试方法设置到连续波方式，选择合适的发射强度。完成前述2.1、2.2步骤后，将示波器打到“X-Y”方式，选择合适的示波器通道增益，示波器显示李萨如图形。转动鼓轮，移动S2，使李萨如图显示的椭圆变为一定角度的一条斜线，记录下此时的距离 L_{i-1} ，距离由数显尺或机械刻度尺上读

出。再向前或者向后（必须是一个方向）移动距离，使观察到的波形又回到前面所说的特定角度的斜线，这时接收波的相位变化 2π ，记录下此时的距离 L_i 。即可求得声波波长： $\lambda_i = |L_i - L_{i-1}|$ 。

4. 干涉法/相位法测量数据处理

已知波长 λ_i 和频率 f_i （频率由声速测定仪信号源频率显示窗口直接读出）。则声速 $C_i = \lambda_i \times f_i$ 。

因声速还与介质温度有关，所以必要时请记下介质温度 $t^\circ\text{C}$ 。

五、数据处理：

1、自拟表格记录所有的实验数据，并便于用逐差法求相应位置的差值和计算 λ 。

2、计算出空气介质中共振干涉法和相位法测得的波长平均值 λ ，及其标准偏差 S_λ ，同时考虑仪器的示值读数误差为0.01mm。经计算可得波长的测量结果 $\lambda = \bar{\lambda} \pm \Delta_\lambda$ 。

3、按理论值公式 $V_s = V_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 算出理论值 V_s 。

式中 $V_0=331.45\text{m/s}$ 为 $T_0=273.15\text{K}$ 时的声速， $T=(t+273.15)\text{K}$ 。

或按经验公式 $V=(331.45+0.59t)\text{m/s}$ ，计算 V 。 t 为介质温度（ $^\circ\text{C}$ ）。

4、计算出通过二种方法测量的 V 以及 ΔV 值，其中 $\Delta V=V-V_s$ 。

将实验结果与理论值比较，计算百分比误差。分析误差产生的原因。可写为在室温为 $t^\circ\text{C}$ 时，用共振干涉法（相位法）测得超声波在空气中的传播速度为

$$V = \bar{V} \pm \Delta V \text{ m/s}, \quad \delta = \frac{\Delta V}{V_s} \%$$

5*、记录用不同的测试频率测量时的 f ，求相应的 λ ，计算声速 V ，并作比较。

六、数据表格：

1、压电陶瓷换能器的共振频率： $f = \underline{\hspace{2cm}} \text{kHz}$; $U_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{kHz}$

2、实验初始温度 $t_1 = \underline{\hspace{2cm}} ^\circ\text{C}$ ；实验结束温度 $t_2 = \underline{\hspace{2cm}} ^\circ\text{C}$

表一 驻波法测声速实验数据表

i	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
X_i/mm					
U_{pp}/V					
<u>i</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
X_i/mm					
U_{pp}/V					

表二 行波法测声速实验数据表

i	1	2	3	4	5
X_i/mm					
i	6	7	8	9	10
X_i/mm					