

实验八 声速的测定

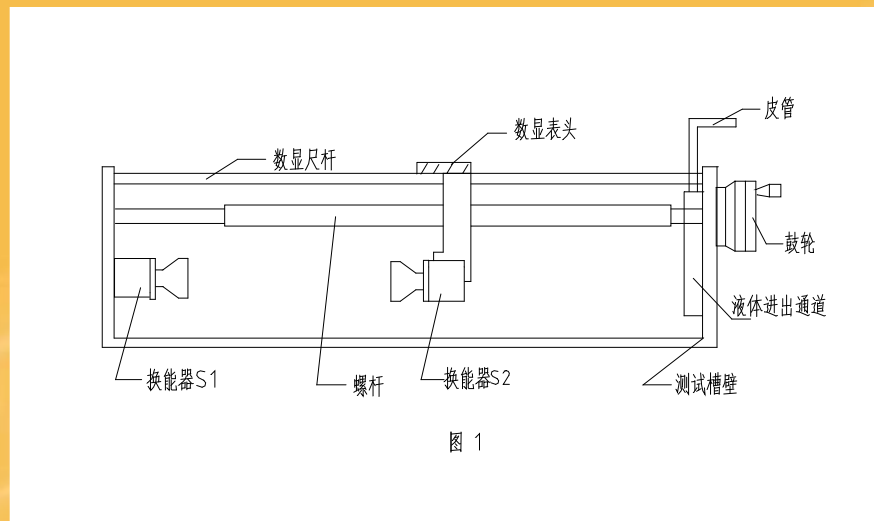
声波是一种在弹性媒质中传播的纵波，频率在20-20KHZ之间的声波叫可听声波。低于20HZ的声波叫次声波。频率高于20KHZ叫超声波。因超声波具有方向性好，穿透本领大，在液体、固体中传播时，衰减很小等特性。因此，对气体、液体的浓度，固体材料弹性模量、气体温度瞬间变化进行分析和测定有着广泛的应用价值。本实验仪器主要测量超声波在空气中传播速度

[实验目的]

- 1、了解超声波的产生和接收原理，测量声波在空气、固体、液体中的传播速度。
- 2、加深对相应的概念和波的干涉，振动合成原理解释。

[仪器介绍]

- ❖ **SV-DH声速测试仪**为测量空气、液体、固体中声波传播速度的专用仪器，是振动与波、压电陶瓷应用、示波器应用和声纳技术应用的一个好实验。
- ❖ **1、SV-DH声速测试仪**是由声速测试仪和声速测试仪信号源二个部分组成，声速测试仪如图1所示。**SV-DH声速测试仪**中,配对压电陶瓷换能器：谐振频率,**35.3kHz**；可承受的连续电功率不小于**15W**。两换能器之间测试距离：**50~280mm(支架式)**



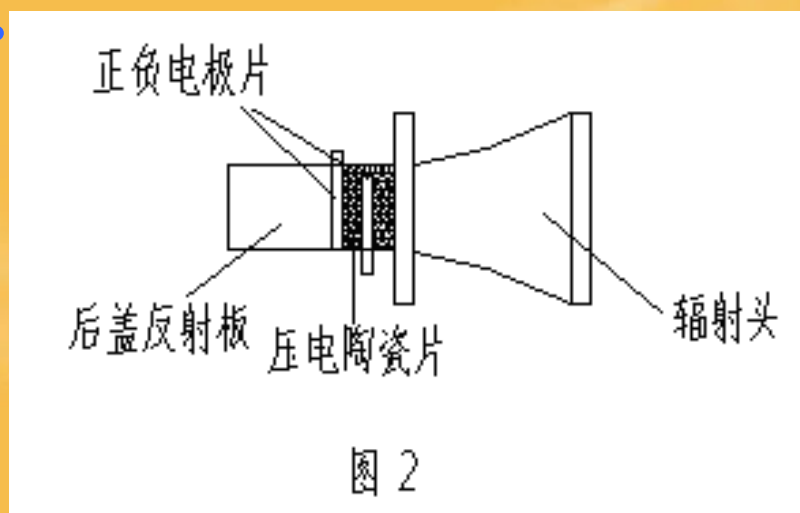
2 . CHH型综合声速测试仪信号源

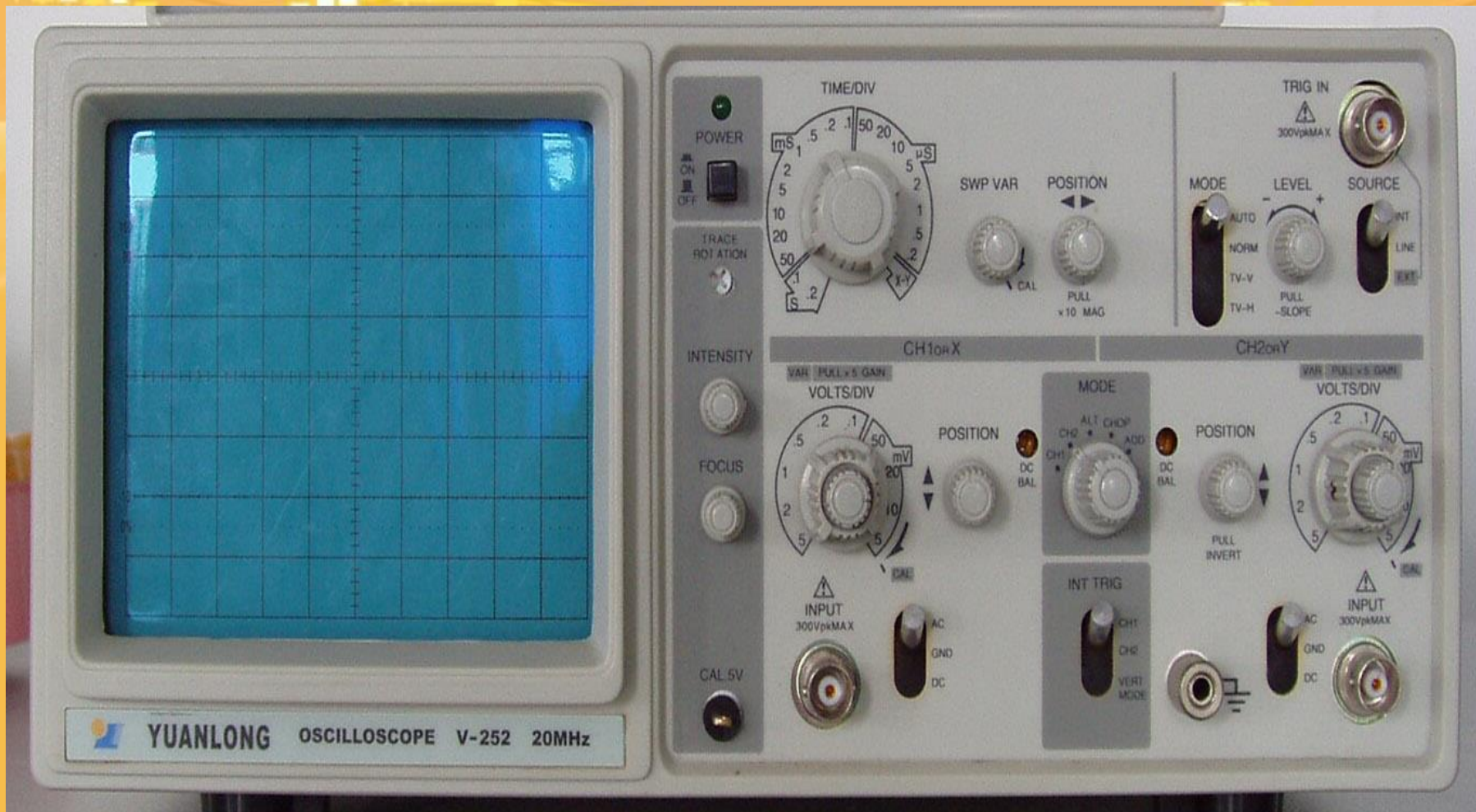
功率信号源：频率范围：25kHz~45kHz；最大输出电压：18VP-P
最大输出功率：5W；频率显示：5位LED数字显示；脉冲调制信号源信号频率：36.5kHz；脉冲宽度：200 μ s；脉冲周期：8ms；计数定时器：计数定时范围：1 μ s~1s；分辨率：1 μ s；空气和液体切换测量。

3、压电陶瓷换能器

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20-60kHz之间。在此频率范围，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 2 纵向换能器的结构简图





示波器示意图

[原理]

声波的传播速度 v 与声波频率 ν 和波长 λ 的关系为：

$$v = \nu\lambda \dots\dots\dots (1)$$

因此，在实验中测出声速的频率和波长，即可求出声速。式中声源的频率就是低频信号发生器的输出频率。而声速的波长常用共振干涉法（驻波法）、相位比较法（行波法）和时差法来测量。

一、共振干涉法（驻波法）测量声速

SV-DH声速测试仪如图1所示，S1作为声波发射器它由信号源供给频率为数千周的交流电信号，由逆压电效应发出一平面超声波；而S2则作为声波的接收器，正压电效应将接收到的声压转换成电信号，经过信号处理后，输入示波器。我们在示波器上可看到一组由声压信号产生的正弦波形。由于S2在接收声波的同时还能反射一部分超声波，接受的声波和发射的声波振幅虽有差异，但二者周期相同，且在同一直线上沿相反方向传播，二者在S1与S2区内产生了波的干涉，形成驻波。

波束1（S1端发射） $y_1 = A \cos(\omega t - 2\pi x/\lambda)$ 正向向右传播，波束2

（S2端发射）： $y_2 = A \cos(\omega t + 2\pi x/\lambda)$ 当它们相交时，叠加后的

波形为波束3： $y_3 = 2A \cos(2\pi x/\lambda) \cos \omega t$ 这里 ω 为声波的角频率， t 为经过的时间， x 为两换能器之间的距离。

当 $\left| \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \right|$ 或 $2\pi \frac{x}{\lambda} = k\pi$, $k=1,2,3,\dots$ (1) 位置上,

声振幅最大称波腹。当 $2\pi \frac{x}{\lambda} = (2k-1)\frac{\pi}{2}$, $\left| \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \right| = 0$ 在 $k=1,2,3,\dots$ $x = (2k-1)\frac{\lambda}{4}$

声振幅为零称波节。两相邻波腹 (波节) 间的距离均为 $\frac{\lambda}{2}$, 如图3所示。

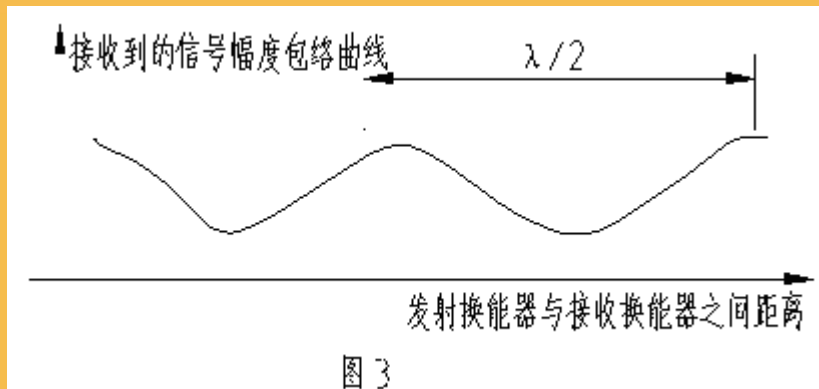


图3

二、 相位比较法

声波在传播过程中, 相位会产生变化。即对于: $y_1 = A \cos(\omega t - 2\pi x / \lambda)$ 波束,
 设声源发生器 S_1 发出的发射波和接收器 S_2 接收的波之间产生的相位差为

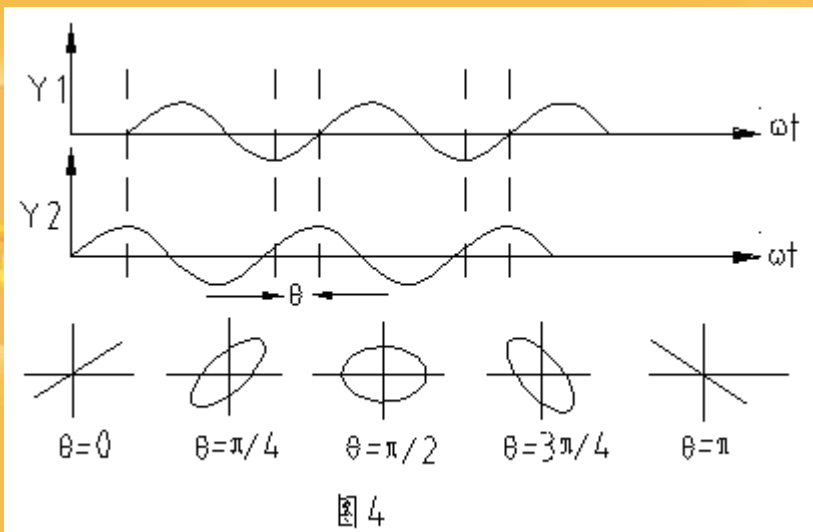
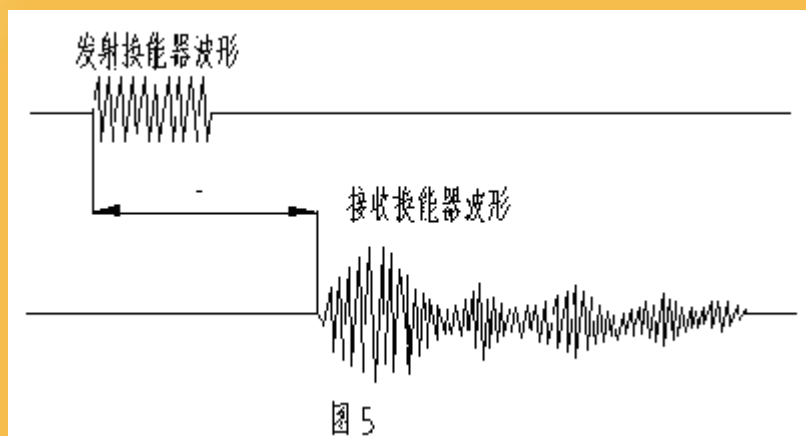
$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = 2\pi \frac{\Delta X}{\lambda} \quad (3)$$

信号发生器输出的信号 y_2 直接接入示波器的x轴上, 即, $x_1 = A \cos(\omega t - 2\pi x / \lambda)$
 这两个信号频率相同, 且相互垂直, 当相差变化时, 在示波器中进行合成, 形成如下李萨如图形, 如图4所示。

三. 时差法测量原理

经脉冲调制后，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。所以可以用以下公式求出声波在介质中传播的速度。如图5

速度 $V = \text{距离 } L / \text{时间 } t$



实际应用公式

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

[实验内容]

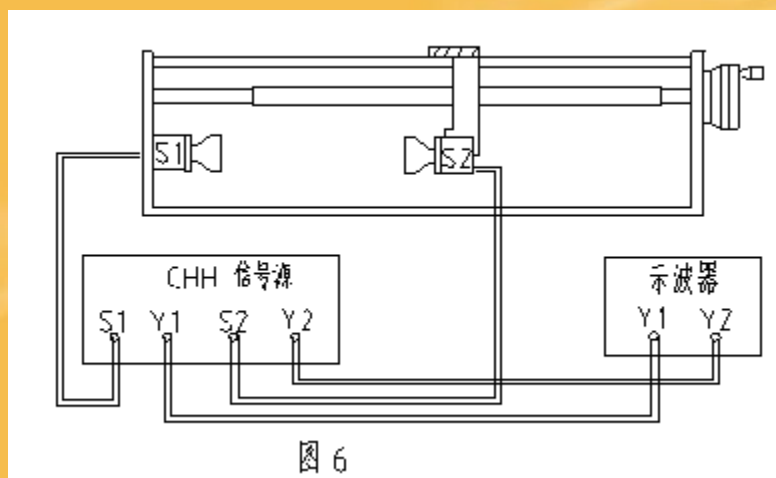
一、实验仪器的准备与调试

1. 声速测试仪系统的连接与试运行。在通电后，自动工作在连续波方式，选择的介质为空气的初始状态，预热15min。

2. 连接装配（如图6所示）。

3. 测定压电陶瓷换能器系统的最佳工作点

超声换能器工作状态的调节方法如下：各仪器都正常工作以后，首先调节声速测试仪信号源输出电压（10-15V之间），调整信号频率（在25-45kHz），观察频率调整时接收波的电压幅度变化，在某一频率点处（34.5kHz—37.5kHz之间）电压幅度最大，同时声速测试仪信号源的信号指示灯亮，此频率即是压电换能器S1、S2相匹配频率点，记录频率 f_N ，改变S1和S2间的距离，适当选择位置，重复调整，再次测定工作频率，共测5次，取平均频率。



二. 共振干涉法（驻波法）测量波长

将测试方法设置到连续波方式。设定最佳工作频率，观察示波器，找到接收波形的最大值。然后，转动距离调节鼓轮，这时波形的幅度会发生变化，记录幅度为最大时的数显尺的数值 L_i ，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，记录此时的距离 L_{i+1} ，即波长 $\lambda_i = 2 |L_{i+1} - L_i|$ ，多次测定用逐差法处理数据。

三. 相位比较法（李萨如图法）测量波长

将测试方法设置到连续波方式。设定最佳工作频率，观察示波器，转动距离调节鼓轮，观察波形为一定角度的斜线，记录下此时的距离 L_{i-1} ，距离由数显尺上直接读出，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，这时来自接收换能器S2的振动波形发生了 2π 相移，记录此时的距离 L_i 。即波长 $\lambda_i = |L_i - L_{i-1}|$ ，多次测定用逐差法处理数据。

四、相位法/干涉法的声速计算

已知波长 λ_i 和平均频率 ν_i ，则声速 $V_i = \lambda_i \times \nu_i$ 。因声速还与介质温度有关，故请记下介质温度 $t \text{ }^\circ\text{C}$ 。

五、时差法测量声速将测试方法设置到脉冲波方式。将S1和S2之间的距离调到一定距离（ $\geq 50\text{mm}$ ）。再调节接收增益，使示波器上显示的接收波信号幅度在 $300 \sim 400\text{mV}$ 左右（峰—峰值），使定时器工作在最佳状态。然后记录此时的距离值和显示的时间值 L_{i-1} 、 t_{i-1} 。移动S2，同时调节接收增益使接收波信号幅度始终保持一致。记录下这时的距离值和显示的时间值 L_i 、 t_i 。则声速： $V_i = (L_i - L_{i-1}) / (t_i - t_{i-1})$ 。