

# 实验七 超声声速测定

制作 李利华

## [目的要求]

1. 了解超声波的发射和接收方法；
2. 加深对振动合成、波动干涉等理论知识的理解，学会用驻波法和位相法测定空气中的声速；
3. 了解压电陶瓷换能器的功能，熟悉信号源及双踪示波器的使用；
4. 掌握用逐差法处理实验数据。

## [实验原理]

超声波是频率范围在 $2 \times 10^4 \text{Hz} - 5 \times 10^8 \text{Hz}$ 之间的纵波。超声波的传播速度就是声波的传播速度。由波动理论可知：波速、波长与频率有如下关系：

$$v = f \cdot \lambda \quad (7-1)$$

知道频率和波长就可以求出波速。

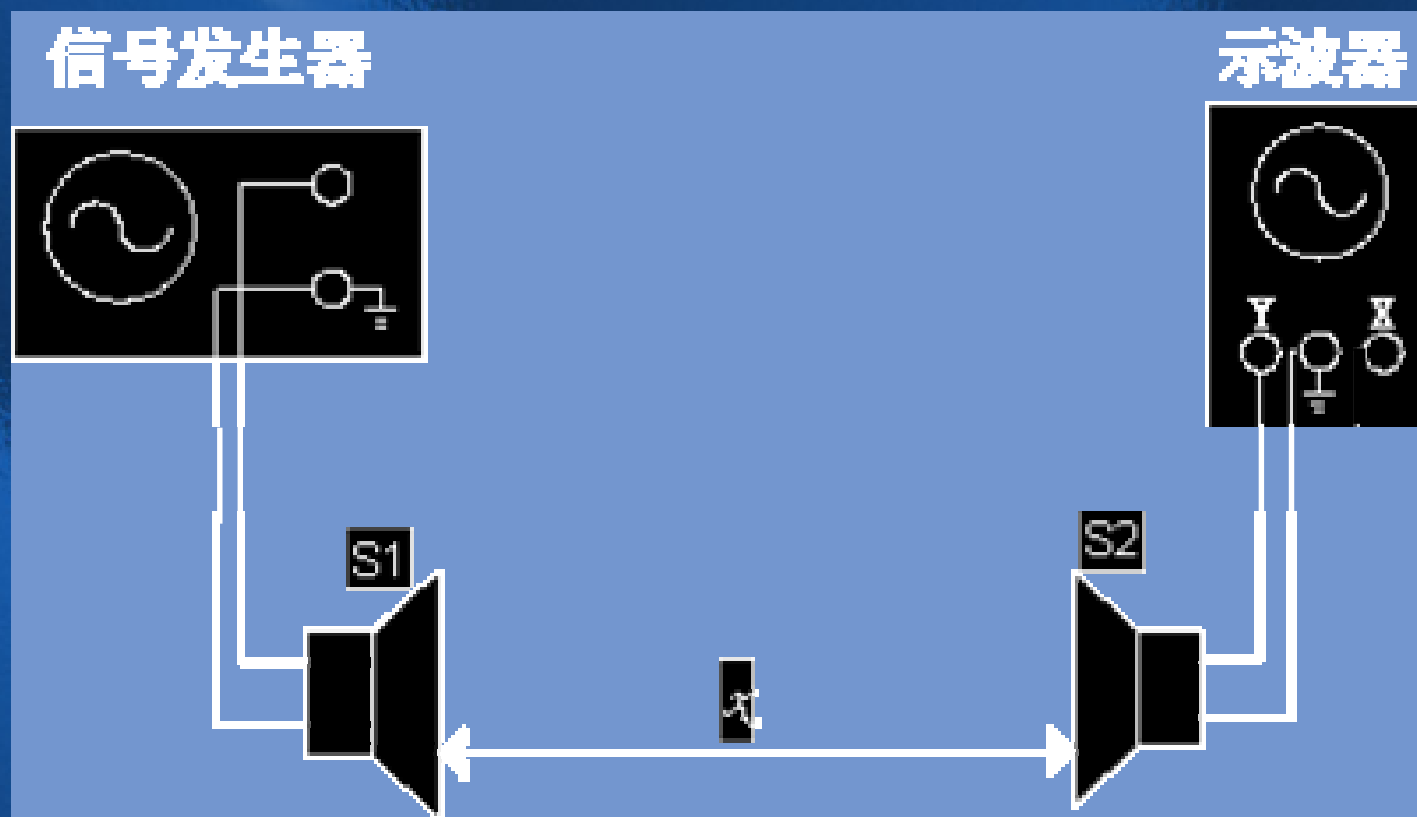
本实验通过低频信号发生器控制换能器。低频信号发生器的输出频率就是声波频率；声波的波长用驻波法（共振干涉法）和相位法（行波法）测量得到。

压电陶瓷换能器实现声压与电压间的转换，并在声—电转换的过程中信号频率保持不变。

用压电陶瓷超声换能器来测定超声波在空气中的传播速度，是非电量电测的一个例子。

# 1.驻波法测量原理

驻波法测声速如下图所示:



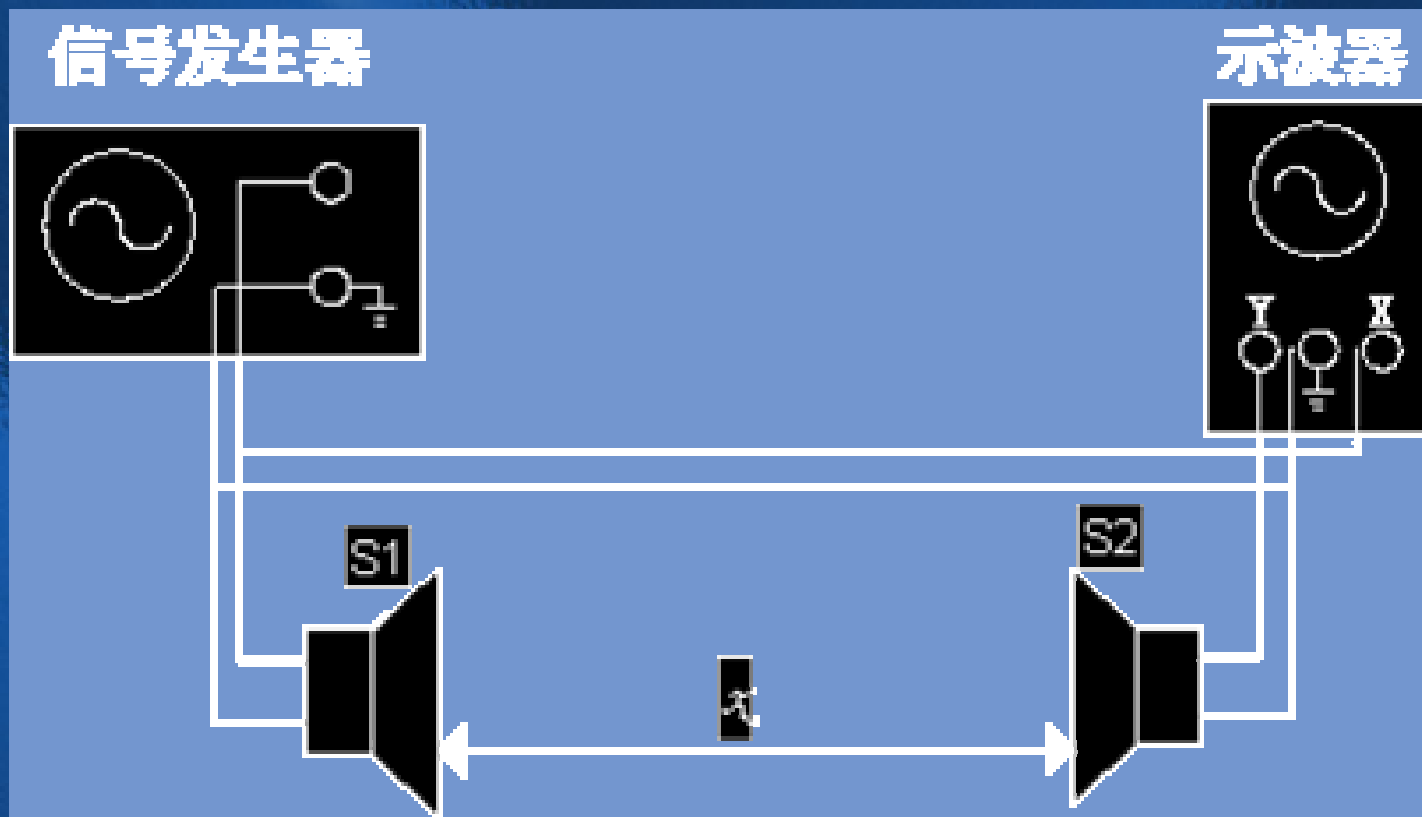
在驻波测量中 $S_1$ 为发射器， $S_2$ 为接收器， $S_2$ 将接收到的信号转换为同频率的正弦电压信号接入示波器。连续移动 $S_2$ 的位置，当 $S_1$ 、 $S_2$ 间距恰好为超声波半波长的整数倍时，即

$$\Delta x_n = n \frac{\lambda}{2} (n = 1, 2, \dots) \quad (7-2)$$

在 $S_1$ 、 $S_2$ 间形成驻波。 $S_2$ 端面为波节，波节处介质密度变化最大，产生的声压最大，通过换能器转换后的电压信号在示波器观察到的幅值最大。记录波节 $S_2$ 的位置，两个相邻波节间距为半波长，故由(7-1)可计算出声速。

## 2.位相法测量原理

位相法测量原理如下图所示：

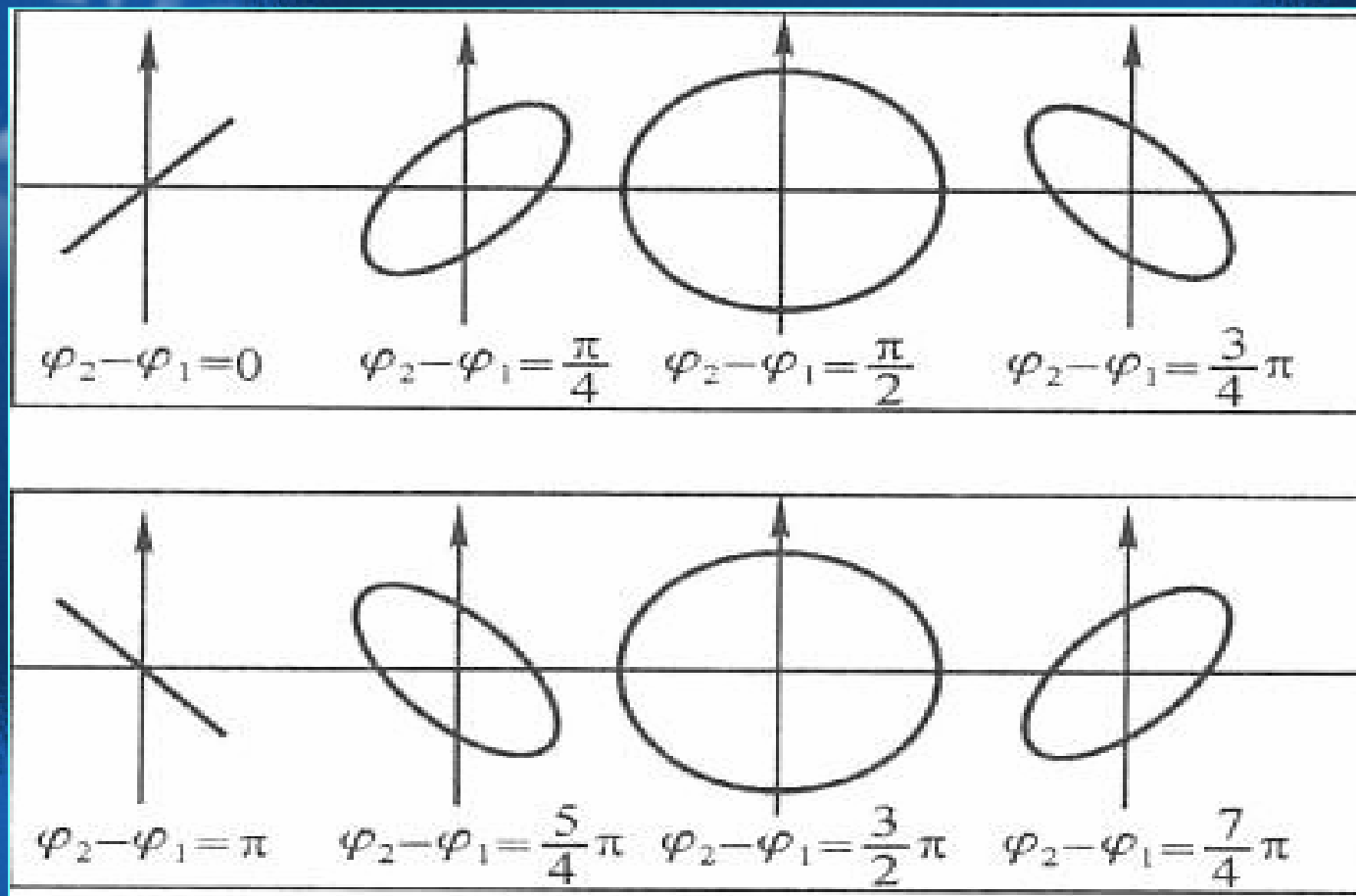


从换能器 $S_1$ 发出的超声波到达接收器 $S_2$ ，所以在同一时刻 $S_1$ 与 $S_2$ 处的波有一相位差：

$$\varphi = \frac{x}{\lambda} \cdot 2\pi \quad (7-3)$$

$x$ 为 $S_1$ 和 $S_2$ 之间距离，当 $x$ 变化一个波长时，相位差就改变 $2\pi$ 。利用李萨如图形就可以测得超声波的波长。

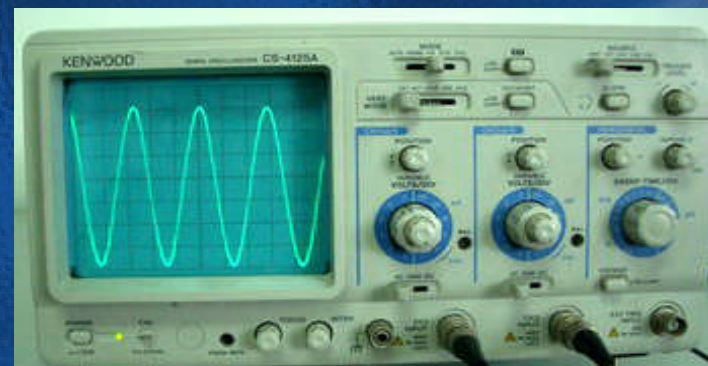




同频率李萨如图形如上图所示

## [实验仪器]

声速测定仪、声速测定仪信号源、双踪示波器如图：



## [实验内容]

- 1.驻波法测空气中的声速
- 2.相位法测空气中的声速

## [数据处理]

1. 记录数据  $x_n, f_n, t_1, t_2$ .

2. 计算  $\bar{f}, \bar{t}$ , 用逐差法求  $\bar{\lambda}$

3. 计算  $v_{\text{测}} = \bar{f} \cdot \bar{\lambda}$

4. 计算百分误差

$$\text{百分误差} = \frac{|v_{\text{测}} - v_{\text{理}}|}{v_{\text{理}}} \times 100\%$$

$$\text{其中 } v_{\text{理}} = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}} \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

## [注意事项]

1. 确保换能器 $S_1$ 和 $S_2$ 端面的平行；
2. 信号发生器输出信号频率与压电换能器谐振频率 $f_0$ 保持一致，即在测量前调试共振频率；
3. 换能器 $S_1$ 和 $S_2$ 端面间距大于3cm。

## [思考题]

1. 声速测定中驻波法和位相法有何异同?
2. 位相法为什么选直线图形作为测量基准?从斜率为正的直线变到斜率为负的直线过程中位相改变了多少?