

# 超声法测量材料的弹性常数

弹性模量  $E$ 、切变模量  $G$  和泊松比  $\mu$  是材料的重要力学性能参数（弹性常数），在解决工程构件的强度、刚度和稳定性问题时经常会用到。本实验用超声法测量金属材料的弹性常数。

## 一 实验目的

1. 超声法测量材料的弹性模量  $E$ 、切变模量  $G$ 、泊松比  $\mu$ 。
2. 熟悉和学习超声测试技术。

## 二 设备和仪器

- 1 超声发生器。
- 2 数字记忆示波器。
- 3 5MHz 纵波探头及 5MHz 横波垂直入射探头及连线。
- 4 游标卡尺。
- 5 探头夹具。
- 6 耦合剂。
- 7 温度计。

## 三 待测试件

采用块状试件，尺寸为  $140 \times 30 \times 15\text{mm}$ ，上下表面进行打磨，具有良好的光洁度。试件材料分别为 Q235 钢。

## 四 实验原理

超声横波、纵波在各向同性均匀弹性体内传播时，其波速与弹性常数和材料密度间的关系如下：

$$\mu = \frac{1 - 2(V_T/V_L)^2}{2 - 2(V_T/V_L)^2}, \quad (1)$$

$$E = \frac{V_L^2 \rho (1 + \mu)(1 - 2\mu)}{1 - \mu}, \quad (2)$$

$$G = V_T^2 \rho \quad (3)$$

式中： $\mu$ 、 $\rho$ 、 $E$ 、 $G$  分别为材料的泊松比、密度、弹性模量、切变模量， $V_L$ 、 $V_T$  分别为纵波和横波在材料中的传播速度。

通过测量材料中超声横波和纵波的速度，由上述声弹性理论即可计算出材料的弹性系数。

测量系统的组成如图 1 所示。

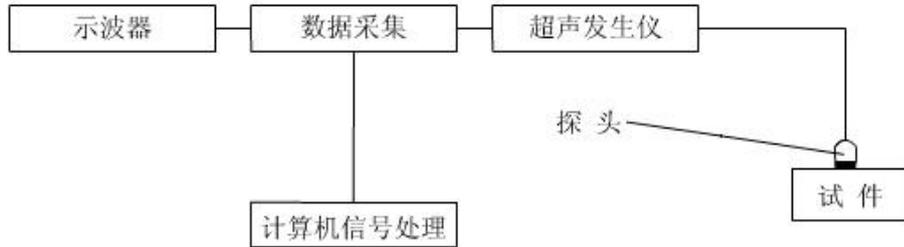
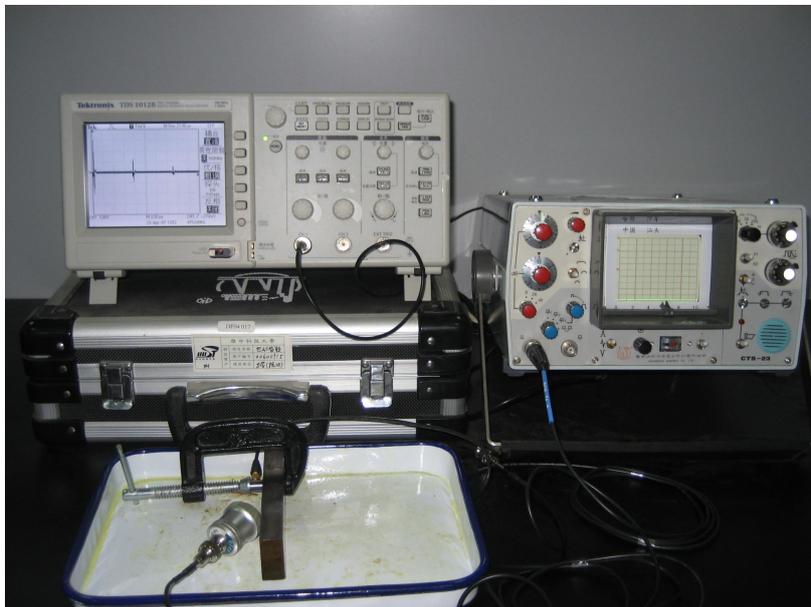


图 1 实验系统原理图

测量系统的实物图如图 2 所示



超声发生仪产生超声脉冲信号通过超声探头转换为超声纵波或横波垂直入射进入被测试件。同一探头接受试件底面反射的回波，转换为电信号由数据采集系统采集显示并记录在数字示波器内，连接到计算机上进行计算，得出材料的弹性常数。

## 五 实验步骤

1. 开启测量系统，预热 2 分钟。示波器采样频率为 100MHz，采样周期 10ns。
2. 实验环境温度为室温。
3. 用游标卡尺测量待测试件厚度并记录，测量三次取平均值。
4. 装夹纵波探头，记录波形数据（探头轻拿轻放，切忌坠落、摔击）

将超声纵波探头连接到超声脉冲发射器上，探头和试件间采用机油耦合，保

持探头表面紧贴试件，探头垂直于试件表面，下压力适中。

(1) 待波形稳定后按示波器上‘RUN/STOP’键定格波形，松开探头，按‘SAVE/RECALL’键后再按‘存储’按钮，保存波形的数据到U盘，并记下对应的文件名。

(2) 通过示波器显示面板上的刻度估读超声波的两个回波间的时间差，并记录。具体操作为：按‘CURSOR’键，再按‘光标1’钮，调动‘多功能旋钮’调节左边刻度线到某一波峰处；按‘光标2’钮，调动‘多功能旋钮’调节右边刻度线到下一波峰处，在屏幕右边读出 $\Delta t$ 值。

(3) 再按一次‘RUN/STOP’键恢复采集。

#### 5. 装夹横波探头，记录波形数据

将超声横波探头连接到超声脉冲发射器上，探头和试件间采用横波专用耦合剂，测量方法同上。

6. 测量完毕后拔下示波器上的U盘，将数据送入计算机计算弹性常数。

#### 7. 计算弹性常数

(1) 利用估读的回波时间差以及材料参数算出横波、纵波的速度（超声波速度 $=2 \times$ 试件厚度/回波时间差），代入实验指导书中的公式，计算材料弹性常数。

(2) 运行弹性常数计算软件，选择采样周期和试件材料参数，导入纵波、横波波形数据文件，计算材料弹性常数。（钢密度： $7850 \text{ kg/m}^3$ ）

(3) 将两种方法得到的材料弹性常数进行比较。

软件界面如图2。

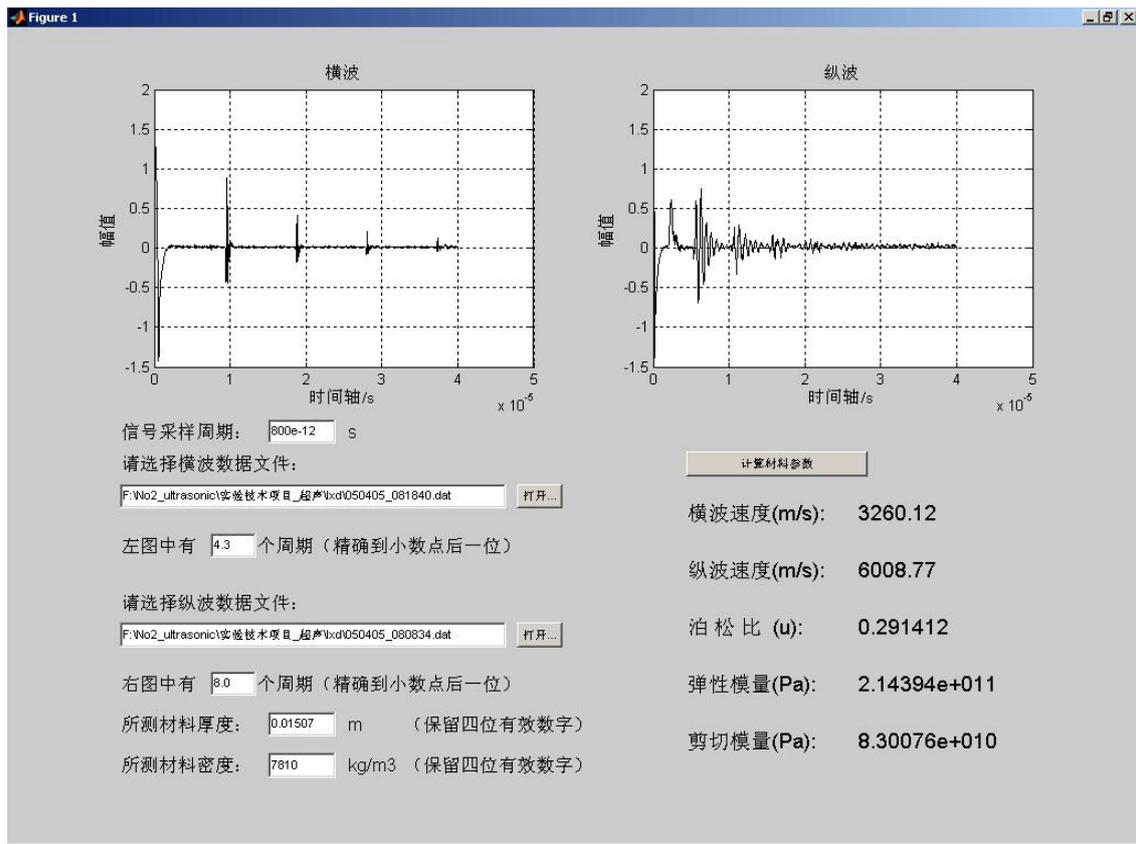


图 2 软件界面

以 Q235 钢材料为例，导入相应的横、纵波的数据，并输入信号采样周期、试件厚度和密度，点击计算按钮，其弹性常数计算结果在右侧显示。

## 六 实验结果记录及处理

参数及结果记录如表 1

表 1 实验参数及实验结果记录

环境温度:

材料(Q235 钢)		试件厚度 (mm)	超声纵波速度 $V_L$ (m/s)	超声横波速度 $V_T$ (m/s)	弹性模量 $E$ (GPa)	切变模量 $G$ (GPa)	泊松比 $\mu$
手算结果	1						
	2						
	3						
	均值						
计算机计算结果							

## 七 实验报告要求

- 1 实验报告应包括实验目的、设备和仪器、实验数据记录和处理及实验分析讨论等。
- 2 设备和仪器应写出仪器的名称、型号、和主要参数，如示波器的采样频率、采样宽度，探头的频率等。
- 3 分析和讨论应包括实验中发生的问题及分析，产生误差的因素，提出相应的解决方案等。