

超声波探伤实验报告

天文学 201711160118 屈楚舒

【实验目的】

- 1.了解固体中的弹性波及其传播的规律。
- 2.了解超声波产生与探测的原理。
- 3.掌握利用示波器测量固体中 3 种弹性波波速的方法。
- 4.了解超声波探伤的原理和方法。
- 5.设计、搭建利用超声波探测物理量的实验。

【实验仪器】

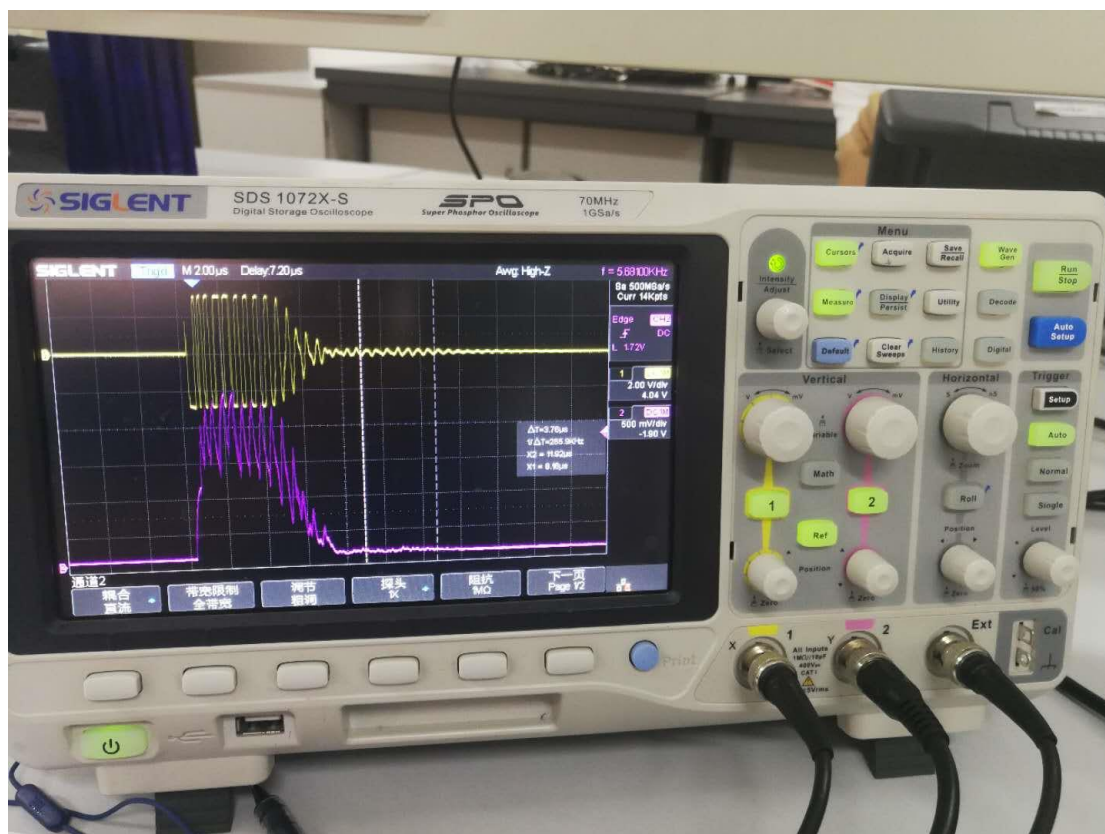
JDUT-2 型超声波实验仪，示波器、测试 A1 块和耦合剂水。

【实验内容】

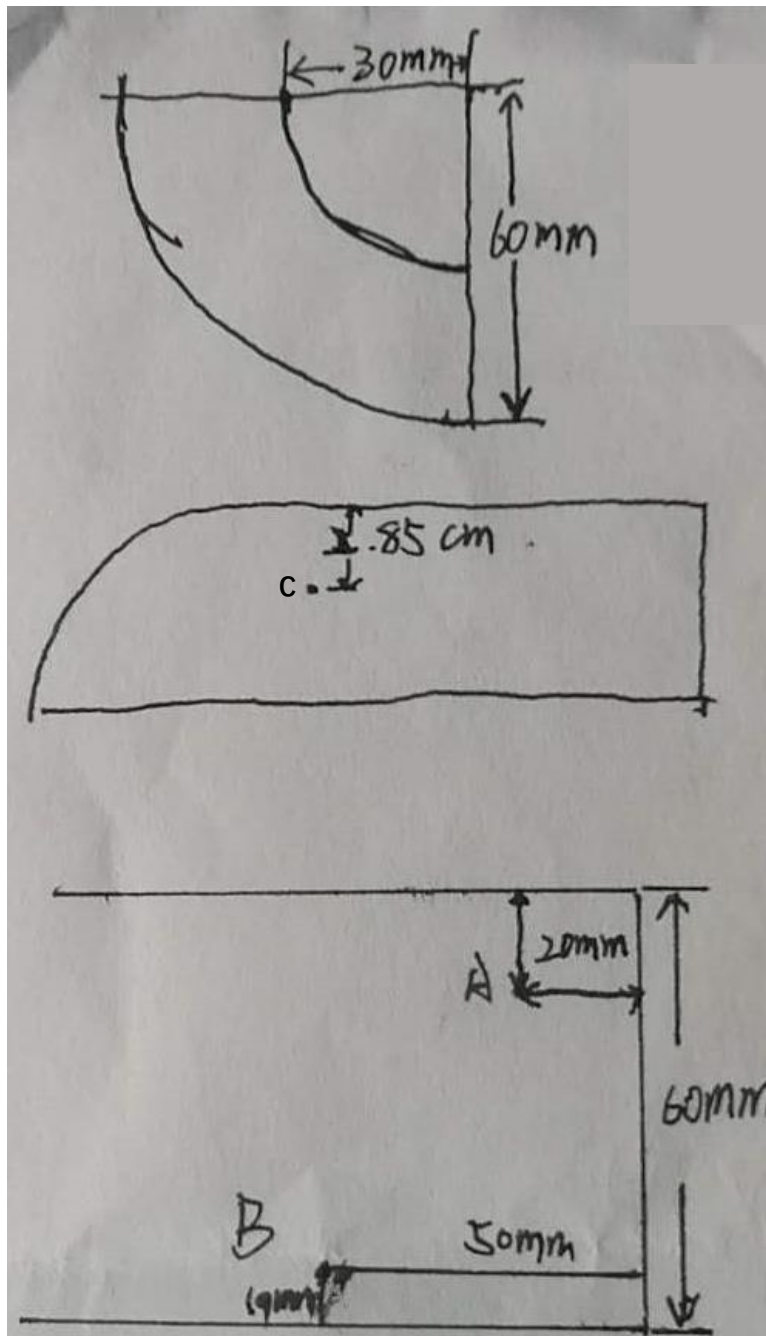
- 1.超声纵波主要性能的表征及 A 块缺陷深度的定位
 - (1) 观察直探头超声脉冲波型，测量超声频率
 - (2) 测量直探头延迟时间、A1 块中纵波声速
 - (3) 定位 A1 中不同缺陷的深度；
 - (4) 借助于一个缺陷，测量直探头的扩散角（选做）。
- 2.超声横波主要性能及 A 块缺陷的定位
 - (1) 观察斜探头（45°）的超声脉冲波型，测量超声频率：
 - (2) 采用斜探头，利用工件的同心大小圆弧测量斜探头的延迟时间、横波声速
 - (3) 测量 A1 块对超声波的折射角；
 - (4) 借助于一个缺陷，测量斜探头的扩散角（选做）。
- 3.计算 AI 的弹性模量。

【实验数据及处理】

先在 AI 块上涂抹耦合液（水），再将直探头贴紧金属块表面，调节示波器，读取声波参数直探头超声波脉冲波型；超声频率：2.17MHz



AI 块尺寸记录



直探头延迟时间测量:

将直探头对着铁块发出声波, 接受第一次反射的信号和第二次反射的信号与初始发出信号的时间差, 即 t_1 和 t_2 。列出下面的方程组解出波速和延迟时间。

已知 $H=45\text{mm}$

$$t_1 = \frac{2H}{c} + t_{\text{迟}}$$

$$t_2 = \frac{4H}{c} + t_{\text{迟}}$$

$$c = 6428.6 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{迟}} = 0.1 \mu\text{s} = 10^{-7} \text{ s}$$

金属探伤：（老师就要求 D 的伤深）将直探头对准损伤洞口 D 的正背面
滑动探头，观察示波器波形变化，在变化的过程中找小突起波峰最高的地方，用示波器的
cursors 标记声波发出到收到伤口反射波的时间差 t ，利用公式 $l = \frac{c \times t}{2}$ 计算出伤口的底部离
洞口正背面的面的深度，用金属块的长度参数减去 l 即为 D 的伤深。

$$t = 9.7\mu s = 9.7 \times 10^{-6} s \quad d = 45mm = 4.5 \times 10^{-2} m \quad l = \frac{c \times t}{2} = 31.18mm = 3.118 \times 10^{-2} m$$

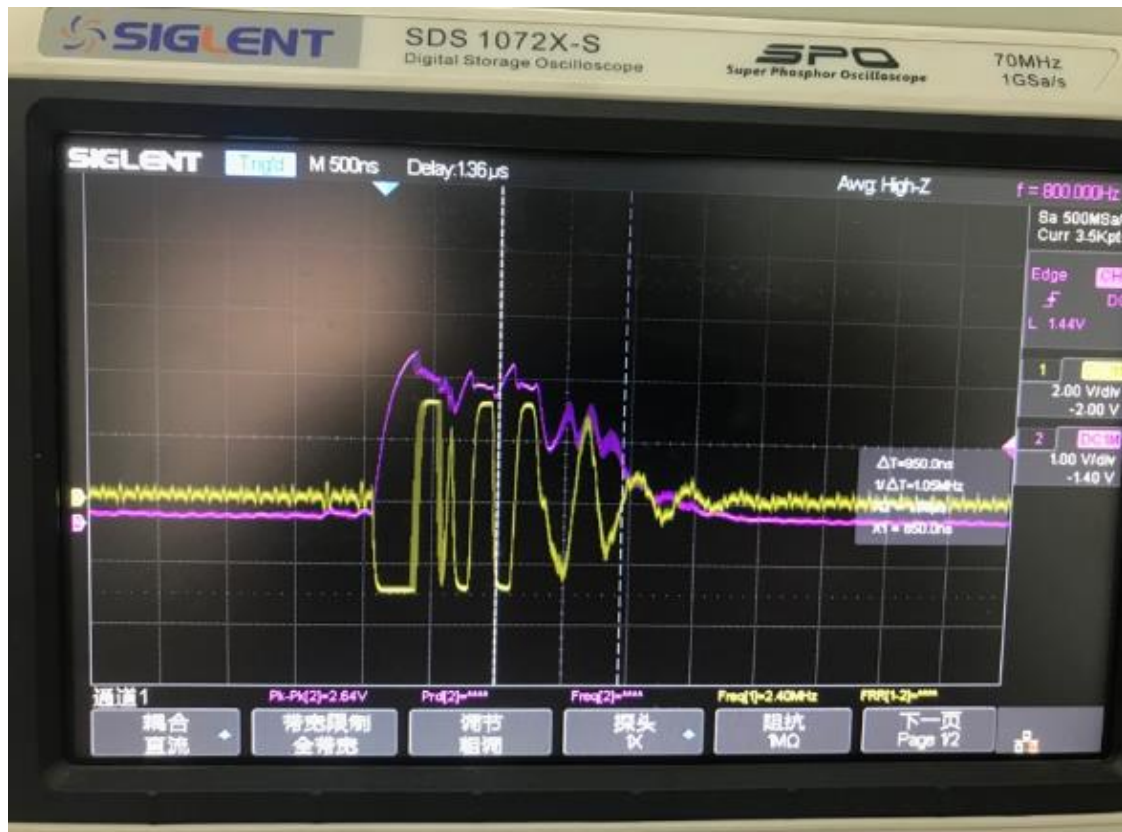
$$d_{\text{深}} = d - l = 13.82mm = 1.382 \times 10^{-2} m$$

测量直探头的扩散角：沿着一个方向移动直探头（保证出现的小波峰的波峰为最大值），记
录振幅减小一半的位置之间的距离 Δx ，因为是从伤口的侧面测量的，所以 $H_B = 28.5mm$
测得 $\Delta x = 17mm$

$$\theta = 2 \arctan \left(\frac{\Delta x}{2H_B} \right) = 33^\circ 12' 50''$$

斜探头：

波形图



频率： $f = 2.10MHz$

将探头对准金属块的弯曲处，测同心圆的回波，使两个回波同时达到最大值。测信号发出到
回波接受的时间差 t_1 、 t_2

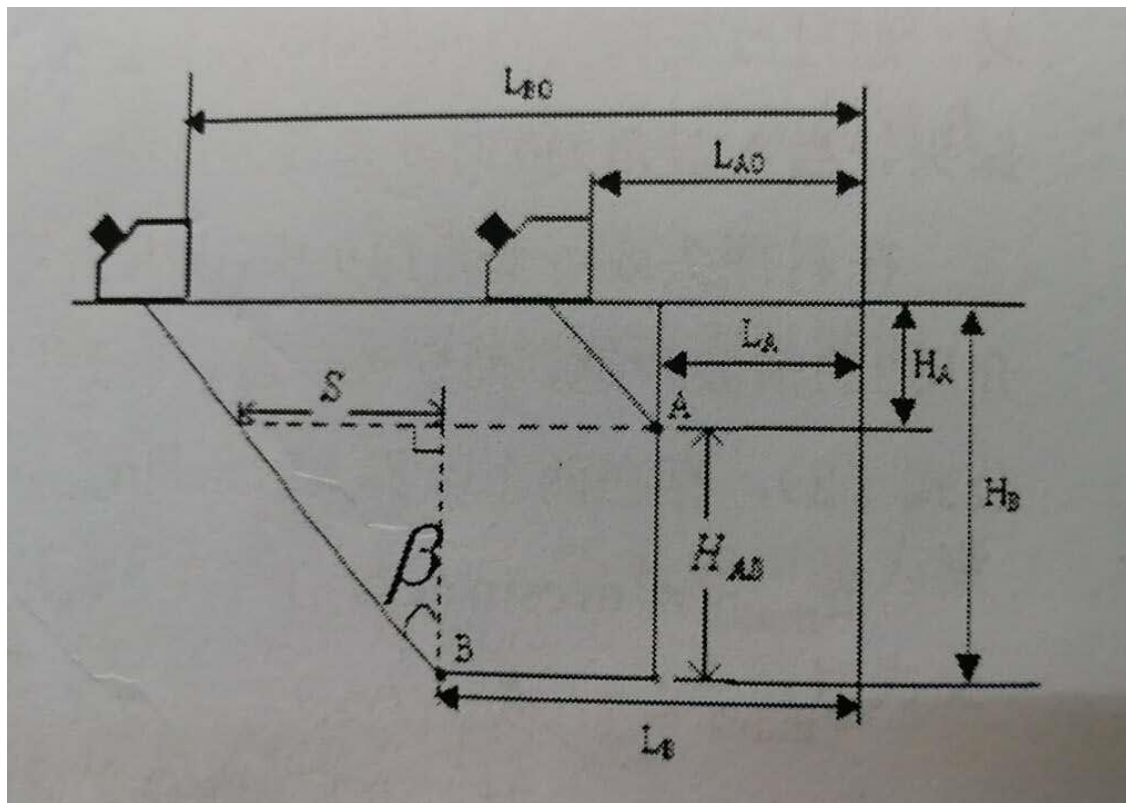
$$t_1 = \frac{2R_1}{c} + t_{\text{迟}}$$

$$t_2 = \frac{2R_2}{c} + t_{\text{迟}}$$

$$c = 3225.8 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{迟}} = 6.4\mu s = 6.4 \times 10^{-6} s$$

测量斜探头的扩散角



$$L_{AO} = 48\text{mm} = 4.8 \times 10^{-2}\text{m}, L_{BO} = 107\text{mm} = 1.07 \times 10^{-1}\text{m}$$

$$\beta = \arctan \frac{(L_{BO} - L_{AO}) - (L_B - L_A)}{H_B - H_A} = 47^\circ 43' 35''$$

同直探头测 Δx 的理

$$\Delta x = 1.0\text{ cm} = 10^{-2}\text{m}$$

$$\theta = 2\arctan \frac{\Delta x}{2H_B} \cos^2 \beta = 9^\circ 48'$$

计算 Al 金属块的杨氏模量

$$\rho_{\text{铝}} = 2.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$$

$$\gamma = \frac{c_{\text{纵}}}{c_{\text{横}}} = 1.993$$

$$E = \rho_{\text{铝}} \times c_{\text{横}}^2 \times \frac{3\gamma^2 - 4}{\gamma^2 - 1} = 7.48 \times 10^{10} \text{Pa}$$

【思考题】

1. 实验中是如何产生和探测超声波的？
利用晶体的压电和逆压电效应来探测和发射超声波。给予压电晶片电压脉冲即可产生超声波；超声波在材料内部传播时，与被检对象相互作用发生散射。散射波被压电换能器吸收从而引起晶体振荡（产生正压电效应），振荡的电压输出为电信号。
2. 超声波在固体中的传播与在空气中有什么主要区别？
固体中传播的超声波振型有纵波振型和横波振型，而在空气中传播的只有纵波振型。

而且传波的速度也不同。

3. 直探头和斜探头发射的超声波有什么区别？

用直探头来产生纵波，用斜探头来产生横波或者表面波。斜探头的延迟较大，直探头的延迟较小，如果精度要求不高直探头的延迟可以忽略不计。

4. 简述超声探伤的原理。

通过测量反射波来获得物体内部的信息，在进行缺陷定位时，首先找到缺陷反射回波最大的位置，然后测量缺陷反射回波对应的时间 t ，根据被测材料的声速 v 可以计算出缺陷到探头入射点的垂直深度 H 或水平距离 L 。在超声成像时，探头在试块顶部做二维扫描，得到来自试块内部缺陷深度的分布，再利用计算机进行图像重建，就可以得到试块内部缺陷的立体图像。

5. 如何测量固体的弹性模量？

测量出固体中横波波速和纵波波速，再测量出固体的密度
利用公式

$$E = \rho_{\text{铝}} \times c_{\text{横}}^2 \times \frac{3\gamma^2 - 4}{\gamma^2 - 1}, \quad \gamma = \frac{c_{\text{纵}}}{c_{\text{横}}}$$

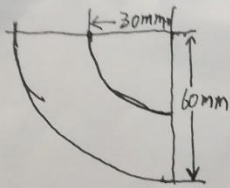
即可求出固体的杨氏模量。

【误差分析】

直探头的扩散角过大（甚至比斜探头的扩散角大得多）。由于直探头的接触面积比较大，故在金属块的面上振动的不是一个点，而是一个圆内的点都算振动元。若 Δx 减去直探头的直径 $d=1.5\text{cm}$ ，则算出来的 $\theta=4.02^\circ$ 。这个结果比较符合预期。

在计算扩散角时令振幅为最大振幅的一半为边界，此时振幅是一半但能量不一定是一半，会使扩散角的结果偏大一些（无论哪种探头都有这个问题）。

附上数据记录



直探头. 衰减: 35. $f = 2.17 \text{ MHz}$

发射声波: 2.17 MHz . $H = 4.5 \text{ cm}$.

直探头延迟. $t_1 = 14.1 \mu\text{s} = \frac{2H}{c} + t_{\text{死}}$

$t_2 = 28.1 \mu\text{s} = \frac{4H}{c} + t_{\text{死}}$

$c = 6428.57 \text{ m/s}$. $t_{\text{死}} = 0.1 \mu\text{s}$.

伤深. $\Delta t = 9.7 \mu\text{s}$. $d = 6 \text{ cm}$.

$\bar{d}_{\text{深}} = 3.118 \text{ cm}$.

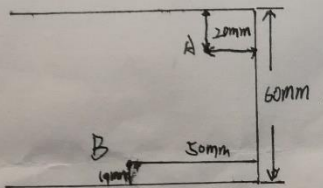
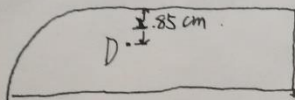
$d_{\text{深}} = d - \bar{d}_{\text{深}} = 2.882 \text{ cm}$.

$\Delta X = 1.7 \text{ cm}$.

$H_B = 2.85 \text{ cm}$.

$\theta = 2 \arctan \frac{\Delta X}{2H_B}$

$= 33^\circ 12' 50''$.



斜探头.

$f = 2.10 \text{ MHz}$.

$t_1 = 18.6 \mu\text{s}$.

$t_2 = 43.6 \mu\text{s}$.

$\cancel{f = 2.10 \text{ MHz}}$ $v = \frac{60}{t_2 - t_1} = 3225.8 \text{ m/s}$. $t_{\text{死}} = 6.4 \mu\text{s}$.

$L_{AO} = 4.8 \text{ cm}$.

$L_{BO} = 10.7 \text{ cm}$.

$\beta = \arctan \frac{(L_{BO} - L_{AO}) - (L_B - L_A)}{H_B - H_A} = 47^\circ 43' 35''$

$\Delta X = 1.0 \text{ cm}$. 扩散 $\theta = 2 \arctan \frac{\Delta X}{2H_B} \cos^2 \beta = 9.08^\circ$