

# 超声波在固体中的传输

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X by Jerry

2023 年 12 月 26 日

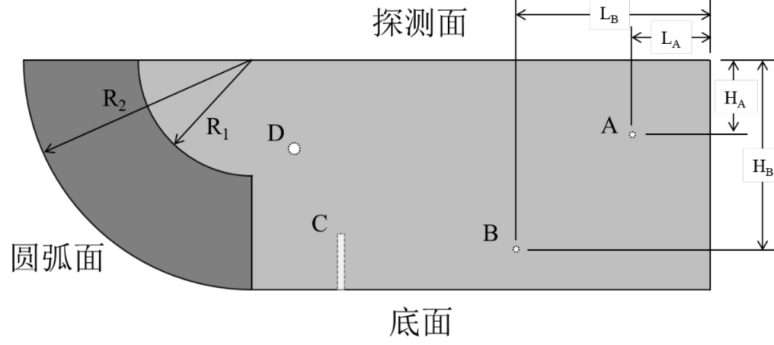
## 目录

<b>1</b>	<b>数据处理</b>	<b>2</b>
1.1	声波波速及杨氏模量测量、泊松系数测量 . . . . .	2
1.2	超声波探伤 . . . . .	3
1.2.1	直探头测缺陷深度 . . . . .	3
1.2.2	斜探头测缺陷 D . . . . .	3
<b>2</b>	<b>教师签字的原始实验数据</b>	<b>5</b>

## 1 数据处理

### 1.1 声波波速及杨氏模量测量、泊松系数测量

测试样密度  $\rho = 2700\text{kg/m}^3$  (铝), 测试样尺寸如下:



尺寸:  $R_1=30.00$ ,  $R_2=60.00$ ,  $L_A=20.00$ ,  $H_A=20.00$ ,  $L_B=50.00$ ,  $H_B=50.00$  (单位: mm)

A、B、D 为背面开口的非贯通横孔, C 为底面开口的竖直非贯通孔

图 1: 测试样尺寸

实验数据:

表 1: 声波波速及杨氏模量测量、泊松系数测量

直探头	纵波	斜探头	横波
底面回波 峰位 ( $t_2/\mu s$ )	表面回波 峰位 ( $t_1/\mu s$ )	$R_2$ 弧面回波 峰位 ( $t_{R_2}/\mu s$ )	$R_1$ 弧面回波 峰位 ( $t_{R_1}/\mu s$ )
19.60	0.40	48.00	28.00
19.60	0.40	49.00	29.00
19.60	0.40	49.00	29.00
可变探头		表面波	
探头角度 ( $^\circ$ )	移动距离 ( $\Delta l/mm$ )	回波峰位 ( $t_{S_1}/\mu s$ )	回波峰位 ( $t_{S_2}/\mu s$ )
68	50.0	68	103

处理数据得到  $\overline{t_2} = 19.60\mu s$ ,  $\overline{t_1} = 0.40\mu s$ , 结合  $l = 60.00\text{mm}$ , 计算介质的纵波声速为

$$c_l = \frac{2 \cdot l}{\overline{t_2} - \overline{t_1}} = 6.25 \times 10^4 \text{m/s}$$

处理数据得到  $\overline{t_{R_2}} = 48.67\mu s$ ,  $\overline{t_{R_1}} = 28.67\mu s$ , 结合  $R_2 = 60.00\text{mm}$ ,  $R_1 = 30.00\text{mm}$ , 计算介质的纵波声速为

$$c_r = \frac{2 \cdot (R_2 - R_1)}{\overline{t_{R_2}} - \overline{t_{R_1}}} = 3.00 \times 10^4 \text{m/s}$$

处理数据得到  $\Delta t_S = t_{S_2} - t_{S_1} = 35\mu s$ , 结合移动距离  $\Delta l = 50.0\text{mm}$ , 计算介质的表面波声速为

$$c_s = \frac{2 \cdot \Delta l}{\Delta t_S} = 2.86 \times 10^4 \text{m/s}$$

则

$$T = \frac{c_l}{c_r} = 2.083$$

则试样的杨氏模量

$$E = \frac{\rho c_r^2 (3T^2 - 4)}{T^2 - 1} = 65.53 GPa$$

试样的 Poisson 系数

$$\sigma = \frac{T^2 - 2}{2(T^2 - 1)} = 3.047 \times 10^{-1}$$

## 1.2 超声波探伤

### 1.2.1 直探头测缺陷深度

实验数据:

表 2: 直探头测缺陷深度

直探头 (B)	扩散角 1	扩散角 2	直探头	测缺陷 C
$x_0(cm)$	$x_1(cm)$	$x_2(cm)$	底面波 $(t_H - t_1)(\mu s)$	缺陷波 $(t_C - t_1)(\mu s)$
3.50	3.20	3.85	19.40	13.90
3.48	3.12	3.82	19.40	14.00
3.46	3.14	3.80	19.20	14.20

计算得到  $\overline{x_2} = 3.823cm$ ,  $\overline{x_1} = 3.480cm$ , 则直探头扩散角为

$$\theta = 2 \arctan \frac{\overline{x_2} - \overline{x_1}}{2H_B} = 3.933^\circ$$

计算得到  $\overline{t_H - t_1} = 19.33\mu s$ ,  $\overline{t_C - t_1} = 14.03\mu s$

计算缺陷深度

$$d = H \cdot \left(1 - \frac{\overline{t_C - t_1}}{\overline{t_H - t_1}}\right) = 16.45mm$$

声速测量计算缺陷深度

$$d = c_l \cdot \frac{(\overline{t_H - t_1}) - (\overline{t_C - t_1})}{2} = 16.56mm$$

### 1.2.2 斜探头测缺陷 D

实验数据:

表 3: 斜探头测缺陷 D

斜探头 (A)	扩散角 1	扩散角 2	缺陷 A		缺陷 B		缺陷 D	
$x_0(cm)$	$x_1(cm)$	$x_2(cm)$	$x_A(cm)$	$t_A(\mu s)$	$x_B(cm)$	$t_B(\mu s)$	$x_D(cm)$	$t_D(\mu s)$
3.20	2.65	3.50	3.22	26.4	9.02	52.4	11.22	34.0
3.20	2.70	3.45	3.20	26.4	9.00	52.4	11.20	34.0
3.18	2.70	3.45	3.18	26.4	9.01	52.4	11.18	34.0

计算得到  $\overline{x_A} = 3.20cm$ ,  $\overline{x_B} = 9.01cm$ ,  $\overline{x_D} = 11.20cm$ ,  $\overline{t_A} = 26.4\mu s$ ,  $\overline{t_B} = 52.4\mu s$ ,  $\overline{t_D} = 34.0\mu s$ ,  $\overline{x_2} = 3.467cm$ ,  $\overline{x_1} = 2.683cm$

折射角

$$\beta = \arctan \frac{(\overline{x_B} - \overline{x_A}) - (L_B - L_A)}{H_B - H_A} = 43.127^\circ$$

则斜探头扩散角为

$$\theta = 2 \arctan \left( \frac{\overline{x_2} - \overline{x_1}}{2 \cdot H_A} \cdot \cos \beta \right) = 9.976^\circ$$

缺陷 D 的深度

$$H_D = H_B \cdot \frac{t_D}{t_B} = 32.443mm$$

缺陷 D 的位置

$$L_D = (x_D - H_B \cdot \tan \beta \cdot \frac{t_D}{t_B}) - (x_B - H_B \cdot \tan \beta) + L_B = 88.245mm$$

## 2 教师签字的原始实验数据

附录 1: 原始数据记录参考表格

1. 声波波速及试样杨氏模量、泊松系数测量 (适当调整示波器分度值以适合于测量)

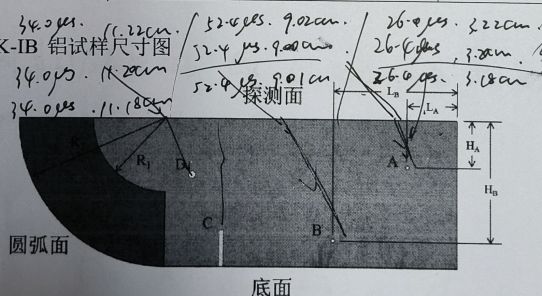
测试样密度:  $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$  (铝), 其它参数参见附录 2

直探头—纵波		斜探头—横波		可变探头—表面波		
底面回波峰位( $t_2/\mu\text{s}$ )	表面回波峰位( $t_1/\mu\text{s}$ )	$R_1$ 弧面回波峰位( $t_{R1}/\mu\text{s}$ )	$R_2$ 弧面回波峰位( $t_{R2}/\mu\text{s}$ )	探头角度( $^\circ$ )	探头位置( $l_{EG}/\text{mm}$ )	表面波回波延时( $\Delta t/\mu\text{s}$ )
19.60	400ns	48.00	28.00	68	25.0	35
19.60	400ns	49.00	29.00	探头移动距离( $l_{EI}/\text{mm}$ )	表面波回波峰位( $t_2/\mu\text{s}$ )	表面波回波峰位( $t_1/\mu\text{s}$ )
19.60	400ns	49.00	29.00	80.0	68	103

2. 超声波探伤 (适当调整示波器分度值) —— 斜探头数据表格细节自拟

直探头—扩散角			直探头测缺陷 C		斜探头—扩散角( $\theta$ )			斜探头测缺陷 D	
$x_0$	$x_1$	$x_2$	底面波( $t_H - t_1$ ) $\mu\text{s}$	缺陷波( $t_C - t_1$ ) $\mu\text{s}$	$x_0$	$x_1$	$x_2$		
3.50	3.20	3.85	19.60	13.90	3.20	2.65	3.50		
3.48	3.12	3.82	19.40	14.00	3.20	2.70	3.45		
3.46	3.14	3.80	19.20	14.20	3.18	2.70	3.65		

附录 2 CSK-IB 铝试样尺寸图



尺寸:  $R_1=30.00$ ,  $R_2=60.00$ ,  $L_A=20.00$ ,  $H_A=20.00$ ,  $L_B=50.00$ ,  $H_B=50.00$  (单位: mm)

A、B、D 为背面开口的非贯通横孔, C 为底面开口的竖直通孔

12.26.

图 2: 原始实验数据