

# 超声波在固体中的传输 - 实验报告

## 基本信息

- 姓名: 夏弘宇
- 学号: 2023011004
- 实验日期: 2025年3月19日
- 实验组/台号: L4

## 实验目的

- 掌握超声波在固体中传播时的波速测量方法。
- 观察超声波不同波型的转换。
- 学习超声波探测的基本原理及应用。

## 实验仪器

- 超声波试验仪
- 超声试验仪衰减器
- 直探头、斜探头、可变角探头
- 测试样、纯净水

## 数据处理

### 1. 声速测量

方法: 脉冲波反射法

公式:  $c_l = \frac{2H}{t_2 - t_1}$ ,  $c_s = \frac{2(R-r)}{t_2 - t_1}$

波型	衰减分贝 (dB)	示波器时间分度值 M(μs/div)	第1回波峰位 $t_1$ (μs)	第2回波峰位 $t_2$ (μs)	高度/半径 (mm)	声速 (m/s)
纵波	88	10	19.20	38.00	H=60	$c_l = 6.383 \times 10^3$
横波	75	10	24.80	44.00	$R_1 = 30$ $R_2 = 60$	$c_s = 3.125 \times 10^3$

试样(铝)密度: ρ=2700 kg/m³

速度比值:  $T = \frac{c_l}{c_s} = 2.04$

弹性模量:  $E = \frac{\rho c_s^2 (3T^2 - 4)}{T^2 - 1} = 7.077 \times 10^{10}$  Pa

泊松系数:  $\sigma = \frac{T^2 - 2}{2(T^2 - 1)} = 0.342$

## 2. 波型转换观察及表面波测量

回波信号幅度、峰位随入射角的变化现象: 波列由宽到窄、幅度由大到小（峰位靠近）

表面波波速:  $c_R = \frac{2L}{t_2 - t_1}$

方法	衰减分贝 (dB)	示波器时间分度值 M(μs/div)	第1回波峰位 $t_1$ (μs)	第2回波峰位 $t_2$ (μs)	距离l (mm)	表面波声速 $c_R$ (m/s)
固定法	30	5	39.20	59.40	30	$2.970 \times 10^3$
移动法	30	5	39.80	53.80	20	$2.857 \times 10^3$

## 3. 超声波探测缺陷

### 3.1 直探头

衰减: 80 dB；示波器: 时间分度值 M=10 μs/div，幅度分度值 500 mV/div

公式：

- 扩散角:  $\theta = 2 \arctan \frac{x_2-x_1}{2H_B}$
- 缺陷深度:  $H = 0.5c_l \times (t_2 - t_1)$

探头相对位置 $x_0(mm)$	探头相对位置 $x_1(mm)$	探头相对位置 $x_2(mm)$	缺陷回波幅值 $U_{max}$ (V)	通孔B距测试面距离 $H_B$ (mm)	扩散角 $\theta(^{\circ})$	缺陷回波峰位 $t_1$ ( $\mu s$ )	底面回波峰位 $t_2$ ( $\mu s$ )	竖孔C深度 (mm)
49	45	53	1.74	50	9.14	14.4	18.4	12.77

### 3.2 45°斜探头

探头相对位置 $x_A(mm)$	探头相对位置 $x_B(mm)$	折射角 $\beta(^{\circ})$	探头相对位置 $x_D(mm)$	入射点到探头前沿的距离 $L_0(mm)$	A孔回波峰位缺陷回波峰位 $t_A$ ( $\mu s$ )	B孔回波峰位缺陷回波峰位 $t_B$ ( $\mu s$ )	D孔回波峰位缺陷回波峰位 $t_D$ ( $\mu s$ )
28	88	45	108	12	23	50	31

公式:

- $\beta = \tan^{-1} \left( \frac{(x_B-x_A)-(L_B-L_A)}{L_B-L_A} \right)$
- $L_0 = H_B \tan \beta + L_B - x_B$
- $\frac{H_D-H_A}{t_D-t_A} = \frac{H_B-H_A}{t_B-t_A}$ 可解得 $H_D = 23mm$
- $L_D = x_D + L_0 - H_D \tan \beta = 97mm$

## 实验总结

本次实验主要分为声速测量与缺陷探测两大类任务，原理主要是几何关系与速度关系，难度在于调整探头使得幅度最大，需要反复调整。

缺陷探测的时候，尤其是用斜探头是，难点在于将波峰与响应的缺陷对应起来；这还得与直观上的距离远近来判断不同缺陷对应波峰的相对位置，方便判断。

通过本次实验，我掌握了超声波在固体中传播时的波速测量方法，以及通过示波器探测金属缺陷的方法。感谢助教老师在实验过程中对我的悉心指导与帮助，受益匪浅！

## 原始数据记录

---

2025.3.19

## 附录 2 实验测量数据记录参考表格

实验题目: 波传输姓名: 夏弘宇, 学号 20230110024, 实验组号: L04, 实验台号:         , 实验日期 20250319

## 1. 声速测量 (纵波、横波)

波型	衰减分贝 (dB)	示波器时间分度值 $M(\mu\text{s}/\text{div})$	第 1 回波峰位 $t_1(\mu\text{s})$	第 2 回波峰位 $t_2(\mu\text{s})$	高度/半径 (mm)	声速 (m/s)
纵波	88	10	19.20	38.00	$H=60$	$c_L=6.383 \times 10^3$
横波	75	10	<del>21.80</del> 25.60	<del>44.00</del> 52.80	$R_1=30$ $R_2=60$	$c_T=3.125 \times 10^3$

试样 (铝) 密度:  $\rho=2700\text{kg}/\text{m}^3$ 速度比值:  $T = \frac{c_L}{c_T} = 2.04$ 弹性模量:  $E = \frac{\rho c_L^2 (3T^2 - 4)}{T^2 - 1} = 7.077 \times 10^{10}$ 泊松系数:  $\sigma = \frac{T^2 - 2}{2(T^2 - 1)} = 0.342$ 

## 2. 波型转换观察及表面波测量

回波信号幅度、峰位随入射角的变化现象:

波列由宽到窄、幅度由大到小  
(峰位靠近)

表面波声速:

方法	衰减分贝 (dB)	示波器时间分度值 $M(\mu\text{s}/\text{div})$	第 1 回波峰位 $t_1(\mu\text{s})$	第 2 回波峰位 $t_2(\mu\text{s})$	距离 $l$ (mm)	表面波声速 $c_R$ (m/s)
固定法	30	5	39.20	59.40	30	$2.970 \times 10^3$
移动法	30	5	39.80	53.80	20	$2.857 \times 10^3$

## 3. 超声波探测缺陷

直探头——

衰减: 80 dB, 示波器: 时间分度值  $M = \frac{10}{10} \mu\text{s}/\text{div}$ , 幅度分度值 500 mV/div

探头相对位置			缺陷回波幅值 $U_{\max}(\text{V})$	通孔 B 距测试面距离 $H_B(\text{mm})$	扩散角 $\theta(^{\circ})$	缺陷回波峰位 $t_1(\mu\text{s})$	底面回波峰位 $t_2(\mu\text{s})$	竖孔 C 深度 (mm)
$x_0$	$x_1$	$x_2$						
49	45	53	161.74	50	9.14	14.4	18.4	12.77

45° 斜探头——

扩散角测量及缺陷 D 的定位测量数据表格自拟。

$x_A$   $x_B$   $\theta$   $L_0$   $x_D$   $t_A/\mu\text{s}$   $t_B$   $t_D$   $\Rightarrow H_D = 23\text{mm}$   
 $28$   $28.7$   $50.2^{\circ}$   $12$   $108$   $23$   $50$   $31$   $L_D = 97\text{mm}$   
 $49$   $49.8$   $37.5$   
 $28$   $28$   $45^{\circ}$