

同轴电缆中电磁波的传输及金属中超声波的传输

简 要 报 告

姓名 刘若涵

学号 2020011126

班级 自 05 班

循环组号 单三晚 L

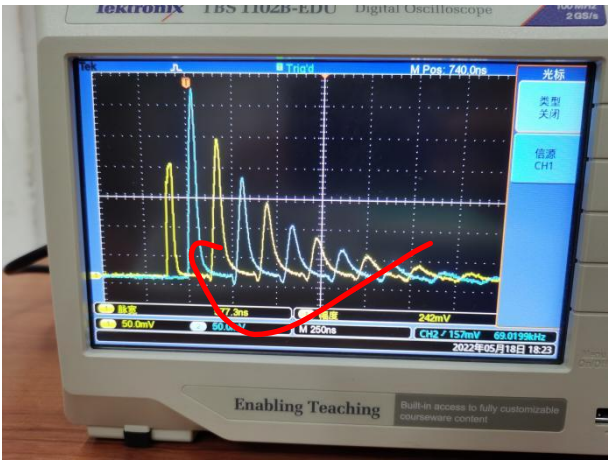
组内循环号 18

1 同轴电缆中电磁波的传输

同轴电缆输出负载	信号幅度 $V_i(mV)$	脉冲峰位 $t_i(ns)$
开路	$V_0 = 198$	$t_0 = -100$
	$V_1 = 316$	$t_1 = 20$
	$V_2 = 236$	$t_2 = 160$
	$V_3 = 174$	$t_3 = 300$
	$V_4 = 132$	$t_4 = 440$
	$V_5 = 98$	$t_5 = 580$
	$V_6 = 76$	$t_6 = 720$
	$V_7 = 56$	$t_7 = 860$
	$V_8 = 46$	$t_8 = 1000$
短路负载	$V_0 = 200$	$t_0 = -470$
	$V_2 = -240$	$t_2 = -220$
	$V_4 = 132$	$t_4 = 40$
	$V_6 = -72$	$t_6 = 300$
	$V_8 = 40$	$t_8 = 560$
匹配负载	$V_0 = 192$	$t_0 = 28$
	$V_1 = 160$	$t_1 = 148$

(1) 开路

波形如下图所示

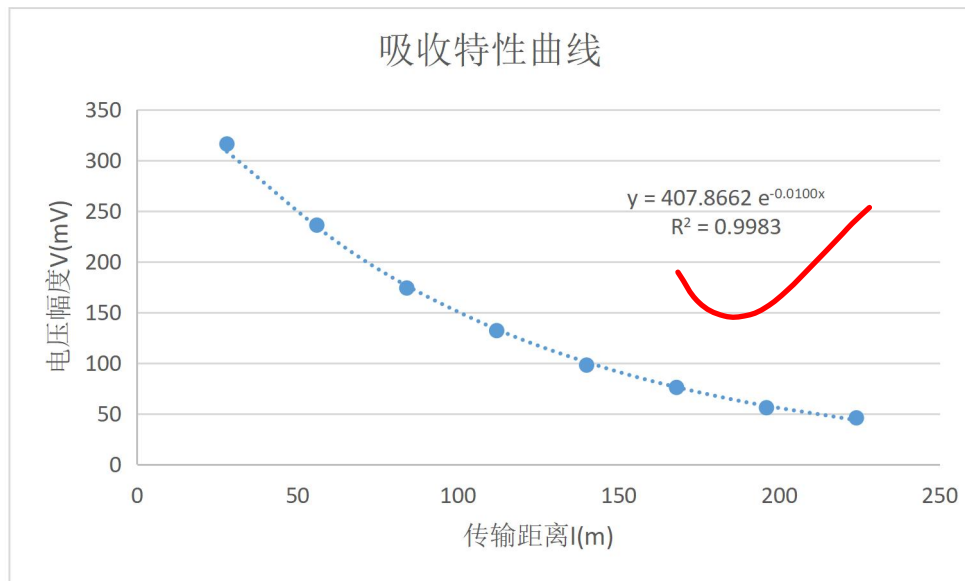


$$\tau = \frac{t_5 + t_6 + t_7 + t_8 - t_1 - t_2 - t_3 - t_4}{16}$$

$$= \frac{580 + 720 + 860 + 1000 - 20 - 160 - 300 - 440}{16} = 140ns$$

$$l = \tau v = 140 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^8 = 28.0m$$

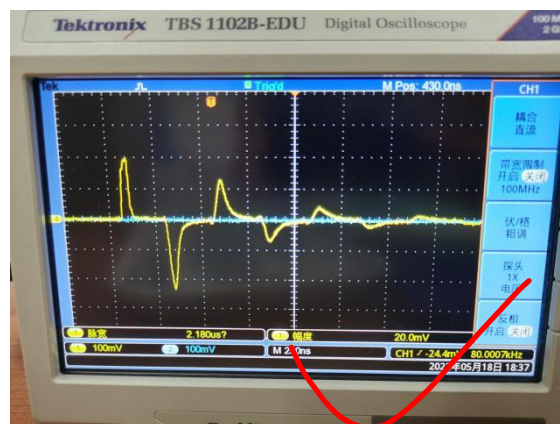
根据 $V_l = Ve^{-\alpha l}$ ，拟合得电压信号幅度与传输距离的关系曲线如下图所示。



得吸收系数 $\alpha = 0.010m^{-1}$

(2) 短路

波形如下图所示

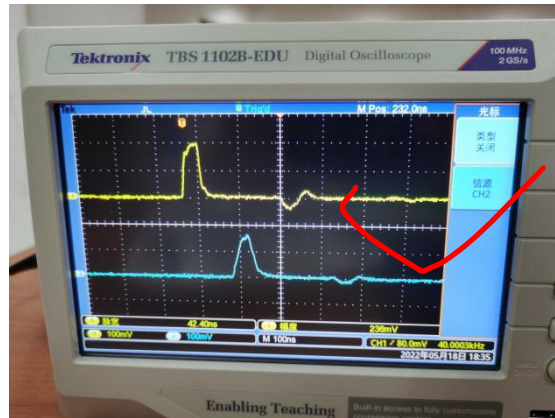


$$\tau = \frac{t_6 + t_8 - t_2 - t_4}{8} = \frac{300 + 560 - (-220) - 40}{8} = 130ns$$

$$l = \tau v = 130 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^8 = 26.0m$$

(3) 负载匹配

波形如下图所示



$$\tau = t_1 - t_0 = 148 - 28 = 120\text{ns}$$

$$l = \tau v = 120 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^8 = 24.0\text{m}$$

2 金属中超声波的传播

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}/mm)	表面波回波延时 ($\Delta t/\mu\text{s}$)
19.20	0	28.40	47.60	60	79.0	55.20
				探头移动距离 (l_{EI}/mm)	表面波回波峰位 ($t_1/\mu\text{s}$)	表面波回波峰位 ($t_2/\mu\text{s}$)
				20.0	48.40	61.60

纵波声速

$$c_l = \frac{2R_2}{t_2 - t_1} = \frac{2 \times 60.00\text{mm}}{19.20\mu\text{s}} = 6250\text{m/s}$$

横波声速

$$c_s = \frac{2(R_2 - R_1)}{t_{R2} - t_{R1}} = \frac{2 \times (60.00\text{mm} - 30.00\text{mm})}{47.60\mu\text{s} - 28.40\mu\text{s}} = 3125\text{m/s}$$

$$T = \frac{c_l}{c_s} = \frac{6250}{3125} = 2.000$$

$$\rho = 2700\text{kg/m}^3$$

杨氏模量

$$E = \frac{\rho c_s^2 (3T^2 - 4)}{T^2 - 1} = 7.03 \times 10^{10}\text{Pa}$$

泊松系数

$$\sigma = \frac{T^2 - 2}{2(T^2 - 1)} = 0.333$$

固定法求表面波声速

$$c_R = \frac{2l_{EG}}{\Delta t} = \frac{2 \times 79.0\text{mm}}{55.20\mu\text{s}} = 2862\text{m/s}$$

移动法求表面波声速

$$c_R = \frac{2l_{EI}}{t_2 - t_1} = \frac{2 \times 20.0\text{mm}}{61.60\mu\text{s} - 48.40\mu\text{s}} = 3030\text{m/s}$$

3 超声波探测缺陷

直探头——扩散角			直探头测缺陷 C		斜探头测量缺陷 D 的位置		
x_0/mm	x_1/mm	x_2/mm	底面波 $t_H - t_1/\mu\text{s}$	缺陷波 $t_C - t_1/\mu\text{s}$	x_A/t_A	x_B/t_B	x_D/t_D
50.5	45.0	55.0	19.20	14.80	30.8mm 26.40μs	89.2mm 53.20μs	110.6mm 35.20μs
					x_1/mm	x_2/mm	
					28.7	33.7	

直探头扩散角

$$\theta = 2\tan^{-1} \frac{x_2 - x_1}{2H_B} = 2\tan^{-1} \frac{55.0 - 45.0}{2 \times 50.00} = 11.42^\circ$$

直探头测缺陷 C 至试样表面距离

$$H_C = \frac{t_C - t_1}{t_H - t_1} R_2 = \frac{14.80}{19.20} \times 60.00\text{mm} = 46.25\text{mm}$$

缺陷 C 深度

$$h = R_2 - H_C = 60.00 - 46.25 = 13.75\text{mm}$$

斜探头折射角

$$\beta = \tan^{-1} \frac{(x_B - x_A) - (L_B - L_A)}{H_B - H_A} = \tan^{-1} \frac{(89.2 - 30.8) - (50.00 - 20.00)}{50.00 - 20.00} = 43.43^\circ$$

斜探头扩散角

$$\theta = 2\tan^{-1} \left(\frac{x_2 - x_1}{2L} (\cos\beta)^2 \right) = 2\tan^{-1} \left(\frac{33.7 - 28.7}{2H_A/\cos\beta} (\cos\beta)^2 \right) = 5.48^\circ$$

缺陷 D 到试样表面深度

$$H_D = H_A + \frac{t_D - t_A}{t_B - t_A} (H_B - H_A) = 20.00 + \frac{35.20 - 26.40}{53.20 - 26.40} \times (50.00 - 20.00) = 29.85\text{mm}$$

缺陷 D 到右侧面距离

$$L_D = x_D - x_A - (H_D - H_A)\tan\beta + L_A = 90.48\text{mm}$$

4 思考题

(1) 光标如何定位？如何消除探测线的影响？如何提高测量 τ 的精度？

统一以波形的上升沿起点为参照定位光标。用逐差法消除探测线的影响。在测量时尽量放大波形，增大时间轴最小分度值，减小仪器误差，同时也能增大上升沿选取的准确性，提高测量 τ 的精度。

(2) 分析哪一种方式测得的同轴电缆长度 l 的结果更加可靠？注意实验中脉冲幅度 $V_1 > V_0$ ，请做定性说明解释。

开路测量较为可靠。开路时电压幅值衰减较慢，可以测量多组时间差值，有利于消除误差。相比之下，短路时可以测得的数据较少，而匹配电阻时只能测得一组数据，误差更大。 $V_1 > V_0$ 可能是因为反射波在输出端叠加造成的。

(3) 哪种方法测得的表面波速 c_R 更为可靠？

移动法更可靠，可以用两次测量的差值消除系统误差。

5 原始数据

21/9 20220518-18

四、附录 1：原始数据记录参考表格

(一) 传输线中脉冲信号传输和反射的观测 (注意波形相位关系, 各量含义参看图 3)

同轴电缆输出负载	信号幅度 V_i (mV)	脉冲峰位 t_i (ns)	波形示意图
开路	$V_0 = 198$	$t_0 = -100$	输入端
	$V_1 = 316$	$t_1 = 20$	
	$V_2 = 236$	$t_2 = 160$	
	$V_3 = 174$	$t_3 = 300$	
	$V_4 = 132$	$t_4 = 440$	
	$V_5 = 98$	$t_5 = 580$	输出端
	$V_6 = 76$	$t_6 = 720$	
	$V_7 = 56$	$t_7 = 860$	
短路负载	$V_0 = 200$	$t_0 = -470$	输入端
	$V_2 = -249$	$t_2 = -220$	
	$V_4 = 132$	$t_4 = 40$	
	$V_6 = -72$	$t_6 = 300$	输出端
	$V_8 = 40$	$t_8 = 560$	
匹配负载	$V_0 = 192$	$t_0 = 28$	输入端
	$V_1 = 160$	$t_1 = 148$	
			输出端

(二) 超声波波速及式样杨氏模量、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}/mm)	表面波回波延时($\Delta t/\mu\text{s}$)
19.20	0	28.40	47.60	60	79.0	55.20
				探头移动距离(l_{EI}/mm)	表面波回波峰位($t_2/\mu\text{s}$)	表面波回波峰位($t_1/\mu\text{s}$)
				20.0	48.40	61.60

21号 20220518-18

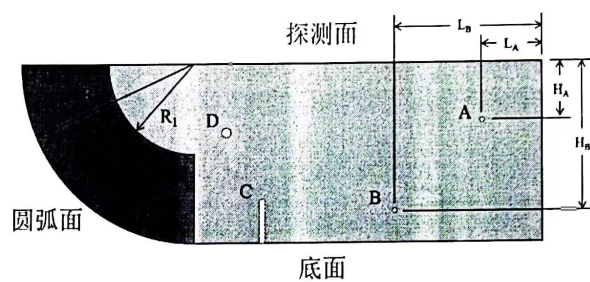
(三) 超声波探伤 (适当调整示波器分度值)

直探头-扩散角			直探头测缺陷 C		斜探头测量缺陷 D 的位置		
x_0	x_1	x_2	底面波 ($t_B - t_1$)	缺陷波 ($t_C - t_1$)	x_A/t_A	x_B/t_B	x_D/t_D
50.5mm	45.0mm	55.0mm	19.20μs	14.80μs	30.8mm 26.40μs	89.2mm 53.20μs	110.6mm 35.20μs

x_1 28.7mm

x_2 33.7mm

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 为底面开口的竖直非贯通孔