

# 超声探伤用探头性能测试方法

本标准是超声探伤用探头产品性能测试方法标准,适用于基本频率为 1~5 MHz 的直探头、斜头、双晶直探头和水浸探头。

## 1 名词术语

本标准所用的名词术语符合 JB/T 7406.1—1994《试验机术语》、JB/T 7406.2—1994《无损检测名词术语》和附录 A(补充件)的规定。

## 2 测试条件及测试用仪器设备

### 2.1 基准条件

测试的基准条件:温度为  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 45%~75%,大气压强为 86~106 kPa。

在测试中不产生疑义时,可在温度为 10~30  $^{\circ}\text{C}$  条件下测试。

在测试报告中,该注明测试时的大气条件。

### 2.2 探头线

采用与被测探头配套的探头线,探头所有参数的测试都连同此探头线一起进行。

### 2.3 藕合剂

a. 直接接触式探头的测试,采用合成锭子油(GB/T 442—1964《合成锭子油》)。

b. 水浸探头的测试,采用经静置 24 h 后的自来水。

### 2.4 探头压块

直接接触式探头的测试,采用 2~3 kg 探头压块。

### 2.5 主要测试设备及其技术要求

a. 主要测试设备见下表;

b. 电子测试设备的主要技术要求见附录 B(补充件);

c. 石英晶片固定试块的技术要求见附录 C(补充件);

d. 1 号标准试块应符合 JB/T 10063—1999《超声探伤用 1 号标准试块技术条件》的规定;

e. 对比试块技术要求见附录 D(补充件)。

## 3 测试方法

### 3.1 直探头测试方法

#### 3.1.1 相对灵敏度

##### 3.1.1.1 测试设备

a. 超声探伤仪(以下简称探伤仪);

b. T 型衰减器;

c. 石英晶片固定试块;

d. 对比试块 DB—P Z8—2。

序号	名称	参考型号
1	超声探伤仪	
2	T 型衰减器	SGZ-13
3	示波器	SBM-10B、SBM-14
4	高频信号发生器	XFG-7
5	频率计	PS-43、E312
6	矢量电压表	DT1
7	高频毫伏表	DA-1
8	高频可变电容箱	
9	声场测试水槽	SC-1
10	射频脉冲发生器	
11	输入分压器	
12	宽频带放大器	
13	闸门选择器	
14	频谱分析仪	
15	石英晶片固定试块	
16	1 号标准试块	
17	对比试块	

3.1.1.2 测试步骤

3.1.1.2.1 把 T 型衰减器的一端接探伤仪,另一端接探头线如图 1。

3.1.1.2.2 连接被测探头并置于对比试块 DB-P Z8-2 上,移动探头使第一次底波最高,调节(衰减器)使底波幅度为垂直刻度的 50%,记下此时(衰减器)的读数 S。

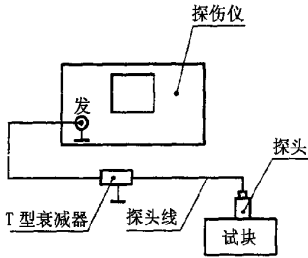


图 1

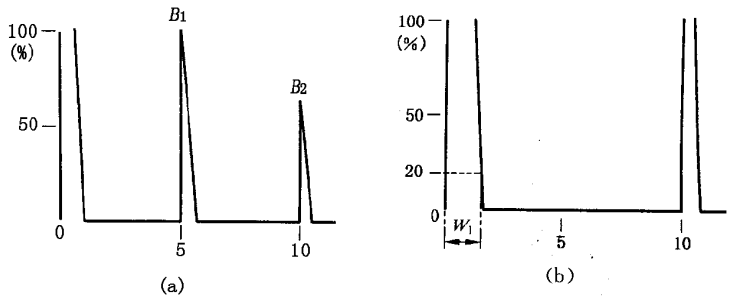


图 2

3.1.1.2.3 换上频率与被测探头相同的石英晶片固定试块,调节(衰减器),使第一次底波幅度为垂直刻度的 50%,记下(衰减器)的读数 S。

3.1.1.2.4 探头相对灵敏度按式(1)计算

$$S_r = S - S_0 \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $S_r$ ——探头相对灵敏度, dB。

3.1.2 始波宽度

3.1.2.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 1 号标准试块; c. 对比试块 DB-P Z20-4。

3.1.2.2 测试步骤

3.1.2.2.1 调节探伤仪的(发射强度),使被测探头阻尼电阻值接近其等效阻抗值。

3.1.2.2.2 将被测探头置于 1 号标准试块上厚度 100 mm 处,调节探伤仪,使第一次底波  $B_1$ , 前沿对准水平刻度“5”,第二次底波  $B_2$  前沿对准水平刻度“10”,并使  $B_2$  的幅度为垂直刻度的 50%~80%,如图 2(a)。

3.1.2.2.3 将探头置于对比试块 DB-P Z20-4 上,移动探头使孔波最高,调节(衰减器)使孔波幅度为垂直刻度的 50%,再把(衰减器)的衰减量减小 12dB,然后读取从刻度板的零点至始波后沿与垂直刻度 20% 线交点所对应的水平距离  $W_1$  如图 2(b),  $W_1$  为负载始波宽度,用钢中纵波传播距离表示。

3.1.2.2.4 将探头置于空气中,擦去其表面油层,读取从刻度板的零点至始波后沿与垂直刻度 20% 线交点所对应的水平距离  $W_0$ 。  $W_0$  为空载始波宽度,用钢中纵波传播距离表示。

3.1.3 回波频率

3.1.3.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 对比试块 DB-P 中声程为被测探头近场 1~1.5 倍的试块; c. 示波器。

3.1.3.2 测试步骤

3.1.3.2.1 按图 3 所示连接按测试设备。

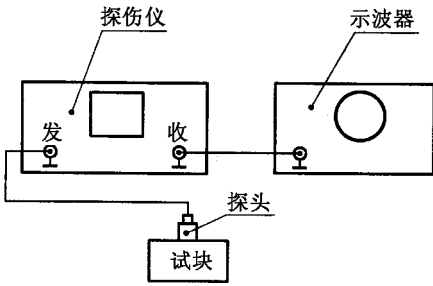


图 3

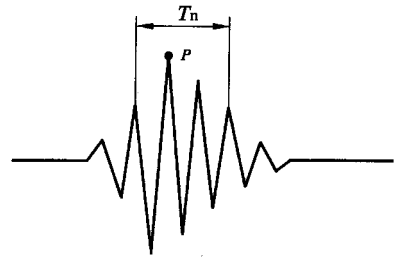


图 4

3.1.3.2.2 探伤仪旋钮位置与 3.1.2.2.1 相同。

3.1.3.2.3 将探头对准试块底面,并使第一次底波幅度最高,用示波器观察底波的扩展波形,如图 4。在这个波形中,以峰值点 P 为基准,读取其前一个和其后二个共计三个周期的时间  $T_3$ ,把  $T_3$  作为测量值。

回波频率  $f_e$  按式(2)计算

$$f_e = \frac{3}{T_3} \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $f_e$ ——回波频率, MHz;  $T_3$ ——时间,  $\mu s$ 。

注:1 在 3.1.3.2.3 测试中,当波形无法读取三个周期时,也可以读取峰值点前一个和后一个共计二个周期的时间  $T_2$ ,并按  $f_e = 2/T_2$  计算。

2 探头回波频谱的测试方法见附录 E(参考件)。

3.1.4 回波长度

3.1.4.1 测试设备 同 3.1.3.1。

3.1.4.2 测试步骤

按 3.1.3.2 获得底波后,确定底波幅度峰值  $h$ ,由零电平算起在其两侧相当于  $h/10$  的电平画二条线 A

和 B, 分别作为基准线, 如图 5。

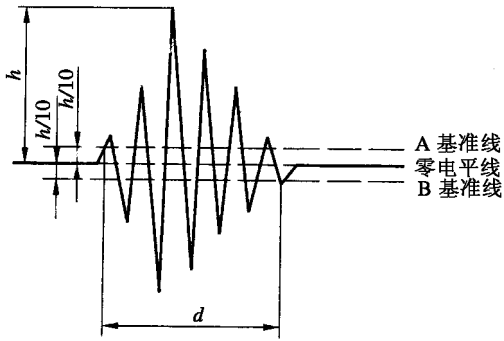


图 5

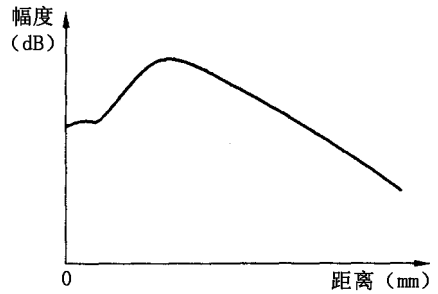


图 6

图 5 中, 底波波形最初和任一基准线相交时刻到最后和任一基准线相交时刻的时间间隔为探头的回波长度  $d$ ,  $d$  的单位  $\mu s$ 。

### 3.1.5 距离幅度特性

#### 3.1.5.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 对比试块 DB-P。

#### 3.1.5.2 测试步骤

3.1.5.2.1 移动探头使某一试块孔波幅度最高, 并记下其孔波幅度和距离。

同法测出其他距离的孔波幅度。

3.1.5.2.2 距离幅度特性用直角坐标图形表示如图 6。纵坐标表示孔波幅度, 单位为 dB; 横坐标表示距离, 单位为 mm。

### 3.1.6 声轴的偏移和声束宽度

#### 3.1.6.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 对比试块 DB-H<sub>1</sub>。

#### 3.1.6.2 测试步骤

3.1.6.2.1 在试块上选取深度约为 2 倍被测探头近场长度的横通孔。

3.1.6.2.2 标出探头的参考方向, 将探头的几何中心轴对准横通孔的中心轴如图 7(a), 然后使探头沿  $x$  方向在试块的中心线移动, 测出孔波幅度最高点时探头的移动距离  $D_x$ , 其中孔波幅度最高点在  $+X$  方向时加上 (+) 号, 在  $-X$  方向时加上 (-) 号。

3.1.6.2.3 继续沿  $X$  方向移动探头, 分别测出孔波幅度最高点至孔波幅度下降  $6dB$  时探头的移动距离  $W_{+x}$  和  $W_{-x}$  如图 7(b)。

3.1.6.2.4 使探头沿  $y$  方向对准试块中心线移动, 按 3.1.6.2.2 和 3.1.6.2.3 测出  $D_y, W_{+y}, W_{-y}$ 。

3.1.6.2.5  $D_x, D_y$  表示了声轴的偏移,  $W_{+x}, W_{-x}, W_{+y}$  和  $W_{-y}$  表示了声束宽度, 读数精确到 1 mm。

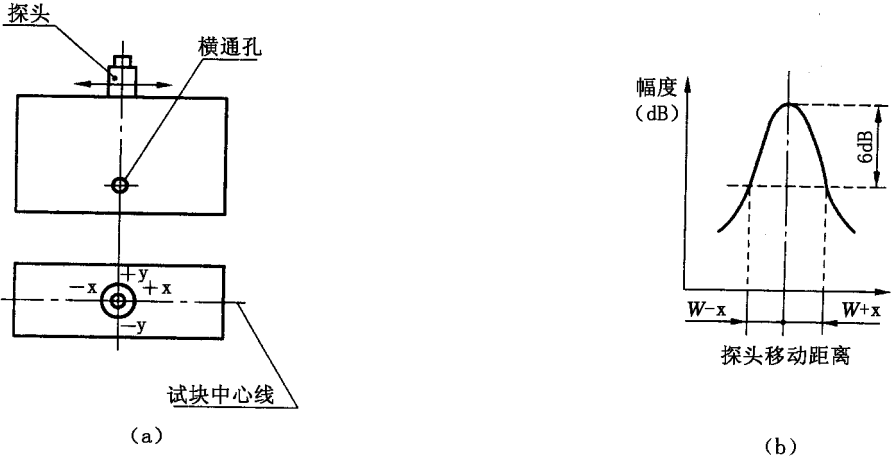


图 7

3.1.7 等效阻抗探头等效阻抗采用 3.1.7.2 或 3.1.7.3 中规定的方法进行测试。

3.1.7.1 测试设备

a. 高频信号发生器; b. 频率计; c. 对比试块 DB-R; d. 矢量电压表; e. 高频毫伏表; f. 高频可变电容箱。

3.1.7.2 矢量电压表法测试步骤

3.1.7.2.1 测试设备的连接方法如图 8。

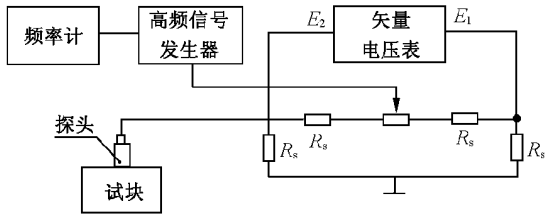


图 8

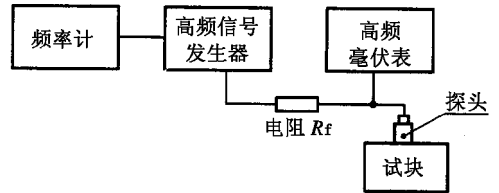


图 9

3.1.7.2.2 使探头和试块的耦合良好,用频率计监控频率,调节高频信号发生器的频率为探头回波频率,并调节输出信号为一定幅度,然后从矢量电压表中读取  $E_1$ 、 $E_2$  和相位差  $\phi$ ,探头等效阻抗  $Z_f$  按式(3)计算:

$$Z_f = \frac{R_s \cdot E_2}{\sqrt{E_{rs}^2 - 2E_{rs} \cdot E_2 \cos(\phi + \phi_0) + E_2^2}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $Z_f$ ——等效阻抗,  $\Omega$ 。

$$E_{rs}^2 = E^2 - 2EE_2 \cos\phi + E_2^2$$

$$E = 2E_1$$

$$R_s = 50\Omega$$

$$\phi_0 = \sin^{-1} \left[ \frac{E_2}{E_{rs}} \sin\phi \right]$$

### 3.1.7.3 电容对比法测试步骤

3.1.7.3.1 测试设备的连接方法如图 9。

3.1.7.3.2 选择限流电阻  $R_f$ , 并使

$$R_f \geq 20Z_f \dots\dots\dots (4)$$

式中:  $R_f$ ——限流电阻,  $\Omega$ ;  $Z_f$ ——等效阻抗  $\Omega$ 。

3.1.7.3.3 使被测探头和试块耦合良好, 用频率计监控频率, 调节高频信号发生器频率等于探头回波频率, 并调节输出讯号为一定幅度, 然后从高频毫伏表中读取探头两端的电压  $U_f$ 。

3.1.7.3.4 用可变电容箱置换被测探头, 选择电容  $C_f$ , 使高频毫伏表的指示值仍为  $U_f$ 。

3.1.7.3.5 探头等效阻抗  $Z_f$  按式(5)计算:

$$Z_f = \frac{1}{2\pi f_e C_f} \dots\dots\dots (5)$$

式中:  $f_e$ ——探头回波频率, MHz;  $C_f$ ——电容量,  $\mu F$ 。

## 3.2 斜探头测试方法

### 3.2.1 相对灵敏度

#### 3.2.1.1 测试设备

a. 探伤仪; b. T 型衰减器; c. 石英晶片固定试块; d. 1 号标准试块。

#### 3.2.1.2 测试步骤

3.2.1.2.1 T 型衰减器的一端接探伤仪, 另一端接探头线。

3.2.1.2.2 连接被测探头, 并置于试块上, 在声束方向与试块侧面保持平行的条件下前后移动探头, 使试块 R100 圆弧面的第一次回波幅度最高, 然后调节(衰减器), 使回波幅度为垂直刻度的 50%, 记下(衰减器)的读数  $S$ 。

3.2.1.2.3 换上频率与被测探头相同的石英晶片固定试块, 调节(衰减器), 使第一次底波幅度为垂直刻度的 50%, 记下(衰减器)的读数  $S_c$ 。

3.2.1.2.4 探头灵敏度按式(1)计算。

### 3.2.2 空载始波宽度

#### 3.2.2.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 1 号标准试块; c.  $\phi 14$  mm, 5 MHz 直探头。

#### 3.2.2.2 测试步骤

3.2.2.2.1 调节探伤仪的(发射强度), 使被测探头阻尼电阻值接近其等效阻抗值。

3.2.2.2.2 连接直探头并把直探头置于 1 号标准试块上厚度 91 mm 处。调节探伤仪, 使第一次底波前沿对准水平刻度“5”, 第二次底波前沿对准水平刻度“10”。并使第二次底波幅度为垂直刻度的 50%~80%。

3.2.2.2.3 换上被测斜探头, 在声束方向与试块侧面保持平行的条件下前后移动探头, 使试块 R 100 圆弧面的第一次回波幅度最高, 调节(衰减器)使回波幅度为垂直刻度的 50%。然后调节(水平)旋钮, 使回波前沿对准水平刻度“10”。

3.2.2.2.4 把(衰减器)的衰减量减少 40dB, 然后将探头置于空气中, 擦去表面油层, 读取从刻度板的零点到底波前沿与垂直刻度 20% 线交点所对应的水平距离  $W_0$ ,  $W_0$  为空载始波宽度, 用钢中横波传播距离表示。

### 3.2.3 回波频率

#### 3.2.3.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 示波器; c. 1 号标准试块。

### 3.2.3.2 测试步骤

按 3.2.2.2 测得  $R100$  圆弧面的最高回波后,参照 3.1.3.2 项的方法,用示波器观察该回波的扩展波形,测试得  $T_3$  值,并按式(2)计算回波频率  $f_e$ 。

### 3.2.4 回波长度

3.2.4.1 测试设备 同 3.2.3.1。

### 3.2.4.2 测试步骤

按 3.2.3.2 测得回波后,确定回波幅度峰值  $h$ ,由零电平算起在其两侧相当于  $h/10$  的电平画二条线 A 和 B,分别作为基准线,如图 5。

图(5)中,回波波形最初和任一基准线相交时刻到最后和任一基准线相交时刻的时间间隔为探头配回波长度  $d$ ,  $d$  的单位  $\mu s$ 。

### 3.2.5 入射点

#### 3.2.5.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 1 号标准试块。

#### 3.2.5.2 测试步骤

在按 3.2.2.2 得到  $R100$  圆弧面的最高回波时,读取与该圆弧中心记号对应的探头侧面的刻度,作为入射点,读数精确到 0.5 mm。

### 3.2.6 前沿距离

3.2.6.1 测试设备 刻度尺。

3.2.6.2 测试步骤 用刻度尺测量由 3.2.5 测得的入射点至探头前沿的距离  $L$ ,读数精确到 0.5 mm。

### 3.2.7 $K$ 值

3.2.7.1 测试设备 同 3.2.5.1。

#### 3.2.1.2 测试步骤

将探头置于 1 号标准试块上,当  $K \leq 1.5$  时,探头放在如图 10(a)位置,观  $\phi 50$  mm 孔的回波;  $1.5 < K \leq 2.5$  时,探头放在如图 10(b)位置,观察  $\phi 50$  mm 的回波;  $K > 2.5$  时,则观察图 10(c)的  $\phi 1.5$  mm 横通孔的回波。前后移动探头,直到孔的回波最高时固定下来,然后在试块上读出按 3.2.5 测得的入射点对应的角度刻度  $\beta$ ,  $\beta$  即为被测探头折射角,读数精确到 0.5°。

按式(6)计算  $K$  值:

$$K = \operatorname{tg} \beta \dots\dots\dots (6)$$

式中:  $\beta$  —— 折射角, (°);  $K$  ——  $\beta$  的正切值。

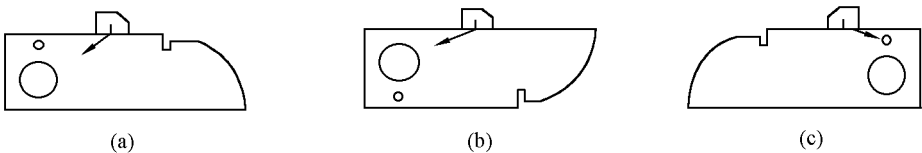


图 10

### 3.2.8 距离幅度特性

#### 3.2.8.1 测试设备

- a. 探伤仪;  
b. 对比试块 DB-H<sub>2</sub>。

### 3.2.8.2 测试步骤

3.2.8.2.1 把探头置于试块的 G 或 H 面上如图 11, 移动探头使试块上某一  $\phi 4$  横通孔的回波幅度最高, 记下回波幅度和横波传播距离。

同法依次测出其他距离的  $\phi 4$  横通孔的回波幅度。

3.2.8.2.2 距离幅度特性用直角坐标图形表示, 纵坐标表示回波幅度, 单位 dB, 横坐标表示横波传播距离, 单位 mm。

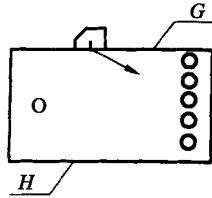


图 11

### 3.2.9 前后扫查的声束宽度

3.2.9.1 测试设备 同 3.2.5.1。

#### 3.2.9.2 测试步骤

按 3.2.7.2 对准  $\phi 50$  或  $\phi 1.5$  孔, 移动探头并找出回波幅度最高时探头入射点所对应的试块上  $O_1$  如图 12(a)。再使探头在  $O_1$  点前后移动, 在两个方向测出回波幅度下降 6dB 时所对应的移动距离  $W_x$ ,  $W_x$  表示了前后扫查的声束宽度, 其中探头向前移动时加上 (+) 号, 向后移动时加上 (-) 号, 如图 12 (b)。读数精确到 1 mm。

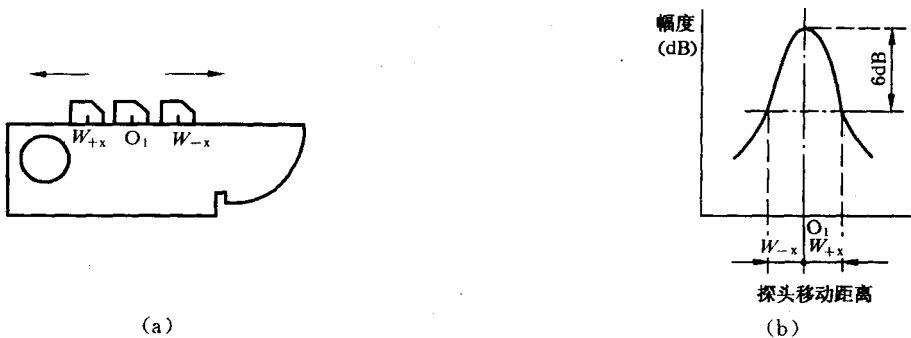


图 12

### 3.2.10 左右扫查的声束宽度

3.2.10.1 测试设备

- a. 探伤仪; b. 对比试块 DB-H<sub>2</sub>。

#### 3.2.10.2 测试步骤

将探头置于试块上, 移动探头并找出通孔 F 的回波幅度最高时探头前沿中心点所对应的点  $O_2$ , 如图 13



(a),再使探头在  $O_2$  点左右移动,在两个方向测出通孔  $F$  回波幅度下降 6dB 时所对应的移动距离  $W_y, W_y$ ,表示了探头的左右扫查声束宽度。其中,探头向右移动时加上(+ )号,向左移动时加上(- )号如图 13(b),读数精确到 1 mm

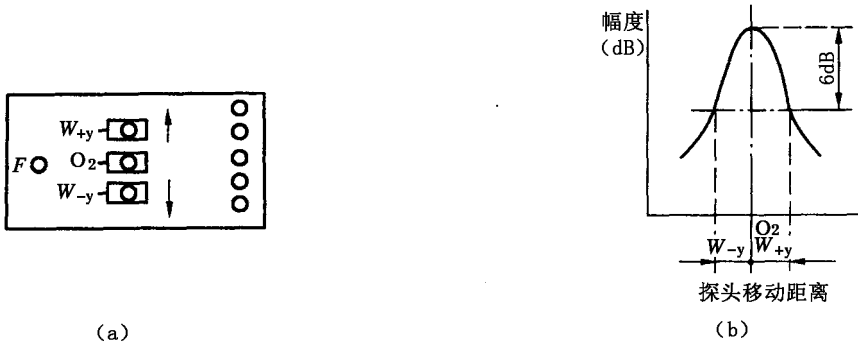


图 13

3.2.11 声轴偏斜角

3.2.11.1 测试设备

同 3.2.5.1。

3.2.11.2 测试步骤

将探头置于 1 号标准试块 25 mm 厚的表面上,其中,对于  $K \leq 1$  的探头,测试时用试块上端面;如图 14(a),对于  $K \geq 1$  的探头,测试时用下端面,如图 14(b),前后移动和左右摆动探头,使所测试端面回波幅度最高,然后用量角器测量探头侧面与试块端面法线的夹角  $\theta$ ,如图 14(c)

夹角  $\theta$  表示声轴偏斜角,读数精确到  $0.5^\circ$ 。

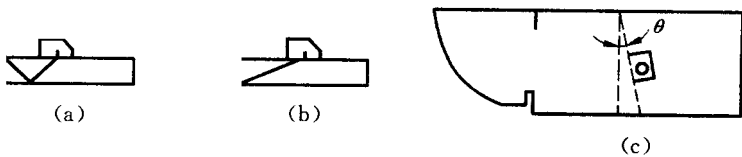


图 14

3.2.12 等效阻抗

3.2.12.1 测试设备 同 3.1.7.1。

3.2.12.2 测试步骤 按 3.1.7.2 或 3.1.7.3。

3.3 双晶直探头测试方法

3.3.1 距离幅度特性

3.3.1.1 测试设备

a. 探伤仪;b. 对比试块 DB-D<sub>1</sub>、DB-P。

3.3.1.2 测试步骤

3.3.1.2.1 将探伤仪置一收一发、即“双”的工作状态。

3.3.1.2.2 将被测探头置于试块上,使试块底面回波幅度最高,记下回波幅度和试块厚度。

同法依次测出不同厚度的试块的底面回波幅度。

3.3.1.2.3 距离幅度特性用直角坐标图形表示,纵坐标为回波幅度,单位为  $dB$ ,横坐标为试块厚度,单位为  $mm$ ,如图 15。同时图中标出回波幅度最高的试块厚度  $L_0$ ,以及比幅最高时低  $6\text{ dB}$  所对应的试块厚度  $L_1$  和  $L_2$ 。

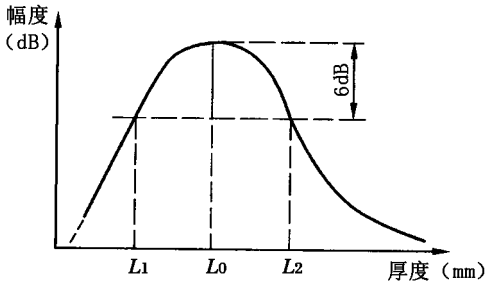


图 15

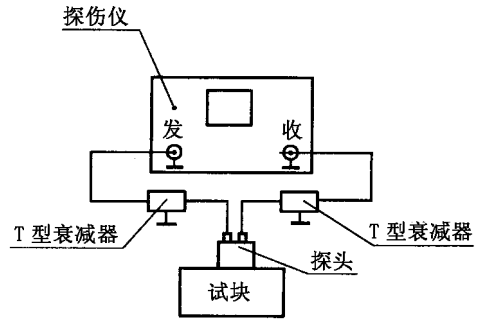


图 16

### 3.3.2 相对灵敏度

#### 3.3.2.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 二个 T 型衰减器; c. 石英晶片固定试块; d. 在 3.3.1.1 项 b 中厚度为  $L_0$  的试块。

#### 3.3.2.2 测试步骤

3.3.2.2.1 将探伤仪置一收一发即“双”的工作状态。发射端和接收端各接上 T 型衰减器如图 16。

3.3.2.2.2 接上被测探头,并置于厚度为  $L_0$  的试块上,移动探头使底波幅度最高,调节(衰减器)使底波幅度为垂直刻度的  $50\%$ ,记下此时(衰减器)的读数  $S_1$ 。

3.3.2.2.3 将探伤仪置“单”收发的工作状态,换接上频率与被测探头相同的石英片固定试块,调(衰减器)使第一次底波幅度为垂直刻度的  $50\%$ ,记下衰减器的读数  $S_2$ 。

3.3.2.2.4 双晶直探头灵敏度按式(1)计算。

### 3.3.3 楔内回波幅度

#### 3.3.3.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 在 3.3.1.1 项 b 中厚度为  $L_0$  的试块。

#### 3.3.3.2 测试步骤

3.3.3.2.1 将探伤仪置一收一发即“双”的工作状态。调节探伤仪的(发射强度),使被测探头的阴尼电阻值接近其等效阻抗值。

3.3.3.2.2 将被测探头置于厚度为  $L_0$  的试块上,移动探头使底波幅度最高,调节(衰减器)使底波幅度为垂直刻度的  $50\%$ ,记下(衰减器)的读数  $S_w$ 。

3.3.3.2.3 将探头置于空气中,擦去其表面涂层,然后调节(衰减器)使其回波幅度为垂直刻度的  $50\%$ ,记下此时(衰减器)的读数  $S_s$ 。

3.3.3.2.4  $S_w$  和  $S_s$  的差值为被测探头楔内回波幅度,单位:  $dB$ 。

### 3.3.4 回波频率

#### 3.3.4.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 示波器; c. 在 3.3.1.1 项中 b 中厚度为  $L_0$  的试块。

### 3.3.4.2 测试步骤

按 3.3.3.2 得到厚度为  $L_0$  试块的底波后, 参照 3.3.3.2, 用示波器观察该底的扩展波形, 测得  $T_3$  值, 并按式(2)计算回波频率  $f_0$ 。

### 3.3.5 回波长度

3.3.5.1 测试设备 同 3.3.4.1。

### 3.3.5.2 测试步骤

按 3.3.4.2 测得底波后, 确定底波幅度峰直  $h$ , 由零电平算起在其两侧相当于  $h/10$  的电平画二条线 A 和 B, 分别作为基准线, 如图 5。

图 5 中, 回波波形最初和任一基准线相交时刻到最后和任一基准线相交时刻的时间间隔为探头的回波长度  $d$ ,  $d$  的单位为  $\mu s$ 。

### 3.3.6 声束交区宽度

#### 3.3.6.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 对比试块 DB-H<sub>1</sub>。

#### 3.3.6.2 测试步骤

3.3.6.2.1 将探伤仪置一收一发, 即“双”的工作状态。

3.3.6.2.2 标出探头的参考方向, 如图 17(a)。将探头对准试块中声程相当于  $L_0$  的横通孔, 并使其 X 方向沿试块的中心线移动, 然后测出回波幅度最高的点至回波幅度下降 6dB 的探头移动距离  $W_{+x}$  和  $W_{-x}$ , 如图 17(b)。



图 17

3.3.6.2.3 将探头对准试块中声程相当于  $L_0$  的横通孔, 并使其 Y 方向沿试块中心线移动, 测出回波幅度最高的点至回波幅度下降 6 dB 的探头移动距离  $W_{+y}$  和  $W_{-y}$ 。

3.3.6.2.4 探头移动距离  $W_{+x}$ 、 $W_{-y}$  和  $W_{+y}$ 、 $W_{-x}$  分别表示探头的 X 方向和 Y 方向的声束交区宽度, 读数精确到 1mm。

### 3.3.7 等效阻抗

3.3.7.1 测试设备 同 3.1.7.1。

#### 3.3.7.2 测试步骤

参照 3.1.7.2 或 3.1.7.3 分别测出双晶直探头发射端和接收端的等效阻抗。

## 3.4 水浸探头测试方法

### 3.4.1 距离幅度特性

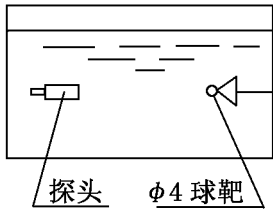
### 3.4.1.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 声场测试水槽。

### 3.4.1.2 测试步骤

3.4.1.2.1 调节被测探头,使其沿中心轴移动时始终对准声场测试水槽中的  $\phi 4$  球靶如图 18(a),测出探头和球靶间不同距离的回波幅度。

3.4.1.2.2 距离幅度特性用直角坐标图形表示,纵坐标为回波幅度,单位 dB;横坐标为探头至  $\phi 4$  球靶距离,单位 mm,如图 18(b)。同时在中图中标出回波最高时所对应的距离  $L_{f0}$ ,以及波幅度低 6dB 的距离  $L_{f1}$  和  $L_{f2}$ ,对于聚焦水浸探头,  $L_{f0}$  就是实测焦距。



(a)

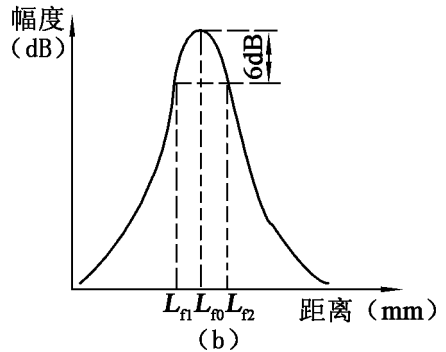


图 18

### 3.4.2 相对灵敏度

#### 3.4.2.1 测试设备

a. 探伤仪; b. T 型衰减器; c. 石英晶片固定试块; d. 声场测试水槽。

#### 3.4.2.2 测试步骤

3.4.2.2.1 T 型衰减器的一端接探伤仪,另一端接探头线。

3.4.2.2.2 接上被测探头,在声场测试水槽中把探头对准按 3.4.1.2 测出的  $L_{f0}$  距离处的  $\phi 4$  球靶,调节(衰减器)使  $\phi 4$  球靶回波幅度为垂直刻度的 50%,记下此时(衰减器)的读数 S。

3.4.2.2.3 换接上频率与被测探头相同的石英晶片固定试块,调节(衰减器)使第一次底波幅度为垂直刻度的 50%,记下(衰减器)的读数  $S_c$ 。

3.4.2.2.4 探头相对灵敏度按式(1)计算。

### 3.4.3 回波频率

#### 3.4.3.1 测试设备

a. 探伤仪; b. 示波器; c. 声场测试水槽。

#### 3.4.3.2 测试步骤

3.4.3.2.1 调节探伤仪的(发射强度),使被测探头阻尼电阻值接近其等效阻抗值。

3.4.3.2.2 参照 3.1.3.2,用示波器观察  $L_{f0}$  距离处  $\phi 4$  球靶回波的扩展波形,测试得  $T_3$  值后,按式(2)计算回波频率  $f_e$ 。

### 3.4.4 回波长度

3.4.4.1 测试设备 同 3.4.3.1。

#### 3.4.4.2 测试步骤

按 3.4.3.2 测得回波后,确定回波幅度峰值  $h$ ,由零电平算起在其两侧相当于  $h/10$  的电平画二条线 A 和 B,分别作为基准线如图 5。

图 5 中,回波波形最初与任一基准线相交时刻到最后和任一基准线相交时刻的时间间隔为探头的回波长度  $d$ , $d$  的单位  $\mu\text{s}$ 。

### 3.4.5 声束宽度

3.4.5.1 测试设备 同 3.4.1.1。

3.4.5.2 测试步骤

3.4.5.2.1 标出探头的参考方向,如图 19(a)。将探头对准  $L_{f0}$  距离处的  $\phi 4$  球靶,调整探头使回波幅度最高,并在其正负  $x, y$  四个一方向扫查,测量  $\phi 4$  球靶回波幅度最高的点和回波幅度下降 6dB 时的探头移动距离  $W_{+x}, W_{-x}, W_{+y}, W_{-y}$ ,如图 19 (b)

3.4.5.2.2 移动距离  $W_{+x}, W_{-x}$  和  $W_{+y}, W_{-y}$  分别表示探头 X 方向和 y 方向的声束宽度。

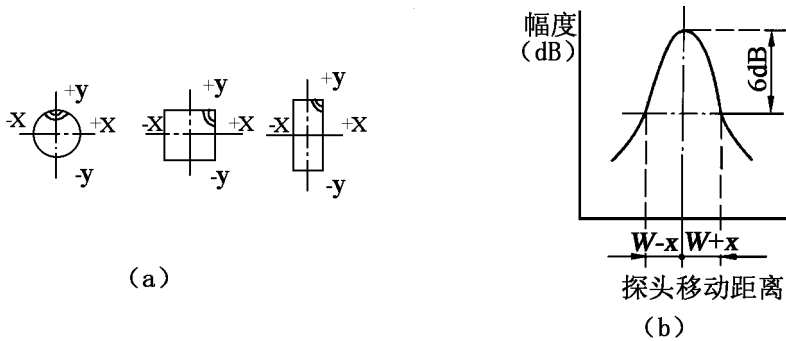


图 19

### 3.4.6 等效阻抗

3.4.6.1 测试设备

a. 同 3.1.7.1 项的 a, b, d, e, f; b. 声场测试水槽。

3.4.6.2 测试步骤 将探头放入声场测试水槽中,参照 3.1.7.2 或 3.1.7.3 测试。

## 4 检验规则

### 4.1 检验方式

检验方式分为下面两种:

- 必检(每个探头都要检查);
- 抽检(从批量生产的产品中抽取一定数量的探头进行的检查)。

### 4.2 必检项目

- 直探头:相对灵敏度、始波宽度、回波频率、回波长度;
- 斜探头:相对灵敏度、回波长度、声轴偏斜角、前沿距离、 $K$  值、空载始波宽度、回波频率;
- 双晶直探头:距离幅度特性、相对灵敏度、楔内回波幅度、回波长度、回波频率;
- 水浸探头:距离幅度特性、相对灵敏度、回波长度、回波频率。

### 4.3 抽检项目

- 直探头:距离幅度特性、声轴的偏移和声束宽度、等效阻抗;

- b. 斜探头:距离幅度特性、声束宽度、等效阻抗;
- c. 双晶直探头:声束交区宽度、等效阻抗;
- d. 水浸探头:声束宽度、等效阻抗。

## 附录 A

### 名词术语

(补充件)

**基准条件** 为了进行比较试验和校准试验,对各影响量所规定的一组标明了公差的数值或范围;影响特性的基准条件为其额定值或有效范围。

**石英晶片固定试块** 在金属材质上粘贴有石英晶片的特定试块,用其底波作探头灵敏度的对比基准。

**相对灵敏度** 同类探头中,被测探头与石英晶片固定试块探伤灵敏度的差值。

**探头阻尼电阻** 探伤仪加在探头输入端的电阻。

**探头等效阻抗( $Z_t$ )** 在探头加上一定声负载条件下,探头输入端电阻抗的绝对值。

**回波频率( $f_e$ )** 回波在时间轴上进行扩展观察所得到的峰值间隔时间的倒数。

**回波频谱** 回波中各频率成分的幅度分布。

**声束宽度** 声轴规定距离处的半波高宽度。

**声轴偏斜角** 斜探头声轴在水平方向上的偏斜角。

**楔内回波幅度** 双晶直探头接触块界面回波的幅度。

**焦距( $L_f$ )** 聚焦探头声束实测焦点到探头表面的距离。

**转换系数**

探头工作在发射,接收时电压和声压的转换能力。

**工作频带**

探头标准或技术条件中规定的探头参数定出的频率范围。

## 附录 B

### 电子测试设备主要技术要求

(补充件)

本附录规定了测试探头的电子测试设备应具有的主要技术要求和部分测试设备的参考型号。

#### B.1 超声探伤仪

超声探伤仪的技术要求应符合 JB/T 10061—1999《A 型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件》的规定外,还必须满足下列要求:

- a. 发射脉冲幅度 $\leq 400$  V;
- b. 发射脉冲上升时间 $\leq 50$  ns,发射脉冲波形应光滑;
- c. 在测试探头灵敏度时,标称工作频率范围为 0.5~5 MHz;
- d. 在测试探头空载始波宽度时,阻塞范围 $\leq 10$  mm。

#### B.2 T型衰减器

##### B.2.1 主要技术要求

a. 特性阻抗 50Ω; b. 衰减量 15 dB。 B. 2. 2 参考型号 SGZ-13。

### B. 3 示波器

#### B. 3. 1 主要技术要求

a. 频带宽度: 0~15 MHz; b. 时间轴误差: ±3%。

B. 3. 2 参考型号 SBM-10B 多用示波器 SBM-14 多用示波器。

### B. 4 高频信号发生器

#### B. 4. 1 主要技术要求

a. 频率范围: 0. 1~10 MHz; b. 载波输出: 0~1 V。

B. 4. 2 参考型号 HFG-7 高频信号发生器。

### B. 5 频率计

#### B. 5. 1 主要技术要求

a. 频率范围: 0. 1~10 MHz; b. 频率测量相对误差: 0. 1%。

B. 5. 2 参考型号 PS-43 频率计, E312 频率计。

### B. 6 矢量电压表

#### B. 6. 1 主要技术要求

a. 频率范围 0. 1~20 MHz; b. 电压范围: 1 mV~1V; c. 电压测量误差: ±5% 满刻度; d. 相位误差: ±1. 5°。

B. 6. 2 参考型号 DT1 型矢量电压表。

### B. 7 商频毫伏表

#### B. 7. 1 主要技术要求

a. 频率范围: 0. 1~10 MHz; b. 电压测量误差: ±5% 满刻度。

B. 7. 2 参考型号 DA-1 高频毫伏表。

### B. 8 高频可变电容箱

#### 主要技术要求:

a. 频率范围: 0. 1~10 MHz; b. 电容量范围: 5~10 000 PF; c. 介质损耗  $\text{tg}\delta$ : ≤0. 001。

### B. 9 声场测试水槽

#### B. 9. 1 主要技术要求

a. 有效深度 ≥500 mm; b. 有效长度 ≥500 mm; c. 有效宽度 ≥500 mm; d. 水槽的移动机构能使探头在深度、宽度和长度方向以最小 0. 5 mm 的距离移动探头; e. φ4 钢球的表面光洁度 ∇10。

B. 9. 2 参考型号 SC-1 声场测试设备。

### B. 10 射频脉冲发生器

#### 主要技术要求:

a. 射频脉冲填充频率范围(F): 0. 5~8 MHz; b. 射频脉冲持续时间:  $5\text{F}^{-1} \sim 39\text{F}^{-1} \mu\text{s}$  范围内调节。

### B. 11 输入分压器

#### 主要技术要求:

a. 通频带: 0. 1~10 MHz; b. 分压系数: 0, 20, 40dB; c. 分压系数误差: 0. 25dB。

### B. 12 宽频带放大器

#### 主要技术要求:

a. 通频带: 0. 1~20 MHz; b. 放大系数: 60 dB; c. 放大系数调节范围: 0~60 dB。

## B.13 闸门选择器

主要技术要求:

a. 连续可调闸门宽度:  $0.5 \sim 100.0 \mu\text{s}$ ; b. 最大输出电压:  $1 \text{ V}$ ; c. 闸门外信号衰减:  $40 \text{ dB}$ ; d. 闸门前沿和后沿的尖峰幅度不大于  $0.2 \text{ V}$ , 持续时间不大于  $0.1 \mu\text{s}$ 。

## B.14 频谱分析仪

主要技术要求:

a. 频率范围:  $0.1 \sim 20 \text{ MHz}$ ; b. 计算衰减器的误差:  $\pm 1 \text{ dB}$ ; c. 灵敏度不小于  $150 \mu\text{V}$ 。

## 附录 C

## 石英晶片固定试块

(补充件)

本附录规定了超声探伤用探头性能测试方法所用的石英晶片固定试块的结构、技术要求和测试方法。

## C.1 结构

C.1.1 试块材料 45号钢。

## C.1.2 形状及尺寸

石英晶片固定试块的形状及尺寸如图 C.1。

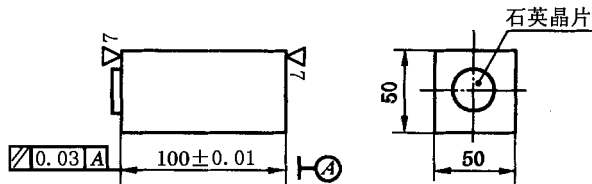


图 C.1

## C.1.3 石英晶片尺寸

当频率小于  $1.5 \text{ MHz}$  时, 选用  $\phi 30 \text{ mm}$ ; 当频率大于  $1.5 \text{ MHz}$  时, 选用  $\phi 20 \text{ mm}$ 。

## C.2 主要技术要求

a. 石英晶片频率误差:  $\pm 1\%$ ; b. 阻抗误差:  $\pm 10\%$ ; c. 最大转换系数误差:  $\pm 2 \text{ dB}$ 。

## C.3 测试方法

## C.3.1 石英晶片谐振频率

石英晶片谐振频率按 GB/T 3389.5-1995《压电陶瓷材料性能测试方法 圆片厚度伸缩振动模式》所规定的方法测试。

## C.3.2 等效阻抗

参照本标准 3.1.7 规定的方法, 测试在晶片谐振频率下的石英晶片固定试块的等效阻抗。

## C.3.3 转换系数

## C.3.3.1 测试设备

a. 射频脉冲发生器; b. 输入分压器; c. 宽频带放大器; d. 示波器。

## C.3.3.2 测试步骤

C.3.3.2.1 将测试设备按图 C.2 连接。



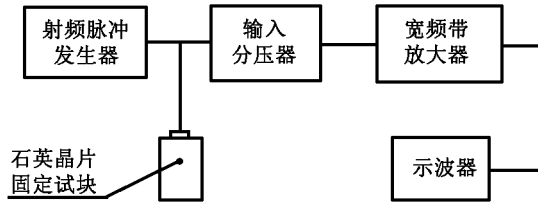


图 C. 2

C. 3. 3. 2. 2 把探头的工作频带平均为 10 个频率点  $f_i$ , 其中  $i=1, 2, \dots, 10$ 。

C. 3. 3. 2. 3 调节射频脉冲发生器, 使其脉冲填充频率为  $f_i$ , 周期数为 20。然后测量出对应的发射脉冲和第一次底波幅度的差值  $P_i$ 。

C. 3. 3. 2. 4 参照本标准 3. 1. 7 规定方法测量出  $f_i$  对应的探头阻抗  $Z_{fi}$ 。

C. 3. 3. 2. 5 按下式计算转换算数

$$S_{ai} = P_i - K_i \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中:  $S_{ai}$ ——转换系数, dB。

$$K_i = 20 \lg \frac{Z_{fi} + Z_3}{Z_3} \text{ 修正系数}$$

$$Z_3 = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)} \dots\dots\dots (C. 2)$$

式中:  $Z_1$ ——脉冲间隔内射频脉冲发生器的输出阻抗;  $Z_2$ ——输入分压器的输入阻抗。

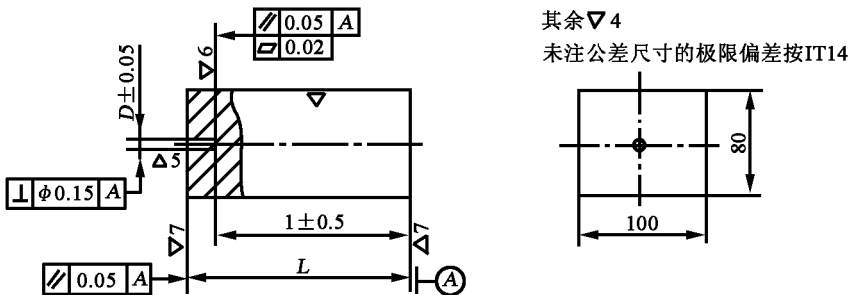
C. 3. 3. 2. 6 分别计算工作频带内 10 个频率点的转换系数, 其中的最大值为最大转换系数  $S_a$ 。

### 附录 D

#### 对比试块技术要求

(补充件)

##### D. 1 DB-P 试块



型号 DB-P	Z0. 5-2	Z1-2	Z1. 5-2	Z2-2	Z3-2	Z4-2	Z5-2	Z8-2	Z10- -2	Z15-2	Z20-2	Z20-4
$e$	5	10	15	20	30	40	50	80	100	150	200	200
$L$	25	30	35	40	50	60	70	100	120	170	225	225
$D$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	2	4

图 D. 1 DB-P 试块

D.2 DB-H<sub>1</sub> 试块

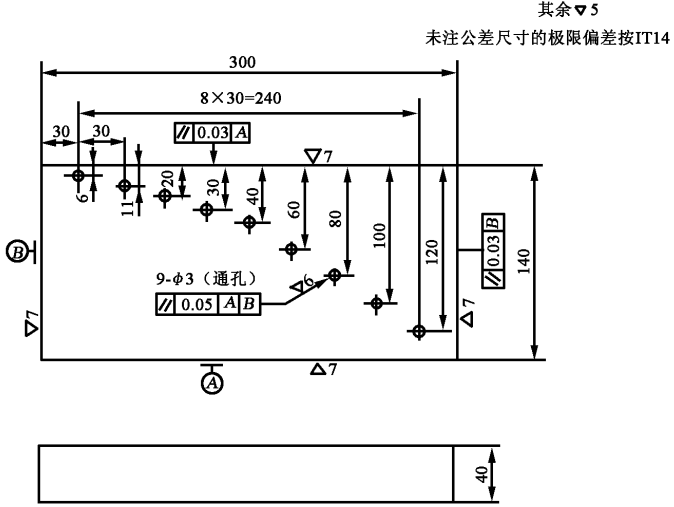


图 D.2 DB-H<sub>1</sub> 试块

D.3 DB-H<sub>2</sub> 试块

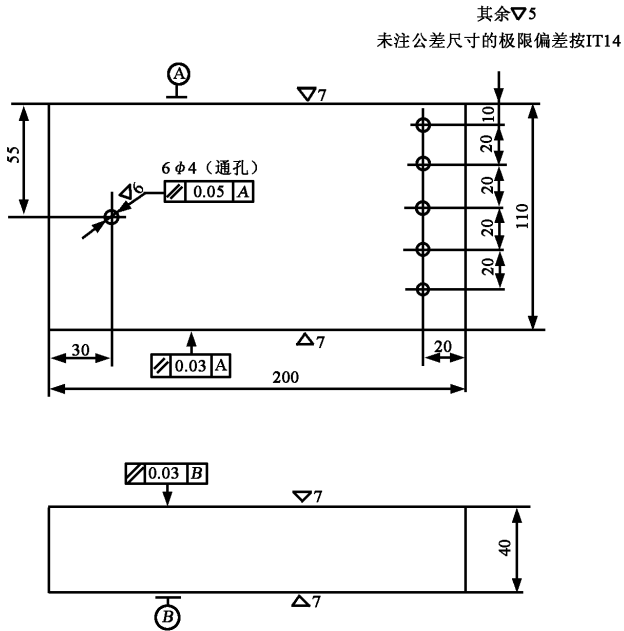


图 D.3 DB-H<sub>m2</sub> 试块

D.4 DB-D<sub>1</sub> 试块

所使用的渗透剂和显像剂种类	探伤方法代号	探伤步骤												
		前处理	渗透	乳化	清洗	去除	干燥	成像	干燥	观察	后处理			
水洗型荧光渗透剂—干式显像剂	FA-D	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
水洗型荧光渗透剂或水洗型着色渗透剂—湿式显像剂	FA-W VA-W	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
水洗型荧光渗透剂或水洗型着色渗透剂—快干式显像剂	FA-S VA-S	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
水洗型荧光渗透剂—不用显像剂	FA-N	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
后乳化型荧光渗透剂—干式显像剂	FB-D	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
后乳化型荧光渗透剂—湿式显像剂	FB-W	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
后乳化型荧光渗透剂—快干式显像剂	FB-S	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
溶剂去除型荧光渗透剂—干式显像剂	FC-D	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
溶剂去除型荧光渗透剂或溶剂去除型着色渗透剂—湿式显像剂	FC-W VC-W	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
溶剂去除型荧光渗透剂或溶剂去除型着色渗透剂—快干式显像剂	FC-S VC-S	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
溶剂去除型荧光渗透剂—不用显像剂	FC-N	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
后乳化型着色渗透剂—干式显像剂	VB-D	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
后乳化型着色渗透剂—湿式显像剂	VB-W	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○
后乳化型着色渗透剂—快干式显像剂	VB-S	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○	→	○

图 D.4 DB—D<sub>1</sub> 试块

D.5 DB—R 试块

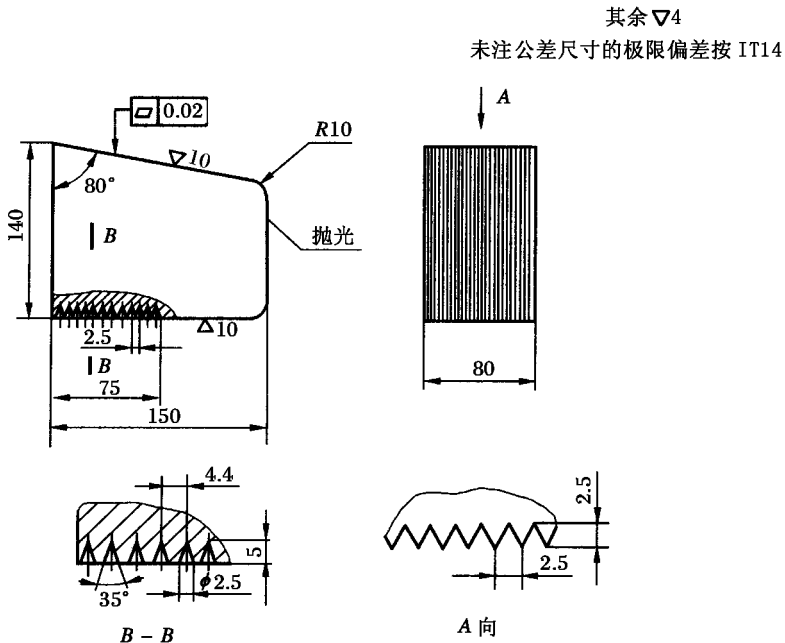


图 D.5 DB—R 试块

#### D. 6 技术要求

- a. 试块材料采用 45 号优质碳素结构钢(GB/T 69
- b. 试块坯料经锻造和热处理,晶粒应达 7 级;
- c. 试块的探测面及侧面在 2.5 MHz 以上频率及高灵敏度条件下进行探伤,不得出现大于距探测面 20mm 的  $\phi 2$  平底孔回波幅度  $\frac{1}{4}$  的缺陷回波。

### 附录 E 探头回波频谱测试方法 (参考件)

#### E. 1 测试设备

a. 视频脉冲发生器—超声探伤仪发射部分;b. 宽频带放大器;c. 闸门选择器;d. 频谱分析仪;e. 示波器;f. 选用被测探头测试回波频率时所规定的反射体。

#### E-2 测试步骤

E. 2. 1 按图 E. 1 连接测试设备

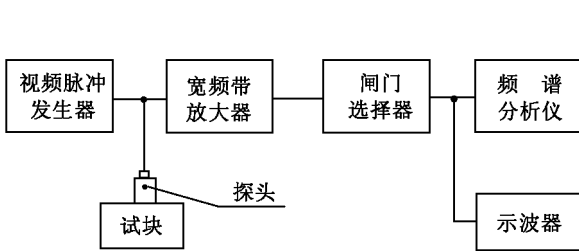


图 E. 1

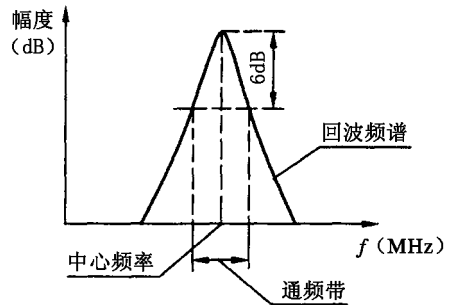


图 E. 2

E. 2. 2 在频谱分析仪上观察被测探头在规定的反射体的回波频谱,读出最高响应幅度的中心频率和通频带。如图 E. 2。