

中华人民共和国国家标准

GB/T 18852—2020/ISO 12715:2014
代替 GB/T 18852—2002

无损检测 超声检测 测量接触探头声束特性的参考试块和方法

Non-destructive testing—Ultrasonic testing—Reference blocks and test
procedures for the characterization of contact probe sound beams

(ISO 12715:2014, IDT)

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 符号和缩略语 | 1 |
| 5 参考试块 | 3 |
| 6 技术和工艺规程 | 5 |
| 附录 A (规范性附录) 时基线设置(范围设置) | 16 |
| 附录 B (规范性附录) 声束截面的声时(TOF)特性曲线 | 18 |
| 附录 C (资料性附录) 偏斜角、远场和近场分辨力 | 20 |
| 参考文献 | 21 |

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 18852—2002《无损检测 超声检验 测量接触探头声束特性的参考试块和方法》，与 GB/T 18852—2002 相比，主要技术变化如下：

- 修改了范围(见第 1 章,2002 年版的第 1 章)；
- 修改了规范性引用文件(见第 2 章,2002 年版的第 2 章)；
- 增加了术语和定义(见第 3 章)；
- 修改了部分符号及其定义,删除了“焦点直径”符号及其定义,增加了“焦点宽度”符号及其定义(见第 4 章,2002 年版的第 3 章)；
- 修改了部分缩略语,修改了“FSH”“T”“R”,删除了“X, Y, Z”,增加了“ P_i ”“ SDH_i ”、“注： SDH_{456} ”(见第 4 章,2002 年版的第 3 章)；
- “声束截面轮廓和幅度分布图”改为“声束特性曲线”(见第 6 章,2002 年版的第 5 章)；
- “衍射”改为“干涉”(见 6.1.1,2002 年版的 5.1.1)。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 12715:2014《无损检测 超声检测 测量接触探头声束特性的参考试块和方法》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 12604.1—2020 无损检测 术语 超声检测(ISO 5577:2017, IDT)
- GB/T 19799.2—2012 无损检测 超声检测 2 号试块(ISO 7963:2006, IDT)

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本标准起草单位：上海材料研究所、常州超声电子有限公司、国网新疆电力有限公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：肖潇、蒋建生、丁杰、黄隐、马君、何成。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 18852—2002。

无损检测 超声检测

测量接触探头声束特性的参考试块和方法

1 范围

本标准规定了探头与被检工件接触时工件内声场声束特性的测量方法。探头包括直探头、斜探头(折射纵波和折射横波)、聚焦探头和双晶探头。本标准推荐了两种金属参考试块,分别为半圆阶梯试块(HS试块)和横孔试块(SDH试块)。探头晶片直径或边长不大于25 mm。

本标准规定了适于检测锻钢、轧制钢、铝合金或钛合金产品的探头声束特性的测量导则。本标准适用的探头频率范围为1 MHz~15 MHz。1 MHz~5 MHz是最宜于钢铁产品检测的频率范围,5 MHz~15 MHz是最适宜于细晶结构产品(如铝合金产品)检测的频率范围。

如果本标准应用于钢铁产品以外的检测,检测人员宜注意该材质的声速与钢的声速不同,同时斜探头标称折射角通常按在钢中检测设计。本标准给出了斯涅尔定律,以便检测人员计算其他各向同性和细晶材料内折射角。本标准适用于实际折射角范围在 0° ~ 70° 内的斜探头、聚焦探头和双晶探头。本标准不适用于表面波(瑞利)探头。

本标准不涉及用平底孔试块评价缺欠当量尺寸的内容。本标准不规定验收条款,但为检测人员制定探头性能的验收条款建立技术基础。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 5577 无损检测 超声检测 术语(Non-destructive testing—Ultrasonic inspection—Vocabulary)

ISO 7963 无损检测 超声检测 2号试块(Non-destructive testing—Ultrasonic testing—Specification for calibration block No.2)

3 术语和定义

ISO 5577界定的术语和定义适用于本文件。

4 符号和缩略语

4.1 符号

表1所列符号适用于本文件。

表 1 符号及其含义

| 符号 | 含义 | 单位 |
|------------------|--------------------------------------------|------|
| A | 回波峰值幅度 | dB |
| F_w | 焦点宽度 | mm |
| F_D | 焦距 | mm |
| F_L | 焦点长度 | mm |
| H_i | 从入射点至第 i^a 个孔的水平距离 | mm |
| L_X, L_Y, L_Z | 探头轴线 | — |
| R | 8 个横孔的半径 ^b | mm |
| t_1 | 1 号半圆台阶回波时间 | s |
| t_2 | 2 号半圆台阶回波时间 | s |
| t_d | 时间延迟 | s |
| v_l | 工件的纵波声速 | mm/s |
| v_s | 工件的横波声速 | mm/s |
| v_w | 斜楔的纵波声速 | mm/s |
| X, Y, Z | 参考试块的轴线(X - Y 平面, 表面; Z , 垂直表面向下) | mm |
| Y_i | 读取回波峰值幅度处探头至第 i 个孔沿 Y 轴距离 ^c | mm |
| Y_{i1}, Y_{i2} | -6 dB 两点沿 y 轴的位置 | — |
| Z_i | 横孔(SDH)试块上第 i^c 个孔中心离表面 ^d 的深度 | mm |
| Z_β | 斜探头纵截面声束轴线 | — |
| $Z_{\beta i}$ | 沿声束轴线入射点到第 i^c 个孔中心的距离 | mm |
| $Z_{\beta l}$ | 斜探头横截面声束轴线 | — |
| α_w | 入射角(斜楔倾角) | ° |
| β | 折射角 | ° |
| β_l | 工件内纵波折射角 | ° |
| β_s | 工件内横波折射角 | ° |
| γ | 偏斜角 ^e | ° |

^a $i = 1, 2, 3 \dots$

^b 直径 = 1.5 mm。

^c $i = 2, 3 \dots$

^d 顶面, 底面, 右侧面和左侧面。

^e 见 ISO 10375:1997 图 4。

4.2 缩略语

| | |
|---------|-------------|
| FSH | 满屏高度 |
| HS | 半圆阶梯 |
| IP | 始脉冲 |
| P | 探头 |
| P_i | 探头在参考试块上的位置 |
| R | 接收端 |
| SDH | 横孔 |
| SDH_i | 第 i 个横孔 |
| B-面 | 横孔试块的底面 |
| F-面 | 横孔试块的正面 |
| L-面 | 横孔试块的左侧面 |
| R-面 | 横孔试块的右侧面 |
| T-面 | 横孔试块的顶面 |
| T | 发射端 |

注：SDH₄₅₆表示该孔中心到B-面、R-面和T-面的距离分别为40 mm、50 mm和60 mm，其他横孔下角标数值表示该孔中心到T-面的距离”。

5 参考试块

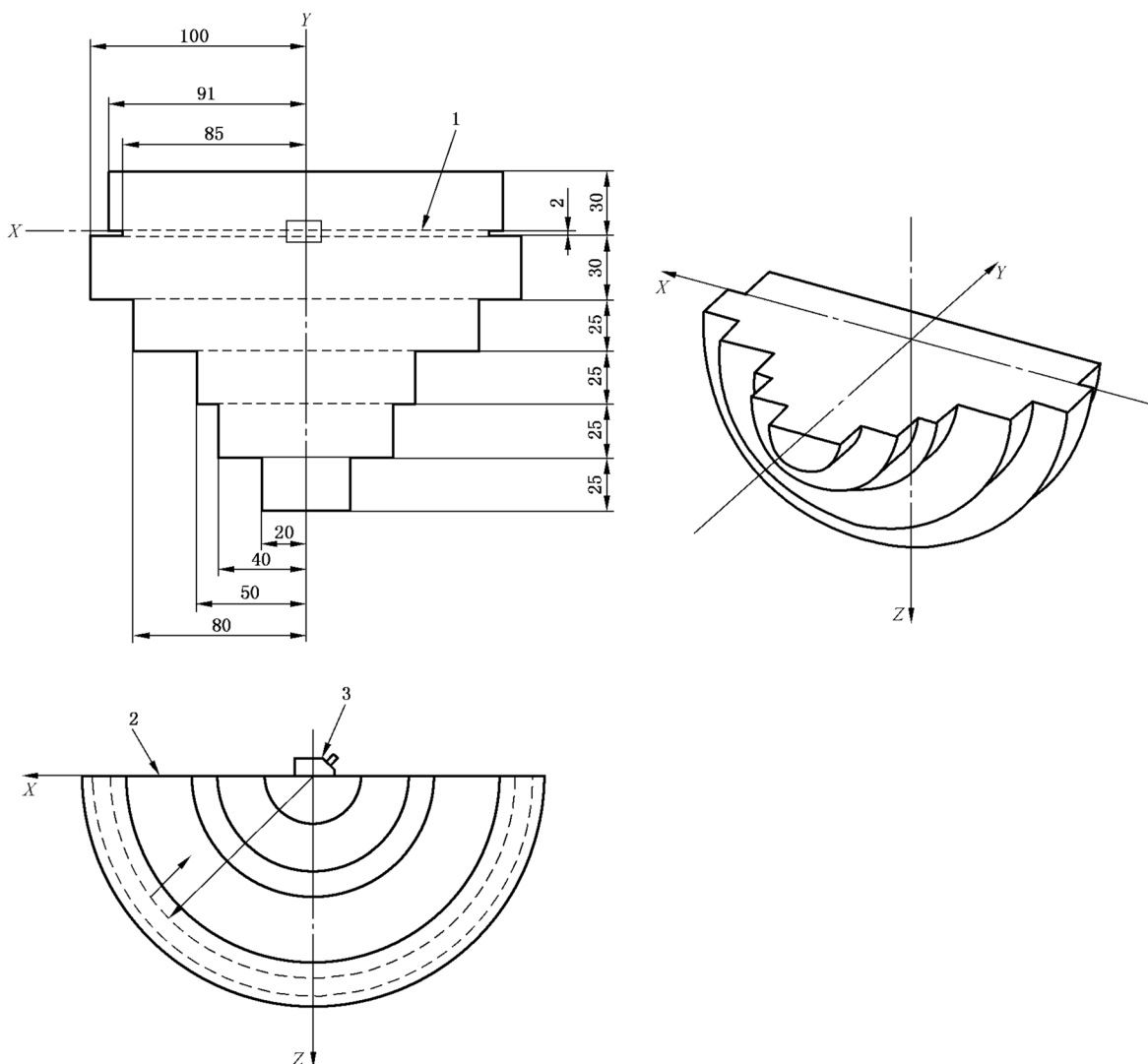
5.1 总则

本标准给出两种金属材质的参考试块。参考试块应使用声学性能与被检工件材料相似或等效的材料制造。试块的机加工精度、表面粗糙度和刻槽等通用要求，宜与ISO 7963要求一致。两种参考试块的几何形状和尺寸见5.2和5.3。

5.2 半圆阶梯试块

半圆阶梯(HS)试块的尺寸，见图1所示。该试块应由实心圆柱体金属加工而成。在试块加工成圆柱体阶梯状后，沿圆柱轴线剖开，加工到规定的表面状态。半圆阶梯的半径分别为20 mm、40 mm、50 mm、80 mm、91 mm和100 mm。半径为20 mm~80 mm的阶梯宽度为25 mm，半径为100 mm的阶梯宽度为30 mm，半径为91 mm的阶梯宽度为28 mm。在100 mm和91 mm阶梯之间有一条半径为85 mm的凹槽，槽宽2 mm。沿槽中心的X轴，HS试块分割成轴对称的中心线Y轴，以及相邻阶梯边界线均应在其表面刻线标识。试块宜置于适宜的试块架上使用。试块架不应损伤试块，也不应因支撑对试块产生声学性能影响。

单位为毫米



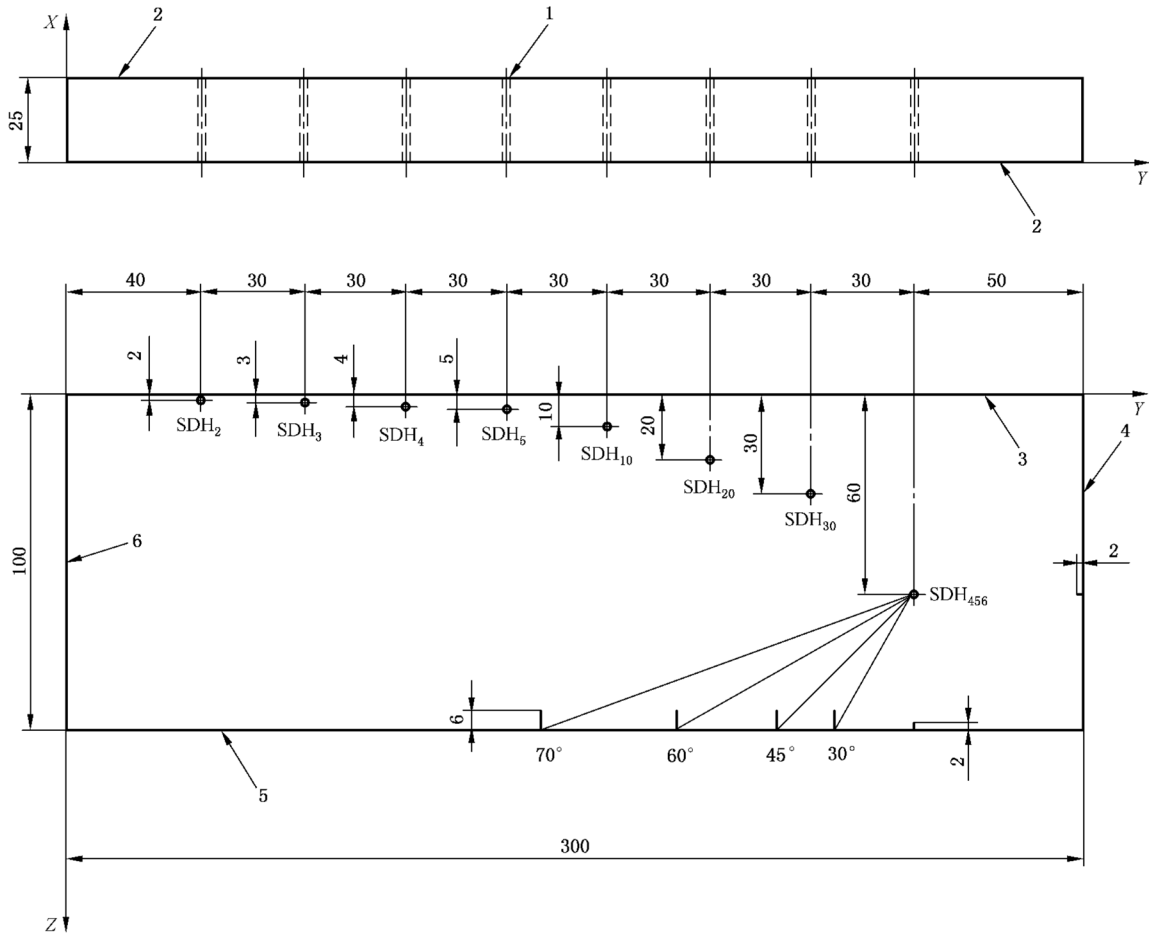
说明：

- 1——切槽中心线；
- 2——F-面；
- 3——斜探头。

图 1 半圆阶梯(HS)试块

5.3 横孔试块

横孔(SDH)试块的尺寸,见图 2 所示。试块长 300 mm,宽 25 mm,高 100 mm。试块上加工 8 个孔径均为 1.5 mm 的横孔。横孔的标识分别为 SDH₂、SDH₃、SDH₄、SDH₅、SDH₁₀、SDH₂₀、SDH₃₀ 和 SDH₄₅₆。横孔的长轴应平行于试块顶面和底面。试块表面的标识分别为 T-面、B-面、R-面、L-面和 F-面。SDH 下角标数值,表示横孔中心到 T-面的距离。例如,标识为 SDH₂ 的孔中心到 T-面的距离为 2 mm。标识为 SDH₄₅₆ 的孔中心到 B-面、R-面和 T-面的距离分别为 40 mm、50 mm 和 60 mm。SDH₂ 到 L-面的距离为 40 mm,相邻孔的间距为 30 mm。在 F-面近 B-面的边缘用短刻线标识折射角(0°~70°)。试块加工完成后,可在任一 F-面上刻上该材质的标称纵波和横波声速。



说明:

- 1——直径为 1.5 mm 的横孔;
- 2——F-面;
- 3——T-面;
- 4——R-面;
- 5——B-面;
- 6——L-面。

图 2 横孔试块(SDH 试块)

6 技术和工艺规程

6.1 直探头

6.1.1 直探头声束特性曲线

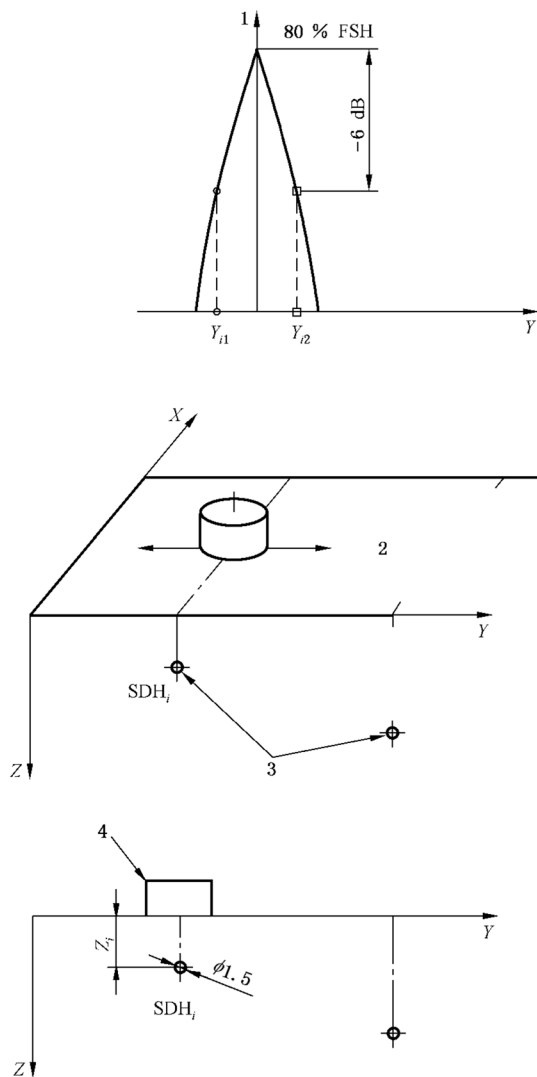
探头置于 SDH 试块的 T-面,对准 SDH₂,见图 3 所示。如果示波屏上该孔回波处于探头盲区内,略去此孔,移动探头探测相邻孔(SDH₃),直至横孔回波清晰可辨。左右移动探头,确定横孔最大峰值幅度,调节仪器增益,使横孔最大峰值幅度为满屏刻度的 80%。该回波应比背景噪声水平至少高 20 dB。沿 Y 轴移动探头,找到横孔最高峰值幅度下降 6 dB 的两个点,记录下最高峰值幅度处的增益(A)及其

探头位置(Y_i),两个-6 dB点的探头位置(Y_{i1} 、 Y_{i2})和孔的深度(Z_i)。

重复上述步骤,在SDH试块上测量余下的横孔。SDH_i的深度是从横孔中心测量,而横孔回波是从横孔外圆面反射获得,由此造成的测量误差相对超声检测中其他不确定因素小得多。就工程检测精度而言,无需修正深度数值。直探头在工件中的声束特性曲线,见图4所示。

探头在近场区内声波幅度起伏变化,主要源于探头附近声场发生干涉现象。超过近场的区域是远场。在远场区,探头声场幅度随传播距离的增加而减少。近场长度的计算公式,见ISO 10375。时基线设置(范围设置)的方法见附录A。

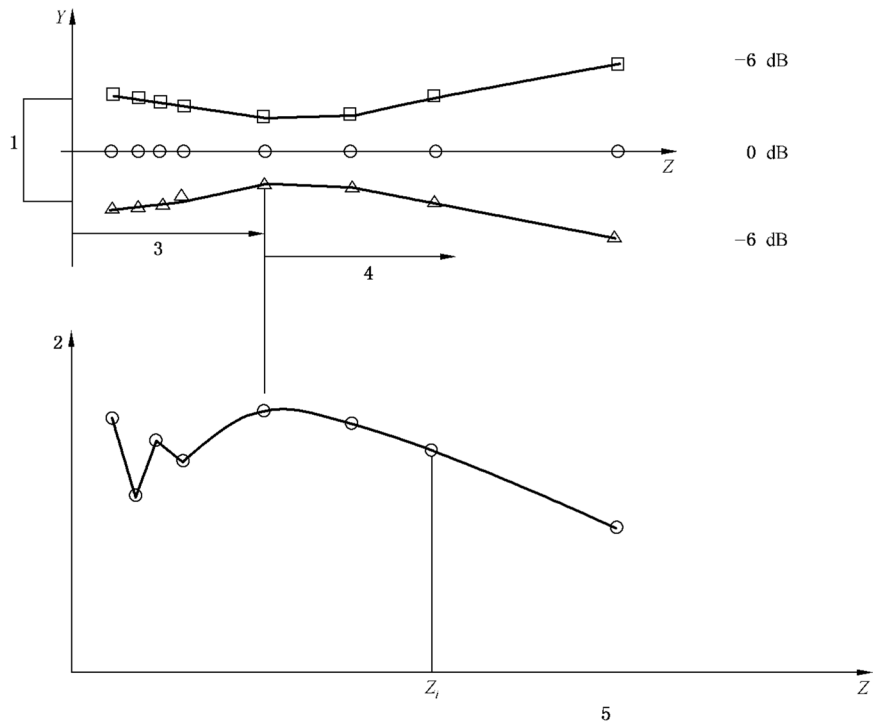
单位为毫米



说明:

- 1——峰值幅度(dB);
- 2——T-面;
- 3——横孔;
- 4——直探头。

图3 直探头的声束特性测量



说明:

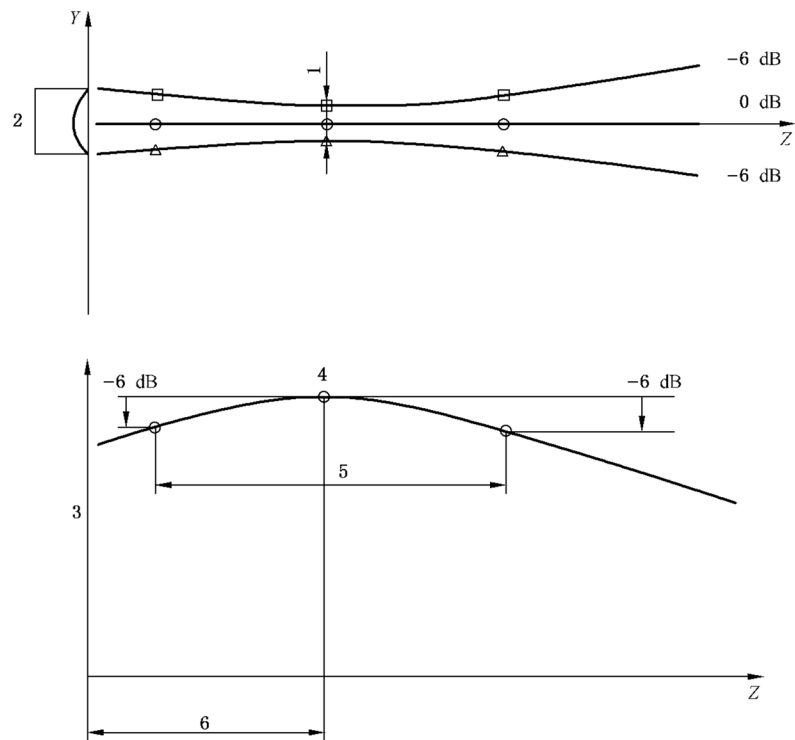
- 1——探头;
- 2——峰值幅度(dB);
- 3——近场;
- 4——远场;
- 5——距离(mm)。

图 4 直探头的声束特性曲线

6.1.2 聚焦直探头声束特性曲线

按 6.1.1 给出的工艺规程测量。聚焦直探头声束特性曲线,见图 5 所示。

- a) 各个深度峰值幅度的点连线,即声轴线;
- b) 最大峰值幅度的点,即焦点;
- c) 焦点到检测面的距离,即焦距(F_D);
- d) 声轴线方向上,焦点处峰值幅度下降 6 dB 的两点距离,即焦点长度(F_L);
- e) 垂直声轴线方向上,焦点处峰值幅度下降 6 dB 的两点距离,即焦点宽度(F_W)。



说明：

- 1——焦点宽度(F_w)；
- 2——聚焦探头；
- 3——回波幅度(dB)；
- 4——峰值幅度(dB)；
- 5——焦点长度(F_L)；
- 6——焦距(F_D)。

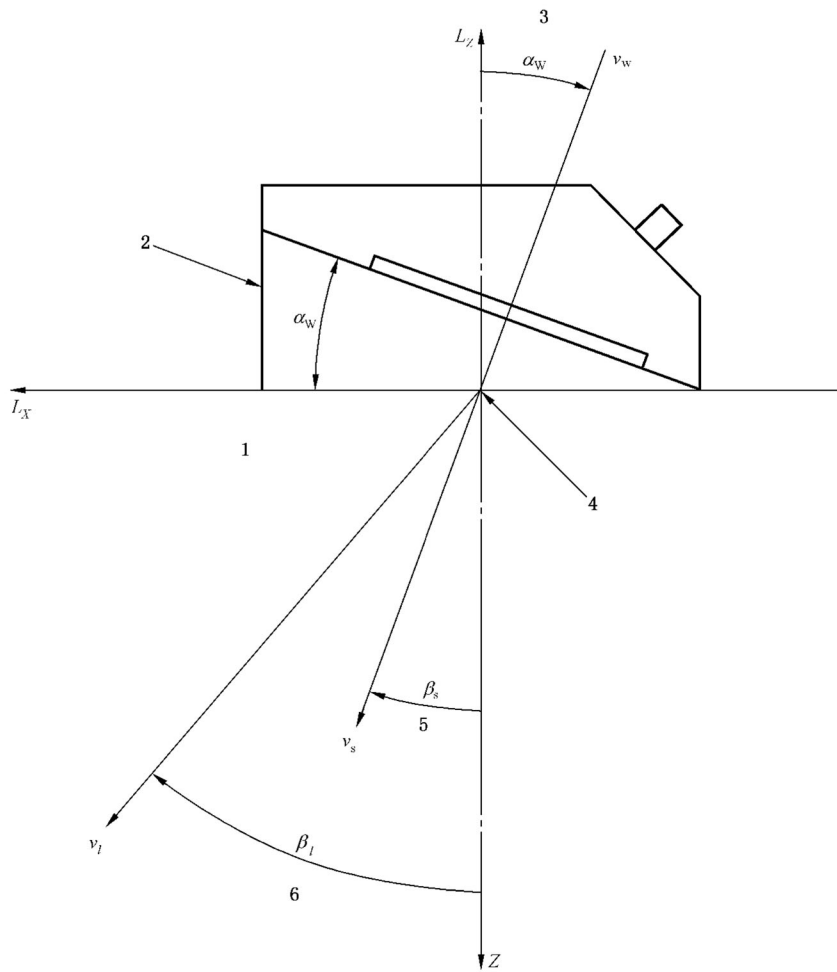
图 5 聚焦直探头声束特性曲线

6.2 斜探头

6.2.1 总则

大多数斜探头都有晶片标称尺寸、标称频率、折射角和钢中横波(剪切波)声速标识。一个斜探头可能产生折射纵波、折射横波,或者两者兼有。因材质声速不同,斜探头检测不同材质时,实际折射角也不相同。

入射角(斜楔倾角)、折射角、楔块材质声速和工件材质声速之间的关系,见图 6 所示。时基线设置(范围设置)的方法见附录 A。声束声时(TOF)特性曲线的测试方法见附录 B。偏斜角、远场和近场分辨力的测试方法参见附录 C。



说明：

- 1——检测工件；
- 2——斜楔；
- 3——入射角；
- 4——探头入射点(I)；
- 5——横波折射角；
- 6——纵波折射角。

图 6 折射定律

斯涅尔定律,如下:

折射纵波,见式(1):

$$\frac{v_w}{v_l} = \frac{\sin\alpha_w}{\sin\beta_l} \dots\dots\dots (1)$$

折射横波,见式(2):

$$\frac{v_w}{v_s} = \frac{\sin\alpha_w}{\sin\beta_s} \dots\dots\dots (2)$$

按钢设计的斜探头,用于其他材质的工件检测时,由式(1)和式(2)计算实际折射角。

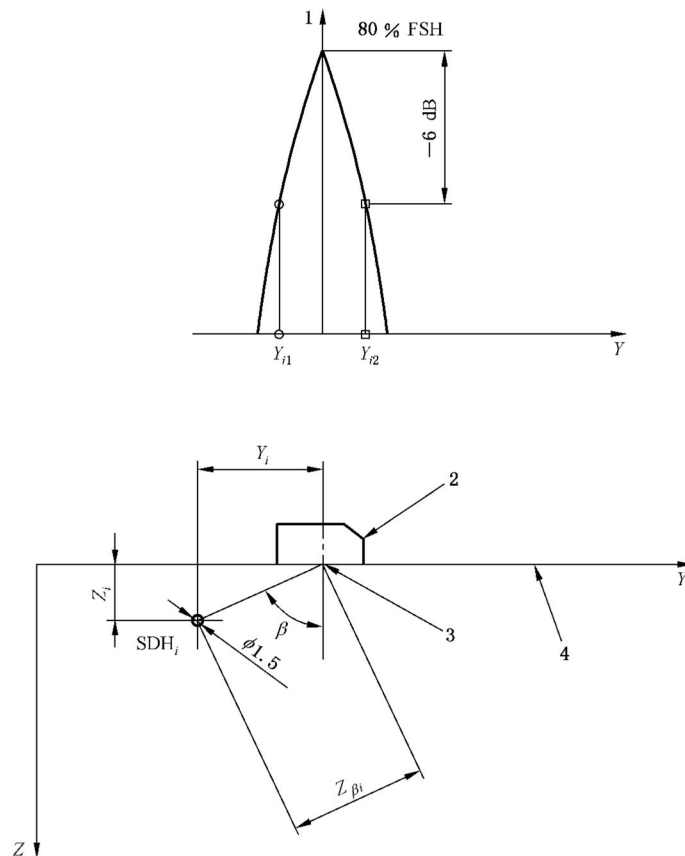
6.2.2 斜探头纵截面声束特性曲线

探头置于 SDH 试块 T-面,对准 SDH₂,使探头纵轴(L_x)垂直于横孔的轴线(X),见图 7 所示。声

束对准横孔,获得横孔最大峰值幅度,调节仪器增益,使横孔最大峰值幅度为满屏刻度的 80%。沿 Y 轴移动探头,找到横孔最高峰值幅度下降 6 dB 的两个点,记录回波峰值幅度(A)及其探头位置(Y_i),两个 -6 dB 点的探头位置(Y_{i1} 、 Y_{i2})和孔的深度(Z_i)。入射点到第 i 个孔中心的声程距离记作 $Z_{\beta i}$,由式(3)求得:

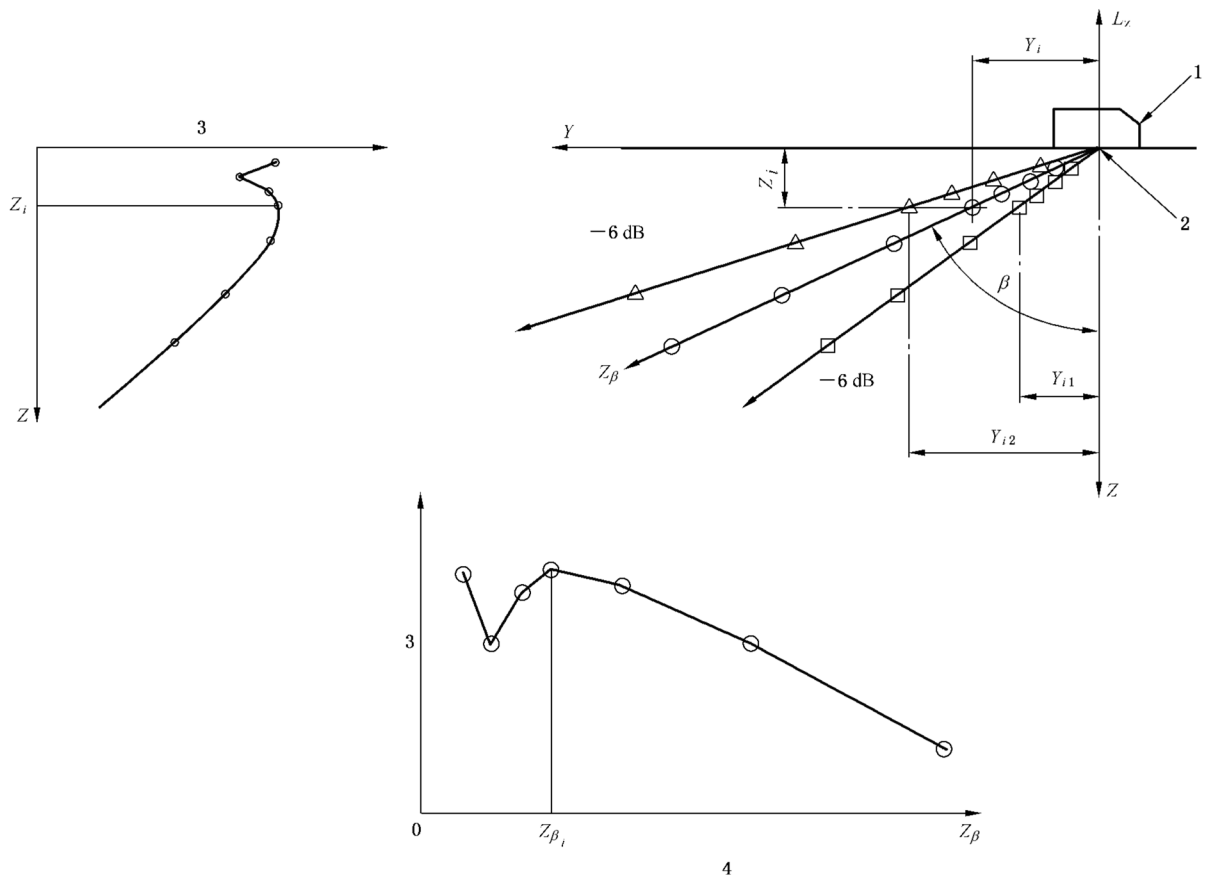
$$Z_{\beta i} = [(Z_i)^2 + (Y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

重复上述步骤,在 SDH 试块上测量余下的横孔。斜探头在工件中纵截面声束特性曲线,见图 8 所示。另外,实践应用时采用峰值幅度深度(Z)曲线,理论分析时采用峰值幅度声程(Z_{β})曲线。



- 说明:
- 1——回波幅度(dB);
 - 2——斜探头;
 - 3——入射点(D);
 - 4——T-面。

图 7 斜探头纵截面的声束特性测量



说明：
 1——斜探头；
 2——入射点；
 3——回波幅度(dB)；
 4——距离(mm)。

图 8 斜探头纵截面声束特性曲线

6.2.3 斜探头横截面声束特性曲线

斜探头横截面声束特性曲线,可在 HS 试块测量获得,见图 9 所示。

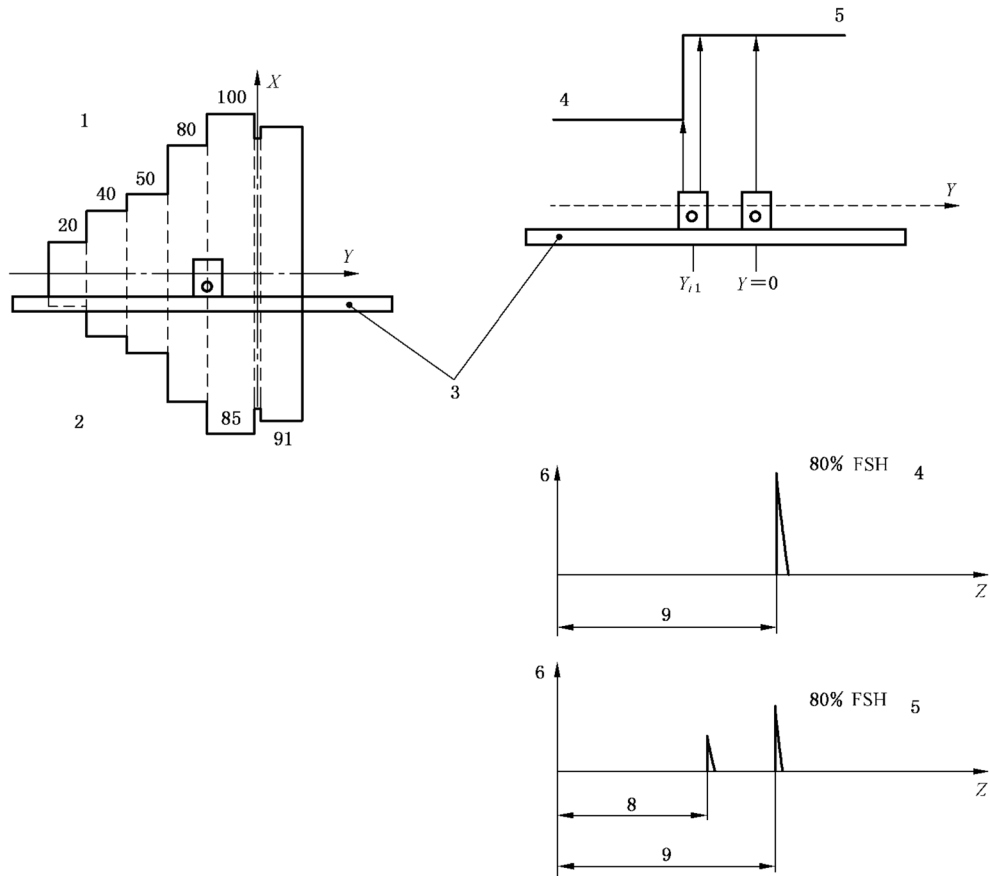
探头置于 HS 试块上,声束对准曲率半径为 100 mm 的圆弧面,先记作 2 号台阶。借助直尺,探头沿 y 方向移动。当峰值幅度(A)最大且波高为满屏高度的 80%时,探头位置记作 $Y=0$ 。当探头处于 $Y<0$ 的位置时,2 号台阶峰值幅度降低;当探头处于 $Y>0$ 的位置时,峰值幅度仍然保持满屏高度的 80%。

2 号台阶(100 mm)峰值幅度(A)为满屏高度 40%时,记录探头位置 Y_{i1} 。 Y_{i1} 即在 $Z_{\beta}=1$ 号台阶处的横截面半声束宽度。

重复上述步骤,在 HS 试块上测量余下的台阶,例如 80 mm~50 mm,50 mm~40 mm,40 mm~20 mm。测量时不要改变仪器增益。斜探头横截面声束特性曲线,见图 10 所示。

每个半圆台阶的回波幅度因干涉而产生变化,这与探头性能有关。测量时可能出现多峰。此时,不考虑其多峰,找到每个台阶的主声束进行测量记录。此外,宜测量声束的声时(TOF)特性曲线,具体测量工艺规程见附录 B。

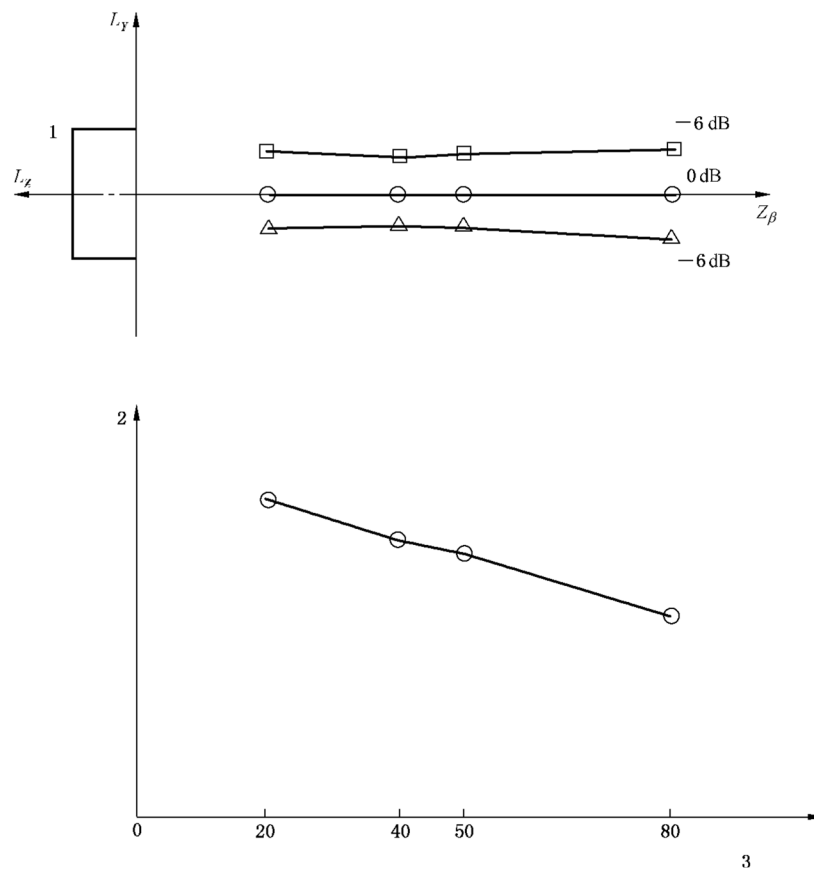
单位为毫米



说明：

- 1——1 侧；
- 2——2 侧；
- 3——直尺；
- 4——1 号台阶；
- 5——2 号台阶；
- 6——回波幅度(%)
- 7——时间或距离；
- 8——1 号台阶(4)的回波信号距离；
- 9——2 号台阶(5)的回波信号距离。

图 9 斜探头横截面的声束特性测量



说明:

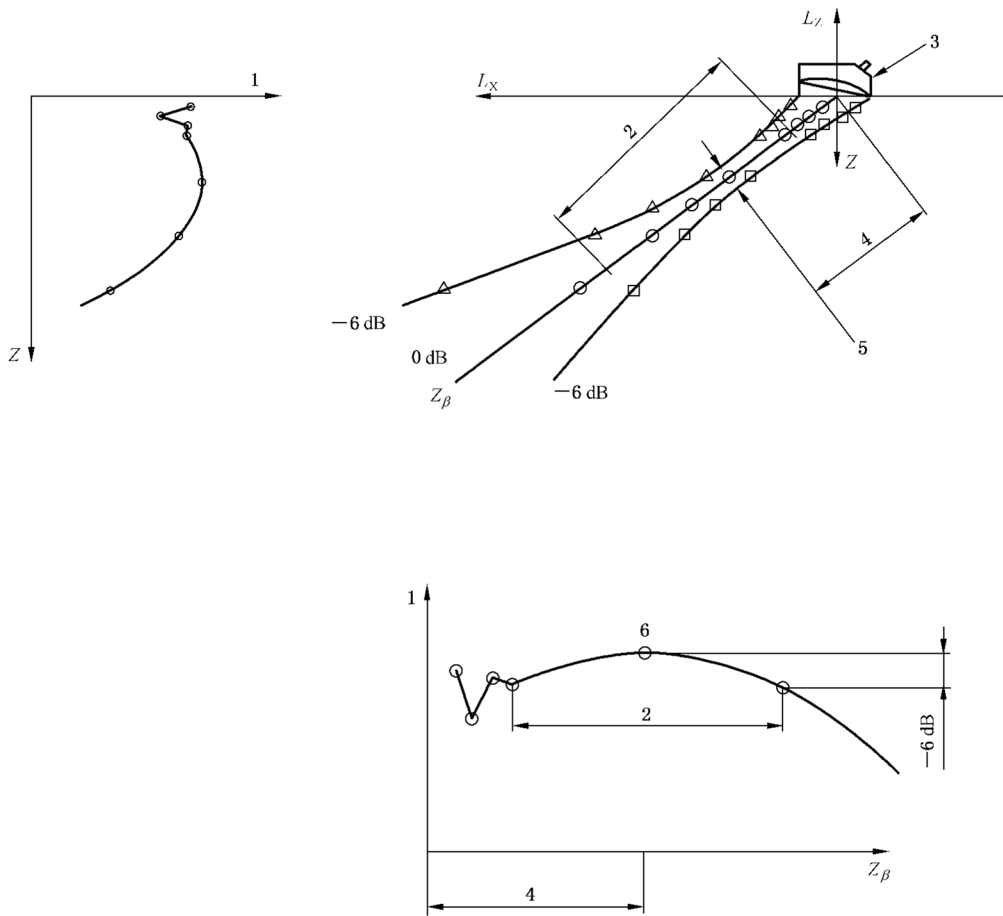
- 1——斜探头;
- 2——回波幅度(dB);
- 3——沿 Z_β 轴的距离(mm)。

图 10 斜探头横截面声束特性曲线

6.2.4 聚焦斜探头声束纵截面声束特性曲线

按 6.2.2 给出的工艺规程测量。聚焦斜探头纵截面声束特性曲线,见图 11 所示。图 11 也给出幅度深度(Z)和幅度主声束轴线(Z_β)的关系图。

- a) 各个深度峰值幅度的点连线,即纵截面幅度曲线(距离波幅曲线);
- b) 最大峰值幅度的点,即焦点;
- c) 声束纵向轴线上,入射点至焦点的距离,即纵向焦距(F_D);
- d) 声束纵向轴线上,焦点处峰值幅度下降 6 dB 的两点距离,即纵向焦点长度(F_L);
- e) 垂直声束纵向轴线上,焦点处峰值幅度下降 6 dB 的两点距离,即焦点宽度(F_W)。



说明：

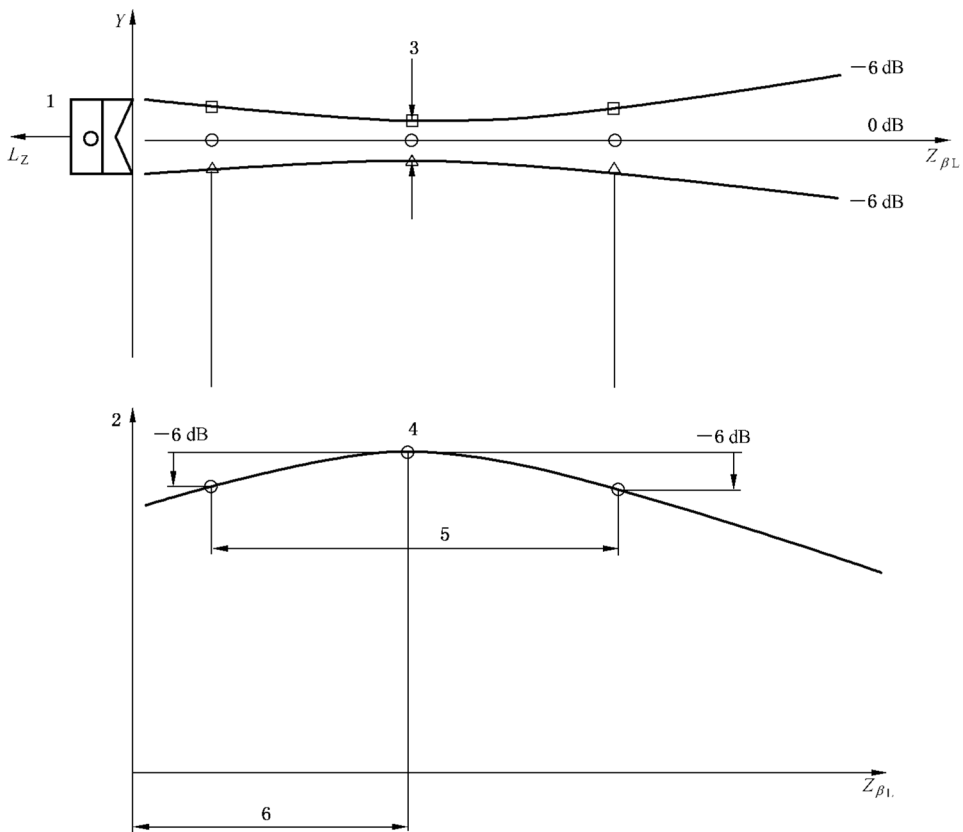
- 1——回波幅度 A (dB)；
- 2——纵向焦长 (F_L)；
- 3——聚焦斜探头；
- 4——纵向焦距 (F_D)；
- 5——焦点宽度 (F_W)；
- 6——焦点处峰值幅度。

图 11 聚焦斜探头纵截面的声束特性曲线

6.2.5 聚焦斜探头横截面声束特性曲线

按 6.2.3 给出的工艺规程测量。聚焦斜探头横截面声束特性曲线，见图 12 所示。

- a) 各个深度峰值幅度的点连线，即声束横向轴线， $Z_{\beta L}$ ；
- b) 最大峰值幅度的点，即焦点；
- c) 声束横向轴线上，入射点至焦点的距离，即横截面焦距 (F_D)；
- d) 声束横向轴线上，焦点处峰值幅度下降 6 dB 的两点距离，即横截面焦点长度 (F_L)；
- e) 垂直声束横向轴线上，焦点处峰值幅度下降 6 dB 的两点距离，即焦点宽度 (F_W)。



说明：

- 1——探头；
- 2——回波幅度 A (dB)；
- 3——焦点宽度 (F_w)；
- 4——横截面焦点(峰值幅度)；
- 5——横截面焦长 (F_L)；
- 6——横截面焦距 (F_D)。

图 12 聚焦斜探头横截面的声束特性曲线

6.3 双晶探头

双晶直探头常用于检测较薄工件、近表面缺欠或粗晶材料。探头由两片晶片，加上延迟块后封装在同一个外壳内构成。一个发射，另一个接收。有些双晶探头的晶片有轻微倾斜，称为屋顶角。为便于使用，双晶探头上宜标出纵轴- L_x 、横轴- L_y 、发射端 (T) 和接收端 (R)。

分别按 6.1 和 6.2 测量双晶直探头和双晶斜探头的声束特性曲线，并应记录双晶探头相对于 SDH 轴线的方向和用于测量的超声探伤仪。

附录 A
(规范性附录)
时基线设置(范围设置)

HS 试块双倍声程特性应用于斜探头时基线调节。工艺流程如下:

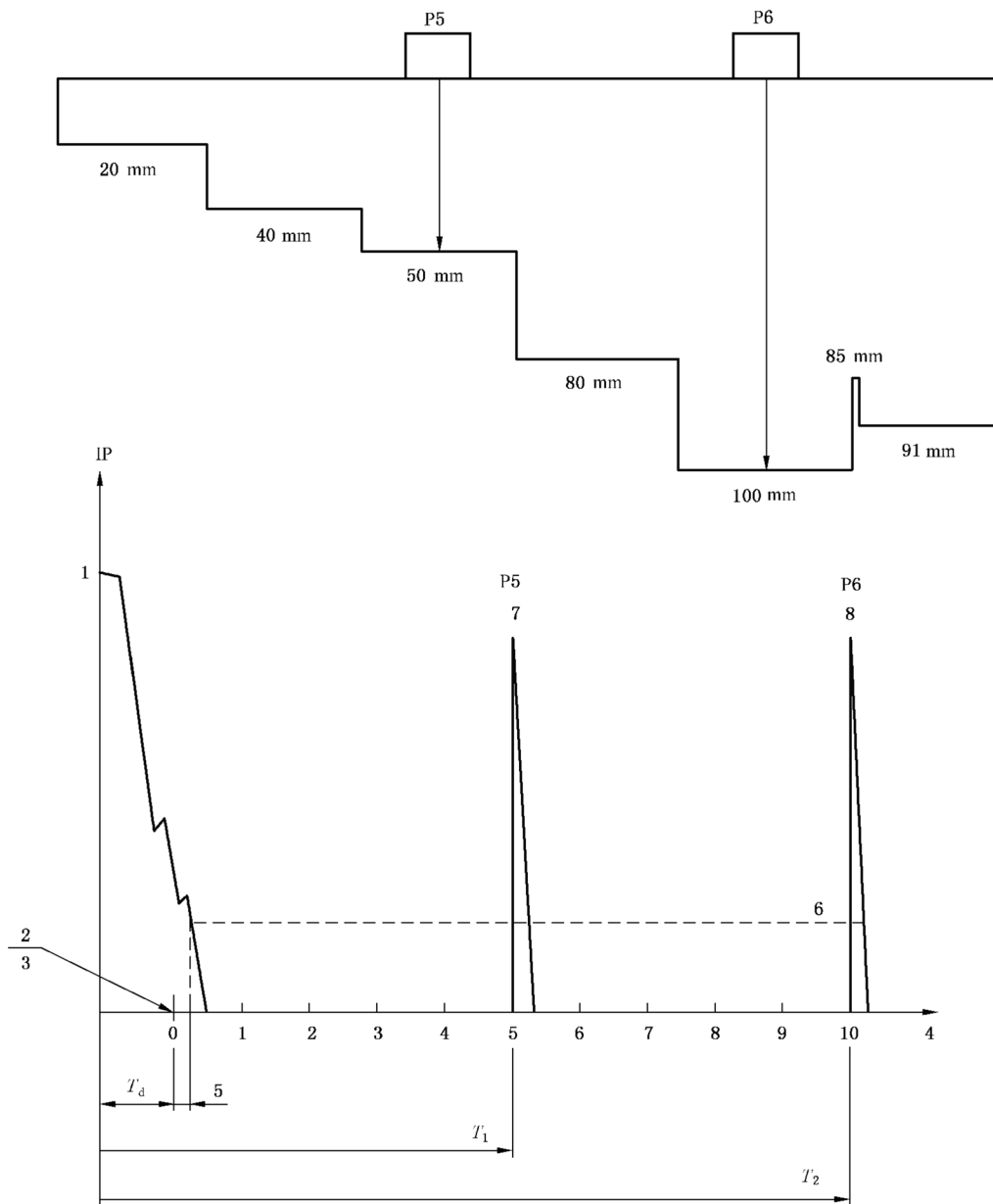
- 选择最大检测厚度范围,在具有双倍声程特性的两个面上检测(如 20 mm 和 40 mm、40 mm 和 80 mm、50 mm 和 100 mm);
- 斜探头置于 HS 试块上,探头入射点与 HS 试块中心线对齐,使声束射向台阶;
- 调节仪器增益,使峰值幅度处于满屏高度的 80%~100%;
- 一对台阶中直径较小的圆弧面回波记作 t_1 ,直径较大的圆弧面回波记作 t_2 ;
- 调节仪器时基线范围, t_1 和 t_2 分别与屏幕上相应的刻度线对齐。每格宜等于 10 mm 的声程。时基线零点位置等于检测接触面。

对于超声显示系统,延迟时间(t_d)按式(A.1)计算:

$$t_d = 2t_1 - t_2 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

如图 A.1 所示。

上述方法也适用于直探头时基线设置。



说明：

- 1——峰值幅度；
- 2——时基零线；
- 3——探头入射点；
- 4——时间或距离；
- 5——盲区；
- 6——闸门阈值；
- 7——第 1 个回波(1 号半圆台阶)；
- 8——第 2 个回波在满屏幅度 80% 处(2 号半圆台阶)。

图 A.1 时基线设置

附录 B
(规范性附录)

声束截面的声时(TOF)特性曲线

超声检测中有两个基本参数,即信号幅度和声时(TOF)。使用 HS 试块和 SDH 试块,可获得测量声束截面的声时特性曲线,与第 6 章中所述幅度特性曲线类似。

为便于精确测量声束截面特性曲线,推荐使用带机械扫查器的仪器,自动记录信号幅度、声时和探头位置。相关超声信息包括峰值幅度(A)、对应的声时、探头所处的位置以及-6 dB 的探头位置等。斜探头纵截面的幅度特性曲线和声时特性曲线,见图 B.1。

斜探头的入射点对准 HS 试块中心线,使用机械轨道引导探头分别朝轨道正负两个方向移动,用仪器自动记录幅度和声时的数值,绘制探头横截面轮廓和幅度特性曲线。

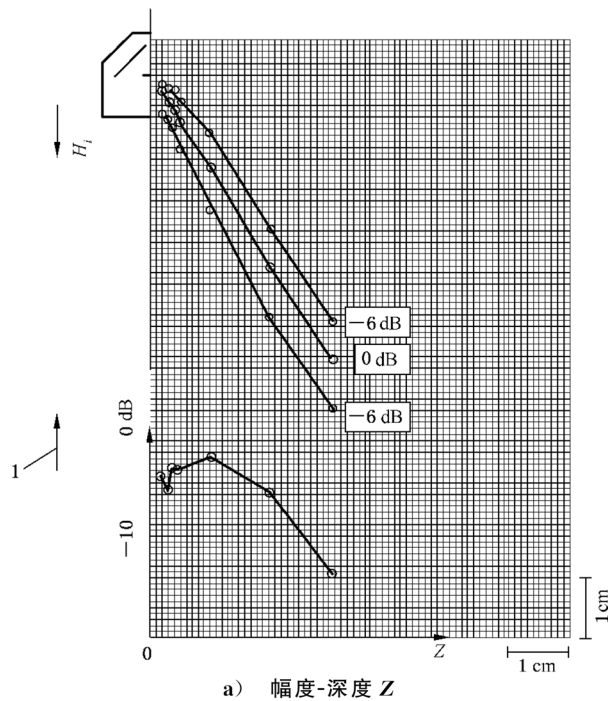
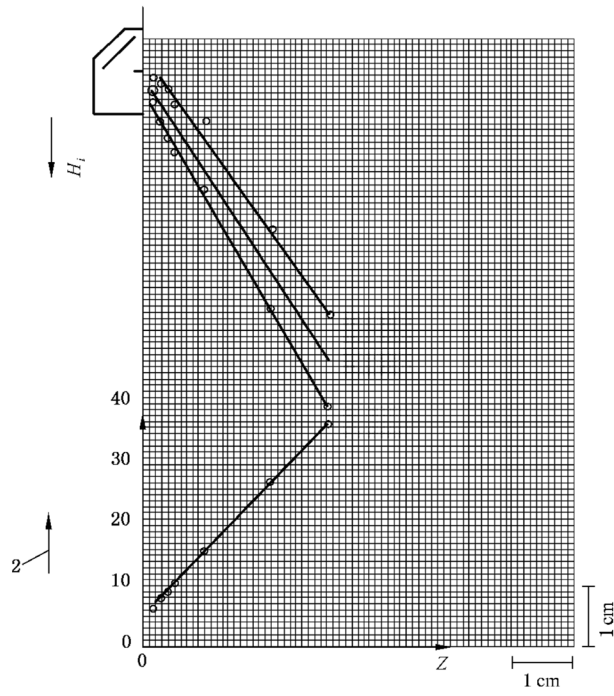


图 B.1 斜探头纵截面的幅度特性曲线和声时特性曲线



b) 声时-深度 Z

说明:

1——峰值幅度;

2——声时。

注: 斜探头, 5 MHz, 56° , 晶片 $6\text{ mm} \times 6\text{ mm}$, 闸门阈值超过本底噪声电平 31 dB。

图 B.1 (续)

附录 C

(资料性附录)

偏斜角、远场和近场分辨力

斜探头置于 HS 试块 T-面上,入射点对准 HS 试块中心线,声束射向切槽获取最大峰值幅度。

声束中心轴线与试块水平轴线的角度偏差,即探头偏斜角(γ)。

探头置于 HS 试块 T-面上,示波屏上能清晰分辨 85 mm 切槽、91 mm 和 100 mm 半圆弧面的三个回波,以证明探头具有较好的远场分辨力。

探头置于 HS 试块 T-面上,检测横孔如 SDH₂、SDH₃ 等,示波屏上能清晰分辨靠近 T 面的最浅横孔的能力作为近场分辨力。

参 考 文 献

- [1] ISO 2400 Non-destructive testing—Ultrasonic testing—Specification for calibration block No.1
- [2] ISO 10375:1997 Non-destructive testing—Ultrasonic inspection—Characterization of search unit and sound field
- [3] EN 1330-4 Non-destructive testing—Terminology—Part 4: Terms used in ultrasonic testing
- [4] EN 12668-2 Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic examination equipment—Part 2: Probes
- [5] Tsao M.C.Measurement and analysis of ultrasonic beam profiles in a solid.Mater.Eval.1998, 56 pp.636-644
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
无损检测 超声检测
测量接触探头声束特性的参考试块和方法
GB/T 18852—2020/ISO 12715:2014

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

服务热线:400-168-0010

2020年11月第一版

*

书号:155066·1-65686

版权专有 侵权必究



GB/T 18852-2020