

欧洲标准	无损检测 超声波检测 一般原则(节选) EN 583-1: 1998	EN 583-1
1. 应用范围 本标准规定了可进行超声波检测的工业产品在进行超声波检测时所需要的基本原则。 应用的特殊条件和超声波检测的使用，取决于被检产品的种类，并在文件中描述如下细节： ——产品标准 ——工艺规程 ——编码 ——合同文件 ——记录 除非其他相关文件特殊说明，否则应满足本标准的最少要求。 本标准不包括： ——检测范围和检测计划 ——验收标准 2. 引用标准（略） 3. 资格及人员认证（略） 4. 检测所需信息（略） 5. 超声波检测原理 5.1 总则 超声波检测基于超声波通过被检物体的传播，并且监控传播信号（传播技术），或反射信号，或来自表面的衍射，或其不连续性（脉冲回波技术）。 两种技术可使用一种探头操作发射和接收，或双晶探头，或分别发射和接收的探头。类似的，两种技术包含了来自被检物体一个或多个面的内部反射。 检测可使用手动、半自动或全自动的仪器，通过接触法、间隙或液浸法扫描，或通过其他耦合法来检测特殊的问题。 5.2 振动模式和声音传输方向 大多数所使用的是纵波和横波，这些波既能垂直又能以一定角度入射到检测面，其他的模式，如兰姆波、瑞利波也能在特殊情况下使用。 波的种类和传输方向的选择将依据检测目的，也要考虑来自平面反射体的镜面反射。除了使用兰姆波，声波传输方向在对单一探头脉冲回波扫描，应可能垂直反射体的平面。 5.3 发射技术 此技术基于在超声波通过被检物体后信号衰减的测量。 测量时可用以下信号： a) 回波，或者； b) 其他传输信号，既可以是直接的，也可以是来自介质反射后的物体表面，这种技术更多的细节将在 EN583-3 中介绍。 5.4 脉冲回波技术		

这种技术应用了由于被测物体内部任何界面影响，而产生的反射或衍射信号，信号的振幅和位置描述出信号性质；位置又与反射体和探头间的距离有关。反射体的位置通过它们的距离信息，声音传播方向和探头位置来确定。

通过以下测单一振幅大小：

- a) DAC 曲线；
- b) DGS 系统；
- c) 来自缺口的回波；
- d) 来自垂直于声波轴向的大平底反射体的回波。

这些技术在 preEN583-2 中讲解。

为了得到更多反射体形状、大小的信息，也需要其他技术，如随探头移动信号振幅的变化、声波路径的测量、频率分析。

- 6. 设备（略）
- 7. 设置（略）
- 8. 检测的准备（略）
- 9. 检测（略）
- 10. 缺陷的特性（略）
- 11. 检测程序（略）
- 12. 检测报告（略）

欧洲标准

无损检测
超声波探伤仪时基线
和灵敏度的调整(节选)

EN 583-2

EN 583-2: 2001

1. 应用范围

本标准这一部分规定手工操作的A 扫描显示超声波探伤仪时基线和灵敏度调整的通用规则, 旨在使反射体的位置和回波高度的测量值有重复性。

本标准适用于单探头(单晶或双晶)接触法探伤, 不适用于水浸法和多探头法。

2. 引用标准(略)

3. 一般要求

3.1 定量参数和符号

本标准第二部分所用定量参数和符号意义见附录A。

3.2 试件、试块和参考反射体

对试件、试块和参考反射体的一般几何特点要求见附录B。

3.3 试件分类

时基线和灵敏度调整要求取决于试件的几何形状和尺寸。试件分五类, 见表1。

3.4 探头修整

对几何形状为II - V 类的试件, 为避免探头移动时摇摆不定, 保证声耦合良好, 并使试件中声束角度不变, 探头接触面要作修整。只有支座是硬性塑料的探头才可作修整(通常是双晶直探头或有斜楔的斜探头)。

对不同的几何形状(见表1 和图1), 有以下三种修整情况:

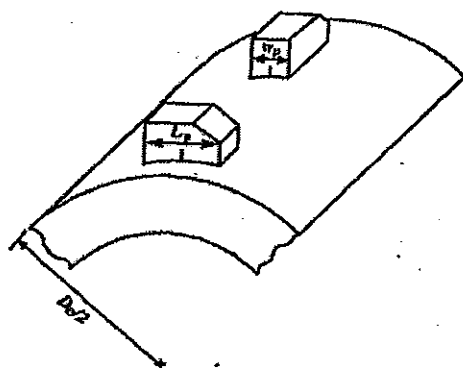
(1) I 类: 无论沿X 向或Y 向扫查, 探头接触面均无须修整。

(2) II类和IV类: 作X 向扫查时, 探头接触面要修整为纵向曲面; 作Y 向扫查时, 探头接触面要修整为横向曲面。

(3) III类和V类: 无论沿X 向或Y 向扫查, 探头接触面须修整为纵横双向曲面。用接触面修整好的探头, 时基线和灵敏度须在曲率与试件类似的参考试块上调整, 或通过数学修整系数进行调整。

表1 试件几何形状分类

类别	特 点	X 向 截 面	Y 向 截 面
I	上下两表面 平 行 (如平板)		
II	单向平行曲 面 (如管子、 筒体)		
III	多向平行曲面 (如蝶形封头、 椭圆封头)		
IV	实心圆截面		
V	复杂形状 (如管座、 管接头)		



1、横向曲面；2、纵向曲面

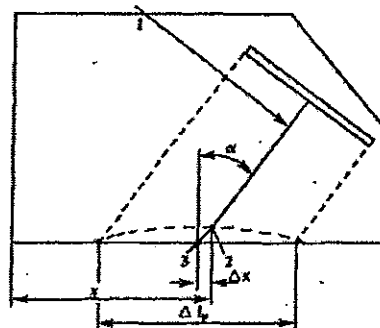


图1 在曲面试件上探头楔块的长度 L_p 和宽度 W_p 遵循(1)式或(2)式所限定的条件, 可避免超声低能传输或声束偏移的问题。

3. 4. 1 纵向曲面探头

3. 4. 1. 1 扫查面为凸曲面时

在凸曲面上扫查, 试件外径 D_e 与探头楔块长度 L_p 有如下关系, 则探头接触面应作修整: $D_e < 10L_p$ (1)

3. 4. 1. 2 扫查面为凹曲面时

在凹曲面上扫查, 探头接触面总要作修整, 除非试件曲面半径很大, 可获得适当耦合。

3. 4. 2 横向曲面探头

3. 4. 2. 1 扫查面为凸曲面时

在凸曲面上扫查, 试件外径 D_e 和探头楔块宽度 W_p 有如下关系, 则探头接触面应作修整: $D_e < 10W_p$ (2)

3. 4. 2. 2 扫查面为凹曲面时

在凹曲面上扫查, 探头接触面总要作修整, 除非试件曲面半径很大, 可获得适当耦合。

3. 4. 3 纵横以向曲面探头

探头接触面应满足3. 4. 1 和3. 4. 2 的要求。

4 探头入射点和折射角的测定

4. 1 一般要求

对直探头, 无需测探头入射点和折射角, 因入射点总在探头接触面中心, 折射角为零。

用斜探头时, 这些参数必须测定, 以便测出反射体在试件中相对于探头的位置。所用测试方法和参考试块取决于探头接触面的形状。

测出的折射角取决于参考试块的声速。若试块不是用非合金钢制作, 应测出其声速并作出记录。

4. 2 平面探头

4. 2. 1 校正试块法

应视探头尺寸大小, 分别按EN12223 或EN27963 规定, 测定入射点和折射角。

4. 2. 2 参考试块法

也可用EN12668-3 给出的参考试块(内含至少3 个横孔)测定入射点和折射角。

4. 3 纵向曲面探头

4. 3. 1 机械测定

修整探头接触面, 应按4. 2. 1 所述测定探头入射点和折射角。

探头入射角 A 应根据测出的折射角 B 和始于入射点而平行于入射声束的中心线求出, 并标定在探头侧面, 如图2 所示。

入射角 A 由下式给出: $A = \sin^{-1} (\sin \beta \cdot G_1 / G_2) \cdot (3)$

式中 G_1 — 探头楔块中纵波声速(有机玻璃通常为2730 m/s)

G_2 — 试块中横波声速(非合金钢为3255 m/s $\pm$ 15 m/s)

探头修整后, 入射点会沿标线移动, 其新位置可用机械方法在探头侧面直接量出, 如图2 所示。

纵波横波速: 3080 m/s.

折射角应在横孔试块上使横孔回波最大时测出, 此横孔应满足附录 B 的条件。折射角可直接在试件上或在参考试块上或座标图上测出, 见图 3。

折射角也可根据在参考试块上用机械方法量出的声程长度, 用下式求出。这一步可与 5. 4. 4 所述时基线的调整一起完成。

$$\beta = \cos^{-1} (S^2 + 0.5\varphi^2 - H^2 + S\varphi - HD_0) / [D_0(S + 0.5\varphi)] \quad (4)$$

式中符号意义见图 3。校正用的曲率半径应为试件曲率半径的 $\pm 10\%$ 。

4. 3. 2 参考试块法

此法与 4. 2. 2 所述要点相似, 除非 $R_b \leq \pm R_0$ (R_b : 试块曲率半径; R_0 : 试件曲率半径)

4. 4 横向曲面探头

4. 4. 1 机械测定

探头接触面修整前, 探头入射点和折射角应按 4. 5 所述测定。

探头接触面修整后, 应有如下动作:

(1) 始于入射点而代表入射声束的中心线, 应标定在探头侧面。探头入射点新的位置应如图 4 所示, 在探头侧面测量。

(2) 探头入射点位移距离 Δx 由下式求出: $\Delta x = g \cdot \tan \alpha$ (5) 式中符号意义见图 4。

(3) 对有机玻璃楔块 ($C_1 = 2730\text{m/s}$) 和非合金钢试件 ($C_2 = 3255\text{m/s}$), 三种常用折射角的探头入射点位移距离 Δx , 应按修整深度 g 由图 5 读出。

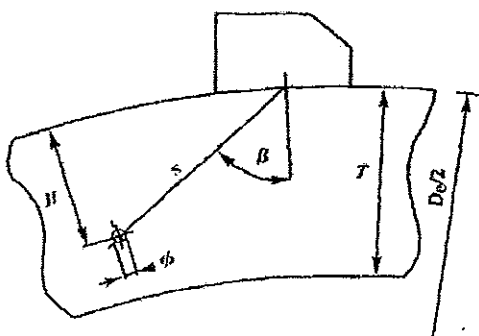
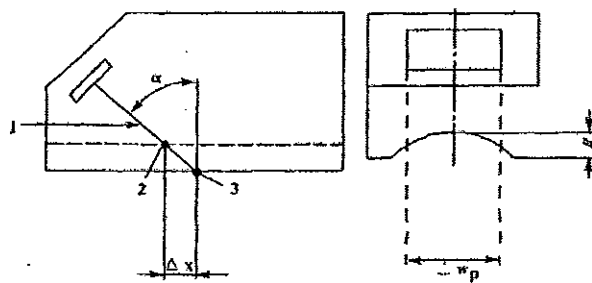


图3 纵向曲面探头折射角 β 的测定图



1、入射点位移标线; 2、修整后入射点; 3、修整前入射点
4 横向曲面探头入射点位移的测定

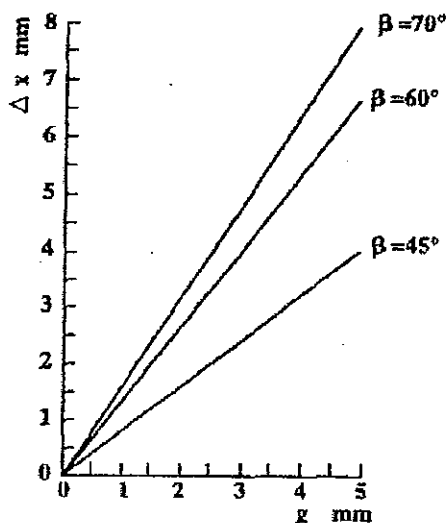


图5 斜探头有机玻璃延迟声程中入射点位移距离 Δx

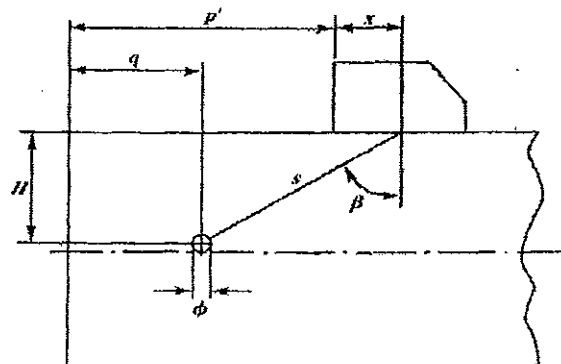


图6 用横孔测探头折射角

在探头修整过程中, 声束折射角不应改变。但如果沿探头长度方向上的深度位置未知, 或有变化, 则应在适当修整的参考试块上, 用横孔测定(此横孔应满足附录B 给出的条件)。声束折射角应如下确定:

- (1) 在坐标纸上, 将横孔与探头入射点连成一直线; 或
- (2) 按图6 布置用下式求出: $\beta = \tan^{-1} [(b + a - c)/H]$ (6)

4. 4. 2 参考试块法

与4. 2. 2 所述要点相似, 除非试块接触面横向曲率与探头相似, 且 $0.1 R_0 \leq R \leq 0.3 R_0$ 。

4. 5 双向曲面探头

除非不可避免探头接触面呈多向曲面, 例如用尺寸较小的探头, 双向曲面探头应按4. 2、4. 3 和4. 4规定的方法进行修整。

4. 6 用于合金钢材料的探头

若材料声速明显不同于非合金钢材, 探头入射角位置和折射角也会明显变化。用1 号校正试块或2 号校正试块的圆弧面测试, 会使结果产生偏差。

若声速已知, 则折射角可由式7 求出: $\beta' = \sin^{-1} (\sin \beta \cdot C_s' / C_s)$ (7)

式中 β —非合金钢校正试块中的声束折射角

β' —试件中的声束折射角

C_s —非合金钢校正试块中的横波声速

C_s' —试件中的横波声速

若声速未知, 则折射角可用试样材料中的横孔回波测定, 如图6 所示, 或按4. 3. 1 或4. 4. 1 所述。

5 时基范围的调整

5. 1 概述

用脉冲回波法检测时, 超声仪示波屏上时基线的调整应能代表声程传播时间, 或更确切地说, 能代表与之直接相关的参数, 如: 反射体的声程距离, 在探测面下的埋藏深度, 或其水平距离, 或其简化的水平距离(见图7)。除非另行说明, 以下所述方法均指时基线代表声程距离(实际回波为双声程)。

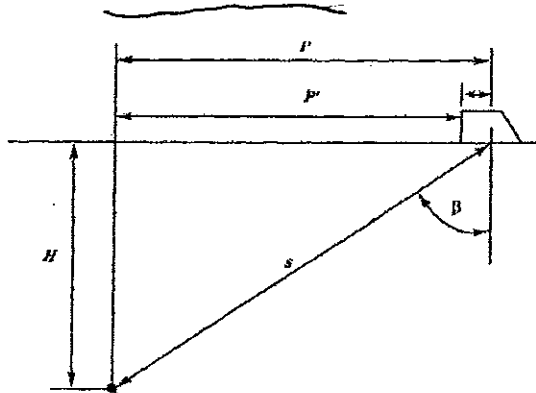


图7 用简化的水平距离调整时基线

时基线的调整应使用相隔间距或时间已知的两参考回波进行。根据所选用的调整方法, 应已知有关声程、深度、水平距离或简化的水平距离。

上述方法能保证声波通过延迟块(如探头斜楔)的时间自动校正。对使用电子校正时基线的仪器, 只要校正试块声速已知, 用一个回波校正即可。

在时基范围内, 参考回波之间的距离应尽量拉大。应使用水平和微调旋钮在时基线上将每个回波的前沿调至预定的位置(即按所谓“声程法”, “深度法”或“水平法”调整)。如可能, 应对照一个校正信号进行校正, 此信号不应与调整的信号相重叠, 但应显示在标定的示波屏位置上。

5. 2 参考试块和参考反射体

检测铁素体钢时, 可用EN 12223 规定的1 号校正试块或EN 27963 规定的2 号校正试块。若用参考试块或试件本身, 可用不同已知声程的适当反射体或与检测面相对的另一表面进行校正。

参考试块的声速与试件相比, 误差应在 $\pm 5\%$ 以内, 或对两者声速差求出修正值。

5.3 直探头

5.3.1 单一反射体法

此法要求参考试块厚度不大于所需调整的时基范围, 由1号校正试块25 mm 或100 mm 厚度部分, 或由2号校正试块12.5 mm 厚度部分, 可获得适当的底面回波。另外, 也可用厚度已知、具有两平等表面或同轴表面的参考试块, 只要声速与试件相同。

5.3.2 多反射体法

此法要求参考试块(或一组试块)有两个不同已知声程的反射体(如横孔等)。探头应反复移动, 使每个反射体的回波达到最大: 对最近反射体的回波位置, 要通过水平(或零位)旋钮, 而对另一个反射体的回波位置, 要通过微调旋钮, 分别调到准确的时基刻度位置。

5.4 斜探头

5.4.1 圆弧面反射法(声程法 I)

时基线可用EN 12223 规定的1号校正试块或EN 27963 规定的2号校正试块的圆弧面反射进行调整。

5.4.2 直探头法(声程法 II)

对横波探头, 时基线也可用纵波直探头调整: 将直探头放在1号校正试块91 mm 厚度部分, 则其底面回波相当于钢中横波声程50 mm。

用此法调整时基线时, 须用实际探伤用的探头, 从声程已知的适当反射体获得一个回波, 并只用零位旋钮, 在时基线上将该回波调到准确位置。

5.4.3 参考试块法(声程法 III)

此法基本上与5.3.2 所述直探头的多反射体法相同。但为获得足够的精度, 要将声束入射点位置标定在试块表面(在此位置, 各回波幅度最大)。然后用机械方法测出此标记点到相应反射体的距离。随后, 对所有的时基调整, 探头要重新定在标记处。

5.4.4 曲面斜探头(声程法 IV)

应先用平面探头调时基线(如上所述)。然后将探头放在表面已作适当修整的参考试块上, 试块中至少有一个声程已知的反射体。应只用零位旋钮, 在时基线上将此反射体的回波距离调至准确位置。

5.5 斜探头调时基线的方法(深度法和水平法及简化水平法)

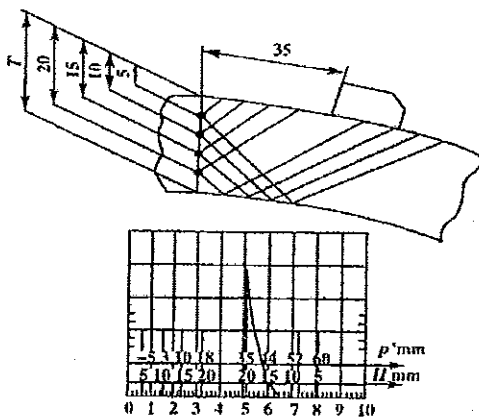
5.5.1 平面斜探头

所调整的时基线可不代表声程, 而代表反射体在检测面下的深度位置, 或在探头前方的水平距离(见图7)。当选定时基线代表深度或时基线时, 要将具有已知声程的参考试块的回波, 在时基线上调至相应的深度或水平距离。对声束角度一定的平面斜探头, 深度、水平距离与声程的关系, 可用坐标图或公式求出:

$$\text{深度: } H = S \cdot \cos \beta \quad (8)$$

$$\text{水平距离: } P = S \cdot \sin \beta \quad (9)$$

$$\text{简化水平距离: } P = S \cdot \sin \beta - l_0 \quad (10)$$



($\beta = 51^\circ$, $S_{\max} = 100 \text{ mm}$)

图8 曲面检测中用简化的水平距离和深度法调整时基线, 对反射体进行定位的示例

5. 5. 2 曲面斜探头

用5. 5. 1 所述方法调整时基范围时, 时基线与实际深度或水平距离不成线性关系。

对非线性刻度的修正, 可在声程坐标图上测出一系列位置的读数, 或通过相关公式进行计算。对声波到达同心曲面试件底面的声程距离, 可用附录 C 给出的公式求出。

另外, 也可用曲面试块中一组反射体。根据其回波最大时的位置进行修正, 对中间值则用插值法修正(见图8)。

6 灵敏度调整和回波高度的评价

6. 1 一般要求

时基线校正后, 应使用下列一种方法调整超声探伤仪灵敏度(或增益):

(1) 单一反射体法: 评价同声程距离范围内的回波时, 可用单一反射体法, 如底面回波法。

(2) 距离波幅曲线(DAC) 法: 此法使用一定参考试块中一系列声程不同的同种反射体的回波高度(见6. 3)。

(3) 距离增益大小(DGS) 法: 此法利用一系列由理论导出的反射体当量曲线, 此曲线相关于声程距离、仪器增益和垂直于声束轴线的圆盘形反射体的大小(见6. 4)。

方法(2) 和(3) 旨在补偿回波幅度因声程距离增大而引起的。但必要时, 三种方法都要作传输修正, 以补偿耦合损失和材料衰减(见6. 5)。

用简单几何形状的理想反射体, 如横孔或平底孔等对自然缺陷进行定量, 给出的不是实际大小, 而只是当量值。实际缺陷的真实尺寸往往比其当量值要大得多。

6. 2 曲底面入射角

用斜探头在曲面试块上以一次反射波(即二次波) 进行扫查时, 应考虑声束在试件曲底面上的入射角。当探头从外表面对圆筒形或管形试件扫查时, 内表面的声束入射角会比探头折射角大得多。反之, 探头从内表面扫查时, 外表面的声束入射角会比探头折射角小得多(见附录C)。

对横波探头, 所选定的折射角, 应使其曲底面入射角在 $25^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 之间, 否则由于波型转换, 会使声能严重损失。而且, 由其它波型引起的附加回波, 会干扰回波信号的评定。

确定声束在圆筒形或管形试件内外表面的入射角, 可利用附录 C 给出的诺模图, 也可根据声波到达内外表面的声程距离用公式计算。

6. 3 距离波幅曲线(DAC) 法

6. 3. 1 参考试块

DAC 参考试块要求在探伤用的时基范围内, 有一系列不同声程的反射体。试块和反射体的最小尺寸及布置, 详见附录B。

附录B 给出的技术条件通常适用于 I 类试件, 如认为可以, 也可用于 II - V 类试件。

注意, 由于死区影响或近场干扰, 还有短于最小声程距离无法正常评价信号的区域。

DAC 参考试块可为: (1) 通用试块, 其衰减小而均匀, 具有规定的表面粗糙度, 且 $\tau_0 = \pm 10\% \tau_n$ (τ_0 : 试块厚度; τ_n 试件厚度); (2) 专用试块, 其声学特性、表面粗糙度、几何形状和表面曲率与试件相同。

当为第一种情况时, 在DAC 可直接应用前, 应先对衰减、曲率和耦合损失进行修正。

6. 3. 2 DAC 制作

距离波幅曲线如下所述, 可直接绘在仪器示波屏面板上, 或绘在单独的坐标纸上。可用电子方法支持。使用带时控增益(TCG, 也称“扫描增益”) 的仪器时, 增益调整能使DAC 变成一条水平线。

6. 3. 2. 1 面板DAC

先将时基线调到要用的最大声程距离, 再将增益调到使一组反射体的回波为20%~ 80% 满屏高。

当为斜探头时, 反射体可用一次波($0 \text{ s} \sim 0.5 \text{ s}$), 也可用二次波($0.5 \text{ s} \sim 1.0 \text{ s}$) 探。

然后, 在增益值不变的情况下, 将各最大回波的峰值位置标在示波屏面板上, 再将各点连成距离波幅曲线。

若最大回波和最小回波高度不在满屏高20%~ 80% 范围内, 也可将DAC 分开绘制, 即用不同的增益值绘出分开的曲线, 并将两曲线之间的增益差标明在示波屏面板上。

另外, 绘制 DAC 的增益值, 也可参照其它反射体的回波, 如平底面探头用上述 1 号校正试块 R100mm 的 90° 圆弧面, 或 $\phi 3\text{mm}$ 横孔的回波。根据标出的增益值, 以后不用参考试块, 也可重新调整。图 9 所示为超声仪面板分割式距离波幅曲线。

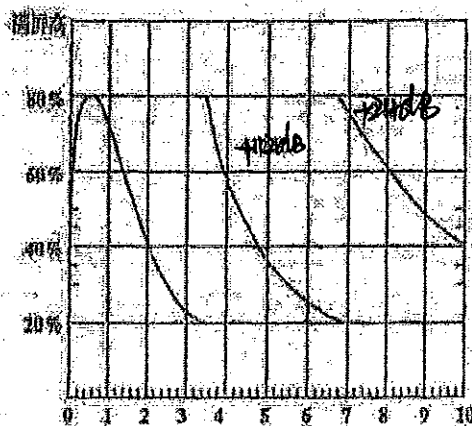


图9 超声仪面板分割式距离波幅曲线 (DAC)

6. 3. 2. 2 坐标纸DAC

在单独的坐标纸上绘制距离波幅曲线时, 一般程序与 6. 3. 2. 1 所述相似, 但各个反射体的最大回波都要调到同一高度 (通常是 80% 满屏高), 记下增益值, 并在坐标纸上绘出与声程距离的关系。

6. 3. 2. 3 传播修正

对按 6. 3. 2. 1 和 6. 3. 2. 2 作出的距离波幅曲线, 要根据 6. 5 测出的传播损失, 进行适当修正。传播修正可任选以下一种方法:

- (1) 在制作过程中修正 DAC;
- (2) 绘出第二条修正过的 DAC;
- (3) 在评定过程中应用适当的修正值。

要考虑与声程有关的衰减修正时, 宜用方法 (1) 和 (2); 而方法 (3) 仅适用于传播补偿不变的情况。

6. 3. 3 用 DAC 评价信号

6. 3. 3. 1 调整探伤灵敏度

探伤灵敏度应如下调整: 移动探头, 使 DAC 参考试块中某一参考反射体的回波高度最大, 再调整增益, 使回波峰值达到 DAC。

若传播修正值未计入 DAC [以上方法 (1) 和 (2)], 则应在相应的声程距离上, 按传播补偿值提高增益。或者, 距离波幅曲线的增益已根据其它反射体作了调整, 那也可用相应的增益修正值取代。然后, 按相关标准或工艺规程规定的数值, 在扫查前将增益提高或降低。

6. 3. 3. 2 回波高度的测定

凡需评价的回波高度, 可用有标称值的增益旋钮调节, 使之达到 DAC, 并与绘制 DAC 的原始值相比较, 记下增减的增益调节值。若传输损失未计入 DAC, 必要时应附加适当的修正值。对所得回波高度差, 可如下评价: 当增益调节值需从原始值增大 $X\text{dB}$ 时, 则回波高度应标为参考水平 $-X\text{dB}$; 当增益调节值需从原始值减小 $Y\text{dB}$ 时, 则回波高度应标为参考水平 $+Y\text{dB}$ 。

6. 3. 4 用基准高度评价信号

用此法时, 缺陷回波高度要与相同或较大声程距离的参考反射体的回波进行比较。将两信号分别用增益调节值 V_0 和 V_1 调至相同屏高 (即参考高度)。参考高度应为 40% ~ 90% 满屏高。回波高度差 ΔH_0 即可用下式求出: $\Delta H_0 = V_1 - V_0$ (11)

6. 4 距离增益大小(DGS) 法

6. 4. 1 概述

DGS 法是利用理论上推导出的圆盘形反射体的距离波幅曲线, 来评价未知反射体的回波高度的。

在通用DGS 图中, 距离和反射体尺寸要标准化。因而, 此图与探头(压电元件) 尺寸和频率无关。它将距离表示为探头近声场长度 N_{eff} 的倍数, 而将反射体尺寸表示为探头压电元件直径 D_{eff} 的倍数(见图10 和附录D)。

由此通用DGS 图, 可对常用探头型式导出钢的专用DGS 图。借此, 不用计算就能直接读出当量反射体的尺寸(见图11)。反射体的回波高度可表示为:

- (1) 特定反射体直径在 DGS 曲线图上的 $\pm$ dB 数;
- (2) 在理想条件下, 同声程距离时, 能给出相同回波高度的圆盘形反射体直径(即当量圆盘形反射体)。

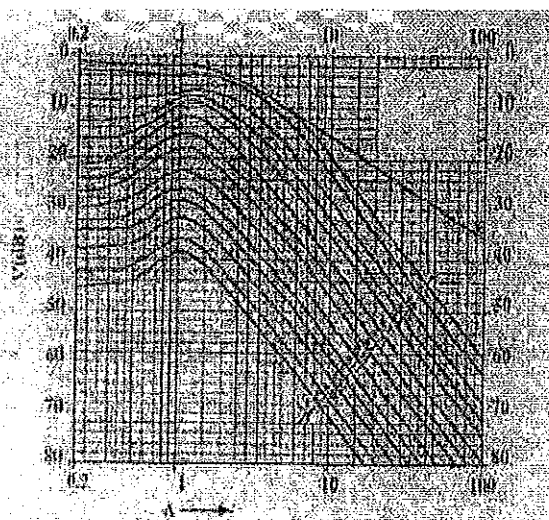


图10 通用DGS 图

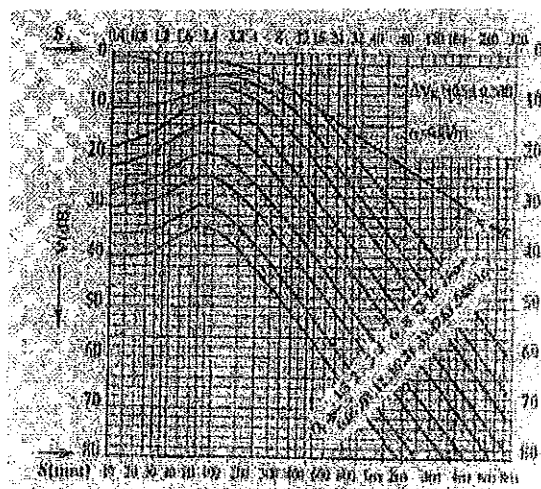


图11 斜探头专用DGS 图

A. 标准化距离 V. 增益(dB) G. 标准化反射体尺寸 S. 反射体距离 V. 增益(dB) Φ 反射体直径

6. 4. 2 参考试块

用DGS 法调整探伤灵敏度时或记录回波高度时, 应使用附录B 规定的一种参考试块。目的是将DGS 图所示增益值与相应参考反射体的回波高度联系起来。校正试块有时也可作参考试块用。

斜探头的参考试块尺寸应足够大, 以使用双探头V 形反射法测量传输损失。参考试块的所有检测面应有相同的粗糙度。

可借助于圆弧面反射(如1 号校正试块或2 号校正试块) 用DGS 法校正灵敏度, 只要已知探头对这些试块的校正系数 ΔV_k 。由此 ΔV_k 可对圆弧面

与平底面之间的声能反射差进行补偿。若 ΔV_k 符号为正, 则表示探伤增益必须提高 ΔV_k ; 反之, 则表示探伤增益必须降低 ΔV_k 。

为防止声束在曲面参考试块或试件上产生全反射, 试块或试件的曲面直径应满足下列条件:

$$D_e > D_{eff} \cdot [(C_{2s}/C_{1L}) (1 - \sin\beta)^{-1}] \quad (12)$$

式中 D_{eff} —换能器有效直径

C_{2s} —试件中横波声速

C_{1L} —延迟块中横波声速

β —探头折射角

如: 对换能器有效直径20 mm 的45° 斜探头, 钢试件的曲面直径 D_e 应大于82 mm。

6. 4. 3 DGS 图的应用

6. 4. 3. 1 参考高度法

进行扫查的记录增益 V_r (即扫查灵敏度) 由下式计算:

$$V_r = V_j + \Delta V + \Delta V_k + \Delta V_t \quad (13)$$

式中 V_j —参考反射体回波高度调到满足附录B的要求(即不低于20% 满屏高) 时所需增益dB 值

ΔV —在最大声程距离($S_{\max}$) 上, 对应于最小圆盘形反射体的DGS 曲线(即记录水平) 与实际声程距离(S_j) 上测出的参考反射体之间的增益dB 差

ΔV_k —用凹面参考反射体时的dB 差值(见6.1.4.12)

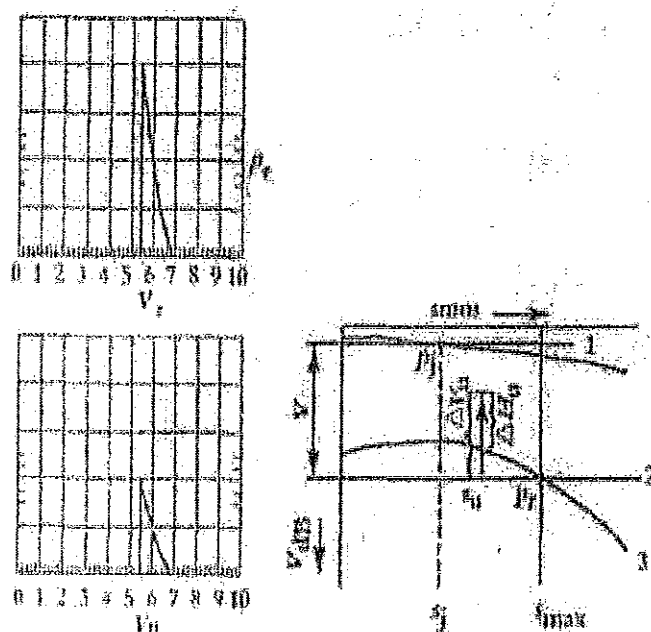
ΔV_t —传输修正dB 差值(见6.5) 扫查过程中, 凡达到或超过示波屏上参考高度的回波高度, 均应如下评价: 记下回波调到参考高度所需的增益值 V_u 。随后, 将代表参考高度的一条线绘在DGS 图上, 并在相应声程距离(S_u) 上标出该回波偏离参考高度的增益差 $\Delta V = V_u - V_t$ (见图12)。若标记点在DGS曲线的记录限值以上, 则应将回波高度差 ΔH 记为同声程上超过DGS 曲线的dB 值。

6. 4. 3. 2 参考线法

DGS 图上与记录界限相应的曲线, 应作为参考线从DGS 图转到示波屏面板上。注意, DGS 图在不同声程时的增益差(ΔV) 是对数, 而示波屏面板上的相应刻度则是线性值, 即

$$\Delta V (\text{dB}) = -20 \lg (h_1/h_2) \quad (14)$$

式中 h_1 、 h_2 —示波屏上的实际波高(满屏高的%)



1. 校正高度 2. 参考高度 3. 参考线

图12 用参考高度法评价回波高度的示例

在相同声程距离时, 参考反射体回波与对应于记录限值的DGS 曲线之间的增益差(ΔV), 可在DGS 图上求出。

随后, 使参考反射体的回波高度达到最大, 调节增益, 将示波屏上的回波峰值调到一定高度。

在此位置作出标记, 并由此引出转换的DGS 曲线。此参考线应为20%~80% 满屏高。

为做到这一点, 参考线和记录增益可在特定区段升高或降低(如图9 所示), 然后, 改变增益(包括 ΔV 及6.4.3.1 所述各项修正), 进行扫查。在扫查过程中, 凡观测到等于或超过已修正的DGS 曲线的回波, 应作如下记录:

(1) 同声程距离时, 超过已修正的DGS 曲线的dB 数;

(2) DGS 图上示出的当量圆盘形反射体直径[对应于以上(1) 所测出的回波高度差]。

6. 4. 4 几何形状对DGS 法的应用限制

只有当探头楔块不需要作接触面修正(见3.4)时, 才能用DGS 法评价回波高度。附录B 对参考试块给出的条件, 也可用于相关表面的试件。作回波高度评价时, 标准化距离A 应满足下列条件(A 的计算见附录D):

$$A \geq 0.7 \quad (15)$$

而无延迟声程的直探头作扫查, 以及用斜探头作扫查时, 壁厚 T 也应分别满足下列条件:

$$T \geq 0.7N_{\text{eff}} \quad (16)$$

式中 N_{eff} —近声场有效长度

$$T \geq 5K \quad (17)$$

式中 K —试件中波长

6.5 传播修正值的测定

6.5.1 概述

除非探伤灵敏度是在声特性与试件相同的试块上调整外, 一般应作传播修正值的测定。修正值用于探伤灵敏度的调整及回波高度的测定。

传播修正值由以下两部分组成:

- (1) 接触面上的耦合损失, 它与声程距离无关;
- (2) 材料衰减, 它与声程距离有关。

这里, 列举两种测定方法: 一种是简单的固定声程法, 只对耦合损失作补偿, 而对衰减则作最大声程距离时的补偿; 另一种是比较法, 对耦合损失和衰减同时作补偿。

6.5.2 固定声程法

此法只适用于衰减引起的声能损失比耦合损失较小时的情况, 或用于靠近试件底面的反射体, 其回波高度要作测定。

用直探头时, 要测出参考试块和试件的第一次底面回波在示波屏上达到同高度时, 所需增益的dB值(分别为 V_{tr} 和 V_{tr})。用斜探头时, 要测出同规格的双探头以一发一收形式(声束成V字形)产生相同回波高度时的dB差值。

两回波因声程距离不同而产生的dB差理论值(ΔV_s), 应在DGS曲线图上对照大平底测出, 而传播修正值 ΔV , 则由下式求出:

$$\Delta V = V_{\text{tr}} - V_{\text{tr}} - \Delta V_s \quad (18)$$

6.5.3 比较法

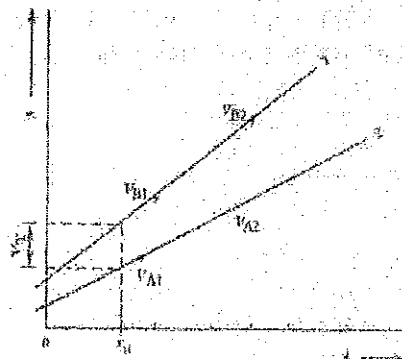
6.5.3.1 直探头

先将探头放在参考试块上, 记下一次底波和二次底波达到同高度时所需增益调节值(图13中 V_{A1} , V_{A2})。再根据声程距离, 在坐标图上标出两点, 并将两点连成一直线(图13中直线2)。

然后将探头放在试件上, 重复上述顺序, 得出图13中 V_{B1} 和 V_{B2} 两点, 也连成一直线(图中直线1)。

当声程距离为 S_0 时, 传播修正值 ΔV , 即可由两直线之间的增益dB差给出, 见图13所示。

注意, 通过 V_{B1} 和 V_{B2} 两点所得直线斜率, 并不能给出试件中的实际衰减, 因未考虑声束扩散, 亦未考虑在检测面上由多次反射传入探头的能量损失。附录E给出了多次反射中接触传播损失的测试方法。



1. 试件曲线 2. 参考试块曲线
3. 增益调节值(80% 满屏高) 4. 声程距离
图13 用比较法测定传播修正值

6. 5. 3. 2 斜探头

此法与直探头测试方法大体上相同, 但斜探头是用同规格的双探头, 以一发一收的形式测试。双探头的频率与试件探伤用的探头相同。

将双探头放在DAC 参考试块上, 先令声束以V字形传播, 再令声束以W字形传播, 记下示波屏上回波达到同高度时所需增益调节值(分别为 V_{A1} 和 V_{A2})。然后, 按同样方式, 将双探头放到试件上, 重复以上顺序(分别得增益调节值 V_{B1} 和 V_{B2})。

在坐标图上, 按声程距离标出增益值, 连点成线。由一定声程处两线之间的增益差, 即可求出传输修正值 ΔV_t 。

6. 5. 4 传播修正值局部变化的补偿

如怀疑在受检范围内传播修正值有局部变化, 应在有代表性的多个位置作传播修正。若传播修正值高低变化不大于6 dB, 应对所有测量值取其平均值作为 ΔV_t ; 若高低变化大于6dB, 应采用以下一种方法进行修正:

(1) 在平均传播修正值 ΔV_t 上再加一个等于 $\Delta V_{\sim}$ 的数值, 此 $\Delta V_{\sim}$ 为所有大于 ΔV_t 的测量值的平均值。此传播修正新值($V_t + V_{\sim}$)应施用于整个受检范围。

(2) 将受检范围分成若干区域, 使各区传播修正值变化不大于6 dB, 然后对每个区域施用单独的 ΔV_t 值。

用斜探头扫查时, 应使用直通波信号而不用底面回波。

附录A (规范性)表A. 1参数符号和意义(略)

附录B (规范性)参考试块和参考反射体(略)

反射体横径 $D \geq 1.5\lambda$

附录C (规范性)同心曲面试件中声程距离和底面入射角的确定(略)

附录D (资料性)通用DGS图(略)

附录E (资料性)接触传播修正系数的测定(略)