

变形高强度钢超声波检验方法

The ultrasonic inspection methods
for wrought high strength steels

1 引言

1.1 目的

本标准适用于航空、航天、军械、核电站等需用的变形高强度钢及其制品的超声波检验提供一个统一方法。其他钢也可参照使用。

1.2 范围

本标准适用于横截面厚度大于 6 mm 的锻件、锻轧板、挤压或轧制的型材以及它们的制品中低倍缺陷的超声检验。本标准不适用于有色合金、铸件、焊缝、夹层结构及非金属。

1.3 要求

为了有效地发现被检钢材的白点、缩孔残余、孔洞、夹杂、气泡、裂纹或严重粗晶、偏析疏松等低倍缺陷(以下简称“缺陷”),被检件(材、坯)的锻轧比应符合表 1 规定,以保证检验中出现的杂波水平对超声波检验或评定不产生有害的影响或干扰。矩形材(坯)的检验面与相对面的平行度应大于 178°。

1.4 验收等级

超声波检验分液浸法和接触法两类。超声波检验的验收等级分 AA、A、B、C 四级,详见表 1。选用级别及探伤方法按有关技术标准或供需双方协议执行。

表 1 超声波检验质量验收等级表 mm

级别	单个缺陷 当量平底 孔直径	多个缺陷 当量平底 孔直径	线性缺陷		底波损失 %	杂波	适用材料范围
			当量平底 孔直径	长度			
AA	1.2	0.8	0.8	13	50	报警 水平	转动件等重要受力件, 锻轧比≥5
A	2.0	1.2	1.2	25	50	报警 水平	重要受力件, 锻轧比≥5
B	3.2	2.0	2.0	25	50	报警 水平	重要受力件, 锻轧比≥4
C	3.2	不用	不用	不用	50	报警 水平	一般尺寸大于 200, 锻轧比≥2.0

- 注:① 单个缺陷:其当量大于同深度平底孔或等效人工缺陷者拒收。
 ② 多个缺陷:任何两个缺陷中心间距小于 25 mm,其当量大于同深度平底孔或等效人工缺陷者拒收。不适用于 C 级。
 ③ 线性缺陷:其当量尺寸大于同深度平底孔,或等效人工缺陷的长度大于表中规定者拒收。不适用于 C 级。
 ④ 底波损失:只适用于垂直声束检验。凡杂波高于仪器本底电噪声水平两倍以上,底波损失大于 5%时应拒收。

⑤ 杂波:超过报警水平者拒收。但本项不适用于再锻坯。

1.5 人员

超声波检验必须由持超声波探伤人员证书者进行。Ⅱ级以上人员有资格签发超声波检验结果及其报告。资格鉴定按有关规定进行。

2 名词术语

2.1 入射面分辨力

当超声束垂直射到入射面时,一定尺寸的人工缺陷回波前沿与入射面回波后沿的交点在满刻度20%、两回波能清楚分辨时,人工缺陷到入射面的最短距离。又称上盲区。

2.2 杂波

探头扫查时,在荧光屏上,由于不均匀性组织、表面粗糙性、电干扰等原因引起的在荧光屏上出现的大量不可分辨的信号。又称噪声。

2.3 标准探伤灵敏度

在规定的标准试块中,由某金属声程的最小人工缺陷能得到最小回波时的仪器状态。通常用满刻度的某一百分数表示。又称基准参考响应。在此灵敏度状态下评定回波的大小。

2.4 扫查灵敏度

在一定条件(如扫查速度、光洁度、耦合剂等)下,能稳定、明显地发现最小人工缺陷的仪器状态。它通常比标准探伤灵敏度要高出若干分贝值。探头扫查时,用此灵敏度检验,又称记录信号灵敏度或报警灵敏度。

2.5 信噪比

某超声回波信号幅度同最大的背景噪声幅度之比。

2.6 声程

在超声波检测中,声束单向通过传播介质的路径距离。

3 标准试块

3.1 材质

标准试块一般应采用退火的4340钢(相当于40CrNiMoA)制造,如供需双方同意也可选用其他钢号。被选用制造试块的材料应进行超声波检验,符合AA级要求,不存在任何影响检验和评价的干扰信号,底波损失不应大于满刻度的35%(以下,凡表示信号幅度的百分数不另说明时,均以满刻度为准)。

测定方法可采用液浸法或接触法。所用仪器和探头均应与被检件扫查时所用者相同。如果由于晶粒大小、热处理条件、化学成分、显微组织、表面光洁度以及加工工艺等差异引起了超声衰减的变化,则应按6.3节规定在调整仪器标准探伤灵敏度时予以补偿。

3.2 分类

3.2.1 直声束用试块

3.2.1.1 平面试块

尺寸和形状如图1所示。人工缺陷的尺寸按表1规定值选定。发现信号进行评定时,所用试块中人工缺陷的金属声程与信号相应深度的误差应符合表2规定。

表2 试块金属声程误差 mm

金属声程	≤6	>6~26	>26~80	>80~155	>155
误差值	±1.5	±3.0	±6.0	±12	±10%

3.2.1.2 柱面试块

当被检曲面直径小于200mm时,应使用图2所示的柱面试块。如果此时使用平面试块或粗糙度、

曲率半径有差异,在校验标准探伤灵敏度时,应按供需双方同意的、得到实验验证的方法进行补偿。尺寸小于 40 mm 时,可不做成台阶状。

3.2.2 斜声束用试块

3.2.2.1 矩形试块

形状如图 3,其 T 与 L 值由图中的表给出。人工缺陷尺寸按规定值选取。如果声路呈半个或一个 V 型或所需人工缺陷个数少时,试块宽度可以小些。这时,每个孔中心线间距最小为 16 mm。当尺寸小于 19 mm 时,不钻侧面孔。图中折射角 θ 按下面规定选取:

$T = 13 \sim 25$ mm 时, $\theta = 60 \pm 2^\circ$;

$T > 25$ mm 时, $\theta = 45 \pm 2^\circ$ 。

如供需双方同意,也可选用其他折射角。

当试块厚度 $T < 25$ mm 时,附加的 $\phi 2$ mm 横孔应钻在同该面上的其他人工孔轴线一致处,距 A 面距离最大为 $T/4$ 。它在 L 面上的位置,应保证距其他横孔 19 mm 以上。

3.2.2.2 空心柱面试块

当检验带中心孔的锻件时,应选用图 4 和图 5 所示的试块。其尺寸允许误差为:外径 $\pm 10\%$,厚度 $\pm 25\%$ 。每个试块有两个人工平底孔,其大小按表 1 规定值选定,例如按 A 级验收时,取 1.2、2.0 和 3.2 mm 三个孔径。在厚度一半处钻孔,使孔的平底沿径向分布。

3.2.2.3 国际焊接协会 IIW 试块(相当于 ZB Y 232—84《超声波探伤用 1 号标准试块技术条件》中规定的一号试块)

用它确定折射角、入射点和水平扫描线比例。

3.2.3 底面回波校验法

当被检件尺寸大于近场区长度三倍以上时,经供需双方同意可按被检件底面回波来校验探伤灵敏度并评定信号大小。但供需双方发生争议时,应以 3.2.1 款规定为准。

3.3 制造与校验

3.3.1 人工平底孔必须用平头钻头钻成。其垂直度误差小于 0.5° 。平头的波浪度小于 0.013 mm,可用光学仪器在放大 60 倍条件下鉴定检查。

3.3.2 人工孔的物理特性应通过对其塑料复制品的光学观测法测定,必要时用射线照相法校验。

3.3.3 人工孔轴线应垂直入射面或与入射声束轴线相一致,误差应小于 0.5° 。孔径误差应满足:小于或等于 1.6 mm 时, ± 0.013 mm;大于 1.6 mm 时, ± 0.03 mm。孔的粗糙度 R_a 应小于 $0.4 \mu\text{m}$ 。

3.3.4 检验面与底面粗糙度 R_a 为 $0.8 \mu\text{m}$,其他面为 $1.6 \mu\text{m}$ 。

3.3.5 所有人工孔加塞保护。塞的最小直径为 4 mm,深度 3 mm 以上,保留空气层,防止生锈和污染。

3.3.6 每个试块应有标记,指明材质、孔径及孔底埋藏深度和角度等。如直声束平面试块标有“4340-2.0-80”时表示:4340 钢、 $\phi 2$ mm 人工孔、埋藏深度 80 mm。

3.3.7 对同种材料,在大于近场区长度三倍以上的远场区,同深度、不同直径的平底孔回波分贝差值应符合表 3 数值,允许误差 ± 2 dB。但在近场区内,应直接用试块测定,误差应不大于 $\pm 25\%$ 。

表 3 分贝差值 Δ

孔径, mm	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	3.2
Δ , dB	12	19	24	28	31	36

3.3.8 检验所有人工缺陷的尺寸和分布应符合规定值和相应的结构图要求。

3.4 保护

所有试块加工和每次使用后,应充分擦净、干燥、并在外表面涂防锈保护油。使用过程中,应细心保护,严防划伤。

3.5 核准

所有试块应经权威的无损检测机构核准签发合格并提供相应资料后,方可使用。

3.6 其他人工缺陷

经供需双方同意,也可采用本标准规定以外形状的人工缺陷,如电火花切口等。

4 设备仪器

4.1 耦合剂

4.1.1 液浸法

通常采用全水浸法或喷水法、溢水法等局部水浸法。水中应无干扰超声波检验的气泡或杂质。必要时加防锈剂或浸润剂,以防止在被检件表面产生气泡或生锈。也可采用有良好声学性能的其他液体做耦合剂。

4.1.2 接触法

耦合剂采用液体或半液体,如:水、机油、油脂、乳化剂、甘油、水玻璃或工业浆糊等,其浸润性、粘度、声学性能等应保证超声波有效地传入被检件中。

4.2 电子仪器

探伤仪应符合 ZB Y 230—84《A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件》要求。

4.2.1 探伤仪

探伤仪应能有效地发射和接收 2~10 MHz 的超声波频率。新仪器使用前、维修后、更换组件后或每用半年后,都要按表 4 校验探伤仪性能,达到最低要求方可使用。所有测试数据均应记录并存档。

表 4 对电子仪器要求

仪器特性 (最小值)	超声波试验频率, MHz ^④				
	1 ^①	2- $\frac{1}{4}$	5	10	15 ^②
垂直极限, %	屏高满刻度 100				
垂直线性上限, %	屏高满刻度 ≥ 95				
垂直线性下限, %	屏高满刻度 ≤ 10				
超声波灵敏度, %	100 ^①	50 ^②	100 ^②	100 ^②	100 ^②
信噪比	25 ^①	65 ^②	100 ^②	100 ^②	100 ^②
水平极限(a)	全刻度				
水平线性范围(a%)	≥ 85				

注: ① 用参考试块“4340-0.8-80”。

② 用参考试块“4340-0.4-80”或“4340-1.2-80”人工孔波高的 25% 与之相当。

③ 用 1 MHz 与 15 MHz, 仅在它们被使用时才要求, 并不是对所有仪器都有这一要求。

④ 高频脉冲发射-接收器可用于按金属声程的分辨力不小于 5.1 mm 的入射面, 而不要求满足其他的仪器指标。

4.2.2 衰减器

4.2.2.1 粗调衰减器(10 dB 档)

4.2.2.1.1 把抑制脉冲宽度调至最小, 先置位 30 dB 上, 将直探头放在适当的试块上, 调增益使底波

达到 95%。若置位 10 dB 上,底波降至 6%~13% 范围内时,可验收。

4.2.2.1.2 这时调增益使底波为 10%,再置位 30 dB 时,底波达到 90%~100% 或饱和时可验收。

4.2.2.1.3 同上面步骤,对 50dB 与 30dB、40dB 和 20dB 重复校验之,如符合上面规定则均可验收。

4.2.2.1.4 上述测量中,波高允许误差为 2%~0.5%。

4.2.2.2 细调衰减器(10 dB 档)

4.2.2.2.1 将所有衰减器置零位上,在“4340-2.0-80”试块上用 $\phi 20$ mm、5 MHz 直探头测量,移动探头使人工平底孔回波最大,再调增益使其达到 100%。

4.2.2.2.2 每增加 1 dB,记下人工缺陷回波幅度,其数值应落在图 6 所示的两曲线间。一直增加到最大值(如 21 dB)为止,把数据记入表中,凡处在两曲线间者即可验收。

4.2.2.2.3 将粗调衰减器分别调至 10、20、30、40 和 50 dB 档上,按上面步骤,依次测量标出。

4.2.2.2.4 如果上述测量中,某步骤的测试值不落在两曲线之间,则应校对该档衰减器。

4.2.3 报警

只有当检验面与底面平行时,才能使用报警器,所用触发信号应是可调的。报警声音应超过环境噪声水平。水浸法时,使用“水-钢界面波”作触发信号。信号报警水平应选为扫查灵敏度水平,通常它比标准探伤灵敏度高 6 dB。自动检验时可不提高。

4.2.4 稳压器

当某信号幅度为 50% 时,电源波动引起其变化大于 $\pm 2.5\%$ 时,探伤仪必须使用稳压器。对于使用直流电源的探伤仪,则应停止使用并充电。

4.2.5 探头

4.2.5.1 液浸法时晶片直径为 $\phi 10\sim 20$ mm。如能满足表 4 要求,也可使用更大直径的晶片。经供需双方商定也可采用聚焦探头。

4.2.5.2 接触法时,晶片直径为 $\phi 6\sim 25$ mm。

4.2.5.3 工作频率一般选用 2.5 MHz 左右。如书面规程中另有规定,也可采用其他频率。频率应该实测。

4.2.5.4 扫查前,应按扫查灵敏度要求,测试探头的有关数据,测试结果应记录并存档。

4.2.5.5 为了检验被检件表面层或直径小于 80 mm 的圆棒材,可采用双晶片纵波探头进行接触式检验。其晶片直径为 $\phi 6\sim 20$ mm。两晶片倾角相同,小于 16° 。探头的检验面应磨成与被检材入射面相一致的柱面形,隔声层应垂直圆棒轴线。经供需双方同意也可选用其他参数。其上盲区应符合 5.3.3 款规定。

4.2.5.6 在板材水浸法扫查时,如能满足本标准要求也可使用(多晶片组合)矩形探头,其灵敏度分布应均匀。确定扫查灵敏度时,应以其最低灵敏度处选定,有关其他性能应符合本标准 4.2.5 款其他要求,并要求消除杂波干扰,并测定有效声束宽度和声场均匀性。

4.2.6 探伤水槽

水浸法用的水槽或盛水探头盒,应保证被检件合理浸入和探头扫查要求。

4.2.7 操纵装置

它应能保证探头在相互垂直的同时又垂直入射面的两平面上,精确调节相对于被检件的空间位置,同时通过调角器能微调入射角(误差 2° 以内),以获得最大回波幅度。固定上述装置(探头架)的跨桥应有足够的刚性、强度及加工精度,以保证扫查过程中信号幅度波动小于 $\pm 2.5\%$ 。所有长度测量误差应小于 ± 2.5 mm。如因磨损探伤准确性不能满足本方法要求时,应更换有关零件。

5 试验方法与步骤

5.1 书面规程:每类受检件应根据本标准和选定的方法编制书面的超声检验规程,以保证检验结果符合有关验收级别的要求。其内容至少应包括如下有关项目的详细数据,检验就是根据它进行的。

- 5.1.1 检验机构(班组)及负责人、检验人员及日期。
- 5.1.2 本标准及有关文件的最新版编号、书面规程及技术条件等文件编号。
- 5.1.3 方法种类、验收等级(如分区检验,应多于一个)及有关图纸编号。
- 5.1.4 各有关仪器设备及探头的型号、工作频率等其他的探头参数。
- 5.1.5 扫查范围及方向、扫查路线及间距、耦合剂。
- 5.1.6 被检件钢号、炉号、尺寸、代号、数量、合同号、表面状态或外形尺寸(锻件)等。
- 5.1.7 标块的材质和尺寸、人工缺陷尺寸及其埋藏深度、标块种类及其同被检件声学性能差异和补偿方法等。

5.1.8 确定标准的和扫查的两种灵敏度的方法及步骤。

5.1.9 扫查中发现的一切信号及其波形和大小、分布、超过验收等级的信号应详细标明分布区域。

5.1.10 信号的分类、定量方法、定性及评定结论。

5.2 凡被检件因受力状态不同而要求使用不同验收等级时,应在相关图纸上标明最大受力方向及不同要求的区域划分,以便选取最佳入射方向和扫查路线。

5.3 检验程序

5.3.1 按书面规程选择适合的仪器、探头和扫查工作条件,所有检验方法均应满足本标准的全部检验要求。

5.3.2 扫查前,应先确定被检件形状和表面状态是否符合本方法要求。被检面应无波浪起伏、不允许的表面缺陷(如折叠、毛刺等)、松散起皮的厚氧化皮以及其他影响声耦合性能的附着物或污物(如油漆、污垢、焊渣、磨屑、泥土等)。否则应通过机械方法或其他方法(如酸洗)予以清除、弄平。如做不到则应记录,以作评价信号时参考。

5.3.3 在信噪比 2:1 条件下,入射面分辨力应达到表 5 要求。如达不到此要求,应进行分区扫查、对面扫查或用双晶纵波探头扫查。

表 5 入射面分辨力

mm

厚度或直径 t	铸件或再锻件	其他材料
$t \geq 64$	$\leq 0.1t$ 或 12 中的小者	
$32 \leq t < 64$	≤ 6.3	$\leq 0.1t$
$t < 32$	≤ 6.3	≤ 3.2

5.3.4 任何扫查方向上厚度大于 457 mm 时,是否采用附加的检验由供需双方商定。

5.3.5 扫查速度不应大于确定扫查灵敏度时发现人工缺陷回波的最大允许速度。

5.3.6 工作频率的选择必须保证能提供所需的穿透力和分辨力。如果组织不均匀性等引起的杂波水平偏高,可适当降低频率。

5.3.7 水浸法时探头晶片到入射面的距离应保证“水-钢界面”二次回波出现在钢一次底波的后面。而且与确定扫查灵敏度时所用距离相同,其误差应小于 ± 6 mm。

5.3.8 校验灵敏度用的试块必须符合验收等级的要求,其金属声程应与被检件最大尺寸相同。

5.3.9 扫查时,声束入射方向应垂直于缺陷最大变形方向,即金属变形时流动方向。

5.3.10 扫查工作条件确定后,应按规定的验收等级确定标准灵敏度和扫查灵敏度,记下所有大于扫查灵敏度水平的信号。

5.3.11 每次检验的开始和最后,以及每连续工作 2 h 之后,都要校对扫查灵敏度。“仪器-探头组合”或机械装置有任何变化之后,也应如此做。发现灵敏度提高了,应将上次校验合格后检出的所有记录信号重新评价。反之,降低 10% 以上时,则应重新扫查上次校验以来所有检验过的被检件。如果使用 DAC 曲线,应每天按被检件尺寸进行校验。只有这样才能保证检验系统工作的可靠性和准确性。

5.4 检验方法

5.4.1 所有棒材(坯)应沿所有表面用纵波扫查。锻件应按图纸或技术条件规定确定扫查表面。

5.4.2 横波扫查按供需双方协议规定执行。

5.4.3 探伤灵敏度校准按下面方法进行。

5.4.3.1 纵波检验

水浸法时,按 5.3 条规定选定扫查条件后,微调探头方位使人工平底孔回波最大,并调至 80%,这就是标准探伤灵敏度。接触法也同样调定。

5.4.3.2 横波检验

水浸法时,偏心距应选择使得入射角为 $23^\circ \pm 4^\circ$,这时工件中折射角为 $45^\circ \sim 70^\circ$ 范围。当按上面规定选定扫查条件后,微调探头使人工缺陷回波最大,并调至 80%,这就是横波标准探伤灵敏度。偏心距和折射角关系详见图 7。

5.4.3.3 扫查灵敏度

扫查时将标准探伤灵敏度提高 6 dB,并使仪器按此水平报警,此即是扫查灵敏度。

5.4.4 距离-振幅修正曲线(DAC 曲线)采用下述方法绘成:

用扫查所用探头测量有最大金属声程的、规定的人工平底孔(水浸法),调节测角器使回波最大,并调至 80%,记下信号峰点。依次测得不同金属声程(例如可间隔 10 mm)的人工孔的相应信号的峰点,将所有峰点连成圆滑曲线,即得到 DAC 曲线。对于不同材质的试块,不同型号的探伤仪-探头组合,应分别测定 DAC 曲线。如被检件尺寸过大,使试块金属声程小于被检件厚度的 75%时,则应延长 DAC 曲线或重新测定。

5.4.5 在规定的试验条件下,在标准探伤灵敏度下测人工孔回波,当使它下降一半时探头直线移动的最大距离的 50%~80%长度,即选为最大的扫查间距。扫查用探头均要测定此值。当金属声程、水层深度或仪器有变化时,要重测此数据。通过增加增益以加大扫查间距的做法是允许的。

5.4.6 所有水浸法检验的被检件,检验后应立即取出并干燥(必要时涂防锈剂),以防止被检件生锈。

6 检测结果的评定

6.1 记录

扫查过程中,凡是大于扫查灵敏度水平的信号,只要不是由表面粗糙度等非缺陷因素引起的一律在被检件上标记清楚并记录下来,然后按标准探伤灵敏度评价它们,检验记录应包括 5.1 条规定的内容。

6.2 底波损失

直声束(纵波)检验时,凡被检件在标准灵敏度下测定的杂波水平超过仪器本底电噪声水平的两倍时,均应将此处底波与同种被检件的完好部位相比较,此时应调增益使底波低于垂直极限。如果底波损失 50%以上,又不是表面粗糙度或不平行引起的,应拒收。如果是上述原因引起的,则应按 5.3.2 款要求把表面弄平后重新测定。

6.3 补偿方法

由于超声衰减特性的差异,测扫查灵敏度或标准灵敏度时,试块与被检件间的相同反射体回波可能存在若干分贝差值,利用垂直声束测底波,斜声束测人工槽或其他人工缺陷,可测得这些差值。一般应测四个不同部位,取最大差值来补偿修正标准灵敏度和扫查灵敏度。

但是,当从被检件测得的振幅(A_2)为从试块上同样反射体得到的振幅(A_1)的 60%~160%时,即满足下式要求时,不必补偿: $-4\text{dB} \leq 20\lg \frac{A_2}{A_1} \leq 4\text{dB}$ 。

6.4 缺陷评定

6.4.1 凡发现的记录信号,首先应区分缺陷波和杂波,杂波是由被检件的组织不均匀性以及表面粗糙度或电干扰引起的(见 3.1.1)。所有信号应与有相同金属声程的、规定的人工缺陷回波或相应的 DAC 曲线比较,确定其当量人工缺陷尺寸。

6.4.2 缺陷信号按以下类别定量评定

6.4.2.1 单个缺陷

在标准灵敏度下,其最大回波超过表1规定的孤立信号应拒收。

6.4.2.2 多个缺陷

在标准灵敏度下,任意二个大小超过表1规定的、中心间距小于表1相应规定值的信号应拒收。

6.4.2.3 线性缺陷

凡经补偿修正的,振幅大于标准灵敏度水平或DAC曲线相应幅度的50%的信号,均用于计算线性缺陷,其最大长度即为线性缺陷长度。它如果超过表1规定应拒收。

7 检验报告

7.1 根据检验记录和评定结果,由Ⅱ级以上超声波检测人员签发超声波检测报告。所有有关记录和报告均应存档。

7.2 在检验报告中,如有拒收项目,应详细写明拒收的项目名称、评定结果及缺陷信号分布等。必要时附图说明。

7.3 凡在以后的机加工过程中能被去除的缺陷,应认为是允许存在的。应在检验报告上详细图示出缺陷的等级、位置(以被检件某固定标记为准)。该信号不应拒收。

7.4 如供需双方同意,超声波检验合格的被检件应逐支打钢印“U”或用其他标志。

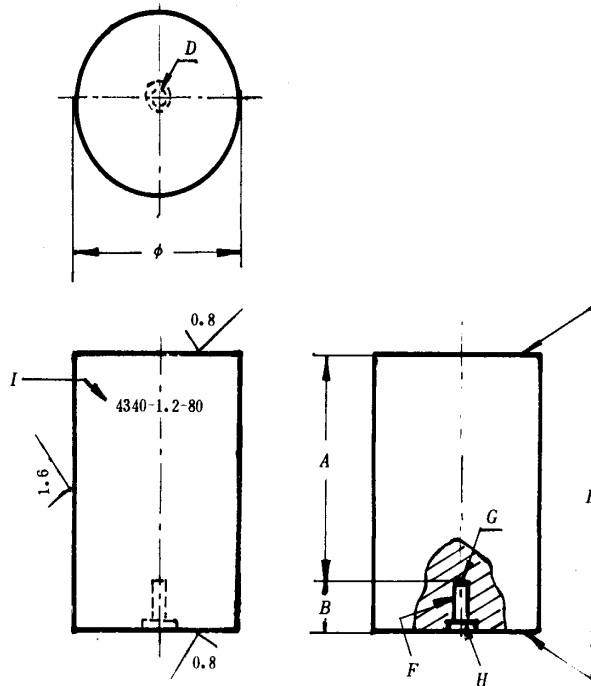


图1 平面试块示意图

图中: A——金属中传播的距离,误差为 ± 0.38 mm,即平底孔埋藏深度;

B——孔深, 20 ± 1.6 mm;

ϕ ——直径:被检件横截面厚度小于152 mm时, ϕ 为50 mm;厚度为152~305 mm时, ϕ 为65 mm;厚度大于305 mm时, ϕ 值由供需双方商定,其允许误差: ± 0.76 mm;

D——人工平底孔直径;

E——其表面平直度误差小于0.13 mm,其平行度误差小于0.13 mm;

F——人工平底孔轴线应垂直入射面,误差小于 $0^{\circ}20'$,偏心差小于0.38 mm;

G——孔底平直度小于1 mm/125 mm;

H —— 孔塞;
I —— 标记。

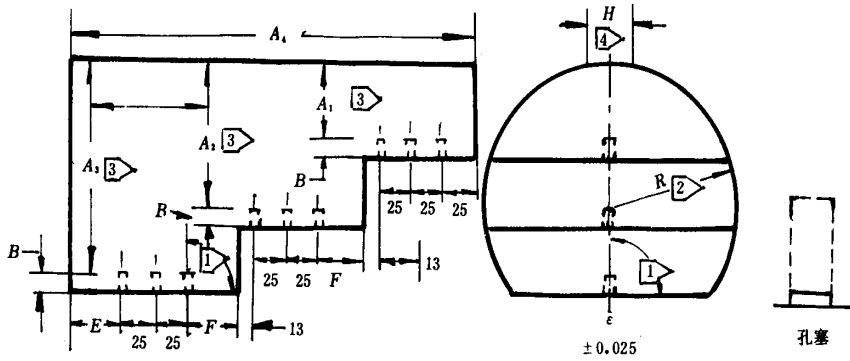


图 2 柱面试块

图中: $A_1 = \frac{R}{2}$; $A_2 = R$; $A_3 = \frac{3}{2}R$; R 半径; 其他字母代表的长度见下表:

	mm									
半径 R	100	86	72	60	50	40	32	26	20	14
B	10	10	10	10	10	10	10	10	8	6
E	38	38	25	25	25	25	25	25	25	25
F	38	38	38	38	38	38	38	38	25	25
H	50	50	50	50	50	50	38	38	38	25

- 注: ① 允许误差 $\pm 0^{\circ}30'$;
 ② 允许误差 ± 0.63 mm;
 ③ 允许误差 ± 0.25 mm;
 ④ 粗糙度 R_a 为 $2.5 \mu\text{m}$;
 ⑤ 每个试块可分做成三个, 高度分别为 A_1 、 A_2 和 A_3 , 除下面更改外, 其他不变: 对 A_1 块, 变 13 为 25; 对 A_2 块, 13 与 F 均改成 25; 对 A_3 块, 令 $F = E$ 。

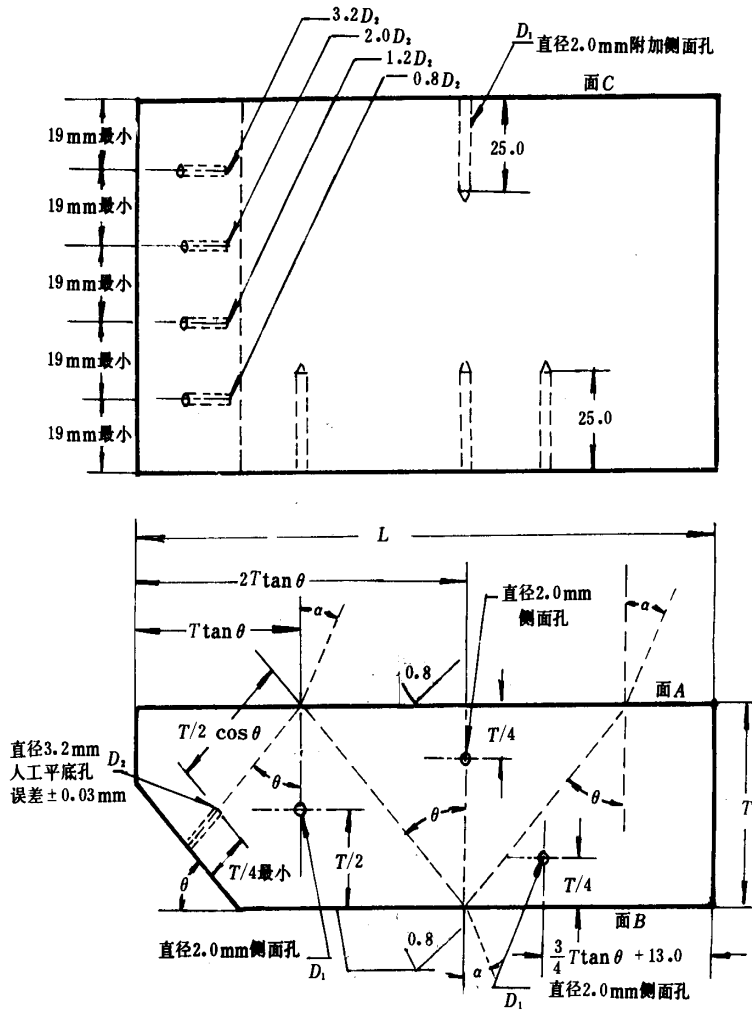


图 3 矩形试块

图中： D_1 ——横孔直径；
 D_2 ——平底孔直径；
 α ——入射角；
 θ ——折射角。

T (厚度)和 L (长度)尺寸见下表：

被检材料部分(厚度或直径) t	T	L 最小
≤ 25	19 或 t	3 $T \tan \theta + 25$
$> 25 \sim 51$	38 或 t	
$> 51 \sim 103$	76 或 t	
$> 103 \sim 152$	127 或 t	
> 152	$t \pm 25$	

注：① 长度允许误差为 ± 0.76 mm；
 ② 平面 A 与 B 平行且光滑，允许误差为 0.025 mm。

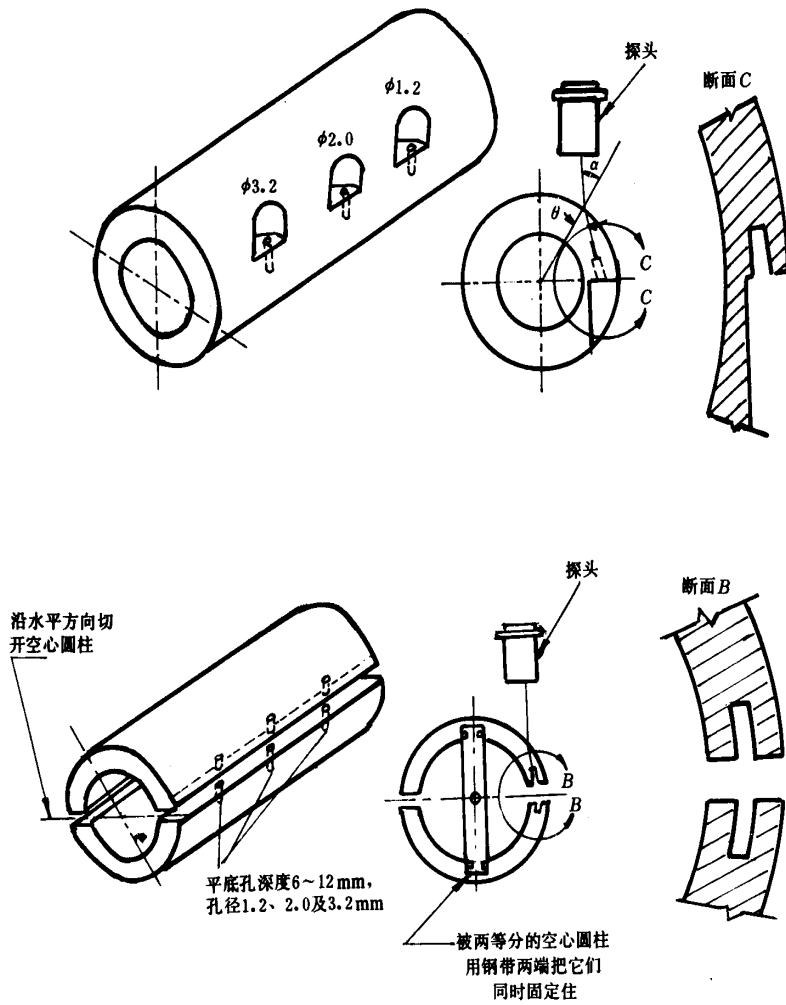


图 4 空心圆柱试块

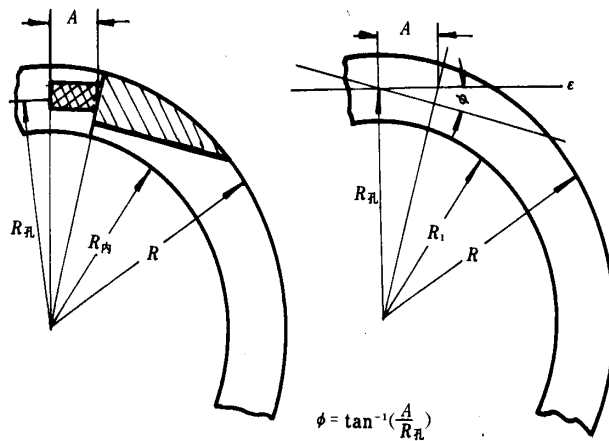


图 5 空心圆柱试块中平底孔位置

图中：A = 9.6 ± 3.2 mm 平底孔深度；

R —— 外圆半径；

R_内 —— 内圆半径；

R_孔 —— 人工孔轴线到圆心距离，它与壁厚之半的允许误差为 ±2%，而且孔底应平行径向。

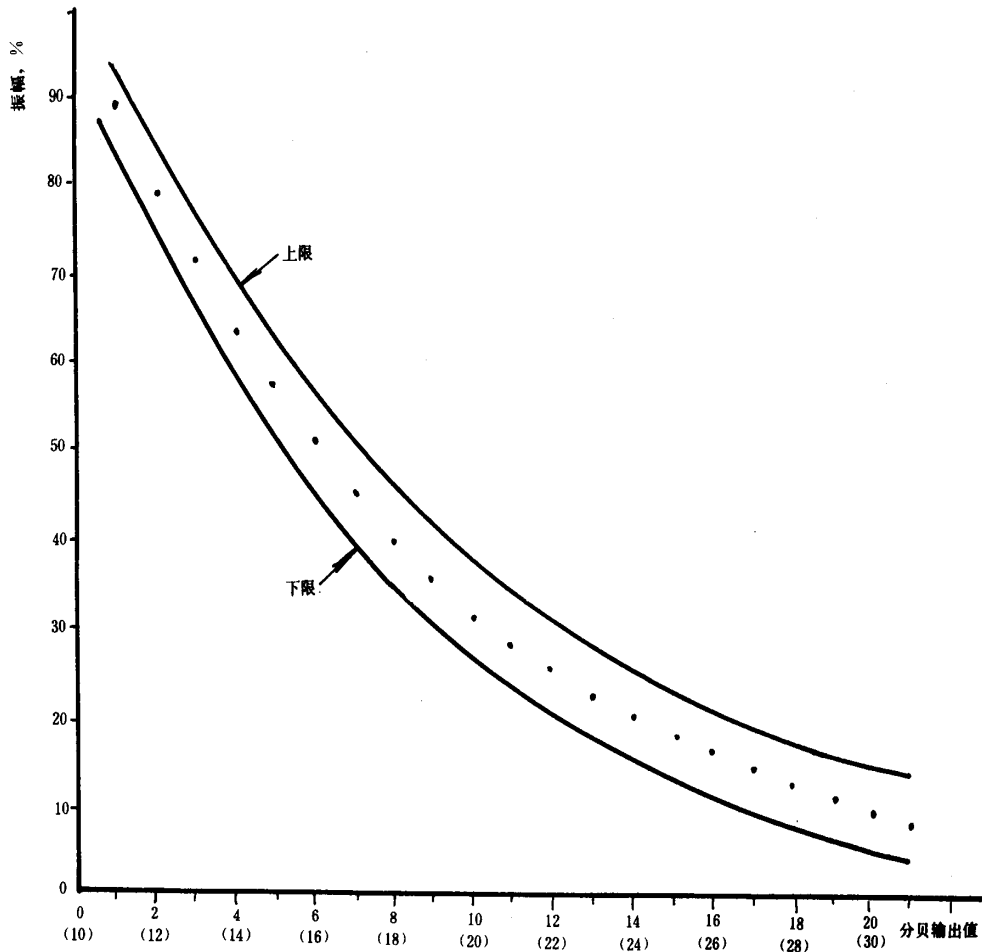


图 6 衰减器校验曲线数据表

注：① 图中对应于每个分贝值的点的相应允许百分数见下表；

② 记录栏内 B 项记分贝值括号内数值对应的百分数。对其他粗调档的测试值另画表记录。凡测试的百分数不落在最大、最小值范围内者，该档衰减器不能验收。记录表如下：

GB 8652—88

衰减器分贝输出值 dB	标准值 %	极限值, %		记录	
		最小	最大	A	B
0(10)	100.0	—	—	—	—
1(11)	89.1	85	94		
2(12)	79.4	75	84		
3(13)	70.8	66	75		
4(14)	63.1	59	68		
5(15)	56.2	52	61		
6(16)	50.2	46	55		
7(17)	44.7	40	49		
8(18)	39.8	35	44		
9(19)	35.5	31	40		
10(20)	31.6	27	36		
11(21)	28.2	24	33		
12(22)	25.1	21	30		
13(23)	22.4	18	27		
14(24)	20.0	15	25		
15(25)	17.8	13	22		
16(26)	15.8	11	20		
17(27)	14.1	10	19		
18(28)	12.6	8	17		
19(29)	11.2	7	16		
20(30)	10.0	5	15		
21(31)	8.9	4	13		

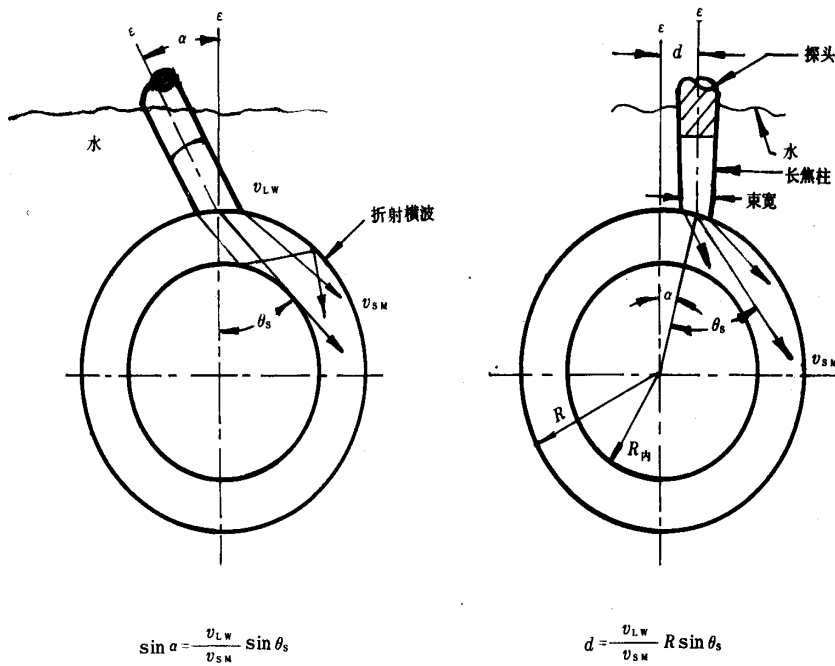


图 7 空心圆柱试块中偏心距和折射角的关系图(示意)

- 图中： α ——入射角；
 θ_S ——横波折射角；
 d ——探头声束轴线同空心圆柱的偏心距；
 v_{LM} ——水中纵波声速；
 v_{SM} ——钢中横波声速；
 R ——外圆半径；
 R_i ——内圆半径。

附加说明：

本标准由抚顺钢厂负责起草。

本标准主要起草人孙仲勋。