

航空器无损检测超声检验

1 范围

本标准规定了民用航空器所用材料及其零、部件超声检验方法的基本要求。

本标准适用于民用航空器所用材料及其零、部件超声检验。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的一部分。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 12604.1—1990 无损检测术语超声检测

MH/T 3001—1995 民用航空无损检测人员技术资格鉴定规则

ZBY 230—1984 A型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件

ZBY 231—1984 超声探伤用探头性能测试方法

ZBY 232—1984 超声探伤用1号标准试块技术条件

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 A扫描显示 A-scan presentation

在显示屏上显示信息的一种方法。利用水平基线指示距离或时间,用从基线开始的垂直偏转指示脉冲幅度。

3.2 直射声束检验 straight beam examination

用声束垂直于检验面而传播的超声波所进行的检验。

3.3 斜射声束检验 angle beam examination

用声束传播方向与检验面法线成一定角度的超声波所进行的检验。

3.4 分贝 decibel (dB)

两个波幅比的对数表示:
$$\text{dB} = 20\lg(A_1/A_2)$$

式中: A_1 和 A_2 为幅度。

3.5 衰减 attenuation

单位距离的能量损失,通常用分贝每单位长度表示。

3.6 入射面分辨力 entry surface resolution

超声检验系统能分辨的已知尺寸不连续性与入射面之间的最小距离。

3.7 背面分辨力 back surface resolution

超声检验系统能分辨的已知尺寸不连续性与背面之间的最小距离。

3.8 水平极限 horizontal limit

在A扫描显示屏上,水平偏转的最大可读长度。

3.9 水平线性范围 horizontal linearity range

在此范围内, A 扫描显示的垂直偏转信号的水平位移增量与反射波在均匀介质中通过已知长度所需时间增量之间有不变的关系。

3.10 垂直极限 vertical limit

在 A 扫描显示屏上可读出的垂直指示最大高度。

3.11 垂直线性范围下限 lower linearity limit

在 A 扫描显示屏上的指示幅度和从已知尺寸不连续性上反射的超声波量值大小之间, 能观察到的不变关系的垂直偏转范围下限。

3.12 垂直线性范围上限 upper linearity limit

在 A 扫描显示屏上的指示幅度和从已知尺寸不连续性上反射的超声波量值大小之间, 能观察到的不变关系的垂直偏转范围上限。

3.13 噪声 noise

在显示屏基线上的大量不可分辨的信号, 这可能是由于组织不均匀、表面粗糙、电干扰等原因所引起。

3.14 信噪比 signal to noise ratio

给定的超声波信号幅度与平均本底噪声幅度之比。

3.15 超声灵敏度 ultrasonic sensitivity

在规定条件(频率、增益、抑制)下, 超声检验系统探测最小不连续性的能力。

3.16 检验灵敏度 testing sensitivity

根据检验工艺要求所确定的灵敏度。

同义词: 规定灵敏度 specified sensitivity

3.17 标准试块 standard test block

材质、形状、尺寸及性能均由检定机关检定合格的试块。

3.18 参考试块 reference block

检验受检件用的试块。

同义词: 对比试块

3.19 不连续性 discontinuity

零、部件正常组织、结构或外形的任何间断, 这种间断可能会也可能不会影响零、部件的可用性。

3.20 延迟快 delay block

为使超声始脉冲宽度的影响落在延迟过程中而附加在晶片前的透声材料。

3.21 传输修正 transfer correction

因受检件与参考试块的声能透入量不同而对超声仪放大量进行的修正, 包括表面声能损失修正(表面补偿)和衰减补偿。

3.22 其它定义按 GB/T12604.1 中的规定。

4 一般要求

4.1 检验人员

从事超声检验的人员必须按 MH/T3001 的规定进行培训与考核, 取得技术资格证书。

各级人员只能从事与自己技术资格等级相应的技术工作。

4.2 工艺规程

要求超声检验的材料及零、部件应按指定的工艺规程进行检验。工艺规程可以是航空器制造厂提供的

维修手册、通告或其它有关资料。

航空器制造厂未提供工艺规程时,应按本标准的要求编写详细的工艺规程。编写的工艺须经本专业的Ⅲ级人员审定,主管部门批准生效。工艺规程应至少包括以下内容:

- a) 检验单位名称;
- b) 工艺规程编号和编写(或修改)日期;
- c) 受检件名称、件号、材料及状态;
- d) 采用的检验方法及质量等级(采用多个等级时,应注明每一等级所适用的区域);
- e) 受检件的草图,图上应标明超声检验部位,声入射处及入射面的表面粗糙度;
- f) 超声仪型号;
- g) 探头型号(包括频率、晶片尺寸、种类和入射角等);
- h) 耦合剂;
- i) 试块类型或代号;
- J) 检验灵敏度调整;
- k) 不连续性评定方法;
- l) 任何其他有用数据。

4.3 仪器和设备

4.3.1 超声仪

4.3.1.1 超声仪与探头配用时,应至少具备 2.25MHz~10MHz 工作频率范围。

4.3.1.2 超声仪与探头配用时,其性能的最低要求应符合表 1 及测试法按附录 A。

表 1 仪器使用性能的最低要求

仪器性能	性能的最低要求	
	按附录 A 方法测试	按 ZBY230 方法测试
垂直极限	满刻度	当衰减器的校验按 ZBY230 进行并符合要求时,可按 ZBY230—84 中的 4.2 仅进行垂直线性误差的测定,误差不大于 8%
垂直线性下限	不小于满刻度的 95%	
垂直线性上限	不小于满刻度的 10%	
水平极限	满刻度	应满足检验所要求
水平线性范围	不小于水平极限的 85%	
灵敏度		
信噪比		
入射面和背面分辨力		

4.3.2 衰减器

测量超声仪与探头的组合性能时,如果垂直线性符合要求,应按本标准附录 B 或按 ZBY230 对衰减器进行校验。

4.3.3 报警器

检验零、部件时,可采用报警器。触发报警所需的超声信号幅度应是可调的。

4.3.4 稳压器

当信号幅度调整到显示屏垂直极限的一半时,如果电源电压的波动引起信号幅度变化超过垂直极限的

±2.5%，则应使用稳压器。电池供电的系统除外。

4.3.5 探头

4.3.5.1 探头的晶片直径(或矩形晶片的长度)应在 4mm~20mm 之间。

4.3.5.2 在 2.25MHz~10MHz 工作频率范围内,探头的回波频率与标称值的偏差应在±10%以内。

4.1.5.3 直射声束探头使用前应编号,并按 ZBY231 规定的方法测量回波频率、距离一幅度特性和声束特性。

探头的声束特性,要求在最后一个声压极大值和最后一个声压极小值处,沿相隔 45°的四个方向测量时,不应有明显的副瓣,最小波束直径与最大波束直径(6dB 点)之比不得小于 0.75。

4.3.5.4 斜射声束探头使用前应编号,并按 ZBY231 规定的方法测量回波频率、入射点和入射角。

4.3.5.5 探头的测试结果应记录,保存备查。

4.4 检验用材料及试块

4.4.1 耦合剂

检验用耦合剂材料不得对受检件有损害,可采用油脂、水、水溶性凝胶等。耦合剂的粘度和表面的润湿必须是良好的,以保证超声波能很好地进入受检件。

4.4.2 标准试块

4.4.2.1 标准试块用于测试超声仪及探头性能,确定试验条件的再现性。

4.4.2.2 用于直射声束检验的铝合金标准试块,其材质、尺寸及加工要求应符合本标准附录 C 的要求。

4.4.2.3 用于直射声束和斜射声束检验的钢标准试块(1 号标准试块),其材质、尺寸及技术要求应符合 ZBY232 的规定。

4.4.3 参考试块

4.4.3.1 参考试块用于调整检验灵敏度和扫描范围,评定不连续性的当量尺寸及保证检验结果的再现。

4.4.3.2 参考试块应用与受检件成分及组织相类似的材料制作,以使其声学特性(如衰减、声速、声阻抗、噪声等)与受检件相同。否则,应按本标准 5.3 作必要修正。一般情况下,参考试块材料可按表 2 选定。

表 2 参考试块的制作用料

受检件材料	参考试块用料
铝合金	LC9 淬火、人工时效,或 LY12 淬火、人工时效
镁合金	MB15
钛合金	TC4,退火
低合金钢 低合金高强度钢 碳钢及工具钢	40CrNiMoA,退火

4.3.3.3 参考试块的声入射面表面状况应与受检件的声入射面相同。否则,应参考 5.3 作必要修正。

4.4.3.4 参考试块的人工反射体类型、尺寸及埋藏深度应由受检件的检验部位和检验等级确定。

4.4.3.5 如果尺寸、材料等要求与标准试块相同,则标准试块也可用作参考试块。

4.4.4 参考试块的检验

4.4.4.1 制作参考试块的材料应该用比检验等级高一级的灵敏度进行检查,以避免存在影响检验的自然缺陷。

4.4.4.2 对参考试块材料应进行背反射损失检查。背反射损失在任何部位均不大于 3dB。

4.4.4.3 参考试块在投入使用前,除应按图纸要求对外形尺进行检查外,还应用超声对人工反射体进行检验。

5 工艺程序和要求

5.1 表面准备

5.1.1 应确认受检件表面粗糙度和几何形状能进行良好的超声检验。如果表面粗糙度妨碍声波入射和影响近表面不连续性的评定,应采用可允许的机械加工或其它方法予以修整。

5.1.2 超声检验前,应目视检查受检件有无裂纹、刻痕、不规则的涂层等,妨碍超声检验的任何表面缺陷均应在检验前去除。如果去除是不可能或不实际的,则该部位不宜进行超声检验。

5.1.3 采用表面波检验时,对声入射面应有更高的要求。

5.2 入射方向及入射面分辨力

5.2.1 应使声波入射方向与不连续性的最大可能取向尽可能垂直。

5.2.2 当入射面分辨力(信噪比为2:1或更大时)不足以分辨靠近检验表面的不连续性时,应从对面进行附加的检验或在金属声程内分区域进行检验。如果不能从对面进行检验,可采用加延迟块的方法检验。

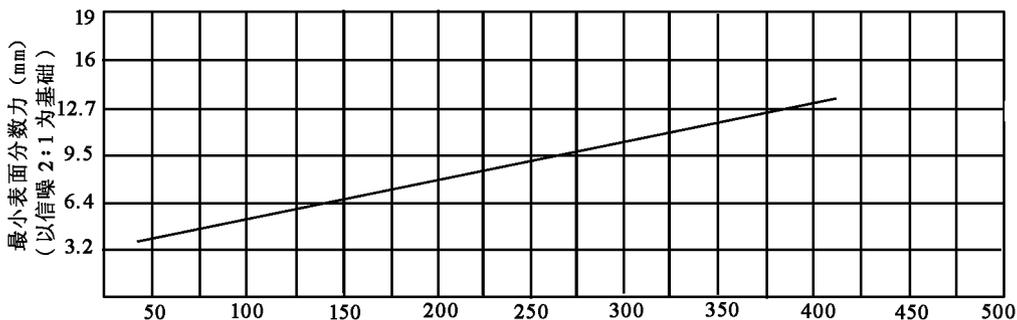


图1 铝锻件及其零、部件的入射面分辨力要求

5.2.3 除另有规定外,铝锻件及其零、部件的入射面分辨力要求按图1规定,非铝锻件及其零、部件的入射面分辨力要求按表3规定。

表3 入射面分辨力要求(铝锻件除外)

材料厚度 t mm	分辨力要求 mm	
	锻件	其它材料
$t \leq 32$	6.4	3.2
$t > 32$	6.4	$1/10t$
$t \geq 64$	$1/10t$ 或 12.5, 取最小值	

5.2.4 对于每一检验方向,如果最大金属声程使得仅从一面检验无法发现所要求的最小不连续性,则须从对面进行检验。

5.3 参考试块选择

5.3.1 按本标准4.4.3要求选择。

5.3.2 如果参考试块的声学特性与受检件不同,可采用传输修正,即记下参考试块与受检件的反射波幅的分贝差来实现修正。反射波幅可以是来自背表面(直射声束检验)、“V”形槽(斜射声束检验)或其它有助

于完成传输修正的反射体。

5.4 探头频率选择

频率的选择应满足检验灵敏度的要求。在噪声处于低水平、背反射波幅高而稳定的情况下,选用较高频率的探头。

5.5 检验灵敏度的调整

5.5.1 按检验工艺要求确定参考试块,人工反射体大小和埋深。

5.5.2 按检验工艺要求或根据受检件厚度和检验区域标定声程范围。

5.5.3 应使参考试块中人工反射体显示波幅达到最高,然后将波幅调至显示屏满刻度的 50%~80%。调整好以后至少重复扫查两次,以检查探头移动状态下不连续性显示再现性是否良好,波幅是否达到所设置的高度。

5.6 扫查

5.6.1 探头相对于受检件的移动速度,应使参考试块中人工反射体显示波幅能够看清,使任何所用的记录装置或报警装置能够动作。

5.6.2 扫查间距应不大于二分之一有效声速宽度(矩形晶片应不大于二分之一长轴方向)。

5.7 标志

5.7.1 检验后的零、部件均应作出标志。

5.7.2 当零、部件由于其结构、精度或功能原因,不允许采用压印、蚀刻或涂色法时,可采用跟踪记录卡、挂标签和装袋等方法进行标志。对有显示的部位应用专用涂色笔将其标志出来。

5.8 检验记录

所有检验结果均应有记录存档,供追溯查阅。记录应包括下列内容:

a)受检单位和日期;b)受检件名称、件号、检验部位、数量;c)主要检验参数;d)仪器和探头型号;e)检验结果(不连续性显示波幅和位置等);f)操作、检验人员签名盖章;g)检验日期。

5.9 检验报告

有要求时应签发检验报告。检验报告应包括本标准 5.7 的内容。检验报告的保存期限按有关单位的规定执行。

6 质量等级与评定

6.1 质量等级

按工艺规程规定的质量等级进行检验。

无具体质量等级时可按表 4 确定。

表 4 质量等级

等级	单位不连续性 响应 ¹⁾ mm	多个不连续性 响应 ²⁾ mm	长条形不连续性的长度 和响应 ³⁾ mm	背反射损 失 ⁴⁾ %	噪声 ⁵⁾
AAA	0.8	0.4	3.2;0.4	50	报警电平
AA	1.2	0.8	12.7;0.8	50	报警电平
A	2.0	1.2	25.4;1.2	50	报警电平
B	3.2	2	25.4;2.0	50	报警电平
C	3.2	不适用	不适用	50	报警电平

1)任何不连续性如果其显示大于埋藏深度相同、尺寸(直径)给定的参考平底孔或当量槽响应,不能验

收。

2) 多个不连续性如果其显示大于埋藏深度相同、尺寸(直径)给定的参考平底孔或当量槽响应,且其中任意两个不连续性的中心间距小于 25.4mm,则不能验收。此要求不适用于 C 级。

3) 任何长度大于给定值,且显示大于给定(平底孔或当量槽)响应的长条型不连续性,不能验收。此要求不适用于 C 级。

4) 在相同或类似的零件中与无缺陷相比,背反射损失大于给定的百分比,并且这样的背反射损失伴随有前后表面之间噪声信号的增多(至少为正常本底噪声信号的两倍)时不能验收。此要求只适用于直射声束检验。

5) 噪声超出所设置报警电平时,不予验收。

6.2 评定

6.2.1 按指定工艺规程评定检验结果。

6.2.2 出现怀疑显示信号时,应重新调整灵敏度后再进行评定。

6.2.3 若按表 4 质量等级评定检验结果应按以下方法进行:

a) 对单个不连续性尺寸的估计和位置的确定应采用与参考试块对比的方法进行。所用试块中人工反射体埋藏深度等于受检件中不连续性埋藏深度,容差应在表 5 所规定的范围;

表 5 参考试块中人工反射体埋深容差

mm

不连续性埋深 h	参考试块中人工反射体埋深容差
$h \leq 6$	± 1.6
$6 < h \leq 25.4$	± 3.2
$25.4 < h \leq 76$	± 6
$76 < h \leq 150$	± 12.5
$h > 150$	金属声程的 $\pm 10\%$

b) 对于长条形不连续性,在有必要对其长度作出估计时,对于纵波,应将探头置于参考试块上并使来自孔底的反射波为最大,平底孔与不连续性的埋藏深度相同,平底孔的直径应符合所用质量等级中关于长条形不连续性当量平底孔直径的规定,调整放大器的增益使反射波高降为满刻度的 80%,然后找出探头沿孔径方向移动时反射波高下降 20dB 时两点间距离(设为 A);在灵敏度不变的情况下,按同样方法测出不连续性上下下降 20dB 的两点距离(设为 B),不连续性长度可按 $(B-A)$ 计算。对于斜射声束,可参照此法进行;

c) 对于多个不连续性,将探头放在每一不连续性的中心上方(在该处波幅最大)标出位置,以测出多个不连续性之间的距离;

d) 在发现有密集小的不连续性显示或本底噪声超出正常值一倍的地方,应降低增益使一次背反射波幅低于垂直极限,通过与几何形状相同的正常部位的一次背反射波幅进行比较来确定背反射波损失。

6.2.4 超过指定工艺规程或质量等级规定的任何不连续性显示的受检件均应拒收。

7 质量控制

7.1 检验场所

7.1.1 超声检验不应在影响正常工作的强磁、震动、高频、灰尘、腐蚀性气体及噪音的场所进行。

7.1.2 检验场所应避免明亮的光线。

7.1.3 检验场所的温度及湿度应控制在仪器、设备及材料所允许的范围内。

7.2 超声仪的校验

7.2.1 超声仪每年或经过修理后均应校验,其性能仍应满足本标准 4.3.1.2 的最低要求。

7.2.2 每次校验所得的数据应保存备查。

7.3 探头

7.3.1 每次检验前后,应检查探头是否完好。发现保护膜有损坏或出现裂缝应停止使用。

7.3.2 斜射声束探头折射角与标称值相差 2° 以上则必须修正,否则不得继续使用。

7.4 标准试块的校验

标准试块每 5 年应送检定机关校验一次。但使用部门每年应检查其超声响应,并与原数据相比较。

7.5 检验系统的性能校验

在每次检验前后,仪器的任何调整或仪器的插接件有任何改变以及连续工作每隔 1h 均应对系统就检验灵敏度重新进行标定。如果发现灵敏度增大,则只对在此期间所发现的显示信号重新检验。如果发现灵敏度下降大于 10%,则在此期间所检验过的零、部件均应按正确的灵敏度重新检验。

7.6 检验过程的监控

7.6.1 检验过程中,应利用背反射回波或其它固定回波监视可能使灵敏度改变的耦合情况或其它异常情况(例如原位检验中,探头移动情况不能被直接观察时)。

7.6.2 由于受检件形状或声束角度等原因,显示屏不出现背反射回波或其它固定回波时,则应注意利用显示屏基线上的噪声信号波动状态监视耦合情况或其它异常情况。

超声仪与探头配用时 使用性能测试方法

A1 垂直极限和垂直线性的测定

将纵波直探头耦合在图 A1 所示试块的检测面上并移动,使孔 A 的反射波高 H_A 与孔 B 的反射波高 H_B 之比为荧光屏满刻度的 60 : 30(设 $H_A > H_B$)。调节仪器的增益控制使 H_A 以荧光屏满刻度 10% 或更小的增、减量变化。记录 H_A 及相应 H_B 的波高并用图 A2 所示图形表示。

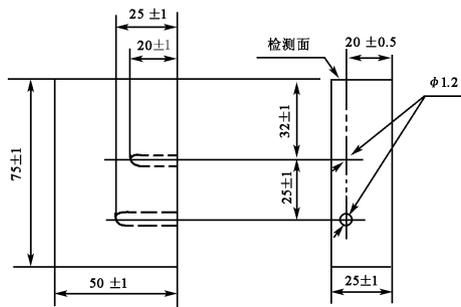


图 A1 测量垂直线性用的试块

垂直极限指的是当增益增大时,反射波高 H_A 在荧光屏上所能获得的最大高度。

垂直线性范围由超过及低于调定点而最先与极限线相交的点来确定。线性的上限由相应的 H_A 给出,线性的下限由 H_B 给出。

材料: 铝或钢

用不溶于水的塑料堵孔

A2 水平极限和水平线性的测定

将纵波直探头耦合到厚度适当、前后表面平行的试块上。调节仪器的增益、扫描延迟和扫描长度控制器以显示出 11 次无干扰的背面反射；进而调节扫描控制器使第 3 次和第 9 次背面反射的前沿分别准确地调定在水平标尺分度上的 20% 和 80% 处。然后，读出并记录其余各多次背面反射的位置。在测量每一背面反射的位置之前一定要将其幅度调到荧光屏满刻度的 50%。如果第 11 次回波有干扰，可以利用 6 次背面反射；此时，可将第 2 次和第 5 次背面反射的前沿调定在 20% 和 80% 的水平标尺分度上。

水平极限指的是在荧光屏水平标尺范围内可以利用的最大扫迹长度。

水平线性范围可用完全落在所规定允差范围(允差不大于满刻度的 3%)内的一组相邻接点的位置来给定。参见图 A3。

A3 灵敏度和信噪比的测定

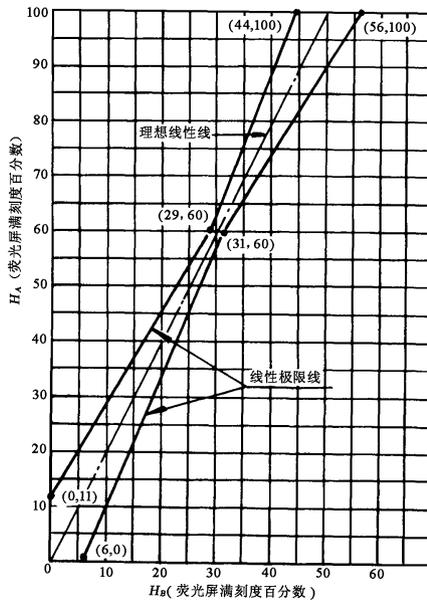


图 A2 确定垂直线性范围用的图形

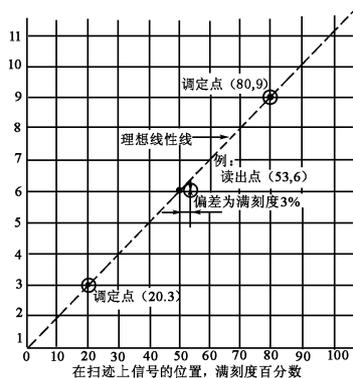


图 A3 用以确定水平线性的图形

将纵波直探头耦合到试块上，试块的材质、平底孔的直径及孔底到相邻界面的距离应根据受检件的要求

确定。在仪器灵敏度为最大的情况下测量孔底的反射波高及噪音电平。此时,孔底的反射波高至少为荧光屏满刻度的 60%。

如果噪音电平不大于满刻度的 20%而孔底反射波高不大于满刻度的 100%,则以孔径、埋深和孔底反射波高来表征灵敏度(满刻度的百分数)并计算信噪比。

如果噪音电平超过满刻度的 20%,则应降低增益,在噪音电平达到满刻度 20%的情况下,以孔径、埋深及孔底反射波高来表征灵敏度并计算信噪比。

如果孔底反射超过满刻度的 100%,则应降低增益使其达到满刻度的 60%,记录孔径、埋深及不使噪音电平超过满刻度 20%所保留的可用增益(即灵敏度余量,以分贝计),并计算信噪比。参见图 A4。

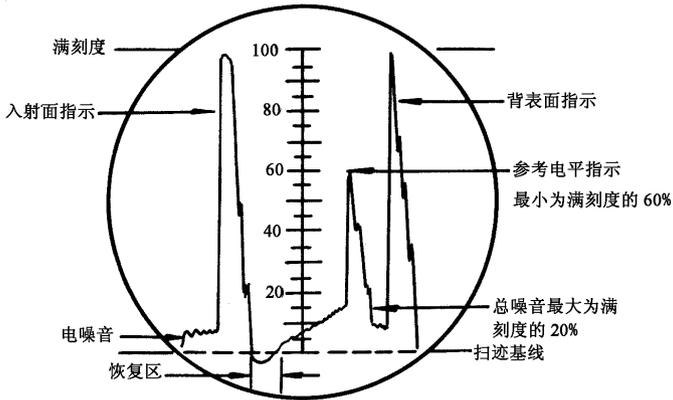
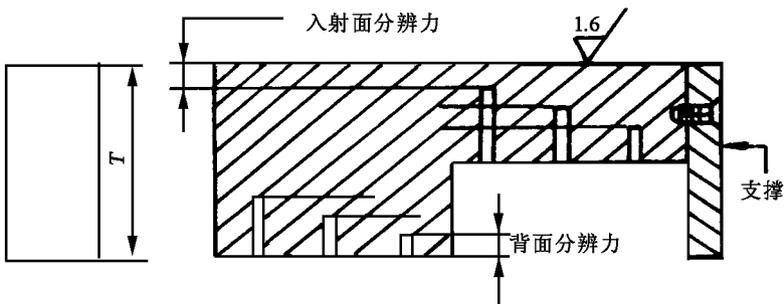


图 A4 用于确定灵敏度和噪音的典型图形

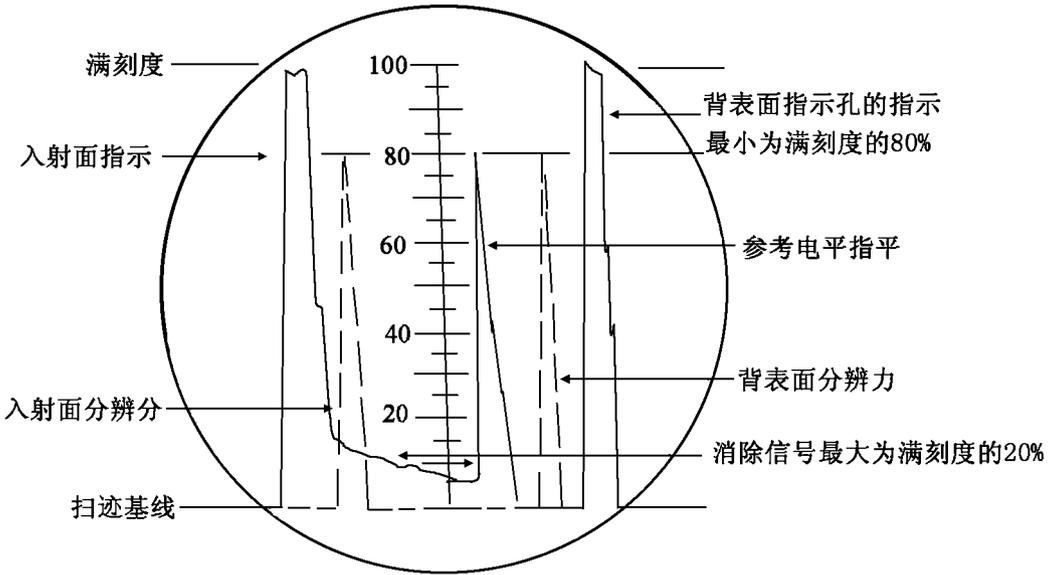
A4 入射面分辨力和背面分辨力的测定



材料厚度 T 、孔径及表面粗糙度由检验要求确定孔之间、孔与侧壁之间的距离不应小至引起干涉孔用塞堵住

(a) 试块

将纵波直探头耦合到图 A5(a)所示试块上。试块的材质、平底孔的直径及孔底到相邻界面的距离应根据受检件的要求确定。移动探头,在根据须要所确定的灵敏度下,测定孔底反射波高为满刻度 80%而与相邻界面反射波的相交处不大地满刻度 20%时,各孔底与相邻界面的金属距离,参见图 A5(b)。



(b) 典型图形

图 A5 用于确定入射面及背面分辨力的典型图形及试块

入射面和背面分辨力可用从孔底到相邻界面的最短金属距离、孔径及灵敏度大小来给出。

衰减器的校验

B1 衰减器的校验程序

B1.1 将频率为 5MHz 的纵波直探头耦合到平底孔直径为 2mm, 孔底至入射面金属距离大于探头近场长度的铝或钢试块上并使孔底的反射波高为最大。在所有的衰减器转接开关均处于断开的情况下, 调节接收器增益控制, 使孔底反射波高为满刻度的 100%。固定探头位置及增益控制的位置。

B1.2 用衰减器转接开关从 1dB 到 21dB 每次增加 1dB (或 2dB, 由衰减器的最小步进量决定) 的衰减量, 并在“dB 衰减器校验表”的相应位置上记下每一步所得的孔底反射波高作为“A”值 (见表 B1)。

B1.3 将衰减器转接开关调到接入 10dB 的衰减量, 重新调节增益控制器使来自孔底的反射波高达到满刻度的 100% (必要时可改用较大的反射面)。利用衰减器转接开关从 10dB 到 31dB 每次增加 1dB (或 2dB, 由最小步进量决定) 的衰减量, 并在“dB 衰减器校验表”的相应位置上记下每一步所得的孔底反射波高作为“B”值。

B1.4 将衰减器转接开关调到接入 20dB 的衰减量, 将孔底反射波高调到满刻度的 100%, 记下从 20dB 到 41dB 每增加 1dB (或 2dB) 衰减量时反射波的高度作为“C”值填入表中。

B1.5 按上述方法继续进行直至衰减最大。

B1.6 每一步的数据必须落在检验表上所注明的范围之内。

B2 分贝衰减器校准数据表 (见表 B1)

表 B1

衰减量 dB	荧光满刻度百分数 %					
	标准值	极 限		记 录 值		
		最 小	最 大	A	B	C
0	100.0	—	—			
1	89.1	85	94			
2	79.4	75	84			
3	70.8	66	75			
4	63.1	59	68			
5	56.2	52	61			
6	50.1	46	55			
7	44.7	40	49			
8	39.8	35	44			
9	35.5	31	40			
10	31.6	27	36			
11	28.2	24	33			
12	25.1	21	30			
13	22.4	18	27			
14	20.0	15	25			
15	17.8	13	22			
16	15.8	11	20			
17	14.1	10	19			
18	12.6	8	17			
19	11.2	7	16			
20	10.0	5	15			
21	8.9	4	13			

纵波检验用的标准试块

C1 纵波检验用的标准度块图

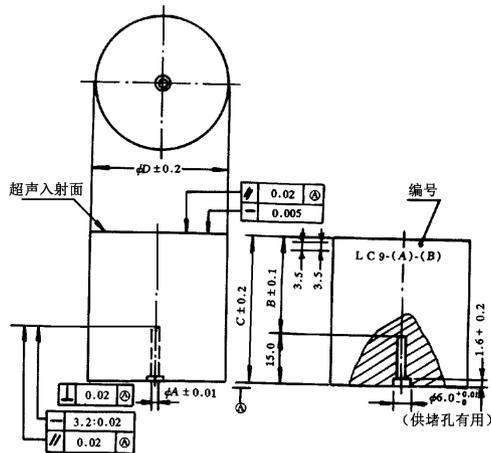


图 C1 纵波检验用的标准试块

C2 纵波检验用标准试块尺寸(见表 C1)

C3 纵波检验用标准试块的其它技术要求

C3.1 D 为试块外径。当 $B \leq 150\text{mm}$ 时, $D \geq 50\text{mm}$; 当 $B > 150\text{mm}$ 时, $D > 75\text{mm}$ 。

C3.2 编号顺序为:材料牌号(LC9)—平底孔直径:(A)—孔深(B):

C3.3 由加工造成的毛刺均应去除。上下面的外边应该磨圆 $R < 0.8\text{mm}$,

C3.4 材料的牌号为 LC9, 热处理状态为 T6。

C3.5 超声入射面粗糙度应为 $R_a = 1.6\mu\text{m}$ 。

表 C1

尺寸	平底孔直径(A)	平底孔埋藏深度(B)			柱高(C)		
	mm	mm			mm		
允差	± 0.01	± 0.1			± 0.4		
系列 1	0.8	(1)2.5	(8)30	(15)80	(1)17.5	(8)45	(15)95
		(2)5.0	(9)35	(16)90	(2)20	(9)50	(16)105
系列 2	1.2	(3)7.5	(10)40	(17)100	(3)22.5	(10)55	(17)115
		(4)10	(11)45	(18)110	(4)25	(11)60	(18)125
系列 3	2.0	(5)15	(12)50	(19)120	(5)30	(12)65	(19)135
		(6)20	(13)60	⋮	(6)35	(13)75	⋮
系列 4	3.2	(7)25	(14)70		(7)40	(14)85	