

GBT承压设备无损检测第三部分超声检测

目 次

前言	66
1 范围	67
2 规范性引用文件	67
3 一般要求	67
4 承压设备用原材料、零部件的超声检测和质量分级	69
5 承压设备对接焊接接头超声检测和质量分级	85
6 承压设备管子、压力管道环向对接焊接接头超声检测和质量分级	103
7 在用承压设备超声检测	108
8 超声检测报告	110
附录 A (规范性附录) 双晶直探头性能要求	112
附录 B (规范性附录) 承压设备用钢板超声横波检测	114
附录 C (规范性附录) 承压设备用钢锻件超声横波检测	116
附录 D (规范性附录) 承压设备全熔化焊用高压无缝钢管轴向横波检测	118
附录 E (规范性附录) 承压设备用奥氏体钢锻件斜探头检测	120
附录 F (规范性附录) 声能传输损耗差的测定	121
附录 G (规范性附录) 6mm ~ 8mm 钢制承压设备对接焊接接头超声检测和质量分级	123
附录 H (规范性附录) 回波动态波形	125
附录 I (规范性附录) 缺陷测高方法(一) 采用超声端点衍射波法测定缺陷自身高度	130
附录 J (规范性附录) 缺陷测高方法(二) 采用超声端部最大回波法测定缺陷自身高度	135
附录 K (规范性附录) 缺陷测高方法(三) 采用 6dB 法测定缺陷自身高度	138
附录 L (规范性附录) 缺陷类型识别和性质估判	140
附录 M (资料性附录) 钛制承压设备对接焊接接头超声检测和质量分级	142
附录 N (资料性附录) 奥氏体不锈钢对接焊接接头超声检测和质量分级	145

前 言

JB/T 4730.1 ~ 4730.6—2005《承压设备无损检测》分为六个部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：射线检测；
- 第3部分：超声检测；
- 第4部分：磁粉检测；
- 第5部分：渗透检测；
- 第6部分：涡流检测。

本部分为 JB/T 4730.1 ~ 4730.6—2005 的第3部分：超声检测。本部分主要根据国内多年的研究成果和应用经验，参考 ASME《锅炉压力容器规范》第 V 卷和 JIS 标准规范以及行业反馈意见进行修订。本部分与 JB 4730—1994 相比主要变化如下：

1. 对壁厚小于3倍近场区工件材质衰减系数公式进行修正；增加了奥氏体不锈钢和双相不锈钢钢板、铝及铝合金板材、钛及钛合金板材超声检测内容；统一了爆炸和轧制复合钢板超声检测内容。
2. 将钢制承压设备对接焊接接头超声检测范围扩大到6mm~400mm，对接焊接接头超声检测试块进行了局部调整；增加了钢制承压设备对接焊接接头超声检测等级分类的内容；增加了T型焊接接头以及奥氏体不锈钢承压设备对接焊接接头的超声检测内容。
3. 增加了壁厚大于或等于4mm，外径为32mm~159mm或壁厚为4mm~6mm，外径大于或等于159mm的钢制承压设备管子、压力管道环向对接接头超声检测内容；增加了壁厚大于或等于5mm，外径为80mm~159mm或壁厚为5mm~8mm，外径大于或等于159mm的铝及铝合金环向对接焊接接头超声检测内容。
4. 增加了在用承压设备超声检测内容。

本部分附录A至附录L为规范性附录；附录M、附录N为资料性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）归口。

本部分主要起草人：袁榕、姚志忠、康纪黔、阎长周、肖家伟、许遵言、潘荣宝、陈程玉。

承压设备无损检测

第3部分：超声检测

1 范围

JB/T 4730 的本部分规定了承压设备采用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪检测工件缺陷的超声检测方法和质量分级要求。

本部分适用于金属材料制承压设备用原材料、零部件和焊接接头的超声检测，也适用于金属材料制在用承压设备的超声检测。

与承压设备有关的支承件和结构件的超声检测，也可参照本部分使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 JB/T 4730 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

- JB/T 4730.1 承压设备无损检测 第1部分：通用要求
- JB/T 7913—1995 超声波检测用钢制对比试块的制作与校验方法
- JB/T 9214—1999 A 型脉冲反射式超声探伤系统工作性能 测试方法
- JB/T 10061—1999 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件
- JB/T 10062—1999 超声探伤用探头性能测试方法
- JB/T 10063—1999 超声探伤用 1 号标准试块技术条件

3 一般要求

3.1 超声检测人员

超声检测人员的一般要求应符合 JB/T 4730.1 的有关规定。

3.2 检测设备

3.2.1 超声检测设备均应具有产品质量合格证或合格的证明文件。

3.2.2 探伤仪、探头和系统性能

3.2.2.1 探伤仪

采用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪，其工作频率范围为 0.5MHz ~ 10MHz，仪器至少在荧光屏满刻度的 80% 范围内呈线性显示。探伤仪应具有 80dB 以上的连续可调衰减器，步进级每档不大于 2dB，其精度为任意相邻 12dB 的误差在 ± 1 dB 以内，最大累计误差不超过 1dB。水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%。其余指标应符合 JB/T 10061 的规定。

3.2.2.2 探头

3.2.2.2.1 晶片面积一般不应大于 500mm²，且任一边长原则上不大于 25mm。

3.2.2.2.2 单斜探头声束轴线水平偏离角不应大于 2°，主声束垂直方向不应有明显的双峰。

3.2.2.3 超声探伤仪和探头的系统性能

3.2.2.3.1 在达到所探工件的最大检测声程时，其有效灵敏度余量应不小于 10dB。

3.2.2.3.2 仪器和探头的组合频率与公称频率误差不得大于 $\pm 10\%$ 。

3.2.2.3.3 仪器和直探头组合的始脉冲宽度（在基准灵敏度下）：对于频率为5MHz的探头，宽度不大于10mm；对于频率为2.5MHz的探头，宽度不大于15mm。

3.2.2.3.4 直探头的远场分辨力应不小于30dB，斜探头的远场分辨力应不小于6dB。

3.2.2.3.5 仪器和探头的系统性能应按JB/T 9214和JB/T 10062的规定进行测试。

3.3 超声检测一般方法

3.3.1 检测准备

3.3.1.1 承压设备的制造、安装和在用检验中，超声检测的检测时机及抽检率的选择等应按相关法规、标准及有关技术文件的规定。

3.3.1.2 所确定检测面应保证工件被检部分均能得到充分检查。

3.3.1.3 焊缝的表面质量应经外观检测合格。所有影响超声检测的锈蚀、飞溅和污物等都应予以清除，其表面粗糙度应符合检测要求。表面的不规则状态不得影响检测结果的正确性和完整性，否则应做适当的处理。

3.3.2 扫查覆盖率

为确保检测时超声声束能扫查到工件的整个被检区域，探头的每次扫查覆盖率应大于探头直径的15%。

3.3.3 探头的移动速度

探头的扫查速度不应超过150mm/s。当采用自动报警装置扫查时，不受此限。

3.3.4 扫查灵敏度

扫查灵敏度通常不得低于基准灵敏度。

3.3.5 耦合剂

应采用透声性好，且不损伤检测表面的耦合剂，如机油、浆糊、甘油和水等。

3.3.6 灵敏度补偿

a) 耦合补偿。在检测和缺陷定量时，应对由表面粗糙度引起的耦合损失进行补偿。

b) 衰减补偿。在检测和缺陷定量时，应对材质衰减引起的检测灵敏度下降和缺陷定量误差进行补偿。

c) 曲面补偿。对检测面是曲面的工件，应采用曲率半径与工件相同或相近的试块，通过对比试验进行曲率补偿。

3.4 系统校准和复核

3.4.1 一般要求

系统校准应在标准试块上进行，校准中应使探头主声束垂直对准反射体的反射面，以获得稳定和最大的反射信号。

3.4.2 仪器校准

每隔3个月至少对仪器的水平线性和垂直线性进行一次测定，测定方法按JB/T 10061的规定。

3.4.3 新购探头测定

新购探头应有探头性能参数说明书，新探头使用前应进行前沿距离、K值、主声束偏离、灵敏度余量和分辨力等主要参数的测定。测定应按JB/T 10062的有关规定进行，并满足其要求。

3.4.4 检测前仪器和探头系统测定

3.4.4.1 使用仪器—斜探头系统，检测前应测定前沿距离、K值和主声束偏离，调节或复核扫描量程和扫查灵敏度。

3.4.4.2 使用仪器—直探头系统，检测前应测定始脉冲宽度、灵敏度余量和分辨力，调节或复核扫描量程和扫查灵敏度。

3.4.5 检测过程中仪器和探头系统的复核

遇有下述情况应对系统进行复核：

- a) 校准后的探头、耦合剂和仪器调节旋钮发生改变时；
- b) 检测人员怀疑扫描量程或扫查灵敏度有变化时；
- c) 连续工作 4h 以上时；
- d) 工作结束时。

3.4.6 检测结束前仪器和探头系统的复核

- a) 每次检测结束前，应对扫描量程进行复核。如果任意一点在扫描线上的偏移超过扫描线读数的 10%，则扫描量程应重新调整，并对上一次复核以来所有的检测部位进行复检。
- b) 每次检测结束前，应对扫查灵敏度进行复核。一般对距离—波幅曲线的校核不应少于 3 点。如曲线上任何一点幅度下降 2dB，则应对上一次复核以来所有的检测部位进行复检；如幅度上升 2dB，则应对所有的记录信号进行重新评定。

3.4.7 校准、复核的有关注意事项

校准、复核和对仪器进行线性检测时，任何影响仪器线性的控制器（如抑制或滤波开关等）都应放在“关”的位置或处于最低水平上。

3.5 试块

3.5.1 标准试块

3.5.1.1 标准试块是指本部分规定的用于仪器探头系统性能校准和检测校准的试块，本部分采用的标准试块有：

- a) 钢板用标准试块：CBI、CBII；
- b) 锻件用标准试块：CSI、CSII、CSIII；
- c) 焊接接头用标准试块：CSK-IA、CSK-IIA、CSK-IIIA、CSK-IVA。

3.5.1.2 标准试块应采用与被检工件声学性能相同或近似的材料制成，该材料用直探头检测时，不得有大于或等于 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔当量直径的缺陷。

3.5.1.3 标准试块尺寸精度应符合本部分的要求，并应经计量部门检定合格。

3.5.1.4 标准试块的其他制造要求应符合 JB/T 10063 和 JB/T 7913 的规定。

3.5.2 对比试块

3.5.2.1 对比试块是指用于检测校准的试块。

3.5.2.2 对比试块的外形尺寸应能代表被检工件的特征，试块厚度应与被检工件的厚度相对应。如果涉及到两种或两种以上不同厚度部件焊接接头的检测，试块的厚度应由其最大厚度来确定。

3.5.2.3 对比试块反射体的形状、尺寸和数量应符合本部分的规定。

4 承压设备用原材料、零部件的超声检测和质量分级

4.1 承压设备用钢板超声检测和质量分级

4.1.1 范围

本条适用于板厚为 6mm ~ 250mm 的碳素钢、低合金钢制承压设备用板材的超声检测和质量分级。

奥氏体钢板材、镍及镍合金板材以及双相不锈钢板材的超声检测也可参照本章执行。

4.1.2 探头选用

4.1.2.1 探头选用应按表 1 的规定进行。

表 1 承压设备用板材超声检测探头选用

板厚, mm	采用探头	公称频率, MHz	探头晶片尺寸
6 ~ 20	双晶直探头	5	晶片面积不小于 150mm ²
>20 ~ 40	单晶直探头	5	φ 14 mm ~ φ 20 mm
>40 ~ 250	单晶直探头	2.5	φ 20 mm ~ φ 25 mm

4.1.2.2 双晶直探头性能应符合附录 A（规范性附录）的要求。

4.1.3 标准试块

4.1.3.1 用双晶直探头检测厚度不大于 20mm 的钢板时，采用如图 1 所示的 CBI 标准试块。

4.1.3.2 用单直探头检测厚度大于 20mm 的钢板时，CBII 标准试块应符合图 2 和表 2 的规定。试块厚度应与被检钢板厚度相近。如经合同双方协商同意，也可采用双晶直探头进行检测。

全部 6.3/

注：尺寸误差≤0.05mm

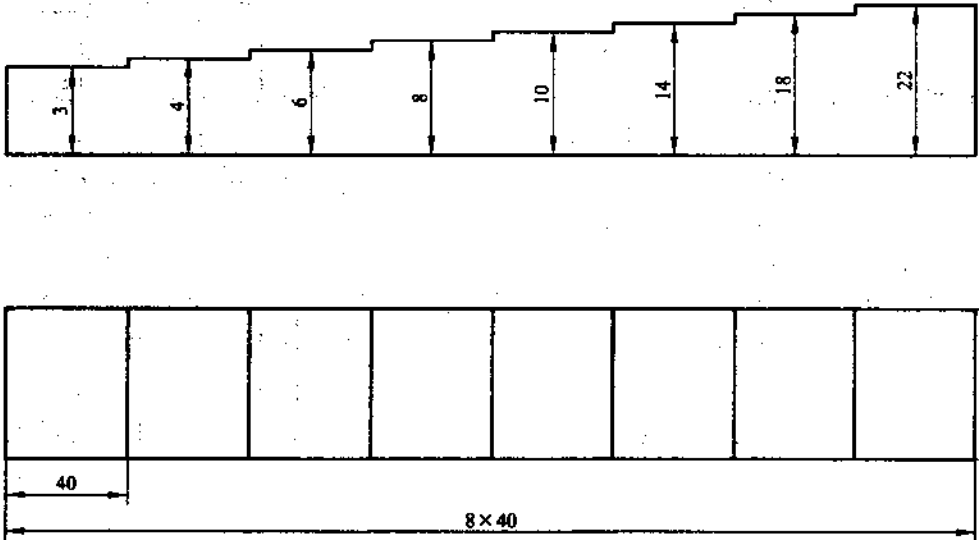


图 1 CBI 标准试块

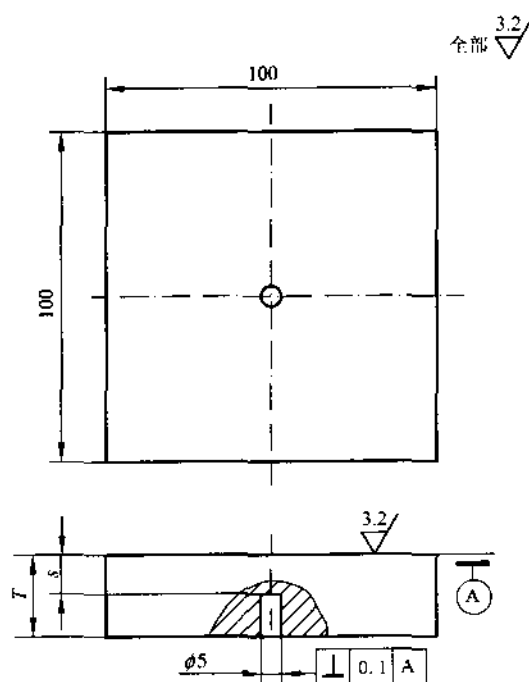


图2 CBII 标准试块

表2 CBII 标准试块

mm

试块编号	被检钢板厚度	检测面到平底孔的距离 s	试块厚度 T
CBII-1	> 20 ~ 40	15	≥ 20
CBII-2	> 40 ~ 60	30	≥ 40
CBII-3	> 60 ~ 100	50	≥ 65
CBII-4	> 100 ~ 160	90	≥ 110
CBII-5	> 160 ~ 200	140	≥ 170
CBII-6	> 200 ~ 250	190	≥ 220

4.1.4 基准灵敏度

4.1.4.1 板厚不大于 20mm 时, 用 CBI 试块将工件等厚部位第一次底波高度调整到满刻度的 50%, 再提高 10dB 作为基准灵敏度。

4.1.4.2 板厚大于 20mm 时, 应将 CBII 试块 $\phi 5$ 平底孔第一次反射波高调整到满刻度的 50% 作为基准灵敏度。

4.1.4.3 板厚不小于探头的 3 倍近场区时, 也可取钢板无缺陷完好部位的第一次底波来校准灵敏度, 其结果应与 4.1.4.2 的要求相一致。

4.1.5 检测方法

4.1.5.1 检测面

可选钢板的任一轧制表面进行检测。若检测人员认为需要或设计上有要求时, 也可选钢板的上、下

两轧制表面分别进行检测。

4.1.5.2 耦合方式

耦合方式可采用直接接触法或液浸法。

4.1.5.3 扫查方式

- 探头沿垂直于钢板压延方向, 间距不大于 100mm 的平行线进行扫查。在钢板剖口预定线两侧各 50mm (当板厚超过 100mm 时, 以板厚的一半为准) 内应作 100% 扫查, 扫查示意图见图 3。
- 根据合同、技术协议书或图样的要求, 也可采用其他形式的扫查。

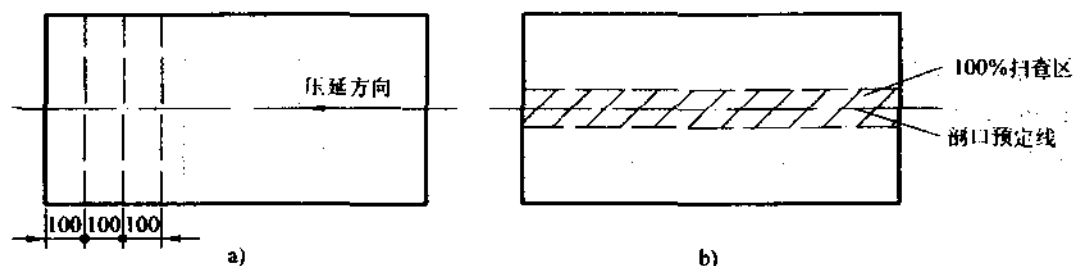


图3 探头扫查示意图

4.1.6 缺陷的测定与记录

4.1.6.1 在检测过程中, 发现下列三种情况之一即作为缺陷:

- 缺陷第一次反射波 (F_1) 波高大于或等于满刻度的 50%, 即 $F_1 \geq 50\%$ 。
- 当底面第一次反射波 (B_1) 波高未达到满刻度, 此时, 缺陷第一次反射波 (F_1) 波高与底面第一次反射波 (B_1) 波高之比大于或等于 50%, 即 $B_1 < 100\%$, 而 $F_1/B_1 \geq 50\%$ 。
- 底面第一次反射波 (B_1) 波高低于满刻度的 50%, 即 $B_1 < 50\%$ 。

4.1.6.2 缺陷的边界范围或指示长度的测定方法

- 检出缺陷后, 应在它的周围继续进行检测, 以确定缺陷的范围。
- 用双晶直探头确定缺陷的边界范围或指示长度时, 探头的移动方向应与探头的隔声层相垂直, 并使缺陷波下降到基准灵敏度条件下荧光屏满刻度的 25% 或使缺陷第一次反射波波高与底面第一次反射波波高之比为 50%。此时, 探头中心的移动距离即为缺陷的指示长度, 探头中心点即为缺陷的边界点。两种方法测得的结果以较严重者为准确。
- 用单直探头确定缺陷的边界范围或指示长度时, 移动探头使缺陷第一次反射波波高下降到基准灵敏度条件下荧光屏满刻度的 25% 或使缺陷第一次反射波波高与底面第一次反射波波高之比为 50%。此时, 探头中心的移动距离即为缺陷的指示长度, 探头中心即为缺陷的边界点。两种方法测得的结果以较严重者为准确。
- 确定 4.1.6.1 c) 中缺陷的边界范围或指示长度时, 移动探头 (单直探头或双直探头) 使底面第一次反射波升高到荧光屏满刻度的 50%。此时探头中心移动距离即为缺陷的指示长度, 探头中心点即为缺陷的边界点。
- 当板厚较薄, 确需采用第二次缺陷波和第二次底波来评定缺陷时, 基准灵敏度应以相应的第二次反射波来校准。

4.1.7 缺陷的评定方法

4.1.7.1 缺陷指示长度的评定规则

单个缺陷按其指示的最大长度作为该缺陷的指示长度。若单个缺陷的指示长度小于 40mm 时, 可不作记录。

4.1.7.2 单个缺陷指示面积的评定规则

- a) 一个缺陷按其指示的面积作为该缺陷的单个指示面积。
- b) 多个缺陷其相邻间距小于 100mm 或间距小于相邻较小缺陷的指示长度（取其较大值）时，以各缺陷面积之和作为单个缺陷指示面积。
- c) 指示面积不计的单个缺陷见表 3。

表 3 钢板质量分级

等级	单个缺陷 指示长度 mm	单个缺陷 指示面积 cm ²	在任一 1m × 1m 检测面积内 存在的缺陷面积百分比 %	以下单个缺陷 指示面积不计 cm ²
I	< 80	< 25	≤ 3	< 9
II	< 100	< 50	≤ 5	< 15
III	< 120	< 100	≤ 10	< 25
IV	< 150	< 100	≤ 10	< 25
V	超 过 IV 级 者			

4.1.7.3 缺陷面积百分比的评定规则

4.1.7.4 在任一 1m × 1m 检测面积内，按缺陷面积所占的百分比来确定。如钢板面积小于 1m × 1m，可按比例折算。

4.1.8 钢板质量分级

4.1.8.1 钢板质量分级见表 3。

4.1.8.2 在坡口预定线两侧各 50mm（板厚大于 100mm 时，以板厚的一半为准）内，缺陷的指示长度大于或等于 50mm 时，应评为 V 级。

4.1.8.3 在检测过程中，检测人员如确认钢板中有白点、裂纹等危害性缺陷存在时，应评为 V 级。

4.1.9 横波检测

4.1.9.1 在检测过程中对缺陷有疑问或合同双方技术协议中有规定时，可采用横波检测。

4.1.9.2 钢板横波检测应按附录 B（规范性附录）进行。

4.2 承压设备用钢锻件超声检测和质量分级

4.2.1 范围

本条适用于承压设备用碳钢和低合金钢锻件的超声检测和质量分级。

本条不适用于奥氏体钢等粗晶材料锻件的超声检测，也不适用于内外半径之比小于 80% 的环形和筒形锻件的周向横波检测。

4.2.2 探头

双晶直探头的公称频率应选用 5MHz。探头晶片面积不小于 150mm²；单晶直探头的公称频率应选用 2MHz ~ 5MHz，探头晶片一般为 $\phi 14\text{mm}$ ~ $\phi 25\text{mm}$ 。

4.2.3 试块

应符合 3.5 的规定。

4.2.3.1 单直探头标准试块

采用 CSI 试块，其形状和尺寸应符合图 4 和表 4 的规定。如确有需要也可采用其他对比试块。

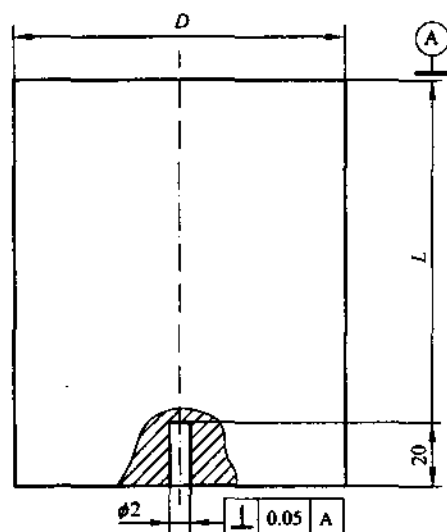
全部 $\sqrt{3.2}$ 

图4 CSI标准试块

表4 CSI标准试块尺寸

mm

试块序号	CSI-1	CSI-2	CSI-3	CSI-4
L	50	100	150	200
D	50	60	80	80

4.2.3.2 双晶直探头试块

a) 工件检测距离小于45mm时,应采用CSII标准试块。

b) CSII试块的形状和尺寸应符合图5和表5的规定。

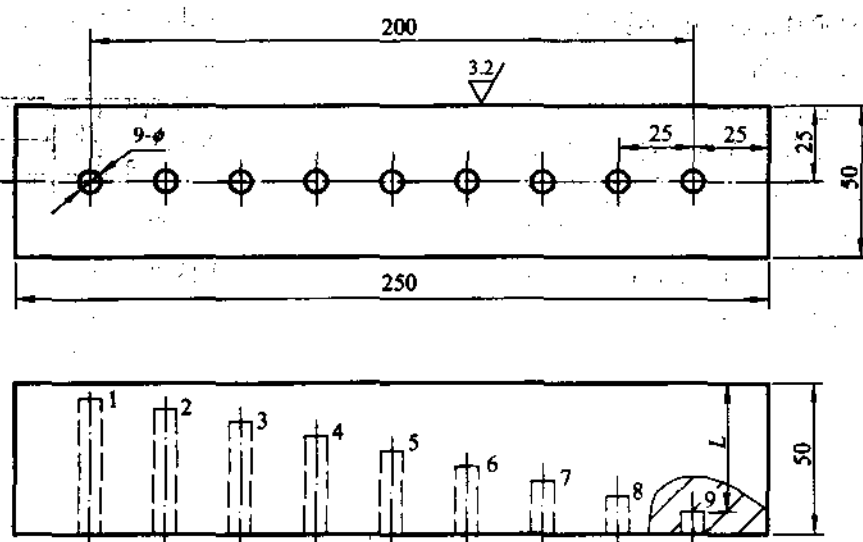


图5 CSII标准试块

表 5 CSII 标准试块尺寸 mm

试块序号	孔径	检测距离 L								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
CSII-1	$\phi 2$	5	10	15	20	25	30	35	40	45
CSII-2	$\phi 3$									
CSII-3	$\phi 4$									
CSII-4	$\phi 6$									

4.2.3.3 检测面是曲面时,应采用 CSIII 标准试块来测定由于曲率不同而引起的声能损失,其形状和尺寸按图 6 所示。

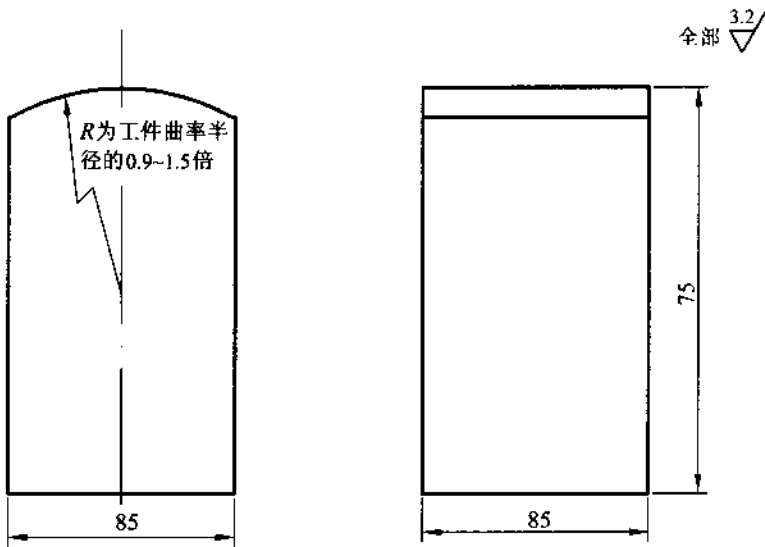


图 6 CSIII 标准试块

4.2.4 检测时机

检测原则上应安排在热处理后,孔、台等结构机加工前进行,检测面的表面粗糙度 $Ra \leq 6.3 \mu m$ 。

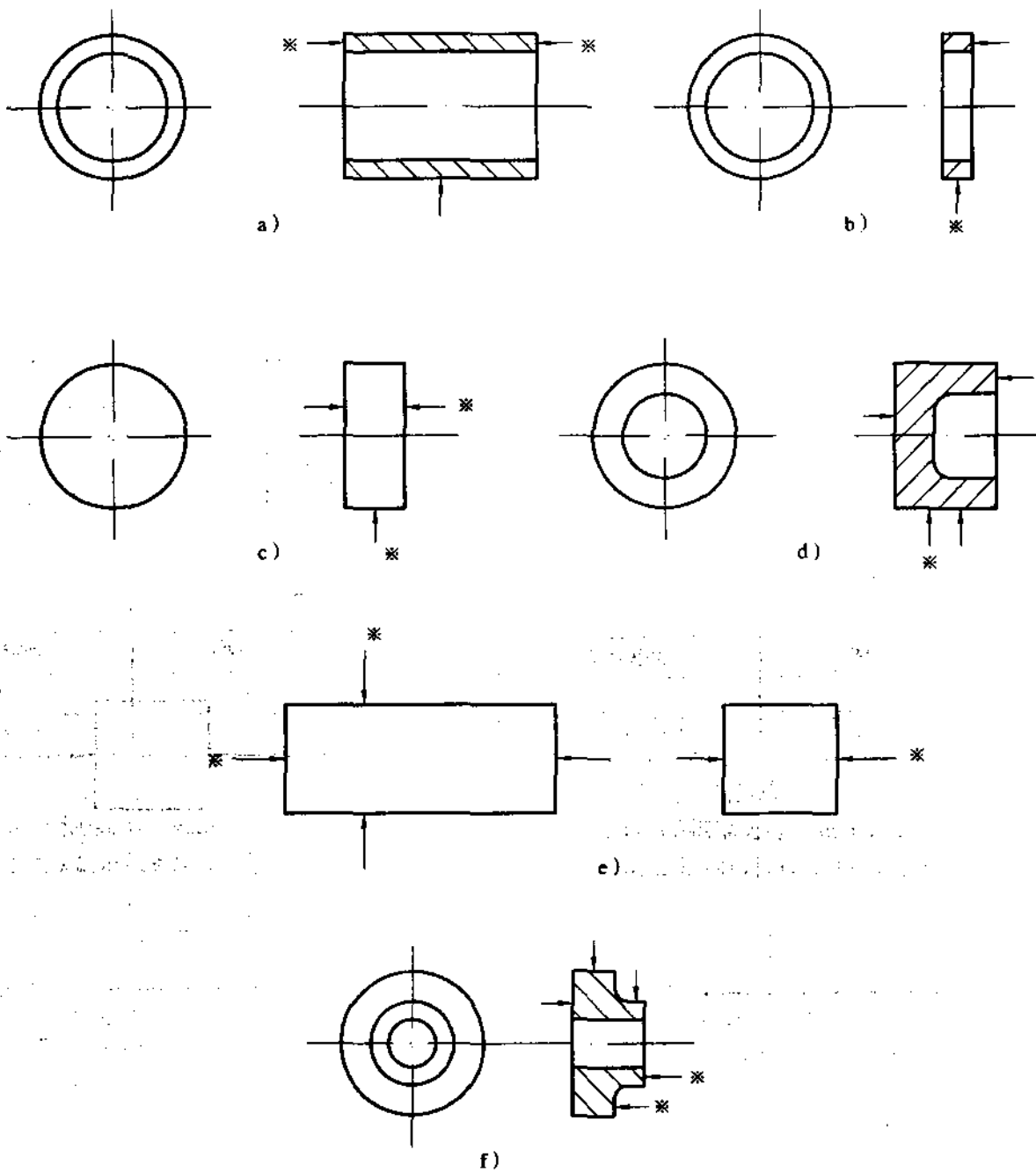
4.2.5 检测方法

4.2.5.1 一般原则

锻件应进行纵波检测,对筒形和环形锻件还应增加横波检测。

4.2.5.2 纵波检测

- a) 原则上应从两个相互垂直的方向进行检测,尽可能地检测到锻件的全体积。主要检测方向如图 7 所示。其他形状的锻件也可参照执行。
- b) 锻件厚度超过 400mm 时,应从相对两端面进行 100%的扫查。



注：↑为应检测方向；※为参考检测方向。

图7 检测方向（垂直检测法）

4.2.5.3 横波检测

钢锻件横波检测应按附录C（规范性附录）的要求进行。

4.2.6 灵敏度的确定

4.2.6.1 单直探头基准灵敏度的确定

当被检部位的厚度大于或等于探头的3倍近场区长度，且探测面与底面平行时，原则上可采用底波

计算法确定基准灵敏度。对由于几何形状所限，不能获得底波或壁厚小于探头的 3 倍近场区时，可直接采用 CSI 标准试块确定基准灵敏度。

4.2.6.2 双晶直探头基准灵敏度的确定

使用 CSII 试块，依次测试一组不同检测距离的 $\phi 3\text{mm}$ 平底孔（至少三个）。调节衰减器，作出双晶直探头的距离一波幅曲线，并以此作为基准灵敏度。

4.2.6.3 扫查灵敏度一般不得低于最大检测距离处的 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔当量直径。

4.2.7 工件材质衰减系数的测定

4.2.7.1 在工件无缺陷完好区域，选取三处检测面与底面平行且有代表性的部位，调节仪器使第一次底面回波幅度（ B_1 或 B_n ）为满刻度的 50%，记录此时衰减器的读数，再调节衰减器，使第二次底面回波幅度（ B_2 或 B_m ）为满刻度的 50%，两次衰减器读数之差即为（ B_1 、 B_2 ）或（ B_n 、 B_m ）的 dB 差值（不考虑底面反射损失）。

4.2.7.2 衰减系数（ $T < 3N$ ，且满足 $n > 3N/T$ ， $m = 2n$ ）按式（1）计算：

$$\alpha = [(B_n - B_m) - 6] / 2(m - n)T \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

α ——衰减系数，dB/m（单程）；

（ $B_n - B_m$ ）——两次衰减器的读数之差，dB；

T ——工件检测厚度，mm；

N ——单直探头近场区长度，mm；

m 、 n ——底波反射次数。

4.2.7.3 衰减系数（ $T \geq 3N$ ）按式（2）计算

$$\alpha = [(B_1 - B_2) - 6] / 2T \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

（ $B_1 - B_2$ ）——两次衰减器的读数之差，dB；

其余符号意义同式（1）。

4.2.7.4 工件上三处衰减系数的平均值即作为该工件的衰减系数。

4.2.8 缺陷当量的确定

4.2.8.1 被检缺陷的深度大于或等于探头的 3 倍近场区时，采用 AVG 曲线及计算法确定缺陷当量。对于 3 倍近场区内的缺陷，可采用单直探头或双晶直探头的距离一波幅曲线来确定缺陷当量。也可采用其他等效方法来确定。

4.2.8.2 计算缺陷当量时，若材质衰减系数超过 4dB/m，应考虑修正。

4.2.9 缺陷记录

4.2.9.1 记录当量直径超过 $\phi 4\text{mm}$ 的单个缺陷的波幅和位置。

4.2.9.2 密集区缺陷：记录密集区缺陷中最大当量缺陷的位置和缺陷分布。饼形锻件应记录大于或等于 $\phi 4\text{mm}$ 当量直径的缺陷密集区，其他锻件应记录大于或等于 $\phi 3\text{mm}$ 当量直径的缺陷密集区。缺陷密集区面积以 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的方块作为最小量度单位，其边界可由 6dB 法决定。

4.2.9.3 底波降低量应按表 6 的要求记录。

表6 由缺陷引起底波降低量的质量分级

dB

等 级		I	II	III	IV	V
底波降低量	BG/BF	≤ 8	$> 8 \sim 14$	$> 14 \sim 20$	$> 20 \sim 26$	> 26
注：本表仅适用于声程大于近场区长度的缺陷。						

4.2.9.4 衰减系数。

4.2.10 质量分级等级评定

4.2.10.1 单个缺陷的质量分级见表7。

4.2.10.2 缺陷引起底波降低量的质量分级见表6。

表7 单个缺陷的质量分级

mm

等级	I	II	III	IV	V
缺陷当量直径	$\leq \phi 4$	$\phi 4+ (> 0 \text{ dB} \sim 8 \text{ dB})$	$\phi 4+ (> 8 \text{ dB} \sim 12 \text{ dB})$	$\phi 4+ (> 12 \text{ dB} \sim 16 \text{ dB})$	$> \phi 4 + 16 \text{ dB}$

4.2.10.3 缺陷密集区质量分级见表8。

表8 密集区缺陷的质量分级

等 级	I	II	III	IV	V
密集区缺陷占检测总面积的百分比, %	0	$> 0 \sim 5$	$> 5 \sim 10$	$> 10 \sim 20$	> 20

4.2.10.4 表6、表7和表8的等级应作为独立的等级分别使用。

4.2.10.5 当缺陷被检测人员判定为危害性缺陷时, 锻件的质量等级为V级。

4.3 承压设备用铝及铝合金和钛及钛合金板材超声检测和质量分级

4.3.1 范围

本条适用于厚度大于或等于6mm的承压设备用铝及铝合金、钛及钛合金板材的超声检测和质量分级。

4.3.2 探头选用

4.3.2.1 探头的选用应按表1的规定进行。

4.3.2.2 双晶直探头性能要求应符合附录A(规范性附录)的要求。

4.3.3 检测方法

4.3.3.1 检测面

可选板材的任一轧制表面进行检测。若检测人员认为需要或设计上有要求时, 也可选板材的上、下两轧制表面分别进行检测。

4.3.3.2 扫查方式

a) 探头沿垂直于板材压延方向, 间距不大于40mm的平行线进行扫查。在板材剖口预定线两侧各50mm内应作100%扫查, 扫查示意如图3。

b) 根据合同、技术协议书或图样的要求, 也可采用其他形式的扫查。

4.3.3.3 基准灵敏度的确定

将探头置于待检板材完好部位, 调节第一次底波高度为荧光屏满刻度的80%, 以此作为基准灵敏度。

4.3.4 耦合方式

耦合方式可采用直接接触法或液浸法。

4.3.5 缺陷记录

4.3.5.1 在检测过程中,发现下列情况之一者即作为缺陷处理:

- 缺陷第一次反射波 (F_1) 波高大于或等于满刻度的 40%, 即 $F_1 \geq 40\%$ 。
- 缺陷第一次反射波 (F_1) 波高低于满刻度的 40%, 同时, 缺陷第一次反射波 (F_1) 波高与底面第一次反射波 (B_1) 波高之比大于或等于 100%, 即 $F_1/B_1 \geq 100\%$ 。
- 当底面第一次反射波 (B_1) 波高低于满刻度的 5%, 即 $B_1 < 5\%$ 。

4.3.5.2 缺陷边界范围或指示长度的测定方法

- 检出缺陷后, 应在它的周围继续进行检测, 以确定缺陷的延伸。
- 用双晶直探头确定缺陷的边界范围或指示长度时, 探头的移动方向应与探头的隔声层相垂直, 并使缺陷波下降到基准灵敏度条件下荧光屏满刻度的 20% 或使缺陷第一次反射波波高与底面第一次反射波波高之比为 100%。此时, 探头中心的移动距离即为缺陷的指示长度, 探头中心点即为缺陷的边界点。两种方法测得的结果以较严重者为准确。
- 用单直探头确定缺陷边界或指示长度时, 移动探头, 使缺陷第一次反射波波高下降到检测灵敏度条件下荧光屏满刻度的 20% 或使缺陷第一次反射波波高与底面第一次反射波波高之比为 100%。此时, 探头中心移动距离即为缺陷的指示长度, 探头中心即为缺陷的边界点; 两种方法测得的结果以较严重者为准确。
- 确定底波降低缺陷的边界或指示长度时, 移动探头 (单直探头或双直探头), 使底面第一次反射波升高到荧光屏满刻度的 40%。此时, 探头中心移动距离即为缺陷的指示长度, 探头中心点即为缺陷的边界点。

4.3.6 缺陷的评定方法

4.3.6.1 缺陷指示长度的评定

- 一个缺陷按其指示的最大长度作为该缺陷的指示长度, 若单个缺陷的指示长度小于 25mm 时, 可不作记录。
- 两个缺陷相邻间距小于 25mm 时, 其指示长度为两单个缺陷的指示长度再加上间距之和。

4.3.6.2 单个缺陷指示面积的评定

- 一个缺陷按其指示的最大面积作为该缺陷的单个指示面积。
- 多个缺陷其相邻间距小于相邻较小缺陷的指示长度 (取其较大值) 时, 以各缺陷面积之和作为单个缺陷指示面积。
- 指示面积不计的单个缺陷见表 9。

表 9 板材质量分级

等级	单个缺陷指示长度, mm	单个缺陷指示面积, cm^2	以下单个缺陷指示面积不计, cm^2
I	< 25	< 6	< 4
II	< 50	< 20	< 9
III	< 75	< 50	< 25
IV	缺陷大于 III 级者		

4.3.7 板材质量分级

4.3.7.1 板材质量分级见表 9。

4.3.7.2 在坡口预定线两侧各 50mm 内, 缺陷的指示长度大于或等于 25mm 时, 应评为 IV 级。

4.3.7.3 当缺陷被检测人员判定为危害性缺陷时, 板材的质量等级为 IV 级。

4.4 承压设备用复合板超声检测

4.4.1 范围

本条适用于基板厚度大于或等于 6mm 的承压设备用不锈钢、钛及钛合金、铝及铝合金、镍及镍合金、铜及铜合金复合板的超声检测和质量分级。基板通常采用碳钢、低合金钢板或不锈钢板。

本条主要用于复合板复合面结合状态的超声检测。

4.4.2 探头选用

4.4.2.1 探头的选用应按表 1 的规定进行。

4.4.2.2 双晶直探头性能要求应符合附录 A（规范性附录）的要求。

4.4.3 检测方法

4.4.3.1 检测面

一般可从基板或复板侧表面进行检测。

4.4.3.2 耦合方式

耦合方式可采用直接接触法或液浸法。

4.4.3.3 扫查方式

a) 扫查方式可采用 100%扫查或沿钢板宽度方向，间隔为 50mm 的平行线扫查。

b) 根据合同、技术协议书或图样的要求，也可采用其他扫查形式。

c) 在坡口预定线两侧各 50mm 内应作 100%扫查。

4.4.4 基准灵敏度的确定

将探头置于复合钢板完全结合部位，调节第一次底波高度为荧光屏满刻度的 80%。以此作为基准灵敏度。

4.4.5 未结合区的测定

第一次底波高度低于荧光屏满刻度的 5%，且明显有未接合缺陷反射波存在时（ $\geq 5\%$ ），该部位称为未结合区。移动探头，使第一次底波升高到荧光屏满刻度的 40%，以此时探头中心作为未结合区边界点。

4.4.6 未结合缺陷的评定方法

4.4.6.1 缺陷指示长度的评定

一个缺陷按其指示的最大长度作为该缺陷的指示长度。若单个缺陷的指示长度小于 25mm 时，可不作记录。

4.4.6.2 缺陷面积的评定

多个相邻的未结合区，当其最小间距小于或等于 20mm 时，应作为单个未结合区处理，其面积为各个未结合区面积之和。

4.4.6.3 未结合率的评定

未结合区总面积占复合板总面积的百分比。

4.4.7 质量分级

4.4.7.1 复合板质量分级按表 10 的规定。

4.4.7.2 在坡口的预定线两侧各 50mm 的范围内，未结合的指示长度大于或等于 25mm 时，定级为 IV 级。

表 10 复合钢板质量分级

等级	单个未结合指示长度, mm	单个未结合区面积, cm ²	未结合率, %
I	0	0	0
II	≤50	≤20	≤2
III	≤75	≤45	≤5
IV	大于 III 级者		

4.5 承压设备用无缝钢管超声检测和质量分级

4.5.1 范围

本条适用于外径为 12mm~660mm、壁厚大于或等于 2mm 的承压设备用碳钢和低合金无缝钢管或外径为 12mm~400mm、壁厚为 2mm~35mm 的承压设备用奥氏体不锈钢无缝管的超声检测和质量分级。

本条不适用于内外径之比小于 80% 的钢管周向直接接触法横波检测,也不适用于分层缺陷的超声检测。

4.5.2 试块的制备和要求

4.5.2.1 对比试块应选取与被检钢管规格相同,材质、热处理工艺和表面状况相同或相似的钢管制备。对比试块不得有大于或等于 $\phi 2\text{mm}$ 当量的自然缺陷。对比试块的长度应满足检测方法和检测设备要求。

4.5.2.2 钢管纵向缺陷检测试块的尺寸、V 形槽和位置应符合图 8 和表 11 的规定。

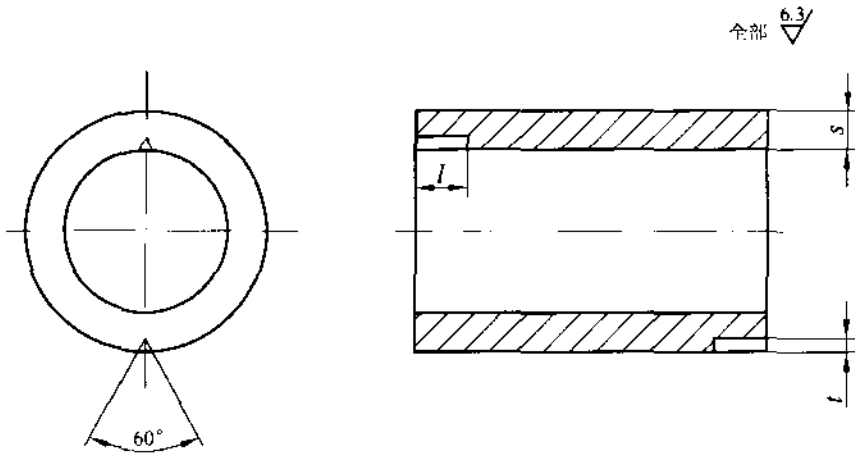


图 8 对比试样

表 11 对比试样上人工缺陷尺寸

级别	长度 l , mm	深度 t 占壁厚的百分比, %
I	40	5 ($0.2\text{mm} \leq t \leq 1\text{mm}$)
II	40	8 ($0.2\text{mm} \leq t \leq 2\text{mm}$)
III	40	10 ($0.2\text{mm} \leq t \leq 3\text{mm}$)

4.5.3 检测方法

4.5.3.1 钢管的检测主要针对纵向缺陷。横向缺陷的检测可按附录 D (规范性附录) 的规定,由合同双方协商解决。

4.5.3.2 钢管的检测可根据钢管规格选用液浸法或接触法检测。

4.5.3.3 检测纵向缺陷时超声波束应由钢管横截面中心线一侧倾斜入射,在管壁内沿周向呈锯齿形传播(见图9)。检测横向缺陷时超声波束应沿轴向倾斜入射呈锯齿形传播(见图10)。

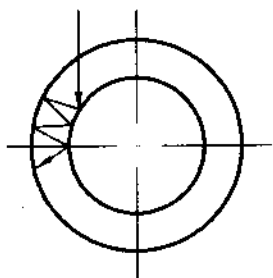


图9 管壁内声束的周向传播

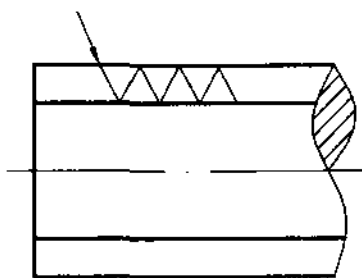


图10 管壁内声束的轴向传播

4.5.3.4 探头相对钢管螺旋进给的螺距应保证超声波束对钢管进行100%扫查时,有不小于15%的覆盖率。

4.5.3.5 自动检测应保证动态时的检测灵敏度,且内、外槽的最大反射波幅差不超过2dB。

4.5.3.6 每根钢管应从管子两端沿相反方向各检测一次。

4.5.4 检测设备

4.5.4.1 检测设备由超声波探伤仪、探头和其他机械传动装置及辅助装置等组成。检测频率为2.5MHz~5MHz。

4.5.4.2 液浸法检测使用线聚焦或点聚焦探头。接触法检测使用与钢管表面吻合良好的斜探头或聚焦斜探头。单个探头压电晶片长度或直径小于或等于25mm。

4.5.5 灵敏度的确定

4.5.5.1 直接接触法横波基准灵敏度的确定,可直接在对比试样上将内壁人工V形槽的回波高度调到荧光屏满刻度的80%,再移动探头,找出外壁人工V形槽的最大回波,在荧光屏上标出,连接两点即为距离一波幅曲线,作为检测时的基准灵敏度。

4.5.5.2 液浸法基准灵敏度按下述方法确定:

a) 水层距离应根据聚焦探头的焦距来确定。

b) 调整时,一面用适当的速度转动管子,一面将探头慢慢偏心,使对比试样管内、外表面人工缺陷所产生的回波幅度均达到荧光屏满刻度的50%,以此作为基准灵敏度。如不能达到此要求,也可在内、外槽设立不同的报警电平。

4.5.5.3 扫查灵敏度一般应比基准灵敏度高6dB。

4.5.6 验收要求

无缝钢管的判废要求按相应技术文件规定。

4.5.7 结果评定

若缺陷回波幅度大于或等于相应的对比试块人工缺陷回波,则判为不合格。不合格品允许重新处理,处理后仍按JB/T 4730的本部分进行超声检测和质量等级评定。

4.6 承压设备用钢螺栓坯件的超声检测和质量分级

4.6.1 范围和一般要求

本条适用于对直径大于M36的承压设备用碳钢和低合金钢螺栓坯件进行超声检测和质量分级。

本条不适用于奥氏体钢螺栓坯件的超声检测。

4.6.2 探头

采用2.5MHz~5MHz的单晶直探头或双晶直探头。

4.6.3 试块

试块的尺寸和形状应符合 4.2.3 的规定。

4.6.4 检测方法

锅炉、压力容器及压力管道螺栓坯件一般应采用纵波检测，尽可能检测到工件的全体积。检测表面粗糙度 $Ra \leq 6.3 \mu m$ 。

4.6.4.1 纵波径向探测

应按螺旋线或沿圆周进行扫查，行程应有重叠，扫查面应包括整个圆柱表面。

4.6.4.2 纵波轴向探测

应从螺栓坯件的两端面进行扫查，尽可能避免边缘效应对检测结果的影响。

4.6.5 灵敏度的确定

4.6.5.1 基准灵敏度的确定按 4.2.6 的规定。

4.6.5.2 扫查灵敏度一般不得低于最大探测距离处的 $\phi 2mm$ 平底孔当量直径。

4.6.6 缺陷当量的确定

4.6.6.1 一般应采用距离—波幅曲线或计算法确定缺陷当量。

4.6.6.2 计算缺陷当量时，若材质衰减系数超过 4dB/m，应考虑修正。衰减系数的测定按 4.2.7 的规定。

4.6.7 缺陷记录

4.6.7.1 记录当量直径大于 $\phi 2mm$ 的单个缺陷的波幅和位置。

4.6.7.2 根据表 12 的要求，记录底波降低量。

表 12 单个缺陷的质量分级 mm

等 级	I	II	III	IV	V
缺陷当量直径	$\leq \phi 2$	$\leq \phi 3$	$\leq \phi 4$	$\leq \phi 5$	$> \phi 5$

4.6.8 质量分级

4.6.8.1 单个缺陷的质量分级见表 12。

4.6.8.2 由缺陷引起底波降低量的质量分级见表 13。

表 13 由缺陷引起底波降低量的质量分级 dB

等 级	I	II	III	IV	V
底波降低量	BG/BF	≤ 8	$> 8 \sim 14$	$> 14 \sim 20$	$> 20 \sim 26$

注：本表仅适用于声程大于近场区长度的缺陷。

4.6.8.3 按表 12 和表 13 评定缺陷等级时，应作为独立的等级分别使用。

4.6.8.4 当缺陷被检测人员判定为危害性缺陷时，螺栓坯件的质量等级为 V 级。

4.7 承压设备用奥氏体钢锻件超声检测和质量分级

4.7.1 范围

本条适用于承压设备用奥氏体钢锻件的超声检测和质量分级。

4.7.2 探头

4.7.2.1 探头的工作频率为 0.5MHz ~ 2MHz。

4.7.2.2 直探头的晶片直径为 14mm ~ 30mm。

4.7.2.3 斜探头的 K 值一般为 0.5 ~ 2。

4.7.2.4 为了准确测定缺陷，必要时也可采用其他探头。

4.7.3 试块

- 4.7.3.1 对比试块应符合 3.5 的规定。
- 4.7.3.2 对比试块的晶粒大小和声学特性应与被测锻件大致相近。
- 4.7.3.3 应制备几套不同晶粒度的奥氏体钢锻件对比试块，以便能将缺陷区衰减同试块作合理的比较。
- 4.7.3.4 对比试块的形状和尺寸按图 11 和表 14 所示。

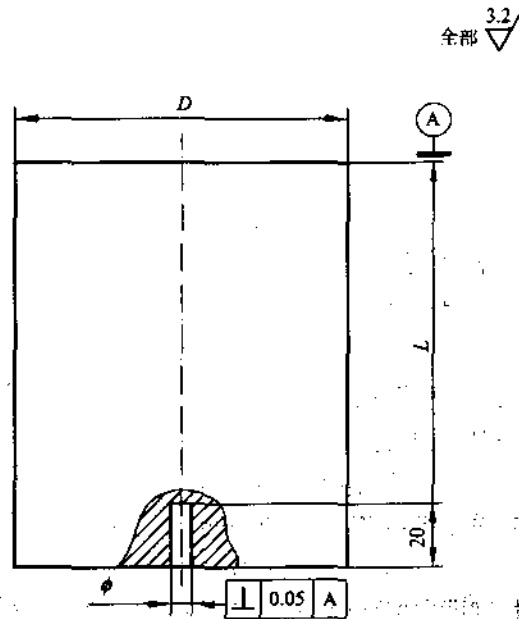


图 11 奥氏体钢锻件试块

表 14 奥氏体钢锻件试块尺寸 mm

$\phi 3$		$\phi 6$		$\phi 10$		$\phi 13$	
L	D	L	D	L	D	L	D
20	50	20	50	20	50	20	50
40	50	50	50	50	50	50	50
60	50	80	50	100	60	100	60
80	50	120	60	150	80	150	80
—	—	160	80	200	80	200	80
—	—	200	80	250	100	250	100
—	—	—	—	300	100	300	100
—	—	—	—	—	—	400	150
—	—	—	—	—	—	500	150
—	—	—	—	—	—	600	200

4.7.3.5 在条件允许时，可在锻件有代表性的部位加工一个或几个适当大小的对比孔或槽，代替试块作为校正和检测的基准。

4.7.4 检测时机和工件要求

4.7.4.1 锻件原则上应在最终热处理后、粗加工前进行超声检测。检测表面粗糙度 $Ra \leq 6.3 \mu m$ 。检测面应无氧化皮、漆皮、污物等。

4.7.4.2 锻件应加工成简单的形状，以利于扫查和声束的覆盖。

4.7.5 检测方法

一般应进行直探头纵波检测。对筒形锻件和环形锻件必要时还应进行斜探头检测，但扫查部位和验收标准应由合同双方商定。

4.7.5.1 斜探头检测

奥氏体钢锻件斜探头检测应按附录 E（规范性附录）的要求进行。

4.7.5.2 直探头纵波检测

直探头纵波检测应符合 4.2.5.2 的规定。

4.7.6 灵敏度的校正

4.7.6.1 当被检锻件厚度小于或等于 600mm 时，应根据定货锻件厚度和要求的质量等级，在适当厚度和当量的平底孔试块上校正，并根据实测值作出距离—波幅曲线（定量线）；当被检锻件厚度大于 600mm 时，在锻件无缺陷部位将底波调至满刻度的 80%，以此作为基准灵敏度。

4.7.6.2 扫查灵敏度应至少比距离—波幅曲线（定量线）或基准灵敏度提高 6dB。

4.7.7 缺陷记录

4.7.7.1 由于缺陷的存在，而使底波降为满刻度 25% 以下的部位。

4.7.7.2 波幅幅度大于基准线高度 50% 的缺陷信号。

4.7.8 质量分级

4.7.8.1 单直探头检测的质量分级见表 15。

4.7.8.2 斜探头检测的质量分级见表 16。

4.7.8.3 表 15 和表 16 的级别应作为独立的等级使用。

表 15 单直探头检测的质量分级 mm

工件公称厚度	≤ 80		$> 80 \sim 200$		$> 200 \sim 300$		$> 300 \sim 600$		> 600	
工件质量等级	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
缺陷当量直径 ϕ 或因缺陷引起底波降低后的幅度	$\leq \phi 3$	$> \phi 3$	$\leq \phi 6$	$> \phi 6$	$\leq \phi 10$	$> \phi 10$	$\leq \phi 13$	$> \phi 13$	$\geq 5\%$	$< 5\%$

表 16 斜探头检测的质量分级 mm

等级	I	II
缺陷大小	V 形槽深为工件壁厚的 3%，最大为 3	V 形槽深为工件壁厚的 5%，最大为 6

5 承压设备对接焊接接头超声检测和质量分级

5.1 钢制承压设备对接焊接接头超声检测和质量分级

5.1.1 适用范围

本条规定了钢制承压设备对接焊接接头的超声检测和质量分级。

本条适用于母材厚度为 8mm ~ 400mm 全熔化焊对接焊接接头的超声检测。母材厚度为 6mm ~ 8mm 全熔化焊对接焊接接头的超声检测应按照附录 G（规范性附录）的规定进行。承压设备有关的支承件和结构件以及螺旋焊接接头的超声检测也可按本条的规定进行。钛制承压设备对接焊接接头超声检测参照附录 M（资料性附录）的规定进行，奥氏体不锈钢承压设备对接焊接接头超声检测参照附录 N（资料性

附录)的规定进行。

如确有需要,壁厚为4mm~6mm的环向对接焊接接头的超声检测可参照6.1进行。

本条不适用于铸钢对接焊接接头、外径小于159mm的钢管环向对接焊接接头、内径小于或等于200mm的管座角焊缝的超声检测,也不适用于外径小于250mm或内外径之比小于80%的纵向对接焊接接头超声检测。

5.1.2 超声检测技术等级

5.1.2.1 超声检测技术等级选择

超声检测技术等级分为A、B、C三个检测级别。超声检测技术等级选择应符合制造、安装、在用等有关规范、标准及设计图样规定。

5.1.2.2 不同检测技术等级的要求

5.1.2.2.1 A级仅适用于母材厚度为8mm~46mm的对接焊接接头。可用一种K值探头采用直射波法和一次反射波法在对接焊接接头的单面单侧进行检测。一般不要求进行横向缺陷的检测。

5.1.2.2.2 B级检测:

- a) 母材厚度为8mm~46mm时,一般用一种K值探头采用直射波法和一次反射波法在对接焊接接头的单面双侧进行检测。
- b) 母材厚度大于46mm至120mm时,一般用一种K值探头采用直射波法在焊接接头的双面双侧进行检测,如受几何条件限制,也可在焊接接头的双面单侧或单面双侧采用两种K值探头进行检测。
- c) 母材厚度大于120mm至400mm时,一般用两种K值探头采用直射波法在焊接接头的双面双侧进行检测。两种探头的折射角相差应不小于10°。
- d) 应进行横向缺陷的检测。检测时,可在焊接接头两侧边缘使探头与焊接接头中心线成10°~20°作两个方向的斜平行扫查,见图12。如焊接接头余高磨平,探头应在焊接接头及热影响区上作两个方向的平行扫查,见图13。

5.1.2.2.3 C级检测

采用C级检测时应将焊接接头的余高磨平,对焊接接头两侧斜探头扫查经过的母材区域要用直探头进行检测,检测方法见5.1.4.4。

- a) 母材厚度为8mm~46mm时,一般用两种K值探头采用直射波法和一次反射波法在焊接接头的单面双侧进行检测。两种探头的折射角相差应不小于10°,其中一个折射角应为45°。
- b) 母材厚度大于46mm至400mm时,一般用两种K值探头采用直射波法在焊接接头的双面双侧进行检测。两种探头的折射角相差应不小于10°。对于单侧坡口角度小于5°的窄间隙焊缝,如有可能应增加对检测与坡口表面平行缺陷的有效检测方法。
- c) 应进行横向缺陷的检测。检测时,将探头放在焊缝及热影响区上作两个方向的平行扫查,见图13。

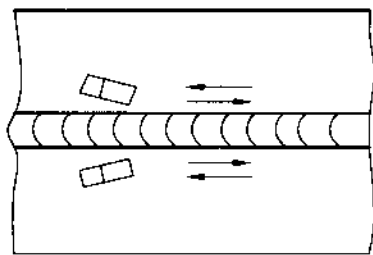


图 12 斜平行扫查

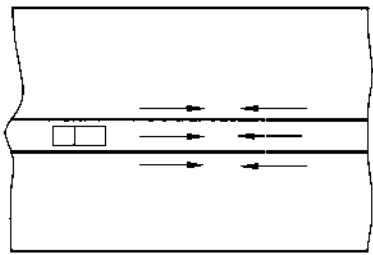


图 13 平行扫查

5.1.3 试块

5.1.3.1 试块制作应符合 3.5 的规定。

5.1.3.2 采用的标准试块为 CSK-IA、CSK-IIA、CSK-IIIA 和 CSK-IVA。其形状和尺寸应分别符合图 14、图 15、图 16、图 17 和表 17 的规定。

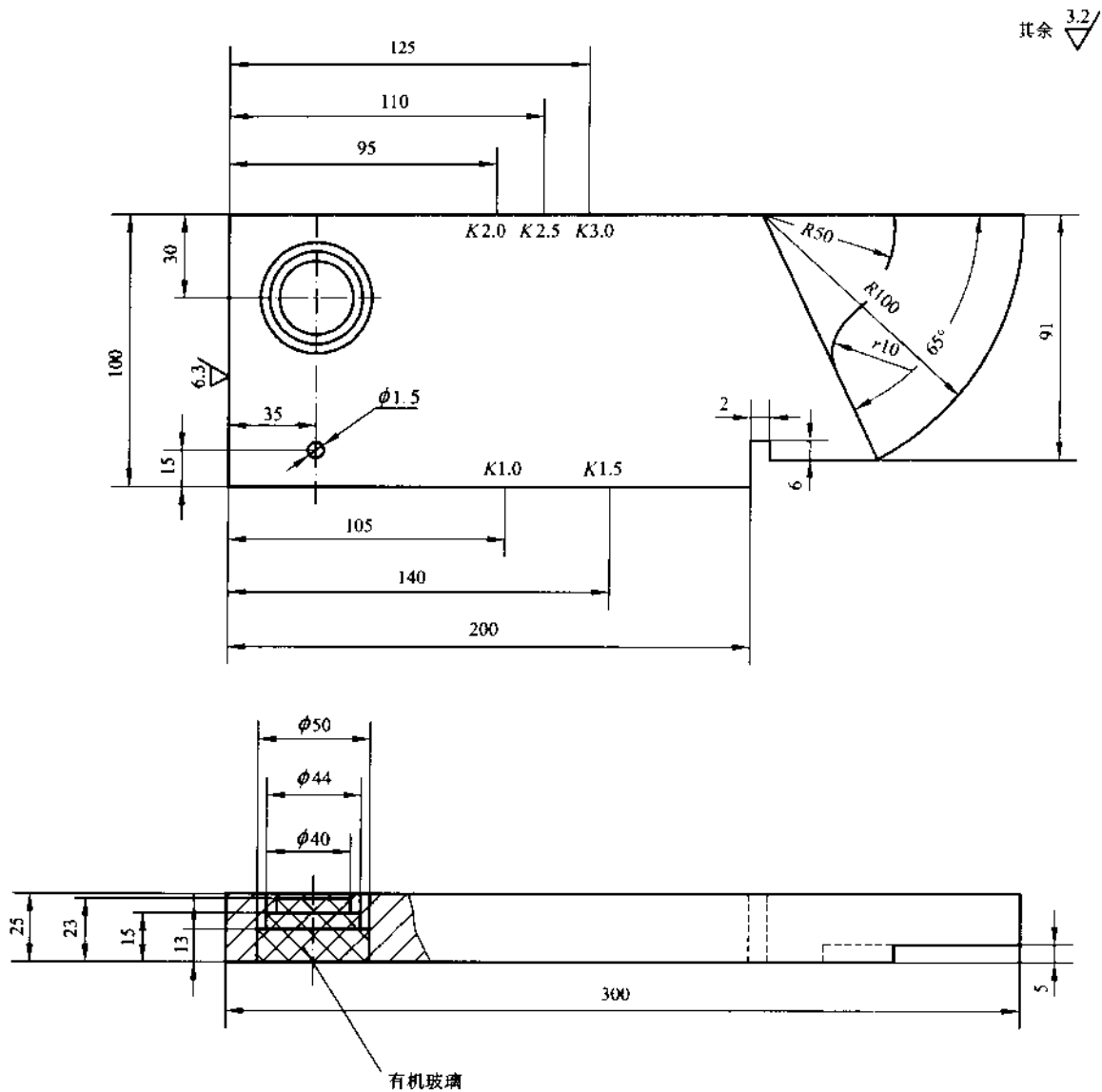
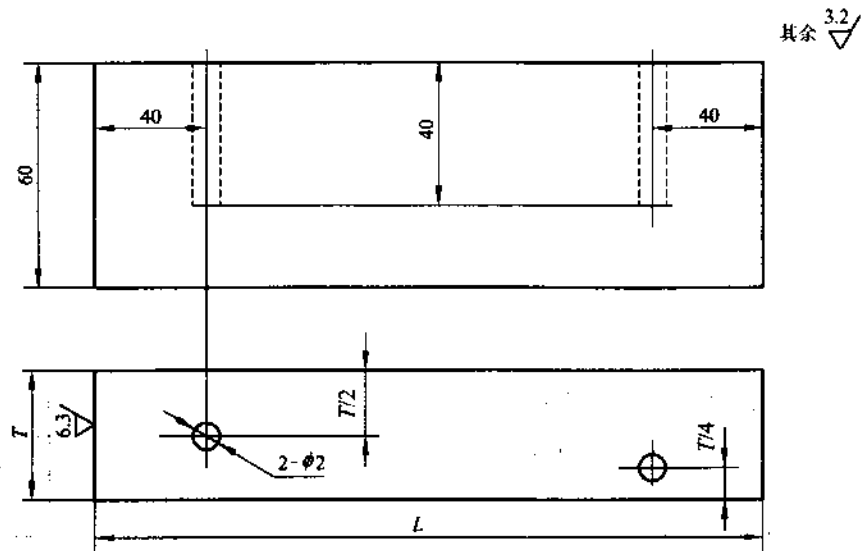


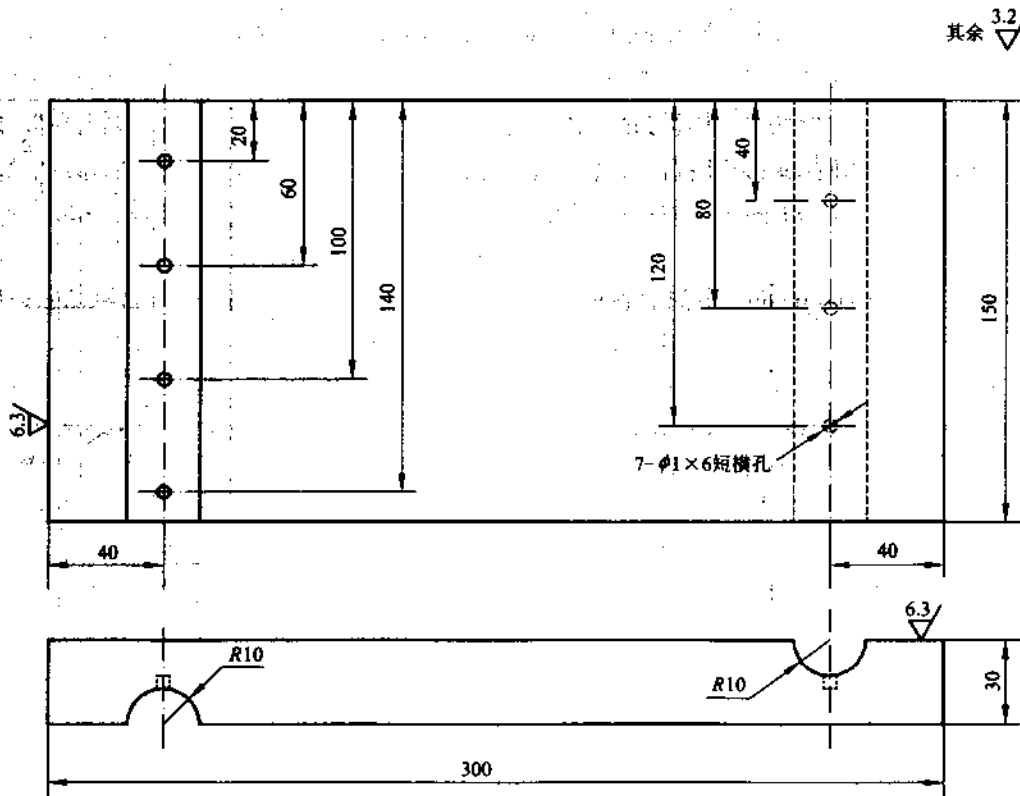
图 14 CSK-IA 试块



注 1: L —试块长度, 由使用的声程确定。

注 2: 尺寸误差不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

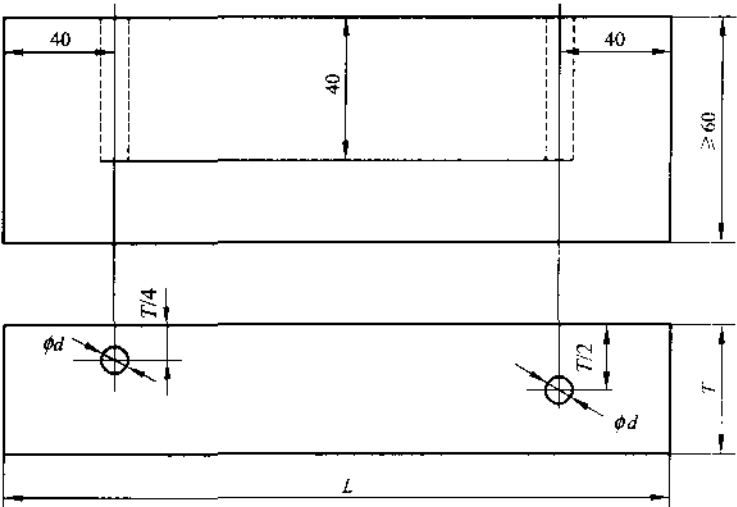
图 15 CSK-IIA 试块



注: 尺寸误差不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

图 16 CSK-IIIA 试块

全部 3.2/▽



注 1: L ——试块长度, 由使用的声程确定。
注 2: 尺寸误差不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

图 17 CSK-IVA 标准试块

表 17 CSK-IVA 试块尺寸 mm

CSK-IV	被检工件厚度	对比试块厚度 T	标准孔位置 b	标准孔直径 d
No.1	$> 120 \sim 150$	135	$T/4$ 、 $T/2$	6.4 (1/4 in)
No.2	$> 150 \sim 200$	175	$T/4$ 、 $T/2$	7.9 (5/16 in)
No.3	$> 200 \sim 250$	225	$T/4$ 、 $T/2$	9.5 (3/8 in)
No.4	$> 250 \sim 300$	275	$T/4$ 、 $T/2$	11.1 (7/16 in)
No.5	$> 300 \sim 350$	325	$T/4$ 、 $T/2$	12.7 (1/2 in)
No.6	$> 350 \sim 400$	375	$T/4$ 、 $T/2$	14.3 (9/16 in)

5.1.3.3 CSK-IA、CSK-IIA 和 CSK-IIIA 试块适用壁厚范围为 6mm~120mm 的焊接接头, CSK-IA 和 CSK-IVA 系列试块适用壁厚范围大于 120mm 至 400mm 的焊接接头。在满足灵敏度要求时, 试块上的人工反射体根据检测需要可采取其他布置形式或添加, 也可采用其他型式的等效试块。

5.1.3.4 检测曲面工作时, 如检测面曲率半径 $R \leq W^2/4$ 时 (W 为探头接触面宽度, 环缝检测时为探头宽度, 纵缝检测时为探头长度), 应采用与检测面曲率相同的对比试块, 反射孔的位置可参照标准试块确定。试块宽度 b 一般应满足:

$$b \geq 2\lambda S/D_0 \dots\dots\dots (3)$$

式中:
 b ——试块宽度, mm;
 λ ——超声波波长, mm;
 S ——声程, mm;

D_0 ——声源有效直径, mm。

5.1.4 检测准备

5.1.4.1 检测面

- a) 检测区的宽度应是焊缝本身, 再加上焊缝两侧各相当于母材厚度 30% 的一段区域, 这个区域最小为 5mm, 最大为 10mm, 见图 18。

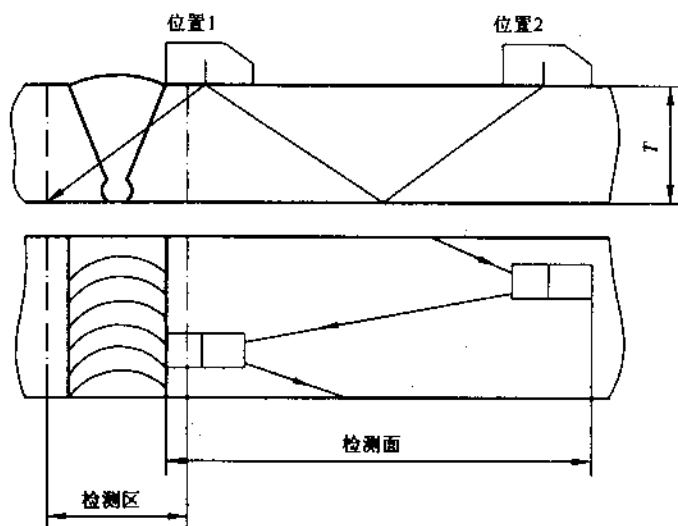


图 18 检测和探头移动区

- b) 探头移动区应清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其他杂质。检测表面应平整, 便于探头的扫查, 其表面粗糙度 Ra 值应小于或等于 $6.3\mu\text{m}$, 一般应进行打磨。

- 1) 采用一次反射法检测时, 探头移动区应大于或等于 $1.25P$:

$$P = 2KT \quad \dots\dots\dots (4)$$

或

$$P = 2T \tan \beta \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

P ——跨距, mm;

T ——母材厚度, mm;

K ——探头 K 值;

β ——探头折射角, ($^\circ$)。

- 2) 采用直射法检测时, 探头移动区应大于或等于 $0.75P$ 。

- c) 去除余高的焊缝, 应将余高打磨到与邻近母材平齐。保留余高的焊缝, 如果焊缝表面有咬边、较大的隆起和凹陷等也应进行适当的修磨, 并作圆滑过渡以免影响检测结果的评定。

5.1.4.2 探头 K 值 (角度)

斜探头的 K 值 (角度) 选取可参照表 18 的规定。条件允许时, 应尽量采用较大 K 值探头。

表 18 推荐采用的斜探头 K 值

板厚 T , mm	K 值
6 ~ 25	3.0 ~ 2.0 ($72^\circ \sim 60^\circ$)
> 25 ~ 46	2.5 ~ 1.5 ($68^\circ \sim 56^\circ$)
> 46 ~ 120	2.0 ~ 1.0 ($60^\circ \sim 45^\circ$)
> 120 ~ 400	2.0 ~ 1.0 ($60^\circ \sim 45^\circ$)

5.1.4.3 检测频率

检测频率一般为 2MHz ~ 5MHz。

5.1.4.4 母材的检测

对于 C 级检测, 斜探头扫查声束通过的母材区域, 应先用直探头检测, 以便检测是否有影响斜探头检测结果的分层或其他种类缺陷存在。该项检测仅作记录, 不属于对母材的验收检测。母材检测的要点如下:

- 检测方法: 接触式脉冲反射法, 采用频率 2MHz ~ 5MHz 的直探头, 晶片直径 10mm ~ 25mm。
- 检测灵敏度: 将无缺陷处第二次底波调节为荧光屏满刻度的 100%。
- 凡缺陷信号幅度超过荧光屏满刻度 20% 的部位, 应在工作表面作出标记, 并予以记录。

5.1.5 距离—波幅曲线的绘制

5.1.5.1 距离—波幅曲线应按所用探头和仪器在试块上实测的数据绘制而成, 该曲线族由评定线、定量线和判废线组成。评定线与定量线之间 (包括评定线) 为 I 区, 定量线与判废线之间 (包括定量线) 为 II 区, 判废线及其以上区域为 III 区, 如图 19 所示。如果距离—波幅曲线绘制在荧光屏上, 则在检测范围内不低于荧光屏满刻度的 20%。

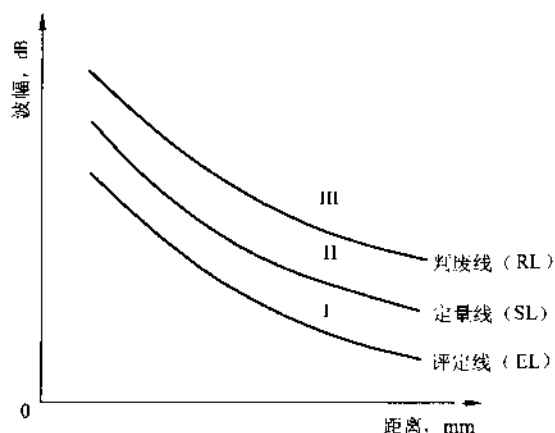


图 19 距离—波幅曲线

5.1.5.2 距离—波幅曲线的灵敏度选择

- 壁厚为 6mm ~ 120mm 的焊接接头, 其距离—波幅曲线灵敏度按表 19 的规定。

表 19 距离—波幅曲线的灵敏度

试块型式	板厚, mm	评定线	定量线	判废线
CSK-IIA	6 ~ 46	$\phi 2 \times 40-18\text{dB}$	$\phi 2 \times 40-12\text{dB}$	$\phi 2 \times 40-4\text{dB}$
	> 46 ~ 120	$\phi 2 \times 40-14\text{dB}$	$\phi 2 \times 40-8\text{dB}$	$\phi 2 \times 40+2\text{dB}$
CSK-IIIA	8 ~ 15	$\phi 1 \times 6-12\text{dB}$	$\phi 1 \times 6-6\text{dB}$	$\phi 1 \times 6+2\text{dB}$
	> 15 ~ 46	$\phi 1 \times 6-9\text{dB}$	$\phi 1 \times 6-3\text{dB}$	$\phi 1 \times 6+5\text{dB}$
	> 46 ~ 120	$\phi 1 \times 6-6\text{dB}$	$\phi 1 \times 6$	$\phi 1 \times 6+10\text{dB}$

b) 壁厚大于 120mm 至 400mm 的焊接接头, 其距离—波幅曲线灵敏度按表 20 的规定。

表 20 距离—波幅曲线的灵敏度

试块型式	板厚, mm	评定线	定量线	判废线
CSK-IVA	> 120 ~ 400	$\phi d-16\text{dB}$	$\phi d-10\text{dB}$	ϕd

注: d 为横孔直径, 见表 17。

c) 检测横向缺陷时, 应将各线灵敏度均提高 6dB。

d) 检测面曲率半径 $R \leq W^2/4$ 时, 距离—波幅曲线的绘制应在与检测面曲率相同的对比试块上进行。

e) 工件的表面耦合损失和材质衰减应与试块相同, 否则应按附录 F (规范性附录) 的规定进行传输损失补偿。在一跨距声程内最大传输损失差小于或等于 2dB 时可不进行补偿。

f) 扫查灵敏度不低于最大声程处的评定线灵敏度。

5.1.6 检测方法

5.1.6.1 平板对接焊接接头的超声检测

a) 为检测纵向缺陷, 斜探头应垂直于焊缝中心线放置在检测面上, 作锯齿型扫查, 见图 20。探头前后移动的范围应保证扫查到全部焊接接头截面, 在保持探头垂直焊缝作前后移动的同时, 还应作 $10^\circ \sim 15^\circ$ 的左右转动。不同检测技术等级对纵向缺陷的检测要求见 5.1.2。

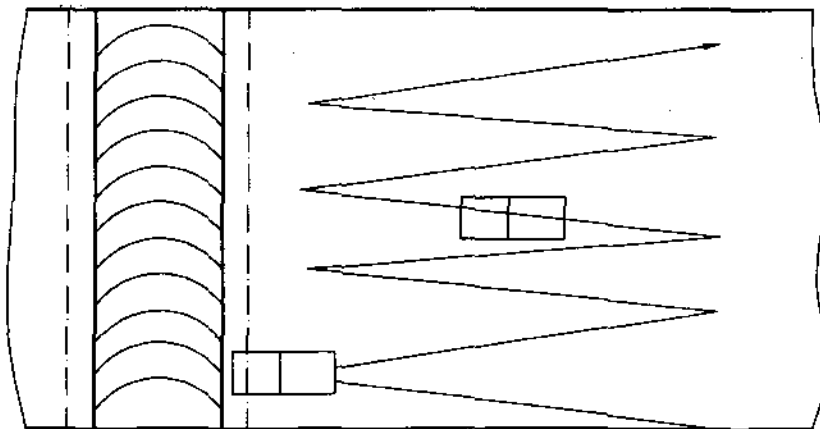


图 20 锯齿型扫查

b) 不同检测技术等级对横向缺陷的检测要求见 5.1.2。

c) 对电渣焊接接头还应增加与焊缝中心线成 45° 的斜向扫查。

- d) 为观察缺陷动态波形和区分缺陷信号或伪缺陷信号, 确定缺陷的位置、方向和形状, 可采用前后、左右、转角、环绕等四种探头基本扫查方式, 见图 21。

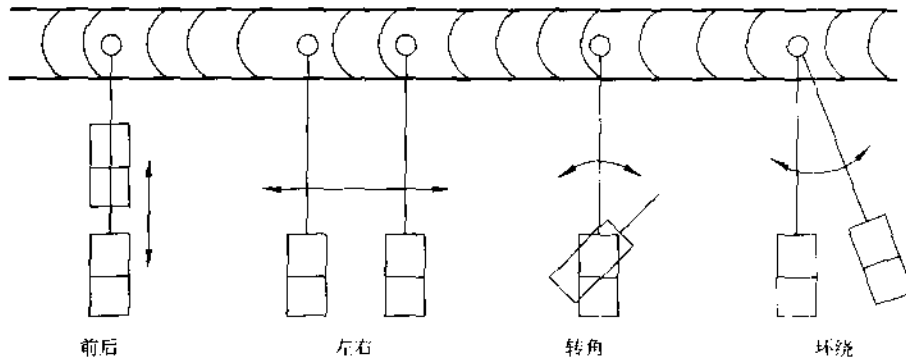


图 21 四种基本扫查方法

5.1.6.2 曲面工件 (直径小于或等于 500mm) 对接焊接接头的超声检测

- a) 检测面为曲面时, 可尽量按平板对接焊接接头的检测方法进行检测。对于受几何形状限制, 无法检测的部位应予以记录。
- b) 纵缝检测时, 对比试块的曲率半径与检测面曲率半径之差应小于 10%。
 - 1) 根据工件的曲率和材料厚度选择探头 K 值, 并考虑几何临界角的限制, 确保声束能扫查到整个焊接接头。
 - 2) 探头接触面修磨后, 应注意探头入射点和 K 值的变化, 并用曲率试块作实际测定。
 - 3) 应注意荧光屏指示的缺陷深度或水平距离与缺陷实际的径向埋藏深度或水平距离弧长的差异, 必要时应进行修正。
- c) 环缝检测时, 对比试块的曲率半径应为检测面曲率半径的 0.9 ~ 1.5 倍。

5.1.6.3 管座角焊缝的检测

a) 一般原则

在选择检测面和探头时应考虑到各种类型缺陷的可能性, 并使声束尽可能垂直于该焊接接头结构的主要缺陷。

b) 检测方式

根据结构形式, 管座角焊缝的检测有如下五种检测方式, 可选择其中一种或几种方式组合实施检测。检测方式的选择应由合同双方商定, 并应考虑主要检测对象和几何条件的限制。

- 1) 在接管内壁采用直探头检测, 见图 22 位置 1。
- 2) 在容器内壁采用直探头检测, 见图 23 位置 1。在容器内壁采用斜探头检测, 见图 22 位置 4。
- 3) 在接管外壁采用斜探头检测, 见图 23 位置 2。
- 4) 在接管内壁采用斜探头检测, 见图 22 位置 3 和图 23 位置 3。
- 5) 在容器外壁采用斜探头检测, 见图 22 位置 2。

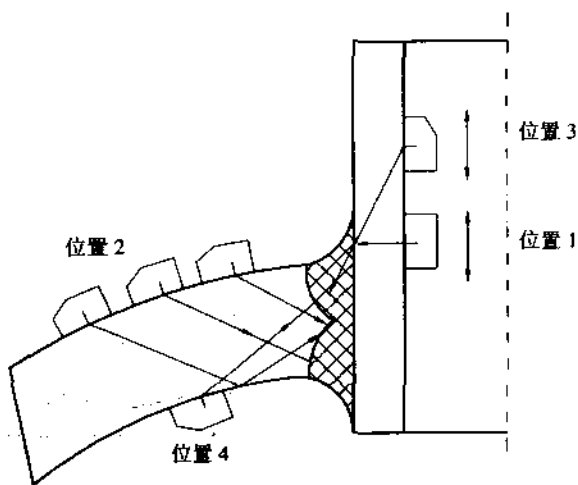


图 22 插入式管座角焊缝

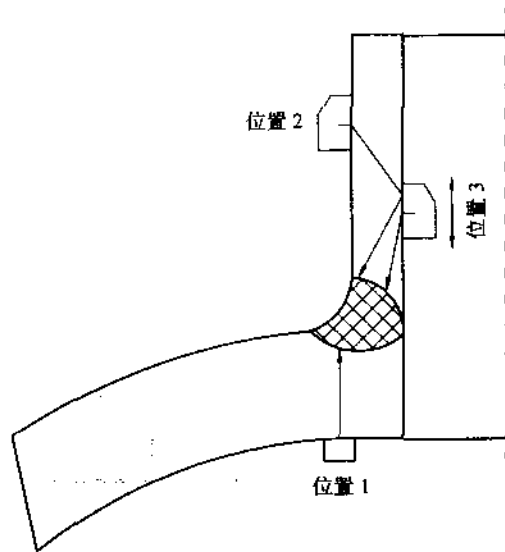


图 23 安放式管座角焊缝

- c) 管座角焊缝以直探头检测为主，必要时应增加斜探头检测的内容。探头频率、尺寸应按 4 和 5.1.4 的规定执行，管座角焊缝斜探头的距离—波幅曲线灵敏度按表 19 的规定，直探头的距离—波幅曲线灵敏度按表 21 的规定。距离—波幅曲线的制作详见 5.1.5.1。

表 21 管座角焊缝直探头距离—波幅曲线的灵敏度

评定线	定量线	判废线
$\phi 2\text{mm}$ 平底孔	$\phi 3\text{mm}$ 平底孔	$\phi 6\text{mm}$ 平底孔

5.1.6.4 T 型焊接接头的超声检测

a) 适用范围

本条适用于厚度为 6mm ~ 50mm 的锅炉、压力容器全熔化焊 T 型焊接接头的超声检测。其他用途的全熔化焊 T 型焊接接头的超声检测也可参照本条的规定进行。

b) 基本原则

在选择检测面和探头时应考虑到检测各类缺陷的可能性，并使声束尽可能垂直于该类焊接接头结构的主要缺陷。

c) 检测方式

根据焊接接头结构形式，T 型焊接接头的检测有如下三种检测方式，可选择其中一种或几种方式组合实施检测。检测方式选择应由合同双方商定，并应考虑主要检测对象和几何条件的限制。

- 1) 用斜探头从翼板外侧用直射法进行探测，见图 24 位置 1、图 25 位置 1 和图 26 位置 1。
- 2) 用斜探头在腹板一侧用直射法或一次反射法进行探测，见图 24 位置 2 和位置 4、图 25 位置 2 和位置 4、图 26 位置 2 和位置 4。
- 3) 用直探头或双晶直探头在翼板外侧沿焊接接头探测，或者用斜探头（推荐使用 K1 探头）在翼板外侧沿焊接接头探测，见图 24 位置 3、图 25 位置 3 和图 26 位置 3。位置 3 包括直探头和斜探头两种扫查。

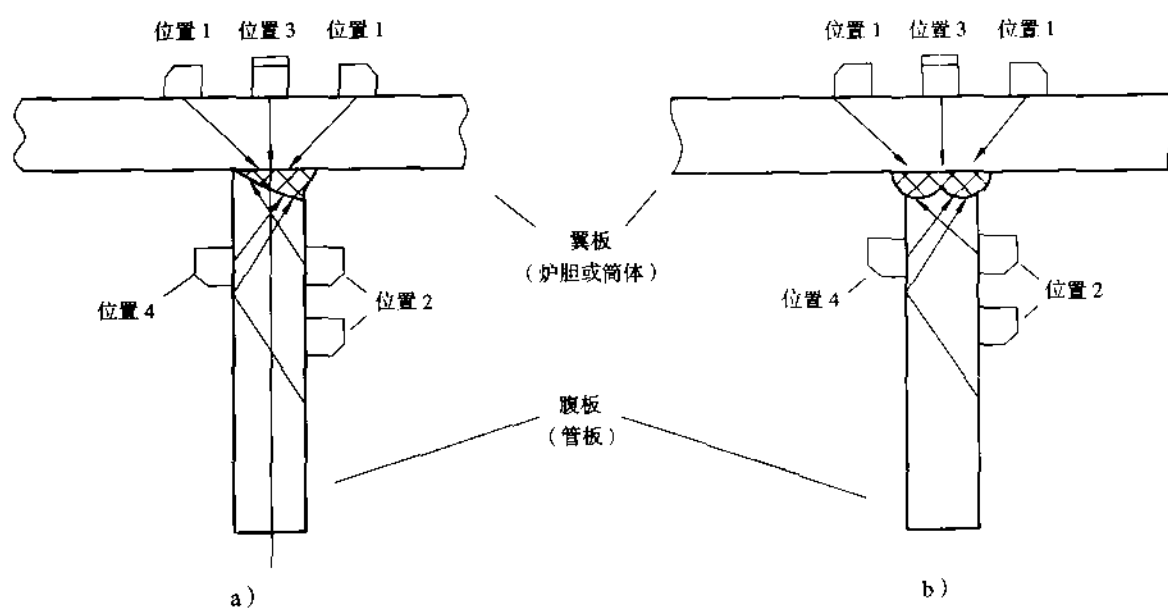


图 24 T 型焊接接头 (型式 I)

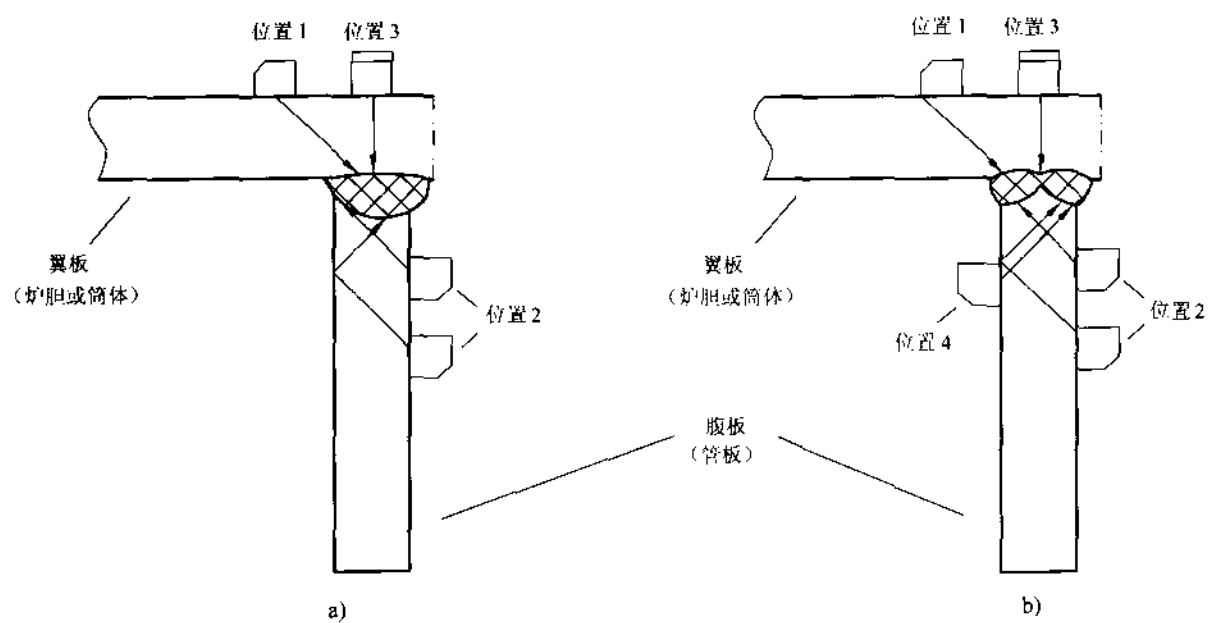


图 25 T 型焊接接头 (型式 II)

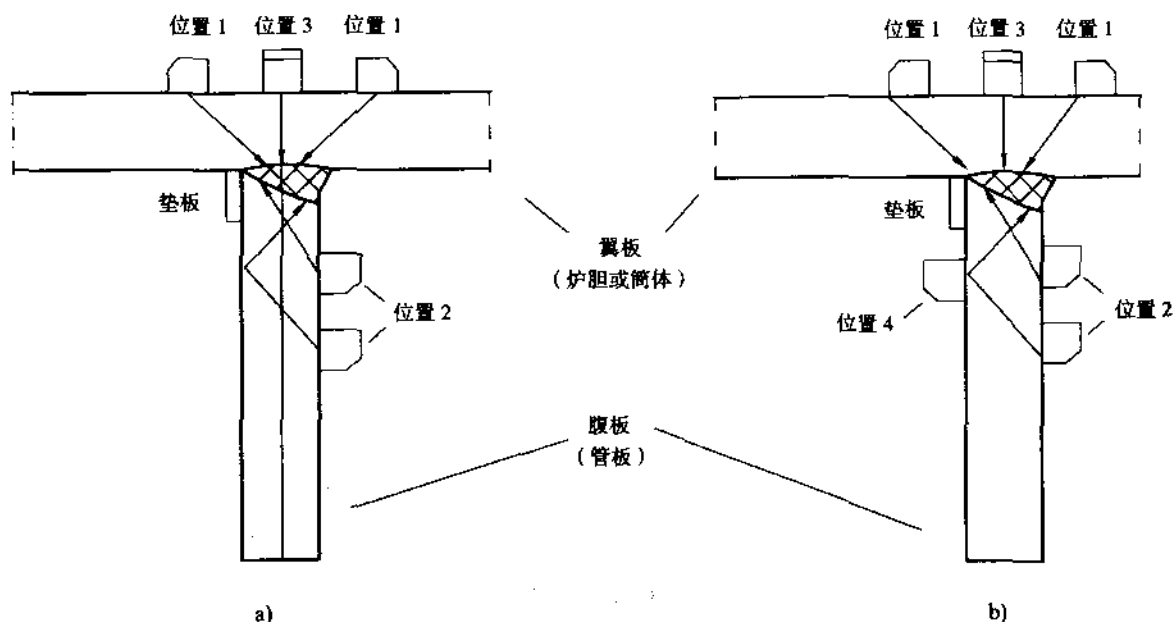


图 26 T 型焊接接头 (型式 III)

d) 斜探头 K 值的确定

用斜探头在翼板外侧进行探测时,推荐使用 $K1$ 探头;用斜探头在腹板一侧进行探测时,探头 K 值根据腹板厚度按表 18 进行选择。

e) 距离一波幅曲线灵敏度的确定

用斜探头探测时,距离一波幅曲线灵敏度应以腹板厚度按表 19 确定;用直探头探测时,距离一波幅曲线灵敏度应以翼板厚度按表 22 确定。

表 22 T 型焊接接头直探头距离一波幅曲线的灵敏度

评定线	定量线	判废线
$\phi 2\text{mm}$ 平底孔	$\phi 3\text{mm}$ 平底孔	$\phi 4\text{mm}$ 平底孔

f) 扫查方式

直探头和斜探头的扫查按 5.1.6 的有关规定进行。

g) 对缺陷进行等级评定时,均以腹板厚度为准。

5.1.7 缺陷定量检测

5.1.7.1 灵敏度应调到定量线灵敏度。

5.1.7.2 对所有反射波幅达到或超过定量线的缺陷,均应确定其位置、最大反射波幅和缺陷当量。

5.1.7.3 缺陷位置测定

缺陷位置测定应以获得缺陷最大反射波的位置为准。

5.1.7.4 缺陷最大反射波幅的测定

将探头移至缺陷出现最大反射波信号的位置,测定波幅大小,并确定它在距离一波幅曲线中的区域。

5.1.7.5 缺陷定量

应根据缺陷最大反射波幅确定缺陷当量直径 ϕ 或缺陷指示长度 ΔL 。

a) 缺陷当量直径 ϕ , 用当量平底孔直径表示,主要用于直探头检测,可采用公式计算,距离一波幅曲线和试块对比来确定缺陷当量尺寸。

b) 缺陷指示长度 ΔL 的检测采用以下方法:

- 1) 当缺陷反射波只有一个高点,且位于 II 区或 II 区以上时,使波幅降到荧光屏满刻度的 80% 后,用 6dB 法测其指示长度。
- 2) 当缺陷反射波峰值起伏变化,有多个高点,且位于 II 区或 II 区以上时,使波幅降到荧光屏满刻度的 80% 后,应以端点 6dB 法测其指示长度。
- 3) 当缺陷反射波峰位于 I 区,如认为有必要记录时,将探头左右移动,使波幅降到评定线,以此测定缺陷指示长度。

5.1.8 缺陷评定

5.1.8.1 超过评定线的信号应注意其是否具有裂纹等危害性缺陷特征,如有怀疑时,应采取改变探头 K 值、增加检测面、观察动态波型并结合结构工艺特征作判定,如对波型不能判断时,应辅以其他检测方法作综合判定。

5.1.8.2 缺陷指示长度小于 10mm 时,按 5mm 计。

5.1.8.3 相邻两缺陷在一直线上,其间距小于其中较小的缺陷长度时,应作为一条缺陷处理,以两缺陷长度之和作为其指示长度(间距不计入缺陷长度)。

5.1.9 质量分级

焊接接头质量分级按表 23 的规定进行。

表 23 焊接接头质量分级

mm

等级	板厚 T	反射波幅 (所在区域)	单个缺陷指示长度 L	多个缺陷累计长度 L'
I	6~400	I	非裂纹类缺陷	
	6~120	II	$L=T/3$, 最小为 10, 最大不超过 30	在任意 $9T$ 焊缝长度范围内 L' 不超过 T
	>120~400		$L=T/3$, 最大不超过 50	
II	6~120	II	$L=2T/3$, 最小为 12, 最大不超过 40	在任意 $4.5T$ 焊缝长度范围内 L' 不超过 T
	>120~400		最大不超过 75	
III	6~400	II	超过 II 级者	超过 II 级者
		III	所有缺陷	
		I、II、III	裂纹等危害性缺陷	

注 1: 母材板厚不同时,取薄板侧厚度值。

注 2: 当焊缝长度不足 $9T$ (I 级) 或 $4.5T$ (II 级) 时,可按比例折算。当折算后的缺陷累计长度小于单个缺陷指示长度时,以单个缺陷指示长度为准。

5.2 承压设备堆焊层超声检测和质量分级

5.2.1 检测范围和一般要求

本条适用于承压设备用奥氏体不锈钢、镍合金等堆焊层内缺陷,堆焊层与母材未接合缺陷和堆焊层下层母材再热裂纹的超声检测以及检测结果的质量分级。

5.2.2 检测方法

- a) 使用双晶直探头和纵波双晶斜探头从堆焊层侧对堆焊层进行超声检测。
- b) 用单直探头和纵波单斜探头从母材侧对堆焊层进行超声检测。

5.2.3 探头

5.2.3.1 双晶探头

a) 双晶探头(直、斜)两声束间的夹角应能满足有效声场覆盖全部检测区域,使探头对该区域具有最大的检测灵敏度。探头总面积不应超过 325mm^2 , 频率 2.5MHz , 为了达到所需的分辨力,也可采用其他频率。两晶片间隔声效果应保证良好。

b) 纵波双晶斜探头的 $K=2.75$ (折射角 $\beta=70^\circ$), 焦点深度应位于堆焊层和母材的结合部位。

5.2.3.2 单直探头

探头面积一般不应超过 625mm^2 , 频率为 $2\text{MHz} \sim 5\text{MHz}$ 。

5.2.3.3 纵波斜探头

探头频率为 $2\text{MHz} \sim 5\text{MHz}$, $K=1$ (折射角 $\beta=45^\circ$)。

5.2.4 对比试块

5.2.4.1 对比试块应采用与被检工件材质相同或声学特性相近的材料,并采用相同的焊接工艺制成。其母材、熔合面和堆焊层中均不得有大于或等于 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔当量直径的缺陷存在。试块堆焊层表面的状态应和工件堆焊层的表面状态相同。

5.2.4.2 从堆焊层侧进行检测采用 T1 型试块,母材厚度 T 至少应为堆焊层厚度的 2 倍。T1 型试块如图 27 所示。

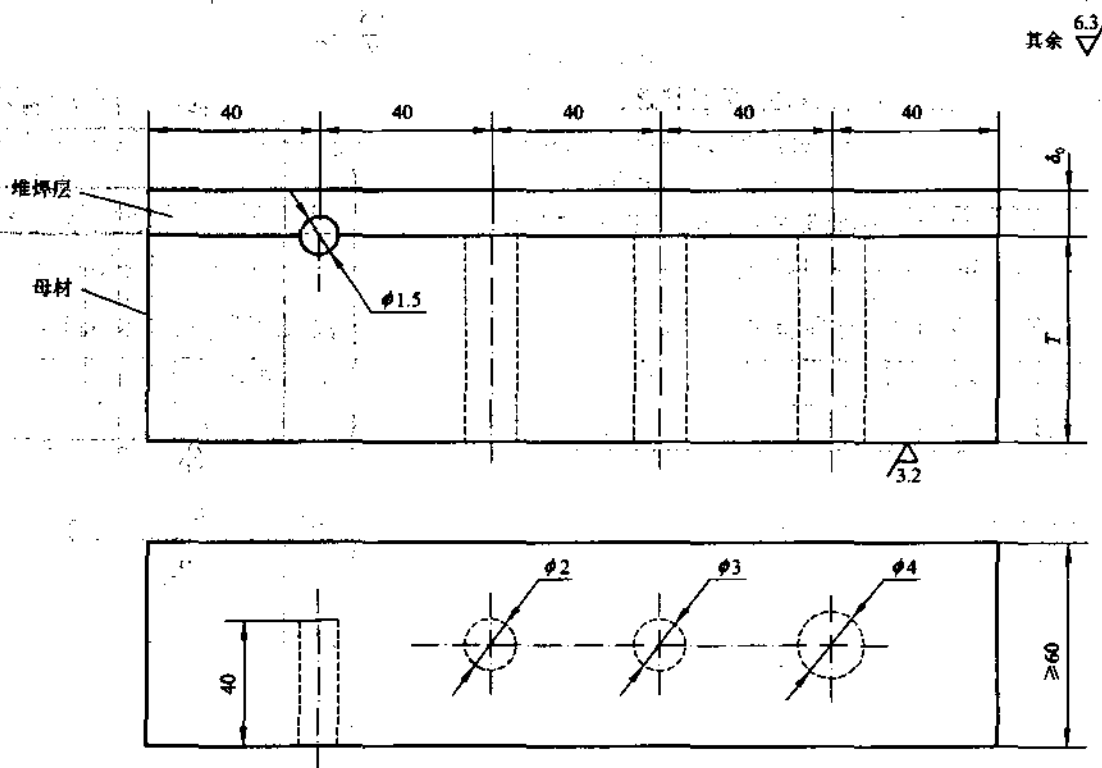


图 27 T1 型试块

5.2.4.3 从母材侧进行检测采用 T2 型试块,母材厚度 T 与被检母材的厚度差不得超过 10%。T2 型试块如图 28 所示。如果工件厚度比较大, T2 型试块的长度 L 应能满足检测要求。

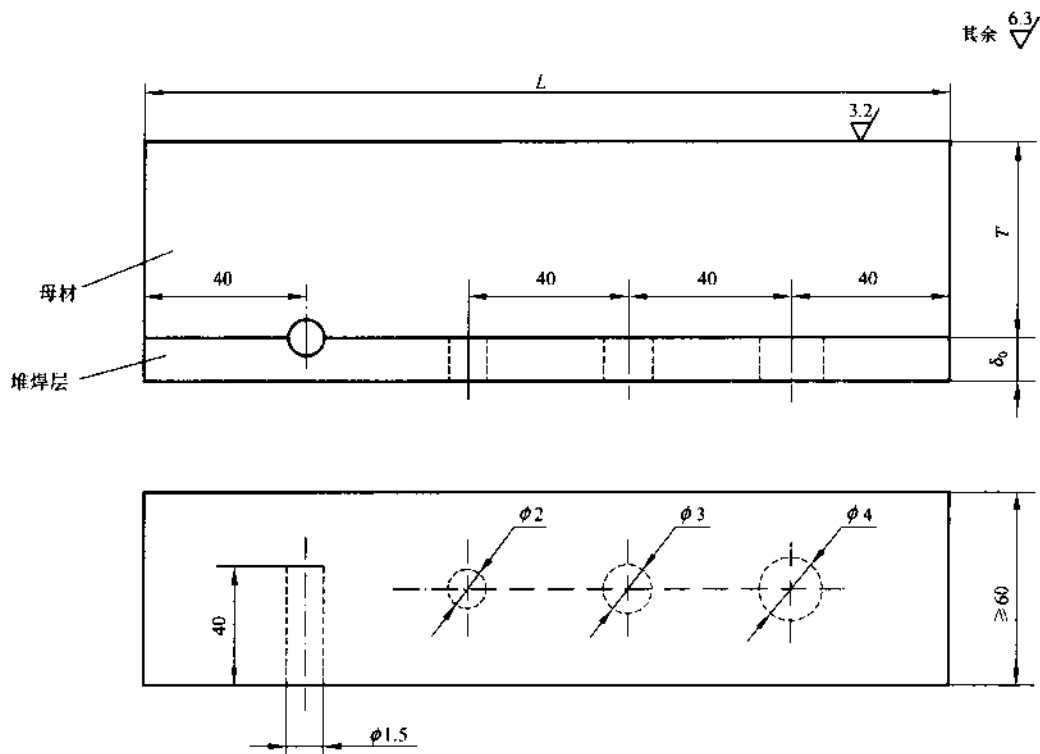


图 28 T2 型试块

5. 2. 4. 4 检测堆焊层和母材的未结合, 采用 T3 型试块 (见图 29)。当从母材侧进行检测时, 采用图 29 a) 型试块, 被检测的工件母材厚度和试块母材厚度差不应超过 10%。当从堆焊层侧进行检测时, 采用图 29 b) 型试块, 试块的母材厚度至少应为堆焊层厚度的 2 倍。

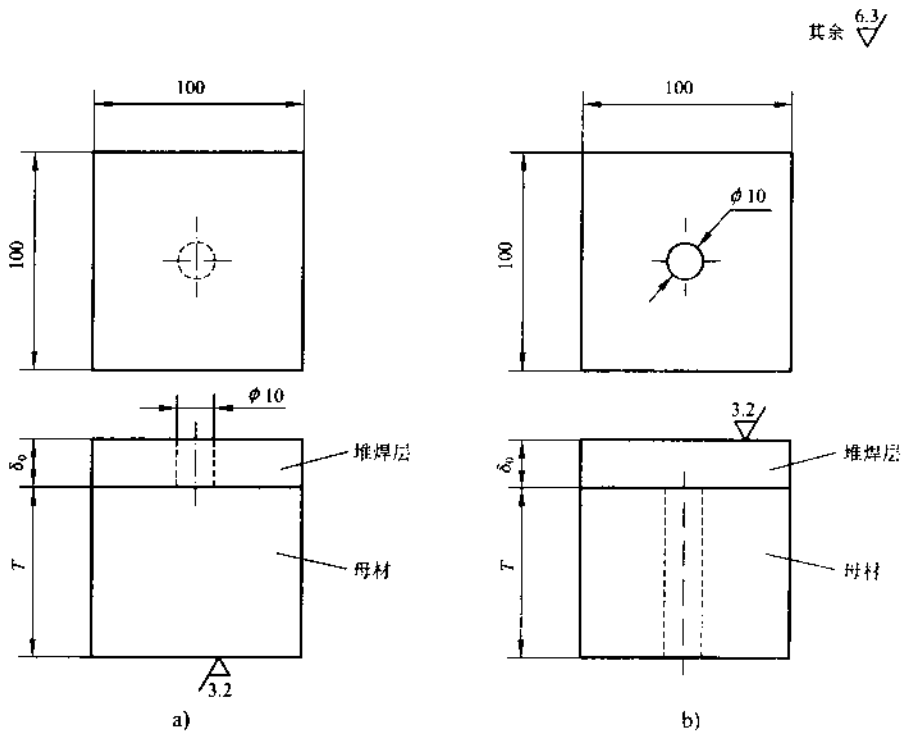


图 29 T3 型试块

5.2.5 灵敏度校准

5.2.5.1 采用 T1 型试块的校准

- a) 纵波双晶斜探头灵敏度的校准：将探头放在试块的堆焊层表面上，移动探头使从 $\phi 1.5\text{mm}$ 横孔获得最大反射波幅，调节衰减器使回波幅度为满刻度的 80%，以此作为基准灵敏度。
- b) 双晶直探头灵敏度的校准：将探头放在试块的堆焊层表面上，移动探头使其从 $\phi 3\text{mm}$ 平底孔获得最大波幅，调整衰减器使回波幅度为满刻度的 80%，以此作为基准灵敏度。

5.2.5.2 采用 T2 型试块的校准

- a) 将单直探头放在母材一侧，使 $\phi 3\text{mm}$ 平底孔回波幅度为满刻度的 80%，以此作为基准灵敏度。
- b) 纵波斜探头灵敏度的校准：将探头放在试块的母材表面上，移动探头使从 $\phi 1.5\text{mm}$ 横孔获得最大反射波幅，调节衰减器使回波幅度为满刻度的 80%，以此作为基准灵敏度。

5.2.5.3 采用 T3 型试块的校准

- a) 双晶直探头灵敏度的校准：将探头放在堆焊层一侧，使 $\phi 10\text{mm}$ 平底孔回波幅度为满刻度的 80%，以此作为基准灵敏度。
- b) 单直探头灵敏度的校准：将探头放在母材一侧，使 10mm 平底孔回波幅度为满刻度的 80%，以此作为基准灵敏度。

5.2.6 扫查方法

5.2.6.1 检测应从母材或堆焊层一侧进行。如对检测结果有怀疑时，也可从另一侧进行补充检测。

5.2.6.2 扫查灵敏度应在基准灵敏度基础上提高 6dB。

5.2.6.3 采用双晶斜探头检测时应在堆焊层表面按 90° 方向进行两次扫查；采用双晶直探头检测时应垂直于堆焊方向进行扫查。进行扫查时，应保证分隔压电元件的隔声层平行于堆焊方向。

5.2.6.4 缺陷当量尺寸应采用 6dB 法确定。

5.2.7 质量分级

堆焊层质量分级见表 24。

表 24 堆焊层质量分级

缺陷等级	堆焊层内缺陷	堆焊层界面缺陷	堆焊层未结合缺陷
I	当量小于 $\phi 1.5\text{mm}-2\text{dB}$ 的缺陷（纵波双晶斜探头、纵波斜探头）；当量小于 $\phi 3\text{mm}$ 的缺陷（单直探头、双晶直探头）	当量小于 $\phi 1.5\text{mm}-2\text{dB}$ 的缺陷（纵波双晶斜探头、纵波斜探头）	缺陷直径小于 25mm 的未结合区域
II	当量 $\phi 1.5\text{mm}-2\text{dB}$ 至 $\phi 1.5\text{mm}+2\text{dB}$ 的缺陷（纵波双晶斜探头、纵波斜探头）；当量 $\phi 3$ 至 $\phi 4$ 且长度小于 30mm 的缺陷（单直探头、双晶直探头）	当量 $\phi 1.5\text{mm}-2\text{dB}$ 至 $\phi 1.5\text{mm}+2\text{dB}$ 的缺陷（纵波双晶斜探头、纵波斜探头）	缺陷直径为 $25\text{mm} \sim 40\text{mm}$ 的未结合区域
III	超过 II 级或发现裂纹等危害性缺陷	超过 II 级或发现裂纹等危害性缺陷	超过 II 级

5.3 铝及铝合金制承压设备对接焊接接头超声检测和质量分级

5.3.1 范围

本条规定了铝及铝合金制承压设备对接焊接接头的超声检测和质量分级。

本条适用于厚度大于或等于 8mm 的铝及铝合金制承压设备对接焊接接头的超声检测。

本条不适用于外径小于 159mm 的铝及铝合金管承压设备环向对接焊接接头和内径小于或等于

200mm 的管座角焊缝的超声检测，也不适用于外径小于 250mm 或内外径之比小于 80%的纵向焊接接头超声检测。

5.3.2 对比试块

5.3.2.1 对比试块材质应与被检铝板声学性能相同或相近，不得有大于或等于 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔当量直径的缺陷存在。

5.3.2.2 试块尺寸、形状见图 30 和表 25。

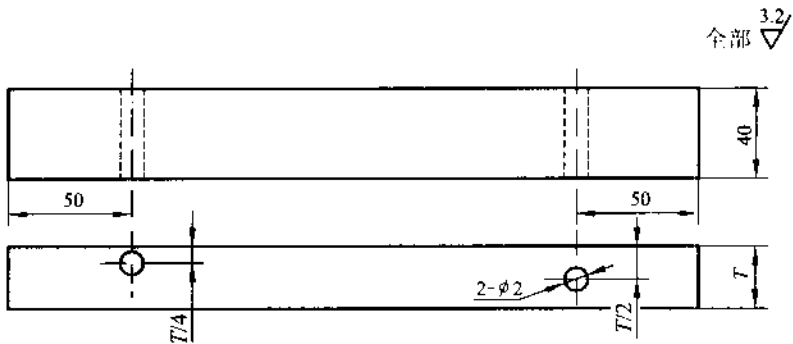


图 30 对比试块形状

表 25 对比试块尺寸 mm

试块号	试块长度 L	试块厚度 T	试块的测定适用范围
1	300	25	8 ~ 40
2	500	50	>40 ~ 80

5.3.3 检测准备

5.3.3.1 检测面

- a) 检测前，应清除探头移动区域的飞溅、锈蚀、油垢等。
- b) 焊接接头外观及检测表面经检查合格后，方可进行检测。

5.3.3.2 探头的选择

一般应选用频率为 2.5MHz、K2 的斜探头。如有必要，也可选用其他参数的探头。

5.3.3.3 距离—波幅曲线的制作

距离—波幅曲线在对比试块上实测绘制，它主要由评定线、定量线和判废线组成。其基准反射体为 $\phi 2\text{mm}$ 横通孔。参见图 31 和表 26。

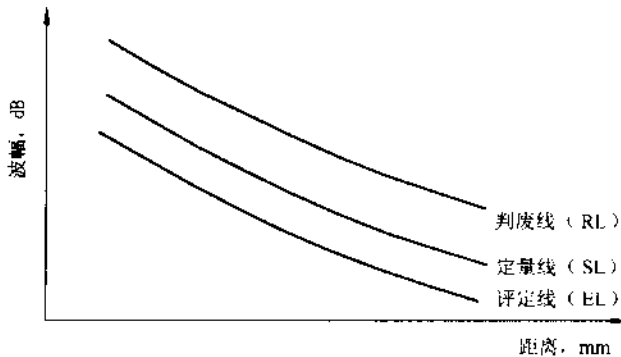


图 31 距离—波幅曲线

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/366200214110010110>