

JB

中华人民共和国行业标准

JB4730 . 3- × × × ×

代替 JB4730-1994

锅炉、压力容器及压力管道无损检测

第三部分：超声检测

Nondestructive testing of boilers, pressure vessels
and pressure pipelines --
Part 3 : Ultrasonic testing
(报批稿)



× × × × - × × - × × 发布

× × × × - × × - × × 实施

国家经济贸易委员会

发布

目 次

前言	
1 主题内容与适用范围.....	
2 规范性引用文件.....	
3 一般要求.....	
3.1 检测人员.....	
3.2 检测设备.....	
3.3 超声检测一般方法.....	
3.4 校准和复核.....	
3.5 试块.....	
4 锅炉、压力容器及压力管道用原材料和零部件的超声检测.....	
4.1 锅炉、压力容器用钢板超声检测.....	
4.2 锅炉、压力容器用钢锻件超声检测.....	
4.3 锅炉、压力容器用铝及铝合金板材和钛及钛合金板材超声检测.....	
4.4 锅炉、压力容器用复合钢板超声检测.....	
4.5 锅炉、压力容器及压力管道用无缝钢管超声检测.....	
4.6 锅炉、压力容器及压力管道用钢螺栓件超声检测.....	
4.7 锅炉、压力容器用奥氏体钢锻件超声检测.....	
5 锅炉、压力容器焊缝超声检测.....	
5.1 钢制锅炉、压力容器对接焊缝超声检测.....	
5.2 不锈钢堆焊层超声检测.....	
5.3 铝及铝合金制压力容器对接焊缝超声检测.....	
6 压力管道对接环焊缝超声检测.....	
6.1 钢制压力管道对接环焊缝超声检测.....	
6.2 铝及铝合金制压力管道对接环焊缝超声检测.....	
7 锅炉、压力容器和压力管道厚度的超声测定.....	
7.1 测定范围.....	
7.2 几种主要材料的声速范围.....	
7.3 仪器及探头.....	
7.4 校正试块.....	
7.5 耦合剂.....	
7.6 仪器校正.....	
7.7 测定准备.....	
7.8 测定方法.....	
7.9 测定值异常时的处理.....	
8 在用锅炉、压力容器及压力管道超声检测.....	
8.1 适用范围.....	
8.2 在用锅炉、压力容器及压力管道原材料、零部件超声检测.....	
8.3 在用锅炉、压力容器对接焊缝超声检测.....	
8.4 在用压力管道对接环焊缝超声检测.....	
8.5 在用锅炉、压力容器及压力管道厚度测定.....	
9 超声检测报告及验收标记.....	
9.1 超声检测报告.....	

9.2 验收标记.....

附录 A 双晶直探头性能要求(规范性附录).....

附录 B 锅炉、压力容器用钢板横波检测(规范性附录).....

附录 C 锅炉、压力容器用钢锻件横波检测(规范性附录).....

附录 D 锅炉、压力容器及压力管道用高压无缝钢管轴向横波检测(规范性附录).....

附录 E 锅炉、压力容器用奥氏体钢锻件斜探头检测(规范性附录).....

附录 F 声能传输损耗差的测定(规范性附录).....

附录 G 6~8mm 钢制锅炉、压力容器对接焊缝超声检测(规范性附录).....

附录 H 回波动态波形(规范性附录).....

附录 I 缺陷测高方法(一) 采用端点衍射波法测定缺陷自身高度(规范性附录).....

附录 J 缺陷测高方法(二) 采用端部最大回波法测定缺陷自身高度(规范性附录).....

附录 K 缺陷测高方法(三) 采用 6dB 法测定缺陷自身高度(规范性附录).....

附录 L 缺陷类型识别和定性(规范性附录).....

附录 M 钛及钛合金制压力容器对接焊缝超声检测(资料性附录).....

附录 N 奥氏体不锈钢对接焊缝超声波检测(资料性附录).....

附录 O 串列式检测方法(资料性附录).....

附录 P 线聚焦系列探头应用范围(资料性附录).....

中国探伤设备网提供技术支持
电话: 010-82376306
<http://www.ndtest.com.cn>

前 言

JB4730.1~6《锅炉、压力容器及压力管道无损检测》标准规定了锅炉、压力容器及压力管道的无损检测方法以及检测结果的质量分级,至于何种情况采用何种无损检测方法以及确定哪一质量等级为合格,则要分别遵循相关法规及产品标准的有关规定。

JB4730.1~6《锅炉、压力容器及压力管道无损检测》标准共分为6个部分:

- 第一部分:通用要求
- 第二部分:射线检测
- 第三部分:超声检测
- 第四部分:磁粉检测
- 第五部分:渗透检测
- 第六部分:涡流检测

本部分为JB4730标准的第三部分—超声检测,主要参照ASME《锅炉压力容器规范》第 分篇和JIS标准的有关要求并结合国内的实际情况制定。与JB4730-94标准相比,有如下几点变化:

增加了双相钢钢板的超声检测;铝及铝合金和钛及钛合金板材的超声检测;钢制锅炉、压力容器焊缝超声检测的检测等级;T型焊缝超声检测;以及奥氏体不锈钢对接焊缝超声检测内容;

增加了壁厚 4mm,外径为 32~159mm或壁厚 4~6mm,外径 159mm的钢制压力管道环焊缝超声检测;壁厚 5mm,外径 100mm的铝及铝合金管环焊缝超声检测内容;

对如下主要内容进行了修改:统一轧制和爆炸复合板超声检测内容;钢焊缝超声检测范围扩大至 6~400mm;对接焊缝超声检测试块进行局部调整;

在国内首次增加了在用锅炉、压力容器及压力管道超声检测内容。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会提出。

本标准由国家经济贸易委员会批准。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会制造分会归口。

本标准负责起草单位:

本标准主要起草人:

标准工作组人员:

锅炉、压力容器及压力管道无损检测

第三部分：超声检测

Nondestructive testing of boilers, pressure vessels and pressure pipelines -- Part 3 : Ultrasonic testing

1 主题内容与适用范围

本标准规定了采用 A 型脉冲反射式超声探伤仪检测工件缺陷的超声检测方法 ,以及进行产品质量等级分类的全过程。

检测范围包括金属材料制锅炉、压力容器及压力管道原材料、零部件和设备制造安装时的超声检测及测厚,也适用于金属材料制在用锅炉、压力容器及压力管道的超声检测。

与锅炉、压力容器及压力管道有关的支承件和结构件如有要求,也可参照本标准进行检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过在本标准中引用而成为本标准的条款。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标准,然而,鼓励根据本标准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标准。

- JB/T 7913-95 超声波检测用钢制对比试块的制作与校验方法
- JB/T 9214 A 型脉冲反射式超声波探伤系统工作性能测试方法
- JB/T 10061 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件
- JB/T 10062 超声探伤用探头性能测试方法
- JB/T 10063 超声探伤用 1 号标准试块技术条件
- ZBY 344 超声探伤用探头型号命名方法

3 一般要求

3.1 检测人员

3.1.1 凡从事锅炉、压力容器及压力管道原材料、零部件和焊缝超声检测的人员,都必须经过技术培训,掌握了解必要的设计、材料、制造和检测方面的基本知识。并按照国家质量监督检验检疫总局锅炉局文件“锅炉压力容器压力管道特种设备无损检测人员资格考核规则”的要求进行考核鉴定。并按照原劳动部文件“锅炉压力容器无损检测人员资格考核规则”的要求经过考核取得超声检测技术资格。

3.1.2 取得超声检测方法各技术等级的人员,只能从事与该技术等级相应的无损检测工作,并负相应的技术责任。

3.1.3 凡从事锅炉、压力容器及压力管道超声检测工作的人员,除具有良好的身体素质外,视力必须满足下列要求:校正视力不得低于 1.0,并一年检查一次。

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 0.5 ~ 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 2dB，其精度为任意相邻 12dB 误差在 ± 1 dB 以内，最大累计误差不超过 1dB。水平线性误差 1%，垂直线性误差 5%。其余指标应符合 JB/T10061 的规定。

3.2.2.2 探头

3.2.2.2.1 探头应按 ZBY344 标准的规定作出标志。

3.2.2.2.2 晶片有效面积一般不应 $> 500\text{mm}^2$ ，且任一边长不应 $> 25\text{mm}$ 。

3.2.2.2.3 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 $\geq 10\text{dB}$ 。

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

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，其宽度 10mm；对于频率为 2.5MHz 的探头，其宽度 15mm。

3.2.2.3.4 直探头的远场分辨力应 $\geq 30\text{dB}$ ，斜探头的远场分辨力应 $\geq 6\text{dB}$ 。

3.2.2.3.5 仪器和探头的系统性能应按 JB/T9214 和 JB/T10062 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 锅炉、压力容器及压力管道制造安装和在用超声检测中，检测时机及抽检率的选择等应按法规、产品标准及有关技术文件的要求和原则进行。

3.3.1.2 检测面和检测范围的确定原则上应保证检查到工件被检部分的整个体积范围。对于板材、锻件、管材、螺栓件等，应检查到整个工件区域。而对熔接焊缝来说，则应检测到整条焊缝、熔合线和热影响区。

3.3.1.3 焊缝的表面质量（包括焊缝余高）应经外观检查合格。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，否则应做适当的修理。

3.3.2 检测覆盖率

为确保检测超声声束能尽量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

应采用机油、浆糊、甘油和水等透声性好，且不损伤检测表面的耦合剂。

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

对探测面是曲面的工件，应采用曲率半径与工件相同或相近的参考试块，利用对比进行曲率补偿。

3.4 校准和复核

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

3.4.1 仪器校准

在仪器开始使用时，应对仪器的水平线性和垂直线性等指标进行测定，测定方法按 JB/T10061 的规定进行。在使用过程中，每隔三个月至少应对仪器的水平线性和垂直线性进行一次测定。

3.4.2 探头测定

新购探头须有探头性能参数说明书，新探头使用前至少应进行前沿距离、K 值、主声束偏离、灵敏度余量和分辨力等的测定。测定方法应按 JB/T10062 的有关规定进行，并满足其要求。

3.4.2.1 斜探头测定

使用过程中，每个工作日均应测定前沿距离、K 值和主声束偏离。

3.4.2.2 直探头测定

直探头的始脉冲宽度、灵敏度余量和分辨力应每隔三个月测定一次。

3.4.3 仪器和探头系统的复核

3.4.3.1 复核时机

每次检测前均应对扫查灵敏度进行复核，遇有下述情况应对其进行重新核查：

- 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。

3.4.3.2 扫描量程的复核

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%，则对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。

3.4.3.3 扫查灵敏度的复核

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。

3.4.4 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 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 > 2mm 平底孔当量直径的缺陷。

3.5.2 校准用反射体可采用长横孔、短横孔、横通孔、平底孔、线切割槽和 V 型槽等。校准时，探头主声束应与反射体的反射面相垂直。

3.5.3 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进行检测时，试块的厚度应由其平均厚度来确定。

3.5.4 试块的制造要求应符合 JB/T10063 和 JB/T7913 的规定。

3.5.5 现场检测时，也可以采用其它型式的等效试块。

4 锅炉、压力容器及压力管道用原材料、零部件的超声检测

4.1 锅炉、压力容器用钢板超声检测

4.1.1 适用范围

本条适用于板厚为 6 ~ 250mm 的碳素钢、低合金钢、不锈钢、镍及镍基合金锅炉、压力容器用板材

的超声检测和质量等级评定。250mm 以上的碳素钢、低合金钢、不锈钢、镍及镍基合金锅炉、压力容器用板材的超声检测和质量等级评定可参照本条执行。

奥氏体钢板材以及双相不锈钢板材的超声检测也可参照本条执行。

4.1.2 探头选用

4.1.2.1 探头的选用应按表 1 的规定进行。

表 1 锅炉、压力容器用板材超声检测探头选用

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

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 用双晶直探头检测壁厚 20mm 的钢板时，采用的标准试块如图 1 所示。

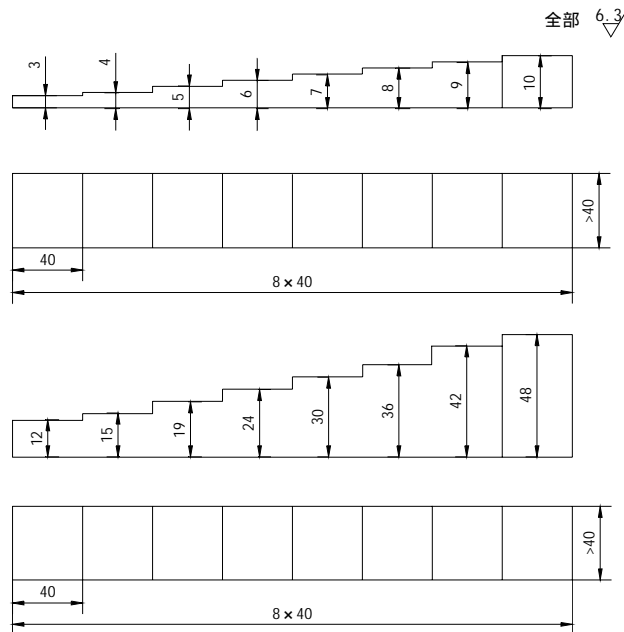


图 1 板厚 20mm 双晶直探头检测用试块

4.1.3.2 用单直探头检测板厚 > 20mm 的钢板时，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。

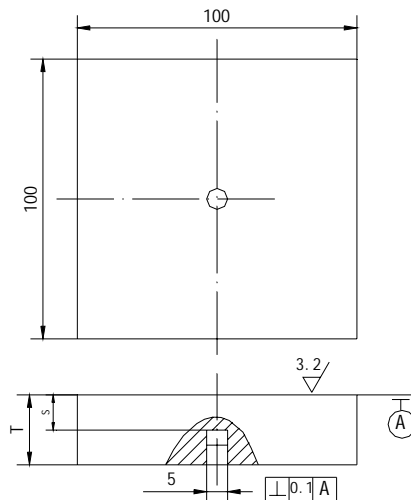


图2 板厚 > 20mm 单直探头检测用试块

表2 单直探头标准试块

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
1	>20 ~ 40	15	20
2	>40 ~ 60	30	40
3	>60 ~ 100	50	65
4	>100 ~ 160	90	110
5	>160 ~ 200	140	170
6	>200 ~ 250	190	220

4.1.4 基准灵敏度

4.1.4.1 板厚 20mm 时，用图 1 所示的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 > 20mm 时，应将图 2 和表 2 所示的试块 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 板厚大于等于探头的三倍近场区时，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 条的要求相一致。

4.1.4.4 板厚大于 250mm 的碳素钢、低合金钢、不锈钢、镍及镍基合金锅炉、压力容器用板材，应采用一组对应厚度的 5 平底孔试块制作的距离—波幅曲线作为基准灵敏度。

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

a) 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，扫查示意图如图 3；

b) 根据合同、技术协议书或图样的要求，也可采用其它形式的扫查。

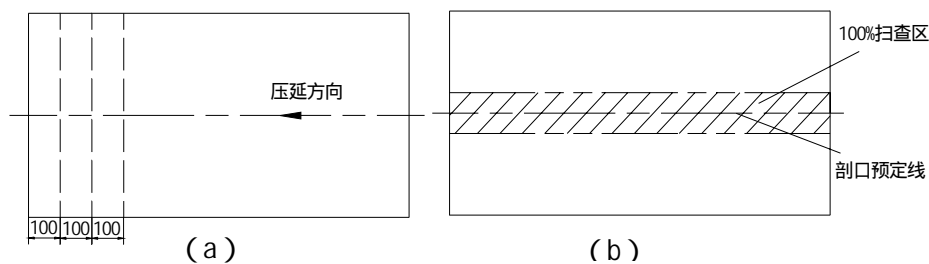


图3 探头扫查示意图

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者即作为缺陷：

- 缺陷第一次反射波 (F_1) 波高大于或等于满刻度的 50%，即 $F_1 \geq 50\%$ 者；
- 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 $F_1/B_1 \geq 50\%$ 者；
- 底面第一次反射波 (B_1) 波高低于满刻度的 50%，即 $B_1 < 50\%$ 者。

4.1.6.2 缺陷的边界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或指示长度时，探头的移动方向应与探头的声波分割面相垂直，

并使缺陷波下降到检测灵敏度条件下荧光屏满刻度的 25%或使缺陷第一次反射波高与底面第一次反射波高之比为 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佳；

c) 用单直探头确定缺陷的边界或指示长度时，移动探头使缺陷波第一次反射波高下降到检测灵敏度条件下荧光屏满刻度的 25%或使缺陷第一次反射波与底面第一次反射波高之比为 50%。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佳；

d) 确定 4.1.6.1c 条缺陷的边界或指示长度时，移动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；

e) 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，检测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 < 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 < 100mm 或间距 < 相邻小缺陷的指示长度（取其较大值）时，以各块缺陷面积之和作为单个缺陷指示面积。

4.1.7.3 缺陷面积占有率的评定规则

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 钢板质量等级评定

4.1.8.1 钢板质量等级评定见表 3。

表 3 钢板质量等级评定

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)
	< 100	< 25	3	< 9
	< 100	< 100	5	< 15
	< 120	< 100	10	< 25
	< 150	< 150	15	< 30
超 过 级 者				

注：级钢板主要用于与锅炉、压力容器及压力管道有关的支承件和结构件的制造安装。

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 50mm 时，则应评为 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 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 钢板横波检测见附录 B（规范性附录）

4.2 锅炉、压力容器用钢锻件超声检测

4.2.1 适用范围

本条适用于锅炉、压力容器用碳钢和低合金钢锻件的超声检测和质量等级评定。

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 < 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 2.5MHz，探头晶片为 25mm。

4.2.3 标准试块

应符合 3.5 条的规定。

4.2.3.1 单直探头标准试块

应采用 CS₁和 CS₂试块。也可自行加工，其形状和尺寸应按图 4 和表 4 的规定。

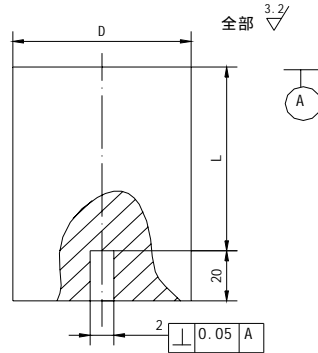


图 4 直探头标准试块

表 4 单直探头采用的标准试块尺寸

	mm			
L	50	100	150	200
D	50	60	80	80

4.2.3.2 双晶直探头标准试块

- 工件检测距离 < 45mm 时，应采用 CS₃ 标准试块。
- CS₃ 标准试块的形状和尺寸按图 5 和表 5 的规定。

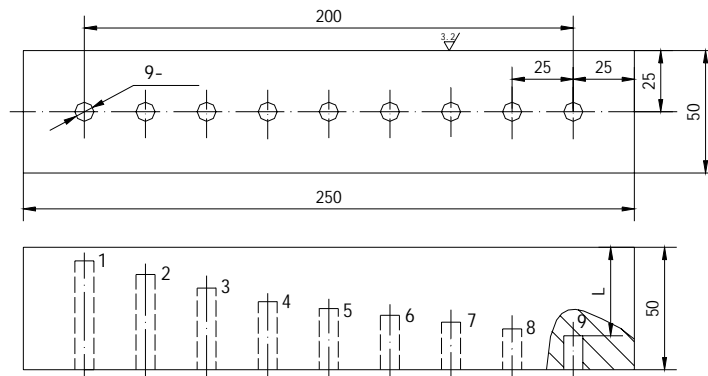


图 5 CS₃ 标准试块

表 5 双晶直探头标准试块尺寸

序号	mm		
	2	3	4
	检测距离 L		
1	5		
2	10		
3	15		
4	20		
5	25		
6	30		
7	35		
8	40		
9	45		

4.2.3.3 检测面是曲面时，应采用 CS₄ 对比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。

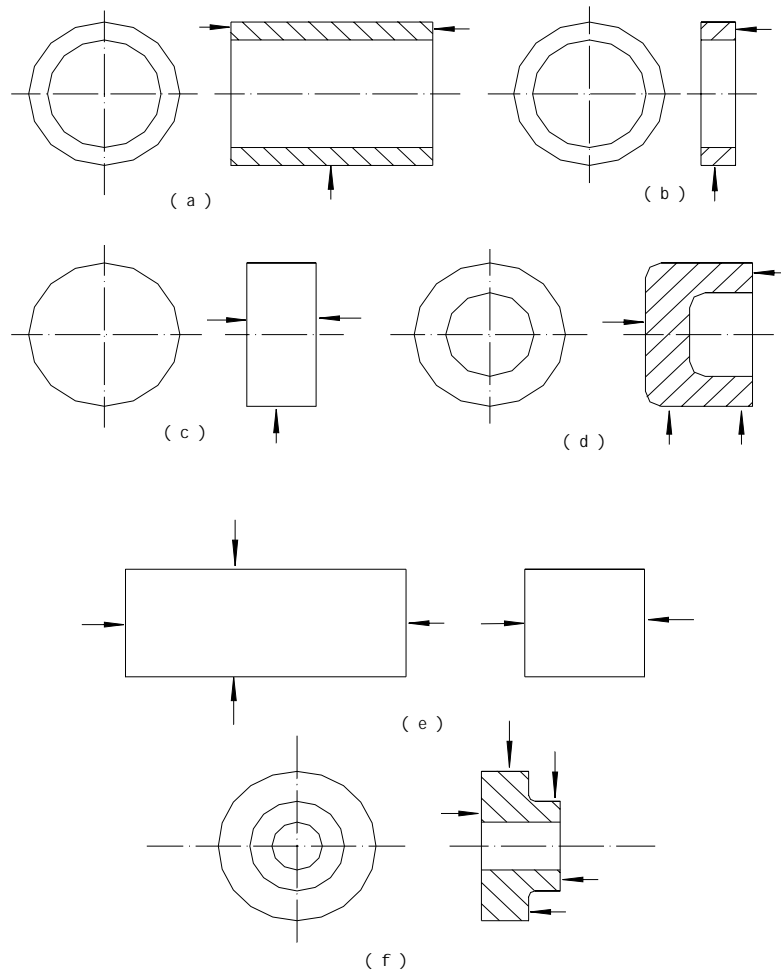
R为工件曲率半

3.2

图 6 CS₄曲面对比试块

4.2.4 检测时机

原则上应安排在热处理后，机加工前进行检测。若热处理后锻件形状不适合超声检测也可在热处理前进行，但在热处理后仍应对锻件进行尽可能完全的检测。检测面的表面粗糙度 Ra ≤ 6.3 μm。



注 1： 为必须检测方向； 为参考检测方向。

图 7 检测方向(垂直检测法)

4.2.5 检测方法

锻件一般应进行纵波检测。对筒形和环形锻件还应进行横波检测，但扫查部位和验收标准由合同双方商定。

4.2.5.1 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。其它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。

4.2.5.2 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等于探头的三倍近场区长度,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三倍近场区时,可直接采用试块法确定基准灵敏度。

4.2.6.2 双晶直探头基准灵敏度的确定

使用 CS₃ 试块,依次测试一组不同检测距离的 3 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 2mm 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(B₁)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(B₂)为满刻度的 50%,两次衰减器读数之差即为(B₁-B₂)的 dB 差值。

4.2.7.2 衰减系数的计算公式(T < 3N,且满足 n > 3N/T, m = 2n)

$$= [(B_1 - B_2) - 6 \text{ dB}] / 2(m - n) T \dots\dots\dots (1)$$

式中:

——衰减系数, dB/m (单程);

(B₁-B₂)——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 衰减系数的计算公式(T > 3N)

$$= [(B_1 - B_2) - 6 \text{ dB}] / 2T \dots\dots\dots (2)$$

式中各符号意义同(1)的规定。

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等于探头的三倍近场区时,采用 AVG 曲线及算法确定缺陷当量。对于三倍近场区内的缺陷,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。也可采用其它等效方法来确定。

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 4mm 的单个缺陷的波幅和位置。

4.2.9.2 密集性缺陷:记录密集性缺陷中最大当量缺陷的位置和分布。饼形锻件应记录 4mm 当量直径的缺陷密集区,其它锻件应记录 3mm 当量直径的缺陷密集区。缺陷密集区面积以 50mm × 50mm 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 7 要求记录。

4.2.9.4 衰减系数:若合同双方有规定时,应记录衰减系数。

4.2.10 质量等级评定

4.2.10.1 单个缺陷的质量等级评定见表 6。

4.2.10.2 缺陷引起底波降低量的质量等级评定见表 7。

表 6 单个缺陷的质量等级评定

等级					mm
缺陷当量直径	4	4+ (>0~8dB)	4+ (>8~12dB)	4+ (>12~16dB)	> 4+16dB

表 7 由缺陷引起底波降低量的质量等级评定

等级						dB
底波降低量	BG/BF	8	>8~14	>14~20	>20~26	>26

注：本表仅适用于声程大于一倍近场区的缺陷。

4.2.10.3 缺陷密集区质量等级评定见表 8。

表 8 密集区缺陷的质量等级评定

等级					
密集区缺陷占检测总面积的百分比%	0	>0~5	>5~10	>10~20	>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 如果工件的材质衰减对检测效果有较大的影响，应重新进行热处理。

4.2.10.6 如果检测人员判定为危害性缺陷时，可以不受上述条文的限制。

4.2.10.7 锻件修补后，应按本标准的要求进行检测和评定。

4.3 锅炉、压力容器用铝及铝合金板材和钛及钛合金板材超声检测

4.3.1 适用范围

本条适用于厚度为 6mm 以上的锅炉、压力容器铝及铝合金板材和钛及钛合金板材的超声检测和质量等级评定。

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 采用纵波脉冲反射法，探头在板材表面按 40mm 的间距垂直于轧制方向进行扫查，如图 6 所示。

4.3.3.2 在焊缝坡口位置两侧各 50mm 的范围内应进行 100% 的检测。

4.3.3.3 根据合同、技术协议书或图样的要求，也可采用其它形式的扫查。

4.3.3.4 检测面

检测面原则上为轧制表面，但应平整不影响检测结果。

4.3.3.5 检测面的选择

根据声阻抗、表面状态决定从板材某一侧进行检测。

4.3.3.6 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，发现下列两种情况之一者即作为缺陷处理：

a) 缺陷第一次反射波（ F_1 ）波高大于或等于满刻度的 40%，且底面第一次反射波（ B_1 ）波高低于满刻度的 40%，即 $F_1/B_1 > 100\%$ 者。

b) 当底面第一次反射波（ B_1 ）波高低于满刻度的 5%，即 $B_1 < 5\%$ 者。

4.3.5.2 缺陷的边界或指示长度的测定方法

a) 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；

b) 用双晶直探头确定缺陷的边界或指示长度时，探头的移动方向应与探头的声波分割面相垂直，并使缺陷波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高与底面第一次反射

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；

c) 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高与底面第一次反射波高之比为 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；

d) 确定底波降低缺陷的边界或指示长度时，移动探头，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规则

a) 一个缺陷按其指示的最大长度作为该缺陷的指示长度；

b) 两个缺陷其相邻间距小于相邻小缺陷的指示长度（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规则

a) 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；

b) 多个缺陷其相邻间距 < 相邻小缺陷的指示长度（取其较大值）时，其各块缺陷面积之和作为单个缺陷指示面积。

4.3.7 板材质量等级评定

4.3.7.1 板材质量等级评定见表 9。

表 9 板材质量等级评定

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 ）
	< 25	< 6	< 4
	< 50	< 20	< 9
	< 75	< 50	< 25
	缺陷大于 级者		

4.3.7.2 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 25mm 时，则应评为 级。

4.3.7.3 在检测过程中，检测人员如确认板材中有裂纹等危害性缺陷存在时，应评为 级。

4.3.8 验收要求

板材的判废标准应按相应的技术文件规定。

4.3.9 结果评定

根据板材的检测结果进行等级评定，不合格的板材可进行处理或修复。修复后仍按本条的规定进行检测和评定等级。

4.4 锅炉、压力容器用复合板超声检测

4.4.1 适用范围

本条适用于基板厚度 6mm 的锅炉、压力容器用不锈钢、钛及钛合金、铝及铝合金、镍及镍基合金复合板的超声检测和质量等级评定。基板通常采用碳钢或低合金钢板。

本条主要用于复合板复合面未结合的超声检测。

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 耦合方式

耦合方式可采用直接接触法或液浸法。

4.4.4 检测面

一般从基板侧表面进行检测。

4.4.5 扫查方式

4.4.5.1 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。根据合同、技术协议书或图样的要求，也可采用其它形式的扫查。

4.4.5.2 在坡口预定线两侧各 50mm 内应作 100%扫查。

4.4.6 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。

4.4.7 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（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。

4.4.8 未结合缺陷的评定方法

4.4.8.1 缺陷指示长度的评定规则

一个缺陷按其指示的最大长度作为该缺陷的指示长度。

4.4.8.2 缺陷面积的评定规则

多个相邻的未结合区，当其最小间距 25mm 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积。

4.4.8.3 未结合率的评定规则

在任一 1mm×1mm 检测面积内，按未结合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。

4.4.9 质量等级评定

4.4.9.1 复合钢板质量等级评定按表 10 的规定。

4.4.9.2 在坡口的预定线两侧各 50mm（当板厚大于 100mm 时，以板厚的一半为准）的范围内，缺陷的指示长度 25mm 时，定级为 级。

表 10 复合钢板质量等级评定

等级	缺陷指示长度 mm	未结合区面积 cm ²	未结合率
	0	0	0
	50	20	2%
	75	50	5%
	大于 级者		

4.5 锅炉、压力容器及压力管道用无缝钢管超声检测

4.5.1 适用范围

本条适用于外径为 12~660mm、壁厚 2mm 的锅炉、压力容器及压力管道用碳钢和低合金无缝钢管或外径为 12~400mm、壁厚为 2~35mm 的奥氏体不锈钢无缝钢管的超声检测和质量等级评定。

本条不适用于分层缺陷的超声检测，也不适用于内、外径之比 < 80% 的钢管周向横波检测。

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。对比试样不得有 2mm 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。

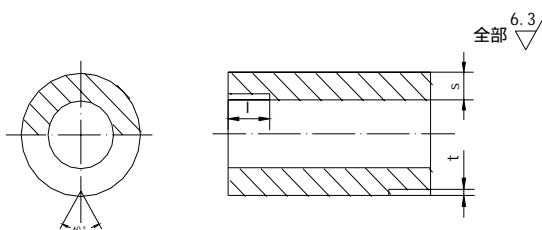


图 8 对比试样

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。

表 11 对比试样上人工缺陷尺寸

级别	长度 mm	深度 t 占壁厚的百分比%
	40	5 (0.2mm t 1mm)
	40	8 (0.2mm t 3mm)
	40	10 (0.2mm t 3mm)

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 (如图9所示)。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 (如图10所示)。

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。

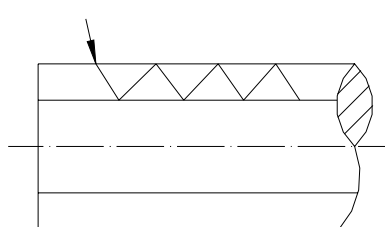
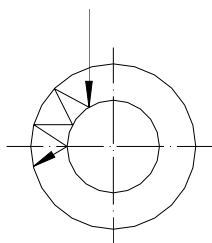


图 9 管壁内声束的周向传播 图 10 管壁内声束的轴向传播

4.5.4 检测设备

4.5.4.1 检测设备由超声波探伤仪、探头、机械传动装置和其它必要的辅助装置组成。检测频率为 2.5~5MHz。

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 25mm。

4.5.5 灵敏度的确定

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

4.5.5.2 液浸法检测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的技术文件规定。

4.5.7 结果评定

若缺陷回波幅度 相应的对比试块人工缺陷回波时，则判为不合格。不合格品允许重新处理，处理后仍按本标准进行超声检测和质量等级评定。

4.6 锅炉、压力容器及压力管道用钢螺栓件的超声检测

4.6.1 适用范围和一般要求

本条适用于对直径 > M50 的锅炉、压力容器及压力管道用钢螺栓件进行超声检测和质量等级评定。
本条不适用于奥氏体钢螺栓件的超声检测。

4.6.2 探头

采用 2.5 ~ 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 条的规定。

4.6.4 检测方法

锅炉、压力容器螺栓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 6.3 μm。

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，扫查面应能包括整个圆柱表面。

4.6.4.2 纵波轴向探测

应从螺栓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 4.2.6.1 条的规定。

4.6.5.2 扫查灵敏度一般不得低于最大探测距离处的 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 条的规定。

4.6.7 缺陷记录

4.6.7.1 记录当量直径 > 2mm 的单个缺陷的波幅和位置。

5.6.7.2 根据表 13 的要求，记录底波降低量。

4.6.8 质量等级评定

4.6.8.1 单个缺陷的质量等级评定见表 12。

4.6.8.2 由缺陷引起底波降低量的质量等级评定见表 13。

表 12 单个缺陷的质量等级评定

mm

等级					
缺陷当量直径	2	3	4	5	> 5

表 13 由缺陷引起底波降低量的质量等级评定

dB

等级						
底波降低量	BG/BF	8	>8 ~ 14	>14 ~ 20	>20 ~ 26	>26

注：表 13 仅适用于声程大于一倍近场区的缺陷。

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 被检测人员判定为危害性的缺陷时，其等级评定不受上述条文的限制。

4.7 锅炉、压力容器用奥氏体钢锻件超声检测

4.7.1 适用范围

本条适用于锅炉、压力容器用奥氏体钢锻件的超声检测和质量等级评定。

4.7.2 仪器探头

4.7.2.1 探头的工作频率为 0.5 ~ 2MHz。

4.7.2.2 直探头的晶片直径为 14 ~ 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，必要时也可采用其它探头。

4.7.3 试块

4.7.3.1 对比试块应符合 3.5 条的规定。

4.7.3.2 对比试块的晶粒大小应与被测锻件大致相近。

4.7.3.3 应制备几套不同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。

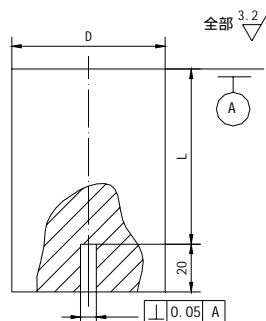


图 11 奥氏体钢锻件试块

表 14 奥氏体钢锻件试块尺寸

mm

3		6		10		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，经合同双方协议，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 $6.3 \mu\text{m}$ 。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 4.2.5.1 条的规定。

4.7.6 灵敏度的校正

4.7.6.1 当被检锻件厚度 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，并根据实测值做出距离一波幅曲线（定量线）；当被检锻件厚度 $> 600\text{mm}$ 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一波幅曲线（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 游动信号。

4.7.7.3 波幅幅度大于基准线高度 50%的缺陷信号。

4.7.8 质量等级评定

4.7.8.1 单直探头检测的质量等级评定见表 15。

4.7.8.2 斜探头检测的质量等级评定见表 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 单直探头检测的合格等级

检测工件的厚度	80	> 80 ~ 200	> 200 ~ 300	> 300 ~ 600	> 600
缺陷当量直径 () 或底波降低量 (%)	3	6	10	13	因缺陷引起的底波满刻度的 5%。

表 16 斜探头检测的质量等级评定

等级		
缺陷大小	V 形槽深为交货壁厚的 3%，最大为 3mm	V 形槽深为交货壁厚的 5%，最大为 6mm

5 锅炉、压力容器对接焊缝超声检测

5.1 钢制锅炉、压力容器对接焊缝超声检测

5.1.1 适用范围

本条规定了钢制锅炉、压力容器对接焊缝缺陷的超声检测和质量等级评定。

本条适用于母材厚度为 8 ~ 400mm 全焊透熔化焊对接焊缝的超声检测。6 ~ 8mm 全焊透熔化焊对接焊缝的超声检测应按照附录 G 的规定进行。锅炉、压力容器及压力管道有关的支承件和结构件以及螺旋焊缝的超声检测也可参照本条的规定进行。钛制压力容器对接焊缝超声检测参照附录 M（资料性附录）的规定进行，奥氏体不锈钢压力容器对接焊缝超声波检测参照附录 N（资料性附录）的规定进行。

本条不适用于铸钢及奥氏体钢焊缝，外径 < 159mm 的钢管对接焊缝，内径 200mm 的管座角焊缝的超声检测，也不适用于外径 < 250mm 或内、外径之比 < 80% 的纵向焊缝超声检测。

5.1.2 检测等级

5.1.2.1 检测级别的分类

本标准规定 A、B、C 三个检测级别。根据压力容器产品的重要程度进行选用，原则上 A 级检测适用于锅炉、压力容器及压力管道有关的支承件和结构件焊缝超声检测，B 级检测适用于一般锅炉、压力容器及压力管道对接焊缝超声检测，C 级检测适用于重要锅炉、压力容器及压力管道对接焊缝超声检测。

5.1.2.2 不同检测级别的检测要求

5.1.2.2.1 A 级检测仅适用于母材壁厚小于等于 46mm 的焊缝检测，可采用一种 K 值（K2.0 或 2.5）探头在焊缝的单面单侧进行检测。扫查方式可采用直射波法和一次反射法。一般不要求进行横向缺陷的检测。

5.1.2.2.2 B 级检测：检测纵向缺陷时，当母材厚度 ≤ 25mm，原则上采用一种 K 值（K2.0 或 K2.5）探头在焊缝的单面双侧进行检测；当母材厚度 > 25 ~ 46mm，原则上采用一种 K 值（K2.5、K2.0、K1.5）探头在焊缝的单面双侧进行检测，确有必要也可采用两种 K 值探头在焊缝的单面双侧进行检测；当母材厚度 > 46 ~ 100mm，原则上采用一种 K 值探头进行双面双侧检测（如受几何条件限制，也可在焊缝双面单侧或单面双侧采用两种 K 值探头进行检测）；当母材厚度 > 100mm，原则上采用两种 K 值（K2.5、K2.0、K1.5、K1.0）探头在焊缝的双面双侧进行检测。对于余高磨平的焊缝，可以在焊缝的单面双侧对整个焊缝进行直射波法检测。

为检测焊缝及热影响区的横向缺陷应进行斜平行扫查。检测时，可在焊缝两侧边缘使探头与焊缝中心线成 $10 \sim 20^\circ$ 作斜平行扫查，见图 12。

5.1.2.2.3 C 级检测：对焊缝两侧斜探头扫查经过区域的母材部位要用直探头进行检查。

检测纵向缺陷时，至少应采用两种 K 值 ($K2.5$ 、 $K2.0$ 、 $K1.5$ 、 $K1.0$) 探头在焊缝的单面双侧进行检测。当壁厚大于 40mm、且单侧坡口角度小于 5° 时，如有可能应尽量采用串列式检测。串列式检测方法可参见附录 0 (资料性附录)。对于余高磨平的焊缝，可以在焊缝的双面双侧对整个焊缝进行直射波法检测。

检测横向缺陷时，应将焊缝余高磨平，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。焊缝母材超过 100mm 时，应在焊缝的两面作平行扫查或者采用两种 K 值探头 ($K1$ 和 $K1.5$ 或 $K1$ 和 $K2$ 并用) 作单面两个方向的平行扫查；必要时亦可用两个 $K1$ 探头作串列扫查，见图 13。

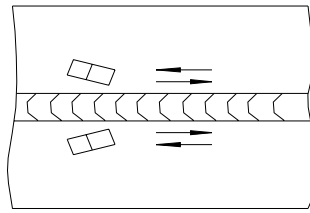


图 12 斜平行扫查

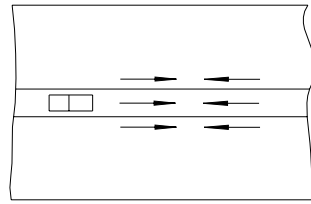


图 13 平行扫查

5.1.3 试块

5.1.3.1 试块制作应符合 3.5 条的规定

5.1.3.2 采用的标准试块为 CSK- A、CSK- A、CSK- A、CSK- A。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。

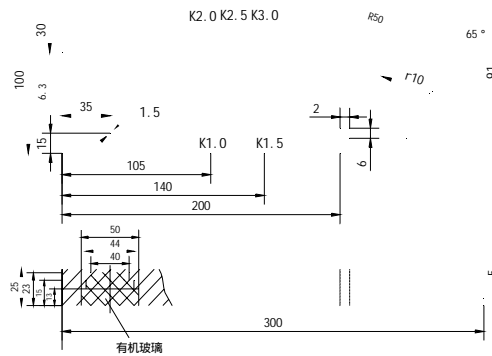
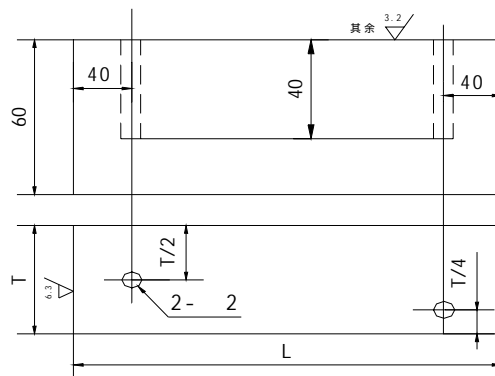


图 14 CSK- A 试块



L——试块长度，由使用的声程确定

图 15 CSK- A 试块

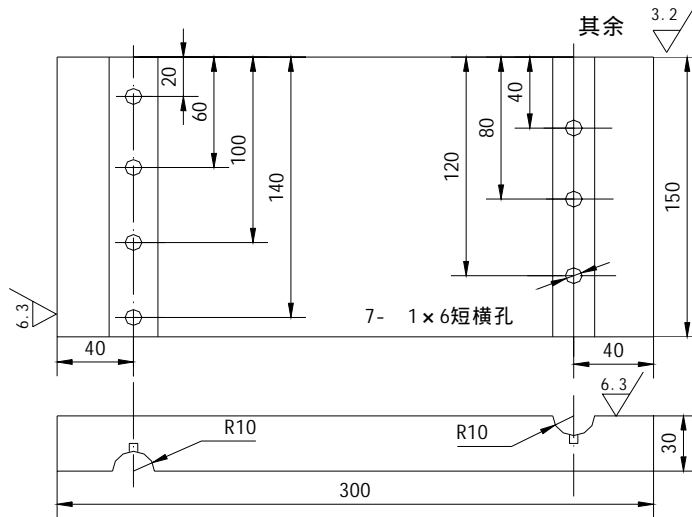
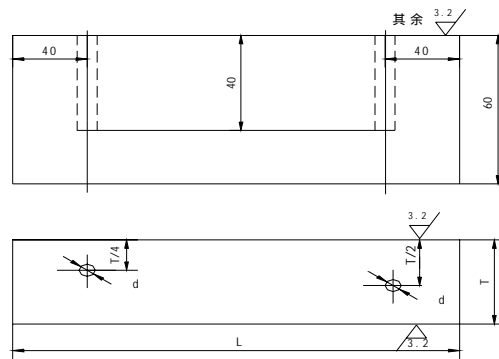


图 16 CSK- A 试块



L——试块长度，由使用的声程确定

图 17 CSK- A 试块

表 17 CSK- A 试块尺寸

mm

CSK-	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 ~ 150	135	T/4、T/2	6.4 (1/4 in)
No. 2	> 150 ~ 200	175	T/4、T/2	7.9 (5/16 in)
No. 3	> 200 ~ 250	225	T/4、T/2	9.5 (3/8 in)
No. 4	> 250 ~ 300	275	T/4、T/2	11.1 (7/16 in)
No. 5	> 300 ~ 350	325	T/4、T/2	12.7 (1/2 in)
No. 6	> 350 ~ 400	375	T/4、T/2	14.3 (9/16 in)

5.1.3.3 CSK- A、CSK- A 和 CSK- A 试块适用壁厚范围为 6 ~ 120mm 的焊缝，CSK- A 和 CSK- A 系列试块适用壁厚范围 > 120 ~ 400mm 的焊缝。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，也可采用其它型式的等效试块。

5.1.3.4 检测曲面工件时，如检测面曲率半径 $R \geq W^2/4$ 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对比试块确定。试块宽度 b 一般应满足：

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

式中：

b ——试块宽度，mm；

λ ——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

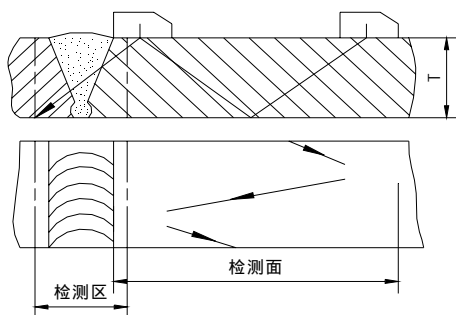


图 18 检测区

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 10 mm，见图 18。

b) 探头移动区应清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其它杂质。检测表面应平整，便于探头的扫查，其表面粗糙度 R_a 应 $6.3 \mu\text{m}$ ，一般应进行打磨。

(1) 采用一次反射法或串列式扫查检测时，探头移动区 $1.25P$ ：

$$P=2TK \dots\dots\dots(4)$$

或

$$P=2Ttg \dots\dots\dots(5)$$

式中：

P ——跨距，mm；

T ——母材厚度，mm；

K ——探头 K 值；

——探头折射角，(°)。

(2) 采用直射法检测时，探头移动区应 $0.75P$ 。

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)

a. 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
8 ~ 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 ($60^\circ \sim 45^\circ$)

b 串列式扫查,推荐选用两个 $K1$ 探头,探头实际折射角相差 2° ,两探头前沿长度相差应 $< 2\text{mm}$ 。

5.1.4.3 检测频率

检测频率一般为 2 ~ 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。该项检测仅作参考，不属于对母材的验收检测。母材检测的要点如下：

a) 检测方法：接触式脉冲反射法，采用频率 2 ~ 5MHz 的直探头，晶片直径 10 ~ 25mm；

- b) 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%；
- c) 凡缺陷信号幅度超过荧光屏满刻度 20%的部位，应在工件表面作出标记，并予以记录。

5.1.5 距离一波幅曲线的绘制

5.1.5.1 距离一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。如果距离一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%。

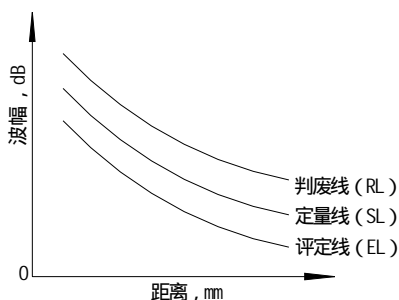


图 19 距离——波幅曲线

5.1.5.2 距离一波幅曲线的灵敏度选择

- a) 壁厚为 6 ~ 120mm 的焊缝，其距离一波幅曲线灵敏度按表 19 的规定；

表 19 距离一波幅曲线的灵敏度

试块型式	板厚 mm	评定线	定量线	判废线
CSK- A	6 ~ 46	2 × 40-18dB	2 × 40-12dB	2 × 40-4dB
	> 46 ~ 120	2 × 40-14dB	2 × 40-8dB	2 × 40+2dB
CSK- A	8 ~ 15	1 × 6-12dB	1 × 6-6dB	1 × 6+2dB
	> 15 ~ 46	1 × 6-9dB	1 × 6-3dB	1 × 6+5dB
	> 46 ~ 120	1 × 6-6dB	1 × 6	1 × 6+10dB

- b) 壁厚 > 120 ~ 400mm 的焊缝，其距离一波幅曲线灵敏度按表 20 的规定；

表 20 距离一波幅曲线的灵敏度

试块型式	板厚 mm	评定线	定量线	判废线
CSK- A	> 120 ~ 400	d-16dB	d-10dB	d

注：d 为横孔直径，见表 17。

- c) 管座角焊缝和 T 型接头焊缝超声检测时，直探头的距离一波幅曲线灵敏度按表 21 的规定。距离一波幅曲线的制作可在 CS2 试块上进行，详见 4.2.5；

表 21 直探头距离一波幅曲线的灵敏度

评定线	定量线	判废线
2mm 平底孔	3mm 平底孔	6mm 平底孔

- d) 检测横向缺陷时，应将各线灵敏度均提高 6dB；
- e) 检测面曲率半径 $R \geq W^2/4$ 时，距离一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；
- f) 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 2dB 时可不进行补偿；
- g) 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 平板对接焊缝的超声检测

- 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缝截面，在保持探头垂直焊缝作前后移动的同时，还应作 10 ~ 15° 的左右转动。不同检测等级对纵向缺陷的检测要求见 5.1.2.2 条。

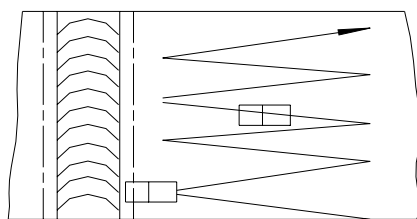


图 20 锯齿型扫查

- b) 不同检测等级对横向缺陷的检测要求见 5.1.2.2 条。
- c) 对电渣焊缝还应增加与焊缝中心线成 45° 的斜向扫查。
- d) 为确定缺陷的位置、方向和形状，观察缺陷动态波形和区分缺陷信号或伪缺陷信号，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。

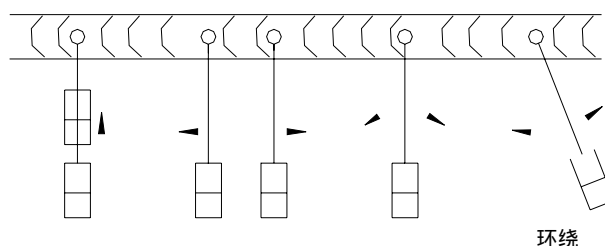


图 21 四种基本扫查方法

5.1.6.2 曲面工件（曲率半径 500mm）对接焊缝的超声检测

- a) 检测面为曲面时，可尽量按平板对接焊缝的检测方法进行检验。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 $< 10\%$ 。
 - (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缝。
 - (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 $0.9 \sim 1.5$ 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缝结构中的主要缺陷。

b) 检测方式

根据焊缝结构形式，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。

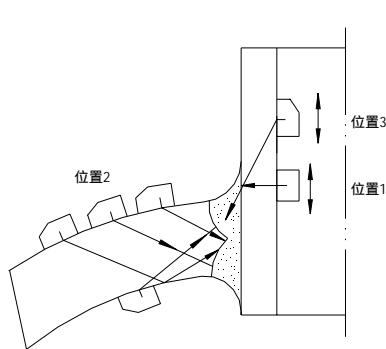


图 22 插入式管座角焊缝

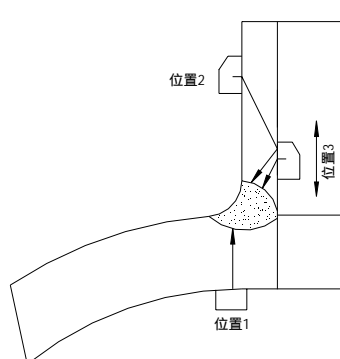


图 23 安放式管座角焊缝

- (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。

c) 管座角焊缝以直探头检测为主，探头频率、尺寸应按 5.1.4 条的规定执行，检测灵敏度应按 5.1.5 条的规定执行。对直探头扫查不到的区域，必要时应增加斜探头检测的内容。斜探头检测探头频率、尺寸应按 5.1.4 条的规定执行。检测灵敏度应按 5.1.5 条的规定执行。检测方法应按 5.1.6 条的规定执行

5.1.6.4 T 型接头焊缝的超声检测

a) 适用范围

本条主要适用于 6~50mm 锅炉、压力容器全焊透 T 型接头焊缝的超声检测。其他用途的全焊透 T 型接头焊缝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焊缝结构中的主要缺陷。

c) 检测方式

根据焊缝结构形式，T 型接头焊缝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。

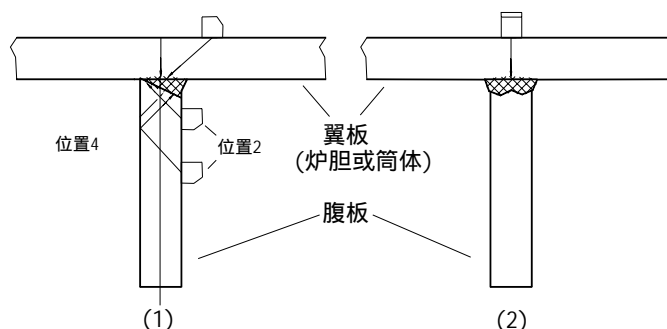


图 24 T 型接头焊缝 (型式)

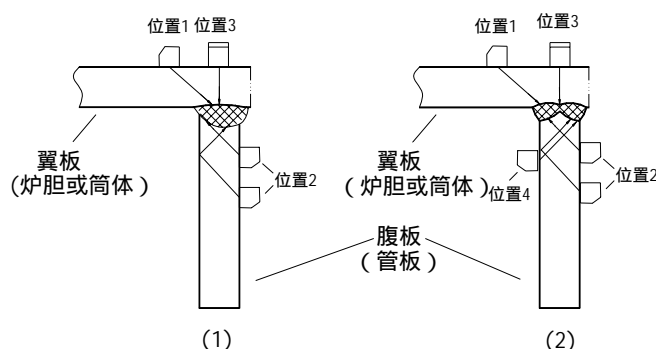


图 25 T 型接头焊缝 (型式)

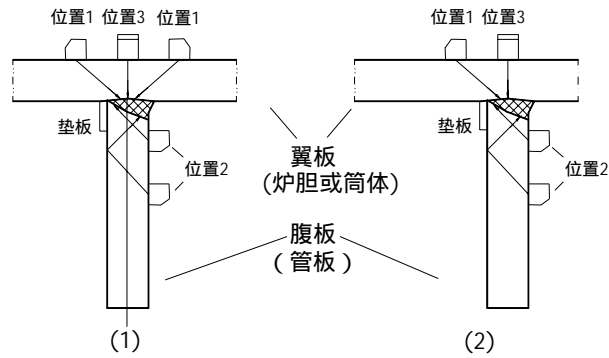


图 26 T 型接头焊缝 (型式)

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。

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、位置 4, 图 25 位置 2、位置 4 和图 26 位置 2。

用直探头或双晶直探头在翼板外侧进行纵向探测, 或者用斜探头 (推荐使用 K_1 探头) 在翼板外侧作横向探测, 见图 24 位置 3、图 25 位置 3 和图 26 位置 3。

c) 斜探头 K 值的确定

用斜探头在翼板外侧或翼板内侧进行探测时, 推荐使用 K_1 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。

d) 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 直探头距离一波幅曲线的灵敏度

评定线	定量线	判废线
2mm 平底孔	3mm 平底孔	4mm 平底孔

e) 扫查方式

直探头和斜探头的扫查按 5.1.6 条的有关规定进行。

f) 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 缺陷定量

应根据缺陷最大反射波幅确定缺陷当量直径 或缺陷指示长度 L 。

a) 缺陷当量直径 , 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 L 的检测采用以下方法:

当缺陷反射波只有一个高点, 且位于 区或 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;

当缺陷反射波峰值起伏变化, 有多个高点, 且位于 区或 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。

当缺陷反射波峰位于 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，应辅以其它检测方法作综合判定。

5.1.8.2 缺陷指示长度 < 10mm 时，按 5mm 计。

5.1.8.3 相邻两缺陷在一直线上，其间距 < 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（不考虑间距）。

5.1.9 质量等级评定

5.1.9.1 不允许存在下列缺陷：

- a) 反射波幅位于 区的缺陷；
- b) 检测人员判定为裂纹等危害性的缺陷。

5.1.9.2 最大反射波幅位于 区的缺陷，根据其指示长度按表 23 的规定予以评级。

5.1.9.3 最大反射波幅低于定量线的非裂纹类缺陷，均评为 级。

5.1.9.4 不合格的缺陷应予返修。返修部位及热影响区仍按本标准进行检测和质量等级评定。

表 23 区缺陷的质量等级评定 mm

等级	板厚 T	单个缺陷指示长度 L	多个缺陷累计长度 L
	6 ~ 120 > 120 ~ 400	L = 1/3T, 最小为 10, 最大不超过 30 L = 1/3T, 最大不超过 50。	在任意 9T 焊缝长度范围内 L 不超过 T
	6 ~ 120 > 120 ~ 400	L = 2/3T, 最小为 12, 最大不超过 40 最大不超过 75。	在任意 4.5T 焊缝长度范围内 L 不超过 T
超过 级者			

注：板厚不等的焊缝，母材板厚不同时，取薄板侧厚度值。

当焊缝长度不足 9T（级）或 4.5T（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 堆焊层超声检测

5.2.1 检测范围和一般要求

本条适用于奥氏体不锈钢、镍基合金等堆焊层内缺陷，堆焊层与母材未接合缺陷和堆焊层层下母材再热裂纹的超声检测以及检测结果的质量等级评定。

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。探头总面积不得超过 325mm²，频率 2.5MHz，为了达到所需的分辨力，也可采用其它频率。两晶片间绝缘应保证良好。

b) 纵波双晶斜探头的折射角 = 70°，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 625mm²，频率为 2 ~ 5MHz。

5.2.3.3 纵波斜探头

探头频率为 2 ~ 5MHz，折射角 = 45°。

5.2.4 试块

5.2.4.1 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 2mm 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。

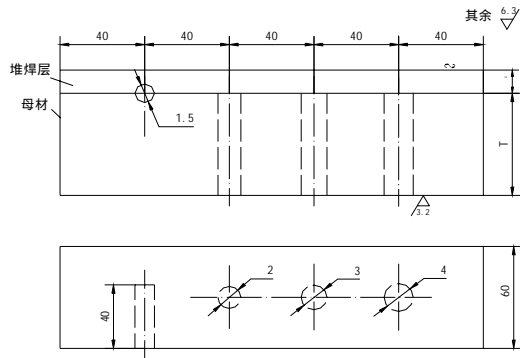


图 27 T1 型试块

5.2.4.2 从堆焊层侧进行检测,用于堆焊层缺陷检测的试块采用 T1 型试块,母材厚度 T 至少应为堆焊层厚度的两倍。T1 型试块如图 27 所示。

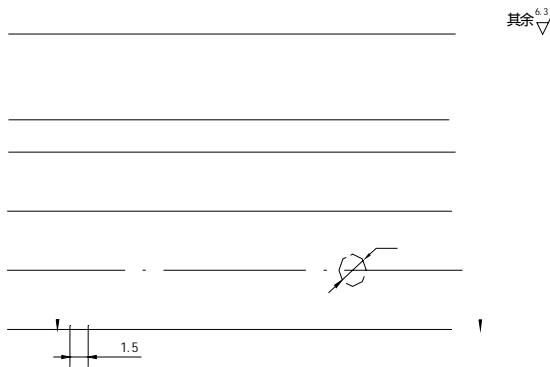


图 28 T2 型试块

5.2.4.3 从母材侧进行检测,用于堆焊层缺陷检测的试块采用 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。

5.2.4.4 检测堆焊层和母材的未结合,采用 T3 型试块。当从母材表面进行检测时,采用 T3 (a) 型试

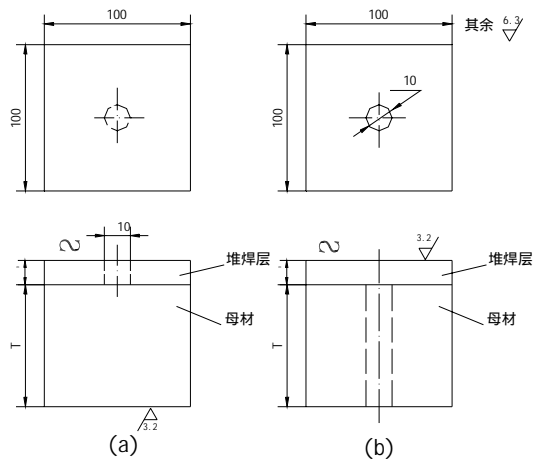


图 29 T3 型试块

块,被检测的工件母材厚度和试块母材厚度差不应超过 10%。当从堆焊层表面检测时,采用 T3 (b) 型试块,试块的母材厚度至少应为堆焊层厚度的两倍。T3 型试块如图 29 所示。

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 1.5mm 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 3mm 平底孔获得最大回波波幅，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 3mm 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 1.5mm 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 10mm 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 采用双晶直探头检测时应垂直于堆焊方向进行扫查，并应保证分隔压电元件的隔声层平行于堆焊方向。

5.2.7 质量等级评定

5.2.7.1 堆焊层缺陷的质量等级评定

a) 不允许存在裂纹；

b) 不允许存在 > 4mm 当量直径的缺陷；

c) 不允许存在反射波幅超过 1.5mm 横孔的缺陷；

d) 不允许存在缺陷当量直径 3~4mm、且长度超过 20 mm 的线性缺陷。

5.2.7.2 堆焊层未结合的评定

不允许存在直径大于 25mm 的未结合部位。

5.2.7.3 不合格缺陷应进行返修。返修部位及热影响区应按本标准进行检测和质量等级评定。

5.3 铝及铝合金制压力容器对接焊缝超声检测

5.3.1 适用范围

本条规定了以单斜探头接触法为主的超声检测方法以及对检测结果的质量等级评定。

本条适用于厚度 8mm 的铝及铝合金制压力容器对接焊缝超声检测。

本条不适用于外径 < 159mm 的铝及铝合金管对接焊缝，内径 200mm 的管座角焊缝的超声检测，也不适用于外径 < 250mm 或内、外径之比 < 80% 的纵向焊缝超声检测

5.3.2 试块

5.3.2.1 试块材质应与被检铝板声学性能相同或相近，不得有 2mm 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 24。

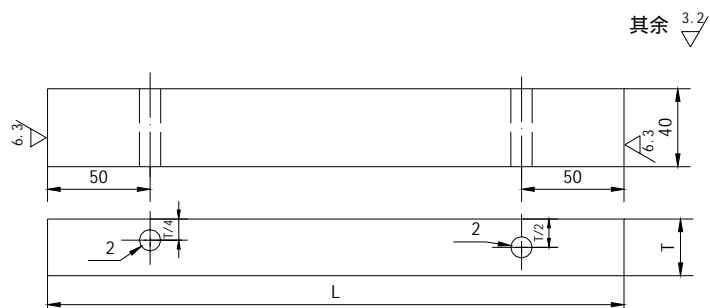


图 30 试块形状

表 24 试块尺寸

mm

试块号	试块长度 L	试块厚 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) 焊缝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、K 2 的斜探头。如有必要，也可选用其它参数的探头。

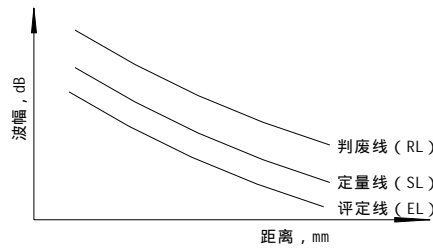


图 31 距离—波幅曲线

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 2mm 横通孔。参见图 31 和表 25。

表 25 距离—波幅曲线的灵敏度

评定线	定量线	判废线
2 mm -18 dB	2 mm -12 dB	2 mm -4 dB

5.3.3.4 扫查灵敏度

扫查灵敏度不低于评定线。

5.3.4 扫查方法

扫查方法应按照 5.1.6 条的规定。扫查范围遵照 5.1.4 条的规定。

5.3.5 缺陷定量

对位于定量线或定量线以上的缺陷应进行幅度和指示长度的测定。

5.3.5.1 缺陷指示长度的测定按 5.1.7 的方法进行。

- a) 当反射波只有一个高点时，用 6dB 法测定其指示长度；
- b) 当反射波有多个高点时，用端点 6dB 法测定其指示长度。

5.3.5.2 指示长度小于 10mm 的缺陷按 5mm 计。

5.3.5.3 对缺陷回波高度介于评定线和定量线之间的缺陷，若认为有必要记录时，也可采用上述方法进行幅度和指示长度的测定。

5.3.6 质量等级评定

表 26 质量等级评定

mm

级别	板厚 T	
	8 ~ 40	> 40 ~ 80
	10	1/4T
	15	1/3T
	指示长度大于 级者	

注：当对接焊缝两侧板厚不同时，以较薄者为准。

5.3.6.1 不允许存在反射波幅位于或超过判废线的缺陷。

- 5.3.6.2 位于判废线和定量线之间的缺陷，其质量等级评定见表 26。
- 5.3.6.3 相邻两缺陷在一直线上，且间距小于较小缺陷的指示长度时，应把这两个缺陷作为一个缺陷处理，其指示长度为这两个缺陷指示长度之和（不考虑间距）。
- 5.3.6.4 如检测人员能判定为危害性缺陷时，不受上述条文限制。

6 压力管道对接环焊缝超声检测

6.1 钢制压力管道对接环焊缝超声检测

6.1.1 适用范围

本条规定了钢制压力管道对接环焊缝缺陷的超声检测方法及其检测结果的质量等级评定。

本条适用于壁厚 4.0mm，外径为 32~159mm 或壁厚 4.0~6 mm，外径 159mm 的压力管道对接环焊缝。压力管道纵焊缝和螺旋管焊缝的超声检测也可参照本条进行。

如确有需要，壁厚 4.0~6 mm 的压力容器焊接接头环焊缝的无损检测也可参照本条进行。

本条不适用于铸钢、奥氏体不锈钢压力管道环焊缝的超声检测。也不适用于锅炉集箱和大口径下降管环焊缝的超声检测。

6.1.2 检测人员

执行本条的检测人员应具有较丰富的焊缝超声波检测经验，并经考核取得 Ⅱ级或 Ⅲ级以上超声检测等级资格证书。检测人员应经过不低于 20 学时专门的小径管焊缝检测培训，培训内容包括学习小径管焊缝超声检测方法、试块、探头、及缺陷鉴别和焊接样管超声检测操作训练。

6.1.3 试块

6.1.3.1 试块的制作应符合 3.5 条的规定。

6.1.3.2 试块的耦合面曲率应与被探管径相同或相近，其曲率半径的差别不应大于 10%。采用的试块型号为 GS-1、GS-2、GS-3、GS-4。其形状和尺寸应分别符合图 32 和表 27 的规定。GS-1 试块适用于曲率半径 > 16mm~24mm 的压力管道环焊缝的检测；GS-2 试块适用于曲率半径 > 24~35mm 的压力管道环焊缝检测。GS-3 试块适用于曲率半径 > 35mm~54mm 的压力管道环焊缝的检测；GS-4 试块适用于曲率半径 > 54~80mm 的压力管道环焊缝检测。

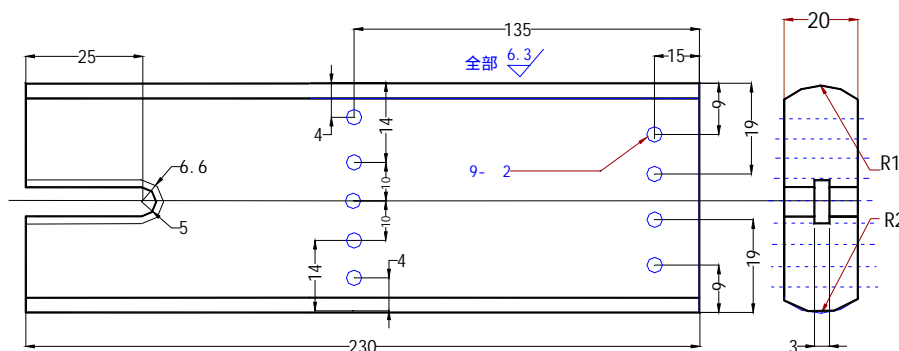


图 32 GS 试块形状和尺寸

表 27 试块圆弧曲率半径

mm

试块型号	试块圆弧曲率半径	
	R1	R2
GS-1	18	22
GS-2	26	32
GS-3	40	50
GS-4	60	72

6.1.4 探头

6.1.4.1 推荐采用线聚焦斜探头和双晶线聚焦斜探头，其性能应能满足检测要求。线聚焦系列探头的应用范围见附录 P（资料性附录）。

6.1.4.2 探头频率一般采用 5MHz，当管壁厚度大于 15mm 时，采用 2.5MHz 的探头。探头主声束轴线水平偏离角不应 $> 2^\circ$ ，测试可采用 GS 试块的 R6.6 槽进行。

6.1.4.3 斜探头 K 值的选取可参照表 28 的规定。如有必要，也可采用其它 K 值的探头。

6.1.4.4 探头接触块的曲率应加工成与管子外径相吻合的形状。加工好曲率的探头应对其 K 值和前沿值进行测定，要求一次波至少扫查到焊缝根部。

6.1.5 探伤位置及探头移动区

表 28 斜探头 K 值的选择

管壁厚度 mm	探头 K 值	探头前沿
4.0~8	2.8~2.4	6mm
>8~15	2.0~1.5	8mm
>15	2.0~1.5	12mm

注：当壁厚 8mm 时，如焊缝坡口留有钝边，应增加大 K 值探头（K 2.2）的根部扫查。

6.1.5.1 一般要求从焊缝两侧进行探测，当条件限制只能从焊接一侧探测时，应采用两种或两种以上的不同 K 值探头进行探测，并在报告中加以说明。

6.1.5.2 探头移动区应清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其它杂质，其表面粗糙度 Ra $6.3 \mu\text{m}$ ，探头移动区应 $> 1.5P$ 。

$$P=2TK \dots \dots \dots (6)$$

式中各符号意义同（4）和（5）式。

6.1.6 距离一波幅曲线的绘制

6.1.6.1 一般按水平 1:1 调节扫描基线。

6.1.6.2 选择与实际工件相对应的曲面校准试块。

6.1.6.3 距离一波幅曲线按所用探头和仪器在所选择的试块上实测的数据绘制而成，该曲线族图由评定线、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 33 所示。

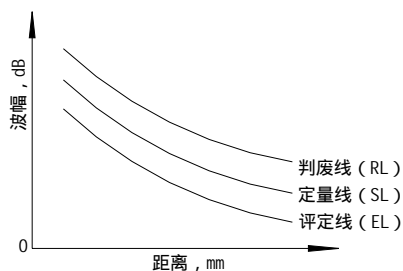


图 33 距离一波幅曲线示意图

6.1.6.4 不同管壁厚度的距离一波幅曲线灵敏度应符合表 29 的规定。

表 29 距离-波幅曲线的灵敏度

壁厚	评定线	定量线	判废线
8 mm	—	$2 \times 20-16\text{dB}$	$2 \times 20-10\text{dB}$
>8~15 mm	$2 \times 20-16\text{dB}$	$2 \times 20-13\text{dB}$	$2 \times 20-7\text{dB}$
>15 mm	$2 \times 20-16\text{dB}$	$2 \times 20-10\text{dB}$	$2 \times 20-4\text{dB}$

6.1.6.5 检测时，由于工件的表面耦合损失和材质衰减，应根据实测结果对检测灵敏度进行补偿，补偿量应计入距离一波幅曲线。

6.1.6.6 探测灵敏度不得低于最大声程处的评定线灵敏度。

6.1.7 扫查方法

6.1.7.1 一般采用探头从焊缝两侧垂直于焊缝作锯齿形扫查，探头前后移动距离应符合要求，探头左右移动距离应 < 探头晶片宽度的一半。

6.1.7.2 为了确定缺陷的位置、方向、形状、观察缺陷动态波形或区分伪缺陷信号，可采用前后、左右、转角等扫查方法。

6.1.8 缺陷的定量

6.1.8.1 对所有反射波幅位于 Ⅱ区或 Ⅲ区以上的缺陷，均应对缺陷位置、缺陷最大反射波幅和缺陷指示长度等进行测定。

6.1.8.2 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图中的区域。

6.1.8.3 缺陷指示长度的测定按下述方法进行。

- a) 缺陷反射波只有一个高点，且位于 Ⅱ区或 Ⅲ区以上时，用定量线的绝对灵敏度法测其指示长度；
- b) 缺陷反射波峰值起伏变化，有多个高点，且位于 Ⅱ区或 Ⅲ区以上时，应以定量线的绝对灵敏度法测其指示长度；
- c) 当缺陷最大反射波幅位于 Ⅰ区，如认为有必要记录时，应以评定线绝对灵敏度法测其指示长度；
- d) 缺陷的指示长度 l 应按式 (7) 计算：

$$l = L \times (R - H) / R \dots\dots\dots (7)$$

式中： L ——探头左右移动距离，mm；

R ——管子外径，mm；

H ——缺陷距外表面深度（指示深度），mm。

6.1.9 缺陷的评定

6.1.9.1 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，观察缺陷动态波形并结合焊接工艺等进行综合分析。

6.1.9.2 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单个缺陷指示长度（不考虑间距）。

6.1.9.3 单个点状缺陷指示长度按 5mm 计。

6.1.10 质量等级评定

6.1.10.1 不允许存在下列缺陷：

- a) 反射波幅位于 Ⅲ区的缺陷；
- b) 检测人员判定为裂纹危害性的缺陷

6.1.10.2 最大反射波幅位于 Ⅱ区的缺陷，根据其指示长度按表 30、表 31 的规定予以评级。

表 30 Ⅱ区缺陷的质量等级评定 mm

等级	单个缺陷指示长度 L mm
	$L = 1/3T$ ，最小可为 5
	$L = 2/3$ ，最小可为 6
	大于 Ⅲ级者

表 31 根部未焊透缺陷的质量等级评定

等级	单个缺陷指示长度	缺陷累计长度 mm
	$L = 1/3T$ ，最小可为 5 mm	长度小于或等于焊缝周长的 10%，且 < 30mm
	$L = 2/3T$ ，最小可为 6 mm	长度小于或等于焊缝周长的 15%，且 < 40mm
		大于 Ⅲ级者

注：板厚不等的焊缝，母材板厚不同时，取薄板侧厚度值。

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。

6.1.10.3 综合评级

在 10 mm 焊缝范围内，同时存在条状缺陷和未焊透时，应评为 Ⅱ 级。

6.2 铝及铝合金压力管道环焊缝的超声检测

6.2.1 检测范围

本条规定了铝及铝合金压力管道环焊缝缺陷的超声检测方法及其检测结果质量等级评定。

本条适用于壁厚 5mm，外径 100mm 的铝及铝合金接管对接环焊缝。

6.2.2 检测人员

检测人员的要求同 6.1.2。

6.2.3 试块

6.2.3.1 试块材质应与被检铝管声学性能相同或相近，试块的制作应符合 3.5 条的规定。

6.2.3.2 试块的耦合面曲率应与被探管径相同或相近，其曲率半径的差别不应大于 10%。采用的试块型号为 GS-3、GS-4。其形状和尺寸应分别符合图 34 和表 32 的规定。根据实际工作需要，可以采取其它形式布置或适当添加标准孔。

6.2.3.3 在满足灵敏度要求下，也可以采用其它型式的试块。

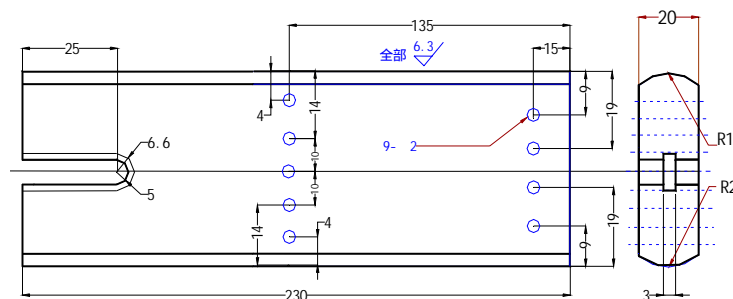


图 34 试块的形状、尺寸

表 32 试块圆弧曲率半径

mm

试块型号	试块圆弧曲率半径	
	R1	R2
GS-3	40	50
GS-4	60	72

6.2.4 探头

6.2.4.1 推荐采用线聚焦探头和双晶线聚焦等探头，其性能应能满足检测要求。线聚焦探头的应用范围见附录 P（资料性附录）。

6.2.4.2 探头频率一般采用 5MHz，当管壁厚度大于 15mm 时，采用 2.5MHz 的探头。探头主声束轴线水平偏离角不应 $> 2^\circ$ ，测试可采用图 34 试块的 R6.6 槽进行。

6.2.4.3 斜探头 K 值的选取可参照表 28 的规定。如有必要，也可采用其它 K 值的探头。

6.2.4.4 探头接触块的曲率应加工成与管子外径相吻合的形状。加工好曲率的探头应对其 K 值和前沿值进行测定，要求一次波至少扫查到焊缝根部

6.2.5 检测位置及探头移动区

6.2.5.1 一般要求从焊缝两侧进行探测，当条件限制只能从焊缝一侧探测时，应采用两种或两种以上的不同 K 值探头进行探测，并在报告中加以说明。

6.2.5.2 探头移动区应清除焊接区溅、铁屑、油垢及其它杂质，其表面粗糙度 $Ra \leq 6.3 \mu m$ ，探头移动区应大于 1.5P。

$$P=2TK \dots \dots \dots (8)$$

式中各符号意义同 (4) 和 (5) 式。

6.2.6 距离一波幅曲线的绘制

6.2.6.1 一般按水平 1:1 调节扫描基线。

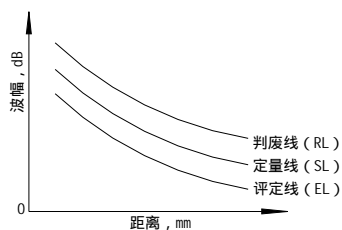


图 35 距离一波幅曲线示意图

6.2.6.2 选择与实际工件相对应的曲面校准试块。

6.2.6.3 不同管壁厚度的距离一波幅曲线灵敏度应符合表 29 的规定。

6.2.6.4 检测时,对于表面耦合损失和材质衰减应进行补偿,补偿量应计入距离——波幅曲线。距离一波幅曲线见图 35。

6.2.6.5 探测灵敏度不得低于最大声程处的评定线灵敏度。

6.2.7 缺陷定量

6.2.7.1 对所有反射波幅位于 Ⅱ区或 Ⅲ区以上的缺陷,均应对缺陷位置、缺陷最大反射波幅和缺陷指示长度等进行测定。

6.2.7.2 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图中的区域。

6.2.7.3 缺陷指示长度的测定按下述方法进行。

- 缺陷反射波只有一个高点,且位于 Ⅱ区或 Ⅲ区以上时,用定量线的绝对灵敏度法测其指示长度;
- 缺陷反射波峰值起伏变化,有多个高点,且位于 Ⅱ区或 Ⅲ区以上时,应以定量线的绝对灵敏度法测其指示长度;

c) 当缺陷最大反射波幅位于 Ⅰ区,如认为有必要记录时,应以评定线的绝对灵敏度法测其指示长度;

d) 缺陷的指示长度应按式(7)计算:

6.2.8 缺陷的评定

6.2.8.1 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,观察缺陷动态波型并结合焊接工艺等进行综合分析。

6.2.8.2 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单个缺陷指示长度(不考虑间距)。

6.2.9 质量等级评定

6.2.9.1 不允许存在下列缺陷:

- 反射波幅位于 Ⅲ区的缺陷;
- 检测人员判定为裂纹危害性的缺陷。

6.2.9.2 最大反射波幅位于 Ⅱ区的缺陷,根据其指示长度应按表 30 的规定予以评级。根部未焊透的缺陷应按表 31 的规定予以评级。

6.2.9.3 如检测人员能判定为危害性缺陷时,可不受上述条文的限制。

6.2.9.4 综合评级

在 10 mm 焊缝范围内,同时存在条状缺陷或根部未焊透时,应评为 Ⅱ级。

7 锅炉、压力容器和压力管道厚度的超声测定

7.1 适用范围

HUD20/30

数字超声波探伤仪



HUD20/30数字超声波探伤仪能够快速便捷、无损伤、精确地进行工件内部多种缺陷，如：焊缝、裂纹、气孔、砂眼、夹杂等的检测、定位及诊断。

它广泛应用于锅炉压力容器、钢结构、电力、石化、冶金、军工、航空航天、铁路交通、汽车、机械等领域。

它是无损检测行业的必备仪器。

- 超高采样率、超低噪声
- DAC、AVG、B扫描等探伤工具齐全
- 自动录制探伤过程并可以进行动态回放
- 大屏幕高亮显示，可以满足在阳光下、涵洞中探伤的要求
- IP65标准铝镁合金外壳，坚固耐用，防水防尘，抗干扰能力极佳

功能特点

- 自动校准：自动测试探头的零点、K值、前沿及材料声速；
- 自动增益、回波包络、峰值记忆功能大大提高了探伤效率；
- 自动显示缺陷回波位置（深度d、水平p、距离s、波幅、当量dB、孔径 ϕ 值）；
- 自由切换三种标尺（深度d、水平p、距离s）；
- 10个独立探伤通道，可自由输入并存储任意行业的探伤标准，现场探伤无需携带试块；
- 可存储300幅A扫图形、参数及DAC曲线；
- DAC、AVG曲线自动生成并可以分段制作，取样点不受限制，并可进行修正与补偿；
- 具有B扫描功能，手动B扫探伤时可清晰显示缺陷纵切面；
- 支持RS232通讯接口，与计算机通讯，可导出Excel格式、A4纸张的探伤报告；
- 利用PC端通讯软件可以升级仪器整机系统的功能；
- 锂电池供电，可连续工作8小时

辅助功能

- 屏幕的冻结和解冻
- 回波次数分析
- 电源状态指示
- 休眠和屏保
- 角度和K值两种输入方式
- 闸门声音报警
- 时钟显示

性能指标

名称	技术数据
扫描范围	2.5~10000mm
垂直线性误差	≤3%
水平线性误差	≤1%
探伤灵敏度余量	≥60dB
动态范围	≥32dB
分辨率	≥40dB
频率范围	0.5~20MHz
增益调节	0~110dB
材料声速	1000~9999m/s
重复发射频率	100~1000Hz
工作方式	单、双、透射
抑制	0~80%
脉冲移位(μs)	-20~+3400
探头零点(μs)	0.0~99.99
接口形式	BNC
工作温度(°C)	-20~70
外型尺寸(mm)	240×180×50
重量(kg)	2.3(含电池和支架)

标准配置

HUD20/30主机：	1台
直探头：	1支
斜探头：	1支
BNC电缆：	1根
电源适配器：	1个

选配件

PC通讯软件
探伤试块（根据具体探伤要求配备）

注：HUD20和HUD30的主要区别：

- ① HUD20配EL屏
- ② HUD30配26万色真彩屏

北京华海恒辉科技有限公司（超声仪器销售部）

地址：北京海淀区二里庄5号楼（100083）
电话：010-82373682 82376306

网址：www.easttest.com
传真：010-82373682