

ICS 77.040.20
H 26

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47013.3—2015

代替 JB/T 4730.3—2005

承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测

**Nondestructive testing of pressure equipments—
Part 3: Ultrasonic testing**

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	86
1 范围	89
2 规范性引用文件	89
3 术语和定义	89
4 一般要求	90
5 承压设备用原材料或零部件的超声检测方法和质量分级	94
6 承压设备焊接接头超声检测方法和质量分级	114
7 承压设备厚度的超声测量方法	133
8 在用承压设备超声检测方法	137
9 超声检测记录和报告	142
附录 A (规范性附录) 超声检测仪电气性能指标要求	144
附录 B (规范性附录) 超声检测用探头性能指标要求	146
附录 C (规范性附录) 双晶直探头性能要求	147
附录 D (规范性附录) 承压设备用板材超声斜探头检测方法和验收标准	149
附录 E (规范性附录) 承压设备用钢锻件超声斜探头检测方法和质量分级	151
附录 F (规范性附录) 承压设备用奥氏体钢锻件超声斜探头检测方法	153
附录 G (规范性附录) 承压设备堆焊层超声检测方法和质量分级	155
附录 H (规范性附录) 铝和铝合金制及钛承压设备对接接头超声检测方法和质量分级	159
附录 I (资料性附录) 奥氏体不锈钢对接接头超声检测方法和质量分级	162
附录 J (规范性附录) 承压设备曲面纵向对接接头的超声检测方法	167
附录 K (规范性附录) 承压设备曲面环向对接接头的超声检测方法	170
附录 L (规范性附录) 承压设备接管与筒体(或封头)角接接头超声检测方法	172
附录 M (规范性附录) T型焊接接头超声检测方法	176
附录 N (规范性附录) 不同类型焊接接头超声检测的具体要求	178
附录 O (规范性附录) CSK-III A 试块	187
附录 P (规范性附录) 声能传输损耗差的测定	188
附录 Q (规范性附录) 回波动态波形模式	191
附录 R (规范性附录) 缺陷测高方法(一)端点衍射波法测定缺陷自身高度	194
附录 S (规范性附录) 缺陷测高方法(二)端部最大回波法测定缺陷自身高度	198
附录 T (规范性附录) 缺陷测高方法(三)-6dB法测定缺陷自身高度	200

前 言

本标准 NB/T 47013《承压设备无损检测》分为以下 13 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；
- 第 7 部分：目视检测；
- 第 8 部分：泄漏检测；
- 第 9 部分：声发射检测；
- 第 10 部分：衍射时差法超声检测；
- 第 11 部分：X 射线数字成像检测；
- 第 12 部分：漏磁检测；
- 第 13 部分：脉冲涡流检测。

本部分为 NB/T 47013 的第 3 部分：超声检测。

本部分按 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本部分代替 JB/T 4730.3—2005《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》，与 JB/T 4730.3—2005 相比，主要技术变化如下：

- 增加了“术语和定义”，包括原 JB/T 4730.1 中的有关超声检测的术语和定义；
- 用 GB/T 27664.1《无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 1 部分：仪器》替代了 JB/T 10061《A 型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件》，对超声检测设备性能提出了更科学的要求；
- 增加了超声检测仪和探头的具体性能指标要求；
- 增加了超声检测仪和探头校准、核查、运行核查和检查的要求；
- 增加了“安全要求”，对人员在超声检测过程的安全提出了要求；
- 增加了工艺文件的要求，并列出了制定工艺规程的相关因素；
- 重新对本部分所用试块的类型（标准试块和对比试块）进行了划分，主要按国内相关通用标准的规定进行划分，而不是在本部分自行划定标准试块和对比试块的类型；
- 调整了“承压设备用原材料或零部件的超声检测方法和质量分级”内容的顺序，按板材、复合板、碳钢和低合金钢锻件、钢螺栓坯件、奥氏体钢锻件、无缝钢管等进行编写；
- 合并了碳钢和低合金钢钢板、铝及铝合金板材、钛及钛合金板材及镍及镍合金板材以及奥氏体不锈钢及双相不锈钢钢板等超声检测方法和质量分级。重新设计了对比试块。检测灵敏度主要以对比试块平底孔距离波幅曲线来确定。修改了质量等级要求，各个级别的合格指标均有所严格，JB/T 4730.3—2005 的板材检测质量等级要求偏低，已难以控制板材质

- 量要求，且和 ISO、欧盟 EN 等标准相关质量要求的具体指标有较大差距，故参考欧盟 EN 等标准对质量分级进行了修订；
- 整合了 2005 版中“承压设备对接接头超声检测和质量分级”和“承压设备管子、压力管道环向对接接头超声检测和质量分级”两章内容。按焊接接头类型、工件厚度及检测面曲率大小等内容进行分类；
 - 对承压设备焊接接头工件厚度的适用范围从 8mm~400mm 扩大到了 6mm~500mm；
 - 重新设计了 CSK-IIA 和 CSK-IVA 试块上人工反射体的位置和数量。这样既保证检测区域覆盖，又适用于直探头基准灵敏度的调节。新 CSK-IIA 试块适用工件厚度范围为 6mm~200mm，主要参考了欧盟（EN）和日本（JIS）标准；新 CSK-IVA 试块适用工件厚度范围为大于 200mm~500mm，主要在参考美国 ASME 规范的基础上进行了改进，试块人工反射体直径统一为 $\phi 6\text{mm}$ ；
 - 细化了不同类型焊接接头超声检测要求。涉及内容包括平板对接接头、T 型焊接接头、插入式接管角接头、L 型焊接接头、安放式接管与筒体（或封头）角接头、十字焊接接头、嵌入式接管与筒体（或封头）对接接头等；
 - 重新设计了 GS 试块进行。增加了圆弧反射面等。主要利于弧面探头的时基线调整；
 - 对焊接接头质量等级中 I 区非裂纹类缺陷的长度给出了限制；
 - 调整了涉及焊接接头超声检测的整体编制结构。把接管与筒体（封头）角接头超声检测方法、T 型焊接接头超声检测方法、堆焊层超声检测方法和质量分级等放入了附录；
 - 根据实际检验检测需要，增加了“承压设备厚度超声测量方法”，包括不锈钢堆焊层厚度的测量方法；
 - 对在用承压设备进行超声检测时，增加了根据使用过程中可能造成主体材料、零部件或焊接接头的失效模式，或者风险评估（RBI）的分析结果等选择超声检测技术、检测部位和检测比例。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

本部分起草单位：合肥通用机械研究院、中国特种设备检测研究院、上海电气核电设备有限公司、中国第一重型机械集团大连加氢反应器制造有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、兰州兰石重型装备股份有限公司。

本部分主要起草人：阎长周、郑晖、许遵言、周凤革、周裕峰、陶元宏、郑凯、谷杰、张保中、潘强华。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- JB 4730—1994、JB/T 4730.3—2005。

承压设备无损检测

第 3 部分：超声检测

1 范围

- 1.1 NB/T 47013 的本部分规定了承压设备采用 A 型脉冲反射式超声检测仪检测工件缺陷的超声检测方法和质量分级要求。
- 1.2 本部分适用于金属材料制承压设备用原材料或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。
- 1.3 本部分规定了承压设备厚度的超声测量方法。
- 1.4 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

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 11259	无损检测	超声检测用钢参考试块的制作与检验方法
GB/T 12604.1	无损检测	术语 超声检测
GB/T 27664.1	无损检测	超声检测设备的性能与检验 第 1 部分：仪器
GB/T 27664.2	无损检测	超声检测设备的性能与检验 第 2 部分：探头
JB/T 8428	无损检测	超声试块通用规范
JB/T 9214	无损检测	A 型脉冲反射式超声检测系统工作性能测试方法
JB/T 10062		超声探伤用探头性能测试方法
NB/T 47013.1	承压设备无损检测	第 1 部分：通用要求

3 术语和定义

GB/T 12604.1 和 NB/T 47013.1 界定的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.1

底波降低量 BG/BF **reduction of backwall echo caused by the presence of discontinuities BG/BF**

锻件检测时，在靠近缺陷处的完好区域内第一次底面回波波幅 BG 与缺陷区域内的第一次底面回波波幅 BF 的比值，用 dB 值来表示。

3.2

密集区缺陷 **grouped discontinuities**

锻件检测时，在显示屏扫描线上相当于 50mm 声程范围内同时有 5 个或 5 个以上的缺陷反射信号，或是在 50mm×50mm 的检测面上发现在同一深度范围内有 5 个或 5 个以上的缺陷反射信号，其反射波幅均大于等于某一特定当量平底孔直径的缺陷。

3.3

基准灵敏度 reference sensitivity

将对比试块人工反射体回波高度或被检工件底面回波高度调整到某一基准时的灵敏度。

3.4

扫查灵敏度 scanning sensitivity

在基准灵敏度基础上，根据表面状况、检测缺陷要求及探头类型等适当提高 dB 数（增益）进行实际检测的灵敏度。

3.5

缺陷自身高度 through thickness dimension of the flaw

缺陷在工件厚度方向上的尺寸。

3.6

回波动态波形 echodynamic patterns

探头移动距离与相应缺陷反射体回波波幅变化的包络线。

3.7

工件厚度 t base material nominal thicknesses

工件厚度定义如下：

- a) 对于平板对接接头，焊缝两侧母材厚度相等时，工件厚度 t 为母材公称厚度；焊缝两侧母材厚度不等时，工件厚度 t 为薄侧母材公称厚度；
- b) 对于插入式接管角接接头，工件厚度 t 为筒体或封头公称厚度；安放式接管与筒体（或封头）角接接头，工件厚度 t 为接管公称厚度；
- c) 对于 T 型焊接接头，工件厚度 t 为腹板公称厚度。

4 一般要求

4.1 检测人员

4.1.1 超声检测人员的一般要求应符合 NB/T 47013.1 的有关规定。

4.1.2 超声检测人员应具有一定的金属材料、设备制造安装、焊接及热处理等方面的基本知识，应熟悉被检工件的材质、几何尺寸及透声性等，对检测中出现的问题能作出分析、判断和处理。

4.2 检测设备和器材

4.2.1 仪器和探头产品质量合格证明

超声检测仪器产品质量合格证中至少应给出预热时间、低电压报警或低电压自动关机电压、发射脉冲重复频率、有效输出阻抗、发射脉冲电压、发射脉冲上升时间、发射脉冲宽度（采用方波脉冲作为发射脉冲的）以及接收电路频带等主要性能参数；探头应给出中心频率、带宽、电阻抗或静电容、相对脉冲回波灵敏度以及斜探头声束性能（包括探头前沿距离（入射点）、 K 值（折射角 β ）等）等主要参数。

4.2.2 检测仪器、探头和组合性能

4.2.2.1 检测仪器

采用 A 型脉冲反射式超声检测仪，其工作频率按 -3dB 测量应至少包括 $0.5\text{MHz}\sim 10\text{MHz}$ 频率范围，超声仪器各性能的测试条件和指标要求应满足附录 A 的要求并提供证明文件，测试方法按 GB/T 27664.1 的规定。

4.2.2.2 探头

圆形晶片直径一般不应大于 40mm，方形晶片任一边长一般不应大于 40mm，其性能指标应符合附录 B 的要求并提供证明文件，测试方法按 GB/T 27664.2 的规定。

4.2.2.3 仪器和探头的组合性能

4.2.2.3.1 仪器和探头的组合性能包括水平线性、垂直线性、组合频率、灵敏度余量、盲区（仅限直探头）和远场分辨力。

4.2.2.3.2 以下情况时应测定仪器和探头的组合性能：

- a) 新购置的超声检测仪器和（或）探头；
- b) 仪器和探头在维修或更换主要部件后；
- c) 检测人员有怀疑时。

4.2.2.3.3 水平线性偏差不大于 1%，垂直线性偏差不大于 5%。

4.2.2.3.4 仪器和探头的组合频率与探头标称频率之间偏差不得大于 $\pm 10\%$ 。

4.2.2.3.5 仪器-直探头组合性能还应满足以下要求：

- a) 灵敏度余量应不小于 32dB；
- b) 在基准灵敏度下，对于标称频率为 5MHz 的探头，盲区不大于 10mm；对于标称频率为 2.5MHz 的探头，盲区不大于 15mm；
- c) 直探头远场分辨力不小于 20dB。

4.2.2.3.6 仪器-斜探头组合性能还应满足以下要求：

- a) 灵敏度余量应不小于 42dB；
- b) 斜探头远场分辨力不小于 12dB。

4.2.2.3.7 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。

4.2.2.3.8 仪器和探头组合频率的测试方法按 JB/T 10062 的规定，其他组合性能的测试方法参照 JB/T 9214 的规定。

4.2.3 试块

4.2.3.1 标准试块

4.2.3.1.1 标准试块是指具有规定的化学成分、表面粗糙度、热处理及几何形状的材料块，用于评定和校准超声检测设备，即用于仪器探头系统性能校准的试块。本部分采用的标准试块为 20 号优质碳素结构钢制 CSK-IA、DZ-I 和 DB-P Z20-2。

4.2.3.1.2 CSK-IA 试块的具体形状、尺寸见本部分，DZ-I 和 DB-P Z20-2 的具体形状和尺寸见 JB/T 9214。

4.2.3.1.3 标准试块的制造应满足 JB/T 8428 的要求，制造商应提供产品质量合格证，并确保在相同测试条件下比较其所制造的每一标准试块与国家标准样品或类似具备量值传递基准的标准试块上的同种反射体（面）时，其最大反射波幅差应小于等于 2dB。

4.2.3.2 对比试块

4.2.3.2.1 对比试块是指与被检件或材料化学成分相似，含有意义明确参考反射体（反射体应采用机加工方式制作）的试块，用以调节超声检测设备的幅度和声程，以将所检出的缺陷信号与已知反射体所产生的信号相比较，即用于检测校准的试块。

4.2.3.2.2 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。如果涉及到不同工件厚度对接接头的检测，试块厚度的选择应由较大工件厚度确定。

4.2.3.2.3 对比试块应采用与被检材料声学性能相同或相似的材料制成，当采用直探头检测时，不得有大于或等于 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔当量直径的缺陷。

4.2.3.2.4 不同被检工件超声检测用对比试块人工反射体的形状、尺寸和数量应符合本部分相关章节的规定。

4.2.3.2.5 对比试块的尺寸精度在本部分有明确要求时应提供相应的证明文件，无明确要求时参照 JB/T 8428 的规定。

4.2.4 耦合剂

4.2.4.1 耦合剂透声性应较好且不损伤检测表面，如机油、化学浆糊、甘油和水等。

4.2.4.2 耦合剂污染物含量的控制

4.2.4.2.1 镍基合金上使用的耦合剂含硫量不应大于 250mg/L。

4.2.4.2.2 奥氏体不锈钢或钛材上使用的耦合剂卤素（氯和氟）的总含量不应大于 250mg/L。

4.2.5 超声检测设备和器材的校准、核查、运行核查和检查的要求

4.2.5.1 校准、核查和运行核查应在标准试块上进行，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。

4.2.5.2 校准或核查

4.2.5.2.1 每年至少对超声仪器和探头组合性能中的水平线性、垂直线性、组合频率、盲区（仅限直探头）、灵敏度余量、分辨力以及仪器的衰减器精度，进行一次校准并记录，测试要求应满足 4.2.2.3 的规定。

4.2.5.2.2 每年至少对标准试块与对比试块的表面腐蚀与机械损伤，进行一次核查。

4.2.5.3 运行核查

4.2.5.3.1 模拟超声检测仪每 3 个月或数字超声检测仪每 6 个月至少对仪器和探头组合性能中的水平线性和垂直线性，进行一次运行核查并记录，测试要求应满足 4.2.2.3 的规定。

4.2.5.3.2 每 3 个月至少对盲区（仅限直探头）、灵敏度余量和分辨力进行一次运行核查并记录，测试要求应满足 4.2.2.3 的规定。

4.2.5.4 检查

4.2.5.4.1 每次检测前应检查仪器设备器材外观、线缆连接和开机信号显示等情况是否正常。

4.2.5.4.2 使用斜探头时，检测前应测定入射点（前沿距离）和折射角（ K 值）。

4.2.5.5 校准、运行核查和检查时的注意事项

校准、运行核查和检查时，应将影响仪器线性的控制器（如抑制或滤波开关等）均置于“关”的位置或处于最低水平上。

4.3 检测工艺文件

4.3.1 检测工艺文件包括工艺规程和操作指导书。

4.3.2 工艺规程除满足 NB/T 47013.1 的要求外，还应规定表 1 和相关章节所列相关因素的具体范围或要求。相关因素的变化超出规定时，应重新编制或修订工艺规程。

4.3.3 应根据工艺规程的内容以及被检工件的检测要求编制操作指导书。其内容除满足 NB/T 47013.1 的要求外，至少还应包括：

- a) 检测技术要求：检测技术（直探头检测、斜探头检测、直接接触法、液浸法等）和检测波形等；
- b) 检测对象：承压设备类别，检测对象的名称、规格、材质和热处理状态、检测部位等；

- c) 检测设备器材：仪器型号、探头规格、耦合剂、试块种类，仪器和探头性能检测的项目、时机和性能指标等；
- d) 检测工艺相关技术参数：扫查方向及扫查范围、缺陷定量方法、检测记录和评定要求、检测示意图等。

表1 超声检测工艺规程涉及的相关因素

序号	相关因素的内容
1	工件形状包括规格、材质等
2	检测面要求
3	检测技术（直探头检测、斜探头检测、直接接触法、液浸法等）
4	探头折射角及在工件中的波形（横波、纵波）；探头标称频率、晶片尺寸和晶片形状
5	检测仪器类型
6	耦合剂类型
7	校准（试块及校准方法）
8	扫查方向及扫查范围
9	扫查方式（手动或自动）
10	缺陷定量方法
11	计算机数据采集（用到时）；自动报警和/或记录装置（用到时）
12	人员资格要求；检测报告要求

4.3.4 操作指导书在首次应用前应进行工艺验证，验证方式可在相关对比试块上进行，验证内容包括检测范围内灵敏度、信噪比等是否满足检测要求。

4.4 安全要求

检测场所、环境及安全防护应符合 NB/T 47013.1 的规定。

4.5 检测实施

4.5.1 检测准备

4.5.1.1 在承压设备的制造、安装及在用检验中，超声检测时机及检测比例的选择应符合相关法规、标准及有关技术文件的规定。

4.5.1.2 所确定的检测面应保证工件被检部分能得到充分检测。

4.5.1.3 焊缝的表面质量应经外观检查合格。检测面（探头经过的区域）上所有影响检测的油漆、锈蚀、飞溅和污物等均应予以清除，其表面粗糙度应符合检测要求。表面的不规则状态不应影响检测结果的有效性。

4.5.2 扫查覆盖

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应大于探头直径或宽度的 15% 或优先满足相应章节的检测覆盖要求。

4.5.3 探头的移动速度

探头的扫查速度一般不应超过 150mm/s。当采用自动报警装置扫查时，扫查速度应通过对比试验进行确定。

4.5.4 扫查灵敏度

扫查灵敏度的设置应符合相关章节的规定。

4.5.5 灵敏度补偿:

- a) 耦合补偿: 在检测和缺陷定量时, 应对由对比试块与被检工件表面粗糙度不同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, 应对由对比试块与被检工件材质衰减不同引起的灵敏度下降和缺陷定量误差进行补偿;
- c) 曲面补偿: 在检测和缺陷定量时, 对检测面是曲面的工件, 应对由工件和对比试块曲率半径不同引起的耦合损失进行补偿。

4.5.6 仪器和探头系统的复核

4.5.6.1 发生以下情况时应对系统进行复核:

- a) 探头、耦合剂和仪器调节发生改变时;
- b) 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。

4.5.6.2 扫描量程的复核

如果任意一点在扫描线上的偏移量超过扫描线该点读数的 10%或全扫描量程的 5%, 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。

4.5.6.3 扫查灵敏度的复核

复核时, 在检测范围内如发现扫查灵敏度或距离-波幅曲线上任一深度人工反射体回波幅度下降 2dB, 则应对上一次复核以来所有的检测部位进行复检; 如回波幅度上升 2dB, 则应对所有的记录信号进行重新评定。

5 承压设备用原材料或零部件的超声检测方法和质量分级

5.1 范围

本章规定了承压设备用原材料或零部件的超声检测方法和质量分级。

5.2 承压设备用原材料或零部件的超声检测工艺文件

原材料或零部件的超声检测工艺文件除了应满足 4.3 的要求之外, 还应包括表 2 所列的相关因素。

表 2 原材料或零部件超声检测工艺规程涉及的相关因素

序号	相关因素的内容
1	产品形式(板材、管材、锻件等)
2	检测时机(如热处理前或后)
3	检测范围
4	质量验收等级

5.3 承压设备用板材超声检测方法和质量分级

5.3.1 范围

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

5.3.1.2 铝及铝合金板材、钛及钛合金板材、镍及镍合金板材和铜及铜合金板材的超声检测方法参照本条执行, 质量分级按本条。

5.3.1.3 奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体双相不锈钢板材超声检测方法可参照本条执行，质量分级按本条。

5.3.2 检测原则

5.3.2.1 板材一般采用直探头进行检测。

5.3.2.2 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，可采用斜探头进行检测。

5.3.2.3 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技术条件有要求时，也可选板材的上、下两轧制表面分别进行检测。

5.3.3 探头选用

5.3.3.1 直探头

5.3.3.1.1 直探头选用应按表 3 的规定进行。

表 3 承压设备用板材超声检测直探头选用

板厚/mm	采用探头	标称频率/MHz	探头晶片尺寸(推荐)/mm
6~20	双晶直探头	4~5	圆形晶片直径 ϕ 10~30 方形晶片边长 10~30
>20~60	双晶直探头或单晶直探头	2~5	
>60	单晶直探头	2~5	

5.3.3.1.2 当采用液浸法检测板厚小于等于 20mm 的板材时，也可选用单晶直探头进行检测。

5.3.3.1.3 双晶直探头性能应符合附录 C 的要求。

5.3.3.2 斜探头

斜探头的选用应按附录 D 的规定进行。

5.3.4 对比试块

5.3.4.1 用双晶直探头检测厚度不大于 20mm 的板材时，可以采用如图 1 所示的阶梯平底试块。

5.3.4.2 检测厚度大于 20mm 的板材时，对比试块形状和尺寸应符合表 4 和图 2 的规定。对比试块人工反射体为 ϕ 5mm 平底孔，反射体个数至少 3 个。

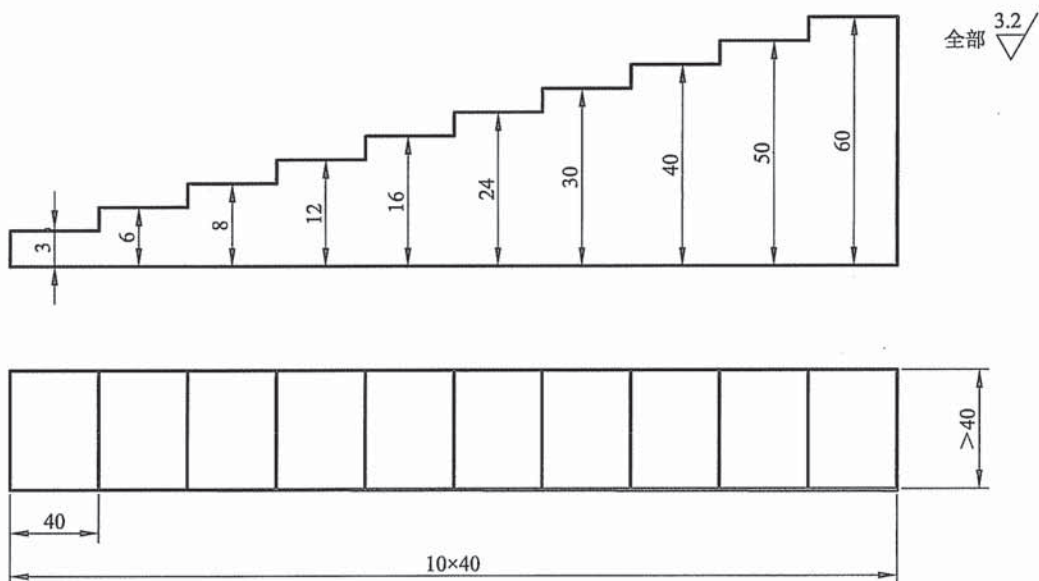


图 1 阶梯平底试块

5.3.5 灵敏度的确定

5.3.5.1 板厚小于等于 20mm 时，用图 1 所示阶梯平底试块调节，也可用被检板材无缺陷完好部位调节，此时用与工件等厚部位试块或被检板材的第一次底波调整到满刻度的 50%，再提高 10dB 作为基准灵敏度。

5.3.5.2 板厚大于 20mm 时，按所用探头和仪器在 $\phi 5\text{mm}$ 平底孔试块上绘制距离-波幅曲线，并以此曲线作为基准灵敏度。

5.3.5.3 如能确定板材底面回波与不同深度 $\phi 5\text{mm}$ 平底孔反射波幅度之间的关系，则可采用板材无缺陷完好部位第一次底波来调节基准灵敏度。

5.3.5.4 扫查灵敏度一般应比基准灵敏度高 6dB。

表 4 承压设备用板材超声检测用对比试块

单位为 mm

试块编号	板材厚度 t	检测面到平底孔的距离 S	试块厚度 T	试块宽度 b
1	> 20~40	10、20、30	40	30
2	> 40~60	15、30、45	60	40
3	> 60~100	15、30、45、60、80	100	40
4	> 100~150	15、30、45、60、80、110、140	150	60
5	> 150~200	15、30、45、60、80、110、140、180	200	60
6	> 200~250	15、30、45、60、80、110、140、180、230	250	60

注 1：板材厚度大于 40mm 时，试块也可用厚代薄。
注 2：为减轻单个试块尺寸和重量，声学性能相同或相似的试块上的平底孔可加工在不同厚度试块上。

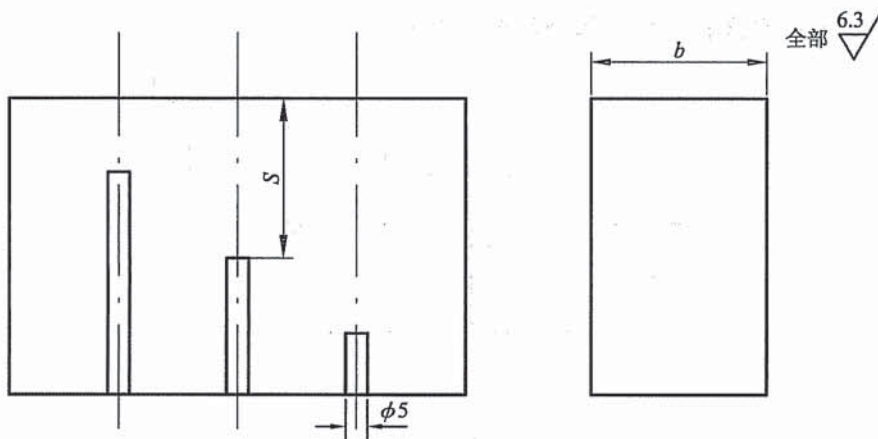


图 2 板材超声检测用对比试块示意

5.3.6 检测

5.3.6.1 耦合方式

耦合方式可采用直接接触法或液浸法。

5.3.6.2 灵敏度补偿

检测时应根据实际情况进行耦合补偿和衰减补偿。

5.3.6.3 扫查方式

- 在板材边缘或剖口预定线两侧范围内应作 100% 扫查，扫查区域宽度见表 5；
- 在板材中部区域，探头沿垂直于板材压延方向，间距不大于 50mm 的平行线进行扫查，或探头沿垂直和平行板材压延方向且间距不大于 100mm 格子线进行扫查。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；
- 双晶直探头扫查时，探头的移动方向应与探头的隔声层相垂直。

表 5 板材边缘或剖口预定线两侧区域宽度

单位为 mm

板 厚	区 域 宽 度
< 60	50
≥ 60~100	75
≥ 100	100

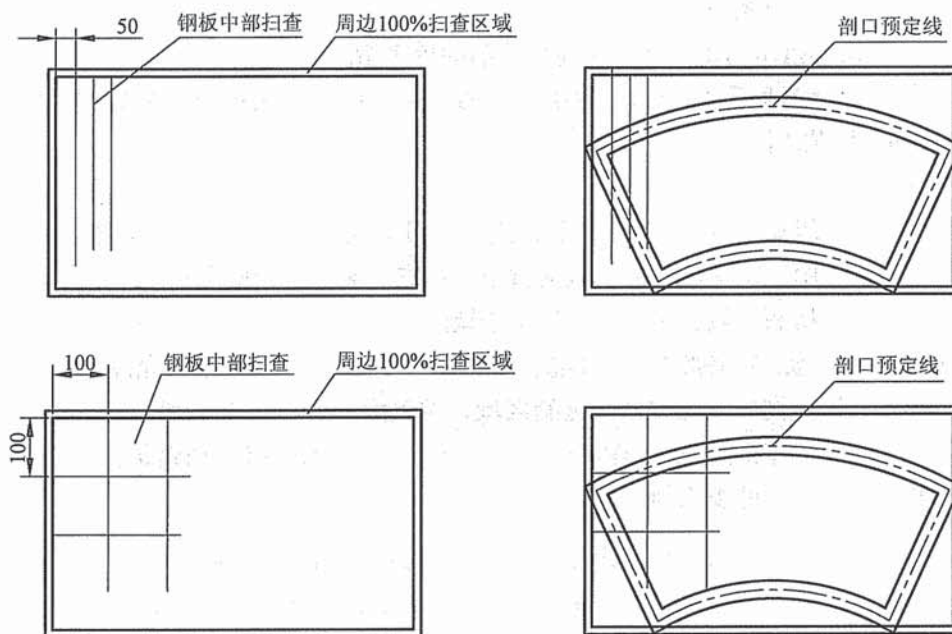


图 3 探头扫查示意图

5.3.6.4 斜探头检测按附录 D 的规定进行。

5.3.7 缺陷的判定和定量

5.3.7.1 在检测基准灵敏度条件下，发现下列两种情况之一即作为缺陷：

- 缺陷第一次反射波 (F_1) 波幅高于距离-波幅曲线；或用双晶探头检测板厚小于 20mm 板材时，缺陷第一次反射波 (F_1) 波幅大于或等于显示屏满刻度的 50%；
- 底面第一次反射波 (B_1) 波幅低于显示屏满刻度的 50%，即 $B_1 < 50\%$ 。

5.3.7.2 缺陷的定量

5.3.7.2.1 双晶直探头检测时缺陷的定量：

- 使用双晶直探头对缺陷进行定量时，探头的移动方向应与探头的隔声层相垂直；

- b) 板材厚度小于等于 20mm 时，移动探头使缺陷波下降到基准灵敏度条件下显示屏满刻度的 50%，探头中心点即为缺陷的边界点；
- c) 板材厚度大于 20mm~60mm 时，移动探头使缺陷波下降到距离-波幅曲线，探头中心点即为缺陷的边界点；
- d) 确定 5.3.7.1 b) 中缺陷的边界范围时，移动探头使底面第一次反射波上升到基准灵敏度条件下显示屏满刻度的 50%或上升到距离-波幅曲线，此时探头中心点即为缺陷的边界点；
- e) 缺陷边界范围确定后，用一边平行于板材压延方向矩形框包围缺陷，其长边作为缺陷的长度，矩形面积则为缺陷的指示面积。

5.3.7.2.2 单晶直探头检测时缺陷的定量

使用单晶直探头除按 5.3.7.2.1 c)、d)、e) 的方法对缺陷进行定量外，还应记录缺陷的反射波幅或当量平底孔直径。

5.3.8 缺陷尺寸的评定方法

5.3.8.1 缺陷指示长度的评定规则

用平行于板材压延方向矩形框包围缺陷，其长边作为该缺陷的指示长度。

5.3.8.2 单个缺陷指示面积的评定规则

- a) 一个缺陷按其指示的矩形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相邻较小缺陷的指示长度时，按单个缺陷处理，缺陷指示面积为各缺陷面积之和。

5.3.9 板材质量分级

5.3.9.1 板材质量分级见表 6 和表 7。在具体进行质量分级时，表 6 和表 7 应独立使用。

5.3.9.2 在检测过程中，检测人员如确认板材中有白点、裂纹等缺陷存在时，应评为 V 级。

5.3.9.3 在板材中部检测区域，按最大允许单个缺陷指示面积和任一 1m×1m 检测面积内缺陷最大允许个数确定质量等级。如整张板材中部检测面积小于 1m×1m，缺陷最大允许个数可按比例折算。

5.3.9.4 在板材边缘或剖口预定线两侧检测区域，按最大允许单个缺陷指示长度、最大允许单个缺陷指示面积和任一 1m 检测长度内最大允许缺陷个数确定质量等级。如整张板材边缘检测长度小于 1m，缺陷最大允许个数可按比例折算。

表 6 承压设备用板材中部检测区域质量分级 单位为 mm

等级	最大允许单个缺陷指示面积 S 或当量平底孔直径 D	在任一 1m×1m 检测面积内缺陷最大允许个数	
		单个缺陷指示面积或当量平底孔直径评定范围	最大允许个数
I	双晶直探头检测时: $S \leq 50$	双晶直探头检测时: $20 < S \leq 50$	10
	或单晶直探头检测时: $D \leq \phi 5 + 8\text{dB}$	或单晶直探头检测时: $\phi 5 < D \leq \phi 5 + 8\text{dB}$	
II	双晶直探头检测时: $S \leq 100$	双晶直探头检测时: $50 < S \leq 100$	10
	或单晶直探头检测时: $D \leq \phi 5 + 14\text{dB}$	或单晶直探头检测时: $\phi 5 + 8\text{dB} < D \leq \phi 5 + 14\text{dB}$	
III	$S \leq 1000$	$100 < S \leq 1000$	15
IV	$S \leq 5000$	$1000 < S \leq 5000$	20
V	超过 IV 级者		

注: 使用单晶直探头检测并确定 5.3.7.1 b) 所示缺陷的质量分级 (I 级和 II 级) 时, 与双晶直探头要求相同。

表7 承压设备用板材边缘或剖口预定线两侧检测区域质量分级 单位为 mm

等级	最大允许单个缺陷指示长度 L_{\max}	最大允许单个缺陷指示面积 S 或 当量平底孔直径 D	在任一 1m 检测长度内最大允许缺陷个数	
			单个缺陷指示长度 L 或 当量平底孔直径评定范围	最大允许个数
I	≤ 20	双晶直探头检测时: $S \leq 50$	双晶直探头检测时: $10 < L \leq 20$	2
		或单晶直探头检测时: $D \leq \phi 5 + 8\text{dB}$	或单晶直探头检测时: $\phi 5 < D \leq \phi 5 + 8\text{dB}$	
II	≤ 30	双晶直探头检测时: $S \leq 100$	双晶直探头检测时: $15 < L \leq 30$	3
		或单晶直探头检测时: $D \leq \phi 5 + 14\text{dB}$	或单晶直探头检测时: $\phi 5 + 8\text{dB} < D \leq \phi 5 + 14\text{dB}$	
III	≤ 50	$S \leq 1\ 000$	$25 < L \leq 50$	5
IV	≤ 100	$S \leq 2\ 000$	$50 < L \leq 100$	6
V	超过 IV 级者			
注: 使用单晶直探头检测并确定 5.3.7.1 b) 所示缺陷的质量分级 (I 级和 II 级) 时, 与双晶直探头要求相同。				

5.4 承压设备用复合板超声检测方法和质量分级

5.4.1 范围

5.4.1.1 本条适用于基材厚度大于或等于 6mm 的承压设备用不锈钢-钢、钛-钢、铝-钢、镍-钢及铜-钢复合板的超声检测和质量分级。

5.4.1.2 本条主要用于复合板基材与覆材界面结合状态的超声检测。

5.4.2 检测原则

一般可从基材侧检测, 也可选择从覆材侧进行检测。

5.4.3 探头选用

采用 2MHz~5MHz 的单晶直探头或双晶直探头, 探头晶片有效直径应在为 $\phi 10\text{mm}$ ~ 25mm 范围内。

5.4.4 灵敏度的确定

5.4.4.1 将探头置于复合板完全结合部位, 调节第一次底面回波高度为显示屏满刻度的 80%。以此作为基准灵敏度。

5.4.4.2 扫查灵敏度一般应比基准灵敏度高 6dB。

5.4.5 检测

5.4.5.1 耦合方式

耦合方式可采用直接接触法或液浸法。

5.4.5.2 扫查方式:

- 在复合板边缘或剖口预定线两侧范围内应作 100%扫查, 扫查区域宽度见表 5;
- 在复合板中部区域, 探头沿垂直于基材压延方向, 间距不大于 50mm 的平行线进行扫查, 或探头沿垂直和平行基材压延方向且间距不大于 100mm 格子线进行扫查。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;
- 双晶直探头扫查时, 探头的移动方向应与探头的隔声层相垂直。

5.4.6 未结合区的测定

第一次底面回波高度低于显示屏满刻度的 5%, 且明显有未结合缺陷回波存在时 (回波高度 \geq

5%)，该部位则为未结合缺陷区。移动探头，使第一次底面回波升高到显示屏满刻度的40%，此时探头中心点即作为未结合缺陷区边界点。

5.4.7 未结合的评定方法

5.4.7.1 未结合指示长度的评定规则

未结合边界范围确定后，用一边平行于板材压延方向矩形框包围该未结合，长边作为其指示长度。若单个未结合的指示长度小于25mm时，可不作记录。

5.4.7.2 单个未结合面积的评定规则：

- a) 一个未结合按其指示的矩形面积作为其该单个未结合面积；
- b) 多个未结合其相邻间距小于20mm时，按单个未结合处理，其面积为各个未结合面积之和。

5.4.7.3 未结合率的评定

任一1m×1m检测面积内，按未结合区面积所占百分比来确定。

5.4.8 质量分级

5.4.8.1 在复合板边缘或剖口预定线两侧作100%扫查的区域内，未结合的指示长度大于或等于25mm时，定级为IV级。

5.4.8.2 复合板质量分级按表8的规定。

表8 复合板超声检测质量分级

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

5.5 承压设备用碳钢和低合金钢锻件超声检测方法和质量分级

5.5.1 范围

5.5.1.1 本条适用于承压设备用碳钢和低合金钢锻件的超声检测方法和质量分级。

5.5.1.2 本条不适用于内外半径之比小于65%的环形和筒形锻件的周向斜探头检测。

5.5.2 检测原则

5.5.2.1 检测一般应安排在热处理后，孔、台等结构机加工前进行，检测面的表面粗糙度 $R_a \leq 6.3\mu\text{m}$ 。

5.5.2.2 锻件一般应使用直探头进行检测，对筒形和环形锻件还应增加斜探头检测。

5.5.2.3 检测厚度小于等于45mm时，应采用双晶直探头进行。检测厚度大于45mm时，一般采用单晶直探头进行。

5.5.2.4 锻件检测方向厚度超过400mm时，应从相对两端面进行检测。

5.5.3 探头选用

5.5.3.1 直探头

5.5.3.1.1 探头标称频率应在1MHz~5MHz范围内。

5.5.3.1.2 双晶直探头晶片面积不小于150mm²；单晶直探头晶片有效直径应在为 $\phi 10\text{mm}$ ~40mm范围内。

5.5.3.2 斜探头

5.5.3.2.1 探头与被检工件应保持良好的接触，遇有以下情况时，应采用曲面试块调节检测范围和基准灵敏度：

- a) 在凸表面上纵向（轴向）扫查时，探头楔块宽度大于检测面曲率半径的 $1/5$ ；
- b) 在凸表面上横向（周向）扫查时，探头楔块长度大于检测面曲率半径的 $1/5$ 。

5.5.3.2.2 探头标称频率主要为 $2\text{MHz} \sim 5\text{MHz}$ ，探头晶片面积为 $80\text{mm}^2 \sim 625\text{mm}^2$ 。

5.5.4 对比试块

5.5.4.1 对比试块应符合 4.2.3.2 的规定。

5.5.4.2 对比试块可由以下材料之一制成：

- a) 被检材料的多余部分（尺寸足够时）；
- b) 与被检材料同钢种、同热处理状态的材料；
- c) 与被检材料具有相同或相似声学特性的材料。

5.5.4.3 单晶直探头对比试块

单晶直探头检测采用 CS-2 试块调节基准灵敏度，其形状和尺寸应符合图 4 和表 9 的规定。如确有需要也可采用其他对比试块。

5.5.4.4 双晶直探头对比试块：

- a) 工件检测厚度小于 45mm 时，应采用 CS-3 对比试块；
- b) CS-3 试块的形状和尺寸应符合图 5 和表 10 的规定。

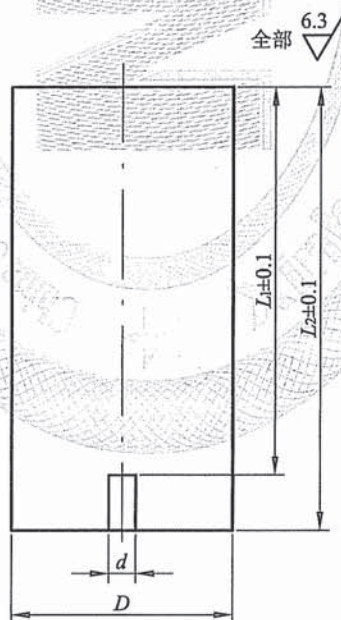


图 4 CS-2 对比试块

表 9 CS-2 对比试块尺寸

单位为 mm

试块编号	试块规格	d	L_1	L_2	D	试块编号	试块规格	d	L_1	L_2	D
1	25/2	2	25	50	≥ 35	19	200/2	2	200	225	≥ 100
2	25/3	3	25	50	≥ 35	20	200/3	3	200	225	≥ 100
3	25/4	4	25	50	≥ 35	21	200/4	4	200	225	≥ 100
4	50/2	2	50	75	≥ 50	22	250/2	2	250	275	≥ 110
5	50/3	3	50	75	≥ 50	23	250/3	3	250	275	≥ 110
6	50/4	4	50	75	≥ 50	24	250/4	4	250	275	≥ 110
7	75/2	2	75	100	≥ 60	25	300/2	2	300	325	≥ 120
8	75/3	3	75	100	≥ 60	26	300/3	3	300	325	≥ 120
9	75/4	4	75	100	≥ 60	27	300/4	4	300	325	≥ 120
10	100/2	2	100	125	≥ 70	28	400/2	2	400	425	≥ 140
11	100/3	3	100	125	≥ 70	29	400/3	3	400	425	≥ 140
12	100/4	4	100	125	≥ 70	30	400/4	4	400	425	≥ 140
13	125/2	2	125	150	≥ 80	31	500/2	2	500	525	≥ 155
14	125/3	3	125	150	≥ 80	32	500/3	3	500	525	≥ 155
15	125/4	4	125	150	≥ 80	33	500/4	4	500	525	≥ 155
16	150/2	2	150	175	≥ 85						
17	150/3	3	150	175	≥ 85						
18	150/4	4	150	175	≥ 85						

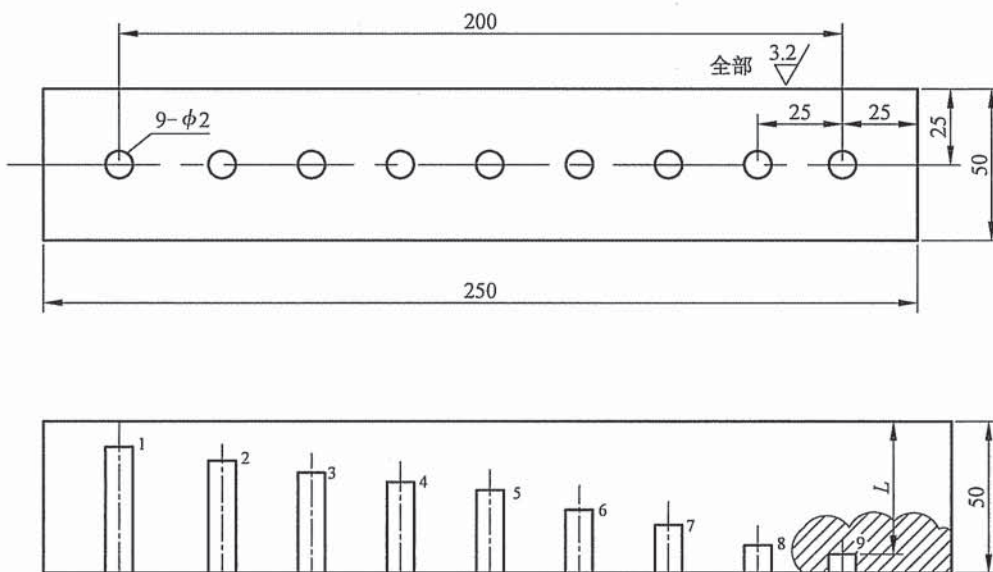


图 5 CS-3 对比试块

表 10 CS-3 对比试块尺寸

单位为 mm

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

5.5.4.5 工件检测面曲率半径小于等于 250mm 时,应采用曲面对比试块(试块曲率半径在工件曲率半径的 0.7 倍~1.1 倍范围内)调节基准灵敏度,或采用 CS-4 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。

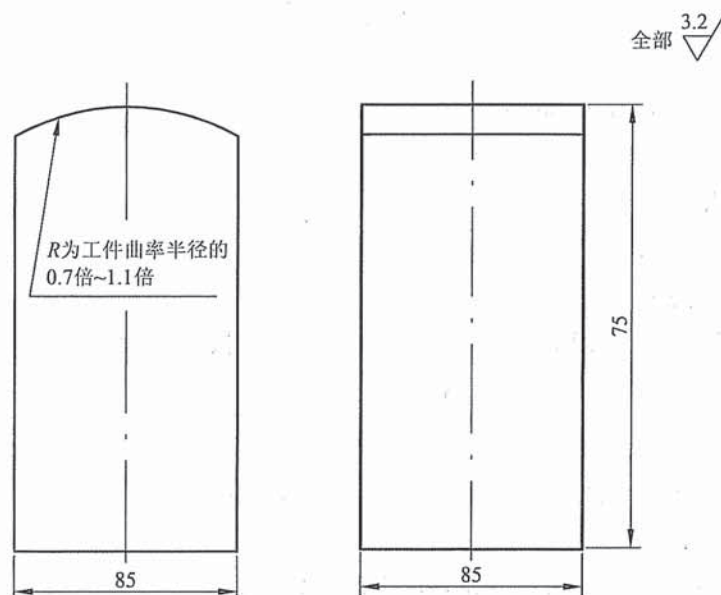


图 6 CS-4 对比试块

5.5.4.6 对比试块 CS-2、CS-3、CS-4 制造要求等见 JB/T 8428 和 GB/T 11259 的规定。

5.5.5 灵敏度的确定

5.5.5.1 单晶直探头基准灵敏度的确定

使用 CS-2 或 CS-4 试块,依次测试一组不同检测距离的 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔(至少 3 个),制作单晶直探头的距离-波幅曲线,并以此作为基准灵敏度。当被检部位的厚度大于或等于探头的 3 倍近场区长度,且检测面与底面平行时,也可以采用底波计算法确定基准灵敏度。

5.5.5.2 双晶直探头基准灵敏度的确定

使用 CS-3 试块,依次测试一组不同检测距离的 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔(至少 3 个)。制作双晶直探头的距离-波幅曲线,并以此作为基准灵敏度。

5.5.5.3 扫查灵敏度一般应比基准灵敏度高 6dB。

5.5.6 检测

5.5.6.1 耦合方式

耦合方式一般可采用直接接触法。

5.5.6.2 灵敏度补偿

检测时应根据实际情况进行耦合补偿、衰减补偿和曲面补偿。

5.5.6.3 工件材质衰减系数的测定：

- a) 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) 或第 n 次底面回波幅度 (B_n) 为满刻度的 50%，记录此时仪器增益或衰减器的读数，再调节仪器增益或衰减器，使第二次底面回波幅度或第 m 次底面回波幅度 (B_2 或 B_m) 为满刻度的 50%，两次增益或衰减器读数之差即为 ($B_1 - B_2$) 或 ($B_n - B_m$) (不考虑底面反射损失)。
- b) 工件厚度小于 3 倍探头近场区长度 ($t < 3N$) 时，衰减系数 (满足 $n > 3N/t$, $m > n$) 按式 (1) 计算：

$$\alpha = [(B_n - B_m) - 201g(m/n)] / 2(m-n)t \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- α ——衰减系数，dB/m (单程)；
- ($B_n - B_m$)——两次底波增益或衰减器的读数之差，dB；
- t ——工件检测厚度，m；
- N ——单晶直探头近场区长度，m；
- m 、 n ——底波反射次数。

- c) 工件厚度大于等于 3 倍探头近场区长度 ($t \geq 3N$) 时，衰减系数式 (2) 计算：

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

式中：

- ($B_1 - B_2$)——两次底波增益或衰减器的读数之差，dB；
- 其余符号意义同 b)。

- d) 工件上三处衰减系数的平均值即作为该工件的衰减系数。

5.5.6.4 扫查方式

5.5.6.4.1 直探头检测：

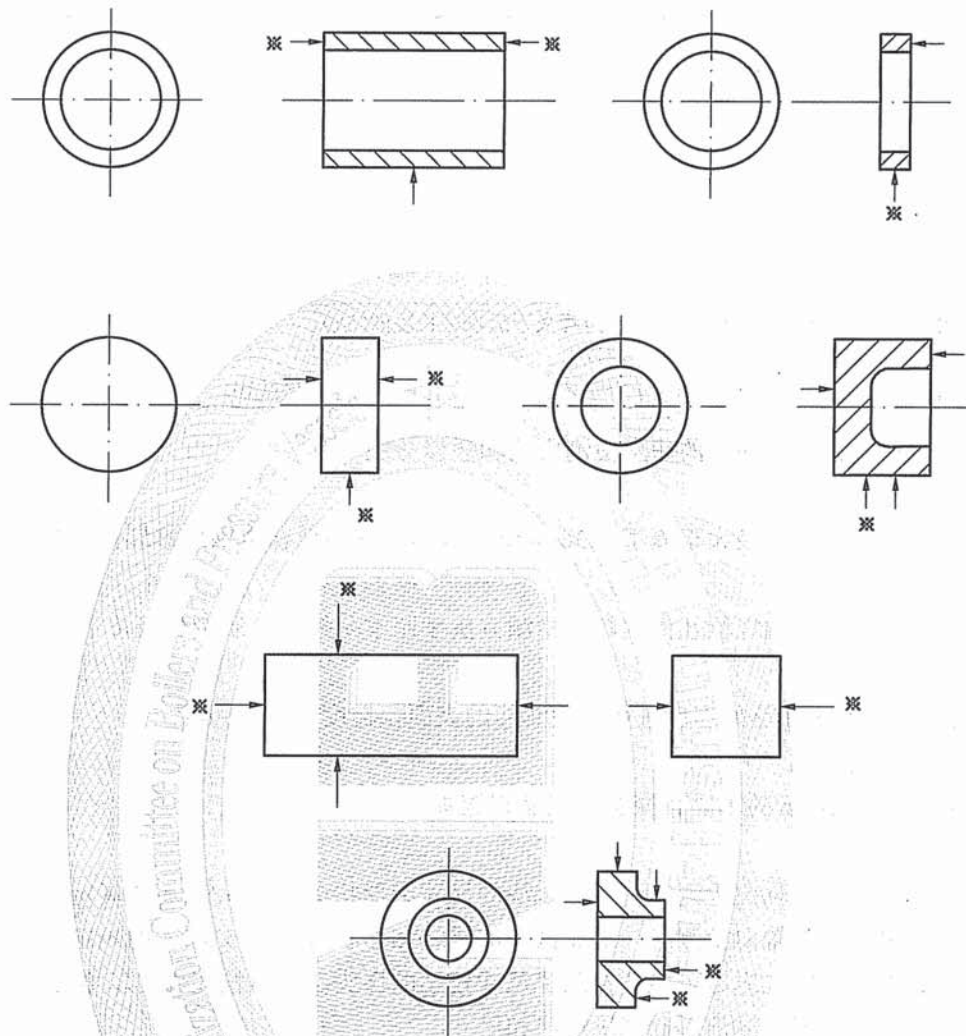
- a) 移动探头从两个相互垂直的方向在检测面上作 100% 扫查。主要检测方向如图 7 所示；
- b) 双晶直探头扫查时，探头的移动方向应与探头的隔声层相垂直；
- c) 根据合同、技术协议书或图样的要求，也可采用其他形式的扫查，如一定间隔的平行线或格子线扫查。

5.5.6.4.2 斜探头检测

斜探头检测应按附录 E 的要求进行。

5.5.7 缺陷当量的确定

5.5.7.1 当被检缺陷的深度大于或等于所用探头的 3 倍近场区时，可采用 AVG 曲线或算法确定缺陷的当量。对于 3 倍近场区内的缺陷，可采用距离-波幅曲线来确定缺陷的当量。也可采用其他等效方法来确定。



说明:

↑——应检测方向;

※——参考检测方向。

图7 检测方向(垂直检测法)

5.5.7.2 当采用计算法确定缺陷当量时,若材质衰减系数超过 4dB/m,应进行修正。

5.5.7.3 当采用距离-波幅曲线来确定缺陷当量时,若对比试块与工件材质衰减系数差值超过 4dB/m,应进行修正。

5.5.8 质量分级等级评定

5.5.8.1 缺陷的质量分级见表 11。

5.5.8.2 当检测人员判定反射信号为白点、裂纹等危害性缺陷时,锻件的质量等级为 V 级。

表 11 锻件超声检测缺陷质量分级

单位为 mm

等 级	I	II	III	IV	V
单个缺陷当量平底孔直径	$\leq \phi 4$	$\leq \phi 4+6\text{dB}$	$\leq \phi 4+12\text{dB}$	$\leq \phi 4+18\text{dB}$	$> \phi 4+18\text{dB}$
由缺陷引起的底波降低量 BG/BF	$\leq 6\text{dB}$	$\leq 12\text{dB}$	$\leq 18\text{dB}$	$\leq 24\text{dB}$	$> 24\text{dB}$
密集区缺陷当量直径	$\leq \phi 2$	$\leq \phi 3$	$\leq \phi 4\text{dB}$	$\leq \phi 4+4\text{dB}$	$> \phi 4+4\text{dB}$
密集区缺陷面积占检测总 面积的百分比/%	0	≤ 5	≤ 10	≤ 20	> 20

注 1：由缺陷引起的底波降低量仅适用于声程大于近场区长度的缺陷。
 注 2：表中不同种类的缺陷分级应独立使用。
 注 3：密集区缺陷面积指反射波幅大于等于 $\phi 2$ 当量平底孔直径的密集区缺陷。

5.6 承压设备用钢螺栓坯件的超声检测方法和质量分级

5.6.1 范围

5.6.1.1 本条适用于直径大于等于 M36 承压设备用碳钢和低合金钢螺栓坯件的超声检测方法和质量分级。

5.6.1.2 奥氏体不锈钢螺栓坯件的超声检测方法参照本条执行，质量分级按本条。

5.6.2 检测原则

检测一般应安排在热处理后进行，检测面的表面粗糙度 $R_a \leq 6.3\mu\text{m}$ 。

5.6.3 探头选用

采用 2MHz~5MHz 的单晶直探头或双晶直探头。

5.6.4 对比试块

5.6.4.1 单晶直探头轴向检测时，对比试块的尺寸和形状应符合 5.5.4.3 的规定。

5.6.4.2 双晶直探头轴向检测时，对比试块的尺寸和形状应符合 5.5.4.4 的规定。

5.6.4.3 径向检测时，应尽可能选择晶片尺寸较小的探头。当螺栓坯件曲率半径小于 100mm 时，应采用图 8 和表 12 所示曲面对比试块形状和尺寸。

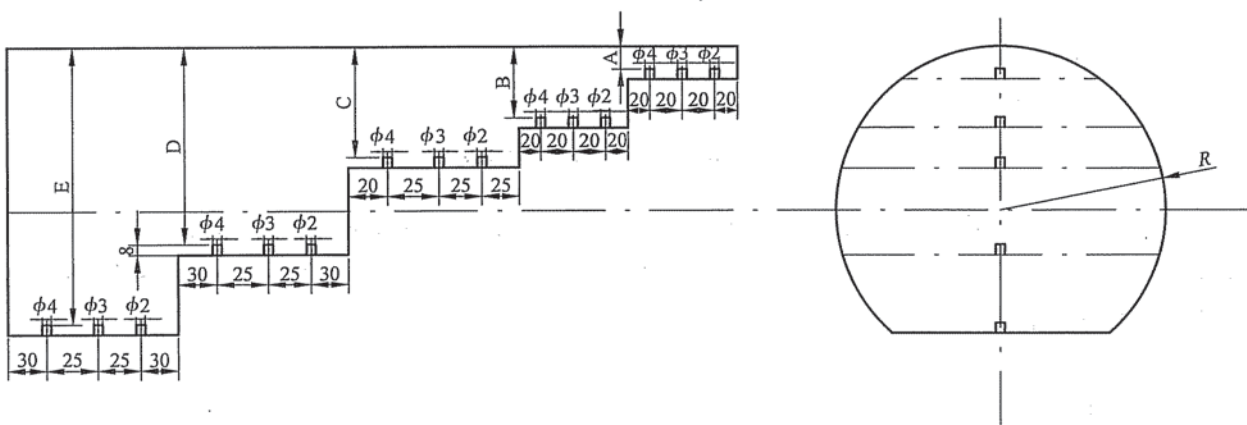


图 8 螺栓坯件径向检测对比试块

5.6.5 灵敏度的确定

5.6.5.1 单晶直探头基准灵敏度的确定

轴向检测时，使用 CS-2 试块，根据检测范围依次测试一组不同深度的 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔（至少 3 个），制作单晶直探头的距离-波幅曲线，并以此作为基准灵敏度；径向检测时，使用 CS-2 试块或

图 8 所示试块，根据检测范围或曲率半径依次测试一组不同深度的 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔，制作单晶直探头的距离-波幅曲线，并以此作为基准灵敏度。

表 12 螺栓坯件径向检测对比试块尺寸

单位为 mm

对比试块半径 R	A	B	C	D	E	适用工件曲率半径范围
90	15	30	45	90	135	82~99
75	12	24	38	76	114	67~81
60	10	20	30	60	90	54~66
48	8	16	24	48	72	43~53
38	6	12	20	40	60	36~42
32	4	8	16	25	40	29~35
25	4	8	16	24	32	22~28
20	4	8	14	20	30	18~22

5.6.5.2 双晶直探头基准灵敏度的确定

轴向检测时，使用 CS-3 试块，根据检测范围依次测试一组不同深度的 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔（至少 3 个）。制作双晶直探头的距离-波幅曲线，并以此作为基准灵敏度。径向检测时，使用 CS-3 试块或图 8 所示试块，根据检测范围或曲率半径依次测试一组不同深度的 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔。制作双晶直探头的距离-波幅曲线，并以此作为基准灵敏度。

5.6.5.3 扫查灵敏度一般应比基准灵敏度高 6dB。

5.6.6 检测

5.6.6.1 耦合方式

耦合方式一般可采用直接接触法。

5.6.6.2 灵敏度补偿

检测时应根据实际情况进行耦合补偿、衰减补偿和曲面补偿。

5.6.6.3 扫查方式

5.6.6.3.1 径向检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。

5.6.6.3.2 轴向检测一般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。

5.6.7 缺陷当量的确定

一般采用距离-波幅曲线确定缺陷当量。

5.6.8 质量分级

5.6.8.1 单个缺陷的质量分级见表 13。

5.6.8.2 由缺陷引起底波降低量的质量分级见表 14。

5.6.8.3 按表 13 和表 14 评定缺陷等级时，应作为独立的等级分别使用。

5.6.8.4 当缺陷被检测人员判定为白点、裂纹等危害性缺陷时，螺栓坯件的质量等级为 V 级。

表 13 单个缺陷的质量分级

单位为 mm

等级	I	II	III	IV	V
缺陷当量平底孔直径	$\leq \phi 2$	$\leq \phi 3$	$\leq \phi 4$	$\leq \phi 4+6\text{dB}$	$> \phi 4+6\text{dB}$

表 14 由缺陷引起底波降低量的质量分级

单位为 dB

等 级	I	II	III	IV	V
由缺陷引起的底波降低量 BG/BF	≤6	≤12	≤18	≤24	>24

注：本表仅适用于声程大于近场区长度的缺陷。

5.7 承压设备用奥氏体钢锻件超声检测方法和质量分级

5.7.1 范围

5.7.1.1 本条适用于承压设备用奥氏体钢锻件及奥氏体-铁素体双相不锈钢锻件的超声检测方法和质量分级。

5.7.1.2 承压设备用镍合金锻件的超声检测方法和质量分级参照本条执行。

5.7.2 检测原则

5.7.2.1 锻件原则上应在热处理后，加工成适合检测外形时，并在精加工前进行超声检测。

5.7.2.2 检测面粗糙度 $R_a \leq 6.3\mu\text{m}$ ，检测面应无氧化皮、漆皮、污物等。

5.7.2.3 一般应进行直探头纵波检测。对筒形锻件和环形锻件还应进行斜探头检测。

5.7.3 探头

5.7.3.1 探头的标称频率为 1MHz~2.5MHz。

5.7.3.2 直探头的晶片直径为 $\phi 10\text{mm} \sim \phi 40\text{mm}$ ，斜探头的晶片面积在 $300\text{mm}^2 \sim 625\text{mm}^2$ 。

5.7.3.3 斜探头的折射角 (K 值)，一般为 $35^\circ \sim 63^\circ$ (K0.7~K2)。

5.7.3.4 为了准确测定缺陷，必要时也可采用其他探头。

5.7.4 试块

5.7.4.1 对比试块应符合 4.2.3.2 的规定。

5.7.4.2 对比试块的晶粒大小和声学特性应与被检锻件大致相近，二者衰减系数的差值不大于 4dB/m。

5.7.4.3 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。

5.7.4.4 对比试块的形状和尺寸按图 9 和表 15 所示。

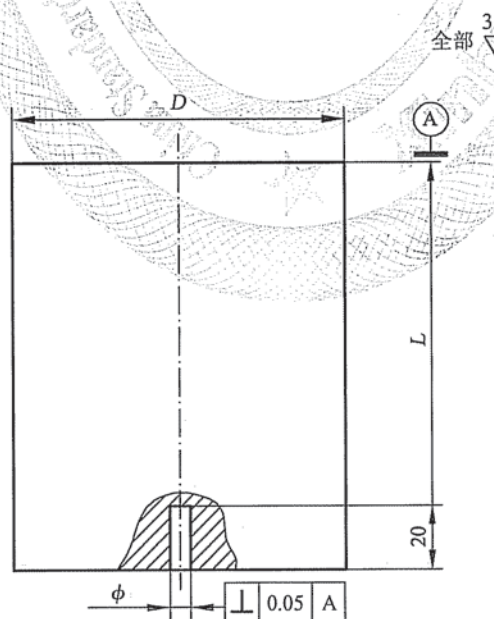


图 9 奥氏体钢锻件试块

表 15 奥氏体钢锻件试块尺寸

单位为 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

5.7.4.5 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平底孔或 V 形槽,代替对比试块进行灵敏度的校准。

5.7.5 灵敏度的确定

5.7.5.1 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,在适当厚度和当量直径的平底孔试块上校准,根据实测值作出距离-波幅曲线并以此作为基准灵敏度。

5.7.5.2 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。如检测面与底面反射面不平行,也可用 $\phi 13\text{mm}$ 平底孔试块作距离-波幅曲线作为基准灵敏度。

5.7.5.3 扫查灵敏度应至少比基准灵敏度提高 6dB。

5.7.6 检测

5.7.6.1 耦合方式

耦合方式一般可采用直接接触法。

5.7.6.2 灵敏度补偿

检测时应根据实际情况进行耦合补偿、衰减补偿和曲面补偿。

5.7.6.3 直探头检测

5.7.6.3.1 锻件所有被检区域,均应尽可能从两个相互垂直的方向进行检测,检测距离至少为厚度的一半。

5.7.6.3.2 检测盘形或饼形锻件时,采用直探头至少从一个平面进行检测,如有可能还应从圆周面进行扫查。

5.7.6.3.3 检测圆柱形锻件时,对于筒形锻件和环形锻件,可从整个外表面(侧面和圆周面)用直探头进行检测。当长度与直径之比超过 6 或轴向长度超过 600mm 时,应从两个端面以尽可能大的范围用直探头作轴向检测,如果由于衰减等原因,双端检测不能超过轴向长度的一半时,可用斜探头代替直探头进行轴向检测。

5.7.6.4 斜探头检测

奥氏体钢锻件斜探头检测应按附录 F 的要求进行。

5.7.7 缺陷记录

5.7.7.1 由于缺陷的存在,而使基准灵敏度下的底波降到满刻度 25%以下的部位。

5.7.7.2 缺陷波幅在距离-波幅曲线以上的部位。

5.7.8 质量分级

5.7.8.1 单晶直探头或双晶直探头检测的质量分级见表 16。

5.7.8.2 斜探头检测的质量分级见表 17。

5.7.8.3 在具体进行质量分级时,表 16 和表 17 应独立使用。

表 16 直探头检测的质量分级

单位为 mm

工件厚度	≤80		>80~200		>200~300		>300		>600	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
缺陷当量平底孔直径或因缺陷引起底波降低后的幅度	≤φ3	>φ3	≤φ6	>φ6	≤φ10	>φ10	≤φ13	>φ13	≥5%	<5%
注:工件厚度主要指承压方向上的尺寸;对于筒形或环形锻件,工件厚度为筒体厚度;对于饼形或类似锻件,工件厚度为其最小厚度。										

表 17 斜探头检测的质量分级

等级	I	II
缺陷波幅	缺陷波幅低于 V 形槽试块距离-波幅曲线,此时 V 形槽深为工件公称壁厚的 3% (最大为 3mm)	缺陷波幅低于 V 形槽试块距离-波幅曲线,此时 V 形槽深为工件公称壁厚的 5%、(最大为 6mm)

5.8 承压设备用无缝钢管超声检测方法和质量分级

5.8.1 范围

5.8.1.1 本条适用于外径不小于 12mm 承压设备用碳钢、低合金钢、奥氏体不锈钢及奥氏体-铁素体双相不锈钢无缝钢管超声检测方法和质量分级。

5.8.1.2 本条不适用于内外径之比小于 65%的钢管周向直接接触法斜探头检测和内外径之比小于 60%的钢管周向液浸法横波检测,也不适用分层类缺陷的超声检测。

5.8.2 检测原则

除非要求检测横向缺陷时,一般可只对纵向缺陷进行检测。经双方协商,纵向或横向缺陷的检测也可只在钢管的一个方向上进行。

5.8.3 检测设备

5.8.3.1 检测设备由超声检测仪、探头、检测装置、机械传动装置、分选装置及其他辅助装置等组成。

5.8.3.2 检测时可使用线聚焦或点聚焦探头。单个探头压电晶片边长或直径应不大于 25mm。

5.8.3.3 检测装置

检测装置应具有探头相对钢管位置的高精度调整机构并能可靠地锁紧或能实现良好的机械跟踪,以保证动态下声束对钢管的入射条件不变。

5.8.3.4 传动装置

传动装置应使钢管以均匀的速度通过检测装置并能保证在检测中钢管与检测装置具有良好的同心度。

5.8.3.5 分选装置

分选装置应能可靠地分开检测合格与不合格的钢管。

5.8.4 对比试块

5.8.4.1 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。对比试块的长度应满足检测方法和检测设备要求。

5.8.4.2 人工反射体

5.8.4.2.1 人工反射体形状

检测纵向缺陷和横向缺陷所用的人工反射体应分别为平行于管轴的纵向槽和垂直于管轴的横向槽，其断面形状均可为矩形或 V 形，人工反射体示意图见图 10。矩形槽的两个侧面应相互平行且垂直于槽的底面。当采用电蚀法加工时，允许槽的底面和底面角部略呈圆形。V 形槽的夹角应为 60°。检测时人工反射体形状的选用由供需双方商定。

5.8.4.2.2 人工反射体位置

纵向槽应在对比试块的中部外表面和端部区域内、外表面处各加工一个，3 个槽的公称尺寸相同，当钢管内径小于 25mm 时可不加工内壁纵向槽。横向槽应在试样的中部外表面和端部区域内、外表面处各加工一个，3 个槽的名义尺寸相同，当内径小于 50mm 时可不加工内壁横向槽。

5.8.4.2.3 人工反射体尺寸

人工反射体的尺寸按表 18 分为三级。具体级别按有关的钢管产品标准规定执行。如产品标准未作规定应由供需双方商定。

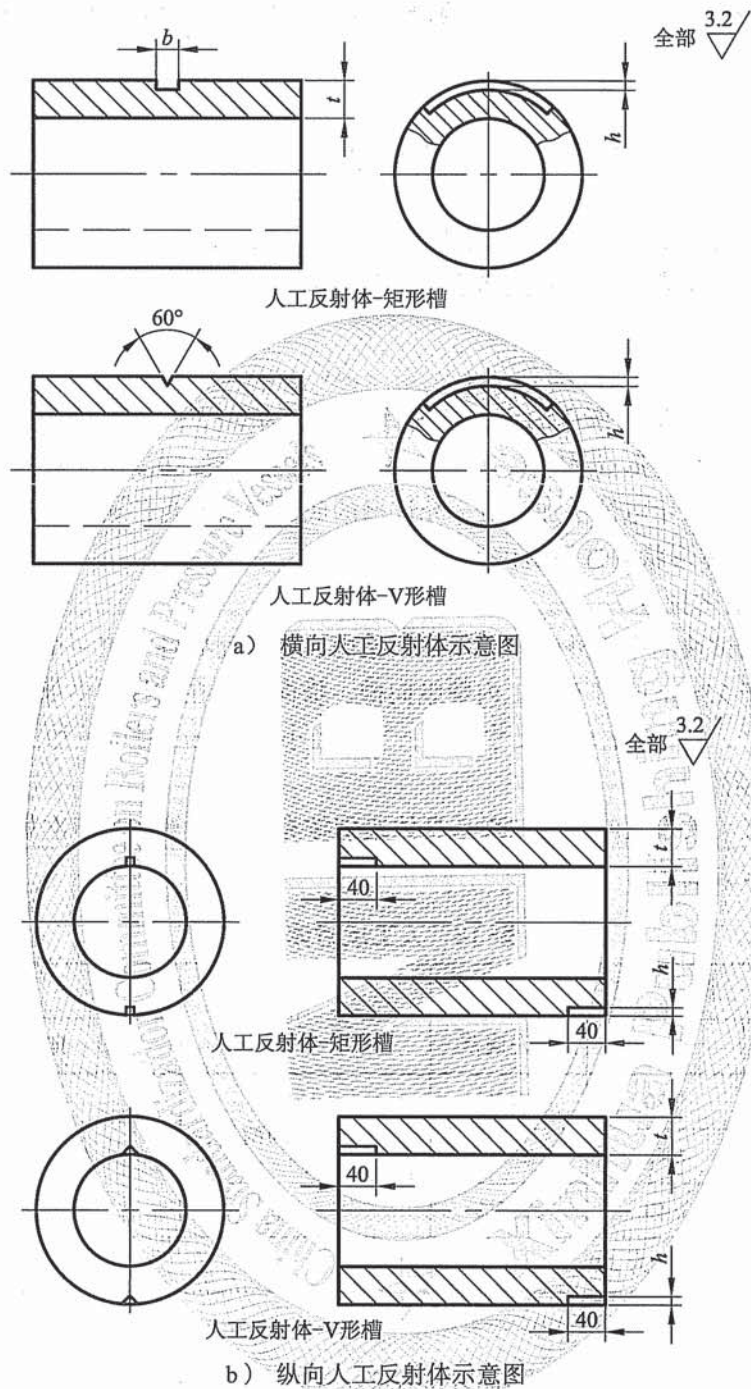
表 18 人工反射体尺寸

单位为 mm

级别	深 度			宽 度 b	长 度	
	h/t (%)	最小	允许偏差		纵 向	横 向
I	5	0.20	±15%	不大于深度的两倍， 最大为 1.5	40	40 或周长的 50% (取小者)
II	8	0.40	±15%			
III	10	0.40	±15%			
注：人工反射体最大深度为 3.0。						

5.8.4.2.4 制作与测量

人工反射体可采用电蚀、机械或其他方法加工。对比试样上应有明显的标识或编号。人工反射体深度可用光学方法、覆形方法或其他方法测量。



说明:

h ——人工反射体深度, mm;

b ——人工反射体宽度, mm。

图 10 人工反射体示意图

5.8.5 灵敏度的确定

5.8.5.1 直接接触法检测时,可直接在对比试块上将内壁人工反射体的回波幅度调到显示屏满刻度的 80%,再移动探头,找出外壁人工反射体的最大回波,在显示屏上标出,连接两点即为距离-波幅曲线,作为检测时的基准灵敏度。由于管径的原因,对比试块上无内壁人工反射体时,可用外

壁人工反射体的一次回波和二次回波制作距离-波幅曲线。

5.8.5.2 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，使对比试块内、外表面人工反射体所产生的回波幅度均达到显示屏满刻度的 50%，并以此作为基准灵敏度；
- c) 当内、外壁人工反射体信号使用同一个报警闸门时，检测仪的报警灵敏度应按照内、外壁的信号中以及周向不同位置的信号中较低幅度的信号进行设定。当内、外壁人工反射体信号使用两个不同的报警闸门时，检测仪的报警灵敏度应按照内、外壁人工反射体在周向不同位置中较低幅度的信号分别进行设定。同时，两个闸门的宽度应满足管壁内各部位缺陷信号的报警要求。

5.8.5.3 扫查灵敏度一般应比基准灵敏度高 6dB。

5.8.6 检测

5.8.6.1 钢管的检测可根据钢管规格选用液浸法或直接接触法检测。

5.8.6.2 用试块调节检测时，应考虑试块和被检钢管表面的耦合差。

5.8.6.3 采用斜探头在探头和钢管相对移动的状态下进行检测。自动或手工检测时均应保证声束对钢管全部表面的扫查。自动检测时对钢管两端将不能有效地检测，此区域视为自动检测的盲区，应采用有效方法如手工方法对该区域进行检测。

5.8.6.4 检测纵向缺陷时声束在管壁内沿圆周方向传播（见图 11）；检测横向缺陷时声束在管壁内沿管轴方向传播（见图 12）。纵向、横向缺陷的检测均应在钢管的两个相反方向上进行。

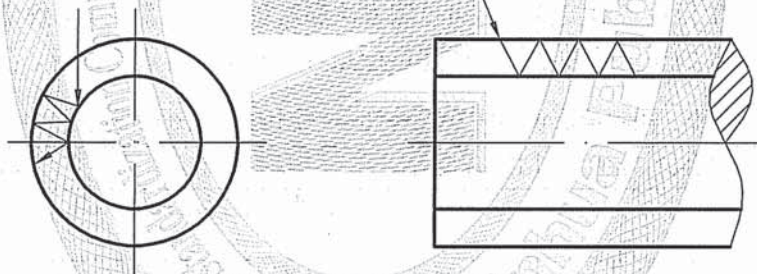


图 11 管壁内声束的周向传播

图 12 管壁内声束的轴向传播

5.8.6.5 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，应有不小于 15% 的覆盖率。

5.8.6.6 自动检测应保证动态时的检测，且内、外壁人工反射体的最大反射波幅差不超过 2dB。

5.8.7 缺陷记录

5.8.7.1 直接接触法检测时，回波幅度大于或等于相应的对比试块人工反射体距离-波幅曲线 50% 高度的缺陷。

5.8.7.2 液浸法检测时，回波幅度大于或等于相应的对比试块内、外表面人工反射体所产生的回波幅度 50% 的缺陷。

5.8.8 质量分级

5.8.8.1 无缝钢管质量分级按表 19 的规定。

5.8.8.2 不合格品允许重新处理，处理后仍按本条进行检测和质量等级评定。

表 19 无缝钢管超声检测质量分级

等级	允许缺陷回波幅度	
	直接接触法	液浸法
I	低于相应的对比试块人工反射体距离-波幅曲线 50%，即 $H_d < 50\%DAC$	低于相应的对比试块内、外表面人工反射体所产生的回波幅度 50%，即 $< 50\%H_r$
II	低于相应的对比试块人工反射体距离-波幅曲线，即 $50\%DAC \leq H_d < DAC$	低于相应的对比试块内、外表面人工反射体所产生的回波幅度，即 $50\%H_r \leq H_d < H_r$
III	大于等于相应的对比试块人工反射体距离-波幅曲线，即 $H_d \geq DAC$	大于等于相应的对比试块内、外表面人工反射体所产生的回波幅度，即 $H_d \geq H_r$

注： H_d 指缺陷回波幅度， H_r 指液浸法对比试块内、外表面人工反射体所产生的回波幅度。

5.8.9 验收要求

无缝钢管的验收等级要求按相应技术文件规定。

6 承压设备焊接接头超声检测方法和质量分级

6.1 范围

6.1.1 本章规定了铁素体钢制承压设备焊接接头的超声检测方法和质量分级，其适用范围和使用原则见表 20。

6.1.2 对于其他细晶各向同性和低声衰减金属材料，可参照本章的规定进行，但应考虑材料声学特性的变化。

6.1.3 承压设备堆焊层超声检测方法和质量分级按附录 G 的规定进行。

6.1.4 铝和铝合金制及钛制承压设备对接接头超声检测方法和质量分级按附录 H 的规定进行。

6.1.5 奥氏体不锈钢承压设备对接接头超声检测方法和质量分级按附录 I 的规定进行。

6.1.6 与承压设备有关的支承件和结构件的超声检测可参照本章的规定进行。

表 20 钢制承压设备焊接接头超声检测适用范围和使用原则 单位为 mm

承压设备类别	焊接接头类型	工件厚度 t	检测面直径	检测方法	质量分级		
锅炉、压力容器	筒体（或封头） 对接接头	$\geq 6 \sim 500$	≥ 500 ，纵向对接接头时，内外径比 $\geq 70\%$	6.3	6.5.1		
			$\geq 100 \sim 500$ 的纵向对接接头且内外径比 $\geq 70\%$	附录 J			
			$\geq 159 \sim 500$ 的环向对接接头	附录 K			
	接管与筒体（或封头） 角接头	$\geq 6 \sim 500$	插入式：筒体（或封头） ≥ 500 且内外径比 $\geq 70\%$ ，接管公称直径 ≥ 80	附录 L			
			安放式：筒体（或封头） ≥ 300 且接管公称直径 ≥ 100				
	T 型焊接接头	$\geq 6 \sim 300$	—	附录 M			
	管子环向对接接头	$\geq 6 \sim 150$	$\geq 6 \sim 150$	外径 ≥ 500		6.3	6.5.2
			$\geq 6 \sim 150$	外径 $\geq 159 \sim 500$		附录 K	6.5.2
			$\geq 6 \sim 50$	外径 $\geq 32 \sim 159$		6.4	6.5.2
			$\geq 4 \sim 6$	外径 ≥ 32		6.4	6.5.2
管子纵向对接接头	$\geq 6 \sim 150$	外径 ≥ 500 ，内外径比 $\geq 70\%$	6.3	6.5.2			
		外径 $\geq 100 \sim 500$ ，内外径比 $\geq 70\%$	附录 J	6.5.2			

表 20 (续)

单位为 mm

承压设备类别	焊接接头类型	工件厚度 t	检测面直径	检测方法	质量分级
压力管道	环向对接接头	$\geq 6\sim 150$	外径 ≥ 500	6.3	6.5.3
		$\geq 6\sim 150$	外径 $\geq 159\sim 500$	附录 K	6.5.3
		$\geq 6\sim 50$	外径 $\geq 32\sim 159$	6.4	6.5.3
		$\geq 4\sim 6$	外径 ≥ 32	6.4	6.5.3
	纵向对接接头	$\geq 6\sim 150$	外径 ≥ 500 , 内外径比 $\geq 70\%$	6.3	6.5.3
			外径 $\geq 100\sim 500$, 内外径比 $\geq 70\%$	附录 J	6.5.3

6.2 承压设备焊接接头超声检测工艺文件

焊接接头超声检测的工艺文件除了应满足 4.3 的要求之外, 还应包括表 21 所列的相关因素。

表 21 焊接接头超声检测工艺规程涉及的相关因素

序号	相关因素的内容
1	焊接接头类型和几何形状, 包括工件规格、厚度、尺寸和产品形式 (如板焊、锻焊等)
2	焊接方法、焊接工艺 (如坡口型式、角度等)
3	检测技术等级
4	母材检测
5	检测时机 (如焊后或热处理后或耐压试验后等)
6	检测区 (范围等)
7	附加检测 (如需要) 及要求
8	验收级别 (质量等级)

6.3 承压设备 I 型焊接接头超声检测方法

6.3.1 范围

本条适用 I 型焊接接头的超声检测, I 型焊接接头范围见表 22。

表 22 I 型焊接接头超声检测适用范围

单位为 mm

承压设备类别	焊接接头类型	工件厚度 t	检测面直径	检测技术等级要求
锅炉、压力容器	筒体 (或封头) 对接接头	$\geq 6\sim 500$	≥ 500 , 纵向对接接头时, 内外径比 $\geq 70\%$	6.3.2
			$\geq 100\sim 500$ 的纵向对接接头且内外径比 $\geq 70\%$	6.3.2
			$\geq 159\sim 500$ 的环向对接接头	6.3.2
	接管与筒体(或封头)角对接接头	$\geq 6\sim 500$	插入式: 筒体 (或封头) ≥ 500 且内外径比 $\geq 70\%$, 接管公称直径 ≥ 80 安放式: 筒体(或封头) ≥ 300 且接管公称直径 ≥ 100	6.3.2

表 22 (续)

承压设备类别	焊接接头类型	工件厚度 t	检测面直径	检测技术等级要求
锅炉、压力容器	T 型焊接接头	$\geq 6\sim 300$	—	6.3.2
	管子环向对接接头	$\geq 6\sim 150$	外径 ≥ 159	6.3.2
	管子纵向对接接头	$\geq 6\sim 150$	外径 ≥ 100 , 内外径比 $\geq 70\%$	6.3.2
压力管道	环向对接接头	$\geq 6\sim 150$	外径 ≥ 159	—
	纵向对接接头	$\geq 6\sim 150$	外径 ≥ 100 , 内外径比 $\geq 70\%$	—

6.3.2 超声检测技术等级

6.3.2.1 超声检测技术等级分为 A、B、C 级。

6.3.2.2 超声检测技术等级的选择

超声检测技术等级的选择应符合制造、安装等有关规范、标准及设计图样规定。承压设备焊接接头的制造、安装时的超声检测，一般应采用 B 级超声检测技术等级进行检测。对重要设备的焊接接头，可采用 C 级超声检测技术等级进行检测。

6.3.2.3 不同检测技术等级的一般要求

6.3.2.3.1 不同类型焊接接头超声检测的具体要求见附录 N。

6.3.2.3.2 A 级检测

A 级适用于工件厚度为 6mm~40mm 焊接接头的检测。可用一种折射角 (K 值) 斜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。如受条件限制，也可以选择双面单侧或单面单侧进行检测。一般不要求进行横向缺陷的检测。

6.3.2.3.3 B 级检测：

- a) B 级适用于工件厚度为 6mm~200mm 焊接接头的检测；
- b) 焊接接头一般应进行横向缺陷的检测；
- c) 对于按附录 N 要求进行双面双侧检测的焊接接头，如受几何条件限制或由于堆焊层（或复合层）的存在而选择单面双侧检测时，还应补充斜探头作近表面缺陷检测。

6.3.2.3.4 C 级检测：

- a) C 级适用于工件厚度大于等于 6mm~500mm 焊接接头的检测；
- b) 采用 C 级检测时应将焊接接头的余高磨平。对焊接接头斜探头扫查经过的母材区域要用直探头进行检测，检测方法按 6.3.7 的规定进行；
- c) 工件厚度大于 15mm 的焊接接头一般应在双面双侧进行检测，如受几何条件限制或由于堆焊层（或复合层）的存在而选择单面双侧检测时，还应补充斜探头作近表面缺陷检测；
- d) 对于单侧坡口角度小于 5° 的窄间隙焊缝，如有可能应增加检测与坡口表面平行缺陷的有效方法；
- e) 工件厚度大于 40mm 的对接接头，还应增加直探头检测；
- f) 焊接接头应进行横向缺陷的检测。

6.3.2.3.5 用两种或两种以上不同折射角 (K 值) 斜探头检测时，探头间折射角相差不应小于 10° 。

6.3.3 试块

6.3.3.1 标准试块

- 6.3.3.1.1 标准试块的制作应符合 4.2.3.1 的规定。
- 6.3.3.1.2 本条采用的标准试块为 CSK-IA。其形状和尺寸应分别符合图 13 的规定。
- 6.3.3.2 对比试块
- 6.3.3.2.1 对比试块的制作应符合 4.2.3.2 的规定。
- 6.3.3.2.2 本条采用的对比试块为 CSK-IIA、CSK-IIIA 和 CSK-IVA：
- CSK-IIA 试块形状和尺寸应符合表 23 和图 14 的规定；
 - CSK-IIIA 试块形状和尺寸见附录 O；
 - CSK-IVA 试块形状和尺寸应符合表 24 和图 15 的规定；
 - 在满足基准灵敏度要求时，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。
- 6.3.3.3 试块的使用原则
- 6.3.3.3.1 CSK-IA、CSK-IIA、CSK-IIIA 和 CSK-IVA 试块适用于检测面曲率半径大于等于 250mm 的焊接接头超声检测。
- 6.3.3.3.2 CSK-IA、CSK-IIA 和 CSK-IVA 试块适用工件壁厚范围为 6mm~500mm 的焊接接头超声检测，其中 CSK-IIA 适用工件壁厚范围为 6mm~200mm 的焊接接头，CSK-IVA 系列试块适用工件壁厚大于 200mm~500mm 的焊接接头。
- 6.3.3.3.3 对于工件壁厚范围为 8mm~120mm 的焊接接头超声检测，也可采用 CSK-IIIA 试块（参见附录 O），但应对灵敏度进行适当调整以与 CSK-IIA 试块保持一致。
- 6.3.3.3.4 对不同工件厚度对接接头进行检测时，试块厚度的选择应由较大工件厚度确定，扫查灵敏度和质量分级由薄侧工件厚度确定。

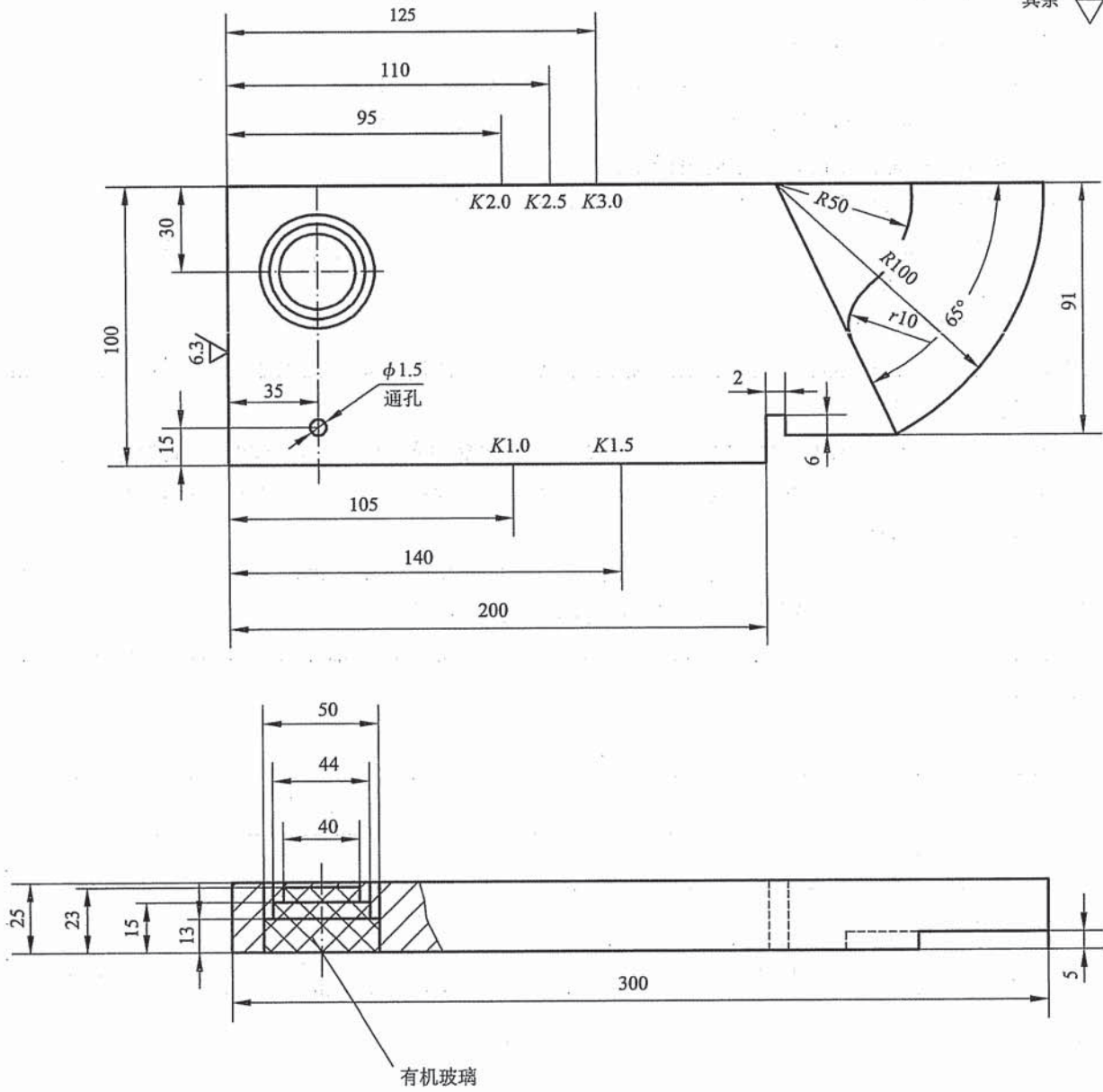
表 23 CSK-IIA 试块尺寸

单位为 mm

CSK-IIA 编号	适用工件厚度 t	试块厚度 T	横孔位置	横孔直径 d
CSK-IIA-1	$\geq 6\sim 40$	45	5、15、25、35	$\phi 2.0$
CSK-IIA-2	$> 40\sim 100$	110	10、30、50、70、90	$\phi 2.0$
CSK-IIA-3	$> 40\sim 200$	210	10、30、50、70、 90、110、140、170、200	$\phi 2.0$

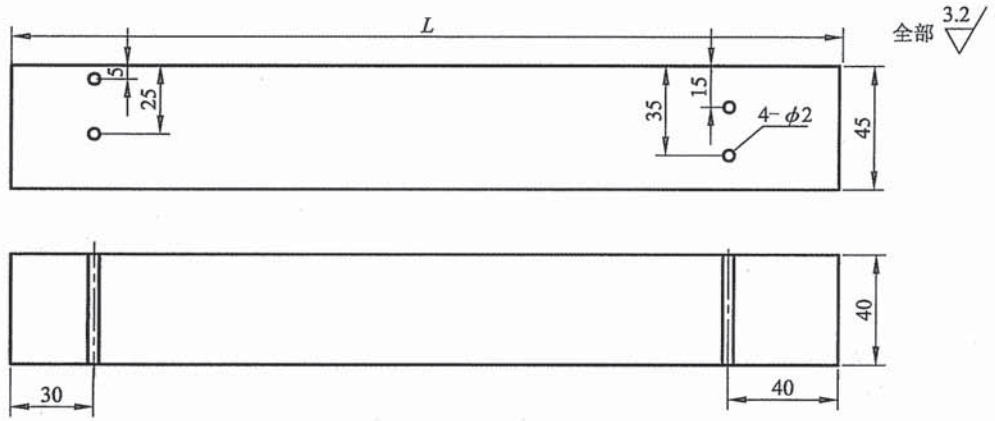
注 1：孔径误差不大于 $\pm 0.02\text{mm}$ ，其他尺寸误差不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。
 注 2：试块长度由使用的声程等确定。
 注 3：如声学特性相同或相近，试块也可用厚代薄。
 注 4：可以在试块全厚度范围增加横孔数量。
 注 5：也可使用其他直径的横孔，灵敏度应与此相当。
 注 6：开孔垂直度偏差不大于 0.1° 。

其余 $\nabla 3.2$

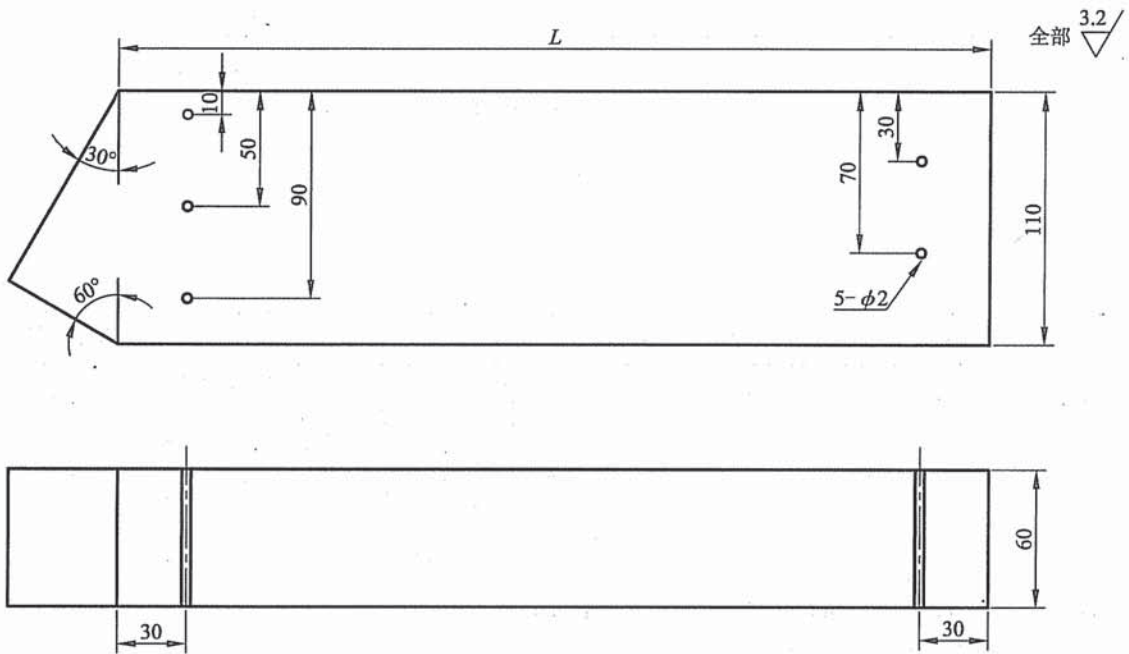


注：尺寸误差不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

图 13 CSK-IA 试块

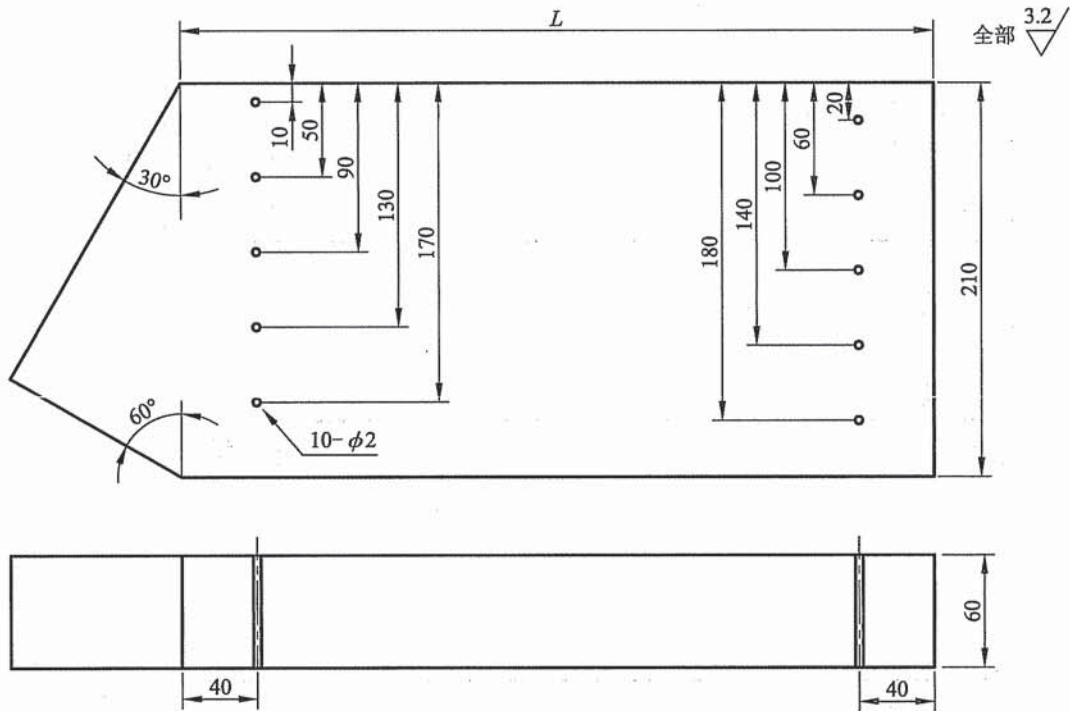


a) CSK-II A-1 试块



b) CSK-II A-2 试块

图 14 CSK-IIA 试块 (推荐)



c) CSK-IIA-3 试块

图 14 (续)

表 24 CSK-IVA 试块尺寸

单位为 mm

CSK-IVA 编号	工件厚度 t	试块厚度 T	试块长度 L	横孔位置	横孔直径 d
CSK-IVA -1	> 200~300	310	见注 2	10、30、50、80、110、150、190、240、290	$\phi 6$
CSK-IVA -2	> 300~400	410	见注 2	10、30、50、80、110、150、190、240、290、340、390	$\phi 6$
CSK-IVA -3	> 400~500	510	见注 2	10、30、50、80、110、150、190、240、290、340、390、440、490	$\phi 6$

注 1: 孔径误差不大于 $\pm 0.02\text{mm}$, 其他尺寸误差不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

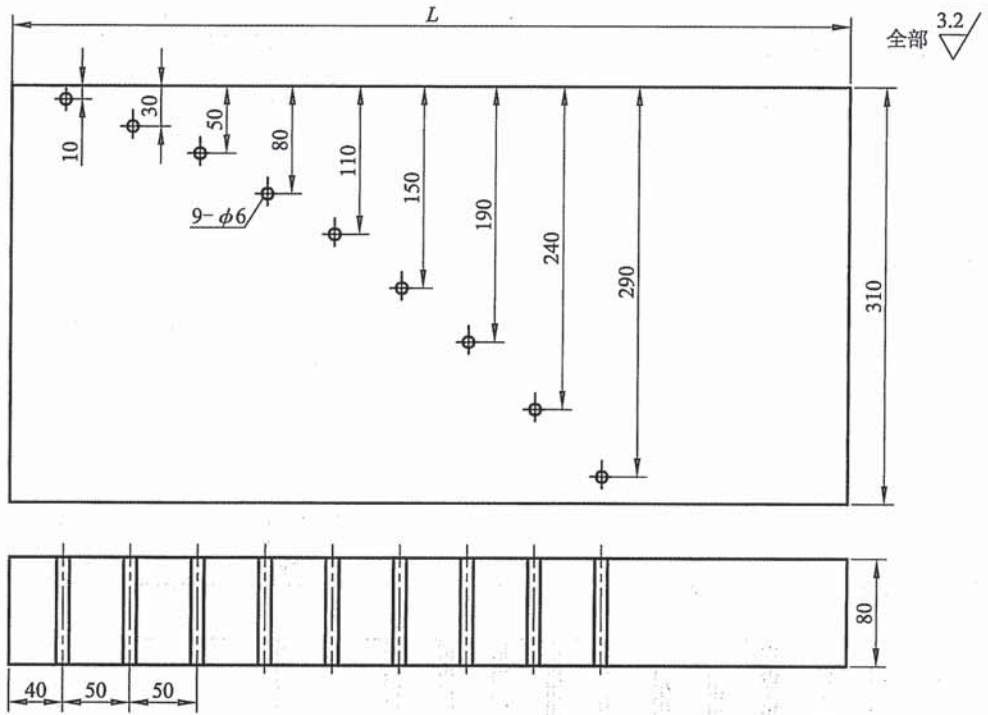
注 2: 试块长度由使用的声程等确定。

注 3: 如声学特性相同或相近, 试块也可用厚代薄。

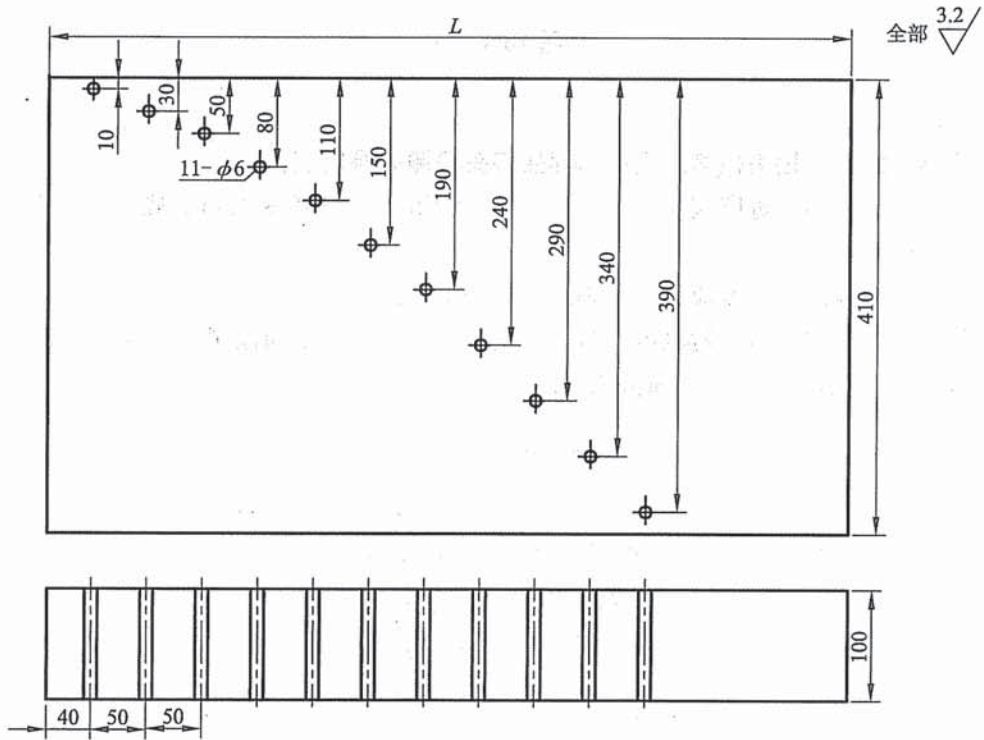
注 4: 可以在试块全厚度范围增加横孔数量。

注 5: 也可使用其他直径的横孔, 灵敏度应与此相当。

注 6: 开孔垂直度偏差不大于 0.1° 。

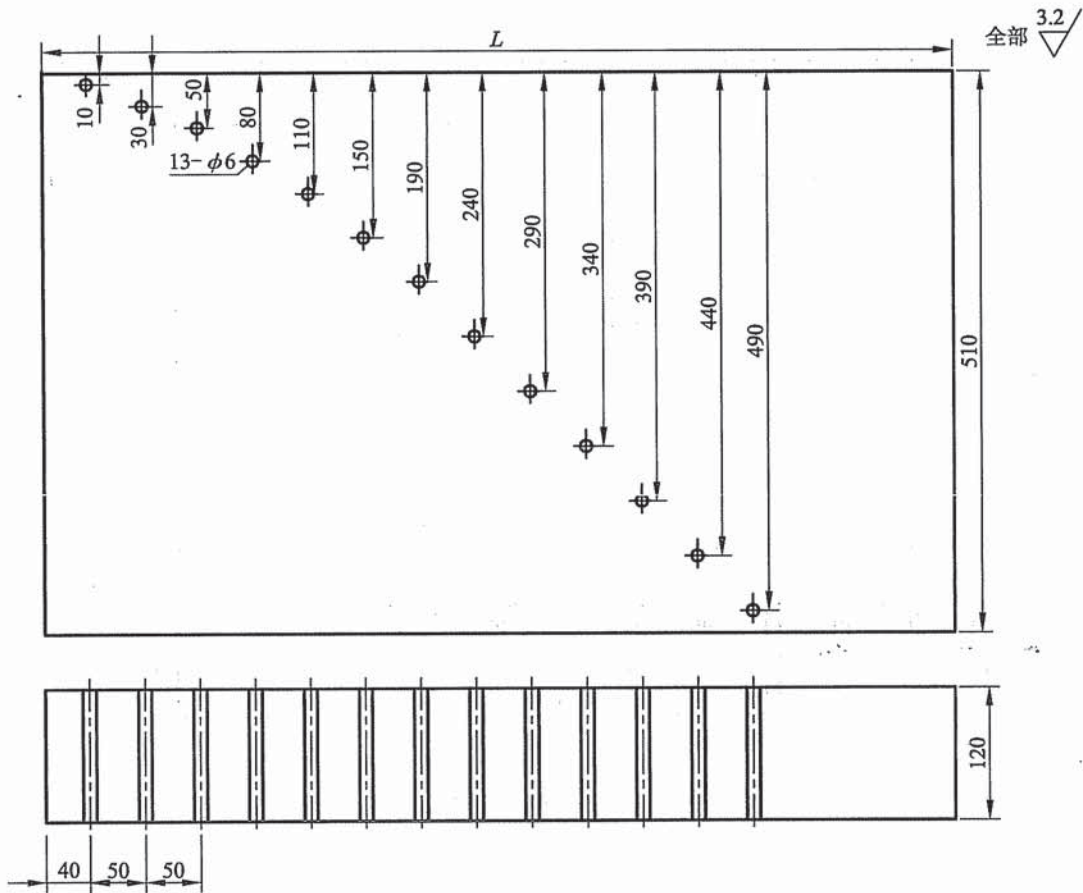


a) CSK-IVA-1 试块



b) CSK-IVA-2 试块

图 15 CSK-IVA 试块示意图 (推荐)



c) CSK-IVA-3 试块

图 15 (续)

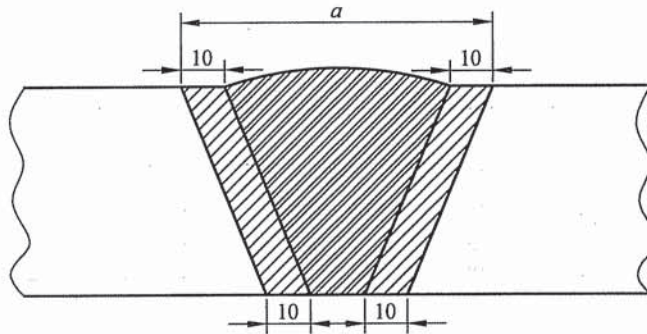
6.3.4 检测区

6.3.4.1 检测区由焊接接头检测区宽度和焊接接头检测区厚度表征。

6.3.4.2 焊接接头检测区宽度应是焊缝本身加上焊缝熔合线两侧各 10mm 确定。V 型坡口对接接头检测区示意图 16。

6.3.4.3 对接接头检测区厚度应为工件厚度加上焊缝余高。

6.3.4.4 超声检测应覆盖整个检测区。若增加检测探头数量或增加检测面 (侧) 还不能完全覆盖, 应增加辅助检测, 包括采用其他无损检测方法。



注: a 表示焊接接头检测区宽度。

图 16 检测区示意图

6.3.5 检测面准备

6.3.5.1 探头移动区宽度

6.3.5.1.1 探头移动区宽度应能满足检测到整个检测区。见图 17。

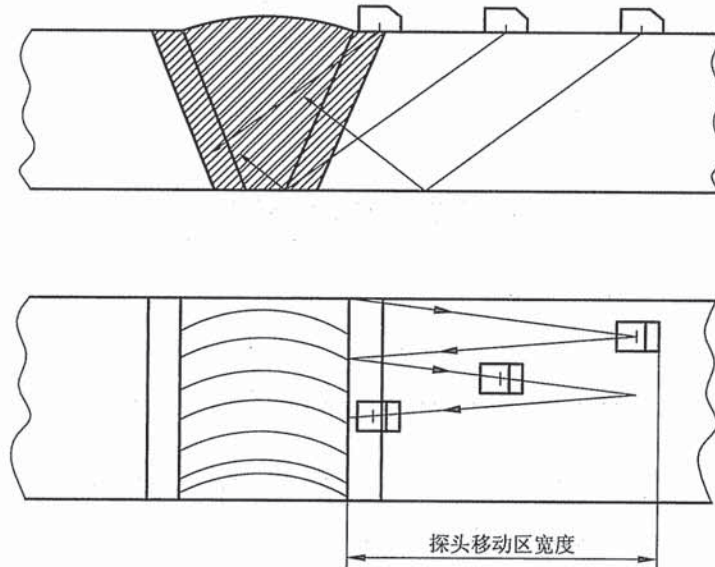


图 17 探头移动区宽度示意图

6.3.5.1.2 采用一次反射法检测时，探头移动区宽度应大于或等于 $1.25P$ ：

$$P = 2Kt \quad \dots\dots\dots (3)$$

或

$$P = 2t \times \tan \beta \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

P ——跨距，mm；

t ——工件厚度，mm；

K ——探头折射角的正切值；

β ——探头折射角，(°)。S

6.3.5.1.3 采用直射法检测时，探头移动区宽度应大于或等于 $0.75P$ 。

6.3.5.2 检测面应清除油漆、焊接飞溅、铁屑、油垢及其他异物，以免影响声波耦合和缺陷判断。检测面应平整，检测面与探头楔块底面或保护膜间的间隙不应大于 0.5mm ，其表面粗糙度 R_a 值应小于或等于 $25\mu\text{m}$ 。检测面一般应进行打磨。

6.3.5.3 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。

6.3.6 探头折射角 (K 值)、标称频率

6.3.6.1 斜探头的折射角 (K 值)、标称频率的选取可参照表 25 的规定。条件允许时，应尽量采用较大折射角 (K 值) 探头。

6.3.6.2 采用一次反射法检测时，斜探头折射角 (K 值) 的选取应尽可能使主声束与检测面相对的底面法线夹角在 $35^\circ\sim 70^\circ$ 之间，当使用两种或两种以上折射角 (K 值) 探头检测时，应至少有一种折射角 (K 值) 的探头满足这一要求。

表 25 推荐采用的斜探头折射角 (K 值) 和标称频率

工件厚度 t/mm	折射角 (K 值)	标称频率/MHz
$\geq 6\sim 25$	$63^\circ\sim 72^\circ$ (2.0~3.0)	4~5
$> 25\sim 40$	$56^\circ\sim 68^\circ$ (1.5~2.5)	2~5
> 40	$45^\circ\sim 63^\circ$ (1.0~2.0)	2~2.5

6.3.6.3 直探头标称频率的选取可参照表 26 的规定。

表 26 推荐采用的直探头标称频率

工件厚度 t/mm	标称频率/MHz
$\geq 6\sim 40$	4~5
> 40	2~5

6.3.7 母材的检测

对于 C 级检测或必要时,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类型缺陷存在。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:

- a) 扫查灵敏度:将无缺陷处第二次底波调节为显示屏满刻度的 100%;
- b) 凡缺陷信号幅度超过显示屏满刻度 20% 的部位,应在工件表面作出标记,并予以记录。

6.3.8 仪器调节

6.3.8.1 斜探头入射点、折射角 (K 值)

斜探头入射点的测定一般采用 CSK-IA 试块,折射角 (K 值) 的测定可采用 CSK-IA、CSK-IIA、CSK-IIIA 或 CSK-IVA 试块。

6.3.8.2 仪器时基线

仪器时基线的调整一般采用 CSK-IA 试块,也可根据被检工件厚度选择 CSK-IIA、CSK-IIIA 或 CSK-IVA 试块。

6.3.8.3 距离-波幅曲线的绘制

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 18 所示。如果距离-波幅曲线绘制在显示屏上,则在检测范围内曲线任一点高度不低于显示屏满刻度的 20%。

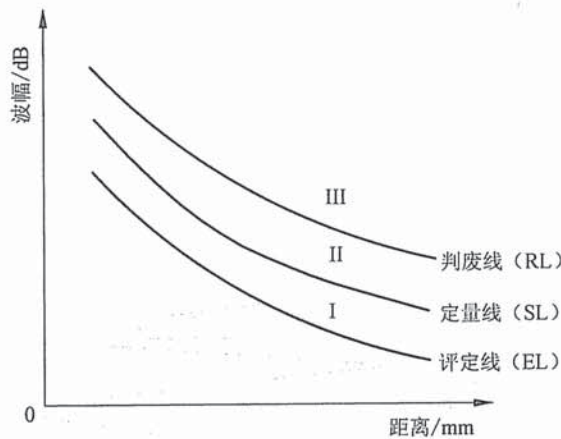


图 18 距离-波幅曲线

6.3.8.4 距离-波幅曲线的灵敏度选择

6.3.8.4.1 工件厚度为 6mm~200mm 的焊接接头, 斜探头或直探头检测时, 用 CSK-IIA 试块制作的距离-波幅曲线灵敏度按表 27 的规定。

表 27 斜探头或直探头检测距离-波幅曲线的灵敏度

试块型式	工件厚度 t/mm	评定线	定量线	判废线
CSK-IIA	$\geq 6\sim 40$	$\phi 2 \times 40-18\text{dB}$	$\phi 2 \times 40-12\text{dB}$	$\phi 2 \times 40-4\text{dB}$
	$> 40\sim 100$	$\phi 2 \times 60-14\text{dB}$	$\phi 2 \times 60-8\text{dB}$	$\phi 2 \times 60+2\text{dB}$
	$> 100\sim 200$	$\phi 2 \times 60-10\text{dB}$	$\phi 2 \times 60-4\text{dB}$	$\phi 2 \times 60+6\text{dB}$

6.3.8.4.2 工件厚度为 8mm~120mm 的焊接接头, 斜探头检测时, 用 CSK-IIIA 试块制作的距离-波幅曲线灵敏度按附录 O 的规定。

6.3.8.4.3 工件厚度大于 200mm~500mm 的焊接接头, 斜探头或直探头检测时距离-波幅曲线灵敏度按表 28 的规定。

表 28 斜探头或直探头检测距离-波幅曲线的灵敏度

试块型式	工件厚度 t/mm	评定线	定量线	判废线
CSK-IVA	$> 200\sim 300$	$\phi 6-13\text{dB}$	$\phi 6-7\text{dB}$	$\phi 6+3\text{dB}$
	$> 300\sim 500$	$\phi 6-11\text{dB}$	$\phi 6-5\text{dB}$	$\phi 6+5\text{dB}$

6.3.8.4.4 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 P 的规定测量声能传输损耗差并进行补偿, 补偿量应计入距离-波幅曲线。

6.3.8.4.5 扫查灵敏度不应低于评定线灵敏度, 此时在检测范围内最大声程处的评定线高度不应低于荧光屏满刻度的 20%。

6.3.8.4.6 检测和评定横向缺陷时, 应将各线灵敏度均提高 6dB。

6.3.9 扫查方法

6.3.9.1 斜探头扫查

6.3.9.1.1 检测焊接接头纵向缺陷时, 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 19。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,扫查时还应作 10°~15° 的左右转动。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 20。

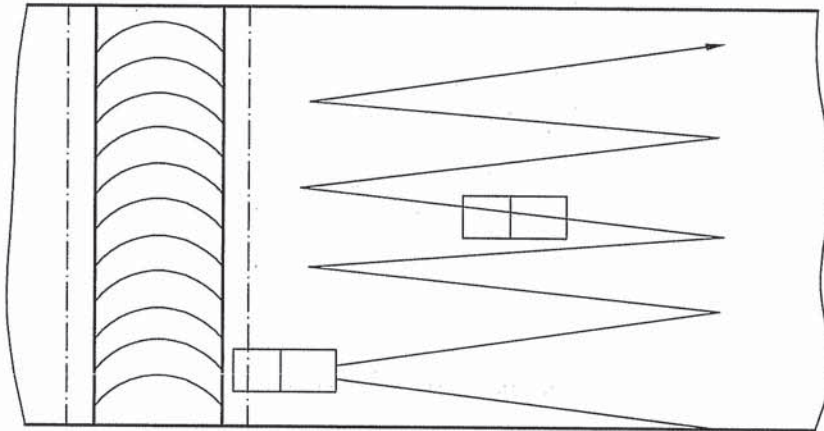


图 19 锯齿型扫查

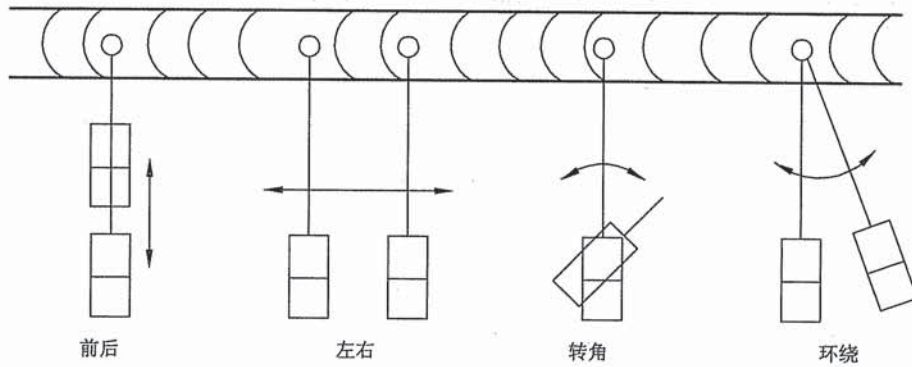


图 20 四种基本扫查方法

6.3.9.1.2 检测焊接接头横向缺陷时,可在焊接接头两侧边缘使斜探头与焊接接头中心线成不大于 10° 作两个方向斜平行扫查,见图 21。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 22。

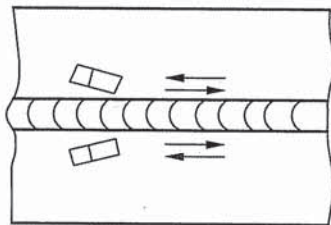


图 21 斜平行扫查

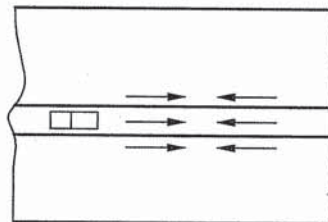


图 22 平行扫查

6.3.9.1.3 对电渣焊焊接接头还应增加与焊缝中心线成 45° 的斜向扫查。

6.3.9.2 直探头扫查

直探头扫查时,应确保超声声束能扫查到焊接接头的整个被检区域。

6.3.10 检测面曲率半径小于 250mm 对接接头超声检测的一般原则

6.3.10.1 检测曲面工件时,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：

$$b \geq 2\lambda S / D_0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

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。

6.3.10.2 曲面纵向对接接头检测

6.3.10.2.1 工件检测面曲率半径应在对比试块的曲率半径的 0.9 倍 ~ 1.1 倍范围内。

6.3.10.2.2 根据工件的曲率和工件厚度选择探头折射角 (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。

6.3.10.2.3 探头接触面修磨后，应注意探头入射点和折射角 (K 值) 的变化，并用曲率试块作实际测定。

6.3.10.2.4 应注意显示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，并进行修正。

6.3.10.2.5 曲面纵向对接接头超声检测方法见附录 J。

6.3.10.3 曲面环向对接接头检测

6.3.10.3.1 工件检测面曲率半径应在对比试块曲率半径的 0.9 倍 ~ 1.5 倍范围内。

6.3.10.3.2 曲面环向对接接头超声检测方法见附录 K。

6.3.11 接管与筒体（或封头）角接接头超声检测方法见附录 L。

6.3.12 T 型焊接接头超声检测方法见附录 M。

6.3.13 缺陷定量

6.3.13.1 对缺陷波幅达到或超过评定线的缺陷，应确定其位置、波幅和指示长度等。

6.3.13.2 缺陷波幅

6.3.13.2.1 移动探头以获得缺陷的最大反射波幅为缺陷波幅。

6.3.13.2.2 当使用不同折射角 (K 值) 的探头或从不同检测面（侧）检测同一缺陷时，以获得的最高波幅为缺陷波幅。

6.3.13.3 缺陷位置

缺陷位置应以获得缺陷最大反射波幅的位置为准。

6.3.13.4 缺陷指示长度

6.3.13.4.1 当缺陷反射波只有一个高点，且位于 II 区或 II 区以上时，用 -6dB 法测量其指示长度。

6.3.13.4.2 当缺陷反射波峰值起伏变化，有多个高点，且均位于 II 区或 II 区以上时，应以端点 -6dB 法测量其指示长度。

6.3.13.4.3 当缺陷最大反射波幅位于 I 区，将探头左右移动，使波幅降到评定线，以用评定线绝对灵敏度法测量缺陷指示长度。

6.3.14 缺陷评定

6.3.14.1 超过评定线的信号应注意其是否具有裂纹、未熔合、未焊透等类型缺陷特征，如有疑问时，应采取改变探头折射角 (K 值)、增加检测面、观察动态波形并结合结构工艺特征作判定，如

对波形不能判断时，应辅以其他检测方法作综合判定。

6.3.14.2 沿缺陷长度方向相邻的两缺陷，其长度方向间距小于其中较小的缺陷长度且两缺陷在与缺陷长度相垂直方向的间距小于 5mm 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（间距计入）。如果两缺陷在长度方向投影有重叠，则以两缺陷在长度方向上投影的左、右端点间距离作为其指示长度。

6.4 承压设备 II 型焊接接头超声检测方法

6.4.1 范围

6.4.1.1 本条适用 II 型焊接接头的超声检测，II 型焊接接头范围见表 29。

表 29 II 型焊接接头超声检测适用范围

单位为 mm

承压设备类别	焊接接头类型	工件厚度 t	检测面直径
锅炉、压力容器	管子环向对接接头	$\geq 6\sim 50$	外径 $\geq 32\sim 159$
		$\geq 4\sim 6$	外径 ≥ 32
压力管道	环向对接接头	$\geq 6\sim 50$	外径 $\geq 32\sim 159$
		$\geq 4\sim 6$	外径 ≥ 32

6.4.1.2 铝及铝合金制承压设备管子和压力管道环向对接接头（II 型焊接接头）超声检测方法和质量分级可参照本条执行。

6.4.1.3 本条不适用于奥氏体不锈钢及奥氏体-铁素体双相不锈钢压力管道环向对接接头的超声检测。

6.4.2 对比试块

6.4.2.1 对比试块的制作应符合 4.2.3.2 的规定。

6.4.2.2 采用的对比试块型号为 GS-1、GS-2、GS-3、GS-4，其形状和尺寸应分别符合图 23 和表 30 的规定。

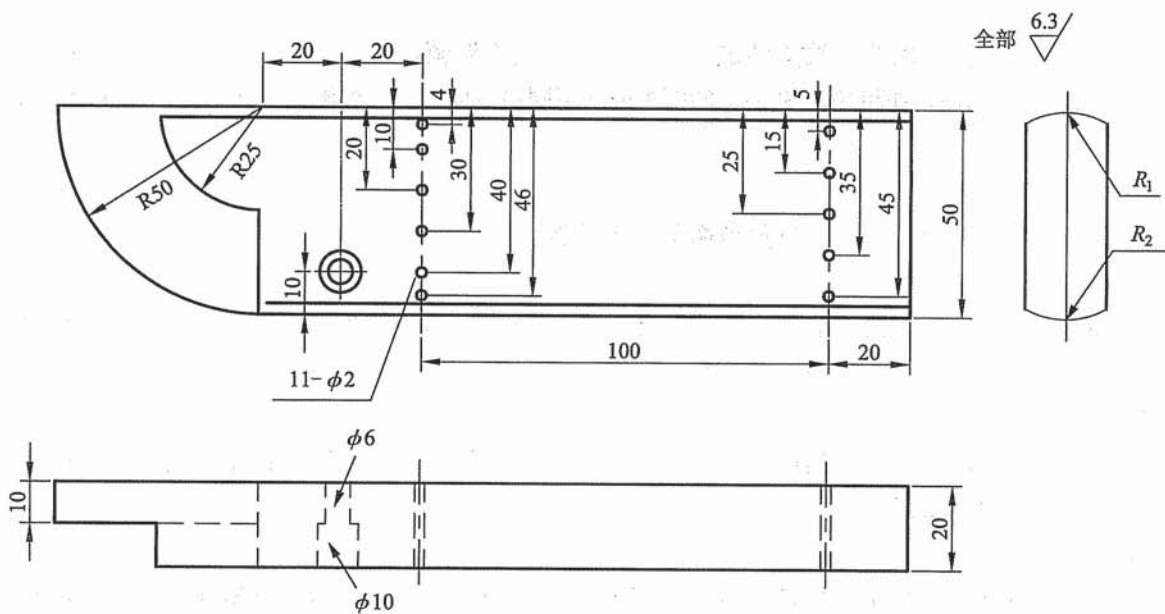


图 23 GS 试块形状和尺寸

表 30 试块圆弧曲率半径

单位为 mm

试块型号	试块圆弧曲率半径 R_1	适用管外径范围	试块圆弧曲率半径 R_2	适用管外径范围
GS-1	18	32~40	22	40~48
GS-2	26	48~57	32	57~72
GS-3	40	72~90	50	90~110
GS-4	60	110~132	72	132~159

注：根据检测需要，可添加适用不同曲率和厚度范围的试块

6.4.3 探头

6.4.3.1 推荐采用线聚焦斜探头和双晶斜探头，其性能应能满足检测要求。

6.4.3.2 探头标称频率一般采用 4MHz~5MHz，当管壁厚度大于 15mm 时，采用 2MHz~2.5MHz 的探头。

6.4.3.3 斜探头折射角（ K 值）的选取可参照表 31 的规定。如有必要，也可采用其他折射角（ K 值）的探头。

6.4.3.4 探头楔块的曲率应加工成与接管外径相吻合的形状。加工好曲率的探头应对其折射角（ K 值）和前沿值进行测定，要求一次波至少扫查到焊接接头根部。

6.4.4 检测位置及探头移动区

表 31 斜探头折射角（ K 值）的选择

管壁厚度 t /mm	探头折射角（ K 值）	探头前沿/mm
$\geq 4\sim 8$	$68^\circ\sim 72^\circ$ (2.5~3.0)	≤ 6
$> 8\sim 15$	$63^\circ\sim 68^\circ$ (2.0~2.5)	≤ 8
> 15	$56^\circ\sim 63^\circ$ (1.5~2.0)	≤ 12

6.4.4.1 一般要求从焊接接头两侧进行检测，确因条件限制只能从焊接接头一侧检测时，应采用两种或两种以上的不同值探头进行检测。

6.4.4.2 探头移动区应清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其他杂质，其表面粗糙度 $R_a \leq 25\mu\text{m}$ ，探头移动区应大于 $1.5P$ ， P 的计算按 6.3.5.1.2 的规定。

6.4.5 距离-波幅曲线的绘制

6.4.5.1 按表 30 选择与实际工件曲率相对应的对比试块。

6.4.5.2 距离-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 24 所示。

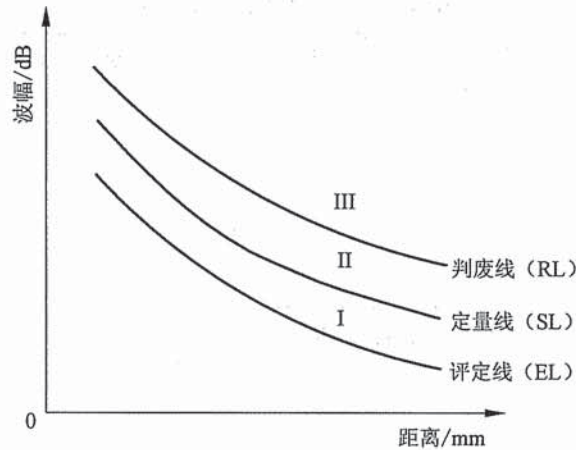


图 24 距离-波幅曲线示意图

6.4.5.3 不同管壁厚度的距离-波幅曲线灵敏度应符合表 32 的规定。

表 32 距离-波幅曲线的灵敏度

管壁厚度 t/mm	评定线	定量线	判废线
$\geq 4\sim 8$	$\phi 2 \times 20-24\text{dB}$	$\phi 2 \times 20-18\text{dB}$	$\phi 2 \times 20-12\text{dB}$
$> 8\sim 15$	$\phi 2 \times 20-20\text{dB}$	$\phi 2 \times 20-14\text{dB}$	$\phi 2 \times 20-8\text{dB}$
> 15	$\phi 2 \times 20-16\text{dB}$	$\phi 2 \times 20-10\text{dB}$	$\phi 2 \times 20-4\text{dB}$

6.4.5.4 检测时声能传输损耗差可参照附录 P，并根据实测结果对扫查灵敏度进行补偿，补偿量应计入距离-波幅曲线。

6.4.5.5 扫查灵敏度不应低于评定线灵敏度。

6.4.6 扫查方法

6.4.6.1 一般将探头从对接接头两侧垂直于焊接接头进行扫查，探头前后移动距离应符合要求，探头左右移动应使得扫查覆盖大于探头宽度的 15%。

6.4.6.2 为了观察缺陷动态波形或区分伪缺陷信号以确定缺陷的位置、方向、形状，可采用前后、左右等扫查方法。

6.4.7 缺陷定量

6.4.7.1 对所有反射波幅位于 I 区或 I 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。

6.4.7.2 缺陷位置测定应以获得缺陷最大反射波的位置为准。

6.4.7.3 缺陷最大反射波幅的测定方法是 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-波幅曲线中的区域。

6.4.7.4 缺陷指示长度的测定按下述方法进行：

6.4.7.4.1 当缺陷反射波只有一个高点，且位于 II 区或 II 区以上时，用 -6dB 法测量其指示长度。

6.4.7.4.2 当缺陷反射波峰值起伏变化，有多个高点，且均位于 II 区或 II 区以上时，应以端点 -6dB 法测量其指示长度。

6.4.7.4.3 当缺陷最大反射波幅位于 I 区，将探头左右移动，使波幅降到评定线，以用评定线绝

对灵敏度法测量缺陷指示长度。

6.4.7.4.4 缺陷的实际指示长度 l 应按式 (6) 计算 (适用于管径较小且壁厚较大时) :

$$l = L \times (R - H) / R \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- L ——测定的缺陷指示长度, mm;
- R ——管子外半径, mm;
- H ——缺陷深度, mm。

6.4.8 缺陷评定

6.4.8.1 超过评定线的信号应注意其是否具有裂纹、未熔合等类型缺陷特征, 如有怀疑时, 应采取改变探头折射角 (K 值)、观察缺陷动态波形并结合焊接工艺等进行综合分析。

6.4.8.2 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 (间距计入缺陷长度)。

6.5 质量分级

6.5.1 锅炉、压力容器本体焊接接头质量分级

6.5.1.1 锅炉、压力容器本体焊接接头包括筒体 (或封头) 对接接头、接管与筒体 (或封头) 角接头及 T 型焊接接头。

6.5.1.2 锅炉、压力容器本体焊接接头不允许存在裂纹、未熔合和未焊透等缺陷。

6.5.1.3 评定线以下的缺陷均评为 I 级。

6.5.1.4 锅炉、压力容器本体焊接接头质量分级按表 33 的规定执行。

表 33 锅炉、压力容器本体焊接接头超声检测质量分级 单位为 mm

等级	工件厚度 t	反射波幅所在区域	允许的单个缺陷指示长度	多个缺陷累计长度最大允许值 / L'
I	$\geq 6 \sim 100$	I	≤ 50	—
	> 100		≤ 75	—
	$\geq 6 \sim 100$	II	$\leq t/3$, 最小可为 10, 最大不超过 30	在任意 $9t$ 焊缝长度范围内 L' 不超过 t
	> 100		$\leq t/3$, 最大不超过 50	
II	$\geq 6 \sim 100$	I	≤ 60	—
	> 100		≤ 90	—
	$\geq 6 \sim 100$	II	$\leq 2t/3$, 最小可为 12, 最大不超过 40	在任意 $4.5t$ 焊缝长度范围内 L' 不超过 t
	> 100		$\leq 2t/3$, 最大不超过 75	
III	≥ 6	II	超过 II 级者	
		III	所有缺陷 (任何缺陷指示长度)	
		I	超过 II 级者	—

注 1: 当焊缝长度不足 $9t$ (I 级) 或 $4.5t$ (II 级) 时, 可按比例折算。当折算后的多个缺陷累计长度允许值小于该级别允许的单个缺陷指示长度时, 以允许的单个缺陷指示长度作为缺陷累计长度允许值。

注 2: 用 6.3.13.4 规定的测量方法, 使声束垂直于缺陷的主要方向移动探头测得的缺陷长度。

6.5.2 锅炉、压力容器管子环向或纵向焊接接头质量分级

6.5.2.1 锅炉、压力容器管子环向或纵向焊接接头不允许存在裂纹、未熔合和未焊透等缺陷。

6.5.2.2 评定线以下的缺陷均评为 I 级。

6.5.2.3 锅炉、压力容器管子环向或纵向焊接接头质量分级按表 34 的规定执行。

表 34 锅炉、压力容器管子环向或纵向焊接接头超声检测质量分级

等级	反射波幅所在区域	允许的单缺陷指示长度
I	I	≤40
	II	≤t/3, 最小可为 5, 最大为 30
II	I	≤60
	II	≤2t/3, 最小可为 10, 最大为 40
III	II	超过 II 级者
	III	所有缺陷
	I	超过 II 级者

注：对接接头两侧母材厚度不同时，工件厚度取薄板侧厚度值。

6.5.3 压力管道环向或纵向焊接接头质量分级

6.5.3.1 压力管道环向焊接接头不允许存在裂纹、未熔合等缺陷。

6.5.3.2 压力管道纵向焊接接头不允许存在裂纹、未熔合和未焊透等缺陷。

6.5.3.3 评定线以下的缺陷均评为 I 级。

6.5.3.4 压力管道环向或纵向焊接接头质量分级按表 35 的规定进行。

表 35 压力管道环向或纵向对接接头超声检测质量分级

焊接接头等级	焊接接头内部缺陷		环向焊接接头单面焊根部未焊透缺陷	
	反射波幅所在区域	允许的单缺陷指示长度/mm	允许的指示长度/mm	允许的累计长度/mm
I	I	≤40	≤t/3, 最小可为 8	长度小于或等于焊缝周长的 10%, 且小于 30
	II	≤t/3, 最小可为 8, 最大为 30		
II	I	≤60	≤2t/3, 最小可为 10	长度小于或等于焊缝周长的 15%, 且小于 40
	II	≤2t/3, 最小可为 10, 最大为 40		
III	II	超过 II 级者	超过 II 级者	超过 II 级者
	III	所有缺陷		
	I	超过 II 级者		

注 1：在 10mm 环向焊接接头范围内，同时存在条状缺陷和未焊透时，应评为 III 级。
 注 2：当允许的缺陷累计长度小于该级别允许的单缺陷指示长度时，以允许的单缺陷指示长度为准。
 注 3：对接接头两侧母材厚度不同时，工件厚度取薄板侧厚度值。

7 承压设备厚度的超声测量方法

7.1 范围

本章适用于锅炉、压力容器筒体、封头、接管及堆焊层等厚度的超声测量，也适用于压力管道厚度的超声测量。

7.2 几种主要材料的声速

几种主要材料的声速见表 36。使用时，如有必要应对材料进行实际声速测定。

表 36 几种主要材料的纵波声速

单位为 m/s

材料名称	铝	钢	不锈钢	铜	铅	钛	镍
纵波声速	6 260	5 900	5 790	4 700	4 310	6 240	5 630

7.3 测量仪器

7.3.1 厚度测量仪器包括超声检测仪、带 A 扫描显示数字式测厚仪和数字式测厚仪。根据被测工件厚度范围、表面状况、材质及测量精度要求等选用。超声检测仪一般适用于壁厚大于 200mm 承压设备的厚度测定，测量精度通常为 $\pm 1\text{mm}$ ；带 A 扫描显示数字式测厚仪和数字式测厚仪一般适用于壁厚小于 200mm 承压设备的厚度测定，测量精度通常为 $\pm (0.5\%t+0.05)\text{mm}$ 。

7.3.2 超声检测仪以 A 扫描方式显示时间-幅度信号，通过读出初始脉冲和第一次底波之间的距离来测量厚度，或根据 A 扫描显示时基线上多次底面回波之间距离差来测量厚度。

7.3.3 带 A 扫描显示数字式测厚仪是 A 扫描显示超声检测仪和数显厚度值的附加电路的组合。带 A 扫描显示仪器可以检查测量的有效性，也可显示测量情况的变化，如工件内部缺陷或不连续性。

7.3.4 数字式测厚仪是把初始脉冲和第一次底面回波之间或多次底面回波之间的声程或时间转换成数字显示值显示在仪器上。

7.4 探头

7.4.1 超声测厚通常采用直接接触式单晶直探头，也可采用带延迟块的单晶直探头和双晶直探头。

7.4.2 高温（大于等于 60°C ）或低温（低于 -20°C ）试件的壁厚测定需用特殊探头。

7.5 校准试块

校准试块的基本要求和尺寸见图 25，在符合测量精度条件下，也可采用其他试块对仪器进行校准。

7.6 耦合剂

7.6.1 耦合剂应符合 4.2.4 的规定。

7.6.2 用于高温场合时，应选用适当的高温耦合剂。

7.7 仪器校准

7.7.1 仪器校准一般应在与被测材料声速相同或相近的试块上进行。

7.7.2 数字式测厚仪的校准：

- 采用阶梯试块，分别在厚度接近待测厚度的最大值和待测厚度的最小值（或待测厚度最大值的 $1/2$ ）的试块上进行校准；
- 将探头置于较厚试块上，调整“声速校准”旋钮，使测厚仪显示读数接近已知值；
- 将探头置于较薄的试块上，调整“零位校准”旋钮，使测厚仪显示读数接近已知值；
- 反复调整，使量程的高低两端都得到正确读数；

- e) 若已知材料声速, 则可预先调好声速值, 然后在仪器附带的试块上, 调节“零位校准”旋钮, 使仪器显示为试块的厚度。

7.7.3 超声检测仪的校准:

- a) 同 7.7.2 a) ;
- b) 探头置于较厚试块上, 调节检测仪“深度范围”旋钮, 直到底面回波出现在相应刻度位置上;
- c) 探头置于较薄试块上, “扫描延迟”旋钮, 直到底面回波出现在相应刻度位置上;
- d) 反复调整, 直到厚、薄试块上的底面回波均出现在正确的刻度位置;
- e) 当待测工件厚度较大时, 应调节仪器使试块的多次底波范围超过工件厚度值, 并用多次底波来校准仪器。

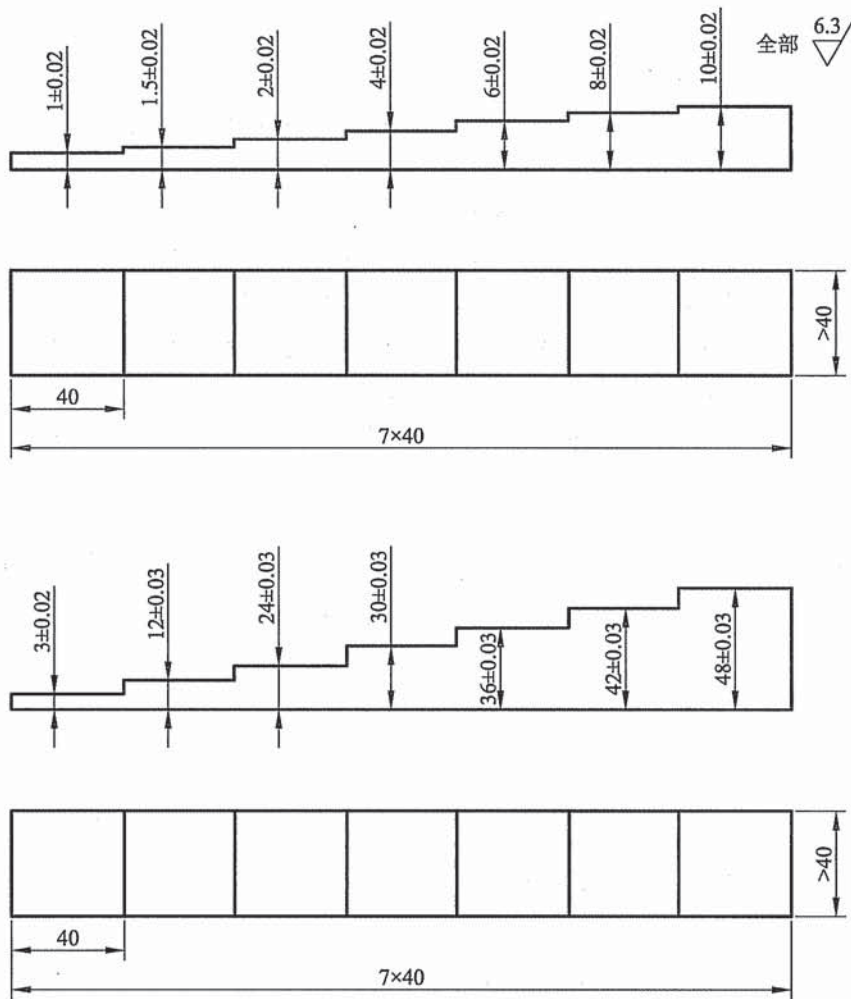


图 25 超声测厚试块

7.7.4 带 A 扫描显示数字式测厚仪的校准

带 A 扫描显示数字式测厚仪的校准可按 7.7.2 或 7.7.3 进行。

7.8 影响测量精度的因素

7.8.1 耦合剂

根据工件的表面状态及声阻抗，选择无气泡、粘度适宜的耦合剂。对于表面粗糙的工件，应选择较稠的耦合剂，并适当增加耦合剂的用量。

7.8.2 探头与工件的接触面：

- a) 测量表面上存在的浮锈、鳞皮或部分脱离的涂膜应进行清除，必要时进行适当的修磨；
- b) 探头与工件接触时，应在探头上施加一定的压力（20N~30N），保证探头与工件之间有良好的耦合，并且排除多余的耦合剂，使接触面形成极薄的耦合层。

7.8.3 工件存在缺陷

当测量区域存在微小夹杂物或分层类缺陷时，测厚数据会出现异常，此时如认为有必要，应使用超声检测仪对异常部位进行检测和厚度测量。

7.9 仪器复核

7.9.1 遇有下述情况应对仪器进行复核：

- a) 厚度连续测量超过 1h 时；
- b) 探头或探头线更换时；
- c) 测量材料类型改变时；
- d) 工件表面温度明显变化时（变化量超过 $\pm 14^{\circ}\text{C}$ ）；
- e) 对测量数值有怀疑时；
- f) 测量结束时。

7.9.2 若复核读数偏差超过仪器允许误差，则对测量开始或上次复核以来的全部测量数据予以复测。

7.10 奥氏体不锈钢、镍合金等堆焊层厚度的超声测量

7.10.1 堆焊层厚度测量方法

堆焊层厚度一般使用单晶直探头从基材侧进行测量，或使用双晶直探头从堆焊层侧进行测量，也可使用其他有效方法进行测量。

7.10.2 仪器和探头

7.10.2.1 测厚仪器一般为 A 型脉冲反射式超声检测仪。

7.10.2.2 双晶探头

双晶直探头声束会聚区深度应根据待测堆焊层厚度选定，两晶片间隔声效果应保证良好。

7.10.2.3 单晶直探头

一般应选择窄脉冲探头，标称频率为 4MHz~5MHz。

7.10.3 检测面的选择

7.10.3.1 对手工堆焊的堆焊层厚度进行测量时，原则上从基材侧进行测量。如若手工堆焊层允许用机加工或其他方法进行表面处理，也可从堆焊层侧进行测量。

7.10.3.2 对带极堆焊的堆焊层厚度进行测量时，可以从基材侧测量，也可以从堆焊层侧测量。从堆焊层侧测量时，应尽可能保证检测面平整。

7.10.4 对比试块

7.10.4.1 从堆焊层侧进行测量可采用图 26 所示试块。

7.10.4.2 从基材侧进行测量可采用图 27 所示试块。

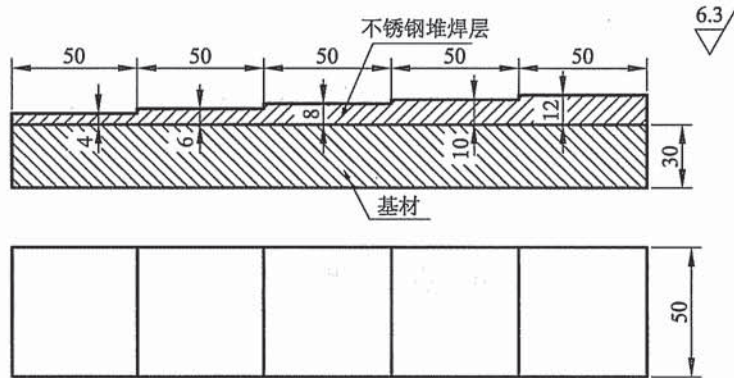
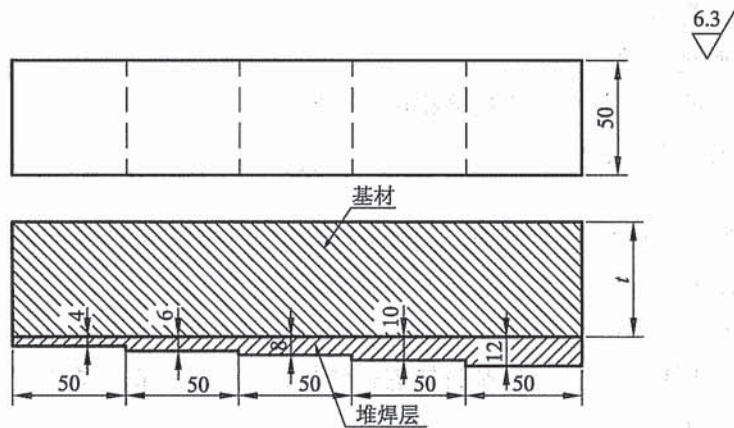


图 26 堆焊层侧测厚用试块



注：t 为基材厚度。

图 27 基材侧测厚用试块

7.10.5 堆焊层厚度测量

7.10.5.1 用双晶直探头在堆焊层侧测量时：

- a) 在与基材声学特性相同或相近的试块上，调节仪器水平线性和扫描范围；
- b) 使用图 26 所示试块，将探头置于每个阶梯上的合适位置，调节仪器增益，使试块堆焊层与基材界面回波的波幅为荧光屏满刻度的 50%，读出此时每个堆焊层厚度的显示值，并与试块实际堆焊层厚度值进行比较；
- c) 将双晶探头置于工件的堆焊层表面，调节仪器增益，使试块堆焊层与基材界面回波的波幅为荧光屏满刻度的 50%，读出此时工件堆焊层厚度的显示值；
- d) 将工件堆焊层厚度的显示值按 b) 中的比较结果进行修正，即得到工件堆焊层厚度值。

7.10.5.2 用单晶直探头在基材侧测量时：

- a) 在与基材声学特性相同或相近的试块上，调节仪器水平线性和扫描范围；
- b) 使用图 27 所示试块，将探头置于基材上并尽可能位于每个的阶梯中心处，调节仪器增益，使试块基材与堆焊层界面回波的波幅为荧光屏满刻度的 50%，读出此时每个基材厚度的显示值和相应底波的显示值，将二者的差值逐一与试块实际堆焊层厚度值进行比较；
- c) 将双晶探头置于工件的基材表面，调节仪器增益，使试块堆焊层与基材界面回波的波幅为荧

光屏满刻度的 50%，读出此时工件基材厚度的显示值和相应底波的显示值，二者差值为工件堆焊层厚度的显示值；

d) 将工件堆焊层厚度的显示值按 b) 中的比较结果进行修正，即得到工件堆焊层厚度值。

8 在用承压设备超声检测方法

8.1 范围

本章适用于在用承压设备超声检测方法。

8.2 在用承压设备受压元件的超声检测方法

8.2.1 在用承压设备受压元件的超声检测工艺文件。

8.2.1.1 在用承压设备受压元件超声检测的工艺文件应满足 4.3 的要求。

8.2.1.2 在用承压设备受压元件的超声检测工艺规程一般应包括表 1、表 2 和表 37 所列的相关因素。

表 37 在用承压设备受压元件超声检测工艺规程涉及的因素

设备使用状况（温度、压力、介质、工况等）
工件表面情况（腐蚀等）
材料失效模式或风险评估（RBI）分析结果（如有）
注：受压元件，是指锅炉本体上的锅筒、集箱、下降管、水冷壁管、封头、人孔等，压力容器本体上的壳体、封头（端盖）、膨胀节、设备法兰，球罐的球壳板，热交换器的管板和换热管，M36 以上（含 M36）的设备主螺柱以及接管和管法兰，压力管道上的管子及管道元件等。

8.2.2 在用承压设备受压元件超声检测要点

8.2.2.1 对在用承压设备受压元件进行超声检测时，其主要检测方法应符合第 5 章的有关规定。

8.2.2.2 对在用承压设备受压元件进行超声检测时，应根据设备材质、制造技术条件、使用状况（温度、压力、介质、工况等）、材料失效模式或风险评估（RBI）分析结果及相关技术规范等选择超声检测方法。

8.2.2.3 根据材料失效模式或风险评估（RBI）分析结果、缺陷产生的可能性推荐选择超声检测方法见表 38。

8.2.2.4 在用承压设备复合钢板超声检测方法按 5.4 的规定执行，检测时应注意检测基材和复合板界面有无未结合，或未结合有无扩展。

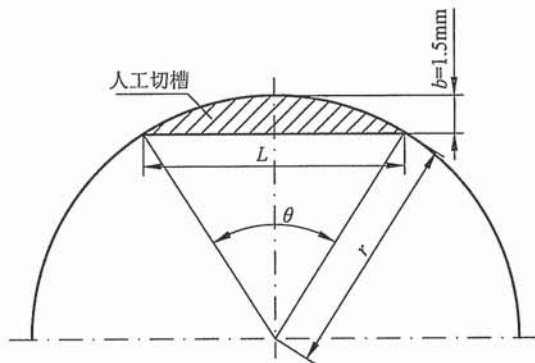
8.2.2.5 对于在用螺栓或螺柱的超声检测，除应符合 5.6 的有关规定外，还应对螺纹根部是否有裂纹进行检测，其主要检测内容如下：

- a) 在螺栓或螺柱端部采用纵波斜探头进行检测，斜探头的纵波折射角一般取 $2^{\circ}\sim 8.5^{\circ}$ ，标称频率为 4MHz~5MHz。纵波斜探头一般检测适用于无中心孔螺栓的检测；
- b) 在螺栓或螺柱无螺纹部位采用折射角为 $45^{\circ}\sim 56^{\circ}$ （K1~ K1.5），标称频率为 2MHz~5MHz 的横波斜探头进行轴向检测；
- c) 纵波斜探头检测和横波斜探头轴向检测的对比试样应采用与被检工件材料、形式和规格相同或相近的螺栓或螺柱制作。人工反射体（切槽）应位于最大探测声程处并垂直于螺栓或螺柱的轴线，切槽离开螺栓两端的距离应不小于螺栓直径。人工反射体的形状和尺寸如图 28 所示。也可将螺栓的丝扣反射波幅调节到某一基准波高并以此作为扫查灵敏度；
- d) 在用螺栓或螺柱超声检测时，如在螺纹根部出现比切槽回波幅度高的缺陷反射波时，应

使用其他表面无损检测方法进行辅助检测，判断是否有影响使用的缺陷存在。

表 38 超声检测方法推荐表

损伤模式	损伤机理	易受到腐蚀或失效的材料	可能产生的缺陷	超声检测方法
环境开裂	腐蚀疲劳	几乎所有的金属和合金	材料表面的疤痕、凹陷、缺陷及节点等	斜探头检测等
环境开裂	热疲劳	所有金属材料	处于反复的热循环条件下金属构件开裂	斜探头检测等
环境开裂	高温氢腐蚀	碳钢、低合金钢、Cr-Mo 钢和不锈钢等材料	母材开裂	斜探头检测等
环境开裂	碱开裂	碳钢、低合金钢和奥氏体不锈钢（含双相钢）	与焊缝相连的母材开裂	斜探头检测等
环境开裂	湿硫化氢损伤（鼓泡/氢致开裂/应力导向氢致开裂/硫化物应力腐蚀开裂）	碳钢和低合金钢	母材鼓泡或开裂	斜探头检测、直探头检测等
腐蚀减薄	二氧化碳腐蚀	碳钢和低合金钢	全面腐蚀或孔腐蚀	斜探头检测、直探头检测、超声测厚等
腐蚀减薄	碱腐蚀	碳钢、低合金钢和奥氏体不锈钢（包括双相钢）	局部腐蚀	斜探头检测、直探头检测、超声测厚等
腐蚀减薄	胺腐蚀	碳钢	全面腐蚀或局部腐蚀	斜探头检测、直探头检测、超声测厚等
腐蚀减薄	酸性水腐蚀	碳钢	局部腐蚀	斜探头检测、直探头检测、超声测厚等
腐蚀减薄	盐酸腐蚀	所有常见建筑材料	全面腐蚀或局部腐蚀	斜探头检测、直探头检测、超声测厚等
腐蚀减薄	高温氢/硫化氢腐蚀	按抗腐蚀性增加的顺序：碳钢、低合金钢、铁素体不锈钢和奥氏体不锈钢（含双相钢）	全面腐蚀	直探头检测、超声测厚等
腐蚀减薄	高温硫/环烷酸腐蚀	碳钢、低合金钢、奥氏体不锈钢（含双相钢）、铁素体不锈钢和镍基合金	局部腐蚀或点蚀	斜探头检测、直探头检测、超声测厚等



说明：

r ——螺纹内半径，mm；

L ——人工切槽长度，mm；

b ——人工切槽深度，mm。

当切槽加工在螺纹根部时，切槽应顺着螺纹的螺旋角，此时 b 为螺纹根部以下的深度。

图 28 人工切槽

8.3 在用承压设备厚度超声测量

8.3.1 在用承压设备厚度超声测量应符合第7章的规定。

8.3.2 测量仪器的选择

8.3.2.1 对于均匀腐蚀，一般可使用数字式测厚仪进行测量。当表面腐蚀严重或表面涂层较厚时，应使用超声检测仪进行厚度测量。

8.3.2.2 当需要在给定区域内测出最小壁厚时，一般应使用超声检测仪进行扫查。

8.3.2.3 对于非均匀腐蚀如点蚀等，一般应使用超声检测仪进行厚度测量。

8.3.3 探头的选择

8.3.3.1 应根据仪器类型、工件厚度、表面状况等选择探头。

8.3.3.2 数字式测厚仪的探头一般和仪器配套固定使用。用于超声检测仪的探头应按以下情况选择：

- a) 选择的探头标称频率应使待测工件厚度至少大于1.5倍声波波长；
- b) 被测工件厚度大于等于10mm时，一般用单晶直探头进行测厚。被测工件厚度小于10mm时，可用双晶直探头进行测厚；
- c) 对曲面工件进行测厚时，应选择晶片尺寸较小的探头。

8.4 在用承压设备焊接接头的超声检测

8.4.1 范围

本条适用于在用钢制承压设备焊接接头的超声检测。在用有色金属制承压设备焊接接头的超声检测参照本条执行。

8.4.2 在用承压设备焊接接头超声检测工艺文件

8.4.2.1 焊接接头超声检测的工艺文件应满足4.3的要求。

8.4.2.2 承压设备焊接接头超声检测工艺规程一般应包括表1、表21和表39所列的相关因素。

表39 在用承压设备焊接接头超声检测工艺规程涉及的相关因素

序号	相关因素
1	设备使用状况（温度、压力、介质、工况等）
2	焊接接头失效模式或风险评估（RBI）分析结果（如有）

8.4.3 在用承压设备焊接接头超声检测要点

8.4.3.1 对在用承压设备焊接接头进行超声检测时，其检测方法应符合6.3或6.4的相关要求，并应尽可能按原制造检测技术等级要求进行检测。

8.4.3.2 对在用承压设备焊接接头进行超声检测时，应根据设备材质、制造技术条件、使用状况（温度、压力、介质、工况等）、材料失效模式或风险评估（RBI）分析结果及相关技术规范等选择超声检测部位和比例。

8.4.3.3 根据焊接接头失效模式或风险评估（RBI）分析结果、缺陷产生的可能性推荐选择超声检测方法见表40。

表 40 超声检测方法推荐表

损伤模式	损伤机理	易受到腐蚀或失效的材料	可能产生的缺陷	超声检测方法
环境开裂	高温氢腐蚀	碳钢、低合金钢, Cr-Mo 钢和不锈钢等材料	焊缝开裂	横波斜探头检测等
环境开裂	碱开裂	碳钢、低合金钢和奥氏体不锈钢(含双相钢)	与焊缝相连的母材、焊缝或热影响区开裂	横波或纵波斜探头检测等
环境开裂	氯化物应力腐蚀开裂	奥氏体不锈钢(含双相钢)和镍基合金	焊缝或热影响区开裂	横波或纵波斜探头检测等
环境开裂	连多硫酸应力腐蚀开裂	奥氏体不锈钢(含双相钢)、哈氏合金和镍基合金等	焊缝或热影响区开裂	横波或纵波斜探头检测等
环境开裂	胺应力腐蚀开裂	碳钢和低合金钢	焊缝或热影响区开裂	横波斜探头检测等
环境开裂	湿硫化氢损伤(鼓包/氢致开裂/应力导向氢致开裂/硫化物应力腐蚀开裂)	碳钢和低合金钢	焊缝或热影响区开裂	横波斜探头检测等
环境开裂	碳酸盐应力腐蚀开裂	碳钢和低合金钢	未消除应力的焊缝区或冷加工区开裂	横波斜探头检测等
环境开裂	腐蚀疲劳	几乎所有的金属和合金	焊缝开裂	横波或纵波斜探头检测等
环境开裂	热疲劳	所有金属材料	处于反复的热循环条件下金属构件开裂	横波或纵波斜探头检测等
环境开裂	再热裂纹	低合金钢、奥氏体不锈钢(含双相钢)以及诸如 800H 等镍基合金	高约束区, 包括接管焊缝和厚壁管开裂	横波或纵波斜探头检测等

8.4.3.4 在用承压设备不锈钢堆焊层超声检测时, 应注意检测基材和堆焊层界面有无未结合, 或未结合有无扩展(剥离)等。

8.4.4 缺陷定量

检测时应对反射波幅在评定线或评定线以上的缺陷进行定量, 除按 6.3.13 或 6.4.7 确定缺陷位置、波幅和指示长度外, 还应包括对缺陷自身高度进行测定, 并对缺陷的类型(面状、点状、体积状等)或性质尽可能作出估判。

8.4.5 缺陷自身高度的测定

8.4.5.1 缺陷两个方向[长度方向×高度(深度)方向]均属波形模式 I (模式识别见附录 Q) 的缺陷, 即点状缺陷。其自身高度可采用 AVG 法或采用与试块(CSK-III A)人工反射体动态回波波形比较法来测定。

8.4.5.2 长度方向属波形模式 II (模式识别见附录 Q)、高度(深度)方向属波形模式 I 的缺陷, 即条状缺陷, 缺陷自身高度可采用 AVG 法或采用与试块(CSK-II A 或 CSK-IV A)人工反射体动态回波波形比较法来测定。

8.4.5.3 长度方向、高度(深度)方向均呈波形模式 II、IIIa 或 IIIb (模式识别详见附录 Q) 的缺陷, 可用端点衍射波法或端部最大回波法确定其自身高度, 测定方法见附录 R 或附录 S。也可采用 -6dB 法进行测定, 测定方法见附录 T。

8.4.5.4 回波波形为模式 IV (模式识别见附录 Q) 的密集性缺陷

8.4.5.4.1 若在缺陷 A 型扫描回波包络线中, 各反射回波波峰在显示屏扫描线中不能分辨时, 则可作为一个单一缺陷考虑, 其高度方向的尺寸可用端点衍射回波法或端部最大回波法测定。如无法

确定端点衍射回波和端部最大回波，可采用-6dB法进行测定。

8.4.5.4.2 若在A型扫描回波包络线中，各反射回波波峰在显示屏扫描线上能够分辨，在这种情况下，各个缺陷自身高度可按8.4.5.1~8.4.5.3分别测定。

8.4.5.5 缺陷自身高度也可用其他无损检测方法进行测定，如射线检测、衍射时差法超声检测等。

8.4.6 缺陷类型的确定

8.4.6.1 类型确定的主要因素

8.4.6.1.1 缺陷类型的确定应主要考虑焊接方法（包括焊接工艺、工件结构、坡口形式）、缺陷的位置、指示长度、自身高度、缺陷波幅、缺陷指向性，再结合缺陷静态波形和动态波形。通常应确定点状缺陷、线状缺陷（条状夹渣、条状气孔等）或面状缺陷（裂纹、未熔合等）。

8.4.6.1.2 对难以采用超声检测方法确定类型的缺陷，应增加射线检测或其他检测，以便进一步综合判断。

8.4.6.2 类型确定的方法（步骤）

8.4.6.2.1 缺陷类型确定的基本原则

8.4.6.2.1.1 缺陷类型确定应按以下顺序依次进行：

- a) 缺陷波幅；
- b) 缺陷指向性（方向性）；
- c) 静态波形；
- d) 动态波形。

8.4.6.2.1.2 应使用和实际检测相同的探头进行缺陷类型确定。

8.4.6.2.2 类型确定步骤1——缺陷波幅：

- a) 当缺陷波幅低于评定线时，可不对缺陷进行分类；
- b) 当缺陷波幅在判废线以上6dB且指示长度大于等于10mm时，该缺陷可按面状进行分类。

8.4.6.2.3 类型确定步骤2——缺陷指向性（方向性）

8.4.6.2.3.1 缺陷长度要求

按步骤2进行缺陷分类时，缺陷指示长度应满足：

- a) 工件厚度 $6\text{mm} \leq t \leq 15\text{mm}$ 时，缺陷指示长度应大于等于 t ；
- b) 工件厚度 $t > 15\text{mm}$ 时，缺陷指示长度应大于等于 $t/2$ 或15mm（取大者）。

8.4.6.2.3.2 步骤2应用条件：

- a) 缺陷回波应来自同一缺陷反射体；
- b) 用不同探头进行缺陷波幅比较时，应在各个探头检测的缺陷最高回波中的较大者 H_{\max} 的位置进行。另外，各个探头检测的缺陷最高回波中的较小者则为最小波幅 H_{\min} ；
- c) 当用直探头和斜探头进行反射波幅比较时，探头标称频率应选择使之在工件中传播的波长相近；
- d) 使用两个或两个以上不同折射角（ K 值）斜探头检测时，探头间折射角差应不小于 10° ；
- e) 应考虑一探头声束通过焊缝金属，而另一探头声束仅通过母材时的衰减修正。

8.4.6.2.3.3 缺陷指向性（方向性）确定

以下各项同时满足时，可认为缺陷具有指向性：

- a) 最大反射波幅 H_{\max} 在定量线或定量线以上；
- b) 当使用不同折射角（ K 值）斜探头时，最大反射波幅 H_{\max} 与最小反射波幅 H_{\min} 的差值应大

于或等于 9dB；或当使用一个斜探头和一个直探头检测时，该差值应大于或等于 15dB。

8.4.6.2.4 类型确定步骤 3——缺陷静态波形

8.4.6.2.4.1 本步骤缺陷静态波形特征指与 CSK-II A 或 CSK-IV A 试块横孔反射波形特征相比较而言。

8.4.6.2.4.2 至少使用一种探头从两个相互垂直的方向对缺陷进行检测。

8.4.6.2.4.3 若缺陷静态波形特征单一、尖锐且光滑，该缺陷可按非面状进行分类，否则按步骤 4 确定缺陷类型。

8.4.6.2.5 类型确定步骤 4——缺陷动态波形

8.4.6.2.5.1 缺陷动态波形指垂直于缺陷长度方向移动探头所获得的回波包络线，同时观察波形变化情况。

8.4.6.2.5.2 缺陷动态波形模式分为 5 种，具体见附录 Q：

- a) 波形模式 I：点状反射体；
- b) 波形模式 II：光滑平面反射体；
- c) 波形模式 IIIa：垂直入射粗糙平面反射体；
- d) 波形模式 IIIb：倾斜入射粗糙平面反射体；
- e) 波形模式 IV：密集型反射体。

8.4.6.2.6 缺陷类型的确定也可用其他无损检测方法进行，如射线检测、衍射时差法超声检测等。

8.4.6.3 对超声检测发现的缺陷，应与制造或安装的原始资料或上一检验周期的检测结果进行核对，以确定缺陷是否有扩展。

8.4.6.4 缺陷记录

8.4.6.4.1 应根据压力容器定期检验规则、锅炉定期检验规则、在用工业管道定期检验规程等有关技术规范的要求对缺陷的超声检测结果进行记录。

8.4.6.4.2 根据需要，也可由安全评定人员根据设计、制造、使用等条件提供允许缺陷的临界尺寸（缺陷位置、长度和自身高度），检测时只记录大于该界限尺寸的缺陷，交由评定人员评定处理。

8.4.6.4.3 记录内容应包括缺陷位置、类型、波幅、指示长度和自身高度以及缺陷分布图。记录应有检测人员和审核人员签字。

9 超声检测记录和报告

9.1 应按照现场操作的实际情况详细记录检测过程的有关信息和数据。超声检测记录除符合 NB/T 47013.1 的规定外，还至少应包括以下内容：

9.1.1 工艺规程版次或操作指导书编号。

9.1.2 检测技术等级。

9.1.3 检测设备器材：

- a) 检测仪器型号及编号；
- b) 探头（类型、晶片尺寸、折射角（ K 值）、标称频率等）；
- c) 试块型号；
- d) 耦合剂。

9.1.4 检测工艺参数：

- a) 检测范围、扫查位置（面、侧等）；

- b) 检测比例;
- c) 扫查方式;
- d) 检测灵敏度;
- e) 耦合补偿量等。

9.1.5 检测结果:

- a) 检测部位示意图;
- b) 缺陷位置、尺寸、回波波幅等;
- c) 缺陷评定级别;
- d) 缺陷类型、缺陷自身高度(在用承压设备检测时)。

9.1.6 检测人员和复核人员签字。

9.2 应依据检测记录出具检测报告。超声检测报告除符合 NB/T 47013.1 的规定外,还至少应包括以下内容:

- a) 委托单位;
- b) 检测技术等级;
- c) 检测设备器材:仪器型号及编号、探头、试块、耦合剂;
- d) 检测示意图:检测部位、检测区域以及所发现的缺陷位置、尺寸和分布。

附录 A
(规范性附录)
超声检测仪电气性能指标要求

A.1 A型脉冲反射式超声检测仪电气性能指标要求见表 A.1。

表 A.1 超声检测仪电气性能指标要求

序号	性能	测试条件	指标要求
1	稳定性要求	(1)预热后的稳定性 仪器按出厂文件中规定的预热时间预热后,用一个中心频率在 2MHz~6MHz 范围内的 0°纵波探头置于标准试块上,使之产生一个参考回波信号,将参考信号幅度调至满屏高度的 80%,每隔 10min 观察该回波信号的幅度和时基线上位置的变化,连续测量 3 次	①参考回波信号幅值的变化 ≤ 满屏高度的 3%; ②参考回波信号时基线位置的变化 ≤ 满屏宽度的 1%
		(2)显示抖动 采用任意波形发生器产生一个中心频率在 2MHz~6MHz 范围内(电压为 50mv)的信号,连接仪器并使屏幕上产生一个参考信号,调节仪器增益将参考信号幅度调至满屏高度的 80%。在频率增加 1Hz 时,测量该参考信号的幅度和时基线上位置的变化	①参考信号幅值的变化 ≤ 满屏高度的 3%; ②参考信号时基线位置的变化 ≤ 满屏宽度的 1%
		(3)相对于电压变化的稳定性 采用稳压电源给仪器供电,将稳压电源输出电压调到超声仪器正常工作电压的中间值,通过任意波形发生器给超声仪器产生一个参考信号,将参考信号幅度调至满屏高度的 80%。在稳压电源输出电压降至仪器出厂文件中规定的低电压报警或低电压自动关机电压时,观察参考信号的幅度和时基线位置的变化	①参考信号幅值的变化 ≤ 满屏高度的 3%; ②参考信号时基线位置的变化 ≤ 满屏宽度的 1%
2	发射性能指标要求	(4)发射脉冲重复频率 采用示波器测量超声仪器的发射脉冲重复频率,包括最大值、最小值以及中间值任意两处,共 4 处	实测值与设定值之间的偏差 ≤ 设定值的 10%
		(5)有效输出阻抗 在每档发射脉冲电压、发射脉冲宽度(取中间值)以及仪器出厂文件中提供的最佳发射脉冲重复频率和阻尼设定值条件下,测量超声仪器的有效输出阻抗	有效输出阻抗 ≤ 50Ω
		(6)发射脉冲电压 在仪器出厂文件中提供的最佳阻尼设定值条件下,调节发射脉冲宽度和发射脉冲重复频率,测量仪器的每档发射脉冲电压	实测值与设定值(带负载 50 欧姆,即 V_{50})之间的偏差 ≤ 设定值的 20%
		(7)发射脉冲反冲 在每档发射脉冲电压、发射脉冲宽度(取中间值)以及仪器出厂文件中提供的最佳发射脉冲重复频率和阻尼设定值条件下,测量超声仪器发射脉冲反冲与发射脉冲电压峰-峰值之比	发射脉冲反冲实测值 < 发射脉冲电压峰-峰值的 8%
		(8)发射脉冲宽度 在每档发射脉冲电压和仪器出厂文件中提供的最佳发射脉冲重复频率和阻尼设定值条件下,测量发射脉冲宽度的最大值、中间值和最小值,共 3 处	方波脉冲: 实测值与设定值之间的偏差 ≤ 设定值的 10%
		(9)发射脉冲上升时间 在每档发射脉冲电压和仪器出厂文件中提供的最佳发射脉冲重复频率和阻尼设定值条件下,调节发射脉冲宽度,测量发射脉冲上升时间	实测发射脉冲上升时间的最大值 ≤ 25ns

表 A.1 (续)

序号	性能	测试条件	指标要求	
3	接收器性能指标要求	(10)串扰	在每档发射脉冲电压、发射脉冲宽度(取中间值)以及仪器出厂文件中提供的最佳发射脉冲重复频率和阻尼设定值条件下,测量超声仪器发射端和接收端之间的串扰	串扰值 > 50dB
		(11)发射脉冲后盲区	采用任意波形发生器依次选择超声仪器每个频带的设定值,测量超声仪器发射脉冲后盲区	发射脉冲后盲区 < 10μs
		(12)动态范围	采用任意波形发生器依次选择超声仪器每个频带的设定值,采用经过校准的外部衰减器,测量仪器的动态范围	可用的动态范围 > 90dB
		(13)接收器输入阻抗	信号频率在 2.5MHz 和 5.0MHz 时,将超声仪器衰减器设置为最大和最小增益,测量接收器输入阻抗的实数和虚数部分	①仪器调至最大增益时,输入阻抗的实数部 R_{max} 应满足: $50\Omega \leq R_{max} \leq 1K\Omega$, 虚数部分应满足: $C_{max} \leq 150pF$; ②对应的最大增益和最小增益时,输入阻抗实数部分应满足: $(R_{max}-R_{min})/R_{max} < 0.1$, 输入阻抗电容部分应满足: $(C_{max}-C_{min})/C_{max} < 0.15$
		(14)放大器频率响应	采用任意波形发生器依次选择超声仪器每个频带的设定值,采用经过校准的外部衰减器,测量超声仪器放大器频率响应	①每个频带带宽的上、下限实测值与标称值之间偏差 ≤ 标称值的 20%; ②接收部分频带范围按 -3dB 测量应包括: 0.5MHz ~ 10MHz
		(15)等效输入噪声	采用任意波形发生器依次选择 2.5MHz 和 5.0MHz 的中心频率,使用经过校准的外部衰减器,测量等效输入噪声	对每个频带的每平方根宽带噪声都应满足: $N_{in} < 80 \times 10^{-9} V/\sqrt{Hz}$
		(16)衰减器精度	对应每个频带设定值,将超声仪器的衰减器与匹配的外部标准衰减器进行比较	①在任意连续 20dB 范围内,衰减器累积误差 ≤ 1.7dB; ②在任意连续 60dB 范围内,衰减器累积误差 ≤ 3dB
		(17)幅度线性	对应每个频带设定值,采用经过校准的外部衰减器改变参考信号的幅度,观察超声仪器屏幕上的信号高度的变化情况	幅度线性的最大偏差 ≤ 2%
		(18)时基线性	选择一个适当的频带,采用任意信号发生器在超声仪器屏幕上产生 11 个等间距的正弦波脉冲串,测量参考信号刻度值与理想位置值之差	参考信号刻度值与理想位置值的偏差 ≤ 1%
(19)净增益	采用任意信号发生器在超声仪器屏幕上产生一个参考信号,使用经过校准的外部衰减器测量超声仪器的净增益	实测净增益 ≥ 60dB		

附录 B

(规范性附录)

超声检测用探头性能指标要求

B.1 超声检测用探头性能指标要求见表 B.1。

表 B.1 超声检测用探头性能指标要求

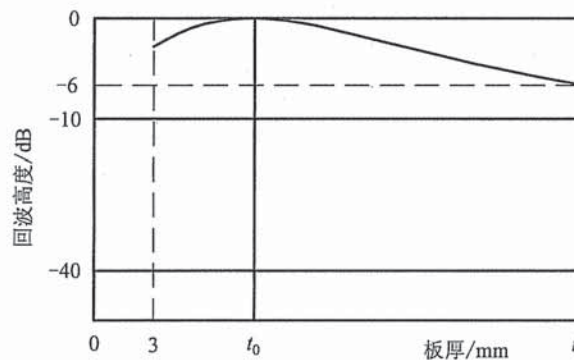
序号	性能	指标要求	
1	基本性能要求	(1)中心频率	实测的中心频率与标称频率的偏差 \leq 标称频率的 10%
		(2)带宽	实测的-6dB 带宽与标称值的偏差 \leq 标称值的 15%；其中宽带窄脉冲探头：实测的-6dB 频带相对宽度 \geq 60%
		(3)电阻抗或静电容	实测的阻抗模或静电容与标称值的偏差 \leq 标称值的 20%
		(4)相对脉冲回波灵敏度	实测的相对脉冲回波灵敏度与标称值的偏差 \leq 3dB
		(5)脉冲宽度	实测的脉冲宽度与标称值得偏差 \leq 标称值的 25%，其中宽带窄脉冲探头直通波按峰值下降 20dB 测量的脉冲持续时间应不超过两个周期
2	单晶直探头声束性能	(1)声束扩散角	实测的声束扩散角与标称值的偏差 \leq 标称值的 10%或 2°（取偏差大者）
		(2)偏向角和偏移	偏向角 \leq 2°，距探头中心点偏移 \leq 1mm
3	单晶斜探头声束性能	(1)入射点	实测的入射点与所标示入射点的偏差 \leq 1mm；对于晶片尺寸径长 \leq 15mm，且中心频率 $f\leq$ 2MHz 的斜探头，实测入射点与所标示入射点的偏差 \leq 2mm
		(2)声束角	对于中心频率 $f<$ 2MHz 时，实测的声束角与标称值的偏差 \leq 3°；对于中心频率 $f\geq$ 2MHz 时，实测的声束角与标称值的偏差 \leq 2°
		(3)声束扩散角	实测的声束扩散角与标称值的偏差 \leq 标称值的 10%或 2°（取偏差大者）
		(4)偏向角和偏移	偏向角 \leq 2°，距探头中心点偏移 \leq 1mm
4	双晶直探头声束性能	(1)串扰	串扰 dB 差值 $>$ 30dB
		(2)声束交区宽度	实测的声束交区宽度与标称值得偏差 \leq 标称值的 20%
5	双晶斜探头声束性能	(1)串扰	串扰 dB 差值 $>$ 30dB
		(2)声束角	实测的声束角与标称值的偏差 \leq 2°
		(3)入射点	实测的入射点与所标示入射点的偏差 \leq 1mm
		(4)声束交区宽度	实测的声束交区宽度与标称值的偏差 \leq 标称值的 20%
6	液浸探头声束性能	(1)声束宽度	实测的声束宽度与标称值的偏差 \leq 标称值的 20%
		(2)声束扩散角	实测的声束扩散角与标称值的偏差 \leq 标称值的 10%或 2°（取偏差大者）
7	聚焦探头声束性能	(1)焦距	实测的焦距与标称值的偏差 \leq 标称值的 20%
		(2)焦区宽度	实测的焦区宽度与标称值的偏差 \leq 标称值的 20%
		(3)焦区长度	实测的焦区长度与标称值的偏差 \leq 标称值的 20%
8	宽带窄脉冲探头声束性能	(1)频带相对宽度	不小于 60%
		(2)声束扩散角	实测的声束扩散角与标称值的偏差 \leq 标称值的 10%或 2°（取偏差大者）
		(3)偏向角和偏移	偏向角 \leq 2°，距探头中心点偏移 \leq 1mm

附 录 C
(规范性附录)
双晶直探头性能要求

C.1 距离-波幅特性曲线

采用图 1 所示试块, 在各个厚度上测定其回波高度 (单位为 dB), 并作出如图 C.1 所示的特性曲线, 该特性曲线应满足下述条件:

- a) 在双晶直探头使用范围的极限厚度上的回波高度, 与最大回波高度差应在 0dB ~ -6dB 范围内;
- b) 在厚度 3mm 上的回波高度, 与最大回波高度差也应在 0dB ~ -6dB 范围内。



说明:

- t_0 ——阶梯试块回波最大时的厚度;
 t ——双晶探头使用范围的极限厚度。

图 C.1 双晶直探头距离-波幅特性曲线

C.2 表面回波高度

用直接接触法的表面回波高度, 应比图 C.1 中 t_0 处最大回波高度低 40dB 以上。

C.3 检出灵敏度

移动探头对准图 C.2 试块 $\phi 5.6\text{mm}$ 平底孔, 其回波高度与最大回波高度差应在 $-10\text{dB} \pm 2\text{dB}$ 范围内。

C.4 有效波束宽度

将探头对准图 C.2 试块 $\phi 5.6\text{mm}$ 平底孔, 并与声波分割面平行地移动, 按 6dB 法测定波束宽度, 对于承压设备用的钢板检测, 其有效值应大于 15mm。

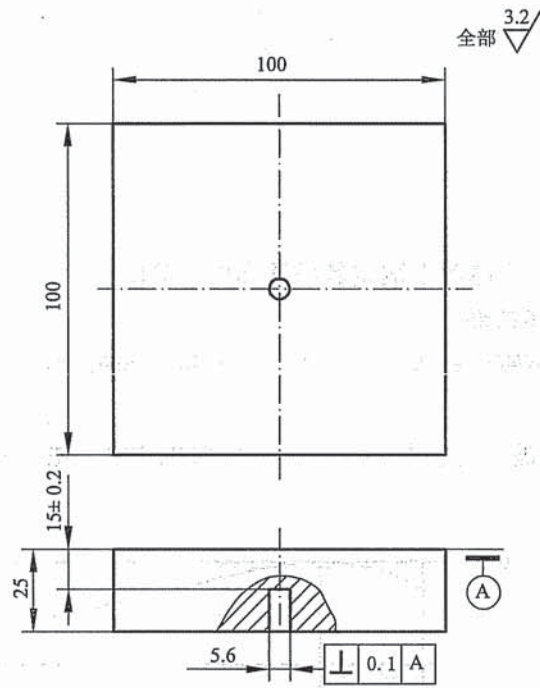


图 C.2 测定仪器和探头组合性能试块

附录 D

(规范性附录)

承压设备用板材超声斜探头检测方法和验收标准

D.1 范围

本附录规定了用斜探头检测板材中非分层类缺陷的超声检测方法和验收标准,并将其作为直探头检测的补充。

D.2 探头

D.2.1 原则上选用折射角为 45° ($K1$) 的斜探头,晶片有效直径一般应在 $\phi 13\text{mm}\sim 25\text{mm}$ 之间。也可选用其他晶片尺寸和折射角 (K 值) 的探头。

D.2.2 探头标称频率为 $2\text{MHz}\sim 5\text{MHz}$ 。

D.3 对比试块

D.3.1 对比试块应与被检板材声学特性相同或相似,厚度差不超过 10%。

D.3.2 对比试块上的人工反射体为 V 形槽,角度为 60° ,槽深为板厚的 3% (最大为 3.0mm),槽的长度至少为 25mm 。

D.3.3 对比试块的尺寸、V 形槽位置应符合图 D.1 的规定。

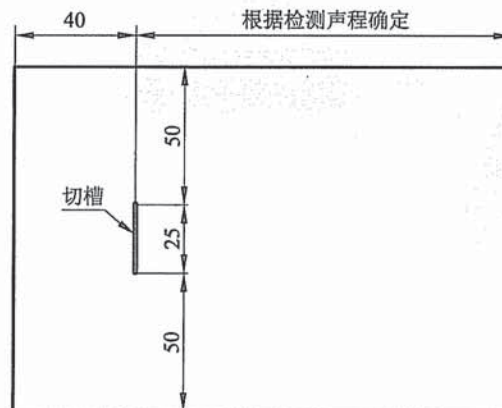


图 D.1 对比试块

D.3.4 对于厚度超过 50mm 的板材,要在板材的另一面加工第二个如 D.3.2 和 D.3.3 所述的校准槽。

D.4 距离-波幅曲线的确定

D.4.1 厚度小于或等于 50mm 的板材

D.4.1.1 把探头置于试块有槽的一面,使声束对准槽的宽边,找出第一个全跨距反射的最大波幅,调整仪器,使该反射波的最大波幅为满刻度的 80%,在显示屏上记录下该信号的位置。

D.4.1.2 不改变仪器的调整状态,移动探头,得到第二个全跨距信号,并找出信号最大反射波幅,

在显示屏上记录下该信号的位置。

D.4.1.3 在显示屏上将 D.4.1.1 和 D.4.1.2 所确定的点连成一直线，此线即为距离-波幅曲线。

D.4.2 厚度大于 50mm~250mm 的板材

D.4.2.1 将探头声束对准试块背面的槽，并找出第一个 1/2 跨距反射的最大波幅。调节仪器，使反射波幅为满刻度的 80%，在显示屏上记下这个信号的位置。

D.4.2.2 不改变仪器的调整状态，移动探头，以全跨距对准切槽并获得最大反射波幅，在显示屏上记下这个幅值点。

D.4.2.3 在显示屏上将 D.4.2.1 和 D.4.2.2 所确定的点连成一直线，此线即为距离-波幅曲线。

D.5 扫查方式

D.5.1 在板材的轧制面上以垂直和平行于板材主要压延方向的格子线进行扫查，格子线中心距为 200mm。

D.5.2 当发现缺陷信号时，移动探头使之能在显示屏上得到最大反射波幅。

D.5.3 对于波幅等于或超过距离-波幅曲线的缺陷显示，应记录其位置，并移动探头用 -6dB 法来测量其指示长度。对于波幅低于距离-波幅曲线的缺陷，当指示长度较长时，也应作记录。

D.5.4 在每一个记录缺陷位置上，应以记录缺陷中心起，至少在 200mm×200mm 的区域进行 100% 斜探头和直探头检测。

D.6 验收标准

等于或超过距离-波幅曲线的任何缺陷信号均应认为是不合格的。但是以纵波方法作辅助检测时，若发现缺陷性质是分层类的，则应按 5.3 的规定处理。

附录 E (规范性附录)

承压设备用钢锻件超声斜探头检测方法和质量分级

E.1 范围

本附录适用于承压设备用环形和筒形锻件的超声斜探头轴向检测，也适用于内外径之比大于或等于 65% 环形和筒形锻件的超声斜探头周向检测。

E.2 探头

E.2.1 探头标称频率主要为 2MHz~5MHz。

E.2.2 探头晶片面积为 $80\text{mm}^2\sim 625\text{mm}^2$ 。

E.2.3 原则上应采用折射角为 45° ($K1$) 的探头，但根据工件几何形状和内外径比例的不同，也可采用其他的折射角 (K 值) 探头。

E.3 对比试块

为了调整灵敏度，可利用被检工件壁厚或长度上的加工余量部分制作对比试块。在锻件的内外表面，分别沿轴向和周向加工平行的 V 形槽作为标准沟槽。V 形槽长度为 25mm，深度为锻件壁厚的 1%，角度为 60° 。也可采用其他等效的反射体（如边角反射等）。

E.4 检测方法

E.4.1 扫查方式

扫查方式见图 E.1。

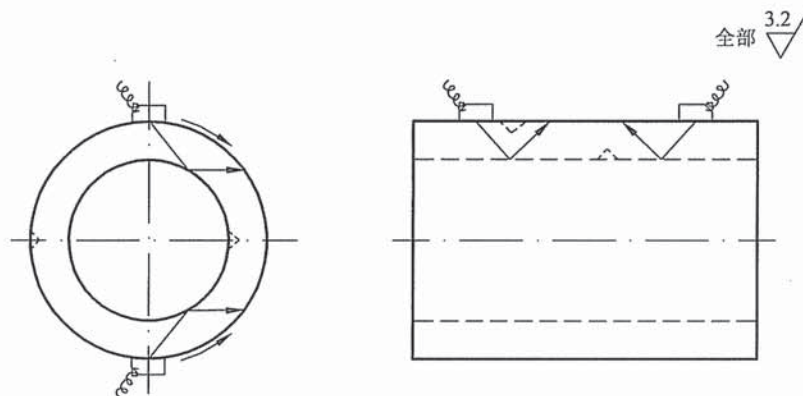


图 E.1 锻件斜探头检测扫查方式

E.4.2 距离-波幅曲线的确定

从锻件外圆面将探头对准内圆面的标准沟槽，调整增益，使最大反射高度为满刻度的 80%，将该值标在面板上，以其为扫查灵敏度；不改变仪器的调整状态，再移动探头测定外圆面的标准沟槽，

并将最大的反射高度也标在面板上。将上述两点用直线连接并延长，绘出距离-波幅曲线，并使之包括全部检测范围。内圆面检测时扫查灵敏度也按上述方法确定，但探头斜楔应与内圆曲率一致。

E.5 记录

E.5.1 缺陷在仪器荧光屏显示的有效区为连接距离-波幅曲线两点间的区域。

E.5.2 记录波幅在距离-波幅曲线高度 50%以上的缺陷反射波和缺陷位置。缺陷指示长度按-6dB 法测定。当相邻两个缺陷间距小于或等于 25mm 时，按单个缺陷处理。

E.6 质量分级

E.6.1 波幅高于距离-波幅曲线的缺陷质量等级定为 III 级。

E.6.2 波幅在距离-波幅曲线的 50%~100%的缺陷按表 E.1 分级。

表 E.1 缺陷质量分级

质量等级	单个缺陷指示长度
I	$\leq 1/3$ 壁厚, 且 $\leq 100\text{mm}$
II	$\leq 2/3$ 壁厚, 且 $\leq 150\text{mm}$
III	大于 II 级者

附录 F

(规范性附录)

承压设备用奥氏体钢锻件超声斜探头检测方法

F.1 范围

本附录适用于承压设备用奥氏体钢环形和筒体锻件的超声斜探头轴向检测,适用于内外径之比大于或等于 65%奥氏体钢环形和筒形锻件的斜探头周向检测。

F.2 探头

F.2.1 探头的标称频率为 1MHz~2.5MHz。

F.2.2 斜探头的晶片面积在 $300\text{mm}^2\sim 625\text{mm}^2$ 。

F.2.3 斜探头的折射角 (K 值),一般为一般为 $35^\circ\sim 63^\circ$ ($K0.7\sim K2$)。

F.3 对比试块

为了调节灵敏度,利用被检工件壁厚或长度上的加工余量部分制作对比试块。在锻件的内、外表面,分别沿轴向和周向加工平行的 V 形槽作为标准沟槽。V 形槽长度为 25mm,深度 t 为锻件壁厚的 3%或 5%,角度为 60° 。也可采用其他等效的反射体(如边角反射、横孔等)。

F.4 扫查方式

扫查方向见图 F.1。

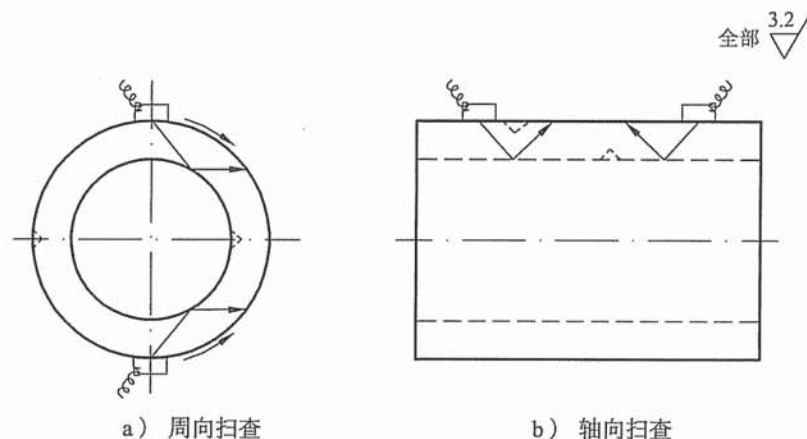


图 F.1 奥氏体锻件检测扫查方式

F.5 距离-波幅曲线确定

F.5.1 采用切槽法时,一般需将探头置于外圆表面上,声束垂直于刻槽长度方向,移动探头并调整仪器灵敏度,使外壁槽第二次反射(W型反射)或内壁槽第二次反射(N型反射)回波高度至少为满刻度的 20%。连接外壁槽第一、第二次回波峰值点或内壁槽第一、第二次回波的峰值点,以此

作为全跨距校准的距离-波幅曲线。

F.5.2 如果采用全跨距校准从内、外壁表面的槽上都得不到至少为满刻度 20% 的第二次回波，则应采用半跨距校准（此时内外壁均应各制一槽，并使其互不影响）。使来自外壁槽的第一次回波高度至少为满刻度的 20%。连接内壁槽第一次回波和外壁槽第一次回波的峰值点，以此作为半跨距校准的距离-波幅曲线。

F.5.3 内径小于 450mm，且长度超过 900mm 的筒形锻件，通常不从内表面进行扫查。

附录 G

(规范性附录)

承压设备堆焊层超声检测方法和质量分级

G.1 范围

本附录适用于承压设备用奥氏体不锈钢、镍合金等堆焊层内缺陷、堆焊层与基材未结合缺陷和堆焊层层下缺陷的超声检测方法和质量分级。

G.2 检测方法

G.2.1 堆焊层检测一般应在堆焊层侧进行。

G.2.2 堆焊层侧检测时，使用双晶直探头和纵波双晶斜探头进行。

G.2.3 基材侧检测时，使用单晶直探头和纵波斜探头进行。

G.3 探头

G.3.1 双晶探头

G.3.1.1 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灵敏度。两晶片间隔声效果应保证良好。

G.3.1.2 双晶探头会聚区应位于堆焊层和基材的结合部位。探头标称频率为 2MHz~5MHz。斜探头折射角一般为 70° 左右，需要时也可以采用其他角度的探头，但不应小于 60°。

G.3.2 单晶直探头

探头的直径一般不应超过 $\phi 30\text{mm}$ ，标称频率为 2MHz~5MHz。

G.3.3 纵波斜探头

一般选择折射角为 45° (K1) 的探头，其标称频率为 2MHz~5MHz。

G.4 对比试块

G.4.1 对比试块堆焊层表面的状态应和工件堆焊层的表面状态相同。

G.4.2 对比试块应采用与产品部件相同的焊接工艺堆焊，也可用被检材料的多余部分或延伸部位堆焊制成。

G.4.3 双晶直探头检测采用 T1 型试块，基材厚度 T 至少应为堆焊层厚度的 2 倍，试块堆焊厚度应大于等于被检工件的堆焊层厚度。T1 型试块如图 G.1 所示。

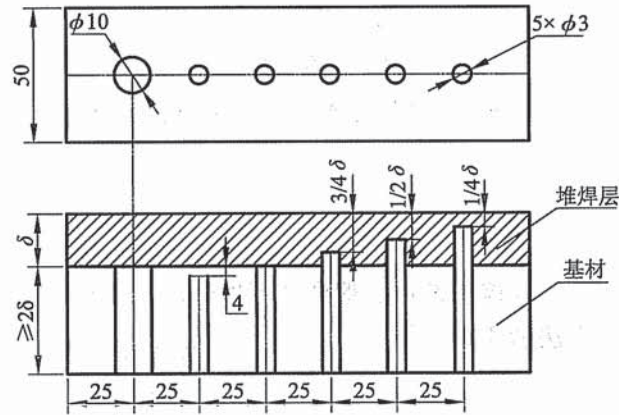


图 G.1 T1 型试块

G.4.4 纵波双晶斜探头检测采用 T2 型试块，基材厚度 T 至少应为堆焊层厚度的 2 倍，试块堆焊厚度应大于等于被检工件的堆焊层厚度。T2 型试块如图 G.2 所示。

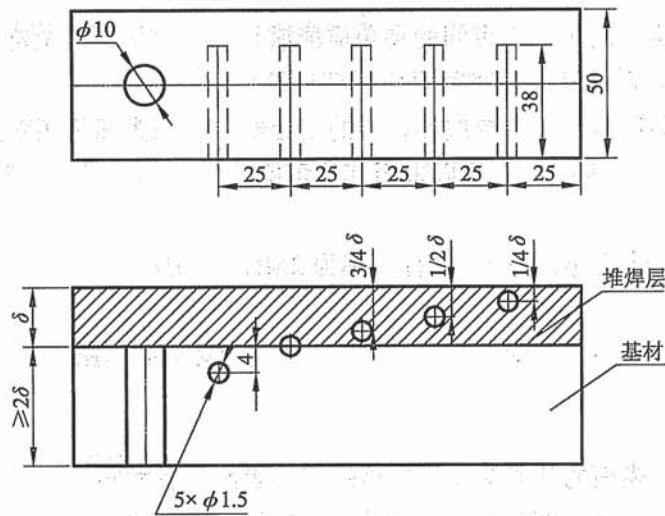


图 G.2 T2 型试块

G.4.5 单晶直探头和纵波斜探头检测采用 T3 型试块。被检工件基材厚度和试块基材厚度 T 差不应超过 10%。T3 型试块如图 G.3 所示。

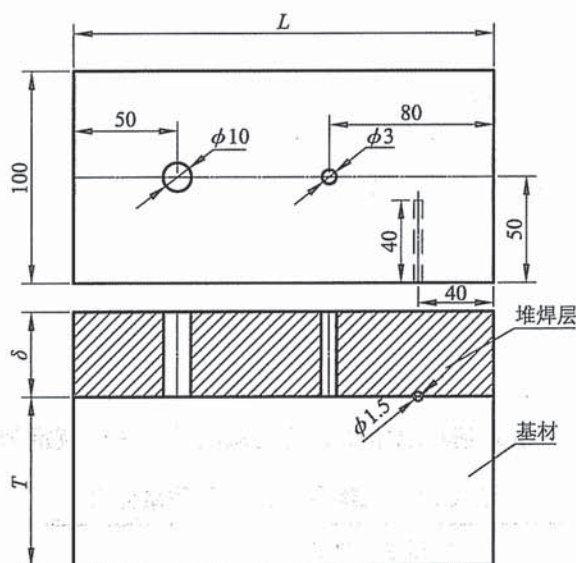


图 G.3 T3 型试块

G.5 灵敏度

G.5.1 采用 T1 型试块的校准:

- 检测堆焊层内缺陷时, 将双晶直探头放在试块的堆焊层表面上, 用试块上右侧 4 个 $\phi 3\text{mm}$ 平底孔绘制距离-波幅曲线, 并以此曲线作为基准灵敏度;
- 检测堆焊层层下缺陷时, 将双晶直探头放在试块的堆焊层表面上, 移动探头使其从试块上基材内 $\phi 3\text{mm}$ 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;
- 检测基材与堆焊层未结合缺陷时, 将双晶直探头放在试块的堆焊层表面上, 移动探头使其从 $\phi 10\text{mm}$ 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。

G.5.2 采用 T2 型试块的校准:

- 检测堆焊层内缺陷时, 将纵波双晶斜探头放在试块的堆焊层表面上, 用试块上右侧 4 个 $\phi 1.5\text{mm}$ 横孔绘制距离-波幅曲线, 并以此曲线作为基准灵敏度;
- 检测堆焊层层下缺陷时, 将纵波双晶斜探头放在试块的堆焊层表面上, 移动探头使其从试块上基材内 $\phi 1.5\text{mm}$ 横孔获得最大波幅, 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。

G.5.3 采用 T3 型试块的校准:

- 用单晶直探头检测堆焊层内缺陷时, 将探头放在基材一侧, 调节增益使 $\phi 3\text{mm}$ 平底孔回波幅度为满刻度的 80%, 以此作为基准灵敏度;
- 用纵波斜探头检测堆焊层内缺陷时, 将探头放在基材一侧, 调节增益使 $\phi 1.5\text{mm}$ 横孔回波幅度为满刻度的 80%, 以此作为基准灵敏度;
- 检测基材与堆焊层未结合缺陷时, 将单晶直探头放在基材一侧, 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。

G.5.4 扫查灵敏度应在基准灵敏度基础上提高 6dB。

G.6 检测要求

G.6.1 检测范围包括堆焊层和堆焊层下 4mm 以内的基材区域。

G.6.2 采用纵波双晶斜探头时，应分别沿堆焊方向和垂直于堆焊方向移动探头进行检测。

G.6.3 采用双晶直探头检测时，探头移动方向应垂直于堆焊方向。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。

G.6.4 缺陷当量尺寸一般应采用-6dB 法确定。

G.7 质量分级

G.7.1 堆焊层质量分级见表 G.1。

G.7.2 堆焊层层下缺陷除判断为基材原始非裂纹类缺陷外，一般应定为Ⅲ级。

表 G.1 堆焊层超声检测质量分级

缺陷等级	堆焊层内缺陷		堆焊层与基材未结合缺陷
	双晶直探头、直探头	纵波双晶斜探头、纵波斜探头	
I	当量 $< \phi 3\text{mm}$	当量 $< \phi 1.5 - 2\text{dB}$	缺陷长径小于等于 25mm 的未结合区域
II	当量 $\geq \phi 3 \sim \phi 3 + 6\text{dB}$, 且长度 $\leq 30\text{mm}$	当量 $\geq \phi 1.5 - 2\text{dB} \sim \phi 1.5 + 4\text{dB}$ 且长度 $\leq 30\text{mm}$	缺陷长径小于等于 40mm 的未结合区域
III	缺陷当量或长度超过 II 级或缺陷性质判为裂纹时		超过 II 级

附录 H (规范性附录)

铝和铝合金制及钛承压设备对接接头超声检测方法和质量分级

H.1 范围

H.1.1 本附录规定了铝和铝合金制及钛制承压设备对接接头超声检测方法和质量分级。

H.1.2 本附录适用于厚度大于或等于 8mm~80mm 的铝和铝合金制及钛制承压设备对接接头的超声检测。

H.1.3 本附录不适用于外径小于 159mm 环向对接接头的超声检测，也不适用于外径小于等于 250mm 且内外径之比小于 70%的纵向接头超声检测。

H.2 对比试块

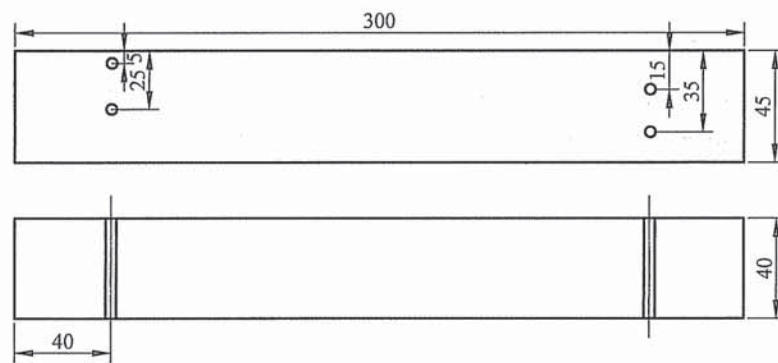
H.2.1 对比试块材质应与被检板材声学性能相同或相近。

H.2.2 试块尺寸、形状见表 H.1 和图 H.1。

表 H.1 对比试块尺寸

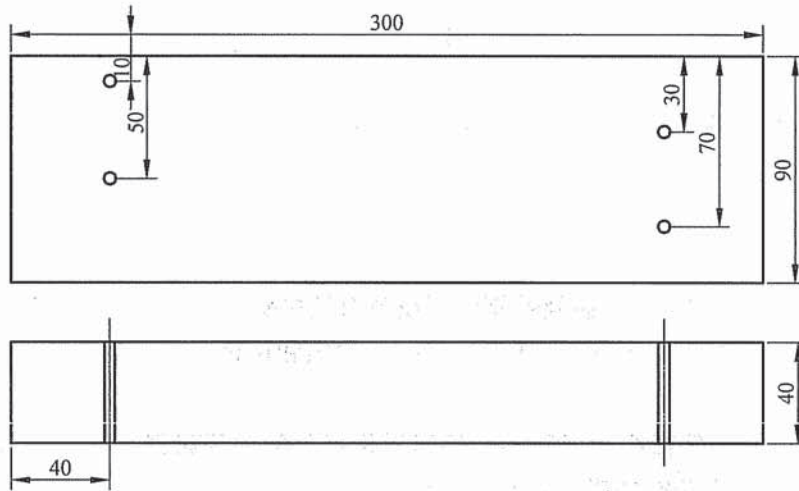
单位为 mm

试块编号	工件厚度 t	试块厚度 T	横孔位置	横孔直径
1	$\geq 8 \sim 40$	45	5、15、25、35	$\phi 2.0$
2	$> 40 \sim 80$	90	10、30、50、70	$\phi 2.0$



a) 1号试块

图 H.1 对比试块



b) 2号试块

图 H.1 (续)

H.3 检测区

检测区按 6.3.4 的规定执行。

H.4 检测面准备

检测面的准备按 6.3.5 的规定执行。

H.5 探头的选择

探头的选择按 6.3.6 的规定执行。

H.6 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，如图 H.2 所示。距离-波幅曲线的灵敏度见表 H.2。如果距离-波幅曲线绘制在显示屏上，则在检测范围内不低于显示屏满刻度的 20%。

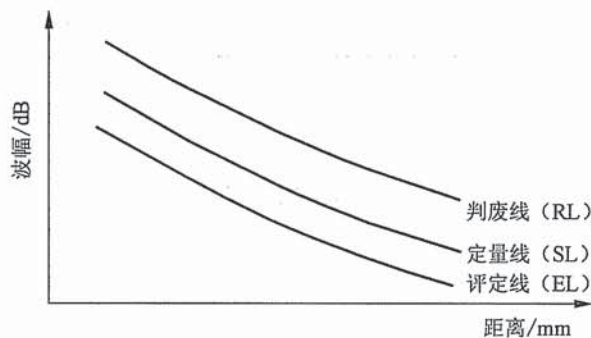


图 H.2 距离-波幅曲线

表 H.2 距离-波幅曲线的灵敏度

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

H.7 扫查灵敏度

扫查灵敏度不应低于评定线灵敏度，此时在检测范围内最大声程处的评定线高度不应低于荧光屏满刻度的 20%。

H.8 扫查方法

扫查方法应按 6.3.9 的规定执行。

H.9 缺陷定量

缺陷定量按 6.3.13 的规定执行。

H.10 缺陷评定

缺陷评定按 6.3.14 的规定执行。

H.11 质量分级

H.11.1 焊接接头不允许存在裂纹、未熔合和未焊透等缺陷。

H.11.2 评定线以下的缺陷均评为 I 级。

H.11.3 焊接接头质量分级按表 H.3 的规定执行。

表 H.3 铝和铝合金制及钛制承压设备对接接头超声检测质量分级 单位为 mm

等级	工件厚度 t	反射波幅所在区域	允许的单个缺陷指示长度
I	8~40	I	≤ 20
	> 40~80		≤ 40
	8~40	II	≤ 10
	> 40~80		$\leq t/4$, 最大不超过 20
II	8~40	I	≤ 30
	> 40~80		≤ 60
	8~40	II	≤ 15
	> 40~80		$\leq t/3$, 最大不超过 25
III	8~80	II	超过 II 级者
		III	所有缺陷
		I	超过 II 级者

附录 I (资料性附录)

奥氏体不锈钢对接接头超声检测方法和质量分级

I.1 范围

本附录规定了工件厚度 10mm~80mm 奥氏体不锈钢对接接头的超声检测方法和质量分级。

I.2 检测人员

按本附录进行检测的人员, 应接受一定时间的有关奥氏体不锈钢对接接头超声检测方法的培训。对奥氏体钢的材料特性、焊接特性、焊缝组织及声学特性、窄脉冲双晶聚焦探头的声场特性有一定了解。对检测中可能出现的问题能做出正确的分析、判断和处理。

I.3 探头、仪器及组合性能

I.3.1 探头

本附录推荐采用双晶纵波斜探头、聚焦纵波斜探头、窄脉冲纵波单斜探头等。

I.3.1.1 探头标称频率应在 1MHz~5MHz 范围内。

I.3.1.2 一般选用折射角为 45° (K1) 的探头, 如需要也可选用其他折射角的探头。

I.3.1.3 使用双晶纵波斜探头或聚焦纵波斜探头检测时, 应根据声束会聚范围和检测深度选择探头。当壁厚较厚时, 可选用多探头厚度分区扫查, 各分区范围应相互覆盖不低于 15%。表 I.1 给出了不同检测深度下探头折射角 (K 值) 和探声束会聚深度的推荐选择。

表 I.1 双晶纵波斜探头或聚焦纵波斜探头选择推荐

工件厚度 t/mm	探头折射角 (K 值)	会聚深度/mm
10~30	45° ~63° (1~2)	20
30~50	45° ~56° (1~1.5)	40~50
50~80	35° ~45° (0.7~1)	60~80

I.3.2 组合性能

选择的检测仪应与选用的探头相匹配, 以便获得最佳灵敏度和信噪比。声束通过母材和通过焊接接头分别测绘的两条距离-波幅曲线间距一般宜小于 10dB。扫查灵敏度应使检测范围内最大声程处反射体回波高度达到 20%以上, 信噪比应达到 2:1。

I.4 试块

I.4.1 对比试块的材料应与被检材料相同, 试块的中部设置一条对接接头, 该焊接接头的坡口型式应与被检焊接接头相似, 并采用同样的焊接工艺制成。

I.4.2 试块上人工反射体的布置和数量原则上应根据被检工件厚度确定。

I.4.3 对比试块的形状和尺寸 (推荐) 如图 I.1~I.3 所示。图 I.1 对比试块适用于工件厚度范围为 10mm~20mm, 图 I.2 对比试块适用于工件厚度范围为 20mm~40mm, 图 I.3 对比试块适用于工件厚度范围为 40mm~80mm。

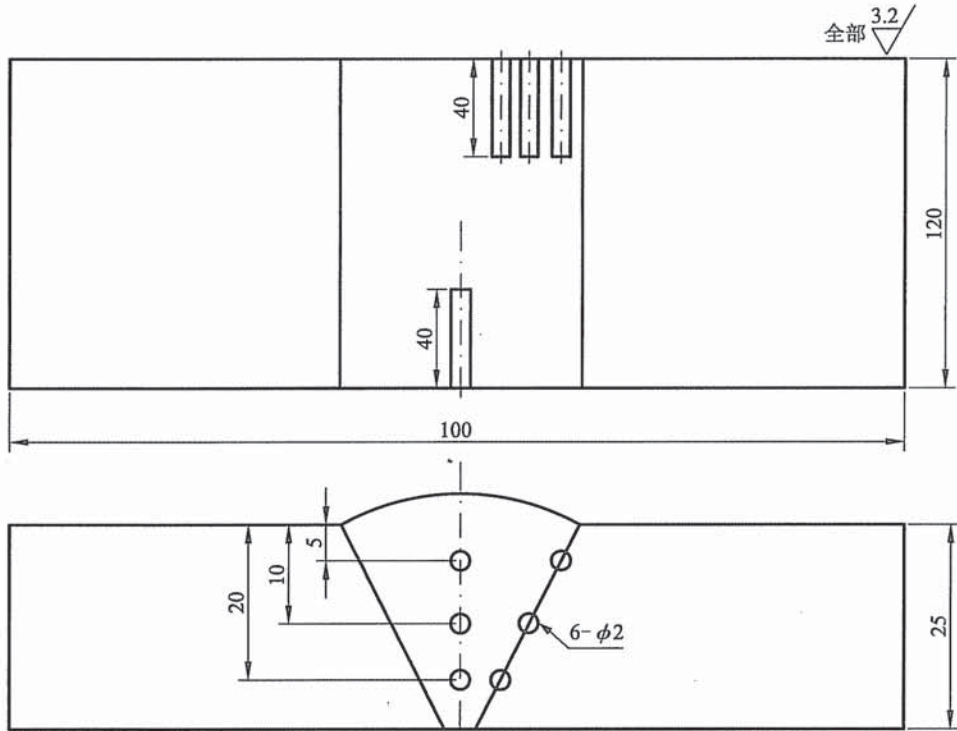


图 I.1 对比试块

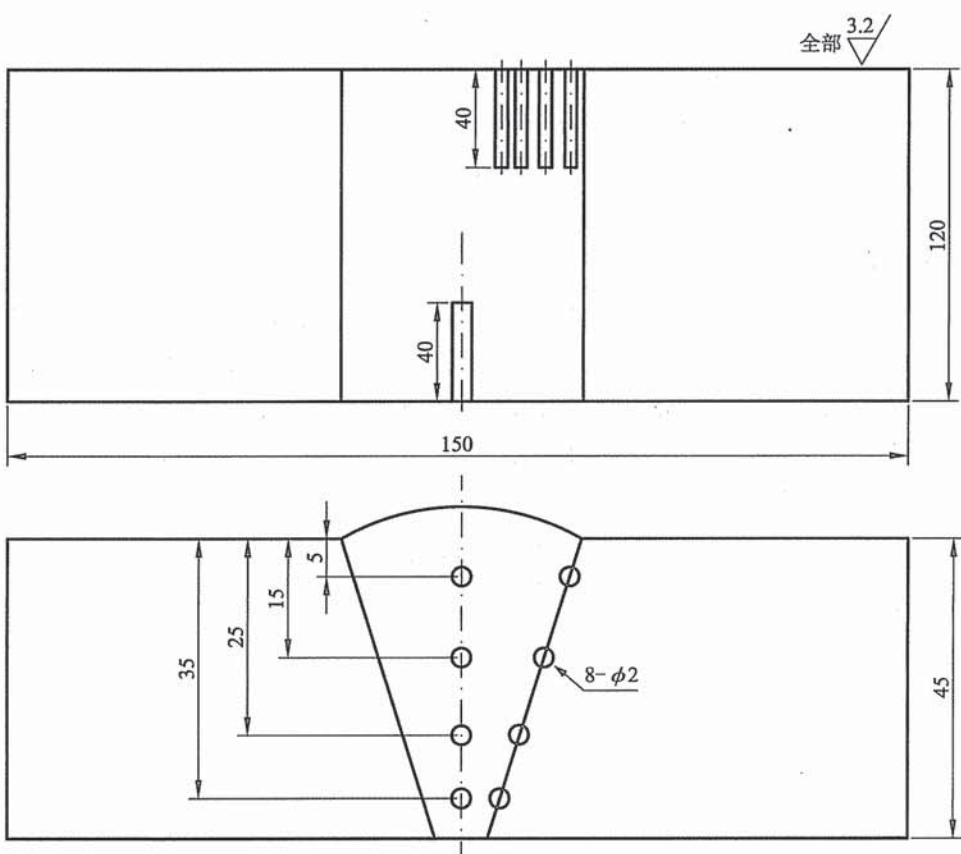


图 I.2 对比试块

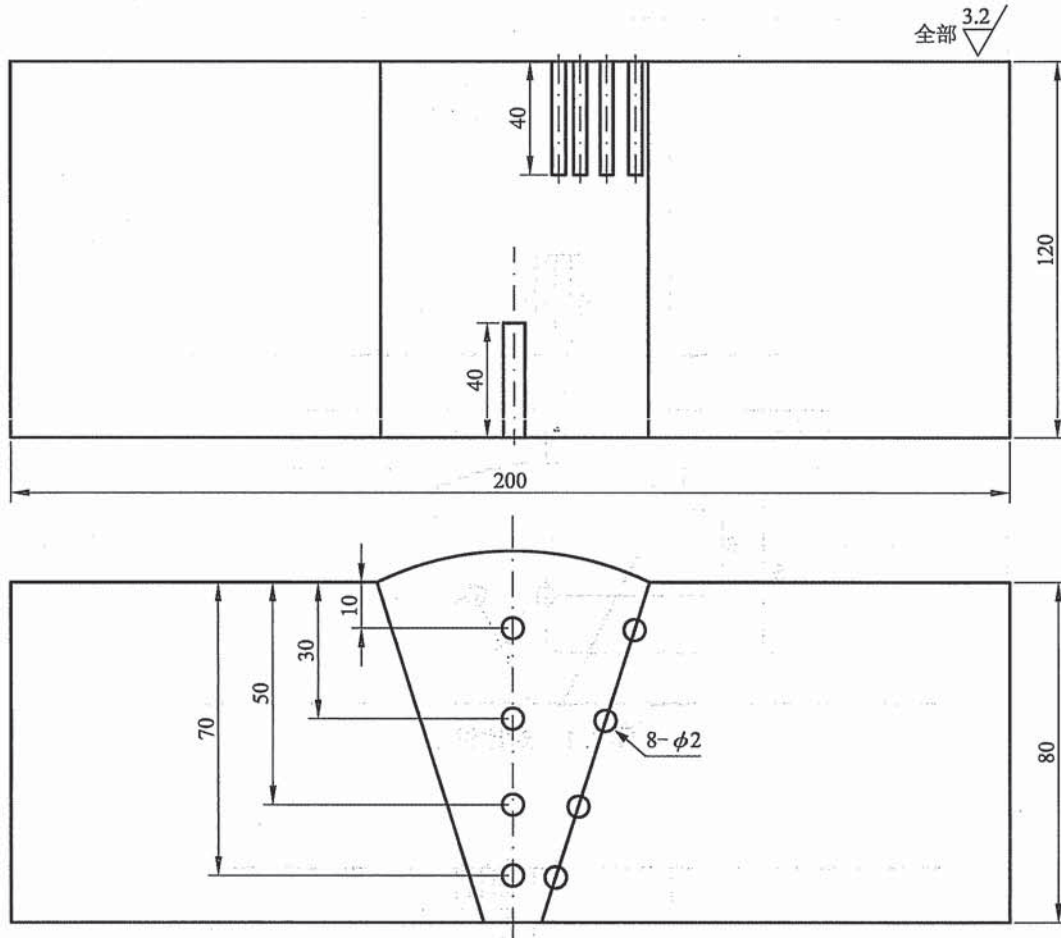


图 I.3 对比试块

I.5 距离-波幅曲线

I.5.1 距离-波幅曲线由选定的探头、仪器组合在对比试块上实测数据绘制。在焊缝两侧进行检测时，用焊缝中心的横孔制作距离-波幅曲线确定灵敏度和评定；只在焊缝单侧检测时，应使声束应通过焊缝金属利用熔合区横孔制作距离-波幅曲线确定灵敏度和评定。评定线至定量线以下区域为 I 区；定量线至判废线以下区域为 II 区；判废线及以上区域为 III 区。判废线 (RL)、定量线 (SL) 和评定线 (EL) 的灵敏度见表 I.2。

表 I.2 距离-波幅曲线灵敏度

工件厚度 t/mm	$T \leq 50$	$50 < T \leq 80$
判废线	$\phi 2 \times 40 + 3\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 + 6\text{dB}$
定量线	$\phi 2 \times 40 - 2\text{dB}$	$\phi 2 \times 40$
评定线	$\phi 2 \times 40 - 8\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 - 6\text{dB}$

I.5.2 为比较焊接接头组织与母材的差异，可使声束只经过母材区域，利用熔合区横孔测绘另一条距离-波幅曲线 [图 I.4, (a) 线]。

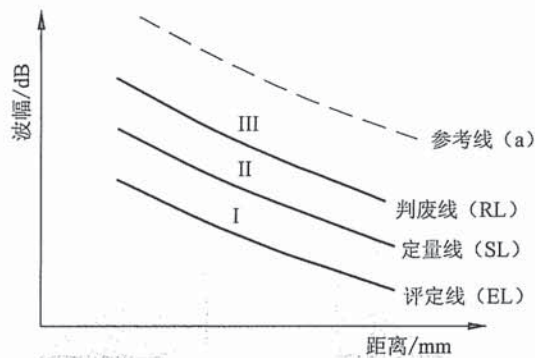


图 I.4 距离-波幅曲线示意图

I.6 检测准备

I.6.1 检测面

原则上在焊接接头的双面双侧实施一次波法（直射法）检测。受几何条件限制，只能在焊接接头单面或单侧实施检测时，应将焊接接头余高磨平或改变 K 值，用两种或两种以上折射角的纵波斜探头进行检测，尽可能检测到整个检测区。

I.6.2 探头移动区

I.6.2.1 焊接接头两侧的探头移动区应清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其他杂质。去除余高的焊接接头，应将余高打磨到与邻近母材平齐。

I.6.2.2 探头移动区 N 应满足式 (I.1)：

$$N \geq 1.5Kt \quad \dots\dots\dots (I.1)$$

式中：

t ——工件厚度，mm；

K ——即 $\tan\beta$ ， β 为探头折射角。

I.7 检测

I.7.1 一般要求

I.7.1.1 扫查灵敏度不应低于评定线灵敏度，此时在检测范围内最大声程处的评定线高度不应低于荧光屏满刻度的 20%。如果信噪比允许，应再提高 6dB。

I.7.1.2 对波幅超过评定线的回波，应根据探头位置、方向、反射波位置及焊接接头情况，判断其是否为缺陷回波。为避免变形横波的干扰，应着重观察显示屏靠前的回波。

I.7.2 纵向缺陷检测

I.7.2.1 为检测纵向缺陷，斜探头应在垂直于焊接接头方向作锯齿型扫查。探头前后移动的距离应保证声束扫查到整个焊接接头截面及热影响区。扫查时，探头还应作 $10^\circ \sim 15^\circ$ 的转动。如不能转动，应适当增加探头声束的覆盖区。

I.7.2.2 为确定缺陷位置、方向、形状，观察动态波形或区分缺陷波与伪信号，可采用前后、左右、转角、环绕等四种探头基本扫查方式。也可使用直探头对缺陷位置进行辅助检测。

I.7.3 横向缺陷检测

I.7.3.1 保留余高的焊接接头，可在焊接接头两侧边缘使斜探头与焊接接头中心线成不大于 10° 的

斜平行扫查, 见图 I.5a)。

I.7.3.2 去除余高的焊接接头, 将探头置于焊接接头表面作两个方向的平行扫查, 见图 I.5b)。

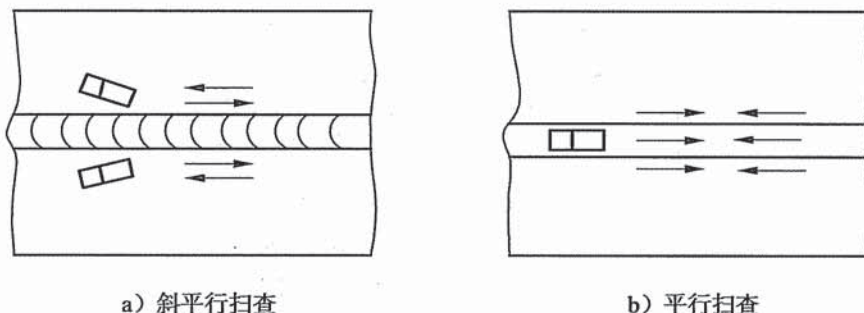


图 I.5 平行和斜平行扫查

I.8 缺陷定量

缺陷定量按 6.3.13 的规定执行。

I.9 缺陷评定

I.9.1 超过评定线的回波应注意其是否具有裂纹等危害性缺陷特征, 并结合缺陷位置、动态波形及工艺特征作判定。如不能作出准确判断应辅以其他方法作综合评定。

I.9.2 相邻两缺陷间距小于较小缺陷长度时, 作为一条缺陷处理, 两缺陷长度之和作为单个缺陷指示长度。条状缺陷近似分布在一条直线上时, 以两端点距离作为其间距; 点状缺陷以两缺陷中心距离作为间距。

I.10 质量分级

I.10.1 焊接接头不允许存在裂纹、未熔合和未焊透等缺陷。

I.10.2 评定线以下的缺陷均评为 I 级。

I.10.3 焊接接头质量分级按表 I.3 的规定执行。

表 I.3 奥氏体不锈钢对接接头超声检测质量分级

等级	工件厚度 t/mm	反射波幅所在区域	允许的单个缺陷指示长度 mm
I	10 ~ 80	I	≤ 40
		II	$L \leq t/3$, 最小可为 10
II	10 ~ 80	I	≤ 60
		II	$L \leq 2t/3$, 最小为 12, 最大不超过 40
III	10 ~ 80	II	超过 II 级者
		III	所有缺陷 (任何缺陷指示长度)
		I	超过 II 级者

附录 J

(规范性附录)

承压设备曲面纵向对接接头的超声检测方法

J.1 范围

J.1.1 本附录适用于检测面曲率半径为 50mm~250mm 的纵向对接接头超声检测。

J.1.2 本附录不适用于内外径比小于 70% (工件厚度与工件外径之比大于 15%) 的纵向对接接头超声检测。

J.2 对比试块 RB-L

J.2.1 试块形状和尺寸应符合表 J.1 和图 J.1 的规定。

表 J.1 RB-L 试块尺寸

单位为 mm

RB-L 编号	工件厚度 t	试块厚度 T	横孔深度位置	横孔直径
RB-L-1	$\geq 6 \sim 20$	25	5、10、20	$\phi 2.0$
RB-L-2	$> 20 \sim 50$	60	5、10、20、30、40、50	$\phi 2.0$

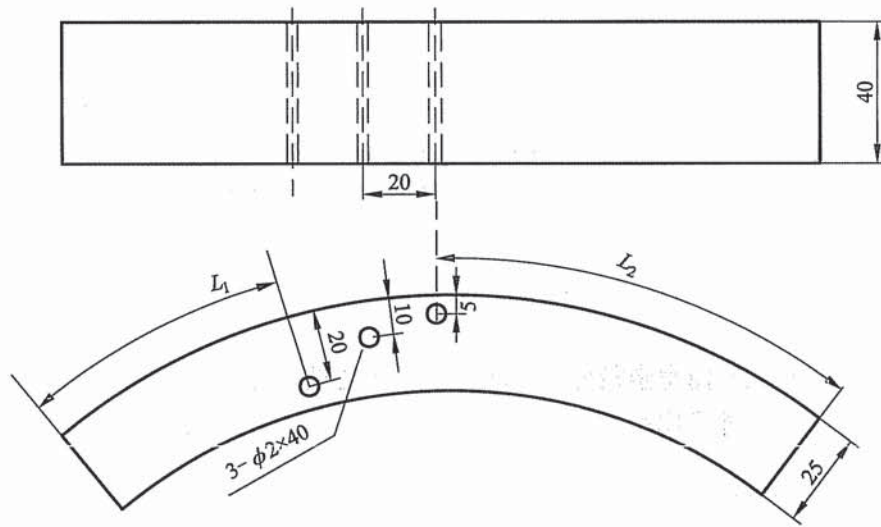
注：工件厚度 t 大于 50mm 时，试块宽度应满足 6.3.10.1 的要求，横孔深度位置最小可为 10mm，深度间隔不超过 20mm，试块厚度大于或等于工件厚度。

J.2.2 试块长度 L 应根据所使用的声程确定。

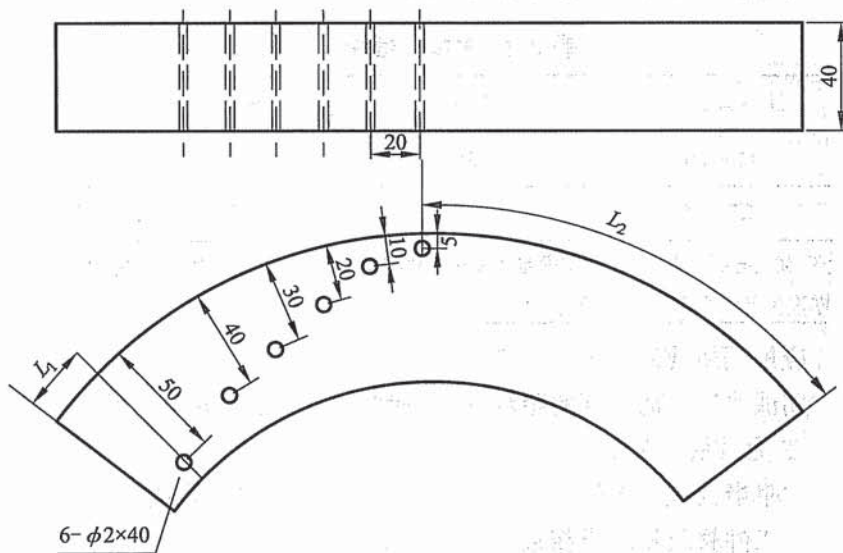
J.2.3 试块反射体到试块远距离一侧的距离 L_1 一般应大于 $KT+30\text{mm}$ ，反射体到试块一侧的距离 L_2 一般应大于 $2KT$ (T 为试块厚度)。

J.2.4 对比试块的曲率半径应在工件检测面曲率半径的 0.9 倍~1.1 倍范围内。

J.2.5 试块材质应与工件材质相同或相近 (声学特性)。



a) RB-L-1 试块



b) RB-L-2 试块

图 J.1 RB-L 试块示意图

J.3 探头

J.3.1 检测时应确保探头与工件的稳定接触。

J.3.2 探头折射角 (K 值) 可按表 J.2 选择。

表 J.2 曲面纵向对接接头超声检测用探头折射角 (K 值) 推荐表

厚径比 t/D (%)	折射角 (K 值)
$t/D \leq 2.0$	$40^\circ \sim 70^\circ$ (0.84~2.75)
$2.0 < t/D \leq 5.0$	$40^\circ \sim 63^\circ$ (0.84~2)
$5.0 < t/D \leq 10.0$	$40^\circ \sim 45^\circ$ (0.84~1)
$10.0 < t/D \leq 15.0$	40° (0.84)

J.4 距离-波幅曲线

J.4.1 距离-波幅曲线制作在 RB-L 试块上进行。

J.4.2 距离-波幅曲线灵敏度按表 27 的规定执行（不考虑试块宽度差异的影响）。

J.5 检测

J.5.1 探头标称频率、检测面及探头移动区宽度按表 J.3 的规定执行。

J.5.2 不同折射角（ K 值）探头数量、横向缺陷检测等还应符合按表 N.1 检测技术等级 B 级的要求。

J.5.3 扫查灵敏度不低于评定线灵敏度。

J.5.4 扫查方法尽可能按 6.3.9 的规定执行。

J.6 缺陷定量

缺陷定量按 6.3.13 的规定执行。

J.7 缺陷评定

缺陷评定按 6.3.14 的规定执行。

表 J.3 探头标称频率、检测面及探头移动区宽度推荐表

内外壁检测可能	工件厚度 t/mm	探头标称频率 MHz	检测面（侧）	探头移动区宽度
仅能从外壁（凸面） 检测	$6 \leq t \leq 30$	4~5	外壁（凸面）双侧	$1.25P$
	$30 < t \leq 60$	2~5	外壁（凸面）双侧	$1.25P$
	$t > 60$	2~2.5	外壁（凸面）双侧	$0.75P$
内外壁均可检测	$6 \leq t \leq 30$	4~5	外壁（凸面）双侧 或内壁（凹面）双侧	$1.25P$
	$30 < t \leq 60$	2~5	外壁（凸面）双侧 或内壁（凹面）双侧	$1.25P$
	$t > 60$	2~2.5	外壁（凸面）双侧 和内壁（凹面）双侧	$0.75P$

注： P 为检测面跨距。

附录 K
(规范性附录)

承压设备曲面环向对接接头的超声检测方法

K.1 范围

本附录适用于承压设备检测面曲率半径为 80mm~250mm 的环向对接接头超声检测。

K.2 对比试块 RB-C

K.2.1 对比试块 RB-C 的形状和尺寸见图 K.1。

K.2.2 试块长度 L 应根据所使用的声程确定，一般应大于 $4KT$ (T 为试块厚度)。

K.2.3 试块反射体到试块一侧的距离 L_1 一般应大于 $2.5KT$ 。

K.2.4 试块宽度 W 按 6.3.10.1 式 (5) 确定。

K.2.5 工件检测面曲率半径应在对比试块的曲率半径的 0.9 倍~1.5 倍范围内。

K.2.6 试块厚度与工件厚度相差不超过工件厚度的 20%。

K.2.7 试块材质应与工件材质相同或相近。

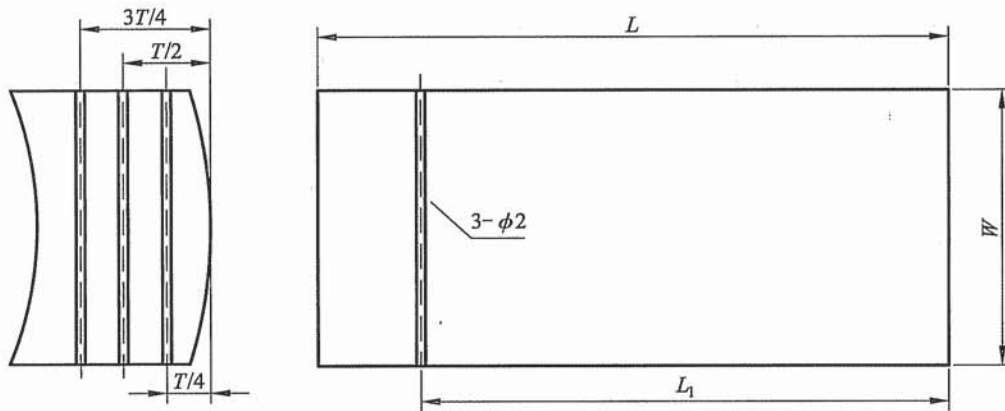


图 K.1 RB-C 示意图

K.3 探头

K.3.1 检测时应确保探头与工件的稳定接触。

K.3.2 探头折射角 (K 值) 的选择见表 25, 探头标称频率可按表 K.1 选择。

K.4 距离-波幅曲线

K.4.1 距离-波幅曲线的制作应在 RB-C 试块上进行, 距离-波幅曲线灵敏度按表 27 的规定执行 (不考虑试块宽度差异的影响)。

K.4.2 如果使用 CSK-II A 试块制作距离-波幅曲线, 则应在 RB-C 试块上进行修正。

K.5 检测

K.5.1 检测面的选择按表 K.1 进行。

K.5.2 不同折射角（K 值）探头数量、横向缺陷检测等还应符合按表 N.1 检测技术等级 B 级的要求。

K.5.3 扫查方法

扫查方法尽可能按 6.3.9 的规定执行。

K.6 缺陷定量

缺陷定量按 6.3.13 的规定执行。

K.7 缺陷评定

缺陷评定按 6.3.14 的规定执行。

表 K.1 探头标称频率、检测面及探头移动区宽度推荐表

内外壁检测可能	工件厚度 t/mm	探头标称频率 MHz	检测面（侧）	探头移动区宽度
仅能从外壁（凸面）检测	$6 \leq t \leq 40$	2~5	外壁（凸面）双侧	$1.25P$
	$40 < t \leq 100$	2~2.5	外壁（凸面）双侧	$1.25P$
	$t > 100$	2~2.5	外壁（凸面）双侧	$0.75P$
内外壁均可检测	$6 \leq t \leq 40$	2~5	外壁（凸面）双侧 或内壁（凹面）双侧	$1.25P$
	$40 < t \leq 100$	2~2.5	外壁（凸面）双侧 或内壁（凹面）双侧	$1.25P$
	$t > 100$	2~2.5	内外壁（凸面和凹面）双侧	$0.75P$

注：P 为检测面跨距。

附录 L

(规范性附录)

承压设备接管与筒体(或封头)角接头超声检测方法

L.1 范围

L.1.1 本附录规定了接管与筒体(或封头)角接头的超声检测方法。

L.1.2 使用本附录应满足以下条件:

- a) 对于插入式接管与筒体(或封头)角接头:
 - 1) 筒体(或封头)检测面曲率半径大于等于 250mm 且内外径比大于等于 70%;
 - 2) 接管公称直径大于等于 80mm。
- b) 对于安放式接管与筒体(或封头)角接头:
 - 1) 筒体(或封头)检测面曲率半径大于等于 150mm;
 - 2) 接管公称直径大于等于 100mm。

L.2 接管与筒体(或封头)角接头型式

接管与筒体(或封头)角接头型式有插入式、安放式等,见图 L.1。

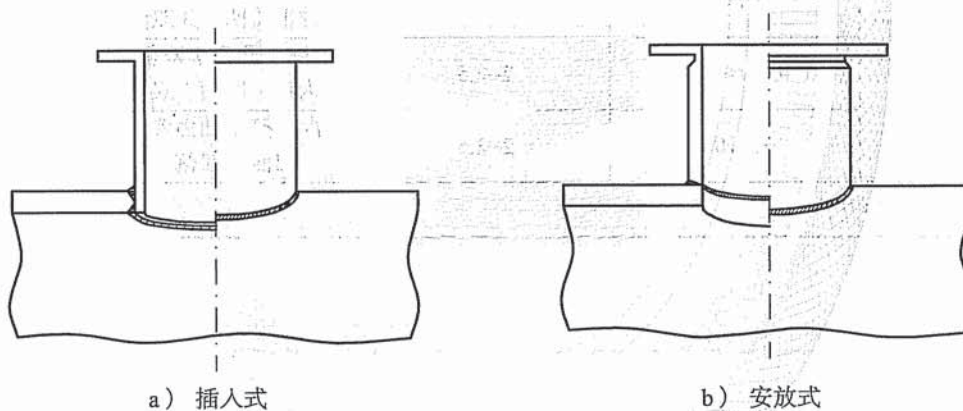


图 L.1 接管与筒体(或封头)角接头型式

L.3 探头

L.3.1 检测时应确保探头与工件的稳定接触。

L.3.2 探头的选择

探头的选择按 6.3.6 的规定执行。

L.4 仪器调节

L.4.1 斜探头入射点、折射角(K值)

斜探头入射点、折射角(K值)的测量应选择在 CSK-IA、CSK-IIA 试块上进行,也可在 RB-L 或 RB-C 试块上进行。

L. 4.2 仪器时基线

仪器时基线的调整应选择 CSK-IA、CSK-IIA 试块上进行,也可在 RB-L 或 RB-C 试块上进行。

L. 4.3 距离-波幅曲线

L. 4.3.1 距离-波幅曲线的制作应在 CSK-II A 试块上进行,距离-波幅曲线灵敏度按表 27 的规定执行。

L. 4.3.2 检测面曲率半径大于等于 50mm~250mm 时,距离-波幅曲线的灵敏度修正应在 RB-L 或 RB-C 试块上进行。此时应考虑不同检测位置,检测面曲率的变化导致声程等变化的修正,包括:

- a) 封头上或筒体上的不同焊接接头;
- b) 同一焊接接头的不同检测位置(相对于筒体轴线偏转角的变化,接管在封头上不同位置引起的检测面曲率的变化)。

L. 5 检测

L. 5.1 插入式接管与筒体(或封头)角接头检测

L. 5.1.1 当接管公称直径大于等于 250mm 且接管内径大于等于 200mm 时,角接头检测方法、探头数量、检测面及探头移动区宽度按图 N.3 和表 N.3 进行。

L. 5.1.2 当接管公称直径大于等于 80mm~250mm 时,角接头检测方法、探头数量、检测面及探头移动区宽度按图 N.3 和表 L.1 进行,一般按技术等级 B 级进行检测。

表 L.1 插入式接管与筒体(或封头)角接头超声检测的具体要求

检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测	
		斜探头检测			直探头检测		斜探头横向扫查	
		不同折射角(K值)探头数量	检测面(侧)	探头移动区宽度	探头位置	探头移动区宽度	不同折射角(K值)探头数量	检测面
A	$6 \leq t \leq 15$	1	A	$1.25P$	—	—	—	—
	$15 < t \leq 40$	1	(A或B)和F	$1.25P/d$	—	—	—	—
B	$6 \leq t \leq 15$	1	(A或B)或F	$1.25P/d$	—	—	1	(X和Y)或(W和Z)
	$15 < t \leq 40$	1	(A和B)和F	$1.25P/d$	—	—	1	(X和Y)或(W和Z)
	$40 < t \leq 100$	2	(A和B)和F	$1.25P/d$	a	b	2	(X和Y)或(W和Z)
		1	F	d				
	$100 < t \leq 200$	2	(A和B)和F	$0.75P/d$	a	b	2	(X和Y)和(W和Z)
		1	F	d				
C	$6 \leq t \leq 15$	1	(A或B)和F	$1.25P/d$	a	b	1	(X和Y)和(W和Z)
	$15 < t \leq 40$	2	(A或B)和F	$1.25P/d$	a	b	2	(X和Y)和(W和Z)
	$40 < t \leq 100$	2	(A和B)和F	$1.25P/d$	a	b	2	(X和Y)和(W和Z)
	$t > 100$	2	(A和B)和F	$0.75P/d$	a	b	2	(X和Y)和(W和Z)

a 尽可能使用直探头在位置 C 进行检测。
b 当使用直探头进行检测时,探头移动区宽度为 c。

L.5.2 安放式接管与筒体（或封头）角接头检测

L.5.2.1 当接管公称直径大于等于 250mm 且筒体（或封头）检测面曲率半径大于等于 250mm 时，角接头检测方法、探头数量、检测面及探头移动区宽度按图 N.5 和表 N.5 进行。

L.5.2.2 当接管公称直径大于等于 100mm~250mm 且筒体（或封头）检测面曲率半径大于等于 150mm 时，角接头检测方法、探头数量、检测面及探头移动区宽度按图 L.2 和表 L.2 进行，一般按技术等级 B 级进行检测。

L.5.3 扫查方法尽可能按 6.3.9 的规定执行。

L.6 缺陷定量

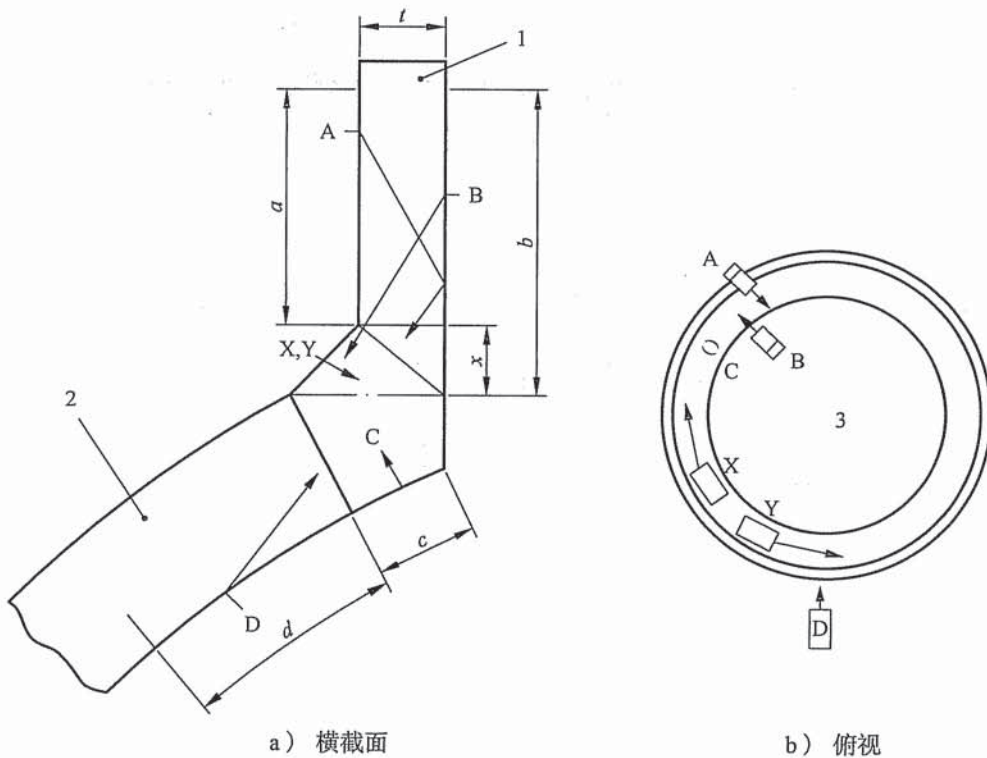
缺陷定量按 6.3.13 的规定执行。

L.7 缺陷评定

缺陷评定按 6.3.14 的规定执行。

L.8 质量分级

接管与筒体（或封头）角接头超声检测质量分级按 6.5.1 的规定执行。



说明：

- A、B、C、D、X、Y 表示探头位置；
- a、b、c、d、x——探头移动区宽度；
- t——工件厚度；
- 1——接管；
- 2——筒体或封头。

图 L.2 安放式接管与筒体（或封头）角接头

表 L.2 安放式接管与筒体（或封头）角接头超声检测的具体要求

检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测	
		斜探头检测			直探头检测		斜探头横向扫查	
		不同折射角(K 值)探头数量	检测面(侧)	探头移动区宽度	探头位置	探头移动区宽度	不同折射角(K 值)探头数量	检测面
A	$6 \leq t \leq 15$	1	B 或 A	$0.5P$ $1.25P$	—	—	—	—
	$15 < t \leq 40$	1	B 或 A	$0.5P$ $1.25P$			—	—
B	$6 \leq t \leq 15$	2	B 或 A	$0.5P$ $1.25P$	—	—	1	X 和 Y
	$15 < t \leq 40$	2	B 或 A	$0.5P$ $1.25P$	C	c	1	X 和 Y
	$40 < t \leq 100$	2	A 和 (B 或 D)	$1.25P$ $0.5P$	C	c	2	X 和 Y
	$100 < t \leq 200$	2	A 和 (B 或 D)	$0.75P$ $0.5P$	C	c	2	X 和 Y
C	$6 \leq t \leq 15$	3	B 或 A	$0.5P$ $1.25P$	C	c	1	X 和 Y
	$15 < t \leq 40$	3	A 和 (B 或 D)	$1.25P$ $0.5P$	C	c	1	X 和 Y
	$40 < t \leq 100$	3	A 和 B 和 D	$1.25P$ $0.5P$	C	c	2	X 和 Y
	$t > 100$	3	A 和 B 和 D	$0.75P$ $0.5P$	C	c	2	X 和 Y

注 1: 如果在位置 B 能进行检测, 则可用位置 B 的检测替代位置 A 的检测。

注 2: 筒体(或封头)检测面曲率半径大于等于 150mm~250mm 时, 可对角接头不进行直探头检测和 D 面检测。

附录 M
(规范性附录)
T 型焊接接头超声检测方法

M.1 范围

本附录适用于工件厚度 6mm~300mm 承压设备全熔化焊 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附录的规定执行。

M.2 T 型焊接接头型式

T 型焊接接头基本型式见图 M.1。

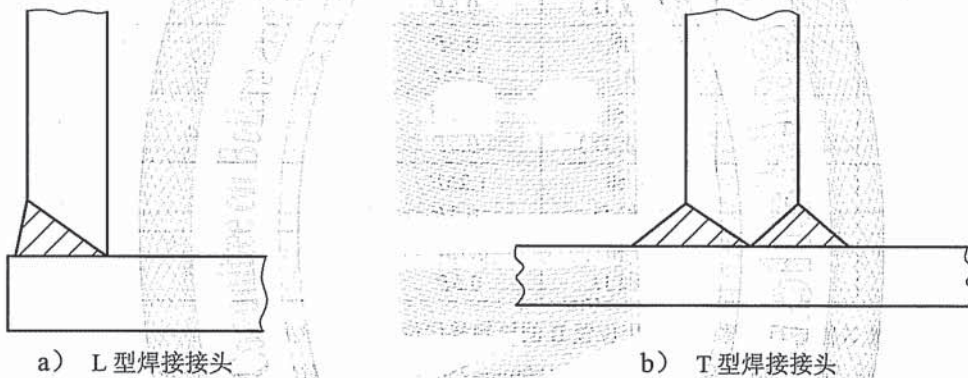


图 M.1 T 型焊接接头型式

M.3 探头

M.3.1 检测时应确保探头与工件的稳定接触。

M.3.2 探头的选择

M.3.2.1 用斜探头在翼板外侧进行检测时，推荐使用折射角为 45° ($K1$) 的探头。用斜探头在腹板一侧进行检测时，探头折射角 (K 值) 根据腹板厚度按 6.3.6.1 和 6.3.6.2 进行选择。

M.3.2.2 用直探头检测时，探头标称频率根据翼板厚度按 6.3.6.3 进行选择。

M.4 仪器调节

M.4.1 斜探头入射点、折射角 (K 值)

斜探头入射点、折射角 (K 值) 的测量应选择在 CSK-IA、CSK-IIA、CSK-III A 或 CSK-IV A 上进行。

M.4.2 仪器时基线

仪器时基线的调整应选择在 CSK-IA、CSK-IIA、CSK-III A 或 CSK-IV A 上进行。

M.4.3 距离-波幅曲线

距离-波幅曲线的制作按 6.3.8.3 的规定执行。距离-波幅曲线灵敏度应以腹板厚度为工件厚度按表 27 或表 28 的规定执行。

M.5 检测

M.5.1 T 型焊接接头检测时根据不同技术等级选择的扫查方法、探头种类及数量、检测面及探头移动区宽度按图 N.2 和表 N.2 进行。

M.5.2 L 型焊接接头检测时根据不同技术等级选择的扫查方法、探头种类及数量、检测面及探头移动区宽度按图 N.4 和表 N.4 进行。

M.5.3 扫查方法 扫查方法按 6.3.9 的规定执行。

M.6 缺陷定量

缺陷定量按 6.3.13 的规定执行。

M.7 缺陷评定

缺陷评定按 6.3.14 的规定执行。

M.8 质量分级

M.8.1 对缺陷进行等级评定时，工件厚度以腹板厚度为准。

M.8.2 T 型焊接接头超声检测质量分级按 6.5.1 的规定执行。

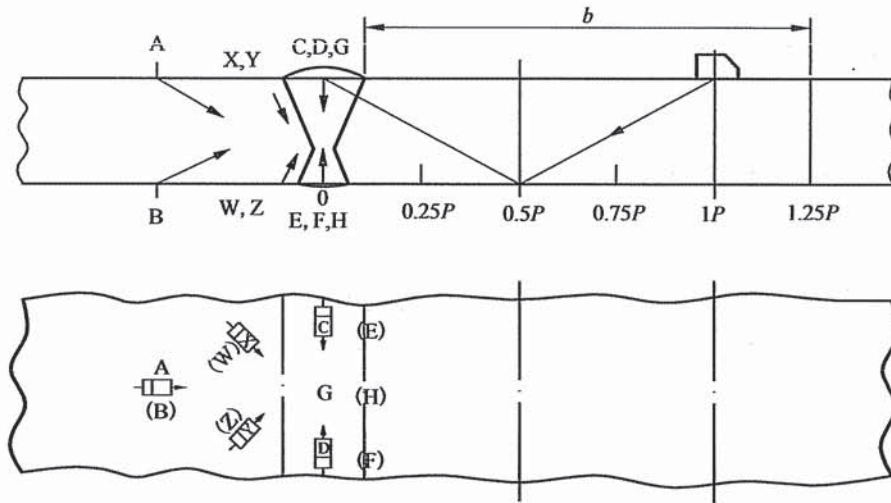
附录 N

(规范性附录)

不同类型焊接接头超声检测的具体要求

N.1 平板对接接头

平板对接接头超声检测的具体要求见图 N.1 和表 N.1。



说明:

A、B、C、D、E、F、G、H、W、X、Y、Z——探头位置;

b ——探头移动区宽度;

P ——1个全跨距。

图 N.1 平板对接接头

表 N.1 平板对接接头检测的具体要求

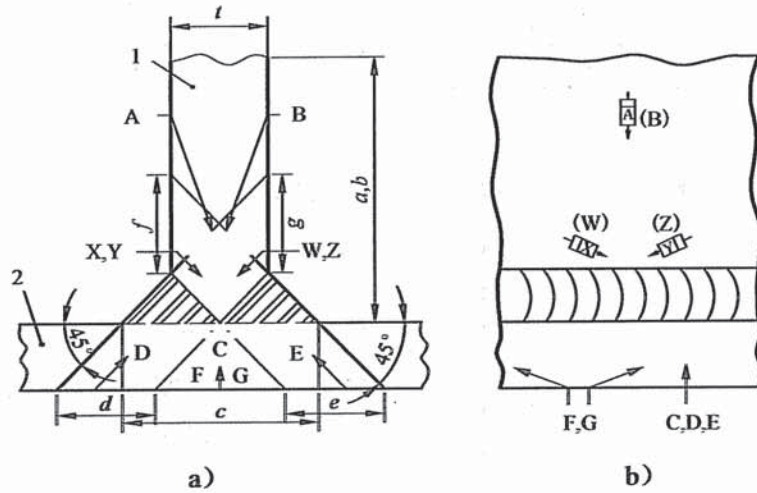
检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测			横向缺陷检测		
		斜探头检测		直探头检测	斜探头横向扫查		
		不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面 (侧)	探头移动区宽度	探头位置	不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面
A	$6 \leq t \leq 40$	1	单面双侧或单面单侧或双面单侧	$1.25P$	—	—	—
B	$6 \leq t \leq 40$	1	单面双侧	$1.25P$	—	1	单面
	$40 < t \leq 100$	1 或	双面双侧	$1.25P$	—	1	单面
		2	单面双侧或双面单侧				
	$100 < t \leq 200$	2	双面双侧	$0.75P$	—	2	单面

表 N.1 (续)

检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测			横向缺陷检测		
		斜探头检测		直探头检测	斜探头横向扫查		
		不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面 (侧)	探头移动区宽度	探头位置	不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面
C	$6 \leq t \leq 15$	1 或	单面双侧	$1.25P$	—	1	单面
		2	单面单侧或双面单侧				
	$15 < t \leq 40$	2	双面双侧	$1.25P$	—	2	单面
	$40 < t \leq 100$	2	双面双侧	$1.25P$	单面 (G 或 H)	2	单面
	$100 < t \leq 500$	2	双面双侧	$0.75P$	单面 (G 或 H)	2	单面

N.2 T 型焊接接头

T 型焊接接头超声检测的具体要求见图 N.2 和表 N.2。



说明:

- A、B、C、D、E、F、G、W、X、Y、Z——探头位置;
- a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g ——探头移动区宽度;
- t ——工件厚度;
- 1——腹板;
- 2——翼板。

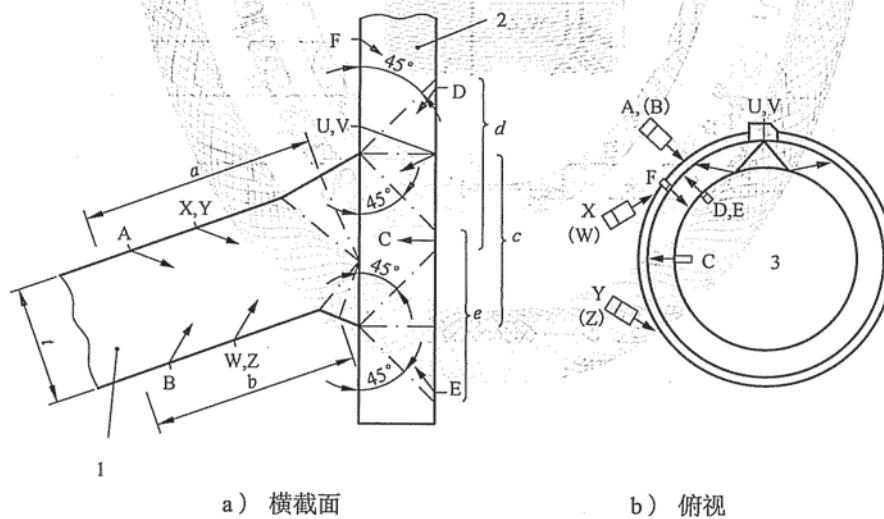
图 N.2 T 型焊接接头

表 N.2 T 型焊接接头超声检测的具体要求

检测技术等级	工件厚度 <i>t</i> /mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测		
		斜探头检测			直探头检测		斜探头横向扫查		
		不同折射角 (<i>K</i> 值) 探头数量	检测面 (侧)	探头移动区宽度	探头位置	探头移动区宽度	不同折射角 (<i>K</i> 值) 探头数量	检测面	探头移动区宽度
A	$6 \leq t \leq 15$	1	(A 或 B) 或 (D 和 E)	$1.25P$ $d+e$	—	—	—	—	—
	$15 < t \leq 40$		A 或 B (D 和 E)	$1.25P$ $d+e$	C	c	—	—	—
B	$6 \leq t \leq 15$	1	(A 或 B) 或 (D 和 E)	$1.25P$ $d+e$	C	c	1	F 和 G	c
	$15 < t \leq 40$		(A 和 B) 和 (D 和 E)	$1.25P$ $d+e$	C	c	1	F 和 G	c
	$40 < t \leq 200$	2 1	(A 和 B) 和 (D 和 E)	$0.75P$ $d+e$	C	c	1	F 和 G	c
C	$6 \leq t \leq 15$	1	A 和 B	$1.25P$	C	c	2	F 和 G	c
	$15 < t \leq 100$	2	(A 和 B) 和	$1.25P$	C	c	2	(F 和 G) 和 (X 和 Y)	$c+f+g$
		1	(D 和 E)	$d+e$				和 (W 和 Z)	
	$t > 100$	3 1	(A 和 B) 和 (D 和 E)	$0.75P$ $d+e$	C	c	2	(F 和 G) 和 (X 和 Y) 和 (W 和 Z)	$c+f+g$

N.3 插入式接管角接头

插入式接管角接头超声检测的具体要求见图 N.3 和表 N.3。



说明:

- A、B、C、D、E、F、U、V、W、X、Y、Z——探头位置;
- a*、*b*、*c*、*d*、*e*——探头移动区宽度;
- t*——工件厚度;
- 1——筒体或封头;
- 2——接管。

图 N.3 插入式接管角接头

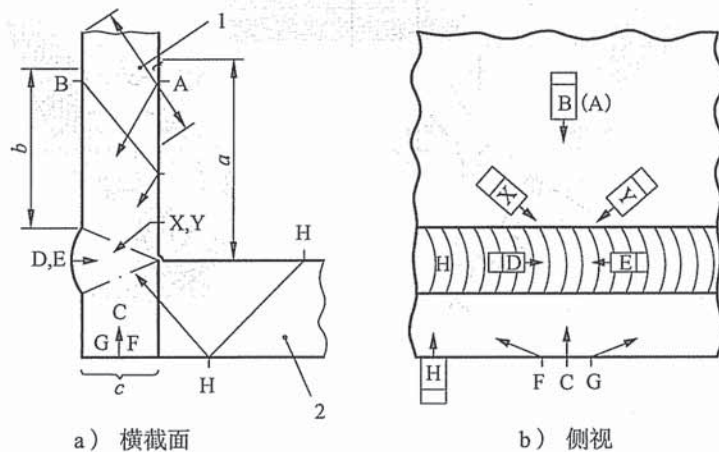
表 N.3 插入式接管角接头超声检测的具体要求

检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测				横向缺陷检测		
		斜探头检测		直探头检测		斜探头横向扫查		
		不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面 (侧)	探头移动区宽度	探头位置	探头移动区宽度	不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面
A	$6 \leq t \leq 15$	1	A 或 B	$1.25P$	C	c	—	—
	$15 < t \leq 40$	1	(A 或 B) 和 (F 或 D 或 E)	$1.25P$ d 或 e	C	c	—	—
B	$6 \leq t \leq 15$	1	(A 或 B) 或 (D 和 E)	$1.25P$ d	C	c	1	(X 和 Y) 或 (W 和 Z)
	$15 < t \leq 40$	1	(A 或 B) 和 (D 和 E)	$1.25P$ $d+e$	C	c	1	(X 和 Y) 或 (W 和 Z)
	$40 < t \leq 100$	2	(A 和 B) 和 (D 和 E)	$1.25P$	C	c	2	(X 和 Y) 和 (W 和 Z)
		1	(D 和 E)	$d+e$				
	$100 < t \leq 200$	2	(A 和 B) 和 (D 和 E)	$0.75P$	C	c	2	(X 和 Y) 和 (W 和 Z)
1		(D 和 E)	$d+e$					
C	$6 \leq t \leq 15$	1	(A 或 B) 和 (D 和 E)	$1.25P$ $d+e$	C	c	1	(X 和 Y) 和 (W 和 Z)
	$15 < t \leq 40$	2	(A 或 B) 和 (D 和 E)	$1.25P$ $d+e$	C	c	2	(X 和 Y) 和 (W 和 Z)
	$40 < t \leq 100$	2	(A 和 B) 和 (D 和 E)	$1.25P$ $d+e$	C	c	2	(X 和 Y) 和 (W 和 Z)
	$t > 100$	2	(A 和 B) 和 (D 和 E)	$0.75P$ $d+e$	C	c	2	(X 和 Y) 和 (W 和 Z)

注 1: 本表适用于接管公称直径大于等于 250mm 且接管内径大于等于 200mm 的角接头检测。
注 2: 本表适用于筒体 (或封头) 检测面曲率半径大于等于 250mm 且内外径比大于等于 70%。

N.4 L 型焊接接头

L 型焊接接头超声检测的具体要求见图 N.4 和表 N.4。



说明:

A、B、C、D、E、F、G、H、X、Y——探头位;

a 、 b 、 c ——探头移动区宽度;

t ——工件厚度;

1——接管或腹板;

2——壳体或封头或翼板。

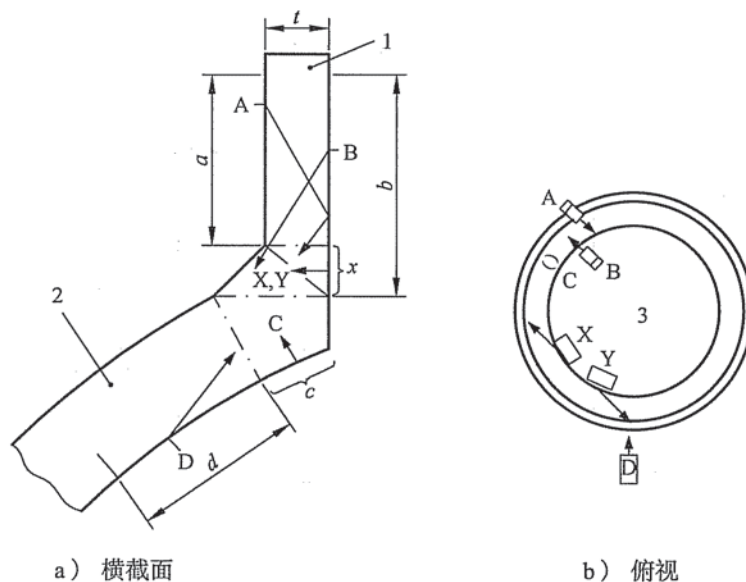
图 N.4 L 型焊接接头

表 N.4 L 型焊接接头超声检测的具体要求

检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测				横向缺陷检测		
		斜探头检测			直探头检测		斜探头横向扫查	
		不同折射角(K 值)探头数量	检测面(侧)	探头移动区宽度	探头位置	探头移动区宽度	不同折射角(K 值)探头数量	检测面
A	$6 \leq t \leq 15$	1	A 或 B 或 H	$1.25P$	C	c	—	—
	$15 < t \leq 40$	1	A 或 B 或 H	$1.25P$	C	c	—	—
B	$6 \leq t \leq 15$	1	A 或 B 或 H	$1.25P$	C	c	1	(D 和 E)或(F 和 G)或(X 和 Y)
	$15 < t \leq 40$	2	(A 或 B)和 H	$1.25P$	C	c	2	(D 和 E)或(F 和 G)或(X 和 Y)
	$40 < t \leq 100$	2	(H 或 A)和 B	$1.25P$	C	c	2	D 和 E
	$100 < t \leq 200$	2	(H 或 A)和 B	$0.75P$	C	c	2	D 和 E
C	$6 \leq t \leq 15$	1	(H 或 A)和 B	$1.25P$	C	c	1	D 和 E
	$15 < t \leq 40$	2	(H 或 A)和 B	$1.25P$	C	c	1	D 和 E
	$40 < t \leq 100$	3	(H 或 A)和 B	$1.25P$	C	c	2	D 和 E
	$t > 100$	3	(H 或 A)和 B	$0.75P$	C	c	2	D 和 E

N.5 安放式接管与筒体(或封头)角接头

安放式接管与筒体(或封头)角接头超声检测的具体要求见图 N.5 和表 N.5。



说明:

- A、B、C、D、X、Y——探头位置;
- a 、 b 、 c 、 d 、 x ——探头移动区宽度;
- t ——工件厚度;
- 1——接管;
- 2——筒体或封头。

图 N.5 安放式接管与筒体(或封头)角接头

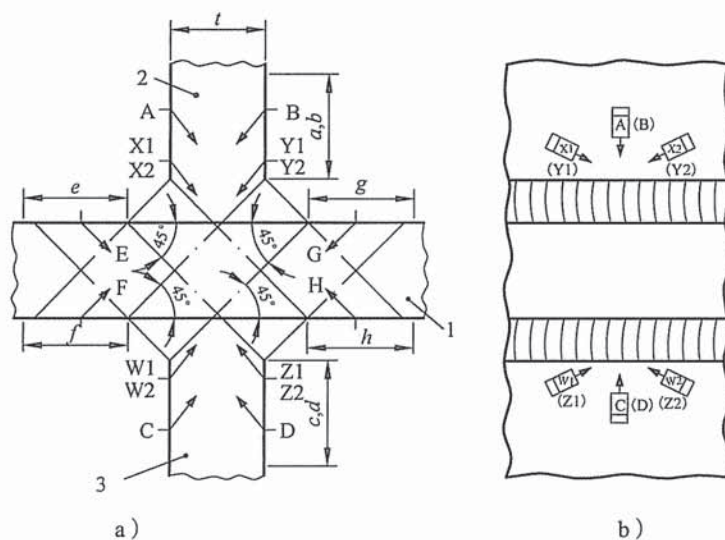
表 N.5 安放式接管与筒体（或封头）角接头超声检测的具体要求

检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测	
		斜探头检测			直探头检测		斜探头横向扫查	
		不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面 (侧)	探头移动区宽度	探头位置	探头移动区宽度	不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面
A	$6 \leq t \leq 15$	1	A 或 B	$1.25P$ $0.5P$	—	—	—	—
	$15 < t \leq 40$	1	A 或 B	$1.25P$ $0.5P$	C	c	—	—
B	$6 \leq t \leq 15$	2	A 或 B	$1.25P$ $0.5P$	—	—	1	X 和 Y
	$15 < t \leq 40$	2	A 或 B	$1.25P$ $0.5P$	C	c	1	X 和 Y
	$40 < t \leq 100$	2	A 和 (B 或 D)	$1.25P$ $0.5P$	C	c	2	X 和 Y
	$100 < t \leq 200$	2	A 和 (B 或 D)	$0.75P$ $0.5P$	C	c	2	X 和 Y
C	$6 \leq t \leq 15$	3	A 或 B	$1.25P$ $0.5P$	C	c	1	X 和 Y
	$15 < t \leq 40$	3	A 和 (B 或 D)	$1.25P$ $0.5P$	C	c	1	X 和 Y
	$40 < t \leq 100$	3	A 和 B 和 D	$1.25P$ $0.5P$	C	c	2	X 和 Y
	$t > 100$	3	A 和 B 和 D	$0.75P$ $0.5P$	C	c	2	X 和 Y

注 1: 本表适用于接管公称直径大于等于 250mm 的角接头检测。
注 2: 本表适用于筒体 (或封头) 检测面曲率半径大于等于 250mm。

N.6 十字焊接接头

十字焊接接头超声检测的具体要求见图 N.6 和表 N.6。



说明:

A、B、C、D、E、F、G、H、W、W1、W2、X、X1、X2、Y、Y1、Y2——探头位置;

a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 、 h ——探头移动区宽度;

t ——工件厚度;

1、2、3——部件。

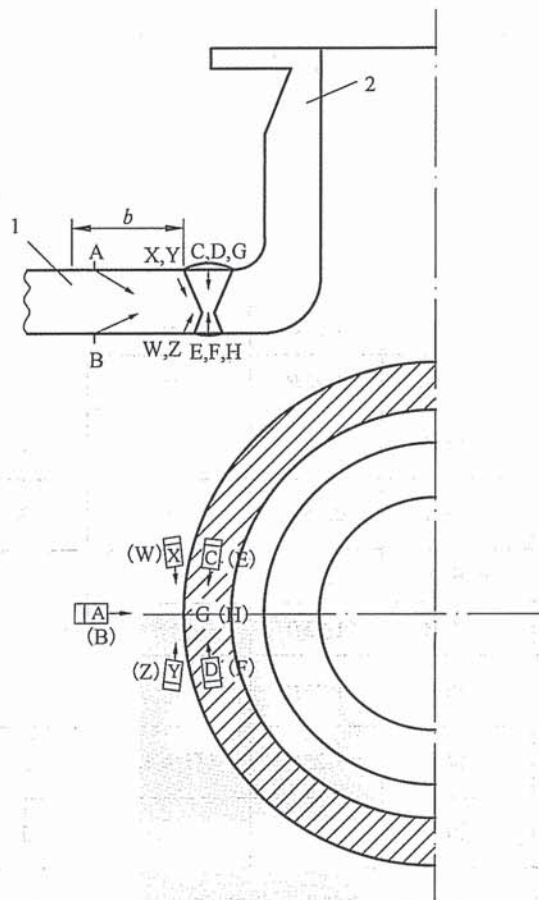
图 N.6 十字焊接接头

表 N.6 十字焊接接头超声检测的具体要求

检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测			横向缺陷检测	
		斜探头检测			斜探头横向扫查	
		不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面(侧)	探头移动 区宽度	不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面
A	$6 \leq t \leq 15$	1	(A和C)或(B和D)	$1.25P$	—	—
	$15 < t \leq 40$	1	A和B和C和D	$0.75P$	—	—
B	$6 \leq t \leq 15$	1	A和B和C和D	$1.25P$	1	(X1和Y1和W1和Z1) 和(X2和Y2和W2和Z2)
	$15 < t \leq 40$	2	A和B和C和D	$0.75P$	1	(X1和Y1和W1和Z1) 和(X2和Y2和W2和Z2)
	$40 < t \leq 200$	2 1	(A和B和C和D) 和(E和F和G和H)	$0.75P$ $e+f+g+h$	2	(X1和Y1和W1和Z1) 和(X2和Y2和W2和Z2)
C	$6 \leq t \leq 15$	1	A和B和C和D	$1.25P$	1	(X1和Y1和W1和Z1) 和(X2和Y2和W2和Z2)
	$15 < t \leq 40$	2	A和B和C和D 和(E和F和G和H)	$0.75P$ $e+f+g+h$	1	(X1和Y1和W1和Z1) 和(X2和Y2和W2和Z2)
	$40 < t \leq 100$	3 1	(A和B和C和D) 和(E和F和G和H)	$0.75P$ $e+f+g+h$	2	(X1和Y1和W1和Z1) 和(X2和Y2和W2和Z2)
	$t > 100$	3 1	(A和B和C和D) 和(E和F和G和H)	$0.75P$ $e+f+g+h$	2	(X1和Y1和W1和Z1) 和(X2和Y2和W2和Z2)

N.7 嵌入式接管与筒体(或封头)对接接头

嵌入式接管与筒体(或封头)对接接头超声检测的具体要求见图 N.7 和表 N.7。



说明:

A、B、C、D、E、F、G、H、W、X、Y、Z——探头位置;

b ——探头移动区宽度;

1——筒体或封头;

2——接管。

图 N.7 嵌入式接管与筒体(封头)对接接头

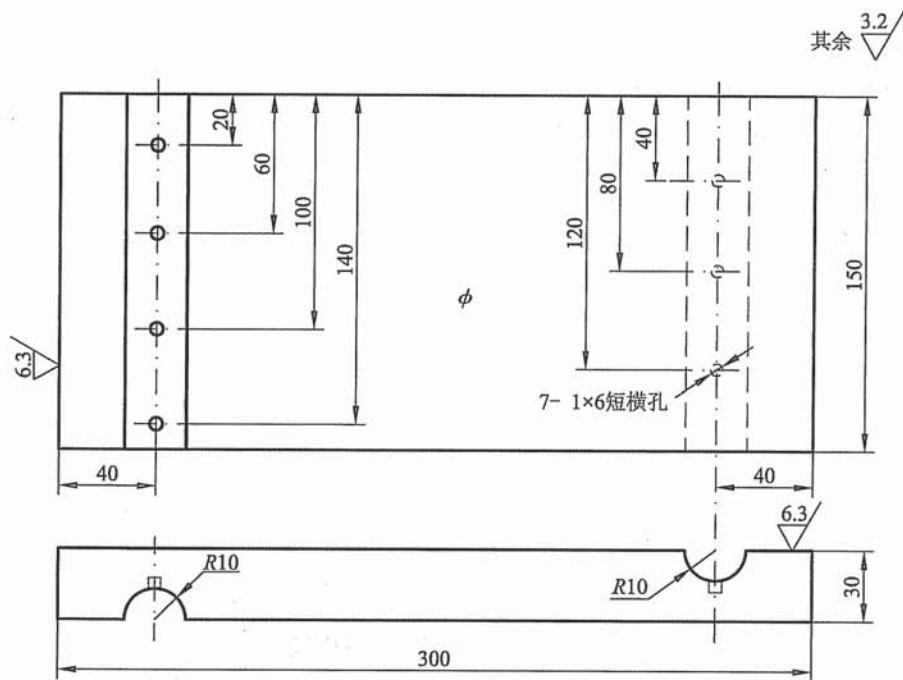
表 N.7 嵌入式接管与筒体(封头)对接接头超声检测的具体要求

检测技术等级	工件厚度 t/mm	纵向缺陷检测				横向缺陷检测	
		斜探头检测			直探头检测	斜探头横向扫查	
		不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面	探头移动区宽度	探头位置	不同折射角 (K 值) 探头数量	检测面
A	$6 \leq t \leq 40$	1	A 或 B	$1.25P$	—	—	—
B	$6 \leq t \leq 40$	1 或 2	A 和 B	$1.25P$	—	1	(X 和 Y) 或 (W 和 Z)
		2	A 或 B	$1.25P$	—		
	$40 < t \leq 100$	2	A 和 B	$1.25P$	—	1	(X 和 Y) 或 (W 和 Z)
	$100 < t \leq 200$	2	A 和 B	$0.75P$	—	2	(C 和 D) 或 (E 和 F)
C	$6 \leq t \leq 15$	1 或 2	A 和 B	$1.25P$	—	1	(C 和 D) 或 (E 和 F)
		2	A 或 B	$1.25P$	—		
	$15 < t \leq 40$	2	A 和 B	$1.25P$	—	2	(C 和 D) 或 (E 和 F)
	$40 < t \leq 100$	3	A 和 B	$1.25P$	(G 或 H)	2	(C 和 D) 或 (E 和 F)
	$t > 100$	3	A 和 B	$0.75P$	(G 或 H)	2	(C 和 D) 或 (E 和 F)

注 1: 本表适用于筒体(或封头)检测面曲率半径大于等于 250mm 且内外径比大于等于 70%。
 注 2: B 面检测时, 如所用一种或几种探头移动区宽度足够, 则应优先选择在 B 面双侧使用该种探头进行检测。

附录 O
(规范性附录)
CSK-III A 试块

O.1 CSK-III A 试块形状和尺寸见图 O.1。



注：尺寸误差不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

图 O.1 CSK-III A 试块

O.2 距离-波幅曲线的灵敏度选择

工件厚度为 8mm ~ 120mm 的焊接接头，斜探头检测时，距离-波幅曲线灵敏度按表 O.1 的规定。

表 O.1 斜探头检测距离-波幅曲线的灵敏度（推荐）

试块型式	工件厚度 t/mm	评定线	定量线	判废线
CSK-III A	8~15	$\phi 1 \times 6-12\text{dB}$	$\phi 1 \times 6-6\text{dB}$	$\phi 1 \times 6+2\text{dB}$
	> 15~40	$\phi 1 \times 6-9\text{dB}$	$\phi 1 \times 6-3\text{dB}$	$\phi 1 \times 6+5\text{dB}$
	> 40~120	$\phi 1 \times 6-6\text{dB}$	$\phi 1 \times 6$	$\phi 1 \times 6+10\text{dB}$

附录 P
(规范性附录)
声能传输损耗差的测定

P.1 一般要求

P.1.1 工件本身影响反射波幅的主要因素是：材料的材质衰减、工件表面粗糙度或曲面的耦合状况造成的声能损失。

P.1.2 碳钢或低合金钢板材的材质衰减，在频率低于 2.5MHz、声程不超过 200mm 时，或者衰减系数小于 0.01dB/mm 时，可以不计。

P.1.3 检测时，如声程较大，或材质衰减系数超过上述范围，在确定缺陷波幅时，应考虑材质衰减修正。当工件表面粗糙度较大时或工件表面为曲面时，还应考虑表面声能损失问题。

P.2 斜探头检测时超声材质衰减的测量

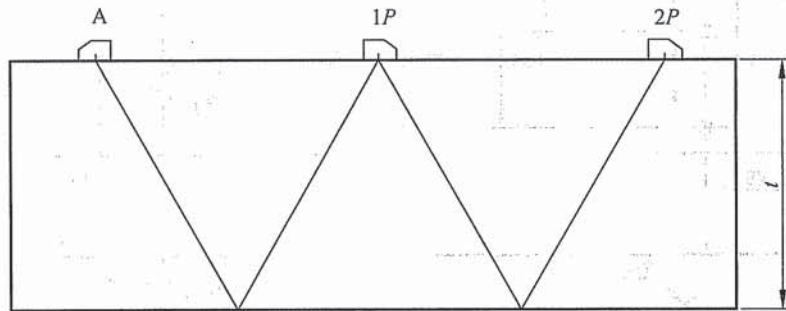


图 P.1 超声材质衰减的测定

P.2.1 用两只探头尺寸、标称频率、折射角 (K 值) 相同的斜探头，按图 P.1 所示置在被检工件完好部位，两探头入射点间距为 $1P$ ，仪器调为一发一收状态，找到最大反射波幅，记录其波幅值 H_1 (dB)。

P.2.2 将两探头拉开到距离为 $2P$ 的位置，找到最大反射波幅，记录其波幅值 H_2 (dB)。

P.2.3 单声程衰减系数 a_H 可用式 (P.1) ~ (P.3) 计算：

$$a_H = (H_1 - H_2 - \Delta) / (S_2 - S_1) \quad \dots\dots\dots (P.1)$$

$$S_1 = 2t / \cos \beta \quad \dots\dots\dots (P.2)$$

$$S_2 = 4t / \cos \beta \quad \dots\dots\dots (P.3)$$

式中：

Δ ——不考虑材质衰减时，不同声程 (S_1 、 S_2) 声束扩散造成的波幅差，可用公式 $20\lg(S_2/S_1)$ 计算或从该探头的距离-波幅曲线上查得，一般约为 6dB；

β ——探头折射角。

P.2.4 按 P.2.1~P.2.3 同样可以测定对比试块的材质衰减系数。

P.3 传输损失差的测定-方法 1

P.3.1 用两只晶片尺寸、标称频率、折射角 (K 值) 相同的实际检测用探头, 按图 P.2 所示置于对比试块检测面上, 两探头入射点距离为 $1P$, 仪器调为一发一收状态, 找到最大反射波幅, 记录其波幅值 H_1 (dB)。

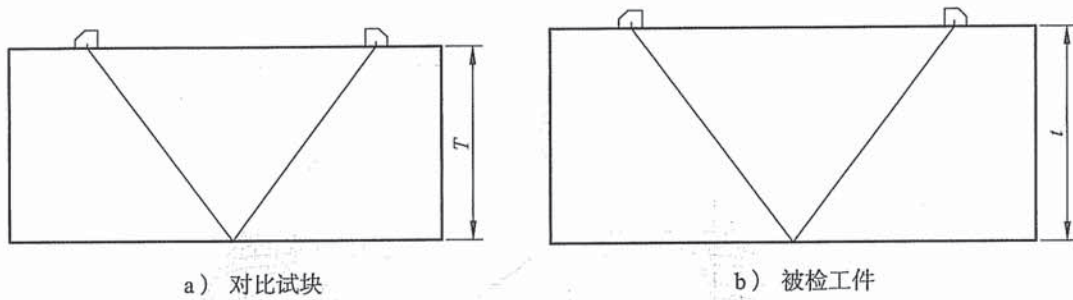


图 P.2 传输损失差测定-方法 1

P.3.2 不改变灵敏度, 在被检工件上 (不通过焊接接头), 两探头入射点距离为 $1P$, 同样测出接收波最大反射波幅, 记录其波幅值 H_2 (dB)。

P.3.3 传输损失差 ΔV 按式 (P.4) ~ (P.8) 计算:

$$\Delta V = H_1 - H_2 - A_1 - A_2 \quad \dots\dots\dots (P.4)$$

$$A_1 = 20 \lg(S_2 / S_1) \quad \dots\dots\dots (P.5)$$

$$S_1 = 2T / \cos \beta \quad \dots\dots\dots (P.6)$$

$$S_2 = 2t / \cos \beta \quad \dots\dots\dots (P.7)$$

$$A_2 = 2(\alpha_t t - \alpha_T T) / \cos \beta \quad \dots\dots\dots (P.8)$$

式中:

A_1 ——不考虑材质衰减时, 不同声程 (S_1 、 S_2) 声束扩散造成的波幅差, 也可从该探头的距离-波幅曲线上查得;

S_1 ——在对比试块中的声程, mm;

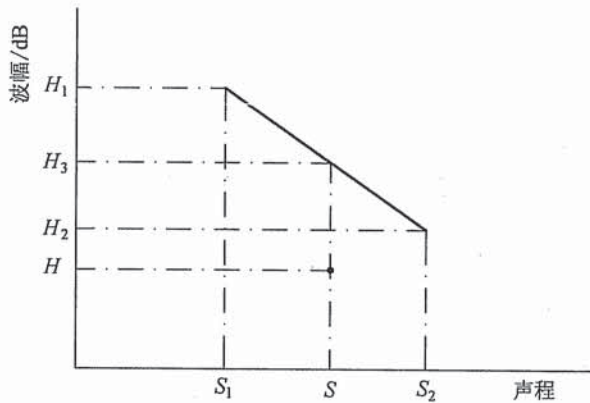
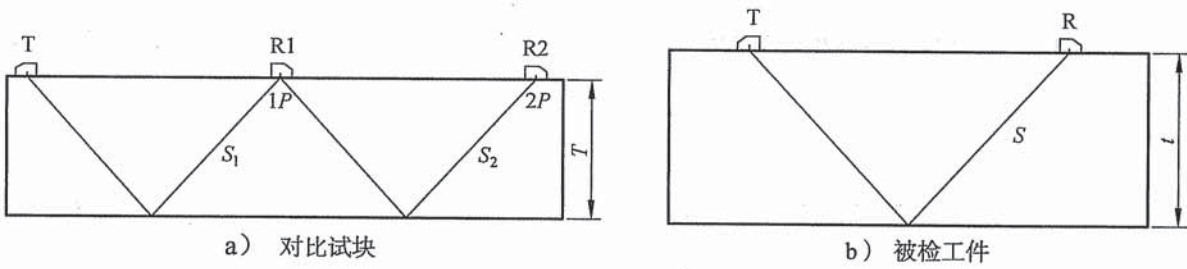
S_2 ——在工件母材中的声程, mm;

A_2 ——试块中声程 S_1 与工件中声程 S_2 的超声材质衰减差值, dB;

α_t ——声波在工件中的衰减系数, dB/mm;

α_T ——声波在试块中的衰减系数, dB/mm。如试块材质衰减系数小于 0.01dB/mm, 此项可以不予考虑。

P.4 传输损失差的测定-方法2



c) 传输损失差 (H_3-H)

图 P.3 传输损失差测定-方法2

P.4.1 用两只晶片尺寸、标称频率、折射角 (K 值) 相同的实际检测用探头, 按图 P.3a) 所示置于对比试块检测面上, 两探头入射点距离为 $1P$, 声程为 S_1 , 仪器调为一发一收状态, 找到最大波幅, 记录其波幅值 H_1 (dB); 然后将两探头拉开到距离为 $2P$ 位置, 声程为 S_2 , 找到最大波幅, 记录其波幅值 H_2 (dB)。见图 P.3.c) 上点 A1 和点 A2, 并用直线连接两点。

P.4.2 用同样两只探头在被检工件上测出声程为 S 时接收波的最大波幅, 记录其波幅值 H (dB)。

P.4.3 在图 P.3.c) 上找到声程为 S 对应的波幅值 H_3 (dB), 则 H_3-H 即为传输损失差值。

附录 Q
(规范性附录)
回波动态波形模式

Q.1 波形模式 I——点状反射体

图 Q.1 表示点状反射体产生的波形模式 I, 即在显示屏上显示出的一个单一尖锐回波波形。当探头前后、左右移动时, 其波幅平滑地由零上升到最大值, 然后又平滑地下降到零(或到噪声水平)。

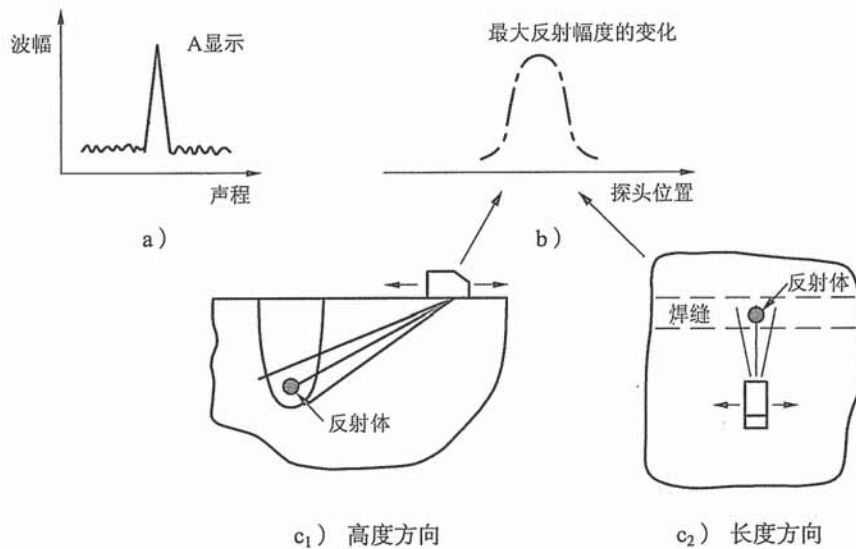


图 Q.1 点反射体的回波动态波形

Q.2 波形模式 II——光滑平面反射体(平滑平面反射体)

图 Q.2 表示光滑的大平面反射体所产生的波形模式 II。探头在各个不同的位置检测时, 显示屏上均显示一个单一尖锐回波波形。探头前后和左右移动时, 一开始波幅平滑地上升到最大幅度, 探头继续移动时, 波幅基本不变, 或波幅的变化范围不大于 4dB。随着探头离开反射体, 波幅又平滑地下降。

Q.3 波形模式 III

Q.3.1 波形模式 IIIa——粗糙平面反射体(不规则平面反射体)

图 Q.3 表示声束接近垂直入射, 由不规则的大平面反射体所产生的波形模式 IIIa。探头在各个不同的位置检测时, 显示屏上均呈一个单一且参差不齐的回波波形。探头移动时, 回波幅度显示出规则的起伏变化(波幅间变化大于 6dB)。这种起伏变化是由于不规则反射体的不同反射面的回波引起的, 另外, 反射面回波间的相互干涉也会引起回波幅度的不规则起伏变化。

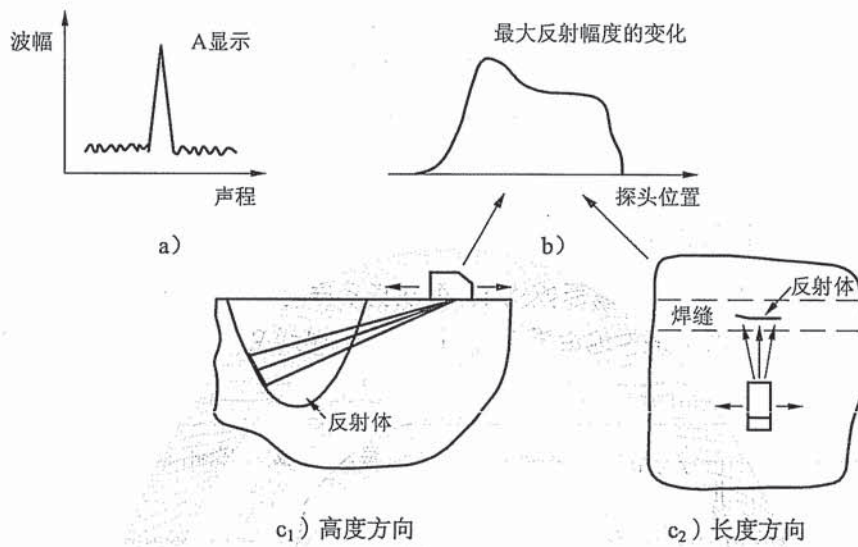


图 Q.2 光滑大平面反射体的回波动态波形

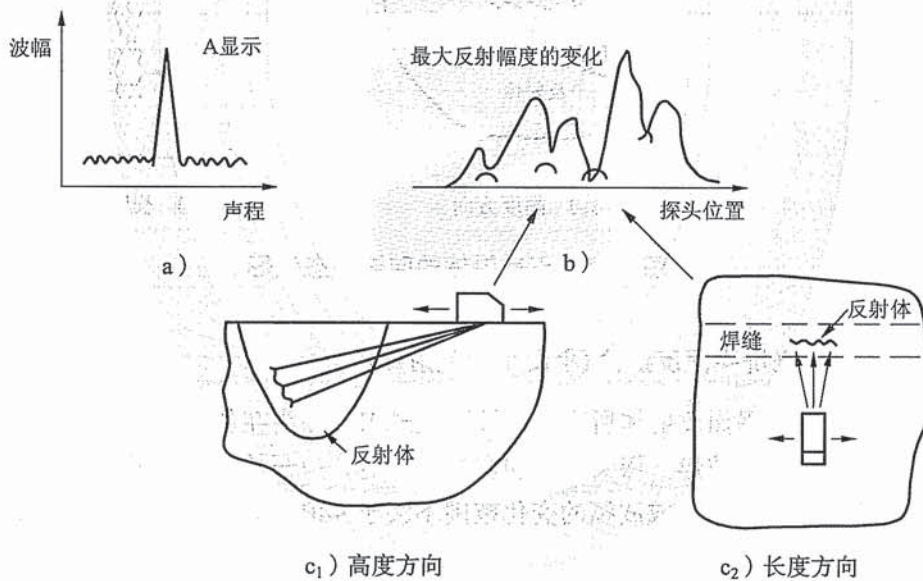


图 Q.3 接近垂直入射时不规则大反射体的回波动态波形

Q.3.2 波形模式 IIIb——粗糙平面反射体（不规则平面反射体）

图 Q.4 表示声束倾斜入射时，由不规则大反射体所产生的波形模式 IIIb，又称为“游动回波波形模式”。探头在各个不同的位置检测时，显示屏上显示脉冲包络呈钟形的一系列连续信号（有很多小副波峰）。探头移动时，每个小副波峰也在脉冲包络中移游动，副波峰向脉冲包络中心游动时波幅逐渐升高，然后又下降，信号波幅起伏较大（大于 6dB）。

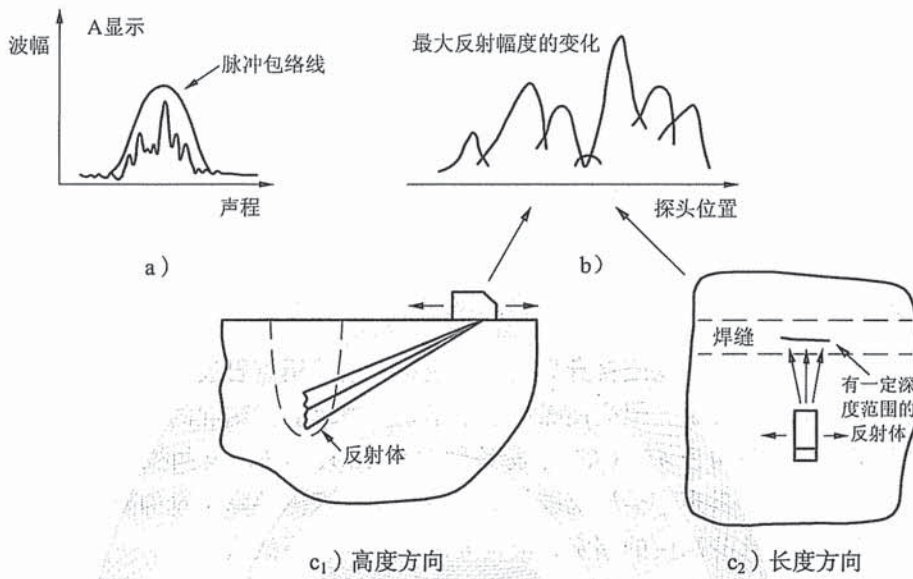


图 Q.4 倾斜入射时不规则大反射体的回波动态波形

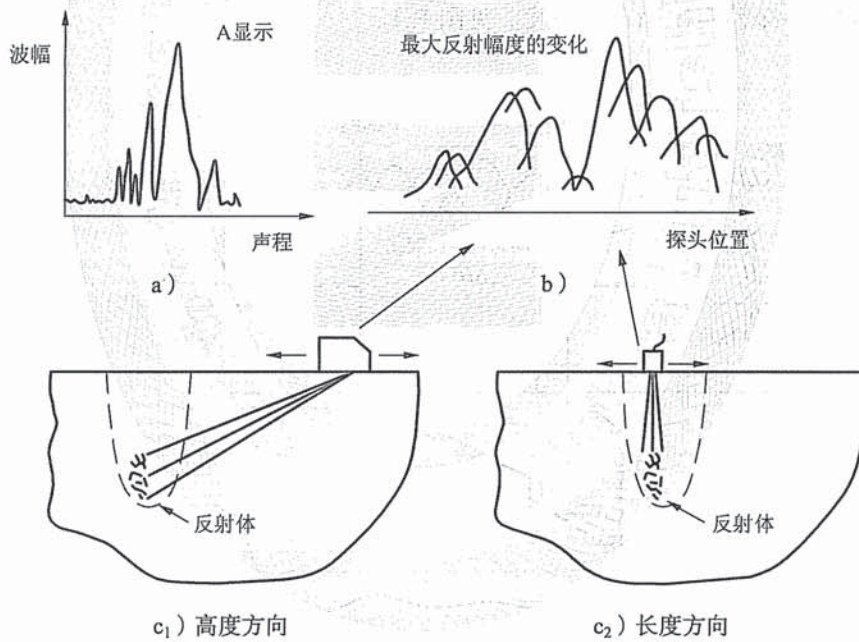


图 Q.5 密集型反射体的回波动态波形

Q.4 波形模式IV——密集型反射体

图 Q.5 表示由密集型反射体所产生的波形模式IV。探头在各个不同的位置检测时，显示屏上显示一群密集型反射体回波（在显示屏时基线上有时可分辨开）。探头移动时，反射体回波时起时伏。如能分辨，则可发现每个单独信号均显示波形 I 的特征。

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

R.1 一般要求

- R.1.1 使用端点衍射波法测定缺陷自身高度时, 应尽可能采用直射波法进行。
- R.1.2 灵敏度应根据需要确定, 但应使噪声水平不超过显示屏满刻度的 10%。
- R.1.3 原则上应选用折射角为 45° ($K1$)、标称频率为 $2\text{MHz} \sim 5\text{MHz}$ 的探头为宜。
- R.1.4 使用聚焦探头时, 其声束会聚范围等参数应满足所探测缺陷位置的要求。
- R.1.5 对于裂纹类缺陷自身高度的测定, 应优先采用端点衍射波法。

R.2 端点衍射波法

端点衍射波法主要根据缺陷端点回波来辨认衍射波, 并通过缺陷上下两端点衍射波之间的延迟时间差值 (或声程差) 来确定缺陷自身高度。见图 R.1。

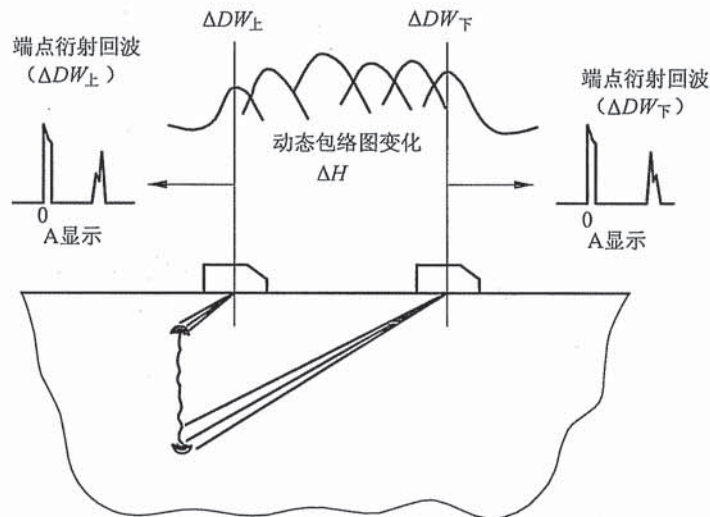


图 R.1 用端点衍射波法测量缺陷自身高度

R.3 时基线校准

在 CSK-IA 试块上校准时基线。

R.4 测定

R.4.1 表面开口缺陷测定

R.4.1.1 缺陷开口位于检测面的另一侧时, 见图 R.2。

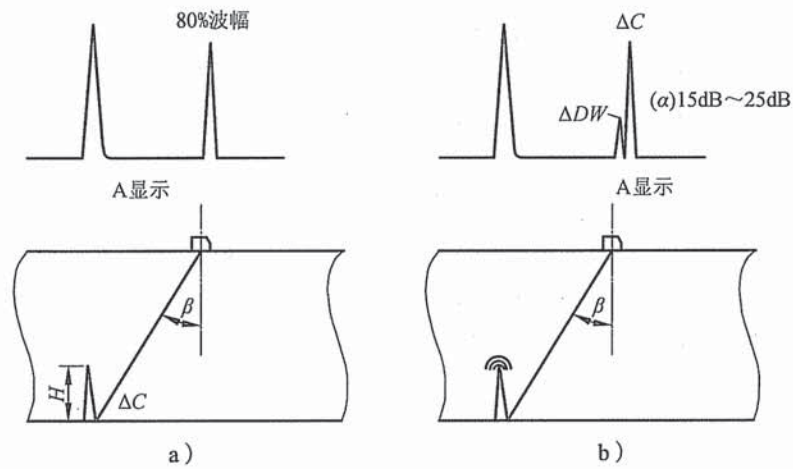


图 R.2 检测面与开口缺陷不在同一面时测高方法

- a) 将声束轴线对准角镜，使回波高度为显示屏满刻度的 80%，记录此时回波的位置距检测面的距离 ΔC ，见图 R.2 a)；
- b) 提高灵敏度 15dB ~ 25dB，探头沿靠近缺陷方向探测，当声束轴线完全离开缺陷端点的第一个峰值回波，即是端点衍射波。记录端点距探测面距离 ΔDW ，见图 R.2 b)；
- c) 按式 (R.1) 求出缺陷自身高度 ΔH ：

$$\Delta H = \Delta C - \Delta DW \quad \dots\dots\dots (R.1)$$

R.4.1.2 缺陷开口位于检测面一侧时，见图 R.3：

- a) 适当提高扫查灵敏度，探头沿离开缺陷方向探测，当声束轴线完全离开缺陷端点的第一个峰值回波，即是端点衍射波。记录端点距探测面距离，见图 R.3；
- b) 按式 (R.2) 计算缺陷自身高度：

$$\Delta H = \Delta DW \quad \dots\dots\dots (R.2)$$

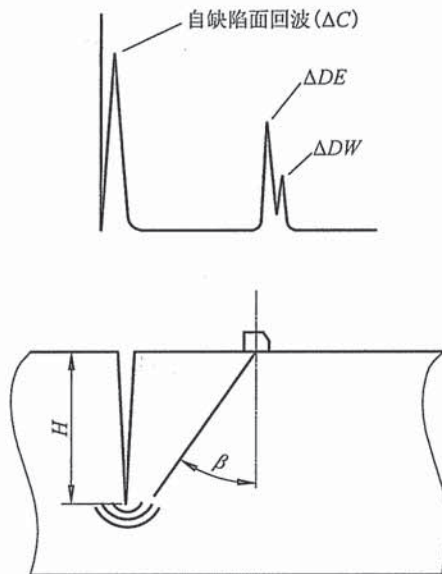


图 R.3 检测面与开口缺陷在同一侧时测高方法

R.4.2 埋藏缺陷测定

R.4.2.1 单斜探头对焊接接头埋藏缺陷测高

探头置于任一检测面上，前后缓慢移动探头扫查缺陷，当发现缺陷的上下端点回波时，再微动探头使缺陷的上端点前和下端点后毗邻出现如图 R.1 所示的上下端点衍射回波，记录回波位置，按式 (R.3) 计算缺陷高度：

$$\Delta H = \Delta DW_F - \Delta DW_L \quad \dots\dots\dots (R.3)$$

R.4.2.2 单斜探头对焊接接头内部倾斜缺陷测高，如图 R.4 所示。

在探测 A、B 端点时，使用探头缓慢移动扫查缺陷，在发现 A 点和 B 点衍射回波时，精确测量探头移动距离 L_1 ，然后再将探头移到对应侧，用以上相同方法测得 L_2 。

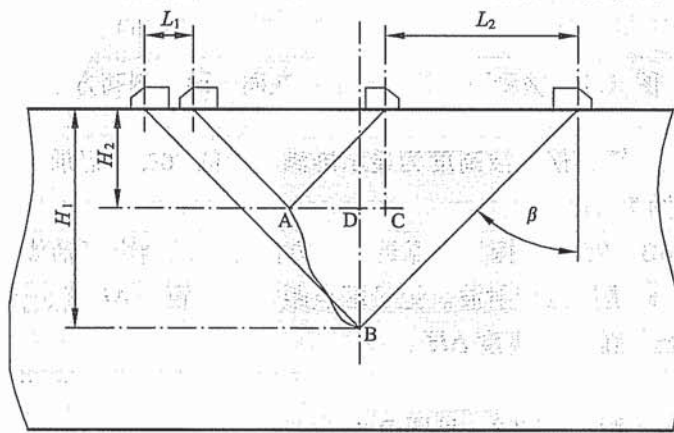


图 R.4 单斜探头对焊接接头内部倾斜缺陷测高方法

如果 L_1 和 L_2 移动的距离是对称的。这可解释为垂直缺陷。原则上 $L_1 > L_2$ 或者是 $L_2 > L_1$ ，则是倾斜缺陷。缺陷的倾角 θ 可按式 (R.4) 计算：

$$\theta = \tan^{-1}[(L - \Delta H \tan \beta) / \Delta H] \quad \dots\dots\dots (R.4)$$

倾斜缺陷按式 (R.5) 计算其倾斜长度 AB：

$$AB = [(L - \Delta H \cdot \tan \beta)^2 + \Delta H^2]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (R.5)$$

式中：

AB——缺陷倾斜长度，mm；

ΔH ——缺陷倾斜高度，mm；

$\tan \beta$ ——斜探头折射角的正切值，即探头 K 值；

L (L_1 或 L_2) ——探头从 B 点移动至 A 点的距离，mm。

R.4.2.3 双斜探头“V”形串接法测高

在缺陷距探测面较深或者是端点衍射信号被端点部的散射波所淹没无法识别时，可选双斜探头 V 型串接法进行测高（见图 R.5）。

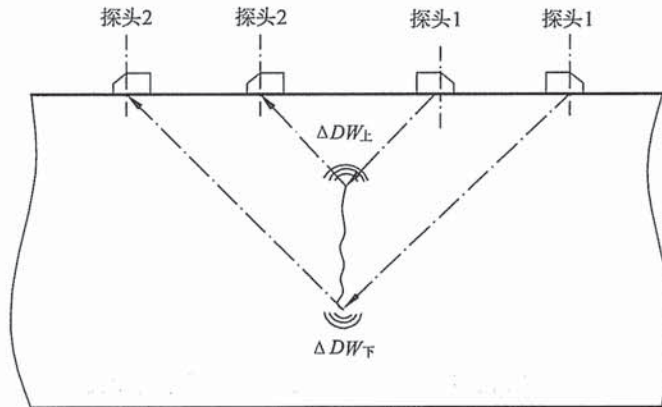


图 R.5 双斜探头 V 型串接法缺陷测高方法

操作步骤如下：

- 选择两只规格、标称频率及折射角（ K 值）相同的聚焦斜探头（或常规斜探头）；
- 先用单斜探头确认缺陷的上下端点距探测面的大致深度和位置；
- 将探头 1 置于能探测到缺陷上端点的位置，探头 2 置于缺陷的另一侧与之相对称的位置，把仪器转换成一发一收工作状态，使上端点信号幅度升（或降）至荧光屏的 80%；
- 移动探头 2，使上端点信号幅度升（或降）至荧光屏的 80% 时。固定探头 2，移动探头 1 找寻上端点信号，与该信号波幅达到最高或其前方出现新的最高回波时，固定探头 1 的位置，再次移动探头 2，找寻上端点回波。如此轮流移动两只探头直到最终确认缺陷端点衍射波为止。测定缺陷端点衍射波的时间延迟（时间差值）即可获得缺陷上端点距探测面的深度 $\Delta DW_{\text{上}}$ ；
- 按上述相同方法扫寻缺陷下端点衍射波，即可获得缺陷下端点距探测面的深度 $\Delta DW_{\text{下}}$ 。

按式 (R.6) 计算得到缺陷高度：

$$\Delta H = \Delta DW_{\text{下}} - \Delta DW_{\text{上}} \quad \dots\dots\dots (R.6)$$

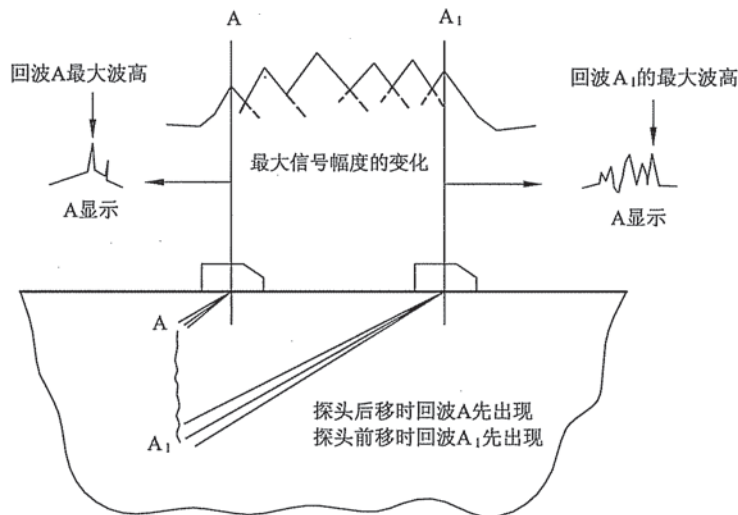
附录 S
(规范性附录)
缺陷测高方法 (二)
端部最大回波法测定缺陷自身高度

S.1 一般要求

- S.1.1 使用端部最大回波法测定缺陷自身高度时, 应尽可能采用直射波法。
- S.1.2 灵敏度应根据需要确定, 但应使噪声水平不超过显示屏满刻度的 10%。
- S.1.3 原则上应选用折射角为 45° ($K1$)、标称频率为 $2\text{MHz} \sim 5\text{MHz}$ 的探头为宜。
- S.1.4 使用聚焦探头时, 其声束会聚范围等参数应满足所探测缺陷位置的要求。

S.2 端部最大回波法

对于附录 Q 波形模式 IIIa、波形模式 IIIb 和波形模式 IV 的缺陷, 在测定缺陷自身高度时, 应在相对垂直于缺陷长度的方向进行前后扫查。由于缺陷端部的形状不同, 扫查时应适当转动探头, 以便能清晰地测出端部回波, 当存在多个杂乱波峰时, 应把能确定出缺陷最大自身高度的回波确定为缺陷端部回波, 如图 S.1 所示。测定时应以缺陷两端的峰值回波 A 和 A_1 作为缺陷的上下端点。这种测定缺陷自身高度的方法为端部最大回波法。



注: 当端部回波达到最大时即可测出缺陷的两边上下两端点 A 和 A_1 。

图 S.1 用端部最大波幅法测缺陷自身高度

S.3 时基线校准

在 CSK-IA 试块上校准时基线。

S.4 测定

S.4.1 埋藏缺陷测定

如图 S.2 a) 所示, 探头前后移动, 确定缺陷的上下端部最大回波位置, 按式 (S.1) 求出缺陷自身高度 ΔH 。也可用深度 1:1 调整时基线, 直接测定。

$$\Delta H = (W_2 - W_1) \cos \theta \quad \dots\dots\dots (S.1)$$

式中 W_1 和 W_2 分别为缺陷上、下端部峰值回波处距入射点的声程, θ 为探头折射角。

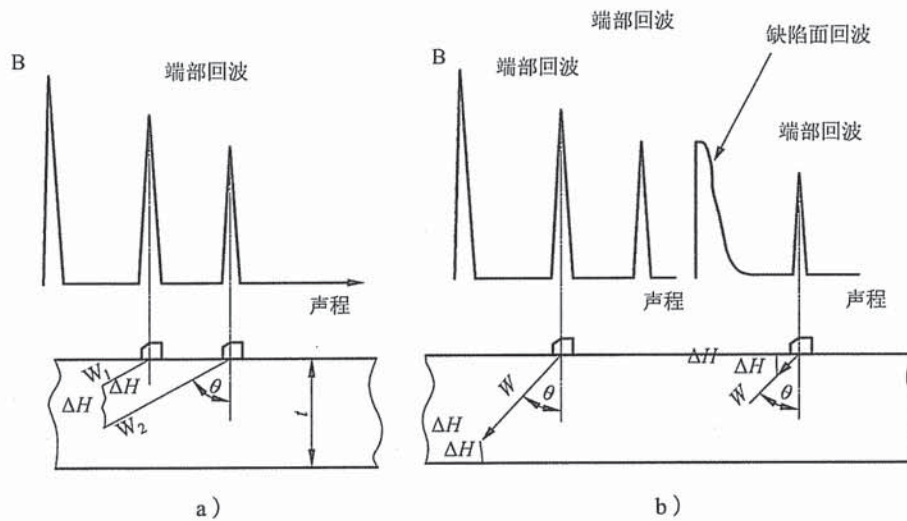


图 S.2 缺陷高度的测定方法

S.4.2 表面开口缺陷的测定

如图 S.2 b) 所示, 探测出缺陷端部的峰回波, 按式 (S.2) 和式 (S.3) 求出缺陷自身高度 ΔH 。缺陷开口位于检测面一侧时 [见图 S.2 b) 右半图]:

$$\Delta H = W \cos \theta \quad \dots\dots\dots (S.2)$$

式中 W 为缺陷端部峰值回波处距探头入射点的声程, θ 为探头折射角。

缺陷开口位于检测面的另一侧时 [见图 S.2 b) 左半图]:

$$\Delta H = t - W \cdot \cos \theta \quad \dots\dots\dots (S.3)$$

式中 W 为缺陷端部峰值回波处距探头入射点的声程, θ 为探头折射角, t 为工件厚度。

附录 T
(规范性附录)
缺陷测高方法(三)
-6dB 法测定缺陷自身高度

T.1 一般要求

- T.1.1 使用-6dB 法测定缺陷自身高度时,应尽可能采用直射波法。
- T.1.2 灵敏度应根据需要确定,但应使噪声水平不超过显示屏满刻度的 10%。
- T.1.3 原则上应选用 $K1$ 、标称频率为 2MHz~5MHz 的探头为宜。
- T.1.4 使用聚焦探头时,其声束会聚范围等参数应满足所探测缺陷位置的要求。

T.2 -6dB 法

- T.2.1 -6dB 法适用于波形模式 II 类型的缺陷。
- T.2.2 使探头垂直于缺陷长度方向移动,注意观察动态波形包络的形态变化。若回波高度变化很小,可将回波迅速降落前的波高值,作为-6dB 法测高的基点,即图 T.1 中的 A 和 A₁ 点。

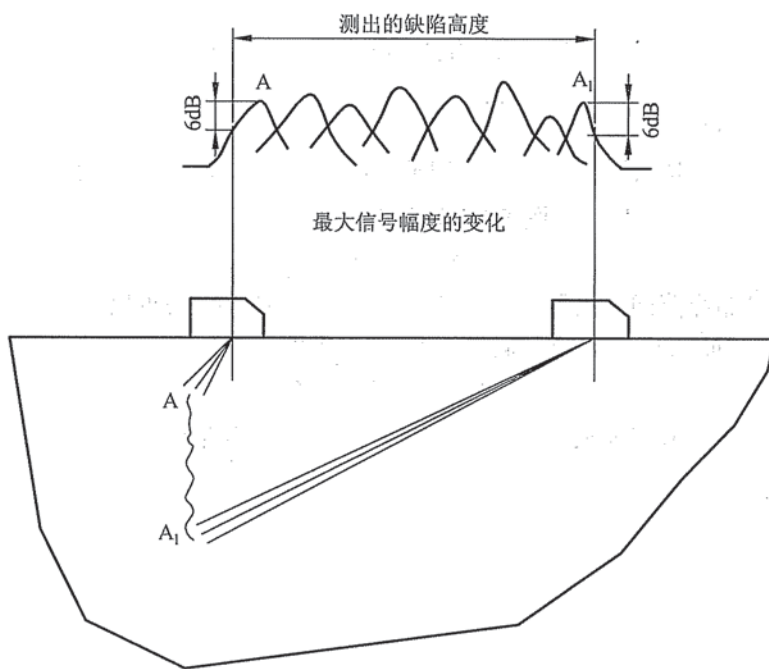


图 T.1 用-6dB 法测缺陷自身高度

T.3 时基线校准

在 CSK-IA 试块上校准时基线。

T.4 测定

将回波高度调到显示屏满刻度的 80% ~ 100%，移动声束使之偏离缺陷边缘，直至回波高度降低 6dB。根据已知的探头入射点位置、折射角和声程长度，标出缺陷的边缘位置。

T.4.1 埋藏缺陷的测定

缺陷自身高度：

$$\Delta H = (W_2 - W_1) \cdot \cos \theta \quad \dots\dots\dots (T.1)$$

式中 W_1 和 W_2 分别为缺陷上、下边缘位置至入射点的声程， θ 为探头折射角。

T.4.2 表面开口缺陷的测定

T.4.2.1 当缺陷开口位于检测面一侧时

缺陷自身高度：

$$\Delta H = W \cdot \cos \theta \quad \dots\dots\dots (T.2)$$

式中：

W ——缺陷下边缘位置至入射点的声程，mm；

θ ——探头折射角，(°)。

T.4.2.2 当缺陷开口位于检测面另一侧时

缺陷自身高度：

$$\Delta H = t - W \cdot \cos \theta \quad \dots\dots\dots (T.3)$$

式中：

t ——壁厚，mm；

W ——缺陷上边缘位置至入射点的声程，mm；

θ ——探头折射角，(°)。

