

## 前 言

根据国家经济贸易委员会电力司电力[2000]22号文的要求,国电电力建设研究所组织电力行业内有关专家组成规范修订小组,对DL/T 5048—1995《电力建设施工及验收技术规范(管道焊接接头超声波检验篇)》进行了修订。

本标准修订中参照了国标GB 11345—1989《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级》和机械行业标准JB 4730—1994《压力容器无损检测》。

修订后的标准保留了原规范中经长期实践、行之有效的有关探伤工艺方面的条款。

修订后的标准增加了“奥氏体中小径薄壁管焊接接头的检验”的内容。

修订后的标准的适用范围将原规范的壁厚拓宽到160mm。

本标准对管道焊接接头的超声波检测方法共分成了“中厚壁管焊接接头的检验”、“中小径薄壁管焊接接头的检验”和“奥氏体中小径薄壁管焊接接头的检验”三部分。

本标准对管道焊接接头的超声波检测方法及检验结果的等级评定等做出了具体的规定,使管道焊接接头超声波检验工作的标准化更趋完善。

本标准实施后替代DL/T 5048—1995。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D、附录E、附录G、附录H、附录I、附录J是标准的规范性附录。

本标准的附录F为资料性附录。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会提出并归口。

本标准主要起草单位:国电电力建设研究所、江苏省电力试验研究所、黑龙江省电力科学研究院、华北电力科学研究院。

本标准主要起草人:秦长荣、池永滨、于强、胡先龙、包乐庆。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会负责解释。

本标准首次发布时间:1983年、1995年第一次修订,本次为第二次修订。

## 管道焊接接头超声波检验技术规程

### 1 范围

1.1 本标准规定了管道焊接接头的超声波检验方法及检验结果的等级评定。

1.2 本标准适用于电力行业制作、安装和检修设备时铁素体类钢制承压管道单面焊接双面成型的中厚壁管、中小径薄壁管和奥氏体中小径薄壁管焊接接头的手工 A 型脉冲反射法超声波检验。

- a) 中厚壁管：外径大于或等于 108mm、壁厚大于或等于 14mm、小于或等于 160mm。
- b) 中小径薄壁管：外径大于或等于 32mm、小于或等于 159mm，壁厚大于或等于 4mm、小于 14mm。
- c) 奥氏体中小径薄壁管：外径大于或等于 32mm、小于或等于 159mm，壁厚大于或等于 4mm、小于或等于 8mm。

1.3 本标准不适用于铸钢、壁厚大于 8mm 奥氏体不锈钢等粗晶材料的焊接接头、内外径之比小于 80% 的中厚壁管道纵向焊接接头超声波检验，也不适用于奥氏体和珠光体的异种钢焊接接头。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的一方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 11345—1989	钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级
GB/T 12604.1	无损检测术语 超声检测
DL/T 675	电力工业无损检测人员资格考核规则
DL 5007—1992	电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂焊接篇）
DL 5009.1	电力建设安全工作规程（火力发电厂部分）
JB/T 9214	A 型脉冲反射式超声探伤系统工作性能测试方法
JB/T 10061	A 型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件
JB/T 10062	超声探伤用探头性能测试方法
JB/T 10063	超声探伤用 1 号标准试块技术条件

### 3 术语

本标准所用术语除符合 GB/T 12604.1 的规定外，还应符合下述规定：

#### 3.1

时实采样频率 fact sampling frequency

未经软件及其他技术处理的采样频率。

#### 3.2

纵横波串列扫查 longitudinal transverse wave tandem scan

厚壁工件焊缝检验中，在焊缝的一侧采用纵波发射、横波接收的扫查方法。

#### 3.3

纵向缺陷 reflectors oriented parallel to the weld

大致上平行于焊缝走向缺陷。

#### 3.4

横向缺陷 reflectors oriented transverse to the weld  
大致上垂直于焊缝走向缺陷。

#### 4 一般要求

##### 4.1 人员

检测人员应按 DL/T 675 规定，取得电力工业无损检测人员资格考核委员会颁发的技术等级资格证书，从事与该等级相应的无损检测工作，并承担相应的技术责任。

##### 4.2 安全及工作环境

超声波检验必须遵守 DL 5009.1 的规定，当检验条件不符合本标准的工艺要求或不具备安全作业条件时，检验人员应停止工作，待条件改善符合要求后再行检验。

##### 4.3 仪器和探头

###### 4.3.1 仪器

4.3.1.1 超声波检验仪器的性能指标应符合 JB/T 10061 的规定。

4.3.1.2 超声波检验仪器的性能测试方法应符合 JB/T 9214 的规定。

4.3.1.3 工作频率范围至少为 1MHz~6MHz。

4.3.1.4 对于全数字式 A 型脉冲反射式超声探伤仪器要求时实采样频率不小于 40MHz。

###### 4.3.2 探头

4.3.2.1 探头性能必须按 JB/T 10062《超声探伤用探头性能测试方法》进行测定。

4.3.2.2 斜探头置于标准试块上探测棱边，当反射波幅最大时，探头中心线与被测棱边的夹角应在  $90^\circ \pm 2^\circ$  的范围内。

4.3.2.3 斜探头主声束在垂直方向不应有明显的双峰或多峰。

4.3.2.4 探头的中心频率允许偏差为  $\pm 0.5\text{MHz}$ 。

##### 4.4 组合的系统性能

- 在达到所探工件最大检测声程时，其有效灵敏度余量不小于 10dB。
- 仪器和探头的组合频率与公称频率误差在  $\pm 10\%$  之间。
- 直探头的远场分辨力大于或等于 30dB，斜探头的远场分辨力大于或等于 6dB。
- 仪器和探头的组合系统性能应按 JB/T 9214 和 JB/T 10062 的规定进行测试。

##### 4.5 检验的要求

###### 4.5.1 检验准备

4.5.1.1 检验前应了解管道名称、材质、规格、焊接工艺、热处理情况、坡口型式、内壁加工面情况，并进行焊接接头中心位置的标定。

4.5.1.2 焊接接头外观质量及外形尺寸需经检验合格。对有影响检验结果评定的表面形状突变应进行适当的修磨，并做圆滑过渡。内壁加工面应满足超声波检验的要求。

4.5.1.3 检验面探头移动区应清除焊接飞溅、锈蚀、氧化物及油垢，必要时，表面应打磨平滑，打磨宽度至少为探头移动范围。

- 采用一次反射法或串列式扫查探测时，探头移动区应大于  $1.25P$

$$P = 2t \operatorname{tg} \beta \quad (1)$$

式中：

$P$ ——跨距，mm；

$t$ ——管壁厚度，mm；

$\beta$ ——探头折射角，(°)。

- 采用直射法探测时，探头移动区应大于  $0.75P$ 。

4.5.1.4 需要去除余高的焊缝，应将焊缝打磨到与邻近母材平齐。

#### 4.5.2 检验区域

焊接接头检验区域的宽度应是焊缝本身再加上焊缝两侧各相当于母材厚度 30% 的一段区域, 这个区域最小 10mm, 最大 20mm, 见图 1。

#### 4.5.3 扫查速度

探头的扫查速度不应超过 150mm/s, 当采用自动报警装置扫查时不受此限制。

#### 4.5.4 检验覆盖率

探头的每次扫查覆盖率应大于探头直径的 10%。

#### 4.6 试块

##### 4.6.1 标准试块

标准试块 CSK—1B 的形状和尺寸见 GB 11345—1989 的附录 A, 试块制造的技术要求应符合 JB/T 10063 的规定。

##### 4.6.2 对比试块

对比试块应选用与被检验管材相同或声学性能相近的钢材制作。

#### 4.7 耦合剂

耦合剂应具有好的润湿能力和透声性能, 且无毒、无腐蚀、易清除。

#### 4.8 校准

校准应在标准试块和对比试块上进行, 校准中应使超声声束垂直对准反射体的轴线。

##### 4.8.1 仪器校准

在仪器开始使用时, 应对仪器的水平线性和垂直线性进行测定, 测定方法按 JB/T 10061 的规定进行。在使用过程中, 每隔三个月至少应进行一次测定。

##### 4.8.2 探头校准

在新探头开始使用时, 应对探头进行一次全面的性能校准。测定方法按 JB/T 10062 的有关规定进行。

- 斜探头使用前, 至少应进行前沿距离、折射角、主声束偏离、灵敏度余量和分辨力等的校准。使用过程中, 每个工作日应校准前沿距离、折射角和主声束偏离。
- 直探头的始脉冲占宽、灵敏度余量和分辨力应每隔一个月检查一次。

##### 4.8.3 仪器和探头系统的校验

4.8.3.1 每次检测前均应在对比试块或其他等效试块上对扫描线、灵敏度进行校验, 校验过程中使用的试块与被检管件的温差不大于 15℃。

遇有下述情况应随时对其进行重新核查:

- 校准后的探头、耦合剂和仪器调节旋钮发生改变时;
- 开路电压波动或者检测者怀疑灵敏度有变化时;
- 连续工作 4h 以上时;
- 工作结束时。

4.8.3.2 时基调节校验时, 如发现校验点反射波在扫描线上偏移超过原校验点刻度读数的 10% 或满刻度的 5% (两者取较小值), 则扫描比例应重新调整, 前次校验后已经检验的焊接接头要重新检验。

4.8.3.3 灵敏度校验时, 如校验点的反射波幅比距离一波幅曲线降低 20% 或 2dB 以上, 则仪器灵敏度应重新调整, 并应重新检验前次校验后检查的全部焊接接头。如校验点的反射波幅比距离一波幅曲线增加 20% 或 2dB 以上, 则仪器灵敏度应重新调整, 对前次校验后已经记录的缺陷进行尺寸参数重新测定

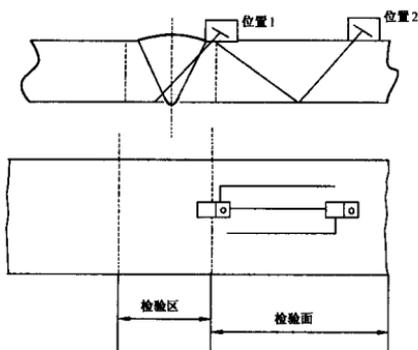


图 1 检验区域

并予以评定。

4.8.3.4 距离一波幅曲线复核时，校核应不少于3点。如曲线上任何一点幅度下降2dB，则应对上一次所有的检测结果进行复检；如幅度上升2dB，则应对所有的记录信号进行重新评定。

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

#### 4.9 检验工艺

应针对具体焊接接头或被检验焊接接头种类制订检验工艺。

下列情况和说明应包括在检验工艺中，并以文件形式提供给操作人员：

- a) 检验等级；
- b) 材料的种类；
- c) 检验的时机；
- d) 接头坡口形式；
- e) 焊接工艺；
- f) 表面状态及灵敏度补偿；
- g) 耦合剂；
- h) 仪器型号；
- i) 探头及扫查方式；
- j) 灵敏度；
- k) 试块；
- l) 缺陷位置标定方法；
- m) 报告要求；
- n) 验收标准；
- o) 操作人员资格。

#### 4.10 记录

每次检验应做原始记录，记录内容至少包括下列资料：

- a) 被检验工件的名称和焊缝的编号；
- b) 采用的工艺文件；
- c) 可记录缺陷的详细情况；包括缺陷的幅度、位 参数、尺寸参数；
- d) 检验人员的姓名和签字，检验的时间和地点。

#### 4.11 评定

对检验的结果必须进行等级评定。

#### 4.12 报告

检验报告至少应包括以下内容：

- a) 委托单位、报告编号；
- b) 工件名称、编号、材料种类、热处理状态、检测表面的粗糙度；
- c) 探伤仪、探头、试块和检测灵敏度；
- d) 超声检测区域应在草图上予以标明，如有因几何形状限制而检测不到的部位，也应加以说明；
- e) 缺陷的类型、尺寸、位置和分布；
- f) 检验结果、缺陷等级评定及检验标准名称；
- g) 检验人员和责任人员签字及其技术资格；
- h) 检验日期。

## 5 中厚壁管焊接接头的检验

### 5.1 试块

#### 5.1.1 对比试块

5.1.1.1 校准时基线性应采用 GB 11345—1989 附录 B 的 RB 系列对比试块。

5.1.1.2 现场检验时，为校验灵敏度和时基线性，可采用附录 A 所示的 SD-IV 试块。

5.1.1.3 当检验面曲率半径  $R \leq W^2/4$  时 ( $W$  为探头接触面宽度,  $R$ 、 $W$  单位均为 mm), 应采用与检验面曲率相同或相近的对比试块。反射体的布置可参照对比试块确定, 试块的宽度应满足下式

$$b \geq 2\lambda (S/D_e) \quad (2)$$

式中:

$b$ ——试块宽度, mm;

$\lambda$ ——波长, mm;

$S$ ——声程, mm;

$D_e$ ——声源有效直径, mm。

5.1.1.4 月牙槽对比试块。焊接接头根部未焊透的对比测定采用附录 B 所示的 SD-III 月牙槽对比试块, 该试块应用被检管材制作。

5.1.1.5 在满足本节要求的条件下, 可以采用其他型式的试块, 并在报告中注明。

### 5.2 检验等级

#### 5.2.1 检验等级的分级

根据不同焊接接头质量要求, 检验等级分为 A、B、C 三级, 检验的完善程度 A 级最低, B 级一般, C 级最高。应按照工件的材质、结构、焊接方法、使用条件及承受载荷的不同, 合理地选用检验级别。检验等级应按产品技术条件和有关规定选择或经订约双方协商选定。

对于给出的三个检验等级的检验条件, 为避免焊件的几何形状限制相应等级检验的有效性, 设计、工艺人员应在考虑超声波检验可行性的基础上进行结构设计和工艺安排。检验时遇到非标准化的条件而不能满足相应等级检验的扫查要求时, 应对扫查进行修正, 使之至少达到等效的覆盖水平, 并在检验报告中注明。

#### 5.2.2 检验等级的检验范围

5.2.2.1 A 级检验采用一种角度的探头在焊缝的单面单侧进行检验, 只对允许扫查到的焊缝截面进行探测。一般不要求进行横向缺陷的检验。母材厚度大于 50mm 时, 不得采用 A 级检验。

5.2.2.2 B 级检验原则上采用一种角度的探头在焊缝的单面双侧进行检验, 对整个焊缝截面进行探测。对检测中出现异常现象, 或有检验要求的焊缝两侧斜探头扫查经过的母材部分要用直探头检查。条件允许 (外径大于 250mm) 时, 应在焊缝两侧进行横向缺陷检验的斜平行扫查。

5.2.2.3 C 级检验至少要采用两种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验。同时要将对接焊缝余高磨平, 进行两个扫查方向和两种探头角度横向缺陷检验的平行扫查。焊缝两侧斜探头扫查经过的母材部分要用直探头进行检查。

5.2.2.4 焊缝母材厚度大于等于 60mm 的 C 级检验, 或 B 级检验有要求时, 应增加串列式扫查或纵横波串列式扫查, 串列式扫查方法参见 GB 11345—1989 附录 C, 纵横波串列式扫查方法见附录 C。

### 5.3 检验准备

#### 5.3.1 检验面

除满足 4.5.2 条规定外, 应按不同检验等级要求选择检验面。推荐的检验面见图 2、表 1。

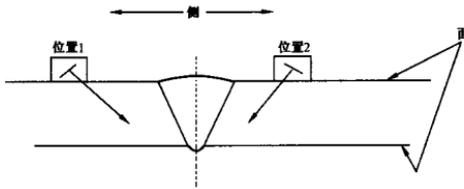


图2 侧面

表1 检验面及推荐使用探头折射角 $\beta$ 

管壁厚度	检验面			检验方法	使用探头的折射角 $\beta$
	A	B <sup>a</sup>	C <sup>b</sup>		
14mm~25mm	单面单侧	单面双侧	单面双侧 和焊缝表面	直射法及一次 反射法	70°
>25mm~50mm					70°或60°
>50mm~100mm	无A级			直射法	45°或60°; 45°和60°, 45和70°并用
>100mm~160mm	无A级				45°和60°并用或45°和70°并用

a 无法进行单面双侧扫查时, 可采用两种以上折射角的探头在焊缝一侧进行探测。  
b 探测焊缝根部缺陷时, 不宜使用折射角为60°左右的探头。

### 5.3.2 探头选择

5.3.2.1 频率。探头频率一般在2MHz~5MHz范围内选择, 推荐选用2MHz~2.5MHz探头。在保证系统灵敏度的情况下, 可以采用其他频率的探头。

5.3.2.2 角度。斜探头的折射角 $\beta$ 应依据管壁厚度、焊缝坡口型式及预期探测的主要缺陷种类来选择。对不同管壁厚度焊接接头推荐使用的探头角度和数量见表1。

- 横波串列式扫查, 推荐选用标称折射角均为45°的两个探头, 两个探头实际折射角相差不应超过2°, 探头前沿长度相差应小于2mm。为了便于探测厚焊缝坡口边缘未熔合缺陷, 亦可选用两个不同角度的探头, 但两个探头角度均应在35°~45°范围内。
- 纵横波串列式扫查, 横波探头选用标称折射角为56°。

5.3.2.3 探头的晶片尺寸的选择要保证系统灵敏度。

#### a) 斜探头

斜探头的晶片尺寸原则上如表2所示, 但是用于串列式扫查探头的晶片尺寸不受表2限制。

表2 斜探头的频率和晶片尺寸

频率	晶片尺寸
2MHz (2.5MHz)	10mm×10mm~20mm×20mm
5MHz (4MHz)	10mm×10mm~14mm×14mm

表3 直探头的频率和晶片有效直径

频率	晶片有效直径
2MHz (2.5MHz)	20mm, 25mm, 30mm
5MHz (4MHz)	10mm, 20mm

#### b) 直探头

直探头的晶片尺寸作为圆形晶片其有效直径原则上如表3所示。

5.3.2.4 探头与检验面应紧密接触, 当检验面曲率半径 $R \leq W^2/4$ 时, 探头楔块应进行修磨, 并使其与检验面相吻合。修磨后的探头应重新测定入射点及折射角。

### 5.3.3 母材的检验

5.3.3.1 焊缝两侧的母材, 检验前应测量管壁厚度, 至少每隔90°测量一点, 并做好记录, 以便检验

时参考。

5.3.3.2 采用 B 级、C 级检验时，斜探头扫查声束通过的母材区域应用直探头进行检查，以便确定是否有影响斜角检验结果解释的分层性或其他种类缺陷存在。该项检查仅做记录，不属于对母材的验收检验。检查的要点如下：

- a) 方法：接触式脉冲反射法，采用频率为 2MHz~5MHz 的直探头；
- b) 灵敏度：将无缺陷处二次底波调节到荧光屏满刻度；
- c) 记录：凡缺陷信号超过荧光屏满刻度 20% 的幅度部位，应在工件表面做出标记，并予以记录。

#### 5.3.4 仪器调整

5.3.4.1 时基线扫描的调节。时基线刻度可按比例调节为代表脉冲回波的水平距离、深度或声程。扫描比例依据管件厚度和选用的探头角度来确定，最大检验范围应调至时基线满刻度 60% 以上。

5.3.4.2 检验面曲率半径  $R$  大于  $W^2/4$  时，应在标准试块或平面对比试块上，进行时基线扫描调节。

5.3.4.3 检验面曲率半径  $R$  小于等于  $W^2/4$  时，在 5.1.1.3 条规定的对比试块上，进行时基线扫描调节。

#### 5.3.5 距离—波幅曲线的测绘

5.3.5.1 距离—波幅曲线应以所用探伤仪和探头在对比试块上实测的数据绘制，其绘制方法见附录 D。该曲线由判废线 RL、定量线 SL 和评定线 EL 组成。EL 和 SL 之间称 I 区，SL 和 RL 之间称 II 区，RL 以上称 III 区，如图 3 所示。

5.3.5.2 不同检验等级、管壁厚度的距离—波幅曲线各线灵敏度见表 4。

5.3.5.3 探测横向缺陷时，应将各线灵敏度均提高 6dB。

5.3.5.4 检验面曲率半径  $R \leq W^2/4$  时，距离—波幅曲线的绘制应在 5.1.1.3 条规定的对比试块上进行。

5.3.5.5 探测时由于管件表面耦合损失、材料衰减以及内外曲率的影响，应对检验灵敏度进行传输损失综合补偿，综合补偿量必须计入距离—波幅曲线。补偿的测量方法见附录 E。若在一个跨距声程内最大传输损失在 2dB 内，可不进行综合补偿。

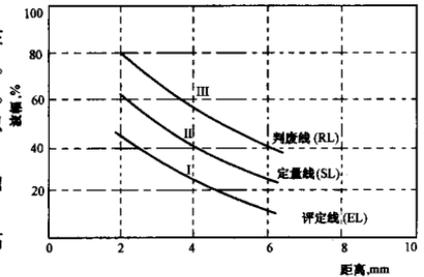


图 3 距离—波幅曲线

表 4 距离—波幅曲线的灵敏度

检验级别	A	B	C
管壁厚度	14mm~50mm	14mm~160mm	14mm~160mm
判废线 RL	$\phi 3 \times 40$	$\phi 3 \times 40-4\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-2\text{dB}$
定量线 SL	$\phi 3 \times 40-10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-8\text{dB}$
评定线 EL	$\phi 3 \times 40-16\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-16\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-14\text{dB}$

5.3.5.6 距离—波幅曲线可绘制在坐标纸上，也可直接绘制在荧光屏刻度板上。但在整个检验范围内，曲线应处于荧光屏满刻度 20% 以上，见图 4，否则，应采用分段绘制的方法，见图 5。

#### 5.3.6 仪器的校验

按 4.8.3 规定对仪器进行校验。

#### 5.4 检验方法

##### 5.4.1 一般要求

扫查灵敏度应不低于评定线 (EL 线) 灵敏度。

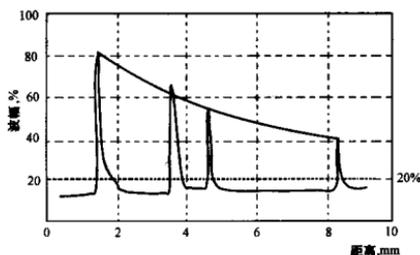


图4 距离—波幅曲线板的范围

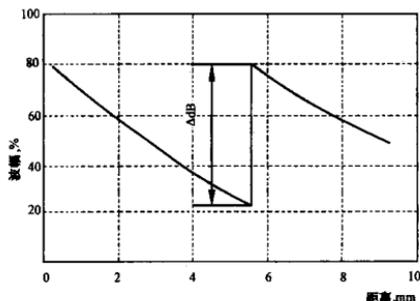


图5 分段距离—波幅曲线

### 5.4.2 扫查方式

5.4.2.1 为了探测焊接接头的纵向缺陷，一般采用斜探头垂直于焊缝中心线放置在检验面上，沿焊接接头进行矩形移动扫查，见图6。探头前后移动的距离应保证扫查到4.5.2条规定的焊接接头检验区域宽度全部范围。扫查时相邻两次探头移动间隔应保证至少有10%的重叠。在保持探头垂直焊缝中心线进行前后移动的同时，根据曲率大小还应进行 $10^{\circ}$ ~ $15^{\circ}$ 角的左右摆动。

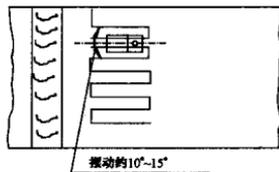


图6 矩形移动扫查

5.4.2.2 为探测焊接接头的横向缺陷，可采用平行或斜平行扫查。

5.4.2.3 B级检验时，当管外径大于250mm时，可在焊缝两侧边缘使探头与焊缝中心线呈 $10^{\circ}$ ~ $20^{\circ}$ 角做斜平行扫查，见图7。

5.4.2.4 C级检验时，可将探头放在焊缝上及其两侧边缘做平行扫查，见图8。

管壁厚度超过60mm时，应采用两种角度探头（ $45^{\circ}$ 和 $60^{\circ}$ 并用或 $45^{\circ}$ 和 $70^{\circ}$ 并用）进行两个方向的平行扫查，也可用两个 $45^{\circ}$ 探头进行串列式平行扫查。

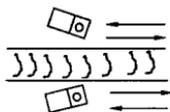


图7 斜平行扫查

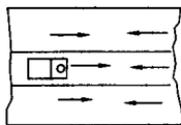


图8 平行扫查

5.4.2.5 为了确定缺陷的位置、方向、形状，观察缺陷动态波形或区分缺陷信号与非缺陷信号，可采用前后、左右、转角、环绕等四种探头基本扫查方式，见图9。

### 5.4.3 焊接接头的检验

#### 5.4.3.1 环向对接接头

5.4.3.1.1 应按5.1条的规定选用对比试块，并采用5.4.2条的扫查方式进行检验。

5.4.3.1.2 对比试块的曲率半径为检验面曲率半径0.9~1.5倍的试块均可采用。

#### 5.4.3.2 纵向对接接头

5.4.3.2.1 应按5.1条的规定选用对比试块，并采用5.4.2条的扫查方式进行检验。

5.4.3.2.2 对比试块的曲率半径与检验面曲率半径之差应小于10%。

5.4.3.2.3 根据管件的曲率和壁厚选择探头角度，并考虑几何临界角的限制。条件允许时，声束在曲面的人射角不应超过 $70^{\circ}$ 。

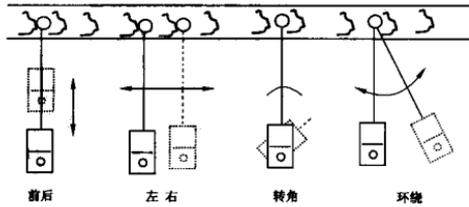


图9 四种探头基本扫查方式

5.4.3.2.4 探头接触面修磨后，用曲面试块实际测定探头入射点和折射角。

5.4.3.2.5 当检验面曲率半径  $R > W^2/4$ ，采用平面对比试块调节仪器时，检验中应及时修正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，修正方法参照 GB 11345 相关章节。

#### 5.4.4 反射回波的分析

对波幅超过评定线（EL 线）的反射回波 [或波幅虽然未超过评定线（EL 线），但有一定长度范围的来自焊接接头被检区域的反射回波]，应根据探头位置、方向、反射波的位置及焊接接头的具体情况，参照附录 F 进行分析，判断其是否为缺陷。判断为缺陷的部位均应在焊接接头表面做出标记。

#### 5.4.5 缺陷

对在焊接接头检验扫查过程中被标记的部位进行检验，将扫查灵敏度调节到评定线，对反射幅度超过定量线的缺陷，均应确定其具体位置、最大反射波幅度及其所在区域和指示长度。

##### 5.4.5.1 最大反射波幅度的测定

- 按 5.4.2 的扫查方式移动探头至缺陷出现最大反射波信号的位置，测出最大反射回波幅度并与距离—波幅曲线比较，确定波幅所在区域。波幅测定的允许误差为 2dB。
- 最大反射波幅度 A 与定量线 SL 的 dB 差值记为  $SL \pm (\ )$  dB。

5.4.5.2 位置参数的测定。缺陷位置以获得缺陷最大反射波信号的位置来表示，根据探头的相应位置和反射波在荧光屏上的位置来确定如下位置参数：

- 缺陷沿焊接接头方向的位置。
- 缺陷位置到检验面的垂直距离（即深度）。
- 缺陷位置离开焊缝中心的距离。

5.4.5.3 缺陷尺寸参数的测定应根据缺陷最大反射波幅度确定缺陷当量值  $\Phi$  或测定缺陷指示长度  $\Delta l$ 。

5.4.5.3.1 缺陷当量值  $\Phi$ ，用当量平底孔直径表示，主要用于直探头检验，可采用公式计算、DGS 曲线、试块对比或当量计算尺确定缺陷当量值。

5.4.5.3.2 缺陷指示长度  $\Delta l$  的测定可采用如下三种方法。

- 当缺陷反射波信号只有一个高点时，用降低 6dB 相对灵敏度法测量缺陷的指示长度，见图 10。
- 在测长扫查过程中，当缺陷反射波信号起伏变化有多个高点，缺陷端部反射波幅度位于 SL 线或 II 区时，则以缺陷两端反射波极大值之间探头的移动距离确定为缺陷的指示长度，即端点峰值法，见图 11。
- 当缺陷反射波峰位于 I 区时，如认为有必要记录，将探头左右移动，使波幅降到评定线，以

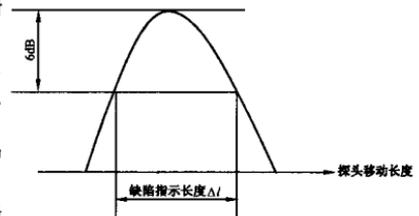


图10 相对灵敏度法

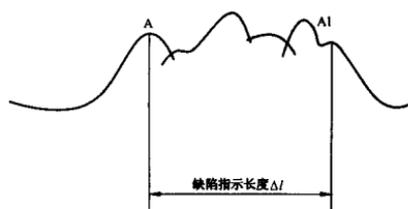


图 11 端点峰值法

此测定缺陷指示长度。

#### 5.4.6 缺陷评定

5.4.6.1 对波幅超过评定线 (EL 线) 的反射波或波幅虽然未超过评定线 (EL 线), 但有一定长度范围的来自焊接接头被检区域的反射回波, 均应注意其是否具有裂纹等危害性缺陷的特征。可根据缺陷反射波信号的特征、部位, 采用动态包络线波形分析法, 改变探测方向或扫查方式, 并结合焊接工艺等进行综合分析来推断缺陷性质。如无法准确判断时, 应辅以其他检验进行综合判定。

5.4.6.2 最大反射波幅度位于 II 区的缺陷, 其指示长度小于 10mm 时, 按 5mm 计。

5.4.6.3 相邻两缺陷各向间距小于 8mm 时, 两缺陷指示长度之和作为单个缺陷的指示长度。

5.4.6.4 根部未焊透的测定。对于允许存在一定尺寸根部未焊透焊接接头应进行根部未焊透的测定。

5.4.6.4.1 检验中发现的根部缺陷经综合分析确认为未焊透时, 应选用高分辨率、折射角  $45^\circ \sim 50^\circ$ 、频率为 5MHz 的横波斜探头。用附录 B 的月牙槽对比试块上深 1.5mm 的月牙槽反射波幅调至荧光屏满刻度 50% 作为灵敏度, 进行幅度对比测定。

5.4.6.4.2 当缺陷反射波幅度小于月牙槽对比试块调节的灵敏度反射波幅度时, 用端点 14dB 法测量其指示长度  $L$ 。

#### 5.5 检验结果的评级

##### 5.5.1 评定单位

管道焊接接头质量以每个焊接接头为评定单位, 当量数计算按 DL 5007 规定。

##### 5.5.2 记录

非裂纹、未熔合等缺陷反射波幅度达到 EL 线或在 I 区时, 如无特殊要求, 可不作记录。

##### 5.5.3 缺陷的级别评定

根据缺陷的性质、幅度、指示长度分为四级:

5.5.3.1 最大反射波幅度达到 SL 线或 II 区的缺陷, 根据缺陷指示长度按表 5 的规定予以评级。

5.5.3.2 对接焊缝允许存在一定尺寸根部未焊透缺陷, 根据其反射波幅度及指示长度按表 6 的规定予以评级。

5.5.3.3 性质为裂纹、未熔合、根部未焊透 (不允许存在未焊透的焊缝) 评定为 IV 级。

5.5.3.4 反射波幅度位于 RL 线或 III 区的缺陷评定为 IV 级。

5.5.3.5 最大反射波幅度不超过 EL 线, 和反射波幅度位于 I 区的非裂纹、未熔合、根部未焊透性质的缺陷, 评定为 I 级。

表 5 单个缺陷的等级分类

检验级别	A	B	C
管壁厚度 评定等级	14mm~50mm	14mm~160mm	14mm~160mm
I	$2/3t$ , 最小 12mm	$t/3$ , 最小 10mm, 最大 30mm	$t/3$ , 最小 10mm, 最大 20mm
II	$3/4t$ , 最小 12mm	$2/3t$ , 最小 12mm, 最大 50mm	$t/2$ , 最小 10mm, 最大 30mm
III	$< t$ , 最小 20mm	$3/4t$ , 最小 16mm, 最大 75mm	$2/3t$ , 最小 12mm, 最大 50mm
IV	超过 III 级者		

注:  $t$  为坡口加工侧管壁厚度, 焊接接头两侧管壁厚度不等时,  $t$  取薄壁管厚度,  $t$  单位为毫米 (mm)。

表6 根部未焊透等级分类

评定等级	对比灵敏度	缺陷指示长度 mm
II	1.5	≤焊缝周长的10%
III	1.5+4dB	≤焊缝周长的20%
IV	超过III级者	
注1: 当缺陷反射波幅大于或等于用SD—III型试块调节对比灵敏度1.5mm深月牙槽的反射波幅时, 以缺陷反射波幅评定。 注2: 当缺陷反射波幅小于用SD—III型试块调节对比灵敏度1.5mm深月牙槽的反射波幅时, 以缺陷指示长度评定。		

#### 5.5.4 返修焊接接头

不合格的焊接接头应予以返修, 返修部位及返修时受影响的区域, 均应按原检验条件进行复验, 复验部位的缺陷亦应按5.5.3条进行评定。

### 6 中小径薄壁管焊接接头检验

#### 6.1 试块

采用附录G所示的DL-1型专用试块, 测定探头参数、系统组合性能及校准时基线性。

#### 6.2 检验准备

除满足4.5条规定外, 应符合下列要求。

##### 6.2.1 检验面

检验面打磨宽度应满足表7所示。

表7 打磨宽度

管子厚度	4mm~6mm	6mm~14mm
打磨宽度	50mm	100mm

##### 6.2.2 焊缝的余高修磨

所检管件的焊缝余高过高、过宽或有不清晰回波信号产生的地方, 应进行修磨, 使之满足检验的要求。

##### 6.2.3 仪器

用于检验的仪器在运行中不得出现任何种类的临界值和阻塞情况, 宜采用数字式A型脉冲反射式超声波探伤仪。

##### 6.2.4 探头的选择

选用的探头直射波扫查时按图12所示, 应扫查到焊接接头1/4以上壁厚范围。

6.2.4.1 频率。探头频率为5MHz。

6.2.4.2 角度。斜探头的折射角 $\beta$ 应依据管壁厚度来选择, 不同管壁厚度焊接接头推荐使用的探头角度见表8。

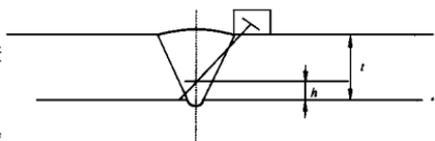


图12 扫查示意图

表 8 推荐使用的探头角度  $\beta$ 

管壁厚度	探头的折射角 $\beta$
4mm~8mm	73°~70°
8mm~14mm	70°~63°

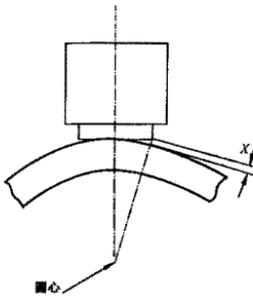


图 13 探头接触面边缘与管子外表面的间隙示意图

6.2.4.3 探头晶片尺寸。在保证晶片面积不大于  $64\text{mm}^2$  的前提下, 推荐探头晶片尺寸选用  $6\text{mm} \times 6\text{mm}$ 、 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 、 $7\text{mm} \times 9\text{mm}$ 。

6.2.4.4 探头前沿。管壁厚度小于或等于  $6\text{mm}$  时探头前沿应小于或等于  $5\text{mm}$ , 壁厚度大于  $6\text{mm}$  时可适当增大。

6.2.4.5 始脉冲占宽。使用的探头与探伤仪应有良好的匹配性能, 在扫查灵敏度的条件下, 探头的始脉冲宽度应尽可能小, 一般小于或等于  $2.5\text{mm}$  (相当于钢中深度)。

6.2.4.6 探头分辨力。探头分辨力应大于或等于  $20\text{dB}$ 。

6.2.4.7 探头与检验面应紧密接触, 如图 13 所示, 间隙  $X$  不应大于  $0.5\text{mm}$ 。若不能满足, 应进行修磨, 修磨的要求和方法见附录 H。

#### 6.2.5 母材的测厚

对管子外径大于  $89\text{mm}$ , 或有该项检验要求的焊接接头, 按照 5.3.3.1 条规定。

#### 6.2.6 耦合剂

宜采用甲基纤维素的糊状物或甘油为基本成分的耦合剂, 不宜采用油类作为耦合剂。

#### 6.3 仪器调整和校验

##### 6.3.1 探头参数及性能的测定

在 DL-1 型专用试块上测定探头的前沿、折射角、始脉冲占宽和探头分辨力, 测量方法见附录 I。

##### 6.3.2 时基线扫描的调节

在 DL-1 型专用试块上调节时基线, 调节方法见附录 J。

##### 6.3.3 DAC 曲线的绘制

DAC 曲线应以所用探伤仪和探头在 DL-1 型专用试块上实测的数据测绘。

6.3.3.1 被检验管子厚度小于或等于  $6\text{mm}$  时, DAC 测绘如图 14 所示: 将  $h = 5\text{mm}$  的  $\phi 1\text{mm}$  通孔回波高调节到垂直刻度的  $80\%$ , 画一条直线 (用于直射波检验), 然后降  $4\text{dB}$  再画一条直线 (用于一次反射波检验)。

6.3.3.2 被检验管子厚度大于  $6\text{mm}$  时, 按附录 D 方法画  $\phi 1\text{mm}$  通孔的 DAC 曲线。

##### 6.3.4 仪器调整的校验

仪器调整的校验在 DL-1 型专用试块上按 4.8.3 条规定进行。

#### 6.4 检验方法

##### 6.4.1 扫查方式

按 5.4.2 的要求进行, 但不做  $10^\circ \sim 15^\circ$  角左右摆动的规定性要求。

6.4.1.1 环向对接接头。对环向对接接头从焊缝两侧进行, 移动范围如图 15 所示。

6.4.1.2 角接头。对角接头以小径管为检验面进行单侧扫查, 如图 16、图 17 所示。

##### 6.4.2 检验

6.4.2.1 扫查灵敏度为 DAC 曲线增益  $10\text{dB}$ 。

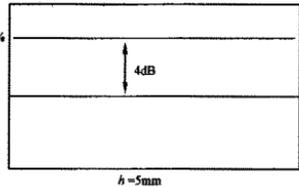


图 14 DAC 曲线示意图

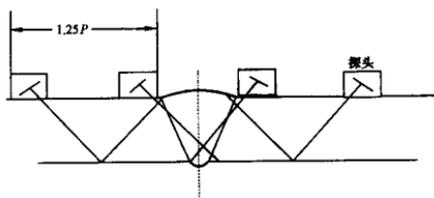


图 15 环向对接接头扫查方法

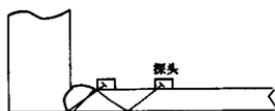


图 16 骑座式角接头

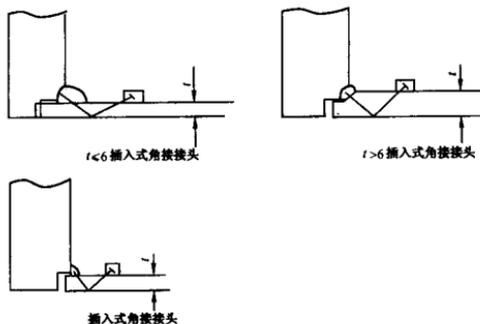


图 17 插入式角接头扫查方法

6.4.2.2 应按 6.4.1 扫查方式进行检验。

6.4.2.3 反射回波的分析。对波幅超过 DAC-10dB 的反射波（或波幅虽然未超过 DAC-10dB 的反射波，但有一定长度范围的来自焊接接头被检区域的反射回波），应根据探头位置、方向、反射波的位置及焊接接头的具体情况，参照附录 F 进行分析，判断其是否为缺陷。判断为缺陷的部位均应在焊接接头表面做出标记。

#### 6.4.3 缺陷

对在焊接接头检验扫查过程中被标记的缺陷部位进行检验，并确定其具体位置、最大反射波幅度和指示长度。

##### 6.4.3.1 最大反射波幅度的测定

- 按 5.4.2 的扫查方式移动探头至缺陷出现最大反射波信号的位置，测出最大反射波幅度并与 DAC 曲线比较。波幅测定的允许误差为 2dB。
- 最大反射波幅度 A 与 DAC 的 dB 差值记为  $DAC \pm (\ )$  dB。

##### 6.4.3.2 按照 5.4.5.2 条规定测定位置参数。

6.4.3.3 缺陷尺寸参数的测定。应根据缺陷最大反射波幅度测定缺陷指示长度  $\Delta l$ ，可采用如下两种方法。

- 按照 5.4.5.3.2a) 方法。
- 在测长扫查过程中，当缺陷反射波信号起伏变化有多个高点，缺陷端部反射波幅度位于 DAC 线或以上时，则将缺陷两端反射波极大值之间探头的移动距离确定为缺陷的指示长度，即端点峰值法，见图 11。

6.4.3.4 缺陷指示长度小于或等于 5mm 记为点状缺陷。

#### 6.4.4 评定缺陷

根据缺陷类型、缺陷波幅的大小以及缺陷的指示长度，缺陷评定为允许存在和不允许存在两类。

#### 6.4.4.1 不允许存在的缺陷：

- 性质判定为裂纹、坡口未熔合、层间未熔合、未焊透及密集性缺陷者<sup>1)</sup>；
- 单个缺陷回波幅度大于或等于 DAC-6dB 者；
- 单个缺陷回波幅度大于或等于 DAC-10dB 且指示长度大于 5mm 者。

#### 6.4.4.2 允许存在的缺陷：

单个缺陷回波幅度小于 DAC-6dB，且指示长度小于或等于 5mm 者。

### 7 奥氏体中小径薄壁管焊接接头检验

#### 7.1 试块

- 试块选用规格相同的同批号或声学性能相近的管子制作。
- 在管子试样的内外壁表面加工短槽，试块形状尺寸见图 18 和表 9。

表 9 试块尺寸

管壁厚度	短槽尺寸 ( $b \times h$ )
4mm~5.5mm	1mm×2mm
>5.5mm~7.5mm	1.5mm×2mm
>7.5mm~8mm	2mm×2mm

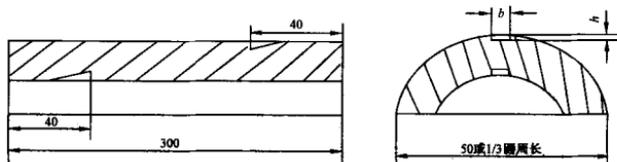


图 18 短槽试块

#### 7.2 检验准备

除满足 4.5.2 条规定外，应符合下列要求。

##### 7.2.1 检验面

检验面打磨宽度应不少于 70mm。

##### 7.2.2 焊缝的余高修磨

按照 6.2.2 条规定执行。

##### 7.2.3 仪器

按照 6.2.3 条规定执行。

##### 7.2.4 探头的选择

选用的探头直射波扫查时，应按图 12 所示，扫查到焊接接头 1/4 以上壁厚范围。

###### 7.2.4.1 频率。探头频率宜采用 4MHz 或 5MHz。

7.2.4.2 角度。斜探头的折射角  $\beta$  应依据管壁厚度来选择。对不同管壁厚度焊接接头推荐使用的探头，折射角  $\beta$  为  $73^\circ \sim 70^\circ$ 。

7.2.4.3 探头晶片尺寸。在保证晶片面积不大于  $36\text{mm}^2$  的前提下，推荐探头晶片尺寸选用  $6\text{mm} \times$

1) 密集性缺陷指在扫查灵敏度下荧光屏有效声程范围内同时有 2 个或 2 个以上的缺陷反射信号。

6mm 或  $\phi 5\text{mm}$ 。

7.2.4.4 探头前沿。探头前沿应小于或等于 5mm。

7.2.4.5 始脉冲占宽。按照 6.2.4.5 规定。

7.2.4.6 探头分辨力。按照 6.2.4.6 规定。

7.2.4.7 探头与检验面应紧密接触，如图 13 所示间隙  $X$  不应大于 0.5mm，若不能满足，应进行修磨，修磨的要求和方法见附录 H。

### 7.2.5 母材的测厚

按照 6.2.5 条规定。

### 7.2.6 耦合剂

按照 6.2.6 规定。

## 7.3 仪器调整和校验

### 7.3.1 探头参数及性能的测定

7.3.1.1 在 DL-1 型专用试块上测定探头的前沿、始脉冲占宽和探头分辨力，测量方法见附录 I。

7.3.1.2 折射角在短槽试块上测定。

### 7.3.2 时基线扫描的调节

在短槽试块上调节时基线，将探头置于管子试块外表面上，分别用直射波和一次反射波探测内外表面的短槽，将其反射波调整到相应的位置，即完成扫描速度调整。

### 7.3.3 DAC 曲线的绘制

DAC 曲线应以所用探伤仪和探头在短槽试块实测的数据绘制。

将探头置于管子短槽试块的外表面，分别用直射波和一次反射波探测试块内外表面的短槽，调节衰减器使直射波回波声压达仪器屏幕满幅的 80%。在此状态下找出一一次反射波的最大回波，如图 19 所示，画两条直线即为 DAC 曲线。

### 7.3.4 仪器调整的校验

按照 6.3.4 条规定执行。

## 7.4 检验方法

### 7.4.1 扫查方式

按 5.4.2 的要求在焊缝的两侧进行扫查，但不做  $10^\circ \sim 15^\circ$  角的左右摆动；移动范围如图 15 所示。

### 7.4.2 检验

7.4.2.1 扫查灵敏度为 DAC 曲线。

7.4.2.2 应按 7.4.1 扫查方式进行检验。

7.4.2.3 反射回波的分析。对波幅超过 DAC 的反射波（或波幅虽然未超过 DAC 的反射波，但有一定长度范围的来自焊接接头被检区域的反射回波），应根据探头位置、方向、反射波的位置及焊接接头的具体情况，参照附录 F，分析判断其是否为缺陷。判断为缺陷的部位均应在焊接接头表面做出标记。

### 7.4.3 缺陷

对在焊接接头检验、扫查过程中被标记的部位进行检验并确定其具体位置、最大反射波幅度和指示长度。

### 7.4.4 评定缺陷

根据焊接接头存在缺陷类型、缺陷波幅的大小以及缺陷的指示长度，缺陷评定为允许存在和不允许存在两类。

#### 7.4.4.1 不允许存在的缺陷：

- a) 性质判定为裂纹、坡口未熔合、层间未熔合及密集性缺陷者；



图 19 DAC 曲线示意图

- b) 单个缺陷回波幅度大于或等于  $DAC + 4dB$  者；
- c) 单个缺陷回波幅度大于或等于  $DAC$ ，且指示长度大于  $5mm$  者。

7.4.4.2 允许存在的缺陷：

单个缺陷回波幅度小于  $DAC + 4dB$ ，且指示长度小于或等于  $5mm$  者。

**附录 A**  
**(规范性附录)**  
**携带式试块**

现场使用的携带式试块可根据需要选择，图 A.1 所示为可供选用的携带式试块。

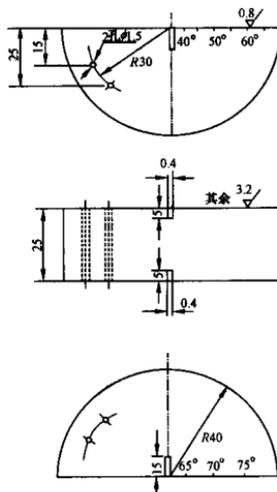
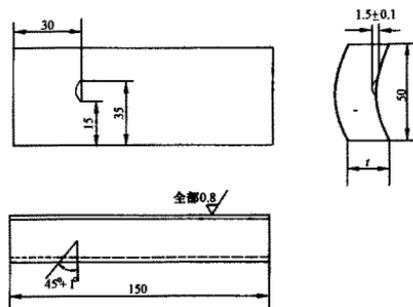


图 A.1 SD-IV 型试块

**附录 B**  
(规范性附录)  
**焊接接头根部缺陷对比试块**

SD-Ⅲ型对比试块，用于管道焊接接头根部缺陷的对比测定，型式见图 B.1。



注： $t$ —管壁厚度，由被检验材料厚度确定。

图 B.1 SD-Ⅲ型对比试块

**附录 C**  
**(规范性附录)**  
**纵横波串列扫查检验方法**

### C.1 仪器和探头

- a) 超声波探伤仪的工作方式必须具备一发一收工作状态。
- b) 为保证一发一收探头相对于串列基准线经常保持等距离移动，应配备适宜的探头夹具，夹具应适用于横型及纵型两种扫查方式。
- c) 纵波探头和横波探头的频率必须相同，推荐采用 2.5MHz 或 5MHz。
- d) 横波探头折射角  $56^\circ$  探头，纵波探头晶片尺寸采用  $\phi 14\text{mm}$  或  $\phi 20\text{mm}$ 。

### C.2 仪器调整

#### C.2.1 时基线扫描的调节

时基线扫描的调节采用折射角  $56^\circ$  单横波探头，按 5.3.4 条的方法进行单声程调节。

#### C.2.2 灵敏度调整

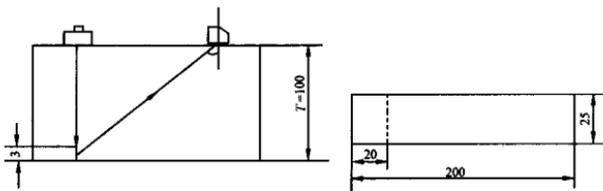


图 C.1 灵敏度调整

在图 C.1 所示的试块上，将用于发射的纵波探头置于线切割面正上方，然后在线切割面法线方向平行移动接收的横波探头找到最大反射波，调节增益使反射波幅为荧光屏满幅高度的 40%，并以此基准波高作为扫查灵敏度。

### C.3 检验程序

#### C.3.1 检验准备

- a) 检验面为对接焊缝的单面双侧。
- b) 去除焊缝的余高，将焊缝打磨到与邻近母材平齐。

#### C.3.2 检验

##### C.3.2.1 扫查方式

图 C.2 所示纵波探头放在管件焊缝的熔合面上方，横波探头放在同一探测面上与焊缝的熔合面垂直直线方向前后移动，并采用横方形或纵方形串列扫查，扫查整个焊缝熔合线。

##### C.3.2.2 缺陷

反射波幅达到或超过荧光屏满幅高度 40% 时判定为缺陷，应在焊缝的相应位置做出标记。

#### C.3.3 缺陷位置参数测定

##### C.3.3.1 缺陷的深度

其反射波均出现在相当于半路距声程位置，在荧光屏直接读出缺陷的深度。

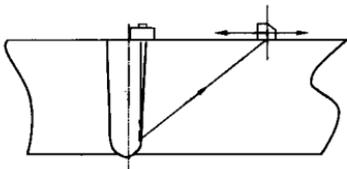


图 C.2 扫查方式

### C.3.3.2 缺陷指示长度的测定

缺陷指示长度采用 5.4.5.3.2 a) 的测定方法进行测定。

### C.4 缺陷评定

反射波幅达到或超过荧光屏满幅高度 40% 时，判定为未熔合或裂纹。

**附录 D**  
**(规范性附录)**  
**距离—波幅 (DAC) 曲线的制作**

### D.1 试块

- a) 采用 GB 11345—1989 附录 B 的 RB 系列对比试块或其他等效形式试块绘制 DAC 曲线。
- b)  $R$  小于  $W^2/4$  时,应采用检验面曲率与工件检验面曲率相同或相近的对比试块。

### D.2 绘制步骤

DAC 曲线可绘制在坐标纸上 (称 DAC 曲线),亦可直接绘制在荧光屏前透明的刻度板上 (称 DAC 曲线板)。

#### D.2.1 DAC 曲线的绘制步骤如下:

- a) 将测试范围调整到检验使用的最大探测范围,并按深度、水平或声程法调整时基线扫描比例;
- b) 根据工件厚度和曲率选择合适的对比试块,选取试块上孔深与检验深度相同或接近的横孔为第一基准孔,将探头置于试块检验面声束指向该孔,调节探头位置找到横孔的最高反射波;
- c) 调节“增益”或“衰减器”,使该反射波幅为荧光屏上某一高度 (例如满幅的 40%),该波高即为“基准波高”,此时,灵敏度余量为 10dB;
- d) 调节衰减器,依次探测其他横孔,并找到最大反射波高,分别记录各反射波的相对波幅值 (dB);
- e) 以波幅 (dB) 为纵坐标,以探测距离 (声程、深度或水平距离) 为横坐标,将 c、d 记录数值描绘在坐标纸上;
- f) 将标记各点连成圆滑曲线,并延长到整个探测范围,最近探测点到探测距离 0 点间画水平线,该曲线即为 DAC 曲线的基准线;
- g) 依据表 4 规定的各线灵敏度,在基准线下分别绘出判度线、定量线、评定线,标记波幅的分区;
- h) 为便于现场检验校验灵敏度,在测试上述数据的同时,可对现场使用的便携试块上的某一参考反射体进行同样测量,记录其反射波位置和反射波幅 (dB),并标记在 DAC 曲线图上。

#### D.2.2 DAC 曲线板的绘制步骤如下:

- a) 同 D.2.1 条 a)。
- b) 依据工件厚度和曲率选择合适的对比试块,在试块上所有孔深小于等于探测深度的孔中,选取能产生最大反射波幅的横孔为第一基准孔。
- c) 调节“增益”使该孔的反射波为荧光屏满幅高度的 80%,将其峰值标记在荧光屏前辅助面板上。依次探测其他横孔,并找到最大反射波高,分别将峰值点标记在辅助面板上。如果做分段绘制,可调节衰减器分段绘制曲线。
- d) 将各标记点连成圆滑曲线,并延伸到整个探测范围,该曲线即为 DAC 曲线基准线。
- e) 依据表 4 规定的灵敏度,分别绘出定量线、评定线和判度线。
- f) 在做上述测试的同时,可对现场使用的便携式试块上的某一参考反射体做同样测量,并将其反射波位置和峰值标记在曲线板上,以便现场进行灵敏度校验。

**附录 E**  
**(规范性附录)**  
**补偿量测量**

**E.1 试块**

E.1.1 制作与被探管道的材质、规格及表面粗糙度相同的试块(见图 E.1)。

E.1.2 在试块上钻  $\phi 3\text{mm} \times 40\text{mm}$  横孔,当管壁厚度小于或等于 25mm 时,钻一个孔,距内壁  $t/2$ (见图 E.1);当管壁厚度大于 25mm 时,钻两个孔,距内壁分别为  $t/4$  和  $3t/4$ (见图 E.2)。

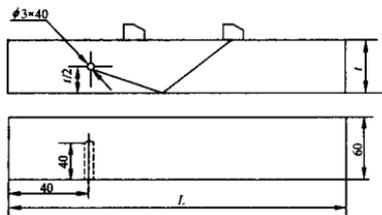
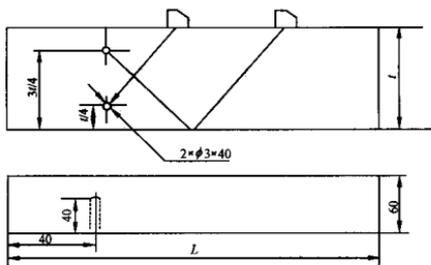


图 E.1 补偿量测定试块

**E.2 测量方法**

E.2.1 以所用的仪器和探头在 RB 系列对比试块上测绘出距离—波幅曲线。

E.2.2 相同的仪器和探头,在相同的起始灵敏度条件下探测试块上  $\phi 3\text{mm} \times 40\text{mm}$  横孔,直射波探下孔,一次反射波探上孔(图 E.2)。



注:尺寸公差  $\pm 0.1$ ,各边垂直度不大于 0.1,表面粗糙度不大于  $6.3\mu\text{m}$ ,标准孔加工面的平行度不大于 0.05。

图 E.2 补偿量测定试块

如试块只有一个孔,均探同一横孔(图 E.1);将波幅调至规定的高度,然后读取衰减器的分贝数  $N$ 。

E.2.3 在距离—波幅曲线上查出同距离的分贝数  $N'$ ,则综合补偿量  $\Delta N$  由下式决定

$$\Delta N = N - N' \text{ (dB)}$$

附录 F  
(资料性附录)  
反射回波分析

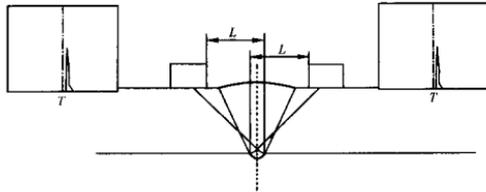
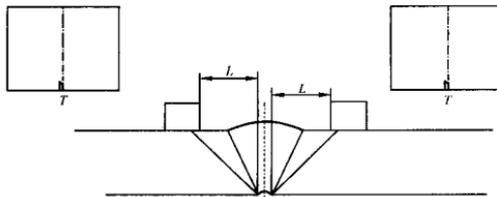


图 F.1 符合要求的焊缝根部



注：反射回波较小。

注：反射回波较小。

图 F.2 根部内凹

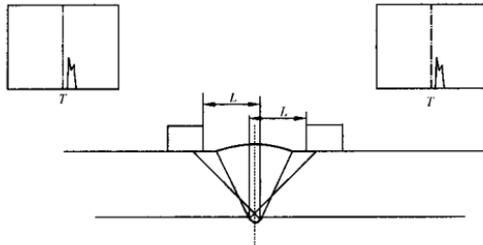


图 F.3 焊瘤

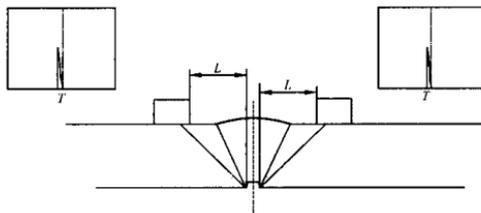


图 F.4 根部未焊透

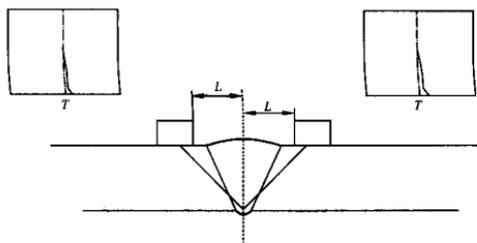


图 F.5 焊缝根部中心线裂纹

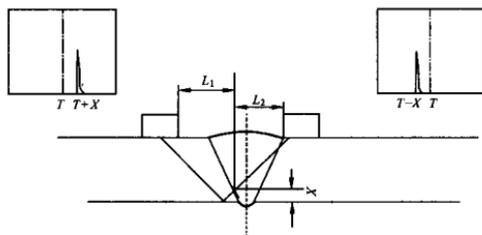
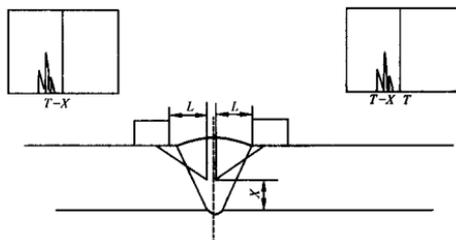


图 F.6 焊缝边缘未熔合



注：探头前后左右移动时反射波交替上升。

图 F.7 密集缺陷

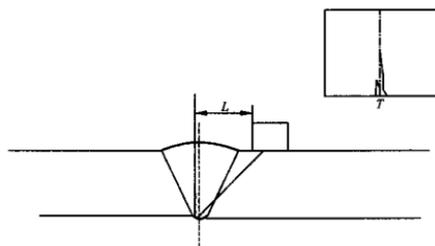
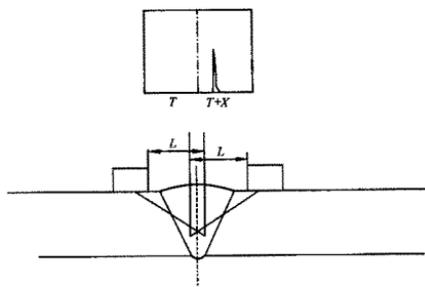


图 F.8 错边



注：两侧同时探测水平定位在焊缝中心远离探头一侧为伪缺陷。

图 F.9 伪缺陷

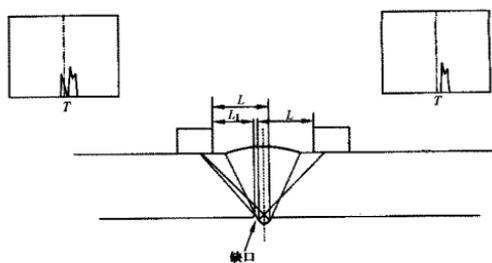


图 F.10 根部咬边

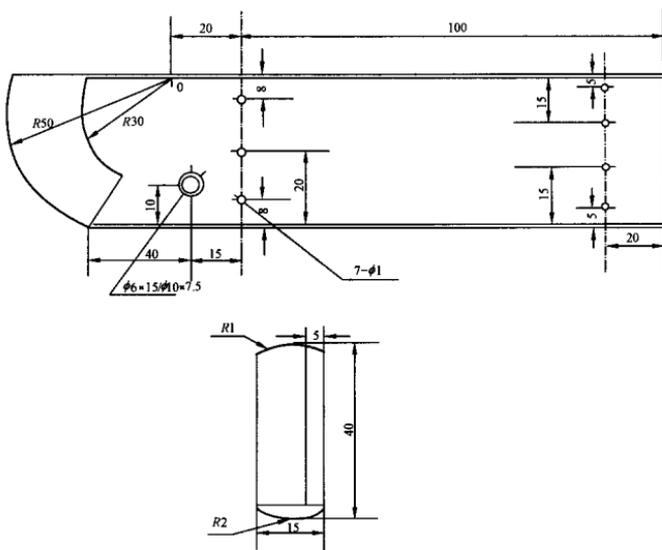
**附录 G**  
**(规范性附录)**

**小径管焊接接头超声波检验专用试块 DL-1**

小径管焊接接头超声波检验专用试块，如图 G.1 所示。试块一套共 5 块，其适用范围如表 G.1 所示，其材质、表面状态要求同 4.6 条的要求。

**表 G.1 专用试块的适用范围**

试块编号	R1	适用管径 $\phi$ 的范围	R2	适用管径 $\phi$ 的范围
1	16mm	32mm~35mm	17.5mm	35mm~38mm
2	19mm	38mm~41mm	20.5mm	41mm~44.5mm
3	22.5mm	44.5mm~48mm	24mm	48mm~60mm
4	30mm	60mm~76mm	38mm	76mm~79mm
5	50mm	90mm~133mm	70mm	133mm~159mm



注：尺寸公差  $\pm 0.1$ ，各边垂直度不大于 0.1，表面粗糙度不大于  $6.3\mu\text{m}$ ，  
标准孔加工面的平行度不大于 0.05。

**图 G.1 小径管焊接接头超声波检验专用试块**

**附 录 H**  
**(规范性附录)**  
**探头修磨的方法和要求**

当检验管子的外径小于 159mm 时，要求探头接触面符合管子表面的弧度。

在加工该探头的表面时，须注意以下几点：

- a) 探头上的波束发射区域必须与管子贴合（见图 H.1）。
- b) 探头与管子接触部位的边缘其间隙（X）不应大于 0.5mm（见图 H.1）。
- c) 修磨时不能过度地磨损探头的接触面。
- d) 对于修磨量大的探头建议粘上一层底板（3mm 厚，与探头楔块相同材质的板材），用树脂粘合剂粘结，然后修磨板材使之与管子弧度相符。
- e) 须仔细粘结，使底板粘结于探头上，粘合层中不得留有汽泡。
- f) 在粘加底板并修磨至与管子弧度相符合后，探头须满足以下要求：
  - 探头中心轴线与波束的轴线相吻合；
  - 波束角度须在规定的公差内；
  - 探头的灵敏度由于粘加底板和修磨而受到的影响不应大于 2dB；
  - 当扫查灵敏度一定时，在起始的脉冲信号之后，由底板产生的虚假回波不应大于满屏的 10%。

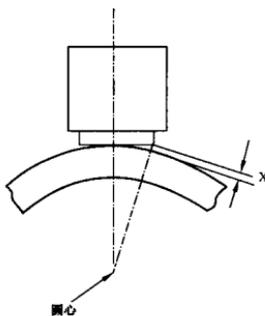


图 H.1 探头接触面边缘与管子外表面的间隙示意图

**附录 I**  
**(规范性附录)**  
**中小径薄壁管探头参数及性能的测定**

### I.1 探头前沿 (声束入射点) 测定

将探头置于试块 DL-1 上图 I.1 所示位置, 找出 R50 (R30) 圆弧面回波的最高点, 此时探头上与 DL-1 型试块侧面“0”点对应的点, 即为探头入射点。入射点到探头前端的距离“*A*”即为前沿距离。

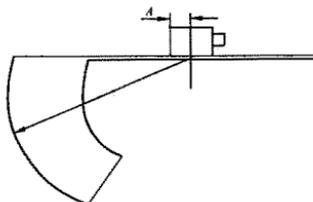


图 I.1 探头前沿 (声束入射点) 测定示意图

### I.2 探头折射角测定

利用 DL-1 型试块上, 深度  $h=5\text{mm}$  的  $\phi 1\text{mm}$  通孔进行测定, 将探头试块上如图 I.2 位置, 找出  $h=5\text{mm}$ ,  $\phi 1\text{mm}$  通孔最大回波, 测量探头前端至  $\phi 1\text{mm}$  通孔距离  $L$ , 则探头折射角

$$\beta = \arctg [(L + A) / 5]$$

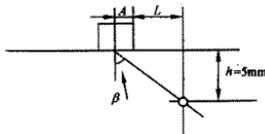


图 I.2 探头折射角测定示意图

### I.3 始杂波占宽测定

在 DL-1 试块上深度  $h=5\text{mm}$ ,  $\phi 1\text{mm}$  通孔, 最大反射波高达到荧光屏满刻度 80% 时, 增益 10dB 后的始杂波宽度。

### I.4 分辨力测定

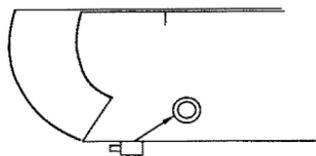


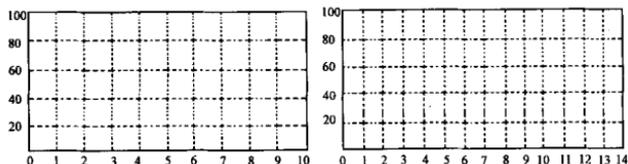
图 I.3 分辨力测定示意图

将探头置于 DL-1 试块上探测  $\phi 6$ 、 $\phi 10$  两同心孔, 见图 I.3, 使两孔的反射波高度相同, 并调至垂直刻度的 40%, 记下此时的衰减器的读数  $D_1$ ; 然后调节衰减器使  $\phi 6$ 、 $\phi 10$  两孔反射波之间的波谷上升到原波峰高度, 记下衰减器的读数  $D_2$ , 则分辨力  $X$  为

$$X = D_1 - D_2 \quad (\text{dB})$$

**附录 J**  
(规范性附录)  
**中小径薄壁管时基线扫描的调节**

采用模拟式的 A 型脉冲反射式超声波探伤仪时，推荐用图 J.1 专用面板。



**图 J.1 时基线扫描的调节专用面板**

利用 DL-1 标定试块调节时基线扫描方法如下：

- a) 将专用面板置于仪器监视屏前（或利用原面板）。
- b) 选择与被检验管子外径相适合的对比试块。
- c) 将符合 6.2.5 条规定的探头置于 DL-1 试块合适的位置，根据被检验管子的厚度选择两个不同深度的  $\phi 1\text{mm}$  通孔，按深度一定比例调节时基线。保证检验时一次反射波的标记点在荧光屏时基线刻度的  $1/2$  以后，同时在屏幕上绘制 DAC 曲线。