

中华人民共和国国家标准

钢制管道对接环焊缝超声波探伤 方法和检验结果的分级

GB/T 15830—1995

批准部门：国家技术监督局

批准日期：1995-12-13

实施日期：1996-08-01

1 主题内容与适用范围

本标准规定了检验焊接接头缺陷，确定缺陷位置、尺寸、当量及缺陷评定的一般方法和检验结果的分级方法。

本标准适用于制作、安装和检修设备时壁厚为 15~120 mm，标称直径 ≥ 159 mm 的钢制承压管道对接环焊缝焊接接头超声波探伤和检验结果的分级。

本标准不适用于铸钢、奥氏体不锈钢的对接焊接接头超声波探伤。

2 引用标准

GB 11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级

ZB J04 001 A 型脉冲反射式超声探伤系统工作性能测试方法

ZBY 230 A 型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件

ZBY 231 超声探伤用探头性能测试方法

ZBY 232 超声探伤用 1 号标准试块技术条件

3 探伤人员

3.1 探伤人员必须取得无损检测资格考核委员会颁发的资格证书。探伤报告必须由Ⅱ级或Ⅱ级以上的超声波探伤人员签发。

3.2 探伤人员应按本标准要求进行探伤，如果采用标准以外的方法探伤时，则事先应得到有关部门批准，并在报告中注明。

3.3 超声波探伤必须遵守现场安全规程和其他有关规定。

3.4 当探伤条件不符合本标准的工艺要求或不具备安全作业条件时，探伤人员有权停止检验，待条件改善符合要求后再行探伤。

4 探伤仪和探头

4.1 探伤仪的性能指标和测试方法应符合 ZBY 230 及 ZB J04 001 规定的相应条款，其工作频率范围为 1~5 MHz。

4.2 仪器和斜探头的组合灵敏度：在所探焊件最大声程处，有效探伤灵敏度余量不小于 6 dB。

4.3 组合分辨力：应能将附录 A(补充件)的标准试块上 $\phi 50$ mm 与 $\phi 44$ mm 两孔的反射信号分开，当两孔反射波幅相同时，其波峰与波谷的差值不小于 6 dB。

4.4 探头

4.4.1 探头性能必须按 ZBY 231 进行测定。

4.4.2 对斜探头声束水平偏离角的要求:将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。

4.4.3 斜探头主声束在垂直方向不应有明显的双峰或多峰。

4.4.4 探头的中心频率偏差不超过 ± 0.5 MHz。

5 试块

5.1 标准试块的形状和尺寸见附录 A,试块制造的技术要求应符合 ZBY 232 的规定。该试块主要用于探伤仪、探头及系统性能的测定。

5.2 对比试块的形状和尺寸见附录 B(补充件)。

5.2.1 对比试块采用与被探管材相同或声学性能相近的钢材制作。试块的探测面及侧面用直探头以 2.5 MHz 以上频率探伤时,不得出现大于距探测面 20 mm 处的 $\phi 2$ mm 平底孔反射回波幅度 1/4 高度的缺陷回波。

5.2.2 锯齿槽对比试块的形状和尺寸见附录 C(补充件),该试块用被探管材制作,用作焊接接头根部缺陷的对比测定。

5.2.3 当探伤面曲率半径 $R \leq W^2/4$ 时(W 为探头宽度),应采用与探伤面曲率相同的对比试块。反射体的布置可参照对比试块确定,试块宽度应满足(1)式要求。

$$b > 2\lambda \frac{S}{D_e} \quad (1)$$

式中: b ——试块宽度 (mm);

λ ——波长 (mm);

S ——声程 (mm);

D_e ——声源有效直径 (mm)。

5.3 现场探伤时为校核灵敏度和扫描线性,可以采用附录 D(补充件)所示的携带式试块。

在满足灵敏度要求的条件下,可以采用其他型式的试块,但事先应得到有关部门批准并在报告中注明。

6 工艺要求及探伤准备

6.1 探伤前应了解焊件名称、材质、规格、焊接工艺、热处理情况、坡口型式(内坡口单侧长度不小于 $0.6T$, T 为管壁厚度)以及焊接接头中心位置的标定。

6.2 被探管道焊接接头应满足:

6.2.1 焊接接头表面质量及外形尺寸需经检查合格。

6.2.2 焊接接头两侧应清除飞溅、锈蚀、氧化物及油垢,表面应打磨平滑,打磨宽度至少为探头移动范围,见图 1 及图 2。

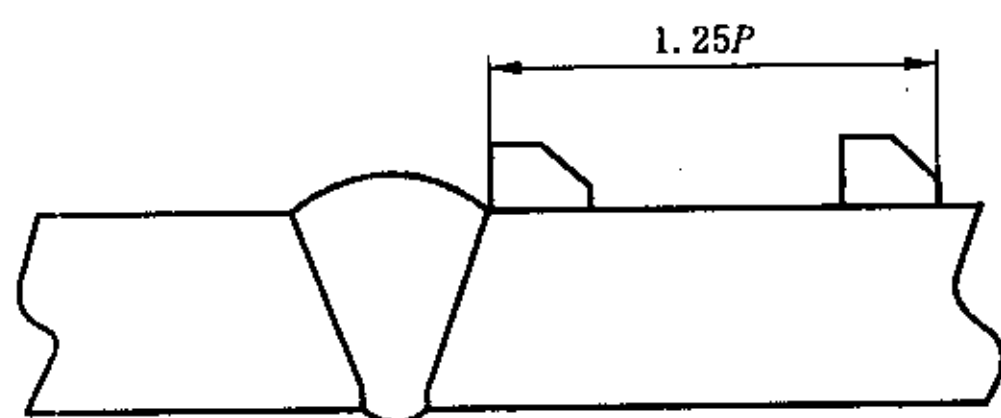


图 1 一般管道焊接接头探伤时探头移动区

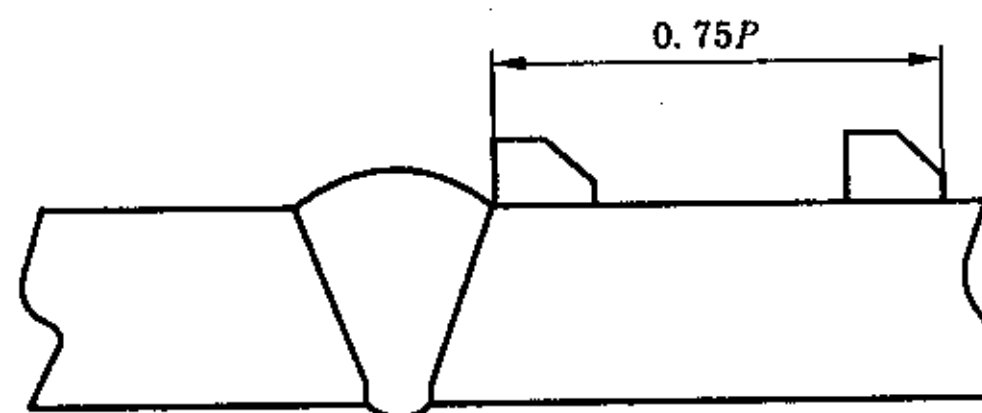


图 2 厚壁管道焊接接头探伤时探头移动区

6.3 焊接接头两侧的母材,探伤前应测量管壁厚度,至少每隔 90° 测量一点。

6.4 耦合剂应具有良好的润湿能力和透声性能,且无毒、无腐蚀性、易清除。常用的耦合剂为机油、甘

油和浆糊。

6.5 探头的工作面与管道外表面应紧密接触,必要时应进行修磨。修磨后的探头应重新测量入射点及折射角。

6.6 焊后需热处理的焊接接头,应在热处理后探伤。

7 探伤

7.1 斜探头折射角的选择以直射波声束中心线至少能扫查焊接接头厚度的 2/5 为原则,参考表 1。探测根部缺陷时,不宜使用折射角为 60°左右的探头。

表 1 斜探头折射角的选择

| 管壁厚度 (mm) | 探头折射角 (°) |
|-----------|-----------------------------|
| 15~46 | 70 或 60 |
| >46~100 | 60 或 45; 45 和 60、45 和 70 并用 |
| >100~120 | 60 和 45 并用 |

7.2 探头频率一般采用 2.5 MHz,当管壁厚度较薄时易采用 5 MHz 探头。

7.3 探伤位置及探头移动范围

7.3.1 一般要求从焊接接头两侧探伤。因条件限制只能从焊接接头一侧探伤时,应采用两种以上经批准的不同折射角的探头探伤,并在报告中注明。

7.3.2 采用直射波及一次反射法探伤,探头移动区应大于 $1.25P$,见图 1。

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

式中: P ——跨距 (mm);

T ——管壁厚度 (mm);

β ——折射角 (°)。

7.3.3 当管壁较厚(壁厚>50 mm)时,采用直射法探伤,但还需增加一个折射角度大的探头探伤,参见表 1。探头移动区应大于 $0.75P$,见图 2。

7.4 如需检测横向缺陷,一般应在去除余高的焊接接头上探伤。

7.5 母材的检查

7.5.1 斜探头扫查声束通过的母材区域应用直探头检查,以便确定是否有影响斜角探伤结果解释的分层性或其他类型的缺陷存在。该项检查仅作记录,不属于对母材的验收检验。检查的要点如下:

7.5.1.1 方法:接触式脉冲反射法,采用频率为 2~5 MHz 的直探头,晶片直径 10~25 mm。

7.5.1.2 灵敏度:将无缺陷处两次底波调节到荧光屏满刻度。

7.5.1.3 记录:凡缺陷信号超过荧光屏满刻度 20%幅度的部位,应在工作表面作出标记,并记录。

7.5.1.4 探测管壁较薄的管材,或探测近表面缺陷时,若单晶探头达不到所要求的近表面分辨力,可选用双晶探头。

7.6 扫查方式

7.6.1 一般采用探头沿焊接接头作矩形的基本扫查方式。扫查时,探头每次移动的距离 d 不得超过探头晶片的直径。在保持探头移动方向与焊缝中心线垂直的同时,根据管径曲率大小,还要作小角度的摆动,见图 3。

7.6.2 为了确定缺陷的位置、方向、形状、观察缺陷动态波形或区分缺陷信号与伪信号,可采用前后、左右、转角等扫查方式,见图 4。

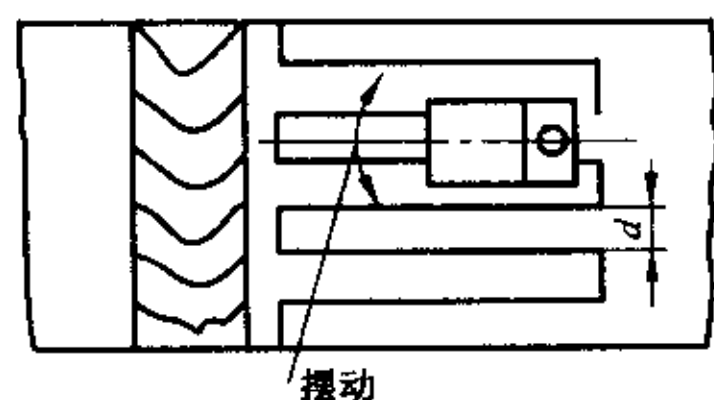


图 3 探头的基本扫查方式

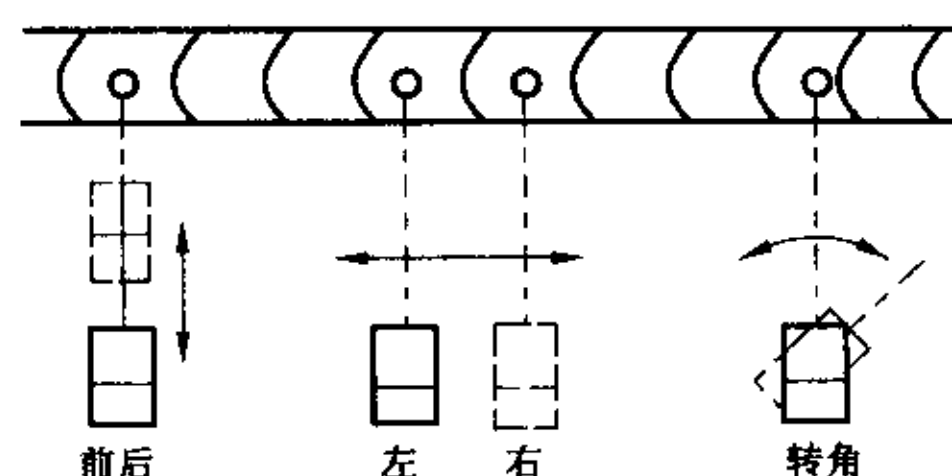


图 4 其他扫查方式

7.7 距离-波幅曲线的绘制

7.7.1 距离-波幅曲线以所用探伤仪和探头在对比试块上实测的数据绘制[见附录 E(补充件)]，也可根据实测数据在智能型探伤仪上自绘。该曲线由 RL(判废线)、SL(定量线)和 EL(评定线)组成。EL 与 SL 之间称 I 区，SL 与 RL 之间称 II 区，RL 以上称 III 区，如图 5 所示。

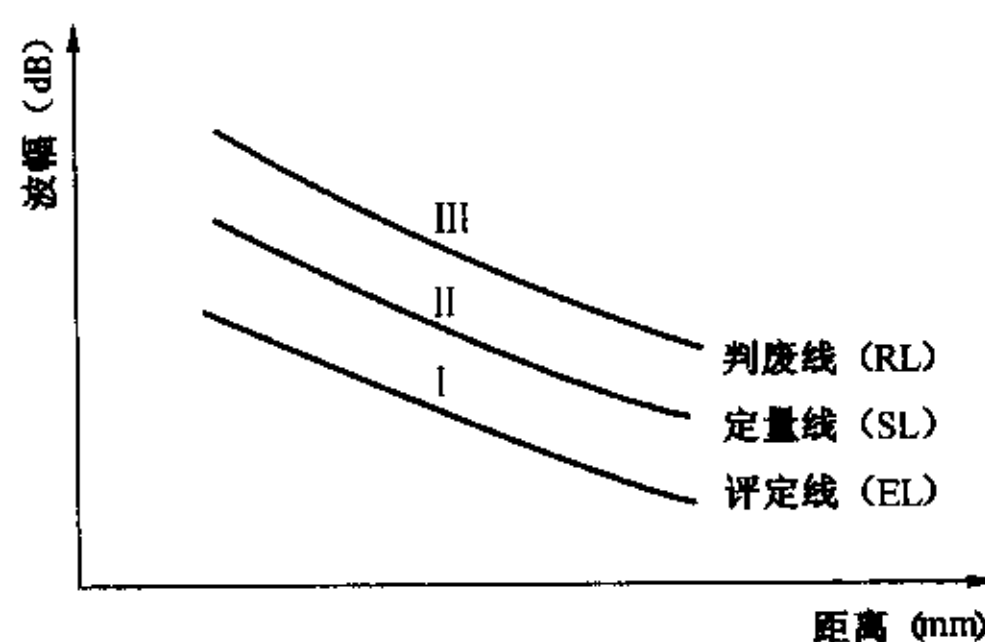


图 5 距离-波幅曲线示意图

7.7.2 不同管壁厚度的距离-波幅曲线灵敏度按表 2 规定。

表 2 距离-波幅曲线的灵敏度

| 管壁厚度 (mm) | 评定线(EL) | 定量线(SL) | 判废线(RL) |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| >15~46 | $\phi 3 \times 40 - 20 \text{ dB}$ | $\phi 3 \times 40 - 14 \text{ dB}$ | $\phi 3 \times 40 - 6 \text{ dB}$ |
| >46~120 | $\phi 3 \times 40 - 16 \text{ dB}$ | $\phi 3 \times 40 - 10 \text{ dB}$ | $\phi 3 \times 40$ |

7.7.3 距离-波幅曲线的校验以所用探伤仪和探头在对比试块上进行，校验应不少于两点。

7.8 扫描速度的调节

7.8.1 扫描速度的调节可在标准试块或对比试块上进行。

7.8.2 扫描速度比例依据工件厚度和选用探头角度来确定。

7.9 探伤时由于管件表面耦合损失、材料衰减以及内外曲率的影响，应对探伤灵敏度进行综合补偿，综合补偿量必须计入距离-波幅曲线。补偿的测量方法参考附录 F(补充件)。

7.10 探伤灵敏度不得低于 EL 线，探伤过程中应注意对探伤灵敏度进行校对。

7.11 探伤速度应小于 150 mm/s。

7.12 缺陷性质推断：焊接接头缺陷的性质，可根据缺陷反射信号的特征、部位、采用动态包络线波形分

析法,改变探头角度或扫查方式,并结合焊接工艺等进行综合分析。

7.13 缺陷的定量

7.13.1 出现在 SL 线和 SL 线至 RL 线之间的缺陷反射信号,应进行波幅和缺陷指示长度的测定。

7.13.2 缺陷波幅的测定:将探头移至缺陷出现最大反射信号的位置,根据波幅确定它在距离-波幅曲线图中的区域。

7.13.3 缺陷指示长度的测定

7.13.3.1 当缺陷反射信号只有一个高点且缺陷处声束宽度小于缺陷长度时,用降低 6 dB 相对灵敏度法测量缺陷的指示长度,见图 6。

7.13.3.2 在探头移动过程中,当缺陷反射信号起伏变化有多个高点,缺陷端部反射波幅位于 SL 线或 II 区时,用端点峰值法测量缺陷的指示长度(即探头移动过程中,以缺陷两端反射信号最大值之间的距离确定为缺陷指示长度),见图 7。

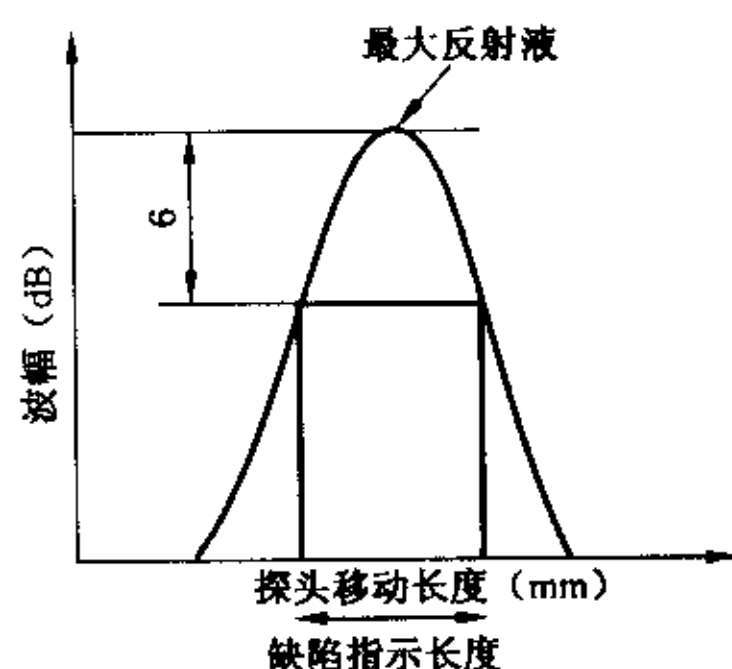


图 6 相对灵敏度测长法

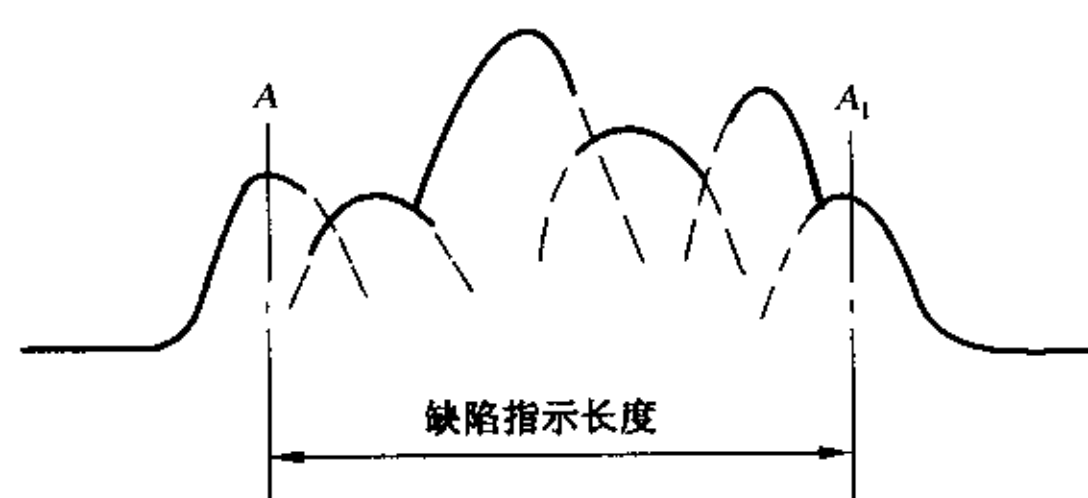


图 7 端点峰值测长法

7.14 缺陷的定位

7.14.1 探伤时发现缺陷反射波信号时,应精确测量该处的管壁厚度。

7.14.2 缺陷位置以荧光屏上显示的缺陷最大反射信号的位置表示。根据探头的相应位置和反射信号在荧光屏上的位置,来确定缺陷沿焊接接头方向的位置。

7.14.3 缺陷的深度和水平距离两数值中的一个可由缺陷最大反射信号在荧光屏上的位置直接读出,另一数值可用计算法、曲线法、作图法或缺陷定位尺求出。

7.14.4 初探发现不允许存在的缺陷时,必须校核探头的折射角,探伤灵敏度,重新调整探伤仪后进行评定探伤。

7.15 缺陷评定

7.15.1 最大反射信号位于 II 区的缺陷,其指示长度小于 10 mm 时,按 5 mm 计。

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

7.15.3 根部未焊透的对比测定:探伤时当发现根部缺陷,经综合分析确认为未焊透时,改用折射角为 $45^\circ \sim 50^\circ$ 、频率为 5 MHz 的斜探头,以附录 C 锯齿槽对比试块上深 1.5 mm 通槽的反射波幅调至荧光屏满刻度的 50% 作为对比灵敏度进行对比测定。

8 检验结果的分级

8.1 管道焊接接头质量以每个焊接接头为评定单位,其质量分为三级。

8.2 非裂纹类等缺陷反射波幅达到 EL 线或 I 区时,评为 I 级。

8.3 焊接接头中存在下列情况之一的缺陷时,该焊接接头评为 III 级。

8.3.1 当缺陷反射波幅位于 RL 线或 III 区时。

8.3.2 当缺陷反射波幅位于 SL 线或 II 区时,且缺陷的指示长度(经修正后的圆周方向的弧长)超过表 3 中 II 级的规定时。

表 3 允许存在的缺陷指示长度

| 质量等级 | I 级 | II 级 |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------|
| 缺陷指示长度 L (mm) | $L = T/3$,但最小可为 10,最大不超过 30 | $L = 2T/3$,但最小可为 12,最大不超过 50 |

注:管壁厚度不等的焊接接头, T 取薄壁管厚度。

8.3.3 当缺陷累计指示长度经修正后超过表 4 中 II 级规定时。

表 4 允许存在缺陷的累计指示长度

| 质量等级 | I 级 | II 级 |
|-------------|-------------------------------|------------------------------|
| 修正后缺陷累计指示长度 | 在 $10T$ 范围内,累计指示长度之和 $\leq T$ | 在 $5T$ 范围内,累计指示长度之和 $\leq T$ |

8.3.4 当密集缺陷的反射信号中,有一个波幅达到 SL 线以上时。

8.3.5 当非氩弧焊打底的焊接接头根部未焊透缺陷深度或长度超过表 5 中 II 级的规定时。

表 5 根部未焊透缺陷的允许范围

| 质量等级 | 对比灵敏度 | 缺陷在根部的长度 l |
|------|------------------------|------------------|
| I 级 | 1.5×20 | \leq 焊缝周长的 10% |
| II 级 | $1.5 \times 20 + 4$ dB | \leq 焊缝周长的 15% |

注:① 当缺陷反射波幅 \geq 用锯齿槽试块调节的对比灵敏度反射波幅时,应以缺陷反射波幅评定。

② 当缺陷反射波幅 $<$ 用锯齿槽试块调节的对比灵敏度反射波幅时,用端点 14 dB 法测量缺陷指示长度 L ,并按下式换算成未焊透在根部的长度 l : $l = L(D - 2T)/D$ (D 为管道外径)。

③ 氩弧焊打底的焊接接头,不允许存在未焊透缺陷。

④ 表中焊缝周长以内径计算。

8.4 探伤中如检验人员能判定缺陷性质为裂纹、未熔合等危险性缺陷时,不受 8.3 条限制,该焊接接头应评为 III 级。

8.5 不合格的焊缝应返修,返修部位及返修时受影响的部位均应复探。复探按原探伤条件进行,质量评定按 8.3、8.4 条规定。

9 技术档案

9.1 技术档案应包括标有焊接接头编号的管道系统图、坡口型式、探伤报告及探伤记录等技术资料,探伤报告及探伤记录表格可参考附录 G (参考件)。

9.2 制作、安装(或检修)结束后,应将探伤报告及探伤记录整理成册,并归档统一保管。

附录 A

(补充件)

标准试块

A1 试块形状和尺寸见图 A1。

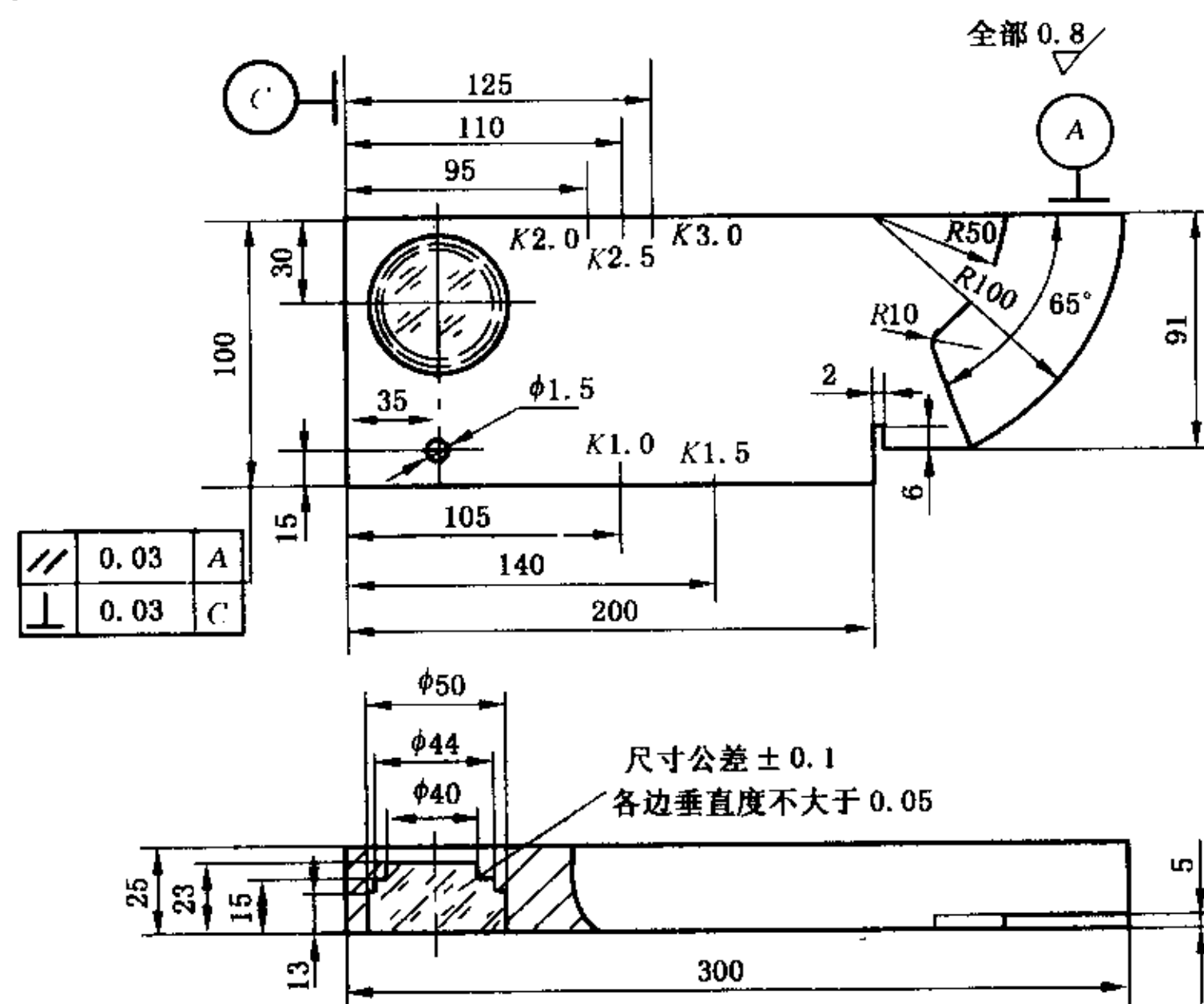


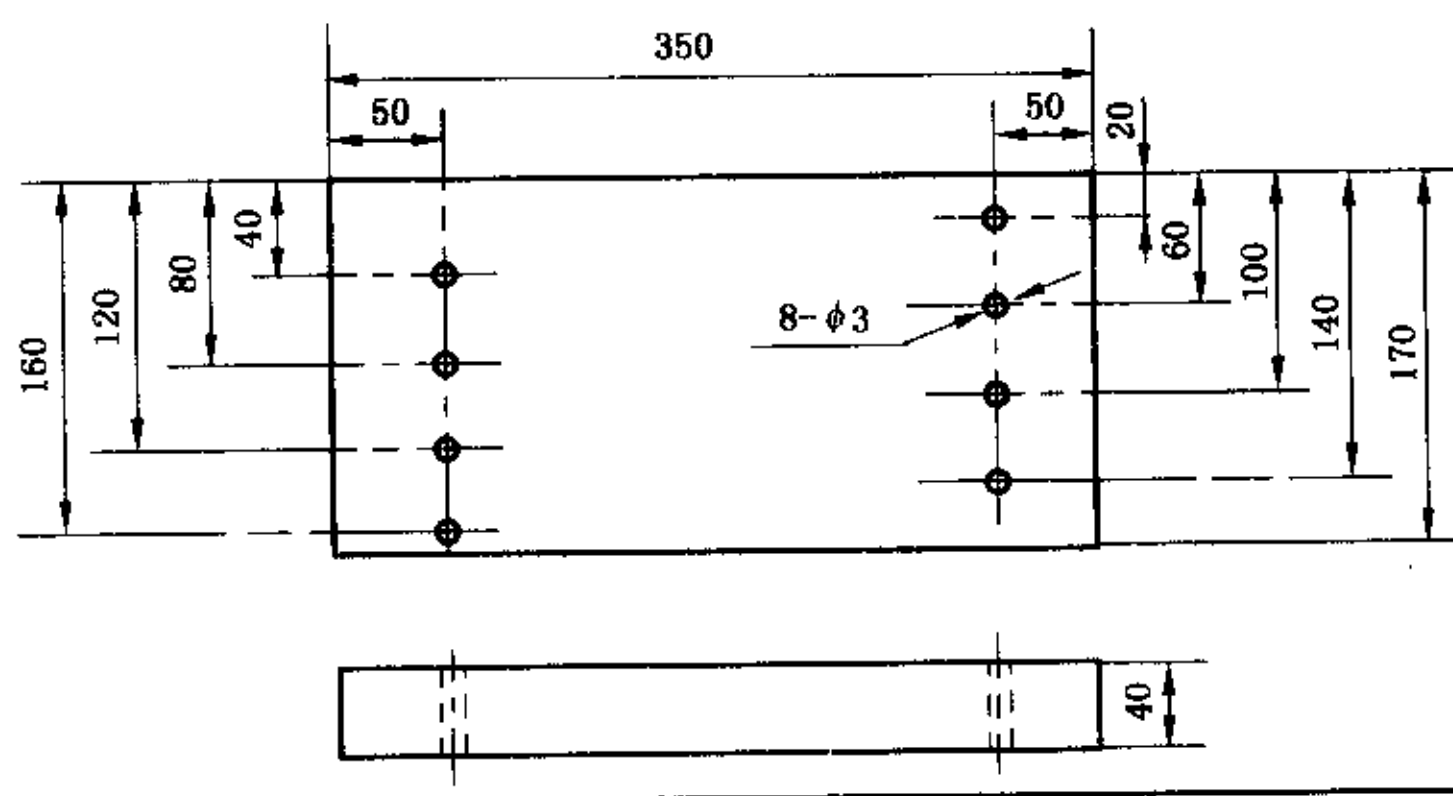
图 A1 CSK-1B 试块

附录 B

(补充件)

对比试块

B1 试块形状和尺寸见图 B1。



- 注：① 尺寸公差±0.1；
 ② 各边垂直度不大于0.1；
 ③ 表面粗糙度不大于6.3 μm；
 ④ 标准孔与加工面的平行度不大于0.05。

图 B1 RB-3 对比试块

附 录 C
(补 充 件)
焊接接头根部缺陷对比试块

C1 根部缺陷对比试块形状和尺寸见图 C1。

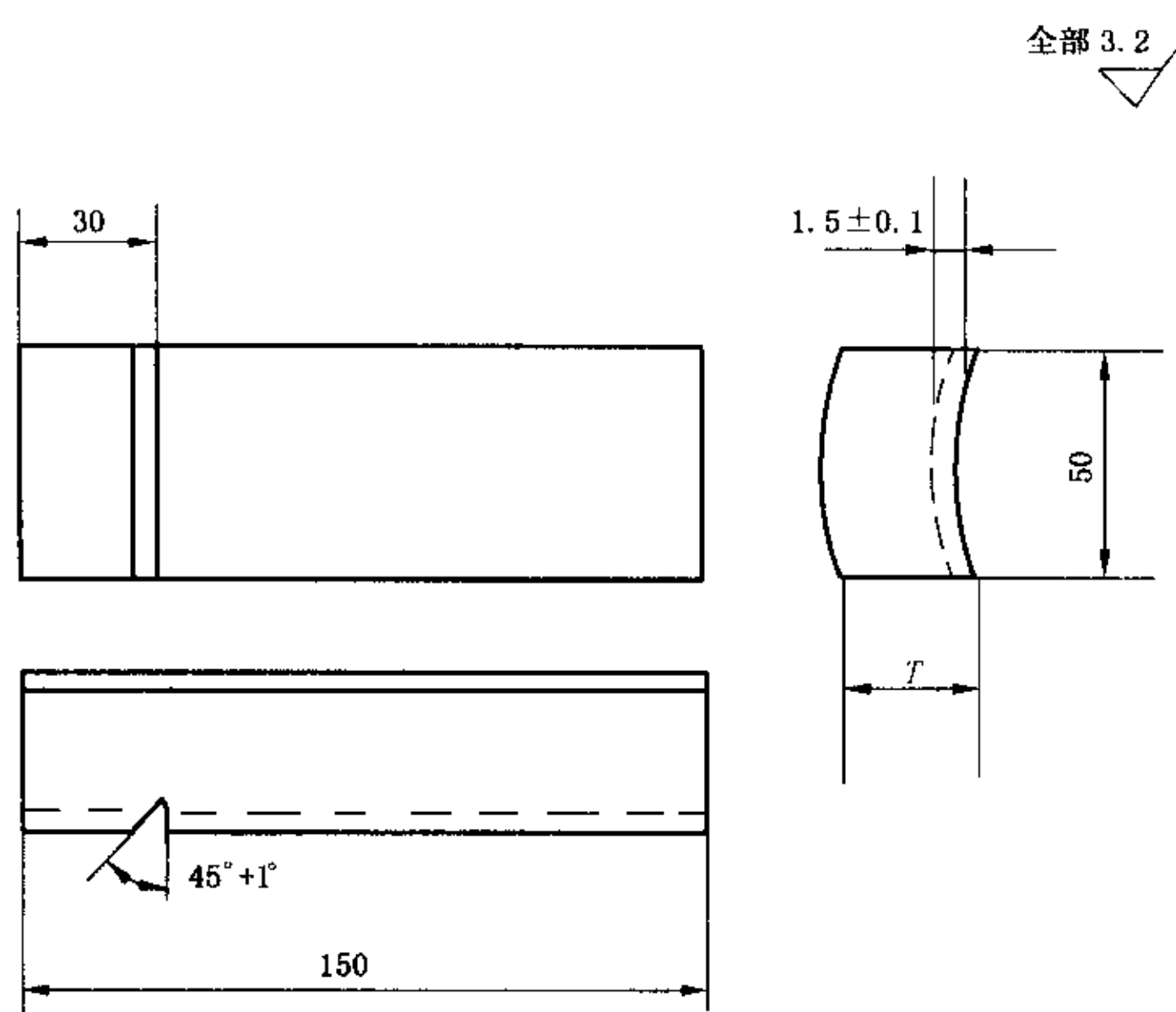


图 C1 GD - I 对比试块

附录 D

(补充件)

携带式试块

D1 现场使用的携带式试块可根据需要选择,如图 D1 和图 D2 选用 GD-Ⅱ型试块和 IIW2 试块。

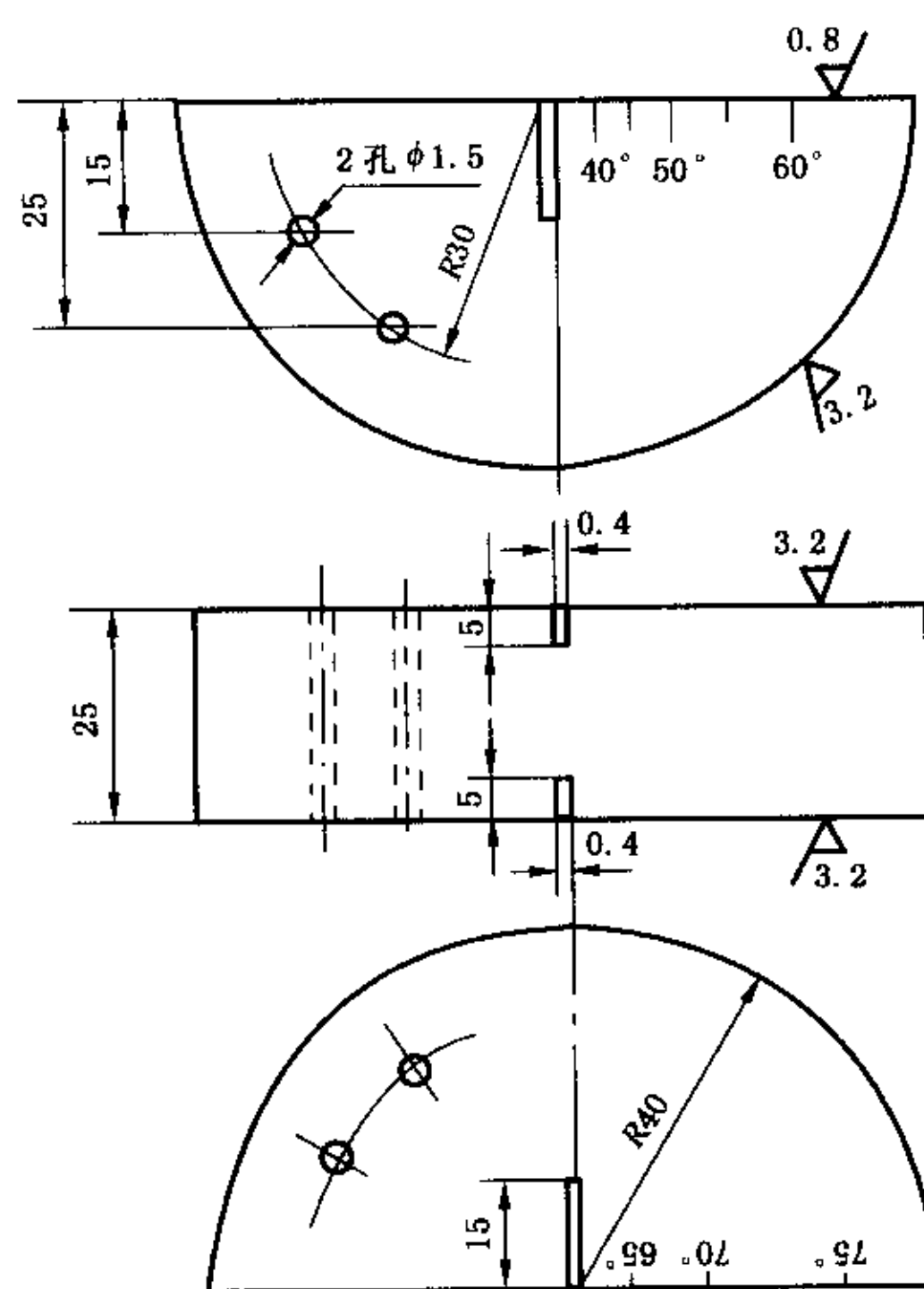


图 D1 GD-Ⅱ型试块

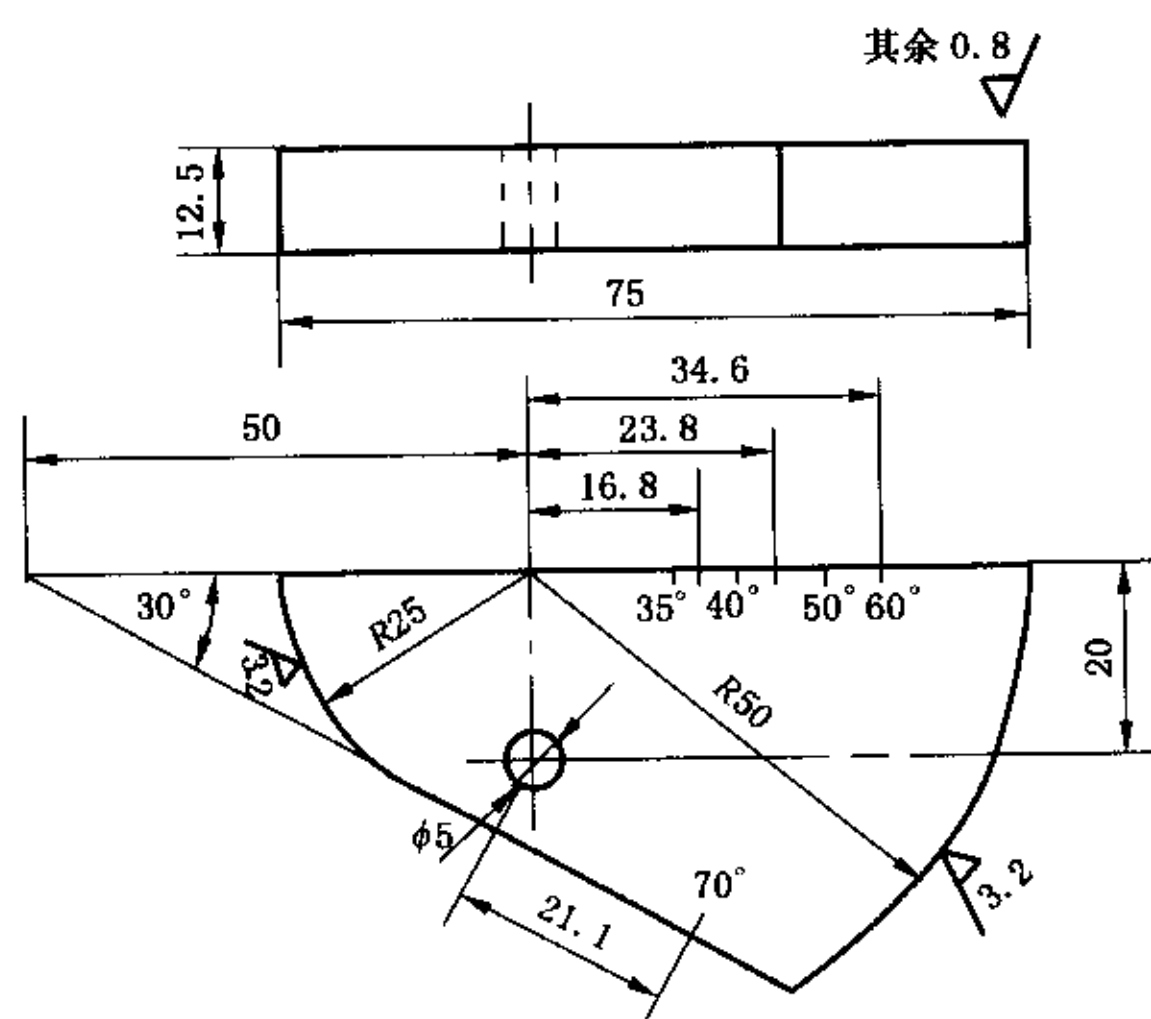


图 D2 IIW2 型试块

附录 E

(补充件)

距离-波幅曲线的制作

E1 试块

E1.1 采用附录 B 的对比试块

E1.2 当 $R \leq W^2/4$ 时,采用探伤面曲率与管子探伤面曲率相同或相近的对比试块。

E2 绘制步骤

距离-波幅曲线可绘制在坐标纸上,也可以绘制在仪器面板上。如绘制在坐标纸上,则:

E2.1 将测试范围调整到探伤使用的最大探测范围,并按深度(水平或声程法)调时基线扫描比例。

E2.2 根据工件厚度和曲率选择合适的对比试块,选取试块上孔深与探伤深度相同或相近的横孔为第一基准孔,将探头置于试块探伤面声束指向该孔,调节探头位置找到横孔最高反射波。

E2.3 调节增益或衰减器使该反射波幅为荧光屏刻度上某一高度(为满刻度的 60%),该波幅即为“基准波高”。

E2.4 调节衰减器,依次测量其他横孔,并找出最大反射波高,分别记录各反射波的幅值。

E2.5 以波幅为纵坐标,探测距离为横坐标,将 E2.3、E2.4 记录数据描绘在坐标纸上。

E2.6 将各点连接成曲线,并延长到整个探测范围,最近探测点到 0 点画水平线,该曲线即为 $\phi 3$ 横孔距离-波幅曲线的基准线。

E2.7 依据正文规定的灵敏度,在基准线下分别绘出 RL、SL 及 EL,并标记波幅的分区。

E2.8 为便于现场探伤校验灵敏度,在测量上述数据的同时,可对现场使用的携带式试块上某一参考反射体进行测量,记录其反射波位置和反射波幅并标记在距离-波幅曲线图上。

附录 F

(补充件)

补偿量测量试块

F1 试块

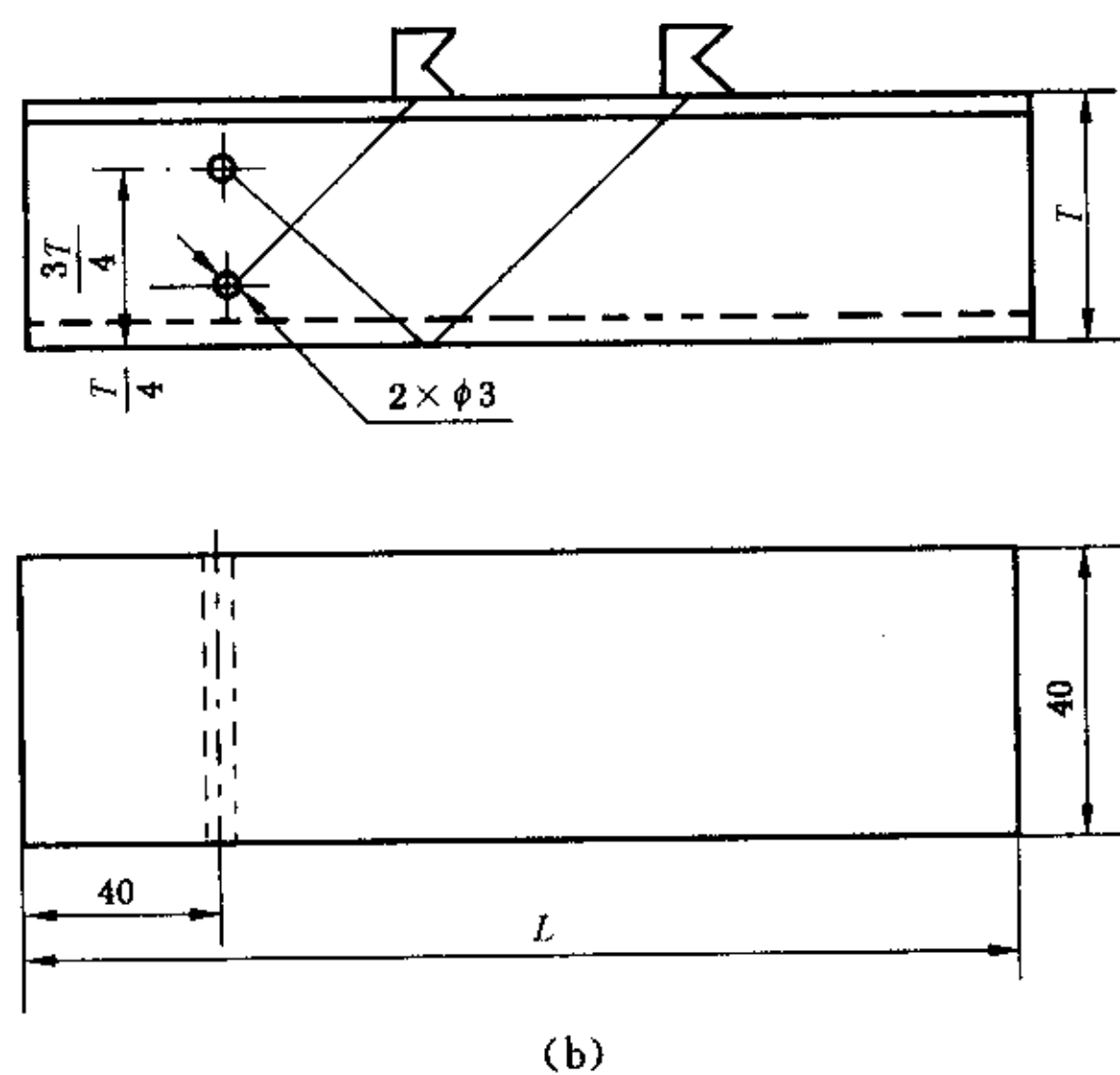
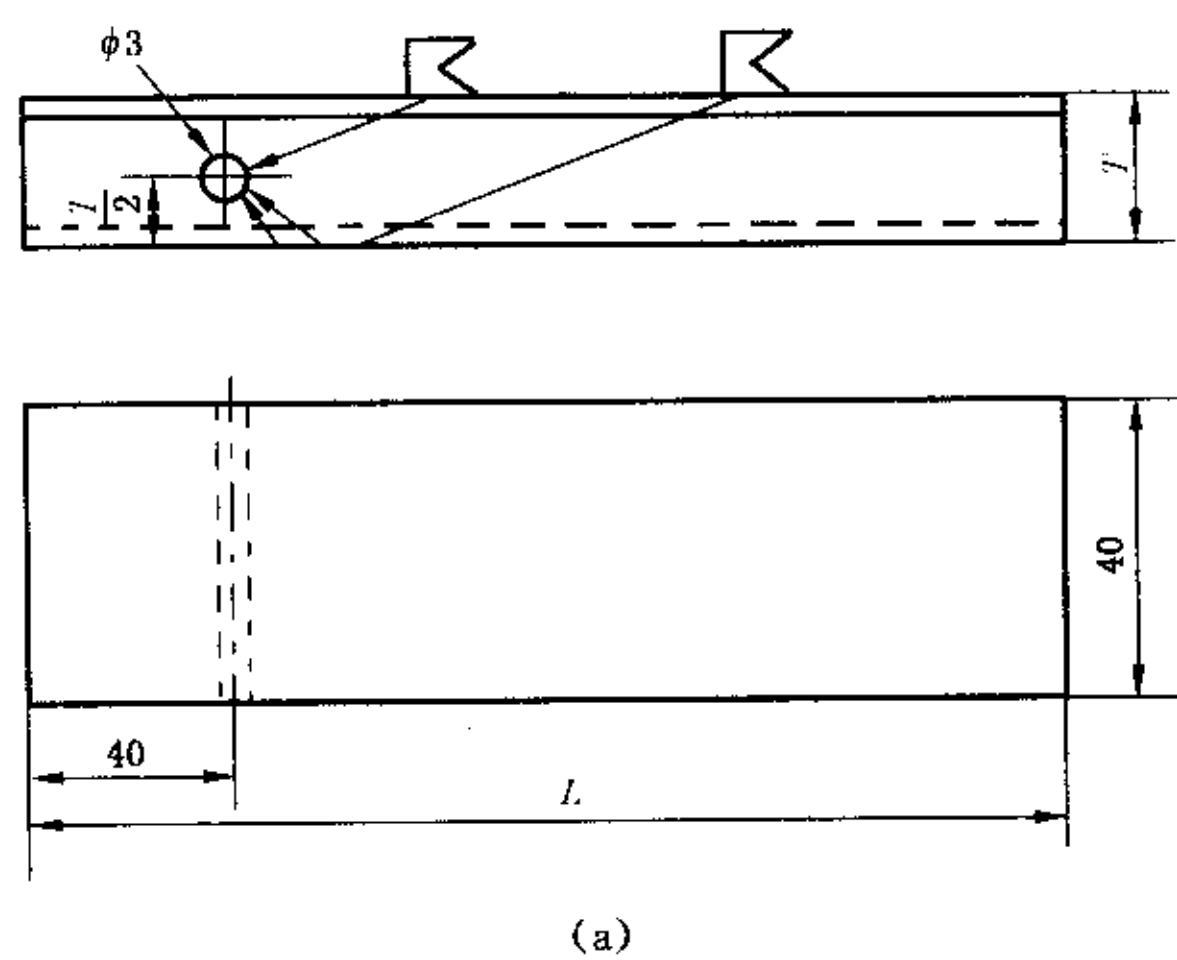
F1.1 制作与被探管道的材质、规格及表面粗糙度相同的试块,见图 F1。

F1.2 在试块上钻 $\phi 3$ mm 横孔,当管壁厚度 ≤ 25 mm 时,钻一个孔,距内壁 $T/2$,见图 F1(a);当管壁厚度 > 25 mm 时,钻两个孔,距内壁分别为 $T/4$ 和 $3T/4$,见图 F1(b)。

F2 测量方法

F2.1 以所用的仪器和探头在对比试块上作出距离-波幅曲线。

F2.2 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 $\phi 3$ mm 横孔,直射波探下孔,一次反射波探上孔,图 F1(b)。



- 注：① 尺寸公差 ± 0.1 ；
 ② 各边垂直度不大于 0.1；
 ③ 表面粗糙度不大于 $6.3 \mu\text{m}$ ；
 ④ 标准孔与加工面的平行度不大于 0.05。

图 F1

如试块只有一个孔时，均探同一横孔，图 F1(a)；将波幅调至规定的高度，然后读取衰减器的分贝数 N 。

F2.3 在距离-波幅曲线上查出同距离的分贝数 N' ，则综合补偿量 ΔN 由公式(F1)决定。

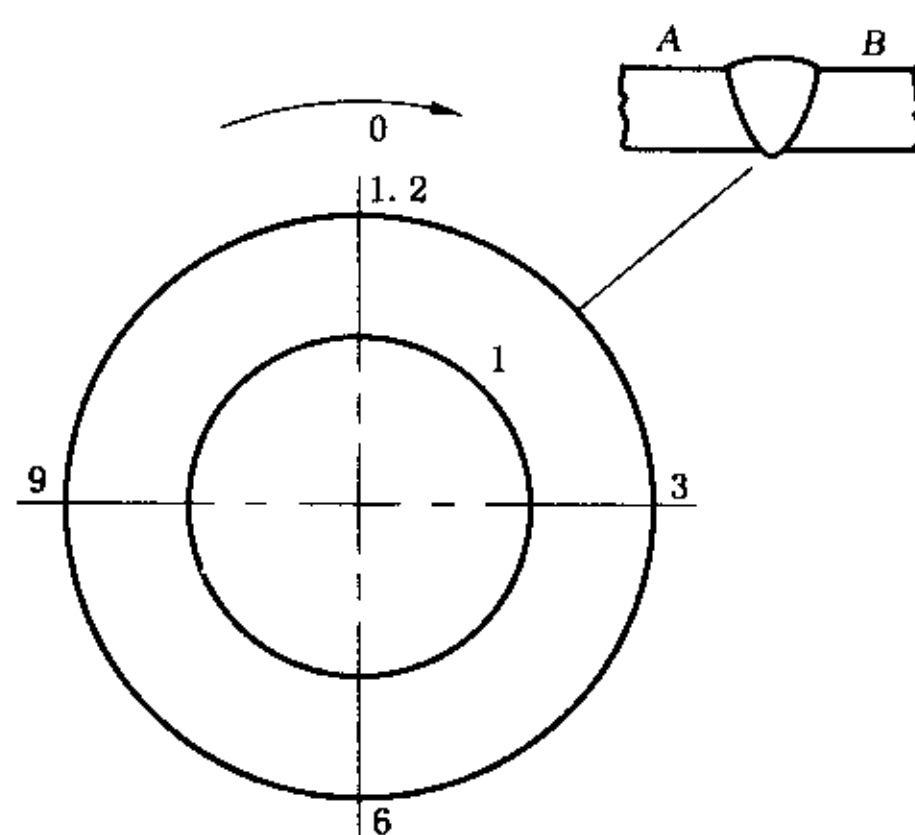
$$\Delta N = N - N' (\text{dB}) \quad (\text{F1})$$

表 G2 管道对接接头超声波探伤记录

焊缝编号：

mm

| 缺陷编号 | 缺陷位置 (点) | 探测位置 | 实测厚度 | 探头焊缝 距离 | 缺陷深度 | 缺陷指示 长度 | 记录指示 长度 | 缺陷波幅 $\phi 3 \times 40 \pm \text{dB}$ | 缺陷性质 推断 | 备注 |
|------|-------------|------|------|------------|------|------------|------------|--|------------|----|
| 1 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 2 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 3 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 4 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 5 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 6 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 7 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 8 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 9 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| 10 | | A | | | | | | | | |
| | | B | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |



- 注：① 缺陷位置表示方法：依介质流向，划分时钟钟点，吊焊焊缝以平焊位置为 0 点，横焊焊缝以朝东方向为 0 点。
若缺陷在某两钟点之间，则以相应的两钟点表示，如 1~2，表示缺陷在 1 点与 2 点之间。
- ② 缺陷编号方法：按顺时针方向依次编号，并标注在管道断面图上。
- ③ 探测位置表示方法：依介质流向，焊缝前为 A 侧，焊缝后为 B 侧。
- ④ 对超标缺陷或需要标注深度位置的缺陷，应在管道断面图四周的相应象限增画焊缝剖面图，并标注缺陷位置。

图 G1 缺陷位置示意图