



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 542 — 2014
代替 DL/T 542 — 1994

钢熔化焊 T 形接头超声波 检测方法和质量评定

Methods of ultrasonic testing and assessment of measuring results
for T-Joints fillet fusion welded in steel

2014-03-18 发布

2014-08-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件	1
3 检测人员	1
4 检测系统	1
5 试块.....	2
6 检测等级和扫查部位	3
7 检测准备	4
8 检测.....	5
9 缺陷评定	7
10 检测记录与报告	7
附录 A（规范性附录） 双晶片直探头的性能要求及性能测试方法.....	8
附录 B（规范性附录） 双晶片直探头的结构形式	9

前 言

本标准代替 DL/T 542—1994《钢熔化焊 T 形接头超声波检测方法和质量分级》。本次修订参考了 GB/T 2970—2004《厚钢板超声波检验方法》和 GB/T 11345—1989《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》。本标准与 DL/T 542—1994 相比主要变化如下：

- 标准名称变更为《钢熔化焊 T 形接头超声波检测方法和质量评定》；
- 修改了标准适用的范围；
- 明确了探头选择的规定；
- 明确了检测系统复核的时机，明确规定了在何种情况下应对系统进行复核的内容；
- 修改了对比试块的形式；
- 明确了检测灵敏度的规定，对单晶直探头、双晶直探头及斜探头的灵敏度做了相关要求；
- 修改了检测结果的质量分级，按照 GB/T 11345 执行；
- 删除了原附录 A、B、C，增加了附录 A 双晶片直探头的性能要求及性能测试方法和附录 B 双晶片直探头的结构形式。

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规定编写。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：华电郑州机械设计研究院有限公司、中国电力科学研究院。

本标准参加起草单位：黑龙江省电力科学研究院、云南电力试验研究院（集团）有限公司、山西电力科学研究院、中国长江三峡集团公司。

本标准主要起草人：刘雪芳、包乐庆、池永斌、吴章勤、董勇军、冷跃春、李涛。

本标准首次发布时间为 1994 年，本次为第一次修订。

本标准自实施之日起代替 DL/T 542—1994。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

钢熔化焊 T 形接头超声波检测方法和质量评定

1 范围

本标准规定了电力行业金属结构及设备焊接结构件使用 A 型脉冲反射法手工超声波检测钢熔化焊 T 形接头的检测方法和质量评定。

本标准适用于翼板厚度不小于 6mm、腹板厚度不小于 8mm 的非奥氏体钢熔化焊 T 形接头超声波检测，也适用于管板、十字接头和直径大于 500mm 管材 T 形接头角焊缝的超声波检测。

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 2970—2004 厚钢板超声波检验方法
- GB/T 11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级
- DL/T 675 电力工业无损检测人员资格考核规则
- JB/T 9214 无损检测 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 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件
- JB/T 10062 超声探伤用探头性能测试方法

3 检测人员

从事焊缝超声检测的人员，按 DL/T 675 的规定进行考核合格，并应取得与其工作相适应的技术资格证书。

4 检测系统

4.1 仪器

使用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪，其工作频率范围至少应为 0.5MHz~10MHz。探伤仪应配备增益控制器或衰减器，精度应为任意相邻 12dB 误差的±1dB。步进级每挡应不大于 1dB，总调节量应大于 100dB，水平线性误差应不大于 1%，垂直线性误差应不大于 5%。设备其余指标应符合 JB/T 10061 的规定。

4.2 探头

4.2.1 直探头检测时，直探头形式及参数见表 1。

表 1 直探头形式及参数

翼板厚度 mm	探头形式	晶片尺寸	频率 MHz	备注
$\delta_2 \leq 25$	双晶	15mm×5mm×2	5.0	聚焦深度与翼板厚度相当
$25 < \delta_2 \leq 60$	双晶	15mm×5mm×2	5.0	
	单晶	$\phi \leq 15\text{mm}$	2.0~5.0	
$\delta_2 > 60$	单晶	$\phi = 10\text{mm} \sim 25\text{mm}$	2.0~5.0	

4.2.2 斜探头检测时,应采用单晶片斜探头或双晶片斜探头。双晶片斜探头的聚焦区应在焊缝检测区域内,焦点直径应不大于 $\phi 5\text{mm}$ 。斜探头的频率应为 $2.0\text{MHz}\sim 5.0\text{MHz}$,折射角度及前沿尺寸应根据检测面母材厚度、T形接头坡口形式、坡口角度及预期检测的主要缺陷位置和种类进行选择。

4.2.3 单晶片探头性能应按 JB/T 10062 的规定测试,双晶片直探头的性能及测试方法应符合附录 A 的要求。双晶片直探头的结构形式见附录 B。

4.3 系统性能

4.3.1 在达到被检工件的最大检测声程时,系统有效灵敏度余量不应小于 10dB 。

4.3.2 仪器和单晶片直探头组合的始脉冲宽度在基准灵敏度时不应超过 10mm (相当于钢中声程)。

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

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

4.4 检测前仪器和探头系统测定

4.4.1 使用仪器—斜探头系统,检测前应测定前沿距离、 K 值和主声束偏离,调节扫描量程。

4.4.2 使用仪器—单晶片直探头系统,检测前应测定起始脉冲宽度、灵敏度余量和分辨力,调节扫描量程。

4.4.3 使用仪器—双晶片直探头系统,检测前应制作距离—波幅曲线、测定表面泄漏回波高度、灵敏度及有效波束宽度。

4.5 系统校验和复核

4.5.1 仪器的水平线性和垂直线性的校验周期应为3个月。

4.5.2 遇有下列情况之一应对系统进行复核:

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

5 试块

5.1 标准试块

应采用 GB/T 11345 规定的标准试块,用于仪器、探头和系统性能校准。

5.2 对比试块

5.2.1 对比试块应采用与被检测材料相同或声学性能相近的钢材制成,材质应均匀,采用直探头检测时不应有大于或等于 $\phi 1\text{mm}$ 平底孔当量的缺陷。

5.2.2 直探头对比试块的形状和尺寸应符合图1和表2的规定,用于在翼板处检测未焊透时调整和校验检测灵敏度。条件允许时可根据翼板的厚度制作专用的对比试块。

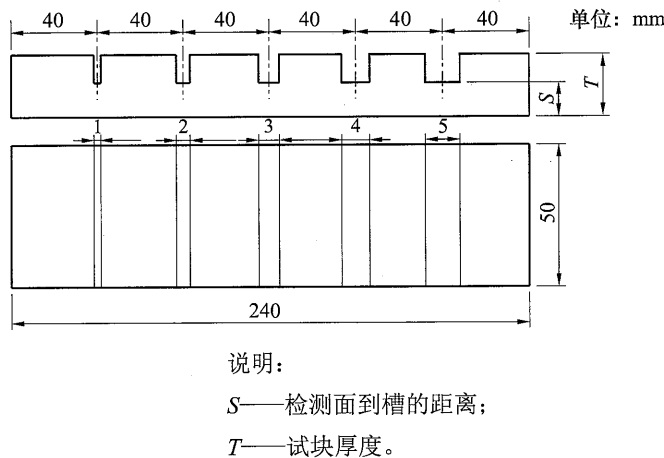


图1 WHT 直探头检测用对比试块的形状和外形尺寸

表 2 WHT 直探头检测用对比试块尺寸

单位: mm

试块编号	被检测焊缝翼板厚度 δ_2	检测面到槽的距离 S	试块厚度 T
WHT-1	$>8\sim16$	12	27
WHT-2	$>16\sim24$	20	35
WHT-3	$>24\sim34$	28	43
WHT-4	$>34\sim44$	36	51
WHT-5	$>44\sim56$	48	63
WHT-6	$>56\sim68$	60	75

5.2.3 斜探头应采用 GB/T 11345 规定的对比试块, 用于检测时绘制距离一波幅曲线, 调整和校验检测灵敏度。

5.3 参考试块

现场检测时, 为校验灵敏度和时基线, 也可采用其他形式的参考试块。

6 检测等级和扫查部位

6.1 检测等级

6.1.1 A 级检测适用于承受静载荷焊接钢结构件。

6.1.2 B 级检测适用于承受重复载荷和对焊缝强度要求较高的焊接钢结构件。

6.1.3 C 级检测适用于承受交变载荷、工况条件恶劣、因破坏能引起重大灾害事故的焊接钢结构件。

6.2 扫查部位

6.2.1 A 级检测应从翼板外侧用直探头和斜探头扫查焊缝及其热影响区, 扫查部位见图 2 a)。垂直于焊缝走向的探头移动区应符合式 (1)、式 (2) 的要求:

$$P_1 \geq 2K_2 + \delta_1 + 50 \quad (1)$$

$$P_2 \geq 2\delta_2 \tan \beta + 2K_2 + \delta_1 + 50 \quad (2)$$

式中:

P_1 ——直探头移动区, mm;

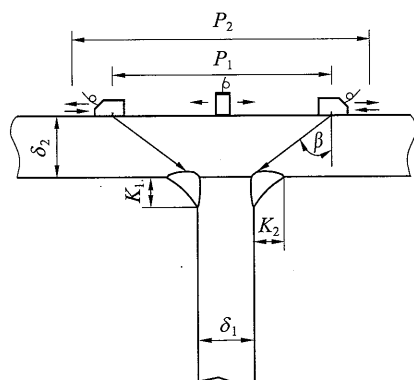
P_2 ——斜探头移动区, mm;

δ_1 ——腹板厚度, mm;

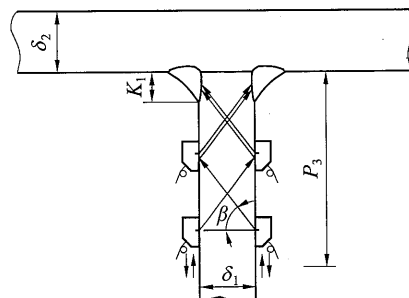
δ_2 ——翼板厚度, mm;

β ——斜探头折射角;

K_2 ——翼板上的焊脚, mm。



a) 在翼板外侧面上检测



b) 在腹板两侧面上检测

图 2 扫查部位示意图

6.2.2 B 级检测应符合本标准 6.2.1 的规定,但对焊接工艺不稳定、缺陷难以判定或者焊缝区易产生延迟裂纹的情况,还应从腹板两侧用斜探头进行辅助扫查,扫查部位见图 2b)。腹板表面垂直于焊缝走向的探头移动区应符合式 (3) 的要求:

$$P_3 \geq 2\delta_1 \tan \beta + K_1 + 50 \quad (3)$$

式中:

P_3 ——腹板上斜探头移动区, mm;

δ_1 ——腹板厚度, mm;

β ——斜探头折射角;

K_1 ——腹板上的焊脚, mm。

6.2.3 C 级检测应从翼板外侧用直探头和斜探头扫查焊缝及其热影响区,同时还应用斜探头从腹板两侧扫查焊缝,扫查部位见图 2。

6.2.4 需要从腹板两侧用斜探头进行扫查时,如果受条件限制,腹板上的检测只能从一侧表面上进行,或者只能用斜探头的一次波扫查时,应在检测记录和报告中注明。

7 检测准备

7.1 检测面

探头移动区域内,应消除焊接飞溅、铁屑、油垢等妨碍声耦合的外部杂质。检测面应平整光滑,其表面粗糙度 Ra 值应不大于 $6.3\mu\text{m}$,必要时应进行修磨。

7.2 缺陷定位坐标的设定

7.2.1 翼板外侧面上定位坐标的设定

检测前应在翼板检测面上画出相应腹板厚度的中心线,作为两侧焊缝缺陷定位用的 X 坐标轴线,在 X 坐标轴上设置一个易于查找的永久性标志,作为坐标原点。通过坐标原点作与 X 轴相垂直的直线,即 Y 坐标轴。

7.2.2 腹板面上的定位坐标的设定

缺陷在腹板面上定位时,可利用翼板外侧面上的定位坐标,也可另行设定。

7.3 灵敏度调节

7.3.1 单晶片直探头检测未焊透时,用检测面到平底槽的距离和翼板厚度相等或相近的 WHT 对比试块,根据产品技术要求选择平底槽的宽度,将此平底槽的反射波调到 80% 为检测灵敏度。也可在翼板母材上将第一次底波调整到满刻度的 80% 为基准波高 B_1 ,再根据产品技术要求按照表 3 设定检测灵敏度。

表 3 单晶直探头检测灵敏度设定

允许未焊透深度	1mm	2mm	3mm	4mm
检测灵敏度	$B_1+20\text{dB}$	$B_1+14\text{dB}$	$B_1+11\text{dB}$	$B_1+8\text{dB}$

7.3.2 双晶片直探头检测未焊透时,用检测面到平底槽的距离和翼板厚度相等或相近的 WHT 对比试块,根据产品技术要求选择平底槽的宽度,将此平底槽的反射波调到 80% 为检测灵敏度。也可在翼板母材上将第一次底波调整到满刻度的 80% 为基准波高 B_1 ,再根据产品技术要求按照表 4 设定检测灵敏度。

表 4 双晶直探头检测灵敏度设定

允许未焊透深度	1mm	2mm	3mm	4mm
检测灵敏度	$B_1+26\text{dB}$	$B_1+18\text{dB}$	$B_1+15\text{dB}$	$B_1+12\text{dB}$

7.3.3 斜探头检测时,按照 GB/T 11345 标准规定绘制距离—波幅曲线,扫查灵敏度应不低于评定线灵敏度。

7.3.4 如果焊缝母材与校验灵敏度所用试块之间存在有 2dB 以上的声能衰减与耦合差,则应对声能衰

减与传输损失给予补偿。

7.4 耦合剂

耦合剂应润湿检测表面并确保声波传播,如水、机油、甘油和浆糊等,为了改善超声耦合效果和保护被检工件,宜添加环保润湿剂和防腐剂等添加剂。在校准和检测中应使用同一种耦合剂。

8 检测

8.1 母材检测

8.1.1 焊缝检测前应在规定的扫查范围内用直探头对母材进行扫查,对母材中非危害性缺陷进行定位、定量,确定这些缺陷是否影响焊缝中缺陷的检出,如果有影响,应在检测记录和报告中注明。

8.1.2 测定材质对超声波的衰减情况,确定表面状态对声能传输的影响。

8.2 焊缝检测

熔透型焊缝缺陷的检测方法和缺陷评定按照 GB/T 11345 执行。产品技术条件规定 T 形接头根部熔合尺寸的检测根据检测等级选择检测面,检测面可选在翼板或腹板上。

8.2.1 直探头在翼板侧检测法

8.2.1.1 双面坡口 T 形接头

将探头放在翼板上对于腹板坡口钝边中心的位置上,根据反射波的位置和高度判断未焊透指示宽度。单晶直探头检测时,当未焊透反射波幅比基准波低 8dB 以上时,即未焊透指示宽度小于 4mm,用当量法评定。双晶直探头检测,当未焊透反射波幅比基准波低 12dB 以上时,即未焊透指示宽度小于 4mm,用当量法评定。当未焊透指示宽度大于等于 4mm 时,用测长法评定。测长法为找出未焊透的最高波,将波幅调至满屏的 80%,然后将探头分别向两侧移动,波幅降至 60% 的范围为未焊透指示宽度,见图 3a)。

8.2.1.2 单面坡口 T 形接头

对于单面坡口 T 形接头,根部不封底时,探头向腹板根部移动无边界,只能确定坡口侧未焊透位置的边界。找出未焊透的最高波,将波幅调至满屏的 80%,然后将探头向坡口侧移动,波幅降至 60% 的范围为未焊透指示宽度,见图 3b)。

8.2.1.3 I 形坡口 T 形接头

将探头放在翼板上对于腹板坡口钝边中心的位置上,用测长法评定未焊透宽度。测长法为找出未焊透的最高波,将波幅调至满屏的 80%,然后将探头分别向两侧移动,波幅降至 60% 做出标记,测量两标记点间距离 H 。I 形坡口角焊缝,腹板端部允许未熔区域占宽 H 小于等于腹板厚度 δ_1 ,但当 H 大于 δ_1 时,二者之差为根部未焊透,见图 3c)。

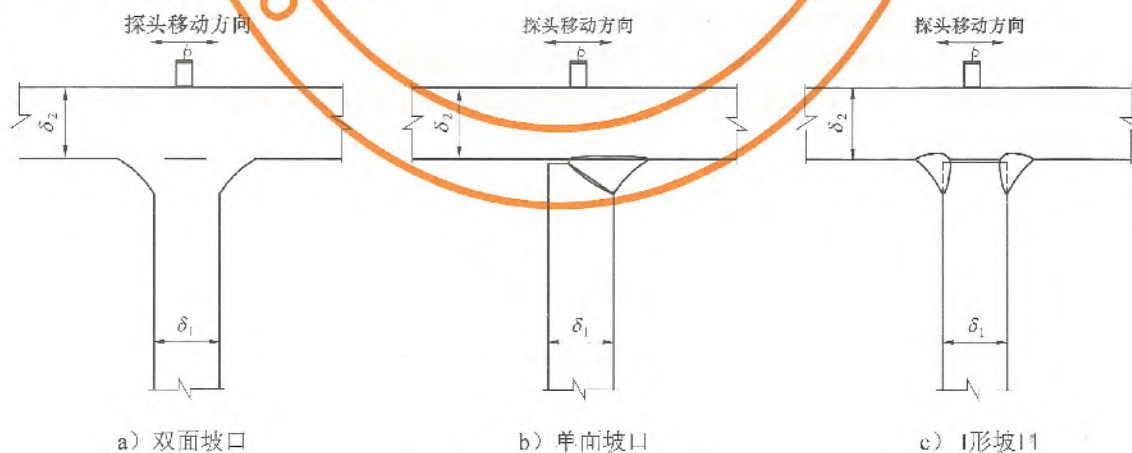


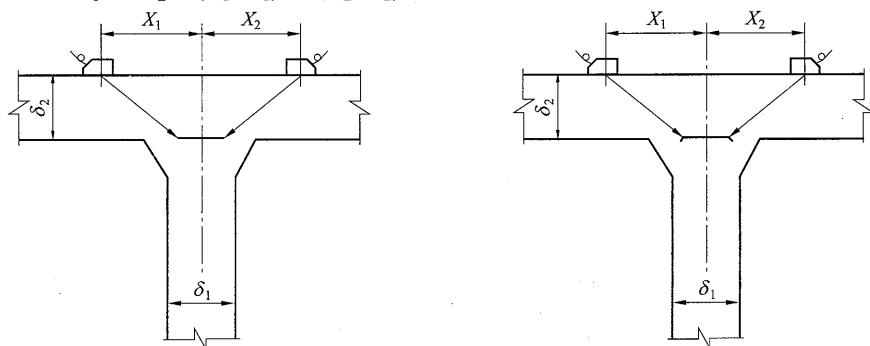
图 3 翼板侧直探头检测法

8.2.2 斜探头在翼板侧检测法

双面焊组合焊缝的坡口包括对称和不对称的双面坡口、单面坡口及 I 形坡口,斜探头在翼板上检测

应符合下列方法：

- a) 用划针在翼板上画一条对应于腹板厚度中心线的直线作为基准线。
- b) 将探头放在翼板上，在标记线两侧探头指向标记线并沿垂直标记线方向移动。
- c) 找出仪器读数深度为板厚时的最大反射波，做出标记。
- d) 再后移探头，应区别下列两种情况：
 - 1) 后移探头，若该反射波下降，表示上述探头标记处的反射波为翼板上未焊透端点反射波，见图 4a)，记下该反射波的仪器水平读数 L_1 和 L_2 ，分别测量探头入射点与基准线之间的距离 X_1 和 X_2 ，则 $(X_1 - L_1) + (X_2 - L_2)$ 之值即为未焊透指示宽度。
 - 2) 后移探头，若该反射波增高或先下降后增高，且深度读数大于翼板厚度值，表示腹板坡口面上也存在未焊透，见图 4b)，则找到其最高波并调至满屏的 80%。再后移探头，波幅降至 60% 做出标记，记下该反射波的仪器水平读数 L_1 和 L_2 ，测量探头入射点与基准线之间的距离 X_1 和 X_2 ， $(X_1 - L_1) + (X_2 - L_2)$ 即为未焊透指示宽度。



a) 翼板上存在未焊透

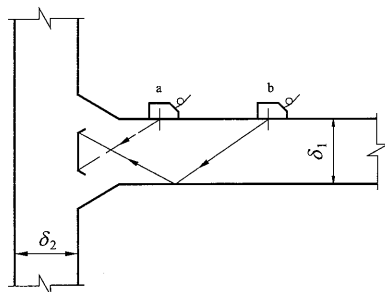
b) 腹板坡口面上存在未焊透

图 4 双面焊缝（双面坡口、单面坡口、I 形坡口）翼板面上斜探头检测法

8.2.3 斜探头在腹板检测法

8.2.3.1 双面焊缝（双面坡口、单面坡口、I 形坡口）斜探头在腹板上检测应符合下列方法：

- a) 使用直射波检测未焊透下部区域，用一次反射波检测未焊透上部区域，见图 5。当检测面上的焊脚过大影响检测时，应从腹板另一侧检测。如果只能从腹板一侧检测，应选择短前沿大 K 值探头。
- b) 发现疑似未焊透反射波后，通过测量探头入射点至腹板钝边的距离，如该距离与仪器水平读数基本相同，则确认该反射波为未焊透的反射波。
- c) 前后移动探头，找到最高波并调至满屏的 80%。
- d) 后移探头，使该波幅降低至 60%，记下此时仪器深度读数 H 。
- e) 当使用直射波、一次反射波探伤时，其对应的仪器深度读数分别为 H_1 及 H_2 ，则 $H_1 + H_2 - 2\delta_1$ 为未焊透指示宽度。



a 直射波位置。b 一次反射波位置。

图 5 双面焊腹板侧斜探头检测法

8.2.3.2 单面焊组合焊缝斜探头在腹板上检测应符合下列方法：

- a) 一次波法。通过水平距离确认端角反射波，向前移动探头，使紧靠端角反射波达到最高，见图 6 a)，记下仪器深度读数 H_1 ，则未焊透指示宽度为 $H = \delta_1 - H_1$ 。
- b) 二次波法。通过水平距离确认端角反射波，向后移动探头，使紧靠端角反射波达到最高，见图 6 b)，记下仪器深度读数 H_2 ，则未焊透指示宽度为 $H = H_2 - \delta_1$ 。

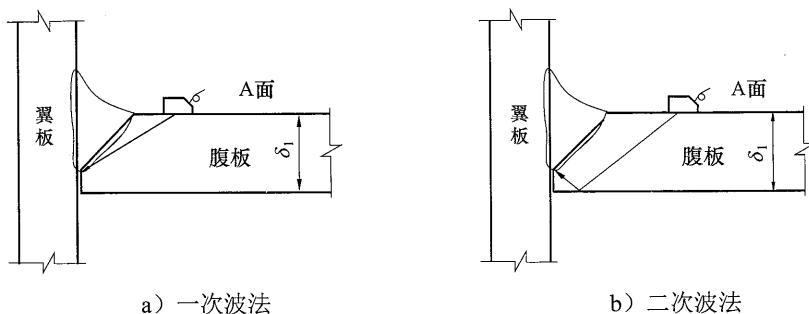


图 6 单面焊腹板侧斜探头检测法

8.3 扫查

8.3.1 扫查速度应不大于 150mm/s。

8.3.2 探头沿整个检测面进行前后扫查、左右扫查及 W 形扫查等，探头扫查覆盖率应大于探头尺寸的 15%。母材或焊道中发现的各种缺陷应进行定量、定位。

8.4 使用双晶片直探头测定未焊透宽度时，应使探头移动方向与焊缝轴线垂直。测定缺陷长度或缺陷间距时，应使探头移动方向与缺陷长度方向平行。

9 缺陷评定

9.1 对于要求全焊透的 T 形接头，缺陷评定及检测结果的等级分类执行 GB/T 11345。发现有未焊透存在时，应在报告中注明未焊透指示宽度。

9.2 对于规定熔合尺寸的 T 形接头，熔合宽度按照产品技术文件要求评定。其他缺陷按照 GB/T 11345 评定。

10 检测记录与报告

10.1 检测记录主要内容

检测记录主要包括工程名称、工件编号、焊缝编号、坡口形式、焊接方法、母材材质、规格、表面质量、探伤方法、检测标准、验收级别、检测比例、使用的仪器型号、探头规格、耦合剂、试块、检测灵敏度、所发现的超标缺陷及评定记录、检测人员及其资格等级和检测日期等。

10.2 检测报告主要内容

检测报告主要包括工程名称、工件名称、工件编号、焊缝编号、检测部位示意图、检测比例、检测标准、验收等级、缺陷情况、探伤结论、检测人员的资格等级、检测人员和审核人员签字等。

附录 A
(规范性附录)

双晶片直探头的性能要求及性能测试方法

A.1 距离—波幅特性曲线

采用 GB/T 2970—2004 中图 1 所示试块，探头依次置于各个厚度上，分别将其回波高度调至仪器满刻度的 80%，记下回波高度，然后以横坐标表示试块厚度、纵坐标表示回波高度，做出如图 A.1 所示的特性曲线。在厚度 T_1 与 T_2 处的回波高度 ($T_1 \sim T_2$ 为该探头的检测使用范围)，与最大回波高度差应不大于 6dB。

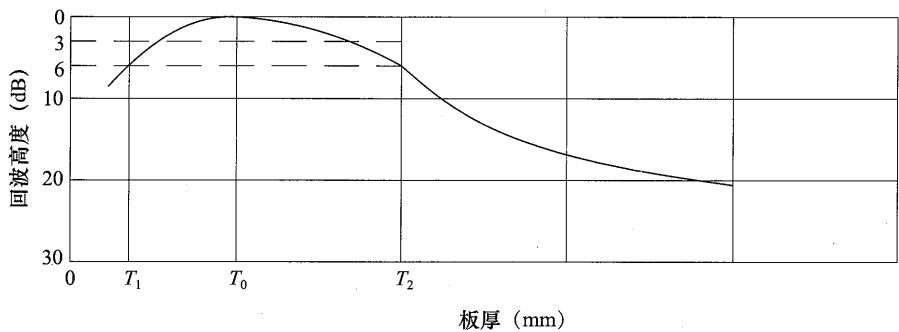


图 A.1 双晶直探头距离—波幅特性曲线

A.2 表面泄漏回波高度

用直接接触法测定表面泄漏回波高度。选用 GB/T 2970—2004 图 2 中 S 值与双晶探头聚焦深度相近的试块，使 $\phi 5\text{mm}$ 平底孔反射回波高度达到满刻度的 80%，记下回波高度值。在此状态下，提高仪器灵敏度，使表面回波反射高度也达到满刻度的 80%，再记下此时回波高度值（即为表面泄漏回波高度），此数值应比最大回波高度低 40dB 以上。

A.3 灵敏度

将探头置于 GB/T 2970—2004 中图 2 所示的试块上，测定 $\phi 5\text{mm}$ 平底孔的反射回波高度，当 $\phi 5\text{mm}$ 平底孔反射回波高度达到满刻度的 80% 时，记下回波高度值。此回波高度与最大回波高度的差应在 $(10 \pm 2)\text{dB}$ 范围内。

A.4 有效波束宽度

将探头置于 GB/T 2970—2004 中图 2 所示的 2 号试块上，对准 $\phi 5\text{mm}$ 平底孔，使探头平行于声场分割面移动，测定最大回波高度两侧下降 6dB 的范围，即为有效波束宽度，该宽度应大于 15mm。

附 录 B
(规范性附录)
双晶片直探头的结构形式

双晶片直探头的结构形式见图 B.1，晶片尺寸为 $5\text{mm} \times 15\text{mm}$ 。

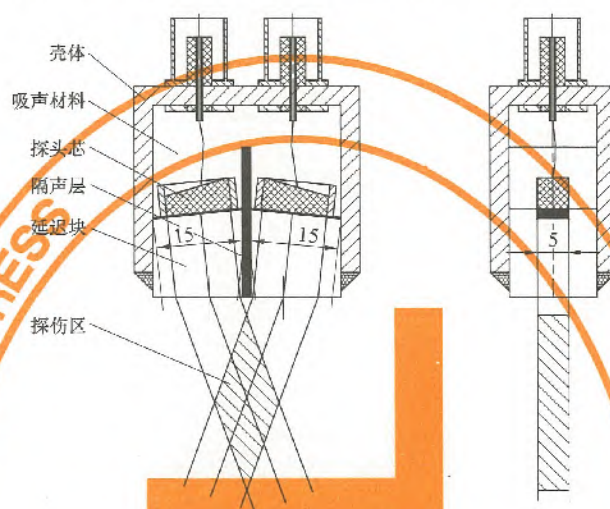


图 B.1 双晶片直探头的结构形式

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
钢熔化焊 T 形接头超声波
检测方法和质量评定

DL/T 542—2014

代替 DL/T 542—1994

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 20 千字

印数 0001—3000 册

*

统一书号 155123·2060

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



关注我，关注更多好书



155123.2060

上架建议：规程规范/电力技术