



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1317 — 2014

火力发电厂焊接接头超声衍射时差 检测技术规程

The code of ultrasonic time of flight diffraction technique
for butt welds in fossil-fuel power plant

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 术语、定义和符号	1
4 一般要求	4
5 检测等级	6
6 检测准备	6
7 检测设置	7
8 表面盲区	9
9 检测系统校验	9
10 检测	9
11 数据分析	10
12 质量等级评定	10
13 缺陷监测	12
14 检测记录及报告	12
附录 A (规范性附录) 试块	13
附录 B (规范性附录) 外径为 32mm~108mm 的工件对接焊接接头检测	16
附录 C (资料性附录) Y 型和 T 型焊接接头检测案例	18
附录 D (资料性附录) 火力发电厂常用部件焊接接头检测等级的选择	21
附录 E (资料性附录) 常用焊接方法的热影响区宽度	22
附录 F (资料性附录) 焊接缺陷定性的一般准则	23

前 言

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》给出的规则起草。

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金属材料标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：华北电力科学研究院有限责任公司、内蒙古电力科学研究院、黑龙江省电力科学研究院、河北省电力公司电力科学研究院、山西省电力公司电力科学研究院、云南电力试验研究院（集团）有限公司电力研究院、天津市电力公司电力科学研究院、四川电力科学研究院、上海明华电力技术工程有限公司、湖南省电力公司科学研究院、华电郑州机械设计研究院有限公司。

本标准主要起草人：胡先龙、季昌国、刘建屏、毛良彦、田力男、池永滨、牛晓光、董勇军、吴章勤、马崇、邓黎明、卫志刚、蒋云、陈红冬、刘雪芳。

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）。

火力发电厂焊接接头超声衍射时差检测技术规程

1 范围

本标准规定了火力发电厂金属设备焊接接头超声衍射时差技术的检测方法、检测结果的等级评定和对缺陷监测时的检测方法。

本标准适用于火力发电厂制造、安装和检修时，对公称厚度不小于 6mm 且外径不小于 32mm 的钢制承压件和钢板对接焊接接头的超声衍射时差检测和缺陷监测。

公称厚度不小于 6mm 且外径不小于 32mm 的铝管和铝板对接焊接接头的超声衍射时差检测，可参照本标准执行。

公称外径不小于 108mm 的管材或锻件的内壁缺陷检测、Y 型和 T 型钢制三通角接接头及钢板角接接头检测，可参照本标准执行。

本标准不适用于铸钢、奥氏体不锈钢等材料的焊接接头，也不适用于一侧为奥氏体不锈钢的异种钢焊接接头。

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 12604.1 无损检测 术语 超声检测 (GB/T 12604.1—2005, ISO 5577: 2000, IDT)

DL/T 675 电力工业无损检测人员资格考核规则

DL/T 820—2002 管道焊接接头超声波检验技术规程

DL/T 882 火力发电厂金属专业名词术语

DL 5009.1 电力建设安全工作规程（火力发电厂部分）

JB/T 10061 A 型脉冲反射式超声波探伤仪 通用技术条件

3 术语、定义和符号

GB/T 12604.1 和 DL/T 882 界定的以及下列术语、定义和符号适用于本标准。

3.1

超声衍射时差检测 **time of flight diffraction technique; TOFD**

基于超声波衍射现象，通过接收缺陷端点的衍射波或反射波信号发现缺陷和定量缺陷的一种超声波检测方法。通常使用一对宽波束纵波斜探头，采用一发一收模式（见图 1）。

在 TOFD 检测中，首先到达接收探头的是直通波，然后依次是缺陷上端点的衍射波或反射波、缺陷下端点的衍射波、底面反射波。另外，在缺陷处和底面还有因波型转换产生的横波。

3.2

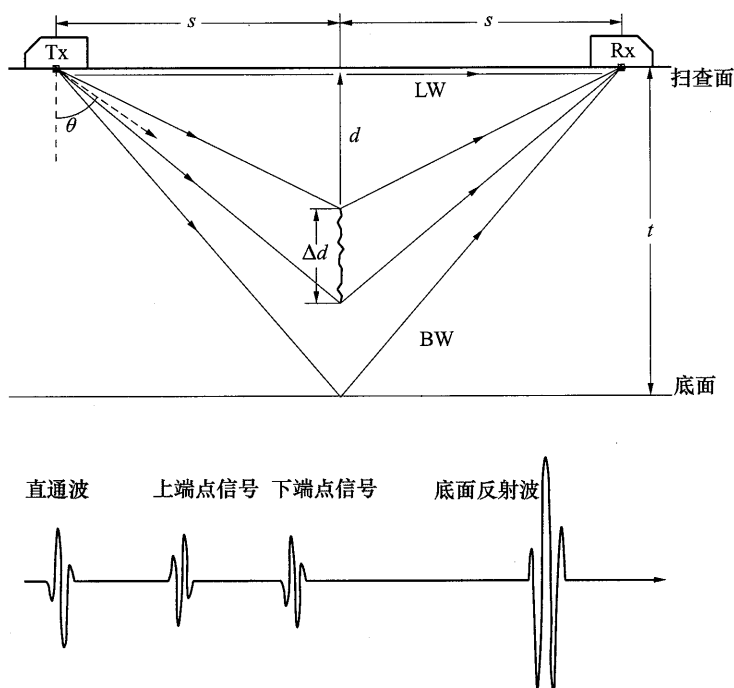
扫查面 **scan surface**

探头声束进入和离开被检件时探头组所接触的工件表面，见图 1。

3.3

底面 **back wall**

与扫查面相对的工件另一表面，见图 1。



说明:

Δd —— 缺陷高度;

d —— 缺陷深度;

s —— 探头中心间距的一半;

Tx —— 发射探头;

Rx —— 接收探头。

图 1 TOFD 检测示意图

3.4

直通波 lateral wave; LW

同组两个 TOFD 探头间从发射探头沿工件以最短路径到达接收探头的超声波, 见图 1。

3.5

底面反射波 back wall echo; BW

经底面反射到接收探头的超声波。

3.6

探头中心间距 probe center separation; PCS

同组探头中发射探头和接收探头入射点之间的最短路径。

3.7

声束交叉点 beam intersection point

同组探头两主声束轴线的交叉点。

3.8

平行扫查 parallel scan

探头组沿波束方向移动的扫查方式, 也叫 B 扫查, 见图 2。

3.9

非平行扫查 non-parallel scan

探头组垂直于波束方向移动的扫查方式, 也叫 D 扫查, 见图 3。通常意义上的非平行扫查, PCS 中点在焊缝中心线上。

3.10

偏置扫描 offset scan

在焊缝 TOFD 检测时, PCS 中点偏离焊缝中心线的非平行扫描, 见图 4。

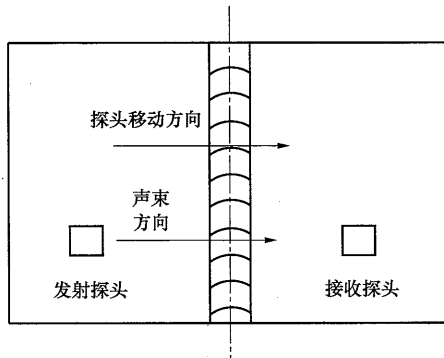


图 2 平行扫描

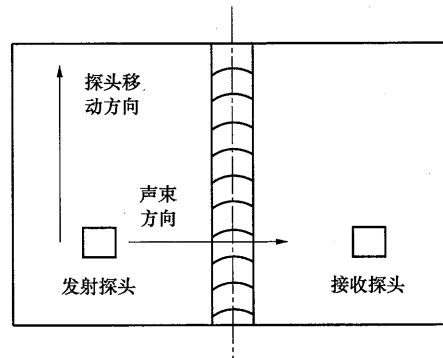


图 3 非平行扫描

3.11

步进偏移量 index offset

偏置扫描中, PCS 中点偏离焊缝中心线的距离。

3.12

斜向非平行扫描 slant scan

在焊缝 TOFD 检测中, 探头组连线与焊缝中心线非垂直相交时, 探头组沿着焊缝方向移动的扫描方式, 见图 5。

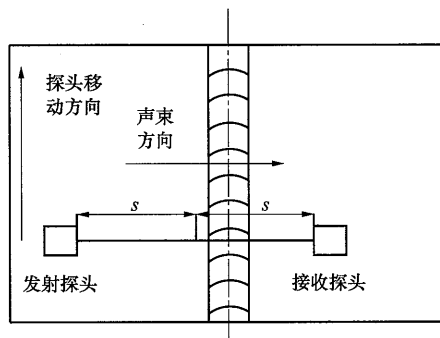


图 4 偏置扫描

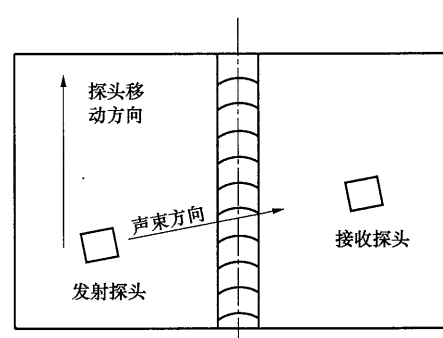


图 5 斜向非平行扫描

3.13

扫描分辨率 scan resolution

TOFD 检测中, 扫描方向上记录数据的间隔, 单位为毫米 (mm)。

3.14

A 扫描信号 A-scan signal

TOFD 检测中专指不检波波形显示, 一个轴表示声波的传播时间, 一个轴表示波幅。

3.15

B 扫描信号 B-scan signal

由平行扫描的 A 扫描信号叠加而成的显示, 一个轴代表探头移动距离, 另一个轴代表深度, 一般用灰度表示 A 扫描信号的幅度。

3.16

D 扫描信号 D-scan signal

由非平行扫查的 A 扫描信号叠加而成的显示, 一个轴代表探头移动距离, 另一个轴代表深度, 一般用灰度表示 A 扫描信号的幅度。

3.17

指针 cursor

TOFD 数据分析时, 用于选择或显示数据位置的十字交叉线, 在 B 扫描或 D 扫描上, 该十字线交叉点通常还有一个用于拟合测量的曲线。

3.18

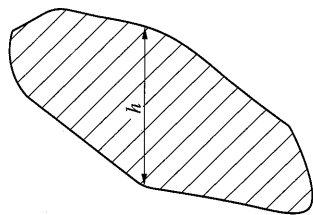
缺陷深度 flaw depth

缺陷上端点与扫查面间的最短距离。

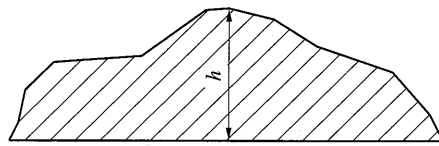
3.19

缺陷高度 flaw height

非平行扫查数据图像上, 同一指针所在位置缺陷上、下端点间距离为缺陷在该位置的高度; 平行扫查数据图像上, 同一缺陷上、下端点间距离为缺陷在该位置的高度。同一缺陷上, 取缺陷在不同位置的高度的最大者, 见图 6 中 h 。



a) 埋藏缺陷的高度测量



b) 表面开口缺陷的高度测量

图 6 缺陷高度的测量

3.20

点状缺陷 spot defect

在 D 扫描数据图上, 指示长度不大于晶片直径且高度不可测出的缺陷。

3.21

线性缺陷 line defect

在 D 扫描数据图上, 长度可以测出但高度不可测出的缺陷。

4 一般要求

4.1 安全及工作环境

4.1.1 检测人员应遵守 DL 5009.1 的规定, 应在具备安全作业条件时进行检测。

4.1.2 环境温度应满足仪器的使用要求, 工件温度应能满足探头、楔块的使用要求。

4.1.3 仪器设置与校准时, 试块温度与检测时工件温度相差应不超过 15℃。

4.2 检测人员

应按照 DL/T 675 的要求, 取得电力行业 TOFD 专项资格证书, 从事与该等级相应的检测工作。

4.3 检测设备

4.3.1 检测设备应能实现信号发射、接收, 数据采集、存储、显示和分析功能。

4.3.2 检测设备应包括主机、探头和楔块、扫查装置和附件。

4.3.2.1 主机应满足下列要求:

- a) 基本性能指标应满足 JB/T 10061 的技术要求。
- b) 水平线性误差应不大于满刻度的 $\pm 1\%$, 垂直线性误差应不大于满刻度的 $\pm 5\%$ 。
- c) 应能同时提供射频 (RF) A 扫描显示和以灰度或彩色表示幅度的连续而完整的 B (D) 扫描显

示,并能以不可更改的方式进行存储和复制。

- d) 灰度或彩色等级应不低于 128 级。
- e) 应具有编码器校准功能。
- f) 应能识别探头扫查移动的位置信息,数据的获取与扫查装置的移动应同步。
- g) 硬件数字化采样频率应不小于 80MHz,且不小于所选用探头公称频率的 6 倍。
- h) 记录采集数据的时间窗口应能显示完整的检测信息,时间窗口起点位置和长度应能以不大于 1 μ s 的步进连续可调。
- i) 应具有脉冲重复频率调节功能。
- j) 脉冲发射器应可提供单极性或双极性方波脉冲,脉冲上升时间应尽可能短,且小于可能使用的最高标称频率探头周期的 0.25 倍。脉冲宽度应能以不大于 10ns 的步进连续可调。
- k) 脉冲接收器频率带宽应不小于探头频率带宽, -6dB 带宽应为探头标称频率的 0.5 倍~2 倍。
- l) 接收器应有足够的增益,应不少于 80dB,增益应能以不大于 1dB 的步进连续可调。增益精度为任意相邻 12dB 的误差在 ± 1 dB 以内,且任意连续 60dB 量程内累计误差应不超过 2dB。
- m) 接收器应具有高通/低通滤波、平均化处理等适当的信号处理选项。
- n) 仪器软件应具备基本的数据分析功能,至少应包括直通波差分、数据局部缩放、缺陷在高度和长度方向上起止点的位置测量及相应图像的输出功能。

4.3.2.2 探头和楔块应符合下列要求:

- a) TOFD 检测应选用宽频带窄脉冲纵波探头。
- b) 单个探头实测中心频率与公称频率差值应在 $\pm 10\%$ 以内。一个探头组中的两个探头应具有相同的晶片尺寸和公称频率,两个探头中心频率差值应在公称频率 $\pm 10\%$ 以内。
- c) 直通波波幅达到峰值 10% 以上的部分,其周期数应不超过 2 个。
- d) 楔块与被检测面正常接触时,间隙应不大于 0.5mm。

4.3.2.3 扫查装置应符合下列要求:

- a) 检测时应配备扫查装置。扫查装置至少应包括探头夹持装置和编码器。
- b) 探头夹持装置应能调整和固定探头以获得需要的探头中心间距。
- c) 编码器应能适应工作环境的要求,保证在检测时能连续正常工作。
- d) 扫查装置可以采用电动或手动移动。扫查装置所安装位置编码器,应与 A 扫描数据采集同步。
- e) 检测过程中扫查装置应能保证 PCS 中点与参考扫查线相对位置偏差不大于 2mm。
- f) 扫查装置应具有良好的往返重复性,在平板上 500mm 范围内往返扫查时,长度方向误差和轴线偏离应不大于 2mm。

4.3.2.4 附件应符合下列要求:

- a) 必要时可选用前置放大器。前置放大器应能对所使用的频率范围具有平滑的响应。
- b) 前置放大器应连接在接收探头后,放大器与接收探头的连线应尽可能短。
- c) 离线分析软件应能同时显示 A 扫描信号和 B 扫描(或 D 扫描)信号。
- d) 离线分析软件应能实现直通波差分、数据局部缩放、缺陷在高度和长度方向上起止点的位置测量,以及数据和图像的输出等功能。用于测量的指针应有拟合功能。

4.4 试块

4.4.1 试块材料的声学特性应与被检工件相同或相近,且不应有大于 $\phi 1.6$ mm 平底孔当量的缺陷存在。

4.4.2 应采用盲区试块确定扫查面盲区和底面盲区。

4.4.3 对比试块的厚度应与工件厚度相近,应为工件厚度的 0.8 倍~1.5 倍,且最大厚度差应不大于 20mm;长度、宽度应能满足扫查时的使用要求。

4.4.4 检测曲面工件纵缝时,曲率半径小于 150mm 时,试块的曲率半径应为工件曲率半径的 0.9 倍~1.5 倍;工件曲率半径不小于 150mm 时,可使用平面试块。

- 4.4.5 平板工件和外径不小于 108mm 的工件，对比试块和盲区试块还应符合附录 A 的规定。
- 4.4.6 外径为 32mm~108mm 的工件对接焊接接头的对比试块还应符合附录 B 的规定。
- 4.4.7 外径不小于 159mm 的 Y 型和 T 型三通的角度接头及钢板角接接头的对比试块，可参考附录 C 中的方法制作。
- 4.5 耦合剂
- 4.5.1 耦合剂应具有良好的润湿性能和透声性能，对工件应无腐蚀、易清理，对环境应无污染。
- 4.5.2 在检测环境的温度下应保证稳定可靠的耦合。
- 4.5.3 仪器校准与检测时应采用相同的耦合剂。

5 检测等级

5.1 根据不同焊接接头的质量要求，检测等级分为 A、B、C、D 四级，见表 1。根据工件的材质、结构、使用条件及承受载荷的不同，可参考附录 D 选用检测等级。

表 1 检 测 等 级

检测等级	TOFD 参数设置	仪器设置 对比试块	灵敏度设置 对比试块	偏置扫查
A	见表 2	不需要	不需要	不需要
B	见表 2	不需要	需要	不需要
C	见表 2	需要	需要	见 5.2 条
D	特殊要求	需要	需要	见 5.2 条

5.2 检测等级为 C、D 级的应确定偏置扫查的必要性、次数及步进偏移量等参数。

6 检测准备

6.1 资料查阅

应查阅原始资料了解待检工件加工制造技术资料，如坡口尺寸、焊接方式等。在役设备应了解设备运行情况及上一次的检测报告。

6.2 检测覆盖区域的确定

6.2.1 焊接接头的检测覆盖区域应包括焊缝及两侧热影响区。热影响区的宽度有测量数据的，应按测量数据计，无测量数据的可参考附录 E 进行确定。

6.2.2 对于有特殊要求的检测，检测覆盖区域应按检测要求进行确定，并在报告中注明。

6.3 扫查面的要求

6.3.1 扫查面应平整，不应有大于 0.5mm 的凸起和焊接飞溅，且表面粗糙度应不大于 12.5μm。

6.3.2 任一侧打磨宽度应不小于 PCS+50mm，进行平行扫查时应将焊缝余高磨平。

6.4 探头的选择

6.4.1 探头的频率、晶片尺寸和主声束折射角度应根据壁厚选择，探头组的数量应根据分区情况确定。不同厚度情况下，探头参数的推荐设置见表 2。

表 2 不同厚度情况下的探头设置

公称厚度 t mm	分区 设置	扫查深度范围 Δt mm	中心频率 f MHz	主声束角 β (°)	晶片尺寸 ϕ mm	声束交叉点位置
$6 \leq t \leq 10$	1	$(0 \sim 1) t$	15	70	2~3	$2t/3$
$10 < t \leq 15$	1	$(0 \sim 1) t$	15~10	70	2~3	$2t/3$

表 2 (续)

公称厚度 t mm	分区 设置	扫查深度范围 Δt mm	中心频率 f MHz	主声束角 β (°)	晶片尺寸 ϕ mm	声束交叉点位置
$15 < t \leq 35$	1	$(0 \sim 1) t$	10~5	70~60	2~6	$2t/3$
$35 < t \leq 50$	1	$(0 \sim 1) t$	5~3	70~60	3~6	$2t/3$
$50 < t \leq 100$	2	$(0 \sim 1/2) t$	5~3	70~60	3~6	$t/3$
		$(1/2 \sim 1) t$	5~3	60~45 或 20	6~12	$5t/6$ 或 t ($\beta = 45^\circ$)
$100 < t \leq 200$	3	$(0 \sim 1/3) t$	5~3	70~60	3~6	$2t/9$
		$(1/3 \sim 2/3) t$	5~3	60~45 或 20	6~12	$5t/9$
		$(2/3 \sim 1) t$	5~2	60~45 或 20	6~20	$8t/9$ 或 t ($\beta = 45^\circ$)
$200 < t \leq 300$	4	$(0 \sim 1/4) t$	5~3	70~60	3~6	$t/12$
		$(1/4 \sim 1/2) t$	5~3	60~45 或 20	6~12	$5t/12$
		$(1/2 \sim 3/4) t$	5~2	60~45 或 20	6~20	$2t/3$
		$(3/4 \sim 1) t$	3~1	50~40 或 20	10~20	$11t/12$ 或 t ($\beta \leq 45^\circ$)

6.4.2 铝管或铝板的焊接接头检测时可适当选用较高的探头中心频率。

6.4.3 对曲面工件的纵焊缝和曲面工件的内壁进行检测时, 探头角度的选择应综合考虑, 保证声束的覆盖与检测灵敏度。

6.5 母材的检测

6.5.1 检测前, 应测量并记录邻近焊缝两侧母材的厚度。

6.5.2 对公称厚度大于 50mm 的工件进行检测前, 应采用直探头对 TOFD 扫查声束经过的母材区域进行检测, 不应存在影响 TOFD 检测的分层或其他类型的缺陷。该项检查仅做记录, 不属于对母材的验收检测, 检测的要应按 DL/T 820—2002 中 5.3.3.2 的规定执行。

7 检测设置

7.1 检测分区

7.1.1 分区设置少于表 2 的推荐值时, 应制作与工件相同或外形相似且直径、壁厚均相差不大于 10% 的试块进行验证。试块上人工缺陷按照正常分区进行设置。

7.1.2 需要对特定区域进行单独检测时, 应进行专门的分区设置。

7.2 PCS 设置

7.2.1 PCS 通常按照声束交叉点位置在所检测区域的 2/3 处进行设置。不分区检测时, 可根据式 (1) 进行计算:

$$l_{\text{PCS}} = \frac{4}{3} \times t \times \tan \beta \quad (1)$$

7.2.2 分区检测时, 第一分区可根据式 (2) 进行计算:

$$l_{\text{PCS}_1} = \frac{4}{3} \times t_1 \times \tan \beta \quad (2)$$

7.2.3 第 n 分区, 可根据式 (3) 进行计算:

$$l_{\text{PCS}_n} = 2 \times \left(\frac{2}{3} \times t_n + t'_n \right) \times \tan \beta \quad (3)$$

式中：

- t —— 工件公称厚度，mm；
- t_1 —— 第一分区的厚度，mm；
- t_n —— 第 n 分区的厚度，mm；
- t'_n —— 第 n 分区的起始深度，mm；
- β —— 主声束在工件中的折射角度，(°)。

7.2.4 对于特定区域的检测可以通过将声束交叉点设置在该区域中心来计算 PCS。

7.2.5 按照表 2 设置 PCS 时，应避免造成主声束夹角小于 85° 或大于 165° 的角度区间。主声束角度为 20° 时除外。

7.2.6 对于两侧母材不等厚的焊缝、两侧放置探头受到一定限制的焊缝以及为了减少盲区需要增加扫查的焊缝，PCS 设置应根据式 (1)、式 (2)、式 (3) 与工件结构综合考虑。分区检测时，应在试块上对检测区域的覆盖情况进行验证。

7.3 扫查方式的设置

7.3.1 缺陷的检测与定量宜采用非平行扫查，缺陷的局部高度与深度的精确测量宜采用平行扫查，需要减少检测盲区、增加对检测区域的覆盖以及对缺陷与焊缝中心线相对位置大致判定时宜采用偏置扫查，检测横向缺陷宜选用斜向非平行扫查。

7.3.2 偏置扫查时步进偏移量的确定应符合下列要求：

- a) 应实现对检测区域的全覆盖。
- b) 应减小检测盲区。

7.3.3 偏置扫查时，步进偏移量宜设定为底面检测区域总宽度的 1/3。

7.4 扫查分辨率的设置

扫查分辨率应根据工件公称厚度来确定，见表 3。

表 3 扫查分辨率的选择

单位：mm

公称厚度 t	扫查分辨率
$t \leq 10$	0.1~0.5
$10 < t \leq 150$	0.1~1.0
$t > 150$	0.1~2.0

7.5 数据显示、记录范围的设置

7.5.1 壁厚不大于 50mm 时，数据显示窗口起点应至少在直通波前 1μs，终点应至少在底波一次变形波后；壁厚大于 50mm 时，数据显示窗口应至少覆盖该分区的深度范围，且相邻分区应有不少于 10% 深度范围的重叠区域。

7.5.2 数据记录范围应不小于数据显示要求的范围。

7.6 信号平均化处理、脉冲重复频率、数据采集频率的设置

应以获得足够的信噪比和合适的检测速度为原则。

7.7 灵敏度设置

7.7.1 检测前应对各探头组进行灵敏度设置。

7.7.2 基准灵敏度的设置应符合下列要求：

- a) 检测等级 A 的灵敏度设置方法有三种。使用直通波设置时，直通波波高应达到满屏高 40%~

90%；使用底面波设置时，底面波波高达到满屏后再增益 18dB~30dB；当直通波与底面波均不可用时，可调整增益使检测区域晶粒噪声达到满屏高 5%~10%作为基准灵敏度。

- b) 对于检测等级为 B、C、D 的检测，基准灵敏度设置应使用附录 A 中的对比试块。使用对比试块时，若使用尖角槽作为参考体，需要将所检测分区较弱衍射信号波幅设置在 40%~80%满屏高；若使用横通孔作为参考体，应将较弱的反射信号设置在 80%满屏高。

- c) 外径为 32mm~108mm 的工件对接焊接接头的灵敏度设置应符合附录 B 的规定。

7.7.3 扫查灵敏度的设置。可在基准灵敏度的基础上适当增益 2dB~6dB，作为扫查灵敏度。

8 表面盲区

采用非平行扫查和偏置非平行扫查时，检测前应根据探头设置及所选择的扫查方式，使用附录 A 的盲区试块试验测定扫查面盲区高度和底面盲区高度，并应在检测报告中注明。

9 检测系统校验

9.1 检测区域的覆盖性验证

检测等级为 C、D 级时，应按下列要求进行检测区域的覆盖性验证：

- a) 各分区以各自参考体信号降低到信噪比为 6dB 时，探头连线中点与参考体中心在探头连线方向上投影作为检测覆盖区域。
- b) 若一次扫查不能满足检测区域全覆盖的要求，应根据检测区域验证的结果确定增加偏置扫查的次数和步进偏移量。

9.2 检测系统校验

9.2.1 每次检测前均应对灵敏度、深度、编码器进行校验。校验可以使用同一种试块或被检工件的同一部位，两次校验时的温差不应大于 15℃。遇有下列情况，应对检测系统进行校验：

- a) 变更检测参数、更换检测系统中的部件后。
- b) 每工作 4h。
- c) 检测人员认为有必要时。
- d) 检测结束时。

9.2.2 灵敏度校验时，如发现灵敏度偏差大于 6dB，所有检测设置应重新调整，前次校验后已经检测的焊接接头应重新检测。

9.2.3 深度校验时，如发现校验部位深度偏差超过深度的 2%且大于 0.5mm 时，所有检测设置应重新调整，前次校验后已经检测的焊接接头应重新检测。

9.2.4 编码器校验时，校验长度应不小于 200mm。位移偏差超过 5%时，编码器应重新进行校准，并对前次校验后的检测数据进行修正；位移偏差超过 10%时，编码器应重新进行校准。前次校验后已经检测的焊接接头应重新检测。

10 检测

10.1 焊缝检测以中心非平行扫查为主，同时按照表 1 的要求进行偏置非平行扫查。对缺陷进行精确测高和对缺陷进行监测时，应进行相应的平行扫查。

10.2 受检测条件的限制，声束无法对要求检测的区域全覆盖时，应在报告中注明。

10.3 单个数据所对应的工件长度一般不宜超过 1m。分段扫查时两次扫查之间以及环形焊缝首尾应有不少于 20mm 的重叠区域。

10.4 扫查速度的选择应能满足数据成像的要求。

10.5 扫查过程中，直通波饱和或噪声信号达到屏幕高度的 20%以上时，应适当降低增益并重新检测；直通波、底面波、晶粒噪声或波型转换信号降低达到 6dB 时，应适当增加增益并重新检测。

10.6 外径为 32mm~108mm 的工件对接焊接接头的检测应按附录 B 执行。

10.7 外径不小于 159mm 的 Y 型和 T 型三通的角接头及钢板角接接头的检测，应参照附录 C 进行。

11 数据分析

11.1 数据质量判定

11.1.1 数据分析人员应对数据采集中的设置参数进行复核。

11.1.2 B、D 扫描数据线丢失不得超过各自扫查方向上的 5%，且不允许相邻数据线连续丢失。

11.2 数据分析程序

11.2.1 辨别缺陷信号与非缺陷信号。

11.2.2 对缺陷进行定位和定量。

11.2.3 判定缺陷的类型。

11.3 缺陷类型的判定

11.3.1 应根据波幅、相位、位置和图像等把缺陷分为表面开口缺陷和埋藏缺陷两类。

11.3.2 表面开口缺陷可按下列特征判定：

- a) 存在下端点衍射信号，直通波断开或减弱，可判定为上表面开口缺陷。
- b) 存在上端点信号，底波断开或减弱，可判定为下表面开口缺陷。
- c) 非耦合引起的底波与直通波均存在减弱或断开，可判定为贯穿性缺陷。

11.3.3 埋藏缺陷可按下列特征判定：

- a) 既有上端点信号又有下端点信号的相关显示，可判定为埋藏缺陷。
- b) 只有上端点信号，同时直通波和底波均无关联的显示，可判定为没有高度的埋藏缺陷。该类缺陷按照长度分为点状缺陷和线状缺陷。

11.3.4 缺陷性质的判定。

缺陷的定性应根据工件的材质、焊接工艺、缺陷的位置、尺寸和数据图像进行综合判定，参见附录 F。必要时应增加扫查次数或改变检测参数重新进行数据采集，或增加其他扫查方式，或采用其他检测方法进行补充检测。

11.4 缺陷的定量与定位

11.4.1 指针应放置在波幅不小于所测量信号峰值 10% 的波峰或波谷处测量缺陷的端点位置。

11.4.2 缺陷的高度应选择厚度方向上高度最大值处进行测量。该处的上下端点差值或端点与表面的差值即为缺陷的高度，测量方法见图 6。

11.4.3 缺陷长度测量应使用曲线指针进行拟合。缺陷起点与终点在扫查方向上的距离为缺陷的指示长度。

11.4.4 缺陷相对于焊缝中心线的位置和方向可以通过至少两次非平行扫查和建模计算来确定，或者增加多次平行扫查来确定。

12 质量等级评定

12.1 评定时，母材不等厚的焊接接头以公称厚度较薄的一侧计。

12.2 焊缝的密集型点状信号显示按条形缺陷评定。

12.3 对条形缺陷和线性缺陷进行评定时，相邻两个缺陷在焊缝长度方向上间距小于该组缺陷中单一长度较小者，并且焊缝厚度方向上间距小于该组缺陷中单一缺陷高度较小者时，按单个缺陷计。相邻缺陷按单个缺陷计时，长度为相邻缺陷的左右端点间距离。两缺陷在扫查方向无重叠时，以其中较大的缺陷高度作为单个缺陷高度；在扫查方向有重叠时，应选择重叠区间同一个指针位置的上缺陷的上端点和下缺陷的下端点间距最大者为缺陷高度，若该高度小于这两个相邻缺陷的自身高度较大者时，以自身高度最大者计。

12.4 点状缺陷的评定

12.4.1 点状缺陷应按评定区评定。评定区宽度应为焊缝厚度，长度为 150mm、焊缝长度小于 150mm 时，应按照实际长度折算。

12.4.2 允许的点状缺陷的数量计算见式 (4)：

$$N = 1.2t \quad (4)$$

当焊缝长度小于 150mm 时，应按式 (5) 计算：

$$N = 1.2t \times \frac{L_h}{150} \quad (5)$$

式中：

N —— 允许的点状缺陷数量；

t —— 工件公称厚度，不等厚时以母材薄的一侧计，mm；

L_h —— 焊缝长度，mm。

12.5 条形缺陷和线性缺陷的评定

12.5.1 焊缝中条形缺陷和线性缺陷符合表 4 限定的范围时，质量等级评定为 I 级。

表 4 质量等级为 I 级的焊缝中条形缺陷和线性缺陷的允许范围

单位：mm

缺陷数量	公称厚度 t	埋藏缺陷 允许高度 h_2	表面开口缺陷 允许高度 h_3	允许高度条件下 最大允许长度 l_{\max}	长度超过 l_{\max} 时的 最大允许高度 h_1
单个缺陷	$6 \leq t \leq 8$	1	1	t	—
	$8 < t \leq 15$	2	1	t	—
	$15 < t \leq 40$	3	1	t	—
	$40 < t \leq 60$	4	2	40	1
	$60 < t \leq 100$	4	2	50	1
	$t > 100$	5	3	60	2
多个缺陷	焊缝中存在两个及以上条形缺陷或线性缺陷，并且单个缺陷符合本表的规定时，还应满足在任意连续 12t 范围内缺陷累计长度不大于 3t，且不大于 150mm。表面开口型缺陷的累计长度应不超过焊缝总长度的 10%，且不大于 300mm				

12.5.2 焊缝中条形缺陷和线性缺陷符合表 5 限定的范围时，质量等级评定为 II 级。

表 5 质量等级为 II 级的焊缝中条形缺陷和线性缺陷的允许范围

单位：mm

缺陷数量	公称厚度 t	埋藏缺陷 允许高度 h_2	表面开口缺陷 允许高度 h_3	允许高度条件下 最大允许长度 l_{\max}	长度超过 l_{\max} 时的 最大允许高度 h_1
单个缺陷	$6 \leq t \leq 8$	2	2	t	1
	$8 < t \leq 15$	3	2	t	1
	$15 < t \leq 40$	4	2	t	1
	$40 < t \leq 60$	5	3	40	2
	$60 < t \leq 100$	5	3	50	2
	$t > 100$	6	4	60	3
多个缺陷	焊缝中存在两个及以上条形缺陷或线性缺陷，并且单个缺陷符合本表的规定时，还应满足在任意连续 12t 范围内缺陷长度不大于 4t，且不大于 200mm。表面开口型缺陷的累计长度应不超过焊缝总长度的 10%，且不大于 500mm				

12.6 焊缝中缺陷存在下列情况之一的，质量等级应评定为Ⅲ级：

- a) 条形缺陷和线状缺陷超出 12.5.2 规定的。
- b) 检测人员认为是贯穿性缺陷、裂纹、未熔合、未焊透等危害性缺陷的。
- c) 新安装焊缝存在密集回波显示的。
- d) 母材材质为 SA335T/P91、SA335T/P92 的对接接头中存在密集回波显示的。

13 缺陷监测

对焊缝中已经存在的缺陷进行 TOFD 监测时，宜按下列要求进行：

- a) 后续检测使用的仪器性能应与第一次检测时使用的仪器性能相同或相近，探头参数、检测工艺应相同。
- b) 首次监测时，应在被监测的缺陷部位进行不少于 3 次的数据采集，检测人员应将检测参数、可分析的检测数据做详细记录，由数据分析人员对该数据进行分析。检测参数、可分析的检测数据及分析结果应存档。
- c) 第二次监测时，应按照上次的检测工艺，对该缺陷进行不少于 3 次的数据采集，并由数据分析人员对两次采集的数据进行分析和比对。
- d) 每次监测所采集的 3 个数据中，缺陷长度方向相差应不大于 2mm，高度方向相差不大于 0.5mm；否则数据判为不合格。
- e) 每次检测所采集的 3 个数据都应进行分析，每个数据分析结果均应记录。对于同一缺陷，长度、高度分别取数值最大者作为检测结果。

14 检测记录及报告

检测记录及报告数据应齐全、完整和准确，并由检测人员和相关责任人员签字确认。检测记录及报告保存期一般不少于 7 年。检测记录及报告至少应包含如下内容：

- a) 委托单位。
- b) 执行标准。
- c) 被检工件名称、规格、材质、坡口型式、焊接方法、热处理状态、工件表面状况等。
- d) 检测设备包括仪器型号及编号、探头及楔块、扫查装置。
- e) 检测条件包括检测分区数量、PCS 设置、扫查方式设置、检测灵敏度设置等。
- f) 试块、耦合剂类型。
- g) 表面盲区高度。
- h) 检测部位（应有示意图）。
- i) 检测数据图像、缺陷定量图像。
- j) 缺陷位置、缺陷尺寸（缺陷高度、指示长度等）及缺陷性质。
- k) 检测结论。
- l) 检测人员、资质等级。
- m) 检测日期、报告日期。

附录 A (规范性附录) 试 块

A.1 对比试块

A.1.1 对比试块的厚度

A.1.1.1 最大厚度

所选择的厚度应使声束与试块底面的夹角不小于 40° (见图 A.1), 避免在试块底部附近产生衍射信号极小值区间。最大厚度 t_{\max} 应按式 (A.1) 计算:

$$t_{\max} = \frac{s}{\tan 40^\circ} \quad (\text{A.1})$$

式中:

t_{\max} —— 试块最大厚度;
 s —— 探头中心间距的一半。

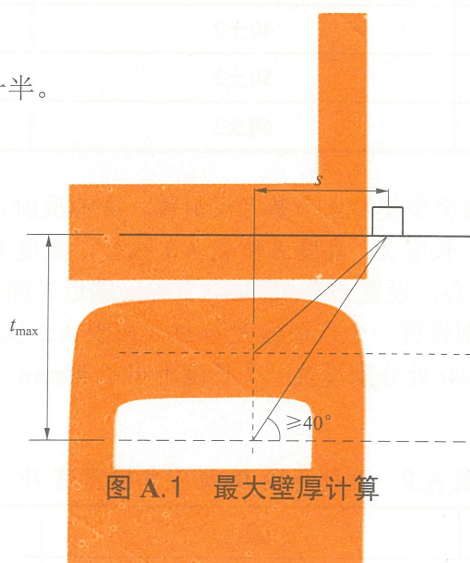


图 A.1 最大壁厚计算

A.1.1.2 最小厚度

最小厚度 t_{\min} 的选择应能满足图 A.2 中 $t_{\min} \geq Z$ 的要求 (Z 为声束交叉点距扫查面的距离)。

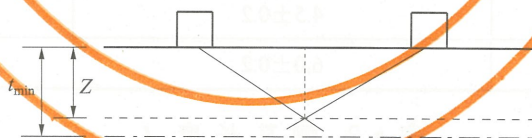


图 A.2 最小壁厚示意图

A.1.2 参考反射体

A.1.2.1 参考反射体的种类包括侧边孔和尖角槽, 尖角槽的截面形状见图 A.3。使用多个反射体时, 可以将反射体加工在一个试块上, 也可以加工在多个试块上。

A.1.2.2 $6\text{mm} \leq t \leq 25\text{mm}$ 时, 应至少使用 3 个参考反射体。参考反射体的具体要求如下:

- 底面应设置一个矩形槽, 长度 X 、高度 h 按表 A.1 执行, 宽度 W 不大于 1mm 。
- 以扫查面下 4mm 处为圆心, 设置一个 $\phi 2\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的近表面侧孔。
- 试块 $t/2$ 处设置一个直径最大为 D_d (按表 A.2 执行)、长度为 45mm 的侧孔; 或者在 $t/2$ 处设置一个长度不小于 40mm 、宽度不大于 W (按表 A.2 执行) 的尖角槽 (见图 A.3)。

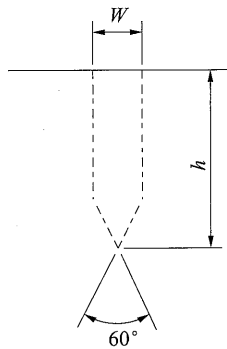


图 A.3 尖角槽截面图

表 A.1 表面矩形槽尺寸 单位: mm

工件公称厚度	X	h
$6 \leq t \leq 40$	$t \pm 1$	1 ± 0.2
$40 < t \leq 60$	40 ± 2	2 ± 0.2
$60 < t \leq 100$	50 ± 2	2 ± 0.2
$t > 100$	60 ± 2	3 ± 0.2

A.1.2.3 $25\text{mm} < t \leq 50\text{mm}$ 时, 应至少使用 4 个参考反射体。参考反射体的具体要求如下:

- a) 底面应设置一个矩形槽, 长度 X 、高度 h 按表 A.1 执行, 宽度 W 不大于 1mm。
- b) 以扫查面下 4mm 处为圆心, 设置一个 $\phi 2\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的近表面侧孔。
- c) 在试块 $1/4t$ 和 $3/4t$ 处分别设置一个直径最大为 D_d (按表 A.2 执行)、长度为 L (按表 A.3 执行) 的侧孔, 或者在 $1/4t$ 和 $3/4t$ 处分别设置一个长度不小于 40mm、宽度不大于 W (按表 A.2 执行) 的尖角槽 (见图 A.3)。

表 A.2 侧孔直径 D_d 和尖角槽宽度 W 单位: mm

工件公称厚度	D_d	W
$6 \leq t \leq 25$	2.5 ± 0.2	2.5 ± 0.2
$25 < t \leq 50$	3.0 ± 0.2	3.0 ± 0.2
$50 < t \leq 100$	4.5 ± 0.2	4.5 ± 0.2
$t > 100$	6.0 ± 0.2	6.0 ± 0.2

表 A.3 侧孔长度 L 单位: mm

深 度	2 个侧孔位于同一试块内同一侧	2 个侧孔位于不同试块或同一试块不同侧
	L	L
$t/4$	45	45
$3t/4$	45+15	45

A.1.2.4 $t > 50\text{mm}$ 时, 对参考反射体的具体要求如下:

- a) 底面应设置一个矩形槽, 长度 X 、高度 h 按表 A.1 执行, 宽度 W 不大于 1mm。
- b) 以扫查面下 4mm 处为圆心, 设置一个 $\phi 2\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的近表面侧孔。

- c) 在每个厚度分区的 1/4 位置和 3/4 位置处分别设置一个直径最大为 D_d (按表 A.2 执行), 长度为 L (按表 A.4 执行) 的侧孔, 或者每个厚度分区的 1/4 和 3/4 位置处分别设置一个长度不小于 40mm、宽度不大于 W (按表 A.2 执行) 的尖角槽 (见图 A.3)。

表 A.4 侧孔长度 L 单位: mm

工件公称厚度	L
$50 \leq t \leq 100$	60
$100 < t \leq 200$	70
$200 < t \leq 300$	80
$300 < t \leq 400$	90

A.2 盲区试块

A.2.1 分类

盲区试块分扫查面盲区试块和底面盲区试块。

A.2.2 扫查面盲区试块

扫查面盲区试块的反射体为长度 15mm、宽度不大于 2.5mm 的尖角槽 (见图 A.3)。在壁厚范围内, 尖角槽的深度分别为 1、2、4、8、15mm。

A.2.3 底面盲区试块

A.2.3.1 底面盲区试块的外形见图 A.4。试块两端厚度 t_1 、 t_2 应包含所检测工件公称壁厚, 上下表面夹角 α 不大于 4.5° , 宽度应能满足检测试验时的需要。

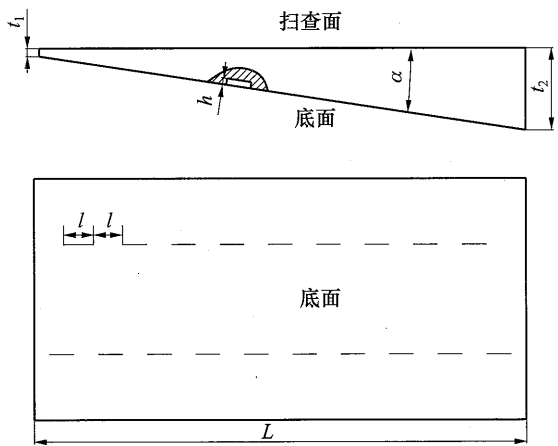


图 A.4 底面盲区试块外形图

A.2.3.2 所检测壁厚处应有反射体存在。反射体为 $l=15\text{mm}$ 、 $W \leq 2.5\text{mm}$ 的尖角槽 (见图 A.3), 反射体间距 15mm。在壁厚范围内, 尖角槽的深度分别为 1、2、4、8、15mm。

A.2.4 试块加工

扫查面盲区试块反射体与底面盲区试块反射体可以加工在同一个试块上, 也可以加工在不同的试块上。盲区试块可根据需要检测的厚度区间进行分段制作。

附录 B (规范性附录)

外径为 32mm~108mm 的工件对接焊接接头检测

B.1 探头设置

探头和分区设置按照标准要求进行选择, 被检测面与楔块的间隙应不大于 0.5mm。

B.2 试块

B.2.1 除应符合本标准 4.4 的规定外, 还应符合本附录的要求。

B.2.2 试块可以由两个半圆形组合而成 (见图 B.1), 也可以是平板。半圆试块轴向长度或平板试块宽度应满足使用要求。

B.2.3 试块的厚度应与工件厚度相近, 公称厚度差不超过 $\pm 2\text{mm}$; 使用管状试块时曲率半径相差不超过 $\pm 10\%$ 。

B.2.4 参考反射体具体要求如下:

- a) 扫查面与底面各有 3 个尖角槽 (尖角槽形状见图 A.3) 或宽度不大于 0.2mm 的近似矩形槽, 槽的深度和长度尺寸分别为 (深 \times 长) 1mm \times 5mm、2mm \times 5mm、4mm \times 8mm。
- b) 端面距外表面 $\frac{1}{4}t$ 、 $\frac{1}{2}t$ 、 $\frac{3}{4}t$ 处各有 1 个侧孔, 尺寸依次为 (直径 \times 长度): $\phi 1\text{mm} \times \phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 2\text{mm} \times \phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 1\text{mm} \times \phi 5\text{mm}$ 。

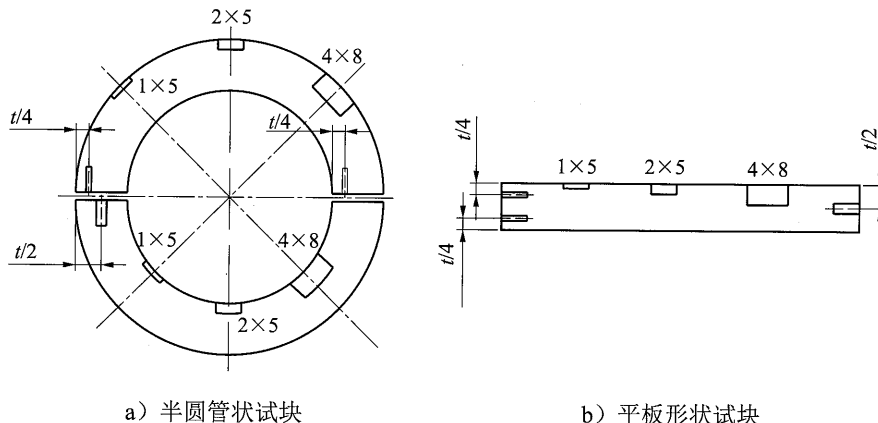


图 B.1 小径管试块

B.2.5 该试块可用于确定灵敏度与测量盲区高度。

B.3 灵敏度设置

B.3.1 灵敏度使用小径管试块中上下表面的槽和 3 个侧孔进行设置。使用槽时将其衍射信号调节至满屏幕高度的 40%~80%, 使用孔时将 3 个孔中较弱的信号调节至满屏幕高度的 80%。

B.3.2 使用平板试块时, 灵敏度设置过程中应使用平楔块, 按照 B.3.1 调节灵敏度, 并记录下直通波波幅; 检测时换成合适的曲面楔块, 在工件上将直通波波幅调到与试块上相同高度作为基准灵敏度。

B.4 检测

B.4.1 至少实施一次非平行扫查。

B.4.2 每个对接接头保存一个数据，且扫查数据首尾应有不少于 20mm 的重叠区。

B.5 检测记录及报告

检测记录及报告内容应符合本标准第 14 章的要求。检测时所用的参数应在试块上进行校准，试块的检测数据应在分析后写入报告册中。



附 录 C
(资料性附录)
Y 型和 T 型焊接接头检测案例

C.1 Y 型焊接接头检测

C.1.1 探头设置

C.1.1.1 探头按照本标准要求设置，以其中厚度较大者为准进行选择。

C.1.1.2 探头扫查面见图 C.1。

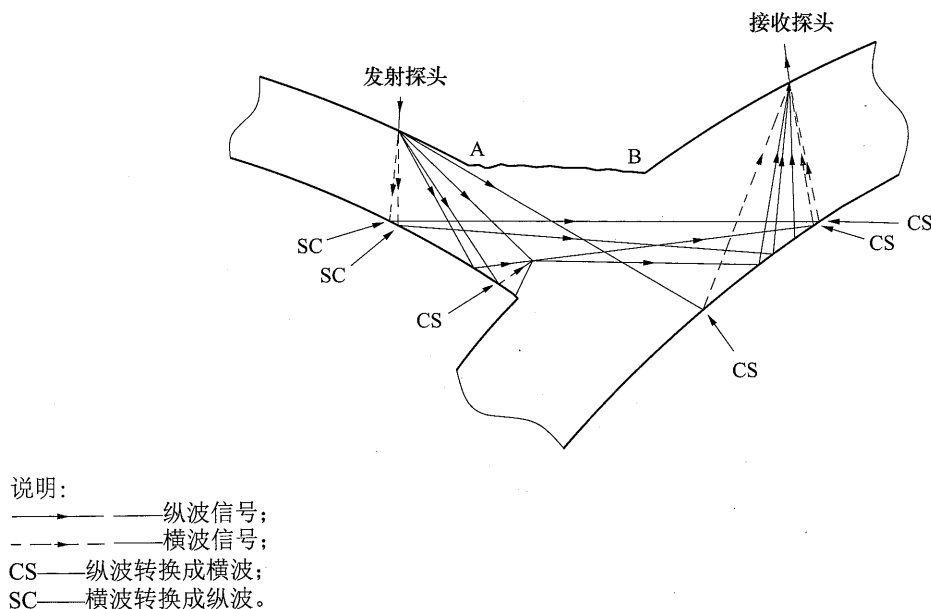


图 C.1 使用反射法确定探头放置位置

C.1.2 PCS 设置

C.1.2.1 应对声束路径进行模拟以确定发射探头和接收探头的放置位置，可使用图 C.1 所示的反射法确定两个探头的放置位置。

C.1.2.2 发射探头位置确定后，接收探头位置变化较大，影响检测结果时，应分段确定接收探头的位置，进行分段检测。

C.1.3 试块

C.1.3.1 检测前应制作专用的试块，用于验证检测能力、调节检测灵敏度并为数据分析提供参考。

C.1.3.2 选取典型截面，对于 Y 型管座应选择至少 3 个截面（外侧、内侧、中间部位）加工试块。

C.1.3.3 在焊缝坡口根部位置加工如图 A.3 所示尖角槽 1。尖角槽宽度按照表 A.2 选取，高度根据检测要求进行设置，可以是一个槽也可以是一组高度不等的槽。

C.1.3.4 在两侧坡口边缘处 1/4、3/4 壁厚处各打两个侧边孔。孔直径较薄一侧公称厚度按表 A.2 选取，长度分别为 30、45mm，两侧的孔应分布在两端。

C.1.3.5 在 A 和 B 的中间位置加工一组尖角槽 2 用于验证表面盲区深度，深度为 1、2、4、8mm，槽间距应不小于 20mm。

C.1.4 灵敏度设置

尖角槽 1 和可见的尖角槽 2 中信号较弱者达 80% 满屏高度为基准灵敏度。

C.1.5 检测

无特殊要求时，同一部位实施一次非平行扫查。

C.2 T型焊接接头检测

C.2.1 探头设置

C.2.1.1 探头放置位置见图 C.2。

C.2.1.2 探头按照本标准 6.4 的要求进行选择。T 型接头位置 1 和位置 2 的探头按照腹板厚度选择，位置 3 的探头按照翼板厚度选择。

C.2.1.3 检测时，T 型接头可同时选择位置 1 和位置 2 实施检测，也可单独选择位置 3 实施检测。

C.2.2 PCS 设置

C.2.2.1 位置 1 与位置 2 中发射探头、接收探头的位置应使用模拟工具对声束路径进行模拟，应能有效覆盖大于本侧角焊缝区域。

C.2.2.2 经声束路径模拟后，若位置 1 和位置 2 探头位置变化较大，影响检测结果时，应分段确定探头的位置，进行分段检测。

C.2.2.3 位置 3 的 PCS 设置以主声束能尽可能多地覆盖焊缝区域，尽可能降低根部盲区为准。

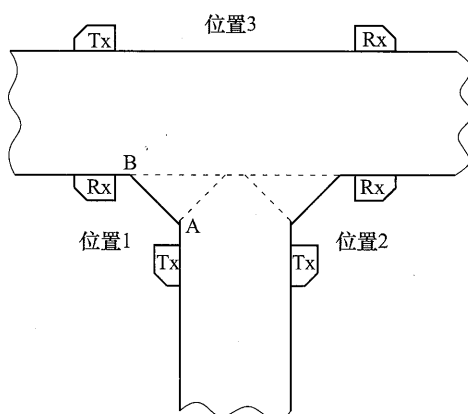


图 C.2 T 型焊接接头探头放置位置

C.2.3 试块

C.2.3.1 T 型焊接接头检测前应制作专用的试块，用于验证检测能力、调节检测灵敏度和为数据分析提供参考。

C.2.3.2 选取典型截面，对于 Y 型管座应选择至少两个截面（肩部、腹部）加工试块。

C.2.3.3 在腹板钝边两侧各加工一个侧边孔，孔直径以薄板壁厚按表 A.2 选取，长度分别为 30、45mm。

C.2.3.4 在腹板翼板坡口边缘 1/4、3/4 处各加工两个侧边孔，孔直径根据薄板壁厚按表 A.2 选取，长度分别为 30、45mm。坡口两侧的孔应避免分布在同一端面的同一侧。

C.2.3.5 在 A 和 B 的中间位置加工一组尖角槽用于验证表面盲区深度，深度为 1、2、4、8mm，槽间距应不小于 20mm。

C.2.4 灵敏度设置

C.2.4.1 位置 1、位置 2 探头组以可见槽信号与各孔信号较弱者达 80% 满屏高度为基准灵敏度。

C.2.4.2 位置 3 探头组以可见槽信号与各孔信号较弱者达 80% 满屏高度为基准灵敏度。

C.2.5 检测

C.2.5.1 无特殊要求时，可各实施一次非平行扫查。对于位置 3，需要确定缺陷位置时，应增加平行扫查或其他扫查方式。

C.2.5.2 探头按照本标准 6.4 的要求进行选择。T 型接头位置 1 和位置 2 的探头按照腹板厚度选择，位

置 3 的探头按照翼板厚度选择。Y 型接头探头按照两者中较厚板材进行选择。

C.2.5.3 检测时，T 型接头可同时选择位置 1 和位置 2 实施检测，也可单独选择位置 3 实施检测。

C.3 检测记录及报告

检测记录及报告内容应符合本标准第 14 章的要求。检测时所用的参数应在试块上进行校准，试块的检测数据应在分析后写入报告册。

附录 D
(资料性附录)

火力发电厂常用部件焊接接头检测等级的选择

D.1 宜选用不低于检测等级 A 进行检测的工件。

钢结构(不包括大板梁)、空气储罐、铝母线等工件的焊接接头宜选用不低于检测等级 A 进行检测。

D.2 宜选用不低于检测等级 B 进行检测的工件。

大板梁、冷段管道、给水管、低温集箱、机炉外管、汽轮机中压和低压导汽管、受热面管、低压加热器、除氧器、热力系统内其他压力容器等工件的焊接接头宜选用不低于检测等级 B 进行检测。

D.3 宜选用检测等级 C 进行检测的工件。

主蒸汽管道、热段管道、高温集箱、汽包、汽水分离器、汽轮机高压导汽管、高压加热器、氢气储罐等工件的焊接接头宜选用检测等级 C 进行检测。

D.4 当对检测有特殊要求时, 选用检测等级 D 进行检测。



附 录 E
(资料性附录)

常用焊接方法的热影响区宽度

E.1 TOFD 检测中, 焊接接头热影响区的宽度有测量数据时, 按测量数据计; 无测量数据时, 需检测的热影响区宽度应不小于表 E.1 对应的数值。

表 E.1 常用焊接方法的热影响区宽度

焊接方法	单侧热影响区宽度 mm
手工电弧焊	6.0~8.5
埋弧自动焊	5.0~7.0
氩弧焊	5.0~6.5
CO ₂ 气体保护焊	4.0~6.0

E.2 公称厚度不小于 100mm 的工件焊接接头, 检测时应按表 E.1 数值中对应最大值的 2 倍选取。

附录 F
(资料性附录)
焊接缺陷定性的一般准则

F.1 数据分析人员应了解被检测对象的材质、焊接坡口型式和热处理状态、成型工艺和常见缺陷的类型。

F.2 定性前应对数据中的缺陷进行分析，得到缺陷的长度、高度、深度等位置信息，必要时应增加平行扫查来确定缺陷相对焊缝横截面的位置信息。

F.3 必要时使用脉冲回波法超声、表面检测或其他方法辅助定性。

F.4 典型缺陷的一般特性。

F.4.1 气孔

单个气孔长度和自身高度一般较小，在 D 扫描中的信号显示为弧形。其高度较小，通常没有可分辨的上下端点衍射信号。其上端点是反射波，波幅相对较强，下端点是衍射波，波幅较弱。单个气孔在 D 扫描图像上特征较明显，气孔的整个弧形信号波幅较均匀。群气孔数据由各个气孔的信号相互叠加而成。

F.4.2 夹渣

F.4.2.1 夹渣分点状夹渣和条形夹渣。

F.4.2.2 点状夹渣与气孔类似，在 D 扫描中的信号显示为弧形，上端点是反射波，下端点是衍射波，上下端点一般无法分辨。点状夹渣和气孔在 D 扫描数据上存在一定的差异，点状夹渣的弧形顶部信号较强，常有明显的亮点。

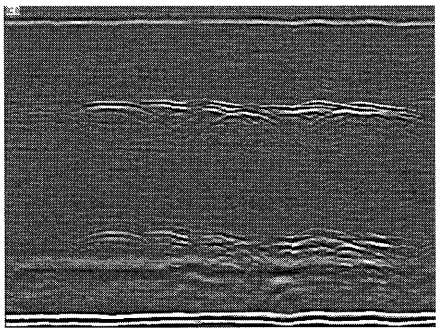
F.4.2.3 条形夹渣具有一定的长度，缺陷不均匀，有时断续相连。同样由于上端点是反射信号，下端点是衍射信号，在 D 扫描图像中上端点信号强，下端点信号弱，局部常有波幅变化较大引起的亮点出现，并且下端点信号和变形横波信号均比较杂乱。

F.4.3 裂纹

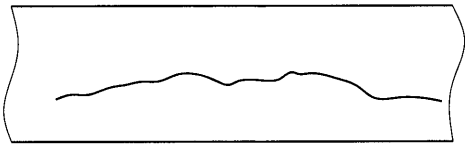
F.4.3.1 根据裂纹产生的位置，可分为内部裂纹和表面裂纹。识别裂纹时不仅需要分析 A 扫描、D 扫描数据，同时还应根据材料的焊接性能及焊接工艺多方面综合考虑。

F.4.3.2 内部裂纹。

内部裂纹在 D 扫描图像上由顶部和底部尖端衍射波信号组成，两个信号的相位相反。波幅一般比较弱且变化不大，开口较大的裂纹，衍射信号会变强；裂纹的变形横波显示比较杂乱，见图 F.1。焊缝内部有一定高度的条渣，D 扫描图像与裂纹相似。但体积型缺陷的上端点信号相对于下端点更强，且上端点局部有明显的亮点。



a) 汽包焊缝裂纹D扫描数据

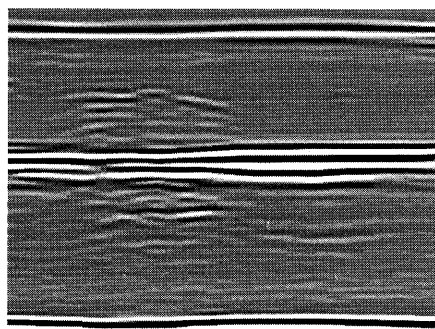


b) 裂纹解剖后示意图

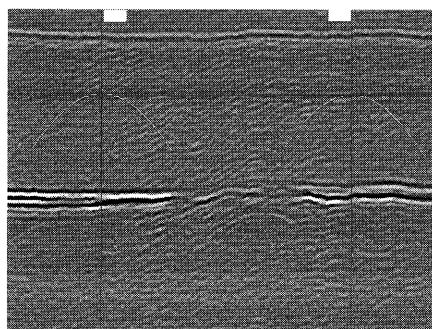
图 F.1 内部裂纹

F.4.3.3 表面裂纹。

裂纹边缘通常是变化的弯曲的轮廓,边缘比较陡时,边缘的衍射信号相对较弱。对于底面裂纹,在长度方向上裂纹信号两侧弧线延伸不会超过底面,消失得比较突然。裂纹上端点的衍射信号与直通波相位相反,端点各处波幅基本相当,变形横波比较杂乱。若裂纹长度和自身高度较大时,会将底波信号部分遮挡或全部遮挡。对于贴合比较紧密的裂纹,端点衍射信号弱,有时没有明显的上端点信号,仅能观察到底波信号部分或全部被遮挡,见图 F.2。靠近下表面的气孔和夹渣的回波通常比较陡,两侧弧线延伸较长,甚至超过底面回波。



a) 常见底面裂纹的D扫描显示



b) 贴合紧密的裂纹

图 F.2 下表面裂纹

裂纹的上端点轮廓比较平直时,缺陷 D 扫描显示上端点比较平直且波幅基本一致,上端点至底波之间信号少,这些特征均与未熔合相吻合,但变形横波比较杂乱,见图 F.3。

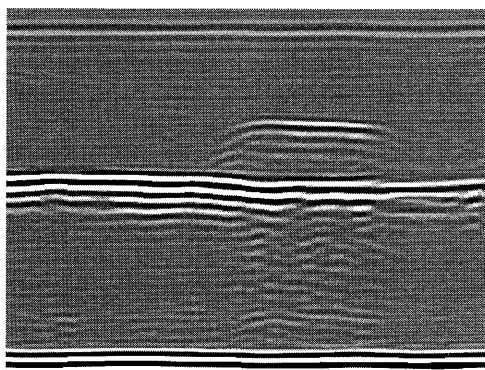


图 F.3 顶部平直的下表面裂纹

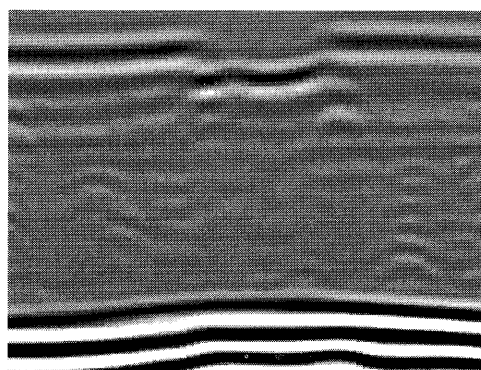


图 F.4 顶部平直的上表面裂纹

上表面开口裂纹只有下尖端的信号,相位与直通波相同;裂纹较大时,对应的直通波信号会消失或波幅有很大的减弱,见图 F.4。上表面裂纹较小时通常使用软件先去除直通波后再进行分析判断。

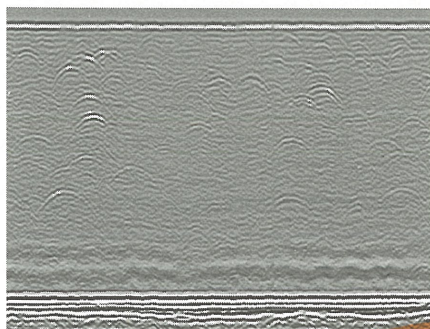
F.4.3.4 小裂纹

P91、P92 等材质在焊接时容易产生小裂纹,在数据分析时,应充分考虑焊接过程对缺陷性质的影响。对于怀疑的信号可使用脉冲回波法进行辅助定性。小裂纹在 D 扫描图上显示与气孔相似,但上下端点均是衍射信号,信号波幅比气孔弱,见图 F.5。

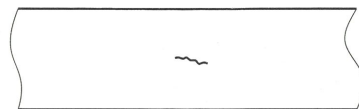
F.4.4 未熔合

坡口未熔合的典型特征是 D 扫描数据中上下尖端信号成像比较平直、干净,信号较强,波幅基本相当,变形横波图像比较清晰。夹渣上端点的成像也有可能比较平直,但局部常有波幅较高产生的亮点,且下端点成像通常比较杂乱。坡口边缘未熔合在平行扫查 B 扫描图像中可以看到上下端点存在一定偏移,并出现在坡口位置。

层间未熔合的信号多为反射信号,信号较强波幅较大。



a) P92焊缝D扫描数据



b) 局部解剖裂纹示意图

图 F.5 小裂纹数据与示意图

F.4.5 未焊透

未焊透在 D 扫描数据显示与未熔合基本一致，判断时应结合坡口型式和缺陷位置。



中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
火力发电厂焊接接头超声衍射时差
检 测 技 术 规 程
DL/T 1317—2014

*

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月第一版 2014年8月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 51千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2041

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



155123.2041

上架建议：规程规范/
电力工程/火力发电