

超声波探伤作业指导书

1 适用范围

本作业指导书母材厚度在6mm~200mm的风力发电机组塔架全熔化焊对接焊接接头的超声检测。

2 引用标准

NB/T47013.3-2015 《承压设备无损检测-第3部分：超声检测》

NB/T47013.3-2015 《承压设备无损检测-第1部分：通用要求》

GB/T11259-2008 《超声波检测用钢制对比试块的制作与校验方法》

JB/T9214-2010 《A型脉冲反射式超声探伤系统工作性能 测试方法》

JB/T10061-1999 《A型脉冲反射式超声探伤仪通用技术条件》

JB/T10062-1999 《超声波探伤用探头性能测试方法》

3 试验项目及质量要求

3.1 试验项目：

风力发电机塔筒，塔架焊缝6mm-200mm内部缺陷超声波探伤。

3.2 质量要求

3.2.1 检验等级的分级

焊缝质量分级：评定指标根据由缺陷引起的反射波幅（所在区域Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区）、单个缺陷指示长度、多个缺陷指示长度 L' ；根据质量要求检验等级分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三个级，Ⅰ级最高。

3.2.2 焊缝质量等级及缺陷分级如下表所示：

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	$\geq 6-100$	I	≤ 50	—
	> 100		≤ 75	—
	$\geq 6-100$	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	$\geq 6-100$	I	≤ 60	—
	> 100		≤ 90	—
	$\geq 6-100$	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。

3.2.3 探伤比例

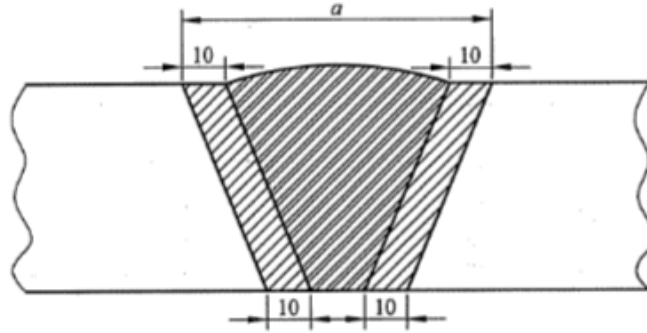
探伤比例按 GB/T 19072-2003 技术规范要求执行

3.2.4 检验区域的选择

3.2.4.1 焊缝的超声波检测应在焊缝及探伤表面经外观检查合格后方可进行, 应划好检验区域, 标出检验区段编号。

3.2.4.2 检验区由焊接接头检测区宽度焊接接头检测区厚度表征。

3.2.4.3 焊接接头检测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如下：



注：a 表示焊接接头检测区宽度。

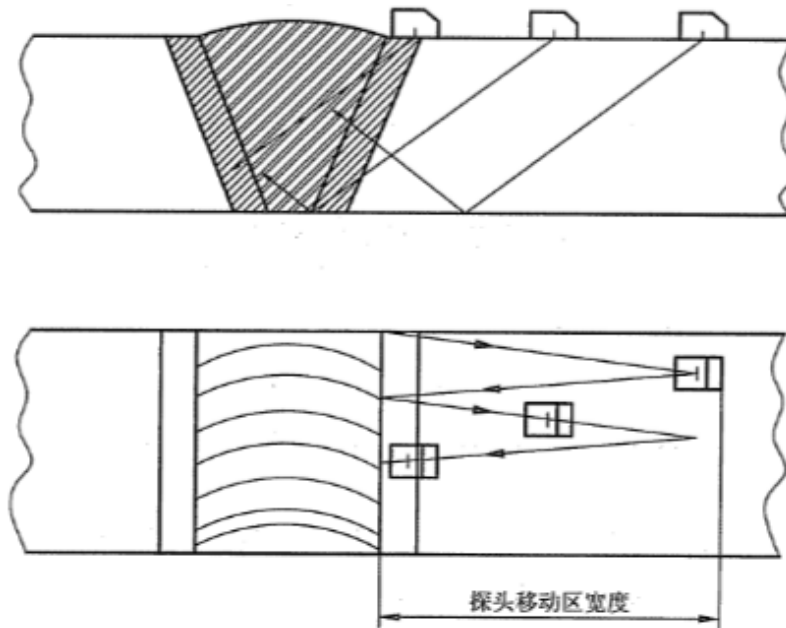
3.2.4.4 对接接头检测区厚度应为工件厚度加上焊缝余高

3.2.4.5 超声波检测应覆盖整个检测区域。若增加检测探头的数量或者增加检测面(侧)还不能完全覆盖，应增加辅助检测，包括其他无损检测方法。

3.2.5 焊接接头检测面的准备

3.2.5.1 探头移动区宽度

a、探头移动区域宽度应能满足检测到整个区域。如图所示



b、采用一次反射法扫查探伤时，探头移动区应大于等于 $1.25P$ ：

“ $P=2KT$ ”或“ $2T\tan\beta$ ”，

式中：P---跨距，mm；T---母材厚度，mm；

K---探头K值； β ---探头折射角（°）

c、采用直射法探伤时，探头移动区域应大于0.75P。

3.2.5.2

检测面应清除焊接飞溅、铁屑、油垢、油漆及其它外部杂质，以免影响超声波耦合。检测面表面应平整光滑，检测面与探头楔块底面或保护膜间隙不应大于0.5mm，其表面粗糙度Ra应小于等于25μm

3.2.5.3

去除余高的焊接，应将余高打磨到与临邻近母材平齐。保留余高焊缝，如焊缝表面有咬边，较大的隆起和凹陷等也应进行适当修磨，并做圆滑过渡以免影响检验结果的评定。

3.2.6 检测频率与K值的选用

3.2.6.1

焊缝对接接头检验频率 f ：一般在2-5MHZ的范围内选择，特殊情况下，可选用低于2MHZ或高于2.5MHZ的检验频率，但必须保证系统灵敏度的要求。频率选定如图所示：

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

3.2.6.2 K值的选用

a、一般情况可参照表中规定选择，在条件允许时，应尽量采用较大K值

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

b、采用一次反射法检测时，K值的选取应尽可能使主声束与检测面向对的底面法线夹角在35°—

70°之间，当选用两种以上K值探头检测时，应至少有一个探头满足要求。

4 仪器、试块、耦合剂、探头

4.1 探伤仪

4.1.1 探伤仪性能

采用A型脉冲反射式超声波型探伤仪，其工作频率范围为0.5—10MHz仪器至少在荧光屏满刻度的80%的范围内呈线性显示。探伤仪应具有80dB以上的连续可调衰减器，步进级每档不大于2dB,其精度为任意相邻12dB的误差在±1dB以内，最大累计误差不超过1dB。水平线性误差不大于1%，垂直线性误差不大于5%。本公司采用的是TUD9100超声波探伤仪

4.1.2 数字式超声波探伤仪TUD9100主要技术参数：

检测范围 0~25000mm、声速范围 400~20000m/s、增益范围 0dB~110dB

显示延迟 -20μs~+3400μs、探头零偏 0μs~99.99μs

工作频率 0.5~15MHz、电噪声水平 ≤10%

探头阻尼 100Ω、150Ω、200Ω、500Ω、重复频率 10~2000Hz

灵敏度余量 >62dB（深200mm，Φ2平底孔）、分辨力 >40dB（5P14）

线性抑制 0~80%（数字抑制）、垂直线性误差 ≤3%

水平线性误差 ≤0.1%、动态范围 ≥32dB

脉冲类型 方波、脉冲强度 多级可调、脉冲宽度 自动匹配/ 50~1000ns

4.1.3 TUD9100超声波探伤仪操作方法

将仪器探头线连接在探伤仪上，使用单探头时，探头线可以直接到仪器顶部任何一个探头插座上。开机启动仪器。按“基本”键进入到基本功能组主菜单，并调节“仪器检测范围等参数在“调校”键，进入到调校功能主菜单。调节“探头类型”、“探头频率”、“探头前沿”、“晶片尺寸”，等参数在校准中调节“材料声速”、探头零偏、一点声程、二点声程，等参数。待各参数调节，调校准确无误后即可进行检测工作。

4.1.4 超声波设备的使用与保养

4.1.4.1 超声波设备时用注意事项

- a、一起关机后必须挺5秒以上方可再次开机，不可重复开关机
- b、避免强力震动、冲击和强磁场干扰
- c、不要长期放置于高温、高湿、有腐蚀气体的环境中
- d、按键操作不宜用力过猛，不宜用沾有油污、泥水的手直接操
按键
- e、仪器出现故障时，不要轻易拆卸，应以设备厂家及时联系

4.1.4.2 超声波设备的保养与维护

- a、设备使用完毕，应对设备的外表进行清洁，然后放置与室内干燥通风处。
- b、探头连接接线切忌扭曲重压，在插拔连接线时应抓住插头根部
- c、为保护设备及电池，每个月至少开机通电1.5h，并给电池充电以免设备中重要元件受潮、电池过放电影响电池的使用寿命。
- d、设备在搬动过程中，应避免摔跌，强烈震动、强烈撞击和雨、雪等淋湿。
- e、禁止用具有溶解性的物质擦拭设备外壳。

4.2 试块

4.2.1 标准试块

4.2.1.1 标准试块的基本要求

标准试块应采用与被检工件声学性能相同或相近的材料制成，制作时应确认材质均匀,无杂质，无影响使用的缺陷。

标准试块外形加工的平行度，垂直度与尺寸精度均应经过严格检验并符合JB/T 7913-1995《超声波检测用钢制对比试块的制作与校验方法》中的相关规定。本条采用的标准是试块为CSK- I A。

4.2.1.2标准试块的用途

- a、校验超声波探伤仪的水平线性，垂直线性和动态范围：用25mm或100mm尺寸
- b、调节基线比例和探测范围：用25mm和100mm尺寸
- c、测定直探头与超声波探伤仪组合的远场区分辨力：用85mm，91mm，100mm尺寸。
- d、测定直探头与超声波探伤组合的盲区：用 $\Phi 50$ mm有机玻璃圆弧至两侧的距离5mm和10mm的位置测定。
- e、测定直探头与超声波探伤仪组合的最大穿透能力：用 $\Phi 50$ mm有机玻璃底面的多次反射波测定
- f、测定斜探头的入射点：用R50，R100圆弧面
- g、测定斜探头的折射角度或K值：用 $\Phi 50$ mm或 $\Phi 1.5$ mm孔测
- h、测定斜探头的声束偏斜角：用直角棱边测定
- i、测定斜探头在深度方向的分辨力，用 $\Phi 40$ mm， $\Phi 44$ mm， $\Phi 50$ mm台阶园柱孔。

4.2.2 对比试块

4.2.2.1 对比试块的基本要求

在不同的标准下选择相应的对比试块，其制作与标准试块的要求保持一致。本条采用的对比试块为CSK- II A和CSK- III A试块。

4.2.3试块使用原则

4.2.3.1 CSK- I A, CSK- II A和CSK-III A试块适用于检测面曲率半径大于等于250mm的焊接接头超声波检测。

4.2.3.2 CSK- I A, CSK- II A试块试用工件壁厚范围6mm—200mm的焊接接头

4.2.3.3 对于工件厚度范围在8mm—120mm的焊接接头超声波检测可采用CSK-III A试块, 但应对灵敏度进行适当调整予以CSK- II A试块保持一致。

4.2.3.4 对于不同工件厚度的对接接头进行检测时, 试块厚度的悬着应有较大工件厚度确定, 扫查灵敏度和质量分级由薄侧工件厚度确定。

4.2.4 试块的维护

4.2.4.1 相同型号的试块应有适当的部位编号, 以防混淆。

4.2.4.2 试块在使用和搬运过程中注意保护, 防止测试面损伤。

4.2.4.3 使用试块应注意清除反射体内的油污和锈蚀。常用沾油布将锈蚀部位抛光, 或用适合的去锈剂处理。

4.2.4.4 注意防止试块锈蚀, 使用后停放时间较长是, 要涂适当的防锈剂。

4.2.4.5 注意防止试块变形, 避免火烤, 较薄的试块防止重压

4.3.耦合剂

4.3.1 耦合剂的作用

应选用适当的液体或模糊状物作耦合剂。耦合剂应具备有良好透声性和适宜流动性, 不应对人体和材料有损伤作用。同时应便于检验后清理。

4.3.2 典型耦合剂

典型耦合剂为水、机油、甘油和化学浆糊。在试块上调节仪器和产品检验应采用相同的耦合剂。

4.3.3 耦合剂满足的要求

4.3.3.1 能润湿工件和探头表面，流动性，黏度和附着力适当，不难清洗

4.3.3.2 声阻抗高，透声性能好。

4.3.3.3 来源广，价格便宜。

4.3.3.4 对工件无腐蚀，对人体无害，不污染环境。

4.3.3.5 性能稳定，不易变质，保质期长。

4.4 探头

4.4.1 对接接头焊缝检测时采用单晶横波斜探头其频率和K值应满足3.2.6.1和3.2.6.2中的要求，其基本性能应满足下表要求，列表如下：

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

4.4.2 探头K值选用原则

4.4.2.1 使声束能扫查到整个焊缝截面

4.4.2.2 使声束中心线尽量与主要缺陷垂直

4.4.2.3 保证有足够的检测灵敏度

5 仪器、探头、曲线的调校

5.1 仪器与探头的调节

5.1.1 垂直线性

仪器的垂直线性是指仪器显示屏上的波幅与探头接收的信号之间成正比的程度。垂直线性的好坏影响缺陷定量的精度。垂直线性好坏常以垂直线性误差来判断。

5.1.2 垂直线性误差测试步骤

- 1 将超声波探伤仪的“抑制”调节到“0”，“衰减器”保留一定余量（30db）
- 2 直探头置于CSK- I A试块上，对准25mm底面，并用压块恒定压力
- 3 调节仪器使试块上某次底波位于显示屏中间位置，并达到满波幅100%，但不饱和，记为“0”db
- 4 调节“衰减器”，每次衰减2db，并记下相应波高，知道底波消失
- 5 运用公式计算垂直线性误差，公式如下：

$$D = (|d1| + |d2|) \% \text{ 式中}$$

d1：实测值与理想值得最大正偏差

d2：实测值与理想值得最大负偏差

6 将测得的数值填入下表，

衰减量Δdb		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
反射波高度	绝对H													
	相对%													
	理想波高%	100	79.4	63.1	50.1	39.8	31.6	25.1	19.9	15.8	12.6	10	7.9	6.3
偏差%														

注：表中 1.绝对H：绝对波高H

2.相对%：相对波高%，其计算公式为：

$$\text{实测相对波高} = \text{Hi}(\text{衰减}\Delta\text{db后波高}) / \text{Ho}(\text{衰减0db是波高}) \times 100\%$$

3.理想相对波高计算公式：

理想相对波高% = $10 - 20 \lg (H_i(\text{衰减} \Delta \text{db后波高}) / H_o(\text{衰减} 0 \text{db是波高})) \times 100\%$

5.1.3 水平线性

仪器的水平线性是指仪器显示屏上时基线显示的水平刻度与实际声程之间成正比的程度，或者说是显示屏上多次底波等距离的程度。水平线性主要取决扫描锯齿波的线性。水平线性好坏直接影响定位准确性。水平线性的好坏常用水平线性误差来表示。

5.1.4 水平线性误差测试

- 1 将直探头置于CSK- I A上，对准25mm厚的大平底面
- 2 调“微调”，“水平”，“脉冲位移”旋钮，是显示屏出现五次底波，B1-B5，且是B1前沿对准屏幕2.0基线，B5前沿对准10.0基线。
- 3 记录B2,B3,B4与水平刻度基线4.0，6.0，8.0的偏差值a2，a3，a4
- 4 运用公式计算水平线性误差

$$\delta = |a_{\max}| / 0.8b \times 100\%$$

式中： a_{\max} — a2，a3，a4 中的最大值

b — 显示屏水平满刻度值

5.1.5 衰减器精度调节

衰减器精度影响着缺陷定量的准确性，准确测定衰减器精度应采用标准衰减器进行比较，但是现场难以实现，检测人员可以用简易方法，大致测出衰减器的精度。

5.1.6 衰减器精度测试

- 1 使Φ2平底孔的最大反射波高为适当高度（如：80%），记为H1
- 2 使同声程的Φ4的平底孔的最大反射波出现在屏幕上，衰减12db，

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/746105055215010154>