

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

备案号：

# 团 体 标 准

T/CNEA XXXX. 2—202X

## 压水堆核电站常规岛设备焊接接头 相控阵超声检测

Phased array ultrasonic testing for welds in conventional of PWR-nuclear power plants

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

(本稿完成日期： 2022. 10. 20)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国核能行业协会 发布

敦阳江核电有限公司

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般要求 .....	3
5 全焊透I型焊接接头相控阵超声检测方法 .....	10
6 全焊透II型焊接接头相控阵超声检测方法.....	30
7 全焊透角接焊接接头相控阵超声检测.....	37
8 检测报告和记录 .....	41
附录 A（规范性附录） 规程的验证方法 .....	43
附录 B（规范性附录） 相控阵仪器的性能要求 .....	44
附录 C（规范性附录） 相控阵探头的性能要求 .....	46
附录 D（规范性附录） 试块的形式及要求 .....	48
附录 E（规范性附录） 工件衰减系数测试方式 .....	50
附录 F（规范性附录） 曲率补偿测试方法 .....	52
附录 G（规范性附录） 奥氏体不锈钢对接接头超声检测方法 .....	54

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020 的规定起草。

T/CNEA ××××《压水堆核电厂常规岛设备焊接接头相控阵超声检测》团体标准由中国广核集团阳江核电有限公司和中国核能行业协会提出。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核能行业协会归口。

本部分起草单位：阳江核电有限公司、大亚湾核电运营管理有限责任公司、辽宁红沿河核电有限公司、中核核电运行管理有限公司、田湾核电有限公司、福清核电有限公司、苏州热工研究院有限公司、国核电站运行服务技术有限公司、中广核检测技术有限公司、广州帕理检测技术有限公司、核工业标准化研究所、中广核工程有限公司、中核武汉核电运行技术股份有限公司、中国核工业二三建设有限公司、葫芦岛北检科技有限公司。

本部分起草人：张大勇、施建辉、刘恩凯、李守彬、陈玉喜、李邱达、施春丰、王梦磊、刘桂刚、徐宁、肖爱武、孙加伟、王涛、朱丛斌、杨会敏、田国良。

本文件为首次发布。

# 压水堆核电站常规岛设备焊接接头相控阵超声检测

## 1 范围

T/CNEA XXXX的本部分规定了压水堆核电站常规岛内相关非核级设备焊接接头的相控阵超声检测通用技术要求、特定类型工件的相关补充要求。

本部分适用于细晶粒钢（碳钢、低合金钢）焊接接头在制造、安装、在役过程中的相控阵超声检测。对于奥氏体不锈钢等粗晶粒焊接接头，在考虑信噪比、声速的各项异性影响后，也可参照本标准执行。

BOP辅助厂房等非核设备焊接接头的检查也可参考本标准执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本部分的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所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 23905	无损检测 术语 超声检测试块
JB/T 8428	无损检测 超声试块通用规范
JB/T 9214	无损检测 A型脉冲反射式超声检测系统工作性能测试方法
JJF 1338	相控阵超声探伤仪校准规范
DL/T1718	火力发电厂焊接接头相控阵超声检测技术规程

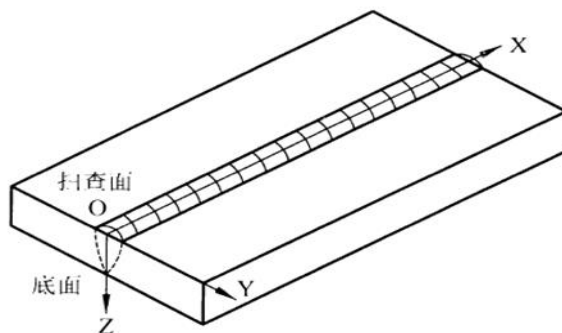
## 3 术语和定义

GB/T 12604.1、GB/T 32563界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 坐标定义 coordinate definition

定义检测起始参考点O点以及X、Y和Z坐标的含义。对于焊接接头，其坐标定义如图1所示。



O-设点的检测起始参考点；X-沿焊缝长度方向的坐标；

Y-沿焊缝宽度方向的坐标；Z-沿焊缝厚度方向的坐标。

图1 坐标定义

3.2

电子扫描 electronic scanning

采用特定的延迟法则控制阵列探头中的各阵元，使其产生的声束在探头不移动的情况下也可以在工件被检区域中移动，包括线扫描、扇扫描和动态聚焦等。

3.3

延时法则 delay law

用于波束形成与超声信号接收合成的控制法则，一般指参与超声波发射和接收的阵列探头各阵元电路的时序和时间间隔。

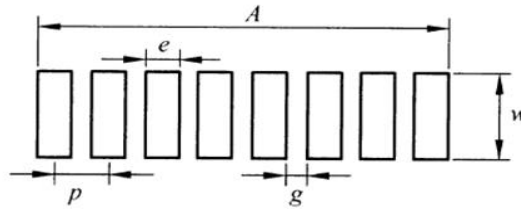
3.4

激发孔径 active aperture

阵列探头一次激发阵元组的尺寸。对于一维线阵探头，若一次激发阵元组尺寸如图2所示，则其激发孔径长度为主动方向的尺寸A（也称为主动孔径），激发孔径宽度为阵元长度w。

A值按公式（1计算）：

$$A = n \cdot e + g(n-1) = n \cdot p - g \dots \dots \dots (1)$$



A—激发孔径长度；g—相邻阵元之间的间隙；e—阵元宽度；  
n—激发阵元数量；p—相邻两阵元中心间距；w—阵元长度

图2 一维线阵探头激发孔径

3.5

扇形扫描 sectorial electronic scanning

对同一阵元组逐次采用不同的偏转延迟法则，以实现声束在一定角度范围内偏转移动。

3.6

扫查 scanning

对同一阵元组逐次采用不同的偏转延迟法则，以实现声束在一定角度范围内偏转移动。

3.7

机械扫查 mechanical scanning

采用机械装置移动探头的方式。对于焊接接头，根据探头移动方向与焊缝长度方向之间的关系，可分为纵向扫查、横向扫查和斜向扫查等方式。

3.8

纵向扫查 longitudinal scanning

探头在焊缝中心线一定距离S位置处沿焊缝长度方向移动机械扫查方式。根据探头声束方向与探头移动方向的相对关系，分为纵向垂直扫查、纵向倾斜扫查和纵向平行扫查等方式。

3.9

纵向垂直扫查 longitudinal scanning with perpendicular beam

探头沿焊缝长度方向移动，探头入射声束方向垂直于移动方向的纵向扫查方式，如图3所示

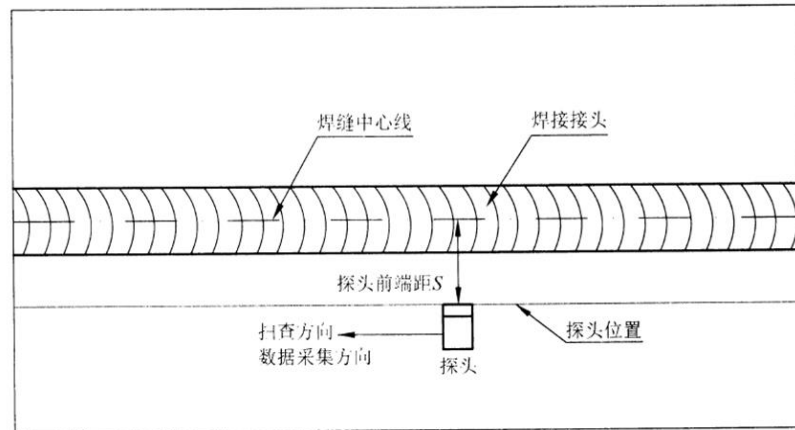


图3 纵向垂直扫查

### 3.10

#### 纵向平行扫查 longitudinal scanning with parallel beam

探头沿焊缝长度方向移动，探头入射声束方向与移动方向平行的纵向扫查方式，如图4所示。

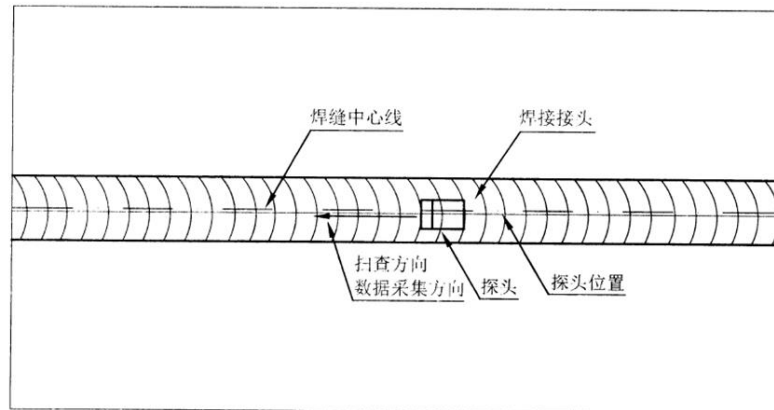


图4 纵向平行扫查

## 4 一般要求

### 4.1 检测人员

除有特殊规定外，相控阵检测人员至少应符合GB/T9445或合同方规定的检测人员要求，应通过有关相控阵检测技术的专门培训并取得相应证书。

### 4.2 检测文件

#### 4.2.1 基本要求

检测文件包括检测工艺规程或检测操作指导书（工艺卡）。相控阵超声检测应按照生效的检测文件实施。

#### 4.2.2 检测规程

检测规程应至少包括表1和下列内容：

- 适用范围：被检工件的类型、尺寸、检测范围和材质等；
  - 所引用的法规、规范、标准和设计文件等；
  - 检测人员资格；
  - 检测设备和器材：相控阵超声检测仪、探头、耦合剂、自动检测仪器（若适用）、标准试块和（或）对比试块、模拟验证试块；
  - 检测条件：检测时机、检测区域和表面状况；
  - 检测方法：检测技术、扫查（检测面、检测范围和扫查方向）；
  - 复核方法和要求；
  - 记录和评定要求；
  - 验收标准；
  - 检测报告内容及格式。
- 当规程内容发生变化时，应对规程进行修订及升版。

表1 规程中的重要变素及非重要变素

项目	重要变素	非重要变素
受检工件材料类型、几何形状、厚度、产品型式等	X	
检测面	X	
检测技术（线扫描、扇扫描、直接接触法、液浸法及波形等）	X	
声波在材料中传播的角度和波形	X	
检测仪器类型	X	
相控阵探头类型及参数（阵元高度和宽度、间隙、数量）	X	
楔块尺寸和角度	X	
聚焦范围	X	
激发孔径尺寸（激发阵元的数量、激发的孔径长度和宽度）	X	
扫描类型（线扫描、扇扫描）	X	
耦合剂类型	X	
校准（试块及校准方法）	X	
扫查方向及扫查范围	X	
扫查方式（纵向垂直扫查、纵向平行扫查或纵向倾斜扫查等）	X	
附加检测及要求	X	
人员资格要求、检测报告要求	X	
检测数据的分析和解释	X	
验收级别（质量等级）	X	
表面状况（检测表面、对比试块表面）		X
耦合剂牌号或类型		X
自动报警和/或记录装置（使用时）		X
要记录的数据，包括校验数据（如仪器设定）		X

#### 4.2.3 检测操作指导书

检测操作指导书应根据工件和检测规程的要求进行编制，具体包括：

- a) 检测技术要求：检测时机、检测比例、合格级别等；
- b) 检测设备和器材：仪器、探头、楔块、耦合剂、扫查装置、试块名称和规格型号、设备的性能检查项目、合格要求等；

- c) 检测工艺参数：包括检测覆盖区域、接触方式、扫查面及其准备要求、探头位置、扫描及扫查方式、以及检测系统设置和校准，横向缺陷的检测方法（必要时）；
- d) 检测工艺卡首次应用前应在模拟试块上进行工艺验证。

#### 4.3 检测范围

被检对象的检测范围和检测比例，应符合相关技术规范、产品设计文件或采购技术文件的规定。

#### 4.4 规程模拟验证

##### 4.4.1 适用范围

相关产品设计文件或采购技术文件有要求时应进行检测规程验证。

此外，下列情况宜进行检测规程验证：

- 首次对该类型被检对象进行超声检测时；
- 被检对象的特性、检测条件、检测参数的变化显著影响检测结果时。

##### 4.4.2 一般原则

规程模拟验证应遵循以下原则：

- a) 验证过程中的检测，应以含有代表性缺陷的验证试件为检测对象。其中，代表性缺陷可是参考反射体，例如：对比试块上的人工参考反射体或实际制造缺陷，其性质、位置、分布、尺寸、取向等应具有代表性，能够满足验证检测的目的和要求；
- b) 承担无损检测工作的单位应按有效的检测规程进行检测，证明规程所描述的方法和技术、检测系统等在缺陷检测、评定等方面是否能够符合检测目的和要求；
- c) 承担无损检测工作的单位应对验证时的检测要求、检测规程、验证试件和检测结果进行记录并形成书面文件；
- d) 规程验证的方法参考附录xx执行。

##### 4.4.3 重新验证

当规程中的重要变素规定的数值或数值范围变更时，应对规程进行重新验证。非重要变素规定的数值或数值范围变更时，不要求对规程进行重新验证。

#### 4.5 设备和器材

##### 4.5.1 检测仪器

相控阵超声检查仪器的性能应满足附录XX的要求。检测仪器与探头的组合性能要求：水平线性误差不大于1%，垂直线性误差不大于3%。仪器与探头的组合频率与探头标称频率之间偏差在±10%范围内。使用标准试块获得的信号，采用A型脉冲法检测时，信噪比应大于或等于12dB，采用成像法检测时，信噪比应大于或等于6dB。

##### 4.5.2 探头

- a) 探头应标记厂家名称、探头类型、频率、晶片尺寸、楔块角度及楔块声速；
- b) 相控阵探头的性能应满足附录xx的要求，应提供探头的测试报告。

##### 4.5.3 发生以下情况时应测定仪器与探头的组合性能

- a) 新购置的相控阵超声检测仪器或探头；

- b) 相控阵超声检测仪器或探头维修后;
- c) 检测人员有怀疑时。

#### 4.5.4 耦合剂

##### 4.5.4.1 一般要求

应采用润湿性好、透声性好,且不损伤检测表面的耦合剂,如机油、浆糊、甘油和水等。灵敏度调节和检测时,应采用相同的耦合剂。

检测结束后,影响后续加工和检测的耦合剂应清除干净。奥氏体不锈钢、钛材、镍基合金在检测结束后应立即清除耦合剂。

##### 4.5.4.2 其他要求

用于镍基合金、奥氏体不锈钢以及钛材的耦合剂,应有污染物含量证书,并符合下列要求:

- 镍基合金上使用的耦合剂含硫量应不大于 200 mg/L;
- 奥氏体不锈钢或钛材上使用的耦合剂卤素(氯和氟)的总含量应不大于 200 mg/L。

#### 4.5.5 试块

##### 4.5.5.1 标准试块

标准试块是指符合GB/T19799.1规定的1号校准试块及功能基本相同或能替代1号校准试块的其他标准试块,例如:GB/T19799.2中的2号校准试块或JB/T8428中规定的CSK-IA试块、DL/T1718标准中规定的相控阵A型声束偏转评价试块和相控阵B型声束偏转评价试块。

标准试块主要用于检测系统性能测试和复核,有时也用于灵敏度调节。

##### 4.5.5.2 参考试块

###### 4.5.5.2.1 参考试块材料

参考试块的材料可以是:

- a) 被检部件的延长段;
- b) 材料牌号和热处理状态与被检部件相同的余料;
- c) 声学特性与被检部件相近的材料。除其他技术文件中有规定外,对比试块与被检部件间的声学性能差异在下述范围内,则认为具有相近的声学特性:声速 $\pm 5\%$ ,声阻抗 $\pm 5\%$ ,衰减系数 $\pm 20\%$ 或厚度相同底波信号差异小于 4 dB。

###### 4.5.5.2.2 参考试块表面曲率

参考试块表面曲率应满足以下要求:

- a) 对于检测面直径为25-159 mm 的工件,应使用曲面对比试块。任何单一曲率的曲面试块可用于表面曲率在试块直径 0.9~1.1 倍范围内的工件检测;
- b) 对于检测面直径为159-500 mm 的工件,应使用曲面对比试块。任何单一曲率的曲面试块可用于表面曲率在试块直径 0.9~1.5倍范围内的工件检测;
- b) 对于直径大于 500mm 但小于 2000mm 的工件,可使用曲面对比试块或平面对比试块,曲面试块的使用要求同 a),使用平面试块时应进行曲率补偿。

###### 4.5.5.2.3 参考试块型号

本标准采用的参考试块有PRB-I、PRB-II、PRB-C、PRB-L、PGD列试块,具体形式见附录xxx:

- a) 检测面曲率大于等于500mm的工件或平板对接接头应采用参考试块为PRB系列,其适用范围

见表2;

- b) 检测面曲率在159-500mm的工件焊接接头应采用试块为PRB-C系列, 其试块结构见图5;
- c) 对于检测面曲率在25-159mm的工件焊接接头应采用试块为PGD系列, 其结构图及适用范围见表3、图6。

表2 PRB系列通用对比试块及使用范围

试块	对应的焊接接头的厚度范围
PRB-I	6-40mm
PRB-II	40-100mm

表3 PGD系列通用对比试块及使用范围

试块型号	试块圆弧曲率半径R1	适用管外径范围	试块圆弧曲率半径R2	适用管外径范围
PGD-0	11.5	21-25	14.2	25-32
PGD-1	18	32-40	22	40-48
PGD-2	26	48-57	32	57-72
PGD-3	40	72-90	50	90-110
PGD-4	60	110-132	72	132-159

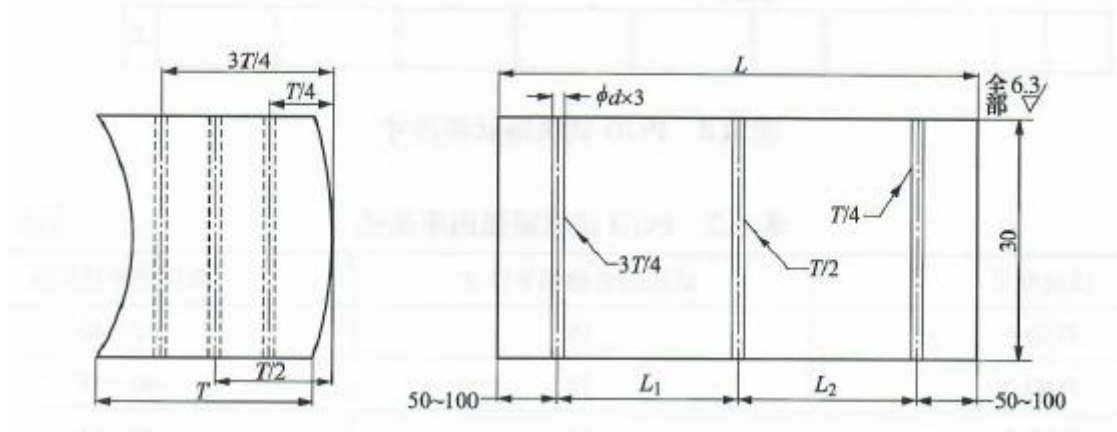


图5 PRB-C试块形状及尺寸

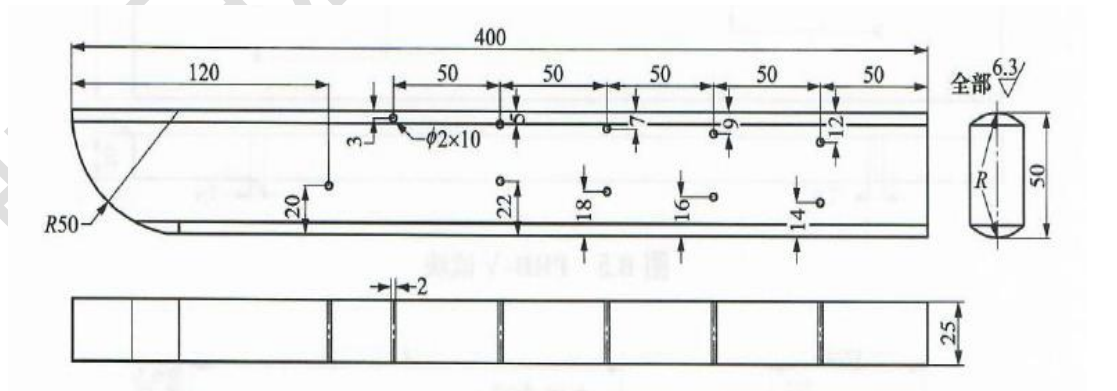


图6 PGD试块形状及尺寸

#### 4.5.5.3 模拟试块

模拟试块是指含有自然焊接缺陷的试块，主要用于相控阵检测工艺验证或以代替射线检测手段为目的，且同时采用线性扫查方式进行检测的，用于验证同类焊接结构批量化检测时采用检测工艺及设备综合检测能力的评价。

模拟试块的材料应满足4.5.5.2.1 中的要求。

模拟试块中的缺陷应为易出现的典型焊接缺陷，至少包括纵向和横向裂纹（裂纹至少各1个）、坡口未熔合、体积缺陷（气孔或/和夹渣）。缺陷应至少布置在焊缝根部、焊缝中间、焊缝上表面位置。缺陷的长度和自身高度满足表9的要求（除横向裂纹以外），但是长度的最小值为10mm。

#### 4.5.6 扫查装置

扫查装置一般包括探头夹持部分、驱动部分、导向部分及编码器。探头夹持部分应能调整和设置探头位置，在扫查时保持探头相对距离和相对角度不变。编码器功能正常、可用，至少300mm距离范围误差小于1%或10mm，以较小值为准。

#### 4.5.7 性能测试

##### 4.5.7.1 一般要求

每日开始检测前，应检查检测系统外观和状态，具体包括：

- a) 检测仪、探头、电缆和试块的外观，确认是否有影响系统工作和使用可靠性的物理损伤和磨损；
- b) 探头和检测仪的电气连接稳定性；
- c) 若探头为带有可更换楔块的分离结构，检查探头和楔块装配情况。

##### 4.5.7.2 注意事项

检测系统进行性能测试时，任何影响仪器线性的控制器（如抑制或滤波开关等均应放在“关”的位置或处于最低水平。

#### 4.6 检测条件

##### 4.6.1 检测时机

检测的时机应符合相关产品设计文件或采购技术文件的规定。

##### 4.6.2 检测区域

检测区域应符合相检测区域由其高度和宽度表征：对接接头检测高度为工件厚度、检测区域宽度为焊缝本身加上焊缝熔合线两侧各5~10mm。若对于已发现缺陷部位进行复检或已确定的重点部位，检测区域可缩减至相应部位。

##### 4.6.3 检测面

检测面的选择应保证工件的检测区域均能得到充分检测。

##### 4.6.4 表面准备

被检件检测面应无影响声耦合效果、干扰超声波传播及妨碍超声探头移动的外来物质和表面不平整。否则应予以清除或做适当的处理，并应根据被检件的情况选择适当的处理方法。

扫查面的表面粗糙度应符合检测要求。除另有规定外，表面粗糙度 $Ra \leq 12.5 \mu m$ 。

妨碍超声检测的机加工应在检测后进行。

#### 4.6.5 可达性

相控阵超声检测应在充分可达的条件下进行。若存在不可达，例如局部不可达、多个检测探头中某一个检测探头的移动区域受限等，应记录影响探头可达性的因素并在检测报告中图示说明。

#### 4.6.6 环境条件要求

接触法检测时，灵敏度调节用试块温度与检测面的温差应在14°C以内。

液浸法检测时，灵敏度调节用耦合剂与检测时耦合剂的温差应在14°C以内。

版阳江核电有限公司

## 4.7 检测技术

### 4.7.1 接触法和液浸法

相控阵超声检测可使用接触法或液浸法。

接触法检测时，探头可修磨或带有轮廓形状与被检件相适合的透声楔块或探头靴。

### 4.7.2 检测标识

检测前应在工件扫查面上予以标记，标记内容至少包括扫查起始点和扫查方向，起始标记应用“0”表示，扫查方向用箭头表示。当焊缝长度较长需要分段检测时，应画出分段标识。所有标记应对扫查无影响。

### 4.7.3 参考线

用于平行线扫查时沿步进方向行走的直线。检测前，应在扫查面上画参考线，参考线在检测区一侧距焊缝中心线的距离根据工艺设置而定。参考线距焊缝中心线距离的误差为±1mm。

### 4.7.4 显示方式

可以采用声程显示成像和几何结构显示成像两种显示方式，如图7所示。

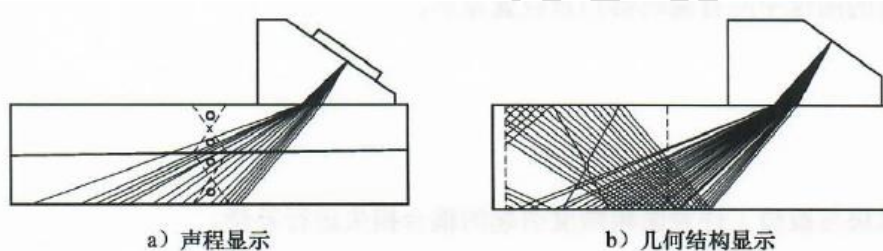


图7 显示方式

### 4.7.4 扫描类型

扫描类型分为电子扫描和扇形扫描（优先采用），应根据具体检测情况进行选择。

### 4.7.5 扫查方式

扫查方式分为纵向垂直扫查、纵向平行扫查。一般宜采纵向垂直扫查，纵向平行扫查主要针对横向缺陷。纵向垂直扫查应采用编码器记录扫查位置，纵向平行扫查可不采用编码器记录扫查位置。

### 4.7.6 扫查速度

手动扫查时，探头移动速度不超过150mm/s。采用纵向垂直扫查时，应保证扫查速度小于或等于最大扫查速度 $V_{max}$ ，同时应满足耦合效果和数据采集的要求。最大扫查速度按式（2）计算：

$$V_{max} = \frac{PRF}{N \cdot A} \Delta x \text{ -----(2)}$$

$$PRF < c/2S$$

式中：

$V_{max}$ ——最大扫查速度，mm/s；

- PRF——脉冲重复频率，Hz；
- c——声速，mm/s；
- S——最大检测声程，mm。
- N——设置的信号平均次数；
- M——延迟法则的数量；
- $\Delta X$ ——设置的扫查步进值，mm。

#### 4.7.7 扫查覆盖

- 4.7.7.1 扇形扫描所使用的声束角度步进最大值为 $1^\circ$  或能保证相邻声束重叠至少为50%。
- 4.7.7.2 电子扫描相邻激发孔径之间的重叠，至少应为激发孔径长度的50%。
- 4.7.7.3 线性扫查时，若在焊缝长度方向进行分段扫查，则各段扫查区的重叠范围至少为50mm。对于环焊缝，扫查停止位置应越过起始位置至少20mm。需要多个平行线扫查覆盖整个焊接接头体积时，各扫查之间的重叠至少为所用线扫描激发孔径长度或扇扫描声束宽度的10%。

#### 4.7.8 扫查步进

检测时，除非特别规定，须采用带编码器的机械扫查方式，并应设定扫查步进值。扫查步进值主要与被检工件厚度有关，应符合表4的规定。

表4 扫查步进值的设置

工件厚度t/mm	扫查步进最大值 $\Delta X_{max}$ /mm
$t \leq 10$	1.0
$10 < t \leq 150$	2.0

#### 4.7.9 灵敏度调节

##### 4.7.9.1 一般要求

根据检测目的和要求，选择适合的灵敏度调节方法。一般在参考试块上制作距离-波幅曲线，包括DAC曲线（含ACG）和TCG曲线（含ACG）。推荐采用TCG曲线（含ACG）进行灵敏度设置。

##### 4.7.9.1 距离-波幅曲线法

利用参考试块绘制距离-波幅曲线的步骤一般如下：将探头置于能得到最高反射波幅度的参考反射体上方，将其波幅调到显示屏满幅度的 $80\% \pm 5\%$ ，DAC曲线模式下不改变增益，然后分别测出其他参考反射体最高反射回波，将上述各测点依次连接绘成距离-波幅曲线。TCG曲线模式下需要移动探头使得扇形扫描角度范围内的每个角度都需扫查到该反射体，此时形成一个幅度的包络曲线，该包络曲线不能有超过满屏高度100%的信号，也不能有低于满屏高度0%的信号，依次完成不少于3个不同深度点的校准，校准的范围至少包括检测拟覆盖的深度（声程）范围。

#### 4.7.10 灵敏度补偿

##### 4.7.10.1 耦合补偿

在检测和缺陷定量时，应对由表面条件差异引起的耦合损失进行补偿。

##### 4.7.10.2 衰减补偿

在检测和缺陷定量时，应对材质衰减引起的灵敏度下降和缺陷定量误差进行补偿。

当采用算法确定缺陷当量时，若材质衰减系数超过4dB/m，应进行修正；当采用距离-波幅曲线确定缺陷当量时，若对比试块与工件材质衰减系数差值超过4dB/m，应进行修正。

工件材质衰减系数的计算方法可参照附录xxx。

#### 4.7.10.3 曲面补偿

在检测和缺陷定量时，应对由曲面工件与参考试块曲率半径不同引起的损失进行补偿。曲面补偿值的确定方式可参照附录xxx进行。

#### 4.7.11 聚焦法则

按照根据所采用的扫查方式确定，设置时应考虑如下因素：

阵元参数：标称频率、阵元数量、阵元宽度、阵元间隙及阵元高度；

楔块参数：楔块尺寸、楔块角度及楔块声速；

阵元数量：设定延迟法则使用的阵元数量；

阵元位置：设定激发阵元的起始位置；

角度参数：设定在工件中所用声束的固定角度、声束的角度范围；

距离参数：设定在工件中的声程或深度；

声速参数：设定在工件中的声速，例如横波声速、纵波声速；

工件厚度：设定被检件的厚度；

探头位置：设定探头前端距或扫查起始位置；

采用聚焦声束检测时，应合理设定聚焦声程或深度。

#### 4.7.12 聚焦设置

焊缝初始扫查的聚焦深度设置一般应避免在近场区内。当检测声程范围在50mm以下时，聚焦深度可以设置在最大探测声程处；当检测声程范围在50mm以上时，聚焦深度可以选择检测声程范围的中间值或其他适当深度。

在对缺陷进行精确定量时，或对特定区域检测需要获得更高的灵敏度和分辨力时，可将焦点设置在该区域，但应注意聚焦区以外声场劣化问题。

#### 4.7.13 耦合监控设置

耦合监控的设置方法由使用的相控阵超声设备而定。在被检件或与被检件特征相同的试块上调试耦合监控，将最大波调整到满屏高度的80%（误差为±5%），在此基础上提高6dB，即为耦合监控的灵敏度。

耦合监控的方式一般分为图像显示监控和铃声报警监控两种方式。平行线扫查宜采用图像显示进行耦合监控；锯齿形扫查采用铃声报警方式进行耦合监控。

### 4.8 复核

#### 4.8.1 复核时机

下列情况需要对检测系统进行复核：

- 每次检测结束时；
- 连续检测最长 4 小时；
- 更换操作人员时（自动检测除外）；
- 任何时间检测人员对检测系统的有效性存在怀疑时。

#### 4.8.2 复核要求

检测范围的复核：若发现检测系统上任何一点的声程偏差超过其真实声程的10%或此时仪器设定的最大声程范围的5%（取较大者），则需对检测系统的声程范围进行重新调节，并对已记录的显示进行重新检测并记录显示位置数据。

灵敏度复核：若发现灵敏度偏差3dB或更大，则要重新按规定进行灵敏度设置，并对上一次有效复核以来所检的所有工件重新进行检测；若灵敏度偏差小于3dB时，不需要采取任何措施。

相控阵探头楔块磨损程度的复核：楔块角度的实测值与标称偏差范围应控制在 $-1^{\circ}\sim+1^{\circ}$ ，若超出此范围，应对楔块进行修磨或更换楔块。

编码器的复核：编码器的复核应符合4.5.6的规定，当检测设备所显示的位移和实际位移的误差应 $\geq 1\%$ 或10mm时，应对上次设置以后所检测的位置进行修正。

#### 4.9 检测数据的有效性

分析数据前应对所采集的数据进行评估以确定其有效性，若无效，应纠正后重新进行扫查。至少应满足以下要求：

- a) 数据是基于扫查步进的设置而采集的；
- b) 采集的数据量应满足所检测长度的要求；
- c) 数据丢失量不得超过整个扫查长度的5%，且不允许相邻数据连续丢失。

#### 4.10 校准要求

每年至少应对检测仪器和探头组合性能中的垂直线性、水平线性、衰减禁制的、组合频率、扇形扫查成像横向分辨力和纵向分辨力以及扇形扫查角度范围和扇形扫查角度分辨力进行一次校准并记录，测试要求应满足JJF 1338和GB/T 29302的要求。

- a) 附录B中规定的仪器性能指标应每年进行一次校准测试，并出具检定报告；
- b) 探头晶片的有效性应至少每隔1个月进行一次测试，测试要求见附录C；
- c) 首次使用或每隔1个月应对编码器进行校准，校准方式和精度应满足4.5.6的规定。

#### 4.11. 注意事项

复核时，相控阵超声检测系统包括检测仪、探头、电缆、耦合剂、试块等不应有改变。

复核时，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。

### 5 全焊透I型焊接接头相控阵超声检测方法

#### 5.1 范围

本章规定了厚度不小于6mm的细晶粒钢（碳钢、低合金钢）全焊透对接接头的相控阵超声检测方法和质量分级，其适用范围见表5。奥氏体不锈钢焊接接头的超声检测方法可参照本章及附录G的补充要求进行。

表5 常规岛设备焊接接头相控阵超声检测适用范围

承压设备类别	焊接接头类型	工件厚度 $t$	检测面直径
锅炉、压力容器	筒体（或封头）对接接头	$\geq 6 \sim 500$	$\geq 100$ 的纵向对接接头且内、外径比 $\geq 60\%$
			$\geq 159$ 的环向对接接头
	管子环向对接接头	$\geq 6 \sim 150$	外径 $\geq 159$
管子纵向对接接头	外径 $\geq 100$ 且内、外径比 $\geq 60\%$		
压力管道	环向对接接头	$\geq 6 \sim 150$	外径 $\geq 159$
	纵向对接接头		外径 $\geq 100$ 且内、外径比 $\geq 60\%$
注：工件厚度的定义见 NB/T 47013.3—2015。			

## 5.2 检测时机

除其他技术文件中有规定外，焊接接头超声检测应在最终焊后或热处理后进行。

## 5.3 检测区域

焊接接头的超声检测区域包括焊缝金属及两侧相邻的母材。材料公称厚度  $t \leq 30$  mm 时，两侧相邻母材的检测范围为距离实际坡口至少 5mm 的区域；材料公称厚度  $t > 30$  mm 时，两侧相邻母材的检测范围为距离实际坡口至少 10 mm 的区域。

## 5.4 表面准备

探头移动区应清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其它杂质。检测表面应平整，便于探头的扫查，其表面粗糙度  $Ra \leq 12.5 \mu\text{m}$ ，如果不能满足上述表面粗糙度要求，可采用机械打磨等方法进行表面处理。被检面与探头间的最大允许间隙为 0.5mm。

## 5.5 检测技术要求

检测时应保证相控阵声束对检测区域至少实现 2 次全覆盖，应尽可能使其中两次覆盖的声束来自大致互相垂直的两个方向。

- a) 工件厚度为 6 ~ 40mm 时，应选择扇形扫描，采用直射法和反射法在焊接接头的单面双侧进行检测。如受条件结构限制，也可选择单面单侧或双面单侧进行检测。检测时主要采用直射波、一次反射波进行同时设置进行检测，且应保证声束全部覆盖检测区域；
- b) 工件厚度为 40 ~ 100mm 时，应选择扇形扫描，采用直射法和一次反射法在焊接接头的单面双侧进行检测或双面单侧进行检测。如受条件结构限制只能进行单面单侧检测，则应将焊接接头余高磨平，在焊缝中心线处增加一次扇形扫描+纵向垂直扫查。检测时主要采用直射波、一次反射波进行分开设置进行检测且应保证声束全部覆盖检测区域。若无法覆盖，则应进行分区检测，保证检测区域 100% 覆盖，各分区应在厚度方向上依次向上覆盖相邻区深度范围的 25%；

## 5.6 试块要求

### 5.6.1 标准试块

本条采用的标准试块应符合 4.5.5.1 的要求。

### 5.6.2 参考试块

本条采用的参考试块应符合 4.5.5.2 的要求。

## 5.7 检测系统的设置

### 5.7.1 相控阵超声探头选择

5.7.1.1 相控阵超声探头标称频率一般为2.5~10MHz。

5.7.1.2 相控阵晶片数量根据检测工件公称厚度选择，单次激活的晶片数不得低于16个晶片。电子扫描进行纵波检测时，单次晶片激活不得低于4个晶片。探头参数选择参考表6。

5.7.1.3 相控阵探头应与检测面紧密接触。探头楔块与被检件接触面的间隙大于0.5mm时，应采用曲面楔块或对楔块进行修磨，修磨时应重新测量楔块几何尺寸，同时考虑对声束的影响。

表6 检测焊接对接接头时相控阵探头参数选择推荐表

工件厚度/mm	激发孔径/mm	标称频率/MHz
6~15	6~12	5~10
>15~40	8~20	4~7.5
>40~100	16~40	2~7.5

注1: 在满足能穿透的情况下，尽可能选择激发孔径小的探头。  
注2: 为了提高图像质量，线扫描在满足穿透的情况下，应选择激发孔径小的探头。  
注3: w应大于或等于6mm。

### 5.7.2 检测工艺模拟

根据被检工件的规格尺寸、坡口形式、检测范围、聚焦法则、检测技术要求等对被检工件进行模拟工艺演示，确认声束完全覆盖检测区域。

### 5.7.3 距离-波幅曲线制作

5.7.3.1 距离-波幅曲线的制作应在相应的参考试块上进行，参考试块的使用原则应符合4.5.5.2的要求。

5.7.3.2 距离-波幅曲线灵敏度的选择应参考表7。

表7 TCG或DAC曲线灵敏度

板厚/mm	评定线	定量线	判废线
6~40	$\phi 2 \times 40 - 18\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 - 12\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 - 4\text{dB}$
>40~100	$\phi 2 \times 40 - 14\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 - 8\text{dB}$	$\phi 2 \times 40 + 2\text{dB}$

5.7.3.3 工件表面耦合损失和材质衰减应与试块相同，否则应做声能传输损失的测定，并根据实测结果对扫查灵敏度进行补偿，补偿量应计入距离-波幅曲线。在一跨距声程内最大传输损失差小于或等于2dB时可不进行补偿。

5.7.3.4 检测横向缺陷时，应在原有扫查灵敏度基础上至少提高6dB。

### 5.7.4 平板或检测面曲率直径大于500mm的对接接头的检测

5.7.4.1 工件厚度 $<40\text{mm}$ 时，厚度方向上分区数量推荐为1；工件厚度 $\geq 40\sim 100\text{mm}$ 时，厚度方向分区数量推荐为2，分区位置以 $t/2$ 为界线。

5.7.4.2 焊接接头的扫查推荐采用纵向垂直扫查+扇形扫描的方式。检测焊接横向缺陷时，相控阵超声探头可以在焊缝两侧做两个方向的斜平行扫查，见图8。如果焊缝余高磨平，相控阵超声探头应在焊接接头上做两个方向的纵向平行扫查。

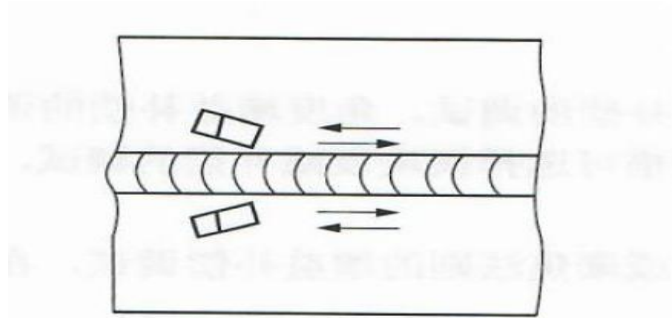


图8 斜平行扫查

5.7.5 检测面曲率直径 $\leq 500\text{mm}$ 的对接接头的检测

5.7.5.1 工件检测的分区要求应参考5.5.4.1的规定。

5.7.5.2 焊接接头的扫查推荐采用纵向垂直扫查+扇形扫描的方式。如果焊缝余高磨平，相控阵超声探头应在焊接接头上做两个方向的纵向平行扫查。如果有焊缝余高存在，管径 $\geq 250\sim 500\text{mm}$ 时，相控阵超声探头可以在焊缝两侧做两个方向的斜平行扫查；管径 $\geq 159\sim 250\text{mm}$ 时，可以采用常规脉冲反射式超声探头进行辅助检测。

5.8 缺陷的定量

5.8.1 缺陷的定量基准

缺陷的定量以定量线为基准，对回波波幅达到或超过定量线的缺陷，应确定其位置、波幅或缺陷自身高度及指示长度，如有需要，可采用各种聚焦方法提高定量精度。

5.8.2 缺陷的深度、波幅、高度

缺陷的深度、波幅、自身高度的确定以最大反射波幅的位置[不同检测面或侧]为准。

5.8.3 缺陷的指示长度

5.8.3.1 纵向垂直扫查时，测量缺陷的指示长度采用绝对灵敏度测长。锯齿型扫查时，当缺陷只有一个高点时，采用 $6\text{dB}$ 法测长。当缺陷有多个高点时，采用端点 $6\text{dB}$ 法测长。

5.8.3.2 管径在 $159\sim 500\text{mm}$ 的环向对接接头缺陷的实际长度 $l$ 按照公式（3）计算：

$$l=L \times (R-H) / R$$

式中： $L$ ——测定的缺陷指示长度， $\text{mm}$ ；

$R$ ——管子外径， $\text{mm}$ ；

H——缺陷距离外表面深度，mm；

5.8.3.3 相邻两个或多个缺陷显示（非圆形），其在X轴方向间距小于其中较小的缺陷长度且在Z轴方向间距小于其中较小的缺陷自身高度时，应作为一个缺陷处理，该缺陷深度、缺陷长度及缺陷自身高度按如下原则确定：

a) 缺陷深度：以两缺陷深度较小值作为单个缺陷深度；

b) 缺陷长度：两缺陷在X轴投影上的前、后 endpoint 间距离；

c) 缺陷自身高度：若两缺陷在X轴投影无重叠，以其中较大的缺陷自身高度作为单个缺陷自身高度；若两缺陷在X轴投影有重叠，则以两缺陷自身高度之和作为单个缺陷自身高度（间距计入）。

## 5.9 缺陷的评定和质量分级

### 5.9.1 缺陷的评定

5.9.1.1 凡判定为裂纹、未熔合及未焊透等危害性的缺陷显示，评为Ⅲ级。

5.9.1.2 凡在判废线（含判废线）以上的缺陷显示，评为Ⅲ级。

5.9.1.3 凡在定量线（不含定量线）以下的缺陷显示，评为Ⅰ级。

5.9.1.4 对于定量线以上、判废线以下（Ⅱ区）的缺陷显示，制造、安装阶段一般应按质量分级方法（一）的规定进行评级，对于在役阶段预防性检测时按质量分级方法（二）的规定进行评级。

5.9.1.5 质量分级方法一：质量分级按表8的规定进行。质量分级方法二：缺陷的评级按表9的规定进行。

表8 焊接接头质量分级方法一

单位：mm

等级	板厚 $T$	反射波幅	单个缺陷长度 $L$	多个缺陷累计长度 $L'$
I	6~100	II	$L=T/3$ ，最小为6，最大不超过30	在任意9T焊缝长度范围内 $L'$ 不超过T
II	6~100	II	$L=2T/3$ ，最小为12，最大不超过40	在任意4.5T焊缝长度范围内 $L'$ 不超过T
III	6~100	II	超过Ⅱ级者	

注1：母材板厚不同时，取薄板侧厚度。

注2：当焊缝长度不足9T（Ⅰ级）或4.5T（Ⅱ级）时，可按比例折算。当折算后的缺陷累计长度小于单个缺陷长度时，以单个缺陷长度为准。

表9 焊接接头质量分级方法二

单位：mm

等级	工件厚度	单个缺陷		多个缺陷
		表面缺陷	埋藏缺陷	

		长度 $L_{max}$	高度 $h_3$	若 $l > l_{max}$ 缺陷高度 $h_1$	长度 $L_{max}$	高度 $h_2$	若 $l > L_{max}$ 缺陷高度 $h_1$	
I	$3 \leq T \leq 8$	6	1.5	1.0	6	1.5	1.0	1. 若多个缺陷其各自高度 $h$ 均为： $h_1 < h \leq h_2$ 或 $h_3$ ，则在任意 $12t$ 范围内累计长度不得超过 $3t$ 且最大值为 $150\text{mm}$ ； 2. 对于单个或多个表面缺陷，其最大累计长度不得大于整条焊缝长度的 $10\%$ 且最长不得超过 $400\text{mm}$
	$8 < T \leq 15$	7	2	1.5	7	2	1.5	
	$15 < T \leq 40$	15	3	2	15	3.5	2	
	$40 < T \leq 60$	25	4	2.5	25	5	2.5	
	$60 < T \leq 100$	35	5	3	35	6.5	3	
II	$6 \leq T \leq 8$	$t$	1.5	1.0	$t$	1.5	1.0	1. 若多个缺陷其各自高度 $h$ 均为： $h_1 < h \leq h_2$ 或 $h_3$ ，则在任意 $12t$ 范围内累计长度不得超过 $4t$ 且最大值为 $200\text{mm}$ ； 2. 对于单个或多个表面缺陷，其最大累计长度不得大于整条焊缝长度的 $10\%$ 且最长不得超过 $500\text{mm}$
	$8 < T \leq 15$	$t$	2	1.5	$t$	2	1.5	
	$15 < T \leq 40$	$t$	3	2.0	$t$	3.5	2.0	
	$40 < T \leq 60$	40	4	2.5	40	5	2.5	
	$60 < T \leq 100$	50	5	3	50	6.5	3.0	
III	3~100	超过II级者						
注：母材壁厚不同时，取薄侧厚度值。								

## 6 全焊透II型焊接接头相控阵超声检测方法

### 6.1 范围

本章规定了厚度不小于 $3\text{mm}$ 的细晶粒钢（碳钢、低合金钢）全焊透对接接头的相控阵超声检测方法和质量分级，其适用范围见表10。奥氏体不锈钢焊接接头的超声检测方法可参照本章及附录G的补充要求进行。

表10 常规岛设备II型焊接接头相控阵超声检测适用范围

设备类型	焊接接头类型	工作厚度	检测面直径
锅炉、压力容器	环向对接接头	$\geq 6 \sim 30$	外径 $\geq 25 \sim 159$
		$\geq 3 \sim 6$	外径 $\geq 25$

压力管道	环向对接接头	$\geq 6 \sim 30$	外径 $\geq 25 \sim 159$
		$\geq 3 \sim 6$	外径 $\geq 25$

## 6.2 检测时机

除其他技术文件中有规定外，焊接接头超声检测应在最终焊后或热处理后进行。

## 6.3 检测区域

焊接接头的超声检测区域包括焊缝金属及两侧相邻的母材。材料公称厚度 $t \leq 30$  mm时，两侧相邻母材的检测范围为距离实际坡口至少5mm的区域。

## 6.4 表面准备

探头移动区应清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其它杂质。检测表面应平整，便于探头的扫查，其表面粗糙度 $R_a \leq 12.5 \mu\text{m}$ ，如果不能满足上述表面粗糙度要求，可采用机械打磨等方法进行表面处理。被检面与探头间的最大允许间隙为0.5mm。

## 6.5 检测技术要求

检测时应保证相控阵声束对检测区域至少实现2次全覆盖，应尽可能使其中两次覆盖的声束来自大致互相垂直的两个方向。

- a) 工件厚度为3~7mm时，应选择扇形扫描，采用直射法和反射法在焊接接头的单面双侧进行检测。如受条件结构限制，也可选择单面单侧进行检测。检测时主要采用直射波、一次反射波进行同时设置进行检测，也可以采用三次波、四次波分开设置进行检测，且应保证声束全部覆盖检测区域；
- b) 工件厚度为7~30mm时，应选择扇形扫描，采用直射法和一次反射法在焊接接头的单面双侧进行检测。如受条件结构限制只能进行单面单侧检测，则应将焊接接头余高磨平，在焊缝中心线处增加1次扇形扫描+纵向垂直扫查或在焊缝单侧执行至少2次扇形扫描+纵向垂直扫查。检测时主要采用直射波、一次反射波进行同时设置进行检测且应保证声束全部覆盖检测区域。

## 6.6 试块要求

### 6.6.1 标准试块

本条采用的标准试块应符合4.5.5.1的要求。

### 6.6.2 参考试块

本条采用的参考试块应符合4.5.5.2的要求。

## 6.7 检测系统的设置

### 6.7.1 相控阵超声探头选择

6.7.1.1 相控阵超声探头标称频率一般为4~10MHz。

6.7.1.2 相控阵晶片数量根据检测工件公称厚度选择，单次激活的晶片数不得低于16个晶片。电子扫描进行纵波检测时，单次晶片激活不得低于4个晶片。探头参数选择参考表11。

6.7.1.3 相控相控阵探头应与检测面紧密接触。探头楔块与被检件接触面的间隙大于0.5mm时，应

采用曲面楔块或对楔块进行修磨，修磨时应重新测量楔块几何尺寸，同时考虑对声束的影响。

表11 检测焊接对接接头时相控阵探头参数选择推荐表

工件厚度/mm	激发孔径/mm	标称频率/MHz
3~15	6~10	7.5~10
>15~30	7~15	4~7.5

注1: 在满足能穿透的情况下, 尽可能选择激发孔径小的探头。  
注2: 为了提高图像质量, 线扫描在满足穿透的情况下, 应选择激发孔径小的探头。

### 6.7.2 检测工艺模拟

根据被检工件的规格尺寸、坡口形式、检测范围、聚焦法则、检测技术要求等对被检工件进行模拟工艺演示, 确认声束完全覆盖检测区域。

### 6.7.3 距离-波幅曲线制作

6.7.3.1 距离-波幅曲线的制作应在相应的参考试块上进行, 参考试块的使用原则应符合4.5.5.2的要求。

6.7.3.2 距离-波幅曲线灵敏度的选择应参考表12。

表12 TCG或DAC曲线灵敏度

板厚/mm	评定线	定量线	判废线
3~6	$\phi 2-14\text{dB}$	$\phi 2-14\text{dB}$	$\phi 2-8\text{dB}$
6~30	$\phi 2-16\text{dB}$	$\phi 2-10\text{dB}$	$\phi 2-4\text{dB}$

6.7.3.3 工件表面耦合损失和材质衰减应与试块相同, 否则应做声能传输损失的测定, 并根据实测结果对扫查灵敏度进行补偿, 补偿量应计入距离-波幅曲线。在一跨距声程内最大传输损失差小于或等于2dB时可不进行补偿。

6.7.3.4 检测横向缺陷时, 应在原有扫查灵敏度基础上至少提高6dB。

### 6.7.4 公称厚度为3~7mm的对接接头的检测

6.7.4.1 焊接接头的扫查推荐采用纵向垂直扫查+扇形扫描的方式。检测焊接横向缺陷时, 焊缝余高磨平条件下, 相控阵超声探头应在焊接接头上做两个方向的纵向平行扫查。

### 6.7.5 公称厚度为7~30mm的对接接头的检测

6.7.5.1 工件检测的分区要求应参考5.5.4.1的规定。

6.7.5.2 焊接接头的扫查推荐采用纵向垂直扫查+扇形扫描的方式。如果焊缝余高磨平, 相控阵超声探头应在焊接接头上做两个方向的纵向平行扫查。

## 6.8 缺陷的定量

### 6.8.1 缺陷的定量基准

缺陷的定量以定量线为基准，对回波波幅达到或超过定量线的缺陷，应确定其位置、波幅或缺陷自身高度及指示长度，如有需要，可采用各种聚焦方法提高定量精度。

### 6.8.2 缺陷的深度、波幅、高度

缺陷的深度、波幅、自身高度的确定以最大反射波幅的位置[不同检测面或侧]为准。

### 6.8.3 缺陷的指示长度

6.8.3.1 纵向垂直扫查时，测量缺陷的指示长度采用绝对灵敏度测长。锯齿型扫查时，当缺陷只有一个高点时，采用6dB法测长。当缺陷有多个高点时，采用端点6dB法测长。

6.8.3.2 管径在25~500mm的环向对接接头缺陷的实际长度I按照公式(3)计算：

$$I=L \times (R-H) / R$$

式中：L——测定的缺陷指示长度，mm；

R——管子外径，mm；

H——缺陷距离外表面深度，mm；

6.8.3.3 相邻两个或多个缺陷显示（非圆形），其在X轴方向间距小于其中较小的缺陷长度且在Z轴方向间距小于其中较小的缺陷自身高度时，应作为一个缺陷处理，该缺陷深度、缺陷长度及缺陷自身高度按如下原则确定：

a) 缺陷深度：以两缺陷深度较小值作为单个缺陷深度；

b) 缺陷长度：两缺陷在X轴投影上的前、后 endpoint 间距离；

c) 缺陷自身高度：若两缺陷在X轴投影无重叠，以其中较大的缺陷自身高度作为单个缺陷自身高度；若两缺陷在X轴投影有重叠，则以两缺陷自身高度之和作为单个缺陷自身高度（间距计入）。

## 6.9 缺陷的评定和质量分级

### 6.9.1 缺陷的评定

6.9.1.1 凡判定为裂纹、未熔合及未焊透等危害性的缺陷显示，评为III级。

6.9.1.2 凡在判废线（含判废线）以上的缺陷显示，评为III级。

6.9.1.3 凡在定量线（不含定量线）以下的缺陷显示，评为I级。

6.9.1.4 对公称厚度在3~6mm的焊接接头，凡在评定线以上、判废线以下的，且指示长度大于5mm的缺陷显示评为III级。

6.9.1.5 对于定量线以上、判废线以下（II区）的缺陷显示，制造、安装阶段一般应按质量分级方法（一）的规定进行评级，对于在役阶段预防性检测时按质量分级方法（二）的规定进行评级。

6.9.1.6 质量分级方法一：质量分级按表13的规定进行。质量分级方法二：缺陷的评级按表9的规定

进行。

表13 焊接接头质量分级方法一

单位：mm

等级	板厚 $T$	反射波幅	单个缺陷长度 $L$	累计缺陷的长度
I	6~30	II	$L=T/3$ , 最小为5, 最大不超过10	长度小于或等于焊缝周长的10%, 且小于20
II	6~30	II	$L=2T/3$ , 最小为10, 最大不超过20	长度小于或等于焊缝周长的15%, 且小于30
III	6~30	II	超过II级者	

注1: 母材板厚不同时, 取薄板侧厚度。

## 7 全焊透角接焊接接头相控阵超声检测方法

### 7.1 范围

本章规定了厚度不小于6mm的细晶粒钢（碳钢、低合金钢）全焊角接接头的相控阵超声检测方法和质量分级, 包括安放式角焊缝、插入式角焊缝、T型焊缝。

### 7.2 检测时机

除其他技术文件中有规定外, 焊接接头超声检测应在最终焊后或热处理后进行。

### 7.3 检测区域

焊接接头的超声检测区域包括焊缝金属及两侧相邻的母材。材料公称厚度 $t \leq 30$  mm时, 两侧相邻母材的检测范围为距离实际坡口至少5mm的区域; 材料公称厚度 $t > 30$  mm时, 两侧相邻母材的检测范围为距离实际坡口至少10 mm的区域。

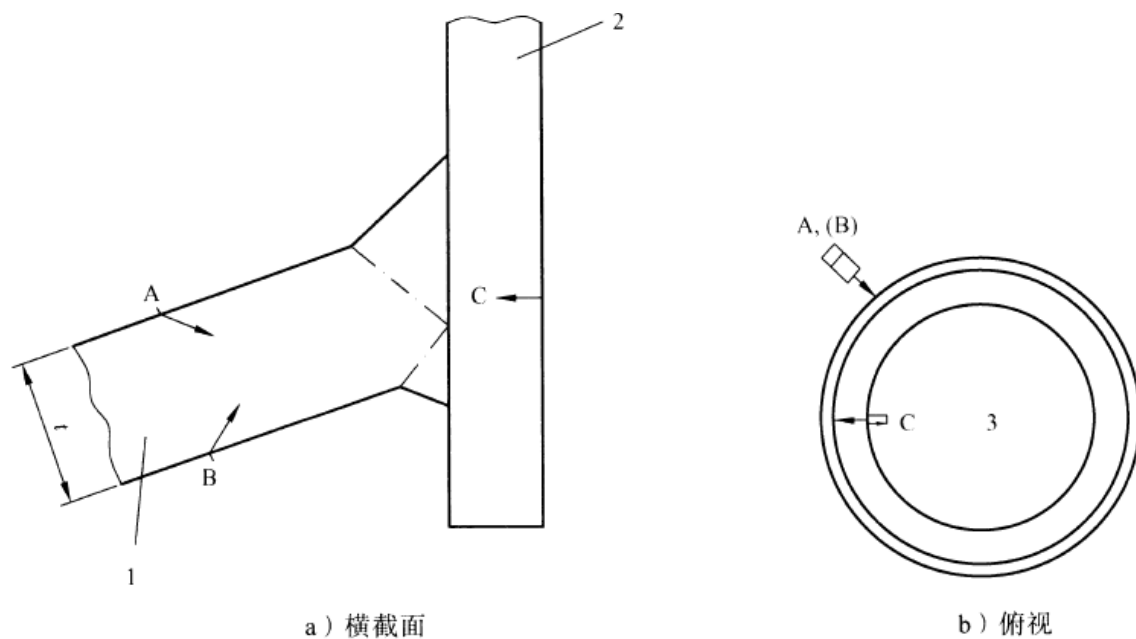
### 7.4 表面准备

按照5.4规定执行。

### 7.5 检测技术要求

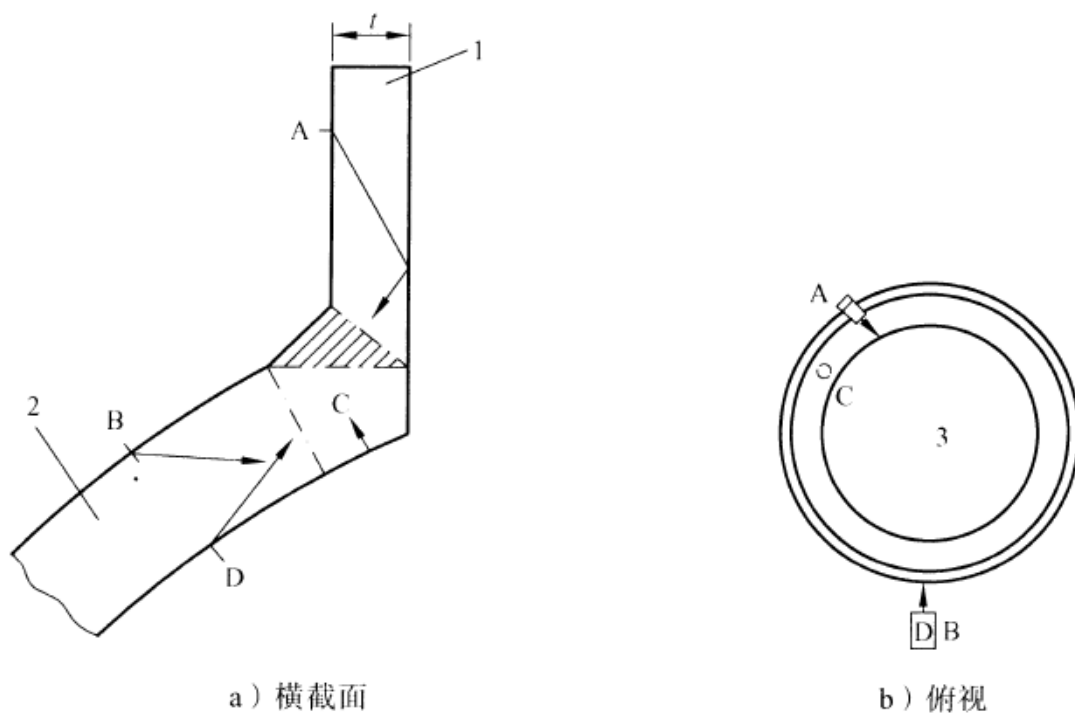
检测时应保证相控阵声束对检测区域至少实现2次全覆盖, 应尽可能使其中两次覆盖的声束来自大致互相垂直的两个方向。

- 插入式角接焊缝的检测要求按照图9和表14的规定执行;
- 安放式角接焊缝的检测要求按照图10和表15的规定执行;
- T型角接焊缝的检测要求按照图11和表16的规定执行。



a) 横截面  
A、B、C—探头位置；1—筒体或封头或平板；2—接管

图9 插入式角接焊缝探头位置示意图



a) 横截面  
A、B、C、D—探头位置；1—接管；2—筒体或封头

图10 安放式角接焊缝探头位置示意图

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/435224240212011331>