

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号：DBJ/T 13-552-2026

住房和城乡建设部备案号：J 18957-2026

建筑钢结构焊缝相控阵超声 检测技术标准

Technical standard for phased-array ultrasonic testing of
welded joints in building steel structures

2026-10-13 发布

2027-02-01 实施

福建省住房和城乡建设厅

发布

福建省工程建设地方标准

建筑钢结构焊缝相控阵超声 检测技术标准

Technical standard for phased-array ultrasonic testing of welded joints in
building steel structures

工程建设地方标准编号： DBJ/T 13-552-2026

住房和城乡建设部备案号： J 1 8 9 5 7 - 2 0 2 6

主编单位： 福建省建筑科学研究院有限责任公司
福建省建研工程检测有限公司
福州高新区投资控股有限公司

批准部门： 福建省住房和城乡建设厅
实施日期： 2 0 2 7 年 2 月 1 日

2026 年 福州

前 言

根据《福建省住房和城乡建设厅关于公布全省住房和城乡建设行业 2022 年第三批科学技术计划项目的通知》(闽建科〔2022〕15 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容是:1. 总则;2. 术语和符号;3. 基本规定;4. 检测设备;5. 现场检测;6. 检测结果评定;附录。

本标准由福建省住房和城乡建设厅负责管理,由福建省建筑科学研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送福建省住房和城乡建设厅科技与设计处(地址:福州市北大路 242 号,邮编:350001)和福建省建筑科学研究院有限责任公司(地址:福州市闽侯县上街镇高新大道 58-1 号,邮编:350108),以供今后修订时参考。

本标准主编单位: 福建省建筑科学研究院有限责任公司

福建省建研工程检测有限公司

福州高新区投资控股有限公司

本标准参编单位: 厦门合诚工程检测有限公司

福建正建钢结构有限公司

福建屹鑫钢业有限公司

福建省特种设备检验研究院

中建科工集团有限公司

厦门新长诚钢构工程有限公司

中建海峡福建钢结构有限公司

福建省建筑设计研究院有限公司

福州市建筑科学研究院有限公司

福建省建科院检验检测有限公司

本标准主要起草人： 郑小强 彭 钧 刘祥民 杨文钊

施 翔 倪伟龙 陈少华 陈 殷

潘 波 邓国浪 杨天雪 陈友桢

林丽烯 黄叹生 赵泽民 王世杰

本标准主要审查人： 林 震 潘强华 吴庆雄 翁锦华

陈 勇 俞伯林 黄尚敏

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	6
3	基本规定	7
3.1	一般规定	7
3.2	检测作业指导书与工艺卡	9
4	检测设备	11
4.1	一般规定	11
4.2	仪器主机	11
4.3	探 头	12
4.4	扫查装置	12
4.5	试 块	13
4.6	耦合剂	13
5	现场检测	15
5.1	一般规定	15
5.2	检测准备	16
5.3	灵敏度设置	18
5.4	检测实施	19
5.5	缺陷测量	20
5.6	检测记录	21
6	检测结果评定	23
6.1	一般规定	23

6.2 等级评定	23
6.3 检测报告	25
附录 A 常见形式焊接接头推荐的扫查位置	26
附录 B 焊接接头相控阵超声检测典型图谱	32
本标准用词说明	37
引用标准名录	38
附：条文说明	39

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	6
3	Basic Requirements.....	7
3.1	General Requirements.....	7
3.2	Testing Work Instruction and Process Card.....	9
4	Testing Equipment.....	11
4.1	General Requirements.....	11
4.2	Instrument Host.....	11
4.3	Probe.....	12
4.4	Scanning Device.....	12
4.5	Testing Block.....	13
4.6	Coupling Agent.....	13
5	On-site Testing.....	15
5.1	General Requirements.....	15
5.2	Preparation for Testing.....	16
5.3	Calibration of Testing Parameters.....	18
5.4	Implementation of Testing.....	19
5.5	Defect Sizing.....	20
5.6	Testing Records.....	21
6	Testing Results Evaluation.....	23
6.1	General Requirements.....	23

6.2	Level Evaluation.....	23
6.3	Testing Reports.....	25
Appendix A	Recommended Scanning Positions for Common Forms of Welded Joints.....	26
Appendix B	Typical Diagram of Phased-Array Ultrasonic Inspection of Welded Joints.....	32
	Explanation of Wording in This Standard.....	37
	List of Quoted Standards.....	38
	Addition: Explanation of Provisions.....	39

1 总 则

1.0.1 为规范建筑钢结构焊缝相控阵超声检测方法,保障焊接接头检测质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于厚度为 8mm~100mm 的低合金钢和普通碳素结构钢焊接接头相控阵超声检测与质量分级要求。厚度超过 100mm 的焊接接头,在进行工艺验证后,可参照本标准进行检测。对于其他材质的焊接接头,在考虑信噪比和声速各向异性的影响,并进行工艺验证后,也可参照本标准进行检测。

1.0.3 建筑钢结构焊缝相控阵超声检测与验收,除应符合本标准外,尚应符合国家、行业和福建省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 相控阵超声检测 phased-array ultrasonic testing

根据设定的延迟法则激发相控阵探头各独立压电晶片（阵元），合成声束并实现声束的移动、偏转和聚焦等功能，再按一定延迟法则对接收到的超声信号进行处理并以图像的方式显示被检对象内部状态的超声检测方法。

2.1.2 延迟法则 delay law

通过控制激发晶片的数量、时序和时间间隔，实现波束移动、偏转、聚焦以及接收合成的控制法则。

2.1.3 激发孔径 active aperture

相控阵超声检测探头单次激发阵元组的总长度。对于一维线阵探头（图 2.1.3），激发孔径长度 L 按下式计算：

$$L = n \times c - d = n \times a + (n - 1) \times d \quad (2.1.3)$$

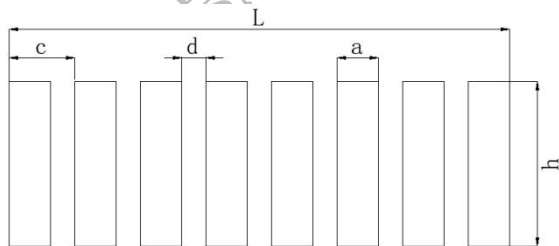


图 2.1.3 激发孔径示意图

L —激发孔径； c —晶片间距； a —晶片宽度； h —晶片高度；

d—晶片间隙；n—晶片数量

2.1.4 探头前端距 probe frontier position

检测焊接接头时，探头楔块前端距焊缝中心线的距离。

2.1.5 扫查 scan

探头与工件之间的相对移动。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，常用的可分为沿线扫查、沿线栅格扫查、平行扫查与斜平行扫查。

2.1.6 沿线扫查 longitudinal scan

探头置于焊缝外侧，探头入射声束方向垂直于焊缝中心线，探头扫查方向平行于焊缝中心线（图 2.1.6）。

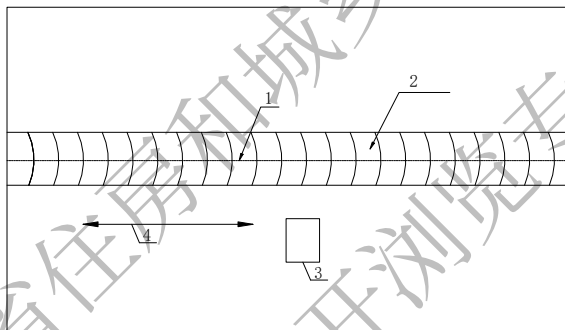


图 2.1.6 沿线扫查示意图

1—焊缝中心线；2—焊缝；3—探头；4—探头扫查方向

2.1.7 沿线栅格扫查 longitudinal grid scan

探头按照栅格式的轨迹行进，对焊缝采用多个不同的探头前端距沿线扫查，即形成沿线栅格扫查，以实现检测部位的全面覆盖或多重覆盖（图 2.1.7）。

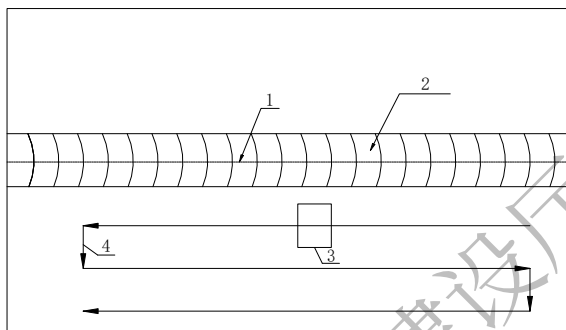


图 2.1.7 沿线栅格扫查示意图

1—焊缝中心线；2—焊缝；3—探头；4—探头扫查方向

2.1.8 纵向平行扫查 longitudinal scan with parallel beam

探头置于焊缝中心线上，探头入射声束方向平行于焊缝中心线，探头扫查方向平行于焊缝中心线（图 2.1.8）。

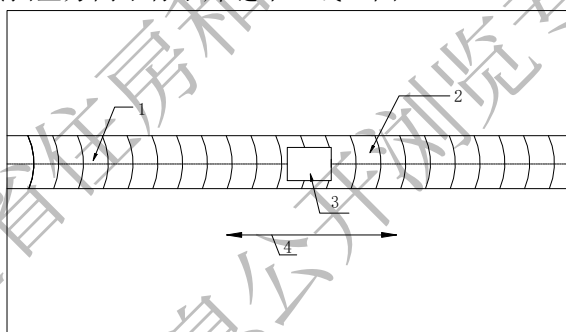


图 2.1.8 平行扫查示意图

1—焊缝中心线；2—焊缝；3—探头；4—探头扫查方向

2.1.9 纵向斜平行扫查 longitudinal scan with oblique beam

探头置于焊缝外侧，探头入射声束方向与焊缝中心线呈一定夹角，探头扫查方向平行于焊缝中心线（图 2.1.9）。

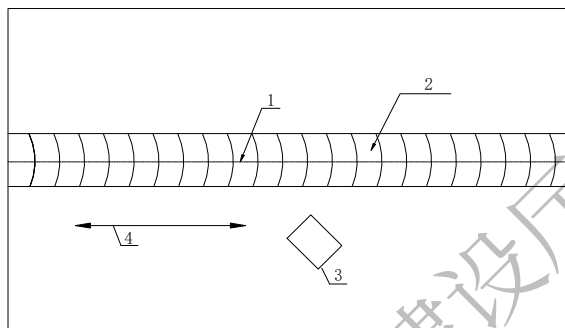


图 2.1.9 斜平行扫查示意图

1—焊缝中心线；2—焊缝；3—探头；4—探头扫查方向

2.1.10 电子扫描 electronic scan

通过延迟法则使声束在检测区域中发生移动或偏转。常用的可分为线扫描和扇扫描。

2.1.11 线扫描 electronic linear scan

对相控阵的不同晶片组施加相同的延迟法则，使每组晶片组均产生某一特定角度的声束，通过改变不同激活晶片组的位置，实现声束沿晶片阵列方向的移动。

2.1.12 扇扫描 electronic sectorial scan

对相控阵的晶片组施加不同的延迟法则，使晶片组在设定的角度范围内产生不同角度的声束。

2.1.13 角度增益修正 (ACG) angle corrected gain

不同角度声束检测时，对相同声程和尺寸的反射体的回波幅度进行增益修正，使其达到相同幅值。

2.1.14 时间增益修正 (TCG) time corrected gain

对不同声程处相同尺寸的反射体的回波幅度进行增益修正，使其达到相同幅值。

2.2 符 号

2.2.1 扫查参数

V_{max}—— 最大扫查速度；

PRF—— 脉冲重复频率；

N—— 设置的信号平均次数；

M—— 设置的电子扫描步进数量；

ΔX—— 设置的扫查步进值。

2.2.2 检测相关参数

R—— 检测面曲率半径；

W—— 探头接触面宽度；

t—— 检测母材厚度；

L—— 焊缝中内部缺陷累计长度。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 钢结构焊缝相控阵超声检测技术分为 A、B、C 三级，检测技术等级应符合《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 及设计文件要求。

3.1.2 钢结构焊接接头宜采用 B 级检测；重要结构焊接接头应采用 C 级检测。

3.1.3 各检测技术等级对应的技术要求应符合表 3.1.3 的规定。

表 3.1.3 检测技术等级相关技术要求

检测等级	检测区域 覆盖次数	扫查与扫描方式	横向缺陷 检测要求	模拟试块 制作要求
A 级	一次	沿线扫查和扇扫描或线扫描。	不要求	不要求
B 级	两次	厚度 8mm~50mm: 沿线扫查和扇扫描或线扫描; 厚度 50mm~100mm: 沿线扫查和扇扫描。	双方商定	双方商定
C 级	三次	厚度 8mm~50mm: 沿线扫查和扇扫描或线扫描; 厚度 50mm~100mm: 沿线扫查和扇扫描。	要求	要求

续表 3.1.3

检测等级	适用工件	检测部位要求	信噪比要求
A 级	8mm~50mm 焊接接头且不具备 B 级检测条件	可选择单面单侧进行检测,当选择单面单侧检测无法全面覆盖检测区域,可选择双面单侧或单面双侧进行检测。	在对比试块上测量信噪比,应保证所有声束拟采用的声程范围内 $\phi 3$ 横通孔信噪比大于 9dB。
B 级	8mm~100mm 焊接接头	厚度 8mm~50mm: 选择单面双侧进行检测;当单面双侧检测无法实现两次全面覆盖检测区域,可选择双面单侧或双面双侧进行检测; 厚度 50mm~100mm: 宜采用双面双侧进行检测。	在试块上测量信噪比,应保证所有声束拟采用的声程范围内 $\phi 3$ 横通孔的信噪比大于 12dB。
C 级	8mm~100mm 重要结构的焊接接头	厚度 8mm~50mm: 选择单面双侧进行检测;当选择单面双侧检测无法实现两次全面覆盖检测区域,可选择双面单侧或双面双侧进行检测; 厚度 50mm~100mm: 宜采用双面双侧进行检测。	在模拟试块上测量信噪比,应保证所有声束拟采用的声程范围内 $\phi 3$ 横孔的信噪比大于 12dB。

3.1.4 采用 C 级检测时应将对接接头的余高磨平。

3.1.5 C 级检测应进行横向缺陷检测,横向缺陷检测应满足下列技术要求:

1 采用扇扫描与平行扫查组合方式进行检测。

2 在使用平行扫查时,宜在沿线扫查灵敏度基础上提高 6dB~12dB,且扫查应在 0° 方向和 180° 方向两个方向进行。

3 当采用手动平行扫查时，探头在扫查的过程中应做约 $\pm 5^\circ$ 的左右转动。

3.1.6 当检测区域覆盖次数要求为两次及以上时，任意两次覆盖的声束应尽量来自大致相互垂直的两个方向。若因条件限制只能来自一个方向，则任意两次覆盖的声束夹角不得小于 10° 。

3.1.7 当受扫查条件限制，导致常规检测方式无法满足检测等级对应的覆盖次数要求时，可增加三次波扫查或增加沿线栅格扫查，从而扩大覆盖范围和实现多角度声束覆盖，采用三次波扫查时，应验证最大声程处的信噪比满足本标准第 3 章要求。

3.1.8 相控阵超声检测人员应具有实际检测经验，熟悉检测设备并掌握金属材料、焊接及加工、声场仿真与建模等方面的基本知识。

3.2 检测作业指导书与工艺卡

3.2.1 相控阵超声检测应编制作业指导书，且应包括表 3.2.1 中的内容。

表 3.2.1 相控阵超声检测作业指导书内容

项目	内容
适用范围	母材厚度、材质种类、检测环境等
检测依据	相关标准及规范性文件
检测人员	检测人员的资格及其它技术要求
检测仪器和设备	仪器设备校准或检定要求，仪器主机、探头、软件、扫查装置、试块、耦合剂等相关性能要求
检测	包含检测准备、检测实施、缺陷记录、缺陷等级评定、对超标缺陷的处理等
检测报告	应按本标准第 6.3.1 条的规定执行

3.2.2 检测前应根据本次检测的对象编制相控阵超声检测工艺卡，应包括表 3.2.2 中的内容。

表 3.2.2 相控阵超声检测工艺卡内容

项目	内容
检测标准	标准名称、标准编号等
仪器器材设备	仪器型号、仪器编号、探头型号及相关参数、楔块型号及相关参数、扫查装置、试块、耦合剂等
被检工件情况	母材厚度、材质、表面状态、热处理情况、焊接方法、坡口形状尺寸、焊缝类型、余高情况等
检测技术要求	探头标定、检测技术等级、检测面选择、检测比例、检测区域、检测时机、扫查方式、扫查速度、检测灵敏度、表面补偿、横向缺陷的补充检测方法（必要时）等
检测参数选择与设置	激发孔径、聚焦深度、声束角度、探头前端距、扫描类型（线扫描/扇扫描）、扇扫角度或线扫步进、扫查步进等
扫查示意图	焊缝模拟检测示意图（声束覆盖情况）、扫查面、探头位置、扫查移动方向和移动范围
其他	编制人、编制时间、审批人等

4 检测设备

4.1 一般规定

- 4.1.1 相控阵检测设备应含仪器主机、探头、扫查装置和试块。
- 4.1.2 检测设备应具有制造厂出具的产品合格证或合格文件。
- 4.1.3 每年应对检测设备的垂直线性、水平线性、衰减器精度以及探头各阵元中心频率进行一次校准，校准结果应符合本标准第 4.2.5 条、第 4.2.6 条和第 4.3.2 条相关规定。
- 4.1.4 每隔 6 个月至少对仪器主机和探头组合性能中的垂直线性、水平线性进行一次运行核查并记录，性能要求应符合本标准第 4.2.5 条的规定。

4.2 仪器主机

- 4.2.1 仪器主机应具有多通道超声波延迟控制发射、接收、放大、数据自动采集、记录、显示和分析等功能。
- 4.2.2 放大器增益最小调节步进不应大于 0.5dB；放大器-3dB 频带应覆盖 1MHz~15MHz。
- 4.2.3 采样频率不应小于探头中心频率的 6 倍。
- 4.2.4 波幅模数转换器位数不应小于 8 位。
- 4.2.5 仪器主机水平线性偏差不应大于 1%，垂直线性偏差不应大于 5%。
- 4.2.6 任意连续 1dB，衰减器累计误差不应大于 0.3dB；任意连续 20dB，衰减器累计误差不应大于 1.7dB；任意连续 60dB，衰减器累计误差不应大于 3dB。

4.2.7 仪器主机自带软件应满足下列要求：

- 1 应具有延迟法则计算功能以及 ACG 和 TCG 校准功能。
- 2 应具备存储、调出检测图像、并将存储检测数据复制到外部存储空间等功能。
- 3 检测中至少应有 A、S、C、D 显示功能，同时可具有 B 型显示功能，并具有在扫描图像上对缺陷进行测量功能。

4.3 探 头

4.3.1 探头应由多个晶片组成阵列，晶片数量不应少于 8 个，探头可加装用以辅助声束偏转的楔块或延迟块。

4.3.2 探头各阵元的实测中心频率与标称频率间误差不应大于 10%。

4.3.3 探头-6dB 相对频带宽度不应小于 60%。

4.3.4 同一探头不同晶片间灵敏度差异应小于 3dB，相邻两晶片之间串扰不应大于-25dB。

4.3.5 探头不宜存在失效晶片，当存在失效晶片时，其数量不得超过探头晶片激活总数的 1/8，且不得出现相邻晶片连续失效。选择激发孔径范围时应尽量避开失效晶片。

4.3.6 每隔 1 个月至少对阵元有效性进行一次核查，测试要求应符合本标准第 4.3.5 条的规定。

4.4 扫查装置

4.4.1 相控阵检测时，应通过扫查装置控制探头运动轨迹与参考线保持一致，并同时记录探头实时位移。

4.4.2 扫查装置包括探头夹持部分、驱动部分、导向部分及位置传感器。

4.4.3 探头夹持部分应能确保探头与位置传感器同步运动。

4.4.4 驱动部分可采用马达或人工驱动。

4.4.5 导向部分应能在扫查时使探头运动方向与设定方向保持一致。

4.4.6 位置传感器应实现对位置的探测，位置分辨力应符合工艺要求。

4.5 试 块

4.5.1 标准试块、对比试块和模拟试块的制作，应符合现行国家标准《无损检测 超声检测用试块》GB/T 23905 的规定。

4.5.2 标准试块应采用现行行业标准《承压设备无损检测 第 15 部分：相控阵超声检测》NB/T 47013.15 规定的标准试块或与之功能相同的其他试块。

4.5.3 对比试块应与被检工件材料化学成分相近，声学特性应与被检工件相似；应选用 RB 系列试块或其他含有相同 $\phi 3 \times 40$ 横孔的试块。

表 4.5.3 RB 系列试块及其适用范围

试块	对应工件厚度范围 (mm)
RB-1	$\geq 8 \sim 20$
RB-2	$> 20 \sim 100$

4.5.4 模拟试块的材质、形状、结构、表面条件应与被检工件相近，声学性能应与被检工件相似。模拟缺陷的类型、位置、尺寸和数量设置应考虑被检工件中可能存在的缺陷状态。

4.5.5 当出现以下情况之一时，应在模拟试块上进行工艺验证。若经合同双方同意，也可使用经过认证的相控阵仿真软件计算，部分或全部代替工艺验证内容。

- 1 按 C 级检测的焊接接头。
- 2 按 B 级采用自动或半自动扫查的批量检测。
- 3 结构和形状复杂的工件。

- 4 非铁素体、粗晶粒钢工件检测。
- 5 检测条件不能满足检测等级要求时。
- 6 合同要求进行时。

4.6 耦合剂

4.6.1 耦合剂应具有透声性较好且不损伤被检工件表面的性质，可采用机油、化学浆糊、甘油和水等。

4.6.2 实际检测采用的耦合剂应与检测参数校准时的耦合剂保持一致，且应至少在 $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 温度范围内能保持耦合稳定。

5 现场检测

5.1 一般规定

5.1.1 检测前，应了解焊缝的材质、厚度、焊接工艺、坡口形式、余高和背面衬垫等被检工件信息。

5.1.2 焊缝的全面检测或抽查比例，应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定，并符合表 5.1.2 的规定。

表 5.1.2 一级、二级焊缝质量等级及超声相控阵检测要求

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷超声相控阵探伤	缺陷评定等级	II	III
	检测等级	B 级	B 级
	检测比例	100%	20%

注：二级焊缝检测比例的技术方法应按以下原则确定：工厂制作焊缝按照焊缝长度计算百分比，检测长度按 20%与 200mm 的较大值执行；当焊缝长度小于 200mm，应对整条焊缝探伤；现场安装焊缝应按照同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，且不应少于 3 条缝。

5.1.3 应在焊缝冷却到环境温度后进行外观检测，外观检测合格后应进行无损检测，具体检测时间应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

5.1.4 被检工件表面温度应控制在 $0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，若工件表面温度在此范围外，应考虑采用特殊探头或耦合剂；检测系统校准与实际检测的温度差应控制在 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 以内。

5.1.5 检测过程复核应符合下列规定：

1 检测设备的复核包括对灵敏度复核及定位精度复核,在如下情况时,应按现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563 对检测系统进行复核:

- 1) 检测过程中检测设备停机后开机或更换部件时。
- 2) 检测过程更换耦合剂时。
- 3) 检测人员有怀疑时。
- 4) 连续工作 4 小时以上时。
- 5) 检测结束时。

2 复核时用的参考试块应与初始设置时的参考试块相同。若复核时发现偏离初始设置时的参数值,应按表 5.1.5 的要求进行修正。

表 5.1.5 检测设备的偏离与纠正

复核偏离		检测系统纠正
灵敏度	$\leq 3\text{dB}$	调整软件增益进行纠正
	$> 3\text{dB}$	找出原因重新设置 并重新检测上次校准以来所检焊缝

5.2 检测准备

5.2.1 应根据工件情况、相应标准及合同要求,确定检测技术等级,并根据本标准第 3 章的规定,确定检测面及探头扫查方式。

5.2.2 焊接接头检测区域应包含焊缝本身宽度加上两侧各 5mm 或实际热影响区宽度,取二者较大值。

5.2.3 检测前检查应符合下列规定:

1 每次检测前应检查仪器设备器材外观、线缆连接和开机信号显示等情况是否正常。

2 每次检测前应对位置传感器进行检查和记录。检查方式是使带位置传感器的扫查装置移动至少 500mm,将检测设备所显示

的位移和实际位移进行比较，两者误差应小于 1%且最大不超过 10mm。

5.2.4 探头和楔块选择应符合下列规定：

1 应根据被检工件的类型、规格尺寸、结构、材质、检测面以及检测方式综合选择相控阵探头、楔块和检测区域覆盖方式等。探头可按照表 5.2.4 推荐的参数范围进行选择。

表 5.2.4 相控阵线阵探头推荐性选择

最大探测厚度 /mm	标称频率/MHz	晶片间距/mm	偏转方向孔径尺寸 /mm
≥8~15	5~15	0.3~0.8	5~10
≥15~50	4~10	0.5~1.0	8~25
≥50~100	2~7.5	0.5~1.5	20~35

2 相控阵探头选择的一般原则：对于薄工件焊接接头检测，宜选用高频、小激发孔径的探头；对于厚工件焊接接头检测，宜选用低频、大激发孔径的探头；在满足穿透性的情况下，可选择孔径小的探头。

3 楔块的选择主要包括其类型和形状规格等，对于纵波直入射方式，应选用 0° 楔块，对于斜入射方式应选用带角度的楔块。对于曲面工件，当楔块与被检工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，同时考虑对声束的影响。

5.2.5 聚焦设置应符合下列规定：

1 焊缝初始扫查的聚焦深度设置不宜在近场区。当检测声程范围在 50mm 以下时，聚焦深度可设置在最大检测声程处；当检测声程范围在 50mm 以上时，聚焦深度可选择检测声程范围的中间值或其他适当深度。

2 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。

5.2.6 扇扫描的角度设置应符合下列规定：

1 当使用横波倾斜入射时，角度范围不宜超出 $35^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，宜在 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 范围内，且应根据仪器和探头的综合性能评定。

2 当最大检测深度不超过 100mm 时，角度步进不得大于 1° ；当最大检测深度超过 100mm 时，角度步进不得大于 0.5° 。

5.2.7 检测面与声束覆盖相关要求应满足下列规定：

1 应根据检测等级、检测区域的覆盖情况、检测实施的可操作性确定检测面和检测位置。

2 当对检测区域进行厚度扫查分区时，一次扫查检测深度范围内，最大声程处信噪比应满足本标准第 3 章不同检测等级对应的信噪比要求。各分区应在厚度方向上覆盖相邻分区深度范围的 25%。

5.2.8 检测前应对检测面清理，去除焊接飞溅、铁屑、油污及影响透声的涂层，应保证良好声学接触；表面粗糙度 R_a 不应大于 $12.5 \mu m$ 。

5.3 灵敏度设置

5.3.1 检测前修正应满足下列规定：

1 在检测前应使用 ACG 校准、TCG 校准功能，使检测范围内不同角度的声束对不同距离处相同类型和相同尺寸的反射体回波信号显示能达到基本一致的幅度，且对最大声程处横孔回波的信噪比满足本标准第 3 章不同检测等级对应的信噪比要求；

2 应对每个聚焦声束都进行校准和参考灵敏度的设置。

5.3.2 灵敏度设置应满足下列规定：

1 可使用 TCG 和 DAC 两种方式设置灵敏度。

2 初始扫查时宜采用 TCG 设置灵敏度。

3 设置 TCG 灵敏度：探测深度为 8mm~50mm 时，应将 $\phi 3 \times 40$ 横孔回波幅度调至满屏高度的 90%，作为扫查灵敏度；探测

深度大于 50mm 时，应将 $\phi 3 \times 40$ 横孔回波幅度调至满屏的 80%，作为扫查灵敏度。

4 设置 DAC 灵敏度：探测深度为 8mm~50mm 时，应将 DAC 曲线的最大声程处的 $\phi 3 \times 40$ 横孔回波波幅调至满屏的 40% 作为扫查灵敏度；探测深度大于 50mm 时，应将 DAC 曲线的最大声程处的 $\phi 3 \times 40$ 横孔回波幅度调至满屏的 20%，作为扫查灵敏度。

5 曲面工件检测时，检测面曲率半径 $R \leq W^2/4$ 时，TCG 或 DAC 校准应在与检测面曲率相同或相近的对比试块上进行。

6 纵焊缝的增益及声程修正可通过相应的模拟试块测定，也可通过仿真软件计算实现。

7 工件的表面耦合损失和材质衰减应与试块相同，否则应进行传输损失补偿，在所采用的最大声程内最大传输损失差小于或等于 2dB 时可不进行补偿。

5.3.3 灵敏度设置后应验证最大声程处信噪比是否满足本标准第 3 章要求。

5.4 检测实施

5.4.1 扫查步进参数应按被检工件厚度设置，并应符合表 5.4.1 规定。

表 5.4.1 扫查步进最大值

工件厚度 t/mm	扫查步进最大值 $\Delta X_{\max}/\text{mm}$
$8 \leq t \leq 10$	1.0
$10 < t \leq 100$	2.0

5.4.2 检测前，应采取一定的措施使探头沿预定轨迹移动。检测时探头位置与预定轨迹的偏离量不得超过探头前端距的 10%。

5.4.3 扫查过程中最大扫查速度应符合公式 (5.4.3) 的规定，同时必须满足耦合效果和数据采集的要求。

$$V_{\max} = \frac{PRF}{N \times M} \cdot \Delta X \quad (5.4.3)$$

式中： $V_{\max}$ —— 最大扫查速度，mm/s；

PRF —— 脉冲重复频率，Hz；

N —— 设置的信号平均次数；

M —— 设置的电子扫描步进数量；

ΔX —— 设置的扫查步进值，mm。

5.4.4 若需要对构件在长度方向进行分段扫查，则相邻扫查区的重叠覆盖范围至少为 20mm。

5.5 缺陷测量

5.5.1 回波幅值达到或超过评定线的缺陷，应进行缺陷测量。

5.5.2 缺陷测量应满足下列规定：

1 结合各类视图及 A 扫描显示，对缺陷的位置、幅度、长度进行测量。

2 可采用各种聚焦方法提高定量精度。

3 可采用锯齿、转角、环绕等各种扫查方法提高定量精度和辅助定性。

5.5.3 扇扫描时，应找到不同位置扇扫描的不同角度 A 扫描中缺陷的最高回波幅度作为该缺陷的幅度；线扫描时，应找到不同孔径组合时，缺陷的最高回波幅度作为该缺陷的幅度。

5.5.4 应以缺陷最高回波幅度处所显示的缺陷深度、缺陷水平位置作为缺陷的相关数据值。

5.5.5 缺陷长度确定应符合下列要求：

1 当缺陷最高幅度未超过满屏 100%时，应以此幅度为基准，找到此缺陷不同角度 A 扫描回波幅度降低 6dB 的最大长度作为该缺陷的长度；当缺陷最高幅度超过满屏 100%时，应找到此缺陷不

同角度 A 扫描回波幅度降低至定量线的最大长度作为该缺陷的长度。

2 当缺陷回波只有一个波高点时,应采用-6dB 测长法;当缺陷回波有多个波高点时,应采用端点-6dB 波高法。

5.5.6 相邻两个或多个非点状缺陷显示,其在 X 轴方向间距小于其中较小的缺陷长度、在 Y 轴方向间距小于 5mm,且在 Z 轴方向间距小于其中较小的缺陷自身高度时,应作为一条缺陷处理,该缺陷深度、缺陷长度及缺陷自身高度应按如下原则确定:

1 缺陷深度:应以两个缺陷深度较小值作为单个缺陷深度。

2 缺陷长度:应以两缺陷在 X 轴投影上的前、后端点间距离作为缺陷长度。

3 缺陷自身高度:当两缺陷在 X 轴上无重叠时,应以其中较大的缺陷自身高度作为单个缺陷自身高度;当两缺陷在 X 轴投影有重叠时,应以两缺陷自身高度及间距之和作为单个缺陷自身高度。

5.6 检测记录

5.6.1 检测记录宜包括如下内容:

1 被检工件情况:名称、编号、规格、材质、坡口形式、焊接方式和热处理状态、表面状态等。

2 检测设备器材:仪器型号及编号、探头型号和编号、扫查装置、试块、耦合剂等。

3 检测工艺参数:检测标准、技术等级、检测面、检测区域、探头布置图、检测系统设置和核查的数值、扫查方式、温度、探头参数及楔块选择。

4 检测示意图。

5 检测数据和分析:每一数据文件的名称及分析结果,包括其中应记录和测定的缺陷位置与尺寸、质量级别。

6 检测系统总体设置确认的数据：技术等级为 C 级时，并应包括模拟试块验证的数据与结果。

7 检测工艺规程信息：检测操作指导书编号、检测工艺卡。

8 检测基本信息：检测和记录人员、检测日期等。

6 检测结果评定

6.1 一般规定

6.1.1 数据分析前应核验采集数据有效性，数据应满足下列要求：

- 1 扫查步进的设置应符合本标准第 5.4.1 条的规定。
- 2 采集的数据量应满足所测焊缝长度的要求。
- 3 数据丢失量不得超过整个扫查的 5%，且不得有相邻数据连续丢失。
- 4 扫查图像中耦合不良的长度不得超过整个扫查长度的 5%，单个耦合不良长度不得超过 2mm。
- 5 当不满足以上要求时，必须纠正后重新进行扫查。

6.1.2 超声相控阵探伤结果的缺陷应按 I～IV 四个级别评定。

6.1.3 除设计另有规定外，一级焊缝，不低于 II 级为合格级；二级焊缝，不低于 III 级为合格级；在高温和腐蚀性气体作业环境及动力疲劳荷载工况下，不低于 II 级为合格级。

6.2 等级评定

6.2.1 等级评定时应同时满足单个缺陷指示长度和多个缺陷累计长度的规定。

6.2.2 评定曲线的灵敏度值设定应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 评定曲线

厚度 (mm)	判废线 (dB)	定量线 (dB)	评定线 (dB)
8~100	$\phi 3 \times 40$	$\phi 3 \times 40-6$	$\phi 3 \times 40-14$

6.2.3 钢结构焊缝不得存在下列缺陷：

- 1 反射波幅位于判废线以上的Ⅲ区缺陷。
- 2 裂纹、未熔合、未焊透等危害性缺陷。

6.2.4 除裂纹与未熔合外，钢结构焊接接头对超声波最大反射波幅位于 TCG 曲线Ⅱ区的其他缺陷，根据单个缺陷指示长度，缺陷的等级评定应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 缺陷的等级评定

评定等级	检测等级		
	A	B	C
	板厚 t (mm)		
	8~50	8~100	8~100
I	2t/3; 最小 8mm	t/3; 最小 8mm	t/3; 最小 8mm
II	3t/4; 最小 8mm	2t/3; 最小 8mm	2t/3; 最小 8mm; 最大 50mm
III	<t; 最小 16mm	3t/4; 最小 12mm	3t/4; 最小 12mm
IV	超过Ⅲ级者		

6.2.5 根据多个缺陷累计长度 L，缺陷累计长度的等级评定应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 缺陷累计指示长度等级评定

评定等级	A 级	B 级、C 级
I	在 9t 范围内， $L \leq t$	L 不大于被检焊缝长度 10%
II	在 4.5t 范围内， $L \leq t$	L 不大于被检焊缝长度 20%
III	在 3t 范围内， $L \leq t$	L 不大于被检焊缝长度 30%
IV	超过Ⅲ级者	

6.3 检测报告

6.3.1 检测报告宜包括如下内容：

- 1 检测标准：标准名称及编号。
- 2 被检工件信息：名称、编号、规格、材质、坡口形式、焊接方式和热处理状态、表面状态。
- 3 检测设备：仪器型号及编号、探头参数及模块选择、扫查装置、试块、耦合剂。
- 4 检测条件：检测等级、扫查方式、检测波形、聚焦参数设置、探伤灵敏度。
- 5 检测结果信息：检测示意图、检测数据及缺陷测量和评定信息、检测结论、检测人员与审批人员签字、检测日期。

附录 A 常见形式焊接接头推荐的扫查位置

A.0.1 对接接头的扫查设置应符合表 A.0.1 的规定,探头位置见(图 A.0.1)。

表 A.0.1 对接接头推荐的扫查设置

检测 技术 等级	工件 厚度 /mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测	
		扫描 方式	扫描设置	推荐 探头 位置	探头 位置 总数	覆盖 次数	扫描 方式	探头位 置
A	8~ 50	扇扫 或线 扫	一次波和 二次波	A 或 B	≥ 1	1	-	-
B	8~ 50	扇扫	一次波和 二次波	A 和 B	≥ 2	2	扇扫	X 和 Y 或 C 和 D
				A 和 E	-	-	-	X 和 Y 或 C 和 D
	50~ 100	扇扫	一次波	A 和 B 和 E 和 F	≥ 4		扇扫	X 和 Y 或 C 和 D
C	8~ 50	扇扫	一次波和 二次波	A 和 B	≥ 3	3	扇扫	C 和 D

续表 A.0.1

检测技术等级	工件厚度/mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测	
		扫描方式	扫描设置	推荐探头位置	探头位置总数	覆盖次数	扫描方式	探头位置
C	8~50	扇扫	一次波和二次波	A 和 E	≥ 3	3	扇扫	C 和 D
	50~100	扇扫	一次波	A 和 B 和 E 和 F	≥ 6		扇扫	C 和 D

注：1 当表中所列探头位置及位置数目不能满足覆盖次数的要求时，应增加探头位置和数目进行检测。

2 当工件厚度较薄时，可选择二次波增加探头位置和覆盖次数。

3 当检测面或检测位置受到限制，仅靠一次波无法满足覆盖条件时，可采用二次波。

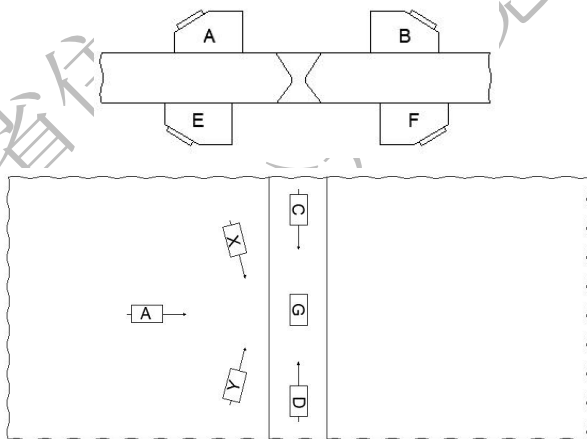


图 A.0.1 对接接头探头位置示意图

A.0.2 T型接头扫查设置应符合表 A.0.2 的规定，探头位置见(图 A.0.2)。

表 A.0.2 T 型接头推荐的扫查设置

检测技术等级	工件厚度/mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测	
		扫描方式	扫描设置	推荐探头位置	探头位置总数	覆盖次数	扫描方式	探头位置
A	8~50	扇扫或线扫	一次波和二次波	A 或 B	≥ 1	1	-	-
			一次波	C 或 D	≥ 1	1		
B	8~50	扇扫	一次波、二次波	A 和 B	≥ 2	2	扇扫	X 和 Y
			一次波	C 和 D	≥ 2			X 和 Y
	50~100	扇扫	一次波	A 和 B	≥ 4	2	扇扫	X 和 Y
			一次波	C 和 D	≥ 2			X 和 Y
	8~50	扇扫	一次波、二次波	A 和 B	≥ 3	3	扇扫	X 和 Y
			一次波	C 和 D	≥ 3	3		X 和 Y
C	50~100	扇扫	一次波	A 和 B	≥ 6	3	扇扫	X 和 Y
			一次波	C 和 D	≥ 3	3		X 和 Y

注：1 当表中所列探头位置及位置数目不能满足覆盖次数的要求时，应增加探头位置和数目进行检测。

2 当工件厚度较薄时，可选择三次波增加探头位置和覆盖次数。

3 当检测面或检测位置受到限制，仅靠一次波无法满足覆盖条件时，可采用二次波。

4 检测纵向缺陷时，可增加 E 直探头位置作为横波倾斜入射的补充。

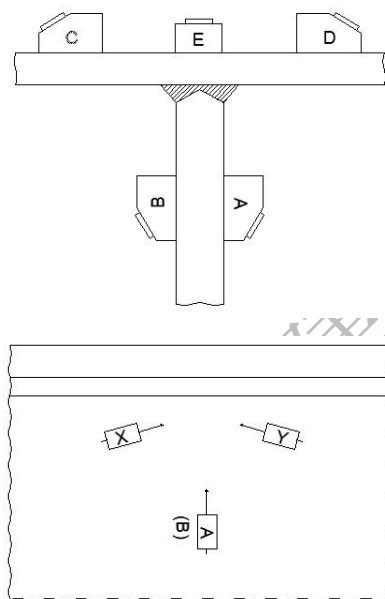


图 A.0.2 T 型接头探头位置示意图

A.0.3 角接接头扫查设置应符合表 A.0.3 的规定，探头位置见（图 A.0.3）。

表 A.0.3 角接接头推荐的扫查设置

检测 技术 等级	工件厚 度/mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测	
		扫描 方式	扫描设 置	探头 位置	位置 数目	覆 盖 次 数	扫描 方式	探头位 置
A	8~50	扇扫 或线 扫	一次波、 二次波	A 或 B	≥ 1	1	-	-

续表 A.0.3

检测技术等级	工件厚度/mm	纵向缺陷检测					横向缺陷检测	
		扫描方式	扫描设置	探头位置	位置数目	覆盖次数	扫描方式	探头位置
A	8~50	扇扫或线扫	一次波	D	≥ 1	1	-	-
			二次波	C	≥ 1	1		
B	8~50	扇扫	一次波、二次波	A或B	≥ 2	2	扇扫	X和Y
			一次波	D	≥ 2	2		X和Y
			二次波	C	≥ 2	2		X和Y
	50~100	扇扫	一次波	A和B	≥ 4	2	扇扫	X和Y
			一次波	D	≥ 2	2		X和Y
C	8~50	扇扫	一次波和二次波	A	≥ 3	3	扇扫	X和Y
			一次波	B或D	≥ 3	3		X和Y
			二次波	C	≥ 3	3		X和Y
	50~100	扇扫	一次波	A和B	≥ 6	3	扇扫	X和Y
			一次波	D	≥ 3	3		X和Y

注：1 当表中所列探头位置及位置数目不能满足覆盖次数的要求时，应增加探头位置和数目进行检测。

2 当工件厚度较薄时，可选择三次波增加探头位置和覆盖次数。

3 当检测面或检测位置受到限制，仅靠一次波无法满足覆盖条件时，可采用二次波。

4 在检测纵向缺陷时，可增加 E 直探头作为横波倾斜入射的补充。

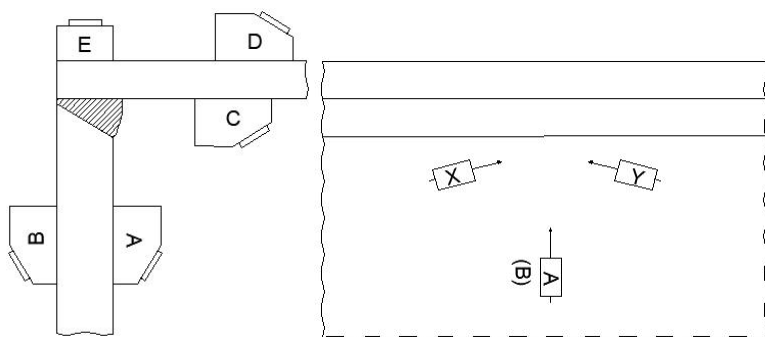
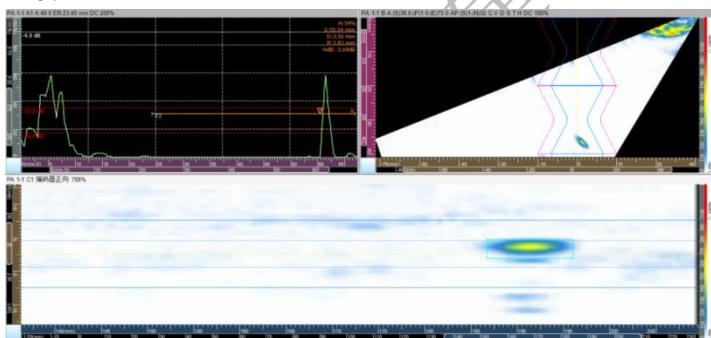


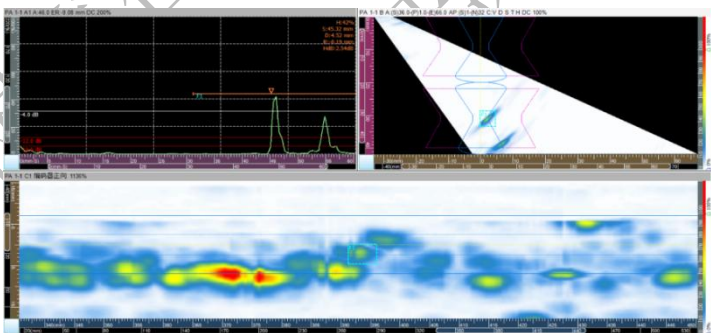
图 A.0.3 角接头探头位置示意图

附录 B 焊接接头相控阵超声检测典型图谱

B.0.1 焊接接头相控阵超声检测典型图谱（图 B.0.1-1～图 B.0.1-5）。

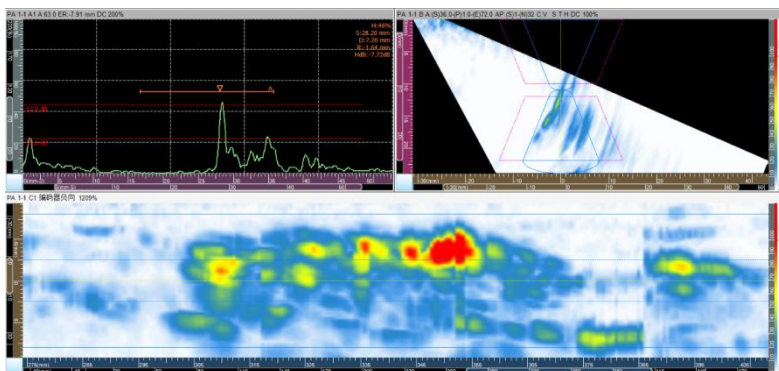


(a) 气孔缺陷-1

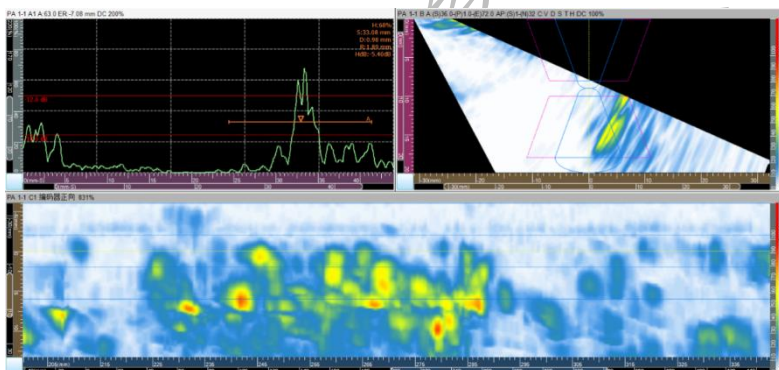


(b) 气孔缺陷-2

图 B.0.1-1 气孔缺陷图谱



(a) 密集气孔缺陷-1



(b) 密集气孔缺陷-2

图 B.0.1-2 密集气孔缺陷图谱

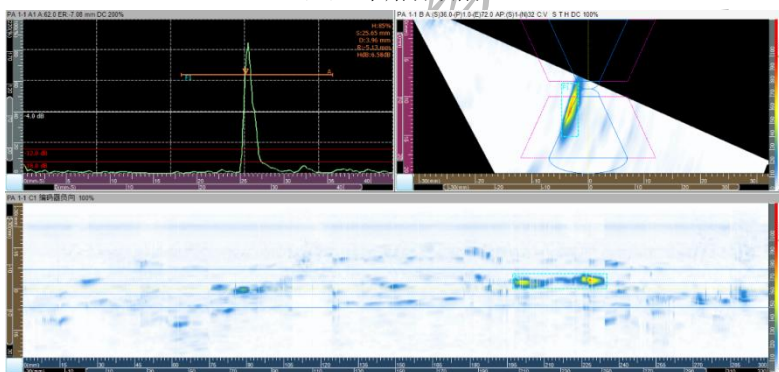
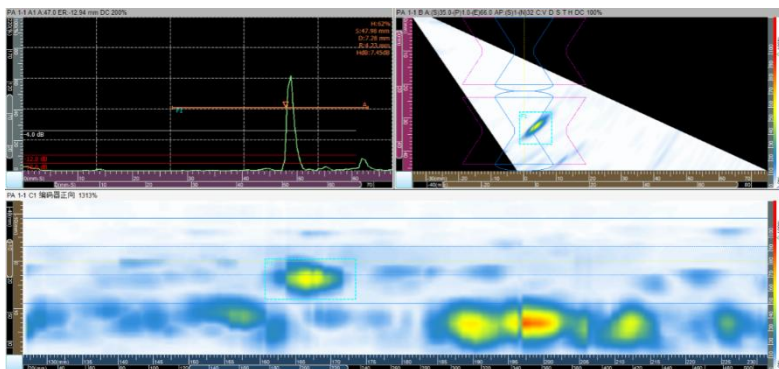
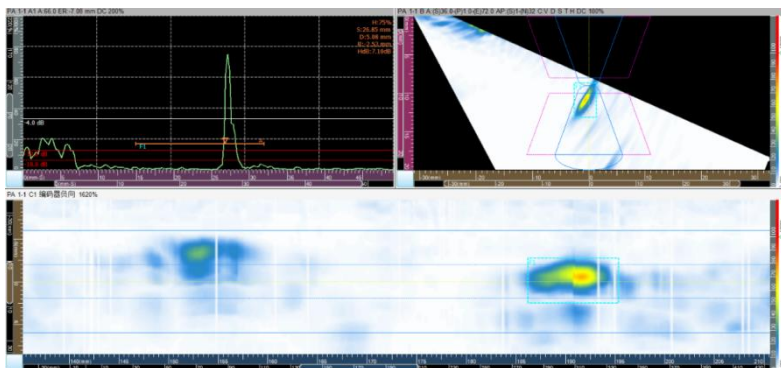
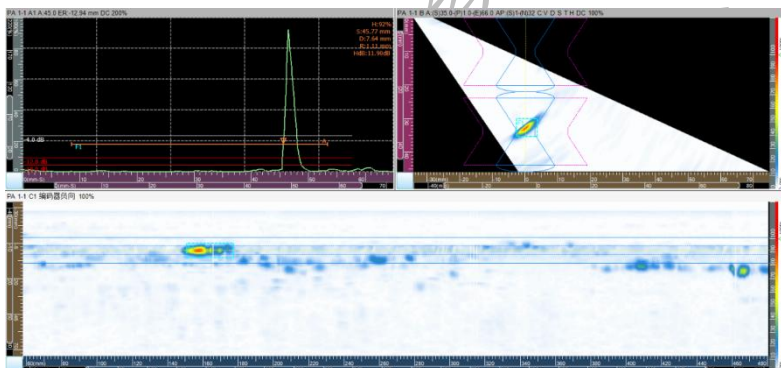


图 B.0.1-3 未熔合缺陷图谱



(a) 未焊透缺陷-1



(b) 未焊透缺陷-2

图 B.0.1-4 未焊透缺陷图谱

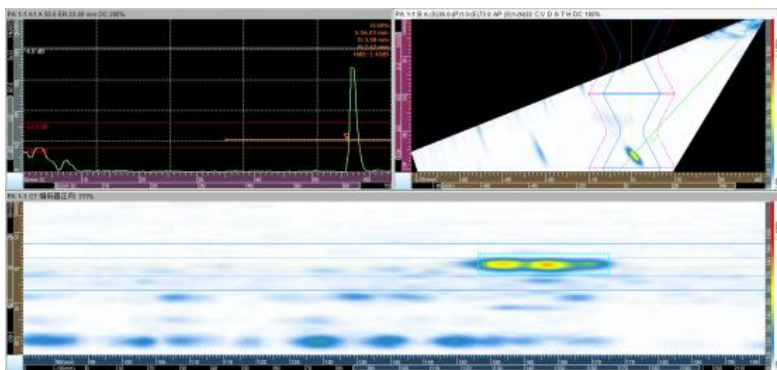


图 B.0.1-5 夹渣缺陷图谱

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:正

面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 2 《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445
- 3 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345
- 4 《无损检测 术语 超声检测》GB/T 12604.1
- 5 《无损检测 超声检测用试块》GB/T 23905
- 6 《无损检测仪器 相控阵超声检测系统的性能与检验》GB/T 29302
- 7 《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563
- 8 《焊缝无损检测 超声检测 自动相控阵超声技术的应用》GB/T 40733
- 9 《无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第1部分：仪器》GB/T 42399.1
- 10 《无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第2部分：探头》GB/T 42399.2
- 11 《无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第3部分：组合系统》GB/T 42399.3
- 12 《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203
- 13 《火力发电厂焊接接头相控阵超声检测技术规程》DL/T 1718
- 14 《承压设备无损检测 第15部分：相控阵超声检测》NB/T 47013.15

福建省工程建设地方标准

建筑钢结构焊缝相控阵超声检测技术标准

DBJ/T 13-552-2026

条文说明

编制说明

《建筑钢结构焊缝相控阵超声检测技术标准》DBJ/T 13-552-2026，经福建省住房和城乡建设厅 2026 年 10 月 13 日以闽建科〔2026〕12 号文批准发布，并经住房和城乡建设部备案，备案号为 J 18957-2026。

本标准制订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国工程建设超声相控阵无损检测的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过研究与应用，对标准内容进行反复论证与修改，并最终完成本次标准编制。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《建筑钢结构焊缝相控阵超声检测技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	42
2	术语和符号	43
2.1	术 语	43
3	基本规定	44
3.1	一般规定	44
3.2	检测作业指导书与工艺卡	44
4	检测设备	45
4.2	仪器主机	45
4.3	探 头	46
4.5	试 块	46
5	现场检测	48
5.1	一般规定	48
5.2	检测准备	48
5.3	灵敏度设置	49
5.4	检测实施	49
5.5	缺陷测量	50
6	检测结果评定	51
6.2	等级评定	51

1 总 则

1.0.1 近年来超声相控阵检测技术在工业领域得到广泛应用,成为超声检测技术的发展方向。与传统的无损检测方法相比,超声相控阵检测技术具有更高的检测灵敏度和分辨力,缺陷显示形象直观,检测结果可记录,扫查范围大,检测效率高,可扫查形状复杂工件的各个区域,对环境无污染等优点,使其已经在承压设备、电力等领域展开应用并有相关行业标准颁布。因此,根据目前的行业需求和发展情况,结合行业实际,制定建筑钢结构行业的超声相控阵技术规程作为检测依据和技术支撑。

1.0.2 本标准适用于建筑钢结构的焊缝相控阵超声检测,考虑到建筑钢结构常用的钢材板厚一般不超过 100mm,且多为低合金钢和普通碳素结构钢,结合国内外相控阵标准、常规超声检测范围及检测应用情况将本标准的适用母材厚度下限定为 8mm,即本标准适用范围为 8mm~100mm 的焊接接头。对于厚度超过 100mm 的焊接接头,检测技术可参照本标准焊接接头厚度为 50mm~100mm 范围的检测技术,但是应考虑超声波衰减和探头分辨力要求;对于其他材质的焊接接头,在考虑信噪比和声速各向异性的影响,并进行工艺验证后,也可参照本标准。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.6~2.1.12 国外不同标准对于 electronic scan 的定义有较大差异。本标准沿用 GB/T 32563 的相关定义，将 electronic scan 定义为“扫描”，并中文解释为以不移动探头而通过电子方式实现的声束移动。与解释为机械移动探头实现的声束移动的“扫查”作合理区分。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.3 板厚较厚的工件不应使用 A 级检测工艺，参考建筑行业常规超声和压力容器等行业相控阵检测技术等级的规定，将 A 级检测工件厚度的上限定为 50mm。

3.1.5 参照压力容器行业相控阵超声和建筑钢结构行业常规超声相关标准，并结合相控阵超声实际检测应用情况，将横向检测时提高的灵敏度范围定为 6dB~12dB。

当采用 B 级检测但双方商定需要进行横向缺陷检测时，若焊缝余高未磨平，可采用扇扫描与斜平行扫查组合方式进行检测，控制探头声束方向与焊缝轴线的夹角为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。采用斜平行扫查时，扫查灵敏度设置、扫查方向以及手动扫查时探头的转动角度要求与 3.1.5 平行扫查相关内容保持一致。

3.1.7 此处受扫查条件限制主要指的是由于扫查空间限制，无法按照扫查面要求进行双侧或双面扫查，导致检测区域全面覆盖次数不足时所采用的措施。

3.2 检测作业指导书与工艺卡

3.2.1 作业指导书为通用性文件，工艺卡为特定检测任务的具体执行文件。

4 检测设备

4.2 仪器主机

4.2.3 参照现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563 相关规定，采样频率达到探头中心频率的 6 倍时，可使得数字化信号的峰值与模拟量的平均误差保持在 1dB 以下。

4.2.4~4.2.6 参照现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563 和现行行业标准《承压设备无损检测 第 15 部分：相控阵超声检测》NB/T 47013.15 规定。

4.2.7 A 型显示指以探头为原点的，以直角坐标方式显示距离和目标回波强度关系的图像；B 型显示指工件检测区域在 Y-O-Z 平面的投影图像，图像中横坐标表示扫描的宽度，纵坐标表示扫描的深度。C 型显示指工件检测区域在 X-O-Y 平面的投影图像，图像中横坐标表示平行线扫查移动的距离，纵坐标表示扫描宽度。

D 型显示指工件检测区域在 X-O-Z 平面的投影图像，图像中横坐标表示平行线扫查移动的距离，纵坐标表示扫描深度，如下图所示。

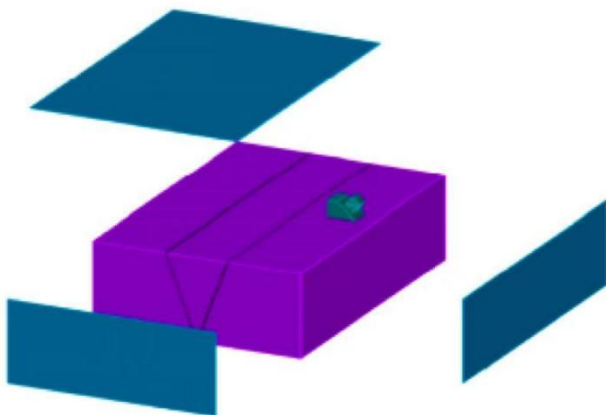


图1 显示类型示意图

S 型显示是扇扫描声束形成的一定角度范围内的图像显示，如图 4-2 所示。

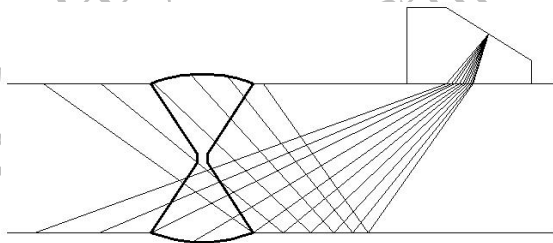


图2 S 显示类型示意图

4.3 探 头

4.3.1~4.3.5 参照现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563 和现行行业标准《承压设备无损检测 第 15 部分：相控阵超声检测》NB/T 47013.15 规定。

4.5 试 块

4.5.2 标准试块用于评定和校准仪器、探头系统性能，部分也可用于声速、楔块延时和 ACG 校准。

4.5.3 声学特性相似主要指的是声速和声衰减等特性相似，即声波在材料中传播的速度和声能在传播中减少的现象；

对比试块主要用于 TCG 或 DAC 曲线的制作，以及检测灵敏度的校准。目前建筑钢结构焊缝超声检测常用的参考反射体为 $\Phi 3 \times 40\text{mm}$ 横通孔，为保持在使用相控阵超声检测缺陷评定基准与现有常规超声检测基准一致，建议采用 $\Phi 3 \times 40\text{mm}$ 横通孔作为灵敏度以及 TCG 或 DAC 曲线的制作基准。因此推荐常用的 RB 系列试块，对应工件厚度范围是根据探头在试块上能检测到的横通孔最大垂直距离并结合探头在试块上能移动的范围确定。

4.5.4 模拟试块主要用于验证检测工艺的有效性，也可用于扫查灵敏度的设置、信噪比的评价。模拟试块中的缺陷可包括纵向和横向缺陷，体积型和面积型缺陷，表面和内部缺陷，也可含有用于校准的人工反射体。

5 现场检测

5.1 一般规定

5.1.5 表 5.1.5 的偏离限值参照现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563 设定。

5.2 检测准备

5.2.4 当母材厚度大于 100mm 时，探头参数选择可参照表 1。

表 1 母材厚度大于 100mm 时相控阵线阵探头推荐性选择

最大探测厚度 /mm	标称频率/MHz	晶片间距/mm	偏转方向孔径尺寸 /mm
≥100~200	1~5	0.8~2.0	30~65

5.2.5 聚集深度设置在近场区会导致聚焦区之外的分辨力急剧下降，在初始扫查时不利于发现缺陷，因此聚焦深度的设置应避免在近场区。

5.2.6 扇扫角度设置

1 根据应用测试情况，声束角度过大会导致缺陷的定位出现较大偏差。结合相控阵相关标准和常用的相控阵检测扇扫描范围，建议角度范围在 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 范围内，在无法覆盖检测区域的条件下可适当放宽角度范围，但也不应超出 $35^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ；

2 与现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563 相关规定对比，本条在较薄工件（最大检测深度 $\leq 50\text{mm}$ ）角度步进设置上提高了要求。当角度步进设置为 1° 时

的检测精准度和图像分辨率都要远高于角度步进设置 2° 时的情况。且根据实际测试结果，角度步进设置为 1° 时各项校准难度并不会提升很多。因此即使工件较薄也应将角度步进设置在 1° 范围内，以提高检测结果的准确性。

5.2.8 根据实际情况，建筑钢结构工件表面粗糙度难以达到现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563 粗糙度 $\leq 6.3 \mu\text{m}$ 的要求。而参照欧标和国内压力容器行业相控阵检测标准，将粗糙度规定在 $\leq 12.5 \mu\text{m}$ 范围内较为合理。

5.3 灵敏度设置

5.3.2 灵敏度设置：

3 灵敏度的设置方法参照现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563，但将灵敏度设置基准从 $\phi 2 \times 40$ 横孔改为建筑钢结构行业更通用的 $\phi 3 \times 40$ 横孔，以确保扫描过程灵敏度设置和缺陷评定基准的一致性。

设置 TCG 灵敏度，在探测深度为 $8\text{mm} \sim 50\text{mm}$ 时，将 $\phi 3 \times 40$ 横孔回波波幅调至满屏的适当高度，可为 90%；探测深度大于 50mm 时，满屏的适当高度可为 80%。

4 设置 DAC 灵敏度，在探测深度为 $8\text{mm} \sim 50\text{mm}$ 时，将 $\phi 3 \times 40$ 横孔回波波幅调至满屏的适当高度可为 40%；探测深度大于 50mm 时，满屏的适当高度可为 20%。

5 检测面曲率相同或相近指的是试块曲率在工件曲率的 $0.9 \sim 1.5$ 倍范围内。

5.4 检测实施

5.4.1 母材厚度大于 100mm 时，扫查步进最大值的要求可参照下表，扫查步进要求参照现行国家标准《无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法》GB/T 32563。

表 2 母材厚度大于 100mm 扫查步进最大值

工件厚度 t/mm	扫查步进最大值 $\Delta X_{\max}/\text{mm}$
$100 < t \leq 150$	2.0

续表 2

工件厚度 t/mm	扫查步进最大值 $\Delta X_{\max}/\text{mm}$
$150 < t \leq 200$	3.0

5.4.2 可采取提前画出探头轨迹或参考线、使用导向轨道或使用磁条导向等措施控制探头移动轨迹。

5.5 缺陷测量

5.5.6 单个缺陷的自身高度可采用-6dB 半波高度法或端点衍射法进行测定。

6 检测结果评定

6.2 等级评定

6.2.1 本条评定曲线的设定参照现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 表 8.2.4-1。其中，超过判废线的区域称为Ⅲ区，判废线和定量线之间的部分称为Ⅱ区，定量线和评定线之间的区域称为Ⅰ区。

本标准相控阵超声检测同常规超声一样基于回波幅值和显示长度进行检测。因此在缺陷评定时相关曲线参照常规超声具有合理性，并能尽量保证相控阵超声检测与常规超声检测缺陷评定尺度的一致性。

6.2.3 当对接焊缝两侧的板材厚度 t 不等时， t 取较小板厚值。当母材厚度大于 100mm 且小于 150mm，单个缺陷的等级评定可参照下表：

表 3 母材厚度位于 100mm~150mm 缺陷的等级评定

评定等级	检测等级	
	B	C
	板厚 t (mm)	
	100~150	100~150
I	$t/3$; 最大 40mm	$t/3$; 最大 40mm
II	$2t/3$; 最大 70mm	$2t/3$; 最大 50mm
III	$3t/4$; 最大 90mm	$3t/4$; 最小 75mm
IV	超过Ⅲ级者	

6.2.4 参考国家现行标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203、《承压设备无损检测第 15 部分：相控阵超声检测》NB/T 47013.15 等标准，在现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 单个缺陷等级评定的基础上，增加了关于多个缺陷累计长度等级评定的规定。等级评定时应同时满足单个缺陷指示长度和多个缺陷累计长度的规定。

C 级检测缺陷累计长度等级评定按合同文件规定执行。在合同无具体规定时，应符合表 6.2.4 的有关规定。