



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 无损检测 超声相控阵柱面成像导波检测

Nondestructive testing—Guided wave testing of ultrasonic phased array cylindrical imaging

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2023.02.20)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 前 言 .....                | II |
| 1 范围 .....               | 3  |
| 2 规范性引用文件 .....          | 3  |
| 3 术语和定义 .....            | 3  |
| 4 检测原理 .....             | 3  |
| 5 一般规定 .....             | 4  |
| 6 检测准备 .....             | 6  |
| 7 校准与复核 .....            | 6  |
| 8 试块 .....               | 7  |
| 9 灵敏度的设定 .....           | 8  |
| 10 扫查方式 .....            | 8  |
| 11 检测及评定 .....           | 8  |
| 12 检测记录及报告 .....         | 8  |
| 附 录 A （资料性） 超声波检测报告..... | 10 |

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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。

本文件由全国无损检测标准化技术委员会（SAC/TC 56）提出并归口。

本文件起草单位：武汉中科创新技术股份有限公司，上海材料研究所有限公司等。

本文件主要起草人：

# 无损检测 超声相控阵柱面成像导波检测

## 1 范围

本文件规定了相控阵柱面超声成像的检测原理、检测设备、对比试块、校准与复核、检测步骤、结果评定和检测报告。

本文件适用于长度不大于1500mm，外径不小于10mm且不大于100mm，长度与外径的比值不小于10的圆柱结构件。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
- GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测
- GB/T 29302 无损检测仪器 相控阵超声检测系统的性能与检验
- JB/T 11731 无损检测 超声检测 相控阵超声波探头通用技术条件

## 3 术语和定义

GB/T 12604.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**周向线阵** Circumferential linear array

同一平面上多个晶片沿周向排列形成一个圆环形（控制方向）的平面线阵探头。见图1。

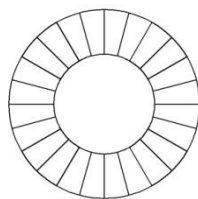


图1 周向线阵

## 4 检测原理

柱面相控阵超声波扫描是对一维环形线阵超声探头的相位控制技术。将多个小尺寸的条形压电晶片按圆环排列，形成周向线阵探头。由于各个晶片的超声波信号频率相同，当各个晶片的发射和接收进行相位延时，以一定的相位差相干叠加，就可形成各种指向和聚焦特性的声束波。超声波在圆柱件中受圆柱面约束，沿圆柱件长度方向传导，即超声柱面导波。超声柱面导波信号包含传播过程中的全部信息，可用于细小缺陷的检测。通过建立横坐标为工件外径展开长度，纵坐标为超声传播距离即工件长度方向

的距离，形成柱面B扫图像（见图2）显示缺陷相关信息；通过周向线阵探头建立柱面C扫平面图，显示信号接收的圆周方位（见图3）。

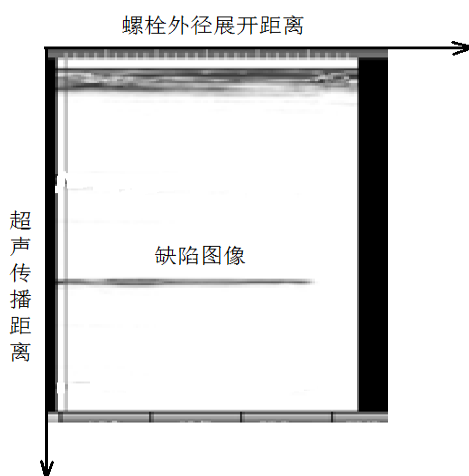


图2 柱面 B 扫图像

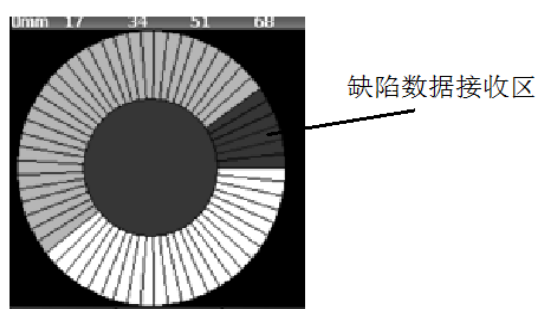


图3 柱面 C 扫平面图

## 5 一般规定

### 5.1 检测人员

从事相控阵超声柱面成像检测的人员应按GB/T 9445的要求进行专项培训。

### 5.2 检测设备

5.2.1 检测仪应满足 GB/T 29302 的要求，具有产品质量合格证或质量合格的证明文件。

5.2.2 仪器性能应至少满足以下要求：

- a) 工作频率为 0.5 MHz~15 MHz（按-3 dB 测量）；
- b) 全程动态聚焦；
- c) 扫查图像：A 扫/B 扫/C 扫
- d) 不小于 16/64 接收激发通道相控阵；
- e) 发射电压：不小于 50 V；
- f) 增益范围：0 dB~80 dB，调节精度最小 0.1 dB；

5.2.3 探头应满足以下技术要求：

- a) 应依据工件超声特性确定检测频率，推荐的探头使用频率见表 1；

- b) 探头应为周向线阵探头。对于圆柱件直径  $10\text{mm} \leq D < 20\text{mm}$  的工件，探头应为 32 晶片探头，激发孔径应为 16 晶片；对于直径  $20\text{mm} \leq D < 100\text{mm}$  的工件，探头应为 64 晶片探头，激发孔径应为 16 晶片。
- c) 探头直径应与被检工件相匹配，探头外径应为被检圆柱体直径的 0.75 倍~1.2 倍范围，探头内径应为外径的 0.2~0.5 倍范围。推荐的探头尺寸如表 2 所示。
- d) 探头具有工装，保证在狭窄空间探头能到达检测位置；
- e) 探头实测中心频率与标称频率间的误差不应大于 10 %；
- f) 探头的-6 dB 相对频带宽度不小于 55 %；
- g) 同一探头晶片间灵敏度差值不应大于 4 dB。晶片灵敏度的均匀性应满足均方差不大于 1 dB。探头晶片的灵敏度差异及有效性测试参照 GB/T 29302；
- h) 探头激发孔径范围内不宜存在失效晶片。若失效晶片不可避免，则在确保检测灵敏度满足要求的前提下，激发孔径范围内的失效晶片的数量不能超出孔径范围内激发晶片总数的 20 %，且不应存在相邻的失效晶片。

表1 探头推荐频率

| 圆柱结构件长度 $L$ (mm) | $L < 200$         | $200 \leq L < 1000$ | $L \geq 1000$  |
|------------------|-------------------|---------------------|----------------|
| 频率 $f$ (MHz)     | $7.5 \leq f < 10$ | $5 \leq f < 7.5$    | $2 \leq f < 5$ |

表2 探头推荐尺寸

单位为毫米

| 圆柱件直径 $D$            | 探头外径 $D_w$ | 探头内径 $D_i$ |
|----------------------|------------|------------|
| $10 \leq D < 15$     | 12         | 3          |
| $15 \leq D < 20$     | 17         | 6          |
| $20 \leq D < 25$     | 22         | 10         |
| $25 \leq D < 28$     | 26         | 12         |
| $28 \leq D < 40$     | 30         | 12         |
| $40 \leq D < 45$     | 42         | 12         |
| $45 \leq D < 50$     | 48         | 12         |
| $50 \leq D < 60$     | 52         | 16         |
| $60 \leq D < 70$     | 65         | 16         |
| $70 \leq D < 80$     | 72         | 20         |
| $80 \leq D \leq 100$ | 86         | 30         |

## 5.2.4 相控阵超声柱面成像检测仪和探头的系统性能应满足如下要求：

- a) 在达到所检测工件的最大检测声程时，其灵敏度余量不应小于 10 dB；
- b) 仪器和探头的组合频率与公称频率误差不应大于 10 %；
- c) 在基准灵敏度下，仪器和探头组合的始脉冲宽度，对于频率为 5 MHz 的探头，宽度不大于 2.5 mm；
- d) 仪器和探头信噪比应大于 35 dB。

## 5.2.5 当出现以下情况时应测定仪器和探头的组合性能：

- a) 新购置的超声仪器和（或）探头；
- b) 仪器和探头在维修或更换主要部件后；
- c) 检测人员认为有必要时。

5.2.6 每隔 3 个月至少对仪器的水平线性和垂直线性进行一次测定，测定方法应按 GB/T 29302 的规定进行。

## 6 检测准备

### 6.1 检测面要求

6.1.1 新制造的工件外观质量应经检测合格后进行超声检测。

6.1.2 影响超声波探头与检测面耦合的锈蚀、镀锌层凸起和污物等都应予以清除。其检测面粗糙度应不低于 Ra6.3。

6.1.3 检测时环境温度应在-10℃~+50℃之间。

### 6.2 系统设置

扫查范围应大于工件长度50mm。

### 6.3 耦合

6.3.1 应采用透声性好，且不损伤检测表面的水基耦合剂。当环境温度低于 0℃时，耦合剂中应添加防冻液。

6.3.2 校准和检测应使用同一种耦合剂。

## 7 校准与复核

### 7.1 探头测定

探头测定应按JB/T 11731进行。

### 7.2 系统测定

仪器和探头的系统性能应按GB/T 29302进行测试。

### 7.3 检测过程中仪器和探头系统的复核

检测过程中，出现下列情形之一时，应进行仪器和探头系统的复核：

- a) 校准后，探头、耦合剂发生改变；
- b) 检测人员怀疑超声传播速度设置或扫查灵敏度设置有变化；
- c) 连续工作 4 小时以上。

### 7.4 检测结束时仪器和探头系统的复核

检测工作结束时，应对仪器和探头系统进行下列项目的复核，并记录复核结果：

- a) 应对超声传播速度设置进行复核。如果超声传播速度设置超过 10%，则超声传播速度设置应重新调整，并对上一次复核以来所有的检测部位进行复检；
- b) 应对扫查灵敏度进行复核。

### 7.5 校准、复核的有关注意事项

校准、复核和对仪器进行线性检测时，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上。

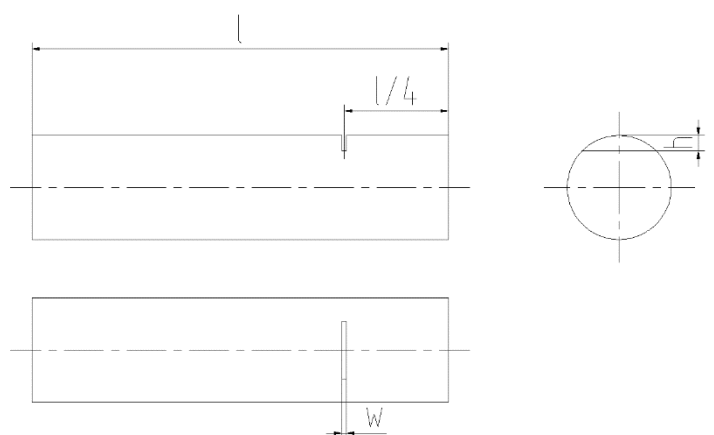
## 8 试块

### 8.1 对比试块

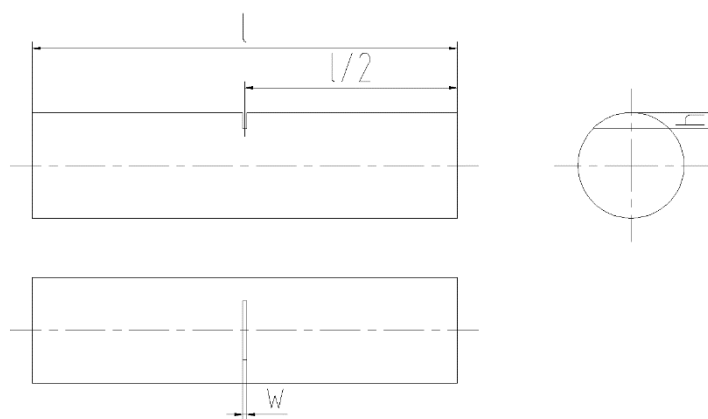
8.1.1 工件检测采用人工刻槽对比试块。其中，试块的直径与长度应与被检工件外径相同或相近，采用与被检工件声学性能相同或近似的材料制成，该材料内部不应有大于或等于  $\phi 1$  mm 平底孔当量直径的缺陷。

8.1.2 在距对比试块检测端面的  $1/2$  处及  $1/4$  处设置人工缺陷，缺陷尺寸按相关工艺要求，见图 4。

8.1.3 在满足灵敏度要求时，对比试块上的人工刻槽应根据检测需要设置，也可采用其他型式的等效试块。



a)  $1/4$  处人工刻槽



b)  $1/2$  处人工刻槽

注：l——试块长度

注：h——刻槽深度

注：w——刻槽宽度

图4 人工刻槽对比试块

### 8.2 其他型式的等效试块

在满足灵敏度要求时，对比试块上的人工刻槽应根据检测需要设置，也可采用其他型式的等效试块。



## 9 灵敏度的设定

将探头放置在对比试块检测端面，检测位于  $1/2$  及  $1/4$  处的缺陷，再放置于试块的另一端面检测位于  $3/4$  处的缺陷，利用三个不同检测距离的缺陷制作DAC曲线，使人工刻槽的线扫描图像清晰可见并标定B扫描图像的颜色色标且A扫描信号幅度不低于满屏幕的20 %。

## 10 扫查方式

工件检测时，探头中心线应与工件中心重合，放置在工件检测面上，耦合良好后开始检测，检测过程中无需移动和转动。

## 11 检测及评定

### 11.1 检测

对所有A扫描信号幅度达到或超过满屏幕20%的缺陷均应确定其位置、最大反射波幅。

### 11.2 定量

11.2.1 深度当量尺寸，应依据对比试块上人工刻槽的 B 扫描图像颜色色标和 A 扫描信号幅度对比来确定。

11.2.2 缺陷指示长度，采用以下方法来检测：首先移动光标找到缺陷的最高反射点将 A 扫信号调节至满屏 80 %高度，然后，向左移动光标当 A 扫信号降低至 40 %时，光标对应点即为缺陷左端点，同样向右移动光标当 A 扫信号降低至 40 %时，光标对应点即为缺陷右端点。左右端点之间的距离即为缺陷的指示长度。

### 11.3 缺陷评定

11.3.1 反射波 B 扫描图像达到或超过人工刻槽 B 扫描图像颜色色标和 A 扫描信号幅度达到或超过满屏幕 20%的信号应注意其在工件上轴向位置并结合结构特征作出综合判定。

11.3.2 缺陷指示长度小于 5 mm 时，按 5 mm 计。

11.3.3 在工件 B 扫描图上，相邻两缺陷的间距小于其中较小的缺陷长度时，应作为一条缺陷处理，以两缺陷长度之和作为其指示长度。

11.3.4 检测结果按照被检工件的质量工艺要求或标准评定。

## 12 检测记录及报告

### 12.1 检测记录

12.1.1 应按照现场检测实际情况详细、客观记录检测过程的有关信息和数据。检测记录至少应包括以下内容：

- a) 记录编号；
- b) 检测工艺卡名称及编号；
- c) 检测对象：项目名称、工件名称、编号、规格尺寸、材质、检测部位、检测时的表面状态、检测时机；

- d) 检测设备和器材：仪器名称、规格型号和编号；探头情况（类型、标称频率、晶片尺寸、角度、编号等）；试块型号；耦合剂；
  - e) 检测工艺参数：检测范围、扫查位置（面、侧）、扫查方式、基准灵敏度、耦合补偿等；
  - f) 检测结果：检测部位示意图；缺陷位置、尺寸、回波幅度等；缺陷的评定级别和检测结果评定；
  - g) 检测人员、记录人员签字；
  - h) 检测日期和地点。
- 12.1.2 检测原始记录应及时、真实、准确、完整，并经记录人员和检测人员签字认可。

## 12.2 检测报告

检测报告参见附录A，应至少包括以下内容：

- a) 报告编号；
- b) 工件名称、工件编号、材料种类、规格；
- c) 探伤仪型号、探头、试块和检测灵敏度；
- d) 超声检测区域应在记录上予以表明，如有因几何形状限制而检测不到的部位，也应加以说明；
- e) 缺陷的类型、尺寸、位置和分布；
- f) 检验结果、缺陷等级评定及检验标准名称；
- g) 检验人员和责任人员签字及其技术资格；
- h) 检验日期。

检测报告参见附录A。

附 录 A  
(资料性)  
超声波检测报告

报告编号：

|       |      |       |     |      |                   |             |    |
|-------|------|-------|-----|------|-------------------|-------------|----|
| 项目名称  |      | 构件编号  |     |      |                   |             |    |
| 构件类别  |      | 规 格   |     |      |                   |             |    |
| 材 质   |      | 检测比例  |     |      |                   |             |    |
| 检验标准  |      | (示意图) |     |      |                   |             |    |
| 验收标准  |      |       |     |      |                   |             |    |
| 仪器型号  |      |       |     |      |                   |             |    |
| 探 头   |      |       |     |      |                   |             |    |
| 耦 合 剂 |      |       |     |      |                   |             |    |
| 试 块   |      |       |     |      |                   |             |    |
| 灵 敏 度 |      |       |     |      |                   |             |    |
| 补 偿   |      |       |     |      |                   |             |    |
| 工件编号  | 缺陷编号 |       |     | 缺陷位置 | 缺陷反射波幅度<br>0.5±dB | 缺陷指示长度 (mm) | 结果 |
|       |      |       |     |      |                   |             |    |
|       |      |       |     |      |                   |             |    |
|       |      |       |     |      |                   |             |    |
|       |      |       |     |      |                   |             |    |
|       |      |       |     |      |                   |             |    |
|       |      |       |     |      |                   |             |    |
|       |      |       |     |      |                   |             |    |
| 检验结论  |      |       |     |      |                   |             |    |
| 检验员：  | 级别：  | 日期：   | 审核： | 级别：  | 日期：               |             |    |