



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

无损检测仪器 涡流检测设备 阵列探头性能 和检验

Non-destructive testing instrument—Equipment for eddy current
examination—Array probe characteristics and verification

(ISO 20339:2017, IDT)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2023-10-07)

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	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 探头及连接元器件的特性	2
5 验证	3
6 阵列探头电特性和功能特性测量	4
7 表面阵列探头	7
8 同轴式阵列探头	12
9 连接元器件的影响	17
附 录 A （资料性） 表面探头分辨率仿真	18

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。

本文件等同采用ISO 20339:2017《无损检测 涡流检测设备 阵列探头性能和检验》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——更改了标准名称。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国试验机标准化技术委员会（SAC/TC122）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

无损检测仪器 涡流检测设备 阵列探头性能和检验

1 范围

本文件规定了涡流阵列探头及其连接元器件的功能特性，并提供了测量和验证方法。对这些特性的评估使得涡流阵列探头可以明确描述且具有可比性。必要时，本文件给出特性接受标准的建议。

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。

ISO 12718 无损检测 涡流检测 术语（Non-destructive testing—Eddy current testing—Vocabulary）

注：GB/T 12604.6-2021 无损检测 涡流检测 术语（ISO 12718: 2019, IDT）

ISO 15548-1 无损检测 涡流检测设备 第1部分：仪器特性和验证（Non-destructive testing—Equipment for eddy current examination—Part 1: Instrument characteristics and verification）

注：GB/T 14480.1-2015 无损检测仪器 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和验证（ISO 15548-1:2008, IDT）

ISO 15548-2:2013 无损检测 涡流检测设备 第2部分：探头特性和验证（Non-destructive testing—Equipment for eddy current examination—Part 2: Probe characteristics and verification）

注：GB/T 14480.2-2015 无损检测仪器 涡流检测设备 第2部分：探头性能和验证（ISO 15548-2:2008, IDT）

3 术语和定义

ISO 12718界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

阵元 element

具有基本功能（激励或接收）的单物理元件（如线圈，巨磁电阻或霍尔元件）。

3.2

检测单元 pattern

同时工作的阵元组成的单个物理和电子排列。

3.3

时序 sequencing

检测单元的激活顺序。

3.4

阈值 threshold

应用文件中规定的可接受的最低灵敏度值。

4 探头及连接元器件的特性

4.1 一般特征

4.1.1 应用

选择探头及其连接元器件以满足应用要求。

探头及其连接元器件的设计受到使用仪器的影响。

4.1.2 探头类型

探头的描述为：

- 待检材料类型，如：铁磁材料，高导电率或低导电率的非铁磁材料；
- 检测区域的几何形状；
- 是否贴合检测面；
- 类型，如同轴探头，表面探头；
- 接收元件类型；
- 激励或接收阵元数量；
- 阵元的形状和组装及阵元间距；
- 检验的目的，如检测不连续，分选，测量厚度等；
- 特定特征，如聚焦、屏蔽等。
- 依据检测单元、时序和仪器软件，同一阵列探头可能既可进行激励或接收也可进行绝对式或差动式测量。

4.1.3 连接元器件

包括：

- 有源器件，例如多路复用器（内置或外部）、放大器；
- 电缆和/或延长线；
- 连接器；
- 滑环；
- 旋转头；
- 偏振器。

4.1.4 物理特性

应规定下列事项：

- 外形尺寸和形状；
- 重量；
- 机械安装信息；
- 型号和序列号；
- 探头外壳材料；

- 覆面材料成分和厚度；
- 磁芯或屏蔽罩的存在及其用途；
- 连接元器件的类型（见 4.1.3）；
- 至少一个位置标记（电中心，见 8.5）。

4.1.5 安全

探头及其连接元器件应符合有关电气危险、表面温度或爆炸的适用安全法规。
正常使用探头不应造成危险。

4.1.6 环境条件

应规定正常使用、储存和运输探头及其连接元器件的温度和湿度。
探头及其连接元器件所允许的干扰噪声和电磁辐射的影响应符合电磁兼容规定。
探头制造所使用的材料应不易被污染。

4.2 电气特性

连接到规定长度和类型电缆的探头的电气特性如下：

- 推荐的安全运行的激励电压范围；
- 推荐的激励频率范围。

延长电缆的电气特性是：

- 单位长度的电阻和容抗。

4.3 功能特性

针对具体系统规定阵列探头的功能特性。

探头功能特性的测量需要使用参考试块。参考试块使用的材料根据具体应用确定。

探头的功能特性如下：

- 角度敏感性；
- 对简单的不连续或变化（孔、槽、沉积物等）的响应；
- 检测单元覆盖范围的长度和宽度；
- 检测单元的覆盖面积；
- 获得恒定响应的最小不连续尺寸；
- 穿透特性；
- 几何效应；
- 串扰；
- 失效阵元数量。

不能单独使用这些特性来确定具体应用和具体测试系统中的探头性能（如分辨率，最大不可检测的不连续等）。

必要时，应根据应用要求在接有连接元器件的探头上测量功能特性。

5 验证

5.1 验证级别

可能需要两个级别的验证：

- a) 基础验证：给出检测性能。
- b) 高级验证：给出特征性能，包括：
- 在需要对测量进行机械化（探头运动）时，对运动系统进行验证；
 - 数字化和扫描速度：每毫米测量点数量。
- 本文件不考虑制造商和客户对工艺过程的确认。

5.2 待验证特性

表1列出了需要验证的特性。

表 1 阵列探头特性

特性	基础级验证	高级验证
外尺寸	I	M
探头的适形性	I	M
覆盖面积	I	M
阵元数量	I	M
排列	M	M
激励频率	M	M
阵元属性	I	I
阵元尺寸	I	I
阵元间距	I	I
组装	I	I
外部或内置多路复用器	I	I
提供电缆的长度和类型	I	I

I：制造商测量或设计数据，记录于技术规格书。
M：制造商和/或用户测量。
制造商应说明探头所适用的不连续的类型和方向。
当用户需要更多阵元信息时（例如仿真时），可在特定协议中列出这些信息。

6 阵列探头电特性和功能特性测量

6.1 电特性

6.1.1 总则

在应用中，电特性本身并不能定义探头特性。

以下给出的测量方法和测量仪器仅供参考，可以使用其他等效的方法和仪器。当使用模型测量特性时，应清楚说明这一点。

6.1.2 测量条件

阵列探头（表面探头和同轴探头）在大多数情况下只适用于某一具体应用。

它们与电缆一起交付，电缆的设计取决于阵元的数量，并且电缆不能在测量时移除。电缆的特性通常是专有信息。

制造商提供电缆，其长度在谐振和衰减方面与客户所描述的探头的未来使用兼容。

以下测量方法仅适用于由线圈组成的阵元。

若接收阵元不是线圈，应规定具体测量。

在没有使用检测系统的连接元器件的情况下，在连接电缆一端的探头连接器上进行测量。

探头置于空气中，远离任何导电或磁性材料。只有在探头中的电子元件（如放大器、多路复用器等）不工作的情况下，才有可能进行这些测量。

在探头连接器处对探头的每个阵元进行测量，测量某个阵元时其他阵元保持开路。

当探头设计用于特定条件（如温度或压力）时，应在应用文件中规定所需的额外测量。

6.1.3 线圈阵元阻抗

如不受内置放大器的影响，所有线圈阵元的阻抗应使用阻抗计或阻抗分析仪进行测量。测量得到的阻抗可以用等效电路（电阻、电感和电容）的数值表示，也可以用频率曲线表示（波德图或奈奎斯特图）。

6.1.4 检测单元的阻抗

该测量通常是制造商的责任，不由用户进行，因为一旦探头组装完成就不能进行该测量。

——阻抗模式

测量中心频率的复阻抗

——收发分离模式

在激励阵元输入端输入一个中心频率的电压，测量输出端电压。

对每一检测单元都进行重复测量。

验证结果的一致性。

如果有明显的偏差（大于5%），应进行充分修正。

6.1.5 通道分配——时序

通道分配的验证是必不可少的。以下操作步骤供参考。

使用中心频率进行测量。

对与扫查方向成一定角度的缺陷进行C扫查成像：对于表面探头，使用A1试块，试块有一个45°的槽；对于同轴探头，使用B2试块，管壁上有一个螺旋缺陷。

应根据扫描步长和检测单元尺寸选择角度。

验证通道分配和在这些通道上获得的信号的一致性。

在配置复杂的情况下，验证步骤由制造商决定。

本测量不考虑使用电子扫描的静态探头的情况，对于这种情况，应当逐案制定验证步骤。

6.1.6 串扰

阵列探头总是存在串扰。通过多路复用非邻近阵元来减小串扰。

串扰的可接受水平在很大程度上取决于应用；因此，本文件不规定串扰可接受水平。

6.2 功能特性

6.2.1 总则

本文件描述常用探头类型。为特殊（不常见）应用设计的探头应遵循本文件方法依据应用文件进行描述。本文件描述的特性可以提供有关此类探头的有用信息。

定义两类探头的功能特性：表面探头和同轴探头。

6.2.2 测量条件

6.2.2.1 总则

可以使用符合ISO15548-1标准的适用于阵列式探头的多通道涡流仪，但必须满足测量精度要求。

也可以使用足够的仪器设备，包括电压/电流发生器、同步检测放大器以及电压表、示波器或数字转换器。

如果探头没有连接电缆，则应记录用于测量的电缆的特性。

在制造商规定的频率范围内测量探头特性，并使用包含已知特征（如槽和孔）的参考试块。

参考试块所使用材料的冶金性能和表面处理应符合应用文件规定。其几何形状应符合下列章节的要求。必要时，铁磁性材料试块可在使用前退磁。

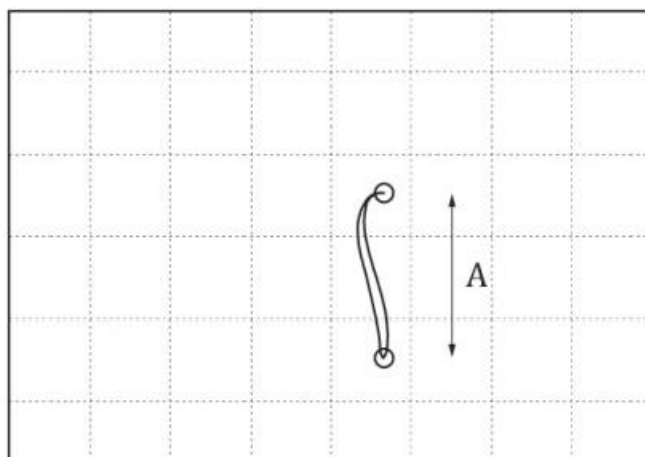
参考试块可以用任何其他装置替代，应证明替代装置在所测量特性上的等效性。

在探头影响区域内，任何扰动电磁场或铁磁性材料的存在都会影响探头的功能特性。在进行以下测量时应注意避免这些影响。

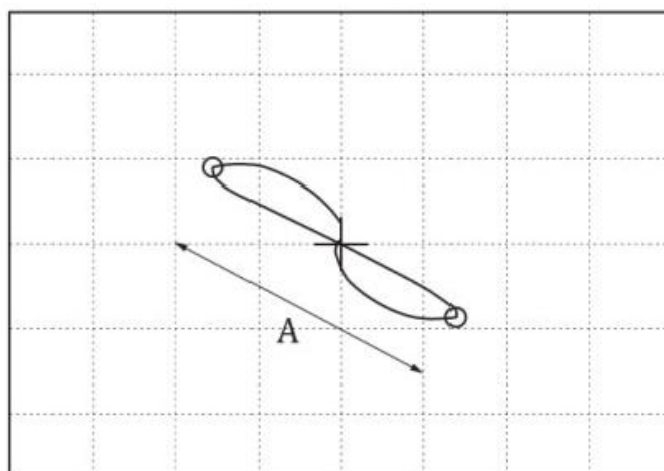
应记录每个特性的测量条件，例如激励频率和电压/电流以及参考试块详细信息等。

测量信号幅值，需要时也测量信号相位。

6.2.2.2 信号幅值测量



a) 绝对信号



b) 差分信号

图1 幅值测量

a) 绝对测量

信号幅值是将平衡点连接到与相对于平衡点的最大新华偏移对应的点构成的矢量的长度，除非应用文件另有规定，见图 1a。

b) 差动测量

信号幅值是连接两个信号极值点（如峰峰值）的线的长度，除非应用文件另有规定，见图 1b。

c) 其他测量

方法应当在应用文件中载明。

6.2.2.3 信号相位角测量

相位角是基准线与代表6.2.2.2中确定的信号幅值的线之间的夹角。

应规定测量相位角的基准线。

测量的范围和极性应与ISO 15548-2:2013第6.2.2.3条款一致。

7 表面阵列探头

除非另有规定，测量应在应用文件规定的恒定阵元间隙下进行。

如果有几种不同类型的检测单元（阻抗模式，收发分离模式），应对每一种检测单元进行测量。

7.1 参考试块

应优化设计，避免边缘效应。对于每个参考试块，其长度和宽度应不小于探头长度和宽度加上探头规格给出的探头作用区域长度的至少两倍。当不知道该特征时，应以扫查平面内探头的最大作用范围来代替。在测量了7.5中描述的覆盖区域长度后，可以进行验证。

参考试块的厚度应至少是探头规格中的最低频率下的标准穿透深度的三倍。

用于制造试块的材料应是坚实均匀的，其物理属性（电导率和磁导率）应接近应用中的材料物理属性。

每个试块应有一张接收单，包括尺寸测量结果：粗糙度、侧面平行度和参考缺陷的计量。

参考试块A1

试块中心有一个槽（见图2）。

其最低要求：

——该槽应长于根据7.7中描述的方法确定的“获得恒定探头响应的最小槽长”；

——该槽应比根据7.10中描述的方法确定的“获得恒定探头响应的表面开口槽的最小深度”更深。

——槽宽应在应用文件中规定。

此外，参考试块具有如下特征：

——一种凹槽，其宽度大于探头的工作部分，填充有非导电材料，用于进行相位归一化（模拟脱离效应）

——或，一个或多个绝缘垫片。

参考试块A2（见图2）

包括以下内容：

——单孔，其直径应小于探头阵元间距；

——双孔，各孔直径与单孔直径相同；两个孔之间的距离应根据探头阵元尺寸、检测单元尺寸和应用进行优化。

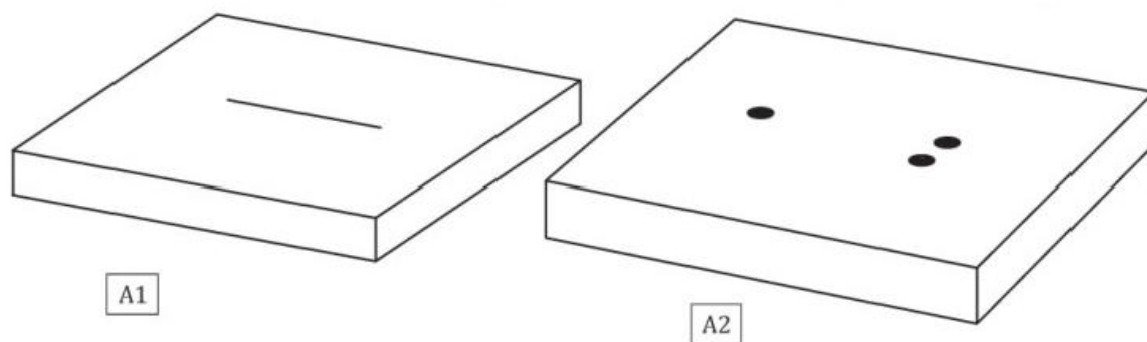


图2 表面探头的参考试块

7.2 探头运动

实验验证已表明，阵列探头的测量在很大程度上依赖于扫查条件。扫查应可准确复现。对于以下所有测量，确保探头与参考试块表面接触的压力和探头的方向必须严格复现。

7.3 参考信号——归一化

参考试块：使用A1试块进行测量。

平衡

将探头置于槽与邻近的试块边缘之间，在试块上平衡探头。

确认在该位置附近沿槽的方向和边缘的方向移动探头时，信号没有发生明显的变化。

扫描和槽应适应检测单元。

探头运动

探头通过槽的中心上方进行线性扫查，探头的首选方向垂直于槽（见图3）。对于该测量，探头首选方向应由制造商规定。

调整扫查方式使之与检测单元类型（发射和接收是否分离，绝对测量中发射和接收结合）相适应。

如果探头明确设计用于扫查不与探头运动相垂直（如平行）的槽，则应在应用文件中给出替代测量步骤。

设置

- 1) 仪器的设置应使槽的信号幅值在不饱和的前提下达到最大。背景噪声（静态测量）的幅值应比3.4所定义的灵敏度阈值对应的信号幅值小6dB。在随后的所有测量中，如果没有任何饱和和信号，应进行检查。
- 2) 进行归一化，以使所有通道得到的参考槽的信号具有相同的幅值和相位，该幅值应在仪器动态范围的25%与80%之间。

在所有测量中都应保持此设置。

结果

参考信号 S_{ref} 是扫查过程中所有通道的最大信号。

例如，扫查填充槽（或绝缘覆盖物）时获得的信号的相位可以作为后续测量的相位原点。

在接下来的章节中，所有的结果都是相对于 S_{ref} 而言的。

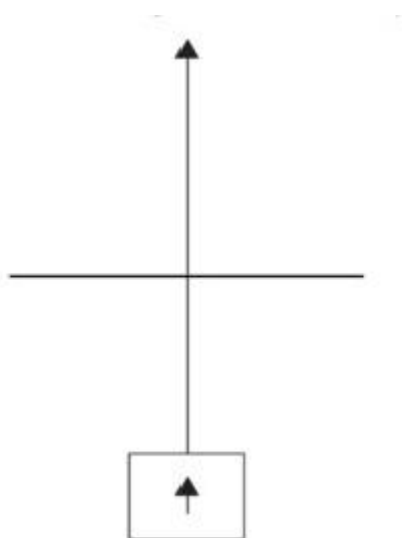


图3 探头运动获得参考信号

7.4 边缘效应（金属板、圆盘等几何形状情况下可测量）

参考试块：使用A1试块进行测量。

探头运动

两个垂直方向。

将探头置于槽与邻近的试块边缘之间，从前述平衡位置沿扫查线移动到参考试块最近的边缘：

- 1) 沿其首选方向（垂直于槽方向）；
- 2) 垂直于其首选方向。

结果

- 1) 垂直扫查：边缘效应用从最接近测量所关注的试块边缘的探头工作部分端部到试块边缘的距离表征，此时 S 满足

$$S / S_{\text{ref}} = A \text{ 例如, } (S \text{ 的绝对值} - S_{\text{ref}}) / S_{\text{ref}} = 0.5 \text{ (} A \text{ 是应用文件中规定的数值)}$$

- 2) 平行扫查：考虑发射阵元的相对位置。边缘效应在一个方向上比在相反方向上更强。

$$S / S_{\text{ref}} = A$$

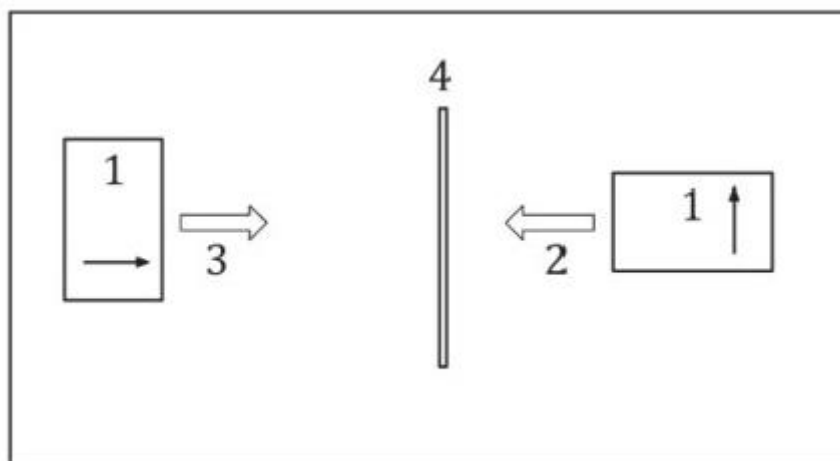
（ A 是应用文件中规定的数值。）

7.5 对槽的响应

参考试块：使用A1试块进行测量。

探头运动

- a) 无方向性探头
使阵列长度方向垂直或平行于槽扫查试块（见图4，扫查A或T）。
- b) 方向性探头
使探头优先方向垂直于槽扫查试块（见图4，扫查T）。



说明:

- 1 涡流阵列探头
- 2 扫查A
- 3 扫查T
- 4 参考槽

注: 探头上的箭头表示探头优先方向。

图 4 测量探头对槽响应的探头运动

结果

取整个扫查信号的最大值 S_{\max}/S_{ref} 。

对于每条扫查路径, 绘制出比 S_{\max}/S_{ref} 小 6dB 的信号对应的点, 以得到探头对槽的响应图。

扫查路径应通过对第一个记录点 (例如左下) 的槽和探头位置标记的表示与映射相关。

可以使用更多的等值线或任何等效描述 (三维响应图、彩色图等) 来更完整地描述结果。

7.6 对孔的响应

参考试块: 使用 A2 试块进行测量。

探头运动

仅使用一个检测单元从单孔的一侧到另一侧依次进行扫查。扫查路径间隔应该等于检测单元间距的 1/5。

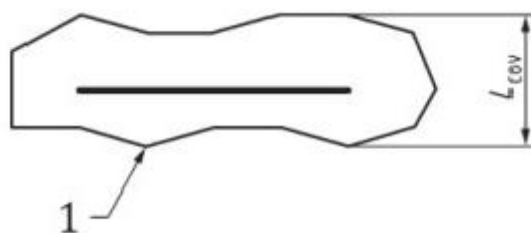
结果

每次扫查, 记录最大信号幅值, 并绘制相应的曲线 (钟形)。已知检测单元间距, 即可推断出结果, 并测量两个相邻检测单元间的幅值衰减。

7.7 覆盖长度

覆盖长度由 7.5 获得的探头对槽的响应确定, 在扫查方向上取包络线的最大宽度 (见图 5) 即得到覆盖长度。

如果有几种不同的检测单元模式 (阻抗模式、收发分离模式), 应在各种模式下进行测量。



说明:

1 6dB线

图5 确定覆盖长度 (L_{cov}) 的例子

7.8 检测单元之间灵敏度的变化

测量目的

该测量能够评估从一个检测单元到另一个检测单元的灵敏度一致性。测量应由制造商进行，结果应提供给用户。

应始终按照7.3的规定对信号进行归一化。

参考试块: 使用A1试块进行测量。

探头运动:

对参考试块表面进行线性扫查，探头中心经过槽的中心的上方。

结果:

在阻抗平面上，观察每个通道上获得的信号。

a) 刚性探头

——信号相位角的变化不应超过 $\pm 3^\circ$ 。

——信号幅值的变化不应超过 $\pm 10\%$ 。

b) 适形探头

——信号相位角的变化不应超过 $\pm 3^\circ$ 。

——信号幅值的变化不应超过 $\pm 10\%$ 。

若信号重复性不能得到保证，信号相位角的变化会受到影响。考虑下述情况:

——信号相位角的变化不应超过 $\pm 5^\circ$ ，

当变化超过上述数值时，探头不符合本文件。

7.9 恒定探头响应的最小槽长

该验证仅限于检测单元。参见ISO 15548-2。

7.10 提离效应

参考试块: 使用A1试块进行测量。

探头运动

探头位于试块平衡区域上方，并按规定步距垂直试块表面移动。当探头与参考试块接触（即 $z=0$ ）时对探头进行平衡。可使用不导电垫片或适当的可提供可测量的机械提升的装置（探头夹装干扫描设备）获得提离。

结果

按规定步距改变 z ，绘制 $S(z)/S_{ref}$ 曲线。

提高效应用 $S(z)$ 与 z 的关系曲线表征。

7.11 探头间隙对缝隙响应的影响

参考试块：使用A1试块进行测量。

探头运动

通过槽的中心上方进行线性扫查，探头相对于槽的方向取决于检测单元（横向或纵向）产生的通道类型。

阵元间隙从0至一个代表影响区域边缘的值变化，该值在应用文件中指定。

对于每个阵元间隙，在试块平衡区域上进行探头平衡。

结果

对于每个阵元间隙 z ，重复7.4中描述的测量。

阵元间隙对缺陷信号的影响通过绘制 $S_{\max}(z)/S_{\text{ref}}$ 与 z 的关系曲线来表征。

7.12 近表面槽的有效探测深度

该验证仅限于检测单元。参见ISO 15548-2。

7.13 分辨率

根据定义，分辨率探头能够区分两个不同缺陷信号的最小缺陷距离。

这一功能特性取决于探头为何种应用而设计。

参考试块：使用A2试块进行测量。

建议进行两项测量。

1) 第一项测量可以得到分辨率的近似值：

——探头相对于孔的方向影响检测单元（纵向或横向）产生的信号，对于该测量，只有纵向扫查是必要的；

——使用一个检测单元扫查参考缺陷；

——绘制响应曲线；

——将阈值设置为信号最大值的-6dB，测量信号宽度；

——测得的宽度是检测单元分辨率的保守估计（见附录A）；

2) 第二项测量是对整个阵列分辨率的验证：

——沿纵向扫查孔2和3（阵列平行于孔）；

——与附录A（仿真3）中的曲线相似的响应曲线能够验证探头分辨率最多与检测单元相同。

7.14 缺陷阵元或检测单元

制造商：不允许有缺陷阵元或检测单元

用户：应在应用文件中说明接受标准。

8 同轴式阵列探头

8.1 一般条件

除非另有说明，否则：

——该测量适用于具有圆柱形状和圆形截面的内通式或外穿式同轴探头，应在应用文件中规定的恒定阵元间隙下进行测量；

——考虑信号的幅值和相位。

对于非圆形截面同轴探头，在应用文件中逐项审查。

8.2 参考试块

参考试块（B1至B3，C1至C3）用一般术语描述。

参考试块包括管和棒。

——管（棒）的长度 L 应大于制造商定义的探头边缘效应尺寸的 4 倍。当不知道该特征时，用探头在扫查方向上的作用范围代替。

——人工不连续之间的距离应至少是探头作用范围的 3 倍。

——管壁厚度（或棒材直径）在应用文件中规定。管壁厚度（或直径）在管材（或棒材）的整个长度上保持不变。

就管材而言，如果参考试块的厚度至少是探头规格中规定的最低频率对应的标准穿透深度的3倍，则壁厚变化的影响可以忽略。

操作规程应规定对每个试块的详细要求。

测量中唯一要考虑的探头运动是平行于参考试块轴的平移。

管材试块B1（棒材试块C1）。

试块上有3个轴向槽和3个横向槽，均为电火花加工。槽的长度至少是检测单元长度的3倍。槽的深度分别为20%、40%和60%壁厚。

外径环形槽，30%深，5毫米宽（见图6）。

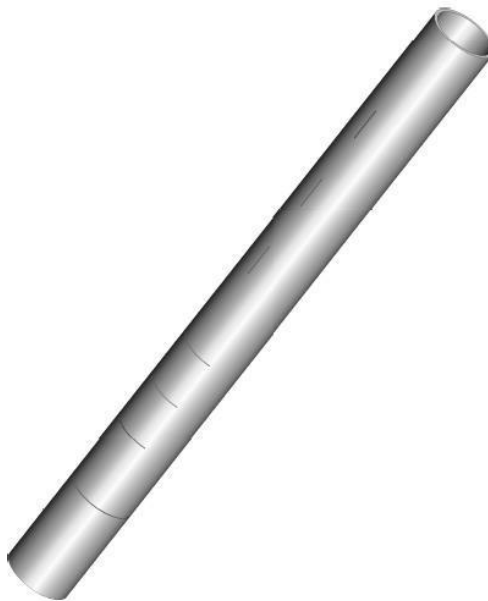


图 6 参考试块 B1

试块B2（或试块C2）

试块为具有一个30%深度超过400°螺旋槽的管（或棒），宽度不是很重要（0.5 mm至1 mm宽），见图7。

螺旋螺距：空间采样所需周期的两倍乘以阵元数量（例如：采样频率为每毫米两点，周期为0.5；对于一个32阵元的探头，推荐螺距为 $0.5 \times 2 \times 32 = 32$ mm）。

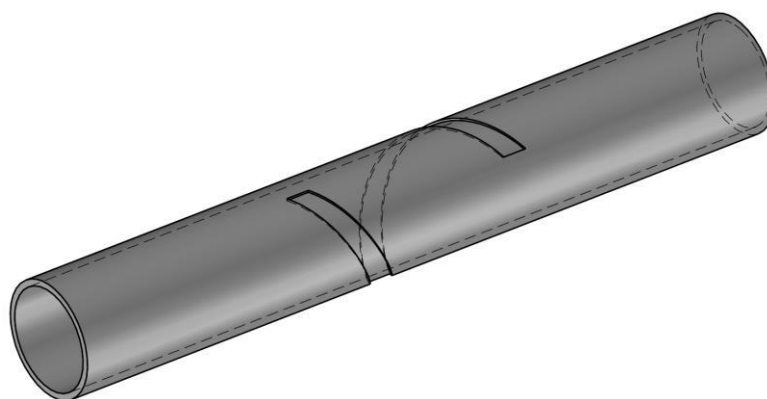


图7 参考试块 B2

试块B3（或试块C3）：

试块为含有4个宽0.2 mm的圆周凹槽的管（或棒），槽深分别为10%、30%、50%和70%壁厚，见图8。



图8 参考试块 B3

8.3 参考信号

参考试块：使用B1（或C1）试块进行测量。

测量

确保探头居中。

结果

在管（或棒）的无不连续部分进行探头平衡。将探头移动到圆周凹槽上。

调整仪器，使最大信号与仪器动态范围的给定值（如25%）相对应。需要验证在后续的测量中没有出现信号饱和。

参考信号 S_{ref} 是扫查过程中信号的最大值。

参考信号的相位作为后续测量的相位原点。如果方便的话，可以选择其他参考，报告即可。

在接下来的章节中，所有的结果都应使用 S_{ref} 表示。

8.4 无缺陷阵元

参考试块：使用B2（或C2）试块进行测量。

测量

在管（或棒）的无缺陷部分进行探头平衡。

在管（或棒）外拖动探头扫查螺旋槽。

在结果显示中观察有无缺陷阵元。

接受标准

制造商：不允许有缺陷阵元。

用户：接受标准在应用文件中规定。

8.5 探头位置标记（主要用于定位）

根据下面给出的测量方法，探头上的位置标记明确地定义了探头的电中心。

在探头大小和形状或者探头响应允许的地方可以标记探头位置标记。

如果无法在探头上标记探头位置标记，可通过草图描述位置标记，或者记录探头上的固定点至位置标记的距离。

参考试块：使用B1（或C1）试块进行测量。

测量方法和结果

——将探头安装在合适的夹具上，移动参考试块 B1（或 C1）以扫查外壁周向凹槽。找到并保持最大信号对应的试块位置。在探头电缆上（或在测试台上）做一个标记，然后记录从凹槽到开始扫查的试块端部距离对应的长度。

——在探头上刻下记号。

8.6 端部效应

该验证仅限于检测单元。参见ISO 15548-2。

8.7 覆盖长度

B1试块：参考缺陷为圆周凹槽

重复7.5中描述的测量。

在得到的曲线上，在-6dB处标记两个端点。

两点之间的距离即探头的覆盖长度。

8.8 轴向响应均匀性

参考缺陷：面积小于检测单元覆盖面积的1/10的通孔壁（参考试块有待定义）。

结果

在参考试块上定义一个角度原点。

在参考试块的整个长度上移动探头，报告最大信号幅值 S_{\max} 。

以与阵元间距相关的一个角度 α （例如1/5间距）旋转参考试块（或探头）。

重复扫查以覆盖360°角（检查确保检查区域重叠）。

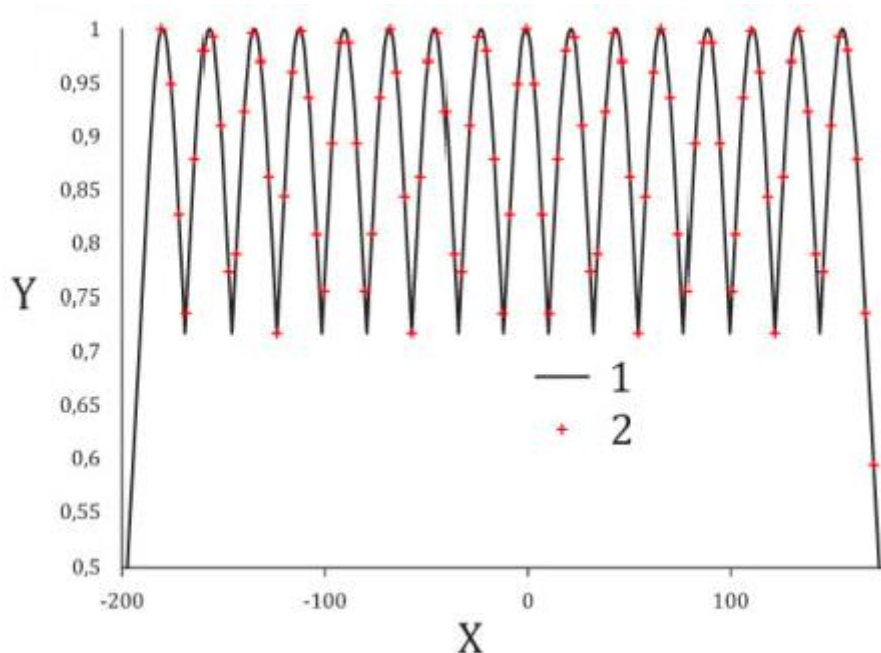
绘制 $S_{\max}(\alpha) / S_{\text{ref}}$ 关于 α 的变化曲线。

得到的曲线称为雷达曲线（见图9）。

注：

——两个极大值点的幅值差对应轴向响应的均匀性；

——最大的极大值点和最小的极小值点的垂直坐标差（交叉点）对应灵敏度变化量。



说明:

Y 测得的幅值 (a. u)

X 孔与探头之间的最小距离 (a. u)

1 函数

2 测量

图9 理论曲线

替代测量方法

以一个阵元中心对准缺陷进行扫查，报告最大信号幅值 S_{max} 。

以与两个阵元距离的一半对应的角度旋转探头。

扫查缺陷，报告信号幅值 S_{min} 。

以前述角度旋转探头，将相邻阵元移动到缺陷前面。使用该阵元扫查缺陷时，应得到前一次测量得到的值 S_{max} 。

轴对称偏差的定义为：

$$[\text{Max}(S_{max}) - \text{min}(S_{max})] / \text{Max}(S_{max}) \times 100 = d\%$$

8.9 偏心率的影响

该验证仅限于检测单元。参见ISO 15548-2。

8.10 填充率的影响

填充率的影响不是探头的基本功能特性，与应用有关。

此外，该验证仅限于检测单元。参见ISO 15548-2。

8.11 有效透入深度

该验证仅限于检测单元。使用参考试块B3（或C3）进行测量。

在试块无缺陷位置进行探头平衡。

S_0 是在最深缺陷上获得的最大信号。

$S(d)$ 是深度为 d 的槽的检测信号最大值。

绘制 $S(d)$ 与 d 的关系曲线。

有效穿透深度 P_{eff} 是满足

$$[S_0 - S(d)] / S_0 \leq 10\%$$

的 d 的最小值

8.12 覆盖层下有效检测深度

只有内通式同轴探头才需验证这一特性。

该验证仅限于检测单元。参见ISO 15548-2。

9 连接元器件的影响

当探头接上连接元器件时，电气特性和功能特性都会受到影响。

应通过重复6.1和6.2中描述的测量来评估这种影响。

特别重要的是：

——幅值响应；

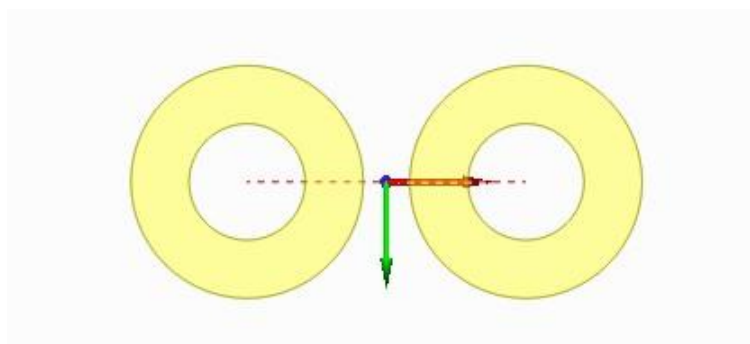
——相位响应。

附录 A
(资料性)
表面探头分辨率仿真

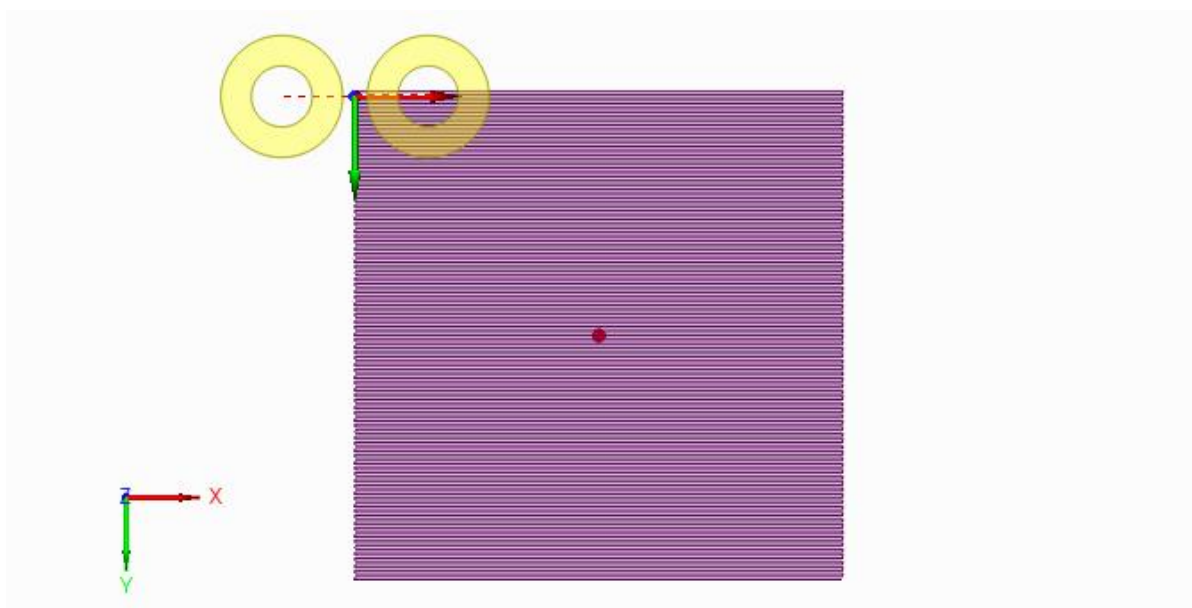
A.1 仿真 1

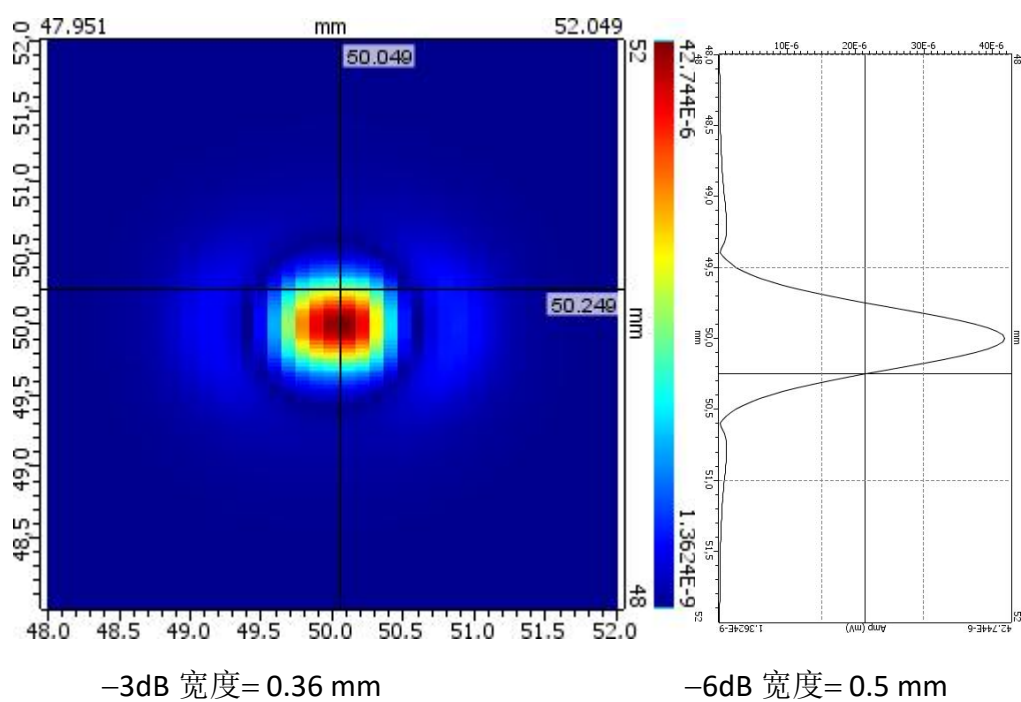
在下面的仿真中，不连续是一个直径为0.1 mm，深为0.2 mm的孔。

检测单元包含两个直径为1毫米的线圈。两个线圈之间的距离为1.2 mm。检测单元尺寸为1 mm × 2.2 mm。检测单元以收发分离模式工作。



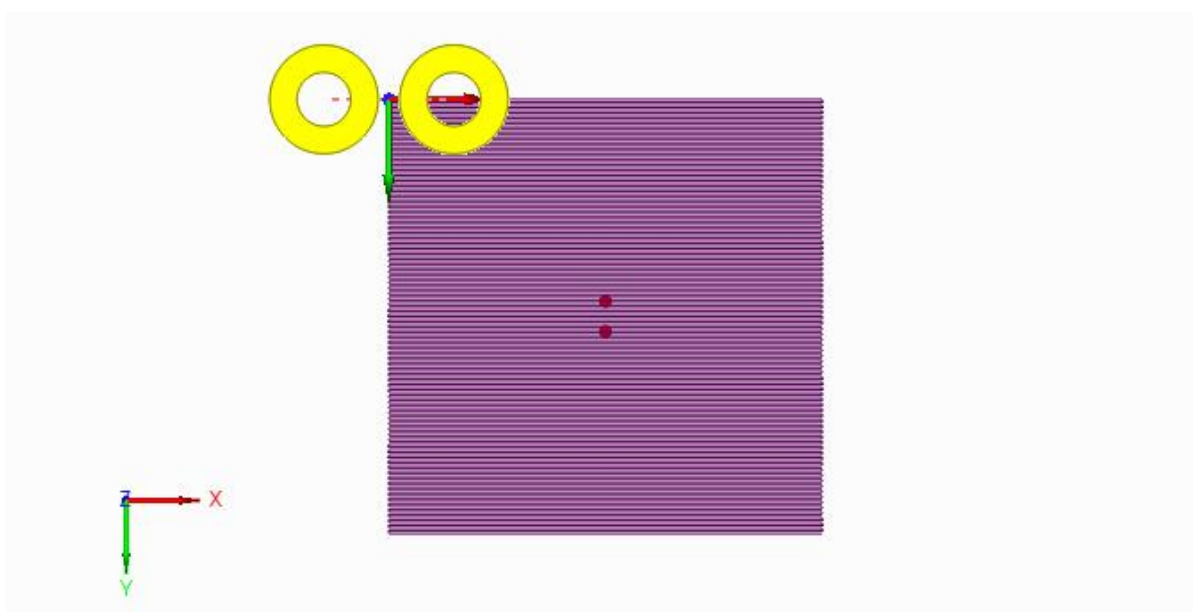
孔的纵向扫查：

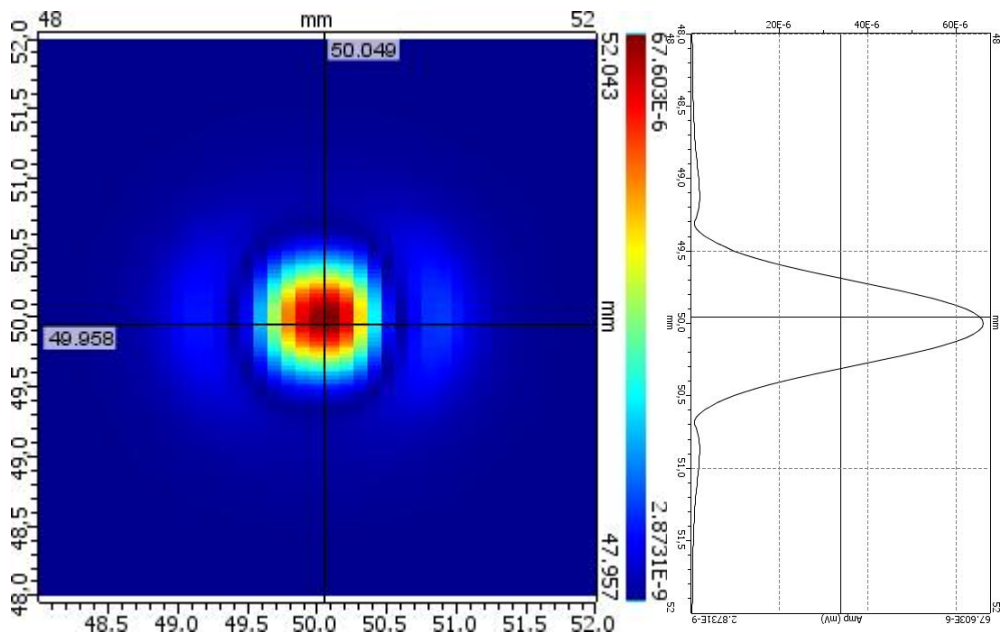




A.2 仿真 2

考虑含两个不连续的参考试块，不连续间距为0.36 mm（-3dB宽度）。

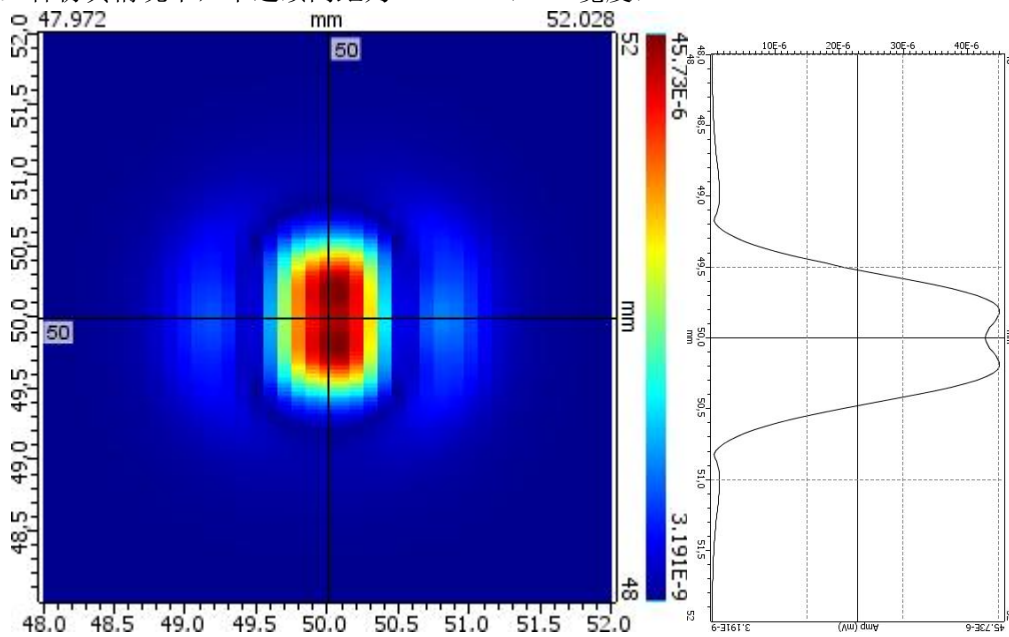




两个不连续性无法分辨开。

A.3 仿真 3

在第三种仿真情况中，不连续间距为0.5 mm（-6dB宽度）。



探头开始可以分辨两个不连续。