



中华人民共和国国家标准

GB/T 14480.2—2015/ISO 15548-2:2008

无损检测仪器 涡流检测设备 第2部分：探头性能和检验

Non-destructive testing instruments—Equipment for eddy current examination—
Part 2: Probe characteristics and verification

(ISO 15548-2:2008, Non-destructive testing—Equipment for eddy current
examination—Part 2: Probe characteristics and verification, IDT)

2015-12-10 发布

2016-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 探头和连接部件的性能	1
5 检验	3
6 探头的电气性能和功能特性的测量	4
7 连接部件的影响	21
附录 A (资料性附录) 参考试块 A6	22
参考文献	24

前 言

GB/T 14480《无损检测仪器 涡流检测设备》分为以下三个部分：

——第1部分：仪器性能和检验；

——第2部分：探头性能和检验；

——第3部分：系统性能和检验。

本部分为 GB/T 14480 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分采用翻译法等同采用 ISO 15548-2:2008《无损检测 涡流检测设备 第2部分：探头性能和检验》。

为便于使用，本部分对 ISO 15548-2:2008 做了下列编辑性修改：

——修改了标准名称。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国试验机标准化技术委员会(SAC/TC 122)归口。

本部分负责起草单位：长春机械科学研究院有限公司、爱德森(厦门)电子有限公司、济宁鲁科检测器材有限公司、辽宁仪表研究所、深圳国技仪器有限公司、长春黄金设计院。

本部分主要起草人：刘智力、林俊明、马军、徐波、朱平、刘钟励。

无损检测仪器 涡流检测设备

第2部分:探头性能和检验

1 范围

GB/T 14480 的本部分规定了探头与它的连接部件的功能特性、测量和检验方法。通过对这些性能的评价使得准确的描述和比较涡流检测设备成为可能。通过仔细选择系统性能,可以设计出符合要求的专用涡流检测系统。本部分的规定亦适用于涡流辅助设备。本部分未规定检验性能的技术指标,也未规定验收准则,这些内容在应用技术文件中给出。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅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。

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

3 术语和定义

ISO 12718 界定的术语和定义适用于本文件。

4 探头和连接部件的性能

4.1 基本性能

4.1.1 应用

应根据指定的应用要求选择探头和连接部件。
应根据所用的仪器设计探头和连接部件。

4.1.2 探头的类型

探头按下列方式分类:

- 被检验材料的种类,如铁磁性材料、高电导率的非铁磁性材料或低电导率的非铁磁性材料;
- 结构,例如:发射接收分离式探头或发射接收一体式探头;
- 系列,例如:共轴式探头、表面探头;
- 测量方式,例如:绝对式、差动式;
- 检测用途,例如:不连续检测、分选或测厚等;
- 专有特征,例如:聚焦、屏蔽等。

4.1.3 连接部件

连接部件可以包括:

- 电缆和(或)延长部分；
- 接线端子；
- 滑环；
- 旋转头；
- 电感耦合器；
- 有源部件,例如多路切换器、放大器等。

4.1.4 物理特性

应包括下列内容：

- 外形尺寸和形状；
- 质量；
- 机械安装要求；
- 型号和编号；
- 探头外壳的材料；
- 探头探测面保护层材料的成分和厚度；
- 有无磁芯或屏蔽及其用途；
- 连接部件的类型(见 4.1.3)；
- 方向标识(最大灵敏度的方向,见 6.2.3.3)；
- 位置标识(电中心,见 6.2.3.4)。

4.1.5 安全

探头和连接部件应符合有关电气安全、表面温度或防爆安全规则。
探头的正常使用不应产生危险。

4.1.6 环境条件

应标明探头和连接部件在正常使用、存放和运输时的温度和湿度条件。
探头和连接部件对于噪声干扰和电磁辐射的影响的允差应符合电磁兼容(EMC)的规定。
制作探头的材料宜易于清洁。

4.2 电气性能

应明确标明或用文字说明探头的外部电气连接。
如果探头连接到特定长度和特定类型的电缆上,其电气性能如下：
——推荐的激励电流和激励电压的安全工作范围；
——推荐的激励频率范围；
——激励部件在空气中的阻抗；
——激励部件在空气中的谐振频率；
——接收部件在空气中的阻抗。
也应标明延长电缆的电气性能。

4.3 功能特性

应根据特定应用的系统确定探头的功能特性。
需要使用不同的校准试块测量探头的功能特性。根据应用来确定参考试块使用的材料。
探头的功能特性如下：

- 方向性；
- 对基本不连续的响应(孔、槽)；
- 覆盖的长度和宽度；
- 覆盖面积；
- 稳定响应不连续的最小尺寸；
- 渗透深度；
- 几何效应；
- 当探头与特定材料且材质均匀的试块之间为最小探测间距时,激励部件归一化阻抗轨迹(当频率变化时)。

对于给定的应用,上述这些性能不能单独用来确定给定检测系统中探头的性能(例如:分辨力、最小可探测出的不连续等)。

如有必要,应测量连接部件对探头功能特性的影响。

5 检验

5.1 一般要求

为保证涡流检测的一致性和有效性,有必要对组成涡流检测系统各部件的性能进行检验,以使其保持在允许的限值内。

在使用检验系统或探头之前,应对参考试块的物理条件进行检验,使其在允许限值内。

检验用的测量设备应在校准的有效期内使用。

为了便于理解,GB/T 14480 的三个部分都描述了同样的检验程序。

5.2 检验的级别

检验分三个级别。每一级都规定了检验和复检的时间周期。

应由制造者或在制造者监控状态下完成首次型式检验。

1 级——总体功能检查

应使用参考试块对涡流检测系统定期进行检验以验证其性能处于规定的限值内。

检验通常在现场进行。

在检验程序文件中应确定检验周期和参考试块。

2 级——具体功能检查和校准

通过延长设备规定的使用周期进行的检验,以保证涡流检测仪器、探头、辅助设备和参考试块所选性能的长期稳定性。

3 级——性能检查

对涡流仪、探头附件和参考试块进行检验以评定是否与制造者提供的各项性能相符合。

检验机构应规定要检验的性能。

表 1 列出了检验的主要性能。

表 1 检验级别

级 别	项 目	典型时间周期	仪 器	责任承担
1 总体功能检查	系统性能的稳定性	经常进行。 例如:按小时、按天	参考试块	用户

表 1 (续)

级 别	项 目	典型时间周期	仪 器	责任承担
2 具体功能检查和校准	仪器、探头和辅助设备已选性能的稳定性	不经常进行,但至少每年一次或大修以后进行	已校准的测量仪器、参考试块	用户
3 性能检查	仪器、探头和辅助设备的全部性能	一次。 首次交付和需要时	校准实验室测量仪器和参考试块	制造者, 用户

5.3 检验程序

被检验的系统性能取决于实际应用。检验的基本性能和级别应在检验程序文件中予以规定。应用的检测程序应参考检验程序。这样,根据特定的应用可以限定要检验性能的项目数。为了能在本部分的范围进行检验,应提供表征仪器、探头和参考试块性能的足够数据。

5.4 修正操作

1 级——当系统性能不在规定限值内时,应先对相关的被检产品检验以后,再决定是否对其进行修正。修正操作应使其性能在可接受的限值内。

2 级——当系统性能偏差大于制造者或应用技术文件规定的可接受限值时,应决定对相关的被检仪器、探头和辅助设备进行修正。

3 级——当系统性能超出制造者或应用技术文件规定的可接受范围时,应决定对相关的被检仪器、探头和辅助设备进行修正。

6 探头的电气性能和功能特性的测量

6.1 电气性能

6.1.1 一般要求

在探头的应用中,不宜单独以电气性能来定义探头的性能。

6.1.2~6.1.5 给出的方法和测量仪器是指导性的,也可以采用其他等效的方法和测量仪器。

6.1.2 测量条件

测量在探头的接线端子处进行,不使用检测系统的连接部件。探头应置于空气中并远离任何导电或磁性材料。

对探头的每一部件在可以接触到的接线端子处进行测量。其他部件应处于开路状态。

设计在特定条件下(例如:温度或压力)使用的探头时,应在应用技术文件中规定所需要的附加测量条件。

6.1.3 激励元件谐振频率

6.1.3.1 单线圈激励元件

使用阻抗仪测量激励元件的谐振频率 f_{res} 。

6.1.3.2 多线圈激励元件

激励元件为多个线圈时,要给出多个谐振频率。应测量并记录最低谐振频率。

6.1.4 激励元件的阻抗

使用万用表测量电阻 R_0 ，使用阻抗仪测量电感 L_0 。在推荐的探头工作范围的最低频率测量电感。如果电容 C_0 的值太小，无法直接测量，可按式(1)计算得到更准确的结果：

$$C_0 = \frac{1}{4\pi^2 f_{\text{res}}^2 L_0} \dots\dots\dots (1)$$

激励元件的阻抗模型如图 1 所示。

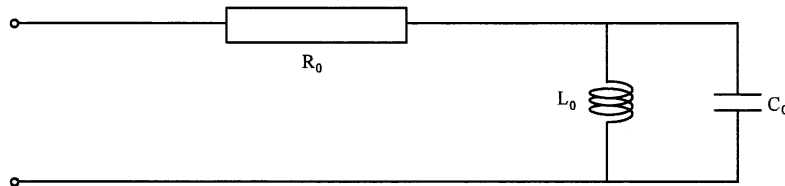


图 1 激励元件的阻抗

6.1.5 接收元件的阻抗

使用万用表测量电阻，用阻抗仪测量电感和电容。用阻抗的测量值能够标绘出与频率相对应的特性曲线。

6.2 功能特性

6.2.1 一般要求

本部分表征的是通用型探头的性能。特殊(非常用)探头的功能特性应按照应用技术文件表征，该文件是按照本部分的规定制定的。本部分规定的特性能够给出这些探头有用的信息。

本部分规定了两类探头的功能特性：表面探头和共轴式探头。

6.2.2 测量条件

6.2.2.1 一般要求

可使用 GB/T 14480.1 规定的且准确度满足要求的通用涡流仪。

作为替代的方法，可以使用电压和(或)电流发生器、同步探测放大器和电压表或示波器组成的测量系统进行测量。

当探头没有附带连接电缆时，应记录测量时所用电缆的电气性能。

应在探头制造者标明的频率范围，使用已知尺寸的槽和孔的参考试块测量探头的性能。

参考试块应按照应用技术文件规定的材料、冶金工艺和表面处理的要求制造。参考试块的几何形状应符合 6.2.3.1 和 6.2.4.2 的要求。如试块用铁磁性材料制作，使用前应进行退磁。如果用其他器件(如替代试块、电路、线圈和球体等)代替参考试块，其测量特性应进行等效性验证。

在探头的作用区域内，出现任何电磁场或铁磁性材料的干扰都能够改变功能特性。当按照 6.2.2.2 和 6.2.2.3 测量时，应注意避免这些影响。

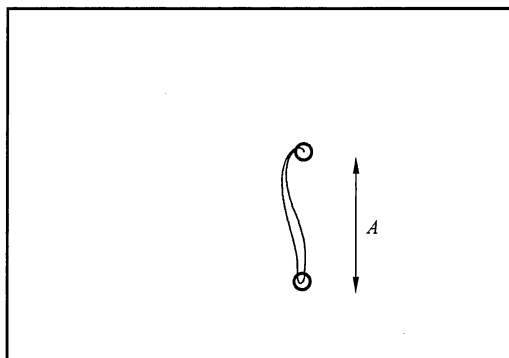
应记录每个特性的测量条件，例如：激励频率、电压和(或)电流、参考试块的详细情况等。

如果可能，测量信号的幅度和相角。

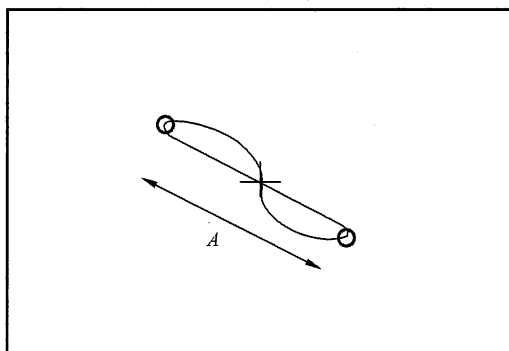
6.2.2.2 信号幅度测量

a) 绝对测量

信号幅度是平衡点到离平衡点信号最大偏移相对应的点连线的矢量长度,除非在应用技术文件中另有规定,见图 2a)。



a) 绝对信号的幅度测量



b) 差动信号的幅度测量

图 2 信号幅度测量

b) 差动测量

信号幅度是图像的两个极值点间的连线长度,即峰-峰值,除非在应用技术文件中另有规定,见图 2b)。

c) 其他测量

此方法应在应用技术文件中规定。

6.2.2.3 信号相角的测量

相角测量的参考基准应是正向 X 轴。

量程范围应为 360° , 测量方式或者 0° 至 360° , 或者 0° 至 $\pm 180^\circ$ 。

测量的极性应按照如下规定:

——P360: 0° 至 360° , 正向为逆时针方向(数学的常规);

——N360: 0° 至 360° , 正向为顺时针方向;

——P180: 0° 至 $\pm 180^\circ$, 正向为逆时针方向;

——N180: 0° 至 $\pm 180^\circ$, 正向为顺时针方向。

相角是参考基准线与按照 6.2.2.2 测定的信号幅度的连线之间的夹角。

6.2.3 表面探头

除非另有规定,应按照应用技术文件中规定的恒定探测间距进行测量。

6.2.3.1 参考试块

在图 3 中概括地示出了参考试块(A1~A5)。

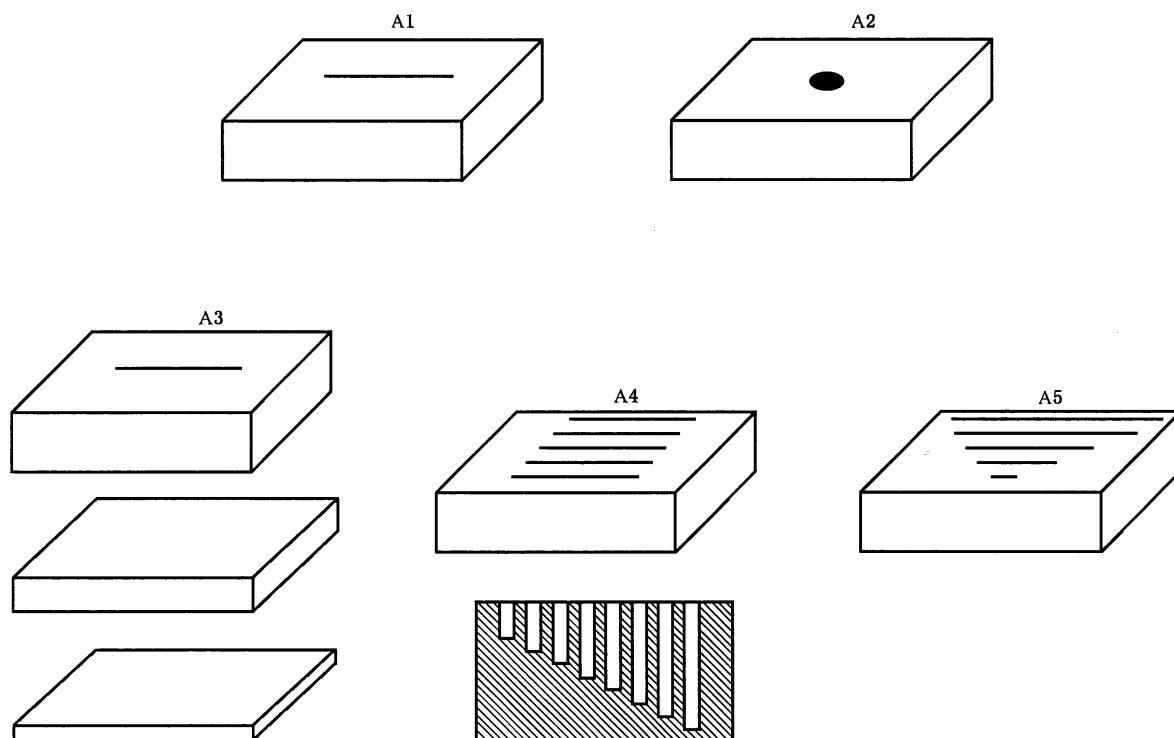


图 3 表面探头用的参考试块

每种参考试块的详细要求应在检验程序中给出。

每种参考试块的长度和宽度至少应是探头技术条件规定的覆盖范围的 10 倍。当探头覆盖范围未知时,应使用探头在扫查平面上的最大(有效)扫查尺寸来代替。按照 6.2.3.8 的规定得到测量的覆盖长度后方可进行检验。

参考试块的厚度应至少是在探头技术条件中标称的最低频率时的标准渗透深度的 2 倍。

参考试块的详细规定如下所述:

a) A1 试块

试块中心位置有一个槽。

至少满足以下要求:

- 槽的长度应该比按照 6.2.3.10 规定的方法测定的“探头可恒定响应的槽的最小长度”要长;
- 槽的深度应该比按照 6.2.3.11 规定的方法测定的“探头可恒定响应的表面开口槽的最小深度”要深;
- 槽的宽度应该在应用技术文件中规定。

b) A2 试块

试块中心位置有一个孔。

孔的直径在应用技术文件中规定。建议孔的深度与参考试块 A1 中槽的深度相同。

c) A3 试块

与参考试块 A1 相同,但是没有槽,一系列不同厚度试块的最大厚度为探头标准渗透深度的 3 倍或探头有效扫查范围的两倍。

d) A4 试块

与 A1 试块相同,且有 n 个平行的槽。

——所有槽都有与参考试块 A1 的槽相同的长度和宽度;

——从槽 1 到槽 n ,各槽的深度按照应用技术文件规定的恒定步长递增;

——两个相邻槽的间距至少应是探头覆盖长度的 5 倍(按照 6.2.3.8 的规定);

——从第一个槽和最后一个槽到与它们各自邻近的试块边缘的距离应至少是边缘效应长度的 2.5 倍。

槽的数量和槽的长度在应用技术文件中规定。

e) A5 试块

与 A1 试块相同,且有 n 个平行槽。

——所有槽都有与参考试块 A1 的槽相同的深度和宽度;

——从槽 1 到槽 n ,各槽的长度按照应用技术文件规定的恒定步长递增;最长槽的端部离试块边缘的距离应远大于边缘效应长度的 2.5 倍;

——两个相邻槽的间距至少应是探头覆盖长度的 5 倍(见 6.2.3.8);

——从第一个槽和最后一个槽到与它们各自邻近的试块边缘的距离应至少是边缘效应长度的 2.5 倍;

——所有槽都居中布置在试块上。

槽的数量和槽的长度在应用技术文件中规定。

f) A6 试块

为获得转换信号而规定的一种试块,见 6.2.3.16。

6.2.3.2 参考信号

测量步骤如下:

a) 参考试块

应使用 A1 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

在试块上的槽和试块相邻边缘的中间位置进行探头的平衡。

当探头在上述位置的附近区域,沿着槽和边缘的方向移动时,确认未发生明显的信号变化。

使探头的最佳取向垂直于槽(见图 4),在槽的中部进行直线扫查。对于这种测量方法,探头的最佳取向应按照制造者标明的确定。如果探头明确设计成不与槽垂直(例如平行)的扫查方式,替代的测量方式应在应用技术文件中规定。

c) 测量结果

调节仪器,使扫查中获得的最大信号值对应于仪器动态范围的某个给定值(例如 25%)。在后续的测量过程中应确认未发生信号饱和。

扫查过程中信号的最大值为参考信号 S_{ref} 。

参考信号的相角作为后续测量的初始相角。

后续各条中的测量值都应表示为 S_{ref} 的相对值。

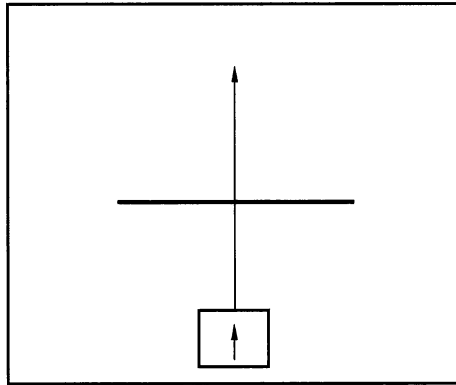


图 4 获得参考信号的探头扫查路径

6.2.3.3 角灵敏度

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用 A1 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

在制造者标明的探头最佳取向的角的范围(α 角从 0° 到 180° 移动),用给定的足够大的分辨力的步长但不超过 20° (见图 5)扫查槽的中心部位。 α 角的值在应用技术文件中规定。

对于某些探头,当在试块槽的中心部位扫查不能获得最佳效果的情况下,在应用技术文件中应该提供一个可替代的测量方法。

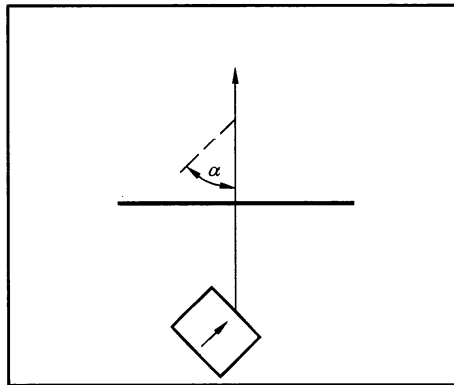


图 5 测量角灵敏度的探头扫查路径

c) 测量结果

记录每次扫查信号的最大值 $S_{\max}(\alpha)$ 。然后依据 α 标绘 $S_{\max}(\alpha)/S_{\text{ref}}$ 。

由 $S_{\max}(\alpha)/S_{\text{ref}}$ 得到的 $\max(S_{\max})/S_{\text{ref}}$ 最大值所对应的探头取向规定为探头的实际最佳取向,并应在下列测量中使用。

当探头的实际最佳取向与制造者标明的最佳取向偏差较大时,应记录此情况;并标明新的取向标识;在所有后续测量中应使用 S_{ref} 的对应值。

如果 S_{\max}/S_{ref} 有几个不同的极大值就表明探头有几个最佳取向。因此最好在每个最佳取向都测量探头的性能。

通过这种测量能够确定附加参数。例如：探头的各项异性因子 k 可以按式(2)计算：

$$k = [\max(S_{\max}) - \min(S_{\max})] / \max(S_{\max}) \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$\min(S_{\max})$ —— $S_{\max}(\alpha)$ 的最小值。

6.2.3.4 位置标识

位置标识不同于取向标识。按照下面给出的测量方法，探头本体上的标识应明确规定电中心的位置。

当这个标识不能在探头上准确地标注时，应以示意图方式，或用标记到探头上某一固定点的距离的方式表示。

a) 参考试块

应使用 A1 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

使探头的最佳取向垂直于槽，在槽的中部进行直线扫查。

c) 测量结果

如果有一个峰值信号，探头位置标识就是探头在槽上时信号为最大值的一个点。例如：绝对信号。

如果有两个峰值信号，探头位置标识就是探头在槽上时两个峰值信号之间信号为零值的一个点。例如，差动信号。

6.2.3.5 边缘效应

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用 A1 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

探头置于槽和试块相邻边缘的中间位置，以下列两种方式从扫查路径上的该平衡位置移动到参考试块的最边缘位置：

- 1) 探头沿着它的最佳取向移动；
- 2) 探头垂直于它的最佳取向移动。

c) 测量结果

用下列两种方式表示：

1) 边缘效应是用从探头位置标识到试块边缘信号值为 S 处的距离来表征。其信号 S 如式(3)所示。

$$S/S_{\text{ref}} = A \dots\dots\dots(3)$$

式中：

A ——应用技术文件中规定的值。

2) 边缘效应是用从第二个探头位置标识到试块边缘信号值为 S 处的距离来表征。其信号 S 如式(3)所示。

6.2.3.6 孔的响应

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用 A2 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

根据制造者的标明，探头在平行于最佳取向的一系列路径内扫查试块，每两个相邻路径的间距不大于探头覆盖宽度的 20%(见图 6)。

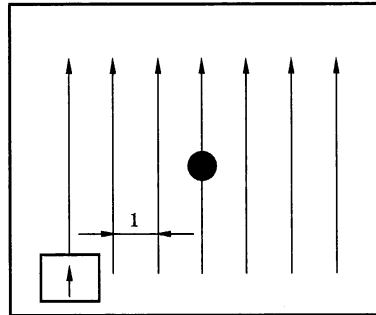
c) 测量结果

取全部扫查信号中 S_{\max}/S_{ref} 的最大值。

对于每个扫查路径,应把比 S_{\max}/S_{ref} 小 6 dB 信号相对应的点标绘到探头围绕孔的响应图上。

扫查路径应与孔和第一个记录点(例如:左侧末端)的探头位置标识的图像绘制有关。

通过使用更高级别的扫描线或任何等效图像(3D 绘图、彩图等)能够实现更加完整的图像。



说明:

1——间距。

注: 探头上的箭头指示探头的最佳取向。

图 6 探头扫查测量孔的响应

6.2.3.7 槽的响应

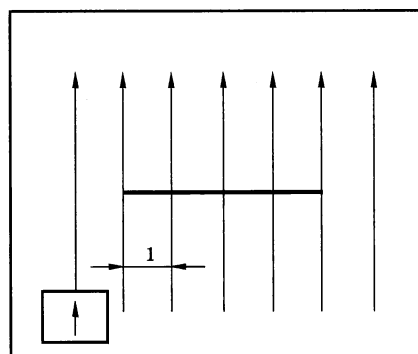
测量步骤如下:

a) 参考试块

应使用 A1 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

探头在一系列路径内扫查试块,其中两个相邻路径之间的距离(间距)不大于槽长度的 10%, 探头扫查的最佳取向垂直于槽(见图 7)。



说明:

1——间距。

注: 探头上的箭头指示探头的最佳取向。

图 7 探头扫查测量槽的响应

c) 测量结果

取全部扫查信号中 S_{\max}/S_{ref} 的最大值。

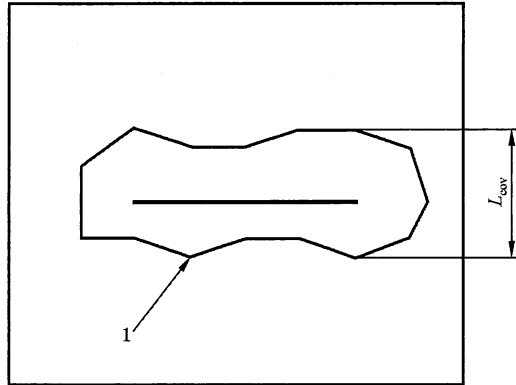
对于每个扫查路径,应把比 S_{\max}/S_{ref} 小 6 dB 信号相对应的点标绘到探头对槽的响应图上。

扫查路径应与槽和第一个记录点(例如:左侧末端)的探头位置标识的图像绘制有关。

通过使用更高级别的扫描线或任何等效图象(3D 绘图、彩图等)能够实现更加完整的图像。

6.2.3.8 覆盖长度

在上述扫查中得到了在扫查方向上包络的最长尺寸,从探头对槽的响应图中获取了覆盖长度 L_{cov} (见图 8)。



说明：
1———6 dB 扫描线。

图 8 测定覆盖长度的示例

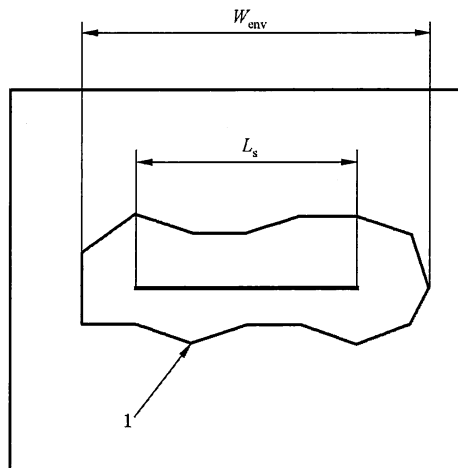
6.2.3.9 覆盖宽度

在 6.2.3.7 中得到了垂直于扫查方向包络的最宽尺寸,从探头对槽的响应图中获取了覆盖宽度 W_{env} (见图 9)。

覆盖宽度按式(4)计算：

$$W_{cov} = W_{env} - L_s \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 L_s ——槽的长度。



说明：
1———6 dB 扫描线。

图 9 测定覆盖宽度的示例

6.2.3.10 探头恒定响应的槽的最小长度

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用 A5 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

在参考试块表面上,探头的最佳取向垂直于槽,使探头的中心通过每个槽的中间位置进行直线扫查。

c) 测量结果

从第一个槽开始测量,该槽的长度要比探头覆盖的测量宽度长,按槽长度的递增测量,记录长度为 l_i 的每个槽 i 的最大信号 S_i 。

l_{\min} 是信号 $(S_i - S_{i-1})/S_{\text{ref}} \leq 10\%$ 的槽长 l_i 中最小长度,除非在应用技术文件中另有其他规定。

l_{\min} 是不改变探头响应的最小槽长。任何较长的槽将给出同样的响应。

检测期间探头性能的更详细信息能够从所有槽标绘的曲线得出。

6.2.3.11 探头恒定响应的表面开口槽的最小深度

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用 A4 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

在参考试块表面上,探头的最佳取向垂直于槽,使探头的中心通过每个槽的中间位置进行直线扫查。

c) 测量结果

对于深度为 d_i 的槽 i ,记录所有槽 i 信号 S_i 的最大信号。

d_{\min} 是信号 $(S_i - S_{i-1})/S_{\text{ref}} \leq 10\%$ 的最小深度,除非在应用技术文件中另有其他规定。

d_{\min} 是引起探头响应的表面开口槽的最小深度。

6.2.3.12 提离效应

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用 A1 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

探头放在试块的平衡区域上并按规定的步长垂直移动,例如使用非导电的薄垫片实现。当探头与参考试块接触时,即 $z=0$,对探头进行平衡。

c) 测量结果

依据规定的步长变化,相对间距 z 标绘 $S(z)/S_{\text{ref}}$ 。

提离效应由依据 z 标绘 $S(z)$ 来表征。

6.2.3.13 探测间距对槽的响应效应

a) 参考试块

应使用 A1 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

探头的最佳取向垂直于槽,在槽的中部进行直线扫查。

探测间距从零到表征离开影响区的特征值之间变化,该值由应用技术文件规定。

在试块的平衡区域对应每个探测间距的值都平衡探头。

c) 测量结果

对探测间距 z 的每个值重复 6.2.3.2 的测量。

缺陷信号的探测间距效应是通过依据 z 标绘 $S_{\max}(z)/S_{\text{ref}}$ 表征。

6.2.3.14 有效渗透深度

测量步骤如下:

a) 参考试块

应使用 A3 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

探头放在每个试块的中心上,并不移动。

c) 测量结果

在最薄的试块上平衡探头。

S_0 是在最厚的试块上得到的信号。

A3 试块上获得的厚度为 t 的信号: $t=S(t)$, $S(t)$ 是依据 t 标绘的。

有效渗透深度 P_{eff} 是 $[S(t) - S_0]/S_0 \leq 10\%$ 对应的 t 值,除非在应用技术文件中另有其他规定。

6.2.3.15 检测近表面槽的有效深度

a) 参考试块

应使用 A1 试块和 A3 试块进行本条测量。

b) 探头扫查

对放置在探头和 A1 试块位置之间的不同厚度的 A3 试块,重复 6.2.3.2 的操作。

c) 测量结果

用每个 A3 试块平衡探头。依据试块厚度 t 标绘信号 $S_{\max}(t)$ 。

有效深度 D_{eff} 是由 $S_{\max}(t)/S_{\max}(0) \leq 10\%$ 给出的 t 值。除非在应用技术文件中另有其他规定。

在零厚度(对表面断裂缺陷不灵敏的探头)不能产生 $S_{\max}(t)$ 的最大值的情况下,那么应该用较大厚度 t 获得的最大值代替 $S_{\max}(0)$ 。

6.2.3.16 转换信号

从预先指定的试块上获得的转换信号可作为绝对标度以比较不同的探头信号。

此信号不能用于表征探头自身的性能。测量步骤如下:

a) 参考试块

参考试块 A6 与具体应用无关,其尺寸和材料是规格化的:高导电率、低导电率和非铁磁性材料及低导电率和铁磁性材料。尽管如此,试块 A6 应与使用的 A1~A5 试块具有相同的类别。试块的性能、允差和制造要求在附录 A 中给出。

A6

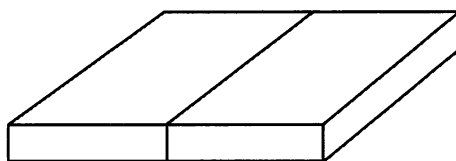


图 10 参考试块 A6

b) 探头扫查

探头置于槽和相邻边缘之间的中间位置,在试块上平衡探头。

在参考试块表面上,探头的最佳取向垂直于槽,使探头的中心通过槽的中间位置进行直线扫查。

c) 测量结果

用在 6.2.3.2 中获得的设置调整仪器。应验证在随后的测量过程中未产生饱和信号。

扫查过程中信号的最大值即为转换信号 S_{trans} 。

如果发生饱和,则将仪器调整到较小增益 G_{low} 。

在这种情况下测量的结果是: $S_{\text{trans}} \times \frac{G}{G_{\text{low}}}$ 。

6.2.3.17 相角转换信号

为了得到具有重现性的相位转换信号,可使用铁氧体。铁氧体的形状和探头到铁氧体的距离是非相关的。

为了获得信号,在探头的最佳取向,移动探头和(或)铁氧体是必要的。

记录参考信号的相角和(或)转换信号的相角。

6.2.4 共轴式探头

6.2.4.1 一般要求

除非另有规定:

——本条测量适用于圆柱形和圆形横截面的内穿式共轴式探头或外穿式共轴式探头。应以应用技术文件规定的恒定探测间距进行测量;

——测量结果将涉及模量和信号的相角。

非圆形横截面的共轴式探头的检验应按照应用技术文件个案处理。

6.2.4.2 参考试块

本条中规定了图 11~图 16 示出的参考试块(B1~B4、C1~C4)。

参考试块包括管材或棒材。

参考试块的长度应大于制造者标明的探头端部效应的 4 倍。当这个数据未知时,应由沿扫查方向的探头有效扫查范围代替。

在应用技术文件中分别规定了管壁厚度和棒的直径。整根管的壁厚和棒的直径都应保持一致。

如果以工业制造的管材作为参考试块,且在探头技术条件中规定的标称最低频率下,参考试块的厚

度至少是标准渗透深度的 4 倍时,则管壁厚度变化造成的任何影响肯定会减少。

每个试块的详细要求应在工艺规程中给出。

仅考虑探头平行于参考试块的轴线扫查时的性能,参考试块的详细规定如下所述:

a) 试块 B1 和试块 C1,如图 11 所示。

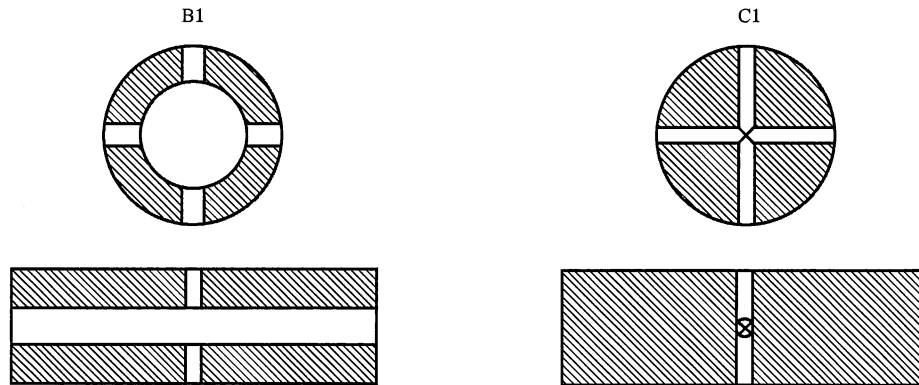


图 11 试块 B1 和 C1

在同一横截面上,管材试块的 4 个通孔和棒材试块的 2 个通孔,其直径(至少为 0.6 mm)由应用技术文件规定。

b) 试块 B2 和试块 C2,如图 12a)所示。

试块 B2 的尺寸与试块 B1 相同,但仅有一个通孔,其孔径是试块 B1 上通孔孔径的 2 倍。

试块 C2 的尺寸与试块 C1 相同,但仅有一个孔,孔的深度等于棒的半径。

c) 试块 B3 和试块 C3,如图 13 所示。

管材试块 B3 与试块 B1 有相同的尺寸,棒材试块 C3 与试块 C1 有相同的尺寸,在同一轴向直线上均匀排列 n 个纵向的槽。

所有槽的横向剖面相同,槽的长度 l 以恒定步长从 0 mm 增加到按照 6.2.4.5 方法测定的端部效应距离的最大值。管材试块,槽的深度等于管壁厚度;棒材试块,槽的深度等于棒直径的一半。这些深度大于按照 6.2.4.12 测量的有效渗透深度,可以使用较小深度的槽。两个相邻槽的间距是探头覆盖长度的 5 倍。

第一个槽和最后一个槽的端部与它们各自相邻的管端部、棒端部之间的距离应是端部效应的 2.5 倍。

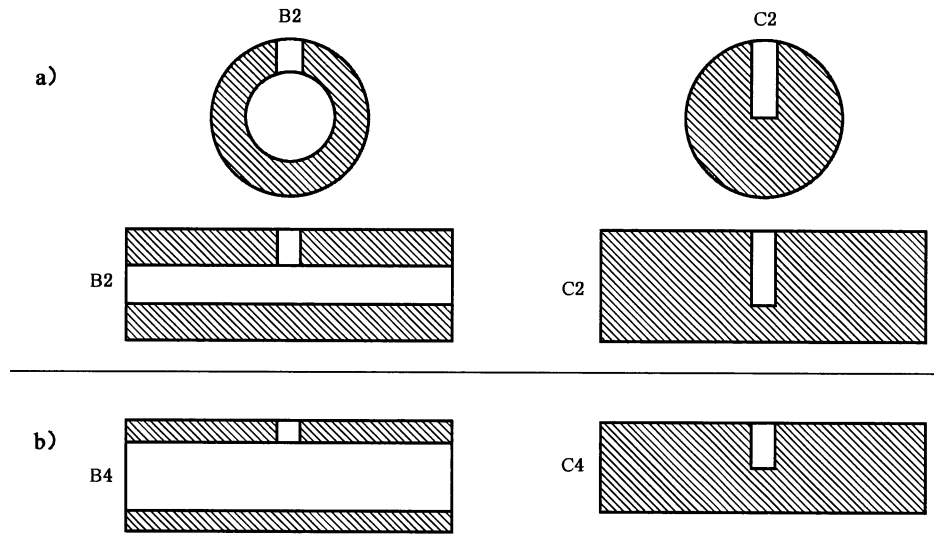


图 12 试块 B2, C2 和 B4, C4

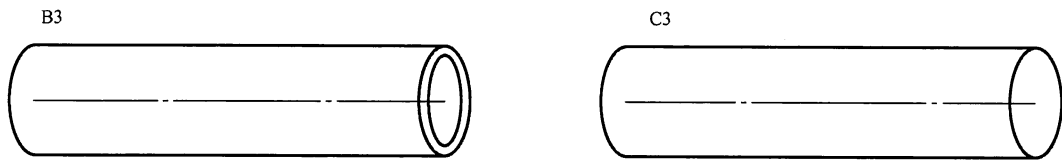


图 13 试块 B3 和 C3

- d) 试块 B4 和试块 C4, 如图 12b) 所示。
 试块 B4 管内径比 B2 大, 其余与 B2 相同。
 试块 C4 的直径比 C2 小, 其余与 C2 相同。
- e) 试块 B5 和试块 C5, 如图 14 所示。
 这是与 B1 相同的一系列管, 管壁厚保持不变, 管内径逐个增加。
 这是与 C1 相同, 直径逐个减小的一系列棒。

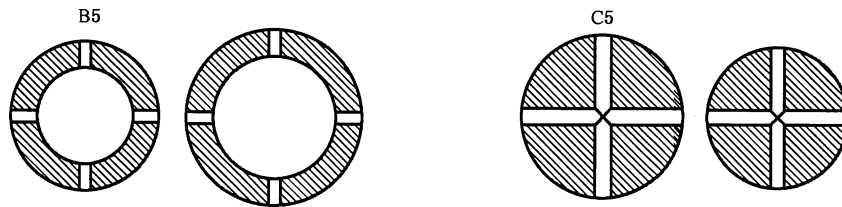


图 14 试块 B5 和 C5

- f) 试块 B6 和试块 C6, 如图 15 所示。
 这是与 B1 相同的一系列管, 内径保持不变, 壁厚逐个增加, 或仿制这种情形的一根单个的管。
 这是与 C1 相同的一系列棒, 棒的直径保持不变且中心孔直径逐个增加, 或仿制这种情形的一根单个的棒。

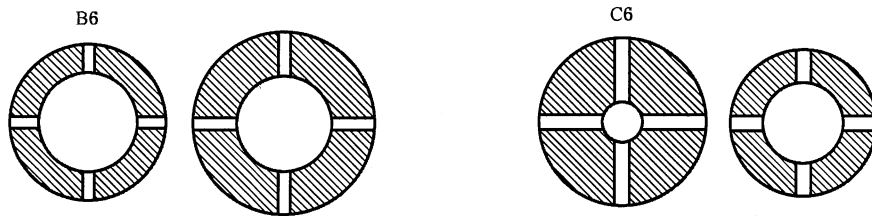
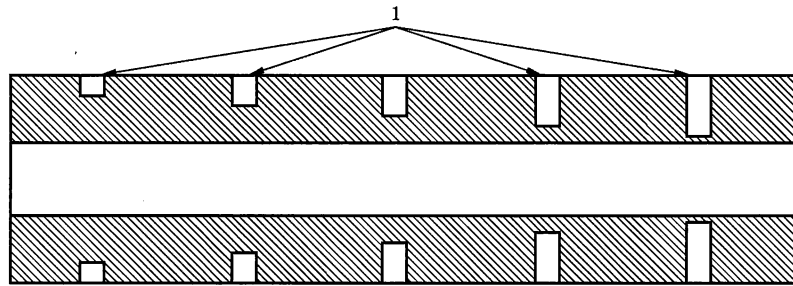


图 15 试块 B6 和 C6

g) 试块 B7, 如图 16 所示。

与 B1 相同的管, 具有矩形截面的环形凹槽。

凹槽宽度等于 B1 上孔的直径。凹槽深度以应用技术文件规定的步长递增。两个凹槽的间隔如 6.2.4.8 规定的那样为探头覆盖长度的 5 倍。



说明:

1——360°凹槽。

图 16 试块 B7

6.2.4.3 参考信号

测量步骤如下:

a) 参考试块

应使用参考试块 B1 和试块 C1 分别进行本条测量。

b) 测量结果

在 $L/4$ 的位置处平衡探头, 探头在孔的上方扫查。

调节仪器, 使扫查中获得的最大信号值对应于仪器动态范围的某个给定值(例如 25%)。在后续的测量过程中应确认未发生信号饱和。

参考信号 S_{ref} 是扫查过程中信号的最大值。

参考信号的相角作为随后测量的初始相角。

下列各条中所有的测量结果都应用 S_{ref} 的相对值表示。

6.2.4.4 探头位置标识

按照下面给出的测量方法, 标在探头体上的探头位置标识明确地规定为探头的电中心。

探头体的尺寸和形状或探头响应的许用位置可以做位置标识。

当这个标识不能在探头上准确地标注时, 应以示意图方式, 或用标记到探头上某一固定点的距离的方式表示。

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用参考试块 B1 和试块 C1 分别进行本条测量。

b) 测量结果

在 $L/4$ 的位置平衡探头。以通过 $3L/4$ 的孔的路径扫查试块。

与孔同一轴线位置的探头的点相对应的探头位置标识处有一个峰值信号，该信号为最大值（例如绝对信号）。

有两个最大值的位置，探头位置标识规定如下：

——对于如上所述的第一个最大值，测定第一个标记；

——对于第二个最大值，测定第二个标记。

探头位置标识应标在那两个标记的等距离位置。

6.2.4.5 边缘效应

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用参考试块 B1 和试块 C1 分别进行本条测量。

从 $L/4$ 的点开始，平衡探头。探头朝向试块的端部移动。

b) 测量结果

边缘效应是用探头位置标识到试块边缘的距离表征。其信号 S 如式(3)所示。

在试块的其他端部应重复进行同一测量，不改变探头的取向。

6.2.4.6 轴对称性

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用参考试块 B2 和试块 C2 分别进行本条测量。

b) 测量结果

在试块上标记初始位置角度。

探头在试块的整个长度上扫查。

以 α 角度转动试块或探头，并重复扫查。

以应用技术文件规定的步长递增，使 α 角从 0° 到 360° 变化。

依据 α 标绘 $S_{\max}(\alpha)/S_{\text{ref}}$ 。

轴向对称偏差按式(5)计算：

$$d\% = [\max(S_{\max}) - \min(S_{\max})] / \max(S_{\max}) \times 100 \quad \dots\dots\dots(5)$$

6.2.4.7 孔响应

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用参考试块 B1 和试块 C1 分别进行本条测量。

b) 测量结果

用探头位置标识的位置功能标绘 S/S_{ref} 。

特性曲线确定了探头对孔的响应。

6.2.4.8 覆盖长度

取按 6.2.4.7 标绘的两个极端的一6 dB 的点，它们是探头覆盖长度之间的距离。

6.2.4.9 恒定探头响应槽的最小长度

测量步骤如下:

a) 参考试块

应使用参考试块 B3 和试块 C3 分别进行本条测量。

b) 测量结果

按照 6.2.4.3 那样平衡探头并扫查所有的槽。

槽 i 的信号是 $S_i = S_{i\max}/S_{\text{ref}}$

恒定探头响应槽 l_i 的最小长度满足式(6)的要求:

$$S_i - S_{i-1} < 10\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

6.2.4.10 偏心效应

测量步骤如下:

a) 参考试块

应使用参考试块 B4 和试块 C4 分别进行本条测量。

b) 测量结果

1) 几何效应

在试块的横截面的中心位置和 $L/4$ 处平衡探头。

改变偏心度 E 。测量信号为 $S_0(E)$ 。依据 E 标绘 $S_0(E)/S_{\text{ref}}$ 。

2) 孔响应效应

分别在有孔的管和棒试块的截面内改变偏心。

轴向移动探头分别扫查管和棒试块。 $S_{\max}(E)$ 为扫查期间获得的最大信号。依据 E 标绘 $S_{\max}(E)/S_{\text{ref}}$ 。

6.2.4.11 填充效应

由于本性能与应用相关,因此不作为探头基本功能特性。如果需要,下列测量应是必要的。

a) 参考试块

应使用参考试块 B5 和试块 C5 分别进行本条测量。

b) 测量结果

1) 几何效应

在试块穿过横截面的中心位置和 $L/4$ 处平衡探头。

此测量信号为 $S_0(D)$, D 为管内径(棒的直径)。

依据 D 标绘 $S_0(D)/S_{\text{ref}}$ 。

2) 孔响应效应

轴向移动探头分别扫查每根管和每根棒试块。 $S_{\max}(D)$ 为扫查期间获得的最大信号。

依据 D 标绘 $S_{\max}(D)/S_{\text{ref}}$ 。

6.2.4.12 渗透深度效应

测量步骤如下:

a) 参考试块

试块 B6 和试块 C6。

b) 测量结果

用最小厚度的试块平衡探头。

S_0 是在最厚的试块上获得的信号。分别在厚度为 t 的 B6 和 C6 试块上测得的信号为 $S(t)$ ，标绘 t 的函数 $S(t)$ 。

渗透的有效深度 P_{eff} 是 $[S(t) - S_0]/S_0 \leq 10\%$ 对应的 t 值。

除非在应用技术文件中另有其他规定。

6.2.4.13 B7 试块检测的有效深度

本性能仅应对同轴内穿式探头进行检验。

测量步骤如下：

a) 参考试块

应使用试块 B7 进行本条测量。

b) 测量结果

在 B1 上远离凹槽区域平衡探头。

从最深凹槽获得的信号为 S_1 。

对于每个 $S_{\text{max}}/S_{\text{ref}} = S_i$ 的凹槽， $S_i/S_1 < 10\%$ 规定为在 B7 试块上的检测限值。

6.3 归一化阻抗平面图

仅在使用单个接收线圈的绝对式探头时考虑本条测量方式，它表征接收部件的特征。使用阻抗仪进行测量。保持与允许一样小的探测间距。

参考试块： A_3 用于表面探头（用最厚的试块），B1 或 C1 用于共轴式探头。

探头置于 $L/4$ 处。

根据频率的变化标绘归一化阻抗平面图。

7 连接部件的影响

电性能和功能特性都会受到连接部件的附加影响。

应重复 6.1 和 6.2 中规定的测量方法以评价这些影响。

其中非常重要的一项是：

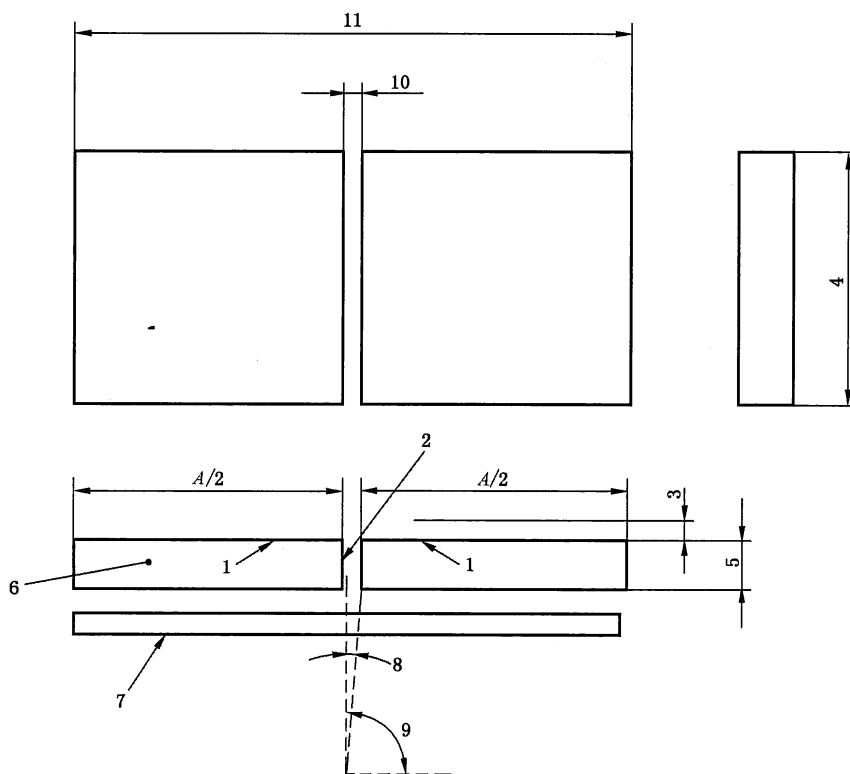
——幅值响应，和

——相位响应。

附录 A
(资料性附录)
参考试块 A6

A.1 标称值和性能允差

参考试块 A6 如图 A.1 所示。



说明：

- 1 ——工作表面；
- 2 ——缺口表面；
- 3 ——边缘位移 E ；
- 4 ——试块长度 B ；
- 5 ——试块高度 C ；
- 6 ——导电系数 σ ；
- 7 ——支承结构；
- 8 ——角度偏离 F ；
- 9 ——工作表面的相关角度 G ；
- 10 ——缺口宽度 D ；
- 11 ——试块宽度 A 。

图 A.1 转换信号的试块 A6

参考试块 A6 的标称值和性能允差见表 1。

表 A.1 标称值和性能允差

性能	A	B	C ^a	D	E	F	G	σ_{Aust}^c	σ_{Al}^c
标称值	≥ 4 倍探头 直径 $\Phi \geq 100$ mm	$\geq A/2$	$> 3\delta^b$ ≥ 5 mm	0.1 mm	0 mm	0°	90°	1.5 MS/m	30 MS/m
标称值 许用偏差	± 1 mm	± 1 mm	± 0.5 mm	± 0.05 mm	≤ 0.1 mm	$\leq 0.1^\circ$	$\pm 5^\circ$	± 0.5 MS/m	± 10 MS/m
<p>^a 建议用于变化的频率： c=5 mm 导磁材料(例如,低合金钢)； c=5 mm 高导电性材料(例如,铝合金)； c=15 mm 低导电性材料(例如,18/8 钢)。</p> <p>^b δ——标准渗透深度。</p> <p>^c 仅与非导磁材料相关。</p>									

A.2 制造

建议用铣削和研磨的方法制作参考试块 A6。也可用线切割方法代替。试块缺口表面平均粗糙度等级宜至少是 0.8 μm , 即 CLA(N6)。其余部分表面平均粗糙度等级宜至少是 1.6 μm , 即 CLA(N7), 如果可能平均粗糙度亦可为 0.8 μm , 即 CLA(N6)。

支承结构宜是同一材料或是非导电材料。为了防止参考试块弯曲, 试块厚度应足够大。

参 考 文 献

- [1] ISO 15549 Non-destructive testing—Eddy current testing—General principles
 - [2] ISO 15548-1 Non-destructive testing—Equipment for eddy current examination—part 1:
Instrument characteristics and verification
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
无损检测仪器 涡流检测设备
第 2 部分:探头性能和检验

GB/T 14480.2—2015/ISO 15548-2:2008

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

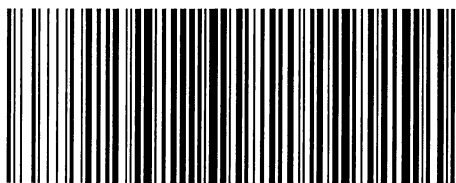
*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 52 千字
2016 年 2 月第一版 2016 年 2 月第一次印刷

*

书号: 155066·1-53162 定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 14480.2-2015