



中华人民共和国国家标准

GB/T 27669—2011/ISO 12710:2002

无损检测 超声检测 超声检测仪电性能评定

Non-destructive testing—Ultrasonic inspection—
Evaluating electronic characteristics of ultrasonic test instruments

(ISO 12710:2002, IDT)

2011-12-30 发布

2012-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	2
4 缩略语	2
5 概述	2
6 检验用器具	3
7 电源部分的检测	5
8 脉冲发生器部分的检测	7
9 接收器部分的检测	10
10 时基部分的检测	14
11 闸门/报警部分的检测	16
12 报告格式	18
参考文献	20

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 12710:2002《无损检测 超声检测 超声检测仪电性能评定》(英文第一版)。

本标准对 ISO 12710:2002 做了如下编辑性修改:

——用“本标准”代替“本国际标准”;

——删除了国际标准的前言,重新编写了前言。

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这些专利的责任。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国试验机标准化技术委员会(SAC/TC 122)归口。

本标准起草单位:长春机械科学研究院有限公司、广东汕头超声电子股份有限公司超声仪器分公司、爱德森(厦门)电子有限公司、吉林省电工技术学会、吉林交通职业技术学院。

本标准主要起草人:郭健、詹俊生、林俊明、高树德、姜玉波。

引 言

超声无损检测技术是使用超声脉冲和回波信号来检测和评价材料结构内部晶格分布的不均匀性或缺陷。各种类型的电子仪器都可以产生超声脉冲和回波信号。

本标准描述了带显示屏超声检测仪性能特性的一组检测方法。虽然这些方法也能检测具有较高频率的超声检测仪,但是这些方法最适用于检测标称工作频率范围为 100 kHz~25 MHz 的超声检测仪。所推荐的这些技术适用于检测批量生产的工业用超声检测仪。当本标准所研究的超声检测仪不能作为电子部件的组合整体加以描述时,可以对超声检测仪各部分电性能单独进行评定。对所评定的超声检测仪的每个部分宜提供相关部分的评定说明。

执行这些操作规程允许提出更详尽的说明书。使用规定电子仪器的能力是有效应用这些方法的先决条件。建议仔细地选择和确定检测方法。如果某些相关参数与预期应用无关,可不对其进行检测,例如,在应用中使用单级缺陷报警时就可能与垂直线性无关,只有依据超声检测仪显示器精确检测缺陷深度或厚度时水平线性才显得至关重要。

不要对超声检测仪电性能的最短评定周期提出建议或给出暗示。每个参数的测量准确度不但取决于每台电子仪器的综合准确度(宜在这些仪器的技术规范 and 校准报告中给出)而且还取决于系统各部分测量值读数的精密度。可以假设,由超声检测仪显示屏测定的垂直和水平测量值的读数误差为 ± 1 mm。

特别是,本标准提出的这些技术和方法旨在达到下列目的:

- a) 测量超声检测仪各部件的性能特性;
- b) 检查并保证超声检测仪各个部件在使用寿命期限内所具有的稳定性;
- c) 选择并规定超声检测仪固有综合性能所需的特性;
- d) 对同一类型的检测,使相同部件或相同的整个仪器具有互换性;
- e) 为使不同仪器和测试源的性能检测结果具有一致性和可比性创造了基本条件。

注:这些方法并不是用以排除不适于本标准测量技术的一些或全部超声检测仪器的使用或应用。另外,本标准不是,也不适用于作为定义超声检测系统性能的规范。如果需要对系统的性能提出要求,则宜与相关各方商定。

无损检测 超声检测

超声检测仪电性能评定

1 范围

1.1 本标准确立了带屏幕显示的模拟和数字式脉冲回波超声无损检测仪各部件性能特性的检测方法。其目的是建立一种统一的评定方法,为不同实验室和不同时间获取的检测数据的比较及测量结果的分析处理提供依据。

本标准未规定验收准则,该验收准则宜由使用方规定。

超声检测仪的通用部件及其性能特性,包括测量这些性能特性的方法都列于 1.2~1.6 中。

1.2 电源部分

- 线性调节;
- 电池放电时间;
- 电池充电时间。

1.3 脉冲发生器部分

- 脉冲形状;
- 脉冲幅度;
- 脉冲上升时间;
- 脉冲宽度;
- 脉冲频谱。

1.4 接收器部分

- 垂直线性;
- 频率响应;
- 噪声及灵敏度;
- 增益控制。

1.5 时基部分

- 水平线性;
- 时钟(脉冲重复频率)。

1.6 闸门和(或)报警部分

- 延迟和闸门宽度;
- 分辨力;
- 报警电平;
- 增益的同一性;
- 模拟量输出;
- 背面回波闸门的线性。

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。

IEC 60050-111 国际电工词汇 第 111 章:物理与化学(International electrotechnical vocabulary

3 术语、定义和符号

IEC 60050-111 界定的术语和定义以及下列符号适用于本文件。

T_m 表示测量的上升时间。

T_r 表示仪器的实际上升时间。

T_s 表示示波器上升时间。

4 缩略语

ASTM	——美国材料与试验协会
DAC/EDAC	——距离幅度校正或距离幅度的电补偿
EN	——欧洲标准
IEC	——国际电工委员会
ISO	——国际标准化组织
JIS	——日本工业标准
PRF	——脉冲重复频率
RF	——射频

5 概述

5.1 性能检测

对超声检测仪各组成部分电路进行确认以便测量每一部分的电性能,使用推荐的激励源和(或)负载并使用通用的电子测量仪器进行所需检测。然后,将检测获取的数据作为能够与其他超声检测仪相应参数值或与同类超声检测仪早期获取的值进行比较的相关性能特性值,以图表的形式予以概述(见第12章提供的报告格式)。

5.2 超声检测仪及其各组成部分

5.2.1 电源部分

电源部分是超声检测仪整机电路系统中给其他所有部分,包括高压(即:脉冲发生器)电路,提供所需稳定直流电源的功能单元。

5.2.2 脉冲发生器部分

脉冲发生器部分是超声检测仪整机电路系统中产生电脉冲信号供给探头电能的功能单元。脉冲发生器部分还可包括脉冲波形的调整控制器,例如脉冲宽度、阻尼或调谐控制器等。

5.2.3 接收器部分

接收器部分是超声检测仪整机电路系统中的脉冲信号接收单元,其功能包括:放大和(或)调制从探头接收来的射频(RF)脉冲信号。接收器部分包括射频放大器、探测器、视频放大器、抑制和滤波电路以及阴极射线管垂直偏转电路。某些超声检测仪可能不全部包括这些电路。

注:对于距离幅度电补偿(EDAC)的操作,除非使用方另有规定,否则在测量时,尽管抑制或阈值电路是接收器部分的电路也宜将其关闭。

5.2.4 时基部分

时基部分提供水平线性扫描或时基线。此部分包括水平偏转电路以及控制脉冲重复频率(PRF)和时基线信号定位的时钟与延迟电路。

5.2.5 闸门或报警部分

闸门或报警部分是对接收器部分中检测信号进行监测的单元,用以探测是否存在有用信号。闸门电路可包括衰减器或增益控制器。本标准是将闸门或报警部分与接收器部分分开考虑的。报警信号可以是音响信号,也可以是在对电压或电流敏感的纸上做出的视觉信号,有些报警信号是音响与视觉信号的组合。设置的闸门电压还可与信号的幅度成正比。

6 检验用器具

6.1 超声检测仪

供检验用的,由电源、脉冲发生器、时钟、接收器和扫描显示等部分组成的任意类型的超声检测仪,用于发射、接收和显示与超声波有关的电信号。

注:某些超声检测仪不带屏幕显示器。因此,本标准的某些条款可能不适用于这类超声检测仪或仅适用于经过改装的超声检测仪。这种仪器的改装只能由有资格的电子技术人员操作。

6.2 电压表

如 7.1 或 7.2 中所述,能够测量所需交流和直流电压的任何形式的仪表。

6.3 可调变压器

由制造者规定的能够给超声检测仪全部测量范围提供可调交流电源的自耦变压器或其他装置。

6.4 脉冲发生器负载

除非用户另有要求,否则,脉冲发生器负载最好由安装在同轴屏蔽组件内的 $50\ \Omega$ 无感电阻构成。此负载电阻应能承受脉冲发生器的最大输出峰值电压。为了满足脉冲发生器负载电阻值 $50\ \Omega \pm 2\ \Omega$,相位角最大允差 $\pm 5^\circ$ 的要求,建议在 $100\ \text{kHz} \sim 25\ \text{MHz}$ 频率范围内检测负载电阻的复阻抗。

注:若有特殊规定可以采用其他阻抗值。

6.5 频谱分析仪

任何形式的频谱分析仪(需要时可与其探头组合使用)。该分析仪能分析脉冲发生器组件输出的电脉冲信号并显示 8.3 中描述的脉冲频率分量。在报告中应包括以图片或图表形式显示的记录。

6.6 示波器探头

示波器探头为衰减 100 倍或 50 倍的宽频带、高输入阻抗($\geq 10\ \text{k}\Omega$)探头,用以降低脉冲幅度并将信号传递给示波器和频谱分析仪,这样的脉冲电平既不会对设备造成损害又便于在不明显改变脉冲波形的情况下进行频率和时间分析。示波器探头的输出阻抗应与超声检测仪的输入阻抗相匹配(如果超声检测仪的输入阻抗高,则可能需要在其输入端连接一个电阻以便与示波器探头的输出阻抗相匹配)。该探头的频带宽度至少应与所测量的超声检测仪的带宽相同并应能承受脉冲发生器输出电压的冲击。

注:使用多个示波器探头时,可能需要与所用的各类超声检测仪相匹配。

6.7 函数发生器

函数发生器应能够产生内部或外部的单周期或五个周期正弦波触发信号。其频率范围在被检超声检测仪频率范围内应是可调的。函数发生器的频率读出能力应准确到1%。函数发生器应以单脉冲或猝发脉冲的形式提供方波或矩形波信号。函数发生器应能触发来源于超声检测仪时钟电路的信号以便为显示器提供与显像有关的波列。可调延迟信号至少需要10 μs。

注：不能用自由振荡的（即：未被触发的）单周期正弦波信号评定接收器单元。

6.8 电子闸门

电子闸门的延迟时间和宽度应可调，并可由超声检测仪脉冲发生器部分输出的脉冲触发或由时钟电路的逻辑信号触发。闸门的步进输出（即：代表闸门位置的输出）应能有效地触发函数发生器。

注：某些函数发生器合并了闸门延迟和闸门宽度的功能，在这种情况下可能就不需要设置电子闸门。

6.9 经过校准的示波器

经过校准的示波器能够显示脉冲发生器输出的全部波形，并具有足够的时基扩展、触发能力和频率响应以实现脉冲上升时间、幅度和脉宽的测量。此外，还能满足其他测量要求。

6.10 经过校准的衰减器

经过校准的衰减器能够提供步进为1 dB，允差为±0.5 dB，测量范围为60 dB，并且至少具有与被检超声检测仪的最高频率相同的频带宽度。大多数衰减器都有一个标称值为50 Ω的输入和输出阻抗，也可以规定其他标称值的阻抗。应遵守正确的端接规定。如果要利用衰减器降低脉冲输出幅度应采用与探头匹配的阻抗以保护衰减器。

6.11 终端负载

终端负载用于将超声检测仪的阻抗与所用电缆的阻抗相匹配（见6.4）。终端负载应是无感、馈通式的。

6.12 电缆

电缆为长度不超过2 m且具有50 Ω特性阻抗的同轴电缆。如果准许，可以使用其他长度和阻抗的电缆，但长度应尽可能短，以便在测量过程中使电缆电容的影响降到最小。

6.13 探头

探头宜是针对6.15、7.1.1、7.2.1、7.2.1.2、10.2或10.3所选方法中规定的理想类型、尺寸和频率的探头。

6.14 液浸容器

液浸容器是任选的。它由在水声程范围内能连续变化探头和反射体间距的超声波水浸系统组成。该系统提供的时间范围将与超声检测仪发射超声波信号到达被测物体界面的时间进行比较。应具有10.2中描述的检测方法所需准确度的距离（位置）标尺。

6.15 参考试块

参考试块可以由任何适用的材料制成，这些参考试块具有一定的特征，例如：平底孔、横孔、楔块、不同厚度的平坦阶梯或半阶梯。利用这些不同特征的试块能够提供不同特性的超声波回波信号。

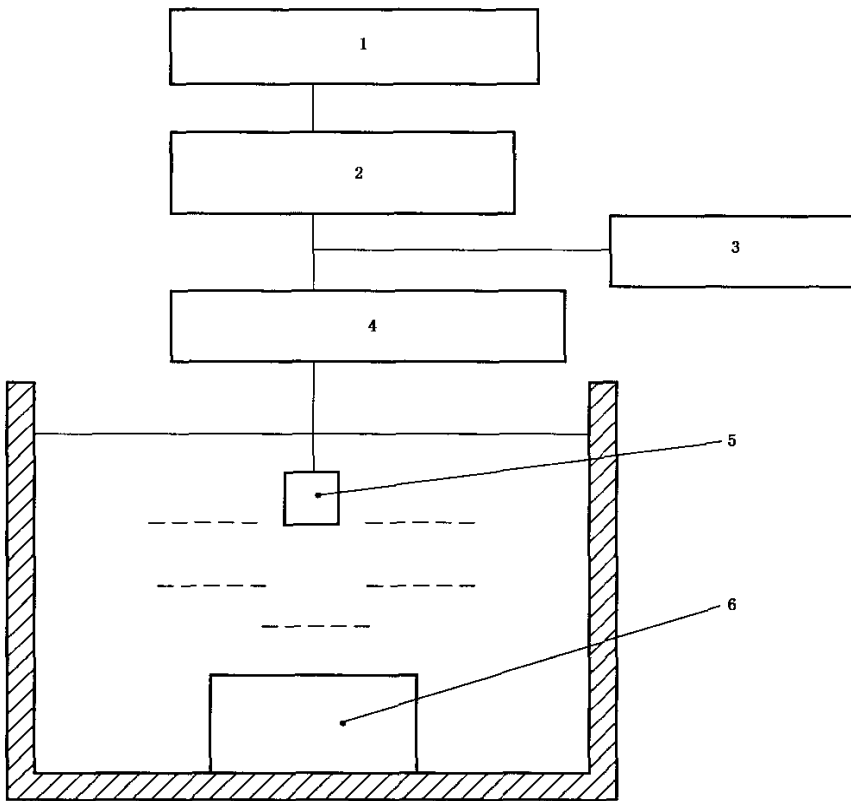
6.16 摄像机或记录仪

摄像机或记录仪要适用于测量脉冲特性并利于其他测量方法的实行,例如电视摄像机或显示记录仪。

7 电源部分的检测

7.1 超声检测仪交流供电电源的线性调整

7.1.1 按图 1 所示的方式将可调变压器(6.3)、电压表(6.2)及与超声检测仪标称频率相匹配的探头(6.13)连接到超声检测仪(6.1)上。虽然图 1 示出的是水浸法的配置方式,但是接触法或水浸法都可以进行评定。在进行评定期间,最主要的要求是从参考反射体反射的信号不会由于试块耦合或位置的变化而发生变化。接触法检测可能需要将探头压紧在参考试块上。探头与试块可靠地耦合是十分有益的。



说明:

- 1—交流电压源;
- 2—可调变压器;
- 3—电压表;
- 4—超声检测仪;
- 5—探头;
- 6—参考试块。

图 1 电压调整测量装置及其配置方式

7.1.2 调整可调变压器使交流电压达到 100% 标称值并使参考试块(6.15)的回波信号幅度为全屏幅度的 50%，降低可调变压器的输出电压直到参考试块回波信号的幅度、脉宽或水平位置变化 10% 为止。

注：运行过程中任何一种超过制造者规定的交流电压规格的情况都将使电源造成损坏。

7.1.3 信号发生任何明显变化前宜关闭超声检测仪。

7.1.4 提高可调变压器各输出电压，当电压变化 10% 时就会自动关闭超声检测仪。此上限值通常是由制造者规定的，这些值是输入电压的限值。

7.2 电池供电的超声检测仪

7.2.1 放电时间

7.2.1.1 在电池充满电的条件下使超声检测仪与探头(6.13)相连接并使用一个适宜的参考试块(6.15)使其回波信号的幅度为全屏幅度的 50%。利用水浸法或接触法都可以对信号进行评定。在电池放电时间周期内，基本的要求是从参考反射体输出的信号不会由于试块耦合或位置的变化而发生变化。

7.2.1.2 影响超声检测仪电能损耗的诸如：脉冲重复频率、显示亮度、扫描范围等控制器。均应设置到与实际最佳检测条件相对应的最大值，以便电源提供最大的实际负载条件。

7.2.1.3 以不超过 15 min 的时间间隔，记录扫描参考试块的信号幅度并标绘信号幅度对电池放电时间的特性曲线，如图 2 所示，直到信号幅度、水平扫描宽度或位置变化 10%；或直到超声检测仪显示器关闭。电池放电时间是指信号幅度、水平扫描宽度或水平位置达到规定的变化量或者直到超声检测仪显示器关闭所需的时间，无论那种情况先出现，该时间就记录为超声检测仪电池的放电时间。

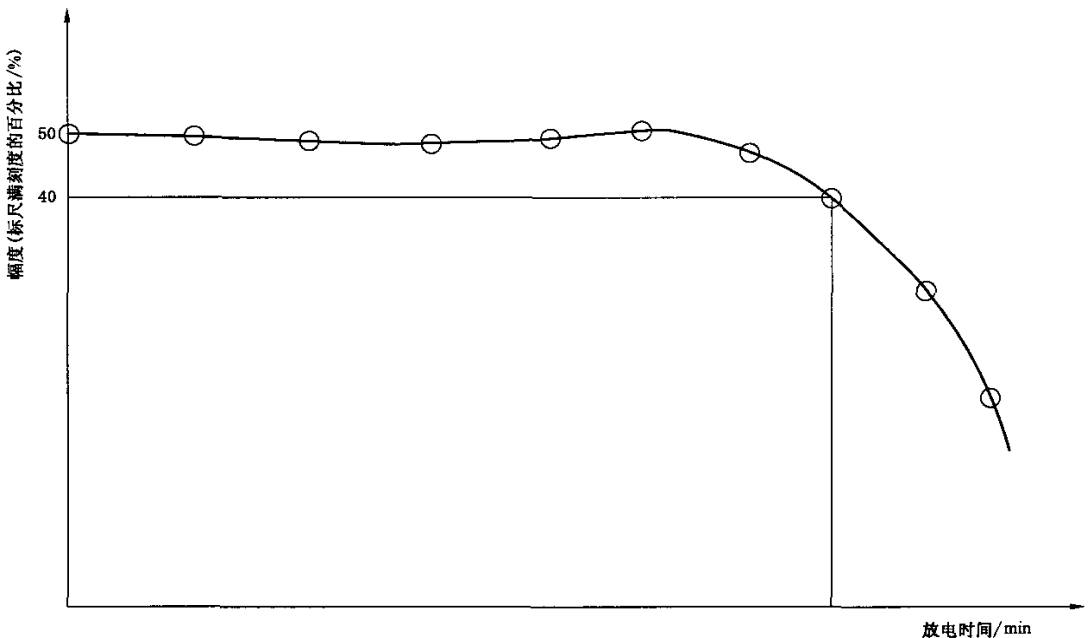


图 2 典型的电池放电特性

7.2.1.4 可通过读取初始数据，经过一段时间后，在接近预期放电时间时再开始周期性测量，使数据采集达到最小化。

7.2.1.5 将按照 7.2.1.3 放过电的电池，与超声检测仪(6.1)断开并与直流电压表(6.2)相连接。测量并记录电池的剩余电压。

7.2.2 充电时间

7.2.2.1 对超声检测仪电池按 7.2.1 放电后,将超声检测仪电源开关置于“关”或“充电”位置,将电池连接到电池充电器上给电池充电。

7.2.2.2 以不超过 5 min 的时间间隔,将电池充电器与电池断开并将直流电压表(6.2)与电池连接,记录电池电压对时间的特性曲线(见图 3)。图 3 示出的电池充电特性曲线是大多数超声检测仪所使用的典型镍-铬电池和铅酸电池的充电特性曲线。电池充满电的条件与图 3 给出的最大电压值有关。以分为单位记录各充电电压值。

7.2.2.3 可通过读取初始数据,经过一段时间后,在接近预期充电时间时开始进行周期性测量,使数据采集达到最小化。只有获取足够的的数据才能可靠地示出电池充满电区域特性曲线的形状(见图 3)。

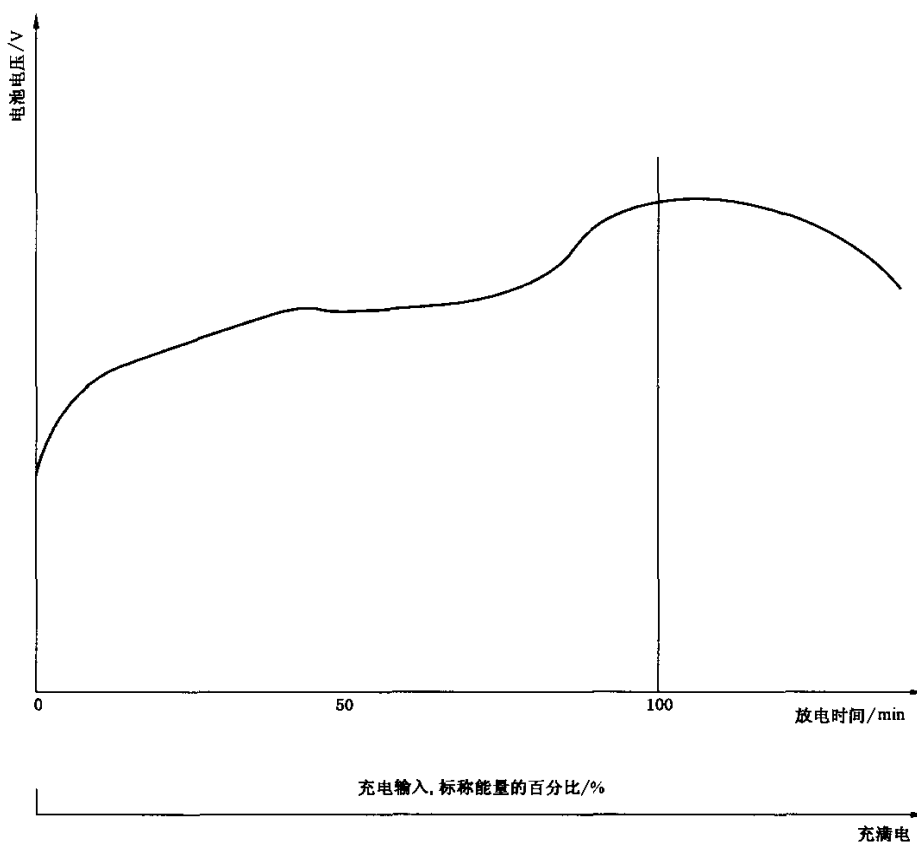
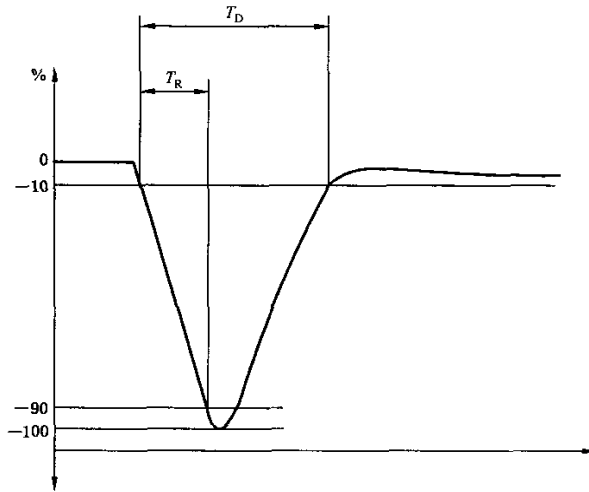


图 3 典型的镍-铬和铅酸电池充电特性

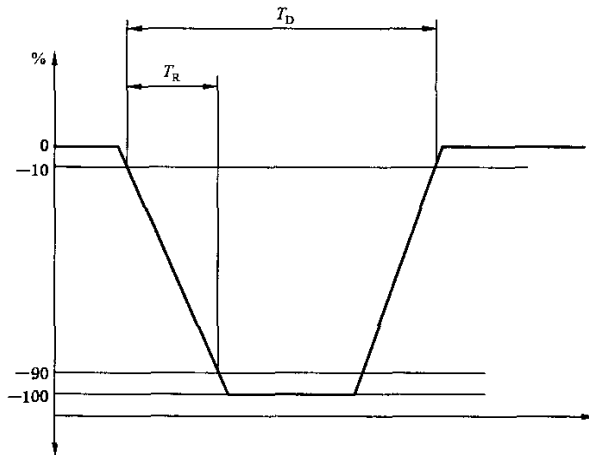
8 脉冲发生器部分的检测

8.1 概述

宽带脉冲发生器通常产生如图 4 a)所示的负尖峰脉冲信号。如果是高阻尼状态(脉冲宽度最窄),则它的指数曲线拖尾十分短。某些超声检测仪所使用的其他形式的宽带脉冲信号是矩形脉冲(有时使用方波信号),如图 4 b)所示。



a) 尖峰波形(宽带)



b) 方波(宽带)

图 4 脉冲波形(斜坡放大)

8.2 方法

打开超声检测仪并空载将其与脉冲发生器输出端连接,需要时,使用衰减 100 倍或 50 倍示波器探头把示波器(6.9)与脉冲发生器相连接。调整示波器增益和触发控制器,以使示波器显示脉冲发生器调制输出的脉冲信号。图 5 示出了测量器具的配置方式。宜使用厄雷同步触发器进行触发控制,若使用后仍然无法有效地获取信号,就需要使用内置垂直信号延迟电路的示波器以便观测脉冲信号的前沿。

注 1: 这些脉冲含有十分高的频率分量。重要的是探头连接电缆要尽量短并要靠近测试点以保证其可靠接地。

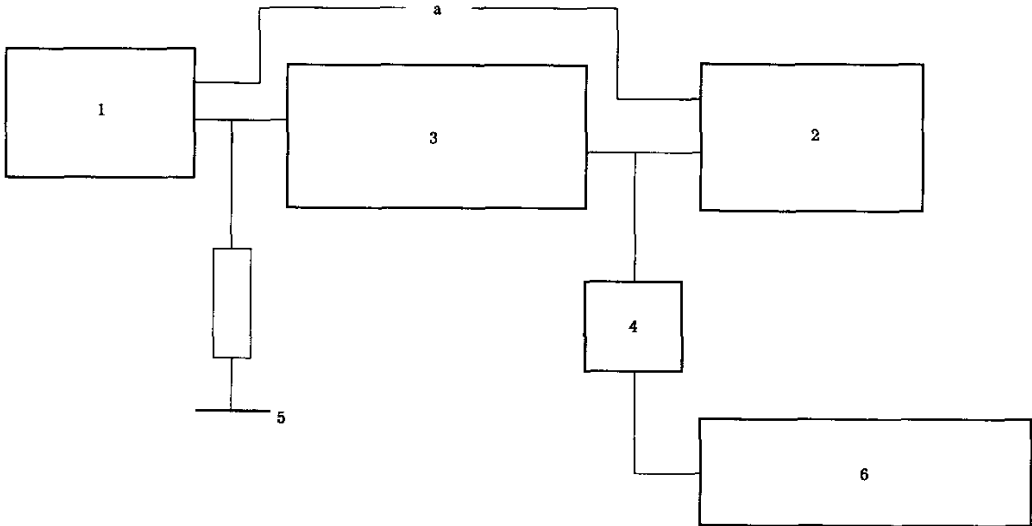
注 2: 某些工业用超声检测仪的脉冲重复频率(PRF)是由微处理器控制的,操作者无法控制。此类超声检测仪的 PRF 不一定与时钟频率同步并可能对示波器显示波形的稳定性有影响。

8.3 脉冲上升时间、脉冲宽度和幅度

8.3.1 配置

按图 5 的方式配置,首先连接 50 Ω 负载。使示波器显示屏能清晰地显示出脉冲的前沿。

8.3.2 脉冲上升时间



说明:

- 1——脉冲发生器部分;
- 2——宽带示波器;
- 3——高阻抗示波器探头(输出 50 Ω);
- 4——50 Ω 衰减器(可选);
- 5——无感 50 Ω 负载(在某些检测中省略);
- 6——频谱分析仪。

注 1: 使用尽可能短的信号导线。

注 2: 使用 50 Ω 输出阻抗的探头以便与输入的衰减器或频谱分析仪相匹配,或同时与它们二者相匹配。

* 厄雷同步触发器。

图 5 测量脉冲用的器具及其配置方式

8.3.2.1 宽带脉冲的上升时间为时间段 T_r (以纳秒表示),无论脉冲信号方向是正向还是负向, T_r 都位于脉冲前沿 10%~90%(相对于峰值幅度)二点之间(见图 4)。

注:测得的脉冲上升时间包括示波器和示波器探头(如果使用)的固有上升时间,超声检测仪实际上升时间按式(1)计算:

$$T_r^2 = T_m^2 - T_s^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

T_m ——实际测得的脉冲上升时间,单位为纳秒(ns);

T_s ——示波器固有的上升时间,单位为纳秒(ns)。

若仅示波器和其探头的带宽为已知,则按式(2)能够计算出 T_r 的近似值:

$T_s = 350/BW$ (2)

式中:

BW——示波器和其探头的频带宽度,单位为兆赫(MHz)。

8.3.2.2 脉冲宽度调整到最窄时,测量并记录脉冲上升时间的最小值;脉冲宽度调整到最大时,测量并记录脉冲上升时间的最大值。

8.3.2.3 断开 50 Ω 负载并重复 8.3.2.2 的操作。

8.3.3 脉冲宽度

8.3.3.1 已调谐的脉冲宽度 T_D 是由负尖峰脉冲信号的前沿下降 10% 峰值幅度到该脉冲的后沿上升超过 90% 峰值幅度时测得的时间,见图 4a)。

8.3.3.2 未调谐的脉冲宽度 T_D 是由负矩形脉冲信号的前沿下降 10% 峰值幅度到其后沿上升至 90% 峰值幅度时测得的时间,见图 4b)。

8.3.3.3 连接 50 Ω 负载,测量并记录任一个脉冲宽度的最大值和最小值。

8.3.3.4 断开 50 Ω 负载,测量并记录任一个脉冲宽度的最大值和最小值。

8.3.4 脉冲幅度

8.3.4.1 宽带脉冲的幅度为图 4a)和图 4b)所示的峰值幅度。

8.3.4.2 连接 50 Ω 负载(见图 5),测量并记录与最窄脉冲宽度对应的脉冲宽度的最小值和与最宽脉冲宽度对应的最大值。

8.3.4.3 断开 50 Ω 负载并重复 8.3.4.2 的操作。

8.4 脉冲频谱

8.4.1 使用图 5 的器具及其配置。为保证频谱分析仪输入电路不受损害或出现过载现象,首先要对频谱分析仪输入端进行有效的衰减。在最宽和最窄脉冲宽度下测量相同的频率特性。可以规定其他测量条件。

8.4.2 调整频谱分析仪使其能显示出呈线性的幅度-频率特性曲线。应在连接 50 Ω 负载及断开 50 Ω 负载的条件下分别进行检测。

8.4.3 分别记录连接 50 Ω 负载及断开 50 Ω 负载条件下的脉冲峰值频率。这是频谱分析仪显示的与脉冲信号的最高幅度对应的频率。

8.4.4 将信号的脉冲宽度分别控制在最大值和最小值,测量脉冲的上限频率 F_{UMAX} 和 F_{UMIN} 。脉冲的上限频率是在峰值频率下与 70.8% 峰值幅度相对应的最高频率。

8.4.5 将信号的脉冲宽度分别控制在最大值和最小值,测量脉冲的下限频率 F_{LMAX} 和 F_{LMIN} 。脉冲的下限频率是在峰值频率下与 70.8% 峰值幅度相对应的最低频率。

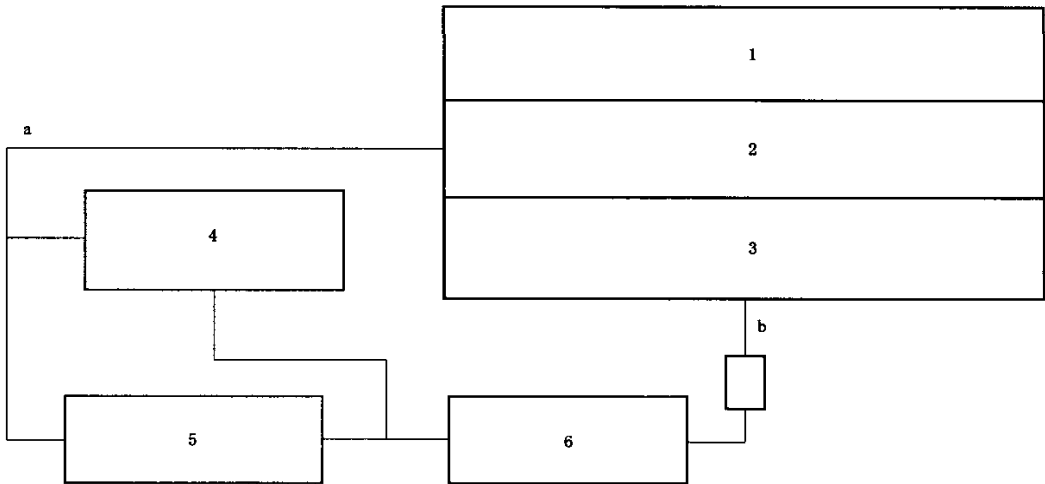
注:某些超声检测仪,对单探头(用于脉冲回波法)或双探头(用于穿透法)转换开关的设置可能会影响检测结果,出现这种情况宜针对每种设置进行检测。

9 接收器部分的检测

9.1 垂直线性

9.1.1 由于在检测超声检测仪其他的一些性能时需要垂直线性,因此应先对接收器部分的垂直线性进行评定。

9.1.2 按图 6 所示的配置,连接超声检测仪(6.1)、电子闸门(6.8)、函数发生器(6.7)、示波器(6.9)、衰减器(6.10)和终端负载(6.11)。



说明：

- 1——超声检测仪；
- 2——脉冲发生器部分；
- 3——接收器部分；
- 4——宽频带示波器；
- 5——函数发生器；
- 6——衰减器。

注：在函数发生器输出端连接的所有信号导线宜尽可能短。

^a 厄雷同步脉冲(若厄雷同步脉冲失效,为了防止损坏与其相连接的仪器可以适当降低输出脉冲电压)。

^b 衰减器终端负载(某些新型超声检测仪接收器部分的输入阻抗可能很低,此时需要考虑匹配衰减器终端负载)。

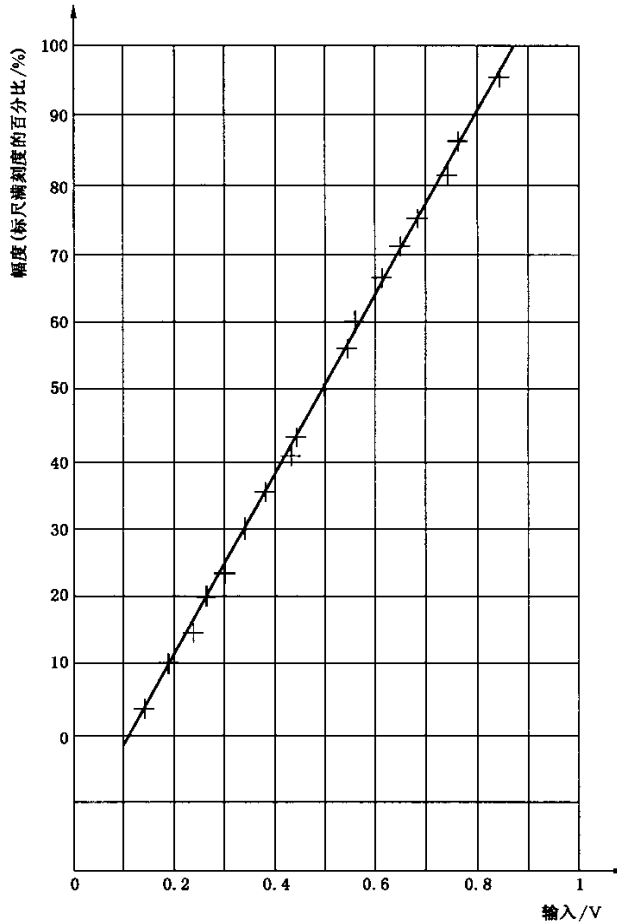
图 6 检测接收器部分的带宽、灵敏度、噪声、垂直线性和时基部分所用的仪器

9.1.3 为了防止脉冲电平对函数发生器可能造成的损害,应将超声检测仪设置成双探头工作方式。如果双探头不适用或接收器相当大部分都位于双探头输入端之前,应采取预防措施防止脉冲发生器输出的信号电平损坏函数发生器。宜参考制造者的数据资料。此外,除非另有规定,否则宜禁止使用抑制和 EDAC 功能。

9.1.4 如果接收器具有可调视频滤波功能,滤波控制器应设置为最小滤波。除非另有规定,否则,将接收器的抑制控制器置于关断位置,或调到最小并禁止使用 EDAC 功能。将接收器的频率设置到所考虑的频率范围,调整函数发生器使其至少产生五个周期矩形包络线的正弦波串,其频率要与超声检测仪的设置频率相对应。

9.1.5 如果接收器部分的增益控制由粗调和细调控制器组成,将粗调控制器设置到其调整范围的最小位置,细调控制器设置到其中间位置,如果接收器的增益控制仅由一种控制器组成,则将该增益控制器设置到其调整范围的 25% 左右。输入信号的幅度不应超过制造者的推荐值。

9.1.6 以全屏幅度 5% 的增量调整函数发生器的输出信号或调整衰减器,以使超声检测仪显示屏显示一个全屏幅度 5%~100% 的偏移量。为便于使用,可以选择其他增量。记录并绘出超声检测仪显示屏显示的信号幅度对输入信号幅度的特性曲线,如图 7 所示。为减少操作者的读数误差,建议对每个输入幅度电平读取多个读数并取其平均值。



注 1: 偏置是由超声检测仪门槛电平和其他偏压分量造成的。
注 2: 这些数据点是使用一台实际超声检测仪采集的。

图 7 接收器部分的垂直线性

9.1.7 至少使用另外二个范围的增益设置重复 9.1.6 的检测,一个是在最大增益的中间范围附近,另一个在最大增益的 75%左右。

注: 十分低的增益可能会由于输入电路引入的过激励信号而产生严重的非线性,但是在最大增益条件下测量也是很困难的,因为噪声干扰信号可能会淹没待测量的输入信号。

9.1.8 图 7 中没有给出允差的限值。图中的曲线描绘了垂直放大器和显示器的性能特性。本标准对允差的限值未作规定,而仅对线性或线性欠佳的情况加以说明。操作者在使用过程中应符合有关文件的规定。

9.2 接收器部分的频率特性

9.2.1 按图 6 所示的配置方式连接超声检测仪、延迟触发器、函数发生器、示波器、衰减器和终端负载。利用示波器监视函数发生器的输出信号,该信号是输入到超声检测仪接收器部分的未经过衰减的信号。使用超声检测仪的显示器监视接收器的输出信号。宜仔细地对该系统每个部分的阻抗进行正确匹配。

9.2.2 为防止脉冲发生器输出对函数发生器可能造成的损害应将超声检测仪设置在双探头工作方式。

9.2.3 若接收器具有对可变视频信号进行滤波的功能,则滤波控制器应设置为最小或不滤波。将接收器的抑制控制器设置在最小或关断位置。将接收器的频率控制在所考虑的频率范围并调整函数发生器使其产生一个与超声检测仪设置频率相同频率的五个周期的正弦波串。将经过校准的衰减器置于20dB衰减档并调整信号延迟以使该信号位于超声检测仪显示屏水平方向的中间位置(超声检测仪的扫描速率与这些测量无关)。通过接收器部分的增益控制器和函数发生器输出,将信号的幅度调整到全屏幅度的80%或线性上限值的80%,二者中以幅度较小者为准。为了确定最大频率响应特性,最好对频率范围进行预扫描。

9.2.4 以高于和低于接收器模式设置频率0.5 MHz的频率增量变换函数发生器频率,直到显示信号的幅度减少到其最大值的10%。必要时,应以每个频率增量来调整函数发生器的输出,以保证给接收器输入一个恒定的幅度。记录每个频率下的信号幅度和频率值并绘出图8所示的曲线图。

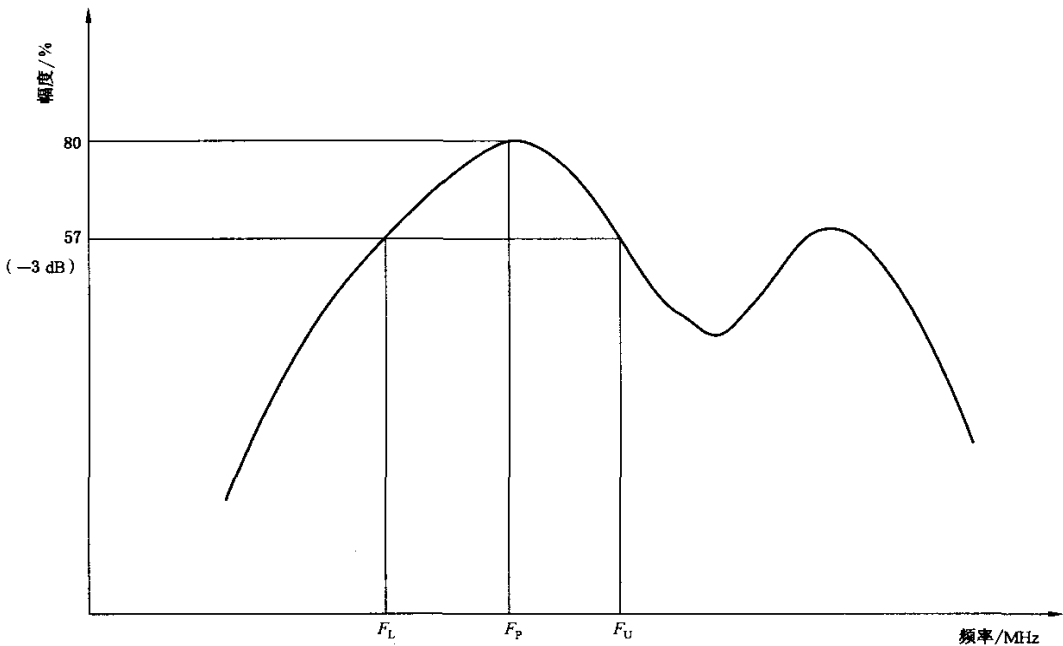


图8 接收器部分的频率特性

9.2.5 如果超声检测仪要工作在视频滤波状态下,则应以所要求的滤波器的设定值重复上述检测。

9.3 接收器频率的测定

9.3.1 峰值频率

峰值频率是超声检测仪显示器显示的信号幅度最大时的频率。应在峰值频率范围附近,通过降低频率增量将峰值频率测定到±0.1 MHz以内。应在接收器频率控制器的每个设定位置测定峰值频率。

9.3.2 频带宽度

频带宽度是指低于峰值频率幅度3 dB(29%)的信号幅度间的频率响应范围。记录这些频率以便作为接收器频率控制器每一种设置的频率上、下限值。

9.4 噪声及灵敏度系数

9.4.1 设置

按图 6 的配置方式连接超声检测仪和检测仪器。将接收器的频率控制器设置到所考虑的范围,并将函数发生器设置到相同的频率。调整函数发生器使其产生 5 个~10 个周期的射频脉冲串。

9.4.2 噪声

9.4.2.1 方法 A

将超声检测仪的增益控制器设置在中间值。调整函数发生器的输出信号使其在超声检测仪显示屏上的信号幅度为全屏幅度的 20%。调整缺陷报警电平使其恰好触发。断开函数发生器,在适当位置连接 50 Ω 的终端负载。将超声检测仪的增益控制器调到最大值。此时,如果噪声信号大于全屏幅度的 20%,则降低增益,直到报警信号消失。然后重新接通函数发生器并调整输出使其能给出全屏幅度 80% 的偏移量。记录峰-峰值输出电压。此电压代表 4:1 的信号-噪声比(S/N)。如果由于电压太低而无法精确读数,应调整到一个合适的衰减量以便能获得一个准确的读数,并对衰减变化量进行校正。

9.4.2.2 方法 B

如果超声检测仪没有闸门/报警装置,可以使用下述方法:将超声检测仪的增益控制器设置到最大值。连接函数发生器并调整其输出,使函数发生器生成的信号恰巧与超声检测仪显示屏上的噪声信号相混合。记录函数发生器峰-峰值输出电压。该电压就是与超声检测仪输入有关的仪器噪声。

9.4.3 灵敏度系数

用 9.4.2.1 方法测得的输入电压能够象输入信号需要给出 4:1 的信噪比一样定义为灵敏度系数。为了使此定义适用于 9.4.2.2,将测得的输入量乘以 4 时最后获得的灵敏度系数不一定相同。

9.5 dB 控制器(增益控制器)

9.5.1 按图 6 的配置方式连接超声检测仪和检测仪器。调整接收器增益控制器到中间范围。将外部衰减器的衰减量设置到至少与接收器 dB 控制器的剩余衰减量相同。使函数发生器输出单周期的正弦波或方波并调整此输出信号使其位于显示屏水平方向的中间位置,信号幅度为全屏幅度的 50% 左右。记下外部衰减器的起始值,将接收器的 dB 控制器增加 6 dB,并降低外部衰减器的衰减量使信号幅度返回到它的起始幅度。如此继续做下去直到 dB 控制器达到满量程,必要时,在每个阶段之后,通过调整函数信号发生器的输出使信号幅度重置到全屏幅度的 50%。

9.5.2 绘制出接收器 dB 控制器设定值与外部衰减器设定值对应关系表或曲线图。这就是 dB 控制器校准表或校准曲线。

10 时基部分的检测

10.1 水平线性(方法 A)

按图 6 的配置方式连接超声检测仪和检测仪器,采用双探头工作方式。设置函数发生器使其产生单周期正弦波信号,其频率与超声检测仪设置的频率相对应(由于水平线性评价与超声检测仪频率无关,可以选用所设置的任何超声检测仪的频率)。将显示部分的粗调控制器的检测范围调整到最小范围的位置并将细调控制器的检测范围调整到其中间位置附近。调整超声检测仪和经过校准的衰减器以使获取的显示信号位于超声检测仪显示屏水平方向的中间位置,其幅度至少为全屏幅度的 50%。

以不大于检测范围 5% 为增量,使显示信号移动来改变触发器的延迟并记录每个延迟(在示波器上测得的延迟)和显示屏上脉冲信号前沿的相应位置。绘制出图 9 所示的位置对延迟的曲线图。

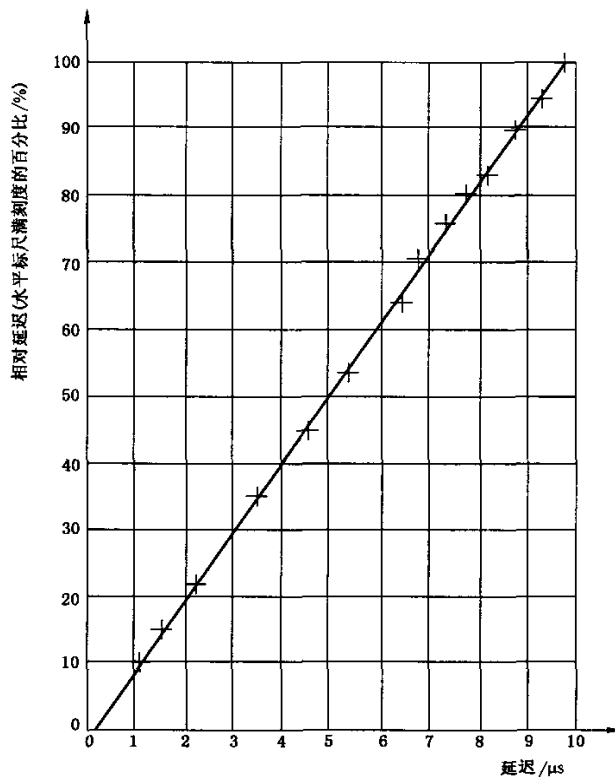
10.2 水平线性(方法 B)

10.2.1 将带有水浸式探头的普通水浸扫查系统与超声检测仪连接。应使探头接收的信号全部来自反射体。将超声检测仪的扫描控制器调整到与该系统所检物体端面相对应的各个设定值,调整接收器的增益控制器并调整反射体与探头之间的水程使显示信号的幅度为全屏幅度的 50% 并位于超声检测仪显示屏水平方向的中间位置。

10.2.2 变化水程并以时基线标尺满刻度 5% 左右的增量移动显示信号。记录每个水程的距离和脉冲信号前沿的相应位置,并以时基线标尺满刻度的百分比表示。绘制出信号位置-水程距离特性曲线如图 9 所示,并在 10.1 中予以描述。

10.3 水平线性(方法 C)

任意采用常规的接触法或水浸法将超声检测仪和探头相连接。为能在超声检测仪显示屏上至少显示十个背面回波,探头要在合适厚度的平面上进行扫查。调整扫描控制器使第二个背面回波位于全屏宽度的 10% 位置,第十个回波位于全屏宽度的 90% 的位置。采用与图 9 相似的图形绘出所有背面回波对应的水平标尺刻线位置相同背面回波序号的特性曲线。



注: 这些数据点是实际使用超声检测仪应用方法 A(见 9.4.2.1)采集的。

图 9 水平线性

10.4 水平线性结果的说明

如 9.1.8 的说明一样,本标准未规定允差限值。图 9 是水平基线的校准曲线简图。

10.5 脉冲重复频率(PRF)

用 100 倍或 50 倍示波器探头将示波器连接到超声检测仪脉冲发生器的输出端。调整示波器使其至少显示二个脉冲。PRF 为二个脉冲时间间隔的倒数。因为 PRF 与检测范围控制功能间可能相互干扰,所以要验证 PRF 不受检测范围的限制。如果 DAC 曲线、闸门选通等其他一些功能信号与超声波信号同时显示在超声检测仪显示屏上,则按此方法测量的 PRF 可能是时基线重复频率的谐波分量。应截止这些功能信号,以确保测量到真实的 PRF。

测量并记录超声检测仪的脉冲重复频率和对应于 PRF 控制器上的最大和最小位置的脉冲重复频率的最大值 PRF_{max} 和最小值 PRF_{min} (以每秒脉冲数表示)。

如果超声检测仪具有频率转换开关,记录开关上各档所对应的 PRF 的测量值。

如果超声检测仪不但具有 PRF 转换开关还能够进行无级可调控制,则应记录开关上每个设定位置 PRF 的最大值和最小值。

11 闸门/报警部分的检测

11.1 闸门延时和闸门宽度

按图 6 的配置方式连接超声检测仪和检测仪器,调整函数发生器使其输出一个单周期的高频信号(在超声检测仪频带宽度内),该信号在闸门内并位于超声检测仪显示屏水平方向的中间位置。尽可能低的设置报警电平并将闸门宽度调成最窄。向闸门的前沿(闸门左端)移动信号。持续发出报警信号直到报警解除。将信号向闸门的右端移回,直到恰好重新触发报警。记录示波器测量信号的延迟时间。将信号移向闸门的另一端直到报警解除,往回移动信号直到报警信号刚好启动,记录该信号在示波器上的延迟时间。示波器上信号的延迟时差就是闸门的最窄宽度。增加闸门宽度达到最大(适当调整扫描宽度)并重复以上测量。同样可以测定出闸门的最大和最小延迟时间:设置延迟控制器到最大(必要时,重新调整检测范围)。将函数发生器输出信号向闸门的前沿移动。在示波器上读取的延迟时间即为最大延迟时间。大多数超声检测仪在最小延迟时间内由“传递脉冲信号”显示的闸门前沿将是模糊不清的。如果显示的闸门前沿很清晰,可以将延迟时间设置成最小并重新向闸门前沿移动函数发生器输出信号。此时在示波器上显示的延迟时间是最小延迟时间。如果闸门选通脉冲可以在各个独立插口通用,则此选通信号不但可以在示波器上显示还可以直接测量延迟时间。受超声检测仪内部电路的影响,可能会有小的时间误差,该误差在最小延迟时间测量中要引起注意。

注:如果超声检测仪的双探头工作方式不可用,宜采取预防措施防止脉冲发生器输出信号对函数发生器输出电路造成损害。制造者的技术文件宜规定信号发生器输出的许用电平。

11.2 分辨力

术语“分辨力”用来表示对那些接近闸门的,未被选通的显示信号的关闭能力。

为了从反射体的前面(检测面)和背面获取很强的回波信号或从函数发生器获取很强的发射信号,要很好地配置超声波检测仪。调整扫描延迟以使显示信号位于扫描线的中间位置。对着显示信号从左向右移动闸门直到显示信号触发报警。记录示波器上的扫描延迟时间。反过来从右向左移动闸门直到报警解除。记录该延迟时间。两个延迟时间之差就是时间的分辨力。可以将时间分辨力乘以材料的声

波传播速度换算成空间分辨力。

接近闸门的强信号后沿的分辨力取决于报警电平的高、低和信号的形状。因此它是不可量化的。

11.3 报警电平

11.3.1 设置

调整超声检测仪使其从跟踪的目标或从函数发生器的输出获取显示信号。将闸门设置到包含这个显示信号的位置。将信号电平降到零；报警电平降到最低。增加显示信号幅度直到触发报警信号。必要时记录与闸门步进信号相应的显示信号的幅度，以全屏幅度的百分比表示。此时的报警电平最低。重新调整报警电平到最高电平。增加显示信号的幅度直到再次触发报警。此时报警电平为最高。采用失波报警（失波报警表明闸门内没有信号）重复这些检测。为了获取平均值应对上述检测重复进行多次。

注：通过降低显示信号幅度直到触发报警，以此来测定失波报警信号的电平。

11.3.2 报警电平的迟滞性

调整显示信号幅度使其大约为超声检测仪显示屏全屏幅度的 50%。将闸门宽度调整到包含这个显示信号的位置。降低报警电平使其恰好触发报警。降低显示信号幅度，直到报警信号解除。记录此时信号的幅度。增加信号幅度，直到重新触发报警。所记录的信号幅度的变化量就表征了报警电平的迟滞性。如果可以测量（在理想条件下，信号幅度变化量将为零，此时可能由于信号幅度的变化量太小而无法进行测量），重复测量多次以求出变化量的平均值。无论进波报警还是失波报警都要进行测量。迟滞性会引起 C 扫描记录的显示信号尺寸扩大。

11.4 闸门内信号增益的均匀性

按 11.3.1 设置超声检测仪，将闸门宽度调整到显示信号宽度的若干倍。设置报警电平使其恰好触发报警并来回移动闸门使显示信号“通过”，记录是否能保持住已触发的报警信号。对刚好要接近触发的报警信号进行重复测量，报警状态的改变表明闸门内增益的均匀性较差。记录需要维持触发（或解除）报警状态的增益变化量。

注：报警电平的迟滞性可能会掩饰任何增益的变化情况。

11.5 模拟输出

按 9.1 描述的方法，记录作为输入信号幅度函数的模拟输出电压值。绘制出如图 7 所示的输出对输入的曲线图。

注：某些超声检测仪的模拟输出可以是“过-不过”的形式，以表示显示屏上显示信号的幅度是否高于或低于所设定的报警电平。比例输出信号也取决于报警电平的设定值。并不是所有的超声检测仪都提供模拟输出信号。

11.6 背面回波闸门

某些超声检测仪具有多个闸门，其中至少有一个是可以包含增益控制器或衰减器的闸门。这样的闸门常常用来监控被检件较强背面回波信号的幅度。需要通过闸门内显示信号来重复检测任何背面回波信号幅度的变化量。为了检测闸门的性能，可以利用图 6 的配置方式（不需要连接示波器）进行此项检测。

调整显示器显示的饱和信号，将此饱和信号定位在闸门内并利用闸门电路的增益控制器将显示信号的幅度降到全屏幅度的 80%。变化被测量的输入并记录闸门内显示信号幅度的变化量。绘制出与图 7 相似的显示信号幅度对输入的曲线图。对应不同的初始输入信号幅度进行重复检测。

12 报告格式

12.1 超声检测仪的标识

报告中应注明被测超声检测仪主机和内插组件的型号、编号及其相应的文字符号以便识别。还应报告所用检测仪器的制造者名称、型号及与检测有关的控制器的设定值。对于超声检测仪的未经过检测或评定的部件均应在报告中注明。

12.2 电源部分的报告

推荐电源部分的检测报告采用如下格式：

电源类型：

交流电源..... 电池直流电源.....

交流电源测量：

交流电源允许变化范围..... V（或交流线电压的百分数.....%）

直流电源测量：

放电时间..... h 充电时间..... h

12.3 脉冲发生器部分的报告

脉冲发生器部分检测报告的推荐格式如下：

脉冲上升时间、宽度、幅度和频谱：

脉冲发生器负载..... Ω

	最小值	最大值	单位
脉冲宽度	μs
上升时间	ns
幅 度	V
带宽下限值	MHz
带宽上限值	MHz
峰值频率	MHz
频谱形状	平滑.....	不规则.....	

12.4 接收器部分的报告

接收器部分的检测报告推荐格式如下：

垂直线性：

对应所考虑的全部工作频率和增益设定值绘制图 7 所示的特性曲线。

频率特性：

频率控制器的设定值..... MHz

抑制电平.....%，总抑制电平的百分比（最好取零位）

滤波记录：滤波控制器的位置（最好取零位）

频率下限值..... MHz

频率上限值..... MHz 频带宽度..... MHz

峰值频率..... MHz

（对应频率控制器的每个设定值）

噪声..... μV （峰-峰值）

灵敏度系数..... μV (峰-峰值)(信噪比 4 : 1)

12.5 时基部分的报告

水平线性:

对应所考虑的全部脉冲重复频率和检测范围绘制图 9 所示的特性曲线。

脉冲重复频率(PRF):

连续可凋控制器设定值: PRF 最大值 每秒脉冲数

PRF 最小值 每秒脉冲数

开关控制器的开关设定值: PRF 每秒脉冲数

PRF 每秒脉冲数

PRF 每秒脉冲数

12.6 闸门和(或)报警部分的报告

闸门宽度范围: 最大值 ms 最小值 μs

延迟范围: 最大值 ms 最小值 ns

分辨力: 起始报警: 延迟 $\mu\text{s}/\text{ms}$

关闭报警: 延迟 $\mu\text{s}/\text{ms}$

分辨力:(差值) $\mu\text{s}/\text{ms}$

报警电平: 最低电平 %、标尺满刻度的百分数

最高电平 %、标尺满刻度的百分数

迟滞性 %、标尺满刻度的百分数

增益均匀性: 维持报警时的增益变化量

模拟输出: 对应被检物体检测面主闸门和背面闸门二者所考虑的全部增益设定值绘制出图 7 所示的输入-输出特性曲线图。

参 考 文 献

[1] ISO 5577:2000 无损检测 超声检测 词汇(Non-destructive testing—Ultrasonic inspection—Vocabulary)

[2] ISO 10375:1997 无损检测 超声检测 探头和声场特性(Non-destructive testing—Ultrasonic inspection—Characterization of search unit and sound field)

[3] ISO 12715:1999 超声无损检测 接触式探头声束特性评定用的参考试块和检测方法(Ultrasonic Non-destructive testing—Reference blocks and test procedure for the characterization of contact search unit beam profiles)

[4] EN 12668-1 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第1部分:仪器(Non-destructive testing—characterization and verification of ultrasonic examination equipment—Part 1:Instrument)

[5] EN 12668-3 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第3部分:组合设备(Non-destructive testing—characterization and verification of ultrasonic examination equipment—Part 3: Combined equipment)

[6] ASTM E1324 超声检测仪某些电性能测量指南(Standard guide for measuring some electronic characterization of ultrasonic examination instruments)

[7] JIS Z2351 脉冲回波式超声检测仪电性能的评定方法(Method for assessing the electrical characterization of ultrasonic testing instruments using pulse echo technique)