



中华人民共和国国家标准

GB/T 27664.1—2011

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 test equipment—Part 1: Instruments

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
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和含义	4
5 一般要求	5
6 超声检测仪制造者的技术要求	5
6.1 概述	5
6.2 一般规定	6
6.3 显示屏	6
6.4 发射器	6
6.5 放大器和衰减器	6
6.6 数字式超声检测仪	7
7 超声检测仪的性能要求	7
8 第1组检验	9
8.1 第1组检验需要的测量器具	9
8.2 相对温度变化的稳定性	10
8.3 发射脉冲参数	10
8.4 接收器	11
8.5 监测闸门	14
8.6 比例输出的监测闸门	15
8.7 数字式超声检测仪	18
9 第2组检验	19
9.1 第2组检验需要的测量器具	19
9.2 物理状态与外观	20
9.3 稳定性	20
9.4 发射脉冲参数	21
9.5 接收器	21
9.6 时基线性	24
附录 A (规范性附录) 带有对数放大器的超声检测仪的特定条件	34
参考文献	35

前 言

GB/T 27664《无损检测 超声检测设备的性能与检验》分为以下三个部分：

- 第1部分：仪器；
- 第2部分：探头；
- 第3部分：组合设备。

本部分为 GB/T 27664 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用欧洲标准 EN 12668-1:2000《无损检测 超声检测设备的性能与检验 第1部分：仪器》(英文版)，包括其1号修改单 EN 12668-1:2000/Amd1:2004。

本部分的文本结构和技术内容与 EN 12668-1:2000 一致。

本部分与 EN 12668-1:2000 的差异及其原因如下：

- 删除了 EN 前言，并重新编写了前言；
- 用“本部分”一词代替了“本欧洲标准”；
- 修改了第2章“规范性引用文件”中的引导语；
- 第2章规范性引用文件中所引用的国际标准已转化为我国标准的，则本部分直接引用了与之相对应的我国标准的最新版本；
- 第2章规范性引用文件中引用的国际标准 ISO 9001:1994 和 ISO 9002:1994 已合并修改为 ISO 9001:2008，故本部分直接引用了与 ISO 9001:2008 相对应的我国国家标准 GB/T 19001:2008；
- 第2章规范性引用文件中增加了 GB/T 12604.1—2005《无损检测 术语 超声检测》；
- 术语 3.15、3.16、3.22、3.23 和 3.32 分别采用了 GB/T 12604.1—2005 中界定的术语 7.20、7.1、7.13、7.14 和 7.16 及其定义；
- 图4“检测过程中在超声检测仪显示屏上见到的用于测量发射脉冲后盲区的信号波形” EN 12668-1:2000 原标示的盲区时间和幅度与 3.5 和 8.4.3 所描述的不一致，本部分按 3.5 和 8.4.3 的描述做了修改；
- 8.4.1 的 EN 12668-1:2000 原文所列检测项目有“接收器灵敏度”，但 8.4.2~8.4.7 并没有该检测项目，本部分予以删除；
- 8.4.6 的 EN 12668-1:2000 原文为“TDG”，与表2的 8.4.6“DAC”不相符，本部分按表2修改为“DAC”；
- 参考文献中的国际标准 ISO 10012-1 与国际标准 ISO 10012-2 已合并修改为 ISO 10012:2003，故本部分直接引用了与 ISO 10012:2003 相对应的我国国家标准 GB/T 19022—2003。

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。

本部分起草单位：汕头市超声仪器研究所有限公司、长春机械科学研究院有限公司。

本部分主要起草人：陈和坤、刘智力、谢晓宇、吴锦湖。

无损检测 超声检测设备的性能与检验

第 1 部分:仪器

1 范围

GB/T 27664 的本部分规定了 A 型脉冲式模拟和数字式超声检测仪电性能的检验方法和验收标准。

本部分适用于手动式、采用工作在 0.5 MHz~15 MHz 中心频率范围内的单探头或双探头的超声检测仪。

本部分的部分检验方法和验收标准适用于自动检测系统中的超声检测仪。

本部分不适用于连续波工作的超声检测仪和超声测厚仪。

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。

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测(GB/T 12604.1—2005,ISO 5577:2000,IDT)

GB/T 19001 质量管理体系 要求(GB/T 19001—2008,ISO 9001:2008,IDT)

GB/T 27446.3 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 3 部分:组合设备

EN 1330-4:2000 无损检测 术语 第 4 部分:超声检测术语(Non-destructive testing—Terminology—Part4:Term used in ultrasonic testing)

3 术语和定义

GB/T 12604.1 和 EN 1330-4:2000 界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

放大器频率响应 amplifier frequency response

放大器增益随输入信号频率变化的关系。

注:通常用增益(一般指峰值增益)对频率的特性曲线表示。

3.2

放大器带宽 amplifier bandwidth

高低截止频率之间的频谱宽度。本部分采用的截止频率是增益比峰值增益低 3 dB 的频点。

3.3

发射能量泄漏抑制 crosstalk damping during transmission

当超声检测仪置于双探头工作方式(发射器和接收器分开)时,在发射脉冲传送过程中,从发射器输出端到接收器输入端的能量泄漏抑制量。

3.4

经过校准的分贝切换器 calibrated dB-switch

以分贝量值校准过的用于控制超声检测仪总增益的器件。

3.5

发射脉冲后盲区 dead time after transmitter pulse

采用脉冲回波技术时,放大器由于发射脉冲而饱和,使得发射脉冲启始后无法响应输入信号的时间。

3.6

数字采样误差 digitization sampling error

由模数转换器周期性测量采样引入的输入信号的显示幅度误差。

3.7

动态范围 dynamic range

超声检测仪能够显示的最大信号幅度与最小信号幅度之比。最小信号可受系统噪声的限制,最大信号可受放大器饱和的限制,而且在显示屏上能够显示的大信号还受到最大衰减的限制。

3.8

等效输入噪声 equivalent input noise

在超声检测仪显示屏上观察到的电噪声电平的一种量度,由接收器的输入端测得的输入信号电平确定。如果放大器本身没有噪声信号,则显示屏显示的信号电平就会与输入信号电平相同。

3.9

外部衰减器 external attenuator

用于检测超声检测仪的可溯源的经过校准的标准衰减器。

3.10

比例输出下降时间 fall time of proportional output

比例闸门输出的幅度从峰值的90%降到10%所需要的时间。

3.11

比例闸门输出的频率响应 frequency response of proportional gate output

比例闸门输出电压的幅度随输入信号频率变化大小的量度。

3.12

开关输出保持时间 hold time of switched outputs

自监测闸门内的信号高于阈值后,监测闸门开关输出保持在其最大输出的50%以上的时间。

3.13

比例输出保持时间 hold time of proportional output

在监测闸门内信号之后,比例输出幅度高于其峰值90%的时间。

3.14

比例输出线性 linearity of proportional output

比例闸门输出电压与输入信号幅度之间接近成正比关系程度的一种量度。

3.15

时基线性 linearity of time base

由经校准的时间发生器或已知厚度平板的多次反射所提供的输入信号与其在时基线上所指示的信号位置之间接近成正比关系程度的一种量度。

3.16

幅度线性 linearity of vertical display

输入到超声检测仪接收器的信号幅度与其在超声检测仪显示屏(或附加显示器)上所显示的幅度接近成正比关系程度的一种量度。

3.17

增益中间值 mid gain position

超声检测仪增益设置到其最大值与最小值之和的一半,用分贝表示。

例如某台超声检测仪的最大增益为 100 dB,最小增益为 0 dB,则增益中间值为 50 dB。

3.18

监测闸门 monitor gate

将其内的信号幅值与阈值进行比较和(或)转换成模拟输出信号,并以 A 扫描显示的一段时基线。

3.19

监测阈值 monitor threshold

设置的触发监测闸门输出的最小信号幅度。

3.20

比例输出噪声 noise of proportional output

有关比例输出噪声的一种量度。

3.21

比例输出 proportional output

超声检测仪给出的标称直流电压与监测闸门内接收信号的最大幅度成正比的输出。

3.22

脉冲宽度 pulse duration

在规定峰值幅度的一定水平上所测得的脉冲(回波)前沿和后沿之间的时间间隔。

3.23

脉冲重复频率 pulse repetition frequency

每单位时间产生的脉冲数,通常以赫兹表示。

3.24

脉冲上升时间 pulse rise time

脉冲前沿的幅度从其峰值幅度的 10% 上升到 90% 所需的时间。

3.25

脉冲反冲 pulse reverberation

发射脉冲波形中在预期输出后的第二个回波的最大幅度。

3.26

接收器输入阻抗 receiver input impedance

以等效成并联的电阻和电容表征的接收器内部阻抗的特性。

3.27

数字式超声检测仪的响应时间 response time of digital ultrasonic instruments

数字式超声检测仪从检测到信号至显示其峰值幅度 80%¹⁾ 所需的时间。

3.28

比例输出上升时间 rise time of proportional output

比例闸门输出电压从峰值的 10% 上升到 90% 所需的时间。

3.29

瞬时分辨力 temporal resolution

分辨到两个脉冲幅度相差 6 dB 时的最小时间间隔。

1) EN 12668-1:2000 原文中为 90%,与 8.7.4 检测方法规定的不一致,本部分按检测方法修改为 80%。

3.30

时间相关增益 time-dependent gain

TDG

某些超声检测仪具有的时间相关或扫描增益功能,用于补偿由于传播声程而引起的回波幅度的损失。

3.31

窄脉冲 short pulse

脉冲幅度超过其峰值幅度一半的时间间隔内,占宽小于 1.5 个周期的射频脉冲。

3.32

抑制 suppression;rejection

通过去除幅度低于某一预定值(阈值)的所有显示回波信号的方法来降低噪声(草状回波)。

3.33

开关回差 switching hysteresis

监测闸门开和关之间的信号幅度之差。

4 符号和含义

符号和含义如表 1 所示。

表 1 符号和含义

符 号	单 位	含 义
A_0, A_n	dB	检测过程中所用的衰减器的设定值
C_{max}	pF	最大增益时接收器的并联电容
C_{min}	pF	最小增益时接收器的并联电容
D_s	dB	发射过程中发射能量泄漏抑制
f_d	Hz	比例闸门输出测得的-3 dB 下限频率
f_{gmax}	Hz	比例闸门输出测得的频谱中最大幅度的频率
f_{g0}	Hz	比例闸门输出测得的中心频率
f_{gu}	Hz	比例闸门输出测得的-3 dB 上限频率
f_l	Hz	-3 dB 时的下限频率
f_{max}	Hz	频谱中最大幅度的频率
f_u	Hz	-3 dB 时的上限频率
f_0	Hz	中心频率
I_{max}	A	比例闸门输出能产生的最大电流的幅度
N	—	测量次数
n_{in}	V/\sqrt{Hz}	接收器输入端的每平方根带宽噪声
R_1	Ω	端电阻
R_{max}	Ω	最大增益时接收器的输入电阻
R_{min}	Ω	最小增益时接收器的输入电阻
S	dB	衰减器设定值

表 1 (续)

符 号	单 位	含 义
T_{final}	s	距离幅度校正曲线结束时间
T_0	s	距离幅度校正曲线开始时间
t_{A1}, t_{A2}	s	瞬时分辨力
t_d	s	脉冲宽度
t_r	s	发射脉冲幅度从峰值幅度的 10% 达到 90% 的上升时间
V_E	V	接收器输入电压
V_{en}	V	接收器输入等效噪声
V_{in}	V	输入电压
V_1	V	带负载电阻时比例闸门的输出电压
V_{max}	V	接收器最大输入电压
V_{min}	V	接收器最小输入电压
V_0	V	空载时比例闸门的输出电压
V_r	V	发射脉冲后反冲的电压幅度
V_{50}	V	带有 50 Ω 负载的发射器, 其发射脉冲的电压幅度
V_{75}	V	带有 75 Ω 负载的发射器, 其发射脉冲的电压幅度
Z_A	Ω	比例输出的输出阻抗
Z_0	Ω	发射器的输出阻抗
Δf	Hz	频带宽度
Δf_g	Hz	比例闸门输出测得的频带宽度
ΔT	s	时间增量

5 一般要求

超声检测仪应满足下列要求:

- 符合第 7 章的规定;
- 生产企业通过 GB/T 19001(ISO 9001, IDT) 质量管理体系认证, 或产品获得由有资质的检测机构出具的检验报告;
- 清楚地标明制造者名称、型号和系列, 并在底板和外壳上标明唯一编号;
- 附有与超声检测仪型号和系列相符的使用说明书;
- 要有与超声检测仪型号和系列相符, 包括第 6 章规定的产品的技术要求。

注: 该技术要求可以是超声检测仪的使用说明书的组成部分, 也可以单独制定, 但应说明所适用的型号及系列。制造者的技术要求自身并不作为 b) 中规定的测量值的合格证明。

6 超声检测仪制造者的技术要求

6.1 概述

超声检测仪的技术要求至少应包括 6.2~6.5 的内容。按第 7 章规定的方法测得的结果应使用带

规定允差的标称值形式表示。

6.2 一般规定

应详细列出以下各项：

- a) 外形尺寸。
- b) 质量(在工作条件下)。
- c) 电源类型。
- d) 探头插座型号。
- e) 电池工作时间(新电池要在最大功耗情况下测量)。
- f) 按照技术要求工作时,温度和电压[交流电和(或)电池]的范围,如需预热,应规定预热时间。
- g) 当电池电压过低使超声检测仪性能超出技术要求时的指示方式。
- h) 电池正常放电和充电过程中,在电池电压的全范围内,标准恒定信号的幅度和其在时基线位置变化的百分数。
- i) 脉冲重复频率 PRFs[档位和(或)可调范围]。
- j) 插座可输出的不检波(即:射频 RF)和(或)检波信号。
- k) 提供信号监测的输出方式,即有(或无)方式输出,和(或)比例输出,如有可能,提供输出响应时间、线性、比例输出的最大电流驱动能力和稳定性。有(或无)闸门阈值的准确度和回差及开关输出的保持时间。

6.3 显示屏

应详细列出以下各项：

- a) 显示屏刻度区域的尺寸；
- b) 垂直和水平方向长、短刻度线的数目；
- c) 超声检测仪是否有内置的、操作人员无法控制的抑制；
- d) 时基线的速率、延迟范围和时基线性。

6.4 发射器

应详细列出以下各项：

- a) 发射脉冲的形状(例如方波、单向或双向),如有可能,还应包括极性。
- b) 在发射输出端连接 $50\ \Omega$ 无感电阻的负载,对应每个发射强度和脉冲重复频率的档位检测如下各项:
 - 1) 发射脉冲电压(峰-峰电压)；
 - 2) 脉冲上升时间；
 - 3) 脉冲宽度(对于方波,包括脉冲宽度可调的范围)；
 - 4) 有效输出阻抗(带允差值)；
 - 5) 脉冲下降时间(仅对方波)；
 - 6) 脉冲反冲幅度；
 - 7) 绘制频谱图。

6.5 放大器和衰减器

应详细列出以下各项：

- a) 经过校准的衰减器(又称为增益控制器)的特性,即:分贝范围、步进大小和准确度；
- b) 未校准可变增益的特性,即:分贝范围；

- c) 测得的与显示屏刻度相关的幅度线性；
- d) 每个频带设定的中心频率和带宽(在-3 dB 点之间),并给出允差值,包括衰减器设定的影响(如果有的话)；
- e) 发射脉冲后盲区,包括发射强度、阻尼、衰减器或增益控制器和频带设定的影响；
- f) 对应所有频率设定值的输入等效噪声(微伏)；
- g) 在所有规定的频率范围内,信号幅度为全屏幅度 10% 时的最小输入电压；
- h) 在所有规定的频率范围内,超声检测仪的动态范围；
- i) 在所有规定的频率范围内,超声检测仪的等效输入阻抗；
- j) 距离幅度校正曲线(DAC)功能包括:动态范围、最大修正斜率(单位为分贝每微秒)、校正形式和 DAC 不同设置的影响。

使用对数放大器的超声检测仪,参见附录 A。

6.6 数字式超声检测仪

数字式超声检测仪除符合上述 6.1~6.5²⁾ 规定以外,还宜增加下列各项:

- a) 模数转换；
- b) A 型显示的像素数量；
- c) 数据输出及存储部件；
- d) 打印输出；
- e) 校准存储部件；
- f) 显示与检索部件；
- g) 自动校准；
- h) 显示屏的类型和响应时间。

如果可能,更详细的内容宜包括所用的采样率、脉冲重复频率或时基线范围对采样率和响应时间的影响。此外,还宜说明显示数据处理的算法原理和安装的软件版本。

7 超声检测仪的性能要求

为满足本部分的性能要求,应采用下述三组³⁾ 检验方法对超声检测仪进行检验:

第 1 组:由制造者(或其代理商)从所生产的超声检测仪中抽取有代表性的样品进行检验,检验时要使用较高准确度等级的电子测量仪器。

第 2 组:对超声检测仪逐台进行检验,一般包括下列检验:

- 1) 制造者或其代理商在提供超声检测仪之前的检验(零点检验)；
- 2) 制造者、用户或实验室,在使用期限内每隔 12 个月对超声检测仪的性能进行检验；
- 3) 超声检测仪维修后的检验。

对于第 2 组所列的各类检测仪需使用基本电子检测仪器即可。

经过双方协议,可将第 1 组中的检测项目补充到第 2 组的检测项目中。

第 3 组:对于超声检测仪和探头组成的组合设备整个系统的检验见 GB/T 27664.3。在使用期限内,要按规定的检验周期在现场进行检验。表 2 汇总了超声检测仪的检测项目。

对于本部分实施之前就已出售的使用中的超声检测仪,每隔 12 个月应按第 2 组方法进行定期检验以证明其持续适用性。

2) EN 12668-1:2000 原文中为 6.4,与数字式超声检测仪实际要求不符,本部分修改为 6.5。

3) EN 12668-1:2000 原文中为两组,与下文实际描述不符,本部分修改为三组。

维修后,对可能影响到的超声检测仪的所有参数,应选用第 1 组或第 2 组方法中的合适的检测项目进行检验。

制造者检验包括第 1 组和第 2 组方法中的全部检测项目。

零点、周期检验和维修后的检验为第 2 组方法中的检测项目。

表 2 超声检测仪的检测项目

检测项目	GB/T 27664.1 ⁴⁾ 第 1 部分:仪器		GB/T 27664.3 ⁴⁾ 第 3 部分:组合设备
	制造者检验	周期和维修后检验	
外观质量	9.2	9.2	3.4.2
稳定性			
相对温度变化的稳定性	8.2		
预热后的稳定性	9.3.2	9.3.2	
显示抖动	9.3.3	9.3.3	
相对电压变化的稳定性	9.3.4	9.3.4	
发射脉冲			
脉冲重复频率	8.3.2		
有效输出阻抗	8.3.3		
发射脉冲频谱	8.3.4		
发射电压、脉冲上升时间、反冲和宽度	9.4.2	9.4.2	
接收器			
发射期间从发射器到接收器的发射能量泄漏抑制	8.4.2		
发射脉冲后盲区	8.4.3		
动态范围	8.4.4		
接收器输入阻抗	8.4.5		
距离幅度校正	8.4.6		
瞬时分辨力	8.4.7		
放大器频率响应	9.5.2	9.5.2	
等效输入噪声	9.5.3	9.5.3	
灵敏度和信噪比			3.4.3
经过校准的衰减器的准确度	9.5.4	9.5.4	3.2.2
幅度线性	9.5.5	9.5.5	3.2.2
增益线性			3.2.2
时基线性	9.6	9.6	3.2.1
监测闸门			
固定监测阈值的响应阈值和开关回差	8.5.2		

4) EN 12668-1:2000 原文没有列出各部分的标准编号,为便于区别本部分和第 3 部分的条的编号,故表 2 中加上了各部分的标准编号。

表 2 (续)

检测项目	GB/T 27664.1 ¹⁾ 第1部分:仪器		GB/T 27664.3 ²⁾ 第3部分:组合设备
	制造者检验	周期和维修后检验	
可调监测阈值的开关回差	8.5.3		
开关输出的保持时间	8.5.4		
比例输出			
比例闸门输出的阻抗	8.6.1		
比例闸门输出的线性	8.6.2		
比例闸门输出的频率响应	8.6.3		
比例闸门输出的噪声	8.6.4		
闸门内测量信号位置对比例闸门输出的影响	8.6.5		
脉冲波形对比例闸门输出的影响	8.6.6		
比例闸门输出的上升、下降和保持时间	8.6.7		
数字式超声检测仪的附加检测项目			
数字式超声检测仪的时基线性	8.7.2	8.7.2	3.2.1
数字采样误差	8.7.3		
数字式超声检测仪的响应时间	8.7.4		

8 第1组检验

8.1 第1组检验需要的测量器具

按照第1组检验规定的检测方法对超声检测仪进行检测使用的主要测量器具如下:

- a) 任选一种:
 - 1) 带宽不小于 100 MHz 的示波器和带宽不小于 40 MHz 频谱分析仪;
 - 2) 带宽不小于 100 MHz、具有快速傅立叶变换计算功能的数字式示波器。
- b) 阻值为 50 Ω 和 75 Ω 、最大允许相对误差为 $\pm 1\%$ 的无感电阻。
- c) 步进 1 dB、总衰减量 100 dB、输出阻抗 50 Ω 的标准衰减器,当信号频率在 15 MHz 以内时,任意 10 dB 范围的累积误差应在 ± 0.3 dB 以内。
- d) 任选一种:
 - 1) 一台任意波形发生器;
 - 2) 两台脉冲信号发生器,该发生器要带有外部触发或选通闸门,能输出两个门控的正弦射频信号串,这两个信号的幅度应能单独调整,调整范围应达到 20 dB。

注:如果使用两台脉冲信号发生器,要采用合适的匹配电路,使这两台信号发生器的输出合并为一路检测信号。

- e) 保护电路,其示例如图 1 所示。
- f) 数字计时器,能够在 1 000 个触发脉冲后产生一个溢出脉冲,同时,能够测量两个相邻溢出脉冲的间隔时间,准确到 $\pm 0.01\%$ 。
- g) 阻抗分析仪。
- h) 环境试验箱。

除检测相对温度变化的稳定性(8.2)项目以外,第1组检验的所有检测项目均使用能产生所要求检

测信号的电子仪器检测。所用电子仪器的性能及其稳定性应满足检测要求。

注：在将示波器和(或)频谱分析仪连接到超声检测仪的发射器之前，按照本部分某些检测项目的要求，要对它们做防止被高发射电压击坏的检查。

8.2 相对温度变化的稳定性

8.2.1 检测方法

采用诸如中心频率在 2 MHz~6 MHz 范围内的纵波探头和试块，在超声检测仪显示屏上产生两个回波。第一个回波的幅度应调至全屏幅度的 80%，调节时基线，使这两个回波分别位于全屏宽度的 20%和 80%位置。在检测过程中，探头和试块的温度变化不应大于 2℃，并且应采取必要的措施以避免探头和试块间的耦合产生变化。

把超声检测仪放入环境试验箱，调节试验箱的环境温度。在制造者规定的温度范围内，以不超过 10℃的间隔使温度变化，读出并记录相应回波的幅度及其位置。

8.2.2 验收标准

温度每变化 10℃，参考回波幅度和位置变化的最大允许值应分别为±5%和±1%。

8.3 发射脉冲参数

8.3.1 概述

本条包含了脉冲重复频率、输出阻抗和发射脉冲频谱的检测方法。发射脉冲形状和幅度的检测方法 & 验收标准在 9.4 中规定。

8.3.2 脉冲重复频率

8.3.2.1 检测方法

把超声检测仪置于双探头(发射器和接收器分开)工作方式，将示波器连接到超声检测仪的发射端。

注：检查示波器的输入以防止被高发射电压损坏。

在不同的脉冲重复频率的每个设定值下，用示波器测量发射脉冲的重复频率。若超声检测仪的控制器有多种组合档位，且组合档位的脉冲重复频率(通常指范围和脉冲重复频率)相同时，仅需要检测其中一个组合档位。对于带有脉冲重复频率连续可调控控制器的超声检测仪，应从制造者的技术要求中选择一个设定值进行检测。

8.3.2.2 验收标准

在每个设定值下测得的脉冲重复频率值应在技术要求规定指标的±20%以内。

8.3.3 有效输出阻抗

8.3.3.1 检测方法

采用 9.4.2 的检测方法，在超声检测仪的发射端连接一个 50Ω 的无感电阻，用示波器测量发射脉冲电压 V_{50} 。然后用 75Ω 的电阻替换 50Ω 的电阻，测量发射脉冲电压 V_{75} 。应针对每个发射强度设定值和发射脉冲频率，在最大和最小脉冲重复频率、最大和最小阻尼下进行检测。

对于每个脉冲设定值，用公式(1)计算有效输出阻抗 Z_o ，单位为欧姆(Ω)：

$$Z_o = 50 \times 75 \frac{(V_{75} - V_{50})}{(75V_{50} - 50V_{75})} \dots\dots\dots (1)$$

注：电压 V_{50} 和 V_{75} 分别为相应的脉冲偏离基线的最大值。

8.3.3.2 验收标准

有效输出阻抗应在技术要求规定值的±20%以内,并且不应大于50 Ω。

8.3.4 发射脉冲频谱

8.3.4.1 检测方法

使用频谱分析仪或带有快速傅立叶变换计算功能的示波器测量发射脉冲的频谱。绘制对应幅频响应至少为30 dB极限值的频谱图,并应记录脉冲设定值和所加窗函数的参数。该窗宽度应为脉冲宽度的两倍,并以脉冲为中心轴。

8.3.4.2 验收标准

发射脉冲频谱应在技术要求规定的允差以内。

8.4 接收器

8.4.1 概述

本条规定了从发射到接收能量泄漏抑制、发射脉冲后盲区、动态范围、接收器输入阻抗、距离幅度校正和瞬时分辨力等检测项目的测试方法。有关放大器的频率响应⁵⁾、等效输入噪声、经过校准的衰减器的准确度和幅度线性等检测项目的检测方法及其验收标准在9.5中规定。

8.4.2 发射期间从发射器到接收器的发射能量泄漏抑制

8.4.2.1 检测方法

在发射器输出端和接收器输入端接50 Ω的电阻,超声检测仪设置在双探头工作方式(发射器和接收器分开)。用示波器测量发射器输出端的峰-峰值电压 V_{50} (在9.4.2中测得的)和接收输入端的峰-峰值电压 V_c ,如图2所示。这两个电压比的对数值即为在发射期间的发射能量泄漏抑制 D_s (单位为分贝),按公式(2)计算。

$$D_s = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{50}}{V_c} \right) \dots\dots\dots (2)$$

8.4.2.2 验收标准

发射期间的发射能量泄漏抑制 D_s 应大于80 dB。

8.4.3 发射脉冲后盲区

8.4.3.1 检测方法

校准超声检测仪显示屏时基线的全屏刻度为0 μs~25 μs,然后调整零点偏置,使发射脉冲前沿对准零刻度线。

按图3所示连接超声检测仪,将超声检测仪设置为单探头工作方式(组合的发射器和接收器)。

注:采用图1所示的保护电路以防止因发射尖峰脉冲损坏函数信号发生器。适合于大多数超声检测仪的射频选通脉冲的持续时间为5 μs,间隔为24 μs。

依次选择超声检测仪每个频带的设定值,调整输入信号的射频频率以便在显示屏上得到如图4所

5) EN 12668-1:2000 原文为“放大器带宽”,与9.5.2“放大器的频率响应”的内容不对应,本部分统一修改为“放大器的频率响应”。

示的近似最大电平的信号。调整输入信号幅度,使显示屏末端的信号幅度为全屏幅度的 50%。在此过程中,改变输入信号电平,并检查超声检测仪放大器要处于未饱和状态。

盲区用自发射脉冲前沿到基线上信号幅度为全屏幅度 25% (即在显示屏末端的信号幅度为 50%) 所对应的时间表示,单位为微秒。

8.4.3.2 验收标准

对应所设定的测试结果最差的频带,发射脉冲后盲区应小于 10 μs。

8.4.4 动态范围

8.4.4.1 检测方法

用图 5 所示的检测仪器,在按照 9.5.2 所测得的每一个频带的中心频率 f_c 处检查动态范围,用这些检测仪器应产生十个周期的测试信号,如图 6 所示。将超声检测仪的衰减器或增益控制器(包括校准的和未校准的)设置到最小增益,提高输入信号幅度直至信号出现饱和或显示的幅度达到全屏幅度的 100%。测量输入信号的电压 V_{max} (测量时要适当考虑外部标准衰减器的设置)。

将超声检测仪的增益控制器(包括校准的和未校准的)设置到最大增益。

如果噪声电平大于全屏幅度的 5%,减少增益,直至噪声电平幅度为全屏幅度的 5%。调整输入信号幅度使超声检测仪显示的信号幅度达到全屏幅度的 10%。测量输入信号的电压 V_{min} (测量时要适当考虑外部标准衰减器的设置)。

注:如果门控信号发生器不能提供足够低的电压,应将超声检测仪重新设置到大于最小增益 20 dB 的电平并对测量结果作必要的修正。

可用的动态范围按公式(3)计算,单位为分贝。

$$20\log_{10} \left(\frac{V_{max}}{V_{min}} \right) \dots\dots\dots (3)$$

除了 V_{min} 低于等效输入噪声 V_{en} 的情况以外,限定动态范围按公式(4)计算,单位为分贝:

$$20\log_{10} \left(\frac{V_{max}}{V_{en}} \right) \dots\dots\dots (4)$$

8.4.4.2 验收标准

可用的动态范围应至少为 100 dB,且最小输入电压 V_{min} 应在制造者技术规范规定的允差以内。

8.4.5 接收器输入阻抗

8.4.5.1 检测方法

超声检测仪分别置于双探头(发射器和接收器分开)和单探头(组合发射器和接收器)工作方式,用阻抗分析仪测定接收器输入阻抗的实数部和虚数部。当在发射器和接收器没断开的单探头工作方式下测量输入阻抗时,宜停止发射脉冲。应在信号频率为 4MHz,将超声检测仪的增益控制器分别设置在最小(R_{min}, C_{min})和最大(R_{max}, C_{max})增益下进行这些测量。超声检测仪如果装有阻尼控制器,在检测过程中宜将其设置在最小值的档位。

通常,接收器的输入阻抗能由一个输入电阻和一个并联电容确定。

8.4.5.2 验收标准

当检测频率为 4 MHz 并在最大增益时,输入阻抗的实数部 R_{max} 应满足: $50 \Omega \leq R_{max} \leq 1 \text{ k}\Omega$, 并联电容 $C_{max} \leq 150 \text{ pF}$ 的条件。对应最大增益和最小增益时,输入阻抗的实数部 R_{max} 和 R_{min} 应满足公式(5)的

条件:

$$\frac{|R_{\max} - R_{\min}|}{R_{\max}} \leq 0.1 \quad \dots\dots\dots (5)$$

在最大增益和最小增益时,输入阻抗电容部分 C_{\max} 和 C_{\min} 应满足公式(6)的条件:

$$\frac{|C_{\max} - C_{\min}|}{C_{\max}} \leq 0.15 \quad \dots\dots\dots (6)$$

8.4.6 距离幅度校正曲线(DAC)

8.4.6.1 检测方法

将操作者所要求的理论 DAC 与超声检测仪实际生成的 DAC 进行比较,来检验 TDG 或 DAC 的校正性能。理论曲线是由制造者根据 DAC 控制器操作所提供的数据计算生成的,实际 DAC 是在所激活的理论的 DAC 的水平时基线上的若干个位置上,通过改变检测脉冲幅度测得的。将理论 DAC 与实际 DAC 比较。本项检测选择的 DAC 应包括通过超声检测仪能够使校正斜率变化最大的曲线。

按图 5 所示连接检测仪器,超声检测仪设置于双探头工作方式(发射器和接收器分开)。调整超声检测仪的增益,使 DAC 的动态范围最大。此项检测的整个过程中要避免前置放大器比 DAC 电路先达到饱和。

检测时启动 DAC 功能,使水平时基线上的检测信号位置正好在 DAC 的起始位之前,调整外部标准衰减器,使超声检测仪的检测信号幅度为全屏幅度的 80%,此时外部标准衰减器设定值记为 A_0 。

增加检测信号的延迟时间,使该信号沿着时基线移动 ΔT ,并应满足公式(7)的条件:

$$\Delta T = \frac{T_{\text{final}} - T_0}{N} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

T_0 ——DAC 开始时间;

T_{final} ——DAC 结束时间;

N ——测量次数, $N \geq 11$ 。

调整外部标准衰减器,使检测信号幅度为全屏幅度的 80%,并记录衰减器设定值 A_n ;延迟时间再增加 ΔT ,使检测信号范围加大,再次记录使检测信号为全屏幅度 80%时的衰减器设置值。继续增加延迟时间和调整外部标准衰减器并记录其值,直至做完 N 次测量为止。

最后一次测量结束后,通过给外部标准衰减器增加 6 dB,使信号幅度降低并依据其是否处在全屏幅度的 38%~42%范围内而评定 DAC 的饱和情况。如果信号幅度不在该范围内,应减少 ΔT ,重复进行 DAC 的饱和检测。应在未饱和的位置上测试 DAC 的动态范围。

通过以上方法,绘制出实际 DAC 和理论 DAC 图。

对应滤波器设置的每个频带的中心频率和 DAC 增益的最大、中间及最小设定值均应进行测试并进行比较。

8.4.6.2 验收标准

操作者所需要的理论 DAC 与实际 DAC 之差的允许值为 ± 1.5 dB。

8.4.7 瞬时分辨力

8.4.7.1 检测方法

选择超声检测仪的最宽频带,按图 5 所示连接设备,对应所选择的频带宽度,使用在 9.5.2 中测得的中心频率 f 。产生两个单周期的测量脉冲。这两个脉冲信号相邻宜有一段间隔,以免相互影响。显示信号要调节到刚好为全屏幅度的 80%。宜设置设备使这两个信号的幅度能在 20 dB 范围内单独改变。

采用下述方法测量瞬时分辨力 t_{A1} 和界面波后的瞬时分辨力 t_{A2} ：

a) 测量瞬时分辨力 t_{A1}

缩短这两个测量信号的距离,直到两个信号中间形成的波谷与峰值相差 6 dB。在此过程中,两个信号的幅度变化不应超过全屏幅度的 10%。由脉冲发生器测得的第一个测试信号的起始点与第二个信号的起始点之间的时间间隔即为瞬时分辨力 t_{A1} 。

b) 测量界面波后的瞬时分辨力 t_{A2}

在保持第二个信号的幅度为全屏幅度的 80%的前提下,将第一个测试信号的幅度增加 20 dB,以缩短它们之间的距离,使两测试信号峰值与波谷相差 6 dB(相对于幅度较小的信号)。在此过程中,较小测试信号幅度的变化不应超过全屏幅度的 10%。由脉冲发生器测得的第一个测试信号起始点与第二个信号起始点之间的时间间隔即为界面波后的瞬时分辨力 t_{A2} 。

8.4.7.2 验收标准

瞬时分辨力的测量值应在制造者的技术要求的允差以内。

8.5 监测闸门

8.5.1 概述

本条规定了带开关输出的监测闸门的检测方法。比例监测闸门输出的检测方法在 8.6 中给出。

宜根据制造者的技术规范连接监测输出,并绘制电路图。如果制造者没有规定,则关闭统计法干扰抑制。

所有监测闸门的检测均采用图 7 所示的仪器配置方式。在这种配置中,检测信号的触发脉冲是由发射脉冲配合一个固定衰减器、一个计时器和一个脉冲发生器产生的。如图 8 所示,计时器能够使这样的设备配置在一个发射脉冲后,产生一个检测信号,而后,有大量的(至少 1 000 个)发射脉冲不产生检测信号。

8.5.2 固定监测阈值的响应阈值和开关回差

8.5.2.1 检测方法

调节检测信号的触发,使其每发射一次脉冲,产生一个检测信号。

然后,改变检测信号的幅度,并测量闸门监测信号打开和关闭时的信号幅度。

开和关闸门信号幅度的差值为闸门开关回差,其平均值为响应阈值电平。要以按照 9.5.2 测出的中心频率 f_c 和 -3 dB 的上、下限频率(f_u, f_l) 在闸门内信号的不同位置重复进行测量。

8.5.2.2 验收标准

对于固定阈值的监测闸门,开和关监测信号的幅度应在制造者技术规范规定值的全屏幅度的 $\pm 2\%$ 以内,闸门开关回差也应小于全屏幅度的 2%。

8.5.3 可调监测阈值的开关回差

8.5.3.1 检测方法

对于带可调监测阈值的超声检测仪,按 8.5.2 检测方法,分别在监测阈值为全屏幅度的 20%、40%、60%和 80%处测量。如果标尺刻度值能够调整,则该刻度值应和显示屏上所调整的阈值一起记录。

8.5.3.2 验收标准

监测闸门阈值的回差应小于全屏幅度的 2%。

8.5.4 开关输出的保持时间

8.5.4.1 检测方法

调节触发信号的幅度使开关输出导通,然后改变检测信号的触发,使带触发信号的发射脉冲后面有大约 1 000 个没有触发信号的发射脉冲,如图 8 所示。

在其 50%电平时测出的检测信号末端到开关输出关闭的时间间隔,即为开关输出的保持时间。如果开关输出有不同的保持时间,则应测量所有的输出。

8.5.4.2 验收标准

开关输出的保持时间应在制造者技术规范规定指标的±20%以内。

8.6 比例输出的监测闸门

8.6.1 比例闸门输出的阻抗

8.6.1.1 检测方法

将超声检测仪的各增益控制器选定在其增益范围的中间值并将超声检测仪设置在最宽频带。

调整测量信号的触发,使每发射一次脉冲,产生一个频率为按 9.5.2 测出的中心频率 f_c 的测量信号。

调整测量信号的幅度,使显示的信号幅度为全屏幅度的 80%,并测量输出电压 V_0 。然后在比例闸门输出端连接一个阻值为 R_1 的电阻,该电阻应满足公式(8)的条件:

$$0.75I_{\max} \leq \left(\frac{V_0}{R_1} \right) \leq 0.85I_{\max} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

I_{\max} ——能够由比例闸门输出驱动的最大电流。

记录交流输出电压 V_1 。按公式(9)计算输出阻抗(实部):

$$|Z_A| = \left(\frac{V_0}{V_1} - 1 \right) R_1 \quad \dots\dots\dots (9)$$

8.6.1.2 验收标准

测得的输出阻抗应在制造者技术规范给出的允差以内。

8.6.2 比例闸门输出的线性

8.6.2.1 检测方法

将超声检测仪各增益控制器选定在其增益范围的中间值并将超声检测仪设置在最宽频带。调整测量信号的触发,使每发射一次脉冲,产生一个频率为按 9.5.2 测出的中心频率 f_c 的测量信号。调整测量信号的幅度使显示的信号幅度为全屏幅度的 80%,并在比例闸门的输出端测量电压,称这个电压为参考电压。全屏幅度的输出电压为参考电压的 1.25 倍。

按表 3 给定的值,依次改变测试信号的幅度。

记录输出电压与其标称值的差值。

8.6.2.2 验收标准

检测结果应在制造者技术规范给出的允差以内。

表 3 规定的衰减器不同设置值所对应的理论输出电压

衰减量/ dB	标称值/ %(全屏幅度输出电压的百分比)
+1	90
0	80
-2	64
-4	50
-6	40
-8	32
-10	25
-12	20
-14	16
-16	13
-18	10

8.6.3 比例闸门输出的频率响应

8.6.3.1 检测方法

本项检测是测量比例闸门输出对接收器输入信号的频率响应。采用图 7 所示的测量仪器的配置方式,以使每发射一次脉冲,产生一个测量信号。

将经过校准的增益控制器设置在中间值,并将未校准的增益控制器设置在最大增益。通过改变测量信号的载波频率直到在模拟输出得到全屏幅度电压,找出最大输出所对应的频率 f_{gmax} 。一旦找到 f_{gmax} ,调整测量信号的幅度,使比例闸门输出电压为按照 8.6.2 测出的全屏幅度电压的 80%。之后,分别降低和提高测量信号的载波频率,直至比例闸门输出电压下降 3 dB 为止。

f_{gu} 、 f_{gl} 值为测得的值,利用测得的 f_{gu} 、 f_{gl} ,按公式(10)计算中心频率 f_{go} :

$$f_{go} = \sqrt{f_{gu} \times f_{gl}} \dots\dots\dots (10)$$

并按公式(11)计算频带宽度 Δf_g :

$$\Delta f_g = f_{gu} - f_{gl} \dots\dots\dots (11)$$

8.6.3.2 验收标准

检测结果应在制造者技术规范给出的允差以内。

8.6.4 比例闸门输出的噪声

8.6.4.1 检测方法

在超声检测仪接收器输入端连接 50 Ω 电阻。将所有增益控制器设置到最大值,并选用超声检测仪的最宽频带。输出电压不应超过全屏幅度输出的 40%。否则,应降低增益,使输出电压的幅度不应超

过全屏幅度的 40%，记录增益的设定值。

8.6.4.2 验收标准

检测结果应在制造者技术规范给出的允差以内。

8.6.5 闸门内测量信号位置对比例闸门输出的影响

8.6.5.1 检测方法

采用图 7 所示的仪器配置方式，以使每发射一次脉冲，产生一个测量信号。将超声检测仪的增益控制器设置在中间值，并将超声检测仪设置在最宽频带。调整中心频率 f_c 的测量信号的幅度，使其产生一个幅度为全屏幅度 80% 的显示信号。调整该测量信号使其分别落在闸门的前五分之一、中间和后五分之一的位罝上，并测量比例输出的电压。

8.6.5.2 验收标准

检测结果应在制造者技术规范给出的允差以内。

8.6.6 脉冲波形对比例闸门输出的影响

8.6.6.1 检测方法

脉冲转换以放大器对不同测试信号的响应来表示其特性。

采用图 7 所示的仪器配置方式，以使每发射一次脉冲，产生一个测量信号。将超声检测仪的增益控制器设置在中间值，并将超声检测仪设置在最宽频带。对应所选定的滤波器，将测量信号的载波频率设置为按 9.5.2 测得的中心频率 f_c 。调整测量信号的幅度，使比例闸门的输出电压为全屏幅度输出电压的 80%。

采用下列给定的检测信号，记录使输出电压达到全屏幅度输出电压的 80% 所对应的外部衰减器的设定值：

- a) 负前沿的正弦波；
- b) 正前沿的正弦波；
- c) 具有 5 个周期的测量信号，与图 6 相似；
- d) 具有 15 个周期的测量信号，与图 6 相似。

8.6.6.2 验收标准

测量结果应在制造者技术规范给出的允差以内。

8.6.7 比例闸门输出的上升、下降和保持时间

8.6.7.1 检测方法

采用图 7 所示的测量仪器配置方式，调整测量信号的触发，使每发射一次脉冲，产生一个测量信号。仍使用超声检测仪增益控制器设置的中间值、超声检测仪的最宽频带设定值和具有按 9.5.2 测得的中心频率 f_c 的测量信号。调整测量信号，使比例闸门的输出为全屏幅度输出电压的 80%。改变测量信号的触发（如发射一次脉冲，产生一个测量信号，而后约有 1 000 个不带测量信号的发射脉冲），使在模拟输出端能够观察到两个连续输出信号之间最小的输出电压。上升时间为输出电压（该电压等效于测量信号产生的输出信号的 10% 到 90%）从全屏幅度输出电压的 8% 上升到 72%（见图 8）的时间间隔。

下降时间为输出电压从全屏幅度输出电压的 72% 下降到 8% (见图 8) 的时间间隔。
保持时间为检测信号结束后 (见图 8) 输出电压大于全屏幅度输出电压 72% 的时间间隔。

8.6.7.2 验收标准

测量结果应在制造者技术规范给出的允差以内。

8.7 数字式超声检测仪

8.7.1 概述

本部分中其他检测方法的某些条款能够适用于对数字式超声检测仪的检测。但仅采用这些方法检测数字式超声检测仪的性能是不完善的。本条增加的参数不适用于模拟式超声检测仪,但可以检验数字式超声检测仪的性能,这些参数是为 A 扫描的数字化和提供 A 扫描显示算法而引入的。对于无损检测仪器来说,这是一个新的领域,检验标准仍在不断完善之中。然而,本条给出了适合于一些数字式超声检测仪的三项检测的指南。这些检测方法并非尽善尽美,根据数字式超声检测仪的设计特点,可以进行更为详尽的检测,以保证其适用性。

8.7.2 数字式超声检测仪的时基线性

8.7.2.1 检测方法

本项采用将数字式超声检测仪的时基线性与经过校准的计时器的时基线性进行比较的方法检测。

按图 5 所示的配置方式连接检测仪器。调整脉冲信号发生器以输出一个所选频带的中心频率为 f_0 的单周期正弦波。按顺序将数字式超声检测仪时基线范围设置在最小、最大和中间位置。对应每个设定值,调整触发延迟、数字式超声检测仪的增益控制器或衰减控制器和经过校准的外部衰减器,使在显示屏时基线中间位置获得至少为全屏幅度 80% 的显示信号。以不大于全屏宽度 5% 的增量,改变触发延迟,并记录每个延迟值 (由计数器或计时器测得) 和数字式超声检测仪在其显示屏上显示的相应信号前沿的位置值。根据计数器或计时器测得的各延迟值,在数字式超声检测仪上标绘出位置。绘制或计算出一条最佳的拟合曲线。并且计算每次测量的误差值。

8.7.2.2 验收标准

时基线性应在全屏宽度的 $\pm 0.5\%$ 以内。

8.7.3 数字采样误差

8.7.3.1 检测方法

本项检测是用来检验数字式超声检测仪在其带宽内对应最高频率的信号是否能够正确地在显示屏上显示出来,尤其是信号幅度是否与时基线范围无关。

检测宜在每个频带的检波和射频方式下进行,最好不使用 DAC。对影响数字化的每个设定值 (例如时基线范围和脉冲重复频率) 宜重复进行本项检测。

将超声检测仪设置在双探头工作方式 (发射器和接收器分开),采用图 5 所示的设备配置方式,以产生一个与发射脉冲同步的检测信号。将信号的延迟 T 调至 T_0 , 让 T_0 大于发射脉冲后盲区。将门控射频波形信号发生器的频率调整为对应包括最高频率的最宽频带中按 9.5.2 测出的 -3 dB 点的上限频率 f_u , 调整波形信号发生器,使其输出一个单周期的正弦波信号,其幅度为全屏幅度的 80%。

利用可变延迟,以很小的增量 ΔT 增加延迟 T 时,增量 ΔT 按公式 (12) 计算。

$$\Delta T = \frac{1}{10f_u} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

f_a ——按 9.5.2 测出的频带—3 dB 转折点的上限频率值。

每次增加 ΔT 时，测量显示屏上显示的信号幅度。继续增加延迟时间，并测量信号幅度，直至完成 30 次（即 3 个波长）测量为止。

8.7.3.2 验收标准

所记录的从最大到最小信号幅度的变化量应在全屏幅度的 $\pm 5\%$ 以内。

8.7.4 数字式超声检测仪的响应时间

8.7.4.1 检测方法

大多数数字超声检测仪的显示屏都有一个所限定的刷新率，并且这个刷新率可以不与数字式超声检测仪的脉冲重复频率相匹配。因此仅在很短时间里测出的瞬时回波可能无法在显示屏上完全显示其幅度。本项检测的目的是测量时间，即瞬时回波应在数字式超声检测仪显示屏上显示其全屏幅度 80% ⁶⁾ 之前就要被检测到。

采用与上述检测项目(8.7.3)相同的设备配置方式，以输出一个频率为按 9.5.2 测出的对应频带的上限截止频率 f_a 的单周期正弦检测信号。将数字式超声检测仪增益调至其动态范围的中间值，并调整测试信号幅度使其为全屏幅度的 80% 。在下一个脉冲产生之前，信号发生器需要重新准备之后，调整信号发生器，使其输出一个单发窄脉冲。检测信号消失后，数字式超声检测仪的显示屏宜显示一个为全屏幅度 80% 的信号。如果没有回波显示，或者信号幅度不在全屏幅度的 $75\% \sim 85\%$ 之间，则通过调整信号发生器增加选通闸门宽度，设置信号发生器为多发模式，增加发射次数，直至使该信号幅度达到全屏幅度的 $76\% \sim 85\%$ 为止。

测量的从发射脉冲开始触发产生选通测试信号闸门至选通测试信号闸门结束后数字式超声检测仪再次开始发射脉冲的时间，即为数字式超声检测仪的响应时间，如图 9 所示。

对数字式超声检测仪的响应时间有影响的每个设定值，如时基线范围及脉冲重复频率的设定值，均需重复进行这项检测。

8.7.4.2 验收标准

响应时间应在制造者技术规范给出的允差以内。

9 第 2 组检验

9.1 第 2 组检验需要的测量器具

按本部分规定的第 2 组检测方法对超声检测仪进行检测，使用的主要测量器具如下：

- a) 带宽不小于 100 MHz 的示波器；
- b) 阻值为 50 Ω 最大允许相对误差为 $\pm 1\%$ 的无感电阻；
- c) 步进为 1 dB、总衰减量大于 100 dB、输出阻抗为 50 Ω 的标准衰减器，当信号频率在 15 MHz 以内时，该衰减器任意 10 dB 范围的累积误差应在 ± 0.3 dB 以内；
- d) 脉冲信号发生器，该信号发生器有一个外部触发器或选通闸门，能产生由闸门选通的在适合被检超声检测仪范围内可调其幅度的正弦射频信号串；
- e) 适用于替代超声检测仪所用电池的可调直流电源；

6) EN 12668-1:2000 原文为 90% ，与本条下文的检测描述不一致，本部分统一修改为 80% 。

f) 用于调整交流电源电压的可调变压器。

除稳定性以外的其他所有检测项目,均采用电子方式产生所需要的信号。这些电子仪器的性能及其稳定性应满足检测要求。

9.2 物理状态与外观

目测超声检测仪的外观,检查是否存在影响正常工作及未来可靠性的外部损伤。

9.3 稳定性

9.3.1 概述

下列条款描述了针对时间、交流电源和电池电压变化测量超声检测仪的稳定性的检测方法。

9.3.2 预热后的稳定性

9.3.2.1 检测方法

使用一个中心频率在 2 MHz~6 MHz 之间的探头,例如零度纵波探头和合适的试块,使超声检测仪显示一个回波信号。第一个回波的幅度应调整为全屏幅度的 80%,并调整时基线,使该回波在大于或等于 50 mm 钢的纵波范围时位于全屏宽度的 80%。在检测过程中,应采取必要的措施以保证探头和试块的耦合稳定不变。如果配有延时控制器,则延时应设定为零。

在 30 min 内,每隔 10 min 观察回波的幅度和其在时基线上位置的稳定性。

在检测过程中,环境温度应保持在超声检测仪制造者技术规范规定的 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围以内。确保电源或电池的电压在制造者技术规范规定的范围以内。

9.3.2.2 验收标准

根据制造者技术规范,在经过准许预热后 30 min 内:

- a) 信号幅度变化的最大允许值为全屏幅度的 $\pm 2\%$;
- b) 沿时基线漂移的最大允许值为全屏宽度的 $\pm 1\%$ 。

9.3.3 显示抖动

9.3.3.1 检测方法

按 9.3.2 描述的方法产生一个回波参考信号,观察频率大于大约 1 Hz 的回波幅度和(或)位置的变化。要避免高增益设置,在那种情况下,放大器的噪声可能会妨碍测量。

9.3.3.2 验收标准

信号幅度变化的最大允许值为全屏幅度的 $\pm 2\%$;
信号位置变化的最大允许值为全屏宽度的 $\pm 1\%$ 。

9.3.4 相对电压变化的稳定性

9.3.4.1 检测方法

使用稳压电源给超声检测仪供电,将电压调到超声检测仪规定的工作范围的中间值,按 9.3.2 描述的方法产生一个回波参考信号。

在制造者技术规范规定的电压范围内,对应下列各项,观察回波参考信号的幅度和其在时基线上位置的稳定性:

- a) 改变交流电源电压(通过电源变压器调节);和(或)
- b) 改变电池电压(采用电压可变的直流电源代替标准电池组)。

对于带有低电压自动关机系统或报警装置的超声检测仪,应降低交流电源和(或)直流电源的电压,并记录自动关机系统或报警装置起作用时的回波幅度。

9.3.4.2 验收标准

回波参考信号的幅度和位置应在制造者技术规范规定的限值内保持稳定。

低电压自动关机系统或报警灯(如果有的话)应在回波参考信号的幅度从初始设定值变化了全屏幅度的 $\pm 2\%$,或其位置从初始设定值变化了全屏宽度的 $\pm 1\%$ 以前起作用。

9.4 发射脉冲参数

9.4.1 概述

本条规定了发射脉冲形状和幅度的检测方法。

9.4.2 发射电压、脉冲上升时间、反冲和宽度

9.4.2.1 检测方法

将超声检测仪置于双探头工作方式(发射器和接收器分开),把示波器连接到超声检测仪的发射端。

注:连接示波器前,宜检查示波器的输入端,以免由于高发射电压而损坏。

将脉冲重复频率设置到最大,给发射输出插座连接一个 $50\ \Omega$ 无感电阻。用示波器测量发射脉冲电压 V_{50} 。如图10所示测量脉冲上升时间、宽度和反冲的幅度。

在每个发射强度设定值和(或)脉冲重复频率设定值、最大及最小阻抗档位重复进行测量。

以示波器显示屏能清晰显示波形时的最小脉冲重复频率重复进行检测。

9.4.2.2 验收标准

在最大与最小脉冲重复频率和在每个脉冲强度和(或)发射脉冲频带的条件下检测时:

- a) 发射脉冲电压(带负载,即 V_{50})应在制造者技术规范规定的 $\pm 10\%$ 允差以内;
- b) 脉冲上升时间 t_r 应小于制造者技术规范规定的最大值;
- c) 脉冲宽度 t_d 应在制造者技术规范规定值的 $\pm 10\%$ 以内;
- d) 脉冲反冲 V_r 应小于峰-峰发射脉冲电压的 4% 。

9.5 接收器

9.5.1 概述

本条规定了测量放大器的频率响应⁷⁾、等效输入噪声和经过校准的衰减器准确度的检测方法。如果超声检测仪装有抑制控制器,检测时应将其关闭。

9.5.2 放大器的频率响应

9.5.2.1 检测方法

按照图5所示的仪器配置方式,将输入信号连接到超声检测仪的接收端并设置到双探头工作方式。调整超声检测仪的输入信号为 $\pm 1\ \text{V}$ 峰-峰电压,调整经过校准的衰减器,以产生一个全屏幅度 80% 的

7) EN 12668-1:2000 原文为“放大器带宽”,与9.5.2“放大器的频率响应”的内容不对应,本部分统一修改为“放大器的频率响应”。

信号,记录接收器的增益设定值。

依次选取每个频带的设定值,在 0.1 MHz~25 MHz 范围内,改变输入信号的频率,记录每个频带在超声检测仪显示最大信号幅度时所对应的频率 f_{max} 以及这个电平的幅度。与此同时,保证放大器不饱和,且在示波屏上显示的输入信号幅度保持恒定。将经过校准的外部衰减器降低 3 dB,从而提高所显示的信号幅度。

以小于标称频带带宽 5% 的增量,依次从 f_{max} 提高和降低频率,并记录超声检测仪显示的信号恢复到原先全屏幅度 80% 时所对应的上限频率值 f_u 和下限频率值 f_l (-3 dB 点)。返回到初始值,再次确认经过校准的外部衰减器的输入信号是恒定的。

9.5.2.2 验收标准

中心频率 f_c 。(在可选情况下,对应每种带宽的设定值)按公式(13)计算:

$$f_c = \sqrt{f_u \times f_l} \dots\dots\dots (13)$$

中心频率应在制造者技术规范规定值或控制器上标准值的 ±5% 以内。

带宽 Δf (-3 dB 点之间)按公式(14)计算:

$$\Delta f = f_u - f_l \dots\dots\dots (14)$$

带宽应在制造者技术规范规定带宽的 ±10% 以内。

9.5.3 等效输入噪声

9.5.3.1 检测方法

采用图 5 所示的仪器配置方式,并将超声检测仪置于双探头工作方式。对应每个频率范围,采用每个频带中心频率 f_c 的输入信号,测量下述的等效输入噪声。

将超声检测仪的所有增益控制器(包括可变增益控制器)设置到最大值,断开输入信号,记录超声检测仪显示屏上的噪声电平。

把增益降低 40 dB,重新接通输入信号。调整经过校准的外部标准衰减器和(或)输入信号电平直至漂移的射频信号电平与上述噪声电平幅度相同。用示波器测量输入信号的峰-峰电压 V_{in} 和经过校准的外部衰减器的衰减量 S ,单位为分贝(dB)。按公式(15)计算等效输入噪声 V_{ein} ,单位为伏:

$$V_{ein} = \frac{V_{in}}{10^{\left(\frac{S+40}{20}\right)}} \dots\dots\dots (15)$$

按公式(16)计算每平方根带宽的噪声:

$$n_{in} = \frac{V_{ein}}{\sqrt{f_u - f_l}} \dots\dots\dots (16)$$

式中:

f_u ——按 9.5.2 测出的 -3 dB 点的上限频率;

f_l ——按 9.5.2 测出的 -3 dB 点的下限频率。

9.5.3.2 验收标准

对应每个频带的每平方根带宽噪声应满足公式(17)的条件,单位为伏每平方根赫兹(V/√Hz)。

$$n_{in} < 80 \times 10^{-9} \dots\dots\dots (17)$$

9.5.4 经过校准的衰减器的准确度

9.5.4.1 检测方法

使用下述的一个参考信号,将超声检测仪的经过校准的衰减器与匹配的经过校准外部衰减器进行

比较。

继续使用图 5 所示的仪器方式,在按 9.5.2 测出的对应每个频带的中心频率 f_c 上进行比较。带有对数放大器的超声检测仪的检测见附录 A。

将超声检测仪的经过校准的衰减器调至中间值,并在经过校准的外部衰减器设定值比超声检测仪的增益设定值高 10 dB 的情况下,调整信号发生器的输入参考信号使显示的信号为全屏幅度的 80%。

以适当的增量降低超声检测仪的衰减量,并调整经过校准的外部衰减器使其保持信号为一个恒定幅度来检查超声检测仪衰减器的准确度。检查分三个步骤:第一步,如果可能的话,在 1 dB 范围内,以最小的增量,检查微调衰减器准确度;第二步,在整个范围内以最小增量(但不小于 1 dB)检查细调衰减器的准确度;第三步,在整个范围内以其每一种增量检查粗调衰减器的准确度。记录两个衰减器之间大于验收标准规定值的偏差,即为超声检测仪衰减器的示值误差。

9.5.4.2 验收标准

对应所选择的每个频率设定值,应符合下列规定:

- a) 在任意连续 20 dB 量程或整个范围内(取其较小者),细调衰减器累积误差的最大允许值为 ± 1 dB;
- b) 在任意连续 60 dB 量程或整个范围内(取其较小者),粗调衰减器累积误差的最大允许值为 ± 2 dB。

9.5.5 幅度线性

9.5.5.1 检测方法

使用经过校准的外部衰减器通过改变参考输入信号幅度并观测和记录超声检测仪显示信号幅度的变化情况,来检测超声检测仪显示屏的幅度线性。在开始检测时,记录增益的初始设定值。

以给定的间隔从全屏幅度的 0 dB ~ -26 dB 检查线性。

在按 9.5.2 测得的每个频带的中心频率 f_c 上重复进行检测。

采用图 5 所示的仪器配置方式,将经过校准的外部衰减器设置到 2 dB,并调节超声检测仪输入信号的幅度和增益,使该信号的幅度为全屏幅度的 80%。

在不改变超声检测仪增益的情况下,将经过校准的外部衰减器设置到表 4 所列的设定值。对应每一个设定值,测量超声检测仪显示屏的信号幅度。

9.5.5.2 验收标准

对应每个频率设定值,测得的信号的幅度应在表 4 给出的允差内。

表 4 幅度线性的验收指标

外部衰减器设定值/ dB	所显示信号幅度的理论值/ %(全屏幅度的百分比)	验收指标/ %(全屏幅度的百分比)
1	90	88~92
2	80	基准线
4	64	62~66
6	50	48~52
8	40	38~42
12	25	23~27

表 4 (续)

外部衰减器设定值/ dB	所显示信号幅度的理论值/ %(全屏幅度的百分比)	验收指标/ %(全屏幅度的百分比)
14	20	18~22
20	10	8~12
26	5	3~7

9.6 时基线性

9.6.1 检测方法

本项检测是通过信号发生器提供 11 个等间距的正弦波脉冲串与其在超声检测仪时基线上所指示的各信号所在位置对应的刻度值相比较,来测量超声检测仪的时基线性。

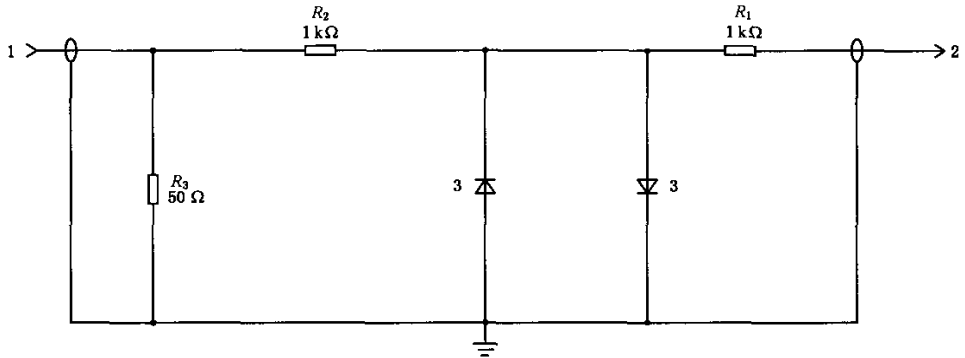
采用图 5 所示的仪器配置方式,使其产生一个如图 11 所示的具有 11 个等间距的正弦波脉冲串检测信号。选择一个适当的频带并将检测信号的载波频率设定为按 9.5.2 测得的中心频率 f_c 。将超声检测仪的增益控制器设置在中间值并调整经过校准的外部衰减器和信号发生器输出的信号幅度,使超声检测仪显示的测试信号幅度为全屏幅度的 80%。调整测试信号的延时,使第三个信号的前沿对准时基线全屏宽度的 20%,第九个信号的前沿对准时基线全屏宽度的 80%。

记录其余九个信号前沿超过验收标准规定允差的偏差值。

使用连续校准控制器的中间位置,对分档的水平校准控制器的所有档位重复测量。并要使用分档校准控制器的中间档位,对连续水平校准控制器的两端位置也要重复进行测量。

9.6.2 验收标准

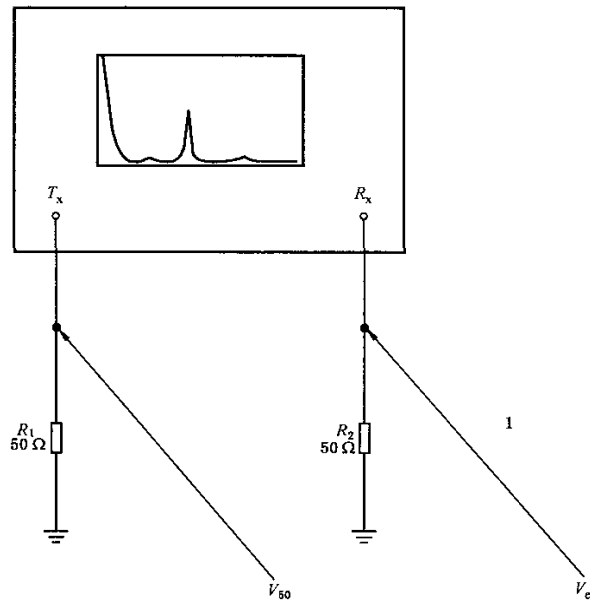
参考信号刻度值与理想位置值之差应在全屏宽度的±1%以内。



说明:

- 1——信号发生器;
- 2——超声检测仪;
- 3——开关二极管。

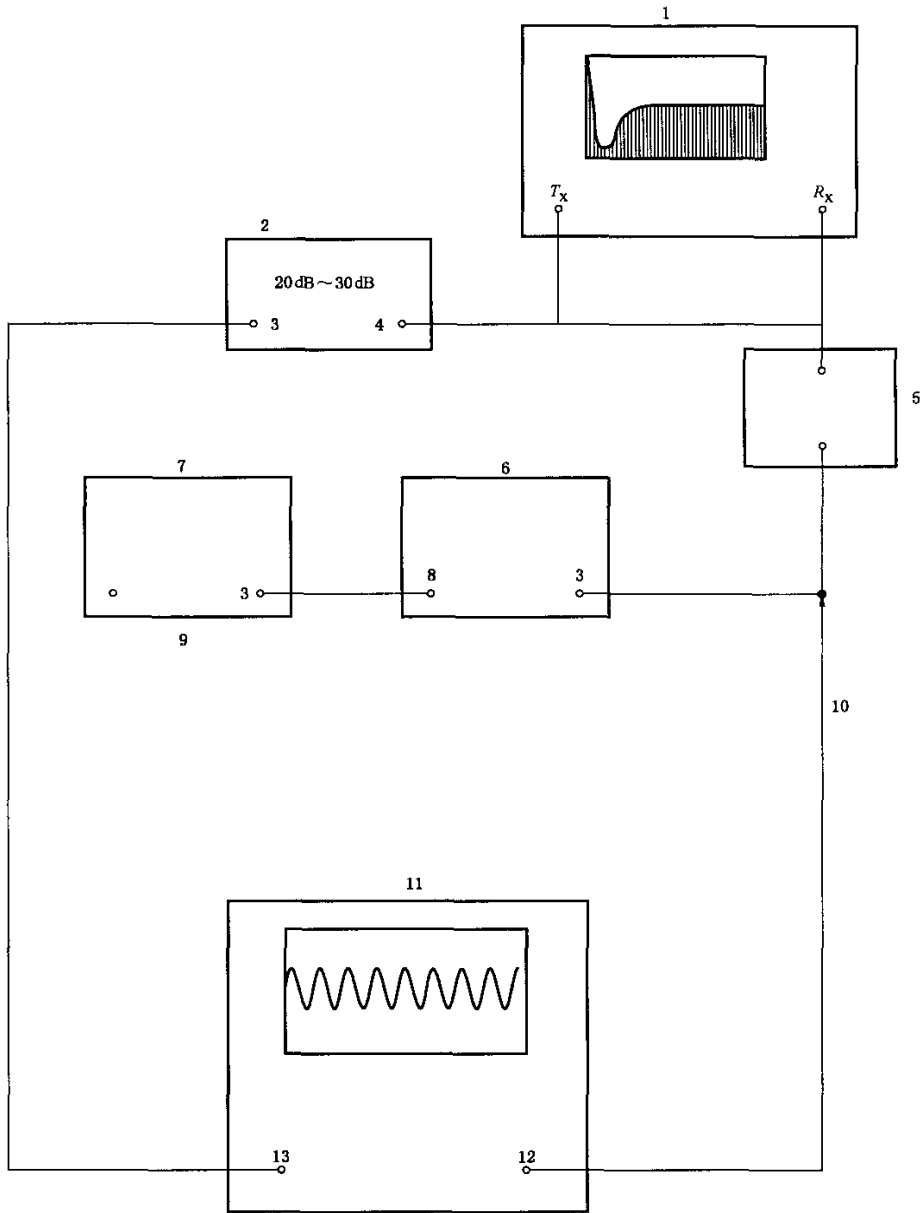
图 1 防止发射脉冲损坏检测仪器的保护电路



说明：

1——探头 $10\ \text{pF} \pm 4\ \text{pF}$ 。

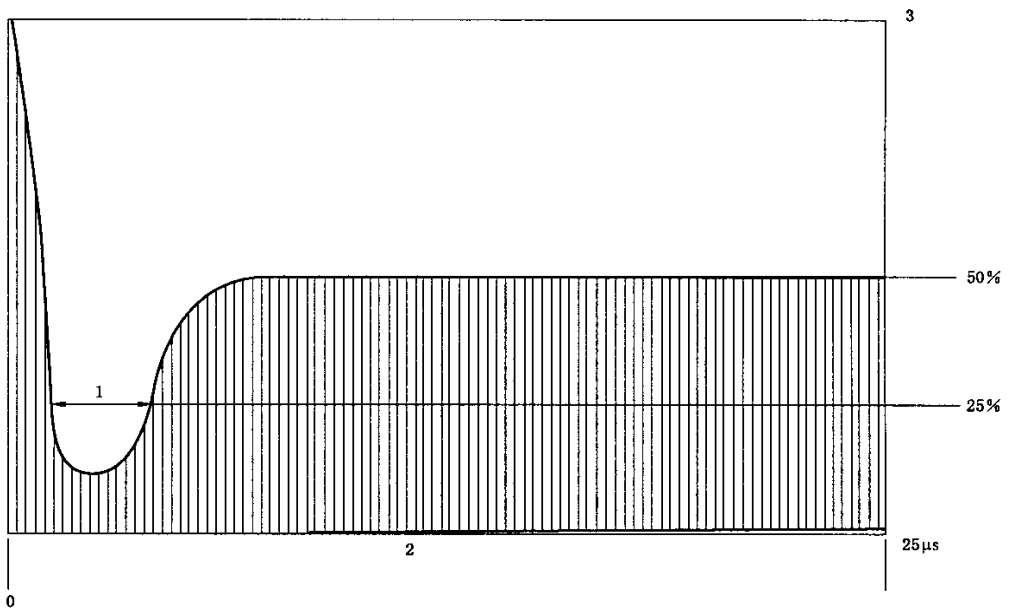
图 2 测量发射能量泄漏抑制的仪器配置方式



说明:

- | | |
|-----------------|--|
| 1——超声检测仪; | 8——闸门; |
| 2——固定衰减器; | 9——脉冲宽度 $5\ \mu\text{s}$, 频率 $10\ \text{kHz}$; |
| 3——输出端; | 10——10 倍示波器探头 ($100\ \text{MHz}$); |
| 4——输入端; | 11—— $100\ \text{MHz}$ 带宽示波器; |
| 5——保护电路 (见图 1); | 12——Y 输入; |
| 6——门控制频信号发生器; | 13——时基触发。 |
| 7——脉冲发生器; | |

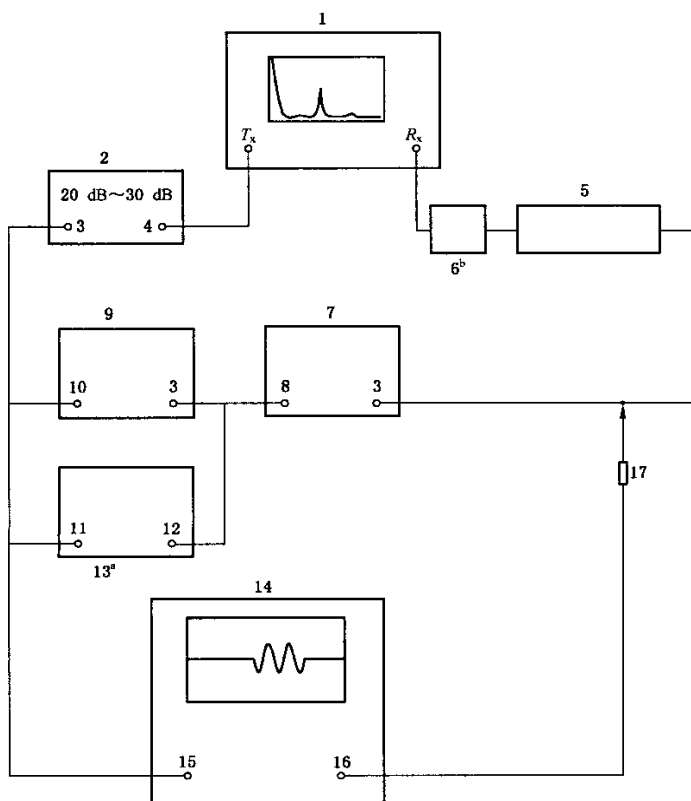
图 3 测量发射脉冲后盲区的仪器配置方式



说明：

- 1——盲区的时间；
- 2——异步正弦检波信号；
- 3——全屏幅度。

图 4 检测过程中在超声检测仪显示屏上见到的用于测量发射脉冲后盲区的信号波形



说明：

- | | |
|---------------|-------------------------|
| 1——超声检测仪； | 10——触发； |
| 2——固定衰减器； | 11——开始； |
| 3——输出端； | 12——停止； |
| 4——输入端； | 13——内部计时器； |
| 5——可变射频信号衰减器； | 14——100 MHz 带宽示波器； |
| 6——终端匹配器； | 15——时基触发； |
| 7——门控射频信号发生器； | 16——Y 输入； |
| 8——闸门； | 17——10 倍示波器探头(100 MHz)。 |
| 9——脉冲发生器； | |

^a 仅在检测距离幅度校正曲线和数字式超声检测仪时才需要计时器。

^b 仅在超声检测仪和检测仪器阻抗相匹配时才需要终端匹配器。

图 5 仪器的通用配置方式

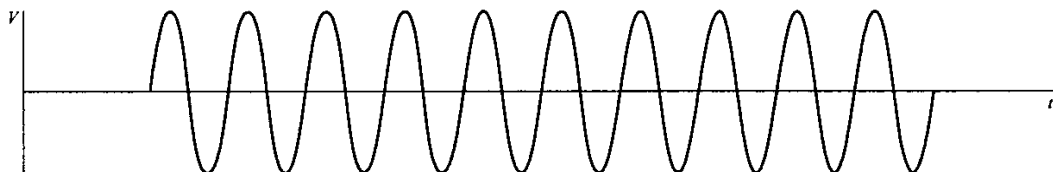
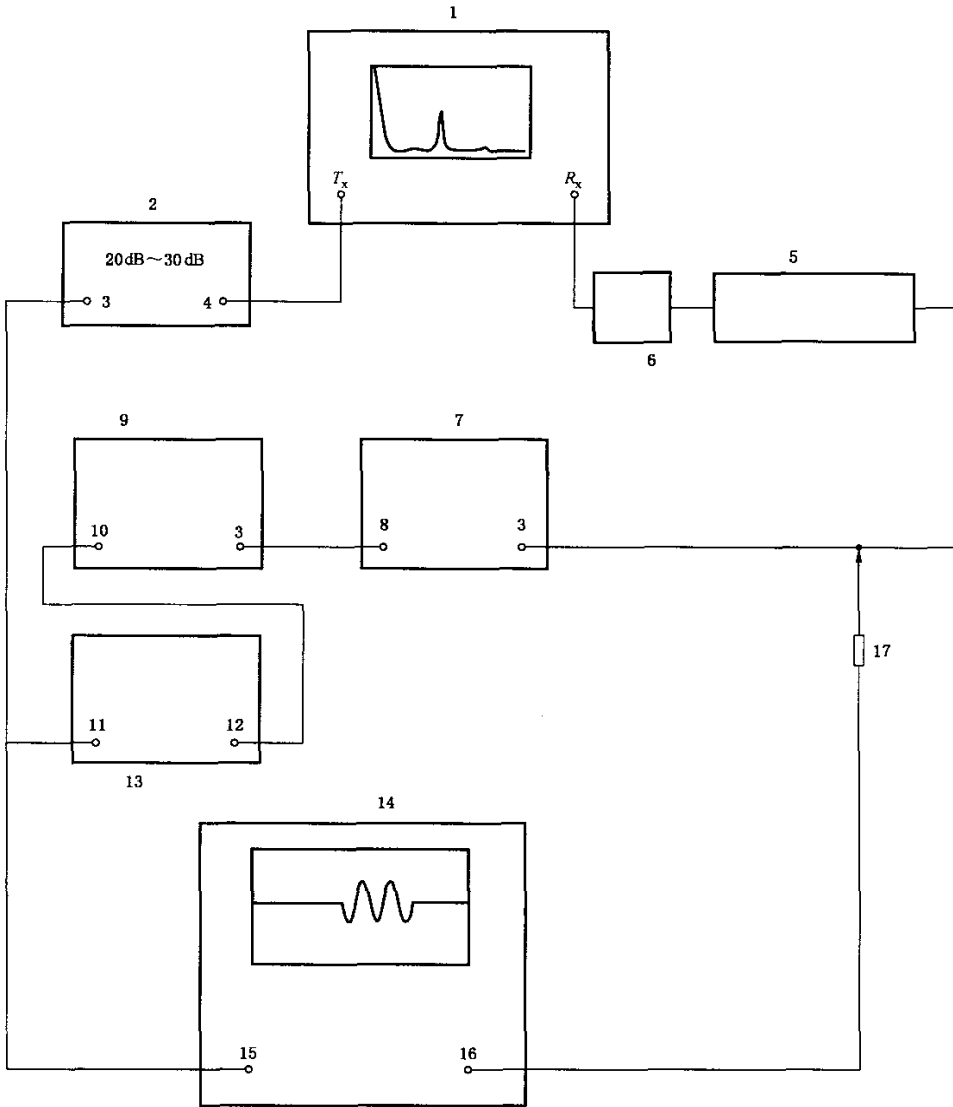


图 6 采用通用的仪器配置方式产生的检测波形



说明：

1——超声检测仪；

2——固定衰减器；

3——输出端；

4——输入端；

5——可变射频衰减器；

6——终端匹配器；

7——门控射频信号发生器；

8——闸门；

9——脉冲发生器；

10——触发；

11——开始；

12——溢出；

13——计时器；

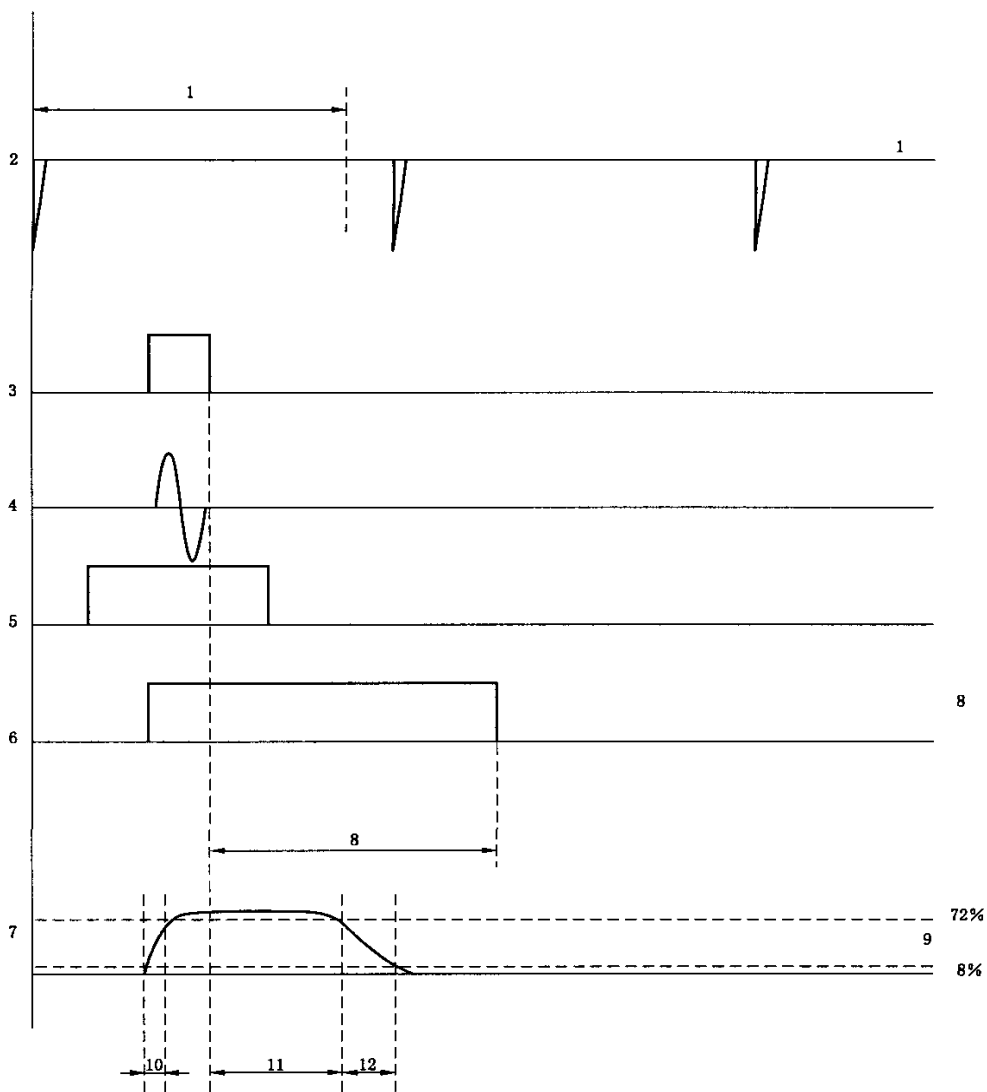
14——100 MHz 带宽示波器；

15——时基触发；

16——Y 输入；

17——10 倍示波器探头(100 MHz)；

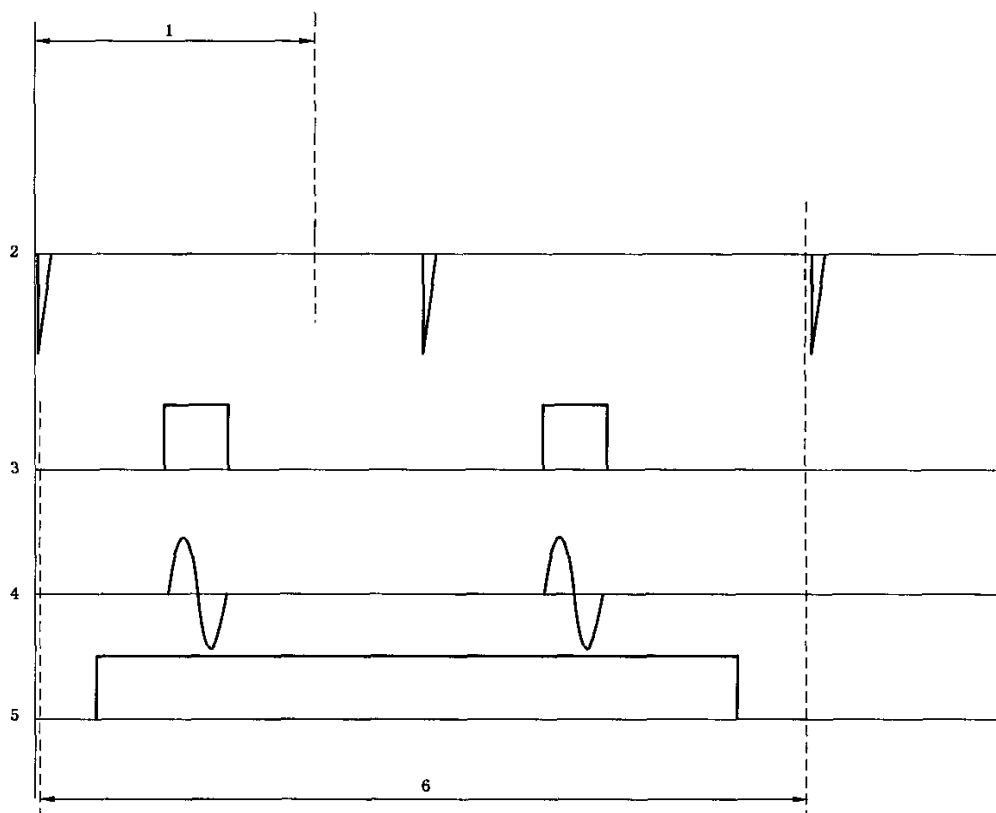
图 7 检测监测闸门的仪器配置方式



说明:

- | | |
|---------------|-------------|
| 1——显示屏宽度; | 7——比例闸门输出; |
| 2——发射脉冲; | 8——保持时间; |
| 3——测试使能脉冲信号; | 9——全屏幅度百分比; |
| 4——测试信号; | 10——上升时间; |
| 5——监测闸门; | 11——保持时间; |
| 6——选通的监测闸门信号; | 12——下降时间。 |

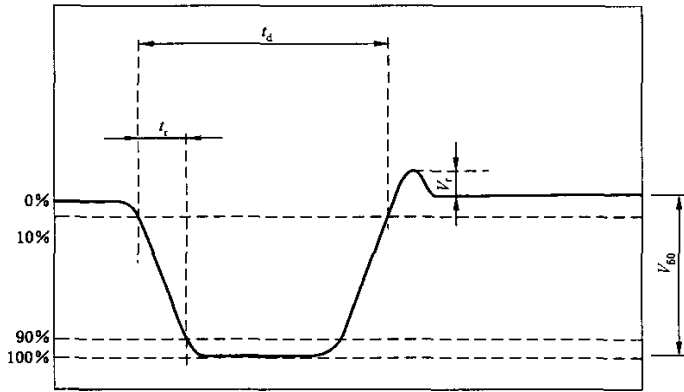
图 8 检测监测闸门的信号时序图



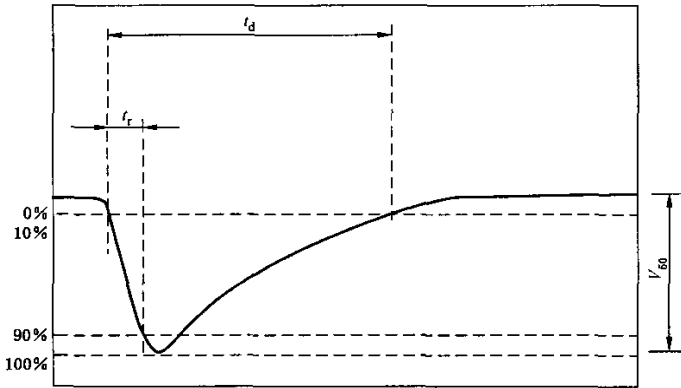
说明：

- 1——全屏宽度；
- 2——发射脉冲；
- 3——检测使能信号；
- 4——测试信号；
- 5——测试信号闸门；
- 6——响应时间。

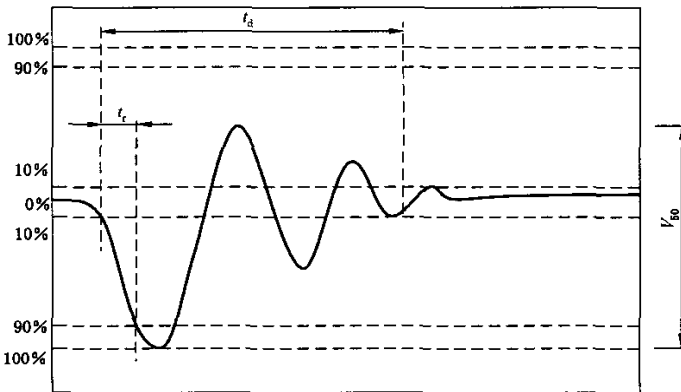
图 9 测量数字式超声检测仪响应时间的时序图



a) 方波脉冲

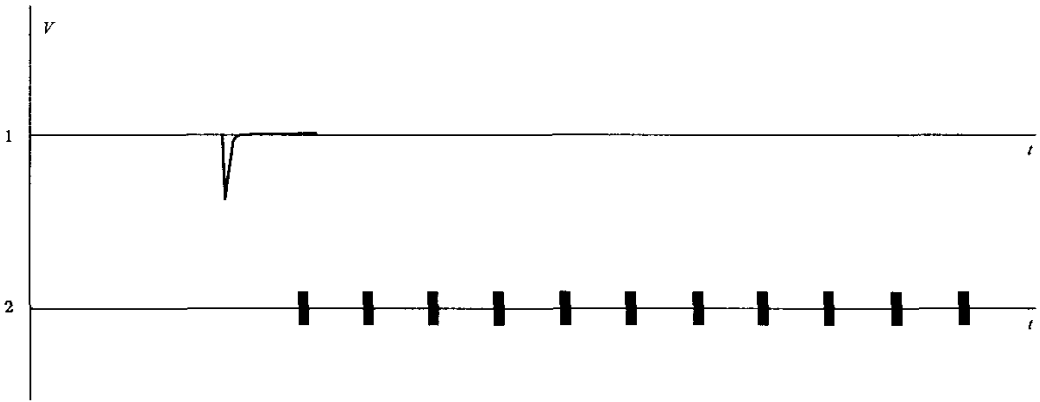


b) 尖峰脉冲



c) 谐波脉冲

图 10 测量的发射脉冲参数



说明：

1——发射脉冲；

2——测试信号。

图 11 用于检测时基线性的信号时序图

附录 A

(规范性附录)

带有对数放大器的超声检测仪的特定条件

A.1 简介

一些超声检测仪采用对数放大器代替线性放大器。

基于对数放大器的超声检测仪具有以下特性：

- a) 显示器(和监视器输出,如果有的话)上的信号幅度是以线性的分贝标尺表示而不是以百分比标尺表示；
- b) 增益控制器或其全部或部分范围由带垂直显示标尺的偏移控制器代替。

A.2 基本要求

A.2.1 测量准确度

为了符合本部分的规定,带有对数放大器的超声检测仪应满足有关测量准确度所有方面的同样要求,也就是说,从输入到显示,均应符合本部分 9.5.4 的规定。即：

累积测量误差的最大允许值在任意 20 dB 量程内为 ± 1 dB;在任意 60 dB 量程内为 ± 2 dB。

A.2.2 幅度线性

因为垂直显示通常为非线性,所以应采用下述要求代替 9.5.5 的规定：

垂直显示误差的最大允许值在任意 20 dB 量程内为 ± 1 dB,在任意 60 dB 量程内为 ± 2 dB。

A.3 检测方法

应采用图 5 所示的仪器配置方式。按上述要求检测时,测得的分贝输出值与设定的分贝输入值应采用表格的形式表示。

参 考 文 献

- [1] GB/T 19022—2003 测量管理体系 测量过程和测量设备的要求(ISO 10012:2003, IDT)
- [2] EN 12223, Non-destructive testing—Ultrasonic examination—Specification for calibration block No. 1
-