

# 无损检测-超声检查设备的表征及验证-仪器

欧洲标准 EN 12668-1 2000 年 9 月

本文件规范了脉冲式、模拟式和数字式的 A 显示手动无损检测用超声波检验装置电气性能的评定方法和验收标准。

关键词：无损检测，超声检测，试验装置，规范，性能评定，试验，一致性试验，可接受性

## 目 录

前言

1. 应用范围
  2. 参考标准
  3. 定义
  4. 符号
  5. 依从性的一般要求
  6. 超声仪器制造商的技术规范
    - 6.1 综述
    - 6.2 一般属性
    - 6.3 显示
    - 6.4 发射器
    - 6.5 放大器和衰减器
    - 6.6 数字超声仪器
  7. 超声仪器的性能要求
  8. 第 1 组测试
    - 8.1 第 1 组测试所需要的设备
    - 8.2 温度稳定性
    - 8.3 发射脉冲参数
    - 8.4 接收器
    - 8.5 监视器闸门
    - 8.6 带比例输出的监视器闸门
    - 8.7 数字超声仪器
  9. 第二组测试
    - 9.1 第二组测试需要的设备
    - 9.2 物理状态和外观
    - 9.3 稳定性
    - 9.4 发射脉冲参数
    - 9.5 接收器
    - 9.6 时基线性
- 附录 A（标准化）具有对数放大器的超声仪器的特殊条件
- A.1 说明
  - A.2 基本要求
  - A.3 测试
- 参考书目

## 前言

(说明略)

本标准由下述部分组成:

-EN12668-1 无损检测-超声检验设备的特性与认证-第 1 部分: 仪器

-EN12668-2 无损检测-超声检验设备的特性与认证-第 2 部分: 探头

-EN12668-3 无损检测-超声检验设备的特性与认证-第 3 部分: 综合设备

## 1.应用范围

本标准规范了对使用中心频率范围 0.5MHz 到 15MHz 的单晶或双晶探头, 手动超声无损检测的模拟式与数字式 A-扫描显示超声脉冲仪器评定电气性能的方法和验收标准。在本标准中不包括使用连续波的超声仪器。本标准也可以部分地应用于在自动化系统中的超声仪器, 但是可能需要其他的测试来保证其性能令人满意。

## 2.参考标准

(说明略)

EN 1330-4:2000 无损检测-术语—第四部分: 超声检测术语

EN 12668-3:2000 无损检测-超声检验设备的表征及验证-第三部分: 组合设备

EN ISO 9001 质量体系—设计/开发、生产、安装与服务的质量保证模式 (ISO 9001:1994)

EN ISO 9002 质量体系—生产、安装与服务的质量保证模式 (ISO 9002:1994)

## 3.定义

本标准使用的定义按 EN 1330-4:2000, 以及下述定义。

### 3.1 放大器频率响应 amplifier frequency response

放大器增益相对于频率的变化

注: 通常用增益 (以峰值增益值为标准) 对应于频率的图形来规定。

### 3.2 放大器带宽 amplifier bandwidth

高、低截止频率间的频谱宽度。本标准将增益低于峰值 3dB 的点作为极限。

### 3.3 传输过程中的串扰阻尼 cross-talk damping during transmission

确定超声仪器设置为双探头工作时 (发射器和接收器分开), 从发射器输出到接收器输入的脉冲能量传输量。

### 3.4 经校准的分贝开关 calibrated dB-switch

以分贝校准的控制超声仪器总增益的装置。

### 3.5 发射脉冲后的阻塞时间 dead time after transmitter pulse

使用脉冲回波法时, 由于发射脉冲引致放大器饱和, 使得发射脉冲开始后, 放大器不能对进入信号作出响应的时间间隔。

### 3.6 数字化取样误差 digitisation sampling error

由于模拟/数字转换器引起的测量周期性, 使得一个输入信号显示幅度所产生的误差。

### 3.7 动态范围 dynamic range

超声仪器所能显示最大信号与最小信号的振幅比。最小信号可能受到系统噪声的限制, 最大信号可能受到放大器的饱和或能将大信号引入屏幕的最大衰减的限制。

### 3.8 等效输入噪音 equivalent input noise

在超声仪器屏幕上观察到的电噪声电平的测量,由接收器输入终端测量到的输入信号电平确定,如果放大器本身无噪声,则在屏幕上得到相同的电平。

### 3.9 外接衰减器 external attenuator

用于测试超声仪器的可溯源并经校准的标准衰减器。

### 3.10 比例输出的下降时间 fall time of proportional output

比例闸门输出从峰值的 90%下降到 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

比例闸门输出振幅随输入信号频率的变化的测量。

### 3.12 开关输出持续时间 hold time of switched output

在监视器闸门中高于阈值的信号后面保持其最大输出 50%以上的开关输出时间。

### 3.13 比例输出持续时间 hold time of proportional output

在监视器闸门中的信号后面保持其峰值输出 90%以上的比例输出的时间。

### 3.14 比例输出的线性 linearity of proportional output

闸门电压输出直接与输入信号振幅成正比的接近程度的测量。

### 3.15 时基线性 linearity of time base

超声仪器屏幕上水平刻度读数直接与回波传播时间成正比的接近程度的测量。

### 3.16 垂直显示的线性 linearity of vertical display

超声仪器屏幕上信号的垂直刻度读数直接与输入信号振幅度成正比的接近程度的测量。

### 3.17 中间增益位置 mid gain position

超声仪器增益设置在最大和最小增益之间,以分贝测量,例如:一台超声仪器最大增益为 100dB,最小增益为 0dB,则中间增益位置为 50dB。

### 3.18 监视器闸门 monitor gate

A 扫描显示中的振幅与阈值比较和/或被转换为模拟输出的时基线的一部分。

### 3.19 监视器阈值 monitor threshold

能使监视器闸门输出的最小信号振幅。

### 3.20 比例输出的噪声 noise of proportional output

比例输出的噪声测量。

### 3.21 比例输出 proportional output

超声仪器监视器闸门内与最大接收信号振幅成正比的名义直流电压输出。

### 3.22 脉冲持续时间 pulse duration

脉冲模数等于大于峰值振幅 10%的时间间隔。

### 3.23 脉冲重复频率 pulse repetition frequency

发射脉冲被触发的频率。

### 3.24 脉冲上升时间 pulse rise time

脉冲前沿的振幅从峰值的 10%上升到 90%所用的时间。

### 3.25 脉冲回响 pulse reverberation

发射脉冲波形已经输出后的次极大值。

### 3.26 接收器输入阻抗 receiver input impedance

接收器按并联电阻和电容的内部阻抗的表征

### 3.27 数字超声仪器的响应时间 response time of digital ultrasonic instruments

在一个信号显示其峰值振幅 90%之前,被数字超声仪器检测到所用的时间。

### 3.28 比例输出的上升时间 rise time of proportional output

比例闸门输出从其峰值的 10%上升到 90%的时间间隔。

### 3.29 时间分辨率 temporal resolution

通过振幅下降 6dB 分辨两个脉冲的最小时间间隔。

### 3.30 时间-增益相关 (TDG) time-dependent gain

适合于某些超声仪器的，可用于校正反射振幅随距离减少的时间相关或扫描增益功能。

### 3.31 窄脉冲 short pulse

脉冲幅度超过最大峰值振幅一半，时间间隔小于 1.5 周期的未整流脉冲。

### 3.32 抑制 suppression

优先抑制接近屏幕基线的信号，有意除去草状回波和噪声或者使大回波的后沿变陡峭。

### 3.33 开关滞后 switching hysteresis

接通和关断监视器闸门情况下，信号之间的振幅差异。

## 4. 符号

表一:符号

符号	单位	意义
$A_o, A_n$	dB	测试时使用的衰减器设置
$C_{max}$	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	发送过程中的串扰阻尼
$\Delta f_g$	Hz	实际测量的比例闸门输出的频率带宽
$f_{go}$	Hz	实际测量的比例闸门输出的中心频率
$f_{gu}$	Hz	实际测量的比例闸门输出-3dB 频率上限
$f_{gl}$	Hz	实际测量的比例闸门输出-3dB 频率下限
$f_{gmax}$	Hz	实际测量的比例闸门输出频谱中最大振幅的频率
$f_o$	Hz	中心频率
$f_u$	Hz	-3dB 频率上限
$f_l$	Hz	-3dB 频率下限
$f_{max}$	Hz	频谱中最大振幅的频率
$\Delta f$	Hz	频带宽度
$I_{max}$	A	驱动比例闸门输出的最大电流振幅
$N$		测量编号
$n_{in}$	$V/(Hz)^{1/2}$	接收器输入基本带宽的噪声
$R_I$	$\Omega$	终端电阻器
$R_{max}$	$\Omega$	最大增益时接收器的输入电阻
$R_{min}$	$\Omega$	最小增益时接收器的输入电阻
$S$	dB	衰减器设定
$\Delta T$	s	时间增量
$t_d$	s	脉冲持续时间
$T_{final}$	s	距离幅度曲线末端的时间
$T_o$	s	距离幅度曲线开始的时间
$t_r$	s	发射脉冲从峰值振幅 10% 上升到 90% 的上升时间
$t_{A1}, t_{A2}$	s	时间分辨率
$V_E$	V	接收器输入电压
$V_{ein}$	V	接收器输入等效噪音
$V_{in}$	V	输入电压

$V_l$	V	带负载电阻的比例闸门输出电压
$V_{max}$	V	接收器最大输入电压
$V_{min}$	V	接收器最小输入电压
$V_o$	V	不带负载电阻的比例闸门输出电压
$V_r$	V	发射脉冲后的振铃电压幅度
$V_{50}$	V	发射器带有 $50\Omega$ 负载的发射脉冲的电压幅度
$V_{75}$	V	发射器带有 $75\Omega$ 负载的发射脉冲的电压幅度
$Z_o$	$\Omega$	发射器输出阻抗
$Z_A$	$\Omega$	比例输出的输出阻抗

## 5. 依从性的一般要求

满足以下条件的超声仪器将符合本标准：

- a) 该超声仪器必须符合第 7 条款；
- b) 由通过 EN ISO 9001 或 EN ISO 9002 认证的机构出具的《符合声明》，或根据 EN 4500 系列授权机构出具的证书，或实行内部校验的机构出具的测试报告。
- c) 该超声仪器必须清楚地标明制造商、型号和序列，并在底盘和外壳上带有独特的序列号标记。
- d) 有该超声仪器特定类型和系列的使用说明书。
- e) 该超声仪器有适当型号和系列的制造商技术规范，根据第 6 条款说明的性能指标。

注：该规范可作为超声仪器使用手册的一部分，也可以独立分开，但应当说明所用超声仪器的型号和系列。制造商的技术规范本身并不构成 b) 项所要求实测值的证书。

## 6. 超声仪器制造商的技术规范

### 6.1 综述

对于特定型号的超声仪器，制造商的技术规范最少应包括 6.2 至 6.5 项中所列出的信息。在第 7 条款中所述测试得到的数值应提供作为标称值，并简要说明允差。

### 6.2 一般属性

下列项目应详细说明：

- a) 尺寸
- b) 重量（在工作阶段）
- c) 电源类型
- d) 探头插座类型
- e) 电池工作时间（新的，在最大功耗情况下）
- f) 符合技术规范的温度和电压（电源和/或电池）范围。如果需要预热，应说明预热的时间。
- g) 当电池电压降低以至超声仪器性能超出技术规范的说明。
- h) 在正常放电和充电周期的电池电压范围内标称恒定信号振幅和时基位置的变化百分比。
- i) 脉冲重复频率（PRFs）（切换位置和/或可变范围）
- j) 通过插座得到的非整流（即射频，RF）和/或整流信号输出。
- k) 提供信号监视器输出，即是/否和/或比例，可适用的输出响应时间，线性，最大电流驱动能力以及比例输出稳定性。任何是/否闸门阈值的滞后和精度以及任何开关输出的保持时间。

### 6.3 显示

下列项目应详细说明：

- a) 显示刻度区的尺寸
- b) 垂直和水平方向上的主要与分刻度的编号

- c) 仪器内置的，不受操作者控制的，任何形式的抑制。
- d) 时基速度和延迟范围，以及时基线性

#### 6.4 发射器

下列项目应详细说明：

- a) 发射脉冲的形状（即方波、单向或双向），可能还有极性。
- b) 50W 无电抗电阻负载输出时，每个脉冲能量设定值和脉冲重复频率。
  - 1) 发射脉冲电压（峰-峰值）
  - 2) 脉冲上升时间
  - 3) 脉冲持续时间（对于方波，还有脉冲持续时间可以设定的范围）
  - 4) 有效输出阻抗（带允差）
  - 5) 脉冲下降时间（仅对方波）
  - 6) 脉冲回响振幅
  - 7) 频谱图

#### 6.5 放大器和衰减器

下列项目应详细说明：

- a) 已校正衰减器（有时称“增益控制器”）的特性，即 dB 范围，步长，精确度
  - b) 任何未校正的可变增益的特性，即 dB 范围
  - c) 根据屏幕刻度测量到的垂直线性
  - d) 每一频带设定（给出允差）的中心频率和带宽（在-3dB 点之间）。对衰减器设定的影响（如果有的话）。
  - e) 在发射脉冲后的阻塞时间，包括脉冲能量的影响，阻尼，衰减/增益控制和频率频带设定。
  - f) 所有频率设定的输入等效噪音（mV）
  - g) 在所有指定频率范围上 10% 屏幕高度的最小输入电压
  - h) 在所有指定频率范围上超声仪器的动态范围
  - i) 在所有指定频率范围上超声仪器的等效输入阻抗
  - j) 任何距离振幅修正（DAC）功能的细节，包括动态范围，最大修正斜率（dB/ms），修正方式以及任何 DAC 控制的影响
- 对于带有对数放大器的仪器，见附录 A。

#### 6.6 数字超声仪器

除了 6.1 和 6.4 中所给出的信息，还应提供以下项目的详细信息：

- a) 模数转换
- b) A 扫描显示的像素数目
- c) 数据输出和储存设备
- d) 打印机输出
- e) 校正储存设备
- f) 显示和调出设备
- g) 自动校正
- h) 显示类型及其响应时间

如果适用的话，这些细节也应包括所应用的采样率，脉冲重复频率或显示范围对采样率和响应时间的影响。另外，应描述用于处理显示数据的任何运算法则的原理和提供任何所安装软件的版本。

#### 7. 超声仪器的性能要求

为了满足本标准的性能要求，应使用下述两组测试对超声仪器进行验证：

第 1 组：由制造商（或其代理）对所生产的超声仪器作代表性抽样测试。这些测试需要使用高等级的电子测量设备；

第 2 组：逐台超声仪器进行的测试：

- 1) 由制造商或其代理，在供应该超声仪器之前（0 点测试）；
- 2) 由制造商，业主，或某个实验室，在超声仪器寿命期间每隔 12 个月验证其性能
- 3) 在超声仪器修理后

第 2 组中的测试只需要基本的电子测量设备。

经当事人之间协商同意，所包括的这些测试可以附加第 1 组的测试作为补充。

在 EN 12668-3:2000 中规定了对整个系统（超声仪器和探头组合）的第 3 组测试。在其使用寿命期间，这些测试是在现场定期进行。表 2 汇总了对超声仪器所进行的所有测试。

在引用本标准前已经销售的超声仪器，如果继续使用，应每 12 个月进行第 2 组（周期性）测试。

在维修后，所有可能受维修影响的参数都应按适用的第 1 组或第 2 组测试进行校核。

制造商的测试是第 1 组和第 2 组测试。

0 点定期测试和维修测试是第 2 组测试。

表 2： 超声仪器测试项目列表

测试项目	第一部分：超声仪器		第二部分： 组合设备
	生产商测试	定期和维修测试	
	条款(Subclause)	条款(Subclause)	条款(Subclause)
物理状态和外观	9.2	9.2	3.4.2
<b>稳定性</b>			
温度稳定性	8.2		
预热后稳定性	9.3.2	9.3.2	
显示晃动	9.3.3	9.3.3	
电压变化稳定性	9.3.4	9.3.4	
<b>发射脉冲</b>			
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		
发射器电压，上升时间，回响和持续时间	9.4.2		
<b>接收器</b>			
发射期间发射器到接收器的串扰 阻尼	8.4.2		
发射脉冲后阻塞时间	8.4.3		
动态范围	8.4.4		
接收器输入阻抗	8.4.5		
距离振幅修正	8.4.6		
时间分辨率	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
已校正衰减器的精度	9.5.4	9.5.4	3.2.2
垂直显示线性	9.5.5	9.5.5	3.2.2
仪器增益线性			3.2.2
时基线性	9.6	9.6	3.2.1
<b>监视器闸门</b>			
带固定监视器阈的响应阈和开关滞后	8.5.2		
带可调监视器阈的开关滞后	8.5.3		
开关输出保持时间	8.5.4		
<b>比例输出</b>			
比例闸门输出阻抗	8.6.1		
比例闸门输出线性	8.6.2		
比例闸门输出频率响应	8.6.3		
比例闸门输出噪声	8.6.4		
闸门内测量信号位置影响	8.6.5		
比例闸门输出脉冲形状影响	8.6.6		
比例闸门输出上升、下降与保持时间	8.6.7		
<b>数字超声仪器的附加测试</b>			
数字超声仪器的时基线性	8.7.2	8.7.2	3.2.1
数字化采样误差	8.7.3		
数字超声仪器的响应时间	8.7.4		

## 8. 第 1 组测试

### 8.1 第 1 组测试所需要的设备

以下为进行超声仪器第 1 组测试的基本设备项目：

a) 以下二者之一：

- 1) 最小带宽 100MHz 的示波器和最小带宽 40MHz 的频谱分析仪，或者
- 2) 最小带宽 100MHz 的数字示波器并且能计算快速傅里叶变换；

b) 50 Ω 和 75 Ω ± 1% 的无电抗电阻；

c) 标准 50 Ω 衰减器，具有 1dB 步进，总范围 100dB。对于频率高于 15MHz 的信号，该衰减器的累积误差在任意 10dB 范围中应小于 0.3dB；

d) 以下二者之一：

- 1) 任意的波形发生器，或者
- 2) 两个脉冲信号发生器，带有外接触发器或闸门，能够产生两个正弦波射频信号的闸门脉冲。这两个信号的振幅应能独立调节达 20dB；

注：如果使用两个脉冲信号发生器，则应采用适当的匹配电路把两个脉冲信号发生器的输出合成一个测试信号。

e) 保护电路。如图一示例；

f) 数字计数定时器，能在 1000 个触发脉冲后产生一个溢出脉冲，并测量两个脉冲之间的时间间隔，精度为 0.01%；

g) 阻抗分析仪；

h) 环境试验室。

除了温度稳定性测试（8.2）之外，所有第 1 组测试都用电子方法产生所需要的信号。使用



设备的特性及其稳定性应适合测试用途。

注：在连接示波器和/或频谱分析仪到超声仪器的发射器之前，按本标准中某些测试的要求，应检查确认其不会因为发射器电压过高而损坏。

## 8.2 温度稳定性

### 8.2.1 方法

利用例如中心频率为 2MHz 到 6MHz 之间的 0° 纵波探头和试块在超声仪器屏幕上产生两个回波。第一个回波的振幅调整为全屏高度的 80%，调整时基使信号为屏幕宽度的 20% 和 80%。在测试期间，探头和试块的温度变化不能超过 2℃，并且需要注意避免耦合的变化。超声仪器放到人工气候室中以经历环境温度变化。在制造商规定的温度范围内以最大 10℃ 的间隔读取和记录回波高度和位置。

### 8.2.2 验收标准

温度每改变 10℃，参考回波的振幅和范围变化分别不能超过 ±5% 和 ±1%。

## 8.3 发射脉冲参数

### 8.3.1 综述

本条款包括脉冲重复频率、输出阻抗和频谱的测试。在 9.4 中给出了发射脉冲形状和振幅的测试方法和验收标准。

### 8.3.2 脉冲重复频率

#### 8.3.2.1 方法

将超声仪器切换为双探头工作方式（发射器和接收器分开），并连接一个示波器到发射器终端。

注意：检查示波器输入不会由于发射器电压过高而损坏。

利用示波器以不同脉冲重复频率的设置下测量脉冲重复频率。在相同脉冲重复频率（通常为范围和脉冲重复频率）中有超过一种控制结果组合，则只需用一种组合测量脉冲重复频率。对于具有连续可调脉冲重复频率控制的超声仪器，应根据制造商的技术规范选择一种设定。

#### 8.3.2.2 验收标准

每种设置的脉冲重复频率测量值应在技术规范的 ±20% 以内。

### 8.3.3 有效输出阻抗

#### 8.3.3.1 方法

利用 9.4.2 中的方法测量具有 50 Ω 无电抗电阻的发射器终端的发射脉冲电压  $V_{50}$ 。把 50 Ω 电阻更换为 75 Ω 电阻，并利用示波器测量 75 Ω 电阻时发射器终端的发射脉冲电压  $V_{75}$ 。对应每个脉冲能量设定和发射脉冲频率，最大和最小脉冲重复频率，以及最大和最小阻尼下进行测量。

对于每种脉冲设定，以下式计算有效输出阻抗  $Z_0$ ：

$$Z_0 = 50 \times 75 (V_{75} - V_{50}) / (75V_{50} - 50V_{75}) \quad \Omega \dots \dots \dots (1)$$

注：电压  $V_{50}$  和  $V_{75}$  是分别对应基线的最大偏移值。

#### 8.3.3.2 验收标准

有效输出阻抗应在技术规范数值的 ±20% 以内并且不大于 50 Ω。

### 8.3.4 发射脉冲频谱

#### 8.3.4.1 方法

利用频谱分析仪或能够进行快速傅立叶变换的示波器测量发射脉冲频谱。频谱应能绘出至少 30dB 范围的频率响应。应记录脉冲设定和窗口参数。窗口应两倍于脉冲持续时间并位于脉冲的中央。

#### 8.3.4.2 验收标准

频谱应在技术规范的允差范围内。

## 8.4 接收器

### 8.4.1 综述

本条款规定了用于测量发射器/接收器串扰阻尼、接收器灵敏度、由发射脉冲引起的阻塞时间、动态范围，输入阻抗、距离振幅修正以及时间分辨率的测试。而放大器带宽、等效输入噪声、已校正衰减器的精确度、垂直显示线性的测试方法和验收标准在 9.5 中规定。

### 8.4.2 发射期间从发射器到接受器的串扰阻尼

#### 8.4.2.1 方法

脉冲发生器和接收器的终端为  $50\ \Omega$ ，设备设置为双探头工作（发射器和接收器分开）。脉冲发生器输出的峰-峰电压  $V_{50}$ （在 9.4.2 中测量）和接收器输入的峰-峰电压  $V_E$  用图 2 所示的示波器来测量。两个电压之比的对数规定为发射过程中的串扰阻尼  $D_S$ （以 dB 表示）。

$$D_S = 20 \log_{10}(V_{50}/V_E) \dots \dots \dots (2)$$

#### 8.4.2.2 验收标准

发射期间的串扰阻尼  $D_S$  应大于 80dB。

### 8.4.3 发射脉冲后的阻塞时间

#### 8.4.3.1 方法

将超声仪器屏幕宽度校正为  $0\ \mu s$  到  $25\ \mu s$  的满刻度。然后调整零点偏差使发射脉冲前沿与屏幕 0 刻度吻合。

将图 3 所示的电路与单探头工作模式的超声仪器连接（发射器和接收器结合）。

注：图 1 所示的电路是用来保护函数发生器不受发射器的冲击。大多数超声仪器适合使用的 RF 闸门脉冲是持续时间  $5\ \mu s$  和间隔  $24\ \mu s$ 。

按顺序选择超声仪器每一个频带设置并调整输入信号的射频以便在屏幕上得到接近最大电平的信号，如图 4 所示。在屏幕的最大范围调整振幅到半屏高。在此通过改变输入信号电平检查超声仪器放大器应未达到饱和。

发射脉冲前沿到振幅为 25% 屏高的时基上的点之间的时间是以  $\mu s$  为单位的阻塞时间（即在屏幕末端其振幅的 50%）。

#### 8.4.3.2 验收标准

对于最坏情况下的频带设定，发射脉冲后的阻塞时间应小于  $10\ \mu s$ 。

### 8.4.4 动态范围

#### 8.4.4.1 方法

利用图 5 所示的测试设备在按 9.5.2 测量的每一个频带的中心频率  $f_0$  下测试动态范围。利用图 6 所示设备产生 10 周期的测试信号。把超声仪器衰减器/增益控制（已校准和未校准）设定为最小增益。增加输入信号振幅直到出现饱和或者信号显示为 100% 屏高。测量（注意标准衰减器设定）输入电压振幅  $V_{max}$ 。

把超声仪器的增益控制（已校准和未校准）设定到最大增益。

如果在此增益设定下的噪声电平大于 5% 屏高，则减小增益直到噪声电平达到 5% 屏高。

调整输入信号振幅使其显示为 10% 屏高。测量（注意标准衰减器的设定）输入电压振幅  $V_{min}$ 。

注：如果脉冲发生器不能够提供足够的低压，则重新设定超声仪器比最小增益高 20dB 并对测量做必要的修正。

$$\text{适用的动态范围为：} 20 \log_{10}(V_{max}/V_{min}) \text{ dB} \dots \dots \dots (3)$$

除非  $V_{min}$  小于输入等效噪声  $V_{ein}$ ，动态范围限制为：

$$20 \log_{10}(V_{max}/V_{ein}) \text{ dB} \dots \dots \dots (4)$$

#### 8.4.4.2 验收标准

适用的动态范围应至少为 100dB，并且最小输入电压  $V_{min}$  应在制造商技术规范的允差范围内。

## 8.4.5 接收器输入阻抗

### 8.4.5.1 方法

超声仪器设定为双探头（发射器和接收器分开）和单探头（接收器和发射器合一）运作的情况下，接收器输入阻抗的实数和虚数部分由阻抗分析仪决定。在单探头模式并且没有断开接收器和发射器连接的情况下测量输入阻抗时，应停止发射脉冲。应在信号频率为 4MHz，最小（Rmin, Cmin）和最大（Rmax, Cmax）增益设置下进行这些测量。如果有适当的阻尼控制，在测试时，该阻尼控制应设置为最小。

一般来说，利用输入电阻和并联电容就足以确定输入阻抗。

### 8.4.5.2 验收标准

在 4MHz 下，最大增益时阻抗 Rmax 的实数部分应大于等于 50 Ω，并且小于或等于 1K Ω。并联电容 Cmax 应小于或等于 150pF。在最大增益 Rmax 和最小增益 Rmin 下，输入阻抗的实数部分应满足以下条件：

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

最小增益 Cmin 和最大增益 Cmax 下输入阻抗的电容分量应满足以下条件：

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

## 8.4.6 时间相关增益（TDG）

### 8.4.6.1 方法

通过操作者所要求的理论 DAC 曲线与超声仪器实际产生的曲线比较来验证 TDG 或 DAC 修正的性能。理论曲线由制造商在 DAC 控制操作方面所提供的信息计算得出。通过在水平时基的数个位置上通过改变测试脉冲的振幅测量到的实际有效 DAC 曲线相比较。用于该测试所选择的 DAC 曲线应包括超声仪器所可能的最陡的修正斜率。

当超声仪器设定为双探头工作（发射器和接收器分开）时，连接测试设备如图 5 所示。调整超声仪器增益使 DAC 动态范围最大。通过这个测试来避免前述 DAC 电路的前置放大器饱和。启动测试所选择的 DAC。把测试信号设置在水平时基上刚好在 DAC 曲线开始之前的位置，调整外接标准衰减器使得测试信号的振幅为 80%屏高，把标准衰减器此时的设置称作 A0。增大测试信号的延迟时间使之沿时基移动 ΔT：

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

式中，T0 为 DAC 曲线开始的时间，Tfinal 为 DAC 曲线结束的时间，N 为所要进行测量的数目，N 应大于等于 11。

调整标准衰减器，把测试信号设置到 80%屏高，记录衰减器设定 AN。进一步增加延迟时间 ΔT 来增大测试信号的范围，再记录将测试信号设定到 80%屏高的衰减器的设定。继续增大延迟时间并调整标准衰减器直到进行了 N 次测量。

在最后一次测量之后，将外接已校准衰减器提高 6dB，测试 DAC 的饱和情况，并保证信号在屏高 38%到 42%之间。如果信号不在该范围内，则降低 ΔT 范围并重复饱和测试。DAC 的动态范围在不再出现饱和的点进行测量。

绘制实际 DAC 曲线和理论的曲线。

对每个滤波器设定中心频率和最大、中间、最小 DAC 增益设定下重复进行测量。

### 8.4.6.2 验收标准

操作者要求的理论 DAC 曲线和实际 DAC 修正之间的差异不应超过 ±1.5dB。

## 8.4.7 时间分辨率

### 8.4.7.1 方法

选择设备最宽的频带设定。调整图 5 中的装置产生两个中心频率 f0 的单循环测量脉冲，这

是按 9.5.1 中对选定频带测量的。这两个脉冲应在一定距离跟随，以免互相影响。把显示调整到 80%屏高。装置应进行安排使两个脉冲的振幅可以独立改变 20dB 以上的范围。

用以下方法测量时间分辨率 ( $t_{A1}$ ) 和界面回波后的时间分辨率 ( $t_{A2}$ ):

#### 1) 测量时间分辨率 $t_{A1}$

减小两个测量脉冲之间的距离，直到两者之间的波谷下降 6dB。同时，两个脉冲的变化不能大于 10%屏高。从第一个测量脉冲前沿到第二个测量脉冲前沿（在脉冲发生器上测量）的距离称为时间分辨率  $t_{A1}$ 。

#### 2) 测量界面回波后的时间分辨率 $t_{A2}$

保持第二个脉冲振幅为 80%屏高，将第一个测量脉冲振幅提高 20dB。减小两个测量脉冲之间的距离，直到两者之间的波谷下降 6dB（相对于较小信号）。这时，较小的测量脉冲的变化不能超过 10%屏高。从第一个测量脉冲前沿到第二个测量脉冲前沿（在脉冲发生器上测量）的距离称为时间分辨率  $t_{A2}$ 。

### 8.4.7.2 验收标准

测量值应在制造商技术规范的允差之内。

## 8.5 监视器闸门

### 8.5.1 综述

本条款描述了对任何带有开关输出的监视器闸门的测试。比例监视器闸门输出的测试方法在 8.6 中给出。

根据制造商的技术规范，监视器输出是有线的，并且应当绘出电路图。如果制造商没有规定，应关闭统计干扰抑制。

所有的监视器闸门测试都使用图 7 所示的设备配置。在该设置中，测试信号由固定衰减器，计数定时器和脉冲发生器产生的发射脉冲触发。如图 8 所示，计数定时器能使该设置产生一个测试信号作为发射脉冲，之后有大量的（至少 1000 个）发射脉冲不产生测试信号。

### 8.5.2 固定监视器阈的响应阈值和开关滞后

#### 8.5.2.1 方法

调整测试信号的触发使每个发射脉冲产生一个测试信号。

然后改变测试信号的振幅来测量闸门监视器信号开关时的振幅。

开关闸门的振幅差就是开关滞后，其平均值就是阈水平。以 9.5.2 中测量的中心频率  $f_0$  和上下 3dB 频率 ( $f_u$ ,  $f_l$ )，在闸门内此信号的不同位置重复这个测试。

#### 8.5.2.2 验收标准

对于具有固定阈的监视器闸门，开关监视器信号的振幅应在制造商技术规范的  $\pm 2\%$  屏高以内。阈的开关滞后应小于 2%屏高。

### 8.5.3 监视器阈可调的开关滞后

#### 8.5.3.1 方法

对于监视器阈可调的设备，应根据 8.5.2 进行测量，阈值为 20%、40%、60%和 80%屏高。如果可以进行刻度调整，则该刻度值应随同已调节的阈值显示一并记录。

#### 8.5.3.2 验收标准

监视器闸门阈的滞后应小于 2%屏高。

### 8.5.4 开关输出的保持时间

#### 8.5.4.1 方法

调整触发信号的振幅使开关输出打开。然后改变测量信号的触发，使得带触发信号的发射脉冲后面有大概 1000 个无触发信号的脉冲跟随。如图 8 所示。

在其 50%的电平处测量测试信号的末端和开关输出关闭之间的时间间隔就是保持时间。如

果不同的输出有不同的保持时间，则应对所有的输出进行测量。

#### 8.5.4.2 验收标准

开关输出的保持时间应在制造商技术规范的±20%以内。

### 8.6 带比例输出的监视器闸门

#### 8.6.1 比例闸门输出的阻抗

##### 8.6.1.1 方法

选择增益控制器设置在其范围中间，并且最宽的设备频带设置。

调整测量信号的触发，使每个发射脉冲都能产生具有按 9.5.2 测量的载频  $f_0$  的测试信号。

设置测量信号的振幅产生 80%屏高的显示，并测量输出电压  $V_0$ 。在比例闸门输出终端安装符合以下条件的电阻  $R_i$ ：

$$0.75I_{max} \leq (V_0/R_i) \leq 0.85I_{max} \dots \dots \dots (8)$$

式中， $I_{max}$  为能够被比例闸门输出驱动的最大电流。记录变化了的输出电压  $V_i$ 。输出阻抗（电阻部分）用下式计算：

$$|Z_A| = [(V_0/V_i) - 1]R_i \dots \dots \dots (9)$$

##### 8.6.1.2 验收标准

所测量的输出阻抗应在制造商技术规范的允差范围内。

#### 8.6.2 比例闸门输出的线性

##### 8.6.2.1 方法

选择增益控制设置在其范围的中间，设备带宽最大，调整测量信号的触发使每个发射脉冲都能产生一个测量信号。调整测量信号的振幅达到 80%屏高显示，并测量比例闸门输出处的电压，该电压称为参考电压。全屏高度（FSH）的输出电压为参考电压的 1.25 倍。

按表 3 逐步改变测量信号的振幅。

记录输出电压与标称值的偏差。

表 3：特定衰减器设置的预期输出电压

衰减 (dB)	标称值 (与 FSH 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

##### 8.6.2.2 验收标准

测量值应在制造商技术规范的允差范围内。

#### 8.6.3 比例闸门输出的频率响应

##### 8.6.3.1 方法

这个测试测量比例输出对接收器输入信号频率的响应。利用图 7 所示的测量装置，由每个发射脉冲产生一个测量信号。

将已校准的增益控制器设置在中间位置，并将未校准的控制器设置到最大增益。改变测量信号的载频直到在模拟输出处获得 FSH 电压来找到最大输出的频率  $f_{gmax}$ 。一旦找到  $f_{gmax}$ ，调

整测量信号振幅，使输出电压为 8.6.2 中得到的 FSH 电压的 80%。然后，降低和升高测量信号载频直到输出电压下降 3dB。

$f_{gu}$  和  $f_{gl}$  值都已经测量到了。利用  $f_{gu}$  和  $f_{gl}$ ，可按下式计算中心频率  $f_{g0}$ ：

$$f_{g0}=(f_{gu} \times f_{gl})^{1/2} \dots \dots \dots (10)$$

按下式计算频带宽度  $\Delta f$ ：

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

### 8.6.3.2 验收标准

测量值应在制造商技术规范的允差范围内。

## 8.6.4 比例闸门输出的噪声

### 8.6.4.1 方法

在接收器输入终端连接 50  $\Omega$ 。把所有增益控制设置为最大值并使用设备的最大频带宽度。输出电压应超过 FSH 输出的 40%。否则应降低增益，以免超过 FSH 输出电压的 40%。记录增益设置。

### 8.6.4.2 验收标准

测量值应在制造商技术规范的允差范围内。

## 8.6.5 闸门内测量信号位置的影响

### 8.6.5.1 方法

用图 7 所示装置使每个发射脉冲产生一个测量信号。选择中间增益位置和设备的最大频带宽度。调整中心频率  $f_0$  的测量信号振幅达到 80%屏高显示。把测量测量信号置于闸门 1/5、中间和最后 1/5 位置，测量模拟输出的电压。

### 8.6.5.2 验收标准

测量值应在制造商技术规范的允差范围内。

## 8.6.6 脉冲形状对比例闸门输出的影响

### 8.6.6.1 方法

脉冲传送是利用放大器对不同测量信号的响应来表征的。

用图 7 所示装置使每个发射脉冲产生一个测量信号。选择中间增益位置和超声仪器的最大频带宽度设置。设置测量信号的载频为按 9.5.2 以选定滤波器测量的  $f_0$ 。调整测量信号振幅使比例闸门输出的电压为 FSH 输出电压的 80%。

利用以下的测试信号，注意输出的电压为 FSH 输出电压的 80%时要求的外接衰减器设置。

- a) 负前沿单正弦波，
- b) 正前沿单正弦波，
- c) 有 5 个周期的测量信号，与图 6 相似
- d) 有 15 个周期的测量信号，与图 6 相似

### 8.6.6.2 验收标准

测量值应在制造商技术规范的允差范围内。

## 8.6.7 比例闸门输出的上升、下降和保持时间

### 8.6.7.1 方法

利用图 7 的测量装置，调整测量信号触发使每个发射脉冲产生一个测量信号。采用中间增益设置和设备的最大频带宽度设置，测量信号具有按 9.5.2 测量的载频  $f_0$ 。调整测量信号直到在比例闸门输出处获得 80%的 FSH 输出电压。改变测量信号的触发，使得在模拟输出处可以在两个连续输出信号（例如，一个带有测量信号的发射脉冲尾随有大约 1000 个无测量信号的发射脉冲）之间观察到最小输出电压。上升时间是输出电压从 FSH 输出电压的 8%上升到 72%（见图 8）（等于测量信号所产生的输出信号的 10%和 90%）所用的时间间隔。

下降时间是输出电压从 FSH 输出电压的 72%下降到 8%所用的时间间隔（见图 8）。保持时

间是输出电压在测试信号结束后高于 FSH 输出电压的 72%的时间间隔（见图 8）。

#### 8.6.7.2 验收标准

测量值应在制造商技术规范的允差范围内。

### 8.7 数字超声仪器

#### 8.7.1 综述

本标准中一些适当的其他测试方法可以应用于数字超声仪器。但是，对于数字超声仪器来说，这些测试是不完整的。对于模拟超声仪并不适用的一些额外的参数，却对数字超声仪性能有影响。这些参数是由 A 扫描的数字化以及产生 A 扫描显示的算法而引入的。这是 NDT 设备的新领域，而且有关的规定还在发展中。但是，本条款给出了对某些数字超声仪器可能适合的 3 种测试指南。这些测试并非无遗漏，这与数字超声仪器的设计有关，并且可能需要进一步的测试以确保应用的适用性。

#### 8.7.2 数字超声仪器的时基线性

##### 8.7.2.1 方法

本测试是对超声仪器屏幕的时基线性和已校准计数定时器进行比较。

按图 5 所示连接设备。调整脉冲发生器产生一个单周期正弦波，其频率为一个适当滤波器的中心频率  $f_0$ 。依次将时基设置在最小、最大和中间位置。在每个设置上调节触发延迟、超声仪器的增益/衰减器控制和外接已校准的衰减器来获得一个在时基中心至少为 80%屏高的信号。

以不大于屏宽 5%的增量改变触发延迟并记录每个延迟（根据计数定时器测量）和超声仪器屏幕上显示前沿相应位置。在超声仪器屏幕上的位置对应计数定时器测量到的延迟绘图。绘图或计算与测量值最吻合的曲线并计算每次测量的误差。

##### 8.7.2.2 验收标准

时基非线性不应超过  $\pm 5\%$ 屏宽。

#### 8.7.3 数字采样误差

##### 8.7.3.1 方法

本测试用于验证在超声仪器带宽内最高频率的信号是否正确地显示在屏幕上，特别是其振幅是否独立于其范围。

本测试应对每个滤波器，在整流和 RF 模式下进行，如果有可能，还应关闭 DAC。本测试还应对影响数字化的每个设置重复进行，例如时基和脉冲重复频率。

把超声仪器设置为双探头工作模式（发射器和接收器分开）并利用图 5 所示装置产生与发射脉冲同步的测试脉冲。把信号延迟时间 T 设置为比接收器阻塞时间长的  $T_0$ 。把波形发生器的频率设置在 9.5.2 中对包括最高频率的最大带宽滤波器测量的上 3dB 点。调整波形发生器产生振幅为 80%屏高的单周期正弦波。

利用可变时间延迟，以小增量增大 T：

$$\Delta T = 1/10f_u \dots \dots \dots (12)$$

式中  $f_u$  为按 9.5.2 测量滤波器的上 3dB 断点。

每增加一个  $\Delta T$ ，测量屏幕上的信号振幅。连续增加延迟时间并测量振幅直到完成 30 次测量（亦即 3 个波长）。

##### 8.7.3.2 验收标准

从最大到最小振幅记录的信号变化不应大于全屏高的  $\pm 5\%$ 。

#### 8.7.4 数字超声仪器的响应时间

##### 8.7.4.1 方法

大多数数字超声仪器的显示有一定的刷新率，它可能与超声脉冲重复频率不匹配。因此，仅在短时间周期探测到的瞬时回波在屏幕上可能不能显示其完整的振幅。本测试的目的是测量

这个时间。一个瞬时回波必须在数字超声仪器的屏幕上显示其完整振幅 90%以前就探测出来。

利用与前述测试(8.7.2)相同的装置产生一个单周正弦测试脉冲,其频率为按 9.5.2 对滤波器测量的上方 3dB 点。调整超声仪器增益到其动态范围的中间位置并且测试脉冲的振幅达到 80%屏高。调整信号发生器产生一个单冲击脉冲,然后在下一个脉冲产生之前,信号发生器将需要重新准备。在重新准备测试信号后,在超声仪器屏幕上应出现达到 80%FHS 的显示。

如果没有回波出现或振幅不在 75%和 85%屏高之间,则增大启动信号发生器的闸门宽度,把函数发生器设置在多冲击模式和增加冲击次数,直到信号处在 76%到 85%屏高之间。测量从发射脉冲触发测量信号闸门的开始到尾随测试信号闸门结束的发射脉冲始开始来测量超声仪器的响应时间,如图 9 所示。

对于影响超声仪器响应时间的每个设置,例如范围和脉冲重复频率设置,都应重复该测试。

#### 8.7.4.2 验收标准

响应时间应在制造商规定的允差范围内。

### 9. 第二组测试

#### 9.1 第二组测试需要的设备

本标准第二组测试评价超声仪器的基本设备有以下项目:

- a) 最小带宽 100MHz 的示波器;
- b)  $50\ \Omega \pm 1\%$  的无电抗电阻;
- c) 标准  $50\ \Omega$  衰减器,具有 1dB 步进,总范围 100dB。对于频率高于 15MHz 的信号,在任意 10dB 的跨度中该衰减器的累积误差应小于 0.3dB。
- d) 脉冲信号发生器,带外触发器或闸门,该闸门能够在适合被测试仪器的范围内产生振幅可变的正弦射频信号的闸门脉冲。
- e) 可变 DC 电源,可以替代超声仪器所用的任何电池。
- f) 能控制电源电压的可变变压器。

除了稳定性以外,本标准中的所有测试都用电子方法产生所需要的信号。所使用设备的特性及其稳定性应足以进行这些测试。

#### 9.2 物理状态和外观

目视检查超声仪器的外观有无可能影响当前操作或今后可靠性的物理损伤。

#### 9.3 稳定性

##### 9.3.1 综述

以下条款描述测量超声仪器的时间、线电压和电池电压稳定性的试验。

##### 9.3.2 预热后的稳定性

###### 9.3.2.1 方法

利用例如中心频率 2MHz 到 6MHz 的 0 度纵波探头和试块在超声仪器屏幕上产生一个回波。第一回波的振幅应调整为 80%全屏高,调整时基使信号位于 80%屏宽,屏宽范围等于大于钢中纵波 50mm。在测试期间应注意避免耦合变化。如果装有延迟控制,则应设置为 0 延迟。

在 30 分钟内每隔 10 分钟观察这个信号的振幅和在时基上位置的稳定性。

进行测试的环境温度保持在超声仪器制造商技术规范规定温度范围的  $\pm 5^\circ$ 。应确保电源或电池电压在制造商技术规范要求的范围内。

###### 9.3.2.2 验收标准

在预热后 30 分钟内,根据制造商的技术规范:

- a) 信号振幅的变化不应大于  $\pm 2\%$  全屏高。



b) 最大可接受的沿时基偏移应小于±1%全屏宽。

### 9.3.3 显示晃动

#### 9.3.3.1 方法

按上述设置参考信号并观察频率大于约 1Hz 的振幅和/或范围的变化。避免高增益设置，因为放大器噪声可能会妨碍测量。

#### 9.3.3.2 验收标准

信号振幅的变化不应大于±2%全屏高。

信号位置变化不应大于±1%全屏宽。

### 9.3.4 电压变化稳定性

#### 9.3.4.1 方法

按 9.3.2 所述设置参考信号，以超声仪器规定工作范围的中等电源动力启动超声仪器。

观察在制造商技术规范规定的范围内参考信号振幅和时基上位置的一致性，有下述项目：

a) 线电压变化（通过电源变压器调节）；和/或

b) 电池电压的变化（利用可变电压的 DC 电源代替标准电池盒）；

如果装有自动断电系统或报警装置，降低电源和/或电池电压，并注意断电系统或报警装置动作时的信号振幅。

#### 9.3.4.2 验收标准

信号的振幅和位置应稳定在制造商规范规定的范围内。

自动断电或报警灯（如果安装有的话）的动作应在参考信号振幅变化大于±2%全屏高或范围改变大于初始设置的±1%全屏宽之前。

## 9.4 发射脉冲参数

### 9.4.1 综述

本条款包括发射脉冲形状和振幅的测试。

### 9.4.2 发射电压、上升时间、回响和持续时间

#### 9.4.2.1 方法

把超声仪器设置为双探头工作（发射器和接收器分开），并连接示波器到发射器终端。

注：在连接示波器之前，应检查其输入不会由于发射器电压过高而受损。

把脉冲重复频率设置最大并将一个 50 Ω 无电抗电阻并联于发射器输出插座。利用示波器测量发射脉冲电压  $V_{50}$ 。测量脉冲上升时间，持续时间和任何回响的振幅，如图 10 所示。

对每个脉冲能量设置和/或发射脉冲频率设置以及最大和最小阻尼进行重复测量。

对示波器屏幕上显示清晰波形的最小脉冲重复频率进行重复测试。

#### 9.4.2.2 验收标准

在最大和最小脉冲重复频率和每个脉冲能量和/或发射脉冲频带时：

a) 发射脉冲电压（加负载，即  $V_{50}$ ）应在制造商规范的±10%范围内；

b) 脉冲上升时间  $t_r$  应小于制造商技术规范规定的最大值；

c) 脉冲持续时间  $t_d$  应在制造商技术规范规定值的±10%范围内；

d) 任何脉冲回响  $V_r$  应小于 4%的峰-峰发射脉冲电压。

## 9.5 接收器

### 9.5.1 综述

本条款给出测量放大器带宽、等效输出噪声和已校准衰减器精确度的测试方法。在这些测试中，如果装有抑制控制器则应关闭。

### 9.5.2 放大器频率响应

### 9.5.2.1 方法

利用图 5 所示电路将输入信号插入超声仪器的接收器终端，并设置为双探头工作。调整超声仪器的输入信号达到±1V 峰-峰值并调整已校准的衰减器产生 80%屏高的信号。报告接收器的增益设置。

依次选择各频带设定。在 0.1MHz 到 25MHz 范围内改变输入信号的频率，记录每个频带能在超声仪器屏幕显示最大信号振幅的频率 ( $f_{max}$ )，以及该电平的高度。此时，应保证放大器不致过载，而且在示波器上显示的输入振幅度保持恒定。将已校准的外接衰减器减少 3dB 以提高显示的信号高度。

以小于标称带宽的小增量 5%从  $f_{max}$  依次增加和减少频率，观察其在超声仪器屏幕上高 ( $f_u$ ) 和低 ( $f_l$ ) 频率 (3dB 点) 显示高度返回到其原始值。再一次确认输入到已校准外接衰减器的信号是恒定的。

### 9.5.2.2 验收标准

由下式给出的中心频率 ( $f_0$ ) (在可选数值情况下的每个频带设定):

$$f_0=(f_u \times f_l)^{1/2}.....(13)$$

应在技术规范规定值的±5%以内，或者在控制中标明。由下式给出的带宽 $\Delta f$  (在-3dB 点之间):

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

应在技术规范规定的±10%带宽以内。

### 9.5.3 等效输入噪音

#### 9.5.3.1 方法

选择双探头工作模式，利用图 5 所示电路。按每个频率范围，利用每个频带的中心频率为  $f_0$  的信号测量等效输入噪声。

把超声仪器的所有控制都设置为最大增益，包括可变增益。断开输入信号并记录超声仪器屏幕上的噪声电平。

减少增益 40dB 并重新连接输入信号。调整已校准外接衰减器和/或输入信号电平直到漂移的 RF 脉冲以前述噪音电平相同的电平出现。从示波器测量输入信号  $V_{in}$  的峰-峰伏特值，以及已校准外接衰减器的衰减 ( $S$  dB)。等效输入噪声  $V_{ein}$  (以伏特为单位) 为:

$$V_{ein}=V_{in}/\{10[(S+40)/20]\}.....(15)$$

噪声与频带的平方根之比为:

$$n_{in}=V_{ein}/(f_u-f_l)^{1/2}.....(16)$$

式中  $f_u$  和  $f_l$  为 9.5.2 中测量的 3dB 点。

#### 9.5.3.2 验收标准

对应每个频带设置， $n_{in}$  应符合下述条件:

$$n_{in}<80 \times 10^{-9} \quad V/(Hz)^{1/2}.....(17)$$

### 9.5.4 已校准衰减器精度

#### 9.5.4.1 方法

利用下述参考信号对超声仪器的已校准衰减器和与之匹配的外接已校准衰减器进行比较。

继续利用图 5 所示装置，对每个滤波器设置以 9.5.2 测量的中心频率 ( $f_0$ ) 进行比较。对于具有对数放大器的仪器，见附件 A。

将超声仪器的已校准衰减器调整到中间位置，在外接已校准衰减器设置比超声仪器增益高 10dB 的情况下，将来自信号发生器的参考信号振幅调节到 80%屏高。

以适当增量降低超声仪器的衰减量，并调整外接已校准衰减器保持该信号为恒定高度，校核超声仪器的衰减器控制。以三个步骤进行增益校核。首先在 1dB 范围 (如可能) 以最小增量校核增益。然后，在整个范围内以最小增量 (但不小于 1dB) 校核微调增益。最后，在整

个范围内以其各个增量校核粗调增益。记录两个衰减器之间大于验收标准的偏差值。这是超声仪器衰减器的误差。

#### 9.5.4.2 验收标准

在所选择的每个频率设置时要求：

- a) 在任何连续 20dB 跨度内或整个范围内（取较小者），微调增益衰减器的累积误差不应超过 ±1dB。
- b) 在任何连续 60dB 跨度内或整个范围内（取较小者），粗调增益衰减器的累积误差不应超过 ±2dB。

#### 9.5.5 垂直显示的线性

##### 9.5.5.1 方法

利用外接已校准衰减器改变参考输入的振幅并观察在超声仪器屏幕上信号高度的的变化来测试超声仪器屏幕线性。在测试开始时报告增益的设置。

以规定间隔从全屏高的 0dB 到-26dB 校核此线性。

按 9.5.1 测量的各滤波器中心频率（ $f_0$ ）重复进行测试。

利用与图 5 所示相同的装置，将外接已校准衰减器设置到 2dB 并调整超声仪器的输入信号和增益，使该信号达到 80%全屏高。

在不改变超声仪器增益的情况下将外接已校准衰减器设置到表 4 所列数值。对应各种设置测量超声仪器屏幕上的信号的幅度。

表 4：垂直显示线性的验收电平

外接衰减器设置 (dB)	屏幕上的目标幅度 (屏幕高度%)	可接受幅度 (屏幕高度%)
1	90	88-92
2	80	参考线
4	64	62-66
6	50	48-52
8	40	38-42
12	25	23-27
14	20	18-22
20	10	8-12
26	5	3-7

##### 9.5.5.2 验收标准

在每种频率设置下，所测量到的振幅应在表 4 给出的允差范围内。

#### 9.6 时基线性

##### 9.6.1 方法

通过比较刻度板和脉冲发生器产生的 11 个规则的彼此隔开的正弦波脉冲的位置来测量超声仪器时基的线性。

利用图 5 所示装置产生具有 11 个规则的彼此分开的正弦波脉冲测试信号，如图 11 所示。选择适当的频带并将测试信号的载频设置为 9.5.2 测量的中心频率。超声仪器设置为中间增益，调整外接已校准衰减器和函数发生器输出的振幅，直到显示在超声仪器上的测试脉冲为 80%屏高。调整脉冲的时间关系，使第三个脉冲的前沿位于水平刻度尺的 20%，同时第九个脉冲的前沿位于水平屏幕全宽度的 80%。

记录其余九个脉冲的前沿超出验收标准允差范围的偏差。

在中间位置连续校准控制的情况下，对步进式水平校准控制的所有位置重复进行测量。另外，在中间位置具有步进式校准控制的情况下，对任何连续水平校准控制的两端位置重复进行这

种测量。

### 9.6.2 验收标准

参考信号与理想位置的偏差不应大于全屏宽度的 $\pm 1\%$ 。

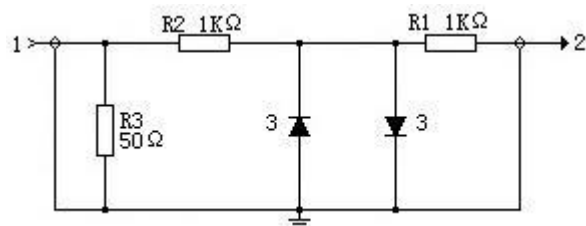


图 1 防止设备受发射脉冲损害的电路

1 信号发生器；2 探伤仪；3 硅开关二极管

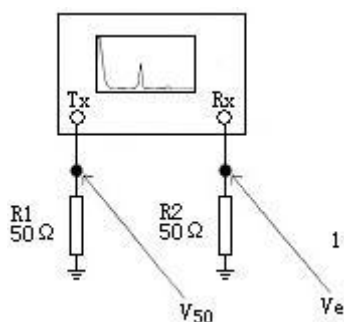


图 2 用于测量串扰阻尼的装置

1 探头  $10\text{pF} \pm 4\text{pF}$

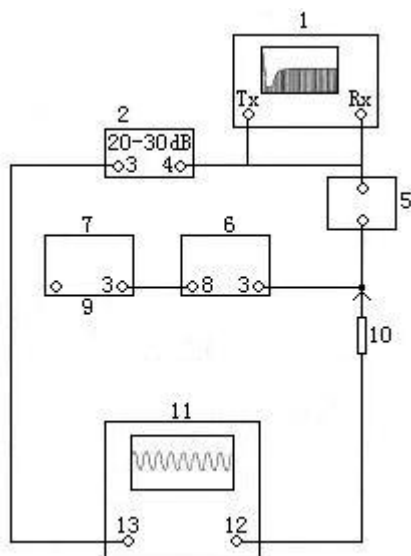


图 3 测量发射脉冲后阻塞时间的装置

1 探伤仪；2 固定衰减器；3 输出；4 输入；5 保护电路（见图 1）；6 闸门 RF 信号发生器；7 脉冲发生器；8 闸门；9 脉冲宽度= $5\mu\text{s}$ ；脉冲速率= $10\text{KHz}$ ；10  $\times 10$  宽带探头 ( $100\text{MHz}$ )；11  $100\text{MHz}$  示波器；12 Y 输入；13 T.B. 触头

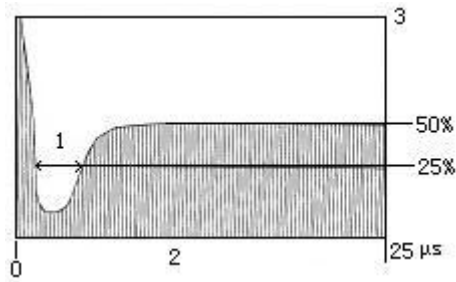


图 4 测试时在探伤仪屏幕上所见测量发射脉冲后阻塞时间的波形  
1 阻塞时间；2 非同步整流正弦波；3 屏幕高度

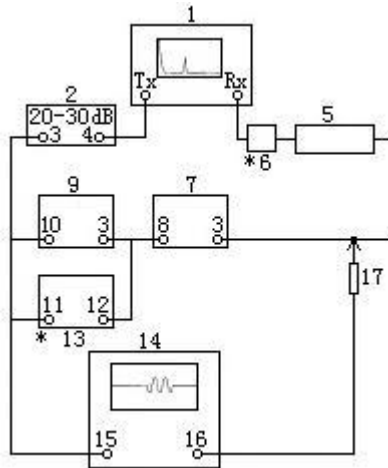


图 5 设备的通用配置

- 1 探伤仪；2 固定衰减器；3 输出；4 输入；5 可调 RF 衰减器；6 终端板；  
7 闸门 RF 信号发生器；8 闸门；9 脉冲发生器；10 触头；11 开始；12 停止；  
13 间隔定时器；14 100MHz 示波器；15 T.B. 触头；16 Y 输入；17 x10 宽带探头（100MHz）
- \* 计数定时器只要求用于 DAC 和数字探伤仪的测试  
\* 终端板只要求用于探伤仪与测试装置的阻抗匹配

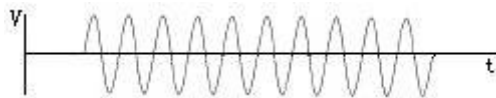


图 6 通用装置产生的测试波形

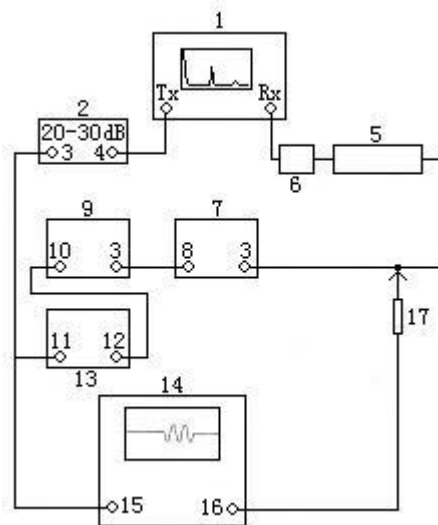


图 7 测试监视器闸门的装置

- 1 探伤仪；2 固定衰减器；3 输出；4 输入；5 可调 RF 衰减器；6 终端板；  
 7 闸门 RF 信号发生器；8 闸门；9 脉冲发生器；10 触头；11 开始；12 溢流；  
 13 计数定时器；14 100MHz 示波器；15 T.B. 触头；16 Y 输入；17 x10 宽带探头 (100MHz)

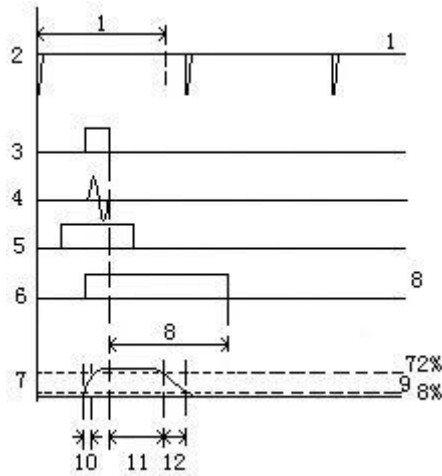


图 8 用于测试监视器闸门的信号时间图

- 1 屏幕宽度；2 发射脉冲；3 触发测试信号；4 测试信号；5 监视器闸门；  
 6 转换的闸门信号；7 比例闸门输出；8 保持时间；9 %FSH；10 上升时间；  
 11 保持时间；12 下降时间

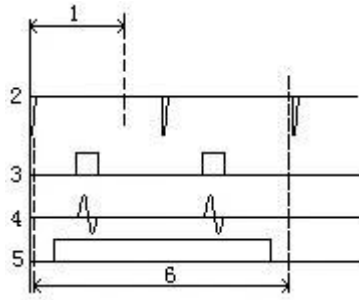


图 9 测量数字探伤仪时间响应的时间图形显示

- 1 屏幕宽度；2 发射脉冲；3 触发测试信号；4 测试信号；5 测试信号闸门；6 响应时间

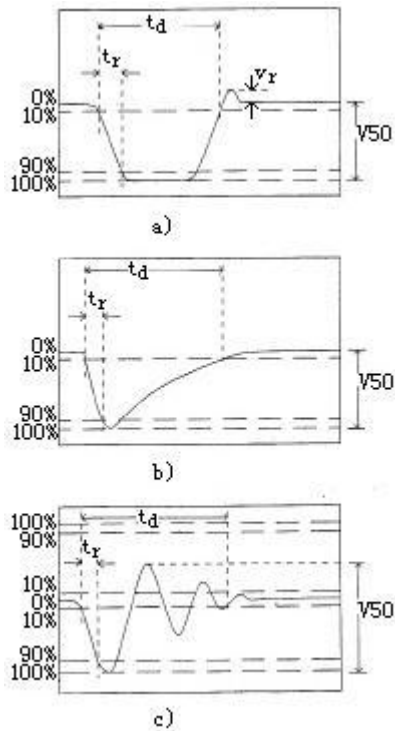


图 10 发射脉冲参数的测量  
a) 方波; b) 尖波; c) 调谐波

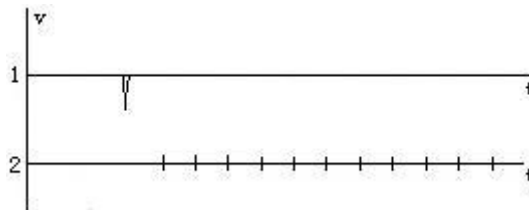


图 11 测试时基线性的信号  
1 发射脉冲; 2 测试信号

## 附录 A (标准化) 具有对数放大器的超声仪器的特殊条件

### A1. 说明

某些超声仪器设计用对数放大器取代线性放大器。

基于对数放大器的超声仪器可表征如下：

- 1) 显示振幅（如果有的话还包括监视器输出）以 dB 刻度而不是百分比刻度的线性显示；
- 2) 增益控制被（完全或部分的）垂直显示刻度范围和偏移控制所代替。

### A.2 基本要求

#### A.2.1 测量精度

为了符合本标准，带有对数放大器的超声仪器应满足所有相同测量的精度要求，即从输入到显示，如条款 9.5.4 所述：

累积测量误差在任何 20dB 跨距内不应超过  $\pm 1\text{dB}$ ，在任何 60dB 跨距内不应超过  $\pm 2\text{dB}$ 。

#### A.2.2 垂直显示线性

由于垂直显示的本质是非线性的，因此条款 9.5.5 应由以下要求代替：

垂直显示误差在任何 20dB 跨距内不应超过  $\pm 1\text{dB}$ ，在任何 60dB 跨距内不应超过  $\pm 2\text{dB}$ 。

### **A.3. 测试**

应使用图 5 的测试装置。上述要求依从性的验证应借助表格表明测量的 dB 输出与设定的 dB 输入之间的关系。

### **参考书目**

EN 12223 无损检测-超声检验-1 号校验试块规范 (EN 12223,Non-destructive testing - Ultrasonic examination - Specification for calibration block No.1)

ISO 10012-1 测量设备的质量保证要求-第 1 部分: 测量设备的计量确认系统

(夏纪真译)