



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 746—2024

超声探伤仪

Ultrasonic Flaw Detectors

2024-06-14 发布

2024-12-14 实施

国家市场监督管理总局 发布

订单号: 0109240712398851 防伪编号: 2024-0712-1209-2551-1170 购买单位: 中国计量科学研究院

中国计量科学研究院 专用

超声探伤仪检定规程

Verification Regulation of
Ultrasonic Flaw Detectors

JJG 746—2024
代替 JJG 746—2004

归口单位：全国声学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：湖北省计量测试技术研究院

吉林省计量科学研究院

本规程委托全国声学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

杨平（中国计量科学研究院）

田琦（中国计量科学研究院）

邢广振（中国计量科学研究院）

参加起草人：

姚秋平（湖北省计量测试技术研究院）

房法成（吉林省计量科学研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 术语和定义	(1)
3.2 计量单位	(3)
4 概述	(3)
5 计量性能要求	(3)
5.1 预热后的稳定性	(3)
5.2 接收性能要求	(3)
5.3 发射性能要求	(4)
6 通用技术要求	(4)
6.1 标志和信息	(4)
6.2 外观和结构	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目	(5)
7.3 检定方法	(6)
7.4 使用中检查	(12)
7.5 检定结果的处理	(12)
7.6 检定周期	(13)
附录 A 检定证书和检定结果通知书内页的格式	(14)
附录 B 测量不确定度的评定示例	(18)
附录 C 使用中检查	(21)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成制定本规程的基础性系列规范。

本规程修订参照 EN 12668-1: 2010《无损检测—超声检查设备的表征及验证—第1部分：仪器》（英文版）、EN 12668-3: 2011《无损检测—超声检查设备的表征及验证—第3部分：组合设备》（英文版）、EN ISO 22232.1: 2020《无损检测—超声检查设备的表征及验证—第1部分：仪器》（英文版）、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》和 GB/T 27664.3—2011《无损检测超声检测设备的性能与检验 第3部分：组合设备》。

本规程代替 JJG 746—2004《超声探伤仪》。与 JJG 746—2004 相比，主要技术变化如下：

- a) 增加了术语及定义；
- b) 删除了水平线性误差、衰减器衰减误差、垂直线性误差、电噪声电平、最大使用灵敏度、探伤灵敏度余量、扫描范围和分辨力等检定项目；
- c) 更新了动态范围检定项目的计量性能要求和检测方法；
- d) 增加了放大器频率响应、发射能量泄漏抑制、发射脉冲后盲区、等效输入噪声、衰减器误差、幅度线性误差、时基线性误差、发射脉冲电压、脉冲上升时间、脉冲持续时间和脉冲重复频率等检定项目的计量性能要求和检测方法。

本规程的历次版本发布情况为：

——JJG 746—2004。

超声探伤仪检定规程

1 范围

本规程适用于 A 型显示脉冲式超声探伤仪（含数字式超声波探伤仪）的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用了下列文件：

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1034—2020 声学计量术语及定义

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

GB/T 3102.7 声学的量和单位

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

GB/T 27664.3—2012 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 12668-1: 2010 无损检测 超声检查设备的表征及验证 第 1 部分：仪器
(Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic examination equipment—Part 1: Instruments)

EN 12668-3: 2010 无损检测 超声检查设备的表征及验证 第 3 部分：组合设备
(Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic examination equipment—Part 3: Combined equipment)

EN ISO 22232-1: 2020 无损检测 超声检查设备的表征及验证 第 1 部分：仪器
(Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic test equipment—Part 1: Instruments)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语和计量单位

3.1 术语和定义

JJF 1001—2011、JJF 1034—2020 和 JJF 1059.1—2012 界定的及以下术语和定义适用于本规程。

3.1.1 A 型显示 A scope

超声检测仪器（包括超声探伤仪和超声诊断仪）的显示屏上，以超声探头接收到的反射脉冲信号幅度为纵坐标，以超声波传播时间为横坐标，显示超声在传播路径上图像的线像显示方式。

[JJF 1034—2020, 6.60]

3.1.2 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。

[GB/T 27664.1—2011, 3.1]

注：通常用增益（一般指峰值增益）对频率的特性曲线表示。

3.1.3 放大器带宽 amplifier bandwidth

放大器频谱的高低截止频率之差。

注：本规程采用的截止频率是增益比峰值增益低 3 dB 的频点。

3.1.4 发射能量泄漏抑制 crosstalk damping during transmission

当超声探伤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。

[GB/T 27664.1—2011, 3.3]

3.1.5 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回波而饱和，使得发射脉冲启始后接收放大器无法响应输入信号的时间。

[GB/T 27664.1—2011, 3.5]

3.1.6 动态范围 dynamic range

超声探伤仪能够显示的最大信号幅度与最小信号幅度之比的对数。

注：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，而且在显示屏上所能够显示的信号还受到最大衰减的限制。

[GB/T 27664.1—2011, 3.7]

3.1.7 等效输入噪声 equivalent input noise

在超声探伤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。

[GB/T 27664.1—2011, 3.8]

注：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。

3.1.8 时基线性 linearity of time base

由经校准的时间发生器或由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成正比关系程度的一种量度。

[GB/T 27664.1—2011, 3.15]

3.1.9 幅度线性 linearity of vertical display

输入到超声探伤仪接收器的信号幅度与其在超声探伤仪显示屏（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。

[GB/T 27664.1—2011, 3.16]

3.1.10 脉冲持续时间 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。

[GB/T 27664.1—2011, 3.22]

3.1.11 脉冲重复频率 pulse repetition frequency

单位时间产生的脉冲数，通常以赫兹表示。

[GB/T 27664.1—2011, 3.23]

3.1.12 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。

[GB/T 27664.1—2011, 3.24]

3.2 计量单位

本规程采用 GB/T 3102.7 规定的量和单位。主要计量特性的单位名称和符号如下：

——衰减量的单位：分贝，dB；

——频率的单位为：赫兹，Hz。

4 概述

超声探伤仪是一种激励超声探头产生超声波，并接收在材料中传播或反射的超声信号以评价材料内部缺陷的无损检测仪器，主要由同步、扫描、发射、接收放大、电源等电路部分及显示屏组成。与超声探头配套，广泛应用于航空航天、铁路、船舶、特种设备、建筑、冶金等行业的非破坏性检测，是目前应用范围最广的无损检测仪器之一。

5 计量性能要求

5.1 预热后的稳定性

a) 信号幅度的变化应不超过全屏高度的 $\pm 2\%$ 。

b) 最大可接受的时基偏移应不超过全屏宽度的 $\pm 1\%$ 。

5.2 接收性能要求

5.2.1 放大器频率响应

该检测项目采用分级评定放大器频率响应性能（见表 1）。

表 1 放大器频率响应性能等级

性能等级	分级标准
A	中心频率与标称值的偏差应不超过 $\pm 5\%$ ； -3 dB 带宽与标称值的偏差应不超过 $\pm 10\%$ ； -3 dB 上下限频率与标称值的偏差应不超过 $\pm 10\%$
B	中心频率与标称值的偏差应不超过 $\pm 10\%$ ； -3 dB 带宽与标称值的偏差应不超过 $\pm 20\%$ ； -3 dB 上下限频率与标称值的偏差应不超过 $\pm 20\%$
C	不合格

5.2.2 发射能量泄漏抑制

发射过程中发射能量泄漏抑制应不小于 60 dB。

5.2.3 发射脉冲后盲区

对应所设定的测试结果最差的频带，发射脉冲后盲区应不大于 $10 \mu\text{s}$ 。

5.2.4 动态范围

可用的动态范围应至少为 100 dB，且最小输入电压应不超过标称值的允许范围。

5.2.5 等效输入噪声

等效输入噪声与频带的平方根之比应不大于 $80 \times 10^{-9} \text{ V/Hz}^{1/2}$ 。

5.2.6 衰减器误差

任何连续 20 dB 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应不超过 $\pm 1.0 \text{ dB}$ 。

在任何连续 60 dB 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应不超过 $\pm 2.0 \text{ dB}$ 。

5.2.7 幅度线性误差

幅度线性误差应不大于 4%。

5.2.8 时基线性误差

数字超声探伤仪：参考信号与理想位置的偏差应不超过全屏宽度的 $\pm 0.5\%$ 。

其他超声探伤仪：参考信号与理想位置的偏差应不超过全屏宽度的 $\pm 1\%$ 。

5.3 发射性能要求

5.3.1 发射脉冲电压

发射脉冲电压与标称值的偏差应不超过 $\pm 10\%$ 。

5.3.2 脉冲上升时间

脉冲上升时间应不大于技术规范规定的最大值。

5.3.3 脉冲持续时间

脉冲持续时间与标称值的偏差应不超过 $\pm 10\%$ 。

5.3.4 脉冲重复频率

每个设定值下的测得的脉冲重复频率与标称值的偏差应不超过 $\pm 5\%$ 。

6 通用技术要求

6.1 标志和信息

- a) 制造者的名称或商标；
- b) 超声探伤仪的型号和序列号。

6.2 外观和结构

超声探伤仪及附件应无机械性损伤、漏电、接地不良等可能影响计量性能的现象；开关等控制器件应操纵灵活、定位准确、接触可靠。非供操作者使用的部件应采用密封或标记的方法加以保护。开启超声探伤仪后，其显示屏上信号幅度和位置应无明显抖动。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

7.1 检定条件

7.1.1 计量标准器和主要配套设备

a) 信号发生器：应包含猝发音功能，频率范围至少覆盖 $0.5 \text{ MHz} \sim 25 \text{ MHz}$ ，频率准确度优于 5×10^{-4} ，电压幅度误差不超过 $\pm 1\%$ ，正弦波幅度平坦度优于 $\pm 0.2 \text{ dB}$ ，

总谐波失真优于 0.3%。

b) 标准衰减器：在 0.5 MHz~25 MHz 频率范围，总衰减范围不小于 80 dB，至少应有 10 dB、1 dB 和 0.1 dB 3 种衰减步级；衰减误差为 $\pm(1\%A + 0.05)$ dB，其中 A 为衰减量。

c) 固定衰减器：可耐受 1 000 V 的发射脉冲电压，总衰减范围不小于 40 dB。

d) 示波器：带宽不小于 100 MHz，在 0.5 MHz~25 MHz 频率范围，幅度测量不确定度优于 5% ($k=2$)，时间测量不确定度优于 0.2% ($k=2$)。

e) 无感电阻：50 Ω 和 75 Ω ，最大允许误差为 $\pm 1.0\%$ 。

f) 温度计：在检定环境条件内，温度示值的最大允许误差为 ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$ 。

g) 湿度计：在检定环境条件内，相对湿度示值的最大允许误差为 $\pm 4\%$ 。

7.1.2 检定环境条件

温度：15 $^{\circ}\text{C}$ ~35 $^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：25%~90%。

7.2 检定项目

超声探伤仪的检定项目见表 2。

表 2 检定项目一览表

项目名称		首次检定	后续检定	使用中检查
外观与结构		+	+	见附录 C
一般技术检查	预热后的稳定性	+	+	
接收性能要求	放大器频率响应	+	+	
	发射能量泄漏抑制	+	-	
	发射脉冲后盲区	+	-	
	动态范围	+	-	
	等效输入噪声	+	+	
	衰减器误差	+	+	
	幅度线性误差	+	+	
发射性能要求	时基线性误差	+	+	
	发射脉冲电压	+	-	
	脉冲上升时间	+	-	
	脉冲持续时间	+	-	
	脉冲重复频率	+	-	
注：需检定或检查的项目用“+”表示，不需检定或检查的项目用“-”表示。使用中检查见附录 C。				

7.3 检定方法

7.3.1 外观与结构

目视超声探伤仪外观，检查是否存在影响正常工作的外部损伤。

7.3.2 预热后的稳定性

a) 设置超声探伤仪为一发一收模式，根据图 1 所示连接仪器；

注：连接示波器前，宜检查示波器的输入端电压，以免由于高发射电压而损坏示波器。

b) 超声探伤仪中声速参数设置为 5 920 m/s 时，调节超声探伤仪声程范围为 50 mm；

c) 在超声探伤仪可用的中间频率范围内（如当选择 2 MHz~6 MHz 频带时，信号发生器输出可以设置为 4 MHz），调节信号发生器产生一个单周期正弦波；

d) 设置等效于全屏宽度 50% 声程范围的延迟时间，调节信号发生器输出幅度，使正弦波在探伤仪屏幕上的显示为全屏高度的 80% 左右；

e) 在 30 min 内，每隔 10 min 观察信号在屏幕上的幅度和位置记录参考信号幅度和位置变化的最大值。

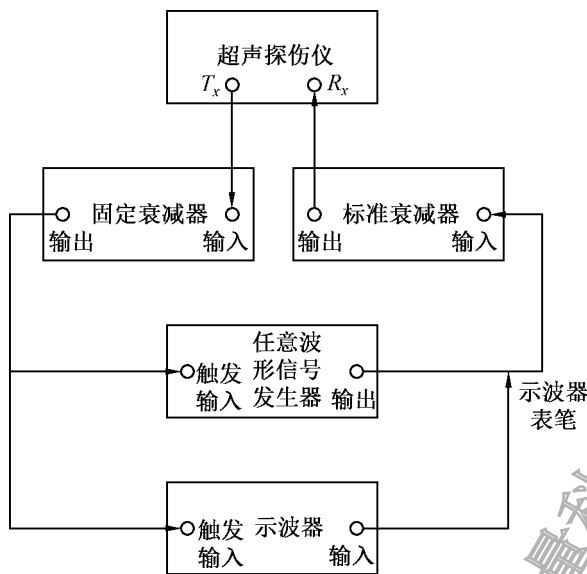


图 1 设备的通用配置

7.3.3 接收性能参数

7.3.3.1 放大器频率响应

a) 将超声探伤仪设置为一发一收模式，根据图 1 所示连接仪器；

b) 依次选择超声探伤仪预设的频带；

c) 调节信号发生器输出 1 V 峰-峰值的连续正弦波信号，接入超声探伤仪的接收端；

d) 调整标准衰减器使超声探伤仪接收信号幅度为全屏高度的 80%，记录此时超声探伤仪的增益设置；

e) 在 0.5 MHz~25 MHz 范围内，改变输入信号的频率，记录每个频带能在超声探伤仪屏幕显示最大信号幅度的频率 f_{\max} ，以及该电平的高度 H ；

注：应保证放大器不致过载，而且在示波器上显示的输入幅度保持恒定。可以将标准衰减器减少 3 dB，以提高显示的信号幅度。

f) 以小于当前测试频带标称带宽 5% 的步进量，从 f_{\max} 依次增加和减少频率，记录 H 下降到 -3 dB 点时的上限频率和下限频率；

g) 在每个预设频带下（后续检定时，可只检测常用频带或最大标称带宽的频带，选定频带后，后续检定的所有项目均在该频带下检测），按公式（1）计算中心频率：

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (1)$$

式中：

f_c ——频带中心频率，MHz；

f_u —— H 下降到 -3 dB 时的上限频率，MHz；

f_l —— H 下降到 -3 dB 时的下限频率，MHz。

h) 按公式（2）计算 -3 dB 带宽 Δf ：

$$\Delta f = f_u - f_l \quad (2)$$

式中：

Δf —— H 下降到 -3 dB 带宽，MHz。

7.3.3.2 发射能量泄漏抑制

- 将超声探伤仪设置为一发一收模式；
- 在超声探伤仪的发射端和接收端同时连接 50 Ω 无感电阻；
- 用示波器测量发射端电压和接收端电压，如图 2 所示；
- 按公式（3）计算发射能量泄漏抑制 D_e ：

$$D_e = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{50}}{V_e} \right) \quad (3)$$

式中：

D_e ——发射能量泄漏抑制，dB；

V_{50} ——超声探伤仪发射端电压，V；

V_e ——超声探伤仪接收端电压，V。

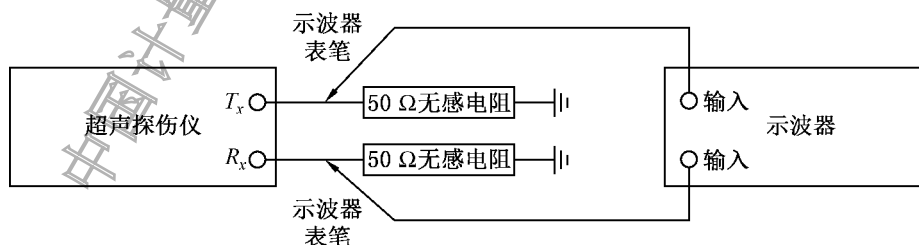


图 2 发射能量泄漏抑制的仪器配置方式

7.3.3.3 发射脉冲后盲区

- 设置超声探伤仪显示范围为 0 μs ~ 25 μs ；
- 调整延迟时间，使发射脉冲前沿对准零刻度线；
- 按图 3 所示连接超声探伤仪，将超声探伤仪设置为自发自收工作方式（连接超声探伤仪发射端与接收端）；

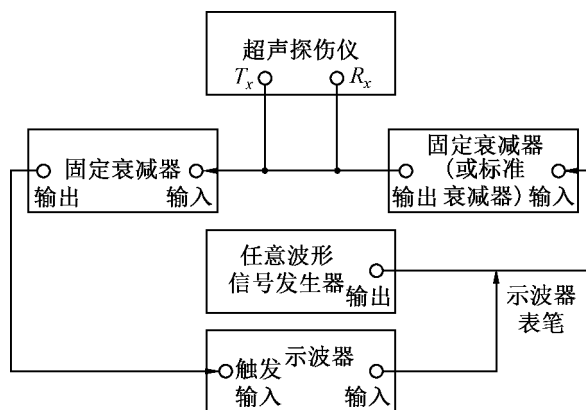


图3 测量发射脉冲后盲区仪器配置

d) 依次选择超声探伤仪各个频带的设定值，并调节信号发生器产生输出频率为对应频带测得中心频率的连续正弦波；

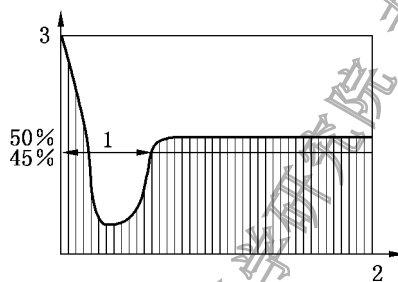


图4 用于测量发射脉冲后盲区的信号波形说明

1—盲区的时间；2—时间；3—信号高度

注：在此过程中，宜改变输入信号电平，并检查超声探伤仪放大器，要处于未饱和状态。

e) 从发射脉冲前沿到时基线上信号幅度为全屏高度 45%~55% 所对应的时间，即为盲区（见图 4），单位为 μs 。

7.3.3.4 动态范围

a) 将超声探伤仪设置为一发一收模式，根据图 1 所示连接仪器；

b) 设置信号发生器产生 10 个周期的猝发音信号；

c) 按照 7.3.3.1 所测得的每一个频带的中心频率 f_c 设置信号发生器输出频率，检查不同频带设置下的动态范围；

d) 调节超声探伤仪增益至最小值，增大信号发生器输出信号幅度直至超声探伤仪显示出现饱和，或显示幅度达到全屏高度的 100%，测量此时输入信号的电压（测量时要适当考虑标准衰减器的设置）；

e) 将超声探伤仪设置到最大增益，如果电噪声电平大于全屏高度的 5%，减小增益，直至电噪声电平幅度为全屏高度的 5%；

f) 调节信号发生器输出信号幅度，使超声探伤仪屏幕显示的信号幅度达到全屏高度的 10%，测量此时输入信号的电压（测量时要适当考虑标准衰减器的设置）；

注：如果信号发生器不能提供足够低的电压，宜将超声探伤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。

g) 当 V_{\min} 低于等效输入噪声 V_{ein} 时, 按公式 (4) 计算动态范围:

$$G_D = 20 \log_{10} \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (4)$$

式中:

G_D ——可用动态范围, dB;

V_{\max} ——超声探伤仪接收信号幅度显示饱和或到达 100% 时的输入信号电压, V;

V_{\min} ——超声探伤仪接收信号幅度显示到达 10% 时的输入信号电压, V。

当 V_{\min} 不小于等效输入噪声 V_{ein} 时, 按公式 (5) 计算动态范围:

$$G_D = 20 \log_{10} \frac{V_{\max}}{V_{\text{ein}}} \quad (5)$$

7.3.3.5 等效输入噪声

a) 将超声探伤仪设置为一发一收模式, 根据图 1 连接仪器;

b) 在每个频带下, 根据对应频带测得中心频率设置信号发生器产生连续正弦波信号, 利用该信号测量等效输入噪声 (后续检定时, 可选择常用频带或最大标称带宽的频带进行测试);

c) 将超声探伤仪增益参数 (包括可变增益) 设置为最大值;

d) 断开输入信号并记录超声探伤仪屏幕上的电噪声电平;

e) 减少增益 40 dB 并重新连接输入信号;

f) 调节标准衰减器和 (或) 输入信号电平, 直至输入信号电平等于前述显示屏电噪声电平;

g) 利用示波器测量输入信号的峰-峰电压值, 记录标准衰减器的衰减量 S (以 dB 为单位);

h) 按公式 (6) 计算等效输入噪声:

$$V_{\text{ein}} = \frac{V_{\text{in}}}{10^{\left(\frac{S+40}{20}\right)}} \quad (6)$$

式中:

V_{ein} ——等效输入噪声电压值, V;

V_{in} ——输入信号电压峰-峰值, V;

S ——标准衰减器的衰减量, dB。

i) 按公式 (7) 计算每平方根带宽的噪声:

$$n_{\text{in}} = \frac{V_{\text{ein}}}{\sqrt{f_u - f_l}} \quad (7)$$

式中:

n_{in} ——每平方根带宽的噪声, $\text{V}/\text{Hz}^{1/2}$

7.3.3.6 衰减器误差

a) 将超声探伤仪设置为一发一收模式, 根据图 1 连接仪器;

b) 在每个频带的中心频率下检测超声探伤仪的衰减器误差 (后续检定时, 可只检测常用频带或最大标称带宽的频带);

- c) 将超声探伤仪增益调节为中间值；
- d) 在标准衰减器设置值比超声探伤仪增益高 10 dB 的情况下，调节信号发生器的输出信号幅度，使其占全屏高度的 80%；
- e) 以适当步进量降低超声探伤仪增益，并调节标准衰减器保持该信号为恒定高度，检测超声探伤仪的衰减器误差；
- f) 如果可能的话，在 1 dB 范围内，以最小增量检测超声探伤仪的衰减器误差；
- g) 在整个范围内以其每一种增量检测超声探伤仪的衰减器误差；
- h) 记录超声探伤仪增益与标准衰减器之间的偏差，即为超声探伤仪的衰减器误差。

7.3.3.7 幅度线性误差

- a) 将超声探伤仪设置为一发一收模式，根据图 1 连接仪器；
- b) 在开始检测时，记录增益的初始设定值；
- c) 以规定间隔从全屏高的 0 dB~ -26 dB 测量幅度线性；
- d) 按 7.3.3.1 测量的各频带中心频率重复进行测试（后续检定时，可选择常用频带或最大标称带宽的频带进行测试）；
- e) 将标准衰减器设置到 2 dB，并调整超声探伤仪的输入信号和增益，使该信号达到全屏高度的 80%；
- f) 在不改变超声探伤仪增益的情况下，将标准衰减器设置到表 3 第 1 列所列数值，分别测量不同衰减量下超声探伤仪屏幕上的信号幅度；

表 3 幅度线性的合格指标

标准衰减器设置 dB	所显示信号幅度的理论值 (全屏高度的百分比/%)	合格指标 (全屏高度的百分比/%)
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

- g) 按公式 (8) 计算幅度线性误差：

$$\Delta = |\Delta_{+\max}| + |\Delta_{-\max}| \quad (8)$$

式中：

Δ —— 幅度线性误差，%；

$|\Delta_{+\max}|$ —— 幅度线性最大正偏差的绝对值，%；

$|\Delta_{-\max}|$ ——幅度线性最大负偏差的绝对值, %。

7.3.3.8 时基线性误差

- 将超声探伤仪设置为一发一收模式, 根据图 1 连接仪器;
- 调节信号发生器产生具有 11 个规则的彼此分开的正弦波脉冲测试信号;
- 选择适当的频带 (后续检定时, 可选择常用频带或最大标称带宽的频带进行测试), 将测试信号的频率设置为对应频带测得中心频率;
- 将超声探伤仪增益设置为总增益值的 50%, 调节标准衰减器和信号发生器输出信号幅度, 直到显示在超声探伤仪上的测试脉冲为全屏高度的 80%;
- 调节脉冲的时间关系, 使第 3 个脉冲的前沿位于水平刻度尺的 20%, 同时第 9 个脉冲的前沿位于水平刻度尺的 80%;
- 记录其余 9 个脉冲的前沿超出水平刻度尺理想位置的偏差, 取其最大偏差;
- 按公式 (9) 计算时基线性误差:

$$\Delta L = \frac{|\alpha_{\max}|}{B} \times 100\% \quad (9)$$

式中:

ΔL ——时基线性误差, %;

$|\alpha_{\max}|$ ——其余 9 个脉冲与指定位置的最大偏差;

B ——水平满刻度数。

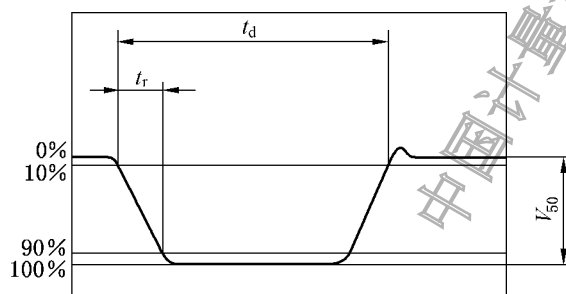
7.3.4 发射性能参数

7.3.4.1 发射脉冲参数 (发射脉冲电压, 脉冲上升时间, 脉冲持续时间)

- 将超声探伤仪设置为一发一收模式;
- 脉冲重复频率设定为最大值, 并将 50Ω 无感电阻并联在发射端;
- 将发射端通过示波器表笔或固定衰减器连接至示波器;

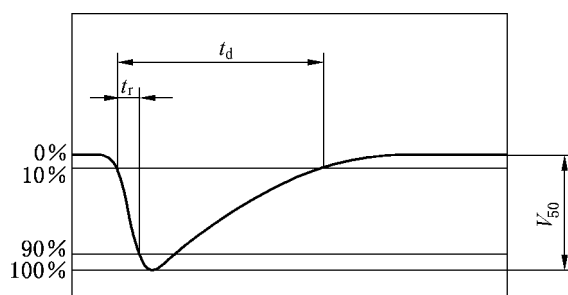
注: 连接示波器前, 宜检查示波器的输入端电压, 以免由于高发射电压而损坏示波器。

- 利用示波器测量发射脉冲电压、脉冲上升时间和脉冲持续时间, 如图 5 所示。

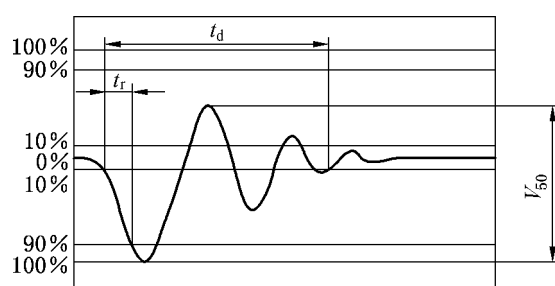


(a) 方波脉冲

图 5 发射脉冲参数的测量



(b) 尖波脉冲



(c) 调节脉冲

图 5 (续)

t_r —脉冲上升时间； t_d —脉冲持续时间； V_{50} —发射脉冲电压

7.3.4.2 脉冲重复频率

a) 将超声探伤仪置于一发一收模式；

b) 将发射端通过示波器表笔或固定衰减器连接至示波器；

注：连接示波器前，宜检查示波器的输入端电压，避免由于高发射电压而损坏示波器。

c) 调整示波器，令其最少可以显示 2 个脉冲信号。脉冲重复频率则为 2 个脉冲时间间隔的倒数。

注：测量脉冲重复频率时，宜禁用信号处理功能，例如时间增益修正，距离幅度曲线等功能。

d) 将超声探伤仪的脉冲重复频率设置为最大值、最小值以及一个常用值，分别用示波器测量。

7.4 使用中检查

使用中检查项目及计量性能要求见附录 C。

7.5 检定结果的处理

a) 所有检定项目均符合合格判则的，超声探伤仪检定合格；如有一项或多项不符合合格判则的，超声探伤仪检定不合格。对检定合格的超声探伤仪发给检定证书；对检定不合格的超声探伤仪发给检定结果通知书，并应注明不合格项目。

b) 检定证书和检定结果通知书的内页应包括检定条件、检定项目、检定结果等内容。检定证书的内页格式见 A.1，检定结果通知书的内页格式见 A.2。

c) 超声探伤仪检定中的测量不确定度应按 JJF 1059.1—2012 的要求评定，不确定度评定的示例见附录 B。

7.6 检定周期

超声探伤仪的检定周期一般不超过 1 年。

中国计量科学研究院 专用

附录 A

检定证书和检定结果通知书内页的格式

A.1 检定证书内页的格式

超声探伤仪检定证书内页的格式见图 A.1。

证书编号××××××—××××				
检定机构授权说明				
检定地点及环境条件				
地 点				
温 度	℃	相对湿度	%	
检定的技术依据：JJG 746—2024《超声探伤仪》				
检定使用的计量（基）标准装置				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	标准器 证书编号	有效期至
第×页 共×页				

图 A.1 检定证书内页的格式

证书编号××××××—××××

检定结果

1. 外观与结构：_____
2. 预热后的稳定性：_____
3. 放大器频率响应：

频带	上限频率 f_u /MHz	下限频率 f_l /MHz	带宽/MHz	中心频率/MHz

4. 发射能量泄漏抑制/dB：_____
5. 发射脉冲后盲区/ μ s：_____
6. 动态范围/dB：_____
7. 等效输入噪声/(V/Hz^{1/2})：_____
8. 衰减器误差/dB：_____
9. 幅度线性误差/%：_____
10. 时基线性误差/%：_____
11. 发射脉冲电压/V：_____
12. 脉冲上升时间/ns：_____
13. 脉冲持续时间/ns：_____
14. 脉冲重复频率/Hz：_____

说明：

第×页 共×页

图 A.1 (续)

A.2 检定结果通知书内页的格式

超声探伤仪检定结果通知书内页的格式见图 A.2。

证书编号××××××—××××				
检定机构授权说明				
检定地点及环境条件				
地 点				
温 度	℃	相对湿度	%	
检定的技术依据：JJG 746—2024《超声探伤仪》				
检定使用的计量（基）标准装置				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	标准器 证书编号	有效期至
第×页 共×页				

图 A.2 检定结果通知书内页的格式

证书编号××××××—××××

检定结果

1. 外观与结构：_____
2. 预热后的稳定性：_____
3. 放大器频率响应：

频带	上限频率 f_u /MHz	下限频率 f_l /MHz	带宽/MHz	中心频率/MHz

4. 发射能量泄漏抑制/dB：_____
5. 发射脉冲后盲区/ μ s：_____
6. 动态范围/dB：_____
7. 等效输入噪声/(V/Hz^{1/2})：_____
8. 衰减器误差/dB：_____
9. 幅度线性误差/%：_____
10. 时基线性误差/%：_____
11. 发射脉冲电压/V：_____
12. 脉冲上升时间/ns：_____
13. 脉冲持续时间/ns：_____
14. 脉冲重复频率/Hz：_____

对检定结果不合格项及不能继续进行检定项目的说明：不合格及不能继续检定的项目。

第×页 共×页

图 A. 2 (续)

中国计量科学研究院 专用

附录 B

测量不确定度的评定示例

选一稳定的超声探伤仪，对幅度线性误差作不确定度评定。

B.1 测量模型

$$\Delta = |\Delta_{+\max}| + |\Delta_{-\max}|$$

式中：

Δ ——幅度线性误差，%；

$|\Delta_{+\max}|$ ——幅度线性最大正偏差的绝对值，%；

$|\Delta_{-\max}|$ ——幅度线性最大负偏差的绝对值，%。

B.2 合成标准不确定度计算公式

$|\Delta_{+\max}|$ 与 $|\Delta_{-\max}|$ 相应的不确定度互不相关时，其合成标准不确定度为：

$$u_c^2(\Delta) = c^2(|\Delta_{+\max}|)u^2(|\Delta_{+\max}|) + c^2(|\Delta_{-\max}|)u^2(|\Delta_{-\max}|) \quad (\text{B.1})$$

式中灵敏系数：

$$c(|\Delta_{+\max}|) = \frac{\partial(\Delta)}{\partial(|\Delta_{+\max}|)} = 1 \quad (\text{B.2})$$

$$c(|\Delta_{-\max}|) = \frac{\partial(\Delta)}{\partial(|\Delta_{-\max}|)} = 1 \quad (\text{B.3})$$

B.3 标准不确定度

a) 输入量幅度线性最大正偏差的绝对值标准不确定度来源

——测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ；

——信号发生器电压幅度准确性引入的标准不确定度 u_2 ；

——标准衰减器引入的标准不确定度 u_3 。

1) 由测量重复性引入的标准不确定度 u_1

选取超声探伤仪最大正偏差所对应的总衰减量为测量点，在重复条件下连续测量 10 次，得到最大正偏差的测量列 (%)：2.0，2.1，2.0，2.2，2.1，2.0，2.1，2.1，2.2，2.0。

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum \Delta_i}{n} = 2.08\% \quad (\text{B.4})$$

单次测量实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}} = 0.079\% \quad (\text{B.5})$$

单次测量标准不确定度：

$$u_1 = s = 0.08\% \quad (\text{B.6})$$

2) 信号发生器电压幅度准确性引入的标准不确定度 u_2

依据校准证书，信号发生器正弦波电压幅度偏差为 1%，假定满足均匀分布，则

$$u_2 = \frac{1\%}{\sqrt{3}} = 0.58\% \quad (\text{B. 7})$$

3) 标准衰减器引入的标准不确定度 u_3

选取超声探伤仪最大正偏差所对应的总衰减量为测量点，衰减器最大测量误差为 ± 0.014 dB (0.16%)，以均匀分布考虑，则

$$u_3 = \frac{0.16\%}{\sqrt{3}} = 0.09\% \quad (\text{B. 8})$$

4) 输入量 $|\Delta_{+\max}|$ 的标准不确定度 $u_c(|\Delta_{+\max}|)$ 的合成

各不确定度分量灵敏系数为 1，忽略其相关性，则

$$u(|\Delta_{+\max}|) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{(0.08\%)^2 + (0.58\%)^2 + (0.09\%)^2} = 0.59\% \quad (\text{B. 9})$$

b) 输入量幅度线性最大负偏差的绝对值标准不确定度来源 (同上)

1) 由测量重复性引入的标准不确定度 u'_1

选取超声探伤仪最大负偏差所对应的总衰减量为测量点，在重复条件下连续测量 10 次，得到最大负偏差的测量列 (%)：0.5, 0.6, 0.6, 0.6, 0.5, 0.5, 0.6, 0.6, 0.5, 0.6。

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum \Delta_i}{n} = 0.6\% \quad (\text{B. 10})$$

单次测量实验标准差：

$$s' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}} = 0.05\% \quad (\text{B. 11})$$

单次测量标准不确定度：

$$u'_1 = s' = 0.05\% \quad (\text{B. 12})$$

2) 信号发生器电压幅度准确性引入的标准不确定度 u'_2

依据校准证书，信号发生器正弦波幅度偏差为 1%，假定满足均匀分布，则

$$u'_2 = \frac{1\%}{\sqrt{3}} = 0.58\% \quad (\text{B. 13})$$

3) 标准衰减器引入的标准不确定度 u'_3

选取超声探伤仪最大负偏差所对应的总衰减量为测量点，衰减器最大测量误差为 ± 0.014 dB (0.16%)，以均匀分布考虑，则

$$u'_3 = \frac{0.16\%}{\sqrt{3}} = 0.09\% \quad (\text{B. 14})$$

4) 输入量 $|\Delta_{-\max}|$ 的标准不确定度 $u_c(|\Delta_{-\max}|)$ 的合成

各不确定度分量灵敏系数为 1，忽略其相关性，则

$$u(|\Delta_{-\max}|) = \sqrt{u_1'^2 + u_2'^2 + u_3'^2} = \sqrt{(0.05\%)^2 + (0.58\%)^2 + (0.09\%)^2} = 0.59\% \quad (\text{B.15})$$

B.4 标准不确定度汇总表

表 B.1 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 c_i	$c_i u_i$
$u(\Delta_{+\max})$	1. 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ; 2. 信号发生器引入的标准不确定度 u_2 ; 3. 标准衰减器引入的标准不确定度 u_3	$u_1 = s = 0.08\%$ $u_2 = 0.58\%$ $u_3 = 0.09\%$	$c(\Delta_{+\max})$	$c(\Delta_{+\max})u(\Delta_{+\max}) = 0.59\%$
$u(\Delta_{-\max})$	1. 测量重复性引入的标准不确定度 u_1' ; 2. 信号发生器引入的标准不确定度 u_2' ; 3. 标准衰减器引入的标准不确定度 u_3'	$u_1' = s' = 0.05\%$ $u_2' = 0.58\%$ $u_3' = 0.09\%$	$c(\Delta_{-\max})$	$c(\Delta_{-\max})u(\Delta_{-\max}) = 0.59\%$

B.5 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta) = \sqrt{c^2(|\Delta_{+\max}|)u^2(|\Delta_{+\max}|) + c^2(|\Delta_{-\max}|)u^2(|\Delta_{-\max}|)} = 0.83\% \quad (\text{B.16})$$

B.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则

$$U(\Delta) = k u_c(\Delta) = 2 \times 0.83\% = 1.7\% \quad (\text{B.17})$$

附录 C

使用中检查

本附录参照 GB/T 27664.3 给出超声探伤仪使用者在日常使用过程中，对超声探伤仪工作状态的检查方法。

C.1 外观质量

a) 目测检查超声探伤仪、探头、探头电缆和校准试块的外观，看其是否存在可能影响目前系统工作或以后可靠性的物理损坏或磨损；

b) 尤其检查探头表面的物理损坏或磨损情况。如果探头是由分立部件装配的，则要检查部件组装的正确性和电气接点的可靠性；

c) 每天应对当天要使用的组合设备检查 1 次。

C.2 灵敏度与信噪比

a) 将探头放在 GB/T 19799.2 或 EN 12223 规定的标准校准试块上，调整探头位置以找到来自作为灵敏度检查的横通孔信号的最大值；

b) 调节超声探伤仪增益，将该信号设置到全屏高度的 20%，并记录此时的增益值；

c) 从试块上移下探头，擦干探头表面的耦合剂；

d) 将探头放置在试块的侧面，增加增益，直到总的系统电噪声电平与目标孔一样达到全屏高度的 20% 为止，记录此时的增益值；

e) 记录的第一个增益测量值用于检测探头和超声探伤仪的灵敏度，而第 1 个和第 2 个测量值（单位为分贝）的差值为信噪比；

f) 应对应基本测量时所选用的特定范围来检查这些参数；

g) 对于所检型号的探头和超声探伤仪，测定的灵敏度和信噪比应在其基本测量值的 6 dB 以内；

h) 每周应对本周所使用的探头至少检查 1 次。

C.3 增益线性

a) 在校准试块上定位探头，以从一个小的反射体（例如：GB/T 19799.2 规定的试块上的 5 mm 孔）中获得一个反射信号；

b) 调节超声探伤仪增益，使该信号达到全屏高度的 80%，并记录此时增益值；

c) 将增益增加 2 dB，确认信号幅度上升到大于全屏高度的 100%；

d) 将增益恢复到其初始值，然后进一步把增益降低 6 dB，确认信号幅度下降到全屏幅度的 40% 左右；

e) 以 6 dB 步进量依次降低信号幅度 3 次，确认 3 次的信号幅度分别下降到全屏高度的 20%、10% 和 5%。

f) 若信号幅度在表 C.1 规定的限值内，应确定为合格。

表 C.1 增益线性的合格限值

增益 dB	预定的全屏高度 (全屏高度的百分比/%)	限值 (全屏高度的百分比/%)
+2	101	≥ 95
0	80	基准线
-6	40	37~43
-12	20	17~23
-18	10	8~12
-24	5	< 8 , 可见

g) 每周应对所使用的超声探伤仪至少进行 1 次检查。

C.4 时基线性

a) 将探头放在 GB/T 19799.2 或 EN 12223 规定的标准校准试块上，其位置应使最后一个背面回波的范围不小于所要检查的时基线性范围；

b) 调整声程范围，使第 1 个和第 6 个背面回波分别与标尺的第一个和最后一个刻线对齐；

c) 用另外 4 个回波检查线性，依次将背面回波调至近似相同幅度，例如：全屏高度的 80%。

d) 每个回波脉冲的前沿宜与各自相应的刻线对齐；

e) 当第 1 个和第 6 个回波定位后，并以相同的幅度测量时，检查每一个回波与其指定位置的偏差均应在规定的允差范围内；

f) 时基线性误差的最大允许值为全屏宽度的 $\pm 2\%$ ；

g) 每周应对所使用的超声探伤仪至少进行 1 次检查。

中国计量科学研究院 专用

订单号: 0109240712398851 防伪编号: 2024-0712-1209-2551-1170 购买单位: 中国计量科学研究院

中国计量科学研究院 专用

中国计量科学研究院 专用

⚠ 版权声明

中国标准在线服务网(www.spc.org.cn)是中国标准出版社委托北京标科网络技术有限公司负责运营销售正版标准资源的网络服务平台,本网站所有标准资源均已获得国内外相关版权方的合法授权。未经授权,严禁任何单位、组织及个人对标准文本进行复制、发行、销售、传播和翻译出版等违法行为。版权所有,违者必究!



购买者:中国计量科学研究院
时 间:2024-07-12
定 价:54元



JJG 746-2024

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 检 定 规 程
超 声 探 伤 仪
JJG 746—2024
国家市场监督管理总局发布

*

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

服务热线:400-168-0010

2024年7月第一版

*

书号:155066·J-4347

版权专有 侵权必究