
JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 746—202×

超 声 探 伤 仪

(征求意见稿)

本稿完成日期：2021.08.24

202×—XX—XX 发布

202×—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

超声探伤仪检定规程

JJG 746—202X

代替 **JJG 746—2004**

归口单位： 全国声学计量技术委员会

起草单位： 中国计量科学研究院

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）

姚秋平 （湖北省计量测试技术研究院）

邢广振 （中国计量科学研究院）

房法成 （吉林省计量科学研究院）

目 录

引 言	III
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位	1
3.1 计量单位.....	1
3.2 术语和定义.....	1
4 概述.....	3
5 通用技术要求	3
5.1 标志和信息.....	3
5.2 外观和结构.....	4
6 计量性能要求	4
6.1 一般技术检查	4
6.2 脉冲重复频率	4
6.3 有效输出阻抗	4
6.4 发射脉冲.....	5
6.5 发射能量泄漏抑制	5
6.6 发射脉冲后盲区	5
6.7 动态范围.....	5
6.8 放大器频率响应	5
6.9 等效输入噪声	5
6.10 衰减器误差.....	5
6.11 幅度线性.....	6
6.12 时基线性.....	6
7 计量器具控制	6
7.1 检定条件.....	6
7.2 检定项目.....	7
7.3 检定方法.....	8
7.4 检定结果的处理	17

7.5 检定周期.....	17
附录 A 最大允许测量不确定度	18
附录 B 检定证书和检定结果通知书内页的格式	19
附录 C 测量不确定度的评定示例	23
附录 D 使用中检查	27

引 言

本规程依据JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》给出的规则和格式编制。本规程修订参照国际标准EN 12668-1: 2011《无损检测—超声检查设备的表征及验证—第1部分：仪器》、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》、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，主要有如下一些主要的技术变化：

- a) 增加了术语及定义；
- b) 删除了电噪声水平、最大使用灵敏度、探伤灵敏度余量、扫描范围、分辨力等检定项目；
- c) 增加了脉冲重复频率、有效输出阻抗、发射脉冲电压、上升时间、回响及持续时间、放大器频率响应、等效输入噪声、衰减器误差、幅度线性、时基线性等检定项目的检测方法。

JJG 746 的历次版本发布情况为：

- JJG 746—2004；
- 本次为第一次修订。

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 测量不确定度的评定与表示

GB 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: 2011 《无损检测—超声检查设备的表征及验证—第1部分: 仪器》

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》

ISO/IEC Guide 98-4:2012 测量不确定度 测量不确定度在合格评定中的作用
(Uncertainty of measurement—Role of measurement uncertainty in conformity assessment)

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 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：

——衰减量的单位为分贝，dB；

——频率的单位为赫兹，Hz。

3.2 术语和定义

JJF 1001、JJF 1034、JJF 1059.1 和 GB 27664-1 界定的及以下术语和定义适用于本规程。

3.2.1 A 型显示

x 轴表示时间, y 轴表示幅度的超声波信号显示。

3.2.2 脉冲重复频率

每单位时间产生的脉冲数, 通常以赫兹表示。

3.2.3 有效输出阻抗

超声输出端电路负载所等效的阻抗。

3.2.4 脉冲上升时间

脉冲前沿的幅度从峰值幅度的 10% 上升到 90% 所需的时间。

3.2.5 脉冲回响

发射脉冲波形中在预期输出后的第二个回波的最大幅值。

3.2.6 脉冲持续时间

脉冲幅度从峰值幅度的 10% 上升到 100%, 再下降到 10% 所需的时间。

3.2.7 发射能量泄漏抑制

当超声探伤仪置于双探头工作方式(发射器和接收器)时, 在发射脉冲传输过程中, 从发射器输出端到接收器输入端的能量泄漏抑制量。

3.2.8 发射脉冲后盲区

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。

3.2.9 放大器频率响应

放大器增益随输入信号频率变化的关系。

3.2.10 放大器带宽

高低截止频率之间的频谱宽度。本部分采用的截止频率是信号幅度比峰值幅度低 3 dB 的频点。

3.2.11 动态范围

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。系统噪声会影响最小信号, 放大器饱和及显示屏所能够显示最大信号幅度会影响最大信号。

3.2.12 等效输入噪声

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。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。

3.2.13 幅度线性

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上所显示的幅度接近成正比关系程度的一种量度。

3.2.14 时基线性

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。

4 概述

超声探伤是目前应用范围最广的无损检测方法之一。

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、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。

5 通用技术要求

5.1 标志和信息

5.1.1 超声探伤仪应具有以下清晰而持久的标志：

- a) 制造者的名称或商标；
- b) 超声探伤仪的型号和序列号；
- c) 采用国际标准或国家标准的编号；

5.1.2 提交试验

应随待测超声探伤仪一同提交：

- a) 使用说明书；
- b) 产品标准或产品技术指标文件；

5.1.3 使用说明书至少应提供以下信息：

- a) 标称工作模式和配置的描述；
- b) 工作频率范围；
- c) 探伤仪稳定所需的时间；
- d) 能用的电池型号及标称工作电压及极限值；

- e) 如适用，有关固件和软件的细节；
- f) 衰减细调和粗调步进数值；
- g) 单发单收，一发一收接口。

5.2 外观和结构

超声探伤仪及附件不应有机械性损伤、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。

6 计量性能要求

6.1 一般技术检查

6.1.1 预热后的稳定性

- a) 信号幅度的变化不应大于全屏幅度的 $\pm 2\%$ 。
- b) 最大可接受的时基偏移应小于全屏幅度的 $\pm 1\%$ 。

6.1.2 显示抖动

- a) 信号幅度的变化不应大于全屏幅度的 $\pm 2\%$ 。
- b) 信号位置变化的不应大于全屏幅度的 $\pm 1\%$ 。

6.1.3 相对电压变化的稳定性

- a) 信号幅度的变化不应大于全屏幅度的 $\pm 5\%$
- b) 信号位置变化的不应大于全屏幅度的 $\pm 1\%$ 。

自动断电或报警灯（如果有的话）应在参考信号幅度变化大于全屏幅度的 $\pm 2\%$ 或范围改变大于初始设置全屏幅度的 $\pm 1\%$ 之前有响应。

6.2 脉冲重复频率

每个设定值下的测得的脉冲重复频率应在制造商技术要求规定指标的 $\pm 20\%$ 偏差范围内。

6.3 有效输出阻抗

有效输出阻抗应在制造商技术要求规定指标的 $\pm 20\%$ 偏差范围内，并且不应大于 50Ω 。

6.4 发射脉冲

6.4.1 发射脉冲电压

发射脉冲电压 V_{50} 应在制造商技术要求规定指标的 $\pm 10\%$ 偏差范围内。

6.4.2 脉冲上升时间

脉冲上升时间 t_r 应小于制造商技术要求规定指标的最大值。

6.4.3 脉冲持续时间

脉冲持续时间 t_d 应在制造商技术要求规定指标的 $\pm 10\%$ 偏差范围内。

6.4.4 脉冲回响

脉冲回响 V_r 应小于峰-峰发射脉冲电压的 4%。

6.5 发射能量泄漏抑制

发射过程中发射能量泄漏抑制应大于 80 dB。

6.6 发射脉冲后盲区

对应所设定的测试结果最差的频带，发射脉冲后盲区应小于 10 μs 。

6.7 动态范围

可用的动态范围应至少为 100 dB，且最小输入电压 V_{\min} 应在制造商技术要求规定指标的范围之内。

6.8 放大器频率响应

中心频率 f_0 应在制造商技术要求规定指标的 $\pm 5\%$ 偏差范围内，-3dB 带宽应在制造商技术要求规定指标的 $\pm 10\%$ 偏差范围内。

6.9 等效输入噪声

等效输入噪声与频带的平方根之比应小于 $80 \times 10^{-9} \text{ V}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。

6.10 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不应超过 $\pm 1 \text{ dB}$ 。

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不应超过 $\pm 2 \text{ dB}$ 。

6.11 幅度线性

表1 幅度线性的验收条件

标准衰减器设置 (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	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

6.12 时基线性

数字超声探伤仪:参考信号与理想位置的偏差不应大于全屏宽度的 $\pm 0.5\%$ 。

其它超声探伤仪:参考信号与理想位置的偏差不应大于全屏宽度的 $\pm 1\%$ 。

7 计量器具控制

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 MHz~25 MHz,总失真不大于 0.3%,在检定期间的幅值稳定性优于 ± 0.05 dB。

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 三种衰减分档形式;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 500 V 的发射脉冲电压,总衰减范围不小于 80 dB,至少应有 10 dB、1 dB 和 0.1 dB 三种衰减分档形式。

d) 交直流电压表:在 0.5 MHz~25 MHz 频率范围内,交流电压示值的最大允许误

差不超过 $\pm 0.5\%$ 。

- e) 示波器：带宽不小于 100 MHz。
- f) 无感电阻：50 Ω 和 75 Ω 的阻值最大允许误差为 $\pm 1\%$ 。
- g) 温度计：在检定环境条件内，温度示值的最大允许误差为 $\pm 0.2\text{ }^\circ\text{C}$ 。
- h) 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

检定环境条件为：

- 温度：15 $^\circ\text{C}$ ~35 $^\circ\text{C}$ ；
- 相对湿度：25%~90%；

7.2 检定项目

检定项目包括首次检定、周期检定和使用中检查。

7.2.1 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	周期检定
外观质量	+	+
一般技术检查	+	+
脉冲重复频率	+	-
有效输出阻抗	+	-
发射脉冲电压、上升时间、回响及持续时间	+	-
发射能量泄漏抑制	+	-
发射脉冲后盲区	+	-
动态范围	+	-
距离幅度校正	+	-
放大器频率响应	+	-
等效输入噪声	+	+
衰减器误差	+	+
幅度线性	+	+
时基线性	+	+
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。		

7.3 检定方法

7.3.1 外观质量

目视超声探伤仪外观，检查是否存在影响正常工作及未来可靠性的外部损伤。

7.3.2 一般技术检查

7.3.2.1 预热后的稳定性：

- 1) 设置超声探伤仪为双探头模式，根据图 1 所示连接仪器；
- 2) 超声探伤仪中声速参数设置为 5920 m/s 时，调节声程范围为 50 mm；
- 3) 在超声探伤仪可用的中间频率范围内（如当选择 2 MHz ~ 6 MHz 频段时，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；
- 4) 设置该信号延迟时间等效于大约 50% 的声程范围，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幅度的 80%；
- 5) 在 30 分钟内每隔 10 分钟观察信号在屏幕上的幅度和位置。

注：进行测试的环境温度保持在超声探伤仪制造商技术要求规定温度范围的 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

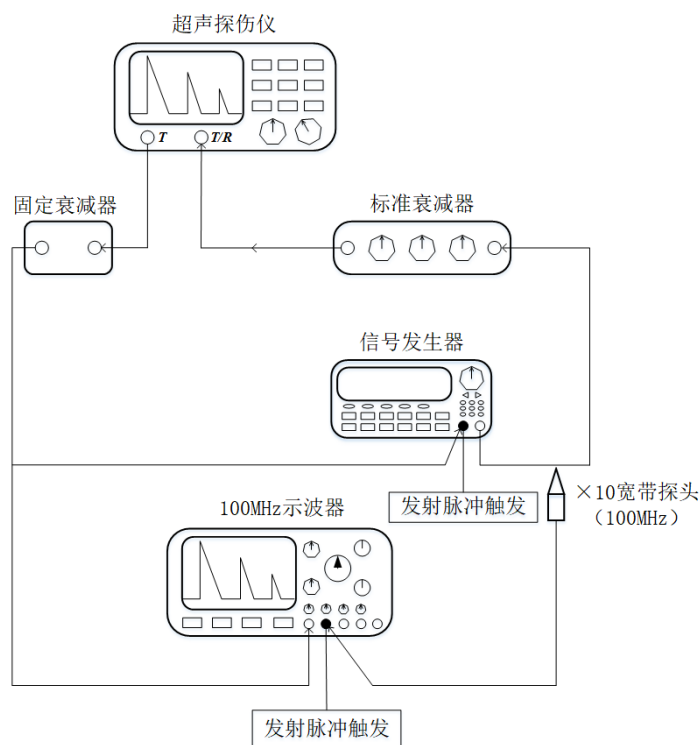


图 1 设备的通用配置

7.3.2.2 显示抖动：

按 7.3.2.1 设置参考信号，观察约 10s，记录参考信号幅度和位置变化的最大值。

注：避免高增益设置，以防止放大器噪声对测量结果产生影响。

7.3.2.3 相对电压变化的稳定性:

1) 使用稳压电源给超声探伤仪供电, 将电压调到超声探伤仪规定工作范围的中间值, 按 7.3.2.1 描述的方法产生一个参考信号。

2) 在制造者技术规定的电压范围内, 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)。

注: 对于带有低电压自动关机系统或报警装置的超声探伤仪, 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。

7.3.3 脉冲重复频率

- 1) 将超声探伤仪置于双探头模式;
- 2) 将发射端通过示波器表笔或衰减器连接至示波器;
- 3) 示波器测量发射脉冲的最大、最小脉冲重复频率以及一个常用的脉冲重复频率。

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。

7.3.4 有效输出阻抗

- 1) 将超声探伤仪设置为双探头模式;
- 2) 在超声探伤仪的发射端并联 $50\ \Omega$ 无感电阻, 用示波器测量发射脉冲电压 V_{50} ;
- 3) 用 $75\ \Omega$ 无感电阻替换 $50\ \Omega$ 无感电阻, 测量发射脉冲电压 V_{75} 。
- 4) 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、最大和最小阻尼下测量有效输出阻抗;
- 5) 对于每种设置, 用公式(1)计算有效输出阻抗 Z_0 :

$$Z_0 = 50 \times 75 \frac{(V_{75} - V_{50})}{(75V_{50} - 50V_{75})} \quad (1)$$

7.3.5 发射脉冲电压, 脉冲上升时间, 脉冲持续时间和回响

- 1) 将超声探伤仪设置为双探头模式;
- 2) 脉冲重复频率设定为最大值, 并将 $50\ \Omega$ 无感电阻并联在发射端;
- 3) 将发射端通过示波器表笔或标准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。

4) 利用示波器测量发射脉冲电压 V_{50} 、脉冲上升时间, 脉冲持续时间以及回响幅度, 如图 2 所示。

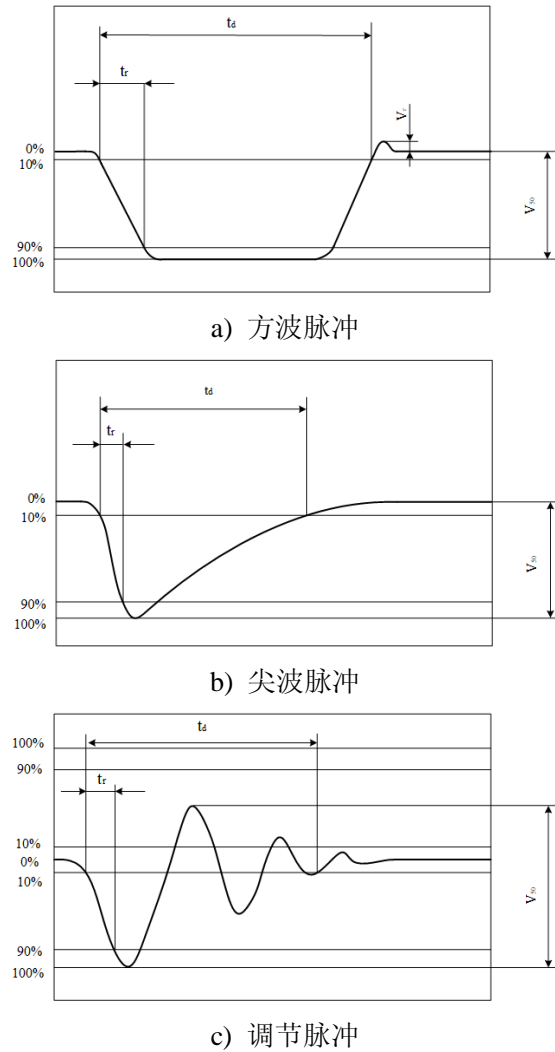


图2 发射脉冲参数的测量

图解：

t_r 脉冲上升时间

V_r 回响电压

t_d 脉冲持续时间

V_{50} 发射脉冲电压

7.3.6 发射能量泄漏抑制

- 1) 将超声探伤仪设置为双探头模式；
- 2) 在超声探伤仪的发射端和接收端依次连接 $50\ \Omega$ 无感电阻；
- 3) 用示波器测量发射端电压 V_{50} 和接收端电压 V_e ，如图3所示；
- 4) 按公式(2)计算发射能量泄漏抑制：

$$D_e = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{50}}{V_e} \right) \quad (2)$$

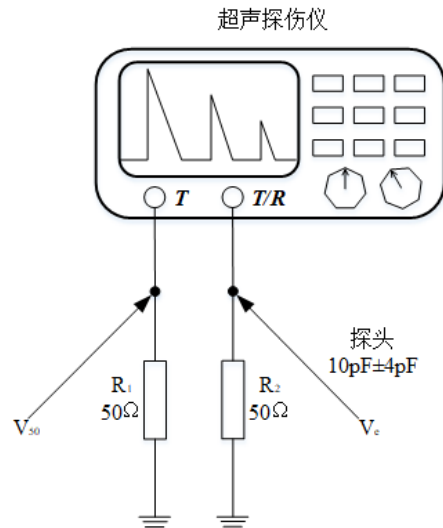


图3 发射能量泄漏抑制的仪器配置方式

7.3.7 发射脉冲后盲区

- 1) 设置超声探伤仪显示范围为 $0\ \mu\text{s}\sim 25\ \mu\text{s}$;
- 2) 调整延迟时间, 使发射脉冲前沿对准零刻度线;
- 3) 按图4所示连接超声探伤仪, 将超声探伤仪设置为单探头工作方式;

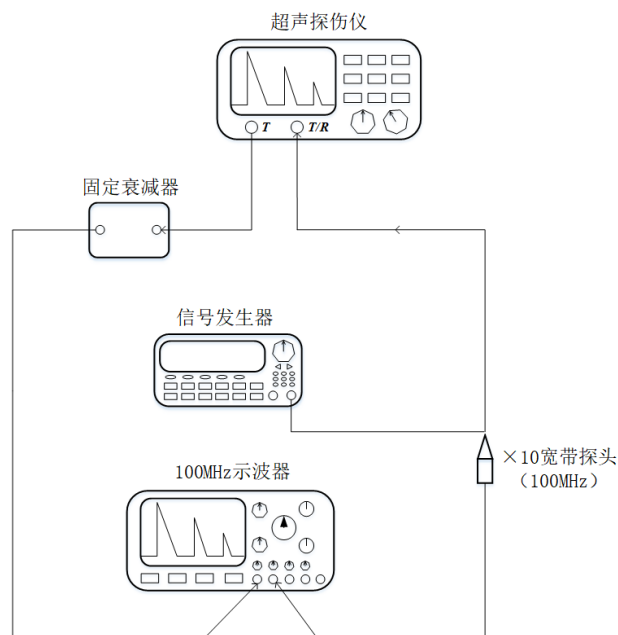


图4 测量发射脉冲后盲区的仪器配置方式

- 4) 依次选择超声探伤仪的各个频带设置, 调节信号发生器输出频率为对应频带的中心频率 f_0 ;

- 5) 将增益设置为满量程的 50%, 调节信号发生器输出电平, 使显示屏末端的信号幅度为全屏幅度的 50%, 如图5所示:

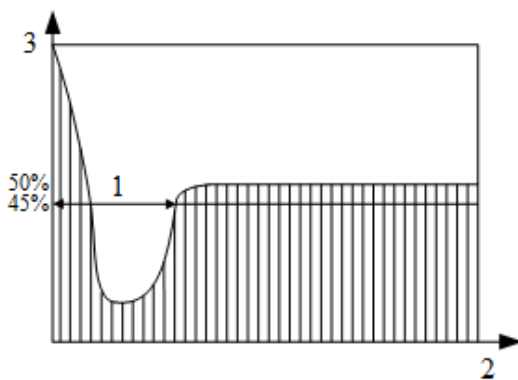


图 5 用于测量发射脉冲后盲区的信号波形说明

图解：

1 — 盲区的时间

2 — 时间

3 — 信号高度

注：在此过程中，改变输入信号电平，并检查超声探伤仪放大器要出于未饱和状态。

6) 从发射脉冲前沿到信号幅度稳定在全屏幅度的 45% 和 55% 之间的持续时间，即为盲区，单位为 μs ，同时记录对应的电压值和脉冲持续时间。

7.3.8 动态范围

1) 将超声探伤仪设置为双探头模式，根据图 1 所示连接仪器；

2) 设置信号发生器产生十个周期的测试信号；

3) 按照 7.3.10 所测得的每一个频带的中心频率 f_0 检查动态范围，

4) 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探伤仪显示出现饱和，或显示幅度达到全屏幅度的 100%；

5) 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)。

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

7) 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：如果信号发生器不能提供足够低的电压，应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。

8) 当 V_{min} 低于等效输入噪声 V_{ein} 时，按公式 (3) 计算动态范围：

$$20 \log_{10} \frac{V_{max}}{V_{min}} \quad (3)$$

当 V_{min} 不小于等效输入噪声 V_{cin} 时，按公式(4)计算动态范围：

$$20 \log_{10} \frac{V_{max}}{V_{ein}} \quad (4)$$

注：动态范围单位为分贝（dB）。

7.3.9 距离幅度校正

- 1) 将超声探伤仪设置为双探头模式，根据图 1 所示连接仪器；
- 2) 调节超声探伤仪的增益，使 DAC 的动态范围最大；

注：整个过程中避免前置放大器比 DAC 电路先达到饱和。

3) 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；

4) 调整外部标准衰减器，使超声探伤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 ；

5) 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(5)的条件：

$$\Delta T = \frac{T_{final} - T_0}{N} \quad (5)$$

式中：

T_0 ——DAC 开始时间；

T_{final} ——DAC 结束时间；

N ——测量次数， $N \geq 11$ 。

6) 调节外部标准衰减器，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 ；

7) 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% 时的外部标准衰减器设置值；

8) 继续增加延迟时间和调节外部标准衰减器并记录示值，直至做完 N 次测量为止；

9) 测量结束后，外部标准衰减器增加 6 dB 使屏幕显示信号幅度降低。根据其是否在全屏幅度的 38%~42% 范围内而评定 DAC 的饱和情况。

注：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。

10) 通过以上方法, 绘制出实际 DAC 和理论 DAC 图;

11) 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。

注: 将操作者所要求的理论 DAC 与超声探伤仪实际生成的 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。本项检测选择的 DAC 应包括通过超声探伤仪能够使校正斜率变化最大的曲线。

7.3.10 放大器频率响应

1) 将超声探伤仪设置为双探头模式, 根据图 1 所示连接仪器;

2) 依次选择超声探伤仪预设的频带;

3) 调节信号发生器输出 $1 V_{pp}$ 的信号接入超声探伤仪的接收端;

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

5) 在 (0.1~25) 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。

6) 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 f_u 和下限频率 f_l ;

7) 在每个预设频带下, 按公式 (6) 计算中心频率 f_0 :

$$f_0 = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (6)$$

8) 按公式 (7) 计算 -3 dB 带宽 Δf :

$$\Delta f = f_u - f_l \quad (7)$$

7.3.11 等效输入噪声

1) 将超声探伤仪设置为双探头模式, 根据图 1 连接仪器;

2) 在超声探伤仪每个预设频带的频率范围, 根据 7.3.10 方法测出每个频带对应的中心频率 f_0 ;

3) 在每个频带下, 信号发生器输出频率 f_0 的信号测量等效输入噪声 (周期检定时可

值选择带宽最大的频带进行测量)；

4) 将超声探伤仪增益参数设置为最大增益，包括可变增益；

5) 断开输入信号并记录超声探伤仪屏幕上的电噪声电平；

6) 减少增益 40 dB 并重新连接输入信号；

7) 调节外部标准衰减器和(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；

8) 利用示波器测量输入信号 V_{in} 的峰-峰电压值，记录外部标准衰减器的衰减量 S (以分贝为单位)；

9) 按公式 (8) 计算等效输入噪声 V_{ein} ：

$$V_{ein} = \frac{V_{in}}{10^{\frac{S+40}{20}}} \quad (8)$$

10) 按公式 (9) 计算噪声与频带的平方根之比：

$$n_{in} = \frac{V_{ein}}{\sqrt{f_u - f_l}} \quad (9)$$

式中 f_u 和 f_l 为 7.3.10 中测量的 -3 dB 上下限频率点。

7.3.12 衰减器误差

1) 将超声探伤仪设置为双探头模式，根据图 1 连接仪器；

2) 在每个频带的中心频率下检测衰减器误差(周期检定时可选择带宽最大的频带)；

3) 将超声探伤仪的内部衰减器调节为中间值；

4) 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幅度的 80%；

5) 以适当步进量降低超声探伤仪的内部衰减量，并调节外部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控制；

6) 如果可能的话，在 1 dB 范围内，以最小增量检测衰减器误差；

7) 在整个范围内以其每一种增量检测衰减器误差；

8) 记录内部衰减器与外部标准衰减器之间的偏差，即为超声探伤仪的衰减器误差。

7.3.13 幅度线性

1) 将超声探伤仪设置为双探头模式，根据图 1 连接仪器；

2) 在开始检测时，记录增益的初始设定值；

3) 以规定间隔从全屏高的 0 dB 到 -26 dB 测量幅度线性；

4) 按 7.3.10 测量的各频带中心频率 (f_0) 重复进行测试(周期检定时可选择带宽最

大的频带进行测试)；

5) 将外部标准衰减器设置到 2 dB 并调整超声探伤仪的输入信号和增益，使该信号达到全屏幅度的 80%；

6) 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 1 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；

7) 按公式 (10) 计算幅度线性 Δ ：

$$\Delta = |\Delta_{+\max}| + |\Delta_{-\max}| \quad (10)$$

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

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

7.3.14 时基线性

1) 将超声探伤仪设置为双探头模式，根据图 1 连接仪器；

2) 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；

3) 选择适当的频带（比如带宽最大的频带），将测试信号的频率设置为对应频带的中心频率 f_0 ；

4) 将超声探伤仪内部增益设置为总增益值的 50%，调节外部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幅度的 80%；

5) 调节脉冲的时间关系，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刻度尺的 80%；

6) 记录其余九个脉冲的前沿超出水平刻度尺理想位置的偏差，取其最大偏差记作 $|\alpha_{\max}|$ ；

7) 按公式 (11) 计算时基线性 ΔL ：

$$\Delta L = \frac{|\alpha_{\max}|}{B} \times 100\% \quad (11)$$

式中 B 为水平满刻度数。

7.4 检定结果的处理

7.4.1 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。

7.4.2 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 B.1，检定结果通知书的内页格式见 B.2。

7.4.3 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 C。

7.5 检定周期

超声探伤仪的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

最大允许测量不确定度

A.1 本规程的合格判则之一是检测实验室实际的测量不确定度，不应超过规定的最大允许测量不确定度。本附录给出了检定超声探伤仪衰减器误差的最大允许测量不确定度，包含概率为 95 %。

A.2 测量超声探伤仪衰减器误差的最大允许测量不确定度见表 A.1。

表 A.1 衰减器误差的最大允许测量不确定度（包含概率 95 %）

幅值范围 $1V_{pp}$	最大允许测量不确定度 /dB		
	衰减器误差	垂直线性	幅值稳定性
10~>1	0.10	0.20	0.35
1~1m	0.10	0.15	0.35
<1m~0.001m	0.10	0.25	0.35
<0.001m~10 μ	0.10	0.35	0.35
<10 μ ~	—	0.50	—
说明：			

附录 B

检定证书和检定结果通知书内页的格式

B.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 B.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—20XX 超声探伤仪检定规程				
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 B.1 检定证书内页的格式

证书编号××××××—××××

检 定 结 果

检定项目	检定结果
外观质量	
一般技术检查	
脉冲重复频率/Hz	
有效输出阻抗/ Ω	
发射脉冲电压/V	
脉冲上升时间/ns	
脉冲回响/V	
脉冲持续时间/ns	
发射能量泄漏抑制/dB	
发射脉冲后盲区/ μ s	
动态范围/dB	
距离幅度校正/dB	
放大器频率响应/MHz	
等效输入噪声 $V/\sqrt{\text{Hz}}$	
衰减器误差/dB	
幅度线性/%	
时基线性/%	

说明：

第×页 共×页

图 B.1 检定证书内页的格式（续）

B.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 B.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—20XX 超声探伤仪检定规程					
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 B.2 检定结果通知书内页的格式

证书编号××××××—××××

检 定 结 果

检定项目	检定结果
外观质量	
一般技术检查	
脉冲重复频率/Hz	
有效输出阻抗/ Ω	
发射脉冲电压/V	
脉冲上升时间/ns	
脉冲回响/V	
脉冲持续时间/ns	
发射能量泄漏抑制/dB	
发射脉冲后盲区/ μ s	
动态范围/dB	
距离幅度校正/dB	
放大器频率响应/MHz	
等效输入噪声 $V/\sqrt{\text{Hz}}$	
衰减器误差/dB	
幅度线性/%	
时基线性/%	

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 B.2 检定结果通知书内页的格式（续）

附录 C

测量不确定度的评定示例

选一稳定的超声探伤仪，对幅度线性作不确定度评定。

C.1 数学模型： $\Delta = |\Delta_{+\max}| + |\Delta_{-\max}|$

式中 Δ ——幅度线性，以%表示；

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

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

C.2 方差和灵敏系数

由于 $|\Delta_{+\max}|$ 与 $|\Delta_{-\max}|$ 互不相关，故其合成方差为：

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

式中灵敏系数：

$$c(\Delta_{+\max}) = \frac{\partial(\Delta)}{\partial(\Delta_{+\max})} = 1 \quad (\text{C-2})$$

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

C.3 标准不确定度

(1) 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分量 u_1 ；

函数信号发生器引入的标准不确定度分量 u_2 ；

标准衰减器引入的标准不确定度分量 u_3 。

① 由测量重复性引入的标准不确定度分量 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

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

单次测量实验标准差

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

单次测量标准不确定度

$$u_1 = s = 0.08\% \quad (\text{C-6})$$

② 函数信号发生器引入的标准不确定度分量 u_2

依据校准证书，函数信号发生器正弦波幅度偏差是 1%，假定满足均匀分布：

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

③ 标准衰减器引入的标准不确定度分量 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：

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

④ 输入量 Δ_+ 的标准不确定度 $u_c(\Delta_+)$ 的合成

因以上各分量彼此独立不相关，所以：

$$u_c(\Delta_+) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{(0.08\%)^2 + (0.58\%)^2 + (0.09\%)^2} = 0.59\% \quad (\text{C-9})$$

(2) 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分量 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

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

单次测量实验标准差

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

单次测量标准不确定度

$$u_1' = s' = 0.05\% \quad (\text{C-12})$$

② 函数信号发生器引入的标准不确定度分量 u_2

依据校准证书，函数信号发生器正弦波幅度偏差是 1%，假定满足均匀分布：

$$u_2' = \frac{1\%}{\sqrt{3}} = 0.58\% \quad (\text{C-13})$$

③ 标准衰减器引入的标准不确定度分量 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：

$$u_3' = \frac{0.16\%}{\sqrt{3}} = 0.09\% \quad (\text{C-14})$$

④ 输入量 Δ_- 的标准不确定度 $u_c(\Delta_-)$ 的合成

因以上各分量彼此独立不相关，所以：

$$u_c(\Delta_-) = \sqrt{u_1'^2 + u_2'^2 + u_3'^2} = \sqrt{(0.05\%)^2 + (0.58\%)^2 + (0.09\%)^2} = 0.59\% \quad (\text{C-15})$$

C.4 标准不确定度汇总表

表 C.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	
$u_c(\Delta_+)$	1.测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1 ; 2.函数信号发生器引入的标准不确定度分量 u_2 ; 3.标准衰减器引入的标准不确定度分量 u_3	$u_1 = s = 0.08\%$ $u_2 = 0.58\%$ $u_3 = 0.09\%$	$c(\Delta_+)$	$c(\Delta_+) u_c(\Delta_+) = 0.59\%$
$u_c(\Delta_-)$	1.测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1' ; 2.函数信号发生器引入的标准不确定度分量 u_2' ; 3.标准衰减器引入的标准不确定度分量 u_3'	$u_1' = s' = 0.05\%$ $u_2' = 0.58\%$ $u_3' = 0.09\%$	$c(\Delta_-)$	$c_2(\Delta_-) u_c(\Delta_-) = 0.59$

C.5 合成标准不确定度的评定

$$u_c(\Delta) = \sqrt{c^2(\Delta_{+\max})u^2(\Delta_{+\max}) + c^2(\Delta_{-\max})u^2(\Delta_{-\max})} \quad (\text{C-16})$$

C.6 扩展不确定度评定：取包含因子 $k=2$

$$U = ku_c = 2 \times 0.83\% = 1.7\% \quad (\text{C-17})$$

附录 D

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。

1.外观质量

- 1) 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；
- 2) 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；
- 3) 每天应对当天要使用的组合设备检查 1 次。

2.灵敏度与信噪比

- 1) 将探头放在 GB/T 19799. 2 或 EN12223 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；
- 2) 调节经过校准的内部增益控制器，将该信号设置到全屏幅度的 20%，并记录增益控制器此时的设定值；
- 3) 从试块上移下探头，擦干探头表面的耦合剂；
- 4) 将探头放置在试块的侧面，增加内部增益，直到总的系统噪声幅度与目标孔一样达到全屏幅度的 20% 为止，记录增益控制器新的设定值；
- 5) 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，而第一个和第二个测量值（单位为分贝）的差值为信噪比；
- 6) 应对应基本测量时所选用的特定范围来检查这些参数；
- 7) 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；
- 8) 每周应对本周所使用的探头至少检查 1 次。

3.增益线性

- 1) 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。
- 2) 调节经过校准的内部增益控制器，使该信号达到全屏幅度的 80%，并记录增益

控制器的数值；

- 3) 将增益增加 2 dB，确认信号幅度上升到大于全屏幅度的 100%；
- 4) 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；
- 5) 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幅度的 20%、10%和 5%。
- 6) 若信号幅度在表 3 规定的限值内应确定为合格。

表 3 增益线性的合格限值

增益 dB	预定的全屏幅度 %	限值 %
+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

- 7) 每周应对所使用的超声探伤仪至少进行 1 次检查。

4.水平线性误差

- 1) 将探头放在 GB/T19799. 2 或 EN12223 规定的标准校准试块上，其位置应使最后一个背面回波或弧面回波的范围不小于所要检查的水平线性范围；
- 2) 调整时基线，使第一个和第六个背面回波分别与标尺的第一个和最后一个刻线对齐；
- 3) 用另外四个回波检查线性，依次将背面回波调至近似相同幅度，例如：全屏幅度的 80%。
- 4) 每个回波脉冲的前沿宜与各自相应的刻线对齐；
- 5) 当第一个和第六个回波定位后，并以相同的幅度测量时，检查每一个回波与其理想位置的偏差均应在规定的允差范围内，线性偏差的最大允许值为全屏宽度的±2%；
- 6) 每周应对本周使用的超声探伤仪至少进行 1 次检查。

