



中华人民共和国国家标准

GB/T 33888—2017

无损检测仪器 超声测厚仪特性与验证

Non-destructive testing instruments—Characterization and verification of
ultrasonic thickness measuring equipment

2017-07-12 发布

2018-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 通用要求	1
5 超声测厚设备技术规范	1
5.1 通用条件	1
5.2 通用属性	1
5.3 显示	2
5.4 发射器	2
5.5 接收器	2
5.6 其他信息	2
6 校准试块	3
6.1 通用条件	3
6.2 材料	3
6.3 形状和尺寸	3
7 超声测厚设备的性能要求	4
8 探头	5
9 第1组测试	5
9.1 基本要求	5
9.2 第1组测试的设备要求	6
9.3 温度稳定性	6
9.4 低电量警告	6
9.5 电源工作时间	6
9.6 工作电压范围	7
9.7 工作电流范围	7
9.8 工作温度范围	7
9.9 脉冲重复频率, PRF	7
9.10 发射脉冲形状, 上升时间和峰值电压	8
9.11 接收器工作频率范围	9
9.12 最小和最大测量厚度	9
9.13 精度和分辨力	9
9.14 声速范围设定(校准)	9

9.15	校准机制	9
9.16	校准设置存储	9
9.17	数据存储	10
9.18	打印	10
9.19	显示和调用	10
9.20	显示响应时间	10
10	第 2 组测试	11
10.1	通用技术	11
10.2	第 2 组测试的设备要求	11
10.3	通用特性	11
10.4	一般机械状况和外部情况	11
11	第 3 组测试	11
11.1	通用技术	11
11.2	一般机械状况和外部情况	11
11.3	校准机制	11
11.4	校准设置存储	12
11.5	数据存储	12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国试验机标准化技术委员会(SAC/TC 122)归口。

本标准主要起草单位：汕头市超声仪器研究所有限公司、深圳国技仪器有限公司、辽宁仪表研究所。

本标准主要起草人：谢晓宇、郭冰、徐波、王琳。

无损检测仪器

超声测厚仪特性与验证

1 范围

本标准规定了用于评估脉冲回波超声测厚仪器性能的方法和验收规范。
本标准包括直(数字)读式和波形显示类型,使用单探头或双晶探头。
本标准适用于 GB/T 27664 系列标准中用于测厚设备的验证。

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 699 优质碳素结构钢

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 27664.2 无损检测 超声检测设备的性能与验证 第2部分:探头

3 术语和定义

GB/T 12604.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 通用要求

超声测厚设备应满足下列条件:

- a) 超声仪器和探头应符合本标准的技术要求;
- b) 具备 ISO 9001 认证的组织发出的符合性声明,或是超声仪器产品质量监督检测中心等组织发出的检测合格证,或是内部检验的测试报告;
- c) 超声仪器和探头应清楚标识制造商,型号和系列以及唯一的序列号;
- d) 特定型号和系列的超声设备的使用说明书;
- e) 根据本标准在制造商技术规范中明确相应型号和系列超声设备的性能指标。

注:制造商的技术规范不能完全构成 b) 所要求的检测认证。

5 超声测厚设备技术规范

5.1 通用条件

针对某型号的超声测厚设备,其技术规范应至少应包含 5.2~5.5 所列信息。根据第 7 章进行的测试获得的数值作为标称值和公差。

5.2 通用属性

详细说明如下:

- a) 尺寸；
- b) 重量(操作状态)；
- c) 电源类型；
- d) 探头插座类型；
- e) 电池工作时间(新电池,在指定工作周期之内的最大耗电量)；
- f) 在温度和电压(市电和/或电池)范围内,操作应符合技术规范。如需预热,需说明预热时间；
- g) 电池低电量指示(超声仪器不能工作时)；
- h) 脉冲重复频率(PRF)(档位和/或可变范围)；
- i) 如可能的话,当测量值超出公差值,应监控输出予以标识；
- j) 设备能否穿过涂层进行测量；
- k) 对给定材料能进行最小和最大厚度测量。

注:最小测量厚度为0是不能被验证的,因此不做具体规定。

- l) 精度和分辨力应精确到毫米。

5.3 显示

详细说明如下:

- a) 显示器类型(字母数字式或图像式,是否为LED,LCD或CRT)；
- b) 字母数字式显示器尺寸；
- c) 图像显示器尺寸。

5.4 发射器

详细说明如下:

- a) 发射脉冲形状；
- b) 设定每种脉冲能量输出,连接到一个指定的探头或一个模拟负载:
 - 1) 发射脉冲电压(峰-峰)；
 - 2) 脉冲上升时间；
 - 3) 脉冲持续时间(方波,可设置脉冲持续时间的范围)。

5.5 接收器

详细说明如下:

- a) 用户选择增益控制的特性；
- b) 操作的频率范围。

5.6 其他信息

除了5.2~5.5中给出的信息,原则上还应提供下列细节:

- a) 数据输出和存储设备(存储容量)；
- b) 校准设置的存储；
- c) 校准装置
- d) 显示和回调设备；
- e) 显示响应时间；
- f) 显示波形的像素；
- g) 打印输出。

这些细节应包括采样率、脉冲重复频率的影响,以及采样率和响应时间的显示范围。

此外,应对任何显示数据处理的运算法则原理进行描述。

6 校准试块

6.1 通用条件

为了验证超声测厚仪,应使用给定的校准试块进行测量。校准试块的详细规定见 6.2 和 6.3。

6.2 材料

用于制造试块的钢材,应选用电炉或平炉熔炼的优质碳素结构钢(如:20 号钢或 45 号钢),化学成分应符合 GB/T 699 的要求,晶粒度 7 级~8 级。

用于制造试块的钢材,经锻压成型后再作正火处理,使材质均匀而不存在声各向异性。

在钢校准试块材料中,纵波的传播速率为 $(5\,920 \pm 30)\text{m/s}$ 。

用于测量的表面应进行加工,使其表面粗糙度值不大于 $0.8\ \mu\text{m}$ 。

最终加工前,应保证试块没有断裂等缺陷。

允许试块表面的铬层或电解镍层的最大厚度为试块厚度的 0.5%。

注:对于镀铬板,注意避免在电镀层出现分离的板厚位置进行检测。

6.3 形状和尺寸

6.3.1 精度试块

校准试块应为圆柱体,试块的直径 D ,长度 L ,见表 1。

表 1 校准试块尺寸

试块	直径 D	长度 L
A	$\geq 0.5L$	最小规定厚度
B	$\geq 0.5L$	$L_A + 0.25(L_E - L_A)$
C	$\geq 0.5L$	$L_A + 0.5(L_E - L_A)$
D	$\geq 0.5L$	$L_A + 0.75(L_E - L_A)$
E	$\geq 0.5L$	最大规定厚度

L_A 是指试块 A 的高度;

L_E 是指试块 E 的高度。

注:若 $L_A < 0.1L_E$,可以忽略 L_A 的差值。

D 不能 $< 3X$, X 为探头表面对角线尺寸,

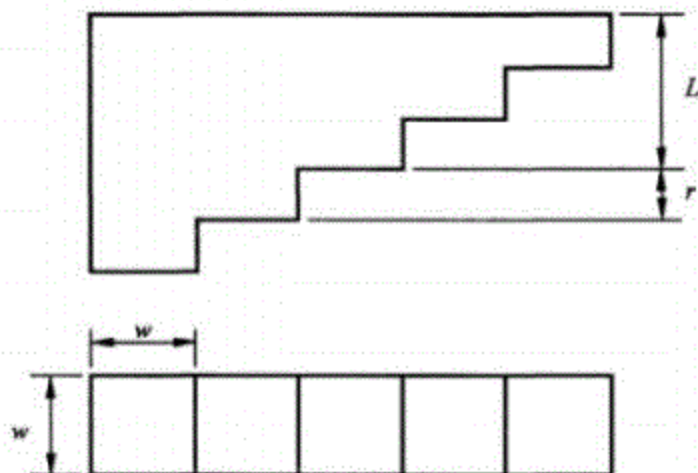
数值 0.25、0.5 和 0.75 可根据实际情况进行调整,调整范围最多 10%。

试块测量表面的整体高度偏差应 $\leq 3 \times 10^{-3} L$ 。

固有尺寸 L 应在试块的中心测量,精确到 $10^{-3} L$ 。

试块的周边应有实际长度 L 的永久标记,例如 $L = 50.333\ \text{mm}$,以及 1 个唯一的编号。

6.3.2 分辨力试块(见图 1)



说明:

w —— 阶梯宽;

r —— 阶梯高;

L —— 试块 C 的长度(见表 1)。

图 1 分辨力试块

W 应 $\geq 3X$, X 为探头表面的对角线尺寸。并且 r 应 \leq 规定的分辨力。试块应提供至少 5 个阶梯。

7 超声测厚设备的性能要求

根据本标准,进行下列测试,测试内容见表 2。

第 1 组 测试应由制造商或代理商对所生产的测厚仪样机进行测试。这些测试可以使制造商验证并支持仪器的技术规格。

第 2 组 对所有的超声测厚仪进行测试:

- a) 由制造商或其代理商在供货之前进行(预测试);
- b) 由制造商、拥有者、或实验室在其使用期间每年一次验证仪器的性能;
- c) 跟进任何仪器维修。

第 3 组 由操作者在现场或进行任何检测之前进行测试。

表 2 超声测厚设备的测试项目

测试内容	第 1 组	第 2 组	第 3 组
物理性			
一般机械状况和外部情况		见 10.4	见 10.4 和 11.2
一般特性			
温度稳定性	见 9.3		
低电量警告	见 9.4	见 9.4	
电池工作时间	见 9.5		
工作电压范围	见 9.6	见 9.6	
工作电流范围	见 9.7	见 9.7	

表 2 (续)

测试内容	第 1 组	第 2 组	第 3 组
工作温度范围	见 9.8		
发射器 (每种脉冲宽度和能量设定)			
PRF	见 9.9	见 9.9	
发射脉冲形状 上升时间和峰值电压	见 9.10	见 9.10	
接收器			
工作频率范围	见 9.11		
性能			
最小和最大的测量厚度	见 9.12	见 9.12	
精度和分辨力	见 9.13	见 9.13	
声速设定范围	见 9.14		
校准机制	见 9.15		见 11.3
校准设置存储	见 9.16	见 9.16	见 11.4
显示/数据			
数据存储	见 9.17		见 11.5
打印	见 9.18		
显示与回调	见 9.19	见 9.19	
显示响应时间	见 9.20		
探头	见 8		

8 探头

使用满足探头标称频率范围的测量仪器,按照 GB/T 27664.2 来验证由制造商规定的探头的中心频率。

9 第 1 组测试

9.1 基本要求

这些测试应由制造商或其代理商对所生产的测厚仪样机进行测试。

9.2 第 1 组测试的设备要求

对超声测厚仪进行的第 1 组测试,所需基本仪器项目如下:

- a) 具有最小带宽 100 MHz、带衰减或高压探极的数字或模拟示波器;
- b) 根据所使用的示波器,选择 $50 \times (1 \pm 1\%) \Omega$ 或 $75 \times (1 \pm 1\%) \Omega$ 的无感电阻器;
- c) 可变直流电源;
- d) 数字或模拟电压表;
- e) 模拟电流表;
- f) 计时器或秒表;
- g) 环境试验箱。

所有用于测试或生成测试信号的仪器应进行相应的校准,保证测量的准确性。

9.3 温度稳定性

9.3.1 步骤

检测设备(仪器和探头)应用规定的试块进行校准,试块厚度大约为 20°C 时规定测量范围的一半。之后,将设备和试块放置于环境试验箱中。分别调节至规定的最低温度、中间温度和最大温度,进行测试。

在规定的温度下,记录厚度读数。

在设备典型工作状态的每个操作范围内,每种探头类型都应逐一进行上述测试。

9.3.2 验收规范

记录值和校准读数间的偏差应在制造商规定的精度范围内。

9.4 低电量警告

9.4.1 步骤

卸除仪器电池。用直流电源通电,将仪器调至测量状态,输出电压调至规定中值。

当调低电源输出至规定的低电量警告电压的最小电压输出时,观察读数。

9.4.2 验收规范

显示读数应保持在规定的精度和分辨力范围内。低电量警告应在规定的电压值 $\pm 5\%$ 以内。

如果设计在这时关闭仪器或发出报警的话,应有明显提示。

9.5 电池工作时间

9.5.1 步骤

启动设备,在正常的测试条件下工作,在给定的校准试块上进行持续测试。测试直到显示“低电量警告”所需的时间。

所有推荐的电池类型应反复进行上述测试。

9.5.2 验收规范

测量的时间应在规定时间的 $\pm 5\%$ 以内。

如果规定时间与工作周期有关,测量时间应调整至可以反映出该工作周期。

9.6 工作电压范围

9.6.1 步骤

连接电压表,测量直流电源的输出。用直流电源通电,输出电压调至规定中值。测量设备(仪器和探头)必须在规定试块上校准。

当从规定最小电源输出调节至规定最大电源电压输出时,观察读数。

所有推荐的探头类型应重复进行上述测试。

9.6.2 验收规范

显示读数应保持在规定的精度和分辨力范围内。

9.7 工作电流范围

9.7.1 步骤

如 9.5.1 中描述的方法连接设备。调节电流表,测量直流电源的电流。当如 9.6.1 调节工作电压范围时,观察最小工作电压和最大工作电压时的电流。

所有推荐的探头类型重复进行上述测试。

9.7.2 验收规范

在规定的最小和最大电压条件下,电流读数应在规定的 $\pm 10\%$ 以内。

9.8 工作温度范围

9.8.1 基本要求

本测试需要高于及低于 5.2 f) 所规定的测试温度时采用的设备和耦合剂。

9.8.2 步骤

试块被放置于规定的温度下,检测设备应备有规定的探头和推荐的耦合剂。按规定由制造商定期进行一段时间的操作实践。

数据应被记录。

9.8.3 验收规范

按照本标准,读数应符合制造商规定的精度。

测试结束时,探头应无任何损伤。

9.9 脉冲重复频率,PRF

9.9.1 步骤

启动超声仪器进行双探头工作(发射和接收分离),示波器探极与发射器端连接。

检查示波器的输入端确保不被发射器高压损坏。

连接无感电阻器[见 9.2b)]到发射器输出端。使用示波器在给出不同脉冲重复频率的每种设置状态下测量脉冲重复频率。多个组合设置下的相同脉冲重复频率(通常范围和脉冲重复频率),只需测量其中一个组合时的脉冲重复频率。具有连续可调脉冲重复频率控制器的超声仪器,在制造商的技术规范中应给出可选择的设定。

9.9.2 验收规范

脉冲重复频率的测量值应在制造商给定的技术规范规定值的±20%以内。

9.10 发射脉冲形状,上升时间和峰值电压

9.10.1 步骤

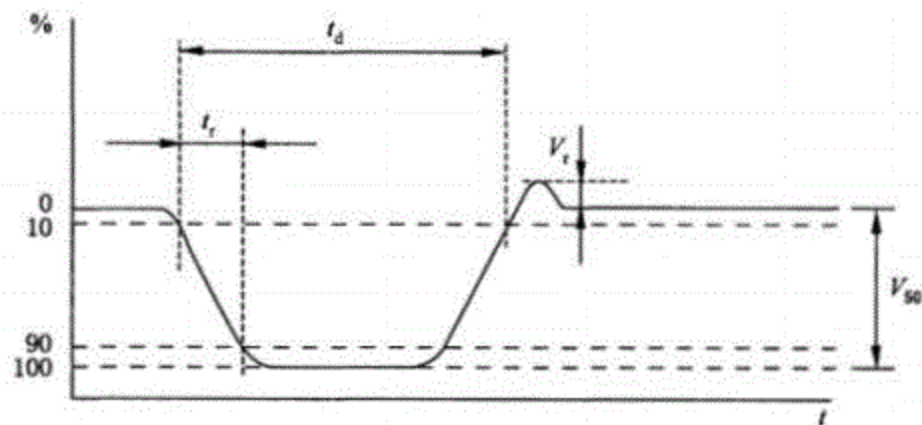
启动超声仪器进行双探头工作(发射和接收分离),示波器与发射器输出端相连接。

连接无感电阻器[见 9.2b)]到发射器输出端(由制造商规定)。

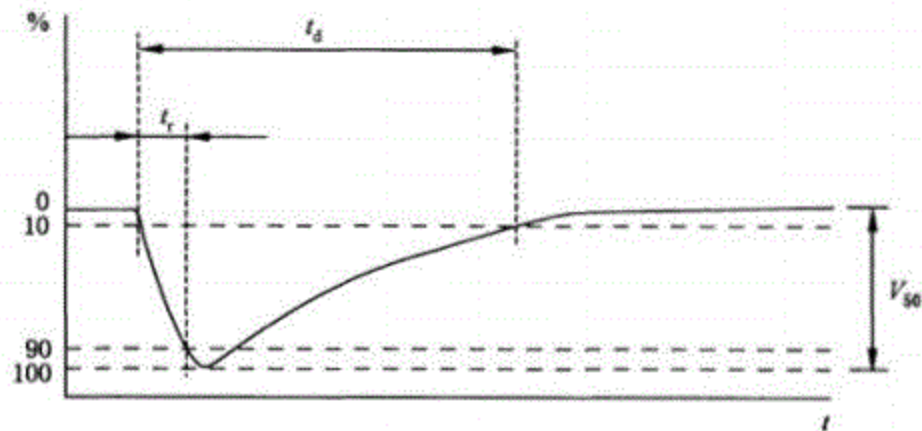
设置脉冲重复频率到最大值,用示波器测量发射脉冲的电压 V_{50} ,测量脉冲上升时间、持续时间和反射振幅。见图 2。

脉冲能量设定和发射脉冲频率设置在最大和最小阻尼条件下,重复测试。

在最小脉冲重复频率下重复测试,示波器屏幕上应能显示一幅清晰明确的波形。



a) 方波



b) 尖脉冲

说明:

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

图 2 测量发射脉冲参数

9.10.2 验收规范

在最大和最小脉冲重复频率、脉冲能量和发射脉冲频带上:

- a) 发射脉冲电压(例如 V_{50})在技术规范的规定值的±10%以内;
- b) 脉冲上升时间应小于技术规范中规定的最大值;

- c) 脉冲持续时间 t_d ,应在技术规范中规定值的±10%以内;
- d) 任何脉冲回响 V_r 应小于发射脉冲峰峰电压值的4%。

9.11 接收器工作频率范围

9.11.1 使用所有推荐的探头在校准试块(试块厚度为制造商推荐的所选探头测量范围的大约一半)上,校准仪器。

9.11.2 验收规范

数据应符合制造商规定的精度和分辨力。

9.12 最小和最大测量厚度

9.12.1 步骤

设备应采用所有规定的探头在所有应考虑的校准试块范围内进行测试。

9.12.2 验收规范

读数应在制造商规定的精度和分辨力以内。

9.13 精度和分辨力

9.13.1 步骤

应使用规定的探头和表1中的校准试块(A~E)来测试设备以验证精度。
应使用规定的探头和图1中的分辨力试块测试设备来验证分辨力。

9.13.2 验收规范

读数应在制造商规定的精度和分辨力以内。

9.14 声速范围设定(校准)

按规定的钢纵波(5 920 m/s)进行精度和分辨力测量,来确定最小和最大测量厚度。应用其他材料时,另作验证。

9.15 校准机制

9.15.1 通用技术

仪器所推荐的所有探头均应执行本章节的规定。

9.15.2 步骤

步骤1:根据制造商的说明书完成探头的零点校准操作。
步骤2:用校准试块C来调整仪器的声速,在其他校准试块上进行测量。

9.15.3 验收规范

读数应在制造商规定的精度内。

9.16 校准设置存储

9.16.1 步骤

用探头和校准试块C对仪器进行校准。测量校准试块A~E,获取一组数据。

重复以下的几个测试：

- 随意关机；
- 允许仪器自动关闭(如适用的话)；
- 断开电池(如适用的话)。

仪器保持关机至少 3 min。启动仪器,在校准试块 A~E 上重复之前测量。

9.16.2 验收规范

读数应在制造商给定的规定精度和分辨力以内。

9.17 数据存储

9.17.1 步骤

当设备在正常运行模式下,根据产品规定获取测量数据并进行存储。可使用仪器或其他技术手段将数据进行存储。获取的数据总数应达到可存储的最大值+1。

当超过最大存储量时的读数用以验证系统功能。

9.17.2 验收规范

当试图记录超过仪器最大存储额外的读数时,必须可控和可预见,以便在达到最大存储时可警告操作者,防止已存储的数据受到不利影响。

在 72 h 后,对仪器存储的读数和另外存储的读数使用制造商说明的任何方式进行验证。如有错误,必须标出并进行调查。

如果为零错误,测试成功。

9.18 打印

9.18.1 步骤

在制造商指定的所有打印机上打印一定数量的存储数据。

9.18.2 验收规范

打印的数据应符合制造商的规定。

9.19 显示和调用

9.19.1 步骤

在仪器显示上查看一定数量的存储数据。

9.19.2 验收规范

数据应符合制造商的规定。

9.20 显示响应时间

9.20.1 步骤

使用分辨力试块,探头在任意两个阶梯之间重复移动。探头移动得越来越快直至仪器无法显示阶梯的变化。记录此测量时间。刷新时间为所记录时间的一半。

测试应使用规定的每个探头,在工作范围内进行。

9.20.2 验收规范

在规定的刷新/响应时间所得到的读数应符合制造商规定的精度和分辨力。

10 第 2 组测试

10.1 通用技术

以下情况下,所有超声测厚仪均需进行本组测试:

- a) 在制造商或代理商提供设备之前(内部测试);
- b) 制造商,所有者或实验室在设备的使用过程中,定期对其性能进行验证;
- c) 设备维修维护。

10.2 第 2 组测试的设备要求

满足超声测厚仪第 2 组测试的设备仪器应符合下列要求:

- a) 具有最小带宽 100 MHz、带衰减或高压探极的数字或模拟示波器;
- b) 根据所使用的示波器,选择 $50 \times (1 \pm 1\%) \Omega$ 或 $75 \times (1 \pm 1\%) \Omega$ 的无感电阻器;
- c) 可变直流电源;
- d) 数字或模拟电压表;
- e) 模拟电流表。

10.3 通用特性

完成第 9 章的测试内容,具体见表 2。

10.4 一般机械状况和外部情况

目测超声仪器的外观,检查是否有外观损害可能影响操作现状或将来的可靠性。确保任何密封件(密封垫)在设备外箱、插座和探头的指定位置,保证操作完整性和防潮并防摔。检查并确保探头没有损坏和/或磨损,且延迟块正确安装并耦合到探头表面。

检查并确保所有探头线和接口的完整性。

11 第 3 组测试

11.1 通用技术

由操作者在现场或任何测量之前进行测试。

根据表 2,完成第 9 章和第 10 章的相关测试。

11.2 一般机械状况和外部情况

确保携带制造商的操作指南(操作说明书)。

11.3 校准机制

11.3.1 步骤

根据材料和需测量的厚度来选择探头。

步骤 1:如有需要,根据制造商的说明书完成探头的校零操作。

步骤 2:使用与被测物体相同材料且在预测厚度范围内的校准试块,测量调整仪器材料声速度的设定。

11.3.2 验收规范

读数应在制造商规定的精度以内。

11.4 校准设置存储

11.4.1 步骤

用 11.3.1 步骤 2 所描述的探头和校准试块对仪器进行校准。

完成下列 3 项测试:

- 随意关机;
- 允许仪器自动关闭(如适用的话);
- 断开电池(如适用的话)。

仪器保持关机至少 3 min。启动仪器,在校准试块上重复之前测量。

11.4.2 验收规范

读数应在制造商规定的精度以内。

11.5 数据存储

11.5.1 步骤

在设备典型的运行模式下,根据制造商说明书的指引,获取并存储数据。

在设备的显示装置中调出一些具有代表性的存储数据。

11.5.2 验收规范

数据及其格式应符合制造商的说明书。
