



中华人民共和国国家标准

GB/T 40332—2021/ISO 16831:2012

无损检测 超声检测 超声测厚仪性能特征和测试方法

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

(ISO 16831:2012, IDT)

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

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 超声测厚仪制造商技术参数 1

6 标准试块 3

7 仪器性能要求 4

8 探头 5

9 第 1 组测试 5

10 第 2 组测试 11

11 第 3 组测试 11

参考文献 13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件使用翻译法等同采用 ISO 16831:2012《无损检测 超声检测 超声测厚仪性能特征和测试方法》。

与本文件中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 12604.1—2020 无损检测 术语 超声检测(ISO 5577:2017, MOD)。

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专利的责任。

本文件由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本文件起草单位：硕德(北京)科技有限公司、上海材料研究所、广东汕头超声电子股份有限公司超声仪器分公司、艾因蒂克科技(上海)有限公司、中土木(北京)技术检测有限公司、中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所、贝克休斯检测控制技术(上海)有限公司、中国特种设备检测研究院、中国计量科学研究院、海军航空大学青岛校区。

本文件主要起草人：香勇、黄隐、马君、韩丽娜、彭波、刘文超、詹俊生、陈新波、刘广华、李昆、钟德煌、沈功田、杨平、田立忱。

无损检测 超声检测

超声测厚仪性能特征和测试方法

1 范围

本文件规定了脉冲回波超声测厚仪性能的测试方法和验收准则。

本文件适用于数字直读式和带 A 扫描波形显示的超声测厚仪,包括使用单探头和双晶探头测量。

本文件可用于 EN 12668 覆盖的仪器在用于厚度测量时的性能测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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。

ISO 5577 无损检测 超声检测 术语(Non-destructive testing—Ultrasonic testing—Vocabulary)

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

EN 10025-2 结构钢的热轧产品 第 2 部分:非合金结构钢的交货技术条件(Hot rolled products of structural steels—Part 2:Technical delivery conditions for non-alloy structural steels)

EN 12668-2 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 2 部分:探头(Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic examination equipment—Part 2:Probes)

3 术语和定义

ISO 5577 和 EN 1330-4 界定的术语和定义适用于本文件。

4 通用要求

满足如下所有条件时超声测厚仪符合本文件:

- 超声波仪器和探头满足本文件的技术要求;
- 由经 ISO 9001 认证的机构发出的符合性声明,或由符合 ISO/IEC 17050-1、ISO/IEC 17050-2 机构出具的证明或由具备内部校准能力的机构出具的测试报告;
- 在超声测厚仪和探头上清楚地标注制造商、类型、型号和序列号;
- 提供专用类型和系列超声测厚仪的用户使用说明书;
- 专用类型和系列的超声测厚仪具备符合本文件性能的技术参数。

注:制造商的技术参数自身不能构成 b) 中要求的测量值。

5 超声测厚仪制造商技术参数

5.1 概述

超声测厚仪制造商提供的技术规范应至少包含 5.2 至 5.5 的相关规定,按照第 7 章规定的测试方法

得到的数值应作为标称值,并注明公差。

5.2 通用属性

超声测厚仪通用属性要求如下:

- a) 尺寸;
- b) 重量(在工作状态);
- c) 供电方式;
- d) 探头接口类型;
- e) 电池工作时间(使用全新电池,特定占空比并功耗最大时);
- f) 符合技术参数的运行温度和电压范围(电源和/或电池),如需预热应给出预热时间;
- g) 超声测厚仪提示低电压指示形式;
- h) 脉冲重复频率(特定挡位和/或范围);
- i) 如可能,具有报警输出;
- j) 超声测厚仪是否能穿透涂层测量;
- k) 指定材料的测量厚度范围;

注:最小可测量厚度为零,无法验证,可不列出。

- l) 最大允许误差和分辨力应以钢中纵波给出,单位为毫米。

5.3 显示

应详细说明如下内容:

- a) 显示类型(段码字符或点阵图形、LED、LCD 或 CRT);
- b) 段码字符显示的尺寸;
- c) 点阵图形显示的尺寸。

5.4 发射器

应详细说明如下内容:

- a) 发射脉冲波形;
- b) 当连接到合适的指定探头或负载时,每个脉冲能量设置如下:
 - 1) 脉冲电压(峰-峰值);
 - 2) 脉冲上升时间;
 - 3) 脉冲宽度范围(方波时,脉冲宽度调节范围)。

5.5 接收器

应详细说明如下内容:

- a) 用户所选增益特性;
- b) 工作频率范围。

5.6 其他

除了符合 5.2 至 5.5 规定的信息外,宜提供如下详细信息:

- a) 数据输出和存储容量(内存储器容量);
- b) 核查结果保存;
- c) 核查方法;
- d) 显示和回放;

- e) 显示响应时间；
- f) A 扫波形的显示像素点数；
- g) 打印输出。

如适用,采样率、脉冲重复频率或显示范围也宜给出。

另外如应用数据处理算法,算法宜加以说明。

6 标准试块

6.1 概述

为了验证超声测厚仪,有必要采用 6.2 和 6.3 规定的试块进行测试。

6.2 材料

试块应采用 EN 10025-2 规定的 20 号钢制造。

试块应在热处理后进行粗加工,热处理如下:

- 在 920 °C 的温度下奥氏体化 30 min;
- 在水中快速冷却(淬火);
- 在 650 °C 的温度下回火 3 h;
- 空冷。

试块材料的纵波声速应为 $(5\,920 \pm 30)$ m/s。

试块测量表面粗糙度要求: $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

最终机加工之前,应确认试块无内部不连续。

对于表面镀铬或镀镍的试块,镀层厚度不应超过试块厚度的 0.5%。

注:如果使用镀铬试块,应避免镀层与试块分离。

6.3 形状和尺寸

6.3.1 精度测量用试块

精度测量用试块应为圆柱体,试块的直径 D 和厚度 L 见表 1 所示。

表 1 精度测量用试块的尺寸

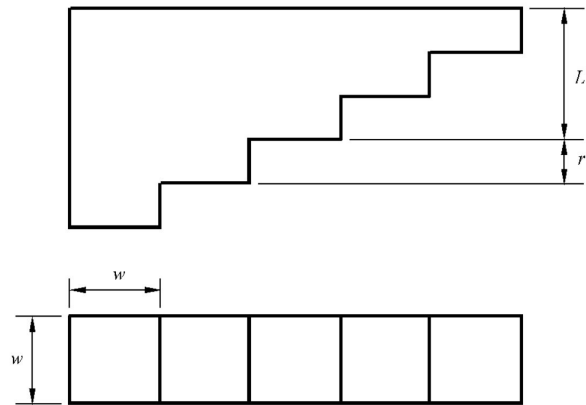
试块	直径 D	厚度 L
A	$\geq 0.5L$	最小测量厚度
B	$\geq 0.5L$	$L_A + 0.25(L_E - L_A)$
C	$\geq 0.5L$	$L_A + 0.50(L_E - L_A)$
D	$\geq 0.5L$	$L_A + 0.75(L_E - L_A)$
E	$\geq 0.5L$	最大测量厚度
L_A —— 试块 A 的厚度; L_E —— 试块 E 的厚度。 注: 如果 $L_A < 0.1L_E$, 则 $(L_E - L_A)$ 中可忽略 L_A 。		

直径 D 不应小于探头直径的 3 倍。

如需要, 0.25、0.5、0.75 可在该厚度的 10% 内浮动。

沿覆盖高度方向测量面的尺寸偏差应 $\leq 3(10^{-4}L)$ 。
试块厚度 L 应从试块的中心测量,允许的偏差为 $10^{-4}L$ 。
试块应在圆周面永久性标记该实际厚度值和唯一标识(序列号),如 $L=50.333\text{ mm}$ 。

6.3.2 分辨力测量用试块(见图 1)



标引序号说明:
 w —— 阶梯宽度;
 r —— 阶梯高度;
 L —— 试块 C 的厚度(如表 1)。

图 1 分辨力测量用试块

其中 w 应大于或等于探头直径 3 倍,而 r 应小于或等于要求的分辨力。
试块应至少有 5 个台阶。

7 仪器性能要求

仪器应如表 2 所示进行如下测试。

第 1 组:由制造商(或其代理)对超声测厚仪产品抽样测试,这些测试用于验证仪器的技术参数。

第 2 组:针对每台仪器逐台进行如下测试:

- 1) 仪器供货前由制造商或代理商提供的测试(预调试测试);
- 2) 在仪器的使用期间,由制造商、业主或实验室每一年对其性能测试一次;
- 3) 维修后测试。

第 3 组:操作员测量之前和完成时,在现场完成测试。

表 2 测试列表

测试项	第 1 组	第 2 组	第 3 组
物理方面			
结构与外观		见 10.4	见 10.4 和 11.2
通用属性			
温度稳定性	见 9.3		
低电量报警	见 9.4	见 9.4	

表 2 测试列表 (续)

测试项	第 1 组	第 2 组	第 3 组
电池工作时间	见 9.5		
运行电压范围	见 9.6	见 9.6	
运行电流范围	见 9.7	见 9.7	
运行温度范围	见 9.8		
发射器			
在每一个的脉冲宽度和能量设置组合条件下分别测试			
脉冲发射重复频率	见 9.9	见 9.9	
脉冲波形、上升时间和电压峰值	见 9.10	见 9.10	
接收器			
接收频率范围	见 9.11		
性能			
厚度最小值和最大值	见 9.12	见 9.12	
精度和分辨力	见 9.13	见 9.13	
声速设置范围	见 9.14		
核查方法	见 9.15		见 11.3
核查结果的保存验证	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		
显示和回放	见 9.19	见 9.19	
显示响应时间	见 9.20		
探头	见第 8 章		

8 探头

按 EN 12668-2 确定的方法,验证制造商指定用于超声测厚仪的所有探头的中心频率与标称频率是否一致。

9 第 1 组测试

9.1 概述

制造商(或其代理)应对超声测厚仪产品抽样测试,这些测试用于验证仪器的技术参数。

9.2 第 1 组测试所需的设备

对超声测厚仪进行第 1 组测试所必需的设备如下:

- a) 数字或模拟示波器,带有高电压探头或衰减探头,最低带宽为 100 MHz;
- b) $50(1\pm1\%)\Omega$ 或 $75(1\pm1\%)\Omega$ 无感电阻,阻值取决于示波器;
- c) 可调的直流电源;
- d) 数字或模拟电压表;
- e) 数字或模拟电流表;
- f) 计时器或秒表;
- g) 环境实验箱。

应标定上述测量和信号发生设备,使其能精确测量。

9.3 温度稳定性

9.3.1 步骤

测量仪器(仪器和探头)应在测试范围一半,温度约 20 °C 的试块上进行标定,然后将仪器和试块放入环境实验箱中,在最低、中间和最高工作温度下分别进行厚度测量。

应在规定的温度读数和记录厚度。

每种探头和相应的典型厚度范围都应重复测试。

9.3.2 验收准则

记录值和核查值之间的偏差应在制造商规定的精度范围之内。

9.4 低电量报警

9.4.1 步骤

拆除仪器上的电池,仪器由直流电源供电,设置电压为规定仪器电压范围的中间值。

电源输出调低至低电量报警,观察此时电压读数。

9.4.2 验收准则

读数应在规定的精度和分辨力范围内,电池低电压报警应在所标称的报警电压 $\pm 5\%$ 范围内。

在电池电压过低时,若仪器具有自动关机或警报功能,此时应生效。

9.5 电池工作时间

9.5.1 步骤

仪器开启,在正常测量条件下,在给定的标准试块上连续测量,记录直至低电量报警的时间。

应对推荐的所有电池类型进行测试。

9.5.2 验收准则

工作测量时间应在标称电池运行时间的 $\pm 5\%$ 之内。

若标称电池运行时间和工作占空比相关,则测试结果应适当修正。

9.6 运行电压范围

9.6.1 步骤

仪器由直流电源供电,在给定的标准试块上连续测量。使用电压表测量电源电压,电压设置为规定仪器电压范围的中间值。

在标称的最低电压和最高电压范围内调整电源输出并观察厚度读数。
所有被推荐的典型探头类型都应重复此测试。

9.6.2 验收准则

读数应符合制造商规定的精度和分辨力要求。

9.7 运行电流范围

9.7.1 步骤

按照 9.5.1 连接仪器,用电流表测量电流,再按照 9.6.1 调节电压的同时,观察最低工作电压和最高工作电压时的电流。

所有被推荐的探头类型都应进行测试。

9.7.2 验收准则

显示的电流应在给定标称值的 $\pm 10\%$ 内。

9.8 运行温度范围

9.8.1 概述

当需要在温度高于或低于 5.2 f) 规定的工作温度下进行测量时,要求对探头和耦合剂进行本项测试。

9.8.2 步骤

当试块达到指定的温度,按制造商规定的时间间隔,用特定的探头和耦合剂进行厚度测量。
应记录测量数据。

9.8.3 验收准则

读数应符合制造商规定的精度和分辨力要求。
测量过程中,探头应无损坏。

9.9 脉冲发射重复频率

9.9.1 步骤

仪器调整到双探头工作模式(发射与接收分开),发射端连接到示波器。

检查示波器,保证其输入不会被发射装置的高电压损坏。

在发射装置的输出端口连接无感电阻[见 9.2b)]。用示波器在不同的仪器参数设置下进行脉冲重复频率测量。如果不同的仪器参数组合的脉冲重复频率相同(通常是范围和脉冲重复频率),则只需测量其中一个组合的脉冲重复频率。对脉冲重复频率连续可调的仪器,应在制造商给定的技术条件下测量。

9.9.2 验收准则

在每个仪器参数设置下的脉冲重复频率测量值应在标称值的 $\pm 20\%$ 内。

9.10 脉冲波形、上升时间和电压峰值

9.10.1 步骤

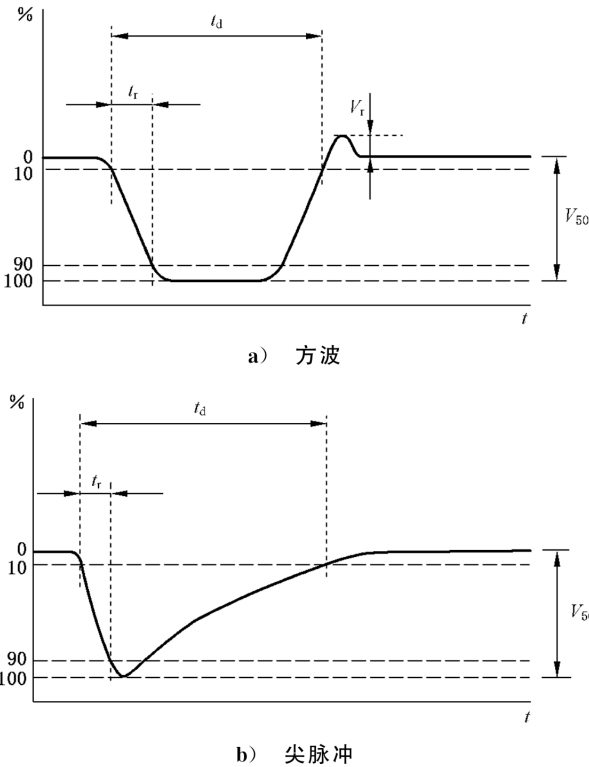
仪器调整到双探头工作模式(发射与接收分开),发射端连接到示波器。

在发射装置的输出端口连接无感电阻[见 9.2b)](按制造商指定)。

设置脉冲重复频率至最大值,用示波器测试发射装置的脉冲电压 V_{50} 、脉冲上升时间、持续时间、反冲幅度等,见图 2。

在不同的能量、频率、最大和最小阻尼状态下对脉冲波形进行重复测量。

以最小的脉冲重复频率重复测试,在示波器屏幕上留下清晰的痕迹。



标引序号说明:

t_d —— 脉冲持续时间;

t_r —— 脉冲上升时间;

V_r —— 脉冲反冲;

V_{50} —— 脉冲电压(负载状态下,即 $50\ \Omega$ 负载时)。

图 2 发射装置脉冲测量参数

9.10.2 验收准则

在最大和最小脉冲重复频率、脉冲能量和/或发射脉冲状态下对脉冲波形进行重复测量:

- a) 脉冲电压(负载状态下,即 V_{50})应在制造商规定值的 $\pm 10\%$ 内;
- b) 脉冲上升时间 t_r 应小于技术参数中规定的最大值;
- c) 脉冲持续时间 t_d 应在制造商规定值的 $\pm 10\%$ 内;
- d) 脉冲反冲 V_r 应小于脉冲发射电压峰-峰值的 4% 。

9.11 接收频率范围

9.11.1 步骤

对每个推荐探头,在厚度为所有推荐探头测量范围一半的试块上进行仪器标定。

9.11.2 验收准则

读数应符合制造商规定的精度和分辨力要求。

9.12 厚度最小值和最大值

9.12.1 步骤

对所有推荐探头,应在满足测量范围的标准试块上进行测量。

9.12.2 验收准则

读数应符合制造商规定的精度和分辨力要求。

9.13 精度和分辨力

9.13.1 步骤

在表 1 所示的精度测量用试块 A 至 E 上,对所有推荐探头进行精度测量。

在图 1 所示的分辨力测量用试块上,对所有推荐探头进行分辨力测量。

9.13.2 验收准则

读数应符合制造商规定的精度和分辨力要求。

9.14 声速设置范围(标定)

根据给定的精度和分辨率确定最小和最大可测量厚度的步骤仅适用于钢(5 920 m/s)。其他材料的性能应另行验证。

9.15 核查方法

9.15.1 概述

除 ISO 16809 确定的模式 3(多回波法)外,均执行 9.15.2 规定的第 1 步。

本条款中的步骤应使用系统的所有推荐探头。

9.15.2 步骤

第 1 步:根据操作说明书,完成探头零点核查。

第 2 步:用精度测量用试块 C 设置声速,然后测量精度测量用试块。

9.15.3 验收准则

读数应符合制造商指定的精度要求。

9.16 核查结果的保存验证

9.16.1 步骤

使用精度测量用试块 C,核查声速,然后测量精度测量用试块 A 至 E,在如下 3 种情况下重复此操作;

- 主动关闭仪器;
- 自动关机(如有此功能);

——拆除电池(如可拆卸)。

仪器关闭至少 3 min,然后打开仪器,重复测量精度测量用试块 A 至 E。

9.16.2 验收准则

读数应符合制造商规定的精度和分辨力要求。

9.17 数据存储

9.17.1 步骤

仪器处于正常工作模式时,应根据仪器技术参数进行读数和存储。读数可系统存储或其他存储。额外的读数是为了验证该系统是否超出最大存储。读取的读数总数应为可存储的最大读数加 1。

当超出最大存储量时,验证系统的有效性。

9.17.2 验收准则

当系统存储数据时,应以可控制和可预测的方式进行操作,当达到最大存储量时应警告操作员,并且已存数据不应受到影响。

72 h 后,系统存储的读数应与使用其他方法单独存储的读数进行核对。如有错误,应标记并检查。如果零错误,则测试成功。

9.18 打印

9.18.1 步骤

应按照制造商指定的方式和指定的打印机进行打印。

9.18.2 验收准则

打印数据应符合制造商的要求。

9.19 显示和回放

9.19.1 步骤

所存储的数据应被回放查看。

9.19.2 验收准则

数据应符合制造商的要求。

9.20 显示响应时间

9.20.1 步骤

利用分辨力测量用试块,在任意两个阶梯间往复移动测量,提高探头移动速度直至设备无法显示阶梯变化,记录此时的时间间隔。

响应时间为记录时间间隔的一半。

应测试每种探头和指定的测量范围。

9.20.2 验收准则

刷新/响应时间测量值应符合制造商指定的精度和分辨力要求。

10 第2组测试

10.1 概述

出现如下情况时,应逐台进行测试:

- a) 仪器供货前,由制造商或代理商提供的测试(预调试测试);
- b) 在仪器的使用期间,由制造商、业主或实验室每一年对其性能测试一次;
- c) 维修后测试。

10.2 第2组测试所需的设备

对超声测厚仪进行第2组测试所必需的设备如下:

- a) 数字或模拟示波器,带有高电压探头或衰减探头,最低带宽为 100 MHz;
- b) $50(1\pm1\%)\Omega$ 或 $75(1\pm1\%)\Omega$ 无感电阻,阻值取决于示波器;
- c) 可调的直流电源;
- d) 数字或模拟电压表;
- e) 模拟电流表。

10.3 通用属性

完成第9章规定的测试,测试列表如表2所示。

10.4 结构与外观

检查设备外观是否有影响当前操作或未来可靠性的物理损伤。

确保设备外壳、插座和探头上的所有密封件(垫圈)到位,以保持正常操作,防止潮湿或进入碎屑。

检查并确保探头无损坏或过度磨损,检查楔块安装正确。

检查并确保所有的探头线和插座的连接完好。

11 第3组测试

11.1 概述

操作员应在测量之前现场完成测试。

完成第9章和第10章规定的测试,测试列表如表2所示。

11.2 结构与外观

确保有使用说明书。

11.3 核查方法

11.3.1 步骤

根据被测材料的厚度范围选择推荐的探头进行如下测试:

第1步:如有必要,根据操作说明书完成探头零点核查。

第2步:核查声速时使用与被测工件相同材料、相近厚度的精度测量用试块。

11.3.2 验收准则

读数应符合制造商规定的精度要求。

11.4 核查结果保存

11.4.1 步骤

按 11.3.1 规定的第 2 步重复此操作并进行核查。

进行如下 3 项测试：

- 主动关闭仪器；
- 自动关机(如有此功能)；
- 拆除电池(如可拆卸)。

设备关闭至少 3 min, 打开设备并在标准试块上重复测量。

11.4.2 验收准则

读数应符合制造商指定的精度要求。

11.5 数据存储

11.5.1 步骤

设备处于正常工作模式时, 应根据设备技术参数进行读数和存储。

存储数据应能被回放显示。

11.5.2 验收准则

数据及其格式应符合制造商的要求。

参 考 文 献

- [1] EN 12668-1 Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic examination equipment—Part 1: Instruments
- [2] EN 12668-3 Non-destructive testing—Characterization and verification of ultrasonic examination equipment—Part 3: Combined equipment
- [3] ISO 9001 Quality management systems—Requirements
- [4] ISO/IEC 17050-1 Conformity assessment—Supplier's declaration of conformity—Part 1: General requirements (ISO/IEC 17050-1:2004)
- [5] ISO/IEC 17050-2 Conformity assessment—Supplier's declaration of conformity—Part 2: Supporting documentation (ISO/IEC 17050-2:2004)
- [6] ISO 16809:—¹⁾ Non-destructive testing—Ultrasonic thickness measurement

1) 即将出版。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
无损检测 超声检测
超声测厚仪性能特征和测试方法
GB/T 40332—2021/ISO 16831:2012

*

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.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2021年5月第一版

*

书号: 155066 • 1-67812

版权专有 侵权必究



GB/T 40332-2021



码上扫一扫 正版服务到