

性能保障要求下超声探伤仪计量检定工作探究

衷梦芹^{1*}, 黄思杨²

(1. 江西省检验检测认证总院计量科学研究院, 南昌 330000; 2. 江西省检验检测认证总院, 南昌 330000)

摘要: 超声探伤仪的计量精度对于其功能的发挥有着不容忽视的影响, 而其在使用过程中, 会受到各种因素的影响, 导致计量结果出现偏差, 因此, 需要定期做好对于超声探伤仪的计量检定工作。从保障超声探伤仪性能以及计量精准性, 充分发挥仪器计量功能的角度, 对超声探伤仪的计量检定工作进行了研究和讨论。在研究中, 明确了超声探伤仪计量检定的流程及注意事项, 针对其动态范围、水平线性、垂直线性以及灵敏度、误报率、分辨力等进行了检定。对比检定前后, 超声探伤仪的计量精度得到了显著提升, 可以将自身的性能充分发挥出来, 从而保障超声探伤结果的准确性及可靠性。

关键词: 性能保障; 超声探伤仪; 计量检定

Research on the metrological verification of ultrasonic flaw detector under the requirement of performance guarantee

ZHONG Meng-Qin^{1*}, HUANG Si-Yang²

(1. Institute of Metrology Science, Jiangxi Inspection and Certification General Institute, Nanchang 330000, China;

2. Jiangxi Provincial Inspection and Certification Institute, Nanchang 330000, China)

ABSTRACT: Ultrasonic flaw detector itself has the characteristics of high detection accuracy, fast detection speed, small size, light weight, and its own ultrasonic non-destructive testing, so it has been widely used in many fields. The measurement accuracy of ultrasonic flaw detector has a non-negligible impact on its function, and it will be affected by various factors in the use process, leading to the deviation of the measurement results. Therefore, it is necessary to do a good job of the measurement verification of ultrasonic flaw detector regularly. The metrological verification of ultrasonic flaw detector is studied and discussed from the Angle of ensuring the performance and measurement accuracy of ultrasonic flaw detector and giving full play to the function of the instrument. In the study, the metrological verification process and precautions of ultrasonic flaw detector are defined, and its dynamic range, horizontal linearity, vertical linearity, sensitivity, false positive rate and resolution are verified. The measurement accuracy of ultrasonic flaw detector has been significantly improved before and after comparative verification, and its own performance can be fully brought into play.

KEY WORDS: performance guarantee; ultrasonic flaw detector; metrological verification

0 引言

在建筑、制造等行业中, 都需要对产品质量进行检验, 传

统的检测技术可能带来一定的损伤, 无法很好地满足产品检测要求, 以此为背景, 无损检测技术得以出现。无损检测技术可以在不对产品和结构造成损伤的情况下, 实现对其完整性、稳

* 通信作者: 衷梦芹, 工程师, 研究方向为计量检测。E-mail: 897244235@qq.com

*Corresponding author: ZHONG Meng-Qin, Engineer, Institute of Metrology Science, Jiangxi Inspection and Certification General Institute, Nanchang 330000, China. E-mail: 897244235@qq.com

定性的有效检测,找出其中存在的问题,也因此得到了广泛应用。以超声探伤为例,其基本原理,是借助超声探伤仪发射超声波,结合超声波在物体中的传播特性,找出存在的隐患。但是,超声探伤仪在使用过程中,可能出现灵敏度下降、性能异常等问题,需要定期进行计量检定工作,以确保其性能完好,检测精度准确。

1 超声探伤仪计量检定流程

超声探伤仪(见图1)是实施超声波探伤技术的核心,其精准度会对超声探伤的效果产生直接影响,因此需要做好必要的计量检定工作。



图1 超声探伤仪

Fig.1 Ultrasonic flaw detector

超声探伤仪计量检定的流程如图2所示,其主要内容包括:

- (1) 仪器校验。对超声探伤仪电源输出的电压和电流进行检查,明确探头工作频率,看是否符合相关标准^[1]。检验探头超声波信号的发射和接收情况,确保效果良好。确认仪器模式选择、计量、显示等功能,看是否存在功能异常。
- (2) 灵敏度检测。使用标准试块检测灵敏度,确保探头能够准确检测到试块中存在的缺陷。灵敏度检测必须严格依照标准程序进行,对检测结果进行记录。
- (3) 定量检测。依照标准检测并记录结果^[2],看仪器的计量精度是否达到了标准的要求。
- (4) 误报率检测。检测仪器对于假缺陷的检测率,保障其准

确性。检测工作需要依照标准程序实施,记录结果^[1]。

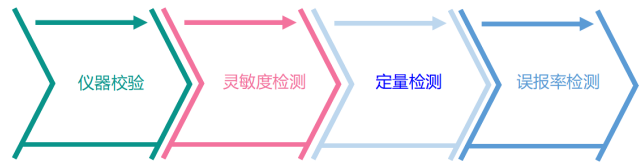


图2 超声探伤仪计量鉴定流程

Fig.2 Measurement and identification process of ultrasonic flaw detector

2 超声探伤仪计量检定注意事项

在对超声探伤仪进行计量检定时,需要明确一定的注意事项:

- 第一,在超声探伤仪关机后,如果需再次开机测试,等待不低于5秒的时间,同时不能出现反复开关的情况,以免设备损坏^[3]。
- 第二,超声探伤仪在实际应用中,应该避开电源波动过大或者存在强烈磁场、振动的环境。
- 第三,在对探伤仪上的各种按键进行操作时,不能用力过猛,以免造成按键损坏。
- 第四,在对灵敏度余量进行检定时,需要将超声探伤仪调节为单探头模式,确保探头可以适当耦合,在试块上轻微移动^[4],控制好施加的力度,以此来避免人为误差。
- 第五,对超声探伤仪的模式进行调整,连接检定装置,调节仪器设备,确保显示屏上的垂直满刻度可以达到100%,留出至少30分贝(decibel, dB)的衰减余量。检测环节,工作人员需要对检定装置每衰减2 dB时,调制信号的幅度百分数,当最终衰减至26 dB时,将最大正偏差和最大负偏差绝对值相加后,就可以得到相应的处置现象误差^[5],计算公式为:

$$\Delta d = |d_{(+)}| + |d_{(-)}| \tag{1}$$

公式中, Δd 表示垂直线性误差, $d_{(+)}$ 表示最大正偏差, $d_{(-)}$ 表示最大负偏差。

以某超声探伤仪垂直线性误差测量为例,相关数据如表1所示。

表1 垂直线性误差测量值

Table 1 Measured values of vertical linear error

衰减量 (dB)	理论值 (%)	实测值 (%)	误差 (%)	衰减量 (dB)	理论值 (%)	实测值 (%)	误差 (%)
2	79.4	80	0.6	16	15.8	16	0.2
4	63.1	64	0.9	18	12.5	13	0.5
6	50.1	52	1.9	20	10.0	10	0.0
8	39.8	39	-0.8	22	7.9	8	0.1
10	31.6	32	0.4	24	6.3	6	-0.3
12	25.1	26	0.9	26	5.0	5	0.0
14	20.0	20	0.0	垂直线性误差 Δd (%)			2.7

3 超声探伤仪性能的计量检定

性能保障要求下, 对于超声探伤仪的计量检定, 主要包含了以下内容:

3.1 动态范围检定

超声探伤仪的动态范围, 指其屏幕上超声波反射波的幅度变化范围, 即从最大垂直刻度, 降低到可以被识别到的最小刻度值, 此时衰减器出现变化的实际范围。一般来说, 动态范围会对超声探伤仪的灵敏度产生影响, 两者成正比关系。结合实践情况分析, 会对超声探伤仪的动态范围产生影响的核心因素, 是接收电路放大^[6]。

3.2 线性检定

3.2.1 垂直线性

垂直线性简单来讲, 就是反射波信号高度与输入信号电压两者的关系。结合相关规程分析, 超声探伤仪在实际应用中, 产生的波形幅度与衰减量存在一定关联, 如果以坐标图的形式表示, 应该表现为直线状。而当垂直线性不达标时, 反射波信号高度与输入信号电压之间不再表现为正比关系, 这种情况下, 坐标图自然也不会表现为直线, 如果工作人员依然使用波高来对缺陷当量进行确认, 则必然会出现较大的误差^[7]。

3.2.2 水平线性

对于超声探伤仪, 水平线性主要是指其水平扫描线在进行扫描时, 速度是否可以保证均匀稳定。水平线性会对超声探伤仪在缺陷定位环节的精准度产生直接影响, 如果水平现象不佳, 超声探伤仪虽然可以检测到缺陷的存在, 但是却无法实现精准定位, 会影响缺陷的处理和应对。扫描电路和显示电路是影响超声探伤仪水平线性的主要因素, 也是水平线性检定的关键。

在使用超声探伤仪进行产品、结构探伤时, 如果其内部存在缺陷, 则仪器可以检测到对应的超声反射信号^[8], 信号大小从数百微伏到数伏不等, 示波管全调制需要的电压则会达到数百伏。基于此, 要求接收放大电路能够具备良好的放大能力^[4], 其放大能力计算公式为

$$K_v = 20 \lg \frac{U_{\text{出}}}{U_{\lambda}} \quad (2)$$

公式中: K_v ——电压放大倍数, dB;

$U_{\text{出}}$ ——放大器输出电压, V;

U_{λ} ——放大器输入电压, V。

依照相关标准, 超声探伤仪的电压放大倍数应该在 80-100 dB 的范围内, 在其面板上, 必须设置有能够自由调节放大倍数的旋钮或者按键。与之对应的衰减量, 通常为 80 dB, 相关鉴定规程中, 要求衰减器衰减的总量应该在 60 dB 以上。对于超声探伤仪而言, 衰减器的主要作用, 是对仪器的灵敏度进行调节, 以及对反射波的振幅进行测量, 一般来讲, 如果衰减过大,

会导致部分反射波的幅度偏低, 无法在显示器上有效显示出来, 从而造成超声探伤仪探伤灵敏度的下降; 如果衰减较小, 反射波的幅度更高且变化明显, 可以通过显示器直观地看到其变化, 则能够获得更好的探伤灵敏度。衰减器误差越小, 超声探伤仪在进行探伤时, 能够获得更高的精准度, 准确完成缺陷的定性和定量分析^[9]。

3.3 灵敏度检定

对超声探伤仪灵敏度进行分析, 其内涵为: 将仪器灵敏度调整到理论峰值, 对最小缺陷进行检测, 仪器能够保障检测结果准确的能力。通常情况下, 这里的“最小缺陷”在信号幅值上, 应该高出电噪声电平 6 dB 左右。灵敏度检定的方法一般是使用 DB-PZ20-2, 又或者 DB-PZ20-4 标准试块。

在对超声探伤仪使用灵敏度进行检定时, 检定装置能够生成脉冲信号, 并通过探伤仪的屏幕, 显示相应的高频信号, 要求信号数值能够达到最小缺陷信号幅值, 然后使用专用的示波器, 测量信号峰值电压, 该电压实际上就是探伤仪的使用灵敏度。实际操作中, 为了确保检定工作的有效性, 应该将检定装置中衰减器的衰减值调整到最大, 同时也需要超声探伤仪自身衰减器做出配合, 两者衰减值的和, 就是总体衰减量。相应的计算公式为

$$\Delta = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \quad (3)$$

公式中, Δ ——总衰减量, dB;

U_1 ——示波器测量得到的高频信号峰值电压, mV;

U_2 ——超声探伤仪接收系统最大使用灵敏度, μV 。

3.4 误报率检定

误报率检定对于超声探伤仪同样非常重要, 能够检测超声探伤仪在面对假缺陷时的检测率, 保障检测结果的准确性。同时, 在进行误报率检定时, 必须严格依照规范化标准化的流程进行操作, 做好检定结果的准确记录。

3.5 分辨力检定

分辨力检定主要是确认探头在面对缺陷时的检测能力, 需要选择恰当的试块, 依照标准成本工序进行操作。在实践中, 采用的多是 CKS-1A 试块, 确保所有旋钮的位置合理, 要求探头可以压在试块的特定位置, 在中间位置放置相应的耦合剂, 以保障耦合效果。工作人员应该做好仪器增益调整, 通过左右移动探头的方式, 将回波的幅度控制在垂直刻度的 80% 左右。同时, 需要调节衰减器, 使得两个波峰间的波谷能够达到原本波峰高度, 而在这种情况下, 衰减器所释放的 dB 数就是超声探伤仪的分辨力。实际鉴定环节, 如果将回波幅度调整到 80% 时, 测量得到的分辨力和 20% 时的分辨力必然存在差异, 相比较而言, 20% 状态下的分辨力更高。实际检定环节, 工作人员可以通过参数设置, 实现实际分辨力的提高, 常用的方法有减

小阻尼、降低发射强度、改变检波方式等。依照相关规定的要求, 必须将回波幅度调整到 80%, 测量分辨力, 如果得到的数值低于 26 dB, 需要将回波幅度调整到 20%, 再次测量分辨力。对比两次得到的数值, 选择其中较大的设置作为最终结果, 并且需要将具体的检定条件标注出来^[10]。

4 结束语

总而言之, 超声探伤仪在许多行业和领域得到了有效应用, 不过超声探伤仪在使用时, 经常会面对一些比较恶劣的环境因素, 如高温、高压、粉尘等, 导致其误差可能超出规范允许的范畴, 因此, 技术人员必须正确使用超声探伤仪, 并依照相关规定的要求对其进行定期计量检定, 由专业的检定机构和检定人员做好超声探伤仪性能的检定工作, 以确保探伤仪性能的可靠性。

参考文献

- [1] 马占生, 李璐. 双轨式钢轨超声波探伤与表面图像监控集成检测研究 [J]. 国防交通工程与技术, 2023, 21(06): 34,78-80.
- [2] 洪滔. 超声探伤仪计量性能检定的经验探讨和不确定度分析评定 [J]. 无损探伤, 2022, 46(04): 42-44.
- [3] 刘恒. 基于嵌入式 Qt 的超声探伤仪软件的设计与实现 [D]. 南京: 东南大学, 2022.
- [4] 陈沈理. 超声探伤仪检定装置校准方法的探讨 [J]. 电子质量,

2021, (07): 117-120.

- [5] 陈沈理. 不解体探伤仪校准方法的探讨 [J]. 电子质量, 2021, (08): 10-13.
- [6] 孙素娟. 超声探伤仪水平线性误差测量结果不确定度评定 [J]. 中国计量, 2020, (07): 93,102.
- [7] 向长于, 郭林博, 陈江, 等. 基于反射式超声探伤仪数据处理优化的房屋结构检测技术 [J]. 建筑施工, 2022, 44(11): 2792-2795.
- [8] 王旭华, 郑韵娴, 安尚文, 等. 基于 AlexNet 神经网络的手推式双轨探伤仪超声检测系统研究 [J]. 铁道技术监督, 2022, 50(04): 19-24.
- [9] 左鹏. 探讨超声探伤技术在无损检测中的应用 [J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(08): 65-66.
- [10] 赵亮. 数字超声探伤仪的分辨率与分辨力 [J]. 中国新技术新产品, 2018, (22): 11-12.

作者简介



袁梦芹, 工程师, 研究方向为计量检测。