



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

涡流检测仪校准规范

Calibration Specification for Eddy Current Flaw Detector

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

涡流检测仪校准规范

Calibration Specification for
Eddy Current Flaw Detector

JJF(京) XX-XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：钢研纳克检测检测技术股份有限公司

爱德森（厦门）电子有限公司

本规范委托 XXXXXXXX 负责解释

目 录

引言	(III)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能	(2)
6 校准条件	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
8 校准结果表达	(7)
9 复校时间间隔	(8)
附录 A 示值误差的不确定度评定示例	(9)
附录 B 校准记录格式(推荐)	(11)
附录 C 校准证书内页格式(推荐)	(13)

引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的规定而制定。

本规范为首次发布。

涡流检测仪校准规范

1 范围

本规范适用于单频常规涡流探伤仪和单频阵列涡流检测仪（以下简称涡流仪）的校准，涡流仪可以是模拟式、部分模拟式或数字式。

对于手动检测的涡流仪和其他类型涡流仪校准可参照本规范执行。

2 引用文件

GB/T 12604.6 《无损检测 术语 涡流检测》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规程；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

3.1 涡流检测 eddy current testing

利用感应涡流的电磁效应评价被检件的无损检测方法。

3.2 激励频率 excitation frequency

激励电流的标称频率。

3.3 仪器噪声 instrument noise

由涡流检测仪自身产生的噪声。

3.4 涡流检测仪 eddy current instrument

涡流检测系统中用于进行检测的部分。

3.5 多通道检测仪 multichannel instrument

具有多个检测通道的涡流检测仪。

3.6 阵列涡流检测 array eddy current testing

具有按一定方式排列、且独立工作的多个检测线圈，能够一次性完成大面积扫查及成像的涡流检测技术。

4 概述

涡流仪是应用电磁感应原理对导电材料及其制成件进行无损检测的电子设备，广泛应用于国民经济各个领域的检验检测中。

涡流仪主要由电源、振荡器、放大器、相敏检波器、移相器、滤波器和显示器等组成。

5 计量性能

5.1 激励源

5.1.1 输出频率稳定度 $f_s \leq 2\%$

5.1.2 输出电压稳定度 $U_s \leq 3\%$

5.1.3 输出猝发正弦波重复频率稳定度 $F_c \leq 3\%$

注：本校准项目仅适用于阵列涡流仪。

5.2 衰减器

5.2.1 衰减器总衰减量：与仪器标称值相一致。

5.2.2 衰减器衰减误差：在涡流仪常用的工作频率范围内，衰减器每12dB的误差不超过1dB。

注：本校准项目不适用于阵列涡流仪。

5.2.3 增益误差：在涡流仪常用的工作频率范围内，任意增益调节区间与标称值的误差均不超过10%。

注：本校准项目仅适用于阵列涡流仪。

5.3 动态范围

不小于 26dB。

5.4 电噪声电平

对于常规涡流探伤仪，不大于满刻度的20%，且剩余增益大于40dB；对于阵列涡流探伤仪，不大于满刻度的50%。

5.5 最大使用灵敏度

不大于 10mV。

注：对于多通道涡流仪或阵列涡流仪的性能，应对仪器的每个通道进行校准。

注：以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(15~35)℃。

6.1.2 相对湿度：30%~90%。

6.1.3 供电电源：电压（ 220 ± 22 ）V，频率（ 50 ± 1 ）Hz。

6.1.4 环境电磁场不得大于 240 A/m。

6.2 校准用设备

6.2.1 数字示波器：频率范围：不小于 DC~20 MHz；采用率：不小于 200MHz；

幅值：幅值灵敏度小于每格 5mV，测量不确定度不大于 5%；

6.2.2 带有猝发音函数信号发生器：频率范围 10Hz~2 MHz，频率稳定度 5×10^{-4} ，猝发音包含的正弦波个数不小于 10。

6.2.3 标准衰减器：衰减范围（0~80）dB，频率范围（0~2）MHz，至少应有 0.1 dB、1 dB、10dB 三种衰减分档形式，衰减误差：（ $0.5\%A\pm 0.02$ ）dB,其中 A 为衰减量。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观检查

7.1.1 被检涡流仪外观应完整无缺，所有零部件应牢固可靠，开关接触良好，不应有影响操作的机械损伤。

7.1.2 显示屏幕标度清晰，无破损痕迹。

7.2 整机功能检查

7.2.1 开启涡流仪电源，仪器应能够进入正常工作状态，显示应正常。

7.2.2 逐个调节各功能旋钮或按键，涡流仪的各项功能应能随之发生相应变化，指示正常。

7.3 报警性能

7.3.1 报警阈值应能调节。

7.3.2 报警灯光、音响应能正常启动和关闭。

7.3.3 在正常报警后，改变报警阈值能有效地控制报警灯光和音响动作。

7.4 激励源输出频率稳定度

7.4.1 选取常用频率范围内的中间频率点测试。

7.4.1.1 所用标准器具与被检测涡流仪的连接方式如图 1 所示。

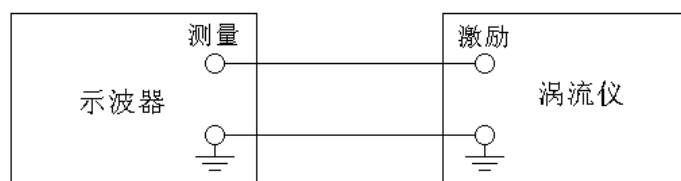


图 1 校准装置连接图

7.4.1.2 接通仪器电源，由示波器读出输出信号频率，然后每隔 5min 测量一次，共测量 3 次。将测量结果分别记作 f_i ($i=1、2、3$)，并将 f_i 的最大值 f_{\max} 和最小值 f_{\min} 代入公式(1)计算频率稳定度：

$$f_s = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

f_s ——频率稳定度，%；

f_{\max} —— f_i 的最大值，kHz；

f_{\min} —— f_i 的最小值，kHz；

f_0 ——输出信号频率标称值，kHz。

7.5 激励源输出电压稳定度

7.5.1 所用标准器具与被检涡流仪的连接方式如图 1 所示。

7.5.2 接通仪器电源，由示波器读出输出信号电压，然后每隔 5min 测量一次，共测量 3 次。将测量结果分别记作 U_i ($i=1、2、3$)，并将 U_i 的最大值 U_{\max} 和最小值 U_{\min} 代入公式(2)计算电压稳定度：

$$U_s = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

U_s ——输出电压稳定度，%；

U_{\max} —— U_i 的最大值，V；

U_{\min} —— U_i 的最小值，V；

U ——输出电压的 3 次平均值, V。

7.6 激励源重复频率稳定度

7.6.1 所用标准器具与被检阵列涡流仪的连接方式如图 1 所示。

7.6.2 接通仪器电源, 由示波器读出输出的猝发正弦波信号的重复频率, 然后每隔 5min 测量一次, 共测量 3 次。将测量结果分别记作 F_j ($j=1、2、3$), 并将 F_j 的最大值 F_{\max} 和最小值 F_{\min} 代入公式(3)计算重复频率稳定度:

$$F_c = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{F} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

F_c ——重复频率稳定度, %;

F_{\max} —— F_j 的最大值, kHz;

F_{\min} —— F_j 的最小值, kHz;

F ——输出信号重复频率的 3 次平均值, kHz。

7.7 衰减器衰减误差

7.7.1 所用标准器具与被检涡流仪的连接方式如图 2 所示, 并使信号发生器输出阻抗、标准衰减器特性阻抗与终端负载相互匹配。

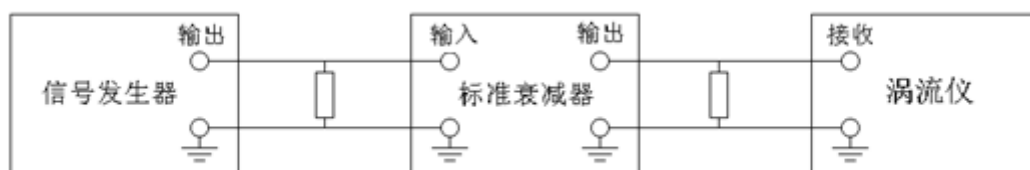


图 2 校准装置连接图

7.7.2 选择信号发生器的频率为常规涡流仪的常用激励频率。信号发生器选择猝发正弦波模式, 正弦波个数取 5 个~10 个。调节信号发生器输出, 使被检涡流仪显示屏上显示的信号幅度为 100% (如果在矢量光点显示时信号不垂直, 可以通过旋转相位使之处于垂直状态)。

7.7.3 采用被检涡流仪衰减器衰减量与标准衰减器衰减量进行比较的方法, 读出被检涡流仪衰减器衰减量误差。

7.8 增益误差

7.8.1 所用标准器具与被检涡流仪的连接方式如图 2 所示, 并使信号发生器输出阻抗、标准衰减器特性阻抗与终端负载相互匹配。

7.8.2 选择信号发生器的频率为阵列涡流仪的常用激励频率。信号发生器选择猝发正弦波模式, 正弦波个数取 3 个~5 个。调节信号发生器输出, 使被检涡流仪显示屏上显示的信号幅度为 100%。

7.8.3 采用被检涡流仪增益与标准衰减器衰减量进行比较的方法, 读出被检涡流仪增益的误差。若阵列涡流仪的增益值以倍数(而不是 dB)计, 则应注意标准衰减器衰减量与倍数的换算。

7.9 动态范围

7.9.1 所用标准器具与被检常规涡流仪的连接方式如图 2 所示, 并使信号发生器输出阻抗、标准衰减器特性阻抗和终端负载相互匹配。

7.9.2 标准衰减器衰减量置适当值, 调节信号发生器的输出和标准衰减器的衰减量, 使被检涡流仪显示屏上显示的信号幅度为 100%, 且有大于 30dB 的衰减量。

7.9.3 调节标准衰减器, 读取信号幅度自 100%下降至刚能辨认的最小值时衰减器调节量, 即为被检常规涡流仪的动态范围。

7.10 电噪声电平

7.10.1 取下所有连接线, 并将被检涡流仪增益调至最大, 此时显示屏时基线上电噪声(可将矢量光点显示的噪声信号的最大值旋至 Y 轴方向)平均幅度在幅值满刻度上的百分数, 即为被检涡流仪的电噪声电平。

7.10.2 对于常规涡流检测仪, 如果电噪声电平超过 20%, 应减少增益, 直至电噪声电平为 20%止, 记录此时的剩余增益值(dB); 对于阵列涡流检测仪, 电噪声电平应不大于满刻度的 50%。

7.11 最大使用灵敏度

7.11.1 所用标准器具与被检涡流仪的连接方式如图2所示，并使信号发生器输出阻抗、标准衰减器特性阻抗和终端负载相互匹配。

7.11.2 对于常规涡流仪，信号发生器选择猝发正弦波模式，正弦波个数取5个~10个。调节被检涡流仪使其增益达到最高，然后调节信号发生器输出，使被检涡流仪显示屏上显示的信号的最大值比电噪声电平高6dB，如图3所示。

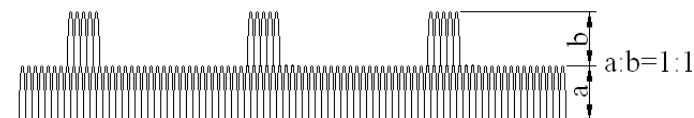


图3 信噪比示意图

7.11.3 对于阵列涡流仪，信号发生器选择连续正弦波模式。调节被检涡流仪使其增益达到最高，然后调节信号发生器输出，使被检涡流仪显示屏上显示的信号的最大值比未接入信号发生器时的电噪声电平高6dB。

7.11.4 用示波器测量此时信号的峰-峰值电压，或根据信号发生器输出的峰-峰值电压和标准衰减器的总衰减量计算出涡流仪输入信号的峰-峰值电压，作为该频率下被检涡流仪的使用灵敏度。其最小值为接收系统最大使用灵敏度。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识以及签发日期;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过一年。复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素决定, 送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果仪器经维修、更换重要部件或对仪器性能有怀疑时, 应重新校准。

附录 A

激励频率稳定度的不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 测量方法

设备开启，在正常测量条件下，调节涡流仪器上的频率，用示波器连接涡流探伤仪器的激励源端，由示波器读出输出信号频率，然后每隔 5min 测量一次，共测量 3 次，同时观察示波器上频率的读数。

A.1.2 测量标准

标准器具：见表 1。

表 1 试验所用标准器具列表

序号	器具名称	器具编号	测量范围	扩展不确定	溯源单位	有效期至
1	数字示波器	GEW221614	(0.1kHz~20MHz)	$U_{rel}=0.1\%$ ($k=2$)	中国计量科学研究院	2024 年 11 月 21 日

A.2 测量模型

A.2.1 激励频率稳定度

$$f_s = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_0} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：

f_s ——频率稳定度，%；

f_{\max} —— f_i 的最大值，kHz；

f_{\min} —— f_i 的最小值，kHz；

f_0 ——输出信号频率标称值，kHz。

A.3 不确定度来源分析

激励频率稳定度的不确定度来源主要有以下几个：

- (1) 测量值重复性引入的不确定度；
- (2) 示波器引入的不确定度；

A.4 不确定度评定

以仪器激励频率 30 kHz 下为例，进行测量点激励频率稳定度不确定度评定：

A.4.1 测量值重复性引入的不确定度

用示波器对涡流检测仪的激励频率进行测量，得到激励频率稳定度如下：

0.21%、0.21%、0.20%、0.21%、0.22%、0.20%、0.21%、0.21%、0.20%、0.21%

算术平均值为 $\bar{f}_s = 0.208\%$ ，实验标准差为 $s = 0.006\%$ ；

则单次测量值的相对不确定度为： $u_{r1} = 2.8\%$

A.4.2 数字示波器引入的不确定度

数字示波器的标准不确定度由校准证书给出，在测量范围内其相对扩展不确定

$U_{rel} = 0.1\%$ $k=2$ ；相对标准不确定度 $u_{r2} = 0.05\%$

A.5 合成标准不确定度

影响激励频率稳定度的各输入量相互独立，各不确定度分量之间互不相关，不确定来源及标准不确定度值见表 A.2

表 A.2 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	u_{ri}
u_{r1}	测量重复性	2.8%
u_{r2}	示波器测量	0.05%

合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_{r1}^2 + u_{r2}^2} = 2.8\% \quad (\text{A.2})$$

A.6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则相对扩展不确定度为：

$$U_r = 2 \times u_c = 5.6\% \quad (\text{A.3})$$

附录 B

校准记录格式（推荐）

记录编号:		委托单位:			
仪器名称:		型号:			
制造厂:		出厂编号:			
环境温度:	相对湿度:	校准日期:			
校准依据:					
校准使用的标准器:					
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	设备编号	检定/校准 证书编号	有效期至

一、外观检查

二、整机功能检查

三、报警性能

四、激励源输出频率稳定度

标称值 (kHz)	测量值 (kHz)			稳定度 (%)
	1	2	3	

五、激励源输出电压稳定度

测量值 (V)			平均值 (V)	稳定度 (%)
1	2	3		

六、激励源重复频率稳定度

测量值 (V)			平均值 (V)	稳定度 (%)
1	2	3		

七、衰减器衰减误差/dB

八、增益误差/dB

九、动态范围/dB

十、电噪声电平/%

十一、最大使用灵敏度/mV

附录 C

校准证书内页格式（推荐）

1. 外观检查:
2. 整机功能检查:
3. 报警性能:
4. 激励源:

激励源输出频率稳定度
激励源输出电压稳定度
激励源重复频率稳定度

5. 衰减器衰减误差:
 6. 增益误差:
 7. 电噪声电平:
 8. 动态范围:
 9. 最大使用灵敏度:
-