

JJF(闽)1031-2023



福建省地方计量技术规范

JJF(闽)1031-2023

钳形表校验仪校准规范

Calibration Specification for Clamp Meter Calibrators

2023-07-26 发布

2023-10-26 实施

福建省市场监督管理局 发布

钳形表校验仪校准规范
Calibration Specification for Clamp
Meter Calibrators

JJF (闽) 1031-2023
代替JJF (闽) 1031-2010

归口单位：福建省市场监督管理局
主要起草单位：福建省计量科学研究院
参加起草单位：龙岩市计量所
漳州市东方智能仪表有限公司

本规范委托福建省计量规范技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

康 艳 (福建省计量科学研究院)

林 晓 (福建省计量科学研究院)

陈 静 (福建省计量科学研究院)

参加起草人：

刘 文 (龙岩市计量所)

陈志宏 (漳州市东方智能仪表有限公司)

福建省计量规范技术委员会

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 基本误差	(1)
4.2 分辨力	(2)
4.3 稳定性	(2)
4.4 失真度	(3)
4.5 纹波系数	(3)
4.6 升降变差	(3)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 标准器及配套设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(4)
6.1 校准项目	(4)
6.2 校准前检查	(4)
6.3 基本误差校准	(4)
6.4 分辨力试验	(5)
6.5 稳定性试验	(5)
6.6 失真度试验	(5)
6.7 直流电流纹波系数试验	(5)
6.8 升降变差试验	(6)
6.9 载流环检查	(6)
7 校准结果表达	(6)
8 复校时间间隔	(7)
附录A 钳形表校验仪校准记录(式样)	(8)
附录B 校准证书内页(式样)	(10)
附录C 钳形表校验仪测量结果不确定度评定(示例)	(11)

引 言

本规范是以 JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》 为基础性系列规范进行编写。

本规范是对 JJF(闽)1031-2010 《钳形表校验仪校准规范》 的修订。本次修订参考 JJF 1075 《钳形电流表校准规范》、GB/T 15637 《数字多用表校准仪通用规范》、GB 4793.1 《测量、控制和实验室用电气设备的安全要求》。本规范与 JJF(闽)1031-2010 相比,主要修订内容如下:

- 编写格式符合 JJF 1071—2010 《国家计量校准规范编写规则》 的要求;
- 把被校表的准确度等级提高到 0.05 级;
- 删除电压基本误差、中值电阻基本误差、绝缘电阻、绝缘强度的校准内容。

本规范历次版本的发布情况为:

- JJF(闽)1031-2010。

钳形表校验仪校准规范

1 范围

本规范适用于 1.0 级至 0.05 级模拟式和数字式钳形表校验仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1075 钳形电流表校准规范

GB/T 15637 数字多用表校准仪通用规范

GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 概述

钳形表校验仪有模拟式和数字式钳形表校验仪两种，是一种具有交直流电流输出功能的电源装置。主要用于校准模拟式和数字式钳形电流表。

钳形表校验仪主要由信号控制调节器、输出放大变换器、标准线圈和计算机接口部分等组成。该仪器通过电参量与磁通量的相互转换，即在已知标准线圈上加入一定电参量后产生标准磁通量，再由磁通量转换为相应的电参量后通过测量电路来实现对钳形表的校准。

4 计量特性

4.1 基本误差

4.1.1 模拟式钳形表校验仪的基本误差

模拟式钳形表校验仪是多量程仪器，不同的量程有不同的准确度，其中准确度最高的量程称为基本量程。模拟式钳形表校验仪的基本误差是以测量量程上限值的引用误差 r 表示，基本误差按式 (1) 计算：

$$r = \frac{X - X_0}{X_m} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

X —— 钳形表校验仪的显示值；

X_0 —— 被测量的实际值；

X_m —— 钳形表校验仪的测量量程上限值。

4.1.2 数字式钳形表校验仪的基本误差

数字式钳形表校验仪也是多量程仪器,不同的量程有不同的准确度,其中准确度最高的量程称为基本量程,数字式钳形表校验仪的基本误差是以相对误差 r 表示,基本误差按式 (2) 计算:

$$r = \frac{X - X_0}{X_0} \times 100\% \quad (2)$$

4.1.3 模拟式钳形表校验仪最大允许误差

模拟式钳形表校验仪的准确度级别有: 0.05 级, 0.1 级, 0.2 级, 0.5 级, 1.0 级, 准确度级别及其最大允许误差见表 1。

表 1 钳形表校验仪准确度级别划分以及最大允许误差

准确度等级	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
最大允许误差(%)	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0

注: 以上指标不适用于合格性判别, 仅供参考。

4.1.4 数字式钳形表校验仪最大允许误差

数字式钳形表校验仪的最大允许误差用相对误差 r 表示, 按式 (3) 计算:

$$r = \pm \left(a\% + b\% \frac{X_m}{X} \right) \quad (3)$$

式中:

a —— 与读数有关的误差系数;

b —— 与量程有关的误差系数。

4.2 分辨力

钳形表校验仪的分辨力一般不超过被校表最大允许误差绝对值的 1/5。

注: 以上指标不适用于合格性判别, 仅供参考。

4.3 稳定性

保持周围环境条件不变, 钳形表校验仪输出不作任何调整, 在规定时间间隔 1min 内, 被校点输出值的最大变化量的相对误差应不大于其满量程最大允许误差的 1/5。稳定性的误差用式 (4) 计算:

$$W = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{X_0} \quad (4)$$

式中:

X_{\max} —— 规定时间间隔内输出的最大值;

X_{\min} —— 规定时间间隔内输出的最小值;

X_0 —— 被测点输出值;

W —— 规定时间间隔内输出稳定性。

4.4 失真度

钳形表校验仪交流信号失真度应小于 1%。

4.5 纹波系数

钳形表校验仪直流信号纹波系数应小于 1%。

4.6 升降变差

模拟式钳形表校验仪的升降变差用式 (5) 计算:

$$\Delta X_b = \left| \frac{X_1 - X_2}{X_m} \right| \times 100\% \quad (5)$$

式中:

X_1 —— 电流上升时数字多用表测得的电流值;

X_2 —— 电流下降时数字多用表测得的电流值;

X_m —— 被校点电流对应的电流满量程值。

模拟式钳形表校验仪的升降变差应不超过最大允许误差的绝对值的 1/2。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;

5.1.2 相对湿度: $(55 \pm 20) \%$;

5.1.3 校准过程中周围无影响被校校验仪性能的机械振动、冲击和电磁场。

5.1.4 供电电源:

电压范围: $220 (1 \pm 10\%) \text{ V}$;

频率: $50 (1 \pm 1\%) \text{ Hz}$;

波形畸变系数不超过 3%。

5.2 标准器及配套设备

标准器及配套设备的选择应满足标准器及配套设备引入的扩展不确定度 ($k=2$) 小于校验仪对应功能的最大允许误差绝对值的 1/3, 分辨力应不超过允许误差的 1/5。标准器及配套设备测量范围应能分别覆盖校验仪各功能的输出范围。标准器及配套设备应有良好的屏蔽和接地, 以避免外界信号干扰。

5.2.1 电流电压变换器 (I/V 变换器)

电流电压变换器稳定度应高于被校钳形表校验仪稳定度 1 个数量级, 且其它技术指标应优于其相应技术指标的 10 倍。

5.2.2 数字多用表

电压测量范围: $(0 \sim 1000) \text{ V}$, 最大基本误差不超过被校钳形表校验仪误差限的 1/5。

5.2.3 分辨力校准时, 所用标准器及配套设备的分辨力应不超过被校钳形表校验仪分

辨力的 1/5。

5.2.4 稳定性校准时，所用标准器及配套设备的稳定性应高于被校钳形表校验仪稳定性 5 倍。

5.2.5 失真度测量仪

失真度测量范围：(0~3) %，最大允许误差：±3%。

5.2.6 示波器

直流纹波系数测量范围：(0~10) %，最大允许误差：±3%。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表 2。

表 2 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	基本误差校准	6.3
2	分辨力试验	6.4
3	稳定性试验	6.5
4	失真度试验	6.6
5	直流电流纹波系数试验	6.7
6	升降变差试验	6.8
7	载流环检查	6.9

6.2 校准前检查

钳形表校验仪在 5.1 所述环境条件下，放置时间不少于 2 h，并按产品说明书要求进行开机预热。

外观检查是用目视和手动检查。内容包括：制造厂名或商标、出厂编号、仪器名称、型号；钳形表校验仪外形结构、外露件不应损坏或脱落，机壳、端钮等不应有碰伤或松动现象；转换开关、调节机构应能正常转动；仪器附件、连接导线、电源线是否齐全；供电电源电压、频率标志、接地线等是否正常。

通电检查是按说明书要求，将数字式钳形表校验仪各功能档放在正确的位置。从低量程到高量程观察输出信号是否正常，观察显示器能否显示 0~9 数码，读数是否能连续变化、清晰完整、无叠字、缺画现象，能否显示小数点、符号等。

6.3 基本误差校准

6.3.1 校准点的选取

钳形表校验仪基本误差的校准应在 5.1 所述环境条件下进行，钳形表校验仪在连续通电工作 (或按规定时间预热) 后进行自校。然后选取其最高准确度中的最大量程作

为基本量程。对模拟式钳形表校验仪的基本量程应对带有数字刻度的每个点进行校准，非基本量程只校准其下限和上限分度线；对数字式钳形表校验仪的基本量程应在该量程上相对均匀选取不少于 5 个点进行校准，非基本量程只校准量程的 10%、50%、100%点。

6.3.2 电流校准方法

钳形表校验仪电流功能的基本误差的校准接线方法如图 1 所示。

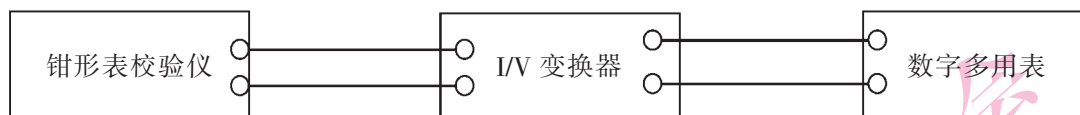


图 1 钳形表校验仪电流功能校准的接线方法

注：100A~2000A 大电流必须用高一等级的互感器或 I/V 变换器进行校准，选用互感器方式时，被校电流值应不小于互感器量程的 30%。

6.4 分辨力试验

按图 1 连接，对各功能档最低量程上测试钳形表校验仪的最高分辨力。设备连线方式同基本误差的校准，使钳形表校验仪在最高分辨力量程末位变化一个字（即一个最小变化量），用分辨力比校验仪高 5~10 倍的标准器测量校验仪增量的实际值，标准器量值变化量的实际值，即为钳形表校验仪的实际分辨力。

6.5 稳定性试验

按图 1 连接，对各功能的基本量程的满量程值进行稳定性试验，设备连线方式同基本误差的校准。

稳定性是指在校准环境条件不变和输出不作任何调整的情况下，在 1min 时间间隔内，被校点输出量的最大变化量。记录各参数最大值与最小值，按式（4）计算出钳形表校验仪的稳定性。

6.6 失真度试验

按图 2 连接，钳形表校验仪的交流电流失真度的测量可以采用 I/V 变换的办法，用失真度测量仪进行测量。

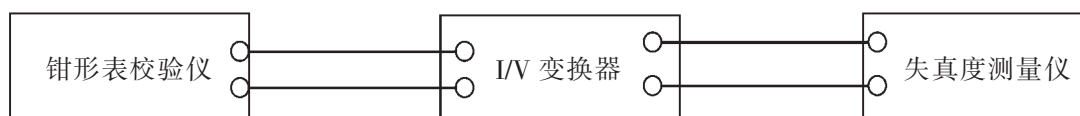


图 2 钳形表校验仪失真度试验的接线方法

6.7 直流电流纹波系数试验

按图 3 连接，钳形表校验仪的直流电流纹波系数的测量可以采用 I/V 变换的办法，

用示波器进行测量。

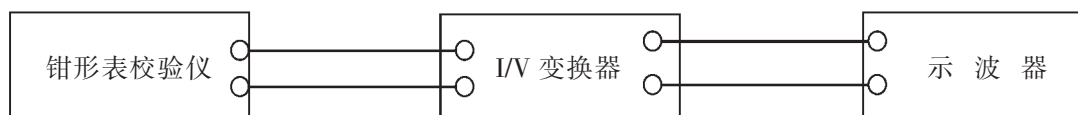


图3 钳形表校验仪直流纹波系数试验的接线方法

6.8 升降变差试验

按图1连接，对每个校准点读数两次，模拟式钳形表校验仪上升和下降各一次，升降变差按式(5)计算升降变差 ΔX_b 。

6.9 载流环检查

6.9.1 交、直流电流可采用单匝输出或等效安匝法。单匝法能对测量数据进行有效溯源，适用高、低准确度钳形电流表的校准，等效安匝法难以进行测量数据的直接溯源，仅适用于低准确度钳形电流表的校准。

6.9.2 载流环端口与校验仪应保持良好接触。单匝输出测量时除测试导线外，其他所有载流导体与被检表之间的距离应大于0.5 m；被测导线成弯曲形状时，被测导线与被检表的距离应大于0.5 m。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包含以下信息：

- 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) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称以及地址；
- 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（见附录C）；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名或等效标识；

- 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，不得部分复制证书的声明。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定，因此使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔一般不超过一年。

福建省计量规范技术委员会

附录 A

钳形表校验仪校准记录 (式样)

证书编号 _____ 记录编号 _____
 委托单位 _____ 委托单位地址 _____
 仪器型号/规格 _____ 出厂编号 _____
 准确度等级 _____ 制造厂 _____
 校准地点 _____ 校准依据 _____
 校准环境条件: 温度 _____ °C 相对湿度 _____ %

表 A1 校准使用设备

序号	主标准器名称	型号规格	编号	不确定度或准确度等级或 最大允许误差	证书编号	有效期至

校准结果

A.1 校准前检查

外观检查:

通电检查:

A.2 分辨力: (数字式)

量 程	分 辨 力 ()

A.3 稳定性:

量 程	最大输出示值()	最小输出示值()	稳定性误差(%)

A.4 失真度：

输出示值()	失真度 (%)

A.5 纹波系数：

输出示值()	纹波系数 (%)

A.6 升降变差：（模拟式）

量 程	仪表示值()	实 测 值 ()		误 差 ()
		上 升	下 降	

A.7 基本误差：

量 程	输出示值()	实 测 值 ()

A.8 载流环检查：

载流导体与被检表之间的距离 。

附录 B

校准证书内页 (式样)

校准结果:

B.1 分辨力: (数字式)

B.2 稳定性:

B.3 失真度:

B.4 直流纹波系数:

B.5 升降变差: (模拟式)

B.6 基本误差:

量 程	输出示值()	实测值()

B.7 载流环检查:

校准结果不确定度:

校准员_____ 核验员_____

校准日期_____

附录 C

钳形表校验仪测量结果不确定度评定 (示例)

C.1 概述

C.1.1 校准依据：JJG (闽) 1031-2023 《钳形表校验仪校准规范》

C.1.2 校准环境条件：环境温度 20.4℃,环境相对湿度 52%。

C.1.3 校准用标准器：5790B 型数字多用表、I/V 变换器。

C.1.4 校准对象：最大允许误差为±0.05%的 TD1050A 型钳形表校验仪。

C.1.5 校准方法：在规定的条件下，用 I/V 变换器及标准数字多用表法对钳形表校验仪进行校准，通过标准数字多用表的测量值和被检钳形表校验仪的显示值，确定被检钳形表校验仪的示值误差。

C.2 测量模型

$$\Delta I = I_n - I_b$$

式中：

ΔI ——钳形表校验仪的示值误差；

I_n ——钳形表校验仪输出显示值；

I_b ——标准数字多用表测量值。

C.3 标准不确定度分量的评定

C.3.1 不确定度分量 $u(I_n)$ 的评定

分量 I_n 的不确定度来源主要是被测钳形表校验仪的重复测量，主要影响测量模型中的 I_n 分量。实际测量过程中，可以选择钳形表校验仪输出交流 1000 A 量程、频率为 50 Hz，测量值通过 I/V 变换器变换，连续测量 10 次，由标准数字多用表得到测量结果见表 A1，采用 A 类方法进行评定。

表 C1 连续测量标准数字多用表测量结果

序号	$X_i(V)$	序号	$X_i(V)$
1	9.9998	6	9.9998
2	9.9999	7	9.9999
3	9.9998	8	9.9998
4	9.9999	9	9.9998
5	9.9998	10	9.9999

$$\text{测量列最佳估计值 } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} X_i = 9.9998 \text{ V}$$

$$\text{重复性 } s(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2}{10-1}} = 5.164 \times 10^{-5} \text{ V}$$

考虑到 I/V 变换器的变比是 1000/10, 故电流值为 $s(X) = 5.164 \times 10^3 \text{ A}$

C.3.2 不确定度分量 $u(I_b)$ 的评定

分量 I_b 的不确定度主要是由标准数字多用表、I/V 变换器变换的准确度及 I/V 变换器变比分辨力引起的, 采用 B 类方进行评定。

C.3.2.1 不确定度分量 $u(I_{b1})$ 的评定

从 5790B 的技术说明书得知, 22 V 量程, 频率为 50 Hz 时最大允许误差为 $\pm(0.0027\%$ 读数), 在 10 V 点为 $\pm 2.7 \times 10^{-4} \text{ V}$, 属均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 取半宽 $a = 2.7 \times 10^{-4} \text{ V}$, 所以: $u(V_{b1}) = a/k = a/\sqrt{3} = 1.559 \times 10^{-4} \text{ V}$, 电流变换得到: $u(I_{b1}) = 1.559 \times 10^{-2} \text{ A}$ 。

C.3.2.2 不确定度分量 $u(I_{b2})$ 的评定

由 I/V 变换器的技术说明书给出其 1000 A/10 V 时的最大允许误差为 $\pm 1 \text{ mV}$, 取半宽为 $a = 1 \times 10^{-3} \text{ V}$, 在区间内可以认为服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 所以:

$$u(I_{b2}) = \frac{a}{k} = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.5774 \times 10^{-3} \text{ V}, \text{ 电流变换得到: } u(I_{b2}) = 5.774 \times 10^{-2} \text{ A}。$$

C.3.2.3 由 $u(I_{b1})$ 、 $u(I_{b2})$ 的计算不确定度 $u(I_b)$:

$$u^2(I_b) = u^2(I_{b1}) + u^2(I_{b2})$$

$$u(I_b) = \sqrt{1.559^2 + 5.774^2} \times 10^{-2} \text{ A} = 5.981 \times 10^{-2} \text{ A}。$$

C.4 合成标准不确定度的评定

C.4.1 标准不确定度汇总表

表 C2 标准不确定度汇总表

不确定度分量 $u(I_i)$	不确定度来源	不确定度值
$u(I_n)$	测量的重复性	$0.5164 \times 10^{-2} \text{ A}$
$u(I_{b1})$	5790B 的稳定性	$1.559 \times 10^{-2} \text{ A}$
$u(I_{b2})$	I/V 变换器变换的准确度	$5.774 \times 10^{-2} \text{ A}$

C.4.2 合成标准不确定度的计算

由于 I_n 与 I_b 彼此独立不相关, 故合成标准不确定度按下式得到

$$u_c^2(\Delta I) = [c_n u(I_n)]^2 + [c_b u(I_b)]^2$$

$$u_c(\Delta I) = \sqrt{0.5164^2 + 5.981^2} \times 10^{-2} \text{ A} = 6.004 \times 10^{-2} \text{ A}$$

C.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ ，所以扩展不确定度为

$$U = k u_c(\Delta I) = 2 \times 6.004 \times 10^{-2} \text{ A} = 0.1201 \text{ A} \approx 0.12 \text{ A}$$

C.6 校准结果及测量不确定度表示

TD1050A 钳形表校验仪,在校准 1000 A, 频率为 50 Hz 时, 校准结果为 999.98 A, 扩展不确定度 $U=0.12 \text{ A}$, $k=2$ 。

福建省计量规范技术委员会