

天津市地方计量技术规范

JJF(津)143—2025

电流钳校准规范

Calibration Specification for Current Clamp

2025—01—01 发布

2025—04—01 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

电流钳校准规范

Calibration Specification
for Current Clamp

JJF(津) 143-2025

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

熊潞嘉（天津市计量监督检测科学研究院）

李 征（天津市计量监督检测科学研究院）

曹 鑫（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

蔡 姝（天津市计量监督检测科学研究院）

郭景涛（天津市计量监督检测科学研究院）

张一萌（天津市计量监督检测科学研究院）

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 交流电流	(1)
4.2 直流电流	(1)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准及其他仪器	(2)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准项目	(3)
6.2 校准方法	(3)
7 校准结果的表达	(5)
7.1 校准证书	(5)
7.2 数据修约	(6)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A	(7)
附录 B	(9)
附录 C	(11)
附录 D	(15)

引言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的要求进行首次编写。

本规范作为天津市地方校准规范，为首次发布。

电流钳校准规范

1 范围

本规范适用于线路电压不超过 650 V, 直流或交流频率 45 Hz~400 Hz, 测量电流为 0.1 A~2000A 的单一功能或配其他仪器使用的电流钳的校准。其输出信号为直流或交流相应频率的电压或电流信号, 输出电压不超过 10 V, 输出电流不超过 2000 mA。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

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

电流钳是一种套在载流导体上的可开合磁路, 可在不切断被测电路的情况下测量导体电流。电流钳不具备显示功能, 不直接显示测量数据, 可将被测电流按照一定系数变换为电压信号或电流信号, 通过外接测量仪器得到测量结果。

按照测量原理电流钳可分为互感器式、霍尔效应式以及磁平衡式等。互感器式的电流钳仅能测量交流电流, 霍尔效应式和磁平衡式的电流钳可测量交流及直流电流。

4 计量特性

4.1 交流电流

测量范围: (0.1~2000) A;

工作频率: (45~400) Hz;

输出电压或电流: (0.01~10) V 或 (1~2000) mA;

最大允许误差: $\pm(0.3\% \sim 5\%)$ 。

4.2 直流电流

测量范围：(0.1~2000) A；

输出电压或电流：(0.01~10) V 或 (1~2000) mA；

最大允许误差：±(1%~5%)。

注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(23±5) °C；

5.1.2 相对湿度：≤85%；

5.1.3 交流供电电压：220V±22V

5.1.4 周围不存在影响测量的电磁干扰和机械振动。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 测量标准及其对应的校准方法

具体见表 1。

表 1 测量标准及其对应的校准方法

测量标准	校准方法
标准电流源、数字多用表	标准电流源法
交直流电流源、标准电流表、数字多用表	标准表比较法

由测量标准、辅助设备引入的扩展不确定度 ($k=2$) 不大于被校电流钳最大允许误差绝对值的 1/3，分辨力不大于被校电流钳最大允许误差绝对值的 1/10。

5.2.2 标准电流源

标准电流源输出范围需覆盖被校电流钳的校准范围，可用单匝法或等效安匝法进行输出。标准电流源的最大允许误差绝对值（或不确定度）不大于被校电流钳最大允许误差绝对值的 1/5。

5.2.3 标准电流表

标准电流表最大允许误差不大于被校电流钳最大允许误差绝对值的 1/5。

5.2.4 数字多用表

数字多用表对应功能的最大允许误差（或不确定度）不大于被校电流钳相应功能最大

允许误差绝对值的 1/5。

5.2.5 交直流电流源

交直流电流源输出范围需覆盖被校电流钳的校准范围，可用单匝法或等效安匝法进行输出。交直流电流源 30s 稳定度引入的不确定度 ($k=2$) 不大于被校电流钳最大允许误差绝对值的 1/10。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目：交流电流和直流电流。

6.2 校准方法

6.2.1 工作正常性检查

6.2.1.1 电流钳应标有型号、出厂编号、生产商等标识和正确使用的标志。钳口端面清洁干净并保证两端面接触完好，不应有可以引起测量错误和影响测量精度的缺陷。

6.2.1.2 对电流钳应做通电检查，并观察当电流源输出连续变化的信号时电流钳的输出量能否作相应变化。

6.2.2 校准的一般规定

6.2.2.1 测量时除被测导线外，其他所有载流导体与被校电流钳之间的距离应大于 0.5m（包括被测导线弯曲部分）。

6.2.2.2 仅有直流或交流功能的多量程电流钳一般选取误差限最小的量程为基本量程；交直流两用多量程电流钳一般选取交流量程且误差限最小的量程为基本量程。其他量程为非基本量程。

6.2.2.3 电流钳校准点的选取原则为：基本量程均匀选取不少于 5 个校准点，应包含量程的 10%点和量程值（或接近量程值），非基本量程只校准量程值（或接近量程值）。

6.2.2.4 有额定频率范围的电流钳，在额定范围内选取合适校准频率，未标注额定频率的一般选取 50Hz 为校准频率。

6.2.2.5 也可根据用户要求，在合理的前提下，选定基本量程、校准频率、校准点等。

6.2.3 交、直流电流的校准

6.2.3.1 校准方法

一般条件下，采用标准电流源法或标准表比较法进行校准。在满足校准结果测量不确定度的条件下，允许使用单匝法或等效安匝法进行校准。

6.2.3.2 标准电流源法

标准电流源、数字多用表的主要技术指标应分别满足 5.2.2 和 5.2.4 的要求，校准原理如图 1 所示。

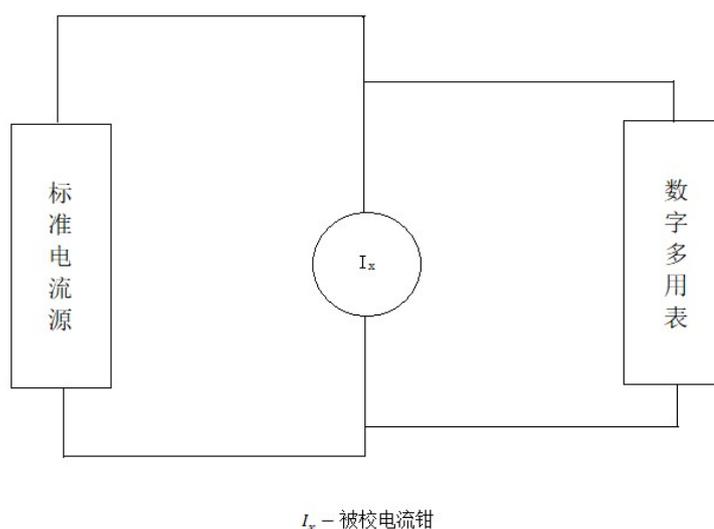


图 1 标准电流源法的原理图

调整被校电流钳处于标志位置，将被测导线置于钳口近似几何中心位置或标志位置。调节电流源到已选定校准点，并记录被校电流钳输出的实际值 P_x ，则示值误差按公式（1）计算：

$$\Delta = P_x \times N - I_1 \quad (1)$$

式中： Δ ——被校电流钳示值误差，A；

I_1 ——标准电流源输出电流实际值或等效电流值，A；

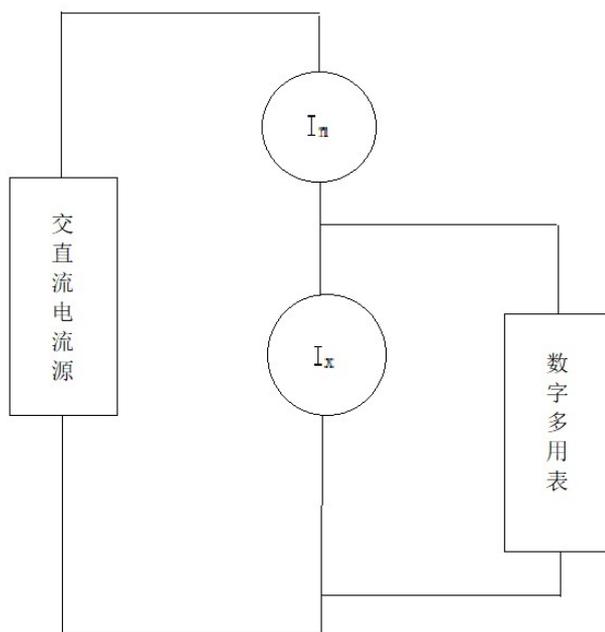
P_x ——被校电流钳实际输出值（电压或电流）；

N ——变换系数。

6.2.3.3 标准表比较法

标准电流表、数字多用表、交直流电流源的主要技术指标应分别满足 5.2.3、5.2.4 和

5.2.5 的要求，校准原理如图 2 所示。



I_x — 被校电流钳； I_n — 标准电流表

图 2 标准表比较法的原理图

校准步骤同 6.2.3.2，并记录被校电流钳输出的实际值 P_x ，则示值误差按公式 (2) 计算：

$$\Delta = P_x \times N - I_2 \quad (2)$$

式中： Δ ——被校电流钳示值误差，A；

I_2 ——标准电流表输出电流实际值或等效电流值，A；

P_x ——被校电流钳实际输出值（电压或电流）；

N ——变换系数。

7 校准结果的表达

7.1 校准证书

7.1.1 校准证书应包含以下信息：

a) 标题：“校准证书”；

- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点;
- d) 证书的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的地址和名称;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 校准的日期, 若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) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所有测量标准的溯源性及有效性的说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 如果以校准结果的有效性和应用有关时, 应对校准过程中, 被校对象的设置和操作进行说明;
- m) 如果校准过程对校准规范有所偏离, 应对偏离加以说明;
- n) 校准证书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。

7.1.2 校准原始记录格式可参照附录 A, 校准证书内页格式可参照附录 B。

7.2 数据修约

被校仪器的校准数据应该先计算, 后修约。数据修约应采用四舍五入及偶数法则进行, 末位修约到被校仪器最大允许误差绝对值的 1/10 位。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。送校单位也可根据实际使用情况, 自主决定复校时间间隔。

附录 A

电流钳校准原始记录参考格式

第×页，共×页

样品信息						
校准证书编号：						
委托单位：		地址/联系电话：				
样品名称：		型号规格：				
出厂编号：		生产厂/商：				
依据的技术文件						
技术依据：						
使用的计量标准						
名称	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号	有效期至		
使用的标准器/仪器设备						
名称	出厂编号	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	计量器具证 书编号	有效期至	溯源机构
测量地点：			测量时间：			
温度（℃）：			湿度（%RH）：			
校准人员：			核验人员：			

电流校准：

功能	量程 (变换系数)	标准值	转换值	实测值	测量不确定度 ($k=2$)

以下空白

附录 B

电流钳校准证书内页参考格式

证书编号: XXXXXX-XXXX

校准机构授权说明						
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。						
校准所依据的技术文件(代号、名称):						
校准环境条件及地点:						
校准地点:		校准时间:				
温度:		相对湿度:				
校准所使用的计量标准:						
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差		计量标准证书编号	有效期至	
本次校准所使用的主要计量器具:						
名称	出厂编号	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量器具证书编号	有效期至	溯源机构

注: 1. XXXXXX 仅对加盖“XXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。

2. 本证书中的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

3. 未经实验室书面批准, 不得部分复制本证书。

第×页共×页

证书编号: XXXXXX-XXXX

校准结果

电流校准:

功能	量程 (变换系数)	标准值	转换值	实测值	测量不确定度 ($k=2$)

以下空白

建议:

1. 被校准仪器修理后, 请立即进行校准。
2. 在使用过程中, 如对被校准仪器的技术指标产生怀疑, 请重新校准。

校准员:

核验员:

第×页共×页

附录 C

电流钳测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被测对象

本示例被测对象：输出信号为交流电压，变换系数为 10mV/A 的电流钳为被测对象。以校准点为 100A（50Hz）为例，该点的最大允许误差为±0.5%。

C.1.2 测量方法

采用标准电流源法，将标准电流源调至 100A（50Hz），电流钳期望输出值应为 1V，读取数字多用表的电压值为该点的实际值。

C.1.3 计量标准器

主要计量标准器及其技术指标见表 C.1。

表 C.1 计量标准器及其技术指标

序号	标准器名称	量程	技术指标
1	钳形表检定装置	100A	± (0.03%×输出值+0.02%×满量程)
2	数字多用表	2V	± (90×输出值+10×满量程) × 10 ⁻⁶

C.2 不确定度来源

C.2.1 电流钳测量结果的重复性引入的不确定度；

C.2.2 钳形表检定装置引入的不确定度；

C.2.3 数字多用表引入的不确定度。

C.3 测量模型

电流钳示值误差校准测量模型为公式 (C.1)：

$$\begin{aligned} \Delta &= y - y_0 \\ &= y - x_0 \times N \end{aligned} \quad (\text{C.1})$$

式中： Δ ——被校电流钳输出电压示值误差，V；

y ——被校电流钳输出电压实际值，V；

y_0 ——被校电流钳输出电压的转换值（期望电压），V；

x_0 ——标准电流源参考值（标准值），A；

N ——变换系数。

各输入量之间不相关，不确定度传播为公式（C.2）：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{u^2(y) + u^2(y_{01}) + u^2(y_{02})} \quad (\text{C.2})$$

式中： $u_c(\Delta)$ ——被校电流钳示值误差的合成标准不确定度，V；

$u(y)$ ——被校电流钳输出电压引入的标准不确定度，V；

$u(y_{01})$ ——标准器钳形表检定装置引入的标准不确定度，V；

$u(y_{02})$ ——标准器数字多用表引入的标准不确定度，V；

C.4 标准不确定度评定

C.4.1 电流钳测量结果的重复性引入的不确定度

将钳形表检定装置调至 100A（50Hz），对变换系数为 10mV/A 的电流钳重复测量 10 次，其期望电压为 1V，测量结果见表 C. 2。

表 C.2 电流钳重复性测量数据

第 i 次测量	测量值/V
1	0.9997
2	0.9996
3	0.9996
4	0.9997
5	0.9998
6	0.9997
7	0.9997
8	0.9996
9	0.9997
10	0.9997

其平均值 $\bar{x}=0.99968\text{V}$

其单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2} = 6.32 \times 10^{-5} \text{V}$

式中： x_i ——第*i*次测量值，V；

\bar{x} ——*n*次测量的平均值，V；

n——重复测量次数。

C.4.2 钳形表检定装置引入的不确定度

钳形表检定装置在 100A 时最大允许误差 $\pm 0.05\text{A}$ ，按均匀分布 $k=\sqrt{3}$ ，故钳形表检定装置引入的不确定度分量为：

$$u(x_0) = 0.05\text{A} / \sqrt{3} = 0.0289\text{A}$$

$$u(y_{01}) = N \times u(x_0) = 10\text{mV/A} \times 0.0289\text{A} = 2.89 \times 10^{-4} \text{V}$$

C.4.3 数字多用表引入的标准不确定度

数字多用表在 1V (50Hz) 引入的不确定度分量：

$$u(y_{02}) = 1.1 \times 10^{-4} \text{V} / 2 = 5.5 \times 10^{-5} \text{V}$$

C.5 合成标准不确定度

各标准不确定度见表 C.3。

表 C.3

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度
$u(y)$	电流钳测量结果的重复性	$6.32 \times 10^{-5} \text{V}$
$u(y_{01})$	钳形表检定装置	$2.89 \times 10^{-4} \text{V}$
$u(y_{02})$	数字多用表	$5.5 \times 10^{-5} \text{V}$

各分量彼此独立不相关，故合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u(y)^2 + u(y_{01})^2 + u(y_{02})^2} = 3.01 \times 10^{-4} \text{V}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，故扩展不确定度：

$$U = k u_c = 0.0007 \text{V}$$

C.7 测量结果的表述

电流钳在 100A, 50Hz 得测量结果见表 C.4。

表 C.4

校准点	标准值	变换系数	转换值	电流钳显示值的平均值	测量结果扩展不确定度, $k=2$
100A (50Hz)	100A	10mV/A	1.0000V	0.9997V	0.0007V

附录 D

不同输出量下电流钳测量误差计算方式

电流钳的输入量和输出量需经一定系数进行换算，且为不同的物理量，需通过比较输入量和换算后的输出量来计算其误差。

D.1 当输出信号为电压时，电流钳的测量误差，应用公式 (D.1) 表示：

$$\begin{aligned}\Delta &= U_X - U_0 \\ &= U_X - I_0 \times N\end{aligned}\quad (\text{D.1})$$

式中： Δ ——测量误差；

U_X ——被校电流钳输出值；

U_0 ——对应输入量参考值的转换值；

I_0 ——对应输入量参考值（标准值）；

N ——变换系数。

相对误差，可用公式 (D.2) 表示：

$$\gamma = \frac{\Delta}{U_0} \times 100\% \quad (\text{D.2})$$

式中： γ ——相对误差

D.2 当输出信号为电流时，电流钳的测量误差，应用公式 (D.3) 表示：

$$\begin{aligned}\Delta &= I_X - I_{xi} \\ &= I_X - I_0 \times N\end{aligned}\quad (\text{D.3})$$

式中： Δ ——测量误差；

I_X ——被校电流钳输出值；

I_{xi} ——对应输入量参考值的转换值；

I_0 ——对应输入量参考值（标准值）；

N ——变换系数。

相对误差，可用公式 (D.4) 表示：

$$\gamma = \frac{\Delta}{I_{xi}} \times 100\% \quad (\text{D.4})$$
