

贵州省地方计量技术规范

JJF (黔) XX-XXXX

钳形表校验仪校准规范

Calibration Specification for Clamp Meter Calibrators

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

贵州省市场监督管理局 发布

钳形表校验仪校准规范

Calibration Specification for Clamp Meter

Calibrators

JJF (黔) XX—XXXX

归口单位：贵州电网有限责任公司

主要起草单位：贵州电网有限责任公司电力科学研究院

贵州省计量测试院

参加起草单位：长沙天恒测控技术有限公司

本规范委托贵州电网有限责任公司电力科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

黄 宇（贵州电网有限责任公司电力科学研究院）

李 骋（贵州省计量测试院）

张 怡（贵州省计量测试院）

参加起草人：

龙 波（贵州省计量测试院）

蒲曾鑫（贵州电网有限责任公司电力科学研究院）

丁 超（贵州电网有限责任公司电力科学研究院）

周新华（长沙天恒测控技术有限公司）

目 录

1 范围	3
2 引用文件	3
3 概述	3
4 计量特性	3
4.1 输出范围	3
4.2 准确度等级	4
4.3 电流调节细度	4
4.4 电流稳定性	4
4.5 交流电流失真度	4
4.6 直流电流纹波系数	4
5 校准条件	4
5.1 环境条件	4
5.2 测量标准及其他设备	4
6 校准项目和校准方法	5
6.1 校准项目	5
6.2 校准方法	6
7 校准结果表达	10
7.1 校准结果处理	10
7.2 校准记录与证书内页、不确定度评定	10
8 复校时间间隔	11
附录 A 校准原始记录格式	12
附录 B 校准证书内页格式	14
附录 C 交流电流示值误差测量不确定度评定示例	17

引 言

本规范按照 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》等基础性系列规范进行制定。

钳形表校验仪校准规范

1 范围

本规范适用于直流、交流（频率为 45 Hz～400 Hz）电流 0.1 A～2000 A 的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 1075-2015 钳形电流表校准规范

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（以下简称校验仪）是一种用于校准直流、交流钳形电流表的标准装置。主要由信号调节控制器、输出放大变换器和通信接口等组成，校验仪原理图见图 1。校验仪广泛应用于电力、工业制造及科研等领域。

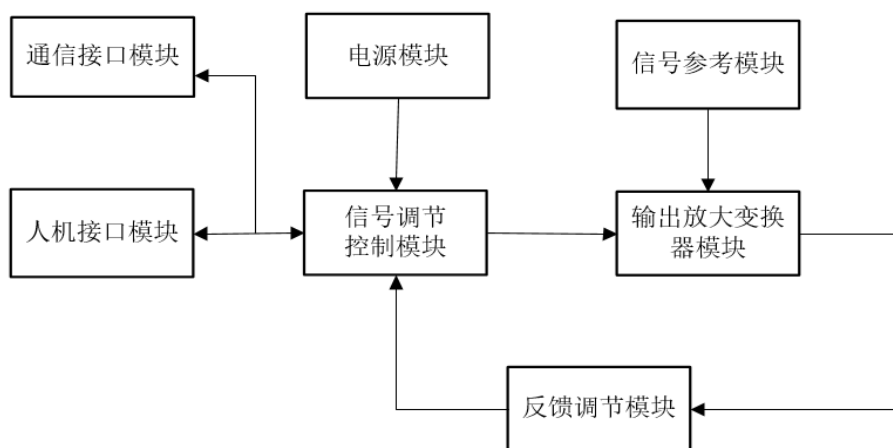


图 1 校验仪原理图

4 计量特性

4.1 输出范围

直流电流输出范围：0.1 A～2000 A。

交流电流输出范围：0.1 A～2000 A，45 Hz～400 Hz。

4.2 准确度等级

校验仪的准确度等级及最大允许误差见表 1。

表 1 校验仪的准确度等级及最大允许误差

准确度等级	0.02 级	0.05 级	0.1 级	0.2 级
电流最大允许误差	$\pm 0.02\%$	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.2\%$

4.3 电流调节细度

调节细度 \leq 最大允许误差绝对值的 1/2。

4.4 电流稳定性

在规定的時間间隔（60 s）内，输出电流的稳定性 \leq 最大允许误差绝对值的 1/2。

4.5 交流电流失真度

交流电流的失真度 $\leq 1\%$ 。

4.6 直流电流纹波系数

直流电流的纹波系数 $\leq 1\%$ 。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(20 \pm 5) °C。

5.1.2 相对湿度：(55 \pm 20) %。

5.1.3 供电电源：电压(220 \pm 22) V，频率(50 \pm 1) Hz。

5.1.4 其他干扰：周围无明显影响测量结果的机械振动和电磁干扰。

5.2 测量标准及其他设备

表 2 校准方法及其对应的标准设备

校准方法	标准设备
标准表法	标准电流表
转换法	I/V 转换标准、标准数字电压表
	I/I 转换标准、标准数字电流表

5.2.1 校准方法包括标准表法和转换法，可根据实际需要选择不同的校准方法。校

准方法及其对应的测量标准见表 2。测量标准的测量范围应覆盖被校校验仪的输出范围。

5.2.2 标准表法的标准电流表最大允许误差要求见表 3。

表 3 标准电流表最大允许误差要求

被校校验仪准确度等级		0.02 级	0.05 级	0.1 级	0.2 级
标准 电 流 表	电流最大允许误差	$\pm 0.005\%$	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.02\%$	$\pm 0.05\%$
	失真度最大允许误差	$\pm 0.2\%$			
	纹波系数最大允许误差	$\pm 0.2\%$			

5.2.3 转换法对应标准设备最大允许误差要求见表 4。

表 4 标准设备最大允许误差要求

被校校验仪准确度等级	0.02 级	0.05 级	0.1 级	0.2 级
I/V 转换标准最大允许误差	$\pm 0.003\%$	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.02\%$	$\pm 0.05\%$
标准数字电压表最大允许误差	$\pm 0.002\%$	$\pm 0.005\%$	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.01\%$
I/I 转换标准最大允许误差	$\pm 0.003\%$	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.02\%$	$\pm 0.05\%$
标准数字电流表最大允许误差	$\pm 0.002\%$	$\pm 0.005\%$	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.01\%$
失真度测量仪最大允许误差	$\pm 0.2\%$			

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目一览表见表 5。

表 5 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	电流示值误差	6.2.2
2	电流稳定性	6.2.3
3	电流调节细度	6.2.4
4	交流电流失真度	6.2.5
5	直流电流纹波系数	6.2.6

6.2 校准方法

6.2.1 校准前准备

6.2.1.1 外观及通电检查

目测或手动操作，检查校验仪，应符合以下要求：

- a) 外形结构完好，无影响正常工作的机械损伤；
- b) 标志清晰、正确；
- c) 外露部件（面板、按钮、电流输出环等）无松动；
- d) 通电后显示字段完整，各功能、量程切换正常。

6.2.1.2 预热

校验仪及标准电流表或标准设备按照使用说明书要求进行开机预热。

6.2.2 电流示值误差

6.2.2.1 校准点的选择

a) 对于多量程的校验仪，选取误差限最小的量程为基本量程，其余量程为非基本量程。对于多功能校验仪，每个功能分别选择基本量程。

b) 校准点选取：基本量程均匀选取不少于 5 个校准点，非基本量程选取量程值的 50%点和满量程点。

c) 交流频率的选取：有额定频率的校验仪在额定频率下校准，没额定频率的校验仪频率选择 50 Hz。

d) 也可根据用户要求选取校准频率、校准点。

6.2.2.2 标准表法

校准按图 2 连接，调节校验仪输出电流至校准电流值，用标准电流表测量实际值，记录校准仪的电流输出值和标准电流表实际值，各校准点的电流示值误差按公式（1）计算。

$$\Delta_1 = I_x - I_s \quad (1)$$

式中：

Δ_1 ——电流示值误差，A；

I_x ——校验仪的电流输出值，A；

I_s ——标准电流表实际值，A。

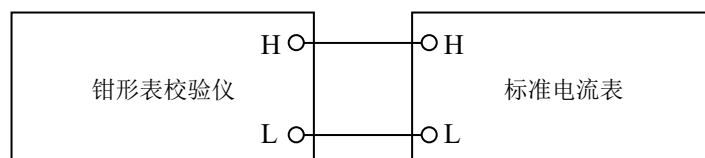


图2 标准表法接线图

6.2.2.3 转换法

a) I/V 转换标准、标准数字电压表

校准按图 3 连接，调节校验仪输出电流至校准电流值，用 I/V 转换标准将校验仪输出的电流转换为电压，再用标准数字电压表测量 I/V 转换标准的转换电压，记录校验仪的输出电流值和标准数字电压表的电压测量值，各校准点的电流示值误差按公式 (2) 计算。

$$\Delta_2 = I_x - K_1 \times U_{s2} \quad (2)$$

式中：

Δ_2 ——电流示值误差，A；

I_x ——校验仪的电流输出值，A；

K_1 ——I/V 转换标准的标称比例，A/V；

U_{s2} ——标准数字电压表的电压测量值，V。

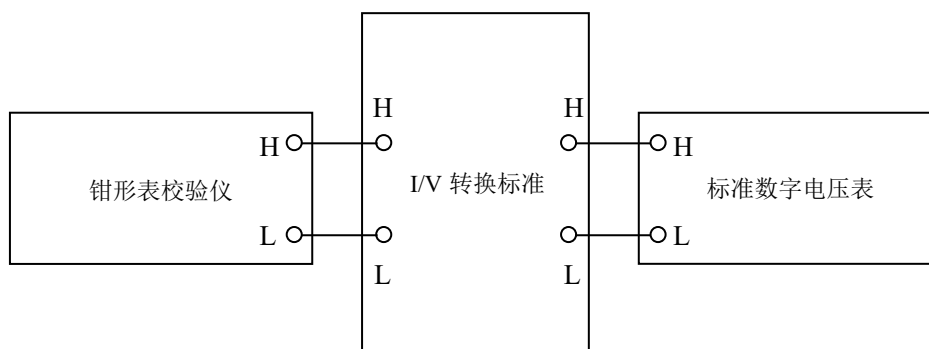


图3 I/V 转换法接线图

b) I/I 转换标准、标准数字电流表

校准按图 4 连接，调节校验仪输出电流至校准电流值，用 I/I 转换标准将校验仪输出的电流转换为可测电流，再用标准数字电流表测量 I/I 转换标准转换的可测电流，记录校验仪的输出电流值和标准数字电流表的电压测量值，各校准点的电流示值误差按公式 (3) 计算。

$$\Delta_3 = I_x - K_2 \times I_{s2} \quad (3)$$

式中：

Δ_3 ——电流示值误差，A；

I_x ——校验仪的电流输出值，A；

K_2 ——I/I 转换标准的标称比例，A/A；

I_{s2} ——标准数字电流表的电流测量值，A。

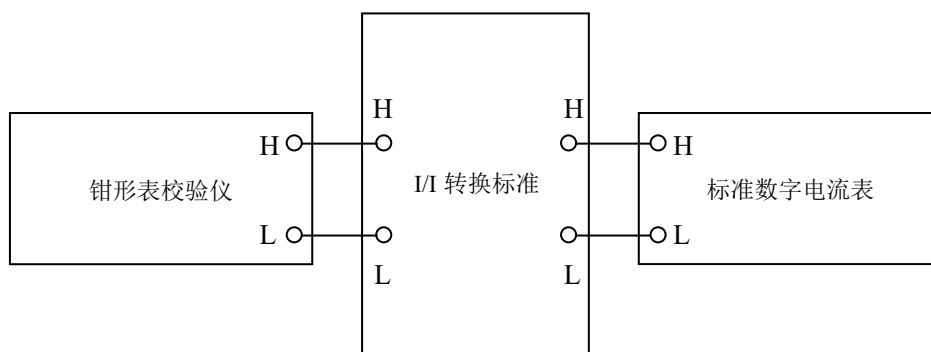


图4 I/I 转换法接线图

6.2.3 电流稳定性

具有交流电流和直流电流输出的校验仪，应分别对交流电流和直流电流测量稳定性。

校准接线按 6.2.2.2 或 6.2.2.3。校准点选择在基本量程的满量程点。被校校验仪输出电流至满流程值并不做任何调整，记录在规定时间间隔(60 s)内标准电流表或标准设备电流示值的最大值和最小值。电流稳定性按公式(4)计算。

$$\lambda = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

λ ——电流稳定性，%；

I_{\max} ——规定时间间隔内校准点输出电流示值最大值，A；

I_{\min} ——规定时间间隔内校准点输出电流示值最小值，A；

I_0 ——被校校验仪电流输出值，A。

6.2.4 电流调节细度

校准接线按 6.2.2.2 或 6.2.2.3。校准点选择在基本量程的满量程点。平缓地调节被校校验仪输出电流最小调节量，读取标准电流表或校准设备的电流示值变化量，此变化量即为调节细度。

6.2.5 交流电流失真度

交流失真度测量在基本量程的满量程点进行，测量频率应包含 50 Hz，其他频率根据需求选择。采用以下方法进行测量：

a) 标准表法

校准按图 1 连接，将校验仪输出电流调整到校准点，用标准电流表的失真度测量功能直接测量校验仪输出电流的失真度，其读数即为交流电流失真度。

b) 转换法

校准按图 5 连接，将校验仪输出电流调整到校准点，用失真度测量仪测量交流 I/V (I/I) 转换标准转换后的交流电压（电流）的失真度，其读数即为交流电流失真度。

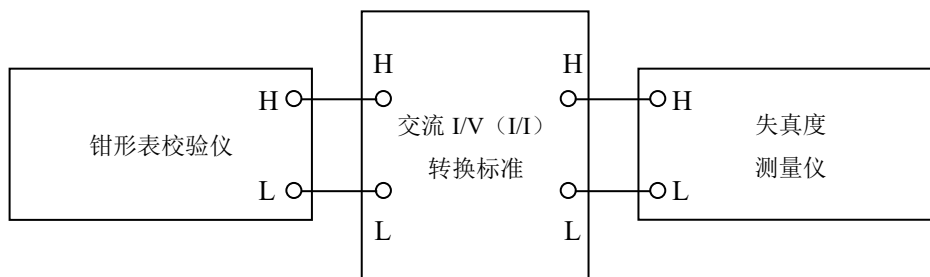


图 5 交流电流失真度测量接线图

6.2.6 直流电流纹波系数

直流电流纹波系数测量在基本量程的满量程点进行。采用以下方法进行测量：

a) 标准表法

校准按图 1 连接，将校验仪输出电流调整到校准点，用标准电流表的纹波系数测量功能直接测量校验仪输出电流的纹波系数，其读数即为直流电流纹波系数。

b) 转换法

校准按图 6 连接，将校验仪输出电流调整到校准点，用标准数字电压（电流）表测量直流 I/V (I/I) 转换标准转换后的直流电压（电流）的交流分量有效值，直流电流纹波系数按公式（5）计算。

$$D_1 = \frac{K_1 \cdot U_{rms}}{I_-} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

D_1 ——直流电流纹波系数；

U_{rms} ——标准数字电压（电流）表的交流分量有效值，V(A)；

K_1 ——直流 I/V (I/I) 转换标准的标称比例，A/V(A/A)；

I_L ——校验仪的直流电流输出值，A。

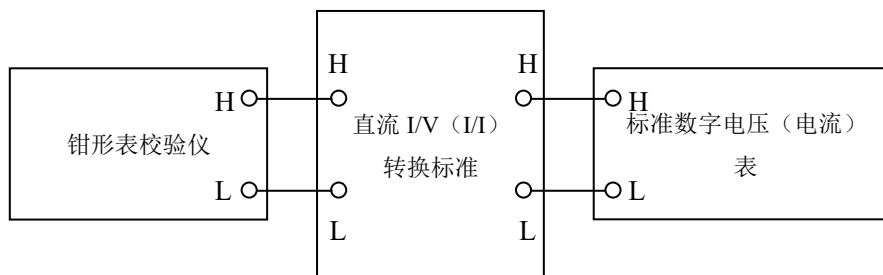


图6 直流电流纹波系数测量接线图

7 校准结果表达

7.1 校准结果处理

校准结果应在校准证书上反应，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) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期；
- h) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 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) 如果与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) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- 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。

7.2 校准记录与证书内页、不确定度评定

校准原始记录格式见附录 A，校准证书内页格式见附录 B，交流电流示值误差测量不确定度评定示例见附录 C。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短由仪器使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过 12 个月。

附录 A

校准原始记录格式

第×页 共×页

记录/证书报告编号：

客 户 名 称		客 户 地 址	
器 具 名 称		客 户 联 络 信 息	
型 号 规 格		出 厂 编 号	
测 量 范 围		制 造 厂	
校 准 依 据		校 准 地 点	
环 境 温 度		相 对 湿 度	
校 准 日 期		设 备 接 收 日 期	
校 准 员		核 验 员	

标准器名称	标准器型号规格	标准器出厂编号	标准器测量范围	不确定度或等级或最大允许误差	标准器溯源单位及证书编号	证书有效期

校准结果：

1 外观及通电检查：_____

2 交流、直流电流示值误差：

标准表法

DC 量程	输出值 (A)	实际值 (A)	示值误差 (A)	最大允许误差 (A)	测量不确定度 ($k=2$)
AC 量程/频率 (Hz)	输出值 (A)	实际值 (A)	示值误差 (A)	最大允许误差 (A)	测量不确定度 ($k=2$)

转换法 交流、直流 I/V 或 I/I 转换比例：_____

DC 量程	输出值 (A)	电压表 (电流表) 测量值 (V/A)	实际值 (A)	示 值 误 差 (A)	最大允许 误差 (A)	测量不确定 度 ($k=2$)
AC 量程/频率 (Hz)	输出值 (A)	电压表 (电流表) 测量值 (V/A)	实际值 (A)	示 值 误 差 (A)	最大允许 误差 (A)	测量不确定 度 ($k=2$)

3 交流、直流电流调节细度：交流_____；直流_____。

4 输出电流 60s 稳定性：

功能	设置电流 (A)	最大值 (A)	最小值 (A)	稳定性 (%)
交流电流				
直流电流				

5 交流电流失真度：_____

6 直流电流纹波系数：_____

-----以下空白-----

附录 B

校准证书内页格式

证书编号：××××××××××

校准环境条件：				
温度： ℃ 相对湿度： % 其他：				
校准地点：				
校准依据的技术文件（代号、名称）：				
校准使用的主要计量标准：				
名称	测量范围	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	检定/校准 证书编号	证书有效期

- 注：
- 1. ×××××仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
 - 2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
 - 3. 未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

校准结果

证书编号：××××××—××××

1、外观及通电检查：				
2、交流、直流电流：				
量程/频率 (Hz)	装置输出值 (A)	实际值 (A)	示值误差 (A)	测量不确定度 ($k=2$)
3、交流、直流电流调节细度：交流_____；直流_____。				
4、输出电流 60s 稳定性：				
功能	设置电流 (A)	最大值 (A)	最小值 (A)	稳定性 (%)
交流电流				
直流电流				
5、交流电流失真度：_____				
6、直流电流纹波系数：_____				
校准结果不确定度的评定和表述均符合 JJF1059.1-2012 的要求。				
敬告：				
1. 被校仪器修理后，应立即进行校准。				
2. 在使用过程中，如对被校仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。				
3. 根据客户要求和校准文件规定，通常情况下 个月校准一次。				

附录 C

交流电流示值误差测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 环境条件：环境温度 20.0 °C，相对湿度 60%。

C.1.2 测量标准：标准电流表 TD1060，0.005 级。

C.1.3 被校对象：钳形表校验仪，0.05 级。

C.1.4 测量方法：用标准表法，将校验仪的交流电流输出接入标准电流表，校验仪输出设定电流，标准电流表显示读数，待稳定后，记录标准电流表读数，得到校验仪的交流电流示值误差。

C.2 测量模型

测量模型按（C.1）建立。

$$\Delta_I = I_X - I_S \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δ_I ——交流电流示值误差，A；

I_X ——钳形电流表校验仪的电流输出设定值，A；

I_S ——标准电流表的电流测量值，A；

C.3 不确定度传播率

$$\text{方差: } u_c^2(\Delta_I) = c_1^2 u^2(I_X) + c_2^2 u^2(I_S)$$

$$\text{灵敏系数: } c_1 = \partial(\Delta_I)/\partial(I_X) = 1, \quad c_2 = \partial(\Delta_I)/\partial(I_S) = -1$$

C.4 标准不确定度评定

C.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

交流电流设定值 100A 为例，进行 10 次重复性测量，采用 A 类不确定度方法评定。交流电流重复性测量数据见表 C.1。

表 C.1 交流电流重复性测量数据

测量序号	测量值 (A)	测量序号	测量值 (A)
1	100.022	6	100.025

2	100.021	7	100.029
3	100.017	8	100.018
4	100.013	9	100.016
5	100.014	10	100.005

$$s = \sqrt{\frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2} \approx 0.00675 \text{ A}$$

校准时取单次测量作为测量结果，则测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_1 = s = 0.00675 \text{ A}$$

C.4.2 标准电流表最大允许误差引入的标准不确定度 u_2

标准电流表经校准，符合其技术指标要求，最大允许误差为 $\pm 0.005\%$ ，则半宽为 $a=0.005\%$ ，采用 B 类不确定度方法评定，服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则标准电流表最大允许误差引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{100 \times 0.005\%}{\sqrt{3}} \text{ A} \approx 0.00289 \text{ A}$$

C.4.3 标准电流表分辨力引入的标准不确定度 u_3

标准电流表在示值 100A 的分辨力为 0.001A，采用 B 类不确定度方法评定，服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则标准电流表分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} \text{ A} \approx 0.000289 \text{ A}$$

C.5 合成标准不确定度

a) 标准不确定度分量汇总表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度	概率分布	灵敏系数	不确定度分量
测量重复性	0.00675 A	正态	1	0.00675 A
标准电流表最大允许误差	0.00289 A	均匀	-1	-0.00289 A
标准电流表分辨力	0.000289A	均匀	1	0.000289A

考虑到重复性和分辨力存在重复，在计算合成标准不确定度时将二者中较小值舍

去，此时舍去分辨力引入的分量。

b) 各测量不确定度分量彼此互不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \approx 0.00734 \text{ A}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则交流电流示值误差的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.00734 \approx 0.015 \text{ A}$$
