



# 天津市地方计量技术规范

JJF (津) XXX—2026

## 单相交流电源校准规范

Calibration Specification for Single Phase AC Power Supply

(报批稿)

2026—XX—XX 发布

2026—XX—XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

# 单相交流电源 校准规范

Calibration Specification for  
Single Phase AC Power Supply

JJF (津) XXX—2026

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

本规范由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：**

陈 凯（天津市计量监督检测科学研究院）

王子鹏（天津市计量监督检测科学研究院）

付江楠（天津市计量监督检测科学研究院）

**参加起草人：**

张 珩（天津市计量监督检测科学研究院）

孙 翱（天津市计量监督检测科学研究院）

熊潞嘉（天津市计量监督检测科学研究院）

李艾祺（天津市计量监督检测科学研究院）

李 鑫（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 术语.....                  | (1)  |
| 4 概述.....                  | (1)  |
| 5 计量特性.....                | (2)  |
| 5.1 交流电压.....              | (2)  |
| 5.2 交流电压稳定性.....           | (2)  |
| 5.3 交流电压总谐波畸变率.....        | (2)  |
| 5.4 交流电流.....              | (2)  |
| 5.5 频率.....                | (2)  |
| 6 校准条件.....                | (2)  |
| 6.1 环境条件.....              | (2)  |
| 6.2 测量标准及其他设备.....         | (2)  |
| 7 校准项目和校准方法.....           | (3)  |
| 7.1 校准项目.....              | (3)  |
| 7.2 校准方法.....              | (3)  |
| 8 校准结果的表达.....             | (10) |
| 9 复校时间间隔.....              | (11) |
| 附录 A 单相交流电源校准原始记录参考格式..... | (12) |
| 附录 B 校准证书内页格式.....         | (14) |
| 附录 C 单相交流电源测量不确定度评定示例..... | (16) |

# 引 言

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》共同构成支撑本规范征订工作的基础性系列文件。

本规范为首次发布。

# 单相交流电源校准规范

## 1 范围

本规范适用于交流电压输出不大于 750 V (10 Hz~5000 Hz)、交流电流输出不大于 2000 A (10 Hz~400 Hz) 的单相交流电源, 也适用于各种具有交流电压、电流输出功能的单相交流供电或试验设备 (如可编程交流电源、交直流电源的交流部分等) 的校准。

本规范不适用于三相输出或非正弦波输出的交流电源。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件:

GB/T 14549—1993 电能质量公用电网谐波

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 术语

### 3.1 总谐波畸变率 total harmonic distortion; THD

周期性交流量中的谐波含量的方均根值与其基波分量的方均根值之比, 用百分数表示。

[来源: GB/T 14549—1993, 3.8]

## 4 概述

单相交流电源是输出单相正弦交流电的专用设备, 其工作原理为通过整流、逆变及滤波等环节将输入电能转换为纯净的正弦波。单相交流电源主要由输入整流模块、变压模块、逆变模块、输出滤波模块、控制保护模块和显示模块组成。单相交流电源按照输出方式, 有定值输出和可调输出之分; 按照参数功能, 有稳压和稳流之分; 按照工作原理, 有线性放大式和开关式之分; 按照频率范围, 有固定频率和可变频率之分; 按照显示类型, 有模拟显示和数字显示之分。

## 5 计量特性

### 5.1 交流电压

输出范围：10 V～750 V，（10 Hz～5000 Hz）；

允许误差范围：±（0.5 %～2 %）。

### 5.2 交流电压短期稳定性

单相交流电源在规定的時間间隔 10 min 内，输出的交流电压稳定性：0.001 %～0.5 %。

### 5.3 交流电压总谐波畸变率

单相交流电源输出的交流电压总谐波畸变率：0.001 %～10 %。

### 5.4 频率

输出范围：10 Hz～5000 Hz；

允许误差范围：±（0.1 %～5 %）；

### 5.5 交流电流

输出范围：1 A～100 A，（10 Hz～400 Hz）；100 A～2000 A，（50 Hz、60 Hz）；

允许误差范围：±（0.5 %～10 %）。

注：具体计量特性，请参照被校单相交流电源的技术要求。上述指标不适用于合格性判别，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（23±5）℃；相对湿度：30 %～75 %。

### 6.1.2 供电电压

单相或三相：相电压（220±22）V；供电电源频率：（50±1）Hz。

6.1.3 周围无影响校准工作的机械振动和电磁干扰。

### 6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 由标准器、辅助设备及环境条件所引起的扩展不确定度（ $k=2$ ），一般应不大于被校单相交流电源相应参数最大允许误差绝对值的 1/3。

6.2.2 校准时所需的标准器及配套设备见表 1，可根据被校单相交流电源的实际需求选

择。

表 1 标准器及配套设备

| 序号 | 校准项目           | 标准器名称                  | 测量范围   | 最大允许误差或测量不确定度            |
|----|----------------|------------------------|--|--------------------------|
| 1  | 交流电压、交流电压短期稳定性 | 交流电压表                  | 10 V~750 V,<br>(10 Hz~5000 Hz)                                   | $\pm (0.1\% \sim 0.5\%)$ |
| 2  | 交流电压总谐波畸变率     | 谐波分析仪 (或电能质量分析仪)       | 0.001 %~10 %   | $\pm 0.05\%$             |
| 3  | 频率             | 数字频率表 (如带频率测量功能的数字多用表) | 10 Hz~5000 Hz  | $\pm (0.02\% \sim 1\%)$  |
| 4  | 交流电流           | 交流标准电流表 (或交流电流测量装置)    | 1 A~100 A,<br>(10 Hz~400 Hz) ;<br>100 A~2000 A,<br>(50 Hz、60 Hz) | $\pm (0.1\% \sim 2\%)$   |

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

单相交流电源的校准项目见表 2。

表 2 单相交流电源校准项目

| 序号 | 项目名称       | 校准方法的条款 |
|----|------------|---------|
| 1  | 外观和通电检查    | 7.2.1   |
| 2  | 交流电压       | 7.2.3   |
| 3  | 交流电压短期稳定性  | 7.2.4   |
| 4  | 交流电压总谐波畸变率 | 7.2.5   |
| 5  | 频率         | 7.2.6   |
| 6  | 交流电流       | 7.2.7   |
| 7  | 交流电流短期稳定性  | 7.2.8   |

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观及通电检查

被校单相交流电源面板或仪器铭牌上应有仪器的名称、型号、生产厂家、出厂编号、

生产日期等信息，其外形结构应完好，各种开关、按钮及接线端子应接触良好，有明显的输出端子标识。

将被校单相交流电源通电后，能够正常启动，显示功能完好。

### 7.2.2 仪器预热

被校单相交流电源应在规定的环境条件下，按照使用说明书要求进行通电预热。无具体要求时，预热时间一般不少于 10 min。

### 7.2.3 交流电压的校准

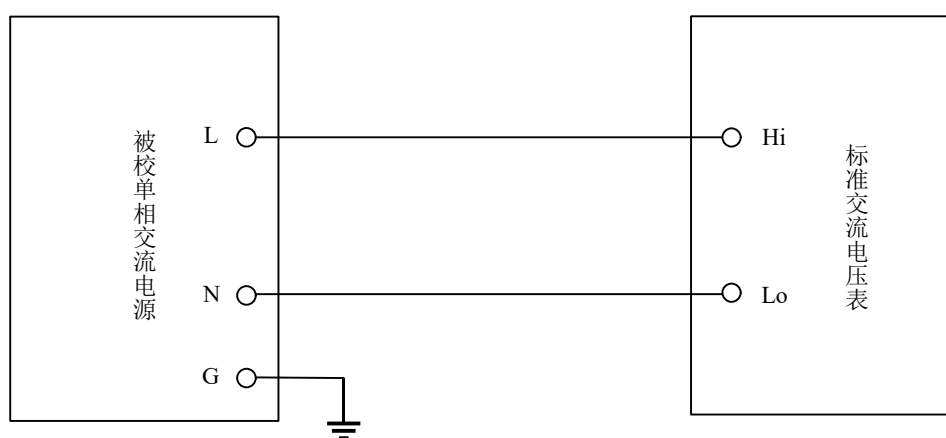


图 1 交流电压校准接线图

a) 固定输出的单相交流电源，校准固定电压值；可调输出的单相交流电源，在其量程范围内均匀选取 3~5 个校准点进行校准，应覆盖量程范围的 10%、50%和 100%。模拟指示的单相交流电源，选择带数字的分度线进行校准。输出电压频率如可调，应覆盖频率可调范围的上下限。

b) 按图 1 接线。启动被校单相交流电源输出，调节输出电压值，待输出稳定后，记录被校单相交流电源的示值和标准交流电压表的示值。

c) 交流电压示值绝对误差按公式 (1) 计算。

$$\Delta_V = V_X - V_S \quad (1)$$

式中：

$\Delta_V$ ——被校单相交流电源交流电压示值绝对误差，V；

$V_X$ ——被校单相交流电源交流电压示值，V；

$V_S$ ——标准交流电压表的示值，V。

交流电压示值相对误差按公式 (2) 计算。

$$\delta_V = \frac{\Delta_V}{V_S} \times 100 \quad (2)$$

式中:

$\Delta_V$ ——被校单相交流电源交流电压示值绝对误差, V;

$V_S$ ——标准交流电压表的示值, V;

$\delta_V$ ——被校单相交流电源交流电压示值相对误差, %。

#### 7.2.4 交流电压短期稳定性的校准



图2 交流电压稳定性校准(额定负载)接线图

- a) 固定输出的单相交流电源, 在固定电压下校准; 可调输出的单相交流电源, 选择量程上限(或接近满量程值)。输出电压频率如可调, 应覆盖频率可调范围的上下限。
- b) 空载情况下, 按图 1 接线; 接入额定负载条件下, 按图 2 接线。
- c) 启动被校单相交流电源输出, 在空载和额定负载条件下, 记录 10 min 时间间隔内标准交流电压表的标准值, 分别取其最大、最小值带入公式 (3) 计算交流电压短期稳定性。

$$S_V = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V} \times 100 \quad (3)$$

式中:

$S_V$ ——被校单相交流电源电压短期稳定性, %;

$V_{\max}$ ——10 min 时间间隔内, 标准交流电压表标准值的最大值, V;

$V_{\min}$ ——10 min 时间间隔内, 标准交流电压表标准值的最小值, V;

$V$ ——被校单相交流电源交流电压设定值, V。

## 7.2.5 交流电压总谐波畸变率的校准

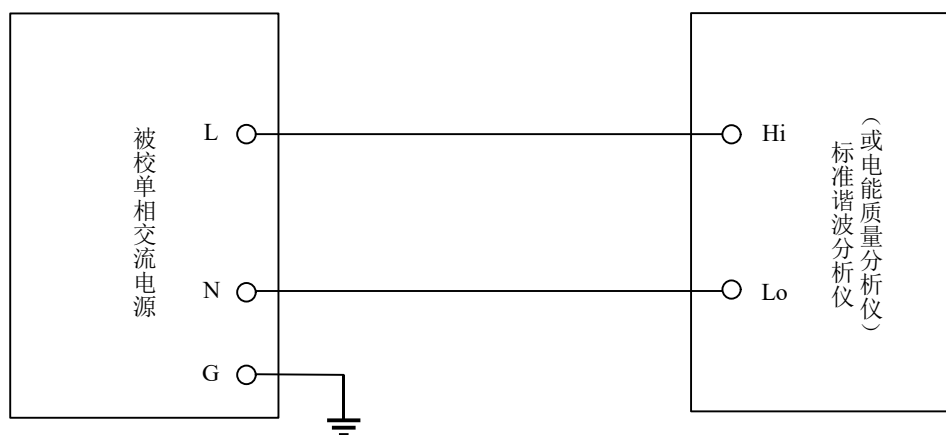


图3 交流电压总谐波畸变率（空载）校准接线图

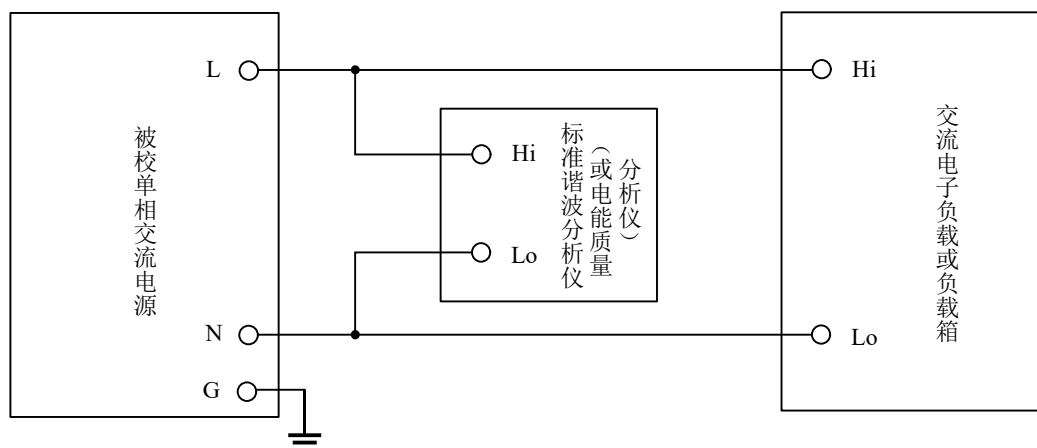


图4 交流电压总谐波畸变率校准（额定负载）接线图

a) 固定输出的单相交流电源，选择固定电压值；可调输出的单相交流电源，在其量程范围内均匀选取3~5个校准点进行校准，应覆盖量程范围的10%、50%和100%。模拟指示的单相交流电源，选择带数字的分度线进行校准。输出电压频率如可调，应覆盖频率可调范围的上下限。

b) 空载情况下，按图3接线；接入额定负载条件下，按图4接线。

c) 启动被校单相交流电源输出，在空载和额定负载条件下，读取并记录标准谐波分析仪（或电能质量分析仪）的总谐波畸变率测量值。

## 7.2.6 频率的校准

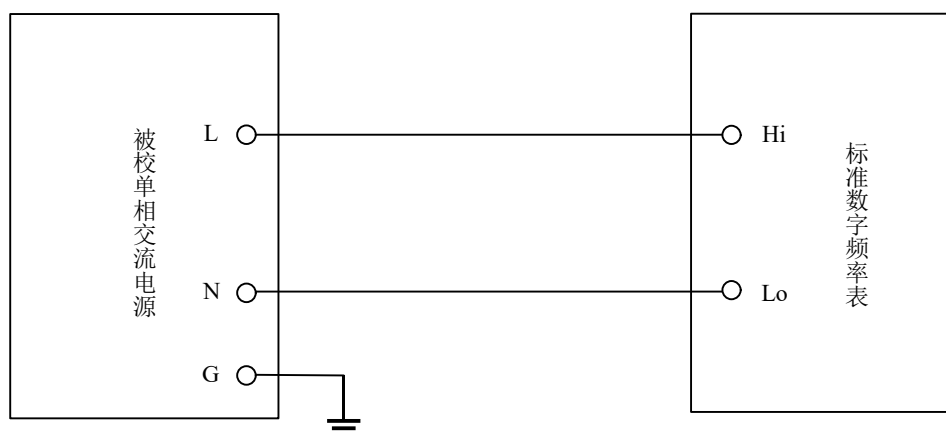


图5 频率校准接线图

a) 固定输出的单相交流电源，在固定电压下测量；可调输出的单相交流电源，选择电压量程上限（或接近满量程值）。

b) 固定频率的单相交流电源，校准固定频率值；可调频率的单相交流电源，在其频率可调范围内均匀选取 3~5 个校准点进行校准，应覆盖量程范围的 10 %、50 %和 100 %。

c) 按图 5 接线。

d) 启动被校单相交流电源，调节输出电压和频率值，记录被校单相交流电源的频率示值和标准数字频率表的频率示值。

e) 频率示值绝对误差按公式（4）计算：

$$\Delta_f = f_X - f_S \quad (4)$$

式中：

$\Delta_f$  ——被校单相交流电源频率示值绝对误差，Hz；

$f_X$  ——被校单相交流电源频率示值，Hz；

$f_S$  ——标准数字频率表的频率示值，Hz。

频率示值相对误差按公式（5）计算：

$$\delta_f = \frac{\Delta_f}{f_S} \times 100 \quad (5)$$

式中：

$\Delta_f$  ——被校单相交流电源频率示值绝对误差，Hz；

$f_S$  ——标准数字频率表的频率示值，Hz；

$\delta_f$  ——被校单相交流电源频率示值相对误差，%。

## 7.2.7 交流电流的校准

### 7.2.7.1 校准点选取

在被校单相交流电源的电流量程范围内均匀选取 3~5 个校准点进行校准，应覆盖量程范围的 10 %、50 %和 100 %。模拟指示的单相交流电源，选择带数字的分度线进行校准。输出电流频率如可调，应覆盖频率可调范围的上下限。

### 7.2.7.2 直接测量法

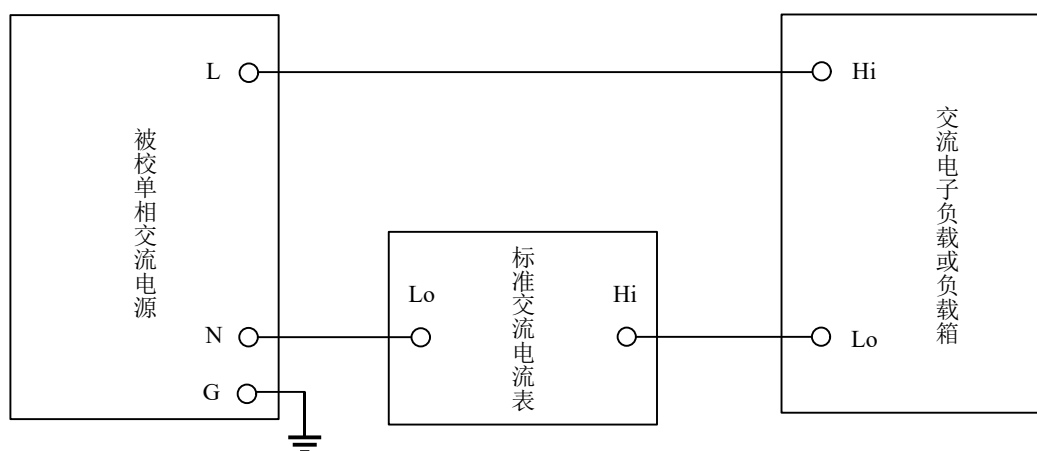


图6 交流电流校准（直接测量法）接线图

a) 按图6接线。

b) 启动被校单相交流电源，调节交流电子负载或负载箱，读取并记录被校单相交流电源的交流电流示值和标准交流电流表的示值。

c) 交流电流示值绝对误差按公式（6）计算。

$$\Delta_I = I_X - I_S \quad (6)$$

式中：

$\Delta_I$  ——被校单相交流电源的交流电流示值绝对误差，A；

$I_X$  ——被校单相交流电源的交流电流示值，A；

$I_S$  ——标准交流电流表的示值，A。

交流电流示值相对误差按公式（7）计算。

$$\delta_I = \frac{\Delta_I}{I_S} \times 100 \quad (7)$$

式中：

$\Delta_I$  ——被校单相交流电源的交流电流示值绝对误差, A;

$I_S$  ——标准交流电压表的示值, A;

$\delta_I$  ——被校单相交流电源的交流电流示值相对误差, %。

### 7.2.7.3 交流电流/电压转换标准法

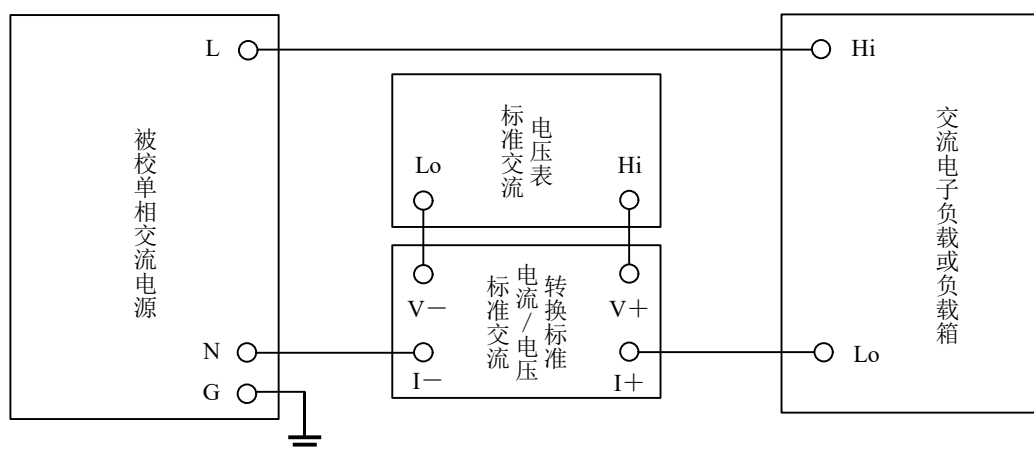


图7 交流电流校准（交流电流/电压转换标准法）接线图

a) 按图7接线。

b) 启动被校单相交流电源，调节交流电子负载或负载箱，读取并记录被校单相交流电源的交流电流示值和标准交流电压表的示值。

c) 交流电流示值绝对误差按公式(8)计算。

$$\Delta'_I = I'_X - kV'_S \quad (8)$$

式中:

$\Delta'_I$  ——被校单相交流电源的交流电流绝对示值误差, A;

$I'_X$  ——被校单相交流电源的交流电流显示值, A;

$k$  ——交流电流/电压转换标准的电流/电压转换比例系数;

$V'_S$  ——标准交流电压表的示值, V。

交流电流示值相对误差按公式(9)计算。

$$\delta'_I = \frac{\Delta'_I}{kV'_S} \times 100 \quad (9)$$

式中:

$\Delta'_I$  ——被校单相交流电源的交流电流绝对示值误差, A;

$k$  ——交流电流/电压转换标准的电流/电压转换比例系数;

$V'_S$  ——标准交流电压表的示值, V;

$\delta'_1$ ——被校单相交流电源的交流电流相对示值误差，%。

### 7.2.8 交流电流短期稳定性的校准

a) 按图 6 接线。

b) 在被校单相交流电源的电流量程上限（或接近满量程值）下校准。频率如可调，应覆盖频率范围的上下限。

c) 启动被校单相交流电源，调节交流电子负载或负载箱，使被校单相交流电源工作在额定功率状态，待输出稳定后，记录 10 min 时间间隔内标准交流电流表的读数，分别取其最大、最小值带入公式 (10) 计算交流电流短期稳定性。

$$S_1 = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_X} \times 100 \quad (10)$$

式中：

$S_1$ ——被校单相交流电源电流短期稳定性，%；

$I_{\max}$ ——10 min 时间间隔内，标准交流电流表测得的最大值，A；

$I_{\min}$ ——10 min 时间间隔内，标准交流电流表测得的最小值，A；

$I_X$ ——被校单相交流电源交流电流示值，A。

## 8 校准结果的表达

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，如“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) 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) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

校准原始记录格式见附录 A、校准证书内页格式见附录 B 要求。

## 9 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

## 单相交流电源校准原始记录参考格式

第×页，共×页

| 仪器/样品信息          |      |    |                       |      |      |
|------------------|------|----|-----------------------|------|------|
| 校准证书编号:          |      |    |                       |      |      |
| 委托单位名称:          |      |    |                       |      |      |
| 委托单位地址:          |      |    |                       |      |      |
| 仪器名称:            |      |    |                       |      |      |
| 型号规格:            |      |    |                       |      |      |
| 出厂编号:            |      |    |                       |      |      |
| 制造单位:            |      |    |                       |      |      |
| 测量信息             |      |    |                       |      |      |
| 标准器名称            | 型号规格 | 编号 | 不确定度/准确度等级/<br>最大允许误差 | 证书编号 | 有效期至 |
|                  |      |    |                       |      |      |
|                  |      |    |                       |      |      |
|                  |      |    |                       |      |      |
| 校准依据:            |      |    |                       |      |      |
| 校准地点:            |      |    |                       |      |      |
| 校准日期:            |      |    |                       |      |      |
| 温度:            ℃ |      |    |                       |      |      |
| 相对湿度:        %   |      |    |                       |      |      |
| 备注:              |      |    |                       |      |      |
| 校准人员:            |      |    | 核验人员:                 |      |      |

## 1 外观及通电检查:

## 2 交流电压校准

| 频率 | 示值 | 标准值 | 示值误差 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|----|-----|------|---------------------|
|    |    |     |      |                     |
|    |    |     |      |                     |

## 3 交流电压短期稳定性校准

| 频率 | 负载电流 | 电压设定值 | 标准值 |     | 交流电压<br>短期稳定性 |
|----|------|-------|-----|-----|---------------|
|    |      |       | 最大值 | 最小值 |               |
|    |      |       |     |     |               |
|    |      |       |     |     |               |

## 4 交流电压总谐波畸变率校准

| 频率 | 负载电流 | 电压设定值 | 总畸变率实测值 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|------|-------|---------|---------------------|
|    |      |       |         |                     |
|    |      |       |         |                     |

## 5 频率校准

| 示值 | 标准值 | 示值误差 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|-----|------|---------------------|
|    |     |      |                     |
|    |     |      |                     |
|    |     |      |                     |

## 6 交流电流校准

| 频率 | 示值 | 标准值 | 示值误差 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|----|-----|------|---------------------|
|    |    |     |      |                     |
|    |    |     |      |                     |

| 频率 | 电流示值 | 电压<br>标准值 | 电流/电<br>压转换比<br>例系数 | 电流<br>标准值 | 示值误差 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|------|-----------|---------------------|-----------|------|---------------------|
|    |      |           |                     |           |      |                     |
|    |      |           |                     |           |      |                     |

## 7 交流电流短期稳定性校准

| 频率 | 电流示值 | 标准值 |     | 交流电流<br>短期稳定性 |
|----|------|-----|-----|---------------|
|    |      | 最大值 | 最小值 |               |
|    |      |     |     |               |
|    |      |     |     |               |

## 附录 B

## 校准证书内页格式

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):  |      |                   |               |            |
| 校准所依据的主要计量器具:  |      |                   |               |            |
| 名称   | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 检定/校准<br>证书编号 | 证书<br>有效期至 |
|  |      |                   |               |            |
| 校准地点及环境条件:<br>地点:<br>温度:           ℃           相对湿度:           %           其他: |      |                   |               |            |

注: 1. 未经实验室书面批准, 不得部分复制本证书。

2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效

3. XXXXX 仅对加盖“XXXXX 校准专用章”的完整证书负责

第×页共×页

## 校准证书校准结果页格式

证书编号: XXXXXX-XXXX

**校准结果**

1 外观及通电检查:

2 交流电压校准

| 频率 | 示值 | 标准值 | 示值误差 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|----|-----|------|---------------------|
|    |    |     |      |                     |
|    |    |     |      |                     |

3 交流电压短期稳定性校准

| 频率 | 负载电流 | 电压设定值 | 标准值 | 交流电压短期稳定性 |
|----|------|-------|-----|-----------|
|    |      |       |     |           |
|    |      |       |     |           |

4 交流电压总谐波畸变率校准

| 频率 | 负载电流 | 电压设定值 | 总畸变率实测值 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|------|-------|---------|---------------------|
|    |      |       |         |                     |
|    |      |       |         |                     |

5 频率校准

| 示值 | 标准值 | 示值误差 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|-----|------|---------------------|
|    |     |      |                     |
|    |     |      |                     |

6 交流电流校准

| 频率 | 示值 | 标准值 | 示值误差 | 测量不确定度<br>( $k=2$ ) |
|----|----|-----|------|---------------------|
|    |    |     |      |                     |
|    |    |     |      |                     |

7 交流电流短期稳定性校准

| 频率 | 电流示值 | 标准值 | 交流电流短期稳定性 |
|----|------|-----|-----------|
|    |      |     |           |
|    |      |     |           |

以下空白

说明: 根据客户要求和校准文件的规定, 通常情况下\_\_个月校准一次

声明:

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本次所校准的计量器具有效。

校准员:

核验员:

第×页共×页

## 附录 C

## 单相交流电源测量不确定度评定示例

## C.1 引言

单相交流电源主要有交流电压、交流电流、频率的示值误差 3 个主要技术参数。本附录以交流电压测量值不确定度为例，说明单相交流电源校准项目的测量不确定度评定的程序，由于校准方法和所用仪器设备相同或近似，其他项目校准结果的测量不确定度评定程序类同。

## C.2 交流电压测量不确定的评定

## C.2.1 测量方法

采用交流标准电压表法，以 220 V (50 Hz) 校准点为例，将标准设备与被校单相交流电源连接，调节被校单相交流电源，使其输出交流电压，读取交流标准电压表的电压值为测量实际值。

## C.2.2 测量模型

校准交流电压示值误差方法见 7.2.3，其示值误差校准测量模型可用公式 (C.1) 表示：

$$\Delta_V = V_X - V_S \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta_V$ ——被校单相交流电源交流电压示值绝对误差，V；

$V_X$ ——被校单相交流电源交流电压示值，V；

$V_S$ ——标准交流电压表的标准值，V。

## C.2.3 合成标准不确定度及灵敏度系数

各输入量之间不相关，由不确定度传播公式，可得合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta_V) = \sqrt{c_1^2 u^2(V_X) + c_2^2 u^2(V_S)} \quad (\text{C.2})$$

式中：

$u_c(\Delta_V)$ ——被校单相交流电源交流电压示值绝对误差的合成标准不确定度，V；

$u(V_X)$ ——被校单相交流电源引入的标准不确定度，V；

$u(V_S)$ ——交流标准电压表引入的标准不确定度，V；

灵敏系数：

$$c_1 = \partial\Delta_V / \partial V_X = 1, \quad c_2 = \partial\Delta_V / \partial V_S = -1$$

#### C.2.4 标准不确定度来源

##### C.2.4.1 $u(V_S)$ 的来源如下：

a) 交流标准电压表最大允许误差引入的标准不确定度  $u_1(V_S)$ ；

b) 交流标准电压表测量重复性引入的标准不确定度  $u_2(V_S)$ 。

##### C.2.4.2 $u(V_X)$ 的来源如下：

a) 被校单相交流电源交流电压分辨力引入的标准不确定度  $u_1(V_X)$ ；

b) 被校单相交流电源交流电压示值重复性引入的标准不确定度  $u_2(V_X)$ ；

其中  $u_2(V_X)$  因被校单相交流电源交流电压示值较为稳定，故忽略不计。

#### C.2.5 标准不确定度的评定

##### C.2.5.1 交流标准电压表引入的标准不确定度 $u(V_S)$

###### C.2.5.1.1 交流标准电压表示值误差引入的标准不确定度 $u_1(V_S)$

标准交流标准电压表示值误差引入的标准不确定度按 B 类进行评定。根据交流标准电压表的技术指标，其在 220 V (50 Hz) 下的最大允差为 ± (0.06 % 读数 + 0.03 % 量程)，估计为均匀分布，包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_1(V_S) = \frac{0.06 \% \times 220 \text{ V} + 0.03 \% \times 750 \text{ V}}{\sqrt{3}} \approx 0.21 \text{ V}。$$

###### C.2.5.1.2 交流标准电压表测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(V_S)$

标准交流标准电压表测量重复性引入的标准不确定度通过多次重复测量进行 A 类评定。多次重复测量结果如表 C.1 表示，用贝塞尔公式 (C.3) 计算实验标准差：

$$s(V_S) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (V_{Si} - \bar{V}_S)^2}{n-1}} \quad (\text{C.3})$$

式中:

$\bar{V}_S$ ——交流标准电压表交流电压多次测量的平均值, V;

$V_{Si}$ ——交流标准电压表交流电压第  $i$  次测量值, V;

$n$ ——重复测量的次数, 此处  $n=10$ 。

表 C.1 交流标准电压表交流电压 220 V (50 Hz) 重复性测量数据

|           |        |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 第 $i$ 次测量 | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 测量值/V     | 219.76 | 219.81 | 219.77 | 219.83 | 219.76 |
| 第 $i$ 次测量 | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| 测量值/V     | 219.77 | 219.82 | 219.79 | 219.78 | 219.78 |

根据表 C.1 的数据, 可由公式 (C.3) 计算出交流标准电压表交流电压测量重复测量的实验标准差:

$$s(V_S) = 2.5 \times 10^{-2} \text{ V}$$

校准时取单次值作为测量结果, 故测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_2(V_S) = s(V_S) = 2.5 \times 10^{-2} \text{ V}$$

#### C.2.5.1.3 计算标准交流电压表引入的标准不确定度 $u(V_S)$

标准交流电压表引入的标准不确定度  $u(V_S)$  为

$$u(V_S) = \sqrt{u_1^2(V_S) + u_2^2(V_S)} \approx 0.21 \text{ V}$$

#### C.2.5.2 被校单相交流电源交流电压分辨力引入的标准不确定度 $u_1(V_X)$

被校单相交流电源交流电压分辨力为 0.1 V, 按 B 类进行评定, 那么区间半宽为  $a = 0.05 \text{ V}$ , 为均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 则被校单相交流电源交流电压分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_1(V_X) = \frac{a}{k} = \frac{0.05 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 2.9 \times 10^{-2} \text{ V}$$

## C.2.6 不确定度分量一览表

具体见表 C.2。

表 C.2 交流电压测量值示值误差校准不确定度分量表

| 不确定度分量     | 不确定度来源            | 分布类型    | 包含因子       | 标准不确定度  |
|------------|-------------------|---------|------------|---------|
| $u_1(V_S)$ | 交流标准电压表示值误差引入     | 均匀      | $\sqrt{3}$ | 0.21 V  |
| $u_2(V_S)$ | 交流标准电压表测量重复性引入    | 正太      | 2          | 0.025 V |
| $u(V_S)$   | 交流标准电压表引入         | 0.21 V  |            |         |
| $u_1(V_X)$ | 被校单相交流电源交流电压分辨力引入 | 均匀      | $\sqrt{3}$ | 0.029 V |
| $u(V_X)$   | 被校单相交流电源引入        | 0.029 V |            |         |

## C.2.7 合成标准不确定度的计算

合成标准不确定度按公式 (C.2) 计算。

$$u_c(\Delta V) = \sqrt{c_1^2 u^2(V_X) + c_2^2 u^2(V_S)} \approx 0.21 \text{ V}$$

## C.2.8 扩展不确定度的确定

取包含因子  $k=2$ , 则扩展不确定度为:  $U = k \times u_c(\Delta V) = 0.4 \text{ V}$

