

# 天津市地方计量技术规范

JJF(津)5005-2024

## 导轨式交流电能表校准规范

Calibration Specification of Guide Rail Meters  
for Measuring Alternating-current Electrical Energy

2024-05-16 发布

2024-07-01 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

# 导轨式交流电能表校准规范

Calibration Specification of

Guide Rail Meters for Measuring

Alternating-current Electrical Energy

JJF(津) 5005-2024

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

山西省检验检测中心

(山西省标准计量技术研究院)

北京市计量检测科学研究院

河北省计量监督检测研究院

内蒙古自治区计量测试研究院

参加起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

天津泰达电力有限公司

**本规范主要起草人：**

董 娜（天津市计量监督检测科学研究院）

崔 泓（山西省检验检测中心(山西省标准计量技术研究院)）

王亚军（北京市计量检测科学研究院）

张冠宇（河北省计量监督检测研究院）

王 河（内蒙古自治区计量测试研究院）

**参加起草人：**

张一萌（天津市计量监督检测科学研究院）

张 涛（天津市计量监督检测科学研究院）

崔 岩（天津泰达电力有限公司）

## 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 误差表达方式	( 2 )
5.2 基本误差	( 2 )
5.3 潜动	( 3 )
5.4 起动	( 4 )
5.5 仪表常数	( 4 )
6 校准条件	( 4 )
6.1 环境条件	( 4 )
6.2 测量标准及其他设备	( 4 )
7 校准项目和校准方法	( 5 )
7.1 外观及通电检查	( 5 )
7.2 校准方法	( 5 )
8 校准结果表达	( 11 )
8.1 校准证书	( 11 )
8.2 数据修约	( 12 )
9 复校时间间隔	( 12 )
附录 A 导轨式交流电能表校准测量不确定度评定示例	( 13 )
附录 B 导轨式交流电能表校准原始记录格式	( 21 )
附录 C 导轨式交流电能表校准证书(内页)格式	( 23 )

## 引 言

本规范按照 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制定。

本规范主要参考 JJG 596-2012 《电子式交流电能表检定规程》编制而成。

本规范是华北大区共建计量技术规范，为首次发布。

# 导轨式交流电能表校准规范

## 1 范围

本规范适用于参比频率为 50Hz 或 60Hz 单相、三相导轨式交流电能表（以下简称电能表）的校准，不适用于标准电能表、数字电能表（被测电压、电流为数字量的电能表）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 596-2012 电子式交流电能表检定规程

JJG 780-1992 交流数字功率表检定规程

JJG 440-2008 工频单相相位表检定规程

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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

导轨式交流电能表 Guide Rail Meters for Measuring Alternating-current Electrical Energy

具有导轨安装式结构的电能表，并且能够测量电压、电流、功率、频率、功率因数等电量参数中的一种或几种。

## 4 概述

导轨式交流电能表是一种微型电能表，采用导轨安装，方便与微型断路器匹配使用，具有体积小、安装方便、可靠性好的特点，多用于电能的分相计量、照明计量，由 A/D 转换器、CPU、显示单元、输出单元组成，其基本原理见图 1。

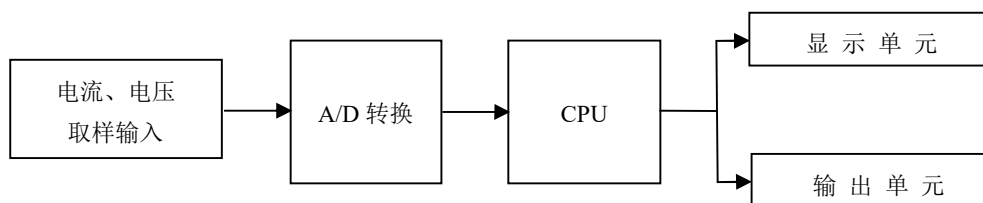


图 1 导轨式交流电能表原理框图

## 5 计量特性

## 5.1 误差表达方式

## 5.1.1 用绝对误差表示示值误差形式:

$$\Delta = A_x - A_s \quad (1)$$

式中:

$\Delta$ ——示值误差;

$A_x$ ——示值;

$A_s$ ——标准值。

## 5.1.2 用相对误差表示示值误差形式:

$$\gamma = \frac{A_x - A_s}{A_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

$\gamma$ ——相对示值误差

## 5.2 基本误差

## 5.2.1 电能(有功)基本误差限见表1、表2。

表1 单相电能表和平衡负载时三相电能表的基本误差限

类别	直接接入	经互感器接入	功率因数 $\cos \phi$	电能表准确度等级			
				0.2S	0.5S	1	2
有功电能表	负载电流 $I$			基本误差限/%			
	—	$0.01 I_n \leq I < 0.05 I_n$	1	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	—	—
	$0.05 I \leq I < 0.1 I_b$	$0.02 I_n \leq I < 0.05 I_n$	1	—	—	$\pm 1.5$	$\pm 2.5$
	$0.1 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0.05 I_n \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$\pm 2.0$
	—	$0.02 I_n \leq I < 0.1 I_n$	0.5L	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	—	—
			0.8C	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	—	—
	$0.1 I_b \leq I < 0.2 I_b$	$0.05 I_n \leq I < 0.1 I_n$	0.5L	—	—	$\pm 1.5$	$\pm 2.5$
			0.8C	—	—	$\pm 1.5$	—
	$0.2 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0.1 I_n \leq I \leq I_{max}$	0.5L	$\pm 0.3$	$\pm 0.6$	$\pm 1.0$	$\pm 2.0$
			0.8C	$\pm 0.3$	$\pm 0.6$	$\pm 1.0$	—

注:  $I_b$ —基本电流;  $I_{max}$ —最大电流;  $I_n$ —经电流互感器接入的电能表额定电流。

表 2 不平衡负载时三相电能表的基本误差限

类别	直接接入	经互感器接入	功率因数 $\cos \phi$	电能表准确度等级			
				0.2S	0.5S	1	2
有功电能表	负载电流 $I$			基本误差限/%			
	$0.1 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0.05 I_n \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 0.3$	$\pm 0.6$	$\pm 2.0$	$\pm 3.0$
	$0.2 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0.1 I_n \leq I < I_{max}$	0.5L	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 2.0$	$\pm 3.0$
	$I_b$	$I_n$	1	不平衡负载与平衡负载时的误差之差不得超过 (%)			
				$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$\pm 2.5$

5.2.2 电压、电流、功率基本误差限见表 3。

表 3 电能表电压、电流、功率基本误差限

电能表准确度等级	0.2S	0.5S	1	2
额定值的最大允许误差	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$

5.2.3 频率基本误差限见表 4。

表 4 电能表频率基本误差限

电能表准确度等级	0.2S	0.5S	1	2
额定值的最大允许误差	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$

5.2.4 功率因数基本误差限见表 5。

表 5 电能表功率因数基本误差限

电能表准确度等级	0.2S	0.5S	1	2
额定值的最大允许误差	$\pm 0.002$	$\pm 0.005$	$\pm 0.010$	$\pm 0.020$

注：电压、电流、功率、频率误差计算结果可按式(2)用相对误差表示，与基本误差限进行比较。

### 5.3 潜动

电流线路不加电流，电压线路施加 115% 的参比电压，电能表的测试输出在规定的时限内不应产生多于一个的脉冲。



#### 5.4 起动

在参比频率、参比电压和  $\cos\varphi=1$  的条件下, 电流线路通以表 6 规定的起动电流(三相电能表各相同时加电压、通起动电流), 在规定的时限内电能表应能起动并连续记录。

如果该电能表为用于双向电能测量仪表, 则该试验应用于每一个方向的电能测量。

表 6 单相和三相电能表的起动电流

类别	有功电能表准确度等级			
	0.2S	0.5S	1	2
	起动电流/A			
直接接入的电能表	—	—	$0.004 I_b$	$0.005 I_b$
经互感器接入的电能表	$0.001 I_n$	$0.001 I_n$	$0.002 I_n$	$0.003 I_n$

注: 经互感器接入的宽负载电能表 ( $I_{\max} \geq 4 I_b$ ), 按  $I_b$  确定起动电流。

#### 5.5 仪表常数

电能表测试输出与显示器指示的电能量变化之间的关系, 应与铭牌标志的常数一致。

### 6 校准条件

#### 6.1 环境条件

校准应在表 7 规定的环境条件下进行。

表 7 校准电能表环境条件

影响量	参比值或参比范围	允许偏差
环境温度	20℃	±2℃
相对湿度	45%~75%	—
电源电压	额定值	±1%
电源频率	额定值	±0.5%

#### 6.2 测量标准及其他设备

##### 6.2.1 测量标准设备的技术要求见表 8。

表 8 测量标准设备的技术要求

参数	最大允许误差或准确度等级
电能(有功)	0.05 级
交流电压	±0.05%
交流电流	±0.05%
交流功率	±0.05%
频率	±0.01Hz
功率因数	±0.0005

## 6.2.2 耐压测试仪

校准用耐压测试仪输出交流电压范围：（0.1~5）kV，输出容量不低于 500VA，准确度等级不低于 5 级。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目见表 9。

表 9 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	外观及通电检查	7.2.1
2	交流电压试验	7.2.2
3	电能（有功）基本误差	7.2.4
4	交流电压示值误差	7.2.5
5	交流电流示值误差	7.2.6
6	交流功率示值误差	7.2.7
7	频率示值误差	7.2.8
8	功率因数示值误差	7.2.9
9	潜动试验	7.2.10
10	起动试验	7.2.11
11	仪表常数试验	7.2.12

注：可根据客户需求选择校准项目。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观及通电检查

电能表应有明显的标识，包括名称、型号、制造厂名和编号；产品所依据的标准、顺序号和制造年份；参比频率、参比电压、参比电流和最大电流；仪表常数、准确度等级、计量单位（显示单元为液晶元件时，计量单位可在液晶元件中显示）。通电后电能表各功能应正常；显示器（若有时）、按键、开关、通讯接口等功能部件均应能正常工作；按照说明书的要求进行预热。

#### 7.2.2 交流电压试验

a) 所有的电流线路和电压线路以及参比电压超过 40V 的辅助线路连接在一起为一点，另一点是地，试验电压施加于该两点间；对于互感器接入式的电能表，应增加不相连连接的电压线路与电流线路间的试验。

b) 试验电压应在(5~10)s内由零升到表10的规定值,保持1min,随后以同样速度将试验电压降到零。试验中,电能表不应出现闪络、破坏性放电或击穿;试验后,电能表无机械损坏,电能表应能正确工作。

表10 交流电压试验

试验电压 (方均根)		试验电压施加点
I类防护 电能表	II类防护 电能表	
2 kV	4 kV	所有的电流线路和电压线路以及参比电压超过40V的辅助线路连接在一起为一点,另一点是地,试验电压施加于该两点间
2 kV	2 kV	在工作中不连接的线路之间

### 7.2.3 校准点的选取

#### 7.2.3.1 电能(有功)

电能测量功能的校准点在参比频率、参比电压,不同功率因数下,按负载电流逐次减小的顺序,推荐依据表11和表12规定的校准点进行基本误差的校准。

表11 校准单相电能表和平衡负载下的三相电能表时应调定的负载点

有功电能表类别及准确度等级		$\cos \phi=1$	$\cos \phi=0.5L$ $\cos \phi=0.8C$
		负 载 电 流	
直接接入	1, 2	$I_{max}, I_b, 0.1I_b, 0.05I_b$	$I_{max}, I_b, 0.2I_b, 0.1I_b$
经互感器接入	0.2S, 0.5S	$I_{max}, I_n, 0.05I_n, 0.01I_n$	$I_{max}, I_n, 0.1I_n, 0.02I_n$
	1, 2	$I_{max}, I_n, 0.05I_n, 0.02I_n$	$I_{max}, I_n, 0.1I_n, 0.05I_n$

表12 不平衡负载时三相电能表分组校准时应调定的负载点

有功电能表类别及准确度等级		$\cos \phi=1$	$\cos \phi=0.5L$
		负 载 电 流	
直接接入	1, 2	$I_{max}, I_b, 0.1I_b$	$I_{max}, I_b, 0.2I_b$
经互感器接入	0.2S, 0.5S, 1, 2	$I_{max}, I_n, 0.05I_n$	$I_{max}, I_n, 0.1I_n$

#### 7.2.3.2 交流电压

校准点应选取为被校仪器的参比电压点,如推荐的点有57.7V、100V、220V和380V。

#### 7.2.3.3 交流电流

交流电流测量功能的校准点根据被校仪器交流电流的测量范围选取,一般选取基本电流和最大电流。

#### 7.2.3.4 交流功率

电压线路施加参比电压, 电流线路施加基本电流和最大电流, 在功率因数分别为 1、0.5L、0.8C 的情况下进行基本校准点示值误差校准。

#### 7.2.3.5 频率

频率测量功能的校准点应在测量范围下限频率, 施加参比电压, 或参比范围限值之一的电压值, 增大频率, 顺序达到所选择的校准点, 推荐的校准点有 45Hz、50Hz、55Hz、60Hz、65Hz。

#### 7.2.3.6 功率因数

功率因数测量的校准点应在电压线路施加参比电压值; 电流线路施加最大电流值。设置功率因数, 依次达到所选取的校准点进行功率因数示值误差的校准, 推荐的校准点有 1、0.5L、0.5C、0.8L、0.8C。

#### 7.2.4 电能 (有功) 基本误差

按图 2 (a) 和图 2 (b) 连接设备。

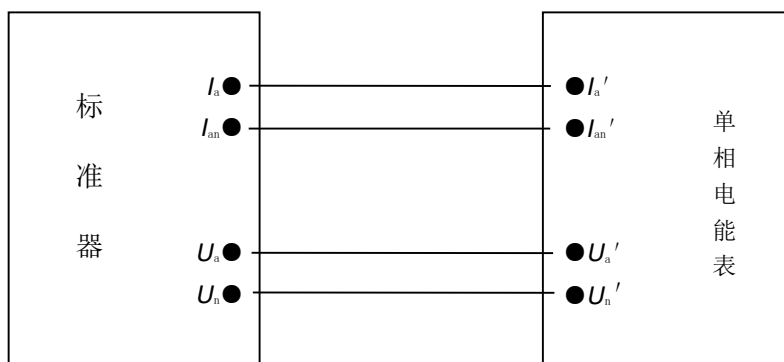


图 2 (a) 单相电能表电能 (有功) 基本误差校准示意图

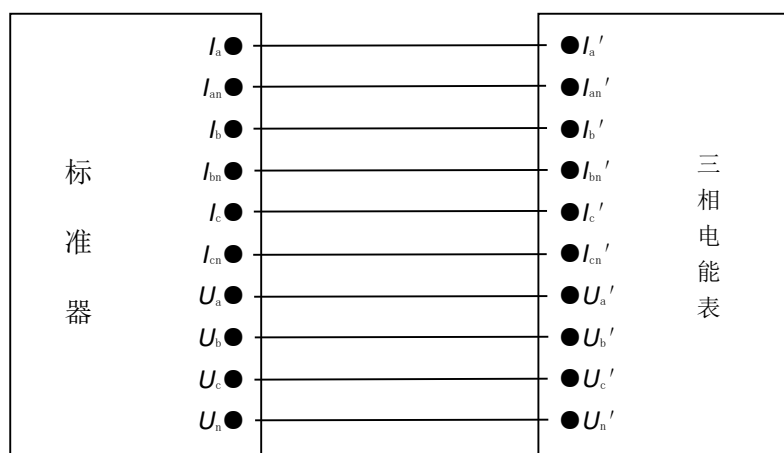


图 2 (b) 三相电能表电能 (有功) 基本误差校准示意图

采用标准表法校准电能，标准电能表与被校电能表都在连续工作的情况下，用被校电能表输出的脉冲（低频或高频）控制标准电能表计数来确定被校电能表的相对误差。被校仪器电能的相对误差  $\gamma$  按式（3）计算：

$$\gamma = \frac{m_0 - m}{m} \times 100 (\%) \quad (3)$$

式中：

$m$  ——实测脉冲数；

$m_0$  ——算定（或预置）的脉冲数。

### 7.2.5 交流电压示值误差

按图 3（a）和图 3（b）连接设备。

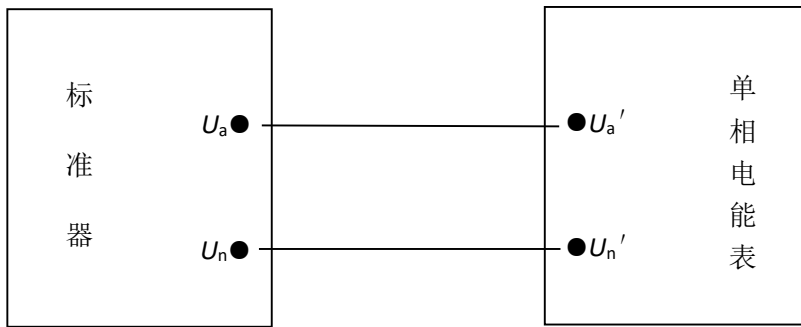


图 3（a）单相电能表交流电压示值误差校准示意图

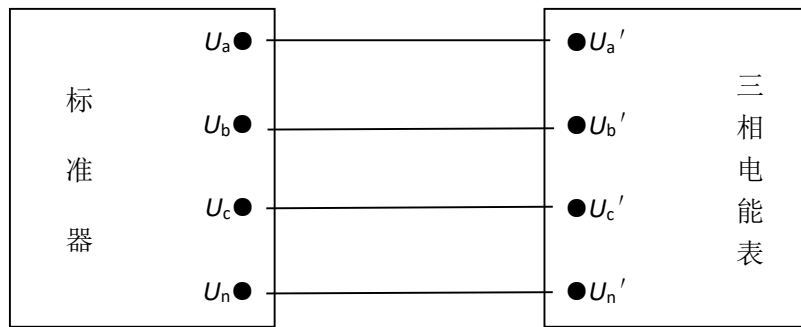


图 3（b）三相电能表交流电压示值误差校准示意图

采用直接比较法，设置标准器输出标准电压  $U_s$ ，并记录被校仪器示值  $U_x$ ，则被校仪器的示值误差按式（4）计算：

$$\Delta U = U_x - U_s \quad (4)$$

式中：

$\Delta U$  ——电能表交流电压示值误差，V；

$U_x$  ——电能表交流电压示值，V；

$U_s$  ——标准器输出标准电压值，V。

## 7.2.6 交流电流示值误差

按图 4 (a) 和图 4 (b) 连接设备。

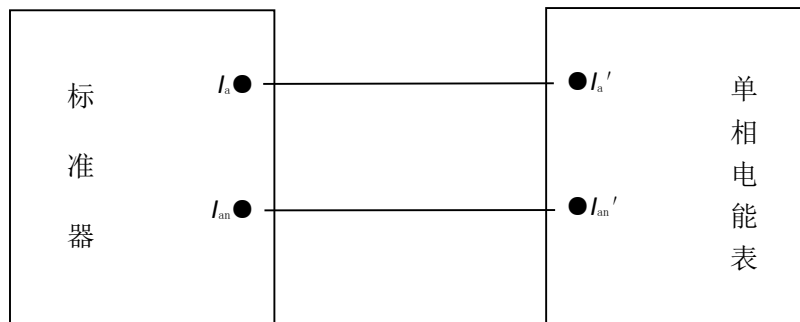


图 4 (a) 单相电能表交流电流示值误差校准示意图

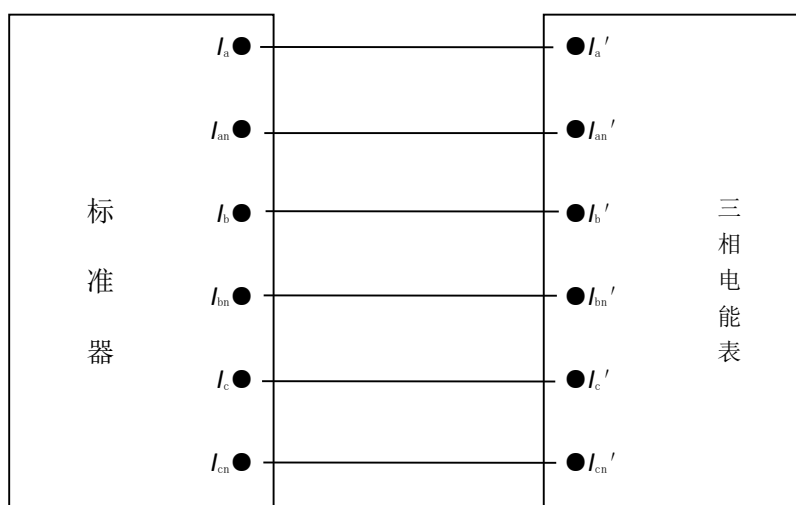


图 4 (b) 三相电能表交流电流示值误差校准示意图

采用直接比较法，设置标准器的输出标准电流  $I_s$ ，并记录被校仪器示值  $I_x$ ，则被校仪器的示值误差按式 (5) 计算：

$$\Delta I = I_x - I_s \quad (5)$$

式中：

$\Delta I$  ——电能表交流电流示值误差，A；

$I_x$  ——电能表交流电流示值，A；

$I_s$  ——标准器输出标准电流值，A。

## 7.2.7 交流功率示值误差

按图 2 (a) 和图 2 (b) 连接设备。

采用直接比较法，设置标准器的输出标准功率  $P_s$ ，并记录被校仪器示值  $P_x$ ，则被校仪器的示值误差按式 (6) 计算：

$$\Delta P = P_x - P_s \quad (6)$$

式中:

$\Delta P$  ——电能表交流功率示值误差, W;

$P_x$  ——电能表交流功率示值, W;

$P_s$  ——标准器输出标准功率值, W。

### 7.2.8 频率示值误差

按图 3 (a) 连接设备。

采用直接比较法, 设置标准器输出标准频率  $f_s$ , 并记录被校仪器示值  $f_x$ , 则被校仪器的示值误差按式 (7) 计算:

$$\Delta f = f_x - f_s \quad (7)$$

式中:

$\Delta f$  ——电能表频率示值误差, Hz;

$f_x$  ——电能表频率示值, Hz;

$f_s$  ——标准器输出标准频率值, Hz。

### 7.2.9 功率因数示值误差

按图 2 (a) 和图 2 (b) 连接设备。

采用直接比较法, 设置标准器输出标准功率因数  $Pf_s$ , 并记录被校仪器示值  $Pf_x$ , 则被校仪器的示值误差按式 (8) 计算:

$$\Delta Pf = Pf_x - Pf_s \quad (8)$$

式中:

$\Delta Pf$  ——电能表功率因数示值误差;

$Pf_x$  ——电能表功率因数示值;

$Pf_s$  ——标准器输出标准功率因数。

### 7.2.10 潜动试验

试验时, 电流线路不加电流, 电压线路施加电压为参比电压的 115%,  $\cos\varphi=1$  测试输出单元所发脉冲不应多于 1 个。

潜动试验最短试验时间  $\Delta t$  见式 (9):

$$0.2S \text{ 级表: } \Delta t \geq \frac{900 \times 10^6}{C_m U_n I_{\max}} \quad (\text{min})$$

$$\begin{aligned}
 \text{0.5S级、1级表:} \quad \Delta t &\geq \frac{600 \times 10^6}{CmU_n I_{\max}} \quad (\text{min}) \\
 \text{2级表:} \quad \Delta t &\geq \frac{480 \times 10^6}{CmU_n I_{\max}} \quad (\text{min}) \quad (9)
 \end{aligned}$$

其中:

$C$  ——电能表输出单元发出的脉冲数, imp/kWh;

$U_n$  ——参比电压, V;

$I_{\max}$  ——最大电流, A;

$m$  ——系数, 对单相电能表,  $m=1$ ; 对三相四线电能表,  $m=3$ ; 对三相三线电能表,  $m=\sqrt{3}$ 。

#### 7.2.11 起动试验

在电压线路加参比电压  $U_n$  和  $\cos\varphi=1$  的条件下, 电流线路的电流升到表6规定的起动电流  $I_Q$  后, 电能表在起动时限  $t_Q$  内应能起动并连续记录。时限按式(10)确定:

$$t_Q \leq 1.2 \times \frac{60 \times 1000}{CmU_n I_Q} \quad (\text{min}) \quad (10)$$

式中:

$I_Q$  ——起动电流, A。

#### 7.2.12 仪表常数试验

在参比频率、参比电压和最大电流及  $\cos\varphi=1$  的条件下, 被校电能表计度器末位(是否是小数位无关)改变至少1个数字, 输出脉冲数  $N$  应符合式(11)的要求, 即:

$$N = bC \times 10^{-a} \quad (11)$$

式中:

$a$  ——计度器小数位数, 无小数位时  $a=0$ ;

$b$  ——计度器倍数, 未标注者为1;

$C$  ——被校电能表常数, imp/kWh。

## 8 校准结果表达

### 8.1 校准证书



校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少应包括以下信息：

- 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) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

## 8.2 数据修约

被校仪器的误差数据计算后，末位数应修约到被校仪器最大允许误差的 1/10。

## 9 复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，推荐为 1 年。

## 附录 A

## 导轨式交流电能表校准测量不确定度评定示例

## A.1 电能

## A.1.1 概述

A.1.1.1 测量环境：环境温度（20±2）℃，相对湿度 45%~75%

A.1.1.2 测量标准：三相电能表检定装置，测量范围：电压：（57.7~380）V；电流：（0.1~100）A，电能准确度级别 0.05 级。

A.1.1.3 被测对象：0.2S 级导轨式交流电能表电能部分

A.1.1.4 测量方法：装置输出一定功率给被测电能表，得到的电能值与装置输出的标准电能值比较，得到被测电能表在该功率时的相对误差。

## A.1.2 测量模型

$$\gamma_X = \gamma_S \quad (12)$$

式中：

$\gamma_X$ ——被测电能表的相对误差；

$\gamma_S$ ——装置上测得的相对误差。

## A.1.3 标准不确定度评定

## A.1.3.1 重复性引入的标准不确定度

重复性条件下，对 0.2S 级的电能表，在 220V、6A、功率因数为 1、平衡负载时进行独立重复测量，连续测量 10 次，得到测量列 -0.091%，-0.090%，-0.110%，-0.090%，-0.100%，-0.081%，-0.080%，-0.098%，-0.082%，-0.080%。 $\bar{x} = -0.090\%$

单次实验标准差  $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0101\%$ ，则可得到  $u_1 = 0.0101\%$

## A.1.3.2 装置电能误差引入的标准不确定度

装置经检定合格，在单相和三相（平衡负载）电能最大允许误差为 ±0.05%，按均匀分布计算， $k = \sqrt{3}$ ， $u_2 = 0.05\% / \sqrt{3} = 0.0289\%$

## A.1.3.3 测量结果的修约引入的标准不确定度

被测电能表化整间距为 0.02%，区间半宽为 0.01%，按均匀分布计算， $k = \sqrt{3}$ ， $u_3$

$$=0.01\%/\sqrt{3}=0.0058\%$$

#### A.1.4 不确定度分量一览表

不确定度分量见表 A.1

表 A.1 电能（有功）基本误差 uncertainty 分量一览表

不确定度来源	不确定度分量 $u_i$
重复性	0.0101%
装置误差	0.0289%
测量结果的修约	0.0058%

#### A.1.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.031\%$$

#### A.1.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，在 220V、5A、功率因数为 1、平衡负载时点，测量结果的扩展不确定度  $U=k \cdot u_c=0.062\%$ ， $k=2$ 。

### A.2 交流电压

#### A.2.1 概述

A.2.1.1 测量环境：环境温度  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 45%~75%

A.2.1.2 测量标准：三相电能表检定装置，测量范围：电压：(57.7~380)V；电流：(0.1~100)A，交流电压最大允许误差  $\pm 0.05\%$ 。

A.2.1.3 被测对象：0.2S 级导轨式交流电能表交流电压部分，电压： $3 \times 220/380\text{V}$ 。

A.2.1.4 测量方法：采用直接比较法，设定装置输出电压  $U_s$ ，读取被校表 A 相交流电压示值  $U_x$ ，从而计算的被校表交流电压的示值误差。

#### A.2.2 测量模型

$$\Delta U = U_x - U_s \quad (13)$$

式中：

$\Delta U$  ——交流电压示值误差，V；

$U_x$  ——被校表交流电压示值，V；

$U_s$  ——装置输出交流电压值，V。

#### A.2.3 标准不确定度评定

##### A.2.3.1 重复性引入的标准不确定度

重复性条件下，对交流电压 220V 点进行独立重复测量，连续测量 10 次，得到测量

列 (单位: V): 220.0, 220.0, 220.0, 220.0, 220.0, 220.0, 219.9, 220.0, 220.0, 219.9。 $\bar{x}=219.98\text{V}$

单次实验标准差  $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.042\text{V}$ , 则可得到  $u_1 = 0.042\text{V}$

#### A.2.3.2 装置电压误差引入的标准不确定度

装置经检定合格, 交流电压 220V 时, 最大允许误差为  $\pm 0.11\text{V}$ , 按均匀分布计算,  $k = \sqrt{3}$ ,  $u_2 = 0.11 / \sqrt{3} = 0.064\text{V}$ 。

#### A.2.4 不确定度分量一览表

不确定度分量见表 A.2

表 A.2 交流电压示值误差标准不确定度分量一览表

不确定度来源	不确定度分量 $u_i$
重复性	0.042V
装置误差	0.064V

#### A.2.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.076\text{V}$$

#### A.2.6 扩展不确定度:

取包含因子  $k=2$ , 交流电压 220V 点, 测量结果的扩展不确定度  $U = k \cdot u_c = 0.2\text{V}$ ,  $k=2$ 。

### A.3 交流电流

#### A.3.1 概述

A.3.1.1 测量环境: 环境温度  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 相对湿度 45%~75%

A.3.1.2 测量标准: 三相电能表检定装置, 测量范围: 电压:  $(57.7 \sim 380)\text{V}$ ; 电流:  $(0.1 \sim 100)\text{A}$ , 交流电流最大允许误差  $\pm 0.05\%$ 。

A.3.1.3 被测对象: 0.2S 级导轨式交流电能表交流电流部分, 电流:  $3 \times 1.5(6)\text{A}$ 。

A.3.1.4 测量方法: 采用直接比较法, 设定装置输出电流  $I_s$ , 读取被校表 A 相交流电流示值  $I_x$ , 从而计算的被校表交流电流的示值误差。

#### A.3.2 测量模型

$$\Delta I = I_x - I_s \quad (14)$$

式中:

$\Delta I$  ——交流电流示值误差, A;

$I_x$  ——被校交流电流示值, A;

$I_s$  ——装置输出交流电流值，A。

### A. 3.3 标准不确定度评定

#### A. 3.3.1 重复性引入的标准不确定度

重复性条件下，对交流电流 1.5A 点进行独立重复测量，连续测量 10 次，得到测量列（单位：A）：1.499，1.499，1.499，1.500，1.500，1.500，1.500，1.499，1.499，1.499。 $\bar{x}=1.4994\text{A}$

单次实验标准差  $s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.00052\text{A}$ ，则可得到  $u_1 = 0.00052\text{A}$

#### A. 3.3.2 装置电流误差引入的标准不确定度

装置经检定合格，交流电流 1.5A 时，最大允许误差为  $\pm 0.00075\text{A}$ ，按均匀分布计算， $k = \sqrt{3}$ ， $u_2 = 0.00075 / \sqrt{3} = 0.00043\text{A}$ 。

### A. 3.4 不确定度分量一览表

不确定度分量见表 A.3

表 A.3 交流电流示值误差标准不确定度分量一览表

不确定度来源	不确定度分量 $u_i$
重复性	0.00052A
装置误差	0.00043A

#### A. 3.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.00067\text{A}$$

#### A. 3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，交流电流 1.5A 点，测量结果的扩展不确定度  $U = k \cdot u_c = 0.001\text{A}$ ， $k=2$ 。

## A. 4 交流功率

### A. 4.1 概述

A. 4.1.1 测量环境：环境温度  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 45%~75%

A. 4.1.2 测量标准：三相电能表检定装置，测量范围：电压：(57.7~380)V；电流：(0.1~100)A，功率最大允许误差  $\pm 0.05\%$ 。

A. 4.1.3 被测对象：0.2S 级导轨式交流电能表交流功率部分，电压： $3 \times 220/380\text{V}$ ，电流： $3 \times 1.5(6)\text{A}$ 。

A. 4.1.4 测量方法：采用直接比较法，由装置同时输出电压与电流到被校表，装置的功率设定值  $P_s$ ，读取被校表的功率显示值  $P_x$ ，将  $P_x$  与  $P_s$  相减，其差值为被校表 A 相功率

的示值误差。

#### A. 4. 2 测量模型

$$\Delta P = P_x - P_s \quad (15)$$

式中：

$\Delta P$  ——交流功率示值误差，W；

$P_x$  ——被校表交流功率指示值，W；

$P_s$  ——装置交流功率输出值；W。

#### A. 4. 3 标准不确定度评定

##### A. 4. 3. 1 重复性引入的标准不确定度

重复性条件下，对交流功率（220V，1.5A， $\cos\varphi=1$ ）点进行独立重复测量，连续测量10次，得到测量列（单位：W）：330.1，330.2，330.0，330.0，329.9，330.1，330.0，330.1，330.2，330.1。 $\bar{x}=330.07\text{W}$

$$\text{单次实验标准差 } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.095\text{W}, \text{ 则可得到 } u_1 = 0.095\text{W}$$

##### A. 4. 3. 2 装置功率误差引入的标准不确定度

装置经检定合格，功率330W（220V，1.5A， $\cos\varphi=1$ ）点，功率最大允许误差为 $\pm 0.165\text{W}$ ，按均匀分布计算， $k=\sqrt{3}$ ， $u_2=0.165/\sqrt{3}=0.095\text{W}$ 。

#### A. 4. 4 不确定度分量一览表

不确定度分量见表 A. 4

表 A. 4 交流功率示值误差标准不确定度分量一览表

不确定度来源	不确定度分量 $u_i$
重复性	0.095W
装置误差	0.095W

#### A. 4. 5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.13\text{W}$$

#### A. 4. 6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，功率330W（220V，1.5A， $\cos\varphi=1$ ）点，测量结果的扩展不确定度  $U=k \cdot u_c=0.3\text{W}$ ， $k=2$ 。

### A. 5 频率

#### A. 5. 1 概述

- A. 5. 1. 1 测量环境：环境温度（20±2）℃，相对湿度 45%~75%
- A. 5. 1. 2 测量标准：三相电能表检定装置，测量范围：电压：（57.7~380）V；电流：（0.1~100）A，频率：（45~55）Hz，最大允许误差±0.01Hz。
- A. 5. 1. 3 被测对象：0.2S 级导轨式交流电能表频率部分。
- A. 5. 1. 4 测量方法：采用直接比较法，装置输出电压为被校表的额定电压，频率设定值为  $f_s$ ，读取被校表的频率示值  $f_x$ ，从而计算出被校表频率的示值误差。
- A. 5. 2 测量模型

$$\Delta f = f_x - f_s \quad (16)$$

式中：

$\Delta f$  ——频率的示值误差，Hz；

$f_x$  ——被校表频率示值，Hz；

$f_s$  ——装置的频率设定值，Hz。

### A. 5. 3 标准不确定度评定

#### A. 5. 3. 1 重复性引入的标准不确定度

重复性条件下，对频率50Hz（220V）点进行独立重复测量，连续测量10次，得到测量列（单位：Hz）：49.990，49.990，49.990，50.000，50.010，49.990，49.990，50.010，50.010，49.990。 $\bar{x}=49.9970\text{Hz}$

$$\text{单次实验标准差 } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.00949\text{Hz}, \text{ 则可得到 } u_1 = 0.00949\text{Hz}$$

#### A. 5. 3. 2 装置频率误差引入的标准不确定度

装置经检定合格，50Hz（220V）时，频率最大允许误差为±0.01Hz，按均匀分布计算， $k=\sqrt{3}$ ， $u_2=0.01/\sqrt{3}=0.00577\text{Hz}$ 。

### A. 5. 4 不确定度分量一览表

不确定度分量见表 A. 5

表 A. 5 频率示值误差标准不确定度分量一览表

不确定度来源	不确定度分量 $u_i$
重复性	0.00949Hz
装置误差	0.00577Hz

### A. 5. 5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.0111\text{Hz}$$

## A. 5. 6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，频率 50Hz (220V) 点，测量结果的扩展不确定度  $U=k \cdot u_c=0.022\text{Hz}$ ， $k=2$ 。

## A. 6 功率因数

## A. 6. 1 概述

A. 6. 1. 1 测量环境：环境温度  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 45%~75%

A. 6. 1. 2 测量标准：三相电能表检定装置，测量范围：电压：(57.7~380)V；电流：(0.1~100)A，功率因数 (-1~0~1)，最大允许误差  $\pm 0.0005$ 。

A. 6. 1. 3 被测对象：0.2S 级导轨式交流电能表功率因数部分。

A. 6. 1. 4 测量方法：采用直接比较法，对被校表的功率因数进行测量，装置输出电压、电流到被校表，调节装置电流滞后电压  $60^\circ$ ，此时功率因数为 0.5，此时记录下装置的功率因数示值  $Pf_s$  和被校表的示值  $Pf_x$ 。

## A. 6. 2 测量模型

$$\Delta Pf = Pf_x - Pf_s \quad (17)$$

式中：

$\Delta Pf$  ——功率因数示值误差；

$Pf_x$  ——被校表功率因数显示值；

$Pf_s$  ——装置功率因数示值。

## A. 6. 3 标准不确定度评定

## A. 6. 3. 1 重复性引入的标准不确定度

重复性条件下，对功率因数 0.5 (220V; 1.5A;  $\cos\varphi=0.5$ ) 点进行独立重复测量，连续测量 10 次，得到测量列 0.499, 0.499, 0.499, 0.499, 0.499, 0.499, 0.499, 0.499, 0.499, 0.499。  $\bar{x}=0.4990$

$$\text{单次实验标准差 } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.000000, \text{ 则可得到 } u_1 = 0.000000$$

## D. 6. 3. 2 分辨力引入的标准不确定度

被测电能表分辨力为 0.001，则区间半宽为 0.0005，按均匀分布计算， $k=\sqrt{3}$ ， $u_2=0.0005/\sqrt{3}=0.000289$ 。

因为重复性引入的不确定度小于分辨力引入的不确定度，所以采用分辨力引入的不



确定度分量。

#### A. 6. 3. 3 装置功率因数误差引入的标准不确定度

装置经检定合格，功率因数 0.5（220V；1.5A； $\cos\varphi=0.5$ ）点，功率因数最大允许误差为 $\pm 0.0005$ ，按均匀分布计算， $k=\sqrt{3}$ ， $u_2=0.0005/\sqrt{3}=0.000289$

#### A. 6. 4 不确定度分量一览表

不确定度分量见表 A. 6

表 A. 6 功率因数示值误差标准不确定度分量一览表

不确定度来源	不确定度分量 $u_i$
分辨力	0.000289
装置误差	0.000289

#### A. 6. 5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.000409$$

#### A. 6. 6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，功率因数 0.5 点，测量结果的扩展不确定度  $U=k \cdot u_c=0.001$ ， $k=2$ 。

## 附录 B

## 导轨式交流电能表校准原始记录格式

## 单相或三相导轨式交流电能表 原始记录

送校单位					记录编号	
样品	名称			型号规格	测量范围	
	制造厂			出厂编号	准确度等级	
标准器	名称	型号规格	出厂编号	证书编号	准确度等级	证书有效期
技术依据				温度:	℃	
校准地点				相对湿度:	%	

校准结果:

1. 外观及通电检查:								
2. 交流电压试验:								
3. 潜动试验:								
4. 起动试验:								
5. 仪表常数试验:								
6. 误差校准:								
(1) 交流电压								
A 相			B 相			C 相		
标准值	示值	测量不确定度	标准值	示值	测量不确定度	标准值	示值	测量不确定度
(2) 交流电流								
A 相			B 相			C 相		
标准值	示值	测量不确定度	标准值	示值	测量不确定度	标准值	示值	测量不确定度

(3) 交流功率									
电压	电流	功率因数	标准值	示值				测量不确定度	
				A相	B相	C相	$\Sigma$		
(4) 频率									
测试电压			标准值	示值			测量不确定度		
(5) 功率因数									
电压	电流	功率因数	标准值	示值				测量不确定度	
				A相	B相	C相	$\Sigma$		
(6) 电能 <input type="checkbox"/> 单相/ <input type="checkbox"/> 三相平衡负载时误差:									
电压量程	电流量程	功率因数	负载电流	基本误差 (%)	测量不确定度				
		1.0							
		0.5L							
		0.8C							
不平衡负载时误差:									
电压量程	电流量程	功率因数	负载电流	基本误差 (%)					
				A相	测量不确定度	B相	测量不确定度	C相	测量不确定度
		1.0							
		0.5L							

## 附录 C

## 导轨式交流电能表校准证书（内页）格式

校准所使用主要计量标准器具			
名称	测量范围	不确定度/或准确度等级/或 最大允许误差	证书编号
校准地点			
环境条件	温度:            ℃	相对湿度:            %	其他:
校准依据(代号、名称)			

校准数据/结果:

一、外观及通电检查: \_\_\_\_\_;

二、交流电压试验: \_\_\_\_\_;

三、潜动试验: \_\_\_\_\_;

四、起动试验: \_\_\_\_\_;

五、仪表常数试验: \_\_\_\_\_;

六、误差校准:

1. 交流电压:

A 相			B 相			C 相		
标准值	示值	测量不 确定度	标准值	示值	测量不 确定度	标准 值	示值	测量不 确定度

2. 交流电流:

A 相			B 相			C 相		
标准值	示值	测量不 确定度	标准值	示值	测量不 确定度	标准 值	示值	测量不 确定度

3. 交流功率:

电压	电流	功率因 数	标准值	示值				测量不 确定度
				A 相	B 相	C 相	$\Sigma$	

## 4. 频率:

测试电压	标准值	示值	测量不确定度

## 5. 功率因数:

电压	电流	功率因数	标准值	示值				测量不确定度
				A相	B相	C相	$\Sigma$	

## 6. 电能:

单相/三相平衡负载时误差:

电压量程	电流量程	功率因数	负载电流	基本误差 (%)	测量不确定度
		1.0			
		0.5L			
		0.8C			

不平衡负载时误差:

电压量程	电流量程	功率因数	负载电流	基本误差 (%)					
				A相	测量不确定度	B相	测量不确定度	C相	测量不确定度
		1.0							
		0.5L							

