

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

钳形相位伏安表校准规范

Calibration Specification for  
Clamp Phase Volt-Ampere Meter

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

# 钳形相位伏安表校准规范

Calibration Specification for

Clamp Phase Volt-Ampere Meter

JJF XXXX-XXXX

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：新疆维吾尔自治区计量测试研究院

参加起草单位：广州计量检测技术研究院

广东省计量科学研究院

湖南省计量检测研究院

天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托全国电磁计量技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

参加起草人：

# 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
5 校准条件	2
5.1 环境条件	2
5.2 测量标准及其他设备	2
6 校准项目和校准方法	2
6.1 校准项目	2
6.2 校准方法	3
7 校准结果表达	6
8 复校时间间隔	7
附录 A 钳形相位伏安表原始记录格式	8
附录 B 校准证书内页格式	9
附录 C 钳形相位伏安表测量不确定度评定示例	10

# 引 言

本规范以 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》编制。

本规范是首次制定的国家计量技术规范。

# 钳形相位伏安表校准规范

## 1 范围

本规范适用于工频交流电压（0.1~500）V，交流电流 0.1mA~100A，相位（0~359.9）°钳形相位伏安表计量性能的校准，其他相位伏安测量仪的校准可以参照本规范

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1075-2015 钳形电流表校准规范

JJF1491-2014 数字式交流电参数测量仪校准规范

JJF1587-2016 数字多用表校准规范

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

钳形相位伏安表是专为现场测量电压、电流及相位的测量仪表。它的特点是在不断开回路的情况下，可以通过电压端子测量电压，采用钳形电流互感器转换方式测量电流和相位。钳形相位伏安表的原理框图如图 1，它主要由钳形电流互感器、电压传感器、信号调制器、A/D 转换器、控制单元、通讯单元和显示器组成。

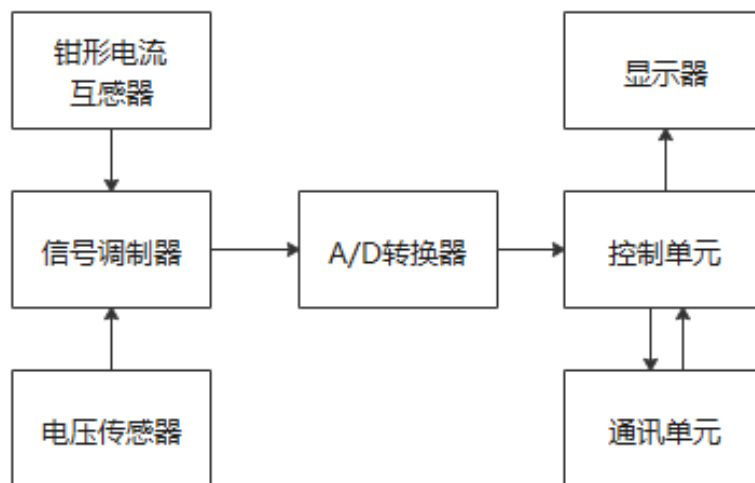


图 1 钳形相位伏安表原理框图

## 4 计量特性

钳形相位伏安表的计量特性见表 1

表 1 测量范围和最大允许误差

功能	测量范围	最大允许误差
交流电压	100mV~500V	±0.2% 及以下
交流电流	10mA ~100A	±0.2% 及以下
相位	0°~360°	±1.0° 及以下

注：以上指标不是用于合格性判定，仅供参考。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

环境温度：(20±5)℃；

环境湿度：≤75%RH；

无强电磁场干扰、无震动；

供电电源：电压(220±22)V，频率(50±0.5)Hz。

### 5.2 测量标准及其他设备

标准装置的扩展不确定度应小于被校相位伏安表最大允许误差绝对值的 1/3，标准装置的功能和范围应覆盖钳形相位伏安表各功能的测量范围。校准参数及测量标准装置参见表 2。

表 2 校准参数及测量标准装置

校准参数	标准源法	标准表法
交流电压示值误差	标准电压源	交流稳压电源、标准电压表
交流电流示值误差	标准电流源	交流稳流电源、标准电流表
相位示值误差	标准相位源	相位源、标准相位表

注：除上表规定的标准设备外，也可使用其他符合上述要求的计量器具作为标准设备。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

钳形相位伏安表校准项目见表 3。

表 3 校准项目

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	交流电压	4	6.2.2
2	交流电流	4	6.2.3
3	相位	4	6.2.4

## 6.2 校准方法

### 6.2.1 校准前检查

被校准的仪表通电后应清晰显示所测数据，钳口端面应整洁并保证接触完好，不应有可以引起测量错误和影响准确度的缺陷。按照说明书的要求进行预热并工作正常。

### 6.2.2 交流电压

通常选取 50Hz 作为校准频率点，基本量程选取 3~5 个校准点，准确度最高的量程之一为基本量程。非基本量程各选取至少 2~3 个校准点。校准点应覆盖各量程值的 10%点和量程值（接近量程值）点。

#### 6.2.2.1 标准源法

a) 在 5.1 环境的条件下，接线图如图 2 所示的电压部分。

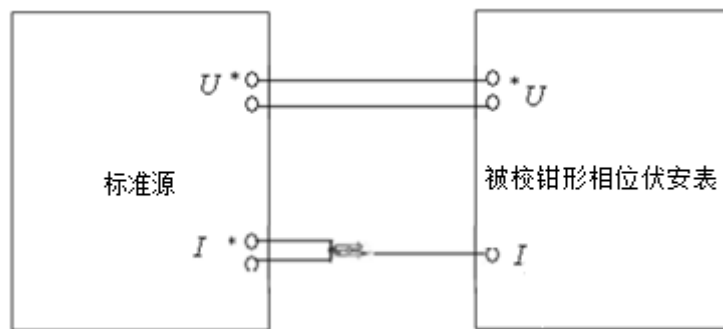


图 2 标准源法接线图

注：图中“\*”为同名端。

调节标准源的交流电压输出校准点，标准电压的显示值为  $U_n$ ，被校钳形相位伏安表显示值为  $U_x$ ，则被校钳形相位伏安表示值误差  $\Delta$  为：

$$\Delta = U_x - U_n \quad (1)$$

相对误差  $\gamma$  为：

$$\gamma = \frac{U_x - U_n}{U_N} \times 100\% \quad (2)$$

式中：  $\Delta$ ——相位伏安表的示值误差，V；

$\gamma$ ——相位伏安表的相对误差，%。

$U_x$ ——相位伏安表显示值，V；

$U_n$ ——标准源的输出实际值，V。



## 6.2.2.2 标准表法

a) 在 5.1 环境的条件下，接线图如图 3 所示的电压部分。

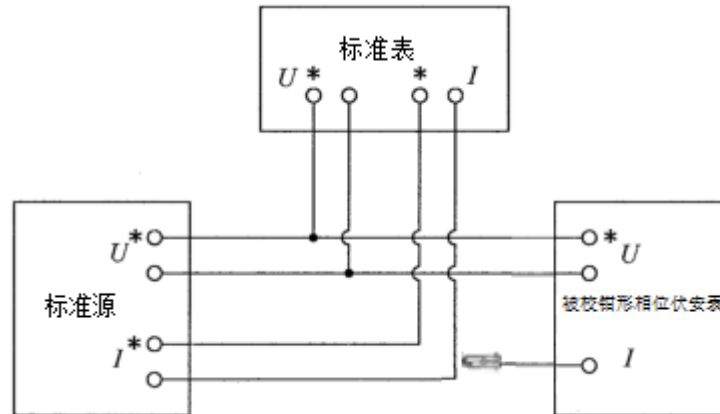


图 3 标准表法接线图

注：图中“\*”为同名端。

b) 调节标准源的交流电压输出校准点，标准表的显示值为  $U_n$ ，被校钳形相位伏安表显示值为  $U_x$ ，则被校钳形相位伏安表的示值误差按式 (1) 计算，相对误差按式 (2) 计算。

## 6.2.3 交流电流

通常选取 50Hz 作为校准频率点，基本量程选取 3~5 个校准点，准确度最高的量程之一为基本量程。非基本量程各选取至少 2~3 个校准点。校准点应覆盖各量程值的 10%点和量程值（接近量程值）点。测量时，除被测导线外，其他所有载流导体与被校表之间的距离应大于 0.5m（包括被测带线弯曲部分），电流钳夹线的方向与流过的电流方向一致。

## 6.2.3.1 标准源法

a) 在 5.1 环境的条件下，接线图如图 2 所示的电流部分。

调节标准源的交流电流输出校准点，标准源交流电流的显示值为  $I_n$ ，被校钳形相位伏安表显示值为  $I_x$ ，则被校钳形相位伏安表示值误差  $\Delta$  为：

$$\Delta = I_x - I_n \quad (3)$$

相对误差  $\gamma$  为：

$$\gamma = \frac{I_x - I_n}{I_n} \times 100\% \quad (4)$$

式中：  $\Delta$ ——相位伏安表的示值误差，A；

$\gamma$ ——相位伏安表的相对误差, %;

$I_x$ ——相位伏安表显示值, A;

$I_n$ ——标准源的输出实际值, A。

### 6.2.3.2 标准表法

a) 在 5.1 环境的条件下, 接线图如图 3 所示的电流部分。

b) 调节标准源的交流电流输出校准点, 标准表的显示值为  $I_n$ , 被校钳形相位伏安表显示值为  $I_x$ , 则被校钳形相位伏安表的示值误差按式 (3) 计算, 相对误差按式 (4) 计算。

### 6.2.4 相位

相位校准点一般选择频率为 50Hz、电压为 220V、电流为 1A 条件下, 测量时, 除被测导线外, 其他所有载流导体与被校表之间的距离应大于 0.5m (包括被测带线弯曲部分), 考虑标准器输出稳定性以及被检功能测量稳定性, 标准装置仅输出校准相, 其他相不输出。校准点见表 4。

表 4 相位校准点

被校仪表	校准点	校准点
单钳相位伏安表	UI	0°、60°、300°
双钳相位伏安表	$U_1I_2$ 、 $I_1U_2$ 、 $U_1U_2$ 、 $I_1I_2$	
三相相位伏安表	$U_1I_1$ 、 $U_2I_2$ 、 $U_3I_3$	120°
	$U_1U_2$ 、 $U_1U_3$ 、 $U_2U_3$ 、 $I_1I_2$ 、 $I_1I_3$ 、 $I_2I_3$	

#### 6.2.4.1 标准源法

a) 在 5.1 环境的条件下, 接线图如图 2 所示。

调节标准源的相位输出校准点, 标准源相位的显示值为  $\varphi_n$ , 被校钳形相位伏安表显示值为  $\varphi_x$ , 则被校钳形相位伏安表示值误差  $\Delta$  为:

$$\Delta = \varphi_x - \varphi_n \quad (5)$$

相对误差  $\gamma$  为:

$$\gamma = \frac{\varphi_x - \varphi_n}{\varphi_n} \times 100\% \quad (6)$$

式中： $\Delta$ ——相位伏安表的示值误差，°；

$\gamma$ ——相位伏安表的相对误差，%；

$\varphi_x$ ——相位伏安表显示值，°；

$\varphi_n$ ——标准源的输出实际值，°。

#### 6.2.4.2 标准表法

a) 在 5.1 环境的条件下，接线图如图 3 所示。

b) 调节标准源的相位输出校准点，标准表的显示值为  $\varphi_n$ ，被校钳形相位伏安表显示值为  $\varphi_x$ ，则被校钳形相位伏安表的示值误差按式 (5) 计算，相对误差按式 (6) 计算。

## 7 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反映，校准证书（报告）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（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) 对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；
- 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，不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录 A，校准证书（报告）内页格式见附录 B，不确定度评定示例见附录 B。

## 8 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过 1 年。送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A 钳形相位伏安表原始记录格式

委托单位\_\_\_\_\_

仪器名称\_\_\_\_\_ 型号\_\_\_\_\_ 出厂编号\_\_\_\_\_

准确度等级\_\_\_\_\_ 测量范围\_\_\_\_\_

生产厂家\_\_\_\_\_ 校准依据:\_\_\_\_\_

标准用主要计量标准器具:\_\_\_\_\_ 型号/规格:\_\_\_\_\_ 编号\_\_\_\_\_

测量范围:\_\_\_\_\_ 准确度等级:\_\_\_\_\_ 证书编号\_\_\_\_\_

有效日期\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日 温度\_\_\_\_\_℃ 湿度\_\_\_\_\_ %RH

校准日期\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日 校准员\_\_\_\_\_ 核验员\_\_\_\_\_ 地点:\_\_\_\_\_

## 一、交流电压测量(单位: V)

量程	标准值	显示值		测量不确定度
		$U_1$	$U_2$	

## 二、交流电流测量(单位: A)

量程	标准值	显示值		测量不确定度
		$I_1$	$I_2$	

## 三、输入相间角测量(单位:°)

标准值				
显示值				
测量不确定度				

## 附录 B 校准证书内页格式

## 一 交流电压测量(单位: V)

量程	标准值	显示值		测量不确定度
		$U_1$	$U_2$	

## 二 交流电流测量 ACI (单位: A)

量程	标准值	显示值		测量不确定度
		$I_1$	$I_2$	

## 三、输入相角测量(单位:°)

标准值				
显示值				
测量不确定度				

## 附录 C 钳形相位伏安表测量不确定度评定示例

### 钳形相位伏安表测量不确定度评定

#### C.1 概述

C.1.1 环境条件：(20±5)℃；环境湿度：(45~75)%RH；

C.1.2 测量标准：多功能电测仪表检定装置；量程：交流电压(0.1~700)V，交流电流(10mA~30)A，相位(0~360)°；最大允许误差：±0.05%。

C.1.3 被校对象：钳形相位伏安表

C.1.4 测量过程：采用比较法测量被校钳形相位伏安表的示值误差。将可调标准源与被校钳形相位伏安表直接连接，由可调标准源输出电压值给被检测量仪，在钳形相位伏安表上读得相应的读数，与标准源输出示值相减，其差值即为钳形相位伏安表的示值误差。

C.1.5 评定结果的使用：符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

#### C.2 建立测量模型

C.2.1 测量模型  $\Delta_1 = A_x - A_n$

式中： $\Delta_1$ ——相位伏安表的示值误差，V或A、°；

$A_x$ ——相位伏安表显示值，V或A、°；

$A_n$ ——标准源的输出实际值，V或A、°。

C.2.2 灵敏系数：

测量模型  $\Delta_1 = A_x - A_n$

$$\text{灵敏系数 } C_1 = \frac{\partial \Delta_1}{\partial A_x} = 1 \quad C_2 = \frac{\partial \Delta_1}{\partial A_n} = -1$$

C.2.3 传播律：因各输入量彼此独立不相关，所以

$$u_c^2 = c_1^2 u_1^2(A_x) + c_2^2 u_2^2(A_n)$$

#### C.3 输入量的标准不确定度评定及其相应自由度

C.3.1 输入量 $A_x$ 的标准不确定度 $u(A_x)$ 的评定：

输入量 $A_x$ 的标准不确定度 $u(A_x)$ 的来源主要是由被校相位伏安表的测量重复性 $u(A_{x1})$ 以及被校仪器分辨力引起的不确定度分量 $u(A_{x2})$ 。

不确定度分项 $u(A_{x1})$ 采用 A 类方法评定。选择交流电压  $U_1$  为 100V，交流电流  $I_1$  为 1A，相位  $U_1I_160^\circ$  校准点，在相同温湿度，各参数重复性条件下连续独立测量 10 次，测量数据见表 C.1

表 C.1 测量重复性及其引入的标准不确定度分量

测量次数 $n$	$U_1100V$ 测量结果 (单位: V)	$I_11A$ 测量结果 (单位: A)	$U_1I_160^\circ$ 测量结果 (单位: $^\circ$ )
1	100.1	1.001	60.1
2	100.0	1.000	60.2
3	100.0	1.000	60.0
4	100.1	1.001	60.0
5	100.1	1.000	60.1
6	100.0	1.000	60.2
7	100.0	1.001	60.0
8	100.1	1.000	60.0
9	100.0	1.001	60.1
10	100.0	1.000	60.1
标准偏差 $s(x_i)$	0.05164	0.000516	0.078881
$u(A_{x1})$	0.05164	0.000516	0.078881

根据贝塞尔公式计算出标准偏差 $s$ ：

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}$$

由于在实际工作中取单次测量结果作为最终结果，故标准不确定度分量

$$u(A_{x1}) = s(x_i)$$

不确定度分量 $u(A_{x2})$ 采用 B 类方法评定，钳形相位伏安表在 100V 量程下的分辨力为 0.1V，1A 量程下分辨力为 0.001A， $60^\circ$  分辨力为  $0.1^\circ$ ，则相应区间半宽及不确定度分量见表 C.2，其概率分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u(A_{x2}) = \frac{a}{k}$$



表 C.2 分辨力引入的不确定度分量

参数	U <sub>1</sub> 100V 校准点 (单位: V)	I <sub>1</sub> 1A 校准点 (单位: A)	U <sub>1</sub> I <sub>1</sub> 60° 校准点 (单位: °)
分辨力	0.1	0.001	0.1
区间半宽	0.05	0.0005	0.05
$u(A_{x2})$	0.0289	0.000289	0.0289

为了避免重复,由钳形相位伏安表引入的不确定度分量 $u(A_x)$ 选择 $u(A_{x1})$ 和 $u(A_{x2})$ 两值较大者,见表 C.4

### C.3.2 输入量 $A_n$ 的标准不确定度 $u(A_n)$ 的评定

输入量 $A_n$ 的不确定度来源主要是由标准源不准引起的不确定度,采用 B 类方法进行评定。标准源制造厂说明书给出其交流电压最大允许误差  $MPE=\pm 0.05\%$ 。测量 100V 时  $MPE=\pm (0.05\% \times 100) V=\pm 0.05V$ , 区间半宽为 0.05V, 交流电流 1A 最大允许误差  $MPE=\pm (0.05\% \times 1) A=\pm 0.0005A$ , 区间半宽为 0.0005A, 相位最大允许误差  $MPE=\pm 0.1^\circ$ 。区间半宽为  $0.1^\circ$ , 其概率分布为均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$ , 标准不确定度 $u(A_n)$ 见表 C.3

$$u(A_n) = \frac{a}{k}$$

表 C.3 标准源引入的不确定度分量 $u(A_n)$ 

参数	U <sub>1</sub> 100V 校准点 (单位: V)	I <sub>1</sub> 1A 校准点 (单位: A)	U <sub>1</sub> I <sub>1</sub> 60° 校准点 (单位: °)
区间半宽 $a$	0.05	0.0005	0.1
$u(A_n)$	0.0289	0.000289	0.058

### C.4 标准不确定度汇总

表 C.4 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u(X_i)$	不确定度来源	$U_1100V$ (单位: V)	$I_11A$ (单位: A)	$U_1I_160^\circ$ (单位: °)	概率分布	$C_i$
$u(A_{x1})$	测量重复性	0.05164	0.000516	0.078881	正态	1
$u(A_{x2})$	分辨力	0.0289	0.0000289	0.0289	均匀	1
$u(A_n)$	标准器	0.0289	0.000289	0.058	均匀	-1

注: 测量重复性带来的不确定度较大, 所以选择测量重复性引入的不确定度作为被校仪器引入的不确定度分量。

### C.5 合成标准不确定度的评定

由 C.2.3 条可得到

$$u_c = \sqrt{u^2(A_x) + u^2(A_n)}$$

### C.6 扩展不确定度的评定

取  $k=2$ , 则,  $U = ku_c$ , 各校准点的扩展不确定度见表 C.5。

表 C.5 扩展不确定度

校准点	合成标准不确定度 $u_c$	包含因子 $k$	扩展不确定度 $U$
$U_1 100V$	0.0592V	2	0.1V
$I_1 1A$	0.00059A	2	0.001A
$U_1I_1 60^\circ$	0.098°	2	0.2°

# 国家计量校准规范

## 钳形相位伏安表校准规范

JJF××××—××××

国家市场监督管理总局发布