

**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF XXXX－20XX

光伏系统效率测试仪校准规范

Calibration Specification for Photovoltaic System Efficiency Tester

(征求意见稿)

XXXX－XX－XX发布XXXX－XX－XX实施

**国家市场监督管理总局** 发 布

光伏系统效率测试仪

JJF XXXX-20XX

校准规范

Calibration Specification for

Photovoltaic System Efficiency Tester

归 口 单 位：全国光伏专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：台州市计量技术研究院

福建省计量科学研究院

参加起草单位：国网台州供电公司

本规范委托全国光伏专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

XXX（XXX）

XXX（XXX）

XXX（XXX）

参加起草人：

XXX（XXX）

XXX（XXX）

XXX（XXX）

XXX（XXX）

目 录

[引 言 II](#_Toc147911720)

[1 范围 1](#_Toc147911721)

[2 引用文件 1](#_Toc147911722)

[3 术语 1](#_Toc147911723)

[4 概述 1](#_Toc147911724)

[5 计量特性 2](#_Toc147911725)

[6 校准条件 3](#_Toc147911726)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc147911727)

[8 校准结果表达 13](#_Toc147911728)

[9 复校时间间隙 14](#_Toc147911729)

附录A [光伏系统效率测试仪校准记录参考格式 15](#_Toc147911731)

附录B [校准证书内页参考格式 18](#_Toc147911733)

[附录C 辐照度示值误差（修正因子）测量结果不确定度评定示例（室内法） 20](#_Toc147911734)

[附录D辐照度示值误差测量结果不确定度评定示例（户外法） 23](#_Toc147911736)

[附录E电参数示值误差测量结果不确定度评定示例 26](#_Toc147911738)

附录F [光伏面板温度示值误差测量结果的不确定度评定 33](#_Toc147911741)

# 引 言

本规范依据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》编制。

本规范为首次制定。

光伏系统效率测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于光伏系统效率测试仪或具有类似功能仪器的计量性能的校准。

2 引用文件

JJG 458-1996总辐射表

JJF 1075-2015钳形电流表校准规范

JJF 1409-2013表面温度计校准规范

JJF 1491-2014数字式交流电参数测量仪校准规范

JJF 1587-2016数字多用表校准规范

GB/T 39857-2021 光伏发电效率技术规范

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 术语

JJF 1001-2011和上述引用文件界定的以及以下术语和定义适用于本规范。

本规范使用下列术语。

3.1辐照度

入射于水平表面单位面积上的太阳辐射通量。

4 概述

光伏系统效率测试仪（以下简称“效率测试仪”）主要由主机，交直流电流传感器、辐照度计、光伏组件背板温度传感器、环境温度传感器组成，用于进行光伏系统效率测试和逆变器效率测试，工作原理如图1。



1光伏组件温度传感器 2 环境温度传感器 3 辐照度计 4 光伏组件 5 直流电流钳 6交流电流钳

图1 光伏系统效率测试仪工作原理图

5 计量特性

5.1 辐照度示值误差（修正因子）

5.2 光伏系统电参数示值误差

光伏系统电参数包括交流电压、交流电流、交流功率、直流电压、直流电流和直流功率，以上参数的示值误差均用公式(1)表示，相对示值误差均用公式(2)表示。

 (1)

式中：

-----示值误差；

-----被校效率测试仪显示值；

-----对应输入量的参考值(标准值)。

 (2)

式中：

-----相对示值误差。

5.3 环境温度示值误差

5.4 光伏面板温度示值误差

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1辐照度计的校准应满足以下条件。

6.1.1.1辐照度示值误差校准可以在户外太阳辐照条件下进行，也可以在室内人工太阳模拟光源条件下进行。校准前，辐照度计等温时间1小时以上。

6.1.1.2室内条件

a) 室内校准设备应安装在暗室中；

b) 室温（23±3）℃，相对湿度≤80% RH。

6.1.1.3户外条件

a) 天空晴朗，四周空旷，太阳辐照度稳定，辐照度测试仪感应面上没有任何遮挡物；总辐照度（直接辐照度、天空辐照度和地面反射辐照度之和）不小于500 W•m–2，散射辐照度不大于总辐照度的25%；太阳高度角大于30°；

b) 空气温度（20±15）℃，风速≤5m/s，相对湿度≤80% RH。

6.1.2校准电参数部分和温度部分应满足以下条件：环境温度：(20±5)℃，相对湿度：(55±20)%。在校准过程中，环境温度波动不应超过0.5℃，周围环境应无强振动和强电磁干扰存在。

6.2 测量设备及其他设备

测量设备的扩展不确定度(*k*=2)应不大于被校对象相应参数最大允许误差绝对值的1/3，测量范围应覆盖被校对象各功能的测量范围。推荐选择以下测量设备，如表2所示。

表2 测量设备

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 测量设备名称 | 技术要求 | 备注 |
| 1 | 标准辐照度测试仪 | *U*=0.60 mA (*k*=2) |  |
| 3 | 太阳模拟器 | 采用3A级稳态太阳模拟器 |  |
| 4 | 数字多用表 | 0.05级及以上等级 |  |
| 5 | 标准功率源 | 0.05级及以上等级 |  |
| 6 | 标准铂电阻温度计及电测设备 | 二等及以上等级的标准铂电阻温度计  0.02级及以上的电测设备 | 也可使用标准水银温度计等满足要求的其他测量标准 |
| 7 | 水三相点瓶及保存装置 | —— | 水三相点瓶的制备及使用方法见JJG161-2010的附录E |
| 8 | 恒温设备 | 工作区最大温差不超过0.01℃  工作区温度波动性不超过0.04℃/10min |  |
| 9 | 铂电阻温度计及其配套测量仪 | 外径与温度源测温孔的内径的差最大为0.5mm，扩展不确定度应小于被校表面温度计最大允许误差的1/10。 | 配表面温度源使用 |
| 10 | 表面温度源 | 工作区温度均匀性≤0.5℃；稳定性≤0.4℃/10min |  |

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准方法对应条款 |
| 1 | 辐照度示值误差(修正因子) | 7.2.2 |
| 2 | 交流电压示值误差 | 7.2.3 |
| 3 | 交流电流示值误差 | 7.2.4 |
| 4 | 交流功率示值误差 | 7.2.5 |
| 5 | 直流电压示值误差 | 7.2.6 |
| 6 | 直流电流示值误差 | 7.2.7 |
| 7 | 直流功率示值误差 | 7.2.8 |
| 8 | 环境温度示值误差 | 7.2.9 |
| 9 | 光伏面板温度示值误差 | 7.2.10 |
| 10 | 效率示值误差(修正因子) | 7.2.11 |
| 注：可根据实际应用需要，选择要校准的计量特性项目。 | | |

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

7.2.1.1 被校效率测试仪在通电状态下,数字显示应笔划齐全,亮度均匀，小数点、符号和状态（正常，故障等）显示应正确。

7.2.1.2 被校效率测试仪的结构应完整可靠,表面不应有裂痕或明显的斑痕。

7.2.1.3 各部件开关、操作键应灵活可靠，零部件应紧固无松动。

7.2.1.4 各种传感器应正常工作，引线应连接良好,传感器外套管应密封平直,不应有明显的弯曲现象。

7.2.2辐照度示值误差（修正因子）（室内法）

7.2.2.1校准程序

a) 校准前，效率测试仪应置于校准环境中，等温时间至少1h。

b) 打开测试仪表及太阳模拟器，暖灯至少0.5h至光源稳定。

c) 将标准辐照度测试仪的光照面垂直于入射光放置在太阳模拟器底下，调整太阳模拟器的光源强度，使标准辐照度测试仪获得1000 W·m-2的标准辐照度值，记录10次读数，取其平均值作为标准辐照度值。

d) 取下标准辐照度测试仪，将被校准效率测试仪的辐照度计放上测试平台，放置的位置和测试面高度与标准辐照度测试仪保持一致。记录10次读数，取其平均值作为被校准效率测试仪的辐照度示值。

e) 按照b)～c)步骤，根据实际需要测试不同档位下的辐照度值。

7.2.2.2数据处理

按公式（3）和（4）分别计算室内条件下的辐照度示值误差和修正因子：

** (3)

** (4)

式中：**：被校准效率测试仪的辐照度示值误差，%，i代表不同档位；

** ：修正因子，无量纲，i代表不同档位；

：被校准效率测试仪的辐照度示值，W·m-2，i代表不同档位；

：标准辐照度测试仪测得的辐照度值，W·m-2，i代表不同档位。

7.2.3辐照度示值误差（修正因子）（户外法）

7.2.3.1校准程序

校准期间，应避免人员靠近或遮挡，以减少对校准结果造成影响。校准程序如下：

a) 打开被校准辐照度测试仪的主机，暖机20min。

b) 将标准辐照度测试仪和被校准效率测试仪的辐照度计同时放在太阳跟踪仪平台上，两者的水平及测试面保持同一高度。

c) 测试仪表要做好合适的防晒及温控措施，防止户外高温曝晒引起测量结果偏差。

d) 校准时，采样时间间隔介于（2～6）min，测量时间为（1～3）h，同时记录被校准效率测试仪和标准辐照度测试仪测得的辐照度数值各30组，取其平均值和分别作为被校准效率测试仪的辐照度示值和标准辐照度测试仪测得的辐照度值。

7.2.3.2数据处理

按公式（5）和（6）分别计算户外条件下的辐照度示值误差或修正因子：

(5)

= (6)

式中：：被校准效率测试仪的辐照度示值误差，%；

：修正因子，无量纲；

：被校准效率测试仪的辐照度示值，W·m-2；

：标准辐照度测试仪测得的辐照度值，W·m-2。

7.2.3交流电压示值误差

通常选取50Hz作为校准频率点，在测量范围内均匀选取不小于5个电压校准点，校准点应包含220V和380V点，对效率测试仪的三相电压示值误差进行校准。

7.2.3.1 标准源法

a)接线如图2所示的电压部分

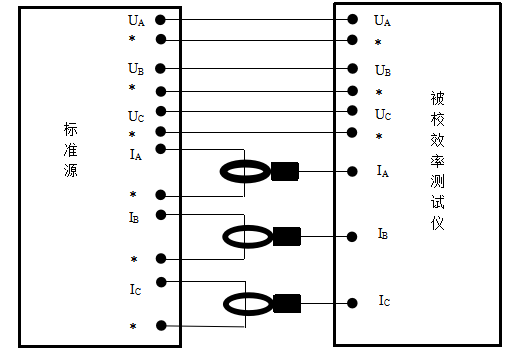


图2 标准源法接线图(交流)

注：图中\*为同名端。

b)调节标准源电压输出至校准点,记录被校效率测试仪电压显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪电压的示值误差和相对示值误差。

7.2.3.2 标准表法

a)接线如图3所示的电压部分

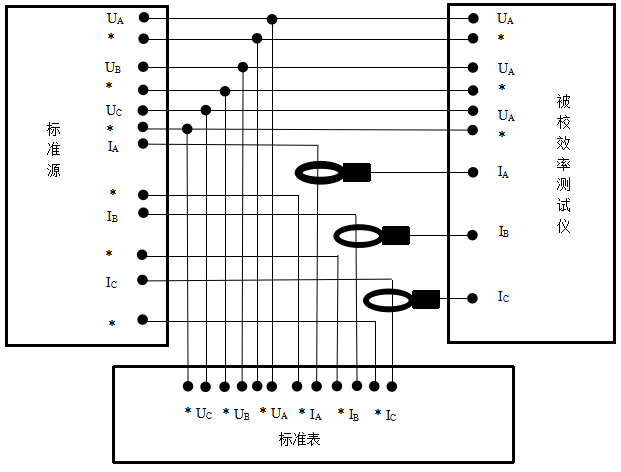


图3 标准表法接线图(交流)

注：图中\*为同名端。

b)调节交流电源的电压至校准点，记录标准电压表的标准值和被校效率测试仪电压显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪交流电压的示值误差和相对示值误差。

7.2.4 交流电流示值误差

通常选取50Hz作为校准频率点，在测量范围内均匀选取不小于5个电流校准点，对效率测试仪的三相交流电流示值误差进行校准。

7.2.4.1 标准源法

a)接线如图2所示的电流部分

b)调节标准源电流输出至校准点,记录被校效率测试仪电流显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪交流电流的示值误差和相对示值误差。

7.2.4.2 标准表法

a)接线如图3所示的电流部分

b)调节交流电源的电流至校准点，记录标准电流表的标准值和被校效率测试仪电流显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪交流电流的示值误差和相对示值误差。

7.2.5交流功率示值误差

通常选取50Hz作为校准频率点，电压选择常用点220V或380V作为基本量程，在电压基本量程下，电流在测量范围内均匀选取不小于5个点进行功率示值误差的校准。功率因数选择1.0、0.5C(容性)、0.5L(感性)3个值，其中0.5C、0.5L的功率因数仅在电流量程的额定电流点进行校准。

7.2.5.1 标准源法

a)接线如图2所示

b)调节标准源的输出电压至额定值，设置功率因数,调节标准源的输出电流使输出功率至校准点，记录被校效率测试仪功率显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪交流功率的示值误差和相对示值误差。

7.2.5.2 标准表法

a)接线如图3所示

b)调节交流电源的输出电压使标准功率表电压显示为额定值，并设置功率因数,调节交流电源的输出电流，使功率输出至校准点，记录标准功率表的功率标准值和被校效率测试仪功率显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪交流功率的示值误差和相对示值误差。

7.2.6 直流电压

在测量范围内均匀选取不小于5个电压校准点，对效率测试仪的各路电压示值误差进行校准。

7.2.6.1 标准源法

a)接线如图4所示的电压部分

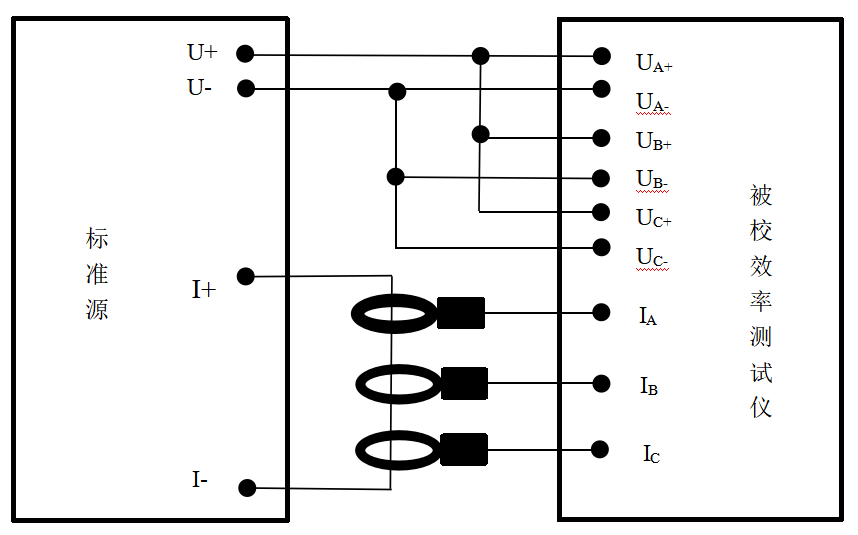


图4 标准源法接线图(直流)

b)记录被校效率测试仪电压显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪电压的示值误差和相对示值误差。

7.2.6.2 标准表法

a)接线如图4所示的电压部分

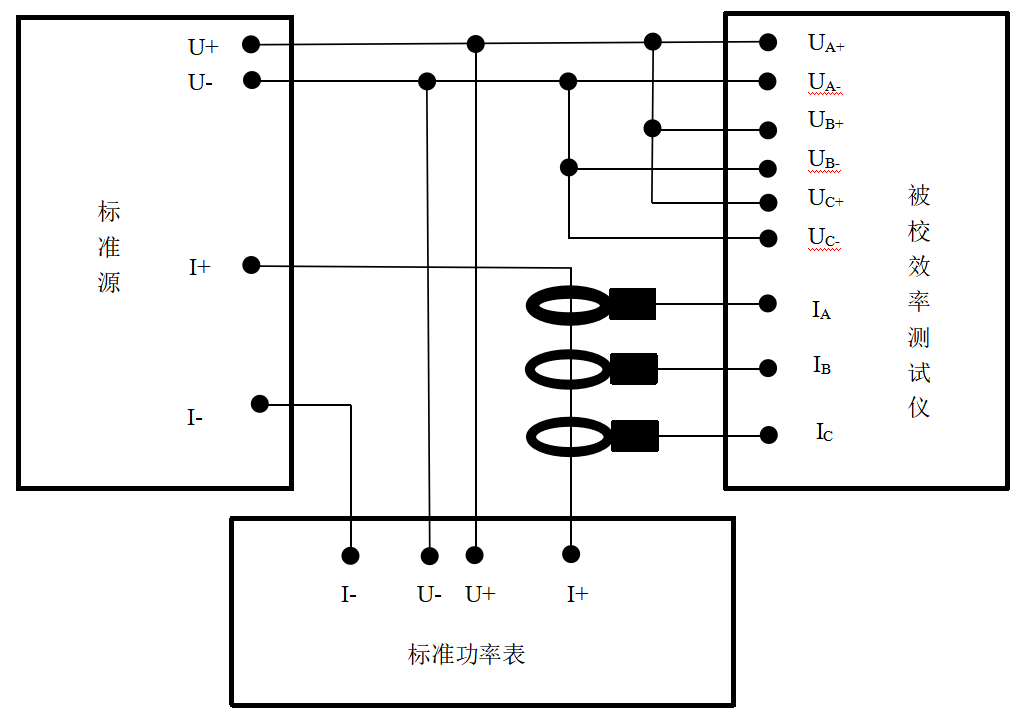


图5 标准源法接线图(直流)

b)调节直流电源的电压至校准点，记录标准电压表的标准值和被校效率测试仪电压显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪电压的示值误差和相对示值误差。

7.2.7 直流电流示值误差

在测量范围内均匀选取不小于5个电流校准点，对效率测试仪的各路电流示值误差进行校准。

7.2.7.1 标准源法

a)接线如图4所示的电流部分

b)调节标准源电流输出至校准点,记录被校效率测试仪电流显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪直流电流的示值误差和相对示值误差。

7.2.7.2 标准表法

a)接线如图5所示的电流部分

b)调节直流电源的电流至校准点，记录标准电流表的标准值和被校效率测试仪电流显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪直流电流的示值误差和相对示值误差。

7.2.8 直流功率示值误差

通常电压选择常用点300V作为基本量程，在电压基本量程下，电流在测量范围内均匀选取不小于5个点进行功率示值误差的校准。

7.2.8.1 标准源法

a)接线如图4所示

b)调节标准源的输出电压至额定值，调节标准源的输出电流使输出功率至校准点，记录被校效率测试仪功率显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪交流功率的示值误差和相对示值误差。

7.2.8.2 标准表法

a)接线如图5所示

b)调节直流电源的输出电压使标准功率表电压显示为额定值，调节直流电源的输出电流，使功率输出至校准点，记录标准功率表功率标准值和被校效率测试仪功率显示值，按式（1）和式(2)计算被校效率测试仪交流功率的示值误差和相对示值误差。

7.2.9 环境温度示值误差

7.2.9.1 校准点的选择

本次校准主要针对环境温度温度计，校准点应均匀分布在整个测量范围内，一般情况下不得少于3个点，也可根据用户要求选择校准温度点。

7.2.9.2 选择与校准点温度相对应的恒温槽，当恒温槽的温度达到并稳定在校准温度点上时，插入被校温度计的传感器和标准温度计。

7.2.9.3 在被校温度计和标准温度计插入恒温槽至少20min后，按“标准——被校——被校——标准“的顺序分别读取标准温度计和被校温度计的指示值。读数时，恒温槽的温度应控制在偏离校准点温度±0.2℃以内。二等铂电阻温度计插入深度应不小于250mm。

7.2.9.4 在最高校准温度点结束后，应立即测量标准铂电阻温度计在水三相点上的电阻值。

7.2.9.5 数据处理

被校温度计的测量误差公式：

 (9)

 (10)

式中：——在每个校准点，被校温度计的测量误差，℃

——在每个校准点，被校温度计显示值的平均值，℃

——在每个校准点，标准温度计测得值的平均值，℃

——校准点名义温度，℃

——温度时的电阻比；

、——由二等标准铂电阻温度计分度表给出的温度对应的电阻比和电阻比变化率。

7.2.10 光伏面板温度计示值误差

7.2.10.1 光伏面板温度计的感温元件在校准前应进行清洁处理，去掉影响测温准确度的污物。接通温度计电源后，将其在校准环境中放置不少于10min，使其参考端温度与环境温度充分达到热平衡。

7.2.10.2 校准温度点在测量范围内一般情况下不得少于3个点，原则上应包含25℃校准点，其他校准点可根据用户要求选择。

7.2.10.3 将标准器插入温度源外置插孔中，标准器测量端与插孔内测温点处应接触良好，插孔出口缝隙用保温材料堵严，接通温度源电源，调节温度源设定温度，待温度源温度上升且稳定到所需要的校准温度，其偏离不得超过±2℃。将被校光伏面板温度计的感温元件充分、紧密地压在温度源热板工作区的中心位置上。

7.2.10.4 待标准器的测量仪表及光伏面板温度计示值稳定后，记录标准器测量仪表及光伏面板温度计的读数，重复进行三次测量。

7.2.10.5 改变温度源设定温度，重复上述操作，直到所有的温度点均校准完毕。

7.2.10.6 数据处理

被校光伏面板温度计的示值与实际温度的差值为表面温度计的示值误差。在校准过程中，对光伏面板温度计进行3次重复测量，取3次测量的平均值来计算示值误差。

光伏面板温度计示值误差按公式(10)计算：

 （11）

式中：

——光伏面板温度计的示值误差，℃

——光伏面板温度计的示值平均值，℃

——标准器的测量的温度平均值，℃

——标准器的温度修正值，℃

7.2.11 效率示值误差(修正因子)

按照7.2.2条款规定的校准方法使标准辐照度测试仪获得1000 W·m-2的标准辐照度值，在环境温度≤25℃，光伏面板温度≤40℃的条件下得到光伏组件的理论有效功率值(被校效率测试仪中用户输入的标称功率)，按照7.2.5条款和7.2.8条款规定的校准方法以及效率比分别输入标准的交流功率和直流功率，确保＜＜，分别读取三次被校仪器显示的逆变器效率值、面板效率值、光伏系统效率值，取平均值作为实测数据，效率示值误差和修正因子按公式(12)、(13)、(14)、(15)、(16)、(17)计算：

逆变器效率： (12)

** (13)

式中：**：被校准效率测试仪的逆变器效率三次实测平均值；

** ：逆变效率修正因子，无量纲；

面板效率： (14)

** (15)

式中：**：被校准效率测试仪的面板效率三次实测平均值；

** ：面板效率修正因子，无量纲；

系统效率： (16)

** (17)

式中：**：被校准效率测试仪的面板效率三次实测平均值；

** ：系统效率修正因子，无量纲；

8 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) 被校准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，应说明被校准对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 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) 校准证书或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的有效的声明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隙

建议复校间隔时间为一年，使用特别频繁时应适当缩短。在使用过程中经过修理、更换重要器件等的一般需要重新校准。

由于复校时间间隔的长短是由效率测试仪的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定的，因此，用户可根据实际使用情况确定复校时间间隔。

附录 A

光伏系统效率测试仪校准记录参考格式

证书编号： 第 页 共 页

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 委托单位： | 地址： | |
| 仪器名称： | 型号/规格： | |
| 出厂编号： | 制造单位： | |
| 校准地点： | 环境温度： | 相对湿度： |
| 校准依据； | | |

校准用主要计量标准器具：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名 称 | 型号规格/测量范围 | 出厂编号 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 证书编号 | 有效期 |
|  |  |  |  |  |  |

A.1 校准前检查：

A.2 辐照度示值误差

（室内法）：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量次数 | 被校准效率测试仪的辐照度值  （W·m-2） | 标准辐照度测试仪测得的辐照度值  （W·m-2） |
| 1 |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| …… |  |  |
| 示值误差（%） |  | |
| 修正因子 |  | |

（户外法）：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 时间间隔（min） | 被校准效率测试仪的辐照度值（W·m-2） | 标准辐照度测试仪测得的辐照度值  （W·m-2） |
| 0 |  |  |
| 5 |  |  |
| 10 |  |  |
| …… |  |  |
| 示值误差（%） |  | |
| 修正因子 |  | |

A.3 交流电压示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(V) | 被校显示值(V) | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

A.4 交流电流示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(A) | 被校显示值(A) | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

A.4 交流功率示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(W) | 被校显示值(W) | | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 | ∑ |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

A.5 直流电压示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(V) | 被校显示值(V) | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

A.6 直流电流示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(A) | 被校显示值(A) | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

A.7 直流功率示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(W) | 被校显示值(W) | | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 | ∑ |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

A.8 环境温度示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 温度点：  ℃ | 示值读数 | | | 温度点：  ℃ | 示值读数 | | |
| 序号 | 标准值 | 被校值 | 序号 | 标准值 | 被校值 |
| 1 |  |  | 1 |  |  |
| 2 |  |  | 2 |  |  |
| 读数平均值 | |  |  | 读数平均值 | |  |  |
| 被校示值误差 | |  |  | 被校示值误差 | |  |  |
| 不确定度*U*（*k*=2） | |  | | 不确定度*U*（*k*=2） | |  | |
| 温度点：  ℃ | 示值读数/℃ | | | 温度点：  ℃ | 示值读数/℃ | | |
| 序号 | 标准值 | 被校值 | 序号 | 标准值 | 被校值 |
| 1 |  |  | 1 |  |  |
| 2 |  |  | 2 |  |  |
| 读数平均值 | |  |  | 读数平均值 | |  |  |
| 被校示值误差 | |  |  | 被校示值误差 | |  |  |
| 不确定度*U*（*k*=2） | |  | | 不确定度*U*（*k*=2） | |  | |

A.9 光伏面板温度示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 温度点：  ℃ | 示值读数 | | | 温度点：  ℃ | 示值读数 | | |
| 序号 | 标准值 | 被校值 | 序号 | 标准值 | 被校值 |
| 1 |  |  | 1 |  |  |
| 2 |  |  | 2 |  |  |
| 读数平均值 | |  |  | 读数平均值 | |  |  |
| 修正值 | |  |  | 修正值 | |  |  |
| 实际温度 | |  |  | 实际温度 | |  |  |
| 被校示值误差 | |  |  | 被校示值误差 | |  |  |
| 不确定度*U*（*k*=2） | |  | | 不确定度*U*（*k*=2） | |  | |
| 温度点：  ℃ | 示值读数/℃ | | | 温度点：  ℃ | 示值读数/℃ | | |
| 序号 | 标准值 | 被校值 | 序号 | 标准值 | 被校值 |
| 1 |  |  | 1 |  |  |
| 2 |  |  | 2 |  |  |
| 读数平均值 | |  |  | 读数平均值 | |  |  |
| 修正值 | |  |  | 修正值 | |  |  |
| 实际温度 | |  |  | 实际温度 | |  |  |
| 被校示值误差 | |  |  | 被校示值误差 | |  |  |
| 不确定度*U*（*k*=2） | |  | | 不确定度*U*（*k*=2） | |  | |

A.10 效率示值误差(修正因子)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 理论有效功率值 | 直流功率 | 交流功率 | 效率显示值 | | | | 效率平均值 | 示值误差 | 修正因子 |
|  |  |  | 逆变器 |  |  |  |  |  |  |
| 面板 |  |  |  |  |  |  |
| 系统 |  |  |  |  |  |  |

校准员： 核验员： 校准日期：

附录 B

校准证书内页参考格式

B.1 校准前检查：

B.2 辐照度示值误差(修正因子)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 被校准效率测试仪的  辐照度值（W·m-2） | 标准辐照度测试仪测得的  辐照度值（W·m-2） | 示值误差 | 修正因子 | 扩展不确定度 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

B.3 交流电压示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(V) | 被校显示值(V) | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

B.4 交流电流示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(A) | 被校显示值(A) | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

B.4 交流功率示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(W) | 被校显示值(W) | | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 | ∑ |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

B.5 直流电压示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(V) | 被校显示值(V) | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

B.6 直流电流示值误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(A) | 被校显示值(A) | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

B.7 直流功率示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值(W) | 被校显示值(W) | | | | 误差 | 扩展不确定度 |
| A相 | B相 | C相 | ∑ |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

B.8 环境温度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 温度点(℃) | 被校示值误差(℃) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

B.9 光伏面板温度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 温度点(℃) | 被校示值误差(℃) | 扩展不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

B.10 效率示值误差(修正因子)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 效率显示值 | 示值误差 | 修正因子 | 扩展不确定度 |
| 逆变器 |  |  |  |  |
| 面板 |  |  |  |  |
| 系统 |  |  |  |  |

以下空白

附录 C辐照度示值误差测量结果不确定度评定示例（室内法）

辐照度示值误差（修正因子）测量结果不确定度评定示例（室内法）

C.1 测量模型

；= (C-1)

式中：: 被校准辐照度测试仪的辐照度示值误差，%；

：修正因子，无量纲；

：被校准辐照度测试仪的辐照度示值，W·m-2；

：标准辐照度测试仪测得的辐照度值，W·m-2。

C.2 标准不确定度分量的评定

C.2.1标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度u1的评定

通过独立进行的10次辐照度测试仪辐照度测量，得到测量数据如下：

表C1标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引入的不确定度分量

|  |  |
| --- | --- |
| 次数 | 总辐照度(W·m-2) |
| 1 | 1001.2 |
| 2 | 999.4 |
| 3 | 999.3 |
| 4 | 997.8 |
| 5 | 998.1 |
| 6 | 1003.6 |
| 7 | 999.1 |
| 8 | 998.2 |
| 9 | 999.9 |
| 10 | 1001.1 |
| 平均值 | 999.8 |

则单次测量结果的实验标准偏差为：

W·m-2 (C-2)

测量时采用10次测量数值的平均值作为测量结果，因此，由重复性引入的标准不确定度分量*u1*为：

0.563 W·m-2 (C-3)

C.2.2被校准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度的评定

通过独立进行的10次辐照度测试仪辐照度测量，得到测量数据如下：

表C2被校准辐照度测试仪辐照度测量重复性引入的不确定度分量

|  |  |
| --- | --- |
| 次数 | 总辐照度(W·m-2) |
| 1 | 1002.2 |
| 2 | 991.4 |
| 3 | 999.3 |
| 4 | 990.8 |
| 5 | 985.1 |
| 6 | 1003.6 |
| 7 | 991.1 |
| 8 | 993.2 |
| 9 | 999.9 |
| 10 | 1006.1 |
| 平均值 | 996.3 |

则单次测量结果的实验标准偏差为：

W·m-2 (C-4)

测量时采用10次测量数值的平均值作为测量结果，因此，由重复性引入的标准不确定度分量*u2*为：

2.17 W.m-2 (C-5)

C.2.3标准辐照度测试仪溯源引起的不确定度的评定

标准辐照度测试仪辐照度校准结果的扩展不确定度为*U*=0.60 mA (*k*=2)，校准报告的标准电流值为150.5 mA对应的理论标准辐照度值1000 W·m-2。因此*u*3=(0.6 × 1000/150.5) W·m-2 =3.99 W·m-2。

C.2.4太阳模拟器光源光谱失配引起的标准不确定度分量的评定

太阳模拟器光谱辐照度分布也与AM1.5G标准太阳光谱有差异，而辐照度测试仪的电流信号与太阳模拟器光谱失配有一定的关联，光谱失配因子引起的电流信号的相对扩展不确定度估算为*U*rel(MMF)=0.71%(*k*=2)。针对被校准辐照度测试仪，由于光谱失配引起的标准不确定度分量*u4*为：

× 996.3 =3.54 W·m-2 (C-6)

C.2.5 系统源表测量电流信号引入的不确定度的评定

系统源表测量电流信号引入的不确定度分量根据其溯源报告，测量范围为(-10μA~1A)的DCI，其相对扩展不确定度*U*rel=0.05% (*k*=2),按均匀分布考虑，取*k*=，则：

× 996.3 = 0.288 W·m-2 (C-7)

C.2.6校准环境温度误差引起的不确定度的评定

按照硅基电池的短路电流温度系数，估算由校准环境温度引入的校准误差为*Tc* =320 ppm/K，按均匀分布考虑，取*k*=，整个测试过程的温升一般不会超过10°C则：

× 10× 996.3 = 1.84 W·m-2 (C-8)

C. 3 标准不确定度的评定

C.3.1标准不确定度分量一览表

表C3 标准不确定度分量计算列表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分量*ui* | 不确定度来源 | 数值(W·m-2) |
| *u1* | 标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度 | 0.563 |
| *u2* | 被校准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度 | 2.17 |
| *u3* | 标准辐照度测试仪溯源引起的不确定度 | 3.99 |
| *u4* | 太阳模拟器光源光谱失配引起的标准不确定度 | 3.54 |
| *u5* | 系统源表测量电流信号引入的不确定度 | 0.288 |
| *u6* | 校准环境温度误差引起的不确定度 | 1.84 |

C.3.2 合成标准不确定度计算

由于各影响量彼此独立不相关，因此合成标准不确定度为

=6.08 W·m-2 (C-9)

C.3.3 扩展不确定度

*U*=*u*c×*k*=6.08 ×2=12.2 W·m-2 (C-10)

C.3.4 相对扩展不确定度

*Urel*=*U*/996.3W·m-2 ×100% = 1.2% (C-11)

C.3.5 校准结果

光电型太阳辐照度测试仪室内法下辐照度示值误差（修正因子）校准结果为：

W=996.3 W·m-2；=-0.35%；=1.0035(C-12)

其相对扩展不确定度为：

*Urel*= 1.2% (*k*=2) (C-13)

附录D辐照度示值误差测量结果不确定度评定示例（户外法）

辐照度示值误差测量结果不确定度评定示例（户外法）

D.1测量模型

；=

式中：：被校准辐照度测试仪的辐照度示值误差；%；

：修正因子，无量纲；

：被校准辐照度测试仪的辐照度示值，W·m-2；

：标准辐照度测试仪测得的辐照度值，W·m-2。

D.2标准不确定度分量的评定

D.2.1 标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度u1的评定

通过独立进行的30组辐照度测试仪辐照度测量，得到测量数据如下：

表D1 标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引入的不确定度分量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号(i) | 总辐照度(W·m-2) | 序号(i) | 总辐照度(W·m-2) | 序号(i) | 总辐照度(W·m-2) |
| 1 | 928.0 | 11 | 998.4 | 21 | 986.4 |
| 2 | 946.8 | 12 | 989.5 | 22 | 983.8 |
| 3 | 947.3 | 13 | 997.8 | 23 | 985.5 |
| 4 | 951.4 | 14 | 986.5 | 24 | 973.2 |
| 5 | 954.5 | 15 | 988.6 | 25 | 980.8 |
| 6 | 946.0 | 16 | 962.9 | 26 | 974.9 |
| 7 | 956.9 | 17 | 978.5 | 27 | 975.0 |
| 8 | 965.2 | 18 | 975.1 | 28 | 964.5 |
| 9 | 962.9 | 19 | 981.4 | 29 | 965.8 |
| 10 | 954.7 | 20 | 968.8 | 30 | 972.7 |

其算术平均值：

=998.0 W·m-2

单次测量结果的实验标准偏差为：

= 17.3 W·m-2

测量时采用10次测量数值的平均值作为测量结果，因此，由重复性引入的标准不确定度分量*u1*为：

*u1*==3.16 W·m-2

D.2.2被校准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度的评定

通过独立进行的30组辐照度测试仪辐照度测量，得到测量数据如下：

表D2 被校准辐照度测试仪辐照度测量重复性引入的不确定度分量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号(i) | 总辐照度(W·m-2) | 序号(i) | 总辐照度(W·m-2) | 序号(i) | 总辐照度(W·m-2) |
| 1 | 961.4 | 11 | 1049.1 | 21 | 1023.7 |
| 2 | 982.1 | 12 | 1035.6 | 22 | 1020.6 |
| 3 | 984.2 | 13 | 1043.8 | 23 | 1022.7 |
| 4 | 986.5 | 14 | 1032.2 | 24 | 1010.3 |
| 5 | 984.7 | 15 | 1034.9 | 25 | 1017.0 |
| 6 | 975.4 | 16 | 998.9 | 26 | 1011.4 |
| 7 | 984.2 | 17 | 1015.3 | 27 | 1011.8 |
| 8 | 999.7 | 18 | 1013.8 | 28 | 1001.4 |
| 9 | 998.6 | 19 | 1019.4 | 29 | 999.2 |
| 10 | 989.2 | 20 | 1007.4 | 30 | 1008.8 |

其算术平均值：

=1007.4 W·m-2

单次测量结果的实验标准偏差为：

= 21.0 W·m-2

测量时采用10次测量数值的平均值作为测量结果，因此，由重复性引入的标准不确定度分量*u2*为：

*u2*==3.83 W·m-2

D.2.3标准辐照度测试仪溯源引起的不确定度的评定

标准辐照度测试仪辐照度校准结果的扩展不确定度为*U*=0.60 mA (*k*=2)，校准报告的标准电流值为150.5 mA对应的理论标准辐照度值1000 W·m-2。因此*u*3(r)=(0.6 × 1000/150.5) W·m-2 =3.99 W·m-2。

D.2.4 系统源表测量电流信号引入的不确定度的评定

系统源表测量电流信号引入的不确定度分量根据其溯源报告，测量范围为(-10μA~1A)的DCI，其相对扩展不确定度*U*rel=0.05% (*k*=2),按均匀分布考虑，取*k*=，则：

×1007.4 = 0.291 W·m-2

D.2.5校准环境温度误差引起的不确定度的评定

按照硅基电池的短路电流温度系数，估算由校准环境温度引入的校准误差为*Tc* =320 ppm/K，按均匀分布考虑，取*k*=，整个测试过程的温升一般不会超过10°C则：

× 10× 996.3 = 1.84 W·m-2

D. 3 标准不确定度的评定

D.3.1标准不确定度分量一览表

表D3 标准不确定度分量计算列表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分量*ui* | 不确定度来源 | 数值(W·m-2) |
| *u1* | 标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度 | 3.16 |
| *u2* | 被校准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度 | 3.83 |
| *u3* | 标准辐照度测试仪溯源引起的不确定度 | 3.99 |
| *u4* | 系统源表测量电流信号引入的不确定度 | 0.291 |
| *u5* | 校准环境温度误差引起的不确定度 | 1.84 |

D.3.2 合成标准不确定度计算

由于各影响量彼此独立不相关，因此合成标准不确定度为

=6.64 W·m-2

D.3.3 扩展不确定度

*U*=*u*c×*k*=6.60×2=13.3 W·m-2

D.3.4 相对扩展不确定度

*Urel*=*U*/1007.4 W·m-2 ×100% = 1.3%

D.3.5 校准结果

光电型太阳辐照度测试仪户外法下辐照度示值误差（修正因子）校准结果为：

W=1007.4 W·m-2；=0.93%；=0.9907

其相对扩展不确定度为：

*Urel*= 1.3% (*k*=2)

附录E辐照度示值误差测量结果不确定度评定示例（户外法）

电参数示值误差测量结果的不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 环境条件：环境温度（20±5）℃，相对湿度35%～75%。

E.1.2 测量标准：三相交直流标准功率源，0.05级

E.1.3 被测对象：效率测试仪，最大允许误差：±0.5%。

E.1.4 测量方法：以直流电压为例，采取标准源法，用标准功率源输出直流100V电压，记录效率测试仪示值。

E.2 测量模型直流电压：

=-

式中：——电压示值误差；

——效率测试仪电压示值；

——标准功率源电压输出值。

E.3 标准不确定度分量的评定

E.3.1由效率测试仪测量重复性引入的标准不确定度分量

标准功率源输出直流电压100V，效率测试仪选择合适的量程，在相同环境条件下，重复测量10次，获得数据如表E：

表E重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 测量次数 | /V |
| 1 | 100.0 |
| 2 | 100.1 |
| 3 | 100.1 |
| 4 | 100.0 |
| 5 | 100.0 |
| 6 | 100.1 |
| 7 | 100.1 |
| 8 | 100.1 |
| 9 | 100.0 |
| 10 | 100.0 |

测量结果的平均值：100.05V

单次测量值的试验标准偏差：0.053V

则=0.053V

E.3.2由标准功率源引入的标准不确定度分量

在标准功率源经上级计量机构量值传递合格，功率源在100V点的最大允许误差分别为：

e=±(100×0.05%)V=±0.05V,其半宽a=0.05V,在区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则

=0.029V

E.3.3由被校效率测试仪引入的标准不确定度分量

被校效率测试仪在直流电压100V的分辨力为0.1V，在±0.05V区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则

=0.029V

E.4、合成标准不确定度的评定

E.4.1 灵敏系数

数学模型 =-

灵敏系数 



E.4.2 标准不确定度汇总

输入量的标准不确定度汇总见表C.2。

**表C.2 不确定度分量汇总**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 输入量 | 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数 | |ci|· |
|  |  | 被校效率测试仪的重复性 | 0.053V | 1 | 0.053V |
|  |  | 标准功率源的最大允许误差 | 0.029V | -1 | 0.029V |
|  |  | 校效率测试仪的分辨力 | 0.029V | 1 | 0.029V |

考虑到被校效率测试仪读数的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中较小值舍去。

E.4.3 合成标准不确定度的计算

各不确定度分量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按下式得到，



0.06V

E.5 扩展不确定度的评定

取*k*=2，扩展不确定度=*k*·，因此得到直流电压100V校准结果的扩展不确定度为：

=2×0.06=0.12V

换算至相对扩展不确定度为：0.12%，*k*=2。

附录F

环境温度示值误差测量结果的不确定度评定示例

F.1概述

F.1.1环境条件：环境温度（20±5）℃，相对湿度35%～75%。

F.1.2测量标准：二等标准铂电阻温度计，温度范围：（-189.3442～+419.527）℃。选用的电测设备为四通道数字测温仪，（0~20）Ω时准确度为±0.0005Ω；（20~400）Ω时准确度为±25ppm of RGD，考虑到分辨力，则该电测设备的最大允许误差为±（0.0025%\* RGD+0.0001）。

F.1.3被测对象：被校效率测试仪的环境温度计

F.1.4测量条件：使用一组恒温槽，恒温槽均匀度不大于0.01℃，波动度≤0.02℃/10min，该组恒温槽满足规程要求。

F.1.5测量过程:用比较法将标准器与被校温度计同置于恒温槽中,待示值稳定后,按标准 被

校 被校 标准的次序读取温度计示值(这样读数作为一个往返),每支温度计共读数2

次，分别求得标准和被校温度计的示值平均值,然后通过公式计算得出示值修正值。

F.2测量模型：

F.2.1 数字温度计的基本误差的测量模型



式中:为数字温度计的示值误差，℃；

*t*为数字温度计的读数(平均值)，℃；

*T*为标准铂电阻温度计的读数(平均值)，℃；

F.2.2 灵敏度系数

对各个影响量求出偏导可得：

，

F.3.标准不确定度的来源

F.3.1输入量t导致的标准不确定度的评定:

输入量*t*导致的标准不确定度由以下几个分量构成：

a)被校温度计测量重复性引入的标准不确定度；

b）被校温度计分辨力引入的标准不确定度。

F.3.2 输入量T导致的标准不确定度

输入量*T*导致的标准不确定度由以下几个分量构成：

1. 二等标准铂电阻温度计量值溯源引入的标准不确定度；
2. 电测设备测量误差引入的标准不确定度；
3. 标准铂电阻温度计的稳定性引入的标准不确定度；
4. 标准铂电阻温度计自热效应引入的标准不确定度；
5. 标准铂电阻温度计水三相点变化引起的标准不确定度；
6. 恒温槽温度场不均匀引起的标准不确定度；
7. 时间常数（恒温槽波动）引起的标准不确定度。

F.4 标准不确定度的评定

F.4.1 的评定

F.4.1.1被校温度计测量重复性引入的标准不确定度的评定

采用A类评定方法，我们采用重复性测量的方式进行，得到10次最终结果，数据如表1。

表1: 实验数据及各温度点的标准偏差

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验次数*i* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果  （℃） | 50.2 | 50.2 | 50.3 | 50.2 | 50.2 | 50.3 | 50.3 | 50.2 | 50.3 | 50.2 |
|  | | | | | | | | | | |

实际测量以2次测量平均值作为测量结果则:



F.4.1.2被校温度计分辨力引入的标准不确定度

因被校温度计显示值分辨力为0.1℃，取半宽，该分布服从均匀分布，故



F.4.1.3 输入量t的标准不确定度的计算

重复性引入和分辨力引入的标准不确定度分量，两者取大者。则有



F.4.2 的评定

F.4.2.1 二等标准铂电阻温度计量值溯源引入的标准不确定度

由标准铂电阻温度计的量值溯源引入，50℃时二等标准铂电阻温度计的不确定度为*U*=0.0048℃（*k*=2），则有



F.4.2.2 电测设备测量误差引入的标准不确定度

本实验中采用的电测设备是FLUKE公司生产的型号为1529-R的四通道数字测温仪，（0~20）Ω时准确度为±0.0005Ω；（20~400）Ω时准确度为±25ppm of RGD，考虑到分辨力，则该电测设备的最大允许误差为±（0.0025%\* RGD+0.0001），而本次测量标准铂电阻，50℃时显示值为30.468Ω，取半宽，按均匀分布处理，则有



F.4.2.3标准铂电阻温度计的稳定性引入的标准不确定度

按二等标准铂电阻温度计本周期检定结果与上周期数据的差值进行换算，最大差值不超过9mK，按均匀分布处理，则有



F.4.2.4标准铂电阻温度计自热效应引入的标准不确定度

本实验用标准铂电阻温度计自热效应最大不超过4mK，可作均与分布处理，则

F.4.2.5标准铂电阻温度计水三相点变化引入的标准不确定度

按标准铂电阻温度计检定规程要求，温度计水三相点变化≥8mK时应提前送检，但规程要求经常测定标准器的水三相点电阻值，并使用新测得值计算，取使用前后变化为2mK，均匀分布，标准不确定度为



F.4.2.6恒温槽温度场不均匀引入的标准不确定度

恒温槽使用范围，均匀性为10mK，均匀分布，标准不确定度为



F.4.2.7 时间常数（恒温槽波动）引入的标准不确定度

恒温槽波动性为20mK，取半宽变化即10mK，均匀分布，标准不确定度为



F.4.2.8 的计算

由于上述7个不确定度分量相互之间独立，因此可得



F.5.标准不确定度汇总于表F2

F2标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度(℃) |  |  | 备注 |
|  |  | 0.037 | 1 | 0.037 |  |
|  | 测量重复性引入 | 0.037 |  |  | 两者取大者 |
|  | 被检温度计分辨力引入 | 0.03 |  |  |
|  |  | 0.012 | -1 | 0.012 |  |
|  | 二等标准铂电阻温度计量值溯源引入 | 0.0024 |  |  |  |
|  | 电测设备测量误差引入 | 0.005 |  |  |  |
|  | 标准铂电阻温度计的稳定性引入 | 0.005 |  |  |  |
|  | 标准铂电阻温度计自热效应引入 | 0.003 |  |  |  |
|  | 标准铂电阻温度计水三相点变化引入 | 0.001 |  |  |  |
|  | 恒温槽温度场不均匀引入 | 0.006 |  |  |  |
|  | 时间常数（恒温槽波动）引入 | 0.006 |  |  |  |

F.6.合成标准不确定度的计算

输入量、d彼此独立不相关,所以合成不确定度可按下式得到:



F.7扩展不确定度的评定

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度的计算公式为

**附录G**

# 光伏面板温度示值误差测量结果的不确定度评定

G.1概述

G.1.1环境条件：环境温度（20±5）℃，相对湿度35%～75%。

G.1.2测量标准：数字温度计（微型表贴式传感器），测温范围-30~150℃，准确度±0.05℃。

G.1.3被测对象：被校效率测试仪的光伏面板温度计

G.1.4测量条件：使用表面温度源，其各性能满足规范要求。

G.1.5测量过程:将表面温度源稳定到校准温度，将被校的光伏面板温度计的感温元件充分、紧密地压在温度源热板工作区的中心位置。待标准器的测量仪表及光伏面板温度计示值稳定后，记录读数。表面温度计的示值与实际温度的差值为光伏面板温度计的示值误差。以25℃为例，对光伏面板温度计示值误差测量结果的不确定度进行评定。

G.2测量模型

G.2.1 数字温度计的基本误差的测量模型



式中:为光伏面板温度计的示值误差，℃；

*t*为光伏面板温度计的读数(平均值)，℃；

*T*为标准温度计的读数(平均值)，℃；

为标准温度计的修正值，℃

G.2.2 灵敏度系数

对各个影响量求出偏导可得：

，，

G.3.标准不确定度的来源

G.3.1输入量t导致的标准不确定度的评定

输入量*t*导致的标准不确定度由以下几个分量构成：

1. 被校温度计测量重复性引入的标准不确定度；

b）被校温度计分辨力引入的标准不确定度。

G.3.2 输入量T导致的标准不确定度

输入量*T*导致的标准不确定度由以下几个分量构成：

1. 标准器测温点与表面源工作区中心点温差引起的标准不确定度；
2. 表面源稳定性引起的标准不确定度；
3. 表面源工作区温差不均匀引起的标准不确定度。

G.3.3 输入量导致的标准不确定度

输入量导致的标准不确定度由标准温度计溯源引起的。

G.4 标准不确定度的评定

G.4.1 的评定

G.4.1.1被校温度计测量重复性引入的标准不确定度的评定

采用A类评定方法，我们采用重复性测量的方式进行，得到10次最终结果，数据如表1。

表1: 实验数据及各温度点的标准偏差

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验次数*i* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果  （℃） | 25.23 | 25.36 | 25.30 | 25.48 | 25.53 | 25.32 | 25.61 | 25.48 | 25.29 | 25.16 |
|  | | | | | | | | | | |

实际测量以3次测量平均值作为测量结果则:



G.4.1.2被校光伏面板温度计分辨力引入的标准不确定度

因被校温度计显示值分辨力为0.01℃，取半宽，该分布服从均匀分布，故



G.4.1.3 输入量t的标准不确定度的计算

重复性引入和分辨力引入的标准不确定度分量，两者取大者。则有



G.4.2 的评定

G.4.2.1 标准器测温点与表面源工作区中心点温差引起的标准不确定度

25℃时，表面源标准器测温点与工作区中心点的温差不大于0.5℃，按正态分布处理，则有



G.4.2.2 表面源稳定性引起的标准不确定度

25℃表面源稳定性为0.3，则区间半宽为0.15℃，按均匀分布处理，则：



G.4.2.3 表面源工作区温差不均匀引起的标准不确定度

25℃时工作区温度均匀性不大于0.2℃，按均匀分布处理，标准不确定度为



G.4.2.4 的计算

由于上述3个不确定度分量相互之间独立，因此可得



G.4.3 的评定

标准温度计在25℃时修正值的扩展不确定度为0.04℃,k=2，则有



G.5.标准不确定度汇总于表2

G2标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度(℃) |  |  | 备注 |
|  |  | 0.083 | 1 | 0.083 |  |
|  | 测量重复性引入 | 0.083 |  |  | 两者取大者 |
|  | 被检温度计分辨力引入 | 0.003 |  |  |
|  |  | 0.223 | -1 | 0.223 |  |
|  | 标准器测温点与表面源工作区中心点温差引起 | 0.17 |  |  |  |
|  | 表面源稳定性引起 | 0.087 |  |  |  |
|  | 表面源工作区温差不均匀引起 | 0.115 |  |  |  |
|  | 标准温度计溯源引入 | 0.02 | -1 | 0.02 |  |

G.6.合成标准不确定度的计算

输入量彼此独立不相关,所以合成不确定度可按下式得到:



G.7扩展不确定度的评定

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度的计算公式为