



# 福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1087-2018

---

## 光伏电池型太阳辐照度测试仪校准规范

Calibration Specification for Photovoltaic Solar Irradiance Meter

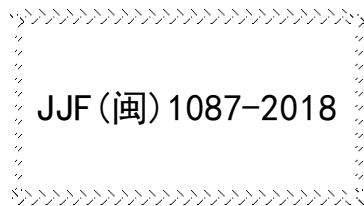
2018—04—15 发布

2018—06—15 实施

---

福建省质量技术监督局 发布

# 光伏电池型太阳辐照度测试仪 校准规范



Calibration Specification for Photovoltaic  
Solar Irradiance Meter

---

归口单位：福建省质量技术监督局

起草单位：福建省计量科学研究院

本规范委托福建省计量科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

杨爱军（福建省计量科学研究院）

黎健生（福建省计量科学研究院）

罗海燕（福建省计量科学研究院）

参加起草人：

李 杰（福建省计量科学研究院）

赵长瑞（苏州阿特斯阳光电力有限公司）

郭素琴（常熟阿特斯阳光电力有限公司）

黄道姗（国网福建省电力有限公司电力科学研究院）

# 目 录

1 范围 .....	(1)
2 引用文献 .....	(1)
3 概述 .....	(1)
4 计量特性 .....	(1)
4.1 通用技术要求 .....	(1)
4.2 绝缘电阻 .....	(2)
4.3 内阻 .....	(2)
4.4 辐照度示值误差 .....	(2)
4.5 年稳定性 .....	(2)
4.6 温度偏差 .....	(2)
5 校准条件 .....	(2)
5.1 校准环境条件 .....	(2)
5.2 标准器及配套设备 .....	(3)
6 校准项目和校准方法 .....	(4)
6.1 准备 .....	(4)
6.2 外观检查 .....	(4)
6.3 绝缘电阻测量 .....	(4)
6.4 内阻测量 .....	(5)
6.5 户外法辐照度示值误差校准 .....	(5)
6.6 室内法辐照度示值误差校准 .....	(5)
6.7 年稳定性测量 .....	(6)
6.8 温度偏差校准 .....	(6)
7 校准结果表达 .....	(6)
8 复校时间间隔 .....	(7)
附录 A 光伏电池型太阳辐照度测试仪辐照度示值误差测量结果不确定度评定示例 .....	(8)

附录 B 光伏电池型太阳辐照度测试仪温度偏差测量结果不确定度评定示例 ..... (12)

# 引 言

本规范依据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059《测量不确定度评定与表示》的规定编写，参考了 JJG 1032《光学辐射计量名词术语及定义》、JJG 458《总辐射表检定规程》、GB/T 33704《标准总辐射表》、GB/T 19565《总辐射表》、IEC 60904-2《光伏器件 第2部分：光伏参考器件要求》、IEC 60891《光伏器件 测定 I-V 特性的温度和辐照度校正方法用程序》的部分内容，使用本规范时，引用文件的最新版本（包括所有的修改草案）适用于本规范。

本规范为首次发布。

# 光伏电池型太阳辐照度测试仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于光伏电池型太阳辐照度测试仪的校准。

## 2 引用文献

JJG 1001 通用计量术语及定义

JJG 1032 光学辐射计量名词术语及定义

JJG 458 总辐射表检定规程

JJF 1059 测量不确定度评定与表示

JJF 1071 国家计量校准规范编写规则

GB/T 19565 总辐射表

GB/T 33704 标准总辐射表

IEC 60891 光伏器件. 测定 I-V 特性的温度和辐照度校正方法用程序

IEC 60904-2 光伏器件 第 2 部分: 光伏参考器件要求

使用本规范时, 引用文件的最新版本(包括所有的修改草案)适用于本规范。

## 3 概述

光伏电池型太阳辐照度测试仪(以下简称辐照度测试仪)常用于光伏电站、太阳模拟器生产企业、光伏产品测试实验室等场合,以测量自然阳光或模拟阳光的辐照度。其计量特性包括:绝缘电阻、内阻、辐照度示值误差、年稳定性和温度偏差。

## 4 计量特性

### 4.1 通用技术要求

4.1.1 辐照度测试仪应具有设备名称、型号、仪器编号,生产企业等信息。

4.1.2 辐照度测试仪接线和按键功能正常,表面玻璃密封良好、均匀,无明显的气泡、气丝、斑点、划痕、水纹、结石等缺陷。仪器的引出线应有固定的正、负极标记。

### 4.2 绝缘电阻

辐照度测试仪的输出端和壳体的金属部分的绝缘电阻值。

#### 4.3 内阻

用数字多用表的欧姆档直接测量内阻，应注意调换极性，至少测量两次，取其平均值为最后测量结果（单位为欧姆，修约到小数点后一位）。

#### 4.4 辐照度示值误差

将被校准辐照度测试仪与标准辐照度测试仪放置在同一均匀的受光面测试台上，或交替放置于同一个位置，保证受辐照面与标准辐照度测试仪共面，测得被检辐照度测试仪辐照度示值，测量多次，取其平均值，与标准总辐照度值比较，计算得到辐照度示值误差。

#### 4.5 年稳定性

年稳定性用 $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 标准辐照度下被检辐照度测试仪辐照度示值的年变化率 $\delta_k$ 来衡量，按下式计算：

$$\delta_k = \left| 1 - \frac{W_2}{W_1} \right| \times 100\% \quad (1)$$

式中：

W1-被校准辐照度测试仪的原辐照度示值， $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ；

W2-新校准得出的辐照度示值， $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

#### 4.6 温度偏差

定义为被校准辐照度测试仪内置温度传感器（如有）测得温度值与实际温度值的偏差。即：

$$\Delta T = T - T_0 \quad (2)$$

式中：

T-辐照度测试仪内置温度传感器指示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

T0-标准温度传感器测得的温度示值， $^{\circ}\text{C}$ 。

### 5 校准条件

#### 5.1 校准环境条件

校准均应在下述条件下进行：



5.1.1 测量绝缘电阻时，相对湿度应 $\leq 80\%$ 。

5.1.2 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。

5.1.3 校准前，辐照度测试仪等温时间 1 小时以上。

#### 5.1.3.1 室外条件

a. 天空晴朗，四周空旷，辐照度测试仪感应面上没有任何遮挡物，进行辐照度示值误差校准时，入射光线应与辐照度测试仪感应面垂直，在小于  $500\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$  的辐照度条件下不推荐采用室外法校准；

b. 空气温度  $(20 \pm 15)^\circ\text{C}$ ，风速 $\leq 5\text{m/s}$ ，相对湿度 $\leq 80\% \text{ RH}$ 。

#### 5.1.3.2 室内条件

a. 室内校准设备应安装在暗室中；

b. 进行辐照度示值误差校准时，入射光线应与辐照度测试仪感应面垂直；

c. 室温  $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 80\% \text{ RH}$ 。

### 5.2 标准器及配套设备

#### 5.2.1 数字多用表

直流电压 0.05 级、分辨率为  $1\mu\text{V}$  的数字多用表或数据采集卡；

#### 5.2.2 电压为 100V 的兆欧表；

#### 5.2.3 标准辐照度测试仪为总辐射表：

二级及以上等级；

#### 5.2.4 标准辐照度测试仪为 WPVS 标准参考太阳电池：

$U_{\text{rel}} \leq 2.2\%$ ；

#### 5.2.5 太阳模拟器：

采用 3A 级稳态太阳模拟器光源；

#### 5.2.6 环境试验箱：

温度稳定性为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ；

### 5.2.7 太阳跟踪仪：

跟踪准确度为 $\pm 0.2^\circ$ ；

### 5.2.8 标准温度传感器：

温度误差为 $\pm 0.08^\circ\text{C}$ 。

## 6 校准项目和校准方法

适用本规范的辐照度测试仪一般可分手持式直读型辐照度测试仪和固定式非直读型辐照度测试仪。针对不同结构的辐照度测试仪按表 1 的要求确定校准项目。

表 1 不同结构的辐照度测试仪校准要求

辐照度测试仪类型 校准项目	手持式直读型辐照度测试仪	固定式非直读型辐照度测试仪
外观检查	●	●
绝缘电阻	○	●
内阻	○	●
辐照度示值误差	●	●
年稳定性	●	●
温度偏差	○	○

注：“●”表示校准项目；“○”表示可选校准项目。

### 6.1 准备

辐照度测试仪应满足 5.1 条件后再开始校准。

### 6.2 外观检查

用目测结合手动调整进行。内容包括 4.1 条。

### 6.3 绝缘电阻测量

将兆欧表的测试棒分别与辐照度测试仪的一个输出端和壳体的金属部分相连，测得的

电阻即为绝缘电阻。

#### 6.4 内阻测量

盖上仪器遮光罩，用数字多用表的欧姆档直接测量。也可以用电桥或其它方法测量。测量内阻时，应调换极性，至少测量两次，取其平均值为最后测量结果(单位为欧姆，修约到小数点后一位)。

#### 6.5 户外法辐照度示值误差校准

##### 6.5.1 准备

6.5.1.1 户外校准时，将标准辐照度测试仪和被校准辐照度测试仪放在太阳跟踪仪平台上，测试面保持同一高度。数字多用表等仪表最好放到室内，若在户外使用，要做好防晒及温控措施，防止户外高温曝晒引起测试结果偏差。如室外辐照度小于 $500\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ，不推荐采用户外法。

6.5.1.2 将标准辐照度测试仪与电测仪表连接，检查仪器输出值的正负极性、信号大小和稳定性。

6.5.1.3 清除标准辐照度测试仪和被检辐照度测试仪玻璃表面灰尘。

##### 6.5.2 数据采集

6.5.2.1 标准辐照度测试仪、被校准辐照度测试仪及电测仪表预热 1 小时，读标准辐照度测试仪的电压值及被检辐照度测试仪的辐照度示值。

6.5.2.2 测量时间间隔 (5~10) 分钟, 测量时间 (3~4) 小时，对标准辐照度测试仪和被校准辐照度测试仪同时进行太阳总辐照度的测量，并记录至少 30 组数据，计算平均值。

##### 6.5.3 数据处理

将采集到的电压信号与灵敏度计算，得到标准辐照度值，与被检辐照度测试仪的辐照度示值进行比较，根据下式计算被检辐照度测试仪的示值误差  $r_{\text{户外法}}$ 。

$$r_{\text{户外法}} = \left( \frac{\bar{W} - \bar{W}_0}{\bar{W}_0} \right) \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$\bar{W}$ —被校准辐照度测试仪的辐照度示值平均值， $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ；

$\bar{W}_0$ —标准辐照度测试仪测得的辐照度值平均值,  $W \cdot m^{-2}$ 。

## 6.6 室内法辐照度示值误差校准

### 6.6.1 准备

打开测量仪表和太阳模拟器, 调节光源强度, 使照射到标准仪器感应面上的辐照度达到规定要求。将标准辐照度测试仪垂直于入射光放置在太阳模拟器下, 调整太阳模拟器的辐照度值, 获得 $200 W \cdot m^{-2}$ 、 $800 W \cdot m^{-2}$ 、 $1000 W \cdot m^{-2}$ 三档的标准辐照度, 三档辐照度下分别记录10次读数, 取其平均值 $W_{0i}$ 为标准辐照度值。

6.6.2 将被校准辐照度测试仪换上测试平台, 放置的位置和测试面高度与标准辐照度测试仪相同。调整好水平, 清除玻璃表面的灰尘。

### 6.6.3 数据处理

在三档辐照度下分别测量10次, 取其平均值 $\bar{W}_i$ 。按下式计算每档辐照度示值误差  $r_{\text{室内法}}$ ：

内法：

$$r_{\text{室内法}} = \left( \frac{\bar{W}_i - \bar{W}_{0i}}{\bar{W}_{0i}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$\bar{W}_i$ —被校准辐照度测试仪的辐照度示值平均值,  $W \cdot m^{-2}$ ；

$\bar{W}_{0i}$ —标准辐照度测试仪测得的辐照度值平均值,  $W \cdot m^{-2}$ 。

其它档辐照度的示值误差参照上述方式进行计算。

## 6.7 年稳定性测量

在 $1000 W \cdot m^{-2}$ 标准辐照度下, 被校准辐照度测试仪原辐照度示值与新校准辐照度示值代入公式(1)中计算得出年稳定性。

## 6.8 温度偏差校准

校准温度点分别为 $-40^{\circ}C$ 、 $-25^{\circ}C$ 、 $0^{\circ}C$ 、 $25^{\circ}C$ 、 $40^{\circ}C$ 、 $60^{\circ}C$ 。将被校准辐照度测试仪放置于环境试验箱内, 调节箱内温度至 $60^{\circ}C$ 点并稳定1小时以上, 读取标准温度传感器的温度示值和被校准辐照度测试仪的温度示值各三次, 分别取平均值作为测量值, 按式(2)

计算温度偏差。设定其他温度点重复上述步骤。

## 7 校准结果表达

根据校准结果，出具校准证书，所有校准项目及其结果均应在证书中反映。校准结果的表达按照 JJF 1071 国家计量校准规范编写规则的要求，校准证书应包含以下信息内容：

- 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) 客户的名称以及地址；
- 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受日期；
- 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) 校准结果仅对被校准对象的有效性说明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

## 8 复校时间间隔

复校时间间隔建议不超过 1 年，更换重要部件（特别是受光面）、维修或对仪器性能有怀疑时，应随时校准。

---

## 附录 A

## 光伏电池型太阳辐照度测试仪辐照度示值误差

## 测量结果不确定度评定示例（室内法）

## A. 1 概述

A. 1. 1 测量依据: JJG (闽) ××—×××× 《光伏电池型太阳辐照度测试仪校准规范》

A. 1. 2 测量环境条件: 环境温度 (23±3) °C, 环境相对湿度 ≤80%RH。

A. 1. 3 测量用标准器: 标准辐照度测试仪。

A. 1. 4 测量对象: 光伏电池型太阳辐照度测试仪。

## A. 2 数学模型

## A. 2. 1 公式

$$r = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\%$$

A. 2. 2 不确定度来源包括: 标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度, 被校准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度, 操作误差引起的不确定度, 光谱响应误差引起的不确定度等。

## A. 3 标准不确定度分量的评定

A. 3. 1 标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度  $u_1(r)$  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 A1 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 ( $W \cdot m^{-2}$ )
1	1001. 2
2	999. 4
3	999. 3
4	997. 8
5	998. 1
6	1003. 6

表 A1 续 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 <sup>-2</sup> )
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:

$$s(r) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (r_i - \bar{r})^2}{10-1}} = 1.778 \text{ W 单次}^{-2}$$

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  $u_1(r)$  为:

$$u_1(r) = \frac{s(r)}{\sqrt{10}} = 0.56 \text{ W}^{56^{-2}}$$

### A. 3. 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 $u_2(r)$ 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 A2 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 <sup>-2</sup> )
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:

$$s(r) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (r_i - \bar{r})^2}{10-1}} = 6.851 \text{ W 单次}^{-2}$$

测量时采用 3 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  $u_2(r)$  为：

$$u_2(r) = \frac{s(r)}{\sqrt{10}} = 1.25 \text{ W m}^{-2}$$

### A. 3.3 标准辐照度测试仪溯源引起的不确定度 $u_3(r)$ 评定

标准辐照度测试仪辐照度校准结果的相对扩展不确定度为  $U_{rel}(Ref)=0.74\%$  ( $k=2$ )。因此  $u_3(r)=0.37\% \times 999.7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = 3.70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

### A. 3.4 太阳模拟器光源光谱失配引起的标准不确定度分量 $u_4(r)$ 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，而总辐射表的电压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压信号的相对扩展不确定度估算为  $U_{rel}(MMF)=1.0\%$  ( $k=2$ )。针对目前被测的总辐射表，由于光谱失配引起的标准不确定度分量  $u_4(r)$  为：

$$u_4(r) = \frac{U_{rel}(MMF)}{k} \times 996.3 = 4.98 \text{ W m}^{-2}$$

### A. 3.5 数字万用表测量电压信号引入的不确定度 $u_5(r)$ 的评定

数字万用表测量电压信号引入的不确定度分量根据数字万用表的溯源报告，采集通道在 10V 档不确定度估算为 0.0020% ( $k=2$ )，按均匀分布考虑，取  $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_5(r) = \frac{U_{rel}(Linear)}{k} \times 996.3 = 0.01 \text{ W m}^{-2}$$

### A. 3.6 总辐射表温度误差引起的不确定度 $u_6(r)$ 的评定

由温度引入的误差估算为  $U_{rel}(Temp)=0.5\%$ ，按均匀分布考虑，取  $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_6(r) = \frac{U_{rel}(Temp)}{k} \times 996.3 = 2.88 \text{ W m}^{-2}$$



## A. 4 标准不确定度的评定

## A. 4.1 标准不确定度分量一览表

表 A1 标准不确定度分量计算列表

分量 $u_i$ (r)	不确定度来源	数值 ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )
$u_1$ (r)	标准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度	0.56
$u_2$ (r)	被校准辐照度测试仪辐照度测量重复性引起的不确定度	1.25
$u_3$ (r)	标准辐照度测试仪溯源引起的不确定度	3.70
$u_4$ (r)	太阳模拟器光源光谱失配引起的标准不确定度分量	4.98
$u_5$ (r)	数字万用表测量电压信号引入的不确定度	0.01
$u_6$ (r)	总辐射表温度误差引起的不确定度	2.88

## A. 4.2 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

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^6 (u_i(r))^2} = 6.98 \text{ W m}^{-2}$$

## A. 4.3 扩展不确定度

取置信概率  $p = 95\%$ ，取  $k=2$ ，本次校准测量结果的扩展不确定度为：

$$U = u_c \times k = 6.98 \times 2 = 13.96 \text{ W m}^{-2} (k=2)$$

## A. 4.4 相对扩展不确定度

$$U_{\text{rel}} = U / 996.3 \text{ W m}^{-2} \times 100\% = 1.4\% (k=2)$$

## 附录 B

### 温度偏差测量结果不确定度评定示例

#### B.1 概述

B.1.1 测量依据: JJG (闽) ××—××××《光伏电池型太阳辐照度测试仪校准规范》

B.1.2 测量环境条件: 环境温度 (20±15) °C, 环境相对湿度 ≤80%RH。

B.1.3 测量用标准器: 温湿度巡检仪、环境实验箱。

B.1.4 测量对象: 光伏电池型太阳辐照度测试仪。

#### B.2 数学模型

##### B.2.1 公式

$$\Delta T = T - T_0$$

式中:  $T$ ——被校准辐照度测试仪的温度指示值;

$T_0$ ——温度实际值。

B.2.2 不确定度来源包括: 标准器测量重复性的不确定度, 标准器校准结果引起的不确定度, 被校准辐照度测试仪温度示值重复性引起的不确定度等。下面的测量不确定度评定以温度设定值 25°C 为例。

#### B.3 标准不确定度分量的评定

##### B.3.1 测量重复性引起的不确定度 $u_i(T)$ $u_1(t)$ 评定

通过温湿度巡检仪对环境试验箱内温度进行 15 次独立的重复测量, 得到测量数据如下:

表 B1 温湿度巡检仪测量重复性数据

序号(i)	温度(°C)	序号(i)	温度(°C)	序号(i)	温度(°C)
1	25.25	6	25.25	11	25.26
2	25.26	7	25.26	12	25.26
3	25.26	8	25.26	13	25.25
4	25.25	9	25.25	14	25.24

5	25.24	10	25.24	15	25.23
---	-------	----	-------	----	-------

其算术平均值  $\bar{T} = \frac{1}{n} \sum T_i = 25.25 \text{ } ^\circ\text{C}$

单次试验标准差:  $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (T_i - \bar{T})^2 / (15 - 1)} = 0.01 \text{ } ^\circ\text{C}$

可得到:

$$u_1(T) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### B. 3. 2 标准器校准溯源引起的标准不确定度 $u_2(T)$

温湿度巡检仪的温度部分校准不确定度为  $U=0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $k=2$ ), 则  $u_2(T)=0.03 \text{ } ^\circ\text{C}$

### B. 3. 3 被校准光伏电池型太阳辐照度测试仪示值重复性引入的标准不确定度 $u_3(T)$

用被校准光伏电池型太阳辐照度测试仪内置的温度传感器对环境试验箱内温度进行 15 次独立的重复测量, 通过被校准设备的显示设备上读数得到测量数据如下:

表 B2 被校准辐照度测试仪温度读数的重复性数据

序号(i)	温度(°C)	序号(i)	温度(°C)	序号(i)	温度(°C)
1	25.0	6	25.0	11	25.0
2	25.1	7	25.1	12	24.9
3	25.0	8	25.1	13	25.0
4	25.0	9	25.1	14	25.0
5	24.9	10	25.0	15	25.0

其算术平均值  $\bar{T} = \frac{1}{n} \sum T_i = 25.01 \text{ } ^\circ\text{C}$

单次试验标准差:  $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (T_i - \bar{T})^2 / (15 - 1)} = 0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$

可得到:  $u_3(T) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.03 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

## B. 4 标准不确定度的评定

### B. 4. 1 标准不确定度分量一览表

表 B3 标准不确定度分量计算列表

分量 $u_i$ (T)	不确定度来源	标准不确定度分量 (°C)
$u_1$ (T)	标准器测量重复性引起的不确定度	0.006
$u_2$ (Tr)	温湿度巡检仪的温度部分校准溯源引起的不确定度	0.03
$u_3$ (T)	被校准光伏电池型太阳辐照度测试仪温度示值重复性引起的不确定度	0.03

#### B. 4. 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

$$u_c = \sqrt{\sum_1^3 u_i(T)^2} = 0.04^\circ\text{C}$$

#### B. 4. 3 扩展不确定度的确定

取置信概率  $p = 95\%$ ，取  $k=2$ ，本次校准测量结果的相对扩展不确定度为：

$$U = 0.04^\circ\text{C} \times 2 = 0.08^\circ\text{C} \quad (k=2)$$