



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1082—2017

光伏组件用紫外老化箱校准规范

Calibration Specification for Ultraviolet Test Chamber

for Photovoltaic Modules

2017—04—07 发布

2017—07—07 实施

福建省质量技术监督局 发布

光伏组件用紫外老化箱校准规范

**Calibration Specification for Ultraviolet
Test Chamber for Photovoltaic Modules**

JJF (闽) 1082—2017

本规范经福建省质量技术监督局于 2017 年 04 月 07 日批准，并自 2017 年 07 月 07 日起施行。

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

本规范委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

黎健生（福建省计量科学研究院）

杨爱军（福建省计量科学研究院）

王孔祥（福建省计量科学研究院）

李 杰（福建省计量科学研究院）

罗海燕（福建省计量科学研究院）

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 紫外辐照度示值误差	(2)
4.3 紫外光谱分布	(2)
4.4 紫外辐照度不均匀度	(2)
4.5 紫外辐照度不稳定性	(2)
4.6 紫外老化箱的温度偏差	(2)
5 校准条件	(3)
5.1 校准环境条件	(3)
5.2 标准器及配套设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 准备	(3)
6.2 外观检查	(3)
6.3 紫外辐照度示值误差	(3)
6.4 紫外光谱分布	(4)
6.5 紫外辐照度不均匀度	(5)
6.6 紫外辐照度不稳定性	(5)
6.7 温度偏差	(5)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 紫外辐照度测量不确定度评定示例	(7)
附录 B 光谱分布测量不确定度示例	(11)

附录 C 温度测量不确定度评定示例(14)

附录 D 校验仪校准原始记录格式(17)

光伏组件用紫外老化箱校准规范

1 范围

本规范适用于光伏组件用紫外老化箱的校准。

2 引用文件

JJF 1001	通用计量术语及定义
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
JJF 1101	环境试验设备温度，湿度校准规范
JJF 1525	氙弧灯人工气候老化实验装置辐射照度参数校准规范
GB 4793.1	测量、控制和实验室用电气设备的安全要求
IEC 60904-9	光伏器件-第9部分：太阳模拟器性能要求
IEC 61215-2	地面用光伏组件-设计鉴定和定型 – 第2部分：测试程序
IEC 61345	光伏组件的 UV 测试

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

光伏组件用紫外老化箱是模拟太阳光光谱里紫外部分的装置，配合适当的温度（通常为（55~65）℃）用于考核光伏组件抗紫外辐照能力的试验。其计量特性包括紫外辐照的波长范围、规定波长范围内紫外辐照度、紫外辐照度不均匀度、紫外辐照度不稳定性和试验箱内温度。

4 计量特性

4.1 通用技术要求

4.1.1 紫外老化箱应具有设备名称、型号、仪器编号，生产厂家等信息。

4.1.2 紫外老化箱设备仪表按键和现实功能正常，各个光源应能正常点亮并稳定工作，光源玻壳表面和箱体内壁应洁净无污染。

4.2 紫外辐照度示值误差

$$\text{即: } r = W - W_0 \quad (1)$$

式中: W ——紫外老化箱的紫外辐照度指示值;

W_0 ——被测量的实际值。

4.3 紫外光谱分布

紫外光谱分布测量的下限不高于 250nm, 上限不低于 400nm。分别计算 (320~400) nm 波段, (280~320) nm 波段和 280nm 以下波段的积分辐照度占整个测量波段范围积分辐照度的比例。

4.4 紫外辐照度不均匀度

指定测量平面上受到的紫外辐照度的空间不一致性, 按如下公式计算:

$$\Delta W = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{W_{\max} + W_{\min}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: W_{\max} ——紫外老化箱内指定测量平面上测得的紫外辐照度最大值;

W_{\min} ——紫外老化箱内指定测量平面上测得的紫外辐照度最小值。

4.5 紫外辐照度不稳定性

在指定测量时间内指定测量平面中心点上受到的紫外辐照度的时间波动性, 按如下公式计算:

$$\Delta w = \frac{w_{\max} - w_{\min}}{w_{\max} + w_{\min}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: w_{\max} ——在指定测量时间内指定测量平面中心点上测得的紫外辐照度最大值;

w_{\min} ——在指定测量时间内指定测量平面中心点上测得的紫外辐照度最小值。

4.6 紫外老化箱的温度偏差

$$\text{即: } \Delta t = t - t_0 \quad (4)$$

式中: t ——指定测量时间范围内紫外老化箱的温度指示值的平均值;

t_0 ——指定测量时间范围内紫外老化箱内中心点实测温度的平均值。

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 环境温度 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，环境相对湿度 $\leq 70\%RH$ 。

5.1.2 紫外老化箱内设定温度： 60°C 。

5.1.3 紫外老化箱内指定测试面的实际紫外辐照度：不超过 $250\text{W}/\text{m}^2$ 。

5.1.4 准备工作：紫外老化箱开机后正常工作至少 30 分钟，待设备稳定后进行后续测量。

5.1.5 其他条件：电网电压波动符合紫外老化箱和检测设备的使用要求，无影响其正常工作的电磁场、机械振动；校准地点应无影响辐照度和光谱测量的杂散光。

5.2 标准器及配套设备

5.2.1 紫外辐照度计

紫外辐照度计的工作温度上限应高于 65°C 。校准紫外辐照度计时采用的上一级标准光源的类型应与紫外老化箱内紫外光源相一致。其余技术要求参考标准 ISO 9370。

5.2.2 光谱仪

光谱仪的性能要求：最小光谱测量范围： $(250\sim 800)\text{nm}$ ；波长误差 $\leq 1\text{nm}$ ；波长分辨率 $\leq 1\text{nm}$ ；采样间隔 $\leq 1\text{nm}$ 。

5.2.3 温度测量设备

温度测量设备由温度传感器和显示仪表组成，时间常数应小于 15 秒，温度测量准确度应 $\leq 0.2^\circ\text{C}$ 。

6 校准项目和校准方法

6.1 准备

紫外老化箱应满足 5.1 条件后再开始校准。

6.2 外观检查

用目视和手动检查。内容包括：制造厂名或商标、出厂编号、仪器名称、型号；灯管玻壳无发黑，通电后各个灯管均正常点亮；辐照度和温度测量和显示装置能正常工作。

6.3 紫外辐照度示值误差

如图 (1) 所示，将 UVA 和 UVB 紫外辐照度计分别垂直放置于指定测试面的中心点，直接测得 UVA 和 UVB 的辐照度，按公式 (1) 计算紫外辐照度的示值误差。

应考虑紫外老化箱工作温度和校准紫外辐照度计时的温度之间的差异对紫外辐照度计性能产生的影响。如紫外辐照度计的额定工作范围能覆盖 65℃，则应在测量时进行与紫外老化箱内工作温度相适应的温度修正。

如紫外辐照度计的额定工作温度范围不能覆盖 65℃，则不适合用于直接测量紫外老化箱的紫外辐照度，应考虑为其配置温控装置，使其在测量时工作在被校准时的温度（可通过查阅有效的校准报告得到）。注意温控装置受光面采用的材料应是中性的。如配备温控装置，紫外辐照度计每年的校准应与温控装置一起进行。

UVA 和 UVB 辐照度应分别重复测量三次，取平均值作为最后的报告值。

也可使用 6.2 中的光谱仪进行紫外辐射的绝对光谱辐射照度测量，然后根据需要波段的起止波长对绝对光谱辐射照度测量数据进行积分，得到该波段的紫外辐照度。

$$\int_{\lambda_B}^{\lambda_A} SR(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

式中： λ_A 和 λ_B 分别是关注波段范围内的波长上限和下限，单位为 nm；

$SR(\lambda)$ 是光谱仪测得的紫外辐射的绝对光谱分布，单位为 $W/m^2/nm$ 。

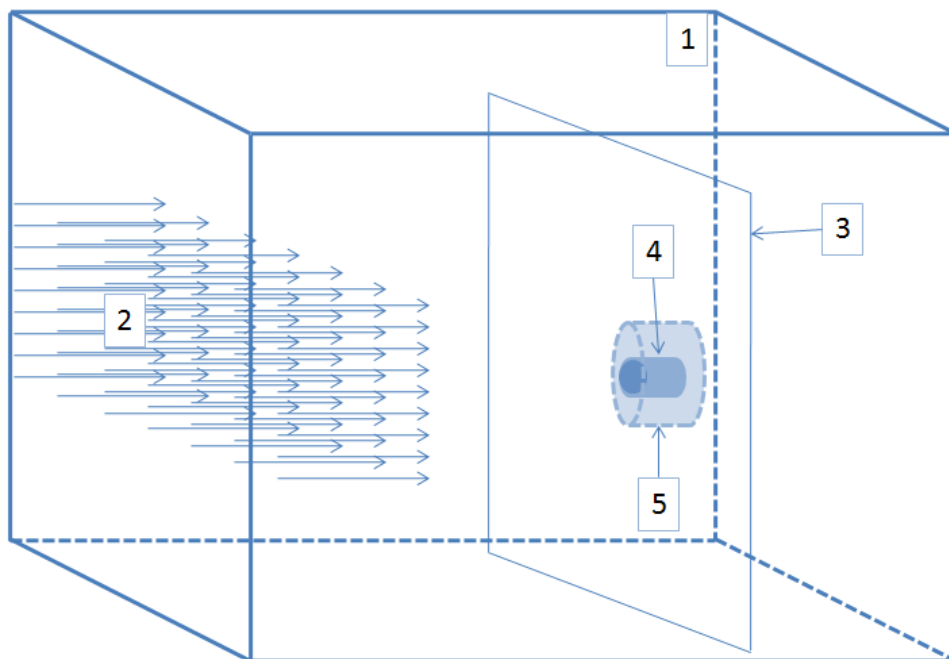


图 1. 紫外辐照度测量示意图

1. 紫外老化箱体；2. 紫外辐射方向；3. 指定测试面；4. 标准紫外辐照度计；5. 温控装置（如有）。

6.4 紫外辐射波长分布

将光谱仪的受光探头垂直放置于测试面的中心点，以不大于 10nm 的波长间隔测量至少（250~400）nm 范围内的紫外辐射光谱分布。测量中，设备的采样间隔应不大于 1nm。应根据被测光源的特性合理选择积分时间。为了避免高温对光谱仪本体的影响，建议光谱

仪放置在紫外老化箱外,使用具有抗紫外功能的光纤进行耦合。测量后分别计算(320~400) nm 波段,(280~320) nm 波段和 280nm 以下波段的积分辐照度占整个测量波段范围积分辐照度的比例。

6.5 紫外辐照度不均匀度

在指定测试面上,规定每一个测试区域的面积不超过 20cm × 20cm,每个测试点位于每一等分面积的正中央。将 UVA+UVB 复合辐照度计放置在测试点上,测量各个测试区域的紫外辐照度。测量的设定参照 6.3.2。测量完毕后,将数据按公式(2)计算得到指定测试面内的紫外辐照度不均匀度。

6.6 紫外辐照度不稳定性

将 UVA+UVB 复合辐照度计放置在指定测试面上的中心点上,每 2 分钟记录该点的紫外辐照度一次,连续测量 30 分钟,供记录 15 次。测量完毕后,将数据按公式(3)计算得到紫外辐照度不稳定性。

6.7 温度示值偏差

将校准装置的温度传感器放置在紫外老化箱内可用空间的几何中心。使紫外老化箱正常工作,待稳定后开始读取温度测量值,每 2 分钟测量一次,同时记录紫外老化箱的温度示值,在 30 分钟内共测量 15 次。按公式(4)计算紫外老化箱的温度偏差。如校准过程中校准装置的温度传感器附着在光伏组件上(通常为背部的中心点),光伏组件的尺寸和在箱体内摆放的位置应备注在校准报告上。

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—2010 技术规范的要求。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受日期;
- 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) 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性说明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

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 (特别是光源)、维修或对仪器性能有怀疑时, 应随时校准。

附录 A

紫外老化箱紫外辐照度示值误差

测量结果不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 测量依据: JJG (闽) ××—×××× 《光伏组件用紫外老化箱校准规范》

A.1.2 测量环境条件: 环境温度(25±5)℃, 环境相对湿度≤70%RH。

A.1.3 测量用标准器: 标准紫外辐照度计。

A.1.4 测量对象: 紫外老化箱(紫外荧光管型)。

A.2 数学模型

A.2.1 公式

$$r = W - W_0$$

式中: W ——紫外老化箱的紫外辐照度指示值;

W_0 ——被测量的紫外辐照度实际值。

A.2.2 不确定度来源包括: 标准器读数重复性引起的不确定度, 标准辐照度计校准溯源引起的不确定度, 温度变化引起的不确定度, 杂散光引起的不确定度, 标准紫外辐照度计安装引起的不确定度, 被测光源的不稳定性引起的不确定度等。

A.3 标准不确定度分量的评定

A.3.1 标准器读数重复性引起的不确定度 $u_1(r)$ 评定

通过用标准紫外辐照度计进行 10 分钟的连续测量, 1 分钟测量 1 次, 得到测量数据如下:

表 A1. 标准紫外辐照度计测量重复性数据

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值 (mW/cm ²)	72.86	72.76	72.67	72.57	72.57	72.56	72.54	72.41	72.3	72.32

其算术平均值 $\bar{R} = \frac{1}{n} \sum R_i = 72.56 \text{ mW/cm}^2$

单次试验标准差: $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (R_i - \bar{R})^2 / (10 - 1)} = 0.180 \text{ mW/cm}^2$

实际测量中是重复测量 3 次取平均值, 则可得到:

$$u_1(r) = \frac{s}{R\sqrt{3}} = 0.14\%, \quad \text{自由度 } \nu_1 = 3 \times (10-1) = 27。$$

A. 3. 2 标准辐照度计校准溯源引起的不确定度 $u_2(r)$ 的评定

根据校准证书, 校准不确定度为 13.0% ($k=2$), 标准不确定度为: 6.5%

或表示为 $u_2(r) = 6.50\%$, 自由度 $\nu_2 = \infty$

A. 3. 3 温度变化引起的不确定度 $u_3(r)$ 的评定

根据实验, 在 60°C 标准紫外辐照度计的示数随温度的变化率约为 -1.7%/°C, 估算为均匀分布, 则 $u_3(r) = 1.00\%$, 估计示数的温度变化率再分布区间内的不可靠成度约为 25%,

$$\text{则自由度为 } \nu_3 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{25}{100}\right)^{-2} = 8$$

A. 3. 4 杂散光引起的不确定度 $u_4(r)$ 的评定

由于紫外老化箱内壁基本为不锈钢材料, 光反射情况复杂, 来自周围环境中的杂散辐射引起的测量不确定度按实验室环境的一倍估算为 $u_4(r) = 2.00\%$, 自由度 $\nu_4 = \infty$

A. 3. 5 标准紫外辐照度计安装引起的不确定度 $u_5(r)$ 的评定

标准紫外辐照度计的安装与装调给测量结果带来的测量不确定度 $u_5(r) = 1.00\%$, 自由度 $\nu_5 = \infty$ 。

A. 3. 6 被测设备读数重复性引起的不确定度 $u_6(r)$ 的评定

通过用标准紫外辐照度计进行 10 分钟的连续测量, 1 分钟测量 1 次, 得到测量数据如下:

表 A2. 紫外老化箱自身示值重复性数据

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值 (mW/cm ²)	69.55	68.93	69.86	69.71	69.12	69.23	69.14	68.63	68.96	69.26

$$\text{其算术平均值 } R = \frac{1}{n} \sum R_i = 69.24 \text{ mW/cm}^2$$

$$\text{单次试验标准差: } s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (R_i - \bar{R})^2 / (10 - 1)} = 0.376 \text{ mW/cm}^2$$

可得到:

$$u_6(r) = \frac{S}{R} = 0.54\%, \quad \text{自由度 } \nu_6 = (10-1) = 9。$$

A. 3.7 辐照不均匀性引起的不确定度 $u_7(r)$ 的评定

取覆盖均匀性测量指定试验平面中央 9 个点的均匀性，由于箱体辐照不均匀带来的测量不确定度 $u_7(r)=2.70\%$ ，自由度 $\nu_7=8$ 。

A. 3.8 标准器余弦误差引起的不确定度 $u_8(r)$ 的评定

由于标准器余弦特性的不完善引起的测量不确定度。 $u_8(r)=1.50\%$ ，自由度 $\nu_7=\infty$ 。

A. 3.9 标准器非线性引起的不确定度 $u_9(r)$ 的评定

由于非线性误差引起的测量不确定度。 $u_9(r)=1.000\%$

自由度 $\nu_9 = \infty$ 。

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 A3 标准不确定度分量与灵敏系数计算列表

分量 $u(i)$	不确定度来源	标准不确定度分量 (%)	自由度
$u_1(r)$	标准器读数重复性引起的不确定度	0.14	27
$u_2(r)$	标准辐照度计校准溯源引起的不确定度	6.50	∞
$u_3(r)$	温度变化引起的不确定度	1.00	8
$u_4(r)$	杂散光引起的不确定度	2.00	∞
$u_5(r)$	标准紫外辐照度计安装引起的不确定度	1.00	∞
$u_6(r)$	被测设备读数重复性引起的不确定度	0.54	9
$u_7(r)$	辐照不均匀性引起的不确定度	2.70	8
$u_8(r)$	标准器余弦误差引起的不确定度	1.50	∞
$u_9(r)$	标准器非线性引起的不确定度	1.00	∞

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

$$u_c = \sqrt{\sum_1^6 (u_i)^2} = 7.68\%$$

合成在自由度为：

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^6 \frac{u_i^4}{v_i}} = 519$$

A. 4.3 扩展不确定度的确定

取置信概率 $p = 95\%$ ，根据 t 分布表查得 $t_{95}(519) = 1.960$ ，本次校准测量结果的相对扩展不确定度为：

$$U_{95} = t_{95}(519) \cdot u_c = 1.960 \times 7.68\% = 15.0\%$$

附录 B

紫外老化箱紫外辐射光谱分布

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) ××—×××× 《光伏组件用紫外老化箱校准规范》

B.1.2 测量环境条件: 环境温度(25±5)℃, 环境相对湿度≤70%RH。

B.1.3 测量用标准器: 光纤光谱仪。

B.1.4 测量对象: 紫外老化箱(紫外荧光管型)。

B.2 数学模型

B.2.1 公式

$$s(\lambda) = s(\lambda)$$

式中: $s(\lambda)$ ——紫外老化箱的紫外辐射光谱分布测量值;

B.2.2 不确定度来源包括: 测量重复性引起的不确定度, 光纤光谱仪辐射照度校准结果引起的不确定度, 光纤光谱仪探测器余弦修正引起的不确定度, 温度偏差引起的不确定度等。

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 $u_1(s)$ 评定

通过用光纤光谱仪进行连续 10 次测量, 得到测量数据如下:

表 B1. 光纤光谱仪测量重复性数据

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
250nm	0.8525	0.7846	0.7814	0.7416	0.7958	0.8257	0.8250	0.8343	0.8347	0.8509
260nm	0.9645	0.9259	0.9339	0.8973	0.8859	0.9315	0.9050	0.8998	0.9452	0.9474
270nm	0.9026	0.8678	0.8879	0.8388	0.8357	0.8797	0.8467	0.8646	0.8958	0.8873
280nm	1.0951	1.0291	1.0256	0.9691	0.9973	1.0560	1.0302	1.0288	1.0524	1.0722
290nm	1.1496	1.1051	1.0876	1.0064	1.0494	1.1304	1.0919	1.0778	1.1138	1.1282
300nm	1.5869	1.5632	1.6148	1.4517	1.4420	1.5747	1.6238	1.5255	1.5686	1.5762
310nm	4.0879	4.1155	4.6555	3.6953	3.5322	4.0548	4.5874	4.1824	4.1108	4.1424
320nm	4.8909	4.9471	5.6277	4.4205	4.2196	4.8457	5.5396	5.0162	4.9409	4.9865
330nm	17.0337	16.8231	18.3899	15.5189	14.9315	16.7485	18.1879	17.0476	16.9852	16.9426
340nm	17.9768	17.7835	19.4063	16.3670	15.8640	17.7067	19.1965	18.0448	17.9296	17.8868
350nm	29.1969	28.3785	29.8592	26.8754	26.3310	28.7451	29.7591	28.6598	28.8232	28.7889

360nm	36.2416	34.7029	36.2972	33.5900	33.0180	35.6351	36.0498	35.1895	35.5968	35.6291
370nm	36.5424	34.9246	36.5163	33.8562	33.3315	35.9448	36.2979	35.3959	35.8418	35.9123
380nm	47.8105	45.5436	47.1543	44.5111	43.8746	47.0085	46.7850	46.1609	46.7500	46.9405
390nm	48.7398	46.4138	48.0774	45.3667	44.7414	47.9475	47.6989	47.0391	47.7063	47.7608
400nm	57.8920	54.9985	56.7960	53.9217	53.2080	56.8028	56.3107	55.6715	56.6557	56.7149

分别按 $\bar{S} = \frac{1}{n} \sum S_i$ 和 $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (S_i - \bar{S})^2 / (10 - 1)}$ 计算平均值和单次实验标准差, 可得:

表 B2. 光纤光谱仪测量重复性引起的不确定度 $u_1(s)$

波长 (nm)	250	260	270	280	290	300	310	320
$u_1 (S)$	0.04384	0.02773	0.02751	0.03479	0.03862	0.03998	0.08261	0.08636
波长 (nm)	330	340	350	360	370	380	390	400
$u_1 (S)$	0.06165	0.06049	0.03966	0.03161	0.03114	0.02698	0.02696	0.02600

自由度 $\nu_1 = (10-1) = 9$ 。

B. 3.2 光纤光谱仪辐射照度校准溯源结果引入的标准不确定度 $u_2(s)$,

光纤光谱仪经过中国计量科学研院校准, 辐射照度校准结果不确定度:

250nm~300nm: $U_{\text{rel}}=8.0\%$, $k=2$; 310nm~400nm: $U_{\text{rel}}=6.0\%$, $k=2$ 。则:

250nm~300nm: $u_2(s)=4.0\%$; 310nm~400nm: $u_2(s)=3.0\%$ 。

自由度 $\nu_2 = \infty$

B. 3.3 光纤光谱仪探测器余弦修正后引入的标准不确定度 $u_3(s)$

根据中国计量科学研院校相关经验分析结果, $u_3(s) = 0.7\%$, 自由度 $\nu_3 = \infty$ 。

B. 3.4 温度偏差引入的标准不确定度 $u_4(s)$

引用中国计量科学研院校相关经验分析结果, 在环境温度 10℃、25℃、30℃测量, $u_4(s) = 0.7\%$, $\nu_4 = \infty$ 。

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 标准不确定度分量与灵敏系数计算列表

分量 u_i (i)	不确定度来源	标准不确定度分量	自由度
u_1 (r)	测量重复性引起的不确定度	如表 B2	9

u_2 (r)	光纤光谱仪辐射照度校准溯源引起的不确定度	250nm~300nm: $u_2(s)=4.0\%$; 310nm~400nm: $u_2(s)=3.0\%$ 。	∞
u_3 (r)	光纤光谱仪探测器余弦修正后引起的不确定度	0.7%	∞
u_4 (r)	温度偏差引起的不确定度	0.7%	∞

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 $u_c = \sqrt{\sum_1^4 (u_i)^2}$, 可得:

波长 (nm)	250	260	270	280	290	300	310	320
u_c	0.060	0.050	0.050	0.054	0.056	0.057	0.088	0.092
波长 (nm)	330	340	350	360	370	380	390	400
u_c	0.069	0.068	0.051	0.045	0.044	0.042	0.042	0.041

合成在自由度为 $V_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^6 \frac{u_i^4}{V_i}}$, 可得:

波长 (nm)	250	260	270	280	290	300	310	320
V_{eff}	32	93	95	52	41	38	12	12
波长 (nm)	330	340	350	360	370	380	390	400
V_{eff}	14	15	24	36	37	51	51	55

B.4.3 扩展不确定度的确定

取置信概率 $p=95\%$, 根据 t 分布表查得:

波长 (nm)	250	260	270	280	290	300	310	320
$t_{95}(V_{eff})$	2.04	1.98	1.98	2.01	2.02	2.02	2.18	2.18
波长 (nm)	330	340	350	360	370	380	390	400
$t_{95}(V_{eff})$	2.14	2.13	2.06	2.03	2.03	2.01	2.01	2.01

本次校准测量结果的相对扩展不确定度为:

波长 (nm)	250	260	270	280	290	300	310	320
U_{95}	12.3%	9.8%	9.8%	10.8%	11.4%	11.6%	19.3%	20.0%
波长 (nm)	330	340	350	360	370	380	390	400
U_{95}	14.8%	14.5%	10.4%	9.1%	9.0%	8.4%	8.3%	8.2%

附录 C

紫外老化箱温度测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量依据: JJG(闽) ××—××××《光伏组件用紫外老化箱校准规范》

C.1.2 测量环境条件: 环境温度(25±5)℃, 环境相对湿度≤70%RH。

C.1.3 测量用标准器: 温湿度巡检仪。

C.1.4 测量对象: 紫外老化箱(紫外荧光管型)。

C.2 数学模型

C.2.1 公式

$$\Delta T = T - T_0$$

式中: T ——紫外老化箱的温度指示值;

T_0 ——被测量的温度实际值。

C.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, 被测紫外老化箱温度示值重复性引起的不确定度等。

C.3 标准不确定度分量的评定

C.3.1 测量重复性引起的不确定度 $u_1(t)$ 评定

通过温湿度巡检仪对紫外老化箱内温度进行 15 次独立的重复测量, 得到测量数据如下:

表 C1. 温湿度巡检仪测量重复性数据

序号(i)	温度(℃)	序号(i)	温度(℃)	序号(i)	温度(℃)
1	60.25	6	60.25	11	60.26
2	60.26	7	60.26	12	60.26
3	60.26	8	60.26	13	60.25
4	60.25	9	60.25	14	60.24
5	60.24	10	60.24	15	60.23

其算术平均值 $\bar{T} = \frac{1}{n} \sum T_i = 60.25 \text{℃}$

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

可得到:

$$u_1(T) = s = 0.004 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad \text{自由度 } \nu_1 = (15-1) = 14。$$

C.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 $U=0.06^\circ\text{C}$ ($k=2$), 则 $u_2(T)=0.03^\circ\text{C}$, 自由度 $\nu_2 = \infty$

C.3.3 被测紫外老化箱温度示值重复性引入的标准不确定度 $u_3(T)$

对紫外老化箱内温度进行 15 次独立的重复测量, 通过被测设备的显示设备上读数得到测量数据如下:

表 C2. 被测设备温度读数的重复性数据

序号(i)	温度 ($^\circ\text{C}$)	序号(i)	温度 ($^\circ\text{C}$)	序号(i)	温度 ($^\circ\text{C}$)
1	60.0	6	60.0	11	60.0
2	60.1	7	60.1	12	59.9
3	60.0	8	60.1	13	60.0
4	60.0	9	60.1	14	60.0
5	59.9	10	60.0	15	60.0

其算术平均值 $\bar{T} = \frac{1}{n} \sum T_i = 60.01 \text{ } ^\circ\text{C}$

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

可得到: $u_3(T) = s = 0.006 \text{ } ^\circ\text{C}$, 自由度 $\nu_3 = (15-1) = 14$ 。

C.4 标准不确定度的评定

C.4.1 标准不确定度分量一览表

表 C3. 标准不确定度分量与灵敏系数计算列表

分量 $u(i)$	不确定度来源	标准不确定度分量 ($^\circ\text{C}$)	自由度
$u_1(r)$	标准器测量重复性引起的不确定度	0.01	14
$u_2(r)$	温湿度巡检仪的温度部分校准溯源引起的不确定度	0.03	∞
$u_3(r)$	被测紫外老化箱温度示值重复性引起的不确定度	0.06	14

C.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

$$u_c = \sqrt{\sum_1^3 (u_i)^2} = 0.07^\circ\text{C}$$

合成自由度为:

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^3 \frac{u_i^4}{v_i}} = 17$$

C.4.3 扩展不确定度的确定

取置信概率 $p = 95\%$, 根据 t 分布表查得 $t_{95}(17) = 2.11$, 本次校准测量结果的相对扩展不确定度为:

$$U_{95} = t_{95}(17) \cdot u_c = 2.11 \times 0.07^\circ\text{C} = 0.15^\circ\text{C}$$

附录 D

紫外老化箱校准原始记录格式

证书编号_____ 记录编号_____

委托单位_____ 委托单位地址_____

仪器型号 / 规格_____ 出厂编号_____

光源类型_____ 制造厂_____

校准地点_____

校准依据_____

校准环境条件：温度_____℃ 相对湿度_____ %RH

表 D1 校准使用设备

序号	主标准器名称	型号规格	编号	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	证书编号	有效期至

D1 外观检查:

D2 紫外辐照度示值误差

波长范围	标准值 (W/m ²)	标准值平均 (W/m ²)	显示值 (W/m ²)	显示值平均 (W/m ²)	示值误差 (W/m ²)

D3 紫外光谱分布:

波长 (nm)	光谱辐射照度 (W/m ² /nm)	波长 (nm)	光谱辐射照度 (W/m ² /nm)	波长(nm)	光谱辐射照度 (W/m ² /nm)
250		310		370	
260		320		380	
270		330		390	
280		340		400	
290		350		/	/
300		360		/	/

UVA 波段(320~400)nm 辐照度占比: _____%

UVB 波段(280~320)nm 辐照度占比: _____%

280nm 以下波段辐照度占比: _____%

D4 紫外辐照度不均匀度

紫外辐照度 (W/m ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										

紫外辐照度最大值: _____ (W/m²)

紫外辐照度最小值：_____ (W/m^2)

紫外辐照度不均匀度：_____ %

D5 紫外辐照度不稳定性

测量次数	标准器读数 ($^{\circ}\text{C}$)	测量次数	标准器读数 ($^{\circ}\text{C}$)	测量次数	标准器读数 ($^{\circ}\text{C}$)
1		6		11	
2		7		12	
3		8		13	
4		9		14	
5		10		15	

紫外辐照度最大值：_____ (W/m^2)

紫外辐照度最小值：_____ (W/m^2)

紫外辐照度不稳定性：_____ %

D6 温度示值偏差测量

测量次数	设备读数 ($^{\circ}\text{C}$)	标准器读数 ($^{\circ}\text{C}$)	测量次数	设备读数 ($^{\circ}\text{C}$)	标准器读数 ($^{\circ}\text{C}$)
1			9		
2			10		
3			11		
4			12		
5			13		
6			14		

7			15		
8			平均值		

温度示值偏差： _____ °C

校准结果不确定度：

校准员 _____ 核验员 _____

校准日期 _____
