

天津市地方计量技术规范

JJF(津)84-2023

紫外温湿度试验箱校准规范

Calibration Specification for Ultraviolet

Temperature and Humidity Test Chamber

2023-03-01 发布

2023-06-01 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

紫外温湿度试验箱校准规范

Calibration Specification for

Ultraviolet Temperature and Humidity

Test Chamber

JJF(津) 84-2023

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电子仪表实验所

参加起草单位：上海瑞起测控科技有限公司

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所负责解释

本规范主要起草人：

柳云秀（天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

马新新（天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

翟家强（天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

参加起草人：

任 晟（天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

周 超（天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

楚 铭（天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所）

田永丰（上海瑞起测控科技有限公司）

目 录

引 言	(III)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和定义	(1)
3.1 紫外温湿度试验箱	(1)
3.2 紫外辐照度	(1)
3.3 工作平面	(2)
3.4 稳定状态	(2)
3.5 温度偏差	(2)
3.6 相对湿度偏差	(2)
3.7 温度波动度	(2)
3.8 相对湿度波动度	(2)
3.9 温度均匀度	(2)
3.10 相对湿度均匀度	(2)
3.11 温度变化速率	(2)
4 概述	(3)
5 计量特性	(3)
5.1 紫外辐照度示值误差	(3)
5.2 紫外光谱分布	(3)
5.3 紫外辐照度不均匀度	(3)
5.4 紫外辐照度不稳定性	(3)
5.5 温度偏差	(4)
5.6 温度均匀度	(4)
5.7 温度波动度	(4)
5.8 相对湿度偏差	(5)
5.9 相对湿度均匀度	(5)
5.10 相对湿度波动度	(5)
5.11 温度变化速率	(5)

6	校准条件	(6)
6.1	环境条件	(6)
6.2	主要测量标准及配套设备	(6)
7	校准项目和校准方法	(7)
7.1	校准项目	(7)
7.2	外观检查	(7)
7.3	紫外辐照度示值误差	(7)
7.4	紫外光谱分布	(8)
7.5	紫外辐照度不均匀度	(8)
7.6	紫外辐照度不稳定性	(8)
7.7	温度和相对湿度校准	(9)
8	校准结果表达	(10)
9	复校时间间隔	(11)
附录 A	原始记录格式	(12)
附录 B	校准证书内页格式	(16)
附录 C	校准结果不确定度评定示例	(19)

引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。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。

紫外温湿度试验箱校准规范

1 范围

本规范适用于紫外光谱分布范围(250~400) nm、温度范围(-60~200) °C、湿度范围(10~95)%RH的紫外温湿度试验箱的校准。本规范包括紫外辐照度示值误差、紫外光谱分布、紫外辐照度不均匀度、紫外辐照度不稳定性、温度、相对湿度等关键参数的计量特性、校准方法、校准结果表述等内容。

其他结构或使用范围的紫外温湿度试验箱也可按照本规范进行校准。

2 引用文件

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1101 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

JJF 1525 氙弧灯人工气候老化试验装置辐射照度参数校准规范

GB/T 5170.2 环境试验设备检验方法 第2部分：温度试验设备

GB/T 41203 光伏组件封装材料加速老化试验方法

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(Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 2: Test procedures)

使用本规范时，应注意使用上述引用文件的有效版本。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和定义

3.1 紫外温湿度试验箱 ultra-violet (UV) temperature and humidity test chamber
模拟太阳光谱里紫外光源并且具备温湿度控制功能，能够模拟一种或一种以上环境条件的综合试验箱，用于样品的综合环境加速老化试验。

3.2 紫外辐照度 ultra-violet irradiance

单位时间投射到单位面积上(250~400) nm范围内的辐射通量。

3.3 工作平面 working plane

紫外温湿度试验箱中能将紫外辐照度、温度、相对湿度性能保持在规定偏差范围内的放置测试样品的平面，垂直于紫外光入射方向。

3.4 稳定状态 steady state

紫外温湿度试验箱工作平面内任意点的紫外辐照度、温度、相对湿度变化量达到设备参数设定并保持稳定的状态。

3.5 温度偏差 temperature deviation

紫外温湿度试验箱在稳定状态下，工作平面内各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。温度偏差包含温度上偏差和温度下偏差。

3.6 相对湿度偏差 relative humidity deviation

紫外温湿度试验箱在稳定状态下，工作平面内各测量点在规定时间内实测最高相对湿度和最低相对湿度与设定相对湿度的上下偏差。相对湿度偏差包含相对湿度上偏差和相对湿度下偏差。

3.7 温度波动度 temperature fluctuation

紫外温湿度试验箱稳定状态下，在规定的时间内，工作平面内任意一点温度随时间的变化量。

3.8 相对湿度波动度 relative humidity fluctuation

紫外温湿度试验箱稳定状态下，在规定的时间内，工作平面内任意一点相对湿度随时间的变化量。

3.9 温度均匀度 temperature uniformity

紫外温湿度试验箱稳定状态下，工作平面在某一瞬时任意两点温度之间的最大差值。

3.10 相对湿度均匀度 relative humidity uniformity

紫外温湿度试验箱稳定状态下，工作平面在某一瞬时任意两点相对湿度之间的最大差值。

3.11 温度变化速率 temperature change rate

紫外温湿度试验箱工作平面内测量点从设定的温度调节到另一要求温度值的温度变

化速率。

4 概述

紫外温湿度试验箱是以紫外光源与温湿度控制相结合的方式，模拟一种或一种以上环境条件的综合试验箱，其计量特性包括紫外辐照度示值误差、紫外光谱分布、紫外辐照度不均匀度、紫外辐照度不稳定性、温度偏差、温度波动度、温度均匀度、相对湿度偏差、相对湿度波动度、相对湿度均匀度、温度变化速率等。

5 计量特性

5.1 紫外辐照度示值误差

$$\text{即: } \Delta G = G - G_0 \quad (1)$$

式中:

ΔG ——紫外辐照度指示值误差, W/m^2 ;

G ——紫外温湿度试验箱紫外辐照度指示值, W/m^2 ;

G_0 ——被测量的实际值, W/m^2 。

5.2 紫外光谱分布

紫外光谱分布测量范围(250~400) nm。

5.3 紫外辐照度不均匀度

工作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:

$$\text{即: } G_{\text{NU}} = \frac{G_{\text{max}} - G_{\text{min}}}{G_{\text{max}} + G_{\text{min}}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

G_{NU} ——紫外温湿度试验箱内工作平面上的紫外辐照度不均匀度,无量纲;

G_{max} ——紫外温湿度试验箱内工作平面上测得的紫外辐照度最大值, W/m^2 ;

G_{min} ——紫外温湿度试验箱内工作平面上测得的紫外辐照度最小值, W/m^2 。

5.4 紫外辐照度不稳定性

在指定测量时间内工作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:

$$\text{即: } G_{\text{NS}} = \frac{G_{\text{omax}} - G_{\text{omin}}}{G_{\text{omax}} + G_{\text{omin}}} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

G_{NS} ——紫外温湿度试验箱内的紫外辐照度不稳定性, 无量纲;

G_{omax} ——在指定测量时间内工作平面中心点上测得的紫外辐照度最大值, W/m^2 ;

G_{omin} ——在指定测量时间内工作平面中心点上测得的紫外辐照度最小值, W/m^2 。

5.5 温度偏差

工作平面内各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。

$$\text{即:} \quad \Delta T_{max} = T_{max} - T_s \quad (4)$$

$$\Delta T_{min} = T_{min} - T_s \quad (5)$$

式中:

ΔT_{max} ——温度上偏差, $^{\circ}C$;

ΔT_{min} ——温度下偏差, $^{\circ}C$;

T_{max} ——各测量点规定时间内测量的最高温度, $^{\circ}C$;

T_{min} ——各测量点规定时间内测量的最低温度, $^{\circ}C$;

T_s ——设备设定温度, $^{\circ}C$ 。

5.6 温度均匀度

工作平面内各测量点在规定的时间内, 每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算数平均值。

$$\text{即:} \quad \Delta T_u = \sum_{i=1}^n (T_{imax} - T_{imin})/n \quad (6)$$

式中:

ΔT_u ——温度均匀度, $^{\circ}C$;

T_{imax} ——各测量点在第 i 次测得的最高温度, $^{\circ}C$;

T_{imin} ——各测量点在第 i 次测得的最低温度, $^{\circ}C$;

n ——测量次数。

5.7 温度波动度

工作平面内各测量点在规定时间内实测最高温度与最低温度之差的一半, 冠以“ \pm ”号, 取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度的校准结果。

$$\text{即:} \quad \Delta T_f = \pm \max [(T_{jmax} - T_{jmin})/2] \quad (7)$$

式中:

ΔT_f ——温度波动度, °C;

$T_{j\max}$ ——测量点 j 在 n 次测得的最高温度, °C;

$T_{j\min}$ ——测量点 j 在 n 次测得的最低温度, °C。

5.8 相对湿度偏差

即:
$$\Delta H_{\max} = H_{\max} - H_s \quad (8)$$

$$\Delta H_{\min} = H_{\min} - H_s \quad (9)$$

式中:

ΔH_{\max} ——湿度上偏差, %RH;

ΔH_{\min} ——湿度下偏差, %RH;

H_{\max} ——各测量点规定时间内测量的最高湿度, %RH;

H_{\min} ——各测量点规定时间内测量的最低湿度, %RH;

H_s ——设备设定湿度, %RH。

5.9 相对湿度均匀度

工作平面内各测量点在规定时间内每次测量中实测最高相对湿度与最低相对湿度之差的算术平均值。

即:
$$\Delta H_u = \sum_{i=1}^n (H_{i\max} - H_{i\min})/n \quad (10)$$

式中:

ΔH_u ——湿度均匀度, %RH;

$H_{i\max}$ ——各测量点在第 i 次测得的最高湿度, %RH;

$H_{i\min}$ ——各测量点在第 i 次测得的最低湿度, %RH;

n ——测量次数。

5.10 相对湿度波动度

工作平面内各测量点在规定时间内实测最高相对湿度与最低相对湿度之差的一半, 冠以“±”号, 取全部测量点中变化量的最大值作为相对湿度波动度的校准结果。

即:
$$\Delta H_f = \pm \max [(H_{j\max} - H_{j\min})/2] \quad (11)$$

式中:

ΔH_f ——湿度波动度, %RH;

$H_{j\max}$ ——测量点 j 在 n 次测得的最高湿度, %RH;

$H_{j\min}$ ——测量点 j 在 n 次测得的最低湿度, %RH。

5.11 温度变化速率

记录测量点的温度从温度范围的 10%变化到 90%所需要的时间, 计算变化速率。

$$\text{即: } V_T = \frac{(T_2 - T_1) \times 80\%}{t} \quad (12)$$

式中:

V_T ——温度变化速率, °C/min;

T_2 ——高的规定温度, °C;

T_1 ——低的规定温度, °C;

t ——温度自规定温度范围的 10%变化到 90%所需要的时间, min。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度: (15~45) °C; 环境湿度: ≤85% RH。

电网电压波动符合紫外温湿度试验箱和检测设备的使用要求, 周围无影响校准工作的机械振动和电磁干扰; 校准地点应无影响辐照度和光谱测量的杂散光。

6.2 主要测量标准及配套设备

6.2.1 紫外辐照度计

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温湿度试验箱内紫外光源相一致。

6.2.2 光谱仪

光谱仪的性能要求: 最小光谱测量范围: (250~400) nm; 波长误差不大于 1 nm; 波长分辨率不大于 1 nm; 采样间隔不大于 1 nm。

6.2.3 温度和相对湿度测量标准

温度测量标准一般选用多通道温度显示仪或多路温度测量装置, 传感器宜选用四线制铂电阻温度计, 传感器通道不少于 5 个, 测量范围(-60~200) °C, 分辨力不低于 0.01 °C, 最大允许误差: $\pm(0.15 \text{ °C} + 0.002 |t|)$ 。

相对湿度测量标准一般选用多通道湿度显示仪或多路湿度测量装置，传感器通道不少于3个，相对湿度测量范围10%~95%，分辨力不低于0.1%，最大允许误差±2%。

注：

- 1: 标准器温度和相对湿度测量范围为一般要求，使用中以能覆盖被校紫外温湿度试验箱实际校准范围为准。
- 2: 测量标准技术指标为包含传感器和采集设备的整体指标。
- 3: 各通道的测量结果应含修正值。
- 4: $|t|$ 为温度的绝对值，单位为℃。

6.2.4 时间测量标准

秒表分辨力：0.01s。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

表1 校准项目

序号	项目名称	计量特性的条款	校准方法的条款
1	紫外辐照度示值误差	5.1	7.3
2	紫外光谱分布	5.2	7.4
3	紫外辐照度不均匀度	5.3	7.5
4	紫外辐照度不稳定性	5.4	7.6
5	温度偏差	5.5	7.7.3
6	温度均匀度	5.6	7.7.4
7	温度波动度	5.7	7.7.5
8	相对湿度偏差	5.8	7.7.6
9	相对湿度均匀度	5.9	7.7.7
10	相对湿度波动度	5.10	7.7.8
11	温度变化速率	5.11	7.7.9

7.2 外观检查

用目视和手动检查。外观检查的内容包括：制造厂名或商标、出厂编号、仪器名称、型号；通电后各个光源均正常点亮；辐照度、温度、相对湿度测量和显示装置能正常工作。

7.3 紫外辐照度示值误差

将紫外辐照度计垂直放置于工作平面的中心点，如图1所示，测量辐照度，按公式(1)计算紫外辐照度的示值误差。

也可使用6.2.2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。

$$G = \int_{\lambda_B}^{\lambda_A} SR(\lambda) d\lambda \quad (13)$$

式中：

λ_A 和 λ_B 分别是测量波段范围内的波长上限和下限，nm；

$SR(\lambda)$ 是光谱仪测得的紫外辐射的绝对光谱辐照度， $W/(m^2 \cdot nm)$ 。

辐照度应分别重复测量三次，取平均值作为最后的测量结果。

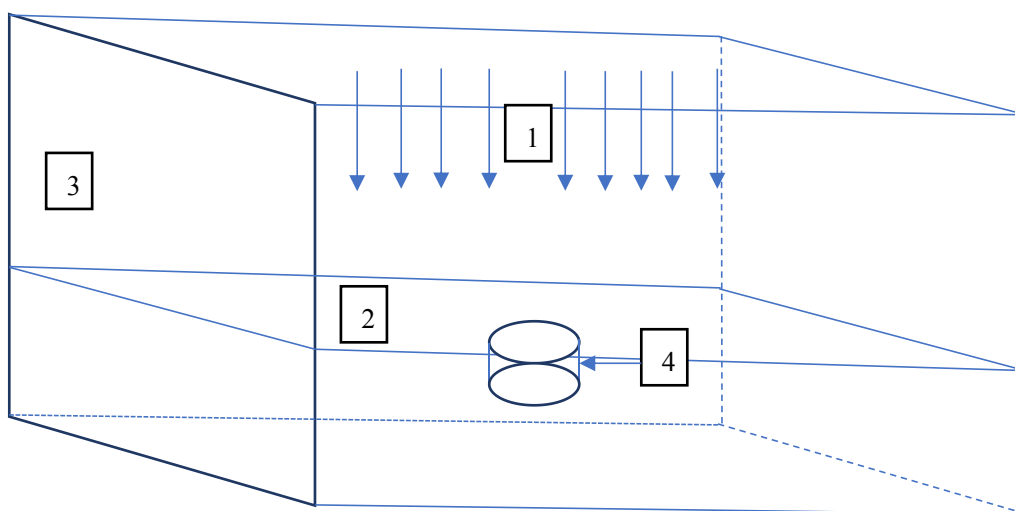


图1 紫外辐照度测量示意图

1. 光源方向；2. 工作平面；3. 箱体；4. 紫外辐照度计。

7.4 紫外光谱分布

将光谱仪的受光探头垂直放置于工作平面的中心点（图1中4的位置），以不大于10 nm的波长间隔测量辐射光谱分布，应根据被测光源的特性合理选择积分时间，测量后分别计算(250~280) nm波段、(280~320) nm波段和(320~400) nm波段积分辐照度占整个测量波段范围积分辐照度的比例，也可根据用户需要选择特定波段积分辐照度计算占比，非多个连续波段光源不进行该项目，重复测量三次，取平均值作为最后的测量结果。

7.5 紫外辐照度不均匀度

在工作平面上，规定每一个测试区域的面积不超过20 cm × 20 cm，每个测试点位于每一等分面积的正中央，测试点不少于9个。将紫外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 7.3 测量完毕后，将数据按公式(2)计算得到工作平面内的紫外辐照度不均匀度。

7.6 紫外辐照度不稳定性

将辐照度计放置在工作平面的中心点上，每 2 min 记录该点的紫外辐照度一次，连续测量 30 min，共记录 16 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。

7.7 温度和相对湿度校准

7.7.1 温度和相对湿度校准布点

温度和相对湿度校准点一般根据用户需要选择常用的温度和相对湿度点进行，或选择设备使用范围的下限、上限和中间点。

传感器布放位置为设备的工作平面，温度测量点为 5 个，用数字 1、2、3、4、5 数字表示，各布点位置与设备内壁的距离为各边长的 1/10，遇风道时，此距离可加大，但不应超过 500 mm，相对湿度测量点为 3 个，用字母 A、B、O 表示，工作平面内温湿度布点如图 2 所示。传感器测量点的布放位置也可根据用户实际工作进行布置。

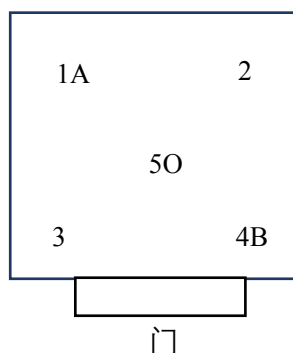


图 2 工作平面温湿度布点示意图

7.7.2 温度和相对湿度校准方法

将试验设备设定到校准温湿度，开启运行，试验设备达到稳定状态后开始记录各测量点温湿度，记录时间间隔为 2 min，30 min 内共记录 16 组数据，或根据设备运行状况和用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数，并在原始记录 and 校准证书中进行说明。温湿度稳定时间以说明书为依据，说明书中没有给出的，一般按以下原则执行：温湿度达到设定值，30 min 后开始记录数据，如箱内温湿度仍未稳定，可按实际情况至多延长 30 min，温度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60 min。如果在规定的稳

定时间之前能够确定箱内温度已经达到稳定，也可提前记录。稳定时间须以试验设备达到稳定状态为主要判断标准，应该试验设备达到稳定状态后开始校准。

7.7.3 温度偏差

按照 7.7.2 中的校准方法进行测试，测量完毕后，将数据按公式(4)、(5)计算得到温度偏差。

7.7.4 温度均匀度

按照 7.7.2 中的校准方法进行测试，测量完毕后，将数据按公式(6)计算得到温度均匀度。

7.7.5 温度波动度

按照 7.7.2 中的校准方法进行测试，测量完毕后，将数据按公式(7)计算得到温度波动度。

7.7.6 相对湿度偏差

按照 7.7.2 中的校准方法进行测试，测量完毕后，将数据按公式(8)、(9)计算得到相对湿度偏差。

7.7.7 相对湿度均匀度

按照 7.7.2 中的校准方法进行测试，测量完毕后，将数据按公式(10)计算得到相对湿度均匀度。

7.7.8 相对湿度波动度

按照 7.7.2 中的校准方法进行测试，测量完毕后，将数据按公式(11)计算得到相对湿度波动度。

7.7.9 温度变化速率

温度变化速率测量点为设备工作平面的中心点。将设备设定至所要求的温度值并运行，设备达到稳定值后的 30 min，把设备调节到另一要求温度值上，记录测量点的温度从温度范围的 10%变化到 90%所需的时间，按照公式(12)计算变化速率。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书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) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 校准的日期, 若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) 若与校准结果的有效性应用相关时, 应对被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) 本次校准所有测量标准的溯源性及有效性的说明;
- 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) 对校准规范的偏离说明;
- n) 校准证书签发人的签名或等效标识;
- 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, 不得部分复制证书的声明。

校准原始记录格式见附录 A, 格式上可依据实际情况做合理改动。校准证书内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 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, 但更换重要部件(特别是光源)、维修或对设备性能有怀疑时, 应随时校准。

附录 A

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/样品名称: _____ 型号规格: _____

制造厂商: _____ 出厂编号: _____

光源类型: _____

校准地址: _____

校准依据: _____

校准环境条件: 温度 _____ °C 相对湿度 _____ %

主标准器名称	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	溯源机构名称

A1 外观检查

A2 紫外辐照度示值误差

波长范围 (nm)	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)

A3 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)]
UVA 320~400		UVB 280~320		UVC 250~280	

(280~400) nm 光谱积分辐射照度: _____ (W/m²);

UVA 波段(320~400) nm 光谱积分辐射照度平均值: _____(W/m²), 辐照度占比: ___%;
 UVB 波段(280~320) nm 光谱积分辐射照度平均值: _____(W/m²), 辐照度占比: ___%;
 UVC 波段(250~280) nm 光谱积分辐射照度平均值: _____(W/m²), 辐照度占比: ___%。

A4 紫外辐照度不均匀度

紫外辐照度(W/m ²)	1	2	3	...
A				
B				
C				
...				

测试区域有效面积: _____(m×m);

紫外辐照度最大值: _____(W/m²);

紫外辐照度最小值: _____(W/m²);

紫外辐照度不均匀度: _____%。

A5 紫外辐照度不稳定性

测量次数	标准器读数 (W/m ²)	测量次数	标准器读数 (W/m ²)	测量次数	标准器读数 (W/m ²)
1		7		13	
2		8		14	
3		9		15	
4		10		16	
5		11		—	—
6		12		—	—

紫外辐照度最大值: _____(W/m²);

紫外辐照度最小值: _____(W/m²);

紫外辐照度不稳定性：_____ %。

A6 温度和相对湿度参数校准记录

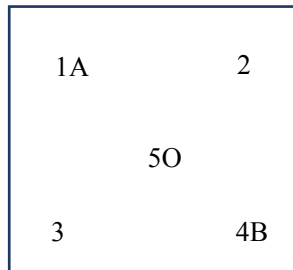
温度和相对湿度设定值：_____ °C _____ %

次数	实测温度值(°C)					实测相对湿度值(%)		
	1	2	3	4	5	A	B	0
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
最大值								
最小值								
上偏差								
下偏差								
波动度								
均匀度								

A7 温度变化速率校准记录

T_2 (°C)	
T_1 (°C)	
t (min)	
温度变化速率 (°C/min)	

A8 温湿度传感器布点示意图



校准结果的测量不确定度:

紫外辐照度: $U_{rel} = (k=2)$;

紫外光谱分布: $U_{rel} = (k=2)$;

温度: $U = (k=2)$;

相对湿度: $U = (k=2)$ 。

校准员: _____ 核验员: _____

校准日期: _____ 核验日期: _____

附录 B

校准证书内页格式

校准结果

一、校准结果：

1、紫外辐照度示值误差

被测紫外温湿度试验箱示值误差校准结果如下：

波长范围 (nm)	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)

2、紫外光谱分布

被测紫外温湿度试验箱紫外光谱分布校准结果如下：

波长 (nm)	光谱辐射照度 (W/m ²)	波长 (nm)	光谱辐射照度 (W/m ²)	波长 (nm)	光谱辐射照度 (W/m ²)
UVA 320~400		UVB 280~320		UVC 250~280	

(280~400) nm 光谱积分辐射照度：_____ (W/m²)；

UVA 波段(320~400) nm 光谱积分辐射照度平均值：___(W/m²)，辐照度占比：___%；

UVB 波段(280~320) nm 光谱积分辐射照度平均值：___(W/m²)，辐照度占比：___%；

UVC 波段(250~280) nm 光谱积分辐射照度平均值：___(W/m²)，辐照度占比：___%。

校准结果

3、紫外辐照度不均匀度

被测紫外温湿度试验箱紫外辐照度不均匀度校准结果如下：

紫外辐照度(W/m ²)	1	2	3	...
A				
B				
C				
...				

测试区域有效面积：_____ (m×m)；

紫外辐照度最大值：_____ (W/m²)；

紫外辐照度最小值：_____ (W/m²)；

紫外辐照度不均匀度：_____ %。

4、紫外辐照度不稳定性

被测紫外温湿度试验箱紫外辐照度不稳定性校准结果如下：

测量次数	标准器读数 (W/m ²)	测量次数	标准器读数 (W/m ²)	测量次数	标准器读数 (W/m ²)
1		7		13	
2		8		14	
3		9		15	
4		10		16	
5		11		—	—
6		12		—	—

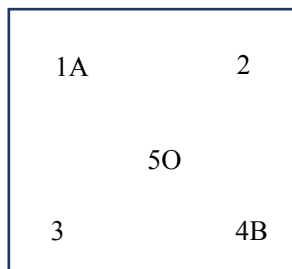
紫外辐照度最大值：_____ (W/m²)；

紫外辐照度最小值：_____ (W/m²)；

紫外辐照度不稳定性：_____ %。

校准结果

5、温湿度传感器布点示意图



6、温度和相对湿度校准结果

校准参数	温度(°C)	相对湿度(%)
设定值		
上偏差		
下偏差		
均匀度		
波动度		

7、温度变化速率校准结果

T_2 (°C)	
T_1 (°C)	
t (min)	
温度变化速率 (°C/min)	

二、不确定度描述：

校准结果的测量不确定度：

紫外辐照度： $U_{rel} = (k=2)$ ；

紫外光谱分布： $U_{rel} = (k=2)$ ；

温度： $U = (k=2)$ ；

相对湿度： $U = (k=2)$ 。

附录 C

校准结果不确定度评定示例

C.1 紫外温湿度试验箱紫外辐照度示值误差测量结果不确定度评定示例

C.1.1 测量模型

$$\Delta G = G - G_0$$

式中：

ΔG ——紫外辐照度指示值误差，W/m²；

G ——紫外温湿度试验箱紫外辐照度指示值，W/m²；

G_0 ——被测量的实际值，W/m²。

C.1.2 不确定度来源包括：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，温度和相对湿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。

C.1.3 标准不确定度分量的评定

C.1.3.1 重复性引起的不确定度 $u_1(G)$ 评定

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

表 C.1 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 (W/m ²)	187.7	187.4	188.5	188.5	188.0	187.6	187.3	187.3	187.3	187.8

其算术平均值 $\overline{\Delta G} = \frac{1}{n} \sum \Delta G_i = 187.7 \text{ W/m}^2$

单次试验标准差： $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (\Delta G_i - \overline{\Delta G})^2 / (10 - 1)} = 0.46 \text{ W/m}^2$

实际测量中是重复测量 3 次取平均值，则可得到：

$$u_1(G) = \frac{s}{\overline{\Delta G} \times \sqrt{3}} = 0.14\%$$

C.1.3.2 标准辐照度计校准溯源引起的不确定度 $u_2(G)$ 的评定

根据校准证书，量值溯源不确定度为 8.2% ($k=2$)，表示为 $u_2(G) = 4.10\%$ 。

C.1.3.3 温度和相对湿度变化引起的不确定度 $u_3(G)$ 的评定

根据实验,标准紫外辐照度计的示数随温度和相对湿度的变化率约为-1.7%,估算为均匀分布,则 $u_3(G)=1.00\%$ 。

C.1.3.4 杂散光引起的不确定度 $u_4(G)$ 的评定

由于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估算为 $u_4(G)=2.00\%$ 。

C.1.3.5 标准紫外辐照度计安装引起的不确定度 $u_5(G)$ 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 $u_5(G)=1.00\%$ 。

C.1.3.6 被测光源的不稳定性引起的不确定度 $u_6(G)$ 的评定

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

表 C.2 光源不稳定性引起的辐照度测试数据

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值(W/m ²)	202.4	202.5	202.3	202.0	202.1	201.8	201.6	201.7	201.8	202.1

其算术平均值 $\bar{G} = \frac{1}{n} \sum G_i = 202.03 \text{ W/m}^2$

单次试验标准差: $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (G_i - \bar{G})^2 / (10 - 1)} = 0.306 \text{ W/m}^2$

估算为均匀分布,则可得到:

$$u_6(G) = \frac{s}{\bar{G} \times \sqrt{3}} = 0.09\%。$$

C.1.3.7 辐照不均匀性引起的不确定度 $u_7(G)$ 的评定

以工作平面中央为中心点,边长 2 cm 画田字格,田字格内的 9 个交点作为取点位置进行辐照度数据测量,数据如下:

表 C.3 工作平面中央 9 个点辐照度测试数据

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
示值(W/m ²)	180.3	181.6	179.1	188.0	189.2	186.7	184.2	188.0	185.4

不均匀性 $G = \frac{G_{\max} - G_{\min}}{G_{\max} + G_{\min}} \times 100\% = 2.74\%$,估算为均匀分布,则 $u_7(G)=1.58\%$,

由于箱体辐照不均匀带来的测量不确定度 $u_7(G)=1.58\%$ 。

C.1.3.8 标准器余弦误差引起的不确定度 $u_8(G)$ 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。 $u_8(G)=1.50\%$ 。

C.1.3.9 标准器非线性引起的不确定度 $u_9(G)$ 的评定

由于非线性误差引起的测量不确定度。 $u_9(G)=1.00\%$ 。

C.1.4 标准不确定度的评定

C.1.4.1 标准不确定度分量一览表

表 C.4 标准不确定度分量与灵敏系数计算列表

分量 $u_i(G)$	不确定度来源	标准不确定度分量 (%)	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$ (%)
$u_1(G)$	读数重复性引起的不确定度	0.14	1	0.14
$u_2(G)$	标准辐照度计校准溯源引起的 不确定度	4.10	1	4.10
$u_3(G)$	温度和相对湿度变化引起的不 确定度	1.00	1	1.00
$u_4(G)$	杂散光引起的不确定度	2.00	1	2.00
$u_5(G)$	标准紫外辐照度计安装引起的 不确定度	1.00	1	1.00
$u_6(G)$	被测光源的不稳定性引起的不 确定度	0.09	1	0.09
$u_7(G)$	辐照不均匀性引起的不确定度	1.58	1	1.58
$u_8(G)$	标准器余弦误差引起的不确定 度	1.50	1	1.50
$u_9(G)$	标准器非线性引起的不确定度	1.00	1	1.00

C.1.4.2 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

$$u_c = \sqrt{\sum_1^9 (u_i)^2} = 5.35\%$$

C.1.5 扩展不确定度

对应 p 约为95%包含概率，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 5.35\% = 10.7\%$$

C.2 紫外温湿度试验箱紫外光谱分布测量结果不确定度评定

C.2.1 测量模型

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

式中： $s(\lambda)$ ——紫外老化箱的紫外光谱分布测量值；

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

C.2.3 标准不确定度分量的评定

C.2.3.1 测量重复性引起的不确定度 $u_1(s)$ 评定

通过用光谱仪进行连续 10 次测量，得到测量数据如下：

表 C.5 光谱仪测量重复性数据

W/m²

波长	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
250 nm	0.8525	0.7846	0.7814	0.7416	0.7958	0.8257	0.8250	0.8343	0.8347	0.8509
260 nm	0.9645	0.9259	0.9339	0.8973	0.8859	0.9315	0.9050	0.8998	0.9452	0.9474
270 nm	0.9026	0.8678	0.8879	0.8388	0.8357	0.8797	0.8467	0.8646	0.8958	0.8873
280 nm	1.095	1.029	1.025	0.9691	0.9973	1.056	1.030	1.028	1.052	1.072
290 nm	1.149	1.105	1.087	1.006	1.049	1.130	1.091	1.077	1.113	1.128
300 nm	1.586	1.563	1.614	1.451	1.442	1.574	1.623	1.525	1.568	1.576
310 nm	4.087	4.110	4.655	3.695	3.532	4.054	4.587	4.182	4.110	4.142
320 nm	4.890	4.94	5.627	4.420	4.219	4.845	5.539	5.016	4.940	4.986
330 nm	17.03	16.82	18.38	15.51	14.93	16.74	18.187	17.04	16.98	16.94
340 nm	17.97	17.78	19.40	16.36	15.86	17.70	19.19	18.04	17.92	17.88
350 nm	29.19	28.37	29.85	26.87	26.33	28.74	29.75	28.65	28.82	28.78
360 nm	36.24	34.70	36.29	33.59	33.01	35.63	36.04	35.18	35.59	35.62
370 nm	3.654	3.492	3.651	3.385	3.333	3.594	3.629	3.539	3.584	3.591
380 nm	4.781	4.554	4.715	4.451	4.387	4.7	4.678	4.616	4.675	4.694
390 nm	4.873	4.641	4.807	4.536	4.474	4.794	4.769	4.703	4.77	4.776
400 nm	5.789	5.499	5.679	5.392	5.32	5.68	5.631	5.567	5.665	5.671

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，实际测

量中是重复测量 3 次取平均值， $u_1(s) = \frac{s}{\bar{S} \times \sqrt{3}}$ ，则可得到：

表 C.6 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
$u_1(s)$	2.53%	1.60%	1.59%	2.01%	2.23%	2.30%	4.77%	4.99%
波长 (nm)	330	340	350	360	370	380	390	400
$u_1(s)$	3.56%	3.49%	2.29%	1.82%	1.80%	1.56%	1.56%	1.50%

C.2.3.2 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：

(250~400)nm: $U_{\text{rel}}=7.0\%$, $k=2$ 。则：(250~400)nm: $u_2(s)=3.5\%$ 。

C. 2. 3. 3 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， $u_3(s)=0.7\%$ 。

C. 2. 3. 4 温度和相对湿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， $u_4(s)=0.7\%$ 。

C. 2. 4 标准不确定度的评定

C. 2. 4. 1 标准不确定度分量一览表

表 C. 7 标准不确定度分量与灵敏系数计算列表

分量 $u_i(s)$	不确定度来源	标准不确定度分量	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
$u_1(s)$	测量重复性引起的不确定度	如表 C. 6.	1	如表 C. 6.
$u_2(s)$	光谱仪辐射照度校准溯源引起的不确定度	3.5%	1	3.5%
$u_3(s)$	光谱仪探测器余弦修正后引起的不确定度	0.7%	1	0.7%
$u_4(s)$	温度和相对湿度偏差引起的不确定度	0.7%	1	0.7%

C. 2. 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：

表 C. 8 紫外光谱分布测量合成标准不确定度

波长 (nm)	250	260	270	280	290	300	310	320
u_c	4.43%	3.97%	3.97%	4.15%	4.27%	4.31%	6.00%	6.17%
波长 (nm)	330	340	350	360	370	380	390	400
u_c	5.09%	5.04%	4.30%	4.07%	4.06%	3.96%	3.96%	3.94%

C. 2. 5 扩展不确定度

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

表 C. 9 紫外光谱分布测量结果的相对扩展不确定度

波长 (nm)	250	260	270	280	290	300	310	320
U	8.9%	7.9%	7.9%	8.3%	8.5%	8.6%	12.0%	12.3%
波长 (nm)	330	340	350	360	370	380	390	400
U	10.2%	10.1%	8.6%	8.1%	8.1%	7.9%	7.9%	7.9%

C.3 紫外温湿度试验箱温度测量结果不确定度评定

C.3.1 测量模型

温度上偏差公式

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_s$$

式中:

ΔT_{\max} ——温度上偏差, °C;

T_{\max} ——各测量点规定时间内测量的最高温度, °C;

T_s ——设备设定温度, °C。

C.3.2 不确定度来源

被校对象测量重复性引入的标准不确定度分量, 由标准器显示分辨力引入的标准不确定度分量, 标准器修正引入的不确定度分量, 标准器稳定性引入的标准不确定度分量。

C.3.3 标准不确定度分量的评定

C.3.3.1 温度测量重复性引起的不确定度 $u_1(T)$ 评定

对紫外温湿度试验箱在 30 °C 连续 15 次测量, 得到测量数据如下:

表 C.10 温度测量重复性数据

次数 i	温度(°C)	次数 i	温度(°C)	次数 i	温度(°C)
1	30.61	6	30.66	11	30.22
2	30.30	7	30.78	12	30.19
3	30.11	8	30.82	13	30.36
4	30.22	9	30.55	14	30.38
5	30.44	10	30.31	15	30.42

单次试验标准差: $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{15} (T_i - \bar{T})^2 / (15 - 1)} = 0.21 \text{ °C}$

$$u_1(T) = s = 0.21 \text{ °C}$$

C.3.3.2 测量标准器温度显示分辨力引入的不确定度 $u_2(T)$ 评定

标准器温度显示分辨力为 0.01 °C, 且服从均匀分布, 故:

$$u_2(T) = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ °C}$$

C.3.3.3 测量标准器温度修正引入的不确定度 $u_3(T)$ 评定

由测量标准器校准证书得知, 修正值的扩展不确定度 $U=0.037 \text{ °C}$ ($k=2$), 估计为服从正态分布, 故

$$u_3(T) = \frac{0.037}{2} = 0.019 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.3.3.4 标准器温度稳定性引入的不确定度 $u_4(T)$ 评定

本标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 $0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，估计为服从均匀分布，故：

$$u_4(T) = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.3.4 标准不确定度的评定

C.3.4.1 温度标准不确定度分量一览表

表 C.11 温度标准不确定度分量与灵敏系数计算列表

分量 $u_i(T)$	不确定度来源	标准不确定度 分量	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
$u_1(T)$	测量重复性引起的不确定度	$0.21 \text{ } ^\circ\text{C}$	1	$0.21 \text{ } ^\circ\text{C}$
$u_2(T)$	标准器显示分辨力引起的不确定度	$0.003 \text{ } ^\circ\text{C}$	1	$0.003 \text{ } ^\circ\text{C}$
$u_3(T)$	标准器修正引起的不确定度	$0.019 \text{ } ^\circ\text{C}$	1	$0.019 \text{ } ^\circ\text{C}$
$u_4(T)$	标准器稳定性引入的不确定度	$0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$	1	$0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$

C.3.4.2 温度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 $u_c(T) = \sqrt{\sum_1^4 (u_i)^2}$ ，可得：

$$u_c(T) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.3.5 扩展不确定度

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.22 \text{ } ^\circ\text{C} = 0.44 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.4 紫外温湿度试验箱相对湿度测量结果不确定度评定

C.4.1 测量模型

相对湿度上偏差公式

$$\Delta H_{\max} = H_{\max} - H_s$$

式中：

ΔH_{\max} ——湿度上偏差，%RH；

H_{max} ——各测量点规定时间内测量的最高湿度，%RH；

H_s ——设备设定湿度，%RH。

C.4.2 不确定度来源

被校对象测量重复性引入的标准不确定度分量，由标准器显示分辨力引入的标准不确定度分量，标准器修正引入的不确定度分量，标准器稳定性引入的标准不确定度分量。

C.4.3 标准不确定度分量的评定

C.4.3.1 相对湿度测量重复性引起的不确定度 $u_1(H)$ 评定

对紫外温湿度试验箱在 30 °C,50%RH, 连续 15 次测量，得到测量数据如下：

表 C.12 相对湿度测量重复性数据

次数 i	相对湿度 (%)	次数 i	相对湿度 (%)	次数 i	相对湿度 (%)
1	49.98	6	50.25	11	50.18
2	50.56	7	51.15	12	50.77
3	50.26	8	50.13	13	50.60
4	50.41	9	51.08	14	50.26
5	50.35	10	50.37	15	50.93

单次试验标准差： $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (H_i - \bar{H})^2 / (15 - 1)} = 0.34\%RH$

$$u_1(H) = s = 0.34\%RH$$

C.4.3.2 测量标准器相对湿度显示分辨力引入的不确定度 $u_2(H)$ 评定

标准器相对湿度显示仪表分辨力最小值为 0.1%且服从均匀分布，故：

$$u_2(H) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03\%RH$$

C.4.3.3 测量标准器相对湿度修正引入的不确定度 $u_3(H)$ 评定

由测量标准器校准证书得知，修正值的扩展不确定度 $U=2.2\%RH$ ($k=2$)，估计为服从正态分布，故

$$u_3(H) = \frac{2.2}{2} = 1.1\%RH$$

C.4.3.4 标准器相对湿度稳定性引入的不确定度 $u_4(H)$ 评定

本标准器相邻两次校准相对湿度修正值最大变化 0.5%，估计为服从均匀分布，故

$$u_4(H) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29\%RH$$

C.4.4 标准不确定度的评定

C.4.4.1 相对湿度标准不确定度分量一览表

表 C.13 相对湿度标准不确定度分量列表与灵敏系数计算列表

分量 $u_i(H)$	不确定度来源	标准不确定度分量	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
$u_1(H)$	测量重复性引起的不确定度	0.34%RH	1	0.34%RH
$u_2(H)$	标准器显示分辨力引起的不确定度	0.03%RH	1	0.03%RH
$u_3(H)$	标准器修正引起的不确定度	1.1%RH	1	1.1%RH
$u_4(H)$	标准器稳定性引入的不确定度	0.29%RH	1	0.29%RH

C.4.4.2 相对湿度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 $u_c(H) = \sqrt{\sum_1^4 (u_i)^2}$ ，可得：

$$u_c(H) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 1.2\%RH$$

C.4.5 扩展不确定度

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 1.2\%RH = 2.4\%RH$$

