

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXXX-XXXXX

光湿热老化试验箱校准规范

Calibration Specification for Irradiance Humidity Temperature Test
Chamber

(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

光湿热老化试验箱校准规范

Calibration Specification for Irradiance

Humidity Temperature Test Chamber

JJF XXXX-XXXX

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：福建省计量科学研究院

中国计量科学研究院

宸鸿科技（厦门）有限公司

台州市计量技术研究院

参加起草单位：美国科潘诺实验设备公司上海代表处

本规程委托全国光伏专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和定义.....	(1)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 校准前检查.....	(3)
7.2 校准项目.....	(3)
7.3 辐照度修正系数.....	(4)
7.4 光谱积分辐射照度.....	(4)
7.5 辐照度不均匀度.....	(5)
7.6 辐照度不稳定性.....	(6)
7.7 箱体温湿度偏差.....	(6)
7.8 温度计温度偏差.....	(9)
8 校准结果表达.....	(10)
9 复校时间间隔.....	(10)
附录 A 校准结果内页推荐格式.....	(11)
附录 B 校准原始记录内页推荐格式.....	(14)
附录 C 校准结果不确定度评定示例.....	(18)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成制定本校准规范的基础性系列规范。

本规范为首次制定。

光湿热老化试验箱校准规范

1 范围

本规范适用于光湿热老化试验箱的校准。

2 引用文件

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

JJF 1525-2015 氙弧灯人工气候老化试验装置辐射照度参数校准规范

JJF 1615-2017 太阳模拟器校准规范

JJF（闽）1082—2017 光伏组件用紫外老化箱校准规范

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 稳定状态 steady state

光湿热老化试验箱工作空间内任意点的试验需求参数（温度、相对湿度、辐照度）变化量达到设备本身性能指标要求时的状态。

3.2 辐射照度 irradiance

简称辐照度，指光源投射到单位接收面积的辐射能量，单位： W/m^2 。

3.3 辐照度不均匀度 irradiance non-uniformity

光湿热老化试验箱稳定状态下，在指定测量平面上受到的辐照度的空间不一致性。

3.4 辐照度不稳定性 irradiance instability

光湿热老化试验箱稳定状态下，在规定的时间内，测量指定测量平面中心点上受到的辐照度的时间波动性。

3.5 温度波动度 temperature fluctuation

光湿热老化试验箱稳定状态下，在规定的时间内，工作空间任意一点温度随时间的变化量。

3.6 相对湿度波动度 relative humidity fluctuation

光湿热老化试验箱稳定状态下，在规定的时间内，工作空间任意一点相对湿度随时间的变化量。

3.7 温度均匀度 temperature uniformity

光湿热老化试验箱稳定状态下，工作空间在某一瞬时任意两点温度之间的最大差值。

3.8 相对湿度均匀度 relative humidity uniformity

光湿热老化试验箱稳定状态下，工作空间在某一瞬时任意两点相对湿度之间的最大差值。

4 概述

光湿热老化试验箱（以下简称“老化试验箱”）是能模拟自然气候中部分环境条件的装置。其工作原理是：在试验仓内用人工方法模拟出所需的温度、湿度等自然环境，以控制光源透过特定的滤光片来模拟和强化太阳光源，使试样在试验仓经过几十小时的试验效果相当于户外数月的自然损坏程度。

老化试验箱从结构上可分为三类：平板型、金字塔型及旋转鼓型。

5 计量特性

老化试验箱的辐照度计量特性包括：辐照度修正系数（或修正因子。对于无辐射照度显示的被较装置，测量辐射照度）和箱体的辐照度不均匀性、辐照度不稳定性。

老化试验箱的温湿度计量特性包括：温度偏差、温度均匀度、温度波动度、相对湿度偏差、相对湿度均匀度、相对湿度波动度。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(25±10)℃, 环境相对湿度不大于 85 %RH。

6.1.2 电网电压波动符合老化试验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。

6.2 老化试验箱

老化试验箱一般在空载条件下校准，根据用户需要可以在负载条件下进行，但应说明负载的情况。在校准箱体温湿度偏差时一般在黑暗条件下进行，根据用户需要也可以在光照条件下进行，但应说明辐照度的情况。

6.3 标准器及配套设备

6.3.1 辐照度计

本规范使用的辐照度计零值误差不超过满量程示值的 $\pm 1\%$ ，各量程测量的非线性不超过 $\pm 1\%$ ；校准辐照度计时采用的上一级标准光源的类型应与老化试验箱内光源相一致。

6.3.2 光谱仪

光谱测量最小覆盖范围： $(250\sim 800)$ 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。

6.3.3 温湿度巡检仪

温湿度巡检仪的温湿度传感器的数量应满足校准布点要求，各通道应采用同种型号规格的温湿度传感器。其中温度测量标准的范围： $(-80\sim 200)$ °C，且分辨力：不低于 0.01 °C，最大允许误差： $\pm(0.15\text{ }^\circ\text{C}+0.002|t|)$ 。相对湿度测量标准的范围：10%~100%，且分辨力：不低于 0.1%，最大允许误差： $\pm 2\%$ 。

注 1：温湿度巡检仪测量范围为一般要求.使用中以能覆盖被校老化试验箱实际校准范围为准。

注 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。

注 3：各通道的测量结果应含修正值。

注 4： $|t|$ 为温度的绝对值.单位为°C。

6.3.4 表面温度计

表面温度计温度测量标准的范围： $(50\sim 500)$ °C，且分辨力：不低于 0.1 °C，最大允许误差： $\pm 1.6\%$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

用目视和手动检查。内容包括：铭牌上须标明型号、规格、制造厂、出厂编号和出厂时间等信息。灯管、滤光装置、辐射照度接收头及试验仓应清洁，无污垢。老化试验箱应放置在稳固的基础上，旋转型老化试验箱的试验仓内平面应水平，附属装置安装稳固可靠。仪器的附件及试样夹持器应完好无缺，试样夹能加紧试样。

7.2 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目列表

序号	校准项目	对应条款号
1	辐照度修正系数	7.3
2	光谱积分辐射照度	7.4
3	辐照度不均匀度	7.5
4	辐照度不稳定性	7.6
5	箱体温湿度偏差	7.7
6	温度计温度偏差	7.8

7.3 辐照度修正系数

7.3.1 校准方法

老化试验箱稳定状态下，将标准辐射照度计或光谱辐射计的探测器沿着平行于灯管方向放置在样品架上与监测探测器水平相邻的位置，调整标准探测器的接收面与监测探测器平面平行，并与灯管保持相同的距离。将辐照度计分别垂直放置于指定测试面的中心点，测得的辐照度，分别测量三次，取平均值作为测量结果。

7.3.2 数据处理

辐照度的修正系数如公式(1)定义。

$$\alpha = \frac{G_0}{G} \quad (1)$$

式中： α ——老化试验箱的辐照度修正系数，无量纲；

G ——老化试验箱的辐照度指示值， W/m^2 ；

G_0 ——标准器的辐照度测量值， W/m^2 。

也可使用光谱仪进行辐射的绝对光谱辐射照度测量，然后根据公式（2）在需要关注波段的光谱范围对绝对光谱辐射照度测量数据进行积分，得到该波段的辐照度。

$$G_0 = \int_{\lambda_B}^{\lambda_A} \text{SR}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (2)$$

式中： λ_A ——关注波段范围内的波长上限， nm ；

λ_B ——关注波段范围内的波长下限， nm ；

$\text{SR}(\lambda)$ ——光谱仪测得的辐射的绝对光谱辐照度， $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ 。

公式（1）、（2）中的辐照度需要测量三次，取平均值作为测量结果。

7.4 光谱积分辐射照度

老化试验箱稳定状态下，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 5 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。为了避免高温对

光谱仪本体的影响，光谱仪应放置在老化试验箱外。测量后根据用户实际工作要求对规定波段进行划分，并计算各划分波段的积分辐照度占规定波段积分辐照度的比例。

7.5 辐照度不均匀度

7.5.1 校准方法

平板型老化试验箱的辐照度不均匀度测试法采用等区域划分法。将图 1 中的指定测试面划分成面积不超过 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 的等分区域，每个测试点位于每一等分区域的正中央。老化试验箱稳定状态下，将辐照度计放置在测试点上，测量各个测试区域的辐照度。(若平板型老化试验箱测试面的面积小于 320 cm^2 ，可使用金字塔型老化试验箱的辐照度不均匀度校准方法。)

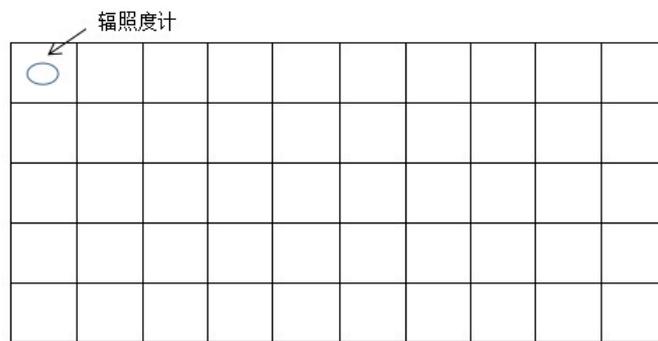


图 1 平板型辐照度不均匀度测量区域划分示意图

金字塔型老化试验箱的辐照度不均匀度测试法采用三点法。测量位置 1、2、3 的位置示意图见图 2，测量位置点位样品放置有效区域内，且均匀分布。

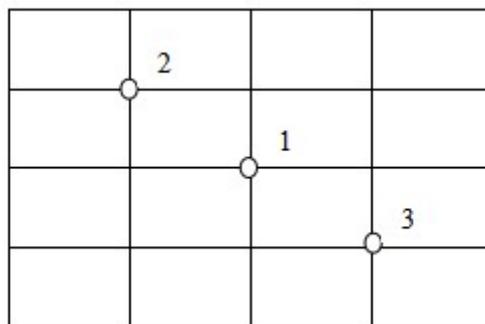


图 2 金字塔型辐照度不均匀度测量区域划分示意图

旋转鼓型老化试验箱的辐照度不均匀度测试法采用三点法。将筒状样品架分为上、中、下三层，在每一层选取一个测量点，用数字 1、2、3 表示，摆放位置如图 3 所示。

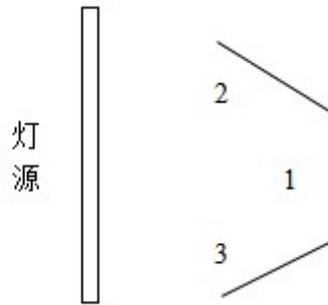


图3 旋转鼓型辐照度不均匀度测量区域划分示意图

7.5.2 数据处理

将数据按公式（3）计算得到指定测试面内的辐照度不均匀度。

$$G_{\text{NU}} = \frac{G_{\text{max}} - G_{\text{min}}}{G_{\text{max}} + G_{\text{min}}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： G_{NU} ——老化试验箱内指定测量平面上的辐照度不均匀度，无量纲；

G_{max} ——老化试验箱内指定测量平面上测得的辐照度最大值， W/m^2 ；

G_{min} ——老化试验箱内指定测量平面上测得的辐照度最小值， W/m^2 。

7.6 辐照度不稳定性

7.6.1 校准方法

老化试验箱稳定状态下，将辐照度计放置在指定测试面上的中心点上，每2分钟记录该点的辐照度一次，连续测量30 min，共记录16次。

7.6.2 数据处理

将数据按公式（4）计算得到辐照度不稳定性。

$$G_{\text{IS}} = \frac{G_{\text{max}} - G_{\text{min}}}{G_{\text{max}} + G_{\text{min}}} \times 100\% \quad (4)$$

式中： G_{IS} ——老化试验箱内的辐照度不稳定性，无量纲；

G_{max} ——在指定测量时间内指定测量平面中心点上测得的辐照度最大值， W/m^2 ；

G_{min} ——在指定测量时间内指定测量平面中心点上测得的辐照度最小值， W/m^2 。

7.7 箱体温湿度偏差

7.7.1 温度、湿度校准点的选择

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

平板型老化试验箱：传感器布放位置为该设备校准时的测量点，应布置在设备工作空间的三个不同层面上，称为上、中、下三层，中层为通过工作空间几何中心的平行于底面的校准工作面。当设备容积不大于 2 m^3 时，温度测量点为9个，湿度测量点为3个；当设备容积大于 2 m^3 时，温度测量点为15个，湿度测量点为4个；

金字塔型老化试验箱:传感器布放位置为该设备辐照度不均匀度校准时的测量点。温度传感器布放在 1、2、3 的位置上,湿度传感器布放在 2 的位置上。

旋转鼓型老化试验箱:传感器布放位置为该设备辐照度不均匀度校准时的测量点。温度传感器布放在 1、2、3 的位置上,湿度传感器布放在 2 的位置上。

传感器测量点布放位置和数量也可以根据用户实际工作进行布置。

7.7.2 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,并在原始记录和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 后可以开始记录数据,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,也可以提前记录。稳定时间须以环境试验设备达到稳定状态为主要判断标准,应在环境试验设备达到稳定状态后才开始进行校准。

7.7.3 数据处理

7.7.3.1 温度偏差

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (5)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (6)$$

式中: Δt_{\max} ——温度上偏差, °C;

Δt_{\min} ——温度下偏差, °C;

t_{\max} ——各测量点规定时间内测量的最高温度, °C;

t_{\min} ——各测量点规定时间内测量的最低温度, °C;

t_s ——设备设定温度, °C。

7.7.3.2 温度均匀度

设备在稳定状态下,工作空间各测量点 30 min 内(每 2 min 测试一次)每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n \frac{t_{i\max} - t_{i\min}}{n} \quad (7)$$

式中: Δt_u ——温度均匀度, °C;

$t_{i\max}$ ——各测量点在第 i 次测得的最高温度, °C;

$t_{i\min}$ ——各测量点在第 i 次测得的最低温度, °C;

n ——测量次数。

7.7.3.3 温度波动度

设备在稳定状态下, 工作空间各测量点 30 min 内 (每 2 min 测试一次) 实测最高温度与最低温度之差的一半, 冠以 “±”, 取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果。

$$\Delta t_f = \pm \max\left(\frac{t_{j\max} - t_{j\min}}{2}\right) \quad (8)$$

式中: Δt_f ——温度均匀度, °C;

$t_{j\max}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最高温度, °C;

$t_{j\min}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最低温度, °C。

7.7.3.4 相对湿度偏差

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (9)$$

$$\Delta h_{\min} = h_{\min} - h_s \quad (10)$$

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。

7.7.3.5 相对湿度均匀度

设备在稳定状态下, 工作空间各测量点 30 min 内 (每 2 min 测试一次) 每次测量中实测最高湿度与最低湿度之差的算术平均值。

$$\Delta h_u = \sum_{i=1}^n \frac{h_{i\max} - h_{i\min}}{n} \quad (11)$$

式中: Δh_u ——温度均匀度, %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。

7.7.3.6 相对湿度波动度

设备在稳定状态下，工作空间各测量点 30 min 内（每 2 min 测试一次）实测最高相对湿度与最低相对湿度之差的一半，冠以“±”，取全部测量点中变化量的最大值作为相对湿度波动度校准结果。

$$\Delta h_f = \pm \max\left(\frac{h_{j\max} - h_{j\min}}{2}\right) \quad (12)$$

式中： Δh_f ——温度均匀度，%RH；

$h_{j\max}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最高温度，%RH；

$h_{j\min}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最低温度，%RH。

7.8 温度计温度偏差

7.8.1 黑板温度偏差

将标准表面温度计与设备黑板温度计相邻放置，设备正常运行，当设备黑板温度示值达到稳定时，记录示值，与标准表面温度示值直接比较计算误差。

$$\Delta t_1 = t_0 - t_s \quad (13)$$

式中： Δt_1 ——黑板温度偏差，°C；

t_0 ——设备黑板温度计温度，°C。

t_s ——标准表面温度计温度，°C。

7.8.2 黑标温度偏差

设备正常运行，当黑标温度示值稳定时，记录数据，暂停机器运行，立即用红外测温仪在设备内测量黑标黑体中部表面温度 t_b ，以短时间再测 2 次，共三组数据，设最大值为 $t_{b\max}$ ，最小值为 $t_{b\min}$ 。若极差 $(t_{b\max} - t_{b\min}) \leq 0.5$ °C，则 $t_{b\max}$ 作为测量标准值。若极差 $(t_{b\max} - t_{b\min}) \geq 0.5$ °C，则可能是红外测温仪未能对准被测物，或是操作延迟使黑标温度下降过多，需重新测量。

$$\Delta t_2 = t_0 - t_{b\max} \quad (14)$$

式中： Δt_2 ——黑标温度偏差，°C；

t_0 ——设备黑板温度计温度，°C。

$t_{b\max}$ ——红外测温仪温度，°C。

7.8.3 辐射温度计偏差

黑体源正常运行，当黑体源温度示值稳定时，用设备辐射温度计测量黑体源温度，记录示值，与黑体源温度直接比较计算误差。

$$\Delta t_3 = t_0 - t_r \quad (15)$$

式中： Δt_3 ——热电阻温度偏差， $^{\circ}\text{C}$ ；
 t_0 ——设备辐射温度计温度， $^{\circ}\text{C}$ 。
 t_r ——黑体源温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- 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) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被叫对象的接收日期；
- 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其有效性说明；
- 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) 校准结果仅对被校太阳电池有效的声明；
- p) 以及未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

具体参照附录 A，格式上可依据实际情况做合理改动。被校准设备的计量特性测量数据应记入校准原始记录，按附录 B 的格式给出。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 12 个月。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疑异时，应随时校准。

附录 A

校准结果内页推荐格式

证书编号 *****_****

校 准 结 果

一、校准方法：

二、校准结果：

1、辐照度修正系数

被测老化试验箱辐照度修正系数校准结果如下：

标准值 (W/m ²)	显示值 (W/m ²)	修正系数

2、光谱积分辐射照度

被测老化试验箱光谱积分辐射照度校准结果如下：

波段(_____) nm 光谱积分辐射照度占比：_____ %

波段(_____) nm 光谱积分辐射照度占比：_____ %

波段(_____) nm 光谱积分辐射照度占比：_____ %

3、辐照度不均匀度

被测老化试验箱辐照度不均匀度校准结果如下：

辐照度 (W/m ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	...
A									
B									
C									
D									
E									
F									
G									
H									
...									

校准结果

辐照度最大值：_____ (W/m²)

辐照度最小值：_____ (W/m²)

辐照度不均匀度：_____ %

4、辐照度不稳定性

被测老化试验箱辐照度不稳定性校准结果如下：

辐照度最大值：_____ (W/m²)

辐照度最小值：_____ (W/m²)

辐照度不稳定性：_____ %

5、箱体温湿度偏差

设定温度值 (°C)						
设定相对湿度值 (%)						
检测点	实测温度(°C)					
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

校准结果

检测点	实测相对湿度(%)					
A						
B						
C						
温度上偏差(°C)						
温度下偏差(°C)						
温度均匀度(°C)						
温度波动度(°C)						
相对湿度上偏差(%)						
相对湿度下偏差(%)						
相对湿度均匀度(%)						
相对湿度波动度(%)						
校准点分布示意图						

5、温度计温度偏差

标准值 (°C)	被测值 (°C)	温度偏差 (°C)

三、不确定度描述：

辐照度修正系数： $U_{rel} = \quad (k=2)$;

光谱积分辐射照度： $U_{rel} = \quad (k=2)$;

辐照度不均匀度： $U_{rel} = \quad (k=2)$;

辐照度不稳定性： $U_{rel} = \quad (k=2)$;

温度校准结果的测量不确定度 $U = \quad (k=2)$;

相对湿度校准结果的测量不确定度 $U = \quad (k=2)$ 。

附录 B

校准原始记录内页推荐格式

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_____°C 相对湿度_____ %RH

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

1 外观检查：

2 辐照度修正系数

标准器示值 (W/m ²)	标准器修正 系数	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)	修正 系数

3 光谱积分辐射照度：

辐照度最大值：_____ (W/m²)辐照度最小值：_____ (W/m²)

辐照度不均匀度：_____ %

5 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		6		11	
2		7		12	
3		8		13	
4		9		14	
5		10		15	

辐照度最大值：_____ (W/m²)辐照度最小值：_____ (W/m²)

辐照度不稳定性：_____ %

6 箱体温湿度偏差

温 度 设 定 值		°C								
通道号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
实 测 温 度 (°C)	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									
	10									
	11									
	12									
	13									
	14									
	15									
	16									
平均值										
最大值										
最小值										
温度上偏差	°C	温度下偏差	°C	温度均匀度	°C	温度波动度	°C			

相对湿度设定值		%								
通道号		A	B	C						
实测相对湿度 (%)	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									
	10									
	11									
	12									
	13									
	14									
	15									
	16									
平均值										
最大值										
最小值										
相对湿度上偏差	%	相对湿度下偏差		%	相对湿度均匀度		%	相对湿度波动度		%

6、温度计温度偏差

测量次数	标准值 (°C)	被测值 (°C)	温度偏差 (°C)
1			
2			
3			
平均值			

校准结果不确定度:

- 1.辐照度修正系数: $U_{rel} = \quad (k=2)$;
- 2.光谱积分辐射照度: $U_{rel} = \quad (k=2)$;
- 3.辐照度不均匀度: $U_{rel} = \quad (k=2)$;
- 4.辐照度不稳定性: $U_{rel} = \quad (k=2)$;
- 5.箱体温度校准结果的测量不确定度 $U = \quad (k=2)$;
- 6.箱体相对湿度校准结果的测量不确定度 $U = \quad (k=2)$ 。
- 7.温度计温度校准结果的测量不确定度 $U = \quad (k=2)$;

附录 C

校准结果不确定度评定示例

C.1 光湿热老化试验箱辐照度修正系数测量结果不确定度评定示例

C.1.1 测量模型如公式 (C.1) 所示。

$$\alpha = \frac{G_0}{G} \quad (\text{C.1})$$

式中： α ——老化试验箱的辐照度修正系数，无量纲；

G ——老化试验箱的辐照度指示值， W/m^2 ；

G_0 ——标准器的辐照度测量值， W/m^2 。

C.1.2 不确定度来源包括：标准辐照度计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，杂散光引起的不确定度，标准辐照度计安装引起的不确定度，光湿热老化试验箱光源的不稳定性引起的不确定度等。

C.1.3 标准不确定度分量的评定

C.1.3.1 标准辐照度计读数重复性引起的不确定度 $u_1(G)$ 的评定

在均匀稳定的灯光源照射下，安装标准器，待测量参数稳定，用标准器进行 10 次重复测量，得到测量数据如下：

表 C1.1 标准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)	198.3	198.7	198.5	197.5	197.6	198.1	198.6	198.2	197.7	198.4

其算术平均值 $\bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^{10} G_i}{10} = 198.3 \text{ W/m}^2$

单次试验标准差： $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (G_i - \bar{G})^2 / (10 - 1)} = 0.43 \text{ W/m}^2$

实际测量中是重复测量 3 次取平均值，则可得到： $u_1(G) = \frac{s}{\bar{G} \times \sqrt{3}} = 0.13\%$ 。

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，校准不确定度为 8.2% ($k=2$)，标准不确定度为：4.1%，或表示为 $u_2(G) = 4.1\%$ 。

C.1.3.3 杂散光引起的不确定度 $u_3(G)$ 的评定

由于光湿热老化试验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 $u_3(G) = 1.0\%$ 。

C.1.3.4 标准辐照度计安装引起的不确定度 $u_4(G)$ 的评定

标准辐照度计的安装与装调给测量结果带来的测量不确定度 $u_4(G) = 1.0\%$ 。

C.1.3.5 被测光源的不稳定性引起的的不确定度 $u_5(G)$ 的评定

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

表 C1.2 光湿热老化试验箱自身示值重复性数据

序号(<i>i</i>)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值(W/m ²)	205.3	202.7	199.2	203.5	202.8	204.3	203.1	202.0	205.6	204.1

$$\text{其算术平均值 } \bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^{10} G_i}{10} = 203.3 \text{ W/m}^2$$

$$\text{单次试验标准差: } s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (G_i - \bar{G})^2 / (10-1)} = 1.83 \text{ W/m}^2$$

实际测量中是重复测量 3 次取平均值，则可得到： $u_5(G) = \frac{s}{G \times \sqrt{3}} = 0.52\%$ 。

C.1.3.6 标准辐照度计余弦误差引起的不确定度 $u_6(G)$ 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 $u_6(G) = 1.5\%$ 。

C.1.3.7 标准辐照度计非线性引起的不确定度 $u_7(G)$ 的评定

由于非线性误差引起的测量不确定度 $u_4(G) = 1.0\%$ 。

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 C1.3 修正系数测量标准不确定度分量汇总表

分量 $u(G)$	不确定度来源	标准不确定度分量(%)
$u_1(G)$	标准辐照度计读数重复性引起的不确定度	0.13
$u_2(G)$	标准辐照度计校准溯源引起的不确定度	4.1
$u_3(G)$	杂散光引起的不确定度	1.0
$u_4(G)$	标准辐照度计安装引起的不确定度	1.0

$u_5(\text{G})$	被测光源的不稳定性引起的的不确定度	0.52
$u_6(\text{G})$	标准辐照度计余弦误差引起的的不确定度	1.5
$u_7(\text{G})$	标准辐照度计非线性引起的的不确定度	1.0

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

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^7 (u_i)^2} = 4.73\%$$

C.1.4.3 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，得到扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = u_c \times k = 4.73\% \times 2 = 9.5\%$$

C.2 光湿热老化试验箱光谱分布占比测量结果不确定度评定

C.2.1 测量模型如公式 (C.2) 所示。

$$G_0 = \int_{\lambda_B}^{\lambda_A} \text{SR}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{C.2})$$

式中： λ_A ——关注波段范围内的波长上限，nm；

λ_B ——关注波段范围内的波长下限，nm；

$\text{SR}(\lambda)$ ——光谱仪测得的辐射的绝对光谱辐照度， $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ 。

C.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和温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 $u_1(\text{s})$ 的评定

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 G2.1 光纤光谱仪测量重复性数据

单位: $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$

波长	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
250 nm	0.0853	0.0785	0.0781	0.0742	0.0796	0.0826	0.0825	0.0834	0.0835	0.0851
260 nm	0.0965	0.0926	0.0934	0.0897	0.0886	0.0932	0.0905	0.0900	0.0945	0.0947
270 nm	0.0903	0.0868	0.0888	0.0839	0.0836	0.0880	0.0847	0.0865	0.0896	0.0887
280 nm	0.1095	0.1029	0.1025	0.0969	0.0997	0.1056	0.1030	0.1028	0.1052	0.1072
290 nm	0.1149	0.1105	0.1087	0.1006	0.1049	0.1130	0.1091	0.1077	0.1113	0.1128
300 nm	0.1586	0.1563	0.1614	0.1451	0.1442	0.1574	0.1623	0.1525	0.1568	0.1576
310 nm	0.4087	0.4110	0.4655	0.3695	0.3532	0.4054	0.4587	0.4182	0.4110	0.4142
320 nm	0.489	0.494	0.563	0.442	0.422	0.485	0.554	0.502	0.494	0.499
330 nm	1.703	1.682	1.838	1.551	1.493	1.674	1.819	1.704	1.698	1.694
340 nm	1.797	1.778	1.940	1.636	1.586	1.770	1.919	1.804	1.792	1.788
350 nm	2.919	2.837	2.985	2.687	2.633	2.874	2.975	2.865	2.882	2.878
360 nm	3.624	3.470	3.629	3.359	3.301	3.563	3.604	3.518	3.559	3.562
370 nm	0.4087	3.492	3.651	3.385	3.333	3.594	3.629	3.539	3.584	3.591
380 nm	0.489	4.554	4.715	4.451	4.387	4.700	4.678	4.616	4.675	4.694
390 nm	1.703	4.641	4.807	4.536	4.474	4.794	4.769	4.703	4.770	4.776
400 nm	1.797	5.499	5.679	5.392	5.320	5.680	5.631	5.567	5.665	5.671

计算出各个波段(波段的划分按照用户的使用需求)的积分辐照度占比的重复性数据如下表。

表 G2.2 各波段积分辐照度占比重复性数据

各波段积分辐照度占比	1	2	3	4	5
(250~280) nm	0.86%	0.87%	0.81%	0.84%	0.87%
(280~320) nm	6.45%	6.67%	6.26%	6.58%	6.46%
(320~400) nm	95.75%	95.52%	95.88%	95.62%	95.72%
各波段积分辐照度占比	6	7	8	9	10
(250~280) nm	0.82%	0.87%	0.84%	0.89%	0.85%
(280~320) nm	6.40%	6.46%	6.45%	6.51%	6.46%
(320~400) nm	95.81%	95.72%	95.76%	95.69%	95.75%

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 C2.3 光纤光谱仪测量重复性引起的不确定度 $u_1(s)$

波段	$u_1(s)$
(250~280) nm	0.02%
(280~310) nm	0.11%
(310~400) nm	0.10%

C.2.3.2 光纤光谱仪辐射照度校准溯源结果引入的标准不确定度 $u_2(s)$ 的评定

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~280nm： $U_{rel}=8.0\%$ ， $k=2$ ；280nm~310nm： $U_{rel}=7.0\%$ ， $k=2$ ；310nm~400nm： $U_{rel}=6.0\%$ ， $k=2$ 。则：250nm~280nm： $u_2(s)=4.0\%$ ；280nm~310nm： $u_2(s)=3.5\%$ ；310nm~400nm： $u_2(s)=3.0\%$ 。

C.2.3.3 光纤光谱仪探测器余弦修正后引入的标准不确定度 $u_3(s)$ 的评定

引用相关经验分析结果， $u_3(s) = 0.7\%$ 。

C.2.3.4 温度偏差引入的标准不确定度 $u_4(s)$ 的评定

引用相关经验分析结果，在环境温度 10 °C、25 °C、30 °C 测量， $u_4(s) = 0.7\%$ 。

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 C2.4 光谱分布占比测量标准不确定度分量汇总表

分量 $u_i(s)$	不确定度来源	标准不确定度分量
$u_1(s)$	测量重复性引起的不确定度	如表 C.2.3
$u_2(s)$	光纤光谱仪辐射照度校准溯源引起的不确定度	250 nm~280 nm: $u_2(s)=4.0\%$; 280 nm~310 nm: $u_2(s)=3.5\%$; 310 nm~400 nm: $u_2(s)=3.0\%$ 。
$u_3(s)$	光纤光谱仪探测器余弦修正后引起的不确定度	0.7%
$u_4(s)$	温度偏差引起的不确定度	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 C2.5 光谱积分辐照度占比测量合成标准不确定度

波段	$u_i(s)$
(250~280) nm	4.1%
(280~320) nm	3.6%
(320~400) nm	3.2%

C.2.4.3 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，得到扩展不确定度为：

$$(250\sim 280) \text{ nm: } U_{\text{rel}} = u_c \times k = 4.1\% \times 2 = 8.2\%;$$

$$(280\sim 320) \text{ nm: } U_{\text{rel}} = u_c \times k = 3.6\% \times 2 = 7.2\%;$$

$$(320\sim 400) \text{ nm: } U_{\text{rel}} = u_c \times k = 3.2\% \times 2 = 6.4\%。$$

C.3 光湿热老化试验箱辐照度不均匀度测量结果不确定度评定

C.3.1 测量模型如公式 (C.3) 所示。

$$G_{\text{NU}} = \frac{G_{\text{max}} - G_{\text{min}}}{G_{\text{max}} + G_{\text{min}}} \times 100\% \quad (\text{C.3})$$

式中： G_{NU} ——老化试验箱内指定测量平面上的辐照度不均匀度，无量纲；

G_{max} ——老化试验箱内指定测量平面上测得的辐照度最大值， W/m^2 ；

G_{min} ——老化试验箱内指定测量平面上测得的辐照度最小值， W/m^2 。

C.3.2 不确定度来源包括：标准辐照度计不稳定性引起的不确定度，位置重复性引起的不确定度，光湿热老化试验箱辐照度不稳定引起的不确定度等。

C.3.3 标准不确定度分量的评定

C.3.3.1 标准辐照度计不稳定性引起的不确定度 $u_i(\text{NU})$ 的评定

将标准辐照度计放置于高稳定标准光源下，稳定 30 min 后，测量 30 min 内标准辐照度计的输出信号如图 C3.1。

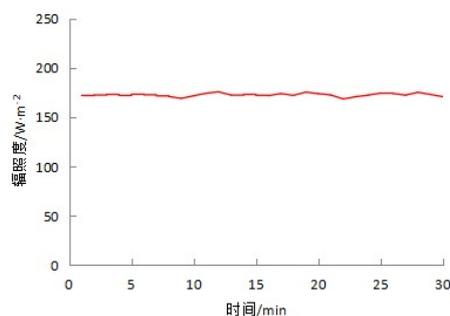


图 C3.1. 辐照度计读数随时间变化曲线

计算如下：

$$u_1(\text{NU}) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{10} (G_i - \bar{G})^2 / (30-1)}}{\bar{G} \times \sqrt{30}} = 0.17\%。$$

C.3.3.2 位置重复性引起的不确定度 $u_2(\text{NU})$ 的评定

由于划分区域与标准辐照度计几何尺寸不一致，因放置位置不同引入的不确定度 $u_2(\text{NU}) = 0.5\%$ 。

C.3.3.3 光湿热老化试验箱辐照度不稳定引入的不确定度 $u_3(\text{NU})$ 的评定

以某一光湿热老化试验箱为例，在 30 min 内，同一区域重复测量，其辐照度的重复性引入的不确定度 $u_3(\text{NU}) = 0.8\%$ 。

C.3.4 标准不确定度的评定

C.3.4.1 标准不确定度分量一览表

表 C3.1 辐照度不均匀度测量标准不确定度分量汇总表

分量 $u_i(\text{NU})$	不确定度来源	标准不确定度分量(%)
$u_1(\text{NU})$	标准辐照度计不稳定性引起的不确定度	0.17
$u_2(\text{NU})$	位置重复性引起的不确定度	0.5
$u_3(\text{NU})$	光湿热老化试验箱辐照度不稳定引起的不确定度	0.8

C.3.4.2 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

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^3 (u_i)^2} = 1.0\%$$

C.3.4.3 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，得到扩展不确定度为：

$$U = u_c \times k = 1.0\% \times 2 = 2.0\%$$

C.4 光湿热老化试验箱辐照度不稳定性测量结果不确定度评定

C.4.1 测量模型如公式 (C.1) 所示。

$$G_{IS} = \frac{G_{\max} - G_{\min}}{G_{\max} + G_{\min}} \times 100\% \quad (\text{C.4})$$

式中： G_{IS} ——老化试验箱内的辐照度不稳定性，无量纲；

G_{\max} ——在指定测量时间内指定测量平面中心点上测得的辐照度最大值， W/m^2 ；

G_{\min} ——在指定测量时间内指定测量平面中心点上测得的辐照度最小值， W/m^2 。

C.4.2 不确定度来源包括：标准辐照度计不稳定性引起的不确定度和光湿热老化试验箱辐照度不稳定引起的不确定度。

C.4.3 标准不确定度分量的评定

C.4.3.1 标准辐照度计不稳定性引起的不确定度 $u_1(\text{IS})$ 的评定

根据式 C.4，有

$$u_1(\text{IS}) = u_1(\text{NU}) = (G_{\max} - G_{\min}) / (G_{\max} + G_{\min}) = 1.0\%。$$

C.4.3.2 光湿热老化试验箱照度不稳定引入的不确定度 $u_2(\text{IS})$ 的评定

以某一光湿热老化试验箱为例，在 30 min 内，同一区域重复测量，其辐照度的重复性引入的不确定度 $u_2(\text{IS}) = 0.8\%$ 。

C.4.4 标准不确定度的评定

C.4.4.1 标准不确定度分量一览表

表 C4.1 辐照度不稳定性测量标准不确定度分量汇总表

分量 $u_i(\text{IS})$	不确定度来源	标准不确定度分量(%)
$u_1(\text{IS})$	标准辐照度计不稳定性引起的不确定度	1.0
$u_1(\text{IS})$	光湿热老化试验箱辐照度不稳定引起的不确定度	0.8

C.4.4.2 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

$$u_c = \sqrt{\sum_1^2 (u_i)^2} = 1.28\%$$

C.4.4.3 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，得到扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = u_c \times k = 1.28\% \times 2 = 2.6\%$$

C.5 光湿热老化试验箱辐温度、相对湿度测量结果不确定度评定

C.5.1 测量模型

C.5.1.1 温度上偏差公式

$$\Delta t_{\text{max}} = t_{\text{max}} - t_s \quad (\text{C.5.1})$$

式中： Δt_{max} ——温度上偏差， $^{\circ}\text{C}$ ；

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

t_s ——设备设定温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

C.5.1.2 相对湿度上偏差公式

$$\Delta h_{\text{max}} = h_{\text{max}} - h_s \quad (\text{C.5.2})$$

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.5.2 不确定度来源包括：被校对象测量重复性引入的标准不确定度分量，标准器分辨力引入的标准不确定度分量，标准器修正值引入的标准不确定度分量，标准器的稳定性引入的标准不确定度分量。

由于上偏差与下偏差不确定度来源和数值相同，因此本规范仅以温度上偏差和相对湿度上偏差为例进行不确定度评定。

C.5.3 标准不确定度分量的评定

C.5.3.1 标准器测量重复性引入的标准不确定度分量

C.5.3.1.1 温度测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(T)$ 的评定

安装标准器，待测量参数稳定，用标准器在 30°C 校准点重复测量 10 次，得到测量数据如下：

表 C5.1 温度测量重复性数据

序号(<i>i</i>)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值($^{\circ}\text{C}$)	30.51	30.43	30.47	30.52	30.53	30.48	30.56	30.53	30.59	30.51

$$\text{计算: } s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2 / (n-1)} = 0.07 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

$$\text{则 } u_1(T) = s = 0.07 (^{\circ}\text{C})$$

C.5.3.1.2 相对湿度测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(H)$ 的评定

安装标准器，待测量参数稳定，用标准器在 60% 校准点重复测量 10 次，得到测量数据如下：

表 C5.2 相对湿度测量重复性数据

序号(<i>i</i>)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值(%)	60.2	60.5	60.8	60.4	60.2	60.3	60.7	60.4	60.4	60.2

$$\text{计算: } s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (h_i - \bar{h})^2 / (n-1)} = 0.21 \%$$

则 $u_1(T) = s = 0.21\%$

C.5.3.2 标准器分辨力引入的标准不确定度分量

C.5.3.2.1 标准器温度分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(T)$ 的评定

标准器温度分辨力为 0.01 °C，不确定度区间半宽 0.005 °C，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_2(T) = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \approx 0.00 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

C.5.3.2.2 标准器相对湿度分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(H)$ 的评定

标准器相对湿度分辨力为 0.1%，不确定度区间半宽 0.05%，服从均匀分布，则湿度分辨力引入的标准不确定度分量：

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

C.5.3.3 标准器修正值引入的不确定度分量

C.5.3.3.1 标准器温度修正值引入的标准不确定度分量 $u_3(T)$ 的评定

根据校准证书，校准不确定度为 $U = 0.10^\circ\text{C}$ ， $k = 2$ ，标准不确定度为： 0.05°C ，或表示为 $u_3(T) = 0.05 \text{ (}^\circ\text{C)}$ 。

C.5.3.3.1 标准器相对湿度修正值引入的标准不确定度分量 $u_3(H)$ 的评定

根据校准证书，校准不确定度为 $U = 0.9\%$ ， $k = 2$ ，标准不确定度为： 0.5% ，或表示为 $u_3(H) = 0.4\%$ 。

C.5.3.4 标准器稳定性引入的标准不确定度分量

C.5.3.4.1 标准器温度稳定性引入的标准不确定度分量 $u_4(T)$ 的评定

标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 0.18°C ，按均匀分布，由此引入的标准不确定

度分量：

$$u_4(T) = \frac{0.18}{\sqrt{3}} \approx 0.10 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

C.5.3.4.2 标准器相对湿度稳定性引入的标准不确定度分量 $u_4(H)$ 的评定

标准器相邻两次校准相对湿度修正值最大变化 0.6%，按均匀分布，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_4(H) = \frac{0.6\%}{\sqrt{3}} \approx 0.35 \%$$

C.5.4 标准不确定度的评定

C.5.4.1 标准不确定度分量一览表

表 C5.3 温度上偏差测量标准不确定度分量汇总表

分量 $u_i(T)$	不确定度来源	标准不确定度分量 ($^\circ\text{C}$)
$u_1(T)$	温度测量重复性引入的标准不确定度	0.07 $^\circ\text{C}$
$u_2(T)$	标准器温度分辨力引入的标准不确定度	0.00 $^\circ\text{C}$
$u_3(T)$	标准器温度修正值引入的标准不确定度	0.05 $^\circ\text{C}$
$u_4(T)$	标准器温度稳定性引入的标准不确定度	0.10 $^\circ\text{C}$

表 C5.4 温度上偏差测量标准不确定度分量汇总表

分量 $u_i(H)$	不确定度来源	标准不确定度分量 (%)
$u_1(H)$	相对湿度测量重复性引入的标准不确定度	0.21%
$u_2(H)$	标准器相对湿度分辨力引入的标准不确定度	0.03%
$u_3(H)$	标准器相对湿度修正值引入的标准不确定度	0.4%

$u_4(\text{H})$	标准器相对湿度稳定性 引入的标准不确定度	0.4%
-----------------	-------------------------	------

C.5.4.2 合成标准不确定度计算

C.5.4.2.1 温度上偏差校准合成标准不确定度 $u_c(\text{T})$ 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

$$u_c(\text{T}) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (u_i)^2} = 0.13(\text{°C})$$

C.5.4.2.2 相对湿度上偏差校准合成标准不确定度 $u_c(\text{H})$ 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

$$u_c(\text{H}) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (u_i)^2} = 0.60\%$$

C.5.4.3 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，温度上偏差扩展不确定度为： $U = u_c(\text{T}) \times k = 0.26(\text{°C})$

取 $k=2$ ，相对湿度上偏差扩展不确定度为： $U = u_c(\text{H}) \times k = 1.2\%$

C.6 光湿热老化试验箱温度计温度测量结果不确定度评定

C.6.1 测量模型如公式 (C.6) 所示。

$$\Delta t_1 = t_0 - t_s \quad (\text{C.6})$$

式中： Δt_1 ——黑板温度偏差， °C ；

t_0 ——设备黑板温度计温度， °C 。

t_s ——标准表面温度计温度， °C 。

C.6.2 不确定度来源包括：被校对象测量重复性引入的标准不确定度分量，标准器分辨力引入的标准不确定度分量，标准器修正值引入的标准不确定度分量，标准器的稳定性引入的标准不确定度分量。

C.6.3 标准不确定度分量的评定

C.6.3.1 温度测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(t)$ 的评定

安装标准器，待测量参数稳定，用标准器在 60°C 校准点重复测量 10 次，得到测量数据如下：

表 C6.1 温度测量重复性数据

序号(<i>i</i>)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值(°C)	60.6	60.7	60.8	60.7	60.9	60.9	60.7	60.7	60.8	60.5

$$\text{计算: } s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2 / (n-1)} = 0.13(^{\circ}\text{C})$$

则 $u_1(t) = s = 0.13(^{\circ}\text{C})$

C.6.3.2 标准器温度分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(t)$ 的评定

标准器温度分辨力为 0.1°C ，不确定度区间半宽 0.05°C ，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_2(t) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} \approx 0.03(^{\circ}\text{C})$$

C.6.3.3 标准器温度修正值引入的标准不确定度分量 $u_3(t)$ 的评定

根据校准证书，校准不确定度为 $U = 1.6^{\circ}\text{C}$ ， $k = 2$ ，标准不确定度为： 0.8°C ，或表示为 $u_3(T) = 0.8(^{\circ}\text{C})$ 。

C.6.3.4 标准器温度稳定性引入的标准不确定度分量 $u_4(t)$ 的评定

标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 0.4°C ，按均匀分布，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_2(t) = \frac{0.4}{\sqrt{3}} \approx 0.23(^{\circ}\text{C})$$

C.6.4 标准不确定度的评定

C.6.4.1 标准不确定度分量一览表

表 C5.3 温度上偏差测量标准不确定度分量汇总表

分量 $u_i(t)$	不确定度来源	标准不确定度分量 ($^{\circ}\text{C}$)
$u_1(t)$	温度测量重复性引入的标准不确定度	0.13°C
$u_2(t)$	标准器温度分辨力引入的标准不确定度	0.03°C
$u_3(t)$	标准器温度修正值引入的标准不确定度	0.8°C

$u_4(t)$	标准器温度稳定性引入 的标准不确定度	0.23°C
----------	-----------------------	--------

C.6.4.2 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

$$u_c(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (u_i)^2} = 0.84(^\circ\text{C})$$

C.6.4.3 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，得到扩展不确定度为： $U = u_c(t) \times k \approx 1.6(^\circ\text{C})$
