



天津市地方计量技术规范

JJF(津) 103—2023

光照紫外试验箱校准规范

Calibration Specification of Illuminance and Ultraviolet Irradiance

Test Chamber

2023—08—30 发布

2023—11—30 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

光照紫外试验箱校准规范

JJF(津) 103—2023

Calibration Specification of

Illuminance and Ultraviolet Irradiance

Test Chamber

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

本规范主要起草人：

马新新 (天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所)

柳云秀 (天津市计量监督检测科学研究院电子仪表实验所)

杨学毫 (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：

杨雪辰 (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)

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
3.1 光照紫外试验箱.....	(1)
3.2 光照度.....	(1)
3.3 紫外辐照度.....	(1)
3.4 工作平面.....	(1)
3.5 稳定状态.....	(2)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(3)
5.1 光照度误差、光照度不均匀度.....	(3)
5.2 紫外辐照度误差、紫外辐照度不均匀度.....	(3)
5.3 温度偏差、温度均匀度、温度波动度.....	(3)
5.4 相对湿度偏差、相对湿度均匀度、相对湿度波动度.....	(3)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 负载条件.....	(3)
6.3 测量设备及其他设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(4)
7.1 校准项目.....	(4)
7.2 校准前准备.....	(5)
7.3 光照度值及光照不均匀度的校准.....	(5)
7.4 紫外辐照度值及紫外辐照度不均匀度的校准.....	(6)
7.5 温度和相对湿度的校准.....	(8)
8 校准结果.....	(12)
9 复校时间间隔.....	(13)
附录 A 光照紫外试验箱校准原始记录参考格式.....	(14)
附录 B 光照紫外试验箱校准证书内页推荐格式.....	(17)
附录 C 光照紫外试验箱光照度测量结果不确定度评定示例.....	(19)
附录 D 光照紫外试验箱紫外辐照度测量结果不确定度评定示例.....	(21)
附录 E 光照紫外试验箱温度、相对湿度测量结果不确定度评定示例 ..	(24)

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》、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制。参照 JJF 1101-2019《环境试验设备温度，湿度校准规范》、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(纺织)055-2012《标准光源箱校准规范》、JJF(浙)1102-2014《生物人工气候箱校准规范》和中华人民共和国药典(2020版四部)9001《原料药物与制剂稳定性试验指导原则》的相关方法，首次制定《光照紫外试验箱校准规范》。

本规范为首次发布。

光照紫外试验箱校准规范

1 范围

本规范适用于光照紫外试验箱的校准。具有光照度、紫外辐照度或温湿度单个或多个功能的试验箱也可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1101-2019 环境试验设备温度，湿度校准规范

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(纺织) 055-2012 标准光源箱校准规范

JJF(浙) 1102-2014 生物人工气候箱校准规范

中华人民共和国药典(2020版四部) 9001 原料药物与制剂稳定性试验指导原则

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规范；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 术语和计量单位

3.1 光照紫外试验箱 Illuminance and Ultraviolet Irradiance Test Chamber

光照紫外试验箱是具有光照度、紫外辐射照度与温湿度相结合的综合装置，能够模拟自然阳光中紫外光和可见光照条件和提供恒温恒湿环境条件。

3.2 光照度 Illuminance

光照度是指单位面积所接受的入射光的光通量。单位是勒克斯(lx)。

3.3 紫外辐照度 Ultraviolet Irradiance

紫外辐照度是指单位面积所接受的入射光的紫外辐射量。波长范围为200nm~400nm，单位是瓦每平方米或微瓦每平方厘米，是国际单位制导出单位之一。

3.4 工作平面 Working Plane

试验箱中能够均匀接受光源照射和紫外辐射的平面，多为放置测试样品的平面。

3.5 稳定状态 Stable State

试验箱工作空间内任意点的温度、相对湿度、光照度或紫外辐照度变化量达到设备本身性能指标要求时的状态。

3.6 温度偏差 Temperature Deviation

试验箱稳定状态下，工作空间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。

3.7 相对湿度偏差 Relative Humidity Deviation

试验箱稳定状态下，工作空间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。

3.8 相温度波动度 Temperature Fluctuation

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。

3.9 相对湿度波动度 Relative Humidity Fluctuation

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。

3.10 温度均匀度 Temperature Uniformity

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。

3.11 相对湿度均匀度 Relative Humidity Uniformity

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

光照紫外试验箱是具有光照度、紫外辐射照度与温湿度相结合的综合装置，用于医药产业、光伏产业以及汽车行业等多领域对产品进行加严试验、加速试验和应力筛选等，用来考察药物制剂或原料物、光伏组件或电池和汽车整体或部件在温度、相对湿度、光照度和紫外辐射照度的影响下随时间变化的规律，为药品、组件以及汽车的生产 and 存放等提供科学依据。试验箱一般内设光照检测装置（如光照度计、紫外辐照计）和温湿度检测装置，程序自动化控制温度、相对湿度、光照度、紫外辐射照度等，可设置恒温恒湿、光照、紫外辐照等一个或多个参数，能模拟长期稳定的试验环境。

5 计量特性

5.1 光照度误差、光照度不均匀度

光照度最大允许误差为： $\pm 500 \text{ lx}$ ；光照度不均匀度： $\leq 20\%$ 。

5.2 紫外辐照度误差、紫外辐照度不均匀度

紫外辐照度最大允许误差为： $\pm 15\%$ ；紫外辐照度不均匀度： $\leq 20\%$ 。

5.3 温度偏差、温度均匀度、温度波动度

温度偏差： $\pm 3.0^\circ\text{C}$ ；温度均匀度： 3.0°C ；温度波动度： $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 。

5.4 相对湿度偏差、相对湿度均匀度、相对湿度波动度

相对湿度偏差： $\pm 5.0\%$ ；相对湿度均匀度： 7.0% ；相对湿度波动度： $\pm 5.0\%$ 。

注：

1. 对计量特性另有要求的试验设备，按有关技术文件规定的要求进行校准。
2. 以上计量特性要求不用于合格性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度： $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ ；

湿度： $\leq 85\% \text{RH}$ 。

环境试验设备周围应无强烈腐蚀性气体存在，满足测量标准及其他设备正常使用的要求。

6.2 负载条件

一般在空载条件下校准，根据用户需要也可以在负载条件下进行，但应说明负载情况。

6.3 测量设备及其他设备

6.3.1 光照度计

光照度计光照度的最大允许误差绝对值（或不确定度）应不大于试验箱光照度的最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

6.3.2 光谱辐射计

最小光谱测量范围： $300 \text{ nm} \sim 800 \text{ nm}$ ；波长误差 $\leq 1 \text{ nm}$ ；波长分辨率 $\leq 1 \text{ nm}$ ；采样间隔 $\leq 1 \text{ nm}$ ；辐照度的最大允许误差绝对值（或不确定度）应不大于被校仪器辐照度的最大

允许误差绝对值的 1/3。

6.3.3 紫外辐射照度计

紫外辐照度计具有光谱选择性，溯源时采用的紫外辐射源类型以及使用波段的选择应与试验箱内紫外光源一致。测量结果应根据溯源证书修正后使用。

6.3.4 温度测量标准

温度测量标准一般选用多通道温度显示器或多路温度测量装置，传感器宜选用四线制铂电阻温度计，通道传感器数量不少于 5 个，测量范围 $-60^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，分辨力不低于 0.01°C ，最大允许误差为 $\pm(0.15^{\circ}\text{C}+0.002|t|)$ ， $|t|$ 为温度的绝对值，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。测量结果可根据溯源证书修正后使用。

6.3.5 湿度测量标准

湿度测量标准一般选用多通道温湿度显示器或多路温湿度测量装置，通道传感器数量不少于 3 个，测量范围 $10\%\text{RH}\sim 100\%\text{RH}$ ，分辨力 $0.1\%\text{RH}$ ，最大允许误差为 $\pm 2.0\%\text{RH}$ 。测量结果可根据溯源证书修正后使用。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

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	光照度值	5.1	7.3.2
2	光照度不均匀度	5.1	7.3.3
3	紫外辐照度值	5.2	7.4.2
4	紫外辐照度不均匀度	5.2	7.4.3
5	温度偏差	5.3	7.5.3.1
6	温度均匀度	5.3	7.5.3.2
7	温度波动度	5.3	7.5.3.3
8	相对湿度偏差	5.4	7.5.3.4
9	相对湿度均匀度	5.4	7.5.3.5
10	相对湿度波动度	5.4	7.5.3.6

7.2 校准前准备

对试验箱进行外观及功能性检查。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；功能性检查的内容包括：通电后各个灯管均正常点亮，光照度、辐照度、温度和湿度测量以及显示装置能够正常工作，不应存在影响正常工作的缺陷。

7.3 光照度值及光照不均匀度的校准

7.3.1 校准点及布点位置的选择

光照度校准点根据用户需要进行设置。一般在工作平面内均匀布置 9 个校准位置，除中点外，其余各点距边线约 10 cm。如图 1 所示。

注：可根据客户要求增加布点位置，参照 7.3 方法进行。

7.3.2 光照度值的校准

根据被校试验箱要求进行开机预热。若没有要求，光源开启 15 min 后开始校准。待光源达到稳定状态后，将光照度计探头按照 7.3.1 要求放置在试验箱工作平面上，探头垂直于光源照射方向。读数时，应将手远离探头，必要时需要关闭箱门或以黑色遮光布遮光。逐一测量各位置的光照度并记录实测值，取 9 个点的光照度的平均值为该光源光照度值。按照公式 (1) 处理数据。

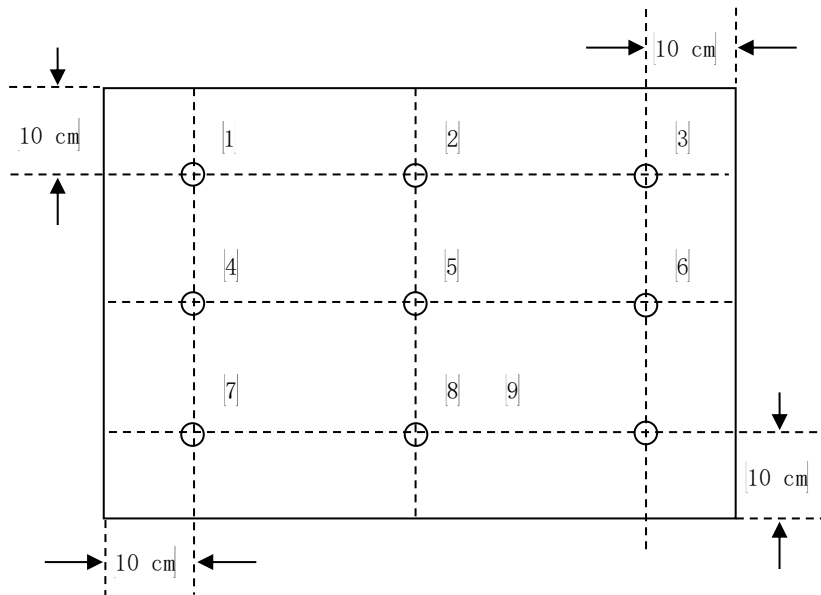


图 1 布点示意图

$$\text{光照度值: } E_{\text{av}} = \frac{\sum_{i=1}^{n=9} E_{vi}}{9} \quad (1)$$

式中：

E_{av} ——光照度平均值, lx;

E_{vi} ——各校准位置光照度实测值, lx, $i=1、2\cdots\cdots 9$ 。

对于具有光照度设定或显示的试验箱, 记录被校试验箱设定或显示的光照度值 E , 计算试验箱的示值误差 ΔE 或修正因子 K 。

$$\text{示值误差: } \Delta E = E - E_{av} \quad (2)$$

$$\text{修正因子: } K = \frac{E_{av}}{E} \quad (3)$$

式中:

ΔE ——示值误差, lx;

K ——修正因子, 无单位;

E ——设备显示的光照度值, lx;

E_{av} ——光照度平均值, lx。

若被校试验箱无光照度设定或显示, 只需计算光照度值 E_{av} 。

7.3.3 光照度不均匀度的校准

$$\text{光照度不均匀度} = \left(\frac{|E_{vi} - E_{av}|_{\max}}{E_{av}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

式中:

E_{vi} ——各校准位置光照度实测值, lx, $i=1、2\cdots\cdots 9$;

E_{av} ——光照度平均值, lx。

7.4 紫外辐照度值及紫外辐照度不均匀度的校准

7.4.1 校准点及布点位置的选择

紫外辐照度校准点根据用户需要进行设置。一般在工作平面内均匀布置 9 个校准位置, 除中点外, 其余各点距边线约 10 cm。如图 1 所示。

注: 可根据客户要求增加布点位置, 参照 7.4 方法进行。

7.4.2 紫外辐照度值的校准

7.4.2.1 辐射照度计法

根据被校试验箱要求进行开机预热。若没有要求, 光源开启 20 min 后开始校准。待光源达到稳定状态后, 将紫外辐射照度计探头按照 7.4.1 要求放置在试验箱工作平面上, 探头垂直于光源照射方向。读数时, 应将手远离探头, 必要时需要关闭箱门或以黑色遮光布遮光。逐一测量各位置的紫外辐照度并记录实测值, 取 9 个点的紫外辐照度的平均值为该

光源紫外辐照度值。

$$\text{标准辐射照度值: } E_s = \frac{\sum_{i=1}^{n=9} E_i}{9} \quad (5)$$

式中:

E_s ——辐射照度平均值, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$;

E_i ——各校准位置辐射照度实测值, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, $i=1、2\cdots\cdots 9$ 。

记录被校试验箱显示的辐射照度值 E_m , 计算试验箱的相对示值误差 ΔE 或修正因子 K 。

$$\text{相对示值误差: } \Delta E = \left(\frac{E_m - E_s}{E_s} \right) \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{修正因子: } K = \frac{E_s}{E_m} \quad (7)$$

式中:

ΔE ——相对示值误差, %;

K ——修正因子, 无单位;

E_m ——设备显示的辐射照度值, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$;

E_s ——标准辐射照度值, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

若被校试验箱无辐射照度显示, 只需计算标准辐射照度值 E_s 。

7.4.2.2 光谱辐射计法

按照 7.4.2.1 要求对试验箱进行开机预热。待光源达到稳定状态后, 将光谱辐射计按照 7.4.1 要求放置在试验箱工作平面上, 接收平面垂直于光源照射方向。读数时, 应将手远离接收平面, 必要时需要关闭箱门或以黑色遮光布遮光。根据被校光源的波长范围, 选择光谱辐射计扫描的起止波长, 测量光源的光谱辐射照度, 计算该波长范围内的积分辐射照度。

$$\text{积分辐射照度} = \int_{\lambda_A}^{\lambda_B} SR(\lambda) d\lambda \quad (8)$$

式中:

λ_A 、 λ_B ——分别为光谱辐射计扫描起止波长, nm;

$SR(\lambda)$ ——光谱辐射计测得的光谱辐射照度, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ 。

逐一测量各位置的积分辐射照度并记录实测值, 根据式 (5) 计算 9 个点的积分辐射照度的平均值作为标准辐射照度值 E_s 。若记录被校试验箱显示的辐射照度值 E_m , 根据式 (6) 或式 (7) 计算试验箱的相对示值误差 ΔE 或修正因子 K 。若被校试验箱无辐射照度显示,

只需计算标准辐射照度值 E_s 。

7.4.3 紫外辐照度不均匀度的校准

按照 7.4.2.1 要求对试验箱进行开机预热。待光源达到稳定状态后，将紫外辐射照度计探头或光谱辐射计按照 7.4.1 要求放置在试验箱工作平面上，探头或接收平面垂直于光源照射方向。读数时，应将手远离探头或接收平面，必要时需要关闭箱门或以黑色遮光布遮光。逐一测量各位置的紫外辐照度并记录实测值，计算辐照度不均匀度 ΔE 。

$$\text{辐照度不均匀度} = \left(\frac{|E_i - E_s|_{\max}}{E_s} \right) \times 100\% \quad (9)$$

式中：

E_i ——各校准位置辐射照度实测值， $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ， $i=1、2、\dots、9$ ；

E_s ——辐射照度平均值， $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

7.5 温度和相对湿度的校准

7.5.1 校准点及布点位置的选择

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。

传感器布放位置为设备校准时的测量点，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 。温度传感器测量点用 $1、2、3、\dots$ 数字表示，湿度传感器测量点用 $A、B、C、\dots$ 字母表示。

7.5.1.1 测量点数量

若试验箱只有一个工作平面，且实际使用时样品整体体积占比较小时，测量点可只布置在工作平面上。温度测量点为 5 个，湿度测量点为 3 个，温度点 5、湿度点 0 位于试验箱工作平面几何中心处，如图 2 所示。

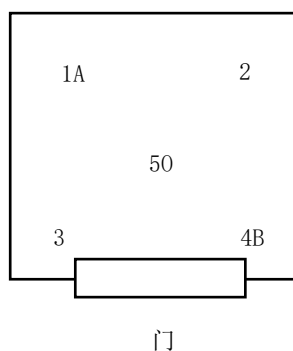


图 2 单层工作平面布点示意图

否则应布置在试验箱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工作平面。

试验箱容积小于等于 2 m^3 时，温度测量点为 9 个，湿度测量点为 3 个，温度点 5、湿度点 0 位于设备工作空间中层几何中心处，如图 3 所示。

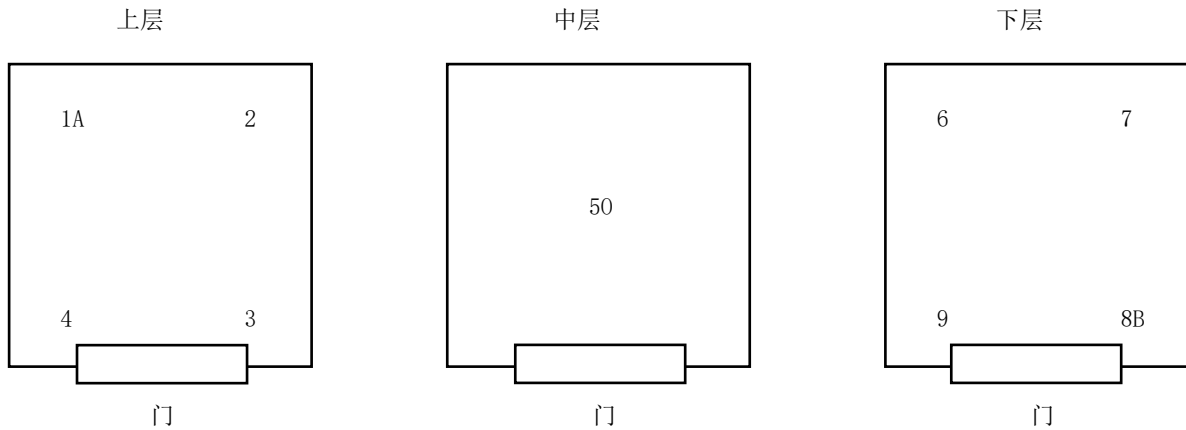


图 3 试验箱容积小于等于 2 m^3 布点示意图

试验箱容积大于 2 m^3 时，温度测量点为 15 个，湿度测量点为 4 个，温度点 15、湿度点 0 位于设备工作空间中层几何中心处，如图 4 所示。

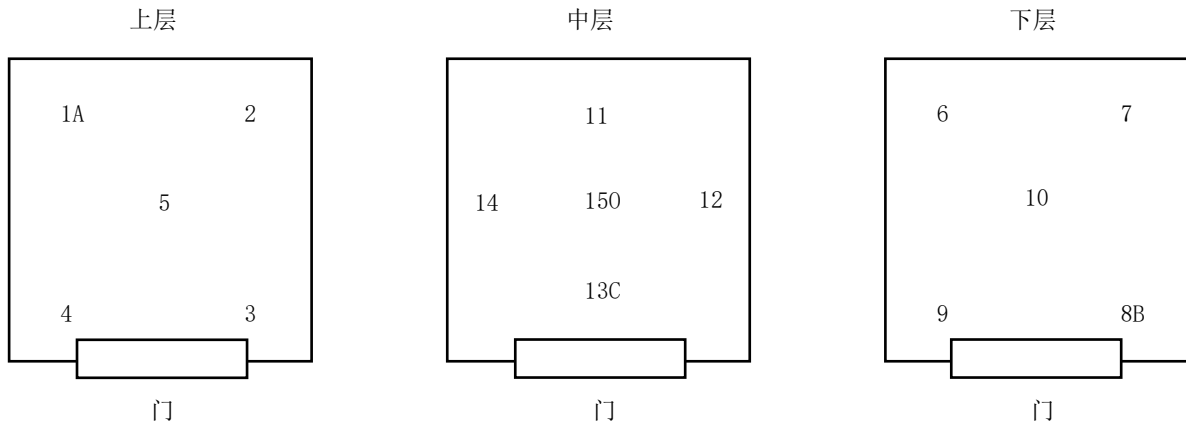


图 4 试验箱容积大于 2 m^3 布点示意图

试验箱容积小于 0.05 m^3 或大于 50 m^3 时，可根据实际需要或用户要求减少或增加测量点说并图示说明。

传感器测量点布放位置也可根据用户实际工作进行布置。

7.5.2 校准方法

按照 7.5.1 要求布放温度或相对湿度传感器,将试验箱设定到校准温度或相对湿度点,开启运行。试验箱达到稳定状态后开始记录各测量点温度或相对湿度,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。

温度、相对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:温度、相对湿度达到设定值,30 min 后可以开始记录数据,如试验箱内温度或相对湿度仍未稳定,可按实际情况延长 30 min,温度或相对湿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、相对湿度已经达到稳定,也可以提前记录。

7.5.3 数据处理

7.5.3.1 温度偏差

$$\text{温度上偏差: } \Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (10)$$

$$\text{温度下偏差: } \Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (11)$$

其中, 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。

7.5.3.2 温度均匀度

试验箱在稳定状态下,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。

$$\text{温度均匀度: } \Delta t_u = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min})}{n} \quad (12)$$

其中, 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。

7.5.3.3 温度波动度

试验箱在稳定状态下,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“±”号,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。

$$\text{温度波动度: } \Delta t_f = \pm \max \left[\frac{(t_{j\max} - t_{j\min})}{2} \right] \quad (13)$$

其中, Δt_f ——温度波动度, °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。

7.5.3.4 相对湿度偏差

$$\text{相对湿度上偏差: } \Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (14)$$

$$\text{相对湿度下偏差: } \Delta h_{\min} = h_{\min} - h_s \quad (15)$$

其中, Δh_{\max} ——相对湿度上偏差;

Δh_{\min} ——相对湿度下偏差;

h_{\max} ——各测量点规定时间内测量的最高相对湿度;

h_{\min} ——各测量点规定时间内测量的最低相对湿度;

h_s ——设备设定相对湿度。

7.5.3.5 相对湿度均匀度

试验箱在稳定状态下,各测量点 30 min 内(每 2 min 测试一次)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。

$$\text{相对湿度均匀度: } \Delta h_u = \frac{\sum_{i=1}^n (h_{i\max} - h_{i\min})}{n} \quad (16)$$

其中, Δh_u ——相对湿度均匀度;

$h_{i\max}$ ——各测量点在第 i 次测得的最高相对湿度;

$h_{i\min}$ ——各测量点在第 i 次测得的最低相对湿度;

n ——测量次数。

7.5.3.6 相对湿度波动度

试验箱在稳定状态下,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“±”号,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。

$$\text{相对湿度波动度: } \Delta h_f = \pm \max \left[\frac{(h_{j\max} - h_{j\min})}{2} \right] \quad (17)$$

其中, Δh_f ——相对湿度波动度;

$h_{j\max}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最高相对湿度;

$h_{j\min}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最低相对湿度。

8 校准结果

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) 客户的地址和名称;
- 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收日期;
- h) 如果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。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量问题等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

光照紫外试验箱校准原始记录参考格式

证书编号: _____ 原始记录编号: _____
 客户名称: _____ 客户地址: _____
 仪器名称: _____ 型号规格: _____
 制造厂: _____ 出厂编号: _____
 校准地点: _____
 校准依据: _____
 环境条件: 温度: _____ 相对湿度: _____ 校准日期: _____
 校准员: _____ 核验员: _____

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	证书有效期	溯源机构名称

A.1 光照度值及光照不均匀度校准

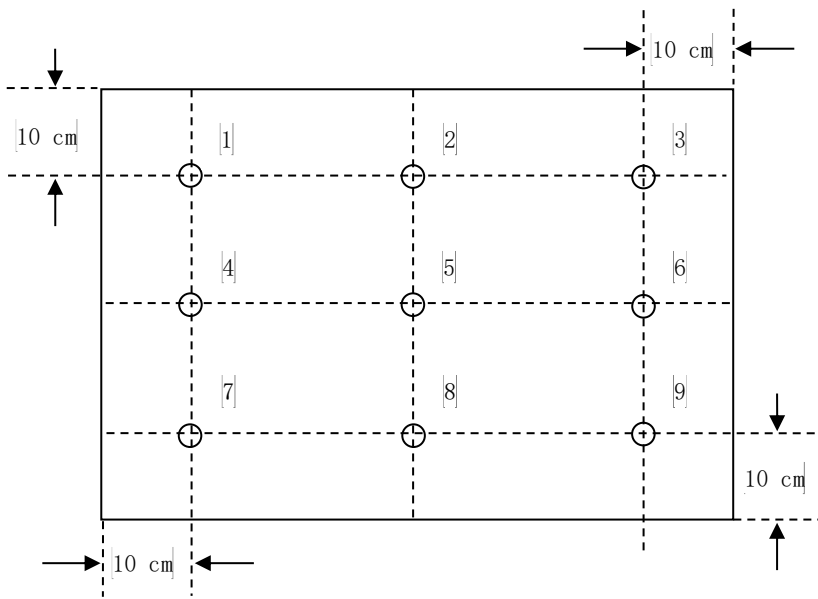
实测值 (lx)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
标准值 (lx)	显示值 (lx)	示值误差(1x) 或修正因子		测量不确定度		不均匀度	测量不确定度	

A.2 紫外辐照度值及紫外辐照度不均匀度校准

实测值 (W/m ²)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
标准值 (W/m ²)	显示值 (W/m ²)	相对示值误差(%) 或修正因子		测量不确定度		不均匀度	测量不确定度	

说明:

- 示值误差 = 显示值 - 标准值;
- 相对示值误差 = [(显示值 - 标准值) / 标准值] × 100%;
- 修正因子 = 标准值 / 显示值;
- 紫外光源类型:
- 其它: 不加光衰减器;
- 注意: 受被校准仪器自身性能的影响, 证书中的校准结果仅适用于本次使用光源作为校准辐射源的条件, 否则可能带来较大的测量误差。
- 位置示意图:



A.3 温度及相对湿度校准

A.3.1 温度校准

温度设定值：_____ °C

次数	实测值 (°C)					最大值	最小值
	1	2	3	4	5		
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 (°C)		下偏差 (°C)		均匀度 (°C)		波动度 (°C)	
测量不确定度		测量不确定度		测量不确定度		测量不确定度	

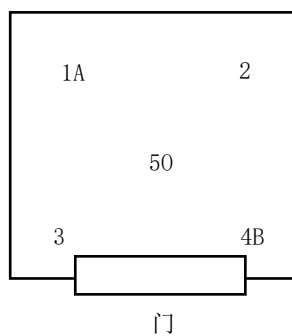
A. 3.2 相对湿度校准

湿度设定值: _____ %RH

次数	实测值 (%)						
	0	A	B	最大值	最小值		
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 (%RH)		下偏差 (%RH)		均匀度 (%RH)		波动度 (%RH)	
测量不 确定度		测量不 确定度		测量不 确定度		测量不 确定度	

说明:

1. 位置示意图:



附录 B

光照紫外试验箱校准证书内页推荐格式

B.1 光照度值及光照不均匀度校准

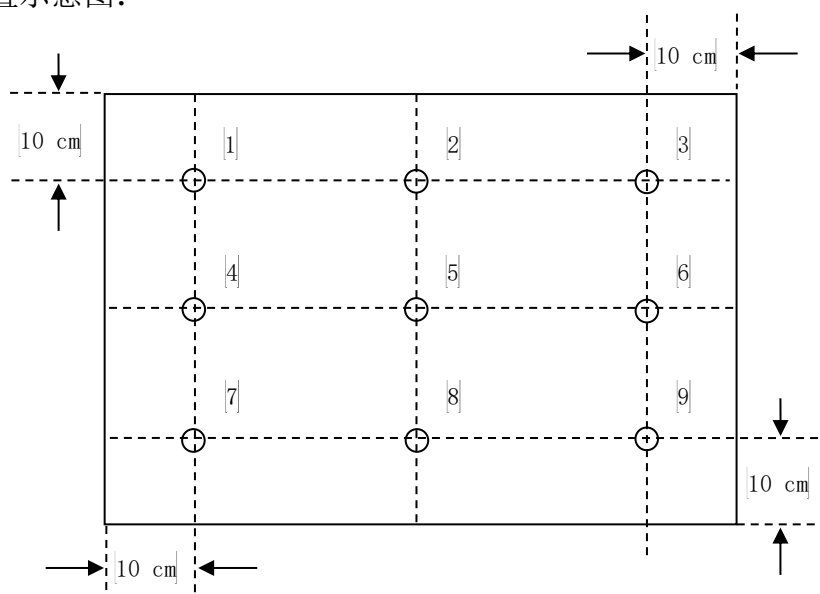
标准值 (lx)	显示值 (lx)	示值误差 (lx) 或修正因子	测量不确定度	不均匀度	测量不确定度

B.2 紫外辐照度值及紫外辐照度不均匀度校准

标准值 (W/m ²)	显示值 (W/m ²)	相对示值误差 (%) 或修正因子	测量不确定度	不均匀度	测量不确定度

说明:

1. 示值误差 = 显示值 - 标准值;
2. 相对示值误差 = [(显示值 - 标准值) / 标准值] × 100%;
3. 修正因子 = 标准值 / 显示值;
4. 紫外光源类型:
5. 其它: 不加光衰减器;
6. 注意: 受被校准仪器自身性能的影响, 证书中的校准结果仅适用于本次使用光源作为校准辐射源的条件, 否则可能带来较大的测量误差。
7. 位置示意图:



B.3 温度及相对湿度校准

B. 3.1 温度校准

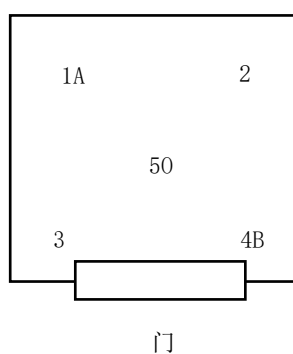
温度设定值 (°C)	上偏差 (°C)		下偏差 (°C)		均匀度 (°C)		波动度 (°C)	
	测量不确定度		测量不确定度		测量不确定度		测量不确定度	

B. 3.2 相对湿度校准

温度设定值 (%RH)	上偏差 (%RH)		下偏差 (%RH)		均匀度 (%RH)		波动度 (%RH)	
	测量不确定度		测量不确定度		测量不确定度		测量不确定度	

说明:

1. 位置示意图:



附录 C

光照紫外试验箱光照度测量结果不确定度评定示例

C.1 测量模型

$$\text{示值误差: } \Delta E = E - E_{\text{av}} \quad (\text{C.1})$$

$$\text{修正因子: } K = \frac{E_{\text{av}}}{E} \quad (\text{C.2})$$

式中:

ΔE ——示值误差, lx;

K ——修正因子, 无单位;

E ——设备显示的光照度值, lx;

E_{av} ——光照度平均值, lx。

C.2 各输入量的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源: 测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ; 标准器引入的不确定度分量 u_2 ; 读数分辨力引入的不确定度分量 u_3 。

C.2.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

开启光源, 预热 15min 后, 测量条件固定, 用光照度计对试验箱某一校准点独立重复测量光照度 10 次, 测量数据见表 C1:

表 C1 10 次测量数据

lx

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4325	4320	4309	4312	4325	4316	4323	4334	4335	4309

十次测量平均值: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 4320.8 \text{ lx}$

单次实验标准差:

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} / \bar{x} = 2.18 \times 10^{-3}$$

则由测量重复性引入的不确定度分量 u_1 为:

$$u_1 = S(x_i) = 2.18 \times 10^{-3}$$

C.2.2 标准器引入的不确定度分量 u_2

根据光照度计等级, 其最大允许误差为 $\pm 8\%$, 即区间半宽度值为 $a_2 = 8\%$, 认为服从均匀

分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则标准器引入的标准不确定度为:

$$u_2 = a_2 / k = 4.62 \times 10^{-2}$$

C.2.3 读数分辨力引入的不确定度分量 u_3

光照度计光照度读数分辨力为 1 lx, 即区间半宽度值为 $a_3=0.5$ lx, 认为服从均匀分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则标准器引入的标准不确定度为:

$$u_3 = a_3 / (k \times \bar{x}) = 6.68 \times 10^{-5}$$

C.3 合成标准不确定度的评定

主要标准不确定度汇总表如表 C2 所示

表 C2 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
u_1	测量重复性	2.18×10^{-3}	1	2.18×10^{-3}
u_2	标准器	4.62×10^{-2}	1	4.82×10^{-2}
u_3	读数分辨力	6.68×10^{-5}	1	6.68×10^{-5}

各不确定度分量独立不相关, 则合成标准不确定度 u_c 为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 4.63 \times 10^{-2}$$

C.4 扩展不确定度的评定

对应 p 约为 95% 包含概率, 取 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U_{rel} = k u_c = 2 \times 4.63 \times 10^{-2} = 9.26\% \approx 9\%$$

附录 D

光照紫外试验箱紫外辐照度测量结果不确定度评定示例

D.1 测量模型

$$\text{相对示值误差: } \Delta E = \left(\frac{E_m - E_s}{E_s} \right) \times 100\% \quad (\text{D.1})$$

$$\text{修正因子: } K = \frac{E_s}{E_m} \quad (\text{D.2})$$

式中:

ΔE ——相对示值误差, %;

K ——修正因子, 无单位;

E_m ——设备显示的辐射照度值, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$;

E_s ——标准辐射照度值, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

D.2 各输入量的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源: 测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ; 标准器溯源引入的不确定度分量 u_2 ; 标准器安装与装调引入的不确定度分量 u_3 ; 被校设备的辐射照度显示值不稳定性引入的不确定度分量 u_4 ; 辐照不均匀性引入的不确定度分量 u_5 ; 余弦误差引入的不确定度分量 u_6 ; 非线性引入的不确定度分量 u_7 ; 杂散辐射引入的不确定度分量 u_8 。

D.2.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

开启光源, 预热 20min 后, 测量条件固定, 用紫外辐射照度计对试验箱某一校准点独立重复测量紫外辐射照度 10 次, 测量数据见表 D1:

表 D1 10 次测量数据

 W/m^2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.80	3.82	3.75	3.85	3.82	3.80	3.79	3.74	3.75	3.79

十次测量平均值: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 3.791 \text{ W/m}^2$

单次实验标准差:

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} / \bar{x} = 0.93\%$$

则由测量重复性引入的不确定度分量 u_1 为:

$$u_1 = S(x_i) = 0.93\%$$

D. 2. 2 标准器溯源引入的不确定度分量 u_2

根据溯源证书可知 $U_{rel}=8.2\%$, $k=2$, 由此可得, 溯源不确定度 $u_2=4.1\%$

D. 2. 3 标准器安装与装调引入的不确定度分量 u_3

标准器的安装和装调给测量结果带来的测量不确定度 $u_3=1.00\%$

D. 2. 4 被校设备的辐射照度显示值不稳定性引入的不确定度分量 u_4

测量条件固定, 每隔 1min, 记录被校设备的辐照度显示值, 共计 10 次, 测量数据见表 D2:

表 D2 10 次测量数据

W/m²

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.70	3.70	3.80	3.80	3.90	3.80	3.80	3.70	3.80	3.70

十次测量平均值: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 3.77 \text{ W/m}^2$

单次实验标准差:

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} / \bar{x} = 1.79\%$$

则由测量重复性引入的不确定度分量 u_4 为:

$$u_4 = S(x_i) = 1.79\%$$

D. 2. 5 辐照不均匀性引入的不确定度分量 u_5

由于箱体辐照不均匀性带来的测量不确定度 $u_5=1.50\%$

D. 2. 6 余弦误差引入的不确定度分量 u_6

由于测量仪器余弦特性的不完善引起的测量不确定度 $u_6=1.50\%$

D. 2. 7 非线性引入的不确定度分量 u_7

由于非线性误差引起的测量不确定度 $u_7=1.00\%$

D. 2. 8 杂散辐射引入的不确定度分量 u_8

由于光路设置不完善, 来自周围环境中的杂散辐射引起的测量不确定度 $u_8=0.50\%$

D. 3 合成标准不确定度的评定

主要标准不确定度汇总表如表 D3 所示

各不确定度分量独立不相关, 则合成标准不确定度 u_c 为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2} = 5.26 \times 10^{-2}$$

表 D3 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
u_1	测量重复性	0.93%	1	0.93%
u_2	标准器溯源	4.1%	1	4.1%
u_3	标准器安装与装调	1.00%	1	1.00%
u_4	辐射照度显示值不稳定性	1.79%	1	1.79%
u_5	辐照不均匀性	1.50%	1	1.50%
u_6	余弦误差	1.50%	1	1.50%
u_7	非线性	1.00%	1	1.00%
u_8	杂散辐射	0.50%	1	0.50%

D.4 扩展不确定度的评定

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = k u_c = 2 \times 5.26\% = 10.52\% \approx 11\%$$

附录 E

光照紫外试验箱温度、相对湿度测量结果不确定度评定示例

E.1 测量模型

$$\text{温度上偏差: } \Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (\text{E.1})$$

$$\text{温度下偏差: } \Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (\text{E.2})$$

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。

$$\text{相对湿度上偏差: } \Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (\text{E.3})$$

$$\text{相对湿度下偏差: } \Delta h_{\min} = h_{\min} - h_s \quad (\text{E.4})$$

式中:

Δh_{\max} ——相对湿度上偏差;

Δh_{\min} ——相对湿度下偏差;

h_{\max} ——各测量点规定时间内测量的最高相对湿度;

h_{\min} ——各测量点规定时间内测量的最低相对湿度;

h_s ——设备设定相对湿度。

E.2 各输入量的标准不确定度的分析与评定

不确定度主要来源: 测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ; 标准器引入的不确定度分量 u_2 ; 读数分辨力引入的不确定度分量 u_3 ; 标准器稳定性引入的不确定度分量 u_4 。

由于上偏差和下偏差不确定度来源和数值相同, 因此本文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。

E.2.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

E.2.1.1 温度测量重复性引入的不确定

开启运行且设备达到稳定状态后, 测量条件固定, 对同一温度同一测试点重复测量 10

次，测量数据见 E1：

表 E1 10 次测量数据

°C

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30.02	30.08	30.06	30.02	29.89	30.01	30.04	30.02	30.04	30.02

十次测量平均值： $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 30.020^{\circ}\text{C}$

单次实验标准差：

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 5.06 \times 10^{-2}^{\circ}\text{C}$$

则由测量重复性引入的不确定度分量 u_1 为：

$$u_1 = S(x_i) = 5.06 \times 10^{-2}^{\circ}\text{C}$$

E. 2. 1. 2 相对湿度测量重复性引入的不确定

开启运行且设备达到稳定状态后，测量条件固定，对同一相对湿度同一测试点重复测量 10 次，测量数据见表 E2：

表 E2 10 次测量数据

%RH

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40.2	40.4	40.4	40.4	40.2	40.1	40	40.1	40.3	40.4

十次测量平均值： $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 40.25\% \text{RH}$

单次实验标准差：

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.15\% \text{RH}$$

则由测量重复性引入的不确定度分量 u_1 为：

$$u_1 = S(x_i) = 0.15\% \text{RH}$$

E. 2. 2 标准器溯源引入的不确定度分量 u_2

E. 2. 2. 1 标准器温度溯源引入的不确定度分量 u_2

根据温湿度巡检系统溯源证书，温度最大扩展不确定度为 $U=0.037^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ 。即区间半宽度值为 $a_2=0.037^{\circ}\text{C}$ 。则标准不确定度 u_2 为：

$$u_2 = a_2 / k = 0.019^{\circ}\text{C}$$

E. 2. 2. 1 标准器相对湿度溯源引入的不确定度分量 u_2

根据温湿度巡检系统溯源证书,相对湿度最大扩展不确定度为 $U=2.2\%RH$, $k=2$ 。即区间半宽度值为 $a_2=2.2\%RH$ 。则标准不确定度 u_2 为:

$$u_2 = a_2 / k = 1.1\%RH$$

E.2.3 读数分辨力引入的不确定度分量 u_3

E.2.3.1 温度读数分辨力引入的不确定度分量

读数分辨力为 0.01°C , 即区间半宽度值为 $a_3=0.005^\circ\text{C}$, 认为服从均匀分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则标准不确定度 u_3 为:

$$u_3 = a_3 / k = 2.89 \times 10^{-3}^\circ\text{C}$$

E.2.3.2 相对湿度读数分辨力引入的不确定度分量

读数分辨力为 $0.1\%RH$, 即区间半宽度值为 $a_3=0.05\%RH$, 认为服从均匀分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则标准不确定度 u_3 为:

$$u_3 = a_3 / k = 0.029\%RH$$

E.2.4 标准器稳定性引入的不确定度分量 u_4

E.2.4.1 标准器温度稳定性引入的不确定度分量

本标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 0.13°C , 认为服从均匀分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则标准不确定度 u_4 为:

$$u_4 = a_4 / k = 7.51 \times 10^{-2}^\circ\text{C}$$

E.2.4.2 标准器相对湿度稳定性引入的不确定度分量

本标准器相邻两次校准相对湿度修正值最大变化 $0.6\%RH$, 认为服从均匀分布, 取包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。则标准不确定度 u_4 为:

$$u_4 = a_4 / k = 0.35\%RH$$

E.3 合成标准不确定度的评定

主要标准不确定度汇总表如表 E3 和表 E4 所示

E.3.1 温度上偏差校准合成标准不确定度的评定

各不确定度分量独立不相关, 则合成标准不确定度 u_c 为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 9.26 \times 10^{-2}^\circ\text{C}$$

E.3.1 相对湿度上偏差校准合成标准不确定度的评定

各不确定度分量独立不相关，则合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 1.16\%RH$$

表 E3 温度标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
u_1	测量重复性	$5.06 \times 10^{-2} \text{°C}$	1	$5.06 \times 10^{-2} \text{°C}$
u_2	标准器温度溯源	0.019°C	1	0.019°C
u_3	温度读数分辨力	$2.89 \times 10^{-3} \text{°C}$	1	$2.89 \times 10^{-3} \text{°C}$
u_4	标准器温度稳定性	$7.51 \times 10^{-2} \text{°C}$	1	$7.51 \times 10^{-2} \text{°C}$

表 E4 相对湿度标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	$ c_i $	$ c_i u(x_i)$
u_1	测量重复性	0.15%RH	1	0.15%RH
u_2	标准器	1.1%RH	1	1.1%RH
u_3	读数分辨力	0.029%RH	1	0.029%RH
u_4	标准器稳定性	0.35%RH	1	0.35%RH

E.4 扩展不确定度的评定

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则温度上偏差校准扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 9.26 \times 10^{-2} \text{°C} = 18.52 \times 10^{-2} \text{°C} \approx 0.2 \text{°C}$$

对应 p 约为 95% 包含概率，取 $k=2$ ，则温度上偏差校准扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 1.16\%RH = 2.32\%RH \approx 2.3\%RH$$

