

# 黑龙江省地方计量技术规范

JJF (黑) XXXX—2025

## 光照培养箱校准规范

Calibration Specification for Illumination Incubator

(审定稿)

2025-XX-XX 发布

XX XX-XX-XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

# 光照培养箱 校准规范

Calibration Specification for  
Illumination Incubator



归口单位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：哈尔滨市计量检定测试院

本规范委托哈尔滨市计量检定测试院负责解释

本规范主要起草人：

杨 瑾（哈尔滨市计量检定测试院）

底 莹（哈尔滨市计量检定测试院）

孟令娟（哈尔滨市计量检定测试院）

伍 琳（哈尔滨市计量检定测试院）

王东宇（哈尔滨市计量检定测试院）

金 鑫（哈尔滨市计量检定测试院）

参加起草人：

陆轶夫（哈尔滨市计量检定测试院）

刘宇昕（黑龙江省市场监督管理审核查验中心）

桑 彬（哈尔滨市计量检定测试院）

# 目 录

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 引言.....            | (III) |
| 1 范围.....          | (1)   |
| 2 引用文件.....        | (1)   |
| 3 术语.....          | (1)   |
| 3.1 工作空间.....      | (1)   |
| 3.2 稳定状态.....      | (1)   |
| 3.3 参考平面.....      | (1)   |
| 3.4 温度偏差.....      | (1)   |
| 3.5 相对湿度偏差.....    | (1)   |
| 3.6 光照度示值误差.....   | (2)   |
| 3.7 温度均匀度.....     | (2)   |
| 3.8 温度波动度.....     | (2)   |
| 3.9 相对湿度均匀度.....   | (2)   |
| 3.10 相对湿度波动度.....  | (2)   |
| 3.11 光照度均匀度.....   | (2)   |
| 4 概述.....          | (2)   |
| 5 计量特性.....        | (2)   |
| 6 校准条件.....        | (3)   |
| 6.1 环境条件.....      | (3)   |
| 6.2 测量标准及其他设备..... | (3)   |
| 7 校准项目和校准方法.....   | (4)   |
| 7.1 校准项目.....      | (4)   |
| 7.2 校准方法.....      | (4)   |
| 8 校准结果表达.....      | (9)   |
| 8.1 校准记录.....      | (9)   |
| 8.2 校准结果的处理.....   | (9)   |
| 9 复校时间间隔.....      | (9)   |

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 附录 A 光照培养箱校准记录格式 (推荐性) .....    | (10) |
| 附录 B 光照培养箱校准证书内页格式 (推荐性) .....  | (12) |
| 附录 C 光照培养箱温度偏差测量不确定度评定示例 .....  | (14) |
| 附录 D 光照培养箱相对湿度偏差测量不确定度评定示例..... | (18) |
| 附录 E 光照培养箱光照度示值误差不确定度评定示例.....  | (21) |

## 引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范主要参考了 JJF 1101—2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》及 GB/T 5170.2—2017《环境试验设备检验方法第 2 部分：温度试验设备》等标准。

本规范为首次发布。

# 光照培养箱校准规范

## 1 范围

本规范适用于容积小于  $2\text{m}^3$ ，温度范围  $(-10\sim 60)^\circ\text{C}$ 、相对湿度范围  $(10\sim 95)\%$ 、光照度  $(0\sim 10000)\text{lx}$  的光照培养箱计量性能的校准。

## 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1101—2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

GB/T 5170.2—2017 环境试验设备检验方法第 2 部分：温度试验设备

GB/T 5700—2023 照明测量方法

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

JJF 1101—2019、GB/T 5700—2023 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

### 3.1 工作空间 working space

光照培养箱中能将规定的温度、相对湿度、照度性能保持在规定偏差范围内的那部分空间。

### 3.2 稳定状态 steady state

光照培养箱工作空间内任意点的温度、相对湿度、照度变化量达到设备本身性能指标要求时的状态。

### 3.3 参考平面 reference plane

光照培养箱中能均匀接受光源照射的工作平面。

### 3.4 温度偏差 temperature deviation

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。

[JJF 1101—2019, 3.4]

### 3.5 相对湿度偏差 relative humidity deviation

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。

[JJF 1101—2019, 3.5]

### 3.6 光照度示值误差 illuminance indicating error

稳定状态下,参考平面上光照度设定值与光照度实际值之差。

### 3.7 温度均匀度 temperature uniformity

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。

[JJF 1101—2019, 3.8]

### 3.8 温度波动度 temperature fluctuation

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。

[JJF 1101—2019, 3.6]

### 3.9 相对湿度均匀度 relative humidity uniformity

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。

[JJF 1101—2019, 3.9]

### 3.10 相对湿度波动度 relative humidity fluctuation

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。

[JJF 1101—2019, 3.7]

### 3.11 光照度均匀度 illuminance uniformity

稳定状态下,参考平面上实测最小光照度与最大光照度之比。

[GB/T 5700—2023, 3.9]

## 4 概述

光照培养箱是一种可精确控制温度、湿度、光照度的专用设备,主要用于植物发芽、育苗、组织培养以及微生物、昆虫的生长繁殖实验,具有精准控温、光照调控、湿度控制、环境稳定功能,其结构主要由箱体结构、温控系统、光照系统、湿度系统、循环与通风系统、控制系统组成。其工作原理是光源(LED或荧光灯)提供光合作用所需光照,加热或制冷系统维持恒温,加湿器和除湿器调节湿度,控制系统(传感器和控制器)实时监测并修正参数,确保环境稳定可控。

## 5 计量特性

光照培养箱的温度上下偏差、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、光照度示值误差、光照度均匀度技术要求见表 1。

表 1 光照培养箱技术要求

| 计量特性                   | 技术要求                                   |
|------------------------|----------------------------------------|
| 温度上下偏差                 | $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$              |
| 温度均匀度                  | $1.0^{\circ}\text{C}$                  |
| 温度波动度                  | $\pm 0.5^{\circ}\text{C}/30\text{min}$ |
| 相对湿度上下偏差               | $\pm 3\%$                              |
| 相对湿度均匀度                | $5\%$                                  |
| 相对湿度波动度                | $\pm 3\%/30\text{min}$                 |
| 光照度示值误差                | 不超过标称值的 $\pm 12\%$                     |
| 光照度均匀度                 | $\geq 80\%$                            |
| 注：以上技术指标不用于合格性判定，仅供参考。 |                                        |

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（15~35） $^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度：不大于 85%。

6.1.3 避免阳光直射或其他强光源直接照射培养箱。

### 6.2 测量标准及其他设备

#### 6.2.1 温度测量标准

温度测量标准一般应选用多通道温度显示仪表或多路温度测量装置，传感器宜选用 A 级铂电阻温度计，通道传感器数量为 9 个，并能满足校准工作需求。

#### 6.2.2 湿度测量标准

湿度测量标准一般应选用多通道温湿度显示仪表或多路温湿度测量装置，通道传感器数量不少于 3 个，并能满足校准工作需求。

#### 6.2.3 光照度测量标准

光照度计，测量范围（0~10000）lx，最大允许误差不超过 $\pm 4\%$ 。

#### 6.2.4 技术要求

测量标准温度、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度、湿度传感器。测量标准温度、湿度的技术指标见表 2。

表 2 测量标准技术要求

| 名称     | 测量范围         | 技术要求                                            |
|--------|--------------|-------------------------------------------------|
| 温度测量标准 | (0~100) °C   | 最大允许误差: $\pm (0.15^{\circ}\text{C} + 0.002 t )$ |
| 湿度测量标准 | (10~100) %RH | 分辨力: 不低于 0.1%RH<br>最大允许误差: $\pm 2.0\%\text{RH}$ |
| 光照度计   | (0~10000) lx | 最大允许误差: $\pm 4\%$                               |

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

光照培养箱的校准项目为: 温度上下偏差、温度均匀度、温度波动度、相对湿度上下偏差、相对湿度均匀度、相对湿度波动度、光照度示值误差和光照度均匀度。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观及功能性检查

用目测和手动方法进行检查。光照培养箱外形结构应完好: 培养箱门不能歪斜变形, 门封应紧密, 关闭时与箱体不得有缝隙; 培养箱上应有制造厂名、出厂编号、产品名称、型号规格、生产日期等信息; 培养箱应设有温度、湿度、光照度调节机构, 调节机构应正常; 各功能标识应齐全正确。

光照培养箱的显示功能在通电状态下进行检查, 其显示的数字及图像应清晰无叠字无缺划现象; 培养箱应能显示箱内实际温度、湿度、光照度, 其显示内容可人工切换, 也可按已设程序自动转换。

#### 7.2.2 校准温度、湿度点的选择

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

#### 7.2.3 测量点位置和数量

传感器布放位置为设备校准时的测量点, 应布置在设备工作空间的 3 个不同层面上, 称为上、中、下 3 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, 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 500mm。如果设备带有样品架或样品车时, 下层测量点可布放在样品架或样品车上方 10mm 处。

传感器测量点布放位置也可根据用户实际工作要求布置。

温度测试点为 9 个, 分别用字母 A, B, C...表示, 温度点 O 位于光照培养箱工作

空间中层几何中心处；湿度测试点为 3 个，分别位于光照培养箱工作空间中层体对角线中心点和工作空间上、下层体对角线两端，如图 1 所示。

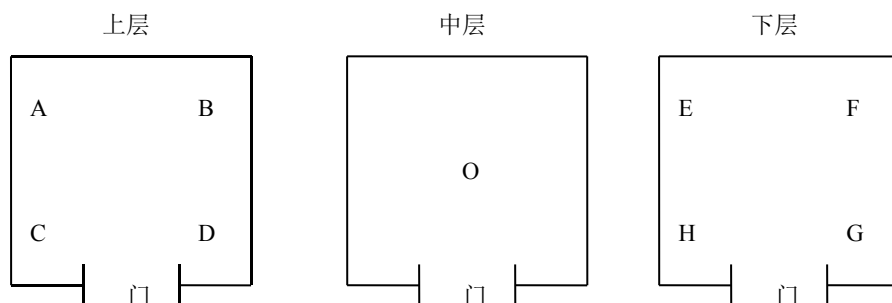


图 1 温湿度布点示意图

#### 7.2.4 温度的校准

按图 1 要求布放温度传感器，将光照培养箱设定到校准温度，使设备正常工作。达到稳定状态后开始记录各测量点温度，记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 16 组数据。

##### 7.2.4.1 温度偏差

按公式 (1)、公式 (2) 计算：

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (1)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (2)$$

式中：

$\Delta t_{\max}$  ——温度上偏差，℃；

$\Delta t_{\min}$  ——温度下偏差，℃；

$t_{\max}$  ——各测量点规定时间内测量的最高温度，℃；

$t_{\min}$  ——各测量点规定时间内测量的最低温度，℃。

$t_s$  ——光照培养箱设定温度，℃；

##### 7.2.4.2 温度均匀度

按公式 (3) 计算：

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min}) / n \quad (3)$$

式中:

$\Delta t_u$  ——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;

#### 7.2.4.3 温度波动度

按公式 (4) 计算:

$$\Delta t_f = \pm [\max (t_{j\max} - t_{j\min}) / 2] \quad (4)$$

式中:

$\Delta t_f$  ——温度波动度, °C/30min;

$t_{j\max}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最高温度, °C/30min;

$t_{j\min}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最低温度, °C/30min。

#### 7.2.5 湿度的校准

按图 1 要求布放湿度传感器, 将光照培养箱设定到校准湿度, 使设备正常工作。达到稳定状态后开始记录各测量点湿度, 记录时间间隔为 2min, 30min 内共记录 16 组数据。

##### 7.2.5.1 相对湿度偏差

按公式 (5)、公式 (6) 计算:

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (5)$$

$$\Delta h_{\min} = h_{\min} - h_s \quad (6)$$

式中:

$\Delta h_{\max}$  ——相对湿度上偏差, %;

$\Delta h_{\min}$  ——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，%。

$h_s$  ——光照培养箱设定相对湿度，%；

### 7.2.5.2 相对湿度均匀度

按公式 (7) 计算：

$$\Delta h_u = \sum_{i=1}^n (h_{i\max} - h_{i\min}) / n \quad (7)$$

式中：

$\Delta h_u$  ——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

### 7.2.5.3 相对湿度波动度

按公式 (8) 计算：

$$\Delta h_f = \pm [\max (h_{j\max} - h_{j\min}) / 2] \quad (8)$$

式中：

$\Delta h_f$  ——相对湿度波动度，%/30min；

$h_{j\max}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最高相对湿度，%/30min；

$h_{j\min}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最低相对湿度，%/30min。

### 7.2.6 光照度的校准

一般根据用户需要选择常用的光照度点进行校准。将培养箱设定至光照度校准点，开启运行。光照度计探头按图 2 位置放在参考平面，待培养箱光照度达到稳定状态后，记录测量点的测量值。重复以上步骤，移动光照度计探头至参考平面各测量点处，分别记录 9 个测量点的测量值及距离箱体底部的高度，测量时需要关闭箱门或者以黑色遮光布遮光。

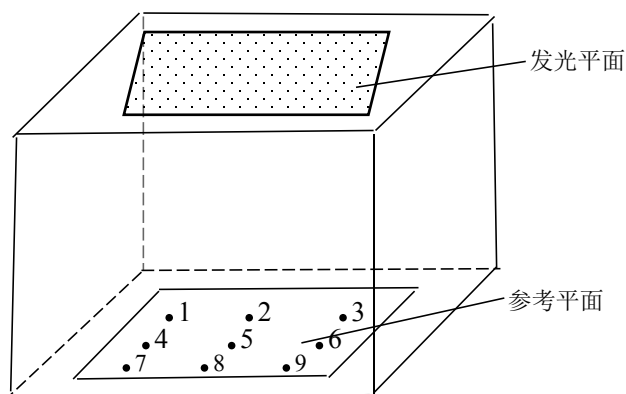


图 2 光照度布点示意图

#### 7.2.7.1 光照度示值误差

对于没有照度示值监测功能的仅给出光照度校准数据值,对于有照度示值监测功能的,按公式(9)、公式(10)计算:

$$\Delta E = \pm \left[ \frac{E_s - E_{av}}{E_s} \times 100\% \right] \quad (9)$$

$$E_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{vi}}{n} \quad (10)$$

式中:

$\Delta E$  ——光照度示值误差, %;

$E_{av}$  ——光照度测量结果平均值, lx;

$E_s$  ——光照度设定值, lx;

$E_{vi}$  ——各测量点的光照度实测值, lx。;

#### 7.2.7.2 光照度均匀度

$$\Delta E_u = \frac{E_{vi \min}}{E_{av}} \times 100\% \quad (11)$$

式中:

$\Delta E_u$  ——光照度均匀度, %

$E_{vi\max}$  ——光照度实测最大值, lx;

$E_{vi\min}$  ——光照度实测最小值, lx。

## 8 校准结果表达

### 8.1 校准记录

校准记录推荐格式参见附录 A。

### 8.2 校准结果的处理

校准证书由封面和校准数据组成。校准证书内页推荐格式见附录 B。证书上的信息至少包括以下内容:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果与实验室地点不同);
- 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) 被校仪器的描述和明确标识(如型号、产品编号等);
- g) 进行校准的日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称和代号;
- i) 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说明;
- l) 校准员及核验员的签名;
- m) 校准证书批准人的签名、职务或等效说明;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明;
- p) 对校准规范的偏离的说明。

## 9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 12 个月。

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

## 光照培养箱校准记录格式（推荐性）

|       |  |      |  |
|-------|--|------|--|
| 委托单位  |  | 记录编号 |  |
| 仪器名称  |  | 温 度  |  |
| 型号规格  |  | 相对湿度 |  |
| 出厂编号  |  | 校准依据 |  |
| 制 造 厂 |  | 校准地点 |  |
| 校准人员  |  | 校准日期 |  |
| 核验人员  |  | 备 注  |  |

## 校准使用的计量标准器具

| 标准器名称 | 型号/规格 | 测量范围 | 不确定度/<br>准确度等级/<br>最大允许误差 | 证书编号及<br>有效期 |
|-------|-------|------|---------------------------|--------------|
|       |       |      |                           |              |

## 校准结果

## 一、温度校准

温度设定值：\_\_\_\_\_℃

单位：℃

| 次数           | 实测温度值 |       |   |     |   |     |   |   |   |
|--------------|-------|-------|---|-----|---|-----|---|---|---|
|              | 1     | 2     | 3 | 4   | 5 | 6   | 7 | 8 | 9 |
| 1            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 2            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 3            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 4            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 5            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 6            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 7            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 8            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 9            |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 10           |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 11           |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 12           |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 13           |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 14           |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 15           |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 16           |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 最大值          |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 最小值          |       |       |   |     |   |     |   |   |   |
| 温度上偏差        |       | 温度下偏差 |   | 均匀度 |   | 波动度 |   |   |   |
| 扩展不确定度 $k=2$ |       |       |   |     |   |     |   |   |   |

## 二、湿度校准

相对湿度设定值：\_\_\_\_\_ %

单位：相对湿度%

| 次数           | 实测湿度值 |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
|--------------|-------|---|-------|--|--|-----|--|--|-----|--|--|
|              | 1     | 2 | 3     |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 1            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 2            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 3            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 4            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 5            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 6            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 7            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 8            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 9            |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 10           |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 11           |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 12           |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 13           |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 14           |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 15           |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 16           |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 最大值          |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 最小值          |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |
| 湿度上偏差        |       |   | 湿度下偏差 |  |  | 均匀度 |  |  | 波动度 |  |  |
| 扩展不确定度 $k=2$ |       |   |       |  |  |     |  |  |     |  |  |

## 三、光照度示值误差和光照度均匀度校准：

距离底部高度                  mm

| 校准点<br>标称值<br>/lx | 测量点位置示值/lx |   |        |   |   |   |       |   |   | 平均<br>值/lx |
|-------------------|------------|---|--------|---|---|---|-------|---|---|------------|
|                   | 1          | 2 | 3      | 4 | 5 | 6 | 7     | 8 | 9 |            |
|                   |            |   |        |   |   |   |       |   |   |            |
| 最大值/lx            |            |   | 最小值/lx |   |   |   | 均匀度/% |   |   |            |
| 扩展不确定度 $k=2$      |            |   |        |   |   |   |       |   |   |            |

附录 B

光照培养箱校准证书内页格式（推荐性）

校准结果

1. 布点示意图如图 B. 1、B. 2 所示。

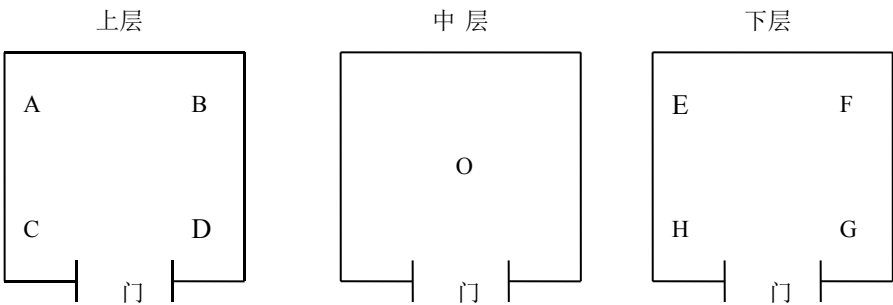


图 B.1 温湿度布点示意图

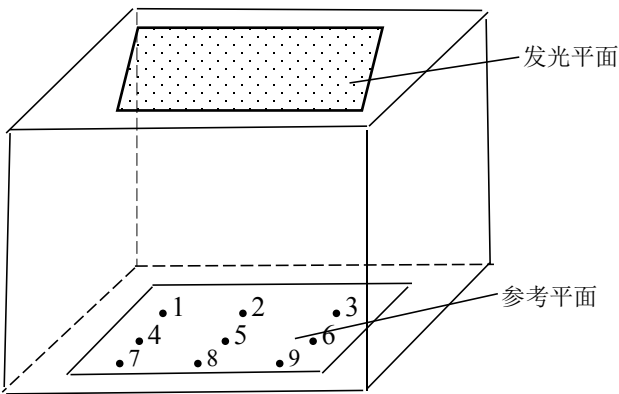


图 B.2 光照度布点示意图

2. 校准项目及校准结果

|                 |           |           |           |           |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 校准项目            | 温度上偏差/℃   | 温度下偏差/℃   | 温度均匀度/℃   | 温度波动度/℃   |
| 校准结果            |           |           |           |           |
| 扩展不确定度 $U(k=2)$ |           |           |           |           |
| 校准项目            | 湿度上偏差/%RH | 湿度下偏差/%RH | 湿度均匀度/%RH | 湿度波动度/%RH |
| 校准结果            |           |           |           |           |
| 扩展不确定度 $U(k=2)$ |           |           |           |           |

|                                                                                                     |  |            |    |          |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|----|----------|--|
| 距离底部高度                                                                                              |  |            | mm |          |  |
| 校准项目                                                                                                |  | 光照度示值误差/lx |    | 光照度均匀度/% |  |
| 校准结果                                                                                                |  |            |    |          |  |
| 扩展不确定度 $U(k=2)$                                                                                     |  |            |    |          |  |
| 备注：<br><br><br><div style="text-align: center;">             ————— 以下空白（End） —————           </div> |  |            |    |          |  |

## 附录 C

## 光照培养箱温度偏差测量不确定度评定示例

## C.1 概述

C.1.1 被校仪器：光照培养箱，温度设定分辨力：0.1℃，校准点：25.0℃。

C.1.2 测量标准：温场检测系统，温度分辨力 0.01℃，温度不确定度： $U = 0.20^\circ\text{C}$ ,  $\kappa = 2$ 。

C.1.3 环境条件：温度 25℃，湿度：40%RH。

C.1.4 测量方法：

按照本规范对温度偏差的校准要求，将温度传感器按图一测试点要求布置。光照培养箱设定值：25.0℃，开启运行。试验设备达到设定值并稳定后开始记录光照培养箱的温度示值，记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 16 组数据。

计算各温度测试点 30min 内测量的最高温度与设定温度的差值，即为温度上偏差；各温度测试点 30min 内测量的最低温度与设定温度的差值，即为温度下偏差。

## C.2 测量模型

温度上偏差公式按式 (C.1) 计算：

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta t_{\max}$  —温度上偏差，℃；

$t_s$  —光照培养箱设定温度，℃；

$t_{\max}$  —各测量点规定时间内测量的最高温度，℃；

## C.3 灵敏系数

根据计算公式，

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s$$

则：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_{\max}} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_s} = -1$$

## C.4 输入量不确定度的来源

C.4.1 测量重复性引入的标准测量不确定度分量  $u_1$ ;

C.4.2 标准器分辨力引入的标准测量不确定度分量  $u_2$ ;

C.4.3 标准器修正值引入的标准测量不确定度分量  $u_3$ ;

C.4.4 标准器稳定性引入的标准测量不确定度分量  $u_4$ ;

C.4.5 光照培养箱控温分辨力引入的不确定度分量  $u_5$ ;

由于上偏差与下偏差不确定度来源和计算公式相同, 因此本规范仅以温度上偏差为例进行不确定度评定。

## C.5 标准不确定度分量评定

C.5.1 测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1$  的评定

在 25.0℃ 校准点重复测量 16 次, 测量结果: 25.35℃、25.31℃、25.32℃、25.30℃、25.29℃、25.40℃、25.38℃、25.39℃、25.39℃、25.39℃、25.38℃、25.38℃、25.36℃、25.35℃、25.35℃、25.35℃, 标准偏差  $s$  按式 (C.2) 计算:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.03^\circ\text{C} \quad (\text{C.2})$$

所以:  $u_1 = s = 0.03^\circ\text{C}$ ,

C.5.2 标准器分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2$  的评定

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

$$u_2 = 0.005 / \sqrt{3} = 0.00^\circ\text{C}。$$

C.5.3 标准器修正值引入的标准不确定度分量  $u_3$  的评定

标准器温度修正值的不确定度:  $U = 0.20^\circ\text{C}$ ,  $k = 2$ , 则标准器温度修正值引入的标准不确定度分量为:

$$u_3 = U / k = 0.20 / 2 = 0.10^\circ\text{C}。$$

C.5.4 标准器稳定性引入的标准不确定度分量  $u_4$  的评定

本标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 0.10℃, 按均匀分布, 由此引入的标准不确定度分量为:

$$u_4 = \frac{a}{k} = \frac{0.10/2}{\sqrt{3}} = 0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$$

### C.5.5 光照培养箱控温分辨力引入的不确定度分量 $u_5$ 的评定

光照培养箱控温分辨力为  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，不确定度区间半宽  $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，服从均匀分布，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_5 = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$$

## C.6 合成标准不确定度

### C.6.1 各输入量标准不确定度分量汇总表

各输入量标准不确定度分量如表C所示。

表C 标准不确定度分量汇总表

| 序号 | 不确定度来源                    | 不确定度分量 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 灵敏系数 | $ c_i \times u_i $<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|----|---------------------------|-------------------------------|------|----------------------------------------------|
| 1  | 测量重复性引入的标准测量不确定度分量 $u_1$  | 0.03                          | 1    | 0.03                                         |
| 2  | 标准器分辨力引入的标准测量不确定度分量 $u_2$ | 0.00                          | 1    | 0.00                                         |
| 3  | 标准器修正值引入的标准测量不确定度分量 $u_3$ | 0.10                          | 1    | 0.10                                         |
| 4  | 标准器稳定性引入的标准测量不确定度分量 $u_4$ | 0.03                          | 1    | 0.03                                         |
| 5  | 光照培养箱控温分辨力引入的不确定度分量 $u_5$ | 0.03                          | 1    | 0.03                                         |

### C.6.2 计算合成标准测量不确定度 $u_c$

由于各输入量相互独立，则合成标准测量不确定度按式 (C.3)、(C.4) 计算

$$u(t \max) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.11\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.3})$$

$$u_c = \sqrt{u(t \max)^2 + u_5^2} = 0.11\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.4})$$

### C.7 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ ，温度上偏差扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.22^{\circ}\text{C}$$

## 附录 D

### 光照培养箱相对湿度偏差测量不确定度评定示例

#### D.1 概述

D.1.1 被校仪器：光照培养箱，湿度设定分辨力：0.1%RH，校准湿度点：50%RH。

D.1.2 测量标准：

温湿度场检测系统，湿度分辨力 0.1%RH，相对湿度不确定度： $U=1.3\%$ ， $k=2$

D.1.3 环境条件：温度 25℃，湿度：40%RH。

D.1.4 测量方法：

按照本规范对相对湿度偏差的校准要求，将湿度传感器按图一测试点要求布置。光照培养箱相对湿度设定值：50%RH，开启运行。试验设备达到设定值并稳定后开始记录设备的湿度示值，记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 16 组数据。

计算各湿度测试点 30min 内测量的最高湿度与设定湿度的差值，即为湿度上偏差；各湿度测试点 30min 内测量的最低湿度与设定湿度的差值，即为湿度下偏差。

#### D.2 测量模型

湿度上偏差公式按式 (C.4) 计算：

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (\text{D.1})$$

式中：

$\Delta h_{\max}$  —湿度上偏差，%RH；

$h_s$  —设备设定湿度，%RH；

$h_{\max}$  —各测量点规定时间内测量的最高湿度，%RH；

#### D.3 灵敏系数

根据计算公式，

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s$$

则：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta h}{\partial h_{\max}} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta h}{\partial h_s} = -1$$

#### D.4 输入量不确定度的来源

D.4.1 测量重复性引入的标准测量不确定度分量  $u_1$ ;

D.4.2 标准器分辨力不够引入的标准测量不确定度分量  $u_2$ ;

D.4.3 标准器修正值引入的标准测量不确定度分量  $u_3$ ;

D.4.4 标准器稳定性引入的标准测量不确定度分量  $u_4$ ;

D.4.5 光照培养箱控湿分辨力引入的不确定度分量  $u_5$ ;

由于上偏差与下偏差不确定度来源和计算公式相同, 因此本规范仅以相对湿度上偏差为例进行不确定度评定。

#### D.5 标准不确定度分量评定

D.5.1 测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1$  的评定

在 50%RH 校准点重复测量 16 次, 测量结果: 50.5%RH、50.6%RH、50.7%RH、50.7%RH、50.6%RH、50.3%RH、50.2%RH、50.4%RH、50.4%RH、50.4%RH、50.2%RH、50.2%RH、50.2%RH、50.5%RH、50.6%RH、50.3%RH, 标准偏差  $s$  按式 (C.5) 计算:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.17\% \quad (\text{D.2})$$

所以:  $u_1 = s = 0.17\%$

D.5.2 标准器分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2$  的评定

标准器分辨力为 0.1%RH, 不确定度区间半宽 0.05%, 服从均匀分布, 则分辨力引入的标准不确定度分量为:

$$u_2 = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03\%$$

D.5.3 标准器修正值引入的标准不确定度分量  $u_3$  的评定

标准器湿度修正值的不确定度:  $U = 1.3\%$ ,  $k = 2$ , 则标准器湿度修正值引入的标准不确定度分量为:

$$u_3 = U / k = 1.3\% / 2 = 0.65\%$$

D.5.4 标准器稳定性引入的标准不确定度分量  $u_4$  的评定

本标准器相邻两次校准湿度修正值最大变化 0.5%RH, 按均匀分布, 由此引入的标准不确定度分量为:

$$u_4 = \frac{a}{k} = \frac{0.5\% / 2}{\sqrt{3}} = 0.14\%$$

D.5.5 光照培养箱控湿分辨力引入的不确定度分量  $u_5$  的评定

光照培养箱控温分辨力为 0.1%，不确定度区间半宽 0.05%，服从均匀分布，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_5 = 0.05\% / \sqrt{3} = 0.029\%$$

## D.6 合成标准不确定度

## D.6.1 各输入量标准不确定度分量汇总表

各输入量标准不确定度分量如表D所示。

表D 标准测量不确定度分量汇总表

| 序号 | 不确定度来源                    | 不确定度分量<br>(%RH) | 灵敏系数 | $ c_i \times u_i $<br>(%RH) |
|----|---------------------------|-----------------|------|-----------------------------|
| 1  | 测量重复性引入的标准测量不确定度分量 $u_1$  | 0.17            | 1    | 0.17                        |
| 2  | 标准器修正值引入的标准测量不确定度分量 $u_2$ | 0.03            | 1    | 0.03                        |
| 3  | 标准器修正值引入的标准测量不确定度分量 $u_3$ | 0.65            | 1    | 0.65                        |
| 4  | 标准器稳定性引入的标准测量不确定度分量 $u_4$ | 0.14            | 1    | 0.14                        |
| 5  | 光照培养箱控湿分辨力引入的不确定度分量 $u_5$ | 0.029           | 1    | 0.029                       |

D.6.2 计算合成标准测量不确定度  $u_c$ 

由于各输入量相互独立，则合成标准测量不确定度按式 (D.3)、(D.4) 计算

$$u(h \max) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.69\% \quad (D.3)$$

$$u_c = \sqrt{u^2(h \max) + u_5^2} = 0.69\% \quad (D.4)$$

## D.7 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ ，相对湿度上偏差扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 1.4\%$$

## 附录 E

## 光照培养箱光照度示值误差不确定度评定示例

## E.1 概述

E.1.1 被校仪器：光照培养箱，光照度设定：4500lx。

E.1.2 测量标准：光照度计，最大允许误差为±4%。

E.1.3 环境条件：温度 22.0℃，湿度：40%RH。

E.1.4 测量方法：光照培养箱照度实际值是用光照度计测量参考平面上 9 个点的光照度值，然后取 9 个分布点实测光照度值的平均值。光照度设定值减去实际值，即为光照度误差。

## E.2 测量模型

计算公式：

$$\Delta E = E_s - E_{av} \quad (E.1)$$

式中：

$\Delta E$  —光照度示值误差，lx；

$E_s$  —光照度设定值，lx；

$E_{av}$  —光照度实测平均值，lx。

## E.3 灵敏系数

$$C_1(E_s)=1, \quad C_2(E_{av})=-1$$

## E.4 输入量测量不确定度来源

E.4.1 测量重复性引入的标准不确定度  $u_1$ ；

E.4.2 一级光照度计引入的标准不确定度分量  $u_2$

## E.5 标准不确定度分量评定

E.5.1 测量重复性引入的标准不确定度  $u_1$  的评定

按照校准方法，读取9个布点显示值，结果如E所示（单位：lx）。

表E 10次测量记录值

| 次数    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $E_i$ | 4481 | 4496 | 4485 | 4492 | 4495 | 4483 | 4480 | 4503 | 4475 |

根据贝塞尔公式：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (E_i - \bar{E})^2}{n-1}} = 9 \text{ lx}$$

因此重复性引入的不确定度： $u_1 = s / \sqrt{n} = 9 / \sqrt{9} = 3 \text{ lx}$ 。

E.5.2 一级光照度计最大允许误差引入的标准测量不确定度分量 $u_2$

一级光照度计最大允许误差，按均匀分布估计，则

$$u_2 = \frac{4487 \times 4\%}{\sqrt{3}} = 104 \text{ lx}$$

## E.6 合成标准不确定度

### E.6.1 标准测量不确定度分量汇总表

标准不确定度分量如表C.4所示。

表C.4 标准不确定度分量汇总表

| 序号 | 不确定度的来源                 | 各不确定度分量<br>(lx) | 灵敏<br>系数 | $ c_i \times u_i $ |
|----|-------------------------|-----------------|----------|--------------------|
| 1  | 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1$    | 3               | 1        | 3                  |
| 2  | 一级光照度计引入的标准不确定度分量 $u_2$ | 104             | 1        | 104                |

### E.6.2 计算合成标准测量不确定度

由于 $u_1$ 、 $u_2$ 相互独立，则合成不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 104 \text{ lx}$$

## E.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，光照度示值误差扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 2 \times 104 = 208 = 2.1 \times 10^2 \text{ lx}$$

