

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 150—2023

药品稳定性光照试验箱校准规范

Calibration Specification of Drug Stability Illumination Test
Chambers

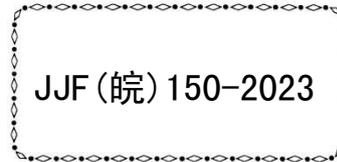
2023-01-09 发布

2023-03-01 实施

安徽省市场监督管理局 发布

药品稳定性光照试验箱
校准规范

Calibration Specification of Drug
Stability Illumination Test
Chambers



归口单位：安徽省生物医药计量技术委员会
主要起草单位：合肥市计量测试研究院
参加起草单位：蚌埠市特种设备监督检验中心
同路生物制药有限公司
兆科药业（合肥）有限公司

本规范委托安徽省生物医药计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘 敏（合肥市计量测试研究院）

刘继兵（蚌埠市特种设备监督检验中心）

韦 越（合肥市计量测试研究院）

徐亚迪（合肥市计量测试研究院）

刘媛媛（合肥市计量测试研究院）

参加起草人：

王业为（同路生物制药有限公司）

钱 芳（兆科药业（合肥）有限公司）

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
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 负载条件.....	(3)
6.3 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)
7.3 数据处理.....	(6)
8 校准结果的表达.....	(8)
9 复校时间间隔.....	(9)
附录 A 药品稳定性光照试验箱校准记录参考格式.....	(10)
附录 B 药品稳定性光照试验箱校准证书内页参考格式.....	(12)
附录 C 药品稳定性光照试验箱光照度误差测量不确定度评定示例.....	(14)
附录 D 药品稳定性光照试验箱曝辐射量测量不确定度评定示例.....	(17)

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》共同构成了支撑本规范编制工作基础性系列文件。本规范主要参考了的 GB/T 5700-2008《照明测量方法》、《中华人民共和国药典》(2020 版四部)的部分内容,并结合国内目前在用的药品稳定性光照试验箱生产和使用情况,对其具体技术指标和校准方法进行了规定和解释。

本规范为首次发布。

药品稳定性光照试验箱校准规范

1 范围

本规范适用于温度范围(5~65)℃、湿度范围(10~90)%RH、光照度范围(10~10000)lx、紫外辐射照度范围(0~3)W/m²、容积不大于2m³的药品稳定性光照试验箱的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 245-2005 光照度计

JJG 879-2015 紫外辐射照度计

JJF 1032-2005 光学辐射计量名词术语及定义

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

GB/T 5700-2008 照明测量方法

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于本规范。

3 术语

JJF 1032-2005、JJF 1101-2019、GB/T 5700-2008界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 工作单元 work unit

药品稳定性光照试验箱内,由一个发光平面及与其距离固定的一层搁板所组成并具备独立光照测量功能的工作区域。

3.2 稳定状态 stable state

药品稳定性光照试验箱工作空间内任意点的温度、湿度、光照度、紫外辐射照度变化量达到设备本身性能指标要求时的状态。

3.3 光照度 illuminance

表面上一点处的光照度是入射在包含该点的面元上的光通量除以该面元面积之商。

[GB/T 5700-2008, 术语和定义 3.1]

3.4 紫外辐射照度 ultraviolet irradiance

表面上一点处的紫外辐射照度是入射在包含该点的面元上的紫外辐射通量除以该

面元面积之商。

3.5 光照度误差 illuminance error

药品稳定性光照试验箱稳定状态下,工作单元光照度示值与搁板中心光照度标准测量值之差。

3.6 曝辐射量 radiant exposure

指定时间内单位面积上 UV-A 波段紫外辐射能量的总和。

3.7 光照度均匀度 uniformity ratio of illuminance

通常指规定表面上的最小照度与最大照度之比,符号为 U_1 。

[GB/T 5700-2008, 术语和定义 3.12]

4 概述

药品稳定性光照试验箱(以下简称“试验箱”)主要用于药品的强光照射试验、加速试验和长期试验,用来考察原料药或药物制剂在温度、湿度、光照度和紫外辐射照度的影响下随时间变化的规律,为药品生产、包装、贮存、运输条件提供科学依据。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、湿度、光照度、紫外辐射照度、时间、升温速率等,可设置恒温恒湿、光照、紫外辐照等多个模拟参数,能模拟长期稳定的试验环境。试验箱结构主要由试验箱体、制冷系统、加热系统、加湿系统、除湿系统、光照系统和控制系统等组成。

5 计量特性

试验箱的光照度误差、光照度均匀度、曝辐射量、温度偏差、温度均匀度、温度波动度、湿度偏差、湿度波动度技术要求见表 1。

表 1 技术要求

序号	校准项目	技术要求
1	光照度误差	± 500 lx
2	光照度均匀度	≥ 80 %
3	曝辐射量	≥ 200 W · h/m ²
4	温度偏差	± 2.0 °C
5	温度均匀度	2.0 °C
6	温度波动度	± 0.5 °C
7	湿度偏差	± 5.0 %RH
8	湿度波动度	± 3.0 %RH

注:以上指标要求不用于合格性判断,仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：(5~35) °C；湿度：≤80 %RH；大气压力：(86~106) kPa；

供电电源应满足以下要求：

电压：三相交流电 (380±38) V；单相交流电 (220±22) V；

额定频率：(50±1) Hz。

试验箱周围应无强烈振动等机械性或电磁干扰以及腐蚀性气体存在，应避免其他冷、热源影响。实际工作中，环境条件还应满足测量标准器正常使用的要求。

6.2 负载条件

一般在空载条件下校准，根据客户需要也可在负载条件下进行，但应说明负载的情况。

6.3 测量标准及其他设备

技术要求见表 2。

表 2 测量标准及其他设备

序号	设备名称	测量范围	技术要求	备注
1	光照度计	(10~10000) lx	最大允许误差:±4 %	——
2	紫外辐照计	(0~3) W/m ²	最大允许误差:±8 %	UVA 波段
3	温度测量标准	(0~100) °C	分辨力：不低于 0.01°C 最大允许误差：±(0.15°C +0.002 t)	一般应选用多通道温度显示仪表或多路温度测量装置，传感器宜选用四线制铂电阻温度计，通道传感器数量不少于 5 个，并能满足工作要求。
4	湿度测量标准	(10~90) %RH	分辨力：0.1 %RH 最大允许误差：±2.0 %RH	——
5	钢卷尺	(0~3.0) m	II 级	测量工作单元内发光平面距搁板的距离。
<p>注 1：标准器测量范围为一般要求，使用中以能覆盖被校试验箱实际校准范围为准。</p> <p>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。</p> <p>注 3： t 为温度的绝对值，单位为 °C。</p> <p>注 4：校准时可选用此表所列的测量标准，也可以选用不确定度符合要求的其他测量标准。</p>				

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

7.1.1 光照度误差、光照度均匀度

7.1.2 曝辐射量

7.1.3 温度偏差、温度均匀度、温度波动度

7.1.4 湿度偏差、湿度波动度

7.2 校准方法

7.2.1 校准前的准备

7.2.1.1 根据试验箱发光平面和光照传感器配置将其划分为若干个工作单元，自顶端向底部编号，用 1、2……数字表示，并用钢卷尺测量每个工作单元内发光平面距搁板的距离。

7.2.1.2 将试验箱各工作单元配置的光照传感器（如光照度计、紫外辐照计）置于搁板中心位置。

7.2.2 光照度和曝辐射量的校准方法

7.2.2.1 校准点的选择

一般根据用户需要选择常用的光照度和紫外辐射照度点进行校准。

7.2.2.2 测量点位置

将试验箱工作单元搁板划分成 3×3 的矩形网格，在网格中心点布置 9 个光照度或紫外辐射照度测量点，用 A、B、C……字母表示，其中测量点 I 位于搁板中心位置，如图 1 所示。如果有多个工作单元，则每个工作单元均按此要求布点。

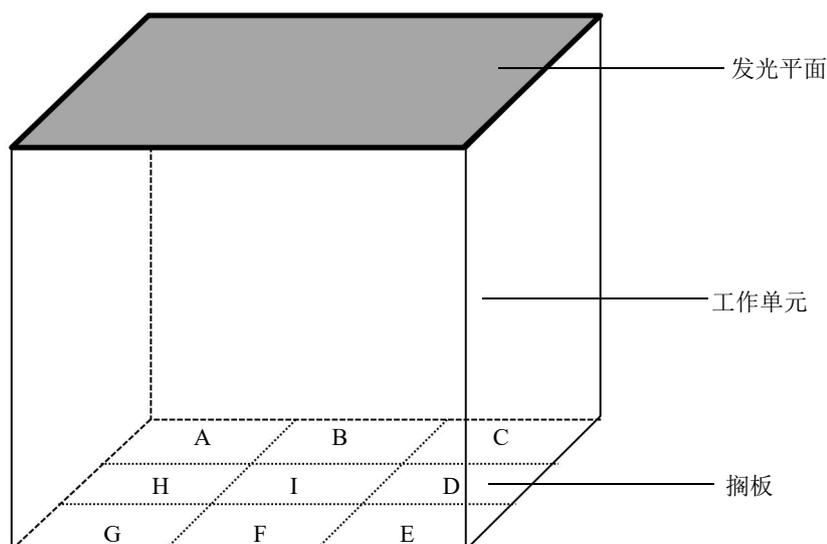


图 1 光照度和紫外辐射照度布点示意图

7.2.2.3 光照度和曝辐射量的校准

按照 7.2.2.2 规定布放光照度或紫外辐射照度传感器,将试验箱设定至光照度或紫外辐射照度校准点,开启运行。待试验箱光照度或紫外辐射照度达到稳定状态后,记录测量点的测量值。重复以上步骤,移动光照度计或紫外辐射照度计探头至工作单元搁板各测量点处,分别记录 9 个测量点的测量值,测量时需要关闭箱门。

7.2.3 温度和湿度的校准方法

7.2.3.1 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。

7.2.3.2 测量点位置

在试验箱工作单元搁板上布置 5 个温度测量点,1 个湿度测量点。如果有多个工作单元,则每个工作单元均按此要求布点。除中心点外其余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。传感器测量点布放位置也可根据用户实际工作进行布置。

温度传感器测量点用数字 1、2、3、4、5 表示,湿度传感器测量点用字母 O 表示,温度点 5、湿度点 O 位于试验箱搁板几何中心处,如图 2 所示。

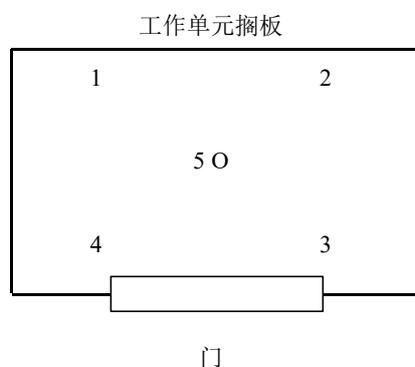


图 2 温度和湿度布点示意图

7.2.3.3 温湿度的校准

按照 7.2.3.2 规定布放温湿度传感器,将试验箱设定到温度、湿度校准点,开启运行。试验箱达到稳定状态后开始记录各测量点的温度、湿度,记录时间间隔为 2min,30min 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,30min 后可以开始记录数据,如试验箱内温度或湿度仍未稳定,可按

实际情况至多延长 30min，温湿度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60min。如果在规定的稳定时间之前能够确定试验箱内温湿度已经达到稳定，也可以提前记录。

7.3 数据处理

7.3.1 光照度误差

$$\Delta E = E - E_1 \quad (1)$$

式中：

ΔE ——光照度误差，lx；

E ——工作单元光照度示值，lx；

E_1 ——中心测量点I光照度实测值，lx。

7.3.2 光照度均匀度

$$U_1 = \frac{E_{i\max}}{E_{i\min}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

U_1 ——光照度均匀度，%；

$E_{i\max}$ ——工作单元搁板各测量点的光照度实测最大值，lx；

$E_{i\min}$ ——工作单元搁板各测量点的光照度实测最小值，lx。

7.3.3 曝辐射量

试验箱在稳定状态下，工作单元搁板紫外辐射照度实测最小值与指定时间的乘积为曝辐射量，指定时间一般为 10 天。

$$H = E_{ui\min} \times 10 \times 24 \text{ h} \quad (3)$$

式中：

H ——曝辐射量，W·h/m²；

$E_{ui\min}$ ——工作单元搁板紫外辐射照度实测最小值，W/m²。

7.3.4 温度偏差

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (4)$$

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

式中:

Δt_{\max} —— 温度上偏差, °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 —— 试验箱设定温度, °C;

7.3.5 温度均匀度

试验箱在稳定状态下, 工作单元各测量点 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。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min}) / n \quad (6)$$

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。

7.3.6 温度波动度

试验箱在稳定状态下, 工作单元各温度测量点在 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。

$$\Delta t_f = \pm \max[(t_{j\max} - t_{j\min}) / 2] \quad (7)$$

式中:

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。

7.3.7 湿度偏差

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (8)$$

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

式中:

Δh_{\max} —— 湿度上偏差, %RH;

Δh_{\min} —— 湿度下偏差, %RH;

h_{\max} —— 测量点 O 规定时间内测量的最高湿度, %RH;

h_{\min} —— 测量点 O 规定时间内测量的最低湿度, %RH;

h_s —— 试验箱设定湿度, %RH;

7.3.8 湿度波动度

试验箱在稳定状态下, 工作单元湿度测量点 O 在 30 min 内 (每 2 min 测试一次) 实测最高湿度与最低湿度之差的一半, 冠以“±”号, 作为湿度波动度校准结果。

$$\Delta h_f = \pm(h_{O\max} - h_{O\min})/2 \quad (10)$$

式中:

Δh_f —— 湿度波动度, %RH;

$h_{O\max}$ —— 测量点 O 在 n 次测量中的最高湿度, %RH;

$h_{O\min}$ —— 测量点 O 在 n 次测量中的最低湿度, %RH。

8 校准结果的表达

经校准的试验箱出具校准证书, 校准证书应符合 JJF 1071-2010 中 5.12 的要求, 并给出各校准项目名称和测量结果以及扩展不确定度。校准原始记录参考格式见附录 A, 校准证书内页参考格式见附录 B。

温度、湿度偏差测量不确定度评定示例参见 JJF 1101-2019 附录 C, 光照度误差测量

不确定度评定示例见附录 C，曝辐射量测量不确定度评定示例见附录 D。

9 复校时间间隔

建议复校间隔时间一般不超过 1 年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。



附录 A

药品稳定性光照试验箱校准记录参考格式

A.1 校准记录

委托单位				证书编号																	
型号规格		制造单位		出厂编号																	
标准器名称		型号/规格		编号		不确定度/准确度等级/最大允许误差		有效期													
技术依据		校准地点		温度		℃		湿度		%RH											
工作单元编号				发光平面距搁板的距离/cm																	
A.1.1 光照度参数校准																					
设定值		仪表示		各测量点实测值/lx																	
/lx		值/lx		A		B		C		D		E		F		G		H		I	
光照度误差/lx				不确定度 $U(k=2)$ /lx				光照均匀度/%													
A.1.2 曝辐射量校准																					
紫外辐射照度设定值/W/m ²		各测量点紫外辐射照度实测值/W/m ²																			
		A		B		C		D		E		F		G		H		I			
曝辐射量/W·h/m ²				不确定度 $U(k=2)$ /W·h/m ²																	
A.1.3 温湿度参数校准																					
温度设定值/℃				湿度设定值/%RH																	
次数		实测温度值/℃					实测湿度值/%RH	次数		实测温度值/℃					实测湿度值/%RH						
		1	2	3	4	5	O			1	2	3	4	5	O						
1								9													
2								10													
3								11													
4								12													
5								13													
6								14													
7								15													
8								16													
温度上偏差/℃				温度下偏差/℃				不确定度 $U(k=2)$ /℃													
温度均匀度/℃				湿度波动度/℃																	
湿度上偏差/%RH				湿度下偏差/%RH				不确定度 $U(k=2)$ /%RH													
湿度波动度/%RH																					

A.2 传感器布点示意图

A.2.1 光照度和紫外辐射照度布点示意图

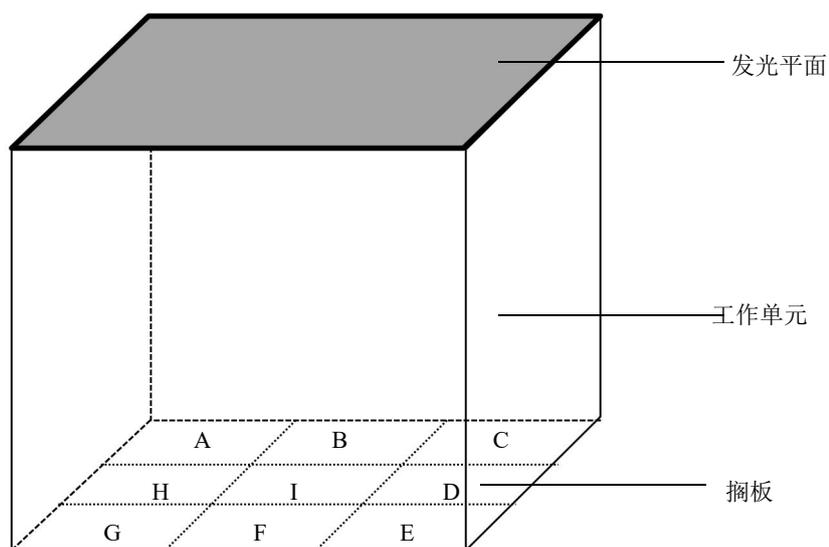


图 A.1 光照度和紫外辐射照度布点示意图

A.2.2 温度和湿度布点示意图

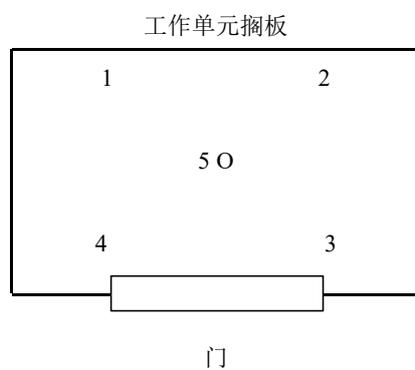


图 A.2 温度和湿度布点示意图

校准员:

核验员:

年 月 日

附录 B

药品稳定性光照试验箱校准证书内页参考格式

B.1 传感器布点示意图

B.1.1 光照度和紫外辐射照度布点示意图

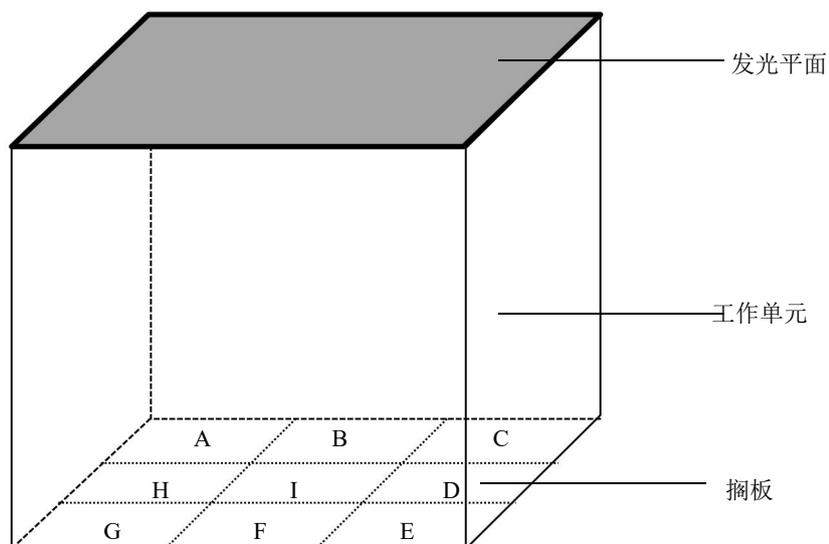


图 B.1 光照度和紫外辐射照度布点示意图

B.1.2 温度和湿度布点示意图

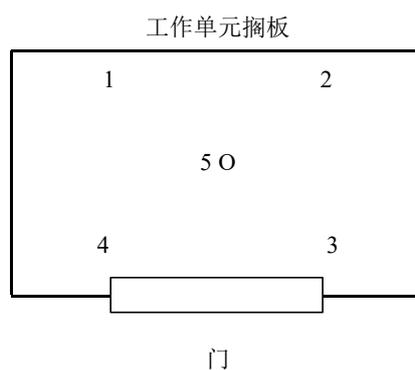


图 B.2 温度和湿度布点示意图

B.2 校准结果

工作单元编号		发光平面距搁板的距离/cm	
B.2.1 光照度参数校准			
设定值/lx		仪表示值/lx	
光照度误差/lx		不确定度 $U(k=2)$ /lx	
光照均匀度/%			
B.2.2 曝辐射量校准			
紫外辐射照度设定值/W/m ²			
曝辐射量/W·h/m ²		不确定度 $U(k=2)$ / W·h/m ²	
B.2.3 温湿度参数校准			
温度设定值/°C			
温度上偏差/°C		温度下偏差/°C	不确定度 $U(k=2)$ /°C
温度均匀度/°C		温度波动度/°C	
湿度设定值/%RH			
湿度上偏差 /%RH		湿度下偏差 /%RH	不确定度 $U(k=2)$ /%RH
湿度波动度/%RH			

以下空白

附录 C

药品稳定性光照试验箱光照度误差测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量标准

光照度计，最大允许误差为±4%。

C.1.2 被测对象

药品稳定性光照试验箱，光照范围（10~10000）lx。

C.1.3 测量方法

将药品稳定性光照试验箱工作单元搁板划分成3×3的矩形网格，在网格中心点布置9个光照度测量点，用A、B、C……字母表示，其中测量点I位于搁板中心位置。将试验箱设定至光照度校准点（以4500 lx为例），开启运行。待试验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工作单元搁板各测量点处，分别记录9个测量点的测量值，测量时需要关闭箱门。工作单元光照度示值与搁板中心光照度标准测量值之差，即为光照度误差。

C.2 测量模型

$$\Delta E = E - E_1 \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔE ——光照度误差，lx；

E ——工作单元光照度示值，lx；

E_1 ——中心测量点I光照度实测值，lx。

C.3 标准不确定度评定

标准不确定度来源：工作单元光照度示值引入的标准不确定度 $u(E)$ ；光照度标准实测值引入的标准不确定度 $u(E_1)$ 。

C.3.1 工作单元光照度示值引入的标准不确定度 $u(E)$ C.3.1.1 工作单元光照度示值分辨力引入的标准不确定度 $u_1(E)$

被测试验箱工作单元光照度示值分辨力为100 lx，服从均匀分布，则分辨力引入的

标准不确定度为:

$$u_1(E) = \frac{100}{2\sqrt{3}} = 29 \text{ lx}$$

C.3.2 光照度标准实测值引入的标准不确定度 $u(E_1)$

C.3.2.1 光照度标准测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(E_1)$

对 4500 lx 点重复测量 10 次, 得到 10 个数据 (见表 C.1)。

表 C.1 光照度标准重复性测量数据

测量次数 i	光照度标准实测值/ lx
1	4350
2	4350
3	4360
4	4350
5	4360
6	4340
7	4350
8	4350
9	4350
10	4350

实验标准差:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_{1i} - \bar{E}_1)^2}{n-1}} = 6 \text{ lx}$$

实际以单次测得值作为测量结果, 则:

$$u_2(E_1) = s = 6 \text{ lx}$$

C.3.2.2 光照度测量标准误差引入的标准不确定度 $u_3(E_1)$

光照度计最大允许误差为 $\pm 4\%$, 服从均匀分布, 则其引入的标准不确定度为:

$$u_3(E_1) = \frac{4350 \times 4\%}{\sqrt{3}} = 100 \text{ lx}$$

C.4 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度汇总表

不确定度符号		不确定度来源	不确定度值/lx
$u(E)$	$u_1(E)$	工作单元光照度示值分辨力引入	29
$u(E_1)$	$u_2(E_1)$	光照度标准测量重复性引入	6
	$u_3(E_1)$	光照度测量标准误差引入	100

C.5 合成标准不确定度的计算

由于 $u(E)$ 、 $u(E_1)$ 互不相关，则合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u^2(E) + u^2(E_1)} = 105 \text{ lx}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则光照度误差的扩展不确定度为：

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

附录 D

药品稳定性光照试验箱曝辐射量测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 测量标准

紫外辐照计，最大允许误差为±8%。

D.1.2 被测对象

药品稳定性光照试验箱，紫外辐射照度范围（0.8~3）W/m²。

D.1.3 测量方法

将药品稳定性光照试验箱工作单元搁板划分成3×3的矩形网格，在网格中心点布置9个紫外辐射照度测量点，用A、B、C……字母表示，其中测量点I位于搁板中心位置。将试验箱设定至校准点（以0.9 W/m²为例），开启运行。待试验箱紫外辐射照度达到稳定状态后，记录测量点的测量值。重复以上步骤，移动紫外辐射照度计探头至工作单元搁板各测量点处，分别记录9个测量点的测量值，测量时需要关闭箱门。工作单元搁板紫外辐射照度实测最小值与指定时间的乘积为曝辐射量，指定时间一般为10天。。

D.2 测量模型

$$H = E_{ui\min} \times 10 \times 24\text{h} \quad (\text{D.1})$$

式中：

H ——曝辐射量，W·h/m²；

$E_{ui\min}$ ——工作单元搁板紫外辐射照度实测最小值，W/m²。

D.3 标准不确定度评定

标准不确定度来源：紫外辐照度标准测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ，紫外辐照度标准误差引入的标准不确定度 u_2 。

D.3.1 紫外辐射照度标准测量重复性引入的标准不确定度 u_1

对0.9 W/m²点重复测量10次，得到10个数据（见表D.1）。

表 D.1 紫外辐射照度标准重复性测量数据

测量次数 i	紫外辐射照度标准实测值/ W/m^2
1	0.86
2	0.91
3	0.85
4	0.92
5	0.87
6	0.88
7	0.86
8	0.90
9	0.85
10	0.86

实验标准差:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (E_{ui \min j} - \overline{E_{ui \min}})^2}{n-1}} = 0.025 \text{ W}/\text{m}^2$$

实际以单次测得值作为测量结果, 则:

$$u_1 = s = 0.025 \text{ W}/\text{m}^2$$

D.3.2 紫外辐照度标准误差引入的标准不确定度 u_2

10 次测量平均值为 $0.876 \text{ W}/\text{m}^2$, 紫外辐照计最大允许误差为 $\pm 8\%$, 服从均匀分布, 则其引入的标准不确定度为:

$$u_2 = \frac{0.876 \times 8\%}{\sqrt{3}} = 0.041 \text{ W}/\text{m}^2$$

D.4 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总表见表 D.2。

表 D.2 标准不确定度汇总表

不确定度符号	不确定度来源	不确定度值/ W/m^2	灵敏系数 c_i/h
u_1	紫外辐射照度标准测量重复性引入	0.025	240
u_2	紫外辐照度标准误差引入	0.041	240

D.5 合成标准不确定度的计算

由于 u_1 、 u_2 互不相关，则合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2} = 12 \text{ W} \cdot \text{h} / \text{m}^2$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则曝辐射量的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 24 \text{ W} \cdot \text{h} / \text{m}^2$$
