

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—XXXX

## 紫外日光模拟仪校准规范

Calibration Specification of UV Solar Simulator

(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

# 紫外日光模拟仪校准规范

Calibration Specification of UV Solar  
Simulator

JJF XXXX—XXXX

归口单位：全国光学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

中国测试技术研究院

参加起草单位：厦门市计量检定测试院

上海市计量测试技术研究院

北京欧普特科技有限公司

本规范委托全国光学计量技术委员会解释

本规范主要起草人：

王彦飞 （中国计量科学研究院）

代彩红 （中国计量科学研究院）

曾丽梅 （中国测试技术研究院）

参加起草人：

李玲 （中国计量科学研究院）

阮育娇 （厦门市计量检定测试院）

李铁成 （上海市计量测试技术研究院）

张伟斌 （北京欧普特科技有限公司）

# 目 录

引 言 .....	II
1 范围 .....	错误！未定义书签。
2 引用文件 .....	错误！未定义书签。
3 概述 .....	错误！未定义书签。
4 计量特性 .....	错误！未定义书签。
5 校准条件 .....	错误！未定义书签。
6 校准项目和校准方法 .....	4
7 校准结果表述 .....	6
8 复校时间间隔 .....	7
附 录 A .....	8
附 录 B .....	10
附 录 C .....	12

# 引 言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1032《光学辐射计量名词术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定评定与表示》和 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范编订的基础性系列规范。本规范为初次制定。使用本规范时，应注意使用上述规范的现行有效版本。

# 紫外日光模拟仪校准方法

## 1 范围

本规范适用于化妆品日光防晒指数 SPF (Sun Protection Factor) 以及 UVA 防护指数 PFA (Protection Factor of UVA) 检测用紫外日光模拟仪的校准。紫外日光模拟仪有大光束、小光束、单通道、多通道等多种型号, 均可采用本规范校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJG 879 紫外辐射照度计检定规程

JJG 384 光谱辐射照度标准灯检定规程

JJF 1032 光学辐射计量名词术语及定义

ISO 24444-2019 COSMETICS - SUN PROTECTION TEST METHODS - IN VIVO DETERMINATION OF THE SUN PROTECTION FACTOR (SPF)

ISO 24442-2011 COSMETICS - SUN PROTECTION TEST METHODS - IN VIVO DETERMINATION OF SUNSCREEN UVA PROTECTION

COLIPA 2007 GUIDELINES FOR MONITORING UV RADIATION SOURCES

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 概述

紫外日光模拟仪广泛应用于化妆品日光防晒指数 SPF 以及长波紫外防护指数 PFA 的人体测定。通过紫外日光模拟仪对涂有化妆品的人体皮肤进行直接照射, 来测定化妆品的 SPF 以及 PFA 值。由于是直接对人体进行照射, 紫外日光模拟仪的光谱分布、紫外辐射照度、均匀性等参数的准确测量不仅事关 SPF 与 PFA 值的准确性, 也事关受试者的人身安全。紫外日光模拟仪主要由短弧氙灯光源及供电电源、高压触发器、多通道分配器、光学滤光器、光学系统转换器、辐射照度调节器、机械控制、功率放大器、积分控制器、紫外光导、数据处理控制系统等组成。示意图见图 1 所示。

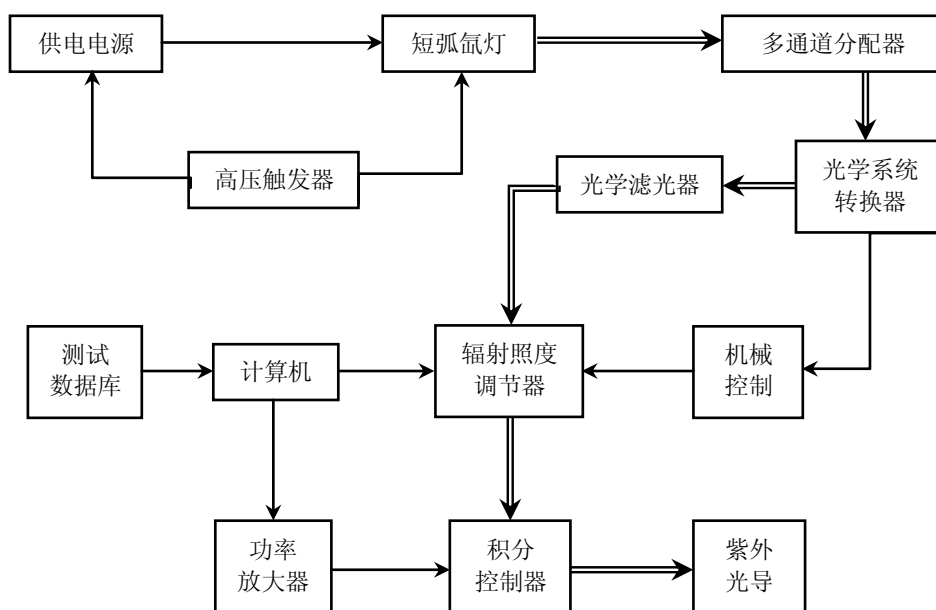


图1 紫外日光模拟仪组成结构示意图

国际标准《COLIPA 2007 GUIDELINES FOR MONITORING UV RADIATION SOURCES》，《ISO 24444-2019 COSMETICS – SUN PROTECTION TEST METHODS – IN VIVO DETERMINATION OF THE SUN PROTECTION FACTOR(SPF)》，以及《ISO 24442-2011 COSMETICS – SUN PROTECTION TEST METHODS – IN VIVO DETERMINATION OF SUNSCREEN UVA PROTECTION》等，国内标准 2015 年版的《化妆品安全技术规范》，对紫外日光模拟仪的相对光谱分布、紫外辐射照度、均匀性等参数进行了严格规定，只有满足相应的指标，紫外日光模拟仪才能应用于人体试验。本规范所采用的校准方法，参照了以上文件。

表1 相对累积红斑效应须满足条件

波段范围 nm	相对累积红斑效应	
	最低允许值	最大允许值
<290		<0.1
290 to 300	1.0	8.0
290 to 310	49.0	65.0
290 to 320	85.0	90.0
290 to 330	91.5	95.5
290 to 340	94.0	97.0
290 to 400	99.9	100.0

## 4 计量特性

### 4.1 相对累积红斑效应

光谱辐射照度乘以红斑作用光谱得到光谱红斑效应，进而可以计算相对累积红斑效应。相对累积红斑效应应满足表1的要求：

### 4.2 UVA 相对光谱分布

紫外日光模拟仪在UVA模式下工作时，相对光谱分布应满足表2要求：

表2 UVA相对光谱分布须满足条件

波段范围	允许值
<320 nm(UVB)	<0.1% UV
320nm to 340nm(UVA II)	8% to 20% UVA
340nm to 400nm(UVA I)	80% to 92 UVA
400nm to 1500nm	<5%

### 4.3 UVA、UVA+B辐射照度

UVA 辐射照度在此应用领域是指紫外日光模拟仪320nm-400nm的积分辐射照度；UVA+B是指紫外日光模拟仪290nm-400nm积分辐射照度。

### 4.4 不均匀性

紫外日光模拟仪的不均匀性应< 10.0%。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

环境温度：(23±5)℃。环境湿度：小于70%RH。校准环境须在暗室中进行。

### 5.2 测量标准及其他设备

测量标准器具：光谱辐射计一台，光谱辐射标准灯一台。



光谱辐射计的性能要求：光谱辐射计须为双光栅光谱辐射计；最小测量范围为250nm-780nm；在紫外波段，带宽1nm-1.2nm范围，在可见和近红外波段，带宽不超过5nm；杂散光水平 $<10^{-6}$ ；波长准确性，在UVB波段不超过 $\pm 0.1$ nm，在UVA波段，不超过 $\pm 0.2$ nm；扫描间隔，紫外波段1nm，可见和近红外波段不超过5nm；扫描速度，紫外波段不超过3分钟；

光谱辐射照度标准灯的性能要求：可以是1000W溴钨灯、氙灯、氙灯等光谱辐射照度标准光源，须溯源至计量机构。

**注：推荐在专业的光学校准实验室进行紫外日光模拟仪的校准工作，推荐在校准紫外日光模拟仪前首先对光谱辐射计即时校准。**

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

#### 6.1.1 相对累积红斑效应

#### 6.1.2 UVA 相对光谱分布

#### 6.1.3 UVA、UVA+B 辐射照度计相对示值误差（修正因子）

#### 6.1.4 不均匀性

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 相对累积红斑效应

首先，使用已经溯源过的光谱辐射照度标准灯对光谱辐射计进行定标。在 UVA+B 滤光片模式下，采用光谱辐射计测量紫外日光模拟仪在 250-780nm 波长范围的光谱辐射照度。示意图见图 2。连续测量 3 次，计算平均光谱辐射照度值，平均光谱辐射照度乘以红斑作用光谱得到光谱红斑效应，进而计算相对累积红斑效应。相对累积红斑效应应满足表 1 的要求。

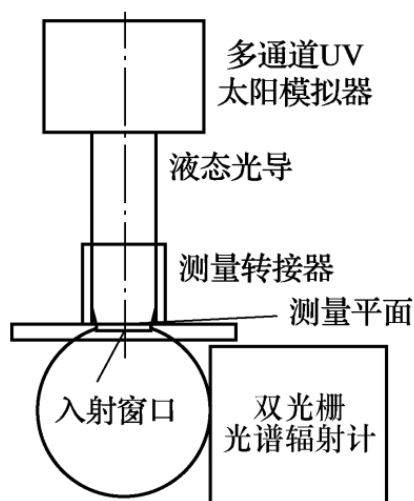


图2 紫外日光模拟仪校准示意图

### 6.2.2 UVA 相对光谱分布

校准方法和 6.2.1 类似，首先对光谱辐射计进行定标，在 UVA 滤光片模式下，采用光谱辐射计测量紫外日光模拟仪在 250–780nm 波长范围的光谱辐射照度。连续测量 3 次，计算平均光谱辐射照度值。UVA 相对光谱分布应满足表 2 的要求。

### 6.2.3 UVA、UVA+B 辐射照度计相对示值误差（修正因子）

采用光谱辐射计在 UVA 滤光片模式下，连续测量紫外日光模拟仪 3 次，取平均值，计算 320nm–400nm 积分辐射照度，其为标准值。在同样位置放置 UVA 紫外辐射照度计，记录其显示值。相对示值误差如公式（1）所示：

$$\text{相对示值误差} = (\text{显示值} - \text{标准值}) / \text{标准值} \times 100\% \quad (1)$$

也可用修正因子表示，如公式（2）所示：

$$\text{修正因子} = \text{标准值} / \text{显示值} \quad (2)$$

UVA+B 紫外辐射照度计的校准方法与 UVA 紫外辐射照度计相同。

**注：推荐紫外辐射照度计在配套紫外日光模拟仪下校准，避免不同紫外日光模拟仪由于光谱分布不同，带来较大的测量误差。**

### 6.2.4 不均匀性

紫外日光模拟仪的不均匀性测量方法，按照不同紫外日光模拟仪的类型，校准方法有

所不同。对于大光束的紫外日光模拟仪，在同一照射平面，均匀选取至少五个点，用紫外辐射照度计测量每个点的紫外辐射照度值。不均匀性如公式（3）所示：

$$\text{不均匀性} = (\text{最大值} - \text{最小值}) / \text{平均值} \times 100\% \quad (3)$$

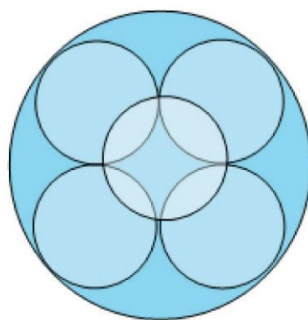


图3 小光束单通道紫外日光模拟仪均匀性测量取点示意图

对于小光束单通道紫外日光模拟仪，按照图3所示方法选取5个点，测量每个点的紫外辐射照度，按照公式（3）计算不均匀性。

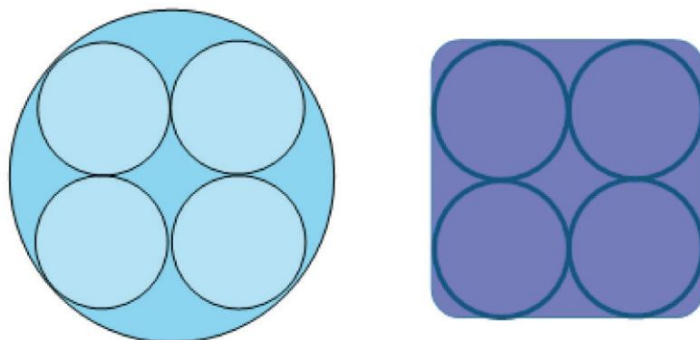


图4 小光束多通道紫外日光模拟仪均匀性测量取点示意图

对于小光束多通道紫外日光模拟仪，按照图4所示方法，每个通道选取4个点，测量每个点的紫外辐射照度，按照公式（3）计算每个通道的不均匀性。然后计算全部通道不均匀性的平均值，应 $<10\%$ 。

## 7 校准结果表述

校准结果以校准证书（或校准报告）的形式给出。校准证书至少应包括下列信息：

- 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) 证书或报告的唯一性标识（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，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对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，以及签发日期；
- 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，不得部分复印证书或报告的声明。

## 8 复校时间间隔

紫外日光模拟仪的复校时间间隔建议一般不超过 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、仪器自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

## 校准证书内页推荐格式

## 校准结果：

## A.1 相对累积红斑效应

波段	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4	通道 5	通道 6
250-290nm(<0.1%)						
290-300nm(1.0%-8.0%)						
290-310nm(49.0%-65.0%)						
290-320nm(85.0%-90.0%)						
290-330nm(91.5%-95.5%)						
290-340nm(94.0%-97.0%)						
290-400nm(99.9%-100.0%)						

## A.2 UVA 相对光谱分布

波段	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4	通道 5	通道 6
UVB/ UVA (<0.1%)						
UVA2/ UVA (8%-20%)						
UVA1/ UVA (80%-92%)						
(Visible +Near-IR)/Total (<5%)						

## A.3 UVA、UVA+B 紫外辐射照度计修正因子

## 修正因子校准结果：

	标准值	显示值	修正因子
UVA			
UVA+B			

## A.4 不均匀性

## A.5 说明：

- 1) 校准用标准计量器具
- 2) 校准时的环境条件
- 3) 校准的波长范围

4) 校准结果的不确定度

.....

附录 B

校准原始记录(一)

第 页 / 共 页

原始记录编号:		证书编号: -	
客户名称:	电话:	送检日期:	
客户地址:	邮编:	联系人:	
检测类别:	<input type="checkbox"/> 校准	<input type="checkbox"/> 测试	
制造厂:	型号规格:	出厂编号:	
外观检查:	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 有缺陷	<input type="checkbox"/> 其它说明:
所依据的技术文件:			
<input type="checkbox"/> NIM-ZY-GX-FS-414 《紫外日光模拟仪校准规范》			
<input type="checkbox"/> 其它文件:			
校准使用的主要基(标)准装置或主要标准器:			
名称:		型号规格:	
测量范围:			
测量不确定度:			
证书编号:		证书有效期至:	
实验室环境条件: 温度: °C 相对湿度: %			
校准日期:		校准地点:	
校准员:		核验员:	

## 校准原始记录(二)

第 页 / 共 页

相对累积红斑效应:

波段	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4	通道 5	通道 6
250-290nm(<0.1%)						
290-300nm(1.0%-8.0%)						
290-310nm(49.0%-65.0%)						
290-320nm(85.0%-90.0%)						
290-330nm(91.5%-95.5%)						
290-340nm(94.0%-97.0%)						
290-400nm(99.9%-100.0%)						

UVA 相对光谱分布:

波段	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4	通道 5	通道 6
UVB/ UVA (<0.1%)						
UVA2/ UVA (8%-20%)						
UVA1/ UVA (80%-92%)						
(Visible +Near-IR)/Total (<5%)						

UVA、UVA+B 紫外辐射照度计修正因子:

	标准值	显示值	修正因子
UVA			
UVA+B			

不均匀性:

不确定度:

复校时间间隔:

紫外日光模拟仪的建议复校时间间隔是一年。



## 附录 C

### 测量不确定度评定实例

本附录对紫外日光模拟仪的校准结果进行不确定度评定。选取 365nm 处 UVA 相对光谱分布不确定度为例。

C.1 不确定度来源包括：光谱辐射照度标准灯的测量不确定度，光谱辐射计波长准确度的测量的不确定度，紫外日光模拟仪测量重复性不确定度，紫外日光模拟仪稳定性，光谱辐射计非线性带来的不确定度、杂散光带来的不确定度等。

#### C.2 测量不确定度评定

##### C.2.1 光谱辐射照度标准灯的相对不确定度 $u_1$

该分量各个波长点都不同，以 365nm 处光谱辐射照度标准灯的光谱辐射照度值为例，量值不确定度为  $u_1=0.8\%$ 。

##### C.2.2 光谱辐射计波长示值误差的相对不确定度 $u_2$

选低压汞灯作为校准波长，光谱辐射计的扫描结果如下：

表 C.1 光谱辐射计扫描汞灯的谱峰数据

特征波长/nm	253.65	313.15	365.02	404.66	435.83	546.07
测量峰值/nm	253.68	313.11	365.09	404.84	435.7	546.22
波长误差/nm	0.03	-0.04	0.07	0.18	-0.13	0.15

由于实验需考虑波长准确度带来的光谱辐射照度测量不确定度，波长 365nm 处光谱辐射计波长的偏移量为 0.07nm。根据光源光谱和波长的数值关系，求出波长带来的光谱辐射照度测量不确定度不超过  $u_2=0.11\%$ 。

##### C.2.3 紫外日光模拟仪测量重复性的相对不确定度 $u_3$

在紫外日光模拟仪照射下，测量条件固定，光谱辐射计采集 10 次数据，计算波长  $\lambda$  处的平均辐射照度  $\bar{E}_\lambda$ ，根据贝塞尔公式计算 10 次测量的相对标准偏差，即为测量重复性带来的测量相对不确定度  $u_3=0.19\%$ 。

表 C.2 紫外日光模拟仪测量重复性数据表 (n=10, 单位:  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ )

295.48	296.46	295.69	294.72	296.13
295.66	294.89	295.98	296.07	296.13

#### C.2.4 紫外日光模拟仪稳定性（四小时）带来的不确定度 $u_4$

紫外日光模拟仪预热半小时后，每隔半小时测一次 UVA 辐射照度，测量 9 次。根据贝塞尔公式计算 9 次测量的相对标准偏差，即为紫外日光模拟仪稳定性带来的测量相对不确定度  $u_4=0.81\%$ 。

表 C.3 紫外日光模拟仪稳定性数据表 (n=9, 单位:  $\text{mW}/\text{cm}^2$ )

18.71	18.57	18.52	18.47	18.66
18.38	18.33	18.34	18.31	

#### C.2.5 光谱辐射计非线性 $u_5$

光谱辐射计非线性带来的不确定度不超过:  $u_5=0.5\%$ 。

#### C.2.6 杂散光 $u_6$

杂散光在 365nm 带来的不确定度不超过:  $u_6=0.1\%$ 。

合成不确定度见下表

表 C.4 紫外日光模拟仪相对光谱分布（365nm 处）测量不确定度一览表

不确定度分量	不确定度来源	
$u_1$ (%)	光谱辐射照度标准灯的相对不确定度	0.80
$u_2$ (%)	波长准确度带来的相对不确定度	0.11
$u_3$ (%)	紫外日光模拟仪测量重复性的相对不确定度	0.19
$u_4$ (%)	紫外日光模拟仪稳定性带来的不确定度	0.81
$u_5$ (%)	光谱辐射计非线性	0.5
$u_6$ (%)	杂散光	0.1
相对合成标准不确定度 (%)	——	1.3
相对扩展不确定度 (%) ( $k=2$ )	——	2.6