

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1990—2022

## 积分球式标准光源校准规范

Calibration Specification for Standard Integrating Sphere Sources

2022-09-26 发布

2023-03-26 实施

国家市场监督管理总局 发布



# 积分球式标准光源校准规范

Calibration Specification for Standard

Integrating Sphere Sources



JJF 1990—2022

---

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

江苏省计量科学研究院

参加起草单位：厦门市计量检定测试院

深圳市计量质量检测研究院

中国兵器工业第 205 研究所

本规范委托全国光学计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

吴志峰（中国计量科学研究院）

代彩红（中国计量科学研究院）

张帆（江苏省计量科学研究院）

**参加起草人：**

姜晓梅（中国计量科学研究院）

阮育娇（厦门市计量检定测试院）

李向召（深圳市计量质量检测研究院）

占春连（中国兵器工业第 205 研究所）

## 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 1 )
5 计量特性 .....	( 2 )
5.1 稳定性 .....	( 2 )
5.2 (辐射) 亮度面不均匀性 .....	( 2 )
5.3 (辐射) 亮度角度不均匀性 .....	( 2 )
5.4 光谱辐射亮度 .....	( 2 )
5.5 亮度 .....	( 2 )
5.6 色温 .....	( 2 )
5.7 色品坐标范围 .....	( 2 )
6 校准条件 .....	( 2 )
6.1 环境条件 .....	( 2 )
6.2 测量标准及其他设备 .....	( 2 )
7 校准项目和校准方法 .....	( 3 )
7.1 校准项目 .....	( 3 )
7.2 校准方法 .....	( 3 )
8 校准结果表述 .....	( 7 )
9 复校时间间隔 .....	( 7 )
附录 A 积分球式标准光源测量不确定度评定示例——光谱辐射亮度 .....	( 8 )
附录 B 积分球式标准光源测量不确定度评定示例——亮度和色品坐标 .....	( 10 )
附录 C 积分球式标准光源校准原始记录参考格式 .....	( 14 )
附录 D 积分球式标准光源校准证书内页推荐格式 .....	( 16 )
附录 E 色温、色品坐标计算表述 .....	( 17 )

## 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《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

# 积分球式标准光源校准规范

## 1 范围

本规范适用于积分球式标准光源的光谱辐射亮度、亮度和色度参数校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 211 亮度计检定规程

JJG 213 分布（颜色）温度标准灯检定规程

CIE 15: 2004 色度学（Colorimetry）

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

- 3.1 （辐射）亮度面不均匀性（spectral radiance）luminance spatial non-uniformity  
积分球式标准光源出光口平面不同位置法向（光谱辐射）亮度的差异。
- 3.2 （辐射）亮度角度不均匀性（spectral radiance）luminance angular non-uniformity  
相对积分球式标准光源出光口平面中心法向不同角度（光谱辐射）亮度的差异。

## 4 概述

积分球式标准光源通常用于电荷耦合器件（charged coupled device，简称 CCD）校正和光谱仪器校正，为数码相机、CCD 和空间探测器校准提供准确可靠的计量标准。图 1 给出了两种常见的积分球式标准光源（以下简称积分球光源）示意图。积分球光源通常至少由一个积分球和内置或外置光源组成。光源通常为卤钨灯、发光二极管光源（light emitting diode 光源，简称 LED 灯）或氙灯。光源和积分球出光口之间设置挡板，确保光源发出的光无法直接到达积分球出光口，积分球内的光经过内壁涂层多次反射，使得积分球内壁的辐射均匀，从而保证出光口均匀性良好。积分球内壁通常均匀涂有白色漫反射材料，漫反射材料在工作段的反射比尽可能接近 1，如聚四氟乙烯、硫酸钡或氧化镁等。根据工作谱段的不同，积分球内壁涂层也可以采用镀铝或镀金的设计。

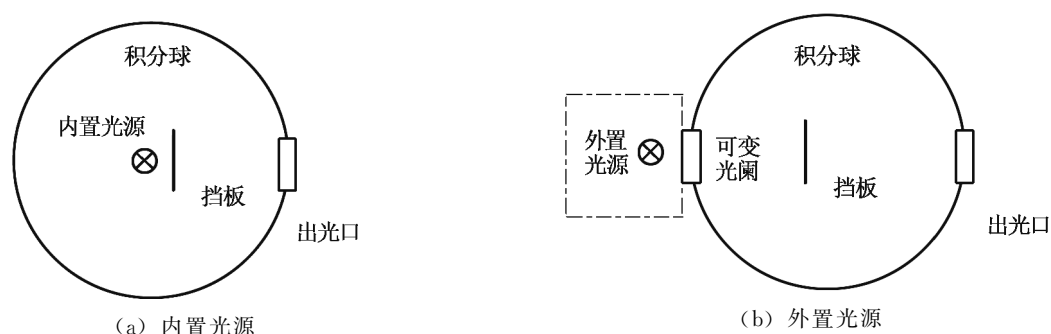


图1 积分球式标准光源示意图

## 5 计量特性

### 5.1 稳定性

稳定后 1 h 的（光谱辐射）亮度最大相对变化： $\leq 0.5\%$ 。

### 5.2 （辐射）亮度面不均匀性

出光口面积的 80%（光谱辐射）亮度不均匀性： $\leq 2.0\%$ 。

### 5.3 （辐射）亮度角度不均匀性

出光口中心处的（光谱辐射）亮度角度不均匀性： $\leq 3.0\%$ 。

### 5.4 光谱辐射亮度

范围不超过  $(10^{-4} \sim 10^3) \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm} \cdot \text{sr})$ 。

### 5.5 亮度

亮度： $\geq 0.01 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

### 5.6 色温

色温： $\geq 2000 \text{ K}$ 。

### 5.7 色品坐标范围

全色域。

注：以上指标不用于合格性判定，仅供参考。角度不均匀性分为水平和垂直方向，根据客户要求校准。若积分球光源存在亮度或色温显示值，计量特性可按照 7.2.6 或 7.2.7 考察亮度示值误差或色温示值误差。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境温度： $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；

相对湿度： $\leq 80\%$ ；

其他要求：校准环境应采取遮光措施，在光路中放置光阑和挡屏，减少杂散辐射影响。周围环境应无影响测量系统正常工作的杂散辐射、机械振动和电磁干扰。

### 6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 光谱辐射亮度标准光源（光谱辐射亮度标准灯或积分球光源）的年变化率要求如下：



光谱辐射亮度标准灯：年变化率不超过 $\pm 1.0\%$ ；

积分球光源光谱辐射亮度：年变化率不超过 $\pm 2.0\%$ 。

6.2.2 光谱辐射照度标准灯：年变化率不超过 $\pm 1.0\%$ 。

6.2.3 光谱辐射亮度计：波长（250~1 000）nm，带宽 $\leq 5$  nm，波长示值误差不超过 $\pm 1$  nm，杂散光抑制比优于 $6 \times 10^{-4}$ ；波长（1 001~2 500）nm，带宽 $\leq 15$  nm，波长示值误差不超过 $\pm 2$  nm，杂散光抑制比优于 $1 \times 10^{-3}$ 。最小采样间隔 $\leq 5$  nm，非线性 $\leq 1.0\%$ 。

6.2.4 亮度计：标准级。

6.2.5 颜色温度标准灯：一级。

6.2.6 标准白板：反射比年变化率不超过 $\pm 1.0\%$ 。

6.2.7 直流稳压电源：电压连续可调，电压随时间的相对漂移： $\leq 5 \times 10^{-5} \text{h}^{-1}$ 。

6.2.8 标准电阻：0.01级。

6.2.9 数字电压表：0.01级。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

#### 7.1.1 稳定性

#### 7.1.2 （辐射）亮度面不均匀性

#### 7.1.3 （辐射）亮度角度不均匀性

#### 7.1.4 光谱辐射亮度

#### 7.1.5 亮度

#### 7.1.6 色温

#### 7.1.7 色品坐标

注：校准项目根据客户需要确定。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 校准前检查

用目视方法对积分球光源进行外观检查。积分球光源应工作正常，内壁不存在明显脱落，积分球内部挡板应有效遮挡光源，光源连线没有断裂。

#### 7.2.2 稳定性

(1) 点亮积分球光源，预热时间应不少于 20 min。

(2) 采用光谱辐射亮度计测量积分球光源在特定波长处（如 $\lambda = 555$  nm）的光谱辐射亮度值变化，或采用亮度计测量光源的亮度值变化，保证测量仪器主轴沿积分球光源出光口平面中心法线方向。记录初始值后，每间隔 5 min 记录一次，1 h 内共记录 13 个值。积分球光源的（光谱辐射）亮度最大相对变化由公式（1）计算：

$$\Delta L = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{\bar{L}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\Delta L$  ——最大相对变化；

- $\bar{L}$  ——1 h 内的（光谱辐射）亮度平均值；  
 $L_{\max}$  ——1 h 内的（光谱辐射）亮度最大示值；  
 $L_{\min}$  ——1 h 内的（光谱辐射）亮度最小示值。

(3) 测量完毕，缓慢降低积分球光源电流，关闭并移除积分球光源。

### 7.2.3 （辐射）亮度面不均匀性

重复 7.2.2 步骤 (1)。采用（光谱辐射）亮度计，选取积分球开口的 9 个位置进行测量，保证测量仪器主轴沿积分球光源出光口平面中心法线方向。图 2 给出了 O, A, B, C, D, E, F, G 和 H 共计 9 个测量点。

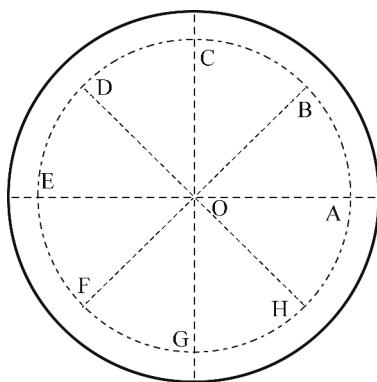


图 2 面不均匀性测试位置示意图

图 2 中，O 为积分球开口中心，A~H 8 个点均匀分布在以 O 点为中心的圆上。OA 的长度为积分球开口半径的 9/10。（辐射）亮度面不均匀性（以下简称面不均匀性）由公式 (2) 计算：

$$\Delta L_{\text{均匀}} = \frac{\sum_{i=A}^H |L_i - L_O|}{8\bar{L}_\lambda} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\Delta L_{\text{均匀}}$  ——面不均匀性；

$\bar{L}_\lambda$  ——面不均匀性测量平均值；

$L_i$  ——第  $i$  ( $i = A, B, C, \dots, H$ ) 个位置的测量值；

$L_O$  ——中心点的测量值。

### 7.2.4 （辐射）亮度角度不均匀性

(1) 按照图 3 (a) 将（光谱辐射）亮度计安装在水平（或垂直）变角导轨上，变角导轨的圆心位于积分球光源出光口的中心，（光谱辐射）亮度计光轴正对积分球光源出光口，并沿变角导轨移动；或按照图 3 (b) 固定（光谱辐射）亮度计，将积分球光源安装在水平（或垂直）旋转平台上，（光谱辐射）亮度计光轴正对积分球光源出光口中心，保证过积分球光源出光口中心的垂直直径与转台转轴重合，改变积分球光源旋转角度。

(2) 重复 7.2.2 步骤 (1)。

(3) 以积分球光源出光口中心的法线为起始轴线，每隔  $5^\circ$ ，采用（光谱辐射）亮度计，分别记录  $0^\circ$ ， $\pm 5^\circ$ ， $\pm 10^\circ$ ， $\pm 15^\circ$ ， $\pm 20^\circ$ ， $\pm 25^\circ$  的示值。

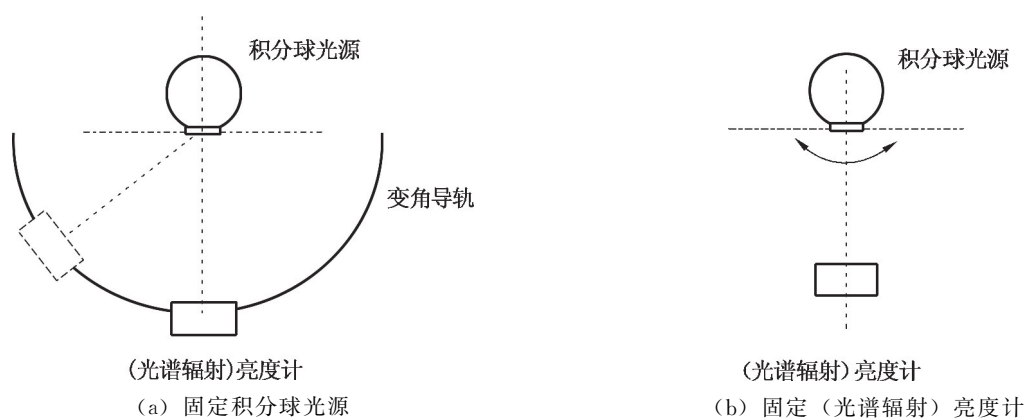


图3 角度不均匀性测量示意图

(4) (辐射) 亮度角度不均匀性（以下简称角度不均匀性）根据公式 (3) 计算：

$$\Delta L_{\text{角}} = \frac{\sum_{i=1}^5 |L_i - L_{0^\circ}| + \sum_{j=6}^{10} |L_j - L_{0^\circ}|}{10L_{0^\circ}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$\Delta L_{\text{角}}$ ——角度不均匀性；

$L_{0^\circ}$ ——角度  $0^\circ$  的测量值；

$L_i$ ——不同角度的测量值，其中  $i = 1, 2, \dots, 5$ ，对应  $5^\circ, 10^\circ, \dots, 25^\circ$ ；

$L_j$ ——不同角度的测量值，其中  $j = 6, 7, \dots, 10$ ，对应  $-5^\circ, -10^\circ, \dots, -25^\circ$ 。

### 7.2.5 光谱辐射亮度

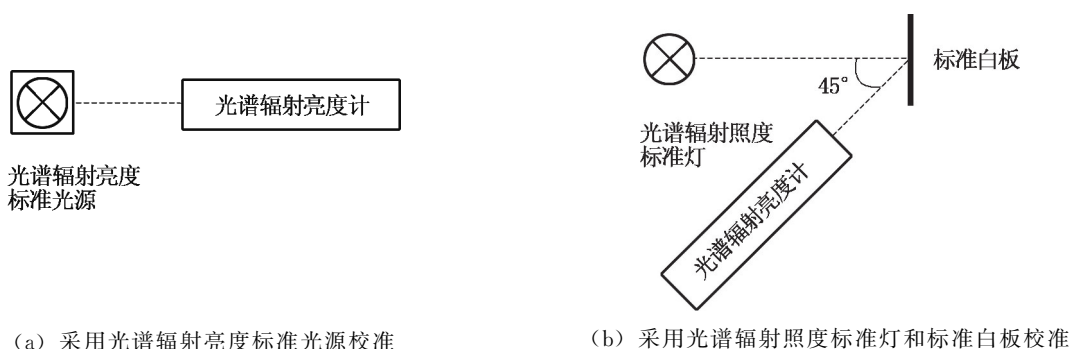


图4 光谱辐射亮度校准示意图

(1) 采用光谱辐射亮度标准光源作为计量标准器时，按照图 4 (a) 调节标准光源使得发光平面中心法线方向与光谱辐射亮度计光轴重合，并使标准光源校准平面清晰成像；采用光谱辐射照度标准灯和标准白板作为计量标准器时，按照图 4 (b) 调节光谱辐射照度标准灯出光平面中心法线与标准白板中心法线重合，使光谱辐射亮度计光轴与标准白板中心法线呈  $45^\circ$  角，并使标准白板成像清晰。

(2) 点燃标准光源，缓慢将电流升至工作电流。同时预热光谱辐射亮度计和标准光源，预热时间不少于 20 min。

(3) 采用标准光源校准光谱辐射亮度计。

(4) 校准后移除标准光源。

(5) 安装并调节积分球光源，使其出光口平面中心法线方向与光谱辐射亮度计光轴重合，并使积分球光源出光口平面清晰成像。

(6) 重复 7.2.2 步骤 (1)，采用光谱辐射亮度计测量。积分球光源的光谱辐射亮度由公式 (4) 计算：

$$L_{\lambda} = \frac{R_{\lambda}}{R_{\lambda}'} L_{\lambda}' \quad (4)$$

式中：

$R_{\lambda}$  ——光谱辐射亮度计测量积分球光源波长  $\lambda$  处的测量值；

$R_{\lambda}'$  ——光谱辐射亮度计测量标准光源波长  $\lambda$  处的测量值；

$L_{\lambda}$  ——积分球光源波长  $\lambda$  处的光谱辐射亮度值， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm} \cdot \text{sr})$ ；

$L_{\lambda}'$  ——标准光源波长  $\lambda$  处的光谱辐射亮度值， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm} \cdot \text{sr})$ 。

#### 7.2.6 亮度

(1) 按照图 4 (a) 安装并调节积分球光源，使得积分球光源出光口平面中心法线方向与亮度计光轴重合。若采用成像式亮度计，应保证积分球光源出光口平面清晰成像。

(2) 重复 7.2.2 步骤 (1)，采用亮度计测量。若积分球光源有亮度显示值，采用公式 (5) 计算亮度相对示值误差：

$$\Delta L_{\text{亮}} = \left( \frac{L}{L'} - 1 \right) \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$\Delta L_{\text{亮}}$  ——积分球光源亮度相对示值误差；

$L$  ——积分球光源的显示值， $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ；

$L'$  ——亮度计的测量值， $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

#### 7.2.7 色温

(1) 按照图 4 (a) 示意图安装光谱辐射亮度标准光源，使得出光口平面主轴与光谱辐射亮度计主轴重合，并清晰成像出光口平面；或按照图 4 (b) 示意图安装颜色温度标准灯和标准白板，使得标准灯发光平面中心法线与白板中心法线重合，调节光谱辐射亮度计光轴与白板中心法线呈  $45^\circ$  角，并使白板平面成像清晰。

(2) 点燃标准光源，将标准光源电流缓慢升至工作电流。同时预热光谱辐射亮度计和标准光源，预热时间不少于 20 min。

(3) 光谱辐射亮度计校准波长范围 (380~780) nm，波长间隔不大于 5 nm。

(4) 校准后移除标准光源，使用校准后的光谱辐射亮度计测量积分球光源。

(5) 安装并调节积分球光源角度和距离，使得积分球光源出光口平面中心法线方向与光谱辐射亮度计光轴重合，保证积分球光源出口平面清晰成像。

(6) 重复 7.2.2 步骤 (1)，采用光谱辐射亮度计测量积分球光源相对光谱功率

分布。

(7) 根据附录 E 计算积分球光源色温。若积分球光源有色温显示值，根据公式 (6) 计算色温示值误差：

$$\Delta T = T - T' \quad (6)$$

式中：

$\Delta T$  —— 积分球光源色温示值误差，K；

$T$  —— 积分球光源色温的显示值，K；

$T'$  —— 积分球光源色温的计算值，K。

#### 7.2.8 色品坐标

根据 7.2.7 测量的相对光谱功率分布计算积分球光源色品坐标，计算方法见附录 E。

### 8 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。

### 9 复校时间间隔

积分球式标准光源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

## 积分球式标准光源测量不确定度评定示例——光谱辐射亮度

本附录对积分球光源的光谱辐射亮度结果进行不确定度评定。

## A.1 不确定度来源

积分球光源光谱辐射亮度测量由公式(4)给出,采用相对测量不确定度描述,测量不确定度来源包括:光谱辐射亮度计,积分球光源的测量重复性,积分球光源稳定性、均匀性,以及其他不确定度来源。

假设各不确定度来源之间互不相关,则不确定度根据公式(A.1)计算:

$$u_{\text{crel}}^2(L) = \sum_{i=1}^n u_{i\text{rel}}^2(L) \quad (\text{A.1})$$

## A.2 测量不确定度评定示例

该分量各个波长点都不同,本示例以下皆采用 555 nm 光谱辐射亮度评定。

A.2.1 光谱辐射亮度计校准的相对标准不确定度  $u_{1\text{rel}}$ 

采用光谱辐射照度标准灯和标准白板校准,光谱辐射亮度计校准的相对标准不确定度  $u_{1\text{rel}}=0.90\%$ 。

A.2.2 积分球光源测量重复性引入的相对标准不确定度  $u_{2\text{rel}}$ 

表 A.1 给出了重复性采集的 10 次数据  $L_{\lambda i}$  ( $i=1,2,\dots,10$ ),单位: $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm} \cdot \text{sr})$ 。

表 A.1 重复性的测量数据

测量次数	1	2	3	4	5
测量结果	4.363E-2	4.358E-2	4.403E-2	4.375E-2	4.396E-2
测量次数	6	7	8	9	10
测量结果	4.384E-2	4.368E-2	4.381E-2	4.388E-2	4.375E-2

10 次测量的平均值  $\bar{L}_{\lambda} = 4.379\text{E}-2$ , 根据贝塞尔公式(A.2)计算测量重复性引入的相对标准不确定度  $u_{2\text{rel}}$ 。

$$u_{2\text{rel}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_{\lambda i} - \bar{L}_{\lambda})^2}{n-1}}}{\bar{L}_{\lambda}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_{\lambda i} - \bar{L}_{\lambda})^2}{10-1}}}{\bar{L}_{\lambda}} = 0.33\% \quad (\text{A.2})$$

A.2.3 积分球光源稳定性引入的相对标准不确定度  $u_{3\text{rel}}$ 

表 A.2 给出了不同时间的测量值,单位: $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm} \cdot \text{sr})$ 。每个测量值为 10 次测量的平均值。根据贝塞尔公式计算稳定性引入的相对标准不确定度  $u_{3\text{rel}}=0.17\%$ 。

表 A.2 1 h 稳定性测量数据

时间/min	0	5	10	15	20	25	30
测量结果	4.375E-2	4.379E-2	4.375E-2	4.380E-2	4.388E-2	4.381E-2	4.376E-2
时间/min	35	40	45	50	55	60	
测量结果	4.385E-2	4.389E-2	4.395E-2	4.387E-2	4.394E-2	4.394E-2	

A.2.4 积分球光源面不均匀性引入的相对标准不确定度  $u_{4\text{rel}}$ 

表 A.3 给出积分球光源 9 个位置的测量数据，单位： $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm} \cdot \text{sr})$ 。

表 A.3 面不均匀性测量的数据

位置	O	A	B	C	D	E	F	G	H
测量结果	4.388E-2	4.383E-2	4.362E-2	4.367E-2	4.397E-2	4.375E-2	4.371E-2	4.383E-2	4.392E-2

采用极差法根据公式 (A.3) 计算面不均匀性引入的相对标准不确定度  $u_{4\text{rel}}$ 。

$$u_{4\text{rel}} = \frac{|L_{\lambda, \text{max}} - L_{\lambda, \text{min}}|}{C_9 \times L_{\lambda}} = 0.27\% \quad (\text{A.3})$$

其中， $C_9 = 2.97$  是  $n = 9$  时的极差系数。当客户仅测量积分球光源出光口平面一定尺寸的光谱辐射亮度，则面不均匀性带来的测量不确定度以客户要求尺寸评定。

## A.3 合成标准不确定度

积分球光源光谱辐射亮度不确定度的各分量如表 A.4 所示。

表 A.4 积分球光源光谱辐射亮度不确定度分量列表

光谱辐射亮度不确定度分量	不确定度来源	相对标准不确定度 %
$u_{1\text{rel}}$	光谱辐射亮度计校准	0.90
$u_{2\text{rel}}$	积分球光源测量重复性	0.33
$u_{3\text{rel}}$	积分球光源稳定性	0.17
$u_{4\text{rel}}$	积分球光源面不均匀性	0.27

以上各不确定度分量不相关，因此合成标准不确定度计算如下：

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{\sum_{i=1}^4 u_{i\text{rel}}^2} = 1.02\%$$

## A.4 扩展不确定度

取  $k = 2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}}(L) = k u_{\text{crel}}(L) = 2.0\%$$



## 附录 B

## 积分球式标准光源测量不确定度评定示例——亮度和色品坐标

本附录对积分球光源的亮度和 CIE  $x$ - $y$  色品图色品坐标测量结果进行不确定度评定。

## B.1 不确定度来源

积分球光源亮度示值误差由公式 (B.1) 给出：

$$\begin{aligned}\Delta Y &= \bar{Y} - Y_0 \\ \Delta x &= \bar{x} - x_0 \\ \Delta y &= \bar{y} - y_0\end{aligned}\quad (\text{B.1})$$

式中：

$\bar{Y}$  —— 积分球光源亮度显示平均值， $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ；

$Y_0$  —— 亮度标准值， $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ；

$\bar{x}$ ， $\bar{y}$  —— 积分球光源色品坐标显示平均值；

$x_0$ ， $y_0$  —— 色品坐标标准值。

由测量模型可得灵敏系数：

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Delta Y}{\partial \bar{Y}} &= -\frac{\partial \Delta Y}{\partial Y_0} = 1 \\ \frac{\partial \Delta x}{\partial \bar{x}} &= -\frac{\partial \Delta x}{\partial x_0} = 1 \\ \frac{\partial \Delta y}{\partial \bar{y}} &= -\frac{\partial \Delta y}{\partial y_0} = 1\end{aligned}\quad (\text{B.2})$$

不确定度来源包括：亮度计，积分球光源稳定性、均匀性、积分球光源的装调重复性，以及其他不确定度来源。

## B.2 测量不确定度评定示例

## B.2.1 亮度输入量的相对不确定度分量评定

B.2.1.1 由测量重复性引入的相对标准不确定度  $u_{\text{rel}}(\bar{Y})$ 

在重复性条件下进行 10 次测量，所得数据见表 B.1，单位： $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

表 B.1 亮度重复性的测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
显示值	998.8	998.3	998.8	998.6	999.1	999.2	999.5	998.3	998.5	998.6

10 次测量的平均值  $\bar{Y} = 998.8$ ，单次实验标准差  $s(\bar{Y}) = \frac{1}{\bar{Y}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$   
 $= 0.04\%$ 。



每个测量点测量 1 次，则：

$$u_{1\text{rel}}(\bar{Y}) = s(\bar{Y}) = 0.04\% \quad (\text{B. 3})$$

B. 2. 1. 2 由上级量传的标准值引入的相对标准不确定度  $u_{2\text{rel}}(Y_0)$

由 JJG 211《亮度计》检定规程及上级检定证书可知，标准亮度计的  $U_{\text{rel}}(Y_0)$  为  $(1.0 \sim 1.3)\%$  ( $k=2$ )，取其相对标准不确定度为：

$$u_{2\text{rel}}(Y_0) = \frac{1.3\%}{2} = 0.65\% \quad (\text{B. 4})$$

B. 2. 1. 3 积分球光源稳定性引入的相对标准不确定度  $u_{3\text{rel}}(\bar{Y})$

稳定性引入的相对标准不确定度由 A. 2. 3 给出：

$$u_{3\text{rel}}(\bar{Y}) = 0.17\% \quad (\text{B. 5})$$

B. 2. 1. 4 积分球光源面不均匀性引入的相对标准不确定度  $u_{4\text{rel}}(\bar{Y})$

面不均匀性引入的相对标准不确定度由 A. 2. 4 给出：

$$u_{4\text{rel}}(\bar{Y}) = 0.27\% \quad (\text{B. 6})$$

B. 2. 2 色品坐标输入量的不确定度分量评定

B. 2. 2. 1 由测量重复性引入的相对标准不确定度  $u_1(\bar{x})$  和  $u_1(\bar{y})$

在重复性条件下进行 10 次测量，所得数据见表 B. 2。

表 B. 2 色度重复性的测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
$x$	0.448 4	0.448 5	0.448 6	0.448 4	0.448 6	0.448 4	0.448 6	0.448 6	0.448 4	0.448 5	0.448 5
$y$	0.408 2	0.408 2	0.408 5	0.408 2	0.408 2	0.408 3	0.408 3	0.408 2	0.408 3	0.408 2	0.408 3

单次实验标准差：

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.000 1$$

$$s(y) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 0.000 1$$

每个测量点测量 1 次，则：

$$u_1(\bar{x}) = u_1(\bar{y}) = 0.000 1 \quad (\text{B. 7})$$

B. 2. 2. 2 由上级量传的标准值引入的相对标准不确定度  $u_2(x_0)$  和  $u_2(y_0)$

由 JJG 211《亮度计》检定规程及上级检定证书可知，标准亮度计的色品坐标  $U(x_0) = 0.001 2$ ， $U(y_0) = 0.000 8$  ( $k=2$ )。

其相对标准不确定度为：

$$u_2(x_0) = \frac{0.001 2}{2} = 0.000 6$$

$$u_2(y_0) = \frac{0.000 8}{2} = 0.000 4 \quad (\text{B. 8})$$

B. 2. 2. 3 积分球光源稳定性引入的相对标准不确定度  $u_3(\bar{x})$  和  $u_3(\bar{y})$

稳定性的色温漂移小于 3 K，带来的  $x$ ， $y$  变化  $< 0.001$ ，按均匀分布处理，其相对

标准不确定度为：

$$u_3(\bar{x}) = u_3(\bar{y}) = \frac{0.001}{\sqrt{3}} \approx 0.0006 \quad (\text{B.9})$$

B.2.2.4 积分球光源面不均匀性引入的相对标准不确定度  $u_4(\bar{x})$  和  $u_4(\bar{y})$

面不均匀性的色温差异小于 3 K，带来的  $x, y$  变化  $< 0.001$ ，按均匀分布处理，其相对标准不确定度为：

$$u_4(\bar{x}) = u_4(\bar{y}) = \frac{0.001}{\sqrt{3}} \approx 0.0006。 \quad (\text{B.10})$$

B.2.3 不确定度分量计算

B.2.3.1 亮度不确定度分量

积分球光源亮度不确定度分量列表见表 B.3。第 5 列是第 3 列与第 4 列乘积的绝对值。

表 B.3 积分球光源亮度不确定度分量列表

亮度不确定度分量	不确定度来源	输入量的相对标准 不确定度	灵敏度系数	输出量的相对标准 不确定度 %
$u_{1\text{rel}}(\bar{Y})$	测量重复性	0.04%	1	0.04%
$u_{2\text{rel}}(Y_0)$	上级量传	0.65%	-1	0.65%
$u_{3\text{rel}}(\bar{Y})$	光源稳定性	0.17%	1	0.17%
$u_{4\text{rel}}(\bar{Y})$	光源面均匀性	0.27%	1	0.27%

B.2.3.2 色品坐标不确定度分量

积分球光源色品坐标  $x$  不确定度分量列表见表 B.4。第 5 列是第 3 列与第 4 列乘积的绝对值。

表 B.4 积分球光源色品坐标  $x$  测量不确定度列表

色品坐标 $x$ 不 确定度分量	不确定度来源	输入量的标准 不确定度	灵敏度系数	输出量的标准 不确定度
$u_1(\bar{x})$	测量重复性	0.0001	1	0.0001
$u_2(x_0)$	上级量传	0.0006	-1	0.0006
$u_3(\bar{x})$	光源稳定性	0.0006	1	0.0006
$u_4(\bar{x})$	光源面均匀性	0.0006	1	0.0006

积分球光源色品坐标  $y$  不确定度分量列表见表 B.5。第 5 列是第 3 列与第 4 列乘积的绝对值。

表 B.5 积分球光源色品坐标  $y$  测量不确定度列表

色品坐标 $y$ 不确定度分量	不确定度来源	输入量的标准不确定度	灵敏度系数	输出量的标准不确定度
$u_1(\bar{y})$	测量重复性	0.000 1	1	0.000 1
$u_2(y_0)$	上级量传	0.000 4	-1	0.000 4
$u_3(\bar{y})$	光源稳定性	0.000 6	1	0.000 6
$u_4(\bar{y})$	光源面均匀性	0.000 6	1	0.000 6

## B.2.4 合成标准不确定度

各标准不确定度分量彼此不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_{\text{crel}}(\Delta Y) = \sqrt{u_{1\text{rel}}^2(\bar{Y}) + u_{2\text{rel}}^2(Y_0) + u_{3\text{rel}}^2(\bar{Y}) + u_{4\text{rel}}^2(\bar{Y})} = 0.73\%$$

$$u_c(\Delta x) = \sqrt{u_1^2(\bar{x}) + u_2^2(x_0) + u_3^2(\bar{x}) + u_4^2(\bar{x})} = 0.001 0$$

$$u_c(\Delta y) = \sqrt{u_1^2(\bar{y}) + u_2^2(y_0) + u_3^2(\bar{y}) + u_4^2(\bar{y})} = 0.001 0$$

## B.2.5 扩展不确定度

取  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}}(\Delta Y) = k u_{\text{crel}}(\Delta Y) = 1.5\%$$

$$U(\Delta x, \Delta y) = k u_c(\Delta x, \Delta y) = 0.002 0$$

## 附录 C

## 积分球式标准光源校准原始记录参考格式

## 积分球式标准光源校准原始记录参考格式（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：	
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"/> 其他说明：
所依据的技术文件：			
<input type="checkbox"/> JJF ××××—××××积分球式标准光源校准规范		<input type="checkbox"/> 其他：	
所使用的主要计量器具：			
(光谱辐射) 亮度计：	型号规格：	编号：	证书编号：
测量不确定度：	校准光源：	型号规格：	编号：
证书编号：	测量不确定度：		
说明：			
(光谱辐射) 亮度计探测器电压：		(光谱辐射) 亮度计探测器温度：	
(光谱辐射) 亮度计积分时间：		亮度计视场角：	
光谱辐射亮度计瞄准尺寸：			
实验室环境条件：			
温度：	℃	相对湿度：	%
校准日期：		校准地点：	
校准员：		核验员：	

## 积分球式标准光源校准原始记录参考格式（二）

第 页 / 共 页

积分球光源的工作电流： A；积分球光源的工作电压： V。

稳定性

时间/min									
测量结果									

面不均匀性

测量位置									
测量值									

角度不均匀性

测量角度 (°)									
测量值									
测量角度 (°)									
测量值									

积分球光源的光谱辐射亮度（瞄准尺寸）：

波长 nm	测量值	相对扩展不确定度 ( $k=2$ ) %	波长 nm	测量值	相对扩展不确定度 ( $k=2$ ) %

积分球光源的亮度： ，亮度的相对扩展不确定度：  $U=$  (  $k=2$  )积分球光源的色温： CCT = K，色温的扩展不确定度：  $U=$  K (  $k=2$  )积分球光源的色品坐标：  $x=$  ，  $y=$  ，色品坐标的扩展不确定度：  $U=$  (  $k=2$  )

## 附录 D

## 积分球式标准光源校准证书内页推荐格式

校准结果：

积分球光源的工作电流： A；积分球光源的工作电压： V。

## 1. 稳定性

时间/min										
测量结果										

## 2. 面不均匀性

测量位置									
测量值									

## 3. 角度不均匀性

测量角度 (°)									
测量值									
测量角度 (°)									
测量值									

## 4. 积分球光源的光谱辐射亮度（瞄准尺寸）：

波长 nm	测量值	相对扩展不确定度 ( $k=2$ ) %	波长 nm	测量值	相对扩展不确定度 ( $k=2$ ) %

5. 积分球光源的亮度： ，亮度的相对扩展不确定度： $U=$  (  $k=2$  )

6. 积分球光源的色温： $CCT =$  K，色温的扩展不确定度： $U=$  K (  $k=2$  )

7. 积分球光源的色品坐标： $x=$  ，  $y=$  ，色品坐标的扩展不确定度： $U=$  (  $k=2$  )

## 附录 E

## 色温、色品坐标计算表述

根据 CIE 15: 2004, 颜色温度和相关色温按照基于国际照明委员会 CIE1931 标准色度观察的色品坐标计算得到。根据 JJG 213—2003《分布(颜色)温度标准灯》检定规程定义, 如果一个光源发光色的色品与某一温度下黑体的色品相同(匹配), 那么此时黑体的绝对温度就叫做该光源的颜色温度。

公式(E.1)和公式(E.2)分别给出了三刺激值和 CIE x-y 色品图色品坐标的计算公式, 公式(E.3)给出了 CIE 1960 均匀色品图色品坐标的计算公式。

$$\begin{aligned} X &= \int E(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \approx \sum E(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \\ Y &= \int E(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \approx \sum E(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \end{aligned} \quad (\text{E. 1})$$

$$\begin{aligned} Z &= \int E(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \approx \sum E(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda \\ x &= X / (X + Y + Z) \end{aligned} \quad (\text{E. 2})$$

$$\begin{aligned} y &= Y / (X + Y + Z) \\ u &= 4X / (X + 15Y + 3Z) \\ v &= 6Y / (X + 15Y + 3Z) \end{aligned} \quad (\text{E. 3})$$

式中:

$\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  —— CIE 1931 标准色度观察者的色匹配函数, 具体数值请参照 JJG 211—2005《亮度计》检定规程附录 B;

$\Delta\lambda$  —— 5 nm, 波长计算上下限为 780 nm 和 380 nm;

$E(\lambda)$  —— 光源的光谱功率分布;

$X, Y, Z$  —— 三刺激值;

$x, y$  —— CIE x-y 色品图色品坐标;

$u, v$  —— CIE1960 均匀色品图(UCS图)色品坐标。

采用普朗克公式计算黑体不同温度下的光谱功率分布, 代入公式(E.1)和公式(E.3), 可以计算得到 CIE1960 均匀色品图黑体不同温度的色品坐标。当光源色品坐标不落在黑体色品坐标曲线上时, 光源色品坐标和黑体色品坐标距离最小时黑体色品坐标对应的温度即为光源的相关色温。光源色品坐标和黑体色品坐标不同温度轨迹的距离由公式(E.4)给出。

$$d = \sqrt{[u - u_B(T)]^2 + [v - v_B(T)]^2} \quad (\text{E. 4})$$

式中:

$u_B(T)$ ,  $v_B(T)$  —— 黑体不同温度的色品坐标;

$u, v$  —— 光源的色品坐标;

$d$  —— 光源和黑体色品坐标距离。

中华人民共和国  
国家计量技术规范  
积分球式标准光源校准规范

JJF 1990—2022

国家市场监督管理总局发布

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

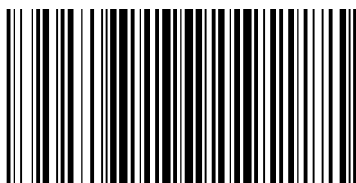
服务热线: 400-168-0010

2022年10月第一版

\*

书号: 155066·J-4077

版权专有 侵权必究



JJF 1990—2022