

JJF(闽)1144-2023

JJF

福建省地方计量技术规范

JJF(闽)1144-2023

LED 测量用光谱辐射计校准规范

Calibration Specification for LED Spectroradiometer

2023-07-26 发布

2023-10-26 实施

福建省市场监督管理局 发布

LED 测量用光谱辐射计校准规范

Calibration Specification for LED

Spectroradiometer

JJF (闽) 1144-2023

归口单位：福建省市场监督管理局

主要起草单位：厦门市计量检定测试院

福建省计量科学研究院

参加起草单位：厦门天马微电子有限公司

宸鸿科技（厦门）有限公司

磐柔（厦门）工业智能有限公司

本规范委托福建省计量规范技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

康品春（厦门市计量检定测试院）

蒋淑恋（厦门市计量检定测试院）

廖小华（福建省计量科学研究所）

参加起草人：

黄艺滨（厦门市计量检定测试院）

颜华生（厦门天马微电子有限公司）

张哲嘉（宸鸿科技（厦门）有限公司）

吴晓敏（磐柔（厦门）工业智能有限公司）

福建省计量规范技术委员会

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 积分球几何结构	(1)
3.2 LED 平均发光强度	(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 测量标准及其它设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准前的检查	(3)
7.2 波长校准	(3)
7.3 LED 平均发光强度校准	(4)
7.4 总光通量校准	(4)
7.5 色品坐标校准	(4)
7.6 相关色温校准	(5)
8 校准结果表达	(5)
9 复校时间间隔	(6)
附录A 光谱辐射计校准记录(式样)	(7)
附录B 光谱辐射计校准证书内页(式样)	(8)
附录C 测量结果的不确定度评定(示例)	(9)

引 言

本规范是以 JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001 《通用计量术语与定义》、JJF 1032—2005 《光学辐射计量名词术语与定义》、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写。

本规范参考 JJG 213—2003 《分布（颜色）标准灯》、JJG 384—2002 《光谱辐射照度标准灯》、JJF 1501—2015 《小功率 LED 单管校准规范》、CIE 127:2007 《LED 测量方法（Measurement of LEDs）》编制而成。

本规范为首次制定。

福建省计量规范技术委员会

LED 测量用光谱辐射计校准规范

1 范围

本规范适用于发光二极管（以下简称 LED）测量用光谱辐射计波长、光度和颜色参数的校准。LED 球形光度计、LED 光强计的校准可参考本规范。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 213—2003 分布（颜色）标准灯

JJG 384—2002 光谱辐射照度标准灯

JJF 1501—2015 小功率 LED 单管校准规范

CIE 127:2007 LED 测量方法（Measurement of LEDs）

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 积分球几何结构 sphere geometries

CIE 127 推荐的 LED 总光通量测量的积分球几何结构有 4π （图 a）和 2π （图 b）两种， 4π 几何结构适用于所有型式的 LED， 2π 几何结构适用于没有后向辐射的 LED。

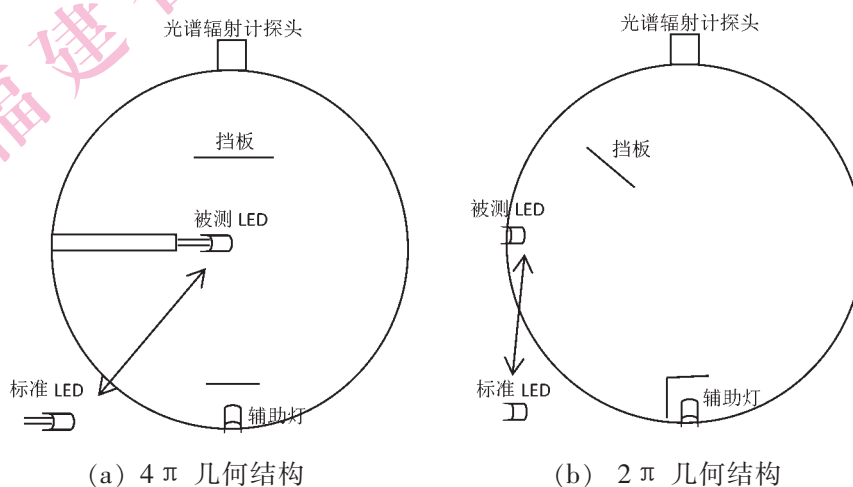


图 1 CIE 127 推荐的 LED 总光通量积分球测量示意图

3.2 LED 平均发光强度 averaged LED luminous intensity

在 CIE 127 规定的标准条件下测得的 LED 发光强度值，LED 管前端面和探测器有

效接收面（面积为 100 mm^2 ）的距离 d 为规定值。

CIE 标准条件 A（远场）：测量距离 d 为 316 mm，相应立体角为 0.001 sr 。

CIE 标准条件 B（近场）：测量距离 d 为 100 mm，相应立体角为 0.01 sr 。

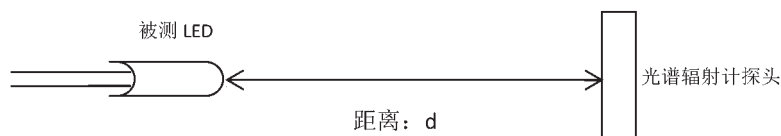


图 2 CIE 127 标准条件下 LED 平均发光强度测量示意图

4 概述

LED 测量用光谱辐射计（以下简称光谱辐射计）普遍应用于测量小功率 LED 芯片、器件或单管的光谱辐射参数，其可在 CIE 127 规定的标准条件下测量 LED 平均发光强度，配积分球测量 LED 总光通量，还可测量波长、色品坐标、相关色温等。它主要由输入光路部件（如测光积分球、导光纤维、透镜等）、单色仪、输出光路部件、探测器及供电电源、输出信号处理及读数仪表等部分组成。图 3 为典型的光谱辐射计结构的示意图。

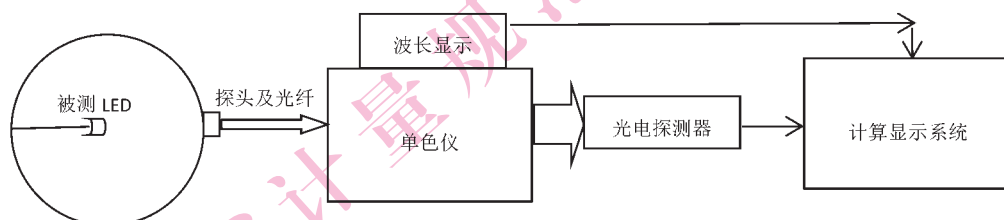


图 3 典型的光谱辐射计结构示意图

5 计量特性

光谱辐射计波长测量范围一般应覆盖 $380 \text{ nm} \sim 780 \text{ nm}$ 波段，光谱带宽不大于 5 nm ，波长扫描间隔不大于 2.5 nm ，计量性能具体要求见表 1。

表 1 光谱辐射计技术指标

参 数	最大允许误差(MPE)
波长	$\pm 0.3 \text{ nm}$
LED 平均发光强度	$\pm 5\%$
总光通量	$\pm 5\%$
色品坐标	± 0.01
相关色温(白光 LED 光源下)	$\pm 300 \text{ K}$

注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(23±3)℃，相对湿度：≤70%；

6.1.2 环境应清洁，无腐蚀性气体，周围无影响仪器正常工作的粉尘、震动或电磁场干扰。

6.2 测量标准及其它设备

6.2.1 标准 LED 单管

用于保持和传递 LED 管平均发光强度单位 cd 以及光通量单位 lm 量值的标准计量器具，包括红、绿、蓝、白四种颜色，每种颜色至少 3 支，发光性能稳定，组成标准管组。标准 LED 单管应符合 JJF 1501-2015《小功率 LED 单管校准规范》要求。

6.2.2 卤素标准灯

卤素标准灯的性能应符合 JJG 384—2002《光谱辐射照度标准灯》的规定，或 JJG 213—2003《分布（颜色）标准灯》的规定。

6.2.3 波长标准灯

低压汞灯或汞氙灯等谱线灯一只。

6.2.4 标准灯的供电电源和电测仪表

采用直流稳流电源，经预热后，10 min 内输出电流的变化应小于 0.02%。控制标准灯所用电测仪表准确度等级应不低于 0.02 级。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前的检查

7.1.1 光谱辐射计的外形结构应完好。接通电源，观察仪器是否正常运行。如客户有要求，校准前按使用说明采用卤素标准灯或标准 LED 单管对仪器进行校正。

7.1.2 取放、安装和使用标准灯时，应戴手套，不得用手直接接触管壳。若管壳上有污迹，应及时清除。

7.2 波长校准

根据被校光谱辐射计的波长范围，点亮波长标准灯，测得标准灯的各特征波长，测量的特征波长数不少于 3 个，应尽可能覆盖可见光光谱范围，将各测量结果与其标准值做比较，按式 (1) 计算出各特征波长点的示值误差，取其中最大正值为波长示值误差。

$$\Delta\lambda_i = \lambda_i - \lambda_0 \quad (1)$$

式中：

$\Delta\lambda_i$ —— 波长示值误差，nm；

λ_i —— 各特征波长测量值, nm;
 λ_0 —— 相应特征波长的标准值, nm。

7.3 LED 平均发光强度校准

在被校装置内分别点亮红、绿、蓝、白四色标准 LED 单管, 每种颜色各一支, 测量各单管的 LED 平均发光强度, 将各测量结果与其标准值做比较, 按式 (2) 计算出各单管的 LED 平均发光强度示值误差。

$$\Delta I_i = I_i - I_0 \quad (2)$$

式中:

ΔI_i —— 各单管 LED 平均发光强度示值误差, cd;

I_i —— 各单管 LED 平均发光强度测量值, cd;

I_0 —— 相应单管 LED 平均发光强度标准值, cd。

按式 (3) 计算各单管的 LED 平均发光强度相对示值误差。

$$\delta_{I_i} = \frac{\Delta I_i}{I_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

δ_{I_i} —— 各单管 LED 平均发光强度相对示值误差。

7.4 总光通量校准

在被校装置内分别点亮红、绿、蓝、白四色标准 LED 单管, 每种颜色各一支, 测量各单管的总光通量, 将各测量结果与其标准值做比较, 按式 (4) 计算出各单管的总光通量示值误差。

$$\Delta \Phi_i = \Phi_i - \Phi_0 \quad (4)$$

式中:

$\Delta \Phi_i$ —— 各单管的总光通量示值误差, lm;

Φ_i —— 各单管的总光通量测量值, lm;

Φ_0 —— 相应单管的总光通量标准值, lm。

按式 (5) 计算各单管的总光通量相对示值误差。

$$\delta_{\Phi_i} = \frac{\Delta \Phi_i}{\Phi_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

δ_{Φ_i} —— 总光通量相对示值误差。

7.5 色品坐标校准

在被校装置内分别点亮红、绿、蓝、白四色标准 LED 单管及标准卤素灯, 每种颜色单管和卤素灯各一支, 测量各标准灯的色品坐标值, 将各测量结果与其标准值做比较, 按式 (6)、式 (7) 计算出各标准灯的色品坐标示值误差。

$$\Delta x_i = x_i - x_0 \quad (6)$$

式中：

Δx_i —— 各标准灯的色品坐标示值误差；

x_i —— 各标准灯的色品坐标测量值；

x_0 —— 相应标准灯的色品坐标标准值。

$$\Delta y_i = y_i - y_0 \quad (7)$$

式中：

Δy_i —— 各单管的色品坐标示值误差；

y_i —— 各单管的色品坐标测量值；

y_0 —— 相应单管的色品坐标标准值。

7.6 相关色温校准

在被校装置内分别点亮白色标准 LED 单管及标准卤素灯，白色单管和卤素灯各一支，测量各标准灯的相关色温值，将各测量结果与其标准值做比较，按式 (8) 计算出各标准灯的相关色温示值误差。

$$\Delta T_i = T_i - T_0 \quad (8)$$

式中：

ΔT_i —— 各标准灯的相关色温示值误差；

T_i —— 各标准灯的相关色温测量值；

T_0 —— 相应标准灯的相关色温标准值。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映，校准证书数据页格式见附录 B。校准证书或校准报告应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书编号、页码及总页数；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 送校样品的名称、制造厂、型号、规格及编号；
- g) 校准所依据的技术规范名称及代号；
- h) 本次校准所用计量标准的名称、溯源性及有效性；
- i) 校准环境的温度、相对湿度；
- j) 校准项目结果及其测量不确定度的说明；

- k) 校准证书或校准报告人的签名、核验人签名、批准人签名及签发日期;
- l) 校准结果仅对被校样品的有效性声明;
- m) 未经实验室书面批准,不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

光谱辐射计的复校时间间隔建议为 1 年。使用者可根据实际的使用情况,自主决定复校时间间隔。

福建省计量规范技术委员会

附录 A

光谱辐射计校准记录 (式样)

送校单位		样品名称		温度	相对湿度			
单位地址		型号规格		℃	%			
生产厂家		仪器编号						
技术依据		证书编号						
校准使用的主要仪器设备								
名称	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号	证书有效期				
校准项目		结果						
外观检查								
波长示值误差		波长(nm)						
		标准值						
		测量值						
		$\Delta\lambda$						
LED 平均发光 强度相对 示值误差	CIE 标准条件 A ($d=316$ mm)	LED 单管	白	红	绿	蓝		
		标准值(cd)						
		测量值(cd)						
	CIE 标准条件 B ($d=100$ mm)	标准值(cd)						
		测量值(cd)						
		相对示值误差(%)						
总光通量相对示值误差		LED 单管	白	红	绿	蓝		
		标准值(lm)						
		测量值(lm)						
		相对示值误差(%)						
色品坐标示值误差		x	标准灯	卤素灯	白	红	绿	蓝
			标准值					
			测量值					
		y	标准值					
			测量值					
			Δy					
相关色温示值误差(K)		LED	标准值		卤素灯	标准值		
			测量值			测量值		
			ΔT			ΔT		
校准日期	年 月 日	校准员		核验员				
备注								

附录 B

光谱辐射计校准证书内页 (式样)

校准项目		结果	不确定度 ($k=2$)
波长示值误差(nm)		$\Delta\lambda:$	$U(\lambda) =$
LED 平均发光 强度相对示值 误差(%)	CIE 标准条件 A($d=316$ mm)	$\delta_{1A}:$	$U_{rel}(I) =$
	CIE 标准条件 B($d=100$ mm)	$\delta_{1B}:$	
总光通量相对示值误差(%)		$\delta_{\Phi}:$	$U_{rel}(\Phi) =$
色品坐标示值误差		$\Delta x:$ $\Delta y:$	$U(x) = U(y) =$
相关色温示值误差		$\Delta T:$	$U(T) =$

附录 C

测量结果的不确定度评定 (示例)

C.1 波长示值误差测量结果的不确定度评定

本附录对采用谱线灯校准 LED 测量用光谱分析仪波长示值误差参数的测量结果不确定度评定进行实例分析。

C.1.1 测量方法

按照本校准规范的要求和步骤,用谱线灯对 LED 测量用光谱分析仪进行校准,取波长示值误差值作为测量结果。

C.1.2 测量模型

测量模型

$$\Delta\lambda = \lambda_m - \lambda_0 \quad (\text{C.1.1})$$

式中:

$\Delta\lambda$ —— 波长示值误差;

λ_m —— 波长测量值;

λ_0 —— 波长标准值。

由于谱线灯为自然基准, λ_0 为常数值, 即 $u(\lambda_0)=0$, 故测量结果不确定度 $u(\Delta\lambda)$ 的来源主要是测量仪器的示值的不确定度, 即测量重复性引入的不确定度 $u(\lambda_m)$ 。除此之外, 还应该考虑谱线强度相对漂移量及空气折射率变动对测量结果的影响。

C.1.3 不确定度分量评定

C.1.3.1 测量重复性引入的标准不确定度评定

用被校光谱辐射计对谱线灯进行 10 次独立重复测量, 以校准点 404.66 为例, 测量数据如表 C.1.1 所示。根据贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差。

$$s(\bar{\lambda}_m) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i - \bar{\lambda} \right)^2} \quad (\text{C.1.2})$$

$$u(\lambda_m) = s(\bar{\lambda}_m) \approx 0.071 \text{ nm} \quad (\text{C.1.3})$$

表 C.1.1 重复性测量数据 (单位: nm)

校准点	测 量 值					平均值	标准偏差
404.66	404.70	404.65	404.65	404.61	404.66	404.65	0.071
	404.71	404.69	404.59	404.60	404.64		

常见光谱辐射计在波长校准模式下分辨率为 0.01 nm。

C.1.3.2 谱线灯谱线强度相对漂移量 Δ_I 引入的标准不确定度评定

谱线灯谱线强度相对漂移量会影响到峰值波长的判读, 假定测量速度较慢, 引入的标准不确定度估计为:

$$u(\lambda_l) = 0.002 \text{ nm} \quad (\text{C.1.4})$$

C.1.3.3 空气折射率变动引入的标准不确定度评定

谱线灯用于量传时大气温度, 湿度和压力会有所差异 (大气温度、湿度、压力和空气折射率的关系可参见 Edlén 公式), 其引入的标准不确定度估计为:

$$u(\lambda_a) = 0.002 \text{ nm} \quad (\text{C.1.5})$$

C.1.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u^2(\lambda_m) + u^2(\lambda_a)} = 0.072 \text{ nm} \quad (\text{C.1.6})$$

C.1.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$, 故扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 0.144 \text{ nm} \quad (\text{C.1.7})$$

C.1.6 校准结果及其不确定度的报告

波长示值误差的扩展不确定度为:

$$U = 0.15 \text{ nm} \quad (k=2) \quad (\text{C.1.8})$$

C.2 LED 平均发光强度示值误差的不确定度评定示例

对采用标准 LED 单管校准 LED 测量用光谱分析仪平均发光强度示值误差参数的测量结果不确定度评定进行实例分析。

C.2.1 测量方法

按照本校准规范的要求和步骤, 用标准 LED 单管对 LED 测量用光谱分析仪进行校准, 取平均发光强度示值误差值作为测量结果。

C.2.2 测量模型

测量模型

$$\Delta I = I_m - I_0 \quad (\text{C.2.1})$$

式中:

ΔI —— 平均发光强度测量示值误差;

I_m —— 平均发光强度测量平均值;

I_0 —— 平均发光强度标准值。

C.2.3 不确定度分量评定

C.2.3.1 测量重复性引入的标准不确定度评定

用被校光谱辐射计对标准 LED 单管进行 10 次独立重复测量, 以白光 LED 单管为

例，测量数据如表 C.2.1 所示。根据贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差。

$$s(I) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2} \quad (\text{C.2.2})$$

$$u(m) = \frac{0.0097}{1.83} \times 100\% \approx 0.5\% \quad (\text{C.2.3})$$

表 C.2.1 重复性测量数据 (单位: cd)

校准点	测 量 值					平均值	标准偏差
1.83	1.908	1.913	1.920	1.899	1.911	1.9099	0.0097
	1.927	1.903	1.917	1.905	1.896		

C.2.3.2 标准 LED 单管上级溯源引入的标准不确定度评定

标准 LED 单管平均发光强度值的相对扩展不确定度为 3.0%， $k=2$ ，则标准 LED 单管上级溯源引入的标准不确定度估计为：

$$u(I_c) = \frac{3\%}{2} = 1.5\% \quad (\text{C.2.4})$$

C.2.3.3 电测系统引入的标准不确定度评定

电测系统供给 LED 管的电流与真实值有一定差异，估计最大差异可达 0.1%，认为服从均匀分布， $u(A) = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} \approx 0.0577\%$ ，根据经验，电流变化 1% 导致光度的变化

为 6%，则电测系统引入的标准不确定度估计为：

$$u(I_A) = 6 \times u(A) = 6 \times 0.0577\% \approx 0.4\% \quad (\text{C.2.5})$$

C.2.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c(I) = \sqrt{u(I_m)^2 + u(I_c)^2 + u(I_A)^2} \approx 1.7\% \quad (\text{C.2.6})$$

C.2.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ ，故扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 3.4\%，取 3.5\% \quad (\text{C.2.7})$$

C.2.6 校准结果及其不确定度的报告

平均发光强度示值误差的相对扩展不确定度为：

$$U=3.5\% \quad (k=2) \quad (\text{C.2.8})$$

C.3 LED 总光通量示值误差测量结果的不确定度评定示例

对采用标准 LED 单管校准 LED 测量用光谱分析仪总光通量示值误差参数的测量结果不确定度评定进行实例分析。

C.3.1 测量方法

按照本校准规范的要求和步骤，用标准 LED 单管对 LED 测量用光谱分析仪进行校准，取总光通量示值误差值作为测量结果。

C.3.2 测量模型

建立测量模型

$$\Delta\Phi = \Phi_m - \Phi_0 \quad (\text{C.3.1})$$

式中：

$\Delta\Phi$ —— 总光通量测量示值误差；

Φ_m —— 总光通量测量平均值；

Φ_0 —— 总光通量标准值。

C.3.3 不确定度分量评定

C.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度评定

用被校光谱辐射计对标准 LED 单管进行 10 次独立重复测量，以白光 LED 单管为例，测量数据如表 C.3.1 所示。根据贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差。

$$s(\Phi) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Phi_i - \bar{\Phi})^2} \quad (\text{C.3.2})$$

$$u(\Phi_m) = \frac{0.0114}{3.74} \times 100\% \approx 0.4\% \quad (\text{C.3.3})$$

表 C.3.1 重复性测量数据 (单位: lm)

校准点	测 量 值					平均值	标准偏差
3.74	3.728	1.713	3.720	3.739	3.711	3.7189	0.0114
	3.727	7.703	3.717	3.705	3.726		

C.3.3.2 标准 LED 单管上级溯源引入的标准不确定度评定

标准 LED 单管总光通量值的相对扩展不确定度为 2.5%， $k=2$ ，则标准 LED 单管上级溯源引入的标准不确定度估计为：

$$u(\Phi_c) = \frac{2.5\%}{2} = 1.3\% \quad (\text{C.3.4})$$

C.3.3.3 电测系统引入的标准不确定度评定

电测系统供给 LED 管的电流与真实值有一定差异，估计最大差异可达 0.1%，认为服从均匀分布， $u(A) = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} \approx 0.0577\%$ ，根据经验，电流变化 1% 导致光度的变化为

6%，则电测系统引入的标准不确定度估计为：

$$u(\Phi_A) = 6 \times u(A) = 6 \times 0.0577\% \approx 0.4\% \quad (\text{C.3.5})$$

C.3.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c(I) = \sqrt{u(\Phi_m)^2 + u(\Phi_c)^2 + u(\Phi_A)^2} \approx 1.5\% \quad (\text{C.3.6})$$

C.3.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ ，故扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 3.0\% \quad (\text{C.3.7})$$

C.3.6 校准结果及其不确定度的报告

总光通量示值误差的相对扩展不确定度为：

$$U = 3.0\% \quad (k=2) \quad (\text{C.3.8})$$

C.4 LED 色品坐标误差测量结果的不确定度评定示例

对采用标准 LED 单管校准 LED 测量用光谱分析仪色品坐标示值误差参数的测量结果不确定度评定进行实例分析。

C.4.1 测量方法

按照本校准规范的要求和步骤，用标准 LED 单管对 LED 测量用光谱分析仪进行校准，取色品坐标示值误差值作为测量结果。

C.4.2 测量模型

测量模型

$$\Delta_x = x_m - x_0 \quad (\text{C.4.1})$$

式中：

Δ_x —— 色品坐标测量示值误差；

x_m —— 色品坐标测量平均值；

x_0 —— 色品坐标标准值。

C.4.3 不确定度分量评定

C.4.3.1 测量重复性引入的标准不确定度评定

用被校光谱辐射计对标准 LED 单管进行 10 次独立重复测量，以白光 LED 单管为例，测量数据如表 C.4.1 所示。根据贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差。

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{C.4.2})$$

$$u(x_m) = s(x) \approx 0.0002 \quad (\text{C.4.3})$$

表 C.4.1 重复性测量数据 (单位：1)

校准点	测 量 值					平均值	标准偏差
0.3062	0.3060	0.3063	0.3062	0.3061	0.3058	0.30616	0.0002
	0.3062	0.3062	0.3065	0.3062	0.3061		

C.4.3.2 标准 LED 单管上级溯源引入的标准不确定度评定

标准 LED 单管色品坐标值的扩展不确定度为 0.0030, $k=2$, 则标准 LED 单管上级溯源引入的标准不确定度估计为:

$$u(x_c) = \frac{0.0030}{2} = 0.0015 \quad (\text{C.4.4})$$

C.4.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c(x) = \sqrt{u(x_m)^2 + u(x_c)^2} \approx 0.0016 \quad (\text{C.4.5})$$

C.4.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$, 故扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 0.0032, \text{ 取 } 0.0035 \quad (\text{C.4.6})$$

C.4.6 校准结果及其不确定度的报告

色品坐标示值误差的扩展不确定度为:

$$U = 0.0035 \quad (k=2) \quad (\text{C.4.7})$$

C.5 LED 相关色温误差测量结果的不确定度评定示例

对采用标准 LED 单管校准 LED 测量用光谱分析仪相关色温示值误差参数的测量结果不确定度评定进行实例分析。

C.5.1 测量方法

按照本校准规范的要求和步骤, 用标准 LED 单管对 LED 测量用光谱分析仪进行校准, 取相关色温示值误差值作为测量结果。

C.5.2 测量模型

测量模型

$$\Delta K = K_m - K_0 \quad (\text{C.5.1})$$

式中:

ΔK —— 相关色温测量示值误差;

K_m —— 相关色温测量平均值;

K_0 —— 相关色温标准值。

C.5.3 不确定度分量评定

C.5.3.1 测量重复性引入的标准不确定度评定

用被校光谱辐射计对标准 LED 单管进行 10 次独立重复测量, 以白光 LED 单管为例, 测量数据如表 C.1 所示。根据贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差。

$$s(K) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_i - \bar{K})^2} \quad (\text{C.5.2})$$

$$u(K_m) = s(K) \approx 1 \quad (\text{C.5.3})$$

表 C.5.1 重复性测量数据 (单位: K)

校准点	测 量 值					平均值	标准偏差
7095	7095	7096	7095	7095	7094	7095	1
	7094	7095	7095	7097	7094		

C.5.3.2 标准 LED 单管上级溯源引入的标准不确定度评定

标准 LED 单管相关色温值的扩展不确定度为 $U=25\text{K}$, $k=2$, 则标准 LED 单管上级溯源引入的标准不确定度估计为:

$$u(K_c) = \frac{25\text{K}}{2} = 12.5 \text{ K} \quad (\text{C.5.4})$$

C.5.4 合成标准不确定度的评定

由于各标准不确定度分量不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c(K) = \sqrt{u(K_m)^2 + u(K_c)^2} \approx 13 \text{ K} \quad (\text{C.5.5})$$

C.5.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$, 故扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 26\text{K}, \text{ 取 } 30 \text{ K} \quad (\text{C.5.6})$$

C.5.6 校准结果及其不确定度的报告

相关色温示值误差的扩展不确定度为:

$$U = 30 \text{ K} \quad (k=2) \quad (\text{C.5.7})$$