

坐标的准确度引入的不确定度。

C.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

将色彩照度计放置于对色灯箱的中心位置点测量 D65 光源色品坐标，重复测量 10 次，测量数据如表 C.7。

表 C.7 测量重复性试验数据

i	1	2	3	4	5
x	0.3143	0.3146	0.3138	0.3139	0.3140
y	0.3237	0.3230	0.3251	0.3246	0.3249
i	6	7	8	9	10
x	0.3139	0.3144	0.3150	0.3144	0.3145
y	0.3236	0.3242	0.3245	0.3248	0.3252

$\bar{x}=0.3143$ $\bar{y}=0.3244$

平均值的实验标准差为

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2} = 0.0003$$
$$s_y = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{1}{(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (y_i - \bar{y})^2} = 0.0006$$

校准对色灯箱色品坐标时是对中心点重复测量 3 次，取平均值作为测量结果，则可得

$$u_{x1} = s_p = \frac{s_x}{\sqrt{3}} = 0.0001$$
$$u_{y1} = s_p = \frac{s_y}{\sqrt{3}} = 0.0002$$

C.4.2 测量用色彩照度计引入的不确定度 u_2

色彩照度计测量色品坐标示值的最大允许误差为±0.002，区间半宽度 $a = 0.002$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则色彩照度计引入的不确定度为

$$u_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.0012$$

C.4.3 标准不确定度的分量的评定

标准不确定度分量汇总见表 C.8。

表 C.8 标准不确定度汇总表

u_i	不确定度来源	标准不确定度 u_i		类别
u_1	测量重复性	x	0.0001	A

标准光源对色灯箱校准规范

Calibration Specification for Color Light-box
with Standard Light Sources

JJF (闽) 1062—2014

本规范经福建省质量技术监督局 2014 年 07 月 15 日批准，并自 2014 年 10 月 15 日起施行。

归口单位：福建省质量技术监督局

主要起草单位：福建省计量科学研究院

本规范由起草单位负责解释。

本规范主要起草人：

蔡丽枝 （福建省计量科学研究院）

方 用 （福建省计量科学研究院）

参加起草人：

廖小华 （福建省计量科学研究院）

目 录

引言	(5)
1 范围	(6)
2 引用文件	(6)
3 术语	(6)
4 概述	(7)
5 计量特性	(8)
6 校准条件	(8)
6.1 环境条件	(8)
6.2 校准用测量设备	(9)
7 校准项目和校准方法	(9)
7.1 校准前检查	(9)
7.2 照度校准	(9)
7.3 亮度校准	(10)
7.4 相关色温校准	(11)
7.5 色品坐标	(12)
7.6 显色指数测量	(12)
8 校准结果表达	(13)
9 复校时间间隔	(14)
附录 A 对色灯箱校准记录式样	(15)
附录 B 校准证书校准结果内页式样	(16)
附录 C 对色灯箱校准结果不确定度评定 (示例)	(17)

引 言

JJF 1032-2005《光学辐射计量名词术语及定义》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2010《测量不确定度评定与表示》共同构成本校准规范制订工作的基础性系列文件。

标准光源对色灯箱校准规范

1 范围

本规范适用于新制造、使用中和修理后的各种标准光源对色灯箱（以下简称对色灯箱）光学参数的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 5700-2008 《照明测量方法》

GB/T 5702-2003 《光源显色性评价方法》

GB/T 26180-2010/CIE 13.3-1995 《光源显色性的表示和测量方法》

FZ/T 01047-1997 《目测评定纺织品色牢度用标准光源条件》

JJG(纺织) 066-1995 《标准光源箱》检定规程

CY/T 3-1999 《色评价照明和观察条件》

ISO 3664 《印刷技术和摄影的观察条件》（Graphic technology and photography—Viewing conditions）

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）使用于本规范。

3 术语

3.1 CIE 标准照明体 CIE standard illuminant [JJF 1032-2005, 5.55; CY/T3-1999, 3.1, 3.2]

指具有与某一时相的昼光相同或近似相同的相对光谱功率分布的照明体。CIE 标准照明体 D50 代表相关色温为 5003K 的典型昼光，在 CIE1931 色品图上，其色品坐标为 $x=0.3457, y=0.3586$ 。CIE 标准照明体 D65 代表相关色温为 6504K 的典型昼光，在 CIE1931 色品图上，其色品坐标为 $x=0.3127, y=0.3291$ 。

3.2 显色性 colour rendering [JJF 1032-2005, 5.34]

照明光源对物体色貌的影响，该影响是由于观察者有意识或无意识地将它与参比照明光源下的色貌相比较而产生的。一般把光源对物体真实颜色的呈现程度称为光源的显色性。

3.3 CIE 1974 一般显色指数 R_a CIE 1974 general colour rendering index R_a [JJF 1032-2005, 5.37]

一组 8 个特定色样的 CIE1974 特殊显色指数的平均值。

3.4 相关色温 T_{cp} correlated colour temperature T_{cp} [JJF 1032-2005, 5.91]

普朗克辐射体的温度。在此温度下，它的感知色与特定观察条件下相同视亮度的给定刺激最接近。相关色温的单位为 K。

3.5 标准光源对色灯箱 color light-box with standard light sources

提供各种类型的标准光源，具有中性灰的观察背景，用于颜色比较和评价的光源箱。

4 概述

对色灯箱广泛应用于印染、印刷、塑胶、摄影等行业的颜色管理，准确校对物品的颜色偏差，由标准光源、观察台、背景组成，对色灯箱能提供 D65、D50 标准光源或其它环境光色参考光源，观察背景环境为中性灰，主要有反射式观察环境和透射式观察环境两种形式。

反射式观察环境的对色灯箱光路示意图如图 1 和图 2 所示，对色灯箱的光线入射方向与观察方向有 0/45 和 45/0 两种形式，即标准光源以 0° 角入射、人眼以 45° 角观察；标准光源以 45° 角入射、人眼以 0° 角观察。

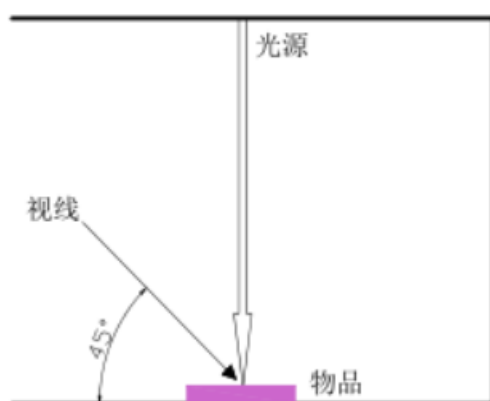


图 1 0° 角入射， 45° 角观察示意图

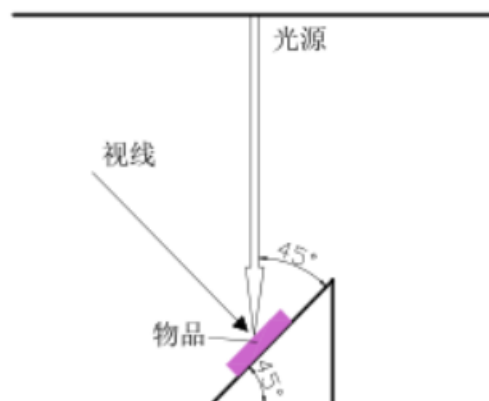


图 2 45° 角入射， 0° 角观察示意图

透射式观察环境的对色灯箱示意图如图 3 所示，标准光源装在平整漫射的乳白玻璃下面，漫射玻璃直接作为观察台面，透射样品放置在漫射玻璃上进行观察比较。

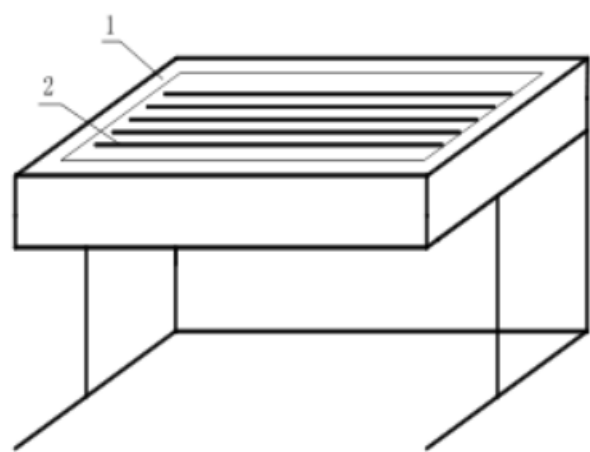


图3 透射式标准光源对色灯箱示意图

1-----透射玻璃； 2-----光源；

5 计量特性

表1 对色灯箱技术指标

计量特性	技术指标
照度或亮度	照度： $(2000\pm250)\text{ lx}$
	亮度： $(1270\pm320)\text{ cd/m}^2$
照度或亮度均匀度	$\geq 75\%$ （观察台面积 $\leq 1\text{ m}^2$ ）
	$\geq 60\%$ （观察台面积 $> 1\text{ m}^2$ ）
相关色温	MPE: $\pm 300\text{ K}$
色品坐标	MPE: ± 0.005
显色指数	一般显色指数 $R_a\geq 90$
	特殊显色指数 $R_i\geq 80$
对色灯箱背景色	中性灰 N5~N7

注：以上指标引自 ISO 3664：2009，不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(15\sim35)\text{ }^\circ\text{C}$ ；

6.1.2 相对湿度：小于 85%；

6.1.3 电源电压：交流电源 (220 ± 10) V； (50 ± 2) Hz

6.1.4 对色灯箱周围的其它照明光源不能直接或间接地影响被观察物体的表面，对色灯箱一般要求放置于暗室内。

6.2 校准用设备

表 2 校准设备一览表

序号	计量特性	主要设备	技术参数
1	照度	照度计	一级*
2	亮度	亮度计	一级*
3	相关色温	色温表、色彩照度计、色彩亮度计（可选其一）	$(2000 \sim 9500)$ K, MPE: ± 60 K
4	色品坐标	色彩照度计、色彩亮度计、分光辐射照度计、分光辐射亮度计（可选其一）	MPE: ± 0.002
5	显色指数	光辐射照度计、分光辐射亮度计（可选其一）	一级*
6	对色灯箱背景色	灰色样卡	GB250

注 1：序号 1、5 中一级引自：JJG245-2005 光照度计检定规程

注 2：序号 2 中一级引自：JJG205-2005 光亮度计检定规程

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

对色灯箱外形结构应完好，并有对应的标准光源类型名称或型号；接通电源，观察对色灯箱的各种光源是否正常运行；计时器能分别记录光源的累计使用时间；对色灯箱的背景色规定为孟塞尔无光泽中性灰 N5~N7，用目测法，采用 GB250 灰色样卡进行评定。

7.2 照度校准

7.2.1 配置样品观察台的对色灯箱，如果观察台的面积 $\leq 1\text{m}^2$ ，将观察台平面距离边线 50mm 均匀分布 9 个测量点，测点分布如图 4 所示。如果观察台面积 $> 1\text{m}^2$ ，应根据面积大小增加测量点。开启对色灯箱电源开关，并开启被校标准光源，使标准光源预热

15min, 关闭环境光源或使对色灯箱处于暗室环境中, 避免杂散光影响。然后把照度计探头放置于各测点, 逐点测量照度值, 记录 9 个点的测量值。若同时配置多种类型标准光源, 应逐个光源进行照度校准。

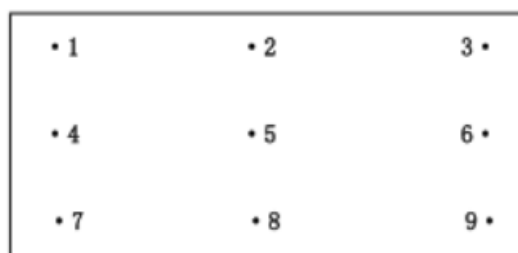


图 4 测点分布示意图

7.2.2 无配置样品观察台的对色灯箱, 将标准光源的对应的照射区域做为观察工作面, 根据观察工作面的大小确定测量点数, 测量点的分布参照图 4。测量方法同 7.2.1。

7.2.3 对色灯箱照度平均值

对 7.2.1 记录的数据, 按式 (1) 计算照度平均值。

$$E_{av} = \frac{1}{9} \sum_{j=1}^9 E_j \quad (1)$$

式中:

E_{av} ——对色灯箱在 9 个测量点实测照度值的平均值, lx;

E_j ——在各个测量点实测照度值, lx。

7.2.4 对色灯箱照度均匀度

对 7.2.1 记录的数据, 按式 (2) 计算对色灯箱照度均匀度

$$\Delta E = \left(1 - \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}\right) \times 100\% \quad (2)$$

式中:

ΔE ——对色灯箱的照度均匀度, %;

E_{\max} ——对色灯箱 9 个测量点中的实测最高照度值, lx;

E_{\min} ——对色灯箱 9 个测量点中的实测最低照度值, lx;

7.3 亮度校准

7.3.1 用于透射式观察比较的对色灯箱, 其光源表面为平整漫射的光照面, 测量点分布参照 7.2.1。开启对色灯箱电源开关, 点亮光源, 使光源预热 15min, 关闭环境光源或使对

色灯箱处于暗室环境中,避免杂散光影响,然后采用亮度计逐点测量光照面各测量点的亮度值,记录 9 个点的测量值。

7.3.2 对色灯箱亮度平均值

对 7.3.1 记录的数据,按式 (3) 计算对色灯箱亮度平均值。

$$L_{av} = \frac{1}{9} \sum_{j=1}^9 L_j \quad (3)$$

式中:

L_{av} ——对色灯箱 9 个测量点实测亮度值的平均值, cd/m^2 ;

L_j ——对色灯箱光照面各个测量点实测亮度值, cd/m^2 。

7.3.3 对色灯箱亮度均匀度

对 7.3.1 记录的数据,按式 (4) 计算对色灯箱亮度均匀度。

$$\Delta L = \left(1 - \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}\right) \times 100\% \quad (4)$$

式中:

ΔL ——对色灯箱的亮度均匀度, %;

L_{\max} ——对色灯箱 9 个测量点中的实测最高亮度值, cd/m^2 ;

L_{\min} ——对色灯箱 9 个测量点中的实测最低亮度值, cd/m^2 ;

7.4 相关色温校准

相关色温的校准方法同照度校准方法基本一样,而且两个参数可以同时进行测量。

7.4.1 配置样品观察台的对色灯箱,开启对色灯箱的电源开关,点亮光源,使光源预热 15min,关闭环境光源或使标准光源处于暗室环境中,避免杂散光影响。然后把色温表或色彩照度计探头放置于样品观察台中心位置,测量相关色温值,重复测量 3 次,取平均值作为对色灯箱相应光源的相关色温值。若标准光源配置多种类型光源,应逐个光源进行相关色温校准。

7.4.2 无配置样品观察台的对色灯箱,将标准光源的对应的照射区域做为观察工作面,按 7.4.1 方法测量相关色温值。

7.4.3 对色灯箱相关色温平均值和相关色温偏差

对 7.4.1 记录的数据,按式 (5) 和 (6) 分别计算相关色温平均值和相关色温偏差。

$$T_{av} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 T_i \quad (5)$$

$$\Delta T = T_{av} - T_{cp} \quad (6)$$

式中:

T_{av} ——对色灯箱在中心位置实测相关色温的平均值, K;

ΔT ——对色灯箱在中心位置实测相关色温的偏差, K;

T_i ——中心位置相关色温测量值, K;

T_{cp} ——对色灯箱所配置的标准光源的标称相关色温值, K。

7.5 色品坐标校准

7.5.1 色品坐标测量设备一般采用色彩照度计或色彩亮度计或分光辐射照度计或分光辐射亮度计, 因此可以在测量照度或亮度时同时进行测量, 在色彩照度计或色彩亮度计等测量设备上读取中心位置的色品坐标测量值, 重复测量三次, 取平均值做为测量结果。若对色灯箱配置多种类型光源, 应逐个光源进行色品坐标校准。

7.5.2 对色灯箱色品坐标平均值和色品坐标偏差

对 7.5.1 记录的数据, 按式 (7) 至 (10) 分别计算色品坐标平均值和色品坐标偏差。

$$x_{av} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_i \quad (7)$$

$$y_{av} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 y_i \quad (8)$$

$$\Delta x = x_{av} - x_{cp} \quad (9)$$

$$\Delta y = y_{av} - y_{cp} \quad (10)$$

式中:

x_{av} 和 y_{av} ——对色灯箱在中心位置实测色品坐标的平均值;

Δx 和 Δy ——对色灯箱在中心位置实测色品坐标的偏差;

x_i 和 y_i ——中心位置色品坐标测量值;

x_{cp} 和 y_{cp} ——对色灯箱所配置的标准光源的标称色品坐标值。

7.6 显色指数校准

7.6.1 显色指数测量设备一般采用分光辐射照度计或分光辐射亮度计,因此可以在测量照度或亮度时同时进行测量,在分光辐射照度计或分光辐射亮度计上读取中心位置的一般显色指数测量值,重复测量三次,取平均值做为测量结果。若对色灯箱配置多种类型光源,应逐个光源进行一般显色指数校准。

7.6.2 对色灯箱一般显色指数平均值

对 7.6.1 记录的数据,按式 (11) 计算对色灯箱一般显色指数平均值。

$$R_{av} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 R_{aj} \quad (11)$$

式中:

R_{av} ——对色灯箱在中心位置实测一般显色指数的平均值;

R_{aj} ——中心位置一般显色指数测量值。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息:

- 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应用有关时,应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 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) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- 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, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 建议对色灯箱复校时间间隔一般不超过 1 年。更换重要部件, 维修或对仪器性能有怀疑时, 应随时校准。

附录 A

标准光源对色灯箱校准原始记录

送 检 单 位																				
样 品	名 称					型号规格														
	制 造 厂					出厂编号														
标 准 器	名称/型号					仪器编号														
	证书编号					技术特征														
技术依据																				
校准地点					温 度		℃		相对湿度		%		外观:							
光源类型	校准项目		<input type="checkbox"/> 照度 (单位: lx) <input type="checkbox"/> 亮度 (单位: cd/m²)		<input type="checkbox"/> 色温 (单位: K) <input type="checkbox"/> 显色指数		<input type="checkbox"/> 色品坐标													
	测量点	测量值	平均值	均匀度(%)	测量值			平均值	参考值											
	1				相关色温															
	2																			
	3																			
	4				显色指数															
	5																			
	6																			
	7				色品坐标	x:	y:	x:	y:	x:	y:									
	8					x:	y:													
	9					x:	y:													
	1				相关色温															
	2																			
	3																			
	4				显色指数															
	5																			
	6																			
	7				色品坐标	x:	y:	x:	y:	x:	y:									
	8					x:	y:													
	9					x:	y:													
背景环境色																				
测 量 点 分 布示意图	<input type="checkbox"/> 底部	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>						1	2	3	4	5	6	7	8	9	记录编号:			
	1							2	3											
4	5	6																		
7	8	9																		
<input type="checkbox"/> 观察台		证书编号:																		
备注																				
校准人		校准日期					核验人				有效期									

附录 B

校准证书内页式样

校准结果

校准项目	校准结果	校准结果扩展不确定度 U
照度平均值 (lx)		
照度均匀度 (%)		
亮度平均值 (cd/m ²)		
亮度均匀度 (%)		
相关色温 (K)		
色品坐标		
显色指数		
对色灯箱背景色:		

附录 C

对色灯箱校准结果不确定度评定 (示例)

C.1 对色灯箱照度测量结果的扩展不确定度评定

照度测量结果的标准不确定度主要来源于测量重复性和测量设备照度计引入的不确定度。

C.1.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

将照度计放置于对色灯箱的 9 个不同位置点测量 D65 光源的照度值 (位置布点图见校准规范), 取 9 个位置的测量值计算平均值作为测量结果, 重复进行 10 次测量, 测量结果数据如表 C.1。

表 C.1 测量重复性试验数据

i	1	2	3	4	5
E(lx)	2049	2014	2030	2001	2011
i	6	7	8	9	10
E(lx)	2028	2034	2008	2019	2010

$$\bar{E} = 2020.4 \text{ lx}$$

平均值的实验标准差为

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2} = \sqrt{\frac{1}{(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (E_i - \bar{E})^2} = 14.5 \text{ lx}$$

校准标准光源时是对 9 个测量点的测量值取平均值, 每个点测量 1 次, 则可得

$$u_1 = s = 14.5 \text{ lx}$$

C.1.2 测量用照度计引入的标准不确定度 u_2

照度计的相对示值误差为 $\pm 4\%$, 照度计使用测量范围为 2000lx 档, 折算成示值最大允许误差为: $\pm 80 \text{ lx}$, 误差区间半宽度 $a = 80 \text{ lx}$, 服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则照度计引入的标准不确定度为

$$u_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = 46.2 \text{ lx}$$

C.1.3 标准不确定度的分量

标准不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度汇总表

u_i	不确定度来源	标准不确定度 u_i (lx)	类别
u_1	测量重复性	14.5	A
u_2	标准器准确度	46.2	B

C.1.4 合成标准不确定度的评定

各标准不确定度分量彼此不相关，则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 48.4 \text{ lx}$$

由于对色灯箱 D65 光源的平均照度值为 2020.4lx，转化成相对标准不确定度

$$u_{rel} = \frac{u_c}{E} \times 100\% = \frac{48.4}{2020.4} \times 100\% = 2.4\%$$

C.1.5 对色灯箱照度测量结果的扩展不确定度为

$$U_{rel} = k u_{rel} = 2.4\% \times 2 = 4.8\%, \quad k=2。$$

C.2 对色灯箱相关色温测量结果的扩展不确定度评定

相关色温测量结果的标准不确定度主要来源于测量重复性和色彩照度计测量相关色温的准确度引入的不确定度。

C.2.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

将色彩照度计放置于对色灯箱的中心位置测量 D65 光源相关色温，重复进行 10 次测量，测量数据如表 C.3。

表 C.3 测量重复性试验数据

i	1	2	3	4	5
T(K)	6576	6557	6534	6487	6545
i	6	7	8	9	10
T(K)	6565	6475	6531	64791	6523

$$\bar{T} = 6528 \text{ K}$$

平均值的实验标准差为

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2} = \sqrt{\frac{1}{(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (T_i - \bar{T})^2} = 35 \text{ K}$$

校准对色灯箱相关色温时是对中心点重复测量 3 次，取平均值作为测量结果，则可得

$$u_1 = s_p = \frac{s}{\sqrt{3}} = 20\text{K}$$

C.2.2 测量用色彩照度计引入的不确定度 u_2

色彩照度计在相关色温 2000K~9500K 内示值最大允许误差为 $\pm 60\text{K}$ ，区间半宽度 $a = 60\text{K}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则色彩照度计引入的不确定度为

$$u_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = 35\text{K}$$

C.2.3 标准不确定度的分量的评定

标准不确定度分量汇总见表 C.4。

表 C.4 标准不确定度汇总表

u_i	不确定度来源	标准不确定度 u_i (K)	类别
u_1	测量重复性	20	A
u_2	标准器准确度	35	B

C.2.4 合成标准不确定度的评定

各标准不确定度分量彼此不相关，则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 40\text{K}$$

C.2.5 对色灯箱相关色温测量结果的扩展不确定度为

$$U = ku_c = 40 \times 2 = 80\text{K}, k=2。$$

C.3 对色灯箱亮度测量结果的扩展不确定度评定

亮度测量结果的标准不确定度主要来源于测量重复性和测量设备亮度计引入的不确定度。

C.3.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

用亮度计测量对色灯箱的 9 个不同位置点的亮度值（位置布点图见校准规范），取 9 个位置的测量值计算平均值作为测量结果，重复进行 10 次测量，测量结果数据如表 C.5。

表 C.5 测量重复性试验数据

i	1	2	3	4	5
L(cd/m ²)	1230	1211	1206	1222	1217
i	6	7	8	9	10

L(cd/m ²)	1245	1215	1209	1240	1233
-----------------------	------	------	------	------	------

$$\bar{L} = 1223 \text{ cd/m}^2$$

平均值的实验标准差为

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2} = \sqrt{\frac{1}{(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (L_i - \bar{L})^2} = 13.6 \text{ cd/m}^2$$

校准标准光源时是对 9 个测量点的测量值取平均值，每个点测量 1 次，则可得

$$u_1 = s = 13.6 \text{ cd/m}^2$$

C.3.2 测量用亮度计引入的标准不确定度 u_2

亮度计的示值最大允许误差为 $\pm 5\%$ ，使用的亮度测量范围为 1500 cd/m^2 以下，折算成示值允许最大误差为： $\pm 75 \text{ cd/m}^2$ ，误差区间半宽度 $a = 75 \text{ cd/m}^2$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则亮度计引入的标准不确定度为

$$u_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = 43.3 \text{ cd/m}^2$$

C.3.3 标准不确定度的分量

标准不确定度分量汇总见表 C.6。

表 C. 6 标准不确定度汇总表

u_i	不确定度来源	标准不确定度 $u_i \text{ (cd/m}^2\text{)}$	类别
u_1	测量重复性	13.6	A
u_2	标准器准确度	43.3	B

C.3.4 合成标准不确定度的评定

各标准不确定度分量彼此不相关，则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 45.4 \text{ cd/m}^2$$

由于测量标准光源亮度的平均值为 1223 cd/m^2 ，转化成相对标准不确定度

$$u_{\text{crel}} = \frac{u_c}{L} \times 100\% = \frac{45.4}{1223} \times 100\% = 3.7\%$$

C.3.5 对色灯箱亮度测量结果的扩展不确定度为

$$U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}} = 3.7\% \times 2 = 7.4\%, \quad k=2。$$

C.4 对色灯箱色品坐标测量结果的扩展不确定度评定

色品坐标测量结果的标准不确定度主要来源于测量重复性和色彩照度计测量色品坐标的准确度引入的不确定度。

C.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

将色彩照度计放置于对色灯箱的中心位置点测量 D65 光源色品坐标，重复测量 10 次，测量数据如表 C.7。

表 C.7 测量重复性试验数据

i	1	2	3	4	5
x	0.3143	0.3146	0.3138	0.3139	0.3140
y	0.3237	0.3230	0.3251	0.3246	0.3249
i	6	7	8	9	10
x	0.3139	0.3144	0.3150	0.3144	0.3145
y	0.3236	0.3242	0.3245	0.3248	0.3252

$$\bar{x} = 0.3143 \quad \bar{y} = 0.3244$$

平均值的实验标准差为

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2} = 0.0003$$

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{1}{(10-1)} \sum_{i=1}^{10} (y_i - \bar{y})^2} = 0.0006$$

校准对色灯箱色品坐标时是对中心点重复测量 3 次，取平均值作为测量结果，则可得

$$u_{x1} = s_p = \frac{s_x}{\sqrt{3}} = 0.0001 \quad u_{y1} = s_p = \frac{s_y}{\sqrt{3}} = 0.0002$$

C.4.2 测量用色彩照度计引入的不确定度 u_2

色彩照度计测量色品坐标示值的最大允许误差为 ± 0.002 ，区间半宽度 $a = 0.002$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则色彩照度计引入的不确定度为

$$u_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.0012$$

C.4.3 标准不确定度的分量的评定

标准不确定度分量汇总见表 C.8。

表 C. 8 标准不确定度汇总表

u_i	不确定度来源	标准不确定度 u_i		类别
u_1	测量重复性	x	0.0001	A
		y	0.0002	
u_2	标准器准确度	0.0012		B

C.4.4 合成标准不确定度的评定

各标准不确定度分量彼此不相关，则合成标准不确定度为

$$u_{xc} = \sqrt{u_{x1}^2 + u_2^2} = 0.0012$$

$$u_{yc} = \sqrt{u_{y1}^2 + u_2^2} = 0.0012$$

C.4.5 标准光源色品坐标测量结果的扩展不确定度为

$$U_x = ku_{xc} = 0.0012 \times 2 = 0.0024, \text{ k}=2;$$

$$U_y = ku_{yc} = 0.0012 \times 2 = 0.0024, \text{ k}=2。$$