



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 211—2005

亮 度 计

Luminance Meter

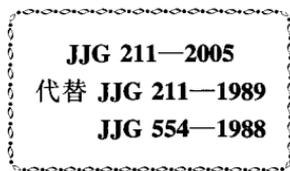
2005 - 03 - 03 发布

2005 - 09 - 03 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

亮度计检定规程

Verification Regulation of
Luminance Meter



本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2005 年 3 月 3 日批准，并自 2005 年 9 月 3 日起施行。

归口单位： 全国光学计量技术委员会
起草单位： 湖北省计量测试技术研究院
中国测试技术研究院
重庆市产品质量监督检验所

本规程委托全国光学计量技术委员会负责解释

本规程起草人：

黄廷茂 （湖北省计量测试技术研究院）

李晓滨 （中国测试技术研究院）

陈昌鸿 （重庆市产品质量监督检验所）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 标准色	(1)
3.2 色校准系数	(1)
3.3 色校准值	(1)
3.4 自校准常数	(1)
4 概述	(1)
4.1 成像式亮度计工作原理	(2)
4.2 遮光筒式亮度计工作原理	(2)
4.3 亮度计测色原理	(3)
5 计量性能要求	(4)
6 通用技术要求	(4)
6.1 外观	(4)
6.2 色匹配	(5)
7 计量器具控制	(5)
7.1 检定条件	(5)
7.2 检定项目	(6)
7.3 检定方法	(6)
7.4 检定结果处理	(11)
7.5 检定周期	(11)
附录 A 检定记录格式示例	(12)
附录 B CIE1931 标准色度观察者色匹配函数	(13)
附录 C 透射式标准色板的特性	(14)
附录 D 测量结果不确定度分析实例	(15)
附录 E 亮度计检定证书和检定结果通知书格式	(18)

亮度计检定规程

1 范围

本规程适用于亮度计（含彩色亮度计）的首次检定、后续检定和使用中检验。亮度计的定型鉴定、样机试验中有关计量性能的要求可参照本规程执行。

2 引用文献

GB/T 5698—2001《颜色术语》

GB/T 3977—1997《颜色的表示方法》

GB/T 3978—1994《标准照明体及照明观测条件》

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

3.1 标准色

是指已知色度（三刺激值和色品坐标，以下同）标准值的实际标准色光。并有下列类型。

3.1.1 用色温为 2 856 K（分布温度，以下同）的标准光源照明标准白板表面反射后的色光。

3.1.2 用相关色温为 6 500 K 的标准光源照明标准白板表面反射后的色光。

3.1.3 用色温为 2 856 K 的标准光源照明反射式标准色板反射后的色光。

3.1.4 用色温为 2 856 K 的标准光源与透射式色板组合后的色光。

3.2 色校准系数

针对彩色亮度计，由测量标准色光获得的色度值 R_0 、 G_0 、 B_0 和标准色光的坐标 x_0 、 y_0 、 z_0 计算得到的系数，称为色校准系数，用 k_x 、 k_z 表示。对于 $\bar{x}(\lambda)$ 分两段模拟的仪器， k_x 可分为 k_{x1} 和 k_{x2} 两个量。

3.3 色校准值

针对彩色亮度计，对标准色光进行测量时，仪器显示的色度值，用 x_c 、 y_c 表示。

3.4 自校准常数

部分亮度计是以它的自校准功能来保证量值的准确，就是将上级标准亮度值通过仪器本身的响应值过渡到仪器内部自校光源相应的工作参数上，作为自校准常数，它与仪器亮度测量的允许误差的关系用实验方法来确定。

4 概述

亮度计是一种测光和测色的计量仪器。从测光原理可分为成像式亮度计和遮光筒式亮度计；从测量功能可分为亮度计和彩色亮度计。其工作原理都是由视觉（或色觉）匹配的探测器、光学系统以及与亮度（或三刺激值）成比例的信号输出处理系统所组成。

它们的差别主要在于光学系统的显著不同。

4.1 成像式亮度计工作原理

成像式亮度计工作原理如图 1 所示。

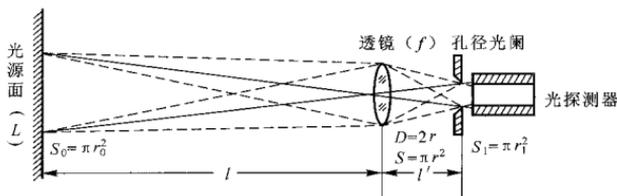


图 1 成像式亮度计结构原理

根据图 1，利用光度学和几何光学的原理可以推出：

$$E = \frac{\pi\tau}{4f_m^2} \left(1 - \frac{f}{l}\right)^2 L \quad (1)$$

式中： E ——成像面上的照度；

L ——发光面上的亮度；

τ ——光学系统的透射比（透过率）；

f ——透镜焦距；

l ——透镜与发光面的距离（称为测量距离）；

f_m ——系统相对孔径数， $f_m = f/D$ ，其中 D 为孔径直径。

当系统的设计能使 $\frac{f}{l}$ 小到可忽略不计时（在某误差范围内），则 $\left(1 - \frac{f}{l}\right)^2$ 近似等于 1，公式 (1) 可以化为：

$$E = kL \quad (2)$$

式中：

$$k = \frac{\pi\tau}{4f_m^2}$$

公式 (2) 为设计成像式亮度计的基本公式。

4.2 遮光筒式亮度计工作原理

根据图 2 可知，亮度为 L 的发光面 S 在探测面包含 P 点的元面上形成的法向照度为：

$$E = L \frac{S}{l^2} = \omega L \quad (3)$$

式中： ω 是以 P 为顶点， S 面为底所张的立体角。 P 点是遮光筒后开口的中心点。当遮光筒及前后开口的尺寸设定之后，该立体角 ω 便已确定，从而探测面上的照度与发光面的亮度成比例。

于是公式 (3) 化为：

$$E = k_\omega L \quad (4)$$

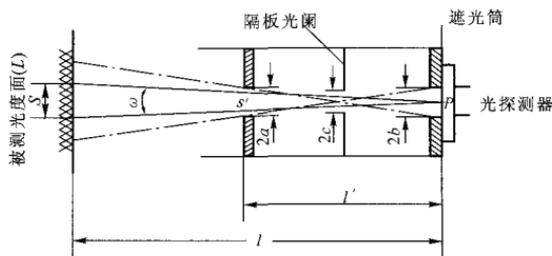


图2 遮光筒式亮度计工作原理

式中： k_w ——比例系数。

公式（4）是遮光筒式亮度计的基本公式。

4.3 亮度计测色原理

亮度计的测色功能部分，其探测器的相对光谱响应度应分别与图3所示的 CIE1931 标准色度观察者色匹配函数相接近，便构成光电积分式测色仪器。其测色原理如下。

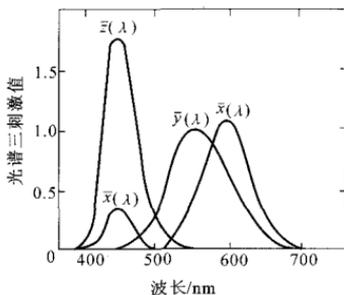


图3 色匹配函数

4.3.1 具有 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 三个探测器者，其三刺激值用下式表示：

$$\left. \begin{aligned} X &= k_x R \\ Y &= G \\ Z &= k_z B \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中： k_x 、 k_z ——色校准系数；

R 、 G 、 B ——仪器各探测器的输出值（即读数值，以下同）。

色品坐标按下式计算：

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

4.3.2 具有 $\bar{x}_r(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 三个探测器者, 其三刺激值用下式表示:

$$\left. \begin{aligned} X &= k_{xr}R_r + k_{xb}B \\ Y &= G \\ Z &= k_zB \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式中: k_{xr} , k_{xb} , k_z ——色校准系数;

R_r , G , B ——仪器各探测器的输出值。

4.3.3 具有 $\bar{x}_r(\lambda)$, $\bar{x}_b(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 四个探测器者, 其三刺激值用下式表示:

$$\left. \begin{aligned} X &= k_{xr}R_r + k_{xb}R_b \\ Y &= G \\ Z &= k_zB \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

式中: k_{xr} , k_{xb} , k_z ——色校准系数;

R_r , R_b , G , B ——仪器各探测器的输出值。

5 计量性能要求

亮度计分成标准、一级、二级三个级别, 各级亮度计的计量性能应满足表1的要求。

表1 计量性能要求

项目 级别	示值误差 (Δx , Δy)	线性 误差	换挡 误差	疲劳 特性	稳定度	测量距 离特性	色校准 系数 变化量	视觉匹配 误差 $u(y)$
标准	$\pm 2.5\%$ (0.01)	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.5\%$	± 0.01	3.5%
一级	$\pm 5\%$ (0.02)	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 1.0\%$	± 0.02	5.5%
二级	$\pm 10\%$ (0.04)	$\pm 2.0\%$	$\pm 2.0\%$	$\pm 2.0\%$	$\pm 2.5\%$	$\pm 2.0\%$	± 0.04	8.0%

6 通用技术要求

6.1 外观

6.1.1 仪器应有如下标记：仪器名称、型号、编号、制造厂、生产日期，计量器具生产许可证  标志。

6.1.2 仪器不应有影响仪器正常使用的缺陷。

6.1.3 仪器的光、机、电等零部件应接触良好，牢固可靠，显示数字清晰完整。

6.2 色匹配

仪器的探测器必须具备视觉修正器或者色觉修正器，修正器被修正后的相对光谱响应度 $S_x(\lambda)$, $S_y(\lambda)$, $S_z(\lambda)$ 分别与 CIE1931 标准色度观察者的色匹配函数 $\bar{x}(\lambda)$ [或 $\bar{x}_1(\lambda)$], $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 相接近。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定，后续检定以及使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 检定设备

7.1.1.1 光度测量装置（测光设备）一套，其中光轨长 3 m 以上并附有测距标尺，滑车，带孔挡屏及校准测光平面和光轴的装置等。

7.1.1.2 发光强度标准灯（以下简称为标准灯），色温为 2 856 K 的一级、二级各三只。检定中对于标准、一级、二级亮度计分别使用相应级别标准灯中的一只。

7.1.1.3 标准白板，用 GBSA67-002 陶瓷白板或 GBSA67-001 氧化镁、硫酸钡或纯洁海伦粉体压制的平面白板，其亮度分布接近于完全漫反射体的标准白板。

7.1.1.4 反射式标准色板一套。

7.1.1.5 透射式标准色板，用乳白玻璃加工成的平行平面白板，用有色玻璃加工成厚 2 mm，直径或最小边长不小于 60 mm 的红、橙、绿、蓝、紫滤光片一套。

7.1.1.6 升色温色板，能将 2 856 K 标准光源色温升至 $(6\ 500 \pm 100)$ K 的 SSB 型平行平面升色温滤光片一块，其直径或最小边长不小于 60 mm。

标准灯与标准色板（包括白板和升色温色板）组成的各种实际色光，根据检定中对应各用户特定需要，可选择其中之一或几种。但作为仪器定级依据只限于 3.1.1 所述的标准色。所有用于检定的发光强度标准灯与标准色板，均应经国家法定计量机构检定合格。

7.1.1.7 供电及电测设备

供电设备应满足如下条件：120 V，15 A 直流稳压电源，电压连续可调，10 min 内输出电压变化应不大于 0.02%。

电测仪表包括数字电压表，标准电阻（也可以用与数字电压表同级别的直流电位差计和与其配套的标准电池、检流计）组成。控制各级标准灯所用电测仪表准确度等级不低于表 2 规定，并定期送检，以保证测量数据的准确。

7.1.2 环境

7.1.2.1 温度

检定温度 (23 ± 5) °C。

7.1.2.2 湿度

表 2 电测仪表

级别	数字电压表	标准电阻	电位差计
标准	0.01	0.01	0.01
一级	0.02	0.02	0.02
二级	0.05	0.05	0.02

检定湿度 < 85% RH。

7.1.2.3 将检定设备和被检仪器置于不影响检定，无直接光照射的实验室进行检定。

7.2 检定项目

表 3 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观	+	+	+
示值误差	+	+	+
线性误差	+	-	-
换挡误差	+	-	-
疲劳特性	+	-	-
稳定度	+	-	-
测量距离特性	+	-	-
色校准系数	+	+	+
视觉匹配误差	仅适用于定型鉴定、样机试验		

注：“+”表示需检项目，“-”表示不需检项目。

7.3 检定方法

7.3.1 外观检查

用目视观察与手动相结合，按 6.1.1~6.1.3 规定的各项内容进行检查。

7.3.2 检定装置的调试

7.3.2.1 在光度测量装置的光轨上，将标准灯安装在滑车所附的灯架上，并调节灯丝平面与光轨测光轴线相垂直。

7.3.2.2 将标准白板或反射式标准色板安装在滑车所附的转动平台上，并调节其测试面与标准灯灯丝平面相互平行或成 45°角，并且使标准白板或色板表面中心、灯丝平面中心的连线与光轨测光轴线相吻合。

7.3.2.3 将升色温板或透射式标准色板安装在滑车所附的夹持框上，并调节其平面与标准灯的灯丝平面平行，并且要使两者的中心点之连线与光轨测光轴相吻合。

注：标准灯、白板、色板适当组合，可提供相应需要的标准色。升色温板或透射式标准色板安装在被检仪器镜头上所附的承片夹上，进行检定工作同样有效。

7.3.3 被检仪器的安装调试

7.3.3.1 成像式亮度计

将被检仪器安装在配套用的滑车转动台上，并使仪器的测光轴线与光轨的测光轴线处于同一水平面内，使两测光轴线成 45° 角。如图 4 所示。并通过仪器的目镜瞄准标准白板或反射式标准色板的中央，应一边观察一边调节目镜和物镜，使仪器内的孔径光阑清晰可见，且被测目标的表面成像清晰。

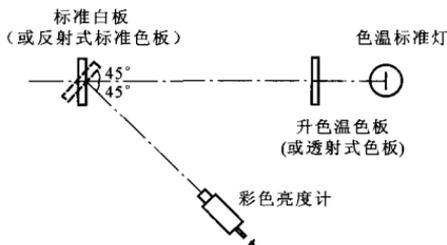


图 4 检定光路示意图

7.3.3.2 遮光筒式亮度计

将仪器的测光头紧贴白板安装，使探测器平面与白板平面平行，并且使两平面中心点之连线与光轨的测光轴线相吻合，如图 5 所示。

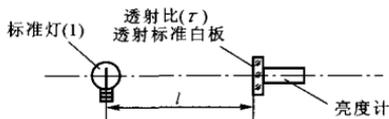


图 5 检定光路示意图

7.3.3.3 按照仪器说明书将被检仪器开机预热，然后再将标准灯电流缓慢升到工作电流下预热。

7.3.3.4 打开电路输出开关，观察仪器输出值的大小，同时移动标准灯使其符合说明书指明的仪器输出值的范围要求，预照 10 min。

7.3.4 示值误差

仪器经预照后，并前后移动标准灯，使其标准亮度值在满量程的 $2/3$ 左右，并读取亮度值，应重复三次。其标准亮度值 L 由下式给出：

$$L = \frac{\rho}{\pi} \times \frac{I}{l^2} \text{ 或 } L = \frac{\tau}{\pi} \times \frac{I}{l^2} \quad (9)$$

式中： ρ ——标准白板的反射比；

τ ——标准白板的透射比；

l ——标准灯的发光强度值；

l ——标准白板的测光面与标准灯的灯丝平面的法向距离。

亮度计的示值误差表示为仪器的读数与相应标准亮度值间差值的相对误差，应符合表 1 中的要求。

其公式如下：

$$\Delta L = \frac{L_{\text{示}} - L_{\text{标}}}{L_{\text{标}}} \times 100\% \quad (10)$$

式中： $L_{\text{示}}$ ——仪器的读数；

$L_{\text{标}}$ ——标准亮度值。

7.3.5 线性误差

保持检定条件不变，用标准亮度值在仪器响应接近满度示值和三分之一满度示值的情况下，其非线性误差按下式计算：

$$u_1 = \left[\left(\frac{m_{\frac{1}{3}}}{m_1} \times \frac{L_1}{L_{\frac{1}{3}}} \right) - 1 \right] \times 100\% \quad (11)$$

式中： m_1 ， $m_{\frac{1}{3}}$ ——分别是仪器响应接近满度示值和三分之一满度示值；

L_1 ， $L_{\frac{1}{3}}$ ——分别为接近满度示值时的标准亮度值和三分之一满度示值时的标准亮度值。

应重复二次，其结果应符合计量性能中表 1 的要求。

7.3.6 换挡误差

保持检定条件不变，用仪器不同档次或不同的视场对标准亮度值进行测量，其换挡误差按下列计算：

$$u_2 = \left[\frac{L(B)}{L(A)} - 1 \right] \times 100\% \quad (12)$$

式中： $L(A)$ ——某 A 挡下的仪器输出亮度值；

$L(B)$ ——相邻 B 挡下的仪器输出亮度值。

应重复二次，其结果应符合计量性能中表 1 的要求。

7.3.7 疲劳特性

保持检定条件不变，选择仪器灵敏度最高的一挡，用标准亮度值评价亮度计在 5 min 内的输出值随时间的变化关系，其疲劳度误差按下式计算：

$$u_4 = \left[\frac{L(t)}{L(t_0)} - 1 \right] \times 100\% \quad (13)$$

式中： $L(t_0)$ ——在起始时刻的仪器输出亮度值；

$L(t)$ ——5 min 后仪器的输出亮度值。

应重复二次，其结果应符合计量性能中表 1 的要求。

7.3.8 稳定性

保持检定条件不变，规定 1 h 内（每隔 10 min）测量 6 次，用标准亮度值评价 1 h 内亮度计的输出亮度值随时间的变化关系，其稳定度按下式计算：

$$u_5 = \left[\frac{\bar{L}(t)}{L(t_0)} - 1 \right] \times 100\% \quad (14)$$

式中： $L(t_0)$ ——起始时刻（即疲劳特性试验结束时刻）仪器的输出亮度值；

$\bar{L}(t)$ ——6次测量值的平均值。

应重复二次，其结果应符合计量性能中表1的要求。

7.3.9 测量距离特性

保持检定条件不变，在仪器对标准亮度值进行测量时，将测量距离由基本工作距离变到无穷远，由于变化测量距离所引起的测量误差按下式计算：

$$u_3 = \left(\frac{L_0}{L_i} - 1 \right) \times 100\% \quad (15)$$

式中： L_0 ——仪器在基本工作距离下的输出亮度值；

L_i ——仪器在大于基本工作距离 1.5 倍以上距离下的输出亮度值。

应重复二次，其结果应符合计量性能中表1的要求。

7.3.10 视觉匹配误差

仪器探测器的相对光谱响应度 $S_x(\lambda)$, $S_y(\lambda)$, $S_z(\lambda)$ 对 CIE1931 标准色度观察者的色匹配函数 $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 的偏离引起视觉匹配误差，其计算公式如下：

$$\left. \begin{aligned} u(x) &= \frac{\sum_{380}^{780} |S_x(\lambda)_{\text{相对}} - \bar{x}(\lambda)| \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda} \times 100\% \\ u(y) &= \frac{\sum_{380}^{780} |S_y(\lambda)_{\text{相对}} - \bar{y}(\lambda)| \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda} \times 100\% \\ u(z) &= \frac{\sum_{380}^{780} |S_z(\lambda)_{\text{相对}} - \bar{z}(\lambda)| \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda} \times 100\% \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

式中：

$$\begin{aligned} S_x(\lambda)_{\text{相对}} &= \frac{\sum_{380}^{780} S(\lambda)_A \bar{x}(x) \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} S(\lambda)_A S_x(x)_{\text{测量}} \Delta\lambda} \cdot S_x(\lambda)_{\text{测量}} \\ S_y(\lambda)_{\text{相对}} &= \frac{\sum_{380}^{780} S(\lambda)_A \bar{y}(x) \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} S(\lambda)_A S_y(x)_{\text{测量}} \Delta\lambda} \cdot S_y(\lambda)_{\text{测量}} \\ S_z(\lambda)_{\text{相对}} &= \frac{\sum_{380}^{780} S(\lambda)_A \bar{z}(x) \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} S(\lambda)_A S_z(x)_{\text{测量}} \Delta\lambda} \cdot S_z(\lambda)_{\text{测量}} \end{aligned}$$

其中： $S(\lambda)_A$ ——3.1 中所述 2 856 K 标准光源色的相对光谱辐射功率分布；

$S_x(\lambda)_{\text{相对}}, S_y(\lambda)_{\text{相对}}, S_z(\lambda)_{\text{相对}}$ ——归一化的相对光谱响应度；

$S_x(\lambda)_{\text{测量}}, S_y(\lambda)_{\text{测量}}, S_z(\lambda)_{\text{测量}}$ ——实验测得的以任意参考点归一的相对光谱响应度。

$\Delta\lambda$ 取 10nm, $S_x(\lambda), S_y(\lambda)$ 在 380 nm ~ 780 nm 以外波段的响应度应为零。 $S_z(\lambda)$ 在 380 nm ~ 500 nm 以外波段的响应度应为零。

7.3.11 色校准系数（或色校准值）

7.3.11.1 对具有 $\bar{x}(x), \bar{y}(x), \bar{z}(x)$ 三个探测器者，将旋钮顺次转换到“G, R, B”三色测量挡，得到相应输出值 G_0, R_0, B_0 ，再利用标准色的色坐标值 x_0, y_0, z_0 ，按下式计算出被检仪器的色校准系数 k_x, k_y, k_z ，其变化量应符合表 1 中的要求。

$$\left. \begin{aligned} k_x &= \frac{x_0}{y_0} \times \frac{G_0}{R_0} \\ k_z &= \frac{z_0}{y_0} \times \frac{G_0}{B_0} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

7.3.11.2 对于具有 $\bar{x}_r(x), \bar{y}(x), \bar{z}(x)$ 三个探测器者：将旋钮顺次转换到“G, R_r , B”三色测量挡，得到相应的输出值 G_0, R_{r0}, B_0 ，再利用标准色的色坐标 x_0, y_0, z_0 ，按下式计算出被检仪器的色校准系数 k_{xr}, k_{yb}, k_z ，其变化量应符合表 1 中的要求。

$$\begin{aligned} k_{xr} &= \frac{x_0 - 0.151z_0}{y_0} \times \frac{G_0}{R_{r0}} \\ k_{yb} &= \frac{0.151z_0}{y_0} \times \frac{G_0}{B_0} \\ k_z &= \frac{z_0}{y_0} \times \frac{G_0}{B_0} \end{aligned} \quad (18)$$

7.3.11.3 对具有 $\bar{x}_r(\lambda), \bar{x}_b(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ 四个探测器者：

a) 当标准色的三刺激值 X_0 能分划成 X_{r0} 和 X_{b0} 时，将旋钮顺次转换到“G, R_r , B, R_b ”各色测量挡，得到相应输出值 G_0, R_{r0}, B_0, R_{b0} ，再利用标准色的色坐标值 x_0, y_0, z_0 以及三刺激值 X_{r0}, X_{b0} ，按下式计算出被检仪器的色校准系数及系数 f ，其变化量应符合表 1 中的要求。

$$\begin{aligned} k_x &= \frac{x_0}{y_0} \times \frac{G_0}{R_0} \\ k_z &= \frac{z_0}{y_0} \times \frac{G_0}{B_0} \end{aligned} \quad (19)$$

式中：

$$\begin{aligned} R_0 &= R_{r0} + fR_{b0} \\ f &= \frac{X_{b0}}{X_{r0}} \times \frac{R_{r0}}{R_{b0}} \end{aligned}$$

b) 当标准色的三刺激值 X_0 不能分划成 X_{r0} 和 X_{b0} 时，将旋钮顺次转换到“G, R_r ,

B, R_b'' 各色测量挡, 先后测量两组标准色, 得到第一组标准色的输出值 $G'_0, R'_{r0}, B'_0, R'_{b0}$ 以及第二组标准色的输出值 $G''_0, R''_{r0}, B''_0, R''_{b0}$, 再利用第一组标准色的色坐标 x'_0, y'_0, z'_0 及第二组标准色的色坐标 x''_0, y''_0, z''_0 , 按下式计算出被检仪器的色校准系数 k_{xr}, k_{xb}, k_z , 其变化量应符合表 1 中的要求。

$$\left. \begin{aligned} k_{xr} &= \frac{c_1 x'_0 R'_{b0} - c_2 x''_0 R'_{b0}}{R'_{r0} R'_{b0} - R''_{r0} R'_{b0}} \\ k_{xb} &= \frac{c_2 x''_0 R'_{b0} - c_1 x'_0 R'_{b0}}{R'_{r0} R'_{b0} - R''_{r0} R'_{b0}} \\ k_z &= \frac{z'_0}{y'_0} \times \frac{G'_0}{B'_0} \text{ 或 } k_z = \frac{z''_0}{y''_0} \times \frac{G''_0}{B''_0} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

式中:

$$c_1 = \frac{G'_0}{y'_0}$$

$$c_2 = \frac{G''_0}{y''_0}$$

7.3.11.4 色校准值的检定, 将仪器对准标准色就应显示出标准色的色度值, 即色标准值 x_1, y_1 , 再利用标准色的色坐标 x_0, y_0 计算出所求的示值误差 $\Delta x, \Delta y$, 应符合表 1 中的要求。

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x_1 - x_0 \\ \Delta y &= y_1 - y_0 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

色校准系数和色校准值的检定, 均应重复三次。并分别取各项检定结果的平均值为该项检定的最终结果。色校准系数和色校准值的有效数字均取小数点后三位。

7.4 检定结果处理

7.4.1 根据 7.2 检定项目的规定逐条进行检定, 把所得各项数据参照附录 A 中的表格记录下来, 计算出最终结果。根据表 1 的要求定级, 发给相应等级的检定证书 (参照附录 E)。不合格的发给检定结果通知书, 并注明不合格项。

7.4.2 根据用户要求, 可给出亮度计示值误差的检定结果测量不确定度, 检定结果的测量不确定度分析实例见附录 D。

7.5 检定周期

亮度计的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

检定记录格式示例

检定原始记录

记录编号： 证书编号： 第 号 共 页 第 页

送检单位				检测/校准日期：	
仪器名称		型号规格	出厂编号	仪器等级	仪器制造厂
标准器名称		标准器等级		标准板	标准器规格型号编号
标准器证书号：				标准器证书有效期至 年 月 日	
依据的技术文件：				环境条件：温度 ℃ 湿度： %	
结论（备注）：				检定员： 核验员：	

附录 B

CIE 1931 标准色度观察者色匹配函数

波长/nm	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	波长/nm	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
380	0.001 4	0.000 0	0.006 5	580	0.916 3	0.870 0	0.001 7
385	0.002 2	0.000 1	0.010 5	585	0.978 6	0.816 3	0.001 4
390	0.004 2	0.000 1	0.020 1	590	0.757 0	0.757 0	0.001 1
395	0.007 6	0.000 2	0.036 2	595	0.694 9	0.694 9	0.001 0
400	0.014 3	0.000 4	0.067 9	600	1.062 2	0.631 0	0.000 8
405	0.023 2	0.000 6	0.110 2	605	1.045 6	0.566 8	0.000 6
410	0.043 5	0.001 2	0.207 4	610	1.002 6	0.503 0	0.000 3
415	0.077 6	0.002 2	0.371 3	615	0.938 4	0.441 2	0.000 2
420	0.134 4	0.004 0	0.645 6	620	0.854 4	0.381 0	0.000 2
425	0.214 8	0.007 3	1.039 1	625	0.751 4	0.321 0	0.000 1
430	0.283 9	0.011 6	1.385 6	630	0.642 4	0.265 0	0.000 0
435	0.328 5	0.016 8	1.623 0	634	0.541 9	0.217 0	0.000 0
440	0.348 3	0.023 0	1.747 1	640	0.447 9	0.175 0	0.000 0
445	0.348 1	0.029 8	1.782 6	645	0.360 8	0.138 2	0.000 0
450	0.336 2	0.038 0	1.772 1	650	0.283 5	0.107 0	0.000 0
455	0.318 7	0.048 0	1.744 1	655	0.218 7	0.081 6	0.000 0
460	0.290 8	0.060 0	1.669 2	660	0.164 9	0.061 0	0.000 0
465	0.251 1	0.073 9	1.528 1	665	0.121 2	0.044 6	0.000 0
470	0.195 4	0.091 0	1.287 6	670	0.087 4	0.032 0	0.000 0
475	0.142 1	0.112 6	1.041 9	675	0.063 6	0.023 2	0.000 0
480	0.095 6	0.139 0	0.813 0	680	0.046 8	0.017 0	0.000 0
485	0.058 0	0.169 3	0.616 2	685	0.032 9	0.011 9	0.000 0
490	0.032 0	0.208 0	0.465 2	690	0.022 4	0.008 2	0.000 0
495	0.014 7	0.258 6	0.353 3	695	0.015 8	0.005 7	0.000 0
500	0.004 9	0.323 0	0.272 0	700	0.011 4	0.004 1	0.000 0
505	0.002 4	0.407 3	0.212 3	705	0.008 1	0.002 9	0.000 0
510	0.009 3	0.503 0	0.158 2	710	0.005 8	0.002 1	0.000 0
515	0.029 1	0.608 2	0.111 7	715	0.004 1	0.001 5	0.000 0
520	0.063 3	0.710 0	0.078 2	720	0.002 9	0.001 0	0.000 0
525	0.109 6	0.793 2	0.057 3	725	0.002 0	0.000 7	0.000 0
530	0.165 5	0.862 0	0.042 2	730	0.001 4	0.000 5	0.000 0
535	0.225 7	0.914 9	0.029 8	735	0.001 0	0.000 4	0.000 0
540	0.290 4	0.954 0	0.020 3	740	0.000 7	0.000 2	0.000 0
545	0.359 7	0.980 3	0.013 4	745	0.000 5	0.000 2	0.000 0
550	0.433 4	0.995 0	0.008 7	750	0.000 3	0.000 1	0.000 0
555	0.512 1	1.000 0	0.005 7	755	0.000 2	0.000 1	0.000 0
560	0.594 5	0.995 0	0.003 9	760	0.000 2	0.000 1	0.000 0
565	0.678 4	0.978 6	0.002 7	765	0.000 1	0.000 0	0.000 0
570	0.762 1	0.952 0	0.002 1	770	0.000 1	0.000 0	0.000 0
575	0.842 5	0.915 4	0.001 8	775	0.000 1	0.000 0	0.000 0
580	0.916 3	0.870 0	0.001 7	780	0.000 0	0.000 0	0.000 0

附录 C

透射式标准色板的特性

在本规程中提出的透射式标准色板，其规定特性如下：

- 1 红色 HB650
界限波长 $\lambda_y = (650 \pm 10)$ nm，斜率 $K > 1.0$ ；
峰值波长 $\lambda_0 = 720$ nm，其透射比 $T\% = 87.5\%$ 。
- 2 橙色 CB565
界限波长 $\lambda_y = (565 \pm 10)$ nm，斜率 $K > 1.2$ ；
峰值波长 $\lambda_0 = 650$ nm，其透射比 $T\% \geq 88.8\%$ 。
- 3 黄色 JB510
界限波长 $\lambda_y = (510 \pm 10)$ nm，斜率 $K > 1.2$ ；
峰值波长 $\lambda_0 = 600$ nm，其透射比 $T\% \geq 89.5\%$ 。
- 4 绿色 LB₆：光谱透射比分布 $T\%$ 为：
400 nm 处：40.0% ~ 50.0%；
560 nm 处：大于等于 79.0%；
660 nm 处：25.0% ~ 32.0%。
- 5 蓝色 QB₃：光谱透射比分布 $T\%$ 为：
450 nm 处：大于或等于 40.0%；
540 nm 处：小于 1.0%；
680 nm 处：小于 3.0%。
- 6 紫色 ZB₁：光谱透射比分布 $T\%$ 为：
400 nm 处：大于 70.0%；
480 nm 处：小于 6.0%；
700 nm 处：小于 4.0%。

上述材料磨成 2 mm 的玻璃。

附录 D

测量结果不确定度分析实例

D.1 测量不确定度分量的估计

D.1.1 检定光亮度计装置的不确定度分量 (A类)

D.1.1.1 光亮度标准的总不确定度 (包括发光强度标准灯和标准白板)。

D.1.1.2 检定装置 (包括电测仪表、稳流 (压) 电源和测光导轨等)。

D.1.2 与被检定亮度计计量性能有关的分量 (B类)

D.1.2.1 线性误差。

D.1.2.2 换挡误差。

D.1.2.3 疲劳特性和稳定度。

D.1.2.4 测量距离特性。

D.2 各测量不确定度分量的分析与计算

下述测量不确定度分量的分析与计算中检定方法为光轨标定法, 不确定度表示方式均为相对形式。

D.2.1 A类不确定度评定 $u_{A1}(L)$

D.2.1.1 光亮度标准的总不确定度

一级光亮度标准总不确定度为 1.6% ($k=3$) 即: $\sqrt{1.2^2 + 1.0^2} = 1.562$ (其中分布温度为 2856 K 的一级发光强度标准灯的总不确定度为 1.2%, 一级标准漫反射白板总不确定度为 1.0)。

二级光亮度标准总不确定度为 2.4% ($k=3$) 即: $\sqrt{1.8^2 + 1.5^2} = 2.343$ (其中分布温度为 2856 K 的二级发光强度标准灯的总不确定度为 1.8%, 二级标准漫反射白板总不确定度为 1.5)。

D.2.1.2 检定装置

检定装置对测量结果不确定度的影响, 用重复性实验计算。

在重复性条件或复现性条件下得出 n 个观测结果 x_k , 随机变量 x 的期望值 u_x 的最佳估计是 n 次独立观测结果的算术平均值 \bar{x} (\bar{x} 又称为样本平均值)。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \quad (D.1)$$

观测值的实验方差为:

$$s^2(x_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2 \quad (D.2)$$

通常以独立观测列的算术平均值作为测量结果, 测量结果的标准不确定度为

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{n}} = u(\bar{x}) \quad (D.3)$$

观测次数 n 应充分多, 实验中 n 可取 10, 一般应不少于 5 次。

在同一装置上, 用同一台一级亮度计, 分别采用一、二级光亮亮度标准, 在 100 cd/m² 点进行重复性实验, 实验结果如下:

采用一级光亮度标准： $u_{A2} = 0.25$ ；

采用二级光亮度标准： $u_{A2} = 0.33$ 。

D.2.1.3 合成 A 类不确定度 $u_{cA}(L)$

$$u_{cA}(L) = \sqrt{u_{A1}^2 + u_{A2}^2} \quad (D.4)$$

采用一级光亮度标准： $u_{cA}(L) = 0.59$ ；

采用二级光亮度标准： $u_{cA}(L) = 0.87$ 。

D.2.2 B 类不确定度评定 $u_{cB}(L)$

D.2.2.1 与被检亮度计计量性能有关的的分量的分布均视为均匀分布，计量性能参数按本规程表 1 中的规定取其极限进行计算，对测量结果不确定度的影响见表 D.1。

表 D.1 计量性能与测量结果不确定度对应表

亮度计 级别	线性误差		换挡误差		疲劳特性		稳定度		合成	测量距离特性	
	%	u_{B1}	%	u_{B2}	%	u_{B3}	%	u_{B3}		u_{B3}	%
标准	± 0.5	0.29	± 0.5	0.29	± 0.5	0.29	± 1.0	0.58	0.65	± 0.5	0.29
一级	± 1.0	0.58	± 1.0	0.58	± 1.0	0.58	± 1.5	0.87	1.05	± 1.0	0.58
二级	± 2.0	1.15	± 2.0	1.15	± 2.0	1.15	± 2.5	1.44	1.84	± 2.0	1.15

D.2.2.2 合成 B 类不确定度 $u_{cB}(L)$ 为：

$$u_{cB}(L) = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_{B4}^2} \quad (D.5)$$

一级亮度计 $u_{cB}(L)$ 为 1.45；

二级亮度计 $u_{cB}(L)$ 为 2.71。

D.3 合成标准不确定度的评定

合成标准不确定度 $u_c(L)$ 为：

$$u_c = \sqrt{u_{cA}^2(L) + u_{cB}^2(L)}$$

采用一级光亮度标准的校准装置检定一级亮度计的 $u_c(L)$ 为：1.57；

采用一级光亮度标准的校准装置检定二级亮度计的 $u_c(L)$ 为：2.77；

采用二级光亮度标准的校准装置检定一级亮度计的 $u_c(L)$ 为：1.69；

采用二级光亮度标准的校准装置检定二级亮度计的 $u_c(L)$ 为：2.85。

D.4 扩展不确定度的评定

扩展不确定度 $U_{ref} = ku_c(L)$ ，包含因子 k 取 2。

采用一级光亮度标准的校准装置检定一级亮度计的 U_{ref} 为：3.14；

采用一级光亮度标准的校准装置检定二级亮度计的 U_{ref} 为：5.54；

采用二级光亮度标准的校准装置检定一级亮度计的 U_{ref} 为：3.38；

采用二级光亮度标准的校准装置检定二级亮度计的 U_{ref} 为：5.70。

D.5 实例

用一级光亮度标准的校准装置检定日产的 BM-5 型亮度计 (编号: 90872549)。该亮度计的计量性能参数和对测量不确定度的影响见表 D.2。

表 D.2 被检定亮度计计量性能参数和对测量结果不确定度的影响

亮度计 级别	线性误差		换挡误差		疲劳特性		稳定度		合成	测量距离特性	
	%	u_{B1}	%	u_{B2}	%	u_{B3}	%	u_{B3}	u_{B3}	%	u_{B4}
一级	0.8	0.46	0.7	0.40	1.0	0.58	1.3	0.75	0.95	0.6	0.35

合成 A 类不确定度: $u_{cA}(L) = 0.6$;

合成 B 类不确定度: $u_{cB}(L) = 1.2$;

合成标准不确定度: $u_c(L) = 1.3$;

扩展不确定度: $U_{ref} = 2.6(k = 2)$ 。

D.6 结论与说明

D.6.1 该亮度计的测量结果扩展不确定度 $U = 2.6$, $k = 2$, 根据表 1 计量性能的要求, 该亮度计的检定结果为一级亮度计。说明本规程检定方法合理, 实验数据准确可靠。

D.6.2 根据本附录的规定, 检定单位可给出检定结果不确定度 (已知被检亮度计的计量性能参数) 或检定装置 (系统) 的扩展不确定度, 但其值均不应大于本附录中的相对应值。

D.6.3 本附录中未计算检定标准亮度计的检定结果不确定度及检定装置 (系统) 的扩展不确定度, 如需要, 可根据有关公式自行计算。

附录 E

亮度计检定证书和检定结果通知书格式

E.1 检定证书内页格式

1. 外观检查
2. 示值误差
3. 色校准系数变化量

E.2 检定结果通知书内页格式

1. 外观检查
2. 示值误差
3. 色校准系数变化量

并注明不合格项目。
