
JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx—xxxx

分布光度计校准规范

Calibration Specification for Goniophotometer

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局发布

分布光度计校准规范
Calibration Specification
for Goniophotometer

JJF ××××-××××

本规范经国家市场监督管理总局于xxxx年 xx月xx日批准，并自xxxx年xx月xx日起施行。

归口单位：全国光学计量技术委员会

主要起草单位：江苏省计量科学研究院

中国计量科学研究院

中国测试技术研究院

参加起草单位：苏州市计量测试院

无锡市计量测试院

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：

张帆（江苏省计量科学研究院）

赵伟强（中国计量科学研究院）

穆亚勇（中国测试技术研究院）

参加起草人：

刘辉（江苏省计量科学研究院）

陈琪（江苏省计量科学研究院）

黎俊（苏州市计量测试院）

王树刚（无锡市计量测试院）

目 录

引 言.....	1
1 范围.....	2
2 引用文件.....	2
3 术语和计量单位.....	2
3.1 发光强度.....	2
3.2 总光通量.....	2
3.3 (光)照度.....	3
4 概述.....	3
5 计量特性.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及其它设备.....	4
7 校准项目和校准方法.....	4
7.1 校准前检查.....	4
7.2 照度相对示值误差.....	5
7.3 发光强度相对示值误差.....	5
7.4 总光通量相对示值误差.....	6
7.5 总光通量非线性误差.....	6
7.6 旋转轴转角示值误差.....	7
8 校准结果表述.....	9
9 复校间隔时间.....	10
附录 A.....	11
附录 B.....	12
附录 C.....	15
附录 D.....	22

引 言

JJF 1071—2010 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011 《通用计量术语及定义》、JJF 1032—2005 《光学辐射计量名词术语及定义》、JJF 1059.1—2012 《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范为首次制定。

分布光度计校准规范

1 范围

本规范适用于分布光度计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 245-2005 《光照度计》

JJG 246-2005 《发光强度标准灯》

JJG 247-2008 《总光通量标准白炽灯》

GB/T 9468 《灯具分布光度测量的一般要求》

凡注明日期的引用文件，以此日期版本适用于本规范，否则只有其最新版本（包括所有的修改版）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 发光强度 luminous intensity

光源在指定方向的发光强度是该光源在包含指定方向的立体角元 $d\Omega$ 内传输的光通量 $d\Phi_v$ 除以该立体角元之商，即：
$$I_v = \frac{d\Phi_v}{d\Omega}$$

该量的符号为： I_v ， I ，单位为 cd。

3.2 总光通量 (geogemtry) total luminous flux

光源向整个空间发出的总光通量的总和。

该量的符号为： Φ_v ， Φ ，单位为 lm。

3.3 (光) 照度 illuminance

表面上一点处的光照度是入射在包含该点的面元上的光通量 $d\Phi_v$ 除以该面元面积 dA 之商, 即: $E_v = \frac{d\Phi_v}{dA}$

该量的符号为: E_v , E , 单位为 lx。

4 概述

分布光度计, 是测量光源、照明器件、介质或表面的光的空间分布特性的光度计。分布光度计通常包括用以支撑和改变灯具或光源等空间位置的机械装置、光度探头以及获取和处理数据的辅助设备。分布光度计根据工作方式的不同基本上可以分为三种型式, 详情见附录 D。

5 计量特性

表 1 计量特性要求

序号	校准项目	计量特性
1	照度相对示值误差	优于 $\pm 1.5\%$
2	发光强度相对示值误差	优于 $\pm 1.5\%$
3	总光通量相对示值误差	优于 $\pm 2.5\%$
4	总光通量非线性误差	优于 $\pm 1\%$
5	旋转轴转角示值误差	优于 0.2°

注: 计量特性参数不作合格性评定, 只供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度: $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, 校准其间, 温度变化应不超过 3°C ; 测量 LED

时，温度为 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，或根据温度对测量结果进行修正。

6.1.2 湿度： $\leq 85\% \text{RH}$ 。

6.1.3 其他：校准应在暗室中进行，室内不应有腐蚀性气体、影响测量的震动、电磁干扰或空气流动。

6.2 测量标准及其它设备

6.2.1 发光强度标准灯

标准灯应符合 JJG 246-2005《发光强度标准灯》中的一级或二级标准灯计量特性要求，至少 3 只。

6.2.2 总光通量工作标准灯

6.2.2.1 工作标准灯应符合 JJG 247-2008《总光通量标准白炽灯》中的一级或二级标准灯计量特性要求，至少 3 只。

6.2.2.2 LED 测光标准灯,相关色温在 2700 K ~6500 K 的 LED 光源至少 3 只， $U_{\text{rel}}=2.0\%$ ($k=2$)。

6.2.3 转角测量装置

6.2.3.1 自准值仪：准确度等级不低于 3 级。

6.2.3.2 多面棱体：准确度等级不低于四等。

6.2.3.3 转角测量仪：分辨力不大于 0.01° ；最大允许误差 MPE： $\pm 0.02^\circ$ 。

6.2.4.4 激光跟踪仪：MPE： $\pm (15\mu\text{m} + 6 \times 10^{-6}L)$ 。

注：上述测量仪表均应具有有效的检定、校准证书。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

7.1.1 外观及铭牌

设备应标明制造厂名、仪器型号、编号、制造日期，附件应齐全，并附有制造厂的使用说明书；设备显示部分应清晰。

7.1.2 安全保护性能

分布光度计的电气设备应安全可靠，电源线及接插件无断裂破损现象。接地线与设备接触可靠。安装分布光度计的区域应设置围挡，防止出现人员干扰

或安全问题。

7.2 照度相对示值误差

方法一: 实验室校准

将光度探头从分布光度计上取下。遵循 JJG 245-2005 《光照度计》检定规程 6.3.2 中的方法，测量照度相对示值误差。

方法二: 现场校准

先将激光测距仪固定在灯具位置，并进行调整，使距离测量的起点与分布式光度计的测试中心位置重合，测量分布光度计测试中心到光度探测器参考平面的距离，二者的距离应大于发光强度灯丝平面最大尺度的20倍，以保证照度与发光强度的关系满足距离平方反比定律。

选取*i* ($i \geq 2$) 支不同功率发光强度标准灯，将发光强度标准灯安装在分布式光度计测试架上，调整灯具的位置，使灯丝的中心与分布式光度计的测试中心位置重合。如果被测光源为LED 宜选用一只色温接近的LED 标准灯。启动分布式光度计预热，设置其处于静止状态，点燃发光强度标准灯，待发光稳定，根据距离平方反比定律，得到照度相对示值误差。

照度相对示值误差计算公式：

$$\Delta E'_i = \frac{E_i - E'_i}{E'_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $\Delta E'_i$ ：照度相对示值误差；

E_i ：仪器照度测得值，lx；

E'_i ：照度标准值，lx；

7.3 发光强度相对示值误差

选取*i* ($i \geq 2$) 支不同功率发光强度标准灯，将发光强度标准灯安装在分布式光度计测试架上，调整灯具的位置，使灯丝的中心与分布式光度计的测试中心位置重合，并按灯头在下灯在上的燃点姿态点燃。启动分布式光度计预热，设置其处于静止状态。接通供电线路时，标准灯点燃时要逐渐升高电压，在工作电流下进行预热，真空灯预热（4 ~ 6）min，充气灯预热（7~ 8）min，待发光

稳定后再开始正式测量，记录发光强度（光强）测量数据。测量结束后，将电压逐渐降低，然后关闭电源。

光强相对示值误差计算公式：

$$\Delta I'_i = \frac{I_i - I'_i}{I'_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中： $\Delta I'_i$ ：发光强度相对示值误差；

I_i ：仪器发光强度测得值，cd；

I'_i ：光强灯标准值，cd；

7.4 总光通量相对示值误差

预热后启动被校仪器，预照探测器不小于 30 分钟。选取 i ($i \geq 2$) 不同功率的总光通量标准白炽灯、 i ($i \geq 2$) 不同功率的 LED 总光通量标准灯按灯头在上、灯在下的燃点姿态点燃。

接通供电线路时，加在灯上电压应低于灯标称电压的 10%，然后在（20 ~ 30）s 内平缓地升到规定的电流或电压值。真空灯预燃（3 ~ 5）min；充气灯预燃（3 ~ 7）min，等发光稳定后才正式测量电参数和光参数。测量完毕，在（10~20）s 内平缓地将电压降到灯泡标称电压的 10% 以下，才断开电源。

总光通量的相对示值误差计算公式：

$$\Delta \Phi_i = \frac{\Phi_i - \Phi_{0i}}{\Phi_{0i}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$\Delta \Phi_i$ ——总光通量的相对示值误差；

Φ_{0i} ——标准灯总光通量标准值，lm；

Φ_i ——总光通量测得值，lm。

7.5 总光通量非线性误差

总光通量非线性误差测量方法和计算公式均参照 JJG 245-2005《光照度计》检定规程中 6.3.4 条款。非线性误差的计算公式：

选取总光通量相比倍数不小于 10 的数据计算仪器非线性，非线性误差计算

公式：

$$f = \left| \frac{\Phi_1}{\Phi_2} \times \frac{\Phi_{std2}}{\Phi_{std1}} - 1 \right| \times 100\% \quad (4)$$

式中：

f ——非线性误差

Φ_1 、 Φ_2 ——倍数不小于 10 的总光通量显示值，lm；

Φ_{std1} 、 Φ_{std2} ——倍数不小于 10 的总光通量标准值，lm。

7.6 旋转轴转角示值误差

方法一：使用多面棱体与自准直仪校准被测分布光度计的水平（垂直）转角。

检测时转台置于零位，将多面棱体固定在竖直或水平转轴的回转轴心处，并调整棱体回转轴线与转台回转轴同心。

自准直仪放在基座上，调整自准直仪，使光轴大致通过棱体工作面中心，并对准棱体 0° 工作面，由棱体工作面反射回来的影像对准自准直仪指标线，转角读数归 0，然后转动转轴，将转轴依次转动棱体面固定的角度，并记录自准直仪相应读数 α_i ，($i=1, 2, \dots, n$)， n 为棱镜面数。校准应在转轴正反转两方向各旋转一周。旋转轴转角示值误差以最大值和最小值之差来确定。

转角示值误差的计算公式：

$$\Delta = \text{Max}(\alpha_i - \beta_i) - \text{Min}(\alpha_i - \beta_i) \quad (5)$$

式中： Δ ----旋转轴转角示值误差；

α_i ----第*i*受校点自准直仪读数值；

β_i ---各受校点对应棱体工作角偏差。

方法二 使用激光跟踪仪校准被测分布光度计的水平（垂直）转角。

将靶球固定在分布光度计转台的旋转臂上，使靶球稳固并且尽量远离旋转轴心。旋转分布光度计转台，依据被测仪器实际使用时的旋转方式，每间隔 30 采集被测点的空间坐标 P_i ，将测得的点通过最小二乘法拟合成一个圆，取出圆心点 O 。将圆心点与各测量点连成直线，分别计算 OP_n 和 OP_1 的角度 β_n ，转台控制的角度分别为 α_n ，由 $\text{Max}(\alpha_n - \beta_n)$ 得到旋转轴转角示值误差。

转角示值误差的计算公式：

$$\Delta_i = \text{Max}|\alpha_i - \beta_i| \quad (6)$$

式中： Δ_i ----第*i*受校点的示值误差；

α_i -----旋转轴转角第*i*受校点的设定值。

β_i ----各受校点对应激光跟踪仪的测得值。

旋转轴转角示值误差应在整个圆周均匀分布不少于6个位置上进行。正、反方向上进行。示值误差以正、反方向上最大值与最小值之差来确定。

方法三：使用带有光电轴角编码器的转角测量仪校准被测分布光度计的水平（垂直）转角

a) 水平转角

检测时转台置于零位，将光电轴角编码器采用柔性连接套固定在水平转轴的回转轴心处。将被测分布光度计的水平（垂直）角置零，再转动回转轴至相应的设置受校点，此时分别记下 θ_i 、 $\theta_{\text{标}}$ 角度值。转角示值误差的计算公式：

$$\Delta_i = \theta_i - \theta_{\text{标}} \quad (7)$$

式中： Δ_i ----第*i*受校点的转角示值误差；

θ_i ----旋转轴转角第*i*受校点的设定值；

$\theta_{\text{标}}$ ----第*i*受校点对应光电轴角编码器的值。

旋转轴转角示值误差应在整个圆周均匀分布不少于 6 个位置上进行。正、反两方向上各旋转一周。示值误差以正、反方向上最大值与最小值之差来确定。

$$\Delta\delta = |\Delta_{\text{imax}} - \Delta_{\text{imin}}| \quad (8)$$

b) 垂直转角

使用转角测量仪校准被测分布光度计的垂直转角。用专用夹具将转角测量仪固定在工作台上，将分布光度计的水平角和垂直角置零。将被测系统的转角装置转到相应的受校点，读取转角测量仪的读数。转角示值误差的计算公式：

$$\Delta_i = \theta_i - \theta_{\text{标}} \quad (9)$$

式中： Δ_i ----第*i*受校点的示值误差；

θ_i -----旋转轴转角第*i*受校点的设定值；

$\theta_{\text{标}}$ ---各受校点对应转角测量仪显示值。

旋转轴转角示值误差应在整个圆周均匀分布不少于 6 个位置上进行。正、反两方向上各旋转一周。示值误差以正、反方向上最大值与最小值之差来确定。

$$\Delta\delta = |\Delta_{\text{imax}} - \Delta_{\text{imin}}| \quad (10)$$

8 校准结果表述

校准结果应在校准证书或校准报告上反映，校准证书校准原始记录格式见附录 A，校准证书内页推荐格式见附录 B。校准证书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(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) 送校单位的名称和地址；
- 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) 被校仪器工作的波长范围；
- m) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- 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，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校间隔时间

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔。建议校准周期 1 年。

附录 A

分布光度计校准证书内页格式

序号	校准项目	校准结果
1	照度相对示值误差	
2	发光强度相对示值误差	
3	总光通量相对示值误差	
4	总光通量非线性	
5	旋转轴水平转角误差 旋转轴垂直转角误差	

校准员：

核验员：

1. 照度相对示值误差:

标准值	测得值	相对示值误差 (%)	相对扩展不确定度 (k=2)

2. 发光强度相对示值误差:

标准值	显示值	相对示值误差 (%)	相对扩展不确定度 (k=2)

3. 总光通量相对示值误差:

标准值	显示值	相对示值误差 (%)	相对扩展不确定度 (k=2)

4. 总光通量非线性误差:

Φ_{std}	Φ_i	非线性误差 f
$f = \left \frac{\Phi_1}{\Phi_2} \times \frac{\Phi_{\text{std2}}}{\Phi_{\text{std1}}} - 1 \right \times 100\%$		

5. 旋转轴转角示值:

	受校点 (°)	实测值 (°)	扩展不确定度 ($k=2$)
水平 转角			
垂直 转角			

附录 C

分布光度计测量结果不确定度评定示例

C.1 总光通量测量结果不确定度评定示例

本附录仅对用 BDP 型总光通量二级标准灯组，校准分布光度计的测量结果，进行不确定度评定。

C.1.1 校准方法

BDP 型总光通量二级标准灯（下面简称标准灯）和被校准的分布光度计里按本规范的相关规定点燃，测量标准灯的总光通量。

C.1.2 数学模型

C.1.2.1 建立数学模型：

$$\Delta M = \bar{M} - M_s$$

式中： ΔM ——总光通量的示值误差，lm；

\bar{M} ——总光通量测得值，lm；

M_s ——上级量传的总光通量标准值，lm。

C.1.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\Delta M}{\partial M} = 1, \quad c_2 = -\frac{\Delta M}{\partial M_s} = -1$$

C.1.3 输入量的标准不确定度评定

C.1.3.1 输入量 \bar{M} 的标准不确定度 $u(\bar{M})$ 的评定

C.1.3.1.1 测量重复性的不确定度

$u(\bar{M})$ 的来源主要是分布光度计的测量重复性，它反映了各种随机因素的综合影响。因此采用 A 类方法评定。

测量一支标准灯 10 次，并读取其实测值，测量结果列于表 1。

表 1 测量结果

次数	测得值/lm
1	4182.3
2	4199.5
3	4177.6
4	4188.1
5	4191.5

6	4185.1
7	4168.2
8	4194.5
9	4182.1
10	4173.3
\bar{M}	4184.5
$s(M) = \sqrt{\frac{\sum(\bar{M} - M_i)^2}{n-1}}$	9.64
$s(M)/\bar{M} \cdot 100\%$	0.23%

按本规范要求，每支灯测量 1 次，则可得到：被测仪器重复性测量引入的相对标准不确定度为： $u_{1rel}(\bar{M}) = \frac{s(M)}{\bar{M}} = 0.23\%$

C.1.3.1.2 仪器调零和杂散光引入的不确定度

由仪器调零和杂散光引入的相对标准不确定度 $u_{2rel}(\bar{M})$ ，估计其最大可达 0.3%，服从均匀分布，则此相对标准不确定度为：

$$u_{2rel}(\bar{M}) = \frac{0.3\%}{\sqrt{3}} = 0.17\%$$

C.1.3.1.3 系统非线性引入的标准不确定度

由系统非线性引入的相对标准不确定度 $u_{3rel}(\bar{M})$ ，估计其最大变化量为 1.0%，服从均匀分布，则此相对标准不确定度为：

$$u_{3rel}(\bar{M}) = \frac{1.0\%}{\sqrt{3}} = 0.58\%$$

C.1.3.1.4 光谱失配修正引入的标准不确定度

由光谱失配修正引入的相对标准不确定度 $u_{4rel}(\bar{M})$ ，估计其最大变化量为 1.0%，服从均匀分布，则此相对标准不确定度为：

$$u_{4rel}(\bar{M}) = \frac{1.0\%}{\sqrt{3}} = 0.58\%$$

C.1.3.2 输入量 M_s 的标准不确定度 $u(M_s)$ 的评定

C.1.3.2.1 总光通量标准灯上级部门检定证书中不确定度为： $U_{rel} = 1.5\% (k = 2)$

则总光通量量值的标准不确定度为： $u_{5rel}(M_s) = \frac{1.5\%}{2} = 0.75\%$

C.1.3.2.2 总光通量标准灯的装调引入的误差一般不超过 0.5%，按均匀分布处

理，其相对标准不确定度为： $u_{6rel}(M_s) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\%$

C.1.4 标准不确定度分量的评定

分布光度计校准装置标准不确定度分量相关信息列于表 2。

表 2 分布光度计校准装置标准不确定度分量及相关信息

不确定度来源	输入量的相对标准不确定度 $u(x_i)$	灵敏系数 c_i	相对标准不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i)$
测量重复性	0.23%	1	0.23%
调零和杂散光	0.17%	1	0.17%
系统非线性	0.58%	1	0.58%
光谱失配修正	1.2%	1	1.2%
标准灯上级量传	0.75%	-1	0.75%
标准灯装调	0.29%	-1	0.29%

C.1.5 合成标准不确定度评定

以上各量互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_{crel}(\Delta M) = \sqrt{u_{1rel}(\overline{M})^2 + u_{2rel}(\overline{M})^2 + u_{3rel}(\overline{M})^2 + u_{4rel}(\overline{M})^2 + u_{5rel}(M_s)^2 + u_{6rel}(M_s)^2} = 1.6\%$$

C.1.6 扩展不确定度的评定：

$$\text{取 } k=2, U_{rel} = 2 \times u_{crel}(\Delta M) = 2 \times 1.6\% = 3.2\%$$

C.2 垂直转角测量结果不确定度评定示例

本附录仅对使用光电轴角编码器校准分布光度计的垂直转角的测量结果进行不确定度评定。

C.2.1 测量方法

标准器采用带有光电轴角编码器的转角测量仪，对分布光度计的垂直转角进行校准。

C.2.2 数学模型

C.2.2.1 建立数学模型：

$$\delta = Y - \bar{Y}'$$

式中： δ ---转角示值误差；

Y ---被测分布光度计的转角设定值；

\bar{Y}' ---转角测量仪的示值。

C.2.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial Y} = 1, \quad c_2 = -\frac{\partial \delta}{\partial \bar{Y}'} = -1$$

C.2.3 标准不确定度分析

设被校分布光度计转台为 360°转动。

C.2.3.1 标准器量值引入的不确定度分量 u_1

在校准规范规定的环境条件下工作，由光电轴角编码器引入的不确定度，最大允许示值误差为 $\pm 0.01^\circ$ ；为均匀分布，则 $u_1 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.0058^\circ$ ，则标准不确定度 $u_1 = 0.0058^\circ$ 。

C.2.3.2 回转轴跳动引入的不确定度分量

跳动由回转轴圆度和回转轴自制装置的面板之间的垂直度引起，圆柱度对转角无影响，考虑垂直度影响。回转轴直径按照 10 mm 计算，测量跳动点按照与面板距离 200mm 计算，跳动量按 0.05 mm 计算，则回转轴与面板的角度不小于 89.993° ；取 89.993° 。回转平面与标准轴旋转平面夹角为 0.007° 。根据立体几何的相关知识，当回转轴旋转 180 度时，与标准器旋转角度差异最大，为 0.014° 。取 $u_2 = 0.014^\circ$ 。

C.2.3.3 分布光度计的转角测量重复性引入的不确定度分量。以 30° 为例，重复测量 10 次，结果如下(°)：

测量次数	Y'_i
1	30.00
2	29.99
3	29.99
4	29.98
5	30.00
6	30.00
7	30.00
8	30.00
9	29.99

10	30.00
\bar{Y}'	30.00
$s(Y')$	0.0096

实际每个测量点测量 2 次，取平均值作为测量结果，则可得到：

$$u_2 = u(\bar{Y}') = \frac{s(Y')}{\sqrt{2}} = 0.007^\circ$$

C.2.4 不确定度分量汇总表

标准不确定度分量及相关信息如下表：

不确定度分量一览表

不确定度来源	输入量的相对标准不确定度 $u(x_i)$	灵敏系数 c_i	相对标准不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i)$
标准器量值	0.006	-1	0.006
回转轴跳动	0.014	-1	0.014
测量重复性	0.007	1	0.007

C.2.5 合成标准不确定度

以上分量独立无关，合成标准不确定度为

$$u_c^2(\delta) = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2$$

$$u_c(\delta) = 0.02^\circ$$

C.2.6 扩展不确定度

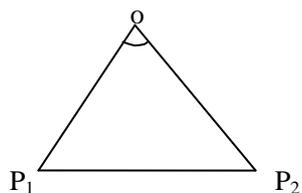
取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U = k u_c(\delta) = 2 \times 0.02^\circ = 0.04^\circ$

C.3 水平转角测量结果不确定度评定示例

本附录仅对使用激光跟踪仪校准分布光度计的水平转角的测量结果进行不确定度评定。

C.3.1 测量方法

标准器采用激光跟踪仪来测量分布光度计的水平转角。对分布光度计的转角进行校准。获得如下图的测量模型：O 为拟合得到的圆心， P_1 、 P_2 为两个测量点。则分布式光度计显示值与角 P_1OP_2 的差值为此处测量点的示值误差。



C.3.2 数学模型

C.3.2.1 建立数学模型： $\delta = Y - \bar{Y}'$

式中： δ ——被校仪器的示值误差；

Y ---被测分布光度计的转角设定值；

\bar{Y}' ---激光跟踪仪的示值。

C.3.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial Y} = 1, \quad c_2 = -\frac{\partial \delta}{\partial \bar{Y}'} = -1$$

C.3.3 标准不确定度分析

设被校分布光度计转台为 360° 转动。

C.3.3.1 标准器量值引入的不确定度分量 u_1

经上级校准激光跟踪仪测量角度最大误差为 0.04° ，则激光跟踪仪引入的不确定度分量 $u_1 = \frac{0.04}{2\sqrt{3}} = 0.012^\circ$ ，则标准不确定度 $u_1 = 0.012^\circ$ 。

C.3.3.2 分布光度计的转角的测量重复性引入的不确定度分量 u_2 。以 60° 为例，

重复测量 10 次，结果如下(°)：

测量次数	Y'_i
1	59.95
2	59.98
3	59.96
4	59.96
5	59.50
6	59.96
7	59.97
8	59.97
9	59.95
10	59.97

\bar{Y}'	59.962
$s(Y')$	0.010

实际每个测量点测量 2 次，取平均值作为测量结果，则可得到：

$$u_2 = u(\bar{Y}') = \frac{s(Y')}{\sqrt{2}} = 0.007^\circ$$

C.3.4 不确定度分量汇总表

标准不确定度分量及相关信息如下表：

不确定度分量一览表

不确定度来源	输入量的相对标准不确定度 $u(x_i)$	灵敏系数 c_i	相对标准不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i)$
标准器量值	0.012	-1	0.012
测量重复性	0.007	1	0.007

C.3.5 合成标准不确定度

以上分量独立无关，合成标准不确定度为

$$u_c^2(\delta) = u_1^2 + u_2^2$$

$$u_c(\delta) = 0.02^\circ$$

C.3.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U = k u_c(\delta) = 2 \times 0.02^\circ = 0.04^\circ$

附录 D

灯具的光度学坐标系统

D.1 通用部分

灯具的基本光度数据包括一组不同方向上的光强值，它们由直接光度测量得到。光强分布的测量包括灯具在受控工作条件下（电气和温度）的光度和角度测量。对于这样涉及方向的光度测量，必须围绕灯具定义一个空间构架（坐标系统）。

D.2 分布光度计基础

为了测量不同方向的光强，将灯具安装在分布光度计上，以便在规定的角度定位。分布光度计通常包括用以支撑和定位灯具或光源的机械装置、光度探头、以及获取和处理数据的辅助设备。

——灯具绕两根相互垂直的轴旋转，且两根轴的交点是分布光度计的光度中心。这类分布光度计通常使用一个安装在离光度中心距离足够远的独立的光度探头。

——灯具仅绕一根轴旋转，第二种旋转是灯具与光度探头间的相对运动：光度探头绕第二根轴旋转，此轴和第一根轴成直角，且相交于光度中心。

——灯具完全不动，光度探头绕两根穿过分布光度计光度中心且相互垂直的旋转轴。

注：由于光源的燃点位置在测试过程中持续的变化，所以限制了第一种分布光度计的使用。在第二种型式里，即使测试时灯具在空间内移动或旋转，光源的燃点位置就是灯具正常使用时的燃点位置。因为现实的考虑限制了后两种类型的分布光度计的整体尺寸，因此这些类型的分布光度计通常会在光度头和灯具之间使用镜子以增加光程，或者把适当尺寸的亮度仪用作为探头。同样镜子也用于将光度计保持在一个固定的位置。

以上列出的分布光度计的三种基本类型可用于多种结构，每种适用于一个特定的用途。不同的是分布光度计相对于地面的安装位置、基准轴相对于分布光度计的方向、以及灯具在分布光度计上的安装方式。

出版物CIE 70 给出了分布光度计的构造原理和选择方法。

D.3 坐标系统

确定灯具的空间光强分布需使用坐标系统来定义光强测量的方向。使用的坐标系统是球形坐标系，坐标系统中心就是灯具的光度测试中心。

一般认为，坐标系统包括一组通过交集轴的平面。空间方向由两个角度来表示：

——起始半平面与含测量方向的半平面之间的夹角。

——交集轴与测量方向的夹角或者该角的余角。

为了得到更准确的测量或简化随后的照明计算，在选择与灯具的第一根（或基准）轴和第二根（或辅助）轴有关的系统方位时，应特别考虑灯具的类型、光源类型、灯具的安装姿态和灯具的应用。

目前的做法已限制了方位的数量。交集轴应是垂直的或水平的；对于后者，轴线可以与灯具的第二根轴垂直或者重合。

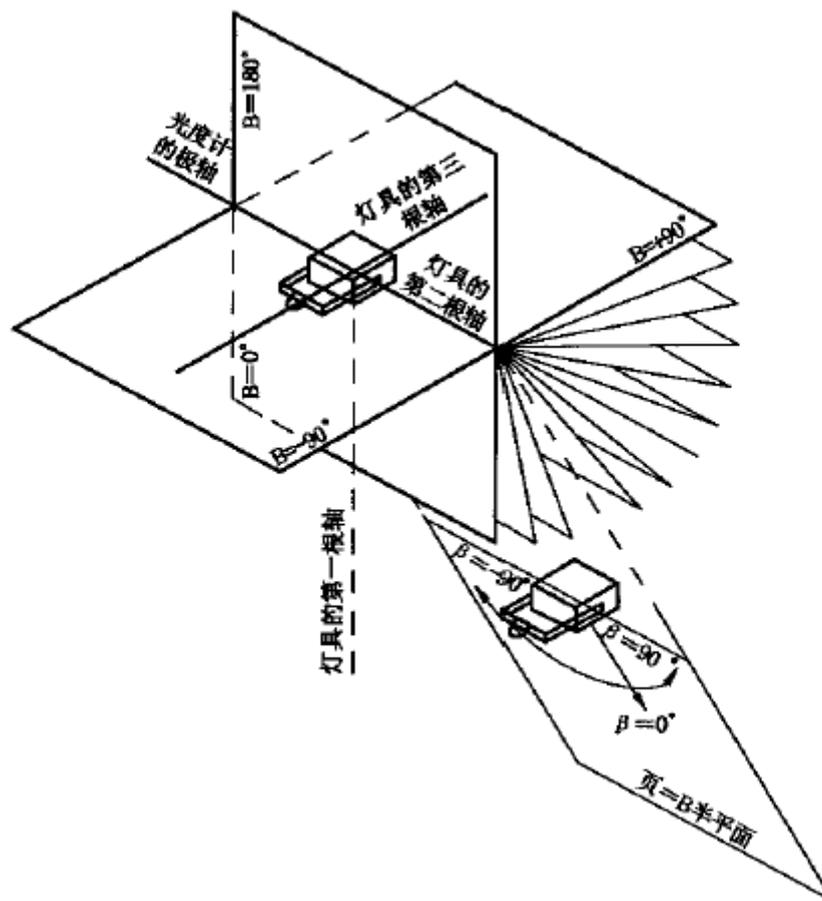
D.4 测量平面系统

灯具的光强通常在很多平面中测得。在各式各样可能的测量平面中，有三种平面系统已被证明特别有用。

D.4.1 A-平面

A-平面系统是交集线（极轴）通过光度中心的一组平面，且该交集线垂直于含灯具第一根轴和第二根轴的平面。

A-平面系统应与灯具紧密联系，并且随灯具一起倾斜。第一根轴通过光度中心且垂直于灯具的出光口面。它位于 $A=0^\circ$ 的半平面内，通常在的方向。第二根轴也通过灯具光度中心，且垂直于 $A=0^\circ$ 的平面。

图 D.2 B, β 分布光度计的灯具方位

D.4.3 C-平面

C-平面系统是一组平面，其交集线（极轴）是通过光度中心的铅垂线。

C-平面系统在空间内严格地定位，并且不随灯具倾斜。仅在灯具 0° 倾斜时，C-平面的交集线才垂直于的A-平面和B-平面的交集线。除了灯具是 0° 倾斜以外，它不必与灯具的第一根轴重合。地一根轴通常通过光度中心，并且垂直于出光口面。第二根轴位于 $C=0^\circ$ 平面内。

该系统通常用于室内照明和道路照明的光度测试中。在室内灯测试中，灯具的第三根轴是长轴，而在公共场所照明中，灯具的第二根轴通常平行于道路轴线。

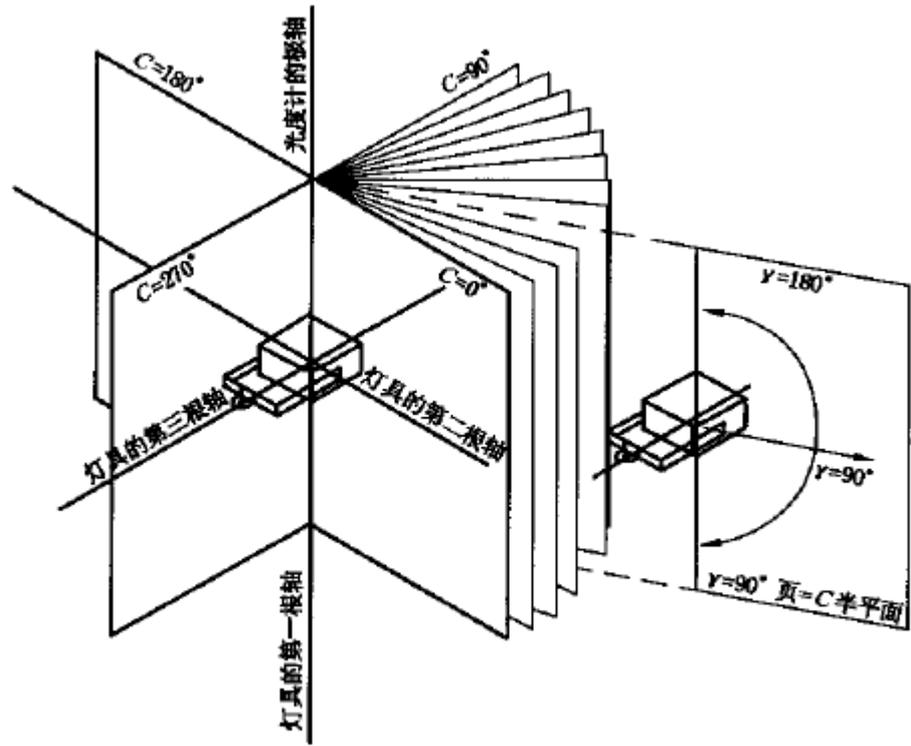


图 D.3 C. 1. y 分布光度计的灯具方位