



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2269—2025

逆反射测量标准装置校准规范

Calibration Specification for Retroreflection Measurement Standard Systems

2025-06-11 发布

2025-12-11 实施

国家市场监督管理总局 发布

逆反射测量标准装置

校准规范

Calibration Specification for

Retroreflection Measurement Standard Systems

JJF 2269—2025

归口单位：全国公路专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：交通运输部公路科学研究所

参加起草单位：国家道路与桥梁工程检测设备计量站

本规范主要起草人：

苏文英（交通运输部公路科学研究所）

何华阳（交通运输部公路科学研究所）

周毅姝（交通运输部公路科学研究所）

参加起草人：

冷正威（国家道路与桥梁工程检测设备计量站）

薛瑛琪（国家道路与桥梁工程检测设备计量站）

韩晓坤（国家道路与桥梁工程检测设备计量站）

目 录

引言	(III)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
4.1 准直 A 光源相关色温	(1)
4.2 有效照射面垂直照度.....	(1)
4.3 测量方向杂散光.....	(2)
4.4 微弱光度计示值误差.....	(2)
4.5 观测距离.....	(2)
4.6 观测角 α 定位误差	(2)
4.7 垂直入射角分量 β_1 定位误差	(2)
4.8 水平入射角分量 β_2 定位误差	(2)
4.9 黑板光谱反射比.....	(3)
5 校准条件.....	(3)
5.1 环境条件.....	(3)
5.2 校准设备.....	(3)
6 校准项目和校准方法.....	(3)
6.1 准直 A 光源相关色温	(3)
6.2 有效照射面垂直照度.....	(4)
6.3 测量方向杂散光.....	(5)
6.4 微弱光度计示值误差.....	(5)
6.5 观测距离.....	(6)
6.6 观测角 α 定位误差	(6)
6.7 垂直入射角分量 β_1 定位误差	(7)
6.8 水平入射角分量 β_2 定位误差	(7)
6.9 黑板光谱反射比.....	(8)
7 校准结果.....	(8)
7.1 校准记录.....	(8)
7.2 校准证书.....	(8)

7.3 校准结果不确定度评定·····	(8)
8 复校时间间隔·····	(8)
附录 A 逆反射测量标准装置校准记录表格式 ·····	(9)
附录 B 逆反射测量标准装置校准证书信息及内页格式 ·····	(12)
附录 C 逆反射测量标准装置校准不确定度评定示例 ·····	(14)

引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

逆反射测量标准装置校准规范

1 范围

本规范适用于逆反射（回复反射）测量标准装置的校准。检测用逆反射测量系统可参照使用。

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 245 照度计检定规程

JJG 453 标准色板检定规程

JJG 511 微弱光照度计检定规程

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1796 逆反射标准器校准规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期版本适用于本规范；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 概述

逆反射测量标准装置是用来在实验室测量逆反射标准器、为其赋予逆反射量值的一种光学设备。

逆反射测量标准装置可采用直接照度法、直接发光强度法或直接亮度法测量逆反射标准器。直接照度法通过直接测量逆反射标准器的有效照射面轴向照度和反射照度得到逆反射标准器的逆反射量值，直接发光强度法通过直接测量逆反射标准器的有效照射面轴向照度和发光强度得到逆反射标准器的逆反射量值，直接亮度法通过直接测量逆反射标准器的有效照射面轴向照度和亮度得到逆反射标准器的逆反射量值。

逆反射测量标准装置一般由准直 A 光源、微弱光度计、入射角调节器、观测角调节器、测量控制系统和黑板等部分组成。

4 计量特性

4.1 准直 A 光源相关色温

准直 A 光源相关色温与 2 856 K 的偏差应不超过 ± 50 K。

4.2 有效照射面垂直照度

4.2.1 有效照射面垂直照度值

基于直接照度法的装置其有效照射面垂直照度应不小于 10 lx。

4.2.2 有效照射面垂直照度均匀性

有效照射面垂直照度均匀性应不小于 95%。

4.2.3 有效照射面垂直照度稳定性

有效照射面垂直照度稳定性应优于 $\pm 1\%$ 。

4.3 测量方向杂散光

测量方向上的杂散光不超过 $1 \times 10^{-6} \text{ lx}$ 。

4.4 微弱光度计示值误差

弱光照度最大允许误差为 $\pm 4\%$ ，发光强度最大允许误差为 $\pm 4\%$ 。

亮度最大允许误差为 $\pm 5\%$ ，视场角不超过 0.2° 。

4.5 观测距离

样品位置到光电探测器的观测距离一般为 15 m 或 30 m，使用亮度法的观测距离可以适当缩减，最大允许误差为 $\pm 0.01 \text{ m}$ 。

4.6 观测角 α 定位误差

观测角 α 的最大允许误差见表 1。

表 1 观测角 α 的最大允许误差

($^\circ$)

观测角	最大允许误差
0.2	± 0.01
0.33	
0.5	
1	
1.05	
2	

4.7 垂直入射角分量 β_1 定位误差

垂直入射角分量 β_1 的最大允许误差见表 2。

表 2 垂直入射角分量 β_1 的最大允许误差

($^\circ$)

垂直入射角分量 β_1	水平入射角分量 β_2	最大允许误差
0	0	± 0.1
-4		
15		
30		
88.76 (入射角调节器转动角度 1.24)		± 0.05

4.8 水平入射角分量 β_2 定位误差

水平入射角分量 β_2 的最大允许误差见表 3。

表3 水平入射角分量 β_2 的最大允许误差

(°)

水平入射角分量 β_2	垂直入射角分量 β_1	最大允许误差
0	0	± 0.1
± 5		
± 10		
± 15		
± 20		

4.9 黑板光谱反射比

黑板表面应均匀平整，平均光谱反射比不大于 2%。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 75%。

5.1.2 校准时应无振动冲击。

5.2 校准设备

5.2.1 光谱辐射计的工作波长范围应包含 $(400 \sim 760)$ nm，相关色温在 2 856 K 时其测量不确定度不大于 20 K ($k=2$)。

5.2.2 标准照度计在测量范围内应符合 JJG 245 中标准级照度计的技术要求，测试面直径不大于 50 mm。

5.2.3 微弱光照度计应符合 JJG 511 中一级微弱光照度计的技术要求。

5.2.4 微弱光源的相关色温为 $2\ 856\ \text{K} \pm 30\ \text{K}$ ，发光强度不确定度不大于 1.2% ($k=2$)。

5.2.5 观测角测量仪的角度测量误差应不大于观测角定位误差要求的 1/3。当使用三角法计算观测角时，准直 A 光源和探测器间距测量设备的最大允许误差不大于 0.1 mm。

5.2.6 入射角测量仪的角度测量误差不大于入射角定位误差要求的 1/3。

5.2.7 距离测量仪的距离测量误差不大于观测距离定位误差要求的 1/3。

5.2.8 一型白色标志标准器应符合 JJF 1796 中一型白色标志标准器的技术要求。

6 校准项目和校准方法

6.1 准直 A 光源相关色温

校准准直 A 光源相关色温的步骤如下：

a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热。

b) 按照校准证书提供的直流电流电压值为准直 A 光源供电。

c) 将光谱辐射计固定在试样位置，调整光谱辐射计对准准直 A 光源，使其垂直于光源投射方向并位于光斑中心。

d) 待准直 A 光源发光稳定后，光谱辐射计重复测量 3 次，取算术平均值作为测量

结果，根据式（1）计算相关色温偏差。

$$\tau = \overline{\text{CCT}} - 2\,856\text{ K} \quad (1)$$

式中：

τ ——相关色温偏差，K；

$\overline{\text{CCT}}$ ——光谱辐射计测量结果的算术平均值，K。

e) 当相关色温偏差超过 $\pm 50\text{ K}$ 时，可调整直流电流电压值，使得相关色温偏差符合要求。

6.2 有效照射面垂直照度

6.2.1 有效照射面垂直照度值

校准有效照射面垂直照度值的步骤如下：

a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热，调整逆反射测量标准装置的准直 A 光源，使得试样位置投射光斑直径不小于 150 mm；

b) 将标准照度计固定在试样位置，调整标准照度计在投射光斑的上、下、中、左、右测量点各测量 1 次，其中中测量点位于光斑中心，上、下、左、右测量点分别位于距离投射光斑中心 1/4 投射光斑直径处（如图 1 所示），取算术平均值作为有效照射面垂直照度。

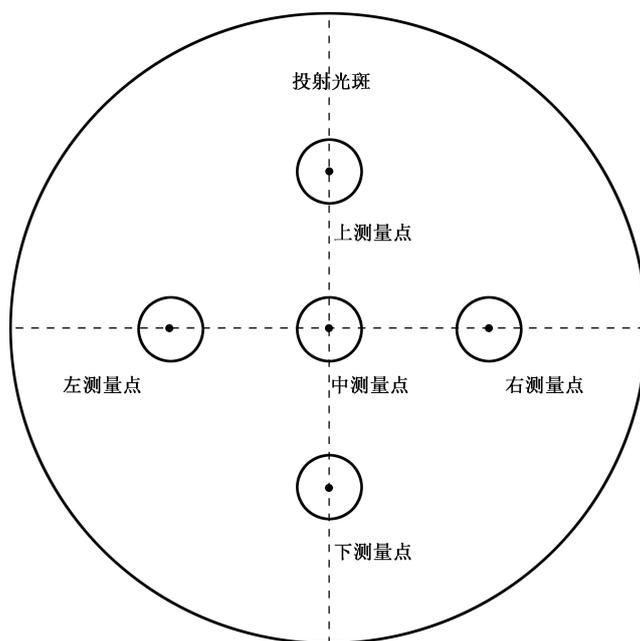


图 1 有效照射面垂直照度均匀性测量位置示意图

6.2.2 有效照射面垂直照度均匀性

按式（2）计算有效照射面垂直照度均匀性。

$$\delta = \left(1 - \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M} \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ ——有效照射面垂直照度均匀性；

M_{\max} ——标准照度计在 5 点处测量结果的最大值，lx；

M_{\min} ——标准照度计在 5 点处测量结果的最小值，lx；

\overline{M} ——标准照度计在 5 点处测量结果的算术平均值，lx。

6.2.3 有效照射面垂直照度稳定性

校准有效照射面垂直照度稳定性的步骤如下：

- a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热；
- b) 将标准照度计固定在试样位置，调整标准照度计对准准直 A 光源；
- c) 测量有效照射面垂直照度，读取标准照度计测量值；
- d) 重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值作为标准照度计首次测量结果；
- e) 10 min 后，重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值作为标准照度计末次测量结果；
- f) 按式 (3) 计算有效照射面垂直照度稳定性。

$$\omega = \frac{M_f - M_e}{M_f} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

ω ——有效照射面垂直照度稳定性；

M_f ——标准照度计首次测量结果，lx；

M_e ——标准照度计末次测量结果，lx。

6.3 测量方向杂散光

校准测量方向杂散光的步骤如下：

- a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热；
- b) 将微弱光照度计固定在逆反射测量标准装置微弱光度计位置，使得微弱光照度计测量面与逆反射测量标准装置微弱光度计测量面一致；
- c) 将黑板放置在试样处，用微弱光照度计重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值 M_z 作为杂散光测量结果。

6.4 微弱光度计示值误差

6.4.1 比较法

比较法用于校准直接照度法原理的逆反射测量标准装置，测量步骤如下：

- a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热；
- b) 将微弱光照度计固定在逆反射测量标准装置微弱光度计位置，使得微弱光照度计测量面与逆反射测量标准装置微弱光度计测量面一致；
- c) 将微弱光源或一型白色标志标准器安装在入射角调节器上，使得微弱光源或一型白色标志标准器对准微弱光照度计；
- d) 调整微弱光源或入射角，使得微弱光照度计测量面处微弱照度依次为 $T \times 10^{-5}$ lx、 $T \times 10^{-4}$ lx、 $T \times 10^{-3}$ lx、 $T \times 10^{-2}$ lx、 $T \times 10^{-1}$ lx， T 为不大于 9 的任意非零整数；
- e) 每个微弱照度下重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值作为微弱光照度计测量结果；
- f) 用逆反射测量标准装置的微弱光度计代替微弱光照度计，重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值作为微弱光度计测量结果；

g) 按式 (4) 计算微弱光度计示值误差。

$$\Delta = \frac{M_t - M_s}{M_s - M_z} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

Δ ——微弱光度计示值误差；

M_t ——逆反射测量标准装置微弱光度计测量结果，mlx；

M_s ——微弱光照度计测量结果，mlx。

注：若直接照度法原理的逆反射测量标准装置首次校准时采用了 6.4.3 的方法，且各点处线性度较好，后续校准时可依据比较法选取任 1 点进行校准。

6.4.2 直接法

直接法用于校准直接发光强度法或直接照度法原理的逆反射测量标准装置，测量步骤如下：

a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热；

b) 将微弱光源固定在试样位置，调节微弱光源的高度，使得逆反射测量标准装置微弱光度计对准微弱光源；

c) 重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值为微弱光度计测量结果；

d) 按式 (5) 计算微弱光度计示值误差。

$$\Delta = \frac{M_t - M_{sl}}{M_{sl}} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

Δ ——微弱光度计示值误差；

M_t ——微弱光度计测量结果，cd 或 lx；

M_{sl} ——微弱光源值，cd 或 lx。

6.4.3 其他方法

依据 JJG 511 校准反射照度测量误差，依据 JJG 211 校准亮度测量误差。

注：直接照度法原理的逆反射测量标准装置首次校准时建议采用该方法。

6.5 观测距离

校准观测距离的步骤如下：

a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热；

b) 用距离测量仪测量试样位置到光电微弱光度计的观测距离，重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值作为距离测量仪测量结果；

c) 按式 (6) 计算观测距离误差。

$$\Delta l = l_t - l_s \quad (6)$$

式中：

Δl ——观测距离误差，m；

l_t ——标称观测距离，m；

l_s ——距离测量仪测量结果，m。

6.6 观测角 α 定位误差

校准观测角定位误差的步骤如下：

- a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热。
- b) 按照表 1 调整观测角调节器。
- c) 用观测角测量仪测量观测角，重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值作为观测角测量仪测量结果。
- d) 按式 (7) 计算观测角定位误差。

$$\Delta\alpha = \alpha_t - \alpha_s \quad (7)$$

式中：

$\Delta\alpha$ ——观测角定位误差，(°)；

α_t ——角度调节器标称角度，(°)；

α_s ——观测角测量仪测量结果，(°)。

- e) 当使用三角函数法计算观测角时，可以测得观测距离 l ，准直 A 光源和探测器间距 h ，按式 (8) 计算观测角定位误差。

$$\Delta\alpha = \alpha_t - \arctan(h/l) \quad (8)$$

式中：

l ——准直 A 光源中心到试样中心的距离，m；

h ——准直 A 光源中心到微弱光度计中心的间距，m。

6.7 垂直入射角分量 β_1 定位误差

校准垂直入射角分量 β_1 定位误差的步骤如下：

- a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热；
- b) 按照表 2 调整入射角调节器；
- c) 用入射角测量仪测量垂直入射角分量 β_1 ，重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值作为入射角测量仪测量结果；
- d) 按式 (9) 计算垂直入射角分量 β_1 定位误差。

$$\Delta\beta_1 = \beta_{1t} - \beta_{1s} \quad (9)$$

式中：

$\Delta\beta_1$ ——垂直入射角分量 β_1 定位误差，(°)；

β_{1t} ——角度调节器标称入射角分量 β_1 ，(°)；

β_{1s} ——入射角测量仪测量结果，(°)。

6.8 水平入射角分量 β_2 定位误差

校准水平入射角分量 β_2 定位误差的步骤如下：

- a) 按使用说明书要求对逆反射测量标准装置进行加电、预热；
- b) 按照表 3 调整入射角调节器；
- c) 用入射角测量仪测量水平入射角分量 β_2 ，重复测量 3 次，取 3 次测量结果的算术平均值作为入射角测量仪测量结果；
- d) 按式 (10) 计算水平入射角分量 β_2 定位误差。

$$\Delta\beta_2 = \beta_{2t} - \beta_{2s} \quad (10)$$

式中：

$\Delta\beta_2$ ——水平入射角分量 β_2 定位误差，(°)；

β_{2t} ——角度调节器标称入射角分量 β_2 ，(°)；

β_{2s} ——入射角测量仪测量结果，(°)。

6.9 黑板光谱反射比

使用光谱辐射计测量黑板在可见光范围内的光谱反射比，重复测量 3 次，取算术平均值作为黑板光谱反射比测量结果。

注：首次校准时建议选择该项目，后续可根据实际情况确定是否校准。也可以参照 JJG 453 进行校准。

7 校准结果

7.1 校准记录

逆反射测量标准装置的校准记录应信息齐全、内容完整，校准记录格式见附录 A。

7.2 校准证书

逆反射测量标准装置的校准结果以校准证书的形式表达，校准证书包含的信息及内页格式见附录 B。

7.3 校准结果不确定度评定

逆反射测量标准装置校准结果的不确定度评定按照 JJF 1059.1 进行，不确定度评定示例见附录 C。

8 复校时间间隔

逆反射测量标准装置的复校时间间隔建议为 12 个月。由于复校时间间隔的长短是由逆反射测量标准装置的使用情况、使用者等诸因素所决定的，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

逆反射测量标准装置校准记录表格式

A.1 逆反射测量标准装置校准记录表首页

逆反射测量标准装置校准记录表首页式样见表 A.1。

表 A.1 逆反射测量标准装置校准记录表记录表首页

表格编号：

第 页，共 页

样品名称		样品编号	
型号规格		出厂编号	
制造单位			
校准依据		校准地点	
校准前样品状态		校准后样品状态	
校准环境	温度：_____℃ 相对湿度：_____%		
所用测量标准或 主要设备	名称	编号	主要技术参数
	使用前情况		使用后情况
备注			

校准人：

核验人：

校准时间：

A.2 逆反射测量标准装置校准记录表内页

逆反射测量标准装置校准记录表内页格式见表 A.2。

表 A.2 逆反射测量标准装置校准记录表内页

表格编号：

第 页，共 页

序号	项目	测量数据						不确定度	
1	准直 A 光源 相关色温	测量值/K				相关色温 偏差/K	电流电压值		
		1	2	3	平均值		电压/V	电流/A	
2	有效照射面 垂直照度	测量值/lx						有效照射面 垂直照度均 匀性/%	
		上	下	中	左	右	有效照射面 垂直照度值		

表 A.2 逆反射测量标准装置校准记录表内页（续）

表格编号：

第 页，共 页

序号	项目		测量数据								不确定度
3	有效照射面垂直照射度稳定性	次数	测量值/lx				稳定性/%				
			1	2	3	平均值					
		1									
		2									
4	测量方向杂散光		测量值/mlx								
			1	2	3	平均值					
5	微弱光度计示值误差	次数	标准值/mlx				测量值/mlx				误差/%
			1	2	3	平均值	1	2	3	平均值	
		1									
		2									
		3									
		4									
		5									
6											
6	观测距离		标称值/m				测量值/m				误差/m
							1	2	3	平均值	
7	观测角 α 定位误差		标称值/ (°)				测量值/ (°)				误差/ (°)
							1	2	3	平均值	
			0.2								
			0.33								
			0.5								
			1								
			1.05								
2											

表 A.2 逆反射测量标准装置校准记录表内页 (续)

表格编号:

第 页, 共 页

序号	项目	测量数据					不确定度
		标称值/ (°)	测量值/ (°)				
1	2		3	平均值			
8	垂直入射角 分量 β_1 定位误差	0	0				
		-4	-4				
		15	15				
		30	30				
		88.76	88.76				
9	水平入射角 分量 β_2 定位误差	标称值/ (°)	测量值/ (°)				误差/ (°)
		1	2	3	平均值		
		-20					
		-15					
		-10					
		-5					
		0					
		5					
		10					
		15					
20							
10	黑板 光谱反射比	测量值				测量结果	
		1	2	3			

附录 B

逆反射测量标准装置校准证书信息及内页格式

B.1 校准证书信息

逆反射测量标准装置校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 校准实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书编号、页码及总页数；
- e) 客户的名称和联络信息；
- f) 校准所依据的技术规范名称和代号；
- g) 被校准仪器的信息；
- h) 被校准仪器的接收日期；
- i) 进行校准的日期；
- j) 校准证书的批准日期；
- k) 抽样计划、抽样方法和抽样日期（如有）；
- l) 校准结果仅对校准对象有效的声明；
- m) 校准证书批准人的签名或识别；
- n) 校准时的环境条件；
- o) 所用测量标准或主要设备的名称、编号、主要技术参数及溯源证书有效期；
- p) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- q) 如可获得，任何调整或修理前后的结果；
- r) 相关时，与要求或规范的符合性声明；
- s) 已与客户达成协议时，给出复校时间间隔的建议。

B.2 逆反射测量标准装置校准结果内页格式

逆反射测量标准装置校准结果内页格式见表 B.1。

表 B.1 逆反射测量标准装置校准结果内页

序号	项目		结果						不确定度
1	准直 A 光源 相关色温	相关色温 值/K							
		相关色温 偏差/K							
		电流 电压值							
2	有效照射面 垂直照度	垂直照度/ lx							
		均匀性/%							
		稳定性/%							
3	测量方向杂散光/lx								
4	微弱光度计 示值误差	光度示值/ mlx							
		示值误差							
5	观测距离/m	距离值							
		距离误差							
6	观测角 α 定位误差/ (°)	标称角度	0.2	0.33	0.5	1	1.05	2	
		定位误差							
7	垂直入射角分量 β_1 定位误差/ (°)	标称角度	0	-4	15	30	88.76		
		定位误差							
8	水平入射角分量 β_2 定位误差/ (°)	标称角度	-20	-15	-10	-5	0		
		定位误差							
		标称角度	20	15	10	5			
		定位误差							
9	黑板光谱反射比								

附录 C

逆反射测量标准装置校准不确定度评定示例

本附录仅对逆反射测量标准装置的相关色温偏差和垂直照度进行校准不确定度评定示例分析，实际工作中可按客户要求评定不确定度。

C.1 相关色温偏差校准不确定度

C.1.1 测量模型

光谱辐射计测量准直 A 光源相关色温偏差的测量模型如下：

$$\Delta = \overline{\text{CCT}_m} - 2\,856\text{ K}$$

式中：

$\overline{\text{CCT}_m}$ ——光谱辐射计测量结果，K。

C.1.2 不确定度分析

影响 CCT 的不确定度来源主要有：

- (1) 光谱辐射计测量相关色温的不确定度分量 $u_1(\overline{\text{CCT}_m})$ ；
- (2) 光谱辐射计定位误差引入的不确定度分量 $u_2(\overline{\text{CCT}_m})$ ；
- (3) 光谱辐射计测量重复性引入的不确定度分量 $u_3(\overline{\text{CCT}_m})$ ；
- (4) 光谱辐射计数字显示的分辨力引入的不确定度分量 $u_4(\overline{\text{CCT}_m})$ 。

当 $u_3(\overline{\text{CCT}_m})$ 和 $u_4(\overline{\text{CCT}_m})$ 其中一项远小于另一项时，忽略小项。

不确定度分量之间均不相关。

C.1.3 合成标准不确定度

由测量模型可以得到，准直 A 光源相关色温偏差的不确定度

$$u_c^2 = u_1^2(\overline{\text{CCT}_m}) + u_2^2(\overline{\text{CCT}_m}) + u_3^2(\overline{\text{CCT}_m}) + u_4^2(\overline{\text{CCT}_m})$$

C.1.4 光谱辐射计测量相关色温的扩展不确定度

光谱辐射计测量相关色温的扩展不确定度为 20 K ($k=2$)。

C.1.5 不确定度分量的评定

C.1.5.1 光谱辐射计测量相关色温引入的不确定度分量 $u_1(\overline{\text{CCT}_m})$

光谱辐射计测量相关色温引入的不确定度分量：

$$u_1(\overline{\text{CCT}_m}) = 10\text{ K}$$

C.1.5.2 光谱辐射计定位误差引入的不确定度分量 $u_2(\overline{\text{CCT}_m})$

采用 A 类评定方法，根据校准方法，用某台典型光谱辐射计进行 10 次重新定位测量。得到光谱辐射计测量重复性引入的不确定度分量：

$$u_2(\overline{\text{CCT}_m}) = 6.8\text{ K}$$

C.1.5.3 光谱辐射计测量重复性引入的不确定度分量 $u_3(\overline{\text{CCT}_m})$

采用 A 类评定方法，在重复性条件下，根据校准方法，用某台典型光谱辐射计进行 2 次重复性测量。得到光谱辐射计测量重复性引入的不确定度分量：

$$u_3(\overline{\text{CCT}_m}) = 3.1 \text{ K}$$

C.1.5.4 光谱辐射计数字显示的分辨力引入的不确定度分量 $u_4(\overline{\text{CCT}_m})$

对于数字显示式测量仪器，设其分辨力为 δ_x ，则由此带来的标准不确定度为 $0.289\delta_x$ 。光谱辐射计数字显示的分辨力为 1 K，则光谱辐射计数字显示的分辨力引入的不确定度分量：

$$u_4(\overline{\text{CCT}_m}) = 0.289 \text{ K}$$

C.1.6 不确定度分量的汇总

光谱辐射计测量准直 A 光源相关色温偏差的不确定度分量汇总见表 C.1。

表 C.1 光谱辐射计测量准直 A 光源相关色温偏差的不确定度分量汇总

不确定度分量	符号	评定方法	标准不确定度/K
光谱辐射计不确定度	$u_1(\overline{\text{CCT}_m})$	B	10
光谱辐射计定位误差	$u_2(\overline{\text{CCT}_m})$	A	6.8
光谱辐射计测量重复性	$u_3(\overline{\text{CCT}_m})$	A	3.1
光谱辐射计分辨力	$u_4(\overline{\text{CCT}_m})$	B	0.289

C.1.7 合成标准不确定度和扩展不确定度

由测量模型可以得到合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_1^2(\overline{\text{CCT}_m}) + u_2^2(\overline{\text{CCT}_m}) + u_3^2(\overline{\text{CCT}_m}) + u_4^2(\overline{\text{CCT}_m})} = 12.5 \text{ K}$$

$k=2$ 时，相关色温偏差的扩展不确定度为：

$$U = 25 \text{ K}, k = 2$$

C.2 垂直照度校准不确定度

C.2.1 测量模型

标准照度计测量有效照射面垂直照度的测量模型如下：

$$E = \overline{E_m}$$

式中：

E ——被校逆反射测量标准装置的垂直照度，lx；

$\overline{E_m}$ ——标准照度计测量结果，lx。

C.2.2 不确定度分析

影响 E 的不确定度来源主要有：

- (1) 标准照度计测量照度的不确定度分量 $u_1(\overline{E_m})$ ；
- (2) 有效照射面照度均匀性引入的不确定度分量 $u_2(\overline{E_m})$ ；
- (3) 标准照度计测量重复性引入的不确定度分量 $u_3(\overline{E_m})$ ；
- (4) 标准照度计数字显示的分辨力引入的不确定度分量 $u_4(\overline{E_m})$ ；
- (5) 有效照射面照度稳定性引入的不确定度分量 $u_5(\overline{E_m})$ 。

不考虑忽略小项。不确定度分量之间均不相关。

C.2.3 合成标准不确定度

由测量模型可以得到，垂直照度的不确定度

$$u_c^2 = u^2(\overline{E_m}) = u_1^2(\overline{E_m}) + u_2^2(\overline{E_m}) + u_3^2(\overline{E_m}) + u_4^2(\overline{E_m}) + u_5^2(\overline{E_m})$$

C.2.4 不确定度分量的评定

C.2.4.1 标准照度计测量照度引入的不确定度分量 $u_1(\overline{E_m})$

根据照度计检定规程要求，标准照度计测量照度的最大允许误差为±1%，估计为均匀分布，故 $a=1\%$ ， k 为 $\sqrt{3}$ ，则标准照度计的相对扩展不确定度为 0.58% ($k=2$)。标准照度计测量照度引入的不确定度分量：

$$u_1(\overline{E_m}) = 0.032 \text{ lx}$$

C.2.4.2 有效照射面照度均匀性引入的不确定度分量 $u_2(\overline{E_m})$

有效照射面照度均匀性应优于 95%，估计为均匀分布，则 $a=5\%$ ， k 为 $\sqrt{3}$ ，则有效照射面照度均匀性的相对扩展不确定度为 2.89% ($k=2$)，不确定度分量：

$$u_2(\overline{E_m}) = 0.16 \text{ lx}$$

C.2.4.3 标准照度计测量重复性引入的不确定度分量 $u_3(\overline{E_m})$

采用 A 类评定方法，在重复性条件下，根据校准方法，用某台典型标准照度计进行 3 次重复性测量。得到标准照度计测量重复性引入的不确定度分量：

$$u_3(\overline{E_m}) = 0.007 \text{ lx}$$

C.2.4.4 标准照度计数字显示的分辨力引入的不确定度分量 $u_4(\overline{E_m})$

对于数字显示式测量仪器，设其分辨力为 δ_x ，则由此带来的标准不确定度为 $0.289\delta_x$ 。标准照度计数字显示的分辨力为 0.01 lx，则光谱辐射计数字显示的分辨力引入的不确定度分量：

$$u_4(\overline{E_m}) = 0.003 \text{ lx}$$

C.2.4.5 有效照射面照度稳定性引入的不确定度分量 $u_5(\overline{E_m})$

有效照射面照度稳定性应优于±1%，估计为均匀分布，则 $a=1\%$ ， k 为 $\sqrt{3}$ ，则有效照射面照度均匀性的相对扩展不确定度为 0.58% ($k=2$)，不确定度分量：

$$u_5(\overline{E_m}) = 0.032 \text{ lx}$$

C.2.5 不确定度分量的汇总

垂直照度的不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 垂直照度的不确定度分量汇总

不确定度分量	符号	评定方法	标准不确定度/lx
标准照度计不确定度	$u_1(\overline{E_m})$	B	0.032
均匀性	$u_2(\overline{E_m})$	B	0.16
测量重复性	$u_3(\overline{E_m})$	A	0.007
分辨力	$u_4(\overline{E_m})$	B	0.003
稳定性	$u_5(\overline{E_m})$	B	0.032

C.2.6 合成标准不确定度和扩展不确定度

由测量模型可以得到合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_1^2(\overline{E_m}) + u_2^2(\overline{E_m}) + u_3^2(\overline{E_m}) + u_4^2(\overline{E_m}) + u_5^2(\overline{E_m})} = 0.166 \text{ lx}$$

$k=2$ 时，垂直照度的扩展不确定度为：

$$U = 0.3 \text{ lx}, k = 2$$
