



中华人民共和国工业和信息化部
电子计量技术规范

JJF(电子) ****—2024

机动车回复反射器测量系统
校准规范

Calibration Specification for Retro-reflector Measurement System
for Motor Vehicles

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

机动车回复反射器测 量系统校准规范

Calibration Specification
for Retro-reflector Measurement System
for Motor Vehiclesfor Motor Vehicles

JJF (电子) xxxx—2024

归 口 单 位：中国电子技术标准化研究院

主要起草单位：工业和信息化部电子第五研究所

参加起草单位：广州赛宝计量检测中心服务有限公司

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：郑琳琳（工业和信息化部电子第五研究所）
刘子瑜（工业和信息化部电子第五研究所）
刘鹏（广州赛宝计量检测中心服务有限公司）

参加起草人：黄俊杰（广州赛宝计量检测中心服务有限公司）
黄子键（广州赛宝计量检测中心服务有限公司）
孙陆（广州赛宝计量检测中心服务有限公司）

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
3.1 回复反射.....	1
3.2 回复反射器	1
3.3 发光强度系数	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	2
5.1 标准 A 光源光斑照度.....	2
5.2 标准 A 光源光斑照度不均匀性.....	2
5.3 标准 A 光源色温.....	2
5.4 发光强度系数.....	2
5.5 色坐标.....	2
5.6 旋转角度.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及其他设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	4
7.1 校准项目.....	4
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	9
9 复校时间间隔.....	10
附录 A 原始记录格式.....	11
附录 B 校准证书内页格式.....	14
附录 C 测量不确定度评定示例.....	17

引 言

JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量名词术语》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规范制定的基础性规范。

本规范在参考了 GB 11564-2008《机动车回复反射器》，并结合国内机动车回复反射器测量系统的质量控制现状制定。

本规范为首次发布。

机动车回复反射器测量系统校准规范

1 范围

本规范适用于机动车回复反射器测量系统的校准。

2 引用文件

GB 11564-2008 机动车回复反射器

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 术语和计量单位

3.1 回复反射 retro reflection

光线沿着与入射光方向的临近方向反射, 当照射角在很大范围内变动时, 仍能保持这一特性。

[GB 11564-2008 术语与定义, 3.1]

3.2 回复反射器 retro-reflector

由一个或多个回复反射光学单元组成, 具有回复反射功能的器件。

[GB 11564-2008 术语与定义, 3.3]

3.3 反射器照度(E_{\perp}) illumination of the retro-reflecting device

在一与入射光线垂直的, 且通过回复反射器基准中心的平面内所测得照度, 单位: lx。

3.4 发光强度系数(CIL) coefficient of luminous intensity

回复反射器在一定的照射角、观察角和旋转角的条件下, 在观察角方向上, 反射光发光强度 I 与反射器照度 E_{\perp} 的比值, 单位: $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1}$ 。

$$R = \frac{I}{E_{\perp}} \quad (1)$$

式中: R ----发光强度系数, $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1}$;

I ----反射光发光强度, cd;

E_{\perp} ----反射器照度, lx。

[GB 11564-2008 术语与定义, 3.12]

4 概述

机动车回复反射器作为保障车辆夜间行驶安全的一个重要设施,在道路车辆上已经得到广泛应用。机动车回复反射器测量系统由标准 A 光源、测光探头、试验转台及其控制器(含激光定位仪)等几部分构成,各部分均由电脑软件控制,该系统是检验机构对机动车回复反射器反射性能进行检验的重要仪器设备,在机动车行业有着广泛且重要的应用,其光度测量示意图如图 1 所示。

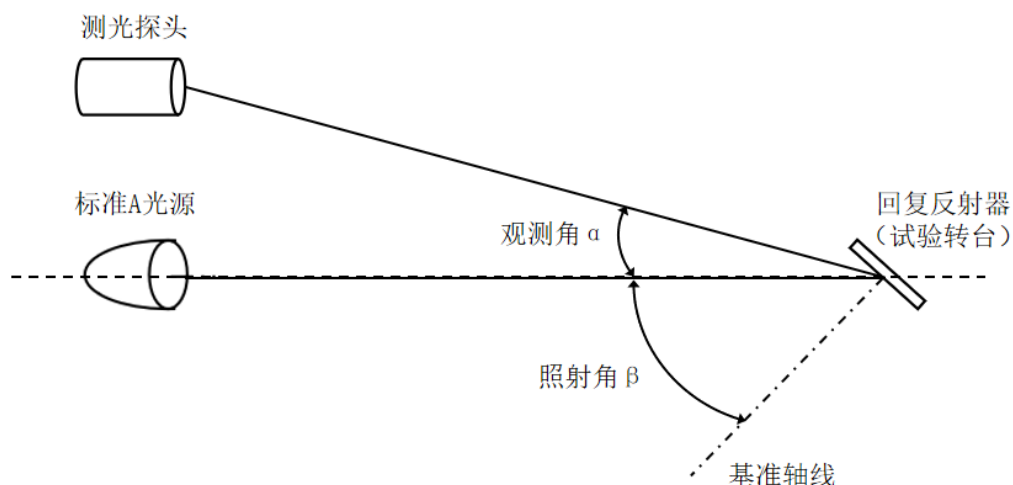


图 1 机动车回复反射器测试系统光度测试示意图

5 计量特性

5.1 标准 A 光源光斑照度

测试距离为 30.48m, 光斑照度应在(1~11)lx。

5.2 标准 A 光源光斑照度不均匀性

在发光面为直径 200mm 的圆范围内测量, 光斑照度不均匀性<5%。

5.3 标准 A 光源色温

测量范围: 2856K

最大允许误差: $\pm 50\text{K}$

5.4 发光强度系数

测量范围: 1mcd/lx~199900mcd/lx (观测角至少包含 $20'$ 和 $1^\circ 30'$)

最大允许误差: $\pm 4.0\%$

5.5 色坐标

色坐标 x, y 测量范围：全色域

最大允许误差： ± 0.02

5.6 旋转角度

转角范围： $0 \sim \pm 180^\circ$

最大示值误差：优于 $\pm 0.2^\circ$

注：上述计量特性指标不用于合格性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；

6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ ；

6.1.3 测量过程在暗室中进行，应排除杂散光及环境光影响。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 光照度计

照度： $(1 \sim 2000)\text{lx}$ ，示值最大允许误差： $\pm 4\%$ 。

6.2.2 色温表或彩色照度计(编制说明)

色温：2856K，扩展不确定度 $U=20\text{K}$ ， $k=2$ 。

6.2.3 发光强度标准灯组

计量性能不低于 JJG246《发光强度标准灯》检定规程中二级发光强度标准光强灯组的技术要求，扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=1.2\%$ ， $k=2$ ，且至少一只标准灯色温为 2856K，扩展不确定度 $U=14\text{K}$ ， $k=2$ 。

6.2.4 透射色板

计量性能应不低于 JJG453《标准色板》检定规程二级标准色板的技术要求， $U(Y)=1.0$ ， $k=2$ 。

6.2.5 电源及电测仪表

电源：标称区间不小于 $(0 \sim 120)\text{V}/(0 \sim 10)\text{A}$ 的直流稳压电源，输出电压连续可调，10min 内输出电压变化不大于 0.02%。

数字多用表：0.01 级。

标准电阻：0.01 级。

6.2.6 转角测量装置

6.2.6.1 电子经纬仪：分辨力为 2" 或 5"，最大允许误差 MPE： $\pm 0.02^\circ$ 。

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

6.2.7 激光测距仪

准确度等级符合一级要求，最大允差： $\pm (3.0\text{mm} + 5 \times 10^{-5} D)$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

表 1 校准项目表

序号	校准项目
1	标准 A 光源光斑照度
2	标准 A 光源光斑照度不均匀性
3	标准 A 光源色温
4	发光强度系数
5	色坐标
6	旋转角度

7.2 校准方法

7.2.1 外观及工作正常性检查

仪器上应有下列标识：名称、型号、制造厂名、出场编号或产品序列号等、显示屏清晰，无明显划痕。仪器应标明所使用的电源电压和频率，仪器电源线、信号线等插接紧密，各开关、旋钮、按键等功能正常，不应有影响其电气和光学性能的机械损伤。

7.2.2 标准 A 光源光斑照度及不均匀性

7.2.2.1 标准 A 光源光斑照度

将试验转台回复原位，标准照度计探头安装在试验转台中心位置上，使光度探头正对标准 A 光源，打开试验转台控制器上的激光定位仪，调整转台，使激光线与光度探头前表面相切，如图 2.a 所示。将试验转台水平旋转 90° ，使光度探头测试面正对试验转台激光定位仪出光口，此时激光线垂直于光度探头测试面，调整转台位置使光度探头测试面中心点位于激光定位仪的光线上，如图 2.b 所示，再将试验转台复位，此时光度探头的中心即为标准 A 光源的光斑中心。打开标准 A 光源，预热 20 分钟使其稳定，照度计重复测量三次按式(2)计算平均值，即为标准 A 光源光斑照度，测量结果记录在表 A.2 中，标准 A 光源光斑照度测量示意图如图 3 所示。



图 2.a 光度探头调整示意图

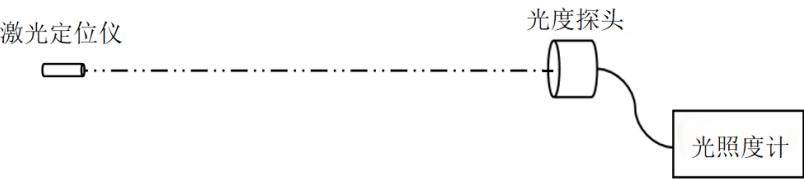


图 2.b 光度探头调整示意图

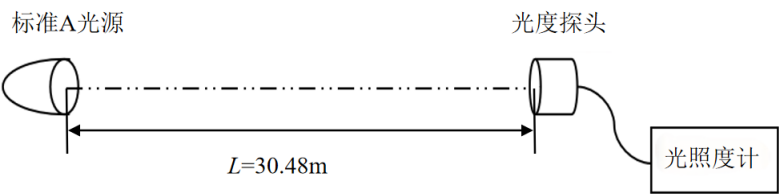


图 3 标准 A 光源光斑照度测量示意图

$$\overline{E} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i}{3} \tag{2}$$

式中： \overline{E} -----标准 A 光源光斑照度测量平均值，lx；

E_i -----标准 A 光源第 i 次光斑照度测量值，lx。

7.2.2.2 标准 A 光源光斑照度不均匀性

按照 7.2.2.1 安装好照度计后，然后将试验转台在以光度探头为中心的平面内上下左右各移动 90mm，分别测得图 4 中 1,2,3,4 位置的照度值，图中位置 5 即为 7.2.2.1 中的光斑中心照度值，按照公式(3)算出标准 A 光源直径 200mm 的圆范围内的不均匀性，测量结果记录在表 A.3 中。

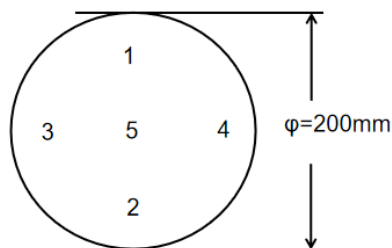


图4 标准 A 光源光斑照度不均匀性测试点示意图

$$Y = \left(1 - \frac{E_{\min}}{E_{\max}}\right) \times 100\% \quad (3)$$

其中: Y—不均匀性;

E_{\min} , E_{\max} —分别指照度最小值和最大值, 单位 lx。

7.2.3 标准 A 光源色温



图5 标准 A 光源色温测量示意图

按照 7.2.2.1 中的方法将标准色温表或彩色照度计安装在试验转台上, 如图 5 所示, 打开回复反射器测量系统的标准 A 光源, 读取色温表或彩色照度计三次色温测量值取平均值作为色温校准结果, 测量结果均记录在表 A.4 中, 计算公式如下:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^3 T_i}{3} \quad (4)$$

式中: \bar{T} -----标准 A 光源色温测量平均值, K;

T_i -----标准 A 光源第 i 次色温测量值, K。

7.2.4 发光强度系数

7.2.4.1 计算发光强度系数标准值

根据公式 $R = \frac{I}{E_{\square}}$ 可计算出标准反射光发光强度系数 R , 反射光发光强度为发光强度

标准灯的光强值 I , 光照度 E_{\perp} 为 7.2.2.1 中的标准 A 光源光斑照度, 计算值记录在表 A.5 中。

7.2.4.2 被校设备发光强度系数测量值

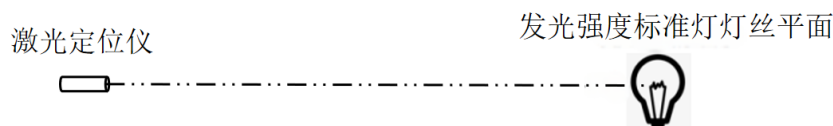


图 6.a 发光强度标准灯安装调整示意图

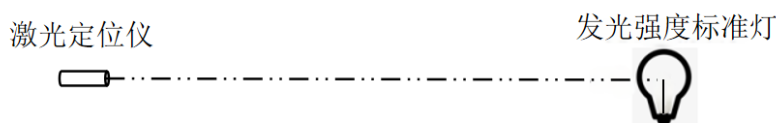


图 6.b 发光强度标准灯安装调整示意图

将试验转台回复原位, 关闭标准 A 光源, 将发光强度标准灯安装在试验转台中心位置上, 打开试验转台控制器上的激光定位仪, 调整转台, 使发光强度标准灯灯丝平面法线垂直于激光线, 并且使灯丝平面位于激光线的位置, 如图 6.a 所示。将试验转台水平旋转 90° , 此时激光线垂直于发光强度标准灯灯丝平面, 调整转台位置使发光强度标准灯灯丝平面中心位于激光定位仪的光线上, 如图 6.b 所示。再将试验转台复位, 使用直流稳压电源按照发光强度标准灯的标定电流值给发光强度标准灯供电, 预热 15 分钟待其发光稳定, 依次在电脑软件中设定观测角度 $20'$ 和 $1^{\circ} 30'$, 试验转台转到相应角度后, 读取相应角度下回复反射器测量系统测得的发光强度系数值 R' , 测量值记录在表 A.5 中, 根据公式(5)计算示值误差。

$$\Delta R = R' - R \quad (5)$$

式中: ΔR -----发光强度系数示值误差, cd/lx ;

R' -----被校回复反射器测试系统发光强度系数测量值, cd/lx ;

R -----发光强度系数标准值, cd/lx 。

7.2.5 色坐标

按照 7.2.4.2 中的方法将分布温度为 2856K 发光强度标准灯安装在试验转台中心位置上并调整好位置, 使用直流稳压电源按照 2856K 色温下对应的工作电流给发光强度标准灯供电, 预热 15 分钟左右, 用测试软件读取被校回复反射器测试系统测量的色坐

标的显示值，测量结果记录在表 A.6 中，再将六色标准透射色板紧贴在色度计探头前面依次固定好，用测试软件读取被校回复反射器测试系统测量的色坐标的显示值，测量结果记录在表 A.6 中，按式(6)和式(7)计算色坐标测量示值误差。

$$\Delta x = x' - x \quad (6)$$

$$\Delta y = y' - y \quad (7)$$

式中： $\Delta x, \Delta y$ -----色坐标示值误差；

x', y' -----被校回复反射器测试系统色坐标测量值；

x, y -----分布温度为 2856K 发光强度标准灯和标准透射色板色坐标标准值。

7.2.6 旋转角度

7.2.6.1 水平转角

采用分辨率为2" 或5" 的电子经纬仪来测量试验转台的水平转角。检测时围绕垂直轴测量，将试验转台水平和垂直转角都置于零位，用夹具安装好电子经纬仪，并调整使其尽量接近垂直轴，旋转电子经纬仪脚旋钮，使经纬仪圆水泡居中，以保证电子经纬仪转动的水平面和被测试验转台的工作面平行。

打开被测试验转台控制器上的激光定位仪，该激光定位仪发出的激光垂直于转台水平转动的轴线。精细调整，保证转台的水平转动轴线与电子经纬仪的水平转动轴重合。

将电子经纬仪水平角调整为零。被测试验转台水平转动相应的角度，沿试验转台转动方向相反的方向转动电子经纬仪，电子经纬仪显示的水平角度即为试验转台水平转角测得值。旋转角度测量应在正、反两个方向上进行，在0~180° 范围内等间隔选取不少于5个测量角度，测量结果记录在表A.7。水平转角示值误差等于被测试验转台角度设定值 θ_i 和电子经纬仪测得值 $\theta_{\text{标}}$ 之差，计算公式如下：

$$\Delta_i = \theta_i - \theta_{\text{标}} \quad (8)$$

式中： Δ_i -----第*i*待测点的转角示值误差；

θ_i -----被测试验转台水平转角第*i*待校点的设定值；

$\theta_{\text{标}}$ -----电子经纬仪测得的第*i*待测点的测量值。

7.2.6.2 垂直转角

使用转角测量仪校准被测试验转台的垂直转角。将试验转台的水平角和垂直角置零，

用夹具将转角测量仪固定在试验转台的工作台上，按校零键清零。将被测试验转台垂直旋转到相应的待测角度，读取转角测量仪的读数。旋转角度测量应在正、反两个方向上进行，在 $0\sim 180^\circ$ 范围内等间隔选取不少于 5 个测量角度，测量结果记录在表 A.7。垂直转角示值误差等于被测实验转台垂直旋转角度设定值 θ_i 和转角测量仪测得值 $\theta_{\text{标}}$ 之差，计算公式如下式：

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

式中： Δ_i -----第 i 待测角度的示值误差；

θ_i -----被测实验转台垂直旋转第 i 待测点的设定值；

$\theta_{\text{标}}$ -----各待测角度对应转角测量仪显示值。

8 校准结果表达

校准后，出具校准证书。校准证书至少应包含以下信息：

- 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；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- 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

机动车回复反射器测量系统复校时间间隔一般不超过 12 个月。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，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

原始记录格式

A.1 外观及工作正常性检查

表 A.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观检查	
工作正常性检查	

A.2 标准 A 光源光斑照度

表 A.2 标准 A 光源光斑照度

项目	测量值 No.1(lx)	测量值 No.2(lx)	测量值 No.3(lx)	平均值(lx)	扩展不确定度 $U(k=2)$
光斑照度					

A.3 标准 A 光源光斑照度不均匀性

表 A.3 标准 A 光源光斑照度不均匀性

测量点	1	2	3	4	5
照度测量值(lx)					
不均匀性					

A.4 标准 A 光源色温

表 A.4 标准 A 光源色温

项目	测量值 No.1(K)	测量值 No.2(K)	测量值 No.3(K)	平均值(K)	扩展不确定度 (K) $U(k=2)$
色温					

A.5 发光强度系数

表 A.5 发光强度系数

角度	标准值 (cd/lx)	指示值 (cd/lx)	误差 (cd/lx)	扩展不确定 度 $U(k=2)$

A.6 色坐标

表 A.6 色坐标

光源及色板	色坐标	标准值	指示值	误差	扩展不确定 度 $U(k=2)$
发光强度标准 (2856K)	x				
	y				
HB650	x				
	y				
JB510	x				
	y				
LB6	x				
	y				
CB565	x				
	y				
QB3	x				
	y				
ZB1	x				
	y				

A.7 旋转角度

表 A.7 旋转角度

	测量点 (°)	正向实测值 (°)	反向实测值 (°)	正向误差 (°)	反向误差 (°)	扩展不确定度 (°) $U(k=2)$
水平 转角						
垂直 转角						

附录 B

校准证书内页格式

B.1 外观及工作正常性检查

表 B.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观检查	
工作正常性检查	

B.2 标准 A 光源光斑照度

表 B.2 标准 A 光源光斑照度

项目	测量值 (lx)	扩展不确定度 $U(k=2)$
光斑照度		

B.3 标准 A 光源光斑照度不均匀性：

B.4 标准 A 光源色温

表 B.3 标准 A 光源色温

项目	测量值 (K)	扩展不确定度 $U(k=2)$
色温		

B.5 发光强度系数

表 B.4 发光强度系数

角度	标准值 (cd/lx)	指示值 (cd/lx)	误差 (cd/lx)	扩展不确定度 $U(k=2)$

B.6 色坐标

表 B.5 色坐标

光源及色板	色坐标	标准值	指示值	误差	扩展不确定度 $U(k=2)$
发光强度标准(2856K)	x				
	y				
HB650	x				
	y				
JB510	x				
	y				
LB6	x				
	y				
CB565	x				
	y				
QB3	x				
	y				
ZB1	x				
	y				

B.7 旋转角度

表 B.6 旋转角度

	测量点 (°)	正向实测值 (°)	反向实测值 (°)	正向误差 (°)	反向误差 (°)	扩展不确定度 (°) $U(k=2)$
水平 转角						

垂 直 转 角						

附录 C

测量不确定度评定示例

机动车回复反射器测试系统测量不确定度评定

C.1 发光强度系数

C.1.1 测量方法

按机动车回复反射器测试系统校准方法中 7.2.1 条对发光强度系数进行测量。

C.1.2 测量模型

$$\Delta R = R' - \frac{I}{E}$$

式中: ΔR ——示值误差;

R' ——被校机动车回复反射器测试系统光强系数测量值;

I ——标准灯光强值;

E ——反射器照度测量标准值。

C.1.3 方差及灵敏系数

输出量的合成方差为

$$u_c(\Delta R)^2 = c_1^2 u^2(R') + c_2^2 u^2(I) + c_3^2 u^2(E)$$

其中:

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta R)}{\partial(R')} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial(\Delta R)}{\partial(I)} = -\frac{1}{E}$$

$$c_3 = \frac{\partial(\Delta R)}{\partial(E)} = -\frac{I}{E^2}$$

此处, 以 $E=10.3\text{lx}$, $I=236.1\text{cd}$ 计算为例, $c_1=-0.097(\text{lx}^{-1})$, $c_2=-2225(\text{mcd}/\text{lx}^2)$ 。

C.1.4 输入量的标准不确定度的评定

C.1.4.1 输入量 R' 的标准不确定度 $u(R')$ 的评定

此项标准不确定度主要来源机动车回复反射器测试系统的测量重复性 u_1 。在重复性测量条件下,用机动车回复反射器测试系统对发光强度系数进行10次重复测量,测量值如下(表1):

表1. 发光强度系数重复性测量结果

测量点(mcd/lx) 测量值(mcd/lx) 次数	22922
1	22673
2	22662
3	22678
4	22668
5	22657
6	22674
7	22670
8	22652
9	22662
10	22671
$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} (\text{mcd/lx})$	22666.7
$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{(n-1)}} (\text{mcd/lx})$	8.2

$$u(R') = u_1 = s = 8.2 (\text{mcd/lx}).$$

C.1.4.2 输入量 I 的标准不确定度 $u(I)$ 的评定

输入量 I 的标准不确定度 $u(I)$ 主要取决于标准光强灯送上级校准的不确定度 u_2 和其年稳定性引入的不确定度 u_3 。

C.1.4.2.1 标准光强灯送上级校准的其扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=1.2\%$, $k=2$,则此项引入的标准不确定度为

$$u_2 = 1.2\% \times 236.1/2 = 1416.6 (\text{mcd})$$

C.1.4.2.2 标准光强灯年稳定性一般不超过 1.2%，设为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则此项引入的标准不确定度为

$$u_3=1.2\%\times 236.1/\sqrt{3}=1635.8(\text{mcd})$$

C.1.4.2.3 输入量 I 的标准不确定度 $u(I)$ 为

$$u(I)=\sqrt{u_2^2+u_3^2}=2163.9(\text{mcd})$$

C.1.4.2 输入量 E 的标准不确定度 $u(E)$ 的评定

输入量 E 的标准不确定度 $u(E)$ 主要由标准光照度计的测量误差引入，一级照度计最大允许误差为 $\pm 4.0\%$ ， $k=\sqrt{3}$ ，则此项引入的标准不确定度为

$$u(E)=4.0\%\times 10.3/\sqrt{3}=0.24(\text{lx})$$

C.1.5 合成不确定度

$$u_c=\sqrt{c_1^2u^2(R')+c_2^2u^2(I)+c_3^2u^2(E)}=574(\text{mcd/lx})$$

$$\text{相对合成确定度 } u_{\text{crel}}=574/22922=2.5\%$$

C.1.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，光强系数扩展不确定度为 $U_{\text{rel}}=k\times u_{\text{crel}}=2\times 2.5\%=5.0\%$ 。

C.2 色坐标

C.2.1 测量方法

按机动车回复反射器测试系统校准方法中第 7.2.2 条对色度进行测量。

C.2.2 测量模型

建立测量模型：

$$\Delta x = x' - x$$

$$\Delta y = y' - y$$

其中： $\Delta x, \Delta y$ ——为被校机动车回复反射器测试系统的色坐标示值误差；

x', y' -----被校回复反射器测试系统色坐标测量值；

x, y -----分布温度为 2856K 发光强度标准灯和标准透射色板色坐标标准值。

C.2.3 方差及灵敏系数

假设各分量独立，有

$$u^2(\Delta x) = c_1^2 u^2(x') + c_2^2 u^2(x)$$

$$u^2(\Delta y) = c_1^2 u^2(y') + c_2^2 u^2(y)$$

灵敏系数为:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta x}{\partial x'} = 1, c_1 = \frac{\partial \Delta y}{\partial y'} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta x}{\partial x} = -1, c_2 = \frac{\partial \Delta y}{\partial y} = -1$$

C.2.4 计算各分量的标准不确定度

C.2.4.1 输入量 x', y' 的标准不确定度 $u(x'), u(y')$ 的评定

此项不确定度主要测量重复性, 采用 A 类方法评定, 在重复性条件下, 用被校机动车回复反射器测试系统对标准透射色板的色坐标进行 10 次重复测量, 测量值如下 (见表 2):

重复性测量结果 (表 2)

次序	$x=0.4228$	$y=0.4606$
1	0.4267	0.4644
2	0.4266	0.4644
3	0.4265	0.4643
4	0.4266	0.4644
5	0.4266	0.4643
6	0.4267	0.4644
7	0.4267	0.4643
8	0.4266	0.4644
9	0.4265	0.4643
10	0.4266	0.4644
$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$	0.42661	0.46436
$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$	0.0001	0.0001

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

则可得到:

$$u(x') = 0.0001$$

$$u(y') = 0.0001$$

C.2.4.2 输入量 x, y 的标准不确定度 $u(x), u(y)$ 的评定

此项标准不确定度主要来源是标准光源或标准透射色板送上级定值 $u_1(x), u_1(y)$ 和分辨力引入的不确定度 $u_2(x), u_2(y)$ 。

C.2.4.2.1 标准光源或标准透射色板送上级定值引入不确定度 $u_1(x), u_1(y)$

标准光源送上级校准得其色坐标扩展不确定度 $U(x)=0.0015, k=2, U(y)=0.0015, k=2$ 则此项引入的标准不确定度为

$$u_1(x) = \frac{0.0015}{2} = 0.00075$$

$$u_1(y) = \frac{0.0015}{2} = 0.00075$$

标准透射色板送上级校准得其色坐标扩展不确定度 $U(x)=0.004, k=2, U(y)=0.004, k=2$ 则此项引入的标准不确定度为

$$u_1(x) = \frac{0.004}{2} = 0.002$$

$$u_1(y) = \frac{0.004}{2} = 0.002$$

C.2.4.2.2 年稳定性引入的不确定度 $u_2(x), u_2(y)$

标准灯色坐标年稳定性一般不超过 0.0003, 按均匀分布, 则此项引入的标准不确定度为

$$u_2(x) = \frac{0.0003}{\sqrt{3}} = 0.00018$$

$$u_2(y) = \frac{0.0003}{\sqrt{3}} = 0.00018$$

标准透射色板色坐标年稳定性一般不超过 0.002, 按均匀分布, 则此项引入的标准不确定度为

$$u_2(x) = \frac{0.002}{\sqrt{3}} = 0.0012$$

$$u_2(y) = \frac{0.002}{\sqrt{3}} = 0.0012$$

C.2.4.2.3 输入量 x, y 的标准不确定度 $u(x), u(y)$ 为

$$u(x) = \sqrt{u_1^2(x) + u_2^2(x)} = 0.00078 \text{ (只采用标准光源)}$$

$$u(y) = \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y)} = 0.00078 \text{ (只采用标准光源)}$$

$$u(x) = \sqrt{u_1^2(x) + u_2^2(x)} = 0.0023 \text{ (采用标准光源和标准透射色板)}$$

$$u(y) = \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y)} = 0.0023 \text{ (采用标准光源和标准透射色板)}$$

C.2.5 合成不确定度

$$u(\Delta x) = \sqrt{u^2(x') + u^2(x)} = 0.001 \text{ (只采用标准光源);}$$

$$u(\Delta y) = \sqrt{u^2(y') + u^2(y)} = 0.001 \text{ (只采用标准光源);}$$

$$u(\Delta x) = \sqrt{u^2(x') + u^2(x)} = 0.0024 \text{ (采用标准光源和标准透射色板);}$$

$$u(\Delta y) = \sqrt{u^2(y') + u^2(y)} = 0.0024 \text{ (采用标准光源和标准透射色板)。}$$

C.2.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，只采用标准光源色坐标测量时扩展不确定度为

$$U(x) = 2 \times 0.001 = 0.002$$

$$U(y) = 2 \times 0.001 = 0.002$$

采用标准光源和标准透射色板，色坐标测量扩展不确定度为

$$U(x) = 2 \times 0.0024 = 0.005$$

$$U(y) = 2 \times 0.0024 = 0.005$$

C.3 标准 A 光源光斑色温和照度

C.3.1 测量方法

按机动车回复反射器测试系统校准方法中第 7.2.3 和 7.2.4 条对标准 A 色温和光斑照度进行测量。

C.3.2 测量模型

建立测量模型：

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^3 T_i}{3}$$

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i}{3}$$

其中： \bar{T} -----标准 A 光源色温测量平均值，K；

T_i -----标准 A 光源第 i 次色温测量值，K；

\bar{E} -----标准 A 光源光斑照度测量平均值，lx；

E_i -----标准 A 光源第 i 次光斑照度测量值，lx。

C.3.3 标准不确定度的评定

不确定度来源主要是：测量重复性引入的标准不确定度 $u(E_{s1})$ 和 $u(T_{s1})$ ；彩色照度计最大允许误差引入的标准不确定度 $u(E_{s2})$ 和 $u(T_{s2})$ 。

C.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u(E_{s1})$ 和 $u(T_{s1})$

此项不确定度主要测量重复性, 采用 A 类方法评定，在重复性条件下，用彩色照度计对被校回复反射器测量系统的标准 A 光源色温和照度进行 10 次重复测量，测量值如下（见表 3）：

重复性测量结果（表 3）

次序	$E_i(\text{lx})$	$T_i(\text{K})$
1	10.2	2865
2	10.3	2863
3	10.3	2865
4	10.2	2864
5	10.2	2865
6	10.2	2865
7	10.1	2863
8	10.2	2864
9	10.3	2865
10	10.3	2865

$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (\text{lX}), \quad \bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (\text{K})$	10.23	2864.4
$s(E) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{(n-1)}} \quad (\text{lX}), \quad s(T) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{(n-1)}} \quad (\text{K})$	0.07	0.84

则可以得到:

$$u(E_{s1})=0.07(\text{lX})$$

$$u(T_{s1})=0.84(\text{K})$$

C.3.4.2 输入量的标准不确定度 $u(E_{s2})$ 和 $u(T_{s2})$ 的评定

$u(E_{s2})$ 和 $u(T_{s2})$ 的主要来源于彩色照度计最大允许误差和溯源不确定度,彩色照度计照度最大允许误差为 $\pm 4\%$,设为均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 2856K 色温测量值扩展不确定度为 $U=20\text{K}$, $k=2$ 。

则此项引入的不确定度为:

$$u(E_{s2})=4\% \times 10.3/\sqrt{3}=0.24(\text{lX})$$

$$u(T_{s2})=20/2=10(\text{K})$$

C.3.5 合成标准不确定度

$$u_c(E) = \sqrt{c_1^2 u^2(E_{s1}) + c_2^2 u^2(E_{s2})} = 0.24(\text{lX}),$$

$$u_{\text{crel}}(E) = 2.3\%$$

$$u_c(T) = \sqrt{c_1^2 u^2(T_{s1}) + c_2^2 u^2(T_{s2})} = 11(\text{K})$$

C.3.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$,扩展不确定度

$$U(E) = u_{\text{crel}}(E) \times k = 4.6\%$$

$$U(T) = u_c(T) \times k = 22(\text{K})$$

C.4 旋转角度

本附录仅对使用转角测量仪校准实验转台转角的测量结果进行不确定度评定。

C.4.1 测量方法

标准器采用转角测量仪，对试验转台的转角进行校准。

C.4.2 数学模型

C.4.2.1 建立数学模型：

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

式中： δ ---转角示值误差；

Y ---被测试验转台的转角设定值；

\bar{Y}' ---转角测量仪的示值。

C.4.2.2 灵敏系数

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

C.4.3 标准不确定度分析

设被校试验转台在 $0 \sim \pm 180^\circ$ 范围转动。

C.4.3.1 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，由转角测量仪引入的不确定度，最大允许示值误差为 $\pm 0.02^\circ$ ，为均匀分布，则 $u_1 = \frac{0.02^\circ}{\sqrt{3}} = 0.012^\circ$ ，则标准不确定度 $u_1 = 0.012^\circ$ 。

C.4.3.2 转台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.4.3.3 试验转台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($^\circ$)：

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.4.4 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
转轴跳动	0.014	-1	0.014
测量重复性	0.007	1	0.007

C.4.5 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.4.6 扩展不确定度

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