



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 967—2001

机动车前照灯检测仪校准器

Calibrators for Headlamp Tester of Motor Vehicle

2001 - 11 - 30 发布

2002 - 03 - 01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

机动车前照灯检测仪 校准器检定规程

JJG 967—2001

**Verification Regulation of Calibrators
for Headlamp Tester of Motor Vehicle**

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2001 年 11 月 30 日批准，并自 2002 年 03 月 01 日起施行。

归口单位： 全国光学计量技术委员会

起草单位： 北京市计量科学研究所

本规程委托全国光学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

满宗林 （北京市计量科学研究所）

方谊筠 （北京市计量科学研究所）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量性能要求	(1)
3.1 发光强度	(1)
3.2 光轴角	(1)
3.3 水平调节机构	(1)
4 通用技术要求	(1)
5 计量器具控制	(2)
5.1 检定条件	(2)
5.2 检定项目和检定方法	(3)
5.3 检定结果的处理	(8)
5.4 检定周期	(8)
附录 A 检定证书(背面)格式	(9)
附录 B 前照灯检测仪校准器检定原始记录	(10)
附录 C 不确定度分析	(12)

机动车前照灯检测仪校准器检定规程

1 范围

本规程适用于机动车前照灯检测仪校准器（以下简称校准器）的首次检定、后续检定和使用中检验。定型鉴定、样机试验中主要计量性能的检测，可参照本规程执行。

2 概述

校准器是光轴可以转动的标准光源，它由光源、直流稳压电源及电压表、光轴角转动及读数机构、水平调整机构和找正机构等部分组成。利用比较法对前照灯（远光）检测仪的发光强度和光束照射方向进行检定。

3 计量性能要求

3.1 发光强度

3.1.1 校准器在垂直于光轴的平面上投射一个比较清晰的对称的光斑，其光照度只有一个最大值。

3.1.2 校准器在主光轴方向的发光强度的变化范围不小于 $50 \times 10^2 \sim 40 \times 10^3$ cd。

3.1.3 校准器发光强度的相对扩展不确定度不大于 6% ($k_p = 3.25$)（校准器发光强度的不确定度分析见附录 C）。

3.1.4 校准器发光强度重复性不大于 1%。

3.1.5 校准器发光强度的稳定性在 10 min 内不超过 1.5%。

3.1.6 校准器的直流稳压电源应稳定，发光强度为 20×10^3 cd 时所对应的电压显示值在 10 min 内变化不得超过 0.02 V，发光强度变化不超过 1%。

3.2 光轴角

3.2.1 校准器光轴角的零位示值误差不超过 5'。

3.2.2 在左(L)2°~右(R)2°，上(U)1°~下(D)2°范围内，光轴角的示值误差不超过 5'。

3.2.3 光轴角转动机构的空程误差不超过 3'。

3.2.4 光轴角在上、下方向处于 0°00'，水平方向在左(L)2°~右(R)2°范围内变化以及左、右方向处于 0°00'，上下方向在下(D)1°~上(U)1°范围内变化时，校准器相对发光强度的不对称性不超过 10%。

3.3 水平调节机构

校准器的水平调节机构灵活可靠，重新调整水平时校准器光轴的变化不超过 3'。

4 通用技术要求

4.1 校准器应有铭牌，标明名称、型号、制造单位、编号、MC 标志、制造计量器具许可证编号和制造日期。

4.2 校准器的所有光学零部件应清洁，无明显反碱、砂粒、气泡、划痕等影响使用的

缺陷。仪器的刻线、数字等应显示清晰，不应有断线、笔划短缺等缺陷。

4.3 各运动、调节部分应转动灵活、平稳、锁定可靠，不应有影响使用的缺陷。

5 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

5.1 检定条件

5.1.1 检定用设备

5.1.1.1 数字照度计：至少 $3\frac{1}{2}$ 位显示，测量范围为 $0.1 \sim 200 \times 10^1 \text{ lx}$ ， $V(\lambda)$ 匹配误差 $f_1 \leq 3\%$ 。示值误差满足一级照度计的要求（相对示值误差 $\pm 4\%$ ）。

5.1.1.2 光度测量装置：测量距离不小于 7.000 m ，最大允差 0.2% 。

5.1.1.3 基线绳（或水准仪、 $6''$ 经纬仪）

5.1.1.4 供电电压： $\text{AC}(220 \pm 10) \text{ V}$

5.1.1.5 交流稳压器：电压稳定度 $\leq 0.3\%$

5.1.1.6 光轴角检测装置（见图 1）

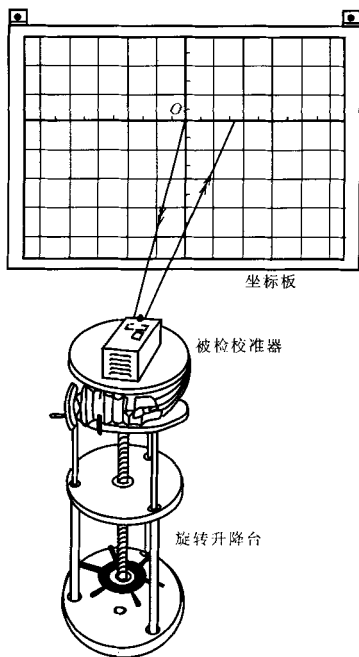


图 1 校准器光轴角检测装置

角度测量范围：左、右、下方向为 $0 \sim 2^\circ$ ，上方向为 $0 \sim 1^\circ$ ，扩展不确定度 $2'$ ($k=3$)。坐标板的最小分度为 1 mm 。旋转升降台转动范围为 $0 \sim 360^\circ$ ，锁定可靠，升降范围应能满足检定要求。射出的激光光束应垂直坐标板，偏差不超过 $1'$ 。

5.1.2 环境条件

5.1.2.1 环境温度：(20 ± 5) $^\circ\text{C}$

5.1.2.2 相对湿度： $\leq 85\%$

5.2 检定项目和检定方法

检定项目见表 1。

表 1 检 定 项 目

序号	检 定 项 目	首次检定	后续检定	使用中检验
1	通用技术要求	+	+	+
2	光轴零位示值误差	+	+	+
3	发光强度	+	+	+
4	发光强度的重复性	+	-	-
5	发光强度的稳定性	+	+	+
6	显示电压的稳定性	+	-	-
7	校准器光分布的对称性	+	-	-
8	光轴角示值误差	+	+	+
9	光轴角转动机构的空程误差	+	+	+
10	水平调节机构重新调整对光轴的影响	+	-	-
注：凡需要检定的项目用“+”表示，不需检定的项目用“-”表示。				

5.2.1 通用技术要求

目视观察和试验，应满足 4.1~4.3 的要求。

5.2.2 光轴角零位示值误差

5.2.2.1 检定在光度测量装置上进行。将被检的校准器置于装置的圆转台上（见图 1），调整校准器，使其水泡处在圆环中央，同时使校准器的发光面的中心与已调好的数字照度计探测器受光面的中心等高，转动、平移被检的校准器（这些调整需交替、反复地进行），直至被检校准器光轴找正机构的两个尖锥的顶点与过探测器受光面中心的垂线在同一铅垂面内，同时被检校准器的水泡在圆环中心为止，并定好被检校准器的起点。

5.2.2.2 将照度计的探测器和被检的校准器固定在装置上相距 D ($D \geq 7.000 \text{ m}$ ，下同) 的两个位置，光轴角为 $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$ (α_i / β_j 为光轴角的表示方法，其中 α_i 为第 i 个水平方向的光轴角，左右方位用 L 或 R 表示； β_j 为第 j 个垂直方向的光轴角，下和上方位用 D 或 U 表示)。保持垂直方向上的光轴角 $0^\circ 00'$ 不变，将水平方向的光轴角示值转到 $L3^\circ 00'$ (或 $R3^\circ 00'$)，再按照 $L3^\circ 00' \rightarrow 0^\circ 00' \rightarrow R3^\circ 00'$ (或 $R3^\circ 00' \rightarrow 0^\circ 00' \rightarrow L3^\circ 00'$) 缓慢转动光轴角，并观察照度计的示值。在光轴角为 $L2^\circ 00'$ 和 $R2^\circ 00'$ 附近找到照度计示值相等的两个位置，并记录此时光轴角的示值 α'_{Li} 、 α'_{Ri} 。

水平方向光轴角的零位示值误差按下式计算：

$$\Delta\alpha'_0 = (\alpha'_{Li} - \alpha'_{Ri}) / 2 \quad (1)$$

然后再反方向按上述方法，在 $L2^{\circ}00'$ 和 $R2^{\circ}00'$ 附近找到照度计示值相等的两个位置，并记录此时光轴角的示值 α''_{Li} ， α''_{Ri} 。

$$\Delta\alpha''_0 = (\alpha''_{Li} - \alpha''_{Ri}) / 2 \quad (2)$$

以两次结果的平均值作为校准器光轴在水平方向的零位示值误差。

$$\Delta\alpha_0 = (\Delta\alpha'_0 + \Delta\alpha''_0) / 2 \quad (3)$$

保持校准器水平方向的光轴角处在 $0^{\circ}00'$ 不变，光轴角垂直方向的示值转到 $D2^{\circ}00'$ (或 $U2^{\circ}00'$)，再按照 $D2^{\circ}00' \rightarrow 0^{\circ}00' \rightarrow U2^{\circ}00'$ (或 $U2^{\circ}00' \rightarrow 0^{\circ}00' \rightarrow D2^{\circ}00'$) 方向缓慢转动光轴角，并观察照度计的示值。在光轴角为 $D1^{\circ}00'$ ， $U1^{\circ}00'$ 附近找到照度计示值相等的两个位置，记录此时垂直方向的光轴角示值 β'_{Dj} ， β'_{Uj} 。

再反方向按上述方法，在光轴角为 $D1^{\circ}00'$ ， $U1^{\circ}00'$ 附近找到照度计示值相等的两个位置，记录此时垂直方向的光轴角示值 β''_{Dj} ， β''_{Uj} 。

按下面方法处理数据：

两次垂直方向校准器零位的示值误差分别为：

$$\Delta\beta'_0 = (\beta'_{Dj} - \beta'_{Uj}) / 2 \quad (4)$$

$$\Delta\beta''_0 = (\beta''_{Dj} - \beta''_{Uj}) / 2 \quad (5)$$

以两次检定结果的平均值作为校准器光轴在垂直方向的零位示值误差：

$$\Delta\beta_0 = (\Delta\beta'_0 + \Delta\beta''_0) / 2 \quad (6)$$

被检校准器光轴角零位示值误差记为 $\Delta\alpha_0/\Delta\beta_0$ ，方位分别用 L 或 R 与 D 或 U 表示，应符合 3.2.1 的要求。

5.2.3 发光强度

5.2.3.1 将调整好的被检校准器和照度计的探测器，固定在装置上相距 D 的两个位置 (见图 2)，使光轴角处在 $0^{\circ}00'/0^{\circ}00'$ 状态，保持被检校准器垂直方向的光轴角 ($0^{\circ}00'$) 不变，按某一方向缓慢转动水平方向光轴角转动旋钮，同时观察照度计的读数变化，当照度计读数最大时，记录此时光轴角的示值 α'_l 。继续按原方向转动光轴角转动旋钮至少 1° ，然后再反方向转动光轴角转动旋钮，当照度计的读数再次出现最大值时，记录此时水平方向光轴角的示值 α''_l 。

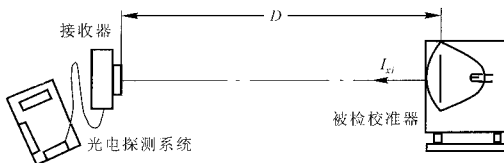


图 2 校准器发光强度检测示意图

被检校准器主光轴水平方向的位置为:

$$\alpha_l = (\alpha'_l + \alpha''_l) / 2 \quad (7)$$

保持被检校准器水平方向的光轴角 ($0^\circ 00'$) 不变, 缓慢转动垂直方向光轴角转动旋钮, 找出照度计读数最大时对应的被检校准器垂直方向主光轴的两个示值 β'_l 、 β''_l 。被检校准器主光轴垂直方向的位置为:

$$\beta_l = (\beta'_l + \beta''_l) / 2 \quad (8)$$

被检校准器主光轴的位置记为 α_l/β_l (方位 L, R, D, U 按结果标注)。

5.2.3.2 顺时针方向将被检校准器的光轴角调至主光轴 α_l/β_l 位置。接通被检校准器的电源, 打开开关, 按仪器使用说明书的规定预热。打开照度计的开关, 并选择适当的挡位。被检校准器经预热后开始检定, 逐渐升高校准器的电压, 直至照度计的指示值为 E_l (对应的实际照度为 $E_{0l} = I_{sl}/D^2$, 其中 I_{sl} 为被检校准器的第 i 个发光强度), 并记录此时被检校准器的显示电压 U'_i 。按此法逐一检定出被检校准器的发光强度分别为 50×10^3 cd, 80×10^3 cd, 10×10^3 cd, 12×10^3 cd, 15×10^3 cd, 20×10^3 cd, 25×10^3 cd, 30×10^3 cd, 40×10^3 cd 等时对应的显示电压 U'_i ($i = 1, 2, 3, \dots, 9$)。

逆时针方向将被检校准器的光轴角调至主光轴 α_l/β_l 位置, 按上述方法逐一检定出被检校准器的发光强度分别为 40×10^3 cd, 30×10^3 cd, 25×10^3 cd, 20×10^3 cd, 15×10^3 cd, 12×10^3 cd, 10×10^3 cd, 80×10^3 cd, 50×10^3 cd 等时对应的显示电压 U''_j ($j = 9, 8, 7, \dots, 1$)。

取两次显示电压的平均值作为检定结果:

$$U'_n = (U'_i + U''_j) / 2 \quad (j = i) \quad (9)$$

校准器发光强度的相对扩展不确定度应满足 3.1.3 的要求。

5.2.4 校准器发光强度的重复性

固定照度计的探测器到被检校准器的距离 D , 在发光强度为 20×10^3 cd 所对应的电压 U_i 下, 连续测量被检校准器的发光强度不少于 5 次, 按贝塞尔公式计算发光强度的标准差作为被检校准器发光强度的重复性:

$$s = \frac{1}{I} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2}{(n-1)}} \times 100\% \quad (n \geq 5) \quad (10)$$

式中: I_i ——第 i 次测量值, $I_i = E_i D^2$;

$\bar{I}$ ——发光强度的平均值;

n ——测量次数。

校准器发光强度的重复性应满足 3.1.4 的要求。

5.2.5 校准器发光强度的稳定性

固定距离 D , 在发光强度为 20×10^3 cd 所对应的电压 U_i 下, 照度计的探测器受光照 2 min 开始测量, 以后每隔 2 min 测量 1 次, 共测量 6 次, 被检校准器的稳定性按下式计算:

$$u = [(E_0/E_1) - 1] \times 100\% \quad (11)$$

式中: E_1 ——照度计的最小读数;

E_0 ——照度计的最大读数。

校准器发光强度的稳定性应满足 3.1.5 的要求。

5.2.6 校准器显示电压的稳定性

将被检校准器的显示电压调到发光强度 20×10^3 cd 时的相应值, 连续观察 10 min, 以显示电压和相对发光强度的最大差作为检定结果, 应符合 3.1.6 的要求。

5.2.7 校准器光分布的对称性

按照 6.2.1 的方法调整好被检校准器和照度计的探测器, 并固定在装置上相距 D 的两个位置。逆时针方向将校准器的光轴角调至 $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$, 并记录此时照度计的读数 E'_0 。再按逆时针方向将光轴角分别调至 $L1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L3^\circ 00' / 0^\circ 00'$, 然后再顺时针方向将光轴角从 $L3^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 分别调至 $L2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R3^\circ 00' / 0^\circ 00'$, 再逆时针将光轴角分别从 $R3^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 调至 $R2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$, 分别记录光轴角为 $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 时照度计的 3 次读数 E'_0 , E''_0 , E'''_0 , 求出平均值 E_0 及光轴角为 $L1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R2^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 时照度计对应的同一光轴角的 2 次读数 E'_α , E''_α , 并求出平均值 E_α 。

被检校准器水平方向的光轴角为 α 时的相对发光强度按下式计算:

$$I_\alpha / I_0 = (E_\alpha / E_0) \times 100\% \quad (12)$$

式中: E_0 ——光轴角处于 $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 时, 照度计的 3 次读数的平均值;

E_α ——光轴角处于 $\alpha / 0^\circ 00'$ 时, 照度计的 2 次读数的平均值。

被检校准器垂直方向的相对发光强度参照上述方法检定。被检校准器水平方向的光轴角保持在 $0^\circ 00'$ 状态不变, 只改变垂直方向的光轴角。

被检校准器垂直方向的光轴角为 β 时的相对发光强度为:

$$I_\beta / I_0 = (E_\beta / E_0) \times 100\% \quad (13)$$

式中: E_β ——光轴角处于 $0^\circ 00' / \beta$ 时, 照度计的 2 次读数的平均值。

光轴角分别为 $L1^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 与 $R1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L2^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 与 $R2^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 及 $0^\circ 00' / D1^\circ 00'$ 与 $0^\circ 00' / U1^\circ 00'$ 的光分布之差符合 3.2.4 的要求。

5.2.8 校准器光轴角的示值误差

将光轴角检定装置的旋转升降台面调水平, 放上被检的校准器, 利用专用夹具将平面反射镜安装到被检校准器透镜的顶点附近 (见图 3)。接通激光器电源, 调整旋转升降台的高度和角度, 使得激光光束照到平面反射镜上。被检校准器的光轴角处在 $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$, 调整反射镜使反射的激光光斑中心与坐标板上的原点重合。

保持被检校准器垂直方向的光轴角示值处在 $0^\circ 00'$ 状态, 逆时针转动光轴角转动旋钮, 使光轴角水平方向的示值分别处在 $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L3^\circ 00' / 0^\circ 00'$; 然后再顺时针转动光轴角转动旋钮, 使光轴角示值分别处在 $L2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $L1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R3^\circ 00' / 0^\circ 00'$; 再逆时针转动光轴角转动旋钮, 使光轴角示值分别处在 $R2^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $R1^\circ 00' / 0^\circ 00'$, $0^\circ 00' / 0^\circ 00'$ 位置。从坐标板上读出光轴角处在同一示值时激光光斑中心偏离原点的距离的 2 次读数 $\Delta l'_\alpha$, $\Delta l''_\alpha$ 。

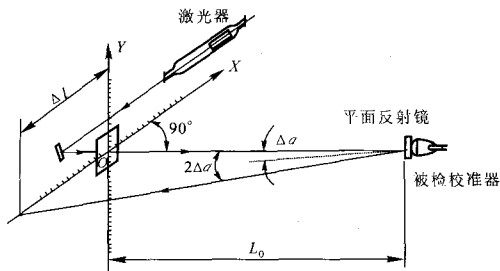


图3 校准器光轴角示值误差检定示意图

以平均值 Δl_a 作为测量值。反射镜到坐标板原点的距离 L_0 事先测得，被检校准器光轴转动的实际角度 α_{0i} 由下式求出：

$$\alpha_{0i} = \frac{1}{2} \arctan (\Delta l_a / L_0) \quad (14)$$

光轴角的示值误差 $\Delta\alpha_i$ ：

$$\Delta\alpha_i = \alpha_i - \alpha_{0i} = \alpha_i - \frac{1}{2} \arctan (\Delta l_i / L_0) \quad (15)$$

式中： α_i ——第 i 个光轴角的示值。

保持被检校准器水平方向的光轴角示值处在 $0^\circ00'/0^\circ00'$ 状态，顺时针转动光轴角转动旋钮，使校准器光轴角垂直方向的示值分别处在 $0^\circ00'/0^\circ00'$ ， $0^\circ00'/D1^\circ00'$ ， $0^\circ00'/D2^\circ00'$ ， $0^\circ00'/D3^\circ00'$ ；然后再逆时针转动光轴角转动旋钮，使光轴角示值分别处在 $0^\circ00'/D2^\circ00'$ ， $0^\circ00'/D1^\circ00'$ ， $0^\circ00'/0^\circ00'$ ， $0^\circ00'/U1^\circ00'$ ， $0^\circ00'/U2^\circ00'$ 位置；再顺时针转动光轴角转动旋钮，使光轴角示值处在 $0^\circ00'/U1^\circ00'$ ， $0^\circ00'/0^\circ00'$ 位置。从坐标板上读出光轴角处在同一示值时激光光斑中心偏离原点的距离的 2 次读数 $\Delta l'_\beta$ ， $\Delta l''_\beta$ ，以平均值 Δl_β 作为测量值。 L_0 事先测出，被检校准器光轴实际转动的角度 β_{0j} 由下式求出：

$$\beta_{0j} = \frac{1}{2} \arctan (\Delta l_\beta / L_0) \quad (16)$$

光轴角的示值误差 $\Delta\beta_j$ ：

$$\Delta\beta_j = \beta_j - \beta_{0j} = \beta_j - \frac{1}{2} \arctan (\Delta l_\beta / L_0) \quad (17)$$

式中： β_j ——第 j 个垂直方向的光轴角示值。

校准器光轴角的示值误差应满足 3.2.2 的要求。

5.2.9 校准器光轴转动机构的空程误差

重复 5.2.8 的步骤。

顺时针方向转动光轴角时被检校准器光轴实际转动的角度为：

$$\alpha' = \frac{1}{2} \arctan (\Delta l'_a / L_0) \quad (18)$$

逆时针方向转动光轴角时被检校准器光轴实际转动的角度为:

$$\alpha'' = \frac{1}{2} \arctan (\Delta l_a'' / L_0) \quad (19)$$

被检校准器在 α 角度的空程误差为:

$$\Delta \beta_a = \alpha' - \alpha'' \quad (20)$$

校准器光轴角转动机构的空程误差应满足 3.2.3 的要求。

5.2.10 校准器水平调节机构重新调整对光轴的影响

将被检校准器的水泡调至圆环中央, 激光光束的反射光斑的中心与坐标板原点重合, 调节三个调整螺钉中的两个, 使水泡偏离后再重新将其调至圆环的中央, 记下反射光斑中心在坐标板上的位置。重复测量 3 次, 以最大值作为检定值。

被检校准器水平调节机构的调节可靠性为:

$$\Delta \theta = \frac{1}{2} \arctan (\Delta l_{\theta} / L_0) - \frac{1}{2} \arctan (\Delta l'_{\theta} / L_0) \quad (21)$$

式中: Δl_{θ} ——第 i 次调节后, 反射光斑的中心在坐标板上偏离原点的最大距离;

$\Delta l'_{\theta}$ ——第 j 次调节后, 反射光斑的中心在坐标板上偏离原点的最小距离;

L_0 ——坐标原点到反射镜的距离。

校准器水平调节机构重新调整对光轴的影响应满足 3.3 的要求。

5.3 检定结果的处理

按本规程要求经检定合格的校准器发给检定证书 (证书背面格式见附录 A), 检定不合格的校准器发给检定结果通知书, 并注明不合格项目。

5.4 检定周期

校准器的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

检定证书（背面）格式

1 通用技术要求：

2 发光强度：

主光轴位置	发光强度/cd	电压/V
	50×10^2	
	80×10^2	
	10×10^3	
	12×10^3	
	15×10^3	
	20×10^3	
	25×10^3	
	30×10^3	
	40×10^3	

3 发光强度的重复性：

4 发光强度的稳定性：

5 校准器显示电压的稳定性：

6 校准器的光强分布、光轴角零位示值误差、光轴角示值误差与光轴转动机构的空程误差：

光轴角	光强分布 $\frac{I_z}{I_0} \times 100\%$	光轴角示值误差 $\Delta\alpha_i$	空程误差 $\Delta\beta_i$
0°00′/0°00′			
L1°00′/0°00′			
L2°00′/0°00′			
R1°00′/0°00′			
R2°00′/0°00′			
0°00′/D1°00′			
0°00′/D2°00′			
0°00′/U1°00′			

7 校准器水平调节机构重新调整对光轴的影响：

附：1. 校准器发光强度的检定距离 D ： m

2. 检测条件：温度： °C；湿度： %RH；电压： AC V

附录 B

前照灯检测仪校准器检定原始记录

证书编号:

送检单位					单位地址				
仪器名称					制造厂				
型号规格					仪器编号				
标准器					温度	℃	湿度	%RH	
检测依据									
1 通用技术要求:									
2 光轴角零位示值误差:									
α_0					β_0				
3 主光轴的位置、发光强度 ($D =$ m):									
主光轴位置	光强 I_i/cd	电压读数 U_i/V		平均值 $\bar{U}_i/\text{V}$	照度值 E_i/lx	照度计示值 E'_i/lx		备 注	
	50×10^2								
	80×10^2								
	10×10^3								
	12×10^3								
	15×10^3								
	20×10^3								
	25×10^3								
	30×10^3								
	40×10^3								
4 发光强度的重复性:									
次 数	1	2	3	4	5				
光照度/lx									
5 发光强度的稳定性:									
时间/min									
光照度/lx									
6 校准器显示电压的稳定性:									
显示电压			发光强度 (照度)						

表 (续)

7 光分布 ($D =$ m):						
光轴角 α_i/β_j	照度计读数 E_{si}/lx		平均值 $\bar{E}_{si}/lx$		光分布/%	备注
0°00'/0°00'						
L1°00'/0°00'						
L2°00'/0°00'						
R1°00'/0°00'						
R2°00'/0°00'						
0°00'/D1°00'						
0°00'/D2°00'						
0°00'/U1°00'						
8 光轴角示值误差:						
9 光轴角转动机构的空程误差 ($L_0 =$ mm):						
光轴角 α_i/β_j	光斑偏移距离 $\Delta l_i/mm$		平均值 $\Delta l_i/mm$	光轴角 实际值 α_{0i}	误差	
	顺时针方向转	逆时针方向转	示值		空程	
L1°00'/0°00'						
L2°00'/0°00'						
R1°00'/0°00'						
R2°00'/0°00'						
0°00'/D1°00'						
0°00'/D2°00'						
0°00'/U1°00'						
10 校准器水平调整机构的重复性:						
次数	1	2	3	4	5	6
光斑 X 方向位						
光斑 Y 方向位						

检定员/日期:

核验员/日期:

附录 C

不确定度分析

C.1 校准器发光强度的不确定度分析

检定校准器的发光强度时, 固定被检校准器到照度计接受器之间的距离 D , 改变被检校准器的显示电压 U_i , 得到不同的照度 E_i , 被检校准器的发光强度按下式计算:

$$I_i = D^2 E_i \cos \alpha_i \quad (\text{C.1})$$

式中: α_i ——校准器的主光轴与装置轴线不平行时两者之间的夹角。

发光强度 I_i 是独立变量 D , E_i , α_i 的非线性函数。它的合成标准不确定度为:

$$u_c(I_i) = \sqrt{\left(\frac{\partial I_i}{\partial E_i} u(E_i)\right)^2 + \left(\frac{\partial I_i}{\partial D} u(D)\right)^2 + \left(\frac{\partial I_i}{\partial \alpha_i} u(\alpha_i)\right)^2} \quad (\text{C.2})$$

相对合成标准不确定度为:

$$u_c(I_i)/I_i = \sqrt{\left[\frac{u(E_i)}{E_i}\right]^2 + \left[2 \times \frac{u(D)}{D}\right]^2 + [\operatorname{tg} \alpha_i \cdot u(\alpha_i)]^2} \quad (\text{C.3})$$

其中:

- 1) 一级照度计的光照度相对标准不确定度: $u_1 = u(E_i)/E_i = 4\%/3 \approx 1.3\%$;
- 2) 光照度计的色匹配的相对标准不确定度: $u_2 = 3\%/3 = 1\%$;
- 3) 距离 D 测量的相对标准不确定度: $s_1 = u(D)/D = 0.1\%$;
- 4) 被检校准器起始位置(零点)的相对标准不确定度: $s_2 = 0.1\%$;
- 5) 校准器主光轴与装置轴线不平行的不确定度: $s_3 = 0.2/208 = 0.096\%$;
- 6) 校准器发光强度的重复性: $S_4 = 1\%/3 \approx 0.33\%$;
- 7) 校准器发光强度的稳定性: $u_3 = 1.5\%/3 \approx 0.5\%$ 。

这里的 s_1 , s_2 相关, 通过实验求出相关系数 $r = 0.6124$ ①。

$\overline{D_0}$, $\overline{D}$ 的方差为:

$$u^2(\overline{D_0}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^5 (D_{0i} - \overline{D_0})^2$$

① 零位 D_{0i} 、距离 D_i 的原始纪录见下表:

序号	D_{0i}/mm	$D_{0i} - \overline{D_0}$	D_i/mm	$D_i - \overline{D}$	$(D_i - \overline{D_0})(D_i - \overline{D})$
1	500.0	-0.02	8 008	+0.6	-0.012
2	500.0	-0.02	8 007	-0.4	+0.008
3	500.0	-0.02	8 007	-0.4	+0.008
4	500.1	+0.08	8 008	+0.6	+0.048
5	500.0	-0.02	8 007	-0.4	+0.008
	$\overline{D_0} = 500.02$		$\overline{D} = 8\,007.4$		$\sum (D_{0i} - \overline{D_0})(D_i - \overline{D}) = 0.06$

$$= \frac{1}{5 \times (5-1)} [(-0.02)^2 + (-0.02)^2 + (-0.02)^2 + (0.08)^2 + (-0.02)^2]$$

$$= 0.0004$$

$$u^2(\bar{D}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^5 (D_i - \bar{D})^2$$

$$= \frac{1}{5 \times (5-1)} [(0.6)^2 + (-0.4)^2 + (-0.4)^2 + (0.6)^2 + (-0.4)^2]$$

$$= 0.06$$

$\bar{D}_0$, $\bar{D}$ 的协方差为:

$$u(\bar{D}_0 \cdot \bar{D}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^5 (D_{0i} - \bar{D}_0)(D_i - \bar{D})$$

$$= \frac{1}{5 \times (5-1)} [(-0.012) + 0.008 + 0.008 + 0.048 + 0.008]$$

$$= 0.003$$

相关系数 r 为:

$$r = \frac{u(\bar{D}_0 \cdot \bar{D})}{u(\bar{D}_0) \cdot u(\bar{D})}$$

$$= \frac{0.003}{\sqrt{0.0004 \times 0.06}}$$

$$= 0.6124$$

标准器发光强度的相对合成标准不确定度为:

$$u_c(I)/I = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + (2s_1)^2 + (2s_2)^2 + 2r(2s_1) \cdot (2s_2) + (s_3 \cdot \text{tg} \alpha_1)^2 + s_4^2 + u_3^2} \quad (\text{C.4})$$

$$= [(1.3\%)^2 + (1\%)^2 + (2 \times 0.1\%)^2 + (2 \times 0.1\%)^2 + 2 \times 0.6124$$

$$\times (2 \times 0.1\%) \times (2 \times 0.1\%) + (0.096\%)^2 + (0.33\%)^2 + (0.5\%)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1.8\%$$

取 B 类评定的输入估计值 x_i 标准不确定度的相对不确定度:

$$\Delta u(x_i)/u(x_i) = 1/5$$

代入式 (C.5) 算出自由度:

$$\nu_i \approx \frac{1}{2} [\Delta u(x_i)/u(x_i)]^{-2} = 12 \quad (\text{C.5})$$

合成相对标准不确定度 $u_c(I)/I$ 的有效自由度:

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{[u_c(I)/I]^4}{\sum \frac{[u(x_i)/x_i]^4}{\nu_i}} \quad (\text{C.6})$$

$$= \frac{(1.8\%)^4}{\frac{(1.3\%)^4}{12} + \frac{(1\%)^4}{12} + \frac{(0.1\%)^4}{3-1} + \frac{(0.1\%)^4}{3-1} + \frac{(0.096\%)^4}{3-1} + \frac{(0.33\%)^4}{12} + \frac{(0.5\%)^4}{12}} \cdot (1.8\%)^4 \approx 32$$

当有效自由度 ν_{eff} 为 32, 置信概率为 0.997 3 时, 查 t 分布表可得包含因子 k_p :

$$k_p = t_{0.9973}(32) = 3.25$$

校准器发光强度的相对扩展不确定度:

$$\begin{aligned} U/I &= k_p [u_c(I)/I] \approx t_{0.9973}(32) [u_c(I)/I] \\ &= 3.25 \times 1.8\% \approx 5.8\% = 6\% \end{aligned}$$

C.2 光轴角检定的不确定度分析

校准器光轴实际转动的角度 α_i :

$$\alpha_i = \frac{1}{2} \arctan(\Delta l_i / L_0) \quad (C.7)$$

$$d\alpha_i = \frac{\partial \alpha_i}{\partial (\Delta l_i)} u(\Delta l_i) + \frac{\partial \alpha_i}{\partial L_0} u(L_0) \quad (C.8)$$

其中:

$$\frac{\partial \alpha_i}{\partial (\Delta l_i)} = \frac{L_0}{2[(\Delta l_i)^2 + L_0^2]}$$

$$\frac{\partial \alpha_i}{\partial L_0} = \frac{-\Delta l_i}{2[(\Delta l_i)^2 + L_0^2]}$$

校准器光轴角检定装置的不确定度来源有:

a) 贴在被检校准器透镜顶点附近的反射镜到坐标板原点的距离 $L_0 = 5\,000\text{ mm}$, 不确定度 $u(L_0) = 5\text{ mm}$ 。

b) 激光光斑中心偏离坐标原点的距离 $\Delta l_i = 350\text{ mm}$ 时, 不确定度 $u(\Delta l_i) = 1\text{ mm}$ 。

c) 激光光斑出射孔位置偏离坐标原点的距离 $u(\Delta l_i) = 1\text{ mm}$ 。

d) 在检定时, 被检校准器 $5\,000\text{ mm}$ 内的找正误差 2 mm , 对应的角度为:

$$d\alpha = 4 \times 10^{-4} \text{ rad} \approx 1.4'$$

$$u(\alpha) = d\alpha/3 \approx 0.5' = 1.3 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

光轴实际转角 α_i 的合成标准不确定度:

$$u_c(\alpha_i) = \sqrt{\left\{ \frac{L_0}{2[(\Delta l_i)^2 + L_0^2]} u(\Delta l_i) \right\}^2 + \left\{ \frac{-\Delta l_i}{2[(\Delta l_i)^2 + L_0^2]} u(L_0) \right\}^2} \quad (C.9)$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\left[\frac{L_0}{L_0^2 + (\Delta l_i)^2} u(\Delta l_i) \right]^2 + \left[\frac{L_0}{L_0^2 + (\Delta l_i)^2} u(\Delta l_i) \right]^2 + \left[\frac{-\Delta l_i}{L_0^2 + (\Delta l_i)^2} u(L_0) \right]^2 + [u(\alpha)]^2}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{5\,000}{5\,000^2 + 350^2} \times 1 \right)^2 + \left(\frac{5\,000}{5\,000^2 + 350^2} \times 1 \right)^2 + \left(\frac{-350}{5\,000^2 + 350^2} \times 5 \right)^2 + (1.3 \times 10^{-4})^2}$$

$$= 1.59 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$= 0.55'$$

$$= 0.6'$$

光轴角检定的扩展不确定度 ($k=3$):

$$U = ku_c(\alpha_i) = 3 \times 0.6' = 1.8'$$