JJF

**中华人民共和国国家计量技术规范**

**JJF ××××-××××**

LED发光强度标准灯

**Calibration Specification of Luminous Intensity for LED Standard Lamps**

**征求意见稿 V1.2**

**（2022.11.03 ）**

**××××­××­××发布 ××××­××­××实施**

国家市场监督管理总局**发 布**

LED发光强度标准灯

**JJF ××××-××××**

**Calibration Specification**

**of Luminous Intensity of**

**LED Standard Lamps**

归 口 单 位 ： 全国光学计量技术委员会

主要起草单位 ： 中国计量科学研究院

参加起草单位 ： 中国测试技术研究院

江西省检验检测认证总院计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

陕西省计量科学研究院

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：**

赵伟强（中国计量科学研究院）

刘 慧（中国计量科学研究院）

闫劲云（中国计量科学研究院）

**参加起草人：**

穆亚勇（中国测试技术研究院）

胡志刚（江西省检验检测认证总院计量科学研究院）

李铁成（上海市计量测试技术研究院）

李 奕（陕西省计量科学研究院）

目 录

引 言 4

1 范围 5

2 引用文件 5

3 术语 5

4 概述 5

5 计量特性 6

6 校准条件 6

7 校准项目和校准方法 7

8 校准结果表达 12

9 复校时间间隔 13

附录A 硅光度探头光谱失配修正系数的计算方法 14

附录B 测量不确定度评定实例 15

附录C LED发光强度标准灯的特性检查方法 19

附录D 光强-电压温度系数的测量方法和应用方法 21

附录E 规范灯电压*V*nor的测量方法 23

附录F 校准证书内页参考格式 24

附录G 原始记录参考格式 25

引 言

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

本校准规范为首次发布。

LED发光强度标准灯校准规范

1 范围

本规范适用于的LED发光强度标准灯的发光强度值校准。其他类似的LED光源的发光强度值校准可参考本规范执行。

2 引用文件

本校准规范引用下列文件：

JJG 245-2005 光照度计检定规程

JJF 1975-2022 光谱辐射计校准规范

GB/T 39394-2020 LED灯、LED灯具和LED模块的测试方法

凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 光强-电压温度系数*k*v temperature coefficient of luminous intensity to voltage

在室温范围内，恒定直流电流驱动的LED标准灯，由于温度的波动，出射光的量相对变化量和灯电压的变化量的比值。定义该比例系数为光强-电压温度系数*k*v，计算式如下：



其中，*R*(*V*1)和*R*(*V*0)分别是LED灯端电压*V*1和*V*0时对应的光电读数。

3.2 规范灯电压 *V*nor normative lamp voltage

环境温度25℃附近，由额定直流电流驱动，在LED发光强度标准灯达到热稳定状态下，用于修正环境温度影响的灯电压值。

4 概述

LED发光强度标准灯系保存和传递发光强度单位坎德拉量的光度标准器具，其基于LED发光平面方案，量值稳定，重复性好。

LED发光强度标准灯，是按特定要求制作的发光特性稳定的LED灯，其发光体是一组在相同平面上且相互平行排列的LED灯丝，见图1。一般采用玻璃封装，其玻壳洁净通透，底部是E27螺旋灯头。在工作方向上，标准灯的发光强度均匀，量值重复性好。CIE推荐用于光度计量的LED标准灯的相关色温是4102 K。

LED发光强度标准灯，配合使用光学导轨等装置，可用相对法校准其他LED光源的发光强度值。



图1. LED发光强度标准灯的示意图

5 计量特性

5.1 发光强度: (1 ~ 300 cd), *U*rel= 2.0 % （*k*=2）

注：以上指标不作合格性评定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

实验室的温度应处于在（23 ± 5）℃范围内，相对湿度：≤85%。环境应清洁，无腐蚀性气体，周围无影响仪器正常工作的粉尘、震动和电磁场的干扰。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.2 LED发光强度标准灯

量值传递链条中的上一级LED发光强度标准灯（以下简称标准灯）应至少由3只灯组成灯组，其灯组一致性应优于0.5%，发光强度年变化率优于0.7%。

6.2.3 测光设备

a) 光度计：由性能稳定的带有*V*(λ)滤光器的光度接收器与不低于四位半数字式显示器组成。光度接收器应满足JJG 245-2005中4.2节中标准级的技术要求。光度读数的非线性影响值，在工作范围内不得大于 ± 0.1%。

b) 光谱辐射计：可使用显示照度值的光谱辐射计代替光度计。光谱辐射计的工作波长范围大于等于（380 ~ 780）nm，且满足JJF 1975 - 2022光谱辐射计的技术要求。光度读数的非线性影响值，在工作范围内不得大于± 0.5 %。

c) 光度测量装置：由光学导轨、可调接收器夹具、滑车、可调灯架、光阑等组成。光学导轨长度不低于5 m，平直性良好，平直偏差不超过±1 mm。测距米尺至少可分辨0.1 mm，距离测量结果误差不超过±0.2 mm/m。测量装置表面均为黑色。

d) 调整装置：由水准仪、比高计、灯丝平面调节仪组成。灯丝平面调节仪的对线误差不超过±0.3 mm。

6.2.4 电测系统和供电方式

采用直流稳流供电。直流电源的最大输出电压和电流均分别不小于LED灯工作电压和工作电流的1.2倍，稳定输出时，10 min内电流变化不大于±0.05%，稳定输出时，10 min内电压变化不大于±0.1%。

电测仪表的测量准确度应与灯的使用要求匹配，其中，直流电流测量仪表不低于0.02级。

标准灯与被测灯均应采用严格四线法的接线方式。直流供电与电测电路图如图1所示。



图1 直流供电与电测电路图

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

发光强度

7.2 校准方法

7.2.1 实验前准备

7.2.1.1外观检查

将灯泡玻壳擦拭干净，察看灯泡的外观以及灯头的装配质量。查看时不能用手触摸玻壳，应戴手套或垫纱布。玻壳应无色、透明度高，无明显反碱、发雾、波纹、气泡、砂粒、擦伤等缺陷；灯丝与电极的连接可靠，灯头与玻壳的固定牢固。LED灯丝应在同一平面上，无明显缺陷。

7.2.1.2 LED发光强度标准灯的特性检查

第一次送检的被测灯，需进行发光特性检查。按附录C检查相关色温、角度特性、稳定性和光照场均匀性，按附录D测量或者指定光强-电压温度系数*k*v。

对于LED发光强度标准灯，角度特性极限偏离比值不宜超过0.6%；角光照场均匀性极限偏离比值不宜超过0.3%。发光强度百小时衰减率不宜超过±0.1%；相关色温值应在4102K ± 300K范围内。

7.2.2 校准装置的调整和预热

在光学导轨上，安装光度接收器（光度计或光谱辐射计的照度接收器）的接受面，使之垂直于光轨的水平测量轴线，且中心位于在轴线上。标准灯或被测灯安装在灯的移动平台上，按照6.2.4规定的方式连接测量电路，灯丝平面垂直于光轨的水平测量轴线，且中心位于在轴线上。光路中的杂散光需要进行屏蔽。在灯与光度接收器之间放置多个光阑，遮挡测量装置周围和内部反射的杂散光，使其不能射入到光度接收器的接受面上。光阑大小和位置设置应合理，不能遮挡灯发光面直射到接受面的光线。安装好的校准装置示意图见图2。

电源、电测设备和光度测量设备预热30 min以上。



图2 校准装置的安装

7.2.3 灯的点燃

标准灯或被测灯先后在光学导轨上安装，完成7.2.2规定的调整后可以点燃。LED灯按规定的电流值点燃。LED灯在量值稳定后（通常是点亮后12 min后）开始进行量值记录。

7.2.4 校准发光强度值的两种方法

校准发光强度值的方法有两种，等距离法和等照度法，可采用其中之一进行。

7.2.5 方法一：等距离测量方法

在光学导轨上，标准灯和被测灯分别与光度计在相同距离上，在光度计上产生的照度值。根据两者在光度计上产生的照度读数的比值，计算发光强度值的方法。

7.2.5.1 等距离法的测量程序

标准灯、被测灯到光度接收器的距离相等，且位于同侧。灯到光度接收器的距离*d*值大于其灯丝平面线度（灯丝发光面为矩形时指对角线的长度）的15倍以上。安装标准灯，测出此时光度测量装置的光度读数是*m*std，记录此时的灯电压值*V*t, std。安装被测灯，此时光度测量装置的光度读数是*m*dut，记录此时的灯电压值*V*t, dut。有



 （1）

式中 ——标准灯在规范灯电压下的发光强度值；

——标准灯的规范灯电压值；

——标准灯在当前灯电压下的发光强度值；

——标准灯的当前测量灯电压值；

——被测灯在当前灯电压下的发光强度值；

——被测灯的当前测量灯电压值；

——标准灯的光强-电压温度系数；

*m*std——标准灯在光度测量装置的光度读数；

*m*dut——被测灯在光度测量装置的光度读数。

测量过程中，标准灯和被测灯应交替进行。例如标准灯3只，被测灯3只，建议测量顺序式：标准灯1，被测灯1、2、3，标准灯2，被测灯1、2、3，标准灯3。

7.2.5.2 等距离法的测量程序的数据处理

采用多只标准灯进行标定，光强常数计算式是

 （2）

式中 ——第*i*标准灯在规范灯电压下的发光强度值；

——第*i*只标准灯的规范灯电压值；

——第*i*只标准灯的当前测量灯电压值；

——第*i*只标准灯的光强-电压温度系数值；

**——第*i*标准灯对应的光度计读数值

*i* ——标准灯序号（*i* =1, 2, 3,……, *n*）

则光强常数的平均值是

 （3）

式中 *n* ——标准灯的只数。

计算单只标准灯光强常数对平均值的相对偏差为：

 （4）

对于每只标准灯算得的绝对值不应超过规定的数值，如≤0.5%。若某只标准灯的绝对值超出规定数据，该标准灯应予重测，重测后依然超差，应更换标准灯后再次测量，并重新计算。

最终计算出第*j*次被测灯的发光强度值是

 （5）

 （6）

式中 ——被测灯第*j*次测量对应的发光强度测量值；

——该被测灯第*j*次测量的实际灯电压值；

——该被测灯第*j*次测量在规范灯电压下的发光强度值；

——该被测灯的规范灯电压值；

——该被测灯第*j*次测量对应的光度计读数值。

——该被测灯的光强-电压温度系数值；

被测灯独立装调两次，两次测量的规范灯电压下发光强度值相对偏差绝对值应不大于规定数值，如≤0.3%。若两次测量结果的相对偏差超差，应增加被测灯的测量次数，直至其中的两次测量结果的偏差符合要求。取该两次测量结果的平均值作为该被测灯的最终发光强度值，即

 （7）

7.2.6 方法二：等照度测量方法

在光学导轨上，标准灯和被测灯在光度计产生相等的照度值，根据两者到光度装置接受面的距离，利用平方反比定律计算发光强度值的方法。

7.2.6.1 等照度法的测量程序

标准灯或被测灯到光度接收器的距离*d*std及*d*dut的值应大于其灯丝面线度（灯丝发光面为矩形时指对角线的长度）的15倍以上。安装标准灯，测出此时光度测量装置的光度读数是*m*，记录此时的灯端电压值*V*t，std，以及标准灯到光度接受面的距离*d*std。安装被测灯，通过改变被测灯到光度接受面的距离*d*dut，使其在光度测量装置的光度读数同样是*m*，即照度值相同，记录此时被测灯的灯端电压值*V*t，dut。则有



 （8）

整理可得

 （9）

式中 ——标准灯在规范灯电压下的发光强度值；

——标准灯的规范灯电压值；

——标准灯在当前灯电压下的发光强度值；

——标准灯的当前测量灯电压值；

——被测灯在当前灯电压下的发光强度值；

——被测灯的当前测量灯电压值；

——标准灯的光强-电压温度系数值；

——标准灯灯丝平面到光度接受面的距离；

——被测灯灯丝平面到光度接受面的距离。

测量过程中，标准灯和被测灯应交替进行。例如标准灯3只，被测灯3只，建议测量顺序式：标准灯1，被测灯1、2、3，标准灯2，被测灯1、2、3，标准灯3。

7.2.6.2 等照度法测量程序的数据处理

采用了多只标准灯进行标定，标定位置的照度值是



 （10）

式中  ——第*i*只标准灯在规范灯电压下的发光强度值；

——第*i*只标准灯的规范灯电压值；

——第*i*只标准灯在当前灯电压下的发光强度值；

——第*i*只标准灯的当前测量灯电压值；

——第*i*只标准灯的光强-电压温度系数值；

——第*i*只标准灯灯丝平面到光度接受面的距离；

*i* ——标准灯序号（*i* = 1, 2, 3, ……, *n*）

则照度平均值是

 （11）

式中 *n* ——标准灯的只数。

可以计算得单只标准灯照度值对平均值的相对偏差为：

 （12）

对于每只标准灯算得的绝对值应满足一个规定的数值，如≤0.5%。若某只标准灯的值超出规定数据，该标准灯应予重测，重测后依然超差，应更换标准灯后再次测量，并重新计算。

计算出当前第*j*次被测灯的发光强度值是

 （13）

 （14）

式中 ——被测灯第*j*次测量对应的发光强度测量值；

——被测灯第*j*次测量的实际灯电压值；

——被测灯第*j*次测量在规范灯电压下的发光强度值；

——被测灯的规范灯电压值；

 ——被测灯第*j*次测量中灯丝平面到光度接受面的距离。

——被测灯的光强-电压温度系数值；

被测灯独立装调测量两次，两次测量的规范灯电压下的发光强度值相对偏差绝对值应不大于规定数值，如≤0.3%。若两次测量结果的相对偏差超差，应增加被测灯的测量次数，直至其中的两次测量结果的偏差符合要求。取该两次测量结果的平均值作为该被测灯的最终发光强度值，计算出测量结果

 （8）

7.2.7 每只灯每次测量时应有3个以上的测量读数，取其平均值为当次的光度读数值，即上述中的光度计读数值*m*。如果当个测量读数对平均值的相对偏差大于0.2%，应适当增加测量次数，剔除偏差较大的读数后再计算当次的光度读数值。

7.2.8若标准灯和待测灯的相关色温存在明显差异，还需要进行光度探头光谱失配修正，计算方法见附录A。

7.2.9 校准结果应报告校准时的灯电流、测量的灯电压、规范灯电压值、测量的发光强度值和规范灯电压下的发光强度值。

8 校准结果表达

 校准结果应在校准证书或校准报告上反映，校准证书数据页格式见附录A。校准证书或校准报告应至少包括以下信息：

a) 标题：“校准证书”；

b) 实验室名称和地址；

c) 进行校准的地点（如果与实验室地址不同）；

d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数标识；

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受日期；

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）校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

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，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

标准灯的复校时间建议为1年。使用特别频繁时应适当缩短，如果发现测量结果异常时，应随时进行校准。使用者可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录A 硅光度探头光谱失配修正系数的计算方法

硅光度探头光谱失配修正系数的计算方法

如果是采用积分式的硅光度探头，如果标准灯与被测灯的相对光谱分布明显不同时，应考虑进行光谱失配修正，其修正系数的计算式见（A.1）。

 （A.1）

式中： ——标准灯在工作方向上的相对光谱功率分布；

 ——被测灯在工作方向上的相对光谱功率分布；

 ——明视觉光谱光效效率函数

 ——带有滤光器的硅光度探头的相对光谱响应度。

应用光谱失配修正的计算公式如下：

 （A.2）

式中： —— 光谱失配修正前的被测灯的测量值；

 —— 修正后的测量值。

本附录中涉及的各个参量，除了CIE（International Commission on Illumination, 国际照明委员会）明视觉光谱光视效率函数可以从资料上查到外，其余值需要通过实测得到。

附录B 测量不确定度评定实例

**测量不确定度评定实例**

本附录对上一级已标定的直流型LED发光强度标准灯组，使用光学导轨和硅探头型光度计，采用等距离法，标定直流型LED发光强度被测灯的发光强度值的测量结果，进行不确定度评定。

B.1 校准方法

上一级已标定的直流型LED发光强度标准灯组（下面简称标准灯）和被校准的直流型LED发光强度被测灯（下面简称被测灯）在光学导轨上按照本校准规范的相关规定顺序点燃，采用等距离法，将它们各自的光电读数相互比较，计算出被测灯的发光强度值。

标准灯、被测灯到光度接收器的距离均是2.5 m。标准灯和被测灯的种类、外形、相关色温、功率接近，无需要作失配修正、非线性修正。

B.2 数学模型

根据本规范，被测灯发光强度值计算模型：



其中：



式中

——被测灯在规范灯电压下的发光强度值；

——被测灯的规范灯电压值；

——被测灯第*j*次测量的发光强度测量值；

——被测灯第*j*次测量的当前灯电压值；

——被测灯第*j*次测量在规范灯电压下的发光强度值；

——第*i*标准灯在规范灯电压下的发光强度值；

——第*i*只标准灯的规范灯电压值；

——被测灯的光强-电压温度系数值；

——第*i*只标准灯的光强-电压温度系数值；

——被测灯第*j*次测量对应的光度计读数值；

**——第*i*标准灯对应的光度计读数值；

——标准灯光强常数（*i* =1，2，…，*n*）的平均值；

——第*i*只标准灯的当前测量灯电压值；

*i* ——标准灯序号（*i* =1, 2, 3,……, *n*）。

B.3 引入的不确定度分量评定

的不确定度主要包含四个分量。

1. 上一级已标定的直流LED发光强度标准灯组的不确定度。根据校准结果为，*k*=2。相应的标准不确定度

，B类评定

1. 因当前使用的电测系统与标定标准灯量值时的电测系统不同，因此供给电流存在差异。估计最大的差异为0.03%，均匀分布。对直流LED，在小范围，发光强度对电流的灵敏系数是1。因此电测系统中电流的变化，带入的不确定度分量是

，B类评定。

1. 因当前使用与标定标准灯量值时的环境温度不同，受环境温度影响，标准灯的量值存在变化。采用规范电压法进行量值修正。本实例环境温度约25度，与规范值的环境温度仍可能存在差异，最大的差异为2℃。根据经验，其修正量相对发光强度值的修正相对百分比值是0.34 %。估计测量电压差异最大约0.01%。*k*v值的不确定度约10 %。估计规范电压法的光强修正值，引入的相对不确定度是 ，估计均匀分布，则修正后的环境温度差异带来的光强常数不确定度是

，B类评定。

1. 测量过程中，由于各种随机因素的影响，使得各只标准灯的光强常数不一致。本次测量用了3只标准灯，它们的常数（*i* =1，2，…，*n*）分别是290.52、290.40、290.78，平均值是290.57。

使用极差法计算的光强常数平均值的相对实验室标准差，用A类方法评定的相对标准不确定度为

，A类评定

B.4 被测灯量值引入的不确定分量评定

的不确定度主要包含四个分量。

（5）由于各种随机因素的影响，被测灯量值的读数的重复性。被测灯测量10个读数（*i* =1，2，…，*p*）,为0.9102、0.9101、0.9103、0.9100、0.9102、0.9103、0.9102、0.9102、0.9102、0.9102，平均值为。使用贝塞尔公式计算的光强常数平均值的相对实验室标准差，用A类方法评定的相对标准不确定度为

，A类评定

1. 灯在重复点燃，其实际发光强度有一定起伏，根据经验，对于被测灯，其灯量值变化范围不超过0.1%，均匀分布。因此认为灯光通量量值分散性引入的不确定度是

，B类评定

（7）光度接收器与被测灯灯丝平面调节引入的不确定度。在本校准规范中，灯丝平面调节的对线偏差不超过±0.3 mm。光度接收器与被测灯丝平面的调整带来的对距离的影响不会超过±0.6 mm，且服从三角分布，则光度接收器与被测灯丝平面的调整引入的距离相对标准不确定度是

因为光度计的读数与距离的平方成反比，因此距离的不确定度对的标准不确定度贡献为

，B类评定

（8）被测灯平面姿态引入的不确定度.。被测灯在光学导轨装调，其灯丝平面姿态的法线与光学导轨工作光轴存在偏差，该偏差将影响被测灯实际在光度接受器上产生的照度值。据经验，对于被测灯，姿态引起的照度量值变化范围不超过0.3%，均匀分布。因此认为灯姿态引入的不确定度是

，B类评定

B.5 被测灯规范电压法修正引入的不确定分量评定

（9）因当前的被测灯量值时的环境温度与规范电压测量温度值可能存在不同，受环境温度影响，被测灯的量值存在变化，采用规范电压法进行量值修正。采用规范电压法进行量值修正。本实例环境温度约25度，与规范值的环境温度仍可能存在差异，最大的差异为2℃。根据经验，其修正量相对发光强度值的修正相对百分比值是0.34 %。估计测量电压差异最大约0.01%。且*k*v值自身的不确定度约10 %。估计规范电压法的光强值修正值，引入的相对不确定度是 0.034%，估计均匀分布，则被测灯规范电压法修正引入的不确定分量是

，B类评定。

B.6 标准不确定度分量评定结果

**表B1 LED灯发光强度值标准不确定度来源的评定值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 相对标准不确定度 | 灵敏系数 | 类别 |
| 光强常数 | 上一级标准灯光强值 | 0.175% | 1 | B |
| 电测系统 | 0.01% | 1 | B |
| 规范电压修正 | 0.01% | 1 | B |
| 灯组调整带来的量值起伏 | 0.077% | 1 | A |
| 测量读数 | 被校灯的测量重复性 | 0.010% | 1 | A |
| 被校灯重复点燃时量值分散性 | 0.03% | 1 | B |
| 光度接收器与被测灯灯丝平面调节 | 0.0164% | 1 | B |
| 被测灯平面姿态 | 0.1% | 1 | B |
| 其他 | 被测灯规范电压修正 | 0.01% | 1 | B |

B.7 单支被测灯校准结果的相对合成标准器不确定度

上述各不确定度来源独立，不相关。相对合成标准不确定度的计算公式简化为

B.8 扩展不确定度的评定

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为

本次校准结果的相对扩展不确定度评定值是

附录C LED发光强度标准灯的特性检查方法

**LED发光强度标准灯的特性检查方法**

C.1 发光强度标准灯的角度特性

1）调整光度计的光度接收器的接受面与灯丝平面，使它们垂直于光轨的水平测量轴线，且中心点位于该轴线上。

2）在光路中放置合适的光阑，当掉光路上装置反射的杂散光，使其不能射入光度计接收器的接受面。光阑不得挡住发光平面发出的光线射到接受面上。

3）LED发光强度标准灯，在精密直流电流源设置工作电流后打开电源，并预热约12 min。

4）在水平角度方向上，利用转台依次改变被测灯的水平角度值，为-1.5°到1.5°，间隔0.1°，测量对应的发光强度值和灯电压值。计算规范电压下的发光强度值。水平角度方向上的极限偏离比值按如下公式计算

极限偏离比值= （C.1）

5）角度回复到零点。在垂直角度方向上，利用转台依次改变被测灯的垂直角度值，为-1.5°到1.5°，间隔0.1°，测量对应的发光强度值和当前灯电压值。计算规范电压下的发光强度值。垂直角度方向上的极限偏离比值按如下公式计算

极限偏离比值= （C.2）

对于LED发光强度标准灯，水平角度方向和垂直角度方向的角度特性极限偏离比值均不宜超过0.6%。

C.2 发光强度标准灯的光照场均匀性

1）调整光度计的光度接收器的接受面与LED灯丝平面，使它们垂直于光轨的水平测量轴线，且中心点位于该轴线上。LED灯丝平面到光度接收面的距离为2.5 m。

2）在光路中放置合适的光阑，遮挡光路上装置反射的杂散光，使其不能射入光度计接收器的接受面。光阑不应遮挡发光平面发出的直射到接受面上的光线。

3）LED发光强度标准灯，在精密直流电流源设置工作电流后打开电源，并预热约12min。

4）在光度计的接受面上放置小孔挡板，直径小于1mm。信噪比不低于5000:1 。

5）控制光度计的接受面在平面上进行水平位移和垂直位移。依次设置当前调整好的光度计水平位移和垂直位移零点；设置水平位移的扫描范围和扫描间隔（为-10 mm到10 mm，间隔1 mm）；设置垂直位移的扫描范围和扫描间隔（-10 mm到10 mm，间隔1 mm）。

6）定义水平位移值为X，垂直位移值为Y。光度计接受面遵循以下顺序：X、Y均从下限开始，以各自设定的步长为间隔，运行至各自上限位置。采用行扫描方式，遍历下图所有的采样点。



图 2 光照场均匀性测量中的采样点分布

1. 每一个采样点，应记录当前的X位移值、Y位移值、当前灯电压值、规范电压下的光度计读数值*R*(*x*,*y*)，。
2. 完成上述测量后，进行数据处理。计算光照场均匀性极限偏离比值：

限偏离比值= （C.3）

对于LED发光强度标准灯，角光照场均匀性极限偏离比值不宜超过0.3%。

C.3 发光强度标准灯的稳定性

应考察标准灯的长期稳定性，发光强度百小时衰减率按如下公式计算。

百小时衰减率= （C.4）

其中是在规定条件下已点燃小时（）后标准灯的发光强度（或光通量）读数。是实验起始时刻的该标准灯的发光强度（或光通量）读数。

对于LED发光强度标准灯，百小时衰减率不宜超过± 0.1%。

C.4 相关色温

按照GB/T 39394-2020中“7.1.2相关色温”规定的方法测量LED发光强度标准灯在规定电流下，工作方向上的发光的相关色温值。

对于LED发光强度标准灯，相关色温值应在4102K ± 300K范围内。

附录D 光强-电压温度系数的测量方法和应用方法

**光强-电压温度系数的测量方法和应用方法**

D.1 理论模型

在恒定直流电流驱动下，LED出射光的量受PN结的温度影响而变化。根据半导体发光二极管理论，LED出射光的量（光电读数）与结温度满足以下（D.1）关系式：

 （D.1）

这里*R*(*T*j1)是LED的PN结温度*T*j1时的光电读数，*R*(*T*j0)是LED的PN结温度*T*j0时的光电读，*k*是温度系数。

当PN结温度变化范围不超过 < ±10℃时，结电压与结温度近似成线性关系。定义光强-电压温度系数，满足以下（D.2）关系式：

 （D.2）

这里， *V*1 是当LED结温度*T*j1时的结电压， *V*0 是当LED结温度*T*j0时的结电压。根据（D.1）和（D.2）可以推导出

 （D.3）

由于温度变化小，，表达式（D.3）可以近似改写为：

 （D.3）

 （D.4）

D.2 测量方法

对于LED发光强度标准灯，灯电压与内部LED的PN结电压近似相等。按7.2.2规定的方式安装光度计和被测灯。设定可编程稳流直流电压的工作电流为LED灯的额定电流，并设置后保护电压（略大于实际工作电压）。打开稳流直流电源。当LED灯点燃后，同时记录光度计上的光电读数和灯端电压值。从灯的点燃开始到热平衡状态，应不间断地同时记录光电读数和灯电压值。在开始点燃时刻，LED处于非热平衡态，灯电压由于热积累而不断下降。认为电压和光电读数对结温度的响应是迅速的，因此在LED预热过程中，电压和光电读数满足（D.3）表达式。

对于LED发光强度标准灯，预热过程是12 min。考虑到数字万用表等电测仪器的采样速率等影响，一般采用3 min之后的数据，采用最小二乘法进行数据拟合，光强-电压温度系数的计算公式见表达式（D.5）。

 （D.5）

这里，是光电读数的变化量与灯电压的变化量的比值。*R*meas是预热结束后测量所得的光电读数值。

D.3 光强-电压温度系数的应用

记 *R*(*V*t)和t 分别是在当前环境温度下测量的光电读数和灯电压，nor,PN是在额定电流下且处于热平衡的LED在灯端电压nor时对应的结温度，t,PN是在额定电流下且处于热平衡的LED在灯端电压t时对应的结温度。当环境温度改变，忽略LED灯内部连接线的电压降，LED内部结温度的变化量应等于灯端电压的变化量。可以得到

 （D.6）

设nor =1，t =0 ,由（D.3）和（D.6）推导可得

 （D.7）

利用（D.7），在测量得*R*(*V*t)、t 和nor后，可以计算出*R*(*V*nor)，即其在规范温度下对应的光电读数值。

同样地，可以推导出计算公式

 （D.8）

利用（D.8），利用标准灯证书上提供的*R*(*V*nor)、nor ，以及当前温度下灯的t后，可以计算当前状态下的*R*(*V*t)。

附录E 规范灯电压*V*nor的测量方法

**规范灯电压*V*nor的测量方法**

将LED标准灯放置在温控箱内，且灯头在下。电测接线需要采用4线法，见正文6.2.4。设定温控箱的温度为25℃。按照额定电流点燃LED标准灯。待恒温箱和点燃的LED标准灯达到热平衡状态（通常需要12 min以上）后，记录灯的电压读数。该电压值为该LED标准灯的的规范灯电压值。

规范灯电压值也可以由上一级校准实验室在合理的范围内指定。此时，指定的规范灯电压值通常是校准实验室校准结果中的实际测量电压值。

附录F 校准证书内页参考格式

校准证书内页参考格式

证书编号：

环境温度：

环境湿度：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 灯号 | 灯电流（mA） | 规范灯电压值(V) | 规范灯电压值下的发光强度值(cd) | 实际测量电压值(V） | 实际测量的发光强度值（cd） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

校准不确定度说明：

校准员： 核验员：

附录G 原始记录参考格式

原始记录参考格式

送检单位及地址:

仪器型号:

仪器编号:

采用的技术依据：

校准采用的标准器信息：

|  |
| --- |
| 标准灯实验结果 |
| 基本信息 | 标准值相关参数 | 实验结果 |
| 灯号 | 灯电流(mA) | 规范灯电压值(V) | 光强-电压温度系数*k*v | 发光强度标准值(cd) | 灯电压(V) | 光电流计读数 | 光电常数 | 相对偏差 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 备注 |  |

|  |
| --- |
| 被测灯标定结果 |
| 基本信息 | 标准值相关参数 | 实验结果 |
| 灯号 | 灯电流(mA) | 规范灯电压值(V) | 光强-电压温度系数*k*v | 灯电压(V) | 光电流计读数 | 发光强度测试值(cd) | 规范灯电压下的发光强度值（cd） | 两次偏差 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 备注 |  |

温度： 湿度：

校准员： 核验员：

校准日期：