JJG

**中华人民共和国国家计量检定规程**

**JJG ××××-××××**

LED总光通量标准灯

**LED Standard Lamps of Total Luminous Flux**

**征求意见稿**

**（2023.10.26 A4.0）**

**××××­××­××发布 ××××­××­××实施**

国家市场监督管理总局**发 布**

**JJG ××××-××××**

LED总光通量标准灯检定规程

**Verification Regulation of LED Standard**

**Lamps of Total Luminous Flux**

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

陕西省计量科学研究院

江苏省计量科学研究院

西安应用光学研究所

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：**

赵伟强（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：**

刘 慧（中国计量科学研究院）

穆亚勇（中国测试技术研究院）

张晓颖（陕西省计量科学研究院）

张 帆（江苏省计量科学研究院）

李宏光（西安应用光学研究所）

目 录

[引 言 II](#_Toc149199217)

[1 范围 1](#_Toc149199218)

[2 引用文件 1](#_Toc149199219)

[3 术语 1](#_Toc149199220)

[4 概述 2](#_Toc149199221)

[5 计量性能要求 2](#_Toc149199222)

[6 通用技术要求 4](#_Toc149199223)

[6.1 外观 4](#_Toc149199224)

[6.2 标识 4](#_Toc149199225)

[7 计量器具控制 4](#_Toc149199226)

[7.1 检定条件 4](#_Toc149199227)

[7.2 检定项目 6](#_Toc149199228)

[7.3 检定方法 7](#_Toc149199229)

[7.4 检定结果的处理 11](#_Toc149199230)

[7.5 检定周期 11](#_Toc149199231)

[附录A LED总光通量标准灯的光电参数 12](#_Toc149199232)

[附录B LED标准灯的温度修正计算方法 14](#_Toc149199233)

[附录C 硅光度探头光谱失配修正系数的计算方法 15](#_Toc149199234)

[附录D 测量系统不稳定性修正系数的计算方法 16](#_Toc149199235)

[附录E 测量系统不稳定性修正系数的计算方法 17](#_Toc149199236)

[附录F 球形光度计吸收修正因子的测量方法 18](#_Toc149199237)

[附录G 测量不确定度评定实例 19](#_Toc149199238)

[附录H 总光通量-电压温度系数的测量方法和应用方法 23](#_Toc149199239)

[附录I 检定证书内页参考格式 25](#_Toc149199240)

[附录J 原始记录参考格式 26](#_Toc149199241)

引 言

JJF 1002《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001《通用计量名词术语》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》和JJF 1032《光学辐射计量名词及定义》共同构成本规程制订工作的基础性系列规范。

本规程为首次发布。

LED总光通量标准灯检定规程

1 范围

本规程适用于工作基准和一级、二级、三级LED总光通量标准灯的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本检定规程引用下列文件：

JJG 247-2008 总光通量标准灯

JJF 1807-2020 光谱总辐射通量标准灯

JJF 1975-2022 光谱辐射计

JJF 1976-2022 平均颜色温度标准灯

CIE 251:2023 LED Reference Spectrum for photometer Calibration 用于光度计校准的 LED 参考光谱

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

3 术语

3.1 总光通量-电压温度系数 temperature coefficient of total luminous flux 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，出射总光通量的相对变化量和灯电压的变化量的比值。定义该比值为总光通量-电压温度系数*k*v，见表达式下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

式中，和分别是LED灯端电压为和时对应的光电读数，和分是在室温环境温度值和时，热平衡条件下的LED灯端电压值。是总光通量的相对变化量，是灯端电压变化量。

3.2 规范灯电压 normative lamp voltage

环境温度25℃附近，由额定直流电流驱动，在LED总光通量标准灯达到热稳定状态的灯电压值，用于修正环境温度影响。

注：规范灯电压nor、规范灯电压下总光通量、当前灯电压下的总光通量、当前温度下的灯电压t参数之间关系式如下：

(3)

即根据当前电压、当前灯电压的总光通量、总光通量-电压温度系数和规范灯电压计算出规范灯电压下的发光强度。同理，根据当前电压、规范灯电压、规范灯电压下的总光通量、光通量-电压温度系数，可以依据当前灯电压计算当前环境温度下总光通量：

(4)

3.3 长期稳定性long-term stability

表示LED总光通量标准灯在长期点燃的情况下总光通量值的稳定性。采用百小时总光通量的相对变化率表示。

4 概述

LED总光通量标准灯是保存和传递总光通量单位——流明（lm）量值的标准计量器具,是按特定要求制作的发光特性稳定的LED灯。LED总光通量标准灯可用相对法测量光源的总光通量值。

LED总光通量标准灯的类型和结构见附录A。

5 计量性能要求

5.1 标准灯的稳定性:

第一次送检的LED总光通量标准灯首次计量使用前须按规定进行老化。通常老化500 h以上。

直流供电标准灯老化后灯的稳定性应达到：在额定电流下点燃100 h,在规范灯电压下的总光通量相对变化应小于±0.1%。

交流供电标准灯老化后灯的稳定性应达到：在额定电流下点燃100 h,在环境温度25℃时，总光通量相对变化应小于±0.3%。

5.2 标准灯的相关色温

对于副基准LED总光通量标准灯，其发光光谱与CIE 251:2023中第6节规定的照明体L41接近，其平均颜色温度在4102 K ± 300 K范围内。

对于工作基准、一级、二级和三级的LED总光通量标准灯,其发光光谱应类似照明体L41，平均颜色温度在2600 K ~ 6500K 范围内。

5.3 总光通量标准灯的定级

首次送检的LED总光通量标准灯不予定级。一年后进行复检时，根据此灯总光通量的年变化率及标定此灯所用上一级标准灯的级别按表1规定予以定级。

**表1 标准灯定级规定**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 被检标准灯级别 | 上级标准级别 | 总光通量变化率 | 灯的类型 |
| 工作基准 | 基准或副基准 | 不大于0.6% | 直流 |
| 一级 | 不低于工作基准 | 不大于0.8% | 直流 |
| 二级 | 不低于一级 | 不大于1.0% | 直流、交流 |
| 三级 | 不低于二级 | 不大于1.2% | 直流、交流 |

LED总光通量标准灯总光通量的年变化率*Y*按以下计算

式中：——前次检定时的规范灯电压下总光通量值（直流型）或在环境温度25℃时的总光通量值（交流型）；

——本次检定时的规范灯电压下总光通量值（直流型）或在环境温度25℃时的总光通量值（交流型）。

5.4 总光通量标准的组成和量值的扩展不确定度

总光通量工作基准由不少于5支工作基准灯组成，一级、二级和三级标准灯组分别由不少于三支一级标准灯，二级标准灯和三级标准灯组成。各级标准灯总光通标准量值的扩展不确定度如表2所示。

**表2 各级标准灯总光通量标准量值的扩展不确定度**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准灯级别 | 扩展不确定度（*k*=2） | 灯组内的一致性\* |
| 工作基准 | 0.6% | ≦0.3% |
| 一级 | 1.0% | ≦0.4% |
| 二级 | 1.5% | ≦0.5% |
| 三级 | 1.8% | ≦0.6% |
| \*一致性是用单支灯的总光通量常数对灯组平均光通量常数的相对偏差的绝对值来表征 | | |

6 通用技术要求

## 6.1 外观

标准灯玻壳应无色、透明度高，无明显反碱、发雾、波纹、气泡、砂粒、擦伤等缺陷。LED灯丝与挂架电极的连接可靠，无明显扭曲现象和其他可察觉的缺陷。灯头与玻壳的固定牢固，没有明显的歪头、偏心现象。

## 6.2 标识

标准灯上应清晰地标明该灯的型号和编号。

7 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。

## 7.1 检定条件

7.1.1 检定设备

7.1.1.1 LED总光通量标准灯

量值传递链条中的上一级LED总光通量标准灯（以下简称标准灯）是检定各级被测LED总光通量标准灯（以下简称被测灯）时使用的标准器具。检定时，副基准级标准灯组需至少使用5只灯，其余级别的标准灯组需至少使用3只灯，组成标准器具灯组。

7.1.1.2 球形光度计

球形光度计应满足JJG 247-2008总光通量标准白炽灯检定规程中6.1.1.2球形光度计的性能要求。

可使用显示光度值的光谱辐射计代替积分式光电二极管光度计作为球形光度计的光度测量系统。光谱辐射计的工作波长范围应覆盖（380 ~ 780）nm，且应满足JJF 1975 - 2022光谱辐射计的技术要求，且采样间隔不大于2 nm。在使用光谱辐射计代替积分式光度计的情形下，应使用满足JJF 1807-2020 光谱总辐射通量标准灯校准规范的光谱总辐射通量标准灯对该球形光度计的相对光谱响应度进行定标。

7.1.1.3 供电电源

供电电源应满足JJG 247-2008总光通量标准白炽灯检定规程中6.1.2.1供电电源的性能要求。

7.1.1.4 电测仪表

电测仪表一般由数字电压表、标准电阻等组成，需按周期送检保证其测量准确度。仪表的校准不确定度与灯的使用要求匹配，测量各级标准灯电学参数的所用电测仪表的准确度等级不低于表3规定。

**表3 电测仪表的校准不确度要求**

|  |  |
| --- | --- |
| 标准灯级别 | 相对扩展不确定度（*k*=2） |
| 副基准 | *U*rel = |
| 工作基准 | *U*rel = |
| 一级 | *U*rel = |
| 二级 | *U*rel = |
| 三级 | *U*rel = |

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2所示，交流供电与电测电路图如图3所示.

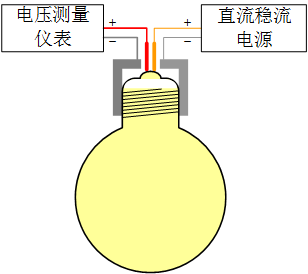
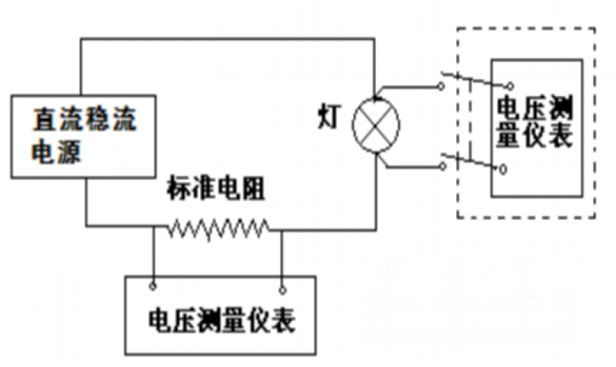


图2 直流供电与电测电路图

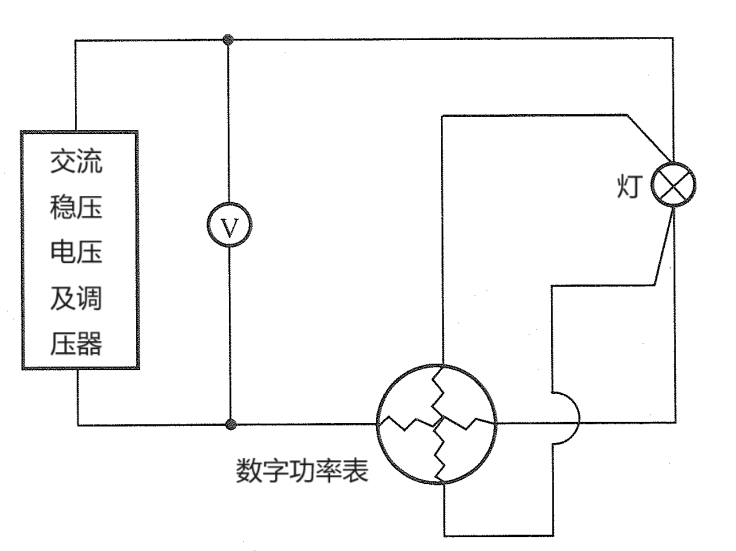


图3 交流供电与电测电路图

7.1.2 环境条件

实验室的温度应处于在（23 ± 3）℃范围内，在测量过程中温度变化不得大于3℃。相对湿度：≤80%。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。

7.2 检定项目

直流型被测灯的检定项目见表4，交流型被测灯的检定项目见表5。

表4 直流型被测灯检定项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检定项目 | 首次检定 | 后续检定 | 使用中检验 |
| 外观检查 | + | + | + |
| 总光通量-电压温度系数*k*v | + | - | - |
| 规范灯电压 | + | - | - |
| 相关色温 | + | - | - |
| 稳定性 | + | - | - |
| 规范灯电压下  总光通量值 | + | + | - |
| 总光通量值  年变化率 | - | + | - |
| 注：“+”表示需检定项目，“-”表示可不检定项目 | | | |

表5 交流型被测灯检定项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检定项目 | 首次检定 | 后续检定 | 使用中检验 |
| 外观检查 | + | + | + |
| 相关色温 | + | - | - |
| 稳定性 | + | - | - |
| 灯电流 | + | + | - |
| 灯功率 | + | + |  |
| 总光通量值 | + | + | - |
| 总光通量值  年变化率 | - | + | - |
| 注：“+”表示需检定项目，“-”表示可不检定项目 | | | |

## 

## 7.3 检定方法

7.3.1外观检查

标准灯的外观应符合6.1和6.2的规定。外观检查不合格者应中止检定。

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，检查是否有型号和编号。在取放、检查和使用灯泡是，不能用手触摸玻壳，应戴手套或垫纱布。观察玻璃和LED灯丝的质量。破壳上若有污迹，应及时清除。

7.3.2 *k*v测量方法

使用可编程稳流直流源对被测灯供电。按7.3.6.2规定的方式在球形光度计内安装被测灯。设定工作电流为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，同时记录球形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，灯电压和总光通量值由于热积累而不断下降。

对于LED总光通量标准灯，通常预热过程是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1 min之后的数据，采用最小二乘法进行数据拟合，总光通量-电压温度系数的计算公式见表达式（3）。

（3）

其中，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。

7.3.3 规范灯电压值测量方法

将LED标准灯以规定的姿势放置在积分球或温控箱内。电测接线采用4线法。调整环境温度、温控箱温度或积分球球内温度，热平衡时LED标准灯附近相同水平高度的空气温度在（25±1）℃范围内。按照额定电流点燃LED标准灯，待点燃的LED标准灯达到热平衡状态（通常需要12 min以上）后，记录当前的灯电压读数为该LED标准灯的规范灯电压值。

7.3.4 相关色温测量方法

按照JJF 1976-2022 平均颜色温度标准灯规定的方法测量LED总光通量标准灯在规定灯电流下4π 球面度空间的平均颜色温度。

对于LED总光通量标准灯，相关色温值应在4102 K ± 300 K范围内。

7.3.5 长期稳定性的测试方法

在球形光度计内，监测被测灯的总光通量随着点燃时间的变化。重复装调时应尽量保持灯在积分球内的空间位置和相对姿态保持一致。使用百小时衰减率表示长期稳定性。

百小时衰减率*η*100按如下公式计算。

（4）

其中是在规定条件下已点燃小时（）后标准灯的规范灯电压下总光通量读数。是实验起始时刻的该标准灯的规范灯电压下总光通量读数。

7.3.6 总光通量值的检定和灯端电压的测量

7.3.6.1 检定前，首先用一直光通量接近的白炽灯或者LED灯在积分球内点燃，烘烤球壁除去潮气；同于预照光度接收器，使其响应度稳定。预照时间根据经验确定，一般为（30 ~ 60）min。

7.3.6.2 灯泡装在积分球内应灯头在上，玻壳在下，且光中心位于球心。按照LED灯的类型设定电压值或者电流值，接通电路。待灯预热后，开始测量光学和电学读数。根据经验，一般预热时间是12 min。

7.3.6.3 测量时，每支灯泡的光电读数不得少于3次。取平均值作为测量值。如果单次读数对平均值的相对偏差大于0.2%（对于工作基准灯）和大于0.3%（对于一级、二级和三级标准灯），则应检查灯的连接和电源状态。在排除这些问题后，LED灯的读数波动仍然大于上述范围的，应停止该灯的检定。

7.3.6.4 如需监测测量系数的稳定性，可选取1~2支发光稳定的灯泡（LED或者白炽灯）作参考灯。在测量开始、测量过程中间和测量结束时都要测量参考灯。根据参考灯测量值的变化来确定测量系统的不稳定修正因子，对各支灯泡的测量值进行修正。标准灯和被测灯均可选作为参考灯。

7.3.6.5 每次检定时，标准灯应尽可能分布在被测灯中。以使用三支标准灯为例，测量顺序可做如下安排：参考灯、标准1、被测1、被测2，被测3、参考灯、标准2、被测4、被测5，被测6、标准3、参考灯。

7.3.6.6 数据处理

a) 修正因子及说明

①不稳定修正。根据参考灯检测光度测量系统响应度的变化，对标准灯和被测灯的测量值做不稳定修正。修正方法见附录D。

②非线性修正。当标准灯和被测灯的测量值相差很大时，应计算球形光度计光度测量系统的非线性修正因子。修正方法见附录E。

③吸收修正。当标准灯和被测灯的外形尺寸相差较大或玻壳状况不同时，应测量它们在该球形光度计内的吸收修正因子。修正方法见附录F。

④*V*(*λ*)失配修正。当标准灯和被测灯的相对光谱功率分布相差很大时，应计算待测灯对标准灯在此球形光度计的V(λ)失配修正因子。修正方法见附录C。

⑤温度影响修正。对于直流类型的LED灯，其光电读数电压系数的测量方法和应用方法见附录B.1；对于交流类型的LED灯,其温度修正的方法见附录B.2。

①-⑤ 各单项修正因子对标准灯和待测灯光通量的影响若小于0.1%，在充分考虑不确定度影响的情形下，可不进行修正。

b) 计算单支标准灯的光通量常数

①对于直流类型LED标准灯，由附录B.1可知，第*i*次测量时，当前总光通量和规范电压下的总光通量满足以下关系

（5）

计算单支标准灯的光通量常数：

（6）

式中 ——第*i*只标准灯在规范灯电压下的总光通量值；

——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总光通量值；

——第*i*只标准灯的当前灯电压值；

——第*i*只标准灯的光电读数；

——第*i*只标准灯的不稳定修正因子；

——第*i*只标准灯的非线性修正因子；

——第*i*只标准灯的吸收修正因子；

——第*i*只标准灯的*V*(*λ*)失配修正因子；

——第*i*只标准灯的温度影响修正因子；

②对于交流类型LED标准灯，由附录B.2可知，第*i*次测量时，当前总光通量和在检定环境温度（即该标准灯的检定证书中检定操作时的环境温度）下的总光通量满足以下关系

（7）

计算单支标准灯的光通量常数：

（8）

式中 ——第*i*只标准灯在检定环境温度下的总光通量值；

——第*i*只标准灯的检定证书中检定操作时的环境温度；

——第*i*只标准灯在当前环境温度下的总光通量值；

——第*i*只标准灯在当前环境温度；

——第*i*只标准灯的光电读数；

——第*i*只标准灯的不稳定修正因子；

——第*i*只标准灯的非线性修正因子；

——第*i*只标准灯的吸收修正因子；

——第*i*只标准灯的*V*(*λ*)失配修正因子；

——第*i*只标准灯的温度影响修正因子；

③光通量常数平均值：

（9）

计算单支标准灯光通量常数对平均值的相对偏差：

（10）

如果某只标准灯光通量常数对平均值的相对偏差的绝对值超过表6的规定，该支灯必须重新测量，或选用新的标准灯参与测量，将超过的数据舍掉，重新计算和，再作判断。

**表6 各级标准灯的光通量常数对平均值的相对偏差要求**

|  |  |
| --- | --- |
| 标准级别 | 单只灯的光通量常数对平均值的相对偏差的绝对值 |
| 副基准 | ≦0.2% |
| 工作基准 | ≦0.3% |
| 一级标准 | ≦0.4% |
| 二级标准 | ≦0.5% |

c) 计算被测灯的总光通量值

①对于直流类型的LED被测灯，计算被测灯在实际电压下的总光通量：

（11）

计算被测灯在规范电压下的总光通量：

（12）

即

（13）

式中 ——光通量常数平均值；

——第*j*次该被测灯的光电读数；

——第*j*次该被测灯的实际电压下的总光通量值；

第j次该被测灯的实际电压值；

——第*j*次该被测灯的规范电压下的总光通量值；

——该被测灯的规范灯电压值；

——该被测灯的总光通量-电压温度系数；

——第*j*次该被测灯的不稳定修正因子；

——第*j*次该被测灯的非线性修正因子；

——第*j*次该被测灯的吸收修正因子；

——第*j*次该被测灯的*V*(*λ*)失配修正因子；

对于每支待校准的LED灯，至少测量两次并计算出规范电压下的总光通量。对送检灯两次标定的量值相对偏差应符合表7的规定。如果超出表7的规定，则需重新测量。重新测量结果在舍掉最大偏离值后，相对偏差仍然超出上述规定值的，则按实际情况定级或不予定级。

**表7 对送检标准灯两次标定的量值相对偏差的要求**

|  |  |
| --- | --- |
| 送检标准灯级别 | 两次标定的量值相对偏差的绝对值 |
| 工作基准 | ≦0.2% |
| 一级标准 | ≦0.3% |
| 二级标准 | ≦0.5% |
| 三级标准 | ≦0.6% |

该被测灯的规范电压下的总光通量最终结果表达式为

（14）

②对于交流类型的LED被测灯，计算被测灯在当前温度下的总光通量值：

（15）

式中 ——光通量常数平均值；

——第*j*次该被测灯的在当前温度下的总光通量值；

——第*j*次该被测灯的检定操作的环境温度；

——第*j*次该被测灯的光电读数；

——第*j*次该被测灯的不稳定修正因子；

——第*j*次该被测灯的非线性修正因子；

——第*j*次该被测灯的吸收修正因子；

——第*j*次该被测灯的*V*(*λ*)失配修正因子；

——该被测灯的测量次数。

对于每支待校准的LED灯，至少测量两次并计算出当前温度下的总光通量值。两次测量的环境温度差异不大于1℃，总光通量值相对偏差应不大于0.5%。如果超出，则需重新测量。重新测量结果在舍掉最大偏离值后，相对偏差仍然超出上述规定值的，则不予定级。

该被测灯在检定操作环境温度下的总光通量的最终校准结果表达式为

（16）

其中，为多次环境温度读数值的平均值。

7.3.6. 各级标准灯检定结果给定的电流、电压和总光通量有效数字见表8

**表8 各级标准灯检定结果光电参数的有效数字位数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 灯类型 | 有效数字位数 | | |
| 电压 | 电流 | 总光通量 |
|  | 6 | 4~5 | 4 |
|  | 5 ~ 6 | 4~5 | 4 |
| 直流二级  直流三级 | 5 | 4 | 4 |
| 交流二级  交流三级 | 4 | 4 | 3 ~ 4 |

## 7.4 检定结果的处理

首次送检的灯，除年变化率外，其余各项经检定合格的可发给检定证书，但不予定级，只标明合格。使用一年后进行复检，再予以定级。在符合用高一级别的标准灯组标定待测灯条件下，待测灯总光通量的年变化率按表1规定的予以定级，发给检定证书，并标明此灯的等级。如果达不到表1中最低规定的要求，发给检定结果通知书，并注明不合格项。

## 7.5 检定周期

一、二和三级标准灯检定周期一般不超过1年。工作基准灯检定周期一般不超过3年。若累计点燃时间达到100 h，虽未到期，也应送检。

附录A LED总光通量标准灯的光电参数

**LED总光通量标灯的规格和技术要求**

LED总光通量标准灯是保存和传递总光通量单位流明量值的光度标准器具，其基于LED灯丝方案，空间光强分布较均匀，量值稳定，重复性好。适用于相对法测量光源的总光通量值。

标准灯的玻壳应无色、透明度高，没有明显发雾等缺陷。玻壳和灯头的固定可靠，没有明显歪头。根据性能和驱动方式不同，可分为直流型LED标准灯和交流型标准灯。

目前我国生产的直流型LED总光通量标准灯的光电参数见表A.1和表A.2

**表A.1 直流型LED总光通量标准灯的光电参数**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 型号 | 相关色温/K  （标称值） | 灯电流/mA  （额定值） | 灯电压/V  (参考值） | 总光通量/lm  (参考值） | 极性 |
| LBDT-200 | 4102 | 90 | 65 | 1100 | 灯头中心为正极，螺旋为负极 |

**表A.2 交流型LED总光通量标准灯的光电参数**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 型号 | 相关色温/K  （标称值） | 灯电压/V  （额定值） | 灯电流/mA  （参考值） | 灯功率/W  （参考值） | 总光通量/lm  （参考值） |
| LBDP-4W | 2700 ~ 6500 | 220 | 35 | 4 | 500 |
| LBDP-8W | 2700 ~ 6500 | 220 | 65 | 8 | 1000 |

A.1 直流型LED标准灯

与白炽灯型总光通量标准灯相比，直流型LED标准灯的特点具有光分布均匀、量值稳定性高、光衰率低、使用寿命长等。直流型LED标准灯在额定电流驱动下，短期量值重复性优于0.01%，稳定时间优于12 min，光通量长期稳定性优于 ，采用E27接口，空间相对光分布无方向性，除灯头外接近均匀分布。发光光谱与国际照明委员（CIE）推荐的LED光谱类似，其白光光谱相关色温范围2600 K ~ 6500 K。

CIE推荐用于光度计量的LED标准灯的相关色温是4102 K。

LBDT-200型直流型LED标准灯的结构示意见图D.1(a)，以及其空间相对光分布见图D.1(b)。

|  |  |
| --- | --- |
| GT灯的尺寸图3 |  |
| 图A.1(a)LBDT-200型直流型LED  标准灯的结构示意见图 | 图A.1(b)LBDT-200型直流型LED  标准灯的空间相对光分布 |

A.2 交流型LED标准灯

与直流型LED标准灯相比，性能要求适当放宽。在额定交流220V驱动下，短期量值重复性优于0.1%，稳定时间优于15 min，总光通量长期稳定性优于，采用E27接口，空间相对光分布上除灯头连接处外无明显光死角,球泡型外形，白光光谱相关色温范围2600 K ~ 6500 K。输入电功率一般在4W以上。

常见的交流型LED标准灯常见结构示意见图A.2。



图A.2 常见交流型LED标准灯的

结构示意见图

附录B LED标准灯的温度修正计算方法

B.1 直流型LED的温度修正

设标准灯的规范电压下的总光通量为；规范电压为；当前光电读数为，标准灯的当次实际电压下的总光通量为；标准灯的实际测量电压为；标准灯的光电读数电压系数为 。下标std表示为标准灯，nor表示规范，*i*是变量(*i* = 1，2，3，…，*n*，*n*为所用标准灯的支数）。因环境温度变化引起的总光通量变化和灯电压的变化，对于直流型LED总光通量标准灯，满足如下计算式：

（B.1）

（B.2）

式中 ——第只标准灯的温度修正因子。

设被测灯第*j*的规范电压下的总光通量为；被测灯的规范电压为；被测灯第*j*次的光电读数为；第*j*次电压下的总光通量为；被测灯的第*j*次测量电压为；被测灯的光电读数电压系数为下标dut表示为被测灯，nor表示规范，*j*是变量(*j* = 1，2，3，…，*q*，*q*为被测灯）。因环境温度变化引起的总光通量变化和灯电压的变化，对于直流型LED总光通量标准灯，满足以下计算式：

（B.3）

B.2 交流类型LED的温度修正

交流驱动的LED，无法采用总光通量-电压温度系数的方式进行温度影响的修正，宜使用光通量温度系数的方式进行修正。

对于交流类型的LED标准灯，设第*i*只标准灯在检定环境温度（即检定证书中检定操作时的环境温度）下的总光通量为，对应的检定环境温度为，标准灯的当前测量值为，当前光通量值，对应的当前环境温度为。下标std表示为标准灯，nor表示规范，*i*是变量(*i* = 1，2，3，…，*n*，*n*为所用标准灯的支数）

标准灯的上一级检定证书中有光通量温度系数测试结果的，应采用证书值，若证书中无相应的温度系数结果，对应白光类型的LED灯丝灯，在7.1.2规定的实验室温度范围内，可采用= -0.17%/℃作为光通量温度系数。

因温度变化引起的光通量变化，对于LED，满足以下计算式

（B.4）

（B.5）

式中 ——第只标准灯的温度修正因子。

附录C 硅光度探头光谱失配修正系数的计算方法

光度探头光谱失配修正系数的计算方法

采用积分式光电二极管光度探头的光度测量系统，如果标准灯与被测灯的相对光谱分布明显不同时，应考虑进行球形光度计的光谱失配修正，其修正系数的计算式见（C.1）。

（C.1）

式中： ——标准灯的相对光谱功率分布；

——被测灯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；

——积分球的等价光谱透射比。

——波长积分间隔，对于LED，应不大于2 nm。

等价光谱透射比的计算公式如下：

式中： ——积分球窗口毛玻璃的光谱透射比；

——积分球内壁的光谱漫反射比。

应用光谱失配修正的计算公式如下：

（C.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D 测量系统不稳定性修正因子的计算方法

本附录的计算方法，所使用参考灯是直流型LED总光通量标准灯。

在室温比较稳定的情况下，积分型光度接收器经过充分预照后，其响应度随时间变化基本上时候线性的。以参考灯，标准灯1，被测灯1、2、3，参考灯，标准灯2，被测灯1、2、3，标准灯3，参考灯的测量顺序为例，参考灯的测量顺序为1，6，12，相应的球形光度计读数为，，，灯电压读数，，。计算出参考灯的在当前电压下的总光通量值，，。已测量时测量系统的响应度为准。

参考灯在两次测量之间，测量系统响应度的相对变化为：

（*i* =1或12） （D.1）

若可不进行不稳定性修正。

平均每测一直灯响应度的相对变化为

（D.2）

在式（D.1），（D.2）中，当对第二只至第五只灯的读数进行修正时取*i* = 1，对第七只到第十一只灯的数进行修正时取*i*=12。

于是得到标准灯1，待测灯1，2，3的修正因子分别为

依此类推

式中：*i* —— 灯的测量顺序的序号。

原光电读数乘以修正系数即得修正后的光电读数值。

附录E 测量系统的非线性修正系数的计算方法

当标准灯和被测灯的光信号读数相差较大时，应用计算球形光度计光度测量系统的非线性修正系数。

应首先将光度接收器和光电信号转换及显示仪表，或光谱辐射计及显示仪表作为整体，采用双光束法或在长的光度导轨上测量它的非线性修正因子并整理列表，使用时根据标准灯和被测灯的光信号读数查表得出非线性修正因子*F*。

下面举例说明。表E.1是某球形光度计光度测量系统的非线性修正因子表，若标准灯的光信号读数在16000左右，被测灯的光信号读数在4000左右，则它的非线性修正因子F为：

(E.1)

**表E.1 某球形光度计的非线性修正因子**

|  |  |
| --- | --- |
| 球形光度计的光信号读数 | 非线性修正因子*F* |
| 2 000 | 1.000 0 |
| 4 000 | 1.001 0 |
| 6 000 | 1.002 0 |
| 8 000 | 1.003 0 |
| 10 000 | 1.004 5 |
| 12 000 | 1.006 0 |
| 14 000 | 1.007 5 |
| 16 000 | 1.009 0 |
| 18 000 | 1.011 0 |

非线性修正计算表达式如下：

（E.2）

式中： ——测出的被测灯的光电读数值；

——修正后的被测灯的光电读数值。

附录F 球形光度计吸收修正因子的测量方法

当标准灯和被测灯的外形尺寸相差加大时，或玻壳的状态明显不同时，应测量每支灯在此球形光度计内的吸收修正因子。

在积分球内适当位置点燃一支辅助灯（一支发光稳定的白炽灯或者LED，其颜色温度应与被测灯接近），并遮挡住其射向窗口和被测灯的直射光。在正常安装白炽灯的位置上装上一支标准灯（不点燃），闭合积分球，待辅助灯发光稳定后读取此时的光信号读数。取下标准灯，在相同的位置上装上被测灯（不点燃），同样闭合积分球并读取光信号读数。则该支被测灯吸收修正因子的公式如下：

（F.1）

吸收修正计算公式如下：

(F.2)

式中： ——测出的被测灯的光电读数值；

——修正后的被测灯的光电读数值。

附录G 测量不确定度评定实例

本附录仅对副基准的LED总光通量标准灯组，在球形光度计里标定工作基准LED总光通量标准灯组，进行不确定度评定。

G.1 检定方法

上一级已标定的副基准LED总光通量标准灯组（下面简称标准灯）和被检定的工作基准LED总光通量标准灯（下面简称被测灯），在球形光度计里按照本检定规程的相关规定顺序点燃，将它们各自的光电读数相互比较，计算出被测灯的在规范电压下的总光通量量值。

标准灯和被测灯的种类、外形、相关色温、功率及光分布均接近，无需要作失配修正、非线性修正和吸收修正。检定过程中系统稳定，无需作不稳定性修正。实验室环境温度稳定在22℃附近。

G.2 数学模型

用球形光度计测量，被测灯总光通量量值计算模型：

式中： ——被测灯在规范电压下的总光通量值；

——第*j*次测量所得的被测灯在规范电压下的总光通量值，由(G.2)式计算得；

式中： ——被测灯的测量次数；

——该被测灯的光电读数电压系数值；

——该被测灯的规范电压值；

——该被测灯第*j*次测量时的当前电压值；

——标准灯光通量常数（*i* =1，2，…，*n*）的平均值，由（G.3）式计算可得；

——第*i*支标准灯在规范电压下的总光通量值；

——第*i*支标准灯的测量电压值；

——第*i*支标准灯的规范电压值；

——第*i*支标准灯的系数值；

——第*i*支标准灯的光电读数值；

——标准灯数量；

G.3 引入的不确定度分量评定

根据经验，的不确定度主要包含四个分量。

1. 上一级已标定的LED总光通量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是

，B类方法评定。

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%。对直流LED，在小范围，光通量对电流的灵敏系数接近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存在不同，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。本实例环境温度是22℃，与规范值的环境温度相差3℃。根据经验，其修正量相对光通量值的百分比值是0.51 %。估计测量电压差异最大约0.01%。且值自身的不确定度约10 %。估计规范电压法的光通量修正值，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通量常数不确定度是

，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通量常数不一致。本次测量用了6只标准灯，它们的常数（*i* =1，2，…，*n*）分别是1.4927E+09、1.4931E+09、1.4931E+09、1.4930E+09、1.4925E+09和1.4929E+09，平均值是1.4930E+09。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

G.4 被测灯量值引入的不确定分量评定

根据经验，的不确定度主要包含四个分量。

1. 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12个读数（*j* =1，2，…，*p*）, 为7.8201E-07、7.8201E-07、7.8200E-07、7.8200E-07、7.8200E-07、7.8200E-07、7.8200E-07、7.8200E-07、7.8200E-07、7.8199E-07、7.8199E-07、7.8199E-07。7平均值为7.8200E-07。使用贝塞尔公式计算的光通量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
2. 灯在重复点燃，其实际光通量有一定起伏，根据经验，对于被测灯，其灯量值变化范围不超过0.03%，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
3. 因当前使用的电测系统测量供给电流值存在偏差。估计最大的差异为0.03%，均匀分布。对直流LED，在小范围，光通量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. 测量过程中，LED总光通量标准灯的空间分布接近均匀，但依然存在微小的差别，由于积分球内部空间响应的不一致，使得光通量读数存在一定起伏。根据经验，对于LED总光通量标准灯，该起伏不超过0.1%，认为均匀分布，因此积分球不均匀性带来的不确定度分量是

0.03%，B类评定。

G.5 被测灯量值规范电压法修正引入的不确定分量评定

1. 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。本实例环境温度是22℃，与规范值的环境温度相差3℃。根据经验，其修正量相对光通量值的百分比值是0.51 %。估计测量电压差异最大约0.01%。且值自身的不确定度约10 %。估计规范电压法的光通量修正值，引入的相对不确定度是 0.051%，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。

G.6 标准不确定度分量评定结果

**表G.1 LED标准灯总光通量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 |
| 标准灯组 | 上一级标准灯光通量值 | 0.20% | 1 | B |
| 电测系统（电流） | 0.01% | 1 | B |
| 温度修正（系数和电压） | 0.015% | 1 | B |
| 标准灯的测量重复性 | 0.02% | 1 | A |
| 被测灯 | 被测灯的测量重复性 | 0.01% | 1 | A |
| 被测灯重复点燃时的分散性 | 0.01% | 1 | B |
| 电测系统（电流） | 0.01% | 1 | B |
| 积分球空间响应 | 0.03% | 1 | B |
| 被测灯规范电压法修正  （系数和电压） | 0.015% | 1 | B |

G.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

G.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

G.9 测量不确定度报告

用LBDT-200型副基准灯，在2.0 m积分球内标定LBDT-200型工作基准灯的z总光通量值的测量结果不确定度为：

结论：不确定度符合表2中工作基准灯的要求。

附录H 总光通量-电压温度系数的测量方法和应用方法

**总光通量-电压温度系数的测量方法和应用方法**

H.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（H.1）关系式：

（H.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时的光电读数，*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。定义总光通量-电压温度系数，满足以下（H.2）关系式：

（H.2）

当环境温度改变，忽略LED灯内部连接线的电压降，LED内部结电压的变化量应等于灯端电压的变化量。可以得到

（H.3）

这里，和分别是当LED结温度*T*j1时的结电压和灯电压，和分别是当LED结温度*T*j0时的结电压和灯电压。根据（H.1）、（H.2）和（H.3）可以推导出

（H.4）

由于温度变化小,，表达式（H.4）可以近似改写为：

（H.5）

（H.6）

H.2 测量方法

对于LED总光通量标准灯，灯电压与内部LED的PN结电压近似相等。按7.3.6.2规定的方式在球形光度计内安装被测灯。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，同时记录球形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（H.5）表达式。

对于LED总光通量标准灯，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1 min之后的数据，采用最小二乘法进行数据拟合，总光通量-电压温度系数的计算公式见表达式（H.7）。

（H.7）

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。

H.3 总光通量-电压温度系数的应用

记是在规范灯电压下测量的光电读数，是在当前灯电压下测量的光电读数。设nor =1，t =0 ,由（H.4）和（H.7）推导可得

（H.8）

使用（H.8），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

（H.9）

使用（H.9），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I 检定证书内页参考格式

检定证书内页/检定结果通知书检定结果页参考格式

**I.1 检定证书检定结果页格式**

**I.1.1 直流型标准灯首次检定（检定结果栏）格式**

灯 号：

灯电流：

|  |  |
| --- | --- |
| 检定项目 | 检定结果 |
| 外观检查 |  |
| *k*v值 |  |
| 规范灯电压值 |  |
| 相关色温值 |  |
| 稳定性 |  |
| 规范灯电压下总光通量值 |  |
| 备注 | |

**I.1.2 交流型标准灯首次检定（检定结果栏）格式**

灯 号：

灯电压：

|  |  |
| --- | --- |
| 检定项目 | 检定结果 |
| 外观检查 |  |
| 相关色温值 |  |
| 稳定性 |  |
| 灯电流 |  |
| 灯功率 |  |
| 总光通量值 |  |
| 备注 | |

**I.1.3 直流型标准灯后续检定结果页格式**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 灯号 | 灯电流  /mA | 规范  灯电压值  /V | 规范灯电压下的总光通量值  /lm | 年变化率  /% | 外观检查 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**I.1.3 交流型标准灯后续检定结果页格式**

1. **检定时的环境温度：**
2. **检定结果：**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 灯号 | 灯电压  /V | 灯电流  /mA | 灯功率  /W | 总光通量值  /lm | 年变化率  /% | 外观检查 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

**I.2 检定结果通知书检定结果页格式**

要求同上，注明不合格项目

附录J 原始记录参考格式

LED总光通量标准灯检定原始记录参考格式

LED总光通量检定原始记录（一）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原始记录编号： | | | | 共 页 | 第 页 |
| 送检  单位 | 地址 | 收样  时间 | 灯名称及  编号 | 生产厂 | 证书号 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 检定员： | 核验员： |  | 温度： ℃ | 湿度： %RH |  |
| 实验地点： | | | 实验日期： 年 月 日 | | |

LED发光强度检定原始记录（二）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | |  |  |  | |  | |  | | 共 页 |  | | 第 页 |
| 检验类别 | | | 检定 | | | | | | | | | | | |
| 技术依据 | | |  | | | | | | | | | | | |
| 检测  主要  设备 | | | 标准灯组及其级别： | | | | | | | | | | | |
| 积分球系统装置： | | | | | | | | | | | |
| 光度测量系统： | | | | | | | | | | | |
| 供电电源： | | | | | | | | | | | |
| 实验条件 | | | 系统预热时间： | | | | | | | | | | | |
| 标准灯光通量常数 | 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 | 总光通量-电压温度系数kv | | 规范灯电压下的总光通量值/cd | | 灯电压/V | | 光电流计读数 | 光通量常数C | | 相对偏差 |
|
|  | |  |  |  | |  | |  | |  |  | |  |
|  | |  |  |  | |  | |  | |  |  | |  |
|  | |  |  |  | |  | |  | |  |  | |  |
|  | |  |  |  | |  | |  | |  |  | |  |
|  | |  |  |  | |  | |  | |  |  | |  |
|  | |  |  |  | |  | |  | |  |  | |  |
| 光通量常数平均值= ，最大相对偏差 | | | | | | | | | | | | | |
| 备注 |  | | | | | | | | | | | | | |
| 检定员： | | 核验员： | | | |  | | 温度： ℃ | | 湿度： %RH | | |  | | |
| 实验地点： | | | | | | | | 实验日期： 年 月 日 | | | | | | | |

LED总光通量检定原始记录（三）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 共 页 第 页 | | | | | | | | | |
| 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 | 总光通量-电压温度系数kv | 轮次 | 灯电压/V | 光电流计读数 | 总光通量测试值  /lm | 规范灯电压下的总光通量值/lm | 两轮偏差 |
|
|  |  |  |  | 第一轮 |  |  |  |  |  |
| 第二轮 |  |  |  |  |  |
| 第三轮 |  |  |  |  |  |
| 平均 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一轮 |  |  |  |  |  |
| 第二轮 |  |  |  |  |  |
| 第三轮 |  |  |  |  |  |
| 平均 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一轮 |  |  |  |  |  |
| 第二轮 |  |  |  |  |  |
| 第三轮 |  |  |  |  |  |
| 平均 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 第一轮 |  |  |  |  |  |
| 第二轮 |  |  |  |  |  |
| 第三轮 |  |  |  |  |  |
| 平均 |  |  |  |  |  |
| 备注 |  | | | | | | | | |
| 检定员： | | 核验员： | | 温度： ℃ | | | 湿度： %RH | | |
| 实验地点： | | | | 实验日期： 年 月 日 | | | | | |

**LED总光通量检定原始记录（四）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 共 页 第 页 | | | | | | | | | | |
| 灯号 | 灯电流/mA | 规范电压值/V | 总光通量-电压温度系数kv | 当前灯电压/V | 当前总光通量测试值  /lm | 当前规范灯电压下的总光通量值/lm | 上次规范灯电压下的总光通量值  /lm | 年变化率 | 外检检查 | 结论(定级) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 检定员： | | | 核验员： | | | 温度： ℃ | | 湿度： %RH | | |
| 实验地点： | | | | | | 实验日期： 年 月 日 | | | | |