



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39394—2020/CIE S 025/E:2015

---

## LED 灯、LED 灯具和 LED 模块的 测试方法

Test method for LED lamps, LED luminaires and LED modules

(CIE S 025/E: 2015, IDT)

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

---

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 测试实验室要求 .....	7
5 准备工作、安装以及操作条件 .....	16
6 光度量的测量 .....	18
7 颜色参数的测量 .....	21
8 测量不确定度 .....	22
9 测试结果的表达 .....	25
附录 A (资料性附录) 本标准应用的指导 .....	27
附录 B (资料性附录) 杂散光——分布光度计中杂散光的屏蔽 .....	29
附录 C (资料性附录) 实验室的实际条件 .....	30
附录 D (资料性附录) 测量不确定度计算导则 .....	35
附录 E (资料性附录) LED 灯具的光度参数额定值的确定 .....	40
参考文献 .....	42

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 CIE S 025/E:2015《LED 灯、LED 灯具和 LED 模块的测试方法》。

与本标准中规范性引用文件的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 24908—2014 普通照明用非定向自镇流 LED 灯 性能要求 (IEC 62612:2009, NEQ)；

——GB/T 27418—2017 测量不确定度评定和表示 (ISO/IEC Guide 98-3:2008, MOD)。

本标准做了下列编辑性修改：

——删除了 4.3.1 中的注；

——增加了部分参考文献。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国照明电器标准化技术委员会 (SAC/TC 224) 归口。

本标准起草单位：杭州远方光电信息股份有限公司、杭州远方检测校准技术有限公司、广东省东莞市质量监督检测中心、杭州华普永明光电股份有限公司、江苏科士灯业有限公司、中关村半导体照明工程研发及产业联盟、广东产品质量监督检验研究院。

本标准主要起草人：潘建根、陈聪、李本亮、黄建明、匡正芳、阮军、李志珂。

北京中培质联 专用

## 引 言

本标准对实施可复现的 LED 灯、LED 灯具和 LED 模块(统称为 LED 装置)的光度和色度测量提出了要求,并对数据报告提出了建议。

可靠、准确地获取 LED 装置的光度数据是照明系统设计和产品性能评估的基本要求。通过在规定的标准化条件下测量这些参数,可以确保实验室内数据的一致性(在宣称的测量不确定度限值以内),并使得不同产品之间的性能比较成为可能。

本标准覆盖了国家标准发布的相关 LED 性能标准中,按 LED 装置的光度和色度要求进行符合性测试的测量方法。

LED 装置的外形几何以及颜色丰富多样,对于每种 LED 装置,都需考虑其光度和色度性能。

# LED 灯、LED 灯具和 LED 模块的 测试方法

## 1 范围

本标准规定了由交流或直流供电并可能配置 LED 控制装置的 LED 灯、LED 灯具和 LED 模块的电学、光度和色度参数的测量方法。LED 光引擎类似于 LED 模块,可参照执行。本标准中所覆盖的光度和色度参数包括总光通量、光效、部分光通量、光强分布、中心光束强度、亮度和亮度分布、色品坐标、相关色温(CCT)、显色指数(CRI)和空间颜色非均匀性。本标准不适用于 LED 封装和基于有机 LED (OLED)的产品。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 19658—2013 反射灯中心光强和光束角的测量方法(IEC/TR 61341:2010, IDT)

GB/T 20151—2006 光度学 CIE 物理光度系统(CIE S 010/E:2004, IDT)

GB/T 22907—2008 灯具的光度测试和分布光度学(CIE 121:1996, IDT)

GB/T 24826—2016 普通照明用 LED 产品和相关设备 术语和定义(IEC 62504:2014, IDT)

GB/T 26178—2010 光通量的测量方法(CIE 84:1989, IDT)

GB/T 26180—2010 光源显色性的表示和测量方法(CIE 13.3:1995, IDT)

ISO/IEC Guide 98-3:2008 测量不确定度 第 3 部分:测量不确定度的标示指导(Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement)

ISO/IEC Guide 98-4:2012 测量的不确定度 第 4 部分:测量不确定在合格评定中的作用(Uncertainty of measurement—Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment)

ISO/IEC Guide 99:2007 国际计量学词汇 基本和通用概念及相关术语 [International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms (VIM)]

IEC/TR 60725:2012 测定每相位额定电流不超过 75 A 的电气设备的干扰特性时用的基准阻抗和公共电力供应网阻 (Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining the disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current  $\leq$  75 A per phase)

IEC 62612 普通照明用非定向自镇流 LED 灯 性能要求 (Self-ballasted LED-lamps for general lighting services—Performance requirements)

IEC/PAS 62717:2011 普通照明用 LED 模块 性能要求 (LED modules for general lighting—Performance requirements)

IEC/PAS 62722-1:2011 灯具性能 第 1 部分:一般要求 (Luminaire performance—Part 1: General requirements)

IEC PAS 62722-2-1:2011 灯具性能 第 2-1 部分:LED 灯具特殊要求 (Luminaire performance—Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires)

ISO 11664-1:2007(E)/CIE S 014-1/E:2007 色度学 第 1 部分:CIE 标准色度观察者 (Colori-

metry—Part 1: CIE standard colorimetric observers)

ISO 11664-2: 2007 (E)/CIE S 014-2/E: 2006 色度学 第 2 部分: CIE 标准照明体 (Colorimetry—Part 2: CIE standard illuminants)

ISO 11664-3: 2012(E)/CIE S 014-3/E: 2011 色度学 第 3 部分: CIE 三刺激值 (Colorimetry—Part 3: CIE tristimulus values)

ISO/CIE 19476: 2014(E) 照度计和亮度计的性能描述 (Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters)

CIE S 017/E:2011 国际照明词汇 (ILV: International lighting vocabulary)

CIE 15:2004 色度学 第三版 (Colorimetry, 3<sup>rd</sup> edition)

CIE DIS 024/E: 2015 发光二极管和 LED 组件 术语和定义 [Light emitting diodes (LEDs) and LED assemblies—Terms and definitions]

CIE 198: 2011 光度测量不确定度 (Determination of measurement uncertainties in photometry)

CIE 198-SP1: 2011 光度测量不确定度 补充 1: 确定测量不确定度的模块和示例 (Determination of measurement uncertainties in photometry—Supplement 1: Modules and examples for the determination of measurement uncertainties)

ILAC P10:01/2013 测量结果的溯源性要求 (ILAC policy on the traceability of measurement results)

### 3 术语和定义

CIE S 017/E:2011、CIE DIS 024/E:2015 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 CIE S 017/E: 2011、CIE DIS 024/E:2015 中的某些术语和定义。

#### 3.1

##### **电光源 electric light source**

将电能转化成光辐射的初级光源。

[CIE DIS 024/E:2015,定义 3.3]

#### 3.2

##### **发光二极管 Light-emitting diode; LED**

包含了 P-N 结的半导体装置,在用电流激发时,组件将发出非相干的光辐射。

注 1: 光发射可能是紫外、可见或者红外波长部分。

注 2: “LED”通常表示 LED 芯片或者 LED 封装,也被用作通用术语。

[CIE DIS 024/E:2015,定义 3.14]

#### 3.3

##### **LED 封装 LED package**

封装了一个或多个 LED 芯片的单电子元件。

注 1: LED 封装是 LED 装置最基本的实现形式,类似于晶体管或 IC 器件,在单个封装中整合了一个或多个半导体芯片,并且包括电学、机械和热接口,并且可能还附有光学元件和/或光转换单元(荧光粉)。

注 2: 通用术语“LED”通常是指封装的 LED。

注 3: 元件可能包含光学元件,以及热、机械、电气接口等。

[CIE DIS 024/E:2015,定义 3.13]

#### 3.4

##### **LED 光源 LED light source**

基于 LED 技术的电光源。

注：LED光源的形式可以为LED封装、LED模块、LED光引擎或LED灯。

[CIE DIS 024/E:2015, 定义 3.10]

### 3.5

#### LED灯 LED lamp

带有一个或多个灯头的包含一个或多个模块以及其他可能组件的LED光源。

注1：LED灯可能包括其他光学、热学、机械以及电器组件。

注2：LED灯可能是集成的(LEDi lamp)或半集成的(LEDsi lamp)或非集成的(LEDni lamp)。

注3：包括单端灯和双端灯。

注4：LED灯的设计使得被外行人人都可以替换。

注5：该定义与GB/T 24826—2016的定义3.15有所不同，但释义是一致的。

[CIE DIS 024/E:2015, 定义 3.8]

### 3.6

#### 集成式LED灯 integrated LED lamp; LEDi lamp

包括控制装置，以及光源稳定燃点所必需的任何附加元件的可直接连接到电源电压上的LED灯。

注1：在某些文件中，采用的对应术语为“自镇流LED灯”。

注2：改自GB/T 24826—2016, 定义 3.15.1。

### 3.7

#### 半集成式LED灯 semi-integrated LED lamp; LEDsi lamp

含有控制装置的控制单元，且需要配合单独的控制装置的电源才能工作的LED灯。

注：在某些文件中，采用的对应术语为“半自镇流LED灯”。

### 3.8

#### 非集成式LED灯 non-integrated LED lamp; LEDni lamp

需要一个单独的控制装置来操控的LED灯。

注：在某些文件中，采用的对应术语为“非自镇流LED灯”。

### 3.9

#### LED模块 LED module

未装灯头的LED光源，包含一个或多个装在印刷电路板上的LED封装，并可能包括一个或多个组件。

注1：LED模块可能是集成的(LEDi 模块)或半集成的(LEDsi 模块)或非集成的(LEDni 模块)。

注2：LED模块通常被设计成LED灯或LED灯具的一部分。

注3：包含的组件包括电子、光学、机械、热部件、接口和控制装置等。

### 3.10

#### 集成式LED模块 integrated LED module; LEDi module

一般设计成灯具不可替换部件的LED模块。

注：在某些文件中，采用的对应术语为“自镇流LED模块”。

### 3.11

#### 半集成式LED模块 semi-integrated LED module; LEDsi module

带有控制装置的控制单元，同时其控制装置需要配合单独的电源才能工作的LED模块。

注：在某些文件中，采用的对应术语为“半自镇流LED模块”。

### 3.12

#### 非集成式LED模块 non-integrated LED module; LEDni module

需要一个单独的控制电路或控制装置来进行工作的LED模块。

注1：在某些文件中，采用的对应术语为“非自镇流LED模块”。

注2：在一个印刷电路板或基于同一个几何结构的一个或多个LED封装的被视为一个LED阵列。不进一步包括

其他电学、光学、机械以及热学组件。

### 3.13

#### LED 控制装置 LED control gear

置于供电系统和一个或多个 LED 模块之间,为 LED 模块提供额定电压或额定电流的单元。

注 1: 该单元可能由一个或多个独立的部件构成,并且可能具有调光、校正功率因数、抑制无线电干扰,以及其他控制功能。

注 2: 一个 LED 控制装置由一个供电电源部分和一个控制单元组成,并且可能部分或全部集成在 LED 模块或 LED 灯中。

注 3: IEC 文件中的术语“controlgear for LED module”有相似的定义。

注 4: “LED 驱动器”不是国际公认的用来表达“LED 控制装置”的术语。

### 3.14

#### LED 光引擎 LED light engine

与电力供应系统直接连接的 LED 模块和 LED 控制装置的集成组合或套装。

注 1: 一个 LED 光引擎通常已定义电学、机械、热学和控制接口,以及具体的光度特性。

注 2: LED 光引擎中可能包括热沉,也可能不包括热沉。

### 3.15

#### LED 灯具 LED luminaire

包含一个或多个 LED 光源的灯具。

注: LED 光源可能是 LED 灯具的一个集成部分。

### 3.16

#### LED 装置 LED device

LED 灯、LED 模块、LED 光引擎或 LED 灯具的统称。

### 3.17

#### 光束角 beam angle

在光束轴线所在平面上,经过灯正面的中心点和发光强度为中心光束强度 50% 的各点的两条虚拟直线间的夹角。

注 1: 光束角用度(°)来表示。

注 2: 该角为全角测量,非半角测量。

注 3: 光束轴线是使光强对称分布的轴线。

注 4: 中心光束强度是在光束轴线上测量的光强值。

### 3.18

#### 型式试验 type test

可对代表生产产品的一个或多个 LED 产品所做的符合性测试。

### 3.19

#### 申请人 applicant

委托测试的责任人。

注 1: 例如,申请人可以是制造商、责任销售商、消费者或者规范制定者。

注 2: 申请人一般需提供进行正确测试所需的所有信息。

### 3.20

#### 受试装置 device under test; DUT

提交测试的 LED 装置。

注: 除非有宣称,否则 DUT 不是型式试验的测试样品。

### 3.21

#### 供电电压(LED 装置的) supply voltage (for a LED device)

施加到 LED 光源或 LED 灯具整体单元上的电压。



## 3.22

**额定值 rated value**

由生产者或责任销售商宣称的标准测试条件下建立的用于规范的特征值。

注：相关标准中给出了标准测试条件。

## 3.23

**老炼(LED光源的) ageing (for a LED source)**

采集 LED 光源初始值之前的预处理阶段。

注 1：在某些文件中，采用相同意义的术语“老化”。

注 2：初始值是指在老炼期间和稳定时间结束后测量的光度和电学性能。

## 3.24

**稳定时间(LED装置的) stabilisation time (for a LED device)**

恒定电输入的条件下，LED 光源或者 LED 灯具为达到稳定的光输出和消耗功率所需的时间。

## 3.25

**环境温度 ambient temperature**

$t_{amb}$

测试中产品临近区域的空气或其他介质的温度。

注：环境温度的单位为摄氏度(°C)。

## 3.26

**额定最高温度(部件的) rated maximum temperature (of a component)**

$t_c$

在正常燃点条件下和在额定电压/电流/功率或者最大额定电压/电流/功率范围工作时，LED 模块或控制装置类部件的外表面上可能出现的与安全相关的最高允许温度。

注 1：额定最高温度的单位为摄氏度(°C)。

注 2：如果部件外表面有标示，则在标示位置。

## 3.27

**性能温度(LED模块的) performance temperature (of a LED module)**

$t_p$

与 LED 模块性能相关的温度。

注 1：性能温度的单位为摄氏度(°C)。

注 2：在指定的  $t_p$  点下测量性能温度。

注 3：改自 GB 24826—2016，定义 3.38.6。

## 3.28

 **$t_p$  点  $t_p$ -point**

LED 模块表面上指定的测量性能温度  $t_p$  的位置点。

注 1：性能温度  $t_p$  和额定最高温度的位置可能不同。

注 2：改自 IEC/PAS 62717:2011，定义 3.16。

## 3.29

**额定性能相关的最高温度(LED模块的) rated maximum performance temperature (of a LED module)**

$t_{p,n}$

由生产商或责任销售商宣称的与 LED 模块额定性能相关的  $t_p$ -point 上的最高温度。

注 1：额定性能相关的最高温度的单位为摄氏度(°C)。

注 2：对于给定的性能，额定性能相关的最高温度  $t_{p,n}$  是一个固定值，而非变量，其中下标  $n$  表示宣称的相关寿命，以 1 000 h 计。例如： $t_{p,60}$  中  $n=60$  代表宣称 60 000 h 的寿命宣称。

注 3: 可能有超过一个额定性能相关的最高温度  $t_{p,n}$ , 取决于性能宣称。

注 4: 在一些文件中用  $t_{p, rated}$ 、 $t_{p, max}$  或  $t_{p, m}$  代替  $t_{p, n}$ 。

3.30

性能相关的额定最高环境温度(灯具的) **rated maximum performance ambient temperature (of a luminaire)**

$t_{q,n}$

在生产者或责任销售商所宣称正常燃点条件下, 与灯具的额定性能相关的灯具周围的最高环境温度。

注 1: 性能相关的额定最高环境温度的单位为摄氏度(°C)。

注 2: 对于给定的寿命, 性能相关的额定最高环境温度  $t_{q,n}$  是一个固定值, 而非变量, 其中下标  $n$  表示标称的相关寿命, 以 1 000 h 计。例如:  $t_{q,60}$  中  $n=60$  代表 60 000 h 的宣称寿命。

注 3: 可能有超过一个的性能相关的额定最高环境温度  $t_{q,n}$ , 取决于宣称寿命。

注 4: 在某些文件中用符号  $t_q$  或  $t_{q,mn}$  代替  $t_{q,n}$ 。

3.31

(灯具)光输出比 **light output ratio (of a luminaire); LOR**

在规定使用条件下, 所测得的灯具光通量与在灯具中使用的各光源光通量之和的比值。

注 1: 等同于美国标准中的术语“灯具效率”。

注 2: 在某些情况下, LOR 可适用于可互换光源(如 LED 灯)的 LED 灯具。对于内部 LED 光源不可替换的 LED 灯具, 对 LOR 无要求。对于内部 LED 光源不可替换的 LED 灯具, 仅能够测量灯具的总光通量, 这种情况下 LOR 可认为是 100%, 即无关紧要。

注 3: 如果灯具中的光源不便拆装可选择同类型的光源进行测试。

3.32

总光谱辐射通量(光源的) **total spectral radiant flux (of a light source)**

光源在全几何空间( $4\pi$  立体角)内的总辐射通量  $\Phi_e$  的光谱密集度, 见公式(1):

$$\Phi_\lambda = \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \dots\dots\dots (1)$$

注: 总光谱辐射通量的单位为瓦特每纳米( $W \cdot nm^{-1}$ )。

3.33

部分光通量(光源在指定锥角内的) **Partial luminous flux (of a light source, within a specified cone angle)**

光源在一指定圆锥角  $\alpha$  内发出由光源的光强分布  $I(\theta, \varphi)$  确定的光通量, 见公式(2):

$$\Phi_a = \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\alpha/2} I(\theta, \varphi) \sin\theta d\theta d\varphi \dots\dots\dots (2)$$

注 1: 部分光通量的单位为流明(lm)。

注 2:  $(\theta, \varphi) = (0, 0)$  为圆锥轴方向。

注 3: 圆锥角  $\alpha$  为圆锥的全角(直径)。

注 4: “圆锥光通量”也用于与其意义相同的场合中。

注 5: “有效光通量”也可以相似的意义被使用, 但由圆锥轴确定, 圆锥轴是光源的观察光束轴, 光强相对于该光束轴呈对称分布。

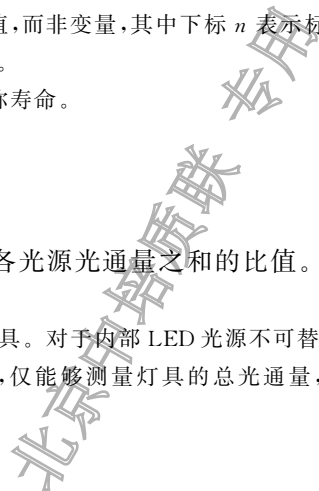
3.34

绝对光度学 **absolute photometry**

直接用国际标准单位测量光度参数的过程。

注: 本术语常用于灯具的分布光度学中, 与相对光度学(见 3.35)形成对比。光强分布用坎德拉单位的绝对值来测量和报告。

购买单位: 北京中培质联 防伪编号: 2021-0521-1112-1543-9834 订单号: 0100210521082914



## 3.35

**相对光度学 relative photometry**

获得两个光度量比值的测量。

注 1: 本术语常用于灯具的分布光度学中, 光强分布是由所用灯的总光通量归一化相对值来表示的, 以坎德拉每千流明(cd/klm)为单位报告。

注 2: 本方法并不适用于 LED 光源和配有集成式 LED 光源的 LED 灯具。

## 3.36

**光度探头 photometer head**

探测元件与光谱加权器件(探测波段内)的组合。

注 1: 还可能包括对光源方向性评估的器件, 如漫射窗口, 透镜和光阑。

注 2: 本标准中, 光度探头是指照度测量单元, 包含探测器、 $V(\lambda)$ 修正滤色片, 以及其他附加器件(光阑、漫射器、放大器)。

## 3.37

**溯源性 traceability**

通过一个文件化的完整的校准链与一个参考标准相关联的测试结果的特性。

注 1: 国际实验室认可合作组织(ILAC)认为确定其计量溯源性的单元包含一个溯源到国际测量标准或国家测量标准的完整链条, 测量不确定度文件, 测量步骤文件, 技术认可、计量溯源至国际制 SI 和校准间隔(见 ILAC P10:01/2013)。

注 2: “溯源至国际制 SI”的表达意味着“计量溯源至国际单位系统中的一个测量单位”。

注 3: 校准链的每个环节都会贡献测量不确定度。

注 4: 改自 ISO/IEC Guide 99:2007, 定义 2.41。

## 3.38

**允差区间 tolerance interval**

某个特性的允许区间。

注 1: 除非规定中另有声明, 允许限值属于允差区间。

注 2: 合格评定中的术语“允差区间”与统计学中相同术语的意义不同。

[ISO/IEC Guide 98-4:2012, 定义 3.3.5]

## 3.39

**接受区间 acceptance interval**

测量值的允许区间。

注: 除非规定中另有声明, 接受限值属于接受区间。

[ISO/IEC Guide 98-4:2012, 定义 3.3.9]

**4 测试实验室要求****4.1 一般要求****4.1.1 标准测试条件**

LED 装置的光度、色度和电学特性的测量应在规定的标准测试条件下采用适当的设备和测试程序进行。标准测试条件包括一个设定值和一个允差区间。在精确的设定值(如测试电压)下对 DUT 的参数实施测量是理想情况。但在实际情况中, 考虑到实际值与设定值存在偏差, 因此本测试方法中对每个设定值规定了允差区间。如有必要, 可对实际值进行校正以调节到设定值。测量结果应在标准测试条件设定值下给出。此外, 测试设备应符合规定要求, 通常应规定设备性能参数的最大值或最小值(或者给出一个范围值)。允差区间和要求见 4.2、4.3、4.4 和 4.5。

当仪器用来测量相关量的绝对值时,所有的测量都应溯源到 SI。测试报告应包含测量不确定度(具体见第 8 章)。第 4 章中所有关于仪器的测量不确定度值都通过扩展不确定度表示,置信区间为 95%(通常包含因子  $k=2$ )。

测试应在所有测试条件处于设定值允差区间内的条件下进行,所有的仪器应满足 4.2、4.3、4.4 和 4.5 中的规定要求,此时测量条件被认为是符合本标准要求。为了进一步减少测量不确定度,可对设备的实际值修正,进而确保与标准测试条件设定值的偏差处于允差区间内。设定值通常是允差区间的中心值,但也并非总是如此。

当某些标准测试条件或要求无法满足时,若相关的测量已经校正到标准测试条件,则超过允差区间或要求的偏差也是可以的,且此时应评估被校正参数的不确定度分量,并纳入最终的总不确定度计算中。同时,应在测量报告中对实际的测量条件以及对参数校正至标准测试条件的情况进行说明。

为了实施校正,应确定 DUT 的敏感系数。只有在 DUT 相对于修正系数中所包含的所有量值都处于稳定状态时,才能实施校正。

注:如若测量多个相同型号的产品,测得该型号或相近型号中某一 DUT 的敏感系数,可用于校正其他 DUT。

对于不确定度计算,宜分析 DUT 的主要性能(及其相关的敏感系数)。然而,实际上,对 DUT 所有的性能做详细的评估既不可能也不现实。因此,如若没有详细的信息可用,附录 C 中关于 DUT 性能的一些敏感值可用于评估测量不确定度,但这些敏感值不可用于校正。

不确定度评估的基础模型,所有校正因子的细节以及所做的不确定度因素评估都应由实验室来保存并根据需要使用。

在本标准中没有明确描述的测试设备的设计以及配置,只有当它们宣称可产生等同的结果时才能接受。

更多纳入实际实验室条件的细节和例子请参见附录 A,不确定度评估的指导见第 8 章以及参见附录 D。

#### 4.1.2 允差区间

对于每一个标准测试条件,都给出了相关参数的允差区间以设定 DUT 的燃点条件。应纳入相关参数的测量不确定度以确保该参数位于设定值允差区间内。为了达到这个目的,定义了一个接受区间,等于允差区间在限值两侧减去参数的扩展测量不确定度(95%的置信概率)。DUT 参数的测量结果应位于设定值允差区间内,如图 1 所示。参数的测量不确定度包括测量设备的校准不确定度以及其他测量条件的不确定度分量。关于允差区间与接受区间的其他信息以及距离可参见附录 A。更多关于接受区间的概念信息请见 ISO/IEC Guide 98-4:2012。

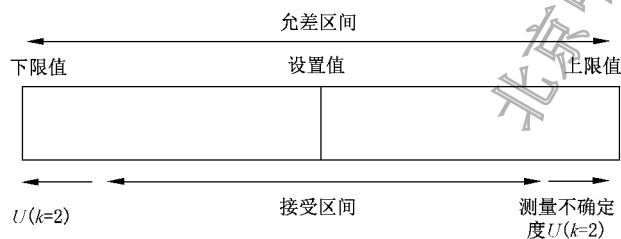


图 1 允差区间和接受区间的示意图

## 4.2 实验室和环境条件

### 4.2.1 测试室

测量应在环境(如烟、尘、水汽和振动)对被测量的影响可忽略不计的房间内进行。周边布置应保证

杂散光最小,如果杂散光较大,相关的误差应被校正。更多信息参见附录 B。

#### 4.2.2 环境温度

对于 LED 灯、LED 光引擎(根据环境温度设计的)以及 LED 灯具测量,设定的环境温度值  $t_{amb}$  应为 25.0 °C。

允差区间:±1.2 °C。

为了满足这个要求,温度测量的结果应位于接受区间内(见 4.1.2)。例如,温度测量的不确定度是 0.2 °C,接受区间则是±1.0 °C。如若不确定度更大,则接受区间将更小。

应选取可代表靠近 DUT 周围温度的点进行环境温度测量。对于积分球而言,温度传感器宜设置在球内且与 DUT 等高处,如果 DUT 安装于  $2\pi$  积分球顶部,则宜为靠近 DUT 的高度。

温度测量不应被 DUT 的直射光影响,应安装挡板以阻挡直射光照到传感器。

室内空调和加热器的位置设置应使气流和辐射热量不直接到达 DUT 或温度感应器。应注意使温度计和其外壳不挡住光线的测量路径。

注:可以用所有简便适合的温度计类型测量空气温度,比玻璃管液体温度计、热电偶和热敏电阻。通常使用外表面抛光的金属罩住温度计以反射辐射(但如果需要可用挡屏阻止反射光线到达探测器)。

如委托人为 DUT 指定的宣称环境温度不是 25.0 °C(例如,冰箱中的 LED 灯具),除非测量是在该指定温度下进行的,否则应首先报告 25.0 °C 下的测量结果,然后应建立一个服务转换因子将 25.0 °C 下的测量值转换为该指定环境温度下的值。可以通过测量处于温控箱或者温控测量系统(如温控积分球)中 DUT 的总光通量(或者光强度或者固定方向的亮度)比值来得到服务转换因子。单独报告服务转换因子。

#### 4.2.3 表面温度( $t_p$ 点温度)

除了按环境温度设计的 LED 模块以外,LED 模块的所有被测量应在额定性能温度  $t_p$  下报告。

允差区间:±2.5 °C。

为了符合此要求,温度测试的结果应位于接受区间内。例如当表面温度测量的不确定性为 0.5 °C,接受区间为±2.0 °C。不确定性越大,接受区间越小。

注 1: 温度计校准不确定度可以小至 0.2 °C,但在某些情况下,表面温度的测量加进了其他因素,例如温度计表面的热接触,导致测量不确定度升至 2.0 °C。

注 2: 依据相关额定寿命的声称,LED 模块额定性能温度  $t_p$  可能会不止一个数值。

注 3: 一旦 LED 模块被安装进光引擎或灯具中,它的  $t_p$  点可能接触不到,制造商或委托人需指明温度监测点以及该点温度和性能温度的关系(或者在样品上进行特殊的制备可接触到  $t_p$  点)。

宜注意确保温度计及其外壳不干扰测量光路。表面温度测量的设备不应影响 DUT 的热行为,同时确保 DUT 表面和温度计之间有良好的热接触。

#### 4.2.4 空气流动

测量应在静态的空气中进行。设定值:空气流动速率为 0 m/s,允差区间:0 m/s~0.25 m/s。

为了符合此要求,测试结果应位于接受区间内(见 4.1.2)。例如,空气流动测量的不确定度为 0.05 m/s,接受区间则为 0 m/s~0.20 m/s。不确定度越大,接受区间越小。

注 1: DUT 周围的空气流动会改变其有效的工作温度,导致光通量值发生变化。此种空气流动可以由气流、空调、分布光度计中设备的运动,或者分布光度计架构本身的运动所引起。

注 2: 积分球关闭时可以满足以上要求,除非球内安装风力空气温度控制装置,此时需特别说明。关闭积分球时会造成样品表面的气流流动,因此必要时在关闭球后使样品稳定一小段时间。

注 3: 对温度变化十分敏感的 LED 装置,需要达到更低的空气流动速率(如流动速率小于 0.10 m/s)。

应在 DUT 附近测量空气流动,并且应避免 DUT 受被迫冷却或者自加热的任何影响。

对于测试过程中光源位置发生改变分布光度计,移动速率应满足上述要求或者引入合适的校正。

#### 4.2.5 工作姿态

规定要求:DUT 在稳定和测试周期中均应保持在其设计的工作条件下。

注:本条要求不适用于温度已被设定且维持在性能温度的 LED 模块(见 5.3.1)。

如若不能符合本条要求,则应将测量校正至设计工作姿态下。

示例:可采用辅助光度计方法校正光度测量,辅助光度计监视 DUT 在某一固定方向的相对光强度。本方法中,用参考值与各个不同工作姿态下辅助光度计的测量值的比值作为测量校正因子。参考值由光源处于设计工作姿态并达到稳定后辅助光度计的测量值来表示。辅助光度计与 DUT 的相对位置关系在整个测量过程中保持不变。

### 4.3 电学测试条件和电学设备

#### 4.3.1 测试电压和测试电流

设定值为 DUT 的额定供电电压,或者 DUT 的额定供电电流(直流电流输入的 LED 模块),在 DUT 的供电端实施测量。

允差区间:交流电压均方根(RMS)±0.4%;直流电压±0.2%。对于直流电流输入的 LED 模块,直流电流±0.2%。

为了符合此要求,测量结果应位于接受区间内(见 4.1.2)。如果交流电压测量不确定度为 0.2%,则接受区间为±0.2%。对伏特表以及安培表的校准不确定度的具体要求见 4.3.2。

测试电压的测量应在 DUT 的供电输入端而非供电电源的输出端,以避免由于导线和连接器引起的电压降造成误差。

如果额定供电电压是一个范围,测试电压应根据合适的 LED 性能标准(见第 2 章)来选择。

#### 4.3.2 电学测量

应使用合适的测量设备测量交流/直流电压、电流和功率。

具体要求:交流伏特表和安培表的校准不确定度应小于或等于 0.2%。直流伏特表和安培表的校准不确定度应小于或等于 0.1%。

应使用合适的功率计或者功率分析仪测量交流功率。功率计应有合适的带宽以覆盖电流中的谐波成分。

具体要求:交流功率计或者功率分析仪的校准不确定度应小于或等于 0.5%。带宽至少为 100 kHz。当声称不具有显著高频成分(分别高于 5 kHz 或者 30 kHz)时,可采用较低带宽(5 kHz 或 30 kHz)。

注 1:LED 产品中可能存在或不存在显著高频成分(>5 kHz),取决于辅助机构(控制器,调光器等)的使用。对于能够产生显著高频成分的 LED 控制器,带宽为 100 kHz 可能也未必足够,功率分析仪的类型宜适应这种特殊情况(如:1 MHz 带宽)。

所有供电电流的导线和接头都应安全固定并且有足够低的阻抗。测试电路应符合相关的国家标准。应采用 4 线测量方法。对于 LED 灯具,连接端为电压测量的参考点。

测量功率消耗非常小的 LED 装置时,宜保证电压表或功率计的阻抗足够大以避免由电流泄漏产生的误差。

具体要求:电压测量电路的内部阻抗应至少为 1 MΩ。

注 2:某些 DUT 具有高阻抗,因此必要时可引入具有更高内部阻抗的测量设备。

直流功率的测量可通过合适的设备直接获得或者从测得的电压和电流中得到。

### 4.3.3 供电电源

#### 4.3.3.1 电流能力

供电电源应为连接负载提供足够的电流处理能力。特殊情况下,包括辅助转换器的电源应具有极低的阻抗。

#### 4.3.3.2 交流供电网络

应在 DUT 的供电端调节交流供电电源的电压。

具体要求: DUT 测量中,供电电压的漂移或是波动应处于其测试电压接受区间内(见 4.3.1)。

如若超出接受区间,应对结果进行校正。

供电电源应有正弦电压波形。当连接 DUT 并接通时,供电网络(供电单元、导线和连接器)电压的总谐波失真(THD)应受到限制。

具体要求:在 DUT 供电端测量的电压波形的总谐波失真(THD<sub>v</sub>)应不超过 1.5%。如果被测量 DUT 的功率因数高于 0.9,则 THD<sub>v</sub> 可超过 1.5%但应小于 3%。

注 1:总谐波失真(THD),是谐波成分(谐波电压成分  $U_h$  从 2 次到 500 次)总和的 RMS 值与基波成分  $U_1$  RMS 值的比值,如公式(3)所示:

$$\text{THD} = \sqrt{\sum_{h=2}^{500} \left(\frac{U_h}{U_1}\right)^2} \dots\dots\dots (3)$$

注 2:电学测量的结果很大程度上取决于电压的 THD,而电压 THD 由交流供电网络的电源阻抗和 LED 装置的电流波形决定。随着 DUT 的功率因数变小(尤其是功率因数低于 0.5),并且产生更多高频成分时,这种影响会更大。如果电路在高频下表现出高阻抗,则可能产生显著的测量误差。为了分析误差并减少测量电参量的不确定度,可引入校正步骤以补偿供电网络阻抗与 IEC/TR 60725:2012 中的参考阻抗的偏差带来的影响。

注 3:可核查电路(导线、回路的长度)的阻抗对电学测量的影响,并与光度测量分开,另外使用低阻抗测量电路(导线长度短,没有回路)。观测到的差异宜纳入不确定度评估中。

供电电压的频率应保持为规定的频率。

具体要求:供电电压的频率应维持在规定频率,允差区间±0.2%。

#### 4.3.3.3 直流供电

应在 DUT 的供电端调节直流电源的电压。

具体要求:在 DUT 的测量期间,电源电压漂移或波动应在测试电压接受区间内(见 4.3.1)。

对于采用直流电流输入的 LED 模块,电流应在规定电流的接受区间内。

供电中应无交流纹波。

具体要求:供电电压的交流成分(RMS 值)不应超过直流电压的 0.5%。

#### 4.3.3.4 电磁兼容性

供电电源以及周围的用电设备不应影响电学或光度测量设备。

### 4.4 测量前的稳定

测量应在 DUT 达到于稳定状态后开始。测试设备也应达到稳定状态。

在稳定期间,至少每间隔 1 min 测量光输出和电功率。

#### 4.4.1 LED 灯和 LED 灯具

本步骤适用于集成式 LED 灯、半集成式 LED 灯、非集成式 LED 灯(和 LED 灯具,也适用于具有热

沉的 LED 光引擎。

具体要求: DUT 应点燃至少 30 min, 当在至少 15 min 内其光输出和电功率的最大读数和最小读数间的差异小于最小读数的 0.5% 时, 认为其已经达到稳定。如果 DUT 经过预点燃, 则无须点燃 30 min, 并当其读数在最后 15 min 内符合上述要求时则认为其已稳定。

如若 DUT 表现出较大的波动, 且 LED 灯在 45 min 或 LED 灯具在 150 min 内还未达到稳定状态, 可以开始测量但同时应将观测到的波动加以记录。然而, 如果读数并非随意波动, 而是观测到测量值缓慢降低, 此时只有当达到稳定标准时才宜开始测量。

注: 通常在稳定过程中光输出会缓慢降低直到达到热稳定。然而, 由于电子原因, 在接近热稳定时仍然出现波动。

稳定状态与各部件的热平衡密切相关。预点燃(在将光源安装于测试系统前的点燃操作)可以缩短在测试系统中的稳定时间。特别是在测量相同类型的产品时, 如果宣称使用预点燃方法达到同样的稳定状态, 那么测试时间将可以缩短。

#### 4.4.2 LED 模块

以下步骤适用于集成式 LED 模块、半集成式 LED 模块和非集成式 LED 模块, 除了包含有热沉的 LED 光引擎(设置于室温)。通过在  $t_p$  点测得的 DUT 性能温度  $t_p$  设定热条件。LED 模块的温度通常由带温控的热沉或通过额外加热来调整。

具体要求: 温度达到设定的性能温度, 且在 15 min 内性能温度  $t_p$  的变动位于  $\pm 1^\circ\text{C}$  内时, 认为该 LED 模块已达到稳定状态。

对于配置有热沉的光引擎, 首先按照 4.4.1 中的步骤在  $25^\circ\text{C}$  的室温下操作, 并报告性能温度  $t_p$ 。然后再按照 4.4.2 中的步骤, 对额外的  $t_p$  值实施测量。

#### 4.5 光度和色度测量设备

通常用以下设备测量光度和色度参数:

- a) 积分球系统:
  - 1) 积分球-光度计(光度计探头作为探测器);
  - 2) 积分球-光谱辐射计(光谱辐射计作为探测器)。

注 1: 积分球系统包括积分半球。积分球-光度计包括设置三刺激色度计探头的积分球, 该探头作为光度计探头使用(Y 通道)以及用于相对颜色的测量, 但不宜用于绝对颜色的测量。

- b) 分布光度计系统:
  - 1) 分布光度计(光度计探头作为探测器);
  - 2) 分布光谱辐射计(光谱辐射计作为探测器);
  - 3) 分布色度计(三刺激色度计作为探测器)。

注 2: 分布光度计包括近场分布光度计。分布色度计可用于相对颜色测量, 即颜色均匀性测量, 但不宜用于绝对颜色的测量。

- c) 亮度计。

注 3: 亮度计包括成像亮度测量设备(ILMD)。

其他类型的测量设备包括积分半球、近场分布光度计和成像亮度测量设备, 若这些设备宣称可产生与传统积分球系统或者传统分布光度计系统相同的测试结果时也可采用。

根据产品类型和测量参数来选择设备。不要求光强分布数据的小型产品(如 LED 灯)可选用积分球系统测量。灯具通常需要光强分布数据, 因此需要采用分布光度计系统。测量色度参数时, 需要积分球-光谱辐射计、分布光谱辐射计或者分布色度计。

所有的测量设备均应通过校准以确保溯源至 SI。所有的光度测量都应基于明视觉的光谱光视效率函数  $V(\lambda)$  (见 GB/T 20151—2006)。更多关于光度计的校准、核查和质量指标的描述见



ISO/CIE 19476:2014。

#### 4.5.1 光度计的光谱灵敏度要求

对于使用  $V(\lambda)$  修正探头的设备(积分球-光度计、分布光度计、亮度计),应满足下列要求。

具体要求:总的相对光谱响应度的  $V(\lambda)$  失匹配系数  $f_1'$  应小于或等于 3%。

如果满足此要求,测量白光 LED 装置时,虽然强烈建议但不要求对光谱失匹配误差进行校正。对发射彩色光(如红色、绿色或蓝色单色光的 LED 模块)的 LED 装置,则要求对光谱失匹配误差进行校正。

如果未能满足上述对  $f_1'$  的要求,也可对每一个被测 DUT 进行光谱失匹配校正,此时实际系统的  $f_1'$  值以及采用校正的情况应纳入报告中(见 4.1.1)。

如果未对光谱失匹配进行校正,应基于系统的相对光谱响应数据或是基于  $f_1'$  值(系统的相对光谱响应数据无法得知的情况下)(参见附录 C.3.5)评估光谱失匹配误差的不确定度贡献。若是使用  $f_1'$  值,则宜将  $f_1'$  值的不确定度纳入总测量不确定度中。如果对光谱失匹配进行了校正,仍然存在校正不完善带来的不确定度贡献。

注: CIE 即将颁布一项采用暗视觉和明视觉量的光谱光视效率函数而非  $V(\lambda)$  的标准。

#### 4.5.2 积分球(所有类型)

积分球应配备有辅助灯以实施自吸收测量。

注 1: 由于自吸收与 DUT 和球的尺寸以及 DUT 与积分球涂层的反射特性有关,因此当 DUT 与参考灯的形状和尺寸存在差异时,自吸收校正很重要。

积分球的尺寸相对 DUT 宜足够大,以避免由于挡板以及 DUT 本身导致的积分球空间响应度不均匀而产生的较大误差。

具体要求:当 DUT 安装在积分球中心时( $4\pi$  法),DUT 的总表面积不应超过积分球内壁总面积的 2%。(相当于立方 DUT 的边长为积分球直径的 1/10。)当 DUT 安装在积分球开口时( $2\pi$  法),开口直径不应超过积分球直径的 1/3。

当线型 DUT 安装在积分球中心时( $4\pi$  法),它的长轴宜与探测器探头到积分球中心连线共轴,这样挡板的尺寸可以最小。

积分球内壁的涂层应具备漫反射、高反射率、无光谱选择性且没有荧光。对于积分球-光谱辐射计系统涂层的反射率宜大于 90%。

注 2: 如果 DUT 和参考灯的强度分布不一致时,积分球上非均匀的反射率将会有较大的影响。

积分球内的光源固定装置以及辅助设备的尺寸宜尽可能地小。积分球内的所有挡板连同 DUT 的支撑结构都尽可能地涂有高反射率的涂层。

注 3: 挡板朝向探测器的一边可以具有较低的反射率,可涂覆与积分球一样的涂层。

探测器端口的入射光应经过余弦校正。通常通过在入光口处设置漫射器或者卫星积分球来实现。

具体要求:积分球上的光度探头或者光谱辐射计的入光口应经余弦校正,其  $f_2$  值应小于或等于 15%。

积分球系统应有足够的机械重复性,以确保在开启或关闭积分球后对 DUT 实施测试时,积分球的响应度保持恒定。

具体要求:开启和关闭积分球后的重复性应在  $\pm 0.5\%$  以内,且应纳入总不确定度考量中。

积分球系统(包括测试设备)在两次校准期间的响应度应具有足够高的稳定性。积分球系统的稳定性宜通过以下方式核查:第一次校准后立即测量一个稳定的灯,然后定期测量同一盏灯以确定积分球响应的漂移或变化。

具体要求:除非积分球在每次使用前都校准过,否则积分球应在合适的时间间隔重新校准以保证积

分球响应的漂移量在校准间隔时间中都低于 0.5%。

宜采用与 DUT 有相似光强分布的参考标准灯来校准积分球系统(如:全方向型或定向型)。参考标准灯与 DUT 的光强分布差异宜纳入不确定度评估中。

#### 4.5.2.1 积分球-光谱辐射计

积分球-光谱辐射计系统应通过一个溯源至 SI 的总光谱辐射通量标准灯来校准或验证。

如果没有总光谱辐射通量标准灯,用户可从溯源至 SI 的光谱辐照度标准灯以及总光通量标准灯推导得到。这种情况下,宜报告推导的方法以及相关数据(如:标准灯的光谱或相关色温的空间角度均匀性)。

与积分球配合使用的光谱辐射计不应仅校准光谱辐照度而不考虑积分球的相对光谱输出。积分球和光谱辐射计应一起作为一个系统来校准总光谱辐射通量。

积分球-光谱辐射计系统中的光谱辐射计应覆盖整个可见光波段,并具备合适的带宽以及扫描间隔。

具体要求:

- 波长范围至少应覆盖 380 nm~780 nm;
- 光谱辐射计的波长不确定度应在 0.5 nm( $k=2$ )以内;
- 带宽(半峰带宽)以及扫描间隔应不大于 5 nm。

光谱辐射计应对可见光波段内每个波长下的辐射都具有线性响应。非线性影响应纳入不确定度评估中。

光谱辐射计内部的杂散光应纳入不确定度评估中。

自吸收测量中的辅助灯宜可发射覆盖整个可见光波长范围的辐射。

#### 4.5.2.2 积分球-光度计

应用一个溯源至 SI 的总光通量标准灯校准积分球-光度计系统。如有可能,最好采用与 DUT 有相似光谱分布的标准灯。

积分球光度计的总相对光谱响应度(积分球加上光度计探头)应匹配到明视觉光谱光视效率函数  $V(\lambda)$ ,  $V(\lambda)$  失匹配指数  $f_1'$  值应满足 4.5.1 中的要求。

必要时,应引入光谱失匹配校正。为了校正,需要得到 DUT 的相对光谱分布以及积分球和光度计系统的相对光谱输出。关于光谱失匹配校正,可参见附录 C。积分球光度计的  $f_1'$  值由光度探头的相对光谱响应度和积分球的相对光谱输出  $[\rho(\lambda)/(1-\rho(\lambda))]$ , 其中  $\rho(\lambda)$  为积分球内表面的光谱反射率] 决定。对于光谱失匹配校正这些都是需要的。仅使用光度探头光谱响应度会导致大误差。

积分球的相对光谱响应度会随时间变化,特别是当积分球是新的时,或者当积分球已经长时间使用并受到污染。积分球的光谱响应度宜定期测量以更新  $f_1'$  值或光谱失匹配修正数据。当积分球内表面为高反射率( $>95\%$ )涂层时这点尤其重要。

注:积分球系统相对光谱响应度的测量参见 IES LM-78:2007 中的附录 B。

用于自吸收测量的辅助灯与被测 DUT 最好具有相似的光谱分布,特别是对于单色 LED 模块。

#### 4.5.3 分布光度计(所有类型)

分布光度计的角度扫描范围应覆盖整个 LED 装置发射光的所有立体角度,特别是测量总光通量时。

具体要求:DUT 的角度调节应确保其方向在偏离目标方向  $\pm 0.5^\circ$  的角度范围内,角度显示应有  $0.1^\circ$  或更高的读数分辨率。

对于光强分布的测量,采用传统(远场)分布光度计时,将光源的发光区域等效为点光源。根据照度

平方反比定律,在足够远的光度测试距离下通过照度测量进而获得光强。

远场绝对光度学中测试距离的具体要求:

- a) 对于在所有 C-平面内具有近似余弦(朗伯)分布(光束角 $\geq 90^\circ$ )的 DUT: $\geq 5 \times D$ ;
- b) 对于在某些 C-平面有不同于余弦分布的宽光束分布(光束角 $\geq 60^\circ$ )的 DUT: $\geq 10 \times D$ ;
- c) 对于具有窄的光束分布、光强分布中存在陡峭梯度变化或者需严格控制眩光的 DUT: $\geq 15 \times D$ ;
- d) 对于发光区域内具有比较大的不发光空间的 DUT: $\geq 15 \times (D+S)$ 。

其中  $D$  为 DUT 最大发光尺寸,  $S$  为两个相邻发光区域间的最大间隔。

注 1: 对于上述测试距离,可以通过照度平方反比定律在光轴上符合度优于 1%、两倍光束角以内区域优于 3% 来验证。使用该方法验证过的其他测试距离可以无须校正(参见附录 C.3.6)。

注 2: 对于某些 LED 产品,其中的单个 LED 可等效为不同方向上工作的小投光灯点(如线性灯具上散布的 LED 或者分散安装在灯具中的 LED 模块),上述给出的测试距离可能不够。宜验证平方反比定律是否适用。

对于近场光度学,测试距离理论上被认为是无限远的,但宜验证。

对于总光通量(不测光强分布)的测量,不要求远场条件,因为总光通量可由照度分布积分获得。

通常分布光度计会有一些机械装置(如支承光源的灯臂)遮挡光源发射光的角度区域(称为死角)。分布光度计的死角区域超过 0.1 sr(相当于约  $10^\circ$  半径的锥角)时,不宜用于测量非定向灯或灯具的总光通量,除非实施了合适的校正。

#### 4.5.3.1 采用光度探头的分布光度计

光度探头的相对光谱响应度(如果使用反射镜的话,结合反射镜的光谱反射比)应与明视觉光谱光视效率函数  $V(\lambda)$  相匹配。 $V(\lambda)$  失匹配指数  $f_1'$  值应满足 4.5.1 中的要求。

必要时,应引入光谱失匹配校正。为了校正,需要获得 DUT 的相对光谱分布以及光度计探头(如使用了反射镜也包括反射镜)的相对光谱响应度。关于光谱失匹配校正,可参见附录 C。

分布光度计应采用溯源至 SI 的光强标准灯或是照度标准灯实施校准,如果还需测量总光通量,则总光通量的值(lm)应通过测量溯源至 SI 的光通量标准灯对其进行验证。或者,测量总光通量用的分布光度计系统可以通过溯源至 SI 的总光通量标准灯来校准,前提是分布光度计的死角区域不会对总光通量标准灯的测量产生影响。

注: 对于转镜式分布光度计,通常采用光强标准灯对光度计探头进行校准,此时光度测量距离和反射镜的反射率所引起的测量误差都已自动包含在校准中。

#### 4.5.3.2 分布光谱辐射计

分布光谱辐射计应采用溯源至 SI 的光谱辐照度标准灯或是光谱辐射强度标准灯校准。对于转镜式分布光谱辐射计,如果采用光谱辐照度标准,则应考虑反射镜的光谱反射比。如果需测量总光谱辐射通量,则应通过测量一个溯源至 SI 的总光谱辐射通量标准灯来验证其值,单位为瓦每纳米(W/nm)。或者,用于总光通量或总光谱辐射通量测量的分布光谱辐射计系统可以通过一个溯源至 SI 的总光谱辐射通量标准灯来校准,前提是分布光谱辐射计的死角不会对总光谱辐射通量标准灯的测量产生影响。

分布光谱辐射计系统中的光谱辐射计应覆盖整个可见光波段范围,并具有适用于被测 LED 的合适带宽和扫描间隔。波长范围至少应覆盖 380 nm~780 nm。

具体要求:带宽(半峰带宽)和扫描间隔应不超过 5 nm。光谱辐射计的波长不确定度应在 0.5 nm ( $k=2$ ) 以内。

光谱辐射计可见光波段每个波长下的辐射都应具有线性响应。非线性影响应纳入不确定度评估中。

光谱辐射计内部的杂散光应纳入不确定度评估中。

### 4.5.3.3 分布色度计

分布色度计采用三刺激值色度探头(滤色片与探测器结合将其光谱响应率匹配到与 CIE 颜色匹配函数接近)测量三刺激值  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 。分布色度计的  $Y$  通道应满足 4.5.3.1 中的要求。

除非另有说明,否则仅一个分布色度计不应用于绝对色度的测量,仅可用于色差的测量(或对某一特定 DUT,经光谱辐射计校准后进行相对颜色测量)。

### 4.5.4 亮度计

亮度计应由溯源至 SI 的亮度标准进行校准。以下内容适用于传统亮度计(单点亮度测量设备)以及成像亮度测量设备(ILMD)。

亮度计的相对光谱响应度应与明视觉的光谱光视效率函数  $V(\lambda)$  相匹配, $V(\lambda)$  失匹配指数  $f_1'$  值应满足 4.5.1 中的要求。

必要时,应引入光谱失匹配校正。为了校正,要获得 DUT 的相对光谱分布以及光度计的相对光谱响应度。关于光谱失匹配校正,可参见附录 C。

如果使用了成像亮度测量设备,其测量不确定度应通过与瞄准点亮度计测量的同一个典型 LED 装置亮度分布进行比较来验证。

## 5 准备工作、安装以及操作条件

### 5.1 老化

应按照合适的 LED 产品性能标准实施老化(见第 2 章)。

### 5.2 测试器件

申请人应提供所有正确使用装置的指导。除非申请人特别要求(如维持因子的确定),否则装置的光学部分应保持干净。

### 5.3 安装

#### 5.3.1 工作方位

除非另有规定,LED 灯应在自由空气中,且位于灯头垂直朝上的位置上。只有在申请者宣称该灯只适用在某一特定方位下使用时,在所有测试中该灯都应安装在宣称的方位。如果测试过程中还采用了不同的工作方位,4.2.5 中的技术指标适用。

LED 灯具应安装在制造商给出的预期使用的工作方位上,以确保装置内部及外部的空气流动产生的热状态与实际使用条件相一致,并且进行正确校准,且所有的元件都严格的处在其设计位置上。同时可调节部件应按制造商的说明正确设置。如在测试过程中使用了不同的工作方位,应按 4.2.5 的要求进行校正。

对于 LED 模块,如果其温度维持在指定的性能温度  $t_p$  下,则可在任意方位下工作。

DUT 的安装应确保任何支承元件的热传导对装置本身产生的非预期冷却效应可以忽略。

注 1: 例如,一个灯具可通过线或者具有低热导率的支撑材料如聚四氟乙烯悬挂在空气中。

在任何情况下,均应报告 LED 装置的工作方位。

注 2: LED 的发光过程并不会受到方位的影响(相对于重力)。但是,LED 灯和 LED 灯具的方位变化会导致装置内 LED 热状态的改变,进而影响装置的光输出。

### 5.3.2 坐标系统

发光装置的光度和色度分布与其位置和方向有关。因此应建立基于 DUT 的坐标系统,并且光度/色度分布均在该坐标系统下给出。发光装置的机械位置在坐标系统应是唯一且被宣称的。坐标系统的中心与 DUT 的光度中心重合。

关于坐标系统的指导请见 GB/T 22907—2008。

### 5.3.3 光度中心

一个装置的光度中心应在其发光面轮廓立体图形的中心处。

对于多面不透明的 LED 灯具,如果灯(或者模块)的隔间是白色或者反光的,则光度中心应处在主灯具开口的中心;但如果灯(或者模块)的隔间是黑色或者不反光的,则光度中心应处在灯的光度中心(灯的发光面轮廓立体图形的中心处或者模块的中心)。

当使用远场分布光度计测量具有多个明显间隙发光区域的装置时,如果不能符合 4.5.3 中对测试距离的规定,则应分成多步骤测量该装置,每次分别对准一个发光区域的中心,并应报告每个发光区域的数据。

注:当这些发光区域作为整体测量与平方反比定律偏差较大时,可认为这些发光区域间隔较大,且不可忽略。

关于光度中心补充的指导请见 GB/T 22907—2008 中的 5.3.2。

## 5.4 LED 装置的工作条件

### 5.4.1 一般条件

对于配有调光控制的 LED 装置,在所有测试中应调至最大光输出或者由申请者给出的预定义水平。

对于配有内部反馈控制电路、外部不可调的 LED 装置,应按其所提供的状态进行测试。

对于具有可调颜色点的 LED 装置,应调节或设置到制造商或申请人指定的颜色。

对于具有白光光谱可调的 LED 装置,应调节到申请者指定或者按照相关标准要求的设定。

对于多色的 LED 装置,如 RGB LED 装置,应在各自全功率下单独测量各个颜色,并在全功率下一起测量所有颜色。

### 5.4.2 LED 灯

在标准测试条件下测量 LED 灯,并应报告  $t_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  时的数据。如果制造商宣称了其他工作温度,应报告给定温度下的测量结果,或应以图表形式提供这些温度的转化因子。

### 5.4.3 LED 模块

对于没有控制装置的 LED 模块,申请人应提供所用辅助设备的必要技术指标。

在标准测试条件的额定性能温度下对 LED 模块进行测试。 $t_p$  点的温度应设置为测试温度。如果  $t_p$  点的温度不可测,制造商或申请人应指定一个温度监控点。如果需要热沉来实现 LED 模块的正确工作,并且 LED 模块本身没有热沉,可使用一个合适的温度控制热沉。还需引入插入技术(参见附录 C)。

一个 LED 模块可能有不止一个额定性能相关的最高温度值  $t_{p,n}$ 。

不含有热沉的 LED 引擎在额定性能温度下的测试如上文所述。

含有热沉的 LED 引擎应在标准测试条件  $t_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  下测量,测量并报告  $t_p$  值。另需在  $t_p$  点达到指定的性能温度的条件下作进一步测量。如果  $t_p$  点的温度不可测,申请人应指定一个温度监控点。

#### 5.4.4 LED 灯具

在标准测试条件  $t_{\text{amb}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  下测量 LED 灯具。

注： $t_p$  与 LED 灯具终端用户没有关系并且通常不可获得。

应报告  $t_{\text{amb}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  下的数据。如果宣称了除  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  以外的其他额定最大性能温度  $t_{p,n}$ ，则应提供该温度下的转化因子（见 4.2.2 以及参见附录 C.1.2）。可以宣称有多个额定最大性能温度。

## 6 光度量的测量

### 6.1 一般测量

本标准包括以下光度量的测量：

- a) 总光通量；
- b) 光效；
- c) 光强分布；
- d) 亮度。

所有 LED 装置都要求绝对光度学的测量方法。

### 6.2 总光通量的测量

关于总光通量测量的一般原则可见 GB/T 26178—2010。

光源的光通量可由不同的方法获得。方法的选择取决于其他参量（颜色、强度分布）测量的需要，或者取决于 DUT 的几何尺寸。以下方法可适用：

- a) 方法 A：使用积分球（配备光度探头或者光谱辐射计）测量。

关于积分球的理论，见 GB/T 26178—2010 中的 6.2。

- b) 方法 B：从光强分布中计算得出。

计算方法见 GB/T 26178—2010 的第 4 章。

光强可通过亮度积分得到。参见 CIE 70:1987 中的 2.2。

- c) 方法 C：从照度分布以及光度距离中计算得出。

计算方法见 GB/T 26178—2010 的第 5 章。

方法 A 适用于 LED 灯和 LED 模块的测量。LED 灯具的光通量应通过适合的光强分布数据积分或照度分布积分获得（方法 B 或 C）。如果 LED 灯具相比于积分球足够的小，方法 A 也可适用。对于部分光通量的测量（见 6.3），适用方法 B，或者配合合适的公式，方法 C 也可适用。

在积分球内安装 DUT 有两种位置：

- a)  $4\pi$  法：适用于所有类型的 LED 装置，特别是非定向分布的装置，DUT 通常以规定的方位安装在积分球中心。如果可能的话，DUT 的安装要使落在挡板上的直射光最少。线性光源宜使其光轴与探头和积分球中心的连线共轴。使用放置在同一位置处的光通量标准灯校准积分球。
- b)  $2\pi$  法：对于具有半球或定向分布且向后无发射光的 LED 光源，可将 DUT 以指定工作方案安装在积分球球壁。应使用一块小挡板阻挡光源直射探测器。这种情况下，使用具有半球光分布的光通量标准灯放置在与 DUT 相同的位置校准积分球。

注 1：积分球  $4\pi$  法和  $2\pi$  法的例子可参见 CIE 127:2007 中的图 9。

除非 DUT 与光通量标准灯的尺寸和反射特性都相近，且宣称结合使用的标准灯和被测 DUT 的类型，自吸收校正可忽略，否则应采用辅助灯法获得自吸收校正系数（见 GB/T 26178—2010），对于积分球-光谱辐射计，逐个光谱用辅助灯测量并校正自吸收。

注 2：如果测量多个相同类型的 DUT，则可针对特定标准灯采用同样的自吸收系数。

应评估 DUT 与光通量标准参考灯在空间光强分布上的差异,如果差异明显的话,宜校正相关误差。

### 6.3 部分光通量

对于指定的圆锥角  $\alpha$ ,部分光通量可从以  $\Delta\theta$  和  $\Delta\varphi$  为扫描间隔获得的光强分布数据  $I(\theta_i, \varphi_j)$  的加和推导得出。

如果测量点  $\theta_k$  恰好落在  $\alpha/2$  (例如,  $\alpha/2=45^\circ$ , 且  $\theta_i = \dots 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, \dots$ ), 则加和计算见公式(4)和公式(5):

$$\Phi_\alpha = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k I(\theta_i, \varphi_j) \Omega_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

其中,

$$\Omega_i = \begin{cases} \frac{2\pi}{n} \left[ \cos(\theta_i) - \cos(\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}) \right] & i = 1 \\ \frac{2\pi}{n} \left[ \cos(\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}) - \cos(\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}) \right] & 1 < i < k \\ \frac{2\pi}{n} \left[ \cos(\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}) - \cos(\theta_i) \right] & i = k \end{cases} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$n$  ——  $\varphi$  角的数量;

$k$  ——  $\theta$  角的数量。

如果  $\alpha/2$  刚好落在两个测量  $\theta$  角中间, 即  $\alpha/2 = \theta_k + \Delta\theta/2$ , (例如,  $\alpha/2 = 45^\circ$ , 且  $\theta_i = \dots 40^\circ, 50^\circ \dots$ ), 按公式(6)和公式(7)进行计算:

$$\Phi_{\alpha'} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k I(\theta_i, \varphi_j) \Omega_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

其中,

$$\Omega_i = \begin{cases} \frac{2\pi}{n} \left[ \cos(\theta_i) - \cos(\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}) \right] & i = 1 \\ \frac{2\pi}{n} \left[ \cos(\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}) - \cos(\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}) \right] & 1 < i \leq k \end{cases} \quad \dots\dots\dots (7)$$

如果分布光度计未进行绝对校准, 可从分布光度计获得总光通量与部分光通量的比值, 总光通量可通过积分球获得, 部分光通量可通过总光通量和比值的乘积推导得到。

对于  $90^\circ$  或更大角度的圆锥的部分光通量测量,  $\theta$  角的扫描间隔宜为  $5^\circ$  或更小(在  $C, \gamma$  系统中是  $\gamma$  角),  $\varphi$  角的扫描间隔宜为  $45^\circ$  或更小(在  $C, \gamma$  系统中是  $C$  角)。对于有特殊应用的 DUT 可能会需要更小的角度间隔(如路灯灯具)。

### 6.4 光效

光效  $\eta_v$ , 单位为流明每瓦 ( $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ ), 定义为 LED 装置的光通量与 LED 装置工作时所有组件的电功率  $P_{\text{tot}}$  的比值, 见公式(8):

$$\eta_v = \Phi / P_{\text{tot}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

LED 产品的光通量按 6.2 的规定进行测量。电功率按 4.3.2 的规定进行测量, 对于非集成和集成 LED 装置, 按照申请人或者具体标准指定值。

注: 本标准中的术语“光效”使用的是 ILV 中对光源的光效定义。

## 6.5 光强分布与数据描述

除非另有规定,应使用 CIE C,  $\gamma$  坐标系统(见 GB/T 22907—2008)(见 5.3)。

在一垂直平面内的光强读数角度间隔以及相邻垂直平面间的角度间隔宜确保 DUT 光强分布足以被精确表达,此外应在后续处理和计算过程中在可接受的精度范围内进行光强插值计算。测量平面的数量宜由光分布的特性决定,综合考虑 DUT 的光分布是否对称或是无规律以及预期获得的测试结果。有关灯具分布光度学的具体应用可参考 GB/T 9468—2008。

通常采用分布光度计来实施光强分布的测量。有关分布光度计的要求见 4.5.3。对于分布光度计的类型,见 GB/T 22907—2008。

### 6.5.1 LED 灯和 LED 模块

这些装置的光强分布单位应为坎德拉(cd)。

### 6.5.2 LED 灯具

这些装置的光强分布单位应为坎德拉(cd)。

注 1: 对于需要以坎德拉每千流明 [ $\text{cd} \cdot (\text{klm})^{-1}$ ] 为单位表达光强分布的照明计算程序,按比例的光强数值  $I_{\text{flux-normalized}}$ , 可通过公式(9)进行计算:

$$I_{\text{flux-normalized}} = I_{\text{measured}} \times \frac{1000}{\Phi_{\text{luminaire}}} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$\Phi_{\text{luminaire}}$  —— LED 灯具输出的总光通量,单位为流明(lm);

$I_{\text{measured}}$  —— 测得的光强值,单位为坎德拉(cd);申明计算出的 LED 灯具总光通量输出。

注 2: 在某些情况下,对于使用可更换光源(如 LED 灯泡)的灯具,可能需要给出光输出比(LOR)。而对于 LED 光源不可更换的 LED 灯具,则可以不考虑 LOR。对于 LED 光源不可更换的 LED 灯具,只需测量灯具的总光通量,在这种情况下 LOR 是 100%,因此并不重要。

## 6.6 中心光束光强和光束角

光强分布应按 6.5 的规定进行测试。在获得光强分布的基础上,按 GB/T 19658—2013 的第 6 章和第 7 章确定中心光束光强和光束角。

注: 使用分布光度计进行光强分布测量中,除非制造商特别指定,方向(0,0)通常是指光源的设计光轴方向(机械参考轴),该轴线通过光度中心,并与光输出平面垂直。在 GB/T 19658—2013,中心光束光强的方向为观察的光束轴线方向(光强分布关于该轴线大体上是对称的),并围绕该轴线得到光束角。测量中可能会使用机械参考轴,但要围绕观察的光束轴线进行评估。判定光束轴线的方法在 GB/T 19658—2013 第 6 章中有介绍。机械参考轴与观察的光束轴线并不一定是相同的,在光束角的评估中宜计入。

## 6.7 亮度测量

对于相对均匀的发光面,可考虑下面的测量:

- a) 在声明的某一方向或者一系列方向上测量整个灯具的平均亮度的测量;这种方法通常应用在眩光的评价中。采用分布光度计测量光强分布,平均亮度通过将光强除以发光面的投影面积获得。
- b) “光斑亮度”的测量:这种方法经常用与评价大型室内灯具的亮度空间不均匀性,具体详见 GB/T 22907—2008 中的 6.5.3。在声明的方向上测量灯具发光区域内的指定小区域的平均亮度,该小区域被称作“光斑”(尺寸和形状确定,用一个带孔的掩盖实现)。这些光斑分布在灯具的发光面上,其平均亮度逐个得出,通常在报告中给出这些平均亮度中的最大值和最小值。这



些测量可用分布光度计实现,设置到申明方向,用物理掩盖沿着灯具发光面移动(使用方法 a) 测量);或者使用亮度计测量不同光斑位置处的平均亮度。

如果 LED 光源和 LED 灯具没有漫射罩,并观察到的是点光源的组合(表现为在外部轮廓内的发光与不发光区域的混合体),上述的方法 a) 由观察方向的光强和投影发光面积(光输出区域的外轮廓)来得出平均亮度并不适用。对于这类 LED 装置,只能测量光输出面的发光区域的亮度,可通过亮度计或者成像亮度计进行测量。

注:如果成像亮度计关于目标空间进行了校准,那么对所有发光物区域对应的像素求和就可以计算发光面积。根据应用确定划分发光区域和背景的算法(例如固定阈值,自适应阈值)。

## 7 颜色参数的测量

### 7.1 色度测量

#### 7.1.1 概述

本标准中包含以下的色度参数:

- 色品坐标;
- 相关色温;
- 距离普朗克轨迹的距离;
- 显色指数;
- 空间颜色均匀性。

色度参数的计算应将 ISO 11664-1:2007/CIE S 014-1/E:2007, ISO 11664-2:2007/CIE S 014-2/E:2006 和 ISO 11664-3:2012/CIE S 014-3/E:2011 考虑在内。使用光谱辐射计测量这些色度参数。三刺激值色度计进行绝对颜色测量时精度不够,但是可以用来评估不同方向上的颜色变化。

显色指数需要得到光谱数据。

LED 灯,LED 模块,LED 灯具的颜色参数可能在不同角度上是非均匀的。

可使用以下几何条件进行色度或者光谱的测量:

- 沿某一指定方向;
- 各方向分布:用分布色度计或者分布光谱辐射计得到;
- 空间平均值(即从总光谱辐射通量获得):使用积分球,或者分布光谱辐射度或分布色度的数值平均得到。

除非制造商或者申请人指定,使用空间平均色度参数用于所有的 LED 灯、光引擎和 LED 灯具。

空间平均色度参数可通过以下的方法测量得到:

- 积分球-光谱辐射计测量,由总光谱辐射通量计算得到空间平均颜色参数;
- 如果有分布光谱辐射度数据,则可基于总光谱辐射通量计算得到空间平均色度参数;
- 如果有分布色度数据  $X(\theta, \varphi)$ ,  $Y(\theta, \varphi)$  和  $Z(\theta, \varphi)$ , 则可通过公式(10)~公式(12)计算得到空间积分三刺激值  $X$ ,  $Y$  和  $Z$ :

$$X = \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} X(\theta, \varphi) \sin\theta d\theta d\varphi \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$Y = \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} Y(\theta, \varphi) \sin\theta d\theta d\varphi \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$Z = \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} Z(\theta, \varphi) \sin\theta d\theta d\varphi \quad \dots\dots\dots (12)$$

色品坐标、相关色温以及其他色度参数通过三刺激值  $X$ ,  $Y$  和  $Z$  计算得到。如果可以得到每个角

购买单位: 北京中培质联  
2021-0521-1112-1543-9834  
防伪编号: 0100210521082914  
订单号: 0100210521082914

度的光强和色品坐标  $x, y$ , 则可转化为  $X, Y$  和  $Z$  来使用上述方法。

显色指数只能通过方法 1) 或 2) 得到。

色坐标  $(x, y)$  和  $(u', v')$  根据 CIE 15:2004 计算得到。

7.1.2 相关色温(白光 LED 光源)

色度也可通过相关色温  $T_{cp}$  与参数  $D_{uv}$  来表示。相关色温根据 CIE 15:2004 来计算,  $D_{uv}$  是在 CIE  $(u', \frac{2}{3}v')$  图中普朗克轨迹的正负距离, 在普朗克轨迹之上的为正数, 在普朗克轨迹之下的为负数。

7.1.3 显色指数(白光 LED 光源)

显色指数的计算应按 GB/T 26180-2010 的规定进行。

7.1.4 空间颜色均匀性

空间颜色均匀性是通过测量 LED 装置沿各个方向发射光的色品坐标  $(u', v')$  与空间平均色坐标  $(u'_a, v'_a)$  的最大偏差得到的, 计算见公式(13):

$$\Delta_{u',v'} = \sqrt{(u' - u'_a)^2 + (v' - v'_a)^2} \dots\dots\dots(13)$$

使用分布色度计或者分布光谱辐射计以垂直角度间隔为  $10^\circ$  或更小(宜使用  $2.5^\circ$ )、水平角度间隔为  $90^\circ$  或更小(宜使用  $22.5^\circ$ ) 测量色品坐标  $(u', v')$ 。对于反射灯, 角度增量应小于或等于光束角(此锥角内光强大于最大光强的  $1/2$ ) 的  $1/10$ , 但是不能大于  $10^\circ$ 。对于光强值低于最大光强 10% 的数据应在计算中不予考虑。

公式(13)中平均色坐标  $(u'_a, v'_a)$  由分布色度测量点使用 7.1.1 的方法 3) 中的计算方法得到, 而不是由不同的测量系统得到(如积分球-光谱辐射计)。如果使用不同测量系统的测试数据, 则可能出现误差, 因为低光强的点有可能包含在其他结果中。另外, 用于空间颜色均匀性测量的色品坐标的绝对测量也不必像 7.1.1 中的 DUT 色度测量那样严格。

注: CIE TN 001:2014 中有关于色差表的通用指导。

8 测量不确定度

不确定度的评估应根据 ISO/IEC Guide 98-3:2008 及其附则, 也可见 CIE 198:2011。

对于所有的测量参数, 应给出其 95% 的置信水平的扩展不确定度, 扩展不确定度最多包含两位有效数字。

出于测试目的, 每个测试报告可给出与 DUT 具有相似光谱分布和光强分布的典型产品(见注 1) 的不确定度值。此时应在测试报告中申明所使用的典型产品(见注 2)。实验室应具有一份可随时出示的相似类型产品的详细不确定度评估清单。如果该不确定度评估是针对一个范围的产品(如相关色温从 2 700 K 到 4 000 K), 则应申明该范围中的最大不确定度值。

注 1: 在本标准中, 只有几下特性与 DUT 相同的产品才可认为是相似类型: 荧光型或 RGB(A) 型; 相似的几何形状(例如紧凑型或者直管灯), 相似的光强分布, 非定向的或者定向(光束角是 DUT 光束角的  $+50\% \sim -25\%$  之间), CCT 在 DUT 的 CCT  $\pm 15\%$  内。

注 2: 测试报告中进行声明的举例: “在本测试报告中申明的不确定度值适用于下列相似类型的产品: 荧光性的 LED 灯(紧凑型), 定向(光束角  $60^\circ$ ), CCT3500K。”如果 DUT 的特性与注 1 中的类型不匹配时, 则宜特别说明。

注 3: 当对测试结果进行校正时, 校正使用 DUT(或者同型号产品)的参数, 而不是相似类型的产品。

在实际测量中, 通常不可能评估或测量不同的冷启动操作对 DUT 重复性的影响; 然而这些信息应从型式检验中获得, 并应包含在不确定度的评估中。在不确定度清单中应指出这些参数是来自于特定

的型式数据还是对 DUT 单独测量的数据。

在光强分布中,应至少报告在一个指定的相对平坦的代表方向上的光强测量不确定度。应给出角度设置(包含分布光度计上 DUT 的校准)或测量的不确定度。

在亮度分布中,应至少报告在一个分布相对平坦的代表点上的亮度测量不确定度。

## 8.1 测量不确定度评估导则

以下列出了 LED 装置的测量不确定度的通常组成部分。

### 8.1.1 所有测量中的通用参数

至少应考虑下列不确定度贡献:

- a) 温度设置和温度测量的不确定度;
- b) 电学设置以及电学测量的不确定度(供电电源,电学测试仪器);
- c) DUT 光输出的波动(如果明显的话);
- d) 校准标准(校准证书);
- e) 校准标准灯的操作(老化、电学测量、校准过程);
- f) 测试仪器的线性;
- g) 复现性和重复性(如果不对制定 DUT 进行评估的话,可使用仪器或者通用器件类型的默认值)。

对于所有的测量,不仅需要考虑测量系统对不确定度的贡献,也要考虑 DUT 的影响。

### 8.1.2 光通量

除了 8.1.1,取决于不同的测量方法,至少应考虑以下贡献:

- a) 分布光度计:
  - 1) 发射镜的平整性与偏振效应;
  - 2) 反射镜的光谱反射比;
  - 3) 杂散光(空间的);
  - 4) 位置准确度;
  - 5) 光谱匹配(探测器+镜子,校准标准和 DUT 的光谱能量分布差别);
  - 6) 探测器接受面;
  - 7) 余弦响应(照度积分);
  - 8) 光度距离的不确定度(如果光度探头进行照度校准);
  - 9) 反射镜的反射比不确定度,如果使用反射镜并且光度探头进行照度校准。
- b) 积分球光度计:
  - 1) 自吸收;
  - 2) 热效应;
  - 3) 积分球空间响应非均匀性;
  - 4) 积分球反射率(对光谱匹配的影响);
  - 5) 光谱匹配(探测器+积分球,校准标准和 DUT 的光谱能量分布差别);
  - 6) 积分球打开和关闭后的机械重复性;
  - 7) 两次校准期间内的积分球响应稳定性;
  - 8) 光度探头的余弦响应;
  - 9) 积分球涂层的荧光效应。

- c) 积分球-光谱辐射计：
  - 1) 自吸收；
  - 2) 热效应；
  - 3) 积分球响应的空间非均匀性；
  - 4) 积分球反射率；
  - 5) 波长准确性；
  - 6) 光谱辐射计的杂散光；
  - 7) 光谱辐射计的带宽；
  - 8) 光谱辐射计输入端的余弦响应；
  - 9) 积分球打开和关闭后的机械重复性；
  - 10) 两次校准周期内的积分球响应稳定性；
  - 11) 积分球涂层的荧光效应。
- d) 分布光谱辐射计：
  - 1) 镜子的平整度和偏振影响；
  - 2) 镜子的光谱反射率；
  - 3) 杂散光(空间)；
  - 4) 位置准确度；
  - 5) 探测器的接收面；
  - 6) 余弦响应(照度积分法)；
  - 7) 波长精度；
  - 8) 光谱辐射计的杂散光；
  - 9) 光谱辐射计的带宽；
  - 10) 光度距离的不确定度(如果使用光谱辐照度标准灯定标光谱辐射计)；
  - 11) 镜子光谱反射率的不确定度(在使用反射镜并且使用光谱辐照度标准灯定标光谱辐射计时)。

### 8.1.3 光强和亮度

应考虑 8.1.2 中相似的参数。

### 8.1.4 颜色参数

颜色参数主要包括色品坐标、相关色温和显色指数。除了 8.1.1 所述因子外,还应考虑至少下面的贡献因子:

- a) 校准光源色温不确定度的相关性；
- b) 光谱辐射计的杂散光；
- c) 带宽(影响、校正)；
- d) 波长准确性；
- e) 对光谱变化的动态变化。

### 8.1.5 电功率

除了 8.1.1 外,至少应考虑下面的不确定度贡献因子:

- a) 交流功率计的带宽(影响、校正)；
- b) 交流功率计的输入阻抗。

### 8.1.6 光效

宜考虑光通量数值与电功率测量之间的关联性以减小相关测量不确定度。举例说明,如果供电电

流对 DUT 的光通量输出和电功率输出的影响具有相同的灵敏度、相同的方向,那么这部分对光效的不确定度贡献可以不予考虑。

## 9 测试结果的表达

### 9.1 测试报告

在 LED 装置的光度/色度测量中,其报告宜包括以下列出的项目。

当不满足测试的具体要求和允差区间时,测试报告中应给出使用的实际条件,如果可以的话,将结果校正到标准测试条件下的值。

#### 9.1.1 通用信息

宜提供以下信息:

- a) 测试实验室和地址,报告编号和日期;
- b) 申请人身份;
- c) 测试日期和类型:描述性标题指明测量的内容;
- d) 说明附加文件。

#### 9.1.2 被测对象的信息

DUT 的描述:

- a) DUT 编号;
- b) 如适用:制造商的名字、类型、型号、电参数的额定值、光通量的额定值、相关色温(CCT)的额定值、显色指数(CRI)的额定值、DUT 的相关尺寸和发光面积;
- c) 描述 DUT 的光学组件(例如折射透镜、反射透镜等等),可使用图片的形式;
- d) 其他关键的信息(例如:如果是型式试验的话,给出试样选择的方法);
- e) 对于 LED 模块:额定的最高性能温度  $t_{p,m}$ ,如果使用热沉要给出具体描述;
- f) 对于灯具:性能相关的额定最高环境温度  $t_{q,n}$ ,如果有宣称的话;
- g) 对于可更换 LED 光源的 LED 灯具:LED 灯或 LED 模块的数量,如适用,给出包括的 LED 灯或 LED 模块的信息:如制造商的名称、类型、型号、额定电学参数、额定性能相关的最高温度、额定光通量、额定 CCT 和额定 CRI。

对半集成或非集成装置,要描述辅助设备(LED 控制器,电源)信息:

- a) 制造商的名称、类型、型号(如果有的话要给出序列号);
- b) 额定电学参数。

#### 9.1.3 测试程序相关信息

宜提供以下信息:

- a) 简单描述光度测试程序和使用设备:
  - 1) 对于分布光度计,包括类型和光度测试距离;
  - 2) 对积分球,包括直径、 $4\pi$  或  $2\pi$  结构;
  - 3) 积分球光度计或积分球光谱辐射计;
  - 4) 分布光度计或分布光谱辐射计。
- b) 采用本标准中的标准测试条件或指明的服务条件;
- c) DUT 的工作方位;
- d) 对于灯具的光强分布,测量中 DUT 的姿态和倾角(见 GB/T 22907—2008),坐标系统的相对

位置, DUT 的光度中心;

- e) 环境测试温度, 测试电压和频率;
  - f) 老化和稳定时间;
  - g) 溯源性, 参考的光度和色度(光谱辐射度)参数的标准器的校准证书, 如适用。
- 所有使用测量设备的编号应清晰表明, 以便需要时查询。

#### 9.1.4 光度和/或色度数据

在测试报告中所提供的光度和/或色度数据都要针对特定被测装置。报告应包括所有有用的电学、温度和环境测量参数。

按第 8 章的规定进行测量不确定度的评估, 并应在报告中给出。

如果不确定值是针对具有相似类型的典型产品进行声明的, 测试报告中应在不确定度评估(见第 8 章)中给出产品类型。

**附录 A**  
(资料性附录)  
本标准应用的指导

本标准旨在使实验室根据本标准提供的方法对 LED 照明产品进行精确的、可重复的光度和色度测试。

为了实现这个目的, DUT 在标准测试条件下进行测试。每个标准测试条件包括一个设定值与一个允差区间。理想化的情况是准确设定测试条件参数, 并在该条件下进行测试, 但通常严格意义上的准确是不可能实现的, 因此, 测试条件需要在允差区间内。然而如果可以的话, 最好将测试结果校正到标准条件的设定值。如果满足了允差区间要求, 则不强制要求进行标准测试条件的校正, 但是仍宜执行该步骤。

**示例 1:** 在一个测试中, 环境温度是  $25.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  而不是  $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 环境温度的测量不确定度是  $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这满足允差区间的要求, 因此可以不进行校正, 而在不确定度评估中计入  $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  的不确定度贡献 ( $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  的温度偏差以及  $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  的温度计校准不确定度)。然而, 如果要减小测量不确定度, 可通过一个额外的测试将  $25.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  上的测试数据校正到  $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  上。

如果任意一个测试条件落在了对应的允差区间之外, 那么进行额外的校正测试将测试数值校准到标准测试条件下。

**示例 2:** 积分球测试需在  $230\text{ V}$  交流的供电电压下进行, 但是由于电源的调节分辨率原因, 电压不能在  $229.4\text{ V}$  和  $230.6\text{ V}$  之间进行调节, 并给出电压测试的不确定度是  $0.2\%$ 。这种情况并不能满足允差区间的要求。此时可以在  $229.4\text{ V}$  和  $230.6\text{ V}$  下分别进行测试, 然后插值得到  $230\text{ V}$  的测试结果。

在附件 D 中给出了 LED 产品的光度测量中经常遇到的不确定度因素对测试不确定度贡献的评估举例。

根据日常测试的需求, 如果标准测试条件满足时通常不需要进行校正或者仅进行部分校正, 如光谱失匹配和环境温度的校正。但是如果为了定标或者建立额定值的目的 (参见附录 E), 实验室可选择多一点时间来做更多的校正来降低测试结果的不确定度, 从而增加测试结果的可信度。

对任何不确定因素的改变都要有文件记录的证明, 这是非常重要的, 可以是校准证书、电子计算表格或者其他实验证明。

实验室可以针对所有测试建立通用不确定度评估表格, 其中纳入了校准系统和进行测量所用的设备, 并将其作为默认不确定度评估。然后对于每一种不同的产品类型, 基于此默认表格分别建立各自的电子表格, 计入具体的测试参数, 如 DUT 的稳定性、光谱失匹配误差或特定类型值。

**注:** 覆盖所有测试的默认不确定度评估通常比针对特定测试的不确定度评估有更高的不确定度, 因为前者会延展到最坏的情况, 而特定测试不确定度评估则只针对 DUT 的特有区间。

本标准可使用新的测量技术, 对其具体要求仍在考虑之中。除了认真调研该测试方法及其相关不确定度外, 还需要通过与大众已接受的方法进行测试比对来验证。实际上, 对于所有的测试方法, 新的或者是广为人知的, 宜通过实验室之间的比对验证, 因为这样可以帮助实验室区发现所不知道的系统误差, 如在测试软件中可能存在的错误的定标因子。

#### 允差区间

在本标准中, “允差区间”这个定义引用自 ISO/IEC Guide 98-4:2012。允差区间是一个参数真值可接受的范围 (并不是读数的范围), 因此, 为了保证这个要求得到满足, 该参数的测量不确定需要计入考虑。

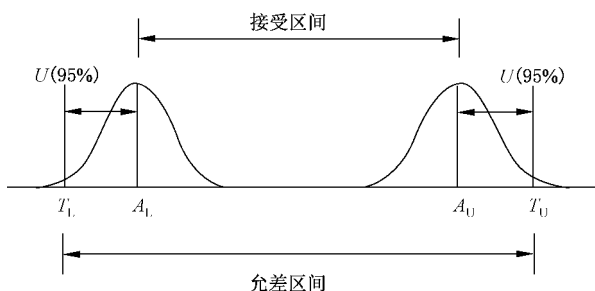


图 A.1 允差区间和可接受区间

为了确保参数的真值以 95% 的置信水平落于允差区间内,测量该参数的设备读数要落在一个比允差区间更小的范围内,即双端允许限值减去参数的测量扩展不确定度(具有 95% 置信区间)。仪器读数的可接受区间称作“可接受区间”,如图 A.1 所示。

例如,在本标准中,环境温度的允差区间是  $\pm 1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,如果温度测量的扩展不确定度是  $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $k = 2$ ),那么可接受区间为  $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此,温度计的读数落于设定值的  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内。

在以前发布的一些其他的测试方法中,尽管没有明确说明,允差区间一般作为可接受区间给出,并同时给出了测量该参数的仪器测量不确定度。例如,“环境温度的允差区间为  $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”与“温度计的测量不确定度  $< 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”。假设测量该参数的其他的不确定度贡献可以忽略,这与本标准中允差区间为  $\pm 1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  的表述是相同一致的。

订购号: 0100210521082914 防伪编号: 2021-0521-1112-1543-9834 购买单位: 北京中培质联

北京中培质联 专用



## 附录 B

(资料性附录)

## 杂散光——分布光度计中杂散光的屏蔽

(分布光度计的)杂散光是指除了由光源直接照射或者通过反射预期到达光度探头的入射窗口的其他光线。它可能是来自墙壁、地板、天花板、DUT 或设备的反射或者来自于其他光源。

光度探头的入射窗口要被屏蔽,以使探头尽可能只看到 DUT,并且安装面板的面积尽量小。如果使用反射镜式分布光度计,光度探头的入射窗口要被屏蔽以使探头仅看到 DUT 的像,并且不接收直接来自 DUT 本身其他部分的光。

除了 DUT(或者镜子),所有光度探头入射窗口观察到的表面都宜用亚光黑漆涂覆,包括镜子的倾斜边缘。宜注意:许多亚光黑漆在表面垂直方向附近的亮度因子高达 4%,并在倾斜入射角度会更大。

挡板的设置宜使得来自 DUT 的杂散光经过两次或更多次黑色表面的反射才能进入光度探头的入射窗口。如果不能实现,那么这些表面宜覆以非反射性材料,如黑色绒布或黑色毯子。任何平行于光度探头的入射窗口或者 DUT 轴线的表面,如挡板边缘都宜通过刻槽、倾斜或者倒成锐角来最小化入射到光度探头入射窗口的反射。

从光度探头看 DUT 的背景是不反光的黑色。背景中可能包括地板和天花板。在采取了消杂散光措施后,其他空间可以是亮的有颜色的。

在以下这些杂散光路径不宜被忽略:

- a) DUT-黑色的表面(例如底板、屏蔽物)- 镜子- 光度探头入射窗口;
- b) DUT-黑色的表面(例如底板、屏蔽物)- DUT- 镜子- 光度探头入射窗口;
- c) DUT- 镜子- DUT- 镜子- 光度探头入射窗口。

不能消除的杂散光宜测量出来,并在读数中减去,读数宜考虑到 DUT 位置与杂散光的变化关系。有些杂散光的测量是非常难的。例如,在 DUT 与光度探头入射窗口之间放置的挡板也可能会阻碍通过镜子到探头的杂散光路径。

北京中培质联

附 录 C  
(资料性附录)  
实验室的实际条件

### C.1 校正因子

#### C.1.1 测量校正因子

测量校正因子应用在实验室测量条件不满足标准测试条件或者需要减小测量不确定度的情况下。它们直接应用在测得值,用来对不同的操作条件进行校正(例如不同的环境温度,不同的性能温度和工作方位等)。

如果只有环境温度或者测得的性能温度不同,测量结果根据所测的 DUT 的温度依赖性以及真实的温度值进行校正(见第 4 章中的要求)。同时参见 C.3。

如果 DUT 在积分球或者分布光度计中的安装方位不同于标准工作方位(如绕着分布光度计的水平轴线旋转),并且影响到了光通量,那么要对测量值进行校正。根据具体 DUT 的工作方位依赖性与实际使用的工作方位对测量结果进行校正(见第 4 章中的要求),可通过一个辅助的光度计来实现,只要在运动中光度探头相对于光源的方向和距离不发生变化,那么工作方位改变引起的光通量变化会与辅助光度计的光电流变化成比例。

光学参数测量误差还有可能是由于 DUT 的光谱分布与校准光度计的标准灯的光谱分布不同引起的,如果 DUT 的光谱分布已知,则宜采用光谱失匹配校正因子,参见 C.5。

#### C.1.2 转换因子

转换因子应用在 DUT 的测试条件不同于标准测试条件的情况。这些因子可能涉及不同的环境温度,不同的性能温度  $t_p$ ,不同的电参数或者不同的工作方位,可通过相对光度学测量推导得到。

转换因子通常用独立的表格或图线给出,同时在报告中给出标准测试条件下的测量结果。

### C.2 灵敏度系数

如果实际的实验室测量条件与标准测试条件不同将会在测量值(输出值)中引入误差。这个误差依赖于输出值对不同影响因素的灵敏度。

测量值  $Y$ (如光通量、光强等)依赖于大量的影响因素(如环境温度,电流) $X_1, X_2, \dots$ ,形式上可以表示为公式(C.1)的模型:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots) \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

因此,可以通过灵敏度系数  $c_i$  来量化特定参数  $X_i$  对测量值的影响,见公式(C.2):

$$c_i = \frac{\partial Y}{\partial X_i} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

更详细的内容见 CIE 198:2011。

由于 LED 产品具有多样性,提供通用值是非常难的。在现有技术的基础上,C.3 中给出了一些典型的灵敏度值。然而如果可能的话,宜对 DUT 的这些灵敏度值进行验证。

### C.3 典型的灵敏度系数和允差区间

下面将给出 LED 产品的一些典型值。例如,根据具体影响因素对测量结果的误差贡献小于  $\pm 1\%$

来规定允差区间。然而如果可能的话,这个影响宜减小到最低。

### C.3.1 环境温度

LED灯的光通量的典型环境温度相对灵敏度为0.5%/°C。因此要使环境温度对光通量测试的影响小于1%,环境温度 $t_{amb}$ 在(25.0±2)°C的允差区间内。在标准测试条件中给出的(25.0±1.2)°C允差区间可将温度对测试结果的影响减至0.6%。

温控LED芯片的光通量的典型环境温度相对灵敏度为0.1%/°C。因此,对于1%的影响,环境温度 $t_{amb}$ 可在(25.0±10)°C的允差区间内。然而,在这样的区间内可能会改变DUT的电学特性,而在报告中也要给出25°C标准测试条件下的电参数。因此,宜使用的环境温度 $t_{amb}$ 在(25.0±1.2)°C的允差区间内,以保证正确的电功率测量。

### C.3.2 LED模块在不同温度下的性能参数测量

下面将以给定温度下,两个可能的测量参量 $x$ 值的方法举例说明。假设性能温度 $t_p$ 测试点和额定最高温度 $t_c$ 的位置相同,采用集成温度控制( $t_p=65$ °C)或者温度保护( $t_c=75$ °C)的LED模块的 $x$ (如光通量)的一系列测量结果如图C.1所示。相关给定值见表C.1。

注:该测量可在预热时间中进行,绘制出性能温度 $t_p$ 测试点测得的温度和相对光度值(如使用分布光度计测得的亮度、照度)。

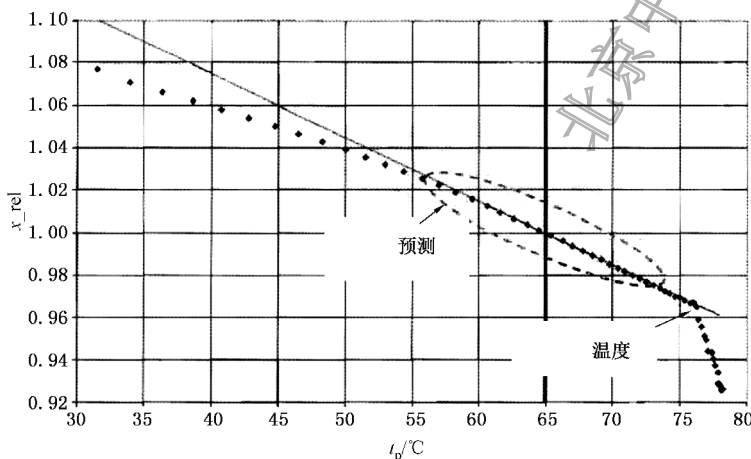


图 C.1 LED 模块测试例子

表 C.1 相关的给定值

指标	对应值
相对温度灵敏度 $\alpha_{x,rel}$	$\alpha_{x,rel} = -0.3\%/^{\circ}\text{C} = -0.003/^{\circ}\text{C}$
(绝对)标准不确定度 $u(\alpha_{x,rel})$	$u(\alpha_{x,rel}) = 0.1\%/^{\circ}\text{C} = 0.001/^{\circ}\text{C}$
温度测量的标准不确定度 $u(t_p)$	$u(t_p) = 1^{\circ}\text{C}$

采用 CIE 198-SP1:2011 中 1.4 的温度校正模型,可以根据公式(C.3)和公式(C.4)将  $t_{p,1}$  处的量值  $x'$  值校准到  $t_{p,0}$  处的  $x$  值。

$$\Delta t_p = t_{p,1} - t_{p,0} \dots\dots\dots (C.3)$$

利用线性模型进行校正,见公式(C.4):

$$x = x'(1 + \alpha_{x,rel} \cdot \Delta t_p) \dots\dots\dots (C.4)$$

校正值的标准不确定度可以通过公式(C.5)计算:

$$u^2(x) = u^2(x') (1 + \alpha_{x,rel} \cdot \Delta t_p)^2 + x'^2 \cdot \{u^2(\alpha_{x,rel}) \Delta t_p^2 + u^2(\Delta t_p) [\alpha_{x,rel}^2 + u^2(\alpha_{x,rel})]\} \dots\dots\dots (C.5)$$

接下来,以  $\Delta t_p = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  与  $\Delta t_p = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  为例来说明使用大温差进行测量与预估时,扩展不确定度呈现出二次方变化,见图 C.2 和图 C.3。

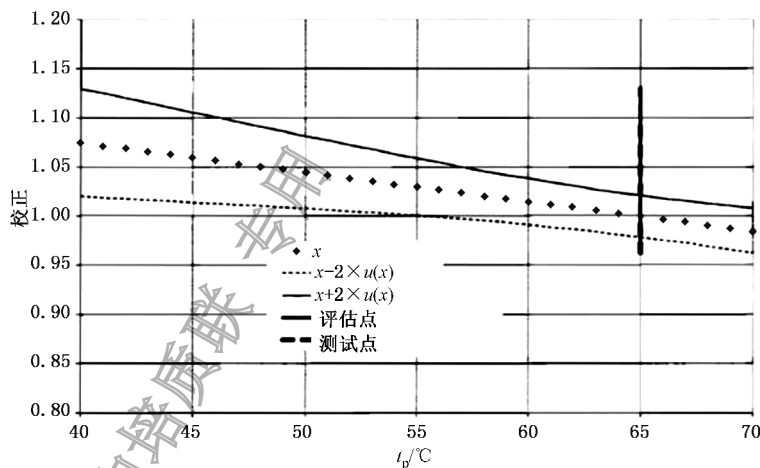


图 C.2  $\Delta t_p = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  的测量(温度控制在  $t_p = t_{pmax}$ )

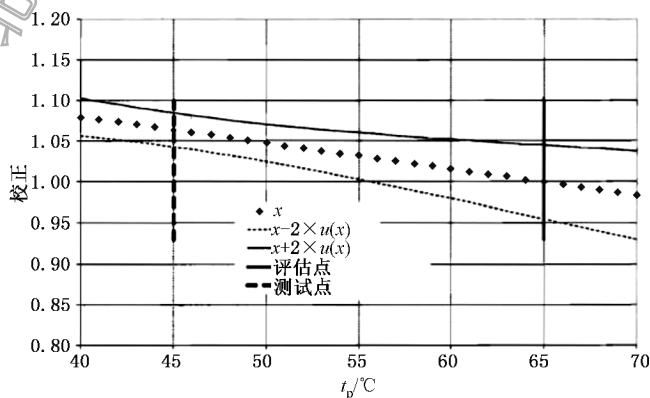


图 C.3  $\Delta t_p = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  的测量(在本例中,温度是  $t_{p,1} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ )

结果见表 C.2。

表 C.2 测量结果

$t_{p,0}$	$t_{p,1}$	校正值	$u(x)$
65 °C	65 °C	1.00	1.05%
65 °C	45 °C	0.94	2.2%

### C.3.3 气流

LED 装置的光通量对气流的典型灵敏度系数为  $\pm 5\% / (\text{m/s})$ 。因此,对于指定的小于 1% 的影响,在不考虑任何强制制冷或者 DUT 自加热的情况下,装置周围的气流不宜超过 0.2 m/s。

### C.3.4 测试电压

电压变化 1% 引起的 LED 装置光通量典型变化为 1%，因此相对灵敏度系数为 1。

注：LED 的控制器可能是电压或电流控制的。在这种情况下，供应电压的波动不重要的。

### C.3.5 光度计的光谱失匹配

只有在光度计的相对光谱响应度以及 DUT 的相对光谱分布已知的情况下，才能对测得的值进行光谱失匹配校正（更多信息以及光谱失匹配校正因子  $F^*[S_z(\lambda)]$  的计算方法请见 ISO/CIE 19476:2014）。基于  $V(\lambda)$  失匹配系数  $f'_1$ （定义见 ISO/CIE 19476:2014）评估不确定度。

荧光粉型白光 LED 产品的数据见图 C.4。这个图表基于 200 个不同相关色温的白光 LED 以及 120 个光度计。对于每一个光度计，其光谱失匹配校正因子  $F^*$  的最大值和最小值都给出评估。从这些数据中可知，光度值关于  $V(\lambda)$  失匹配系数的相对灵敏度最大为 0.8。对于这些 LED，宜使用  $f'_1 < 1.3\%$  的光度探头，才能使得对测试结果产生的误差低于 1%。

RGB 型白光 LED 产品的数据见图 C.5。这个图表基于 100 只不同相关色温 RGB 型的 LED 灯（混合成白光）和 120 个光度计。对于每个光度计，其光谱失匹配校正因子  $F^*$  的最大值和最小值都给出评估。从这些数据中，光度值关于  $V(\lambda)$  失匹配系数的相对灵敏度最大为 1.4。对于这些 LED，宜使用  $f'_1 < 0.7\%$  的光度探头，才能使得对测试结果产生的误差低于 1%。

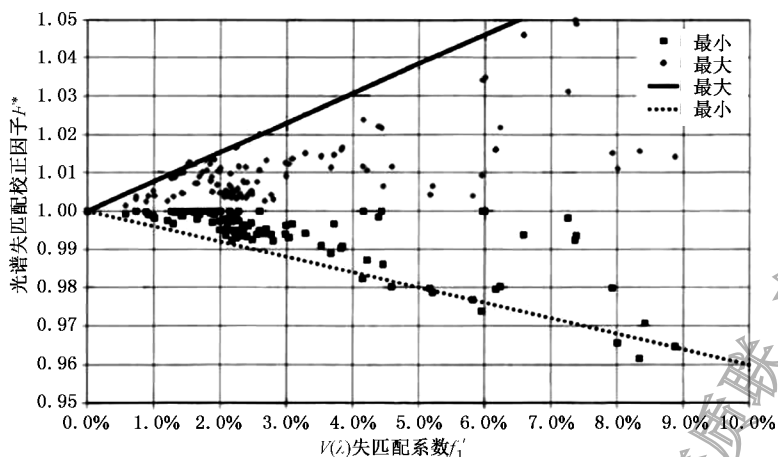


图 C.4 荧光型白光 LED 的光谱失匹配校正因子(SMCF)与光度计不同的  $f'_1$  值

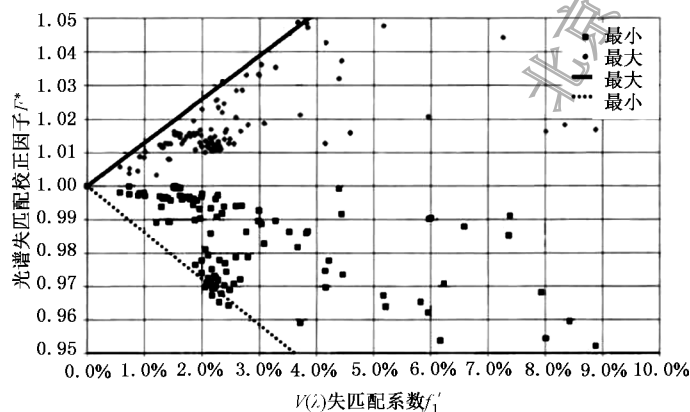


图 C.5 RGB 型白光 LED 的光谱失匹配因子(SMCF)与光度计不同的  $f'_1$  值

### C.3.6 光强分布模型

对于光强分布与余弦分布相差很大的 DUT(如窄光束角  $< 30^\circ$ , 光强分布具有较陡峭的梯度, 或者严格的眩光控制), 选择合适测量距离以保证平方反比关系成立。

窄光束可以建立公式(C.6)的函数模型。例如, 半光束角为  $60^\circ$  时  $g=1$ ,  $15^\circ$  时  $g=20$ 。如果光源是圆形的, 半径为  $a$ , 在给定的测量距离  $d$  下光轴方向上的照度值可以通过公式(C.7)进行评估:

$$I(\theta) = I_0 \cdot \cos^g(\theta) \quad \dots\dots\dots (C.6)$$

$$E_v \approx \frac{I_0}{d^2} \left[ 1 - \frac{g+3}{4} \left( \frac{a}{d} \right)^2 \right] \Omega_0 \quad \dots\dots\dots (C.7)$$

其中,  $\Omega_0 = 1 \text{ sr}$ 。来自平方反比关系的误差可以与  $I_0/d^2$  进行比较进行评估。

远场测量中, 平方反比关系的误差可以用公式(C.6)模型进行评估。与光轴的夹角越大或者光源的光束角越小, 则产生的误差越大。例如, 对于圆形朗伯体光源, 在与光轴夹角为  $\pm 80^\circ$  的角度,  $5 \times D$  的距离下的测量误差在  $\pm 1\%$  内。对于一个  $90^\circ$  光束角的光源, 在光轴处的误差约为  $-1\%$ , 但是在与光轴夹角为  $80^\circ$  的地方误差增加到  $2.5\%$ 。对于测量距离为  $5 \times D$  的朗伯线性光源, 在光轴处的误差是  $-0.7\%$ , 但是与光轴夹角  $80^\circ$  的地方误差增加到  $2\%$ 。对于一个  $30^\circ$  光束角的线性光源, 在  $5 \times D$  的测量距离下光轴处的误差约为  $-5\%$ , 但是在与光轴夹角为  $30^\circ$  的地方误差增加到约为  $20\%$ 。当距离增加到  $15 \times D$  时, 误差将减小在  $3\%$  以下。

订购号: 0100210521082914 防伪编号: 2021-0521-1112-1543-9834 购买单位: 北京中培质联

北京中培质联 专用

## 附录 D

### (资料性附录)

### 测量不确定度计算导则

#### D.1 概述

任何测量都有不确定度。只有在测量中同时声明了其测量不确定度,这个测试才是完整的。测量不确定度的评估是一项复杂的任务,现在还在发展中。然而,在判断测量的质量,以及进行测量值比较或者比对不同实验室之间的测量值时,了解测量不确定度是非常重要的。LED 光度、色度以及电学参数的测量往往依赖于很多参数,对其精确的评估往往费力耗时。而通过对测试设备以及 DUT 的额外特性研究往往可以减小测量不确定度。

考虑到很多类型的实验室会使用本标准,包括制造商,公共测试实验室,研发实验室,以及国家计量机构。这些实验是在测试和不确定度的评估方面的专业水平、设备的精密度和准确性、以及实验室环境的质量均有较大差异。本标准的目的在于通过遵循本标准中的测试方法,所有的实验室都可以得到合理的测量不确定度值,满足多种规则和应用需求。但是这个标准并不能覆盖所有的测量设备细节以及经验较浅的实验室可能出现的失误。为了确保合理的不确定度,使用本标准的所有实验室都要充分了解测量不确定度,并对它们的测量进行不确定度评估。

#### D.2 不确定度评估

测量不确定度评估需要建立一个模型,并在模型中列出来所有需要考虑的参数,并且提供各个条目的详细信息。至少宜声明以下的条目:

- a) 参数  $X_i$  的名称、以及在评估模型中用的符号;
- b)  $x_i$  的值以及相关的标准不确定度  $u(x_i)$ ;
- c) 灵敏度系数  $c_i$ ;
- d) 对输出标准不确定度的绝对贡献  $u_i(y)$ ;
- e) 在输出标准不确定度  $u_{rel,i}(y)$  的相对贡献。

本标准可在模型中显示出各条目的关系,以及显示出各条目对合成不确定度的独立贡献和重要性。对于所有测量不确定度的更多信息,见 ISO/IEC Guide 98-3:2008 与 CIE 198:2011。

注:一个完整的光强分布测量不确定的评估正在考虑中。

#### D.3 测量不确定度举例

由于 LED 产品的多样性以及所使用仪器的多样性(即使本标准中已经对多个重要参数给出了具体要求),测量不确定度仍然有赖于各个实验室以及各种测试的多方面因素。给出一个测量不确定度的通用值是不可能的。在本附录中,给出了一些使用本标准中测试方法进行典型的 LED 照明产品测量的不确定度评估举例,供参考。

表 D.1~表 D.5 中的测量不确定值都是在满足本标准中的允差区间以及特定的要求的基础上给出的。这些表格给出在通用测试案例中不确定度的主要组成部分。在一些测试中可能会有更多的不确定度组成部分。

在表格中的典型值都是具有丰富经验的实验室(已经认证的实验室或者非常有意向进行 LED 照明

产品测试认证的实验室)得出的。经验较浅的实验室得出的测量不确定度可能因为一些非预期的错误设置导致测量不确定度更大,在本附录表格中不予考虑。同时,在本表格中的不确定度值是针对指定类型的典型产品,并没有考虑所有类型的产品。在具有窄光束角或者具有尖峰电流波形(功率因素低)或者其他极限行为的产品测量不确定度的值相对较高。因此,在表格中的值为写典型例值,而并不是最坏的情况。而与之相反,在某些情况下测量不确定可能被过高地评估。此外,表格中的数值仅仅针对白光 LED 产品,并不包含彩色的 LED 产品:如红色、绿色或蓝色的 LED 模块。单色 LED 装置的测量不确定度会比表格中列出的数值大得多。

通过充分表征测量设备以及 DUT 的特性、采用校正技术、或者使用高性能的测量设备(如低  $f'_1$  的积分球光度计和分布光度计)可以减小测量不确定度。

为了简化,表 D.1~表 D.5 中仅列出了不确定度组成部分与其对输出标准不确定度  $u_{rel,i}(y)$  的相对贡献。这些值考虑了典型 LED 产品的灵敏度系数。

表 D.1 运用积分球光度计系统进行一个 LED 灯的光通量测试的不确定度评估举例

$X_i$ 名称	对输出标准不确定度的相对贡献 $u_{rel,i}(y)$			
	荧光粉型 <sup>a</sup>		RGB 型 <sup>b</sup>	
	宽光束 <sup>c</sup>	窄光束 <sup>d</sup>	宽光束 <sup>c</sup>	窄光束 <sup>d</sup>
可追溯至 SI 的光通量标准灯的校准不确定度(本例中 $U=2.0\%,k=2$ )	1.0%			
光通量标准灯的老炼(气体填充钨丝灯)	0.6%			
标准灯的直流电流不确定度	0.4%			
环境温度(以及温度计的不确定度)	0.3%			
LED 供电电压(电压表的不确定度)	0.2%			
积分球光度计系统的光谱失匹配( $f'_1=3\%$ )	1.7%		3.5%	
线性	0.3%			
自吸收校正(残余不确定度) <sup>e</sup>	0.3%			
积分球的空间非均匀性(与标准灯不同的光强分布)	0.9%	1.8%	0.9%	1.8%
积分球系统的重复性	0.3%			
积分球系统的稳定性(两次校准期间)	0.3%			
近场吸收	0.3%			
待测灯的复现性(包括稳定条件)	0.3%			
标准灯的稳定性	0.2%			
相对合成标准不确定度	2.4%	2.8%	3.9%	4.1%
总的扩展不确定度( $k=2$ )	4.9%	5.7%	7.7%	8.3%

<sup>a</sup> 基于荧光粉技术的白光 LED 的数值对应表中左边两列。

<sup>b</sup> 基于 RGB 技术的白光 LED 的数值对应表中右边两列。

<sup>c</sup> 具有宽光束角光强分布的光源的数值在第 1 列与第 3 列。

<sup>d</sup> 具有窄光束角分布的光源(此处使用非定向标准灯且没有校正)的数值在第 2 列和第 4 列中给出。

<sup>e</sup> 用具有 95%反射率的 1.5 m 积分球进行一个典型紧凑型 LED 灯的数值。不同的积分球条件(在较大尺寸 DUT)下这个数值将发生变化。



表 D.2 应用积分球光谱辐射计进行 LED 灯的光通量测试的不确定度评估举例

$X_i$ 名称	对输出标准不确定度的相对贡献 $u_{rel,i}(y)$	
	宽光束 <sup>a</sup>	窄光束 <sup>b</sup>
追溯至国家计量机构(NMI)的总光谱辐射通量标准灯的光通量不确定度	1.0%	
光通量标准灯的老炼(钨丝灯)	0.3%	
标准灯的直流电流不确定度	0.4%	
环境温度(以及温度计的不确定度)	0.3%	
LED 供电电压(以及电压表的不确定度)	0.2%	
光谱辐射计的非线性	0.8%	
波长不确定度[0.5 nm( $k=2$ )]	0.4%	
光谱辐射计的杂散光(2 700 K 到 6 500 K 的光源)	1.0%	
光谱辐射计的复现性	0.1%	
自吸收校正(残余不确定度) <sup>c</sup>	0.3%	
积分球的空间非均匀性(不同于标准灯的光强分布)	0.9%	1.8%
积分球的复现性	0.3%	
积分球系统的稳定性(两次校准期间)	0.3%	
近场吸收	0.3%	
待测灯的复现性(包括稳定条件)	0.3%	
标准灯的稳定性	0.2%	
相对合成标准不确定度	2.1%	2.6%
总的扩展不确定度( $k=2$ )	4.2%	5.2%
<sup>a</sup> 具有宽光束角光强分布的光源的值在左边一列中。 <sup>b</sup> 具有窄光束角的光源的数值(此处采用非定向标准灯并且没有进行校正)在右边一列中。 <sup>c</sup> 用具有 95% 反射率的 1.5 m 积分球进行一个典型紧凑型 LED 灯的数值。不同的积分球条件(在较大尺寸 DUT)下这个数值将发生变化。		

表 D.3 应用分布光度计进行 LED 灯或 LED 灯具的光通量测试不确定度评估举例

$X_i$ 名称	对输出标准不确定度的相对贡献 $u_{rel,i}(y)$	
	荧光型 <sup>a</sup>	RGB 型 <sup>b</sup>
可追溯至 SI 的二级光通量标准灯的校准不确定度	1.0%	
光通量标准灯的老炼(气体填充)	0.6%	
标准灯的直流电流不确定度	0.4%	
环境温度(以及温度计的不确定度)	0.3%	
LED 供电电压(电压表的测量不确定度)	0.2%	
光度系统(包含反射镜)的光谱失匹配, $f'_1=3\%$	1.7%	3.5%

表 D.3 (续)

X <sub>i</sub> 名称	对输出标准不确定度的相对贡献 $u_{rel,i}(y)$	
	荧光型 <sup>a</sup>	RGB 型 <sup>b</sup>
系统的线性	0.3%	
空间杂散光	0.6%	
偏振	0.1%	
在扫描期间被测灯的稳定性	0.3%	
被测灯的复现性(包含稳定条件下)	0.3%	
标准灯的稳定性	0.2%	
相对合成不确定度	2.3%	3.8%
总的扩展不确定度	4.6%	7.5%
<sup>a</sup> 基于荧光粉技术的白光 LED 的数值在左边一列。 <sup>b</sup> 基于 RGB 技术的白光 LED 的数值在右边一列。		

表 D.4 应用分布-光谱辐射计进行 LED 灯或 LED 灯具光通量测试的不确定度评估举例

X <sub>i</sub> 名称	对输出标准不确定度的相对贡献 $u_{rel,i}(y)$
可追溯至 SI 的二级光通量标准灯的校准不确定度	1.0%
光通量标准灯的老炼(气体填充)	0.6%
标准灯的直流电流不确定度	0.4%
环境温度(以及温度计的不确定度)	0.3%
LED 供电电压(电压表的测量不确定度)	0.2%
光谱辐射计的非线性	0.8%
波长不确定度[0.5 nm( $k=2$ )]	0.4%
光谱辐射计的杂散光(2 700 K 到 6 500 K 的光源)	1.0%
光谱辐射计的复现性	0.1%
空间杂散光	0.6%
偏振	0.1%
在扫描期间测试灯的稳定性	0.3%
被测灯的复现性(包括稳定条件)	0.3%
标准灯的稳定性	0.2%
相对合成标准不确定度	2.0%
总的扩展不确定度	3.9%

表 D.5 利用积分球光谱辐射计或者分布光谱辐射计进行 LED 灯或者 LED 灯具的颜色测量不确定度评估举例

$X_i$ 名称	对输出标准不确定度的绝对贡献								
	$u_i(x)$	$u_i(y)$	$u_i(u')$	$u_i(v')$	$u_i(T_{CP})$ 3 000 K	$u_i(T_{CP})$ 6 000 K	$u_i(D_{uv})$	$u_i(R_u)$	
可追溯至 SI 的二级光通量标准灯的校准不确定度	0.001 4	0.001 9	0.000 5	0.001 2	26.6	67.8	0.0005	0.44	
标准灯的老炼	0.000 1	0.000 1	0.000 0	0.000 1	2.1	5.4	0.000 0	0.00	
波长不确定度	0.000 4	0.000 7	0.000 1	0.000 4	6.9	17.5	0.000 2	0.08	
灯与光谱辐射计的复现性	0.000 2	0.000 3	0.000 2	0.000 2	3.7	9.4	0.000 1	0.10	
光谱辐射计的非线性	0.000 7	0.000 3	0.000 5	0.000 2	11.8	30.2	0.000 1	0.23	
光谱辐射计的带宽	0.000 1	0.000 1	0.000 0	0.000 1	1.1	2.7	0.000 0	0.03	
光谱辐射计的杂散光	3 000K	0.000 6	0.001 0	0.000 0	0.000 5	5.3	—	0.000 3	0.25
	6 000K	0.001 9	0.002 9	0.000 3	0.001 7	—	101.5	0.000 6	0.14
合成标准不确定度	3 000K	0.001 7	0.002 3	0.000 7	0.001 4	30.7	—	0.000 7	0.57
	6 000K	0.002 5	0.003 6	0.000 8	0.002 1	—	127	0.000 8	0.53
总的扩展不确定度( $k=2$ )	3 000K	0.003 5	0.004 7	0.001 4	0.002 7	61	—	0.001 4	1.1
	6 000K	0.005 0	0.007 2	0.001 6	0.004 2	—	255	0.001 6	1.1
注：为了达到扩展不确定度具有 95% 的置信水准，色度坐标的距离不确定度[在色品图中距离真实点( $x, y$ )或者( $u', v'$ )]宜采用的因子 $k=2.45$ 。									

北京中培质联

## 附录 E

(资料性附录)

## LED 灯具的光度参数额定值的确定

## E.1 概述

LED 灯具的公开数据都是在标准测试条件下的额定数据。额定数值是型式测试(对代表产品的一个或多个 LED 产品的一致性测试的)是合格与否的参考。相应的灯具性能标准中规定了合格的要求。光度或色度额定数据的依据是 LED 灯具的测量结果。LED 灯具制造商宜注意测试结果不能够自动作为产品的额定值。LED 灯具制造商宜考虑所有组件的允差以及自身装配过程的质量。宜将测量数据关联到 LED 光源的额定数据。

注 1: LED 灯具的组件可能是 LED 光源或 LED 控制其,但是也有可能是光学组件等。

注 2: 灯具性能标准中给出了额定值。至少包括光通量和光效,也会包括光强分布,CRI、CCT 等。

这里介绍的针对 LED 灯具的程序可以考虑应用在其他 LED 产品中。

## E.2 LED 灯具数据的额定值和允差区间

在大多数 LED 灯具中,LED 光源并不能从灯具中拆下来。因此,LED 灯具的测量也称为“绝对光度”。LED 灯具测量的输出数据可能是在实验室测试条件下的原始数据,并校正到标准测试条件下,列在报告中(见第 4 章)。同时也报告相关的测试不确定度。

测试报告是对应具体的 LED 灯具(即 DUT),测试结果受该样品中具体组件如光源和控制器的影响。单个测试样本的测试结果(标准测试条件下)不足以描述产品的额定值,并且可补充所引入的校正因子。

注 1: 产品测量不确定度与允差区间要清楚的区分开来。

LED 灯具制造商宜评估被测 LED 灯具中的相应组件是否是独立于灯具的代表性组件。宜特别注意主要的组件,如 LED 光源以及 LED 控制引擎。宜检查这些组件确认是否与制造商传递的数据一致。

宜评估单个组件的光度数据,由于合并到 LED 灯具中会影响组件的工作条件,因此在对组件进行光度测量时采用相同的参数测量相同的参数。通过比较,可以计算出来校正因子(光学的或电学的效率等)。

注 2: 上述参数是 LED 光源电流、LED 光源温度、LED 控制器等。

注 3: 由制造商或责任销售商提供的组件可是额定数据、允差区间、统计分布、典型值等。

注 4: 如果数据是插值或外推得到的给予特别注意。

决定额定值和允差区间的模型需要考虑组装过程的允差(如在 LED 光源和热沉之间的热管理性能)。

如果在额定数值中没有采用校正因子,那么允差区间相对会增大。

由 LED 灯具制造商对各个系统开发的详细流程如图 E.1 所示。

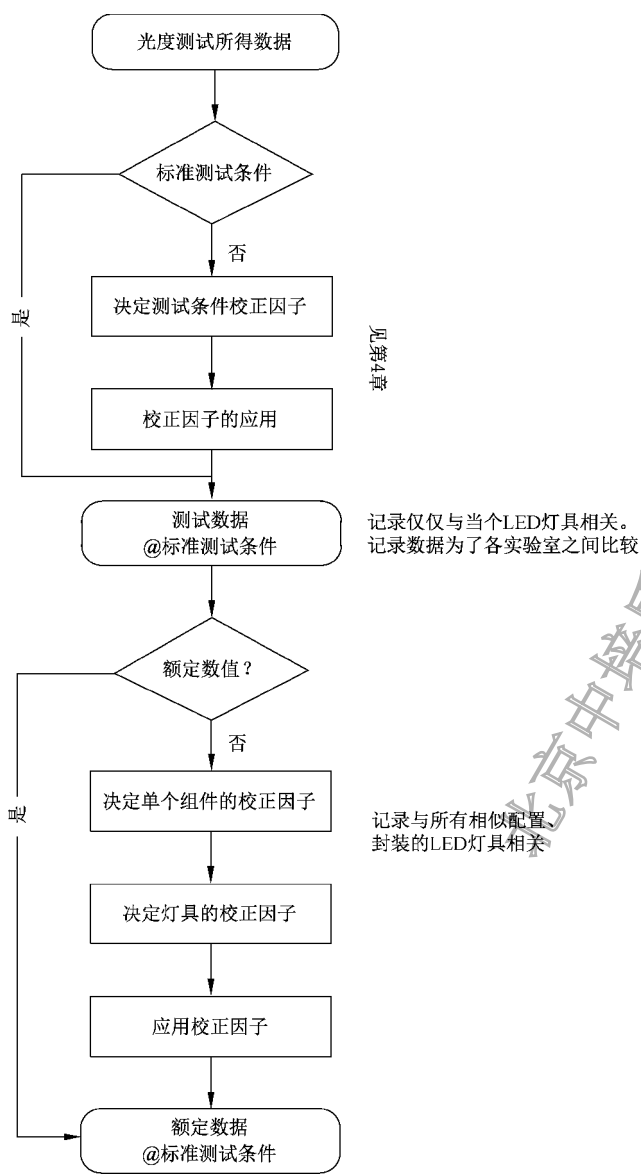


图 E.1 LED 光度参数额定值传递流程表

参 考 文 献

- [1] GB/T 9468—2008 灯具分布光度测量的一般要求
- [2] IEC Guide 115:2007 Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electro-technical sector
- [3] ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- [4] IEC 61347-2-13:2006 Lamp controlgear—Part 2-13: Particular requirements for d.c. or a.c. supplied electronic controlgear for LED modules
- [5] IEC 62031:2012 LED modules for general lighting—Safety specifications
- [6] IEC 62384:2011 DC or AC supplied electronic controlgear for LED modules—Performance requirements
- [7] IEC 62560:2011 Self-ballasted LED-lamps for general lighting services by voltage  $>50$  V—Safety specifications
- [8] ANSI NEMA ANSLG C78.377:2008 For electric lamps—Specifications for the chromaticity of solid state lighting products
- [9] CIE TN 001:2014 Chromaticity difference specification for light sources
- [10] CIE 063:1984 The Spectroradiometric measurements of light sources
- [11] CIE 70:1987 Measurement of absolute luminous intensity distributions
- [12] CIE 127:2007 Measurement of LEDs
- [13] CIE 179:2007 Methods for characterising tristimulus colorimeters for measuring the colour of light
- [14] IES LM-79-08:2008 Electrical and photometric measurements of solid-state lighting products
- [15] IES LM-78-07:2007 Approved method for total luminous flux measurement of lamps using an integrating sphere photometer
- [16] BERGEN A.S.J., JENKINS S.E., Determining the minimum test distance in the goniophotometry of LED luminaires, CIE x037:2012 Proceedings of CIE 2012 “Lighting Quality and Energy Efficiency”[C]. Hangzhou, 2012.
- [17] KRÜGER, U, BLATTNER, P. Spectral mismatch correction factor estimation for white LED spectra based on the photometer’s  $f_1'$  value, CIE x038:2013 Proceedings of the CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light"[C], Paris, 2013.
-

北京中培质联 专用

 **版权声明**

中国标准在线服务网(www.spc.org.cn)是中国标准出版社委托北京标科网络技术有限公司负责运营销售正版标准资源的网络服务平台,本网站所有标准资源均已获得国内外相关版权方的合法授权。未经授权,严禁任何单位、组织及个人对标准文本进行复制、发行、销售、传播和翻译出版等违法行为。版权所有,违者必究!

中国标准在线服务网  
<http://www.spc.org.cn>

标准号: GB/T 39394-2020  
购买者: 北京中培质联  
订单号: 0100210521082914  
防伪号: 2021-0521-1112-1543-9834  
时 间: 2021-05-21  
定 价: 55元



GB/T 39394-2020

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
**LED灯、LED灯具和LED模块的  
测试方法**

GB/T 39394—2020/CIE S 025/E:2015

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

服务热线:400-168-0010

2020年11月第一版

\*

书号: 155066·1-66035

版权专有 侵权必究