



认定方法：固态照明产品的电气和光度测量

www.Lisungroup.com

中文译本

2009.12.09 V1.0 初稿

2010.01.01 V2.0 校对稿

<http://hi.baidu.com/ballast>

2008 照明工程协会版权所有。

照明工程协会董事会于 2007 年 12 月 31 日认定该报告为照明工程协会学报。

保留所有权利。未经照明工程协会事先书面许可，不得以任何形式、电子检索系统或者其他方式复制该出版物的任何内容。

该报告由照明工程协会出版，所在地为纽约华尔街 120 号（邮编：10005）。

照明工程协会标准与准则经委员会一致同意制定，并由位于纽约的照明工程协会办事处编制。请注意文体与准确度。若发现该文件存在任何错误，请按照上述地址将其发送至教育与技术部门总监 Rita Harrold，以获验证和修改。照明工程协会热诚欢迎并希望收到反馈意见与评论。

ISBN # 978-0-87995-226-6

本报告在美国印刷。

免责声明

照明工程协会出版物按照一致同意的标准制定过程制定，该过程获得美国国家标准协会的批准。该过程总结了代表不同观点与利益的志愿者的意见，以对照明参数推荐值达成一致。而照明工程协会在管理该过程以及制定政策和程序以提高一致意见制定的公正性时，并没有对此处出版的任何信息的准确性或完整性作出保证或担保。照明工程协会否认由于出版、使用或者信任该文件直接或间接引起的有关特殊的、间接的、随之发生的或者赔偿性的任何性质的人身伤害或财产损失的责任。

在出版和编制该文件以备使用时，照明工程协会不同意为个人或实体或者代表其提供专业或其他服务。照明工程协会也不同意向其他人履行任何个人或实体所承担的义务。任何使用该文件的人应该凭借自身的独立判断，或者若适当，在特定情况下确定行使合理的注意义务时可向有能力的专业人员征求建议。

照明工程协会无权也不同意监视或者强制他人遵守该文件的内容。同时也无权且不同意为遵守该文件而列示、证明、测试或者检验产品、设计或安装。不得将任何遵守该文件要求的证明或声明归为照明工程协会的责任，仅能视为该文件证明人或制定人的责任。

由IES试验程序委员会固态照明小组委员会编制
 固态照明小组委员会

主席：Kevin Dowling

技术协调员：Yoshi Ohno

R. C. Berger R. S. Bergman E. Bretschneider* J. R. Cyre M. T. Dyble LC* S. D. Ellersick* D. Ellis* M. Grather P. J. Havens* A. Jackson* J. Jiao* C. F. Jones* M. A. Kalkas* D. Karambelas H. S. Kashani*	P. F. Keebler* M. Kotrebai K. K. Krueger J. P. Marella M. J. Mayer D. M. Mesh* C. C. Miller Y. Ohno M. L. Riebling* M. B. Sapcoe* L. Stafford* G. Trott* R. C. Tuttle J. W. Yon * J. X. Zhang
--	---

IES 试验程序委员会

主席：Michael Grather

C. K. Andersen D. V. Andreyev* J. B. Arens L. M. Ayers W.E. Beakes R. C. Berger R. P. Bergin* R. S. Bergman J. R. Cyre* R. C. Dahl* R. O. Daubach* K. J. Dowling D. Ellis A.M. Foy* P. J. Franck* R. V. Heinisch T. T. Hernandez* R. E. Horan D. E. Husby** J. Hospodarsky* J. Jiao* M. A. Kalkas D. Karambelas M. Kotrebai K.K. Krueger B. Kuebler* E. Ladouceur*	J. Lawton* L. E. Leetzow* K. C. Lerbs* R. E. Levin* I. Lewin R. Low* J. P. Marella G. McKee S. W. McKnight* D. C. Mertz** C. C. Miller B. Mosher W. A. Newland Y. Ohno* D. W. Parkansky* D. N. Randolph D. Rector M. B. Sapcoe D. C. Smith* R. C. Speck** L. Stafford* G. A. Steinberg N. Stuffer** T. G. Yahraus* J. X. Zhang * Advisory Member ** Honorary Member
--	---

本认定方法经与美国国家标准协会固态照明联合工作组 C78-09 与 C82-04 合作制定。
 特别感谢 Yoshi Ohno 所提供的技术支持、评审与合作。

目录

1.0 引言	1
1.1 范围	1
1.2 概要	1
1.3 术语和定义	1
2.0 环境条件	2
2.1 概要	2
2.2 空气温度	2
2.3 安装 SSL 产品的热环境	2
2.4 空气流动	2
3.0 电源特性	2
3.1 交流电源的波形	2
3.2 电压稳定性	2
4.0 产品的老化	3
5.0 产品的稳定性	3
6.0 工作方向	3
7.0 电气设置	3
8.0 电子仪器	3
8.1 电路	3
8.2 不确定度	3
9.0 总光通量的测试方法	4
9.1 积分球与光谱分析仪配合（球形光谱分析仪系统）	4
9.1.1 积分球	4
9.1.2 球体几何尺寸	5
9.1.3 测量原理	6
9.1.4 光谱分析仪	7
9.1.5 自吸校正	7
9.1.6 校准	7
9.2 积分球与光度计配合（球形光度计系统）	7
9.2.1 积分球	7
9.2.2 球体几何尺寸	7
9.2.3 测量原理	8
9.2.4 光度计头	8
9.2.5 自吸校正	8
9.2.6 f_1' 与光谱失配校正系数的确定	9
9.2.7 校准	9
9.3 测角光度计	9
9.3.1 测角器的类型	9
9.3.2 总光通量测量原理	9
9.3.3 扫描分辨率	10
9.3.4 视角	10
9.3.5 偏振	10
9.3.6 光度探头	10

9.3.7 校准	10
10.0 光强分布	10
11.0 光效	11
12.0 SSL 产品颜色特性测试方法	11
12.1 使用球形光谱分析系统的测量方法	11
12.2 使用光谱分析仪或色度计的空间扫描方法	11
12.3 光谱分析仪性能对测量颜色的影响	12
12.4 色度计算	12
12.5 色度的空间不均匀性	12
13.0 不确定度声明	13
14.0 测试报告	13
参考文献	14
附件（信息）	15

www.Lisungroup.cc

www.Lisungroup.cc

前言

本认定方法是为指导固态照明（SSL）产品而设计。

虽然有许多光源和灯具的光度测量方法可用，但这些标准是专用于光源和灯具的测量。由于目前的 SSL 产品的形式为灯或灯具，并且灯具中的 LED 光源不容易分离替换，因此这些现有标准不能直接适用于 SSL 产品。这就要求使用绝对光度测量。见本文件的附件以了解绝对光度测量不同于相对光度测量的说明，在历史上绝对光度测量一直作为照明行业的标准。因此，本标准规定了试验方法来处理 SSL 产品测量的要求。由于 SSL 的技术仍然处于起步阶段，因此测量条件要求与适当的测量技术应该随着 SSL 技术的提高而随时变化。

1.0 引言

1.1 范围

本方法描述了在标准条件下 SSL 产品总光通量、电功率、光强分布以及色度重复性测量时应遵守的程序及注意事项。

本方法适用于基于 LED 的控制电路和散热器的 SSL 产品，即这些设备只需要 AC 或 DC 电源即可运行。本文件不适用于需要外部运行电路或外部散热器的 SSL 产品（例如 LED 芯片，LED 封装和 LED 模块）。本文件适用于灯具形式（包含光源装置）以及集成的 LED 灯（见第 1.3 f 节）。本文件也不适用于为未配备光源的 SSL 产品而设计的装置。

本文件描述了单个 SSL 产品的测试方法，但不包括产品的性能等级评定的测定，使用这种方法时应该考虑产品的个体差异。

1.2 概要

本文件中所定义的 SSL 产品将 LED（包括无机和有机 LED）作为光辐射源使用，以产生光用于照明目的。LED 是一个 PN 结半导体器件，当正偏时会发出不相干光辐射。LED 可通过两种方法产生白光：由 LED 产生的两种或更多颜色的可见光谱加以混合，或者使用 LED 发射（位于蓝色或者紫外区域）激发荧光粉产生的宽带发射（斯托克斯发射）。可参见参考 1 了解 LED 与照明的说明。尽管独立式 LED 通常是恒流控制，但本文件涉及的产品集成了电流控制器，因此所关心的电气参数是 SSL 产品的输入电参数。

为了特殊的目的，当没有在认定方法所描述的标准条件下运行 SSL 产品时，测定 SSL 产品的性能可能有效。如果这样做，这些测量结果只能在达到的特殊条件下才有用，并且应在测试报告中标明这些条件。

SSL 产品所需的光度信息通常为总光通量（流明），发光效率（lm/W），在一个或多个方向的光强（坎德拉）、色度坐标、相关色温和显色指数。为了使用本认定方法，这些数据将被视为确定光度测量。

AC 供电的 SSL 产品，测量的电气特性为输入 AC 电压的 RMS 值（真有效值）、输入 AC 电流得 RMS 值、输入 AC 功率、输入电压频率和功率因数。而 DC 供电的 SSL 产品，所测量的电气特性为输入 DC 电压、输入 DC 电流与输入功率。为使用本认定方法，这些数据将被视为电气测量值。

1.3 术语和定义

- a) 电气测量的单位是伏特（V）、安培（A）和瓦特（W）。
- b) 光度测量的单位是流明（lm）和坎德拉（Cd）²，色度（染色性）坐标的单位为 CIE 推荐的坐标系统，即（x,y）或者（u',v'）色度坐标。需要使用（u',v'）坐标指定与 CCT 无关的色度容差。色度也可以用 CCT 和

Duv 表示（标明 $CIE(u', 2/3 u')$ 图解中与普朗克轨迹之间的距离，见参考 4 中定义）。

- c) 调整是指测试中 SSL 产品使用电压的恒定性。
- d) 老化时间是指在指定时间内提前运行要测试的 SSL 产品，老化时间达后的光度数据被称为“初始值”。
- e) 稳定性的意思是指测试的 SSL 产品足够长的时间内可使电气和光度值趋于稳定，有时称为准备时间。
- f) 集成 LED 灯是指集成有驱动器和一个标准灯头，其设计方式是通过标准灯座/插座将其连接到分支电路（例如用螺口灯座替换白炽灯）。
- g) LED 照明灯具是指全套照明设备，包括光源和驱动器以及分散光、固定并保护光源以及将光源连接到分支电路上的所有部件。光源本身可能是一个 LED 阵列、一个 LED 模块或一个 LED 灯。
- h) 预热是指将光源安装到测量仪器之前进行的运行，以缩短所需的仪器稳定时间。
- i) 光度探头是指具有一个探测器、一个有 $v(\lambda)$ 校正滤波器和任何其它部件（光圈、扩散器、放大器等）的设备。

2.0 环境条件

2.1 概要

由于 LED 的热性能，SSL 产品的光度值与电气性能对环境温度的变化或空气流动非常敏感。

2.2 空气温度

测量的环境温度应维持在 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，该温度应在距离 SSL 产品最多 1m 的位置测量，且测量高度与 SSL 产品的高度一致。温度传感器应当避免 SSL 产品和任何其它来源的直接光辐射。若测量不是在建议的温度下进行的，这是一个非标准的条件，应

在测试报告中注明。

2.3 安装 SSL 产品的热环境

安装方法是装置散热的主要路径，并且可能极大地影响测量结果。被测试的 SSL 的产品应安装在测量仪器（如积分球），以便通过配套设施的热传导冷却效应稍微起到冷却作用。例如，悬挂式产品安装在弧形墙上进行测量时，产品可能悬挂在露天而不是直接安装在紧靠弧形墙热接触点的位置。或者，产品靠热导性低的辅助材料（如聚四氟乙烯）支撑。这种要求产生的任何偏差都应该计算出来，以观测对测量结果造成的影响。此外，应注意配套设施不能阻碍产品周围的空气流动。如果被测 SSL 产品有一个支撑结构用作照明热量管理系统的组件，这件产品附带的支撑结构也需要检测。测量中任何这样的支撑结构都需要报备。

2.4 空气流动

被测 SSL 产品表面的空气流动可能极大地改变电力值和光度值，被测 SSL 产品周围的空气流动应使正常对流气体不受影响。

3.0 电源特性

3.1 交流电源的波形

在测试 SSL 产品时，交流电源在规定频率（一般是 60Hz 或 50Hz）下应该呈正弦电压波形，谐波分量的 RMS 总和不超过原来的 3%。

3.2 电压稳定性

用于被测 SSL 产品的交流电源（RMS 电压）或直流电源（瞬时电压）的电压应限制在 $\pm 0.2\%$ 范围内。

4.0 SSL 产品的老化

用来检测的新 SSL 产品，在测试时不需要老化处理。

备注：有些 LED 光源在使用的前 1000 小时会略微增加光输出，其它一些 LED 光源则不会。由于 LED 产品光输出在 1000 小时内会增加，所以产品没必要进行老化处理，如果光输出增加率低于几个百分点，就不会使原来的光通量等级或产品使用寿命发生明显改变。

5.0 SSL 产品稳定性

测试前，被测 SSL 产品需要经过足够的处理直到产品达到稳定和温度平衡。达到稳定所需时间取决于被测 SSL 产品的类型。稳定所需时间一般由 30 分钟（小型集成 LED 灯）至 2 小时以上（大型 SSL 灯具）。SSL 产品的稳定过程应该在第 2.2 节规定的环境温度和参考文献 6 规定的情况下进行。当光输出和电能经过 30 分钟（除去其中 15 分钟）之后，至少有 3 个指数的变化范围（最高-最低）低于 0.5% 时，可以断定产品已经达到稳定。每个 SSL 产品达到稳定的时间都应该记录下来。

测试同类产品时，如果在使用上述的标准方法时，用上述（例如产品的预热时间——见第 1.3 h 节）以外的方法也能得到同样的稳定状态（所测总光通量在规定的 0.5 % 以内），那么这些方法也可以使用。

6.0 工作方向

被测 SSL 产品应该在制造商推荐的产品最终

使用环境中进行评估，SSL 产品的工作方向和光度测量方式应该在这种环境下进行。

备注：LED 的发光过程不受方向的影响，但 SSL 产品的方向会改变 LED 在产品上产生的热状态，因此光输出也可能受 SSL 产品方向的影响。SSL 在安装测量时的环境也应该和结果一起记录下来。

7.0 电气设置

待测 SSL 产品应按照 SSL 产品的额定电压（AC 或 DC）进行测试，为减少持续输入电能使 PN 结温上升而使用的脉冲型输入电源和占空型输入电源，将不能用于 SSL 产品测试。

如果产品具有调光功能，则测试应该采用最大输入功率条件。如果产品有多种操作模式，包括可变 CCT，如果必要可以在不同的操作模式（CCTs）中进行测量，而这种条件应明确地记录。

8.0 电子仪器

8.1 电路

测试 DC 供电的 SSL 产品时，需要在 DC 电源和被测 SSL 产品之间连上 DC 电压表和 DC 电流表。电压表应连接在 SSL 产品的电源输入方向，所测电压和电流结果可以显示 SSL 产品的输入功率（W）。

测试 AC 供电的 SSL 产品时，应该在 AC 电源和被测 SSL 产品之间连上功率计，从而测出交流功率以及所输入电压和电流。

8.2 不确定度

使用的 AC 电压表和电流表的校正误差（见以下标注）应低于 0.2%，AC 功率计的校正误差应低于 0.5%，DC 电压和电流表的校正误差则应低于 0.1%。

备注：这里的不确定性指的是相对扩展误差，可靠度为 95%，覆盖系数一般为 $k=2$ ，参考文献 5 和 6 对此有所规定。如果制造商的规范中没有说明不确定性，那么应该作出适当的修改。

9.0 总光通量测试方法

SSL 产品的总光通量（流明）应该使用积分球系统或测角光度计进行测量。具体的选用方法取决于还需要测量其它哪些测量值（颜色，强度分布）以及 SSL 产品尺寸和其它要求。下面是每种方法的使用指南：

< 积分球系统 >

积分球系统适合用于集成 LED 灯具和相对较小的 LED 光源测量总光通量和色度（见 9.1.2 节关于测量 SSL 产品的积分球尺寸衡量的指导方法），积分球系统具有测量速度快和无须暗室的优点。空气流动达到最小，球体内温度不易受温度控制室内潜在的气流影响。注意安装在积分球内部或表面的 SSL 产品散发的热量可能会集聚并增加所测产品的环境温度（细节详见 9.1.1 节）。

积分球有两种使用方法，一种采用的是 $V(\lambda)$ 校正的光度探头（球形光度计，见第 9.2 节），另一种采用光谱分析仪作为探测器（球形光谱分析仪，见第 9.1 节）。由于积分球光度计存在 $V(\lambda)$ 光谱响应偏差，所以使用第一种方法会产生光谱非匹配误差（见 9.2.6 节），而第二种方法理论上没有光谱非匹配误差。

分光辐射仪是 SSL 产品测量的首选方法，因为采用光度探头产生的光谱非匹配误差非常严重

（见第 1.3i 节），而不仅仅只对于 LED 发射光和校正很重要，它需要用到系统光谱响应以及被测装置频谱方面的知识。

另外，采用测角光度计同时也可以测出色度和总光通量。第 9.1 和 9.2 节对两种方法进行了进一步解释，在参考文献 7 和 8 中可以找到用积分球光度计测量的一般性建议。

< 测角光度计 >

测角光度计可以测量光强分布以及总光通量。测角光度计在测量小型 SSL 产品的同时，还能测量尺寸相对较大的 SSL 产品（相对于传统荧光灯照明）的总光通量。测角光度计通常安装在有温度控制的暗室内，不易从被测光源吸收热量。但要注意通风装置可能影响对温度敏感的 SSL 产品的测量。

必须按照第 2.2 节的规定进行测量和保持环境温度。使用测角光度计测量比球体光度计更耗时。使用宽带光探测器的测角光度计易受上述光谱非匹配误差的影响。事实上，如果在颜色和角度方面改变很大，校正光谱非匹配误差就更难。使用测角光度计测量 SSL 产品可参考 9.3 节。

9.1 球形分光辐射计系统

本设备可以测量全光谱辐射通量（单位： W/nm ），用于计算总光通量和颜色量值。通过使用一个矩阵分光辐射度计，测量速度可与使用光度探头相同。

9.1.1 积分球

积分球应足够大，确保挡板和自吸收造成的测量误差在 SSL 产品测试中不会很明显（参见第 9.1.5 部分）。要求的球体尺寸的指导，与被测 SSL 产品尺寸有关，见第 9.1.2 节。

通常，紧凑型灯（典型的白炽灯或 CFL 的尺寸）采用的球体尺寸为 1m 或更大，更大的灯（例如大小为 4 英尺的线性荧光灯及 HID 灯）用 1.5m 或更大尺寸。球体尺寸必须足够大，以避免受

无论在哪一种几何形中，挡板的尺寸必须尽量小，但要使探测器头不会被受测的最大 SSL 产品或标准灯直接照射。建议挡板位于距离探测器口的 $1/3$ 到 $1/2$ 球半径处。辅助灯也应该有一个挡板，使其直射光线不会照射到探测器口或被测 SSL 产品的任何部分。

全光谱辐射通量的标准灯通常为石英卤素灯，其宽带光谱可在整个可视区域校准光谱分析计。在 2π 几何形中，需要只有正向发射的标准灯，例如，带反射镜的有适当亮度分布的石英卤素灯，可作为一个标准光源。 4π 的几何形中，通常使用全方向亮度分布的标准灯，但是正向亮度分布的标准灯也可能用到。注意：如果燃点位置发生改变，白炽标准灯的光输出量也会改变。

应该注意，积分球内部的球体表面没有完全一致的响应度。球体下半部分的响应度往往会比较低，这是因为灰尘落下的污染以及球体周围接合小缝的原因。所以，如果球体（ 4π 几何形）用全方向的标准灯校准并且 SSL 产品具有向下的光强分布，光通量就往往略低于标准值，此误差在窄光束分布光源上更为突出。如果标准灯的角度分布和被测 SSL 产品是相同的，误差的大小取决于球体的设计和维护。

为确保这个误差不致太大，可以准备不同亮度分布的标准灯（全方向、向下/宽束、向下/窄束）以供被测的 SSL 产品选择。或者，如果使用全方向的标准灯，就必须针对不同亮度分布的 SSL 产品建立

修正系数。这些修正系数可以通过测量灯或 SSL 产品建立，且总光通量用精准的方法校准过（例如，校准可溯源到国家计量研究院（NMI），或使用精心设计的角光度计）。

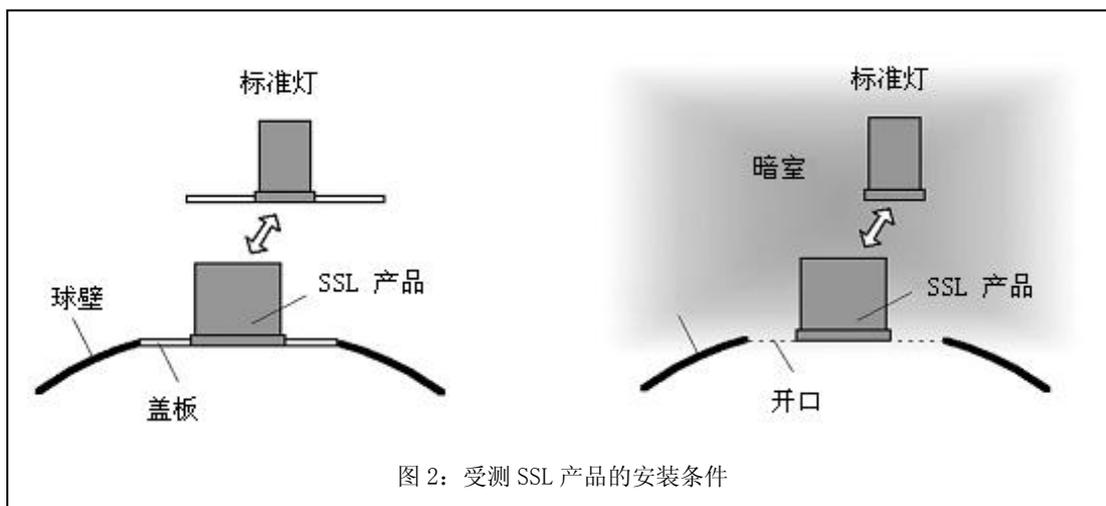
球内的环境温度必须根据 2.2 节的要求监控，如果挡板安装在与球体中心一样的高度，在探测口与挡住光源的挡板后面常常要安装一个温度传感器（如图 1 a）。当一个 SSL 产品安装在球壁（例如图 1(b)），环境温度将在球体内部的挡板后面测量（在分光辐射计一侧）。另外，产品附近和球体外部周围的空气（见 2.2 节），两个读数都必须符合 $25\pm 1^\circ\text{C}$ 的要求。

如果由于测试中 SSL 产品产生的热量使封闭球体的环境温度超过 $25\pm 1^\circ\text{C}$ ，SSL 产品可以部分敞开使之稳定，达到环境温度在 $25\pm 1^\circ\text{C}$ 之内的要求，在测量时应该轻轻关闭球体，避免空气进入球内。注意，当球体打开时，为了用球形光度计稳定监测产品的光通量，应该关闭室内灯光，并且不应该移动打开的半球的位置。

9.1.3 测量原则

测量工具（积分球和光谱分析仪）必须根据光通量标准校准。由于用积分球校准，所以不必知道球体的光谱输出量。被测 SSL 产品的光通量 $\phi_{\text{TEST}}(\lambda)$ 是与标准灯比较计算出来的：

$$\phi_{\text{TEST}}(\lambda) = \phi_{\text{REF}}(\lambda) \cdot \frac{y_{\text{TEST}}(\lambda)}{y_{\text{REF}}(\lambda)} \cdot \frac{1}{\alpha(\lambda)} \quad (1)$$



其中, $y_{TEST}(\lambda)$ 和 $y_{REF}(\lambda)$ 是 SSL 产品和标准灯分别测试所得的光谱分析仪的读数, 而 $\alpha(\lambda)$ 是自吸系数 (见第 9.1.5 节)。

根据测得的总光谱辐射通量 $\phi_{TEST}(\lambda)$ (W/nm), 总光通量 ϕ_{TEST} (Lm) 根据以下公式求得:

$$\phi_{TEST} = K_m \int_{\lambda} \phi_{TEST}(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

($K_m=6831\text{lm/W}$)

9.1.4 光谱分析仪

机械扫描型或阵列型光谱分析仪都可以使用。由于阵列的多元性质, 阵列型光谱分析仪有测量时间短的优点。光谱分析仪最小光谱范围为 380nm~780nm。界定的可见光谱范围为 360nm~830nm。

积分球的探测口必须是一个平坦的扩散体或卫星球 (带开口的很小的积分球检测系统), 与球体涂层表面齐平安装, 使光谱分析仪的检测端口输入一个指向性响应指数 f_2 (CIE Pub.69) 小于 15% 的近似余弦响应。

应该注意的是, 光纤输入 (没有附加的光学器件) 经常带有列阵分光计, 用一个校准没有误差的带狭缝接受角的光辐射计测量光通量。光谱分析仪的光度值如果没有光谱失配校正, 就会存在很多与光谱分析仪相关的误差来源。

请注意, 某些质量很差的阵列光谱分析仪的误差可能会比高质量的光度探头大很多。被测 SSL 产品的光谱分布与标准光源 (钨灯) 不一样时, 误差可能更大。主要的误差原因包括: 带宽、扫描间隔、波长精度、光谱杂散光、探测器的非线性以及输入几何形等。为得到准确的比色, 光谱分析法要求带宽和扫描间隔必须为 5 nm 或更小。按照参考 3.22 给出的其它建议, 将误差和测量的不确定度减小到最小。

9.1.5 自吸校正

自吸效应是这样的, 球体系统的响应度由于球体内部灯体本身吸收光线而改变, 当被测光源的尺寸和

形状与标准光源不一致时, 误差就可能发生。自吸校正很关键, 因为受测的 SSL 产品的物理尺寸和形状通常与标准灯的大小和形状不同。自吸取决于波长, 因为球体涂层的光谱反射率是不平坦的。自吸校正系数由下式给出:

$$\alpha(\lambda) = \frac{y_{aux, TEST}(\lambda)}{y_{aux, REF}(\lambda)} \quad (3)$$

当受测 SSL 产品或标准灯分别安装在球体内部或上面时 (4π 或 2π 几何图), 在这种情况下, 不运行 SSL 产品和标准灯, 只运行辅助灯。 $y_{aux, TEST}(\lambda)$ 和 $y_{aux, REF}(\lambda)$ 是辅助灯的光谱分析仪的读数。

9.1.6 校准

测量仪器 (积分球和光谱分析仪) 应按光谱辐射通量标准校准, 并可以追溯到 NMI (国家计量研究院)。

9.2 球形光度计系统

这个方法是积分球测光法的传统方法, 使用光度探头作为积分球的检测器。这个方法可接受, 但不是最好的。因为在测量 SSL 产品的光通量中, 可能有潜在的更大的失配误差 (如果没有使用失配校正), 同时还会需要单独的颜色测量工具。

9.2.1 积分球

见第 9.1.1 节给出的描述, 除了对辅助灯要求不同之外, 也适用于这个方法。对于球形光度计系统, 辅助灯不限于白炽灯。更好的做法是使用与被测 SSL 产品的光谱分布类似的辅助灯, 以便准确地测量自吸效应, 尤其是当自吸值很大 ($a < 0.8$) 或者当被测 SSL 产品的壳体很大及色彩强烈时。辅助灯在所有 SSL 产品的自吸测试过程中必须保持稳定。例如, 可以使用一个稳定的白光 LED。

9.2.2 球体几何形

图 3 为本方法建议采用的积分球结构图。与图 1 不同的是用光度探头用作检测器, 见第 9.1.2 节

的建议并要求用 4π 和 2π 结构图。除了标准灯要求的差别外，第 9.1.2 的所有描述都可用于本方法。

标准灯的总光通量分布，与第 9.1.2 节的不同亮度分布的要求一样。例如，对于一个窄光束的 SSL 产品，应该使用有类似窄光束强度分布的标准灯。如果采用全方向的标准灯，就必须制定不同类型亮度分布的校正系数。

虽然标准灯传统上是白炽灯，但是对于球形光度计系统，不限于白炽灯。稳定且重现性好的 SSL 产品（例如使用温度受控的白色 LED 光源）可用作光通量的参考标准。最好减低光谱失配误差，使标准灯的光谱分布与被测的典型的 SSL 产品相似。使用 SSL 产品作为标准灯的好处是可以得到与被测 SSL 产品类似的角强度分布。

9.2.3 测量原理

测试装置的光通量是通过与标准灯比较得到的：

$$\phi_{TEST} = \phi_{REF} \cdot \frac{y_{TEST}}{y_{REF}} \cdot \frac{F}{\alpha} \quad (4)$$

其中 ϕ_{REF} 是标准灯的光通量（流明）， y_{TEST} 和 y_{REF} 分别是被测 SSL 产品和标准灯的光度计读数， F 是光谱失配的校正系数（见第 9.2.6 节）， α 是自吸系数（见第 9.2.5 节），如果 F 不确定，应该使用 $F=1$ ，并且应该考虑所产生的不确定性。

9.2.4 光度探头

光度探头应具有和 $V(\lambda)$ 函数相匹配的光谱响应度，球体的光谱输送量也影响整个光谱响应度，整个球体系统（带光度探头的积分球）的 f_1 值（CIE Pub 69 中指定）必须小于 3%。为进一步减小测量的不准确度，可使用光谱失配校正器，见第 9.2.6 节 f_1 值与光谱失配校正系数的确定程序。

光度探头必须有近似的余弦响应， f_2 值（指向性响应指数）要小于 15%，扩散体表面必须与球体涂层表面齐平安装。如果用卫星球做余弦响应，其开口不可以向内凹，卫星球体的开口边缘必须与积分球的涂层表面齐平。

9.2.5 自吸校正

除非被测 SSL 产品和光通量标准灯是一样的类型和尺寸一致，否则必须使用自吸校正（严格的替代）。自吸校正系数由下式给出：

$$\alpha = \frac{y_{aux, TEST}}{y_{aux, REF}} \quad (5)$$

当被测 SSL 产品或标准灯准的光谱分析仪分别安装在球体内部或上面（ 4π 或 2π 几何形）时， $y_{aux, TEST}$ 和 $y_{aux, REF}$ 分别为辅助灯的光度计信号。这时它们不运行，只运行辅助灯。辅助灯可以是卤素灯、白炽灯或白色 LED 光源。

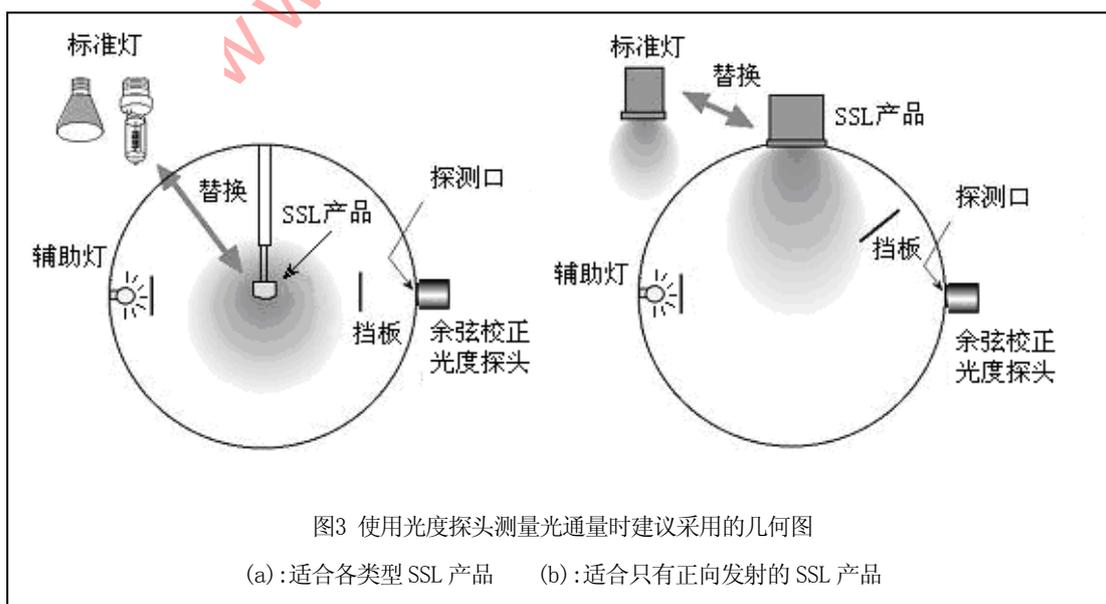


图3 使用光度探头测量光通量时建议采用的几何图

(a): 适合各类型 SSL 产品 (b): 适合只有正向发射的 SSL 产品

9.2.6 f_1' 与光谱失配校正系数的确定

积分球光度计的光谱响应度无法完全与 $V(\lambda)$ 函数匹配。当被测 SSL 产品的光谱能量分布与标准灯不一样时,就会出现误差(称为光谱失配误差)。 f_1' 数值是表示光谱响应度失配的指数,而数值(以%表示)大致指示误差的大小。一般的白色光源误差可能比只含有窄光束的 SSL 产品更大。

为确定 f_1' 值,必须算出整个球体系统的相对光谱响应度 $S_{rel}(\lambda)$ 。 $S_{ph,rel}(\lambda)$ 是特定产品光度探头的光谱响应度, $T_{rel}(\lambda)$ 是球体的相对光谱量:

$$S_{rel}(\lambda) = S_{ph,rel}(\lambda)T_{rel}(\lambda) \quad (6)$$

$S_{ph,rel}(\lambda)$ 应在半球形照明几何形中测量,如果只在正向方向上测量,应该确定偏差值,理论上 $T_{rel}(\lambda)$ 由此得出:

$$T_{rel}(\lambda) = k \cdot \frac{\rho_a(\lambda)}{1 - \rho_a(\lambda)} \quad (7)$$

其中, $\rho_a(\lambda)$ 是整个球体内部的表面反射率(如果 ρ 存在最小值,则 ρ 最小为 0), k 是校正系数。如果使用的积分球 $\rho_a(\lambda)$ 值测量准确, $T_{rel}(\lambda)$ 可以由这个等式得出。但积分球或多或少会受到污染,并且样品数据与球体表面反射率之间容易存在偏差,因此建议按照参考文献 7 中附件 B 提供的步骤直接在积分球上测量 $T_{rel}(\lambda)$ 。

一旦确定 $S_{rel}(\lambda)$ 值,就可以计算 f_1' 值:

$$f_1' = \frac{\int_{\lambda} |s_{rel}^*(\lambda) - V(\lambda)| d\lambda}{\int_{\lambda} V(\lambda) d\lambda} \times 100\% \quad \text{with} \quad (8)$$

$$s_{rel}^*(\lambda) = \frac{\int_{\lambda} S_A(\lambda)V(\lambda)d\lambda}{\int_{\lambda} S_A(\lambda)s_{rel}(\lambda)d\lambda} \cdot s_{rel}(\lambda)$$

其中, $S_A(\lambda)$ 是 CIE 的 A 类发光体的光谱分布, $V(\lambda)$ 是光谱发光效能。

经测试 SSL 产品可得 $S_{rel}(\lambda)$ 和相对光谱功率分布 $S_{TEST}(\lambda)$, 光谱失配校正系数 F 由此得出:

$$F = \frac{\int_{\lambda} S_{REF} S_{rel}(\lambda) d\lambda \int_{\lambda} S_{REF}(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda} S_{REF}(\lambda) V(\lambda) d\lambda \int_{\lambda} S_{REF}(\lambda) s_{rel}(\lambda) d\lambda} (\lambda) \quad (9)$$

其中, $S_{REF}(\lambda)$ 是标准光源的光谱分布。光谱失配误差可以通过 SSL 产品测得的流明值乘以校正系

数 F 进行修正。 $S_{TEST}(\lambda)$ 的准确度一般关系不大,因此产品的标称光谱分配可能无实际价值。

为了详细了解 f_1' 和光谱失配校正的细节,请参阅参考文献 10 和 7。

9.2.7 校正

积分球光度计应按照 NMI 提供的光通量标准进行校准。

9.3 测角光度计

测角光度计通常用于测量光强分布,并由此得出总光通量。

9.3.1 测角器的类型

测角光度计所选类型应能在重力作用下保持燃点位置不变,因此只能使用 C 类测角光度计。C 类测角光度计包括移动探测器式测角仪和移动反光镜式光度计。要注意避免测角光度计机械结构或其它表面反射的光,包括 SSL 产品本身表面和到达光探测器的二次反射。装置的转速应使对 SSL 产品热平衡的干扰降至最低。

9.3.2 总光通量测量原理

通过测量光源的光强分布 $I(\theta, \phi)$, 可以得出总光通量:

$$\phi = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} I(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi \quad (10)$$

如果光度探头是经光照度 $E(\theta, \phi)$ 校准过,则:

$$\phi = r^2 \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} E(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi \quad (11)$$

其中, r 是光度探头基准面的旋转半径。测量光强分布需要足够长的测光距离(见 9.3.1 节)。

如果只是测量总光通量,那么对距离没有严格要求。Eq. (11) 表明,只要能精确测出照度,即使测光距离(半径 r) 相对较短,总光通量也可以精确测出,所以特定大小的被测光源需要的测角光

度计测量空间较小。在这种情况下，探测器在被测 SSL 产品的视野之内必须要有余弦校正角度响应。根据 Eq. (11) 所给定义，光源的位置相对于旋转中心在理论上是无关的，因此光源的定位对于测量总光通量的影响不大。

9.3.3 扫描分辨率

扫描分辨率应能够精确界定测试样品。测量典型的广角光强分布可以使用横向（水平） 22.5° 纵向（垂直） 5° 的栅格。SSL 产品光强快速变化或不稳定时应使用更高的角分辨率（更小的测试增幅），例如聚束光源。根据以往几年检测其它光源和灯的经验，要进一步了解如何选择正确的扫描分辨率，详见参考文献 9, 11-17。

9.3.4 视角范围

角度扫描的范围必需覆盖 SSL 产品发射光到达的整个立体角。在测量总光通量时使用测角光度计的一个缺点是，测角光度计通常会有一些所测光源发射光的角度空间受设备（例如 SSL 产品支撑杆）阻挡，因此在那个方向上无法进行测量（这类角被称为死角）。对于像许多正向发光的 SSL 产品及类似装置来说，这一点不难解决。但对于那些能向各个方向发光的 SSL 产品（例如，类似于 CFL 的集成 LED 灯），这将是一大难题。大死角的测角光度计不适合用于测量这类 SSL 产品的总光通量。如果死角很小（比如，小于或等于 $\pm 10^\circ$ ），其它偏差将可能弥补丢失的数据点。

9.3.5 偏振

由于反光镜本身具有轻微偏振的特性，所以要注意反光镜型测角光度计是一个偏振敏感度的检测系统。在测量发射偏振光的 SSL 产品总光通量时会导致严重错误。测量这类 SSL 产品时，建议不要使用带反光镜的测角光度计。为达到测试目的，一些反光镜型测角光度计可以选择将光度计探头直接安装在旋转臂上。

9.3.6 光度计探头

测角光度计的光度探头应该有与 $V(\lambda)$ 功能相对应的相对光谱响应度。光谱响应度的 f_1' 值应低于 3%。光度计读数需要进行光谱匹配校正。要确定 f_1' 和光谱匹配校正系数，详见 9.2.6 节 eqs. (8) 和 (9)， $S_{rel}(\lambda)$ 是光度计探头在正向测量的相对光谱响应度。

对于第 9.3.2 节描述的总光通量测量，光度计探头在光束射入的角区应该有良好的余弦响应，并且 $f_2(f, z)$ 值（余弦函数的相对偏差）在可接受的角度范围内应低于 2%。光度计探头的视野范围应有所限制（例如，使用开口的帘子）以避免光线是从角区反射过来而非来自被测光源。要使在光度计视野范围内的散射误差降至最低，建议在探测器臂另一侧使用挡光屏及/或者在墙上和地板上使用低反射率材料（例如黑色天鹅绒）。

9.3.7 校正

用于测量光强分布的测角光度计应按照国家标准中的照明或发光强度标准进行校正。另外，用于测量总光通量的测角光度计应该用可追溯到国家标准的总光通量标准灯进行测量验证。这类检验要使用标准灯，且标准灯同测角光度计所测的各种 SSL 产品一样有相似的角强度分布（有方向/全方向）。

10.0 光强分布

第 9.3 节提供的建议是关于用于测量光强分布和总光通量的测角光度计。测量光强分布需要足够的测光距离，通常测光距离是有宽角分布的 SSL 产品直径最大值的五倍以上。窄角光束需要的测光距离更长（例如，详见参考文献 13）。

安装 SSL 产品的坐标体系和几何体应采用专用程序 9,11-17 中的传统光源测试方法。被测 SSL 产品的绝对光强分布（指传统光源测试中的绝对光度法，详见参考文献 16）需要注明。注意使用相对

光度测量方法的常规光度数据，这通常用于传统的光源测试，但不能用于 SSL 产品。如果需要计算带状光通量，可以参照参考文献 16 的附件 A。

如果有必要的话，所测光强分布的电子数据应包含在“IES 文件”格式中，提供 IES LM-63 规定的绝对光度测定。IES 文件是一个电子数据格式，可以被建筑师和设计师在设计应用中用来准确预测照度水平。但在使用这些数据时还需明白光度文件描述的是单一照明体性能，并不代表同类 SSL 照明体的共同性能。

11.0 光效

SSL 产品的光效 η_v (lm/W) 由所测总光通量 ϕ_{TEST} (lm) 除以输入功率 P_{TEST} (W) 得到：

$$\eta_v = \frac{\phi_{TEST}}{P_{TEST}} \quad [\text{lm/W}] \quad (12)$$

注意上述的光效是参考文献 19 定义的一种光源的发光效能，不能和辐射光效混淆，后者是光通量（流明）与光源的辐射通量（W）之比。

12.0 SSL 产品颜色特性的测试方法

SSL 产品的颜色特性包括色度坐标、相关色温和显色指数。SSL 产品的这些特性可能在空间上分布并不均匀，因此为了能准确说明这些产品，色彩应该在分布均匀的空间进行测量，并且在 SSL 产品指向发射光线的角区色彩会变得强烈。

12.1 积分球与光谱辐射计测量方法

为达到这个目的，首先建议使用 9.1 节中描述的球形光谱分析系统测量总光谱辐射通量。测出的

总光谱辐射通量是一个空间综合量值，由此计算的颜色特性在空间上已经均匀分布。按照第 9.1 节提供的建议使用这种方法进行测量。

关于使用光谱分仪对色度测量的一般性建议可以参照参考文献 20 和 21。在光谱颜色测量中出现的各种误差分析和校正方法可参照参考文献 22。

12.2 光谱辐射计或色度计的空间扫描方法

这种方法适用于没有球形光谱分析系统或测试样品太大无法用球形光谱分析系统测量时。这种方法利用光谱分析仪和/或色度计在不同方向上测量被测 SSL 产品的色度。最有效的方法是在测角仪上安装颜色测量器具（称作测角光谱分析仪计或测角色度计）。

同时还能测量光强分布和色度坐标，在产品有指向发射光到达的整个角度范围内如何选择合适的角度间隔参考阅读（详见 9.3.3）。然后空间分布平均色度可以通过以下所有测量点 Eq.(13)或整个空间的三刺激值获得。

如果没有测角光谱分析仪或测角色度计，也可以在恒定距离朝指定方向安装手动调节的仪器来完成，因为角度的精确性在这种测量方法中不是很严格。

色度坐标和光强（或照度）间隔应在 10° 以内，在光源朝指定方向发射光到达的角度范围，垂直角度为 θ ，两个水平角度最小为 $\varphi=0^\circ$ 和 90° （详见图 4）。对于平均光强超过最大强度 10% 的 θ 角只需进行色度测量。平均色度坐标 (x, y) 或 (u', v') 应通过以下所有测量点的照度和立体角求加权平均值。

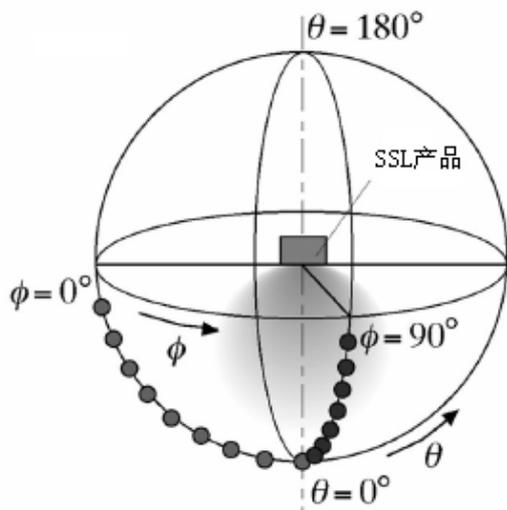


图 4. 使用测角器测量色度的几何图（数据显示的是 SSL 产品只向下方发光这种情况）

$\varphi = 0^\circ$ 和 $\varphi = 90^\circ$ （或更多 φ 角）的色度坐标和光强先在每个 θ 角求平均数 $x(\theta_i)$, $y(\theta_i)$ 和 $I(\theta_i)$, 其中 $\theta_i = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, \dots, 180^\circ$, 然后平均色度坐标 x_a 通过加权平均数算出:

$$x_a = \sum_{i=1}^{19} x(\theta_i) \cdot w_i(\theta_i) \quad \text{with}$$

$$w_i(\theta_i) = \frac{I(\theta_i) \cdot \Omega(\theta_i)}{\sum_{i=1}^{19} I(\theta_i) \cdot \Omega(\theta_i)} \quad (13)$$

$$\Omega(\theta_i) = \begin{cases} 2\pi \left[\cos(\theta_i) - \cos\left(\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}\right) \right]; & \text{for } \theta_i = 0^\circ \\ 2\pi \left[\cos\left(\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}\right) - \cos\left(\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}\right) \right]; & \text{for } \theta_i = 10^\circ, 20^\circ, \dots, 170^\circ \\ 2\pi \left[\cos\left(\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}\right) - \cos(\theta_i) \right]; & \text{for } \theta_i = 180^\circ \end{cases}$$

$$\Delta\theta = 10^\circ$$

色度坐标 y_a 和其它颜色平均数的计算类似。这个公式计算的是近似值，但能为实际应用提供足够精确的数据。严格来说，所有颜色量可以由三刺激值 X, Y, Z 的几何总通量计算得出。

如果使用的是三刺激值色度计，应通过与光谱分析仪比较对被测 SSL 产品进行校正，或按照只测量某一参考点（例如，垂直方向）的颜色差别，参考点的色度应该用光谱分析仪进行测量以便所有点的绝对色度都能用光谱分析仪读出来。光度

输出（照度）也需要记录下来，用于计算上述的加权平均。为使颜色测量均匀，测量距离应大于被测产品发光区范围最大直径的 5 倍。

如果给定产品的颜色空间不均性不太明显（ $\Delta u'v' \leq 0.001$ ，详见 12.5 部分），同一类产品的平均色度可以在靠近强度分布峰值的某一方向进行测量。

这种测量方法使用的光谱分析仪（第 12.2 节中描述的）应该按照国家计量研究院提供的光谱辐射照度或光谱辐射强度标准进行校准。

12.3 光谱参数测量颜色特征影响

光谱分析仪有一个最小光谱范围：**380 nm~780 nm**。两种方法中（第 12.1 节或 12.2 节）的光谱分析仪应该进行筛选和校准，以便能精确测量有窄带光谱分布的 SSL 的产品。

带宽和扫描间隔一般包含在光源光谱分布测量的重要参数之中。带宽和波长扫描间隔应不超过 **5nm**（除非采用合适的校正方法），并且应该相匹配，除非波长间隔非常小（例如 **1nm** 或更小）。

在参考文献 3, 20, 21 中有更详细的资料。包括 LEDs 的各种光源的光谱颜色测量中出现的各种误差分析和校正方法（通频带，杂散光等）可以在参考文献 22 中查找。

12.4 色度计算

色品坐标 (x, y) 和/或 (u', v') 和相关色温（CCT，单位：开尔文（K））依照 CIE 定义（参考文献 3）通过 SSL 产品相关光谱分布进行计算获得。CCT 被定义为普朗克辐射体的温度，其色品与 $(u', 2/3v')$ 色品图（被称作 CIE1960 (u, v) 图表，现已废弃）的光源色品极为接近。显色指数（CRI）依照参考文献 23 的公式进行计算获得。

12.5 色度的空间不均性

SSL 产品因发射角度不同可能有不同颜色。色度的空间不均匀性应根据第 12.2 节描述的测量条件进行估算。SSL 产品的色度坐标空间分布不均匀性应在两个垂直面 ($\phi = 0^\circ$, $\phi = 90^\circ$) 进行测量, 从这些测量点中可以按照 eq. (13) 光谱计算出平均色度坐标。色度光谱不均值 $\Delta u'v'$, 被确认为分布均匀的色度坐标所有测量点中最大偏差 (CIE (u' , v') 图表距离)。在估算中, 只对色度差别的精确度要求比较严格, 因此如果没有光谱分析仪, 所有测量需用三色计进行。

13.0 不确定度声明

如果需要不确定度的声明, 按照参考文献 5 和 6 提供的建议进行处理。所有光度测量使用扩展不确定度 95%, 大多数情况下覆盖范围因数 $k=2$ 。

14.0 测试报告

测试报告应列出每个 SSL 工作特性的所有重要数据。报告还应列出所有与测试环境、仪器类别、SSL 产品和标准灯有关的资料。报告的主要项目有:

- a) 测试日期和测试机构
- b) 制造商名称和所测试 SSL 产品的名称
- c) 测试参数的数目 (总光通量, 光效能等)
- d) 相关电子数值 (明确 AC (频率) 或 DC) 和所测 SSL 产品无实际意义的 CCT 相关电量值 (注明是直流 (频率) 或交流电), 所测试 SSL 产品的标称 CCT
- e) 测量前的运行时间 (新产品应该为 0)
- f) 包括稳定时间在内的产品总运行时间
- g) 环境温度
- h) SSL 产品在测量时的朝向 (点亮位置)
- i) 稳定时间
- j) 使用的测光方法或仪器 (光谱分析仪, 球形光谱分析仪或测角光度计)
- k) 使用的标准灯名称和类型 (瓦数, 灯的型号, 强度分布类型——全方向/单向) 以及来源
- l) 采用的校正系数 (例如, 光谱失配、自吸、强度分布等)
- m) 光度测量条件 (对球形测量系统是指球体直径、涂层反射系数、 4π 或 2π 几何体结构, 对测角光度计是指光度测定的距离)
- n) 每个 SSL 产品所测的总光通量 (lm)、输入电压 (V)、电流 (A) 和功率 (W)
- o) 光强分布 (若适用)
- p) 颜色特征 (色度坐标, 白光产品的 CCT 和/或 CRI)
- q) 光谱能量分布 (若适用)
- r) 光谱分析仪的带宽 (如果报告中涉及光谱分布和/或颜色特征)
- s) 使用的仪器
- t) 不确定度声明 (如果有必要的话)
- u) 与标准操作程序的偏差 (若有)

参考文献

1. IESNA Light Sources Committee, IESNA Technical Memorandum on Light Emitting Diode (LED) Sources and Systems, TM-16-05.
2. Commission Internationale de l'Eclairage, Photometry - The CIE System of Physical Photometry, CIE S010/E:2004 / ISO 23539:2005(E).
3. Commission Internationale de l'Eclairage, Colorimetry, 3rd edition, CIE 15:2004.
4. ANSI, Specifications of the Chromaticity of Solid State Lighting Products, ANSI-NEMA-ANSLG C78-09. 377-2008.
5. ISO, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1st Edition, 1993.
6. NSI, U. S. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ANSI/NC SL Z540-2-1997.
7. IESNA Testing Procedures Committee, IESNA Approved Method for Total Luminous Flux Measurement of Lamps Using an Integrating Sphere Photometer,
8. Commission Internationale de l'Eclairage, Measurement of Luminous Flux, CIE 84:1989.
9. IESNA Testing Procedures Committee, Goniophotometer Types and Photometric Coordinates, LM-75-01.
10. Commission Internationale de l'Eclairage, Methods of Characterizing Illuminance Meters and Luminance Meters, CIE 69:1987.
11. IESNA Testing Procedures Committee, IESNA Approved Method for Photometric Testing of Indoor Fluorescent Luminaires, LM-41-98.
12. IESNA Testing Procedures Committee, Photometric Testing of Outdoor Fluorescent Luminaires, LM-10-96.
13. IESNA Testing Procedures Committee, Photometric Testing of Searchlights, LM-11-97.
14. IESNA Testing Procedures Committee, Photometric Testing of Reflector Type Lamps,
15. IESNA Testing Procedures Committee, Photometric Testing of Roadway Luminaires Using Incandescent Filament and HID lamps,
16. IESNA Testing Procedures Committee, Approved Method for Photometric Testing of Floodlights Using High Intensity Discharge or Incandescent Filament Lamps, LM-35-02.
17. IESNA Testing Procedures Committee, Photometric Testing of Indoor Luminaires Using HID or Incandescent Filament Lamps, LM-46-04.
18. IESNA Testing Procedures Committee, Standard File Format for the Electronic Transfer of Photometric Data and Related Information, LM-63-02.
19. Commission Internationale de l'Eclairage, International Lighting Vocabulary, CIE 17.4-1987/ International Electrotechnical Commission, Publication 50 (845)-1989.
20. IESNA Testing Procedures Committee, IESNA Guide to Spectroradiometric Measurements, LM-58-94.
21. Commission Internationale de l'Eclairage, Spectroradiometric Measurement of Light Sources, CIE 63-1984.
22. Ohno, Y., Chapter 5 Spectral Colour Measurement, Colorimetry—Understanding the CIE System, edited by J. Schanda, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken New Jersey, 2007.
23. Commission Internationale de l'Eclairage, Method of Measuring and Specifying Colour Rendering of Light Sources, CIE 13.3-1995.

附件

本附件提供了有关制定这个标准的背景信息。本附件解释了 SSL 产品的测量为何与传统灯具和发光设备不同，为何需要这个标准以及为何不进行抽样。

为何固态照明产品不一样

在传统灯具与泛光灯的光度测量中，由于灯型的不同，运行温度也不一样。这些操作条件包括基准镇流器、电气测量值、稳定时间、灯的安装等。因此甚至为不同灯型和光源制定多个不同的标准。因为 LED 光源在运行和温度条件方面的要求与传统光源相比具有不同，所以必须有 SSL 产品的测量标准。

SSL 产品可以是一体式 LED 灯或者灯具，其尺度范围从小型灯到大型荧光照明灯具大小。根据尺寸和所需的工程量，这些产品可以使用积分球或者测角光度计进行测量。因此 SSL 产品通过具有不同经验和方法的灯光度测量工程师与灯具光度测量工程师进行测量。本标准两个工程师群体提供了共同基准和统一的测量方法。

传统上，灯与灯具分别使用不同的测试方法进行光度测量。灯通常使用积分球进行测量，且总光通量和色度是所关心的主要参数。灯具通常使用测角光度计进行测量，且光强分布和光效是所关心的主要参数。已分别制定测量灯（例如 LM-9 直管荧光灯，LM-45 白炽灯以及 LM-66 紧凑型荧光灯）和测量灯具（例如 LM-41 用于室内荧光灯具）的标准。但是，对于当前大多数 SSL 产品，LED 灯不可能与灯具分开，并且 SSL 产品的性质类似于光源和灯具这二者。因此，现有的灯或灯具标准均不能直接适用于 SSL 产品。

相对与绝对光度测量

传统的光源测光方法不适用于 SSL 产品，因为根据惯例，灯具通常使用测角光度计进行测量，其测量程序称为相对光度测量。在这种方法中，测

试的灯具与灯具使用的裸灯分别进行测量。然后对测角光度计所测量的光强分布数据进行归一化得到被测光源的总光通量。因此，光强分布通常以相对比值表示（例如，坎德拉每千流明（Cd/Klm））。这种测试方法不能用于 SSL 产品的缘故，是因为在大多数 SSL 产品中，LED 光源在设计上不能与灯具分开。即使 LED 光源可以分开并单独测量，相对光度测量方法也并不准确，因为如果 LED 光源在灯具外部运行，则其光输出会由于热状况的不同发生很大变化。因此，现行的灯具测量标准不能用于 SSL 产品。

一些 IES 标准（例如 LM-35-02）描述了绝对光度测量方法，在这些方法中，灯具的绝对光强分布的测量不需要将灯具分开测量。SSL 产品应使用这种绝对光度测量方法进行测量。但是，绝对光度测量仅用于传统灯具，且在这些标准中没有充分的细节描述。本标准第 9.3 节描述了 SSL 照明产品的总光通量测量中使用绝对光度测量的具体要求。

抽样

相对光度测量方法一般用于灯具，测量结果与灯具光输出的个体变化无关，因为测量结果经过测量的灯具的总光通量加以归一化。因此，由于灯变化以及控制装置镇流器因数变化引起的灯具光输出的个体变化被消除。

若灯具产生的光通量变化引起的不一致性得以消除，则由于灯具几何形状变化引起的光通量测量的不一致性通常可忽略不计。值得注意的是，灯具产生的光通量变化是灯具及其镇流器/控制装置二者的共同作用。因此，以历史的观点来看，仅测量一个样品足以评估灯具产品的等级，这个惯例经常用于灯具的性能等级评定。从另一方面来看，SSL 产品的测量结果直接受光源输出的影响，并且总是受到 LED 光源个体变化的影响，这个影响甚至比荧光灯所受的影响更显著。因此，一个样品的测量不足以评定 SSL 产品的等级，适当的抽样和求平均值对于 SSL 产品是必需的。

不同应用中个体产品变化的容许差要求可能不同。LM-79 描述了单个 SSL 产品的测试方法，但不包括这种评定产品级别的抽样方法，抽样方法应包含于规章要求、客户要求或代理商的要求中。

后续工作

本标准将随着 SSL 产品的改进而继续改进。特别是使用测角光度测量法测量灯具性能的内容需要进一步具体化。不同照明应用的要求有所不同，需要作出巨大努力对这些内容加以说明。IES 将继续改进本标准，并制定 SSL 产品测量所需的其它标准和方法。

www.Lisungroup.cc



www.Lisungroup.cc

120 Wall Street, 17th Floor
New York, NY 10005
www.ies.org

\$25.00

Order # IES LM-79-08

ISBN# 978-87995-226-6