
XXXXX

分类号:

备案号:

国家半导体照明工程研发及产业联盟推荐性技术规范

LB/T XXXX—200X

整体式 LED 路灯的测量方法

Measurement Methods for Integral LED Road Lights

(征求意见稿 Version 1.00)

200X-XX-XX 发布

200X-XX-XX 实施

国家半导体照明工程研发及产业联盟发布

征求意见稿前言

由于半导体发光二极管（LED）性能与能效的不断提高，在不久的将来很多传统光源将会受到半导体照明解决方案的挑战。由于道路照明的特殊性，LED 路灯以其特有的优势已开始进入传统道路照明领域，且发展势头迅猛，业界亟需出台相关标准，但是由于多方面的原因，出台国家标准还尚需时日，在此背景下，国家半导体照明工程研发及产业联盟（下简称“联盟”）和国家 863 计划半导体照明工程重大项目总体专家组于 2007 年 3 月在杭州召开了联盟半导体照明标准化协调推进工作组（下简称“联盟标准工作组”）筹备会议，会议决定在联盟标准工作组的领导下，率先开展 LED 路灯标准化推进工作。

在联盟吴玲秘书长和联盟标准工作组阮军组长的领导下，杭州远方光电信息有限公司潘建根教授于 2007 年 5 月份执笔起草了《整体式 LED 路灯测量方法推荐性技术规范》（草稿），联盟标准工作组副组长、浙江大学叶关荣教授，复旦大学刘木清教授对草稿完善提出了宝贵的修改意见，而后，在国家 863 计划半导体照明工程重大项目总体专家组内征求了有关专家意见，部分 LED 路灯生产企业和科研单位也参与了相关的研讨工作，经数次修改形成本征求意见稿。

联盟发布本推荐性技术规范的目的，是在国家标准出台之前能有一个推荐性技术规范，为我国 LED 路灯产业的健康有序发展提供一定的参考引导作用，也为有关主管部门正式推出相关国家标准作出前期准备工作。

联盟标准工作组对本推荐性技术规范保留全部的知识产权和解释权。联盟标准工作组欢迎社会各界使用本推荐性技术规范，但在使用（包括部分使用）时应说明有关内容源自本推荐性技术规范。

本推荐性技术规范征求意见稿必定还存在很多不足之处，望 LED 各界有识之士提出宝贵意见，以便尽快出台正式文本。有关管理性和政策性等宏观方面建议请直接提交阮军组长（ruanjun@techcn.com），有关技术性建议请直接联系本推荐性技术规范起草主要执笔人潘建根教授（everfine@everfine.cn）。

国家半导体照明工程研发及产业联盟
标准化协调推进工作组
2007-12-08

目 录

1	范围.....	1
2	规范性引用文件.....	1
3	定义.....	1
4	主要测量项目.....	4
4.1	基本电学性能.....	4
4.2	电磁兼容性能.....	4
4.3	光学性能.....	4
4.4	温度与寿命.....	5
5	试验的一般要求和设备要求.....	5
5.1	试验的工作条件.....	5
5.2	测量设备的要求.....	6
6	测量方法.....	8
6.1	基本电性能和电流谐波测量.....	8
6.2	电磁兼容试验.....	8
6.3	光通量和光效的测量方法.....	8
6.4	光强分布和光束角的测量.....	10
6.5	路面照度均匀度计算.....	10
6.6	平均亮度和眩光的测量.....	10
6.7	颜色特性测量.....	11
6.8	外壳温升的测量.....	11
6.9	外壳允许最高温度的测量.....	11
6.10	开关次数的试验.....	11
6.11	寿命、发光维持特性试验.....	12
附录 A		13
附录 B		14

整体式 LED 路灯的测量方法

Measurement Methods for Integral LED Road Lights

1 范围

本技术规范规定了整体式 LED 路灯基本性能的测量方法。

本技术规范适用于交流 50Hz/220V 电源供电的并在内置控制器（自镇流）或外置控制器驱动下稳定工作的用于道路和街路照明的整体式 LED 路灯。

超出本技术规范范围的 LED 路灯可参考本技术规范。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本技术规范的引用而成为本技术规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本技术规范，然而，鼓励根据本技术规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本技术规范。

JJG 211 光亮度计检定规程

JJG 245 光照度计检定规程

GB/T 5702 光源显色性评价方法

GB/T 7922 照明光源颜色的测量方法

GB 9468 道路照明灯具光度测试

GB 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16\text{A}$ ）（IEC 61000-3-2, IDT）

GB 17743 电器照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法(idt CISPR 15)

GB/T 18595 一般照明用设备电磁兼容抗扰度要求(idt IEC 61547)

CIE 15.2 Colorimetry

CIE 63 The spectroradiometric measurement of light sources

CIE 70 Absolute luminous intensity distribution

CIE 84 Measurement of luminous flux

CIE 102 Recommended file format for electronic transfer of luminaire photometric data

CIE 127 Measurement of LEDs

CIE 121 Photometry and Goniophotometry of luminaires

3 定义

本技术规范采用下列定义。

3.1 整体式 LED 路灯 integral LED Road Light

一种用于道路照明的组合式照明光源装置，除一个或多个发光二极管（LEDs）作为光源发光外，还包括其他元件，例如光学、机械、电气和电子元件，LED 和灯具形成一个整体，LED 是灯具中不可拆卸替换的部件，在不致混淆的情况下简称 LED 路灯。分为在内置控制器（自镇流）或外置控制器驱动下工作的两种情况。

3.2 自镇流整体式 LED 路灯 self-ballasted integral LED road light

可直接连接到供电电源上工作的带有内置控制器的整体式 LED 路灯，简称自镇流 LED 路灯。

3.3 外置控制整体式 LED 路灯 external controlled integral LED road light

通过外置控制器连接到供电电源上工作的整体式 LED 路灯，简称外置控制 LED 路灯。

3.4 LED 基准控制器 LED reference control gear

为外置控制 LED 路灯提供基准工作条件的外置控制器。

3.5 标准 LED 路灯 standard LED road light

工作稳定、复现性优异，并标定有基本光电性能参数的，在替代法测量中可以用来校准测量设备的 LED 路灯。标准 LED 路灯必须设有温度监测点和该点的参考工作温度。

3.6 额定值 rated values

LED 路灯在规定的工作条件下其特定的数值，该值及条件由本技术规范中规定，或由制造商或销售商规定。如额定值是一个范围则取其中间值。

3.7 额定最高温度 T_c rated maximum temperature

在正常（或规定）的工作条件下，LED 路灯在额定电压下或允许的电压/电流/功率范围的最大值下工作时，其外表面（如果有标示，则在标示位置）可能出现的最高允许温度。

3.8 初始值 initial values

LED 路灯老炼 100h 测得的光电参数值。

3.9 参考轴 reference axis

通过 LED 路灯发光口面中心并与发光口面垂直的轴线。

3.10 光度中心 photometry centre

LED 路灯的参考轴和发光口面的垂足。在分布光度计测量中，被测 LED 路灯的光度中心应与分布光度计的两轴转动中心重合。

3.11 测量半平面 measuring half-plane (C plane)

通过 LED 路灯的参考轴并以参考轴为起始的任何一个垂直于发光口面的半平面，在不致混淆的情况下简称平面。

3.12 辅助轴 auxiliary axis

通过 LED 路灯光度中心并垂直于参考轴，在实际应用时通常平行于道路方向。辅助轴和参考轴决定了 $C0^\circ/C180^\circ$ 平面。

3.13 第三轴 third axis

通过 LED 路灯光度中心并垂直于参考轴，在实际应用时通常垂直于道路方向。第三轴和参考轴决定了 $C90^\circ/C270^\circ$ 平面。

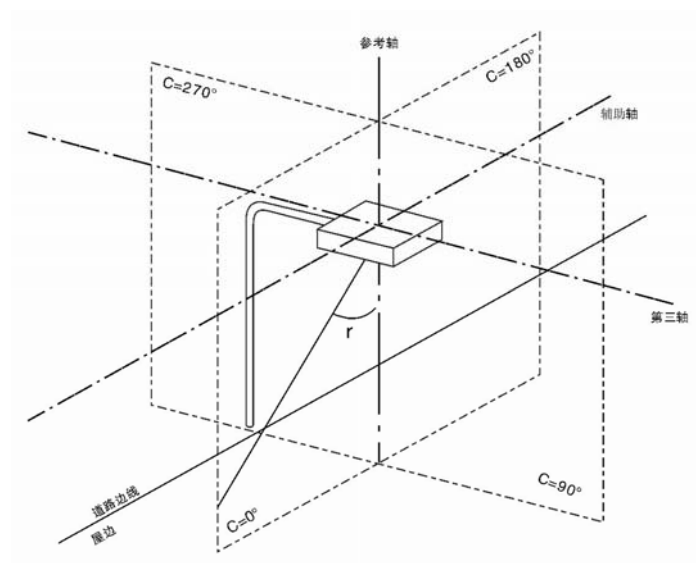


图 1: LED 路灯光分布的坐标系统

3.14 测量姿态 measurement attitude

LED 路灯在测量时的放置状态。

3.15 标准测量姿态 standard measurement attitude

LED 路灯的发光口面保持水平且向下发光,参考轴垂直向下,且 $C90^\circ$ 平面处于路边, $C270^\circ$ 平面处于屋边, $C0^\circ$ / $C180^\circ$ 平面与道路轴向平行。

3.16 灯下点 right downward point

在 LED 路灯正下方的点,通常在参考轴上。

3.17 光效 luminous efficacy

LED 路灯发出的总光通量与其所耗功率之比,以流明 (lm) /瓦 (W) 表示。

3.18 光强分布 luminous intensity distribution

LED 路灯在给定的空间方向上所发出的光强与对应空间角度的关系。空间角度通常在测量半平面上用极坐标表示。参考轴方向 $\gamma=0^\circ$ 。

3.19 有效光束角 effective beam angle

LED 路灯所发出的发光强度为该半平面上最大发光强度的 10%的光线与参考轴的夹角 (当有两个以上方向的发光强度为最大发光强度的 10%时,取其夹角的最大值)。

3.20 横向有效光束角 latitudinal effective beam angle

LED 路灯所发出的光在垂直于道路方向的半平面内 ($C90^\circ$ / $C270^\circ$) 的有效光束角。

3.21 纵向有效光束角 longitudinal effective beam angle

LED 路灯所发出的光在平行于道路方向的半平面内 ($C0^\circ$ / $C180^\circ$) 的有效光束角。

3.22 半峰边角 half-peak side angle

LED 路灯所发出的发光强度为该半平面上最大发光强度的 50%的光线与参考轴的夹角 (当有两个以上方向的发光强度为最大发光强度的 50%时,取其夹角的最大值)。

3.23 平均亮度 average luminance

LED 路灯在给定的空间方向上所发出的光强与对应的发光正截面的面积的商。

3.24 闪亮面积 flashed area

在 $C=0^\circ$ 或 180° 、 $\gamma=76^\circ$ 方向观察的灯具闪亮部分投影面积。

3.25 上(下)射光通量 upward (downward) flux fraction

由 LED 路灯所发出的高于(低于)通过光度中心的水平面的光通量。

3.26 测量距离 measurement distance

分布光度计或分布光谱辐射计光学接受面中心到分布光度计的两轴转动中心的有效光学距离。

3.27 平均颜色不均匀性 average color nonuniformity

LED 路灯发出的全部光混合后的平均颜色与参考轴方向发光颜色的色差。

3.28 最大颜色不均匀性 maximum color nonuniformity

LED 路灯在全部半峰光束角内的任意方向的发光颜色与参考轴方向发光颜色的色差的 最大值。

3.29 光通维持率 lumen maintenance

LED 路灯在规定条件下点燃,在寿命期间内一特定时间的光通量与该 LED 路灯的初始光通量之比,以百分数表示。为了测试简便,可用在规定距离下灯下点的照度替代光通量来计算光通维持率。

3.30 颜色维持特性 color maintenance

LED 路灯在规定条件下点燃,在寿命期间内一特定时间的颜色特性与该 LED 路灯的初始颜色特性的差值,可用 LED 路灯的平均颜色或规定距离下灯下点颜色的 CIE 1976 坐

标(u', v')的差值来表示。

3.31 寿命(单只 LED 路灯的) life (of an individual LED road light)

一只成品 LED 路灯从燃点至“烧毁”，或者 LED 路灯工作至低于本技术规范中所规定的寿命性能的任一要求时的累计时间。

LED 路灯的寿命就是该灯的光通维持率低于 50%或光效低于初始光效的 70%前的寿命试验老炼时间的累计值。

3.32 平均寿命(50%LED 路灯失效时的寿命) average life (life to 50% failures)

从点燃到在某一时间点上，50%的 LED 路灯达到本技术规范规定的寿命（单只 LED 路灯的），该时间为 LED 路灯的平均寿命。

3.33 期望寿命 expected life

通过 LED 路灯的加速老炼试验或规定的外推计算方法所得出的寿命。

3.34 灯具的安装高度 luminaire mounting height

灯具的光中心至路面的垂直距离。

3.35 灯具的安装间距 luminaire mounting spacing

沿道路的中心线测得的相邻两个灯具之间的距离。

3.36 悬挑长度 overhang

灯具的光中心至邻近一侧缘石的水平距离，即灯具伸出或缩进缘石的水平距离。

3.37 安装仰角 angle of tilt

LED 路灯的发光面与水平面所成的夹角。

3.38 路面平均照度 average road surface illuminance

按照 CIE 有关规定在路面上预先设定的点上测得的或计算得到的各点照度的平均值。

3.39 路面照度均匀度 uniformity of road surface illuminance

在一定的路灯安装高度、安装距离、悬挑长度和安装仰角下，路面上最小照度与平均照度的比值。

4 主要测量项目

4.1 基本电学性能

4.1.1 电压

4.1.2 电流

4.1.3 功率

4.1.4 功率因数

4.1.5 频率

4.2 电磁兼容性能

电磁兼容性能主要包括无线电骚扰特性、输入电流谐波性能和抗扰度特性。自镇流 LED 路灯的电输入端应包括无线电骚扰特性、输入谐波电流和抗扰度特性；外置控制 LED 路灯应包括电输入端的抗扰度特性。

4.3 光学性能

4.3.1 光通量

4.3.1.1 总光通量

4.3.1.2 有效光通量

4.3.1.3 区域光通量

4.3.2 光强分布特性（光束角）

4.3.3 发光均匀度特性

- 4. 3. 4 平均亮度特性
- 4. 3. 5 色度特性
 - 4. 3. 5. 1 平均发光颜色
 - 4. 3. 5. 2 平均显色指数
 - 4. 3. 5. 3 色度分布特性
 - 4. 3. 5. 4 色度的不均匀性
 - a) 平均颜色不均匀性
 - b) 最大颜色不均匀性

4. 4 温度与寿命

- 4. 4. 1 外壳温升
- 4. 4. 2 外壳最高允许温度
- 4. 4. 3 开关次数
- 4. 4. 4 发光维持特性
 - 4. 4. 4. 1 光通维持特性
 - 4. 4. 4. 2 颜色维持特性
- 4. 4. 5 寿命
- 4. 4. 6 平均寿命
- 4. 4. 7 期望寿命

5 试验的一般要求和设备要求

5. 1 试验的工作条件

除非另有规定，试验或测量在本技术规范规定的试验工作条件下进行。

5. 1. 1 实验室环境条件

LED 路灯的光电参数的测量应在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $65\% \pm 5\%$ 的无对流风的环境中进行，并应保证测量时 LED 路灯附近无空气流动。

老炼、寿命和开关试验应在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $65\% \pm 10\%$ 的无对流风的环境中进行。气压： $86\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$ 。

环境温度测量点应设置在通过被测 LED 路灯光度中心的水平面附近，距离被测 LED 路灯约 0.5 米处，测温探头应不受被测 LED 路灯照射。

5. 1. 2 电源电压要求

在额定电源频率下，在 LED 路灯稳定期间，电源电压应稳定在额定值的 $\pm 0.5\%$ 的范围内（如额定值是一个范围则取其中间值）；在测量时，电源电压应稳定在 $\pm 0.2\%$ 的范围内，基波频率偏差不得大于 0.1%，谐波失真小于 3%；对于寿命试验电源电压应稳定在 $\pm 2\%$ 以内。自镇流 LED 路灯由电源直接供电；外置控制 LED 路灯试验时一般在基准控制器驱动下或等效驱动条件下由电源供电。外置控制 LED 路灯也可在等效驱动条件下由专用装置直接供电，该专用装置的输出电压或电流或功率应稳定在 $\pm 0.2\%$ 的范围内，如为交流驱动则应对频率和波形失真作出相应的规定，一般情况下，基波频率偏差不得大于 0.1%，谐波失真小于 3%。

5. 1. 3 被测 LED 路灯工作状态要求

被测 LED 路灯经过 100h 的老炼后再进行本技术规范规定的各项试验或测量。

虽然 LED 发光不受重力影响，但是散热会对 LED 路灯的工作产生明显影响，LED 路灯发光特性也因此受工作姿态限制，所以，在试验或测量时，如无特殊要求 LED 路灯应以本技术规范规定的标准测量姿态置于自由空间中，且测量中，LED 路灯应保持静止状态。

LED 路灯的光电参数对热可能存在较强依赖性，因此试验或测量时要求 LED 路灯工作在热平衡状态，在监视环境温度的同时，最好能监视 LED 路灯自身的工作温度，以保证试验的可复现性。LED p-n 结的结电压能直接反映 LED 内部的工作温度，因此，如可能监测结电压，则应首选监测结电压。否则，应监测 LED 路灯外壳指定部位的温度。

5. 1. 4 被测 LED 路灯的稳定工作条件

LED 路灯的光电参数应在稳定后测量，判定 LED 路灯稳定工作的条件为：15 分钟内光通量或光强变化小于 1%。

5. 2 测量设备的要求

5. 2. 1 电源

交流供电电源要求有足够小的内阻，当电源外接被测 LED 路灯工作后产生的压降应小于 0.1%额定电压值。测量谐波和功率因数时，供电电源应符合 GB 17625.1 附录 A 和附录 B 的要求。一般地说，具有变频功能精密纯净交流测试电源才可能满足上述全部要求。

直流供电电源的稳定度优于 0.1%，纹波系数小于 0.1%。

5. 2. 2 电测量仪表

数字功率计的电压取样输入阻抗应大于等于 1 兆欧，电流取样阻抗应足够小以保证在电流取样电阻上产生的压降小于 0.1 伏。数字功率计的精度等级满足被测电压、电流和功率实际测量误差小于 0.5%，即误差小于 0.5%的读数。一般地说，0.5 级表不能满足此要求，建议使用 0.2%或更高准确度仪表。

测量谐波和功率因数时，数字功率计应符合 GB 17625.1 附录 A 和附录 B 的要求。

如需直流电测仪表测量外置控制 LED 路灯的电参数，则其准确度应优于 0.1%。

5. 2. 3 电磁兼容试验仪器

无线电骚扰特性的试验仪器应符合 GB 17743 的要求。

输入谐波电流测量仪器应符合 GB 17625.1 的要求。

电磁兼容抗扰度测试仪器应符合 GB/T 18595 的要求。

5. 2. 4 温度计

推荐使用 A 级分度的铂电阻温度探头，至少三位显示，准确度优于 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ，分辨率优于 0.1°C 。由于半导体温度探头有一定的光敏性，因此必须慎用半导体温度探头。

5. 2. 5 光度探测器

光度探测器的 $V(\lambda)$ 匹配水平达到 JJG245 国家标准级的要求，即 $f_1' < 3.5\%$ 。

注：中间视觉光度探测器要求在考虑之中。

5. 2. 6 光度计

配有 5.2.5 规定的光度探测器，至少四位有效数字显示，具备用户定标功能和定标后锁定保护功能，除示值误差外，其他各项性能指标达到 JJG245 国家标准级照度计要求。

5. 2. 7 光谱辐射计（光谱分析系统）

光谱辐射计是测量 LED 路灯的光谱功率分布、发光颜色、显色性指数以及有关光度量的必备设备，光谱辐射计应满足 CIE 63 技术文件的要求。

光谱辐射计校准后的色品坐标测量准确度优于 0.003，稳定的标准光源下分辨率和复现性优于 0.002，光谱辐射计的光谱辐射强度或光谱辐射照度用满足测量要求的光谱辐射强度或照度标准灯校准。光谱辐射计的光源颜色测量和显色性指数分析功能应满足标准 GB/T 7922 和 GB/T 5702-2003 要求。光谱辐射计除具备上述功能外还应具备标准 LED 路灯光谱光度和色度校准功能。

5. 2. 8 积分球（积分球光度计，积分球光谱辐射计）

积分球是用替代法快速测量 LED 路灯的光通量、光谱分布、颜色和显色性指数的必备设备。积分球与光度计结合称为积分球光度计，积分球与光谱辐射计结合称为积分球光谱

辐射计，它应满足 CIE 84 要求，本技术规范推荐使用反射率约为 80%的积分球，以使积分球具有更好的光谱性能和更好的稳定性。

积分球应足够大，积分球内壁涂层反射率应具备良好的均匀性和光谱中性，且对温度和湿度变化不敏感，积分球内挡光物体应尽量减少。

可以根据需要将被测 LED 路灯放在球中心部位，并让其处于标准测量姿态点燃。也可以在积分球的顶部开一取样口，取样口对准 LED 路灯发光口面，将被测量的 LED 路灯所发出的光束全部收集于积分球中。由于 LED 路灯往往有很大的挡光体（外壳），因此本技术规范推荐在积分球的顶部开一取样口的测量方法。但是为操作方便也可以在积分球的侧面开口，此时必须注意补偿 LED 路灯因不处于标准测量姿态而带来的偏差。

用积分球通过替代法测量 LED 路灯的光通量、光谱分布和颜色的要点是：用同类型的标准 LED 路灯校准积分球光度计或积分球光谱辐射计，以得到较好的测量不确定度。如用普通白炽灯或卤钨灯作为标准灯，则必须要设法消除因标准灯和被测 LED 路灯的发光光谱、尺寸、外形、发光光束形状等差异所带来的误差。

5. 2. 10 分布光度计

性能优良的分布光度计是 LED 路灯光度参数测量的最重要和测量准确度最高的设备，分布光度计的基本性能和测量条件应满足 CIE 70 和 CIE 121 技术文件的要求。针对 LED 路灯的光度参数测量，本技术规范推荐的分布光度计应满足下列要求：

1. 在测量中，被测 LED 路灯始终处于标准测量姿态，且被测 LED 路灯仅绕参考轴自转，在测量中处于静止状态；
2. 分布光度计为转镜式分布光度计，能以被测 LED 路灯的光度中心为圆心，反射镜可绕被测 LED 路灯作圆周运动，并把被测 LED 路灯所发出的光束反射到光度探测器，光度探测器能始终跟踪反射镜作同步转动；
3. 分布光度计的角度精度不得低于 0.2° ，最小角度测量步距为 0.2° ；
4. 分布光度计应置于消杂光良好的测光暗室中；
5. 分布光度计的光强或照度用二级或更高标准光强灯校准绝对值；
6. 分布光度计的反射镜的光谱反射率曲线应平坦，或者光度探测器的 $V(\lambda)$ 匹配应包括反射镜的光谱反射率曲线的修正；
7. 分布光度计应具备丰富的软件功能，提供的报告数据和曲线至少具备的内容：光强分布(曲线)、光通量、区域光通量、等光强曲线、等照度曲线、路面照度均匀度分析、亮度、眩光分析等功能，灯具数据输出格式符合 CIE 102 要求。
8. 测量距离和距离精度应满足 CIE 121 和 GB9468 的要求。

使用其他类型的分布光度计应注意有关量值的修正值，否则可能会引入测量误差。

5. 2. 11 分布光谱辐射计

由于 LED 路灯可能在不同空间方向的光谱分布存在不均匀性，为精确测试 LED 路灯的光谱和色度性能参数，如标定标准 LED 路灯光谱和色度性能参数等，分布光谱辐射计是必需设备。分布光谱辐射计与分布光度计类似，所不同的是使用光谱辐射计替代了分布光度计中的光度探测器。

性能优良的分布光谱辐射计是 LED 路灯空间光色参数测量的最重要和测量准确度最高的设备，本标准推荐的分布光谱辐射计除了要满足 5. 2. 10 分布光度计的要求外（不包括对光度探测器的要求）还应满足下列要求：

1. 光谱辐射计要满足 5.2.7 的要求。
2. 光谱辐射计应具备同步采样功能以实现光谱辐射强度测量与分布光谱辐射计的转动角度同步，且要求光谱辐射计有足够快的测量速度和足够高的灵敏度；

5. 2. 12 成像亮度计

LED 路灯发光区域内亮度分布很不均匀,反射面形状复杂,其发光正截面面积、闪亮面积、发光亮度和亮度分布测量比较困难。成像亮度计是方便、精确测量上述参数的理想仪器。成像亮度计应具有足够高的线性和测量速度,且成像亮度计的 CCD 感光元件前必须配有 $V(\lambda)$ 匹配光学元件以使 CCD 感光元件(含全部光学系统)的光谱灵敏度曲线与 $V(\lambda)$ 曲线吻合,且满足 JJG211 规定的一级或以上精度等级。

5.2.13 防风试验箱

符合 7000.1 附录 D 的要求。

5.2.14 无纸记录仪

应能显示和记录测量状态和结果。

5.2.15 可控温烘箱

可控温度为室温到 200℃,控温精度为 $\pm 3^\circ\text{C}$,测温准确度为 $\pm 1^\circ\text{C}$,可控温烘箱内空间足够大且温度场均匀。

5.2.16 开关老炼试验台

开关老炼试验台应使 LED 路灯处于正常工作状态,并能设定开启和关闭的时间、记录至少 100 万次开关次数,必要时能记录 LED 路灯的失效时间。

6 测量方法

6.1 基本电性能和电流谐波测量

用电压、电流表测量直流供电的外置控制 LED 路灯。

用带有电压、电流、功率、功率因数、频率和输入电流谐波等测量功能的数字功率计(也称数字电参数表)测量 LED 路灯(外置控制 LED 路灯则一般加上基准外置控制器)的电压、电流、功率、功率因数、频率和输入电流谐波。

由于并接于电路的电压取样存在一定的旁路电流,串接于电路的电流取样存在一定的电压降,因此应用时要根据被测 LED 路灯的电压和电流的实际大小来决定选取电流表内接法或电流表外接法。当电流较大,或引线较长时,可用四线法作电压取样。

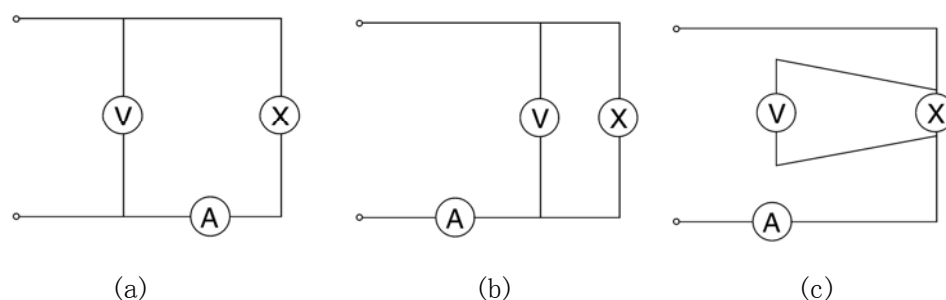


图 2: 电性能测量示意图。(a) 电流表内接法; (b) 电流表外接法; (c) 四线法电压取样。

6.2 电磁兼容试验

6.2.1 自镇流 LED 路灯和外置控制 LED 路灯(含指定的外置控制器)电源侧的无线电骚扰特性试验按 GB 17743 的要求进行。

6.2.2 LED 路灯电磁兼容抗扰度试验按 GB/T 18595 的要求进行。

注: 外置控制 LED 路灯的试验方法在考虑之中。

6.3 光通量和光效的测量方法

6.3.1 LED 路灯的光通量的标准测量方法

在测光暗室中,用 5.2.10 条所推荐的分布光度计测量 LED 路灯的光通量。

将被测 LED 路灯夹持在分布光度计上,使被测 LED 的光度中心处于分布光度计的旋

转中心。在足够多（一般为 15° 或更小的间隔）的 C 平面上以足够小的 γ 角度步距（一般为 5° 或更小）测量光强分布曲线，根据各个发光平面上的光强分布曲线数据，用数值积分的办法计算出 LED 路灯的总光通量、有效光通量、区域光通量和上（下）射光通量。

$$\text{总光通量计算公式为: } \Phi_{\text{tot}} = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi I(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi \quad (1)$$

$$\text{区域光通量计算公式为: } \Phi_{\text{zone}} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} I(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi \quad (2)$$

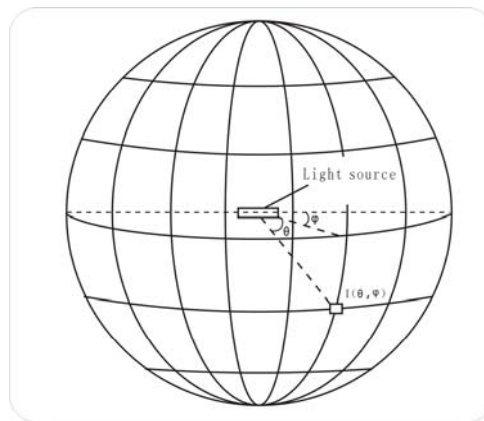


图 2：光通量、区域光通量的计算

6. 3. 2 积分球法测量光通量

使用 5.2.8 规定的积分球，通过替代法可以快速测量 LED 路灯的光通量。使用同类型的标准 LED 路灯作为光通量标准灯校准积分球光度计。

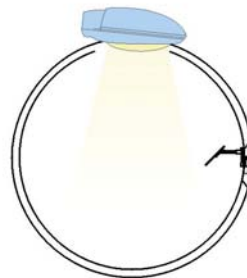


图 3：用积分球测量 LED 路灯的光通量

使用积分球测量光通量测量 LED 路灯的光通量包括以下三种方法：

- 积分法：在积分球探测窗口上设置光度探头，使用光度计测量光通量；
- 分光法：积分球探测窗口上连接光谱辐射计取样装置，使用光谱辐射计测量光通量；
- 分光-积分法：在积分球的探测窗口上同时设置光度探头和光谱辐射计的取样装置，光度计测量 LED 路灯的光通量，光谱辐射计测量 LED 路灯的平均光谱功率分布，根据测量结果计算光谱修正因子并用以修正光度计测得的值，光谱修正因子的计算公式为：

$$K1 = \frac{\int P(\lambda)_t V(\lambda) d\lambda}{\int P(\lambda)_s s(\lambda)_{\text{rel}} d\lambda} \times \frac{\int P(\lambda)_s s(\lambda)_{\text{rel}} d\lambda}{\int P(\lambda)_t s(\lambda)_{\text{rel}} d\lambda} \quad (3)$$

式中 $V(\lambda)$ 为已知 CIE 标准光谱光效率函数， $s(\lambda)_{\text{rel}}$ 为光度计的已知相对光谱灵敏度， $P(\lambda)_s$ 为用于校准光度计的标准光源的已知相对光谱功率分布， $P(\lambda)_t$ 为光谱辐射计所测得

的待测光源的相对光谱功率分布。

注：中间视觉光通量测量方法在考虑之中。

6.3.2 光效的测量

按定义 3.10，利用测得的总光通量和电功率计算 LED 路灯的光效。

注：LED 路灯的中间视觉光效同样也可参照定义 3.10 求得。

6.4 光强分布（光束角）的测量

在测光暗室中，使用 5.2.10 所推荐的分布光度计测量 LED 路灯的光强分布（光束角）。用激光或更有效的办法来安装和对准被测 LED 路灯的初始位置，使 LED 路灯的光度中心处于分布光度计的旋转中心。在合适的测量距离下用分布光度计以不大于二十分之一半峰光束角的角度步距测量 LED 路灯在特定 C 平面上的光强分布，根据光强分布曲线数据计算出半峰光束角和有效光束角。

LED 路灯的测量距离通常在 10—30 米间，如光度计的探测能力足够，测试距离越长，越有利于精确测量；被测的 LED 路灯发光口面越大，半峰光束角越小，测量距离就要求越长；对于安装高度不高，发光口面较小的 LED 路灯允许选择更短的测量距离。一般测量距离应不小于发光口面最大尺寸的 15 倍，若 LED 路灯的半峰光束角狭窄，则测量距离应满足：

$$d \geq \frac{D \times 200}{\delta 50} \quad (4)$$

其中 d 为测量距离，D 为灯具发光口面最大尺寸， $\delta 50$ 为半峰边角。

6.5 路面照度均匀度的测量与计算

LED 路灯的发光均匀度由路面照度均匀度来表征，根据 6.4 测量结果，通过软件计算路面照度均匀度。路面照度均匀度与 LED 路灯的安装高度、安装距离、悬挑长度和安装仰角都有关系，给出的路面照度均匀度必须注明上述前提条件。

6.6 平均亮度和眩光的测量

LED 路灯平均亮度和眩光的测量在 C0°和 C180°半平面上进行。

6.6.1 LED 路灯平均亮度的标准测量方法

使用成像亮度计在 C0°和 C180°半平面上的某一角度上测量 LED 路灯的亮度和亮度分布。成像亮度计的感光面正对 LED 路灯，且成像亮度计的光轴经过 LED 路灯的光度中心。使用加权平均的方法计算出 LED 路灯在该方向上的平均亮度。

6.6.2 LED 路灯平均亮度的简易测量方法

按附录 B 的方法测量某一方向上发光正截面的面积，根据 6.4 的光强测量结果按下式计算被测 LED 路灯该方向上的平均亮度。

$$L(\theta, \varphi)_{\text{avg}} = \frac{I(\theta, \varphi)}{A_{\text{cut}}(\theta, \varphi)}$$

其中 $L(\theta, \varphi)_{\text{avg}}$ 为 (θ, φ) 方向的平均亮度， $I(\theta, \varphi)$ 为 LED 路灯在 (θ, φ) 方向的光强，

$A_{\text{cut}}(\theta, \varphi)$ 为 LED 路灯在 (θ, φ) 方向的发光正截面面积， (θ, φ) 为空间角，其中 $\theta = 0^\circ$ 或 180° 。

6.6.3 LED 路灯不舒适眩光测量

由于道路照明中的眩光除涉及灯具外、还与灯具的布置安装高度等有关，因此使用路灯的特定灯具特性(SLI)值考察单个灯具的不舒适眩光，计算公式如下：

$$SLI = 13.84 + 3.311 \lg I_{80} + 1.3 \left(\lg \frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.081 \lg \frac{I_{80}}{I_{88}} + 1.291 \lg F + C$$

I_{80}C0-180平面, $\gamma = 80$ 度的光强值

I_{88}C0-180平面, $\gamma = 88$ 度的光强值

F.....76度闪亮面积(m^2)

C.....色常数,与光源光谱有关。

其中76度闪亮面积由成像亮度计在76度角方向上测量的LED路灯的发光亮度分布直接计算或者由附录B的简易测量方法测量。

6.7 颜色特性测量

6.7.1 LED路灯的色度特性的标准测量方法

在测光暗室中,用5.2.11所推荐的分布光谱辐射计,在足够多的发光平面上(一般为每 15° 或更小间隔)以足够小的角度步距(一般为 5° 或更小角度)测量空间各方向上的光谱辐射强度,并根据CIE色度学公式计算出空间每一方向的色度特性。LED路灯的总平均色度特性用数值积分加权平均的方法计算。

LED路灯的色度参数包括:色品坐标、相关色温、显色指数、色容差等,其计算方法按照CIE 15.3推荐的方法。

6.7.2 积分球法测量LED路灯的平均颜色

用积分球和光谱辐射计通过替代法可较方便测量LED路灯的平均颜色特性,其测量方法与积分球法测量光通量类似。

用积分球通过替代法测量LED路灯的光谱分布和颜色,可以先用普通白炽灯或卤钨灯作为标准灯,对系统定标,然后再用同类型的LED路灯作为标准灯校准积分球光谱辐射计,可以得到较好的测量不确定度。利用光谱辐射计测得的光谱功率分布,按CIE 15.3标准计算被测LED路灯的平均颜色参数。

6.7.3 颜色不均匀度测量

按6.6.1测得LED路灯在空间各方向的色度特性,利用测量结果按定义3.28和3.29计算平均颜色不均匀性和最大颜色不均匀性。

6.8 外壳温升的测量

在本技术规范规定的工作条件下,将被测LED路灯按其标准测量姿态点燃于防风试验箱中,将温度探测器紧贴于被测LED路灯规定的测温部位和外壳上可能的温度最高点位置,LED路灯发光不应直接照射温度探测器,在LED路灯稳定工作,系统达到热平衡后即可在多点温度计或无纸记录仪上读取测温部位的外壳温升,如无规定的测温部位,则以所测温升最大值为准。

6.9 外壳允许最高温度的测量

在可控温烘箱里,LED路灯在额定供电并在标准测量姿态下点燃,控制烘箱的温度,使LED路灯外壳温度监测点的温度达到制造商标称的外壳允许最高温度,达到热平衡并在此条件下工作100小时后,LED路灯应能正常工作,测量该LED路灯的基本光电性能,其性能指标应满足要求,全过程温控误差不大于 $1^\circ C$ 。

6.10 开关次数的试验

在本技术规范规定工作条件下,5分钟开和5分钟关作为一次开关循环,依此连续进行开关试验,并记录循环次数,LED路灯通过规定次数的开关试验后应能正常工作。

6. 11 寿命、发光维持特性试验

LED 路灯 4 小时开 15 分钟关作为一个循环，并记每一循环的寿命试验老炼时间为 4 小时，反复上述循环试验，当寿命试验老炼时间达到 1000 小时，在 2000 小时后和 40%额定寿命时测量其发光维持率。

发光维持特性包括光通维持特性和颜色维持特性，在上述的老炼时间后测量 LED 路灯的总光通量和色度参数，并与 LED 路灯的初始值比较。为了测试简便，可用在规定距离下灯下点的照度替代光通量来计算光通维持率，颜色维持特性可用 CIE 1976 坐标(u' , v')的差值来表示。

LED 路灯 4 小时开 15 分钟关作为一个循环，并记每一循环的寿命试验老炼时间为 4 小时，反复上述循环试验，即可测量出单个 LED 路灯的寿命和被测 LED 路灯的平均寿命。

由于 LED 路灯可能具备很长寿命，依上述方法进行寿命试验可能十分耗时，为此，在进行上述试验 2000 小时后，可考虑使用规定外推计算方法得到 LED 路灯的期望寿命。

注：LED 路灯期望寿命外推计算方法是否采用国际最新推荐的寿命试验方法正在考虑之中。

国际最新推荐的寿命外推试验方法见附录 A。

附录 A

国际最新推荐的 LED 系统的期望寿命测量方法

LED 系统先在额定电流和电压下老炼 1000 小时。

然后LED系统再在额定电流下至少工作 5000 小时（总共 6000 小时），且必须实时监视 LED系统的发光。LED系统工作在 25℃的通风环境中，若系统的实际工作环境会产生热积累导致LED结温上升，则LED系统应在测量点温度 T_s 对应的环境温度下工作。 T_s 由紧贴于LED或LED板的测量点上的热耦直接测量，测量点通常为焊接点或距LED结最近的位置。必须首先根据LED系统实际的一种或几种工作条件确定 T_s 。

使用 $V(\lambda)$ 修正光度探测器测量 LED 系统的相对光通量变化。

如果测量的 6000 小时仍未达到 LED 系统的寿命，则应对 1000 小时（起初的 1000 小时不包括在内）到 6000 小时的数值进行函数匹配（如指数衰减），并外推到光通维持率达到规定寿命的时间，如 50%光通维持率。在该测量方法中，光通维持率为某时刻系统的光通量与开始的 1000 小时后的光通量的比值，1000 小时的数值为 100%。之所以让 LED 系统先老炼 1000 小时在进行测量，是因为这段时间内 LED 系统的光输出会有所上升，这段时间后，系统的光输出开始下降。LED 系统的光输出到达最大值的时间取决于器件和温度。随着未来 LED 系统性能的提高，初始老炼时间可能会变长，同时测量时间可能会大于 6000 小时，以合理预计光输出随时间的变化曲线，从而外推出其期望寿命。

注：时间-LED 光通维持率的函数匹配曲线正在研究中，待发表。

附录 B

“闪亮面积”和发光正截面面积的简易测量方法

LED 路灯发光区域内亮度分布很不均匀，反射面形状复杂，要确定其“闪亮面积”和发光正截面面积很困难。一种简易的测量方法如下：

将一个大于灯具发光部分尺寸，四边可以滑动的矩形封闭框置于灯前（尽量靠近灯具）。首先读取毫无遮挡时灯具的在某一方向的读数（闪亮面积的角度为 $C=0^\circ$ ， $\gamma=76^\circ$ ），然后分别将矩形框的每一边慢慢地向闪亮的发光区移动，直到每次得到的新读数为本次移动前读数的 0.98 时为止。此时矩形框的剩余面积即为该方向的发光正截面面积，或计算道路照明不舒适眩光指数 G 以及 LED 路灯的特定灯具特性 SLI 时的“闪亮面积”（ $C=0^\circ$ ， $\gamma=76^\circ$ ）。