

LB

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 001-2009

代替 LB/T 001-2008

整体式 LED 路灯的测量方法

Measurement Method for Integral LED Road Lights

(第二版, The 2nd edition)

2009-07-01 发布

2009-09-01 实施

国家半导体照明工程研发及产业联盟 发布

目 录

第二版前言..... V

第一版前言..... VII

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 温度特性与发光维持特性..... 4

5 试验的一般要求和设备要求..... 4

5.1 试验的工作条件..... 4

5.2 测量设备的要求..... 5

6 测量方法..... 7

6.1 基本电性能和电流谐波测量..... 7

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 光强分布特性和光束角的测量..... 10

6.5 闪亮面积和亮度特性的测量..... 10

6.6 颜色特性测量..... 10

6.7 光通量温度特性曲线测量..... 11

6.8 最高允许环境温度测试..... 11

6.9 高低温循环特性测试..... 11

6.10 发光维持特性的测量..... 11

6.11 开关特性测试..... 11

附 录 A （资料性附录） 分布光度计的基本类型与原理..... 12

A.1 测量 LED 路灯总光通量的基准分布光度计..... 12

A.2 测量 LED 路灯光强分布特性的分布光度计..... 13

A.2.1 灯具旋转式分布光度计..... 13

A.2.2 双镜式分布光度计..... 13

A.2.3 圆周运动反光镜式分布光度计..... 14

A.2.4 中心旋转反光镜式分布光度计..... 14

A.3 近场分布光度计..... 15

A.4 分布光谱辐射计..... 16

图 1 LED 路灯光分布的坐标系统..... 2

图 2 用积分球测量 LED 路灯的示意图..... 7

图3 电性能测量示意图	8
图4 光通量的计算原理示意图	9
图5 CIE 84 推荐的测量光通量的基准分布光度计原理(a)和结构(b)示意图	12
图6 典型灯具旋转式分布光度计原理(a)和转台结构(b)示意图	13
图7 双镜分布光度计示意图	14
图8 圆周运动反光镜式光度计示意图	14
图9 中心旋转反光镜式分布光度计示意图	15
图10 典型近场分布光度计示意图	15
图11 典型分布光谱辐射计示意图	16

Contents

Foreword of second edition.....	VI
Foreword of first edition	VIII
1 Scope.....	1
2 Normative references	1
3 Definitions.....	1
4 Main measurement items	4
4.1 Basic electrical performance	4
4.2 Electromagnetic compatibility (EMC) Performance.....	4
4.3 Optical performance.....	4
4.4 Temperature and maintenance performance	4
5 General requirements and equipment requirements for the measurements.....	4
5.1 Working conditions	4
5.2 Measurement equipments.....	5
6 Measurement methods.....	7
6.1 Measurement for basic electrical parameters and current harmonics.....	7
6.2 Test for EMC performance.....	8
6.3 Measurement for luminous flux and luminous efficacy	8
6.4 Measurement for luminous intensity distribution.....	10
6.5 Measurement for flashed area and average luminance.....	10
6.6 Measurement for color characteristics.....	10
6.7 Measurement for luminous flux property against ambient temperature.....	11
6.8 Measurement for maximum allowable ambient temperature	11
6.9 Test for ambient temperature alternation withstand	11
6.10 Measurement for lumen maintenance and color shift	11
6.11 Test for on and off.....	11
Annex A (Informative) Basic types and principles of goniophotometers.....	12
A.1 Reference goniophotometer for luminous flux measurement of LED road lights.....	12
A.2 Goniophotometers for luminous intensity distribution measurement of LED road lights	13
A.2.1 Goniophotometers with facility for turning the light source	13
A.2.2 Two mirror goniophotometer	13
A.2.3 Goniophotometer with rotating mirror (lamp on optical axis)	14
A.2.4 Goniophotometer with rotating mirror (mirror on optical axis)	14
A.3 Near-field goniophotometer	15
A.4 Goniospectroradiometer	16
Figure 1 Coordinate system for light distribution of a LED road light	2
Figure 2 Scheme of measurement of LED road lights with integrating sphere.....	7

Figure 3	Scheme of measurement for electrical parameters	8
Figure 4	Scheme of Calculation for luminous flux from illuminance distribution	9
Figure 5	Principle and structure scheme of a reference goniophotometer for flux recommended by CIE 84	12
Figure 6	Principle and structure scheme of a goniophotometer with facility for turning light source	13
Figure 7	Structure scheme of a two mirror goniophotometer	14
Figure 8	Structure scheme of a goniophotometer with rotating mirror (lamp on optical axis)	14
Figure 9	Structure scheme of a goniophotometer with rotating mirror (mirror on optical axis)	15
Figure 10	Structure scheme of a typical near field goniophotometer	15
Figure 11	Structure scheme of a typical goniospectroradiometer	16

整体式 LED 路灯的测量方法

Measurement Method for Integral LED Road Lights

1 范围 Scope

本推荐性技术规范规定了整体式 LED 路灯基本性能的测量方法。

本推荐性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。

超出推荐性本推荐性技术规范范围的LED路灯或类似产品的测量可参考本推荐性技术规范。

2 规范性引用文件 Normative references

下列文件中的条款通过本推荐性技术规范的引用而成为本推荐性技术规范的条款。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推荐性技术规范，然而，鼓励根据本推荐性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推荐性技术规范。

GB/T 5702-2003 光源显色性评价方法

GB/T 7922-2003 照明光源颜色的测量方法

GB 17625.1-2003 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 17743-1999 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 18595-2001 一般照明用设备电磁兼容抗扰度要求(idt IEC 61547)

JJG 211-2005 光亮度计检定规程

JJG 245-2005 光照度计检定规程

CIE 15-2004 色度学（Colorimetry）

CIE 70-1987 绝对发光强度分布的测量方法（Absolute luminous intensity distribution）

CIE 84-1989 光通量的测量方法（Measurement of luminous flux）

CIE 102-1993 推荐的灯具光度数据输出格式（Recommended file format for electronic transfer of luminaire photometric data）

CIE121-1996 灯具光度学和分布光度学（Photometry and Goniophotometry of luminaires）

3 定义 Definitions

本推荐性技术规范采用下列定义。

3.1

整体式LED路灯 integral LED Road Light

一种用于道路照明或街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，还包括其它元件，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

内置控制整体式LED路灯 self-ballasted integral LED road light

带有内置控制器的可直接连接到供电电源上工作的整体式 LED 路灯，简称内置控制 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

初始值 initial values

无需老炼，LED 路灯在规定条件下稳定发光的光电参数值。

3.7

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。

3.8

光度中心 photometric centre

LED 路灯的发光口面中心。在光强分布测量中，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。

3.9

测量半平面（C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测量平面或 C 平面，对道路照明灯具，将平行于路边纵轴的测量平面定义为 $C0^\circ$ 和 $C180^\circ$ ，将垂直于路轴线的测量平面中 $C90^\circ$ 定义为路边， $C270^\circ$ 定义为屋边，如图 1 所示。

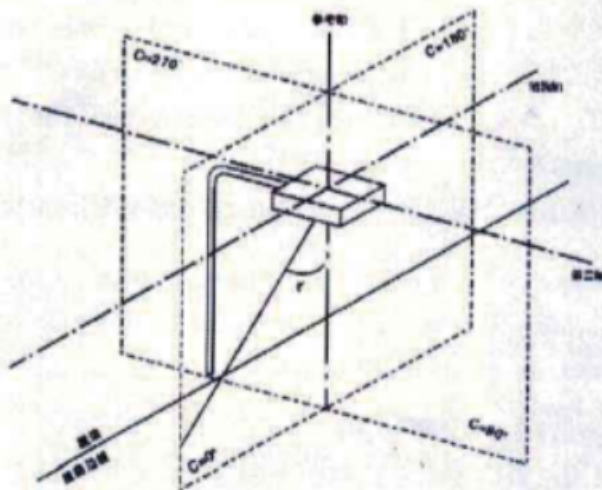


图1 LED 路灯光分布的坐标系

3.10

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。

3.11

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°/C270°平面。

3.12

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。

3.13

灯下点 right downward point

在 LED 路灯正下方的点，通常在参考轴上。

3.14

测量距离 measurement distance

分布光度计的两轴转动中心至分布光度计或分布光谱辐射计光探测器中心的有效光学距离。

3.15

半峰光束角 half-peak side angle

指定测量平面内上 50%最大光强方向与参考轴的夹角(当有两个以上方向的光强为最大光强的 50%时，取其夹角的最大值)。

3.16

总光通量 total luminous flux

LED 路灯所发出的所有方向的光通量总和，在不致混淆的情况下简称光通量。

3.17

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。

3.18

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，在不致混淆的情况下简称光效。

3.19

闪亮面积 flashed area

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

3.20

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。

3.21

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极大值。

3.22

光通维持率 lumen maintenance

LED 路灯在规定条件下点燃，在寿命期间内任一选定时间的光通量与最大光通量之比，以百分数表示。为测试简便，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。

3.23

颜色漂移 color shift

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的颜色的 CIE 1976 均匀色度空间的色差值($\Delta u'$, $\Delta v'$)来表示。

3.24

允许环境温度范围 allowable ambient temperature range

LED 路灯能正常点燃的最低环境温度和能正常工作的最高环境温度之间的范围。

4 主要测量项目 Main measurement items

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

内置控制 LED 路灯的电磁兼容性能包括无线电骚扰特性、输入谐波电流和输入端抗扰度特性；外置控制 LED 路灯的电磁兼容性能包括无线电骚扰特性和电输入端的抗扰度特性。

4.3 光学性能

4.3.1 光通量和效能

4.3.2 光强分布特性

4.3.3 闪亮面积和亮度特性

4.3.4 色度特性

4.3.4.1 平均发光颜色

4.3.4.2 平均显色指数

4.3.4.3 色度分布特性

4.3.4.4 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 温度特性与发光维持特性

4.4.1 光通量温度特性曲线

4.4.2 最高允许环境温度

4.4.3 高低温循环特性

4.4.4 发光维持特性

4.4.4.1 光通维持率

4.4.4.2 颜色漂移

4.4.5 开关特性

5 试验的一般要求和设备要求

General requirements and equipment requirements for measurements

5.1 试验的工作条件

除非另有规定，试验或测量应在本推荐性技术规范规定的条件下进行。

5.1.1 实验室环境条件

LED 路灯的光电性能测量应在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，最大相对湿度为 65% 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。

光通维持特性和开关特性试验应在环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，最大相对湿度为 65% 的无对流风、无振

动和无冲击的环境中进行。

环境温度测量点应设置在 LED 路灯光度中心的同一水平面上, 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。

气压: 86kPa—106kPa。

5.1.2 电源电压要求

内置控制 LED 路灯应在额定电压 (如额定值是一个范围则取其中间值) 和额定频率下进行试验或测量。在稳定期间, 电源电压应稳定在额定值的 $\pm 0.5\%$ 的范围内; 测量时, 电源电压应稳定在额定值的 $\pm 0.2\%$ 的范围内, 基波频率偏差不得大于 0.1%, 谐波失真小于 3%; 发光维持特性和开关特性试验的电源电压应稳定在 $\pm 2\%$ 以内。

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或专用装置直接供电, 供电电源或专用装置的输出电压或电流或功率应稳定在 $\pm 0.2\%$ 的额定值范围内, 如为交流驱动则应对频率和波形失真作出规定, 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

LED 路灯发光特性有时会因散热问题受工作姿态限制, 因此如无特殊要求, LED 路灯在试验或测量时应以本推荐性技术规范规定的标准测量姿态置于自由空间中, 且在测量取样中保持静止。

LED 路灯应工作在热平衡状态下, 在监视环境温度的同时, 还应监视 LED 路灯自身的温度, 以保证试验的可复现性。如可能监测 LED 路灯的结电压, 则应监测结电压, 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

应在 LED 路灯稳定工作后测量其光电参数, 判定 LED 路灯稳定工作的条件为: 连续两个 15 分钟内光通量或光强变化小于 0.5%。

5.2 测量设备的要求

5.2.1 电源

直流供电电源的稳定度优于 0.1%, 纹波系数小于 0.5%。

交流供电电源要求有足够小的内阻, 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 17625.1-2003 附录 A 和附录 B 的要求。一般地说, 具有变频功能的精密纯净交流测试电源才可能满足上述全部要求。

5.2.2 电测量仪表

直流电测量仪表的准确度优于 0.1%。

交流电测量仪表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。电测量仪表的精度应满足被测电压、电流和功率实际测量误差小于 0.5%。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 17625.1-2003 附录 A 和附录 B 的要求。

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 17743-1999 的要求。

输入谐波电流测量仪器应符合 GB 17625.1-2003 的要求。

电磁兼容抗扰度测试仪器应符合 GB/T 18595-2001 的要求。

5.2.4 温度计

推荐使用 A 级分度的温度探测器;

温度计至少具有三位数字显示, 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, 必须慎用半导体温度探头。

5.2.5 光度探测器

光度探测器应满足 JJG245-2005 规定的标准级要求, 其 $V(\lambda)$ 失配系数 $f_1 < 3.5\%$ 。光度探测器通常

应具备余弦校正性能,但对于在远距离下测量光强的光度探测器,则不要求一定具备余弦校正性能。

5.2.6 光度计

配有 5.2.5 规定的光度探测器,光度计应至少四位有效数字显示,且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 JJG245-2005 国家标准级照度计要求。

注:带有足够高测量精度的标准灯的系统,定标或校准可由用户自行完成。

5.2.7 光谱辐射计(光谱分析系统)

光谱辐射计是测量光的辐射功率随波长变化的仪器,它是测量 LED 路灯的光谱功率分布、发光颜色、显色指数以及有关光度量的必备设备。光谱辐射计可分为机械扫描式和阵列式光谱辐射计。机械扫描式光谱辐射计的精度一般较高,但测量时间长,不适用于快速测量场合。阵列式光谱辐射计的优点是测量时间短,但根据所配置的光栅和探测器等关键元件的精度及制造工艺的不同,又可分为普通阵列式光谱辐射计和高精度阵列式光谱辐射计。普通阵列式光谱辐射计的信噪比和灵敏度较低,线性动态范围较窄,一般不能满足下述对光谱辐射计的要求;而高精度阵列式光谱辐射计一般采用凹面平场光栅和科学级制冷阵列探测器,具有暗噪声低、灵敏度高和线性动态范围较宽等特点,能够符合以下要求。

用光谱辐射强度或照度标准灯校准光谱辐射计,经校准后,光谱辐射计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 ± 0.0002 ,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 7922-2003 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 分布光度计

分布光度计是测量光度量(如光强或照度等)随空间角度变化的光度计,通常包括一个用于支撑和定位被测光源的机械机构(即转台)和光度探测器,以及其它必须的传感器和测量信号处理系统等。分布光度计的基本性能和测量条件应满足 CIE 70-1987、CIE 84-1989 和 CIE 121-1996 技术文件的要求。针对 LED 路灯,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 路灯静止或仅绕参考轴自转以切换测量平面,在某一测量平面上测量取样时 LED 路灯则应处于静止状态,若分布光度计使 LED 路灯在测量中运动,则应对 LED 路灯发光进行监控并修正测量,详见附录 A.2;
2. 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° ;
3. 分布光度计用标准光通量灯或标准光强灯校准;
4. 测量总光通量测量的基准分布光度计应符合 CIE 84-1989 的规定,其光度探测器绕被测 LED 路灯旋转,直接接收来自被测 LED 路灯的光束且具备良好的余弦修正,详见附录 A.1;
5. 测量 LED 路灯光强分布的分布光度计应能实现合适的测量距离;
6. 转镜式分布光度计的反射镜的光谱反射比曲线应平坦,或者光度探测器的 $V(\lambda)$ 匹配应包括反射镜的光谱反射比曲线的修正;
7. 分布光度计应具备丰富的软件功能,应至少提供以下数据和曲线:总光通量、区域光通量、上(下)射光通量、效能、光强分布(曲线)、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 102-1993 要求。

5.2.9 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、平均光谱功率分布、颜色和显色性指数的设备,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。积分球应足够大,积分球内壁涂层反射比应具备良好的均匀性和光谱中性,且对温度和湿度光变化不敏感,积分球内挡光物体应尽量减少。

积分球应满足 CIE 84-1989 要求,同 CIE 84-1989 一样,本推荐性技术规范推荐使用反射比约为 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。积分球与光谱辐射计结合组成的球形光谱辐射计,对球内壁涂层光谱反射比的光谱中性要求可以适当放宽,允许使用 80% 以上反射比的涂层,

高反射比涂层积分球有利于积分球尺寸相对较小和仪器灵敏度相对较低的系统提高测量精度,但是,过高的反射比对于积分球长期光输出的稳定性和蓝光等效透射比容易带来不利影响。

为操作方便,推荐在积分球的侧面开取样口(如图 2a 和 2b 所示),取样口对准 LED 路灯发光口面,将被测 LED 路灯所发出的光束全部收集于积分球中。允许使用顶部开口的积分球(如图 2c 所示),它能够使 LED 路灯处于标准测量姿态,但是顶部开口的积分球易积灰且操作较为不便。由于 LED 路灯往往有很大的挡光体(外壳),因此不推荐在积分球内测量 LED 路灯。在积分球的侧面开取样口,可能会使 LED 路灯因不处于标准测量姿态而带来偏差,必须注意补偿由此引起的测量误差。

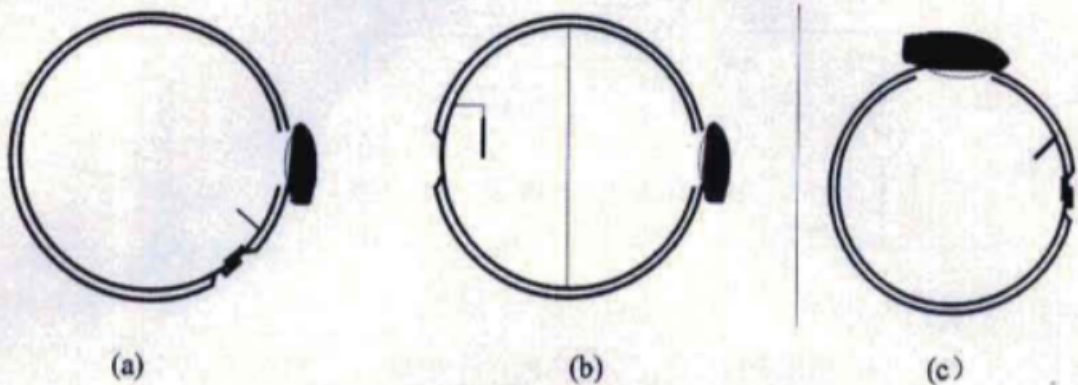


图2 用积分球测量 LED 路灯的示意图

5.2.10 分布光谱辐射计

用光谱辐射计替代分布光度计中的光度探测器而组成的测量设备称为分布光谱辐射计,详见附录 A.4。

分布光谱辐射计应满足 5.2.7 光谱辐射计和 5.2.8 分布光度计的要求(不包括光度探测器要求)。推荐光谱辐射计直接接收来自 LED 路灯的光束,同时要求光谱辐射计具有足够快的测量速度,且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。

5.2.11 成像亮度计和近场分布光度计

成像亮度计采用二维光学接收元件(如 CCD),一次取样可以实现所测平面内各点的亮度值的测量。

成像亮度计应具有足够高的线性,且成像亮度计的感光元件前必须配有 $V(\lambda)$ 匹配光学元件以使感光元件(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 JJG211-2005 规定的一级或以上精度等级。

用成像亮度计替代分布光度计中的光度探头,构成近场分布光度计,能全面、准确测量 LED 路灯的亮度特性、照度和光强分布特性,详见附录 A.3。

近场分布光度计应满足 5.2.8 分布光度计的要求(不包括光度探测器要求)和上述成像亮度计的要求。推荐近场分布光度计中的成像亮度计直接接收来自 LED 的光束,同时分布成像亮度计中的成像亮度计应满足 5.2.11 的要求,且具备同步采样功能。

5.2.12 可控温恒温试验箱和光通量温度特性测量设备

可控温恒温试验箱可使被测 LED 路灯以规定姿态点燃于试验箱中,可控温度为 -30°C 到 100°C ,控温精度为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$,测温准确度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,可控温恒温试验箱内空间足够大且温度场均匀。试验箱内的温度测量点与 LED 路灯的光度中心水平,且距 LED 路灯 0.5 米以上,应保证温度测量探头不被直接照射。

光通量温度特性测量设备由可控温恒温试验箱和试验箱中的光通量的相对变化测量装置组成,且具有光通量相对变化和温度的记录功能。

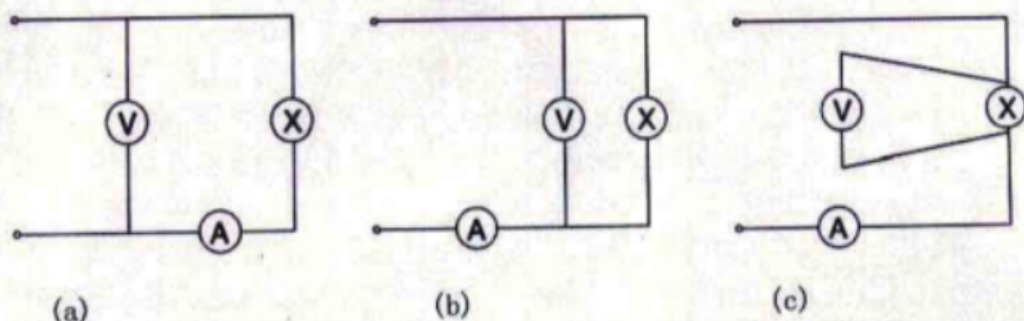
6 测量方法 Measurement methods

6.1 基本电性能和电流谐波测量

用电压表、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，如图 3 所示。



(a) 电流表内接法；(b) 电流表外接法；(c) 四线法电压取样

图3 电性能测量示意图

6.2 电磁兼容试验

6.2.1 内置控制 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 17743-1999 的要求进行。

6.2.2 LED 路灯电磁兼容抗扰度试验按 GB/T 18595-2001 的要求进行。

注：外置控制 LED 路灯输入端的抗扰度试验正在考虑中。

6.3 光通量和光效的测量方法

光通量测量方法包括照度积分法、光强积分法和积分球法，其中由于照度积分法的测量精度较高，可以作为总光通量的基准测量方法，当对光强积分法和积分球法测得的总光通量存在疑问时，以照度积分法的测量结果为准。

6.3.1 总光通量的基准测量方法

在测光暗室中，使用 5.2.8 规定的测量总光通量的基准分布光度计测量 LED 路灯的总光通量。

将被测 LED 路灯夹持在分布光度计上，使被测 LED 路灯的光度中心处于分布光度计的旋转中心，以标准测量姿态点燃被测 LED。

在足够多的发光平面上以足够小的角度间隔，测量以分布光度计的光度探测器到被测 LED 路灯发光中心之间的测量距离为半径的虚拟球面上的各点的照度。平面间角度间隔一般为 5° ，平面内的角度间隔一般为 1° ，当被测 LED 路灯尺寸较大或光束角较窄时，应采用更小的平面间隔和角度步距，以保证照度分布的取样完整性。

总光通量 Φ_{tot} 计算公式为：

$$\Phi_{tot} = \int_{(S_{tot})} E dS = \int_0^{4\pi} r^2 E(\varepsilon, \eta) d\Omega = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi r^2 E(\varepsilon, \eta) \sin \alpha d\alpha d\eta \quad (1)$$

式中， r 为虚拟球面的半径， S_{tot} 为虚拟球面的总面积， (ε, η) 为空间角，如图 4 所示。

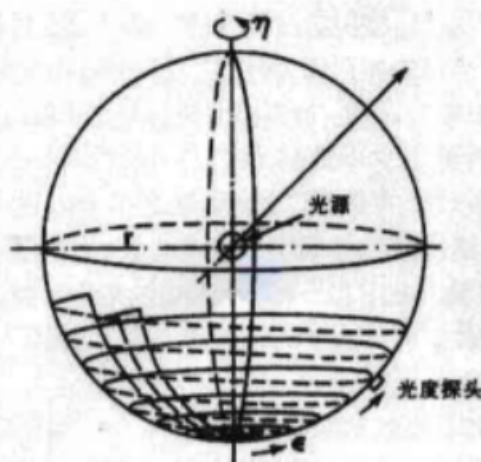


图4 光通量的计算原理示意图

6.3.2 光强积分法测量光通量

在测光暗室中,使用 5.2.8 规定的分布光度计测量 LED 路灯的光强分布,并用数值积分的办法计算出 LED 路灯的总光通量、区域光通量和上(下)射光通量等。

将 LED 路灯夹持在分布光度计上,以标准测量姿态点燃,使被测 LED 路灯的光度中心处于分布光度计的旋转中心,在足够多(10° 或更小的间隔)的测量平面上以足够小的角度步距(一般为 5° 或更小)测量 LED 路灯在各个空间方向上的光强。用下式计算 LED 路灯的光通量:

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

$$\text{上射光通量计算公式为: } \Phi_{\text{up}} = \int_0^{2\pi} \int_{\pi/2}^\pi I(\varepsilon, \eta) \sin \varepsilon d\varepsilon d\eta \quad (3)$$

$$\text{下射光通量计算公式为: } \Phi_{\text{down}} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I(\varepsilon, \eta) \sin \varepsilon d\varepsilon d\eta \quad (4)$$

$$\text{区域光通量计算公式为: } \Phi_{\text{zone}} = \int_{\eta_1}^{\eta_2} \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} I(\varepsilon, \eta) \sin \varepsilon d\varepsilon d\eta \quad (5)$$

式中, Φ_{tot} , Φ_{up} , Φ_{down} , Φ_{zone} 分别为总光通量,上射光通量,下射光通量和区域光通量, (ε, η) 为空间角。

6.3.3 积分球法测量光通量

使用 5.2.9 规定的积分球,通过替代法快速测量 LED 路灯的光通量。使用积分球法测量 LED 路灯的光通量包括以下三种方法:

1. 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;
2. 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;
3. 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,根据测量结果计算光谱修正因子并用以修正光度计所测得的值,光谱修正因子的计算公式为:

$$K = \frac{\int P(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int P(\lambda) s(\lambda)_{\text{rel}} d\lambda} \cdot \frac{\int P(\lambda) s(\lambda)_{\text{rel}} d\lambda}{\int P(\lambda) s V(\lambda) d\lambda} \quad (6)$$

式中, $V(\lambda)$ 为 CIE 标准光谱光效率函数, $s(\lambda)_{\text{rel}}$ 为已知光度计的相对光谱灵敏度曲线与积分球等效透过率函数的乘积, $P(\lambda)_s$ 为已知标准光源的相对光谱功率分布, $P(\lambda)_t$ 为光谱辐射计测得的待测光源的相对光谱功率分布。

推荐使用线性动态范围宽、测量速度快的高精度阵列式光谱辐射计测量总光通量。

如被测 LED 路灯与光通量标准灯的差别较大时,应在积分球中安装辅助灯给予校正。推荐使用与被测 LED 路灯的光强分布和光谱相似的、稳定性高且复现性好的 LED 路灯作为光通量参考标准灯。

6.4 光强分布特性和光束角的测量

在测光暗室中,使用 5.2.8 所规定的分布光度计测量 LED 路灯的光强分布和光束角。

用激光或更有效的办法来对准被测 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。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 路灯在特定测量平面上的光强分布,根据光强分布曲线数据计算出半峰光束角。

6.5 闪亮面积和亮度特性的测量

6.5.1 LED 路灯闪亮面积和平均亮度的简易测量方法

使用下列简易方法测量 LED 路灯的闪亮面积:将一个大于灯具发光部分尺寸的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 $C=0^\circ$, $\gamma=76^\circ$ 方向的读数,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“闪亮面积”。

根据 6.4 的光强测量结果按下式计算被测 LED 路灯在 $C0^\circ$ 和 $C180^\circ$ 半平面内 76° 方向上的平均亮度。

$$L(0^\circ/180^\circ, 76^\circ)_{\text{avg}} = \frac{I(0^\circ/180^\circ, 76^\circ)}{A_{\text{flash}}(0^\circ/180^\circ, 76^\circ)} \quad (7)$$

式中, $L(0^\circ/180^\circ, 76^\circ)_{\text{avg}}$ 为闪亮面积内的平均亮度, $I(0^\circ/180^\circ, 76^\circ)$ 为 LED 路灯在闪亮面积方向的光强, $A_{\text{flash}}(0^\circ/180^\circ, 76^\circ)$ 为 LED 路灯的闪亮面积。

6.5.2 用成像亮度计测量 LED 路灯闪亮面积和亮度特性

使用近场分布光度计或成像亮度计在 $C0^\circ$ 和 $C180^\circ$ 半平面内 $\gamma=76^\circ$ 方向上测量 LED 路灯的亮度分布。成像亮度计的镜头正对 LED 路灯,且成像亮度计的光轴经过 LED 路灯的光度中心。

根据上述简易方法的测量原理计算 LED 路灯的闪亮面积,并计算闪亮面积内的平均亮度和最大亮度值。

6.6 颜色特性测量

6.6.1 用分布光谱辐射计测量 LED 路灯的色度特性

在测光暗室中,用 5.2.10 所规定的分布光谱辐射计测量 LED 路灯色度特性。

将被测 LED 路灯夹持在分布光谱辐射计上,使 LED 路灯处于规定的点燃状态,LED 路灯的发光中心处于分布光谱辐射计的旋转中心。

在足够多的发光平面上以足够小的角度间隔测量每一方向上 LED 路灯的相对光谱功率分布,平面间角度间隔一般为 10° ,平面内的角度间隔一般为 5° ,当被测 LED 路灯尺寸较大或光束角较窄时,应采用更小的平面间隔和角度步距。根据测得的空间光谱功率分布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 15-2004 推荐的方法。

6.6.2 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,可采用如下步骤测量平均颜色:

用光谱辐射通量标准灯对积分球光谱辐射计定标后测量 LED 路灯的光谱功率分布,即可计算出被测 LED 路灯的平均颜色参数。

6.6.3 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,按定义计算平均颜色不均匀性和最大颜色不均匀性的量值。

6.7 光通量温度特性曲线测量

光通量温度特性测量可用相对测量法,将被测 LED 路灯按其标准测量姿态点燃于可控温恒温试验箱中,LED 路灯工作在额定电压或额定电压范围的最大值下。控制恒温箱的温度,使箱内温度从允许环境温度范围的最低温度开始上升,每隔 5℃测量 LED 路灯的相对光通量变化,且测量时应保证 LED 路灯已经在该温度下稳定至少 15 分钟。光通量测量以 25℃温度点为 100%,仅记录光通量在不同温度下的相对变化值即可。如无特别规定,试验的最高温度达到 LED 路灯最高允许环境温度即可。

6.8 最高允许环境温度测试

将被测 LED 路灯按其标准测量姿态点燃于可控温恒温试验箱中,在 LED 路灯制造商标称的最高允许环境温度下点燃 100 小时,被测 LED 路灯的各组件应无机械损伤,试验后回到 25℃条件下 LED 路灯光通量输出仍应高于额定值的 95%且不得出现任意一颗 LED 异常的情形。否则,选择新的样品,在每降低 5℃温度条件后重复上述试验,直至满足条件为止,满足条件的温度为该 LED 路灯最高允许环境温度。

6.9 高低温循环特性测试

将被测 LED 路灯按其标准测量姿态点燃于可控温恒温试验箱中,LED 路灯工作在额定电压或额定电压范围的最大值下。控制恒温箱的温度,使箱内温度从室温上升至 50℃,保持 16 个小时后降温至-5℃,保持 16 小时,再升至室温,温度变化速率为 0.5℃/min~1℃/min。进行上述两次循环后,被测 LED 路灯的各组件应无机械损伤,试验后回到 25℃条件下 LED 路灯的光通量输出应高于额定值的 95%且不得出现任意一颗 LED 异常的情形。

6.10 发光维持特性测量

发光维持特性的测量包括光通维持率和颜色漂移的测量。

在规定条件下老炼 LED 路灯,直到老炼时间至少达到 6000 小时,从 0 小时开始至少每隔 1000 小时测量 LED 路灯的总光通量和色度参数,1000 小时后某时间点测得的参数与 1000 小时的参数之比,得到被测 LED 路灯的发光维持特性。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,颜色漂移可用 CIE 1976 坐标(u' , v')的差值来表示。

建议 LED 路灯持续工作,以消除在开关调制过程中可能带来的影响因素。在老炼过程中,应观察或自动监控 LED 路灯是否失效,对于若出现失效现象,应调查该现象是否确实是 LED 路灯的失效,而不是由辅助器件或夹具等外界因素引起的。

6.11 开关特性测试

在规定的工作条件下,以 30 秒开和 30 秒关为一次开关循环,连续进行规定次数的开关循环试验后,被测 LED 路灯应能正常工作。

附录 A
(资料性附录 Informative annex)
分布光度计的基本类型与原理
Basic types and principles of goniophotometers

A.1 测量LED路灯总光通量的基准分布光度计

测量总光通量的基准分布光度计是以照度积分法实现测量的，其原理表达式为：

$$\Phi = \int_{(S)} E \cdot dS \tag{8}$$

式中，E 为包围被测 LED 产品的虚拟球表面的照度，S 为虚拟球面积。多数发达国家的国家计量实验室用照度积分法建立总光通量国家基准：用国家光强基准灯把量值传递到分布光度计的光度探测器上，再用此光度探测器测量以被测标准灯为中心的虚拟球表面上的照度分布，并用数值积分的方法计算出被测标准灯总光通量。本方法可以达到很高的总光通量测量精度。

CIE 84-1989 对照度积分法及其分布光度计作了明确的要求：被测光源无需严格位于虚拟球的中心，且对光源到光度探测器间的最小测量距离没有严格规定，只要满足光度探测器绕被测光源旋转的机械尺寸即可，但应注意在测量距离较近时，光度探测器应具有较好的余弦校正。详细内容可参见 CIE 84-1989 技术文件的“5 calculation of luminous flux from the illuminance”。

本推荐性技术规范以照度积分法为 LED 路灯总光通量的基准测量方法，相应的分布光度计为基准分布光度计，建议国家级实验室和质检机构使用基准分布光度计实现 LED 路灯的总光通量测量。

CIE 84-1989 推荐的测量总光通量的基准分布光度计原理示意图和典型结构示意图如图 5 所示。基准分布光度计应能使被测 LED 路灯按标准测量姿态燃点，并尽量使其光度中心接近于分布光度计的旋转中心，被测 LED 路灯在光度取样中保持静止状态；基准分布光度计的光度探测器应正面对被测 LED 路灯，直接接收来自被测 LED 路灯的光束。

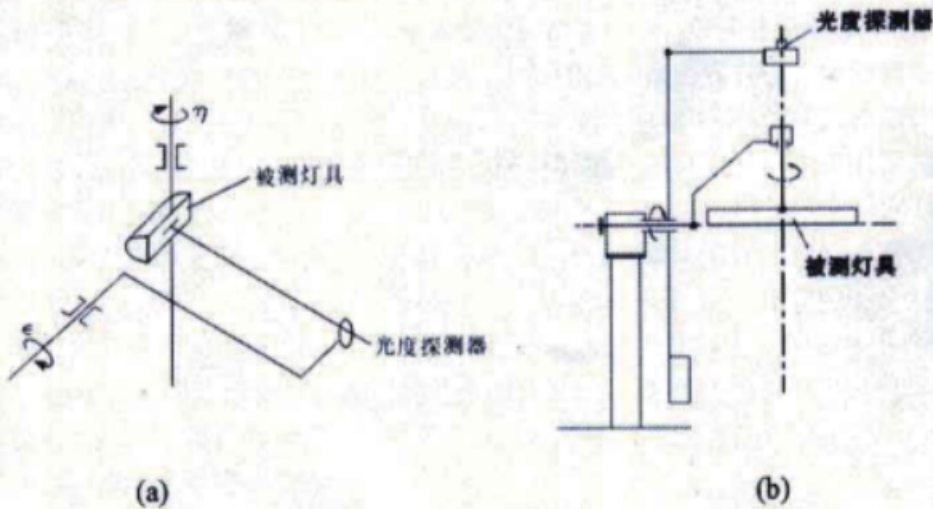


图5 CIE 84 推荐的测量光通量的基准分布光度计原理(a)和结构(b)示意图

测量总光通量的基准分布光度计还能够以很高的精度实现小尺寸光源的光强分布测量；然而由于该基准分布光度计不可能实现测量大尺寸光源光强分布所要求的测量距离（见 A.2），因此大尺寸光源或

灯具的光强分布测量应采用 A.2 条中所述的其它类型的分布光度计来实现。

A.2 测量LED路灯光强分布特性的分布光度计

分布光度计的光强测量一般通过距离平方反比公式计算得到：

$$I(\theta, \varphi) = d^2 \cdot E(\theta, \varphi) \quad (9)$$

式中， $I(\theta, \varphi)$ 为 (θ, φ) 方向上光源的发光强度，单位：cd； d 为测量距离，单位为 m； (θ, φ) 为空间角度。

上式成立的条件是测量距离足够大，能把被测光源近似地看作点光源。满足这一要求的 LED 路灯光强分布的测量距离应不小于发光口面最大尺寸的 10 倍，通常在 10 米—20 米之间。测量距离并非越长越好，需要综合考虑光度计的探测能力，光度计在最大光强处的读数应至少具有四位有效数字。

对于 LED 路灯光强分布测量现有以下的几种分布光度计可供选择，它们主要的性能如下：

A.2.1 灯具旋转式分布光度计

灯具旋转式分布光度计使被测光源绕其水平轴和垂直轴旋转而保持光度探测器静止，如图 6 所示为典型的灯具旋转式分布光度计。

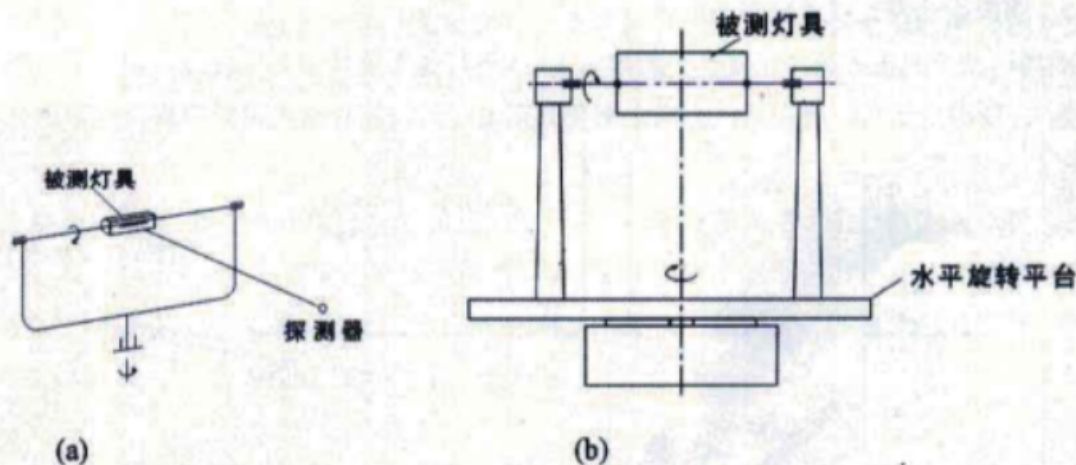


图6 典型灯具旋转式分布光度计原理(a)和转台结构(b)示意图

该系统的优点在于自身结构简单，稳定性高且造价不高。

但在该系统中，被测光源在测量中始终处于运动状态，尤其是绕水平轴的翻转容易造成热平衡的打破，使 LED 路灯的发光不稳定，从而影响总体测量精度。因此使用该类分布光度计，应特别注意对被测 LED 路灯测量结果的修正。

然而，如被测 LED 路灯对温度不敏感，则该类分布光度计可以实现对 LED 路灯的光强和光通量的高精度测量。

A.2.2 双镜式分布光度计

双镜式分布光度计中的被测 LED 路灯处于旋转中心，仅绕其垂直轴旋转，旋转反光镜绕被测 LED 路灯旋转，将 LED 路灯在某一方向上测量光束反射到远处的第二反光镜上，并通过第二反光镜反射到探测器中。

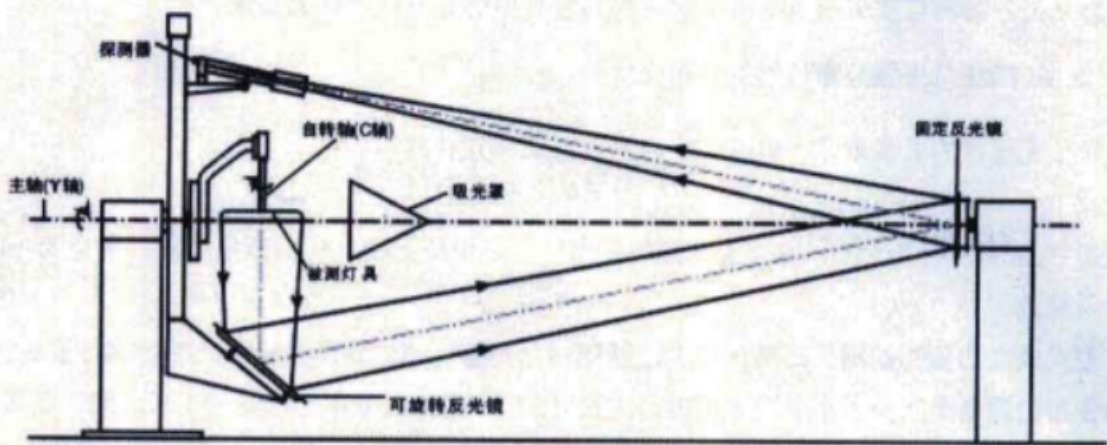


图7 双镜分布光度计示意图

双镜式分布光度计中，被测 LED 路灯在光度取样测量中保持静止的规定燃点姿态，发光稳定性高。该系统的优点在于被测 LED 路灯和分布光度计系统均稳定，而且系统占用的空间较小。系统要求使用高质量的反射镜。

A. 2. 3 圆周运动反光镜式分布光度计

圆周运动反光镜式分布光度计中的被测 LED 路灯处于旋转中心，仅绕其自身垂直轴旋转。反光镜绕被测 LED 路灯旋转，将在某一方向上测量光束反射到与旋转反光镜同步旋转的带遮光筒探测器中。

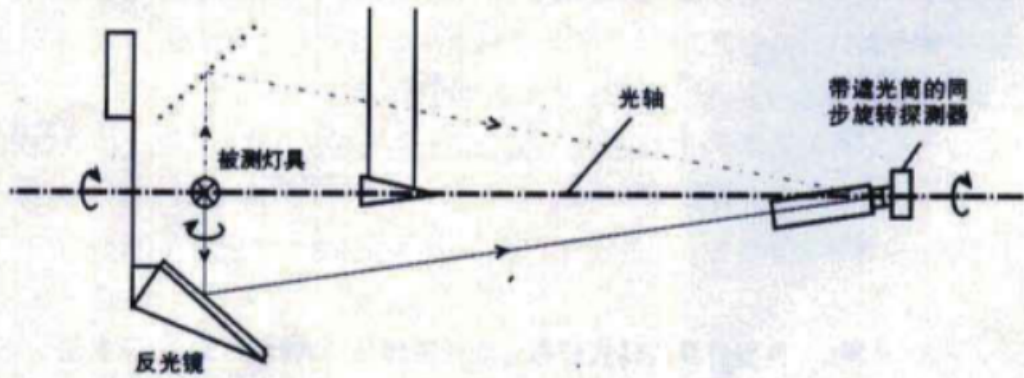


图8 圆周运动反光镜式光度计示意图

该系统中的被测 LED 路灯按标准测量姿态点燃，在光度取样测量中保持完全静止状态。该系统的优点是被测光源的发光稳定性高，但该系统相对于双镜分布光度计的缺点是在相同测量距离下，占用的空间相对较大。系统要求使用高质量的反射镜。

该系统的简易设计是将带长消光筒的同步旋转探测器改为固定的探测器(探测器和其前端遮光筒均固定不动)，这样的简易安排导致的后果是探测器开口较大，而容易引入较多的杂散光和信号光束不能垂直入射到探测器上，因此而造成测量精度下降。

A. 2. 4 中心旋转反光镜式分布光度计

中心旋转反光镜式分布光度计也是一款以往比较常用的转镜式分布光度计，系统中的反光镜绕水平主轴旋转，而由灯臂夹持的被测光源绕反光镜转动，同时灯臂向相反方向绕辅助轴同步旋转，以保持被测光源的燃点姿态不变，被测光源绕自身垂直轴转动。测量中反光镜将被测光源的光束反射到与主轴同轴的光度探测器上。系统要求使用高质量的反射镜。

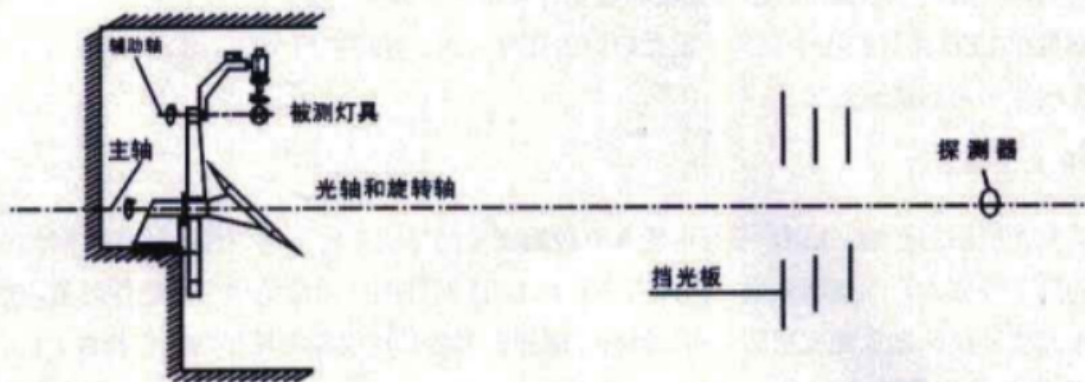


图9 中心旋转反光镜式分布光度计示意图

在该系统中，被测 LED 路灯能始终保持标准测量姿态。

然而由于 LED 路灯需在较大空间范围内运动，被测 LED 路灯的发光稳定性不及前两种分布光度计系统：由运动产生的气流使 LED 路灯表面温度发生变化；在暗室中存在的上下部温差会导致 LED 路灯始终处于一个交变的环境温度。

另外该系统要实现被测 LED 路灯向上夹持的燃点姿态，转台部分需要占用更高的转动空间。在测量中由于 LED 路灯始终处于大范围运动状态，测量速度相对要慢得多，否则会明显影响测量精度。

A.3 近场分布光度计

为节约空间，国际上新近对近场分布光度计十分关注，近场分布光度计由分布光度计和成像亮度计组成，成像亮度计替代分布光度计中的光度探测器，如图 10 所示。成像亮度计采用二维光学接收元件（如 CCD），一次取样可以实现被测光源发光口面内各点的亮度值的测量。近场分布光度计中的成像亮度计面对被测 LED 路灯，直接接收 LED 路灯的光线束。

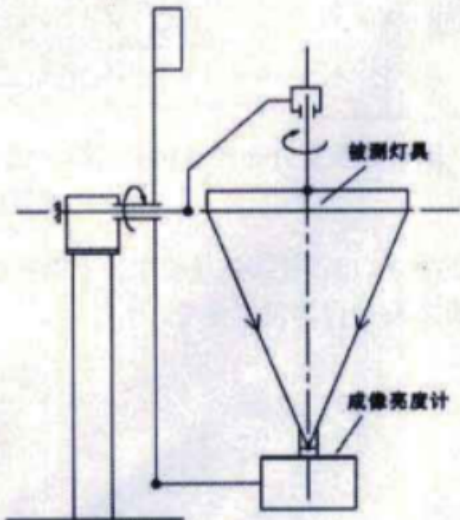


图10 典型近场分布光度计示意图

近场分布光度计的基本原理是测量被测 LED 路灯的发光口面在空间各个方向的亮度值，通过光线追踪的方法准确地计算出 LED 路灯的每一个空间面的照度分布和空间光强分布等重要参数。

同时对于 LED 路灯而言，亮度和可能造成的眩光是极为重要的指标，但由于其发光口面内亮度分

布很不均匀，反射面形状复杂，给其亮度和眩光评价带来了很大困难。使用近场分布光度计能够直观、精确地测量出 LED 路灯在各个视角下发光口面的亮度分布，并可以更全面、准确、直观地评估 LED 路灯的亮度性能和可能造成的眩光。

A.4 分布光谱辐射计

受其发光机制的影响，LED 路灯可能具有较为明显的空间光色不均匀性，即在不同的视角上表现出不同的颜色特征，影响照明效果，因此有必要对 LED 路灯的空间颜色均匀性进行测量。然而由于传统的分布光度计仅能测量光度空间分布，而积分球光谱辐射计也仅能测量平均颜色特性，它们已经不能满足 LED 路灯的测量要求。

分布光谱辐射计由分布光度计和高精度阵列式光谱辐射计组成，使用高精度阵列式光谱辐射计替代分布光度计中的光度探测器，图 11 为典型的分布光谱辐射计示意图。被测 LED 路灯位于分布光谱辐射计的旋转中心，LED 路灯仅绕其自身垂直轴旋转以切换测量平面，在取样测量中保持完全静止状态。分布光谱辐射计中的光谱辐射计在各个方向上直接接收来自被测 LED 路灯的光束。

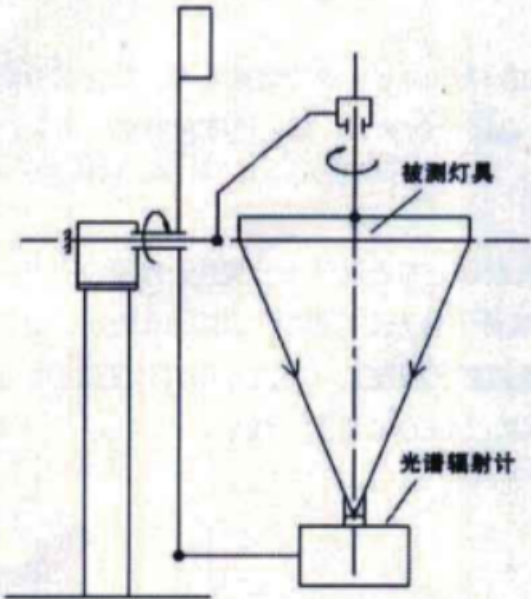


图11 典型分布光谱辐射计示意图

随着科技的进步，仪器科学的发展以及对LED测量要求的不断提高，很可能会出现其它类型的性能更为优越的分布光度计系统。因此本部分内容仅供参考。