

基于成像亮度计的路面亮度测试方法研究

李本亮¹ 李耀权¹ 沈欢² 周光明²

(1 广东东莞质量监督检测中心/国家半导体光源产品质量监督检测中心 东莞 523808

2 柯尼卡美能达(中国)投资有限公司)

摘要:本文介绍了 CIE 及国家标准对路面亮度的测试要求,随着测试技术的进步,成像亮度计的测试精度逐渐提高,使用成像亮度计进行亮度测试的新方法成为可能,本文通过试验给出了成像亮度计和点式亮度计的测试比较。

关键词: 成像亮度计, 路面亮度, 测试方法

中图分类号: O432.2 **文献标识码:** A

1 引言

随着 LED 路灯的推广普及,大量的新装 LED 路灯的路面需要进行路面性能测试。根据现行道路照明设计标准 CJJ45-2006,衡量路面照明质量性能指标包括路面平均亮度、路面亮度总均匀度、路面亮度纵向均匀度、路面平均照度、路面照度均匀度、路面维持平均亮度(照度)、眩光阈值增量最大值、环境比等。由于测试方法的复杂性,大多数 LED 路灯路面性能测试以照度指标为主要内容,亮度性能测试的研究较少,按照标准方法进行测试对 LED 路灯来进行路面亮度测试的就更少。

路面亮度是评价路面照明质量的重要参数之一,CJJ45-2006 标准中路面亮度测试按照国际照明委员会(简称 CIE)有关规定在路面上预先设定的点上测得各点亮度的值,并以此为基础计算路面平均亮度、路面亮度总均匀度、路面亮度纵向均匀度。由于亮度测试过程中对测试的环境要求比较高,路面行驶的车辆会对 LED 路灯的路面亮度测试造成较大的影响,因此测试需要封路进行,由于 CIE 要求路面的测试点布置较多,达到 30 点每测试段,因此测试一段 4 车道的路面,需要测试时间近 1 小时,因此,进行路面亮度测试会对

道路正常交通造成较大的阻碍。

为解决路面亮度测试面临的问题,东莞质检中心按照 CIE 的相关标准要求,建设了户外 LED 路灯测试场,通过测试场的建设达到了 LED 路灯的路面照明质量测试的“统一测试环境,统一测试设备,统一测试方法”的三个统一。

本文通过与柯尼卡美能达合作,研究如何基于成像亮度计进行路面亮度相关性能的测试,并给出了试验测试结果。本文的研究为 LED 路灯的路面亮度测试提出了新的思路,为 LED 路灯的照明质量测试的标准研究提供了试验数据。

2 路面亮度测试方法概述

2.1 CIE 路面亮度测试方法

根据 CIE140 道路照明计算方法的规定,道路亮度测试的布点方式如图 1 所示:

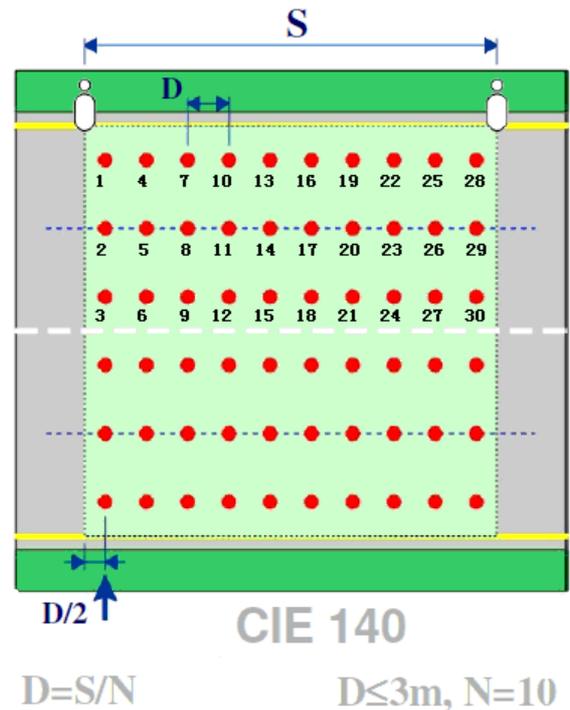


图 1. 路面亮度测试的布点位置

其中,S 为两盏路灯的间距,N 为布点的排数,D 为测试点之间的距离,布点的测试位置编号为 1-30,详见图 1,测试者的位置如图 2 所示。

本文为广东省战略性新兴产业发展专项资金资助的重大项目(项目编号:2010A081001002)。

李本亮:博士,研究方向为测试计量技术与仪器;李耀权:助理工程师,研究方向为检测技术与标准化研究。

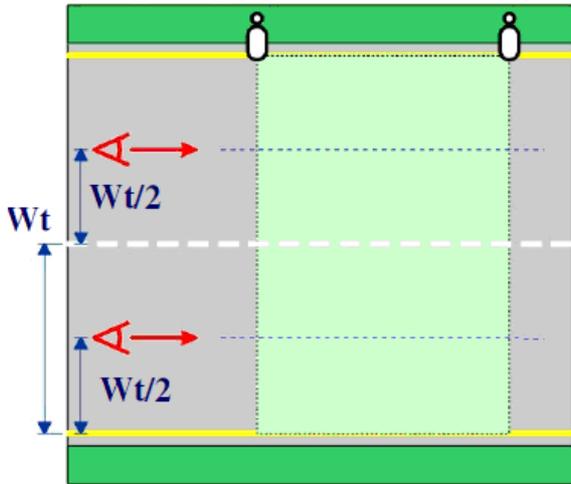


图 2. 路面亮度测试的观察者位置

其中, Wt 为路宽, 测试点距离被测路段的距离为 60 米, 如图 3 所示:

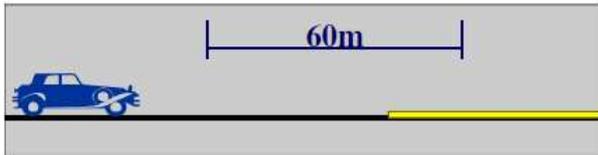


图 3. 路面亮度测试观察者距离测试路段的距离

3. 路面亮度测试研究

本文在东莞质检中心路灯户外测试场按照 CIE140 规定的测试方法, 分别用点式亮度计和成像亮度计对路面亮度相关指标进行测试, 测试环境如图 5 所示, 测试在晚上 20 点进行, 背景照度 $<0.12 \text{ Lx}$ 。



图 4. 路灯户外测试场

3.1 点式亮度计测试

在实验中, 我们按 CIE140 道路照明计算方法, 用点式分光辐射亮度计 CS-2000A(在 0.1 度测量角设置下, 保证精度的最低测量亮度为 0.05 cd/m^2 , 远低于路面最低亮度 0.5 cd/m^2) 测量 60 米外的亮度分布, 仪器被设置于 1.5 米的高度, 用标准镜头, 选择 0.1 度测量角进行测量, 亮度计测量速度设置为 Fast。

本文在路灯户外测试现场布置两盏 LED 路灯, 间距 30 米, 灯杆高度为 12 米, 测试单车道的亮度相关指标。

我们按照 CIE140 道路照明计算方法, 在距离仪器 60 米外的路面, 取 30 米长的单车道为评估区域, 按纵轴方向每隔 3 米布一个点, 共设 3 条纵轴, 评估区域里共 30 个样点。在测量时, 以 CS-2000A 按横向从左到右, 由近至远, 呈 Z 字形顺序瞄点。如图 4 所示:

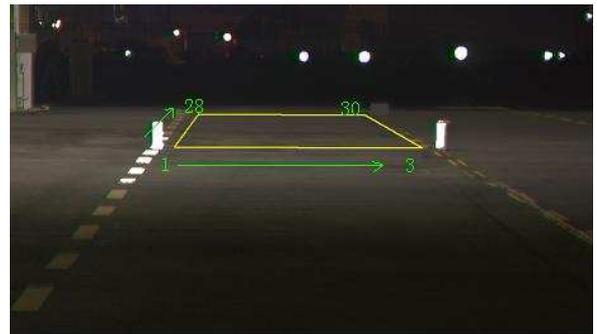


图 4. 样点分布方法及瞄点顺序

我们通过点式亮度计的目镜观察, 需把测量区域完全覆盖所观察的样点, 则读出数据为该样点的平均亮度值。用分光辐射亮度计 CS-2000A 读取了 30 个样点的亮度值后, 我们可以对这些样点所在的区域进行亮度指标的评估。

但需注意的是, 点与点间的位置, 此时并没有列入我们的取点范围, 在间隔的区域并没有相应的亮度数据。客观的环境因素(如沥青分布的均匀度和路面积水等), 都有可能对路面不同点的反射亮度造成影响, 所以测得样点的亮度数据适合做亮度均匀性的分析。

分光辐射亮度计 CS-2000A 测得 30 个点的亮度值如表 1 所示:

表 1: 按照 CIE140 布点测试的亮度值

测试点位置	亮度值 (cd/m ²)	测试点位置	亮度值 (cd/m ²)	测试点位置	亮度值 (cd/m ²)
1	1.46	2	1.48	3	1.48
4	1.47	5	1.2	6	1.52
7	1.28	8	1.11	9	1.12
10	1.26	11	1.05	12	1.09
13	1.16	14	1.00	15	0.96
16	1.19	17	1.02	18	0.93
19	1.19	20	1.02	21	0.93
22	1.10	23	0.92	24	0.86
25	1.08	26	0.92	27	0.83
28	0.97	29	0.88	30	0.81

从表 1 的测试结果, 可计算得出路面的亮度平均值为 1.11cd/m², 路面亮度均匀度为 0.74, 路面亮度纵向均匀度 0.59。

3.2 成像亮度计测试

与点式亮度计相比, 成像亮度计在测量时可以提高效率, 操作人员可通过拍摄路面的图片, 对路面各点的亮度参数分析, 操作更简易, 实用性更高。

本文实验中, 我们用柯尼卡美能达的二维色彩亮度计 CA-2000(保证精度的最低测量亮度为 0.1cd/m², 远低于路面最低亮度 0.5 cd/m²) 测量路面。CA-2000 百万像素 CCD, 高分辨率显示的特点, 可帮助操作人员清晰地拍下路面图片, 通过图片可以观察到路面每个像素点的亮度参数。



图 5. 用二维色彩亮度计 CA-2000 测路面场景

二维色彩亮度计 CA-2000 的设置为: 配长焦镜头, 设置 980×980 分辨率, 搭配三脚支架, 置于同样的高度和位置进行测量。(其它相关设置不做详细介绍)

用 CA-2000 对 60 米外的路面进行 3 次测量, 在软件中分析选择区域的亮度变化。通过软件选取需要了解的区域, 并由软件直接得出该区域的亮度平均值、最大值、最小值。

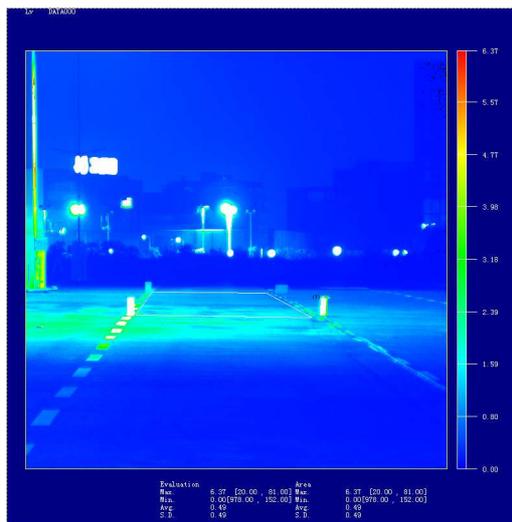


图 6: 测试指定区域内的亮度参数

在同等条件下, 我们取 3 次的测量数据分析, 然后以亮度的最小值和平均值计算出选择区域的亮度均匀性。结果分析如表 2 所示:

表 2: 使用成像亮度计测试结果

测试内容	测试 1	测试 2	测试 3
亮度平均值(cd/m ²)	1.23	1.22	1.19
亮度最大值(cd/m ²)	3.67	3.90	3.48
亮度最小值(cd/m ²)	0.58	0.58	0.60
总均匀度	0.47	0.48	0.50

根据成像亮度计 CA-2000 的测量结果, 3 次测量选择区域的亮度纵向均匀度数据一致性很好, 从测试结果可以计算得出使用成像亮度计测试的路面的亮度平均值为 1.21cd/m², 路面亮度均匀度为 0.48。

为测试路面的纵向均匀度, 在测试路面的成像效果图上, 按照标准要求取指定路段的测试路中间的纵向亮度最小值比最大值, 测试效果如图 7 所示:

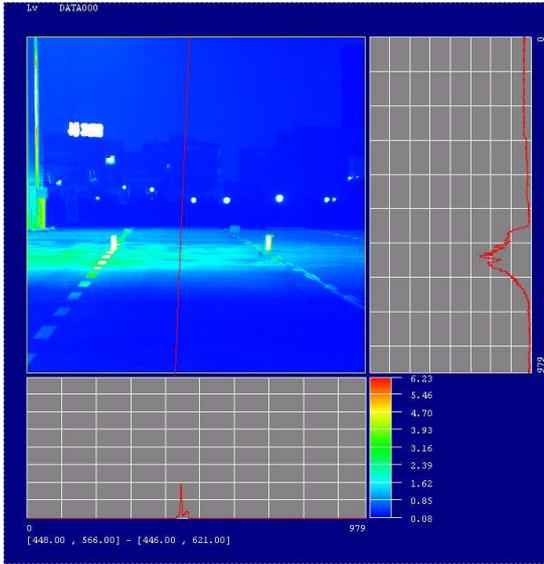
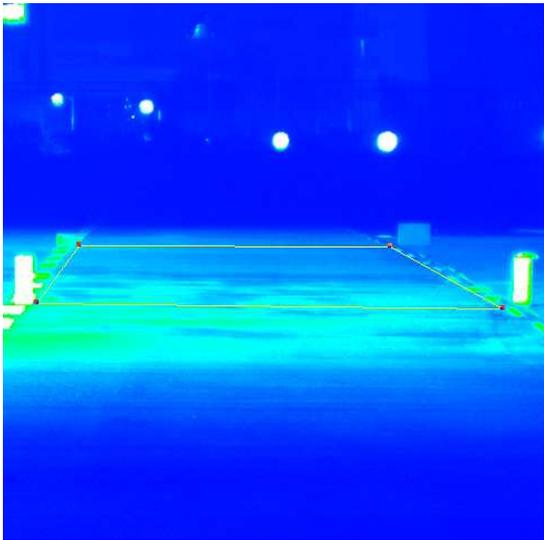


图 7: 测试指定区域内的纵向均匀度

如图 8 所示, 正方形框选区域为指定测量区域, 我们通过伪彩色显示图(用颜色表示不同亮度区间)进行分析, 可以更直观的看出该区域的亮度分布, 深蓝色是亮度较低的区域, 浅蓝色是亮度较高的区域, 绿色则是该区域最高亮度的区域。



三次测试的路面亮度纵向均匀度测试结果如表 3 所示:

表 3 路面亮度纵向均匀度测试结果

测试内容	测试 1	测试 2	测试 3
亮度最小值(cd/m^2)	0.90	0.87	0.88
亮度最大值(cd/m^2)	1.52	1.48	1.49
亮度纵向均匀度	0.59	0.59	0.59

4. 测试结果分析

在亮度测试的点式亮度测试的基础上与成像亮度计的性能对比研究。从上述测试同一幅路面, 使用点式亮度计测试和成像亮度计的亮度参数比较结果如表 4 所示:

表 4 点式亮度计和成像亮度计测试结果对比

测试内容	点式亮度计	成像亮度计
亮度纵向均匀度	0.59	0.59
亮度均匀度	0.74	0.48
亮度平均值(cd/m^2)	1.21	1.11

从表 4 可以看出, 使用成像亮度计测试的路面平均亮度值比使用点式亮度计测试的平均亮度值低 8.26%。这主要是测试方法的差异造成, 成像亮度计测试的采样区域是整个测试路面, 而点式亮度计的测试是在路面上等距布点测试得到, 测试的采样点相对较少, 无法以较高的精度反应整个路面的平均亮度值。从测试的方法上的差异可以看出, 使用成像亮度计测试的结果理论上更准确。

从表 4 可以看出, 使用成像亮度计测试的路面亮度均匀度比使用点式亮度计测试的亮度均匀度值低 35.1%。这也是由于测试方法的差异造成的, 点式亮度计的取点很有规律, 所有测试点均是在一条直线上, 所以在使用点式亮度计的测试中, 没有测试到路面上亮度最小和最大的点, 造成了使用点式亮度计的测试结果明显高出使用成像亮度计的测试结果。

从表 4 可以看出, 使用成像亮度计测试的路面亮度纵向均匀度与使用点式亮度计测试的亮度纵向均匀度完全一致, 测试结果都是 0.59。是因为在测试纵向亮度均匀度的时候, 也在成像亮度计的一条纵向亮度直线上取点, 与点式亮度计的纵向布点方式非常接近。

从上述测试结果分析可以看出, 随着光学仪器的分辨率提高, 使用成像亮度计的测试结果已经完全能够达到点式亮度计的测试精度, 而且由于测试的速度快, 测试区域可调, 使得使用成像亮度计测试的路面亮度参数更加准确、快捷。

5. 结论及展望

本文研究了路面亮度的测试方法。实验结果表明使用成像亮度计可以更加方便快捷的测试路面亮度的相关参数，而且测试的结果从理论角度更加准确。在 GB/T 5700-2008 的 5.2.2 和 5.2.3 节的测试仪器要求中指出：

“在道路照明测量中只要求测平均亮度式，可采用积分亮度计；除测量平均亮度外，还要求得出亮度总均匀度和亮度纵向均匀度时，宜采用带望远镜头的光亮度计，其在垂直方向的视角应小于或等于 $2'$ ，在水平方向的视角应为 $2' \sim 20'$ 。”

“照明测量用亮度计的性能应满足以下条件：

- a) 相对示值误差绝对值： $\leq \pm 5\% (0.02)$ ；
- b) $V(\lambda)$ 匹配误差绝对值： $\leq 5.5\%$ ；
- c) 稳定度绝对值： $\leq 1.5\%$ ；
- d) 换挡误差绝对值： $\leq \pm 1.0\%$ ；
- e) 非线性误差绝对值： $\leq \pm 1.0\%$ ；”

上述的对亮度计的要求，成像亮度计均能满足。从测试结果可以看出，如果使用成像亮度计作为测试路面亮度的仪器，相应的路面亮度的参数值要有所调整，尤其是路面的亮度总均匀度参数。综上所述，本文通过使用不同的亮度计进行路面亮度参数的测试方法研究，为路面亮度测试标准的改进提供了新的思路。

参考文献：

- [1] CIE 140 ROAD LIGHTING CALCULATIONS
- [2] CJJ45-2006 道路照明计算方法
- [3] GB/T 5700-2008 照明测量方法