

光污染的测量方法

征 汶

(盐城市丰登电子仪器有限公司, 江苏 盐城 224002)

摘要: 依据《室外照明干扰光测量规范》(GB/T 38439—2019), 主要介绍了光污染对住宅小区、行人、机动车驾驶员的危害, 以及 LED 屏、广告牌及媒体立面墙的光污染类型, 并介绍了自主研发的光污染检测系统的测量原理、测量方法, 为城市照明管理部门和环保部门提供了一套便捷、可靠的测量方法, 为有效控制和消除光污染提供技术、设备支撑。

关键词: 室外照明; 光污染; 照明检测; 平均照度; 平均亮度; 发光强度

Measurement Method of Light Pollution

Zheng Wen

(Yancheng Fengdeng Electronic Instrument Co., Ltd., Yancheng 224002, Jiangsu, P. R. China)

Abstract: According to the requirements of GB/T 38439 - 2019 code for light measurement of outdoor lighting interference, this paper mainly introduces the harm of light pollution to residential areas, pedestrians and motor vehicle drivers, as well as the types of light pollution of LED screens, billboards and media facade walls. At the same time, the measurement principle and method of the self-developed light pollution detection system are introduced, which provides a set of convenient and reliable measurement methods for urban lighting management departments and environmental protection departments, and provides technical and equipment support for effective control and elimination of light pollution.

Keywords: outdoor lighting; light pollution; lighting detection; average illuminance; average brightness; luminous intensity

室外照明一方面满足了夜间行车安全、工作、娱乐、美化装饰、广告显示的需求, 另一方面也可能对周边小区居民、行人、行车人员产生干扰光影响, 即光污染。光污染是继大气污染、水污染、噪声污染之后的一种新的污染源, 主要包括白亮污染、人工白昼污染和彩光污染。光污染正在威胁人们的健康和出行安全, 因此, 为更好地美化城市, 合理布置光源, 需要加强对广告牌、LED 显示屏等管理。中国也发布了《室外照明干扰光测量规范》(GB/T 38439—2019) 等相关标准, 为室外照明干扰光的测量制定了标准和方向^[1]。

1 光污染的危害

当道路照明或广告照明设备安装不合理时, 会对居住区的居民视觉产生影响, 使人们产生不舒适感, 从而影响居民正常休息和身心健康, 也会对附近的行人产生干扰, 导致降低或完全丧失正常的视觉功能。这不仅影响行人对周围环境的认知, 也增加了犯罪或交通事故的发生概率。同时, 各种交通线路上的非照明设备或附近的体育场和商业照明设备发出的光线都会对车辆的驾驶者产生影响, 降低交通的安全性^[2], 如图 1 所示。

收稿日期: 2021-07-15

作者简介: 征汶 (1990-), 男, 盐城市丰登电子仪器有限公司助理工程师, 主要从事道路照明检测技术研究。

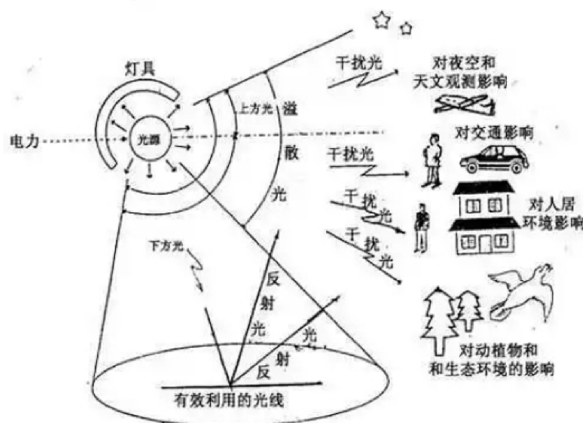


图 1 光污染的危害

2 光污染的测量原理

为科学测量光污染,研制光污染检测系统,并按照国家标准的相关要求,确定视场方向和测量区域。根据相机成像系统的物象关系,空间物体 $F(\theta, \varphi)$ 的坐标信息与传感器芯片上的位置 $f(x, y)$ 一一对应。通过对测量主机进行空间位置的标定获取每个像素对应的空间角度信息 (θ, φ) 。根据 $d\Omega(x, y) = d\theta \cdot d\varphi \cdot \sin\theta$ 得到每个像素对应的空间立体角 Ω , 如图 2 所示。根据图片像素的大小,运用软件计算出发光面积的亮度及光强等技术参数^[3]。

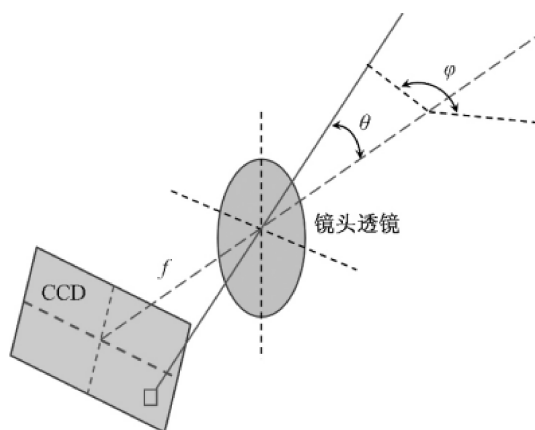


图 2 亮度和空间位置信息标定示意图

3 光污染测试系统

3.1 仪器主要组成模块

光污染检测系统主要由亮度检测模块、照度检测

模块、光强度检测模块、激光测距模块等功能模块组成,通过 USB 数据接口与计算机连接。仪器实物如图 3 所示。



图 3 仪器实物图

3.2 主要技术参数

- 1) 亮度分辨率 $> 2\,736 \times 1\,824$;
- 2) 系统动态范围: $3\,200 : 1$;
- 3) 发光强度范围: $0 \sim 50\,000\text{ cd}$;
- 4) 亮度范围: $0.05 \sim 48\text{ 万 cd/m}^2$;
- 5) 测量精度: $\pm 3\%$ (标准 A 光源);
- 6) 亮度重复性: 0.1% (A 光源);
- 7) 照度范围: $0 \sim 200\text{ lx}$;
- 8) 照度精度: $\pm 5\%$;
- 9) 距离测量范围: $0 \sim 150\text{ m}$;
- 10) 距离测量精度: $\pm 1.5\text{ mm} / \pm 0.2^\circ$ (斜度)

3.3 测试条件

- 1) 测量应在排除天然光影响,能见度良好,无雨雪,且被测面干燥的条件下进行。
- 2) 测量光路应无人为遮挡。
- 3) 测量时室外温度为 $-15 \sim 40^\circ\text{C}$, 低温或高温对电子产品都有一定的影响。

4 光污染测量方法

4.1 居住区干扰光的测量

居住区的干扰光限制应采用住宅建筑居室窗户外表面上的垂直面照度限值和照明灯具朝向居室窗户的发光强度限值 2 个主要指标进行综合评价。

4.1.1 居住建筑窗户外表面上的垂直照度测量方法

- 1) 测量时应打开窗户,测试人员举起仪器手柄,照度测量镜头与窗户呈垂直状态,移动至不同位置,同时将仪器放置在尽量靠近窗户的位置(见图 4)。

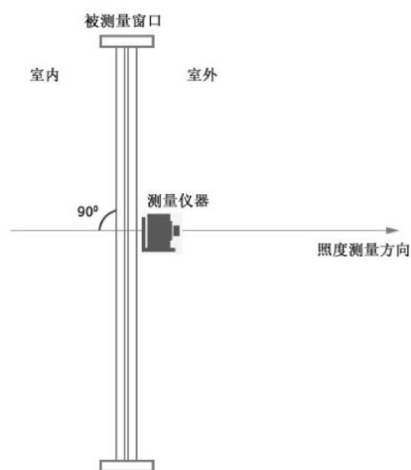


图 4 垂直照度测量示意图

2) 对受干扰光影响的居室窗户外表面垂直照度进行测量, 取其平均值。

3) 当窗面积小于 1 m^2 时, 测点不少于 6 个, 当窗面积大于或等于 1 m^2 时, 测点不少于 9 个, 应均匀布置。测量布点方法如图 5 所示。

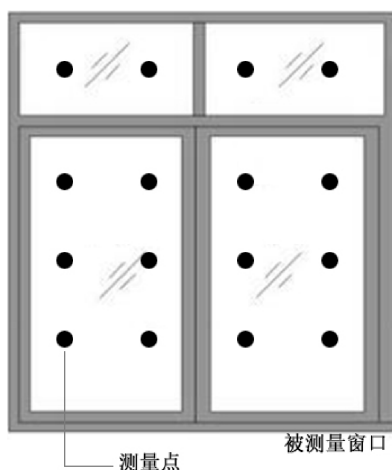


图 5 测量点示意图

4) 窗户外表面垂直照度平均值计算式为

$$E_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

式中: E_a 为平均垂直照度, lx; E_i 为第 i 个测量点的垂直照度, lx; n 为总测量点数。

4.1.2 住宅建筑居室窗户外表面上接受的干扰光源光强度的测量方法

在受干扰光影响的居室窗户处, 对产生干扰光的照明灯具的亮度、发光面面积和夹角进行测量。

测量方法: 通过光污染检测系统测量现场产生干扰光的照明灯具亮度 L 和发光面表面积 A , 并通过激光测距仪现场测量得出 $\cos\theta$, θ 为发光面法线方向与

观察者视线的夹角。

数据处理: 按公式计算灯具发光强度。

$$I = LA \cos\theta$$

式中: I 为灯具发光强度, cd; L 为测量亮度值, cd/m^2 ; A 为发光面表面积, m^2 (由软件自动处理生成); θ 为发光面法线方向与观察者视线的夹角, 单位为度, ($^\circ$)。

测量方法示意图如图 6 所示。

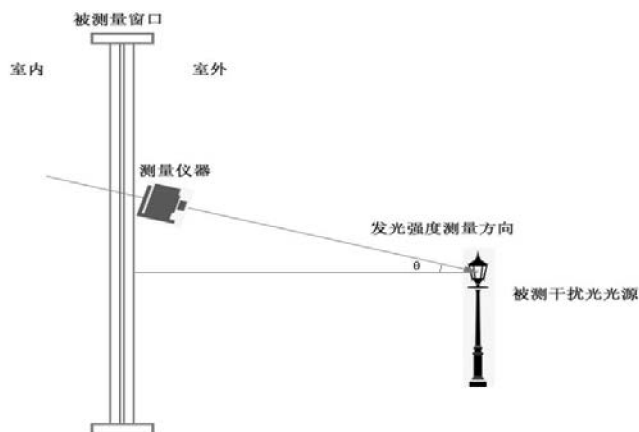


图 6 发光强度测量示意图

固定好测量位置后, 在软件中点击按钮“垂直照度测量”, 打开如图 7 所示界面, 填入“光源距离”, 点击“干扰光分析”按钮, 得到最后结果。



图 7 发光强度测试界面

4.2 人行道路干扰光的测量

人行道路干扰光的测量应包含对人行道路照明灯具的最大平均亮度和指定方向的出光面积的测量。

测量方法: 采用光污染检测系统在距离灯具 100 m, 离地高度 1.7 m 处测量产生干扰光灯具的最大平均亮度 L , 测量并计算灯具在该方向上的出光面积 A 。

数据处理：按公式计算人行道路干扰光限值。

$$M = L \times A^{0.5}$$

式中： M 为灯具对行人的干扰光； L 为灯具在对行人干扰范围内的最大平均亮度， cd/m^2 ； A 为灯具在与行人方向的出光面积， m^2 ，由软件自动处理生成。

测量方法如图 8 所示。

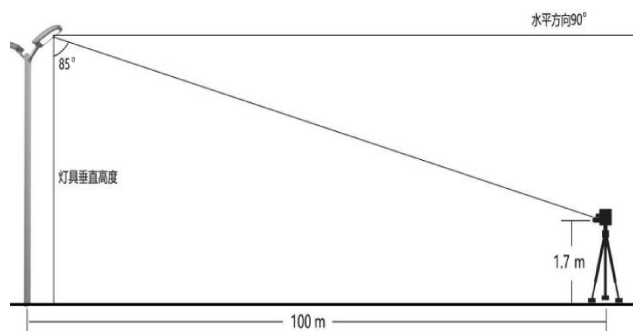


图 8 人行道路干扰光的测量示意图

确定测量位置后，点击菜单栏中“测量”拍摄出亮度图，用伪彩尺度栏中伪彩设定，让被测目标清晰显示出来，框选被测目标。填入“光源距离”，点击“干扰光分析”按钮，得到最后结果，如图 9 所示。



图 9 人行道路干扰光测试界面

4.3 道路交通干扰光的测量

道路交通干扰光的测量应对机动车驾驶员产生眩光的阈值增量进行测量。

测量对象：对机动车驾驶员造成光干扰的非道路照明设施（即扣除用于道路照明的路灯光源）。如路边广告牌、LED 屏、媒体立面墙等。

测量位置：观测点距离道路右侧路缘 1/4 道路宽

度处，观测点高度为路面上方 1.5 m，水平观察视线与道路轴线平行；垂直观察视线应在软件取景界面中，取景梯形框上沿对准路面 160 m 位置，取景梯形框上沿对准路面 60 m 位置，如图 10 所示。



图 10 道路交通干扰光的测量示意图

测量方法：放好测量机位后，进行现场被测目标相机镜头瞄准、调焦、曝光设置，保存自动曝光设置值。点击菜单栏中“高动态测量”，拍摄出亮度图，用伪彩尺度栏中伪彩设定，让被测目标清晰显示出来。点击“道路交通干扰光测量”按钮，框选出非道路照明光源，选好后，点击“干扰光分析”按钮，得到最后结果，如图 11 所示。



图 11 道路交通干扰光的测量界面

4.4 广告、标识照明干扰光的测量

广告或标识照明干扰光测量应对产生干扰光的广

告或标识表面的平均亮度进行测量。

测量位置：在广告、标识照明产生干扰的位置，对其进行测量。

测量方法：将广告、标识的整个表面划分成矩形网格，测量每个矩形网格中心点的亮度，取其平均值为平均亮度，根据广告面积大小确定测点数量， 2 m^2 及以下的面积不少于 6 个测点， 2 m^2 以上的面积不少于 9 个测点。放好测量机位后，进行现场被测目标相机镜头瞄准、调焦、曝光设置，保存自动曝光设置值。被测目标要完整呈现在成像画面中，便于检测。打开软件，点击菜单栏中“单次测量”，框选被测目标。点击“确定”按钮，得到最后结果，如图 12 所示。



图 12 广告、标识照明干扰光的测量

4.5 LED 媒体墙干扰光的测量

LED 媒体墙的干扰光测量应对产生干扰光的媒体墙表面的平均亮度和最大亮度进行测量。

测量对象：在受干扰位置，对造成干扰的 LED 媒体墙进行测量，测量范围不包括待测立面上的非媒体立面区域。

测量方法及数据处理：放好测量机位后，进行现场被测目标相机镜头瞄准、调焦、曝光设置，保存自动曝光设置值。被测目标要完整呈现在成像画面中，便于检测。

确定位置后，打开软件点击菜单栏中“单次测量”，拍摄亮度图，伪彩尺度栏中伪彩设定，让被测目标清晰显示出来，框选被测目标。点击“媒体立面干扰光测量”按钮，先观察被测目标的图像变化间隔时间、变化周期等情况，根据情况设置“间隔时间”“测量时间”或“测量次数”，点击“开始测量”按钮，测量结束后，得到最后结果，如图 13 所示。

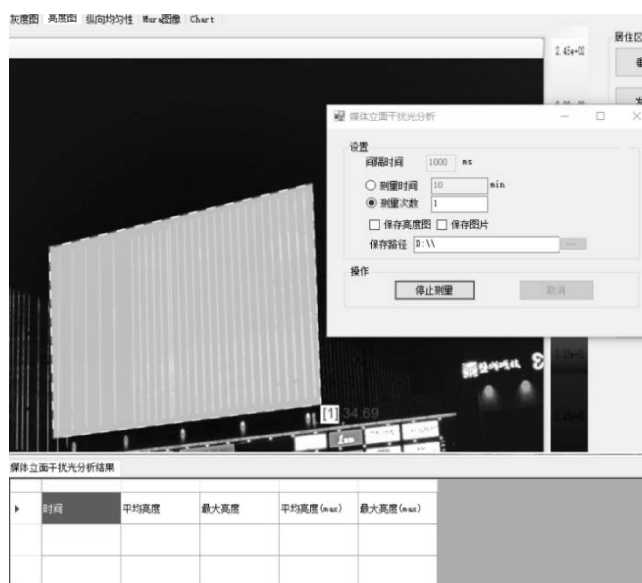


图 13 LED 媒体墙干扰光的测量界面

4.6 LED 显示屏干扰光的测量

LED 显示屏干扰光测量应对产生干扰光的 LED 显示屏表面的平均亮度进行测量。

测量对象：确定受干扰的位置，对产生干扰光的 LED 显示屏进行测量。

测量方法：放好测量机位后，进行现场被测目标相机镜头瞄准、调焦、曝光设置，保存自动曝光设置值。被测目标要完整呈现在成像画面中，便于检测。点击菜单栏中“单次测量”，拍摄亮度图，伪彩尺度栏中伪彩设定，让被测目标清晰显示，框选被测目标。点击“LED 显示屏干扰光测量”按钮，先观察被测目标的图像变化间隔时间、变化周期等情况，根据情况设置间隔时间、测量时间或测量次数，点击“开始测量”按钮，测量结束后，得到最后结果，如图 14 所示。



图 14 LED 显示屏干扰光的测量界面

5 结论

通过光污染检测系统, 提供了准确客观的测量方

法和测量手段, 不仅有效提高了测量效率, 规范了测量方法, 也对城市的光污染进行了科学有效的测量, 为城市科学、环保和可持续发展提供了技术支持。随着人们对夜间居住环境、出行环境的要求逐步提高, 该系列的检测方法和检测系统将在更多领域得到充分利用。

参考文献:

- [1] 高骏毅. 城市夜景照明中的光污染危害及治理对策[J]. 智富时代, 2019(3): 153.
- [2] 张明宇. 我国城市光污染研究回顾[J]. 照明工程学报, 2019, 30(5): 27-31.
- [3] 王银飞, 张晓晖, 张爽, 等. 一种快速准确测量照明空间统一眩光指数的方法[J]. 照明工程学报, 2018, 29(2): 1-5.