

文章编号: 1672-8785(2014)07-0033-04

基于方位角调制的 LED 道路照明 灯具的配光设计研究

运高谦 贾 永 杨红军 张晓冬 杨 坤

(郑州轻工业学院物理与电子工程学院, 河南郑州 450002)

摘 要: 提出了一种基于方位角调制的 LED 道路照明灯具的配光设计方法。选择型号为 OSLOX 的大功率 LED 作为光源, 利用 16 颗 LED 建立了 4×4 阵列 LED 灯具的光学模型。通过改变每一排 LED 的方位角控制了接收面上的光照度分布。研究表明, 当 LED 阵列上下部分分别倾斜 $\pm 30^\circ$ 时, 接收面的光照度最均匀。

关键词: LED; 配光; 方位角控制; 照度

中图分类号: TH741.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2014.07.008

Optical Distribution Design of LED Road Luminaire Based on Azimuth Modulation

YUN Gao-qian, JIA Yong, YANG Hong-jun, ZHANG Xiao-dong, YANG Kun

(College of Physics and Electronic Engineering, Zhengzhou University of Light Industry,
Zhengzhou 450002, China)

Abstract: An optical distribution design method based on azimuth modulation is put forward. Model OSLOX high power Light Emitted Diodes (LED) are chosen as a light source. An optical model of a 4×4 LED array is built with 16 LEDs. The illumination distribution on the receiving surface is controlled by changing the azimuth of each row of LEDs. The research result show that the illumination distribution on the receiving surface is most uniform when the upper and lower portions of the LED array tilt at an angle of $\pm 30^\circ$ respectively.

Key words: LED; optical distribution; azimuth control; illumination

0 引言

近年来发光二极管 (Light Emitting Diode, LED) 取得了突破性的进展, LED 光源已成为照明产业发展的一个热点^[1]。但目前单颗 LED 的功率还达不到照明的要求, 因此 LED 路灯必须采用 LED 阵列^[2]。LED 路灯主要选用功率为

1 W 的大功率 LED 作为发光光源, 需要进行二次及二次以上的配光设计。根据使用的光学器件类型, 配光方法主要有两种: 一种是使用透镜聚光, 限制灯具的出光角^[3]; 另一种是使用反光器件如反光镜、反光膜和反光杯等, 将照射到反光器件上的光进行反射^[4]。采用透镜进行配光设计, 能够实现需要的配光曲线, 但透镜会产

收稿日期: 2014-04-23

基金项目: 河南省科技攻关计划项目 (112102210324); 河南省教育厅科技攻关项目 (2010 A 510019); (CSTC2009CA2003); 郑州轻工业学院科研基金 (2011XJJ020)

作者简介: 运高谦 (1979-), 男, 河南人, 讲师, 从事应用光学等方面的研究。

E-mail: yung@zzzuli.edu.cn

生百分之十几的光通量损失。用反光器件进行配光时,光通量损失可以控制在 10% 以下,但成本较高。不像透镜配光法,在透镜市场上可以找到各种各样的现成透镜,反光器件配光法需要专业的透镜配光人员根据具体灯具的光分布特性进行设计,然后开模、试制,前期投入大,设计周期长,相对风险较大。另外,无论使用透镜配光还是使用反光器件配光,都会影响灯具的散热效果,而且灯具的机械结构比较复杂。本文避开了上述传统 LED 配光设计中存在的光利用效率差、成本高等缺点,通过控制 LED 方位角来控制接收面的照度分布,为 LED 道路照明灯具的配光设计提供新的技术路线。

1 计算机辅助设计

照明灯具属于非成像光学系统,其配光设计只需从能量传递规律角度进行。LED 的光学系统设计包括封装芯片之前 LED 器件内的光学设计和 LED 应用时器件外的光学设计^[2]。LED 器件内的设计涉及芯片、反射镜和封装芯片的光学透镜,一般称为一次光学设计。它主要影响芯片提取光的能力和出射光强度的分布。LED 器件外的光学设计又称为二次光学设计,即在一次光学设计的基础上,通过在 LED 芯片外增加透镜、反射镜等器件来改变光线的路径,从而改变光强的空间分布。光学设计需要追迹大量光线,通常在光学设计软件的辅助下完成。

在计算机辅助设计中,常用的计算方法是蒙特卡罗法,它适用于点光源和扩展光源系统。蒙特卡罗法是通过追迹大量光线来决定光的照度,从而求出光强分布等其他光学量的。具体做法是,在光学设计软件中定义光源、光学器件和接收面并给定其具体参数,通过追迹光线计算接收面每个位置的光线密度,以此来表征接收面不同位置的光照度。蒙特卡罗方法可以根据给定的光学机构参数计算并给出形象具体的光分布(光强度和光照度),同时也可对光学结构参数进行灵敏度分析,给出光学参数变化对光分布的影响。目前,在照明光学领域应用较广泛

的计算机辅助设计软件有 LightTools 和 ASAP 等^[5,6]。它们的主要功能包括系统建模、光机电一体化设计、复杂光路设计、杂光分析和照明系统自动优化分析。近年来, ZEMAX 光学设计软件逐步增加了照明设计功能,由于 ZEMAX 具有建模快捷、操作简单和计算能力强等特点,本文采用 ZEMAX 光学设计软件辅助进行大功率 LED 灯具的二次光学设计。

2 光源的选择

选用 OSRAM 公司生产的型号为 OSLOX 的白光 LED 作为光源,规格为 3×3 mm 小封装,光通量为 27 lm,图 1 为其结构图。该 LED 模块由黄、蓝两种不同颜色的 LED 芯片组装而成,分别发射蓝光和黄光。蓝光波段窄,峰值波长约为 434 nm;黄光波段较宽,峰值约为 540 ~ 590 nm。该 LED 的光强度对称分布,图 2 为 X/Y 轴的光强度分布曲线。

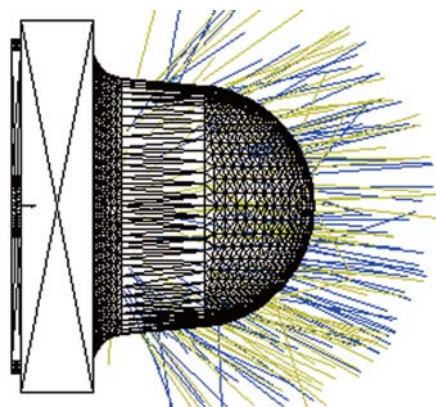


图 1 OSLOX LED 的结构图

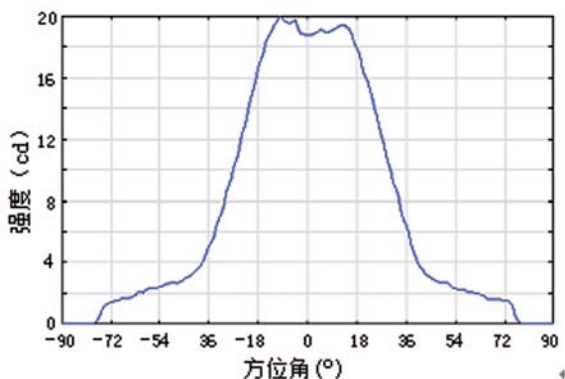


图 2 X/Y 轴光强度的分布图

3 LED 道路照明灯具的配光设计

利用 16 颗 LED 建立 4×4 阵列的 LED 灯具光学模型, 通过改变每一行 LED 的方位角控制接收面上的光照度分布。灯具模型如图 3 所示, 两个 LED 的间距为 10 mm。光接受平面离光源 10 m, 探测器的尺寸为 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$, 探测器的材料为吸收性物质。上述模型在 ZEMAX 光学设计软件中可以实现。

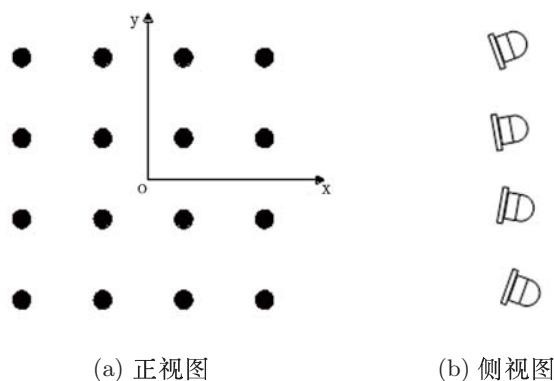
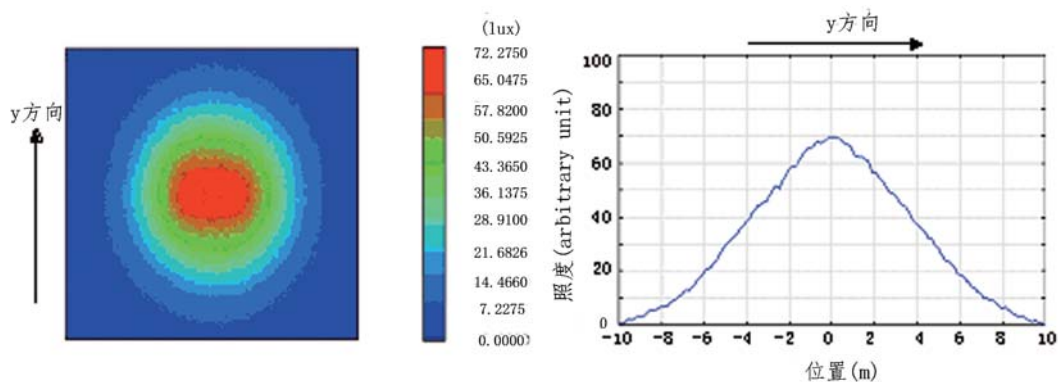


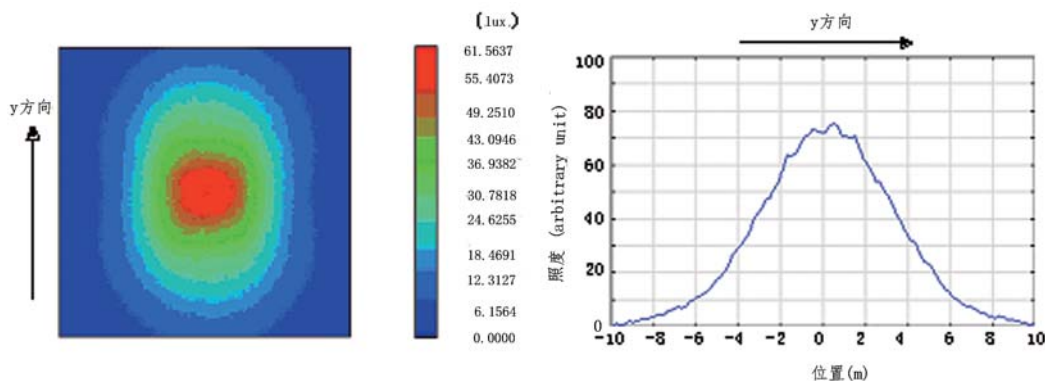
图 3 LED 灯具光源分布图

如图 3 所示, 在本配光设计方案中, 让每一排 LED 绕 X 轴作不同角度的旋转, 从而改变每一排 LED 的方位角, 使出射光线得到调整, 接收面的照度分布得到改善。 X 轴以上和 X 轴以下的 LED 的旋转角度相同, 但旋转方向相反, 即上侧 LED 绕 X 向上旋转 ϕ , 下侧 LED 绕 X 向下旋转 ϕ 。

当每颗 LED 均垂直于接收面 (LED 的偏转角 $\phi=0$) 放置时, 接收平面的光照度分布如图 4(a) 所示。光照度分布呈圆对称分布, 中心的光照度最强, 向外迅速降低。但这种光照度分布不满足道路照明灯具的设计要求。为了改善接收面的光照度分布, 分别选取 $\phi=10^\circ$ 、 20° 、 30° , 利用 ZEMAX 模拟在不同偏转角度下接收面上的光照度分布。图 4(b)、(c)、(d) 给出了不同偏转角时接收面的光照度分布。图 4 左侧为接收面的光照度分布示意图, 右侧为 Y 轴方向的光照度相对分布曲线。



(a)



(b)

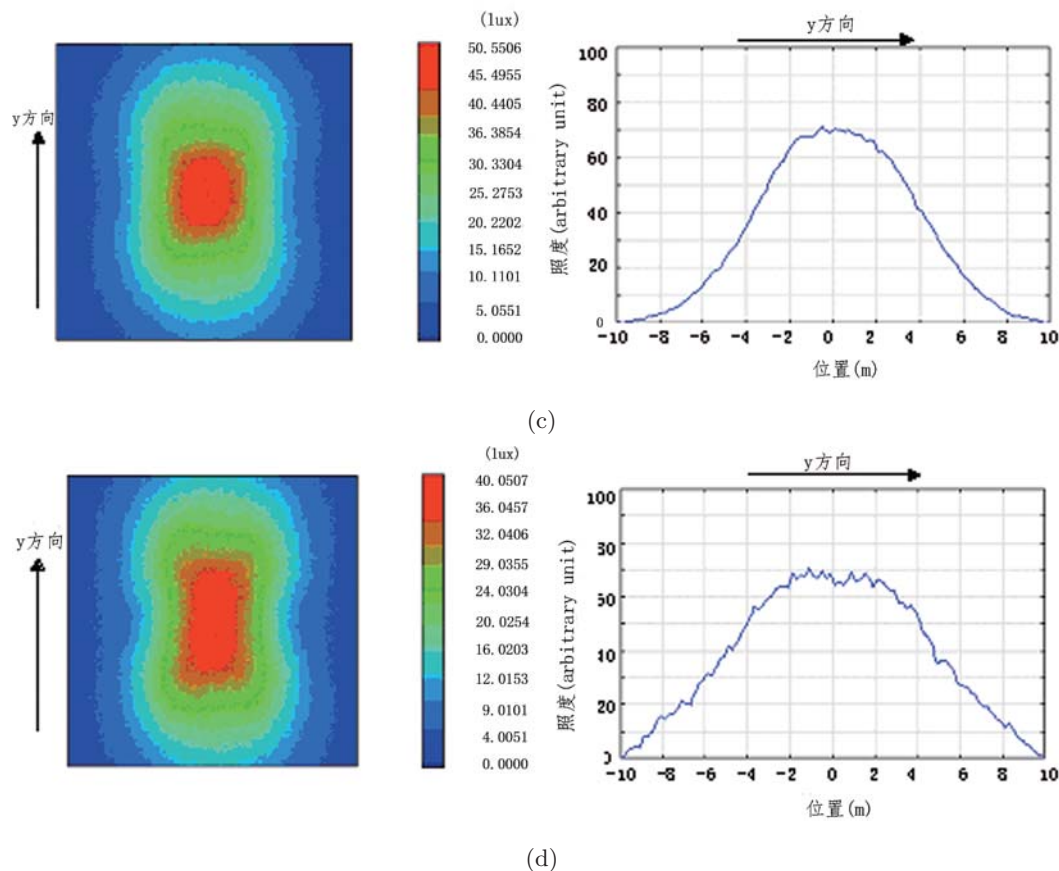


图 4 接收面的光照度分布 (a) $\phi=0^\circ$ (b) $\phi=10^\circ$ (c) $\phi=20^\circ$ (d) $\phi=30^\circ$

从图 4 可以看出, $\phi=10^\circ$ 时, 光照度分布稍微有些变化, 但不明显。为了使光照度的分布更加均匀, 增大 LED 的偏转角。当 $\phi=0^\circ$ 时, 光照度分布的均匀性得到进一步改善, 但效果仍不理想; 继续增大偏转角, 当 $\phi=30^\circ$ 时, 光照度分布接近均匀的矩形, 表明接收面光照度的均匀性有了很大的改善。

4 结论

选择型号为 OSLO SX 的 LED 作为光源, 利用 16 颗 LED 建立了 4×4 阵列 LED 灯具的光学模型。通过改变每一行 LED 的方位角, 控制改变了接收面上的光照度分布。LED 旋转角从 10° 到 30° 逐渐增加, 接收面光照度的均匀性逐渐变好。该配光设计方案避开了采用反射镜 (透射镜) 改变光线路径的传统配光方法, 通过调整 LED 的方位角而不引入任何光学器件进行配光, 可以

有效地降低光通量的损耗并降低灯具的成本, 为 LED 的照明配光设计提供了一种新的思路。

参考文献

- [1] 乐阳, 孙艳, 陈鑫, 等. 基于 II-VI 族半导体量子点的白光 LED 的研究进展 [J]. 红外, 2010, 31(2): 8-12.
- [2] 林朋飞, 倪争技, 黄元申, 等. 大功率 LED 阵列光源的配光设计 [J]. 光学仪器, 2012, 34(3): 60-65.
- [3] 卓金寨, 王敏, 庄振锋. 小角度 LED 高效配光镜组及阵列设计 [J]. 激光与光电子学进展, 2010, 47(11): 113-118.
- [4] 王洪, 张小凡, 杜乃锋, 等. 面向大功率 LED 集成光源的反射器设计方法 [J]. 红外与激光工程, 2011, 40(7): 1282-1286.
- [5] 黄明波, 郭震宁, 黄智炜, 等. 基于一种圆形 LED 面光源的网点设计及仿真 [J]. 应用光学, 2010, 31(5): 701-704.
- [6] 王乐. LED 应用于照明的计算和仿真 [J]. 应用光学, 2007, 18(1): 25-30.