



宋宁亮, 王亚军, 罗秉东, 王阿莉, 廖 锐, 吕海裕

(厦门大学电子科学系, 福建省半导体照明工程技术研究中心, 福建 厦门 361005)

摘 要: 目前由于汽车的广泛普及, 对城市的地下车库照明提出了更多的要求, 但随着新一代照明光源 LED 照明技术进一步的发展与完善, 使得地下车库照明有了更节能、更环保、更经济的可能。在 DILAUX 中建模 $57 \times 33.3\text{m}^2$ 的中型地下车库, 并利用 DILAUX 计算软件对地下车库的 LED 照明进行模拟、计算、优化, 不断的调整灯具位置以及灯具间隔来达到最佳的照明效果, 通过实景分析来探讨 LED 在地下车库照明领域应用的可行性及其应用前景, 并为地下车库照明提供一种设计上的借鉴。

关键词: LED 照明; DILAUX; 地下车库

中图分类号: TM923 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1004-440X.2014.01.013

LED Lighting Design of Underground Parking Lots Based on DILAUX

Song Ningliang, Wang Yajun, Luo Bingdong, Wang Ali, Liao Kun, Lv Haiyu

(Fujian Engineering Research Center for Solid-State Lighting, Department of Electronic Science,
Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: More requirements for the light system of civil underground parking lot lighting are concerned since cars are wildly-used nowadays. And it becomes possible to make the light system of underground parking lot more energy-saving, more environmental friendly and more economic as the new generation of LED technology gets more and more developed and improved. DILAUX is a kind of lighting calculation software, and it is used to model an underground parking lot with a medium $57 \times 33.3\text{m}^2$ and some simulations, calculations, and optimization on the LED light of the parking lot are also done by DILAUX. Therefore, constantly adjust locations and intervals of the lighting fixtures to achieve the optimal results. Furthermore, the feasibilities and application prospects of LED lighting applications in the underground parking lot field can also be explored through the real analysis. Overall, it shows an example to design the light system for civil underground parking lots.

Key words: LED lighting; DILAUX; underground garage

1 引言

据统计, 2012 年全国汽车销量 1930.64 万辆,

并预测到 2015 年全国汽车销量将有望达到 3000 万辆, 随着汽车越来越广泛的普及, 住房需求的日益增加, 地下车库已经成为城市住宅必不可少的配套设施。与室外车库相比, 地下车库的最大特点是没

基金项目: 国家自然科学基金 (61301009); 福建省重大科技项目资助 (2006H0092); 福建省自然科学基金计划资助项目 (2013J01252)

通讯作者: 王亚军, Email: billywang@xmu.edu.cn

有天然采光, 需要 24 小时全天候人工照明。对于建筑物而言, 照明能耗约占电力能耗的 10% ~ 12%, 而地下建筑照明能耗所占的比例更高, 约占 35% 左右^[1]。随着当今传统能源的逐渐枯竭, 研究和应用新的能源已成为科技与产业发展的重点^[2], 节能、环保、经济已经逐渐深入人心, 这就对地下车库照明提出了更高的要求。

LED 光源理论上具有发光效率高、寿命长、体积小、响应速度快、耐震抗冲击、绿色环保、使用安全等潜在优势^[3], 是继白炽灯、气体放电灯之后新兴的固态光源。目前随着 LED 照明技术的快速发展与功能的不断完善, LED 光源在照明工程中得到越来越多的应用, 特别是近几年室外的夜景景观照明, 起到了其他光源不可替代的作用, 由于 LED 光源具有可控性强、节能环保的优点, LED 光源在地下车库照明中的应用前景非常广泛。

2 地下车库中的 LED 照明

2.1 LED 光源的节能、成本分析

LED 白光理论上光效可达 350lm/W 以上, 理论寿命可达 10 万小时以上, 其实验光效也已经达到 208lm/W, 整灯效率也超过了 100lm/W^[4]。我们假定车库供电时间为每天工作 20 小时, 每度电 0.7 元 (表 1-3):

表 1 灯具寿命及成本对照分析

灯具	寿命 (小时)	单价 (个/元)	年更换个数 (个)	年成本 (元)
36W 普通灯具	6000	9	1.2	10
15W LED 灯具	50000	300	0.15	45

表 2 节能效益分析

Table 2 Analysis of energy saving

灯具	实际功率	每日耗电量	每年耗电量	每年电费
36W 普通灯具	45W	0.9 度	328.5 度	229.95 元
15W LED 灯具	15W	0.3 度	109.5 度	76.65 元

表 3 综合效益比较

Table 3 Comparison of comprehensive effect

灯具	实际功率	每年灯具成本 (元)	每年耗电成本 (元)	每年综合成本 (元)
36W 普通灯具	45W	10.8	215.95	240.75
15W LED 灯具	15W	45	76.65	121.65

通过分析比较可以看出使用 LED 灯具的成本几乎是普通灯具的一半, 而在停车场的成本中, 照明费用占停车场运营总成本的 30 ~ 35%, 这就更突显出 LED 灯具在地下车库应用中的优势。

2.2 LED 光源无辐射、易控制

LED 光源是一种发光颜色纯正, 不含紫外和红外辐射的“清洁”光源。而我们现在所使用的荧光灯、汞灯等光源中都含有危害人体健康的汞, 它们的生产过程和废弃的灯管都会对环境造成污染。此外利用 LED 灯具的响应速度快, 易控制的优点, 可以使 LED 照明与智能传感器组合在一起, 进一步有效实现地下车库的照明节能。当有人有车在灯周围活动时, LED 照明灯呈满功率运行, 满足照明需要, 当无人无车时, 灯处于休眠状态, 保持 3W 左右的低功率照明, 维持在安全照明所需要的最低照度, 实现节能, 其节电率可达 80% 以上^[5]。

3 计算环境建模

3.1 DIALUX 软件的特点

DIALux 是一款灯光照明设计软件, 适用于所有灯具厂家提供的灯具, 也是最具功效的照明计算软件, 它能满足目前所有照明设计及计算的要求。DIALux 不仅可以从外部导入场景而且自带强大的建模功能。DIALux 提高了软件在室内照明计算中的房间建模的复杂性。用 RoomElement 中的各项建模元素, 可以建立坡屋顶、有高差的屋顶、柱子、室内台阶及斜坡等形体。在家具模型方面, DIALux 许多家具可供选择。并且提供一些基本的形体, 以供组合用户所需特定的样式。另外, DIALux 可以对墙面、地面、顶棚、家具等物体附着材质, 除了软件默认的各种材质、颜色之外, 允许将外部的图片作为材质导入^[6]。

3.2 在 DIALUX 中 3D 建模

本文采用综合性最优柱网也即 8.1m × 8.1m 形式, 实际大小为 57 × 33.3m² 的中型地下车库, 如图 1 所示。车道为 5.6m 和 7.1m 两种, 车位为 2.4 × 5.7m² 标准车位, 车库层高为 3.4m, 净高为 2.2m, 采用 0.6 × 0.6m² 截面的柱子。

然后在 DIALux 光学软件里面建模一个同样大小的中型地下车库, 并设置地下车库地面及车库内部结构的材质和反射系数, 由于车库内照明水平是

以地面亮度为标准衡量。正确设置地面及车库内部结构的反射系数对照明计算是否准确有重要意义，一般水泥地面和墙面的反射系数为27%，如图2所示。

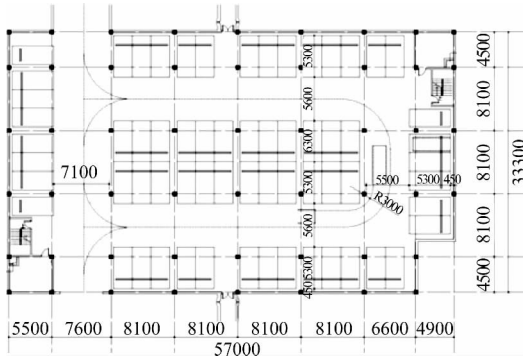


图1 57 × 33.3m² 中型地下车库的平面图
Fig. 1 2D map of an underground parking lot with a medium 57 × 33.3m²

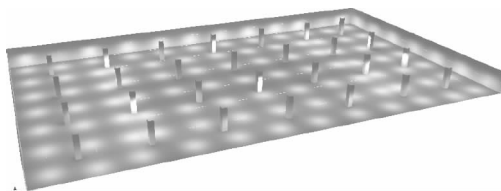


图2 DIALux 中的地下车库3D建模图
Fig. 2 3D model of the underground parking lot in DIALUX

2.3 灯具的选择及布置

灯具选择雷士 SLS 系列的 15W 的 LED 日光灯，根据《GB50034—2004 建筑照明设计标准》，规定地下停车场内通道灯具的长轴方向应和车辆进出方向相一致，由于地下车库的层高较低，灯具的光源不宜过大，配光角度不宜过小，尽量提高照明的均匀度，如图3所示，另外地下停车场照明的照度标准值应符合表4^[7]的规定。

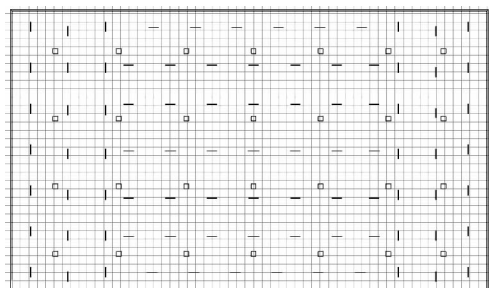


图3 DIALux 中的车库灯具布置图
Fig. 3 Distribution of lights for the underground parking lot in DIALUX

表4 地下停车场照明的照度标准值
Table 4 Standard value of light in the underground parking lot

类别	参考平面	照明标准值 (lx)		
		低	中	高
车道	地面	30	50	75
停车位	地面	20	30	50

4 计算结果

计算结果也就是要计算出车库内地面的照度有没有达到表4的规定。DIALux 光学软件可以自动计算出地面的平均亮度以及其他的相关数据，其计算结果是根据以下公式得到的：

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{av}}$$

其中 U_o ——亮度总均匀度；

L_{min} ——计算区域内地面最小亮度 (cd/m²)；

L_{av} ——为计算区域内地面平均亮度 (cd/m²)。

经过 DIALux 建模计算后，将计算结果与规范规定值进行比较，通过调整灯具布置间距、布置方式，以期计算结果与规范值尽量达到一致。因为采用了 DIALux，使得计算过程大大简化，可以在较短时间内对比多种灯具布置方式，寻找出最优方案，另外应该注意，车库照明设计应在满足规范亮度要求的前提下尽量降低车库的照明功率密度，以降低电能损耗，提高车库照明经济指标。调整到最后 DIALux 软件实际计算结果如图4所示。

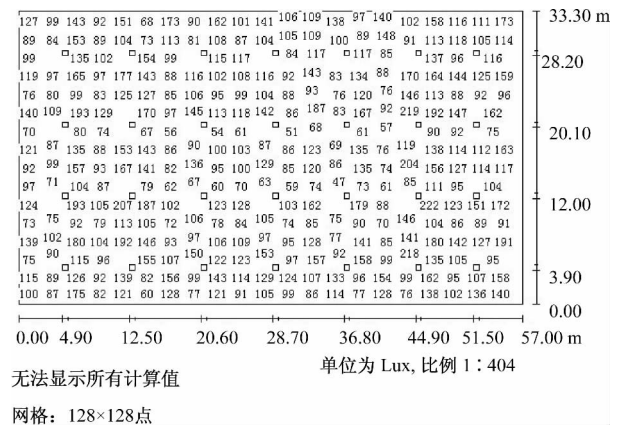


图4 地面的点照度值
Fig. 4 The ground point illuminance values

5 应用案例分析

如图 5 所示, 为厦门某 10000 平方米的地下车库。其原计划是用 2000 余套 36W T8 直管荧光灯, 但考虑到车库的照明平时只使用三分之一左右, 为了节约用电、降低成本, 后来改用地下车库 LED 照明系统, 总共使用 400 只 5W 的 LED 灯,



图 5 LED 照明车库

Fig. 5 The LED lights of underground parking lot

并且使用了红外与声控, 实现了整个地下车库的 LED 绿色照明。通过半年的实际运行与持续测试, 该 LED 照明系统在满足地下车库照明标准与监控要求的同时, 取得非常显著的节能效果。厦门市新建的小区与写字楼 90% 以上带有地下车库, 年耗电量数亿千瓦, 如果技术成熟, 全部采用 LED 智能照明, 每年节约的电量相当于几十万吨标准煤的发电量。

6 结论

本文对 LED 照明应用于地下车库进行了理论探讨, 并利用 DIALux 光学软件进行建模设计, 基于软件模拟计算, LED 照明应用于车库照明, 能够达到相应的照明要求, 在照度、闪烁频率等各方面指标上都能达到相应的标准和设计要求, 达到节能、环保、经济的三重效果。LED 理论光效可达到 350lm/W, 而且由于其向半球内发光, 灯具效率高, 可达到 80%, 甚至是 85% 以上, 如果能解决 LED 本身固有的散热、光色一致性问题, 同时不断提高其性能, 达到更高的光效, 更高的单颗 LED 功率, 再利用 LED 可控性强的特点, 结合红外或者雷达控制, 进一步提高地下车库的照明节能功效, LED 在地下车库甚至是其他照明领域的应用前景将一片光明。

参考文献

- [1] 蔡建国. 地下建筑照明效能及智能照明控制系统研究 [J]. 建筑科技, 2008, 11: 116 ~ 117.
- [2] 夏军. 实测与分析 LED 路灯照度 [J]. 照明工程学报, 2009, 20: 35 ~ 38.
- [3] 屠大维, 吴仍茂, 杨恒亮. LED 封装光学结构对光强分布的影响 [J]. 光学精密工程, 2008, 16 (5): 32 ~ 38.
- [4] 李竞. 实现 LED 矩形均匀照明的透镜设计 [J]. 应用光学, 2011, 32 (2).
- [5] 邢树奎, 王云峰, 高杰. LED 在地下车库照明工程中的应用 [J]. 照明工程学报, 2012, 23 (6): 76 ~ 80.
- [6] 胡国钊, 郝洛西. 照明计算软件 Dialux 与 Agi32 的比较分析 [J]. 照明工程学报, 2005, 16 (3): 52 ~ 55.
- [7] 中华人民共和国建设部. GB 50034—2004 建筑照明设计标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.

简 讯

2013 年 12 月 3 - 4 日, 中国轻工业联合会、中华手工业合作总社党委组织的学习党的十八大三中全会精神学习班于在京举行。中国轻工业联合会、中华全国手工业合作总社领导、机关处级以上党员干部, 协 (学) 会主要负责人, 企事业单位党政主要负责人等 100 余人参加。中国照明学会高飞副秘书长出席了会议。