

基于超薄模块化设计的室内 LED 灯具光学性能优化研究

Optimization of Optical Performance of Indoor LED Luminaires Based on Ultrathin Modular Design

庄朝辉

Zhaohui Zhuang

深圳市汇恩电子有限公司 中国·广东深圳 518000

Shenzhen Huien Electronics Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

摘要: LED 室内照明灯具是一种以高亮度白色发光二极管为发光源的照明设备,因为它拥有高光效、节能环保、点阵排布、形态自由、色彩多样等显著优点,所以它已经成为国内外照明企业的设计发展的主流方向。在使用者的需求驱动下,LED 室内照明系统将从单一的单一光源,转变为一系列的光源组合。与此同时,系列化开发思路也属于现代工业产品开发的战略原则。现代企业通过开发系列化产品,可以有效地避免产品线过宽、产品型号过多等现实问题,这与企业总体设计战略指导需求相一致。

Abstract: LED indoor lighting fixture is a kind of lighting equipment with high brightness white light second tube as the light source, because it has high light efficiency, energy saving and environmental protection, dot array, free form, color diversity and other significant advantages, so it has become the mainstream direction of the design and development of lighting enterprises at home and abroad. Driven by the needs of the users, the LED indoor lighting system will change from a single single light source to a series of light source combinations. At the same time, the idea of serialized development also belongs to the strategic principle of modern industrial product development. By developing a series of products, modern enterprises can effectively avoid practical problems such as too wide product lines and too many product models, which is consistent with the guidance needs of the overall design strategy of enterprises.

关键词: LED 技术; 室内照明灯具; 超薄模块化

Keywords: LED technology; indoor lighting fixtures; ultra-thin modularity

DOI: 10.12346/peti.v5i2.8031

1 引言

因为 LED 光源具有节能环保、寿命长、体积小、多色彩等优点,所以它已经成为第四代照明光源,也就是所谓的绿色光源,它在商业照明中得到了广泛的应用,并被逐步地引入到民用照明市场中。LED 照明设计作为一个新兴的照明设计门类,具有很大的发展空间。中国欧普照明公司近三年来的客户调查数据显示,想要购置 LED 照明灯具的客户,在选购时会优先考虑选购符合各种应用场景的系列灯具,以达到更加全面、更加统一的室内装饰效果。论文从新技术要求采取适合的产品形式来减少新技术与使用者之间的距离这一角度出发,对 LED 照明的技术背景进行了分析,提出

了灯具系列化的观点。

2 技术原理

LED 是一类可以将电能转换成可见光的固体半导体,可以将电能直接转换成光能。LED 光源灯具,根据被照射物体的光通量要求,决定了光学系统的形状、需要布置的 LED 光源数量和功率,按照产品的形状,将 LED 发光管组装起来,设置光照分配,作为“二次光源”,将匹配的电源和驱动电路连接起来,就可以进行二次光学设计了。就拿 LED 变色灯来说,它是由一个电容降压式稳压电源、一个 LED 控制器、一个 RGB 三原色 LED 阵列构成,并将其装

【作者简介】庄朝辉(1978-),男,中国广东深圳人,从事LED灯具研究。

入灯座中，其简单的电路如图 1 所示。

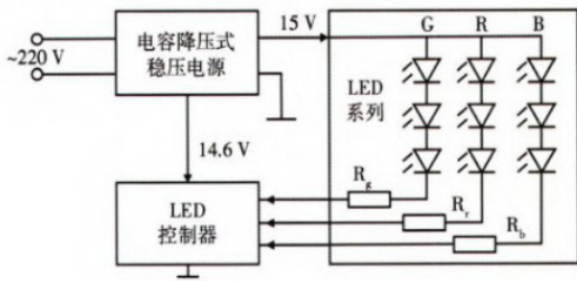


图 1 LED 变色灯的结构框图

LED 以其高的电光效率、小的尺寸、长的寿命、低的电压、节能、环保等优势，被广泛用于照明领域。传统的照明设备在高温下工作，给家庭带来了很大的安全隐患。而 LED 采用的是低温发光技术，所以它的发热率要低于一般的光源。这样就可以利用发光二极管的低热量特性来实现与人的接触以及人与人的交互与沟通。同时，LED 光源具有更大的形状自由度，可以将单一的 LED 灯珠按照点阵排布，从而构成一种可以任意调整角度的组合光源，并且可以实现任意曲线形状。

3 LED 灯具超薄模块系列化设计方法

3.1 超薄模块化设计

超薄模块化设计为企业在产品家族中的应用提供一种行之有效的解决方案。以产品族为导向的工业设计是提高企业竞争力的一种有效途径，而共性技术的分享可以有效地缩短产品的研发周期，在满足用户个性化需求的同时，也可以让企业的产品具有一种共性的“家族”特性，从而有效地解决技术同质性所带来的问题。通过这种方式进行灯饰的研发，可以使灯饰产品的品种更加丰富，从而更好地适应市场的变化。在制造过程中，降低物料能耗，达到节约能源，保护环境的目的；减少了产品的体积，节省了物流费用；透过零件再利用、修理及报废后的拆解、再利用及处置等连结，降低或消除对环境的负面影响。

LED 照明灯具模块化的实现，指的是将经过二次光学设计后的发光构件作为具有照明功能的子系统，将其作为通用性模块，并与不同的配件进行组合，从而形成新的产品系统。这种新的产品体系，将构成一系列功能各异，或功能相近，但性质各异的灯饰，以适应各种用途的需要。照明单位模组可以按不同的功能要求分开使用，单位模组也可以重叠使用，并可以相互交换。因为在照明产品族中，光源件的使用批量很大，它是大多数功能都必须要用到的部件，而在各种灯具类型中，光源和其他部件的连接都有着相同或相似的结构，所以，光源单体是最适合用作模块的单元部件的^[1]。

单一的照明主体可以直接用作墙角的装饰性照明，也可以用作氛围辅助照明；一两个光源本体，配合支承、稳定部件，即可满足各种灯具的照明要求；两种光源的组合，可用

作床边的辅灯；多个光源单位的堆叠，可以形成一个主要的照明系统。

3.2 产品系列化设计

产品的系列化指的是在设计和生产过程中，以同一种产品的发展需要为基础，对其主要参数进行合理的规划，并将其形式和结构进行统一，最终形成一个功能和参数满足标准化要求的产品系列。系列化产品的基本部件具备较好的普适性，能够迅速地跟踪市场趋势和客户需求的变化，开发出变型的产品，并能灵活地进行新品种的开发。使得公司能够适应不断变化的市场需求。

LED 照明灯具的设计可以通过变化尺寸、变化工作特性、叠加扩展来达到产品的系列化。以灯具类型为依据，通过对一个基础型号进行几何尺寸的缩放，从而形成新的产品。比如，台灯光源单体就可以从吊灯光源单体等比缩小得到，这是一种最简单、最高效的系列化拓展方法。LED 灯的使用场合多种多样，所以在进行 LED 灯的设计时，还可以利用一些性能上的变化，以达到扩大系列的目的。与此同时，因为灯具的使用环境发生了改变，所以用户的照明需要也发生了改变，所以可以通过将工作原理和基本结构都是一样的单元件进行重叠的方式来拓展产品系列的组成，从而扩大了产品的覆盖面。比如，客厅吊灯的照明度比床头灯要高，可以采用比床头灯更多的单位光源组合的形式来实现^[2]。

3.3 光源模组的实现方案

LED 路灯模块化设计的难点与核心就是光源模组的设计，因为要在光源模组内同时实现初步配光与散热，并且要达到规定的 IP 等级。事实上，照明模块只是一种小型的照明设备。IP 电平的实施相对简单，目前已有较为成熟的解决方法，一般使用带螺钉的密封环。在散热上，与之前的集成理念相比，虽然是相同的散热方式，但却是将热源分散开来，从而达到更好的散热效果。在配光设计中，可以考虑如下的方法。

3.3.1 采用常规二次光学透镜

将镜头放在 LED 的外部，进行二次光学的设计，实现了对光线的分配，在外部添加了一层玻璃，形成了一个封闭的状态，见图 2。这是最普通的二次光学镜头的设计方法。

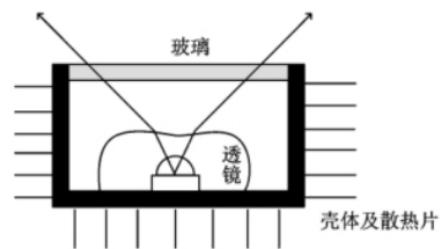


图 2 二次光学透镜解决方案

3.3.2 采用一体化光学透镜

现在的路灯，因为 IP 值的限制，一般都是用玻璃做的，这种玻璃会导致光线的损耗，大约 10% 左右。因此一些路

灯生产厂家将灯泡内部的透镜设计加工为一体,如此,灯泡的总体效率能提升10%,十分有意义。目前的镜片大多都是外表面配光,最常见的是花生米外壳,因此在制作完成后,镜片的表面肯定是参差不齐的。一方面,路面粉尘易在凹凸不平的空隙中聚集,从而降低了效率,影响了照明的分布;另一方面,维修起来也很不方便,缝隙中的擦洗很难。所以,光滑的外表是最好的^[1]。

4 设计实例

4.1 功能分析

台灯的光源体可以沿着设置在支撑棒中的滑道上下移动,并且圆环可以调整角度,而床头灯、壁灯则是通过墙壁的直线滑道来固定,而光源体则可以通过滑道来移动,从而达到使用者不同的照明角度、高度。除了吊灯和餐灯以外,该系列的所有灯具都是触控式的,可以随意调整亮度和亮度。

4.2 造型分析

灯饰的单个光源为环形体,将光源置于室内,创造出一种独特的光影效果;外层是一层薄薄的金属框架,既可以保护里面的玻璃结构,又可以给人一种刚劲的感觉。本发明的圆环式单一光源为基础模组,可采用附加扣件与其他组件相结合构成一系列的室内照明系统。使用单个光源体可以构建出装饰夜灯、单体餐吊灯,也可以将多个光源体结合滑轨结构,形成床头灯或壁灯,还可以将多个光源体用卡扣连接后,形成组合灯,通过不同的组合,可以产生更丰富的视觉效果和使用体验。灯座和滑轨等附件使用的是直线造型,使灯主体的圆环状与灯座的直线形成一种曲直对比,并形成点、线与面的构成美感^[4]。

4.3 结构设计

所述的环状光源本体部,所述两种材料是由内部暗藏的扣件来连接的;灯座和灯柱通过万向转轴连接,可以180度转动,以适应各种角度的照明需要;多个单件连接的方法是:每一个主灯,都有一个单件,每一个单件都可以与另外一个单件连接,通过单件的旋转、滑移,达到不同的用途。本实用新型还可以将光源单元的扣件与台灯支撑杆、壁灯墙面滑动导轨相连接,从而实现现在导轨上的单向移动。

4.4 内表面配光透镜的设计

4.4.1 透镜内表面配光的原理

每个发光二极管由透镜发出的光可分成两个部分,一部

分是调变光,一部分是大角度全反射光。在整个发光二极管中,全反射光所占的比重很小,但需要对镜头侧进行合理的设计,使大角度的光能够被完全反射。因为这种镜片的外表面为平的特性,因此它的外表面主要起到光的调制作用。透镜的长轴,是为了增加出射光的东面,让光线的分布变得更大,就像是一对蝙蝠翅膀,照射到了道路的中央,因此透镜的两端都很厚。而透镜的短轴方向,则是为了缩小光线的角度,将光线调整到对道路有帮助的地方,以免光线太大,照射到道路之外,或者是住户家中,造成光污染^[5]。

4.4.2 内表面配光透镜的光学模组

这些镜片的外表面平坦,便于将它们结合在一起形成一个整体,如一条长条状的光学模块。这个发光二极管的光学模块是由一个光效在110lm/W左右的LED构成,在打开后测量到的总光效在84lm/W左右,因此这个透镜集成的结构是很有价值的,它可以将玻璃的反射损失降低10%。但是,如果使用内表面进行配光,则可以使其结构紧凑,而且外表面是一个平滑的平面,因此,与外部配光相比,透镜结构的使用寿命要长得多。

5 结语

在此基础上,以圆环为基本外形要素,通过模块化设计,开发出一种新型的LED室内照明系列灯具,该系列灯具不但具有灵活的应用模式、简单的外形、满足用户的需要,而且在产品设计层面上,为以LED技术为主的照明灯具提供了一种新的、独一无二的外形符号。同时,因其结构简单,实用性强,可在短时间内批量生产,并可用于人民生活。

参考文献

- [1] 彭科星,张黎玮.基于模块化的LED室内照明系列灯具开发设计[J].机械设计,2013,30(11):108-111.
- [2] 谭兴华,柴广跃,田劲东,等.基于LED照明的模块化可见光通信系统设计[J].照明工程学报,2018,29(1):18-21,55.
- [3] 赵宝宜.LED室内照明监控网络设计[D].天津:天津工业大学,2013.
- [4] 陈伟宜.LED路灯灯具的模块化结构设计[J].企业科技与发展,2015(12):39-40+46.
- [5] 杨光.LED道路灯具模块化的设计及应用[J].中国照明电器,2013(2):20-23.