

# 发光二极管 专题

## 通用型发光二极管照明的模块化及实践

杨光 中国科学技术大学国家同步辐射实验室(合肥 230029)

**摘要** 随着发光二极管(LED)照明技术的快速发展,为满足产品的更新换代和运行维护的要求,LED照明模块化的概念在多年前就提出来了,但一直进展较慢。目前通用型LED照明的模块化已经成为了业界的共识<sup>[1-3]</sup>,提出了不少具有可操作性的方案,开始进入了应用的实践阶段,并且已经有相应的产品问世。为此,依据通用型LED照明的特点,通过介绍LED照明模块化构成主要技术方案的基础上,给出了适用于中小功率的单一模块、中大功率的模块集成以及模块集成扩展的应用原理。重点研究了其应用的实践及特性,指出了存在的主要问题,给出了相关的建议。希望以此对LED照明的发展提供参考,并且在今后的大规模应用中获得更加良好的效果。

**关键词:** 通用型LED照明;模块化;方案;实践;

### 0 前言

虽然通用型LED照明在全社会节能减排要求中获得了越加广泛的应用,但是在初期主要表现在简单的光源替代和整体的照明方式。应用的深入和技术的进步带来了一些新的问题,首先是产品的更新换代和运行维护的要求也变得越发重要;再者按传统照明成熟的发展规律,采用模块化已经是LED照明的必由之路。为此通用型LED照明的模块化已经成为了业界的共识,开始进入了应用的实践阶段,各厂家都提出了不少具有可操作性的模块化方案,并且已经有相应的产品问世。这些模块化产品对于生产的规模化、加工的低成本、维修的方便性、升级换代等都具有重要的意义。在此,依据通用型LED照明的特点,在介绍LED照明模块化构成及主要技术方案的基础上,重点研究了其应用的实践特性,指出了存在的主要问题,给出了相关的建议。

### 1 LED照明模块化的技术方案及具体实践

虽然LED照明的种类、功能、使用条件等各有不同,且不同种类的LED照明又具有各自独到的特性,但从大类上来说,其构成可以概括为三部分:光源、散热及驱动/控制,再有作为一个统领LED照明整体的结构/防护部分。此外在实践中,从工业设计以及生产的角度出发,机械/防护部分往往又与相对应的部件(模块)结合在一起,相互关联,形成一个有机的整体<sup>[4]</sup>。

#### 1.1 LED照明模块化的技术方案

基于LED的照明特性、使用要求、需要替换的部件特性以及综合不同厂家的设计思路,LED照明模块化的技术方案主要有几种类型。

##### 1.1.1 LED照明模块化中模块的单一组合

LED照明模块化的模块单一组合是由各功能模块的合理组合来达到满足照明的整体要求,主要有以下

几个单一模块。

##### 1.1.1.1 光源模块

由大功率LED器件或阵列组合、LED模组、LED COB灯板以及AC-LED等构成。此外还需要配套的光学透镜、反射器、均光板(罩)等相应的配光器件;

##### 1.1.1.2 散热模块

分自然散热(翅片散热器、热管、导热均热板等)、强制散热(风扇风冷、微泵循环、射流强化等)两大类;

##### 1.1.1.3 驱动/控制模块

为LED工作提供符合要求的电流源,其中还包含有功率因数校正、多种输入/输出保护功能(过压、过流、电磁兼容、过热等)、调光及远控等操控功能;

##### 1.1.1.4 结构/防护

为形成具有实用功能灯具而提供的支撑条件,及在实际使用上提供必要的安全防护条件,达到国家的强制认证要求。在实际中,将灯具结构与某些功能模块进行优化合并,以减少部件的数量和降低成本。

为完成各模块间的功能结合还需要相应接口,可分为机械接口、电气接口等若干接口,见图1所示。

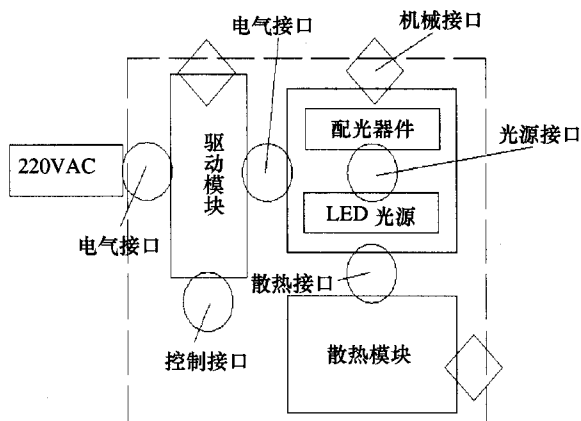


图1 LED照明模块化中模块的单一组合及接口

图1中的接口有:连接220VAC市电及内部模块间的电气/控制接口、光源模块内部的光源接口、与散热模块关联的散热接口、以及与灯具结构/维护相关联的机械接口。

### 1.1.2 LED照明模块化中模块的集成组合

通过优化设计和仿真技术可将上述主要的三种单

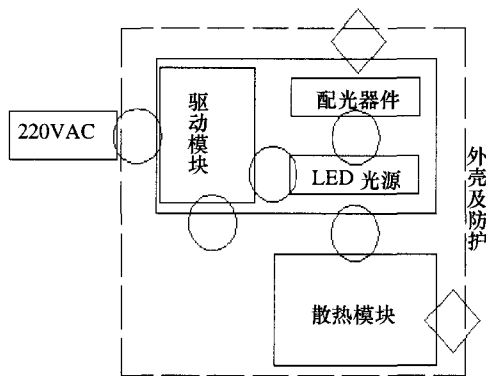


图2a 驱动与光源模块集成的组合

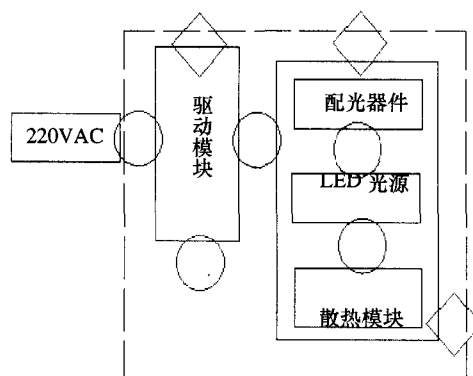


图2b 散热与光源模块集成的组合

图2 LED照明模块化中模块的集成组合及接口

#### 1.1.2.1 LED光引擎方案

国际上主要的厂家(以zhaga联盟为代表)在实践中提出了LED光引擎的模块化方式<sup>[4,5]</sup>。其具体的表述是:LED光引擎(LED light Engine),即包含LED封装(元件)/LED阵列(模块)、LED驱动、以及其他光学、热学、机械和电气元件的整体组合。该组合通过一个与LED灯具匹配的常规连接器直接连接到分支电路上。简单的说就是将LED光源(或模块)与驱动/控制电路(或模块)整合在一起,形成含有驱动/控制电路的LED光引擎——产生光输出的发动机,具体的原理示意图见图2a所示(各接口功能同图1)。

#### 1.1.2.2 散热与光源模块集成方案

将散热模块与光源模块集成在一起,形成具有独立散热功能的模块集成,并通过优化设计以获得最佳的效果,具体见图2b所示(各接口功能同图1)。其应用技术详见下面的相关介绍。

### 1.1.3 LED照明模块化中模块集成的扩展组合

LED照明模块化中模块集成的扩展组合是指利用某些具有共用性的模块(集成)扩展组合来形成具有系列的LED照明产品。一般具有以下几种情形,具体见图3所示(各接口功能同图1)。

#### 1.1.3.1 光源/散热模块集成的扩展组合

一模块中的某二种模块进行组合为一体,形成最优化的模块集成。方便进一步减少构成照明灯具的模块及接口的数量,便于厂家的加工生产和用户的使用维护,降低整体的应用成本。

实现这种思路的方案,见图2所示。

图3a所示的为常见的采用LED光源/散热模块集成来扩展组合的方式。通过选取适当的模块集成数量和相应的接口,可以适应各种不同照明应用的需求,获得具有不同功能的系列照明产品,且单个模块集成本体积小、重量轻,可以设计加工和批量生产;

#### 1.1.3.2 驱动/光源模块集成的扩展组合

图3b所示的为不太常见的模块扩展方式,是将需要的大功率驱动模块化解为较小功率的驱动模块。通过相应的接口,即为每一组光源配备独立的驱动模块,一般仅用于超大功率的LED照明中。这种应用的突出特点是可以化整为零,减少生产和加工的技术难度,提高整体驱动的可靠性和应用维护的灵活性。

## 1.2 LED照明模块化的实践

参照目前传统照明的成熟应用,各厂家都针对LED照明模块化的实践积极的进行了努力,并有相应的产品投入推广和使用,以期在使用中听取建议不断的积累经验。

目前LED照明的模块化实践主要有以下几种方式。

#### 1.2.1 单一模块组合的实践

图4中给出了几种LED照明模块化中单一模块组合的实践,具有较为鲜明的特性和代表性。

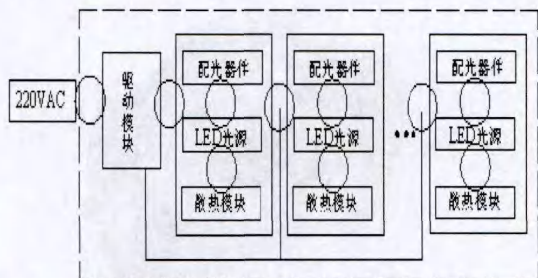


图 3a 光源/散热模块集成的扩展组合

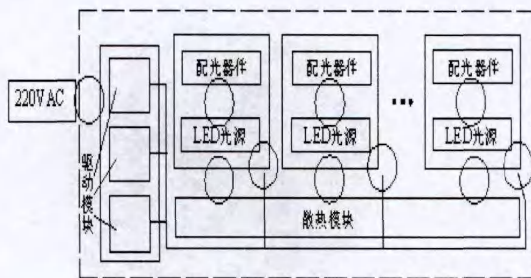


图 3b 驱动/光源模块集成的扩展组合

图 3 LED 照明模块化中模块集成的扩展组合及接口

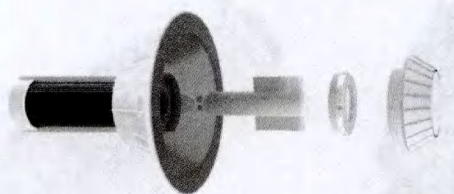


图 4a 单一模块组合的吊灯



图 4b 单一模块组合的球泡灯

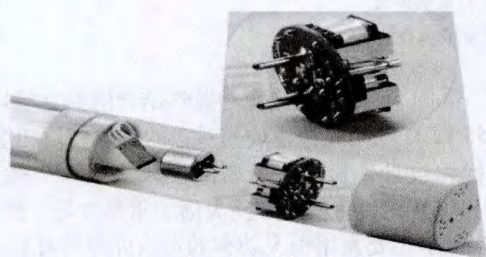


图 4c 单一模块组合的日光灯

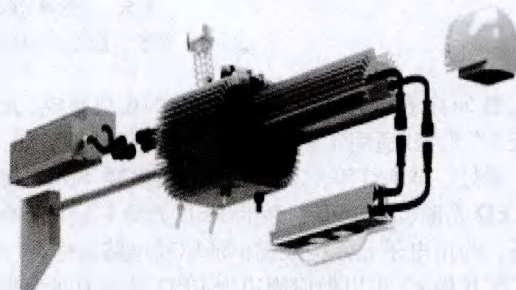


图 4d 单一模块组合的路灯

图 4 LED 照明模块化的单一部件组合的实践

①图 4a 中表示的为单一模块组合的吊灯，由左到右分别是：散热模块（与反光灯罩合为一体）、驱动模块（圆柱形带有定位挡片）、光源模块（圆形+配光元件）以及相应的接口构成，其中接口采用方便的顶压和旋转的可拆卸的结构。对于不同照明要求和不同功率的吊灯而言，在接口统一的条件下，可以通过改变相应的模块来得到系列的吊灯，同时也便于维修，可灵活更换；

②图 4b 中表示的为单一模块组合的球泡灯，由左到右分别是：散热模块（含市电接口——灯头）、驱动模块（圆柱形带有定位挡片）、光源模块（圆形光源板+配光元件）以及相应的接口构成，接口采用方便拆卸的结构。同样对于不同照明要求和不同功率的球泡灯，在接口统一的条件下，可以改变灯的参数大小，同时也方便更换和维修；

③图 4c 中表示的为单一模块组合的日光灯，由左到右分别是：光源模块（灯管及含散热模块反光灯罩）、驱动模块（带有双向插脚）、以及相应的接口构成（双向插脚）。接口采用方便拆卸的插拔结构，在接口统一的条件下，如果驱动模块故障，可以方便的更换；

④图 4d 中表示的为单一模块组合的路灯，由左到右分别是：驱动模块（独立的外置电源）、散热模块（铝翅片）、光源模块（大功率 LED 光源及反光灯罩）以及相应的接口构成，接口采用方便压接和插接式可拆卸的结构。各模块间通过相应的接口来连接，不仅结构灵活，而且也便于维修和更换。

### 1.2.2 模块集成组合的实践

在图 5 中，给出了几种 LED 照明模块化的模块集成组合的实践。具有一定的代表性，下面分别加以表述：



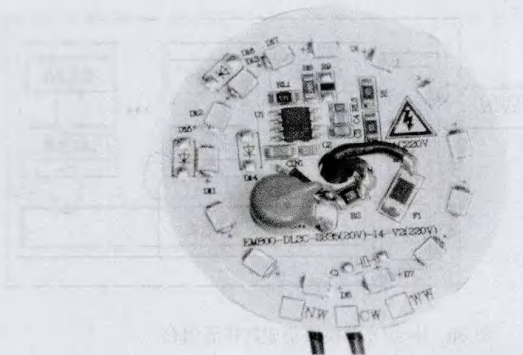


图 5a 光源与驱动结合的模块集成(光引擎板)

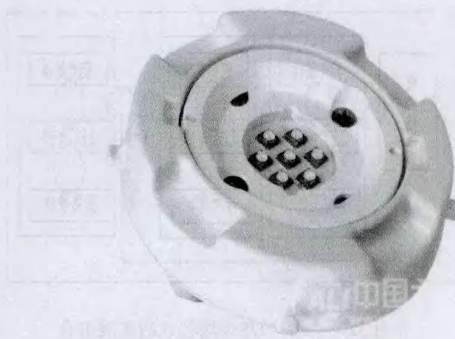


图 5b zhaga 联盟的光引擎(模块集成)



图 5c 光源与散热结合的独立模块集成

图 5 LED 照明模块化中模块集成组合的实践

①图 5a 中表示为光源与驱动结合的模块集成(光引擎板)<sup>[6,7]</sup>,其适用于中小功率室内照明灯具。如:筒灯、射灯、球泡灯等,其主要是将由多颗 SMD 封装的 LED 光源、或 COB 封装的 LED 光源(图中未给出)等,与由电子元件构成的恒流驱动电路制作在一块 MCPCB 板上。可以做成周边为 LED 光源中间为驱动电路;或者中间为 LED 光源而周边为驱动电路的形式,来形成结构紧凑的光引擎(模块)。限于元器件的体积及线路板的面积,驱动电路一般采用线性恒流或分段式线性恒流电路为多;

②图 5b 中表示为 zhaga 联盟提出的一种具有标准接口的光引擎产品,具有标准的尺寸和接口,并且在联盟内部各厂家之间的产品可以互换。对于由此开发出来的产品设计、生产和应用都具有极大的方便性;

③图 5c 中表示光源与散热结合的独立模块集成,是将 LED 照明光源模块与对应的散热模块相组合,进行优化设计,形成一个新的模块集成。一般功率在 30~50 W,具有使用方便灵活、重复性好、扩展性好等特点,主要是用于大功率的室内外照明灯具。此外,模块集成本身具有发光和散热的双重功效,一般不具有驱动单元,可以配合驱动模块工作,但不可作为完整的照明来使用。

### 1.2.3 模块集成扩展组合的实践

在图 6 中,给出了几种 LED 照明模块化的模块集成扩展组合的实践(主要是采用图 5c 给出的独立模块集成),具有一定的代表性,也是既有的发展方向之一。

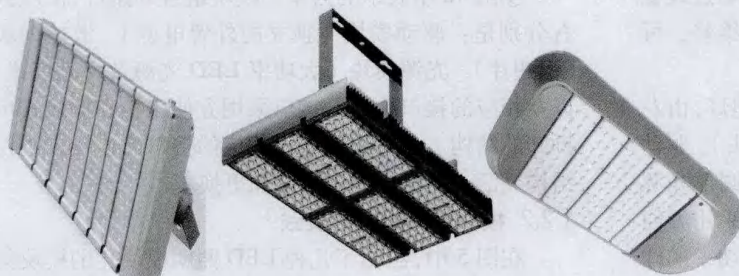


图 6a 采用模块集成扩展组合的大功率灯具

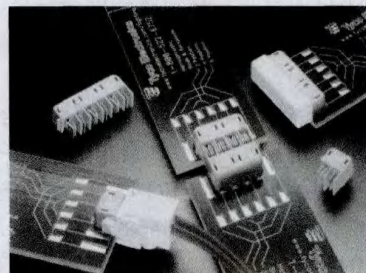


图 6b 采用单个模块扩展组合的 LED 日光灯

图 6 LED 照明模块化中模块集成扩展组合的实践

①图 6a 中表示为采用模块集成扩展组合的大功率灯具。由左至右分别是大功率投光灯(隧道灯)、大功率吊灯(工矿灯)和大功率路灯<sup>[8-10]</sup>。通过对模块(光源与散热)的组合变化,配合统一的机械防护结构(外壳及连接件),可以获得具有不同功率和应用特性的系列灯具,并且在维修时只要更换相应的模块就可。如此一来,大大简化了设计、加工程序,大大降低了用户今后的使用维护成本;

②图 6b 中表示为采用单个模块的扩展组合,主要是应用于 LED 日光灯或相类似的条形灯具上。

以 LED 日光灯为例,在设计和生产中可以按照最小功率模块的原则来进行,即以 9 W 的单个光源模块为基本单元,通过光源模块间扩展组合并配合相应的驱动、散热模块和结构/防护部件,可以获得 9 W(长度 300 mm)、18 W(长度 600 mm)、27 W(长度 900 mm)、36 W(长度 1 200 mm)、54 W(长度 1 500 mm)等系列日光灯,并由此来替换对应规格(长度)的普通日光灯管。

### 1.3 LED 照明模块化的探讨

LED 照明的模块化是 LED 通用照明由产生、发展到广泛应用所必须的技术发展过程。借鉴于传统照明应用、发展到成熟的过程来看,LED 照明模块化的发展进程中仍然有不少问题值得探讨。

#### 1.3.1 模块化技术方案的选用

首先 LED 照明的模块化只是解决了单一 LED 照明自身设计的便利性、生产的规模化及应用的方便性等问题,并没有解决如何进行模块化的问题;其次是采用具有单一功能的模块(光源、散热、驱动模块);还是采用具有复合功能的模块集成(光源与散热、光源与驱动)等,都需要进行深入的探讨。可以认为:对于通用的、室内使用的中小功率 LED 照明灯具,为了增加不同灯具之间模块的共用性,减少总体的模块规格,可以采用具有单一功能的模块(光源、散热、驱动)来生产具有相似性能的系列规格产品;对于通用的、室内/外使用的大功率 LED 照明灯具,为了减少不同灯具之间共用模块的加工和组装难度,提高灯具的使用性能,可以采用具有复合功能的模块集成来生产具有相似性能的系列规格产品。

#### 1.3.2 互换性的问题

应该明确的是,LED 照明的模块化不能解决不同厂家产品(部件或模块)的互换性问题,且互换性问

题所涉及的范围也较广。

①国家相应标准和规范的出台和产品的强制性认证;

②各生产厂家之间的思路是否能够统一到一起。

为此,总部位于欧洲的 zhaga 联盟的成立,主要是一个规范 LED 光引擎(模块)标准,发展 LED 光引擎接口标准化的组织,其宗旨是实现使用基于 zhaga 标准产品的不同 LED 灯具生产厂家灯具的互换性。zhaga 标准涵盖了物理尺寸、光学、电气、配光、散热等主要环节的标准,最终实现在 zhaga 联盟中不同的制造商之间的产品可以实现相互兼容和互换性等。因此希望有更多的生产厂家加入到这个联盟,同时也在国家层面上也应该对此有所推动。

## 2 结束语

总而言之,借鉴传统照明灯具在设计、生产和应用过程来考量通用型 LED 灯具的应用和发展。可以明确的是:LED 灯具的模块化将是其获得大规模应用的必由之路。在此大的前提下,通过对 LED 灯具模块化的技术方案的展示,给出了适用于中小功率的单一模块、中大功率的模块集成以及模块集成扩展的应用原理。重点探讨生产厂家对商品化的、通用型 LED 灯具模块化的实践,以及在实践中如何进行模块化的方案选择和对存在的一些现实问题的探讨,希望以此对 LED 照明的发展提供参考,并且在今后的大规模应用中获得更加良好的效果。

### 参考文献

- [1] 颜重光. 一种高压 LED 光引擎的系统设计方案. 中国半导体照明网, 2012-07-31.
- [2] LED 模块化制造的多维度视角. 新营销 www. sina. com. cn 2010-01-12.
- [3] 林浴峰, 胡继忠. LED 光引擎和照明产品模块化设计. 深圳 LED 公共信息网, 2011-10-09.
- [4] 傅创业. 发光二极管灯具分步式模块化的分析与研究 [J]. 光源与照明, 2012,3: 6-7.
- [5] 江程等. LED 路灯灯具的模块化设计研究 [J]. 中国照明电器, 2010,5: 1-5.
- [6] 模块化 LED 路灯. 勤加缘网社区 2012-10-29.
- [7] 绿时代光电实现 LED 路灯产品模块化. 中国 LED 网, 2011-08-26
- [8] LED 模组化——LED 发展新趋势. 真明丽集团封装研发中心中国 LED 网. 2012-07-31.
- [9] Zhaga 出版 LED 聚光灯模块规格书. 高工 LED 网.
- [10] 三分钟了解 LED Zhaga 标准. OFweek 半导体照明网