

新型 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源解决方案

Solving Plan of Driving Power Supply for New LED Road/Tunnel Lighting Products

张毅民

深圳市天下明电源有限公司

中图分类号：TN86

文献标识码：A

文章编号：1606-7517(2014)05-3-117

1 背景

半导体照明是人类照明领域的第三次革命，相对传统光源来说具有发光效率高、节能潜力大、寿命长、绿色环保等优点。半导体照明具有巨大的技术创新空间和广阔的市场发展潜力，被认为是 21 世纪的战略性产业。目前，世界上许多国家已经提出淘汰白炽灯计划，将半导体照明产业作为未来新的经济增长点。我国也采取了一系列的措施推动半导体照明产业的发展，先后启动了绿色照明工程、半导体照明工程，2009 年 10 月发改委等六部委联合发布《半导体照明节能产业发展意见》(发改环资 [2009]2441 号)，确定照明产品为重点发展领域，并将替代白炽灯、卤钨灯等。节能效果显著、性价比高的半导体照明定型产品以及停车场、隧道、道路等性能要求高、照明时间长的功能性半导体照明定型产品作为近期开发和推广的重点。作为促进节能减排、扩大消费需求、培育新的经济增长点的重要措施，半导体照明产业正迎来重要的发展机遇。

在我国，城市道路照明路灯有 2000 多万盏，年增量 200 万盏，隧道照明灯具 160 万盏，道路照明占整个照明用电量的 25%-30%，节能潜力巨大。为此，政府首先将 LED 道路照明产品、LED 隧道灯等 LED 市政照明产品列为国家重点发展对象，在天津市、河北省、辽宁省、黑龙江省等 16 个省（直辖市）共计 21 个城市开展“十城万盏”半导体照明应用工程试点工作，支持道路照明、隧道照明、地铁车厢及站台、地下停车场、加油站照明、室内照明等产品的示范应用，并希望以此促进半导体照明核心技术研发与创新能力的提高，带动整个半导体行业的发展，迅速提升我国半导体照明产业的整体竞争能力。

在中国 LED 道路 / 隧道照明产品节能认证技术规范中，LED 道路照明产品 (LED street lighting product) 被定义为：

满足道路照明要求的组合式 LED 照明装置，除了发光二极管 (LED) 作为光源发光外，还包括其他部件，例如光学、机械、电气和电子部件，并将这些部件组合成一个整体（驱动控制装置可为分离式结构）。其中电气部分就是指 LED 道路 / 隧道照明产品的驱动电源，它在 LED 道路 / 隧道照明产品中相当于心脏在人体中一样重要。驱动电源的品质和性能直接决定了 LED 道路 / 隧道照明产品的可靠性和寿命。可以这样说，没有好的驱动电源一定没有好的 LED 道路 / 隧道照明产品。因此，研究一款具有高效率、高寿命和低成本的驱动电源在 LED 道路 / 隧道照明产品中就显得特别重要，并具相当的市场价值。

2 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源的发展

2.1 传统的 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源

在传统的 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源中，其结构主要由恒压模块和恒流模块组成。图 1 所示是传统 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源的结构，在恒压源结构中，GB17625.1 要求测试 LED 道路 / 隧道照明产品的输入谐波电流和输入功率因数校正，需要在交流 AC 输入端加入功率因数校正 (PFC) 电路，一般采用 BOOST 有源 PFC 电路，电路经过功率因数校正后得到约 400V 直流电压，由于安规标准 GB19510 的要求，需要对电路进行电气隔离，在大功率 (>100W) 驱动电源中，可以利用 LLC 谐振电路得到隔离 50V 直流输出。PFC 和 LLC 电路就组成了传统 LED 道路 / 隧道照明产品驱动恒压源。恒压源的输出并不能直接对多串多并 LED 进行驱动，因为 LED 自身需要恒定电流进行驱动来持续恒定的光通量。

在恒压源输出后，每一串 LED 需要恒流 DC/DC 电路进行恒流，无论是降压还是升压，其都是一个开关电路，

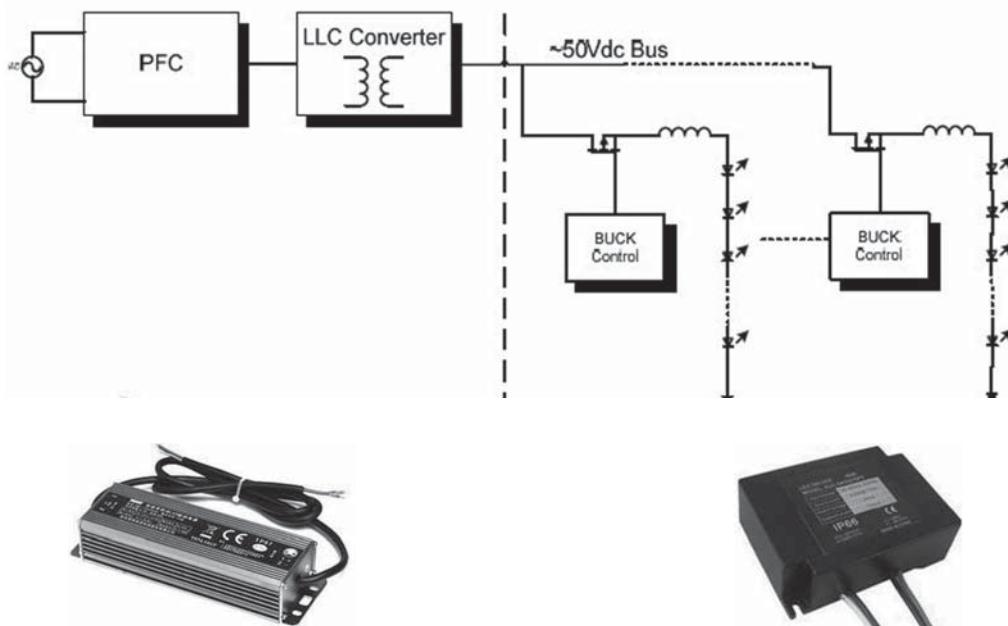


图 1 传统 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源的结构

得到恒流模块。一般每串 LED 需要一个开关恒流电路。

传统的LED 道路/隧道照明产品驱动电源主要有以下缺陷：

效率不高。由于传统的 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源采用三级结构，PFC、LLC 和开关恒流都会有效率损失，在 220Vac/50Hz 输入条件下，整体效率在 88%。而效率决定了 LED 道路 / 隧道照明的发光效 (lm/W) 和温升，较低的效率使驱动电源自身温升增加，降低了系统寿命和可靠性。

寿命差。在恒流模块中，每一串 LED 需要一个开关 DC/DC 电路，而且前级恒压模块需要 PFC 和 LLC 谐振电路，这样一来，元器件数量多，减少了驱动电源的寿命。特别是滤波电容和光耦使得驱动寿命大大降低。

成本高。由于三级方案的采用，器件数量较多，驱动电源成本较高。

电磁兼容干扰大。在恒流模块中，每一串 LED 需要一个开关电路，高频开关信号之间会产生相互干扰，影响 LED 道路 / 隧道照明产品电磁兼容性能。

2.2 新型的 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源

为了解决传统 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源的缺陷，我们提出了一种新型 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源的拓扑结构，来优化驱动电源的设计并实现量产化。如

图 2 所示，新型的 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源采用两级结构，省略了传统方案的三级结构中的每串 DC/DC 恒流电路。

AC 交流输入端首先加入功率因数校正 (PFC) 电路，该 PFC 电路与传统方案是一样的，一般为有源 BOOST 升压电路。第二级采用新型的多串变压器谐振半桥电路结构，谐振电路控制器放在变压器输出次级侧，直接对流过 LED 的总电流进行恒流反馈变频谐振控制，并通过变压器磁平衡实现多串 LED 输出侧的电流均衡。

新型 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源具有以下优势：

效率高。由于新型驱动电源采用两级结构，第二级的谐振半桥电路具有 ZVS 零电压软开关的工作特性，可以实现高效率，在 220Vac/50Hz 输入条件下，整体效率可以高达 92% 以上。

成本低。由于省略了传统驱动电源恒流 DC/DC 电路，每一串之间不再需要 DC/DC 开关电路，这样可以提高驱动电源性价比。

可靠性高。电路器件较少，可以提高可靠性和寿命。同时，该方案谐振主控制器放在次级侧，不需要反馈光耦，因此避免了反馈光耦对驱动电源寿命和可靠性的影响。

具有 LED 过压 (开路) 短路、过温等保护。由于谐振主控制器放在次级侧，可以直接对 LED 输出的电压进行

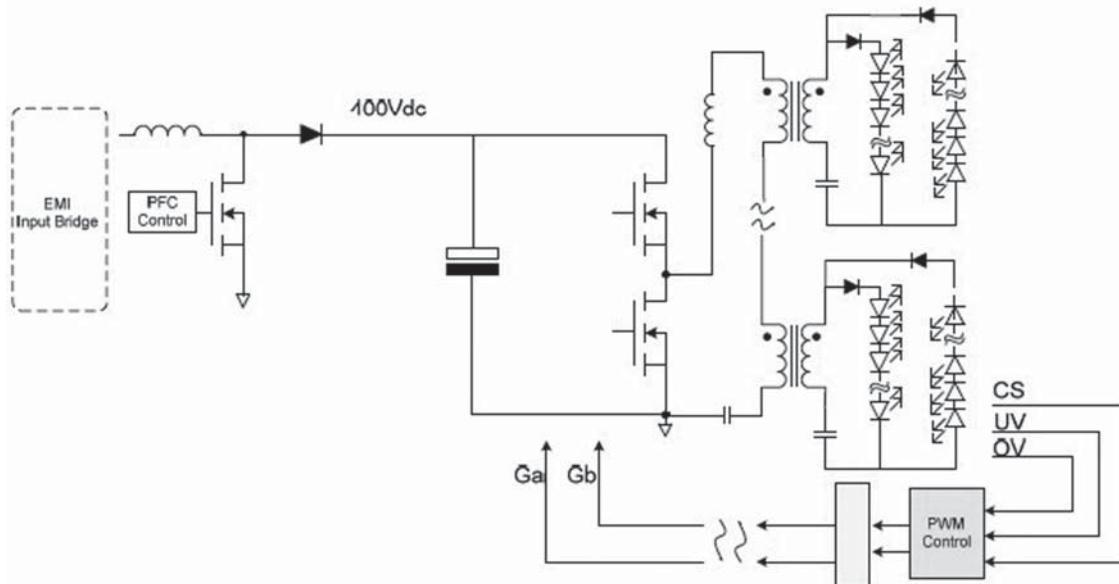


图 2 新型 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源的结构

过压和短路保护。同时，原边侧具有过流保护。

电磁兼容干扰小。由于省略了传统驱动电源恒流 DC/DC 电路，这样避免了每串 DC/DC 之间的相互干扰，提高 EMC 特性。同时，谐振电路的采用使电路工作在软开关条件下，进一步降低电磁干扰。

兼容 PWM 数字无线调光和传统模拟调光。由于谐振主控制器放在次级侧，这样可以和 PWM 数字无线调光和传统模拟调光兼容，实现整体 LED 系统控制。

3 新型 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源的研制

基于新型 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源的拓扑，我们研制了一款驱动电源方案。参数如下：

项目	最小	典型	最大
输入电压范围(AC)	90V	220V	264V
输出电压范围(DC)	40V	54V	60V
LED模组串数			4
每串输出电流	485mA	500mA	515mA
每串输出电流误差			+ - 3%
PWM调光范围	1%		100%
功率因数(90Vac~264Vac)	0.95	0.98	0.99
效率@ 100% dimming		91.5%	92%
开机延时			200ms
输出串开路保护		Yes	
输出串过压保护	65Vdc		
输出串欠压保护			35Vdc

输出串短路保护		Yes	
最大输入电流 (90Vac 输入)		1.3 A	

该方案能满足以下标准要求：

(1) 安全要求测试

按照 GB19510.1-2009 灯的控制装置第 1 部分：一般要求和安全要求

(2) 电磁兼容测试

按照 GB17743 测试 LED 道路 / 隧道照明产品的无线电骚扰特性；

按照 GB17625.1 测试 LED 道路 / 隧道照明产品的输入谐波电流；

按照 GB/T17626.5 进行 LED 道路 / 隧道照明产品的浪涌测试

4 结论

本方案采用一种新型多串变压器谐振电路实现高效率、低成本、高可靠性和量产化的 LED 道路 / 隧道照明驱动电源产品。

公司背景说明：

天下明电源成立于 2005 年，是专业 LED 电源的研发与生产厂家。目前产品包括大功率 LED 驱动器。可根据客户灯珠特性提供最适合 LED 工作特性，体积小、多功能保护，

具有转换效率高、抗干扰能力强、工作稳定性高、可靠性高等特点的 LED 电源产品。目前产品主要应用于 LED 射灯、LED 蜡烛灯、LED 球泡灯 , LED 筒灯 , PAR 系列灯、 LED 投光灯、 LED 日光灯、 R7S LED 灯 , 横插 LED 灯 ;AR111 灯。可以实现调光与不调光的功能 , 成功案例 : 香格里那酒店 ; 北京人民大会堂 4 寸筒灯 ; 人民大会堂常委厅 600 盏

80W 调光 40 寸大筒灯 ; 深圳大运会主馆灯具照明 ; 巴西奥运会主场馆地坪灯 ; 美国 Power-one 工厂节能改装的 LED 270 度长寿命灯管。产品可以通过 CE; TUV ;CQC ;ETL ; UL ;SAA ;PSE ;Kema 等认证。目前与 CREE ;SHARP 合作伙伴。我们服务客人方针 : 品质 ; 交货 ; 服务 ; 价值。