

国内LED驱动电源技术分析

查丰盛 陈双林 朱圆圆

浙江凯耀照明有限责任公司 浙江 嘉兴 314000

摘要: LED驱动电源作为LED照明系统的关键组件,其性能直接影响LED灯具的亮度、稳定性和能效。本文简要介绍了LED驱动电源的发光原理,分析了LED驱动电源的实践技术应用,还讨论了LED驱动电源市场的发展趋势,指出了技术创新、政策支持和市场需求是推动行业发展的重要因素。通过本文的研究,可以为LED驱动电源行业的从业者提供有价值的参考和启示。

关键词: 国内; LED驱动电源; 技术

引言

随着LED照明技术的快速发展,LED驱动电源作为连接电能与LED灯具的桥梁,其重要性日益凸显。LED驱动电源不仅负责将输入的电能转换为适合LED灯具使用的电流和电压,还具备节能高效、稳定可靠等特点。因此,深入分析国内LED驱动电源技术的现状与发展趋势,对于推动行业进步和提升市场竞争力具有重要意义。

1 LED驱动电源的发光原理

LED驱动电源的发光原理,是深入探索并有效利用二极管性能的关键所在,它不仅能够高效地管理和疏导电能,还能在特定的条件下最大化地优化LED的发光特性。深入探究其发光机制,我们发现,当在LED的两端施加电压时,一系列精细的管理和控制措施变得至关重要,以确保LED能顺利进入其工作区域。在这个过程中,电流从P区向N区流动,形成了所谓的正向电压。此时,一个独特的现象发生了:少数载流子(通常是空穴)与多数载流子(通常是电子)开始相互流动并相遇,这种相遇并非偶然,而是由电场作用下的定向移动所导致的。当这两种载流子相遇时,它们会结合并释放出能量,这种能量释放的形式就是光,从而实现了LED的发光效果。进一步来说,LED的发光过程是一个复杂而精细的物理过程。在这个过程中,少数载流子与多数载流子的复合作用起着决定性的作用。当它们复合时,会释放出光子,这些光子随后被LED的中心位置所捕获,进而产生我们肉眼可见的发光现象。值得注意的是,LED的光量子效率非常高,这意味着在复合过程中,大部分能量都以光的形式被释放出来,而不是转化为热能或其他形式的能量。这一特性使得LED成为了一种高效、节能的光源,非常值得深入研究和应用^[1]。而在LED的发光控制方面,我们需要充分利用其复合作用的原理。通过调整施加在LED两端的电压和电流,我们可

以控制载流子的流动速度和数量,从而实现对发光强度和颜色的精确控制,这种控制能力使得LED在照明、显示等领域具有广泛的应用前景。此外,LED的发光颜色也与其半导体材料的种类和结构密切相关,不同的半导体材料在受到激发时,会释放出不同波长的光,从而呈现出不同的颜色。

2 LED驱动电源的实践技术应用

2.1 亮度一致性控制技术的应用

在LED灯具的设计与制造过程中,确保每个LED单元发出的光线亮度保持一致,是实现高质量照明效果的基础。亮度一致性控制技术通过精确调控LED驱动电源的输出电流或电压,来达成这一目标,从而保障了LED灯具在不同环境条件下都能提供稳定、均匀的照明效果。其中,亮度一致性控制技术的应用首先体现在对LED驱动电源的精细调节上,由于LED本身的特性,其发光强度与流过其的电流直接相关,因此,通过精确控制驱动电源的输出电流,可以实现对LED亮度的精准调控。在实践中,这通常涉及到复杂的电路设计和算法优化,以确保在输入电压波动、环境温度变化等外部条件影响下,LED驱动电源仍能保持稳定的输出电流,从而维持LED亮度的恒定。此外,亮度一致性控制技术还需考虑LED的老化问题,即随着使用时间的增长,LED的发光效率会逐渐降低。所以,驱动电源需具备智能调整功能,能够根据LED的实际发光情况,自动调整输出电流,以补偿因老化导致的亮度下降,从而延长LED的使用寿命并保持亮度的长期一致性。在实际应用中,亮度一致性控制技术被广泛用于各种LED照明产品,如路灯、隧道灯、室内照明灯具等^[2]。以路灯为例,由于路灯通常需要长时间连续工作,且工作环境复杂多变,如昼夜温差大、电源电压波动等。通过采用高性能的LED驱动电源,结合先进的亮度控制算法,可以确保路灯在不同时

间段和天气条件下都能提供稳定的照明亮度，有效避免因亮度不均造成的视觉不适或安全隐患。

2.2 调光控制技术的应用

目前，LED的调光方式主要包括PWM调光、模拟调光、数字调光和可控硅（Triac）调光等。PWM调光是通过改变数字脉冲的占空比来控制LED的平均输出电流，从而实现亮度的调节，这种方式具有效率高、精度高、应用简单且能提供高质量白光的优点，但可能会使LED驱动电源产生可闻噪音。模拟调光则是通过改变限流电阻的阻值来改变输出电流，进而调节LED的亮度，这种方法成本较低，但系统能耗相对较大。数字调光则是通过相应的协议将控制信号发送给驱动器，从而调节LED的亮度，这种方式主要用于大型照明场所，如会议室或酒店等，需要具有数字接口的LED驱动器。可控硅调光技术主要用于兼容传统白炽灯的调光系统，随着LED的普及，这种技术也在逐渐适应LED驱动电源的需求。在现实生活中，调光控制技术被广泛用于各种需要灵活控制照明亮度的场合。例如，在会议室中，通过调光控制技术可以根据会议的不同阶段调整照明亮度，营造出适宜的会议氛围。在舞台照明中，调光控制技术更是不可或缺，它可以根据表演内容和场景变化，精确调整灯具的亮度和色彩，创造出丰富的视觉效果。此外，在家庭智能照明系统中，调光控制技术也发挥着重要作用，用户可以通过手机APP或智能音箱等设备远程控制家中灯具的亮度，实现个性化照明需求。随着物联网、大数据和人工智能等技术的不断发展，调光控制技术也在向智能化、自动化方向发展。未来的调光控制系统将更加注重新用户体验和节能效率，通过集成传感器、网络通信模块和智能算法，实现对照明系统的精准控制和优化管理。如通过集成环境光传感器和人体移动传感器，调光控制系统可以根据室内光线和人员活动情况自动调节照明亮度，提供更加舒适、节能的照明环境。

2.3 色温一致性控制技术的应用

色温一致性不仅要求单个LED灯具或照明设备内部的色温均匀，还要求在同一照明环境中，不同灯具或设备之间的色温也要保持一致。这在实际应用中尤为重要，比如在商业店铺、星级酒店和高端展柜等场所，设计师和甲方客户通常会对每个发光点进行短距离点亮检验测试，以确保不出现肉眼可见的色差。然而，实现色温一致性并非易事，LED的色温受到多种因素的影响，包括LED芯片本身的发光特性、荧光粉的涂覆工艺、封装技术、散热条件以及长期使用中的颜色漂移等。其中，荧光粉涂覆工艺的不均匀性会导致出射光局部偏黄

或偏蓝，而散热不良则会导致LED光通量降低、寿命缩短以及颜色漂移。另外，不同批次或甚至同一批次的LED芯片也可能存在色差，这主要源于材料和工艺的自然变化。为了克服这些挑战，色温一致性控制技术应运而生，该技术涵盖了从LED封装到照明产品设计和制造的整个产业链^[3]。在LED封装阶段，封装厂家会对LED进行分光分色，以确保每个LED的色温都在规定的范围内。但由于LED封装与LED产品所采用的标准不同（如LED封装通常依据美国标准ANSI的四边形区域分bin，而LED产品则采用麦克亚当椭圆表示色容差），这给LED产品的光色一致性控制带来了挑战。因此，下游厂商在采购封装LED后，还需要使用光谱仪积分球系统以及分布光度计系统等质检实验室设备对原材料进行抽检，以确保其光色品质。最后，在照明产品设计和制造阶段，色温一致性控制技术同样发挥着重要作用。设计师需要充分考虑灯具的光学设计、散热设计以及LED的布局 and 数量等因素，以确保灯具内部的色温均匀。并且，对于由多个LED组成的大型照明系统，还需要采用颜色混合技术来实现整体色温的一致性。颜色混合技术利用了人类色彩感知的关键特征，即当两个光源具有相同的“三刺激”值时，它们看起来是相同的颜色，通过精心选择不同色温的LED并进行组合，可以实现所需的整体色温效果。

3 国内LED驱动电源技术的发展趋势

3.1 技术发展趋势

在技术发展趋势方面，高效率是LED驱动电源技术发展的核心方向之一，随着LED照明技术的不断进步，对驱动电源的效能要求也越来越高。为实现更低的能耗和更高的光效，LED驱动电源通过优化电路设计、采用先进的控制算法和新型的功率电子器件等手段，不断提高转换效率和功率密度。这不仅有助于降低LED照明系统的整体能耗，还提升了其发光效率和稳定性，从而延长了LED灯具的使用寿命。高效能化的LED驱动电源已成为市场的主流产品，广泛应用于室内外照明、显示屏、汽车照明等领域。而高可靠性是LED驱动电源技术发展的另一重要趋势，LED照明系统通常要求长时间稳定运行，因此驱动电源的高可靠性至关重要。为实现这一目标，LED驱动电源厂商在材料选择、生产工艺、质量控制等方面不断优化，以确保产品能在各种恶劣环境下稳定运行。同时，通过加强产品的测试和验证，以及建立完善的售后服务体系，LED驱动电源的高可靠性得到了进一步提升。这不仅增强了用户对LED照明系统的信心，也推动了LED照明技术在更多领域的应用。此外，绿色化是LED驱动电源技术发展的又一重要方向。随着

环保意识的不断提高，LED驱动电源的绿色化已成为行业发展的重要议题，绿色化LED驱动电源要求在生产、使用和回收等环节中注重环保和节能，以实现可持续发展。通过采用环保材料、优化生产工艺、降低能耗等手段，LED驱动电源的绿色化水平不断提升。

3.2 市场需求趋势

一方面，户外照明方面，LED驱动器凭借其高效能、长寿命以及环保节能的特性，在这一领域占据了越来越重要的位置。随着城市化进程的加速和人们对城市环境美化需求的提升，户外照明不再仅仅局限于道路照明、景观照明等传统应用，而是向更加智能化、多样化的方向发展。例如，智慧灯杆作为户外照明的新兴应用场景，集成了照明、监控、通信等多种功能于一体，成为智慧城市的重要组成部分。智慧灯杆的快速发展不仅带动了LED驱动器市场规模的扩大，还对其技术性能提出了更高的要求，如更高的稳定性、更强的通信能力和更好的环境适应性等。另一方面，智能家居领域则是LED驱动器市场需求增长的另一大动力，随着物联网技术的普及和消费者对智能家居接受度的提高，LED驱动器在智能家居中的应用越来越广泛。在智能家居系统中，LED驱动器不仅负责为LED灯具提供稳定的电能转换，还通过与智能家居控制系统的连接，实现了灯具的智能化控制。比如，通过智能手机或语音助手等智能终端，用户可以随时随地控制家中的照明系统，实现远程开关灯、智能调光、定时开关等功能。这种智能化的照明控制方式不仅提高了用户的居住体验，还有助于节约能源和降低碳排放。

3.3 产业政策趋势

在LED驱动电源领域，产业政策趋势对于行业的健康发展起着至关重要的引导作用。近年来，随着全球对节能减排和环境保护意识的增强，各国政府纷纷出台了一系列支持LED照明及驱动电源产业发展的政策措施，并加强了行业标准的制定与监管，为LED驱动电源产业的持续繁荣提供了有力保障。从政府支持的角度来看，

各国政府通过财政补贴、税收减免、研发资助等多种方式，鼓励LED照明及驱动电源技术的研发与应用^[4]。一些国家设立了专项基金，用于支持LED照明产品的技术创新和产业升级；同时，通过实施税收优惠政策，降低了LED照明及驱动电源企业的生产成本，提高了其市场竞争力。此外，政府还积极推动LED照明产品的普及，通过政府采购、示范项目等方式，扩大了LED照明及驱动电源的市场需求。而在行业标准制定方面，各国政府及行业协会也加强了LED驱动电源的质量监管和标准制定工作。其中，通过制定严格的LED驱动电源安全标准和性能标准，确保了LED照明产品的可靠性和安全性；另外，通过推动智能控制、能效管理等技术标准的制定与实施，促进了LED驱动电源技术的创新和升级。例如我国制定了《LED路灯驱动电源应用技术规范》等标准，对LED路灯驱动电源的术语定义、标识、电气性能、接口定义和必要尺寸等进行了详细规定，为LED路灯驱动电源的研发、生产和使用提供了有力的技术支撑。

结束语

综上所述，国内LED驱动电源技术正朝着高效能化、智能化、绿色化的方向发展。通过优化电路设计、采用先进的控制算法和新型的功率电子器件等手段，LED驱动电源的转换效率和功率密度得到了显著提升。未来，随着全球对可持续发展和绿色经济的日益重视，LED驱动电源行业将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1]夏冬,汪彬彬.一种软件定义LED驱动电源.2020(009):048.
- [2]陈建.大功率高效率的LED捕鱼灯电源[D].厦门理工学院,2019(009):049.
- [3]王晓晖.基于LoRa的社区照明系统的设计与实现[D].青岛大学,2020(009):0209.
- [4]张宏宇.基于单色LED的荧光显微镜装置研究与应用[D].武汉纺织大学,2020(009):039.