

LED显示屏节能方案探讨

刘博文^{1,2}, 赵丽红³, 何昆鹏³, 冉竞羽¹

(1. 河北东方学院, 河北廊坊 065001; 2 深圳真智汇联科技有限公司, 广东深圳 518081; 3. 深圳市奥拓电子股份有限公司, 广东深圳 518057)

摘要: 在各行业关注节能环保及“双碳”目标和“百城千屏”活动提出大背景下, LED显示屏节能减排是电器行业必须解决的问题之一。因此, LED显示屏节能控制技术显得尤其重要。本文首先采用微型高亮LED灯珠, 运用LED芯片的正装结构降低了15%~40%的功耗; 其次选择使用共阴方案, 提高了LED显示产品能效技术, 降低屏面温度, 功耗低, 辐射小, 提高灯珠使用寿命; 最后总结了LED显示屏制造及设计中遵循的节能标准, 对加快LED显示行业节能技术的应用, 助力“双碳”目标的实现有着重大意义。

关键词: 双碳; LED显示屏; LED节能控制; 节能标准

本文著录格式: 刘博文, 赵丽红, 何昆鹏, 等. LED显示屏节能方案探讨[J]. 新一代信息技术, 2023, 6(15): 18-22

中图分类号: TN364+.2; TN27; TN29

文献标识码: A

Discussions on Energy-Saving Solutions for LED Display Screens

LIU Bo-wen^{1,2}, ZHAO Li-hong³, HE Kun-peng³, RAN Jing-yu¹

(1. School of Artificial Intelligence, Hebei Oriental University, Langfang, Hebei 065001, China; 2. Shenzhen Zhenzhi Huilian Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518081, China; 3. Shenzhen AOTO Electronics Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518057, China)

Abstract: Against the backdrop of increasing attention to energy conservation and environmental protection, as well as the "Dual Carbon" targets and the "Hundred Cities, Thousand Screens" initiative, energy efficiency and emission reduction in LED display screens have become one of the crucial issues to be addressed in the electrical industry. Therefore, energy-saving control technology for LED display screens is particularly important. In this paper, first adopts miniature high-brightness LED lamp beads, reducing power consumption by 15% to 40% through the use of LED chip's positive mounting structure. Secondly, a common cathode scheme is chosen to improve the energy efficiency technology of LED display products, reducing screen temperature, lowering power consumption, minimizing radiation, and extending the lifespan of the lamp beads. Finally, the paper summarizes the energy-saving standards followed in the manufacturing and design of LED display screens, and emphasizes the significant importance of accelerating the application of energy-saving technologies in the LED display industry, making contributions to the achievement of the "Dual Carbon" targets.

Key words: double carbon; LED display; LED energy-saving control; energy-saving standard

Citation: LIU Bo-wen, ZHAO Li-hong, HE Kun-peng, et al. Discussions on Energy-Saving Solutions for LED Display Screens [J]. New Generation of Information Technology, 2023, 6(15): 18-22

1 引言

实现碳达峰碳中和, 是构建人类命运共同体的必然选择。中国将破立并举、稳扎稳打, 确保经济社会平稳发展, 为“双碳”这项重大工作进行系统谋划、总体部署^[1]。2023年7月11日下午, 习近平主持召开中央全面深化改革委员会第二次会议, 审议通过了《关

于推动能耗双控逐步转向碳排放双控的意见》, 从能耗双控逐步转向碳排放双控, 为建立和实施碳排放双控制度积极创造条件^[2]。

科学家真锅淑郎(Syukuro Manabe)通过对大气中二氧化碳含量的研究, 得出二氧化碳含量增加, 会导致地球表面温度升高的结论^[3]; 克劳斯·哈塞尔曼

(Klaus Hasselmann)的研究,则证明了大气温度升高,是由于人类排放的二氧化碳^[4],因此两人获得2021年诺贝尔物理学奖^[5]。碳排放是全球气温升高的主因,实现碳中和对于减缓全球气候变暖有重要意义。

从国家统计局给出的近九年数据得出;中国火电发电量占全国总发电量的比例呈现逐年下降趋势,但占比仍都在69%以上,如图1所示。由国家统计局7月17日数据得出,2023年上半年,全国期内总发电量达41 679.6亿千瓦时,其中火力发电量为29 457.0亿千瓦时,火力发电量累计增长7.5%,以2022年全国单位火电发电量二氧化碳排放约824克/千瓦时的转换系数计算^[6],发电过程产生的二氧化碳排放超30亿吨。所以要设计新型节能产品,提高能源使用效率,实现“双减”目标。

如今,LED显示已经成功应用在多项具有重大影响力的工程领域中,其中,大型LED显示屏在多处地标性建筑广泛应用。例如迪拜哈利法塔的LED显示屏面积达3.24万平方米,江西303绿地中心以3.53万平方米的LED照明幕墙面积被列入吉尼斯世界纪录,中国苏州的圆融时代广场有500米长、32米宽的巨型LED天幕,珠海华发商都的异形LED天幕总显示面积达8 000余平方米^[7]。这些大型LED显示屏的应用使装机总量增多,导致城市LED用电总量提高。此外为实现工信部发布的《六部门关于开展“百城千屏”超高清视频落地推广活动的通知》^[8],保证超高清视频显示,顺应“国家能耗双控逐步转向碳排放双控”目标,因此研究节能减排的LED显示屏有重要的意义。

2014-2022年中国火电发电量占全国发电总量的比例



图1 2014-2022年中国火电发电量占全国发电总量的比例
(数据源自国家统计局)

2 LED显示屏节能减排路径探讨

2.1 微型高亮LED灯珠的应用

随着LED显示技术不断提高,像素单元微小化已成为高端应用领域的必然趋势,在等面积显示面板中集成更多的LED灯珠,直接导致总功耗的增加。高密度产品,尤其是户外高亮度的LED显示屏,其灯珠的总功耗占LED箱体总功耗的90%以上,提升灯珠光效,是降低LED显示屏功耗的有效手段。

2.1.1 LED工作应用原理

LED灯珠的发光原理和过程包括正向偏压下的载流子注入、复合辐射和光能传输共3个部分。微小的半导体晶片被封装在洁净的环氧树脂物中,当

电子经过该晶片时,带负电的电子移动到带正电的空穴区域并与之复合,电子和空穴消失的同时产生光子。电子和空穴之间的能量越大,产生的光子的能量就越高。微型高亮LED灯珠时利用发光二极管生产制作的小圆球形灯珠,具有光线亮度高、成本低以及购置方便等特点^[9]。

LED的载流子经过半导体时,在P/N结处由于电子能级跃迁下降,辐射出了相对应的光子^[10],如图2所示,这一部分复合所释放的能量称为辐射复合。另一部分复合所释放的能量转化为热,称为非辐射复合,这部分复合造成能量直接浪费。

2.1.2 LED芯片结构选择

LED芯片的结构有正装、倒装和垂直三种^[11]。倒装结构和垂直结构光效高,被广泛应用在Micro LED

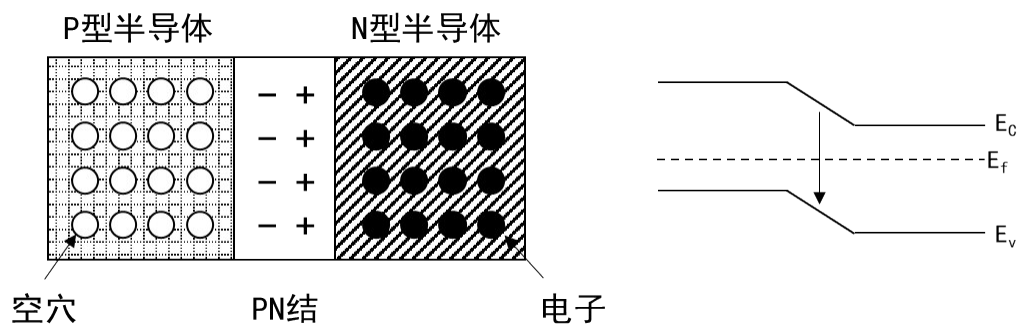


图2 LED器件结构及P-N结

领域,这一技术要求高,尚未成熟,成本高。正装结构的散热性能相对倒装结构和垂直结构较差,但由于其具有工艺成熟和成本低的有点,仍是业界的主流方案。在这一方案的前提下,通过使用更高质量的晶圆材料,可让LED灯珠在同电流的情况下提升30%甚至更高的亮度,以某系1515规格的LED灯珠为例,在相同输入电压及输入电流的前提下,普亮灯珠的红、绿、蓝灯平均光强分别为40 mcd、140 mcd和21 mcd,高亮灯珠的红、绿、蓝灯平均光强分别为55 mcd、190 mcd和23 mcd,对于1010规格的灯珠,光强能从32 mcd、32 mcd和6 mcd提高到95.2 mcd、97.8 mcd和22 mcd。所以选择LED芯片的正装结构,并且使用微型高亮灯珠,该产品方案能在同等亮度条件下降低15%~40%功耗。

2.2 共阴电路方案设计选择

LED发光二极管是单向导电的一种元器件,它分

共阳极和共阴极两种电路方案^[12],内部发光二极管的阳极(正极)都联在一起,此发光二极管的阳极(正极)在外部只有一个引脚,称为共阳,如图3左图所示。内部的发光二极管的阴极(负极)都联在一起,此发光二极管的阴极(负极)在外部只有一个引脚,称为共阴,如图3右图所示。

常规LED显示屏一般都是共阳供电。红、绿、蓝三种灯珠对电压的需求不一样(红灯珠电压要求2.5 V左右,蓝绿灯珠电压要求3.8 V左右),共阳显示屏通常给定一个高于3.8 V的电压,同时电流从PCB板输入流向灯珠,不仅增加了电路正向压降,而且产生过多的电量损耗。共阴冷屏采用R、GB分开供电,即精准分配电压电流到红、绿蓝灯珠,电流经过灯珠再到IC负极,正向压降低,导通内阻小,有效降低电阻发热。故采用共阴方案,该方案能有效降低屏面温度,功耗低,辐射小,提高灯珠使用寿命的优点。

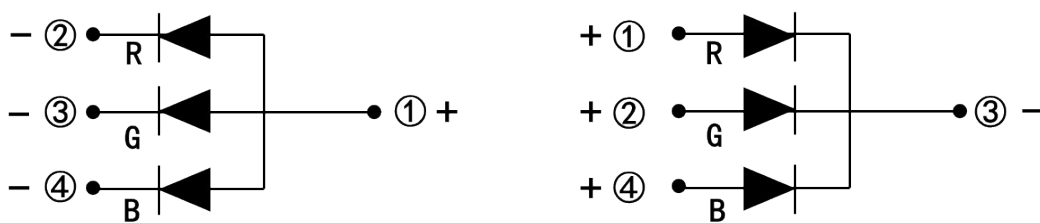


图3 LED电路设计图(左:共阳,右:共阴)

2.3 驱动IC选择

LED显示屏在实际播放画面中,灯珠通常不会全部同时发光,驱动芯片相当于LED显示屏的灵魂^[13],可通过选用不同的外挂电阻对输出级电流大小进行调节,精确控制LED的发光亮度。传统的驱动IC对黑屏的控制方案是给灯珠一个低于发光阈值的电流,这造成了功耗的浪费,黑屏功耗正是用于考量这一性能的指标之一。节能型驱动IC具有动态节能模块,能有效降低黑屏功耗,LED显示屏在播放动态画面时,功耗

也会相对降低。CQC3158-2016中国节能认证对LED显示屏的黑屏功耗有明确要求,节能型驱动IC已引起高度关注,并大量运用到产品中。

2.4 高效率的开关电源

LED灯珠的供电方式是直流供电,这就需要使用开关电源将交流电转换为直流电。而开关电源是LED显示屏中除了LED灯珠和驱动IC外最主要的热源。开关电源发出的热量还会进一步提高驱动IC和LED

的环境温度,从而增加额外功耗。现阶段,大多数开关电源的工作效率只有 80%~85%,这就意味着至少有 15% 的电力以热的形式浪费。

通过采用新的电源技术给 LED 显示屏供电是可以达到显著的节能效果的,开关电源的效率可以提升到 90% 以上^[14]。通过更换高品质高效电源,可将 LED 显示屏的总功耗降低 5% 以上。目前,市场上已经针对共阴方案的灯珠生产出双路输出电源(一路 3.8V 给蓝绿灯珠供电,一路 2.8V 给红灯珠供电)。通过使用合理的供电方案,使用氮化镓等新技术,减少总开关电源数的使用,降低开关电源工作负载,也是提高开关电源转换效率的有效手段。

2.5 主动散热方案

传统的 LED 显示屏光效低,发热高,户外高亮度 LED 显示屏往往需要使用空调制冷或在箱体内存装风扇导出内部热量,以降低 LED 灯珠的工作温度,从而增加产品的可靠性。新型节能 LED 显示屏使用上述节能技术后,能在同等亮度的前提下有效降低热功耗。新型节能 LED 显示屏应尽量取消主动式散热方案,以降低制冷设备所带来的功耗,取消风扇在降低风扇功耗的同时,能够有效降低产品噪音,增加防水防尘效果。节能型 LED 显示屏常使用独立电源盒,通过改善结构设计,能有效减小开关电源发出热量对 LED 的影响,基于上述优点,使用电源盒的产品方案已被行业广泛应用^[15]。

表 2 采用 R、GB 分开供电和 RGB 统一供电的产品功耗比较

灯珠规格	2 727 灯	2 727 灯
灯珠间距	8 mm	8 mm
产品显示面积	960 mm×960 mm	960 mm×960 mm
产品亮度	10 000 cd/m ²	10 000 cd/m ²
R、GB 分开供电的产品功耗	576 W	电源输出电压 R:2.8 V;GB:3.8 V
RGB 统一供电的产品功耗	687 W	电源输出电压 RGB:4.2 V
实验结论:节能 19.2%		

3.3 驱动 IC 及开关电源的功耗比较

以 2727 灯珠为例,在同等测试条件下,测试得出节能型的驱动 IC 比传统的驱动 IC 功耗小约 15%;而新技术开关电源比普通开关电源的功耗小约 5%。

4 LED 显示屏节能减排的相关标准

为贯彻实施《中华人民共和国节约能源法》,开展节能产品认证、保护环境、提高 LED 显示单元的能源利用效率,中国质量认证中心于 2016 年正式发布《LED 显示

3 LED 显示屏节能实验测试数据

本文采用某系 2727 规格的普通型灯珠和高亮型灯珠为基本的耗能测试对象,对 LED 芯片的正装结构、共阴电路、驱动 IC、开关电源等各种节能举措条件下进行耗能试验验证。

3.1 普亮灯珠产品和高亮灯珠产品功耗比较

以 2727 灯珠为例,LED 芯片的正装结构普亮灯珠与高亮灯珠产品功耗比较试验的数据如表 1 所列,实验表明高亮灯珠比普亮灯珠节能约 38%。

表 1 LED 芯片的正装结构普亮灯珠与高亮灯珠产品功耗比较

灯珠规格	2 727 灯
灯珠间距	10 mm
产品显示面积	960 mm×960 mm
产品亮度	5 500 cd/m ²
普亮灯珠产品功耗	563 W
高亮灯珠产品功耗	408 W
实验结论:高亮灯珠比普亮灯珠节能 38%	

3.2 采用 R、GB 分开供电的产品和 RGB 统一供电的产品功耗比较

以 2727 灯珠为例,采用 R、GB 分开供电的产品和 RGB 统一供电的产品功耗比较试验的数据如表 2 所列,实验表明同等条件下 R、GB 分开供电的产品要比 RGB 统一供电的产品节能约 19%。

单元节能认证技术规范》(CQC3158-2016)^[16],技术规范对 LED 显示单元的能源效率(如表 3 所示)及睡眠模式功率密度(如表 4 所示)有明确规定。

在确立了《LED 显示单元节能认证技术规范》后,

表 3 能源效率

LED 显示单元类型	能源效率/(cd/W)
贴片灯	LED 普通灯
	LED 黑灯
直插灯	—

LED 显示屏技术开始广泛采用各类节能方案,在开发新产品时,低碳、环保作为符合节能技术规范的必然要求,是方案设计的重要考量因素。

表 4 睡眠模式功率密度

LED 显示单元类型	点间距	睡眠模式功率密度/(W/m ²)
贴片灯	$P>2.5$	≤ 100
	$P\leq 2.5$	≤ 150
直插灯		≤ 120

5 结论

“碳达峰、碳中和”目标的提出,让各行各业对节能型产品的需求提升到了新高度,开发节能型产品,是企业提升核心竞争力的重要途径。LED 显示屏,尤其是大型巨型 LED 显示屏的耗电量和热功耗不容忽视,在产品方案上使用高亮灯珠、选用共阴电路方案、使用节能型驱动 IC 及更高转换效率的开关电源、通过改善热设计取消空调和风扇等主动散热设备,是在同等亮度条件下降低功耗的有效途径,降低功耗而减少碳排放,助力国家“双碳”目标的实现。

参考文献

- [1] 申森. 实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会变革: 学习习近平关于实现“双碳”目标重要论述[J]. 党的文献, 2022 (5): 36-43.
- [2] 习近平主持召开中央全面深化改革委员会第二次会议强调建设更高水平开放型经济新体制推动能耗双控逐步转向碳排放双控[J]. 中国军转民, 2023(14): 6.
- [3] MANABE S, STOUFFER R J. Low-frequency variability of surface air temperature in a 1000-year integration of a coupled atmosphere-ocean-land surface model[J]. Journal of Climate, 1996, 9 (2): 376-393.

- [4] CUBASCH U, HASSELMANN K, HÖCK H, et al. Time-dependent greenhouse warming computations with a coupled ocean-atmosphere model[J]. Climate Dynamics, 1992, 8(2): 55-69.
- [5] 吴鹏. 破译复杂系统的隐秘规律[N]. 中国气象报, 2021-10-11(003).
- [6] 伍梦尧. 中国电力行业年度发展报告 2023(摘要)[N]. 中国电力报, 2023-07-12(003).
- [7] 张芳, 樊柯. LED 显示屏集成控制技术的发展现状及趋势探讨[J]. 电子制作, 2019(2): 88-89.
- [8] 杨洁, 吴勇. 点亮百城千屏六部门部署超高清视频推广活动[N]. 中国证券报, 2021-10-20(A05).
- [9] 马志, 赵文荣. 微型高亮 LED 灯珠在夜间浮标法流量测验工作中的应用研究[J]. 内蒙古水利, 2020(12): 42-44.
- [10] 刘创业. LED 发光二极管的应用现状及未来发展前景展望[J]. 电子元器件与信息技术, 2022, 6(1): 116-117.
- [11] 林思棋. LED 光效及热特性分析研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2018.
- [12] 王素彬, 朱卫平, 许英朝, 等. 共阴极节能 LED 显示屏设计研究[J]. 激光杂志, 2021, 42(12): 186-189.
- [13] 张昕, 吴佩雯, 肖书平, 等. 显示驱动芯片原理及发展现状[J]. 液晶与显示, 2020, 35(11): 1156-1167.
- [14] 杨文龙. 一种高功率因数高效率反激式开关电源的设计[D]. 苏州: 苏州大学, 2017.
- [15] 谈佳宏. T20 大厦 LED 屏幕散热设计[J]. 上海建设科技, 2019 (5): 20-23.
- [16] 俞建峰, 储建平. LED 照明产品质量认证与检测方法[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015.

作者简介

刘波文 (1978—), 男, 硕士研究生, 教授, 正高级工程师, 主要研究方向: 物联网设备软硬件及系统设计。

赵丽红 (1978—), 女, 硕士研究生, 正高级工程师, 主要研究方向: 系统工程, 计算机软件技术。

何昆鹏 (1982—), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: 电子工程, LED 显示技术。

冉竟羽 (1993—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 物联网工程。