

文章编号:1007-2780(2017)10-0765-07

5 寸车载高亮模组散热分析与应用

崔 栋*, 韩 锐, 马 青, 尹大根

(北京京东方光电科技有限公司, 北京 100176)

摘要:液晶模组在汽车上的应用越来越多,在追求更高品质体验的同时,对产品的信赖性提出了更高的要求。例如车载液晶显示屏对高亮的需求日益增大,高亮度必然导致显示屏的热量增加。为了研究散热片对模组散热的影响,本文基于 5 in 车载产品研究了不同散热片设计对模组散热效果的影响,发现当散热片厚度、散热片间距、散热片高度均为 2 mm,散热片数量为 2 片,设计倾角为 45°时,可以降低模组温度 5.84%。实验结果表明,散热面积是影响散热效果的最终因素,并提供了一种增大散热片散热面积的方法,对模组产品的散热具有重要的意义。

关 键 词:LED; 散热; 散热片; 模拟

中图分类号:TP394.1; TH691.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20173210.0765

Thermal analysis and application of 5 in automotive high luminance module

CUI Dong*, HAN Rui, MA Qing, YOON Dae-keun

(Beijing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd, Beijing 100176, China)

Abstract: More and more LCD have been applied to the automotive product, the higher pursuit of quality experience, the higher demand for the reliability of the product. For example, there is a growing demand for high luminance of automotive TFT LCD display and high brightness inevitably leads to increase heat. In order to study the effect of heat sink on heat dissipation, the influence of different heat sink design on heat dissipation had been studied, which was based on 5 in automotive LCD. It was found that when the thickness of heat sink, fin spacing and fin height are 2 mm, the quantity of fins is 2, and the design angle of fin sink is 45°, the module temperature was reduced by 5.84%. The heat dissipation area is the final factor of heat dissipation, and it provides a method for increasing the heat dissipation area. It has the vital significance to the heat dissipation of module products.

Key words: LED; heat dissipation; heat sink; simulation

收稿日期:2017-06-17; 修订日期:2017-07-18.

* 通信联系人, E-mail: cuidong@boe.com.cn

1 引言

LED 背光技术当前普遍应用于车载显示器中。车载产品由于工作条件严苛、市场需求新奇,对产品的亮度需求是普通 LCD(liquid crystal display)产品的 10 倍以上。主要通过增加 LED 数量和背光源功耗的手段提升产品亮度,然而随著整体功率增加,LED 所产生的热量无法有效散出,将会导致发光效率下降,影响背光源的画面质量^[1-5]。目前 LED 的发光效率一般为 30%左右,其余的能量以热能的形式散发出来。如果 LED 芯片中的热量不能及时散发出去,会加速器件的老化,一旦 LED 的温度超过最高临界温度,往往会造成 LED 半永久性或永久性失效。研究表明,LED 工作环境温度为 30℃时的工作的寿命比 70℃时长 20 倍^[6-8]。目前市场上中高端车型采用外挂式中控居多,难以通过辅助设备散热,基本以显示屏主动散热为主,因此 LED 背光源的散热设计尤为重要。

2 有限元建模

2.1 研究背景

散热方式主要分为热传导、热交换和热辐射 3 种,又可分为瞬态热交换和稳态热交换^[9-10]。本文是基于 Ansys Workbench 的稳态热分析,温度 $\{T\}$ 可由如下方程求解:

$$K(T)T=QT,$$
 (1)

其中: $K(T)$ 为传导矩阵;

T 为节点温度向量;

$Q(T)$ 为节点热流向量。

本文对 5 in(1 in=2.54 cm)车载显示模组进行了研究,其中产品亮度需求为 5 000 cd/m²,采用双长边灯条设计,LED 颗数为 2×18EA,LED 型号为 3014,工作电流 120 mA,工作电压 3 V,LED 光效按 30%左右计算,LED 最高结温 $T_{jmax}=120℃$ 。

模组结构主要包括铸造铝背板、金属上铁框、中胶框、膜材、导光板、LED 等。如图 1 所示为产品结构示意图,LED 产生的热量主要通过热传导经由金属背板与空气进行热交换和辐射,但由于产品尺寸小、亮度高的特点,势必会导致热量导出不及时。本文通过在压铸背板上设计散热片结

构,增强产品的背板的热交换和热辐射能力,具体通过不同的散热片设计,分析得到相应的散热片设计对散热效果的影响规律。

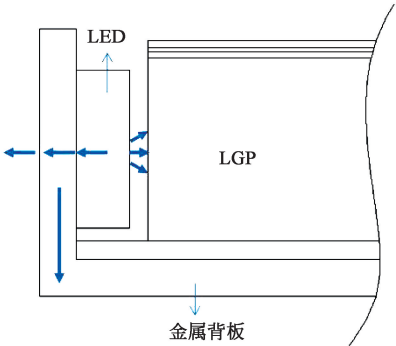


图 1 产品结构示意图与散热路径
Fig.1 Product structure and heat path

2.2 几何模型建立

研究对象模组长宽高为 114.85 mm×95.7 mm×7 mm(不含散热片高度),由于产品尺寸小,亮度高,大量的热量集中在有限的范围内难以导出,所以在背板底部设计散热片结构,如图 2 所示。模组各部品热物性参数如表 1 所示。

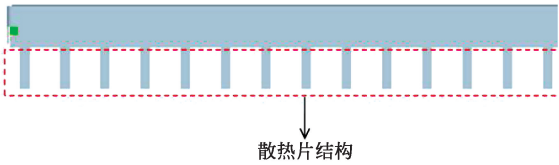


图 2 5 in LED 模组散热片示意图
Fig.2 Heat sink of 5 in LED module

表 1 各部品热物性参数

Tab.1 Thermophysical parameters of various products

部品	材料	导热系数(W/m·K)
铸造背板	ADC12	90
LED 灯条	FPC 0.2 t	40
	AL 基材 0.2 t	245
Bezel	SUS304 0.3 t	24
M/F	PC	0.2

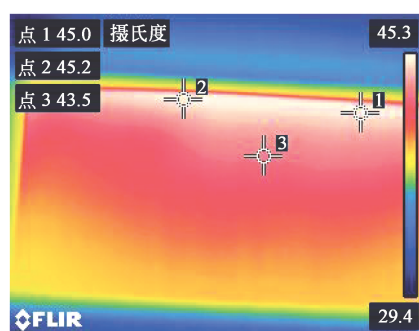
LED 作为主要热源(不考虑电路发热的影响),其中约 30%的能量以光能的形式转化,70%的能量以热能的形式转化,单颗 LED 功耗为 0.36 W,初始环境温度为 25℃,与空气自然对流,对流换热系数约为 8 W/m²·K。为了准确模拟温度

场分布,考虑背板的辐射散热,辐射系数取 0.85, LED 与导光板之间的辐射系数取 0.4。

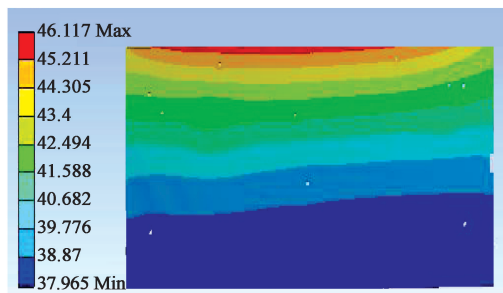
2.3 模拟可靠性验证

为验证模拟的可靠性,选用同类型产品 5 in 进行模拟与实测的对比,该产品单长边入光, 18EA LED,单颗 LED 功耗为 0.24 W,结果如图 3(a)和图 3(b)所示,从图 3(a)中可看出模组实测背板最高温度为 45.3℃,模拟得到的背板最高温度为 46.117℃,误差计算为:

$$\frac{|46.117 - 45.3|}{|46.117|} \times 100\% = 1.17\% . \quad (2)$$



(a)



(b)

图3 (a)5 in 模组实测温度场分布;(b)5 in 模组模拟温度场分布

Fig.3 (a) Measured temperature of 5 in MDL; (b) Simulated temperature of 5 in MDL

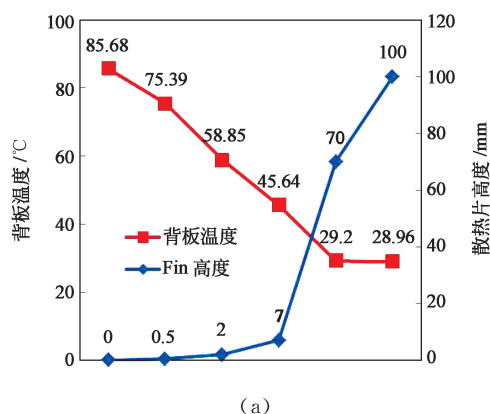
由式(2)可知模拟结果与实测结果小于 5%, 模拟结果在误差范围内。

3 不同散热片设计对散热效果的影响

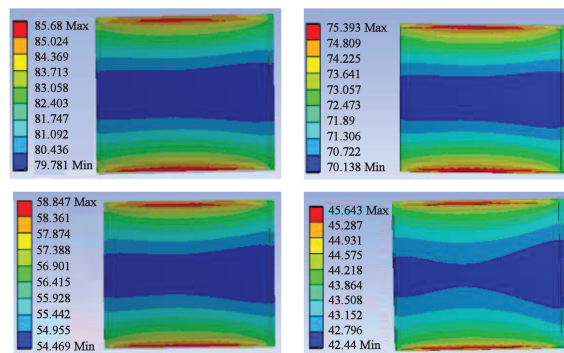
通过设计不同的散热片设计组合,研究散热片高度、散热片面积、散热片厚度、散热片位置和散热片形状对散热效果的影响。

3.1 不同散热片高度对散热效果的影响

基于初始模型,增加散热片结构,并通过调整散热片的高度,保持其他因素相同的条件下,研究散热片高度为 0 mm、0.5 mm、2 mm、7 mm、70 mm 和 100 mm 时的散热结果。如图 4(a)中所示是模组背板温度随散热片高度变化而变化的曲线图,图 4(b)是不同散热片高度时的模组温度场分布云图。从图 4(a)中可以看出随着散热片高度的增大,背板温度逐渐降低,但随着散热片高度增大到一定值会逐渐趋于稳定,稳定值略大于环境温度。即在一定范围内散热片高度越大,模组散热效果越好。



(a)



(b)

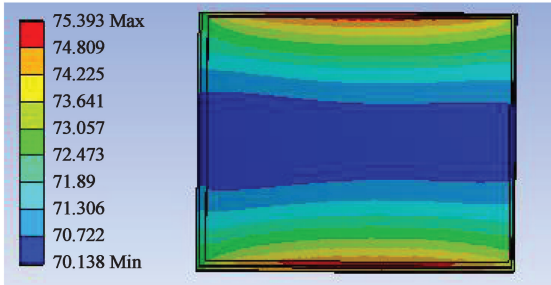
图4 (a)模组背板最高温度随散热片高度的变化曲线;(b)不同散热片高度的背板温度云图

Fig.4 (a) Curve of the max temperature of MDL backcover with different fin height; (b) Temperature image of MDL backcover with different fin height

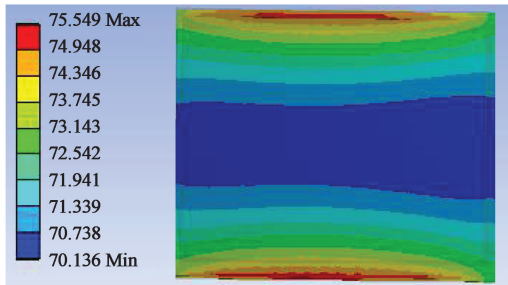
3.2 散热片面积对散热效果的影响

基于初始模型,增加散热片结构,通过变化散热片高度和散热片间距,保持散热片面积不变,

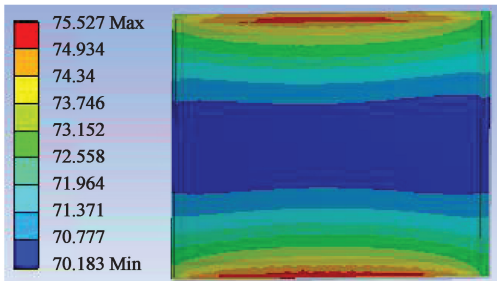
$S = 13\,378.46\text{ mm}^2$, 分析不同组合时模组背板的温度分布, 从图 5(a)~(c) 中可以看出 3 种组合得到的背板温度最高值均为 $75.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 即散热片面积相同时, 模组的散热效果也相同。



(a) Fin 高 = 0.5 mm, pitch = 2 mm



(b) Fin 高 = 0.736 mm, pitch = 4 mm



(c) Fin 高 = 1 mm, pitch = 6 mm

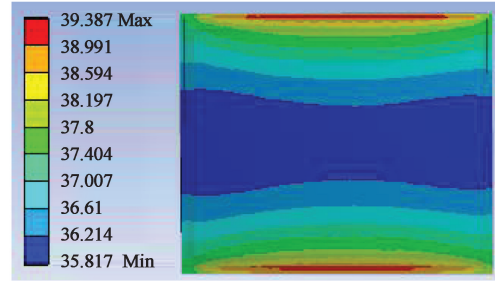
图 5 散热片面积相同时不同散热片设计的温度分布云图

Fig.5 Temperature image of MDL backcover of different heat fin design

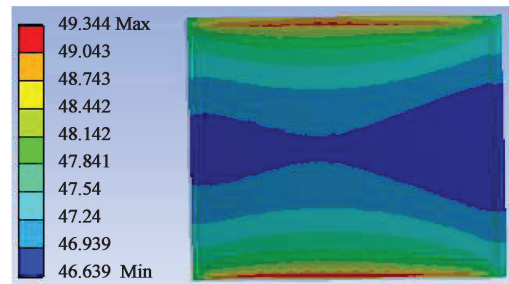
3.3 散热片厚度对散热效果的影响

基于初始模型, 增加散热片结构, 保持散热片高度和散热片间距等因素不变, 研究不同散热片厚度的模组背板温度场分布云图, 散热片厚度分别为 1 mm、6 mm、14 mm。图 7(a)~(c) 所示散热片厚度为 1 mm 时背板最高温度为 $39.387\text{ }^{\circ}\text{C}$, 散热片厚度为 6 mm 时背板最高温度为 $49.344\text{ }^{\circ}\text{C}$, 散热片厚度为 14 mm 时背板温度为 $57.755\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。比较图 6 (a)~(c) 发现随着散热片厚度的增大,

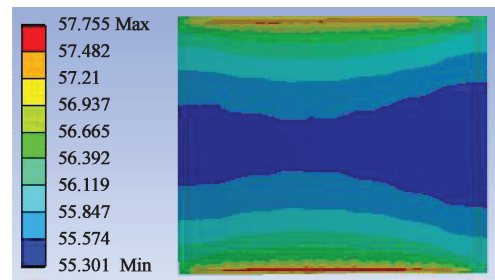
模组背板温度最大值越大。即保持散热片高度和散热片间距相同时, 散热片厚度越大, 散热相关越差。



(a) $D = 1\text{ mm}$



(b) $D = 6\text{ mm}$



(c) $D = 14\text{ mm}$

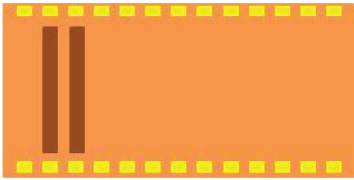
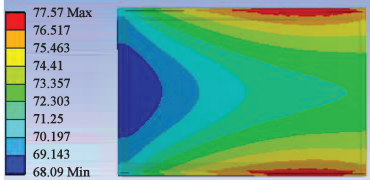
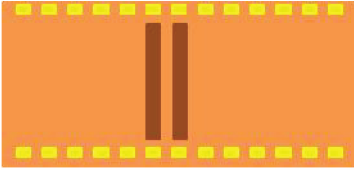
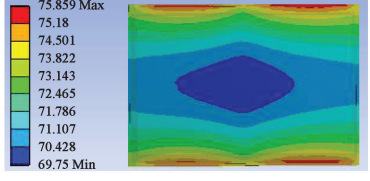
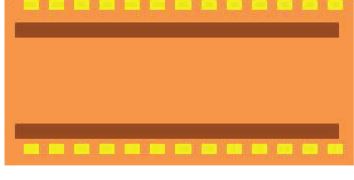
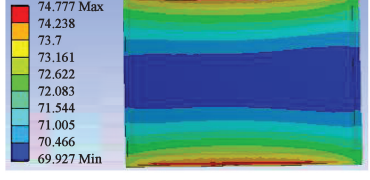
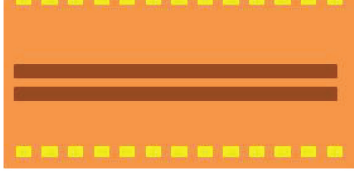
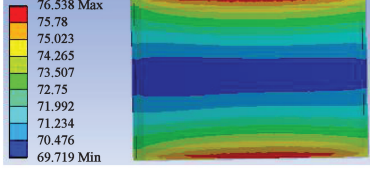
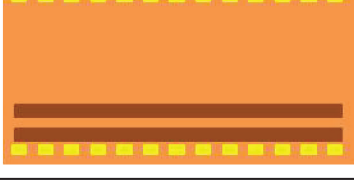
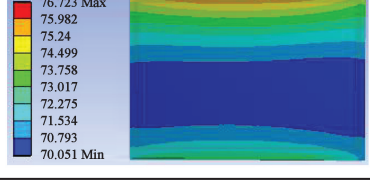
图 6 不同散热片厚度的背板温度分布云图

Fig.6 Temperature image of MDL backcover with different fin thickness

3.4 散热片位置对散热效果的影响

基于初始模型, 增加散热片结构, 保持散热片厚度、散热片间距和散热片面积不变, 设计不同的散热片位置, 如表 2 所示, 为简化计算过程, 所设计散热片数量均为 2 片, 其中散热片位置分为散热片平行于灯条、散热片垂直于灯条、散热片位于模组中心、散热片位于模组边缘。其中 3# 模组背板的最高温度值最小, 为 $74.777\text{ }^{\circ}\text{C}$; 1# 模组背板的最高温度值最大, 为 $77.57\text{ }^{\circ}\text{C}$; 由此可知散热片越靠近 LED 灯条, 散热效果越好; 散热片越集中在 LED 灯条的对称轴线上, 散热效果越好。

表 2 不同散热片位置的模组背板温度分布云图
Tab.2 Temperature image of MDL backcover with different location of fin

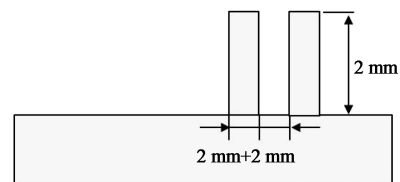
Item	散热片位置	B/C 温度	散热面积 S/mm^2
1 #			13 378.46
2 #			
3 #			
4 #			
5 #			

3.5 散热片形状对散热效果的影响

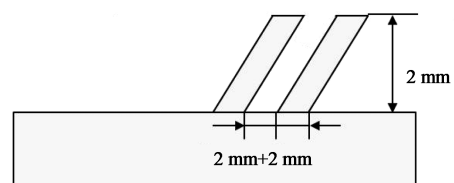
对基于以上模型分析,增加散热片面积是影响散热效果的主要手段。设计图 7(b)所示的散热片形状,散热片倾角为 45° ,与图 7(a)设计进行比较。两种 case 散热片的厚度、高度及间距相同,且均垂直于灯条。两种方案的散热片体积均为 360 mm^3 ,case1 散热面积为 $21\,106.46\text{ mm}^2$,case2 散热面积为 $24\,085.46\text{ mm}^2$ 。

图 7(c)和 7(d)为两种 case 的模组背板温度场分布,case1 背板最高温度值为 $58.847\text{ }^\circ\text{C}$,case2 背板最高温度值为 $55.411\text{ }^\circ\text{C}$,降低温度 5.84% ,比较可以印证增大散热片面积能有效的改善模组散热效果,同时也证明 case2 采用倾斜散热片设计能增大散热片面积,倾角越小散

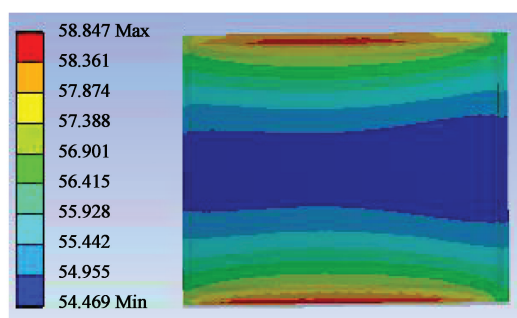
热片面积越大。



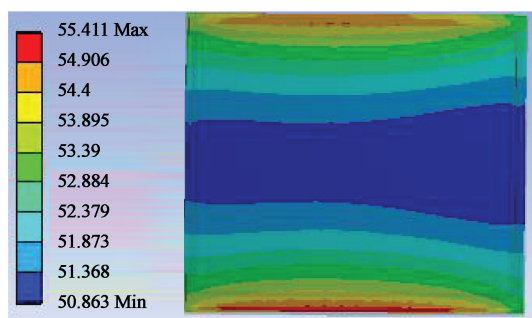
(a)Case 1:散热面积 $S=21\,106.46\text{ mm}^2$



(b)Case 2:散热面积 $S=24\,085.46\text{ mm}^2$



(c)



(d)

图 7 两种不同散热片设计形状和两种不同散热片设计的背板温度分布云图

Fig.7 Two different shapes design of heat sink and temperature image of MDL backcover of two cases

4 结 论

本文基于 5 in 车载显示产品,研究了不同散热片设计对散热效果的影响规律,得到以下几点:

(1)散热片厚度、散热片间距和散热片数量相同时,散热片高度越大,散热效果越好;

(2)散热片分布范围相同、散热片高度和散热片间距也相同时,散热片厚度越大,散热效果越差;

(3)散热片面积相同时,散热片越靠近 LED 灯条,越集中在 LED 灯条中心线附件,散热效果越好;

(4)散热面积相同时,改变散热片的设计对散热效果没有影响,散热面积是影响散热效果的主要因素;

(5)散热片厚度、散热片间距、散热片高度和散热片数量都相同时,散热片设计成倾斜的形状,可以增大散热片的面积,提高散热能力。当散热片厚度、散热片间距、散热片高度均为 2 mm,散热片数量为 2 片,倾角为 45°时,可以降低温度 5.84%,且不改变产品的外形尺寸。

参 考 文 献:

- [1] 雷嗣军,马青,尹大根,等.基于 TRIZ 理论的 LED 背光源散热研究[J].液晶与显示,2012,27(1):56-60.
LEI S J, MA Q, YOON D K, *et al.* Heat dissipation of LED back light units based on TRIZ [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(1): 56-60. (in Chinese)
- [2] 唐帆,王丹,郭震宁,等.LED 异形灯的散热设计与实验[J].发光学报,2017,38(3):365-371.
TANG F, WANG D, GUO Z N, *et al.* Thermal design and experiment for special-shaped LED lamp [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2017, 38(3): 365-371. (in Chinese)
- [3] 贾志宏,谢道存,张弛,等.基于辐射散热的高温合金定向凝固温度场模拟[J].铸造技术,2016,37(10):2149-2153.
JIA Z H, XIE D C, ZHANG C, *et al.* Simulation on temperature field of nickel-base superalloy in directional solidification based on radiation [J]. *Foundry Technology*, 2016, 37(10): 2149-2153. (in Chinese)
- [4] 张琦,陈旭.LED 路灯热分析及散热结构设计[J].电子与封装,2009,9(5):44-48.
ZHANG Q, CHEN X. Thermal analysis and structural design of heat sink of LED street lamp [J]. *Electronics & Packaging*, 2009, 9(5): 44-48. (in Chinese)
- [5] HAN J M, SEO D S. Electric-optical characteristics of backlight Unit with LED light source in low temperature condition [J]. *Transactions on Electrical and Electronic Materials*, 2007, 8(2): 93-96.
- [6] 刘雁潮,付桂翠,高成,等.照明用大功率 LED 散热研究[J].电子器件,2008,31(6):1716-1719.
LIU Y C, FU G C, GAO C, *et al.* Thermal analysis of illumination high-power LED [J]. *Chinese Journal of Electron Devices*, 2008, 31(6): 1716-1719. (in Chinese)
- [7] 韩娜,崔国民,刘国辉,等.基于有限元法 LED 散热强化研究[J].电子元件与材料,2016,35(12):49-53.
HAN N, CUI G M, LIU G H, *et al.* Strengthen heat dissipation for LEDs based on finite element method [J]. *E-*

- Electronic Components and Materials*, 2016, 35(12): 49-53. (in Chinese)
- [8] 刘一兵,黄新民,刘国华.基于功率型 LED 散热技术的研究[J].照明工程学报,2008,19(1):69-73.
LIU Y B, HUANG X M, LIU G H. Research of heat release technology of based on power-LED [J].*China Illuminating Engineering Journal*, 2008, 19(1): 69-73. (in Chinese)
- [9] 姜凤山,李兵,李宏岱,等.LED 背光源热设计研究[J].现代显示,2009,20(5):53-56.
JIANG F S, LI B, LI H D, *et al.* Researching the thermal design of LED backlight [J]. *Advanced Display*, 2009, 20(5): 53-56. (in Chinese)
- [10] 龚振兴,鹿博,孙永升.散热片基板开孔对自然对流换热的影响[J].热科学与技术,2016,15(5):358-362.
GONG Z X, LU B, SUN Y S. Effect of perforations of heat sink substrate on natural convection heat transfer [J]. *Journal of Thermal Science and Technology*, 2016, 15(5): 358-362. (in Chinese)

作者简介:崔栋(1990—),男,湖北天门人,硕士,主要从事车载显示技术开发研究。E-mail:cuidong@boe.com.cn