

DOI:10.16515/j.cnki.32-1722/n.2019.02.006

某型大功率 LED 灯具的散热设计研究

罗 康¹, 杨俊虎², 何 凯³

(1. 陕西工业职业技术学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 上海南华机电有限公司, 上海 201802;
3. 亮兮柯电器有限公司, 浙江 嘉兴 314031)

摘 要:为解决某型大功率 LED 灯具散热问题,在设计阶段采用流体设计软件 Flo-EFD 对模型进行散热评估,模拟计算出灯具各部位的温度云图,通过热测试设备对试样进行散热性能测试,仿真与实测结果基本一致,产品散热效果总体符合设计要求。通过建立灯具模型,仿真软件可捕捉不同参数设定下的系统温度信息,对产品的最终有效实现提供散热数据支撑。流体热仿真技术对产品散热设计有重要辅助作用。

关键词:大功率;LED 灯具;散热设计;热仿真分析;散热测试

中图分类号:TN873;TP368

文献标识码:A

文章编号:1672-755X(2019)02-0025-04

Research on Heat Dissipation Design of a High-power LED Lamp

LUO Kang¹, YANG Jun-hu², HE Kai³

(1. Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China; 2. Shanghai Nanhua Electronics Co., Ltd.,
Shanghai 201802, China; 3. Liangxike Electric Co., Ltd., Jiaxing 314031, China)

Abstract: In order to analyze the heat dissipation performance of a certain type of high-power LED lamps, Flo-EFD software was used to simulate the theoretical heat dissipation design structure, and calculate the temperature cloud map of each part of the lamp. Finally, the heat dissipation performance of the sample structure was tested by multi-channel temperature controller. It can be seen that the simulation analysis is close to reality. By establishing a luminaire model, the simulation software can capture system temperature information under different parameter settings, and provide thermal data support for the final effective implementation of the product. The product heat dissipation effect generally meets the design requirements. Fluid thermal simulation technology plays an important role in product heat dissipation design.

Key words: high-power; LED lamp; heat dissipation design; thermal simulation analysis; heat dissipation test

LED 是发光二极管的简称,大功率高亮度的发光二极管已经广泛地应用于室内装修、汽车、道路照明、城市亮化等。在实际工作中,LED 芯片的发光效率只有 35%,其余的都以热能的形式消耗,随着大规模、矩阵型的 LED 灯的使用,能耗也会变得越来越大,如果不能及时处理散热问题,将会导致热量集中在发光二极管的 PN 结,就会降低芯片的发光效率,减少 LED 的使用寿命,严重时甚至会烧毁 LED^[1]。

收稿日期:2019-03-15

作者简介:罗康(1988—),女,陕西咸阳人,助教,硕士,主要从事光机电一体化技术方面的研究。

1 大功率 LED 灯具散热设计与建模分析

1.1 功率型 LED 的散热管理

采用大功率 LED 阵列技术制作灯具,通常芯片密度比较大,LED 的光电转化效率只有 20%,其余能量转化为热能^[2],尤其是在 LED 芯片的密度不断增加时,相应的 LED 操作温度就会增加,这样就会减少 LED 灯的使用寿命。当 LED 的操作温度由 63 °C 上升到 74 °C 时,如图 1 所示,LED 的平均使用寿命就会降低四分之三。如果要提高 LED 的发光效率,就需要对 LED 阵列的散热进行处理,降低 LED 的 PN 结的结温。

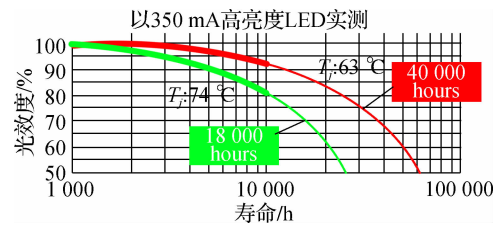


图 1 LED 温度与寿命的关系

设计和合理的散热器对于降低大功率 LED 的光衰有重要的意义^[3]。热设计的最主要目的是确保电子元器件的工作温度低于其最大的许可温度,从而确保电子元器件使用寿命。对于 LED 来说,主要是控制结温 T_j ,热设计要保证 $T_j \leq (0.5 \sim 0.8) T_{jmax}$,其中 T_{jmax} 是器件的最大许可结温。有效的散热设计是大功率 LED 应用研究的难点及热点。功率型 LED 的散热管理分为三个层次:芯片级、封装级和系统级^[4]。芯片级和封装级是通过材料和工艺等进行改进的方式降低导热热阻,改善散热效果。系统级的热管理是解决功率型 LED 散热的关键。自然对流情况下,通过采用合理结构的高导热材料的散热器,可以有效地降低结温。LED 散热设计是多变量优化问题,对于不同工况下,不同照明要求及不同材质灯具,均需科学分析评价其不同参数对散热性能的影响,选取关键影响因素,建立模型样本进行数值分析,确定最优参数组合^[5]。

1.2 LED 灯具散热器建模

LED 灯具散热设计的关键一环,是确定散热器主要参数,即散热筋高度 H ,基板厚度 T_1 ,散热筋间距 D ,散热筋厚度 T_2 。根据某公司需设计的某型大功率 LED 灯具这一产品的工作环境、安装空间、整灯重量要求等,建立散热器基本模型。先将四个参数中的三个参数设为定量:在环温为 35 °C 条件下,选散热器基板厚度 5 mm,散热筋间距 9 mm,散热筋厚度 2 mm;剩下的一个参数散热筋高度作为变量,若其在 30~100 mm 变化,计算得出其与温度的关系结果如表 1 所示。

由表 1 可知,散热筋高度与其最高温度成反比关系,散热筋越高,其最高温度越低;随着散热筋高度的增加,其最高温度与最低温度之差逐渐增大,这也符合传热的基本原理;散热筋高度每增加 10 mm,其散热表面积增加约 1 100 cm²,质量增加 350 g。由图 2 可见,当散热筋高度增加到 70 mm 左右时,曲线斜率大幅减小,且质量相对较轻,此时,在一味地用增加散热筋高度的方法散热,效果反而事倍功半。

表 1 散热筋高度与温度的关系

序号	散热筋高/mm	最高温度/°C	筋高增加 10 mm 温降幅度/°C	最高与最低温之差/°C	散热表面积/cm ²	质量/kg
1	30	82.46	—	6.72	6 026	3.005
2	40	77.10	5.36	7.10	7 344	3.355
3	45	74.90	—	7.22	8 003	3.529
4	50	73.09	4.01	7.42	8 662	3.704
5	55	71.79	—	7.84	9 320	3.879
6	60	70.42	2.67	8.02	9 980	4.053
7	70	68.29	2.13	8.51	11 298	4.402
8	80	66.40	1.89	8.98	12 616	4.752
9	90	64.86	1.54	9.30	13 934	5.102
10	100	65.53	1.33	9.47	15 252	5.451

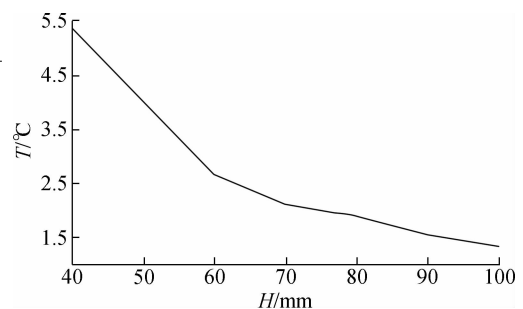


图 2 散热器高度与温降幅度的关系

运用设三定量一变量的思路,最终得出散热器的建模最优解,如下:1) 散热筋高度为 70 mm 左右;2) 散

热基板厚度为 4 mm;3) 散热筋间距在 10~11 mm;4) 散热筋的厚度最优值是 2 mm。此时,散热器的重量最优,自然冷却状态下,散热效果相对最好。实际加工中,散热筋可设计为梯形状,筋面做齿状。

1.3 LED 灯具仿真

以某公司需设计的某型大功率 LED 灯具为研究对象,此产品采用北极光 3232 高功率芯片,采用阵列化布局,整灯的功率为 200 W,单个芯片输入功率为 2.27 W,估算其发光效率 15%。采用 Flo-EFD 软件建立该灯具模型如图 3 所示,其中,散热筋高度为 70 mm,厚度为 2 mm,间距 10 mm,散热基板厚度为 4 mm。其参数设置如表 2。所设计散热器模型如图 4 所示。

表 2 仿真参数设置信息

结构	材质	型号
LED 芯片	铜	Cu
铝基板	铝合金	Al5052
散热器	铝合金	Al6063
压框拐角	铝合金	ADC12
压框	铝合金	Al6061
透镜	环氧树脂	—

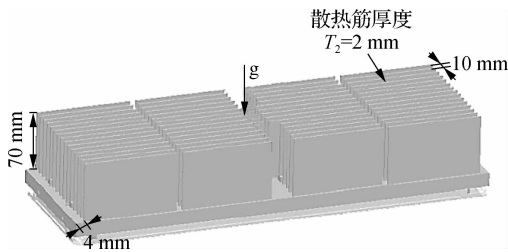


图 3 灯具模型

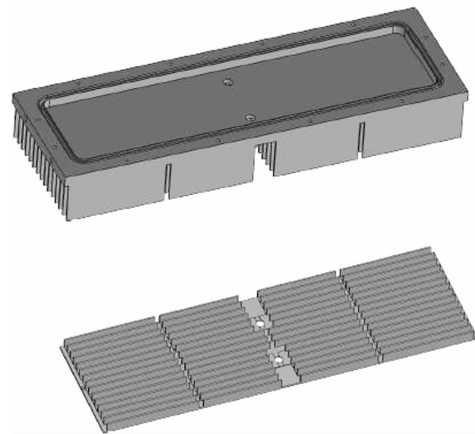


图 4 散热器模型

1.4 仿真分析

1.4.1 总体散热分析 工作环境温度 35 °C,若照明方向向下,运用流体设计软件 Flo-EFD 进行整灯总体温度分析,得出仿真模拟结果如图 5 所示。在工业环境自然流动散热场合,模拟出空气流动轨迹如图 6 所示。可以看出:铝基板表面最大温度 75.26 °C,最低温度 68.19 °C,温差为 7.07 °C,散热器表面最大温度 68.67 °C,最低温度 60.46 °C,温差为 8.21 °C,灯具附近空气自然对流无紊乱,散热效果良好,总体满足实际要求。若改变该型灯具照明方向为侧向照明,则其温度分布将变为图 7 所示,灯具各部件升温明显,增幅达 16 °C 左右,因此该灯具照明方向不宜轻易改动。

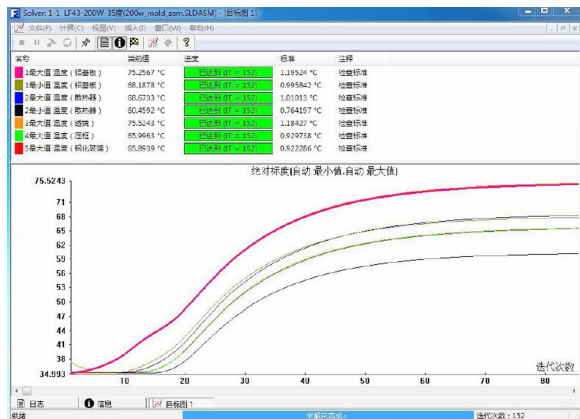


图 5 仿真过程监控图(向下照明)

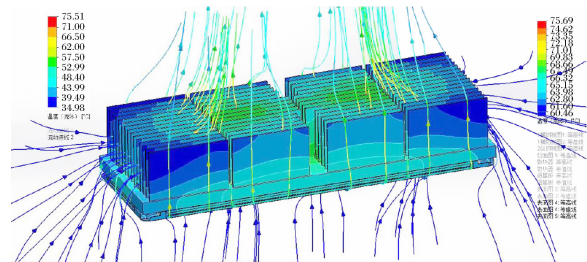


图 6 流动轨迹图

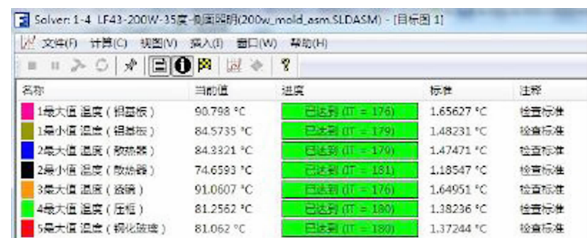


图 7 仿真过程监控图局部(侧向照明)

1.4.2 局部散热分析提取特征点 软件仿真得出铝基板与散热器的温度云图,观察、选取并标注各位置条件下最高温度特征点,中间温度特征点和最低温度特征点分析其温度分布如图 8、图 9 所示,用以作为参照选取实际试样灯具的温度测试点位置。铝基板中央温度高于边缘处,且 LED 芯片所在处为热源,温度最高,其四周温度逐步下降;散热器从中部到外侧温度逐步由高变低。



图 8 铝基板温度云图

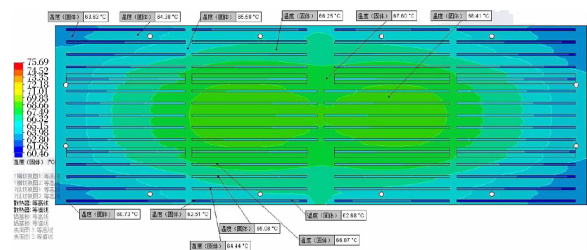


图 9 散热器温度云图

2 试样测试比对

选取 LED 测试点 2 个,测试位置为铝基板焊盘或 LED 引脚,用以测算 LED 结温;选取铝基板测试点 2 个,位置宜有一定区分距离,用以评估 LED 分布是否合理;选取散热器测试点 2 个,用以评判散热器设计是否合理。图 10 给出了各个测试点的实物位置示意图。

经由多路温控仪实测得出模拟结果与实际测试结果比较如表 3 所示。各个测试位置的差值较小,说明仿真分析接近实际。LED 阵列分布合理。散热器设计合理。

根据表格中测试得到的 LED 温度,运用结温粗略计算公式 $T_j = T_b + R_{j\theta} \cdot P$,参照 LED 规格说明(热阻 $R_{j\theta}$ 为 $3.5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$),可计算出该型灯具向下照明时,在环境温度 $35 \text{ } ^\circ\text{C}$ 、 $60 \text{ } ^\circ\text{C}$ 下的 LED 结温结果分别为 $81.85 \text{ } ^\circ\text{C}$ 、 $106.85 \text{ } ^\circ\text{C}$,小于该型号 LED 的最大使用结温 $135 \text{ } ^\circ\text{C}$,且满足 $T_j \leq (0.5 \sim 0.8) T_{j\max}$,可保证整灯的寿命要求。

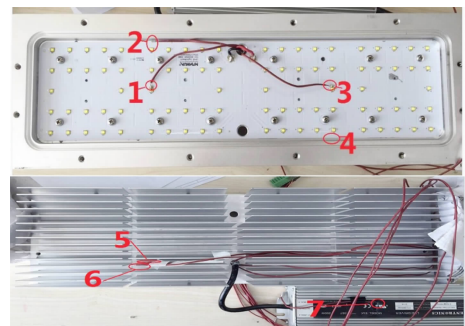


图 10 测试点位置示意图

表 3 模拟结果与实际测试结果比较

测试点	位置	35 °C 环境下的温度值/°C			60 °C 环境下的温度值/°C			模拟温 度差/°C	实测温 度差/°C
		模拟	实测	差值	模拟	实测	差值		
1	Led1	73.21	73.9	0.69	97.18	95.9	1.28	23.97	22
2	铝板	66.16	66.4	0.28	90.9	91.2	0.3	24.74	24.8
3	Led2	73.23	73.4	0.17	97.15	98.9	1.75	23.92	25.5
4	铝板	66.31	—	—	90.77	—	—	24.46	—
5	散热片底端	67.95	—	—	91.96	—	—	24.01	—
6	散热片顶端	66.09	65.3	0.73	90.66	91	0.34	24.57	25.7
7	电源 TC	—	51.9	—	—	67.2	—	—	15.3
8	室温	35	35.2	0.2	60	61	1	25	25.8

(下转第 80 页)

- [16] 张程. 湖南安息香科植物资源及园林应用研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2011
- [17] 张程. 中国安息香科植物种质资源及研究进展[J]. 江西林业科技,2010(6):42-47
- [18] 诸葛菲,陈鑫,臧巧路,等. 垂珠花组织培养技术初探[J]. 分子植物育种,2018,16(11):3656-3660
- [19] 张琦,臧巧路,林新春. 赛山梅组培快繁技术初探[J]. 浙江林业科技,2017,37(1):51-54
- [20] 石从广,高燕会,柳新红,等. 3种安息香属植物的根尖染色体核型分析[J]. 浙江林业科技,2017,37(3):23-27
- [21] 梁文斌,赵丽娟,李家湘,等. 湖南安息香属植物的叶片比较解剖学研究[J]. 植物研究,2014,34(2):148-158
- [22] 田径,喻勋林,李家湘. 湖南安息香属植物叶片脉序特征及其分类学意义[J]. 中南林业科技大学学报,2010,30(1):101-104
- [23] 张亚梅,张普照. 瓦山安息香树皮的化学成分研究(II)[J]. 安徽农业科学,2015,43(35):217-219
- [24] 王峰,鄢琼芳,华会明. 安息香属植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 广东药学院学报,2009,25(5):541-545.
- [25] 何志恒. 禄春安息香种子和攀援孔药花全草的化学成分研究[D]. 成都:中国科学院研究生院(成都生物研究所),2006
- [26] 王敏,徐永星,余裕龙,等. 浙江安息香种群现状调查与保护利用探讨[J]. 浙江林业科技,2011,31(5):54-56

(责任编辑:谭彩霞)

(上接第 28 页)

3 结 语

本文采用 Pro-E 软件对某型大功率 LED 灯具进行了建模仿真,运用流体仿真技术对其进行散热性能评估,并依照分析结果合理设置试样灯具测试点,进行实际工况测试。测试结果表明,仿真分析接近实际,该灯具 LED 芯片布局合理,散热器设计符合实际要求。可见,流体热仿真技术加入到新产品研发设计中,可加快产品开发速度,减小产品试制成本,缩短产品设计周期。

参考文献:

- [1] 刘小凤. 关于大功率 LED 散热技术分析[J]. 电子世界,2018(10):145-146
- [2] 张欣. 大功率 LED 阵列散热技术分析研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2013
- [3] 韩娜,崔国民,马尚策,等. 基于组合参数分析的 LED 散热结构优化研究[J]. 电子元件与材料,2017,36(5):49-54
- [4] 田传军,张希艳,邹军,等. 温度对大功率 LED 照明系统光电参数的影响[J]. 发光学报,2010(1):15-21
- [5] 罗康,李欣. 基于增强现实技术的产品三维展示的实现[J]. 金陵科技学院学报,2019,35(1):6-10

(责任编辑:谭彩霞)