圆形 LED 散热器散热特性的对比研究*

李 斌 熊 伦 郝加波

(四川文理学院智能制造学院, 四川 达州 635000)

摘要:发光二极管(LED)以其耗电量少、节能、环保、发光效率高、低成本等优势成为了第四代照明器件. 本文提出了3种新型的LED圆形散热器:翅片外置型、翅片内置型、圆筒带孔型,并对3种散热器热性能进行了仿真对比研究. 结果表明,翅片的分布对散热器的散热影响很大. 同等输入功率下,圆筒带孔型散热器的散热性能最优,其次是翅片内置型散热器,最后是翅片外置型散热器. 圆筒带孔型散热器散热性能在翅片外置型散热器的基础上最高可提升22.00%,其散热性能得到提升的同时,自身重量也降低了12.98%. 其次对翅片内置型散热器的局部受热进行了分析,结果表明局部受热的位置对散热器的热性能有明显的影响.

关键词:LED;散热器;自然对流;局部加热

中图分类号: TM923 **DOI**:10.19789/j.1004-9398.2020.01.003

0 引 言

随着大功率发光二极管(LED)的广泛应用,其相比于传统照明光源的优势已经受到广泛认可[1]. 虽然LED灯源与传统灯源比较具有一些优势,但由于发展时间短,目前还处于探索阶段,在应用中存在诸多问题. 其中散热是一直需要解决的核心问题. LED灯中,只有约30%的电能转化成为光能,剩余约70%的能量则转化为热能,导致LED内部温度升高,最终导致发光效率低,寿命缩短. 目前以自然对流为主的被动式散热是LED灯具的首选散热方式. 其中平板翅片散热器是最常见的被动式散热器,主要原因在于其拥有绿色环保、结构简易、价格便宜等优点.

国内外诸多学者以自然对流散热方式对LED平板翅片散热器进行了数值模拟和实验研究. 沈愜[2]研究的散热器是最为常见的平行翅片被动式散热器,文中讨论了安装方向对散热器散热性能的影响. Kim等[3]对平板翅片散热器进行了数值和实验研究,提出了关于预测散热器各参数的最优化方程. 除了上述的方形平板翅片散热器外,圆形结构散热器也是近两年研究的热点. 圆形结构的LED散热器分为2种,分别是翅片外置型散热器和翅片内置型散热器.

根据灯具照射角度需要,翅片外置型圆形散热器的热源可分布于圆筒内表面和基板下表面2种. Park等[4]研究了热源位于圆筒内表面型散热器,其结构由许多圆周排列的翅片和1个圆筒组成. Kwon等[5]研究了热源位于基板下表面型散热器,其结构由圆周排列的翅片、1个圆筒以及1个基板组成. 翅片内置型散热器的翅片圆周分布于圆筒内部,其热源附于圆筒外表面. Joo和Kim[6]通过数值分析、仿真分析以及实验方法对翅片内置型散热器进行了研究,提出了关于翅片数、翅片高度、翅片厚度等参数的关系式来预测散热器散热性能. 上述的研究均只考虑了单独的类型进行分析,未对2种圆形散热器散热性能进行比较,未能体现其中某一散热器的散热优势.

本文对2种圆形的散热器散热性能进行了对比研究. 通过3D建模,然后模拟仿真,研究翅片分布对散热器的影响以及不同输入功率下散热器的最高温度的变化. 基于理论研究[7-8],文中又提出了1种革新的翅片内置型圆筒散热器,此散热器具有多孔结构,可以有效降低散热器的自身重量. 最后,根据温度相对变化公式和质量相对减少量公式讨论了散热器温度的相对变化量和质量的相对减少量,也探讨了局部加热对翅片内置型散热器的散热影响.

收稿日期:2018-10-30

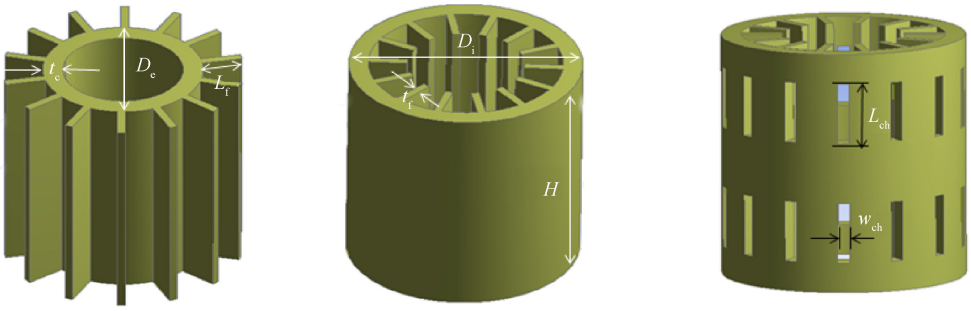
*四川省教育厅重点项目(16ZA0355);四川省教育厅一般项目(18ZB0516)

首都师范大学学报(自然科学版)

1　散热器模型几何尺寸及计算模型

1.1　散热器模型几何尺寸

3 种圆形散热器为本次研究的仿真模型,如图 1 所示. 3 种圆形散热器均由平板翅片和 1 个圆筒组成. 翅片外置型散热器的翅片圆周排列于圆筒的外表面,D_e 为其圆筒的外直径,mm;t_c 为圆筒的厚度,mm;L_f 为翅片的长度,mm. 翅片内置型散热器的翅片则圆周排列于圆筒的内表面,D_i 为其圆筒的外直径,mm;t_f 为翅片的厚度,mm;H 为散热器的高度,mm. 圆筒带孔型实际为一种创新的翅片内置型散热器,其翅片同样圆周排列于圆筒内表面,而圆筒上带有均匀分布在相邻翅片间的方形通孔, L_{ch}为通孔长度,mm;w_{ch}为通孔宽度,mm.



(a)　(b)　(c)

图 1　3 种散热器模型

(a)翅片外置型;(b)翅片内置型;(c)圆筒带孔型

散热器的尺寸基于市场上广泛应用的产品尺寸.3 种散热器的翅片尺寸保持一致:翅片高度为 60 mm,长度为 10 mm,厚度为 2 mm. 翅片外置型散热器圆筒外直径、高度和厚度分别为 40、60 和 5 mm;翅片内置型散热器圆筒外直径、高度和厚度分别为 60、60 和 5 mm;圆筒带孔型散热器与翅片内置型散热器的尺寸一致,其拥有上下两排圆周分布的通孔,通孔长度为 20 mm,宽度为 2 mm,深度为 5 mm. 散热器翅片个数(N)为 14,通孔分布于相邻翅片间,其个数为 28. 模拟 LED 灯具实际热源,翅片外置型散热器圆筒内表面加热;翅片内置型和圆筒带孔型散热器的圆筒外表面加热;热源功率的取值范围为 5 ~ 25 W. 散热器由 6061 T6 型号铝材构成,其传导率为 167 W/mK,取铝的表面发射率为 0.8. 同时,为了验证局部受热对翅片内置型散热器的影响,本文在 50 W 大功率下,通过不同位置对翅片内置型散热器进行局部加热,探讨了散热器最高温度的变化,图 2 为局部加热的示意图, 其中 w_h 为局部加热片的宽度,mm.

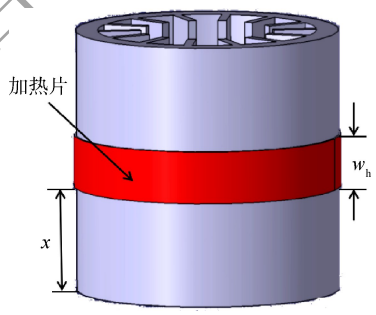


图 2　散热器局部加热示意

1.2　计算模型及边界条件

本次研究采用 ANSYS ICEPAK 基于有限体积法(FVM)进行数值仿真. 为了确保求解域的大小对仿真结果无影响,求解域的体积被设置为散热器整体体积的 5 倍. 空气流动为层流、不可压缩并且具有稳定的热性能. 外部气压设置为一个大气压(1.013×10^5 Pa),周围温度设置为 20.00 ℃. 采用 HD 网格器进行划分网格来提高求解精度,网格数在 25 710 ~ 207 915 进行网格测试,最终选择温度没有太大的变化时取最小网格数进行求解. 为了模拟自然对流散热,求解域的顶部及四周设置为 opening,底部模拟地面而设置为 wall 来模拟实际的安装环境. 对散热器进行均匀地加热,热源功率取值范围为5 ~ 25 W,取 Z 的反方向为重力方向. 热源外部由胶木材质覆盖,模拟绝热条件,计算域如图 3 所示.

2　计算结果及分析

图 4 给出了 3 种散热器在同等输入功率下(5 W)的温度分布结果. 仿真结果显示,圆筒表面受热,空气在浮力的作用下沿着翅片从下而上流动,热量随着空气从散热器的下端移动,最终从散热器

首都师范大学学报(自然

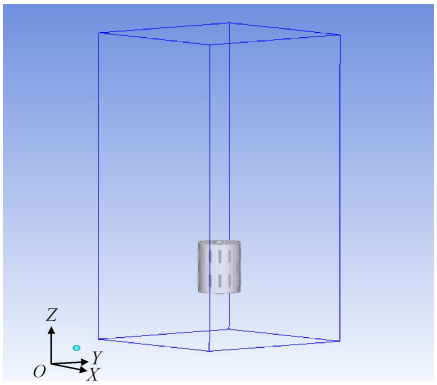
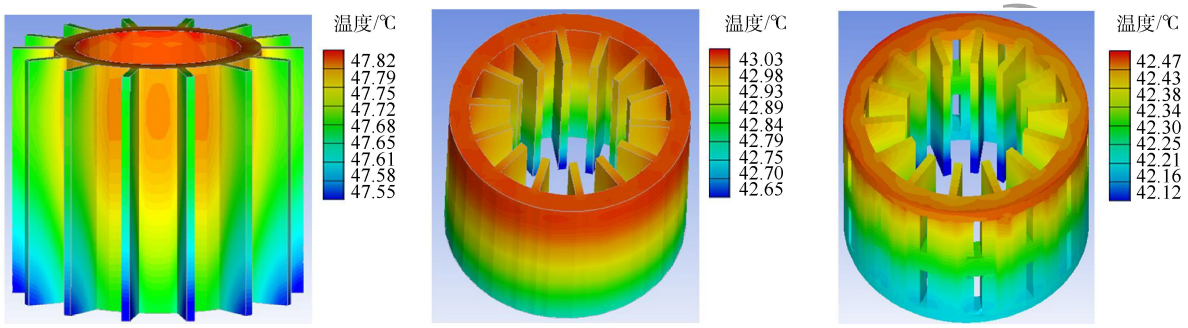


图 3　仿真计算模型

上端带走. 因此,散热器的下端温度比上端温度稍低. 当输入功率为 5 W 时,翅片外置型散热器的最高温度约为 47.82 ℃;翅片内置型散热器的最高温度约为 43.03 ℃;圆筒带孔型散热器的最高温度约为42.47 ℃. 后面 2 种散热器在前一种散热器的基础上散热性能大大提高,这是因为翅片内置型散热器具有“烟囱效应”[8]. 翅片被圆筒包围,形成一个“烟囱”,空气受烟囱效应影响集聚到圆筒内部,沿着翅片快速上升,加快了空气的流动,从而提高了换热效率.



(a)　(b)　(c)

图 4　3 种散热器的温度分布

(a)翅片外置型;(b)翅片内置型;(c)圆筒带孔型

图 5 给出了 3 种散热器最高温度随输入功率的变化图. 如图所示,翅片的分布明显地影响了散热器的散热性能. 热源输入功率由 5 W 逐渐升高到 25 W,3 种散热器的最高温度也随之升高,温差也逐渐增大. 热源功率为 25 W 时,翅片外置型散热器的最高温度约为 117.90 ℃;翅片内置型温度约为 95.60 ℃;圆筒带孔型散热器的最高温度约为 91.80 ℃. 计算得知, 圆筒带孔型散热器在翅片外置型散热器的基础上散热性能提升了 22.00%. 本文提出一个关系式来计算圆筒带孔型散热器的质量相对减少百分率:

$$\theta = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%.$$

其中 θ 为质量相对减少百分率,%;M_1 为翅片内置型散热器的质量,M_1 = 116.30 g;M_2 为圆筒带孔型散热器的质量,由此计算可得 θ 的值为 12.98%.

为了验证局部受热对翅片内置型散热器的影响,本文使用较窄的加热片对散热器进行了局部加热(功率为 50 W),此时加热片的宽度固定为 12 mm. 图 6 中的参数 x 为加热片底部到散热器底部的距离,mm;x/H 为距离占散热器高度的比例. 当功率一定时,x/H 值的变化对散热器的最高温度影响较大. 结果表明,比值较小或者较大时散热器的最高温度都高,而 x/H 的值为 0.4 时,最高温度产生了一个最优值. 这说明在对翅片内置型散热器进行局部加热时,其加热位置应该优先进行优化处理.

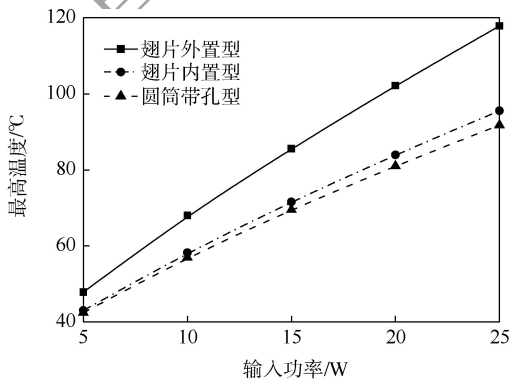


图 5　3 种散热器最高温度随输入功率的变化

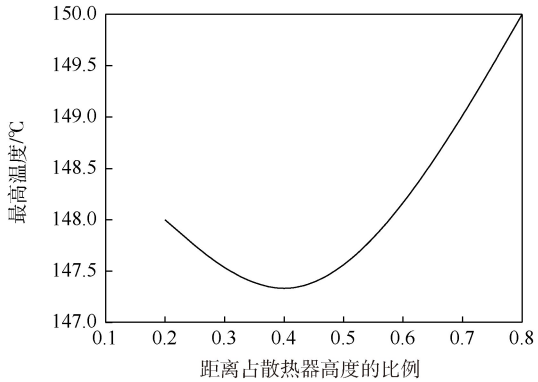


图 6　距离占散热器高度的比例对最高温度的影响

3　结　论

通过对 3 种散热器进行建模和自然对流条件下的仿真研究,可得到以下结论:

(1) 翅片的内外分布强烈地影响散热器的散热性能. 翅片内置型和圆筒带孔型散热器可形成“烟囱效应”,从而加强散热器的换热效率.

(2) 同等输入功率下,圆筒带孔型散热器的散热性能最优,其散热性能在翅片外置型散热器的基础上最高可提升了 22.00%;在提高换热效率的同时自身的质量相对降低了 12.98%.

(3) 局部加热的位置对翅片内置型散热器的热性能有一定的影响,加热前应该考虑最优的位置.

参 考 文 献

[1] 梁融,聂宇宏,聂德云,等. LED 散热器散热特性分析及结构优化 [J]. 照明工程学报,2014,25(1):94 – 97.

[2] 沈惬. 自然对流条件下 LED 器件散热研究[D]. 杭州:浙江大学,2012.

[3] KIM T H, DO K H, KIM D K. Closed form correlations for thermal optimization of plate-fin heat sinks under natural convection [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2011, 54(5 – 6): 1210 – 1216.

[4] PARK K T, KIM H J, YOO J, et al. Experimental study on effect of inclination angle on natural convection from cylindrical heatsinks with plate fins [J]. Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineering B, 2015, 39(4): 343 – 350.

[5] KWON H, JOO Y, KIM S J. Analytic approach to thermal optimization of horizontally oriented radial plate-fin heat sinks in natural convection [J]. Energy Conversion and Management, 2018, 156(15): 555 – 567.

[6] JOO Y, KIM S J. Thermal optimization of vertically oriented, internally finned tubes in natural convection [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2016, 93: 991 – 999.

[7] LI B, XIONG L, LAI C, et al. Investigation of internally finned LED heat sinks [J]. Journal of Semiconductor, 2018, 39(3): 034002.

[8] 李斌,熊伦,唐瑜梅,等. 针形翅片圆筒散热器的自然对流散热研究 [J]. 首都师范大学学报(自然科学版),2018,39(3):28 – 31.

Comparison Study on the Thermal Performance of Radial LED Heat Sinks

LI Bin　XIONG Lun　HAO Jiabo

(School of Intelligent Manufacturing, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou Sichuan　635000)

Abstract: Light-emitting diode (LED) is a fourth-generation lighting device due to the advantages of low power consumption, energy saving, environmental protection, high luminous efficiency and low cost. Three kinds of LED radial heat sinks are proposed: such as externally finned heat sink, internally finned heat sink and internally finned heat sink with a perforated cylinder, and the thermal properties of three kinds of radiators are simulated and compared. The numerical results show that the distribution of fins has a great influence on heat dissipation. Under the same input power, internally finned heat sink with a perforated cylinder has best thermal performance, internally finned heat sink is inferior, and externally finned heat sink is the worst. The thermal performance of internally finned heat sink with a perforated cylinder can be increased by 22.00% on the basis of externally finned heat sink, while its weight is reduced by 12.98%. In addition, the partial heating of the internally finned heat sink is analyzed, and the results show that the partial heating position has obvious influence on the heat performance of the heat sink.

Keywords: LED; heat sink; natural convection; partial heating

首都师范大学学报(自然科学版)