

大功率 LED 的散热问题:

LED 是个光电器件, 其工作过程中只有几乎都转换成热能, 使 LED 的温度升高。在大功率白光 LED 若其光电转换效率为 20%, 则大功率 LED 的器芯温度会急速上升, 当其结温 (150°C), 大功率 LED 会因过热而损坏。因此作就是散热设计。

另外, 一般功率器件 (如电源 IC) 的散热计算中, 只要结温小于最大允许结温温度 (一般是 125°C) 就可以了。但在大功率 LED 散热设计中, 其结温 T_J 要求比 125°C 低得多。其原因是 T_J 对 LED 的出光率及寿命有较大影响: T_J 越高会使 LED 的出光率越低, 寿命越短。

K2 系列白光 LED 的结温 T_J 与相对出光率的关系。在 $T_J=25^\circ\text{C}$ 时, 相对出光率为 1; $T_J=70^\circ\text{C}$ 时相对出光率降为 0.9; $T_J=115^\circ\text{C}$ 时, 则降到 0.8 了。

: $T_J=50^\circ\text{C}$ 时, 寿命为 90000 小时; $T_J=80^\circ\text{C}$ 时, 寿命降到 34000 小时; $T_J=115^\circ\text{C}$ 时, 其寿命只有 13300 小时了。 T_J 在散热设计中要提出最大允许结温值 $T_{J\max}$, 实际的结温值 T_J 应小于或等于要求的 $T_{J\max}$, 即 $T_J \leq T_{J\max}$ 。

大功率 LED 的散热路径.

大功率 LED 在结构上是十分重视散热的。图 2 是 Lumiled 公司 K2 系列的内部结构、图 3 是 NICHIA 公司 NCCW022 的内部结构。从这两图可以看出: 在管芯下面有一个尺寸较大的金属散热垫, 它能使管芯的热量通过散热垫传到外面去。

大功率 LED 是焊在印制板 (PCB) 上的, 如图 4 所示。散热垫的底面与 PCB 的敷铜面焊在一起, 以较大的敷铜层作散热面。为提高散热效率, 采用双层敷铜层的 PCB, 其正反面图形如图 5 所示。这是一种最简单的散热结构。

热是从温度高处向温度低处散热。大功率 LED 主要的散热路径是: 管芯→散热垫→印制板敷铜层→印制板→环境空气。若 LED 的结温为 T_J , 环境空气的温度为 T_A , 散热垫底部的温度为 T_c ($T_J > T_c > T_A$), 散热路径如图 6 所示。

在热的传导过程中, 各种材料的导热性能不同, 即有不同的热阻。若管芯传导到散热垫底面的热阻为 R_{JC} (LED 的热阻)、散热垫传导到 PCB 面层敷铜层的热阻为 R_{CB} 、PCB 传导到环境空气的热阻为 R_{BA} , 则从管芯的结温 T_J 传导到空气 T_A 的总热阻 R_{JA} 与各热阻关系为:

$$R_{JA} = R_{JC} + R_{CB} + R_{BA}$$



各热阻的单位是 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

可以这样理解：热阻越小，其导热性能越好，即散热性能越好。

如果 LED 的散热垫与 PCB 的敷铜层采用回流焊焊在一起，则 $\text{RCB}=0$ ，则上式可写成：

$$\text{RJA}=\text{RJC}+\text{RBA}$$

散热的计算公式

若结温为 TJ 、环境温度为 TA 、LED 的功耗为 PD ，则 RJA 与 TJ 、 TA 及 PD 的关系为：

$$\text{RJA}=(\text{TJ}-\text{TA})/\text{PD} \quad (1)$$

式中 PD 的单位是 W 。 PD 与 LED 的正向压降 VF 及 LED 的正向电流 IF 的关系为：

$$\text{PD}=\text{VF}\times\text{IF} \quad (2)$$

如果已测出 LED 散热垫的温度 TC ，则(1)式可写成：

$$\text{RJA}=(\text{TJ}-\text{TC})/\text{PD}+(\text{TC}-\text{TA})/\text{PD}$$

$$\text{则 RJC}=(\text{TJ}-\text{TC})/\text{PD} \quad (3)$$

$$\text{RBA}=(\text{TC}-\text{TA})/\text{PD} \quad (4)$$

在散热计算中，当选择了大功率 LED 后，从数据资料中可找到其 RJC 值；当确定 LED 的正向电流 IF 后，根据 LED 的 VF 可计算出 PD ；若已测出 TC 的温度，则按 (3) 式可求出 TJ 来。

在测 TC 前，先要做一个实验板（选择某种 PCB、确定一定的面积）、焊上 LED、输入 IF 电流，等稳定后，用 K 型热电偶点温度计测 LED 的散热垫温度 TC 。

在 (4) 式中， TC 及 TA 可以测出， PD 可以求出，则 RBA 值可以计算出来。

若计算出 TJ 来，代入 (1) 式可求出 RJA 。

这种通过试验、计算出 TJ 方法是基于用某种 PCB 及一定散热面积。如果计算出来的 TJ 小于要求（或等于） TJmax ，则可认为选择的 PCB 及面积合适；若计算来的 TJ 大于要求的 TJmax ，则要更换散热性能更好的 PCB，或者增加 PCB 的散热面积。

另外，若选择的 LED 的 RJC 值太大，在设计上也可以更换性能上更好并且 RJC 值更小的大功率 LED，使满足计算出来的 $T_J \leq T_{Jmax}$ 。这一点在计算举例中说明。

各种不同的 PCB

目前应用与大功率 LED 作散热的 PCB 有三种：普通双面敷铜板（FR4）、铝合金基敷铜板（MCPCB）、柔性薄膜 PCB 用胶粘在铝合金板上的 PCB。

MCPCB 的结构如图 7 所示。各层的厚度尺寸如表 3 所示。

其散热效果与铜层及金属层厚度尺寸及绝缘介质的导热性有关。一般采用 $35\mu\text{m}$ 铜层及 1.5mm 铝合金的 MCPCB。

柔性 PCB 粘在铝合金板上的结构如图 8 所示。一般采用的各层厚度尺寸如表 4 所示。1~3W 星状 LED 采用此结构。

采用高导热性介质的 MCPCB 有最好的散热性能，但价格较贵。

计算举例

这里采用了 NICHIA 公司的测量 TC 的实例中取部分数据作为计算举例。已知条件如下：

LED：3W 白光 LED、型号 MCCW022、 $RJC=16^\circ\text{C}/\text{W}$ 。K 型热电偶点温度计测量头焊在散热垫上。

PCB 试验板：双层敷铜板（ $40 \times 40\text{mm}$ ）、 $t=1.6\text{mm}$ 、焊接面铜层面积 1180mm^2 背面铜层面积 1600mm^2 。

LED 工作状态： $I_F=500\text{mA}$ 、 $V_F = 3.97\text{V}$ 。

用 K 型热电偶点温度计测 TC， $TC=71^\circ\text{C}$ 。测试时环境温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

1. T_J 计算

$$T_J = RJC \times P_D + TC = RJC (I_F \times V_F) + TC$$

$$T_J = 16^\circ\text{C}/\text{W} (500\text{mA} \times 3.97\text{V})$$

$$+ 71^\circ\text{C} = 103^\circ\text{C}$$

2. RBA 计算

$$\begin{aligned} RJA &= (TC - TA) / PD \\ &= (71^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) / 1.99\text{W} \\ &= 23.1^\circ\text{C/W} \end{aligned}$$

3.RJA 计算

$$\begin{aligned} RJA &= RJC + RBA \\ &= 16^\circ\text{C/W} + 23.1^\circ\text{C/W} \\ &= 39.1^\circ\text{C/W} \end{aligned}$$

如果设计的 $TJ_{\max}=90^\circ\text{C}$ ，则按上述条件计算出来的 TJ 不能满足设计要求，需要改换散热更好的 PCB 或增大散热面积，并再一次试验及计算，直到满足 $TJ \leq TJ_{\max}$ 为止。

另外一种方法是，在采用的 LED 的 RJC 值太大时，若更换新型同类产品 $RJC=9^\circ\text{C/W}$ ($IF=500\text{mA}$ 时 $VF=3.65\text{V}$)，其他条件不变， TJ 计算为：

$$\begin{aligned} TJ &= 9^\circ\text{C/W} (500\text{mA} \times 3.65\text{V}) + 71^\circ\text{C} \\ &= 87.4^\circ\text{C} \end{aligned}$$

上式计算中 71°C 有一些误差，应焊上新的 9°C/W 的 LED 重新测 TC (测出的值比 71°C 略小)。这对计算影响不大。采用了 9°C/W 的 LED 后不用改变 PCB 材质及面积，其 TJ 符合设计的要求。

PCB 背面加散热片

若计算出来的 TJ 比设计要求的 TJ_{\max} 大得多，而且在结构上又不允许增加面积时，可考虑将 PCB 背面粘在“U”形的铝型材上（或铝板冲压件上），或粘在散热片上，如图 10 所示。这两种方法是在多个大功率 LED 的灯具设计中常用的。例如，上述计算举例中，在计算出 $TJ=103^\circ\text{C}$ 的 PCB 背后粘贴一个 10°C/W 的散热片，其 TJ 降到 80°C 左右。

这里要说明的是，上述 TC 是在室温条件下测得的（室温一般 $15 \sim 30^\circ\text{C}$ ）。若 LED 灯使用的环境温度 TA 大于室温时，则实际的 TJ 要比在室温测量后计算的 TJ 要高，所以在设计时要考虑这个因素。若测试时在恒温箱中进行，其温度调到使用时最高环境温度，为最佳。

另外，PCB 是水平安装还是垂直安装，其散热条件不同，对测 TC 有一定影响，灯具的外壳材料、尺寸及有无散热孔对散热也有影响。因此，在设计时要留有余地。

- 1、2年以上电子设备热分析、热设计工作经验，了解有限元及传热模拟知识，有LED照明产品热设计者尤佳；
 - 2、从事过电子产品散热模组的研究开发，对大功率LED散热系统设计有一定经验者优先，如：支架、基板、散热器等；
 - 3、精通热传导、散热理论，能够独立分析产品的热能，对金属材料表面处理工艺的导热与散热性能有深入了解；
 - 4、掌握常用散热技术、散热器选型方法，能够熟练使用热分析软件进行设计与仿真，如：Fluent、Ansys、Desingspace等；
 - 5、有高度的责任心和敬业心，有团队合作精神和良好的沟通协调能力，能够独立完成项目开发。
- 3年以上LED照明产品光学设计工作经验，擅长LED透镜设计，对光学模具具有深入的了解，熟悉照明行业的相关标准；
- 2、精通光学原理，特别是各种透镜的原理及其应用，有扎实的光学基础知识，会分析光路中出现的干扰并找出解决办法；
 - 3、熟练操作光学软件TracePro、Lighttools、ASAP、Calelux、Zemax等光学设计软件之一。
 - 4、严谨的工作态度，良好的团队协作能力、沟通能力。
- 能够解决LED路灯防雨、防晒、通风、散热的处理要求；
- 5、熟悉照明行业相关标准及相应的测试方法，对LED照明产业发展方向有深入全面的了解；
 - 6、具备较强的沟通、协调能力与项目管理知识；
 - 7、有良好的职业道德，能吃苦耐劳，有钻研精神与工作热情，工作认真仔细；有较强的判断、决策、计划与执行能力；
 - 8、熟练掌握Pro/e、3DMX、CAD
- 好的表达能力和沟通能力，具有团队精神；
- 2、熟悉户外灯具、室内灯具、小夜灯等产品的开发、测试和生产；
 - 3、熟悉LED灯珠及LED灯具的发光特性，熟悉二次光学设计；
 - 4、熟练使用zemax、lighttools、tracepro等光学设计软件中的一种或几种；
 - 5、良好的光度学和色度学基础；
- 1、根据公司战略规划，结合Led应用产品行业前景，提出研发部战略规划。
 - 2、根据战略规划，拟定新产品开发计划及预算控制方案。
 - 3、组织实施已批准的产品开发计划方案，并确保计划方案按进度实施，达成目标。
 - 4、编写或审核新产品开发的可行性报告。
 - 5、研发技术的沉淀及运用和产品实现上市。
 - 6、产品制程工艺及BOM的制定及完善、改进、创新。
 - 7、新产品量产的规划及工艺技术，品质控制。
 - 8、负责部门下属的培训、考核激励、教育训练及人才梯队培养和团队建设、管理。
 - 9、协助市场部解决客户技术问题及应客户需求实现产品推陈出新。
 - 10、参与公司战略规划和年度计划。
- 三、岗位要求：
- 1、电子类或照明工业、机械制造专业本科以上学历。
 - 2、有LED灯应用产品经验5年以上（具有独立LED室内照明产品结构设计开发、制造的经验）。
 - 3、具备研发技术团队建设和管理能力。
 - 4、具备从产品规划和项目实施、产品量产及产品推陈出新、量产上市的能力。
 - 5、诚信、严谨、认真、积极主动、担当。

- 6、思维敏捷、卓识远见、逻辑思维强，极富创新性和团队精神。
- 7、对 LED 照明市场有广泛而深刻的认识，在 LED 照明方面有独到见解。