



益弘泰模块电源热设计

概述

在电子设备广泛应用的今天。如何保证电子设备的长时间可靠运行，一直困扰着工程师们。造成电子设备故障的原因虽然很多，但是高温是其中最重要的因素，温度对电子设备的影响高达 60%。

简化散热处理是益弘泰模块电源的重要特点之一。由于模块电源的效率很高，产生的热量很小，并采用超薄形封装，提供了方便安装和电隔离的散热介面。

采取适当的散热措施，可以改善模块电源的工作条件，提高系统的平均失效时间 (MTBF)，缩小模块电源的体积，并且还能延长使用寿命、降低成本。下面介绍益弘泰模块电源有效的散热方法。

一、产生热量的原因

模块电源并非全部输入能量都可变换成输出能量，一部分输入电能将在模块电源中变成热能损耗掉。模块电源的输出功率与输入功率之比称为模块电源的效率。效率是模块电源最基本的品质因数，它能够用来表示模块电源输出功率与功耗的直接关系。估算冷却要求时，首先应根据模块电源效率计算出在最差情况下的功耗和预期的负载功率。益弘泰模块电源是目前效率最高的模块电源之一，满载时的效率可达到 90%(YED、YOD、YQD 系列)以上。

二、热设计的一些基本原则

1、从有利于散热的角度出发，印制版最好是直立安装，板与板之间的距离一般不应小于 20mm

2、同一块印制板上的器件应尽可能按其发热量大小及散热程度分区排列，发热量小或耐热性差的器件（如小信号晶体管、小规模集成电路、电解电容等）放在冷却气流的最上流（入口处），发热量大或耐热性好的器件（如功率晶体管、大规模集成电路等）放在冷却气流最下游。

3、在水平方向上，大功率器件尽量靠近印制板边沿布置，以便缩短传热路径；在垂直方向上，大功率器件尽量靠近印制板上部布置，以便减少这些器件工作时对其它器件温度的影响。

4、对温度比较敏感的器件最好安置在温度最低的区域（如设备的底部），千万不要将它放在发热器件的正上方，多个器件最好是在水平面上交错布局。

5、设备内印制板的散热主要依靠空气流动，所以在设计时要研究空气流动路径，合理配置器件或印制电路板。空气流动时总是趋向于阻力小的地方流动，所以在印制电路板上配置器件时，要避免在某个区域留有较大的空域。整机中多块印制电路板的配置也应注意同样的问题。

三、散热的方法

热能从高温区传递到低温区的基本方式有三种：辐射、传导和对流。

辐射：不同温度的两个物体间热量的电磁传递。

传导：热量通过固体介质的传递。

对流：热量通过流体介质（空气）的传递。

在各种实际应用中，所有三种热量传递的方式都有不同程度的作用。在大部分应用中，对流是最主要的热量传递方式，若再加上另外两种散热效果。但在某些情况下，这两种方式也可能带来反效果。因此，设计优良的散热系统时，所有三种热量传递方式都应当认真考虑。

1、 辐射散热

当两个不同温度的介面相对时，将产生热量的连续辐射传递。辐射对个别物体温度的最终影响决定于许多因素：各部件的温度差、有关部件的方位、部件表面的光洁度以及彼此的间隔等。由于很难把这些因素量化，加上周围环境本身的辐射式能量交换的影响，因此计算辐射对温度的影响很复杂，而且很难精确。

益弘泰模块电源实际应用中，不可能单依靠辐射式散热作为转换器的冷却方法。在大部分情况下，辐射只能散去总热量的 10%或以下，因此，辐射散热通常只能作为主要散热方式以外的一种辅助手段，并且热设计时通常也不考虑它对模块温度的影响。在实际应用中，通常模块电源的温度都高于环境温度，因此，辐射能量传递有助于散热。但是，在某些情况下，模块附近一些热源（功率器件板，大功率电阻等）的温度比模块的温度更高，这些物体的热辐射将反而会使模块的温度升高。

在散热设计中，应根据热辐射可能产生的影响，合理安排模块电源周围元件的相对位置。当发热元件靠近模块电源时，为了减弱辐射的加热效应，在模块和发热元件之间应插入隔热板。

2、 传导散热

在大部分应用中，模块产生的热量将从基板传导到散热器或导热元件上。但是在基板和导热元件之间的接触面上将产生温度差，这种温度差必须加以控制，热阻串联在散热回路中，基板的温度应为接触面的温升和导热元件的温度之和。如果不加控制，接触面的温升会特别明显的。接触面的面积应尽可能大一些，并且接触面的平滑度应当在 5 密耳（0.005 英寸）以内。为了消除表面的凹凸不平，在接触面上应填充导热胶或导热垫。采取适当的措施后，接触面的热阻可降到 0.1°C/W 以下。只有降低散热热阻(RTH)或降低功耗(Ploss)才能降低温升，增加 T_{Amax}, 电源的最大输出功率跟应用环境温度有关,影响参数包括损耗功率 P_{loss}、热阻 R_{TH} 和最高电源壳温 T_C。效率高和散热较佳的电源温升会较低。在标称功率输出时，它们的可用温度会有余量。效率较低或散热较差的电源的温升会较高。它们需要风冷或降额使用。

在许多应用中，模块电源基板上的热量要经导热元件传导到较远的散热面上。这样，基板的温度将等于散热面的温度、导热元件的温升及两接触面的温升之和。导热元件的热阻与其长度 L 成正比，与其截面积及导热率反比，选用适当的材料和截面积，也可以减小导热元件的热阻。在安装空间和成本都允许的条件下，应选用热阻值最小的散热器。应当记住，基板温度略微降低一点，平均失效时间（MTBF）就会显著提高。

散热片的制造材料是影响效能的重要因素，选择时必须加以注意。目前加工散片所采用的金属材料与常见金属材料的热传导系数：

金属材料	热传导系数
金	317W/mK
银	429W/mK
铜	401W/mK
铁	48W/mK
铝	237W/mK
AA6061 铝合金	155W/mK
AA6063 铝合金	201W/mK
ADC12 铝合金	96W/mK
AA1070 铝合金	226W/mK
AA1050 铝合金	209W/mK



热传导系数的单位为 W/mK ，即截面积为 1 平方米的柱体沿轴向 1 米距离的温差为 1 开尔文 ($1K=1^{\circ}C$) 时的热传导功率。

热传导系数自然是越高越好，但同时还需要兼顾到材料的机械性能与价格。热传导系数很高的金、银，由于质地柔软、密度过大、及价格过于昂贵而无法广泛采用；铁则由于热传导率过低，无法满足高热密度场合的性能需要，不适合用于制作散热片。铜的热传导系数同样很高，可碍于硬度不足、密度较大、成本稍高、加工难度大等不利条件，在散热片中使用较少，但近两年随着对散热设备性能要求的提高，越来越多的散热器产品部分甚至全部采用了铜质材料。铝作为地壳中含量最高的金属，因热传导系数较高、密度小、价格低而受到青睐；但由于纯铝硬度较小，在各种应用领域中通常会掺加各种配方材料制成铝合金，借此获得许多纯铝所不具备的特性，而成为了散热片加工材料的理想选择。

各种铝合金材料根据不同的需要，通过调整配方材料的成分与比例，可以获得各种不同的特性，适合于不同的成形、加工方式，应用于不同的领域。上表中列出的 5 种不同铝合金中：AA6061 与 AA6063 具有不错的热传导能力与加工性，适合于挤压成形工艺，在散热片加工中被广为采用。ADC12 适合于压铸成形，但热传导系数较低，因此散热片加工中通常采用 AA1070 铝合金代替，可惜加工机械性能方面不及 ADC12。AA1050 则具有较好的延展性，适合于冲压工艺，多用于制造细薄的鳍片。

3、对流散热

对流散热是益弘泰模块电源常用的散热方法，对流通常分为自然对流和强制对流两种。热量从发热物体表面传递到温度较低的周围静止的空气中，称为自然对流；热量从发热物体表面传递到流动的空气中，称为强制对流。

自然对流的优点是容易实行、不需要风扇、成本较低、而且散热的可靠性很高。但是，与强制对流相比，为了达到相同的基板温度，所需散热器的体积较大。

自然对流散热器设计还应注意以下几点：

通常散热器都只给出垂直散热片的参数。水平散热片散热效果较差。如果须水平安装，应当适当地增加散热器的面积，也可采用强制对流散热。

自然对流的散热效果决定于热量密度变化引起的空气流速。散热器的热阻值通常是指散热片处于没有任何障碍的气流中时的热阻值。如果周围的器件阻碍空气流过散热片时，就应当选用散热面积更大的散热器。在最恶劣的工作条件下，自然对流散热可能不起作用，务必使散热片完全暴露在周围的空气中。

散热器的尺寸不必受模块基板的限制。散热器的基板面积大于模块基板，散热效果会更好。另外，几个模块电源也可以装到同一个散热器上，此时，不能只考虑模块的总功耗，因为在最恶劣的工作条件下，如果模块电源的功耗差别较大，那么就可能造成某些模块过热。当同一个散热器上的多个模块电源装到印刷电路板上时，务必先把模块牢固安装在散热器上，并将各引脚连接好，然后再把该组合模块焊接到印刷电路板上。如果必须在安装前焊接，为了整齐排列，应先利用固定物把各模块固定后才焊接。

强制对流具有非常好的散热效果。与自然对流散热相比，采用适当的散热器后，散热器到空气的热阻可减小几个数量级。

强制对流时必须采用风扇。在许多实际应用中，为了保证电源系统的整体可靠性和安装密度，都要求采用风扇散热。然而，在某些应用中，采用风扇是一大禁忌。当工作环境的空气不干净时，必须采用滤尘器，并且为了保证散热效果，滤芯需要定期更换。风扇发生故障或者不按期更换滤芯都可能造成系统工作不正常，甚至停止工作。风扇可分为：含油轴承、单滚珠轴承、双滚珠轴承、液压轴承、来福轴承、Hypro 轴承、磁悬浮轴承、纳米陶瓷轴承等，下面是其性能比较表



技术名称	结构特点	工艺要求	价格	噪音	寿命(单位:小时)	特殊需求适应能力		
						静音	暴力	长寿
含油轴承	利用润滑油填充、润滑	低	低	低	5000~8000	√	×	×
双滚珠轴承	以滚动摩擦替代滑动摩擦	较低	高	高	50000~100000	×	√	√
单滚珠轴承	双滚珠轴承的折衷产物	较高	一般	一般	40000 以上	×	√	√
液压轴承	增加储油槽与自动回油设计	较高	较高	低	50000 以上	√	√	√
来福轴承	增加逆向螺旋型号油槽	较低	较低	低	40000 以上	√	×	√
Hypro 轴承	增加储油槽,强化轴承材料	较高	较低	低	50000 以上	√	*	√
磁悬浮轴承	利用磁悬浮原理减少摩擦,配合其它轴承使用	高	很高	很低	50000 以上	√	**	√
纳米陶瓷轴承	轴承材料与润滑剂彩纳米技术	较低	较高	低	80000~100000	√	√	√

注:-按照 ADDA 提供的介绍资料应可适用于高转速工作,但其实际产品中并未包括可确实称为“暴力型”的风扇。

** -能否适用于“暴力型”风扇很大程度上取决于与磁悬浮配合使用的另一种轴承技术。

从由表中可以看出,轴承技术对风扇的性能、噪音、寿命起着重要的决定性作用,实际选购风扇时必须加以注意。通常可根据性能、噪音、寿命以及价格四方面要求综合考虑:

1.性能不高,噪音小,价格低,含油轴承是唯一的选择,但寿命较短,使用一段时间后噪音可能会逐渐增大,需做好维护或更换的心理准备。

2.性能强悍,寿命长,价格不高,滚珠轴承是不二之选,但需忍受其工作时产生的较大噪音。

3.性能与噪音都没有特殊要求,但希望寿命长,价格不高,来福、Hypro 轴承等含油轴承的改进型均是值得考虑的选择。

4.性能好,噪音低,寿命长,液压、精密陶瓷等特色轴承技术都可列入选择范围之内。

5.对静音与寿命要求极高,磁悬浮轴承是仅有的选择,只是性能不佳,价格过高。



四、产品散热实际计算

$$R_{TH} = \frac{T_{C,max} - T_A}{P_{loss}} = \frac{T_{C,max} - T_A}{\left(\frac{1}{\eta} - 1\right)P_{out}}$$

在不同的应用中，电源模块需要的散热器热阻可从下面的等式计算出来，然后可根据热阻从散热器的资料册中可以找到适当的散热器

$T_{C,max}$ 电源最大的满功率输出壳温

T_A 工作环境温度

η 电源工作效率

P_{out} 电源输出功率

例 1：最高工作环境温度为 45°C，空气流速为 400 英尺/分钟时，计算 YED150-48S05，150W，5V 输出模块不带散热器时的最大输出功率。

$$\text{最高输出功率} = \frac{T_{max} - T_a}{R_{TH} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}$$

$T_{max}=85^{\circ}\text{C}$

$T_a=45^{\circ}\text{C}$

$R_{TH}=2.64^{\circ}\text{C/W}$

$\eta=90\%(0.9)$

$$\text{最大输出功率} = \frac{85 - 45}{2.64 \left(\frac{1}{0.9} - 1 \right)}$$

$=119\text{W(max)}$



例 2：在自然对流条件下，当工作环境为 55°C，输出 24V、45W 时，求出 YHD50-48S24 模块所能承受的最大热阻。

$$\text{最大热阻} = \frac{T_{\max} - T_a}{P_{\text{out}} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)}$$

$$T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = 55^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{out}} = 45\text{W}$$

$$\eta = 87\% (0.87)$$

$$\text{最大热阻} = \frac{100 - 55}{45 \left(\frac{1}{0.87} - 1 \right)}$$

$$= 6.69^{\circ}\text{C/W (min)}$$

例 3：空气流速为 200 英尺/分钟时，带有 0.45 寸散热器的 YED150-48S05 模块输出为 5V，130W 时，计算模块的温升。

$$\text{温升} = R_{TH} \times P_{\text{out}} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)$$

$$P_{\text{out}} = 130\text{W}$$

$$R_{TH} = 2.7^{\circ}\text{C/W}$$

$$\eta = 90\% (0.9)$$

$$\text{温升} = 130 \times 2.7 \left(\frac{1}{0.9} - 1 \right)$$

$$= 39^{\circ}\text{C}$$