

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.02.016

电子设备的热设计

郝云刚¹, 刘玲²

(1. 中国兵器工业第五八研究所 投资管理处, 四川 绵阳 621000;
2. 中国兵器工业第五八研究所 数控事业部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 热设计是保证电子设备能安全可靠工作的重要条件。介绍了热力学散热理论, 从散热方法的选择以及器件的布局等方面详细地说明了电子设备结构设计中热设计的基本步骤, 介绍了一些新的散热技术与方法。总结得来的热设计技术和经验对于结构设计有重要辅助作用。

关键词: 热设计; 对流; 散热

中图分类号: O551.3 **文献标识码:** A

Thermal Design of Electronic Equipment

HAO Yun-gang¹, LIU Ling²

(1. Management Office of Investment, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China;
2. Dept. of CNC Engineering, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: Thermal design is an important condition for electron-equipment's reliability. Introduce thermodynamic theory about elimination of heat, expound the basic steps of thermal design from how to choose the technique about elimination of heat and the element layout in detail, discuss some new technique and methods about elimination of heat. The theory and experience from practice about thermal design have important assistant effect in configuration design.

Keywords: Thermal design; Convection; Elimination of heat

0 引言

电子设备工作时, 其输出功率只占设备输入功率的一部分, 其损失的功率都以热能形式散发出去, 尤其是功耗较大的元器件, 如: 变压器、功耗大的电阻等, 实际上它们是一个热源, 使设备的温度升高。因此, 热设计是保证电子设备能安全可靠工作的重要条件之一, 是制约设备小型化的关键问题。

另外, 电子设备的温度与环境温度有关, 环境温度越高, 电子设备的温度也越高。由于电子设备中的元器件都有一定的温度范围, 如果超过其温度极限, 就将引起设备工作状态的改变, 缩短其使用寿命, 甚至损坏, 使电子设备无法稳定可靠地工作。

电子设备的热设计就是根据热力学的基本原理, 采取各种散热手段, 使设备的工作温度不超过其极限温度, 保证电子设备在预定的环境条件下稳定可靠地工作。故对其进行研究。

1 理论基础

热力学第二定律指出: 热量总是自发的、不可逆转的, 从高温处传向低温处, 即: 有温差存在, 就有热量的传递。热量传递是一种普遍的自然现象。热传递现象常是不同基本方式的主次组合。这些基

本方式包括热传导、热对流和热辐射。

在电子设备的冷却中普遍采用对流方式。对流是固体表面与流体表面间传热的主要方式。功耗首先以传导方式传递到与流体相接触的表面, 通过对流传入流体中, 然后该流体再流到其他地方。

2 一般热设计步骤

2.1 熟悉元器件的参数

确定元器件的各种参数, 如: 结温、内阻、标称额定功率、使用功率、耗散功率、满足可靠性指标时的结温以及工作环境的温度范围, 先尽量选用耐高温的元器件。

2.2 散热方法的选择

对于一些小型化、高功率密度的元器件来说, 由于体积、成本等因素的影响, 采用自然风冷作为主要的散热方式, 有 2 个要点:

1) 通过自然对流的方式, 将热量从模块外壳和暴露表面传至空气中, 热量由元器件间形成的沟道散发到周围的环境中。

2) 通过辐射的方式, 将热量从器件的暴露外壳辐射到周围物体表面上。主要依靠自然对流和热辐射来散热, 所以器件周围的环境一定要通风良好,

收稿日期: 2009-09-04; 修回日期: 2009-10-30

作者简介: 郝云刚 (1982-), 男, 江苏人, 助理工程师, 2004 年毕业于重庆大学, 从事投资管理研究。

便于热量的快速散发，有必要时可在器件的周围加散热孔，且散热孔要对通，便于空气流通。此时的散热量受到机箱表面积和通风孔面积的制约。图 1 表示了两种表面积的机箱的通风孔与散热量之间的关系。如若超出了这一限度，就要采用强制风冷。

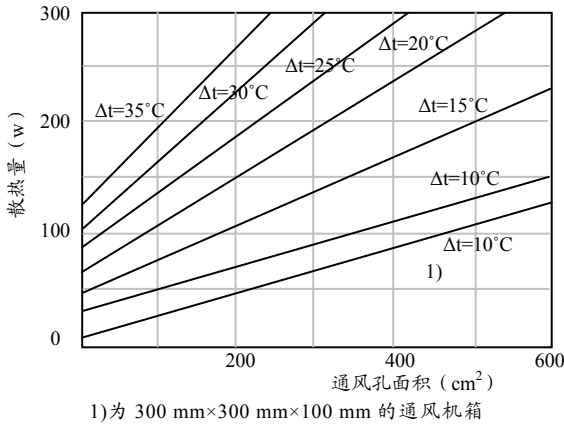


图 1 自然散热时通风孔面积与散热量之间的关系

对于无法靠自然风冷来进行散热的高发热元器件，可通过添加散热片的方式来降低器件的温度。在自然散热下，外壳与周围环间的热阻远大于模块内部元器件与外壳间的热阻，结果在一些高发热元器件体内，热分布是充分的，壳体差不多成为等热体，而器件的大多数热量通过其外壳暴露向外散发。

增加散热片就是增加对流和辐射的表面积，从而大大地改善器件的散热效果。散热片需采用导热性能好的材料如铜、铝，且其散热体表面积越大，与环境温差越大，其热辐射能力也越强，所以一般选用有翅片或表面涂黑色粗糙漆的散热片。

有一些电子结构中，即使加装散热片，高发热元器件的工作条件也得不到改善，在这种散热很困难的系统中，只有通过强迫对流作为散热方式。

在一些风扇的体积和尺寸被限定的结构中，风速越大的风扇所能提供的气流速度也越大，但噪声也很大，反之会越小。使用时需在散热效果和噪声之间得到很好的平衡。另外，其中的风口与风道形状的影响也很重要，风口面积小虽然能使机箱的外观较好，且不易进灰尘，但是通风的热阻较大，对散热不利。风道应保持畅通。另外，机箱中装有大面积的隔板对通风不利，如有大面积的隔板，则需在板上器件四周开通风孔以利散热。还有就是机箱的进风口与出风口高度差 H 越大，其烟囱效应越强。

2.3 元器件的耐高温布局

元器件布局的基本原则有：1) 把发热高、热阻大的器件放在腔体下端，不要放置在印制板的角落

和四周边缘，使流经其散热器的风是冷风，风量大；2) 发热高、热阻大的器件应尽可能地避开或隔离其他热源对其辐射的影响；3) 热量应尽可能地均匀分布，不要把发热高的器件集中布置。

具体来讲，在强迫空气冷却的单元内，应设法使发热元器件沿着冷壁散开，不要使热敏感或高发热元器件互相靠紧，不要使热敏感元器件靠近热点；对自由对流冷却结构，不要将元器件正好放在高发热元器件的上方，应在水平面内交错放置，如图 2。

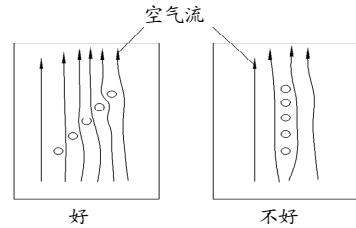


图 2 自由对流冷却电子元器件的安装

2.4 结构材料的选择

电子设备结构常用的有铝型材搭建成型，各种冷轧与热轧薄钢板材通过剪裁、冲压、弯曲等手段可制成各种机箱零件焊接成型及铸铝铸造成型的。

大多数铸铝箱体采用自然冷却方法，散热量取决于机箱表面积。若要求机箱的温升保持在一定的范围内，对给定的机箱表面积，所能散发的热量是有限的。若超出了限度就要选择通风机箱或是采取强制风冷。机箱表面积与散热限度的关系如图 3。

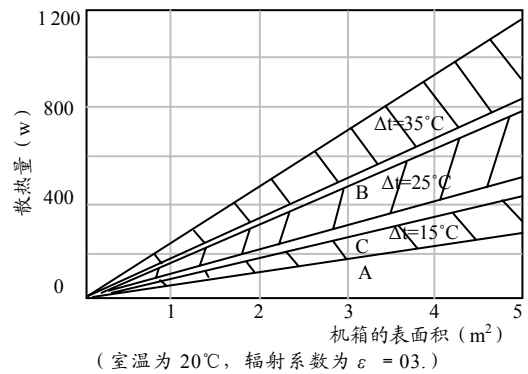


图 3 密封机箱自然散热时的散热量

铝型材搭建成型的机箱与焊接成型的机箱常用强制风冷通风。强制风冷机箱主要经由机箱表面散热和强制通风带走热量 2 种方式来进行散热。

3 新的散热方法

由于空间的限制，薄小电子设备不能更多地使用散热片和风扇，为加强散热，须使用导热界面的材料，最常用的有软性导热硅胶绝缘垫和导热硅脂。

(下转第 54 页)

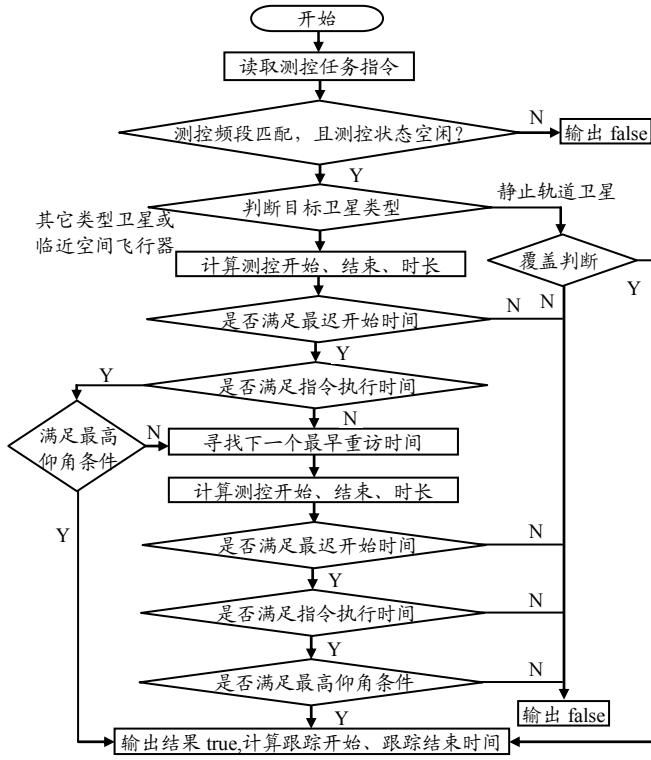


图 3 地面站测控支持判断流程图

参考文献:

[1] 孙平. 空间作战飞行器测控指挥任务建模与仿真研究 [D]. 湖南: 国防科学技术大学硕士学位论文, 2005.

[2] 杨永安, 樊恒海. 一种基于ES法的卫星测控资源调度仿真及实现[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(4): 982-985.

[3] 闫钧华. 分布式测控系统任务调度研究[D]. 江苏: 南京航空航天大学博士学位论文, 2004.

(上接第 45 页)

模拟结果显示: 射流断裂的时间在 30~32 μs 之间, 射流断裂时, 射流头部速度为 5616 m/s, 射流断裂后, 射流继续在轴线处碰撞、挤压, 但是射流头部速度在 5620 m/s 附近小幅度变化, 射流形状有较大差别, 表现为带外壳的射流“两翼”较小, 且壳体有较严重的变形。图 6 为 32 μs 时 Mises 等效应力和 Y—速度云图, 上面部分是变形后的壳体。

4 结束语

数值计算结果符合圆锥型聚能射流的物理现象和规律。通过对没有外壳的模型和带外壳的模型分别进行数值计算, 结果表明: 带外壳的药型罩的聚合速度远大于不带外壳的罩的聚合速度^[5]。原因是带外壳后减弱了稀疏波的作用, 增加了作用在聚能罩上的有效药量。这样的模拟结果与现有理论相吻合, 说明采用的计算模型和数值模拟方法是正确的。利用有限元显式动力分析软件的显式算法模拟圆锥

型聚能射流形成过程, 可较方便地改换“试验”条件和参数。结合数学与力学分析方法, 为聚能装药的优化设计提供了经济、快捷、有效的研究方法。

参考文献:

[1] 恽寿榕, 赵衡阳. 爆炸力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.

[2] 郝莉, 王成, 宁建国. 聚能射流问题的数值模拟[J]. 北京理工大学学报, 2003, 23(1): 19-21.

[3] 史党勇, 李裕春, 张胜民. 基于ANSYS/LS-DYNA8.1进行显式动力分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

[4] 章媛. 线型聚能装药射流形成及侵彻钢板的数值模拟[J]. 科技情报开发与经济, 2006, 23(16): 181-182.

[5] 王兴雁, 孙强, 张可玉, 等. 带壳聚能装药射流参数计算[J]. 青岛大学学报, 2001, 16(2): 85-89.

(上接第 50 页)

1) 软性导热硅胶绝缘垫: 片状材料, 可根据发热器件功率的大小及形状裁切, 具有良好的导热能力和绝缘性其导热系数, 可达 1.75~2.75 W/(m.K), 其作用就是填充发热功率器件与散热器之间的间隙, 将发热功率器件的热量有效迅速地传递给散热器。其工艺厚度为 0.5~5.0 mm, 工作温度在 50~20℃, 又因其柔软而富有弹性, 还能起减震、密封等作用, 能满足设备小型化、超薄化的设计要求。

2) 导热硅脂: 一种呈膏状、粘度很高的散热铺剂, 表面常有一层硅油保护, 高温时融化呈液态, 可流动填补界面空间, 以提高散热效果, 常涂敷在大功率器件与散热器之间, 导热系数高于软性导热硅胶绝缘垫, 通常可达到 4.0~5.5 W/(m.K)。

4 结论

热设计的好坏直接影响到设备工作的稳定性、可靠性和品质指标。

参考文献:

[1] 王健石, 朱东霞. 电子设备热设计速查手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.

[2] 王健石, 电子设备结构设计标准手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.

[3] 杨洪海. 电子设备的散热问题与新型冷却技术的应用[J]. 新技术新工艺, 2006(5): 71-72.

[4] 谭昌谣, 王钧石, 等. 实用表面工程技术[M]. 北京: 新时代出版社, 1998.

[5] 陆延孝, 郑鹏洲, 等. 可靠性设计与分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.

[6] 李富成. 流体力学机械[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1980.

[7] SJ20275-92. 军用电子设备热设计指南[S].