

·测试、试验与仿真·

电子设备机箱散热仿真分析

苏世明, 李 伟

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要: 针对一个具体的电子设备, 分析机箱内部的传热类型, 采用专业的热分析软件 Icepak 对其进行稳态热仿真, 求解封闭结构达到热平衡时的温度场, 指出内部器件温度超过允许温度上限的原因, 提出两种改进结构形式的措施, 重新计算在前后面板开通风孔散热的机箱内部温度场。计算结果显示, 内部器件最高温度在允许工作范围内, 从而有效降低了电子设备机箱内温度, 保证设备稳定可靠工作, 提高结构设计与改进的效率。

关键词: 电子设备; 热分析; Icepak

中图分类号: TN606

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2013)-03-0064-04

Simulation Analysis of Heat Exhaust of Electron Equipment Chassis

SU Shi-ming, LI Wei

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: Types of thermal transmission in chassis for one special electronic equipment are analyzed. Steady thermal simulation is performed by professional thermal analysis software Icepak. To calculate the temperature field when the blocked structure getting heat equilibrium, reasons that the temperature of inner devices is above upper limited temperature are explained. Two methods for improving structures are proposed. Temperature field in chassis with vent holes on front and back panels for heat exhaust is calculated again. Calculation results show that the highest temperature in inner devices is in permitted operation temperature range. So the temperature in chassis is reduced effectively to ensure the equipments in stable and reliable operation states. And structure design and improvement effectiveness are enhanced.

Key words: electronic equipment; thermal analysis; Icepak

1 电子设备和散热

电子设备工作时, 输出功率往往只占设备输入功率的一部分, 其功率损失一般都以热能形式散发出来。研究表明, 芯片级的热流密度高达 100 W/cm^2 , 而半导体集成电路芯片的结温应低于 $100 \text{ }^\circ\text{C}$, 如此高的热流密度, 若不采取合理的热设计技术, 必将严重影响电子元器件和设备的热可靠性^[1-2]。为了有效避免电子设备机箱内温度过高, 影响电子器件正常工作, 需要在结构设计时对散热做必要的考虑。传统方法是根据指标要求和工程经验设计出样品, 加工完成后用环境试验检

验, 然后根据反馈的问题进行改进, 从而得到最优化设计。但是这种方法增加了研制周期和成本, 如果在设计阶段采用专业的热分析软件对原始设计方案进行仿真分析, 并根据分析结果对原始设计进行改进, 便可得到优化的设计^[3-5]。

2 采用 Icepak 的电子设备热分析与结构改进

Icepak 是热管理和电子设备散热分析的专业软件, 在产品初期可用其进行详细的散热分析, 以验证设计方案是否切实可行, 便于问题的分析解决

收稿日期: 2013-04-07

作者简介: 苏世明(1964-), 男, 辽宁锦州人, 学士, 高级工程师, 主要研究方向为电子设备结构设计与分析。

及重新设计,并为电子设备中的大功率器件选型、散热方式及散热器件的选择提供了可靠依据^[6-8]。

2.1 机箱参数及散热要求

对于一个实际的电子设备机箱,结构如图1所示。机箱参数如下:(1)机箱外形尺寸为406 mm×358 mm×206 mm;(2)机箱壳体采用2A12铝合金,且整体封闭;(3)机箱内部包含电源模块、电机驱动器、继电器、调压器、显示屏和控制板等热源;(4)总热功耗约为104 W;(5)外部工作环境温度为20 ℃,内部模块最大允许温度为85 ℃;(6)采用自然对流的散热方式。

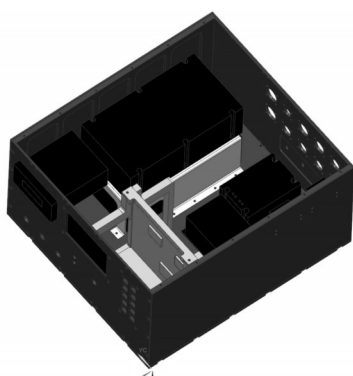


图1 电子设备机箱模型

2.2 机箱内部的传热类型

2.2.1 热传导

机箱内部热传导包括器件与印制板、印制板与安装结构件、各热源模块与安装面之间的传热和结构件之间直接接触形成的热传递。

$$q = \frac{\phi}{A} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad (1)$$

式中, λ 为导热系数,单位为W/(m·K); A 为垂直于导热方向的截面面积,单位为m²; $\frac{\partial t}{\partial n}$ 为温度梯度矢量,单位为K/m; ϕ 为热流量,单位为W; q 为热流密度,单位为W/m²。

2.2.2 对流换热

机箱内部由于空气流过固定表面且温度不同所产生的热量交换。

对流热量交换可根据牛顿冷却公式计算。

$$q = \frac{\phi}{A} = h \Delta t \quad (2)$$

式中, h 为表面传热系数或对流换热系数,单位为W/

(m²·K); A 为对流换热面积,单位为m²; Δt 为固体壁面温度 t_w 与流体温度 t_f 之差的绝对值, Δt 大于零,保证热流量 ϕ 或热流密度 q 取得正值,单位为K。

2.2.3 辐射换热

机箱的辐射换热包括机箱内部设备之间由于温度不同引起的辐射换热和机箱壳体对外辐射换热。

辐射热量可采用斯蒂芬-玻尔兹曼定律的修正

$$q = \frac{\phi}{A} = \epsilon \sigma_b T^4 \quad (3)$$

式中, ϵ 为辐射黑度或发射率,是指物体的辐射能力与同温度黑体的辐射能力之比,其值小于1,且与物体的种类、温度及表面状况等有关。

2.3 仿真设计过程

Icepak热分析一般包括热分析模型的建立、网格划分、求解参数的设定、求解结果后处理和分析与结构改进5个步骤。

2.3.1 热分析模型的建立

(1)在结构设计软件中建立机箱的三维模型,由于Icepak软件无法识别CAD Body体模型,需要在ansys DesignModeler模块中应用Simplify功能将其转化为IceBodys。(2)定义整个系统的热计算区域,在Icepak中设定cabinet,根据自然对流散热的原则,重力轴向上方向,cabinet边界距离机箱模型外壁距离大于2倍机箱高度,重力轴向下方向,cabinet边界距离机箱模型外壁大于机箱高度,其他四个方向与机箱模型外壁的距离大于0.5倍的机箱长和宽。同时在Properties中将cabinet六个面都设置成opening,opening的物性设置采用使用环境温度作为温度边界。(3)设定机箱所有结构件的材料物性,包括热导率、比热容、密度等。(4)设定所有发热模块的热功耗,

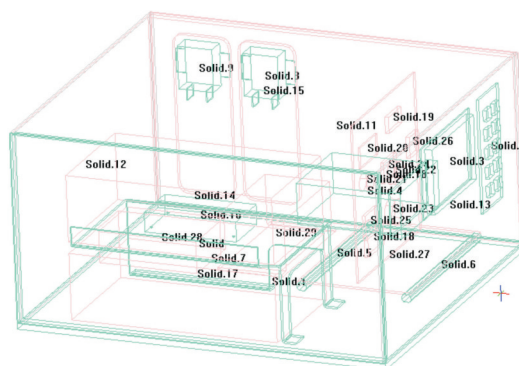


图2 机箱的Icepak热分析模型

其中三个电源模块分别为35 W、35 W、8 W，两个继电器为2 W，步进电机驱动器为6 W，调压器为3 W，单相多功能表为3 W，波段及能量显示屏为3 W，控制板上各器件共为7 W。设置完成的模型如图2所示。

2.3.2 网格划分

利用Icepak对计算区域进行网格划分,设定网格划分类型为Mesher-HD,各方向最大网格尺寸为30 mm,最小间隙为0.2 mm。网格产生后,首先检查各模型网格划分到真实几何体上以及逼近模型轮廓的程度;其次,检查实体模型间流体间隙是否有足够的网格数,因为小的间隙再加上快的流速,其势函数与流函数有较大的梯度变化,必须有足够的网格数才能保证分析精度;最后,检查网格的面对齐率、细长比和最小体积,保证求解精度的前提下减小求解规模。网格划分后的模型如图3所示。

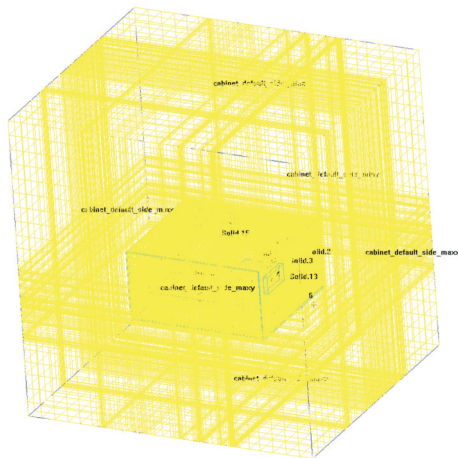


图3 机箱的Icepak热分析网格

2.3.3 求解参数的设定

根据Icepak软件估算的Rayleigh数 2×10^9 ,

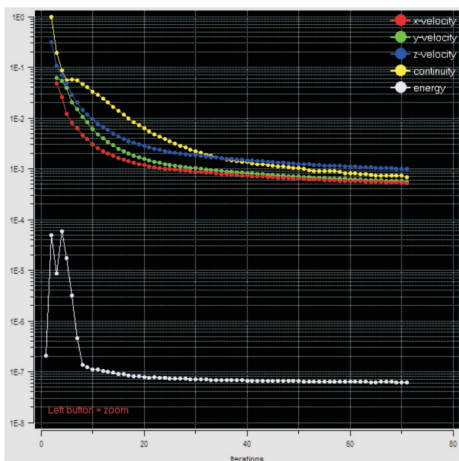


图4 Icepak热分析残差曲线

Prandtl数0.708,设置模型的流态为湍流,并采用零方程模型,同时求解流场和温度场,机箱内部和外部流体为空气,外部大气温度20℃,设置解算器求解迭代步数200步,松弛因子压力项和动量项分别采用0.3和0.7,收敛容差为0.001和 1×10^{-7} ,求解达到稳态时的温度场。图4为求解时的残差曲线,图4中可见迭代达到73步时求解即收敛。

2.3.4 求解结果

查看机箱壳体、控制板和横切面的温度情况,见图5~图7,图中可见机箱外壳最高温度51℃,且右侧壁和底板整体温度偏高,说明内部两处35 W电源模块所产生热量主要靠右侧壁和底板向外传导;控制

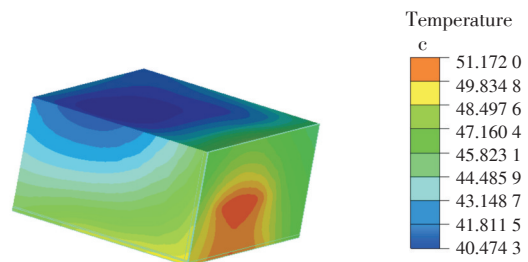


图5 机箱壳体温度分布

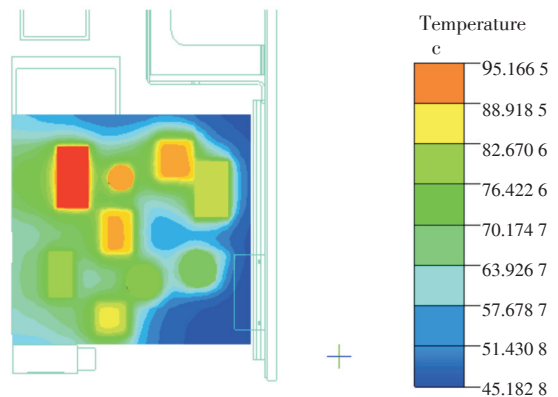


图6 控制板温度分布

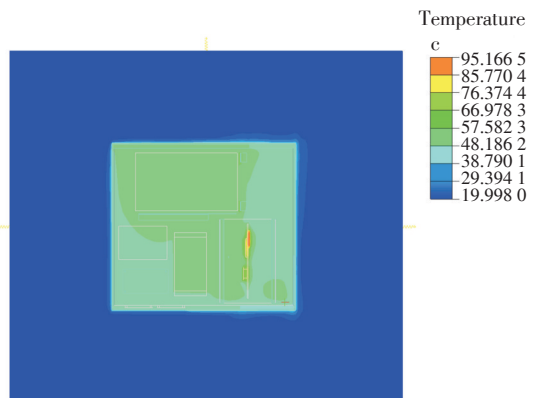


图7 横切面温度分布

板上个别器件温度最高达到了 $95\text{ }^{\circ}\text{C}$,已经不能可靠地工作;从图7的横切面温度分布图中可以看到机箱内部环境温度超过了 $48\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.3.5 分析与结构改进

控制板上有部分器件的温度超过了 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的允许温度上限,其原因一方面是由于印制板采用的FR-4材料热导率较低,控制板上器件的热量不能快速通过印制板传导到机箱外壁;另一方面是由于电源模块等发热量较大,导致机箱内部环境温度较高,控制板上器件的温度也随之升高。改进方法一是采用高热导率的印制板或在器件底部、上部加装导热板或散热片,把器件上的热量以热传导的方式导出去再散掉;二是尽可能降低机箱内部环境温度,减小器件到内部环境的热阻,这可以通过加强机箱壳体的散热、开通风孔、强制通风等方法解决。现在机箱前后面板靠近电源模块一侧各开一处通风孔,如图8所示。



图8 机箱面板上的通风孔

在Icepak中更新模型后重新求解,查看控制板的温度分布如图9,器件最高温度降至 $79\text{ }^{\circ}\text{C}$,在允许工作温度范围内,且机箱内最高环境温度降至 $42\text{ }^{\circ}\text{C}$,这是由于开通风口后,内部空气受热向外膨胀,同时外部冷空气进入机箱内,加强了内外环境之间的热交换。

3 结语

采用改进后的机箱,在控制板上各器件表面帖装热敏电阻作为温度传感器,把设备放置 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中,先保温2h,再工作2h后,进行测量。显示控

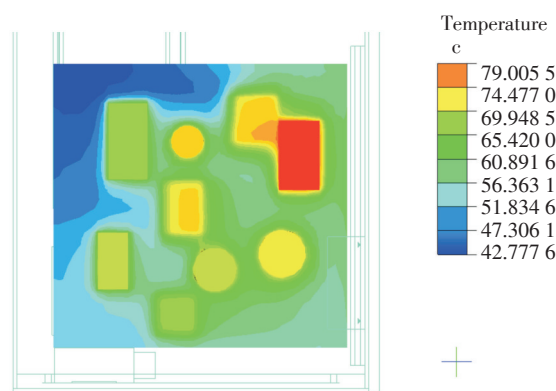


图9 加通风孔后控制板温度分布图

制板上最高温度 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$,与仿真计算结果非常接近,证明了仿真分析方法的可行性。实际测量温度与优化模型温度对比表明,利用Icepak提供的传热计算功能,在建立电子设备机箱模型的基础上,对电子设备机箱进行热分析,模拟出在不同结构形式下的电子设备的内部温度场,从而可以快速验证散热方式是否满足设计目标,选择更加合理的设计方案,有效控制风险并减少样机的试制,提高了设计效率。

参考文献

- [1] 余建祖.电子设备热设计及分析技术[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [2] 杨世铭,陶文铨.传热学[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [3] 邱成梯,赵悼旻,蒋全兴.电子设备结构设计原理[M].南京:东南大学出版社,2005.
- [4] 万伟学. Icepak 在电子设备热分析中的应用[J]. 动力与电气工程,2012, 23: 122.
- [5] 方志强,付桂翠,高泽溪.电子设备热分析软件应用研究[J].北京航空航天大学学报,2003,29(8):737-740.
- [6] 陈洁茹,朱敏波,齐颖. Icepak 在电子设备热设计中的应用[J]. 电子机械工程,2005,21(1):14-16.
- [7] 李琴,朱敏波,刘海东,等.电子设备热分析技术及软件应用[J]. 计算机辅助工程,2005,14(2):50-52.
- [8] 白秀茹.典型的密封式电子设备结构热设计研究[J]. 电子机械工程,2002,18(4):36-38.