

·测试、试验与仿真·

基于ANSYS Icepak的密闭机箱散热仿真分析

李玲娜, 蔺 佳

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘要:根据机箱热载荷等边界要求,对密闭机箱中的电子功能模块的热功耗和机箱热稳态下散热表面的热流密度进行了分析和计算。通过计算机箱与外部空气自然对流冷却下的热流密度值来分析机箱的整体散热性能,并将计算结果与空气自然对流散热的热流密度阈值进行比较;在此基础上使用建模软件UG NX7.5完成机箱的CAD数字样机建模;使用ANSYS Icepak有限元热仿真分析软件进行CFD(计算流体动力学分析)和热仿真分析,完成了机箱参数设定、网格划分,对机箱进行精确的热仿真计算,验证机箱热设计的可靠性,为其他同类电子设备热仿真分析与散热优化设计提供了参考。

关键词:热功耗;热流密度;机箱;热仿真;ANSYS Icepak 软件

中图分类号:TP319;TK11

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2012)06-0075-05

Simulation Analysis of Thermal Runaway of Sealed Chassis Based on ANSYS Icepak

LI Ling-na, LIN Jia

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

Abstract: According to the identical border requirement of thermal loads in a chassis, the thermal-power consumption of electronic function modules and the heat flux density of a thermal runaway surface at thermal stability state are analyzed and calculated. The integral thermal runaway characteristic is analyzed by calculating the hot flow density value which is from cooled natural convection air between the chassis and outside. And the results are compared with the hot flow density threshold of air natural convection thermal runaway. Based on this, the simulation of CAD numerical sample is completed by simulation software UG NX7.5. CFD and thermal simulation analysis are performed by thermal simulation analysis software of ANSYS Icepak limited elements. Parameters assumption and grids plotting of the chassis are completed. Accurate calculations of thermal simulations are performed to validate the thermal design reliability of the chassis and provide references for thermal simulation analysis and thermal runaway optimum design of other similar electronic equipment.

Key words: thermal-power consumption; heat flux density; chassis; thermal simulation; ANSYA Icepak software

随着航空先进电子制造技术的不断发展,大规模和超大规模集成电路的多功能航空电子设备逐步增多,在有限的空间内,对机箱中电子模块的热设计有了更严格的要求。因此,在满足各种恶劣机械环境的条件下,机载电子设备机箱的热设计成为保证设备可靠工作的前提,电子设备热设计系统性能的

好坏直接影响到电子设备的工作状态、工作性能以及工作寿命,解决电子设备过热问题是目前国内外电子设备热设计技术领域的研究热点之一。

电子设备热控制的目的是要为芯片级、元件级、组件级和系统级提供良好的热环境,保证它们在规定的热环境下,能按预定的参数正常、可靠地工作。

收稿日期:2012-10-12

作者简介:李玲娜(1968-),女,辽宁锦州人,工学学士,高级工程师,研究方向为机电设计;蔺佳(1984-),男,工学硕士,工程师,主要从事电子设备结构设计等工作。

通过计算电子设备机箱与外界空气对流散热的热流密度和机箱内部各个功能电子模块的工作环境温度可以对机箱的散热性能进行评价。

热仿真技术已成为电子设备研制中不可或缺的关键技术,通过对机箱产品热量传播方式的分析和温度分布及速度矢量的仿真计算,可以研究加强机箱散热的有效措施并指导结构热设计,尽可能减少热阻,加快散热速度,降低内部温升,提高设备的可靠性。

1 机箱的组成

机箱采用插板式结构设计,设备四壁采用铝合金板料由螺栓连接而成。机箱内部采用隔舱式结构,前舱用于将前面板电连接器上的信号接入模块,后舱安装3个模块。该机箱的散热方法采用自然散热,机箱侧板采用筋片设计,以增加散热面积。

使用UG NX7.5建模软件完成机箱CAD数字样机建模,机箱的组成如图1所示。外形尺寸为160 mm×240 mm×120 mm。

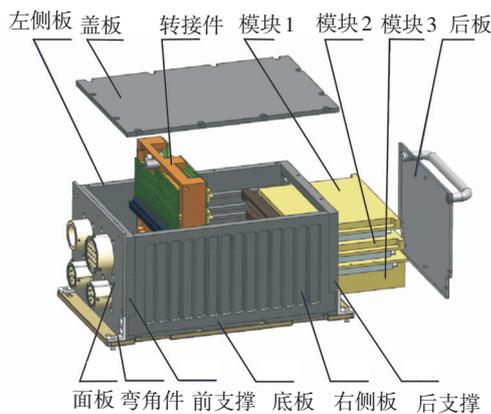


图1 机箱外形示意图

2 机箱热设计分析计算

机箱的使用环境温度为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$;散热方式:自然冷却。模块参数如表1所示。

表1 模块参数

序号	模块名称	功耗/W	外形尺寸/mm ³
1	模块1	20	140×120×24
2	模块2	8	140×120×24
3	模块3	20	140×120×35

在高温、湿热等环境条件下,电子设备中的金属材料极易受到破坏腐蚀,非金属材料也极易老化和失效,导致元器件的性能降低,甚至造成电气短路,严重影响电子设备的性能和使用寿命,同时对于整机电磁兼容设计也有严格的要求,所以机箱采用密封的机箱。

密封机箱会给机箱内部模块的散热带来一定困难,模块热量通过自身冷板和导热结构传递到模块边缘,再通过锁紧装置传导到机箱侧壁,最终通过机箱侧板与外部空气的自然对流散热。

通过上述对机箱内部模块散热状况的分析,可以看出从模块上电器元件到侧板的导热、侧板外壁与空气的自然对流散热过程中,影响散热性能主要有两方面因素:即模块冷板和导热结构的导热性能和侧板外壁与外部空气自然对流散热性能。模块冷板的导热性能满足热设计要求,可以保证内部模块工作时产生的热量尽快从模块表面传递到侧板;侧板外壁与外部空气自然对流散热性能满足热设计要求,可以保证传导到外壁的热量能够通过自然对流全部散出到外部空气中,散热路径如图2所示。

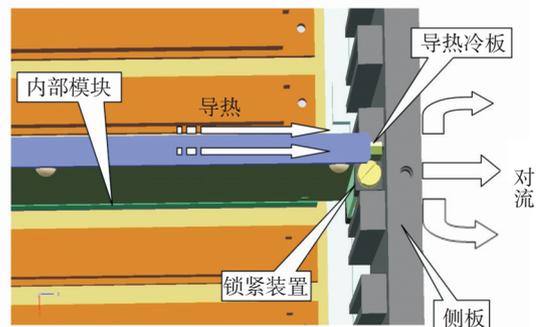


图2 机箱散热路径示意

通过计算箱体外壁与空气对流散热的热流密度可以分析机箱的散热情况。机箱3个模块总功耗为

$$Q_{\text{热}}=Q_1+Q_2+Q_3 \quad (1)$$

式中, Q_1 为模块1功耗,20 W; Q_2 为模块2功耗,8 W; Q_3 为模块3功耗,20 W。

$$Q_{\text{热}}=20+8+20=48\text{ W}$$

机箱热稳态下散热表面的热流密度的计算为

$$\varphi=\frac{Q_{\text{热}}}{A} \quad (2)$$

式中, A 为机箱散热总面积,单位 cm^2 ,经计算 $A=2\ 028\ \text{cm}^2$ 。机箱热稳态下散热表面的热流密度的计算如下

$$\varphi=48/2\ 028=2.36\times 10^{-2}\ \text{W}/\text{cm}^2$$

机箱的最高环境温度为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,考虑到其内部模

块、器件的耐高温性能(不超过 105 ℃ ~ 125 ℃),其内部温升应控制在 25 ℃ ~ 35 ℃ 范围之内,电子设备自然散热达到热温态条件下,内部温升不超过 25 ℃ ~ 35 ℃ 时,空气自然对流散热的热流密度阈值一般为 $3 \times 10^{-2} \sim 4.2 \times 10^{-2} \text{ W/cm}^2$ 。根据设备的允许温升和热流密度冷却方法选择图(见图 3),由计算结果可

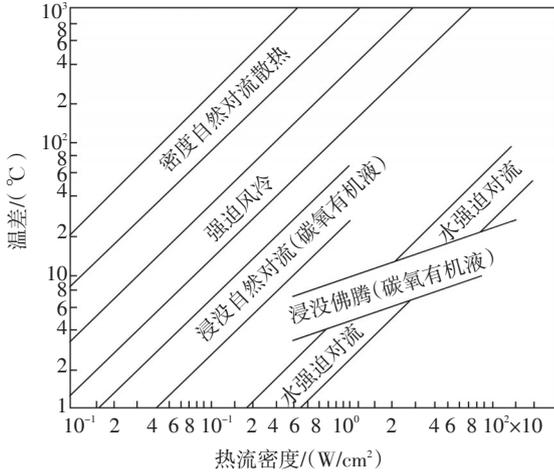


图3 按热流密度、温升选择冷却方法

以看到,机箱热稳态下的热流密度 φ 小于自然对流散热的阈值,机箱内部温升小于 25 ℃,模块、器件的工作温度小于 95 ℃,机箱自然散热完全可以满足散热要求。

3 机箱的自然冷却的仿真计算

3.1 热模型的建立

根据机箱的构型,对机箱进行仿真计算,首先简化机箱数模,略去螺钉、螺母、圆角、安装孔等不影响热路模型的局部细节及小插件。简化后模型如图 4 所示。

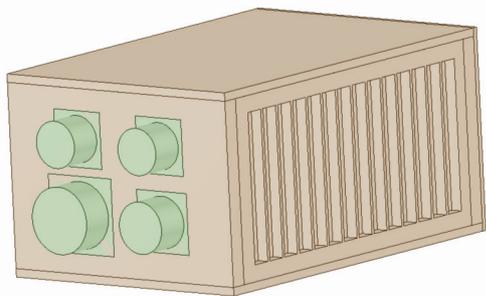


图4 机箱热分析简化模型

热模型的建立:(1)使用 Ansys DesignModeler 将由 UG NX7.5 导入的机箱模型进行简化;(2)略去安装

螺钉等局部细节;(3)通过 Ansys Workbench 平台将 DesignModeler 简化后的模型导入 Ansys Icepak 软件;(4)按照正确的传热路径,建立系统的热分析模型;(5)在 Ansys Icepak 中建立导轨与机箱插槽的接触热阻;(6)环境温度设为 70 ℃;(7)散热方式为自然冷却(辐射换热);(8)密封箱体内部为自然对流,其流动状态为湍流。

机箱参数:机箱总功耗为 48 W,导轨与系统插槽的接触热阻设置为 0.56 ℃/W,在 Ansys Icepak 中建立内部热分析模型。

3.2 热仿真计算结果

根据初始条件求解得到在环境温度 70 ℃ 时,机箱达到热稳态时的温度分布情况,如图 5 所示,最高温度 93.3 ℃,为了清楚显示计算结果,如图 6 例中略去了部分几何框架。

图 6 为截取 XY 截面与 YZ 截面的温度分布云图。可以看出,XY 截面最高温度为 94.4 ℃,YZ 截面最高温度为 94.8 ℃;热量主要集中在机箱的后半部分,在进行机箱整体的结构热设计时,应在后半区域加强散热,例如增加机箱两个侧板后半区域的散热

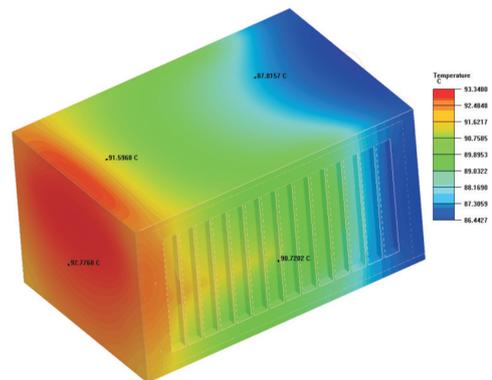
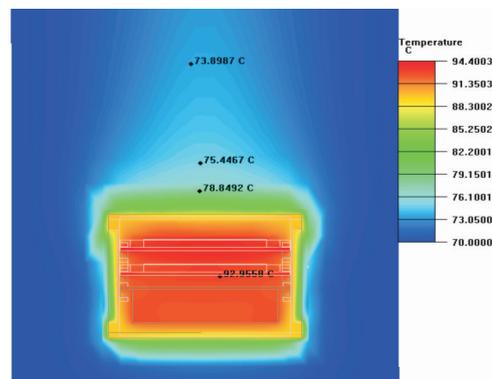
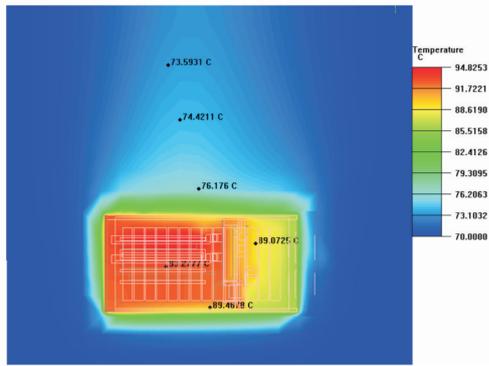


图5 内部热分析模型



(a) XY 截面



(b) YZ截面

图6 正交垂直截面(XY与YZ截面)的温度云图

肋片数量,并减少肋片间距或者转接件留有较大的通风孔,加强机箱内部空气流通,实现前后部位的热交换,将热量均匀化,提高与外部的换热效率。

系统内部速度矢量图如图7所示,整体切面速度矢量图如图8所示,可以看到机箱侧壁外部的流速较大,说明该机箱采取侧壁肋片化设计强化散热措施后,增大了机箱侧壁散热面积,并可以有效地通过侧

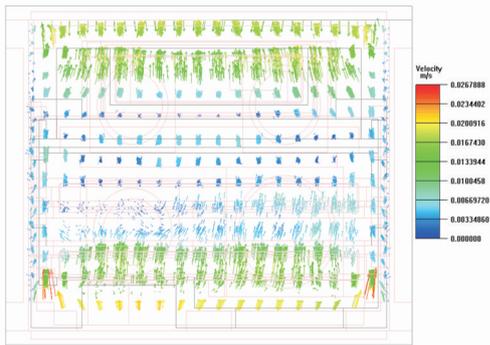


图7 内部速度矢量图

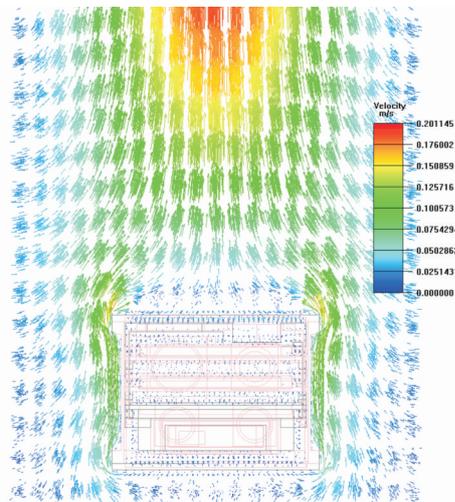


图8 整体切面速度矢量图

壁与外部空气的自然对流实现散热,并成为主要的散热路径。

内部3个模块温度云图如图9~图11所示。模块

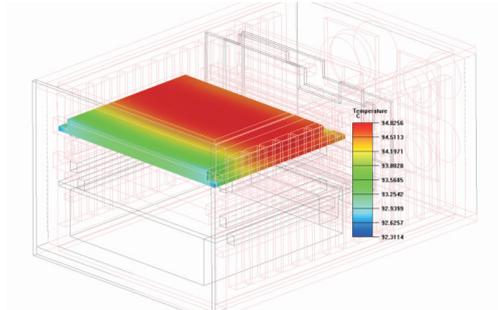


图9 模块1温度云图

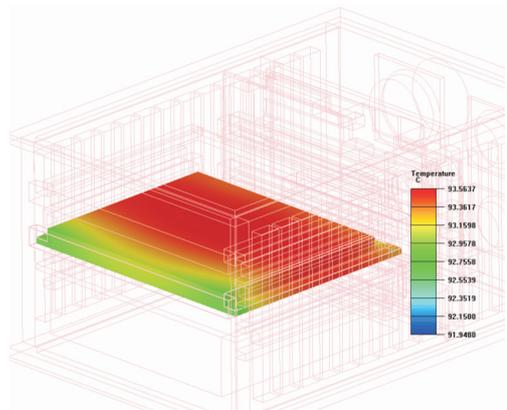


图10 模块2温度云图

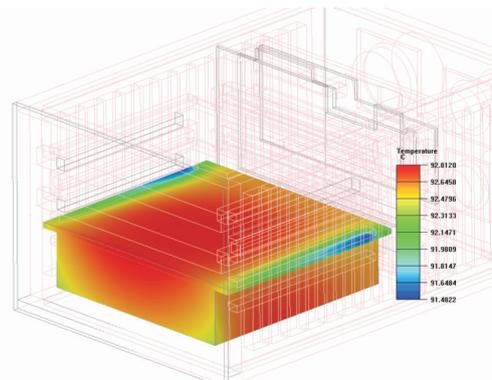


图11 模块3温度云图

1最高温度为94.8℃;模块2最高温度为93.5℃;模块3最高温度为92.8℃。模块上的元器件最高允许结温为125℃,因此可以满足高温环境要求,内部模块最高温度见表2。机箱内部发热模块集中地区域出

表2 内部模块温度分布表

温度分布	模块1	模块2	模块3
计算最高温度/(℃)	94.8	93.5	92.8
模块允许温度/(℃)	125	125	125

现一定的热量聚集,最高工作环境温度接近95℃,应在模块与机箱壁之间采取冷板结构等加强导热措施。

4 结 论

通过分析机箱内部发热模块的散热途径、计算自然冷却条件下的热流密度,使用 Ansys Icepak 软件对机箱进行热仿真计算,模拟得到机箱系统热平衡状态的温度分布、流场分布、各模块表面的最高温度。根据理论分析与仿真计算的结果,可以得到如下结论:

在自然冷却条件下,最高环境试验温度70℃时,密闭机箱达到热稳态的热流密度小于自然对流散热的阈值;散热情况的仿真分析结果可以看出,机箱主要通过侧板外壁与外部空气的对流实现散热,并满足内部模块电子器件的工作温度要求;通过对热仿真结果的分析提出了针对热设计的结构优化措施,使机箱产品达到了布局合理,具备了良好的对流散热性能,并通过高温试验验证,最终满足了高温环境要求,为其他电子设备热设计仿真分析提供参考和

依据。

参考文献

- [1] 陈小宁,魏汉军.全密封机箱的热设计研究[J].电子产品可靠性与环境试验,2004(5):49-59.
- [2] 郁圣杰,李维忠.密闭机箱的热仿真分析[J].雷达与对抗,2008(4):56-62.
- [3] 薛晨辉.大功率密封机箱的热设计[J].电子机械工程,2005(6):4-7.
- [4] 黄晓春.控制机箱热设计计算与分析[J].光电技术应用,2004,19(4):59-62.
- [5] 方益奇,孙玲玲.雷达电子机箱的热设计与仿真分析[J].机械设计与制造,2010(12):23-25.
- [6] 邱成梯,赵惇旻,蒋全兴.电子设备结构设计原理[M].南京:东南大学出版社,2005:23-25.
- [7] 凌桂龙,丁金滨,温正. ANSYS Workbench 13.0从入门到精通[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [8] 任苏中.航空电子设备结构设计[M].北京:航空工业出版社,1992.
- [9] 沈春根,王贵成,王树林,等.UG NX7.0有限元分析入门与实例精讲[M].北京:机械工业出版社,2011.

《光电技术应用》期刊网站简介

《光电技术应用》期刊网站的网址为: <http://www.gdjsyy.com>。网站设有:期刊介绍、资质荣誉、编委会、版权声明、征稿简则、征订启示、联系方式等栏目。通过上述栏目,作者与读者可对期刊基本情况和编辑部工作有进一步了解。

为方便作者投稿,网站设立了期刊的投稿指南及论文格式模板。投稿指南从文章的题名、摘要、引言、结语、参考文献等几个部分提出对所投稿件(文章)的要求、编写方法、应注意的问题等,供作者参考。论文格式模板以本刊一篇已发表的文章为例,对刊载文章的体例、格式及部分基本要求进行了较为详细的说明(采用红色说明文字),以节省文章编辑修改时间,提高录用的时效。《光电技术应用》期刊的电子邮箱为: nloe@vip.163.com。热诚欢迎广大作者踊跃投稿。