

Icepak 软件在加固计算机热设计中的应用

孙 艳

(华北计算技术研究所,北京 100083)

摘 要:阐述了加固计算机热设计的重要性,分析了计算机仿真和数值模拟技术在热设计中的作用。以某加固计算机的热设计为例,介绍了设备的结构组成及需要解决的问题,并提出了整机的散热措施,分析了风机的选择过程。最后,采用 Icepak 热分析软件建立了设备三维有限元模型,基于有限元理论对有限元模型进行仿真计算,通过仿真分析,预测设备内部热量分布和气流分布情况。经过高低温环境试验和工程实际应用验证,证明了设计阶段仿真分析的有效性。

关键词:加固计算机;热设计;Icepak;仿真分析;有限元方法

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)03-0215-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.03.054

Application of Icepak in Thermal Design for Rugged Computer

SUN Yan

(North China Institute of Computing Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Firstly, the importance of thermal design and thermal simulation for rugged computer is given. Secondly, aiming at the thermal analysis problem of certain rugged computer, the processes of thermal design and simulation with Icepak was introduced in detail. Then the rugged computer composition and thermal design problem to be solved was introduced, and the choosing process of flow fan is described. Finally, a thermal model is proposed and the temperature field distribution is simulated with 3-D FEM of Icepak, which can estimate the heat distribution and airflow distribution inside the rugged computer. The simulation and analysis with Icepak was demonstrated effectiveness by high-low temperature condition test and practical applications.

Key words: rugged computer; thermal design; Icepak; simulation analysis; finite element method

0 引 言

为了保证在低高温环境下可靠工作,延长使用寿命,电子设备热控制技术和热设计技术得到了普遍的重视和飞速的发展。目前,电子设备朝着小型化方向发展,采用的电子器件体积越来越小,集成度增高,功率密度也随之增大,所以对电子设备的热设计的要求也越来越高^[1]。特别是在特殊环境条件下使用的加固计算机,结构上的热环境防护设计尤为重要^[2]。控制设备工作时内部电子元件的温度,使其低于设备稳定工作所允许的元件最高温度,是加固计算机热设计的主要目的^[3]。热设计的主要任务就是通过采取有效、合理的热设计技术减小设备和元器件的内部热阻和外部热阻,提供一条低热阻的传热路径,提高设备内部元器件、模块单元的传热能力及设备表面向外界的散热能力,以保证产品正常运行的安全性及长期工作的可

靠性。

实际项目应用中,对每个加固计算机均可提出多种散热结构布局方案,用传统的经验方法和一般的理论公式较难比较各种方案的好坏,也不能较准确地分析设备内的气流流动和换热效果^[4]。利用计算机仿真技术和数值模拟技术,仿真模拟加固计算机的温度场,能够在设计初期找出热设计需要解决的问题,优化模型,获得满足要求的热设计方案^[5]。计算机仿真和数值模拟技术可以有效地缩短产品的研发周期,提高产品设计的可靠性^[6]。常用的热分析软件有 Ansys、Flotherm 和 Icepak 等,其中 Icepak 软件是专业的热分析软件,建模简单,计算精度高,在电子设备热设计中被广泛地应用^[7]。

1 Icepak 仿真软件的特点

利用热分析软件,在加固计算机设计初期进行热仿真,确定仿真模型中各元器件的温度最高点,较真实地模拟设备内部的热状况。根据仿真结果对模型进行修改或者采取必要的散热措施,消除热设计中存在的隐患,使各元器件最高温度在允许的温度范围内,满足

收稿日期:2012-06-12;修回日期:2012-09-17

基金项目:装备预先研究项目(513160901)

作者简介:孙 艳(1980-),女,硕士,工程师,研究方向为计算机加固技术、计算机抗恶劣环境技术。

设计要求,减少设计、生产、再设计和再生产的循环研制费用,提高产品的一次成功率^[8]。

目前常用的热分析软件 Icepak 是针对电子产品热分析的专业化分析软件,它基于有限元法,是集建模、网格生成、求解和后处理于一体的软件。有限元法(也叫有限单元法),是目前工程分析中获得最广泛应用的数值计算方法。随着有限元理论的长足进步,计算机技术的快速发展,使得应用有限元技术解决热设计问题变得直观和便捷^[9]。同时,由于有限元法的有效性和通用性,受到工程技术人员的高度重视。另外,Icepak 软件以传热学为基础,利用其专业的流体动力学求解器和高精度的计算,能够分析层流、湍流和混合流等多种流体状态;同时提供了热分析中经常使用的组件,使建模简单化;还提供了风扇库、材料库等,调用方便,能够解决器件级、印制板级、系统级的热分析问题^[10]。

2 问题描述

某加固计算机安装在 19 英寸标准机柜中,机箱的宽度为 420mm,深度为 440mm,高度为 2U。机箱的材料采用防锈铝合金 LF3。设备由以下主要元件构成:

①一个自带散热齿的电源模块,发热功率为 95W,可靠工作温度不超过 85℃;

②一个主板(包含 CPU、南桥、北桥和内存等),发热功率为 90W,最高允许工作温度为 90℃;

③一个 PCI 转接卡,发热功率为 15W,可靠工作温度不超过 85℃;

④两个 PCI 卡,发热功率各为 5W,可靠工作温度不超过 85℃;

⑤硬盘、光驱、滤波器各一个,发热功率为 20W,可靠工作温度不超过 85℃;

⑥接插件若干。

此加固计算机的工作环境温度范围 - 10 ~ + 55℃,从设备选用的元器件使用条件来看 - 10℃ 工作条件都可满足使用需求,因此研究的重点是解决设备在 55℃ 条件下的散热问题。机箱内电源与主板发热器件相对集中,热量密集,因此如何布置内部风道、采取合理散热措施,是整机热设计的关键。

3 热设计及仿真分析

3.1 散热措施

加固计算机热设计的重点在于确定设备冷却方式,保证设备内元器件均能在规定的热环境中正常工作;设计合理的风道,使气流按照预定的路径流通,合理地分配给各个模块;选择合适的风机位置,将设备内的热量有效地排出。

①从加固计算机的结构来看,内部空间较大,机箱内元器件对风的阻力较小,风压损失较小,因此设备选用比较成熟的强迫通风冷却方式。强迫通风冷却的特点是风量大、风压小、各部分风量分布比较均匀,并且其较大的流速可以降低通过对流边界层的热阻。风机选用直流圆筒式轴流风机,由于其空气进出口的流动方向与轴线平行,所以风量大,风压小,叶尖漏损小,效率高^[11]。

②在风道的设计上要利于各类元器件的散热,减少相互影响。主要发热部件是主板和电源,PCI 卡上功率器件发热量小,可不放在主风道上。考虑到使用者从机箱前面操作设备,故将进风口设置在前面板,温度较低的空气从前面进入,经过主板、CPU 芯片变成温度稍高的空气,途经电源温度达到最高,然后由机箱后面板的出风口排出热空气。

③对于强迫通风冷却情况,影响设备冷却效果的因素包括气流的方向和风机的位置等。设备采用轴流式抽风系统,设备内受热的空气被抽出,空气压力减小。风机设置在通风道的下游,即在机箱后面板出风口处。这样风道较长,气流速度分布可以得到改善。

④设备内 CPU 芯片热功耗较大,易形成局部过热,需要对其进行局部强迫风冷。在 CPU 芯片表面,装有 CPU 散热片和风扇,它的热量能较快地排放到设备内的空气中,并由设备后部的轴流风机抽出设备外。

3.2 风机的选择

从加固计算机前面进风口吸入的冷空气,流经设备内的主板、电源等发热器件,吸收了热量,设备内空气温升,通风量与元器件耗热量及空气温升之间的关系为^[11]:

$$Q_f = \frac{\Phi}{\rho C_p \Delta t} (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1)$$

式中: Φ 为设备内元器件总损耗功率(W); ρ 为空气密度(kg/m^3); C_p 为空气比热($\text{J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$); Δt 为进、出口处空气的温差($^\circ\text{C}$)。

该加固计算机的热功率为 230W,空气的比热取 $C_p = 1005 \text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$,空气的密度取 $\rho = 1.06 \text{kg}/\text{m}^3$,冷却空气入口与出口的温升 Δt 取 30℃,将以上参数代入式(1)得: $Q_f = 0.0072 \text{m}^3/\text{s}$ 。

根据以上初步求得此加固计算机的通风量,同时考虑到机箱内部空间,采用两个风机并联方式。风机型号为 AD5012MB - C71,最大风量为 $0.007 \text{m}^3/\text{s}$,最大风压 $27.38 \text{N}/\text{m}^2$ 。由于受到电磁屏蔽设计等其他设计因素的影响,风机会受到较大的风阻,因此不可能在最高风速点工作,根据工程经验和风机特性,风机工作点应处于特征曲线中下部位置^[12]。从图 1 中可以看出,选用风机满足此条件,风机工作效率较高,散热效果

好。

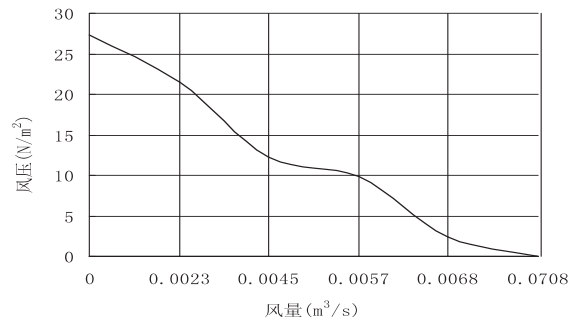


图1 风机特征曲线图

3.3 Icepak 仿真及分析

Icepak 软件通过以下几个步骤来实现仿真分析过程,首先设定问题参数,其次建立计算模型,然后进行网格划分,最后求解计算和后处理。仿真分析的重点在于了解设备内主要热功率器件的表面温度和气流分布。

考虑到设备外部安装空间有限,将加固计算机机箱简化为一个没有表面换热的物理边界,通过进风口和由风机所组成的出风口进行设备内部与外界的热交换。设备正常工作时具有稳定的功率和冷却风流量,视为稳态问题。另外对工作环境进行以下设定:环境温度为55℃,1个标准大气压,重力加速度为9.8m/s²。此加固计算机经简化后的布局如图2所示。

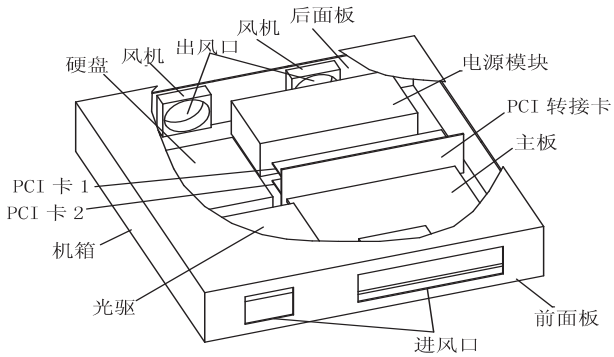


图2 某加固计算机简化模型

应用 Icepak 软件对设备内部温度分布和速度矢量分布进行仿真,由图3、图4可以看出主板、电源等元器件的温度分布,当环境温度为55℃时,设备内部

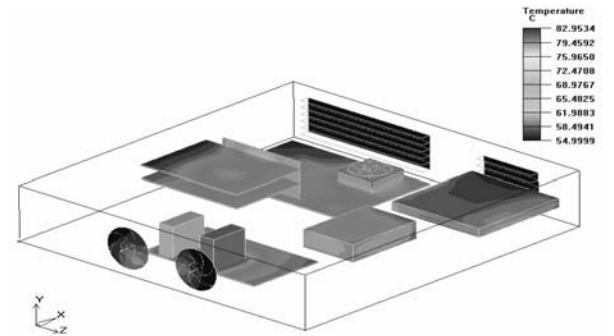


图3 元器件温度分布图

的最高温度为82.95℃,此最高温度发生在电源上,主板上的最高温度为76.22℃,均低于最高容许温度。由于设备内部不同位置的气流流态不同,导致冷却效果不同,所以各元器件表面温度分布不同。

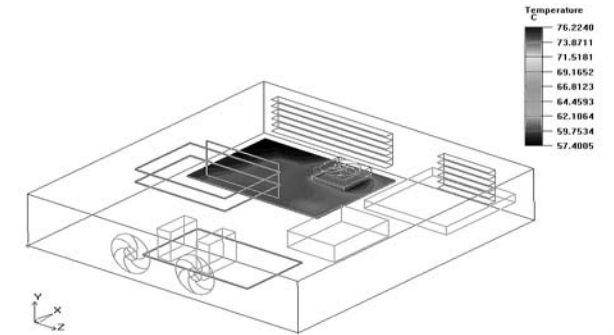


图4 主板温度分布图

图5为设备内部气流矢量图,可以看出,设备内部不同空间位置上的冷却气流流动速度的大小和方向是不同的,最大风速为4.92m/s,而最小的风速几乎为零。由于进风口和出风口位置以及设备内部布局的影响,导致局部区域的气流流动微弱,但弱流动区域没有设置元器件,不影响整个设备的散热性能。

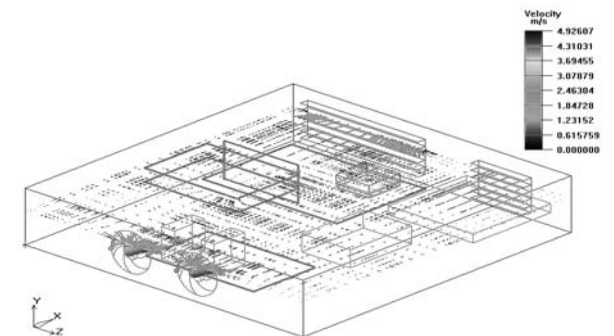


图5 加固计算机内部气流矢量图

3.4 工程验证

按照上述热设计方案,为验证软件分析的有效性,该加固计算机在完成装配、调试后,进行了温度环境试验。此设备经过55℃的高温试验,工作正常。高温试验时,在加固计算机内部的四处关键位置设置测试点,实际热测试结果与仿真结果对比情况如表1所示。可知,仿真结果较真实地反应了设备实际工作情况。设备交付用户后,经过多次工程实际应用证明,设备实际散热能力与热分析相符,性能稳定,满足设计要求。

表1 设备内测试点处热测试值与仿真值对比

测试点	位置	测试数据(℃)	仿真数据(℃)	误差(%)
1	电源散热齿表面	84.6	82.95	2.0
2	CPU 散热片表面	82.9	76.22	8.1
3	PCI 转接卡表面	79.5	74.58	6.2
4	硬盘表面	68.8	64.12	6.8

对于城市级的共享平台,各部门通过此平台进行资源共享,目前大多数的 ESB 系统都是采用基于内容的路由算法,即根据消息的内容把服务从发布者传送到请求者^[12]。但当有适配器接收较多消息时,ESB 会承担较大的负载,使得整个系统集成、共享的效率降低。P-DWRR 算法,根据服务类别区分服务,以一定的准则轮流访问各个服务队列,避免了优先级低的服务队列长时间得不到调度问题,提高交互的效率。

3 结束语

城市信息共享是智慧城市系统技术应用的基础与根本。由于目前信息化建设中存在的“信息孤岛”现象,共享平台需要更加灵活的集成能力,能够集成不同技术架构的业务系统。提出基于企业服务总线(ESB)构建共享平台,可以降低企业内部信息共享的成本和集成难度。以贵阳市为例,实现了多个部门的应用系统的互连,结合到实际,体现出资源共享平台的实用性和价值。在 PQ 和 DWRR 算法基础上,提出一种改进的 P-DWRR 算法,解决当过多资源在平台里进行共享,如何调度服务的问题。该算法提高了 ESB 交互的效率,避免有些部门长时间得不到请求的资源而不断发出服务请求,致使 ESB 负荷超重,导致平台的共享效率变低。

参考文献:

[1] 汪芳,张云勇,房秉毅,等.物联网、云计算构建智慧城市

(上接第 217 页)

4 结束语

在加固计算机设计阶段,应用 Icepak 软件的热仿真分析功能,对设备内部气流分布情况和各元件的工作温度进行预测,分析热设计方案的合理性,找到最优设计方案。实践证明,利用 Icepak 软件对加固计算机进行热设计的方法实用有效,缩短了研制周期,提高了加固计算机的可靠性。

参考文献:

- [1] 常春国. 结构设在电子设备中的重要性研究[J]. 电子质量,2009(12):48-49.
- [2] 徐立颖. 加固计算机热设计[J]. 计算机应用技术,2009(2):85-90.
- [3] Huang Yong, Tan Min. Thermal Design for the Reliability of Robot Controller Box[C]//Proceedings of the 19th Chinese Control Conference. HongKong:[s. n.],2000.
- [4] 张爱清,徐建波,刘勇. 某电子设备的热设计的数值模拟

信息系统[J]. 移动通讯,2011(15):49-53.

- [2] 曾文英,赵跃龙,齐德昱. ESB 原理、构架、实现及应用[J]. 计算机工程与应用,2008,44(25):225-228.
- [3] 郭文越,陈虹,刘万军. 基于 SOA 的数据共享与交换平台[J]. 计算机工程,2010,36(19):280-282.
- [4] IBM. Patterns:Implementing an SOA Using an Enterprise Service Bus RedBooks[EB/OL]. 2010-12-10. <http://www.ibm.com>.
- [5] Wang Pei, Jiang Chaohui, Kang Zhiqian. Research on ESB-based Enterprise Application Integration[C]//2010 Second Asia-Pacific Conference on Information Processing. Nan-chang:[s. n.],2010:491-494.
- [6] Lee Youngkon. An Implementation Case Study:Business Oriented SOA Execution Test Framework[C]//Fifth International Joint Conference on INC,IMS and IDC. Seoulpp:[s. n.],2009:425-430.
- [7] 邓子云,杨晓峰,黄婧. 基于 SOA 集成平台的 EFSM 任务调度模型[J]. 科学技术与工程,2010,10(3):799-802.
- [8] 张眸,李国栋,柳长安. 基于接收表的 ESB 研究与设计[J]. 电子科技,2009,22(11):47-50.
- [9] 饶宝乾,侯嘉. 一种基于 WRR 的新的调度算法[J]. 科学技术与工程,2011,11(17):4090-4094.
- [10] 关学铭,刘翀. 区分服务网络队列调度策略的研究与仿真[J]. 计算机应用与软件,2011,28(9):204-206.
- [11] 伍金富,周井泉. 基于区分服务的队列调度算法研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(1):140-142.
- [12] 隋新,朱云龙,南琳. 企业服务总线中消息路由器的设计与实现[J]. 计算机工程,2011,37(21):11-16.

研究[J]. 器件与电路,2011,35(12):32-36.

- [5] Niu Chunping, Chen Degui, Zhang Jingshu, et al. Thermal Simulation of AC Electromagnetic Contactor[J]. CADDM, 2005,15(1):24-28.
- [6] 黄冬梅,童永光,蔡巧言. 空间环境下某电子产品的热设计[J]. 导弹与航天运载技术,2005(5):48-50.
- [7] Yu C W, Webb R L. Thermal Design of a Desktop Computer System Using CFD Analysis[C]//17th IEEE Semi-therm Symposium. San Jose,CA:[s. n.],2001.
- [8] 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.
- [9] 陈刚,赵玉奎,徐春雨. 基于 ANSYS 的某活塞热应力分析[J]. 计算机技术与发展,2010,20(11):214-216.
- [10] 阮健. Ansys 仿真技术在电子产品热设计中的应用[J]. 舰船电子对抗,2011,34(3):114-116.
- [11] 邱成梯,赵倬婷,蒋全兴. 电子设备结构设计原理[M]. 南京:东南大学出版社,2005.
- [12] 张斌,武沛勇,韩凤廷. 一种新型电子设备热设计分析[J]. 无线电通信技术,2011,37(5):41-43.

Icepak软件在加固计算机热设计中的应用

作者: [孙艳](#)
作者单位: [华北计算技术研究所, 北京 100083](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201303056.aspx