

● AOSI趣味科学系列



计算机 散热技术



Computer & Cooling Technology

◎ 杨伍民 著

科学复古 技

哲理智慧 古东方式

图文互动 一册通识



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

计算机与散热技术

杨伍民 著

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

计算机与散热技术/杨伍民 著. —武汉:华中科技大学出版社,2010年6月
ISBN 978-7-5609-6183-5

I. 计… II. 杨… III. 电子计算机 - 散热 IV. TP30

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 080796 号

计算机与散热技术

杨伍民 著

策划编辑:江 津

责任编辑:江 津

责任校对:张 琳

封面设计:范翠璇

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉正风图文照排中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:8

插页:2

字数:150 000

版次:2010年6月第1版

印次:2010年6月第1次印刷

定价:22.80元

ISBN 978-7-5609-6183-5/TP·723

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

前 言

本书主要讲述计算机科学,且以“古东方科学智慧(Ancient Oriental Scientific Intelligence)”的方法论叙自然哲学,这缘起于作者的思考与探索。

职业生涯三十年,作者亲历了现代文明技术演变:从机械电器、电子电器到智能电脑时代。作者深知技术精进快速、威力强大,历年所主持、管理、涉猎技术项目很多,遂有兴趣考察优劣,品评高下。凡所见闻,深刻感受者有二。

其一,某些重大技术项目决策(预测),实际在起点就已失败(失误)。而当时当事者不察,以致损失巨大,此类失误可避免吗?

其二,现代技术,兴起于西方,强在西方。创新与发展几乎是永恒话题,当前的西方模式存在问题吗?有限度吗?而地球的另一边,东方如何?

由问题引导,遂深入技术史、技术哲学及高技术产业战略,部分研究结果与称为MCCCS的散热技术组合成本书主要内容。MCCCS技术基于物理热学,特别适合纳入本书,是因热学实质研究能量流转,它不但是最普遍、无所不在的技术现象,更直指宇宙起源,关联最深刻的自然哲理。

述说技术自然哲理,定要说及老子。虽然作者观察的角度始于技术,但是现代科学的前身却是古自然哲学(natural philosophy)。在西方,古希腊学者亚里士多德等皆治此学;古东亚的先哲老子,至少与亚里士多德同时(可能更早),实亦兼治“自然哲学”。唯东西方方法绝然不同。西方某些时候是局部、分割、解析地看问题,而东方则是整体、联结、连续的看问题。以科学而论,老子实为东方始祖。

中世纪的西方“文艺复兴”,实乃复古改革,提振科学入现代,一新世界。牛顿、爱因斯坦,实作亚里士多德哲理传承。

东方如何?老子而后,近三千年,老子信徒,多“外托老子道德之名,内求济时经世之用”,擅自附会申引,脱离老子自然精义,服务当时短期利益。东方因缺失复古改革,自然哲学传承断裂,这使得东方无缘现代科学。百弊寻根,实在于此。

东方哲理以《老子》为宗,以古东方式叙论科学,涉及“科学六大本原”,它们是全景图、主线索、总规律、大趋势、价值取向和哲理本原。

本书“科学复古,技术创新”思维,即来自上述感悟。本书论叙方式,亦在“科学六大本原”的框架中,作者称之为“古东方科学智慧”,内容近于自然哲学(natural philosophy)。这主要基于以下两点:一,本书反复说,现代复杂技术系统需要东方哲理(兼容西式方法);二,在总体和全局的意义上,现代人类社会全体都在这个由现代技术“发动机”驱动加速的“人类列车”上,这里必不可少一个“刹车控制器”(否则辉



煌后面是灾难)。显然西方绝不提供,而老子哲理和东方智慧就是这个“刹车控制器”。

东方智慧如此深沉久远,承载着维系星球文明千百万年的使命。对哲理方法有兴趣的读者,作者说明:本书多涉及技术哲理和方法,另有第二部将随后出版,其中多涉及自然哲理,有更多深度、展开的哲理叙论。

古东方法究竟是什么?现举例说明。

古西方式这样描述计算机。

计算机是这样一种装置:可接受输入,处理数据、存储数据、产生输出,所有操作根据一系列存储在其中的指令进行。计算机的输入可来自:接受文献的词汇、符号,某运算的结果,恒温器温度信号;来自麦克风的音频信号,程序中的指令,鼠标或键盘输入,或来自其他计算机的数据。计算机的输出:可以是显示在屏幕的结果,或是去控制其他设备的信号。

古东方式这样描述计算机。

一般描述:计算机是人类(大脑)之间互相联结的工具。

精确描述:计算机是在人类社群内的、个人的大脑之间,联系、联结,实现思维过程交互(Interaction of Thinking Process Between Personal Brains)的工具,是通过光电子方式将多个人类大脑组成交互网络的装置。它将几十万年即存在的大脑之间有限域的交互网络,扩展成即时、广域(全球)交互网络。

“古东方式 AOW”与“古西方式 AWW”的差异,含义深远,请仔细体会。特别注意,不可简单说它们的是、非、优、劣,因为它们都仅是同一事物从不同角度的观察,应当“各得其所,各有所用”。同时注意,本书将特别着重于“古东方式”,这因其长久被完全忽视,而我们会在书中看到“古东方式”极端重要,其智慧将使整个文明世界受惠无穷。

我们还特别关注:对于同样一事件,两种认识方式可能有完全相反的预测,若利害重大,无可回避,当时应如何选择?

本书将回答这些问题。

本书插图甚多,语言尽量简洁易懂,希望无论是作为技术参考书,还是科学兴趣、知识滋养书,读者都可愉快轻松阅读,从书中获益。

本书所叙,与每个人息息相关,读后如果觉得:科学是多么有趣味,技术是多么有用处;而智慧,让科学、技术以及这个世界,显得如此美好、有序,而生活愉快,那么作者的努力就算有价值了。

编 者

2010-3-18

第1章 新PC世界、PC架构与散热机理	1
第1节 PC改变世界	1
新PC世界,架构与散热	
哪是PC? 架构与选择,PC改变生活	
稳定可靠:散热关系核心利益	
高性能之忧、高可靠之道	
第2节 冷静、可靠,代价高	5
电脑遭遇“热障”:努力多多效果差	
第3节 初识散热仿生学	6
散热器:主流商品解说	
方法比较:生命(动物)散热与机械散热	
第4节 纳米世界,天下精微	8
千门万户在精微:硅芯片精细考察	
造化奇观:米粒之小乾坤大	
散热最难:CPU极小体积,大功耗	
第5节 深度物理,通俗解说	12
精简叙述:传热物理学	
千古空前:CPU高热流密度	
类比解说:拥挤不堪怎么办? 开门? 拆墙? 修大路?	
困难与出路:“图灵过程”、仿生学路指何方?	
第6节 惊天一跃,功在人间	15
1981.8.12:IBM PC标准	
SUA(PC整机系统架构)之演变	
奔腾4:“热障”来临!	
第7节 横空出世,黯然收场	19
BTX标准、潮起潮落	
PC标准:XT—AT—ATX—BTX	
SUA稳定之本:是否跨过“热障”?	
BTX缺失什么:用户没有利益	



第 8 节	到底为何路不通?	22
	笨重粗糙到精巧,电脑至今路不通	
	两大困惑:高温死机、体积庞大	
	此中症结:“热障”	
第 9 节	创新思路论短长	25
	市场常有新品出,成败到底谁先知?	
	两大关键:Mini PC 成败谈	
	不受欢迎:“缩水型 PC”	
第 10 节	万变不离其“终”	27
	电脑散热器,方案或商品技术评论	
	“深圳到广州,绕道好望角”	
	强冷怪圈:热力学第二定律	
	强硬约束:物理学三定律	
第 11 节	八仙过海说方案	31
	评论:商品计算机整机方案	
	虽有万千好主意,不关散热都枉然	
	用户为本:提升 PC 整体性能	
	MCCCS:PC 体积、结构或将根本变化	
第 12 节	进化趋向:公共平台	34
	动态平台构成六要素,功效岂止在 PC?	
	动态框架:赖以构造公共平台	
	根本进步:在于改良公共平台	
	稳定性基石:CPU 散热管理	
	历史启示,哲理之源	
第 2 章	MCCCS PC、貌似平常最奇绝	39
第 1 节	需求引出新框架	39
	扩大温差需制冷,迷茫搜寻路何方?	
第 2 节	貌似平常最奇绝	42
	闪光灯下:聚焦世界电子中心地	
	MCCCS 产品、全球首发:不一样的 Fanless PC	
	万唤千呼始出来:难不在技术	
	想望成真:百瓦特级 Fanless PC;公共平台小型化	
	30 年 PC 世界,从此回复宁静	
第 3 节	方程式桃李无言	43
	物理基础意蕴深远:方程式桃李无言	



	背道而驰:择方案各自东西	
	MCCCS:内冷却空前进步,大小 PC 受惠无穷	
	滑稽模拟:无 MCCCS Fanless PC—奇大无比	
第 4 节	哲理开启智慧之门:生命不容死机	46
	MCCCS 第一特征:精准性 MCCCS 技术系统	
	四哲理比喻精准第一	
	精准传热“一箭三雕”:	
	升高温度梯度;缩短热传递路程;扩张瓶颈	
	类比观察:传统技术与 MCCCS 技术	
	是大而不当、还是直指核心	
第 5 节	巧改基础在底层	48
	MCCCS 第三特征:基础性、框架性	
	40 年来家国:来到微处理器新世界	
	生存在“微基时代”(Microprosser Based System World)	
	五个层次:MPU 系统“对号入座”	
	MCCCS 技术普适性:柔性新框架	
	精巧基于稳定:PC 可靠性、再上一层楼	
第 6 节	机箱! 机箱!	53
	MCCCS 第四特征:综合整体性;机箱内环境改善	
	咫尺乾坤:PC 之“家”,机箱评说	
	无可奈何:散热器体积、空间、越来越大	
	扩大不是好出路:“内冷却”独领风骚	
	善之上善:整体综合、趋向自然,根本出路 MCCCS 化	
第 7 节	外冷却转向内冷却	57
	MCCCS 第五特征:根本性,内冷却直指核心	
	深度解说:内冷却或外冷却	
	优良系统:内,复合多通道;外,散热不在机箱	
	商品作证:MCCCS 内冷却不可替代	
	殊途同归:更好方式应对高热流密度	
第 8 节	仿生学意蕴深远	59
	散热仿生学由来	
	何其精彩!“水枪猎手”与太空拦截	
	皮毛与根本:象不象无关大局	
	三要素,高等仿生学系统之本——	
	一:并行复合多通道;如生命体:“并行运作”	



	二:具备反馈自动控制平衡	
	三:反馈方式,本征自稳定系统,确定、不死机	
	可靠保障:MCCCS 产品,热故障不崩溃,不失稳	
	自然哲理:“技术创新是自然进化之延伸”	
第 9 节	超越技术、回归自然	63
	柔性称王剧变中之改善生存哲理	
	第 2 章总结:MCCCS 说什么	
	MCCCS 技术原则:科学基础、技术框架两遵循	
	常保先进、易与难:基础“框架”、	
	成功之道:“高于现有产品,扎根现有产业”	
	什么千古不变,什么常变常新	
第 3 章	工程设计三百年:“牛顿过程”到“图灵过程”	66
第 1 节	极限“量”与动态“流”	66
	PC 散热:“温场热路”叙论,直指本质	
	权威规范详解:到底如何定指标?	
	哪是标准或感觉:极限界定,科学不容含糊	
	CPU 测温:工具,仪器与方法	
	眼见不实:物理解读,能量传递和转移	
	原则:“动态平衡好、热不流则害”	
	水流模拟传热:核心概念“热流”	
第 2 节	智慧核心难忽略	68
	50 年电脑,5000 年文明怎个“省”字可了得	
	亲自操作到“代理”;机器的机器时代	
	“四体不勤、五体不累”:文明世界看 PC	
	散热稳定可靠:重大关联利益保障	
	扩张边界,扩展边疆技术基石,生存基础	
	过去故事与未来故事:AOW 讲述未来汽车	
第 3 节	“牛顿大炮”与“图灵大炮”	76
	大西洋!飞机失事!	
	“彗星号”:蓝天中,生命发问	
	“牛顿过程”——“完全确定性”的宇宙	
	“图灵过程”——“有限确定性”的世界	
	工程设计方法进化:“关联复杂系统”新思维	
	“上帝不会掷骰子”,但是天堂有笑声	
	生命之树、哲理深沉:自然鲜活启示	



第4节	柔性工程原理	83
	图灵方法:工程设计学模式进化	
	万年演进三阶段;“试错”、“精算”到“柔性”	
	思维模式:在起点、胜负已决	
	现实不是“理想国”:走向“柔性”的世界	
	图灵过程:柔性工程基础	
	方法跨越一小步,技术跨越一大步	
	MCCCS 深层哲理:图灵过程趋向自然	
第5节	一切归于公共平台	92
	PC 三十年,方案三千种;主板实例:贵差、廉好,为什么?	
	图灵过程启示——持续先进依赖柔性框架	
	厂家本意,市场难违小恩小惠,不敌根本利益	
	公共平台基本要素——热管理系统	
	唯 MCCCS 满足:持续出新框架电脑,用户性能不断提升	
第6节	PC 预测 30 年	96
	PC:一个集合三条腿(CPU、OP、SUA)	
	MCCCS:热稳定支持精密化	
	格局与趋势:PC 系统的生命是开放兼容	
	四个确定不确定:意味深长	
	注意低端:可有 PC 新物种?	
第7节	科学复古,技术创新	99
	五分钟地球科技史	
	复杂系统是过程的产物	
	技术精进,路向何方;终极依归,宇宙本原	
	机器与人:本质与疆界	
	连续世界:最古老的新话题	
第4章	全书总结	104
附录	IT 产业核心技术战略思维	108
参考文献		115

第1章 新PC世界、PC架构与散热机理

本书主要介绍两个紧密关联的主题:计算机整机架构与散热技术。本书计算机 (computer),是指以“公共平台 (common platform)”为中心的“计算机”、“电脑”、“PC”。

计算机高温时易“死机”或致更严重问题,源于其中 CPU 的高集成度与运行的高速。单片 CPU 内晶体管数目现已接近 10 亿个,早已超越早期百万量级,而直逼人类大脑神经原约 1 000 亿的量级;时钟频率则高达几吉。这样复杂、高速的系统常伴随高温,而整机架构的稳定性、可靠性,都严重受制于散热与温度状况。

传统的散热技术过于简陋,已无法适应这样复杂、特殊的机器。技术发展到今天,有多种方案可供选择,但人们总要避免笨重、高故障率,趋向精巧、可靠,同时兼顾低成本、易维护,平衡诸多矛盾。为此,本书提供多种新思维,即

“复合多层嵌套系统”仿生学——散热技术;

“有限确定性”方法——柔性工程原理;

“图灵过程”思维——综合方案择优。

本章所述技术方法和哲理,不但为整机架构内容所需,同时也可融类旁通,作为日益复杂、多变技术时代的生存智慧。

本章从散热开始,深入解析根本细节,然后全面展开 PC 标准与架构源流,作为后续知识铺垫。内容多引喻,重在提供全景图、主线索,如非必要,不多涉及细节。

第1节 PC 改变世界

让我们从这里开始一次计算机世界的旅行。

在旅行开始前,我们作些思想准备。我们组织内容的方式,与你在教室中的体会完全不同:这里不讲输入法或编程技巧,也不讲计算机功能、组成以及电子学原理等。这里讲述计算机技术从整体的层次、本质到计算机的整体架构原理和散热技术,即怎样从技术文明的大背景考察计算机。因此,本书展现的计算机种类之多,形式、用途、牵连之广,让人印象深刻。进入 21 世纪,人类已经完全来到一个计算机世界。我们

真正了解计算机吗？

从更广阔的技术文明视野考察计算机的发展：回溯往古，它究竟因何而起，如何发展？思索未来，它将携同我们走向何方？

由图 1-1 至图 1-15 可知，计算机正在改变世界，它可以是我们的书本、钢笔、时钟、电话机、图书馆、电影院……，以及其他更高的效率和享受之源。无法想象再回到没有计算机的世界，于是，我们关心计算机。



图 1-1 计算机投影讨论



图 1-2 计算机下载音乐



图 1-3 高性能计算机中心



图 1-4 计算机教室

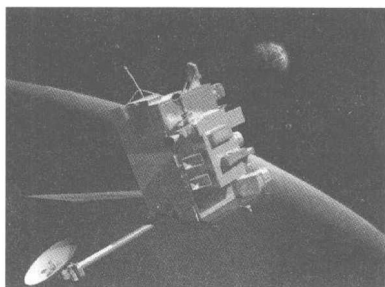


图 1-5 人造卫星由 IPC 控制，从太空把图片传送到地面

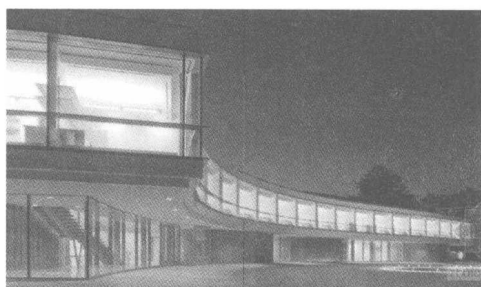


图 1-6 现代计算机中心



图 1-7 机械电器制造业的
工程设计中心



图 1-8 各种计算机产品

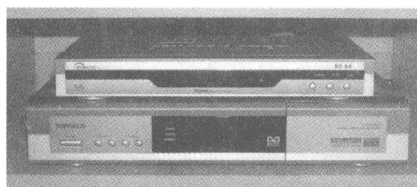


图 1-9 “数字家庭”的机顶盒



图 1-10 “数字家庭”的高清电影

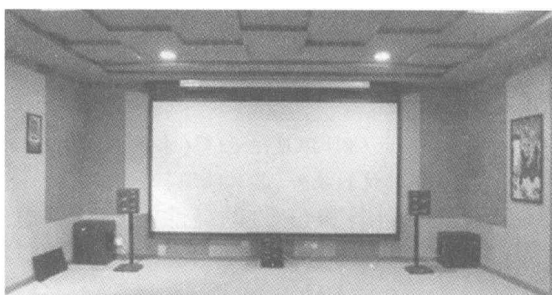


图 1-11 “数字家庭”的影视设备

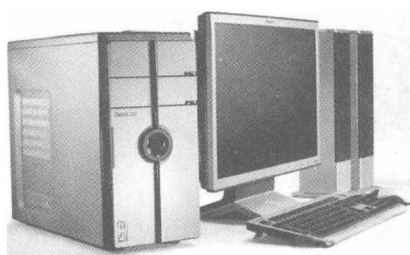


图 1-12 配置强悍的高性能计算机公共平台



图 1-13 配备特种传感器的 IPC



图 1-14 特种高性能的计算机

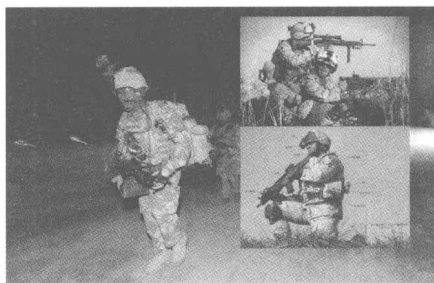


图 1-15 军用的各种光学电子装备

计算机整机架构与散热技术,其实是计算机的一体两面。前者牵连宽广,后面将详细展开;这里,先从后者说起。

人们总是要求计算机提供更高品质的享受和更高的效率,这意味着更高的处理速度。于是,计算机夏天散热出了问题。请看真实的、夏季某天、网上求助的帖子,例如:

*“我的(电脑)机箱热得不得了,外面钢板非常烫手,里面的钢板简直成电炉了!装三个风扇都不行,帮帮我,怎么解决!”

*“硬盘烫手,内存也是热的,基本上开了电的都在发热。侧面板让我掏开一大洞,盛夏酷暑,机器只好裸奔了!”

*“BIOS 显示 CPU 温度达 83°C (未盖左侧机箱挡板),虽未死机,但觉恐怖!”

*“非常害怕烧毁硬件,怎么降温,高手指点!”

现在桌面计算机(PC)的高性能 CPU 耗电约 100 瓦,核心温度常超过 100°C 。说它发热可煎鸡蛋,不为夸张,见图 1-16 至图 1-18。



图 1-16 散热器高温可煎鸡蛋

计算机高温死机、蓝屏,轻则影响情绪、耽误工作,重则影响工业控制、医疗安全等。计算机散热难,已引起各国特殊关注。2001 年 2 月,全世界最大电脑核心硬件制造商,INTEL 的首席技术官 Pat Gelsinger 在国际固体电路会议上说:“功耗与发热是未来微系统设计的关键问题。”



图 1-17 高温可能导致电池起火

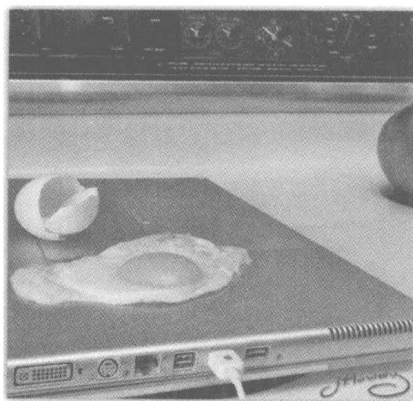


图 1-18 笔记本计算机底部温度较高

第2节 冷静、可靠,代价高

计算机过热会带来极大危害。为解决问题,人们采用各种散热方案,甚至极端手段,如图 1-19 至图 1-24 所示。

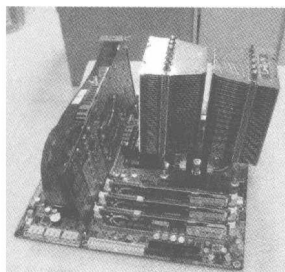
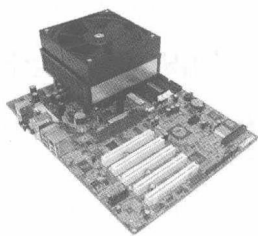
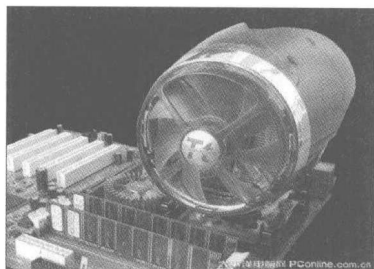
图 1-19 双塔形热管
CPU 散热器图 1-20 风扇直冷式
CPU 散热器

图 1-21 风筒形 CPU 散热器

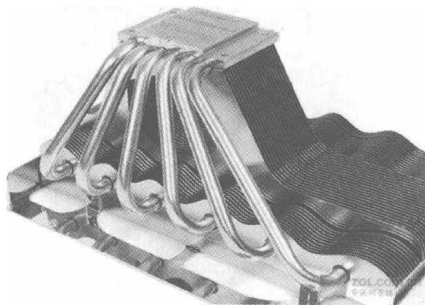


图 1-22 热管式 CPU 散热器

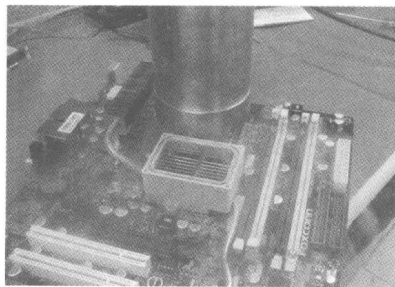


图 1-23 液氮冷却 CPU 散热器

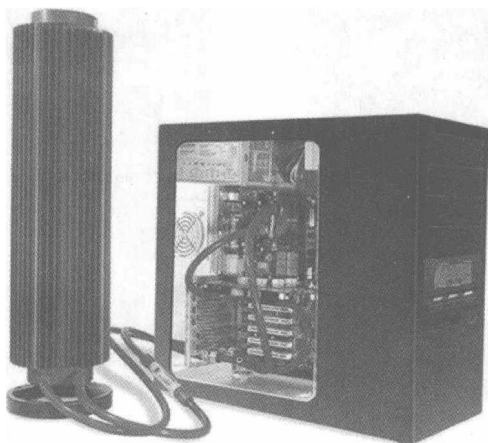


图 1-24 水冷却 CPU 散热器

上述散热器为“凉爽”付出了各种各样的代价:散热能力强的 CPU 散热器,往往是重量级、体积庞大的或有高速风扇者,而极端如液氮者,本身风险较大,故障增多,而且它们往往需要更大的机箱,较笨重。

人们总是要避免粗大、笨重、多故障,趋向精巧、可靠,同时希望兼顾低成本、易维护。事实说明,平衡诸多矛盾需求而择优,目前非常困难。

第3节 初识散热仿生学

热是宇宙最普遍现象,计算机因内部通电运行,芯片(特别是大功率 CPU)会产生大量的热。散热不好,就无法正常工作。

目前,计算机应用最多的是风扇直冷散热器,如图 1-25 和图 1-26 所示。

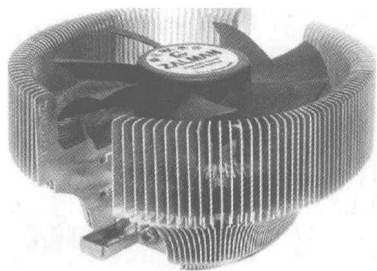


图 1-25 直冷式 CPU 散热器正面(无热管)

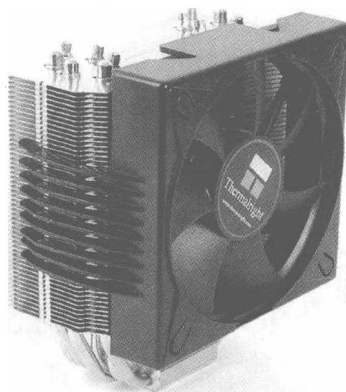


图 1-26 直冷式 CPU 散热器侧面(有热管)



CPU 核心产生热量,经导热材料传到散热器金属翅片,热量由风扇吹动散入周围空气。热管式散热器因管内密封液体产生“相变”,即液体在液态和气态之间来回变化,传热、散热效果更好,但价格较高;直冷式散热器是金属翅片直接传热、散热,效果稍差,但成本较低,仍占据了相当大的市场,如图 1-27 和图 1-28 所示。

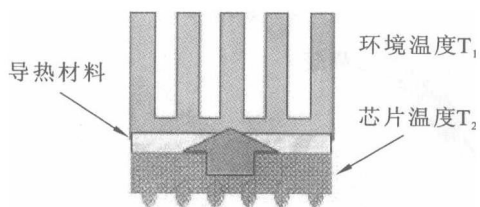


图 1-27 风扇直冷式散热器内部的传热示意图

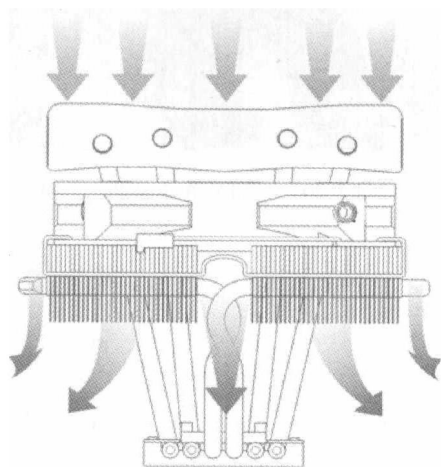


图 1-28 风扇直冷式散热器内部的散热示意图

上述散热产品,历年有不少改进,但在高温天气,机器运行大型软件时,或在较小、紧凑型机箱中,温度都将持续维持在较高水平,导致机器不稳、系统“崩溃”。

大家知道,哺乳动物,包括人类,在生存活动中都会大量生热,但哺乳动物的体温都是恒定的。譬如,人类体温就恒定在 37°C 左右,无论气温高低、运动量大小,都基本维持不变。

动物怎么控制体温?

狗(见图 1-29)是较高级的脊椎动物,体温控制与散热方式较完善。狗的散热主要有以下几种途径:皮肤可直接传热,散发到大气;皮肤汗液受热蒸发,带走热量;血液流动,把体内热量带到体表皮肤,散发到大气;冷却空气进入肺,吸收体内热呼出,带走热量;体内的水份,受热蒸发,带走热量。

狗主要从皮肤、血液、呼吸三方面,通过五种散热方式进行散热,如图 1-30 所示。而人类的散热方式与动物有异曲同工之妙,如图 1-31 所示,借用技术名词,我们称之为五个散热“通道”。