

八十年代美国空军指挥控制

信 息 处 理



第一〇二八研究所

1978年7月



30323677

+7P33

V355
1001

八十年代美国空军指挥控制信息处理

硬件技术的发展趋向

美国兰德公司 R.特恩

内 容 提 要

本报告论述了1971年数字计算机硬件技术的工艺技术水准，并予言这些技术在后二十年内在空军指挥控制系统中的应用。本报告分两部分论述，第一部分是技术预见，陈述了八十年代几类通用计算机总体结构的性能设想，提出了指挥控制系统中的计算机的专门要求，也提出了地基、航空和航天指挥控制计算机系统的性能设想。第二部分是技术分析，包括对有选择的元件技术和分系统的详细分析及性能预见。



——译者

1978年7月

356323

目 录

原序摘录	(1)
摘 要	(2)
第一章 绪论	(6)
指挥控制的数据处理要求	(6)
自主系统	(6)
火力控制数据处理系统	(7)
参谋及科学支援数据处理系统	(8)
指挥控制数据处理系统的功能要求	(8)
核效应的残存性	(8)
可维护性和可靠性	(9)
硬件与软件接口的标准化	(9)
硬件价格	(9)
软件问题和政策	(9)
第一部分 技 术 予 见	
第二章 计算机技术的趋向——一个历史背景	(11)
第三章 通用计算机系统的趋向	(12)
单处理机结构格式	(13)
处理机	(14)
存贮系统	(15)
输入设备和显示器	(18)
数据通信	(19)
性能	(19)
生存性	(21)
物理特性	(22)
价格	(22)
程序设计方面	(22)
阵列式处理机	(23)
性能	(23)
程序设计方面	(24)
相联阵列处理机	(24)

性能	(26)
程序设计方面	(27)
多处理机	(27)
性能	(28)
联合计算机系统及网络	(29)
性能	(29)
计算机网	(30)
小结	(30)

第四章 指挥控制系统中的计算机

性能和生存性要求	(32)
工作环境	(33)
生存性	(34)
性能	(36)
价格	(37)
地基指挥控制计算机	(37)
性能	(38)
物理特性	(39)
输入-输出设备和显示器	(40)
程序设计方面	(41)
航空计算机	(42)
性能	(43)
数据存储器	(45)
输入-输出设备和显示器	(45)
程序设计方面	(46)
航天计算机	(47)
性能	(47)
数据存贮和通信	(47)
专用数字式、非数字式及混合型计算机	(50)
专用数字式计算机	(50)
模拟和混合计算机	(50)
小结	(51)

第五章 数据通信的趋向

通信能力的趋向	(53)
终端设备的趋向	(54)

第二部分 技 术 分 析

第六章 处理机	(55)
性能因素	(55)
执行算法	(56)
电路速度	(59)
逻辑电路技术	(60)
半导体逻辑电路	(61)
各种各样其他元件技术	(71)
小结	(72)
第七章 随机存取存贮器	(74)
存贮器技术	(76)
铁氧体磁心存贮器	(77)
镀线存贮器	(78)
半导体存贮器	(79)
电光存贮器	(82)
小结	(82)
第八章 海量存贮器	(83)
磁带	(84)
磁盘和磁鼓	(84)
研制中的海量存贮器	(84)
镀线海量存贮器	(86)
电光海量存贮器	(86)
小结	(87)
第九章 宽带记录	(89)
磁记录	(89)
纵向记录器	(89)
旋转磁头记录器	(89)
激光束记录	(90)
电子束记录	(90)
小结	(91)
第十章 显示器和输入-输出设备	(92)
显示器	(92)
控制台显示器	(92)

组合显示器	(95)
输入输出设备	(96)
联机控制台	(96)
硬拷贝输入输出设备	(97)
数字转换器和通信接口	(98)
小结	(98)
第十一章 维护	(99)
单系统	(99)
后备系统	(100)
多数判决校验法	(101)
第十二章 指挥控制和通信设备中的残存性与易损性研究	(103)
未来指挥控制和通信系统的设计原理	(103)
八十年代核武器对指挥控制和通信系统的威胁	(104)
八十年代指挥控制和通信网络系统	(104)
八十年代的电子技术	(104)
大规模集成电路	(104)
激光通信系统	(106)
电磁脉冲	(106)
电磁脉冲对通信的影响	(107)
在制订电磁脉冲硬化计划时的考虑	(107)
电磁脉冲硬化技术	(108)
硬化要求	(109)
易损性估定	(109)
长期硬度保证	(109)
成本因素	(109)
第十三章 革新的机会	(110)
程序设计透明性	(110)
硬件与软件之间的权衡	(111)
编译程序	(111)
分区	(112)
执行和操作系统	(113)
异步积木性	(113)
第十四章 结论与推荐	(114)

* 原 *

* 序 *

* 摘 *

* 录 *

1971年3月,美国空军系统指挥部开始研究一项发展规划,题目是:“八十年代空军指挥控制要求的信息处理和数据自动化的含义(CCIP-85)”,其目的是要设计出近十年中空军研究和发展的整体规划,该规划将研制满足后十年空军指挥控制所要求的信息处理技术。重点是关于空军战斗单位的指挥控制。研究小组由兰德公司B.W.贝姆领导。

按照空军系统指挥部的旨意及扩展到一般读者的目的,以兰德公司报告序列(R-1011-PR)发表了本报告。

本报告论述了目前(1971年年中)数字、计算机、硬件技术的工艺技术水准,予期这种技术在后二十年内在空军指挥控制系统中的应用。当然,作工艺技术上的预言是冒险的行动,但我们认为,这些结论是指出什么可能达到,而并非预言什么在实际上一定达到。本报告采用动向外推法的方法,即所谓称作“无突袭的”技术预见,得出的结论(就其实质来说)并非取决于未来技术的突破;且设当前的元件、接口及分系统技术,均以慎重的而不是爆发的速率,顺序渐进。因此“必将要发生的任何技术上突破就可能使这些规划在时间上和在成就上均有变得保守的倾向。然而,CCIP-85研究报告的目标系发展规划,故提出了“无突袭的”方法,而这种方法对何处将需要另外的研究和发展规划来满足未来需要,提供了可靠的基线。

本报告将对数字计算机的研究和研制人员、系统设计人员和一般使用人员、以及空军指挥控制计划人员与专家,均有所帮助。

摘 要

本报告评价了八十年代在空军指挥控制系统应用中,可能付之实现的或者能研制出来的数据处理系统、分系统及元件的技术特点和能力。这些预言系按保守的“无突袭的”方法,用这种方法所得的计划(就其确实性说)不依赖未来的技术突破,然而,这些预言的含意是:最低限度将以当前的研究和研制的速度持续下去。

我们希望:在当前(1971年)或在研制中的计算机系统中所用的计算机元件或分系统技术,也将用到八十年代的计算机系统去。我们还希望:这些系统的性能在今后的十五年到二十年当中将稳步提高,直到(到1990年)它们到达那些支配其制造过程的器件特性的基本物理定律将进一步妨碍其提高那时为止。因此,本文主要的任务是确定元件、电路及分系统的可信理论性能限度和实际性能限度;并利用这些性能限度去设计八十年代的元件、电路及分系统的性能。

当前数据处理设备所用的器件技术是半导体集成电路、磁心及连续介质磁存贮器,而畴壁运动器件、电荷耦合器件及光电技术,尚在研制阶段。本报告所提出的预言系按对这些器件技术在到达其物理限度过程中有次序地进行研制。特别是,由于电子束制造技术可供应用,因此,半导体和大容量磁构件的基本尺寸有希望减小到0.2微米限度之内,到1990年,线宽为0.2~0.4微米也可望生产出来。

半导体元件及封装技术的迅速进展,已经提高了逻辑电路和存贮器的速度及可靠性;同时也已经减小了尺寸、重量和功耗。大规模集成电路和中规模集成电路的大量生产,不仅可望降低价格,而且也能经济有效地生产具有多结构格式的计算机。这类新型结构的计算速度比普通的单处理机的计算速度可增大几个数量级,同时,也能实现使用硬件来提供其他内部特性,象微程序设计的控制、数据管理指令、硬线化初等函数执行以及复杂的先行能力等等内部特性。

由于数据处理工业大量地给有关的研究和研制提供资金,所以这些趋向可望持续到八十年代。一项很有希望的研制是采用固态海量存贮器,例如:“磁泡”存贮器、读/写激光存贮器。这些进展的综合作用,一是增加存贮器层次结构的速度及容量;二是由于存贮器透明性,有助于更进一步提高速度。

减低硬件价格将很有可能成为有成熟结构格式的通用(商用)数据处理系统多产的原因,这些结构格式即为:多处理机、阵列式处理机、相联阵列处理机及流水线系统。一部流水线单处理机的处理速率为每秒650百万条指令(注:每秒百万条指令,以下用缩写MIPS表示);一部四台多处理机的处理速率为240MIPS;一部六十四台阵列式处理机的处理速率为2500MIPS及一部4096单元的相联阵列处理机的处理速率为13,000MIPS。到1985年,随机存取时间为30毫微秒、存贮容量为四百万位的存贮器及随机存取时间在几微秒之内的容量为 10^{10} ~ 10^{13} 位的全息照相大容量存贮器,都是可能的。永久性记录的激光存贮器目前已经投入使用,采用全息照相技术的读/写激光存贮器正在努力研究之中。如果按照预期那样设想,1975年

~1985年期间激光存储器得以实现,那么,在高速计算机中,这些激光存储器可能要替代目前的存储器结构。而且,高度防震的加固激光装置有希望提供大容量海量存储器系统,这些系统对航空应用是需要的,但不是目前就能做成的。

从地基或航空设施上工作着的指挥控制数据处理系统、或者航天的支援遥感器系统的要求出发,能推测到几种新的趋向。若这些要求延续到八十年代,则计算机应设计成为:(1)经得起要求的环境条件(包括核效应);(2)具有高可靠性及联机可维护性;(3)满足尺寸、重量及功率的限制;(4)提供数据安全性及(5)能有较高的数据处理速率。

指挥控制计算机目前向多处理机结构格式发展的趋向,预期还要继续下去,尤其是目前海军先进航空电子数字计算机的研制计划,必将影响未来的航空和航天指挥控制计算机的结构格式。这种海军先进航空电子数字计算机的特点,如:多处理机结构、浮点运算、硬件执行初等函数及快速付里叶变换式求值,以及准备直接执行高级语言程序等等特点,到八十年代可望成为航空和航天计算机的标准规范。

备有2MIPS处理机的海军先进航空电子数字计算机的样机,预期到1975年能开始运转。元件性能按计划改进后,预期到1985年能生产出与海军先进航空电子数字计算机相似的、具有10MIPS处理机的航空计算机。在航空海量存储器方面,一种 10^8 位镀线存储器的样机已经开始运转。但是,存储器的容量扩展到 10^9 位以上时,看来就要用单块磁技术(例如:畴壁运动器件)或者要用航空光电存储器。

有关本文探讨的随机存取存储技术,目前的趋向表明:磁存储器(例如:磁心及镀线)在大容量系统中将会继续得到应用,然而,它们的周期不可能低于100毫微秒。在极端困难条件下的指挥控制应用以及对于核残存性,镀线存储器将给出重要的优点。

对于极高性能的通用系统,必须凭借使用存储器层次结构或其他存储器体系结构技术,以便使高逻辑速度与大容量存储器更好地匹配。为实现所要求的速度匹配,研制成功了半导体缓冲存储器,在1985年~1990年之间,双极半导体存储器的周期可望达到1.5~2毫微秒,然而,这些存储器将需要相当大量的功率。

目前速度较慢的金属氧化物半导体存储器可望能达到双极半导体存储器的速度,而且,仍然使用比双极电路小好几倍的功率,这是通过使用先进制造技术得以实现的,这些先进制造技术也允许较高的封装密度,且本身具有相当大的抗核辐射效应的内在能力。

因此,很显然,如果半导体大规模集成电路存储器继续以当前这样快的发展速度前进,那么,通过对半导体逻辑器件的改进,能获得的处理器的速度,不会因为缺乏足够高速的存储器而降低。在航空或航天系统中应用的指挥控制计算机中,当使用半导体或镀线元件时,就可以设计出具有较低性能的、却有极低功耗、较小尺寸和较轻重量的存储器。

在与遥感器系统作数据通信所需的宽带模拟和数字记录技术方面,预见向着增加宽度、分辨率和记录容量的方向发展。在1975年期间,可望使用如下频宽:磁记录,0.1~0.2兆赫;电子束记录,0.2~200兆赫以及激光束记录,0.2~200兆赫。

有几种对计算机显示系统很重要的、但至今研究尚未生产出适合指挥控制应用所需的器件的方面:平板控制台显示器及中屏幕组合显示器,虽然为航空和战术指挥所应用所需,但至今尚未研制出来;紧凑非击打式军用印刷机也是需要的;语音输入能力可增加与计算机为基础的指挥控制系统的互作用的灵活性;目前控制台显示器的价格是非常昂贵的,而且半导体大规模集成电路的发展及其本身价格的降低,对军用设备并不可能有深远的影响。

核效应残存性是指指挥控制数据处理及通信系统的一个重要要求。目前“软”通信网似乎在整个八十年代还能维持工作，因为整个网太大，以致不能完全用“硬化”系统来替代。尤其是由于该网覆盖范围大，所以高高度电磁脉冲可能严重地、甚至永久地使指挥控制网的工作分裂。为实现对电磁脉冲的硬化处理，可采用如下几种从开始设计就能运用到系统中去的技术：屏蔽、滤波、专用电路设计及计谋过程。有许多种与电磁脉冲硬化系统有关的权衡办法，但是，一般说，根据工作要求、硬度保证、与其他硬化要求的适应性、预期的未来系统的机动性、价格等等方面来选择硬化技术，即可取得最好的结果。因此，为了实现既满足工作系统要求，又是经济有效的一种权衡的电磁脉冲硬化方案，应作极大的努力。

新硬件技术的研制可望在指挥控制处理系统中能增加“容错”电路学及设计的应用。这样，将大大地增加系统的可维护性，也将能实现总联机可维护性，所谓总联机可维护性即为：某个系统在进行任何一种维护时，不需要停止工作。

硬件结构的特性可望能大大地改进那些缠绕着当前指挥控制数据处理系统的各种复杂的软件问题，例如：许多现代的航空及航天计算机中被编成程序的浮点运算，预期在所有的未来指挥控制计算机中都被硬件化。可以预料由硬件加以机械化的其他应用（如：支援系统及操作系统的程序）包括编译程序、为数据安全性所用的隔离程序以及执行和操作系统。

那些可极大地减少与软件的产生、批准及移交性能有关的各类问题的硬件特性，现在处于价格与效率如何权衡的领域之中。存储器 and 输入/输出系统对程序员要做到透明；高级语言程序可实现直接执行；硬件辅助设备可用来实现数据安全性和数据屏蔽。新型计算机系统的设计过程，应包括对硬件与软件之间的有效的权衡，也包括在指挥控制系统设计时，对其他的象计算机与通信、遥感器预处理与通信、人与计算机互作用这类的适当的权衡，作一整套分析。

要挖掘八十年代空军指挥控制系统信息处理的全部潜力，可能面临着无数道路障碍（即：不采用另外的研究和研制成果时的潜在阻碍）。本报告中计算机硬件技术的预言表明，实现更有能力的、较低价格的硬件，将有助于缓解如下问题：

软件适时性

新型硬件结构能提供扩充的指令系统、直接高级语言执行以及存储器和输入/输出设备的透明性，这些性能能消除当前由软件的产生、批准带来的一些负担；

保护数据共用

硬件器件可作为主要的保护机械。操作系统中的临界部分使用硬件或固件（微程序设计）能减少穿透或偶然泄露的弱点；

图象处理

应用新硬件技术（例如，光电处理）可以缓解极高处理速率及极大存储容量的要求；

发生毁坏及存取否定

这些数据防护和安全的方法，在硬件器件中可能碰到。

此外，根据空军指挥控制数据处理要求及本报告所提出的技术预见，可得出如下三个主要结论：

1. 需要研制一种供航空指挥所使用的大容量航空数据处理机；在多处理机结构中所用的预计有14~20MIPS的处理机，能提供出所需的计算速度。

2. 需要研制一种 $10^9 \sim 10^{10}$ 位容量的航空海量存贮器。在推索航空激光存贮器的现实可能性时, 应与研制既定尺寸的镀线及固态海量存贮器同时着手进行。

3. 需要进一步研制计算机硬件的核效应残存性。

第一章 绪论

自第二次世界大战以来, 随着科学技术的飞速发展, 特别是电子计算机的广泛应用, 使得人类社会进入了信息时代。在这一时代, 信息的产生、传递、处理和利用已成为人类社会活动的重要组成部分。信息技术的进步极大地推动了生产力的发展, 同时也给人类社会带来了深远的影响。在军事领域, 信息技术的进步使得战争的面貌发生了根本性的变化。现代战争已经不再是单纯的兵力对抗, 而是综合国力的较量, 其中信息战的作用日益突出。为了适应现代战争的需要, 各国纷纷加大了对军事信息技术的投入, 特别是在信息存贮技术方面。海量信息存贮技术是信息战的核心技术之一, 它决定了军队在战争中的信息优势。因此, 研制高性能、大容量、高可靠性的航空海量存贮器, 已成为各国军事科研的重要课题。

目前, 世界上已有的海量存贮器, 如磁芯存贮器、磁鼓存贮器等, 虽然容量较大, 但存在许多缺点。例如, 磁芯存贮器的存取速度较慢, 且功耗较大; 磁鼓存贮器的容量有限, 且可靠性较差。随着计算机技术的飞速发展, 对海量存贮器的要求越来越高。人们需要一种容量更大、存取速度更快、功耗更低、可靠性更高的海量存贮器。激光存贮技术作为一种新型的信息存贮技术, 具有许多优点。首先, 激光存贮器的容量非常大, 可以达到 $10^9 \sim 10^{10}$ 位容量; 其次, 激光存贮器的存取速度非常快, 可以达到微秒级; 再次, 激光存贮器的功耗非常低, 且可靠性非常高。因此, 激光存贮技术被认为是未来海量存贮技术的首选方案。

然而, 激光存贮技术在实际应用中还存在许多问题。首先, 激光存贮器的制造成本非常高, 这主要是由于激光光源和光学元件的成本较高; 其次, 激光存贮器的寿命较短, 这主要是由于激光光源的使用寿命有限; 再次, 激光存贮器的读写速度受到激光光源功率的限制。为了克服这些缺点, 研究人员正在努力进行激光存贮技术的改进。一方面, 通过采用新型激光光源和光学元件, 可以降低激光存贮器的制造成本; 另一方面, 通过采用新型激光光源和光学元件, 可以延长激光存贮器的寿命; 此外, 通过采用新型激光光源和光学元件, 可以提高激光存贮器的读写速度。随着技术的不断进步, 激光存贮技术将越来越成熟, 并将在军事领域得到广泛应用。

综上所述, 研制高性能、大容量、高可靠性的航空海量存贮器, 已成为各国军事科研的重要课题。激光存贮技术作为一种新型的信息存贮技术, 具有许多优点, 被认为是未来海量存贮技术的首选方案。然而, 激光存贮技术在实际应用中还存在许多问题, 需要进一步进行改进。随着技术的不断进步, 激光存贮技术将越来越成熟, 并将在军事领域得到广泛应用。

第一章 绪 论

本报告提出了八十年代在空军指挥控制系统应用中,可能付之实现的或者能研制出来的数据处理系统、分系统及元件的能力和特性的技术预见。以计算机技术以往显著进展的历史作为一个先例,预见的性能改进好象只需要目前趋向的外推法。然而,每产生一种新元件,就促使其性能和制造技术更接近于物理定律限定的限度,而这些物理定律支配着元件的尺寸、速度、功耗和元件及其互连的可靠性。由于存在这些物理限度,所以按当前发展速率简单地外推到1985年,就会冒险地得出在物理上不能实现的计划。

为了避免陷入盲目性,但仍然要证明这些预言适应一个相当长的时期(几乎与电子数字计算机的整个历史时期一样长的时期),作为指导原则的是:

当前(1971年)的计算机系统所用的所有计算机元件技术,到1990年,或者(1)将接近到达元件性能或基础制造过程的理论限度;或者(2)如被新元件技术替代的话,那么将列入性能价格比的表格中最经济有效的等级上。

因此,这份预见的主要任务是:确定元件、电路和分系统的可信理论性能限度及实际性能限度,并利用这些性能限度去计划八十年代的性能。幸好,在计算机系统及其元件的理论及物理限度方面,存有大量的文章[1~7]。

目前在实验室研究的元件及技术的生存性的可靠估计,也存在同样的要求。它们在理论上的吸引力已经在计算机设计中得以证明,但是,它们的制造是否经济有效、何时经济有效的问题,还难以解决。关于以分子规模的存贮器件的各种概念,就是这些概念当中的一些实例。

本报告提出的技术预见,在第一部分中,首先叙述的是计算机系统硬件研制的一个简单历史背景;接着,陈述了八十年代几类通用(即商用)计算机系统的体系结构的性能计划;第三,提出指挥控制系统中计算机的专门要求,也提出地基、航空及航天指挥控制计算机系统的预期的性能特点。第二部分,包括对有选择的元件技术及分系统的详细分析和性能预见。

在这篇绪论中,我们扼要地讲述了未来空军指挥控制系统的信息处理的要求,为了建立第一部分所述的技术预见的内容,也包括指挥控制的要求。这些要求,(1)是:将八十年代计划的指挥控制系统的数据处理要求与本报告技术能力的预见之间的失调统一起来;(2)是:研制一份信息处理技术的整体研究计划,以解决这些失调。

指挥控制的数据处理要求

指挥控制数据处理系统可按下述应用进行分类:(1)不需要人工决策者干预,(2)需要有限程度的人工干预和(3)完全需要人工干预。在阐述空军指挥控制系统时,这些应用系结合下述名称:自主系统、火力控制系统以及参谋与科学支援系统。

自主系统

自主指挥控制数据处理系统一般被认为用在对人敌对的环境,即:外层空间或导弹地下

室。这些系统中决策功能可被预编程序,或者可由人通过无线电通信线路进行控制。

一般说,因为对人敌对的环境,也是对按正常条件下工作来设计的数据处理设备的敌对环境,所以,必须采用专门的硬化技术。更为严重的问题是这些设备的维护和修理。因此,必须需要高可靠性的元件(这是高价的),或者为提供容错能力必须依靠使用冗余技术以及自动诊断和自动修复技术。

与自主数据处理系统有关的另一个问题,是在相当长的操作期间提供大量电源的问题。敌对的操作环境需要专用、高价的电源系统,这可能对指挥控制系统中应用自主数据处理系统设置了严重限制。

为此,难以证实自主系统的主要操作要求。比如说,许多卫星系统一般地收集和发射大量的供地面处理和分析用的警戒数据。在多数情况下,感兴趣的仅仅是对在观察范围内发生的变化作分析。因为这些变化不经常发生,所以就有希望:将所有卫星上的数据进行处理,然后只将变化的发送到地面设备,因此,就降低了对通信的要求。然而,人们估价这个建议时,清楚地认识到:建立供航天用的大容量的、环境硬化的、超可靠性的数据处理系统的巨大费用,只有当通信负载超过卫星飞行数据通信系统的技术能力时,才能变得有生存的取舍。鉴于八十年代预见的航天通信系统的广大能力,所以,难以证实研制成熟的航天自主数据处理能力。但是,有一些航天系统将可能有星上专用数据处理电路。

火力控制数据处理系统

火力控制应用可能是八十年代指挥控制数据处理设备的主要工作要求。为了最大发挥人的效能,将必须按半自动方式执行有些决策功能。在必须满足实时工作要求的地方,在人与计算机的接口系统中,存在着计算机辅助的、能对数据处理硬件作决策的即时冲击。

人与计算机有效地结合成互作用系统,只有依靠利用正涌现出来的先进计算机技术才能完成。例如:依靠将大规模集成固态逻辑电路加到能给出文字及图解互作用能力的显示控制台中。预期这些控制台的大规模使用,势必促使其价格降低。

指挥控制数据处理系统应用于火力控制时,实时通信网成为功能必须的设备。其次,使用这些网需要专用通信设备和作为缓冲设备的信息转接处理机。最后,可以定出并实施关于能提供缓冲功能的独立微程序化固件的链接标准。

因为,预期火力控制数据处理系统会有许多不同指挥职责及不同存取授权的用户,因此,为了保障数据安全,有必要将数据文件存贮器与处理功能分隔开来。还将必须有各种各样能以硬件更好完成的、包括自毁器件的存取否定技术。

在所有空军火力控制系统的应用方面,十分明显的要求有供地基及航空使用的现代化、模式化、军用化的计算机。在1980年~1990年期间,计算机能力预期能达到的范围如表1所列。关于几个计划着的及一些当前的空军指挥控制系统的数据处理设想如图1所示,该图系

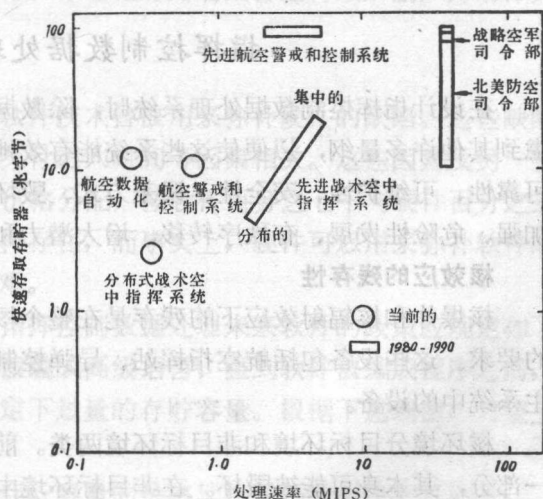


图1 指挥控制系统数据处理的设想 (1980~1990)

按处理速度(单位, MIPS)与存贮容量之间的关系绘制的。

表1 空军防御系统计算机能力的设想
(1980~1990)

防 御 系 统	计 划 的 计 算 机 能 力 范 围
战 略	先进航空指挥站 导弹发射和核爆炸监视系统 侦察数据收集系统 与进入敌区的轰炸机及侦察机的通信 洲际弹道导弹及轰炸机在几小时内重瞄目标
战 术	近实时地在所有单元之间的数字数据传输 近实时侦察 相干的出击计划 普通方格导航 战术航空警戒和控制系统 联合的空中交通和空中防御系统
空 中	航空指挥站 先进航空警戒和控制系统 全超视距雷达-B的覆盖 远距离引导飞行器 空间警戒系统 空间防御系统

参谋及科学支援数据处理系统

供这种指挥控制应用的数据处理系统基本上是与民用系统差不多。功能的要求是吞吐能力和存贮容量, 却不需要专门的硬化或军用化, 然而, 必须有数据安全性的规定。

指挥控制数据处理系统的功能要求

在设计指挥控制数据处理系统时, 除数据处理速度及存贮容量这两个要求外, 还必须考虑到其他许多量纲, 以便使这些系统能有效地执行其所设计的任务。这些量纲包括残存性、可靠性、可维护性、安全性、误差方式、毁坏性、协调、灵活性、适应性、人力要求、任务加强、危险性发展、有秩序转移、增大潜力和价格等等。

核效应的残存性

核爆炸和核辐射效应下的残存是在整个核战期间可供使用的所有指挥控制数据处理设备的要求。这些设备包括航空指挥站、导弹控制中心、反导弹防御系统以及其他火力控制或自主系统中的设备。

核环境分目标环境 and 非目标环境两类。前者, 设备将是预期要直接受敌人攻击的系统的一部分, 其本身可能被毁坏。在非目标环境中, 受威胁的将是信息, 而核爆炸的间接效应(当不毁坏设备时) 可能引起破坏信息的一时事故。

在直接作为目标的设备中, 只要目标尚未被摧毁, 主要的要求还照样正确地操作。因此,

对处在非目标环境中的设备，必须采用专用器件或专门程序，以保护系统免受间接核效应的破坏。

可维护性和可靠性

在许多火力控制的指挥控制数据处理系统中，设备失效即便是很短时间，也是不许可的。由于间断的故障致使数据丢失，也可能严重地降低系统的效率。绝对可靠性是必须的，可望在八十年代取得成就。为了获得这样的可靠性，必须把当前和未来在硬件技术方面的进展（在下面章节中讨论）用来提供给“硬线化”、自动恢复及自动修理能力的系统。

硬件与软件接口的标准化

为了满足指挥控制数据处理系统的各种计算速度和各种存贮体系的要求，有很多种计算机结构格式可供使用，然而，为了保证整体效用、灵活性、协调及系统扩充等指标，还必须采用一些结构控制。为了实现上述指标，可应用的设计原则当中，有（1）微指令级、符号机械指令级或高级语言级的标准化，从而，保证复杂的系统硬件对软件包依然是透明的，又保证可在现有软件的基础上，最小冲击地对各种结构进行替换；（2）不是一对一地替换计算机元件，就是加上插入式组件，这样，吞吐能力能灵活机动地增长；（3）考虑到充分地利用宽带数据传送装置来暂存大组合群数据存贮，以便扩展数据存取设备的能力。

重要方面是：在指挥控制数据处理系统中，所有硬件的可用性和运入时间都是短暂的，即：可用性与运输时间必须是相容的，例如，象小型计算机那样。

硬件价格

降低价格不是功能本身的要求，但却是未来指挥控制数据处理设备中的一个主要考虑点，为此，使用民用设备是必要的。但只在最近，才有一些制造厂商开始提出生产能满足军用技术条件的民用设备，这种发展趋向将会得到军事当局坚决地确认和鼓励。例如，美国空军可能建立一些有选择的大规模集成电路研制计划，以便促进民用研制和降低能满足一些有选择的军用技术条件（例如：核效应的硬化）的民用元件及分系统的价格。通过这些努力，在大多数计算机的主机中，将采用大规模集成电路，这样，计算机系统硬件的主要价格将花费在终端设备上，为了弥补这笔费用，插件通用化、标准化的终端设备应得以研制，并用作大多数指挥控制数据处理系统中的标准设备。

软件问题和政策

过去，在若干指挥控制数据处理系统中，软件技术曾被用来弥补硬件的缺陷。这些缺陷一般是与计算速度、严格的系统设计及漫长的交付运入时间等因素相关。这些因素及另一些因素造成在许多大型空军计划⁽⁹⁾中信息处理的价格分配，按软件百分之七十与硬件百分之三十的比例进行分配。将来，这些硬件问题将不再存在，而事实上，硬件可以用来弥补软件的缺陷，即：减小软件复杂图表、价格及检定困难。

为进一步发掘低价格硬件预期的可用性，指挥控制数据处理未来软件的政策应规定如下（无论何时都是合适的）：所有应用程序设计均被编成高级语言；直到软件被编成程序之前，不得定下硬件配置；在最初购买硬件时，不得定下过量的存贮容量。根据下述理由，可望上述这些政策得以实施：

1. 高级语言程序所需的附加计算速度与存贮容量的价格比机械语言程序的价格低；
2. 直到高级语言被写出之前，不能确切地排定计算机系统的配置（关于速度、精度、外围等等）；

3. 未来整个系统的硬件交付时间可望为几个星期时间之内,而且又不需要再加安装时间(即:“插入就运行”系统),因此,硬件交付运入时间将是非常短的,也不必预订硬件;

4. 将存贮器及外围加到已装成的系统中,不必停工,而可在正常的维护时间内完成,因此,为适应可能的估定误差,就没有技术上理由去定额外的硬件能力;

5. 未来设备对功率、空间及冷却的要求均低,因此,可以避免庞大的设备计划和准备。

参 考 文 献

1. Keyes, R. W., E. P. Harris, and K. L. Konnerth, "Physical Problems and Limits in Computer Logic," *IEEE Spectrum*, Vol. 6, No. 5, May 1969, pp. 36-45.
2. Keyes, R. W., "The Role of Low Temperatures in the Operation of Logic Circuitry," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 58, No. 12, December 1970, pp. 1914-1932.
3. Fubini, E. G., and M. G. Smith, "Limitations in Solid-State Technology," *IEEE Spectrum*, Vol. 4, No. 5, May 1967, pp. 55-59.
4. Ware, W. H., "On Limits in Computing Power," The Rand Corporation, P-4208, October 1969.
5. Freiser, M. J., and P. M. Marcus, "A Survey of Some Physical Limitations on Computer Elements," *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol. MAG-5, No. 2, June 1969, pp. 82-90.
6. Wallmark, J. T., and S. M. Marcus, "Minimum Size and Maximum Packing Density of Nonredundant Semiconductor Devices," *Proceedings of the IRE*, vol. 50, No. 3, March 1962, pp. 286-298.
7. Minnick, R. C., "Some Ultimate Limits to the Speed and Stability of Clocked Logical Systems," *Proceedings of the 1963 Pacific Computer Conference, IEEE*, March 15-16, 1963, pp. 193-200.
8. *Information Processing/Data Automation Implications of Air Force Command and Control Requirements in the 1980s (CCIP-85): Highlights*, vol. 1, SAMSO/XRS-71-1, April 1972.
9. The USAF Select Committee on Computer Technology Potential, *A Study of Air Force Organizational Ability To Exploit and Manage Computer Technology*, 29 April 1970.

第二章 计算机技术的趋向——一个历史背景

在过去的二十年间，数字计算机技术在计算速度、存储容量、存取时间和可靠性诸方面都以数量级显著增长。这种趋向如图2所示，它画出了1954~1971年期间很多典型通用计算机的数据处理速率〔1〕。

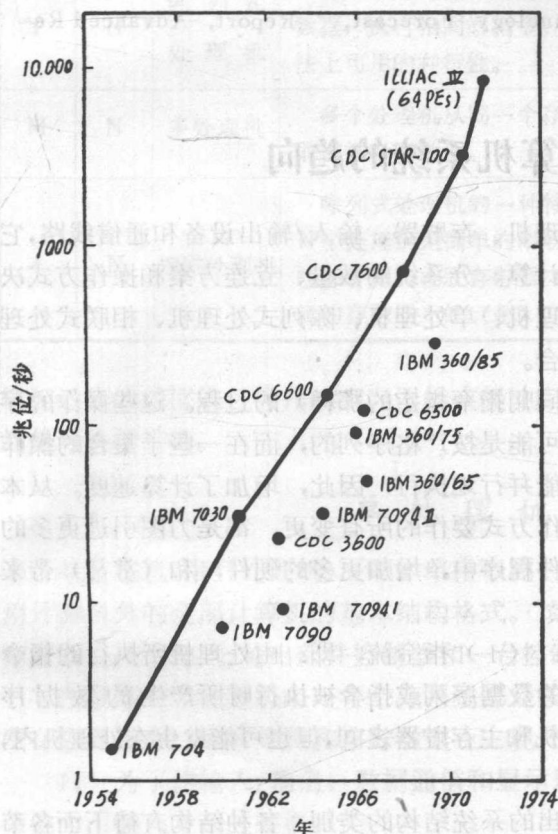


图2 通用计算机的数据处理速率

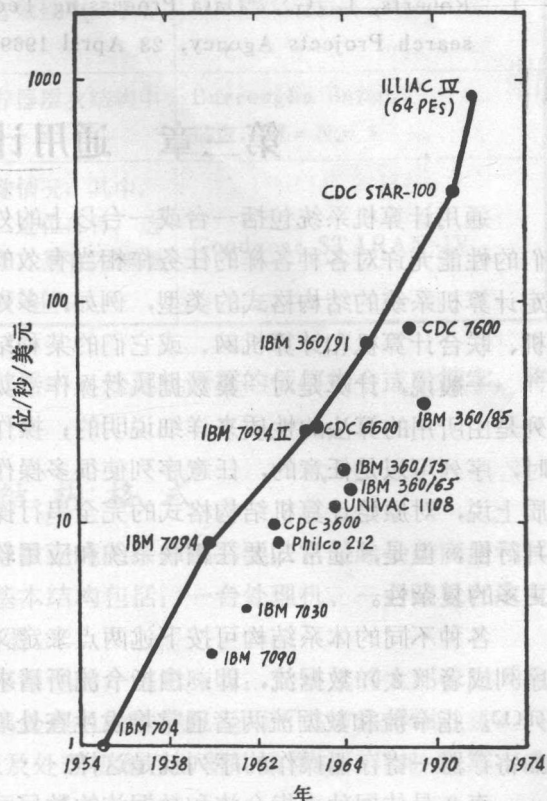


图3 通用计算机硬件的价格-效率比

同时，计算机的外型尺寸、功耗和价格已经被减少几个数量级。图3示出“计算率”价格的动态〔1〕（以每美元每秒钟可处理的位数表示）。计算速度的增加是由元件速度的增加及系统机构（结构格式）的改革所引起的。此外，以软件为基础的概念（例如：微程序设计、分时）已经引起计算机处理能力更有效的利用，从而，增大计算机的“吞吐能力”。尺寸、功耗及价格的减少又促使元件尺寸大规模缩小、产品大量生产和设计制造自动化。

性能改进一般按周期方式循环进行：第一步，新元件引进，这时常常在性能方面比老技术提高几个数量级；然后，对元件的性能和电路设计作些改良，又进一步给出性能、可靠性、