

编号: (74)012

内 部

出国参观考察报告

美 国 计 算 机

科学技术文献出版社

一九七四年八月

出国参观考察报告

美国计算机

(内部发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所

出版者: 科学技术文献出版社

印刷者: 北京印刷三厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 12 印张 307 千字

统一书号: 15176 · 48 定价: 0.97元

1974年8月出版

美国计算机考察报告

计算机综合考察组

中国电子学会计算机综合考察组于1973年10月5日到11月15日在美国进行了考察。这是对美国计算机进行的第一次专业考察，共访问了34个单位，其中大学和研究所10个，制造厂商16个，应用单位8个。这些接待单位对我们的态度一般都是友好的，有些单位还是相当热情的。这体现了毛主席革命外交路线的胜利，也是我们进行考察活动的有利条件。通过这次访问，使我们能够接触到平日从期刊杂志上所看不到的实物和现场，对于美国当前计算机的技术水平，对于计算机应用的广泛，对于美国计算机工业的组成情况都有了进一步的了解。但是由于垄断资本主义的本性，在技术上对我们开放的程度是很有限的，所以我们接触到的深度还很不够，对于他们的新的研究工作、生产工艺过程的细节以及与军事有联系的工作几乎都没有开放。这也是很自然的，我们并不感到意外。考察组的活动首先是为了贯彻毛主席的革命外交路线。在这个前提下，在我们所能接触到的范围里面也从专业上得到了不少收获，现将我们所了解的情况整理成下列九个部分，供参考。

- 一、美国计算机概况
- 二、美国计算机软件及人工智能点滴
- 三、美国计算机系统结构的一些特点
- 四、美国小计算机简介
- 五、美国计算机内存储器概况
- 六、美国计算机外部设备概况
- 七、美国计算机组装及机房设施概况
- 八、美国计算机网络概况
- 九、美国计算机应用见闻

我们访问的时间不长，见闻不多，了解不深，水平不高，加之分头执笔，有些名辞不够统一，内容也一定有不准确和错误的地方，请领导和同志们批评指正。

毛主席语录

独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国。

古为今用，洋为中用。

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

目 录

美国计算机概况	(1)
第一部分 计算机的硬设备	(1)
(一) 半导体元件	(1)
(二) 存贮设备和它的层次	(3)
(三) 输出输入设备	(5)
(四) 计算机的组装	(7)
第二部分 计算机的应用	(8)
(一) 数值计算	(9)
(二) 过程控制	(9)
(三) 情报的收集和检索	(10)
(四) 计算机辅助设计	(10)
(五) 人工智能	(11)
第三部分 系统	(12)
(一) 分时系统	(13)
(二) 存贮器在系统运用中的情况	(13)
(三) 处理机的功能结构	(14)
(四) 计算机网络	(15)
(五) 程序系统	(15)
(六) 可靠性, 可用性, 可修性	(16)
第四部分 美国计算机工业的概貌	(17)
结束语	(19)
专题报告之一 美国计算机程序系统及人工智能点滴	(20)
(一) 美国计算机软件概况	(20)
(二) 操作系统	(25)
(三) 目前美国上机的解题过程	(29)
(四) 人工智能及其它	(31)
专题报告之二 美国计算机系统结构的一些特点	(35)
(一) 系统结构的演变	(35)
(二) 某些计算机系统结构	(36)
(三) 系统设计的一些新思想	(50)
专题报告之三 美国小计算机简介	(61)
(一) 美国小计算机的应用	(61)
(二) 美国小计算机的特点	(62)
(三) 介绍三台小计算机的主要特点	(65)

专题报告之四 美国计算机内存储器概况	(77)
(一) 磁心存贮器的一些情况.....	(78)
(二) 关于半导体存贮器的一些情况.....	(80)
(三) 结构方面的特点.....	(82)
(四) 其他有关问题.....	(86)
专题报告之五 美国计算机外部设备概况	(89)
第一部分: 外存储器设备.....	(89)
(一) 外存储器的应用.....	(89)
(二) 磁盘机的性能和它的结构.....	(90)
(三) 磁带机的概况.....	(110)
(四) 磁鼓概况.....	(114)
第二部分: 终端和输入输出设备.....	(115)
(一) 终端设备.....	(116)
(二) 输入设备.....	(122)
(三) 输出设备.....	(123)
(四) 绘图仪.....	(130)
专题报告之六 美国计算机组装及机房设施概况	(134)
(一) 元件和插板件.....	(134)
(二) 底板和接线.....	(139)
(三) 机架装置和通风冷却.....	(142)
(四) 机房设施.....	(146)
专题报告之七 美国计算机网络概况	(148)
(一) 数据通讯与计算机网.....	(148)
(二) 计算机网的型式与建立网的意义.....	(149)
(三) 几个不同用途的计算机网.....	(152)
(四) 计算机网络基本结构.....	(156)
(五) ARPA 网络中的 IMP	(161)
(六) 结束语.....	(166)
专题报告之八 美国计算机应用见闻	(167)
(一) 科技研究.....	(167)
(二) 数据处理.....	(172)
(三) 过程控制.....	(178)
(四) 医学.....	(183)
(五) 空间技术.....	(187)
(六) 结语.....	(189)

美国计算机概况

美国的计算机科学和工业在六十年代已经形成体系，它的技术水平和生产能力现在处于世界上领先的地位。全国正在运转的计算机已经达到11万1千台，从业人员超过一百万人，1972年国内销售额91亿美元。应用的范围已经渗透到各行各业。这样一个考察对象的内部究竟是怎样的情况呢？为了把我们一个多月的访问所了解到的专业情况作一个综合性的报导，下面分四个部分来介绍：第一部分介绍计算机的硬设备，第二部分介绍计算机的应用，第三部分介绍计算机系统，第四部分介绍计算机工业的概貌。

第一部分 计算机的硬设备

计算机的硬设备是构成计算机系统的各种物质的实体的总称。例如集成电路、打印机，运算器，磁盘……等等都是硬设备。硬设备是计算机系统的物质基础。美国的领先地位首先表现在它的硬设备上。下面分半导体元件、存贮设备和它的层次、输出输入设备和计算机的组装等四个方面来介绍。

(一) 半 导 体 元 件

1. 逻辑元件

逻辑元件是计算机的基本元件，它在相当大的程度上反映了计算机可以做到什么样的水平。美国现在生产的计算机都采用半导体逻辑元件，绝大部分是集成电路。从电路的类型来讲，主要是晶体管—晶体管逻辑电路(TTL)和射极耦合逻辑电路(ECL)。从集成度来讲，目前采用的大部分还是小面积集成电路，一部分计算机采用中面积集成电路。大面积集成电路只有少量的应用。从封装形式来讲，我们看到最多的是双列直插式，大面积集成电路也有用扁平封装的，但看到很少。IBM公司的封装形式是他们一家的独特的倒装焊方式。逻辑元件的有关主要指标列于表1。

表 1

电 路 类 型	小 面 积 集 成		中 面 积 集 成	
	级 延 迟 (nS)	功 耗 (MW)	级 延 迟 (nS)	功 耗 (MW)
TTL 肖 特 基	3	20	1.5	5
TTL 一 般 型	10	10	6	3
TTL 低 功 耗	30	1	20	0.3
ECL	2	25	1.5	15

关于逻辑元件的可靠性，我们曾经问过多次但是得到的回答都缺乏明确的指标和统计数字，用他们的话说是“元件很可靠，计算机的故障基本上不是由元件失效而造成的。”我们根据各种间接情况的估计：经过筛选以后的元件可靠性大约是 10^{-8} 和 10^{-9} 这样的数量级。小面积集成电路的零售价格每块大约0.4~1美元多，低功耗电路每块大约1~4美元左右。

在主要的计算机企业中，CDC 公司对逻辑元件有他们独特的见解。他们认为分立晶体管的开关速度可以做到0.2nS，至少在近几年内比集成电路更快，所以他们仍然采用分立元件作为高速计算机的逻辑元件。

大面积集成的 MOS 逻辑元件也有产品，但因为速度低，所以大量地用在袖珍计算器里面，速度较高的计算机里还没有采用。

2. 半导体存贮元件

目前用在计算机里的存贮元件主要还是双极型和MOS型两大类。MOS型的存贮元件正在开始被广泛采用于主存贮器。我们访问中见到许多新投产的计算机采用了 MOS 单元作为主存贮器，例如IBM370系列，PDP-11/45等。目前大量用的 MOS 电路的集成度是每片1024单元。每片2048单元和4096单元的已经进入实用阶段，每片8192单元的已经制造成功。

双极型的存贮单元速度快，多数用于高速缓冲存贮器，也有少数计算机把双极型的用作主存贮器，例如 TEXAS 仪器公司的 ASC 计算机等。

随机存取的半导体集成电路片的指标列于表 2。

表 2

	集 成 度	工 作 周 期 (nS)	说 明
MOS	1024	120—400	试制成功
	2048	200—400	
	8192	同 上	
双 极	128	<15	ECL
	256	25—40	ECL
		30—50	TTL
	1024	40—80	TTL

MOS 存贮器的成本目前大约每位 2—3 美分，他们估计十年内成本将降低到现在的千分之一。

由于中小型计算机广泛采用微程序技术，所以只读存贮器也用得很多。我们见到的只读存贮器几乎全都是用半导体大面积集成电路来实现的，指标如表 3。

表 3

	集 成 度	周 期 (nS)	说 明
双 极	2048	30—60	
	4096		
MOS	4096	400—1000	即将试制成
	8192		
	16384		

3. 线性电路

与计算机关系密切的线性集成电路主要是磁心读出放大器和集成稳压电源。磁心读出放大器的最小工作周期达到200nS, 恢复时间 20nS。稳压电源我们没有机会看。

上面介绍的是计算机生产中已经在大量使用的半导体元件, 至于研究工作方面我们接触很少。从一些片断的情况归纳起来看, 他们认为硅这个材料仍有很长的生命力, 今后的工作在于提高每片的集成度、缩小每个电路单元的尺寸和降低功耗。对于新材料和新现象如无序材料、有机材料、约瑟夫逊效应等的研究工作也在进行。

(二) 存贮设备和它的层次

计算机存贮器的工作速度跟不上逻辑元件的进展, 这个问题在美国也同样没有得到根本的解决。速度快的存贮器总是比较贵, 所以容量不可能做得很大。因此, 很自然的结果就是把存贮系统分成速度从快到慢, 相应的容量从小到大的几个等级或者叫做几个层次。按速度来分的层次大体上是: 1. 高速缓冲存贮器, 2. 主存贮器, 3. 连机外围存贮器, 4. 脱机数据库。

1. 高速缓冲存贮器

高速缓冲存贮器都采用半导体存贮元件, 速度快于100nS, 容量达到3万2千字节, 元件水平已经在上面介绍过了。

2. 主存贮器

主存贮器的速度大约从100—200nS 到1—2 μ S, 容量从几千个字到几十万个字。现在主存贮器的实现手段主要是两种: 磁心和半导体。在五十年代后期和六十年代, 磁心主存贮器占绝对的优势。美国现在正在生产的计算机还有相当大的一部分仍然用磁心作为主存贮器。每位的价格大约1至2美分。现在大量生产的最小磁心的外径是0.4毫米。可以制成周期650nS的磁心存贮器。磁心板的穿线工艺并没有自动化仍然以手工操作为主, 只是在个别工序上采用某些专门的工夹具(例如排列磁心的振动板之类)以利于提高工效。许多公司因为亚洲地区的工资低, 所以把磁心拿到这些国家去穿线, 剥削廉价劳动力, 以获得更多的利润。

关于半导体存贮器, 他们普遍的意见是肯定的。有些公司例如BURROUGHS, UNIVAC, DEC等即使现在还生产磁心主存贮器, 但他们也表示在不久的将来就要逐渐采用半导体存贮器了。在主存贮器的领域里, 半导体正在逐步取得曾经属于磁心的占压倒优势的地位。这是在美国看得比较明显的趋势。

曾经在主存贮器中有一定地位的其它手段有磁线和磁膜。UNIVAC公司一直用磁线作为主存贮器的一个手段, 现在生产的1100系列的计算机还用一部分磁线作为主存贮器, 周期是520nS, 但预计一、二年后将要改用半导体。至于磁膜, 我们这次访问中没有见到。依利阿克IV计算机原来打算用磁膜存贮器, 现在已经改用半导体存贮器了。

3. 连机外围存贮器

连机外围存贮器可以分为两类。一类是存取时间以毫秒计算, 容量比主存贮器大一至两个数量级的外围存贮器。现在这类存贮器是磁盘占压倒的优势, 磁鼓只有少量的运用。另一类是存取时间以秒计算, 容量比主存贮器大4到5个数量级的外围存贮器。这类存贮器目前还没有正式的产品, 我们只见到某些试制品, 有的用磁记录的原理, 有的用激光。因为它们的速度慢, 容量很大, 所以把它们叫作慢速海量存贮器。常规的磁带机也是连机的一种外围

存贮设备但是由于磁盘的推广，磁带作为外围存贮器的作用已经降低。

磁 鼓

磁鼓的速度略快于磁盘，但是单位体积的存贮容量远不及磁盘大，机械上也不如磁盘灵活，所以磁鼓的优越性并不显著。我们参观了许多机房，只有很少的地方还用磁鼓。在大多数公司里磁鼓虽然仍有生产，但是已经退出了标准产品的系列，前途愈来愈小。

磁 盘

作为连机外围存贮器的磁盘有三类。第一类是单片可卸磁盘，第二类是6片和11片的两种可卸磁盘组。这两类都是大量生产的标准系列产品，应用非常广泛，每个机房都可以看到。第三类是不可卸的单片或多片磁盘，小的直径只有25厘米，大的直径有1.5米左右，它们都不是标准系列的产品，用得很少。

多片的可卸磁盘组可以拿IBM公司的3336型为代表。这是现在用得很多的一个型号，其它公司也生产与3336相容的产品。这个磁盘组的磁层是铁氧体的磁胶，每组容量1亿字节，记录密度为每平方吋80万位。CDC公司有比IBM 3336性能略为高一些的产品但不如3336那样普及。可卸磁盘组还有相当大的发展余地，IBM公司预计，到1981年的时候存贮密度将达到每平方吋500万到1000万位。可卸磁盘组存取速度比磁带快得多，存贮容量和密度比磁鼓大，而且可以从机器上取下来更换另外的盘组所以灵活性也很大，它之所以深受用户的欢迎是完全可以理解的。

3M公司声称他们在磁层的耐磨性上有新的突破。据说市场上别的公司生产的磁盘组动态定点冲击9600次到24000次就损坏了。3M公司的耐磨磁层定点冲击192000次还没有损坏，只出现一点伤痕。耐磨性比一般磁盘高一个数量级。

单片可卸磁盘多数与小计算机配套，使用也很广泛。

可卸磁盘组是目前公认为成功的而且有前途的连机外围存贮器。

海量存贮器

CDC公司正在研制利用磁记录原理的海量存贮器，取名叫做SCROLL，还没有到使用的阶段。它的基本结构是把磁头装在一个转动的鼓上，把一大卷12吋宽的磁带浮动地覆盖在鼓面上，这一段磁带是可以联机调换的，因而使总容量可以达到 3×10^{11} 位。HONEYWELL公司正在研制利用激光的海量存贮器。它的基本原理是利用激光光束的照射来改变锰铋合金薄膜的磁性，在14吋直径的圆片上每片可以存贮 10^9 位，但离开实际的应用还有不小的距离。另一种利用激光的海量存贮取名 UNICON，正在美国航天局的AMES中心与依利阿克IV计算机配合进行试验。它的原理是利用激光光束把塑料片上的金属薄膜烧成一个小孔作为存贮的手段，联机容量可以达到 10^{12} 位。但是它写过的信息只能读出，不能重写，所以局限性比较大。海量存贮器之所以受到重视是因为现代科学技术的发展要求计算机解决的问题愈来愈需要存贮大量信息的缘故。海量存贮器可能还有我们没有见到的其他装置，但都还没有正式应用，美国人自己也还没有对此作出评价。

磁带机

磁带机仍是普遍采用的设备。磁带机受磁盘的影响，作为连机外围存贮器的作用正在降低，但作为脱机的数据库仍是一种广为使用的手段。一般的计算中心都有数以万计的磁带存放在架上备用。据说美国联邦普查局的计算中心有20万盘磁带，是世界上第二个大数据库。磁带机本身的技术已经比较定型，现在的改进是提高记录密度和自动装带技术等。值得注意的是由于小计算机的大量使用，以及越来越多的场合需要记录很多数据然后用计算机进行分

析,所以小型磁带机和盒式磁带机的生产正在上升。这些设备在技术上没有多大困难,主要问题是要使产品价格低廉,性能稳定,便于使用。

磁带在近几年也有改进。3M公司于1970年以后生产的SCOTCH 700型磁带比以前的磁带在几个方面有改进:第一,减少了存放时的扭曲、横移和由于夹入灰尘而导致的变形;第二,普通磁带使用五百次左右就出现划痕,700型可以达到2000次;第三,减少了扭曲;第四,普通磁带只有记录面是导电的,700型的带基的一面也是导电的,更有效地防止了电荷积聚。

上面介绍的存贮层次是习惯的划分方法。值得提到的是美国现在某些大型计算机系统中引入了扩充存贮器,它的容量比主存贮器大,速度略慢一些。磁心作为主存贮器的手段正在让位给半导体,但作为扩充存贮器仍有相当大的发展余地,这是值得注意的一个动向。

(三) 输出输入设备

输出输入设备给我们的感觉,是品种多,应用广。输出输入设备的发展是与计算机的广泛应用相密切连系的。

传统的穿孔纸带和卡片在计算机出现之前早就存在,从一开始有计算机的时候它们就作为输出输入的手段。目前仍然在使用,主要是作输入用。两者之中,穿孔卡片便于个别地修改、增删和编排,所以使用的数量比纸带多得多。

宽行打印机在十多年以前就已经制造成功,现在仍然是成批处理的数据输出设备,使用很广。在字符种类、行宽和打印速度方面,我们的印象是十多年来基本不变,主要的改进是降低噪音。

随着计算机的应用日益广泛,人与计算机之间的连系方式也必然有多样化的要求,正是由于这个原因所以除了上述传统的输出输入方式外供人机连系的其它输出输入设备有很大的发展。下面着重介绍其中主要的几种:

1. 控制打字机

控制打字机主要用于人与计算机频繁地交换信息的使用方式,特别是分时系统和远距离交互式使用方法推广以后,控制打字机的使用极为普遍,品种也比较多。字球式以及类似型式的打字机目前仍在使用,但在他们的试验室里可以看到很多新的产品,其基本原理有下面四种:第一种是把字符装在一条环形链上,环形链在纸辊前循环移动,当适当的字符在适当的位置出现的时候锤击印字。第二种是在一个印字头里面有七根锤击针从上到下垂直等距离排列。印字头从左到右移动,每锤击五次可以印出一个字符,每个字符由 5×7 的点阵中适当的点子组成,例如英文字母“S”印成“S”。第三种是在印字头里面排列 5×7 个发热的点压在纸上。当通过脉冲电流时这些点就发热,脉冲电流消失时立即冷却,印字纸是热感应纸,印出的字符也是由点阵组成的,与第二种打字机印出的字形一样。第四种是把字符安置在一个圆片的周围,圆片的形状好象压平了的菊花,字符就安置在每个花瓣的顶端。圆片可以转动以选择字符。这种打字机有两种工作方式。第一种是印字的方式,圆片从左到右每次移动一个字符的位置,纸辊的转动是每次一行的间隔。另一种是画曲线的方式,圆片的位置和纸辊的转动都由伺服机构来拖动这样就可以画出很平滑的曲线。这些打字机的共同特点是机械传动部件相对地减少,有的减少得很显著。许多原来由机械完成的操作现在改由电子线路来完成。印字速度每秒可达30字符或更快。这几种打字机各有特点适合于不同的用途。它

们的噪音都比较小。

与这些打字机相配合的键盘都已经在很大程度上摆脱了机械编码的结构改为电编码。键盘已经作为单独的产品，与打字机在结构上基本是独立的。HONEYWELL 公司最近制成利用霍尔效应的键盘完全避免了接点更加可靠和耐用，很受用户的欢迎。

作为终端设备的控制打字机分两种：近距离的与计算机直接相连，构成近距离终端。距离远的还必须与数据传输的调制和解调制器结合构成远距离终端设备。常用的通信方式是利用普通的电话机，当呼叫接通以后，就改用音频移频制仍然利用电话机的送受话器以传输数据。

2. 显示器

显示器是人机连系的又一种很方便的工具。它可以作为计算机一般文字和表格的输出设备，速度比控制打字机快。但显示器本身只起显示的作用，可以供临时阅读，如要记录还必须增添附加的设备。然而显示器便于显示各种曲线或图形，可以让图形活化这是一般的机电式描图仪所做不到的。显示器配合光笔或感应板还可以作为图形输入的工具，这是显示器特别有用的地方。

显示器的显示屏目前用得最普遍的还是阴极射线示波管。少数是存贮管，多数是普通的示波管，用一个存贮器来保持图形。从颜色来讲，绝大多数是单色的，个别地方例如地球资源普查等工作也用彩色显示器。有的单位在进行彩色显示的试验工作，例如 XEROX 公司正在进行彩色图形人机连系方法的研究工作。写字和作图方式用得最多的还是点阵法，整个屏幕由 1024×1024 个点子组成，每帧可以显示 960 个字符。有些显示器也用向量线段法来描画，以便得到更好的效果。显示器在专门的程序系统控制之下，配一些附加设备，利用左眼和右眼分别观察的原理，可以获得单色或彩色立体显示的效果。在华盛顿大学和哈佛大学有人进行这方面的工作。

一般显示器都配备一个键盘作为文字和命令的输入手段。在需要图形输入的场所配备光笔或感应板。光笔是比较早的办法，现在仍在使用，但用得更多的是感应板。我们见到的感应板有两种原理：第一种是在一个平面上有 1024×1024 的网格结构，当某一个交点受压接通时显示屏的光标就移动到对应于这一点的位置。第二种是在一支笔的笔尖上发出超声波，当笔尖接触感应板时，测量超声波在纵的和横的方向到达感应板边缘的时间，就可以决定显示屏上光标的位置。当光标的位置选定以后，用键盘或者别的编码装置把需要进行处理的内容或者命令输入到计算机去。

除了阴极射线示波管以外，等离子平面型显示板已经进入商品的行列。这种显示板完全是平面结构，幅面和点阵的像素已经与示波管相当，但所占的空间比示波管小得多，摆脱了电真空器件的一些固有缺点。而且等离子平面型显示板的发展余地还很大，是一种很有前途的设备。

3. 其它输出输入设备

绘图仪

为了满足计算机辅助设计和其它精密作图的需要，绘图仪正在向高精度、大幅面发展。目前的产品水平以CALCOMP 公司的7500型为代表，幅面为 43 吋 $\times$ 59 吋，可以动态地选用四种颜色绘图，静态定位精度达到千分之一吋。可以在计算机控制之下，直接用笔画出或用刀刻出印刷电路板或集成电路掩模的放大图形，也可以画出各种别的精密图形，如地形图，地质图，气象图，各种等值线图。

数字编码器

数字编码器是精密的图形输入的工具，在计算机辅助设计中很有用。它可以把图形中的关键点的坐标输入计算机，游标的定位精度达到千分之五吋，分辨力为千分之一吋，幅面是42吋×60吋。

软磁盘

软磁盘是一种新研制成功的产品，它的直径是 $7\frac{1}{2}$ 吋，单片，很薄，与磁带的厚度差不多，装在塑料的或硬纸的保护套中，盘与保护套是靠得很近的。使用时连保护套一起装进机器，旋转很慢所以盘与保护套磨擦发出的热量可以忽略不计。有的计算机控制台里面装有软磁盘的驱动器，用软盘所存的信息来改写计算机微程序系统里的控制存储器内容。他们对软盘的看法，认为在某些场合比卡片更灵活，可以代替一部分卡片的作用。软盘很便宜，软盘驱动器的售价也只是一千美元以下。

除了上面提到的输出输入设备以外，还有一些辅助手段在某些特殊的场合也有应用，例如静电印刷，干银照相，电子束缩微胶卷，电子计算机辅助排版，字符识别等等，不一一列举了。

(四) 计算机的组装

随着元件的不断改进，计算机的组装工艺也在不断的改变，但是组装的基本层次仍然是元件、插件和底板。当然，现在的计算机由于半导体集成电路的集成度越来越高，信号的开关时间越来越快，所以计算机的组装必须适应这些新的情况。下面分插板的划分，插板和底板的结构，电源分布和通风冷却四个问题来介绍。

1. 插板的划分

在分立元件时期，计算机的插件数量很多，品种相对地很少这是普遍的现象。但是现在使用了集成电路而且集成度在不断提高，所以插板的划分就有所不同。现在的一块插板，它的功能比分立元件时期肯定要强得多。

小计算机插板较大，数量不多，这是普遍的结构形式。例如 TI980A 计算机，插板的尺寸大约是30×40厘米，上面装110块集成电路。处理器的基本组成只有这样的插板四至六块，因为插板的数量非常少，所以插板的品种和数量的关系问题就自然消失。在小计算机方面这种趋向是很明显的。

大型计算机的情况就不同，各台计算机的插板规模有大有小，对它的趋向还不能够作出明确的判断。下面举几个具体的例子供参考：

巨型计算机 ILLIAC-IV 的处理机的插板尺寸比较小，大约只有10×12厘米，装24块集成电路。整个处理机用181块插板，46个品种。控制单元的插板尺寸比较大，大约是40×50厘米，装180块集成电路，总共用155块插板，82个品种。

别的机器我们没有得到这样明确的情报，只有一些片断的数字。B 6700计算机的插板每块装28个集成电路；IBM370/168的插板装40至50个电路块，每块相当于大约25个门；STAR-100每个插件装60块集成电路；CDC-7600每个插件装350个分立晶体管；ASC 计算机每个插板装300块集成电路。

2. 插板和底板结构

单层插板现在仍然用在分立元件的计算机里，如 PDP-10，7600 的插板都是单层双面

板。集成电路的计算机也有用单层插板的，但中大型计算机基本上都是多层印制插板。层数的多少各家不一样，各型号也不一样，少的四层，多的十层左右，我们见到插板层数最多的是 ASC 计算机，它的插板共17层，包括信号、地线、电源和绝缘层都在内。

计算机的底板结构分两种基本形式：一种是接线式的，一种是多层印制底板。接线式的底板大多用绕接的工艺，少数用插接的工艺，没有见到用锡焊的。开快速度快的信号用双扭线或电缆连接。BURROUGHS, CDC, UNIVAC 等公司的底板现在仍用绕接的工艺，IBM 公司370系列采用多层印制底板。印制底板层数最多的也是 ASC 计算机，共15层。

快速信号的传送都按传输线原则来考虑。传输系统的特性阻抗，大体上都是几十欧姆到100 Ω 左右。例如 IBM370/168的信号传输系统的特性阻抗是50 Ω ，少数地方用78 Ω ；ASC 计算机的是40 Ω 和80 Ω 。

3. 机柜内的电源分配

我们见到的计算机的电源系统都是分散供电的。有的分得粗一些，有的分得细一些。分得粗的大约是一个机柜有一套电源模块。分得细的大约是每一排插件就有一个电源模块。这些电源模块都是指稳压电路的模块。电源变压器和整流电路通常是在模块之外相对地集中安排的。

4. 通风冷却

中小型机器一般只用通风来降温。大型计算机元件密集，热量集中，所以不少机器采用冷水管道作为热交换器与通风相结合的降温系统。例如 CDC, HONEYWELL, IBM 等公司都采用这种办法。冷冻机柜也与计算机其它机柜一样安装在机房里，CDC 公司的 CYBER70 系列的冷冻机甚至没有独立的机柜而是与计算机的其它部件合装在一个机柜里。冷冻机用氟利昂产生冷水，冷水的管道通过计算机的插板之间，底板之间和电源或存贮器的功率晶体管的散热片之间起热交换的作用，提高通风降温的效果。由于计算机采用这样的冷却系统所以他们的机房条件比较高，一般是温度保持在72 $^{\circ}$ F，湿度保持在50%以下。

上面介绍了美国当前计算机硬设备的主要情况。他们近几年发展最迅速的是大面积集成电路，外围存贮器磁盘和终端设备包括控制打字机和显示器。这些设备确实很有用，值得引起我们很大的注意。

第二部分 计算机的应用

早期的计算机基本上是用于科学和工程问题的数值计算。为了便于编制计算的程序，在五十年代后期出现了程序语言。同时期计算机在军事和生产过程的实时控制方面开始了应用。进入六十年代以后由于硬设备和程序技术的不断发展，计算机的功能大大地增强，因而计算机的应用领域也越来越大，而应用领域的扩大又反过来促使硬设备和程序技术的进一步提高。我们访问中突出的感觉之一就是使用的面十分广泛。从航天飞船，生产控制，地质勘探，仓库管理一直到图书检索，飞机订票，银行储蓄，污水处理差不多各行各业都使用了计算机。为了进行综合的介绍，下面从专业分类的角度概括地介绍数值计算，过程控制，情报检索，计算机辅助设计和人工智能等五个方面：

(一) 数 值 计 算

作为数值计算的工具,现在仍然是计算机应用的一个基本的方面。大学里,理工科的学生不必说了,就是文科的学生也学习计算机的使用方法。现在计算机的使用已经扩展到中等学校,据说中学生也常常用一个小磁带盒把自己的题目送进计算机去计算。甚至有的小学也让学生接触计算机。计算机之所以能够让大家使用是与使用方法的简化和方便分不开的。而要做到使用的简化和方便,必须有合适的程序语言和操作系统。

程序语言的目的就是为了便于由一般的使用者直接编制计算的程序而不必经过专业的程序人员。专业的程序人员则把力量转向研究程序语言和编译方法。在美国,通用的程序语言早已普遍地应用。除了通用语言外,面向问题的各种专用程序语言发展也很快。专用语言之所以必要是因为各行各业交给计算机计算的题目都有各自的专业性,用通用的程序语言虽然也可以编制程序,但是如果设计出专用的语言就可以使这个专业的人员编起程序来更方便。比通用语言的效果又有进一步的提高。土木工程有土木工程专用的程序语言,空气动力学有空气动力学专用的程序语言,如此等等,目前美国各种专用语言已经有三百多种,他们认为专用语言还会继续发展下去。

操作系统使算题的人员解脱了计算机内部管理方面的繁琐的事务性工作。特别是在六十年代发展了多道程序以后,各道程序之间互相有很大的牵制。如果没有一种专门管理计算机内部事务的程序,那么多道程序是不可能协调地工作的。这种内部事务的管理程序发展到后来就是今天所谓的操作系统,操作系统一直在不断的改进之中。研究一套操作系统往往要花费相当多的人力,在美国大约花费几个人年到几百人年,据说甚至还有花费几千人年的。然而有了操作系统以后,用户使用计算机就简便了。现在美国作为通用计算工具的计算机都配有操作系统,都有各种程序语言的编译程序。

使用计算机的方式基本上是两种:一是成批处理,一是通过终端进行交互式的使用。

各大学,各个较大的科研单位和公司都有自己的计算中心。例如麻省理工学院的计算中心有 IBM370/165 和 HONEYWELL6180(MULTICS),航天局休斯登控制中心的计算中心有四台 U1108,两台 U1106 和一台 U1110,TEXAS 仪器公司的计算中心有 IBM360/195,370/168,370/165,和 370/155。小公司和小单位或者个人可以用营业性计算中心的机器算题。有些公司还经营出租计算机的业务。

(二) 过 程 控 制

航天飞船的控制,交通管制,生产过程的控制等等都是实时的过程控制。航天飞船的控制对计算机实时性的要求很苛刻,所以采用性能较高的计算机 IBM360/75,并且是双机工作,动态备份以保证可靠性。一般的过程控制,实时性要求并不苛刻,例如某些生产过程本身并不快,一台小计算机的计算能力已经绰绰有余。实际上,有的过程控制就是用一台小计算机,有的是许多个过程控制分时地使用一台中心的计算机,例如 IBM 公司的 KINGSTON 工厂就是这样安排的。许多过程控制的关键不在于计算机而在于过程的数学模型,在于反映过程参数的各种传感器和一、二次仪表,在于过程控制的执行部件。我们参观联合石油公司,他们正在试验工厂里进行生产过程自动化的试验工作。计算机本身就是一台通用的小计算机

TI960A, 现在的试验工作完全在于数学模型和一次仪表。我们参观 UNIVAC 公司和 IBM 公司, 他们的底板绕接工艺也没有完全自动化, 问题在于执行部件。UNIVAC 公司是双扭线的绕接部件没有解决, IBM 是传输电缆往底板插接的部件没有解决, 所以不能达到自动化, 只是半自动化。

产品测试是生产去程质量控制的一个重要环节。在计算机工业本身的测试工作方面, 计算机的应用还是比较普遍的, 例如 DEC 公司声称他们用在生产和测试方面的计算机达 300 台。元件、插件和底板的测试都用计算机来控制。FAIRCHILD 公司的半导体存贮元件每片 1024 个单元, 在检验的时候要测试 6400 万种信号的组合, 用计算机控制只要 5 分钟就测完。插板和底板的测试, 各公司都普遍用计算机控制。测插板的方法是测试插板对于各种逻辑信号的排列组合的响应是否正确。有些设备还可以在施加逻辑信号的同时进行电压的边缘校验。底板的测试是测接线的正确性。所有这些测试工作的关键在于把全面的测试要求和应有的正确结果反映到控制测试过程的计算机的程序系统中去。

关于计算机用于过程控制方面给我们总的印象是对于提高劳动生产率和保证质量有重要的作用。但是就自动化的程度来说, 只有尖端科学部门, 例如航天飞船的控制才是大回路的闭环控制。我们所看到的其它的过程控制都还是局部性的小回路控制, 有的还是开环的控制。

(三) 情报的收集和检索

情报的收集和检索使用计算机后确实方便迅速。10月12日我们几个同志到波士顿(美国东部)郊区麻省理工学院一位教授家里作客。他家里有一台远距离终端打字机, 为我们表演了一次情报检索过程。他先叫通电话接上终端, 用键盘通过全国性的计算机 ARPA 网络, 要求调阅旧金山(美国西部)附近的斯坦福大学档案中 10 月 11 日关于中国的新闻。几秒钟后打字机就印出有关中国的新闻标题共 5 条。他问我们想看哪一条? 我们说第四条, 他又用键盘要求第四条的全文, 打字机就印出第四条基辛格与黄镇主任谈话的全文约 300 字, 整个过程不到三分钟。

我们参观了计算机用于航空公司的订票系统, 银行的储蓄系统, 物资的调配系统, 图书资料的查阅系统等等。例如道格拉斯飞机公司供应欧洲各航空公司所需的备分件 30 万个品种, 分存在欧洲各地的仓库中, 而调配中心则设在美国, 工作人员只有 8 人。IBM 公司的管理系统有 1150 个终端设备, 各地可以用这些终端设备查阅该公司的全部存货和 150 万个客户的情况。我们参观的较大的公司几乎都有类似这样的系统。这些系统的效果都很生动。从计算机专业的角度来说, 这些系统基本上都属于情报检索系统。它们有共同的特点, 表现在硬设备方面的首先是要大容量存贮器, 特别是容量很大的联机外围存贮器, 用得最多的是磁盘。其次是需要大量的终端设备包括打字机和显示器, 以供各地从系统中检索情报和把新的情报及时地送进系统中去。这种系统使用成百上千台终端设备是很常见的事。在程序系统方面, 第一是要结合具体的应用项目研究出一套数据管理方法, 第二是要有适当的语言, 第三是要确保情报的安全秘密, 不让无关人员窃取。

(四) 计算机辅助设计

计算机辅助设计不仅减少设计人员许多事务性工作, 提高工作效率而且在有些工作中对

于保证质量提高合格率也有重要的作用。计算机辅助设计的过程可以用大面积集成电路的掩模设计作为例子来说明。大面积集成电路的组成单元的数量很多,在生产过程中需要用几套或十几套掩模,每套的图形位置都要对准。在人工设计和作图的时候,工作量非常大而且很容易出现差错。计算辅助设计以后,技术设计仍然由工程技术人员考虑,但是对于大量的重复的电路,他只需要考虑其中的一个单元而把整个电路的组合工作由计算机去完成。在设计一个单元的时候,他可以利用平板式游标编码器把他考虑的图形按一定的比例尺输入计算机。也可以利用带有座标格的显示器和光笔或感应板输入计算机。为了检查各层掩模之间的关系是否正确,设计人员可以把有关掩模图形利用显示器重叠地显示出来以供检查。当基本单元设计完了以后就可以由计算机编制整个电路各层掩模的完整的图形。并且可以在显示器上显示出来。为了进一步检查图形的正确性,设计人员可以用光笔或感应板在整幅的图形中选择一个很小的区域,把它放大到显示屏的全幅面便于观察。例如 FAIRCHILD 公司的计算机辅助设计系统可以把实际掩模中 1 微米的长度放大到 5 毫米加以显示。这样就容易用肉眼来检查计算机所编制的整个图形是否正确。检查合格以后计算机就把整个电路的各层掩模数据记录到磁带上,然后把磁带上的数据利用脱机精密作图仪用笔画或用刀刻出各层掩模的放大图形,再经过照相精缩,制成掩模。整个设计周期比人工设计大大地缩短,质量比较容易得到保证。由于计算机辅助设计因而使得大面积集成电路在研制过程中反复进行修改成为切实可行。如完全依靠人工设计,周期太长,反复修改几乎是不现实的。

计算机辅助设计的关键问题不在计算机本身,只要一台小计算机就完全足够了。关键在于要有一套设计人员所使用的专用语言和它的编译程序以及能够接受图形输入,进行图形的编辑和显示的程序系统。此外还需要编码器,显示器,感应板,精密作图仪等输出输入设备。没有这些程序系统和硬设备,计算机辅助设计是不可能进行的。

现在计算机辅助设计已经逐渐普及到许多的设计工作中去了。由于计算机辅助设计以及另外的一些用途已经出现了计算机图形学。

(五) 人 工 智 能

在引入人工智能这个概念之前,计算机系统都是按照程序所规定的步骤一步步地执行的,虽然指令中也包括逻辑判断但这种逻辑判断也都是程序编制人员事先安排好了的。引入人工智能这个概念的意图是希望使计算机能够具有一定的推理和学习功能,因而使计算机能够自己积累经验,提高解决问题的能力。拿下棋作为例子,如果程序人员把走棋子的法则编成程序输入计算机,计算机就可以正确地走动棋子,人就可以与计算机面对面地下棋了。这样的下棋方法还是计算机的一般应用。下棋的结局计算机可能输了,下次再下,走法不变计算机就再输一次。但是如果我们从方法和程序上研究出一种办法,使计算机下棋输了一次以后它积累了经验,下次再下的时候就不犯上次的错误。这就属于人工智能的范畴了。人工智能的表现形式是多种多样的,诸如计算机接受自然语言,不同文字的翻译,景物分析,语音输入和输出,程序正确性证明,计算机学习,计算机自适应系统等,内容很多。我们在麻省理工学院参观了人工智能实验室,他们用终端显示器给我们进行了表演。在显示屏上看到有平板,圆柱体,大的和小的立方体,锥体等图形,有一个光标,显示屏上还有一个区域供文字的显示之用。表演的时候,人用键盘输入文字命令,执行的情况由显示器显示出来:

人:把锥体从平板上取走