

电子计算机的发展现状及应用*

中国科学院力学研究所 刘尊全

近年来由于电子计算机的迅速发展,它的应用范围日益广泛,目前已深入到国民经济的各个领域,越来越多地引起人们的重视。

电子计算机到目前还只有二十多年的历史,但已发展成为一门极其重要的尖端技术。自从1947年美国建造了第一台电子数字计算机ENIAC,到现在,许多国家建立了计算机工业体系,并且从1965年开始形成一门独立的计算机科学。目前全世界约有16万台电子数字计算机在运行,用于科学计算、实时控制、数据处理和生产过程的自动化等方面。近年来电子计算机产量增加非常迅速,每年近2万台之多。

一、计算机的分类和工作原理

电子计算机是由电子元件或电路组成的逻辑网路,它可以加速计算过程并使计算过程自动化。一般可分为电子模拟计算机和电子数字计算机两大类。

电子模拟计算机也称为连续动作计算机。它是将计算的数目用物理量的大小来代替,对物理量进行运算,运算后仍为物理量,最后再转换为数目。计算尺就是一种简单的机械模拟计算机,它用长度表示数目。电子模拟计算机由加法器、比例放大器、积分器、函数装置和乘除装置等部件构成,它具有结构简单、解题灵活的优点,但精确度受到机器本身的限制,使用范围受到一定的影响。

电子数字计算机又可分为通用数字计算机和专用数字计算机。一般而言,通用数字计算机比专用数字计算机复杂,用途更广泛。本文主要介绍通用电子数字计算机。

通用电子数字计算机主要由存贮器、运算器、控制器和输入输出器组成(图1)。存贮器是存贮代码的装置,用来保存和记录原始数据、运算步骤及中间结果,它又分为内存贮器和外存贮器。内存贮器也称为主存贮器,它可以直接和运算器联系。现在大多采用磁芯存贮器作为内存贮器。磁芯是铁磁性材料的小环,很容易被磁化,磁化以后能长期保存磁性。只有通过反方向的电流,才能改变磁芯的磁场方向。磁芯只能有两种状态,分别表示为“1”和“0”的状态,因此用磁芯来做二进制指示器(图2)。近年来国外采用半导体存贮器也较广泛。外存贮器一般由磁鼓、磁带或磁盘组成,它与运算器不发生直接联系,可以和内存

*1973年2月17日收到,8月28日收到修改稿。

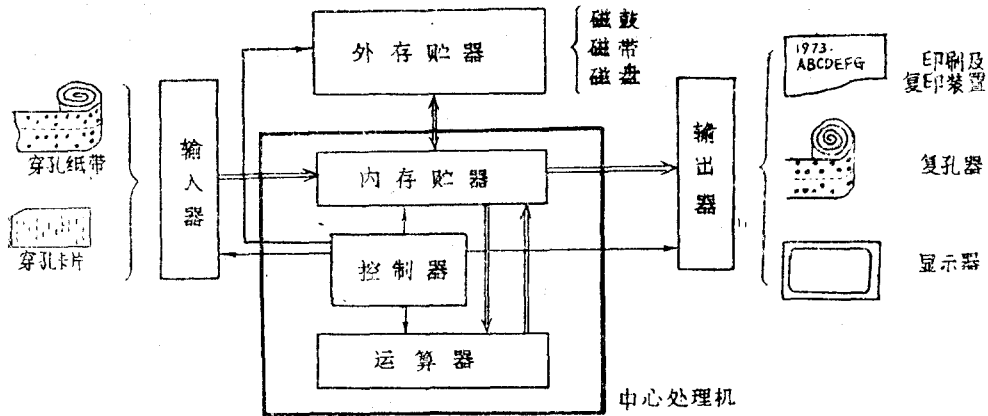


图1 电子计算机的基本结构

⇒表示传送代码路线 →表示控制路线

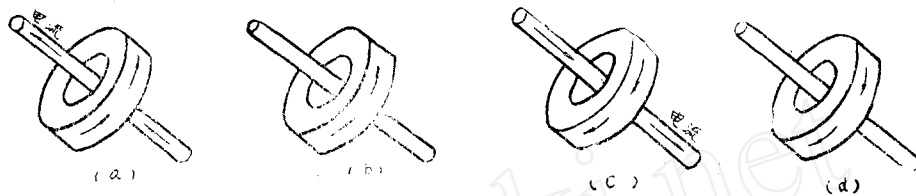


图2 磁芯工作原理

- (a) 电流通过导线，磁芯被磁化。
- (b) 电流消失，磁芯仍保留磁化。
- (c) 电流反向，磁芯磁化方向亦反向。
- (d) 电流消失，磁芯保留磁化。

贮器成批交换代码。

存贮器可以有成千上万甚至几百万个单元，用来存贮代码。存贮器的单元数目称为存贮器的容量，用K的倍数来表示， $1K = 1024$ 个单元。例如主存贮器是32K，即有32768个单元。外存贮器通常具有较大的容量。

运算器是对代码进行算术运算和逻辑运算等各种运算的装置。

控制器用来实现机器各部分的联系和控制，保证计算过程的自动进行。

输入器用来输入原始数据和计算程序，可采用穿孔纸带、穿孔卡片、磁带或磁盘等来输入信息。

输出器用来输出计算结果，可采用电传打字机来印刷结果，用显示装置和X—Y绘图仪来绘制图形，也可用穿孔纸带、穿孔卡片、磁带或磁盘等方式来输出工作结果。

计算机本质上是一种记录数字、运算数字并给出数字结果的机器。电子计算机并不神秘，其原理很简单。算盘就可以看作是一台最简单的数字计算机。例如我们要用算盘进行一些运算，通常是用笔把要计算的数字写到一张纸上，这相当于存贮器。算盘本身相当于运算器。人用手拨珠子并决定进行何种运算（例如加法或者乘法），这相当于控制器。所不同的地方，算盘是一颗一颗珠子地拨算，而且要考虑对中间结果的处理，电子计算机则是每秒可以自动进行几万次、几十万次以上的运算。

对于科学研究中的计算问题，通常情况下首先要建立数学模型。例如要计算流体动力学的问题，就要先写出相应的一组偏微分方程，然后寻找计算的方法，将微分方程化成差分方

程。其次要把解题步骤写成机器所能完成的一系列基本运算和操作，这就是程序设计。程序是为了完成一定运算而编的一串指令，每一个指令对应于机器的一种确定的操作。最后将程序用穿孔机穿孔，上机计算，得到所求的结果（图3）。对于较复杂的问题，中间还要经过调试过程，用以保证所编程序的正确性和机器计算结果的正确性。

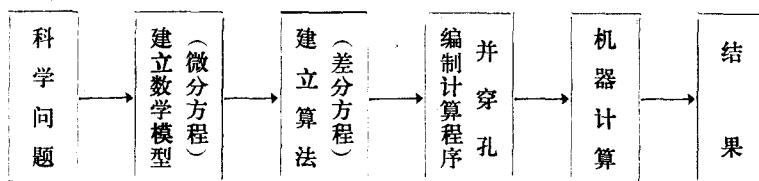


图3 解题过程

近年来随着计算机科学的发展，越来越多地采用算法语言来编制程序，即按照一定的“语言”将算法写成“文章”（即源程序），再穿孔上机，经过机器的编译系统自动编译成目标程序（即结果程序，是指令形式），然后算出结果（图4）。这样就大大简化了编制程序的工作。

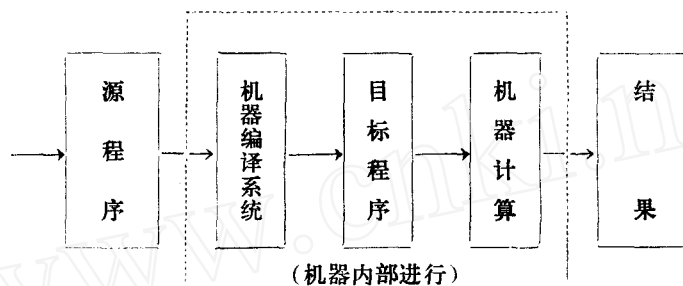


图4 用算法语言的解题过程

作，节省了大量烦琐的劳动，并且使计算机可以广泛推广使用，为广大工程技术人员使用计算机打开了大门。

二、国外电子计算机发展现状

电子计算机问世以来，已经历了三个发展阶段，现正朝着大规模集成电路的第四代计算机过渡，平均每7年左右换一代。第一代（1947—1957）是电子管计算机，采用磁鼓作存贮器。第二代（1958—1964）是晶体管计算机，内存贮器主要采用磁芯，外存贮器大量采用磁盘，输入输出方式有很大发展，有了机器语言编译系统。第三代（1965—1972）是固体组件计算机（主要采用集成电路或中规模集成电路），已形成计算机系列，计算机有了分时系统和操作系统。所谓分时系统（time sharing system），就是机器一次可接受多道题目，然后机器本身安排计算，可以更有效地利用机器。建立了分时系统和操作系统后，计算机的使用便逐步走向社会，形成了计算机网。计算机的运算速度和存贮器容量方面都有显著的提高，特别是终端（terminal）的出现，使得在几公里甚至几千公里远的地方，都可以使用计算中心的机器来解题。计算机开始大量采用终端设备。第四代（自1972年开始）是大规模集

成电路计算机。1970年出现的美国IBM 370系列计算机，被称为第三代半计算机，即向第四代过渡的计算机。

近年来电子计算机的产量增长十分迅速。1970年美国生产了约18000台，每年增长近30%，约三、四年增长一倍。日本约二、三年增长一倍。美国计算机安装台数居世界第一位(表1)。日本安装的三分之一是美国制造的，英国的二分之一是美国制造的。美国主要制造公司有七家，规模最大的是国际商业机器公司(International Business Machines Corporation, 简称IBM)，它是世界上最大的计算机垄断企业。苏修安装的计算机见表2，它通过“经互会”对东欧一些国家进行垄断。

表1 主要资本主义国家计算机安装台数(1971年底统计数字)

国 别	计算机累计安装数	国 别	计算机累计安装数
美 国	84600	法 国	6700
日 本	11237	加 拿 大	3800
西 德	9186	意 大 利	3300
英 国	7600		

表2 苏联等国家计算机安装台数(1971年统计数字)

国 别	台 数	国 别	台 数
苏 联	7000*	匈 牙 利	70
保 加 利 亚	27	波 兰	140
东 德	135	罗 马 尼 亚	20
捷 克	265	南 斯 拉 夫	120

* 苏联的具体数字不详，这是估计数字。据日本刊物报道，苏联1969年产量为1700台，估计到1975年总数可达13000台。

在资本主义世界，美国电子计算机的技术水平最高，从1969年开始制造每秒运算一千万次以上的计算机，现在每秒运算一亿次的计算机已经投入运行。美帝苏修为了称霸世界，疯狂进行扩军备战，在军事和国防部门大量使用计算机，用于导弹核武器和各种飞行器的研究设计、卫星和宇宙飞船的发射、军事指挥和控制系统、侦察系统、防空系统、防潜系统等方面。例如，美国正在研制的每秒运算上亿次的CDC STAR-100型计算机，就是准备安装在原子能委员会。美国工业部门也大量采用计算机，用于航空、化学、石油、汽车制造、冶金、电力工业等部门。工业部门安装的计算机，首先用于技术设计(包括研究、设计、模拟、绘图、实验分析、资料检索等)，其次用于生产管理和业务经营(包括企业管理、采购销售及人事管理等)。美帝波音公司采用计算机，使波音727型喷气客机研制周期缩短两年。美国重工业部门采用计算机也很广泛，在降低生产成本和增加产量方面收到了显著效果，如美国一座日产2000吨生铁的高炉，采用计算机控制后，焦炭消耗量下降5%，产量提高3%，每年可收益80万美元。美国政府部门、金融保险、证券交易、商业部门、高等学校、通讯、出版、广播和医疗部门也大量采用计算机。在科学研究领域，值得指出的是高能物理方

面,过去一个人一天仅能分析几十张照片,采用计算机后,一天可分析二万多张微粒子运动轨迹的照片,提高工作效率近1000倍。据1970年美国《计算机与自动化》杂志报道,计算机应用范围已达二千多种。

日本计算机工业发展很快,在工业部门采用计算机,大大加速了生产过程的自动化。例如,日本一灯泡厂,利用计算机控制生产过程,只用二个人生产,三个人检验,每小时生产灯泡3600个,大大提高了产量,降低了成本。

近年来电子技术发展非常迅速。据统计,电子电路的尺寸,大约每五年缩小十分之九,自1950年以来,电子电路的尺寸已缩小为原来的万分之一。目前各国都把电子工业的重点放在制造大规模集成电路的研究方面,并且取得了相当大的进展。例如,美国柯盖(Cogar)公司在8平方毫米硅片上作到集成度相当于15000个晶体管。美国贝尔(Bell)公司制造的电视摄像管,在1/2平方吋(相当于3.3平方厘米)的靶上的集成度相当于75万个二极管,每个二极管的直径仅为三亿二千万分之一吋。现在已经制造出含有数千个电路的模片。近年来在高速和小型化方面取得相当大的进展,同时在元件可靠性方面也有显著提高,失效率达到 10^{-9} — 10^{-11} 。

近年来,国外相当重视小型计算机(minicomputer)的研制,其特点是体积小(多为 $50 \times 50 \times 30$ 厘米³),重量轻(20—50公斤),采用磁芯存储器,内存一般为4K—32K,可靠性高(平均无故障时间4000—20000小时),在一般条件下即可工作,使用安装方便,不需要另外建筑面积,并且配有和大型计算机通用的软件。这种计算机可用于科学研究和生产控制过程,特别适合中小工厂使用。美国代表性的产品是PDP—8型、PDP—11型、NOVA型。例如,NOVA型计算机每秒运算80万次,采用集成电路,整个机器只有四块插件,内存可扩充到32K,无故障时间4000小时以上,价格1万美元左右。目前国外还畅销一种袖珍电子计算器,其作用相当于一般的台式电动计算机。由于采用大面积集成电路新技术,整个机器小巧玲珑,可放在衣袋里随身携带,便于工程技术人员使用。例如,美帝Hewlett-Packard公司生产的HP—35型袖珍计算器(图5),采用五片金属氧化物大面积集成电路(每片约相当于6000个晶体管),体积为 $15 \times 8 \times 3$ 厘米³,重量(包括电池)255克,计算有效位数10位,售价395美元,是1972年初的产品。

近年来,国外很重视终端设备的研制。终端可以说是机器本身的延伸,最简单的终端就是一台控制打印机。终端又分为普通终端和通讯终端。通讯终端是通过通讯系统来连接计算机,可把相距几千公里远的终端和计算机联结起来。打一个比喻:如果把通话看成是计算,则计算中心相当于电话局,每一个普通用户的电话机就是一个终端。顺便指出,日本东京和大阪之间就可以利用电话算题,每秒交付相当于人民币2分钱。到1972年,美国已生产24万台终端设备。

在输入输出装置方面,目前国外开始采用软盘,其最大优点是可根据需要来更换盘上的信息,具有可擦去性,并且携带方便。它发展很快,有代替穿孔卡片的趋势,值得重视和研究。

计算机应用范围极为广泛,而且收效非常显著,因此在一些资本主义国家掀起了一股计算机热,拼命发展计算机工业。它们把计算机当成牟取暴利的重要手段,垄断企业之间互相倾轧,互相保密,实行技术封锁,甚至互相吞并。例如,去年年初,意大利奥利维蒂(Olivetti)公司的计算机部门被美国通用电气公司吞并,西欧四大计算机公司中的三家,即西德的西门子、荷兰的飞利浦、法国的国际信息公司(CII)不得不合并经营,以此来对抗美

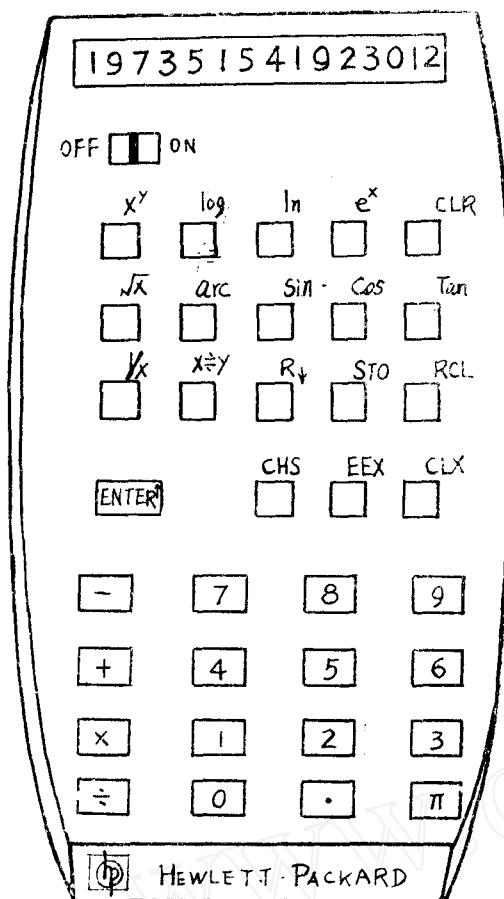


图5 HP-35型袖珍计算器面板

国垄断企业的竞争。

电子计算机发展到今天，还只是一个初级阶段。目前，国外正着手研究所谓“人工智能”(artificial intelligence)问题。将来的计算机可以做一些迄今为止人们认为是智力的活动。例如，美国研制的一种自学习机，经过两个小时左右的训练，就能正确分辨出超声波是潜艇还是海豚发出来的，这种机器已被美国国防部门正式采用。尽管将来计算机的功能会越来越大，但是绝不能说计算机可以代替人，因为计算机终究是由人来设计制造的。在一定程度上讲，只能说将来的计算机，可以减轻人的更多的劳动。国外有人认为，目前人类正面临着一次新的技术革命，如果把未来的智能机比做现在的电子计算机，那么现在的电子计算机只能比做算盘。当然，这还只是一种推测，有待于实践的证实。

三、软件——计算机与使用者之间的桥梁

60年代中期形成的计算机科学，其主要内容包括自动机理论，逻辑设计，数据处理，信息加工，数值计算方法，机器语言编译系统等。

现在通常将电子计算机分为硬件和软件两部分。硬件(hardware)是指电子元件和电路构成的运算器、存储器、控制器、输入和输出装置。软件(software)是指为了提高机器使用效率而编制的机器语言程序。软件基本上可分为两大类：面向机器的语言程序和面向问题的语言程序。面向机器的语言程序主要指操作系统和管理程序，由于这方面软件的发展，使用者就不必直接与机器打交道，并且机器可同时接受多个使用者的题目，大大提高了机器的使用效率。这方面的软件比较接近机器。面向问题的语言程序主要指用算法语言写成的解决各种问题的程序，目前这方面的软件已达2300种之多。这类软件比较接近使用单位。软件是计算机和使用者之间的桥梁(图6)，为计算机的广泛应用创造了极其有利的条件。目前各国都投入大量人力从事软件方面的研究工作，如美国硬件与软件人数之比为1:3，日本为1:4(日本硬件方面25万人，软件方面109万人)。软件的发展，把计算机从专业人员手中

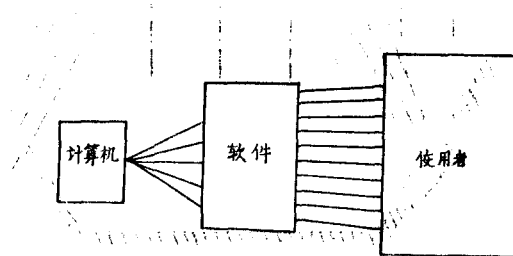


图6 软件的作用

解放出来，成为一般工程技术人员甚至中学生都可以使用的计算工具。

现在常用的算法语言已达几十种。西方各国自1958年以后都采用算法语言编制程序。用于科学计算方面的语言主要是国际算法语言 ALGOL-60 和公式变换语言 FORTRAN-IV (FORTRAN是Formula-Transformation的缩写)。我国用于科学计算方面的语言是 BCY 语言(“编译程序初始语言”的汉语拼音 Bianyi Chengxu Chushi Yuyan的缩写)。算法语言的基本思想是：要作何种运算和操作，在进行之前要按规定的定义和语法加以说明。这种语言很容易学习和掌握。例如，要计算两个都是50阶的方阵A和B的乘积

$$A * B \Rightarrow C, \quad C_{ij} = \sum_{k=1}^{50} a_{ik} b_{kj}$$

用算法语言BCY写出的一个计算程序如下：

```

始   场 A, B, C(1:50, 1:50);
      输 + A, B;
      对于 i=1到50 步长1 执行
        对于 j=1到50 步长1 执行
          始 0 ⇒ C(i, j);
          对于 k=1到50 步长1 执行
            A(i, k) * B(k, j) + C(i, j) ⇒ C(i, j)
          终;
        印 + C;
      停
  终

```

这个例子表明，采用算法语言，只用几个语句就表达了一个完整的计算程序。如果不用算法语言，就需编出近百条指令的程序，而且还容易写错。

按照算法语言，把各个领域不同类型的问题写成标准程序，建立起完整的程序库，是目前各国推广使用计算机方面卓有成效的方法之一。例如，英国国际电子计算机有限公司 (ICL) BIRS 程序系统的结构分析程序，采用有限元法 (finite element method) 进行梁的设计，可以对连续梁、平面框架、空间框架进行应力分析。使用者只要给出参数数据、几何尺寸、负载，在小于12个跨度和每跨小于19个截面的情况下 (图7)，使用结构分析程序就可计算出结果和绘制出施工图。这样便可选择合理的设计方案，节省材料，缩短设计周期。

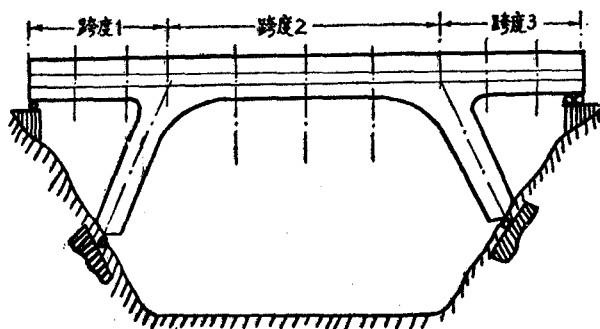


图7 桥梁结构分析

最近美英等国普遍采用加拿大滑铁卢大学研究出的一种科学计算语言 WATFOR，它比 BASIC 语言简便，易于普及推广，值得重视和研究。目前各国还在图象识别方面作了大量工作，并颇为重视会话语言的研究。

计算机的辅助设备也取得很大进展。计算机配备 X-Y 绘图仪，就可直接输出图形曲线。它还广泛配备复印设备。于是不但可得到数据结果，还可直接得到各种图表、曲线、施工图，大大

减轻工程设计人员的劳动。它还可通过显示装置呈现图形，并且可以自动照相。特别有趣的是，通过坐标变换可解决暗藏线问题的计算，还可将显示的图形移动或旋转。例如，美国化学家用计算机计算出新的高分子化合物，并且显示出三维可旋转的彩色立体图形，大大扩展了研究领域，这被称为科学上取得的一项重大成就。建筑设计部门可以利用显示器，从各个不同的角度观察设计的图形，并且可利用光电笔直接在屏幕上修改设计方案。电子计算机不仅可以进行大量的计算工作，还可进行工程设计、信息加工，因此有人认为将计算机称为“信息处理机”更为合理。

四、大力推广使用电子计算机

在党中央和毛主席的英明领导下，在“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的指引下，我国社会主义革命和建设事业取得了伟大的胜利。我国自1956年开始建立计算机事业，于1959年10月1日研制成功我国第一台大型电子管通用数字计算机。帝国主义、社会帝国主义都把计算机作为战略物资对我们实行禁运，千方百计地对我国进行封锁。但是，中国人民坚持自力更生的方针，建立了自己的计算机工业体系，现在已经能够自己设计制造每秒运算百万次的电子计算机。最近北京大学、北京有线电厂和燃化部有关单位共同设计制造成功我国第一台每秒运算百万次的集成电路大型电子计算机，已经正式交付使用，性能稳定，质量达到设计要求。为了适应社会主义建设的需要，电子工业部门正进一步狠抓计算机系列化，提高可靠性，并研制大规模集成电路计算机。

我国自己研制的计算机已经在加强国防和建设社会主义中发挥了巨大作用。在史无前例的无产阶级文化大革命中，我国成功地发射了导弹和人造地球卫星，以无可置辩的事实说明了我国计算机科学已发展到了相当高的水平。1958年人民大会堂的设计和文革中建造的首都体育馆，都用计算机进行方案设计。为我国社会主义建设作出了巨大贡献的大庆油田、玉门油田等工业部门也安装了电子计算机。我国自1959年开始运用计算机来预报天气。近年来，在通讯、电力、钢铁、造船、铁路运输等产业部门使用计算机的单位日益增多，并且收到了显著的效果。例如，上海港过去由于未充分了解潮汐变化情况而使巨型轮船不能及时进港出港，装卸货物受到一定的影响，后来用计算机只算了5分钟，就准确预报了1年间的潮汐变化情况，为发展生产创造了有利条件。北京很多产业部门，如光学仪器工厂，由于采用计算机进行设计，使产品质量有显著提高，增加了产量，降低了生产成本。

随着我国社会主义建设事业的发展，国民经济中使用计算机的部门日益增多，应用的范围也更加广泛。我们优越的社会主义制度，为发展我国计算机事业开辟了广阔的前途。

为了大力普及和推广计算机的使用，按照部门或地区来建立计算中心，是一个很有成效的方法。在这方面，上海地区取得了较好的成绩。上海市计算中心成立只有两年时间，由于领导重视，在有关部门大力支持下，计算中心人员主动送货上门，先后调查了二百多个产业部门，现在全市有一千多个单位到计算中心算题，通过举办短期训练班，有五百多个单位已经可以自编程序。特别可喜的现象是，在上机算题人员中工人约占五分之一。在北京，计算研究所的同志开办了计算机学习班，前后有一千多人参加学习，为推广使用计算机创造了有力条件；清华大学在全校举办计算机学习班，在工农兵新学员中普及使用计算机，科研工作取得了丰硕成果，例如，建筑工程系的师生深入现场调查，通过计算机对4000多个不同情况的厂房进行计算，取得近40000个厂房空间工作数据，这项成果已由有关部门列入国家设计规

范。

在科研单位大力普及使用计算机，是多快好省地发展我国科学事业的重要途径之一。力学是与数学联系最紧密的学科之一，当今计算机已经成为力学研究的重要工具，国外对力学方面数值计算方法的研究工作取得了很大进展，例如高阶稀疏矩阵技术，非线性可压缩流体力学，高温情况下物质的相互作用，高维非线性问题的求解，辐射流体力学等等。利用计算机不仅可以解决大量的复杂的计算问题，大大缩短工作周期，而且可以建立所研究问题的数学模型，在计算机上进行数值试验，适当地配合通常所进行的材料实验，就可以从若干个甚至几百个方案中选取最佳设计。这样可为国家节省大量资金，同时科学研究的成果在质和量方面都可以显著提高。

在国内外一派大好形势下，领导重视，大家动手，打破对计算机的神秘观点，在科研领域中更加广泛使用电子计算机，一定能够促使科研工作取得更丰硕的成果，为我国社会主义建设事业做出更大的贡献！