

ENCYCLOPEDIA
OF COMPUTER
SCIENCE AND TECHNOLOGY

计算机
科学技术
百科全书



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

TP3-61

51

ENCYCLOPEDIA
OF COMPUTER
SCIENCE AND TECHNOLOGY

计算机
科学技术
百科全书



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

(京)新登字 158 号

©清华大学出版社, 1998, 北京。

本书之文字、图表、照片未经著作权人许可, 任何人不得翻印、复制。版权所有, 盗版必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机科学技术百科全书/张效祥主编. —北京: 清华大学出版社, 1998. 8
ISBN 7-302-02970-9

I. 计… II. 张… III. 计算机科学 - 百科全书 IV. TP3 - 61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 12123 号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学校内, 邮编 100084)

[http:// www.tup.tsinghua.edu.cn](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)

印刷者: 清华大学印刷厂

发行者: 新华书店总店北京科技发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 80 彩页: 6 字数: 2709 千字

版 次: 1998 年 8 月第 1 版 1998 年 10 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-302-02970-9/TP·1573

印 数: 5001~11000

定 价: 180.00 元

《计算机科学技术百科全书》编撰委员会

名 单

主 编 张效祥

副主编 徐家福 夏培肃 杨芙清
董韫美 李三立 杨天行

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 珊	王行刚	王惠通	王鼎兴	王能斌
石纯一	朱三元	刘叙华	刘钊刚	过介堃
许卓群	孙钟秀	李 未	李三立	李幼哲
时万春	苏东庄	汪成为	何成武	何志均
杨天行	杨芙清	陈火旺	陈玉霜	陆汝钫
施伯乐	郑国梁	张 伟	张 修	张江陵
张兆祺	张效祥	张梓昌	张福炎	施鸿宝
赵沁平	俞士汶	郝克刚	徐家福	翁瑞琪
唐泽圣	夏培肃	康立山	曾茂朝	董士海
董韫美	童 颖	谢 立	潘云鹤	鞠九滨

各学科分支主编、副主编及编委名单

1. 计算机科学理论

主 编 陈火旺

副主编 李 未

编 委 王兵山 李 祥 李 廉 李晓梅 徐美瑞 殷建平

2. 计算机组织与体系结构

主 编 李三立

副主编 李国杰 陈玉霜 童 颖

编 委 王爱英 张公忠 张学孝 张尧学 郑衍衡 唐 毅
蔡莲红

3. 计算机软件

主 编 杨芙清

副主编 董韫美 谢 立 董士海

编 委 朱三元 郑国梁 施伯乐 郝克刚 王立福

4. 计算机硬件

主 编 时万春

副主编 刘钊刚 张江陵 杨荫溥

编 委 过介埜 周学仁 林 兼

5. 计算机应用技术

主 编 何志均

副主编 唐泽圣 王能斌 潘云鹤

编委 曹右琦 苏东庄 张福炎 俞志和 孙优贤 肖田元
熊光楞 翁瑞琪 应晶

6. 人工智能

主编 刘叙华
副主编 石纯一 赵沁平 史忠植
编委 李志林

编撰委员会办公室人员名单

主任 过介堃
副主任 张兆祺 张 伟

责任编辑名单

潘真微 刘明华 金文织 王仁康 张兆祺 刘元元

前 言

半个世纪以来,计算机科学技术以磅礴之势迅猛发展,它以非凡的渗透力与亲合力,深入人类活动的各个领域,对人类社会的进步与发展产生了巨大的影响。计算机应用于科学研究,大大增强了人类认识自然与开发、改造和利用自然的能力,促进了现代科学技术的发展;计算机应用于生产,大大提高了人类物质生产水平和社会生产率,促进了经济的发展;计算机应用于社会服务,大大扩大和改善了服务范围与质量,提高了工作效率,推动社会进步;计算机应用于社会文化,为人类创造文化提供了现代化工具,改变了人们创造和传播文化的方式、方法和性质,大大扩展了人类文化活动的领域,丰富了文化的内容,提高了质量;计算机进入办公室、家庭和为个人所拥有,正改变着人们的工作方式和生活方式。计算机科学技术对一个国家在政治、经济、科技、文化、军事、国防等方面发展的催化作用和强化作用,都具有难以估量的意义。它已在世界范围内形成一种现代文化。计算机科学技术在即将来临的新世纪中,必然会成为人类的重要基础文化知识之一。《计算机科学技术百科全书》(以下简称《全书》)就是迎接时代的需要,为推动我国计算机教育的普及与深入,为提高全民族计算机科学技术文化素质,为促进计算机学术研究与产业发展而撰写的。

50年来,计算机已发展为范畴宽广,内涵丰富的科学技术和规模恢宏的新兴产业。计算机与通信的融合和全球性联网,更赋予它未可限量的发展前景。《全书》力求涵盖计算机科学技术发展50年来的主要成就,广收博取,深入浅出,以通俗精练的文体,比较系统全面地介绍学科的基本知识,既适于各行各业广大读者查询,也可供计算机专业人员参阅,并作为向深广发展的桥梁与阶梯。

《全书》根据计算机学科的内在线索、相关程度与性质特点,划分为“计算机科学理论”、“计算机组织与体系结构”、“计算机软件”、“计算机硬件”、“计算机应用技术”和“人工智能”6大分支,按4级框架,共设置1293个条目200多万字。由于中文信息处理是我国及全球汉字通用地区计算机应用中的重要技术,特在“计算机应用技术”分支中,设置有关中文信息处理条目80余条,以供读者查阅。《全书》按照不同层次与内容涉及范围,将条目释文分为大、中、小3类。在释文中有一定释义的常用名词术语还择要列作“主题词”者共约1031个,与条目一起编入内容索引中,以利查阅。《全书》“总论”全面综览了计算机科学技术的内涵与对人类社会发展的巨大作用与深远意义,以引导读者全面、科学地认识计算机科学技术。《全书》设附录3种。

《全书》的撰写,着重于以简练、概括的笔触给每个条目以确切的定义和明确、完整的内容,取材于肯定成熟的知识,言必有据,确切可信。

《全书》在中国计算机学会、我国多所著名院校和计算技术研究所以及清华大学出版社等的支持和直接参与下,于1993年6月着手开展工作,至1996年12月完成全部编审,历时3年有余。有分布于全国的约400名专家、教授参与了撰写和审稿。《全书》是我国计算机学术界一部集体智慧的巨著,实现了大家多年来的共同愿望。

对《全书》不足之处,欢迎广大读者不吝赐教。

《计算机科学技术百科全书》编撰委员会

1997年2月

凡 例

1. 本书是全面、系统、科学地介绍计算机科学技术知识的专业性百科全书。全书按6个学科分支(计算机科学理论、计算机组织与体系结构、计算机软件、计算机硬件、计算机应用技术、人工智能),4级框架的层次设置了1 293个条目。它们构成了计算机科学技术完整的知识主题系统。

2. 条目分类目录由条目的题名组成,它们按学科分支的框架层次编排,体现了计算机科学技术所涵盖知识的内在联系、相关程度和性质特点。可以说,它是全部条目的系统表。

目录中有的条题名没有注明页码,表明该条题没有释文。设置这些条题的目的是为了完整地表示一个学科分支的科学体系。例如,计算机应用技术分支中的“汉字及其属性”条题名。

目录中有的条题名会在两个分支内出现,说明它在两个学科分支体系中都有其作用。例如“自然语言理解”条题名在计算机应用技术分支和人工智能分支中均存在。

3. 本书条目按条题名汉语拼音字母顺序排列。第一字同音时,按其音调的四声顺序排列;同音同调时依次按笔画多少和笔顺排列;如完全相同,则按第二字,余类推。非汉字开头的条题名排在汉字条题名之后。依次为英文字母、希腊字母和阿拉伯数字开头的条题名,它们分别按字母顺序和数的顺序排列。

4. 全书的“参见”体系有两类情况:一类是两个条目释文内容相同但有两种条题名,则在一个条题下有释文,对另一个条题则注明“参见×××”。例如,“MS窗口系统”条题内注明了“参见 **Windows 操作系统**”。另一类是在一个条目的释文中阐述的部分内容另有专条论述或与其有关,则以“参见”方式表示。若参见的条题名在释文中出现,则该条题名用黑体字排出;若条题名在释文中不出现,则加括号,并在括号里注明参见的条题名,同时用黑体字排出。

5. 释文内用魏碑字体排出的主题词(如**计算机局域网**)是未被本书列为条目而在文中有定性叙述或较多阐释的知识主题。

6. 本书的检索系统有:条目汉语音序索引、条目外文索引和内容索引。

内容索引中包含了全部条题名和释文内的主题词。这些主题词用魏碑字体标示,有的层次标题又是主题词,则其字体不变。

7. 书末有3个附录。附录Ⅰ为书中出现的部分英文科技名词的缩略语表。附录Ⅱ为计算机及相关学科科技期刊名录,包括中国期刊和外国期刊。附录Ⅲ为计算机及相关学科学术团体名录。

8. 书中科学技术名词采用全国科学技术名词审定委员会公布的名称。尚未公布的则采用本专业中惯用的名称。

书中采用由国家技术监督局发布的《量和单位》中所规定的物理量及其单位。对一些非法定计量单位则依惯例全书统一,并给出与法定计量单位的换算关系。对计算机技术中常用的单位做到全书统一,如用 B 表示 byte, b 表示 bit, kB 表示 1 024 byte。

外国人名已有通用中文译名者,如牛顿、傅里叶,按译名写出;其余的在文中第一次出现时加括号写出原文。对专业性较强的条目,其中外国人名不予翻译。

计算机科学技术总论

基本概念

计算机是一种现代化的信息处理工具。它对信息进行处理并提供所需结果。其结果(输出)取决于所接收的信息(输入)及相应的处理算法。

计算机科学技术是研究计算机的设计与制造和利用计算机进行信息获取、表示、储存、处理、控制等的理论、原则、方法和技术的学科。它包括科学与技术两方面。科学侧重研究现象与揭示规律;技术则侧重研制计算机及使用计算机进行信息处理的方法与技术手段。科学是技术的依据,技术是科学的体现;技术得益于科学,它又向科学提出新的课题。科学与技术相辅相成、互为作用,二者高度融合是计算机科学技术的突出特点。

计算机科学技术除了具有较强的科学性外,还具有较强的工程性,因此,它是一门科学性与工程性并重的学科。计算机科学技术的迅猛发展,除了源于微电子学等相关学科的发展外,主要源于其应用的广泛性与强烈需求,它已逐渐渗透到人类社会的各个领域,成为经济发展的倍增器,科学文化与社会进步的催化剂。应用是计算机科学技术发展的动力、源泉和归宿,而计算机科学技术又不断为应用提供日益先进的方法、设备与环境。

计算机科学技术发展迅速,还因为科学技术成果逐步转化为商品,形成开发、生产、销售、服务、培训配套的,年销售额达数千亿美元的全球性巨大的计算机产业。产业是计算机科学技术发展的依托。计算机科学技术为产业提供新思想、新方法、新技术、新工艺,更新产品,拓宽市场,增强竞争力。而产业则为科学技术的研究开发提出课题,提供资源,从而构成计算机事业发展的良性循环。总之,计算机、计算机科学技术、计算机产业三者的关系是:计算机是计算机科学技术的基本研究对象,是计算机产业的基本商品;计算机产业是计算机与计算机科学技术的依托;计算机科学技术则是计算机、计算机产业发展的生命源泉。三者又同时限定和制约于经济发展、社会发展以及相关学科的发展。

巨大作用

计算机是20世纪40年代人类的伟大创造。它对人类社会的进步与发展作用巨大,影响深远。

1. 开拓了人类认识自然、改造自然的新资源

人类最早认识和开发的是物质资源,把它转化成材料,制作出简单的工具,从事个体、家庭或小作坊式的生产,这种生产方式的生产率低下,以致社会经济发展缓慢,形成几千年的农业社会自给自足的自然经济。18世纪以蒸汽机发明为代表的产业革命兴起,开始了能源的开发和利用,把它转化为动力,制造出各种自动的机器作为生产工具,有效延伸了人的体能,劳动生产率显著提高,使人类进入大规模生产的工业化时代,形成以商品生产与交换为标志的市场经济。工业化为人类创造了巨大的财富,促进了社会经济的繁荣与发展,但同时也带来了非再生物质资源和能源的大量消耗与浪费。人类发现信息这一战略资源,还是近几十年的事。现代科学技术的进步,特别是计算机的出现,使人类从此有了自动化、信息化和一定智能化的强大工具,以开发利用信息资源,把它转化为知识产品,促使物质生产水平和社会劳动生产率空前提高,开创了信息时代的新纪元。以计算机为核心对信息资源的开发和利用,使物质和能源资源的效益得以更加充分、高效的发挥,人们能以合适的物质和能量创造出高质量产品,其增值来源于信息和知识。计算机与通信的融合,建立大规模高速信息网和信息高速公路,必将深刻影响人类的生产与生活方式,形成以信息和知识产品为特征的“信息经济”和“知识经济”。计算机的出现,使人们在物质和能量两大战略资源外,开发和利用了“信息”这一新的战略资源,开拓了人类认识自然、改造自然的新资源。

2. 增添了人类发展科学技术的新手段

长期以来,人类发展科学技术依靠两大传统手段,即理论推导与科学实验。这两种手段起过并继续起着基本作用。而计算机的出现,由于其自动、高速进行大量运算的能力和计算的精确性,致使过去科学家穷毕生精力无法办到的事,如今在短短几小时,甚至几分钟内即可变成现实,并能获得单纯依靠理论推导与科学实验难以得到的结果。从而,一方面,使传统物理学、化学、生物学等基础科学的研究进入了新的境界,出现了计算物理学、计算化学、计算生物学、计算力学等新兴学科;另一方面,在诸如电机工程、电子工程、土木工程、建筑工程、化学工程、航空工程、材料工程等工程性学科的研究中,由于利用了计算机这一现代信息处理工具以及计算机科学技术的研究成果,更新了研究手段,加速了它们的发展。同时,由于计算机科学技术与其它学科的融合,出现了人工智能、计算机图形学等交叉学科。此外,计算机用于自然资源开发、重大工程建设与环境保护等方面,正在起到越来越大的作用。计算机已在航空航天、资源勘探、大范围中长期天气预报、材料、遗传工程、核能利用、尖端武器设计等众多领域大量应用,取得了重大经济效益和社会效益。随着计算机应用的不断拓广与深入,以及计算机科学技术的不断发展,必将出现更多新兴交叉学科。计算机和计算机科学技术的出现,在理论推导与科学实验两大传统手段外,又增添了人类发展科学技术的新手段,即所谓“计算”手段。

3. 提供了人类创造文化的新工具

文化是人的行为以及体现在思想、言语、行动、制作中的成果的总体式,是人类创造的

社会精神财富的总和。计算机用于辅助教育,丰富了教育方法。计算机辅助教育以生动的画面和动画图形来描述数学、物理、化学、历史、地理与语文等学科内容,寓教育于娱乐,以形象补充文字,提高了学习者的积极性。计算机辅助教育通过学习者与计算机之间的交互活动,使学习者能自主探索,按需学习,从而培养了学习者的创造思维和主动学习能力,收到传统教育方法难以收到的效果。以计算机为核心的电子照排系统,从文稿起草,编辑,版面编排,到制版印刷,连续完成一系列工序流程,大大提高了文化传播的能力与水平。随着电子印刷的推广,大量图文资料进入计算机软盘、光盘等存储媒体,自然地引发了电子图书的出现,几十卷的巨著存入光盘,既便于携带、查阅,又大幅度降低了出版成本。多媒体技术和超文本结构的引入,更将使电子图书、电子报章成为文化传播的手段。计算机进入美术、影视等领域已成现实。用计算机设计创作的编织、刺绣、服装、地毯、壁纸、工业造型与动画等已进入市场。在计算机上直接完成乐谱制作,用计算机设计舞蹈表演和人体动作等,已引起音乐家、舞蹈家和体操教练等的重视。机器翻译与语言文字识别等技术的进展,将在国际合作和科技文化交流等方面发挥重大作用。在各类学校中,计算机都列为必修课程。社会上各行各业的工作人员由于学会使用计算机,其工作成果与工作效率大大提高。从而,计算机及其使用已成为人类必需的文化内容,成为与语文和数学等同等重要的基础知识。计算机的出现,为人类创造文化提供了新的现代化工具。它改变了人们创造文化的活动方式、方法和性质;拓广了文化活动的领域;丰富了文化的内容;提高了质量;革新了传播手段;改善了学习条件;增强了传播能力,使之达到前所未有的水平。

4. 引起了人类的工作方式与生活方式的变化

计算机进入办公室、家庭和个人之手,使人类的工作方式与生活方式正在经历着巨大变化。社会与经济的发展使各类社会组织如政府机关、企业事业部门、金融商业机构、社会团体等的业务信息急剧增长,决策处理科学化和时效性要求大大提高,传统的工作方式与方法已不能保证质量要求和决策水平。计算机技术、通信技术与各种办公设备相结合,使人类的工作方式与方法产生了巨大变革。人们用计算机进行文字处理;用电子报表、图形、图象、声音等多媒体技术来表示工作中复杂、生动的实际情况;用电子邮件保证部门间信息传递的及时、方便与可靠;电子会议改进了会议方式,减少了会务工作,提高了会议效率。计算机、通信网络与各种决策支持系统以及管理信息系统相结合,大大增强了人们掌握工作全局情况和综合分析判断的能力,有效地提高了决策、经营和管理水平。计算机进入家庭给家庭生活带来巨大变化。人们用计算机管理家庭日常事务;对家用设备如照明、煤气、空调、电源,以及门户、烟火安全等进行监控;计算机与市场多媒体数据库相联系,实现在家购物;计算机与医疗中心相联系,实现在家就医;计算机与电视、电话相结合,可获得交互式电视教学、电视游戏、电视点播等服务;通过计算机网络,实现在家办公。笔记本计算机与个人数字助手的发展更使计算机成为易于携带的个人手中的计算工具,并通过通信网络为实现不拘地域、空间均能开展工作提供了条件。总之,计算机、计算机网、信息高速公路等给人类的工作方式与生活方式带来深刻变化,朝向理想的自动化与智能化前进。

发展历程

1. 国际

(1) **电子计算机的诞生** 用于计算的机器可追溯到 17 世纪,那时欧洲的一些数学家就设计制造出纯机械式的数字运算机器。著名的有 1642 年法国数学家 B. Pascal 制成的十进制加法器,1673 年德国数学家 C. N. Leibniz 研制的进行十进制数乘、除运算的计算机。在此基础上英国数学家 C. Babbage 于 1822 年研制成可以运转的差分机模型,1834 年他又设计了一种程序控制的通用分析机,但限于当时的技术条件,未能实现。在 Babbage 分析机之后的几十年间,数字式计算机的研究出现了停滞,但有一批物理学家用物理方法探求计算工具的新途径,兴起了模拟计算机的研制。模拟计算机借助连续物理量运算求解问题,用物理过程来模拟数学方程的解算过程。直到 20 世纪 30 年代模拟计算机仍受重视,但其专用性、低精度、可靠性与稳定性较差等弱点限制了它的推广。另有一类计算机曾在电子计算机出现之前起过重要作用,即 19 世纪末叶由统计工作者 H. Hollerith 等人创造的高级分类统计机。它以机电相结合的结构,采用穿孔卡片作为数据载体,完成分类、统计、制表等一系列计算操作过程。这类机器在 20 世纪 40 年代后逐渐被淘汰。最早采用电气元件研制计算机的是德国工程师 K. Zuse,他于 1941 年完成全继电器式通用计算机 Z-3。其它著名的继电器式计算机尚有由 H. Aiken 于 1944 年完成的 MARK-I 及 1947 年完成的 MARK-II。科学技术的进步,特别是电子学的迅速发展和第二次世界大战对先进计算工具的迫切需要,为现代电子计算机的诞生奠定了社会与技术基础。首先采用电子技术实现的数字计算机为 1946 年 2 月美国宾夕法尼亚大学莫尔学院制成的 ENIAC,它含有 18 000 个真空管,运算速度达到当时继电器式计算机的 1 000 倍,但它没有采用二进制操作和存储程序控制,未具备现代电子计算机的主要特征。1945 年 3 月, J. von Neumann 领导的小组发表了二进制的程序储存式的电子数字自动计算机 EDVAC 方案,1945 年 7 月, J. von Neumann 等人又提出更为完善的设计报告,宣告了现代计算机结构思想的诞生。但由于种种原因,直到 1951 年 EDVAC 才告完成。而英国剑桥大学的 M. V. Wilkes 在 EDVAC 方案的启发下于 1949 年制成的 EDSAC 成为世界上第一台程序储存式的现代计算机。

(2) **器件更新作为计算机划代的标志** 计算机硬件的发展受到电子开关器件的极大影响。为此,器件更新被作为计算机技术进步划代的一种标志。第一代电子管计算机(从 20 世纪 40 年代中期到 50 年代末期)。除了前述的 ENIAC 和 EDSAC 外,最具代表性的尚有 1951 年的 UNIVAC-1 和 1956 年的 IBM-704 等。1951 年由 J. P. Eckert 和 J. Mauckly 主持设计的 UNIVAC-II 是美国批量生产的第一台电子管商用计算机。为军事需要而研制的大型计算机则有 1954 年的 NORC 等。电子管计算机体积大、功耗大、故障率高、运算速度只在每秒一两万次左右。第二代为晶体管计算机(从 50 年代中、后期到 60 年代中期),其主要特征是采用晶体管作为开关元件。和第一代的电子管计算机相比,第二代晶体管计算机具有体积小、可靠性高、功耗低、运算速度快(可达每秒执行百万条指

令)等优点。最初出现的晶体管计算机为 1956 年美国军用的 Leprechan,而美国麻省理工学院于 1957 年完成的 TX-2 对晶体管计算机的发展起了重要作用。这一代计算机的产品主要有 IBM 7040,7070,7090 等。小型计算机则有 IBM 1401。主要的大型计算机有 UNIVAC-LARC,IBM Stretch 以及 CDC 6600 等。第三代计算机(从 60 年代中期到 70 年代初期)以集成电路作为基础器件,这是微电子与计算机技术相结合的一大突破。从而可以廉价构造运算速度快、容量大、可靠性高、体积小、功耗少的各类计算机。1964 年发布的 IBM 系统 360 是第三代计算机的代表性产品,同时为计算机系列化与工业化开创了新局面,其用户遍及各大洲的主要国家。第四代计算机(70 年代中期以来)的主要特征是普遍采用大规模集成电路与超大规模集成电路技术,从而导致计算机硬件价格急剧下降,机器的性能价格比迅速提高。

(3) **计算机应用方式的发展** 在计算机出现初期,所处理的大都是科学计算和工程计算问题,计算量大而数据量相对较少,主要采用批量处理方式。50 年代后期,企业应用逐渐开展,数据处理问题日益增多,这类问题的数据量大,输入输出频繁,计算量相对较少,致使运算部件经常处于空闲状态,为使价格昂贵的计算机资源得以充分利用,以提高计算机系统的实际使用功效,出现了分时处理方式与交互作用方式。70 年代微处理器的出现与 80 年代微型计算机的大发展,使计算机得以进入各行各业、家庭和个人之手,大大加速了计算机的普及应用,出现了所谓个人计算方式。90 年代以来,计算机网络蓬勃发展,大量计算机联入不同规模的网中,大大扩展和加速了信息的流通,增强了社会的协调与合作能力,使计算机的应用方式向分布式和群集式计算发展。

(4) **计算机产品的发展** 计算机发展初期,主要针对具体应用需求研制机器,因此,型号多而产量少。有一定批量的工业生产始于 50 年代前期。随着应用和计算机工业的发展,人们注意到计算机产品继承性的重要性。50 年代后期出现了具有一定兼容关系的计算机系族,IBM 700、IBM 7000 系族为其代表。在这一时期还因为工业、商业、金融业等对数据处理应用的需求,促使小型计算机如 IBM 1401 及 PDP-8 等的发展。1964 年 4 月 IBM 公司发布 IBM 360 系列,对计算机的普及和大规模工业生产产生了重大影响。IBM 360 以统一的体系结构、操作系统、输入输出接口,以及科学计算、数据处理、实时控制等广阔的应用方面,达到大、中、小型计算机之间的兼容,实现了系统的通用化、系列化与标准化,成为计算机发展中的重要策略。CDC,UNIVAC,Burrough 等大公司也都相继推出了系列化产品。系列机大量节约了后继机种的开发成本,缩短了开发周期。尤为重要的是,保护了用户的软件资源积累。70 年代初,Intel 4004 芯片研制成功,为 80 年代微型计算机的大发展奠定了基础,掀起了计算机普及的浪潮。特别是 80 年代后期 RISC 芯片的出现,使芯片运行速度大大提高,90 年代中期的 RISC 处理机每秒可执行几亿条指令。另一方面,由于众多的应用领域要求超高性能的计算机,在 1970 年前后,相继出现了 CDC 7600,STAR-100,ASC 等巨型计算机,其主要特点是:速度快、并行处理能力强。1976 年,Cray 公司推出了 Cray-1 向量巨型机,具有 12 个功能部件,运算速度达每秒 1.6 亿次浮点运算。随着超大规模集成电路与微处理器技术的长足进步和现代科学技术对提高计算能力的强烈要求,80 年代以来,并行处理成为研究的热点。特别是,使用成百上千个微处理器组成的大规模并行处理系统,其峰值运算速度已达每秒几千亿次,成为 90 年

代巨型计算机发展的主流。

(5) **计算机软件的发展** 计算机软件的发展受到应用和硬件发展的推动和制约。反之,软件的发展也推动了应用和硬件的发展。软件的发展经历了如下阶段:从第一台计算机上的第一个程序开始到实用的高级程序设计语言出现以前为第一阶段(20世纪40年代中期到50年代中期)。如前所述,在计算机发展初期,应用领域较窄,主要是科学计算与工程计算。处理对象是数值数据。编制程序所用的工具是低级语言。程序的设计和编制工作采用个体工作方式,强调编程技巧。研究对象是顺序程序。这一阶段主要研究科学计算与工程计算程序、服务性程序和程序库。当时人们对和程序有关的文档的重要性尚认识不足,重点考虑程序本身。那时虽尚未出现“软件”一词,但毕竟由于程序是软件的主体,从发展的连续性来看,仍应将其归为第一阶段。从实用的高级程序设计语言出现以后到软件工程提出以前为第二阶段(50年代中期到60年代后期)。虽然早在1951年瑞士学者H. Rutishauser就提出设计高级语言及其翻译程序,但直到1956年在J. Backus领导下,才就IBM 704机器研制出第一个实用的高级语言FORTRAN及其翻译程序。此后,相继又有多种高级语言问世,著称者有ALGOL 60, COBOL, ALGOL 68等,从而设计和编制程序的功效显著提高。为了充分利用系统资源,产生了操作系统(如IBM 360操作系统)。为了适应大量数据处理问题的需要,研制了数据库及其管理系统。在50年代后期人们逐渐认识到和程序有关的文档的重要性,因此到了60年代初期,出现了“软件”一词,融程序及其有关文档为一体。这时,软件的复杂程度迅速提高,研制周期变长,正确性难以保证,可靠性问题相当突出。到了60年代中期,发生了人们难以控制的局面,即所谓软件危机。为了解决这一危机,人们进行了以下三方面的工作:第一,提出结构程序设计方法;第二,提出用工程方法开发软件;第三,从理论上探讨程序正确性和软件可靠性问题。这一阶段的研究对象增加了并发程序,并着重研究高级程序设计语言、编译程序、操作系统以及各种应用软件。计算机系统的处理能力得到加强,设计与编制程序的工作方式逐步转向合作方式。从软件工程提出迄今为第三阶段(60年代后期以来)。由于大型软件的开发是一项工程性任务,采用个体或合作方式不仅效率低、产品可靠性差,而且很难完成,只有采用工程方法才能适应。从而在1968年的大西洋公约学术会议上提出了“软件工程”的概念。近三十年来,软件领域工作的主要特点是:第一,随着应用领域的不断拓广,出现了嵌入式应用及其软件;为了适应计算机网络的需要,出现了网络软件;随着微型计算机的推广,分布式应用和分布式软件得到快速发展。第二,软件工程发展迅速,开发方式逐步由个体合作方式转向工程方式,形成了“计算机辅助软件工程”。除了开发各类工具与环境,用以支持软件的开发与维护外,还有一些实验性的软件自动化系统。第三,致力研究软件过程本身,研究各种软件开发范型与模型。第四,除了软件传统技术继续发展外,人们着重研究以智能化、自动化、集成化、并行化、开放化以及自然化为标志的软件开发新技术。第五,注意研究软件理论,特别是软件开发过程的本质。

2. 国内

(1) **中国古代的贡献** 中国古代在计算理论与计算工具方面贡献突出。主要发明有四:一为二进制的位。其表示符号为“爻”。爻分阳爻和阴爻。阴爻对应0,阳爻对应1,