



ENCYCLOPEDIA OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY

计算机科学技术 百科全书

(第二版)

Second Edition

主编 张效祥

清华大学出版社

ENCYCLOPEDIA OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY

计算机科学技术 百科全书

(第二版)

Second Edition

主编 张效祥

清华大学出版社
北京

©清华大学出版社,2005,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,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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.—2版.—北京:清华大学出版社,2005.11
ISBN 7-302-10594-4

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(2005)第016121号

出版者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机:010-62770175

地址:北京清华大学学研大厦

邮编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:张兆琪

文稿编辑:相士俊

印装者:北京华联印刷有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:185×260 印张:84.75 插页:1 字数:2679千字

版次:2005年11月第2版 2005年11月第1次印刷

书号:ISBN 7-302-10594-4/TP·7185

印数:1~3100

定价:198.00元

第一版前言

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,推动了社会进步;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联系、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,着意于以简练、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

第二版前言

《计算机科学技术百科全书》(以下简称《全书》)第一版自1998年出版以来颇受各界关注。它已成为我国计算机学术、教育、产业与应用等诸领域工作者和广大计算机爱好者常用的、得力的工具书。由于计算机科技发展迅猛,自第一版发行至今6年多的时间里,又有了许多新内容涌现。为适应广大读者及时获得计算机科技领域更新知识的需求,从2000年开始筹划,在第一版的基础上进行了增、删与改写,并对《全书》框架作了适当调整,历时4载有余,方完成了《全书》第二版的编撰出版工作。

计算机网络在推进我国国民经济发展与社会信息化的过程中有着十分重要的作用。近年来计算机网络技术发展十分迅速,内涵丰富,为此,在《全书》第二版中将其列为独立分支。在原有的“计算机科学理论”、“计算机组织与体系结构”(第二版改名“计算机组成与体系结构”)、“计算机软件”、“计算机硬件”、“计算机应用技术”和“人工智能”6大分支基础上增加了“计算机网络”分支。第二版在各个分支中除了适当增加新条目外,还对第一版框架中一些过于细小条目进行了合并、改写与删节,对一些已现陈旧的条目则予删除,以使整个框架更加合理,更能反映计算机科技的新近发展。第二版对“计算机科学技术总论”也做了一些修改与补充。全书共收录条目1381条,比第一版略有增加。其中,“计算机科学理论”172条、“计算机组成与体系结构”133条、“计算机软件”320条、“计算机硬件”162条、“计算机网络”245条、“计算机应用技术”244条、“人工智能”105条。

《全书》第二版力求对每个条目赋予简明而确切的定义以及较为明确而完整的内涵,取材于肯定成熟的知识,言必有据,确切可信。

《全书》第二版广大作者撰写条目备极艰辛,清华大学出版社各位编辑精心校勘,于此均表感谢。

对《全书》第二版不足之处,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

2004年12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7个学科分支(计算机科学理论、计算机组成与体系结构、计算机软件、计算机硬件、计算机网络、计算机应用技术、人工智能),4级框架的层次设置了1381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,计算机硬件分支中的“计算机逻辑部件”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“自然语言处理”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,“静止图像的压缩编码标准”条题内注明了“参见**图像的压缩编码**”。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**微程序**)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。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。科学是技术的基础与依据,技术是科学的应用与体现;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、年销售额以万亿美元计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产品;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,这种生产方式导致生产率低,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,开始了能量资源的开发和利用,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量资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,使物质资源和能量资源的效益得以更加充分、高效地发挥,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,建立大量信息网络和大规模高速互联网,必将深刻影响人类的生产方式与生活方式,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,即理论与实验。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与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他学科的融合,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,正在起着越来越大的作用。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,必将出现更多的新兴交叉学科。计算机和计算机科学技术的出现,在理论与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、制作中的成果的总模式,是人类创造的

社会精神财富和物质财富的总和。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硬盘、光盘等存储媒体,自然地引发了电子图书和数字图书馆的出现,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着重大作用。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;拓宽了文化活动的领域;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、图像、声音等多媒体来表示工作中复杂、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、通信网络与各种计算机信息系统相结合,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;计算机及其网络技术应用用于商务活动,实现电子商务;应用于政务活动实现电子政务;应用于医疗业务,实现远程医疗;应用于教育培训,实现远程教育;计算机与电视、电话相结合,可获得电视游戏、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理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、计算机网络等给人类的工作方式与生活方式带来深刻变化,并由此步入信息化社会。

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、除运算的计算器。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。其他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求,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电子计算机。

(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-I 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 20 世纪 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、IBM 7070、IBM 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20世纪60年代中后期到70年代初中期)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。从而可以廉价构成运算速度快、容量大、可靠性高、体积小、功耗小的各类计算机。主要有IBM 360系列与PDP-11。第四代计算机(20世纪70年代中后期以来)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。20世纪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网络式发展。

(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20世纪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。20世纪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(这种巨型机又称为超级计算机,后来又统称为高性能计算机)。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需求,20世纪80年代以来,并行处理成为研究的热点。特别是,使用数以千计的微处理器组成的并行处理系统,其峰值运算速度已达每秒几十万亿次。

(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(20世纪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, SIMULA, 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,出现了操作系统(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20世纪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,出现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提高,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(20世纪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。三十多年来,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、运行与维护外,还有一些实验性的软件自动化系统。第三,致力研究软件体系结构、基于构件的软件、起重要支撑作用的中间件以及软件过程本身,研究各种软件开发风范与模型。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,致力研究对象技术与主体技术。第六,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

五：一为二进制的位。其表示符号为“爻”。爻分阴爻和阳爻。阴爻对应 0，阳爻对应 1，易经中的八卦和六十四卦分别为 3 个爻和 6 个爻的集合。德国数学家 Leibniz 曾说：“伏羲在其推演的八卦中使用了二进制算术”。二为十进制记数系统。据殷墟甲骨文和周代青铜器上的铭文记载，十万以内的自然数可由 1~9 的 9 个符号和表示十、百、千、万位值的 4 个符号表示。较当时巴比伦和古埃及的记数制更为科学。东周末年，出现了算筹体记数法，中国早就把零当作数。公元 1 世纪的《九章算术》中已阐明了负数的运算规则，印度在公元 7 世纪才提到负数，欧洲到 17 世纪才有论述负数的著作。三为筹算。筹算利用算筹作为运算工具，春秋战国时期已广泛使用，对中国古代社会的发展起了重要作用。四为珠算。它以算盘为计算工具，在元代已广泛使用，明代传至日本、朝鲜等国。五为提花机，这是一种提花织物的纺织机械，要织的图案先做成“花本”，用花本去控制织造过程。提花机是一种过程控制的纺织机械，秦汉时期已经出现，法国到 18 世纪才用穿孔卡片机控制织造过程。

(2) **中国计算机系统的研制** 早在 20 世纪 50 年代初期，中国即有从事计算机研究的科研组。

中国计算机事业创始于 20 世纪 50 年代中期。1956 年国家制定《1956—1967 年科学技术发展远景规划》，将“计算技术的建立”列为紧急措施之一。一面派人去苏联考察、学习，一面在国内开办训练班，积极培养人才，同时筹建中国科学院计算技术研究所。并以苏联资料为蓝本，分别于 1958 年与 1959 年研制出我国最早期的计算机，即 103 小型数字计算机和 104 大型通用数字计算机。此后开始自主研制。1960 年由中国科学院计算技术研究所研制出小型电子管计算机 107 机，1964 年 5 月和 10 月由中国科学院计算技术研究所和华东计算技术研究所分别研制出大型电子管计算机 119 机和 J-501 机。1965 年南京大学与华东计算技术研究所合作在 J-501 机上配制了 ALGOL 语言。中国科学院计算技术研究所在 119 机上配制了 BCY 语言。1965—1966 年间中国科学院计算技术研究所、哈尔滨军事工程学院、华北计算技术研究所、华东计算技术研究所等单位分别研制出晶体管计算机：109 乙机、441B 机、108 机和 X-2 机。此外，投入生产的还有 121 机和 112 机。从而中国进入了晶体管计算机的时代。这些机器一般都配有 ALGOL 或 FORTRAN 语言。FORTRAN 语言是由长沙工学院于 1973 年首先在 441B 机上配制的。中国集成电路计算机的研究始于 1965 年。直到 1971 年，中国科学院计算技术研究所的 111 机和华北计算技术研究所的 112 机才基本研制成功。1973 年北京大学与北京有线电厂合作研制出百万次级的 150 机，华东计算技术研究所也研制出性能和 150 机相当的 655 机，并先后投入运行。这些机器都配有高级语言与管理程序。1973 年初，原第四机械工业部主持研制 100 系列与 200 系列计算机。前者与 NOVA 机兼容。清华大学负责研制的 130 机与 140 机批量生产千余台，后者指标和 IBM 360 类似，但和 IBM-360 不兼容，也生产若干台，并配有 14 个软件系统，其中包括三个操作系统（南京大学研制 XT-1，北京大学研制 XT-2，华北计算技术研究所研制 XT-3），FORTRAN（北京有线电厂主要研制），COBOL（南京大学主要研制），BASIC（西安交通大学主要研制），系统程序设计语言（南京大学研制），以及光笔等其他软件。此外，中国科学院计算技术研究所研制成 757 向量机与 KJ 8920 大型机。国防科技大学先后于 1983 年及 1992 年研制成向量式巨型机银河 I 和银河 II 以及后来的

银河Ⅲ、银河Ⅳ,它们都配有操作系统、高级语言编译程序等系统软件,这些机器对国防建设与国民经济建设均起了重要作用。另一方面,清华大学开发出中华学习机,生产十余万台。长城计算机公司与清华大学联合研制的0520机是我国最早的国产微型计算机。随着对微型计算机需求量的日益增加,我国计算机的装机量从1978年的500台猛增到1990年的50万台,1996年的500万台,至2003年我国已生产微型计算机3000多万台,计算机得到更为广泛的普及应用。此外,国家智能计算机研究开发中心于1995年研制成大规模并行计算机曙光1000。其后又研制出曙光2000和曙光3000,上海大学于2000年研制出大规模并行机自强。至2003年,联想集团的深腾180和6800以及曙光400L等高性能计算机系统Linpack值均超过每秒1万亿次。

(3) **中国计算机的应用** 中国计算机应用的发展可分为如下阶段。20世纪50年代末至60年代中为第一阶段。其特点是,所解问题多为科学计算与工程计算问题,诸如求代数方程的近似解,求线性代数方程组的数值解,以及求常微分方程组、偏微分方程组的数值解等,处理对象均为数值数据。应用领域涉及国防建设、气象数值预报、工程设计等。程序人员使用低级语言编制程序,单纯手工方式,有一些简单的标准程序库与服务性程序。60年代中至70年代末为第二阶段。这时所解算的问题除了科学计算与工程计算问题外,出现了数据处理问题。如前所述,这类问题计算量相对较小,数据传输量却很大,输入输出频繁,处理对象主要还是数值数据。应用领域除前述者外,还涉及各种企业、事业部门,应用面不断拓广,开发了不少管理信息系统。程序人员普遍使用高级语言,各类机器一般都配有ALGOL, FORTRAN, COBOL, PASCAL等语言,以及各种操作系统等系统软件,解题环境得到改善。培养了一批系统软件及应用软件开发人员。这一阶段利用计算机解题的水平显著提高。80年代迄今为第三阶段。其主要特点是,处理对象除了数值数据外,出现了非数值数据。既有数值问题,也有逻辑问题,应用面大大拓广。所解问题涉及国防建设、国计民生、教育文化、安全保卫和娱乐健康等方面。计算机辅助技术用于辅助设计、辅助制造、辅助教育以至辅助软件工程。在软件开发过程中也尽量利用了计算机系统。软件技术与人工智能技术相结合,出现了一些富有特色的计算机辅助设计系统、专家系统以及图形、图像识别与处理系统,具有一定智能的软件工具等。40多年来,中国计算机应用的发展已逐步从面向专业人员朝面向非专业人员过渡,由处理单纯数值对象发展为既处理数值对象又处理非数值对象,并发展了包括语言、文字、图形、图像、声音等在内的多媒体应用。计算机的应用面和应用水平正在不断拓展和提高。

(4) **中文信息处理** 中文信息处理是我国与全球汉字通行国家、地区和汉字使用者在计算机应用中面临的重大问题。

中文和西文的差异较大。40多年来,特别自20世纪70年代中期以来,我国在中文信息处理方面进行了大量的研究开发工作。从汉字属性分析研究、汉字键盘输入技术、汉字字模技术、汉字输出技术、汉字编码以及储存、检索、软件汉化到中文篇章识别、汉语言语识别、手写汉字识别、篇章理解与处理、机器翻译、电子照排、印刷出版、中文平台等方面,取得了一系列重大成果。

对汉字编码输入,人们从汉字本身体现的各种特点出发,提出了数百种方案,实际使用者有十多种。但汉字输入问题的完善解决,尚有许多探索研究工作要做。为了储存大

量中文篇章,需解决信息压缩问题,为此提出了基于数学理论而又颇富实效的压缩技术。中文信息检索方面异彩纷呈,提出了各种中文信息检索方法。关于软件汉化,也做出了很好的工作,如汉化 DOS、汉化 Unix 等。

中文篇章的识别、理解与处理比较困难。为此,必须进行词切分,从语法与语义两方面联系起来考察。多年来,在汉语语法方面开展了大量研究工作。在研制具体汉语处理系统的同时,还从理论上探讨了汉语语法的形式化问题。用合适的形式体系来描述受限汉语的语法,取得了较大进展。同时对难度更大的汉语语义的形式化问题也进行了探索。此外,在与中文篇章的理解与处理密切相关的语料库方面,也进行了卓有成效的工作。

汉语言语识别的难度很大,既要考虑汉语的平、上、去、入四声,又要考虑到上、下文,目前有的系统已初步具有学习功能,经过对发音者的语音学习后,即可识别出同一发音者的言语,而且达到较高的正确率。对手写汉字的识别也很困难。首先要确定字体(如楷、宋、隶、篆、草体以及简、繁体等);其次要考虑到各人写法的可允许差别范围。必须从识别方案、特征抽取、识别算法等多方面探求解决方法。目前已出现一些实验性系统,在特定使用领域并加以若干限制的条件下,有的系统已臻实用。此外,如机器翻译、电子照排、印刷出版等,我国均有出色的成果,并有相当影响的产品问世。近年来,还在将中文信息处理系统的硬件支撑与软件支撑联系统一考虑,建立计算机系统的中文平台方面做出了不少成绩。

基本内容

计算机科学技术的基本内容可概括为计算机科学理论、计算机组成与体系结构、计算机软件、计算机硬件、计算机网络、计算机应用技术以及人工智能等领域。

1. 计算机科学理论

计算机科学理论包括数值计算、离散数学、计算理论和程序理论四部分。数值计算讨论用于模拟物理过程或社会过程的各种算法的设计、分析和使用。早在 18 世纪与 19 世纪,高斯、牛顿、傅里叶等著名数学家就研究过数值计算方法,而计算机的诞生更大大促进了数值计算的发展。数值计算涉及的内容颇多,如方程求根、数值逼近、数值微分、数值积分、数值代数、线性代数方程组的数值解法、矩阵特征值计算、微分方程数值解法等。例如,高次代数方程求根的常用方法有二分法、牛顿法、割线法等。数值微分讨论求导数近似值的理论与方法,常用的有有限差分法。数值积分讨论求定积分近似值的理论与方法。梯形法和辛普森法均为世人所熟知。线性代数方程组的数值解法用以求线性代数方程组的数值解,通常有直接法和迭代法两类。高斯消去法为直接法,简单迭代法和赛德尔迭代法均为迭代法。离散数学是泛指数学中讨论离散对象的分支。和连续数学不同,离散数学通常涉及整数系,由于数字计算机是离散机,离散数学的重要性不言而喻。通常认为离散数学包括集合论、图论、组合学、数理逻辑、抽象代数、线性代数、差分方程、离散概率论等学科。图论是研究图的性质的学科。而图论中的图并非初等数学中的图,后者只是连续函数的图形,图论中的图却是一组顶点(结点)和一组连接两顶点的边(支)所构成的集合。组合论讨论计算某类对象个数的方法,它在统计学、理论物理、化学、社会科学、通信