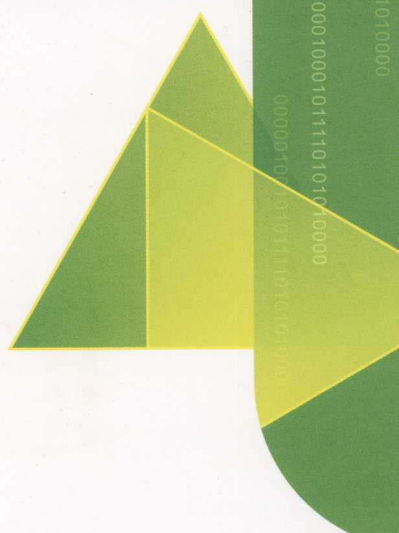


国家示范性高等院校“十二五”精品规划教材

计算机科学与技术导论

JISUANJI KEXUE YU JISHU DAOLUN 主编◎施荣华 王小玲

000001000011000000001010000000001000101110101010000
000010000110000000010101101010100000
00000100101010110101010000



0000010000111000000001010100000000010001011110
00000100001110000000010101000000000100010111
000001000011100000000101010000000010101000000
00000100001110000000010101000000000100010111101010000
00000100001110000000
000001000101000000000100010111101010000



国家示范性高等院校“十二五”精品规划教材

计算机科学与技术导论

施荣华 王小玲 主 编

严 晖 副主编



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书根据教育部高等学校计算机科学与技术指导委员会 2009 年出版的《高等学校计算机科学与技术专业核心课程教学实施方案》，从新的视角提出了计算机科学与技术的入门教学要求和教学设计。全书共 3 篇 9 章，内容依次为：计算机概述、计算机的运算基础、计算机科学与技术概述；计算机硬件系统、计算机软件系统、操作系统基础；计算机网络、数据库系统及应用、软件工程。

本书可作为高等学校计算机相关专业的教材，也可作为通信、电子信息、自动化等相关专业的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机科学与技术导论/施荣华, 王小玲主编. —天津: 天津大学出版社, 2011.8
国家示范性高等院校“十二五”精品规划教材
ISBN 978-7-5618-4041-2

I. ①计… II. ①施… ②王… III. ①计算机科学与技术—高等学校—教材
IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 153791 号

出版发行 天津大学出版社
出版人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)
电 话 发行部: 022-27403647 邮购部: 022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 河间市新诚印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 15.5
字 数 387 千
版 次 2011 年 8 月第 1 版
印 次 2011 年 8 月第 1 次
定 价 35.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请向我社发行部联系调换

版权所有 侵权必究

国家示范性高等院校“十二五”精品规划教材

编委会

主任：邹北骥（中南大学）

副主任：施荣华（中南大学）

沈岳（湖南农业大学）

石良武（湖南商学院）

委员：骆嘉伟（湖南大学）

谭敏生（南华大学）

高守平（湘南学院）

羊四清（湖南人文科技学院）

谢建全（湖南财专）

陈国平（吉首大学）

李长云（湖南工业大学）

徐蔚鸿（长沙理工大学）

徐建波（湖南科技大学）

吴宏斌（益阳城市学院）

刘任任（湘潭大学）

彭小宁（怀化学院）

郭观七（湖南理工学院）

张新林（湖南科技学院）

龚德良（湘南学院）

黄同城（邵阳学院）

谭骏珊（中南林业科技大学）

杨长兴（中南大学）

李勇帆（湖南第一师范）

刘宏（湖南师范大学）

刘华富（长沙学院）

王小玲（中南大学）

前 言

计算机科学与技术是研究计算机设计、制造和应用计算机进行信息获取、表示、存储、处理与控制等活动的理论、原则、方法和技术的学科,包括计算机科学与计算机技术两部分。计算机科学侧重研究理论和揭示规律;而计算机技术则是应用这些规律研制高性能的计算机系统 and 设备,以及进行信息处理的方法和技术手段。

《计算机科学与技术导论》根据教育部高等学校计算机科学与技术指导委员会 2009 年出版的《高等学校计算机科学与技术专业核心课程教学实施方案》,从新的视角提出了计算机科学与技术的入门教学要求和教学设计。本书从认识计算机科学与技术、了解计算机科学与技术、应用计算机科学与技术三个方面,逐步展开地介绍了计算机系统及学科方法论知识中的基本内容、基本方法。旨在引导大学一年级的学生对计算机科学技术的基础知识和与专业相关的有关问题有一个概括而准确的了解,力求使学生对所学专业有比较深入、全面的了解,从而为系统地学习计算机科学技术专业的后续课程打下良好的基础。

全书分为上篇“计算机科学与技术基础知识”、中篇“计算机系统与操作系统基础知识”、下篇“计算机网络与应用软件基础知识”三部分,共 9 章。上篇主要内容有:计算机概述、计算机的运算基础、计算机科学与技术概述;中篇主要内容有:计算机硬件系统、计算机软件系统、操作系统基础;下篇主要内容有:计算机网络、数据库系统及应用、软件工程。本书深入浅出、内容丰富、层次清晰、图文并茂、通俗易懂。

本书可作为计算机相关专业学生的专业教材,也可作为相关专业的读者了解和学习计算机的参考用书。由于本书涉及的内容繁多,各学校师生情况也不同,所以在使用本教材时各校可根据实际情况安排、调整学时,对其中一些章节的内容也可以根据实际情况进行删减、补充。为了使读者更好地理解 and 掌握书中的内容,各章还配有一定数量的习题。为了教学方便,作者还提供与本教材配套的电子课件和习题参考答案。

本书由施荣华、王小玲担任主编,负责全书的总体策划、统稿和定稿工作。由严晖担任副主编,其他参编人员有:吴倪、徐国祥、栗倩、李灵芝。在本书的编写过程中,邹北冀、费红晓、余腊生、陈再良等老师参与了大纲的讨论,提出了许多宝贵的意见,在此表示感谢。此外,在编写本书的过程中,编者参考了大量的文献资料,在此也向这些文献资料的作者表示感谢。

由于计算机科学技术发展迅速以及编者水平有限,书中遗漏和不妥之处恳请读者批评。

编 者
2011 年 7 月

目 录

上篇 计算机科学与技术基础知识

第 1 章 计算机概述	2
1.1 计算机的发展历程	2
1.2 计算机的特点与分类	6
1.3 计算机与科学与工程计算	8
1.4 计算机与过程控制	10
1.5 计算机与信息处理	14
1.6 计算机通信理论与技术	17
1.7 计算机对社会的影响与作用	20
习题 1	24
第 2 章 计算机的运算基础	27
2.1 数制及不同数制间的转换	27
2.2 计算机中数据的表示方法	31
2.3 计算机中的数据运算	36
2.4 逻辑代数与逻辑电路基础	37
2.5 计算机的基本结构和工作原理	45
习题 2	47
第 3 章 计算机科学与技术概述	49
3.1 计算机科学与技术学科的相关概念	49
3.2 计算机科学与技术学科的研究范畴	51
3.3 计算机科学与技术学科的特点和发展	54
3.4 计算机科学与技术学科的变化规律	56
3.5 计算机科学与技术学科知识体系	60
3.6 计算机科学与技术学科专业的结构	69
3.7 计算机科学与技术人才培养方案	72
习题 3	74

中篇 计算机系统与操作系统基础知识

第 4 章 计算机硬件系统	78
4.1 计算机硬件的总体概况	78
4.2 微型计算机的硬件概况	82
4.3 输入/输出系统及设备	89



4.4 计算机体系结构	98
习题 4	101
第 5 章 计算机软件系统	104
5.1 程序设计概述	104
5.2 程序设计语言	107
5.3 计算机语言处理系统	110
5.4 算法与数据结构	111
5.5 软件系统分类及其简介	118
习题 5	121
第 6 章 操作系统基础	123
6.1 操作系统的形成和发展	123
6.2 操作系统的特征及分类	124
6.3 操作系统的功能	126
6.4 几种典型的操作系统	128
习题 6	147

下篇 计算机网络与应用软件基础知识

第 7 章 计算机网络	152
7.1 计算机网络概述	152
7.2 计算机网络的组成	157
7.3 计算机网络体系结构	162
7.4 Internet 技术	166
7.5 网络安全	175
习题 7	180
第 8 章 数据库系统及应用	183
8.1 数据库系统的基本概念	183
8.2 结构化查询语言 SQL 概述	189
8.3 几种新型的数据库系统	200
8.4 数据库应用系统开发	208
习题 8	211
第 9 章 软件工程	213
9.1 软件工程概述	213
9.2 软件开发模型	216
9.3 软件设计	220
9.4 面向对象的软件工程	227
9.5 软件复用与管理	232
习题 9	238
参考文献	240

上篇



计算机科学与技术基础知识

第1章 计算机概述

第2章 计算机的运算基础

第3章 计算机科学与技术概述

本篇主要介绍计算机科学与技术中的一些基础知识，包括三个方面：一是通过计算机概述的学习，使读者认识什么是计算机，计算机能做什么；二是通过计算机的运算基础的学习，使读者知道计算机是如何进行工作和运算的；三是通过计算机科学与技术概述的学习，使读者初步认识什么是计算机科学与技术学科以及该学科的范围、特点和发展、变化规律、知识体系，并使读者了解计算机科学与技术学科专业的基本结构和人才培养方案。

第 1 章

计算机概述

计算机诞生以来,只经历了短短几十年时间,却已经极大地影响并将更广泛而深远地影响和改变人类社会的生活。计算机科学发展迅猛,计算机科学与技术已经发展为有多个研究方向的学科,成为诸如计算机设计、程序设计与实现、信息处理、算法设计与实现等学科的基础。

1.1 计算机的发展历程

计算机的历史开始于 20 世纪 40 年代后期。一般认为,第一台真正意义上的电子计算机是 1946 年在美国宾夕法尼亚大学诞生的名为 ENIAC 的计算机。但应该看到,计算机的诞生并不是一个孤立事件,它是几千年人类文明发展的产物,是长期的客观需求和技术准备的结果。

1.1.1 计算机的产生

计算是人类与自然的斗争中的一项重要活动。从用石子、贝壳、绳结进行计数和计算开始,随着生产力的发展,人类陆续发明了算盘、计算尺等计算工具。

算盘是中国人发明的最早的计算设备之一。它用算珠的位置表示和存储数据,但它不能控制算法的执行,控制算法执行的是人。因此,算盘本身仅仅是一个数据存储装置,有了人的参与才构成完整的计算机系统。

1620—1630 年,英国人发明了计算尺。至 17 世纪,钟表业的发展特别是齿轮传动装置技术的发展为机械传动装置计算机器的产生提供了重要的技术基础。

1642 年,法国数学家和物理科学家布莱斯·帕斯卡(Blaise Pascal)采用与钟表类似的齿轮传动装置发明了十进制加法机,提出了利用机械装置来代替人的思考和记忆。后来的高级程序设计语言 Pascal 就以此命名,以纪念其伟大的贡献。

德国自然科学家戈特弗里德·威廉·莱布尼兹(Gottfried Wilhelm Leibniz)在帕斯卡的思想和工作的影响下,改进了计算机的设计思想,并于 1672 年成功设计完成了改进的计算机。它是第一台可以进行四则运算的演算机。

1822 年,英国数学家查尔斯·巴比奇(Charles Babbage)设计了一个差分机来制造航



海表。这个差分机实际上是一个带有固定程序的专用自动数字计算机。他的设计思想与现代数字计算器的原理很相似。1834 年, 巴比奇设计了一种程序控制的通用解析机, 其中采用了三个具有现代意义的装置: 保存数据的寄存器; 从寄存器取出数据进行运算的装置, 并且机器的乘法以累加法来实现; 控制操作顺序、选择所需处理的数据以及输出结果的装置。巴比奇对现代计算思想的最大贡献就在于其设计中隐含的用程序控制计算的思想。

以上这些科学家发明的计算机都是通过齿轮的定位来表示数的, 数据通过机械的方法输入, 从而建立齿轮的初始位置, 帕斯卡机和莱布尼兹机的处理结果 (即输出) 也是通过查看最终齿轮的位置来获得, 而巴比奇机则通过一台专门设备将输出结果打印到纸上, 这个设备就是今天的打印机。比较起来, 巴比奇机则灵活得多, 它执行的算法顺序是可以改变的, 操作人员可通过穿孔卡片来和计算机交换信息, 改变算法。因此, 巴比奇机是可编程的。

在巴比奇的设想提出以后的 100 多年间, 电磁学、电工学、电子学不断取得重大进展。在元器件方面, 发明了真空电子二极管和真空电子三极管; 在系统技术方面, 相继发明了无线电报、电视和雷达等。所有这些成就都为现代计算机的发展提供了技术和物质条件。

1938 年, 德国科学家康拉德·祖思 (Konrad Zuse) 成功制造了第一台采用二进制的 Z-1 型计算机, 此后他又研制了 Z 系列计算机。其中 Z-3 型计算机是世界第一台通用程序控制机电式计算机, 不仅全部采用了继电器, 同时还采用了浮点计数法、带数字存储地址的指令形式等。

1944 年, 美国科学家霍华德·艾肯 (Howard Aiken) 成功研制了一台机电式计算机, 被命名为自动顺序控制计算机 MARK-I。1947 年, 艾肯又研制出运算速度更快的机电式计算机 MARK-II。

由于当时电子技术发展迅猛, MARK-I 计算机几乎在制成的同时就过时了, 取而代之的是电子真空管技术。第一台电子真空管的电子数字计算机是 1937—1941 年在爱荷华州立学院 (现在的爱荷华州立大学) 建成的 Atanasoff-Berry 计算机。第二次世界大战将要结束时, 英国研制了用于破译德国电码的计算机 COLOSSUS, 该计算机装有 2 500 只真空管。随后, 在美国宾夕法尼亚大学莫尔研究所, 莫克利 (J. W. Mauchly)、艾克特 (W. J. Eckert) 等人研制成功了功能更加灵活的计算机 ENIAC, 这就是大家所公认的世界上的第一台采用电子线路技术的通用电子计算机, 该机整机大约有 18 000 只真空管, 其程序设计是靠部件间转接插线。解算完一个问题转去解算另一个问题时, 要拔去所有转接线, 再按新的排列顺序重新插入。

1.1.2 计算机的发展过程

电子计算机的发展与半导体工业是互相促进的, 电子器件的发展是推动计算机不断发展的一个核心因素。根据电子计算机所采用的电子逻辑器件的发展, 一般将现代电子计算机 60 多年来的发展划分为 4 个阶段。

1. 计算机电子管时代 (1946—1954 年)

这一时期的计算机采用电子真空管和继电器作为基本逻辑器件构成处理器和存储器。程序设计采用“0”和“1”组成的二进制码表示机器语言, 只用于科学计算和军事目的。电子管时代的计算机具有体积大、速度慢、消耗大、造价昂贵等特点。其代表机型除 ENIAC 外,



还有 EDVAC 以及 1951 年批量生产的 UNIVAC 等。

2. 计算机晶体管时代 (1955—1964 年)

这一阶段计算机的基础电子器件是晶体管, 内存储器普遍使用磁芯存储器。磁芯存储器由美籍华人王安发明。第 2 代计算机运算速度一般为 10 万次/秒, 甚至高达几十万次/秒。同时计算机软件有了较大发展, 采用监控程序, 出现了诸如 Cobol、Fortran 等高级语言。计算机应用不再限于计算和军事方面, 还用于数据处理、工程设计、气象分析、过程控制以及其他科学研究领域。

第 2 代计算机的标志是采用晶体管代替电子管。全世界第 1 台晶体管计算机于 1955 年由美国贝尔实验室研制成功。第 2 代晶体管计算机除了处理器的速度较第 1 代计算机大幅度提高以外, 还采用了快速磁芯存储器, 主存储器的容量达到 10 万字节以上。与第 1 代计算机相比, 第 2 代晶体管计算机具有体积小、成本低、功能强、耗电少、可靠性高等优点。

3. 计算机集成电路时代 (1965—1970 年)

随着电子制造业的发展, 计算机的基础电子器件改为中、小规模集成电路。在几平方毫米的单晶硅片上, 可以集成几十个甚至几百个晶体管的逻辑电路。集成电路由美国物理学家基尔比和诺伊斯同时发明。这一阶段内存储器使用性能更好的半导体存储器, 存储容量有了大幅度提高, 运算速度达到几十万次/秒到几百万次/秒。软件技术进一步成熟, 出现了操作系统和编译系统, 并出现了多种程序设计语言, 如人机对话式的 BASIC 语言等。第 3 代计算机的代表产品是美国 IBM 公司研制出来的 IBM S/360 系列计算机, 包括大、中、小 6 个不同型号的计算机。第 3 代集成电路计算机与第 2 代晶体管计算机相比, 其体积更小、速度更快、稳定性更强、应用范围更广。

4. 大规模、超大规模集成电路时代 (1971 年至今)

随着半导体技术的发展, 集成电路的集成度越来越高。第 4 代计算机采用大规模、超大规模集成电路作为其主要功能部件。内存储器使用集成度更高的半导体存储器, 计算速度可达几百万次/秒至数万亿次/秒。这一时期的计算机无论是在体系结构方面还是在软件技术方面都有较大提高, 并行处理、多机系统、计算机网络均得到长足的发展, 同时出现了数据库系统、分布式操作系统和各种实用软件。第 4 代计算机被广泛应用于数据处理、工业控制、辅助设计、图像识别、语言识别等方面, 渗透到人类社会各个领域, 并且进入了家庭。

1.1.3 计算机的发展趋向及未来技术

在计算机迅速发展的同时, 人们迎来了 21 世纪。这是一个网络的时代, 是超高速信息社会建设的时代。那么, 未来计算机又将如何引领社会的发展方向, 计算机的发展趋势将如何呢?

1. 计算机的发展趋向

计算机的发展趋向主要表现为巨型化、微型化、多媒体化、网络化和智能化。

(1) 巨型化

“巨型”并不是指计算机的体积巨大, 而是指高速度、大存储容量、功能强大的超级计



算机,其运算能力将达百亿次/秒以上、内存容量在几百兆字节以上,主要用于尖端科学技术和军事国防系统的研究开发。如宇航工程、人类遗传基因、石油勘探、人工智能等要求计算机具有很高的速度和很大的存储容量。高性能巨型计算机一般分为两种:一种为超级计算机,另一种为超级服务器。世界高性能计算机 500 强大部分属于超级服务器。

巨型计算机的发展集中体现了计算机科学技术的发展水平,并将推动计算机系统结构、硬件和软件的理论和技术、计算数学以及计算机应用等多个科学分支的发展。

(2) 微型化

微电子技术及超大规模集成电路的发展,使计算机体积进一步缩小,如膝上型、笔记本型、掌上型等微型计算机已得到广大用户的青睐。微型化是大规模集成电路出现后发展最迅速的技术之一。微型机的显著特点是 CPU 集成在一块超大规模集成电路的芯片上。

自从 1971 年 Intel 公司研制出 4004 微处理器以来,几乎每隔两三年微处理器就会更新换代,速度更高、体积更小的微型计算机不断被研制出来。微型化已成为未来计算机发展的又一个研究领域。

(3) 多媒体化

多媒体指文字、声音、图形图像、视频、动画等多种信息载体。过去的计算机只能处理单一文字,20 世纪 80 年代后期出现了多媒体技术,20 世纪 90 年代出现了多媒体计算机,把图、文、声、像融为一体,统一由计算机进行管理。目前,多媒体已成为一般微型机的基本功能。多媒体技术与网络技术相结合,可以实现计算机、电话、电视的“三电一体”,使计算机功能更加完善。

(4) 网络化

所谓网络,就是利用通信线路将分布在不同地点的计算机连接起来,以便实现信息共享、数据共享、资源共享。计算机网络是计算机技术和现代通信技术紧密结合的产物,从单机走向联网是计算机应用发展的必然结果。计算机网络的发展极快,目前已在交通、金融、管理、教育、商业和国防等各行各业得到广泛的应用,覆盖全球的 Internet (因特网) 已进入普通家庭,正在日益深刻地改变着世界的面貌。

(5) 智能化

智能化是让计算机模拟人类的智能活动,如感知、判断、理解、学习、问题、求解等,是处于计算机应用研究最前沿的学科。它将导致传统程序设计方法发生质的飞跃,使计算机突破最初的“计算”这一含义,从本质上扩充计算机的能力,使它可以越来越多地代替人类脑力劳动的某些方面。现在许多国家都在积极开展智能型计算机的研制开发工作,这是人类对计算机技术的一种挑战。

2. 计算机的未来技术

计算机最重要的核心部件是集成电路芯片,芯片制造技术的不断进步是几十年来推动计算机技术发展的最根本动力。然而,以硅为基础的芯片制造技术的发展不是无限的,到达一定程度以后,就必须开拓新的制造技术。能引发下一次计算机技术革命的新技术可能是纳米技术、光技术、生物技术和量子技术。

光计算机发展的关键是要制造出能耗少、体积小、廉价且易于制造的光电转换器。生物计算也称生物分子计算,其主要特点是大规模并行处理及分布式存储。生物计算机作为一种



通用计算机，关键是要建立与图灵机类似的计算模型。

近年来，基于量子力学效应的固态纳米电子器件研究取得了很大进展，美国劳伦斯伯克利国家实验室的研究人员发现，直径为人头发 1/50 000 的中空纯碳纳米管上存在着原子大小的量子器件。如何利用这些量子器件构成量子计算机则是一个难点。

以上这些新技术离实际应用还有一定距离，但是前景是乐观的。

1.2 计算机的特点与分类

电子计算机可以分为模拟电子计算机和数字电子计算机两大类型。

模拟电子计算机问世较早，内部使用电信号模拟自然界的实际信号，因而称为模拟电信号。模拟电子计算机的处理过程均采用模拟电路来实现，电路结构复杂，抗干扰能力极差，因此处理问题的精度差。

数字电子计算机是当今世界电子计算机行业中的主流，内部处理的是称为符号信号或数字信号的电信号。其信号是“离散”的，即在相邻的两个符号之间不可能有第三个符号存在。由于处理信号上的差异，它的组成结构和性能都优于模拟电子计算机。

1.2.1 数字电子计算机的特点

在日常学习和工作中，人们所使用的计算机一般都是数字电子计算机，习惯上省去数字两字，简称电子计算机。

电子计算机的特点大体上可以归纳为以下几个方面。

- ① 电子计算机是高速、高精度自动运算的机器。
- ② 电子计算机具有记忆装置，即存储器。计算的程序、原始数据、中间结果和最后的答案都可以存入记忆装置。存储程序是电子计算机的一个重要工作原则，是计算机能够进行自动工作的基础。
- ③ 电子计算机具有逻辑功能。它能够进行逻辑运算，在计算过程中遇到支路时，能够判断应走哪一条支路，这种特点使得计算机好像具有“思维”能力。计算机的逻辑功能是由程序实现的。

具有以上特点的电子计算机称为冯·诺依曼体系结构的计算机。

1.2.2 现代计算机的分类

计算机种类很多，分类方法也很多。根据用途不同可分为通用计算机和专用计算机。通用计算机是能解决各种问题、具有较强通用性的数字电子计算机。目前更常用的一种分类方法是按计算机的运算速度、字长、存储容量等综合性能指标将计算机分为以下 4 类。

1. 巨型计算机（超级计算机）

巨型计算机是计算机中价格最贵、功能最强的一类，主要应用于航天、气象、核反应等尖端科学领域。目前，世界上最快的巨型机的运算速度以万亿次/秒计算，美国、日本是生



产巨型机的主要国家,2004年11月8日,16个机架的IBM eServer Blue Gene Solution 超级计算机以 70.72 万亿次/秒浮点运算速度创造了新的世界纪录,成为全球最强大的超级计算机。2004年6月22日中国首次入选全球高性能计算机 TOP10(全球第十)的曙光 4000A 实现了 11 万亿次/秒的峰值运算和 80 610 亿次 Linpack 计算并投入商用,中国已经成为继美、日之后第三个跨越了 10 万亿次计算机研发与应用的 国家。

2. 大型计算机

大型计算机包括通常所说的大、中型计算机,其特点是通用性强、综合处理能力强、性能覆盖面广等。它主要用于大公司、大银行、国家级的科研机构和重点理工科院校等。由于大型机研制周期长,设计、制造复杂,在体系结构、软件、外围设备等方面具有很强的继承性,因此只有少数国家从事大型机的研制、生产工作。美国的 IBM、DEC,日本的富士通、日立等公司是生产大型机的主要厂商。

3. 小型计算机

小型计算机规模小、结构简单、可靠性高、成本较低,易于操作又便于维护,比大型机更具有吸引力。它广泛用于企业管理、工业自动控制、数据通信、计算机辅助设计等,也用作大型、巨型计算机系统的端口。

4. 微型计算机

一般情况下,个人计算机(Personal Computer, PC)指的是微型计算机。它是第4代计算机时期出现的新机种,是目前发展最快的领域。因其体积小、重量轻、价格低、易用等优势渗透到社会生活的各个方面,几乎无处不在,无所不用。

PC 机的核心是由大规模及超大规模集成电路构成的中央处理器(Central Processing Unit, CPU),又称微处理器(Micro Processing Unit, MPU)。1971年,美国 Intel 公司成功制造了4位微处理器 Intel 4004,并用它组成了世界上第一台微型计算机 MCS-4。它的出现引发了电子计算机的第二次革命。随后,Intel 公司又相继推出了8位、16位、32位、64位微处理器。同时 Motorola、Zilog、Apple 等公司也在开发各自的微处理器。

20世纪80年代初,美国 IBM 公司采用 Intel 微处理器,在几年内,连续推出 IBM PC、IBM PC/XT、IBM PC 286、386 等系列的微型计算机,由于其功能齐全、软件丰富、价格便宜,占据了微型机市场的主导地位,许多公司生产与 IBM PC 相兼容的个人计算机。在 20 多年的时间里,计算机有了很大发展,计算机系统不断升级换代,其发展经历了以下 6 个阶段。

第一阶段(1971—1972年)以4位微处理器为基础。典型产品有 Intel 公司生产的 Intel 4004 和 Intel 4040,芯片集成度大约为 2 300 个晶体管/片,时钟频率为 1 MHz。

第二阶段(1973—1977年)以8位微处理器为基础。典型产品为 Intel 公司生产的 Intel 8080, Motorola 公司生产的 M6800 以及 Zilog 公司生产的 Z80;集成度为 4 000~10 000 个晶体管/片;时钟频率为 2.5~5 MHz。

第三阶段(1978—1980年)以16位微处理器为基础。典型产品为 Intel 公司生产的 Intel 8086、Intel 80286, Motorola 公司生产的 M68000 以及 Zilog 公司生产的 Z8000;集成度为 2~7 万个晶体管/片;时钟频率为 4~10 MHz。



第四阶段（1981—1992年）以32位微处理器为基础。典型产品为Intel公司生产的32位微处理器Intel 80386、Intel 80486、Pentium，集成度为17~27.5万个晶体管/片。

第五阶段（1993—1998年）由64位微处理器构成的计算机。代表性的产品有Intel公司的Intel 80586，即Pentium系列以及80686的Pentium Pro和Pentium II，内存分别为16 MB、32 MB、64 MB，可扩充到128 MB以上；集成度达310万个晶体管/片；时钟频率为60~400 MHz。

第六阶段（1999年至今）以Pentium III、Pentium IV为代表，带有更强的多媒体效果和更贴近现实的体验，集成度达900~4 200万个晶体管/片，主时钟频率有1.8~2.4 GHz，最高的主频已达到了3.2 GHz。

微型计算机发展迅猛，使用的微处理器芯片的集成度几乎平均每18个月增加一倍，处理速度提高一倍。微型机将向着重量更轻、体积更小、运算速度更快、使用及携带更方便、价格更便宜的方向发展。

1.3 计算机与科学与工程计算

科学与工程计算是伴随着计算机科学的诞生与科学与工程大量的计算需求而发展起来并获得广泛应用的一门新兴交叉科学，是计算机实现其在科学与高技术领域应用的必不可少的工具。科学与工程计算已被列为20世纪最重要的科技进步之一。

1.3.1 计算机使计算成为第三种科学手段

著名计算物理学家、诺贝尔奖获得者Wilson教授在上世纪80年代就指出：“当今，科学活动可分为3种：理论、实验和计算。”实验科学家从事测量和设计科学设备及利用这些设备去进行测量，致力于可控、可重复实验的设计以及分析这些实验的误差；理论科学家研究实验数据之间的关系、这些关系满足的原理（如牛顿定律、对称性原理等）以及把这些原理运用到具体特殊情形所用的数学概念和技术；计算科学家构造求解科学问题的计算方法，把这些方法软件化，设计和进行试验，分析这些数值试验的误差，他们研究计算方法的数学特征，通过计算揭露所求解科学问题的基本性质和规律。

从第一台电子计算机ENIAC诞生至今的半个多世纪里，计算速度已经提高了亿倍以上。同时，计算方法的研究提高了计算方法的效率，使其效率在不到10年时间里就提高了10倍。计算机和计算方法的进步极大地提高了人类的计算能力，从而引起了科学方法论的巨大变革，使计算成为继实验和理论这两大科学方法之后第三种方法，与实验、理论共同成为科学方法论的基本环节。三者互相补充，互相依赖，而又相对独立，不可缺少。

1.3.2 科学计算的核心是计算方法

科学计算离不开计算机，但它更离不开计算方法。数十年来，在自然科学和工程科学中，先后产生了计算力学、计算物理等一系列计算性的分支学科，计算在科学工程研



究中几乎已无所不在。计算数学正是这许多交叉学科的纽带和共同基础。不同的学科、不同的工程应用会提出许多不同的实际问题，但它们往往又可能归结为若干类典型的数学问题。最典型的例子是调和方程，这是最简单、最常见的椭圆形偏微分方程，既用来表示热传导的平衡、溶质的动态平衡、弹性膜的平衡，也可表示静态电磁场、真空中的引力势等。解决了典型方程的数值求解方法，也就同时解决了许多不同学科、不同工程应用中的计算问题。

今天计算数学已成为科学工程研究中许多交叉学科的纽带和共同基础。不同的学科与工程应用会遇到许多不同的实际问题，但它们往往可能归结为若干类典型的数学问题。

近年来计算机的性能得到了不断提高。那么是否有了大机器就一定可以解决大问题？是否现有的计算方法已经够用？答案当然是否定的。许多科学计算问题有如下特点：高维数，非线性，长时间，奇异性，高度病态等；计算规模大且要求精度高。其计算表现为：计算规模大得难以承受或失去时效；算法不收敛，花费大量机时却得不到结果或只能得到错误结果；包含奇异性使计算非正常中止；问题复杂使算法难以实现等。

因此，一方面需要寻找更加有效的、更能发挥计算机功能的新型算法去解决老问题，另一方面，针对科学研究和工程技术不断提出的新问题，需要设计新的高性能算法。各应用领域对科学计算的需求越来越多，要求越来越高，构造好的计算方法与研制高性能计算机及高效率软件同等重要。

1.3.3 科学工程计算的发展

科学工程计算的能力与发展水平是一个国家综合国力的重要标志。世界上各发达国家都极其重视这一研究领域，并以大量的资金投入加以支持。例如美国在科学工程计算方面长期处于领先地位，但美国科学界仍不断向政府呼吁，要充分重视科学计算领域的国际竞争。1993年，美国科学、工程和技术联邦协调理事会也向国会提交了题为“重大的挑战项目：高性能计算和通信”议案（HPC&C），其主要内容是研制万亿次超级计算机、建设计算机高速通信网络和培养开发中的能力和提高工业生产率，确保美国在高科技方面的优势地位和竞争能力。1996年美国能源部又提出了“加速战略计算创新（ASCI）”计划，将完全用计算机模拟代替核试验。应用程序必须达到高分辨、高逼真、三维、全物理、全系统的建模能力。1999年美国提出“世纪的信息技术对美国未来的大胆投资”，即IT²计划，将科学计算列为重点。

我国在1956年制订科学规划时，就已将计算数学列为重点。先后在“七五”到“九五”期间制订和组织了高科技发展规划和国家重点基础研究项目，取得了一批有重大科学意义和应用价值的成果。

从20世纪50年代开始，我国的计算数学与科学工程计算为原子弹氢弹的研制，人造卫星上天，远程运载火箭的发射以及在石油勘探、气象预报、机械制造、水利工程、土木建筑、生态环境、生化医学等许多领域做出了重要贡献。例如我国独立于西方始创了有限元方法，该方法特别适用于大型工程计算，它在水坝、桥梁、飞机、船舶的设计，油田开发和核武器研制等方面得到了广泛应用。再如在我国导弹与航天技术研究方面，对飞行器头部气动力和烧蚀、飞行控制和结构分析等问题发展了一系列有效算法，较好



地解决了计算问题，在技术上满足了航天事业发展的需要。近年科学计算在大气海洋环境科学的研究中，应用了辛几何格式、平方守恒格式及并行计算等技术，其数值模拟的效果获得了大幅度提高。

1.4 计算机与过程控制

过程控制又称实时控制，是利用计算机及时采集检测数据，按最优值迅速地对控制对象进行自动调节或自动控制。控制对象包括产品的原料下料、加工、组装、成品质量检测，工艺过程的温度、压力、流量、成分、电压、几何尺寸等。

在工业上，由于计算机的高速、精确的运算，采用计算机进行过程控制，不仅可以大大提高控制的自动化水平，而且可以提高控制的及时性和准确性，从而改善劳动条件、提高产品质量及合格率。过程控制是实现工业生产过程自动化的一个重要手段。

1.4.1 过程控制的发展

过程控制是工业自动化的重要分支。几十年来，工业过程控制取得了惊人的发展，无论是在大规模的结构复杂的工业生产过程中，还是在传统工业过程改造中，过程控制技术对于提高产品质量以及节省能源等方面均起着十分重要的作用。

过程控制技术发展至今天，从过程控制采用的理论与技术手段来看，可以粗略地划为 3 个阶段。

20 世纪 70 年代前为第一阶段。这是过程控制的初级阶段，包括人工控制，以古典控制理论为主要基础，采用常规气动、液动和电动仪表，对生产过程中的温度、流量、压力和液位进行控制。由于电子计算机不但体积大，价格昂贵，而且在可靠性和功能方面还存在不少问题，计算机没有直接参与过程控制，仅对整个生产过程集中监视，指导生产过程控制及确保生产过程安全。

20 世纪 70 年代至 90 年代初为第二阶段，这是过程控制的发展阶段。随着微电子技术的发展，大规模集成电路、微型计算机的出现，有了适合工业自动化的控制计算机，可靠性提高且价格大幅度下降，能够满足工业控制要求的程度。计算机控制突破了集中控制格局而发展为分级控制。所谓分级控制，是指在受控过程的各个环节直到各项具体装置或设备，都分别用微型计算机实现小范围的局部直接控制，包括一定条件下的局部最优控制。同时采用较为高档的微型计算机，通过计算机网络，对所有这些分散的局部控制计算机进行监督控制。如此构成一个二级控制系统。其中起监控作用的计算机称为监控计算机，俗称“上位机”。它依据过程信息和其他参数对过程进行分析和计算，自动地改变给定值，使过程满足某一性能指标（如能耗低、效率高、时间短等）。当局部直接控制计算机出现故障时，还可由上位机完成相应的控制功能，这样可以提高系统整体的可靠性。从 20 世纪 70 年代中期到 80 年代，进一步发展为全分布式控制系统或分布式微处理机控制系统。如美国霍尼韦尔（Honeywell）公司推出的分布式控制系统（Distributed Control System, DCS），也称集散控制系统，如图 1-1 所示，它综合了计算机、控制、通信和荧光屏显示技术。可以说，从 20 世纪 70 年代开始，工业生产自动化已进入计算机时代。