

建设部“九五”重点教材

高等学校推荐教材

给水排水工程计算机应用

(第二版)

彭永臻 崔福义 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

给水排水工程计算机应用 / 彭永臻, 崔福义编著. —2 版,
北京: 中国建筑工业出版社, 2002
建设部“九五”重点教材
高等学校推荐教材
ISBN 7-112-04780-3

I. 给… II. ①彭…②崔… III. 给排水系统—计
算机辅助设计—教材 IV. TU991.02-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 054487 号

本书是为了在学习计算机基础课之后, 提高给水排水工程专业学生的计算机应用能力入门书。主要包括: 计算机的应用与发展、程序设计的基本原理、方法和步骤, 结构化程序设计的基本原则与方法等计算机应用的基本知识; 给水排水工程中常用的数值计算方法及其程序设计; 计算机在给水工程和排水工程中的应用, 其中又包括计算机应用的基本思想与方法、程序的算法框图与使用说明、源程序清单等。

本书可作为高等学校给水排水工程专业与环境工程专业的本科生教材, 也可供相关专业的研究生和工程技术人员参考, 并适合于自学。

* * *

责任编辑 俞辉群

建设部“九五”重点教材
高等学校推荐教材
给水排水工程计算机应用
(第二版)
彭永臻 崔福义 编著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店总店科技发行所发行
北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20½ 字数: 494 千字
2002 年 2 月第二版 2002 年 2 月第五次印刷
印数: 14,201—16,700 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-112-04780-3
TU·4269(10126)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>
网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

第二版序

计算机科学技术与应用的迅猛发展,深刻地改变了给水排水工程专业人员的工作方式和方法,当今社会对既懂专业又会计算机的人才十分青睐。近年来,本专业应届毕业生在就职前,几乎都会遇到各类用人单位同样的询问:“会应用计算机吗?”而欧美等发达国家对各领域的既懂计算机又擅长专业的人员的需求量一直在递增。可以预见,我国对这类人才的需求量将会越来越大。因此,进一步加强大学生计算机应用能力的培养是非常必要的。

应当看到,计算机的应用是分层次的,计算机的学习和教育也应当分层次进行。第一个层次是:学习计算机的初步知识和操作使用,即计算机的文化基础。第二个层次是:掌握一种高级程序设计语言,并且能编写简单的程序。第三个层次是:具有应用程序设计和软件开发的初步能力。第四个层次是:具有较强的开发应用软件和硬件系统的能力。当然,此后继续学习提高计算机应用能力是无止境的。还应当强调,程序设计是计算机应用的基本功,是计算机教育的基础和重点,也是软件开发的基础和重点。因此,本书是为第三个层次的学习服务的,其计算机应用内容的重点也放在程序设计和应用软件开发上。

值得注意的是,80年代后在大学生中普及高级程序设计语言和90年代后普及计算机文化教育以来,学生操作计算机的能力有了较大提高,但编程序的能力仍然很差,远远满足不了社会的需要,尤其是今后的需要。这是因为各类专业软件开发的工作,必须由懂计算机的专业人员来完成或参与,而且,随着社会的发展,这种供需矛盾将越来越大。然而,这种状况至今尚未引起我们足够的重视。可见,把这项工作搞好,可谓任重道远。但愿本书能为此贡献微薄之力。

为了拓宽给水排水工程专业面,使之适应于水工业的发展,本学科专业指导委员会决定,将原书名《给水排水工程计算机程序设计》改为现名《给水排水工程计算机应用》。本书仍保持了原来的结构与风格,在第一版的基础上作了较大幅度的删改。其中对第1、3、4章作了较多的修改与补充,内容与字数也相应地有所增加;而第2章所涉及的大多是经典的计算方法理论及其程序设计,故没作太多的修改。

本书自1994年出版以来,一直作为本专业的必修课教材,已经重印了三次。于1996年被评为全国高校建筑类优秀教材二等奖;1997年又被确定为建设部“九五”重点立项教材;1998年被评为建设部科技进步三等奖。我们这次编写又投入了大量的劳动。尽管如此,我们仍清醒地认识到,限于编者的水平与能力,全书的质量还有待提高,内容也应不断改进与完善,书中还有许多缺点和错误。在此,恳请各位专家和广大读者不吝指教。这次编写得到了李圭白院士及专业指导委员会的其他老师、刘鹏、高春娣、杜炯和高景峰等同学支持与各种帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书由彭永臻主编,湖南大学姜乃昌教授主审。崔福义编写第3章,其余由彭永臻编写。

彭永臻

2001年2月于北京工业大学

第一版序

当代,随着科学技术的飞速发展,许多学科不断分支演化,并出现了一些纵横交错的新兴学科。新学科的涌现与科学知识的迅速增值,使自然科学工作者也感到应接不暇。面临着这样一场世界性科技革命的挑战,计算机的发展和应用已成为这场革命的强大动力和重要标志。

被称之为三大理论的系统论,信息论和控制论的发展与应用,推动着各个领域的科学技术都朝着精密化,数学化、自动化与最优化的方向发展。自然科学领域不必赘述,就连社会科学也是如此,甚至还诞生了一门新兴的交叉学科——定量社会学。在科技发展波迭浪涌的今天,系统论、信息论和控制论方兴未艾,而“新三论”——耗散结构论、协同论与突变论又崛起而起,引人瞩目地显示出更强大的生命力。然而,应当看到,无论是“老三论”还是“新三论”,它们的发展和应用都离不开计算机。况且,计算机在各个领域里应用的普及与深入,不仅依赖于计算机科学本身的发展,而且更取决于各领域专业人员对计算机技术掌握的广度深度与普及的程序。从这些意义上来看,我们能尽快地熟悉和掌握计算机技术就显得更重要了。

1983年前后的大学生中普及计算机程序设计语言以来,我们都能发现,不仅给水排水工程专业的本科生,就是研究生仅靠“程序设计语言”的知识也难以应付毕业论文(设计)中程序设计所需要的知识和技能。往往为编制和调试出一个稍微复杂的程序而无所适从。这除了对本专业技术知识还不够深刻理解之外,主要问题是计算机程序设计(以下简称程序设计)的能力有待进一步提高。本书也正是在这种背景下开始编写的,其相应的课程自1988年以来一直作为我院给水排水和环境工程专业研究生的学位课或选修课。1989年以来,其部分章节又作为本科生的选修课。

在1991年12月于昆明召开的全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会第三次工作会议上,决定将《给水排水工程计算机程序设计》作为给水排水工程专业的必修课,同时开始组织编写全国高等学校给水排水工程专业教材。

根据两位评审人湖南大学姜乃昌教授和何璠藻教授的评审意见,本书在原教材基础上进行了大量的修改与删节。尽管如此,由于程序设计本身的抽象性特点,以及篇幅和编者能力所限,不尽人意的地方还是在所难免。

本书的前导课程为“高等数学”、“线性代数”和“计算机程序设计语言”,前导和平行课程为“给水工程”和“排水工程”等专业课,而回避了“计算数学”和“离散数学”等课程的背景。因此,全书的内容都是本科生可以接受的。第1章主要介绍程序设计的基础知识,这对于进一步提高应用软件的设计能力是十分必要的。其内容与各种版本的“程序设计语言”教材的内容并不重复。本章中除了介绍计算机在给水排水工程专业中的应用、程序设计的基本概念和一般步骤外,还注意到结构化程序设计方法的阐述,以便尽快熟悉和逐渐掌握新的程序设计的思维方法和设计方法。第2章的数值计算方法及其程序设计是工程技术领域里应用计算机的基础,也是在开发专业应用软件中最常遇到的问题。笔者一直认为,在计算机应用日益普及的今天,给水排水工程专业的本科生也应当具有数值计算的必要知识(目前仅有极少数院校开设了“计算方法”课程)。因此,本章的编写原则是:对于根本没有学过“计算方法”课程

的本科生来说也完全适用。在这里不仅介绍了给水排水专业中常用的数值计算基本理论和基本方法,还给出了相应的子程序和应用例题,这便于在今后直接应用这些子程序,解决专业应用软件开发中遇到的有关计算问题。同时摒弃了繁琐的理论推导和定理证明。掌握这一章的内容,基本可以解决给水排水专业程序设计中的大多数数值计算问题。在第3、4章中,就给水排水工程中常用的程序设计作了较系统的介绍。尽可能做到问题的提出、解题的基本思想、数学模型与计算方法、程序的算法流程图与使用说明、源程序清单等无保留地和盘托出。为了能系统而又通俗地展示程序设计的全过程,但又限于篇幅,只好删去了原书中几个专业程序设计的介绍。旨在使学生对解决工程实际问题的程序设计思路、步骤与方法有一个较全面系统的了解,切实提高专业程序设计能力。

由于众所周知的原因,收集专业应用程序是非常困难的,更难于从中选优。因此,我们把几年来编制和不断完善的一些尚未公开的程序和科研成果放进书中介绍。这些程序虽然都在计算机上验证过,也打印出了正确的计算结果,但是在很多方面还有待进一步修改与完善,更谈不上什么程序设计技巧。考虑到各院校讲授的程序设计语言种类和版本的不同,本书中的程序用FORTRAN和BASIC(第3章)两种语言编写。除了第2章2.3.3节中的一个小子程序(作为与结构化程序对比)是非结构化程序之外,其余第2章和第4章中的程序和子程序都是采用结构化程序设计的原则方法,用FORTRAN77语言编写的。

受教学时数所限,又考虑到有必要保持全书在一定程度上的系统性与完整性,有些章节标注了“*”号,可作为选修内容,但这并不意味着这些内容不重要。本书的课内外学时比例至少应为1:1。此外,最好不要在有限的课内学时里再讲授程序设计语言 and 上机操作的基本知识。

虽然我们在编写过程中投入了大量的劳动,也参考了许多文献资料,但是,因时间仓促,更限于编者的水平和经验,书中一定存在不少缺点,敬请给水排水学术界和工程界的专家和广大读者不吝指教。

本书的编写得到了湖南大学计算机系何鑒藻教授和我院李圭白、张自杰、赵洪宾、王宝贞教授及其他老师的支持与帮助。还得到了我院刘鹏、刘晓阳和刘宏远等同学的各种帮助,在此一并表示感谢。

本书由彭永臻主编,湖南大学姜乃昌教授主审,书中的第3章由崔福义编写,其余由彭永臻编写。

彭永臻

1993年1月于哈尔滨建筑工程学院

目 录

第 1 章 计算机应用与程序设计基础	1
1.1 计算机文化基础	1
1.1.1 信息社会与计算机文化	1
1.1.2 计算机的发展概述	3
1.1.3 计算机的特点	6
1.1.4 计算机的分类	7
1.2 计算机的应用	10
1.2.1 计算机的传统应用	10
1.2.2 计算机的现代应用	12
1.2.3 计算机网络	16
1.3 计算机在给水排水工程中的应用概述	19
1.3.1 科学计算和计算机模拟的应用	20
1.3.2 净水和污水处理厂的计算机控制	22
1.3.3 给水排水工程的专家系统	27
1.3.4 给水排水工程的计算机辅助设计	29
1.4 计算机软件概述	31
1.4.1 软件的分类	31
1.4.2 软件危机	33
1.4.3 软件工程	35
1.4.4 软件工程的瀑布模型	37
1.5 程序设计概述	40
1.5.1 程序设计的特点与范畴	40
1.5.2 程序设计的质量准则	41
1.5.3 程序设计的基本原理	42
1.6 结构化程序设计	45
1.6.1 结构化程序设计的概念	45
1.6.2 GO TO 语句的危害	48
1.6.3 GO TO 语句的消除	49
1.6.4 结构化程序设计的基本方法	53
1.7 程序设计的步骤与方法	59
1.7.1 概述	59
1.7.2 定义	61
1.7.3 总体设计	63
1.7.4 详细设计	66
1.7.5 编码	68

1.7.6	测试	70
1.7.7	维护	73
	习题一	75
第2章	给水排水工程中常用的数值计算及其程序设计	77
2.1	关于科学计算的预备知识	77
2.1.1	计算机算法	77
2.1.2	算法的种类和描述	79
2.1.3	数值稳定性	82
2.1.4	条件问题与病态概念	83
2.1.5	误差	84
2.1.6	数值计算中减少误差的若干原则	87
2.2	函数插值与曲线拟合	91
2.2.1	概述	91
2.2.2	函数插值及其程序设计	92
2.2.3	曲线拟合及其程序设计	97
2.2.4	线性回归问题及其程序设计	101
2.3	非线性方程数值解	103
2.3.1	迭代法及其程序设计	103
2.3.2	迭代法的收敛	105
2.3.3	二分法及其程序设计	106
2.4	数值积分	111
2.4.1	矩形法与梯形法及其程序设计	112
2.4.2	抛物线法及其程序设计	114
2.5	线性代数方程组数值解法	120
2.5.1	概述	120
2.5.2	高斯消去法及其程序设计	121
2.5.3	解线性方程组的迭代法及其程序设计	128
2.6	常微分方程数值解法	133
2.6.1	概述	133
2.6.2	欧拉法及其基本思想	135
2.6.3	改进的欧拉法	136
2.6.4	龙格-库塔法及其程序设计	138
	习题二	146
第3章	计算机在给水工程中的应用	150
3.1	概述	150
3.2	城市给水管网计算	151
3.2.1	管网计算的课题	151
3.2.2	解环方程法管网计算	151
3.2.3	解节点方程法管网计算	159
3.2.4	典型给水管网计算程序介绍	176
3.3	计算机在城市给水系统管理中的应用	178

3.3.1	供水综合管理系统	179
3.3.2	供水营业收费系统	180
3.3.3	用户服务系统	180
3.4	给水管道造价计算	181
3.4.1	管道造价的数学模型	181
3.4.2	计算方法	181
3.4.3	程序设计	182
3.4.4	程序分析	185
3.4.5	应用例题	185
3.5	室内枝状给水管网计算	187
3.5.1	计算方法	187
3.5.2	计算程序示例	187
3.5.3	程序分析	194
3.5.4	计算例题	194
3.6	滤池工艺设计参数选择	196
3.6.1	问题的提出	196
3.6.2	计算方法	197
3.6.3	计算程序	198
3.6.4	程序分析	205
3.6.5	计算例题	206
3.7	计算机在投药过程控制中的应用	207
3.7.1	流动电流混凝投药控制	208
3.7.2	控制过程的计算机系统	208
3.7.3	控制系统的运行	216
	习题三	218
第4章	计算机在排水工程中的应用	220
4.1	计算机在排水管网设计计算最优化中的应用	220
4.1.1	概述	220
4.1.2	排水管网设计计算的约束条件	221
4.1.3	最优化设计的基本思想	222
4.1.4	计算方法	224
4.1.5	结构化程序的总体设计与算法	226
4.1.6	几个主要子程序的算法	229
4.1.7	PSG19 程序使用说明	231
4.1.8	计算举例	233
4.1.9	PSG19 源程序	235
4.2	雨水排水系统计算优化选择的程序设计	254
4.2.1	概述	254
4.2.2	雨水管道计算的约束条件与优化选择基本思想	255
4.2.3	雨水排水系统的计算方法	256
4.2.4	总体设计与算法	259
4.2.5	USG 程序使用说明与计算举例	260

4.2.6	USG 源程序	263
4.3	城市污水处理厂典型工艺设计计算程序	274
4.3.1	概述	274
4.3.2	WSC 程序的主体结构	275
4.3.3	原污水污染程度(子程序 WRCD)	278
4.3.4	初次沉淀池设计计算(子程序 PLCDC)	280
4.3.5	WSC 的部分源程序	283
4.3.6	计算示例	294
	习题四	297
	附录	298
	主要参考文献	315

第1章 计算机应用与程序设计基础

1.1 计算机文化基础

计算机是一个能存储程序与控制执行程序的电子机器,是微电子学与计算数学的结晶。计算机是由硬件和软件组成的。微电子学的基本元件及其集成电路形成了计算机的硬件基础,而计算数学的计算方法和数据检测奠定了计算机的软件基础。

在人类文明史中,对数的认识与计算可追溯到遥远的古代。数千年来,人类为改进数的计算不断地进行着创造性的研究,终于在1946年获得了科技史上最卓越而辉煌的成就——电子计算机的诞生。在短短的半个世纪中,计算机科学与技术的发展突飞猛进,日新月异。至今在世界上还远没有哪一种工业的产品更新速率能与计算机媲美,其硬件已更送了几代,软件的更新随时都在进行。

计算机以它的普遍性、技术密集、运算速度快、信息容量大、精确度高与使用方便等一系列优点,成为当今世界使用最广泛的现代化工业和信息社会的重要支柱。一定的社会生产方式就有与之相适应的文化,没有这种文化,社会的成员就很难运用当代的生产和生活工具。原始社会要求人类具有制造和使用石器的石器文化;工业化社会要求它的劳动者具有初等中学的文化水平;信息社会要求它的劳动者具有一定的处理信息的能力,也就是要会使用信息处理工具——计算机。这就是所谓的“人类第二文化——计算机文化”。

1.1.1 信息社会与计算机文化

概括地说,信息是对客观规律表示出来的映射。它在逻辑上是知识、经验、形态、情报、信号;在物理存在上是书报、图片、符号代码、数字、语言、声音、光线、电波等等;而计算机的信息物理存在就是数据。严格地说,信息是显示事物间根据某种自然规律或人为的约定建立联系的一种形式,它为所描述的事物增添了确定性,或者、消除了其不确定性。

早在本世纪初电子管就已经问世,1946年发明了计算机之后,使信息技术有了较大发展。之后大规模集成电路的使用使信息技术出现了新的飞跃。在70年代的世界能源危机中,许多传统产业产量普遍下降,惟有信息产业独领风骚,以年均20%~50%的增长率持续上升。90年代初信息产业已成为美国的第一大产业。这表明人类世界正在进入一个新时代——信息化时代。如果说工业革命是以能源的开发为中心,用动力机和工作机代替人的体力劳动,推动了农业社会向工业社会的过渡,那么信息革命则是以信息的利用为中心,通过改进信息的处理和传播,用计算机来辅助人的脑力劳动,促进工业社会向信息社会的演变。

信息社会以大量采集、加工、贮藏、生产信息为主要工作内容。各生产和社会部门利用计算机和电子通信设备,有目的地收集、生产、传送、存储和利用信息。这样各产业的生产率迅速提高,新的工作领域大量出现,人们的物质文化生活水平高度快速地发展,生产和生活各个领域全面信息化。此外,信息社会还具有以下主要特征。

1. 信息成为重要的战略资源

能源和材料是工业化社会的重要资源。在信息社会中，由于信息在社会和经济发展中的巨大作用，信息已成为一种重要的战略资源。一个企业不实现信息化，就很难增加生产，提高其竞争能力和发展的后劲；一个国家如果缺乏信息资源，或不重视提高信息的利用与交换，只能是一个贫穷落后的国家。

2. 信息业成为最重要的产业

有人将信息业与工业、农业、服务业列为四大产业。信息业不能代替工业生产汽车等，也不能代替农业生产粮食。但它是发展国民经济的“加速器”，以此可以提高劳动生产率，改进产品质量，降低成本，改善工作条件，进而明显地提高经济效益与社会效益。80年代以来，信息业高速地发展，在发达国家中其增长率一般达国民经济增长率的3~5倍。我国在“八五”期间，电子工业年平均递增27%，电信业年平均递增40%以上，分别为同期国民经济总增长率的2~3倍。随着社会与信息业本身的发展，信息业的内涵也愈加丰富，在信息社会中成为最重要的产业是当之无愧的。

3. 信息网络成为社会的基础设施

随着“美国信息高速公路计划”（即“NII计划”）的提出和Internet网的不断扩大运行，计算机网络已被人们普遍接受与欢迎。随着社会信息化的发展，计算机普遍地进入普通家庭是不够的，更重要的是将信息网络连通到千家万户和各个行业。如果说供电网、交通网、给水管网、排水管网、供燃气网等是工农业和生活中不可缺少的基础设施，那么信息网的覆盖率和利用率理所当然地将成为衡量信息社会是否成熟的标志，信息网无疑地成为重要的社会基础设施。

从上述信息社会特征可以看出，计算机科学与技术的发展对信息社会所作的巨大贡献。有人把语言的产生、文字的使用与印刷术的发明称为人类文化发展史上的三个里程碑。也有人称作信息社会出现之前的三次信息革命。它们帮助人类产生和传播信息，为人类创造了不同时期的文化，推动着社会的文明与进步。目前这次信息革命是以计算机为核心，以计算机技术与通信技术相结合为标志的一次革命。与前三次信息革命相比，这一次的内容更深、影响更广泛，因而成为人类文化发展史中第四个伟大的里程碑。

社会信息化导致新知识与新发明不断地大量涌现。新知识领域与学科也日益增多，知识的老化和更新加快，这就是社会学家所讨论的“知识爆炸”问题。据联合国“世界科学技术情报系统”统计，本世纪60年代，科学知识每年的增长率从9.5%提高到10.6%，而80年代头几年已达到12.5%，即5年增长一倍。而对于计算机科学、生物工程、有机化学与材料工程、环境科学等新兴学科的发展和知识老化速度更新更快，其更新周期只有3~5年。在如此严酷的知识爆炸时代面前，我们的学习生活和研究与工作方法也要有相应的深刻的变化。其中最重要的一点就是尽快地掌握计算机技术。如果不学会高速处理信息的技能，就很难跟上时代的步伐。

目前，计算机已经渗透到社会的各个领域。PC机的普及加快了人们工作与生活的节奏，计算机网络的运行大大缩短了世界的距离，多媒体技术的应用使人们的生活更加丰富多彩。应当看到，随着社会与计算机科学技术的发展，要求人们进一步地掌握计算机文化。计算机教育的普及程度标志着一个国家的综合发展水平，影响到国家的信息化进程。我国是否为信息社会？何时能信息化？这应当由社会学家来回答。但是，随着信息网的不断完

善与扩大运行,计算机文化将继续全面而深入地渗透到我们生产、工作与生活等一切领域,全世界都在迅速地朝着信息化方向发展,这是一条不可抗拒的发展规律。因此,作为现代科技人员,除了学习本专业文化以外,还必须接受计算机文化,以适应和推动社会的发展。

1.1.2 计算机的发展概述

1946年美国宾夕法尼亚大学研制成功了世界上第一台由程序控制的电子计算机,取名为埃尼阿克(ENIAC——Electronic Numerical Integrator And Computer)即“电子数学积分计算机”。这是一个庞然大物,全机用了约18000个电子管,1500个继电器,占地150m²,重量达30t,功率150kW,耗资百万美元,可进行5000次/s的加法运算。然而,这项重大发明不仅在当时是一个伟大的奇迹,而且至今仍具有划时代的意义。第一台电子计算机的产生拉开了第一代计算机的研制以及人类进入计算机时代的序幕。

1.1.2.1 第一代计算机

1946年至1957年是计算机发展的第一代。第一代计算机都是按存储程序模式设计的,它们为冯·诺依曼(John Von Neumann)教授的计算机结构奠定了基础,其代表机型为IBM—704(1953年4月)和IBM—650(1954年11月)。其主要特征是:

- (1) 其硬件的基本电路是电子管电路,整机体积大,耗电多,发热量大,价格高。
- (2) 外存储器主要是磁鼓和磁带,存储容量小。
- (3) 代表性的软件用机器语言和汇编语言,输入输出主要用穿孔的纸带或卡机,工作效率低。
- (4) 计算速度慢,主要应用于数值计算,采用单机应用方式。

1.1.2.2 第二代计算机

1957年至1962年是计算机发展的第二代。构成计算机硬件的基本电路是晶体管分立电路,用晶体管取代电子管作开关元件,使计算机性能较第一代有了较大的提高,整机体积大为减小,相对地具有耗电少、重量轻、运算速度快,寿命长等优点。1958年IBM陆续研制并推出了晶体化的7000型系列的大型科学计算机和数据处理机,从而全面替代了早期的700系列,其代表机型为IBM—7090(1959年11月)和IBM—7094(1962年9月)。第二代计算机的主存储器普遍采用磁芯存储器,用磁盘或磁带作辅助存储器,存储容量明显增加,从而为配置操作系统(Operating System)和监控程序(Monitor)等系统软件创造了条件。在计算速度大幅度提高的基础上,计算机软件开始使用早期的高级语言如FORTRAN和COBOL等,使编程等工作效率显著提高。计算机除了用于数值计算之外,还扩大到数据处理和过程控制等方面,出现了联机系统结构。

1.1.2.3 第三代计算机

1962年至1971年是计算机发展的第三代。构成计算机硬件的基本电路是小规模晶体管集成电路(IC)。与晶体管分立元件相比,IC具有体积小,耗能少和寿命长等优点,因而第三代计算机的共同特征是整机体积更小、重量更轻、耗电更少、可靠性更好、寿命更长、运算速度更快、成本更低和性能大幅度提高。

集成电路的应用使第三代计算机硬件得到了迅速的发展。与之相适应的计算机软件也逐步完善,操作系统也日趋成熟。1964年IBM研制了OS/360通用操作系统,使系列内的低档机向高档机升级时,原有的操作系统与应用软件可继续使用,实现了软件的“向上兼容”,也使IBM的360系列机本身跻身于第三代计算机的主流产品。其代表机型是IBM—

360 (1964 年), IBM370 (1971 年) 等。系列化、通用化和标准化是第三代计算机设计的基本思想。在硬件设计中提倡采用标准化的芯片和接口部件; 将系列机扩展到大、中、小型以适应不同层次的需要; 在软件设计中开发通用的操作系统, 推广模块化设计与结构化程序设计等。在高级语言被广泛采用的同时, 又开发了 BASIC (1964 年) 和 PASCAL (1970 年) 等语言, 微程序技术也被广泛应用。其结果是计算机的应用范围进一步扩大, 成本进一步降低, 为计算机的普及应用奠定了良好基础。

1.1.2.4 第四代计算机

1971 年至今是计算机发展的第四代。构成计算机硬件的基本电路是大规模集成电路 (Very Large Scale Integration Circuit, 即 VLSI)。显然它的体积进一步缩小、性能更好、适用性更强了。可以说第四代计算机是发展的最重要时期, 也是其普及速度最快与对社会发展产生巨大推动作用的时期。它在以下 3 个方面取得了令人瞩目的进展。一是性能与价格比大幅度跃升: 随着 IC 集成度的增加, 计算机的处理速度不断提高, 与此同时其价格反而不断下降, 使其性能/价格以惊人的速度持续上升。这一进展极大地推动了计算机的普及应用。二是产品更新的速度加快: 近 20 年来, 无论是大、中、小型计算机, 还是微型机都在以前所未有的速度发展和更新换代。特别是微型机, 在 10 多年的时间就经历了 5 个发展阶段, 平均每隔 2~3 年就升级换代一次。三是软件配置空前丰富: 第四代计算机除了操作系统外, 还可配置数据库管理系统, 帮助开发软件的各类实用程序和开发工具、大量的应用程序等。性能更优越并在不断完善的 UNIX 操作系统和 Windows 操作系统更是风靡全球。在高级语言方面, 又出现了 C、Smalltalk、C++ 等新的结构化程序设计语言。

在第四代计算机的发展过程中, 值得一提的是异军突起的微型计算机。从 70 年代起, 微电子技术新成果就伴随着人类经济社会信息处理的电子化刺激了微型计算机的发展, 微机在当今信息社会的发展过程中, 不仅为人们提供了一个高效、快速的计算、控制和通信工具, 而且正从根本上改变着人们的生产和生活方式, 深刻地改变着科技界的工作与研究方法。现在, 友好的人机界面和计算机网络通信已成为发展微型机的首要任务。多媒体计算机不仅能处理数据, 而且可以直接进行声音、图像和文字处理, 展示了计算机的全新功能与面貌。计算机网络也使全球范围内的资源实现高度共享。微机可以说是人类展示自己才智的工具和环境, 成为科学技术进步的主要象征之一。

1.1.2.5 第五代计算机

从 1982 年开始人类研制了第五代计算机——智能计算机的序幕, 有人称之为“第二次计算机革命”。然而到目前为止这次“革命”尚未达到高潮, 至今还没有取得什么突破性进展。第五代计算机是一种非冯·诺依曼体系结构的计算机系统, 它不仅采用的技术不同, 而且在概念和功能方面也不同于前四代计算机, 被称为“知识信息处理系统”。该系统由知识库机、推理机、智能接口等硬件与 PROLOG (英文 PROgramming in LOGic 的缩写, 意为用逻辑进行程序设计) 语言等软件组成。它展示的是一种具有人工智能的新一代计算机。它不像前四代计算机那样按事先安排的程序来解决问题, 而是根据用户通过自然语言同计算机对话的多媒体人——机界面等提出的问题, 自动选择内置在知识库机中的规则, 通过推理来解答问题。

除了知识信息处理系统之外, 新一代计算机的范畴中还有神经网络计算机和生物计算机的提法。所谓神经网络计算机就是用简单的数据处理单元模拟人脑的神经元, 并利用神

神经元结点的分布式存储和相互关联，来模拟人脑活动的一种新型信息处理系统。它的主要特点是大规模分布式并行处理、具有自适应能力与高度的容错能力。它在解决非确定性推理、克服数据不完整性方面所表现的能力，都比传统的智能系统更有优势，但它也不是万能的，在高速处理数据方面将永远取代不了传统计算机。而生物计算机使用由生物工程技术产生的蛋白分子为主要原料的芯片，称为生物芯片。这类芯片不仅具有巨大的存储能力，而且能以波的形式传播信息，其处理速度更快、能量消耗更少。由于蛋白分子具有自我组合能力，使生物计算机具有生物的某些机能，从而更易于模拟人脑的机制。

从目前来看，进入 21 世纪之后，各国研制与开发第五代计算机的竞争可能进入白热化阶段，但更多的专家认为，第五代计算机真正进入实用化阶段，至今需要相当长的时间。因此，我们应当清醒地认识到：作为非计算机专业的科技人员来说，首先的任务还是努力学习和掌握使用好第四代计算机。这不仅是因为第五代计算机的研制还需要一个漫长的过程，而且第四代计算机的很多功能还远远没有充分地利用。此外，从生产到生活的各个领域里的应用软件的开发又几乎是无止境的，况且第四代计算机本身也一直在不断地完善与发展。

从计算机发展的历史进程和现状中可以看出，它今后进一步发展的趋向将是巨型化、微型化、网络化、智能化与多媒体。

1. 巨型化

计算机巨型化是指在大型机的基础上，进一步开发高速度、大容量、功能更强的计算机。巨型机的研制水平是反映一个国家的综合国力和科学技术水平的重要标志。在某些特殊领域，如航空航天、军事和气象等项目上大有用武之地，但它的研制需要高额的投资，生产数量也有限。

2. 微型化

计算机微型化是指随着微电子技术的发展，集成电路的集成度越来越高，体积大大缩小的计算机。微型机是当今世界发展最迅速、应用最广泛的新技术之一，也是 VLSI 技术带来的最直接最重要的结果。由于整机微型化，硬件价格大幅度下降，PC 机已席卷全球，极大地推动了计算机应用的普及。今后微型机还将会以高速度向价格更低廉性能更好的方向发展。

3. 网络化

计算机网络是指将分布在不同地点的计算机，用通信线路连接起来，构成一个更大的系统。它是计算机技术与通信技术相结合的产物，是计算机应用的必然结果。计算机网络可使用户充分共享网络中的硬件软件和数据等资源，它可以分为局域网（Local Area Network，简称 LAN）和广域网（Wide Area Network，简称 WAN）。计算机网络已成为当今计算机应用的一个热点，今后也将发挥越来越大的作用。

4. 智能化

计算机智能化是指能模仿人类的感觉和思维过程，即视觉、听觉、触觉等感知能力和推理、联想、学习等思维能力的新型计算机。这是建立在仿生学、控制论、计算机、心理学等基础上的一门新兴边缘学科，例如，目前已问世的各种机器人就属于智能计算机的一种主要类型，也属于第五代计算机的范畴。

5. 多媒体

在这里，所谓媒体就是指信息的载体，文本、图形、声音、图像都是常见的信息载体。

多媒体技术是 80 年代中后期发展起来的一门跨学科的新技术。虽然电视已经普及,声音和图像等媒体被广泛使用,但以前的计算机只能处理数值和符号信息,即单一的文本媒体。近几年出现的多媒体计算机实际上是计算机技术与电视声、像技术相结合的产物,它们集文、图、声、像等多种媒体于一身,极大地丰富了其应用范围,进而成为 90 年代信息处理领域中令人瞩目的伟大成果。可以预见,随着计算机应用的普及,多媒体的应用也将日益广泛。

与计算机的巨型化、微型化、网络化、智能化与多媒体的发展方向相适应的是计算机在硬件、软件和应用等各方面也必有较大的发展,从而促进了整个计算机科学技术水平的进步。实际上,计算机的上述发展分别反映了计算机科学技术中的高度并行技术、超大集成技术、高度分布技术和人工智能技术的发展方向。

1.1.3 计算机的特点

计算机之所以被称为本世纪最伟大最辉煌的发明之一,计算机文化被称为人类的第二文化,以及计算机已成为当今社会使用最广泛的不可缺少的现代化工具,是由于它与过去或现代的其他工具相比,具有一系列显著的优点和特点。

1. 运算的高速性

计算机的运算和处理速度非常快,目前微型机的运算速度每秒可达几百万或几千万次以上,大型机和巨型机可达几亿次甚至几百亿次以上,这是人的运算能力远远无法比拟的。计算机的高速运算能力不仅解脱了人类的许多繁重计算,而且对瞬息万变、时间性强、计算量大的工作能进行准确快速的处理,实现了人们过去认为不可能达到的目标。运算的高速性是处理复杂问题的前提,因而运算速度一直是衡量计算机先进性的最重要指标之一。

2. 运算的精确度高

从理论上讲,用越多的位数来表示一个数,其精确度也就越高。由于软件技术的发展,计算机处理的数据,其有效数字可由实际要求的精确度任意来定,一般可达百位,甚至千位。因此计算机有很高的计算精度,能进行精确度很高的运算处理,最后给出正确的结果。当然,计算机高的计算精度是与其运算速度快和存储信息容量大为前提的。目前生产的微型机大都是 32 位,大型机有 64 位,128 位以上的。一般用 32 位的计算机进行科学计算与数据处理已能满足绝大多数情况下的精度要求。

3. 信息容量大

计算机容量大小说明其贮藏和处理信息的能力。信息容量大也是提高其运算的精确度,处理复杂问题甚至提高运算速度的前提,因此计算机容量也是衡量其先进性的最重要指标之一。随着计算机、电子和材料科学的迅速发展,以及元件集成化和运算速度的提高,各种类型计算机内存储器日益增大,外存储器几乎可以不受限制地加大。目前普遍的微型机内存储器容量都在 16MB 以上。

4. 有记忆与逻辑判断能力

计算机的存储器当然能够接受和保存输入程序和数据,随时提供给计算机进行运算和处理,并能将中间结果或最终结果保存(记忆)在存储器里。计算机还能对信息进行逻辑判断,根据判断结果决定执行何种操作。正是这些能高速运算、信息容量大、能记忆和判断的特点,才使计算机具备了模仿人脑初步的思维能力,进而实现具有人的逻辑、推理、识别、翻译等功能,进一步实现人工智能化。

5. 有自动执行能力

计算机一般可以不需要人的干预，只要人们把预先编制好的程序存储在计算机内，然后启动计算机，它就能够按照程序规定的执行步骤，自动地进行工作。因此，计算机很适合于实现人类许多自动化的设想，比如科学计算、过程控制和人工智能等。

6. 技术密集

计算机以前的工具无论如何发展，总是要保持一定的物理属性，而计算机是信息和处理信息的载体，只要能表示信息并处理这些信息就可以满足要求。它是典型的技术密集型产品。随着计算机科学与技术的飞速发展，计算机所耗用的材料和体积越来越少，技术越来越密集，而其存储器和处理信息的能力却更强了。这也决定了计算机发展的高速性与更新换代特别快。此外，很容易理解的是计算机的技术密集更表现在其软件上，比如一张光盘中存储的软件可能是几千人年甚至几万人年的劳动成果的结晶。

7. 使用方便

计算机是电子设备，很容易与电子通信设备连接；由于计算机软硬件技术的发展，通过远程终端、计算机网络和通信卫星，使用计算机几乎不受任何地域的限制，用一台微机就可共享全世界的软硬件资源，使用起来非常方便。随着计算机网络和微型机的飞速发展，计算机的使用更加方便。例如，你若手持一台笔记本电脑和一部手机，可以在世界上现有的任何交通工具（车、飞机、船）上，与计算机网络连接，可以完成定货、股票、投资、订合同等多种重要的工作。

8. 普遍性

随着以信息的利用为中心的信息革命的不断深入，全球都在迅速地朝信息社会迈进，各行各业都有信息，都需要处理信息，这就决定了社会对作为信息处理机的计算机的需求量非常大。在后面将谈到，计算机的应用范围是非常广泛的，而且还有进一步拓宽的趋势：还可以预期，在信息社会中，信息业将成为全世界最大的产业；又如刚才列举的计算机具有的速度快、精度高、容量大、技术密集和使用方便等特点，这些都决定了计算机在今后将有更深入更普及的应用。

1.1.4 计算机的分类

计算机的分类方法也较多，主要按其原理、用途和功能进行分类。

1.1.4.1 按原理分类

按原理分类可分为电子数字计算机、电子模拟计算机和混合式电子计算机。

电子数字计算机是一种把计算对象转变为数码形式，在机器内部进行加工运算的计算机。通常所说的计算机就是这种电子数字计算机。

电子模拟计算机是一种把计算对象按某种物理量（如电流、电压等连续型变量）的形式直接进行加工运算的计算机。一般只能模拟数值处理，常用于微分方程求解。

混合式电子计算机是一种把数字技术和模拟技术结合在一起的计算机，它配有数字量与模拟量的转换器，既能处理数字量，又能处理模拟量。一般在过程监控、液压系统设计与测试等方面有广泛的应用。

1.1.4.2 按用途分类

按工作用途可分为通用计算机和专用计算机。

顾名思义通用计算机是一种通用的、能用于多种用途的计算机。它提供常用的语言软件，配备常规的外设和操作系统。它执行某一个程序就可完成特定的任务，程序内容不同，

完成的任务也就不同。它的适应性很强，可用来完成科学计算、数据处理、事物管理、自动控制等多种任务。现在广泛使用的计算机绝大多数是电子数字式通用计算机，本书也主要就这种类型的计算机展开讨论。

专用计算机是为某种用途而开发的计算机系统，因而它也只能完成某一特定任务。它多半是用通用的单板和集成元件的部件组建的，并配备有专用软件。其特点是专业性强，结构紧凑而简单，功能简明而单一，工作效率较高。在使用过程中它只需程序正确，很少或不需要终端显示，也无需高级语言。

1.1.4.3 按功能分类

国内通常按功能将计算机分为巨型、大型、中型、小型和微型计算机。第一第二代计算机主要是大型机；第三代有大、中、小型三类计算机；而第四代则覆盖了巨、大、中、小、微的所有种类计算机。1989年11月，美国电气和电子工程师协会（IEEE）根据当时的发展趋势，提出将计算机划分为主机、小型机、个人计算机、巨型机、小巨型机和工作站六类。目前也沿用这种分类方法，简介如下。

1. 主机（Mainframe）

国外的所谓主机实际覆盖了国内常说的大型机和中型机。它的特点是大型、通用，具有大容量的内、外存储器和多种类型的 I/O 通道，能同时支持批处理和分时处理等多种工作方式。近几年出现的新型主机还采用了多处理和并行处理等新技术，使整机处理速度高达 500~1000MBPS，内存容量达到 1000MB 以上。40 多年来，主机在大银行、大公司、大学和科研院所的计算机应用中一直稳居统治地位。我国 70 年代起也从国外引进了数以千计的主机系统。80 年代以来，由于 PC 机与局域网技术的兴起，以主机为中心的多终端工作模式受到了巨大的冲击，使主机销售量一度在 90 年代初出现全球的负增长。近几年来主机生产又开始复苏。因为在许多计算与处理工作量大的领域与部门仍需要大型机。

2. 小型机（Minicomputer 或 Minis）

与主机相比，小型机结构简单，成本较低，不需要经长期训练即可维护和使用，所以更易推广和普及。其市场份额在 80 年代中期就超过了主机的销售额，这说明小型机受欢迎的程度。微机的迅速崛起使小型机市场受到了严重的挑战。几年以前，一些生产小型机的公司竞相采取新技术和策略，以加强其竞争能力。例如：（1）仿照主机和多处理结构和多级存储系统，推出了能与主机相抗衡的高性能产品。（2）在指令系统上推出精简指令集（RISC）计算机技术，即只将比较常用的指令集用硬件实现，很少使用的、复杂的指令留给软件去完成，借以降低芯片的制造成本，提高整机的性能/价格比。

3. 个人计算机（Personal Computer）

应当首先指出，在 IEEE 分类中没有单列出微型计算机，这可能由于微型机是一个范围太宽、缺乏明确界限的概念。例如，它既可以指个人计算机，又可以包括单板机、单片机、工作站以及所谓超级微机等。而个人计算机不仅含义明确，而且是应用最广泛的一类。个人计算机简称 PC 机，是第四代计算机时期出现的新机型，其发展之迅猛，普及之广泛，用“席卷全球”来形容一点也不过分。PC 机的核心是以 VLSI 为基础的微处理器（Micro Processor Unit 简称 MPU）。

当代世界 PC 机发展的标志是美国的 IBM 公司生产的 PC 微机系列。众所周知，IBM 公司是目前世界上最大的计算机生产厂家，以前一直从事大型机和巨型机的研制和生产，其