



主编 张问银 王振海 赵 慧

高等教育出版社





教育部大学计算机课程改革项目规划教材

大学计算思维基础

Daxue Jisuan Siwei Jichu

主 编	张问银	王振海	赵 慧
参 编	吕月娥	刘志强	胡静瑶
	高 雷	刘夫江	崔沂峰

高等教育出版社·北京

内容提要

本书以计算机科学基础知识为主,以计算机的问题求解为主线,注重培养学生的计算思维能力。本书将计算思维、信息表示、计算机系统、计算机网络以及计算机的新技术作为穿插,选择 Python 语言为计算实践语言,内容上侧重于如何应用计算思维解决各领域的问题。

全书分为 10 章,内容包括计算思维基础知识、计算机中的信息表示、计算机系统结构与工作原理、算法与程序设计、数据组织与管理、计算机网络及应用、信息安全基础、计算机发展新技术。

本书可以作为高等学校“大学计算机”课程的教材使用,也可供对计算机科学感兴趣的专业技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

大学计算思维基础/张问银,王振海,赵慧主编

—北京:高等教育出版社,2018.9

ISBN 978-7-04-050590-0

I. ①大… II. ①张… ②王… ③赵… III. ①电子计算机-高等学校-教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 207064 号

策划编辑 刘娟
插图绘制 于博

责任编辑 刘娟
责任校对 殷然

封面设计 于文燕
责任印制 刘思涵

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 河北鹏盛贤印刷有限公司
开 本 850mm×1168mm 1/16
印 张 11.25
字 数 260 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2018 年 9 月第 1 版
印 次 2018 年 9 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 50590-00

前 言

随着信息技术的快速发展,互联网+、物联网、云计算、大数据、移动通信等新概念和新技术层出不穷,计算机基础教育也面临着新的挑战,提高学生计算思维能力,不仅是计算机专业学生,同时也是所有大学生应该具备的素质和能力。

本书是根据教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会制订的《大学计算机基础课程教学基本要求》,结合编者多年来在大学计算机基础教学改革方面的丰富经验编写而成的。本书立足于培养学生的计算思维能力,强化学生对问题求解方法与分析的能力,作者本着“重基础、强能力、学以致用”的教育思想,将计算思维渗透在计算机基础教学中,调整了教学内容,优化了教学方法。以计算与计算思维为主线,从计算平台(包括计算机硬件、计算机软件和计算机网络)、算法设计到问题求解及算法实现这条脉络上做了大幅度调整,以便全书内容更进一步地突破,能够更适合学生学习,达到培养思维能力与提高学习能力的目的。本书叙述清楚、通俗易懂、内容丰富、图文并茂且可操作性强,适合高等学校非计算机专业本、专科学生使用。

全书共分8章。第1章计算与计算思维,主要介绍计算思维基础知识以及计算机科学与各学科的渗透;第2章计算机中的信息表示,主要介绍了信息在计算机中的表示方法以及运算形式;第3章计算机系统结构与工作原理,主要介绍计算机的软硬件及计算机的工作原理;第4章算法与程序设计,主要介绍算法的基本概念、经典算法及Python语言的基础知识,第5章数据组织与管理,主要介绍数据结构及数据库的基础知识;第6章计算机网络基础,主要介绍计算机网络基础知识及网络应用;第7章信息安全基础,主要介绍信息安全、计算机犯罪、黑客、防火墙及计算机病毒的基础知识;第8章计算机发展新技术,重点介绍大数据、云计算及区块链等新技术。

本教材易学、实用,以培养计算思维能力为核心,开拓计算机基础教学新视野,强化学生对问题求解方法与分析能力的培养。同时通过一系列的实例教学,使学生能在实践中理解和巩固所学的基础知识,不断提升计算思维能力。

本书由张问银、王振海、赵慧主编,第1、2章由吕月娥执笔,第3、6章由赵慧执笔,第4章由刘志强、高雷合作完成,第5章由胡静瑶执笔,第7章由刘志强执笔,第8章由吕月娥、刘夫江、赵慧合作完成。除此之外,本书还得到崔沂峰、王海峰、符广全、王九如、李国强等的帮助与支持,再次对他们表示衷心感谢!

由于时间仓促,水平所限,本教材难免存在一些不足之处。衷心希望广大读者批评指正,提出宝贵意见,以便在使用中不断得以补充、修正和完善。

张问银

2018年7月

目 录

第 1 章 计算与计算思维 1

- 1.1 计算机的产生和发展 1
 - 1.1.1 计算机的产生 1
 - 1.1.2 电子计算机的发展 3
 - 1.1.3 计算机的发展趋势 5
- 1.2 计算机科学与各学科的渗透 6
 - 1.2.1 生物学 6
 - 1.2.2 化学 8
 - 1.2.3 艺术学 10
- 1.3 计算思维 11
 - 1.3.1 计算思维的提出 11
 - 1.3.2 科学方法与科学思维 12
 - 1.3.3 计算思维 12

第 2 章 计算机中的信息表示 15

- 2.1 信息与信息技术 15
 - 2.1.1 信息与数据 15
 - 2.1.2 信息技术 16
 - 2.1.3 信息化与信息社会 16
- 2.2 信息在计算机中的表示 17
 - 2.2.1 数值及其转换 17
 - 2.2.2 计算机中的数据单位 20
- 2.3 数值信息的表示 20
 - 2.3.1 带符号整数的编码 20
 - 2.3.2 带符号实数的编码 22
- 2.4 文本信息的表示 23
 - 2.4.1 西文字符的编码 23
 - 2.4.2 汉字编码 24
- 2.5 多媒体信息的表示 25
 - 2.5.1 图像 25
 - 2.5.2 声音媒体的数字化 27

- 2.5.3 视频与动画 29

第 3 章 计算机系统结构与工作原理 ... 31

- 3.1 计算机系统结构 31
 - 3.1.1 图灵和图灵机模型 31
 - 3.1.2 图灵机的基本思想 32
 - 3.1.3 冯·诺依曼计算机 33
- 3.2 计算机系统的组成 35
 - 3.2.1 硬件系统 35
 - 3.2.2 软件系统 40
 - 3.2.3 计算机的性能指标 42
- 3.3 计算机的基本工作原理 43
 - 3.3.1 指令和指令系统 43
 - 3.3.2 存储器的工作原理 44
 - 3.3.3 运算器和控制器工作
原理 45
 - 3.3.4 程序执行过程 46
- 3.4 操作系统 47
 - 3.4.1 操作系统概述 47
 - 3.4.2 操作系统的功能 49
 - 3.4.3 典型的操作系统 50
 - 3.4.4 Windows 操作系统 51

第 4 章 算法与程序设计 54

- 4.1 算法的基本概念 54
 - 4.1.1 算法的概念 54
 - 4.1.2 算法性质 54
 - 4.1.3 算法的特征 54
 - 4.1.4 算法与程序 55
 - 4.1.5 算法分析 55
 - 4.1.6 算法实例分析 55
 - 4.1.7 算法的重要性 57

4.2 经典算法	58	6.5.3 常用网络信息检索 工具	113
4.2.1 排序	58	6.6 Python 案例赏析	114
4.2.2 折半查找算法	64	第7章 信息安全基础	116
4.2.3 汉诺塔问题	66	7.1 信息安全概述	116
第5章 数据组织与管理	69	7.1.1 信息安全的概念	116
5.1 数据结构	69	7.1.2 信息安全的特征	116
5.1.1 线性表	70	7.1.3 信息系统面临的威胁	116
5.1.2 栈	73	7.2 计算机犯罪	118
5.1.3 队列	74	7.3 黑客及防御策略	119
5.1.4 树	76	7.3.1 黑客分类	119
5.1.5 图	78	7.3.2 黑客攻击方法	119
5.1.6 Python 应用实例	78	7.3.3 黑客入侵的步骤	120
5.2 数据管理	80	7.3.4 黑客入侵的防范	121
5.2.1 数据库系统概述	80	7.4 防火墙技术	121
5.2.2 数据模型	81	7.4.1 概念	121
5.2.3 常用数据库软件	86	7.4.2 防火墙分类	122
5.2.4 数据库的建立和维护	88	7.4.3 防火墙的优点	122
第6章 计算机网络基础	92	7.4.4 基本特性	122
6.1 计算机网络概述	92	7.4.5 防火墙使用规范	123
6.1.1 计算机网络的定义	92	7.5 计算机病毒及防范	125
6.1.2 计算机网络的功能	92	7.5.1 病毒的分析	126
6.1.3 计算机网络的分类	93	7.5.2 病毒的分类	126
6.2 计算机网络的结构组成	97	7.5.3 应对病毒的策略	127
6.2.1 网络硬件的组成	97	7.6 信息加密	128
6.2.2 网络软件的组成	99	7.6.1 基础的密码学理论	129
6.3 计算机网络体系结构	99	7.6.2 典型算法说明	130
6.3.1 计算机网络协议	99	第8章 计算机发展新技术	140
6.3.2 计算机体系结构	100	8.1 云计算	140
6.4 Internet 基础及应用	103	8.1.1 云计算的基本概念	140
6.4.1 TCP/IP 协议	103	8.1.2 云计算的发展历史	140
6.4.2 Internet 的应用	109	8.1.3 云计算的基本特点	141
6.5 网络信息检索	112	8.1.4 云计算的应用	142
6.5.1 网络信息检索概述	112	8.2 大数据	144
6.5.2 搜索引擎概述	112	8.2.1 大数据概念	145

8.2.2 大数据的应用	146	8.4.2 物联网的发展	158
8.2.3 大数据的特点	147	8.4.3 物联网体系结构	159
8.2.4 大数据面临的挑战	148	8.4.4 物联网的关键技术	160
8.3 人工智能	149	8.4.5 物联网的应用	162
8.3.1 人工智能的起源与 发展	149	8.4.6 物联网的发展趋势和就业 前景	163
8.3.2 人工智能的研究与应用 领域	151	8.5 区块链	164
8.3.3 人工智能的影响及发展 趋势	156	8.5.1 区块链的起源与发展	164
8.4 物联网	158	8.5.2 区块链的特点与分类	165
8.4.1 物联网的概念	158	8.5.3 区块链的应用前景	168
		参考文献	171

第1章 计算与计算思维

1.1 计算机的产生和发展

1.1.1 计算机的产生

1. 计算工具的发展

计算机的产生是从人类对计算工具的需求和早期开发开始的。在人类文明发展的早期就遇到了计算问题,计算需要借助于一定的工具来进行,人类最初的计算工具就是人类的双手,一个人天生有10个手指,因此,远在商代,中国人就创造了十进制记数方法。

随着人类文明的发展,人类逐渐发明了各种各样、越来越复杂的专用计算工具,计算方法也越来越高级。据史料记载,我国在周朝就发明了算筹,如图1-1所示,它是世界上最早的计算工具。在唐朝又发明了更为方便的算盘,如图1-2所示,它结合了十进制记数法和一整套计算口诀,能够很方便地实现各种基本的十进制计算,即使在今天也还能在许多地方看到它的身影。有人认为算盘是最早的数字计算机,而珠算口诀则是最早的体系化算法,这些都是古代人类寻求计算工具的辉煌成就。

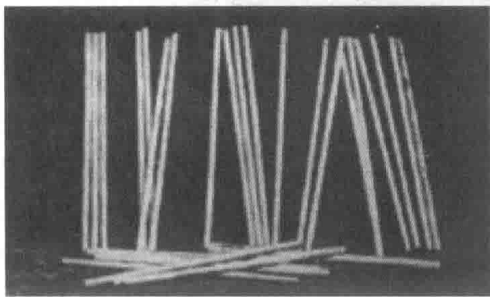


图 1-1 中国古代算筹

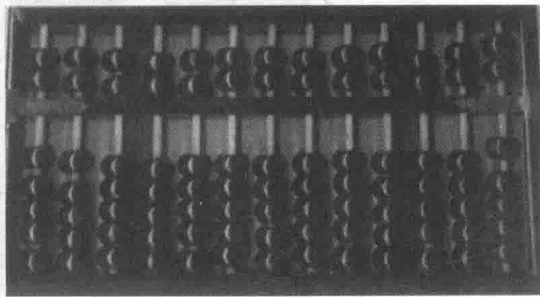


图 1-2 算盘

后来,基于齿轮技术设计的计算设备,在西方国家逐渐发展成近代机械式计算机。这些机器灵活性上得到进一步提高,执行算法的能力和效率也大大加强和提高。1642年,年仅19岁的法国物理学家布莱斯·帕斯卡制造出第一台机械式计算器。这是人类历史上第一台机械式计算工具,其原理对后来的计算工具产生了持久的影响。帕斯卡加法器是由齿轮组成、以发条为动力、通过转动齿轮来实现加减运算、用连杆实现进位的计算装置。帕斯卡从加法器的成功中得出结论:人的某些思维过程与机械过程没有差别,因此可以设想用机械来模拟人的思维活动。

各个国家发明了各式各样的计算工具,这些计算工具的原理都基本相同,同样是通过某种具体的物体来代表数,并利用对物件的机械操作来进行运算。

2. 电子计算机的诞生

在以机械方式运行的计算机诞生百年之后,随着电子技术的突飞猛进,计算机开始了真正意义上的由机械向电子的“进化”。经过由量到质的转变,电子计算机才正式问世。今天,人们所说的计算机都是指电子计算机。

世界上第一台真正意义上的电子计算机是1946年2月在美国宾夕法尼亚大学诞生的,它的名字叫ENIAC(electronic numerical integrator and calculator),如图1-3所示。20世纪40年代初,第二次世界大战战事正酣,武器研究中复杂的数学计算问题需要更先进的计算工具来解决。此时,无线电技术和无线电工业的发展已为电子计算机的研制准备了充足的物质基础。1943年,美国陆军部弹道研究室把研制世界上第一台电子计算机的任务交给了美国宾夕法尼亚大学,由物理学家莫奇利(John W. Mauchly)博士和埃克特(J. Presper Eckert)博士领导的研究小组设计制造。该机于1946年2月正式通过验收并投入运行,一直服役到1955年。这台计算机的计算速度为5 000次/秒,大约使用了18 000个电子管,1 500个继电器,占地约170 m²,重30 t,其功率达到150 kW。ENIAC的主要缺点是存储容量太小,只能存20个字长为10位的十进制数,基本上不能存储程序,要用线路连接的方法来编排程序,每次解题都要依靠人工改接连线来编程,准备时间远远超过实际计算时间。ENIAC是世界上第一台投入运行的电子计算机,但它还不具备现代计算机的主要原理特征——存储程序和程序控制。

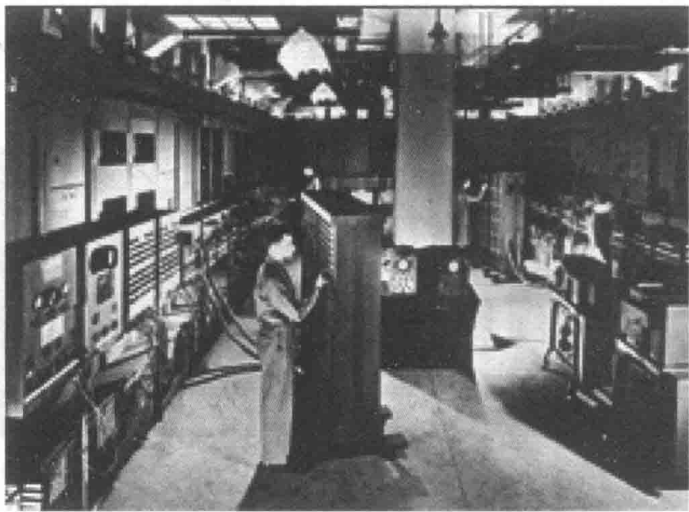


图1-3 ENIAC

世界上第一台按存储程序功能设计的计算机叫EDVAC(electronic discrete variable automatic computer),它是由曾担任ENIAC小组顾问的著名美籍匈牙利数学家冯·诺依曼博士领导设计的。EDVAC于1946年开始设计,于1950年研制成功。与ENIAC相比,它的主要改进有两点:采用了二进制,简化了计算机的内部构造;使用汞延迟线作存储器,指令的程序可存入计算机内部,提高了运行效率。在此之前,冯·诺依曼发表的题为《电子计算机结构初探》的报告,首次提出了电子计算机中存储程序的概念,提出了构造电子计算机的基本理论。EDVAC由运算器、逻辑控制装置、存储器、输入部件和输出部件五部分组成。EDVAC使用二

进制并实现了程序存储,把包括数据和程序的指令以二进制代码的形式存入计算机的存储器中,保证了计算机能够按照事先存入的程序自动进行运算。冯·诺依曼提出的存储程序和程序控制的理论以及计算机硬件基本结构和组成的思想,奠定了现代计算机的理论基础。计算机发展至今,整个4代计算机统称为“冯氏计算机”,世人也称冯·诺依曼为“计算机鼻祖”。

1.1.2 电子计算机的发展

人们根据计算机采用的电子元器件的不同,把电子计算机的发展分成4个阶段:电子管计算机(第一代计算机)、晶体管计算机(第二代计算机)、中小规模集成电路计算机(第三代计算机)、大规模和超大规模集成电路计算机(第四代计算机),现在正在向智能计算机和神经网络计算机的方向发展。各代计算机在时间上有交叉。

1. 第一代计算机(从 ENIAC 问世至 20 世纪 50 年代后期)

在第一代计算机中,除了 ENIAC,其他都是按存储程序控制原理设计的,代表产品是 UNIVAC-I (universal automatic computer)。它于 1951 年 6 月制成并正式交付美国人口统计局使用。UNIVAC-I 是世界上第一台商品化的批量生产的电子计算机。自此以后,计算机从实验室走向社会,由单纯为军事服务进展为社会公众服务。计算机界把 UNIVAC-I 的推出看成是计算机时代的真正开始。其他的产品,如 IBM 公司的 IBM 701(1953 年 4 月)、IBM 650(1954 年 11 月)都是这一代的主要计算机。第一代计算机的主要特征是采用电子管作基本器件,用光屏管或汞延时电路作存储器,输入输出主要采用穿孔纸带或卡片。软件还处于初始阶段,使用机器语言或汇编语言编写程序,几乎没有什么系统软件。计算机体积笨重,功耗大,运算速度低,存储容量不大,机器的可靠性也差,并且维护使用困难,价格也很昂贵。这一代计算机主要用于科学计算。

2. 第二代计算机(20 世纪 50 年代中期至 20 世纪 60 年代中期)

1956 年研制成功的第一台晶体管计算机 Leprachan,标志着晶体管计算机时代的开始。用晶体管代替电子管逻辑元件,具有速度快,寿命长,体积小,重量轻、耗电省等优点。第二代计算机的代表产品还有 IBM 公司的 IBM 7090(1959 年 11 月)、IBM 7094(1962 年 9 月)、IBM 7040(1962 年)、IBM 7044(1963 年)等。这一代计算机的主要特征是使用晶体管元件作电子器件,开始使用磁芯和磁鼓作存储器,产生了 FORTRAN(1957 年)、COBOL(1960 年)、ALGOL60、PL/1 等高级程序设计语言和批量处理系统,为更多的人学习和使用计算机铺平了道路。与第一代计算机相比,第二代计算机各方面性能都有了很大的提高,体积大大缩小,重量、功耗大为降低,运算速度加快,内存容量增加。高级语言的产生,使计算机的应用领域大大拓展,不仅用于科学计算,还用于数据处理和事务处理,并逐渐用于工业控制。

3. 第三代计算机(20 世纪 60 年代中期至 20 世纪 70 年代初期)

20 世纪 60 年代中期,半导体制造工艺的发展产生了集成电路,计算机就开始采用中小规模集成电路作为计算机的主要元件,故第三代计算机又称中小规模集成电路计算机。如 IBM 公司的 IBM 360(中型机)、IBM 370(大型机),DEC 公司的 PDP-11 系列小型计算机等。第三代计算机的主要特征是采用中小规模集成电路作计算机电子器件,同时主存储器开始采用半导体存储器。外存储器有磁盘和磁带等。操作系统的出现及逐步完善,使计算机的功能越来越

越强,应用范围越来越广。在这个过程中,出现了计算机与通信技术的结合,从而产生了实时联机系统和分时联机系统。并且由于采用中小规模集成电路,计算机的体积缩小,功耗进一步降低,可靠性和运算速度进一步提高。在这一时期里,计算机不仅用于科学计算,还用企业管理、自动控制、辅助设计和辅助制造等领域。

4. 第四代计算机(20世纪70年代初期至今)

1971年起,大规模集成电路制造成功,使计算机进入了第四代——大规模超大规模集成电路计算机时代。这一代计算机的体积进一步缩小,性能进一步提高,机器的性能价格比大幅度跃升。普遍使用大规模集成电路的半导体存储器作为内存储器,集成度大体上每18个月翻一番(摩尔定律)。发展了并行处理技术和多机系统,产品更新的速度加快。软件配置空前丰富,软件系统工程化、理论化、程序设计自动化,是软件方面的主要特点。在研制出运算速度达每秒几亿次、几十亿次,甚至百亿次的巨型计算机的同时,微型计算机的产生、发展和迅速普及是这一时期的一个重要特征。计算机的应用已经涉及人类生活和国民经济的各个领域,已经在办公自动化、数据库管理、图像识别、语音识别、专家系统等众多领域中大显身手,并且进入了家庭。

5. 未来计算机

未来计算机为新一代计算机,是对第四代计算机以后的各种未来型计算机的总称。新一代计算机,将向智能化方向发展,将突破当前计算机的结构模式,更注重逻辑推理或模拟人的“智能”;是支持逻辑推理和支持知识库,能够最大限度地模拟人类思维,具有人类大脑特有的联想、思考等某些功能,把信息采集、存储、处理、通信和人工智能结合在一起的智能计算机。可以预言,新一代计算机的研制成功和应用,必将对人类社会的发展产生更深远的影响。各国研究人员正在加紧研究开发以下新的计算机。

(1) 光计算机。光计算机是利用纳米电子元件作为核心来制造,通过光信号来进行信息运算的,这种利用光作为载体进行信息处理的计算机被称为光计算机,又称为光脑。

(2) 量子计算机。量子计算机不使用1或0的电子比特信息,而采用量子机械效应而建立量子比特。它是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。当某个装置处理和计算的是量子信息,运行的是量子算法时,它就是量子计算机。

(3) 纳米计算机。纳米计算机指将纳米技术运用于计算机领域所研制出的一种新型计算机。应用纳米技术研制的计算机内存芯片,其体积不过数百个原子大小,相当于人的头发丝直径的千分之一。与传统的电子计算机相比,采用纳米技术生产芯片成本十分低廉,只需在实验室里将设计好的分子合在一起,就可以造出芯片,大大降低了生产成本。

(4) 生物计算机。生物计算机又称仿生计算机,是以生物芯片取代在半导体硅片上集成数以万计的晶体管制成的计算机。它的主要原材料是生物工程技术产生的蛋白质分子,并以此作为生物芯片。生物计算机芯片本身还具有并行处理的功能,其运算速度要比当今最新一代的计算机快10万倍,能量消耗仅相当于普通计算机的十亿分之一,存储信息的空间仅占百亿亿分之一。

(5) DNA计算机。DNA计算机是一种生物形式的计算机。它是利用DNA(脱氧核糖核酸)建立的一种完整的信息技术形式,以编码的DNA序列(通常意义上的计算机内存)为运算

对象,通过分子生物学的运算操作以解决复杂的数学难题。与传统的电子计算机相比,它体积小,存储量大,运算快,耗能低,实现并行工作,提高效率。

在未来社会中,计算机、网络、通信技术将会三位一体化。新世纪的计算机将把人从重复、枯燥的信息处理中解脱出来,从而改变人类的工作、生活和学习方式,给人类和社会拓展更大的生存和发展空间。

1.1.3 计算机的发展趋势

随着科技的进步,各类计算机技术、网络技术的飞速发展,计算机的发展已经进入了一个快速而又崭新的时代,计算机已经从功能单一、体积较大发展到了功能复杂、体积微小、资源网络化等,计算机的未来充满了变数,性能的大幅度提高是不可置疑的,而实现性能的飞跃却有多种途径。不过性能的大幅度提升并不是计算机发展的唯一路线,计算机的发展还变得越来越人性化,同时也注重环保等。

计算机从出现至今,由原来的仅供军事科研使用到人人拥有,计算机强大的应用功能产生了巨大的市场需要,未来计算机性能应向着巨型化、微型化、网络化和智能化等方向发展。

1. 巨型化

巨型化主要指功能巨型化。它是指高速运算、大存储容量和强功能的巨型计算机。巨型计算机主要应用于天文、气象、地质和核反应以及航天飞机、卫星轨道计算等尖端科学技术领域。研制巨型计算机的技术水平是衡量一个国家科学技术和工业发展水平的重要标志。因此,工业发达国家都十分重视巨型计算机的研制。目前运算速度为每秒几百亿次到上千亿次的巨型计算机已经投入运行,并正在研制更高速度的巨型计算机。

2. 微型化

微型化是指利用微电子技术和超大规模集成电路技术,实现体积的微型化。由于大规模和超大规模集成电路的飞速发展,微处理器芯片连续更新换代,微型机以价格低,软件丰富,操作简单的优势很快普及到家庭及社会的各个领域。笔记本电脑和掌上型计算机的大量面世和使用,是计算机微型化的一个标志。

3. 网络化

计算机网络化,是指用现代通信技术和计算机技术把分布在不同地点的计算机互联起来,组成一个规模大、功能强的可以互相通信的网络结构。随着计算机应用的深入,特别是家用计算机越来越普及,一方面希望众多用户能共享信息资源,另一方面也希望各计算机之间能互相传递信息进行通信。今天,计算机网络可以通过卫星将远隔千山万水的计算机联入国际互联网络,如 Internet。当前发展很快的微机局域网正在现代企事业管理中发挥越来越重要的作用。计算机网络是信息社会的重要技术基础。

4. 智能化

计算机智能化是指计算机处理智能化,就是要求计算机具有模拟人的感觉和思维过程的能力,可以进行“看”“听”“说”“想”“做”,具有逻辑推理、学习与证明的能力,也是目前正在研制的新一代计算机要实现的目标。智能化的研究包括模拟识别、物形分析、自然语言的生成和理解、博弈、定理自动证明、自动程序设计、专家系统、学习系统和智能机器人等。

1.2 计算机科学与各学科的渗透

随着当代科学技术的发展,不同学科间的相互渗透、交叉和综合已经成为当今科技发展的一个重要趋势。当代科学既高度分化又高度综合的发展趋势,将交叉学科推向了科技大潮的前沿,使其成为知识创新的主要领域之一。学科的交叉是学科发展的必然趋势,因为交叉学科可以增加知识的广度,突破单一学科的局限性,填补各学科之间的鸿沟。

而计算机科学无疑在学科融合中独占鳌头。计算机科学在 20 世纪最后的 30 年间取得了惊人的发展,与其他学科交叉产生了诸如人工智能、电子商务等新学科。

1.2.1 生物学

计算机技术在基因作图与测序中的应用已随着分子生物学的发展显得越来越重要。现在,世界上的分子生物学家们正在致力于有史以来最大的数据收集工作。在国家、学校、研究所和企业所属的实验室中技术人员正在进行着从最低等的细菌到最高等的人的全部基因组的测定和序列测定作图工作,为的是发现对遗传信息具有经济价值的新的利用和开发途径。分子生物学家们希望到 21 世纪末能获得上万种生物的基因组序列。这将是一个含有分布在地球上不同地方的众多植物、动物和微生物的进化“蓝图”的巨大数据库。然而,它所产生的生物信息量是人们无法想象的,当然,也会是人类无法用笔、纸所能去管理与查阅的。对于所产生的如此之大的生物信息量,只能通过计算机技术进行管理,以电子方式存储在分布于世界上不同国家和地区的数据库中。收集、下载、管理和使用基因组信息将要求计算机技术和生物学之间更加紧密地合作,同时也要求研究人员在相关的物理学、数学、工程学、计算机科学、化学和分子生物学等领域进行全面培训。人类基因组计划加速了计算机技术和基因工程的结合。若没有计算机科学家和日益复杂的计算机技术的帮助,对人类细胞中碱基对序列的测定和分析将是不可能实现的。人类的基因组计划正把生物学转变为信息科学。许多生物学家觉得获得序列的过程很枯燥,但是从计算机科学的角度来看,这是一流的富于挑战的算法问题。基因组的作图和序列测定工作刚刚开始。在遗传水平上把整个自然界进行重新排列,并着眼于把它转化成网络市场上的有用产品,是一个令人望而却步的挑战,这无疑是人类曾经难以想象的庞大的管理任务。理解和描述所有基因之间、组织之间、器官之间、物种之间和外界环境之间的相互关系网络以及引起遗传突变和表型改变的因素,是曾经研究过的任何复杂系统所不能处理的。只有通过跨学科途径,尤其依赖于信息科学家的计算技巧,才有希望完成此任务。

生物医学工程是运用现代自然科学和技术科学的原理和方法,从工程学的角度研究人体的结构、功能及其相互关系以及其他生命现象。其目的是解决医学问题,即研究和开发为防病、治病以及人体功能辅助等医学应用的装置和系统。用技术科学的概念和方法来解释和描述人体各层次的成分、结构和功能以及人体各种正常生理功能和病理状态之间的差异,这些内容形成了这个学科的基础部分。而防病、诊断、治疗及功能辅助的具体技术和设备则形成这个学科的应用部分。计算机辅助治疗在临床的应用主要体现在计算机辅助外科(CAS)技术,

CAS 技术通过将先进的医学成像与空间定位技术相结合,利用计算机技术特别是图形图像处理技术,辅助医生制定合理的手术方案,引导手术安全准确进行。随着现代外科对治疗个体化、治疗精确化和创伤有限化的不断追求,CAS 技术已在临床获得了广泛应用,特别是在神经外科、骨科、耳鼻喉科手术中。同时,计算机辅助设计已经广泛应用于口腔修复、假肢设计等。

同时,生物技术的发展也推动了计算机技术的发展。目前,计算机工业飞速发展,计算机技术日益成熟。然而人们所使用的传统计算机晶体管的密度已接近当前技术的理论极限,发展空间似乎越来越小。因此,要想在计算机方面重新取得较大的发展,人们需要不断寻找新的计算机结构。为了实现高集成度,使计算机得到进一步的发展,科学家们把目光转向了正在兴起的生物技术方面,并借鉴生物界的各种处理问题的方式,提出了一些新型的生物计算机模型。在过去的半个多世纪中,分子生物学将生命现象分解成大量基因和蛋白质。

生物计算机(图 1-4)是以核酸分子作为“数据”,以生物酶及生物操作作为信息处理工具的一种新颖的计算机模型。生物计算的早期构想始于 1959 年,诺贝尔奖获得者 Feynman 提出利用分子尺度研制计算机;20 世纪 70 年代以来,人们发现脱氧核糖核酸(DNA)处在不同的状态下,可产生有信息和无信息的变化。科学家们发现生物元件可以实现逻辑电路中的 0 与 1,晶体管的导通与截止,电压的高与低,脉冲信号的有与无,等等。经过特殊培养后制成的生物芯片可作为一种新型高速计算机的集成电路。1994 年,图灵奖获得者 Adleman 提出基于生化反应机理的 DNA 计算模型;在生物计算机方面突破性的工作是北京大学在 2007 年提出的并行型 DNA 计算模型,将具有 61 个顶点的一个 3-色图的所有 48 个 3-着色全部求解出来,其算法复杂度为 359,而此搜索次数,即使是当今最快的超级电子计算机,也需要 13 217 年方能完成,该结果似乎预示着生物计算机时代即将来临。其主要原材料是生物工程技术产生的蛋白质分子,并以此作为生物芯片。生物芯片比硅芯片上的电子元件要小很多,而且生物芯片本身具有天然独特的立体化结构,其密度要比平面型的硅集成电路高 5 个数量级。让几万亿个 DNA 分子在某种酶的作用下进行化学反应就能使生物计算机同时运行几十亿次。生物计算机芯片本身还具有并行处理的功能,其运算速度要比当今最新一代的计算机更快。生物芯片一旦出现故障,可以进行自我修复,所以具有自愈能力。生物计算机具有生物活性,能够和人体的组织有机地结合起来,尤其是能够与大脑和神经系统相连。这样,生物计算机就可直接接

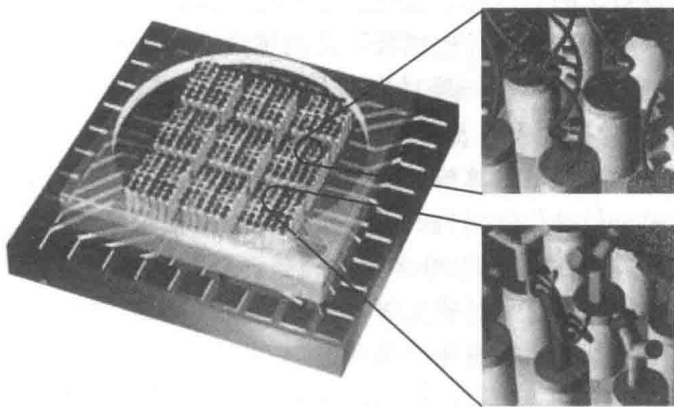


图 1-4 生物计算机

受大脑的综合指挥,成为人脑的辅助装置或扩充部分,并能由人体细胞吸收营养补充能量,而不需要外界能源。它将成为能植入人体内,成为帮助人类学习、思考、创造、发明的最理想的伙伴。另外,由于生物芯片内流动电子间碰撞的可能性极小,几乎不存在电阻,所以生物计算机的能耗极小。

1.2.2 化学

今天,以计算机及其网络深入到社会的各个层面为标志的数字化新世纪已经到来,也将使传统化学发生深刻的变化。化学已由只实验不计算,演变为先实验再计算,也必将逐步演变为先计算再实验;计算机化学和计算化学的结合已开始孕育一个新的更带数字化色彩的学科方向——Model Chemistry(模型化学);基于 Web 技术的化学应用软件已经出现。这些都表明数字化化学将与数字化社会一起到来。化学的主要作用之一是为满足人类生存与发展的各种需要而发现或创造具备各种可用性质的化合物;要解决的问题可分为三类:未知化合物结构的测定,具备某种特定性质的化合物分子结构的预测和化合物的制备方法。这三个问题对整个化学来说是永久性的。由于化学体系的高度复杂性,面对计算机辅助结构解析、计算机辅助分子设计和计算机辅助合成路线设计这三个问题往往仍难提出一个系统化的解决办法,还只能从已知知识(数据)中找出一些共同规律,或从类比推测中近似地解决这些问题。因此,计算机辅助结构解析、分子设计和合成路线设计的研究就显得十分重要。因为只有通过计算机才有可能对浩如烟海的化学知识进行有效的处理,对结构变化引起的属性变化进行系统的搜索,并用智能程序模仿化学家的思维活动进行高速的推理(分子正确结构的确定、具备某种性质的化合物分子结构的预测和合成路线的确定等)。其具体应用领域包括以下几个方面。

(1) 计算机辅助分子设计和模拟。化学由于它的特殊性使得计算机辅助化学设计相对来说发展相对较晚,但化学家已在分子设计和有机合成设计两个主要领域取得较大进展并日益发展。分子设计和模拟的目标是预测具有指定性质(或性能)的可能分子的结构。它们主要应用于医药(药物设计)和农用化学品(除草剂设计、农药设计、杀虫剂设计等)领域,在实验室内分子设计主要应用于蛋白质、酶、核酸等大分子的设计。以前发现一个有应用价值的新化合物主要是凭化学家的经验和灵感,最常用和最有效的方法就是采用费钱费时的筛选法,现已开始通过对分子结构进行系统的有规律的变化,寻找性质与结构变化之间的相关关系,从而建立结构—性质关系模型以用于分子设计。围绕计算机辅助分子设计,要开展一系列的基础研究工作,主要有结构—性质关系研究、三维动态分子模型化方法、分子形状和活性关系、构象分析、生物大分子的结构—功能关系以及分子设计方法在药物、材料设计中的应用研究等。

(2) 化学结构与化学反应的计算机处理技术。长期以来,化学家在应用计算机解决化学问题中遇到的第一个困难就是化学结构的计算机处理的问题。可以说化学的一切领域无一不与化合物的结构密切相关。在过去的 30 多年中,这一问题得到了广泛的重视和深入的研究,从而形成了计算机化学的一个重要的研究领域。经过多年努力,化学结构计算机处理中的理论和绝大部分技术问题已基本得到解决。然而,这些方法还是有局限性的,难以应用于诸如族性结构处理、结构—活性相关的自动化研究和反应机理研究等方面。即使对确定结构处理中的问题,现有的解决方案仍不为所有化学家所接受。因此,确定结构的计算机处理仍有一些难

题,如无机化合物、金属有机化合物、互变异构的化学结构等,需要做更深入的研究。同时应当看到这些问题又是计算机化学中诸多领域的基础,它们的完全解决将有利于计算机化学的发展。

(3) 化学反应的处理问题。由于可以将化学反应看成是一些化学结构向另一些化学结构的转换,因此,化学反应的处理问题说到底是对化学结构的处理。但是,化学反应的计算机处理也有它自己特定的问题,如反应中心的自动识别、反应知识的发现、组织和利用、同类反应的自动产生等问题。这些问题是当前计算机处理化学反应领域内的主要研究方向,它们的解决一方面将推动化学反应数据库向更高层次的发展,另一方面将通过与数据挖掘技术的结合,发现反应知识,使计算机辅助有机合成路线设计更具扎实的基础,从而能得到更合理的解决。

(4) 族性结构的计算机处理问题。族性结构的计算机处理问题是一个比确定结构更富挑战性的课题,但又是当今计算机化学必须解决的问题之一。与确定结构不同,族性结构由于在结构式中采用了可变部分而使得一个族性结构对应于一类物质。这类物质可以是有限个确定的化合物;而当采用了“烷基”或“含氮杂环”这类通式术语时,也可以代表无限个化学物质。族性结构的这一性质决定了相应的计算机处理系统的复杂性。族性结构的计算机处理,还只有一个方向性的解决办法。但从大的方面来看,要解决能忠实于原来意义的族性结构的表述方法和族性结构的检索两个问题。如何根据族性结构的特征,解决它的计算机表述方法是当前族性结构处理的核心问题。它解决得好,族性结构的检索问题也将较易解决。可以预见,它们的彻底解决将依赖于组合概念表述的革新,这种概念的更新将有可能丰富和推动图论、集合论等数学理论的发展,而且也将为性能更好的实用系统的建立奠定基础。

(5) 人工智能的化学应用。人工智能技术已有 40 多年的历史,它在化学中的应用也不是新鲜事了,如 DENDRAL 系统就开始了人工智能的化学应用,而且正是它的成功而开创了当代已得到蓬勃发展与广泛应用的被称为专家系统的人工智能中的一个重要分支。但是,由于人工智能技术是一个多学科的综合研究领域,它的内容与应用常常难于理解,因此尽管人工智能已经走出了它的婴儿期而日趋成熟,但至今仍有许多人并不十分了解人工智能的作用。作为事实科学的化学,尽管其理论近几十年来得到了长足的进展,但是化学家解决问题主要还是依靠经验和直觉。人工智能正好能提供将理论与经验结合起来的手段。因此,不少化学家与人工智能专家都认为化学是人工智能最理想的试验场与用武之地。当前化学中人工智能的主要研究有应用自然语言处理技术的化学文献文摘的自动生成、化学数据中的智能检索方法、化学实验室的自动化与机器人、神经网络方法的化学应用、化学中的 NP-完备性问题及其解决办法、化工过程系统综合、故障诊断、过程控制中的人工智能方法等,其中最活跃而且也是最成功的是研究开发用谱图数据,包括红外、质谱、核磁共振,特别是二维和高维核磁共振数据借助于计算机快速推定未知化合物结构的解析系统。但是,尽管已有不少这类系统,但真正能解决实际问题的系统还不多,研制实用的结构解析系统是这一领域的重要课题。

(6) 计算机辅助化学过程综合与开发。随着计算机存储和运算能力的提高,计算机正在迅速进入新兴产业和传统产业的各个方面。对于典型的过程工业的化学和石油化学工业,计算机同样成为它们的核心部分,对过程进行全面制约并对其变革产生着深刻的影响。从目前来看,过程综合有两个层次的含义:由已知的原料条件和产品的性能规格要求,如何找到最佳

的工艺制造途径是过程综合一个层次的含义;对不同过程的集成,以期达到对能量、物料、设备等资源的最大限度利用的同时,达到消灭污染于过程的目的,是过程综合另一个层次的含义。这无疑过程工业在下一世纪最具挑战性的课题之一。

1.2.3 艺术学

现代艺术设计受20世纪包豪斯设计风格中所提倡的“艺术与技术有机地结合”的影响一直持续至今。近20多年来计算机技术不断更新和高速发展,带动了艺术设计的快速发展。计算机技术与艺术设计已经紧密地结合在了一起。传统的手绘设计图已经大部分由计算机软件所代劳。计算机的硬件性能不断地提高,图文图像处理、版面编排、视音频处理软件不断地升级完善,都使得计算机设计使用者群体越来越大,计算机设计得到迅速地普及和发展,打破了传统的设计模式和设计观念,进入了艺术设计的崭新阶段。

计算机艺术设计是对传统艺术设计的继承和发展,它们之间并不是截然分开的,而是存在着延续性和独特性。艺术设计的基本原则在计算机设计中依然使用,只是不同的设计内容和形式,各有侧重。计算机设计软件是设计者思维的拓展。计算机技术的进步为设计者提供了发挥才能的平台,但一味地依赖它,必将成为创作设计的羁绊。计算机设计软件较多,加上复杂的命令、工具菜单的使用,更不容易掌握,因此在设计的过程中设计者不得不把注意力分散到设计软件复杂的操作过程中,就容易僵化设计者的活跃思维,阻碍设计者敏捷思维的发挥,很容易使设计者沦为一名机械式的计算机操作工。

计算机艺术设计的具体应用领域如下。

(1) 平面艺术设计。计算机在平面处理软件中最常见的就是 Adobe 公司出品的 Photoshop、InDesign、Illustrator 等软件。这些软件风格简单明了,极易上手,加上 Adobe 公司开发的强大的滤镜功能,使作品能够表现出意想不到的结果。

(2) 工业造型设计。计算机在工业造型应用中具有独特的优势,它操作严密、计算精准还可以进行模拟演示。目前在工业造型设计领域最常用的设计软件莫过于 Autodesk 公司出品的 Auto CAD 软件,最新的版本是 Auto CAD 2018。Auto CAD 软件命令功能强大,能实现很多复杂的造型效果。软件整体布局简洁,而且可以和 Autodesk 公司的 3ds Max 通用,给设计者们提供了方便。

(3) 建筑装潢设计。用计算机绘制建筑效果图同样方便易用,而且绘制的效果图非常逼真,深受设计者们的喜爱。由于 Auto CAD 软件精准严密的功能,所以在建筑装潢设计中也常常用到它,另外一个最常用的软件就是 3ds Max,3ds Max 软件是一款非常强大的三维软件。除了造型方便,操作简单之外,更重要的是它的渲染功能,所以它也是不单单应用在建筑装潢设计中,在三维动画以及影视后期特效中也常常看到它的影子。

(4) 网页设计。21 世纪是一个 E 时代,网络已经遍布全球。所以网页设计这个行业也异军突起,在设计行业中占据了不可忽视的地位。人们常用到的网页设计软件无非就是常说的网页三剑客: Dreamweaver、Fireworks、Flash。最初是由 Macromedia 公司开发出来的。Dreamweaver 是一个“所见即所得”的可视化网站开发工具,主要用于动态网站的开发。Fireworks 主要用于对网页上常用的 jpg、gif 文件的制作和处理,也用于制作网页布局。Flash 主要是用来