

计算机科学导论

(第4版)

瞿 中 主 编
刘 玲 熊安萍 代永亮 副主编

- 结构清晰,知识完整
- 入门快速,易教易学
- 实例丰富,实用性强
- 学以致用,注重能力



赠送实例代码、电子课件
和课后习题答案



清华大学出版社

高等院校计算机教育系列教材

计算机科学导论

(第4版)

瞿 中 主 编

刘 玲 熊安萍 代永亮 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从理论讲解和应用推广的角度出发, 严格根据教育部高教司主持评审的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》进行编写, 并参照 ACM(Association of Computing Machinery, 美国计算机协会)和 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers, 美国电气和电子工程学会)计算学科 2005 教程, 对计算机科学与技术学科进行了系统化和科学化的阐述, 介绍了计算机体系结构与组织、程序设计语言、程序设计基础、算法与复杂性、信息管理、软件工程、操作系统、网络计算、图形学和可视化计算、人机交互、离散结构、数值计算科学、智能系统、社会和职业问题等知识点, 以便读者能了解计算机科学与技术学科的全貌。本书每章后均配有一定量的习题, 可以让读者巩固所学内容。

本书既可作为高等学校计算机专业的专业基础课程教材, 也可作为通信、电子信息、自动化等相关专业的计算机教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机科学导论/瞿中主编. —4 版. —北京: 清华大学出版社, 2014

(高等院校计算机教育系列教材)

ISBN 978-7-302-35107-8

I. ①计… II. ①瞿… III. ①计算机科学—高等学校—教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 009207 号

责任编辑: 章忆文

装帧设计: 刘孝琼

责任校对: 李玉萍

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 23.5 字 数: 568 千字

版 次: 2005 年 1 月第 1 版 2014 年 3 月第 4 版 印 次: 2014 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 39.00 元

前 言

“计算机科学导论”是计算机专业学生进入大学学习的第一门专业基础课程，其目的在于用统一的思想，使学生认识计算机学科的本质，并能够对计算机学科进行系统化和科学化的阐述。本书根据教育部高教司主持评审的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》进行编写，并参照 ACM 和 IEEE 计算学科 2005 教程，用逻辑严密的叙述方式将读者引入计算机学科各个富有挑战性的领域之中。本书介绍了计算机体系结构与组织、程序设计语言、程序设计基础、算法与复杂性、信息管理、软件工程、操作系统、网络计算、图形学和可视化计算、人机交互、离散结构、数值计算科学、智能系统、社会和职业问题等内容，力求使读者对计算机专业有比较深入的了解，树立学习本专业的责任感和自豪感。

本书要求读者了解计算机科学与技术方法论的产生背景、定义、内容和意义；了解计算学科的历史、定义、根本问题；了解计算学科中的抽象、理论和设计三个过程及其内在联系；掌握计算学科各主要领域的基本内容及其相应的课程设置、计算学科中的核心概念、数学方法、系统科学方法、社会和职业问题等内容。为读者正确认识计算学科提供方法，为今后深入学习计算机课程作铺垫。

本书是在《计算机科学导论》(第 3 版)的基础上进行修订的，主要修订的内容有：删减了一些复杂的理论内容，增加了云计算与物联网、3D 打印技术等内容。本书对计算机科学的核心内容进行了概括介绍，使读者能理解计算机系统信息处理功能的本质，掌握数据表达和数据加工表达的层次方法，了解计算机系统的功能组成，认识计算机科学对人类社会的重要推动作用。

本书内容由浅入深、结构严谨，避免了内容重复、结构松散等弊病。由于本书涉及的内容繁多，各高校任课教师可根据学生的实际情况，在学习本书时适当地调整学时，对其中一些章节也可以根据各高校的实际情况选用。

本书配备有电子教案，任课教师可根据学生的实际情况进行修改，本书的习题答案可以到清华大学出版社网站下载，也可以向作者索取。

本书由瞿中任主编，刘玲、熊安萍、代永亮任副主编。研究生张宁、张亢、孔令军、姚倩、李亚辉、林丽丹、蒋玉萍、乔高元、周海宽、姚路、朱驰等人参与了文字录入工作，并对书中的实例及图表进行了修改。

书中介绍了部分知名学者的成果，如 Alan Mathison Turing、姚期智院士、王小云教授等，还采用了一些学者的照片，以丰富本书的内容，在此表示感谢。本书的顺利出版，得到了各级领导的大力支持和帮助，以及计算机教育界众多学者的关心，在此一并致谢。

由于计算机科学与技术发展迅速以及作者水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，恳请广大读者特别是同行专家批评指正。使用本书时若遇到任何问题，或者有好的意见和建议，请与作者联系，联系方式：quzhong@hotmail.com。

作 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 计算的起源	1
1.2 计算机的产生和发展阶段	3
1.2.1 计算机产生之前的计算历史	3
1.2.2 计算机的产生	8
1.2.3 计算机的发展阶段	12
1.2.4 中国计算机的发展历程	14
1.3 计算机的应用领域和发展趋势	17
1.3.1 计算机的应用领域	17
1.3.2 计算机的发展趋势	19
1.4 计算学科	21
1.4.1 计算学科的定义	21
1.4.2 计算学科的本质	21
1.4.3 计算学科的三个过程	22
1.4.4 计算学科新的应用领域	23
1.5 计算机科学与技术学科的知识体系	25
1.5.1 计算机科学与技术学科的形成与发展	25
1.5.2 计算机科学与技术学科的定义	25
1.5.3 计算机科学与技术学科的根本问题及研究范畴	26
1.5.4 计算机科学课程体系的核心内容	26
1.6 计算机科学与技术学科的教育	28
1.6.1 教育的目的和基本要求	29
1.6.2 工科还是理科	29
1.6.3 理论与实践相结合	30
1.6.4 创新意识培养	30
1.6.5 学习方法	31
1.7 社会信息化的挑战	32
1.8 计算机产业	32

本章小结	33
习题	33
第 2 章 计算机体系结构与组织	37
2.1 数值数据	37
2.1.1 数的表示及数制转换	37
2.1.2 数的原码、反码和补码	42
2.1.3 定点数和浮点数	44
2.1.4 十进制数的编码	46
2.2 非数值数据	47
2.2.1 文字信息的编码	47
2.2.2 声音的编码	50
2.2.3 图形数据的编码	51
2.3 数据的机器编码	51
2.3.1 数据的机器级编码	51
2.3.2 数据的汇编级编码	52
2.4 数字逻辑与数字系统	52
2.4.1 基本逻辑关系及逻辑门	53
2.4.2 逻辑代数与逻辑函数	55
2.5 计算机系统的组成	58
2.5.1 图灵模型	58
2.5.2 冯·诺依曼模型	59
2.5.3 计算机系统的组成	60
2.5.4 计算机的硬件系统	60
2.5.5 计算机的软件系统	67
2.5.6 计算机的特点	68
2.5.7 计算机系统的主要技术指标	69
2.5.8 计算机的分类	70
2.5.9 计算机的基本工作方式	71
2.6 存储系统的结构	71
2.6.1 存储器与存储系统	71
2.6.2 存储系统的组织结构	73
2.6.3 高速缓冲存储器	73



2.6.4 虚拟存储器	74	4.2.1 结构化程序设计方法	104
2.7 输入/输出系统	74	4.2.2 面向对象的程序设计方法	107
2.7.1 输入/输出系统	75	4.2.3 函数程序设计	109
2.7.2 总线	75	4.2.4 程序设计风格	110
2.7.3 输入/输出接口	76	4.2.5 程序设计举例	111
2.8 多核技术	77	4.3 基本数据结构	112
2.8.1 多核技术时代到来	77	4.3.1 基本概念	112
2.8.2 多核的关键技术	77	4.3.2 几种典型的数据结构	113
2.9 高性能计算机	80	4.3.3 查找	118
2.10 并行计算机	81	4.3.4 排序	119
2.11 分布式系统	81	4.4 事件驱动程序设计	121
本章小结	82	本章小结	122
习题	82	习题	122
第3章 程序设计语言	85	第5章 算法与复杂性	124
3.1 程序设计语言概述	85	5.1 算法分析	124
3.1.1 程序的概念	85	5.1.1 算法	124
3.1.2 计算机程序设计语言	85	5.1.2 算法的特性	125
3.1.3 高级语言程序设计的基本 内容	89	5.2 常用算法	125
3.1.4 高级语言的数据表示手段	92	5.3 算法描述工具	128
3.2 声明和类型	93	5.4 算法的评价	129
3.3 类型系统	93	5.5 算法设计策略	130
3.4 编译原理	94	5.6 分布式算法	131
3.4.1 编译程序概述	94	5.7 可计算性理论基础	131
3.4.2 词法分析	96	5.8 NP 问题	132
3.4.3 语法分析	96	5.9 自动机理论	132
3.4.4 语义处理	97	5.10 加密算法	133
3.4.5 中间代码生成	98	5.11 几何算法	135
3.4.6 中间代码优化	98	5.12 并行算法	135
3.4.7 目标代码生成	99	本章小结	136
3.4.8 编译技术的新发展	99	习题	136
3.5 程序设计语言的设计	100	第6章 信息管理	138
本章小结	100	6.1 模型与信息系统	138
习题	101	6.1.1 信息	138
第4章 程序设计基础	103	6.1.2 信息模型	138
4.1 程序设计	103	6.1.3 信息系统	139
4.2 程序设计方法	103	6.2 数据库系统	139
		6.2.1 数据库	139



6.2.2 数据管理技术的发展	141	7.2.2 快速原型法模型	169
6.2.3 数据模型	141	7.2.3 螺旋模型	171
6.3 关系数据库	145	7.2.4 喷泉模型	172
6.3.1 关系数据库	145	7.2.5 转换模型	173
6.3.2 关系模型与关系模式	146	7.2.6 智能模型	173
6.4 数据库查询语言 SQL	148	7.3 软件开发方法	174
6.4.1 SQL 的特点	149	7.3.1 面向数据结构方法	174
6.4.2 SQL 的功能	149	7.3.2 统一建模语言	174
6.4.3 SQL 的基本概念	149	7.3.3 软件复用和构件技术	175
6.4.4 SQL 的简单实例	150	7.4 软件质量评价和保证	177
6.5 关系数据库设计	152	7.4.1 软件质量的定义	177
6.5.1 关系数据库的设计原则	152	7.4.2 软件质量的度量和评价	177
6.5.2 关系数据库的设计步骤	153	7.4.3 软件质量保证	178
6.6 数据库管理	153	7.5 质量度量模型	180
6.6.1 DBA 和数据字典	153	7.5.1 McCall 质量度量模型	180
6.6.2 数据库的安全性控制	154	7.5.2 ISO 的软件质量评价模型	181
6.6.3 事务处理	154	7.6 软件复杂性	182
6.6.4 数据库的完整性控制	155	7.6.1 软件复杂性的基本概念	182
6.7 常用数据库管理系统	156	7.6.2 软件复杂性的度量方法	182
6.8 数据库的新发展	157	7.7 软件项目管理	183
6.8.1 分布式数据库	157	7.7.1 软件项目计划	183
6.8.2 空间数据库	157	7.7.2 软件项目计划内容	183
6.8.3 多媒体数据库	158	7.7.3 软件工程规范	183
6.8.4 数据仓库	158	7.7.4 软件开发成本估算	184
6.8.5 信息存储与检索	158	7.7.5 风险分析	184
6.8.6 超文本和超媒体	159	7.7.6 软件项目进度安排	184
6.8.7 多媒体信息与多媒体系统	159	7.7.7 软件质量保证	186
6.8.8 数字图书馆	160	7.8 软件可靠性	186
本章小结	161	7.8.1 软件可靠性定义	186
习题	161	7.8.2 软件可靠性指标	186
7.8.3 软件可靠性模型	186	7.9 软件评审	187
第 7 章 软件工程	163	7.9.1 设计质量的评审内容	187
7.1 软件工程	163	7.9.2 程序质量的评审内容	188
7.1.1 软件危机	163	7.10 容错软件技术	189
7.1.2 软件工程的基本概念	164	7.10.1 容错软件定义	189
7.1.3 软件工程过程	166	7.10.2 容错的一般方法	189
7.1.4 软件生命周期	167	7.10.3 容错软件的设计过程	190
7.2 软件开发模型	168	7.11 软件工程环境	190
7.2.1 瀑布模型	168		



7.11.1 软件开发环境	190	习题	226
7.11.2 软件开发环境的分类	191	第9章 网络计算	228
7.11.3 软件工具的基本概念	192	9.1 通信与组网	228
7.11.4 计算机辅助软件工程	193	9.1.1 数据通信的基本概念	228
本章小结	193	9.1.2 数据通信方式	229
习题	194	9.1.3 数据传输方式	231
第8章 操作系统	196	9.2 计算机网络	232
8.1 操作系统概述	196	9.2.1 计算机网络的起源	232
8.1.1 操作系统的概念	196	9.2.2 计算机网络定义	234
8.1.2 操作系统的基本组成	200	9.2.3 计算机网络的主要部件	235
8.1.3 操作系统在计算机系统中的地位	205	9.2.4 计算机网络的传输媒体	235
8.1.4 操作系统的启动	205	9.2.5 计算机网络的分类	238
8.2 操作系统的发展	206	9.2.6 计算机网络拓扑结构	240
8.2.1 手工操作阶段	206	9.2.7 计算机网络的体系结构	242
8.2.2 批处理系统阶段	207	9.2.8 计算机网络间的互联	245
8.2.3 多道程序系统阶段	208	9.3 Internet 和 TCP/IP 协议	246
8.2.4 现代操作系统阶段	209	9.3.1 Internet 的起源及发展	246
8.3 操作系统原理	210	9.3.2 TCP/IP 协议	247
8.4 操作系统的分类	211	9.3.3 IP 地址	248
8.5 操作系统的功能	212	9.3.4 Internet 提供的主要服务	249
8.5.1 资源管理功能	212	9.3.5 Intranet	252
8.5.2 扩展的虚拟机功能	214	9.4 网络管理	252
8.5.3 网络操作系统的功能	215	9.4.1 网络管理基础	252
8.6 操作系统的体系结构	215	9.4.2 网络管理功能	254
8.7 并发性	216	9.4.3 Internet 的管理信息库	256
8.8 调度与分派	216	9.4.4 网络管理协议	257
8.9 安全与保护	217	9.4.5 网络管理发展方向	257
8.10 文件系统	219	9.5 移动通信与无线上网	259
8.11 容错	220	9.6 网络安全机制	259
8.12 系统性能评价	221	9.6.1 网络安全的基本问题	259
8.13 脚本	222	9.6.2 网络安全的内容	260
8.14 主流操作系统	222	9.6.3 数据加密技术	261
8.14.1 Windows 操作系统	222	9.6.4 防病毒技术	262
8.14.2 UNIX 操作系统	223	9.6.5 防火墙技术	263
8.14.3 Linux 操作系统	224	9.7 网格计算	264
8.15 操作系统的新发展	225	9.8 云计算与物联网	265
本章小结	226	本章小结	268
		习题	268

第 10 章 图形学和可视化计算	271	第 12 章 离散结构	297
10.1 计算机图形学	271	12.1 离散结构的研究对象及主要内容 ...	297
10.1.1 计算机图形信息的处理	271	12.1.1 离散结构的研究对象	297
10.1.2 计算机图形学的起源	272	12.1.2 离散结构研究的主要内容 ...	297
10.1.3 计算机图形学主要研究的 内容	272	12.2 数理逻辑	298
10.1.4 计算机图形学的应用	273	12.2.1 命题逻辑	298
10.1.5 计算机图形的标准化	274	12.2.2 谓词逻辑	302
10.2 图形系统	275	12.3 集合论	304
10.3 计算机视觉和可视化	277	12.3.1 集合的基本概念与运算	304
10.3.1 人的视觉	277	12.3.2 关系与函数	306
10.3.2 计算机视觉	277	12.4 代数结构	310
10.3.3 可视化	277	12.4.1 代数结构概述	310
10.4 图形用户界面	278	12.4.2 格与布尔代数	312
10.5 图像通信	278	12.5 图论	313
10.6 几何建模	279	12.5.1 图的基本概念	313
10.7 计算机动画	279	12.5.2 路径、回路及连通性	315
10.8 虚拟现实	279	12.5.3 图的矩阵表示	315
10.9 3D 打印	280	12.6 离散概率	317
本章小结	281	本章小结	317
习题	281	习题	318
第 11 章 人机交互	283	第 13 章 数值计算科学	321
11.1 人机交互	283	13.1 高性能计算	321
11.1.1 人机交互技术	283	13.2 数值分析	322
11.1.2 人机交互模型	284	13.3 运筹学	323
11.1.3 人机系统交互界面的构架	285	13.4 数学建模与计算机模拟	324
11.1.4 人机界面的设计	287	本章小结	325
11.1.5 数据交互	289	习题	325
11.1.6 语音交互	290	第 14 章 智能系统	327
11.1.7 图像交互	290	14.1 人工智能系统	327
11.1.8 行为交互	291	14.1.1 人工智能	327
11.2 多媒体技术	291	14.1.2 人工智能的主要学派	328
11.2.1 多媒体	291	14.1.3 人工智能的研究与应用 领域	329
11.2.2 多媒体关键技术	292	14.2 知识表示及推理	332
11.2.3 多媒体技术的应用	294	14.2.1 知识与知识表示	332
本章小结	295	14.2.2 经典推理技术	332
习题	295		

14.2.3 高级知识推理技术	334	习题	348
14.3 搜索技术	336	第 15 章 社会和职业问题	350
14.3.1 一般搜索技术	336	15.1 计算的社会背景	350
14.3.2 高级搜索技术	338	15.2 计算机与道德	351
14.4 自然语言处理	339	15.2.1 道德的哲学含义	351
14.4.1 语言及其理解	339	15.2.2 道德选择	351
14.4.2 句法和语义的分析	340	15.2.3 道德评价	351
14.4.3 机器翻译	341	15.2.4 计算机专业人员的职业 道德准则	352
14.5 智能计算	341	15.2.5 计算机用户的道德	352
14.5.1 智能计算	341	15.3 基于计算机系统的风险与责任	353
14.5.2 遗传算法	342	15.4 知识产权	354
14.5.3 集群智能	342	15.5 隐私与公民自由	356
14.5.4 人工神经网络	343	15.6 计算机犯罪	357
14.6 机器学习	344	15.7 团队合作	359
14.6.1 机器学习的基本概念	344	15.8 哲学框架	360
14.6.2 机器学习的发展过程	345	本章小结	361
14.6.3 机器学习的主要研究方向	345	习题	361
14.6.4 机器学习策略	346	参考文献	363
14.6.5 机器学习方法	346		
本章小结	348		

第 1 章 概 述

学习目标:

- 了解计算的起源、计算学科的基本知识、计算机的产生和发展阶段、中国计算机的发展历程、计算机的应用领域和发展趋势、计算机科学与技术学科的教育、信息化社会的挑战和计算机产业的发展。
- 掌握计算机的概念、计算机科学与技术学科的知识体系。

电子数字计算机(Electronic Digital Computer)简称为电子计算机或计算机,即人们常说的电脑,它是一种能按照事先存储的程序,自动、高速、精确地进行大量数值计算,并且具有记忆(存储)能力、逻辑判断能力、性能可靠的数字化信息处理能力的现代化智能电子设备。计算机是 20 世纪人类最辉煌的成就之一,给人们的生产和生活带来了巨大变化,它的应用涉及社会的各个领域。

1.1 计算的起源

为了能清楚地认识计算机,首先应了解数及记数方式,因为计算机产生之初的主要应用是科学计算。

1. 数的概念及记数方式的诞生

在原始社会,人们从事采集、狩猎、农作等活动,发现每天采集的野果、猎取的野兽在数量上存在差异。为了能计算每天的成果,人们开始掰指头计数,这就是最早的计算方法。每个人的 10 根手指,是最简单的、随时“携带”的计算工具。

由于手指计数在进行复杂计算方面存在着无法克服的局限性,于是人们开始使用石子计数、结绳计数、小木棍计数等。例如,早上放 10 头牛出去,就拿 10 颗小石子表示,晚上牛回来清数时,就以小石子的数量来逐个进行清点,看看是否一致,这样就可以完成一些复杂的计算。石子记数的方式容易出现散乱、不方便携带和保存等问题,我国《周易》中就说到“结绳而治”,它是指“结绳记事”或者“结绳记数”,在希腊、波斯、罗马、伊斯兰国家和南美的印加帝国等地方也都有结绳记事的记载或实物标本。小木棍记数的方式在中外文献中都有记载。此后,又出现了在实物(如木头、骨头等)上刻痕的记数方式,并且也有对应的实物标本,可以说是文字的早期雏形。

2. 古埃及数学及记数体系

古埃及是世界上文化发源最早的几个地区之一。古埃及人使用的是十进制数字,但并非位值制,每一个较高的单位是用特殊的符号来表示的,其分数还有一套专门的记法。例如 111,象形文字写成三个不同的字符,而不是将 1 重复三次。古埃及的算术运算具有加法特征,其乘、除运算是利用连续加倍的方法来完成的。



古埃及人已经能解决一些属于一次方程和最简单的二次方程的问题,还有一些关于等差数列、等比数列的初步知识。其中,分数算法占了特别重要的地位,它把所有分数都化成单位分数(即分子是1的分数)的和。《莱因德纸草书》用了很大的篇幅来记载 $2/N$ (N 从 5~101)型的分数分解成单位分数的结果,至于这样分解的原因和分解的方法,一直到现在还是一个谜。另外,《莱因德纸草书》中记载了计算圆面积的方法:将直径减去它的 $1/9$ 之后再平方,计算的结果相当于用 3.1605 作为圆周率。总之,古埃及人在计算方面积累了一定的实践经验,但还没有上升为系统的理论。

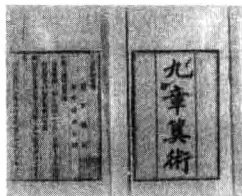
3. 巴比伦数学及记数体系

一般将人类早期文明发祥地之一的西亚美索不达米亚地区(即底格里斯河与幼发拉底河流域)在公元前 19 世纪至公元前 6 世纪间的文化称为巴比伦文化,巴比伦数学可以上溯至约公元前 2000 年的苏美尔文化,后续至公元 1 世纪基督教创始时期。对巴比伦数学的了解,依据于 19 世纪初考古发掘出的楔形文字泥板,有约 300 块是纯数学内容的,其中约 200 块是各种数表,包括乘法表、倒数表、平方表和立方表等。在公元前 1800~前 1600 年间,巴比伦人采用了 60 进制,与任何其他民族都不同。聪明的巴比伦人只用了两个记号,即垂直向下的楔子和横卧向左的楔子,通过排列组合,便可以表示所有的自然数。同时巴比伦人把一天分成 24 小时,每小时分成 60 分钟,每分钟分成 60 秒。这种计时方式后来传遍全世界,并一直沿用至今。

4. 中国古代记数体系及算术

从公元元年前后至公元 14 世纪,中国古代数学先后经历了三次发展高潮,即两汉时期、魏晋南北朝时期和宋元时期,并在宋元时期达到了顶峰。中国古代数学是以创造算法特别是各种解方程的算法为主线,从线性方程组到高次多项式方程,乃至不定方程,中国古代数学家创造了一系列先进的算法(中国数学家称之为“术”),他们用这些算法去求解相应类型的代数方程,从而使用这些方程解决各种各样的科学和实际问题。

《九章算术》(简称《九章》)是中国最重要的数学经典,在世界古代数学史上,《九章》与《原本》像两颗璀璨的明珠,东西辉映。《九章》全书以计算为中心,有 90 余条抽象性算法、公式,246 道例题及其解法,基本上采取算法统率应用问题的形式。它的许多成就居世界领先地位,奠定了此后中国数学居世界前列千余年的基础。



九章算术

《九章》之后,中国的数学著述基本上采取两种方式:一是为

《九章》作注;二是以《九章》为楷模编纂新的著作。刘徽的《九章算术注》作于魏景元四年(公元 263 年),原十卷。前九卷全面论证了《九章》的公式、解法,发展了出入相补原理、截面积原理、齐同原理和率的概念,在圆面积公式和锥体体积公式的证明中引入了无穷小分割和极限思想,首创了求圆周率的正确方法,指出并纠正了《九章》的某些不精确的或错误的公式,探索出解决球体积的正确途径,创造了解线性方程组的互乘相消法与方程新术,用十进分数逼近无理根的近似值等,使用了大量类比、归纳推理及演绎推理,并且以后者为主。第十卷原名“重差”,为刘徽自撰自注,发展完善了重差理论,后来单

行此卷，因第一问为测望一海岛的高远，故又名之曰《海岛算经》。

5. 古印度数学及记数体系

在印度，整数的十进制值制记数法产生于6世纪以前，用9个数字和表示零的小圆圈，再借助于位值制便可以写出任何数字。印度人由此建立了算术运算，包括整数和分数的四则运算法则、平方和立方的法则等。对于“零”，印度人不单是把它看成“一无所有”或空位，还把它当作一个数来参加运算，这是古印度算术的一大贡献。

印度人用符号进行代数运算，并用缩写文字表示未知数。印度人承认负数和无理数，对负数的四则运算法则有具体的描述，并意识到具有实解的二次方程有两种形式的根。

印度人的几何学是凭经验的得来的，不追求逻辑上严谨的证明，只注重发展实用的方法，一般与测量相联系，侧重于面积、体积的计算。

1.2 计算机的产生和发展阶段

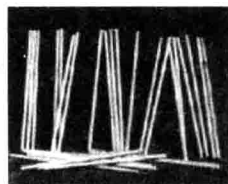
计算机的产生和发展不是一蹴而就的，而是经历了漫长的历史过程。在这个过程中，科学家们经过艰难的探索，发明了各种各样的“计算机”，这些“计算机”顺应了当时历史的发展，发挥了巨大的作用，推动了社会的进步，也推动了计算机技术的发展。

为了全面地了解计算机产生的背景，首先要了解电子计算机产生之前的计算历史，然后再了解电子计算机的产生过程。

1.2.1 计算机产生之前的计算历史

1. 算筹

算筹又称为筹、策、算子等，是中国古代劳动人民用来记数、列式和进行各种数与式演算的工具，最初它是小竹棍一类的自然物，然后逐渐发展成为专门的计算工具。在算筹计数法中，以纵横两种排列方式来表示单位数目的，其中1~5均分别以纵横方式排列相应数目的算筹来表示，6~9则以上面的算筹再加下面相应的算筹来表示。表示多位数时，个位用纵式，十位用横式，百位用纵式，千位用横式，以此类推，遇零则置空。这种计数法遵循一百进位制。



算筹



算筹在中国的起源很早，春秋战国时期的《老子》中就记载有“善数者不用筹策”。《汉书·张良传》中张良“运筹帷幄中，决策千里外”的“筹”，就是指算筹。中国著名科学家祖冲之(429—500)借助算筹作为计算工具，经过长期的艰苦研究，计算出圆周率在3.1415926~3.1415927之间，成为世界上最早把圆周率数值推算到小数点后7位数字以上的科学家，比法国数学家弗朗索瓦·韦达(Francoic Viète, 1540—1603)的相同成就早了1100多年。



祖冲之

中国古代的算筹不仅是正、负整数与分数的四则运算和开方运算的工具，而且还包含着各种特定的演算。中国古代数学家们正是以“算筹计算机”为工具，运筹帷幄，不断探索，在数学史上写下了辉煌的篇章。

2. 算盘

算盘也称珠算，是中国劳动人民创造的一种计算工具，素有“中国计算机”之称，由古代“算筹”演变而来，最早见于汉末三国时代徐岳撰写的《数术记遗》，书中有“珠算，控带四时，经纬三才”的记述。《数术记遗》介绍了我国古代的 14 种算法，除第 14 种“计数”为心算，无须算具外，其余 13 种均有计算工具，分别是：积算(即筹算)、太乙算、两仪算、三才算、五行算、八卦算、九宫算、运筹算、了知算、成数算、把头算、龟算和珠算。

“珠算”之名，首见于此。南宋时期的数学家杨辉编写的《乘除通变算宝》中有“九归”口诀。算盘结构简单，便于掌握，使用方便，成为计算理财不可缺少的工具。算盘从明代开始传入朝鲜、日本等东亚国家；在清代，随着经济、文化的交流，算盘被传入东南亚各国；第二次世界大战后，美国也从日本引进了算盘。直到今天，算盘仍然是许多人钟爱的“计算机”。

3. 机械计算机

1614 年，英国数学家约翰·纳皮尔(John Napier 或 Neper, 1550—1617)提出了对数的概念，成为与 17 世纪出现的解析几何、微积分一样重要的数学方法。纳皮尔在数学与工程界之外并不很出名，但他在数学应用上的贡献则毋庸置疑。他的著作《极好用对数表的一个描述》(或译作《奇妙的对数规律的描述》，拉丁语：Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio)总共有 37 页的解释和 90 页的对数表，对于后来的天文学、力学、物理学、占星学的发展都非常重要。

纳皮尔开创的对数概念影响了一代数学家，英国牧师威廉·奥却德(William Oughtred, 1575—1660)就是其中的佼佼者，他发明的乘法符号“ $\times$ ”一直沿用至今。1622 年，奥却德突然萌发了一个念头：如果在两个圆盘的边缘标注对数刻度，然后让它们相对转动，就可以制成一种基于对数运算法则的仪器，用加减法来替代乘除，于是原始的对数计算尺就产生了。奥却德发明的圆盘逐渐演变成圆柱，在 18 世纪到 19 世纪成为工程师们最喜爱的“计算机”。

1623 年，德国科学家威廉·契克卡德(Wilhelm Schickard, 1592—1635)为天文学家约翰尼斯·开普勒(Johannes Kepler, 1571—1630)制作了一台机械计算机，这是人类有史以来的第一台机械计算机，能做 6 位数加减法，还能做乘除运算。契克卡德出生在德国西南部一座小镇，当时在图宾根(Tubingen)大学担任教授职务。他广泛涉猎天文学、数学和测量学等诸多领域，一生发明过许多机器，同时在艺术雕刻，特别是木雕和铜雕方面也享有盛誉。契克卡德共制作了两台模型，可惜现在已不知遗落何处。1960 年，根



Francoic Viète



算盘



数术记遗



John Napier



William Oughtred



Wilhelm Schickard



契克卡德计算机

据他留下的设计示意图, 契克卡德家乡的人们重新制作了这种机械计算机, 印证了其强大的计算功能。1993年5月, 为缅怀这位计算机先驱, 在德国隆重地举行了纪念契克卡德诞辰400周年的展览会。

法国科学家布莱斯·帕斯卡(Blaise Pascal, 1623—1662)是世界公认的制造出机械计算机的第一人。为了帮助年迈的任诺曼底省检察官的父亲计算税率税款, 帕斯卡想到了要制造一台可以帮助计算的机器。帕斯卡先后做了3个不同的模型, 1642年, 他所做的第三个模型“加法器”获得成功。帕斯卡的“新式的计算机”受到法国财政大臣的赞赏。“加法器”在卢森堡宫展出期间, 参观者络绎不绝, 大数学家笛卡儿也利用回国探亲的机会上门观看。帕斯卡的加法器向世人昭示: 用一种纯粹机械的装置去代替人们的思考和记忆, 是完全可以做到的。



Blaise Pascal

1971年, 瑞士苏黎世联邦工业大学的尼克莱斯·沃尔斯(Niklaus Wirth, 1934—)教授将自己发明的计算机通用的高级程序设计语言命名为“Pascal语言”, 就是为了纪念帕斯卡在计算机领域做出的卓越贡献。沃尔斯一生还撰写了大量有关程序设计、算法和数据结构的著作, 因此, 他获得了1984年度的“图灵奖”。沃尔斯有一句在计算机领域人尽皆知的名言“算法+数据结构=程序”(Algorithm+Data Structures=Programs)。

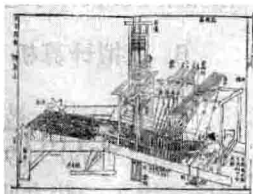


Niklaus Wirth

戈特弗里德·威廉·莱布尼茨(Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646—1716)是德国哲学家、数学家, 和牛顿先后独立发明了微积分。有人认为, 莱布尼茨最大的贡献不是发明微积分, 而是微积分中使用的数学符号, 因为牛顿使用的符号普遍认为比莱布尼茨的差。莱布尼茨所涉及的领域包括法学、力学、光学、语言学等40多个范畴, 被誉为“17世纪的亚里士多德”。他后来研读了帕斯卡一篇关于“加法器”的论文, 激发了他强烈的发明欲望, 决心把这种机器的功能扩大到乘、除运算。在一些著名机械专家和能工巧匠的协助下, 莱布尼茨终于在1674年造出一台更加完善的机械计算机。莱布尼茨为计算机增添了一种名叫“步进轮”的装置, 利用步进轮的转动使重复的加、减运算转变为乘、除运算。在著名的《不列颠百科全书》里, 莱布尼茨被誉为“西方文明最伟大的人物之一”, 他对计算机的贡献不仅在于乘法器, 还系统地提出了二进制的运算法则。1700年左右, 莱布尼茨从中国“易图”(八卦)里受到启发, 最终悟出了二进制数的真谛。虽然莱布尼茨的乘法器仍然采用十进制, 但他率先为计算机设计系统地提出了二进制运算法则。



Wilhelm Leibniz



提花机

4. 提花机

西汉年间, 中国的纺织工匠已能熟练掌握提花机技术, 一个工匠平均60天即可织成一匹花布。花布用经线(纵向线)和纬线(横向线)编织, 若要织出花样, 工匠必须按照预先设计的图案, 用手在适当位置反复“提”起一部分经线, 以便让滑梭牵引着不同颜色的纬线通过。

法国机械师约瑟夫·杰卡德(Joseph Jacquard, 1752—1834)大约在1801



Joseph Jacquard

年完成了“自动提花编织机”的设计制作，真正成功地改进了提花机。杰卡德为提花机增加了一种装置，能够同时操纵 1200 个编织针，控制图案的穿孔纸带后来换成了穿孔卡片。1805 年，拿破仑在法国里昂工业展览会上观看提花机表演后大加赞赏，授予杰卡德古罗马军团荣誉勋章。自动编织机被人们广泛接受后，还派生出一种新的职业——打孔工人，他们被视为最早的“程序录入员”。

5. 差分机和分析机

英国剑桥大学著名科学家查理斯·巴贝奇(Charles Babbage, 1792—1871)于 1822 年研制出第一台差分机，于 1833—1835 年研制出分析机。巴贝奇以他天才的思想，划时代地提出了类似于现代计算机的 5 大部件的逻辑结构，即齿轮式的“存储仓库”、“运算室”(即 Mill)、“控制器”，以及在“存储仓库”和“运算室”之间传输数据的输入/输出部件。1847—1849 年，巴贝奇完成了 21 幅差分机改良版的构图，可以操作第七阶相差及 31 位数字，遗憾的是因无人赞助，致使这台机器并没有最终完成。1991 年，为了纪念巴贝奇 200 周年诞辰，英国肯圣顿(Kensington)科学博物馆决定根据这些图纸重新建造一台差分机。复制者特地采用 18 世纪中期的技术设备来制作，不仅成功地造出了机器，而且可以正常运转。



Charles Babbage

阿达·奥古斯塔(Ada Augusta, 1815—1852)是计算机领域著名的女程序员。阿达是英国著名浪漫主义文学家乔治·戈登·拜伦(George Gordon Byron, 1788—1824)的女儿，她没有继承父亲的浪漫，而是继承了母亲在数学方面的天赋。1843 年，阿达发表了一篇论文，认为机器将来有可能被用来创作复杂的音乐、制图和科学研究。阿达为如何计算“伯努利数”写了一份规划，首先拟定了“算法”，然后制作了“程序设计流程图”，她被人们视为“第一个计算机程序员”。1975 年 1 月，美国国防部提出研制一种通用高级语言，并为此进行了国际范围的设计招标。1979 年 5 月最后确定了新设计的语言，海军后勤司令部的杰克·库柏(Jack Cooper)为这种新语言起名为 Ada，以寄托人们对阿达的纪念和钦佩。



Ada Augusta

6. 模拟计算机

19 世纪末，被誉为“信息处理之父”的赫尔曼·霍列瑞斯(Herman Hollerith, 1860—1929)首先用穿孔卡完成了第一次大规模数据处理。霍列瑞斯雇用了一些女职员来处理穿孔卡，每人每天 700 张卡片，她们被看作是第一批“数据录入员”。每台制表机连接着 40 台计数器，处理高峰期时，一天能统计 2000~3000 个家庭数据。制表机穿孔卡第一次把数据转变成二进制信息，在早期的计算机系统里，都是用穿孔卡片输入数据，这种方法一直沿用到 20 世纪 70 年代，数据处理成为计算机的主要功能之一。1890 年，霍列瑞斯创办了一家专业“制表机公司”，后来，Flent 兼并了“制表机公司”，改名为 CTR 公司(C 代表计算，T 代表制表，R 代表计时)。1924 年，CTR 公司更名为计算机界蓝色巨人(IBM 公司)，专门生产打孔机、制表机等产品，托马斯·约翰·沃森(Thomas John Watson, 1874—1956)主持 IBM 大局。托马斯·约翰·沃森是个地地道道的美国人，1874 年 2 月 17 日，他



Herman Hollerith



Thomas J. Watson



生于美国纽约州北部一个贫困的农民家庭。父亲是苏格兰的移民，靠伐木和种地谋生。虽然家境贫苦，但他们始终对生活有种乐观的态度，相信只要努力，就会有回报。托马斯·沃森一生的经历向我们演绎了一个典型的“美国梦”：一个苏格兰移民的儿子，依靠自己的聪明才智，一步一步地从不起眼的推销员成为企业家，并最终创建了著名的 IBM 公司。在他的领导下，IBM 不仅从一个中型公司成长为世界最大的企业之一，而且他还将 IBM 从机械制表机引入到计算机领域，并且在这一领域称霸一时。

1956 年老沃森去世后，小托马斯·沃森(Thomas Watson Jr., 1914—1993)接替了父亲的职务，使 IBM 继续迅猛发展，小托马斯·沃森在其父的基础上，通过自己的努力使 IBM 成长为真正的 IT 巨人。多年来 IBM 始终以超前的技术、出色的管理和独树一帜的产品领导着全球信息工业的发展。

1873 年，美国人鲍德温(F. Baldwin)利用齿数可变齿轮，设计制造出一种小型计算机样机(工作时需要摇动手柄)并立即申报了专利，两年后专利获得批准，鲍德温便开始大量制造这种供个人使用的“手摇式计算机”。

英国人布什(V.Bush)为了求解与电路有关的微分方程，制造了一台模拟计算装置帮助其求解。他曾帮助英国计算德军 V-2 导弹的弹道表，在第二次世界大战中立下赫赫功劳。

英国数学家乔治·布尔(George Boole, 1815—1864)为了维持生活，16 岁就开始任教，20 岁时，对数学产生了浓厚兴趣，他广泛涉猎著名数学家牛顿、拉普拉斯、拉格朗日等人的数学名著，写下大量笔记，并将其收录到 1847 年他出版的《逻辑的数学分析》书中。1854 年，已是柯克大学教授的布尔出版了《思维规律的研究——逻辑与概率的数学理论基础》。凭借这两部著作，布尔建立了一门新的数学学科，即布尔代数。在布尔代数里，构思出了关于 0 和 1 的代数系统，用基本的逻辑符号系统地描述物体和概念，这为日后数字计算机开关电路设计提供了最重要的数学方法。

1938 年，美国数学家克劳德·艾尔伍德·香农(Claude Elwood Shannon, 1916—2001)第一次在布尔代数和继电器开关电路之间架起了桥梁，以脉冲方式处理信息的继电器开关，从理论到技术彻底改变了数字电路的设计。1948 年，香农撰写了《通信的数学基础》一书。由于香农在信息论方面的贡献，他被誉为“信息论之父”。1956 年，香农参与发起了达特默斯人工智能会议，率先把人工智能运用于计算机下棋方面，还发明了一个能自动穿越迷宫的电子老鼠，以此验证了计算机通过学习可以提高智能。

1937 年 11 月，AT&T 贝尔实验室的乔治·斯蒂比兹(George Stibitz, 1904—1995)运用继电器作为计算机的开关元件。1938 年，斯蒂比兹设计出用于复数计算的全电磁式计算机，使用了 450 个二进制继电器和 10 个闸刀开关，由 3 台电传打字机输入数据，能在 30s 内算出复数的商。1939 年，斯蒂比兹将电传打字机用电话线连接上远在纽约的计算机，异地操作进行复数计算，开创了计算机远程通信的先河。

1938 年，28 岁的康拉德·楚泽(Konrad Zuse, 1910—1995)完成了一台可编程数字计算机 Z-1 的设计，但由于无法买到合适的零件，Z-1 计算机实际上是



Thomas Watson



G.Boole



Shannon



George Stibitz



Konrad Zuse