



普通高等教育“十三五”规划教材

计算机科学导论

Introduction to Computer Science

© 甘 勇 尚展垒 等编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

TP3
113
普通高等教育“十三五”规划教材

计算机科学导论

甘 勇 尚展垒 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

“计算机科学导论”作为计算机科学与技术专业的必修课,旨在引导刚刚进入大学的新生对计算机基础知识及研究方向有一个宏观的认识,从而为系统地学习计算机专业的后续课程打下基础。本书是学习计算机专业知识的导引教材,也是大学计算机类专业的基础课教材。其内容涉及计算机科学的诸多方面,结构严谨,层次分明,叙述准确,同时与计算机的最新发展密切结合。全书共分 12 章,主要内容包括计算机科学概述、计算基础、计算机组成、计算机网络、程序设计语言、算法与数据结构、数据库技术概述、软件工程、操作系统、多媒体技术概述、社会和职业问题、计算机新技术。

本书密切结合“计算机科学导论”课程的基本教学要求,在介绍计算机科学相关的基本概念和理论的同时兼顾计算机技术和理论的最新发展。通过本书的学习,学生可以较全面地掌握计算机软、硬件技术与网络技术的基本概念,以及软、硬件系统的基本工作原理。使学生能够对计算机科学的基本理论、学科知识体系、方法及与其他学科之间的关系有所了解,并为后续课程的学习奠定基础。

本书可作为高校计算机专业“计算机科学导论”课程的教材,也可作为电气信息类专业学生或其他计算机爱好者了解、学习计算机科学知识的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机科学导论 / 甘勇等编著. —北京: 电子工业出版社, 2016.9

ISBN 978-7-121-28967-5

I. ①计… II. ①甘… 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(2016)第 124608 号

策划编辑: 袁 玺

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订: 北京京师印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 18 字数: 457.6 千字

版 次: 2016 年 9 月第 1 版

印 次: 2016 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888,(010) 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254536。



“计算机科学导论”是计算机科学与技术专业学生入学学习的第一门专业必修课，它构建在计算学科认知模型的基础上，并以计算机科学的内容为背景，从学科思想与方法层面对计算学科进行导引，着力提高学生的计算思维能力。它来源于ACM教育委员会对“整个计算学科综述性导引”（计算机科学导论）课程构建的要求，即用严密的方式将学生引入计算学科各个富有挑战性的领域之中。本教材为学生正确认知计算学科提供方法，为今后深入学习计算机课程作铺垫。

通过计算机科学导论的学习可以让学生更好地了解计算学科各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。通过本课程的学习最终帮助学生能够了解计算机行业的技术标准、知识产权、产业政策和法律法规，能够分析计算机工程实践的经济效益与社会效益。在计算机软硬件开发工程实践过程中具有明确的环保意识和可持续发展理念。能够理解和评价针对复杂工程问题的计算机软硬件工程实践对环境和社会可持续发展的影响。了解职业性质和责任，能够在计算机工程实践中自觉遵守职业道德和规范，具有责任感。本课程的任务如下。

（1）使计算机专业的学生刚进入大学就能全面了解计算机领域的专业知识、最新发展及应用。使学生更好地掌握计算机硬件技术、软件技术、数据库技术、多媒体技术、网络技术、信息安全技术、职业道德、法律法规。

（2）使学生对今后学习的主要知识、专业方向有一个了解，为后继课程构建一个基本知识框架，为今后学习和掌握专业知识进行科学研究奠定基础，通过学习计算机科学导论使学生了解计算机行业的技术标准、软硬件发展知识、新技术和计算机行业发展趋势。

（3）为学生今后的专业学习做一个良好的铺垫，使学生了解相关的职业道德法律法规。

全书共分12章，主要内容包括概述、计算基础、计算机组成、计算机网络、程序设计语言、算法与数据结构、数据库技术概述、软件工程、操作系统、多媒体技术概述、社会与职业问题、计算机新技术。内容密切结合教学指导委员会对该课程的基本教学要求，同时兼顾计算机软件和硬件的最新发展，结构严谨，层次分明，叙述准确。各高校可根据实际教学学时、学生的基础对教学内容进行适当的选取。

本书由甘勇、尚展垒、韩丽等编著，其中郑州轻工业学院的甘勇、尚展垒

任主编，郑州轻工业学院的韩丽、张旭、常化文任副主编。参加本书编写的还有郑州轻工业学院的卢冰、朱会东、孟颖辉、南姣芬、王华。其中，第1章由甘勇和尚展垒编写，第2、9章张旭编写，第3章由南姣芬编写，第4章由韩丽编写，第5、6章由卢冰编写，第7、12章由王华编写，第8章由朱会东编写，第10章由常化文编写，第11章由孟颖辉编写。韩丽、张旭还负责本书的统稿和组织工作。在本书的编写过程中得到了郑州轻工业学院、河南省高等学校计算机教育研究会及电子工业出版社的大力支持和帮助，在此由衷地向他们表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，敬请广大读者特别是同行专家们批评指正。

编 者

2016年6月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036



第 1 章 概述	1
1.1 计算机发展前史	1
1.2 计算机的发展与应用	6
1.2.1 电子计算机的发展	6
1.2.2 计算机的应用领域	8
1.3 计算机模型	10
1.3.1 图灵模型	10
1.3.2 冯·诺依曼模型	11
1.4 计算机应用系统的计算模式	12
1.4.1 单主机计算模式	13
1.4.2 分布式客户/服务器计算模式	13
1.4.3 浏览器/服务器计算模式	14
1.4.4 新的计算模式	14
1.5 计算学科	17
1.5.1 计算学科的历史背景	17
1.5.2 计算学科领域的分化及主要内容	18
1.6 小结	20
第 2 章 计算基础	23
2.1 数制	23
2.1.1 数制的定义	23
2.1.2 数制的规律	24
2.1.3 常用的数制	24
2.1.4 二进制数	26
2.1.5 数制转换	29
2.2 数据存储的组织方式	32
2.2.1 数据存储单位	33
2.2.2 存储设备结构	33
2.2.3 编址与地址	34
2.3 数值在计算机中的表示	34
2.3.1 数的定点和浮点表示	35
2.3.2 数的编码表示	35
2.3.3 计算机中数的浮点表示	37

2.4	信息编码	39
2.4.1	二—十进制编码 (BCD 码)	39
2.4.2	字符编码	39
2.4.3	汉字编码	41
2.4.4	多媒体信息编码	43
2.5	小结	45
第 3 章	计算机组成	48
3.1	计算机的系统组成	48
3.1.1	计算机的硬件系统	49
3.1.2	计算机的软件系统	55
3.1.3	计算机软硬件系统之间的关系	57
3.2	计算机的工作原理	57
3.2.1	计算机指令	57
3.2.2	计算机的工作原理	58
3.3	计算机的性能评价	59
3.4	小结	60
第 4 章	计算机网络	61
4.1	计算机网络概述	61
4.1.1	计算机网络的概念	61
4.1.2	计算机网络的组成	62
4.1.3	计算机网络的发展	62
4.1.4	计算机网络的分类	63
4.1.5	计算机网络体系结构	64
4.1.6	网络服务应用模式	66
4.2	网络中间系统	67
4.2.1	网络传输介质	67
4.2.2	网络接口卡	70
4.2.3	集线器	70
4.2.4	交换机	71
4.2.5	路由器	71
4.3	计算机局域网	72
4.3.1	局域网概述	72
4.3.2	载波侦听多路访问/冲突检测协议	73
4.3.3	以太网	74
4.4	Internet 的基础知识	75
4.4.1	Internet 的概述	75
4.4.2	Internet 的接入	77
4.4.3	IP 地址与 MAC 地址	78
4.4.4	WWW 服务	85
4.4.5	域名系统	88

4.4.6	电子邮件	91
4.4.7	文件传输	91
4.4.8	远程登录服务	92
4.4.9	Intranet	92
4.5	小结	92
第 5 章	程序设计语言	96
5.1	程序设计概述	96
5.1.1	什么是程序	96
5.1.2	程序设计的步骤	97
5.1.3	程序设计语言的发展	98
5.2	程序设计语言模式	99
5.2.1	过程式模式	99
5.2.2	面向对象模式	100
5.2.3	函数式模式	101
5.2.4	逻辑式模式	101
5.3	程序编译过程	102
5.3.1	编译过程概述	102
5.3.2	词法分析	102
5.3.3	语法分析	103
5.3.4	语义分析和中间代码生成	103
5.3.5	目标代码优化	103
5.3.6	目标代码生成	104
5.3.7	表格管理和出错管理	104
5.4	过程式语言的共同概念	104
5.4.1	基本数据类型	104
5.4.2	变量和常量	105
5.4.3	运算符与表达式	105
5.4.4	控制结构	105
5.4.5	函数	107
5.5	面向对象语言的特性	107
5.5.1	面向对象的基本概念	108
5.5.2	面向对象的特征	108
5.5.3	面向对象的特点	109
5.6	当下主流语言的介绍	109
5.6.1	C 语言	109
5.6.2	C++	110
5.6.3	Java	111
5.6.4	Python	111
5.6.5	C#	112
5.6.6	PHP	113
5.6.7	JavaScript	113

5.6.8	Perl	114
5.6.9	Visual Basic.NET	114
5.6.10	Ruby	115
5.7	小结	115
第 6 章	算法与数据结构	116
6.1	算法概述	116
6.1.1	算法及特性	116
6.1.2	算法的描述方式	117
6.1.3	算法的度量	119
6.2	数据结构概述	120
6.2.1	什么是数据结构	120
6.2.2	数据结构的基本术语	120
6.3	线性结构	121
6.3.1	线性表	121
6.3.2	栈	123
6.3.3	队列	123
6.3.4	串	123
6.4	树状结构	124
6.4.1	树	124
6.4.2	二叉树	125
6.4.3	树的存储	127
6.4.4	树和森林的遍历	128
6.5	图	128
6.5.1	图的定义与术语	128
6.5.2	图的存储	129
6.5.3	图的遍历	130
6.5.4	最小生成树	131
6.5.5	最短路径	132
6.6	排序	132
6.7	计算思维与算法设计技巧	134
6.7.1	计算思维	134
6.7.2	贪心算法	134
6.7.3	分治算法	135
6.7.4	动态规划	136
6.7.5	回溯算法	136
6.7.6	分支界限法	137
6.8	小结	138
第 7 章	数据库技术概述	140
7.1	数据库系统概述	140
7.1.1	数据库的基本概念	140

7.1.2	数据管理技术的发展	142
7.1.3	数据库系统的构成	144
7.2	数据模型	145
7.2.1	数据模型的三要素	145
7.2.2	数据模型的分类	146
7.2.3	概念模型与逻辑模型	146
7.2.4	实体联系模型	147
7.2.5	常见逻辑模型介绍	147
7.3	关系数据库基本概念	148
7.3.1	关系模型基本概念	149
7.3.2	关系模型的规范化	150
7.4	关系数据库设计	151
7.4.1	系统规划	151
7.4.2	需求分析	152
7.4.3	概念设计	152
7.4.4	逻辑设计	153
7.4.5	物理设计	153
7.4.6	系统实现	154
7.4.7	运行与维护	154
7.5	结构化查询语言	155
7.5.1	数据定义	156
7.5.2	数据查询	157
7.5.3	数据操纵	158
7.5.4	数据控制	158
7.6	数据库管理软件介绍	159
7.7	小结	161
第8章	软件工程	163
8.1	软件工程概述	163
8.1.1	软件的定义	163
8.1.2	软件危机	164
8.1.3	软件工程的定义	165
8.2	软件开发模型	166
8.2.1	软件生存周期	166
8.2.2	瀑布模型	167
8.2.3	原型模型	168
8.2.4	增量模型	168
8.2.5	螺旋模型	168
8.3	软件开发方法	169
8.3.1	结构化方法	169
8.3.2	面向对象的软件开发方法	170
8.4	软件开发过程	170

8.4.1	可行性研究	170
8.4.2	需求分析	171
8.4.3	总体设计	174
8.4.4	详细设计	177
8.4.5	编码实现	180
8.5	软件质量	180
8.5.1	软件可靠性	180
8.5.2	软件质量的度量	181
8.5.3	软件评审	182
8.6	软件维护	182
8.6.1	软件维护的定义	182
8.6.2	软件维护的分类	182
8.7	软件项目管理	183
8.7.1	软件开发成本估算	183
8.7.2	风险分析	184
8.7.3	软件开发进度安排	184
8.7.4	软件项目的组织	184
8.8	小结	185
第9章	操作系统	186
9.1	操作系统概述	186
9.2	操作系统的发展史	187
9.2.1	手工操作（无操作系统）	187
9.2.2	批处理系统	187
9.2.3	多道程序系统（多道批处理系统）	188
9.2.4	分时系统	189
9.2.5	实时系统	189
9.2.6	通用操作系统	190
9.2.7	操作系统的进一步发展	190
9.3	操作系统的特征	191
9.4	操作系统的功能	192
9.4.1	处理机管理	192
9.4.2	存储管理	195
9.4.3	设备管理	198
9.4.4	文件管理	199
9.4.5	用户接口	201
9.5	操作系统的分类	201
9.6	主流操作系统	202
9.7	未来操作系统发展趋势	204
9.8	小结	204

第 10 章 多媒体技术概述	207
10.1 多媒体的基本概念	207
10.1.1 媒体	207
10.1.2 多媒体	208
10.1.3 多媒体系统	208
10.1.4 多媒体技术	209
10.2 音频处理技术	209
10.2.1 声音的本质与听觉系统	210
10.2.2 声音信号的数字化	211
10.2.3 声音文件的存储格式	213
10.2.4 音频处理软件	214
10.3 色彩信息的表示	216
10.3.1 视觉系统对颜色的感知特点	217
10.3.2 颜色的数字化	217
10.3.3 常见颜色模型	219
10.3.4 颜色模型之间的转换	221
10.4 图像处理技术	222
10.4.1 图像处理概述	222
10.4.2 数字图像的属性	223
10.4.3 图像的种类	226
10.4.4 数字图像处理的常用方法	228
10.4.5 图像文件的存储格式	228
10.5 视频处理技术	230
10.5.1 视频概述	230
10.5.2 彩色视频的编码方法	231
10.5.3 视频技术相关术语	231
10.5.4 视频文件的存储格式	232
10.6 计算机图形学	234
10.6.1 计算机图形学概述	234
10.6.2 计算机图形学的应用	236
10.6.3 光栅图形学概述	238
10.6.4 OpenGL 简介	240
10.7 多媒体数据压缩技术	241
10.7.1 多媒体信息的冗余性	242
10.7.2 数据压缩编码技术	242
10.7.3 常见多媒体压缩算法	243
10.8 小结	245
第 11 章 社会和职业问题	247
11.1 计算机与社会	247
11.1.1 计算机对社会的影响	247

11.1.2 社会计算	249
11.2 计算机与道德	249
11.2.1 计算机从业人员职业道德	249
11.2.2 计算机用户道德	251
11.2.3 计算机犯罪	252
11.2.4 隐私与言论自由	253
11.3 知识产权	254
11.4 个人与团队	255
11.4.1 个人在团队中的作用	255
11.4.2 个人与团队的合作	256
11.5 计算机与哲学	257
11.5.1 计算机哲学	257
11.5.2 计算机教育哲学	257
11.6 小结	258
第 12 章 计算机新技术	260
12.1 人工智能	260
12.1.1 人工智能的概念	260
12.1.2 人工智能的发展阶段	261
12.1.3 人工智能的研究领域	261
12.1.4 人工智能的研究方法	262
12.2 物联网	263
12.2.1 物联网概述	263
12.2.2 物联网的发展趋势	263
12.2.3 物联网的关键技术	264
12.3 大数据	265
12.3.1 大数据的基本概念和特征	265
12.3.2 大数据的发展趋势	265
12.3.3 大数据的处理技术	266
12.4 云计算与云平台	268
12.4.1 云计算	268
12.4.2 云平台	270
12.5 小结	271
参考文献	273

第

1

章

概 述

迄今,计算机是人类历史上最伟大的发明之一。如果说蒸汽机的发明导致了工业革命,使人类社会进入了工业社会;计算机的发明则导致了信息革命,使人类社会进入了信息社会。如今“计算”已经无所不在,计算机及计算机技术已经深入到人们的生活和工作中。

本章将从计算机的前身、历史、展望等内容入手。详细介绍计算机的相关基础知识。

通过本章的学习,学生应该能够:

1. 了解计算机的发展前史。
2. 了解计算机的发展与应用。
3. 掌握现代计算机模型。
4. 掌握计算机应用系统的计算模式。
5. 了解计算学科与其相关的课程体系。

1.1

计算机发展前史

在人类文明发展的历史长河中,人类对计算方法和计算工具的探索与研究从来没有停止过。远古时代,人类从长期的实践中逐渐形成了数的概念,从“手指计数”、“石子计数”、“结绳记事”到使用“算筹”进行一些简单运算,形成实用的计数体系和关于数的运算方法。尽管这些知识还是零碎的,没有形成严密的理论体系,但它作为计算的萌芽,现代计算科学与技术的发展成就,都是始于这一时期人类对计算方法、计算工具的探索和研究。计算机的产生源于人类对计算的需求。在1940年以前出版的字典中,“computer”被定义为“执行计算任务的人”。以前虽然有些机器也能执行计算任务,但它们被称为“计算器”,而不称计算机。直到1940年第二次世界大战期间,为满足大战军事需要而开发的第一台电子计算装置问世之后,计算机才慢慢被作为术语使用。计算机的概念除了平常所说的“电脑”外,还包括机械式计算机和机电式计算机,它们的历史都早于电子计算机。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。

要清楚地知道计算机产生的背景,首先要了解计算机产生的史前史,然后要了解计算机的产生过程。

1. 算筹

人类发明的最早的计算工具可能要算中国春秋战国时代的算筹了。算筹又称为算、筹、策、筹策等,后来又称之为算子。一般用竹、木刻制而成,也有用金属、兽骨或象牙制成的。它是用来记数、列式和进行各种数与式演算的一种工具,使用算筹进行数值运算,称为筹算法。算筹可用来进行加、减、乘、除、开方、开立方及解多元一次方程组等运算。从春秋战国到元代末年算筹在我国沿用了 2000 多年。算筹在当时是一种方便且先进的计算工具。中国古代数学家正是用算筹写下了数学史上光辉的一页。然而它仍有不少缺点:大量的算筹移动不方便,且占地面积大。而且挪动算筹运算了下一步,上一步就看不到了。在使用时也难免避免由于摆放过程中木棍位置滑动而造成的计算结果的错误。

2. 算盘

继算筹之后中国古代劳动人民又发明了更为方便的算盘,它结合十进制计数法和一整套计算口诀,并一直沿用至今。许多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的算法,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。南宋时期数学家杨辉的《乘除通变算宝》,其中有“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,算盘随着经济文化交流被传入东南亚各国。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

1623 年,德国图宾根大学天文学和数学教授威尔海姆·契卡德提出了一种能实现加法和减法的机械计算机的构思,主要由加法器、乘法器和记录中间结果的机构三部分构成。



图 1.1 帕斯卡

1642 年,法国哲学家和数学家布莱斯·帕斯卡(图 1.1)发明了世界上第一台加减法计算机。它是利用齿轮传动原理制成的机械式计算机,通过手摇方式操作运算。他称“这种算术机器所进行的工作,比动物的行为更接近人类的思维”。这一思想对以后计算机的发展产生了重大的影响。帕斯卡的计算机是一系列齿轮组成的装置,外形像一个长方形盒子,用儿童玩具那种钥匙旋紧发条后才能转动,只能做加法和减法运算。然而,即使只做加法,也有个“逢十进一”的进位问题。聪明的帕斯卡采用了一种小爪子式的棘轮装置。当定位齿轮朝 9 转动时,棘爪便逐渐升高;一旦齿轮转到 0,棘爪就“咔嚓”一声跌落下来,推动十位数的齿轮前进一档。帕斯卡发明成功后,一连制作了 50 台这种被人称为“帕斯卡加法器”的计算机,现今至少还有 5 台保存着。帕斯卡的成就是多方面的。他率先提出了描述液体压强性质的“帕斯卡定律”,为纪念帕斯卡这一功绩,国际单位制中“压强”单位规定为“帕斯卡”。1971 年,由瑞士计算机科学家沃斯发明的一种高级语言取名为“Pascal”语言,也是为了纪念这位计算机制造的先驱。

1666 年,英国人赛缪尔·莫兰德发明了一台计算货币金额的加减法机械计算机。机器面板上有 8 个刻度盘分别用来计算法辛(英国铜币、含 $1/4$ 的便士)、便士、先令、英镑、十英镑、百英镑、千英镑和万英镑。在各个刻度盘中,有一些同样分度的圆盘围绕各自的圆心转动,借助一根铁尖插入各分度对面的孔中,可使这些圆盘转过任何数目分度。一个圆盘每转过一圈,该盘上的一个齿轮便将一个十等分刻度的小的记数圆盘转过一个分度,由此将这一周转动记录下来。在调整小圆盘和转动大圆盘时,必须遵守一定的规则,具体视所进行的是加法还是减法

而定。后来莫兰德还研制了一种用于乘法运算的机器，其工作方式在一定程度上是根据“耐普尔算筹”的原理，但它用可以转动的圆盘代替后者的算筹，在圆盘直径的两对端标有每个数字的倍数。

德国著名的哲学家、数学家、物理学家莱布尼茨（图 1.2）从 1671 年开始着手设计研制计算机。1672 年 1 月莱布尼茨研制出了一个木制的机器模型，这个模型只能说明原理不能正常运行。1674 年在帕斯卡计算机的基础上，他研制成了一台可以进行连续四则运算的机械计算机。与帕斯卡计算机的不同之处是他为计算机添加了一个“步进轮”装置。步进轮是一个有 9 个齿轮的长圆柱体，9 个齿轮依次分布于圆柱表面；旁边另有一个小齿轮可以沿轴向移动，以便逐次与步进轮啮合，每当小齿轮转动一圈，步进轮可以根据它与小齿轮啮合的齿数，分别转动 $1/10$ 圈、 $2/10$ 圈……直到 $9/10$ 圈。这样，可以实现重复做加法运算。这种思想就是现代计算机做乘除运算所采用的方法，这也是莱布尼茨计算机比帕斯卡计算机的先进之处。莱布尼茨另一个贡献就是他是第一个认识到二进制计数法的重要性，并提出了系统的“二进制”算术运算法则，初步创建了逻辑代数学。当时由于应用系统领域的限制而未得到重视，但它对 200 多年后计算机科学与技术的发展产生了重大而深远的影响。



图 1.2 莱布尼茨

帕斯卡和莱布尼茨的成功激发了不少人研究计算机的积极性。但由于当时条件的限制，研制的样机性能都达不到设计要求，在一定程度上阻碍了机械计算机的进一步发展和应用。

4. 自动编织机

西汉年间，中国的纺织工匠已能熟练掌握提花编织机技术，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，织工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。

中国提花编织机技术经丝绸之路传到西方，引起西方纺织机械师们的兴趣和思考。大约在 1801 年，法国机械师约瑟夫·杰卡德（Joseph Jacquard）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，法国皇帝拿破仑在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。自动提花编织机被人们普遍接受后，还派生出一种新的职业——打孔工人，可以视为最早的“程序录入员”。

5. 差分机和分析机



图 1.3 巴贝奇

英国剑桥大学著名科学家查理斯·巴贝奇（图 1.3）在 1822 年研制出第一台差分机，“差分”的含义，是把函数表的复杂算式转化为差分运算，用简单的加法代替平方运算，即求出多项方程式的结果完全只需要用到加法与减法。简单地说，差分机就是一台多项式求值机，只要将欲求多项式方程的前 3 个初始值输入机器，机器每运转一轮，就能产生一个值。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五大部件的逻辑结构。1847—1849 年巴贝奇完成 21 幅差分机改良版的构图，可以操作第七阶相差（7th order）及 31 位数字，遗憾的是无人赞助，这台机器并没有完成。1991 年，为了纪念巴贝奇诞辰 200 周年，英国肯圣顿（Kensington）科学博物馆根据这些图纸重新建造了一台差分机。复制者特地采用 18 世纪中期的技术设备来制作，不仅成功地制造出机器，而且可以正常运转。