



工业和信息化部普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等教育计算机规划教材



信息素养大学教程 ——知识篇

College Information Literacy Course
——Knowledge Part

■ 张基温 主编

■ 张基温 董兆军 史林娟 张展为 编著

- 工作与学习结合、信息技术与信息文化以及信息文明结合
- 突出知识性、思想性和趣味性
- 从知识教育的角度提高高等院校学生的信息素养水平



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等教育计算机规划教材



信息素养大学教程 ——知识篇

College Information Literacy Course
——Knowledge Part

■ 张基温 主编

■ 张基温 董兆军 史林娟 张展为 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

信息素养大学教程. 知识篇 / 张基温主编. — 北京:
人民邮电出版社, 2013. 8
21世纪高等教育计算机规划教材
ISBN 978-7-115-31930-2

I. ①信… II. ①张… III. ①信息学—高等学校—教材 IV. ①G201

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第143779号

内 容 提 要

本书是《信息素养大学教程——实践篇》的姊妹篇,目的是从知识教育的角度提高高等院校学生的信息素养水平。全书以工作与学习结合、信息技术与信息文化以及信息文明结合为宗旨,选择了7个相关模块,每个模块1讲,分别占用2~4个课时。内容包括:计算机工具及其进步,微电子与摩尔法则,0、1编码与数字化,信息的概念,通信技术,电子商务,电子政务。本书突出了知识性、思想性和趣味性,也考虑了与当前高等院校计算机基础(信息技术基础)课程的结合和学生参加证书考试的需要。

本书适合作为各类高等院校计算机基础教育课程的教材,也可以作为计算机及信息技术相关人员的参考书。

-
- ◆ 主 编 张基温
 - 编 著 张基温 董兆军 史林娟 张展为
 - 责任编辑 李海涛
 - 责任印制 彭志环 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11.25 2013年8月第1版
字数: 292千字 2013年8月北京第1次印刷
-

定价: 30.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

（一）

古人云：“马不伏历（枥），不可以趋道；士不素养，不可重国”（《汉书·李寻传》）。在人类社会发展的历史长河中，素养教育是一个永恒的话题。但是，每一个时代，不同的文化背景，对于素养有不同的定义，有不同的要求。信息时代的素养教育是信息素养教育。

1974年，美国信息产业协会主席保罗·泽考斯基就提出了信息素养的概念，并将其作为人才评价的重要指标。关于信息素养，目前尚无统一的定义和解释。2002年本人将其内涵概括为信息意识、信息知识、信息能力和信息品质四个方面。^①

（1）信息意识

- 面对信息在经济发展中的作用将大大超过资本，要有信息第一的意识；
- 面对信息资源的激烈竞争，要有信息抢先意识；
- 面对世界信息化进程的加速，要有信息忧患意识；
- 面对信息时代的技术进步和知识更新的加速，要有再学习和终身学习的意识。

（2）信息知识

- 熟悉与信息技术相关的常用术语和符号；
- 了解与信息技术相关的文化及其背景；
- 熟知与信息获取和使用有关的法律、规范。

（3）信息能力

- 信息挑选、获取与传输能力；
- 信息处理、保存与应用能力；
- 信息免疫和批判能力；
- 信息技术的跟踪能力；
- 信息系统安全的防范能力；
- 基于现代信息技术环境的学习和工作能力。

（4）信息品质

- 积极生活和高情商；
- 敏感和开拓创新精神；
- 团队和协作精神；
- 服务和社会责任心。

（二）

竞争力最终要通过民众实现。在信息时代，一个国家或地区的根本竞争力，主要由其民众的整体素养水平决定。因此，提高和发展民众的整体信息素养水平，也是一个国家和地区信息化的重要追求目标。

从20世纪80年代起，在我国高等学校中广泛开展的计算机基础教育和信息检索课程，启动了高等学校信息素养教育的车轮。20多年来，计算机基础教育已经形成了一套体系和一定的规模。但是，许多学校还囿于“计算机科学普及”的指导思想，使得教

^①张基温. 信息素养——21世纪计算机基础教育的坐标系. 教育信息化, 2002(9).

学改革难于有一个大的突破。随着网络技术的进步和广泛应用,随着人们信息检索的主渠道从纸质文献转向网络,高等学校的计算机基础教育也开始部分覆盖信息检索课程的部分内容,对这两门课程进行整合已经势在必行。特别是20世纪90年代起,我国中小学的信息技术教育迅速展开,并走上信息素养的轨道,对高等学校的计算机基础教育形成极大的挑战。

信息素养教育具有比计算机基础教育以及信息检索内涵更宽的概念,它不仅仅是信息技术的教育,它应当是信息时代人文与科学技术的融合。为此,2007年我应邀作为南京大学出版社总编辑顾问,组织江苏省的几所高校以知识和能力教育为依托和主线,编写了两本教材:《大学生信息素养知识教程》和《大学生信息素养能力教程》,将素养教育和品质教育贯穿于其中。在编写风格上,这套教材还强调了趣味性、思想性、引导性,注意激发学生的学习兴趣,培养学生的创造性。

五年过去了,可喜的是,已经有学校在这方面迈开了步伐。在人民邮电出版社的支持下,我决定进一步充实、修订,分别以《信息素养大学教程——知识篇》和《信息素养大学教程——实践篇》为名称出版。

(三)

工业时代是一个按标准化组织生产过程的时代。教育管理者们也把这种模式引入到了教育中,形成了按班和年级组织教学过程,按照教学计划控制教学过程,使用统一考试检验教学质量的教学模式和制度。实践已经证明,这种教育模式和制度在因人施教等方面具有很多弊病,而信息时代是一个强调教育的多样性和个性化的时代。同时,信息技术的学习结构并非完全的层次结构,而是具有多入口的网状结构,不同的人,可以从不同的需要选择自己的学习入口,如程序设计、网络、数据库、多媒体等。因此,信息素养教育应当具有多样化和个性化。

作为信息素养知识篇,本书组织了比较热门、非常独立的一些话题,分为7讲。不同院校、不同专业可以根据自己的要求和课时安排从中选择不同的模块,可以从任何一个话题开始讲起,也可以由多位教师分别以讲座的形式讲授,还可以自行开发一些更适合的模块。作为大学教材,还希望允许学生具有一定的自选、自学空间,这也是一种能力培养。本人在写作时力图使内容趣味性的同时,引入一些思想或激发学习者的一些思考。也许词不达意,请讲解者进一步发挥。

每一讲都由正文、知识链接、习题、参考文献4部分组成。正文是学习的基本内容;知识链接是学习正文的参考或扩展;参考文献是作者曾参考的文献,也供学习者进一步扩充。

(四)

董兆军、史林娟、张展为、戴璐分别参与了有关部分的写作;曹俊海、朱明杰、丁群、文明瑶、方晓、刘诗瑾、陈森玲、邱广萍、朱莎、黄姝敏、周小华、廖卫国、王嘉琪、刘王敏娜、张友明等分别讲了有关部分。本书出版之际,对他们的辛劳表示由衷的感谢。此外,本书在写作过程中参考了一些其他文献,已经尽力在参考文献中列出。但因为有些网络资料为佚名作者无法列出,也或因为本人疏漏没有列出。本书出版之际,谨对他们的贡献表示感谢和歉意。

信息素养教育是一个时代的话题。高等学校的信息素养教育是一个崭新的课题,需要不断研究、探讨、实验。作为第一个吃螃蟹的人,我们一定会遇到不少困难和阻力。为了把迈出去步子继续迈下去,我们不是为编书而写书,而是把编书作为教学改革的一个环节,把书作为教学研究的一个中间成果。同时,我们把这套教材定位为一种过渡性教材——从现在的教学实际出发,不断改进,使其越来越具有先进性和实用性,也通过不断修订,形成具有合理分工的、不断贴近时代的对于大学生信息素养教育的要求。这是一个长期的任务,也寄希望于广泛的参与。所以,我们的课题是完全开放的,每一位对本课题提出有效意见和建议者,都是本课题的参与者;每一位对课题有重大贡献者,都将作为课题组的成员。

编者

2013年4月

目 录

第 1 讲 计算工具及其进步1

1.1 计算工具的发展1

1.1.1 从穴石记事到算盘——手动 计算工具1

1.1.2 从 Pascal 加法器到 ENIAC—— 内动力计算工具4

1.1.3 从提花机到 Babbage 分析机—— 实现自动计算7

1.2 电子数字计算机工作原理12

1.2.1 计算机存储器的特点原理12

1.2.2 计算机的运算器和寄存器12

1.2.3 计算机控制器的工作原理13

1.2.4 一个程序的执行过程14

1.3 操作系统——计算机的自我管理15

1.3.1 问题的提出15

1.3.2 操作系统的功能15

1.3.3 从裸机到虚拟计算机—— 计算机系统结构的发展17

1.4 知识链接19

1.4.1 世界计算机发展简史19

1.4.2 世界著名计算机公司（机构）20

习题22

参考文献22

第 2 讲 微电子与摩尔法则23

2.1 从电子管到集成电路23

2.1.1 从电气世界到电子世界23

2.1.2 真空管24

2.1.3 晶体管25

2.1.4 集成电路26

2.2 摩尔法则29

2.2.1 摩尔的预言29

2.2.2 微电子技术发展的瓶颈30

2.3 未来信息设备器件31

2.3.1 超导器件31

2.3.2 量子器件32

2.3.3 光子器件34

2.3.4 纳米电子器件34

2.3.5 生物器件35

2.4 知识链接36

2.4.1 集成电路的规模36

2.4.2 仙童和 Intel36

习题38

参考文献39

第 3 讲 0、1 编码与数字化40

3.1 从八卦图到 0、1 编码40

3.1.1 八卦图和 Leibniz 的二进制40

3.1.2 Leibniz 的二进制41

3.1.3 基于二进制的现代计算机43

3.1.4 二进制位、字长和字节44

3.1.5 奇偶校验——0、1 码的错误检测44

3.2 数值数据的 0、1 编码45

3.2.1 二进制的基本概念45

3.2.2 十进制数与二进制数 之间的转换46

3.2.3 十六进制编码48

3.2.4 符号的 0、1 编码48

3.2.5 实数的 0、1 编码48

3.3 西文字符的 0、1 编码49

3.3.1 ASCII 与 Unicode49

3.3.2 字符的输出50

3.3.3 文本压缩51

3.4 汉字的 0、1 编码52

3.4.1 几种常用的汉字机内编码方案52

3.4.2 汉字的输入——汉字外码53

3.4.3 汉字的字模53

3.4.4 汉字系统的工作过程53

3.5 图形和图像的 0、1 编码54

3.5.1 位图的生成与存储	54
3.5.2 图像的显示	55
3.5.3 数字化图像压缩和文件格式	56
3.6 音频的 0、1 编码	57
3.6.1 音频的 0、1 编码过程	57
3.6.2 数字化音频参数与数据量计算	58
3.6.3 数字化音频压缩与文件格式	58
3.7 指令的 0、1 编码	59
3.7.1 指令系统	59
3.7.2 两类指令系统——两类 CPU	60
3.7.3 指令字格式	60
3.8 知识链接	60
3.8.1 计算机中常用的进位计数制	60
3.8.2 记数体系	61
3.8.3 流媒体	63
3.8.4 虚拟现实	63
习题	64
参考文献	65

第 4 讲 信息的概念 66

4.1 “信息”一词的含义	66
4.1.1 信息一词的原本含义	66
4.1.2 基于信息论的含义	67
4.1.3 基于计算机数据处理的含义	70
4.1.4 哲学界的讨论	71
4.2 信息的特征	72
4.2.1 信息的依附性和多态性	72
4.2.2 信息的可复制和可扩散性	72
4.2.3 信息的非消耗性和可共享性	73
4.2.4 信息的可聚变和繁衍性	73
4.2.5 信息的适合性和可连接性	73
4.2.6 信息的可伪性	74
4.2.7 信息的可度量性	74
4.2.8 信息的资源性	75
4.3 知识链接	77
4.3.1 信息定义种种	77
4.3.2 知识的概念	81
4.3.3 信号的概念	82
习题	82
参考文献	82

第 5 讲 通信技术 83

5.1 常用通信工具	83
5.1.1 基于人体自身器官的通信	83
5.1.2 早期的通信工具	84
5.1.3 电报	85
5.1.4 电话	86
5.1.5 电视	87
5.1.6 移动通信	89
5.1.7 计算机网络	91
5.2 传输技术	92
5.2.1 信号与信道的频率特性	92
5.2.2 调制/解调技术	95
5.2.3 多路复用	96
5.3 交换技术	98
5.3.1 交换的由来——从早期的电话网络说起	98
5.3.2 电话交换机发展	98
5.3.3 分组交换	100
5.3.4 软交换	102
5.4 通信协议	103
5.4.1 IP	103
5.4.2 差错控制的停等 ARQ 协议	104
5.4.3 流量控制的滑动窗口协议	104
5.5 通信网	106
5.5.1 通信网的类型	106
5.5.2 数字城域网	107
5.5.3 中国长途电话网	107
5.5.4 移动通信网	108
5.5.5 NGN	109
5.5.6 计算机网络的体系结构	111
5.5.7 Web	114
5.5.8 物联网	117
5.6 知识链接	122
5.6.1 通信技术发明者的故事	122
5.6.2 手机制式	126
5.6.3 彩色电视国际制式	127
5.6.4 与通信有关的国际组织	127
5.6.5 七号信令	133
习题	133

参考文献	134	7.1 电子政务形象	153
第 6 讲 电子商务	135	7.1.1 传统政府印象	153
6.1 电子商务及其分类	135	7.1.2 电子政务印象	154
6.1.1 电子商务的概念	135	7.1.3 电子政务与传统政务的区别	157
6.1.2 电子商务交易主体模式	136	7.2 电子政务的有关概念	158
6.1.3 电子商务的营利模式	139	7.2.1 电子政务发展过程中的几个 概念	158
6.2 电子商务支撑体系	142	7.2.2 有关电子政务结构的几个概念	160
6.2.1 电子商务平台	142	7.2.3 电子政务的服务模式	161
6.2.2 电子商务的信用环境	142	7.3 中国国家电子政务框架	163
6.2.3 电子商务法规环境	144	7.3.1 服务与应用系统	163
6.2.4 电子商务支付环境	145	7.3.2 信息资源	164
6.2.5 电子商务物流环境	146	7.3.3 基础设施	164
6.3 知识链接	147	7.3.4 法律法规与标准化体系	165
6.3.1 网络经济的边际效用递增规律	147	7.3.5 管理体制	165
6.3.2 路径依赖与转移成本	148	7.4 知识链接	165
6.3.3 梅特卡夫法则	150	7.4.1 政府信息公开	165
6.3.4 雅虎法则	151	7.4.2 电子签章法	167
6.3.5 ZJW 法则	151	7.4.3 行政许可法	168
习题	152	7.4.4 电子政务标准规范体系	169
参考文献	152	习题	171
第 7 讲 电子政务	153	参考文献	171

第 1 讲

计算工具及其进步

人类在长期的劳动中建立了自己的知识体系，并开发、制造了工具，用工具扩展和延伸自己的功能：用机械工具扩展和延伸自己的肢体，用检测工具扩展和延伸自己的感官，用计算机工具扩展和延伸自己的大脑。

1.1 计算工具的发展

计算伴随着人类文明的出现而诞生，伴随着人类文明的进步而发展。从最初的记数，到计数，再到复杂计算，彰显了人类社会从初级文明到高级文明的轨迹。在这个发展历程中，为了提高计算的效率和质量，人类也在不断探求和制造用于扩展自己大脑智力的计算工具。

纵观计算工具的发展历史，人类计算工具已经经过了算筹、算盘、计算尺、手摇计算机、电动计算机、真空管计算机、晶体管计算机、大规模集成电路计算机，正在向生物计算、光计算、量子计算等方向探索。分析其发展的动力，主要来自两个方面的需求：提高计算能力（计算速度和精度等）和提高计算的可用性（方便性等）。分析计算机工具技术，还可以看出，它的发展是从两个方面不断向前推进的：计算机体系结构的进步和元器件技术的进步。

1.1.1 从穴石记事到算盘——手动计算工具

1. 手算、珠算和算筹

人类计算工具的开发是从记数开始的。在原始社会中，为了扩展大脑的记忆能力，人们采用了结绳记事、石子记事、刻木记事的方法。图 1.1 所示为一种石子记事的思想图。那时，人类对于“数”的概念最初只有“一、二、多”，还不能精确地区别数量。后来随着生产力的发展，剩余物质开始增多，数的概念也必须扩充，开始精确时，计算工具从记数向计数发展。计数就是对数进行度量，是一种简单的计算。其中最自然的度量数的方法是用人十个指头与绳结、穴石、刻痕进行比较。于是，手就成为一种计算工具。但是，人的手指也是有限的。随着数的概念的进一步扩充，人们开始扩充和延伸手指的计数功能。

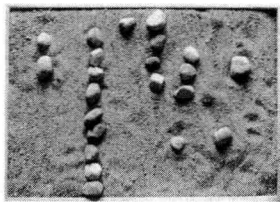


图 1.1 石子记事

珠算就是一种用来扩展手指运算功能的计算工具。它通过对算珠按一定规则的排列来表示数字。根据 1976 年 3 月在陕西岐山县发掘出的西周陶丸推测，远在周代（3000 多年前）中国已经在使用算珠进行计算。迄今发现的关于珠算的记载则出现在东汉徐岳所著的《数术记遗》一书中。书中记载了作者收集的我国汉代以前的 14 种算法和算具有：积算、太一、两仪、三才、

五行、八卦、九宫、运筹、了知、成数、把头、龟算、珠算、针算。其中关于珠算的记载为：“珠算：控带四时、经纬三才。”北周数学家甄鸾的注释为：“刻板为三分，其上下二分以停游珠，中间一分以定算位。位各五珠，上一珠与下四珠色别，其上别色之珠当五，其下四珠，珠各当一。至下四珠所领，故云‘控带四时’。其珠游于三方之中，故云‘经纬三才’也。”图 1.2 所示为其推想图，也被称为游珠算板。它将刻板分为 3 段，每位上都有 5 颗珠子，其中 1 颗珠子（称上珠）与其他 4 颗（称下珠）颜色不同。它所采用的五升十进制，就是对人两只手、十个指头的模拟和放大。后来为了便于携带，人们把珠子穿起来，并进一步改进，就成了图 1.3 所示的算盘。

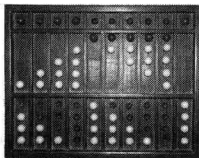


图 1.2 游珠算板

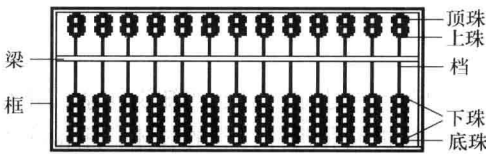


图 1.3 算盘

算盘采用了上 2 下 5 的结构，不仅可以按照十进制进行计算，还可以按照十六进制进行计算（每一位上所有珠子的总和为 15，满 16 则向左进 1），因为中国古代的重量单位中，一斤等于 16 两。北宋（公元 960 年）著名画家张择端的大作《清明上河图》左端的“赵太丞家”药铺柜台上所放置的算盘（见图 1.4），不仅用于计算银两，还可以计算药材重量。

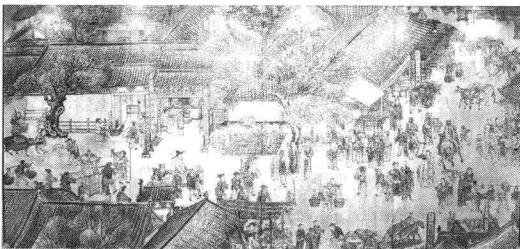
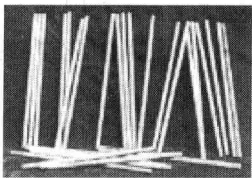


图 1.4 《清明上河图》左端的“赵太丞家”药铺

中国古代长期使用的另一种用来模拟和放大手指运算的工具是算筹。早期的算筹由树枝或竹节等制成，后来被经过细加工成为专用的计算工具（见图 1.5（a））。算筹也采用五升十进制，用 5 根算筹就可以表示 0~9 中任何一个数，大于 9 的数向左面进一位。图 1.5（b）所示表示数据分为纵式和横式两种方式。《夏侯阳算经》中说：“一纵十横，百立千僵，千十相望，万百相当。满位以上，五在上方，六不积算，五不单张。”意思是，纵式表示个、百、万位，横式表示十、千、十万位……，空位表示零。这样，就可以用算筹表示出任意大的自然数了。图 1.5（c）所示为 3 个记数实例。这种记数工具被称为算筹或算子，因为人们不仅用它们记数，还可以用来进行计算。图 1.5（d）所示为用算筹进行计算的实例。



(a) 算筹形状

形式 \ 数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9
纵式	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
横式	一	二	三	四	五	六	七	八	九

(b) 算筹表示数据的两种方式

图 1.5 筹算

$$\begin{array}{ccc} \equiv \equiv \equiv = \equiv & \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv & \perp \equiv \equiv \perp \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv \\ 5428 & 32591 & 60837924 \end{array}$$

(c) 算筹记数实例

$$\begin{array}{ccccccc} \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv & + & \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv & = & \perp \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv \\ 2356 & + & 4789 & = & 7145 \end{array}$$

(d) 算筹计算实例

图 1.5 筹算 (续)

算筹可以表示任何自然数,还能够进行加、减、乘、除、乘方、开方等复杂的计算问题。在漫长的时期中,中国人一直使用这种计算工具进行计算。祖冲之(见图 1.6, 429 年—500 年,字文远,南北朝时期著名数学家、天文学家)就是使用这种计算工具将圆周率计算到了小数点后面的 7 位。

在中国古代,算筹和算盘长期共存在不同的地域或人群中。它们互相影响,互相借鉴。早期算筹流行较广,后来游珠算盘被改进,算珠被串在一起,变得方便起来,就逐渐取代了算筹,到了明代成为主流计算工具。

除了都采用五升十进制外,算筹与算盘所以能方便进行多种计算的关键是在计算过程中都使用了口诀(歌诀)。例如,朱世杰《算学启蒙》(1299 年)卷上的“归除歌诀”为:“一归如一进。见一进成十。二一添作五。逢二进成十。三一三十一。三三六十二。逢三进成十。四一二十二。四二添作五。四三七十二。逢四进成十。五归添一倍。逢五进成十。六一下加四。六二三十二。……九归随身下。逢九进成十”。这些口诀是布筹或拨珠的依据,它们可以简化计算过程,便于传播,是人类计算工具史上最早的用于计算的专门语言——计算语言。用这些计算语言可以编制每个计算问题的歌诀,即程序。例如,用算盘计算 $42+39$ 的口诀为:

三下五去二(计算十位的 $4+3$, 结果为 72)

九去一进一(计算个位的 $2+9$, 结果为 81)

口诀编制是世界上最早的意识明确的程序设计工作。它把一个计算过程分成两部分:设计程序和执行程序,形成计算工具的两大要素:软件和硬件,并用软件——程序来控制硬件的工作过程。软硬结合才能在相对简单的硬件上,通过软件实现多种复杂计算。这种思想,也是现代计算机工作的基本原理。但是,现代计算机可以自动执行程序,而算盘和算筹不能自动执行程序,布筹、拨珠,都必须人工进行。这就把计算者绑定在了计算过程中。

2. 算尺和手摇计算机

1615 年,伦敦格雷舍姆学院的几何学教授 H. Briggs (1561—1617) 乘坐马车到苏格兰去拜会一个人。这个人叫 John Napier (1550—1617, 见图 1.7), 一年前发表了《奇妙的对数规律的描述》,提出了对数(artificial number——人造数,后来改为 logarithm)的概念。Briggs 认为,对数的发明“以其节省劳力而使天文学家的寿命增加一倍”,因为它可以将乘除变为加减,利用对数表可以解决天文等方面需要进行的大数字计算的速度问题。例如

$$\log_a(X \cdot Y) = \log_a X + \log_a Y$$

John Napier 关于对数的概念,为算尺(slide rule,也称计算尺)的



图 1.6 祖冲之



图 1.7 John Napier

发明提供了理论支持。在 1620—1630 年间,算尺开始出现。如图 1.8 所示,算尺实际上是一种查表方法,它利用对数方法将一些常用函数值刻在直尺的不同行上,通过滑尺来确定函数的映射关系,从滑动窗口(称为游标)中读取计算结果。算尺在 20 世纪 70 年代之前在工程技术和科学界广泛使用,之后被电子计算器所取代,成为过时技术。

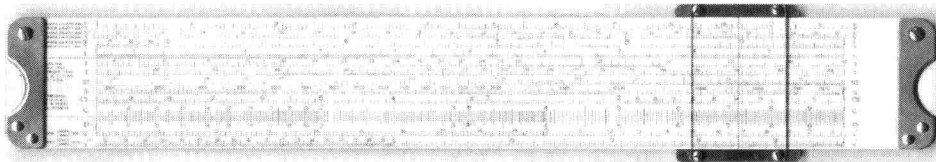


图 1.8 算尺

20 世纪 20~30 年代,手摇机械计算机普遍实用开来,它的发明人是瑞典人奥涅尔。手摇计算机是利用齿轮产生进制,实现计算。图 1.9 所示为一款手摇计算机的实例。

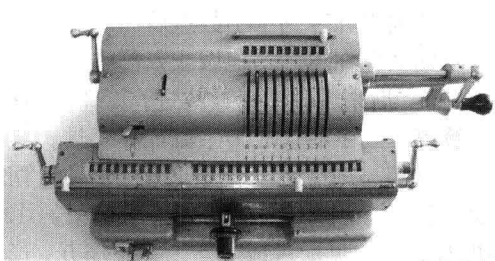


图 1.9 一款手摇计算机

计算尺和手摇计算机都是人工计算工具。但是,它们与算盘和算筹相比,缺乏了关于软件的要素,所以尽管制作比较复杂,但计算功能还比不上算盘。

课堂讨论

具备哪些条件才能让计算工具的工作过程脱离人,自动地工作呢?

1.1.2 从 Pascal 加法器到 ENIAC——内动力计算工具

1. Pascal 加法器和 Leibnitz 乘法器

分析算盘和算筹的工作可以知道,要让一个计算工具会自动进行计算,首先它自己要会动,即要有内动力,不再需人去摇动或拨动。

满足这个要求的第一台计算机是由法国著名科学家帕斯卡(Blaise Pascal,见图 1.10)发明的。Pascal 于 1623 年出生在法国一位税务官家庭中,从小就对父亲一往情深,也对研究充满激情。目睹着年迈的父亲每天计算税率税款的艰辛,处于工业革命潮流中的小 Pascal 决心用计算机器解脱父亲的辛劳。19 岁那年,他发明了人类有史以来第一台有内动力的机械计算机(见图 1.11)。

Pascal 的计算机是一种系列齿轮组成的装置,外形像一个长方盒子,只能够做加法和减法,所以后人也将这种机器称为 Pascal 加法器(Pascaline)。但是,它与先前计算工具的不同之处是有内动力,不过它的内动力非常简单,就是使用了钟表中的发条。尽管如此,这也是一个非常了不起的进步。为了纪念 B.Pascal 的贡献,1971 年人们将一种计算机程序设计语言用他的名字命名,这就是在计算机语言史上占有重要地位的 PASCAL 语言。



图 1.10 B.Pascal

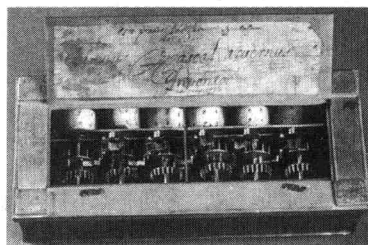


图 1.11 B.Pascal 制造的计算机

Pascal 逝世不久，德国伟大的数学家莱布尼茨（Gottfried. Wilhelm Leibnitz, 1646—1716，见图 1.12）发现一篇 Pascal 亲自撰写的关于加法器的论文，激起他强烈的发明欲望。他利用乘是加的重复、除是减的重复的原理，在 Pascal 加法器的基础上，于 1674 年制造成功了能进行加减乘除运算的计算机（见图 1.13）。这台机器被后人称为乘法器。



图 1.12 G. W. Leibnitz

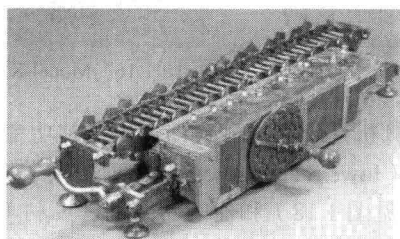


图 1.13 Leibnitz 的乘法器

遗憾的是，起初的 Leibnitz 乘法器没有内动力，不过它却奠定了以后风靡世界的手摇计算机的基础。

2. Model 系列和 Z 系列电磁式计算机

从 17 世纪中期 Pascal 发明加法器一直到 20 世纪 30 年代，在长达 260 年的时间内，计算工具的发展没有实质性的突破。一个重要原因是内动力的问题没有很好的解决办法。因为用蒸汽机或内燃机带动的计算机都是不可想象的。到了 19 世纪中期电能被开发才为计算机提供了突破性发展的技术支持。

在电气时代，一个最自然的想法是用电动机代替人力驱动计算机工作。1930 年，美国麻省理工学院教授万·布什（Vannevar Bush）领导制造了模拟计算机“微分分析仪”（见图 1.14）。该机器采用一系列电动机驱动，利用齿轮转动的角度来模拟计算结果。在第二次世界大战中，美军曾广泛用它来计算弹道射击表。但是，用齿轮转动的角度来模拟计算结果，所取得的精度是非常有限的。

1937 年 11 月，美国 AT&T 贝尔实验室研究人员乔治·斯蒂比兹（George R. Stibitz，见图 1.15）在研究电话机上的继电器过程中受到启发，设计制造了一种电磁式计算机，将之命名为“Model-K”（见图 1.16）。“K”就是指 Kitchen（厨房），因为他的制造工作是在自己家的厨房中进行的。此后的十余年间，斯蒂比兹坚持不懈，不断改进，连续推出了 Model-1、Model-2、Model-3、Model-4、Model-5。Model-5 型共有两台，一台是为美国航空航天局设计的，另一台是为阿伯丁弹道设计的，每一台都是庞然大物：占地 200m²，含有 9000 多个继电器，但性

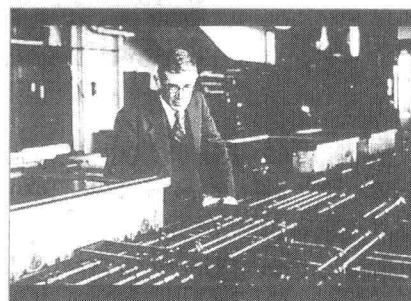


图 1.14 布什和他的“微分分析仪”

能稳定,可以连续无障碍地工作 23 个小时。由于继电器只有“通”、“断”两个状态,所以 Model 系列计算机都是基于二进制的,并且实现了计算机部件的半自动工作。

几乎与斯蒂比兹同时,德国工程师康拉德·朱斯(Konrad Zuse, 1910—1995)也在研制用电器元件制造计算机。1938 年,Zuse 用继电器实现了按照二进制运算的电气—机械式可编程计算机 Z1。Z1 采用了二进制形式,其理论基础即来源于布尔代数。朱斯的研制也是坚持不懈的,其产品也是形成一个系列,1961 年开发出的是 Z-23。图 1.17 所示为 Zuse 和他的 Z1 计算机。

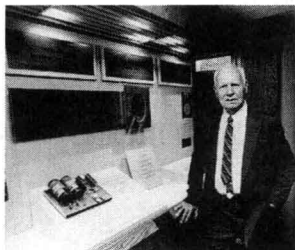


图 1.15 乔治·斯蒂比兹

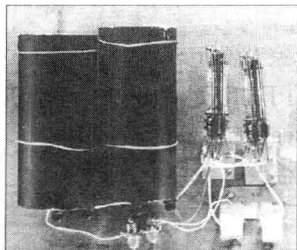


图 1.16 Model-K 计算机

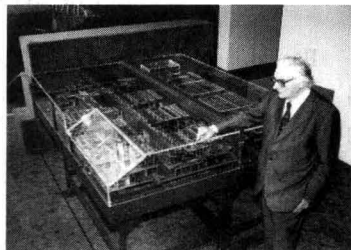


图 1.17 Zuse 和他的 Z1 计算机

继电器式计算机是电气机械式计算机,其功率消耗大、噪声高、笨重。1939 年 10 月,美国爱荷华州立学院(Iowa State College)物理兼数学教授约翰·阿坦那索夫(John Vincent Atanasoff, 1903—1995 年,见图 1.18)和他的研究助理贝利(Clifford E. Berry, 1918—1963)发明了第一部完全采用真空管作为存储与运算元件的计算机——ABC (Atanasoff Berry Computer, 见图 1.19)样机,并提出了计算机的 3 条原则:①以二进制的逻辑基础来实现数字运算,以保证精度;②利用电子技术来实现控制,逻辑运算和算术运算,以保证计算速度;③采用把计算功能和二进制数更新存储的功能相分离的结构。这就是著名的计算机三原则。

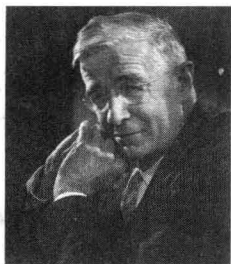


图 1.18 约翰·阿坦那索夫

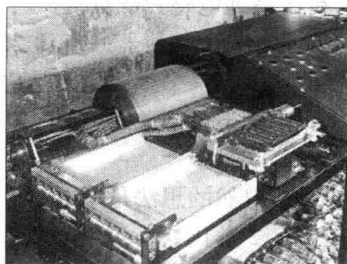


图 1.19 第 1 台真空管计算机 ABC

1946 年 2 月 14 日,美国宾西法尼亚大学摩尔学院教授莫克利(John W. Mauchly, 1907—1980)和埃克特(John Presper Eckert, 1919—1995)共同研制成功了 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) 计算机(见图 1.20)。这台计算机总共安装了 17 468 个电子管,7200 个二极管,70 000 多个电阻器,10 000 多个电容器和 6 000 个继电器,电路的焊接点多达 50 万个,机器被安装在一排 2.75m 高的金属柜里,占地面积约 170m²,总重量达到 30t,其运算速度达到每秒钟 5 000 次加法或 400 次乘法,是继电器计算机的 1000 倍、手工计算的 20 万倍,还能进行平方和立方运算,计算正弦、余弦等三角函数的值及其他一些更复杂的运算。这样的速度在当时已经是人类智慧的最高水平。埃克特和莫克利(见图 1.21)因共同研制成功 ENIAC 而名垂青史。

从 Pascal 加法器到 ENIAC,计算机已经有了内动力,但是它们还不能自动实现计算过程。就拿 ENIAC 来说,虽然采用了真空管技术,但计算过程仍然还是要由人进行控制:使用 ENIAC 电

子技术,数据要从面板(见图1.22)上输入;不同的运算要通过改接线路实现(见图1.23),一个只要几秒钟的运算,改接线路常常要花几小时,甚至几天。人们把这种改接线路称为 ENIAC 编程。

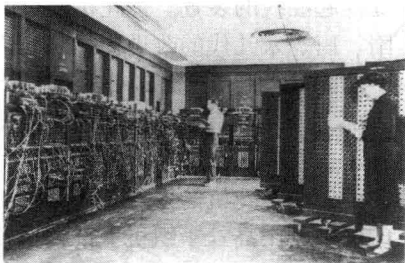


图 1.20 ENIAC



图 1.21 埃克特(右)和莫克利(左)

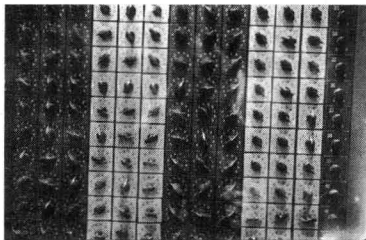


图 1.22 ENIAC 输入数据的面板

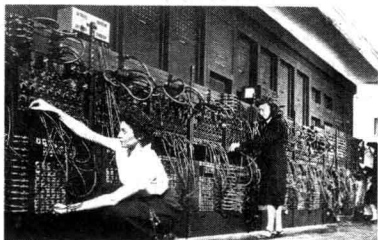


图 1.23 改接 ENIAC 线路

显然,不论是 Pascal 加法器还是 ENIAC,虽然有了不同形式的内动力,但它们的计算过程还没有实现自动化。

课堂讨论

具备内动力的机器为什么还不能称为自动机?

1.1.3 从提花机到 Babbage 分析机——实现自动计算

实现了机器的内动力,为机器走向自动提供了条件。但是光有内动力,机器还不能实现计算工具的自动计算。那么,如何才能实现自动计算呢?

1812 年英国年轻学者巴贝奇(Chrls Babbage, 1792—1871, 见图 1.24)正在踌躇满志地思考如何用机器计算代替耗费了大量人力才力还错误百出的《数学用表》时,从法国的 JACQUARD 提花机中得到启发,开始研究自己自动计算机,并奠定了自动计算机的基本理论。所以,每谈到现代计算机的工作原理的时候,不得不从中国古代的提花机说起。



图 1.24 C.Babbage

1. 提花机——陈宝光和他的妻子

所谓提花,就是在织物上织出图案花纹。在我国出土的战国时代墓葬物品中,就有许多用彩色丝线编织的漂亮花布。由于所有的绸布都是用经线(纵向线)和纬线(横向线)编织而成,所以要织出花样,织工们必须细心地按照预先设计的图案,在适当位置一根一根地“提”起一部分经线,以便让滑梭牵引着不同颜色的纬线通过。当然,这是一件极为费心、极为烦琐的工作。

如何让机器自己知道该在何处提线,就是迈向自动提花机的第一步。据史书记载,西汉年间,

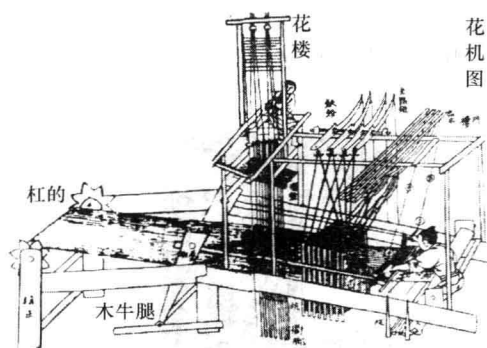


图 1.25 《天工开物》中记载的明代提花机

钜鹿县纺织工匠陈宝光的妻子，在提花机上配置了 120 根经线，平均 60 天即可织成一匹花布。这说明，在提花机上已经具有可以控制在需要处提起经线的装置。提花机经过两晋南北朝至隋、唐、宋几代的改进提高，已逐渐完整和定型。在宋代楼璩 (shú) 的《耕织图》上就会有一部大型提花机。到了明代，提花机已极其完善，这在明代宋应星所著的《天工开物》中所印的一幅提花机的示意图 (见图 1.25) 可得到印证。其中高耸于织机上部的“花楼”，就是一种控制提花机经线起落的织机部件。花楼的

主要工作由丝线结成的花本实现。织造时，由两人配合操作，一人坐在花楼之上 (古时称挽花工)，口唱手拉，按提花纹样逐一提综开口；另一人 (古时称织花工) 脚踏地综，投梭打纬。

提花机是中国人的伟大发明，在 11~12 世纪沿着丝绸之路传到欧洲。1725 年法国纺织机械师布乔 (B. Bouchon) 想出用“穿孔卡片”代替花本的主意。他设想根据图案在纸带上打出一排排小孔，并把它压在编织针上。启动机器后，正对着小孔的编织针能穿过去勾起经线，其他则被挡住不动。这一思想在 80 年后 (大约在 1801 年)，由另一位法国机械师杰卡德 (J. Jacquard, 1752—1834) 实现，完成了“自动提花编织机”的设计制作。这种提花机也被称做 JACQUARD 提花机 (见图 1.26)。杰卡德提花机实际上就是把织图案的程序存储在了穿孔金属卡片上，然后用这张纸带控制经线，织出图案。Jacquard 的一大杰作就是用黑白丝线织成的自画像，为此使用了大约 1 万张卡片。图 1.27 所示为穿孔卡片示意图。

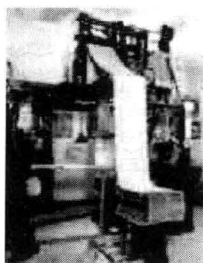


图 1.26 JACQUARD 提花机

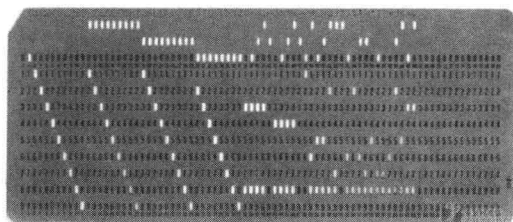


图 1.27 穿孔卡片

2. 差分机——Babbage 和 Ada

Babbage 就是从 JACQUARD 提花机中得到了灵感，开始制作一台“差分机”。所谓“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。他耗费了整整十年光阴，于 1822 年完成了第一台差分机 (见图 1.28)。差分机已经闪烁出了程序控制的灵光——它能够按照设计者的旨意，自动处理不同函数的计算过程。此后，Babbage 接着投入一台更大差分机的制作。1834 年 Babbage 又构想了一种新型的分析机 (Analytical Engine, 见图 1.29)。

Babbage 按照工场的模式来构建这台分析机。他打算用蒸汽机为动力，驱动大量的齿轮机构运转，并将他的工场分为如下 4 个部分。

(1) “仓库” (store)。由齿轮阵列组成，每个齿轮可贮存 10 个数，齿轮组成的阵列总共能够储存 1000 个 50 位数。

(2) “作坊” (mill) ——“运算室”。其基本原理与帕斯卡的转轮相似，用齿轮间的啮合、旋转、平移等方式进行数字运算。

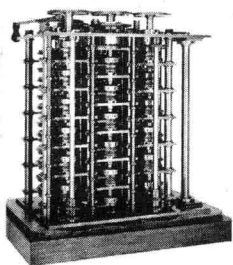


图 1.28 1822 年研制的差分机

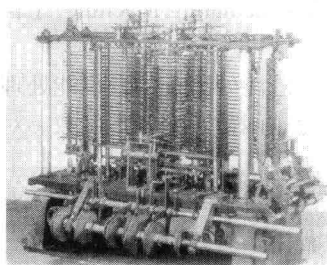


图 1.29 1834 年研制的分析机

(3) 第 3 部分 Babbage 没有为它具体命名, 其功能是以 JACQUARD 穿孔卡片中的有孔和无孔来控制运算操作的顺序。他甚至还考虑把某一步运算的结果也用有孔或无孔表示, 以便决定下一步的操作。例如, 某步计算达到某个预期就执行加, 否则执行减。用今天的术语, 它无疑是一个控制机构。

(4) 印刷厂, 用以将计算结果印刷出来。

此外, Babbage 还构思了在“仓库”和“作坊”之间不断往返运输数据的部件。

分析 Babbage 的设计, 人们可以惊奇地发现, Babbage 的设计已经初步具备现代计算机的基本结构: 存储器(仓库)、运算器(作坊)、控制器(穿孔卡片及其阅读设备)、输入/输出设备(卡片穿孔设备、印刷厂)和总线(运输数据部件)。这种结构可以让计算机记住程序并按照程序的规定控制计算机的运算和输入输出。现代计算机也正是按照这样的方式进行工作的。因此, 国际计算机界公认巴贝奇为当之无愧的计算机之父。

可惜的是, 由于制作技术条件的限制和经费拮据, 直到 1871 年去世, Babbage 也没有把这台分析机制造出来。不过, 他却为后人留下了一份极其珍贵的精神遗产: 30 种不同设计方案, 近 2000 张组装图和 50 000 张零件图……, 更包括那种在逆境中自强不息, 为追求理想奋不顾身的拼搏精神。

说到巴贝奇, 不能不提奥古斯塔·爱达·金(1815—1852, 见图 1.30), 通称爱达·洛夫莱斯(Ada Lovelace), 是英国著名诗人乔治·拜伦的女儿。她受母亲和世界级女科学家玛丽·萨默维尔(Mary Farifax Greig Somerville, 1780—1872 年)的影响, 从小喜爱数学, 她们经常一起讨论绘画、音乐、数学和自然科学问题。其中一个话题是巴贝奇的计算机。

1833 年 6 月 5 日, 在一次聚会上, 爱达终于见到了巴贝奇。巴贝奇带她参观了位于伦敦的工作室, 为她演示差分机的计算, 使她非常着迷, 于是自愿担当起了巴贝奇的程序员。期间, 在计算机程序设计方面提出了许多想法。例如, 她提出的“返回”(backing), 就是今天函数的概念。爱达的形象完美地展现出一位科学家和艺术家的双重气质。为了纪念她在程序设计领域的贡献, 1979 年 5 月美国国防部(Department of Defense, DoD)把历经 4 年多招标开发的一种高级语言以她的名字 Ada 命名。



图 1.30 Augusta Ada King

3. Mark 系列——Aiken 和 Hopper

在巴贝奇研制分析机 70 年之后的 1936 年, 到哈佛大学攻读物理学博士学位的霍德华·艾肯(Howard Aiken, 1900—1973 年, 见图 1.31)在用微分方程计算空间电荷传导过程中, 激发了制作一台计算机的兴趣。3 年之后, 他在图书馆发现了 Babbage 分析机的资料。他从当时的科技水平出发, 决定要用机电方式, 而不是用庞大蒸汽机机械方法来构造新的“分析机”, 并撰写了一篇