



普通高等教育“十二五”规划教材

# 大学计算机基础

张新明 姜 茸 匡玉兰 主编



科学出版社

014057294

普通高等教育“十二五”规划教材

# 大学计算机基础

主 编 张新明 姜 茸 匡玉兰  
主 审 余建坤

北京航空航天大学图书馆



TP3-43  
737

科学出版社

北京



北航 C1742802

014027584

## 内 容 简 介

本书根据中国高等院校计算机基础教育改革课题组制定的《中国高等院校计算机基础教育课程体系》的要求和计算机应用发展的新趋势编写。内容包括计算思维概述、计算机系统、数制和信息编码、操作系统基础、办公软件 Office 2010、数据库管理系统 Access 2010、计算机网络基础、多媒体技术基础、信息浏览与发布、算法与程序设计初步等内容。本书采取案例教学方式，注意充分培养学生的综合应用能力和自学能力。

本书可作为高等学校非计算机专业的大学计算机基础课程教材，也可供计算机爱好者参考使用。

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

大学计算机基础 / 张新明, 姜茸, 匡玉兰主编. — 北京: 科学出版社, 2014  
普通高等教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-03-041523-3

I. ①大… II. ①张… ②姜… ③匡… 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 (2014) 第 176304 号

责任编辑: 李淑丽 / 责任校对: 桂伟利  
责任印制: 阎磊 / 封面设计: 华路天然工作室

**科学出版社 出版**  
北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码: 100717  
<http://www.sciencep.com>  
**安泰印刷厂 印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

2014 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16  
2014 年 8 月第一次印刷 印张: 19 1/2  
字数: 511 000

**定价: 39.00 元**

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 前 言

计算机应用已经融入当今社会活动和人们工作生活的各个方面，已经改变了人们的工作和生活方式，正在影响和改变着人们的思维方式。计算思维能力正在像读、写、算一样，成为人们的基本思维能力。教育部高等教育司提出：“计算思维能力的培养”应作为计算机基础教学改革的切入点和教学的核心任务。基于这样的背景，我们编写了此教材。教材内容设计的主导思想既要有最新软件工具的使用，又要有体现计算机学科思想和思维方法的核心内容，综合考虑技能培养和思维训练相结合。能反映计算机科学技术的核心知识和最新成就，使学生初步了解和理解计算机科学的思维方式，培养应用计算机求解问题的计算思维能力。

新版教材对原有内容进行了充实、更新和精简。新加了计算思维概述、信息浏览与发布两章，操作系统、办公软件更新为 Windows 7 和 Office 2010，原教材中“网络信息安全”、“常用工具软件”两章被精简掉。传承原教材优秀的教学模式和案例，并在内容上适当充实和调整。特别是结合一些章节的教学内容，在挖掘其蕴含的计算思维要素、培养相应的计算思维能力方面作了一些教学探索。

本书共有计算思维概述、计算机系统、数制和信息编码、操作系统基础、办公软件 Office 2010、计算机网络基础、多媒体技术基础、信息浏览和发布、算法与程序设计初步 10 章。在教学内容上可根据情况灵活选择，教学顺序可按先操作性后原理性的内容进行，作为了解层次的知识性、概念性和办公软件内容可指导学生自学。为了便于使用本教材，另配有辅助教材《大学计算机基础实践教程》，教学光盘中制作了各章教学演示文稿、实验教学所需素材、所有例题和实验操作的演示视频、各章习题及答案等教学资源。

第 1 章由何锋编写，第 2 章由廖秋筠编写，第 3 章由匡玉兰编写，第 4 章由沈俊媛编写，第 5 章 5.1 和 5.2 节由徐娟编写，5.3 节由沙莉编写，第 6 章由沈湘芸编写，第 7 章由姜茸编写，第 8 章由张新明编写，第 9 章由玄文启编写，第 10 章由陈丽花编写；全书由张新明教授统稿，云南财经大学信息学院院长余建坤教授主审。

本书的编写得到了云南财经大学各级领导的关心和支持，在此表示深深的感谢！此外，还要感谢科学出版社的各级领导和相关工作人员对我们编写教材的精心策划、组织和编辑！

由于时间仓促和编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请读者批评和指正！

编 者

2014 年 4 月

# 目 录

第 1 章 计算思维概述	1
1.1 计算工具的发展	1
1.2 计算思维概述	8
1.3 计算思维案例分析	11
小结	17
思考题	17
第 2 章 计算机系统	18
2.1 计算机发展历程	18
2.2 计算机系统概述	19
2.3 微型计算机硬件组成	25
2.4 平板电脑	36
小结	38
思考题	38
第 3 章 数制和信息编码	39
3.1 引言	39
3.2 数制	40
3.3 计算机中数据的表示	45
3.4 信息编码	50
小结	57
思考题	57
第 4 章 操作系统基础	58
4.1 操作系统概述	58
4.2 Windows 7 的基本操作	59
4.3 文件系统管理	68
4.4 Windows Server 2003 简介	75
4.5 注册表应用简介	84
4.6 智能手机操作系统简介	88
小结	89
思考题	90
第 5 章 办公软件 Office 2010	91
5.1 Word 2010 字处理软件	91
5.2 PowerPoint 2010	118
5.3 Excel 2010	129
小结	160
思考题	160

第 6 章 数据库管理系统 Access 2010	162
6.1 数据库系统概述	162
6.2 学生管理数据库建构实例	168
6.3 SQL 语言简介	182
小结	186
思考题	186
第 7 章 计算机网络基础	187
7.1 计算机网络概述	187
7.2 组建简单局域网	195
7.3 Internet	204
7.4 云计算和物联网	213
小结	214
思考题	214
第 8 章 多媒体技术基础	215
8.1 多媒体技术基本概念	215
8.2 多媒体计算机系统组成	216
8.3 多媒体信息处理	218
8.4 多媒体技术应用简介	227
8.5 Flash 动画制作基础	229
小结	241
思考题	241
第 9 章 信息浏览和发布	242
9.1 信息浏览和检索	242
9.2 IIS Web 服务器建构	244
9.3 Dreamweaver 网站管理与网页设计	248
9.4 网络安全基础	263
小结	269
思考题	269
第 10 章 算法与程序设计初步	270
10.1 引言	270
10.2 程序设计语言和程序设计	271
10.3 算法与算法设计的基本方法	275
10.4 面向对象程序设计中的基本概念	284
10.5 Visual Basic 程序设计的基本步骤	286
10.6 窗体和基本常用控件	288
10.7 Visual Basic 编程基础	295
小结	305
思考题	305
参考文献	306

# 第1章 计算思维概述



## 本章内容概要

计算思维是当前国际计算机界广为关注的一个概念，2006年3月，美国卡内基·梅隆大学计算机系主任周以真(Jeannette M. Wing)教授在美国计算机权威杂志 *Communication of the ACM* 上发表并定义了计算思维(computational thinking)。她指出，计算思维是每个人的基本技能，不仅仅属于计算机科学家。在教育中，我们应当使每个孩子在培养解析能力时，不仅要掌握阅读、写作和算术(reading, writing and arithmetic, 3R)，还要学会用计算思维去使用计算工具，正犹如印刷出版可以促进3R的普及一样，计算和计算机也以类似的正反馈促进了计算思维和计算工具的传播。她认为，这种思维在不久的将来，会成为每一个人的技能组合，而不仅仅限于科学家。

周以真教授认为计算思维是一种本质的、所有人都必须具备的思维方式，就像阅读、写字、算术计算一样，是人们最基础、最普遍、最适用和不可缺少的基础思维方式。

因此，当计算思维面向所有的人、所有的地方，真正融入人类活动的整体，不再表现为一种显式哲学的时候，计算思维就将成为一种现实。所以，我们不妨把计算思维看成是“基础的回归”，把学习计算机科学看成像学习数学或物理一样的基础知识。主修数学或物理的人，可以从事各种各样的职业。主修计算机科学的人，当然也可以从事各种各样的职业，比如，一个人在主修计算机科学以后，可以直接从事医学、法律、商业、政治、经济、管理，以及任何类型的科学和工程职业，甚至艺术工作。也就是说，在原来的数、理、化、天、地、生六大基础学科的基础上，加上计算机科学而成为七大基础学科。

## 1.1 计算工具的发展

计算思维可以通过计算工具来实现。1972年图灵奖得主Edsger Dijkstra说过：我们所使用的工具影响着我们的思维方式和思维习惯，从而也深刻影响着我们的思维能力。

一般而言，计算工具的目标是要实现快速计算、自动计算。要实现此目标，需要解决4个问题：①数据的表示；②数据的自动存储；③计算规则的表示；④计算规则的理解和自动执行。所以，一个完备的计算系统必须是软硬件结合的可快速自动化计算的系统。

自1946年2月第一台电子计算机电子数字积分计算机(Electronic Numerical Integrator and Calculator, ENIAC)在美国宾夕法尼亚大学问世以来，信息时代的发展突飞猛进，互联网技术已经把人们的各类信息编织成一个庞大的系统，现代人生活领域的各个方面已经离不开电子计算机了。而计算思维和计算工具不是一个新生事物，也不是随着计算机的出现而出现的，这一理念早已存在于国内外的古代数学之中，只不过周以真教授使之清晰化和系统化了。

### 1.1.1 计算工具的国内起源

现代计算学科大家族中有许多分支，如并行计算、网格计算、高性能计算、情感计算、虚拟计算、移动计算、云计算、移动云计算……都离不开计算。提起“计算”，追根寻源，可上溯到古老的中国“古算”。

现代计算思维最集中体现和最典型特征之一，就是“完备的计算系统必须是软硬件结合的系统”，计算机如此，手机也如此。而早在几千年前，中国的先民们就掌握了这一思想。人们通过熟记相关口诀，然后以古算具为工具，来进行一些简单的数学计算。这个阶段的计算思维被称为中国古代计算思维。如中国唐末盛行的珠算就是这样的计算系统：算盘即硬件，珠算口诀即软件。

当然，体现计算思维这一思想的不仅仅是珠算，还包括更早的中国古算具——算筹。如图 1.1 所示，早在公元前 3000 年，中国人发明了利用算筹作为计算工具的筹算。算筹在计算时摆成纵式和横式两种形式，按照纵横相间的原则表示自然数，可进行加、减、乘、除、开方及其他的代数计算，中国关于计算的古书中记载有算筹的计数法则。《孙子算经》有“凡算之法，先识其位，一纵十横，百立千僵，千十相望，万百相当”；《夏阳侯算经》有“满六以上，五在上方，六不积算，五不单张。”公元 1 世纪的《九章算术》已阐明了负数的运算规则，而印度在公元 7 世纪才提到负数，欧洲到 17 世纪才有论述负数的著作。为方便负数计算，算筹演进为红黑两种，红筹表示正数，黑筹表示负数。这种运算工具和运算方法，是当时世界上独一无二的。算筹作为世界上最古老的计算工具，在春秋战国时期已广泛使用，对中国古代社会的发展起到了重要作用。中国古代数学家祖冲之，借助算筹计算出了圆周率的值，确定圆周率介于 3.1415926 和 3.1415927 之间，这一结果比西方早一千年，其精度是当时世界上最高的。中国古代的天文学家也运用算筹计算总结出了精密的天文历法。

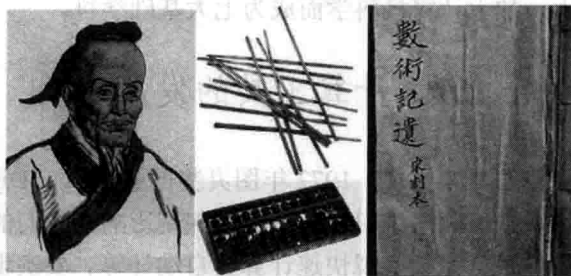


图 1.1 祖冲之与最古老的计算工具——算筹和算盘及《数术记遗》

伴随算筹问世的还有十进制计数制，十进制计数制也是我国古人在计算理论方面的重要发明之一。在世界数学史上，我国是最早使用十进制制国家，早在商代时就已形成了完善的十进制记数系统。这种记数方法后来逐渐发展成为筹算和珠算中“逢十进一”的十进制计数制，并在秦汉时期形成了完整的十进制计数制，这是计算领域的革命性创造和发明。马克思在其撰写的《数学手稿》中称十进制计数法为“最妙的发明之一”。唐朝末年出现的算盘结合了十进制计数法和珠算口诀，南宋（1274 年）已有算盘和歌诀的记载，在计算复杂问题和计算速度，以及便携性上都有不可比拟的优势，并一直沿用至今。广为流传的是明代程大



位所编著的《算法统宗》，它是一部专门介绍珠算应用的书籍。程大位在书中首次提出了开平方和开立方的珠算法。珠算法的广泛使用体现了我国古代计算思维的典型特征——计算“算法化”。

算盘结合了十进制计数法和一整套计算口诀。明朝以后，算盘传至日本、朝鲜，继而在全世界各地流传开来，并出现了许多变种。珠算被称为我国“第五大发明”，至今仍在加减运算和教育启智领域发挥着电子计算机无法替代的作用。吴文俊院士认为：“数学机械化思想来源于中国古算”。对筹算而言，珠算可以更加突出我国古代数学算法机械化特色。珠算充分利用汉语单字发音特点，将几个计算步骤概括为若干字一句的珠算口诀，计算时呼出口诀即可拨出计算结果，整个计算过程类似于计算机通过已编好的程序来执行计算的过程，所以吴文俊教授将算盘算筹称为“没有存储设备的简易计算机”。我们把中国古代计算思维认为是处于萌芽时期的计算思维，这个阶段的计算思维仅仅应用于解决数值计算问题，还未涉及逻辑计算等其他计算问题，而且还未建立起系统的理论和方法体系。

数学机械化的思想也来源于中国古算。1974年，我国著名数学家吴文俊先生对中国古代算法作了正本清源的分析，特别是中国古算的程序化思想，给他留下了深刻的印象。他认为：“就内容实质来说，所谓东方数学的中国古代数学，具有两大特色，一是它的构造性；二是它的机械化”。我国传统数学在从问题出发、以解决问题为主旨的发展过程中，建立了以构造性与机械化为其特色的算法体系，这与西方以欧几里德《几何原本》为代表的公理化演绎体系正好遥遥相对。算筹和算盘等古算具为中国传统数学算法机械化的形成和发展提供了物质基础。

中国传统数学强调实用性，以解决实际问题为最终目标。这种数学实用思想与中国传统数学机械化和数值化的计算思维有直接联系。算筹和算盘等计算工具和数学机械化算法口诀的广泛使用和不断发展，直接导致了数值化思想的形成。中国古人习惯于将问题数值化，将一些复杂的应用问题或理论问题转化成可以计算的问题，再通过具体的数值计算和古算具来加以解决，这就是中国的“算法化”思想。吴文俊院士正是在这一基础上围绕几何定理的证明展开了研究，开拓了一个在国际上被称为“吴方法”的新领域——数学的机械化领域，吴文俊因此于2000年获得国家首届最高科学技术奖。

从计算工具的角度来看，算盘是用穿在一根根杆上的珠子来表示和存储十进制数，计算规则就是一套口诀，要通过人脑理解规则，指挥手拨动算盘珠子来执行计算。它的缺陷在于不能实现自动计算，也很难实现快速计算。

### 1.1.2 计算工具的国外起源

国外计算工具的起源可以追溯至17世纪的帕斯卡机械计算机、19世纪的差分机和分析机，以及20世纪的图灵机和冯·诺依曼机。正是由于前人对计算工具的不断探索，不断追求计算机的机械化、自动化、智能化，所以才对现代计算机的设计、制造和不断发展，有着极大的影响和启迪。

#### 1. 帕斯卡机械计算机（1642年～）

用齿轮来表示和存储十进制数，低位的齿轮转动10圈，高位的齿轮只转动1圈，可自

动执行一些计算规则，数值在计算过程中可自动存储。莱布尼茨改进后设计了步进轮，实现了计算规则的自动、连续、重复的执行，开辟了自动计算的道路。帕斯卡机械计算机启示了人们：用纯机械装置可以代替人的思维和记忆。

### 2. 差分机和分析机（1822年~）

差分机能够按照设计者的意图，自动处理不同函数的计算。分析机设计有堆栈、运算器和控制器。阿达·奥古斯塔为分析机编制了人类历史上第一批程序——一套可预先变化的有限有序的计算规则。

### 3. 图灵机



图 1.2 图灵

现代计算思维的产生起源于“图灵机”时期。英国科学家阿兰·麦席森·图灵（Alan Mathison Turing）是现代计算机科学和人工智能的奠基者，如图 1.2 所示。图灵因为提出了“图灵机”和“图灵测试”等计算学科的重要概念，被誉为“计算机科学的奠基人”、“人工智能之父”。为纪念图灵对计算科学的巨大贡献，美国计算机协会在 1966 年设立了具有“计算机界诺贝尔奖”之称的图灵奖，以表彰在计算机科学领域中做出突出贡献的人。

1936 年，阿兰·图灵发表了奠定电子计算机模型和理论的文章《论可计算数及其在判定问题中的应用》，提出了著名的理论计算机的抽象模型——“图灵机”（turing machine）和图灵机理论。图灵机形象直观地揭示了通用计算机器的工作机理，建立了指令、程序及执行程序的理论模型，奠定了计算理论的基础。正是因为有了图灵机理论模型，才发明了人类有史以来最伟大的科学工具——现代计算机。

图灵机在理论上能够模拟现代数字计算机的一切运算，可视为现代数字计算机的数学模型。图灵机由三部分组成：一条双向都可无限延长的被分为一个个小方格的磁带（符号集合）、一个有限状态控制器（有限状态集）和一个在带子上可以左右移动的读写磁头（读、改写、左移、右移），读写头常规的动作有：改写当前格、左移或右移一格。

在图灵机中，磁带起着存储器的作用，每一个小格子上可以书写一个符号。控制器具有有限个内在状态（包括初始状态和终止状态），并通过内存里的操作程序，来驱动磁带左右移动和控制读写头的操作。读写磁头读出控制器正在访问的小格子上的符号，然后根据所处的状态和读取到的符号进行三种行动之一：左移一格；右移一格；印一个符号（也可以印空白，把原有符号抹掉）。图灵机工作的过程是符号逻辑推理过程，如果将磁带方格子上的符号视为数字，那么整个工作过程就可以看成是数值计算过程。如图 1.3 所示。

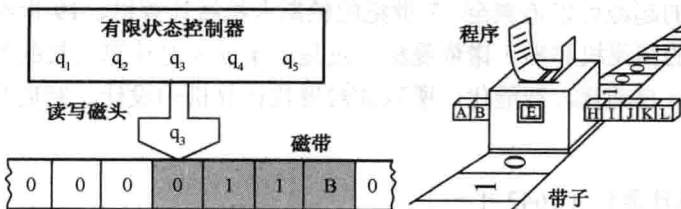


图 1.3 图灵机工作的过程

阿兰·图灵认为计算就是计算者对一条两端可无限长的带子上的一串数据，执行指令，一步步地改变带子上的数值，最后得到一个满足预定条件的数值的过程。

在图 1.3 中，带子被划分为一个个单元，每个单元可以包含符号集中的一个符号。图灵机的计算由控制单元执行预先准备好的一系列步骤，每一步都包括：观察当前单元中的符号、将符号写入该单元、将读写头向左或向右移动一个单元、改变状态。每一步可由字符、状态、行动的一个集合表示，形成一条指令，指令的集合形成程序，求解某一问题所要执行的确切操作，是由编写的程序决定的，程序通过机器的状态和带子当前单元的内容来告诉控制单元怎么做。

**例 1.1** 构造一个图灵机，要求把二进制数 101 加 1，即计算十进制的  $5+1$ 。计算完成时读写头回归原位。

**解：**求解该题所设计的字符集是 0、1、\*；状态集是开始、相加、进位、无进位、返回、停止；行动集是左移、右移、不移动。

如图 1.4 所示，在存储带输入初始数据 \*101\*，其中 \* 表示数据间的分隔符。按照设计好的计算规则步骤（程序），机器一步步自动执行指令，改变存储带上的数据、状态，最后进入停止状态时，存储带上的数据就是结果数据。

计算规则步骤（程序）					计算过程及结果	
当前状态	当前单元内容	改写的值	读写头移动	进入的新状态	初始状态	
开始	*	*	左移	相加	第一步完成后的状态	<div style="text-align: center;">↓ 开始</div> <div style="text-align: center;">* 1 0 1 <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;"> </span></div>
相加	1	0	左移	进位	第二步完成后的状态	<div style="text-align: center;">↓ 相加</div> <div style="text-align: center;">* 1 0 <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">1</span> *</div>
进位	0	1	左移	无进位	第三步完成后的状态	<div style="text-align: center;">↓ 进位</div> <div style="text-align: center;">* 1 <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">0</span> 0 *</div>
无进位	1	1	左移	无进位	第四步完成后的状态	<div style="text-align: center;">↓ 无进位</div> <div style="text-align: center;">* <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">1</span> 1 0 *</div>
无进位	*	*	右移	返回	第五步完成后的状态	<div style="text-align: center;">↓ 无进位</div> <div style="text-align: center;">* 1 1 0 <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;"> </span></div>
返回	*	*	不移动	停止	第六步完成后的状态	<div style="text-align: center;">↓ 停止</div> <div style="text-align: center;">* 1 1 0 *</div>

图 1.4 5+1 图灵机的计算规则和执行过程及结果

例 1.1 是用五元组（当前状态，当前单元内容，改写的值，读写头移动，进入的新状态）描写的程序及其对应的状态转换图。如果扩大字符集、状态集、行动集的范围，进一步将其编码为二进制数据，从最简单的逻辑运算操作最简单的二进制数，我们可以构造任意的图灵机。还可以将多个图灵机进行组合，用最简单的图灵机去构造较为复杂的图灵机。用一个简

单模型表征了复杂多变的自动计算世界，这就是图灵机的神奇、伟大之处。

相比中国古算具而言，图灵机首次实现了用机器来模拟人类思维进行数值计算的过程，实现了手工计算向机器自动机械化计算的跨越式发展。算筹和算盘等古算具是将“程序”放入到演算者的大脑中，然后手工完成整个计算过程的。而图灵机是将预先编好的程序存储于控制器内存，将其成为计算机自身的一部分，然后在程序的控制下自动完成计算过程，这是两者之间最重要的区别。此外，中国古算具所能执行的计算任务非常有限，而图灵机的工作过程虽是符号逻辑推理过程，如将存储磁带上的符号换为数字，那整个过程便是数值计算过程。所有的计算和算法都可以通过图灵机来完成。此外，图灵机和中国古算具，体现了一种共同的计算思维方式：面对复杂问题，先将问题数值化，转化为可计算问题，然后寻求有效可行的算法并编写程序，在程序控制下由“计算机”进行运算并在有限步骤内得出最终结果。

图灵机是一个逻辑计算机的通用模型，它可以通过编写有限的指令序列完成各种演算过程。通用图灵机正是现代数字计算机的理论原型。图灵证明，凡是图灵机能求解的计算问题便是可计算性问题，实际计算机才能解决；图灵机不能求解的计算问题便是不可计算的问题，即使是大型计算机也无法求解。这就是著名的“可计算性理论”。可计算性理论是现代计算机科学的基础理论之一。

——总之，图灵所描绘的“通用图灵机”是现代计算机的雏形。图灵机实现了用机器模拟人类用纸和笔进行数学运算的过程，也使人类实现了由手工计算向自动化计算的跨越式发展。中国古算具的算筹和珠算是将算法存储于人的大脑中，并以口诀的形式表现出来，整个运算过程在大脑内完成。而图灵机是将算法程序装入控制器内存中，然后由控制器来控制程序的执行，完成整个计算过程。两者计算过程形式不同，两者的共同特征是：解决复杂的应用问题时，必须先将问题数值化，转化成可计算问题，然后寻找求解问题的算法和程序，通过算法和程序来控制计算过程，最后得出结果。在目前科研生产和社会生活中，这种用“由繁化简、数值转换”来解决复杂问题的计算思维和计算方法，已越来越普及、越来越重要。

通用图灵机中蕴含的计算思想有：一个问题的求解，可以通过构造其图灵机（即算法和程序）来解决；程序也是数据，可将其编码为二进制数据；存储程序和程序控制，程序和其输入可以先保存到存储带上，图灵机就按程序一步一步运行直到给出结果，结果也保存在存储带上；图灵机是一种离散的、有穷的、构造性的问题求解思路。根据丘奇-图灵论题：凡是能用算法和程序方法解决的问题，也一定能用图灵机解决；凡是图灵机解决不了的问题，算法和程序方法也解决不了，即：不能用图灵机完成的计算任务是不可计算的。通用图灵机的所有规则构成指令集，指令指示了操作的对象（当前符号）和待实施的操作。

——通用图灵机启示我们，计算机系统应该有：存储器（相当于存储带）、中央处理器（控制器及其状态），并且其字母表可以仅有 0 和 1 两个符号；为了能将数据保存到存储器并将计算结果从存储器送出来展示给用户，计算机系统还应该有输入设备和输出设备如键盘、鼠标、显示器和打印机等。而之后的约翰·冯·诺依曼提出了冯·诺依曼体系结构。与图灵相比，冯·诺依曼的主要贡献就是提出并实现了“存储程序”的概念。

#### 4. 冯·诺依曼机

从第一台计算机诞生以来的计算机，都是按照冯·诺依曼机结构体系来设计架构的。

约翰·冯·诺依曼 (John von Neumann, 1903~1957)，美籍匈牙利人 (图 1.5)，数学家、计算机学家、物理学家、经济学家、发明家，被誉为“现代电子计算机之父”，他制定的计算机结构体系及其工作原理直到现在还被各种电脑使用着。



图 1.5 约翰·冯·诺依曼

1945 年，冯·诺依曼大胆地提出：抛弃十进制，采用二进制作为数字计算机的数制基础。同时，他还说预先编制计算程序，然后由计算机来按照人们事前制定的计算顺序来执行数值计算工作。

人们把冯·诺依曼的这个理论称为冯·诺依曼体系结构。由于从美国早期的离散变量自动电子计算机 (Electronic Discrete Variable Automatic Computer, EDVAC) 到当前最先进的计算机都采用的是冯·诺依曼体系结构。所以冯·诺依曼是当之无愧的数字计算机之父。

冯·诺依曼所提出的冯·诺依曼结构也称普林斯顿结构，是一种将程序指令存储器和数据存储器合并在一起的存储器结构。根据冯·诺依曼体系结构构成的计算机，必须具有如下功能。

- (1) 把需要的程序和数据送至计算机中。
- (2) 必须具有长期记忆程序、数据、中间结果及最终运算结果的能力。
- (3) 能够完成各种算术、逻辑运算和数据传送等数据加工处理的能力。
- (4) 能够根据需要控制程序走向，并能根据指令控制机器的各部件协调操作。
- (5) 能够按照要求将处理结果输出给用户。

为了完成上述的功能，计算机必须具备五大基本组成部件，包括：①输入数据和程序的输入设备；②记忆程序和数据的存储器；③完成数据加工处理的运算器；④控制程序执行的控制器；⑤输出处理结果的输出设备。

冯·诺依曼设计思想可以简要地概括为以下三点：

- (1) 计算机由控制器、运算器、存储器、输入设备、输出设备五大部分组成。
- (2) 计算机内部应采用二进制来表示指令和数据。每条指令一般具有一个操作码和一个地址码。其中操作码表示运算性质，地址码指出操作数在存储器中的地址，存放位置由地址码确定。

从软件方面考虑，可通过声明或定义不同类型数据以表示不同类型的信息；从硬件方面考虑，可通过存储元件可实现信息数据的存储，不同类型的数据占用不同长度的存储单元。

(3) 将编好的程序送入内存存储器中，然后启动计算机工作，计算机无需操作人员干预，控制器具有判断能力，能根据计算结果选择不同的工作流程，能自动逐条取出指令和执行指令。这也符合了计算思维中的抽象和自动化这一特征。这个通过人机共同努力完成的“问题求解”过程，就是一个计算思维的实现过程，如图 1.6 所示。

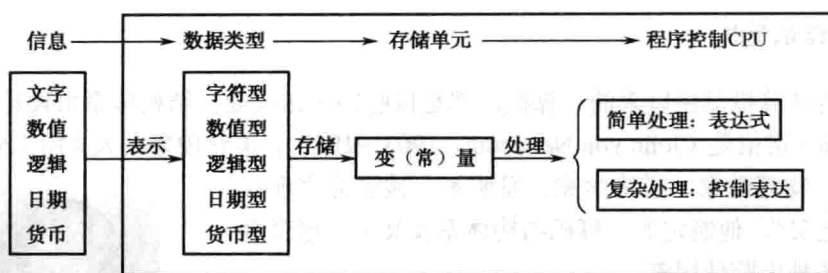


图 1.6 信息处理的计算思维实现过程示意

## 1.2 计算思维概述

无论是中国古算具的程序化思想，还是 20 世纪 30 年代问世的图灵理论和图灵机，都可以看出：计算思维并不是一个新概念，更不能看成是计算机的产物，而是千百年来计算学科在发展过程中一直遵循传承的一种科学方法。在当今信息时代，计算思维已成为每个人必备的一种基本素质，其意义和作用被提到了前所未有的高度。

### 1.2.1 计算思维的定义

人类在认识世界和改造世界的科学活动过程中离不开思维活动。符合人类的思维模式大体上可以分为三种：

(1) 以推理和演绎为特征的逻辑思维（也称为理论思维），这以数学学科为代表。

(2) 以观察和归纳自然（包括人类社会活动）规律为特征的实证思维（也称为实验思维），这以物理学科为代表。

(3) 以抽象化和自动化为特征的计算思维，这以计算机学科为代表。

这三种思维模式各有特点，相辅相成，共同组成了人类认识世界和改造世界的基本科学思维内容。其中，理论思维强调的是推理，实验思维强调的是归纳，而计算思维强调的是能够自动求解。它们以不同的方式推动着科学的发展和人类文明的进步。

周以真教授认为：计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计，以及人类行为理解的涵盖了计算机科学之广度的一系列思维活动。

计算思维建立在计算过程的能力和限制之上，由人和计算机执行。计算方法和模型使我们敢于去处理那些原本无法由个人独立完成的问题求解和系统设计。为便于理解，周教授在给出计算思维总的定义的基础上，又对计算思维作了以下更详细的表述。

(1) 计算思维是通过约简、嵌入、转化和仿真等方法，把一个看来困难的问题重新阐释成一个我们知道问题怎样解决的思维方法。

(2) 计算思维是一种递归思维，是一种并行处理，是一种把代码译成数据又能把数据译成代码，是一种多维分析推广的类型检查方法。

(3) 计算思维是一种采用抽象和分解来控制庞杂的任务或进行巨大复杂系统设计的方法，是一种基于关注点分离（Separation of Concerns, SoC）的方法。

(4) 计算思维是一种选择合适的方式去陈述一个问题, 或对一个问题的相关方面建模使其易于处理的思维方法。

(5) 计算思维是按照预防、保护及通过冗余、容错、纠错的方式, 并从最坏情况进行系统恢复的一种思维方法。

(6) 计算思维是利用启发式推理寻求解答, 即在不确定情况下的规划、学习和调度的思维方法。

(7) 计算思维是利用海量数据来加快计算, 在时间和空间之间, 在处理能力和存储容量之间进行折中的思维方法。

在理解计算思维时, 我们要特别注意以下几个问题。

(1) 像计算机科学家那样去思维意味着远远不止能为计算机编程, 还要求能够在抽象的多个层次上思维。

(2) 计算思维是一种根本技能, 是每一个人为了在现代社会中发挥职能所必须掌握的。

(3) 计算思维是人类求解问题的一条途径, 但决非要使人类像计算机那样地思考。

(4) 计算思维是思想, 不是人造品。

(5) 计算机科学在本质上源自数学思维, 又从本质上源自工程思维, 所以计算思维是数学与工程思维的互补与融合。

### 1.2.2 计算思维的特征

计算思维可以认为是受过良好训练的计算机科学工作者, 求解问题所习惯采用的思维方法, 因此, 计算思维具有以下特征。

(1) 是概念化而不是程序化。

(2) 是基础性而不是刻板的技能。

(3) 是人的思维而不是计算机的思维。

(4) 是思想而不仅仅是人造产品。

(5) 是数学和工程思维的互补与融合。

(6) 面向所有的人和物。

### 1.2.3 计算思维的基本原理

计算思维的基本原理包括可计算性原理、形理算一体原理和机算设计原理。

所谓可计算性原理亦即计算的可行性原理。1936年, 英国科学家图灵提出了计算思维领域的计算可行性问题: 即是怎样判断一类数学问题是否是机械可解的, 或者说一些函数是否可计算。

所谓形理算一体原理, 即是针对具体问题应用相关理论进行计算发现规律的原理。在计算思维领域, 就是从物理图像和物理模型出发, 寻找相应的数学工具与计算方法进行问题求解。

所谓机算设计原理, 就是利用物理器件和运行规则(算法)相结合完成某个任务的原理。在计算思维领域, 最显著的成果就是电子计算机的创造(计算机的设计原理), 比如, 电子计算机构成就是五个功能部件(控制器、运算器、存储器、输入设备、输出设备), 以及运

用二进制和存储程序程序控制的概念来达到解决问题的目的。

### 1.2.4 计算思维的本质

计算思维的本质是抽象和自动化,着眼于问题求解和系统实现,是人类改造世界的最基本的思维模式。2011年,国际教育技术协会(ISTE)和计算机科学教师协会(CSTA)给计算思维下了一个操作性的定义,即计算思维是一个问题解决的过程,该过程包括:①制定问题,并能够利用计算机和其他工具来帮助解决该问题;②符合逻辑地组织和分析数据;③通过抽象(如模型、仿真等)再现数据;④通过算法(一系列有序的步骤)支持自动化的解决方案;⑤识别、分析和实施可能的解决方案,并整合这些最有效的方案和资源;⑥将该问题的求解过程进行推广并移植到更广泛的应用中。

### 1.2.5 计算思维的重要意义

早在2005年6月,美国总统信息技术咨询委员会(PITAC)提交了一份名为“计算科学:确保美国竞争力(Computational Science: Ensuring America's Competitiveness)”的报告,报告认为虽然计算本身也是一门学科,但是其具有促进其他学科发展的作用。21世纪科学上最重要、经济上最有前途的研究前沿都有可能通过熟练掌握先进的计算技术和运用计算科学而得到解决。报告建议将计算科学长期置于国家科学与技术领域中心的领导地位。

在国内,关于计算思维的研讨大部分都是在与计算机方法论一起研究的。中国科学院自动化研究所王飞跃教授率先将国际同行倡导的“计算思维”引入国内,王教授翻译了周以真教授的《计算思维》一文,撰写了相关的论文《计算思维与计算文化》。他认为:在中文里,计算思维不是一个新的名词。在中国,从小学到大学教育,计算思维经常被朦朦胧胧地使用,却一直没有提高到周以真教授所描述的高度和广度,以及那样地新颖、明确和系统。

孙家广院士在《计算机科学的变革》一文中明确指出:(计算机科学界)最具有基础性和长期性的思想是计算思维。

2009年7月26日,中国工程院院士、中国科学院计算技术研究所所长李国杰在NOI2009开幕式和NOI25周年纪念会上的讲话提到:“计算思维是运用计算机科学的基础概念去解决问题、设计系统和理解人类的行为,它选择合适的方式去陈述一个问题,对一个问题的相关方面建模并用最有效的办法实现问题求解。有了计算机,我们就能用自己的智慧去解决那些计算时代之前不敢尝试的问题。”

由李国杰院士任组长的中国科学院信息领域战略研究组撰写的《中国至2050年信息科技发展路线图》指出:长期以来,计算机科学与技术这门学科被构造成一门专业性很强的工具学科。“工具”意味着它是一种辅助性学科,并不是主业,这种狭隘的认知对信息科技的全民普及极其有害。针对这个问题,报告认为计算思维的培育是克服“狭义工具论”的有效途径,是解决其他信息科技难题的基础。

同年11月9日,在《中国信息技术已到转变发展模式关键时刻》一文中,李国杰在展望未来信息技术的发展前景时指出:“20世纪下半叶是以信息技术发明和技术创新为标志的时代,预计21世纪上半叶将兴起一场以高性能计算和仿真、网络科学、智能科学、计算思维为特征的信息科学革命,信息科学的突破可能会使21世纪下半叶出现一场新的信息技术



革命。”

2010年7月19日至20日,北京大学等九所知名高校在西安交通大学举办了“C9高校联盟计算机基础课程研讨会”。教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会主任陈国良院士亲临大会,作了“计算思维能力培养研究”的报告。大会就增强大学生计算思维能力的培养发表了“C9高校联盟计算机基础教学发展战略联合声明”。会议强调了计算思维是一种本质的、所有人都必须具备的思维方式,就像识字、做算术一样,应该让每一个公民都应具备计算思维的能力,而计算机基础教学的核心任务就是培养学生的计算思维能力。

### 1.3 计算思维案例分析

计算思维其实渗透在我们每个人的生活之中,当一个大学生早晨去教室上课时,他会把当天需要的课本、笔记和相关物品放进背包,这就相当于计算思维的预置和缓存;当他在教室或实验室弄丢他的课本和U盘时,他会沿走过的路线寻找,这就是计算思维中的回推;在适当时候不去学校机房付费上机,而是自己去买一台,这就是计算思维中的在线算法;在大型超市购物付账时,选择合适的队伍排队,这就是计算思维中多服务器系统的性能模型;即使宿舍到了熄灯睡觉的时间了,我们的笔记本电脑和充电台灯仍然可以使用,这就运用了预防、保护及通过冗余、容错、纠错的方式,从最坏情况进行系统恢复的一种思维方法。

#### 1.3.1 计算思维在 Excel 中的应用

Excel 的操作对象是数据,只要是能用数据描述的现象,都可以用 Excel 进行数据处理。对于大规模的问题,可采用计算思维中的关注点分离方法(SoC方法)进行处理,将大规模的问题分解成多个独立的小规模问题。对分解之后的小问题,Excel可以有多种工具和方法解决。

**例 1.2** 在行 1 中产生一个从 1~20 的自然数列;在行 2 中产生一个从 1~39、等差为 2 的等差数列。

Excel 的数据自动填充功能是最能够体现出计算思维中的自动化这一核心。如图 1.7 所示,在单元格 A1 中输入 1, B1 中输入 2,之后同时选中 A1 和 B1,再拖曳填充柄向右进行拖曳至单元格 T1,则自动产生所需要的自然数列;同样的,在单元格 A2 中输入 1, B2 中输入 3,之后同时选中 A2 和 B2,再拖曳填充柄向右进行拖曳至单元格 T2,则自动产生所需要的等差数列。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	
3																					

图 1.7 Excel 的数据自动填充显示

**例 1.3** 如图 1.8 所示,统计来自不同国家的 10 位甚至更多客户的人均年收入。