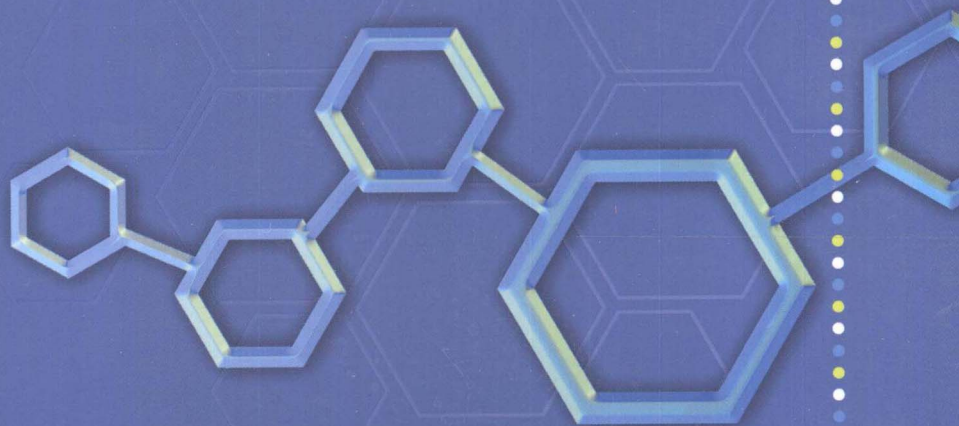




工业和信息产业科技与教育专著出版资金项目



计算机与 计算思维导论

» 郭艳华 马海燕 主编
» 铁治欣 庄红 韩建平 副主编



MOOC
在线学习网站



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

工业和信息产业科技与教育专著出版资金项目

计算机与计算思维导论

郭艳华 马海燕 主编

铁治欣 庄红 韩建平 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

基于“普及计算机文化，培养专业应用能力，训练计算思维能力”的教学目标，本书以讲座的形式展开对计算机基础理论知识的讲解和介绍，通过轻松的笔调，广泛而深入地讲授计算、计算机和计算思维之间相互支撑又相互制约的关系，着力将计算机科学与技术发展的最新成果融入到课程内容之中，将“计算思维”的新理念贯穿其中。全书共六讲，包括：认识计算机与计算，0与1的信息世界，宏观与微观的计算机系统，信息存储面面观，网络世界之信息共享和计算，计算思维之问题求解思想。

本书可作为高等学校“大学计算机基础”课程的配套教材，也可供计算机入门人员参考。

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

计算机与计算思维导论 / 郭艳华，马海燕主编. —北京：电子工业出版社，2014.8

ISBN 978-7-121-22740-0

I. ① 计… II. ① 郭… ② 马… III. ① 电子计算机—高等学校—教材 IV. ① TP3
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 058302 号

策划编辑：章海涛

责任编辑：章海涛

特约编辑：曹剑锋

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

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：787×1092 1/16 印张：18.5 字数：380 千字

版 次：2014 年 8 月第 1 版

印 次：2014 年 8 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。

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。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

计算思维 (Computational Thinking) 是人类求解问题的一条有效途径, 是一种分析求解问题的过程和思想。人类需要利用计算机强大的计算能力去解决各种需要大量计算的问题, 这需要数学和工程思维的互补与融合。计算机在本质上源自数学思维和工程思维, 它的形式化解析基础是数学, 但是又受到计算设备的限制。所以计算思维是一种三元思维, 即人、机、物的综合考量, 彼此互补而又相互制约。

2007 年, 美国国家科学基金会 (NSF) 启动了基础科学研究计划“大学计算教育重生 (振兴) 的途径”, 明确将“计算思维能力”的培养列为“大学计算教育重生的途径计划”的核心, 确立了以“计算思维能力”培养为核心的美国大学教育。2008 年, 美国计算机科学技术教师协会 (CSTA) 在网上发布了报告《计算思维: 一个所有课堂问题解决的工具》。报告认为, 计算思维应当是所有学校所有课堂教学都应当采用的一种工具。

2009 年, 教育部高校计算机基础课程教学指导委员会在一个发展战略研究报告中提出了能力培养的目标, 并列出了计算机基础教育 4 方面的能力要求: 对计算机的认知能力, 应用计算机解决问题的能力, 基于网络的学习能力, 依托信息技术的共处能力。其中, 前两个能力正是计算思维的两个核心要素: 计算环境和问题求解, 其实质引发了计算思维能力是计算机基础教育能力培养核心内容的讨论、研究与实践。

2012 年, 教育部组织申报大学计算机课程改革项目, 要求大学计算机教学的总体建设目标应该定位在“普及计算机文化, 培养专业应用能力, 训练计算思维能力”上。

教育部明确定位了大学计算机课程是与数学、物理等同地位的基础课程。计算机不仅为不同专业提供了解决专业问题的有效方法和手段, 还提供了一种独特的处理问题的思维方式。

如何将计算思维融入大学计算机教育, 已经得到计算机教育工作者的普遍关注。本书编写团队成员都是多年站在教学第一线的计算机基础教学工作者, 对此更是体会颇深。多年专注于计算机基础教学改革和探索的研究中, 所以希望能摸索出适合当下大学计算机基础教学的新模式和精准定位。

我们的教学模式改革所探讨和思考的问题是: 希望学生上完这门课之后有什么收获? 课程应该覆盖什么? 不该覆盖什么? 如何讲授这门课? ……

目前的基本目标和尝试定位是: 能够让学生在掌握了计算机基础知识的前提下, 发现计算是神奇的, 计算无处不在, 能够领会计算机科学的具体和特色的思维方式, 即计算思维的内涵以及计算思维的局限性; 同时确定本课程不牵扯具体的程序编写过程。因为计算思维是算法思维、协议思维、计算逻辑思维、计算系

统思维、三元计算思维（人、机、物）。我们的教学不求全，只求学生掌握主要的基础知识和特色原理以及实例的思想方法。其次，课堂教学摒弃以往的以章节顺序讲解的刻板授课方式，尝试配合 MOOC 元素的知识点视频课前线上自主学习（在线学习网站 <http://www.wanke001.com>），有效延伸有限学时的课堂时间，线下课堂中更多的时间采用互动式主题讲座形式，力求生动有趣，激发学生的学习兴趣 and 探知精神。操作技能实践部分采用如下形式进行：课前 MOOC 基础操作视频线上自主学习，线下课堂教师演示案例解析过程，制订任务驱动模式，学生以分组形式协作互助，按教师要求的目标完成指定任务。

基于上述探索性思考和尝试性定位，我们决定编写一套教材，能够适合学生的需求，同时能够贴合我们的教学目标。教材分为基础理论讲座和案例操作解析两本，讲座的教材主要用于课堂（教师为主导），操作的教材主要用于上机（教师为辅导），这样的安排就比较好地兼顾了理论教学与实践操作的平衡。在课时安排上伸缩性空间较大，配合 MOOC 元素的知识点视频和测试，可以根据具体专业侧重做相应的调整。

本书为理论讲座教材，主要特色如下：

- ① 全书以讲座的形式展开对计算机基础理论知识的讲解和介绍。
- ② 全书力求通过轻松的笔调，广泛而深入地讲授计算、计算机和计算思维之间相互支撑又相互制约的关系。
- ③ 全书着力将计算机科学与技术发展的最新成果融入课程内容之中。
- ④ 将“计算思维”的新理念贯穿其中，并借此提升计算机普识教育新观念。
- ⑤ 注重基本概念与理论知识的架构与铺垫，让学生清楚地了解什么是计算、什么是可计算的、计算机能做什么以及如何利用计算机来解决实际问题。

全书共分为六讲：第一讲为认识计算机与计算，第二讲为 0 与 1 的信息世界，第三讲为宏观与微观的计算机系统，第四讲为信息存储面面观，第五讲为网络世界之信息共享和计算，第六讲为计算思维之问题求解思想。

本书由郭艳华和马海燕担任主编，由铁治欣、庄红和韩建平担任副主编。第一讲和第六讲由郭艳华编写，第二讲由马海燕编写，第三讲由庄红、铁治欣和马海燕共同编写，第四讲由铁治欣和庄红共同编写，第五讲由韩建平编写。全书由郭艳华统稿。同时，参与本书编写工作的还有林浩、周文汉、李丽霞、吴磊、陆函、张春硕、陈晓潇、周茹、徐志新、边境和张春硕等。在此要对整个编写团队的齐心协力、鼎力配合和辛苦付出表示衷心的感谢。另外，特别感谢杭州电子科技大学胡维华教授对本书编写过程的指导和关注。

由于时间仓促，加之计算机技术的发展日新月异，书中的疏漏与不妥之处在所难免，恳请读者批评指正，不胜感激。

本书为教学老师提供相关教学资源，有需要者，请登录到 <http://www.hxedu.com.cn>，注册之后进行下载。

作者



第一讲

认识计算机 与计算

在社会、经济和科技日新月异发展的今天，新技术、新知识和新科学的普及和传播已超越了以往任何时候，计算机作为这个时代的科技产物，已被广泛应用到国防、军事、科研、经济、文化等领域，已融入人们的日常生活中。

与此同时，无处不在的计算也已经悄无声息地渗透到我们的工作和生活中，计算与计算机科学及相关基础知识已经成为当代人通识教育与技能储备的必需要素，运用现代

计算机技术、现代化计算工具和计算思维方式去解决现实中的实际问题，已经成为当今计算机文化所倡导的新的风向标和必然趋势。

那么，你对计算机与计算以及计算思维又认识和了解多少？

- ※ 什么是计算机？
- ※ 什么是计算？
- ※ 什么是可计算的？
- ※ 什么是计算思维？
- ※ 计算机能做什么？
- ※ 计算机不能做什么？
- ※ 计算机系统的组成是怎样的？
- ※ 计算机如何存储和表示信息？
- ※ 计算机的智慧是否会取代和超越人类？
- ※ 如何培养和训练计算思维能力？
- ※ 怎样利用计算机解决实际问题？
- ※ 如何面对和解决伴随计算机而衍生出的新问题？

如果你可以轻松地解答诸如此类的问题并能娴熟地运用计算机，那说明你对计算机有了一个比较全面的了解。作为具备一定文化层次的当代人，如果想在各自的专业领域中能够有意识地借鉴、引入计算机科学中的一些理念、技术和方法，能在一个较高的层次上利用计算机、认识并处理计算机应用中可能出现的问题，那么系统、全面的计算机相关基础知识与理论以及全新的计算思维能力是必须具备的。本书的定位和宗旨亦在于此。

本讲作为引论，对计算机和计算以及计算思维相关知识先进行简单概述，旨在让读者从多方位、多层面的视野来初步了解和认识计算机。

本讲部分内容的 MOOC 视频可以免登录观看，更多 MOOC 视频信息可以登录到玩课网 <http://www.wanke.com>，注册后进行观看和学习。



目 录

第一讲 认识计算机与计算	0
主题一 计算机知多少	2
一、图灵机——计算机的理想模型	2
二、冯·诺依曼机——现代计算机的结构框架	5
三、盘点计算机的功能特点	8
四、归类计算机的家族组员	12
主题二 计算机能做什么	13
一、计算机在现代社会中的应用	13
二、信息处理与信息技术	20
三、人与计算机的智能较量	21
四、计算机的局限性	23
主题三 回眸计算机的发展历程	25
一、计算工具的发展	25
二、计算机的发展	26
三、微型计算机的发展	30
四、我国计算机的发展	33
五、计算机的发展趋势	35
主题四 无处不在的计算	37
一、关于计算的理解	37
二、普适计算	40
三、基础学科计算	41
四、高精学科计算	43
五、机构群体计算	46
六、智能科技计算	48
主题五 关于计算思维的理解	51
一、什么是计算思维	52
二、计算思维能做什么	53
三、为什么要倡导计算思维	54
四、如何培养和训练计算思维	56
思考题	58
第二讲 0与1的信息世界	60
主题一 为什么是0与1	62

一、0 与 1 的历史追溯	62
二、计算机选择了 0 与 1	64
三、0 与 1 的基本运算	64
主题二 进制之间的关联和转换	65
一、计数制的概念	66
二、常用计数制	66
三、进制转换	67
主题三 0 与 1 呈现的数值世界	69
一、整数的呈现	69
二、实数的呈现	71
主题四 0 与 1 呈现的文字世界	73
一、西文与符号——ASCII	73
二、中文与符号——汉字编码	75
三、扩展符号——Unicode 编码	78
主题五 0 与 1 呈现的声色世界	79
一、音频的数字化	79
二、图形图像的数字化	84
三、视频的数字化	89
思考题	91
第三讲 宏观与微观的计算机系统	92
主题一 看得见的计算机躯体——硬件系统	94
一、四个子系统构成硬件总系统	94
二、处理器系统	95
三、存储器系统	97
四、输入/输出系统	97
五、总线系统	99
主题二 看不见的计算机灵魂——软件系统	100
一、指令、程序和软件	102
二、计算机语言	103
三、语言处理程序	105
主题三 计算机系统的大管家——操作系统	106
一、什么是操作系统	106
二、操作系统的组成	111
三、操作系统的载入	114
四、常见的操作系统	116
主题四 计算机软件应用与服务	120

一、软件与信息处理	120
二、软件开发与常用软件开发技术	121
三、常用应用软件	124
主题五 个人计算机——微型计算机系统	128
一、主机	128
二、外部设备	133
思考题	141
第四讲 信息存储面面观	142
主题一 存储器概述	144
一、存储器的组成	144
二、存储器分类	145
三、存储设备的性能指标	147
主题二 层次化的信息存储体系	147
一、读写速度、容量和价格的对比	147
二、分级存储体系	148
主题三 信息的舞台——内存储系统	150
一、CPU 与内存	151
二、ROM 和 RAM	153
三、缓存	154
四、虚拟内存	155
主题四 信息的永久驻扎地——外存储系统	157
一、文件与外存	158
二、硬盘	160
三、软盘、光盘和 U 盘	163
四、云存储	164
主题五 高效的信息仓储中心——数据库系统	166
一、数据管理技术	166
二、数据库系统	170
三、关系数据库	172
四、数据库技术应用的新趋势	178
思考题	180
第五讲 网络世界之信息共享和计算	182
主题一 信息传输平台——网络	184
一、什么是网络	184
二、网络介质	187
三、网络设备	189

四、网络协议与体系结构	190
主题二 天涯若比邻——互联网	192
一、什么是互联网	193
二、网络协议 TCP/IP	194
三、如何接入互联网	197
四、互联网的应用	199
主题三 网络有风险——网络安全	203
一、什么是网络安全	203
二、网络安全技术	205
主题四 物联世界、感知天下——物联网	207
一、什么是物联网	207
二、无线传感网、物联网与互联网	209
三、物联网的关键技术	210
四、物联网的典型应用	211
主题五 风起云涌的网络计算——云计算	213
一、什么是云计算	213
二、云计算的关键技术	216
三、云计算的应用	216
思考题	218
第六讲 计算思维之问题求解思想	220
主题一 探讨问题求解过程	222
一、问题求解案例	222
二、问题求解框架	225
主题二 相关知识的认识与了解	226
一、数学建模	226
二、数据结构	228
三、程序设计	231
主题三 关于算法的理解	237
一、什么是算法	237
二、如何发现算法	238
三、怎样描述算法	239
四、如何评价算法	242
主题四 算法策略大搜罗	246
一、枚举算法	247
二、递推算法	248
三、递归算法	250

四、迭代算法	254
五、分治算法	256
六、贪心算法	258
七、回溯算法	260
主题五 几个经典案例的算法实现	264
一、背包问题	265
二、旅行商问题	269
三、汉诺塔问题	276
思考题	281

工业和信息产业科技与教育专著出版基金项目

计算机与计算思维导论

郭艳华 马海燕 主编

铁治欣 庄红 韩建平 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

主题一 计算机知多少

从人类科技发展的历史来看,当理论成熟或即将成熟之日,也就是人们开始着手实现之时,理论指导实践就是这个道理。半个多世纪以来,计算机已经发展成为一个庞大的家族,尽管各种类型的计算机在性能、规模和应用等方面都存在着较大的差异,但是它们的基本组成结构和工作原理却是相同的。

要认识计算机,追根溯源,就不得不提及两位被誉为计算机之父的计算机雏形理论奠基人:图灵和冯·诺依曼。

一、图灵机——计算机的理想模型

物理学家阿基米德曾宣称:“如果给我足够长的杠杆和一个支点,我就能撬动地球。”类似的问题是,数学上的某些计算问题是不是只要给数学家足够长的计算时间,就能够通过“有限次”的简单而机械的演算步骤,都可以得到最终的答案呢?

这就是所谓的“可计算性”问题,一个必须在理论上做出解释的数学难题。

1. 图灵机

阿兰·麦席森·图灵(Alan Mathison Turing, 1912—1954),英国数学家,被誉为计算机科学之父和人工智能之父(见图 1.1)。在电子计算机远未问世之前,他就先知先觉,已经想到所谓“可计算性”的问题。经过智慧与深邃的思索,图灵以人们想不到的方式回答了这个问题。



图 1.1 阿兰·麦席森·图灵

1936年,图灵在伦敦权威的数学杂志上发表了一篇划时代的重要论文《计算数字及其在判断性问题中的应用》。文章里,图灵超出了一般数学家的思维范畴,完全抛开数学上定义新概念的传统方式,独辟蹊径,构造出一台完全属于想象中的“计算机”,数学家们把它称为“图灵机”。

图灵机 (Turing Machine) 是一种抽象的计算思想模型, 不是一种具体的机器, 但是这种思想模型可制造一种非常简单但运算能力极强的计算装置, 用来计算所有能想象得到的可计算函数。同时, 图灵机更为抽象的意义为一种数学逻辑机, 可以看作等价于任何有限逻辑数学过程的终极强大逻辑机器。

图灵的基本思想是用机器来模拟人们用纸笔进行数学运算的过程, 他把这样的过程看作下列两种简单的动作: 一是在纸上写上或擦除某个符号; 二是把注意力从纸的一个位置移动到另一个位置。在每个阶段, 人要决定下一步的动作, 依赖于此人当前所关注的纸上某个位置的符号和此人当前思维的状态。

为了模拟人的这种运算过程, 图灵构造出一台假想的机器, 如图 1.2 所示, 它由以下几个部分组成。

① 一条无限长的纸带 TAPE。纸带被划分为一个接一个小格子, 每个格子上包含一个来自有限字母表的符号, 字母表中有一个特殊的符号 \square 表示空白。纸带上的格子从左到右依次被编号为 0、1、2、 \dots , 纸带的右端可以无限伸展。

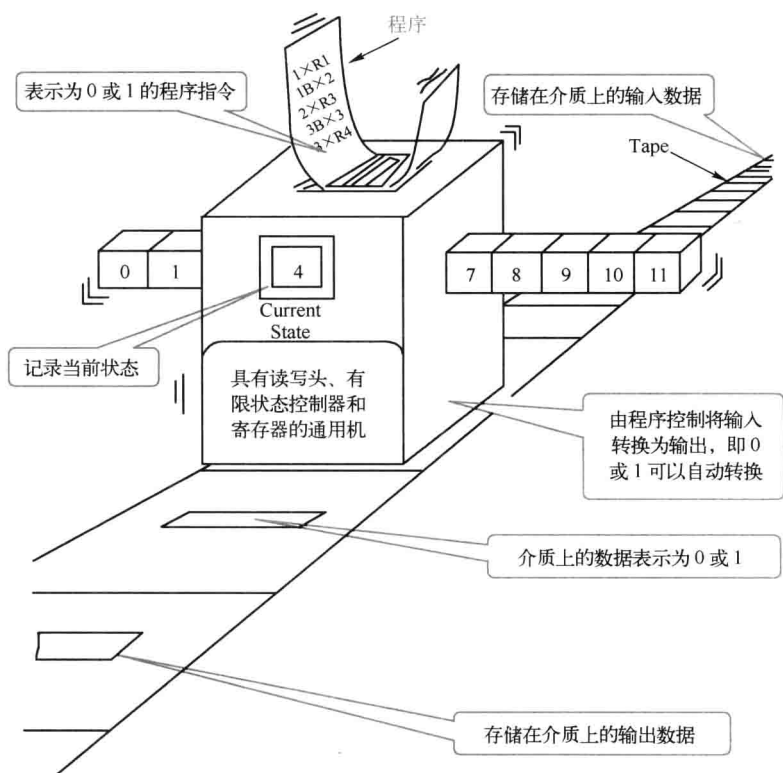


图 1.2 图灵机的假想模型

② 一个读写头 HEAD。读写头可以在纸带上左右移动, 能读出当前所指的格子上的符号, 并能改变当前格子上的符号。

③ 一套控制规则 TABLE。根据当前机器所处的状态以及当前读写头所指的格子上的符号，控制规则确定读写头下一步的动作，并改变状态寄存器的值，令机器进入一个新的状态。

④ 一个状态寄存器。状态寄存器用来保存图灵机当前所处的状态。图灵

这个机器的每一部分都是有限的，但它有一个潜在的无限长的纸带，因此这种机器只是一个理想的设备。

机的所有可能状态的数目是有限的，并且有一个特殊的状态，称为停机状态。

图灵认为，这样的一台机器就能模拟人类所能进行的任何计算过程。

2. 可计算性

不过，图灵在提出图灵机构想之后，又发现了新问题，就是有些问题图灵机是无法计算的。比如定义模糊的问题，如“生命短暂，人生意义几何？”，或者缺乏确定数据的问题，“刚才雨下的好大，地上会不会积水？”，其答案当然是无法计算出来的，这类问题称为不可计算问题。

图灵机解决的是一个可计算的问题，即对于有限的输入数据，在有限步骤的算法指令的控制下，可以输出有限的结果。

所以，图灵给“可计算性”下了一个严格的数学定义，即：

凡是能用计算算法解决的问题，也一定能用图灵机解决；凡是图灵机解决不了的问题，任何算法也解决不了。

3. 图灵机的意义与思想内涵

图灵提出图灵机的模型并不仅仅给出计算机的设计灵感，其意义还在于：

① 图灵机证明了通用计算理论，肯定了计算机实现的可能性，同时它给出了计算机应有的主要架构。

② 图灵机模型引入了读写、存储、算法及其程序设计语言的概念（如图 1.3 所示），突破了过去计算机器的设计理念。

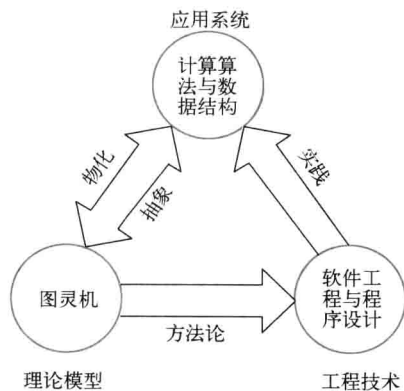


图 1.3 图灵的可计算性理论的扩展与延伸

③ 图灵机模型理论是计算学科最核心理论，因为计算机的极限计算能力就是通用图灵机的计算能力，很多是否可计算性问题可以转化到图灵机这个简单的模型来考虑。

通用图灵机其中蕴涵的深邃思想，等于向我们展示这样一个过程：程序和数据的输入可以先保存到存储带上，图灵机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。同时，我们可以隐约地看到现代计算机的主要构成：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）、输入/输出系统（相当于存储带的预先输入和输出写入）。

图灵机被公认为是现代计算机的理论原型，所以可以说，图灵启发与影响了他之后的整个计算机发展史。

二、冯·诺依曼机——现代计算机的结构框架

正是在图灵搭建的计算理论基础之上，计算机才有了后来的蓬勃发展。冯·诺依曼则是使世界认识了由图灵引入的计算机的基本概念。所以冯·诺依曼对于“计算机之父”的桂冠坚辞不受，而是应该授给图灵。当然，这已经是在十几年以后的事了，图灵当年并没有像后来那样受人敬仰。图灵的理论曲高和寡，当年就能看明白他那篇文章划时代意义的仅仅是少数杰出的科学家，如冯·诺依曼。

1. 冯·诺依曼机的特点

约翰·冯·诺依曼（John Von Neumann，1903—1957），美籍匈牙利科学家被誉为“计算机之父”和“博弈论之父”（见图 1.4）。1945 年，他提出了“存储程序”的概念和“二进制”的原理。后来，人们把利用这种概念和原理设计的电子计算机系统都统称为“冯·诺依曼体系结构”计算机。



图 1.4 约翰·冯·诺依曼

冯·诺依曼不仅在 20 世纪 40 年代研制成功了功能更好、用途更广泛的