

第一部分 学习辅导

第 1 章 从原始的计算工具到现代计算机

【问题描述】该章作为课程的引论,全面介绍了人类计算工具的发展、现代计算机的理论基础、现代计算机的基本概况、计算机与信息化等。

【辅导内容】学习引导给出本章的关联知识和知识链接。然后,给出本章的习题解析和知识拓展(为计算机的形成和发展做出突出贡献的 7 位先驱:帕斯卡、巴贝奇、阿达、布尔、香农、图灵和冯·诺依曼的生平事迹)。

【能力要求】通过学习引导,了解计算机与科学计算、信息化与信息素养的相关概念;通过习题解析,加深理解计算机的形成与发展以及计算机与信息化的相关概念;通过知识拓展,将计算学科的发展史与人文精神有机地结合,在深入了解计算机形成与发展过程的同时,激发学生的探索精神和创新意识。

§ 1.1 学习引导

1.1.1 关联知识

计算机是 20 世纪人类最重要的发明之一,也是当今信息化技术的核心。今天的电子计算机不仅是一种现代化的计算工具,更在当代信息社会中肩负和发挥着极为重要的作用,包括计算机在科学计算中的作用以及在信息化建设中的作用。下面,简要介绍其相关概念。

1. 计算机与科学计算

(1) 计算机的诞生:现代计算机孕育于英国,诞生于美国。1936 年英国计算机科学家图灵在伦敦权威的数学杂志上发表了一篇论文,在该论文中开创性地提出了图灵机(Turing machine)的设想。正是图灵奠定的理论基础,人们才有可能发明 20 世纪以来甚至是人类有史以来最伟大的发明——电子数字计算机。因此,人们称图灵为“计算机科学之父”。

世界上第一台电子计算机 ENIAC 于 1946 年 2 月 15 日在美国宾夕法尼亚大学正式投入运行。继 ENIAC 之后,美籍匈牙利著名数学家约翰·冯·诺依曼提出了新的设计思想,20 世纪 40 年代末期诞生了电子离散变量自动计算机(Electronic Discrete Variable Automatic Computer, EDVAC)。从此,拉开了现代电子计算机的序幕,并得到飞速发展。

(2) 科学计算:计算机的诞生源于科学计算的需要,经过 60 余年的发展,计算机的应用拓展到人类生活的各个领域,但最为关键的应用仍然是科学计算,即应用计算机处理科学研究和工程技术中所遇到的数值计算。CC2004 将科学计算列为计算学科的知识领域之一。

自然科学规律通常用各种类型的数学方程式表达,科学计算的目的就是寻找这些方程式的数值解。这种计算涉及庞大的运算量,简单的计算工具难以胜任。在计算机出现之前,科学研究和工程设计主要依靠实验或试验提供数据,计算仅处于辅助地位。计算机的迅速发展,使越来越多的复杂

计算成为可能。利用计算机进行科学计算带来了巨大的经济效益,同时也使科学技术本身发生了根本变化:传统的科学技术只包括理论和试验两个组成部分,使用计算机后,计算已成为同等重要的第三个组成部分。

在现代科学和工程技术中,经常会遇到大量复杂的数学计算问题,这些问题用一般的计算工具来解决非常困难,而用计算机来处理却非常容易。现在,已经有从事计算方法研究的科技工作者研究出了用于科学计算的高效率、高精度的算法及其算法程序,并将这些程序汇集成软件包,目前最为典型的科学计算软件包是 MATLAB,广泛用于各领域中数学问题的求解。

2. 信息化与信息素养

计算机的诞生与广泛应用,加速了社会信息化的进程。在当今信息时代,人们不仅要了解信息的内涵,而且要不断提高信息素养,以适应社会发展的需要。

(1) 信息化:是指培养、发展以计算机为主的智能化工具为代表的新生产力,并使之造福于社会的历史过程。物质、能源和信息是现代社会发展的三大基本要素。其中,物质可以被加工成材料;能源可以被转化为动力;信息则可以被提炼为知识和智慧,而信息化是社会生产力发展的必然趋势。信息化包括信息资源、信息网络、信息技术、信息产业、信息化人才和信息化环境六大要素。

① 信息资源。是国民经济和社会发展的战略资源,它的开发和利用是信息化体系的核心内容,是信息化建设取得实效的关键。

② 信息网络。是信息资源开发利用和信息技术应用的基础,是信息传输、交换和资源共享的必要手段。

③ 信息技术。是在计算机、通信、微电子技术基础上发展起来的现代高新技术,是研究开发信息的获取、传输、存储、处理和应用的工程技术。信息技术是信息化的技术支柱,是信息化的驱动力。

④ 信息产业。指信息设备制造业和信息服务业,其中:信息设备制造业包括计算机系统、通信设备、集成电路等制造业;信息服务业是指从事信息资源开发和利用的行业。

⑤ 信息化人才。是指建立一支结构合理、高素质的研究、开发、生产、应用队伍,以适应信息化建设的需要。

⑥ 信息化环境。是指建立一个促进信息化建设的政策、法规和标准体系,规范和协调各要素之间的关系,以保证信息化快速、有序、健康的发展。

(2) 信息素养(Information literacy):最早是由美国信息产业协会主席保罗·泽考斯基(Paul ZurkowSki)于1974年提出来的。由于计算机技术、网络技术的普及,其影响超过了历史上任何一种技术,而且已成为当今信息社会中必须具备的一种能力,但这种能力不仅是技术层面的,还有道德和文化层面的。因此,信息素养作为一种非常重要的能力被提到了人才培养目标上来。信息素养包含三个层面的含义:

① 知识素养(文化层面)。指传统文化素养的延续和拓展,使受教育者达到独立自学及终身学习的水平。

② 信息意识(意识层面)。指对信息源和信息工具的了解及运用。

③ 信息技能(技术层面)。指必须拥有各种信息技能,如对需求的了解及确认,对所需文献或信息的确定、检索,对检索到的信息进行评估、组织及处理并作出决策。

20世纪80年代,人们开始进一步讨论信息素养的内涵,信息素养的概念逐渐被广泛认可。1989年,美国图书馆协会下属的“信息素养总统委员会”对信息素养的定义是“要成为一个有信息素养的人,他必须能够确定何时需要信息,并已具有检索、评价和有效使用所需信息的能力”。因此,

信息素养的内涵主要包括信息意识、信息知识、信息能力和信息品质。

1.1.2 知识链接

本章从计算工具的角度,介绍了计算机的形成与发展过程,对计算学科的学生来讲,是非常重要的内容。为了进一步加深对这些知识内容的了解,建议读者参阅以下书籍。

1. 张晓峰,贾世祥,柳禅娟,邹海林编著《计算机科学与技术导论》,清华大学出版社,2011年出版。该书共10章:计算机的产生与发展、计算科学、数据表示与数字逻辑、计算机组成与体系结构、操作系统、高级程序设计语言、数据结构与算法、数据库技术、软件工程、计算机网络,全面介绍了计算科学与技术所涉及的知识内容。

2. (美) Behrouz A. Forouzan 著,刘艺,段立,钟维亚等译《计算机科学导论》,机械工业出版社,2004年出版。该书共17章,分别对5个部分:计算机和数据、计算机硬件、计算机软件、数据组织、高级主题等,进行了全面介绍。

3. (美) J. Glenn Brookshear 著,俞嘉惠,方存正译《计算机科学概论》,清华大学出版社,2005年出版。该书共11章,全面概述了计算机科学所涉及的基本知识。

4. (美) Nell Dale John Lewis 著,张欣译《计算机科学概论》,机械工业出版社,2005年出版。该书共17章,分为基础篇、信息层、硬件层、程序设计层、操作系统层、应用程序层等,对计算机科学涉及的基本知识进行了全面概述。

§ 1.2 习题解析

本章习题解析的基本内容为:计算机的形成、基本组成、发展过程等基本概念。通过习题解析,进一步加深对这些基本概念的理解和知识点的掌握。

1.2.1 选择题

1. 世界上第一台计算机诞生于_____年。

- A. 1945年 B. 1956年 C. 1935年 D. 1946年

【解析】第一台电子计算机名叫ENIAC,于1946年在美国宾夕法尼亚大学研制成功。

2. 冯·诺依曼对计算机的主要贡献是_____。

- A. 发明了计算机 B. 提出了存储程序概念
C. 设计了第一台计算机 D. 提出了程序设计概念

【解析】冯·诺依曼对计算机的主要贡献是提出了存储程序概念,计算机的体系结构是以运算器为核心,并采用二进制。

3. 冯·诺依曼结构计算机中采用的进制是_____。

- A. 十进制 B. 八进制 C. 十六进制 D. 二进制

【解析】冯·诺依曼结构计算机中采用二进制数。但是,在计算机中采用二进制数并不是由冯·诺依曼首先提出来的。

4. 计算机硬件由五个基本部分组成,下面_____不属于这五个基本组成部分。

- A. 运算器和控制器 B. 存储器
C. 总线 D. 输入设备和输出设备

【解析】冯·诺依曼等人提出计算机应该由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备这

五个部件所组成。系统总线是各部件之间信息传输的通路。

5. 冯·诺依曼结构计算机要求程序必须存储在_____中。

- A. 运算器 B. 控制器 C. 存储器 D. 光盘

【解析】冯·诺依曼提出,要使计算机能高速运行,必须把指挥、控制和计算的过程,编写成程序,并存储在存储器中,让计算机按照程序(指令)自动执行。

6. 微型计算机中的关键部件是_____。

- A. 操作系统 B. 系统软件 C. 微处理器 D. 液晶显示器

【解析】微型计算机中的关键部件是微处理器,即中央控制单元,它是计算机中的核心部件。微处理器由运算器和控制器组成。

7. 一台完整的计算机系统包括_____。

- A. 输入设备和输出设备 B. 硬件系统和软件系统
C. 键盘和打印机 D. 外部设备和主机

【解析】一台完整的计算机系统包括硬件系统和软件系统,两者相互依赖、缺一不可。

8. 冯·诺依曼结构计算机是以_____为中心。

- A. 运算器 B. 存储器 C. 控制器 D. 计算机网络

【解析】冯·诺依曼结构计算机以运算器为中心。随着对计算机研究的深入,现代计算机的体系结构是以存储器为中心。

9. 个人计算机属于_____。

- A. 数字计算机 B. 模拟计算机 C. 微型计算机 D. 电子计算机

【解析】现代计算机都是电子数字计算机。所谓个人计算机,是指计算机的大小类型。因此,个人计算机属于微型计算机。

10. 计算机是当今_____的核心。

- A. 信息化技术 B. 信息技术 C. 信息社会 D. 信息产业

【解析】信息表示传达的过程和内容。信息化、信息技术、信息社会、信息产业等是随着科学技术的发展而派生的。计算机是一种现代化的计算工具,因此,计算机是当今信息技术的核心。

1.2.2 判断题

1. “存储程序”原理是图灵提出来的。 ()

【解析】现在使用的计算机的基本工作原理是存储程序和程序控制,它是被称为“计算机之父”的冯·诺依曼提出来的。

2. 计算机是信息处理最基本、最重要的工具。 ()

【解析】信息处理是指通过人或计算机进行数据处理的过程,在这个过程中计算机是最重要的工具。

3. 世界上第一台电子计算机是1946年在美国研制成功的。 ()

【解析】1946年2月14日,在美国宾夕法尼亚大学成功研制了第一台全自动“电子数字积分计算机”,名为ENIAC。

4. 工业上的自动机床属于科学计算方面的计算机应用。 ()

【解析】是计算机在过程控制方面的应用,过程控制是一种实时控制。

5. 电子计算机的计算速度很快但计算精度不高。 ()

【解析】计算机的特点是运算速度快、计算精度高,并且判断能力强。

6. 计算机不但有记忆功能, 还有逻辑判断功能。 ()

【解析】计算机具有准确的逻辑判断能力和高超的记忆能力, 所以计算机是计算能力、逻辑判断能力和记忆能力三者的结合。

7. 计算机能进行数值计算, 也能进行事务管理工作, 如办公自动化。 ()

【解析】计算机不仅能进行科学计算, 而且在信息管理方面的应用极为广泛, 按其功能和应用形态, 可分为事务处理系统、管理信息系统、决策支持系统和办公自动化系统。

8. 计算机诞生以来在性能和价格等方面发生了巨大的变化, 但体积并没多大改变。 ()

【解析】随着电子元器件的发展, 计算机的性能得到提高, 体积不断缩小, 但是基本工作原理仍然遵循的是冯·诺依曼原理。

9. 计算机能够自动、准确、快速地按照人们意图进行运行, 是因为采用了超大规模集成电路。 ()

【解析】计算机能够自动、准确、快速地按照人们意图进行运行, 是因为采用了存储程序和程序控制的思想。

10. 计算机内部可识别的代码是十进制数的 0, 1, 2, …9。 ()

【解析】因为电子元件只能识别“0”和“1”所表示的数据信息, 所以计算机内所有信息都是以二进制数表示的。

1.2.3 问答题

1. 冯·诺依曼结构计算机的基本思想是什么?

【解析】冯·诺依曼结构计算机的基本思想是以冯·诺依曼提出的“存储程序”和“程序控制”为基础的设计思想。即使用计算机前, 把要处理的信息(数据)和处理的步骤(程序)事先编排好, 并以二进制的形式输入到计算机内存储器中, 然后由计算机控制器严格地按照程序逻辑顺序逐个执行, 完成对信息的加工处理。

2. 计算机采用二进制有何优点?

【解析】现代计算机均采用二进制, 采用二进制具有以下三方面的优点。

一是电路简单。与十进制数相比, 二进制数在电子元件中容易实现。因为制造仅有两种不同稳定状态的电子元件要比制造具有十种不同稳定状态的电子元件容易得多。例如, 开关的接通与断开、晶体管的导通与截止都恰好表示“1”和“0”两种状态。

二是工作可靠。用两种状态表示两个代码, 数字传输和处理不易出错, 因此可靠性好。

三是运算简单。二进制只有 4 种求和与求积运算规则。

3. 目前, 计算机主要应用在哪些领域?

【解析】目前, 计算机的主要应用领域有科学计算、数据处理、过程控制、计算机辅助系统、人工智能和网络应用。

4. 什么是信息?

【解析】信息是对客观事物的反映, 泛指那些通过各种方式传播的、可被感受的声音、文字、图形、图像、符号等所表征的某一特定事物的消息、情报或知识。

5. 信息与数据的区别是什么?

【解析】信息是现实世界中概念的、物质的事物的本质属性、存在方式和运动状态的实质性反映。数据是表达和传播信息的载体或工具。

6. 什么是信息技术? 信息技术主要包括哪些研究范畴?

【解析】信息技术是指在计算机和通信技术支持下用以获取、处理、传递、存储、变换、显示和传输文字、数值、图像以及声音信息，包括提供设备和提供信息服务两大方面的方法与设备的总称。信息技术所研究的范畴主要包括传感技术、通信技术、计算机技术和微缩技术等。计算机技术与现代通信技术一起，构成了信息技术的核心内容。

7. 什么是信息社会？

【解析】信息社会是社会发展以电子信息技术为基础，以信息资源为基本的发展资源，以信息服务性产业为基本的社会产业，以数字化和网络化为基本的社会交往方式的新型社会。

8. 信息社会有何特征？

【解析】信息社会的特征主要体现在三个方面：一是信息化的高度发展，高度信息化是信息社会最突出、最本质的特征，它突出地表现在信息传播的全球化和信息产业成为现代社会的主导产业；二是劳动的智力化，随着信息产业的兴起和信息技术在传统工业、农业和服务业的高度渗透，现代生产正在由“资本密集型”向着“技术密集型”“知识密集型”方向发展；三是以人力资源为依托，在信息化高度发展的现代社会，人力资源作为知识与信息的直接创造者，具有越来越重要的意义。

9. 什么是信息产业？信息产业有何特征？

【解析】人们把由信息技术构成的产业称为信息产业。以计算机技术为核心的 IT 产业的特点是技术变化最快、创新性最强、涉及技术领域最多，具有较强的辐射和带动作用。

10. 信息化社会需要什么样的人才？

【解析】有强烈的信息意识、丰富的信息知识、高超的信息技术、很强的信息能力，即具有较高的“信息素养”。信息素养包括：有强烈的“信息需求”意识，有畅通的信息获取渠道，对信息的媒介有较为清晰的认识，在寻找信息时能采取一定策略，对获取的信息能进行正确评价、科学整合和合理利用，能生产出自己的信息产品，即创造出新的信息，并能产生一定的经济效益和社会效益。信息、知识、智力日益成为社会发展的决定力量。

§ 1.3 知识拓展

为了全面了解计算机的发展史，本节介绍对计算机的形成和发展作出突出贡献的主要科学家：帕斯卡、巴贝奇、阿达·布尔、香农、图灵和诺依曼等。

1.3.1 数学家——帕斯卡

布莱士·帕斯卡（Blaise Pascal，1623—1662，见图 1-1），著名数学家、物理学家、哲学家、散文家。

帕斯卡 1623 年 6 月 19 日出生于法国奥弗涅的克莱蒙费朗市（Clermont-Ferrand），自幼聪颖，从小喜欢数学。在数学家父亲的教育下，12 岁开始学习几何，通读欧几里德（Euclid）的《几何原本》（Elements）并掌握了它。他独自发现了欧几里德的前 32 条定理，而且顺序也完全正确。与此同时，发现了“三角形的内角和等于 180 度”。1639 年发表著名的帕斯卡六边形定理：内接于一个二次曲线的六边形的三双对边的交点共线，因此 16 岁就成为巴黎数学家和物理学家小组（法国科学院的前身）成员。1640 年 17 岁的帕斯卡在他的一篇数学论文《论圆锥截线》中提出了一条定理，后人把它叫做帕斯卡定理。他还提出了著名的帕斯卡三角形，阐明了代数中二项式展开的系数规律，这些结论



图 1-1 帕斯卡

是自希腊阿波罗尼奥斯 (Apollonius of Perga) 以来圆锥曲线论的最大进步。

1642 年, 他设计制作了一台能自动进位的加减法计算装置, 被称为是世界上第一台机械式计算装置——使用齿轮进行加减运算的计算机, 成为后来的计算机的雏形。在加法机研制成功之后, 帕斯卡认为, 人的某些思维过程与机械过程没有差别, 因此可以设想用机械模拟人的思维活动。

1646 年他为了检验意大利物理学家伽利略和托里拆利的理论, 制作了水银气压计, 为流体动力学和流体静力学的研究铺平了道路。实验中他为了改进托里拆利的气压计, 在帕斯卡定律的基础上发明了注射器, 并创造了水压机。1651—1654 年期间他写了液体平衡、空气的重量和密度等方向的论文。

1654 年他开始研究几个方面的数学问题, 在无穷小分析上深入探讨了不可分原理, 得出不同曲线所围面积和重心的一般方法, 并以积分学的原理解决了摆线问题, 于 1658 年完成《论摆线》。他的论文手稿对莱布尼兹 (Gottfried Leibniz) 建立微积分学有很大启发。在研究二项式系数性质时, 帕斯卡写成《算术三角形》向巴黎科学院提交, 后收入他的全集, 并于 1665 年发表。其中给出的二项式系数展开后人称为“帕斯卡三角形”, 实际它已在约 1100 年由中国的贾宪所知。

帕斯卡自 1655 年隐居修道院, 写下了《思想录》等经典著作。在他撰写的哲学名著《思想录》里, 帕斯卡留给世人一句名言: “人只不过是一根芦苇, 是自然界最脆弱的东西, 但他是一根有思想的芦苇。”

在帕斯卡短暂的一生中作出了许多贡献。科学界为了铭记帕斯卡的功绩, 国际单位制规定压强单位为帕斯卡。1971 年面世的程序设计语言——Pascal, 也是为了纪念这位科学先驱而命名的。

1.3.2 分析机的缔造者——巴贝奇

查尔斯·巴贝奇 (Charles Babbage, 1791—1871, 见图 1-2), 英国维多利亚时代最杰出的人物之一, 是一位数学天才, 以计算机的发明闻名于世。

查尔斯·巴贝奇 1791 年 12 月 27 日出生于英国西南部德文郡 (Devon Shire) 一个富有的家庭, 父亲是一位出色的银行家。幼年的巴贝奇体弱多病, 没有接受学校的正规教育, 而是由家庭教师对他进行辅导, 直到 14 岁才进入中学学习。少年时期的巴贝奇表现出强烈的好奇心和求知欲, 特别是在数学上显示出超凡的智慧。1810 年, 19 岁的巴贝奇考取了著名的剑桥大学, 攻读数学和化学。入学不久, 巴贝奇就感到数学课内容陈旧、狭隘, 不能满足自己强烈的求知欲。在这里, 巴贝奇显示出了过人的数学天赋, 他所掌握的数学知识甚至超过了老师。



图 1-2 巴贝奇

那时的剑桥大学, 以数学教学为中心, 推崇牛顿的科学理论, 而排斥其他新的学术思想, 学校为此专门设立了数学竞赛荣誉学位奖。巴贝奇没有循规蹈矩地去追逐这一官方荣誉, 而是参与创建了致力于数学研究和科学普及的“分析学会”, 把欧洲大陆的数学成就介绍给英国的数学界, 对推动 19 世纪英国数学的发展与复兴作出了贡献。与此同时, 巴贝奇的学术地位和名望也与日俱增。1814 年和 1817 年, 巴贝奇先后取得了学士和硕士学位。大学毕业后, 巴贝奇留校工作。

1816 年, 25 岁的巴贝奇当选为英国皇家学会会员, 他参与了英国天文学会和统计学会的创建, 是天文学会金质奖章获得者, 同时还是巴黎伦理科学院、爱尔兰皇家学会和美国科学院的成员。

1828—1839 年, 巴贝奇在剑桥大学担任“卢卡斯 (Lucasian) 讲座”的数学教授, 这一职位只有具有极为高深学术造诣的学者才能担任, 此前这项殊荣仅仅有两个人获得过——牛顿的老师巴罗和牛顿本人。

巴贝奇很早就热衷于计算机的设计和制造。在大学读书期间，巴贝奇就发现当时流行的各类数学用表和航海表错误百出。这些由机械运算产生的数据表位数少、精确度低，而且使用起来极为不便，甚至造成巨大的经济损失。这些问题激起了巴贝奇要重新计算数据表的愿望。他设想研制一种机器，能运算和编制出可靠的数据表。可以把人从烦琐的计算中解脱出来，同时还可以尽量减少错误，提高精度。

1821年，巴贝奇得到银行家父亲的支持，开始研制计算机。他提出了几乎是完整的程序自动控制的设计方案，并于1822年利用多项式数值表的数值差分规律，设计出一台计算机模型——“差分机1号”（Difference Engine No.1）。由于当时工业制造水平较低，第一台差分机从设计绘图到机械零件加工，都由巴贝奇亲自动手完成。它不仅能每次完成一个算术运算，而且还能按预先安排自动完成一系列算术运算，“差分机1号”包含了程序设计的萌芽。出于经济上考虑，巴贝奇差分机使用的是十进制系统，采用齿轮结构。十进制数字系统的每一组数字都刻在对应的齿轮上，每项计算数值由互相啮合的一组数字齿轮的旋转方位显示。

“差分机1号”的制造，花费了家中大笔财产，巴贝奇向英国政府提交申请，寻求政府的财政资助他建造第二台运算精度更高的差分机。通过皇家学会的协助，这项计划受到政府的高度重视和资助。

在制造期间，为了提高运算速度，加大精确度，巴贝奇不断地修改设计，不断更换机器的部件。大量部件制成后，因计划修改或精度要求提高而被弃置一旁，造成时间与资金的浪费，也导致合作者、制造者的不满。因机器设计调整问题，巴贝奇常常与合作者发生争执。这些都影响了计算机的研制进程。十年间，花费了政府的17000英镑和他自己的13000英镑，造价之高在当时是罕见的。最后，由于缺乏资金和缺少熟练的工人，再加上不断更改设计，致使第二台差分机制造计划于十年后被迫中断。1843年，没有完成的差分机连同设计图纸全部移送伦敦的皇家学院博物馆保存。

在制造差分机期间，巴贝奇就在勾画设计一种能进行任何程序运算的计算机。受雅克特自动提花织布机的启发，巴贝奇提出了把程序编制在穿孔卡片上用以控制计算机工作的设想。为此，他于1834年完成了新的设计，称之为“解析机”或“分析机”（Analytical Engine）。

在分析机的设计中，巴贝奇第一次将计算机分为输入器、输出器、存储器、运算器、控制器五个部分。从这一点上，可以说巴贝奇分析机是现代计算机结构模式的最早构思形式。

为了研制分析机，巴贝奇多方筹措资金，先是寻求政府资助未果，后来耗尽了从父亲那里继承来的大部分财产。但还是由于资金和当时制造技术条件的限制，他的分析机未能做成。

在巴贝奇研制分析机的艰苦岁月里，英国著名诗人拜伦的女儿阿达给予了他极大帮助。阿达是世界计算机先驱中的第一位女性，她不顾自己已是三个孩子的母亲，坚定地投身到巴贝奇分析机的研制中去，成为巴贝奇坚定的支持者和合作伙伴。

由于巴贝奇的设想太超前，人们根本无法理解其价值，他一度遭人嘲笑、讥讽，被说成是“幻想家”“疯子”。但就是在这样一种环境下，巴贝奇以顽强的毅力与天才般的智慧设计出一系列完整的图纸。由于当时技术条件的限制，更主要的是那个时代对这类机器还没有需求，巴贝奇的设想未能实现。晚年的巴贝奇因喉疾不能说话，一些介绍分析机的文字材料主要由阿达完成。可惜的是，阿达也英年早逝。

阿达去世后，巴贝奇又默默地独自坚持了20年。晚年的他已经不能准确地发音，甚至不能有条理地表达自己的意思，但他仍然百折不挠地坚持工作。1871年，为计算机事业奉献毕生精力的巴贝奇，满怀着对分析机无言的悲怅，给人们留下一堆复杂的设计图纸，孤独地离开了人世。

根据巴贝奇留下的图纸和仿照那个时代机器原材料所能达到的水平，经过澳大利亚科学家6

年的努力，于 1991 年 5 月，终于仿制出一台巴贝奇分析机，并进行实际运算成功。巴贝奇未完成的事业，在沉睡 150 年后，终于由后来者完成了。

1.3.3 世界上第一位软件工程师——阿达

阿达·奥古斯塔·拜伦 (Ada Augusta Byron, 1815—1852, 见图 1-3), 是著名英国诗人乔治·拜伦 (George Gordon Noel Byron, 1788—1824) 之女。在巴贝奇研制计算机的过程中, 阿达作出了不可磨灭的贡献, 她为翻译查尔斯·巴贝奇早期的程序设计书《分析机概论》(analytical engine) 所留下的笔记, 对现代电脑与软件工程产生了重大影响。

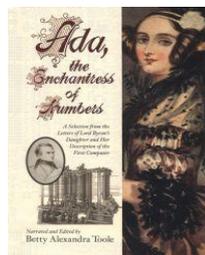


图 1-3 阿达

阿达 1815 年 12 月 10 日出生于英国伦敦, 阿达没有继承父亲拜伦的浪漫, 而是继承了母亲在数学方面天赋极高的数学家的才华。阿达的母亲是位数学爱好者, 她把希望寄托在女儿身上, 渴望并鼓励她发展理性的修养, 而抵制父亲浪漫主义色彩的影响。于是, 阿达从小接受了近乎严酷的教育。

阿达对数学有着杰出的天赋, 在她的一生中, 曾受过三位世界级大师的培养, 他们是女科学家玛丽·萨默维尔 (Mary Farifax Greig Somerville, 1780—1872)、计算机先驱巴贝奇、数理逻辑学家德·摩根 (Augustus De Morgan, 1806—1871)。

1830 年由于母亲安娜与女科学家玛丽·萨默维尔的交往, 15 岁的阿达也成为玛丽家的常客。玛丽热情地鼓励、帮助阿达研究数学, 这使她真正喜欢上数学, 并对自然科学产生了极大兴趣。玛丽把阿达当作自己的女儿一样, 给她数学书籍, 指导她的学习, 为她设计思考问题。她们畅谈数学问题以及其它自然科学问题, 特别是讨论巴贝奇及其制造的计算机。此外, 她们也谈音乐、绘画等艺术, 以及争取妇女受教育权与选举权等政治问题。

1833 年 6 月 5 日, 在一次聚会上阿达认识了巴贝奇。在与巴贝奇的交往中, 阿达对巴贝奇计算机产生了浓厚兴趣。从 1836 年 1 月 18 日开始, 阿达给巴贝奇写信, 探讨分析机的各种问题, 后来在巴贝奇位于伦敦的工作室, 她看到差分机的演示, 立刻为这些机器着迷。1841 年, 在巴贝奇的建议下, 德·摩根专门对阿达的数学研究进行了高级的个别指导。1842 年 10 月, 法国工程师梅纳布雷 (Luigi Federico Menabrea, 1809—1896 年) 发表了一篇关于巴贝奇分析机的理论和性能的文章, 阿达把它由法文译成英文, 而且在其中加入了许多她的注释。1843 年, 她帮助巴贝奇处理论文的译稿时, 加入了许多独特的见解, 深得巴贝奇的赞许。

阿达帮助巴贝奇研究分析机, 并建议用二进制数代替原来的十进制数。她还指出分析机可能像雅克特提花织布机一样编程, 并发现了编程的要素。她还为某些计算开发了一些指令, 并预言计算机总有一天会演奏出音乐并将在科学研究中应用。

阿达为了使分析机的图样变成现实付出了毕生精力。由于得不到任何资助, 耗尽了自己的全部财产, 以致一贫如洗。阿达两次忍痛把丈夫家中祖传的珍宝和自己的珠宝首饰送进当铺, 以帮助巴贝奇渡过经济难关, 使巴贝奇心存感激和备受鼓舞。由于贫困交加及无休止的脑力劳动, 1852 年 11 月 27 日, 软件才女阿达怀着分析机成功的美好梦想英年早逝。

由于阿达在程序设计上的开创性工作, 被誉为是世界上第一位软件工程师、第一位程序员。1979 年美国国防部 (Department of Defense) 研制的通用高级语言就是以阿达命名的, 称为 Ada 语言, 以寄托人们对她的纪念和钦佩。

今天, 处在信息时代的我们在享用计算机带来的丰硕成果时, 不应忘却巴贝奇、阿达为此而进行的艰苦探索。虽然分析机没能在当时研制成功, 但两位计算机先驱为计算机的探索做出了不可磨

灭的贡献。他们那种在逆境中自强不息,对理想不放弃的追求精神将永远激励后人为计算机科学的发展勇往直前。

1.3.4 逻辑代数的创始人——乔治·布尔

乔治·布尔(George Boole, 1815—1864, 见图 1-4), 英国著名数学家、逻辑学家, 也是 19 世纪最重要的数学家、哲学家。

乔治·布尔 1815 年 11 月 2 日出生于英格兰的林肯郡。布尔的父亲是一位鞋匠, 由于家境贫寒, 无力供他读书, 他只得靠自学来获取知识。年仅 12 岁的布尔就掌握了拉丁文和希腊语, 后来又自学了意大利语和法语。16 岁成为一名中学教师, 以任教维持生活。20 岁时, 布尔对数学产生了浓厚兴趣, 并广泛涉猎了著名数学家牛顿(I. Newton, 1643—1727)、拉普拉斯(P.S. Laplace, 1744—1827)、拉格朗日(L. L. Lagrange, 1736—1813)、高斯(C.F. Gauss, 1777—1855)等人的数学名著, 并写下了大量笔记。其中, 布尔最感兴趣的是逻辑。1847 年他发表著作《The Mathematical Analysis of Logic》, 在该书中阐述了逻辑学公理。

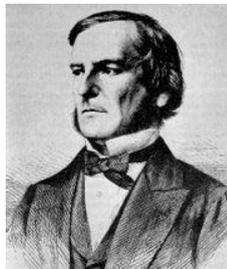


图 1-4 乔治·布尔

1839 年, 24 岁的布尔决心尝试接受正规教育, 并申请进入剑桥大学学习。当时《剑桥大学期刊》(Cambridge Mathematical Journal, 布尔曾投稿的杂志)的主编格雷戈里(D.F. Gregory)表示反对他去上大学, 他说:“如果你为了一个学位而决定上大学学习, 那么你就必须准备忍受大量不适合于习惯独立思考的人的思想戒律。这里, 一个高级的学位要求在指定的课程上花费的辛勤劳动与才能训练方面花费的劳动同样多。如果一个人不能把自己的全部精力集中于学位考试的训练, 那么在学业结束时, 他很可能发现自己被淘汰了。”于是, 布尔放弃了接受高等教育的念头, 而潜心致力于他自己的数学研究。1854 年, 布尔发表了一部重要的著作——《思维规律研究》。在这部著作里, 布尔将形式逻辑归结为代数演算, 即逻辑代数, 人们也常将其称为布尔代数。以上著作标志着一门新学科的诞生。

逻辑是一门探索、阐述和确立有效推理原则的学科。它利用计算的方法来代替人们思维中的逻辑推理过程, 最早是由古希腊学者亚里士多德(Aristotle, 公元前 384—前 322)创立的。17 世纪, 德国数学家莱布尼兹就曾经设想创造一种通用的科学语言, 能将推理过程像数学一样利用公式来进行计算, 从而得出正确的结论。由于当时社会条件的限制, 他的想法并没有实现。但其思想却成为现代数理逻辑部分内容的萌芽。从这个意义上讲, 莱布尼茨的思想可以说是布尔代数的先驱。

布尔一生发表了 50 多篇科学论文、两部教科书和两卷数学逻辑著作。为了表彰他的卓越贡献, 都柏林大学和牛津大学先后授予这位自学成才的数学家荣誉学位, 他还被推选为英国皇家学会会员。1864 年 12 月 8 日, 布尔因患肺炎(这是由于他坚持上课, 在 11 月的冷雨中步行三公里而受凉引起的), 不幸于爱尔兰的科克去世, 终年 59 岁。

1.3.5 信息论的创始人——香农

克劳德·艾尔伍德·香农(Claude Elwood Shannon, 1916—2001, 见图 1-5), 美国数学家、信息论的创始人, 是世界著名发明家爱迪生的远房亲戚。

香农 1916 年 4 月 30 日出生于美国密歇根州, 从小热爱机械和电器, 表现出很强的动手能力。1936 年毕业于密歇根大学(University of Michigan)工程与数学系, 工程与数学是他一生的兴趣所在。在麻省理工大学攻读硕士期间, 他选修了布尔代数, 并且幸运地得到微分析仪研制者布什博

士的亲自指导，布什曾对他预言说，微分分析仪的模拟电路必定可以用符号逻辑替代。从布尔的理论和布什的实践里，香农逐渐悟出了一个道理——前者正是后者最有效的数学工具。

1938年，年仅22岁的香农在硕士论文的基础上发表了一篇著名的论文《A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits》（继电器开关电路的分析）。当时他已发现电话交换电路与布尔代数之间的类似性，把布尔代数的“真”与“假”和电路系统的“开”与“关”对应起来，用1和0表示，并证明布尔代数的逻辑运算可以通过继电器电路来实现，明确地给出了实现加、减、乘、除等运算的电子电路设计方法，从而奠定了数字电路的理论基础。哈佛大学的Howard Gardner教授说，“这可能是本世纪最重要、最著名的一篇硕士论文。”



图 1-5 香农

1940年香农在麻省理工学院获得数学博士学位，1941年进入贝尔实验室工作。在AT&T贝尔实验室里度过了硕果累累的15年。他用实验证实，完全可以采用继电器元件制造出能够实现布尔代数运算功能的计算机。1948年，香农发表了另一篇至今还在闪烁光芒的论文——《通信的数学基础》，为自己赢得了“信息论之父”的桂冠。

1956年，他参与发起了达特茅斯学院（Dartmouth College）人工智能会议，成为这一新学科的开山鼻祖之一。他不仅率先把人工智能运用于电脑下棋方面，而且发明了一个能自动穿越迷宫的电子老鼠，以此证明人工智能的可行性。

2001年2月26日，这位信息论的创始人与世长辞，享年85岁。香农一生中获得超过许多的荣誉和奖励：他是美国科学院院士、美国工程院院士、英国皇家学会会员、美国哲学学会会员，并获得1949年Morris奖、1955年Ballantine奖、1962年Kelly奖、1966年的国家科学奖章、IEEE的荣誉奖章、1978年Jaquard奖、1983年Fritz奖、1985年基础科学京都奖，等等，不胜枚举。

1.3.6 计算机科学之父——图灵

阿兰·麦席森·图灵（Alan Mathison Turing, 1912—1954，见图1-6），英国数学家、逻辑学家、计算机科学家——现代计算机思想的创始人，被誉为“计算机科学之父”和“人工智能之父”。

图灵1912年6月23日出生于伦敦郊区的帕丁顿（Paddington），从小就表现出很强的数学演算能力。1931年中学毕业后，进入剑桥大学国王学院（King's College）学习数学，4年的大学学习给他打下了坚实的数学基础。1935年，图灵开始对数理逻辑（mathematical logic）发生兴趣。数理逻辑又叫形式逻辑（formal logic）或符号逻辑（symbolic logic），是逻辑学的一个重要分支。数理逻辑用数学方法，也就是用符号和公式、公理的方法去研究人的思维过程、思维规律，其目的是建立一种精确的、普遍的符号语言，并寻求一种推理演算，以使用演算去解决人如何推理的问题。自17世纪以来，许多数学家和逻辑学家进行了大量的研究，使数理逻辑逐步完善和发展起来，许多概念开始明朗。但是，“计算机”到底是怎样的一种机器，应该由哪些部分组成，如何进行计算和工作，在图灵之前没有人阐述过。



图 1-6 图灵

1936年，图灵发表了著名的论文《论可计算数及其在判定问题中的应用》（On Computable Numbers With An Application To The Encryption Problem）。在这篇论文中，他第一次回答了这些问题。图灵提出的计算抽象模型被后人称为“图灵机”（Turing Machine）。图灵的论文发表后，立刻

引起计算机科学界的重视。美国普林斯顿大学立即向图灵发出邀请，图灵首次远涉重洋，来到美国与丘奇合作，并于1938年在普林斯顿大学取得博士学位。他博士论文课题是《基于序数的逻辑系统》(Systems Of Logic Based On Ordinals)。在此期间，图灵还研究了布尔逻辑代数，自己动手用继电器搭建逻辑门电路组成了乘法器。在美国期间，图灵还与计算机科学家冯·诺依曼相识。1938年，图灵回到剑桥大学。

第二次世界大战爆发后，图灵正值服兵役年龄而参军，在英国外交部通信处从事破译德军密码的工作。他用继电器研制的译码机（后来改用电子管，命名为 Colossus）破译了德军不少 Enigma 密报，为盟军夺取最后的胜利作出了贡献，图灵也因此而被授勋。战后，图灵来到了英国国家物理实验室（National Physical Laboratory, NPL）新建立的数学部（Mathematics Division）工作，开始了设计与制造电子计算机的宏大工程。他根据自己在计算模型方面的理论研究成果，提出了一个计算机设计方案——ACE（Automatic Computing Engine）；经过英国皇家学会的专家评审，通过了这一设计方案。ACE 是一台串行定点计算机，字长 32bit，主频 1MHz，采用水银延迟线作存储器，是一种存储程序式计算机。图灵在设计 ACE 时的存储程序思想并非受冯·诺依曼论文的影响，而是他自己的构思。

1948年，图灵离开了国家物理实验室，去了曼彻斯特大学皇家学会计算实验室（Royal society computing laboratory）工作。图灵离开 NPL 以后，由詹姆斯·威尔金森（James H. Wilkinson, 1919—1986）负责 ACE 项目，ACE 样机（Pilot ACE）于 1950 年 5 月完成。虽然图灵没有把 ACE 的开发负责到底，但图灵关于 ACE 设计思想以及在 ACE 研制初期所作出的贡献是不可抹杀的。

在曼彻斯特大学期间，图灵参与了 Mark-I 计算机的研制，与他人合作设计了纸带输入/输出系统，还编写了程序设计手册。在此期间，图灵为计算机科学做出的另一重要贡献是他在 1950 年 10 月发表了名为《计算机与智能》(Computing Machinery And Intelligence) 的论文。在这篇经典论文中，图灵进一步阐明了计算机可以具有智能思想；并提出了一个测试机器是否有智能的方法，即“图灵测试”，为人工智能的建立做出了贡献。

为表彰图灵的一系列杰出贡献和创造，1951 年图灵被选为英国皇家科学院院士。1954 年 6 月 8 日，这天早晨，女管家走进他的卧室，发现台灯还亮着，床上有个苹果，只咬了一小半，图灵沉睡在床上，一切都和往常一样。年仅 42 岁的图灵，永远地睡着了，不会再醒来！

经过解剖，法医断定是剧毒氰化物致死，那个苹果是在氰化物溶液中浸泡过的。图灵的母亲则说他在做化学实验时，不小心沾上的，她的“艾伦”从小就有咬指甲的习惯。但外界的说法是服毒自杀。一个划时代的科学奇才就这样在他年富力强的时候无声无息地离开了这个世界，走完了他的人生。

在图灵去世后 12 年，为了鼓励那些在计算机科学研究中作出创造性贡献、推动计算机科学技术发展的杰出科学家，美国计算机学会（Association for Computer Machinery, ACM）设立了以图灵名字命名的计算机科学界的第一个奖项——图灵奖。在设立初期时，奖金仅为 2 万美元，从 1989 年起增至 2.5 万美元。目前，图灵奖由英特尔公司和谷歌公司赞助，奖金为 100 万美元。图灵奖对获奖条件要求极高，评奖程序又很严格，一般每年只奖励一名计算机科学家，只有极少数年度有两名合作者或在同一方面作出贡献的科学家共享此奖。因此，它是计算机界最负盛名、最崇高的一个奖项，人们把它称为计算机科学界的诺贝尔奖。虽然没有明确规定，但从实际执行过程来看，图灵奖偏重于在计算机科学理论和软件方面作出贡献的科学家。

2001 年 6 月，人们为了纪念图灵，在曼彻斯特的 Sackville 公园为他建造了一尊真人大小的青铜坐像。手拿一个苹果的图灵安详地坐在一条长靠背椅上，似乎在沉思着什么。现在，人们看到的

苹果（Apple）电脑公司以那个咬了一口的苹果作为其商标图案（见图 1-7）就是为了纪念这位伟大的人工智能领域的先驱者——图灵。图灵被尊称为“人工智能之父”。

1993 年 11 月 8 日，美国波士顿计算机博物馆举行了一次引起各界关注的“图灵测试”。1997 年 5 月，IBM 公司研制的计算机“深蓝”与国际象棋冠军卡斯帕罗夫进行了举世瞩目的国际象棋大赛，可谓“世纪之战”。而最终“深蓝”以两胜一负三平战胜了卡斯帕罗夫。这一结果让世界为之惊叹！再一次掀起了对图灵伟大预言的热烈讨论。今天，图灵测试已被公认为是“证明机器具有智能的最佳方法”。



图 1-7 商标图案

事实上，图灵对计算机科学的贡献远不仅是图灵机和图灵测试。他在专用密码破译、计算机设计、计算机程序理论、神经网络和人工智能等领域均做出了开拓性的研究；在量子力学、概率论、逻辑学、生物学等诸多领域都有突出贡献。正如被誉为计算机之父的冯·诺依曼一再强调的：如果不考虑巴贝奇等人的工作和他们早先提出的有关计算机和程序设计的一些概念，计算机的基本思想来源于图灵。

1.3.7 计算机之父——冯·诺依曼

约翰·冯·诺依曼（John Von Neuman，1903—1957，见图 1-8），美籍匈牙利著名数学家，鉴于他在发明电子计算机中所起到的关键性作用，他被西方人誉为“计算机之父”。

冯·诺依曼 1903 年 12 月 28 日出生于匈牙利的布达佩斯，父亲是一个银行家，家境富裕，十分注意对孩子的教育。冯·诺伊曼从小聪颖过人，兴趣广泛，读书过目不忘。6 岁时就能用古希腊语同父亲闲谈，一生掌握了 7 种语言，最擅长德语，在他用德语思考种种设想时，又能以阅读的速度译成英语。对读过的书籍和论文，若干年之后他仍能将内容复述出来。



图 1-8 冯·诺依曼

1921 年，冯·诺伊曼在布达佩斯的卢瑟伦中学读书期间，就崭露头角并深受老师的器重。在费克特老师的个别指导下，与老师合作发表了第一篇数学论文，此时冯·诺伊曼还不到 18 岁。

1921—1923 年冯·诺伊曼在苏黎世大学学习，很快又在 1926 年以优异的成绩获得了布达佩斯大学数学博士学位，此时冯·诺伊曼年仅 23 岁。1927—1929 年冯·诺伊曼相继在柏林大学和汉堡大学担任数学讲师。1930 年接受了普林斯顿大学客座教授职位，西渡美国，1931 年成为该校终身教授，1933 年转到该校的高级研究所，成为最初的六位教授之一，并在那里工作了一生。

冯·诺伊曼在数学的诸多领域都进行了开创性工作，并作出了重大贡献。在第二次世界大战前，他主要从事算子理论、量子理论、集合论等方面的研究。1923 年关于集合论中超限序数的论文，显示了冯·诺伊曼处理集合论问题所特有的方式和风格。他把集合论加以公理化，其公理化体系奠定了公理集合论的基础。他从公理出发，用代数方法导出了集合论中许多重要概念、基本运算、重要定理等。特别是在 1925 年的一篇论文中，冯·诺伊曼指出了任何一种公理化系统中都存在着无法判定的命题。

1933 年，冯·诺伊曼解决了希尔伯特第 5 问题，即证明了局部欧几里德的紧群理论。后来，又对算子代数进行了开创性工作，并奠定了它的理论基础，从而建立了算子代数这门新的数学分支，这个分支在当代的有关数学文献中均被称为冯·诺伊曼代数，这是有限维空间中矩阵代数的自然推广。冯·诺伊曼还创立了博弈论这一现代数学的又一重要分支，1944 年发表了奠基性的重要论文

《博弈论与经济行为》，论文中包含博弈论的纯粹数学形式的阐述以及对于实际博弈应用的详细说明，还包含了诸如统计理论等数学思想。冯·诺伊曼在格论、连续几何、理论物理、动力学、连续介质力学、气象计算、原子能和经济学等领域都做过重要的工作。

现在一般认为 ENIAC 是世界上第一台电子计算机，它是由美国科学家研制的，于 1946 年 2 月 14 日在费城开始运行。ENIAC 证明电子真空技术可以大大地提高计算速度，不过，ENIAC 本身存在两大缺点：①没有存储器；②用布线接板进行控制，甚至要搭接几天，计算速度也就被这一工作抵消了。ENIAC 研制组的莫克利和埃克特显然也意识到了这一点，他们也想尽快着手研制另一台计算机，以便改进。

冯·诺伊曼曾是 ENIAC 的顾问，他在研究 ENIAC 的基础上，针对 ENIAC 的不足之处，并根据图灵提出的存储程序式计算机的思想，于 1945 年 3 月提出了“存储程序控制”思想。1945 年 6 月，一个全新的存储程序式、被认为是现代计算机原理模型的通用计算机——电子离散变量自动计算机（Electronic Discrete Variable Automatic Computer, EDVAC）方案诞生了，而此时 ENIAC 还尚未完成。1946 年 6 月，他发表了更为完善的设计报告《电子计算机装置逻辑结构初探》。在该报告中，提出了以二进制和存储程序控制为核心的通用电子数字计算机体系结构，EDVAC 方案明确奠定了新机器由五个部分组成，包括：运算器、逻辑控制装置、存储器、输入和输出设备，并描述了这五部分的职能和相互关系。

EDVAC 还有两个非常重大的改进：①采用了二进制（不但数据采用二进制，指令也采用二进制）；②建立了存储程序，指令和数据可一起放在存储器里，并作同样处理，简化了计算机的结构，大大提高了计算机的速度。

1951 年 EDVAC（埃德瓦克）宣告完成，1952 年进行最后试验，并在美军阿伯丁弹道实验室开始正常运转。EDVAC 方案的提出和研制成功，标志着现代计算机体系的形成。冯·诺伊曼对人类的最大贡献是在计算机科学、计算机技术和数值分析领域的开拓性工作，因而获得很多荣誉。

冯·诺伊曼 1937 年获美国数学学会的波策奖；1947 年获美国总统的功勋奖章、美国海军优秀公民服务奖；1956 年获美国总统的自由奖章和爱因斯坦纪念奖以及费米奖，被尊称为“计算机之父”。

冯·诺伊曼是普林斯顿大学、宾夕法尼亚大学、哈佛大学、伊斯坦布尔大学、马里兰大学、哥伦比亚大学和慕尼黑高等技术学院等名校的荣誉博士；是美国国家科学院、秘鲁国立自然科学院等院的院士。1951—1953 年任美国数学学会主席，1954 年任美国原子能委员会委员。

1954 年夏，冯·诺伊曼被发现患有癌症，1957 年 2 月 8 日在华盛顿与世长辞，终年 54 岁。

冯·诺伊曼逝世后，未完成的手稿于 1958 年以《计算机与人脑》为名出版。他的主要著作收集在六卷《冯·诺伊曼全集》中，1961 年出版。

今天，人们认识到冯·诺伊曼计算机存在的不足，针对冯·诺伊曼结构计算机存在的不足而提出了“超冯·诺伊曼结构计算机”和“非冯·诺伊曼结构计算机”的设想。