

# 第 1 章 信息技术概论

21 世纪是信息技术占主导地位的世纪，人类社会进入信息技术高度发达的信息时代，计算机与信息技术和应用对人类社会产生了巨大而深远的影响，以信息技术为代表的高新技术突飞猛进，以信息化和信息产业发展水平为主要特征的经济高速发展，催生了大量的新兴产业，并形成了先进的生产力。当今世界正在发生着人类历史上最迅速、最广泛、最深刻的变化。

## 1.1 信息与信息技术概述

当今社会被称为“信息社会”，信息与信息技术遍布人类生活的每个角落，越来越多的人在接触和使用信息，信息量骤增，信息间的关联也日益复杂，人们对信息的开发利用不断深入，因此，对信息的处理显得越来越重要。计算机的出现使得人们对大容量的信息进行高速处理成为可能。为此，学习和掌握有关信息和信息技术的基础知识，既有助于我们更好地进行工作和交流，也有助于我们进一步深入学习信息技术相关知识。

### 1.1.1 信息与数据

#### (1) 信息

广义地说，信息（Information）是一切人类的生存活动和自然存在所传达出来的信号和消息。同物质和能源一样，它是人类生存和社会发展的三大基本资源之一。

信息是客观世界中的事物在人脑中的反映。现实世界是一个充满信息的世界，信息的内容千差万别，有的是看得见、摸得着的有形的客观事物，如物体的形状、颜色等信息；有的则是看不见、摸不着的抽象的事物和概念，如商品的价格、气味、各种理论等信息。

#### (2) 数据

数据（Data）是信息在计算机内部的表现形式，是一些未经组织的事实的集合，如人们看到的形象和听到的事实。数据可以在物理介质上记录或传输，并经外围设备被计算机接收、处理进而得到结果。

#### (3) 数据与信息的关系

信息和数据是两个相互关联、相互依存又相互区别的概念。数据是信息的载体。如数值、文字、声音、图形、图像和视频等数据都可以表达信息，因此信息是从数据中加工、提炼出来的，是抽象出来的逻辑意义，用于帮助人们正确决策的有用数据，数据是它的具体表现。根据不同的目的，可以从原始数据中得到不同的信息。虽然信息都是从数据中提取的，但并非所有数据都能产生信息。

#### (4) 信息处理与信息系统

信息处理就是对所获得的数据进行转换、识别、分类、加工、整理、存储等。长期以来，人类主要使用大脑对信息进行手工处理，计算机的应用使信息处理实现了自动化，使数据处理的速度更快、效率更高。

信息系统是指与信息的收集、存储、传递、加工和利用等有关的系统。信息系统一般包括

数据处理系统、管理信息系统、决策支持系统和办公自动化系统等。现在的信息系统是一个以计算机软件、硬件、存储和通信等技术为核心的人机共存的系统，特指利用计算机技术和网络技术的系统。

## 1.1.2 信息技术

### 1. 信息技术

信息技术（Information Technology, IT）是指对信息获取、处理、传输、控制及综合应用的技术。在计算机、通信、微电子等技术基础上发展起来的信息技术被称为现代信息技术，现在所说的信息技术多指现代信息技术。没有计算机，就不会有现代信息处理技术的形成和发展。

计算机技术与通信技术是现代信息技术的核心。通信技术是信息技术的先导，是快速、准确传递和交流信息的重要手段，是人类信息传递系统功能的延伸和扩展，包括信息检测、信息变换、信息处理、信息传递及信息控制等技术。在古代，除了用语言传递信息，人类还用“击鼓”“烽火”和“书信”等手段传递信息；在近代，“电”“激光”等被引入信息技术后，有线通信、无线通信、卫星通信和激光通信等新的信息传递方式迅速发展，为人类提供了种类更多、传递距离更远、速度更快、容量更大、效率和可靠性更高的通信手段。

### 2. 信息技术的发展

历次信息技术革命都会极大地促进社会生产力的发展。在认识世界的过程中，人们认识到信息是构成世界的三大要素（物质、能量、信息）之一。人类社会经历了五次信息技术革命。第一次是语言的使用，第二次是文字的使用，第三次是印刷术的发明，第四次是电报、电话、广播和电视的使用，第五次是以计算机和现代通信技术为核心的现代信息技术的广泛应用。

#### （1）语言的使用

语言的使用是人类历史上的第一次信息技术革命，它使人类信息交流的范围进一步扩大，交流能力和效率进一步提高，使人类社会生产力得到了跳跃式的发展。在远古时期，人类仅能用眼、耳、鼻、舌等感觉器官获取信息，用眼神、声音、表情和动作传递和交流信息，用大脑存储、加工信息，在长期的生产生活实践过程中逐步产生和形成了用于信息交流的语言。

#### （2）文字的使用

人类历史上的第二次信息技术革命是文字的使用。纯语言的信息交流方式在时间和空间上都存在着很大的局限性，人类不再满足于仅使用语言进行信息的交流与传递，逐步创造了各种文字符号表达信息。信息的符号化（文字）使信息的交流和传递突破了时空的限制，使信息的传递和保存发生了革命性的变化，从而可以将信息传递得更远，保存的时间更长。

#### （3）印刷术的发明

活字印刷术是人类信息技术的第三次革命。公元 1040 年，中国的毕昇发明了活字印刷术。活字印刷术的应用，使文字、图形等信息交流更方便、传递范围更广。通过图书、报刊等印刷品的流通，信息共享范围进一步扩大。

#### （4）电报、电话、广播、电视的发明

电话、电报、广播、电视的发明是信息技术的第四次革命。继“电”的发明之后，美国人莫尔斯（Morse）在 1837 年发明了电报，英国人贝尔（Bell）在 1876 年发明了电话，意大利人马可尼（Marconi）在 1896 年发明了无线电发报机，英国人贝尔德（Baird）在 1924 年发明了最原始的电视机。这些发明奠定了通信、广播、电视产业的基础。人们通过电磁信号来表示、

发送和接收文字、声音、图像等信息，使得信息的传递速度得到了极大的提高。电视、电话的普及与应用，使人们突破距离的限制进行实时信息交流，从而让相互传递信息变得更加方便、快捷。

### （5）计算机、现代通信技术的广泛应用

20 世纪 60 年代，计算机的发明预示了第五次信息技术革命的到来。计算机的普及，通信技术的发展和运用，尤其是 Internet 的兴起，使得信息的传递、存储、加工处理等完全实现了自动化。人类社会进入了崭新的信息化社会，现代信息技术已成为社会最重要的组成部分。

## 3. 发展信息技术的意义

信息技术的快速发展和广泛应用，对现代社会的产业结构变化以及信息化进程产生了巨大的推动作用，对人类生产和生活的各方面产生了极大的影响。

信息技术的发展对传统产业结构产生了重大的影响，孕育并产生了一个有着无限发展潜力的信息产业，信息技术的重大突破使信息产业成为世界上最大的产业。信息产业是以信息产生、加工和应用为核心的产业，不仅为传统的农业、工业和服务业注入了新的活力，实现了农业现代化、工业自动化和服务高效化，还改变着整个社会的产业结构，引发了新的产业革命。信息产业的兴起必将影响到人们就业结构的变化。在一些发达国家，从事信息行业的人数占总从业人数的一半以上，还在不断增加。

信息技术和互联网的发展，大大加快了社会信息化建设的步伐，使全球信息共享成为现实。信息技术为人们提供了全新的、更加有效的信息获取、传递、处理和控制的的手段与工具，增强了人类信息活动的的能力，极大地扩展了人类信息活动的范围和空间。

信息技术对人们的生产、生活产生了巨大的影响，它正在改变着人们的工作和生活方式。家庭信息化和工作家庭化给人类的生活和工作带来了许多便利，使人们的生活方式从工业社会中的极端社会化生活逐步演变为信息社会中具有强烈个性色彩的个性化生活，使人们获得更多的生活乐趣。

## 1.1.3 信息技术当前的研究热点

当前信息技术的研究热点包括可信计算、云计算、物联网、绿色计算和信息物理融合系统等。

### 1. 可信计算

可信计算（Trusted Computing）是一种新的信息系统安全技术，它把人类社会成功的管理经验用于计算机信息系统和网络空间，以确保计算机信息系统和网络空间的安全可信。什么是可信目前尚未形成统一的定义。国际标准化组织（ISO）与国际电子技术委员会（IEC）在其发布的目录服务系列标准中基于行为预期性定义了可信性，即如果第二个实体完全按照第一个实体的预期行动时，则第一个实体认为第二个实体是可信的。

可信计算组织（Trusted Computing Group, TCG）认为，可信计算的总体目标是提高计算机系统的安全性，确保实现系统数据的完整性、数据的安全存储和平台可信性的远程证明等目标。可信计算包括可信硬件、可信软件、可信网络和可信计算应用等方面。

### 2. 云计算

云计算（Cloud Computing）还没有一个公认的定义，一般采用如下定义：“云计算是一种

由规模经济驱动的大规模分布式计算模式，通过这种计算模式，实现抽象的、虚拟的、可动态扩展、可管理的计算、存储、平台和服务等资源池，由互联网按需提供给外部用户”。

云计算具有如下特征。

① 大规模。云计算是一种分布式计算模式，是由规模经济驱动的计算模式。因此，大规模是云计算的首要特征，只有大规模的云计算才能实现云计算的各种服务优势，尤其是服务的能力和规模的规模经济。

② 虚拟化。通过虚拟化技术，云计算把各层次的功能封装为抽象实体，为用户提供各层次的云服务。在任意位置的用户可以使用各种终端从云中获取应用服务，而不需了解它的具体实现和具体位置。

③ 可靠性。云计算的发展依赖于云服务市场，云服务的发展依赖于云服务的可靠性，因此，云计算必须采取措施来确保服务的高可靠性，可靠性是云计算必不可少的特性。

④ 可扩展性。“云”的规模可以动态扩展，以满足用户和应用规模不断增长的需要。同时，云服务也支持用户应用在云中的可扩展性。

⑤ 动态配置。云服务可以按需定制，按需供应。

⑥ 经济性。云计算依靠规模经济，规模经济带来的是低成本优势。经济性是云计算的一个重要特征。

### 3. 物联网

物联网（Internet of Things）就是物物相连的互联网，是一个基于互联网、传统电信网等信息载体，让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互连互通的网络。物联网是指通过射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，与互联网结合而形成一个巨大的网络。信息传感设备通过实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程等需要的信息，实现对物品的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。

物联网具有以下特征。

① 物联网是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型的传感器，每个传感器都是一个信息源，不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。传感器获得的数据具有实时性，周期性地按一定的频率采集环境信息，不断更新数据。

② 物联网是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网，通过各种有线网络和无线网络与互联网融合，将物体的信息实时、准确地传递出去。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输，由于其数量极其庞大，形成了海量信息，为了保障数据的正确性和及时性，在传输过程中必须适应各种异构网络和协议。

③ 除了提供传感器的连接，物联网也具有智能处理的能力，能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合，利用云计算、模式识别等技术，扩充其应用领域，分析、加工和处理从传感器获得的海量信息，得出有意义的信息，以适应不同用户的不同需求。

### 4. 绿色计算

绿色计算（Green Computing）还没有一个公认的定义。绿色计算是指以环保的理念设计、使用计算机及其相关资源的行为。一般认为，绿色计算机就是符合环保概念的计算机主机和相关产品（含显示器、打印机等外设），具有省电、低噪声、低污染、低辐射、材料可回收及符合人体工程学特性的产品。在设计计算机时，除了需要获得高性能，也要考虑电力消耗、空间占用、热耗散等因素，达到节能、环保的要求。

## 5. 信息物理融合系统

信息物理融合系统（Cyber-Physical System, CPS）是一个综合计算、网络和物理环境的多维复杂系统。信息物理融合系统的概念最早由美国国家基金委员会在 2006 年提出，其核心是通过 3C（Computation, Communication, Control）即计算、通信与控制技术的有机融合和深度协作，实现大型工程系统的实时感知、动态控制和信息服务。信息物理融合系统实现计算、通信与物理系统的一体化设计，使系统更加可靠、高效和实时协同，具有重要而广泛的应用前景。近年来，信息物理融合系统不仅成为国内外学术界和科技界研究开发的重要方向，预计也将成为企业界优先发展的产业领域，开展信息物理融合系统研究与应用对于加快推进我国的工业化与信息化融合进程具有重要意义。

### 1.1.4 信息社会

信息社会也称为信息化社会，是人类在工业化社会之后的一个新的社会形态，信息活动成为社会发展的最基本活动，信息经济成为主导经济，信息将改变人们的教育、生活、工作方式以及价值理念。

#### 1. 信息社会的特征

信息社会与农业社会、工业社会有着本质的区别，主要表现在以下几方面。

##### （1）社会生产方式

随着信息社会的发展，新的生产方式逐渐形成。自动化生产方式代替了传统的机械化生产方式，进而将人们从繁重的体力劳动中解放出来；从刚性生产方式到柔性生产方式的转变，使企业可以根据市场变化及时调整产品生产规模和品种；大规模集中型生产方式转变为规模适度的分散型生产方式。

##### （2）产业结构

信息社会必将形成新的产业结构。传统农业和工业生产在信息社会将占据越来越小的比重，信息产业将迅速发展并成为全社会的支柱产业，其产值将在国民经济总产值中占绝对优势。

##### （3）就业结构

产业结构的变化必将导致就业结构的变化。正如由农业社会到工业社会的演变，从事农业生产的农民向从事工业生产的工人转移，在信息社会，将有大量的各类劳动者转向信息产业，从事信息产业的人数将占从业人数的大多数。

##### （4）交易方式

信息社会交易方式出现了新的变化。信息技术促进市场迅速发展，促使真正意义上的全球化市场的形成。信息技术提供了新的交易手段，电子商务将成为基本的交易形态，扩大了市场的交易空间。

##### （5）城市化

工业化社会加快了城市化进程，城市为人们居住的主要聚集地，在完成了工业化的发达国家中，城市人口已超过 80%。随着工业社会向信息社会的演进，中心大城市的发展速度减缓，中、小规模城市的发展速度加快，各种规模和等级的城市通过发达的交通网和通信网，形成功能上相互补充、地域上相互渗透的城市群，使其在整个社会经济发展中都发挥重要的作用。

##### （6）生活方式

在高度信息化的社会，电话网、电视网和计算机网络将形成一个智能化网络，遍及社会的

各个角落，电话、电视和计算机等数字化终端将无处不在。各种家用数字化产品和基于网络的家电将被广泛使用，无论你在何时、何地，都可以获取文字、声音和图像信息，可以控制家用电子化设备。

另外，在信息社会中，生产力与生产关系、社会组织与管理结构、数字化设备在生产与服务领域以及军事领域的应用都将表现出新的特征。

## 2. 信息技术对当今社会的影响

信息技术被公认为 21 世纪的高新技术之一，已成为世界各国实现政治、经济、文化发展目标的最重要技术。信息技术已对人类社会生活的各个领域产生了广泛而深远的影响，推动了社会生产力的变革，提高了人类社会开发利用信息资源的能力。信息技术已经实现了贸易电子化、政府信息化、教育信息化和生活便捷化，这是信息技术发展的主流。信息技术的高度快速发展在给人类带来巨大的利益和物质财富的同时，也对社会产生了一定的负面影响。

① 信息过度增长，将导致信息爆炸，使人们处于一种信息超载的状态。

② 社会信息流中混杂着虚假错误、荒诞离奇、淫秽迷信和暴力凶杀等信息，这些信息使传统的道德准则和价值观念受到强烈冲击。

③ 工业社会的财富是资本，而信息社会的财富就是信息，获取和处理信息的能力造成了新的贫富差距。谁拥有信息，谁就等于拥有了财富，发展中国家和发达国家在信息资源占有能力和信息处理能力等方面存在较大的差距，获取信息的机会极不平等，发展中国家和发达国家之间的贫富差距会进一步扩大。

④ 由于管理方面的疏漏和技术方面的缺陷，信息系统变得更易受到破坏，信息安全问题时有发生，已成为世界各国一大社会忧患。信息技术完全突破了传统的信息获取方式，复制技术的发展使信息极易被多次复制和扩散，为大规模侵权提供了方便；另外，信息技术的高速发展也带来了信息经济利益分配、个人隐私和人际交流等问题。

## 1.2 信息处理装置的发展

人类最初发明计算机装置是为了使其承担枯燥、烦琐的数值计算，从而减轻人的脑力劳动强度，然而，随着各种信息编码技术的发明，在人类研究和开发计算机装置及计算技术的过程中，不仅使其具有加、减、乘、除等基本运算能力，还逐步赋予了计算机逻辑判断能力，使其可以根据问题的性质，执行不同的运算。计算机不仅能够处理数值，还能够处理更广泛的其他形态的信息，如文本、图形、图像、音频和视频等，使计算机成为了名副其实的信息处理装置。

### 1.2.1 机械式计算装置

为了适应人类社会生产发展的需要，人类发明了各种计算工具，以适应社会生产力的发展。

中国唐末发明的算盘是人类历史上最早的一种计算工具。直到现在，算盘在我国还在使用。法国科学家帕斯卡（B. Pascal）于 1642 年发明了齿轮式加、减计算器。在当时，这个计算器很有影响。德国著名数学家莱布尼兹（W. Leibniz）对这种计算器非常感兴趣，在帕斯卡研究的基础上提出了进行乘、除法计算的设计思想，并用梯形轴作为主要部件，设计了一个计算器。它是一个能够进行四则运算的机械式计算器。齿轮式加、减计算器和机械式计算器都没有自动计算的功能。



计算机对输入的各种数据进行处理、存储或传输，并输出处理结果。程序是计算机解决问题的有限指令序列。不同的问题只需执行不同的程序即可，因此计算机具有较好的通用性。

## 1. 第一台电子计算机的诞生

1946年初，在美国宾夕法尼亚大学，由物理学家莫克利等人研制的世界上第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) 正式投入使用。ENIAC 计算机是一台公认的“大型”计算机。它的体积为 90 m<sup>3</sup>，重 30 t (吨)，占地约 120 m<sup>2</sup>，耗电约 150 kW，使用了约 18800 只电子管、70000 多个电阻、1000 多个电容器、6000 多个开关。它的加法运算速度为 5000 n/s，能在 30 s 内计算出从发射到击中目标飞行 1 分钟的弹道轨迹，计算速率比人工计算提高了 8400 多倍，比当时最快的机电式计算机要快 1000 倍。这台计算机完全是为了军用而研制的。

ENIAC 的问世，在人类科学史上具有划时代的伟大意义，奠定了计算机发展的基础，开辟了电子计算机科学的新纪元。

ENIAC 虽然极大地提高了运算速度，但它需要在解题前根据计算的问题连接外部线路，而这项工作在当时只能由少数计算机专家才能完成，而且当需要求解另一个问题时，必须重新进行连线，使用极不方便。与此同时，对计算机做出巨大贡献的美籍匈牙利著名数学家冯·诺依曼 (John Von Neumann) 发表了《电子计算机装置逻辑初探》的论文，第一次提出了存储程序的理论，即程序和数据都事先存入计算机中，运行时自动取出指令并执行指令，从而实现计算的完全自动化。根据这一思想，他设计出了世界上第一台“存储程序式”计算机 EDVAC (The Electronic Discrete Variable Automatic Computer，电子离散变量自动计算机)，并于 1952 年正式投入运行。尽管事实上实现存储程序设计思想的第一台电子计算机是英国剑桥大学的威尔克斯 (M.V. Wilkes) 领导设计的 EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator，电子延迟存储自动计算器)，于 1949 年 5 月研制成功并投入运行，但是基于“存储程序”方式工作的计算机习惯地被统称为冯·诺依曼计算机。

直到目前，尽管现在的计算机与当初的计算机在各方面都发生了惊人的变化，但其基本结构和原理仍然基于冯·诺依曼理论。

## 2. 计算机的四个发展阶段

自第一台计算机问世以来，按计算机所采用的逻辑器件，计算机的发展分为 4 个阶段。

第一代计算机 (1946—1957 年)：采用电子管作为逻辑元件，其主存储器采用磁鼓、磁芯，外存储器采用磁带、纸带、卡片等；存储容量只有几千字节，运算速度为每秒几千次；主要使用机器语言编程，用于数值计算。这一代计算机的体积大，价格高，可靠性差，维修困难。

第二代计算机 (1958—1964 年)：采用晶体管作逻辑元件，其主存储器使用磁芯，外存储器使用磁带和磁盘；开始使用高级程序设计语言；应用领域也由数值计算扩展到数据处理、事务处理和过程控制等方面。相对第一代计算机，这一代计算机的运算速度更高，体积变小，功能更强。

第三代计算机 (1965—1970 年)：逻辑器件采用了中、小规模集成电路，其主存储器开始逐渐采用半导体器件，存储容量达几兆字节，运算速率可达每秒几十万至几百万次；体积更小，成本更低，性能进一步提高；在软件方面，操作系统开始使用，计算机的应用领域逐步扩大。

第四代计算机 (1971 年至今年)：逻辑元件采用大规模和超大规模集成电路，集成度大幅度提高，运算速率可达每秒几百万次至几百万亿次，具有高集成度、高速度、高性能、大容量

和低成本等优点；在软件方面，系统软件功能完善，应用软件十分丰富，软件业已成为重要的产业；计算机网络、分布式处理和数据库管理技术等都得到了进一步的发展和应用。

从 20 世纪 80 年代开始，一些发达国家开展了称为“智能计算机”的新一代计算机系统研究，企图打破现有的体系结构，使计算机具有思维、推理和判断能力，被称为第五代计算机。

## 1.2.4 计算机的发展趋势

计算机为社会发展做出了巨大的贡献。随着计算机在社会各领域的普及和应用，人们对计算机的依赖性越来越大，对计算机的功能要求越来越高，因此，有必要研制功能更强大的新型计算机。

计算机未来的发展趋势概括为以下 5 方面。

### (1) 巨型化

巨型化是指发展高速、大存储容量和功能更强大的巨型机，以满足尖端科学的需要。并行处理技术是研制巨型计算机的基础，巨型机能够体现一个国家计算机科学水平的高低，也能反映一个国家的经济和科学技术实力。

### (2) 微型化

发展小、巧、轻、价格低、功能强的微型计算机，以满足更广泛的应用领域。近年来，微机技术发展迅速，新产品不断问世，芯片集成度和性能不断大幅度提高，价格越来越低。

### (3) 网络化

计算机网络是计算机技术和通信技术结合的产物，是计算机技术中最重要的一个分支，是信息系统的基础设施。目前，世界各国都在规划和实施自己的国家基础设施（National Information Infrastructure, NII），即国家的信息网络。NII 将学校、科研机构、企业、图书馆、实验室等部门的各种资源连接在一起，供全体公民共享，使任何人在任意时间、地点能够将文字、图像、音频和视频等信息传递给在任何地点的任何人。

网络的高速率、多服务和高质量是计算机网络总的发展趋势。尽管网络的带宽不断大幅提高，服务质量不断改善，服务种类不断增加，但由于网络用户急剧增多，用户要求越来越高，网络仍然不能满足人们的需要。

### (4) 智能化

智能化是指用计算机模拟人的感觉和思维过程，使计算机具备人的某些智能，能够进行一定的学习和推理（如听、说、识别文字、图形和物体等）。

智能化技术包括模式识别、图像识别、自然语言的生成和理解、博弈、定理自动证明、自动程序设计、专家系统、学习系统和智能机器人等。

### (5) 多媒体化

多媒体化是指计算机能够更有效地处理文字、图形、动画、音频、视频等形式的信息，从而使人们更自然、有效地使用信息。

长期以来，计算机只能提供以字符为主的信息，难以满足人们的需要；多媒体技术的发展使计算机具备了综合处理文字、声音、图形和图像的能力，而在现实生活中人们也更乐于接受图、文、声并茂的信息。因此，多媒体化将成为未来计算机发展的一个重要趋势。

硅芯片技术高速发展的同时，硅技术越来越接近其物理极限。为此，人们正在研究开发新型计算机，以使计算机的体系结构与技术产生一次量与质的飞跃。新型计算机包括量子计算机、光子计算机、分子计算机、纳米计算机等。

## 1.3 计算思维

### 1.3.1 计算思维的基本概念

2006年，美国卡内基·梅隆大学的 Jeannette M. Wing（周以真）教授首次提出了计算思维（Computational Thinking）的概念。她认为，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、人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。

计算思维具有以下特征：

- ① 计算思维是概念化的抽象思维而不只是程序设计。
- ② 计算思维是基本的而不是死记硬背的技能。
- ③ 计算思维是人的而不是计算机的思维方式。
- ④ 计算思维是数学和工程思维的互补与融合。
- ⑤ 计算思维是思想而不是人造品。
- ⑥ 计算思维面向所有的人和所有地方。
- ⑦ 计算思维关注依旧亟待理解和解决的智力上极具挑战性的科学问题。

通常，科学界专家认为，人类认识世界和改造世界包括三种思维：以数学学科为基础的理论思维、以物理学科为基础的实验思维和以计算机学科为基础的计算思维。计算思维汲取了解决问题所采用的一般数学思维方法、现实世界复杂系统设计与评估的一般工程思维方法以及复杂性、智能、心理、人类行为理解等的一般科学思维方法。

计算思维不仅是计算机专业工作者必须具备的技能，如同人们应具备基本的读、写和计算技能一样，每个现代人都应该具备。计算思维最根本的内容是抽象（Abstraction）和自动化（Automation）。与数学和物理科学相比，计算思维中的抽象显得更丰富，也更复杂。计算思维中的抽象超越物理的时空观，并完全用符号来表示。

虽然计算思维是近年提出的理念，但计算思维其实早在各学科领域甚至各行各业中发挥着重要的作用，而且随着计算技术的发展，这种作用将会不断增强。探讨计算思维的目的是使人们在学习和应用计算机过程中有意识地培养计算思维，更有效地利用计算机分析和解决现实问题。

### 1.3.2 计算思维的典型方法

随着计算技术的不断发展，计算思维在其他学科中的影响也在不断深化。计算机科学与技术的发展过程中已形成了许多使用计算思维解决问题的方法，较典型的有抽象、分解、并行、缓存、排序、索引等，还有递归、容错、冗余、调度学习等方法。这些方法在计算机科学与技术研究、工程实践中发挥了重要的作用，在其他领域甚至日常生活实践中也得到了广泛运用。

#### （1）抽象（Abstraction）

抽象是指抽取事物的共同的本质性特征，即忽略一个主题中与当前问题无关的因素，以便更充分地考虑与当前问题相关的因素。抽象是简化复杂问题的有效途径，如网络协议就是运用抽象思维解决复杂问题的典型代表。

#### （2）分解（Decomposition）

在计算机科学中，将大规模的复杂问题分解成若干个规模较小的、更简单并容易解决的问题加以解决，是一种常用的思维方式。问题分解首先需要明确描述问题，并对问题的解决方法

做出决策，把问题分解成相对独立的子问题，再以相同的方式处理每个子问题，并得到每个子问题的解，直到最终获得整个问题的解。

日常工作中的层次化管理也是对分解思维方法的具体运用。以公司运行为例，一个大型公司就是一个复杂系统，采取层次化管理是一种常用的方法。将公司逐层分解，越上层的机构越少，越往下机构数目越多。各级机构管理好自己的下属机构，完成上级机构制定的目标，最终实现公司的整体目标。

计算思维采用了抽象和分解处理复杂的任务或者设计庞大的系统。通过选择合适的方式陈述问题，或者对一个问题的相关方面进行建模，从而简明扼要刻画复杂系统，能够在不必理会每个细节的情况下安全地使用、调整和影响一个大型复杂系统的信息。

### (3) 并行 (Parallel)

并行是指无论从微观还是宏观，事件在系统中同时发生，是一种重要的计算思维方法。并行计算 (Parallel Computing) 一般指许多指令得以同时执行的模式。在计算机系统设计中，应用并行技术提高系统的效率，如指令流水线技术和多核处理器技术，前者属于时间并行，后者属于空间并行。这两种技术体现了运用并行方法解决问题的不同思路。如果各并行活动独立进行 (即以完全平行的方式进行)，问题就相对简单，只需要建立单独的程序来处理每项活动即可；如果并行活动之间有交互影响，就需要加以协调，因此设计并行系统较困难。

### (4) 缓存 (Cache)

在计算机系统中，缓存将未来可能用到的数据存放在高速存储器中，使将来能够快速得到这些数据，从而提高系统的效率。在计算机的硬件结构设计和操作系统等软件的设计中，预取 (Prefetching) 和缓存技术都被用来提高系统的效率。

预取和缓存技术基于程序的局部性原理，即程序总是趋向于使用最近使用过的数据和指令，其访问行为不是随机的，而是相对集中的。例如，CPU 访问存储器，无论存取指令或数据，所访问的存储单元多聚集在一个较小的连续区域中。根据这一原理，计算机系统中采用了层次化的存储体系结构设计，包括高速缓存、内存储器、外存储器等。高速缓存的访问速度最快、成本高、容量最小，外存储器的访问速度最慢、成本低、容量大。计算机系统充分利用局部性原理，通过预存数据和动态调整策略，提高系统在缓存中命中数据的概率，从而以较多的低速大容量存储器、配合较少的高速缓存，以得到与高速存储器差别不大的存取效率，并在存储容量、速度和成本上获得较好的平衡。

### (5) 排序与索引 (Sort & Index)

排序是信息处理中经常进行的一种操作，将一组元素从“无序”序列调整为“有序”序列。高效的排序算法是提高信息处理效率的基础保障。

索引是指对具有共性的一组对象进行编目，从而根据数据的某一属性能够快速访问数据。在数据库中，使用索引可以快速访问数据库表中的特定信息。

排序和索引技术并非计算机科学独有，在图书和出版行业早就利用排序和索引进行文献的管理。例如，每本图书的目录就是该书的一个索引。索引也是 Web 搜索引擎的核心技术之一。

## 1.3.3 计算机问题求解过程

使用计算机进行问题求解一般需要经过分析问题、设计算法、程序编码和测试四个阶段，把应用需求转变成能在计算机上运行的程序。

### (1) 分析问题

分析问题是使用计算机进行问题求解的第一步。分析问题的目的就是明确拟解决的问题，并写出求解问题的规格说明。因此，准确、完整地理解和描述问题是解决问题的关键。一个问题通常会涉及需求、对象和操作三方面的信息，所以问题的规格说明通常包括要求用户输入、输出的数据及形式、问题求解的数学模型或对数据处理的需求、程序的运行环境等。数学模型是用数学语言（符号、表达式与图像）描述的现实问题，是现实问题的公式化表示。用计算机解决问题必须有合适的数学模型，对实际问题加以提炼和抽象，并建立数学模型的过程称为数学建模。

在软件的开发过程中，需求分析完成后，形成软件的需求规格说明书，程序员要根据需求规格说明进行开发软件。

### (2) 算法设计

算法设计是把问题的数学模型或处理过程转化为计算机的解题步骤。算法设计的好坏直接影响着程序的质量。对于大型软件的开发，算法设计是一个非常复杂又重要的阶段，通常分为概要设计和详细设计两个阶段。概要设计阶段主要是根据需求规格说明建立软件系统的总体结构，设计全局数据结构，规定设计约束，制定组装测试计划等。详细设计阶段主要是逐步细化概要设计所生成的各模块，并详细描述程序模块内部的细节，如工作流程、数据结构、算法等，详细设计的结果应能方便地转换成程序。

### (3) 程序编码

程序编码的主要任务是用某种程序设计语言，将前一步设计的算法转换为能在计算机上运行的程序。在软件开发过程中，编码需要按照需求规格说明进行。程序编码涉及一系列的工作，包括：① 准备输入数据，制作算法流程图，测试、调试及验证程序等；② 检查每个执行步骤；③ 保存工作的准确记录。程序设计者要养成保存历史文档的习惯，如应保存问题的描述与分析文档、原始图、数据描述与数据结构、算法源程序和调试运行的过程记录等。

### (4) 测试

一般来说，编写程序很难做到一次成功，还需要通过测试和调试等步骤获得可正确运行的程序。测试和调试的主要目的在于发现（通过测试）和纠正（通过调试）程序中的错误。调试可分为程序调试和系统调试两阶段。在程序编码阶段对程序调试完毕，要进行系统的整体测试，以便检测所有的功能是否都正确实现，程序的可靠性如何。

软件测试分为两种：白盒测试和黑盒测试。黑盒测试是对功能的测试，只关心输入和输出的正确，而不关注内部的实现。白盒测试是测试程序的内部逻辑结构，也称为结构测试。

## 1.3.4 算法与程序的概念

### (1) 算法

算法是对特定问题求解步骤的一种描述，是指令的有限序列，其中每一条指令表示一个或多个操作。算法应当满足以下特性。

- ❖ 输入：零个或多个由外界提供的输入量。
- ❖ 输出：至少产生一个输出量。
- ❖ 确定性：每个指令都有确切的语义，无歧义。
- ❖ 有限性：在执行有限步骤后结束，且每一步都可在有穷时间内完成。
- ❖ 可行性：通过执行有限次运算可以实现算法中描述的操作。

算法的描述有多种方法，一般用自然语言、流程图和伪代码进行描述。

自然语言描述是指用人们日常生活中使用的语言（本国语言）描述算法，优点是容易理解。

流程图描述是算法的一种图形化表示方法，也称为程序框图。它描述的算法形象、简洁、直观。

伪代码描述是介于自然语言和计算机程序语言之间的一种算法描述方法，是专业软件开发人员常用的方法。

一个“好”的算法应达到以下目标。

① 正确性：算法应当满足具体问题的需求。

② 可读性：算法便于阅读、理解和交流。

③ 健壮性：当输入数据非法时，算法应能适当地做出反应或进行处理，而不会产生莫名其妙的输出结果。

④ 执行效率高与存储需求少：效率指的是算法的执行时间。对于同一个问题如果有多个算法可以解决，执行时间短的算法效率高。存储需求是指算法执行过程中所需的存储空间。

（2）程序

程序是为实现特定目标或解决特定问题，用计算机程序设计语言编写的指令序列集合。通过运行相应问题算法的程序实现使问题得以解决。算法是程序实现的基础，程序是某一算法的具体实现。一个程序应包括对数据的描述和对运算的操作两方面的内容。著名的计算机科学家沃思（Nikiklaus Wirth）就此提出一个公式：数据结构+算法=程序。

## 1.4 信息的数字化

计算机最主要的功能是信息处理，除了处理数值数据，计算机更多地要处理字符、图像、图形、声音等非数值信息对应的非数值数据。要使计算机能处理信息，首先必须将各类信息转换成由 0、1 二进制数组合表示的代码。在计算机内部，各种信息都必须经过二进制编码后才能被传送、存储和处理。因此，要了解计算机的工作原理，必须了解和掌握信息编码的概念与处理技术。

### 1.4.1 数字化编码的概念

所谓编码，就是采用少量的基本符号，按照一定的组合原则，表示大量、多样、复杂的信息。基本符号的种类和这些符号的组合规则是一切信息编码的两大要素。例如，用 26 个英文字母表示英文词汇，用 10 个阿拉伯数码表示数字等，就是典型的编码例子。计算机广泛采用的是只用“0”和“1”两个基本符号组成的二进制码。

### 1.4.2 二进制

#### 1. 二进制数的表示方法

数制，即进位计数制，是指用统一的符号规则来表示数值的方法。数制有多种形式，我们最熟悉的是十进制数，而计算机领域中更多的是使用二进制、八进制和十六进制等数制。

数制中的三个术语如下。

① 数码：用不同的数字符号来表示一种数制的数值，这些数字符号称为“数码”。

② 基：数制所允许使用的数码个数称为“基”。

③ 权：某数制中每一位所对应的单位值称为“权（权值）”。权= $基^i$ ， $i$ 为数码所在位的编号，从小数点向左依次为0、1、2、3、…，自小数点向右依次为-1、-2、-3、…。

十进制数有十个基本数码0~9，进位原则是逢10进1，基数为10。依照这个规律，二进制数的数码为0和1，进位原则是逢2进1，基数为2。

十进制与二进制的表示方法如表1.1所示。

表 1.1 十进制与二进制的对应关系表

十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
二进制数	0	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001

## 2. 计算机为什么要使用二进制数

### (1) 实现容易

二进制数只有两个数码：0和1。很多电子器件的物理状态有两种稳定状态，从而实现容易。例如，晶体管的导通和截止、脉冲的有和无等，都可以用二进制的1和0表示。

### (2) 运算规则简单

例如，1位二进制数的加法运算和1位二进制数的乘法运算规则为：

$$\begin{array}{ll} 0+0=0 & 0\times 0=0 \\ 0+1=1+0=1 & 0\times 1=1\times 0=0 \\ 1+1=10 \text{ (逢二向高位进一)} & 1\times 1=1 \end{array}$$

而减法和除法是加法和乘法的逆运算。根据上述规则，很容易实现二进制的四则运算。

### (3) 能方便使用逻辑代数

二进制数的0和1与逻辑代数的“假”和“真”相对应，可使算术运算和逻辑运算共用一个运算器，易于进行逻辑运算。逻辑运算与算术运算的主要区别在于：逻辑运算是按位进行的，没有进位和借位。

### (4) 记忆和传输可靠

电子元件对应的两种状态（导通与截止）是一种质的区别，而不是量的区别，识别起来较容易。用0和1表示电子元件的两种稳定状态，工作可靠、抗干扰强、便于存储，不易出错。

## 1.4.3 数制之间的转换

虽然计算机采用二进制，但二进制数的数位较多，不便书写和记忆，因此平时常用到十六进制数、十进制数和八进制数，下面介绍各数制之间的转换方法。

### 1. 非十进制数转换成十进制数

转换方法：按权展开求和。

#### (1) 二进制数转换成十进制数

**【例 1-1】**  $(1100.11)_2 = 1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 0\times 2^1 + 0\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2}$   
 $= 8 + 4 + 0 + 0 + 0.5 + 0.25 = (12.75)_{10}$

#### (2) 八进制数转换成十进制数

八进制数有8个基本符号0、1、2、3、4、5、6、7，进位原则是逢8进1。

**【例 1-2】**  $(163.24)_8 = 1\times 8^2 + 6\times 8^1 + 3\times 8^0 + 2\times 8^{-1} + 4\times 8^{-2} = (115.3125)_{10}$ 。

#### (3) 十六进制数转换成十进制数

十六进制数有16个基本符号0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F，进

位原则是逢 16 进 1。

**【例 1-3】**  $(A3F.3E)_{16} = 10 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + 14 \times 16^{-2} = (2623.2421875)_{10}$ 。

## 2. 十进制数转换成非十进制数

转换方法：整数部分采用除基数取余法，小数部分采用乘基数取整法。下面通过例子给予说明。

**【例 1-4】** 将  $(286.8125)_{10}$  转换成二进制数。

对于整数部分：

$$\begin{array}{r|l} 0 & \underline{1} \\ \hline & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} & \underline{2} \\ \hline & 0 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} & \underline{4} \\ \hline & 0 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} & \underline{8} \\ \hline & 0 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} & \underline{17} \\ \hline & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} & \underline{35} \\ \hline & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} & \underline{71} \\ \hline & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} & \underline{143} \\ \hline & 1 \end{array} \quad \begin{array}{r|l} & \underline{286} \\ \hline & 0 \end{array}$$

所以， $(286)_{10} = (100011110)_2$ 。

上述运算过程为：每次将“ $\underline{\quad}$ ”中的数除基数，将商写在“ $\underline{\quad}$ ”的左边，将余数写在“ $\underline{\quad}$ ”的下面，重复这一过程直至商为 0，从左到右的余数即为所得结果。

对于小数部分：

$0.8125 \times 2 = 1.625$	取出整数 1（最高位）
$0.625 \times 2 = 1.25$	取出整数 1
$0.25 \times 2 = 0.5$	取出整数 0
$0.5 \times 2 = 1.0$	取出整数 1（最低位）

所以， $(286.8125)_{10} = (100011110.1101)_2$ 。

例 1-4 通过有限次乘 2 取整后余数变为“0”时，转换结束；而在许多情况下余数不为 0，转换次数为无限，这时可根据要求的精度，选取适当的位数后，停止转换。

用同样的方法，可将十进制数转换成其他进制数，只是转换计算略复杂。

## 3. 二进制数、八进制数、十六进制数相互转换

二进制数、八进制数、十六进制数的基数有着整幂关系，每 3 位二进制数对应 1 位八进制数，每 4 位二进制数对应 1 位十六进制数，所以可以分别对应进行转换，具体方法如下。

(1) 二进制数、八进制数之间的转换

将二进制数转换成八进制数的方法是：以小数点为中心，分别向前、向后每 3 位一组，不足 3 位则以“0”补足，再转换相应的每组数即可。

**【例 1-5】**  $(10110.1001)_2 = (\quad)_8$ 。

解： $(10110.1001)_2 = (\underline{010} \underline{110} \underline{100})_2 = (26.44)_8$ 。

将八进制数转换成二进制数，只要将每位八进制数码展开为 3 位二进制数码，再去掉首、尾的“0”即可。

**【例 1-6】**  $(276.54)_8 = (\quad)_2$ 。

解： $(276.54)_8 = (\underline{010} \underline{111} \underline{110} \underline{101} \underline{100})_2 = (10111110.1011)_2$ 。

(2) 二进制数、十六进制数之间的转换

用类似二、八进制数的转换方法实现。

**【例 1-7】**  $(1011111010.100011)_2 = (\quad)_{16}$ 。

解： $(1011111010.100011)_2 = (\underline{0010} \underline{1111} \underline{1010} \underline{1000} \underline{1100})_2 = (2FA.8C)_{16}$ 。

**【例 1-8】**  $(3DB.4A)_{16} = (\quad)_2$ 。

解： $(3DB.4A)_{16} = (\underline{0011} \underline{1101} \underline{1011} \underline{0100} \underline{1010})_2 = (111101 \ 1011. \ 0100101)_2$ 。

二进制数在计算机内使用是适宜的，但书写、阅读不方便，记忆困难。由于十进制数符合

人的日常使用习惯，因此在使用计算机时仍然使用十进制数，并由计算机完成自动转换为二进制数的工作。八进制数、十六进制数在计算机中常用来表示常数或地址。

### 1.4.4 计算机中的常用编码

计算机只能识别二进制数码信息，因此一切非二进制数码的信息，如数字、字母、汉字等都要用二进制数的特定编码表示。编码可以有多种方法，但为了便于交换和处理，必须采用统一的编码方法。在这里将介绍常用的编码方法。

#### 1. 数字编码

人们习惯使用的是十进制，而计算机内部采用二进制进行运算，为了使数据在输入和输出时更直观，可以用 4 位二进制数的形式直接表示 1 位十进制数，这种表示方法称为二-十进制编码或称为 BCD (Binary Coded Decimal) 编码。这种编码表示的数，计算机也能直接运算。因 4 位二进制编码自左向右每位对应的权为 8、4、2、1，所以这种编码也称为 8421 BCD 码。表 1.2 列出了十进制数 0~15 对应的 8421 BCD 码。

表 1.2 8421 BCD 码与十进制数的关系

十进制数	8421 BCD 码						
0	0000 0000	4	0000 0100	8	0000 1000	12	0001 0010
1	0000 0001	5	0000 0101	9	0000 1001	13	0001 0011
2	0000 0010	6	0000 0110	10	0001 0000	14	0001 0100
3	0000 0011	7	0000 0111	11	0001 0001	15	0001 0101

可以看出，4 位二进制数从 0000~1111 有 16 种状态，而 0~9 只取了 0000~1001 十种状态。这种编码规则可使人们很容易地写出一个十进制数的 BCD 码。

比如，十进制数 1998.12 的 8421 BCD 码可写为 0001 1001 1001 1000.0001 0010；而 BCD 码 1001 1000 0001 0010.0010 1000 对应的十进制数为 9812.28。

#### 2. 字符编码

表示文字信息和控制信息的基础是各种字符。各种字符必须按一定规则用二进制编码表示，才能为计算机所识别。计算机中使用的字符编码有 ASCII、EBCDIC 码和 Unicode 码等，ASCII 是最常用的一种。

##### (1) ASCII

ASCII 是由美国国家标准委员会制定的一种包括数字、字母、通用符号、控制符号在内的字符编码集，全称为 American Standard Code for Information Interchange (美国国家信息交换标准代码)。ASCII 是一种 7 位二进制编码，能表示 128 ( $2^7$ ) 种国际上最通用的西文字符，是目前计算机中特别是微型计算机中使用最普遍的字符编码集。

ASCII 字符集如表 1.3 所示，其中包括 4 类最常用的字符。

① 数字 0~9。这里的 0~9 为 10 个数字字符，从表中可以查出，它们对应的 ASCII 码值为 0110000B~0111001B，习惯上用十六进制数表示为 30H~39H。数字符号"0"~"9"的 ASCII 码减去 30H，即可得到对应数字字符的数值。

② 字母，包括 26 个大、小写的英文字母。字母"A"~"Z"的 ASCII 值为 41H~5AH，字母"a"~"z"的 ASCII 值为 61H~7AH。可以看出，对应的大、小写字母的 ASCII 值相差 20H，即小写字母的 ASCII 值减去 20H，即可得到对应的大写字母的 ASCII 值。

表 1.3 ASCII 字符集

$b_6b_5b_4$ $b_3b_2b_1b_0$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

③ 通用字符，如“+”、“-”、“;”、“,”、“/”和“?”等，共 32 个。

④ 控制符号，包括空格 SP (20H)、回车 CR (0DH)、换行 LF (0AH) 等，共 34 个。

ASCII 是一种 7 位编码，存放时必须占全 1 字节，即占用 8 位，可表示为  $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ ，其中， $b_7$  一般恒置为 0，其余 7 位便是 ASCII 值。

虽然字符本身不具有数值的概念，但是由于一个字符的 ASCII 值正好占用 1 字节的二进制代码，从代码的角度来看，ASCII 有值的概念，也就是说，字符的 ASCII 值可以比较大小。从表 1.3 可以看出，字符的 ASCII 值的规律是：小写字母大于大写字母、字母大于数字、所有的字符都大于空格、空格大于所有的控制符（控制符“DEL”除外）。

ASCII 常用于输入/输出设备，如键盘的输入、显示器输出和打印机输出等。从键盘输入字符信息时，编码电路将字符转换成对应的 ASCII 值输入计算机中，经处理后，再将 ASCII 值表示的数据转换成对应的字符后，在显示器和打印机上输出。

### (2) EBCDIC 码

EBCDIC 码即扩展二-十进制交换码 (Extended Binary-Coded Decimal Interchange Code)。这种字符编码主要用在 IBM 公司的计算机中，采用 8 位二进制表示，有 256 个编码状态，但实际运用时只选用其中一部分。

### (3) Unicode 码

EBCDIC 码和 ASCII 表示的字符，对于使用英语和西欧地区语言的人来说已经够用了，但对于表示中国等亚洲国家所用的表意文字则远远不够，于是出现了 Unicode 码。Unicode 码是一种 16 位编码，能够表示 65000 个字符或符号。目前，世界上的各种语言一般都只用到 34000 多个符号，所以 Unicode 码可以用于大多数的语言。

Unicode 码与 ASCII 完全兼容，已在 Windows、OS/2、Office 等软件中广泛使用。

## 3. 汉字编码

计算机发明后的很长时间内，只能使用西文，不能使用中文。我国科技工作者在汉化

方面做了很多努力，取得了很大的进展。

### (1) 国标码

为了适应计算机处理中文信息的需要，国家标准总局制定了“中华人民共和国国家标准信息交换汉字编码”，代号为 GB2312—1980，称为国标码。该编码集规定了计算机使用的汉字和图形符号总数为 7445 个，其中汉字总数 6763 个，按照常用汉字的使用频度分为一级汉字 3755 个，二级汉字 3008 个，图形符号 682 个。

由于汉字数量大，用 1 字节无法区分，故采用 2 字节对汉字进行编码。

GB2312—1980 中将全部国标汉字及符号组成一个 94×94 的矩阵。在此方阵中，每一行称为一个“区”，每一列称为一个“位”。这样就组成了一个有 94 个区（01~94），每个区有 94 个位（01~94）的汉字字符集。将区号和位号组合在一起就形成了“区位码”。区位码可以唯一确定某一个汉字或符号，反之也一样。

国标码用两个 7 位二进制数表示一个汉字，一般用 4 位十六进制数书写，国标码与区位码之间有如下关系（H 表示该数是十六进制数）：

$$\text{国标码前两位} = \text{区码} + 20\text{H}$$

$$\text{国标码后两位} = \text{位码} + 20\text{H}$$

国标汉字及符号的 94 区的分布情况如下：1~15 区为图形符号区，其中 1~9 区为标准区，10~15 区为自定义区；16~55 区为一级常用汉字区，按拼音排序；56~87 区为二级非常用汉字区，按部首排序；88~94 区为自定义汉字区。

### (2) 机内码

在计算机内部，汉字作为字符（不涉及字形）进行存储、加工等处理时所用的编码称为汉字机内码，简称机内码或内码。因为汉字的区码和位码都在 1~94 内，所以计算机中没有直接采用区位码作机内码，否则就会与 ASCII 码发生冲突。

目前使用的汉字机内码是国标码的变形，即把国标码的 2 字节中的每字节的最高位改为 1，即得到机内码。因此，机内码与国标码、区位码之间有如下关系：

$$\text{机内码} = \text{国标码} + 8080\text{H}$$

$$\text{机内码的第一字节} = \text{区码} + \text{A0H}$$

$$\text{机内码的第二字节} = \text{位码} + \text{A0H}$$

例如，汉字“啊”的区位码是 1601，它的国标码是 3021H，机内码是 B0A1H。

汉字机内码每字节的最高位均是 1，而西文字符机内码（ASCII 码）的最高位是 0，因此可从机内码区分西文字符和汉字。汉字系统的整字识别功能就利用了机内码的这一特点。

### (3) 汉字字形码

汉字与西文相比，具有数量多、字形及笔画复杂等特点，因此对汉字的描述比较复杂，一般把一个汉字看成一个特定的图形，用点阵进行描述，还有矢量和曲线逼近等描述方式。

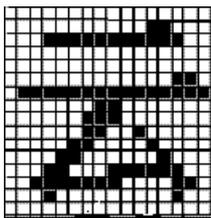


图 1.2 16×16 点阵字

汉字字形码即汉字字形的编码，亦称字模。

汉字点阵描述方法为，将一个汉字放入一个横竖都经过等分的正方形块中，如图 1.2 所示，每个点用 1 位二进制数表示，有笔画的为 1，无笔画的为 0。8 个点组成 1 字节。字节的取向分为横向和竖向两种，前者一般用于显示，后者一般用于打印。

国家颁布了 16×16、24×24、32×32 和 48×48 点阵的字模标准。通常点阵越大，字符的笔画就越光滑，相应字模的存储量也随之加大。存放

字模的数据文件称为汉字字库，简称字库。字库中汉字依照 GB2312—1980 排序。不同点阵的字库所占用的存储空间是不同的，点阵越大，占用的存储空间越大。

矢量字形技术是用一种称为形 (shape) 的图形实体定义字符技术，定义中使用直线和圆弧作为汉字的基本笔画。矢量字形的优点是存储信息量少，缺点是字形不够优美。

采用轮廓字形可以兼有字形信息量少而字形又美观的双重优点。轮廓字形采用直线或者二次曲线的集合描述一个字符的轮廓线。轮廓线构成一个或若干封闭的平面区域。采用适当的区域填充算法，可以从字符的轮廓线定义产生出字符位图点阵。区域填充算法可以用硬件实现，也可以用软件实现。这种方法可以准确地把字符信息描述下来，保证了还原字符的质量，并对字形数据进行了大量的压缩。调用字符时可以任意放大、缩小或进行花样变化，基本满足电子排版印刷对字形质量的要求。目前，国际上流行的 True Type 字形技术就属于字形轮廓字符生成技术，Windows 中文版中的汉字字库就是用这项技术生成的。

自 GB2312 标准之后，国家于 1993 年发布了 GB13000 标准，并在此基础上生成了 GBK 字符集。它与 GB2312 完全兼容，并收录了 20902 个简繁体汉字及符号。该标准是为了解决与我国香港、澳门、台湾地区以及海外的华人、华侨进行信息交流而制定的，仍然用 2 字节表示一个汉字。当繁体字中笔画与对应的简体字笔画完全相同时，则其机内码也相同；如果繁体字中的笔画与对应的简体字笔画不同，其机内码也不同。BIG5 编码是在我国台湾地区流行的一种汉字字符集，也是用 2 字节表示一个汉字，共表示 13053 个繁体汉字，其机内码与 GB2312 完全不同，所以当显示出来的文档出现混乱时，要考虑所用的软件是否支持文档中所用的代码，若不支持，就需要能够转换代码的软件的帮助。

随着 Internet 技术的发展，计算机应用的领域越来越广，GB2312 中的 6763 个汉字明显不够用，如处理人名、地名等。为满足用字需求，信息产业部和国家质量技术监督局在 2000 年 3 月 17 日联合发布了 GB18030—2000《信息技术信息交换用汉字编码字符集基本集的扩充》。在新标准中采用了单、双、四字节混合编码，收录 27000 多个汉字和藏、蒙、维吾尔等主要的少数民族文字，总的编码空间超过了 150 万个码位。新标准适用于图形字符信息的处理、交换、存储、传输、显现、输入和输出，并直接与 GB2312 信息处理交换码所对应的事实上的机内码标准兼容，因此新标准与现有的绝大多数操作系统、中文平台兼容，能支持现有的应用系统。GB18030 为国家强制性标准，从 2001 年 1 月 1 日开始，用户购买计算机时预装的操作系统所带的字库和输入法都应支持 GB18030 标准。新标准从根本上解决了计算机汉字用字问题，为中文信息在国际互联网上的传输与交换提供了保障，为中文信息处理以及计算机在中国的应用奠定了良好的基础。

#### (4) 汉字输入码

像输入西文字符一样，汉字输入也依靠键盘来实现。不过，计算机键盘不具备直接输入汉字的功能，只能依靠另行设计的汉字输入码实现。现行的汉字输入方案众多，常用的有拼音输入法、五笔字型输入法等。虽然每种方案对同一汉字的输入编码并不相同，但经转换后存入计算机内的机内码均相同。例如，以全拼输入方案输入“neng”或以五笔字型输入方案输入“ce”，都能得到汉字“能”所对应的机内码。这个工作由汉字代码转换程序按照事先编制好的输入码对照表完成转换。

常用的拼音输入法有搜狗拼音输入法、智能 ABC 输入法、全拼拼音输入法、微软拼音输入法、智能狂拼输入法等。搜狗拼音输入法是基于搜索引擎技术的、当前网上最流行、用户好评率最高、功能最强大的拼音输入法，智能 ABC 输入法以输入“词组”见长，全拼拼音输入

法以输入“字”为主，微软拼音输入法和智能狂拼输入法以输入“句子”和大段文章为其优势。拼音输入法易学，适用于初学者。

除此之外，在汉字信息处理中还有汉字字形输入码，它以汉字的形状确定编码，编码规则较复杂。汉字的数量虽然多，但都是由基本笔画组成的，全部汉字的笔画和部件（字根）是有限的。因此，把汉字的笔画或部件用字母或数字进行编码，按笔画书写顺序依次输入，就能表示一个汉字。字形码的最大特点是能广泛地为国内外不同地区使用不同汉语方言的人们服务。汉字的形是固定的，因此不认识的字可以拆分。五笔字型输入法是最有影响的字形码。字形码的码长较短，输入速度快，但需要时间去学习和记忆，适用于专业录入人员。

## 本章小结

本章从信息、数据、信息处理、信息系统等基本概念入手，首先介绍了信息技术的发展和应用、信息技术的研究热点以及信息技术对社会的影响，然后介绍了信息处理装置的发展历史和发展趋势、计算思维的概念及典型方法、计算机问题求解过程、算法和程序的概念，最后介绍了数字化编码概念、计算机常用数制与转换方法和计算机常用的编码方法。

## 习题 1

1. 什么是数据？什么是信息？并指出它们之间的区别和联系。
2. 什么是信息处理？什么是信息系统？
3. 什么是信息技术？人类经历了哪几次信息技术革命？
4. 图灵机模型主要由哪 4 部分组成？
5. 简述图灵机的工作过程。
6. 冯·诺依曼计算机的基本原理是什么？
7. 信息技术的研究热点有哪些？
8. 简述未来计算机的发展方向。
9. 简述计算思维的特征。
10. 计算机中为什么要使用二进制数？
11. 将下列十进制数转换成二进制数、八进制数、十六进制数。  
(1) 321                      (2) 98                      (3) 64                      (4) 48
12. 将下列十六进制数转换成二进制数、八进制数、十进制数。  
(1) E3                      (2) 1D8                      (3) 6C                      (4) 3F
13. 什么是汉字编码？汉字国标码和汉字区位码有何不同？