

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

大学计算机基础（第三版）

刘梅彦 主编

徐英慧 李颖 李文杰 副主编



清华大学出版社

大学计算机基础 (第三版)

刘梅彦 主编

徐英慧 李颖 李文杰 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是按照教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导委员会提出的最新教学大纲和教学要求的精神,结合学生的实际情况及人才培养的要求而编写的,力求在综合考虑计算思维能力培养、计算学科知识传授和应用技能训练三者之间关系的基础上,教会学生思考问题的新方法以及利用计算机解决问题的一般方法和技巧,从而拓展学生的视野,培养学生的创新思维,为学生解决相关专业领域的问题提供有效的思维途径。

本书以培养学生的计算思维能力为目标,以信息的表示、存储、处理、传输等技术为主线,精心设计了大量例题和案例。全书共分为8章,内容包括信息、计算与计算思维,面向计算机的信息数字化表示,计算机硬件基础,算法与程序设计基础,操作系统,数据处理与数据管理,数字媒体,计算机网络等。

本书内容新颖,例题丰富,可作为高等学校各专业大学计算机基础课程的教材,也可作为各类计算机培训班的教材和其他读者的自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学计算机基础/刘梅彦主编. —3版. —北京:清华大学出版社,2018

(21世纪高等学校规划教材·计算机应用)

ISBN 978-7-302-48536-0

I. ①大… II. ①刘… 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(2017)第 240816 号

责任编辑:闫红梅 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:胡伟民

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16.75

字 数:418千字

版 次:2011年9月第1版 2018年9月第3版

印 次:2018年9月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:49.00元

产品编号:070589-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格,要有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

快速发展的信息技术已经融入社会生活的方方面面,深刻改变着人类的思维、生产、生活、学习方式,与之密切相关的计算思维已经成为人们认识 and 解决问题的能力之一。因此,作为通识课的大学计算机基础教学,应该在综合考虑计算思维能力培养、计算学科知识传授和应用技能训练三者之间关系的基础上,教会学生思考问题的新方法以及利用计算机解决问题的一般方法和技巧,从而拓展学生的视野,培养学生的创新思维,为学生解决相关专业领域的问题提供有效的思维途径。基于上述教学理念,沿着信息处理、计算、计算思维的概念和实现,我们对第二版教材进行了内容的调整和优化,突出了计算思维的核心地位。

本书的主要特色如下。

(1) 强调以“计算思维”为核心的教学,引导学生逐步提高计算思维能力。在剖析“计算”概念的基础上,讲述了信息时代发生的数字革命的内涵,展示了“计算思维”的社会背景和技术背景,开拓了学生的视野,引发学生对“计算”本质的思考;基于可视化的算法设计环境 RAPTOR,讲解计算思维中抽象、自动化、迭代、递归等概念,以及求解问题、构建系统的方法;在讲授计算机硬件设计、软件设计、网络系统设计、数据库系统设计时突出抽象(在体系结构上分层次)和自动化的思维教学。这不仅教会学生现代计算机的基础知识和技术,为应用计算机解决问题打下良好基础,而且,学生可以从中体会到计算思维的魅力,并把它变成自身能力的一部分。即使将来计算机的具体技术发展、变化了,学生仍可以运用所拥有的计算思维能力,解决所在领域中遇到的新问题。

(2) 教材符合通识教育的理念,注重内容的基础性、实用性。计算与计算思维引入计算机基础教学后,有的教材引入了大量计算机科学的概念和术语,这其实是不利于以“计算思维”为核心的教学的。过多晦涩的计算机专业术语,反而淹没了计算思维的核心概念,还让学生对计算思维产生了畏惧心理。因此,我们在编写教材时遵循的原则是:基本概念讲透彻,拓展性知识讲清问题背景,引导学生自主思考。对于学生学习、生活中密切相关的知识和技术则通过应用案例的方式引入,实施线上线下结合的混合教学。

(3) 结合理论教学,设计内容丰富的实验教学案例。在本书的配套实验教材中,从计算机硬件组装、算法与程序设计、数据处理与数据组织,到网络实验,内容丰富、实用。

本教材分为 8 章,主要内容有信息、计算与计算思维,信息的数字化表示,计算机硬件基础,算法与程序设计基础,操作系统,数据处理与数据管理,数字媒体,计算机网络。

各章内容层次递进,围绕着如何运用计算思维的方法处理信息、求解问题而展开。第 1 章引出当今社会的信息处理需求,以及信息处理的强有力的方法——计算、计算思维;第 2 章研究信息的数字化表示问题,这是使用计算机处理信息的前提;第 3 章讲述信息处理的核心设备——计算机硬件,这是信息处理的物理基础;第 4 章探讨信息处理中的问题求解方式和步骤描述,对算法这一计算思维的核心概念进行了详细讲解;第 5 章中对使用计算机处理信息的核心支撑软件——操作系统进行了分析;第 6 章讨论了信息处理和信息管理

的原理和具体方法，这是用户常用的在计算设备上处理信息的方式；第 7 章对当今社会中最受欢迎的信息呈现方式——图形、图像、音频和视频等的基本概念进行了概括性讲述，出发点是帮助学生更好地使用这些数字媒体；第 8 章对深刻影响了人类社会生活的信息传输设施——计算机网络的基本概念和原理进行了讲解，可以很好地帮助学生解决在互联网大背景下学习、生活和工作遇到的相关问题。

本书第 1、4 章由刘梅彦编写，第 2、3、7 章由徐英慧编写，5.1 节由刘梅彦编写、5.2 节由黄宏博编写，6.1 节由刘梅彦编写，6.2 节由刘梅彦、李文杰联合编写，6.3 节和 6.4 节由李颖编写，第 8 章由刘梅彦、方炜炜编写，全书由刘梅彦主编，徐英慧、李颖、李文杰担任副主编；周长胜副教授审阅了全书。作者所在教研室的全体教师为本书提出了很好的建议，在此表示感谢。

本书实例中的所有素材和源代码均可从清华大学出版社网站上下载。

由于作者的水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

作者

2018 年 6 月

目 录

第 1 章 信息、计算与计算思维	1
1.1 信息与数字革命	1
1.1.1 信息与数据	1
1.1.2 信息时代与数字革命	2
1.2 计算、计算科学和计算思维	4
1.2.1 什么是计算	4
1.2.2 计算科学与计算机科学	5
1.2.3 计算思维	6
1.3 计算机的发展与应用	8
1.3.1 计算机的产生及现状	8
1.3.2 计算机发展趋势	12
1.3.3 计算机的分类	13
1.3.4 计算机的应用	15
习题	16
第 2 章 信息编码与数据表示	19
2.1 进制及其转换	19
2.1.1 认识基于 0 和 1 的二进制	19
2.1.2 不同进制数之间的转换	23
2.2 数据在计算机中的存储方式	27
2.2.1 数据的存储单位	27
2.2.2 数据的存储地址	29
2.3 数值在计算机中的表示	29
2.3.1 真值与机器数	29
2.3.2 原码、反码与补码	30
2.3.3 浮点数在计算机中的表示	33
2.4 字符信息在计算机中的表示	33
2.4.1 西文字符编码	33
2.4.2 中文字符编码	34
2.5 多媒体信息在计算机中的表示	36
2.5.1 图像信息编码	36
2.5.2 声音信息编码	38

习题	40
第3章 计算机硬件基础	42
3.1 计算机硬件系统结构.....	42
3.1.1 图灵机计算模型	42
3.1.2 冯·诺依曼型计算机	43
3.1.3 计算机的基本组成	45
3.2 计算机基本工作原理.....	46
3.2.1 机器指令	46
3.2.2 计算机是如何工作的	47
3.2.3 如何提高 CPU 的执行效率	48
3.3 微型计算机.....	49
3.3.1 微型计算机概述	49
3.3.2 微型计算机的硬件组成	50
3.3.3 微型计算机的主要性能指标	65
习题	65
第4章 算法与程序设计基础	67
4.1 计算思维与算法.....	67
4.1.1 什么是计算思维	67
4.1.2 计算思维与算法的关系	68
4.2 算法.....	68
4.2.1 算法的定义与特性	68
4.2.2 算法的描述	70
4.3 算法设计.....	77
4.3.1 算法设计策略	77
4.3.2 排序与查找算法设计举例	84
4.3.3 算法的评价	89
4.4 程序设计基础.....	90
4.4.1 程序、程序设计和程序设计语言.....	90
4.4.2 Raptor 程序设计基础	95
4.4.3 Raptor 控制结构	101
习题.....	111
第5章 操作系统.....	113
5.1 操作系统基础知识	113
5.1.1 软件概述.....	113
5.1.2 操作系统的组件.....	114
5.1.3 系统启动.....	122

5.2 典型桌面操作系统 Windows	123
5.2.1 Windows 7 概述	123
5.2.2 文件管理	124
5.2.3 程序管理	131
5.2.4 磁盘管理	136
5.2.5 计算机管理	140
习题	143
第 6 章 数据处理与数据管理	146
6.1 数据与数据处理	146
6.2 常用数据处理软件	150
6.2.1 常用办公软件	150
6.2.2 图形可视化与数据分析软件	153
6.3 数据库管理基础	154
6.3.1 数据库基础知识	154
6.3.2 关系数据库	159
6.3.3 结构化查询语言 SQL	161
6.4 数据库应用系统设计案例	164
6.4.1 数据库应用系统的设计	164
6.4.2 创建数据库	168
6.4.3 创建查询	179
习题	187
第 7 章 数字媒体	190
7.1 数字媒体概述	190
7.1.1 什么是数字媒体	190
7.1.2 数字媒体的关键技术	191
7.2 数字音频	193
7.2.1 数字音频基础知识	194
7.2.2 数字音频处理基础	195
7.3 数字图像	196
7.3.1 数字图像基础知识	197
7.3.2 数字图像处理基础	199
7.4 动画技术基础	200
7.4.1 计算机动画	200
7.4.2 动画制作软件 Flash 简介	202
7.5 数字视频	206
7.5.1 视频基础知识	206
7.5.2 数字视频处理基础	209

习题.....	213
第 8 章 计算机网络	215
8.1 网络基础知识	215
8.1.1 认识计算机网络.....	215
8.1.2 网络硬件.....	220
8.1.3 局域网.....	224
8.1.4 无线网络.....	229
8.2 因特网	231
8.2.1 因特网基础知识.....	231
8.2.2 因特网协议.....	234
8.2.3 因特网接入方式.....	236
8.2.4 因特网服务.....	237
8.3 Web 与 HTML	241
8.3.1 Web 基础知识	241
8.3.2 HTML	242
8.4 网络信息安全	243
8.4.1 计算机病毒及其防治.....	243
8.4.2 网络黑客及其防范.....	246
8.4.3 数据加密与数字签名.....	248
8.4.4 防火墙.....	250
习题.....	251
附录 ASCII 码字符编码表	254
参考文献	255

信息、计算与计算思维

信息是信息社会最重要的资源,而对信息和数据处理的需求,引发了人们对计算能力的不断追求。计算机已经成为社会生活必不可少的信息处理工具。然而,计算机为什么能够计算?计算的本质又是什么?计算机的发展经历了哪些关键点?如何看待计算科学的作用和地位?计算思维是什么?如何掌握计算思维呢?本章将对这些问题一一阐述。

1.1 信息与数字革命

1.1.1 信息与数据

1. 什么是信息

信息,指音讯、消息、通信系统传输和处理的对象,泛指人类传播的一切内容。人通过获得、识别自然界和社会的不同信息来区别不同事物,得以认识和改造世界。在一切通信和控制系统中,信息是一种普遍联系的形式。1948年,数学家香农在题为“通信的数学原理”的论文中指出:“信息是用来消除随机不定性的东西。”

信息是对客观世界中各种事物的运动状态和变化的反映,是客观事物之间相互联系和相互作用的表征,表现的是客观事物运动状态和变化的实质内容。

例如,听气象广播,气象预报为“晴间多云”,这就告诉了我们某地的气象状态,而“晴间多云”这一广播语言则是对气象状态的具体描述。

美国信息管理专家霍顿(F. W. Horton)从信息处理的角度给信息下的定义是:“信息是为了满足用户决策的需要而经过加工处理的数据。”简单地说,信息是经过加工的数据,或者说,信息是数据处理的结果。

信息的特征包括如下7项。

(1) 可识别性。信息是可以识别的,识别又可分为直接识别和间接识别,直接识别是指通过感官的识别,间接识别是指通过各种测试手段的识别。不同的信息源有不同的识别方法。

(2) 可存储性。信息是可以通过各种方法存储的。

(3) 可扩充性。信息随着时间的变化,将不断扩充。

(4) 可压缩性。人们对信息进行加工、整理、概括、归纳就可使之精练,从而浓缩。

(5) 可传递性。信息的可传递性是信息的本质等征。

(6) 可转换性。信息可以由一种形态转换成另一种形态。

(7) 特定范围有效性。信息在特定的范围内是有效的,否则是无效的。

那么,如何描述和表示信息呢?信息是通过数据来表示的。

2. 什么是数据

数据是用来承载或记录信息的按一定规则排列组合的符号,可以是字母、数字、文字、图形、图像、声音等内容。

信息与数据二者是不可分离的。信息由与物理介质有关的数据表达,数据中所包含的意义就是信息。信息是对数据解释、运用与解算^①,数据即使是经过处理以后,也只有经过解释才有意义,才成为信息;就本质而言,数据是客观对象的表示,而信息则是数据内涵的意义,只有数据对实体行为产生影响时才成为信息。数据是记录下来的某种可以识别的符号,具有多种多样的形式,也可以加以转换,但其中包含的信息内容不会改变,即不随载体的物理设备形式的改变而改变。信息可以离开信息系统而独立存在,也可以离开信息系统的各个组成和阶段而独立存在;而数据的格式往往与计算机系统有关,并随存放它的物理设备的形式而改变。数据是原始事实,而信息是数据处理的结果。具有不同知识、经验的人,对于同一数据的理解,可得到不同信息。

例如,有一条数据表明一位同学的姓名、身高等,这个学生的姓名可称为一条信息,这些信息组织起来就是一定的数据。又例如,为了表示关于天气的信息,可以用“晴间多云”,也可以用图符。总而言之,数据可表示信息,但不是任何数据都表示信息,同一数据可以有不同的解释。信息是抽象的,同一信息可以有不同的数据表示方式。

1.1.2 信息时代与数字革命

随着电子计算机的出现和逐步的普及,信息传播的费用极大地降低,信息量、信息传播的速度、信息处理的速度以及应用信息的程度等都以几何级数的方式在增长。其结果是:人类社会从工业时代进入了信息时代。信息已经成为比物质和能源更为重要的资源。信息对人们的日常生活,从经济到政治和社会关系等诸多方面都产生了深刻的影响。

信息时代的技术基础是构建在数字电子器件之上的。信息在计算机中也都是用数字代表的。下面讲述信息时代开创的数字革命。

什么是数字革命?数字革命是由数字技术(如计算机和因特网)带来的社会、政治和经济持续改变的过程。

驱动数字革命的技术基于数字电子器件以及电信号可以表示数据(诸如数字、文字、图像和音乐)的概念。信息经过“数字化”后,才能被数字设备识别和处理。什么是数字化呢?

数字化是指把文本、数字、声音、图像和视频转换成数字设备可处理的数据的过程。经过数字化后,原来的包含在书籍、唱盘、照片等不同介质上的信息,都可以转换成同一类信号(即数字信号),不再需要单独的设备来处理。而且,信息的内容非常容易复制、传播,信息的利用率大大提高。

^① “解算”是指求解方法,也就是解决问题的过程和方法。

随着计算机的发展,数字革命也经历了4个不同阶段:数据处理、个人计算、网络计算和云计算。下面简单介绍每个阶段的主要特征。

1. 数据处理

在20世纪40年代中期,为了解决第二次世界大战时期的密码破解和弹道轨迹的计算,电子数字计算机诞生了。此阶段的计算机是体积庞大、构造复杂、价格昂贵的设备,而且数量有限,只有大公司或政府机构才配备。计算机开始应用于商业业务,如工资和库存管理。

数据处理是基于“输入、处理和输出”循环。数据进入计算机,得到处理,最后处理结果被输出。例如,将员工的考勤卡输入到计算机系统,系统就会对工资数据进行处理,计算实发工资、扣除的税费,最后得到“工资单”。

2. 个人计算

在20世纪70年代至90年代中期,已经出现个人计算机(如Apple计算机、IBM PC等),但还未连接到网络,各个计算机相互独立。

个人计算(Personal Computing)的特点是安装本地软件在个人计算机上使用。本地软件在个人计算机的硬盘上,如电子表格软件。

3. 网络计算

从20世纪90年代中期开始,随着计算机网络和因特网对公众开放,网络技术变得越来越方便易用。自从有了因特网(Internet),人们就可以从网络(即Web)上获取各种各样的信息资源,还可以在网上从事商务活动,从而在一定程度上改变了生活和工作的方式,推动了社会的进步。

“网络计算”是把网络连接起来的各种自治资源和系统组合起来,以实现资源共享、协同工作和联合计算,为各种用户提供基于网络的综合服务。

4. 云计算

“云计算”(Cloud Computing)的概念自2006年首次提出,随着2008年2月IBM在中国建立的全球第一个云计算中心(Cloud Computing Center),多个“数据中心”纷纷建立,成为云计算的数据服务和计算服务平台。

作为数字革命第4阶段特征的云计算,让本地应用变得黯然失色。云计算使计算分布在大量的分布式计算机上,而非本地计算机或远程服务器中。企业数据中心的运行将与互联网更相似。这使得企业能够将资源切换到需要的应用上,根据需求访问计算机和存储系统。

好比是从古老的单台发电机模式转向了电厂集中供电的模式,云计算意味着计算能力也可以作为一种商品进行流通,就像煤气、水电一样,取用方便,费用低廉。最大的不同在于,云计算是通过互联网进行传输的,它让用户可以通过因特网访问信息和应用程序,进行通信和存储。

在云计算时代,人们可以使用智能移动设备,可以方便地访问数据中心,播放音乐和电

影,查看新闻,网上购物,网上社交等。云计算极大地改变了人类生活、工作和学习的方式。

任何技术都是双刃剑,数字技术在为人类提供便利的同时,也带来了一系列新问题,如个人隐私泄漏、信息安全和知识产权等问题。了解数字技术如何工作,能够帮助我们理解上述问题的根源,更好地在数字化的社会中生存。

1.2 计算、计算科学和计算思维

1.2.1 什么是计算

计算机为我们提供了快速、准确的计算能力,那么,什么是计算呢?计算机是不是什么都能计算呢?

在大众的意识里,计算首先指的是数的加减乘除,其次则为方程求解、函数的微积分等。可以说,计算是一个无所不在的数学概念。那么,计算的本质是什么呢?直到20世纪30年代,经过丘奇、图灵等数学家的不懈努力,才解释了计算的本质,以及什么是可计算的,什么是不可计算的等。

图灵指出,计算就是依据一定的法则,将一个符号串 f 变换成另一个符号串 g 的过程。

例如,算术式“ $5+7$ ”的值为“12”,运用的法则就是四则运算中的加法法则,符号串 f 是“ $5+7$ ”,符号串 g 是“12”。

例如,如果符号串 f 是“ x^2 ”,符号串 g 是“ $2x$ ”,则从 f 到 g 的计算就是微分。

例如,文字翻译也是计算,如 f 代表一个英文句子, g 代表含义相同的一个中文句子,那么从 f 到 g 就是把英文翻译成中文。

这些例子,都是从已知的符号串开始,一步一步改变符号串,经过有限步骤,得到预先规定的符号串的变换过程。

我们知道,从数学意义上讲,函数是一组可能的输入值和一组可能的输出值之间的映射关系,它使每个可能的输入被赋予单一的输出。显然,根据计算的定义,计算就是函数的计算,函数的输入为已知字符串 f ,输出为字符串 g ,如图1-1所示。

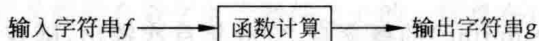


图 1-1 函数计算示意图

对函数进行计算的能力非常重要,正是通过对函数的计算,问题才能得到解决。例如,为了解决一个加法问题,就必须计算加法函数;为了解决一个翻译问题,就必须计算翻译函数。

但是,并不是每个函数都能找到方法来计算。如果一个函数,依据它的输入值,通过算法来确定其输出值,就称其为可计算的函数,反之,就称为不可计算的函数。

在计算机科学中,可计算函数和不可计算函数之间的区别很重要。因为机器只能执行由算法描述的任务,所以可计算函数的研究最终是对机器能力的研究。如果能够确定这样的能力,并建造出具备这种能力的机器,那么可以确信,所建造的机器就如我们设想的一样强大。同样,如果发现一个问题的解决方案需要计算一个不可计算函数,那么可以得出这样

一个结论：该问题的求解超出了机器的能力范围。

如何确定一个函数是不可计算的呢？图灵提出了图灵机可计算函数，即可计算函数都是用图灵机可计算的函数。其中，图灵机是一种计算模型（参见 3.1 节），或理论计算机。为了纪念阿兰·图灵和阿隆佐·丘奇的贡献，此论点称为图灵-丘奇论点。

图灵-丘奇论点对于计算机科学有重大现实意义，它明确刻画了计算机的本质或计算机的计算能力，确定了除了图灵可计算函数之外的函数，计算机是无法计算的。

1.2.2 计算科学与计算机科学

从历史发展的过程来看，人对计算能力的需求是永无止境的，而在各种类型的计算工具中，计算机尤其是超级计算机具有最高计算能力。正是由于它们的出现及发展，使计算与理论和实验一起成为一种新的科学方法。

1. 计算科学

计算科学是使得现代科学面貌焕然一新的独特的新方法。首先，它不断地改变着科学家的工作，即改变实验和理论化的方法。其次，它克服了理论方法和实验方法固有的限制，极大扩展了科学家力所能及分析问题的范围。计算机尤其是现代超级计算机，正使这种可供选择的方法变得完全可行，其结果对我们理解自然规律内在的复杂性和多样性来说将是一场革命。

了解计算科学的内涵，可以协助我们解决领域问题求解中的计算问题。

什么是计算科学呢？从计算的视角，计算科学是一种研究数学建模、定量分析以及利用计算机来分析解决问题的研究领域；从计算机的视角，计算科学是一种利用高性能计算能力预测和了解现实世界物质运动或复杂现象演化规律的研究领域。

计算科学是不可缺少的，它可以辅助解决每一个领域的难题，包括从传统科学、工程学到国家安全、公共卫生和经济改革等关键领域。计算科学的进步带动了计算模型的发展，有利于采集和分析大量实验和观察数据，解决以前难以解决的问题。

计算科学及高端计算处理处在先进社会科学、生物医学、工程研究、防御及国家安全以及工业改革中的中心位置。现在计算科学和理论、实验共同组成科学研究的三大基石。计算科学使研究者能够建立并检验复杂现象的模型，并能迅速、高效地处理大量数据。例如，几百年间的气候变化、飞行器上的多维飞行压力以及恒星爆炸，这些都是在实验室里制造不出来的，计算科学的模型和形象化——例如，疾病的微生物基础或一场飓风的动力的模型——产生了新的知识体系，超越了传统学科的范围。在工业上，计算科学通过将商业和工程实践相转化，为企业提供了一个很具竞争力的优势。

作为一门独立学科，计算科学能够促进整个科学领域的发展。21 世纪科学领域中最重要并具经济前景的研究前沿都是受先进计算技术和计算科学应用的影响的，而且这些领域已经取得了引人注目的成就（参见 1.3 节），也造福了全世界。

2. 计算机科学

计算机科学(Computer Science, CS)是一门包含各种各样与计算和信息处理相关主题的系统学科，从抽象的算法分析、形式化语法等，到更具体的主题，如编程语言、程序设计、软

件和硬件等。

计算机科学中包含很多分支领域。例如,计算复杂性理论,该理论用于探讨计算问题的性质,即研究解决计算问题的时间与空间消耗问题;编程语言理论研究描述计算的方法;而程序设计是应用特定的编程语言解决特定的计算问题;人机交互则专注于怎样使计算机和计算变得有用、好用,以及随时随地为人所用。

按照 Peter J. Denning 的说法,计算机科学的最根本问题是“什么能够被有效地自动化?”计算理论的研究就是专注于回答这个根本问题,关于什么能够被计算,去实施这些计算又需要用到多少资源等。为了试图回答第一个问题,递归论检验在多种理论计算模型中哪个计算问题是可解的。而计算复杂性理论则被用于回答第二个问题,研究解决一个不同目的的计算问题的时间与空间消耗。

1.2.3 计算思维

1. 计算思维的内涵

计算思维是时任美国卡内基·梅隆大学计算机科学系主任周以真(Jeannette M. Wing)教授于2006年提出的。

2005年6月,美国PITAC(总统信息技术咨询委员会)发布了《计算科学:确保美国竞争力》报告,计算思维被作为发展计算科学的突破而提出。紧接着,就开始了以计算思维为核心的大学计算机教育改革,目标是促进造就具有基本计算思维能力的、在全球有竞争力的劳动者。

计算思维在我国高等教育领域与科学研究领域都得到了高度重视,并在近几年的时间里得到全面推进和发展。教育界已经确定了计算思维的教育目标:培养创新人才的一个重要内容就是要潜移默化地培养他们的计算思维。无论哪个学科,具有突出的计算思维能力都将成为新时期拔尖创新人才不可或缺的素质。

什么是计算思维呢?周教授认为: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,以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。

计算思维是一种解析(Analytical)思维,它共用了数学思维、工程思维和科学思维。计算思维的两个核心概念是抽象(Abstract)和自动化(Automation)。计算是抽象的自动执行,自动化隐含着需要某类计算机去解释抽象。

自2006年周以真教授明确计算思维的内涵以来,作为计算机科学学科的基本学科素质和学科专业思维,计算思维得到了广泛的认同。2011年,美国教育界和工商界共同形成了可操性的“计算思维”定义,即:“计算思维”是问题解决过程,包括如下特点。

- (1) 以一种方式使问题公式化,并可以利用计算机或其他工具解决;
- (2) 逻辑组织与数据分析;
- (3) 通过模型与模拟等抽象方式进行数据表达;
- (4) 通过算法思维(一系列有顺序的步骤)进行自动化求解;
- (5) 确认、分析及实施可能的解决方案,以达到步骤与资源最优化的目的;
- (6) 概括问题解决过程并将其应用于各种问题解决。

这些技能也对态度与能力有所要求,如下是计算思维的基本态度与能力维度。包括: