



现代计算机科学与技术教材系列

1

计算科学导论

SUAN KEXUE DAOLUN

第三版

JI

赵致琢 著

XIANDAI JISUANJI KEXUE
YU JISHU JIAOCAI XILIE



科学出版社

www.sciencep.com

现代计算机科学与技术教材系列

计 算 科 学 导 论

(第三版)

赵致琢 著

教育部计算机科学与技术教育与教学改革项目成果

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是我社出版的《计算科学导论》一书的第三版。

本书基于计算机科学与技术一级学科(简称计算科学)人才培养科学理论体系,按照学科系列教材一体化设计的纲要,从科学哲学的角度出发,系统地介绍了计算科学的定义、特点、范畴、形态、历史渊源、发展变化、知识组织结构和分类体系,学科专业培养模式和课程体系等内容,并以学科方法论为切入点,系统地介绍了计算科学的基本问题、学科形态、核心概念、典型方法、典型实例、学科基本工作流程方式等科学哲学范畴内学科范型的内容,系统阐述了计算科学发展的特点、规律,以及学科教学和人才成长的内在规律。全书概念清楚,内容丰富,其高级科普的深度定位,通俗流畅的语言文字,深入浅出的描述和严谨的构思设计有助于读者比较全面地了解计算科学,认识计算科学和学习计算科学。

本书可作为大学计算机科学与技术专业计算机科学导论课程的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算科学导论/赵致琢著. —3版. —北京:科学出版社, 2004

(现代计算机科学与技术教材系列)

ISBN 7-03-013024-3

I. 计... II. 赵... III. 计算机科学—高等学校—教材 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 016036 号

策划编辑: 王淑兰 陈晓萍/责任校对: 耿 耘

责任印制: 吕春珉 /封面制作: 王 浩

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>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1998年2月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2004年3月第 三 版 印张: 18 1/4

2004年3月第十六次印刷 字数: 333 000

印数: 44 001—49 000

定价: 24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

赵致琢简历

赵致琢，1957年出生于上海，河南省焦作市人。高中毕业后曾在工厂当工人，后考入大学学习，1982年毕业于贵州大学数学系计算机软件专业，获理学学士学位，1992年毕业于中国科学院数学研究所计算机软件专业，先后获工学硕士、博士学位，现为厦门大学计算机科学系教授，在多所大学兼职，并被聘为客座教授。从事计算模型、分布式算法与程序理论、计算机教育研究，发起并连续主持全国暑期计算机科学与技术高级研讨班，担任国防工业出版社《现代计算机科学与技术教材系列》编审委员会执行副主编。

赵致琢先后参加和主持承担了国家“863”计划、国家自然科学基金、教育部教育与教学改革、福建省自然科学基金等科学研究项目，发展了一些新的计算模型和分布式算法，并率先创立了一个一级学科人才培养的科学理论体系，提出了“科学办学，内涵发展”的教育思想和“依法管理，无为而治”的大学办学理念，系统地探索了中国高等教育与研究型大学科学办学的理论体系。先后以独立或第一作者名义在国内外计算机科学与技术权威刊物发表了一批学术论文，独立创作并由科学出版社出版了两本学术专著，“教育与教学改革”成果获2001年国家级教学成果奖二等奖。

再 版 前 言

——秋 日 的 笔 记

1997 年,《计算科学导论》正式出版前,曾在内部印刷了几百册作为试用讲义。其中,有几十本赠送给了一些学校和好友。那一年,全国有若干所高等学校计算机科学系(专业)采用这本讲义作教材、教学参考书或供教师讨论。1998 年初,《计算科学导论》由科学出版社正式出版。两年以后,《计算科学导论(第二版)》出版发行。这次的修改本将成为《计算科学导论》的第三版。

承上海交通大学侯文永教授的推荐,该校姚天昉副教授采用了本书承担了授课任务。姚老师是一个认真、严谨的学者,他花了很多时间备课,增加了一些本书没有的内容,一共讲了 18 个学时,完成了预定的教学任务。课程结束前,每一个学生就此写出一篇读书报告,内容包括对学习课程的心得和对教材的批评意见。从姚老师的来信和寄来的 8 个同学的文章看,内容反映了来自不同中学、地区、家庭背景的学生对本课程和教材的真实感受。这些来自教学第一线的真实的试验反馈信息,无论是热情赞赏的还是中肯的批评意见,都极大地鼓舞我并使自己坚信正在进行的教学改革方向的正确性。我由衷地感谢侯老师、姚老师和他们的学生们为《计算科学导论》再版提供的重要修改意见。

湖南大学教授张大方博士,中国地质大学(武汉)孟永良教授,汕头大学于津副教授,河北石家庄经济学院刘坤起副教授对我十分信任,他们在没有看到样书的情况下,毅然决定从 1997 年起使用本书作为教材。湖南大学甚至在暑期的计算机短训班和专科学生中也使用了本教材。而且,据我所知,不少学校至今仍在沿用这本教材。同样对我十分信任的还有哈尔滨工业大学(现在北京工业大学任教)的蒋宗礼教授,华侨大学的张全伙教授和陈永红副教授,贵州大学的陈笑蓉副教授,石家庄铁道学院的梁新来教授,他们也都是在没有看到样书而仅仅得知教材概要的情况下,就决定购买《计算科学导论》作为教学参考书或教材。同行的信任使我深受感动,他们中一些带着对教材诚恳批评意见的来信更令我肃然起敬,中国计算机科学教育事业和科学研究事业尤其需要一大批热心的参与者和勇于实践、探索的先锋!

本书出版后,我曾应邀回到母校贵州大学,为计算机科学系 1998 年入学的新生讲解了 8 个学时,不包括布尔代数部分。这次试讲使我有机会深刻反省教材中的不足之处,为今天的修改和再版写下了许多笔记,其中包括不少第一次提出的

观点和第一版因拿不定主意而未写入教材的内容。复旦大学计算机科学系的朱洪教授在看到本书后,利用自己的“学术网络”向复旦大学、郑州大学、兰州大学、武汉大学、华东师范大学、山东大学等学校的计算机科学系推荐《计算科学导论》,同时对本书提出了一些中肯的意见。他的好意使我觉得更要认真听取各方面的意见,把教材修改好。向所在学校计算机科学系推荐《计算科学导论》的还有中国科学技术大学陈国良教授和岳丽华副教授,南京大学教授许满武博士和宋方敏博士,北京大学教授李晓明博士,北京工业大学教授刘椿年博士,中山大学李师贤教授,山东大学马绍汉教授,浙江大学何钦铭教授,武汉大学戴大为教授,天津民航学院王锦彪副教授,北京邮电大学白中英教授,太原理工大学余雪丽教授,广西大学李陶琛教授,桂林电子工业学院董荣胜副教授,贵州民族学院何光优副教授和杨承中副教授,烟台大学范辉教授(现在山东工商学院任教),云南大学李彤教授,四川大学唐常杰教授,华中科技大学李桂兰教授,西华大学宋文副教授,厦门大学叶仰明教授和王一为、黄俊清老师,以及可能有的但我尚不知道的学者。我愿借此机会,向他们表示衷心的感谢。

两次再版改正了一些文字错误和叙述不当之处,使论述更加严谨。此外,主要是根据第一、二版中有些内容太少而增加了这些内容稍稍详细一点的论述,如计算机系统结构、并行与分布式计算、计算机网络、程序理论和形式语义学、非单调逻辑等内容。当然,这些内容在叙述时采用了自然语言且尽可能通俗的形式。但正如以前我们一直有所担心的,读者可能理解起来有困难。不过,即使一些比较深入的内容理解起来有困难,也不会影响他们获得大概的意思和对有关内容的初步了解。作者衷心感谢武汉大学哲学系桂起权教授,他以科学哲学家的身份对我在科学哲学与学科方法论的结合中所做的探索性研究成果给予的充分肯定,以及后来我们的进一步交流促使我下决心在本书第三版的修订和创作中,将科学哲学与学科方法论的内容作为本书的主线之一加以贯彻和体现。配合本书第三版的修订,我们即将推出《计算科学导论教学辅导书》和《计算科学实验教程(第1分册)》,供学生课外阅读和各校实验课程选用。

原武汉大学计算机科学系的陈深教授通过朱洪教授从国外来信,指出本书第一版介绍的由洪加威教授讲的那个童话不是他最先提出的“三个中国人算法”这一错误,并在后来我们通越洋长途电话的时候建议将这个童话取名为“证比求易算法”。实际上,在此之前,我一直不知道“三个中国人算法”并非指称这个童话,而是指洪加威教授提出的一个在无向图中回路检测问题的算法。这个回路检测算法实际上后来在洪加威教授写的一本《计算:可计算性,相似性与对偶性》(英文)的专著中被简化成“两个中国人算法”。尽管我本人1982年秋天在中国数学会第四次全国代表大会(武汉)上亲耳聆听了洪加威教授的报告,包括本书中引用的那个童话,也曾读过他在国际会议论文集上发表的文章,但因岁月流失,十几年

过去,加上洪加威教授当年(指1980年)的论文发表在一本今天不易找到的由美国出版的计算理论学术年会的论文集上,以至我“张冠李戴”,把“三个中国人算法”的语义弄错了。陈湮教授在信中还建议在适当增加内容后,将本书作为研究生的教材。我认真地思考了几天,觉得有三个因素不宜这样做。一是本书主要供本科生入学时为了对学科有一个全面的初步了解和更好地完成学业作为参考,对研究生许多内容似乎迟了一些;二是对研究生来说,许多学科前沿的研究内容从更高起点的基础而言,主要集中在本书中提到的四个方面的核心基础知识,他们应该努力掌握这些内容,而不是面面俱到地了解所有各个方向的进展情况。而且,有的内容介绍时,由于大多数学校的离散数学和理论计算机科学基础知识的教学在深度上远远不够,因此,在理解上就比较容易产生误解;三是在增加内容时,究竟应该增加哪些方面的内容我难于把握。有些内容很重要,但是必须要引入大量篇幅的预备知识才能讲清楚,这显然不合写作的初衷。感谢陈湮教授的好意,现在尚无必要实现。在此,我向远在美国的陈湮教授表示深深的感谢并向读者致歉。

不时收到一些从书店里购买了《计算科学导论》的在校学生和教师的来信,对自己从第四章里获得了未来努力的方向而感到有所收获。其中,有一些学校的若干名学生在读了本书后,基本上按照书中提出的培养模式和方式方法学习数学基础课程。这些同学非常辛苦但意志坚定,他们不仅要完成所在学校开设的课程的学习任务,而且,还得腾出时间来学习更深入的数学基础课程,弥补正常教学中基础知识的不足。更难能可贵的是,他们基本上是在没有人辅导的情况下艰难地探索前进。于是,这些学生只能牺牲大量的休息时间和寒暑假,以比常人付出更多的努力来获取知识。他们的做法使我深受感动,也令我为他们这样做是否会产生消极影响担忧,因为,这对他们来说意味着“冒险”或某种“风险投资”。令人高兴的是,他们相继来信谈到经过一段时间的努力探索,自己的思维方式正在变得比以前更为严谨,在学习专业(基础)课程时比较易于掌握,学习效率出现“加速”的喜人现象。师生们的来信无疑为《计算科学导论》中的许多观点和思想作了最好的注记。我在心底里感谢这些信任并自愿充当教学改革“先锋”的同时,为国内极少有学校能够迅速地在正常的教学中对至今提出的若干系统的教学改革方案进行全面试验感到遗憾。这使我意识到在目前国内对计算机科学与技术专业教育的办学指导思想、办学模式存在比较大的认识上的差异的情况下,继续保留第四章中计算机科学与技术专业参考办学模式,仍有其积极意义。

也有一些同学和老师来信中谈到了他们学校目前执行的教学计划与课程体系同《计算科学导论》中给出的参考模式之间存在着较大差别,学校里同学之间的热门话题也主要是 Windows 和 Internet 网络,大多数家庭条件好的学生都在积极购买计算机系统,放在学生宿舍里以便随时上机。他们对大学生究竟应该将主

要精力放在基础课程、专业(基础)课程的学习上,还是应该放在熟练掌握计算机操作和软硬件一般开发技术上感到彷徨和困惑。特别是一些高年级的学生,在接触一些有一定深度的专业知识后,开始觉得自己的基础比较薄弱,学习往往事倍功半,而要根据《计算科学导论》的观点,重新复习或加深基础课程,特别是数理基础课程的知识基础,又感到很难静下心来认真学习。面对数理基础课程的教材,一片茫然,无从下手。这实际上是国内大多数学校计算机科学系学生日常学习、生活、业余活动热点问题的真实写照。在我所了解的不少学校中,目前能够沉下心来认真听课、看书、思考、完成大量作业的同学已属少数,中国计算机科学事业的发展前途令人堪忧。经验告诉我们,作为计算机科学与技术专业的学生,第一、二年基础课程的学习十分重要。如果一个学生能够在教学中认真听课,反复读书,大量完成课外作业,仔细思考和体会,学会分析、归纳、提炼、总结所学的知识,那么,随着时间的推移,就会逐步入门,就像“入道”一样。反之,尽管有可能学习成绩不错,但事实上并没有真正“入道”。可惜,这个问题在大多数学校一直没有引起重视。

今天,由于经济的快速发展和受外来生活方式、文化的影响,大学里浮躁的情绪不免有所抬头,计算机科学与技术专业教育在不少学校出现“文科化”的现象和趋势,这无论对国家和求学的学生来说都不是一个好的现象。现在,国内已经有几家计算机产品制造商制定了向世界经济五百强企业进军的计划,但它们能否实现多年的梦想,真正成为具有世界级竞争实力的企业,关键取决于国内高等学校能否培养出融中西文化于一体,掌握现代高级计算机科学与技术的世界一流人才。因为,若干年之后,我国计算机科学与技术包括产业发展能否赶上国外先进水平,最终要靠今天和未来培养的一代又一代新人去实现。他们能否肩负重任,取决于大学本科学习时基础是否厚实。而教学计划与课程体系是否科学,最终要由实践来检验。

对于许多读者提出的有关对计算机科学与技术的认识问题,我经常对来信者和本系的学生说:“每一个计算机科学系的学生都应经常想到自己五十岁之后干什么?二十几年之后,当你的手脚不再像年轻人那样麻利时,你会不会成为高科技行业下岗职工中的一员?同样都是高科技产品,为什么一个办公自动化软件与一个三维动画软件之间在价格上差别那么大?”我以为,目前用这样一种提问的方式回答同学们提出的类似问题比较合适,因为,从正面直接回答同学的这类提问,本书中的信息已经足够了。

有一些专家对《计算科学导论》和A类教改模式是否能行得通表示担忧,这也是我和许多人共同关心的问题。带着这些问题,在贵州大学和国内部分高等学校专家的支持下,1999年夏天起我们在贵州大学举办了“计算机科学与技术高级研讨班”,向研究生和中青年教师陆续开设“高等计算机体系结构”、“并行与分布

式算法设计基础”、“高等逻辑”和“形式语义学”课程（注：高级研讨班目前课程范围已扩大到“数理逻辑基础”、“可计算性与计算复杂性”、“形式语言与自动机理论”、“算法设计与分析”等内容，2003 年经批准列入了教育部高级研讨班计划，联合主办单位已扩展到十几所高等学校，学员人数达到 260 人，2004 年仍将继续在贵州举办）。期间，一些教师放弃了暑期的度假，放弃了单位组织的游昆明“世界园艺博览会”的活动，一些教师每天往返三十几公里，风雨无阻，坚持听课，其情其景令人感慨。尽管这四门课程，因受制于目前本科教学层次和听课者的基础，受制于各种因素，尚无法达到真正意义上的 72 学时的教学内容和理想的目标，但是，人们从这一尝试得到国内外一大批高水平专家学者的肯定、鼓励而令参加者深受鼓舞。许多听完暑期两门课程的教师和学生，深感受益匪浅，并且从高级研讨班已经开始走出取得重要科研成果的学者。

历史是一面镜子。从贵州大学计算机软件专业 20 世纪 70 年代末、80 年代初实际执行的本科生教学计划与课程体系同 A 类模式除实验课程外比较接近且效果良好这一情况总结、分析，从暑期高级研讨班课程讲授和听课者的反映，从学科教学计划的科学性，从国内外学科发展前沿正在进行的重要课题的研究内容以及若干学校计算机科学与技术类专业本科生学习《计算科学导论》的反映等几方面初步综合分析，A、B 两类教学模式的科学性和先进性基本上不应再成为有争议的问题。事实上，国内不少大学，包括贵州大学计算机科学系的大部分教师已经在认识上逐渐趋于一致。

尽管认识上日渐明朗，然而，由于国内目前教育界面临众多困难，各校情况差异较大，在计算机科学与技术教学改革方面处于无所适从的状态。实际情况是：B 类模式面向经济建设主战场开展教学，人才培养着眼于学生将来成为专业技术熟练的、优秀的软硬件生产、开发、经营、维护工程师，以及专业技术管理工程师和跨学科复合型人才为具体目标，不把学生未来深造攻读硕士学位作为主要培养目标，所以国内几百所学校努一把力就不难做到，也与目前国内各校正在进行的学分制管理和人才培养的办学风格基本一致，借助于综合性大学多学科的优势，可很好地支持培养跨学科的信息处理复合型人才。可是，由于有 A 类模式这一“更高层次”的培养模式的存在，其以培养学科优秀人才，着眼于他们未来成为主任工程师、总工程师、教授和学者为具体培养目标，人才培养层次按传统的、世俗的价值取向较 B 类模式要高。若单纯执行 B 类模式，许多学校不甘心，而实行 A 类模式，师资队伍压力较大，改革的风险较大，学校必须对学科专业教育与教学中现行的外延发展模式和管理方式进行系统的修正，从而出现了既回避 B 类模式，又不愿意正视 A 类模式的两难境地。确实，要执行 A 类模式，因为涉及到师资队伍普遍进修提高，涉及到执行单位和教师既得利益的重新调整，涉及到学校管理层面上许多重大改革，不确定性、不稳定性等风险性因素增加，没有极大的勇

气、科学精神、压力或动力,各校普遍采取观望态度。所以,我们常说,如果 A、B 类模式是科学的模式,那么,执行 A 类模式将是对各校学风、校风、科学精神和人文精神面貌的一次严峻考验。要很好地解决这个问题,还必须有助于国家高等教育分层次分类办学格局的形成,有助于国家高等教育公开、公平、公正的分级竞争秩序的形成。

正因为如此,在部分高等学校一些专家的鼎力支持下,贵州大学从自身成为研究型大学发展目标的角度出发,率先对计算机科学与技术进行从研究生到本科生教学的系统改革就显得十分难得。作为西部地区贫困省份的一所最高学府,在办学条件远比国内大多数同类学校差得多的情况下,能够排除各种干扰和困难,迅速组织师资队伍进行实际操作,没有良好的校风和传统是不可能的。今年,贵州民族学院数学与计算机科学系在新生中进行了 A、B 两类办学模式的同步改革与试验,除了实验课程因受制于现行校内办学体制尚无法彻底变革外,其他方面已经基本按照 A、B 两类办学模式的要求开展教学。

中华民族是一个富于想象力的民族,高等学校是这个民族发挥想象力的思想乐园,而青年是乐园中最具活力的人群。他们辛勤耕耘去探索,创作春天里科学的故事;他们坚韧不拔而持久,编织秋日下金色的童话。只问耕耘,不计收获,在迈向新知识的海洋中,在攀登自由王国的天梯上,即使没有鲜花与掌声,献身科学事业的志向始终与孤独的行路人时刻相伴。纵使成功与他们永远无缘,但校园的科学精神将是永恒的、宝贵的民族财富。

艺术源于生活。我一直觉得就像某些电影和小说中关于艺术是一种宗教的说法极富哲理性一样,科学技术,对所有为之献身的人来说何尝不是一种宗教。我们一直希望,大学能够培养出更多的献身科学技术这类“宗教”的人才。

感谢贵州大学、理工学院及其计算机科学系有关领导的信任和坚定不移的支持,使该校 1998 年秋入学的学生采用接近于 A 类模式的教学计划进行试验,并在后来进一步加大教学改革力度,大量培训师资,朝全面实施 A 类模式的方向又迈进了一步。我还要感谢贵州民族学院数学与计算机科学系的许多老师,是他们坚定不移地支持高级研讨班的举办,并在 2003 年按照 A、B 类模式对教学计划进行了重大的变革,教学改革正在有条不紊地进行。南京大学教授宋方敏博士、上海交通大学教授傅育熙博士最近告诉我,经过他们系里一些教师的多次讨论,已经在教学计划修订中大量吸收了我们提出的新的思想和办学理念。而令我感到欣慰的是国内若干所第一流大学计算机科学系的研究生培养方案中的学位课程与我们倡导的四门学位课程的距离正在趋近。

啰哩啰嗦地写了这么多。本来是准备用来为再版修改《计算科学导论》书稿的,没想到把“有用的”和“没用的”都记在了脑子里。现在要动手修改了,才想到要把这些东西按照先后顺序预先系统地写下来,重新记在笔记里。这些内容

看似与专业知识无关，但是，它对读者了解国内目前各高等学校的现状提供了有益的补充说明，有助于读者在学习中的决策和规划。因为两次再版都是在秋天整理的，内容也还算同前言之类的短文大抵一致，不妨就叫做“秋日的笔记”，当成再版前言。

通信地址：

361005 福建 厦门 厦门大学计算机科学系

E-mail: zzzhao@xmu.edu.cn

赵致琢

1999年10月20日（第二版）于万石山

2003年10月20日（第三版）于鼓浪屿

前 言

长期以来,计算机科学与技术专业教学计划中是否需要开设“计算科学导论”课程,如果开设这门课程,学时数安排多少,重点讲授什么内容等一系列问题在计算科学教育界存在不同认识。根据“教育部计算机科学类专业面向 21 世纪教学内容与课程体系改革课题(13-22)”研究工作的进展和体会,我们认为,还是有必要在计算机科学与技术专业教学中于第一学期开设“计算科学导论”这一课程。考虑到目前不少学校新生入学时安排几周军训,课程的学时数以安排 15—20 学时为宜。

在过去的二十几年里,已有不少学校的计算机科学系或计算机科学与技术专业开设了“计算科学导论”课程,并相继编写、编译和陆续出版了若干种《计算科学导论》的教材,广泛地应用于高等学校的教学中。然而,随着教育界对计算机科学与技术专业教育认识的不断深化,原有教材的不足之处日渐呈现出来,主要表现在以下两个方面:

(1) 大多数《计算科学导论》教材在内容上写成了计算机科学与技术本科专业(基础)课程教学内容的—个简洁的压缩版,没有从一年级学生学习中普遍关心的问题出发,就学科特点、学科形态、历史渊源、发展变化、典型方法、学科知识组织结构和分类体系、各年级课程的重点,以及如何认识计算科学,学好计算科学等问题从科学哲学和高级科普的角度去回答大家的疑问,因而难以起到后续课程导引的作用;

(2) 导论的内容与后续课程的衔接缺乏科学的论证,也由于一年级学生尚缺乏学习后续课程必要的基础知识,而该课程以往在学时数的安排上又偏大,从而导致在内容上增加了不少本来应该由其他课程(包括实验课程)承担的教学内容,如计算机操作命令与汉字编码等,也增加了一些不应该进入教学计划与课程体系中的内容,如某些高级语言和某些数据库系统语言及其应用等。其中有一部分是学生进入高年级后如果有必要,能够很自然、很容易地自学掌握的知识。

由此可见,编写一本能够真正起到计算科学导论作用的新教材,已是一项紧迫的任务。这项看似简单的工作之所以一直做得不尽圆满,除了认识上的原因之外,很重要的一条是对作者的要求较高。如果没有对计算科学学科历史渊源、学科特点、学科知识组织结构、学科发展规律和趋势等内容的整体把握,没有长期在第一线从事计算科学研究工作的体会、经验和教训,要写好这本书是不容易的。我们创作的这本教材便是在这样一种背景下面向计算机科学与技术专业一年级学生所作的一次探索与尝试,是否合适,还有待实践检验。

本书的写作是建立在科学研究基础之上的。对内容的取舍，我们着重引用“教育部计算机科学类专业面向 21 世纪教学内容与课程体系改革课题（13-22）”的一些研究结果来设计各个章节，具体内容系参考国内外一大批科学技术文献后，综合作者多年来从事计算科学研究工作的心得与体会写成。本书可作为计算机科学与技术专业一年级“计算科学导论”课程的试用教材，参考学时数为 15—20 学时。第一章至第四章的内容是课程的重点，建议各系应选派在第一线从事计算科学研究，学有所成的高水平的科学家担任本课程的教学并使用投影仪进行教学。我们希望授课教师能在一种轻松的气氛中以类似于讲故事或聊天的形式，将前四章的主要内容介绍给学生。第五章的内容是由其在 A、B 类人才培养模式下学科专业整个教学计划与课程体系中的地位以及受教学计划进度表的时空限制等因素确定的，约占 8 个学时。其中，打“*”的小节也可以不学。前四章的内容虽然重要，但却应以学生自学为主，教师辅导为辅，原因是这些内容对学生只是起一个导论的作用，要真正弄明白其内涵，只能在今后的学习中逐步完成。采用课堂讨论的方式初步解决学生在学习前四章的内容时存留的问题也许值得一试。

与本书相呼应的教学课程可以是第一学期的“计算科学实验”。在实验课的教学过程中，学生应该在实验课教师的指导下具体动手操作计算机，掌握一些简单的操作技术，提高感性认识。由于近年来入学的学生在熟悉使用计算机方面差别较大，“计算科学实验”课尤其应注意因材施教。各系应积极针对一年级学生编写《计算科学实验教程》。我们在附录中开列了一些实验单元的参考目录。对一些已经有了程序设计经历的学生，可以考虑安排熟悉各种流行的、重要的计算机软件的使用，特别是网络软件。而对那些从未接触过计算机的学生，则一切应从头开始。要注意的是，教师不必强调学生在“计算科学导论”课程中对主要内容掌握的熟练程度，也不必强调学生在计算科学实验课程中对操作的熟练程度，这些不是一年级学生学习的重点内容。我们建议“计算科学导论”和“计算科学实验”课程期末考核方式定为考查。

本书的内容重在引导学生怎么从科学哲学的角度去认识和学习计算科学，也包括为学习后续课程准备的布尔代数的基础知识。这些内容对学生学好计算科学，顺利完成学业是有益的。在学习中，学生可能会对前四章的一些内容理解不准确、不深刻、不全面，这是正常的，无须大惊小怪。但是，本书中带有结论性的观点、方法和认识学生应牢记在心。这不仅因为它们是计算科学（教育）界多年来经验的积累，而且，随着同学们学习的不断深入，知识的不断积累，会进一步加深对这些观点、方法的认识，有助于大家学好计算科学，顺利完成学业。教学中，有条件的学校可以配发一些计算科学的课外读物，诸如科学人物评传，与计算科学有关的一些经典的综述性论文、报告文献等。

我国计算机科学类专业已有几十年的办学历史，在实践中积累了一些经验。

从最近 10 年内的办学情况来看,许多学校,特别是 1985 年以后建立计算机科学系的学校,由于师资队伍水平、办学经费投入等许多方面的因素,对计算机科学与技术专业的认识存在偏差,主要体现在教师和学生支撑计算机科学与技术发展所需要的基础估计不足,对计算机科学类专业学习的艰巨性估计不足。这两种估计不足导致专业教学计划对基础课程和专业基础课程的重视程度不够,对计算机科学实验课程的重视程度不够,其结果是大多数学校的教师和学生把这一技术科学当成一般工科专业来对待,基础课程和专业基础课程在全部课程中所占的比重下降,基础课程和专业基础课程的教学深度普遍下降。师生过多地将教学精力投入到简单的上机实践中而倾向于知识扩展的外延发展,忽视了课堂教学和实验教学本来应该走内涵发展的道路这一学科的客观要求,淡化了对基础理论知识的学习,忽视了从理论联系实际的角度出发,在教学中加强对计算机基本实验技术的掌握,从而使人才培养偏向职业技术教育。从根本上说,计算科学这样一种人才培养倾向直接威胁到我国计算科学学科(科学研究和高等教育)的发展和计算机产业参与国际竞争。

计算机科学与技术专业的学习是一项十分艰巨的劳动,不少近年来成长起来的青年科学家和工程师都有同感。经验告诉我们,学习计算科学甚至比学习基础数学还要困难,因为其不少理论课程在深度上不比数学课程更简单,同时学生又要面对大量实践内容的学习,知识更新周期很短。理论与实践相结合,理论与实践的统一是计算科学的一大特点,它决定了在学习中学生要经常不断地在严密的逻辑思维与形象的实验操作之间转换学习方式,这对大多数人不是一件轻松的事。何况计算科学学科发展极快,在工作中对知识组织结构的补充与更新任务犹如泰山压顶,让人喘不过气来。难怪一些计算科学大师们感叹:“计算科学是年轻人的科学。”这就是说,一旦你选择了计算科学作为你终生为之奋斗的专业领域,就等于你选择了一条布满荆棘的道路,一条充满艰辛的人生之路。一个有志于从事计算科学研究与开发的学生,必须在大学的几年学习中打下坚实的基础,才有可能在将来学科的高速发展中,或在计算机产品的开发和快速更新换代中有所作为。当然,这样形容不一定能让读者信服,还是应该从学科本身的发展和内在规律方面去找出根据,让学生从根本上认清学好基础课程的重要性。

教材的写法理应贯彻让不同水平的读者都有收获的文学创作原则,此正所谓“深者得其深,浅者得其浅”的作品境界。当然,要做到这一点,不是一件容易的事情,何况书中的内容作这样的安排仅反映了作者的认识,至多也只是一家之说,难免出现谬误或不足之处,这是需要说明的。作者真诚希望使用本书的教师和学生能够将心得体会告诉我们,欢迎读者批评指正。倘若这本教材能够成为有志于计算科学事业的学生和读者在各个不同的学习时期的一本有用的导引,真正起到一些“导引”的作用,作者将感到由衷的欣慰。

作者在写作时，参考了大量国内外的学术著作和文献资料，但未列出参考文献的目录。这并非作者有悖于科学道德，而是对所有一年级的大学生，我们确实不希望他们将学习的重点放在这门课程之上，更不希望他们在对科学的热情和好奇心的驱使下花费大量的时间去阅读许多专业参考文献，因为本书的内容不是大学一年级的学习重点，仅仅是一个导论而已。这一点，尤其需要向读者作一个简单的说明和交代。

作者

1996年8月于厦门大学海滨寓所

目 录

再版前言	iii
前言	xi
第一章 引论	1
1.1 计算科学一词的来历	1
1.2 科学哲学与学科方法论简介	4
1.3 一般的科学思想方法	8
1.4 计算科学初学者的正确选择	11
1.5 使用本书应该注意的事项	13
第二章 计算科学的基本概念和基本知识	15
2.1 计算模型与二进制	15
2.1.1 计算模型与图灵机	16
2.1.2 二进制	21
2.2 存储程序式计算机的基本结构与工作原理	24
2.3 数字逻辑与集成电路	27
2.4 机器指令与汇编语言	30
2.5 算法、过程与程序	32
2.6 高级语言、程序设计技术与方法	42
2.7 系统软件与应用软件	44
2.8 计算机图形学、图像处理与模式识别	46
2.9 逻辑与人工智能	47
2.10 计算机组织与体系结构	49
2.11 并行计算机、通道与并行计算	51
2.12 计算机网络与通信	53
2.13 高性能计算	58
第三章 计算科学：它的意义、内容和方法	60
3.1 什么是计算科学	60
3.2 学科的基本问题	65
3.3 计算科学发展主线	70
3.3.1 计算科学的知识组织结构	70
3.3.2 计算模型与计算机	72
3.3.3 计算模型、语言与软件开发方法学	92

3.3.4	应用数学与计算机应用	111
3.3.5	学科发展带给我们的启示	133
3.4	计算科学的分类与分支学科简介	136
3.4.1	构造性数学基础(数理逻辑、代数系统、图论、集合论等)	136
3.4.2	计算的数学理论(计算理论、高等逻辑、形式语言与自动机、 形式语义学等)	144
3.4.3	计算机组成原理、器件与体系结构(计算机原理与设计、体系结构等)	147
3.4.4	计算机应用基础(算法基础、程序设计、数据结构、数据库基础、 微机原理与接口技术等)	148
3.4.5	计算机基本应用技术(数值计算、图形学与图像处理、网络、多媒体、 计算可视化与虚拟现实、人工智能等)	149
3.4.6	软件基础(高级语言、数据结构、程序设计、编译原理、数据库原理、 操作系统原理、软件工程等)	149
3.4.7	软件开发方法学(并行与分布式计算机系统、智能计算机系统、 软件开发方法学等)	151
3.5	计算科学与数学和其他相关学科的关系	152
3.5.1	为什么说数理逻辑和代数是计算科学的主要基础	152
3.5.2	计算科学与其他相关学科的关系	154
3.6	范型及其科学意义	156
3.7	计算科学的学科形态与核心概念	161
3.8	计算科学的典型方法与典型实例	163
3.9	学科基本工作流程方式及其科学意义	173
3.10	计算科学学科特点、发展规律、趋势及其社会影响	175
3.11	计算科学知识组织结构及其演变	180
3.12	计算机产业发展前景	184
第四章	如何学习计算科学和健康成长	189
4.1	计算科学(专业)的培养规格和目标	189
4.2	一个计算科学(专业)参考教学计划与课程体系	193
4.2.1	计算科学专业本科生A类教学计划与课程设置进度表	193
4.2.2	计算科学专业本科生B类教学计划与课程设置进度表	198
4.3	如何学习计算科学和顺利完成学业	203
4.3.1	思维方式的数学化及其实现的途径与方法	204
4.3.2	计算科学(专业)各学期重点课程	219
4.3.3	实验课程在计算科学教学计划中的作用和地位	221
4.3.4	提高专业技术能力的途径与方法	225