

首批“国家精品课程”教材



北京市高等教育精品教材立项项目

清华大学信息科学技术学院教材
学院公共基础课程系列

程序设计基础

(第2版)

Fundamentals
of Programming
(Second Edition)

● 吴文虎 编著
Wu Wenhui



清华大学出版社

1
02

首批“国家精品课程”教材



北京市高等教育精品教材立项项目

清华大学信息科学技术学院教材
学院公共基础课程系列

程序设计基础

(第2版)

● 吴文虎 编著

Wu Wenhua

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书重点讲授在 C/C++ 语言环境下,编写程序的思路和方法,涉及计算机语言、数据结构和常用算法等内容。全书内容丰富,强调动手实践,深入浅出地引导读者理性思维和理性实践,教学方法引人入胜,便于自学。

本书可作为大专院校教材,亦可供从事计算机、自动化和相关领域的科研人员参考自学。

版权所有,翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

程序设计基础/吴文虎编著. —2 版. 北京:清华大学出版社,2004.9

(清华大学信息科学技术学院教材. 学院公共基础课程系列)

ISBN 7-302-09411-X

I. 程… II. 吴… III. C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 090624 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

责任编辑: 马瑛珺 刘 彤

印 刷 者: 北京四季青印刷厂

装 订 者: 三河市金元装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印张: 22.25 字数: 465 千字

版 次: 2004 年 9 月第 2 版 2005 年 8 月第 3 次印刷

书 号: ISBN 7-302-09411-X/TP·6569

印 数: 5501~8500

定 价: 28.00 元

《清华大学信息科学技术学院教材》

编 委 会

(以姓氏拼音为序)

主 任：郑大钟
副 主 任：蔡鸿程 邓丽曼 胡事民 任 勇 章 征
 王希勤 王 雄 余志平
编 委：高文焕 华成英 陆文娟 王诗宓 温冬婵
 萧德云 谢世钟 殷人昆 应根裕 郑君里
 郑纬民 周立柱 周润德 朱雪龙
秘 书：王 娜
责任编辑：马瑛珺 王一玲 邹开颜

出版说明

本套教材是针对清华大学信息科学技术学院所属电子工程系、计算机科学与技术系、自动化系、微电子研究所、软件学院的现行本科培养方案和研究生培养计划的课程设置而组织编写的。这些培养方案和培养计划是基于清华大学对研究型大学的定位和对研究型教学的强调,吸纳多年来在教学改革与实践中所取得的成果和形成的共识,历经多届试用和不断修订而形成的。贯穿于其中的“本科教育的通识性、培养模式的宽口径、教学方式的研究型、专业课程的前沿性”的相关思想将成为我们组编本套教材所力求体现的基本指导原则。

本套教材以本科教材为主并适量包括研究生教材。定位上,属于信息学科大类中各个基本方向的基本理论和前沿技术的一套高等院校教材。层次上,覆盖学院公共基础课程、专业技术基础课程、专业课程、研究生课程。领域上,涉及6个系列14个领域,即学院公共基础课程系列,信息与通信工程系列(含通信、信息处理等领域),微电子光电子系列(含微电子、光电子等领域),计算机科学与技术系列(含计算机科学、计算机网络与安全、计算机应用、软件工程、网格计算等领域),自动化系列(含控制理论与控制工程、模式识别与智能控制、检测与电子技术、系统工程、现代集成制造等领域),实验实践系列。类型上,以文字教材为主并适量包括多媒体教材,以主教材为主并适量包括习题集、教师手册等辅助教材,以基本理论和工程技术教材为主并适量包括实验和实践课程教材。列入这套教材中的著作,大多是清华大学信息科学技术学院所属系所院开设的课程中经过较长教学实践而形成的,既有多年教学经验和教学改革基础上新编著的教材,也有部分已出版教材的更新和修订版本。教材总体上将突出求新与求实的风格,力求反映所属领域的基本理

论和新进展,力求做到学科先进性和教学适用性的统一。

本套教材的主要读者对象为电子科学与技术、信息与通信工程、计算机科学与技术、控制科学与工程、系统科学、电气工程、机械工程、化学与技术工程、核能工程等相关理工专业的大学生和研究生,以及相应领域和部门的科学工作者和工程技术人员。我们希望,这套教材既能为在校大学生和研究生的学习提供内容先进、论述系统和适于教学的教材或参考书,也能为广大科学工作者与工程技术人员知识更新与继续学习提供适合的和有价值的进修或自学读物。我们同时要感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,并热忱欢迎提出批评和意见。

《清华大学信息科学技术学院教材》编委会

2003年10月

作者简介



吴文虎,1955—1961年分别就读于清华大学电机工程系及自动控制系;现为计算机系教授、博士生导师,主要研究方向包括语音识别及语言理解、语音合成、语音信号数字处理等,主讲“语音信号数字处理”和“程序设计基础”课。1990—1997年,担任人机语音通信实验室的负责人。作为项目负责人或主要参加者,承担了多项国家级项目,科研成果多次获国家教委、电子部的科技进步二等奖,曾获863高科技成果精品展金奖。1991—1999年间担任中国计算机学会普及委员会主任。作为总教练和领队,曾连续15年带领中国队参加国际信息学奥林匹克竞赛,中国队累计获金牌30块,银牌18块,铜牌13块。并于1997年获“清华大学优秀教学成果特等奖”,1998年获“全国优秀教师一等奖”,1999年荣获“首都劳动奖章”,2000年获“北京市教学优秀成果一等奖”,2001年获“全国师德先进个人”称号,2002年获信息学奥林匹克国际委员会颁发的“特殊贡献奖”,2003年获中国计算机学会颁发的“特殊贡献奖”,其在清华大学主讲的“程序设计基础”课2004年被评为首批国家精品课程。主编、主审和编写了几十本有关计算机的图书。主要兼职有:全国高校计算机基础教育研究会副理事长,教育部现代远程职业教育与成人教育专家组组长,中国计算机学会理事。

前言

“计算机语言与程序设计”是一门十分重要的基础课程。该课长期沿袭着这样的教学模式:过于注重语句、语法和一些细节,基本上是以高级语言自身的体系为脉络展开的,没有把逻辑与编程解题思路放在主体地位上;对如何分析问题和解决问题讲得不够,对学生编程的能力、上机解题的能力训练不够。这样就给后续课程及研究生阶段的课题研究留下了缺憾。很多学生在学习这门课时感到枯燥难学,学过之后,不能用来解决实际问题。

我个人的经历有些不同,除了学校给我安排的教学和科研任务之外,20年来我一直指导初中学生、高中学生和大学生参加有关计算机的各种比赛,包括国际信息学奥林匹克和 ACM 世界大学生程序设计竞赛,通过对这些学生成长道路的反复思考和研究,使我感到很有必要改变我们的课程教学模式,用新的教学理念和方法培养一流人才。对这一问题,我和有关领导谈了自己的想法,他们非常支持。

从 2001 年 9 月起,我接受了程序设计基础课程的教学任务,并开始对该课程教学模式进行改革:以强动手实践上机编程为切入点;以任务驱动方式,通过实例讲授程序设计的基本概念和基本方法;重点放在思路上,即在 C/C++ 语言的环境下,针对问题进行分析,构建数学模型,理出算法并编程实现。同时,要求学生养成良好的编程习惯;在教学过程中培养学生的思维能力和动手能力,鼓励学生探索、研究和创新。在指导思想,强调转变观念,以学生为中心,将学生视为教学的主体,安排教学首先考虑培养目标、学生的认知规律和学习特点。在教学的每一个环节,顾及学生的实际情况,多想怎样才能有利于调动学生学习的积极性,引导学生主动学习。具体的改革措施主要针对两个方面:教学模式

和对学生学习的评价方式。

对教学模式的改革

提出强化实践。明确告诉学生：程序设计课是高强度的脑力劳动，不是听会的，也不是看会的，而是自己练会的。只有让学生动手，他才会有成就感，进而对课程产生兴趣，学起来才比较从容。因此，我们的基本思想是在理论指导下，让学生动手、动脑，更多地上机实践。学生只有在编写大量程序之后，才能获得真知灼见，感到运用自如。注重学生动手能力的培养是这门课和以往课程最大的不同之处。

提出理性思维和理性实践。按照建构主义的学习理论，学生作为学习的主体在与客观环境（指所学内容）的交互过程中构建自己的知识结构。教师应引导学生在解题编程的实践中探索其中带规律性的认识，将感性认识升华到理性高度，只有这样，学生才能举一反三。

提出授课的原则是要学生“抱西瓜”而不是“捡芝麻”，重点放在思路、算法、编程构思和程序实现上。语句只是表达工具，讲一些最主要的，对细枝末节的东西根本不讲。要求学生课堂上积极思考，尽量当堂学懂。突出上机训练，在编写程序的过程中，使学生提高利用计算机这个智力工具来分析问题和解决问题的能力。

提出让学生养成良好的编程习惯。我们在与国内一些软件公司的技术人员座谈时了解到，中国软件之所以上不去的原因之一就有“习惯问题”。印度十个人编程，会编出一样的东西，而我们十个人编程可能会有十种风格。因为我们忽略了一个重要问题，即“顾客”的感受，程序的编写是给别人看的，而不是只给我们自己看的。再者，尽管我们学生模型构思做得很快，但编程的基本功不扎实，往往到了关键的时候，就出问题。鉴于此，在课上我们强调程序的可读性、规范性；要求变量必须加注释；程序构思要有说明；学会如何调试程序；尽量使程序优化；还要求对程序的运行结果做正确与否的判断和分析。

提出“自学、动手、应用、上网”的学习习惯。我认为在本科阶段就应该注意培养学生的自学能力。很多东西完全是可以自学的，尤其是计算机。计算机是实践性极强的学科，所学的内容和要实践的东西是一个整体，因此可以自己动手来学，书上看不懂的在机器上动手试试，往往就弄懂了。上网是指充分利用网络平台，提高获取信息、处理信息和交流信息的能力。

对学生学习评价方式的改革

考试是检验学生学习效果、评价学生学习业绩的重要环节。考试作为“指挥棒”对教学目标、教学过程有着相当大的影响。我一直在思考如何进行考试改革，如何借助考试环节调动和激发学生自主学习的积极性、创造性等问题。

开学之初，我就向学生宣布考试方式——上机解题，判分也是由计算机来完成，对就是对，错就是错，不纸上谈兵，不考笔试，不考死记硬背的东西。我们平时比较注意对学生学习方式的引导，让学生明白：理论很重要，要在理论指导下，动手动脑、有条有理地进行

实践。实践才能出真知,动手才能学到真本事。

我们还将一些有较好程序设计基础的学生组织起来,因材施教,引导他们进行探索式的研究性学习,让他们继续提高。同时让他们在班上担任“小教员”,帮助同学学习。

我们这样做行不行呢?经过两年的教学实践,这门课取得了很好的教学效果,学生给以很高的评价。学生点评为:“授课方式独特新颖,深入浅出,启发式教学,激发学生兴趣,调动学生的积极性,有助于学生独立思考能力的提高。”(引自清华大学2001年下半年教学评估结果查询)参加“小教员”工作的学生,提高了责任感,培养了敬业精神。他们的水平和能力也有相应的提高,其中三名同学代表清华大学参加了2002年ACM世界大学生程序设计竞赛的分区赛和总决赛,取得了世界总排名第四的好成绩(2300支队伍参加区域赛,60支队伍参加总决赛)。

2002年5月,在北京市高校计算机基础教育研讨会上,我曾应约就此课程的教学改革作了专题报告,受到了与会专家和老师们的好评,他们认为“这是非常好的新的教学范例”。

改革是没有止境的。经过两年的实践,我感到在一些方面还要进一步努力,还有许多工作要做:要进一步加大学生训练环节的力度;要加强对基础较差学生的辅导;要建立一个因材施教的机制,创造条件,让学生能有更广阔的发展空间;要建立平时的督促机制,让每一个学生真正落实动手实践;要考虑与后续课程的衔接。

现在大家看到的这本教材就是在上述的背景下,整理了课上的教案,补充了一些内容写出来的。在教材成文的过程中,我的同事和学生(博士生)起了很大作用。他们提出了很好的建议,对一些算法进行了研究和整理,特别是对全书整体上的结构进行了缜密的推敲。

从一种体系转变为现在的体系是有相当大的难度的,也有风险,学生爱不爱这样学,能不能学到真本事,是不是能够达到预期的教学目标,都会存在问题。但我以为,要改革就要知难而进,不付诸努力就收到良好的教学效果是不可能的。

目前这本教材可能存在很多不足,但是我们有这种思想准备,在教学实践中,多听取学生的反馈意见,不断修改,使之日臻完善。我们相信,恒心与虚心能够成就一本好的教材。

参加本书研究、撰写工作的还有徐明星(参加本书总体策划与章节编排)、邬晓钧(撰写第9、10、13章及附录)和李净(进行教案整理、图文设计),此外,赵强工程师和杨非同学也做了大量的书稿整理和成文工作,吴根清、孙辉、刘建、刘林泉、邓菁、陈德锋、侯启明等同学看了本书的第一稿,提出了宝贵的修改意见。在此一并感谢他们所付出的劳动。

由于时间仓促,作者水平有限,书中难免有纰漏,欢迎读者多提宝贵意见。

吴文虎

2004年7月

第 2 版说明

本书第 1 版是 2003 年 9 月出版的,经过一年的使用后,学生普遍反映本书重点突出,易学易用。但作为教师,我感到还要不断地研究教学规律,化解教学中的难点。为此,我又重新审阅了全书,在文字上做了调整,内容上做了修正,力求讲得明白透彻。在教学中发现,初学者往往要花费很多的时间在程序调试上,效率很低。实际上程序调试已成为学生编程实践中的“拦路虎”。所以,配合本书,又专门编著了《程序设计基础(第 2 版)习题解答与上机指导》,还准备上小班辅导课让学生学会调试程序的基本方法。我认为这可能是进一步提高该课教学质量的一个关键。

吴文虎

2004 年 8 月

目 录

1	绪论	1
2	编程准备	5
2.1	程序编写	6
2.2	程序代码及说明	9
2.3	输出流对象 cout	11
2.4	输入流对象 cin	11
2.5	程序注释	12
2.6	算术运算符	12
2.7	数学函数	13
2.8	小结	14
	习题	15
3	变量、代数与计算机解题	16
3.1	程序的基本结构	16
3.2	变量与数据类型	18
3.2.1	变量的基本概念	18
3.2.2	数据类型	19
3.3	定义变量和赋初值	19
3.4	变量赋值	20
3.4.1	赋值符号与赋值表达式	20
3.4.2	变量赋值的 5 要素	20

3.5	小结	21
	习题	22
4	逻辑思维与计算机解题	23
4.1	关系运算和关系表达式	24
4.1.1	关系运算符	24
4.1.2	关系表达式的一般格式	25
4.1.3	将“是”“否”写成关系表达式	25
4.2	枚举法的思路	26
4.3	循环结构	28
4.3.1	使用循环结构的部分程序	28
4.3.2	for 语句的格式和执行过程	28
4.3.3	使用 for 循环解题实例	29
4.3.4	for 循环的程序框图	32
4.4	分支结构	32
4.4.1	if 语句的格式	33
4.4.2	分支结构的实例	34
4.5	任务 4.1 的程序框图	35
4.6	任务 4.1 的参考程序	36
4.7	逻辑问题及其解法	39
4.7.1	逻辑运算符与逻辑表达式	39
4.7.2	逻辑问题的解题思路	40
4.7.3	任务 4.2 的参考程序	46
4.8	小结	50
	习题	50
5	数据组织、筛选与排序问题的解题思路	52
5.1	数组	53
5.1.1	一维数组的定义	54
5.1.2	数组初始化	55
5.2	筛法	56
5.3	冒泡排序法	61
5.4	结构与结构数组	63
5.4.1	结构体类型的定义	64

5.4.2	结构体变量的定义和引用	64
5.4.3	结构体变量的初始化	66
5.4.4	结构数组	67
5.5	二维数组	69
5.5.1	二维数组的定义	71
5.5.2	二维数组的初始化	71
5.5.3	二维数组中的元素存放顺序	72
5.6	小结	74
	习题	75
6	函数、递推与递归	77
6.1	函数	78
6.1.1	函数的说明	79
6.1.2	函数的定义	79
6.1.3	函数的返回值	79
6.1.4	函数的调用	80
6.1.5	形式参数和实在参数	80
6.1.6	调用和返回	81
6.1.7	带自定义函数的程序设计	82
6.1.8	编程实例	84
6.1.9	break 和 continue 语句	85
6.2	递推	87
6.2.1	递推数列的定义	90
6.2.2	递推算法的程序实现	90
6.3	递归及其实现	92
6.4	递归算法举例	101
6.4.1	计算组合数	101
6.4.2	青蛙过河	102
6.4.3	快速排序	108
6.4.4	分书问题	114
6.4.5	下楼问题	117
6.4.6	八皇后问题	120
6.4.7	跳马问题	124
6.4.8	数字旋转方阵	127
6.5	小结	132

习题	133
7 指针	139
7.1 指针的概念	140
7.1.1 指针定义与初始化	140
7.1.2 指针赋值	141
7.1.3 在赋值语句中使用间接访问运算符	143
7.2 指针与数组	144
7.2.1 用数组名给指针赋值	144
7.2.2 数组名是一个常量指针	146
7.2.3 编程实例	147
7.2.4 指针数组	150
7.3 字符串及其处理	153
7.3.1 字符数组的定义和初始化	153
7.3.2 字符数组元素的赋值	155
7.3.3 字符判断函数	156
7.3.4 字符串相关函数	157
7.3.5 字符串应用举例	157
7.3.6 字符串匹配	159
7.3.7 字符串的 3 种操作	161
7.4 指针与函数	166
7.4.1 函数返回指针	166
7.4.2 指向函数的指针	168
7.5 指针和结构	172
7.6 指针与结构数组	174
7.7 引用的概念及应用	178
7.8 利用引用来传递参数	179
7.9 几种参数传递方式的比较	181
7.10 小结	186
习题	187
8 流与文件	192
8.1 流	192
8.1.1 流的概念与输入输出格式	193

8.1.2	改变整数的进制	193
8.1.3	设置浮点数的精度	194
8.1.4	设置输入输出宽度	195
8.1.5	设置对齐方式和填充字符	197
8.1.6	其他设置	198
8.2	文件	199
8.2.1	将数据保存到文件	200
8.2.2	从文件中读取数据	202
8.2.3	利用输入输出文件解交互类型的题	206
8.3	小结	218
9	贪心法	220
9.1	贪心法解题的一般步骤	220
9.1.1	事件序列问题	220
9.1.2	区间覆盖问题	223
9.1.3	贪心法解题的一般步骤	227
9.2	贪心法相关理论	228
9.2.1	多阶段决策问题、无后向性与最优化原理	228
9.2.2	有向图最短路径的 Dijkstra 算法	229
9.2.3	贪心法解题的注意事项	234
9.3	小结	235
	习题	235
10	动态规划	236
10.1	最短路径问题	236
10.1.1	问题描述	236
10.1.2	分析与题解	237
10.2	动态规划的基本概念	241
10.3	动态规划思想	243
10.4	举例说明动态规划思路	244
10.5	小结	253
	习题	254



11 链表	256
11.1 举例说明链表的概念	256
11.2 建立链表的过程	257
11.3 链表结点的插入与删除	262
11.3.1 链表结点的插入	262
11.3.2 链表结点的删除	269
11.4 循环链表	272
11.5 小结	277
习题	278
12 二叉树	280
12.1 基本概念	280
12.2 二叉树的遍历	281
12.3 二叉树的建立	283
12.4 小结	286
习题	286
13 蒙特卡罗法	287
13.1 伪随机数的产生	287
13.1.1 产生随机整数	287
13.1.2 产生随机小数	288
13.2 伪随机数的应用	289
13.2.1 求 π 的近似值	289
13.2.2 计算图形面积	291
13.3 小结	293
习题	293
14 综合练习	294
附录A 程序调试	296
A.1 计分程序的调试	296
A.1.1 编译时的调试	298
A.1.2 运行时的调试	300