

普通高校本科计算机专业特色教材精选·算法与程序设计

数值计算

张 军 等 编著



清华大学出版社

0241/167

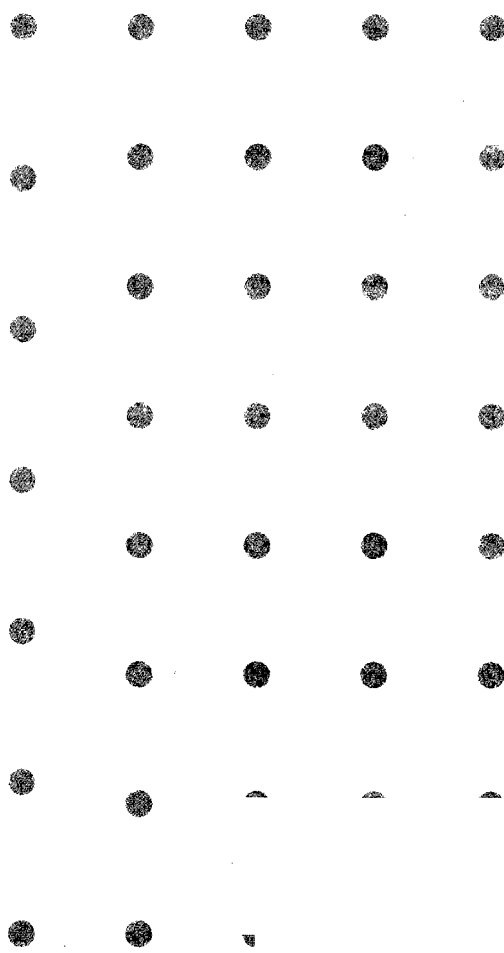
0241/167

2008

普通高校本科计算机专业特色教材精选·算法与程序设计

数值计算

张 军 陈伟能 胡晓敏 林 盈 编著
● ● ● ● ● 钟文亮 詹志辉 黄 韬



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书介绍计算机上常用的各类数值计算方法,阐述了计算方法的基本理论,分析了方法的收敛性与稳定性,并描述了方法的具体实现过程。本书内容包括计算方法的基本概念、误差理论、非线性方程求根、线性方程组求解、矩阵的特征值与特征向量计算、插值方法、曲线拟合、数值微分与数值积分、微分方程求解、现代数值计算方法等。本书图文并茂,既介绍了计算方法的基本理论,又以生动的图示说明计算方法的实际应用过程,叙述力求通俗易懂,具有很强的实用性。

本书可作为高等院校计算机及相关专业本科生和研究生的教材及参考书,也可以作为广大科学工作者、工程技术人员的参考书与工具书。

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

数值计算/张军等编著. —北京:清华大学出版社,2008.7
(普通高校本科计算机专业特色教材精选·算法与程序设计)
ISBN 978-7-302-16991-8

I. 数… II. 张… III. 数值计算—高等学校—教材 IV. O241
中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第017166号

责任编辑:袁勤勇 顾冰

责任校对:梁毅

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机:010-62770175

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

印装者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:23.75 字 数:578千字

版 次:2008年7月第1版 印 次:2008年7月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00元

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

普通高校本科计算机专业特色教材精选

计算机硬件

- MCS 296 单片机及其应用系统设计 刘复华 ISBN 978-7-302-08224-8
基于 S3C44B0X 嵌入式 μ cLinux 系统原理及应用 李岩 ISBN 978-7-302-09725-9
现代数字电路与逻辑设计 高广任 ISBN 978-7-302-11317-1
现代数字电路与逻辑设计题解及教学参考 高广任 ISBN 978-7-302-11708-7

计算机原理

- 汇编语言与接口技术(第2版) 王让定 ISBN 978-7-302-11518-2
汇编语言与接口技术习题汇编及精解 朱莹 ISBN 978-7-302-15991-9
基于 Quartus II 的计算机核心设计 姜咏江 ISBN 978-7-302-14448-9
计算机操作系统(第2版) 彭民德 ISBN 978-7-302-15834-9
计算机维护与诊断实用教程 谭祖烈 ISBN 978-7-302-11163-4
计算机系统的体系结构 李学干 ISBN 978-7-302-11362-1
计算机选配与维修技术 闵东 ISBN 978-7-302-08107-4
计算机原理教程 姜咏江 ISBN 978-7-302-12314-9
计算机原理教程实验指导 姜咏江 ISBN 978-7-302-15937-7
计算机原理教程习题解答与教学参考 姜咏江 ISBN 978-7-302-13478-7
计算机综合实践指导 宋雨 ISBN 978-7-302-07859-3
实用 UNIX 教程 蒋砚军 ISBN 978-7-302-09825-6
微型计算机系统与接口 李继灿 ISBN 978-7-302-10282-3
微型计算机系统与接口教学指导书及习题详解 李继灿 ISBN 978-7-302-10559-6
微型计算机组织与接口技术 李保江 ISBN 978-7-302-10425-4
现代微型计算机与接口教程(第2版) 杨文显 ISBN 978-7-302-15492-1
智能技术 曹承志 ISBN 978-7-302-09412-8

软件工程

- 软件工程导论(第四版) 张海藩 ISBN 978-7-302-07321-5
软件工程导论学习辅导 张海藩 ISBN 978-7-302-09213-1
软件工程与软件开发工具 张虹 ISBN 978-7-302-09290-2

数据库

- 数据库原理及设计(第2版) 陶宏才 ISBN 978-7-302-15160-9

数理基础

- 离散数学 邓辉文 ISBN 978-7-302-13712-5
离散数学习题解答 邓辉文 ISBN 978-7-302-13711-2

算法与程序设计

- C/C++ 语言程序设计 孟军 ISBN 978-7-302-09062-5
C++ 程序设计解析 朱金付 ISBN 978-7-302-16188-2
C 语言程序设计 马靖善 ISBN 978-7-302-11597-7

C 语言程序设计(C99 版) 陈良银	ISBN 978-7-302-13819-8
Java 语言程序设计 吕凤翥	ISBN 978-7-302-11145-0
Java 语言程序设计题解与上机指导 吕凤翥	ISBN 978-7-302-14122-8
MFC Windows 应用程序设计(第 2 版) 任哲	ISBN 978-7-302-15549-2
MFC Windows 应用程序设计习题解答及上机实验(第 2 版) 任哲	ISBN 978-7-302-15737-3
Visual Basic. NET 程序设计 刘炳文	ISBN 978-7-302-16372-5
Visual Basic. NET 程序设计题解与上机实验 刘炳文	ISBN 978-7-302-16870-6
Windows 程序设计教程 杨祥金	ISBN 978-7-302-14340-6
编译设计与开发技术 斯传根	ISBN 978-7-302-07497-7
汇编语言程序设计 朱玉龙	ISBN 978-7-302-06811-2
数据结构(C++ 版) 王红梅	ISBN 978-7-302-11258-7
数据结构(C++ 版)教师用书 王红梅	ISBN 978-7-302-15128-9
数据结构(C++ 版)学习辅导与实验指导 王红梅	ISBN 978-7-302-11502-1
数据结构(C 语言版) 秦玉平	ISBN 978-7-302-11598-4
算法设计与分析 王红梅	ISBN 978-7-302-12942-4

图形图像与多媒体技术

多媒体技术实用教程(第 2 版) 贺雪晨	ISBN 978-7-302-16854-6
多媒体技术实用教程(第 2 版)实验指导 贺雪晨	ISBN 978-7-302-16907-9

网络与通信

计算机网络 胡金初	ISBN 978-7-302-07906-4
计算机网络实用教程 王利	ISBN 978-7-302-14712-1
数据通信与网络技术 周昕	ISBN 978-7-302-07940-8
网络工程技术与实验教程 张新有	ISBN 978-7-302-11086-6
计算机网络管理技术 杨云江	ISBN 978-7-302-11567-0
TCP/IP 网络与协议 兰少华	ISBN 978-7-302-11840-4

出版说明



在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等学校将会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为此,教育部已经启动了“高等学校教学质量和教学改革工程”,强调要以信息技术为手段,深化教学改革和人才培养模式改革。如何根据社会的实际需要,根据各行各业的具体人才需求,培养具有特色显著的人才,是我们共同面临的重大问题。具体地说,培养具有一定专业特色的和特定能力强的计算机专业应用型人才则是计算机教育要解决的问题。

为了适应 21 世纪人才培养的需要,培养具有特色的计算机人才,急需一批适合各种人才培养特点的计算机专业教材。目前,一些高校在计算机专业教学和教材改革方面已经做了大量工作,许多教师在计算机专业教学和科研方面已经积累了许多宝贵经验。将他们的教研成果转化为教材的形式,向全国其他学校推广,对于深化我国高等学校的教学改革是一件十分有意义的事情。

清华大学出版社在经过大量调查研究的基础上,决定组织出版一套“普通高校本科计算机专业特色教材精选”。本套教材是针对当前高等教育改革的新形势,以社会对人才的需求为导向,主要以培养计算机应用型人才为目标,立足课程改革和教材创新,广泛吸纳全国各地的高等院校计算机优秀教师参与编写,从中精选出版确实反映计算机专业教学方向的特色教材,供普通高等院校计算机专业学生使用。

本套教材具有以下特点:

1. 编写目的明确

本套教材是在深入研究各地各学校办学特色的基础上,面向普通高校的计算机专业学生编写的。学生通过本套教材,主要学习计算机科学与技术专业的基本理论和基本知识,接受利用计算机解决实际问题的基本训练,培养研究和开发计算机系统,特别是应用系统的基本能力。

2. 理论知识与实践训练相结合

根据计算学科的三个学科形态及其关系，本套教材力求突出学科的理论与实践紧密结合的特征，结合实例讲解理论，使理论来源于实践，又进一步指导实践。学生通过实践深化对理论的理解，更重要的是使学生学会理论方法的实际运用。在编写教材时突出实用性，并做到通俗易懂，易教易学，使学生不仅知其然，知其所以然，还要会其如何然。

3. 注意培养学生的动手能力

每种教材都增加了能力训练部分的内容，学生通过学习和练习，能比较熟练地应用计算机知识解决实际问题。既注重培养学生分析问题的能力，也注重培养学生解决问题的能力，以适应新经济时代对人才的需要，满足就业要求。

4. 注重教材的立体化配套

大多数教材都将陆续配套教师用课件、习题及其解答提示，学生上机实验指导等辅助教学资源，有些教材还提供能用于网上下载的文件，以方便教学。

由于各地区各学校的培养目标、教学要求和办学特色均有所不同，所以对特色教学的理解也不尽一致，我们恳切希望大家在使用教材的过程中，及时地给我们提出批评和改进意见，以便我们做好教材的修订改版工作，使其日趋完善。

我们相信经过大家的共同努力，这套教材一定能成为特色鲜明、质量上乘的优秀教材。同时，我们也希望通过本套教材的编写出版，为“高等学校教学质量和教学改革工程”做出贡献。

清华大学出版社

前言



在生产实践和科学研究中，有着许多错综复杂的计算问题。在一次天气预报中，就要求解含有数万个未知数的方程组；在物理实验中，常常遇到许多难解的超越方程；在天文观测中，需要从若干个离散观测点发掘天体的运动规律；在工业设计中，常常要对复杂的曲线函数积分或求导……。或许在中学和大学的课程中，我们可以在解简单的方程、方程组时得心应手，对初等函数的求导、求积公式信手拈来。然而，在面对实际应用中的这些复杂的计算问题时，传统的理论方法未必能够直接应用。计算机科学与技术的飞速发展为解决这些难题带来了有效的途径。为了能够让计算机准确、可靠地解决各类计算问题，人们需要根据计算机的特点，设计出计算机上可执行的、理论上可靠的方法，这就产生了“计算方法”这门学科。

目前，计算机已经成为了生产实践与科学研究中必不可少的科学计算工具。无论在航天航空、天文气象、地理观测、能源探采等领域，还是在工业设计、生命科学、医学研究等领域，乃至在金融分析、经济规划等领域，计算机都起着举足轻重的作用。目前，在计算机上进行的科学计算已经与科学试验、理论研究一起，构成了人类认识自然的基本途径。在解决错综复杂的实际问题时，科学家与工程师们常常先把理论与实验数据转化成数学模型，再设计合理、稳定的计算方法，借助计算机求解。可见，计算方法不仅是计算机技术的重要分支，也是工业生产和科学研究中不可缺少的重要方法。掌握计算方法的基本知识，熟练地运用计算方法解决实际应用中的数学问题，已经成为理工科大学生的必备技能。

本书详细阐述了计算方法的基本知识，讨论了数值计算的实际应用方法，内容共分为 10 章。第 1 章介绍计算方法的基本概念，并重点讲述了误差理论——误差分析是设计计算方法的基础；第 2 章介绍非线性方程的数值解法，包括二分法、迭代法、牛顿法、弦截法、抛物线法以及求解非线性方程组的迭代法等；第 3 章主要讲述线性方程组的数值解法，既介绍了以高斯消去法和矩阵分解法为代表的直接法，又介绍了以雅可比和

高斯-塞德尔算法为代表的迭代法；第4章叙述计算矩阵特征值和特征向量的数值方法；第5章讲述对离散数据点的插值方法，包括拉格朗日插值法、牛顿插值法、埃尔米特插值法、分段和样条插值法等；第6章主要介绍基于最小二乘原理的数据拟合与函数逼近方法；第7章叙述了梯形、辛普森、牛顿-柯特斯、复合求积、龙贝格、高斯等数值积分公式；第8章介绍了数值微分方法，包括差商法、拉格朗日插值微分法、样条插值微分法等；第9章主要介绍欧拉、龙格-库塔、泰勒级数法、预测-校正法等常微分方程的数值解法；第10章介绍了现代的计算技术，包括禁忌搜索、模拟退火、神经网络、遗传算法、蚁群优化算法、粒子群优化算法等。尽管这些现代计算技术不属于传统的数值计算方法，但它们在当前的科学计算应用中发挥着越来越重要的作用，因此本书也将其作为一个专题予以概述。本书的部分章节含有超出大纲要求的内容，在该章节编号旁以*标注。每章之后都设有复习题，部分章节后还给出上机实验题，以供读者练习。

计算方法既是一门数学方法，又是一种实用技能。因此，本书的叙述也力求体现计算方法既具严谨性，又具实用性的特点。在以数学语言描述算法基本原理的同时，本书的每一章都以生动的图示开头，并尝试用最直观的方式展现计算方法的基本应用过程，有助于读者理解并应用方法解决实际问题。在计算机上实现并应用计算方法是本课程的重要目标，只有在计算机上实现算法，读者才能更深刻地掌握计算方法的应用过程与基本特征。因此，本书对大部分计算方法都提供了伪代码或流程图，并提供上机实验题，便于读者编程实现和练习。本书的部分插图取自 Microsoft Office 软件提供的剪贴画，我们对此表示感谢。

本书编写的分工如下：中山大学的张军教授负责全书的编写与统稿工作，陈伟能参与编写了第1、5、6章，胡晓敏参与编写了第2、3章，林盈参与编写了第4、9章，钟文亮参与编写了第7、8章，詹志辉和黄韬参与编写了第10章。此外，陈淑环、刘伟莉、蓝璐恺、卓晓岚等参与了本书的核对工作。

由于编者水平有限，书中难免存在错误或疏漏之处，希望广大读者批评指正。

张 军

于中山大学

2008年1月

读者意见反馈

亲爱的读者：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了今后为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间来填写下面的意见反馈表，以便于我们更好地对本教材做进一步的改进。同时如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题，或者有什么好的建议，也请您来信告诉我们。

地址：北京市海淀区双清路学研大厦 A 座 602 室 计算机与信息分社营销室 收
邮编：100084 电子邮件：jsjc@tup.tsinghua.edu.cn
电话：010-62770175-4608/4409 邮购电话：010-62786544

教材名称：数值计算

ISBN：978-7-302-16991-8

个人资料

姓名：_____ 年龄：_____ 所在院校/专业：_____

文化程度：_____ 通信地址：_____

联系电话：_____ 电子信箱：_____

您使用本书是作为：指定教材 选用教材 辅导教材 自学教材

您对本书封面设计的满意度：

很满意 满意 一般 不满意 改进建议_____

您对本书印刷质量的满意度：

很满意 满意 一般 不满意 改进建议_____

您对本书的总体满意度：

从语言质量角度看 很满意 满意 一般 不满意

从科技含量角度看 很满意 满意 一般 不满意

本书最令您满意的是：

指导明确 内容充实 讲解详尽 实例丰富

您认为本书在哪些地方应进行修改？（可附页）

您希望本书在哪些方面进行改进？（可附页）

电子教案支持

敬爱的教师：

为了配合本课程的教学需要，本教材配有配套的电子教案（素材），有需求的教师可以与我们联系，我们将向使用本教材进行教学的教师免费赠送电子教案（素材），希望有助于教学活动的开展。相关信息请拨打电话 010-62776969 或发送电子邮件至 jsjc@tup.tsinghua.edu.cn 咨询，也可以到清华大学出版社主页（<http://www.tup.com.cn> 或 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>）上查询。

目 录



第 1 章 绪论	1
1.1 计算方法的研究内容与意义	2
1.2 误差	3
1.2.1 误差来源	4
1.2.2 误差、误差限与有效数字	6
1.2.3 误差的积累与传播	10
1.3 设计计算方法的基本原则	15
本章小结	18
复习题	19
第 2 章 非线性方程的数值解法	21
2.1 二分算法	22
2.1.1 二分法	22
2.1.2 线性插值二分法	26
2.2 迭代法	28
2.2.1 一般迭代法	28
2.2.2 迭代算法理论	32
2.2.3 加速收敛迭代法	36
2.3 牛顿法	42
2.4 弦截法	47
2.5 抛物线法	49
2.6* 解非线性方程组的迭代法	51
本章小结	53
复习题	55
上机实验题	57

第 3 章 线性方程组的数值解法	59
3.1 高斯算法	61
3.1.1 高斯消去法	61
3.1.2 列主元高斯消去法	66
3.1.3 高斯-若当消去法	69
3.2 矩阵分解法	73
3.2.1 LU 分解法	73
3.2.2 LDL^T 分解法和 LL^T 分解法	78
3.2.3 追赶法	87
3.3 矩阵求逆及行列式的运算	90
3.4 向量与矩阵的范数	93
3.5 线性方程组的病态性及误差分析	98
3.6 线性方程组的迭代解法	104
3.6.1 迭代法的基本概念	105
3.6.2 雅可比迭代法和高斯-塞德尔迭代法	107
3.6.3 松弛迭代法	114
本章小结	117
复习题	120
上机实验题	122
第 4 章 矩阵的特征值和特征向量	123
4.1 矩阵的特征值和特征向量	124
4.1.1 背景知识	124
4.1.2 特征值与特征向量	125
4.1.3 特征值的范围	127
4.2 幂方法与反幂法	130
4.2.1 幂方法求按模最大的特征值和对应的特征向量	130
4.2.2 反幂法	133
4.2.3 幂方法的收敛性分析与加速技术	135
4.3 雅可比方法	138
4.3.1 雅可比方法的理论基础	139
4.3.2 旋转矩阵和旋转变换	140
4.3.3 雅可比方法	144
4.3.4 雅可比方法的收敛性	147
4.4* QR 方法	148
4.4.1 QR 分解	148
4.4.2 基本 QR 方法	152
本章小结	153

复习题	154
上机实验题	155
第 5 章 插值	157
5.1 插值的基本概念	158
5.2 拉格朗日插值多项式	160
5.2.1 线性插值	160
5.2.2 二次插值	163
5.2.3 n 次拉格朗日插值多项式	165
5.3 牛顿插值多项式	168
5.3.1 差商	168
5.3.2 牛顿插值多项式	171
5.3.3 差分与等距节点的牛顿插值公式	173
5.4 埃尔米特插值	178
5.4.1 三次埃尔米特插值	178
5.4.2* $2n+1$ 次埃尔米特插值	182
5.5 分段插值	182
5.5.1 分段线性插值	183
5.5.2 分段三次埃尔米特插值	185
5.6 样条插值	186
5.6.1 样条函数	186
5.6.2 三次样条函数	187
本章小结	194
复习题	196
上机实验题	198
第 6 章 拟合	199
6.1 拟合的基本概念与最小二乘原理	200
6.2 解线性超定方程组	204
6.3 离散最小二乘拟合问题的一般解法	206
6.3.1 线性组合模型下最小二乘拟合的一般解法	207
6.3.2 常用线性组合模型的最小二乘解	210
6.3.3 非线性组合模型的最小二乘拟合	214
6.4 离散正交多项式的拟合	217
6.5 广义最小二乘拟合问题	220
6.5.1 广义的多项式拟合	220
6.5.2 正交多项式拟合	223
本章小结	226

复习题	227
上机实验题	228
第7章 数值积分	231
7.1 数值积分的基本概念	232
7.2 梯形公式	233
7.2.1 梯形公式积分方法	233
7.2.2 梯形公式的误差分析	234
7.3 辛普森公式	234
7.3.1 辛普森公式积分方法	234
7.3.2 辛普森公式的误差分析	236
7.4 牛顿-柯特斯公式	238
7.4.1 牛顿-柯特斯公式积分方法	238
7.4.2 牛顿-柯特斯公式的误差分析	240
7.5 复合积分公式	241
7.5.1 复合梯形积分公式	241
7.5.2 复合辛普森积分公式	243
7.5.3 自适应变步长的复合求积方法	245
7.6 龙贝格公式	247
7.7 高斯型积分公式	251
7.7.1 高斯型积分公式的一般形式	251
7.7.2 高斯-勒让德积分公式	254
本章小结	256
复习题	258
上机实验题	259
第8章 数值微分	261
8.1 差商法求导数	262
8.2 拉格朗日插值法求导数	265
8.2.1 基本概念	265
8.2.2 两点微分公式	265
8.2.3 三点微分公式	266
8.2.4 $n+1$ 个插值点的微分公式	269
8.3* 样条插值法求导数	270
本章小结	271
复习题	272
上机实验题	273

第 9 章 常微分方程的数值解法	275
9.1 常微分方程的基本概念	276
9.2 欧拉方法求解初值问题	278
9.2.1 向前欧拉法	279
9.2.2 改进的欧拉法	281
9.2.3 向后欧拉法	285
9.2.4 欧拉法与改进的欧拉法的误差分析	286
9.2.5 向前/向后欧拉法的收敛性与稳定性分析	288
9.3 龙格-库塔方法	290
9.3.1 二阶龙格-库塔方法	290
9.3.2 四阶龙格-库塔方法	291
9.3.3 龙格-库塔方法的误差与最优步长分析	296
9.4 其他求解常微分方程初值问题的数值方法	297
9.4.1 泰勒级数法	297
9.4.2 预测-校正法	298
9.5 微分方程组和高阶微分方程	302
9.5.1 微分方程组	302
9.5.2 高阶常微分方程	306
9.6* 常微分方程的边值问题	308
9.6.1 边值问题的基本概念	308
9.6.2 线性打靶法	309
9.6.3 有限差分法	312
本章小结	314
复习题	316
上机实验题	318
第 10 章 现代计算方法简介	319
10.1 现代计算方法概述	320
10.2 禁忌搜索	321
10.2.1 算法概念与原理	321
10.2.2 算法流程与应用举例	322
10.2.3 算法发展与应用	325
10.3 模拟退火	326
10.3.1 算法概念与原理	326
10.3.2 算法流程与应用举例	327
10.3.3 算法发展与应用	330
10.4 神经网络	331
10.4.1 神经网络的原理与兴起	331

10.4.2	后向传播前馈型神经网络·····	332
10.4.3	神经网络的发展与应用·····	336
10.5	遗传算法·····	337
10.5.1	算法来源·····	337
10.5.2	算法流程与应用举例·····	337
10.5.3	遗传算法的发展与应用·····	344
10.6	蚁群优化·····	344
10.6.1	算法来源·····	344
10.6.2	算法流程与应用举例·····	345
10.6.3	算法发展与应用·····	348
10.7	粒子群优化·····	349
10.7.1	算法来源·····	349
10.7.2	算法流程与应用举例·····	350
10.7.3	算法发展与应用·····	351
	本章小结·····	353
	复习题·····	356
	上机实验题·····	356
	名词索引·····	357
	参考文献·····	361

第 1 章

绪 论

CHAPTER ONE

