

国外计算机科学经典教材

Mc
Graw
Hill Education

Numerical Methods
for Engineers
Fifth Edition

工程数值方法 (第5版)

Steven C. Chapra
(美) Raymond P. Canale 著
唐玲艳 田尊华 刘齐军 译

Mc
Graw
Hill

清华大学出版社

国外计算机科学经典教材

工程数值方法

(第 5 版)

(美) Steven C. Chapra 著
Raymond P. Canale
唐玲艳 田尊华 刘齐军 译

清华大学出版社

北 京

Steven C. Chapra Raymond P. Canale
Numerical Methods for Engineers(Fifth Edition)
EISBN: 007-124429-8

Copyright © 2006 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by McGraw-Hill Education(Asia) Co., within the territory of the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经许可之出口视为违反著作权法,将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2006-3580

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

工程数值方法(第5版)/(美)查布拉(Chapra, S. C.), (美)卡纳尔(Canale, R. P.)著;唐玲艳,田尊华,刘齐军译.

—北京:清华大学出版社,2007.12

书名原文: Numerical Methods for Engineers(Fifth Edition)

(国外计算机科学经典教材)

ISBN 978-7-302-16154-7

I.工… II.①查… ②卡… ③唐… ④田… ⑤刘… III.工程数学—数值计算 IV.0241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 147177 号

责任编辑:王 军 梁卫红

装帧设计:康 博

责任校对:胡雁翎

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:61.5 字 数:1497 千字

版 次:2007 年 12 月第 1 版 印 次:2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:110.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:021838-01

出版说明

近年来,我国的高等教育特别是计算机学科教育,进行了一系列大的调整 and 改革,亟需一批门类齐全、具有国际先进水平的计算机经典教材,以适应我国当前计算机科学的教學需要。通过使用国外优秀的计算机科学经典教材,可以了解并吸收国际先进的教學思想和教學方法,使我国的计算机科学教育能够跟上国际计算机教育发展的步伐,从而培养出更多具有国际水准的计算机专业人才,增强我国计算机产业的核心竞争力。为此,我们从国外多家知名的出版机构 Pearson、McGraw-Hill、John Wiley & Sons、Springer、Thomson 等精选、引进了这套“国外计算机科学经典教材”。

作为世界级的图书出版机构, Pearson、McGraw-Hill、John Wiley & Sons、Springer、Thomson 通过与世界级的计算机教育大师携手,每年都为全球的计算机高等教育奉献大量的优秀教材。清华大学出版社和这些世界知名的出版机构长期保持着紧密友好的合作关系,这次引进的“国外计算机科学经典教材”便全是出自上述这些出版机构。同时,为了组织该套教材的出版,我们在国内聘请了一批知名的专家和教授,成立了专门的教材编审委员会。

教材编审委员会的运作从教材的选题阶段即开始启动,各位委员根据国内外高等院校计算机科学及相关专业的现有课程体系,并结合各个专业的培养方向,从上述这些出版机构出版的计算机系列教材中精心挑选针对性强的题材,以保证该套教材的优秀性和领先性,避免出现“低质重复引进”或“高质消化不良”的现象。

为了保证出版质量,我们为这套教材配备了一批经验丰富的编辑、排版、校对人员,制定了更加严格的出版流程。本套教材的译者,全部由对应专业的高校教师或拥有相关经验的 IT 专家担任。每本教材的责编在翻译伊始,就定期不间断地与该书的译者进行交流与反馈。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华,在经过翻译、排版和传统的三审三校之后,我们还请编审委员或相关的专家教授对文稿进行审读,以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中对教材造成的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和受全体制作人员自身能力所限,该套教材在出版过程中很可能还存在一些遗憾,欢迎广大师生来电来信批评指正。同时,也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材,共同为我国高等院校计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社

国外计算机科学经典教材

编审委员会

主任委员:

孙家广 清华大学教授

副主任委员:

周立柱 清华大学教授

委员（按姓氏笔画排序）:

王成山	天津大学教授
王 珊	中国人民大学教授
冯少荣	厦门大学教授
冯全源	西南交通大学教授
刘乐善	华中科技大学教授
刘腾红	中南财经政法大学教授
吉根林	南京师范大学教授
孙吉贵	吉林大学教授
阮秋琦	北京交通大学教授
何 晨	上海交通大学教授
吴百锋	复旦大学教授
李 彤	云南大学教授
沈钧毅	西安交通大学教授
邵志清	华东理工大学教授
陈 纯	浙江大学教授
陈 钟	北京大学教授
陈道蓄	南京大学教授
周伯生	北京航空航天大学教授
孟祥旭	山东大学教授
姚淑珍	北京航空航天大学教授
徐佩霞	中国科学技术大学教授
徐晓飞	哈尔滨工业大学教授
秦小麟	南京航空航天大学教授
钱培德	苏州大学教授
曹元大	北京理工大学教授
龚声蓉	苏州大学教授
谢希仁	中国人民解放军理工大学教授

译者序

经过几个月的努力,《工程数值方法》一书的译稿终于完成了。

本书的主要内容是讲解工程领域中经常使用的各类数值求解方法。作者 Steven Chapra 博士执教于塔夫茨大学土木和环境工程系;而作者 Raymond P. Canale 是密歇根大学的名誉教授,在二十多年的教学中,他曾讲授了计算机、数学和环境工程领域中的多门课程。两位作者在数值分析方面有着深厚的理论根基和广博的实践知识。本书当前是第五版,随着数值方法和计算机的发展,作者不断地更新其中的内容,所以本书是数值方法方面极富价值的教科书,也可以作为广大工程技术人员一本不可多得的优秀参考书。

在翻译的过程中,我们感到本书是非常具有特点的,具体表现在下面几个方面:

1. 本书以问题驱动的方法来介绍数值求解过程。
2. 本书每个部分都有开篇和结尾两个部分,使得读者在学习每部分之前可以从总体上把握该部分内容,而在读完后又可以对该部分内容有一个全面的归纳和升华。
3. 本书在讲解数值方法的同时,还着重介绍了数值方法的误差分析方法、各种同类数值方法的优缺点及相互之间的权衡。
4. 同时,本书不仅讨论了各种数值问题的求解方法,还给出了使用程序库和软件包等实际工具求解问题的方法,理论联系实际,使读者更加全面地掌握数值方法的求解技巧,同时还特别注重提高读者求解实际问题的动手能力。
5. 本书的讲解方式浅显易懂,图文并茂,对同类方法的讲解总是由浅入深,循循善诱,所以读者学习本书的先导知识要求很低,在需要特定数学知识时,书中还以提示框的形式给出了。读者学习门槛很低,但这并不意味着本书是一本初级读物,相反它是一本覆盖范围广泛、讲解深入的书籍。

在我们翻译本书的过程中,深刻体会到翻译这样一本优秀的书籍不是一件很容易的事情,因为我们害怕翻译有损原书的各种优秀特质,因此我们尽最大的努力为读者呈上一本优秀的作品。在此过程中我们也参考了很多同类中文书籍,力求用最地道的中文来表达,这与写一本书其实差不了太多。值得庆幸的是,通过我们的不懈努力,我们完成了!

参与翻译的人员分工情况如下:唐玲艳博士生翻译第 21~32 章,田尊华博士生翻译第 1~4、17~20 章,刘齐军博士生翻译第 5~16 章。欢迎各位读者对本书提出反馈意见,我们希望读者能从本书中受益,也希望通过读者的意见来了解自己的不足,以求在今后译作中更多地、更实际地考虑读者的需要。对于本书的意见和建议,请发送邮件至 wksservice@tup.tsinghua.edu.cn。

译者



前言

本书第一版的发行距今已经有 20 年的时间了，在此期间，我们起初的数值方法和计算机知识更多地是为了突出工程课程，这些内容——尤其是前几个部分——已经严重过时了。现在，有的大学中，大学一、二和三年级的课程同时讲授计算导论和数值方法。另外，我们的很多同事正在将面向计算机的问题集成到其他的课程中，这些课程涉及各种难易程度。因此，本书的这个新版本仍然建立在一个基本的假设之上，就是不管是学生还是工程师，都假设他们事先已经学习过关于数值方法的入门课程，并具有坚实的基本知识。所以，尽管在此新版中，我们已经对内容的覆盖面进行了扩展，但我们还是尽量保留了第一版的许多特点，这些特点使得不管是本科学生还是研究生，本书都是适用的。这些特点包括：

- **问题引导。**当有问题激励时，工科学生的学习效果最好。数学和计算科学的学生尤其如此。因此，我们将从问题求解的角度着手介绍数值方法。
- **面向学生的讲述方式。**我们尽量使本书具有很多特征，这样就可以使本书尽可能适合于学生使用。这些特点包括总体内容的组织，使用导论和结束语来强调主要内容，以及广泛地使用各种工程领域中的工程实例和案例进行分析。我们也努力使我们的解释更加直接和尽可能面向实践。
- **“提示框”方法。**尽管我们强调问题求解，但是我们相信，让工程师以“黑盒”方式学习数值算法还是具有其自身局限的。因此，我们在书中包含了足够的理论，让读者对数值方法背后的基本概念有更好的理解。我们尤其强调误差分析、数值方法的局限性以及各种方法权衡的相关理论。
- **个人计算定位。**当我们第一次编写这本书时，大型计算机的批处理方式与 PC 机的交互方式之间具有很大的差距。今天，随着 PC 机性能的不断增强，这种差异正在消失。这就是说，本书仍然强调可视化和交互计算，这些都是个人计算的特点。
- **增强学生的能力。**显然，我们要引导学生使用诸如 Excel 和 MATLAB 这样的软件包进行标准的“点击”问题求解的能力。但是，也应该向他们展示如何开发简单的、结构良好的程序来对这些环境的基本功能进行扩展。这些知识一直延伸到了标准的编程语言，如 VB、Fortran 90 和 C/C++。我们相信，从计算机编程着手来学习可以使工程课程更易于理解。我们的底线是，只要工程师对工具的限制不满意，他们就必须编写代码。只是现在，我们可以将这些代码称为“宏”或“M 文件”，本书注重增强学生这方面的能力。

除了这五个原则之外,在第 5 版中主要加强的另外一个方面是对每章末的习题集进行了大幅度的修改和扩充。对大多数习题的修改是为了可以得到不同于以前版本的数值解。除此之外,还增加了各类新习题。与以前的版本一样,我们的习题包含了来自所有工程分支中的数学和应用问题。在所有案例中,我们的目标就是要给学生提供一些练习来检验他们的理解程度,并向他们展示,数值方法如何能帮助他们更好地求解问题。

与以往一样,编写本书的基本目标是为学生提供进入数值方法的良好开端。我们相信,那些热爱数值方法、计算机和数学且充满激情的学生最终会成为更优秀的工程师。如果本书培养了学生对这些学科的热情,则我们认为我们所付出的努力就已经得到了回报。

作者简介

Steve C. Chapra 执教于塔夫茨大学的土木与环境工程系,在此,他担任计算与工程系路易斯·伯杰讲座教授。他的主要著作有 *Surface Water-Quality Modeling and Applied Numerical Methods with MATLAB*。

Chapra 博士分别在曼哈顿学院和密歇根大学获得了他的工程硕士和工程博士学位。在进入塔夫茨大学之前,他曾先后工作于环境保护局和国家海洋大气局,他还曾先后执教于德克萨斯州 A&M 大学和科罗拉多大学。他的主要研究兴趣为地表水质建模与先进计算机在环境工程中的应用。

由于他的学术贡献,他曾多次获得过多种奖励,包括 1993 年的 Rudolph Hering Medal(ASCE: 美国市政工程协会)和 1987 年的 Meriam-Wiley 杰出作者奖(ASEE: 美国工程教育协会)。在德克萨斯州 A&M 大学(1986, Tenneco 奖)和科罗拉多大学(1992, Hutchinson 奖),他还分别被评为工程领域的杰出教师。

Raymond P. Canale 是密歇根大学的名誉教授。他二十多年的职业生涯是在该大学渡过的,其间他曾讲授过计算机、数值方法和环境工程领域的多门课程。在水生态环境的数学与计算机建模方面,他也曾领导过各种研究项目。他单独或与别人合作编写了多本专著,已经发表了 100 多篇论文和学术报告。他还设计并开发了 PC 机软件来辅助工程教学和工程问题求解。由于他的专著和软件,他也被 ASEE 授予了 Meriam-Wiley 杰出作者奖,同时由于所发表的技术性文章,他还被授予其他几个奖项。

Canale 教授现在主攻应用问题,目前,作为咨询者和指导专家,他正在为一些工程公司和企业以及政府机构服务。

目 录

第 1 部分 建模、计算机与误差分析问题	1	第 4 章 截断误差与泰勒级数	75
PT1.1 动机	2	4.1 泰勒级数	75
PT1.1.1 非计算机方法	2	4.1.1 泰勒级数展开的余项	81
PT1.1.2 数值方法与工程实践	3	4.1.2 用泰勒级数估计截断误差	83
PT1.2 数学背景	4	4.1.3 数值微分	87
PT1.3 导读	6	4.2 误差传播	92
PT1.3.1 范围与预览	6	4.2.1 单变量函数	92
PT1.3.2 目标	7	4.2.2 多变量函数	93
第 1 章 数学建模与工程问题求解	9	4.2.3 稳定性与稳定条件	95
1.1 一个简单的数学模型	10	4.3 总的数值误差	96
1.2 守恒律与工程	16	4.4 粗差、形式化误差和数据的 不确定性	98
习题	19	4.4.1 粗差	98
第 2 章 程序设计与软件	25	4.4.2 形式化误差	98
2.1 软件包与程序设计	25	4.4.3 数据的不确定性	99
2.2 结构化程序设计	26	习题	99
2.3 模块化程序设计	35	第 1 部分 结束语	103
2.4 Excel	36	PT1.4 权衡	103
2.5 MATLAB	40	PT1.5 重要的关系式与公式	105
2.6 其他的语言和软件库	44	PT1.6 高级方法与其他参考文献	106
习题	45	第 2 部分 方程求根	109
第 3 章 逼近与舍入误差	53	PT2.1 动机	110
3.1 有效数字	54	PT2.1.1 求根的非计算机方法	110
3.2 准确度与精确度	55	PT2.1.2 方程求根和工程实践	110
3.3 误差的定义	56	PT2.2 数学背景	112
3.4 舍入误差	59	PT2.3 导读	113
3.4.1 数的计算机表示	60	PT2.3.1 范围与预览	113
3.4.2 计算机中的算术运算	67	PT2.3.2 目标	114
习题	72	第 5 章 划界法	117
		5.1 图解法	117

5.2 二分法	121	7.7.3 IMSL	188
5.2.1 终止条件和误差估计	123	习题	190
5.2.2 二分算法	127	第8章 方程求根案例分析	193
5.2.3 最小化函数的计算量	127	8.1 理想和非理想气体定律	
5.3 试位法	128	(化学/生物工程)	193
5.3.1 试位法的缺陷	132	8.2 明水渠水流(土木工程/	
5.3.2 改进的试位法	133	环境工程)	196
5.4 增量搜索和确定初始猜测	134	8.3 电子电路的设计(电气工程)	199
习题	135	8.4 振动分析(机械/航空工程)	202
第6章 开方法	139	习题	208
6.1 简单定点迭代法	140	第2部分 结束语	225
6.1.1 收敛性	141	PT2.4 权衡	225
6.1.2 定点迭代算法	144	PT2.5 重要的关系式与公式	226
6.2 牛顿-瑞普逊法	145	PT2.6 高级求根方法与其他	
6.2.1 终止条件和误差估计	146	参考文献	227
6.2.2 牛顿-瑞普逊法的缺点	148	第3部分 线性代数方程组	229
6.2.3 牛顿-瑞普逊算法	150	PT3.1 动机	230
6.3 正割法	151	PT3.1.1 求解方程组的非	
6.3.1 正割法和试位法的差异	152	计算机方法	230
6.3.2 正割法算法	153	PT3.1.2 线性代数方程组和	
6.3.3 改进的正割法	154	工程实践	230
6.4 重根	155	PT3.2 数学背景	232
6.5 非线性方程组	158	PT3.2.1 矩阵概念	232
6.5.1 定点迭代法	159	PT3.2.2 矩阵操作规则	234
6.5.2 牛顿-瑞普逊法	161	PT3.2.3 用矩阵形式表示线性	
习题	163	代数方程组	239
第7章 多项式求根	167	PT3.3 导读	240
7.1 工程和科学中的多项式	167	PT3.3.1 范围与预览	240
7.2 多项式计算	170	PT3.3.2 目标	241
7.2.1 多项式计算和微分	170	第9章 高斯消去法	243
7.2.2 多项式紧缩	170	9.1 求解小规模方程组	243
7.3 传统方法	173	9.1.1 图解法	243
7.4 米勒法	173	9.1.2 行列式和克莱姆法则	245
7.5 贝尔斯托法	177	9.1.3 未知数消去法	248
7.6 其他方法	182	9.2 原始高斯消去法	249
7.7 使用程序库和软件包求根	182	9.3 消去法的缺陷	256
7.7.1 Excel	182	9.3.1 除以0的问题	256
7.7.2 MATLAB	185		

9.3.2 舍入误差	256	11.2.4 高斯 - 赛得尔方法	
9.3.3 病态方程组	257	的问题背景	314
9.3.4 奇异方程组	261	11.3 使用程序库和软件包求解线性代数方程组	314
9.4 解求精技术	261	11.3.1 Excel	314
9.4.1 使用更多的有效位	262	11.3.2 MATLAB	315
9.4.2 交换主元法	262	11.3.3 IMSL	317
9.4.3 缩放	264	习题	321
9.4.4 高斯消去算法	267	第 12 章 线性代数方程组案例分析	325
9.5 复数方程组	269	12.1 反应系统的稳态分析	
9.6 非线性方程组	269	(化学/生物工程)	325
9.7 高斯 - 约当法	271	12.2 分析静止固定的支架	
9.8 小结	273	(土木/环境工程)	328
习题	273	12.3 电阻电路中的电流和电压	
第 10 章 LU 分解法和矩阵求逆	279	(电气工程)	331
10.1 LU 分解	279	12.4 弹簧-质量块系统	
10.1.1 LU 分解概述	279	(机械/航空航天工程)	333
10.1.2 高斯消去法的 LU 分解	281	习题	336
10.1.3 LU 分解算法	286	第 3 部分 结束语	351
10.1.4 Crout 分解	287	PT3.4 权衡	351
10.2 矩阵求逆	289	PT3.5 重要的关系式与公式	352
10.2.1 计算逆矩阵	289	PT3.6 高级方法与其他参考文献	353
10.2.2 激励-反应计算	291	第 4 部分 最优化	355
10.3 误差分析和方程组条件	292	PT4.1 动机	356
10.3.1 向量和矩阵的范数	293	PT4.1.1 非计算机方法	
10.3.2 矩阵条件数	296	及其历史	356
10.3.3 迭代求精	297	PT4.1.2 最优化和工程实践	357
习题	298	PT4.2 数学背景	361
第 11 章 特殊矩阵和高斯 - 赛得尔方法	303	PT4.3 导读	362
11.1 特殊矩阵	303	PT4.3.1 范围与预览	362
11.1.1 三对角方程组	304	PT4.3.2 目标	363
11.1.2 Cholesky 分解	306	第 13 章 一维无约束最优化	365
11.2 高斯 - 赛得尔方法	308	13.1 黄金分割搜索法	366
11.2.1 高斯 - 赛得尔方法的收敛准则	310	13.2 二次插值法	372
11.2.2 使用松弛方法提高收敛性	312	13.3 牛顿法	374
11.2.3 高斯 - 赛得尔算法	313	习题	375

第 14 章 多维无约束最优化	379	第 5 部分 曲线拟合	451
14.1 直接法	380	PT5.1 动机	452
14.1.1 随机搜索法	380	PT5.1.1 曲线拟合的非 计算机方法	452
14.1.2 单变量和模式检索	382	PT5.1.2 曲线拟合与工程实践	453
14.2 梯度法	384	PT5.2 数学背景	454
14.2.1 梯度和赫赛矩阵	384	PT5.2.1 简单统计学	454
14.2.2 最速上升法	389	PT5.2.2 正态分布	457
14.2.3 改进的梯度法	393	PT5.2.3 置信区间估计	457
习题	395	PT5.3 导读	463
第 15 章 约束优化	399	PT5.3.1 范围与预览	463
15.1 线性规划	399	PT5.3.2 目标	465
15.1.1 标准形	399	第 17 章 最小二乘回归	467
15.1.2 图解法	401	17.1 线性回归	467
15.1.3 单纯形法	404	17.1.1 “最佳”拟合准则	468
15.2 非线性约束优化	409	17.1.2 直线的最小二乘拟合	470
15.3 使用软件包优化求解	410	17.1.3 线性回归误差量化分析	472
15.3.1 用 Excel 求解线性 规划问题	410	17.1.4 线性回归的计算机程序	475
15.3.2 用 Excel 求解非线性 优化问题	412	17.1.5 非线性关系的线性化	478
15.3.3 用 MATLAB 求解优化 问题	415	17.1.6 对线性回归的一般讨论	481
15.3.4 用 IMSL 求解优化问题	417	17.2 多项式回归	482
习题	420	17.3 多元线性回归	485
第 16 章 最优化案例分析	425	17.4 一般线性最小二乘法	488
16.1 一个桶的最小成本设计 (化学/生物工程)	425	17.4.1 线性最小二乘的 一般矩阵形式	488
16.2 废水处理的最小成本 (土木/环境工程)	429	17.4.2 正规方程的求解方法	490
16.3 电路的最大功率传输 (电气工程)	433	17.4.3 从统计角度分析 最小二乘理论	491
16.4 山地车设计 (机械/航空航天工程)	437	17.5 非线性回归	493
习题	438	习题	497
第 4 部分 结束语	449	第 18 章 插值	503
PT4.4 权衡	449	18.1 牛顿差商插值多项式	503
PT4.5 其他参考文献	450	18.1.1 线性插值	504
		18.1.2 二次插值	505
		18.1.3 牛顿插值多项式的 一般形式	507
		18.1.4 牛顿插值多项式的误差	510

18.1.5 牛顿插值多项式的 计算机算法	512	第 5 部分 结束语	599
18.2 拉格朗日插值多项式	514	PT5.4 权衡	599
18.3 插值多项式的系数	518	PT5.5 重要的关系式与公式	600
18.4 逆插值	519	PT5.6 高级方法与其他参考文献	601
18.5 进一步讨论	520	第 6 部分 数值微分和数值积分	603
18.6 样条插值	523	PT6.1 动机	604
18.6.1 线性样条	523	PT6.1.1 微分和积分的非 计算机方法	606
18.6.2 二次样条	526	PT6.1.2 工程中的数值微分和 数值积分	609
18.6.3 三次样条	529	PT6.2 数学背景	612
18.6.4 三次样条的计算机算法	532	PT6.3 导读	615
习题	533	PT6.3.1 范围与预览	615
第 19 章 傅里叶逼近	537	PT6.3.2 目标	616
19.1 用正弦函数进行曲线拟合	538	第 21 章 牛顿-柯特斯积分公式	619
19.2 连续傅里叶级数	544	21.1 梯形法则	621
19.3 频域与时域	548	21.1.1 梯形法则的误差	623
19.4 傅里叶积分与变换	552	21.1.2 多应用型梯形法则	625
19.5 离散傅里叶变换(DFT)	554	21.1.3 梯形法则的计算机算法	629
19.6 快速傅里叶变换(FFT)	556	21.2 辛普森法则	631
19.6.1 Sande-Tukey 算法	557	21.2.1 辛普森 1/3 法则	631
19.6.2 Cooley-Tukey 算法	561	21.2.2 多应用型辛普森 1/3 法则	634
19.7 能量谱	561	21.2.3 辛普森 3/8 法则	636
19.8 利用软件库和软件包进行 曲线拟合	562	21.2.4 辛普森法则的计算机 算法	638
19.8.1 Excel	562	21.2.5 高阶牛顿-柯特斯闭型 公式	639
19.8.2 MATLAB	566	21.3 非等距积分	639
19.8.3 IMSL	568	21.4 开型积分公式	642
习题	571	21.5 重积分	643
第 20 章 曲线拟合案例分析	575	习题	645
20.1 线性回归与人口模型 (化学/生物工程)	578	第 22 章 函数的积分	649
20.2 用样条估计热传递 (土木/环境工程)	580	22.1 函数的牛顿-柯特斯算法	649
20.3 傅里叶分析(电气工程)	581	22.2 龙贝格积分	651
20.4 实验数据分析 (机械/航空航天工程)	581	22.2.1 理查森外推法	651
习题	583	22.2.2 龙贝格积分的算法	654

22.3 高斯求积公式.....656	PT7.1.1 求解常微分方程的 非计算机方法.....717
22.3.1 待定系数法.....657	PT7.1.2 常微分方程和 工程实践.....718
22.3.2 两点高斯-勒让德公式 的推导.....658	PT7.2 数学背景.....719
22.3.3 多点公式.....661	PT7.3 导读.....721
22.3.4 高斯求积公式的 误差分析.....663	PT7.3.1 范围与预览.....722
22.4 非正常积分.....663	PT7.3.2 目标.....723
习题.....666	
第23章 数值微分.....669	第25章 龙格-库塔法.....725
23.1 高精度微分公式.....669	25.1 欧拉方法.....726
23.2 理查森外推法.....672	25.1.1 欧拉方法的误差分析.....728
23.3 非等距数据的微分.....674	25.1.2 欧拉方法的算法.....733
23.4 带误差数据的微分和积分.....675	25.1.3 高阶泰勒级数方法.....736
23.5 使用软件库和软件包计算 数值积分/微分.....676	25.2 欧拉方法的改进.....736
23.5.1 MATLAB.....676	25.2.1 修恩法.....736
23.5.2 IMSL.....678	25.2.2 中点方法.....741
习题.....680	25.2.3 修恩法和中点方法的 计算机算法.....743
第24章 数值积分和数值微分 案例分析.....685	25.2.4 小结.....743
24.1 利用积分确定总热量 (化学/生物工程).....685	25.3 龙格-库塔法.....744
24.2 竞赛帆船桅杆上的有效作用 力(土木/环境工程).....687	25.3.1 二阶龙格-库塔法.....744
24.3 利用数值积分确定均方根电 流(电气工程).....690	25.3.2 三阶龙格-库塔法.....749
24.4 利用数值积分计算功 (机械/航空航天工程).....692	25.3.3 四阶龙格-库塔法.....749
习题.....696	25.3.4 高阶龙格-库塔法.....751
第6部分 结束语.....711	25.3.5 龙格-库塔法的计算机 算法.....753
PT6.4 权衡.....711	25.4 方程组.....753
PT6.5 重要的关系式与公式.....712	25.4.1 欧拉方法.....754
PT6.6 高级方法与其他参考文献.....713	25.4.2 龙格-库塔法.....755
第7部分 常微分方程.....715	25.4.3 求解常微分方程组的 计算机算法.....756
PT7.1 动机.....716	25.5 自适应龙格-库塔法.....758
	25.5.1 自适应龙格-库塔或步长 -对分法.....759
	25.5.2 龙格-库塔-费尔贝格法.....760
	25.5.3 步长控制.....762
	25.5.4 计算机算法.....763
	习题.....765

第 26 章 刚性和多步法.....	769	PT7.5 重要的关系式与公式.....	856
26.1 刚性.....	769	PT7.6 高级方法与其他参考文献.....	858
26.2 多步法.....	773	第 8 部分 偏微分方程.....	859
26.2.1 非自启动修恩方法.....	774	PT8.1 动机.....	860
26.2.2 步长控制和计算机程序.....	781	PT8.1.1 偏微分方程和工程 实践.....	861
26.2.3 求积公式.....	782	PT8.1.2 求解偏微分方程的非 计算方法.....	863
26.2.4 高阶多步法.....	788	PT8.2 导读.....	863
习题.....	792	PT8.2.1 范围和与预览.....	863
第 27 章 边值和特征值问题.....	795	PT8.2.2 目标.....	864
27.1 边值问题的通用方法.....	796	第 29 章 有限差分法: 椭圆型方程.....	867
27.1.1 打靶法.....	796	29.1 拉普拉斯方程.....	867
27.1.2 有限差分法.....	799	29.2 求解方法.....	869
27.2 特征值问题.....	801	29.2.1 拉普拉斯差分方程.....	870
27.2.1 数学背景.....	801	29.2.2 李布曼方法.....	871
27.2.2 物理背景.....	802	29.2.3 二级变量.....	873
27.2.3 边值问题.....	804	29.3 边界条件.....	875
27.2.4 多项式方法.....	807	29.3.1 导数边界条件.....	875
27.2.5 乘幂法.....	809	29.3.2 不规则边界.....	878
27.2.6 其他方法.....	812	29.4 控制体积法.....	881
27.3 使用程序库和软件包求解常 微分方程和特征值问题.....	813	29.5 求解椭圆型方程的软件.....	884
27.3.1 Excel.....	813	习题.....	885
27.3.2 MATLAB.....	813	第 30 章 有限差分法: 抛物型方程.....	887
27.3.3 IMSL.....	817	30.1 热传导方程.....	887
习题.....	819	30.2 显式法.....	888
第 28 章 常微分方程案例分析.....	825	30.2.1 收敛性和稳定性.....	890
28.1 利用常微分方程分析反应堆 的瞬态反应(化学/生物工程).....	825	30.2.2 导数边界条件.....	891
28.2 追捕模型和混沌 (土木和环境工程).....	831	30.2.3 高阶时间逼近.....	892
28.3 模拟电路的瞬变电流 (电气工程).....	834	30.3 简单的隐式法.....	892
28.4 摆动的钟摆 (机械/航空航天工程).....	839	30.4 克兰克-尼科尔森法.....	895
习题.....	842	30.5 二维空间上的抛物型方程.....	898
第 7 部分 结束语.....	855	30.5.1 标准显式和隐式格式.....	898
PT7.4 权衡.....	855	30.5.2 ADI 方法.....	899
		习题.....	901
		第 31 章 有限元法.....	905
		31.1 通用方法.....	906

31.1.1	剖分	906	第 32 章	偏微分方程案例分析	931
31.1.2	元素方程	906	32.1	反应堆的一维质量守恒 (化学/生物工程)	931
31.1.3	装配	909	32.2	平板的挠曲(土木/环境工程)	935
31.1.4	边界条件	909	32.3	二维静电场问题(电气工程)	937
31.1.5	求解	909	32.4	用有限元法求解弹簧系统 (机械/航空航天工程)	940
31.1.6	后处理	909	习题		944
31.2	有限元法在一维情况下 的应用	909	第 8 部分	结束语	947
31.2.1	剖分	911	PT8.3	权衡问题	949
31.2.2	元素方程	911	PT8.4	重要的关系式与公式	949
31.2.3	装配	916	PT8.5	高级方法与其他参考文献	950
31.2.4	边界条件	918	附录 A	傅里叶级数	951
31.2.5	求解	918	附录 B	学习使用 MATLAB	953
31.2.6	后处理	918	参考文献		961
31.3	二维问题	919			
31.3.1	剖分	919			
31.3.2	元素方程	919			
31.3.3	边界条件和装配	921			
31.3.4	求解和后处理	921			
31.4	使用程序库和软件包求解 偏微分方程	922			
31.4.1	Excel	922			
31.4.2	MATLAB	924			
31.4.3	IMSL	925			
习题		928			

第1部分

建模、计算机与误差分析问题

第1章 数学建模与工程问题求解

第2章 程序设计与软件

第3章 逼近与舍入误差

第4章 截断误差与泰勒级数

