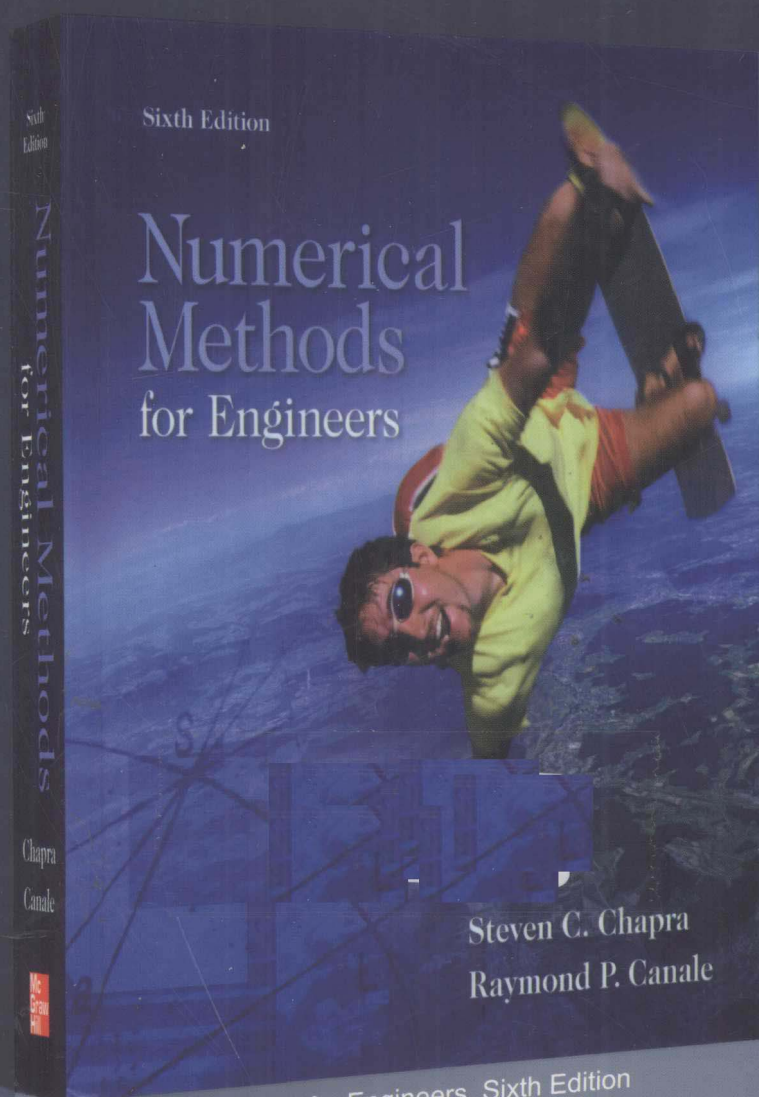


工程数值方法

(第6版)

(美) Steven C. Chapra 著
Raymond P. Canale

于艳华 傅效群 译
赵红宇 任雁



Numerical Methods for Engineers, Sixth Edition



工程数值方法

(第 6 版)

(美)	Steven C. Chapra	著
	Raymond P. Canale	
	于艳华 傅效群	译
	赵红宇 任雁	

清华大学出版社

北 京

Steven C. Chapra, Raymond P. Canale
Numerical Methods for Engineers, Sixth Edition
EISBN: 978-0-07-340106-5

Copyright © 2010 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and Tsinghua University Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2010 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc. and Tsinghua University Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和清华大学出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权©2010 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与清华大学出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2009-4898

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

工程数值方法(第6版)/(美)查布拉(Chapra, S. C.), (美)卡纳尔(Canale, R. P.)著;于艳华等译. —北京:清华大学出版社, 2010.3

书名原文: Numerical Methods for Engineers, Sixth Edition

ISBN 978-7-302-22193-7

I. 工… II. ①查… ②卡… ③于… III. 工程数学—数值计算 IV. 0241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 030104 号

责任编辑:王 军 韩宏志

装帧设计:孔祥丰

责任校对:成凤进

责任印制:孟凡玉

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

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

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:60.5 字 数:1472 千字

版 次:2010 年 3 月第 1 版 印 次:2010 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:128.00 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:033451-01

教材编审委员会

主任委员：

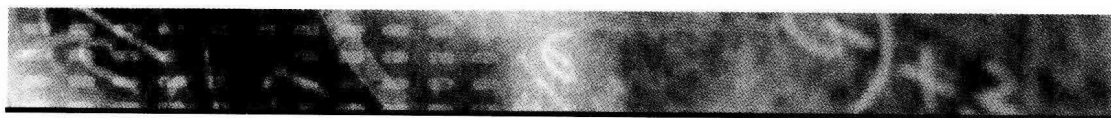
孙家广 清华大学教授

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



作者简介

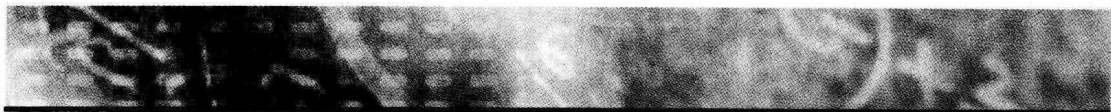
Steven C. Chapra 执教于塔夫茨大学的土木与环境工程系,在此,他担任计算与工程系路易斯·伯杰讲座教授。他的其他主要著作有 *Surface Water-Quality Modeling and Applied Numerical Methods with MATLAB*。

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。他的主要研究方向为地表水质建模与高级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度过的,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 多篇科技论文和学术报告。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,作为顾问和指导专家,他正在为一些工程公司、企业以及政府机构服务。



前 言

本书第一版的发行距今已经有 20 多年的时间了,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,并扎实地掌握了基本知识。所以,尽管在这个新版本中,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易懂和尽可能面向实践。
- **计算工具。**显然,我们要培养学生使用诸如 Excel、MATLAB 和 Mathcad 这样的软件包进行标准的“点击”数值问题求解的能力。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功能不满意,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。

除了这三个原则之外,第 6 版还具有如下新特征:

- **新扩充的习题集:**大多数习题都进行了修改,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。
- **新内容:**增加了新的章节,包括开方和优化的布伦特方法,以及自适应积分。

- **新的案例：**增加了几个有趣的新案例。
- **Mathcad：**除了 Excel 和 MATLAB 之外，还增加了流行软件包 Mathcad 的内容。

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。

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..... 74
PT1.1 动机2	4.1 泰勒级数..... 74
PT1.1.1 非计算机方法..... 2	4.1.1 泰勒级数展开的余项.....80
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.....82
PT1.2 数学背景4	4.1.3 数值微分86
PT1.3 导读6	4.2 误差传播..... 90
PT1.3.1 范围与预览..... 6	4.2.1 单变量函数90
PT1.3.2 目标..... 7	4.2.2 多变量函数91
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.....93
1.1 一个简单的数学模型9	4.3 总数值误差 94
1.2 守恒律与工程 15	4.3.1 数值微分的误差分析.....95
习题 18	4.3.2 数值误差的控制.....97
第 2 章 程序设计与软件..... 24	4.4 粗差、形式化误差和数据的 不确定性 98
2.1 软件包与程序设计 24	4.4.1 粗差98
2.2 结构化程序设计..... 25	4.4.2 形式化误差99
2.3 模块化程序设计..... 33	4.4.3 数据的不确定性.....99
2.4 Excel 35	习题 99
2.5 MATLAB..... 38	第 1 部分结束语..... 103
2.6 MATHCAD..... 42	PT1.4 权衡..... 103
2.7 其他的语言和软件库 43	PT1.5 重要的关系式与公式 105
习题 43	PT1.6 高级方法与其他参考文献..... 105
第 3 章 逼近与舍入误差..... 52	第 2 部分 方程求根..... 107
3.1 有效数字..... 53	PT2.1 动机..... 108
3.2 准确度与精度 54	PT2.1.1 求根的非计算机方法 · 108
3.3 误差的定义..... 55	PT2.1.2 方程求根和工程实践 · 108
3.4 舍入误差..... 60	PT2.2 数学背景 110
3.4.1 数的计算机表示 60	PT2.3 导读..... 110
3.4.2 计算机中的算术运算 67	PT2.3.1 范围与预览 111
习题 72	PT2.3.2 目标 112

第5章 划界法	113	7.5 贝尔斯托法.....	179
5.1 图解法.....	113	7.6 其他方法.....	184
5.2 二分法.....	117	7.7 使用软件包求根.....	184
5.2.1 终止条件和误差估计.....	119	7.7.1 Excel.....	184
5.2.2 二分算法.....	123	7.7.2 MATLAB.....	187
5.2.3 最小化函数的计算量.....	123	7.7.3 Mathcad.....	190
5.3 试位法.....	124	习题.....	192
5.3.1 试位法的缺陷.....	127	第8章 方程求根案例分析	195
5.3.2 改进的试位法.....	129	8.1 理想和非理想气体定律	
5.4 增量搜索和确定初始估计值.....	130	(化学/生物工程)	195
习题.....	130	8.2 温室气体和雨水(土木/ 环境工程)	197
第6章 开方法	136	8.3 电子电路的设计(电气工程)	200
6.1 简单定点迭代法.....	137	8.4 管道摩擦(机械/ 航空航天工程)	202
6.1.1 收敛性.....	138	习题.....	205
6.1.2 定点迭代算法.....	141	第2部分结束语	221
6.2 牛顿-瑞普逊法.....	142	PT2.4 权衡.....	221
6.2.1 终止条件和误差估计.....	143	PT2.5 重要的关系式与公式.....	222
6.2.2 牛顿-瑞普逊法的缺点.....	145	PT2.6 高级求根方法与其他 参考文献.....	223
6.2.3 牛顿-瑞普逊算法.....	147	第3部分 线性代数方程组	224
6.3 正割法.....	148	PT3.1 动机.....	225
6.3.1 正割法和试位法的差异.....	149	PT3.1.1 求解方程组的非 计算机方法.....	225
6.3.2 正割法算法.....	151	PT3.1.2 线性代数方程组和 工程实践.....	225
6.3.3 改进的正割法.....	151	PT3.2 数学背景.....	227
6.4 布伦特法.....	152	PT3.2.1 矩阵概念.....	227
6.4.1 逆二次插值法.....	152	PT3.2.2 矩阵操作规则.....	229
6.4.2 布伦特法的算法.....	155	PT3.2.3 用矩阵形式表示线性 代数方程组.....	233
6.5 重根.....	156	PT3.3 导读.....	235
6.6 非线性方程组.....	159	PT3.3.1 范围与预览.....	235
6.6.1 定点迭代法.....	160	PT3.3.2 目标.....	236
6.6.2 牛顿-瑞普逊法.....	162	第9章 高斯消去法	237
习题.....	164	9.1 求解小规模方程组.....	237
第7章 多项式求根	169		
7.1 工程和科学中的多项式.....	169		
7.2 多项式计算.....	172		
7.2.1 多项式计算和微分.....	172		
7.2.2 多项式紧缩.....	172		
7.3 传统方法.....	175		
7.4 米勒法.....	175		

9.1.1 图解法	237	11.2 高斯-赛得尔方法	300
9.1.2 行列式和克莱姆法则	239	11.2.1 高斯-赛得尔方法的收敛准则	302
9.1.3 未知数消去法	242	11.2.2 使用松弛方法提高收敛性	304
9.2 原始高斯消去法	243	11.2.3 高斯-赛得尔算法	305
9.3 消去法的缺陷	250	11.2.4 高斯-赛得尔方法的问题背景	306
9.3.1 除以 0 的问题	250	11.3 使用软件包求解线性代数方程组	306
9.3.2 舍入误差	250	11.3.1 Excel	306
9.3.3 病态方程组	251	11.3.2 MATLAB	307
9.3.4 奇异方程组	255	11.3.3 Mathcad	309
9.4 解求精技术	255	习题	310
9.4.1 使用更多的有效位	255	第 12 章 线性代数方程组案例分析	315
9.4.2 交换主元法	256	12.1 反应系统的稳态分析(化学/生物工程)	315
9.4.3 缩放	258	12.2 分析静止固定的支架(土木/环境工程)	318
9.4.4 高斯消去算法	260	12.3 电阻电路中的电流和电压(电气工程)	321
9.5 复数方程组	263	12.4 弹簧-质量块系统(机械/航空航天工程)	323
9.6 非线性方程组	263	习题	326
9.7 高斯-约当法	265	第 3 部分结束语	339
9.8 小结	267	PT3.4 权衡	339
习题	267	PT3.5 重要的关系式与公式	340
第 10 章 LU 分解法和矩阵求逆	272	PT3.6 高级方法与其他参考文献	341
10.1 LU 分解	272	第 4 部分 最优化	342
10.1.1 LU 分解概述	272	PT4.1 动机	343
10.1.2 高斯消去法的 LU 分解	274	PT4.1.1 非计算机方法及其历史	343
10.1.3 LU 分解算法	279	PT4.1.2 最优化和工程实践	344
10.1.4 Crout 分解	280	PT4.2 数学背景	348
10.2 矩阵求逆	282	PT4.3 导读	349
10.2.1 计算逆矩阵	282	PT4.3.1 范围与预览	349
10.2.2 激励-反应计算	284	PT4.3.2 目标	350
10.3 误差分析和方程组条件	285		
10.3.1 向量和矩阵的范数	286		
10.3.2 矩阵条件数	289		
10.3.3 迭代求精	290		
习题	291		
第 11 章 特殊矩阵和高斯-赛得尔方法	295		
11.1 特殊矩阵	295		
11.1.1 三对角方程组	296		
11.1.2 Cholesky 分解	298		

第 13 章 一维无约束最优化	352	16.3 电路的最大功率传输 (电气工程)	417
13.1 黄金分割搜索法	353	16.4 平衡与最小势能 (机械/航空航天工程)	420
13.2 二次插值法	359	习题	421
13.3 牛顿法	361		
13.4 布伦特法	362	第 4 部分结束语	433
习题	364	PT4.4 权衡	433
第 14 章 多维无约束最优化	367	PT4.5 其他参考文献	434
14.1 直接法	367	第 5 部分 曲线拟合	435
14.1.1 随机搜索法	368	PT5.1 动机	436
14.1.2 单变量和模式检索	370	PT5.1.1 曲线拟合的非 计算机方法	436
14.2 梯度法	372	PT5.1.2 曲线拟合与工程实践	437
14.2.1 梯度和赫赛矩阵	372	PT5.2 数学背景	438
14.2.2 最速上升法	377	PT5.2.1 简单统计学	438
14.2.3 改进的梯度法	381	PT5.2.2 正态分布	441
习题	383	PT5.2.3 置信区间估计	442
第 15 章 约束优化	385	PT5.3 导读	447
15.1 线性规划	385	PT5.3.1 范围与预览	447
15.1.1 标准形	385	PT5.3.2 目标	448
15.1.2 图解法	387		
15.1.3 单纯形法	390	第 17 章 最小二乘回归	450
15.2 非线性约束优化	395	17.1 线性回归	450
15.3 使用软件包优化求解	395	17.1.1 “最佳”拟合准则	451
15.3.1 用 Excel 求解线性 规划问题	395	17.1.2 直线的最小二乘拟合	453
15.3.2 用 Excel 求解非线性 优化问题	397	17.1.3 线性回归的误差量化 分析	454
15.3.3 用 MATLAB 求解优化 问题	400	17.1.4 线性回归的计算机程序	458
15.3.4 用 Mathcad 求解优化 问题	403	17.1.5 非线性关系的线性化	461
习题	404	17.1.6 对线性回归的一般讨论	464
第 16 章 最优化案例分析	409	17.2 多项式回归	465
16.1 一个桶的最小成本设计 (化学/生物工程)	409	17.3 多元线性回归	468
16.2 废水处理的最小成本 (土木/环境工程)	413	17.4 一般线性最小二乘法	471
		17.4.1 线性最小二乘的 一般矩阵形式	471
		17.4.2 从统计角度分析 最小二乘理论	473
		17.5 非线性回归	475

习题	479	第 20 章 曲线拟合案例分析	555
第 18 章 插值	484	20.1 线性回归与人口模型 (化学/生物工程)	555
18.1 牛顿差商插值多项式	484	20.2 用样条估计热传递 (土木/环境工程)	558
18.1.1 线性插值	485	20.3 傅里叶分析(电气工程)	560
18.1.2 二次插值	486	20.4 实验数据分析 (机械/航空航天工程)	561
18.1.3 牛顿插值多项式的 一般形式	488	习题	563
18.1.4 牛顿插值多项式的误差	491	第 5 部分结束语	580
18.1.5 牛顿插值多项式的 计算机算法	493	PT5.4 权衡	580
18.2 拉格朗日插值多项式	495	PT5.5 重要的关系式与公式	581
18.3 插值多项式的系数	499	PT5.6 高级方法与其他参考文献	582
18.4 逆插值	500	第 6 部分 数值微分和数值积分	584
18.5 进一步讨论	501	PT6.1 动机	585
18.6 样条插值	503	PT6.1.1 微分和积分的非 计算机方法	588
18.6.1 线性样条	505	PT6.1.2 工程中的数值微分和 数值积分	590
18.6.2 二次样条	507	PT6.2 数学背景	593
18.6.3 三次样条	509	PT6.3 导读	596
18.6.4 三次样条的计算机算法	512	PT6.3.1 范围与预览	596
18.7 多维插值	513	PT6.3.2 目标	597
习题	515	第 21 章 牛顿-柯特斯积分公式	599
第 19 章 傅里叶逼近	519	21.1 梯形法则	600
19.1 用正弦函数进行曲线拟合	520	21.1.1 梯形法则的误差	602
19.2 连续傅里叶级数	526	21.1.2 多应用型梯形法则	605
19.3 频域与时域	530	21.1.3 梯形法则的计算机算法	608
19.4 傅里叶积分与变换	534	21.2 辛普森法则	610
19.5 离散傅里叶变换(DFT)	535	21.2.1 辛普森 1/3 法则	610
19.6 快速傅里叶变换(FFT)	537	21.2.2 多应用型辛普森 1/3 法则	613
19.6.1 Sande-Tukey 算法	538	21.2.3 辛普森 3/8 法则	615
19.6.2 Cooley-Tukey 算法	542	21.2.4 辛普森法则的计算机 算法	617
19.7 能量谱	543	21.2.5 高阶牛顿-柯特斯闭型 公式	618
19.8 利用软件包进行曲线拟合	544		
19.8.1 Excel	544		
19.8.2 MATLAB	547		
19.8.3 Mathcad	550		
习题	551		

21.3 非等距积分	618	24.3 利用数值积分确定均方根电 流(电气工程)	675
21.4 开型积分公式	621	24.4 利用数值积分计算功 (机械/航空航天工程)	677
21.5 重积分	622	习题	681
习题	624	第6部分结束语	696
第22章 函数的积分	629	PT6.4 权衡	696
22.1 函数的牛顿-柯特斯算法	630	PT6.5 重要的关系式与公式	697
22.2 龙贝格积分	631	PT6.6 高级方法与其他参考文献	698
22.2.1 理查森外推法	631	第7部分 常微分方程	699
22.2.2 龙贝格积分的算法	634	PT7.1 动机	700
22.3 自适应积分	636	PT7.1.1 求解常微分方程的 非计算机方法	701
22.4 高斯求积公式	638	PT7.1.2 常微分方程和 工程实践	702
22.4.1 待定系数法	639	PT7.2 数学背景	703
22.4.2 两点高斯-勒让德公式 的推导	641	PT7.3 导读	705
22.4.3 多点公式	643	PT7.3.1 范围与预览	706
22.4.4 高斯求积公式的 误差分析	645	PT7.3.2 目标	707
22.5 广义积分	645	第25章 龙格-库塔法	709
习题	648	25.1 欧拉方法	710
第23章 数值微分	651	25.1.1 欧拉方法的误差分析	712
23.1 高精度微分公式	651	25.1.2 欧拉方法的算法	717
23.2 理查森外推法	654	25.1.3 高阶泰勒级数方法	719
23.3 非等距数据的导数	656	25.2 欧拉方法的改进	720
23.4 带误差数据的导数与积分	657	25.2.1 修恩法	720
23.5 偏导数	658	25.2.2 中点方法	725
23.6 使用软件包计算 数值积分/微分	659	25.2.3 修恩法和中点方法的 计算机算法	727
23.6.1 MATLAB	659	25.2.4 总结	727
23.6.2 Mathcad	664	25.3 龙格-库塔法	728
习题	665	25.3.1 二阶龙格-库塔法	728
第24章 数值积分和数值微分 案例分析	670	25.3.2 三阶龙格-库塔法	733
24.1 利用积分确定总热量 (化学/生物工程)	670	25.3.3 四阶龙格-库塔法	733
24.2 竞赛帆船桅杆上的有效作用 力(土木/环境工程)	672	25.3.4 高阶龙格-库塔法	735
		25.3.5 龙格-库塔法的计算机 算法	737

25.4 方程组	737	第 28 章 常微分方程案例分析	807
25.4.1 欧拉方法	738	28.1 利用常微分方程分析反应堆	
25.4.2 龙格-库塔法	739	的瞬态反应(化学/生物工程)	807
25.4.3 求解常微分方程组的		28.2 追捕模型和混沌	
计算机算法	740	(土木/环境工程)	813
25.5 自适应龙格-库塔法	742	28.3 模拟电路的瞬变电流	
25.5.1 自适应龙格-库塔或步长-		(电气工程)	816
对分法	743	28.4 摆动的钟摆	
25.5.2 龙格-库塔-费尔贝格法	744	(机械/航空航天工程)	821
25.5.3 步长控制	746	习题	824
25.5.4 计算机算法	747		
习题	749	第 7 部分结束语	841
第 26 章 刚性和多步法	753	PT7.4 权衡	841
26.1 刚性	753	PT7.5 重要的关系式与公式	842
26.2 多步法	757	PT7.6 高级方法与其他参考文献	844
26.2.1 非自启动修恩方法	758	第 8 部分 偏微分方程	845
26.2.2 步长控制和计算机程序	765	PT8.1 动机	846
26.2.3 求积公式	766	PT8.1.1 偏微分方程和工程	
26.2.4 高阶多步法	772	实践	847
习题	776	PT8.1.2 求解偏微分方程的非	
第 27 章 边值和特征值问题	779	计算机方法	849
27.1 边值问题的通用方法	780	PT8.2 导读	849
27.1.1 打靶法	780	PT8.2.1 范围和与预览	849
27.1.2 有限差分法	783	PT8.2.2 目标	850
27.2 特征值问题	786	第 29 章 有限差分法: 椭圆型方程	852
27.2.1 数学背景	786	29.1 拉普拉斯方程	852
27.2.2 物理背景	786	29.2 求解方法	854
27.2.3 边值问题	789	29.2.1 拉普拉斯差分方程	855
27.2.4 多项式方法	792	29.2.2 李布曼方法	856
27.2.5 乘幂法	794	29.2.3 二级变量	858
27.2.6 其他方法	797	29.3 边界条件	860
27.3 使用软件包求解常微分		29.3.1 导数边界条件	860
方程和特征值问题	798	29.3.2 不规则边界	862
27.3.1 Excel	798	29.4 控制体积法	866
27.3.2 MATLAB	798	29.5 求解椭圆型方程的软件	868
27.3.3 Mathcad	802	习题	869
习题	803	第 30 章 有限差分法: 抛物型方程	872
		30.1 热传导方程	872

30.2 显式法	873	第 32 章 偏微分方程案例分析	912
30.2.1 收敛性和稳定性	875	32.1 反应堆的一维质量守恒	
30.2.2 导数边界条件	876	(化学/生物工程)	912
30.2.3 高阶时间逼近	877	32.2 平板的挠曲(土木/环境工程)	916
30.3 简单的隐式法	877	32.3 二维静电场问题(电气工程)	918
30.4 克兰克-尼科尔森法	880	32.4 用有限元法求解弹簧系统	
30.5 二维空间上的抛物型方程	883	(机械/航空航天工程)	921
30.5.1 标准显式和隐式格式	883	习题	924
30.5.2 ADI 方法	884	第 8 部分结束语	928
习题	886	PT8.3 权衡问题	928
第 31 章 有限元法	889	PT8.4 重要的关系式与公式	928
31.1 通用方法	890	PT8.5 高级方法与其他参考文献	929
31.1.1 剖分	890	附录 A 傅里叶级数	930
31.1.2 元素方程	890	附录 B 学习使用 MATLAB	932
31.1.3 装配	893	附录 C 学习使用 Mathcad	939
31.1.4 边界条件	893		
31.1.5 求解	893		
31.1.6 后处理	893		
31.2 有限元法在一维情况下的应用	893		
31.2.1 剖分	895		
31.2.2 元素方程	895		
31.2.3 装配	900		
31.2.4 边界条件	902		
31.2.5 求解	902		
31.2.6 后处理	902		
31.3 二维问题	903		
31.3.1 剖分	903		
31.3.2 元素方程	903		
31.3.3 边界条件和装配	905		
31.3.4 求解和后处理	905		
31.4 使用软件包求解偏微分方程	906		
31.4.1 Excel	906		
31.4.2 MATLAB	907		
31.4.3 Mathcad	908		
习题	909		

第 1 部分

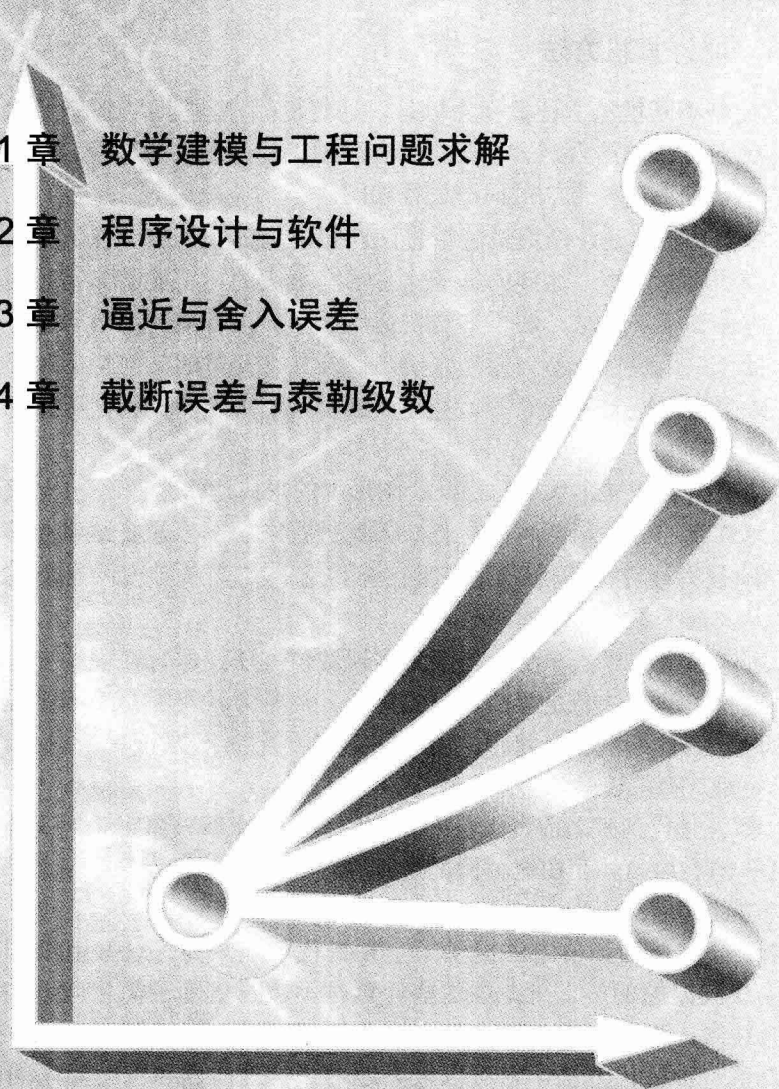
建模、计算机与误差分析问题

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



PT1.1 动机

数值方法是将数学问题进行公式化的表示,以便使用算术运算对其进行求解的技术。尽管有很多类型的数值方法,但它们都有一个共同的特点:都会涉及到大量枯燥的算术运算。毫无疑问,近年来,随着快速、高效的数字计算机的发展,数值方法在工程问题求解中的作用迅速得以提升。

PT1.1.1 非计算机方法

除了提供不断增加的计算能力以外,计算机(尤其是个人计算机)的广泛应用,也使得计算机与数值方法的结合极大地影响着实际的工程问题求解过程。在计算机时代到来之前,工程师们通常使用三种方法对问题进行求解:

- (1) 对于某些问题,是通过解析方法获得问题的解,或者说是用准确的方法进行推理得到问题的解。这样的解通常是很有意义的,它能够非常好地刻画出某些系统的内在特征。但是,解析方法仅适用于一类很有限的简单问题。这些简单的系统包括可以用线性模型逼近的系统,以及具有简单的几何特征和低维度的系统。由于大多数问题是非线性的,并涉及到复杂的形状和过程,所以解析方法只有有限的实用价值。
- (2) 使用图解法描述系统的特征。图解解的形式通常是图形(plot)或线图(nomograph)。尽管我们经常用图解法对复杂问题进行求解,但是其结果并不准确。而且,图解解(没有计算机的辅助)是非常枯燥和难于实现的。最后,图解法仅限于可以用三维及其以下维数描述的问题。
- (3) 可以利用计算器和滑尺,手工实现数值方法。尽管在理论上,对于复杂的问题,这种求解方法是足够的,但实际上,这种方法存在几个困难。手工计算不仅速度慢,而且很枯燥。同时,由于在完成大量的手工计算时,很容易出现低级错误,很难获得一致的结果。

在计算机时代到来之前,大量的精力都花在了求解技术上,而不是花在问题的定义与解释上(图 PT1-1(a))。存在这种情况是因为,为了利用非计算机技术来获取数值解,需要花费相当多的时间和人力。

今天,计算机和数值方法提供了一种替代方法来完成这些复杂的计算。利用计算机可以直接得到问题的解,在完成这些计算时不需要借助于简化问题的假设条件,也不需要耗时的技术。尽管对于问题求解和深入理解来说,解析解依然非常有价值,但是数值方法代表了一种替代方法,它可以极大地增强处理问题和求解问题的能力。总之,我们可以将更多的时间花在创新性工作上。因此,可以将重点放在问题的建模与结果的解释上,以及对整个系统或者“全局”的理解上(图 PT1-1(b))。