



“十二五”江苏省高等学校重点教材
普通高等教育“十三五”规划教材

“信息与计算科学”专业综合改革试点项目丛书

数值分析与计算方法 (第二版)

雷金贵 李建良 蒋 勇 主编



科学出版社



“十
普通

材(编号: 2014-1-129)

“信息与计算科学”专业综合改革试点项目丛书

数值分析与计算方法 (第二版)

雷金贵 李建良 蒋 勇 主编



科学出版社

北 京

内 容 简 介

《数值分析与计算方法》是为理工科高等院校普遍开设的“数值分析”与“计算方法”课程而编写的参考教材。第二版共 10 章,全部教学内容大约需要 120 个学时,主要包括:数值计算的基本理论,插值问题,线性方程组的直接与迭代解法,方程求根,数据拟合与函数逼近,数值积分与数值微分,常微分方程初(边)值问题,矩阵特征值与特征向量的幂法计算,线性规划及其在矛盾方程组求近似解中的应用等内容。为了方便教师根据不同的学科背景与教学计划灵活安排教学,全书采用模块化方式组织教学内容,各个章节相对独立,部分章节标题后面带“*”表示该章节为选修内容。为了方便初学者及时掌握学习重点,每章后面附有适量习题;此外,为了提高初学者分析问题、解决问题的能力,提高其程序设计能力与综合素质,本书在附录中安排了 10 篇“上机实习课题”,以方便其上机计算练习。

全书秉承大学生综合能力锻炼与素质培养的核心理念,注重理论与实际相结合,在保持科学严谨的基础上,内容阐述深入浅出,脉络清晰,层次分明,方便读者快速查阅与参考。

本书可作为理工科大学相关专业的研究生教材,并可供从事科学与工程计算的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

数值分析与计算方法/雷金贵,李建良,蒋勇主编. —2 版. —北京:科学出版社, 2017

(“信息与计算科学”专业综合改革试点项目丛书)

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-053644-0

I. ①数… II. ①雷…②李…③蒋… III. ①数值分析-高等学校-教材
②数值计算-高等学校-教材 IV. ①O241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017) 第 137727 号

责任编辑:胡 凯 许 蕾 沈 旭/责任校对:彭珍珍

责任印制:张 伟/封面设计:许 瑞

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>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 9 月第 二 版 印张:25

2017 年 9 月第七次印刷 字数:600 000

定价:69.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《数值分析与计算方法》(第二版)

编写编委会

主 编: 雷金贵 李建良 蒋 勇

参 编: 白 羽 陈文兵 卢长娜 陈允杰

第二版前言

2012 年春,《数值分析与计算方法》第一版在科学出版社正式出版。自那时起,本书一直作为南京信息工程大学以及南京理工大学等高等院校本科与研究生阶段各个专业数值分析与计算方法等相关课程的教材,为该校本科、研究生数值计算课程教学的顺利开展发挥了积极的作用,并受到省内外师生们越来越多的关注。2013 年,南京信息工程大学(我校)将《数值分析与计算方法》列为国家级重点教材的培养建设目标;2014 年,由江苏省高等教学管理研究会教材管理工作委员会推荐,本书获批为“江苏省高等学校重点教材”。省、校两级主管部门政策上的支持,加上全院教师的配合,为本书第二版的出版提供了良好支撑,促使我们为进一步完善本教材而继续努力和奋斗。

为了进一步完善理论,并进一步理清思路,简化叙述,提高教材的可读与易读性,增强教材的实用与适用性,进一步增加教材的知识覆盖面,使其与时俱进地适合新形势、多学时情况下的教学安排,在保持原版知识体系、内容框架与编写风格基本不变的前提下,第二版中对章节的内容进行了较为全面的修订,补充了一些教学内容,并将部分章节的顺序编号做了一些调整,使其适应新的知识体系与叙述方式。主要修订内容如下:

(1) 将第一版中绪论调整为新版的第 1 章,补充了误差的概念、误差的传播与机器数系的相关知识,将二分法移至第 4 章,新增精度丢失定理相关的知识,重新梳理了编写顺序,增加课后练习题和部分例题;

(2) 将第一版第 3 章近似理论调整到新版第 6 章,新增了矩阵的广义逆、SVD 分解与矩阵正交分解方面的知识,新增最佳一致逼近方面的内容,修订正交多项式的构造方法一节的相关内容,修订并完善了矛盾方程组的最小二乘问题、数据拟合与函数逼近问题的相关理论,修订并新增了一些例题与课后练习题;

(3) 重新梳理了线性方程组的直接解法和迭代解法两章,完善了 Gauss 消元法的理论,增加了该章所有算法的伪代码表示,修改了追赶法的定理证明与叙述,完善了向量范数与矩阵范数的理论以及 Gauss 消元法的浮点误差分析与方程组的病态检测和改善方面的知识体系,补充了 SOR 方法中松弛因子选择相关的理论;

(4) 重新梳理了方程求根一章的叙述方式,增加了方程根的存在性定理,补充并完善了 Newton 法收敛性判断与改进以及 Steffensen 迭代法相关的知识,并修订了该章部分定理的叙述与证明;

(5) 矩阵特征值和特征向量一章中新增了带原点平移的 QR 方法,修订了幂法与反幂法的部分内容;

(6) 新增了线性规划一章, 用比较小的篇幅初步讲述了线性规划理论的图解法、单纯形法等基本概念与方法, 以及线性规划方法在矛盾方程组近似求解方面的应用.

除此之外, 其余章节也做了局部和小范围的修订和完善, 修改了部分习题与例题, 详细内容参见本书正文.

本书第二版由蒋勇、雷金贵执笔, 南京理工大学的李建良教授、北京建筑大学的白羽博士和我校陈文兵副教授等多所高校的教授专家参加了本书的审核与校对工作. 在改编本书的过程中, 南京航空航天大学戴华教授、王春武教授, 南京信息工程大学李薇教授、杨兴东教授、刘文军副教授等也提出了很多建设性的建议, 在此表示衷心的感谢. 此外, 科学出版社的编辑们做了大量的修订和编辑工作, 感谢他们无私的奉献和付出. 感谢南京信息工程大学“国家级重点教材出版基金”和江苏省教育厅“省重点教材建设基金”对本书的大力资助, 感谢所有参加本书第一版(见第一版作者名单)和第二版编审工作的同仁们, 衷心感谢省内外计算数学、数值模拟与仿真等方面的专家、学者对我们相关工作的关注、批评、支持与帮助!

由于作者能力有限, 疏漏和不足之处在所难免, 期待各位同仁与读者继续提出宝贵意见, 以便我们在下一版中尽快修改并完善.

来信请寄: 南京市浦口区宁六路 219 号, 南京信息工程大学数学与统计学院, 邮编: 210044;
E-mail: jianguk@163.com, leijingui@nuist.edu.cn.

南京信息工程大学数理学院 蒋 勇 雷金贵

南京理工大学理学院 李建良

2017 年春

第一版前言

“数值分析”与“计算方法”是理工科大学各专业普遍开设的两门密切相关的核心课程。其中,“数值分析”作为核心的专业基础课,主要开设对象为数学、统计、计算机科学等专业的学生;而“计算方法”作为重要的专业基础课或选修课,主要开设对象为其他理工科专业的学生。从内容上看,这是两门不同的课程,各有不同的要求和侧重点。但是,它们又有较大的交叉与重叠。前者通常侧重数值方法的理论基础、算法设计与分析等;后者通常侧重对算法的了解、实际应用等。

科学技术的不断发展与社会事业的不断进步,对现代大学生与研究生的综合素质、创新与应用能力提出了新的要求:一方面,要求数理专业的学生具有更好的开拓性与实际应用能力;另一方面,对接受技术与应用能力训练为主的工科类学生以及非数理专业的其他理科学学生,也要求其在综合素质(包括数理素质)方面受到更好的训练。

作为“十二五”规划“人才培养模式创新与课程体系改革”、“人才培养模式创新实验基地”、“学术与技能分类、专业培养分流——人才培养的创新与实践”、“基于‘学术型、技能型、国际化’的多元化人才培养模式的研究与实践”、“数值分析精品课程建设”等多项教学研究、教学改革与质量工程建设的成果之一,我们在本书中尝试性地将“数值分析”与“计算方法”两门课程的内容进行了有机的结合与互补性的融合,供这两门课程教学使用。希望本书能够在教学中配合教师,对学生的综合素质的培养与实际技能的训练有所帮助。应当说明,鉴于不同学科与专业不同的实际情况与要求,在教学过程中需要根据学生的背景因材施教,对教学内容做适当的取舍与补充。为了便于教学,我们力求在保证系统性与层次性的基础上,采用模块化结构,章节相对独立;在保持阐述严谨的基础上,层次分明,循序渐进,希望有助于教师根据学生的不同背景与各专业不同的教学计划灵活安排教学。为了帮助学生提高自学能力,我们在编写过程中特别注意叙述的深入浅出,希望有助于学生在教师指导下,通过自学也能掌握相关课程的主要内容。从这个意义上讲,本书也特别适合于“教师讲授与学生自学”相结合的教学改革。

本书突出“综合素质与能力”的核心理念,注重理论与实际结合,主要内容包括绪论、插值问题、曲线拟合与逼近、数值积分与数值微分、常微分方程数值解法、非线性方程求解、线性方程组的直接解法与迭代法、矩阵的特征值与特征向量计算等。为帮助学生掌握内容,每章附有适量习题;为培养学生的综合素质、提高学生的实际技能,本书专门安排了“计算机实习课题”,并配备了相应的计算实习题。

本书同时可作为理工科大学相关专业的研究生课程教材,并可供从事科学与工程计算的

科技工作者参考

本书是在李建良教授、蒋勇教授等所编著的《计算机数值方法》(该书曾获南京理工大学优秀教材一等奖)的基础上,根据上述原则由蒋勇、李建良、卢长娜、陈文兵、雷金贵、白羽、陈允杰等江苏省内外多所高校的教授、博士共同改编而成。在改编过程中,南京信息工程大学数学专业的部分研究生参与了部分编辑工作。我们在此对所有参加工作的同志表示衷心的感谢。此外,特别感谢南京信息工程大学优秀教材出版基金对本书的立项与经济资助,感谢计算数学、数值模拟与仿真等方面的众多专家对我们相关工作的支持与帮助!

期待各位同仁与读者提出宝贵意见,以便我们在再版过程中改正。

南京信息工程大学数理学院 蒋勇

南京理工大学理学院 李建良

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机数值方法概述	1
1.1.1 数值计算方法的概念与任务	1
1.1.2 数值计算问题的解题过程与步骤	3
1.1.3 本课程的内容与数值算法的特点	4
1.2 误差、有效数字与机器数系	6
1.2.1 误差的概念与来源	6
1.2.2 有效数字与机器数系 *	7
1.2.3 舍入误差的产生 *	11
1.3 误差传播与防范	12
1.3.1 误差的传播	13
1.3.2 防止“大数吃小数” *	14
1.3.3 避免绝对值相近的数作减法	15
1.3.4 避免 0 或接近 0 的数作除数	16
1.3.5 避免绝对值很大的数作乘数	16
1.3.6 简化计算公式, 减少计算量	17
1.3.7 设计稳定的算法	17
1.3.8 精度丢失定理 *	19
习题 1	20
第 2 章 插值法	22
2.1 插值问题	22
2.1.1 基本概念	22
2.1.2 插值多项式的存在唯一性	22
2.2 拉格朗日 (Lagrange) 插值	23
2.2.1 Lagrange 插值多项式	23
2.2.2 插值余项	25
2.3 差商与牛顿 (Newton) 插值	28

2.3.1	差商的定义和性质	28
2.3.2	Newton 插值公式	30
2.4	差分与等距节点插值	33
2.4.1	差分及其性质	33
2.4.2	等距节点插值公式	34
2.5	埃尔米特 (Hermite) 插值 *	36
2.6	三次样条插值	40
2.6.1	多项式插值的缺陷与分段插值	40
2.6.2	三次样条插值函数	41
2.6.3	三次样条插值函数的构造方法	42
2.6.4	两点说明	48
	习题 2	49
第 3 章	线性方程组的直接解法	52
3.1	引言	52
3.2	Gauss 消元法	53
3.2.1	三角形方程组的解法	53
3.2.2	预备知识 *	54
3.2.3	Gauss 消元法	55
3.2.4	Gauss 消元法的计算量	58
3.2.5	Gauss 消元法的条件	59
3.2.6	列主元消元法	61
3.2.7	全主元消元法 *	63
3.3	Gauss-Jordan 消元法与矩阵求逆	64
3.3.1	Gauss-Jordan 消元法	64
3.3.2	用 Gauss-Jordan 消元法求逆矩阵	67
3.4	矩阵分解	69
3.4.1	Gauss 消元法的矩阵解释	69
3.4.2	Doolittle 分解	71
3.4.3	方程组的求解举例	75
3.4.4	正定阵的 Doolittle 分解	77
3.4.5	Cholesky 分解与平方根法	79
3.4.6	LDL^T 分解与改进的平方根法	82
3.4.7	带列主元的三角分解 *	83

3.5	追赶法	89
3.6	向量范数	93
3.6.1	向量范数定义	93
3.6.2	向量范数等价性与一致连续性 *	95
3.7	矩阵范数	98
3.7.1	方阵的范数	98
3.7.2	$m \times n$ 阶矩阵的范数 *	105
3.8	条件数与方程组的误差分析	106
3.8.1	病态方程组与条件数	106
3.8.2	方程组的摄动分析	109
3.8.3	Gauss 消元法的浮点误差分析 *	112
3.8.4	方程组的病态检测与改善 *	114
	习题 3	117
第 4 章	方程求根	120
4.1	方程根的存在、唯一性与有根区间 *	120
4.1.1	方程根的存在与唯一性 *	121
4.1.2	有根区间的确定方法	121
4.2	二分法	123
4.3	Picard 迭代法与收敛性	126
4.3.1	Picard 迭代格式的收敛性	128
4.3.2	Picard 迭代法敛散性的几何解释	130
4.3.3	Picard 迭代法的局部收敛性和误差估计	132
4.3.4	Picard 迭代的收敛速度与渐近误差估计	135
4.4	Newton-Raphson 迭代法	137
4.4.1	Newton-Raphson 迭代法的构造	137
4.4.2	Newton 法的大范围收敛性	138
4.4.3	Newton 法的局部收敛性 *	141
4.4.4	Newton 法的改进 *	142
4.4.5	求非线性方程组的 Newton 法 *	143
4.5	割线法	144
4.6	代数方程求根	146
4.6.1	秦九韶算法	147
4.6.2	秦九韶算法在导数求值中的应用 *	148

4.6.3	代数方程的 Newton 法 *	149
4.6.4	劈因子法 *	150
4.7	加速方法	154
4.7.1	Aitken 加速法	154
4.7.2	Steffensen 迭代法	155
4.7.3	其他加速技巧 *	156
习题 4		157
第 5 章	线性方程组的迭代解法	159
5.1	迭代法的构造	159
5.1.1	Jacobi 迭代法的构造	160
5.1.2	Gauss-Seidel 迭代法的构造	162
5.2	迭代法的收敛性	165
5.2.1	一阶定常迭代法的收敛性	166
5.2.2	Jacobi 迭代法与 Gauss-Seidel 迭代法收敛性的判定 *	171
5.2.3	迭代法的收敛速度	176
5.3	逐次超松弛迭代法 (SOR 方法)	176
5.3.1	SOR 迭代的构造	177
5.3.2	SOR 方法的收敛性	178
5.3.3	相容次序与最佳松弛因子的选择 *	181
习题 5		183
第 6 章	近似理论	185
6.1	矩阵的广义逆	185
6.1.1	Moore-Penrose 广义逆	185
6.1.2	广义逆的性质	188
6.2	方程组的最小二乘解	190
6.2.1	方程组的最小二乘解	190
6.2.2	方程组的极小最小二乘解	193
6.3	矩阵的正交分解与方程组的最小二乘解	195
6.3.1	Gram-Schmidt 正交化方法	195
6.3.2	矩阵正交分解在求极小最小二乘解中的应用	199
6.3.3	Householder 变换	201
6.3.4	Householder 变换在矩阵正交分解中的应用	203
6.4	矩阵的奇异值分解 *	208

6.5	数据拟合	214
6.6	正交多项式	218
6.6.1	正交多项式的概念与性质	218
6.6.2	Chebyshev 多项式	220
6.6.3	Chebyshev 正交多项式的应用 *	223
6.6.4	其他正交多项式	230
6.7	线性最小二乘问题	230
6.8	正交多项式在数据拟合中的应用	235
6.9	函数逼近	238
6.9.1	最佳平方逼近	240
6.9.2	最佳一致逼近 *	245
	习题 6	248
第 7 章	数值积分与数值微分	251
7.1	插值型数值积分公式	251
7.1.1	中矩形公式和梯形公式	251
7.1.2	插值型求积公式	253
7.1.3	求积公式的代数精确度	254
7.2	Newton-Cotes(牛顿 - 科茨) 型求积公式	256
7.2.1	Newton-Cotes 型求积公式的导出	256
7.2.2	几种低阶求积公式的余项	260
7.3	复化求积法	261
7.4	龙贝格 (Romberg) 算法	264
7.4.1	区间逐次二分法 *	264
7.4.2	复化求积公式的阶 *	266
7.4.3	Romberg 算法	266
7.5	Gauss(高斯) 型求积公式 *	270
7.5.1	基本概念	270
7.5.2	Gauss 点	271
7.5.3	Gauss-Legendre(高斯 - 勒让德) 公式	272
7.5.4	稳定性和收敛性	274
7.5.5	带权 Gauss 公式	275
7.6	数值微分 *	277
7.6.1	插值型求导公式	277

7.6.2	三次样条插值求导	280
	习题 7	281
第 8 章	常微分方程数值解法	283
8.1	常微分方程初值问题	283
8.1.1	常微分方程 (组) 初值问题的提法与解的存在性 *	283
8.1.2	常微分方程的离散化	285
8.1.3	基本概念	286
8.1.4	Euler 显式格式的几何解释	287
8.1.5	误差与差分格式的阶	288
8.2	Runge-Kutta(龙格 - 库塔) 法	291
8.2.1	Runge-Kutta 法的基本思想	291
8.2.2	四级四阶 Runge-Kutta 法	293
8.2.3	步长的选取	294
8.3	单步法的收敛性和稳定性	296
8.3.1	收敛性的概念	296
8.3.2	Euler 显式格式的收敛性 *	297
8.3.3	一般单步法的收敛性	299
8.3.4	单步法的稳定性	302
8.4	线性多步法	304
8.4.1	Adams 外推法	305
8.4.2	Adams 内插法	307
8.4.3	Adams 预报 - 校正格式	308
8.5	常微分方程组与边值问题的数值解法 *	309
8.5.1	一阶方程组	309
8.5.2	高阶方程的初值问题	310
8.5.3	边值问题的差分解法	310
	习题 8	312
第 9 章	矩阵特征值与特征向量的幂法计算	314
9.1	幂法	314
9.1.1	幂法	314
9.1.2	规范化幂法	319
9.2	幂法的加速与反幂法	321
9.2.1	原点平移法	321

9.2.2 Rayleigh 商加速法	323
9.2.3 反幂法	324
9.3 实对称矩阵的 Jacobi(雅可比) 方法	326
9.3.1 预备知识 *	326
9.3.2 Givens 平面旋转变换与二阶方阵的对角化	327
9.3.3 实对称矩阵的 Jacobi 方法	328
9.3.4 Jacobi 方法的收敛性	330
9.3.5 Jacobi 过关法	331
9.4 QR 方法 *	332
9.4.1 基本的 QR 方法	332
9.4.2 带原点平移的 QR 方法	337
习题 9	338
第 10 章 线性规划	340
10.1 线性规划问题与其对偶问题	340
10.1.1 线性规划模型	340
10.1.2 对偶	345
10.2 线性规划的基本定理 *	347
10.2.1 LP 问题可行域	347
10.2.2 LP 问题的解	349
10.2.3 线性规划的基本定理	350
10.2.4 图解法	354
10.3 单纯形法 *	356
10.3.1 单纯形法	356
10.3.2 初始可行解的确定	364
10.4 矛盾方程组的近似解	365
10.4.1 ℓ_1 -问题	365
10.4.2 ℓ_∞ -问题	368
习题 10	370
参考文献	374
附录 上机实习课题	375
1.1 误差分析与控制	375
1.2 插值问题	375
1.3 矩阵条件数的估计	376

1.4	方程求根	377
1.5	线性方程组求解	377
1.6	曲线拟合问题	378
1.7	数值积分	379
1.8	常微分方程初 (边) 值问题	379
1.9	矩阵的特征值与特征向量	381
1.10	线性规划 *	381
2.1	2.1.1 线性规划问题的数学模型	382
2.2	2.2.1 线性规划问题的图解法	382
2.3	2.3.1 线性规划问题的单纯形法	382
2.4	2.4.1 线性规划问题的对偶问题	382
2.5	2.5.1 线性规划问题的灵敏度分析	382
2.6	2.6.1 线性规划问题的整数规划	382
2.7	2.7.1 线性规划问题的分支定界法	382
2.8	2.8.1 线性规划问题的割平面法	382
2.9	2.9.1 线性规划问题的启发式算法	382
2.10	2.10.1 线性规划问题的遗传算法	382
2.11	2.11.1 线性规划问题的模拟退火算法	382
2.12	2.12.1 线性规划问题的粒子群算法	382
2.13	2.13.1 线性规划问题的蚁群算法	382
2.14	2.14.1 线性规划问题的禁忌搜索算法	382
2.15	2.15.1 线性规划问题的免疫算法	382
2.16	2.16.1 线性规划问题的神经网络	382
2.17	2.17.1 线性规划问题的模糊算法	382
2.18	2.18.1 线性规划问题的粗糙算法	382
2.19	2.19.1 线性规划问题的灰色算法	382
2.20	2.20.1 线性规划问题的专家系统	382
2.21	2.21.1 线性规划问题的知识发现	382
2.22	2.22.1 线性规划问题的数据挖掘	382
2.23	2.23.1 线性规划问题的机器学习	382
2.24	2.24.1 线性规划问题的深度学习	382
2.25	2.25.1 线性规划问题的强化学习	382
2.26	2.26.1 线性规划问题的元学习	382
2.27	2.27.1 线性规划问题的迁移学习	382
2.28	2.28.1 线性规划问题的联邦学习	382
2.29	2.29.1 线性规划问题的隐私计算	382
2.30	2.30.1 线性规划问题的区块链	382
2.31	2.31.1 线性规划问题的物联网	382
2.32	2.32.1 线性规划问题的云计算	382
2.33	2.33.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.34	2.34.1 线性规划问题的雾计算	382
2.35	2.35.1 线性规划问题的移动计算	382
2.36	2.36.1 线性规划问题的网络计算	382
2.37	2.37.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.38	2.38.1 线性规划问题的并行计算	382
2.39	2.39.1 线性规划问题的云计算	382
2.40	2.40.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.41	2.41.1 线性规划问题的雾计算	382
2.42	2.42.1 线性规划问题的移动计算	382
2.43	2.43.1 线性规划问题的网络计算	382
2.44	2.44.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.45	2.45.1 线性规划问题的并行计算	382
2.46	2.46.1 线性规划问题的云计算	382
2.47	2.47.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.48	2.48.1 线性规划问题的雾计算	382
2.49	2.49.1 线性规划问题的移动计算	382
2.50	2.50.1 线性规划问题的网络计算	382
2.51	2.51.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.52	2.52.1 线性规划问题的并行计算	382
2.53	2.53.1 线性规划问题的云计算	382
2.54	2.54.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.55	2.55.1 线性规划问题的雾计算	382
2.56	2.56.1 线性规划问题的移动计算	382
2.57	2.57.1 线性规划问题的网络计算	382
2.58	2.58.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.59	2.59.1 线性规划问题的并行计算	382
2.60	2.60.1 线性规划问题的云计算	382
2.61	2.61.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.62	2.62.1 线性规划问题的雾计算	382
2.63	2.63.1 线性规划问题的移动计算	382
2.64	2.64.1 线性规划问题的网络计算	382
2.65	2.65.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.66	2.66.1 线性规划问题的并行计算	382
2.67	2.67.1 线性规划问题的云计算	382
2.68	2.68.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.69	2.69.1 线性规划问题的雾计算	382
2.70	2.70.1 线性规划问题的移动计算	382
2.71	2.71.1 线性规划问题的网络计算	382
2.72	2.72.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.73	2.73.1 线性规划问题的并行计算	382
2.74	2.74.1 线性规划问题的云计算	382
2.75	2.75.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.76	2.76.1 线性规划问题的雾计算	382
2.77	2.77.1 线性规划问题的移动计算	382
2.78	2.78.1 线性规划问题的网络计算	382
2.79	2.79.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.80	2.80.1 线性规划问题的并行计算	382
2.81	2.81.1 线性规划问题的云计算	382
2.82	2.82.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.83	2.83.1 线性规划问题的雾计算	382
2.84	2.84.1 线性规划问题的移动计算	382
2.85	2.85.1 线性规划问题的网络计算	382
2.86	2.86.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.87	2.87.1 线性规划问题的并行计算	382
2.88	2.88.1 线性规划问题的云计算	382
2.89	2.89.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.90	2.90.1 线性规划问题的雾计算	382
2.91	2.91.1 线性规划问题的移动计算	382
2.92	2.92.1 线性规划问题的网络计算	382
2.93	2.93.1 线性规划问题的分布式计算	382
2.94	2.94.1 线性规划问题的并行计算	382
2.95	2.95.1 线性规划问题的云计算	382
2.96	2.96.1 线性规划问题的边缘计算	382
2.97	2.97.1 线性规划问题的雾计算	382
2.98	2.98.1 线性规划问题的移动计算	382
2.99	2.99.1 线性规划问题的网络计算	382
3.00	2.99.1 线性规划问题的分布式计算	382

第1章 绪 论

本章的重点是介绍数值计算方法课程的基础知识,包括误差的概念与估计、有效数字与机器数系的基本理论,数值计算过程中误差形成、传播的机制与预防措施等。

1.1 计算机数值方法概述

1.1.1 数值计算方法的概念与任务

电子计算机的工作依赖于其物理硬件设备(包括中央处理器、内外存储器等),以及以算法为核心的应用软件(俗称程序)。通常情况下,根据解决问题的不同类型,可将算法分为数值算法与非数值算法。从计算机的出现至今,数值算法一直受到科学研究与工程技术领域的共同关注,人们习惯上将研究数值算法的学科称为数值计算方法,简称计算方法。即数值计算方法是一门数学学科,该学科的重点是研究如何在电子计算机上实现数值计算或数值求解的相关理论与方法,相应的计算实习则是将有关理论与方法在计算机上实现的系统训练。

从20世纪40年代电子计算机诞生至今,随着计算机硬件技术的快速发展,计算机在物理内存、CPU运算速度等方面已逐渐达到其物理极限。因此,在研究、设计、应用计算方法时,不但要求能够设计出可解决实际问题的算法,而且必须考虑降低算法复杂性的问题,即如何提高算法的计算速度、如何减少程序中变量对物理内存的占用,以及如何降低算法的结构复杂性或者增加算法的稳定性等问题。

作为科学研究与工程技术领域中的重要理论与实现工具,数值计算方法当然可以不依赖于计算机而独立进行。但是,将数值计算方法与计算机应用结合起来,形成能够在计算机上编程实现的数值计算方法,不但可以使科学问题能够得到更快、更好的解决,而且可以大大提高人类应用计算机的水平。因此,在老师的安排与指导之下,让初学者进行适当的计算实习与演练,自然成为本门课程教学过程中一个非常重要的环节。

实践证明,通过数值计算方法相关课程的学习和训练,初学者能够在掌握数值计算方法的理论与方法的同时,也能在一定程度上提高其发现问题、分析问题、解决问题的能力,进而达到提高其综合素质的目的。这对21世纪的科技人员来说显然更为重要。

在初步了解了什么是数值计算方法课程之后,接下来有人可能会问:与传统的数学学科相比,数值计算方法能够解决什么类型的问题?如何解决呢?从宏观的角度上看,数值计算方法又有哪些典型特征呢?