

第 1 章 数学语言及其在控制中的应用概述	1
1.1 数学问题计算机求解概述	2
1.1.1 为什么要学习计算机数学语言	2
1.1.2 数学问题的解析解与数值解	2
1.1.3 数学运算问题软件包发展概述	3
1.1.4 代表性计算机数学语言	5
1.2 控制领域对数学问题的依赖	5
1.2.1 控制领域计算机软件包发展概述	5
1.2.2 MATLAB 和其他语言在控制领域应用的比较	7
1.2.3 控制中的数学问题	7
1.2.4 依赖计算机数学语言的控制研究新观念	8
1.3 MATLAB 语言预备知识	9
1.3.1 MATLAB 语言简介	9
1.3.2 基本数据类型与基本语句结构	9
1.3.3 流程控制结构简介	11
1.3.4 MATLAB 语言和 C 语言的对比实例	12
1.3.5 图形绘制	13
1.3.6 联机帮助信息	14
1.4 本书框架设计及内容安排	14
1.5 习题与思考题	15
参考文献	17
第 2 章 微积分与积分变换的计算机求解	19
2.1 微积分与矩阵微积分运算	20
2.1.1 极限问题的解析解	20
2.1.2 微分运算的 MATLAB 求解	21
2.1.3 积分运算	25

2.2	Laplace 变换及其反变换	27
2.2.1	Laplace 变换及反变换定义与性质	27
2.2.2	Laplace 变换的计算机求解	29
2.2.3	控制系统的传递函数模型	31
2.3	Fourier 变换及其反变换	37
2.3.1	给定函数的 Fourier 级数展开	37
2.3.2	Fourier 变换及反变换定义与性质	39
2.3.3	Fourier 变换的计算机求解	40
2.3.4	Fourier 正弦和余弦变换	42
2.3.5	离散 Fourier 正弦、余弦变换	44
2.4	Z 变换及其反变换	45
2.4.1	Z 变换及反变换定义与性质	45
2.4.2	Z 变换的计算机求解	45
2.4.3	离散时间系统的建模	47
2.5	有理函数的部分分式展开及应用	49
2.5.1	留数的概念与计算	49
2.5.2	有理函数的部分分式展开	51
2.5.3	基于部分分式展开的 Laplace 变换	53
2.5.4	有理式部分分式展开在控制系统中的应用	54
2.6	控制系统结构图化简	55
2.6.1	控制系统的典型连接结构	56
2.6.2	节点移动时的等效变换	58
2.6.3	复杂系统模型的简化	59
2.7	本章内容提要	60
2.8	习题与思考题	61
	参考文献	65
第 3 章	线性代数问题的计算机求解	67
3.1	特殊矩阵的输入	68
3.1.1	数值矩阵的输入	68
3.1.2	符号矩阵的输入	73
3.1.3	线性系统的状态空间模型	74
3.2	矩阵基本分析	76
3.2.1	矩阵基本概念与性质	76

3.2.2	符号多项式与数值多项式的转换	82
3.2.3	逆矩阵与广义逆矩阵	83
3.2.4	矩阵的特征值问题	87
3.2.5	矩阵的 Kronecker 乘积	90
3.2.6	矩阵微积分运算	91
3.2.7	矩阵分析在控制理论研究中的应用举例	93
3.3	矩阵的基本变换与分解	103
3.3.1	矩阵的相似变换与正交矩阵	103
3.3.2	矩阵的三角分解和 Cholesky 分解	104
3.3.3	伴随矩阵变换	109
3.3.4	矩阵的 Jordan 变换	110
3.3.5	矩阵的奇异值分解	113
3.3.6	矩阵变换方法在控制理论研究中的应用举例	115
3.4	矩阵方程的计算机求解	123
3.4.1	线性方程组的计算机求解	123
3.4.2	Lyapunov 方程的计算机求解	126
3.4.3	Stein 方程的求解	128
3.4.4	Sylvester 方程的计算机求解	129
3.4.5	Riccati 方程的计算机求解	131
3.4.6	矩阵方程求解在控制中的应用	132
3.5	非线性运算与矩阵函数求值	137
3.5.1	面向矩阵元素的非线性运算	137
3.5.2	一般矩阵函数求值	137
3.5.3	矩阵函数求值在控制系统中的应用	143
3.5.4	基于矩阵积分的线性微分方程求解	147
3.6	本章内容提要	148
3.7	习题与思考题	148
	参考文献	155
第 4 章	常微分方程问题的计算机求解	157
4.1	常系数线性微分方程的解析解方法	158
4.1.1	微分方程的解析解方法	158
4.1.2	特殊非线性微分方程的解析解	160
4.2	微分方程问题的数值解法	161

4.2.1	微分方程问题算法概述	161
4.2.2	四阶定步长 Runge-Kutta 算法及 MATLAB 实现	163
4.2.3	一阶微分方程组的数值解	164
4.2.4	微分方程转换	170
4.2.5	矩阵微分方程的变换与求解方法	176
4.2.6	微分方程数值解正确性的验证	178
4.3	特殊微分方程的数值解	178
4.3.1	刚性微分方程的求解	179
4.3.2	隐式微分方程求解	182
4.3.3	微分代数方程与广义系统的求解	184
4.3.4	延迟微分方程求解	188
4.3.5	多模型切换系统的求解	190
4.3.6	随机信号激励下线性微分方程的离散化求解	191
4.4	微分方程边值问题的计算机求解	194
4.4.1	二阶微分方程两点边值问题的求解方法	194
4.4.2	一般边值微分方程的求解方法	195
4.4.3	微分 Riccati 方程与二次型最优控制问题求解	198
4.5	基于框图的非线性系统的仿真方法	203
4.5.1	Simulink 简介	203
4.5.2	Simulink 相关模块	203
4.5.3	基于 Simulink 的控制系统建模与仿真	204
4.5.4	S-函数的设计与应用	215
4.6	本章内容提要	220
4.7	习题与思考题	221
	参考文献	225
第 5 章	最优化问题的计算机求解	227
5.1	代数方程的求解	228
5.1.1	代数方程的图解法	228
5.1.2	多项式型方程的准解析解法	230
5.1.3	一般非线性方程数值解	233
5.1.4	方程求解在控制系统研究中的应用	236
5.2	无约束最优化问题求解	242
5.2.1	解析解法和图解法	243

5.2.2	基于 MATLAB 的数值解法	244
5.2.3	全局最优解与局部最优解	245
5.2.4	利用梯度求解最优化问题	247
5.2.5	利用最优化方法设计最优控制器	248
5.2.6	带有变量边界约束的最优化问题求解	253
5.3	有约束最优化问题的计算机求解	255
5.3.1	约束条件与可行解区域	255
5.3.2	线性规划问题的计算机求解	256
5.3.3	二次型规划的求解	259
5.3.4	一般非线性规划问题的求解	260
5.3.5	有约束最优化问题在最优控制中的应用	263
5.4	混合整数规划问题的计算机求解	264
5.4.1	整数线性规划问题的求解	265
5.4.2	一般非线性整数规划问题与求解	267
5.4.3	0-1 规划问题求解	268
5.5	最优化问题求解在控制中的其他应用	270
5.5.1	线性系统的最优降阶研究	270
5.5.2	非线性系统的线性化	273
5.5.3	基于误差的最优控制器设计程序 OCD 及应用	277
5.5.4	最优控制一般问题求解程序 RIOTS 简介	281
5.5.5	参数不确定系统的最优控制器设计	284
5.6	本章内容提要	287
5.7	习题与思考题	287
	参考文献	291
第 6 章	差分方程问题的计算机求解	293
6.1	差分方程与离散系统传递函数模型	294
6.1.1	差分方程的分类	294
6.1.2	离散系统传递函数模型	296
6.2	离散系统的求解方法	296
6.2.1	线性时变系统的数值解法	297
6.2.2	线性时不变系统的解法	298
6.2.3	一般非线性离散系统的求解方法	299
6.2.4	连续、离散混合系统的仿真方法	300

6.3	离散系统的辨识	301
6.3.1	离散系统的最小二乘辨识	302
6.3.2	辨识模型的阶次选择	305
6.3.3	离散系统辨识信号的生成	306
6.3.4	离散系统的递推辨识	310
6.3.5	带有有色噪声的离散系统辨识方法	314
6.4	自校正控制理论与仿真	315
6.4.1	Diophantine 方程及其求解	316
6.4.2	提前 d 步预报算法与仿真	317
6.4.3	最小方差自校正调节器与控制器	318
6.4.4	极点配置控制器设计	326
6.5	预测控制系统及仿真	329
6.5.1	动态矩阵控制方法	329
6.5.2	复杂系统的模型预测控制与仿真	336
6.5.3	广义预测控制设计与仿真	339
6.6	本章内容提要	342
6.7	习题与思考题	343
	参考文献	345
第 7 章	智能计算问题的计算机求解	347
7.1	模糊逻辑与模糊推理	348
7.1.1	经典可枚举集合论问题及 MATLAB 求解	348
7.1.2	模糊集合	350
7.1.3	隶属度与模糊化	351
7.1.4	模糊推理系统建立	353
7.1.5	模糊规则与模糊推理	356
7.1.6	模糊控制系统的仿真方法	359
7.1.7	模糊 PID 控制器设计	363
7.2	人工神经网络及其应用	367
7.2.1	神经网络基础知识	368
7.2.2	神经网络界面	373
7.2.3	神经网络控制系统仿真	376
7.3	基于进化方法的最优化计算与应用	381
7.3.1	遗传算法简介	381

7.3.2	基于遗传算法的最优化问题求解	383
7.3.3	粒子群优化算法及 MATLAB 求解	389
7.3.4	基于遗传算法的最优控制问题求解	391
7.4	迭代学习控制的仿真研究	392
7.4.1	迭代学习控制的基本原理	393
7.4.2	迭代学习控制算法	394
7.5	本章内容提要	398
7.6	习题与思考题	399
	参考文献	401
第 8 章	鲁棒控制理论的数学基础	403
8.1	不确定性描述	404
8.1.1	不确定性类型	404
8.1.2	不确定性描述方法	405
8.1.3	摄动边界函数的提取与建模	407
8.2	基于范数的鲁棒控制理论	408
8.2.1	小增益定理	408
8.2.2	鲁棒控制器的结构	409
8.2.3	控制系统状态反馈与输出反馈闭环模型	412
8.2.4	鲁棒控制工具箱的设计方法	413
8.2.5	增广系统模型与系统矩阵描述	418
8.3	线性矩阵不等式理论与求解	419
8.3.1	线性矩阵不等式的一般描述	419
8.3.2	线性矩阵不等式问题的 MATLAB 求解	423
8.3.3	基于 YALMIP 工具箱的最优化求解方法	426
8.3.4	多线性模型的同时镇定问题	428
8.3.5	基于 LMI 的鲁棒最优控制器设计	429
8.3.6	基于矩阵不等式约束的最优化求解方法	431
8.4	定量反馈理论与设计方法	432
8.4.1	定量反馈理论概述	432
8.4.2	单变量系统的 QFT 设计方法	432
8.5	多变量系统的解耦控制	438
8.5.1	状态反馈解耦控制	439
8.5.2	状态反馈的极点配置解耦系统	440

8.6 本章内容提要	442
8.7 习题与思考题	443
参考文献	446
第 9 章 分数阶微积分学问题的计算机求解	449
9.1 分数阶微积分的定义	450
9.1.1 分数阶微积分的定义	450
9.1.2 分数阶微积分的性质	453
9.2 线性分数阶系统的时域与频域分析	454
9.2.1 分数阶传递函数模型的 MATLAB 描述	454
9.2.2 分数阶模块的互联定义	455
9.2.3 分数阶系统的频域分析	457
9.2.4 分数阶系统的时域分析	458
9.2.5 一类分数阶线性系统时域响应解析解方法	460
9.3 分数阶微分环节的滤波器近似	463
9.3.1 Oustaloup 递推滤波器	463
9.3.2 改进的 Oustaloup 滤波器	466
9.3.3 基于 Simulink 框图的分数阶非线性系统仿真方法	468
9.4 分数阶系统的模型降阶研究	470
9.5 分数阶系统的计算机辅助设计	472
9.6 本章内容提要	474
9.7 习题与思考题	475
参考文献	477
函数名索引	479
索 引	480