



21世纪普通高等教育基础课规划教材

数学实验

李秀珍 庞常词 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



013-33/29

2008

21 世纪普通高等教育基础课规划教材

数 学 实 验

主 编 李秀珍 庞常词

参 编 张晓平 丁友征 徐 宁

主 审 韦忠礼

机 械 工 业 出 版 社

本书根据高等工科院校数学教学内容安排,共分八章.其中,第1章结合高等数学、线性代数的相关内容,介绍了数学软件 MATLAB 的用法.第2章至第8章分别介绍了方程及方程组的解、最优化方法、数值计算、数理统计基本原理、模糊综合评判及其 MATLAB 实现.书中给出了大学数学的基本理论、简化的实际问题举例以及 MATLAB 的实现.各章内容相对独立,且无先后次序之分,使用者可根据需要选择.

本书可作为工科院校本专科数学实验课的教材,也可作为大学生参加数学建模竞赛的辅导书.

图书在版编目(CIP)数据

数学实验/李秀珍,庞常词主编. —北京:机械工业出版社,2008.3
21世纪普通高等教育基础课规划教材
ISBN 978-7-111-23479-1

I. 数... II. ①李... ②庞... III. 高等数学—实验—计算机辅助计算—软件包, MATLAB—高等学校—教材 IV. 013-33 0245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 020027 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:郑 玫 责任编辑:张金奎 责任校对:樊钟英
封面设计:鞠 杨 责任印制:邓 博
北京四季青印刷厂印刷(三河市文通印装有限公司装订)
2008 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
169mm×239mm·8.375 印张·325 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-23479-1
定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379722
封面无防伪标均为盗版

前 言

数学教育在整个人才培养过程中的重要性是人所共知的，特别是进入 20 世纪以来，随着科学技术的迅速发展和计算机的日益普及，人们对各种问题的要求越来越精确，使得数学的应用越来越广泛和深入。传统的数学课程，一般偏重于介绍数学的概念、理论和方法，而对数学模型的建立则讨论较少，致使不少学生虽然学了不少数学知识，但是不会应用它分析、解决实际问题。在这样的背景下，许多学校相继开设了数学建模课程，大学生数学建模竞赛也在全国蓬勃开展，这是培养学生应用数学能力的有益尝试。开展数学实验课是在总结开展数学建模教学和竞赛活动的基础上，为进一步提高学生应用数学能力而进行的又一数学教改试验。数学实验是计算机技术和数学软件引入教学后出现的新事物，是数学教学体系、内容和方法改革的一项尝试，是高等数学、线性代数、概率论与数理统计等大学数学课程实践教学的重要组成部分。它将数学的基础理论、数学建模与计算机应用三者融为一体。通过“数学实验”使学生深入理解数学基本概念和基本理论，熟悉常用的数学软件，既能提高学生进行数值计算与数据处理的能力，也可强化学生运用所学知识建立数学模型、使用计算机解决实际问题的能力。

数学实验强调以学生动手为主，在教师指导下用学到的数学知识和计算机技术，选择合适的数学软件，分析、解决一些经过简化的实际问题，因此我们开设数学实验课程和编写这本教材的指导思想是：在教学过程中，以学生为中心，充分发挥学生的主动性；在学习过程中，教师是组织者、指导者、启发者、帮助者；借助计算机软件通过学生自己的发现、探索、研究总结及学生之间的相互讨论交流，提高学生运用所学数学知识解决实际问题的能力。

考虑到本书的教学对象是工科学生，我们选择了合适的数学软件 MATLAB，该软件基本上能够方便地实现书中内容的主要算法。本书第 1 章结合高等数学、线性代数的相关内容，介绍了数学软件 MATLAB 的用法。第 2 章至第 8 章分别介绍了方程及方程组的解、最优化方法、数值计算、数理统计基本原理、模糊综合评判及其 MATLAB 实现。各章所用方法简单实用，注重说明数学问题的实际含义，以及建立实际问题的数学模型，直接用 MATLAB 求其解，对于所用算法不作证明，也不再详细介绍其解法。



数 学 实 验

本书由李秀珍教授组织编写和统稿，具体编写情况如下：

李秀珍：第2章实验2.2、第4章实验4.1及4.2、第5章；

庞常词：第1章、第2章实验2.1、第3章、第4章实验4.3及4.4、第6章；

丁友征：第7章；

张晓平：第8章。

山东大学博士生导师韦忠礼教授不辞辛劳地完成了本书的审稿工作，并提出了许多建设性的建议，在此表示衷心的感谢！

本书的编写参阅了许多专家、学者论著文献，并引用了部分论著中的例子，恕不一一指明出处，在此一并向有关作者致谢！

数学实验作为一门新课程，其内容和方法在国内外均不很成熟，教材内容取舍不易把握，加之作者水平有限，编写时间紧张，书中难免存在疏漏和谬误，恳请读者给予批评指正。

编 者

2007年10月

目 录

前言

第 1 章 准备试验	1
实验 1.1 MATLAB 的基本用法	1
实验目的	1
一、MATLAB 简介	1
二、矩阵的输入	2
三、数组的输入及运算	6
四、常量、变量与表达式	8
五、函数	9
六、帮助系统	11
七、数据显示格式	11
实验任务	13
实验 1.2 矩阵的运算	13
实验目的	13
一、矩阵的四则运算	13
二、矩阵的转置、行列式、秩和逆	15
三、对角阵、上（下）三角阵和稀疏矩阵	17
四、特征值与特征向量	20
实验任务	22
实验 1.3 M 文件与程序设计	23
实验目的	23
一、M 文件	23
二、程序控制结构	25
三、函数文件	32
四、程序调试	34
五、应用举例	35
实验任务	37
实验 1.4 MATLAB 绘图	39
实验目的	39



数学实验

一、二维数据曲线图	39
二、其他二维图形	45
三、隐函数绘图	48
四、三维图形	49
五、图形修饰处理	54
实验任务	57
实验 1.5 MATLAB 符号计算	59
实验目的	59
一、MATLAB 的符号功能	59
二、求极限	60
三、求导数	61
四、求积分	62
五、级数的和	63
六、泰勒多项式	63
七、解方程	64
八、其他	66
实验任务	67
第 2 章 方程及方程组的解	69
实验 2.1 线性方程组的解	69
实验目的	69
一、解线性方程组的 MATLAB 实现	69
二、投入产出综合平衡分析	74
三、大型输电网络	77
实验任务	79
实验 2.2 非线性方程的解	81
实验目的	81
一、二分法	81
二、简单迭代法	83
三、牛顿迭代法	88
四、应用举例	91
实验任务	95
第 3 章 最优化方法	97
实验 3.1 线性规划	97
实验目的	97



一、线性规划的概念	97
二、线性规划的图解法	99
三、用 MATLAB 优化工具箱解线性规划	100
四、应用举例：投资的收益和风险	103
五、整数规划	107
实验任务	109
实验 3.2 非线性规划	111
实验目的	111
一、非线性规划的概念	111
二、二次规划	113
三、无约束非线性规划	114
四、带约束非线性规划	118
五、应用举例：供应与选址	121
实验任务	124
第 4 章 数值分析	128
实验 4.1 插值	128
实验目的	128
一、拉格朗日插值法	128
二、分段线性插值	131
三、三次样条插值	132
四、数据加细问题	133
实验任务	135
实验 4.2 曲线拟合	135
实验目的	135
一、曲线拟合的线性最小二乘法	136
二、应用举例	136
实验任务	139
实验 4.3 MATLAB 数值积分与微分	140
实验目的	140
一、数值积分	140
二、数值微分	143
实验 4.4 常微分方程的数值解	145
实验目的	145
一、常微分方程的符号解	145



数 学 实 验

二、常微分方程的数值解	146
三、应用举例——导弹追踪问题	153
实验任务	157
第 5 章 数据的统计与分析	160
实验 5.1 统计作图	160
实验目的	160
一、频率直方图	160
二、统计量	164
三、概率分布的 MATLAB 实现	166
四、应用举例	169
实验任务	171
实验 5.2 参数估计	172
实验目的	172
一、参数估计	172
二、参数估计的 MATLAB 实现	173
三、应用举例	175
实验任务	180
实验 5.3 假设检验	180
实验目的	180
一、参数的假设检验	180
二、参数假设检验的 MATLAB 实现	181
三、质量控制图	184
实验任务	190
第 6 章 方差分析	192
实验 6.1 单因素方差分析	192
实验目的	192
一、方差分析概述	192
二、单因素方差分析	194
实验 6.2 双因素方差分析	198
实验目的	198
一、无交互作用的双因素方差分析	198
二、有交互作用的双因素方差分析	201
实验任务	204



第 7 章 回归分析	208
实验 7.1 一元回归分析	208
实验目的	208
一、一元线性回归分析	208
二、一元非线性回归分析	211
三、回归分析的 MATLAB 实现	212
四、一元回归分析应用实例	216
实验任务	219
实验 7.2 多元回归分析	219
实验目的	219
一、多元线性回归分析	219
二、逐步回归分析	226
三、多元非线性回归分析	231
四、综合应用举例	235
实验任务	240
第 8 章 模糊综合评判	241
实验 8.1 单层次的模糊综合评判	241
实验目的	241
一、单层次模糊综合评判	241
二、应用举例	245
实验任务	250
实验 8.2 多层次（或多级）的模糊综合评判	251
实验目的	251
一、多层次模糊综合评判	251
二、应用举例	253
实验任务	256
参考文献	258

第1章 准备试验

MATLAB 现在已经更新到 7.1 版, 它以矩阵为基本运算单位. 因此, 本章从最基本的运算单位出发, 介绍 MATLAB 7.1 的命令及其用法.

实验 1.1 MATLAB 的基本用法



实验目的

通过本实验使学生了解 **MATLAB** 的一些简单、基本的用法, 包括矩阵和数组的输入, 函数以及数据显示格式和帮助系统.

一、MATLAB 简介

MATLAB 是英文 Matrix Laboratory (矩阵实验室) 的缩写, 现在已经更新到 7.1 版, 可以运行于 Windows 平台上. **MATLAB** 最早是由 C. Moler 用 Fortran 语言编写的, 后来他创立了 MATHWORKS 公司, 1977 年 MATHWORKS 公司总裁兼首席科学家 C. Moler 因其对 **MATLAB** 的贡献当选为美国工程科学院院士.

MATLAB 将计算、可视化和编程功能集成在非常便于使用的环境中, 是一个交互式的、以矩阵计算为基础的科学和工程计算软件. 在欧美高等院校, **MATLAB** 已经成为线性代数、自动控制系统、数理统计、数字信号处理、时间序列分析和动态系统仿真等高级课程的基本教学工具, 也是攻读学位的大学生、硕士生和博士生必须掌握的工具. **MATLAB** 的特点可以简要地归纳如下:

- 编程效率高 与 Fortran、C 等语言相比, 它更接近我们通常进行计算时的思维方式. 用它编程犹如在纸上书写公式, 编程时间和程序量大大减少.
- 计算功能强 它以不必指定维数的矩阵和数组为主要数据对象, 矩阵和向量计算功能特别强, 库函数也很丰富, 非常适用于作科学和工程计算.
- 使用简便 其语言灵活、方便, 将编译、连接、执行融为一体, 可在



数 学 实 验

同一画面上排除书写、语法等错误,加快了用户编写、修改、调试程序的速度,计算结果也用人们十分熟悉的数学符号表示出来,具有初步计算机知识的人几个小时就可以基本掌握它。

- 易于扩充 用户根据需要建立的文件可以与库函数一样被调用,从而提高了使用效率,扩充了计算功能,还可以与 Fortran、C 语言子程序混合编程。

此外,它还有绘图功能及各种实用工具箱,如通讯工具箱 (Communication Toolbox)、控制系统工具箱 (Control System Toolbox)、财政金融工具箱 (Financial Toolbox)、图像处理工具箱 (Image Processing Toolbox)、模型预测控制工具箱 (Model Predictive Control Toolbox)、信号处理工具箱 (Signal Processing Toolbox)、系统辨识工具箱 (System Identification Toolbox)、优化工具箱 (Optimization Toolbox)、统计工具箱 (Statistics Toolbox)、符号工具箱 (Symbolic Toolbox) 等,本实验我们只介绍一些简单的用法,在以后的实验中,我们还会介绍其他一些功能。

启动 **MATLAB7.1** 后,就出现 **MATLAB** 的命令窗口 Command Window,在这里首先可以按计算器一样使用了。如计算 $\frac{2\cos(0.3\pi)}{1+\sqrt{7}}$ 和 $\frac{2\cos(0.4\pi)}{1+\sqrt{7}}$, 在

MATLAB 的命令窗口中输入:

$2 * \cos(0.3 * \pi) / (1 + \text{sqrt}(7))$ (↵ (↵表示回车,在回车后我们直接给出屏幕上的输出,以下同)

```
ans =  
0.3224
```

按↑键(或用 **Ctrl + p**, 而↓键或 **Ctrl + n** 是调出下一行),调出上次的输入。用←或→键移动光标,将3改为4:

```
2 * cos(0.4 * pi) / (1 + sqrt(7)) ↵  
ans =  
0.1695
```

二、矩阵的输入

矩阵是 **MATLAB** 的基本数据形式,数和向量可视为它的特殊形式,用户不必对矩阵的行、列数作专门的说明。

矩阵的输入方法是在方括号内逐行键入矩阵各元素,同一行各元素之间用逗号或空格分开,两行元素之间用分号或回车分开,如输入:

```
A = [1,2,3;4,5,6;7,8,9] ↵  
A =  
1      2      3  
4      5      6
```



7 8 9

矩阵中的元素可以用它的行、列数表示，如：

`a = A(2,3)` ✓

`a =`

6

`A(3,2)` ✓

`ans =`

8

A 输入后一直保存在工作空间中，可随时调用，除非被清除或替代。可以直接修改矩阵的元素，如：

`A(2,1) = 7` ✓

`A =`

1	2	3
7	5	6
7	8	9

`A(3,4) = 1` ✓

`A =`

1	2	3	0
7	5	6	0
7	8	9	1

MATLAB 还提供了一些函数来构造特殊矩阵，如：

`w = zeros (2,3)` ✓ (2×3 零矩阵)

`w =`

0	0	0
0	0	0

`u = ones (3)` ✓ (3×3 元素全为 1 矩阵)

`u =`

1	1	1
1	1	1
1	1	1

`v = eye (3,4)` ✓

(3×4 对角线元素为 1 的矩阵)

`v =`

1	0	0	0
0	1	0	0



数学实验

```
0      0      1      0
r = rand(1,3) \ ( (0,1) 均匀分布随机矩阵)
r =
    0.9501    0.2311    0.6068
n = randn(2,4) \ (标准正态分布矩阵)
n =
   -0.4326    0.1253   -1.1465    1.1892
   -1.6656    0.2877    1.1909   -0.0376
```

从一个矩阵中取出若干行（列）构成新矩阵称为裁剪，如：

```
A(3,:) \ (A的第3行)
ans =
     7     8     9     1
A(:,2) \ (A的第2列)
ans =
     2
     5
     8
B = A(1:2,:) \ (A的第1,2行)
B =
     1     2     3     0
     7     5     6     0
C = B(:,2:4) \ (B的第2~4列)
C =
     2     3     0
     5     6     0
D = A(2:3,2:2:4) \ (A的第2,3行,2,4列)
D =
     5     0
     8     1
A(1:2:3,4:-1:2) \ (A的第1,3行,4,3,2列)
ans =
     0     3     2
     1     9     8
D(:,1) = [] \ (删除D的第1列,[]表示空集)
D =
```



0

1

将几个矩阵接在一起称为拼接，左右拼接时行数要相同，上下拼接时列数要相同，如：

$$E = [C, \text{zeros}(2, 1)]$$

E =

2	3	0	0
5	6	0	0

$$F = [A(1:2, :); \text{eye}(1, 4)]$$

F =

1	2	3	0
7	5	6	0
1	0	0	0

$$G = [C, \text{ones}(2); 9, F(1, :)]$$

G =

2	3	0	1	1
5	6	0	1	1
9	1	2	3	0

当输入的矩阵很大，不适合用手工直接输入时，**MATLAB** 提供了一个矩阵编辑器来方便用户创建和修改比较大的矩阵。在调用矩阵编辑器之前，需要预先定义一个变量，无论是数值还是矩阵均可。如：

$$w = [2 \ 1; 3 \ 4];$$
 % 定义一个名为 w 的变量

以下是具体的操作步骤：从 Desktop 的下拉菜单中找到 Workspace（工作区），如图 1.1 所示，选中 w 变量双击得到图 1.2 所示的 Array Editor（矩阵编辑器）。在这里就可以修改矩阵 w 的维数和元素。

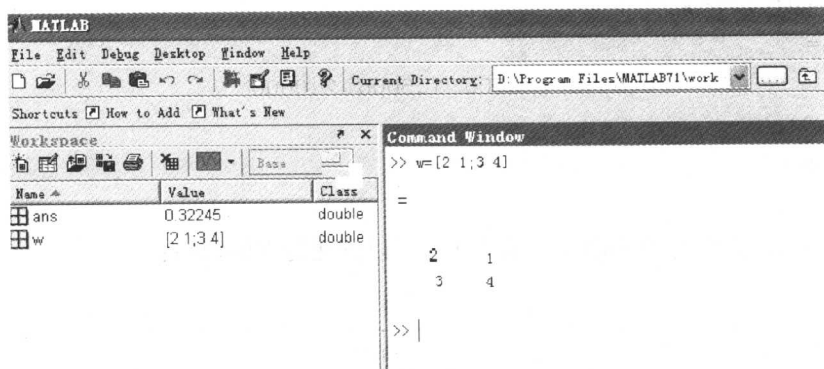


图 1.1 MATLAB 的工作区

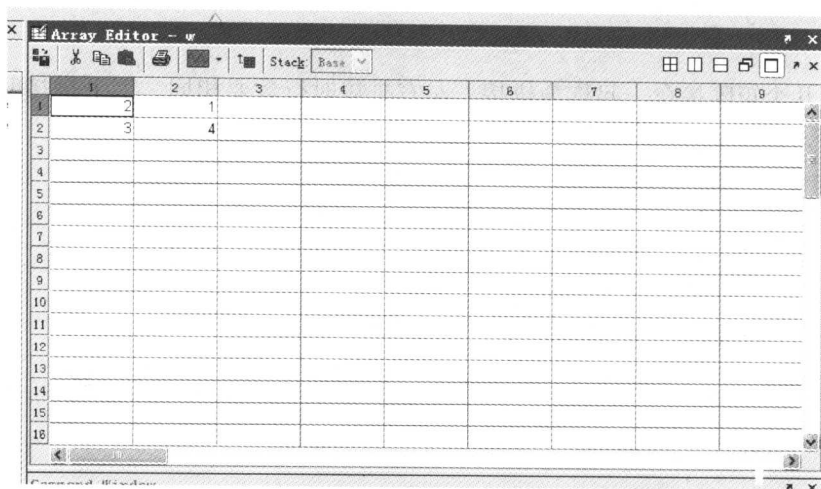


图 1.2 矩阵编辑器

三、数组的输入及运算

在 **MATLAB** 中数组是一种比矩阵更基本的数据形式，它是元素为一维连续存储的数据的集合。数组运算的最重要的特征是按对应元素进行运算。在 **MATLAB** 5.0 以上版本中还增加了高维数组。数组常采用 “:” 输入方式，如：

`a=[1,2,3,4,5,6,7]` ✓

`a=`

1 2 3 4 5 6 7

`b=3:10` ✓

`b=`

3 4 5 6 7 8 9 10

`c=0:0.5:2` ✓

`c=`

0 0.5000 1.0000 1.5000 2.0000

`c(3)` ✓

`ans=`

1

MATLAB 中有两个命令（表 1.1）可以创建特殊的数组：

表 1.1

<code>linspace(a,b,m)</code>	生成从 a 到 b , m 个数的等差数列
<code>logspace(a,b,n)</code>	生成从 10^a 到 10^b , n 个数的等比数列



如:

`linspace(0,1,9)` ✓ (从0到1共9个数值得等差数列)

`ans =`

Columns 1 through 7

0 0.1250 0.2500 0.3750 0.5000 0.6250 0.7500

Columns 8 through 9

0.8750 1.0000

`x = linspace(0,pi,5)` (4等分 π)

`x =`

0 0.7854 1.5708 2.3562 3.1416

`logspace(0,2,11)` ✓

`ans =`

Columns 1 through 7

1.0000 1.5849 2.5119 3.9811 6.3096 10.0000 15.8489

Columns 8 through 11

25.1189 39.8107 63.0957 100.0000

数组的运算符有“+”、“-”、“.”、“*”、“^”、“./”、“.\”、和“.^”，数组的运算是数组的每一个元素进行相应的运算（注意“./”、和“.\”的区别），如：

`a1 = [1,2,3,4]` ✓

`a1 =`

1 2 3 4

`a2 = [3,2,1,4]` ✓

`a2 =`

3 2 1 4

`b1 = a1 + a2` ✓

`b1 =`

4 4 4 8

`b2 = a1 - a2` ✓

`b2 =`

-2 0 2 0

`a1 + 2` ✓

`ans =`

3 4 5 6

`b3 = a1 . * a2` ✓