

高 等 学 校 教 材

数学实验

► 主 编 牟谷芳
► 副主编 张秋燕 陈骑兵
李秋敏

内容提要

本书以实际问题为载体,以培养应用型人才为目标,将数学知识、数学建模、数学软件和计算机应用有机地结合,内容包括 MATLAB 软件概述及使用入门、微积分实验、线性代数实验、概率论与数理统计实验、综合应用实验等。

本书通俗易懂,语言简洁,重点突出,实例丰富,具有较强的实用性。全书以 MATLAB 软件为操作平台,融理论教学与实验教学为一体,应用数学建模思想构建应用实例,可作为独立学院、高职高专本专科各专业的数学实验课程教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数学实验 / 牟谷芳主编. — 北京: 高等教育出版社, 2012.7
ISBN 978-7-04-035180-4

I. ①数… II. ①牟… III. ①高等数学—实验—高等学校—教材 IV. ①O13-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第107991号

策划编辑 兰莹莹
插图绘制 尹莉

责任编辑 兰莹莹
责任校对 杨凤玲

封面设计 赵阳
责任印制 尤静

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 三河市华润印刷有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 12.25
字数 220千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2012年7月第1版
印次 2012年7月第1次印刷
定价 18.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 35180-00

前 言

数学实验是一门实践课，它从实际问题出发，将理论教学与实验教学融为一体，运用数学软件和数值计算方法重新解释数学理论知识，将复杂的工程技术问题、工农业生产问题和经济管理问题等加以提炼，抽象为数学模型，并借助计算机和数学软件求出模型的解或近似解。

本书注重将 MATLAB 软件的使用与数学问题的求解有机结合，主要包括 MATLAB 软件概述及使用入门、微积分实验、线性代数实验、概率论与数理统计实验、综合应用实验等。这些都是独立学院数学实验课程教学的基本内容。

本书具有如下特色：

一、本书是为独立学院编写的数学实验课程教材，编者充分考虑到独立学院学生的特点和培养目标，在内容编排上遵循针对性强、循序渐进、由浅入深的教学规律，力求准确把握难度、深度。在教材体系和章节的安排上力求科学合理，既注重体现数学思想，又在理论深度上有所降低；既考虑知识覆盖面相对拓宽，又不盲目将内容加深加多，而是尽量做到深浅适中、难易适度。

二、本书每一章的最后都编有应用实例，以便帮助学生理论联系实际，学以致用。这对提高学生运用所学知识分析问题、解决问题的实际能力以及动手操作能力很有帮助。

三、本书旨在使独立学院理工科各专业以及经济管理类专业的初学者能够很快掌握 MATLAB 软件的常用命令和常用函数，并能用微积分、线性代数、概率论与数理统计的理论方法，以 MATLAB 软件为操作平台解决一些实际问题。

本书曾作为讲义在电子科技大学成都学院连续试用了两年，深受学生欢迎，教学效果良好。全书讲授需 32 学时，根据不同层次的需要，课时和内容可酌情取舍。

本书由电子科技大学成都学院文理系组织编写。其中，牟谷芳编写第一章与第五章，张秋燕编写第二章，陈骑兵编写第三章，李秋敏编写第四章，全书由牟谷芳统稿并定稿。

在本书的编写过程中，我们参阅了大量的教材，在此向这些教材的作者表

示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足和不当之处，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2011 年 10 月

目 录

第一章 MATLAB 软件概述及使用入门	1
§ 1.1 MATLAB 软件工作界面简介	1
1.1.1 MATLAB 软件系统简介	1
1.1.2 MATLAB 软件工作界面和窗口	2
§ 1.2 MATLAB 语言基础	7
1.2.1 变量	8
1.2.2 运算	8
1.2.3 表达式	13
1.2.4 数据类型	14
1.2.5 数组和矩阵的创建	16
§ 1.3 二维图形的绘制	21
1.3.1 一般二维图形的绘制	21
1.3.2 多图绘制	27
1.3.3 特殊二维图形的绘制	29
§ 1.4 三维图形的绘制	31
1.4.1 一般三维图形的绘制	31
1.4.2 特殊三维图形的绘制	35
§ 1.5 MATLAB 程序设计	36
1.5.1 M 文件简介	37
1.5.2 程序流程结构	40
§ 1.6 MATLAB 的入门实例	48
实例 1 股市 K 线图绘制	48
实例 2 寻找水仙花数	50
实例 3 商品促销策略	51
实例 4 住房贷款的等额本息还款法计算	52
实例 5 飞行航程实验	53

第二章 符号运算与微积分实验	56
§ 2.1 符号运算基础	56
2.1.1 符号对象的创建	56
2.1.2 符号表达式的运算	59
§ 2.2 微积分符号运算	60
2.2.1 极限运算	60
2.2.2 微分运算	63
2.2.3 积分运算	64
§ 2.3 其他符号运算简介	68
2.3.1 级数运算	68
2.3.2 方程求解	71
2.3.3 积分变换	73
§ 2.4 应用实例	76
实例 1 经济学中的连续计息问题	76
实例 2 海报设计	77
实例 3 通信卫星的覆盖面积	78
实例 4 钓鱼问题	80
实例 5 刑事侦查中死亡时间的鉴定	81
实例 6 电路分析中的微分方程求解实例	82
实例 7 拉普拉斯变换在信号处理中的应用实例	83
第三章 线性代数实验	85
§ 3.1 行列式与矩阵	85
3.1.1 行列式	85
3.1.2 矩阵	86
§ 3.2 向量组的线性相关性与线性方程组	88
3.2.1 向量组的线性相关性	88
3.2.2 线性方程组的求解	89
§ 3.3 矩阵的相似对角化与二次型	91
3.3.1 矩阵的相似对角化	91
3.3.2 二次型	93
§ 3.4 曲线拟合与插值	94
3.4.1 曲线的拟合	95

3.4.2 多项式的插值	98
§ 3.5 线性规划与非线性规划	103
3.5.1 线性规划问题的求解方法	103
3.5.2 非线性规划问题的求解方法	108
§ 3.6 线性代数应用实例	112
实例 1 小行星轨道问题	112
实例 2 出租汽车实验	113
实例 3 汽车紧急刹车问题	115
实例 4 自来水输送问题	118
实例 5 压缩圆柱螺旋弹簧设计问题	122
第四章 概率论与数理统计实验	126
§ 4.1 随机数与统计直方图	126
4.1.1 标准均匀分布随机数	126
4.1.2 一般区间上的均匀分布随机数	128
4.1.3 伯努利试验	130
4.1.4 二项分布随机数	131
4.1.5 正态分布随机数	133
4.1.6 统计直方图与均值、方差	134
§ 4.2 蒙特卡罗方法	135
4.2.1 随机数生成函数	135
4.2.2 蒙特卡罗方法求积分	137
§ 4.3 概率论与数理统计应用实例	139
实例 1 生日问题的数学实验	139
实例 2 风向玫瑰图	141
实例 3 十二星座的随机模拟	144
实例 4 维维安尼体体积计算	147
第五章 综合应用篇与提高篇	150
问题 1 利用公式直接进行赋值计算	150
问题 2 微分与方程问题	151
问题 3 数据拟合问题	154
问题 4 二项分布的使用	158

附录一	161
MATLAB 主要函数指令表(按功能分类)	161
附录二	173
练习题	173
练习题答案	184
参考文献	186

第一章 MATLAB 软件概述及使用入门

本章主要介绍 MATLAB 软件的入门知识：MATLAB 工作界面和窗口、向量创建与一元函数图形、矩阵创建与二元函数图形、图形文件的输入输出、M 文件入门与 MATLAB 程序控制结构。本书根据 MATLAB 7.x 版编写，将全面系统地介绍其语言特点及应用。

§ 1.1 MATLAB 软件工作界面简介

1.1.1 MATLAB 软件系统简介

MATLAB 源于 Matrix Laboratory(矩阵实验室)，它的基本运算单位是矩阵，起初是一种专门用于矩阵运算的软件。随着 MATLAB 在功能上不断地发展进步，它不仅可以进行矩阵运算，还可以实现绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他程序语言(例如，C，FORTRAN，C++，AVA 等)的程序功能，主要用于科学计算、工程计算、控制系统设计、数字信号处理与通信卫星、数字图像处理、信号检测及财务金融等领域。其具体的功能特点如下：

1. 简单易用的程序语言

MATLAB 是高级的矩阵/阵列语言，它包含控制语句、函数、数据结构、输入输出和面向对象编程的特点。用户可以在命令窗口中将输入语句与执行命令同步，也可以先编写好一个较大的复杂的应用程序(M 文件)后再一起运行。新版本的 MATLAB 语言是基于最为流行的 C++ 语言基础之上的，因此语法特征与 C++ 语言极为相似，而且更加简单，更加符合科技人员对数学表达式的书写格式。使之更利于非计算机专业的科技人员使用。这种语言可移植性好、可拓展性强，这也是 MATLAB 能够深入到科学研究及工程计算各个领域的重要原因。

2. 科学计算功能

MATLAB 是一个包含大量计算算法的集合。其拥有 600 多个工程中要用到的数学运算函数，可以方便地实现用户所需的各种计算功能。函数中所使用的算法都是科学研究和工程计算中的最新成果，之前经过了各种优化和容错处理。在通常情况下，可以用它来代替底层编程语言，如 C 和 C++。在计算要求相同的情况下，使用 MATLAB 编程的工作量会大大减少。MATLAB 的这

些函数集包括从最简单最基本的函数到诸如矩阵、特征向量、快速傅立叶变换的复杂函数。函数所能解决的问题大致包括矩阵运算和线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程组的求解、符号运算、傅立叶变换和数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作以及建模动态仿真等。

3. 绘图功能

MATLAB 提供功能强大的、交互式的二维和三维绘图功能, 以将向量和矩阵用图形表现出来, 创建富有表现力的彩色图形, 并可以在图形中标出图题、标注坐标轴、绘制栅格, 而且还可以选择不同的坐标系(如线性坐标、极坐标等), 并设置不同颜色的点和线及线型和视角角度。

高层次的作图包括二维和三维的可视化、图像处理、动画和表达式作图。可用于科学计算和工程绘图。新版本的 MATLAB 对整个图形处理功能作了很大的改进和完善, 使它不仅在一般数据可视化软件都具有的功能(例如二维曲线和三维曲面的绘制和处理等)方面更加完善, 且对于一些其他软件所没有的功能(例如图形的光照处理、色度处理以及四维数据的表现等), MATLAB 同样表现了出色的处理能力。同时, 对一些特殊的可视化要求, 例如图形对话等, MATLAB 也有相应的功能函数, 保证了用户不同层次的要求。另外, 新版本的 MATLAB 还着重在图形用户界面(GUI)的制作上作了改善, 对这方面有特殊要求的用户也能得到满足。

4. 库函数资源丰富

MATLAB 具有功能强大、内容丰富的函数库。数百种库函数大大减轻了用户子程序的编写工作量, 也避免了一些不必要的错误。因而, 用户不必担心程序的可靠性问题。

5. 可扩展性强

M 文件是可见的 MATLAB 程序, 我们可以查看源代码。开放的系统设计使我们能够检查算法的正确性, 修改已存在的函数, 或者加入自己的部件。

6. 可应用工具箱

MATLAB 包括拥有数百个内部函数的主包和三十几种工具包。工具包又可以分为功能性工具包和学科工具包。功能性工具包用来扩充 MATLAB 的符号计算、可视化建模仿真、文字处理及实时控制等功能; 学科工具包是专业性比较强的工具包, 控制工具包、信号处理工具包、通信工具包等都属于此类。

1.1.2 MATLAB 软件工作界面和窗口

在 MATLAB7.x 系统环境下有两种操作方式, 即命令操作方式和文件操作

方式。前一种操作方式也称简单操作方式，直接在命令窗口输入命令，完成简单计算任务或绘图任务；后一种操作方式也称程序操作方式，需要在程序编辑窗口写程序文件，然后在命令窗口运行程序。无论是哪种操作方式，MATLAB 软件会对各条语句进行翻译，然后在 MATLAB 环境中对它进行处理，将计算结果显示在命令窗口，而绘制的图形则显示在图形窗口。

在正确完成安装并重新启动计算机之后，可选择 Windows 桌面上的“开始”——“程序”——“MATLAB 7. x”命令，或者直接双击桌面的 MATLAB 7. x 图标来启动 MATLAB 7. x，这时将进入 MATLAB 7. x 默认设置的工作界面（见图 1-1），工作界面上有 3 个常用窗口：命令窗口（Command Window）、命令历史窗口（Command History）、工作空间窗口（Workspace）。下面通过示例对各个窗口进行简要介绍。

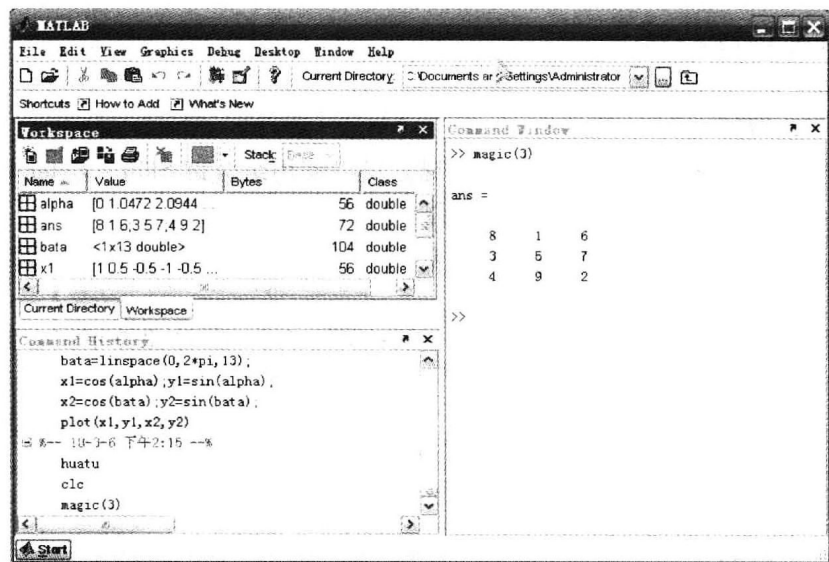


图 1-1

1. 命令窗口

命令窗口（Command Window）是和 MATLAB 编译器连接的主要窗口，它提供给用户实现人机对话（交互式操作）。当 MATLAB 启动，命令窗口显示后，窗口处于编辑状态，如图 1-1 中所示，“>>”为运算提示符，表示 MATLAB 处于准备状态。当在提示符后输入一段正确的运算式或函数命令时，只需按 Enter 键，命令窗口中就会直接显示运算结果，然后系统继续处于准备状态。例如，创建九宫图（三阶幻方矩阵），用 MATLAB 命令

`magic(3)`

命令窗口中显示出 3 行 3 列矩阵

```
8 1 6
3 5 7
4 9 2
```

该矩阵的行和、列和及对角线之和均为 15，如图 1-1 所示。

注 1：以上例子为简单的计算任务，在命令窗口可以快速操作完成，这种简单操作方式适合完成小规模作业。

注 2：如果一个表达式过长的话，为了方便，可以把表达式分行书写，这时候需要在表达式第一行的末尾输入省略号“...”，然后接着书写第二行。注意在“...”前面留有空格。

例 1.1 求 $1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + 1/6 + 1/7 + 1/8$ 的和。

```
>> s = 1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 ...
      + 1/6 + 1/7 + 1/8
s =
```

2.7179

对于一次输入多个命令语句的情况，可以使用组合键 Shift + Enter 将多个命令语句连成一个语句段，MATLAB 会一起执行这些命令。

例 1.2 求 $1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + 1/6 + 1/7 + 1/8$ 的和；计算一个球的体积，假设球的半径为 5。

```
>> s = 1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + 1/6 + 1/7 + 1/8 % 这里按下组合键 Shift
                                                    + Enter 将两个命令语
                                                    句连成一个语句段
```

```
volume = 4/3 * pi * 5^3
```

```
s =
```

2.7179

```
volume =
```

523.5988

2. 命令历史窗口

命令历史窗口 (Command History) 显示用户在命令窗口中所输入的每条命令的历史记录，并详细记录了命令使用的日期和时间，为用户提供所使用的命令的详细查询。如果用户想再次执行某条已经执行的命令，只需在命令历史窗口中双击该命令即可；如果用户想再次执行多条已经执行的命令，用 Shift 或 Ctrl 键配合鼠标左键选中多条命令，然后右击选择 Evaluate Selection 项即可；如果用户需要从命令历史窗口中删除一条或多条命令，只需选中这些命令，并

单击右键，在弹出的快捷菜单中选择 Delete Selection 即可。如图 1-2 所示。

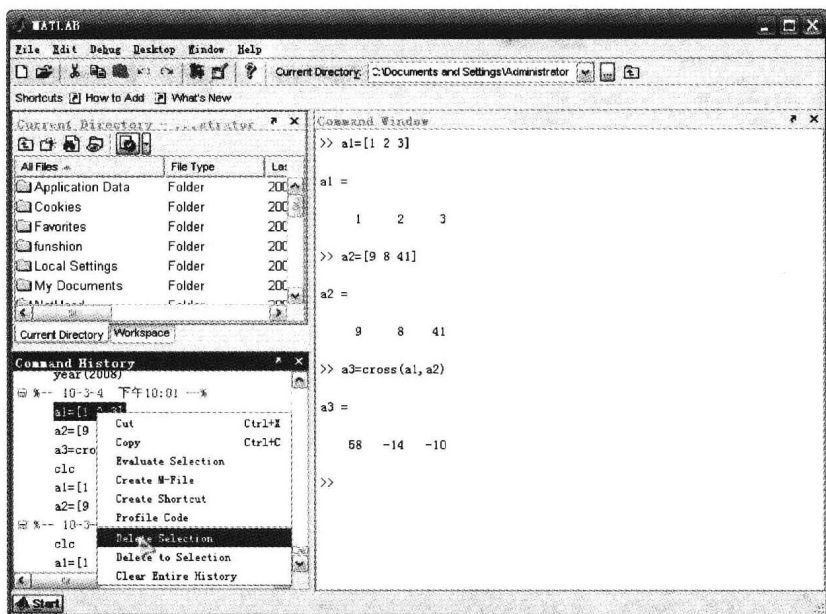


图 1-2

3. 工作空间窗口

工作空间窗口 (Workspace) 是 MATLAB 的重要组成部分，它用来显示当前计算机内存中 MATLAB 变量的名称、变量的数值、变量的字节及其类型，见图 1-1。用户可以在命令窗口直接输入 `who` 后按回车键，就会列出当前工作空间所有变量的信息；或者用鼠标选择工作空间浏览器，选取想要进入的变量，双击后就可以显示该变量的信息，用户可以直接在工作空间浏览器下修改和删除变量。

使用工作空间浏览器技巧：如果要选择多个不相邻的变量，可以按住 `Shift` 键进行选取；如需要选择多个相邻的变量，可以按住 `Ctrl` 键进行选取；如需要全部变量，可以使用快捷键 `Ctrl + A` 选取。

有关工作空间变量管理的常用命令如下：

`who`：列出当前工作空间中的所有变量

`whos`：列出变量的大小等详细信息。

`clear`：清除工作空间中所有的变量。

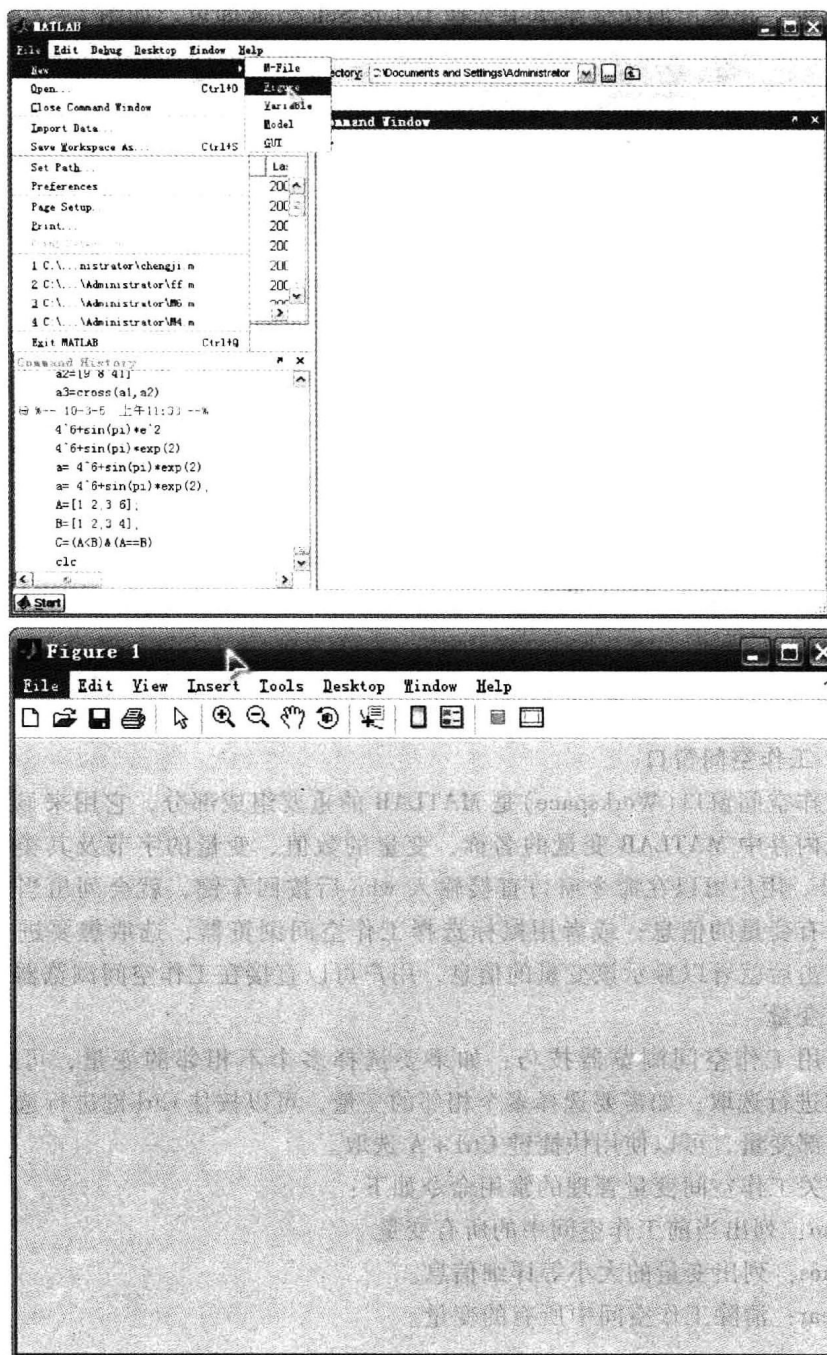


图 1-3

size, length: 获取变量的大小。

4. MATLAB 的图形窗口

图形窗口独立于 MATLAB 命令窗口, 用来显示 MATLAB 所绘制的图形, 这些图形既可以是二维图形, 也可以是三维图形。用户可以选择 File—New—Figure 命令进入图形窗口, 此窗口将 MATLAB 绘图命令所产生的各种图形显示于计算机屏幕上, 其窗口形式如图 1-3 所示。

例如, MATLAB 软件的图标是 MathWork 公司的徽标, 该图形产生的数学背景是一个经典微分方程的解函数图形。用 MATLAB 命令 load logo 提取该图标的数据块(矩阵), 并用 mesh 命令绘制曲面图形。

在命令窗口直接使用 MATLAB 命令

```
>> load logo;
```

```
>> mesh(L)
```

最后按 Enter 键确认输入, 此时系统会自动弹出图形窗口, 如图 1-4 所示。

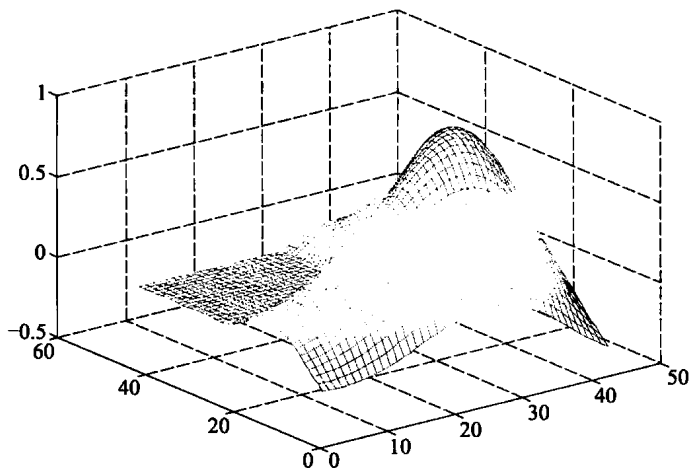


图 1-4

§ 1.2 MATLAB 语言基础

变量和表达式是使用 MATLAB 的基础, 在这一节里我们对 MATLAB 中的变量、表达式的定义、MATLAB 中的运算符与使用以及数据的显示格式作简单介绍。

1.2.1 变量

MATLAB 中的变量不需要做特殊声明,当数据(数据块)赋值给某个英文字母时,这个英文字母作为变量名就已经被自动定义了。与其他计算机语言不同的是,在 MATLAB 中变量使用前不必先定义变量类型,可以即取即用。但是, MATLAB 中的变量命名也得遵循如下规则:

- (1) 变量名的第一个字符必须是英文字母,最多可包括 63 个字符;
- (2) 变量名中不能包括空格和标点;
- (3) 变量名包括函数名,区别字母的大小写;
- (4) 变量名不能用 MATLAB 中已经有的保留字。

MATLAB 也有一些自己的预定义变量(如表 1-1 所示),这些预定义变量就驻留在内存中。MATLAB 没有限制用户使用这些预定义变量,用户可以在 MATLAB 的任何变量中将这预定义变量重新定义,赋予新值,重新计算。

表 1-1

pi	圆周率的近似值
i, j	虚数单位, 定义为 $i = j = \sqrt{-1}$
eps	计算机最小的数
Inf 或 inf	无穷大
realmin	最小的正实数
realmax	最大的正实数
flops	浮点运算数
NaN	非数, 如 $0/0$, ∞/∞ , $0 \times \infty$
nargin	函数的输入变量数目
nargout	函数的输出变量数目

1.2.2 运算

MATLAB 的运算可划分为四类,即算术运算、关系运算、逻辑运算与函数运算。

1. 算术运算

算术运算符用来处理两个运算之间的数学运算,算术运算符及其意义见表 1-2。

表 1-2

运算符	意 义	运算符	意 义
+	矩阵相加	'	矩阵转置, 对复数矩阵为共轭转置
-	矩阵相减	.'	数组转置
*	矩阵相乘	.*	矩阵/数组点乘
^	矩阵幂	.^	矩阵点幂
\	矩阵右除	.\	矩阵点右除
/	矩阵左除	./	矩阵点左除

表 1-2 中的点运算表示两同阶数矩阵中的对应元素进行算术运算。

例 1.3 已知 $A = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 3 & 2 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} 6 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$, 求 $A + B$, $100 * A$, $A * B$, $A \wedge B$, $A \setminus B$, $A ./ B$, $A \setminus B$, A / B

解 在命令窗口依次输入 $A + B$, $100 * A$, $A * B$, $A \wedge B$, $A \setminus B$, $A ./ B$, $A \setminus B$, A / B , 依次显示的结果如下:

```
ans =
     7     0
     4     1

ans =
    100   -100
    300    200

ans =
     6     -1
     3     -2

ans =
     5     2
    20     1

ans =
    1.0000   -1.0000
    3.0000    0.5000

ans =
     6.0000   -1.0000
     0.3333   -0.5000

ans =
```