

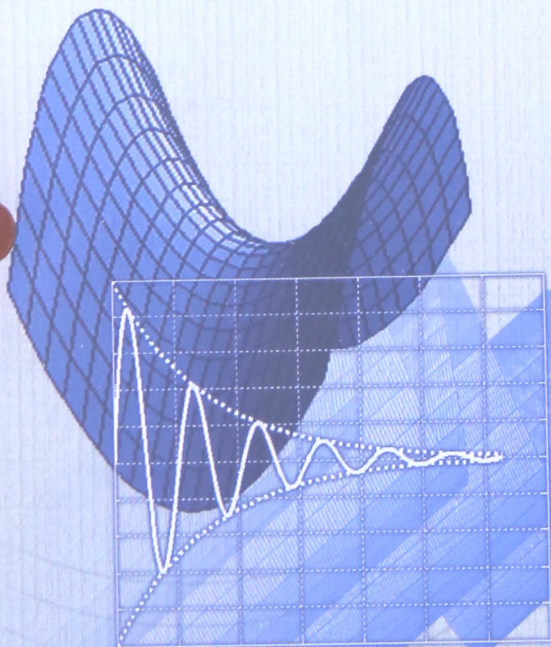


西安交通大学 本科“十二五”规划教材

MATLAB软件 与基础数学实验

(第2版)

主编 李换琴 朱旭
编者 王勇茂 籍万新



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

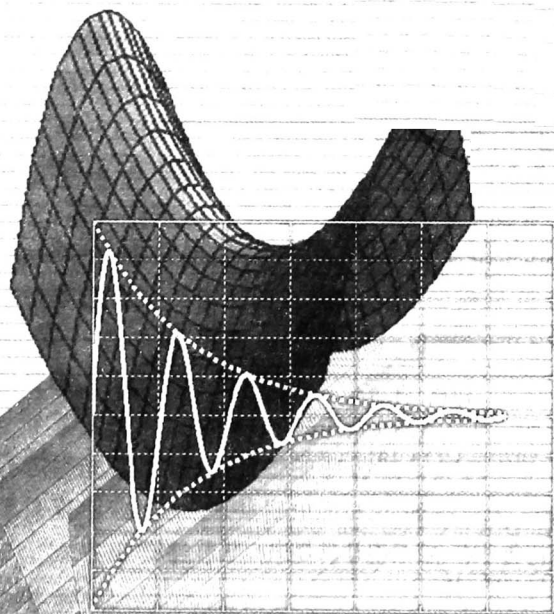


西安交通大学 本科“十二五”规

MATLAB软件 与基础数学实验

(第2版)

主编 李换琴 朱旭
编者 王勇茂 籍万新



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 软件与基础数学实验/李换琴,朱旭主编.
—2 版. —西安:西安交通大学出版社,2015.1
ISBN 978-7-5605-6970-3

I. ①M… II. ①李… ②朱… III. ①Matlab 软件-应用-高等数学-实验 IV. ①013-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 307191 号

书 名 MATLAB 软件与基础数学实验(第 2 版)
主 编 李换琴 朱 旭
责任编辑 田 华

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本 727mm×960mm 1/16 印张 14.5 字数 249 千字
版次印次 2015 年 2 月第 2 版 2015 年 2 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-6970-3/O·491
定 价 22.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248 (029)82665249
投稿热线:(029)82664954
读者信箱:jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

第 2 版 前 言

本书第 1 版自 2008 年出版以来,在西安交通大学本科一年级使用。本教材立足于初学者,通俗易懂,易教易学,许多高校选用其作为教材或教学参考书,在数学实验人才培养中起到了重要作用。本教材获得了西安交通大学第十二届优秀教材二等奖。

在过去 6 年的使用中,不少专家、教师和学生提出了许多建议和希望,根据当前“数学实验”课程教学的发展和需要,有必要在第 1 版的基础上对教材进行修订,进一步完善和提升,并适当增加一些内容。

本次修订得到了西安交通大学教改项目“本科生十二五规划教材编写”的鼎力支持。第 2 版仍继承第 1 版从易到难、深入浅出,讲解详尽的特点,并在以下几个方面进行了修订。

第一,针对“线性代数与几何”课程对实验的要求,增加了线性代数实验(实验 11),介绍了 MATLAB 中常用的一些线性代数运算命令,并举例说明如何利用线性代数知识及相关命令解决一些实际问题。

第二,对每个实验的练习题进行了整合、修改和增加,较多的练习题使得教师可以根据不同要求、不同学生布置不同的题目。

第三,对实验 2 进行了内容的补充和完善,增加了 2.1.3 和 2.1.4。

第四,对实验 3、4 的部分内容进行了整合,并增加了“MATLAB 函数文件”一节。

第五,在实验 10 中,增加了 0-1 规划问题。

第六,对第 1 版中的一些错误进行了更正。

第七,本次修订, MATLAB 软件采用 7.0 版本。

本次修订工作由西安交通大学李换琴负责,参与修订工作的还有朱旭、王勇茂、籍万新,其中实验 11 由王勇茂负责编写。限于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

西安交通大学数学与统计学院的张芳、吴云江、齐雪林等对本书第 1 版提出了许多修改意见,谨在此对他们表示由衷的感谢。本书的责任编辑田华对书稿进行了认真细致的加工,并提出了不少改进意见,编者对他们表示诚挚的谢意。

本书可为教学提供课件,如有需要,请联系李换琴教授,电子邮箱:hqlee@mail.xjtu.edu.cn。

编 者
2014 年 9 月

前 言

随着数学科学和计算机技术的飞速发展与广泛应用,综合利用数学知识建立数学模型、进行科学计算,研究和揭示自然科学发展中的变化规律,解决工程领域中的实际问题,已成为科学研究的一种重要方法。数学作为科学知识的基础学科,它遍及科学研究和工程技术的各个领域,是几乎所有大学生必修的一门基础课。对大学生来讲,在学习数学理论知识的同时,学习探究知识、解决问题的思想方法,将理论知识与实际应用相结合,培养进行科学研究的意识,锻炼自主解决问题的能力,开启自身的创新思维,是一件非常重要的事情。正是在这样的背景下,许多高校对数学的教学内容和课程体系进行了一系列的改革,相继开设了数学实验和数学建模课程。

数学实验就是依托现代计算机技术和数学软件平台,综合应用所学过的数学和其它科学的知识,使学生经历从建立实际问题的数学模型,选择适当数学方法进行数值计算和数值分析,检验所得到的数值结果的正确性,到修改和完善数学方法和数学模型,重新进行计算分析和检验的全过程,培养和提高学生分析问题,解决实际问题的能力。数学实验是数学教学过程中重要的实践性环节,它对激发学习数学的兴趣,体会数学理论和方法的重要性,培养开拓创新精神,均有积极的作用。

由于一年级本科生基本上没有接触过数学实验和计算机编程,因此,要在一年级大学生中开设这门课程,就需要一本起点低、内容较为全面系统的入门教材。基于这样的认识,我们编写了本书。

作为数学实验和数学建模的入门教材,本书起点设计为“从零开始”,逐步引向深入,适用于理、工、管、经等各个专业的学生。它可以配合一年级学生在数学理论课教学过程中同步穿插进行。

数学实验是依托相应的数学软件来完成,因此了解并掌握一种数学软件是非常必要的,本书选用 MATLAB 软件(6.5 版)作为实验平台。全书内容分为三个部分:第一部分包含两个实验(实验 1、2),详细介绍了 MATLAB 软件的部分基本命令和绘图命令以及它们的使用方法,可以安排 2 至 4 个学时学习;第二部分包含两个实验(实验 3、4),详细介绍了 MATLAB 软件编程的主要命令结构和语法规则,并给出了具体的编程实例,可以安排 4 个学时学习;第三部分则是结合高等数学、线性代数等基本知识,从六个简单实际问题出发编写了六个实验(实验 5~10),对每个问题分别进行分析、建模,给出了较为详尽的求解分析过程、实验程序

和上机实验结果。这六个实验相对独立,可自主筛选,每个实验可讲授两学时,上机练习两小时。

本书内容从易到难,深入浅出,讲解详尽,只要读者具有微积分和线性代数的基本知识就可读懂。因此,适合大学本科一年级学生在数学课程学习过程中同步进行学习,也可以在学完高等数学和线性代数以后进行学习。只要读者具有微积分和线性代数的基本知识就可读懂,因此,教师要少讲精讲,重点引导;学生要多练勤练,重视上机实践,积极钻研、掌握基本原理和方法。为了便于学习,书中列举了较多实例;每个实验之后,留有相关的上机练习题,供学生们上机练习,并且配有两个综合练习题,可作为课程期中或期末测试使用;书后附有 MATLAB 软件使用常见问题解答、常用的函数命令集和实验报告的要求。工科数学教学基地网站(<http://imb.xjtu.edu.cn>),登录查看相关教学资料和信息。

本书编写过程中得到了西安交通大学教务处、西安交通大学出版社的大力支持和资助,西安交通大学国家工科数学基地王绵森教授对本书提出了许多宝贵的意见,作者在此表示衷心的感谢。

本书作者均是西安交通大学理学院长期从事数学实验教学的教师,实验 1 至实验 9 由朱旭负责编写,实验 10 由李换琴负责编写,籍万新负责全书的统编、校对、附录编写和书中所有程序的调试。该书在正式出版之前作为西安交通大学数学实验课程的校内讲义已使用两年,学生反映效果良好,但由于作者水平有限,书中难免有不当之处,欢迎读者批评指正。

编者
2008 年 5 月

目 录

第一篇 MATLAB 软件介绍与实验

实验 1 MATLAB 基本特性与基本运算	(3)
1.1 MATLAB 基本特性	(3)
1.1.1 数值和变量	(5)
1.1.2 运算符	(8)
1.1.3 标点	(9)
1.1.4 常用函数	(10)
1.1.5 语句	(12)
1.1.6 在线帮助及功能演示	(13)
1.2 MATLAB 中数组及矩阵运算	(15)
1.2.1 向量和矩阵的建立	(15)
1.2.2 矩阵运算	(19)
1.2.3 矩阵函数	(20)
1.3 MATLAB 中函数的数值运算	(24)
1.3.1 数值函数的建立	(24)
1.3.2 数值函数的运算	(26)
应用举例	(30)
1.4 MATLAB 中的符号运算	(31)
1.4.1 符号函数表示	(31)
1.4.2 符号函数的求值	(32)
1.4.3 符号函数运算	(32)
实验 1 上机练习题	(36)
实验 2 用 MATLAB 绘制二维、三维图形	(38)
2.1 二维图形的绘制	(38)
2.1.1 二维绘图的基本命令	(38)
2.1.2 图形的标识与修饰	(40)
2.1.3 极坐标、直方图、饼图等绘制	(42)
2.1.4 符号函数绘图	(45)
2.2 三维图形的绘制	(47)
2.2.1 三维曲线的绘制	(47)

2.2.2 三维曲面的绘制(mesh、surf 命令)	(48)
2.2.3 特殊图形和简易绘图命令	(50)
应用举例	(51)
实验 2 上机练习题	(52)

第二篇 MATLAB 程序设计与实验

实验 3 MATLAB 编程介绍与循环结构	(56)
3.1 MATLAB 编程介绍	(56)
3.1.1 M 文件的建立、打开与运行	(56)
3.1.2 MATLAB 程序的基本结构	(57)
3.1.3 M 文件中的输入、输出方式	(58)
3.2 MATLAB 循环结构与应用	(59)
3.2.1 有限次循环(for-end)结构	(59)
3.2.2 条件循环(while-end)结构	(61)
3.3 MATLAB 选择结构	(63)
3.3.1 单项选择判断(if-end)结构	(63)
3.3.2 多项选择判断(if-else-end)结构	(64)
实验 3 上机练习题	(65)
实验 4 MATLAB 函数文件与程序流程的控制	(66)
4.1 MATLAB 函数文件	(66)
4.1.1 函数文件的基本结构	(66)
4.1.2 函数文件的调用	(67)
4.2 MATLAB 程序流程控制	(68)
4.2.1 break 语句	(68)
4.2.2 return 语句	(69)
4.2.3 pause 语句	(69)
4.3 简单问题应用举例	(71)
实验 4 上机练习题	(78)

第三篇 基础数学实验

实验 5 开普勒方程近似解与方程求根	(80)
实验问题	(80)
实验目的	(80)
实验内容	(80)

1. 绘图并观察函数零点的分布	(81)
2. 利用 MATLAB 中 fzero 命令求解	(81)
3. “二分法”	(82)
4. “切线法”	(84)
5. 一般迭代法	(87)
6. 非线性方程组求解	(88)
实验 5 上机练习题	(90)
实验 6 Logistic 方程求解与混沌	(93)
实验问题	(93)
实验目的	(93)
实验内容	(93)
1. 建立生物种群增长模型(Logistic 方程)	(93)
2. 迭代序列的收敛与发散	(94)
3. 数值实验与分析	(94)
实验 6 上机练习题	(101)
实验 7 π 的计算与数值积分	(102)
实验问题	(102)
实验目的	(102)
实验内容	(102)
1. 古典方法	(102)
2. 级数逼近方法	(103)
3. 数值积分方法	(106)
4. 圆周率 π 的蒙特卡罗计算方法	(111)
实验 7 上机练习题	(112)
实验 8 河流流量估计与数据插值	(114)
实验问题	(114)
实验目的	(115)
实验内容	(115)
1. 数据插值	(115)
2. 实验问题求解	(122)
实验 8 上机练习题	(126)
实验 9 人口预测与数据拟合	(129)
实验问题	(129)
实验目的	(129)

实验内容·····	(130)
1. 数据拟合(最小二乘法)·····	(130)
2. 实验问题求解·····	(134)
实验 9 上机练习题·····	(139)
实验 10 最优投资方案与优化问题的计算机求解 ·····	(143)
实验问题·····	(143)
问题分析·····	(143)
实验目的·····	(144)
实验内容·····	(144)
1. 线性规划问题及其数学模型·····	(144)
2. 求解线性规划问题的单纯形法·····	(146)
3. 线性规划问题的 MATLAB 软件解法·····	(149)
4. 线性规划应用举例·····	(152)
5. 多目标规划·····	(155)
6. 无约束最优化·····	(162)
7. 最大最小化问题·····	(163)
8. 0-1 规划问题·····	(166)
实验 10 上机练习题·····	(169)
实验 11 线性代数实验 ·····	(173)
实验目的·····	(173)
实验内容·····	(173)
1. 线性代数基本运算命令介绍·····	(173)
2. 过河问题(向量应用)·····	(185)
3. 光合作用化学反应方程式的配平·····	(190)
4. 气象观测站的调整·····	(191)
实验 11 上机练习题·····	(194)
附录 1 MATLAB 使用过程中的常见问题 ·····	(198)
附录 2 MATLAB 主要函数命令一览 ·····	(212)
附录 3 实验报告要求 ·····	(222)

第一篇 MATLAB 软件介绍与实验

概 述

MATLAB 是建立在向量、数组和矩阵基础上的一种分析和仿真工具软件包,集数学运算、图形处理和程序设计为一体,包含处理各类问题的“工具箱”。如数学方面常用的矩阵代数运算、方程求根、优化计算、统计分析、神经网络以及函数的求导、积分、泰勒展开等符号运算。矩阵是 MATLAB 的核心, MATLAB 中的所有数据都以矩阵形式存贮。数量(标量)可看成是 1×1 的矩阵。同时, MATLAB 具有类似于其它计算机语言的编程特性;还可绘制二维、三维图形,使输出结果可视化。对于这些特性和功能, MATLAB 提供了大量的命令函数,使用方便有效。正是因为实现了矩阵数据结构、编程特色及方便绘图三方面的有机结合,使得 MATLAB 成为一个强有力的工具,适用于解决众多领域的问题。目前, MATLAB 已成为工程领域中较常用的软件工具包之一。

本书将对 MATLAB 一些简单常用的主要功能、命令进行讲解,给出部分示例,并作出适当的总结,配备适量的练习供同学们自行实验。对于 MATLAB 有关“工具箱”的使用,以及具有专门功能的命令,本书都未涉及,将来需要使用时,读者可以参阅有关专门介绍 MATLAB 使用的书籍,自行学习使用。书中使用的或总结出的部分 MATLAB 命令函数,有关它们的进一步信息请大家参阅其它相关资料,或使用在线帮助。

MATLAB 有非常强大的功能和灵活使用方法,作为入门,为易于学习,我们以算例方式叙述,读者可以根据算例和文字解释,对 MATLAB 的使用方法有一个良好的初始感受。

字体符号约定

为了表述简洁,本书字体使用下列约定:

黑体 重要术语、函数命令和提示等。

▶ 输入字符 “▶”符号后为用户输入的语句、命令等。注意:“▶”无须输入。

◀ 显示字符 “◀”符号后为显示程序的运行结果、过程信息等,字体为斜体。

% 说明字符 专有名词、数学记号以及各种语句的解释说明等,字体为楷体。

实验 1

MATLAB 基本特性与基本运算

1.1 MATLAB 基本特性


MATLAB 主要工作窗口如下。

命令窗口:用于输入命令和数据。

编辑窗口:用于建立和编辑 M 文件。

图形窗口:用于显示图形。

当 MATLAB 软件安装完成后,直接点击 Windows 桌面上的 MATLAB 图标

,就可打开 MATLAB 的命令窗口(Command Window),如图 1.1 所示。

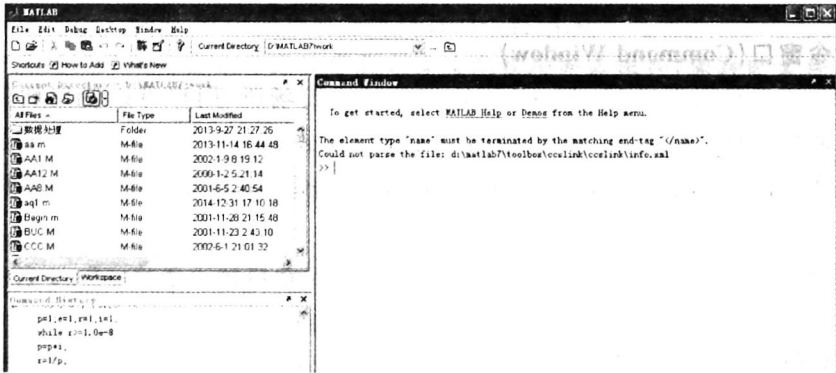


图 1.1 MATLAB 命令窗口

点击命令窗口左上角图标 File 下拉菜单 New/M-file,就可以打开编辑窗口(Editor),如图 1.2 所示。

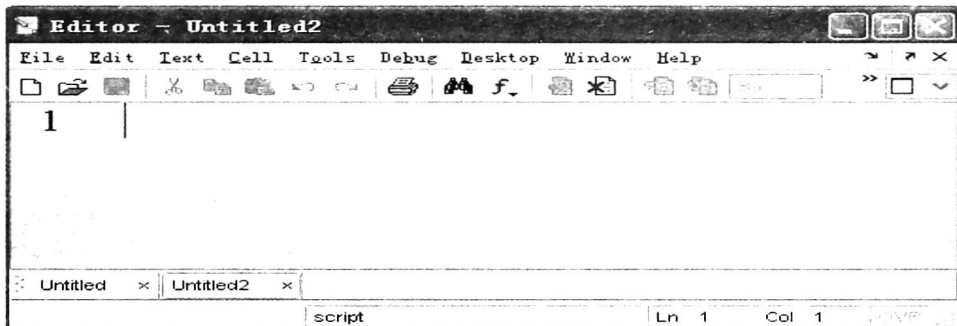


图 1.2 MATLAB 编辑窗口

如果程序或者命令要求画图,将自动打开图形窗口,如图 1.3 所示。

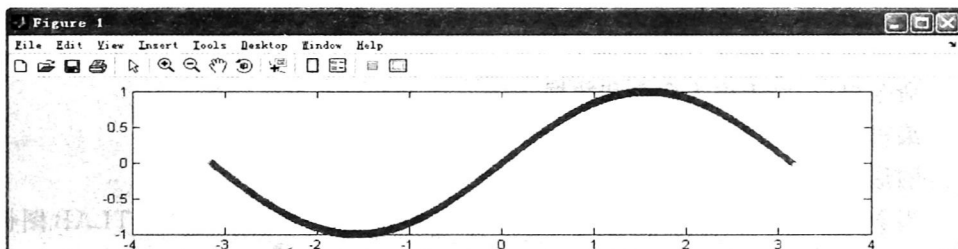


图 1.3 MATLAB 图形窗口

命令窗口 (Command Window)

命令窗口是用户与 MATLAB 进行交互的主要场所,用户可以使用软件提供的各种命令进行简单运算、查询、绘图等;同时,显示各种命令的运行结果和过程信息。操作方法是,键入一条命令后,按下[Enter]键,该命令就会被执行并给出结果。

例如

```
>> 78-45
```

计算机将显示下列结果:

```
ans =
```

```
33
```

这里,ans 是计算机自动分配给结果的一个变量名,你可以利用 ans 继续进行运算:

```
>> a = ans * 3 + 8
```

则有结果

```
a =
```

```
107
```

这里, $a = ans * 3 + 8$ 称为赋值语句, 表示将等式右端的计算结果赋值给变量 a , 即 $a = 33 * 3 + 8 = 107$ 。

注意: 如果你没有将计算结果赋值给一个确定的变量名, **MATLAB** 就会将结果存储在变量 ans 中。

练习 1-1 请在命令窗口键入下列指令, 观察其结果, 体会每条指令的含义。

```
A=[1,2,3;2,3,4;1,2,1];
```

```
a=[2 2 2;4 2 1]
```

```
A
```

```
a * A
```

```
b=a * A
```

```
A-1
```

```
c=zeros(3,2)
```

```
d=rand(3,3)
```

```
e=d(2,:)
```

编辑窗口(Editor\Debugger Window)

编辑窗口是专门提供给用户进行编写 MATLAB 程序的区域。用户在编辑窗口中可以进行程序的输入、编辑和保存。

运行程序有两种方式: 点击编辑窗口“Debug”下拉菜单“Run”, 或者在命令窗口输入保存的文件名, 就可以在命令窗口看到运行结果。

注意: (1) 在编辑窗口写完程序或者修改完程序务必保存, 保存时文件名不能以数字开头。

(2) 文件一般默认保存在安装 MATLAB 时产生的 MATLAB 文件夹中的 work 文件夹中, 如果不会修改路径的话, 建议使用默认方式, 以免运行程序时计算机找不到文件。

练习 1-2 在编辑窗口键入下列指令, 保存, 并运行程序, 观察图形结果; 你能否修改程序画出 $y = \cos x$ 的图形。

```
x=-5:0.1:5;
```

```
y=sin(x);
```

```
plot(x,y)
```

1.1.1 数值和变量

MATLAB 的数值(常数)用十进制来表示, 亦可用科学记数法来表示一个数。以下都是合法的 MATLAB 数值: $8, -30, 0.01, 4.5e5, 1.2e-2$, 其中 $4.5e5$ 表示 4.5×10^5 , $1.2e-2$ 表示 1.2×10^{-2} 。另外, MATLAB 还提供了复数的表达和运算

功能。

MATLAB 的变量是以矩阵或数组方式存储的,每个变量通常赋予一个变量名,它将对应的值存储在计算机内存中的相应单元中。

MATLAB 对变量名规定如下:

- (1) 变量名由字母打头,之后由字母、数字或下划线组成,字符间不可留空格,不能有标点符号和运算符;
- (2) 变量名中的字母大小写是有区别的,表示不同的变量;
- (3) 变量名最多不超过 19 个字符,超出部分将被忽略。

变量名可通过等号进行赋值,例如指令 $a=2$ 表示将数值 2 赋值给变量名 a 。为了表述简洁,我们使用符号“▶”和“◀”分别表示“输入字符”和“输出字符”。“▶”符号后为用户输入的语句、命令等。“◀”符号后为指令或程序的运行结果。

注意:“▶”无须输入。

```
例 1-1  ▶ a=2,A=3;c=-5
          ▶ a=2
          ▶ c=-5
```

可以看出:例 1-1 实现了将数值 2 赋值给变量名 a ,并显示结果;将数值 3 赋值给变量名 A ,不需显示结果,将 -5 赋值给变量 c ,显示结果。

虽然变量 A 未在屏幕上显示,但是 A 已经赋值为 3,可以通过键入变量名查询其值:

```
▶ A
◀ A=3
```

[说明]

(1) 多条指令可以写在一行,指令之间以逗号或分号隔开,一行中最后一条指令后面可以没有标点符号。

(2) 指令后为逗号或无标点符号,该指令执行结果被显示在屏幕上。

(3) 指令后为分号“;”,作用是将计算结果存入内存,但不显示在屏幕上。

(4) MATLAB 务必在英文状态下输入,中文状态下输入的标点符号将被认为是错误指令。

MATLAB 中变量常用的有以下几种类型:

单值变量,如:

```
a=1; ab=2; Ab=3; ...
```

矩阵变量,如:

```
x=[1,3,5,-2,-3]; ...
```

这里 x 为一行向量,其 5 个分量 $x(1), x(2), x(3), x(4), x(5)$ 分别对应 5 个数值。

$$A=[1,2,3;4,5,6]; \dots$$

这里 A 为 2×3 的矩阵, $A(i,j)$ 为 A 中第 i 行、第 j 列上的元素。

复数变量, 如:

$$c = 2 + 3 * i ; d = 6 - \text{sqrt}(-2) ; \dots$$

其中 i 为虚数单位, 即 $i = \text{sqrt}(-1)$, sqrt 为开方命令。

字符(串)变量, 如:

$$s = 'a' ; S = 'abCD' ; \dots$$

除了用户自己定义的变量外, MATLAB 还提供了几个**特殊变量**, 如表 1-1 所示。每当 MATLAB 启动, 这些特殊变量就被产生。用户在编写程序时, 尽可能不要对这些特殊变量重新赋值, 以免产生混淆。

表 1-1 MATLAB 的特殊变量

特殊变量	含义
ans	如果用户未定义变量名, 系统用于存储计算结果
pi	圆周率($\pi=3.1415926\dots$)
inf	无穷大 ∞ 值, 如 $1/0$
eps	浮点数的精度, 也是系统运算时计算机的最小值
NaN 或 nan	不定量(非数), 如 $0/0$ 或 inf/inf
i 或 j	虚数 $i=j=\text{sqrt}(-1)$

例 1-2 ▶ $a = \text{pi}$

◀ $a = 3.1416$

这里 π 显示了四位小数, 如果需要显示更多位小数, 则在命令窗口键入

▶ format long

▶ pi

ans = 3.14159265358979

若要继续显示四位小数, 则键入

▶ format short

这里, format 是控制数据显示格式的指令, 具体格式类型和运用方法如表 1-2 所示。