



# MATLAB

# 教程

罗建军 主编  
杨琦 副主编



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

# MATLAB 教程

罗建军 主 编

杨 琦 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书系统地讲述了 MATLAB 的基本技术, 内容包括基本计算、数值运算、程序设计、绘图、符号运算、用户图形界面设计、Simulink 仿真等方面。

本书在精心选材的基础上, 采用“精讲多练”的风格编排, 注重实践与理论结合, 配备了大量实用的例题和习题, 让读者能在最短的时间、以最小的投入掌握 MATLAB 运算技巧, 从而迅速具备解决本专业实际工程问题的能力。

本书非常适用于高等学校相关课程的教学参考书, 也可作为工程技术人员的学习参考用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 教程 / 罗建军主编. —北京: 电子工业出版社, 2005.7

ISBN 7-121-01468-8

I. M… II. 罗… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB—教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 068560 号

责任编辑: 孙学瑛

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.75 字数: 342 千字

印 次: 2005 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 25.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

# 序

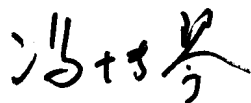
计算机基础教学的目标是培养学生利用计算机解决本专业领域中问题的能力，它和计算机专业的教学目标和对象不同，教学方法相异，因此就不能照搬计算机专业的模式和做法。它有自己的规律，需要认真加以研究，并在相应的教材建设中体现这一特点。

本书作者罗建军是一位长期在第一线从事高校计算机基础教学的教师，他对非计算机专业的学生基础、特点和认知规律有较为深入的研究，在教学实践中积累了丰富的经验，曾编写出版过一本被国内很多院校广泛采用的 MATLAB 教材。

在过去的两年，他利用在美国做访问学者的机会，对国外的 MATLAB 教学和科研情况进行调研，掌握了许多第一手资料。回国后，他将这些先进的技术和经验应用到教学实践中去，收到了很好的效果。

与他所编写的前一本教材相比，本书不但保留了原教材中经过实践考验并受到读者欢迎的内容和风格，而且更加注重理论和实践结合，内容也更加新颖，符合技术发展需要，从而更加贴近读者需求。

相比较国外的 MATLAB 教学，国内高校对这门课的认识和研究还尚有不足。罗老师根据自己的研究成果和实践经验，为这门课的建设提供了一本很好的参考书，是一件很有意义的工作。



2005年5月17日

# 前 言

MATLAB 具有功能强大、界面友好、语言自然且开放性强等优点，已经成为目前在科学研究和工程实践中应用最为广泛的大型科学计算应用软件。

本书作为 MATLAB 的入门教科书，其目的是使读者能够使用 MATLAB 进行一般的工程计算，掌握使用 MATLAB 这类工程计算软件工具的基本技术，包括基本计算、矩阵处理、符号运算、计算结果的可视化、程序设计和 Simulink 仿真等。使用本书可以很容易地实现从“入门”到“高级”的过渡。

## 本书组织框架

为了便于学习，每章均按以下主题进行组织。

- **本章目标：**是各章的主题，也是读者的学习目标；
- **主要内容：**是 MATLAB 每部分内容的主要知识点和技能点，建议读者细读该部分，认真领会并掌握其精髓；
- **扩展阅读：**是对主要内容部分的补充，读者可以根据自己的需要选读；
- **上机指导：**提供实验方法的指导，供读者上机练习使用；
- **应用举例：**提供了大量来自应用实践的例子，所有例题均与所在章节的内容相关，是读者学习和复习各章内容的重要参考资料；
- **小结：**是对所在章节重要知识点的总结，帮助读者建立一个清晰的知识结构；
- **习题：**各章均配有大量习题，边学边练能够迅速提高学习者的编程能力。

## 本书特色

- **内容选取科学，组织完善。**作者在多年 MATLAB 教学和科研经验基础上，对大量的资料进行整理挖掘，找出其中的核心问题，由浅入深地进行详尽介绍，使读者能够迅速理解 MATLAB 的核心技术。
- **注重实践与理论结合，配备了大量实用的例题和习题。**保证了读者能在最短的时间、以最小的投入掌握 MATLAB 的运算技巧，从而迅速具备解决本专业实际工程问题的能力。
- **采用“精讲多练”的风格编排，非常适合于教学和自学。**“精讲多练”是西安交通大学计算机教学实验中心曾荣获国家级教学成果一等奖的计算机基础教育的改革成果。实践证明，采用“精讲多练”模式进行计算机程序设计语言的教学组织，可以取得很好的教学效果。

## 致谢

在本书的编写中，西安交通大学计算机教学实验中心的冯博琴教授（博士生导师、国家级教学名师、教育部非计算机专业计算机课程教学指导委员会主任）对作者进行了多方指导，在此向冯老师表示深深的谢意。同时，本书的编写得到了西安交通大学教务处和电子与信息工程学院的专项经费支持，电子工业出版社的郭立编辑也为作者提供了一些有用的资料和宝贵的意见，在此一并表示感谢。

本书由罗建军主编，参加编写工作的队伍由西安交通大学计算机教学实验中心长期从事 MATLAB 教学和科研的一线教师组成。其中罗建军编写第 1 章到第 5 章及附录，杨琦编写第 6 章到第 8 章，刘志强、朱丹军、崔舒宁、吴宁、王志文、夏秦、田晓珍、马卫红等人也参加了本书部分内容的整理工作，全书由罗建军统稿。由于作者编写时间仓促，书中错误在所难免，希望读者不吝指教。

罗建军

[jjluo@mail.xjtu.edu.cn](mailto:jjluo@mail.xjtu.edu.cn)

2005 年 6 月于西安交通大学计算机教学实验中心

# 目 录

第 1 章	MATLAB 概述	1
1.1	科学与工程计算与 MATLAB	1
1.2	基本运算功能	1
1.2.1	算术运算	1
1.2.2	关系运算	4
1.2.3	逻辑运算	4
1.3	基本数据类型	5
1.3.1	数值类型	5
1.3.2	字符串类型	5
1.3.3	变量和表达式	6
1.4	数学函数	7
1.5	MATLAB 背景介绍	9
1.5.1	MATLAB 的历史	9
1.5.2	MATLAB 的组成	10
1.5.3	MATLAB 的特点	11
1.5.4	其他几种相关的数学软件	12
1.6	工具箱	13
1.7	MATLAB 的安装和使用	17
1.7.1	安装 MATLAB 系统	17
1.7.2	使用 MATLAB 系统	18
1.8	MATLAB 帮助功能	20
	小结	25
	习题	25
第 2 章	MATLAB 数值运算	27
2.1	矩阵	27
2.1.1	矩阵的构造	27
2.1.2	矩阵下标与子矩阵提取	29
2.1.3	矩阵的算术运算	31
2.1.4	矩阵的关系运算	35
2.1.5	矩阵的逻辑运算	36
2.1.6	矩阵函数	37

2.2	向量	41
2.2.1	向量的构造	41
2.2.2	向量的运算	42
2.3	数组	43
2.4	多项式	47
2.4.1	多项式的生成与表达	47
2.4.2	多项式的运算	48
2.5	特殊矩阵	50
2.6	稀疏矩阵	52
2.7	工作空间与内存变量	53
2.7.1	变量的查看	53
2.7.2	变量的文件保存与获取	54
	小结	57
	习题	57
<b>第3章</b>	<b>MATLAB 程序设计</b>	<b>59</b>
3.1	程序设计概述	59
3.2	MATLAB 程序结构	59
3.2.1	顺序结构	60
3.2.2	选择结构	60
3.2.3	循环结构	63
3.3	M 文件	66
3.3.1	命令文件	67
3.3.2	函数文件	67
3.4	其他流程控制语句	69
3.5	函数与变量参数传递	72
3.5.1	子函数与私有函数	72
3.5.2	变量作用域	73
3.5.3	函数的参数传递	73
3.6	M 文件的调试	74
3.7	M 文件性能分析与优化	77
3.7.1	M 文件性能分析	77
3.7.2	M 文件性能优化	78
	小结	83
	习题	83



<b>第 4 章 MATLAB 绘图</b> .....	85
4.1 二维图形.....	85
4.2 图形修饰与控制.....	88
4.3 三维图形.....	91
4.3.1 三维曲线图.....	91
4.3.2 三维网格图.....	91
4.3.3 三维曲面图.....	92
4.3.4 观察点.....	93
4.4 特殊坐标系.....	95
4.5 绘制特殊图形.....	96
小结.....	104
习题.....	104
<b>第 5 章 MATLAB 符号运算</b> .....	106
5.1 数值运算与符号运算.....	106
5.2 符号变量和符号表达式.....	107
5.3 符号表示式的运算.....	108
5.3.1 算术运算.....	108
5.3.2 函数运算.....	108
5.4 微积分.....	112
5.4.1 极限.....	112
5.4.2 微分.....	113
5.4.3 积分.....	114
5.5 方程求解.....	116
5.5.1 代数方程.....	116
5.5.2 常微分方程.....	117
5.6 符号矩阵.....	118
5.6.1 符号矩阵的创建.....	118
5.6.2 符号矩阵的运算.....	119
5.7 任意精度计算.....	120
5.8 级数.....	121
5.9 符号积分变换.....	122
5.10 符号表达式绘图.....	124
5.11 Maple 接口.....	127
小结.....	131
习题.....	131

<b>第 6 章 Simulink 仿真</b> .....	133
6.1 Simulink 与系统仿真 .....	133
6.2 Simulink 的使用 .....	134
6.2.1 启动和退出 Simulink .....	134
6.2.2 建模与仿真 .....	135
6.3 Simulink 的基本模块 .....	137
6.4 功能模块的处理 .....	144
6.5 设置仿真参数 .....	147
6.6 观察 Simulink 的仿真结果 .....	150
6.7 自定义功能模块 .....	151
小结 .....	157
习题 .....	157
<b>第 7 章 图形用户界面设计</b> .....	158
7.1 图形用户界面设计工具 GUIDE .....	158
7.2 控件 .....	159
7.3 GUIDE 常用工具 .....	161
7.4 使用 GUIDE 的 GUI 设计 .....	166
7.5 句柄图形 .....	171
7.5.1 句柄图形的层次关系 .....	171
7.5.2 图形窗口对象的属性 .....	172
7.6 图形对象句柄命令 .....	175
7.6.1 建立图形对象的函数 .....	175
7.6.2 图形对象句柄的获得和删除 .....	176
7.6.3 对象属性的获取和设置 .....	177
7.7 公用对话框 .....	177
7.8 动画制作 .....	181
小结 .....	187
习题 .....	187
<b>第 8 章 高级编程技术</b> .....	188
8.1 文件 .....	188
8.1.1 文件的打开与关闭 .....	189
8.1.2 格式化数据的读写 .....	190
8.1.3 文件定位和文件状态 .....	192
8.1.4 按行读取数据 .....	193

8.1.5 二进制数据文件的读写	194
8.1.6 图像、声音文件的读写	196
8.2 应用程序接口	199
8.2.1 MEX 文件	200
8.2.2 MATLAB 计算引擎	201
8.2.3 基于 COM 组件的接口编程	205
8.2.4 在 C/C++语言中读写 MAT 数据文件	205
8.3 结构数组	206
8.4 元胞数组	207
8.5 面向对象程序设计	209
小结	212
习题	213
附录 主要函数命令分类表	214
参考文献	234

# 第 1 章 MATLAB 概述

## 本章目标

了解 MATLAB 的基本知识，熟悉其上机环境，掌握利用 MATLAB 进行基本运算的方法，初步具备将一般数学问题转化成对应的计算机模型并进行处理的能力。

## 主要内容

### 1.1 科学与工程计算与 MATLAB

在科学研究和工程计算领域常常会遇到一些计算问题，人们大多是利用计算器或直接手工推导进行运算。但对于复杂的数值计算、符号运算、图形处理和建模仿真等问题，简单的计算器和手工推导就无法胜任了，这时就需要借助计算机编程来完成相应任务。

现有的计算机编程语言的种类很多，它们各有所长，适用于不同领域和情况。在科学计算和工程应用领域用得比较多的是 C++、FORTRAN 等高级编程语言，而要直接用这些程序设计语言进行编程运算，一般而言是比较烦琐的，只有经过长期专门训练、具备较强编程能力的人员才能胜任。

那么有没有像计算器一样方便的软件工具呢？答案是肯定的，MATLAB 就是一种功能非常强大的科学计算软件，使用它进行数学计算就像使用计算器一样简单，只需稍加学习，就可利用其完备的功能，简单快捷地解决各个方面的计算问题。

### 1.2 基本运算功能

MATLAB 的基本运算可分为三类：算术运算、关系运算和逻辑运算，分别由相应的运算符实现。

#### 1.2.1 算术运算

算术运算是最基本的运算形式。它的实现非常简单，例如要计算表达式  $15+20-50+3\times 9$

的结果，则只需在系统提示符号`>>`之后依次键入该算术表达式，MATLAB 就会立即得到计算的结果（见图 1-1）。

可以看到，系统显示出来的结果是正确的，其值被存储在一个名为“ans”的变量中，这是因为在运算开始时没有明确指定一个变量来储存运算结果，系统就自动将结果存储在默认的暂时变量“ans”中。

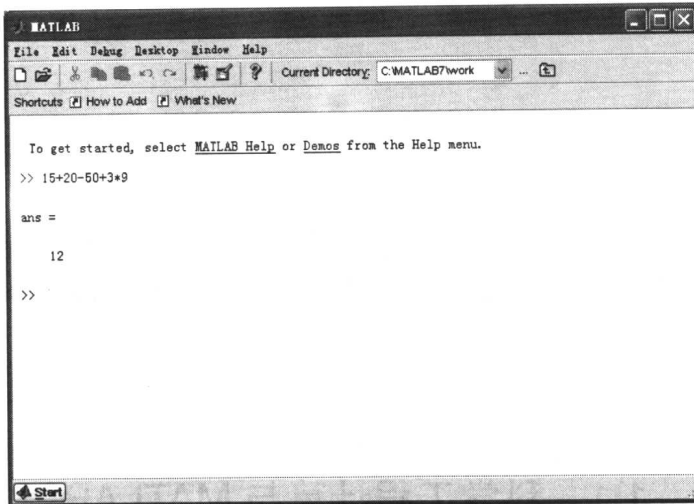


图 1-1 MATLAB 的算术运算

实际上，为了方便进一步的计算，一般会指定某一个特定的变量来存储运算结果，如将上面的表达式改为相应的赋值语句  $a=15+20-50+3*9$ ，计算的结果将以变量  $a$  显示。

```
>> a=15+20-50+3*9
a =
    12
```

这时就可以利用已经存储在工作区空间的变量  $a$  来完成更复杂的问题求解。如：

```
>>b=30
b =
    30
>> c=a*b
c =
    360
>> d=a^3-b*c
d =
   -9072
```

在书写运算语句时，屏幕的同一行中可以同时有几个用逗号或分号隔开的语句。使用逗号或分号的区别仅仅在于屏幕显示的不同：如果用逗号隔开，屏幕会对输入信息有所回应；而使用分号则不会显示中间的计算结果。例如：

```
>>x=2, y=3           %使用逗号隔开，屏幕会对输入信息有所回应
x =
    2
y =
    3
>>m=2; n=3;         %使用分号隔开，无回显
```

此时如果想再次查询该变量的值，只要在系统提示符号>>后直接输入该变量名即可。  
如：

```
>>m                 %在系统提示符号后直接输入变量名，即可查看变量的存储值
m =
    2
```

在上述例子中，出现了一个符号“%”，该符号被称之为注释符，它后面的内容只起到注释作用，用于说明或解释该段程序的功能、变量的作用以及编程者认为应该向程序阅读者说明的其他任何内容。这些注释在系统运行时都会被忽略掉，对最终结果不产生影响。因此即使使用了很多注释也不会影响计算结果和效率。恰当地应用注释可以使程序清晰易懂，便于编程者之间的交流与协作。所以，在编写程序时，精心撰写注释是一个良好的编程习惯。

除了以上例子中的几种基本运算以外，通过表 1-1 中的算术运算符，MATLAB 还提供了其他几种类型的算术运算。

表 1-1 算术运算符

运 算	符 号	运 算	符 号
加	+	减	-
乘	*	数组相乘	.*
左除	\	数组左除	.\
右除	/	数组右除	./
幂次方	^	数组幂次方	.^

在运算中，求值次序和一般的数学求值次序相同：表达式是从左向右执行的，幂次方的优先级最高，乘除次之，最后是加减，如果有括号，则括号优先级最高。

**例 1-1** 求解  $[12 + 2 \times (7 - 4)] + 3^3$ 。

```
>> (12+2*(7-4))/3^3
ans =
    0.6667
```

在上述例子中，系统自动将结果用恰当精度的数字格式输出显示。如果要想改变输出结果显示形式，可以使用系统所提供的 `format` 命令，表 1-2 是以圆周率  $\pi$  值为例来说明该命令用法的。

表 1-2 format 命令

MATLAB 命令	含 义	范 例
format short	短格式	3.1416
format short e	短格式科学格式	3.1416e+000
format long	长格式	3.14159265358979
format long e	长格式科学格式	3.141592653589793e+000
format rat	有理格式	355/113
format hex	十六进制格式	400921fb54442d18
format bank	银行格式	3.14

注意：format 命令仅仅影响数据在屏幕上的显示格式，而不会影响其在系统内部的存储和运算精度。在系统内部，默认情况下，数据的存储和运算是以双精度进行的。

### 1.2.2 关系运算

关系运算主要用于比较数值、字符串、矩阵等运算对象之间的大小或不等关系，其运算结果的类型为逻辑量，如果比较运算的结果成立，其运算结果就为真（非 0 值），否则为假（0 值）。

关系运算是由关系运算符来实现的，主要的关系运算符如表 1-3 所示。

表 1-3 关系运算符

运 算	符 号	运 算	符 号
大于	>	小于	<
等于	==	不等于	~=
大于等于	>=	小于等于	<=

如：

```
>> x=2;
>> x>3
ans =
    0
>> x<=2
ans =
    1
```

注意，算术运算符的优先级高于关系运算符。即

$$a+b == c \text{ 等价于 } (a+b) == c$$

### 1.2.3 逻辑运算

简单的关系比较是不能满足实际编程需要的，一般还需要用逻辑运算符将关系表达式或逻辑量连接起来，构成较复杂的逻辑表达式。逻辑表达式的值也是逻辑量（即表示真或

假的非 0 和 0)。

主要的逻辑运算符有 4 种，如表 1-4 所示。

表 1-4 逻辑运算符

运 算	符 号	运 算	符 号
与	&	或	
非	~	异或	xor

具体范例请见后面相关章节。

## 1.3 基本数据类型

MATLAB 所涉及的数据类型主要包括数值、逻辑、字符串、元胞、结构、类等，下面介绍其中常用的两种，其余类型将在以后章节陆续介绍。

### 1.3.1 数值类型

数值类型是 MATLAB 中最重要的数据类型，系统默认的类型是双精度型 (double)，与此相对应的还有单精度型 (single)、带符号整数和无符号整数等。此外，按照不同分类方法也可以将之分为：标量、数组和矩阵，或者实型和复型等。

复数在工程实践中应用广泛，其在 MATLAB 中的基本单位表示为 i 或 j，所构成的复型数据如下所示：

```
>> z1=1+2i
z1 =
    1.0000 + 2.0000i
>> z2=3+4j
z2 =
    3.0000 + 4.0000i
```

值得注意的是，在表达上面例子中的这种简单复数时，虚部的数值与虚数符号 i 或 j 之间可以直接相连，不用使用乘号（但必须将数值放在 i 或 j 之前）。但如果虚数的数值部分是表达式，则必须使用乘号以识别虚部符号。

### 1.3.2 字符串类型

MATLAB 提供了用来存储和处理字符串的字符串数组，字符串的每个字符（包括空格）都是字符数组的一个元素。其构建方式是通过包含在一对单引号中的字符集合来实现的。如：

```
>> s='hello, MATLAB'           %定义字符串变量 s
s =
```



hello, MATLAB

### 1.3.3 变量和表达式

在代数中，人们采用拉丁字母、希腊字母及其他符号来表示未知数或可能会变化的数字。在计算机中也有相应的表示，称之为变量，它是指在程序执行过程中存储数值可以变化的量。变量在计算机内存中占据一定的存储单元，在该单元中存放变量的值。

表达式是由运算符、函数调用、变量名以及特殊字符组成的类似于数学表达式的式子。变量和表达式一起就构成了 MATLAB 语句，如：

>> 表达式

或者

>> 变量=表达式

这也是给变量赋值的过程。

每个变量都有一个名字，称为变量名。MATLAB 对变量的命名方式有如下规定：

- 变量名由字母、数字和下划线组成，字母间不能有空格，而且第一个字符必须为字母。例如： $x$  和  $m\_ab2$  都是合法变量名，而  $2a$  和  $y a1$  就不是，另外汉字不能出现在变量名中；
- 变量名中的英文字母大小写是有区别的（称之为大小写敏感），例如  $XY$ 、 $xy$ 、 $Xy$ 、 $xY$  就是四个不同的变量；
- 变量名的最大长度是有规定的（不同版本的系统规定不同：在早期的版本中，长度上限是 19 个字符，后来的版本开始支持 31 或 63 个字符。用户如想了解自己系统的规定长度，可以调用函数 `namelengthmax` 来得到），超过部分的字符将被忽略。

和其他语言不同，除了用户自己定义的变量以外，系统还预先提供了一些由系统定义的特殊变量和常数，如表 1-5 所示。

表 1-5 MATLAB 系统的特殊变量和常数

特殊变量	意 义
ans	如果用户未定义变量名，系统用于计算结果存储的默认变量名
pi	圆周率 $\pi$ ( $= 3.1415926\dots$ )
inf 或 Inf	无穷大 $\infty$ 值，如 $1/0$
eps	浮点运算的相对精度 $2^{(-52)}$
realmax	最大的正浮点数， $2^{(1024)-1}$
realmin	最小的正浮点数， $2^{(-1022)}$
NaN 或 nan	不定量，如 $0/0$ 或 $\text{inf}/\text{inf}$
i 或 j	虚数单位， $i = j = \sqrt{-1}$
nargin	函数输入参数个数
nargout	函数输出参数个数