

 西安交通大学“十一五”规划教材

精讲多练MATLAB

(第2版)

罗建军 杨琦 编著
冯博琴 审



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

西安交通大学“十一五”规划教材

内容简介

精讲多练MATLAB

(第2版)

罗建军 杨琦 编著
冯博琴 审



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

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、矩阵处理、符号运算、计算结果的可视化、程序设计和 Simulink 仿真等方面。全书结合实际问题,讲练结合,注重精讲多练,培养学生利用 MATLAB 解决实际工程问题的能力。书中配有丰富的例题和习题。

本书既可作为理工院校学生的教材或参考书,也可供工程技术人员学习参考。

本书的支持网站为国家级精品课程网站:“计算机程序设计”(http://programming. xjtu. edu. cn)。该网站上提供本书的教学课件和其他辅助资料(请到网站相关的板块查询),可供教师教学和学生自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

精讲多练 MATLAB(第2版)/罗建军,杨琦编著. —西安:
西安交通大学出版社,2010.1
ISBN 978-7-5605-3229-5

I. 精… II. ①罗…②杨… III. 计算机辅助计算-软件
包, MATLAB-高等学校-教材 IV. 391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 158888 号

书 名 精讲多练 MATLAB(第2版)
编 著 罗建军 杨 琦
责任编辑 屈晓燕 贺峰涛

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 西安新视点印务有限责任公司

开 本 727mm×960mm 1/16 印张 12.5 字数 225 千字
版次印次 2010年1月第2版 2010年1月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3229-5/TP·524
定 价 20.00 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:jdlyg@yahoo. cn

版权所有 侵权必究

第二版前言

本书自 2002 年问世以来,受到广大读者的喜爱,有些学校还将本书选为教材。在使用当中,很多读者及兄弟院校通过电子邮件或网络留言板等方式给作者提供了很多有益的反馈意见。

通过 7 年的积累,我们对如何更好地讲解 MATLAB 有了进一步的认识;同时,在这期间 MATLAB 产品版本也已进行了多次更新升级,有些概念和功能发生了根本性的变化,因此我们深感对本书的相关内容有必要重新修订的必要。

在修订本教材时,作者对每章内容都重新进行了研究论证,并综合考虑了知识体系结构、计算机教学规律和学生学习习惯等诸多因素。因此,除了修正原书的错误外,新版在第一版基础上还做以下的改动:

(1)将产品版本从 MATLAB 6.0 提高的到目前最新的 MATLAB R2009a (MATLAB 7.8),各章中对应的概念和功能都做了相应调整。

(2)重新编写了第 5 章,整理优化了相关内容,突出了程序设计基本概念和方法。

(3)鉴于 Simulink 仿真在工程实践中的地位日益提高,本次修订专门将原来的附录部分重新编写,扩充了相关的知识点和技能点,并调整到正文中的第 6 章。

(4)对基本应用中涉及较少的用户图形界面设计(原第 6 章)方面的内容进行修改和缩编,调整为附录 B。

(5)修改和增加了部分例题和习题。

本次修订工作由罗建军(第 1~5 章),杨琦(第 6 章,附录)负责完成,全书由罗建军统稿。

“一切为了教学,一切为了读者”是我们的心愿和目标,但 MATLAB 内容丰富、庞杂,因作者水平所限,难免有不足之处,恳请读者指正。

编 者

2009 年 7 月

第一版前言

MATLAB 是一个集数学运算、图形处理、程序设计和系统建模为一体的著名的语言软件,具有功能强大、使用简单等优点,是进行科学研究和工程实践的有力工具。

本书作为 MATLAB 的入门教科书,适用于高等学校理、工、管等各类学生解决实际工程计算问题能力的培养。其目的是使学生能够使用 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、符号运算和计算结果的可视化等。

本教程共分 6 章,分别对应 6 个教学重点。课程起点设计为“从零开始”,不要求学生有程序设计方面的先修课程。但在学习本课程时,学生最好对计算机的使用有一定了解(如会使用 Windows 系统,具有键盘操作和文件处理等基础知识)。

为了使基础不高的初学者也能很快地掌握学习 MATLAB,我们秉承本中心冯博琴教授的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,特别是其中的“精讲多练”的教学模式,并结合以现代教育理论为指导,以多媒体教学手段为辅助,在确定教学目标、设计教学模式、编写教程内容等方面进行了一系列改革。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。

为了便于教学,每章均按以下主题进行组织。

- 教学目标和学习要求:本书的特点是“精讲多练”,因此为教师和学生规定明确的教学和学习目标是非常重要的。

- 授课内容:是建议教师课堂讲授的内容。一般来说,授课内容是本单元所有教学内容的“纲”,起着联系本单元所有项目的作用。授课内容只讲思路和重点、难点,不可能面面俱到,但对要讲的内容则是浓墨重彩,力求写出内容的精髓。

- 自学内容:“自学内容”和“授课内容”部分一起组成了一个单元的基本教学内容。这部分内容通常都是“授课内容”的延伸和继续,由学生在课外时间自学。必须强调的是自学部分并非不重要,也不能省略。一般来说,教师应在授课时间内抽出部分时间对自学内容和调试技术略作导引,以便于学生自学。

- 调试技术:集中介绍 MATLAB 集成环境的使用方法,强调编程实践是本书

的重要特色。该主题可以作为学生上机的实验指导书,辅导教师在带学生上机时应对这部分内容进行现场辅导。

- 应用举例:为了补充授课内容和自学内容部分的例题,专门设置了程序设计举例栏目。其中例题均与本章的授课、自学或调试技术等部分的内容密切相关,是学生学习 and 复习本单元内容的重要参考资料。

- 上机练习题:每章均配有若干上机练习题目,供学生动手实践。“精讲多练”教学方法的基本特点是上机时数较多,所以这部分的习题工作量较大,因此在上机时数不足的情况下可酌情选做若干题目。

“精讲多练”是对师生双方的要求,“授课内容”可以作为教师“精讲”建议,其他主题都与“多练”有关,多练并不意味着“泡”机时,必须做与教学目标要求相联系的动手上机练习题;“多练”还要求学生学会独立钻研技术的能力,每章的“自学内容”就是为此而设的。这种组织方式,学生负担会重一些,不过能为他们以后的发展创造更大的空间。

本书由西安交通大学计算机教学实验中心教师撰写:罗建军(第1、2、3、4章及附录)、杨琦(第5、6章),全书由国家级教学名师冯博琴教授主审。

本书在付印之前曾经作为校内讲义在西安交通大学使用了两年,学生反映效果良好。但由于作者水平有限,若有不当之处,敬请批评指正。来信请发至如下电子邮箱:heft@mail.xjtu.edu.cn(责任编辑);jjluo@ctec.xjtu.edu.cn(罗建军);qyang@ctec.xjtu.edu.cn(杨琦)。

编 者

2002年4月

目 录

第1章 MATLAB 语言的基本使用方法	(1)
教学目标	(1)
学习要求	(1)
授课内容	(1)
1.1 基本运算	(1)
1.2 变量	(4)
1.3 常用函数	(5)
自学内容	(6)
1.4 MATLAB 语言的历史、用途和特点	(6)
1.5 MATLAB 产品家族	(9)
调试技术	(11)
1.6 MATLAB 的安装	(11)
1.7 MATLAB 系统的使用方法	(15)
1.8 在线帮助	(17)
应用举例	(20)
上机练习题	(22)
 第2章 MATLAB 的数值运算	(23)
教学目标	(23)
学习要求	(23)
授课内容	(23)
2.1 矩阵	(23)
2.2 多项式	(32)
自学内容	(34)
2.3 其他构造矩阵的方法	(34)
2.4 矩阵函数	(37)
2.5 稀疏矩阵	(37)
2.6 数组	(38)

调试技术	(43)
2.7 MATLAB 的工作空间	(43)
2.8 数据的读写	(44)
应用举例	(46)
上机练习题	(49)
第3章 MATLAB 的符号计算	(51)
教学目标	(51)
学习要求	(51)
授课内容	(51)
3.1 符号变量和符号表达式	(51)
3.2 微积分	(53)
3.3 方程求解	(57)
自学内容	(59)
3.4 符号表示式的运算	(59)
3.5 sym 函数	(62)
3.6 求反函数和复合函数	(64)
3.7 表达式替换	(65)
3.8 任意精度计算	(66)
3.9 符号积分变换	(67)
3.10 Maple 接口	(70)
应用举例	(72)
上机练习题	(74)
第4章 计算结果的可视化	(76)
教学目标	(76)
学习要求	(76)
授课内容	(76)
4.1 二维平面图形	(77)
4.2 三维立体图形	(83)
自学内容	(88)
4.3 图形窗口	(88)
4.4 其他图形函数	(88)
4.5 动画	(93)

4.6 符号表达式绘图·····	(93)
4.7 plot 函数·····	(96)
4.8 交互式图形指令·····	(97)
应用举例·····	(98)
上机练习题·····	(99)
第5章 MATLAB 的程序设计 ·····	(102)
教学目标·····	(102)
学习要求·····	(102)
授课内容·····	(102)
5.1 M 文件·····	(102)
5.2 M 命令文件·····	(104)
5.3 控制语句·····	(106)
自学内容·····	(116)
5.4 M 函数文件·····	(116)
5.5 面向对象程序设计方法·····	(121)
调试技术·····	(122)
5.6 MATLAB 调试器·····	(122)
5.7 M 文件性能剖析·····	(125)
应用举例·····	(127)
上机练习题·····	(130)
第6章 Simulink 仿真 ·····	(132)
教学目标·····	(132)
学习要求·····	(132)
授课内容·····	(132)
6.1 概述·····	(132)
6.2 Simulink 的使用·····	(133)
6.3 Simulink 的模块库·····	(136)
6.4 功能模块的基本操作·····	(144)
6.5 仿真参数设置·····	(147)
6.6 仿真结果分析·····	(149)
自学内容·····	(151)
6.7 Simulink 演示实例·····	(151)

应用举例.....	(152)
上机练习题.....	(156)
附录 A MATLAB 工具箱	(157)
附录 B 图形用户界面设计 GUI	(160)
B.1 可视化界面环境	(160)
B.2 界面设计工具集	(161)
B.3 应用举例	(167)
附录 C MATLAB 主要函数命令一览	(172)
附录 D 线性代数基本原理	(183)
D.1 行列式	(183)
D.2 矩阵	(184)
D.3 向量和矩阵的秩	(185)
D.4 线性方程组	(185)
D.5 相似矩阵及二次型	(186)
附录 E MATLAB 技术支持	(187)
参考文献	(189)

第 1 章

MATLAB 语言的基本使用方法

教学目标

介绍 MATLAB 的基本知识及其上机环境。

学习要求

通过本章的学习,了解 MATLAB 语言的特点,熟悉集成视窗环境的基本使用方法,掌握变量、函数等有关概念,学会利用 MATLAB 进行基本的数学运算,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。

授课内容

1.1 基本运算

使用 MATLAB 进行数学式的计算就像用计算器做基本数字运算一样简单方便。假设要计算 $1+2+3+4+5$ 的结果,则只需在系统提示符号“>>”之后键入该算式,MATLAB 就会马上将计算的结果显示出来。

```
>> 1+2+3+4+5
```

```
ans =
```

```
15
```

或者如果算式是 $x=1+2+3+4+5$,计算的结果将以变量 x 的形式显示。

```
>> x=1+2+3+4+5
```

```
x =
```

```
15
```

这样就可以利用已经存储在工作区内的变量 x 来完成更复杂的问题求解。

如:

```
>>x=15
x =
15
>>y=10
y =
10
>>z=7
z =
7
>>total=x+y*2+z*5
total =
70
>> average=total /3
average =
23.3333
```

如果用户开始计算时没有指定一个变量来储存运算结果,系统会自动将结果存储在临时变量“ans”中。如:

```
>>2+3
ans=
5
```

一行中也可以同时有几个语句,它们只要用逗号或分号隔开就可以了(注意:使用逗号和分号所起的功能不同)。如:

```
>>a=2; b=3;
>>a*b
ans =
6
```

如果用逗号隔开,屏幕会对输入信息有所回应。例如:

```
>>a=2, b=3
a =
2
b =
3
```

除了以上运算,MATLAB 还提供了其他本的算术运算,见表 1-1。

表 1-1 MATLAB 的基本算术运算符

运 算	符 号	范 例
加	+	$1+2$
减	-	$1-2$
乘	*	$1*2$
除	/	$1/2$
幂次方	^	2^3

在 MATLAB 运算中,算式的求值次序和一般的数学求值次序相同。基本运算都是从左向右执行,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。

例 1-1 有一个半径 $r = 3$ 的圆,请计算其面积 $area = ?$

```
>> r=3;           %指定半径值,结尾的分号“;”表示不需要系统给出运行结果
>> area=pi * r^2   %计算圆面积  $area = \pi r^2$ 
area =
28.2743
```

在上面例子中,使用了被称为注释符的符号“%”,注释符后面一般跟一些用于说明或解释该段程序的功能、变量的作用的内容,它们一起构成了程序的注释。值得注意的是,注释是给人看的,用来帮助编程者或其他人理解程序,它们不是可执行语句,在程序运行时都会被系统忽略掉。所以不论有多少注释,都不会对最终结果产生影响。恰当地使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。

在当前系统默认情况下,MATLAB 中的变量是以双精度(double)类型进行运算和存储的。此外,MATLAB 还提供了更加高级的功能,能将计算结果以不同精度的数字格式显示,它是靠系统所提供的 format 命令完成的,该命令可以控制数据的显示格式,在表 1-2 中以圆周率 π 值为例来说明它的用法。

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 bank	银行格式	3.14

1.2 变量

在中学的代数中,就已经学过使用拉丁字母、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其值可以变化的量。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。

每个变量都应该有一个名字,称为变量名。在 MATLAB 中,为变量命名时要遵循以下规定:

(1)变量名应由字母、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。

(2)变量名中的英文字母大小写是有区别的(如 A1B、a1b、A1b、a1B 是四个不同的变量)。

(3)变量名的最大长度是有限定的(不同版本的系统规定不同,如 19、31、63 个字符等。用户如想了解自己具体系统的规定长度,可以调用函数 `namelength-max`),超出最大长度的那部分字符将会被自动忽略。

除了用户自己定义的变量以外,系统还提供了一些已经定义好且不能被用户清除的特殊变量,如表 1-3 所示。

表 1-3 MATLAB 系统的特殊变量

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	无穷大 ∞ 值,如 $1/0$
eps	浮点数的精度,也是系统运算时所确定的极小值($= 2.2204e-16$)
NaN 或 nan	不定量,如 $0/0$ 或 inf/inf
i 或 j	虚数单位 $i=j=\sqrt{-1}$

和一般程序设计语言不同,使用 MATLAB 无需事先进行变量声明。当系统遇到一个新变量名时,它会自动生成变量,并指定合适的存储空间。如该变量早已存在,系统会自动更新内容,在必要情况下它还会指定新的存储空间。

在 MATLAB 中,如希望得知变量当前的数值,只需直接输入变量名即可。

使用 `who` 和 `whos` 命令可以查看所有定义过的变量,其中 `who` 命令用于查看

当前工作区的变量名称,whos 则更为全面,可以查看当前工作区的变量及其详细信息。

clear 命令能够删除所有定义过的变量,如果只是要去除其中的某几个特定的变量,则应在 clear 后面指明要删除的变量名称。如删除变量 r 及 area,可用

```
clear r area
```

1.3 常用函数

在数值运算中,常常要用到一些数学函数,例如:求三角函数、指数函数、对数函数、开平方等。MATLAB 提供了大量的数学函数,不仅有 abs、sqrt、exp 和 sin 等初等函数,也包括 Bessel 和 gamma 等高级数学函数。这些函数使用方法简单但功能强大,例如当对负数进行平方根运算时,系统会自动生成复数结果。

如要列出初等数学函数,只需输入

```
help elfun
```

如要列出高级数学函数,只需输入

```
help specfun
```

```
help elmat
```

就可列出这些函数的帮助信息。

进一步分析,会发现这些函数还可以分为两类。一些函数如 sqrt 和 sin,属于内置函数,是 MATLAB 核心的一部分,执行效率很高,但其计算细节没有公开;另一些函数如 gamma 和 sinh 等是在 M 文件中执行的(关于 M 文件的概念,将会在第 5 章中加以介绍),用户可以看到编码,必要时甚至可以对其进行修改以满足特殊需要。

使用 MATLAB 专门提供一些常用的函数时,只要按规定函数的标准书写(其中大部分函数以数学方式书写),系统会自动予以处理。表 1-4 列出了部分常用函数。

表 1-4 常用函数列表

函 数	含 义
abs(x)	求绝对值
sqrt(x)	求平方根
exp(x)	指数运算
sin(x)	正弦值

续表 1-4

函 数	含 义
$\cos(x)$	余弦值
$\sin(x)$	反正弦
$\arccos(x)$	反余弦
$\tan(x)$	正切
$\arctan(x)$	反正切
$\log(x)$	自然对数
$\log_{10}(x)$	常用对数
$\text{lcm}(x, y)$	整数 x 和 y 的最小公倍数
$\text{gcd}(x, y)$	整数 x 和 y 的最大公约数
$\text{imag}(x)$	取出复数的虚部
$\text{real}(x)$	取出复数的实部
$\text{conj}(x)$	复数共轭

使用函数须注意以下几点：

- (1) 函数一定是出现在等式的右边。
- (2) 每个函数对其自变量的个数和格式都有一定的要求,如使用三角函数时要注意角度的单位是“弧度”而不是“度”;例如: $\sin(1)$ 表示的不是 $\sin 1^\circ$ 而是 $\sin 57.28578^\circ$ 。
- (3) 函数允许嵌套。例如:可使用形如 $\text{sqrt}(\text{abs}(\sin(225 * \text{pi}/180)))$ 的形式。

自学内容

1.4 MATLAB 语言的历史、用途和特点

20 世纪 70 年代中期,Cleve Moler 博士和其同事开发了调用 EISPACK 和 LINPACK 的 FORTRAN 子程序库。其中,EIPACK 用来求解特征值,LINPACK 用来解线性方程。同年代后期,Cleve Moler 担任美国墨西哥大学计算机系的系主任,为了让学生方便地调用 EISPACK 和 LINPACK,他设计了接口程序,并取名 MATLAB (MATrix LABoratory 矩阵实验室),即 Matrix 和 Laboratory 的组合。

早期的 MATLAB 是用 Fortran 编写的,只能进行矩阵运算;绘图也只能用星号描点等简单形式;只提供了几十个内部函数。虽然其功能如此简单,当作为免费软件推出以后,还是吸引了大批的使用者。1984 年,Cleve Moler 和 John Little 组建了 MathWorks 公司。现在 MathWorks 已经逐步成为全球科学计算和基于模型设计的软件供应商中的领导者,其总部设在美国马萨诸塞州的 Natick,在世界各地都有分支机构(2007 年在北京成立了中国分公司),一共拥有 2000 多名员工。

第一个商业化的 MATLAB 是于 1984 年由 MathWorks 公司推出的,该版本基于当时流行的 DOS 操作系统,本身也由 C 语言重新编写;1992 年具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版本发布,用户数剧增;1994 年的 4.2 版本扩充了 4.0 版本的功能,尤其在图形界面设计方面提供了新的方法;1997 年推出的 5.0 版允许了更多的数据结构,如单元数据、多维矩阵、对象与类等,使其扩展为一种非常方便编程的语言工具;1999 年推出的 MATLAB 5.3 版在很多方面又进一步提高了 MATLAB 语言的功能;2000 年 10 月底推出了其全新的 MATLAB 6.0 正式版(Release 12),在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进;2004 年 9 月则推出 MATLAB 7.0(Release 14),该版本新增加了 12 个新产品模块,升级了 28 个产品模块,同时对 MATLAB 编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算、文件 I/O 等方面进行了升级;在这之后基本上每年都会稳定地发布两个更新版本,如目前较新的版本 R2009a(MATLAB 7.8)就是在 2009 年 3 月正式推出的。

现在的 MATLAB 支持各种操作系统,能够运行在十几个操作平台上,其中比较常见的有基于 Windows XP、Windows 9X/NT、OS/2、Macintosh、Sun、Unix、Linux 等平台的系统。MATLAB 再也不是一个简单的矩阵实验室了,它已经逐渐演变成为一种用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的计算机高级编程语言和交互式环境。

MATLAB 支持交互式语言形式,所谓交互式语言,是指当人们给出一条命令后,系统立即就可以得出该命令的结果,该语言无须像传统的编程语言(如 C、C++、Java 和 Fortran)那样,首先要求使用者编写源程序,然后对之进行编译、连接,最终形成可执行文件。因此它的使用极其简单方便,可以更快地解决技术计算问题。

MATLAB 的开发环境直观简洁,它以矩阵作为基本数据单位进行数值运算。它的程序一般由主程序和各种工具包组成,其中主程序包含数百个内部核心函数,工具包则包括复杂系统仿真、信号处理工具包、系统识别工具包、优化工具包、神经网络工具包、控制系统工具包、 μ 分析和综合工具包、样条工具包、符号数学工具包、图像处理工具包、统计工具包等,而且系统还提供了大量的帮助文件,其内容涵