

Matlab/Simulink

应用基础与提高

李 晖 林志阳/主编



科学出版社

Matlab/Simulink

应用基础与提高

李 晖 林志阳/主编



科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

Matlab/Simulink 应用基础与提高/李晖,林志阳主编. —北京:科学出版社, 2016.3

ISBN 978-7-03-030793-4

I. ①M… II. ①李… ②林… III. ①计算机辅助计算—Matlab 软件
IV. ①TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 039946 号

责任编辑:郭勇斌 邓新平/责任校对:贾伟娟

责任印制:徐晓晨/封面设计:黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张:18 1/2

字数:373 000

定价:55.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

Matlab 是一门以矩阵和向量运算为基础的高级语言，它不仅提供了具有强大数值运算、图形处理以及集成化的各类工具箱，还提供了大量的专业库函数，已成为 21 世纪科学计算和工程设计的主要软件之一。

随着 Matlab 版本的不断更新、功能不断完善，其应用领域越来越广泛。当前，国内许多高等学校开设的相关课程，如信号与系统、数字信号处理、数字图像处理和通信原理等，都采用了 Matlab 软件进行课堂教学、课程设计和毕业设计等。此外，许多做学术研究的学者或教师，利用 Matlab 软件进行仿真实验，发表各种学术论文。由于 Matlab 软件在国内应用十分普遍，因此，许多高等学校都开设了 Matlab 软件（或语言）相关的基础课程。

本书按照本科课程大纲的要求编写，符合相关专业发展的需要，教材体系科学，内容简洁实用。除了个别章节介绍基本思想外，其余章节都配有典型的例题，实用性强，且代码均经过调试。另外，本书根据相关专业的需要，编排了傅里叶分析、信号与系统建模、仿真等章节，丰富教学内容。

全书注重基础，深入浅出，实用性强。在内容编排上，精简了不必要的部分，重点讲解了 Matlab 最基本的内容，对于较复杂的内容，也做了详细的讲解和实例引导。此外，针对同一问题，提出了不同的分析方法，以便学生更好地理解相关问题。另外，读者可通过科学出版社获取相关教学资源，或直接与作者联系。

全书共 25 章，主要包括数组及其运算、Matlab 基本运算、数据分析、数值分析和图形绘制、M 文件函数、插值和拟合、傅里叶分析和仿真建模等，基本上涵盖了本科生应掌握该课程的主要内容。

本书第 1~3, 9, 11, 12, 18~21, 24~25 章由李晖编写，第 4~8, 10, 11, 13~17, 22~23 章由林志阳编写。

感谢科学出版社对本书编写提出宝贵意见与支持。

本书的出版得到了海南大学科研启动基金项目(kyqd1536)、海南大学教育教改研究项目(hdjy1535)、海南省教育厅高等学校科学研究项目(Hnky2016ZD-5)的资助，对此，表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请各位读者批评指正。

编 者

2015 年 10 月

目 录

前言

基 础 篇

第 1 章	引言	3
第 2 章	Matlab 的基本特性	5
2.1	Matlab 用户界面	5
2.2	简单数学运算	7
2.3	保存和检索数据	8
2.4	数值显示格式	9
2.5	变量命名规则	10
2.6	注释和标点	12
2.7	复数	12
2.8	数学函数	13
2.9	脚本文件	14
2.10	文件管理	16
2.11	命令窗口控制	17
2.12	在线帮助	17
第 3 章	数组	19
3.1	数组	19
3.2	数组编址	19
3.3	数组构造	20
3.4	数组方向	21
3.5	标量-数组运算	23
3.6	数组-数组运算	23
3.7	数组操作	25
3.8	子数组查找	29
3.9	数组维数	30
3.10	数组操作函数	31
第 4 章	矩阵运算与函数	34
4.1	线性方程组	34

4.2	矩阵分解	38
4.3	特殊矩阵	43
4.4	稀疏矩阵	45
第 5 章	Matlab 基本运算	48
5.1	算术运算	48
5.2	关系操作符	52
5.3	逻辑操作符	54
第 6 章	文本	57
6.1	字符串	57
6.2	字符串转换	60
6.3	字符串函数	63
第 7 章	控制流	65
7.1	控制结构	65
7.2	流控制	73
第 8 章	数据分析	75
8.1	数理统计分析	75
8.2	傅里叶分析函数	83
第 9 章	多项式	85
9.1	根	85
9.2	多项式乘法	85
9.3	多项式加法	86
9.4	多项式除法	86
9.5	微分	86
9.6	多项式数值	87
9.7	部分分式展开	87
第 10 章	数学分析	89
10.1	极限、导数与微分	89
10.2	定积分与不定积分	92
10.3	数值积分	93
10.4	常微分方程	96
10.5	多元函数分析与多重积分	97
第 11 章	工具和颜色的使用	100
11.1	低级 I/O 工具	100
11.2	调试工具	100

11.3	颜色的使用	101
第 12 章	二维图形	114
12.1	plot 函数	114
12.2	线型、颜色和标记	114
12.3	加格栅、标注和图例	116
12.4	定制坐标轴	116
12.5	子图和多图形窗口	117
12.6	ginput 函数	119
12.7	其他二维图形	120
12.8	特殊二维图形函数	120
第 13 章	三维图形	122
13.1	三维绘图函数	122
13.2	图像处理	128

提 高 篇

第 14 章	M 文件函数	133
14.1	脚本文件	133
14.2	函数文件	135
14.3	规则属性	136
第 15 章	曲线拟合与插值	142
15.1	曲线拟合	142
15.2	一维插值	145
15.3	二维插值	149
第 16 章	三次样条	153
16.1	三次样条插值函数	153
16.2	举例	156
第 17 章	傅里叶分析	159
17.1	傅里叶变换	159
17.2	离散傅里叶变换	161
17.3	离散傅里叶变换的应用	166
第 18 章	句柄图形	169
18.1	句柄图形对象	169
18.2	通用函数 get 和 set	169
18.3	对象查找	171

18.4	位置和单位	172
第 19 章	图形用户界面	174
19.1	GUI 对象层次结构	174
19.2	菜单	175
19.3	控制框	176
19.4	中断回调的规则	178
第 20 章	符号数学工具箱	180
20.1	符号表达式	180
20.2	符号表达式绘图	183
20.3	符号表达式简化	184
20.4	改变运算精度	187
20.5	代数方程求解	187
20.6	微分方程求解	188

精 通 篇

第 21 章	系统建模仿真基本原理与方法	193
21.1	计算机仿真的过程	193
21.2	通信系统模型的分析	195
21.3	通信系统仿真的方法	198
21.4	计算机仿真的优点和局限	201
21.5	常用仿真软件	202
21.6	Internet 资源	203
第 22 章	离散时间信号与系统建模	205
22.1	离散时间信号表示	205
22.2	线性时不变离散系统	209
22.3	差分方程	212
第 23 章	Simulink 信号与系统建模	215
23.1	建模仿真基本原理	215
23.2	系统建模仿真方法	220
23.3	Simulink 信号与系统建模示例	225
23.4	S 函数及应用	235
第 24 章	系统建模仿真的评估	243
24.1	概述	243
24.2	随机分布的辨识和参数估计	244

24.3	蒙特卡罗仿真的精度分析	252
24.4	仿真结果的数据处理	257
第 25 章	Matlab 与 Labview 混合编程	260
25.1	Labview 概述	260
25.2	Labview 与 Matlab 混合编程	260
25.3	在 Labview 中调用 Matlab/Simulink	265
25.4	Labview 利用 ActiveX 技术与 Matlab 混合编程	267
参考文献		271
附录	随机数的产生和常用随机分布	272

基 础 篇

第1章 引言

在欧美各高等学校, Matlab 已成为线性代数、自动控制理论、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真、图像处理等诸多课程的基本教学工具, 也是本科生、硕士生和博士生必须掌握的基本技能。在设计研究单位和工业部门, Matlab 被广泛地用于研究和解决各种具体的工程问题。

20 世纪 70 年代中期, Cleve Moler 博士及其同事在美国国家基金会的资助下, 开发了 LINPACK 和 EISPACK 的 Fortran 语言子程序库, 这两个程序库代表了当时矩阵运算的最高水平。

到了 20 世纪 70 年代后期, 身为美国新墨西哥州大学计算机系系主任的 Cleve Moler, 在给学生上线性代数课时, 为了让学生能使用这两个子程序库, 同时又不用在编程上花费过多的时间, 开始着手用 Fortran 语言为学生编写使用 LINPACK 和 EISPACK 的接口程序, 他将这个程序取名为 Matlab, 其名称是由 Matrix 和 Laboratory (矩阵实验室) 两个单词的前三个字母所合成。

1978 年, Matlab 面世了。这个软件获得了很大的成功, 受到了学生的广泛欢迎。在此后的几年里, Matlab 在多所大学里作为教学辅助软件使用, 并作为面向大众的免费软件广为流传。

将 Matlab 商品化的是 Jack Little。当 Stanford 大学引入 Matlab 软件时, Jack Little 正在该校主修自动控制专业, 并有机会接触当时的 Matlab 软件, 直觉告诉他, 这是一个具有巨大发展潜力的软件。因此他在毕业后不久, 就开始用 C 语言重新编写了 Matlab 的核心。在 Cleve Moler 的协助下, 于 1984 年成立 MathWorks 公司, 首次推出 Matlab 商用版。在商用版推出的初期, Matlab 就以其优秀的品质(高效的数据计算能力和开放的体系结构)占据了大部分数学计算软件的市场, 原来应用于控制领域里的一些封闭式数学计算软件包(如英国的 UMIST、瑞典的 LUND 和 SIMNON、德国的 KEDDC)纷纷被淘汰或在 Matlab 基础上重建。



Cleve Moler

在公司初创的五年里, Jack Little 非常辛苦, 身兼数职(董事长、总经理、推销员、程序开发员等), 但公司一直稳定发展, 从当初的一个人, 到 1993 年的 200 人, 到 2000 年的 500 余人, 至 2005 年公司员工已达到了 1300 人, 不但打败其他

竞争软件，而且前景一片欣欣向荣。根据 Jack Little 个人说法，Matlab 早期成功的两大因素是：选用了 C 语言及选定 PC 为主要平台，这似乎和微软的成功有相互呼应之妙。



Jack Little

MathWorks 公司，目前仍然是私人企业，并未上市，这和 Jack Little 个人理念有关，他认为 Matlab 的设计方向应该一直是以顾客的需求与软件的完整性为首要目标，而不是以盈利为主要目的，因此，Matlab 一直是在稳定中求进步，不会因为上市而遭受股东左右其发展方向。这也是为什么 Matlab 新版本总是姗姗来迟的原因，因为他们不会因为市场的需求而推出不成熟的产品。此外，由于 Jack Little 保守的个性，也使得 MathWorks 不曾跨足 Matlab/Simulink 以外的行业，当前商场上纷纷扰扰的并购或分家，MathWorks 完全像是绝缘体。

Cleve Moler 至今仍是该公司的首席科学家，70 多岁高龄的他，还常常亲自撰写程序，非常令人佩服。如果你有数值运算方面的高水平问题，寄到 MathWorks 后，大部分还是会由 Cleve Moler 亲自回答。在 1994 年，Pentium 芯片曾发生 Fdiv 的 bug，当时 Cleve Moler 是第一个以软件方式解决此 bug 的人，曾一时脍炙人口。

Matlab 就是这样经过了 40 多年的专门打造、30 多年的千锤百炼，它以高性能的数组运算（包括矩阵运算）为基础，不仅实现了大多数数学算法的高效运行和数据可视化，而且提供了非常高效的计算机高级编程语言，在用户可参与的情况下，各种专业领域的工具箱不断开发和完善，Matlab 取得了巨大的成功，已广泛应用于科学研究、工程应用，用于数值计算分析、系统建模与仿真。

与 Maple、Mathematica 数学计算软件相比，Matlab 以数值计算见长。而 Maple 等以符号运算见长，能给出解析解和任意精度解，但处理大量数据的能力远不如 Matlab。Matlab 软件功能之强大、应用之广泛，使其成为 21 世纪最为重要的科学计算语言之一。

第2章 Matlab的基本特性

Matlab 语言主要有以下几个特点:

(1)语法规则简单。尤其对于内定的编程规则,与其他编程语言(如 C、Fortran 等)相比,Matlab 更接近于常规数学表示。对于数组变量的使用,不需声明类型,无需预先申请内存空间。

(2)Matlab 基本的语言环境提供了数以千计的计算函数,极大地提高了用户的编程效率。如一个 FFT 函数即可完成对指定数据的快速傅里叶变换,这一任务如果用 C 语言来编程实现,至少要用几十条 C 语言才能完成。

(3)Matlab 是一种脚本式(scripted)的解释型语言,无论是命令、函数或变量,只要在命令窗口的提示符下键入,并“回车(Enter)”,Matlab 都予以解释执行。

(4)平台无关性(可移植性)。Matlab 软件可以运行在很多不同的计算机系统平台上,如 Windows Me/NT/2000/XP、很多不同版本的 UNIX 以及 Linux。无论你在哪一个平台上编写的程序都可以在其他平台上运行,对于 Matlab 数据文件也一样,是与平台无关的。极大保护了用户的劳动,方便了用户。其绘图功能也是与平台无关的。无论任何系统平台,只要 Matlab 能够运行,其图形功能命令就能正常运行。

2.1 Matlab 用户界面

Matlab 用户界面主要包括菜单栏、工具栏、命令窗口、工作空间、历史命令窗口、当前文件夹窗口、Start 菜单和 Help 等,如图 2-1 所示。

1. 菜单栏

菜单栏从左至右含有 7 个子菜单,分别涉及文件、编辑、配置、调试、桌面布局、窗口、帮助这 7 个方面。

2. 工具栏

工具栏有 11 个按钮,从左至右功能依次是新建、打开一个 Matlab 文件,剪切、复制、粘贴、撤销和恢复上一次操作,以及打开 Simulink 窗口、打开 GUI 窗口、打开 Profiler 窗口、打开 Matlab 帮助窗口。Help 按钮右侧的下拉列表用于设置当前工作路径。

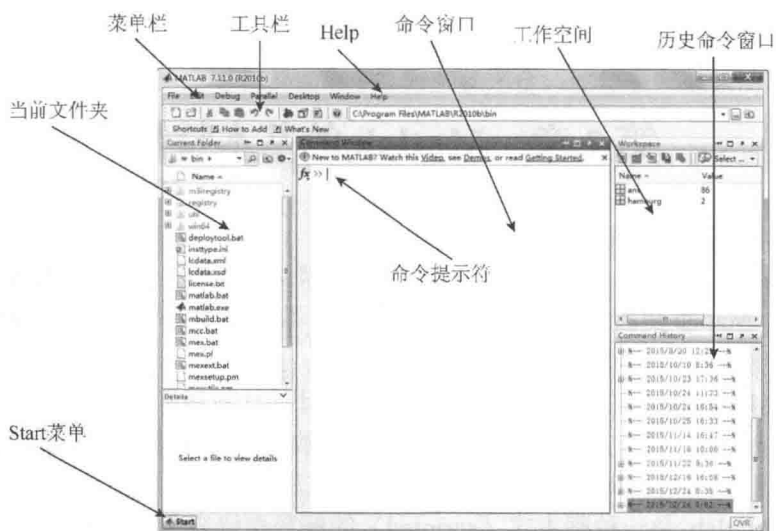


图 2-1 Matlab 用户界面

3. 命令窗口

当 Matlab 启动完成，显示出了 Command window 窗口后，窗口处于准备编辑状态。符号“>>”为命令提示符，说明系统处于准备状态。当用户在“>>”后面输入表达式或 Matlab 命令，按 Enter 键之后，系统将给出表达式运算结果或命令执行结果，然后继续处于系统准备状态。

4. 工作空间

工作空间显示当前内存中存放的变量名、变量存储数据的维数、变量存储的字节数、变量类型说明等。工作空间窗口有自己的工具条，从左至右依次为：新建变量、打开选择的变量、载入数据文件、保存、删除变量。

如果忘记了变量名，可以使用 who 命令来查询变量列表。

```
>>who
Your variables are:
ans          drink          french_fries  hamburger
```

如果用 whos 命令来查询，则显示：

```
>>whos
Name      Size      Bytes      Class      Attributes
a          1x1        8          double
drink     1x1        8          double
```

french_fries	1x1	8	double
hamburg	1x1	8	double

5. 历史命令窗口

在默认情况下, 历史命令窗口会保留自安装以来所有执行过的命令的历史记录, 并记录命令执行的时间和日期。这些命令可供用户查询, 所有保留的命令都可以单击后执行。

Matlab 使用光标键 $\uparrow$ $\downarrow$ $\leftarrow$ $\rightarrow$ 来调用之前使用过的命令, 如按一次 $\uparrow$ 键, 则在提示符处调出上一次的命令。以相似的方式按 $\downarrow$ 键, 则向后遍历命令。而且, 在提示符处输入一条前面已知命令的头几个字符, 然后按 $\uparrow$ 键, 可以立即调出具有这些相同头几个字符的最近的一条命令。按 $\leftarrow$ 键和 $\rightarrow$ 键可以在命令行内移动光标, 编辑命令。

6. 当前文件夹窗口

用来显示或改变当前目录, 可以显示当前目录下的文件, 还提供搜索。

7. Start 菜单

单击 Start 按钮, 可以看到 Matlab 的多种功能, 如 Matlab、Toolboxes、Simulink、Shortcuts (热键)、Help、Demos 等。

8. Help

在命令窗口输入 help, 点击菜单栏中的 Help 或工具栏“帮助”按钮, 可以获得用户想要的各种帮助信息。也可以联机进入 MathWorks 公司网站 (www.mathworks.com) 获得关于 Matlab 开发应用和技术支持的信息。

2.2 简单数学运算

Matlab 可以进行数学运算。举一个简单例子: 去麦当劳吃饭, 点了 2 个单价 22.5 元的汉堡、2 杯单价 4.5 元的饮料和 4 份单价 8 元的薯条, 问这顿饭总共花销是多少?

使用 Matlab 求解时, 一种方法是用户在提示符“>>”下直接输入:

```
>>2*22.5+2*4.5+4*8
ans=
    86
```

其中, ans 是结果 answer 的缩写。注意, Matlab 通常不考虑空格, 运算的优先级也遵照通用的运算优先规则: 表达式从左到右执行, 幂运算具有最高优先级, 乘法和除法具有相同的优先级, 加法和减法具有相同的最低优先级。括号可用来改变通用

的优先次序，由最内层括号向外执行。Matlab 提供的基本的代数运算，见表 2-1。

表 2-1 基本的代数运算

运算	符号	举例
加法	+	a+b
减法	-	a-b
乘法	*	a*b
除法	/或\	a/b=b\ a
幂	^	a^b

另一种方法是将数据存储到“变量”中进行求解，例如：

```
>>hamburg=2
hamburg=
      2
>>drink=2
drink=
      2
>>french_fries=4
french_fries=
      4
>>cost= hamburg*22.5+ drink*4.5+french_fries*8
cost=
      86
```

利用 Matlab 中的三个变量 `hamburg`、`drink` 和 `french_fries` 来存储三类物品的数量。其中，Matlab 命名规则要求变量名必须是一个词，所以使用下划线定义变量 `french_fries`。

2.3 保存和检索数据

Matlab 可以存储和加载数据。通过 File 菜单中 `Save Workspace As...` 菜单项打开一个标准的文件界面来保存当前所有变量；同样可通过 File 菜单中 `Import Data...` 菜单项打开一个文件界面以加载以前存储的变量。保存变量不会将其从 Matlab 变量空间中删除，加载以前存储的数据将覆盖 Matlab 当前工作空间中同名变量的值。

另外，在命令窗口使用 `save` 和 `load` 两个命令，同样可以存储和加载数据，例如：

```
>> save
```