

数学问题的 Matlab求解

万淑香 编著

哈尔滨地图出版社

数学问题的 Matlab 求解

SHUXUE WENTI DE Matlab QIUIE

万淑香 编著

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数学问题的 Matlab 求解/万淑香编著. —哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2007.5

ISBN 978-7-80717-623-7

I. 数… II. 万… III. 计算机辅助计算-软件包, MATLAB IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 078181 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮编: 150086)

哈尔滨庆大印刷厂印刷

开本: 850 mm×1 168 mm 1/32 印张: 6.5 字数: 160 千字

ISBN 978-7-80717-623-7

2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1~500 定价: 20.00 元

前 言

Matlab 是英文 Matrix Laboratory(矩阵实验室)的缩写,是美国 The Math Works 公司推出的国际科学界应用和影响最广泛的计算机数学语言之一。自 1984 年由美国的 MathWorks 公司推向市场以来,Matlab 已经是科学研究者首选的计算机数学语言,并得到了广泛的应用和发展。在国外各高等院校 Matlab 已经成为线性代数、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,成为大学生必须掌握的基本技能。在设计研究单位和工业部门,Matlab 已被广泛地用于研究和解决各种具体的工程问题。近年来,Matlab 在我国也开始流行,应用 Matlab 的单位和个人急剧增加,Matlab 将在我国科学研究和工程应用中发挥越来越大的作用。

为了满足数学教学改革的需要,进一步普及和推广 Matlab,作者编写了本书,并且应用于实际的课程建设和教学改革实践中。在编写本书的过程中,从实际教学的需要和特点出发,力求做到:内容丰富、取材新颖、循序渐进、注重实用、便于教学。为此做到了以下努力:

(1)遵循认知规律,精心组织全书内容。内容的选择上只选取 Matlab 的通用功能,而不过多涉及学科性强的专用功能。在内容的叙述上按照由浅入深、循序渐进的原则,讲清数学原理和数学背景。

(2)每章配备实例和习题。在编写过程中,除了每章列举了丰富的例题外,还配备了相应的习题,方便了学习者在学习过程中使用。

本书介绍 Matlab 的基础知识和基本理论,在更高层次上系

系统地介绍 Matlab 语言在数学上的应用, 包括利用 Matlab 语言求解多项式、非线性方程、三维向量、数学微积分、常微分方程等问题。本书根据系统求解问题的需要, 组织 Matlab 语言求解的材料, 由浅入深地介绍数学问题的求解方法。

本书是为理工科学生的选修课编写的教材, 由于 Matlab 语言在很多理工科专业的后续课程中有很大作用, 建议有条件的学校开设相应的课程, 使学生能认识和掌握 Matlab 语言, 提高学生的数学问题求解的水平。为此, 本书配有全套的适用于计算机辅助教学的 CAI 课件材料。

本书的出版得到了作者的一些同事、同行和朋友们的许多建议和支持, 为此表示深深的谢意。由于作者水平有限, 书中缺点和错误在所难免, 欢迎广大读者批评指教。

作者

2007 年 5 月

目 录

第 1 章 概论.....	1
1.1 Matlab 的发展历程和影响.....	1
1.2 Matlab 的特点和基本组成.....	3
1.3 Matlab 对外部系统的要求.....	7
1.4 Matlab 的安装过程.....	7
习题 1.....	9
第 2 章 Matlab 基础知识	10
2.1 变量与函数.....	10
2.2 Matlab 的命令窗口.....	14
2.3 数据结构.....	18
2.4 数据的输出格式.....	20
2.5 赋值语句.....	21
2.6 内存变量的管理.....	22
2.7 关于复数.....	23
2.8 Matlab 的程序编辑器	25
2.9 Matlab 功能演示	25
习题 2.....	30
第 3 章 数组.....	31
3.1 数组的概念.....	31
3.2 简单形式的数组.....	31
3.3 数组编址.....	32
3.4 构建数组.....	34
3.5 数组的方向.....	36
3.6 数组的运算.....	39
3.7 数组操作.....	44
3.8 子数组查找.....	49

3.9 数组大小.....	51
3.10 字符数组.....	52
习题 3.....	60
第 4 章 元胞数组和构架数组.....	61
4.1 元胞数组.....	61
4.2 结构体数组.....	73
习题 4.....	80
第 5 章 矩阵.....	81
5.1 矩阵的定义.....	81
5.2 矩阵的建立.....	82
5.3 矩阵的操作.....	88
5.4 矩阵的运算.....	92
5.5 线性方程组.....	98
5.6 矩阵的逆和伪逆	100
5.7 矩阵的 LU、QR 和 cholesky 分解.....	102
5.8 矩阵的幂和指数函数	106
5.9 特征值分解和奇异值分解	107
5.10 矩阵的 kronecker 乘积.....	110
习题 5.....	112
第 6 章 Matlab 程序设计.....	113
6.1 M 文件	113
6.2 M 文件的分类	114
6.3 数据的输入输出.....	115
6.4 选择结构.....	117
6.5 循环结构	122
6.6 函数文件	126
习题 6	130
第 7 章 Matlab 绘图.....	132
7.1 二维图形.....	132

7.2	三维图形.....	148
7.3	颜色的使用.....	163
	习题 7	170
第 8 章	数学问题的 Matlab 解法.....	171
8.1	Matlab 在三维向量中的应用.....	171
8.2	求解线性方程组的问题	177
8.3	求解多项式问题	182
8.4	数值微分	187
8.5	数值积分	190
8.6	常微分方程的数值求解	193
8.7	非线性方程的数值求解	195
	习题 8	199
	参考文献.....	200

第1章 概 论

1.1 Matlab 的发展历程和影响

1.1.1 什么是 Matlab?

Matlab 就是矩阵实验室(Matrix Laboratory), 是一种用于科学工程计算的高效率的交互式的计算机高级语言, 是提供使用 LINPACK 和 EISPACK 矩阵软件包接口的, 它逐步地发展成通用科学计算、图视交互系统和程序设计语言。

Matlab 与 BASIC, C/C++等语言相比, 它的语法规则简单, 更贴近人的思维方式。利用 Matlab 编写程序, 犹如在一张演算纸上排列公式和求解问题一样效率高, 因此 Matlab 被称为“演算纸式的”科学工程算法语言。

Matlab 的基本数据单位是矩阵, 它的命令表达与数学中常用的习惯表达形式十分相似。例如, 矩阵方程 $b=AX$, 在 Matlab 中被写成 $b=A*X$ 。如果要通过 A 、 b 求 X , 那么只要写出命令 $X=A\b$ 即可, 完全不需要矩阵的乘法和矩阵的求逆运算进行编程。由此可见, 利用 Matlab 解决计算问题十分简洁方便。

1.1.2 Matlab 的发展历程

20 世纪 70 年代中期, Cleve Moler 博士(现 Math Works 公司的首席科学家)和他的同事在美国国家科学基金会的资助下研究开发了调用 LINPACK 和 EISPACK 的 FORTRAN 子程序

库。LINPACK 是解线性方程的 FORTRAN 程序库, EISPACK 是解特征方程的 FORTRAN 程序库, 这两个程序库代表着当时矩阵计算软件的水平。

20 世纪 70 年代后期, 身为 New Mexico 大学计算机系主任的 Cleve Moler, 在给学生们讲授线性代数课程时, 认为有必要编写一套接口程序供学生使用。于是利用业余时间编写方便使用的 LINPACK 和 EISPACK 的接口程序。Cleve Moler 给这个接口程序取名为 Matlab(矩阵实验室), 该名为 Matrix 和 Laboratory 各取前三个字母组成。

有一次 Cleve Moler 去另一所大学讲学, 在访问结束后, 他把 Matlab 留在了那所大学的计算机上, 在这以后的一两年时间里, Matlab 开始受到广泛欢迎, 并成为应用数学界的术语。在以后的很多年里, Matlab 作为教学辅助软件在很多大学里使用, 并作为面向大众的免费软件广为流传。

1983 年早春, Cleve Moler 去 Stanford 大学访问, 作为工程师的 John Little(Math Works 公司总裁)受到了 Matlab 的深深吸引, 他敏锐地察觉到 Matlab 在工程领域潜在的应用天地。同年, 他和 Cleve Moler, Steve Bangert 一起用 C 语言合作开发了第二代专业版的 Matlab。从这一代起, Matlab 的核心开始采用 C 语言编写, 并且在具有数值计算能力的基础上, 具有了数据视图的功能。

1984 年, Cleve Moler 和 John Little 成立了 Math Works 公司, 正式把 Matlab 推向市场, 并且继续进行 Matlab 的研究和开发工作。

1992 年, Math Works 公司推出了划时代意义的 Matlab4.0 版本, 并且 1993 年推出了其微机版, 可以配合 Microsoft Windows 一起使用, 使之应用范围越来越广。1997 年推出了 Windows95 下的 Matlab5.0 和 SIMULINK2.0, 该版本在继承了 Matlab4.0 和 SIMULINK1.3 版本的基础上, 实现了真正的 32

位运算, 数值计算更快, 图形表现更丰富有效, 编程更简洁直观, 用户界面更友好; 其帮助信息采用超文本格式的 PDF 格式, 在 Acrobat Reader 可以方便地浏览。

1.2 Matlab 的特点和基本组成

1.2.1 Matlab 的语言特点

(1) 高效方便的矩阵和数组运算

Matlab 规定了矩阵的算术运算符、关系运算符、逻辑运算符、条件运算符和赋值运算符, 而且这些运算符大部分可以照搬到数组的运算, 有些如算术运算符只要增加“.”就可以用于数组间的运算, 并且它不需要定义数组间的维数, 并给出矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数, 使之在数字信号处理、建模、系统识别、自动控制、优化等领域的问题时, 显得十分简洁、高效、具有其他高级语言不可比拟的优势。

例 1: 已知矩阵 $A = \begin{bmatrix} 2 & 5 & -8 & 7 \\ 3 & 8 & 13 & 2 \\ -6 & 11 & -2 & 0 \end{bmatrix}$

$B = \begin{bmatrix} 22 & 7 \\ -3 & 16 \\ -9 & 0 \\ 1 & 8 \end{bmatrix}$

求矩阵 A、B 的积 C。

程序如下: `>>A=[2 5 -8 7`

`3 8 13 2`

`-6 11 -2 0];`

`>>B=[22 7`

```
-3    16
-9     0
1     8];
```

```
>>C
```

按回车键, 得到程序运行结果:

```
C=108    150
    -73    165
   -147    134
```

程序中第一行输入矩阵 A, 第二行输入矩阵 B, 前两行为输入部分; 第三行求 A、B 的积, “*” 号表示矩阵相乘的运算符, “>>” 表示命令提示符。矩阵的乘积赋给矩阵 C, 在没有指定变量时, 赋给 Matlab 系统指定的默认变量 ans。

(2)编程效率高

Matlab 语言简洁紧凑, 使用灵活方便, 程序书写形式自由。库函数非常丰富, 避免了繁杂的子程序编程任务, 简化了工作。由于库函数都是本领域专家编程, 在可靠性和算法的高效性上有很好的保证, 可以说, 使用 Matlab 进行科技开发是在吸取专家经验的基础上进行的。

(3)结构化/面向对象

新版本的 Matlab 采用 C++编写, 既具有结构化的控制语句, 例如 For 循环, While 循环, Break 语句和 Continue 语句, if 语句, 又具有面向对象编程的特性, 并且在制作图形用户界面(GUI)方面增加了许多新的功能。

(4)方便的绘图功能

Matlab 的绘图功能十分方便, 它的高层绘图命令简单明了, 不仅容易为用户所掌握, 而且也是最常用的。底层绘图命令控制和表现数据图形的能力强, 灵活多变。

Matlab 有一系列的绘图函数/命令, 例如线性坐标、对数坐标、半对数坐标及极坐标, 均只需调用不同的绘图函数/命令,

在图上图题、X轴、Y轴的标注，格、栅的绘制也只需调用相应的命令，简单易行。此外，在调用绘图函数时调整自变量可以绘出不同颜色的点、线、复线和多重线。

(5) 用户使用方便

Matlab 语言灵活、方便，其调试程序手段丰富，调试速度快。不仅可以作为解释性语言使用，也可以以.m格式的文件作为编译型的语言使用。

Matlab 编写程序和调试程序的步骤：

①编辑：程序从键盘上输入，输入后要修改输入的错误。

②编译：程序输入后，要把这种高级语言翻译成二进制编程。

③连接：将翻译好的二进制程序装入具体的计算机环境中，将其和操作系统及其他应用软件链接起来，以解决不同时刻、不同条件下新装入程序和其他软件的不同连接关系。

④执行和调试：连接后要执行，执行的目的是检验用户程序是否存在语意上的错误。如果执行结果正确，说明程序已经调试完毕；如果不符合原来的语意，就需要进行调试，从而修改原来的程序。

Matlab 语言与其他语言相比，较好地解决了这一问题，它把编辑、编译、连接和执行融为一体。它能在同一画面上进行灵活的操作，快速排除输入程序中的书写错误，语法错误以至语意错误，从而加速了用户编写、修改和调试程序的进程。

(6) 功能强大的工具箱

Matlab 的工具箱包括两部分：核心工具箱和各种可选的工具箱。

核心工具箱又可分为两类：功能性工具箱和学科性工具箱，功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能，图示建模仿真功能、文字处理功能及与硬件实时交互功能。功能性工具箱可用于多种学科。学科性工具箱专业性较强，例如 Control

System、Signal Processing、Nonlinear Control、Optimization 等。

(7) 扩充功能强

Matlab 语言有丰富的库函数和开放性,在进行复杂的数学运算时可以直接调用,而且用户文件和 Matlab 的库函数在形式上是一样的,所以用户文件可以作为 Matlab 的库函数来调用。因此,用户可以根据自己的需要,方便地建立新的库函数或者扩充原有的库函数,以提高使用 Matlab 的效率。

1.2.2 Matlab 集成环境的组成

(1) Matlab 语言

Matlab 是以矩阵和向量为基本数据单位,包括控制流程语句、函数、数据结构、输入输出及面向对象等特点的高级语言。它既适合编写只有几行的小程序,也适合开发复杂的大型程序。

(2) Matlab 工作环境

Matlab 工作环境包括变量查看器、程序编辑器以及 Matlab 附带的大量的.m 文件。

(3) 句柄图形

句柄图形是 Matlab 的图形系统。它既包括对二维和三维数据可视化、图像处理、动画制作等高层次的绘图操作,也包括可以完全修改图形局部及编制完整图形界面的、低层次的绘图命令。

(4) Matlab 数学函数/图形函数库

Matlab 的数学函数库极其庞大,既包括最基本的 sum、sin、cos 函数,也包括如求矩阵特征值和特征向量、矩阵求逆、bessel 函数、Fourier 函数等复杂算法,Matlab 把它们统统编制成函数。

(5) Matlab API (Appliance Program Interface)

Matlab 的 API 库允许用户在 Matlab 和 C/C++、FORTRAN 语言之间相互调用。它使用户既能在 C/C++ 和 FORTRAN 语言

里调用 Matlab 程序,也能把 Matlab 当做计算引擎在 Matlab 中读写 MAT 文件。

1.3 Matlab 对外部系统的要求

- (1)IBM 或与之兼容的带数学协处理器的奔腾及以上机型。
- (2)Microsoft Windows NT4.0 以上及 Windows 2000 或 Windows XP。
- (3)光盘驱动器或从网上安装。
- (4)至少 8 位显卡和至少能显示 256 色的彩色显示器。
- (5)内存要求: Windows 2000 下,至少要 64 MB 内存。
- (6)对于网络用户,只支持分配了静态 IP 地址的用户。
- (7)如果用户想安装 Notebook、Borland 或 Watcom 的 C 语言编译器,或者 Microsoft 的 PowerStation Fortran 编译器。如用户想阅读 Matlab 6 的帮助信息,用户需要预先安装 Netscape Navigator3.0 以上版本或 Microsoft Internet Explorer4.0 以上版本来阅读其中超文本信息,用户还需要安装 Adobe Acrobat Reader 来阅读其中的 PDF 格式的帮助用户。

1.4 Matlab 的安装过程

(1)将装有 Matlab 的光盘放入光驱中,如果操作系统为 Windows 2000 或 Windows 98,安装程序会自动进行。如果是其他操作系统,双击 setup.exe 文件。

(2)按照安装程序的提示,用户进入到用户输入信息,如图 1.1 所示。输入用户账号后,出现要求输入 Name(用户名), Company(单位名),即可继续安装,然后按照提示的要求操作

安装即可完成。

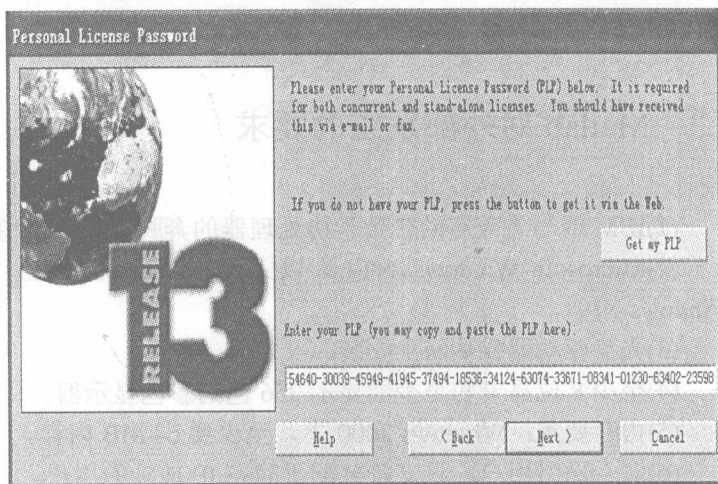


图 1.1-1 如果用户想安装 MATLAB 或 Simulink 或 Wavecom 的 C 语言编译器，或者 MATLAB 的 PowerStation Fortran 编译器，则使用启动盘 MATLAB 5.0 的帮助信息，用户需要安装 Windows 95 或 Windows NT 4.0 以上版本或 Microsoft Internet Explorer 4.0 以上版本浏览器中打开文本信息，用户需要安装 Adobe Acrobat Reader 来阅读帮助中的 PDF 格式的帮助文件。

1.1 MATLAB 的安装过程

(1) 将软件 MATLAB 的安装盘放入光驱中，如果软件已经安装在 Windows 2000 或 Windows 95 中，安装程序会自动运行，如果未安装，则运行 setup.exe 文件。

(2) 按照安装程序提示，用户进入用户安装目录，如图 1.1-1 所示。输入用户名后，出现要求输入 Name(用户名) Company(单位名称)，即可继续安装，按直接照提示的要求操作。

习 题 1

1. 什么是 Matlab?
2. Matlab 的发展历程?
3. Matlab 语言有哪些特点?
4. Matlab 集成环境有哪些内容组成?
5. Matlab 对系统环境有何要求?
6. 简述 Matlab 的安装过程。