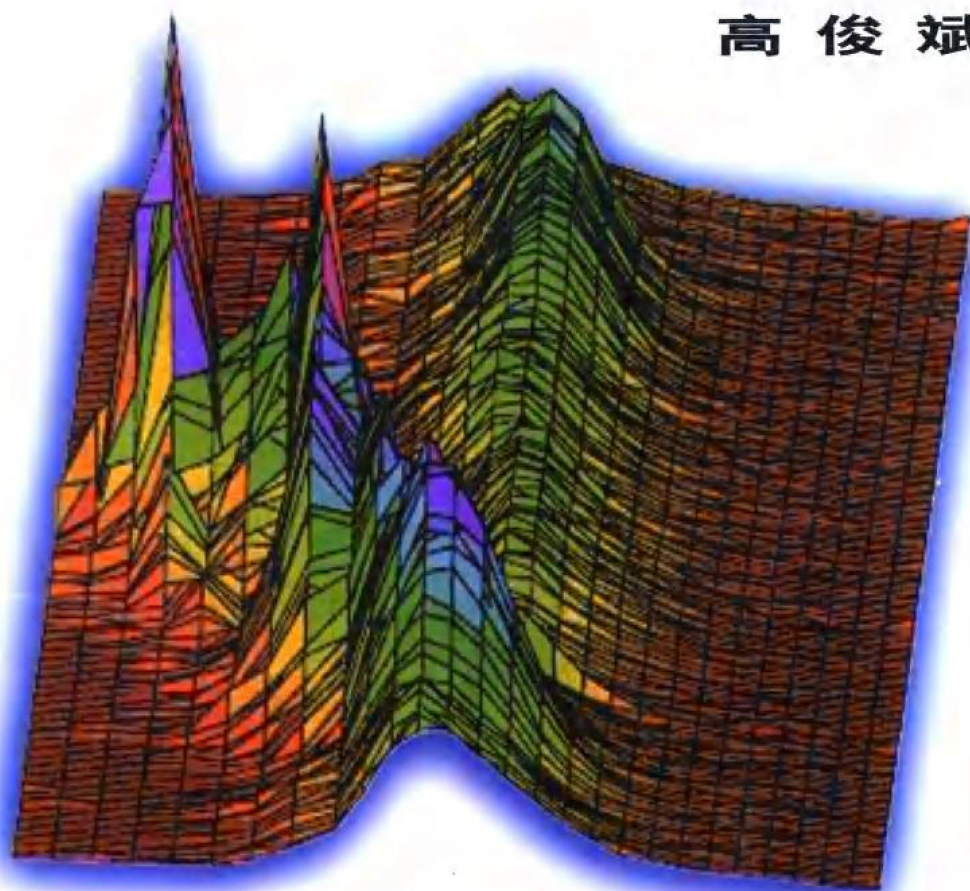


MATLAB 5.0

语言与程序设计

高俊斌



华中理工大学出版社



MATLAB 5.0 语言与程序设计

高俊斌

4001/31



964840

华中理工大学出版社
1998. 武汉

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 5.0 语言与程序设计/高俊斌
武汉:华中理工大学出版社, 1999 年 1 月
ISBN 7-5609-1864-6

I. M...

Ⅰ. 高...

Ⅱ. 程序语言-MATLAB 语言设计

Ⅳ. TP312

MATLAB 5.0 语言与程序设计

高俊斌

责任编辑:周 筠

封面设计:俞纛丽

责任校对:熊九龄

监 印:张正林

出版发行:华中理工大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87542624

经销:新华书店湖北发行所

排版:华中理工大学出版社照排室

印刷:孝感日报社印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:17.75

字数:415 000

版次:1999 年 1 月第 1 版

印次:1999 年 7 月第 2 次印刷

印数:3 001—8 000

ISBN 7-5609-1864-6/TP·311

定价:22.80 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行科调换)

内 容 简 介

MATLAB 是近 5 年来在国外,特别是在美国的大学和研究机构流行很广的一种数值计算及图形工具软件。它的特点是语法结构简明,数值计算高效,图形功能完备,特别适合于非专业的计算机编程人员完成日常数值计算、科学试验数据处理、图形图像生成等通用性任务时使用,因而在数值试验、算法验证、辅助教学、图形绘制等方面得到广泛应用。近两年来该软件系统开始在我国国内流行,受到理工科大专院校师生及科研人员的重视。

本书从 MATLAB 的入门知识着手,向读者介绍 MATLAB 的体系,侧重于分析 MATLAB 的各类功能及功能函数,通过大量的实例来引导读者学习掌握 MATLAB 的编程技巧。由于 MATLAB 功能十分强大,配备有近 500 多个功能函数,因而本书将从功能分类入手,介绍实现各种功能的方法。本书将 MATLAB 的功能函数分为 6 大类,即系统核心类、数值计算类、信号处理类、图形图像功能类、外部接口类、高级交互式设计类。本书最后给出了一个由作者开发的 MATLAB 软件包实例,即小波工具包,以此说明如何进行有效的 GUI 设计。

前 言

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司推出的用于数值计算和图形处理的数学计算环境。MATLAB 是英文 MATrix LABoratory(矩阵实验室)的缩写。它的第 1 版(DOS 版本 1.0)发行于 1984 年。经过 10 余年的不断改进,现今已推出它的 WINDOWS 版本(5.0 版)。新的版本集中了日常数学处理中的各种功能,包括高效的数值计算、矩阵运算、信号处理和图形生成等功能。在 MATLAB 环境下,用户可以集成地进行程序设计、数值计算、图形绘制、输入输出、文件管理等各项操作。

MATLAB 提供的是一个人机交互的数学系统环境,该系统的基本数据结构是矩阵,在生成矩阵对象时,不要求显示维数说明。与利用 C 语言或 FORTRAN 语言作数值计算的程序设计相比,利用 MATLAB 可以大大节省编程时间。

在美国的一些大学里,MATLAB 正在成为数值线性代数,以及其他一些高等应用数学课程辅助教学的有益工具。在工程科技界,MATLAB 也被用来求解一些实际课题和数学模型问题。典型的应用包括数值计算、算法预设计与验证,以及一些特殊的矩阵计算应用,如自动控制理论、统计和数字信号处理(时间序列分析)。

MATLAB 系统最初是由 Cleve Moler 用 FORTRAN 语言设计的,有关矩阵的算法来自 LINPACK 和 EISPACK 课题的研究成果;现在的 MATLAB 程序是 MathWorks 公司用 C 语言开发的,第 1 版由 Steve Bangert 主持开发编译解释程序,Steve Kleiman 完成图形功能的设计,John Little 和 Cleve Moler 主持开发了各类数学分析的子模块,撰写用户指南和大部分的 M 文件。自从第 1 版发行以来,已有众多的科技工作者加入到 MATLAB 的开发队伍中,并为今天的 MATLAB 系统做出了巨大的贡献。

依作者个人的使用经验来看,MATLAB 不愧为优秀的数学软件之一。在程序设计方面,比之其他的程序设计语言,的确可以达到事半功倍的效果。MATLAB 的优点在于,作为程序设计语言,它语法简单,语句类似于数学公式,只要花上一点时间,即可很快地学会如何书写 MATLAB 语句和命令;MATLAB 另一个优点是提供了完备的数学工具函数,大量的常用数学算法可由它的功能函数实现,在程序设计中,可以大大地节省编写低层算法的时间,避免程序设计中的重复性劳动。MATLAB 新版本增加了用户界面设计功能,这对于编制辅助教学程序很有帮助。作者认为,推广这些集成化的数学软件,对于一般的工程问题求解和数学算法的预验证是很有用的。

最近,作者欣闻“教育部全国计算机专业课程指导委员会”已将 MATLAB 语言列为推荐课程。

作 者

1998 年 11 月于武汉

目 录

第一章 MATLAB 系统与语言简介	(1)
1.1 MATLAB 系统	(1)
1.1.1 什么是 MATLAB	(1)
1.1.2 MATLAB 系统的常用概念	(2)
1.1.3 MATLAB 文件类型	(5)
1.2 MATLAB 语言语法要素	(6)
1.2.1 MATLAB 的矩阵、变量与表达式	(6)
1.2.2 MATLAB 的基本管理命令	(12)
1.2.3 MATLAB 的基本运算符	(13)
1.2.4 MATLAB 的常用数学函数	(17)
1.3 简单程序设计	(18)
1.3.1 控制语句	(18)
1.3.2 M 文件、MATLAB 函数与函数型函数	(22)
1.3.3 全程变量	(26)
1.3.4 程序设计中应注意的几个问题	(27)
1.4 矩阵运算与数组运算	(28)
1.4.1 矩阵的创建函数	(28)
1.4.2 矩阵的角标	(31)
1.4.3 矩阵与数组运算	(34)
1.4.4 线性代数与稀疏矩阵	(36)
1.5 信号处理	(47)
1.5.1 信号处理函数	(47)
1.5.2 数据滤波	(47)
1.5.3 快速 FOURIER(FFT)算法	(48)
第二章 图形功能	(49)
2.1 平面图形与坐标系	(49)
2.1.1 图形窗口与坐标系	(49)
2.1.2 基本绘图函数	(52)
2.1.3 线型、顶点标记和颜色	(55)
2.1.4 其他 2 维绘图函数	(57)
2.2 3 维图形	(59)
2.2.1 3 维图形函数简介	(59)
2.2.2 3 维线型图形	(60)

2.2.3	3 维曲面	(61)
2.2.4	等高线图形	(65)
2.2.5	3 维坐标系及图形元的控制	(66)
2.3	MATLAB 的色谱与着色原理	(69)
2.3.1	色谱	(69)
2.3.2	着色原理	(71)
2.3.3	色谱矩阵的分析	(72)
2.4	图像处理	(74)
2.4.1	伪色图像	(74)
2.4.2	图像显示技术	(75)
2.4.3	动画	(79)
2.4.4	图形像素位置动态输入	(79)
第三章	图形对象控制	(82)
3.1	MATLAB 图形对象简介	(82)
3.1.1	图形对象类型与结构	(82)
3.1.2	图形对象句柄及其访问	(83)
3.1.3	图形对象属性	(84)
3.2	图形窗口对象	(93)
3.2.1	图形窗口对象创建函数	(93)
3.2.2	图形窗口对象的属性	(94)
3.2.3	属性应用技巧	(101)
3.3	坐标系对象	(105)
3.3.1	坐标系对象生成函数	(105)
3.3.2	坐标系对象属性	(106)
3.3.3	属性应用技巧	(114)
3.4	线段对象	(117)
3.4.1	线段对象创建函数	(118)
3.4.2	线段对象属性	(118)
3.4.3	属性应用技巧	(120)
3.5	曲面对象	(122)
3.5.1	曲面对象创建函数	(122)
3.5.2	曲面对象属性	(123)
3.6	区域片对象	(127)
3.6.1	区域片对象创建函数	(127)
3.6.2	区域片对象属性	(128)
3.7	图像对象	(131)
3.7.1	图像对象创建函数	(131)

3.7.2 图像对象属性	(132)
3.8 文字对象	(133)
3.8.1 文字对象创建函数	(133)
3.8.2 文字对象属性	(134)
3.9 光源对象	(137)
3.9.1 光源对象创建函数	(137)
3.9.2 光源对象属性	(137)
3.10 缺省属性及其设置	(138)
3.10.1 缺省属性值	(138)
3.10.2 设置缺省属性值	(138)
3.10.3 例子	(140)
第四章 MATLAB 的接口	(142)
4.1 MATLAB 的数据接口	(142)
4.1.1 数据结构	(142)
4.1.2 MATLAB 数据输入	(143)
4.1.3 MATLAB 数据输出	(144)
4.1.4 MAT 数据格式	(145)
4.2 文件 I/O 操作	(147)
4.2.1 文件的打开与关闭	(147)
4.2.2 二进制数据文件的读/写操作	(148)
4.2.3 文件内的位置控制	(150)
4.2.4 格式文件输入和输出	(150)
4.3 MEX 动态连接函数接口	(152)
4.3.1 MEX 文件的使用	(153)
4.3.2 C 语言 MEX 文件	(153)
4.3.3 FORTRAN 语言 MEX 文件	(167)
4.4 M 文件 Debugger	(181)
4.4.1 Debugger 主要功能	(181)
4.4.2 Debug 主要命令	(182)
4.4.3 Debugger 的使用	(182)
4.4.4 例子	(183)
第五章 MATLAB GUI 程序设计	(189)
5.1 控制元对象及属性	(189)
5.1.1 控制元对象类型	(189)
5.1.2 控制元创建函数	(193)
5.1.3 控制元对象的属性	(193)

5.1.4 例子	(198)
5.2 菜单对象	(202)
5.2.1 菜单对象创建函数	(203)
5.2.2 菜单对象属性	(205)
5.3 应用例子	(207)
5.3.1 按钮的设计	(208)
5.3.2 收音机按钮的设计	(210)
5.3.3 滑标条的设计	(211)
5.3.4 弹出式菜单的设计	(211)
5.3.5 编辑框的设计	(212)
5.3.6 菜单的设计	(212)
5.4 MATLAB GUI 高级特性	(213)
5.4.1 择一选择的收音机按钮组的设计	(214)
5.4.2 GUI 设计方法	(215)
5.4.3 鼠标操作处理技术	(217)
5.5 中断 callback 操作	(225)
5.5.1 事件及事件队列	(226)
5.5.2 MATLAB 处理 callback 的过程	(226)
5.5.3 事件的处理	(228)
5.6 GUI 工具集 Guide	(228)
5.6.1 Guide 控制板	(228)
5.6.2 属性编辑器	(230)
5.6.3 Callback 编辑器	(231)
5.6.4 菜单编辑器	(233)
5.6.5 位置调整器	(235)
第六章 小波(Wavelet)分析工具包	(236)
6.1 主程序	(236)
6.2 小波变换计算函数	(247)
6.3 Daubechies 小波函数的生成函数	(256)
6.4 辅助函数	(259)

第一章 MATLAB 系统与语言简介

本章主要介绍 MATLAB 的一些基本知识和概念,使读者对 MATLAB 系统有一个整体的认识。内容包括:MATLAB 系统要素,MATLAB 语言的变量与语句,MATLAB 的矩阵与矩阵元素,数值输入与输出格式,MATLAB 系统工作空间信息,以及 MATLAB 的在线帮助功能等。

1.1 MATLAB 系统

1.1.1 什么是 MATLAB

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司推出的用于数值计算和图形处理的科学计算系统环境。MATLAB 是英文 MATrix LABoratory(矩阵实验室)的缩写。它的第 1 版(DOS 版本 1.0)发行于 1984 年,经过 10 余年的不断改进,现今已推出它的 Windows 95 版本(5.0 版)。新的版本集中了日常数学处理中的各种功能,包括高效的数值计算、矩阵运算、信号处理和图形生成等功能。在 MATLAB 环境下,用户可以集成地进行程序设计、数值计算、图形绘制、输入输出、文件管理等各项操作。

MATLAB 提供了一个人机交互的数学系统环境,该系统的基本数据结构是矩阵,在生成矩阵对象时,不要求作明确的维数说明。与利用 C 语言或 FORTRAN 语言作数值计算的程序设计相比,利用 MATLAB 可以节省大量的编程时间。在美国的一些大学里,MATLAB 正在成为对数值线性代数以及其他一些高等应用数学课程进行辅助教学的有益工具。在工程技术界,MATLAB 也被用来解决一些实际课题和数学模型问题。典型的应用包括数值计算、算法预设计与验证,以及一些特殊的矩阵计算应用,如自动控制理论、统计、数字信号处理(时间序列分析)等。

MATLAB 系统最初是由 Cleve Moler 用 FORTRAN 语言设计的,有关矩阵的算法来自 LINPACK 和 EISPACK 课题的研究成果;现在的 MATLAB 程序是 MathWorks 公司用 C 语言开发的,第一版由 Steve Bangert 主持开发编译解释程序,Steve Kleiman 完成图形功能的设计,John Little 和 Cleve Moler 主持开发了各类数学分析的子模块,撰写用户指南和大部分的 M 文件。自从第 1 版发行以来,已有众多的科技工作者加入到 MATLAB 的开发队伍中,并为形成今天的 MATLAB 系统做出了巨大的贡献。

MATLAB 系统由五个主要部分组成,下面分别加以介绍。

(1) MATLAB 语言体系

MATLAB 是高层次的矩阵/数组语言,具有条件控制、函数调用、数据结构、输入输出、面向对象等程序语言特性。利用它既可以进行小规模编程,完成算法设计和算法实验的基本任务,也可以进行大规模编程,开发复杂的应用程序。

(2) MATLAB 工作环境

这是对 MATLAB 提供给用户使用的管理功能的总称,包括管理工作空间中的变量,数据输入输出的方式和方法,以及开发、调试、管理 M 文件的各种工具。

(3) 图形句柄系统

这是 MATLAB 图形系统的基础,包括完成 2D 和 3D 数据图示、图像处理、动画生成、图形显示等功能的高层 MATLAB 命令,也包括用户对图形图像等对象进行特性控制的低层 MATLAB 命令,以及开发 GUI 应用程序的各种工具。

(4) MATLAB 数学函数库

这是对 MATLAB 使用的各种数学算法的总称,包括各种初等函数的算法,也包括矩阵运算、矩阵分析等高层次数学算法。

(5) MATLAB 应用程序接口(API)

这是 MATLAB 为用户提供的函数库,使得用户能够在 MATLAB 环境中使用 C 程序或 FORTRAN 程序,包括从 MATLAB 中调用子程序(动态链接),读写 MAT 文件的功能。

综上所述,可以看出 MATLAB 是一个功能十分强大的系统,是集数值计算、图形管理、程序开发为一体的环境。除此之外, MATLAB 还具有很强的功能扩展能力,与它的主系统一起,可以配备各种各样的工具箱,以完成一些特定的任务。目前, MathWorks 公司推出了 18 种工具箱。用户可以根据自己的工作任务,开发自己的工具箱。

1.1.2 MATLAB 系统的常用概念

1. 命令窗口

在 Windows 95 下启动 MATLAB 系统后, Windows 95 的工作平台上会弹出一个窗口,如图 1-1 所示,这个窗口称为 MATLAB 的命令窗口(Command Window)。MATLAB 的

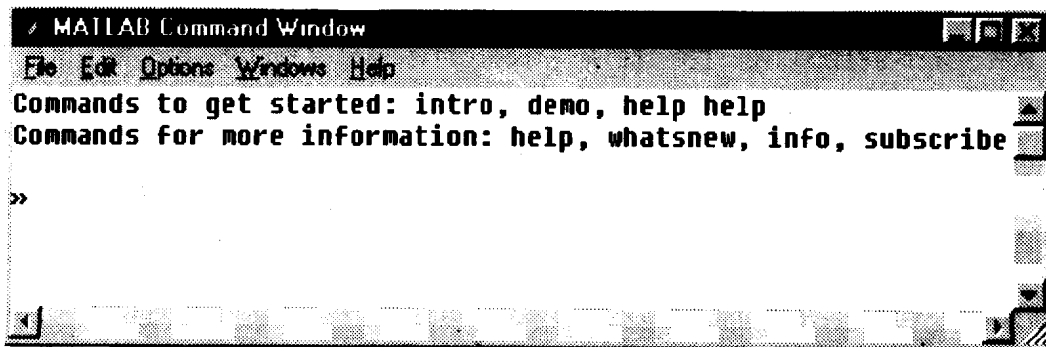


图 1-1 MATLAB 的命令窗口

命令窗口是用户与 MATLAB 解释器进行通信的工作环境,提示符“>>”表示 MATLAB 解释器正等待用户输入命令。所有的 MATLAB 命令、MATLAB 函数,以及 MATLAB 程序都要在这个窗口下运行。

在命令窗口中,用户可以发出 MATLAB 命令。例如,为了生成一个 3×3 阶的矩阵,可在提示符下,键入如下的命令:

```
A=[1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
```

方括号命令表示矩阵,空格或逗号将每行的元素分开,而分号将矩阵的各行数值分开。再键入 Enter(回车)后,MATLAB 将回显如下的矩阵:

```
A =  
    1    2    3  
    4    5    6  
    7    8    9
```

为了求该矩阵的逆矩阵,则只要键入命令

```
>>B= inv(A);
```

MATLAB 就将计算出相应的结果。如果不想在命令窗口中显示计算结果,只要如上所示,在该命令后多键入一个分号即可。此时,MATLAB 系统只完成该命令所要求的计算任务,其计算结果不回显。这项功能在程序设计中是非常必要的。

MATLAB 系统也可以说是一种新的语言,该语言十分容易掌握,其结构非常类似于数学式子的书写格式,用户花上几个小时的时间即可掌握 MATLAB 语言的大部分命令。

MATLAB 系统提供了交互式的解释程序环境。为了简化命令的输入,MATLAB 提供了几种行命令编辑功能,可以使用方向键修改输入错了的命令,也可以复制先前使用过的命令。例如,假设将函数名 sqrt 错写为 srt,而键入了如下的命令:

```
>>log(srt(atan2(3,4)))
```

MATLAB 将回应一条错误信息:

```
Undefined function or variable srt.
```

为了重新输入这条命令,只要先用 ↑ 键将刚才错误的命令复制下来,然后用 ← 键或鼠标将光标移到 s 与 r 之间,键入 q,再回车即可。在回车时,光标可以在该命令行的任何位置,没有必要将光标移到该命令的末尾。在 MATLAB 的环境下,最后执行的几条命令都存储在内存 buffer 中,所以可以复制使用过的命令。特别是可以只键入少量的几个字母,使用 ↑ 键即可复制最后一条以这些字母开始的命令。例如,键入 plo,当键入 ↑ 后,即可得到最后一条以 plo 开始的命令,大多数情况是 plot 命令。

2. 图形窗口

MATLAB 系统的强大功能之一是其优秀的图形功能。对于任何作图命令,MATLAB 将打开另一个窗口来绘制与输出图形,这样的窗口在 MATLAB 系统中被称为图形窗口 (Figure Window)。

在 MATLAB 环境中调用任何绘图函数绘图时,MATLAB 将自动生成一个图形输出窗口,并在其中绘出图形。在缺省情况下,图形窗口的标题栏标题为“Figure No: 号码”,其中“号码”为图形窗口的序号,也称为图形窗口的句柄值,参见本书第二章。在标题栏下面是图

形窗口的主菜单栏,通常情况下,MATLAB 图形窗口的主菜单有 File、Edit、Windows 和 Help。用户可以在菜单条上加入自己的主菜单,具体方法参见本书第五章。

在同一个图形窗口中,可以绘制多个图形,也可以生成多个图形窗口,并选择其中的一个图形窗口,在其中绘制图形。生成图形窗口的方法比较多,在没有图形窗口存在时,每个绘图函数都能自动生成一个图形窗口;也可以用 figure 命令生成一个新的图形窗口;还可以用命令窗口 File 菜单的 New 子菜单的 Figure 项来打开一个新的图形窗口。有关图形的绘制和管理,参见本书第二章。

3. 搜索路径

MATLAB 管理着一条搜索路径,它在搜索路径下寻找与命令相关的函数文件。例如,如果在 MATLAB 提示符下输入 example, MATLAB 解释器将按照下面的步骤来处理这条字符串:

- (a) 检查 example 是不是一个变量;
- (b) 如果不是,检查 example 是不是一个内部函数;
- (c) 如果不是,检查在当前文件夹下是否存在名为 example.mex, example.dll,或 example.m 的文件。MEX 文件是 MATLAB 的执行文件,将优先执行;
- (d) 如果不存在,检查在 MATLAB 的搜索路径的目录下是否存在名为 example.mex, example.dll,或 example.m 的文件。MEX 文件优先执行。

使用 MATLAB 的 path 函数,可以查看 MATLAB 系统的当前搜索路径,例如:

```
>>path
```

```
MATLAB PATH
C:\MATLAB\TOOLBOX\MATLAB
C:\MATLAB\TOOLBOX\DEMO
C:\MATLAB\TOOLBOX\SIGNAL
C:\MATLAB\TOOLBOX\CONTROL
```

用户可以用 path 命令在 MATLAB 的搜索路径中添加新的搜索路径。例如,下面的命令

```
>>path('C:\MYFILES',path);
```

将搜索顺序改为在搜索完当前目录之后,先搜索目录 C:\MYFILES,再在当前的 MATLAB 搜索路径的目录中搜索。这是由于不带参数的命令 path 会返回至 MATLAB 的当前搜索路径中。

初始的 MATLAB 搜索路径是在文件 matlabrc.m 中描述的,该文件在 MATLAB 目录下,是在安装 MATLAB 系统和 MATLAB 的各项工具箱的时候生成的。用户可以根据自己的需要在 matlabrc.m 文件中添加或删除部分目录。

4. 外部系统命令

在 MATLAB 环境中,可以发出 Windows 或 DOS 系统命令。感叹号字符“!”命令能起到这种作用,它使得 MATLAB 将感叹号后面的命令传到相应的操作系统,这个过程通常称为使用外部系统命令。MATLAB for Windows95 系统具有 4 种形式的外部系统命令,可根据命令形式的尾部参数来区分。

(1) 同步实时处理命令

如果在外部系统命令(感叹号命令)之后没有其他附加的参数,那么 MATLAB 会打开一个新的窗口作为该命令的运行窗口。MATLAB 系统要等到该命令完成之后,才开始接受新的命令。例如:

! dir

将生成一个新的窗口,在其中列出当前目录中的内容。虽然 MATLAB 执行完上述命令后,便回到了 MATLAB 的提示符状态,等待新的命令,但是列出目录内容的窗口要由用户来关闭。

(2) 后台处理命令

如果外部命令行以字符“&”结束,MATLAB 则将此命令作为后台命令处理,不必等到该命令完成之后,才接受和执行新的 MATLAB 命令。在需要打开新的 Windows 应用程序时,可以使用该命令。例如,发出下列命令:

! notepad&

后,将启动 Notepad 作为一个新的 Windows 任务。类似地,也可以发出 DOS 命令,这时将打开一个 DOS 窗口,但作为后台处理命令,此时可以在 MATLAB 命令窗口中执行其他的命令。

(3) 图标后台处理命令

第三种外部命令形式是以字符“|”结尾,这个命令的作用与后台处理命令相同,只是用一个图标作为后台命令打开的窗口。这个命令可以用在对命令的运行结果不感兴趣的情况下,例如,DOS 的批处理命令等。

(4) MATLAB 的 DOS 命令

另一种使用操作系统命令的方法是使用 MATLAB 的 DOS 命令。MATLAB 系统将部分的 DOS 命令作为自己的命令,执行时将这些命令直接传递给 DOS 操作系统,运行的结果在 MATLAB 的命令窗口中显示。有时,也打开一个 DOS 窗口,但该窗口在执行下一条新的 MATLAB 命令时自动关闭。也可以在命令后面加上“&”和“|”来改变窗口的形态。

1.1.3 MATLAB 文件类型

在 MATLAB 系统中,根据功能可将 MATLAB 系统所使用的外部文件分成几类,并用不同的扩展名作为其标识,如下所述。

1. M 文件

M 文件以字母 m 为其扩展名,例如 startup.m。一般说来,M 文件是 ASCII 码文本文件,可以用任何文本编辑器进行编辑。在 MATLAB 系统中,有两类 M 文件。一类称为程序 M 文件,简称 M 文件;另一类称为函数 M 文件,或简称为函数,统称为 M 文件。M 文件的内容是由符合 MATLAB 语法的语句构成的,函数 M 文件的第一行必须是以关键字 function 开始的函数说明语句。两类 M 文件的共同特征是:在 MATLAB 命令窗口中的命令提示符下键入文件名,来执行 M 文件中的所有语句规定的计算任务或完成一定的功能。它们的区别在于以下两方面:第一,程序 M 文件中创建的变量都是 MATLAB 工作空间中的变量,工

作空间中的其他程序或函数可以共享,而函数 M 文件中创建的所有变量除了全程变量外,均为局限于函数运行空间内的局部变量;第二,函数 M 文件可以使用传递参数,所以函数 M 文件的调用式中可以有输入参数和输出参数,而程序 M 文件则没有这种功能。

2. MAT 文件

MAT 文件是 MATLAB 系统的二进制数据文件,用于保存 MATLAB 系统所使用的数据。MATLAB 除了可以读写 ASCII 码形式的数据文件外,也定义了它自己的数据存储格式,这就是 MAT 文件。MAT 文件按照 MATLAB 的基本数据结构——矩阵的方式来管理和记录数据。对于每一个矩阵对象, MAT 文件记录了该矩阵对象的所有特性和各元素值。例如,矩阵对象的变量名、维数、矩阵的存储方式(即 MATLAB 的满矩阵或稀疏矩阵)等信息。如果用户要按照自己的方式读/写 MAT 文件,必须遵照 MATLAB 的规则进行读/写,或利用 MATLAB 系统提供的 MAT 数据接口函数来提取 MAT 文件中的数据,或向 MAT 文件写入自己的数据。

3. MEX 文件

MEX 文件是经过 MATLAB 编译系统编译的函数二进制文件。MEX 文件可以被直接调入 MATLAB 系统中运行。由于 MATLAB 是按边解释边运行的方式工作的,因此, M 文件的执行速度要比 MEX 文件慢得多。所以,用户通常把已经调试好,且比较大的 M 文件编译成 MEX 文件,供以后使用。

1.2 MATLAB 语言语法要素

MATLAB 语言的规则十分简单,它是一种表达式语言,其语句类似于数学式子的格式,十分容易掌握,下面分几个小节来介绍。

1.2.1 MATLAB 的矩阵、变量与表达式

在 MATLAB 系统中,只管理着一种对象(Object)——矩阵(包括复矩阵)。1×1 的矩阵称为数量,或者说任何数量在 MATLAB 系统中是作为 1×1 的矩阵来处理的。与数学术语一样,仅有一行或一列的矩阵称为向量。MATLAB 的大部分运算或命令是在矩阵运算的意义下执行的。

1. 矩阵的创建

可以使用下列任何一种方法在 MATLAB 环境下创建或输入一个矩阵:

- (1)显示地输入一个元素序列;
- (2)用 MATLAB 的内部函数创建一个矩阵;
- (3)在 M 文件中用 MATLAB 语句创建一个矩阵;
- (4)从一个外部数据文件中装载并创建一个矩阵。

在 MATLAB 环境中,不需要对创建的变量对象给出类型说明和维数说明,所有的变量都作为双精度的矩阵来分配内存空间和存储空间。MATLAB 将自动地为每一个变量分配内存。最简单的创建矩阵的方法是显示地输入矩阵的元素序列。具体方法如下:将矩阵的元

素用方括号括起来,按矩阵行的顺序输入各元素,元素与元素之间用空格或逗号分开,用分号将每行的元素分开。例如,在键入下列的 MATLAB 语句:

```
>> A = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
```

后, MATLAB 执行该语句的输出结果是:

```
A =  
    1    2    3  
    4    5    6  
    7    8    9
```

这样,在 MATLAB 的工作空间中就创建了一个新的矩阵对象 A,以后就可以使用矩阵 A。也可以用回车键代替分号,按下列的方式输入:

```
>> A = [1    2    3  
        4    5    6  
        7    8    9]
```

对于大的矩阵,可以按矩阵的输入方式编辑一个 M 文件。例如,如果一个名为 mydata.m 的文本文件的内容如下:

```
A = [1    2    3  
      4    5    6  
      7    8    9]
```

那么,语句

```
>> mydata
```

将读入 M 文件 mydata.m,并执行其语句,生成同样的矩阵 A。另外,load 命令和 fread 函数都可以用来输入矩阵。

2. MATLAB 的变量和表达式

在 MATLAB 中有两个基本概念:变量和表达式。变量由变量名表示,函数名作为特殊的变量名看待,每个变量名由一个字母后面跟随任意个字母或数字(包括下划线)组成,但 MATLAB 只能分辨前 19 个字符。MATLAB 能区分组成变量名的大小写字母,这样,变量名 a 和 A 表示不同的变量,但所有的函数名要求是小写字母。例如,求矩阵 A 的逆用 inv(A) 时,而若使用 Inv(A)则会遇到“未定义函数”的警告。表达式则是由运算符、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。

MATLAB 的语句则是下列两种形式之一:

```
>>变量名=表达式
```

或者

```
>>表达式
```

在 MATLAB 的矩阵管理方式中, MATLAB 每执行一条输入的语句,表达式运算求值的结果都是一个矩阵。在前一种语句形式下, MATLAB 将运算的结果赋给“变量名”;而在第二种语句形式下,将运算的结果赋给 MATLAB 的永久变量 ans,每条语句以回车符结束。一般地,运算的结果在命令窗口中显示出来。如果语句的最后一个字符是分号“;”,那么, MATLAB 仅仅执行赋值运算,不再显示运算的结果;如果运算的结果是一个很大的矩阵或

是对运算结果不关心,则可以在语句的最后加上分号。M 文件的语句常以分号结尾。例如:

```
>> p = conv(r, r);
```

只计算 r 与它自己的卷积,不显示卷积的结果。

在一条语句中,如果表达式太复杂,一行写不下,可以加上三连点“...”并按下回车键,然后接下去再写。例如:

```
>> s = 1 - 1/2 + 1/3 - 1/4 + 1/5 - 1/6 + 1/7 ...  
      - 1/8 + 1/9 - 1/10 + 1/11 - 1/12;
```

这条语句计算级数的部分和,并将计算的结果赋给变量 s ,但是不显示任何结果。

3. 复数的表示

MATLAB 提供对复数的操作与管理功能。在 MATLAB 中,复数的虚根单位用 i 或 j 表示。例如, $z=3+4*i$ 与 $z=3+4*j$ 表示的是同一个复数。又如,下面的两条语句输入的是相同的复数矩阵:

```
>> A = [ 1 2; 3 4 ] + i * [ 5 6; 7 8 ]  
>> A = [ 1+5i 2+6i; 3+7i 4+8i ]
```

第一种输入形式是将 i 看作数量,与矩阵作数量乘积;第二种形式是通常的矩阵创建方式,但要注意的,此时作为矩阵元素的复数在输入时中间不能有任何空格。表达式 $1 + 5i$ (在加号的两边有空格)表示两个数相加,此时, $5i$ 就不是一个 MATLAB 的合法数据,因而表达式是错误的。例如, $1.23 \ e-4$, (1.23 与 e 之间有空格)也不是合法的 MATLAB 数据。

按照 MATLAB 的语法规则, MATLAB 内部函数的名字能够作为变量的名字。当内部函数名作为变量名时,该函数在当前的工作层中不能再被调用,直到该变量被清除为止。如果用 i 和 j 作为变量的名字,并且赋给了新的值,那么, i 和 j 不能再作为虚根单位使用。此时,可以用类似于下面的语句生成新的虚根单位:

```
>> ii = sqrt(-1)
```

因此,建议读者将 i 和 j 作为 MATLAB 的保留字。

4. 数据的输入输出格式

MATLAB 用通常的十进制数表示常数、小数和负数。与通常的数学表示一样,还可以使用以 10 为幂的常数以及虚数。MATLAB 接受各种合法的数据输入,下面是一些合法的 MATLAB 型数据:

4	-99	0.00001
9.6397238	1.60210E-20	6.02252e23
20	-3.14159i	3e5i

在 MATLAB 内部,每一个数据元素都是用双精度数来表示和存储的。常数的相对精度是 eps , eps 是 MATLAB 的保留字,其值为 $2.220446049250313e-016$ 。按照 IEEE 浮点算术标准,大约有 16 位有效数字。MATLAB 能够表达的数值范围大致是 $10^{-308} \sim 10^{308}$ 。

除了在语句的后面有分号的情况外, MATLAB 将回显任何赋值语句的运算结果。MATLAB 按照一定的数据输出格式在 MATLAB 命令窗口中显示运算的结果,用户可以用 `format` 命令设置或改变数据输出格式。`format` 命令只影响数据输出格式,对 MATLAB 的内部计算和数据存储(MAT 文件)数值精度不产生任何影响。