

MATLAB 科学运算 5 工程应用丛书

MATLAB 6.x

符号运算及其应用

刘宏友 彭 锋 等编著
博嘉科技 审



TP312
1075

MATLAB 科学运算与工程应用丛书

MATLAB 6.x 符号运算及其应用

刘宏友 彭 锋 等编著

博嘉科技 审



机械工业出版社

MATLAB 作为一种智能化高级语言, 集公式演算推导与数值计算于一体, 兼有出色的图形处理和数据分析功能, 作为多领域的应用软件, MATLAB 的工具箱对相关学科的各种基本技术都采用了当今最先进的算法。本书共分 7 章, 先简要介绍了 MATLAB 的安装及启动后, 较为详细地介绍了 MATLAB 的基础知识, 深入浅出地分析了 MATLAB 的符号运算功能以及绘图功能, 并提供了大量的实例, 便于读者自学。

本书集实用性和先进性于一体, 既可作为理工院校师生的教材和工具性参考书, 也可供科研人员和工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 6.x 符号运算及其应用/刘宏友, 彭锋等编著. —北京: 机械工业出版社, 2003.1

(MATLAB 科学运算与工程应用丛书)

ISBN 7-111-11572-4

I. M... II. 刘... III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB 6.x
IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 004587 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 胡毓坚

责任编辑: 孙 业

责任印制: 闫 焱

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

789mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·15.75 印张·387 千字

0001—5000 册

定价: 24.00 元

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

MATLAB 原意为矩阵实验室 (MATrix LABoratory), 1967 年由 Clere Maler 用 FORTRAN 语言编写而成, 后来 MATLAB 改用 C 语言编写。自 1984 年由 MathWorks 公司正式把 MATLAB 推向市场以来, MATLAB 就因其强大的数值运算和图形处理功能引起了科学计算和工程领域的广泛关注。MATLAB 作为一个多学科、多操纵平台的优秀科技软件, 它自身也在不断地发展和进步, MATLAB 6.x 版本较以前版本的 MATLAB 变化较多, 其处理运算的功能更加强, 各种领域的工具箱也日趋完善。现在, MATLAB 已经成为高等院校、科研院所以及广大工程技术人员首选的编程语言。

全书从 MATLAB 的基础知识入手, 紧紧围绕应用程序实例, 向读者展示了如何利用 MATLAB 实现符号运算功能, 并详细介绍了 MATLAB 的符号函数绘图功能。本书图文并茂、实例众多, 且所举出的实例针对性强, 分析透彻, 突出了本书以实例为中心的特点。本书是市场中为数不多的详细介绍 MATLAB 符号处理功能的工具书, 相信通过阅读本书, 会让读者对 MATLAB 产生浓厚的兴趣, 加快 MATLAB 编程的速度, 提高编程的技巧。

本书共分为 7 章。第 1 章介绍了 MATLAB 的安装与启动方法; 第 2 章和第 3 章介绍了 MATLAB 的基础知识, 这是 MATLAB 入门必备的知识; 第 4 章介绍了 MATLAB 符号运算的初步知识; 第 5 章和第 6 章介绍了 MATLAB 的符号处理功能, 是本书的重点内容; 第 7 章详细介绍了如何在 MATLAB 中绘制符号函数的图形; 在附录中还介绍了怎样获取 MATLAB 符号运算函数及其命令的帮助信息。初学者最好按照本书的编写顺序系统地学习 MATLAB 语言, 当然, 已经用过 MATLAB 语言的读者, 也可以挑选自己感兴趣的有关章节进行学习。不管是哪一类读者都会切身感受到本书的精练和实用。

本书由博嘉科技资讯有限公司组织编写。参加编写工作的还有胡晓闽、李莉、刘军、钱斌、吕可维、魏晓东、高柏松、曹阳、倪明、梁栩等, 在此一并表示感谢。

由于 IT 产业发展日新月异, 且 MATLAB 技术涉及面广泛, 加之编写时间比较仓促, 本书难免存在疏漏甚至错误, 敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章	MATLAB 的安装	1
1.1	MATLAB 的发展过程	1
1.2	MATLAB 的安装与启动	2
1.2.1	MATLAB 的安装	2
1.2.2	MATLAB 的启动	5
1.3	MATLAB 的在线帮助	7
1.3.1	在 MATLAB 命令窗口获得帮助信息	7
1.3.2	直接由帮助菜单获得帮助信息	14
1.4	小结	17
第 2 章	MATLAB 语言的主要构成	18
2.1	常量与变量	18
2.2	简单数组及其访问的实现	19
2.2.1	简单数组简介	19
2.2.2	数组的建立	20
2.2.3	数组的访问	22
2.3	各种运算符	23
2.3.1	一般运算符	23
2.3.2	操作符	30
2.3.3	关系运算符	33
2.3.4	逻辑运算符与逻辑函数	37
2.4	小结	47
第 3 章	MATLAB 程序设计	48
3.1	常用的数学函数	48
3.2	m 文件与 m 函数	49
3.2.1	m 文件	50
3.2.2	m 函数	53
3.3	程序设计初步	55
3.3.1	程序的结构	55
3.3.2	程序的调试	65
3.4	文件操作的有关函数	70
3.5	小结	73
第 4 章	符号运算概述	74
4.1	创建符号变量	74
4.2	创建符号表达式及符号方程	76

4.2.1	创建符号表达式	76
4.2.2	创建符号方程	77
4.3	创建符号矩阵	77
4.3.1	用 sym 命令直接创建符号矩阵	78
4.3.2	用类似创建普通数值矩阵的方法创建符号矩阵	78
4.3.3	由数值矩阵转化为符号矩阵	79
4.3.4	用矩阵元素的通式创建符号矩阵	80
4.4	创建实数和复数	81
4.5	数值变量、符号变量及字符变量间的相互转换	83
4.5.1	将其他类型变量转换为符号变量	83
4.5.2	将其他类型变量转换为字符变量	83
4.5.3	将其他类型变量转换为数值变量	85
4.6	基本操作命令	88
4.6.1	findsym 命令	88
4.6.2	pretty 命令	89
4.6.3	MATLAB 提供的化简命令	90
4.7	符号变量(表达式)的提取与代入	97
4.7.1	符号变量(表达式)的提取	97
4.7.2	符号变量(表达式)的代入	99
4.8	小结	101
第 5 章	常用符号运算功能的实现	102
5.1	符号微积分与极限	102
5.1.1	符号微积分	102
5.1.2	符号求极限	109
5.2	级数	111
5.2.1	级数求和	111
5.2.2	级数展开	113
5.3	符号矩阵的有关操作命令	118
5.3.1	diag 命令(求矩阵的对角线)	118
5.3.2	triu 命令(抽取矩阵的上三角部分)	119
5.3.3	tril 命令(抽取矩阵的下三角部分)	120
5.3.4	inv 命令(矩阵求逆)	122
5.3.5	det 命令(求矩阵的行列式)	123
5.3.6	rank 命令(求矩阵的秩)	123
5.3.7	rref 命令(求矩阵的缩减行阶梯矩阵)	124
5.3.8	null 命令(求矩阵的零空间的正交基)	125
5.3.9	colspace 命令(求矩阵的列空间的基)	126
5.3.10	eig 命令(求矩阵的特征值和特征向量)	126
5.3.11	svd 命令(矩阵的奇异值分解)	127

5.3.12	jordan 命令 (求矩阵的约当标准形)	127
5.3.13	poly 命令 (求矩阵的特征多项式)	128
5.3.14	expm 命令 (求矩阵的指数形式)	129
5.4	符号方程 (组) 的求解	129
5.4.1	一般代数方程 (组) 的求解	129
5.4.2	线性代数方程 (组) 的求解	133
5.4.3	常微分方程 (组) 的求解	134
5.5	反函数和复合函数的求法	138
5.5.1	求反函数 (finverse)	138
5.5.2	求复合函数 (compose)	139
5.6	小结	141
第 6 章	高级符号运算功能的实现	142
6.1	积分变换	142
6.1.1	傅立叶变换及其逆变换	142
6.1.2	拉普拉斯变换及其逆变换	144
6.1.3	Z 变换及其逆变换	147
6.1.4	信号处理中常用的数值变换命令	149
6.2	几个补充命令和特殊函数	153
6.2.1	几个补充命令	153
6.2.2	特殊函数	156
6.3	可控精度的实现	157
6.4	抽象函数的创建	160
6.5	如何在 MATLAB 中使用 MAPLE	161
6.5.1	访问 MAPLE	162
6.5.2	MAPLE V 中的特殊函数及其调用方法	163
6.6	函数计算器及泰勒计算器的使用	165
6.6.1	函数计算器的使用	165
6.6.2	泰勒计算器的使用	170
6.7	小结	172
第 7 章	符号函数图形的绘制	174
7.1	基本绘图命令	174
7.1.1	fplot 命令	174
7.1.2	ezplot 命令	179
7.1.3	ezpolar 命令	181
7.1.4	ezplot3 命令	184
7.1.5	ezmesh 命令	186
7.1.6	ezcontour 命令	191
7.1.7	ezsurf 命令	193
7.2	图形的控制与标注	197

VIII

7.2.1 线型、点型及颜色的控制	197
7.2.2 线条粗细的控制	199
7.2.3 坐标轴的控制及窗口缩放	199
7.2.4 图形标注	203
7.3 小结	206
附录	207
附录 A 怎样获取符号运算函数及其命令的帮助信息	207
附录 B 什么是 RGB	210
附录 C MATLAB 基本命令和函数目录	211

第1章 MATLAB 的安装

知识点:

- MATLAB 的发展过程
- MATLAB 的安装及启动
- MATLAB 的在线帮助

本章主要介绍 MATLAB 的发展过程、MATLAB 的安装与启动以及 MATLAB 的在线帮助。由于 MATLAB 语言书写简便, 因此 MATLAB 享有“演草纸”式语言的美誉。通过本章的学习, 读者可以了解到 MATLAB 的发展历程, 掌握 MATLAB 的安装方法, 掌握进入 MATLAB 编程环境的两种不同途径。在掌握了本章介绍的 MATLAB 在线帮助技能以后, 读者就可以在 MATLAB 编程环境中灵活使用 MATLAB 的在线帮助功能, 从而大大提高编程能力。

1.1 MATLAB 的发展过程

MATLAB 从发展到现在已经经历了 20 多年的时间。它刚刚诞生时是各大学之间共享的一个免费软件包, 后来发展成一个功能强大的软件系统。经过不断的版本升级, 现在已经发展到 MATLAB 6.1 版。接下来, 简要介绍一下 MATLAB 的发展历程。

MATLAB 是矩阵 (Matrix) 和实验室 (Laboratory) 两个英文单词的前三个字母的组合。它的首创者是美国新墨西哥大学计算机系的系主任 Cleve Moler 博士。他在教授线性代数课程时, 发现用其他高级语言编程极为不便, 便构思并开发了 MATLAB。这一软件利用了当时广为流行的 EISPACK (基于特征值计算的软件包) 和 LINPACK (线性代数软件包) 中的可靠子程序, 利用 FORTRAN 语言编写的集命令翻译、科学计算于一体的交互式软件系统。20 世纪 80 年代初出现了 MATLAB 的第二代版本, 该版本全部用 C 语言编写, 使 MATLAB 不但具有数值计算功能, 而且还具备了数据图示化功能。随着 MATLAB 应用范围的不断扩大, 1984 年, Moler 博士和一批数学家及软件专家组建了一个名为 MathWorks 的软件开发公司, 专门开发 MATLAB。1992 年, MathWorks 公司推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版本。1993 年, 推出了 MATLAB 的微机版, 可以和 Windows 联用, 使之应用范围不断扩大。随着微软公司 Windows 9x 操作系统的推出, MathWorks 公司于 1997 年推出了基于 Windows 9x 操作系统的 MATLAB 5.0 版本。后来 MATLAB 又升级到 5.2 版本、5.3 版本。MATLAB 5.x 版本与以前的 4.x 版本相比, 在界面与功能上都有了很大的进展。现在, MATLAB 已经升级到 6.1 版本, 该版本的 MATLAB 运算功能得到进一步的扩充; 对于图形的处理, 可以用相应的编辑工具实现所见即所得; 用户界面更为友好, 也更符合用户的习惯; 新增了与 Java 语言的接口; 它还对绝大多数工具箱进行了功能扩充, 使新老用户从中得到更大的

益处。

现在, MATLAB 已经被广泛应用于数值计算、图形处理、符号运算、数学建模、小波分析、系统辨识、实时控制和动态仿真等研究领域。在国外, MATLAB 已经成为大学生及研究生所必须掌握的一门计算机语言, 并且成为科学研究、工程设计与运算等任务的得力助手。

1.2 MATLAB 的安装与启动

1.2.1 MATLAB 的安装

下面, 以 MATLAB 6.1 的安装过程为例, 说明如何安装 MATLAB 6.x。

安装 MATLAB 6.1 的过程主要有以下 5 个步骤:

步骤一: 将 MATLAB 6.1 光盘放入光驱, 然后双击名为 `setup.exe` 的文件, 计算机开始进行 MATLAB 6.1 的安装初始化工作。首先将出现如图 1-1 所示的界面; 紧接着出现如图 1-2 所示的版本信息界面; 单击 `Next` 按钮, 将出现如图 1-3 所示的用户权限界面。

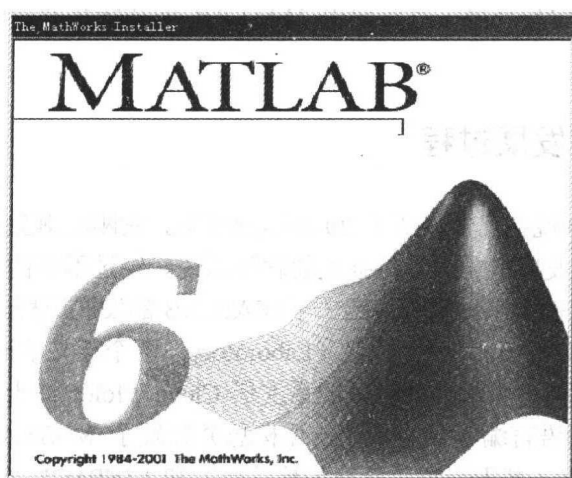


图 1-1 MATLAB 6.1 的安装界面

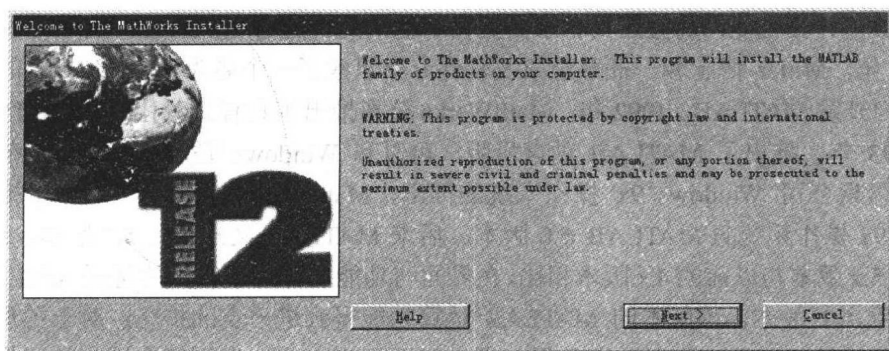


图 1-2 MATLAB 6.1 的版本信息界面

步骤二：在如图 1-3 所示的安装界面的对话框中输入安装密码，单击 Next 按钮则出现如图 1-4 所示的协议信息界面。单击 Yes 按钮（表示接受协议），则出现如图 1-5 所示的用户信息输入界面，填入用户名及公司名称以后，将出现如图 1-6 所示的选择安装界面。

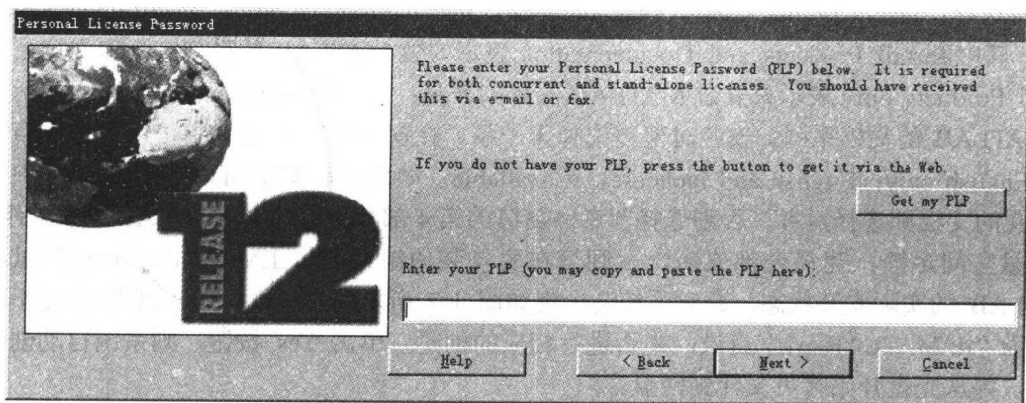


图 1-3 MATLAB 6.1 的用户权限界面

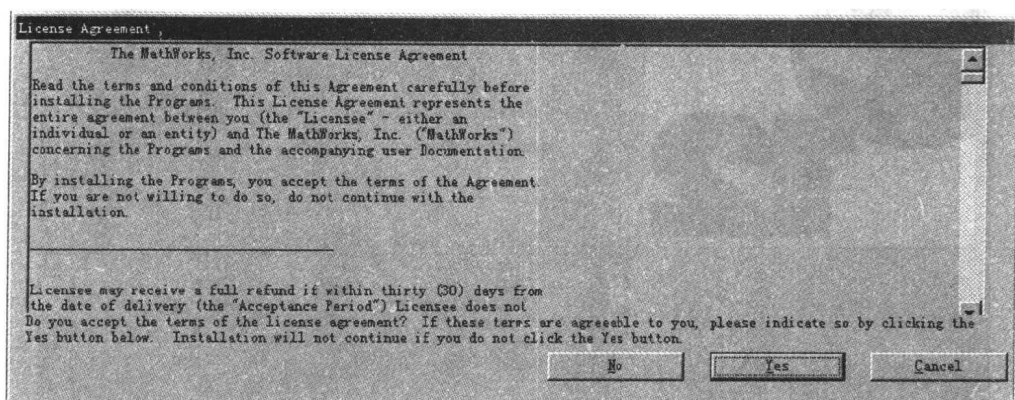


图 1-4 MATLAB 6.1 的协议信息界面

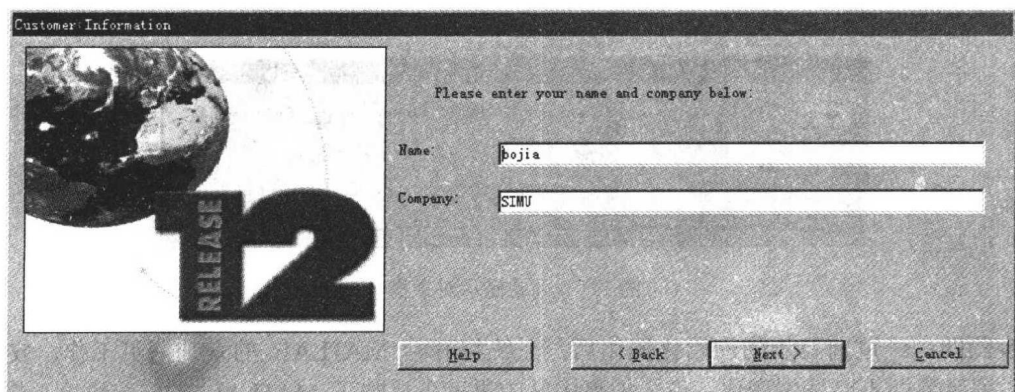


图 1-5 用户信息输入界面

步骤三：图 1-6 中的窗口分为 4 个部分，单击窗口第 1 部分中的 Browse 按钮可以改变 MATLAB 的安装路径。假如要把 MATLAB 6.1 安装到 D 盘的 MATLAB6p1 目录下，则只需要在图 1-6 中窗口的第 1 部分将“C:”改为“D:”即可。图 1-6 中窗口第 2 部分可进行不同的三种选择：Install Products and Documentation；Install Products only；Install documentation only。其中 Install Products and Documentation 表示安装 MATLAB 的系列产品和文档系列；Install Products only 表示只安装 MATLAB 的系列产品；Install documentation only 表示只安装 MATLAB 的文档系列。安装时建议选择第一条。在窗口的第 3 部分中可以选择文档的语种：English only；English and Japanese, if available。如果以后操作 MATLAB 的过程中要用到日文的文档则选择后者，否则选择前者。窗口的第 4 部分可以选择 MATLAB 的安装组件，若硬盘空间足够，建议全部安装，否则只在要安装的组件前打上√。单击 Next 按钮进入 MATLAB 的实际安装状态。此时系统会出现如图 1-7 所示的对话框，提示现在 d 盘不存在路径为“d:\MATLAB6p1”目录，是否进行相应的创建。单击 Yes 按钮，则系统自动创建该目录，并从光盘开始拷贝文件到硬盘。

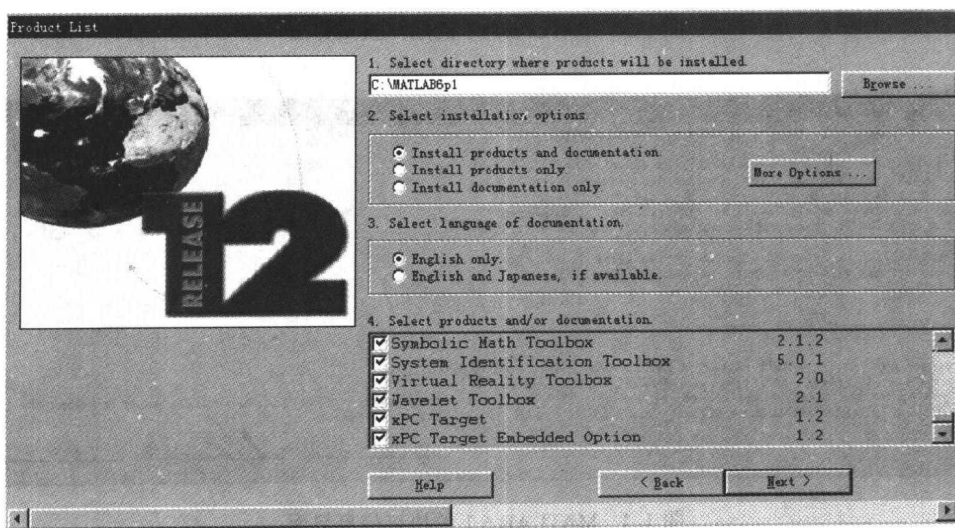


图 1-6 MATLAB 6.1 的选择安装界面

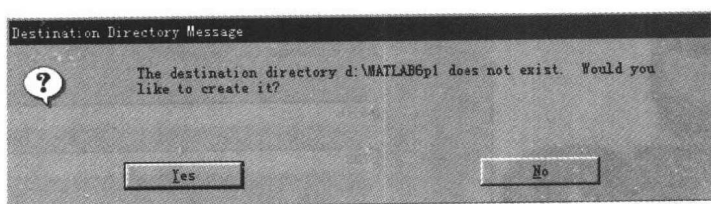


图 1-7 目录提示对话框

步骤四：经过前三步的初始化操作后，系统将开始 MATLAB 的安装拷贝工作。安装过程中，安装界面不断发生变化，位于屏幕中间的进度条反映了 MATLAB 的安装进度。图 1-8 是安装过程中出现的一个界面。

步骤五：安装到最后阶段将出现如图 1-9 所示的对话框，提示用户马上重新启动计算机

或者以后再启动计算机，默认的是前者，单击 Finish 按钮，则计算机将重新启动。至此为止，就完成了 MATLAB 6.1 的安装。

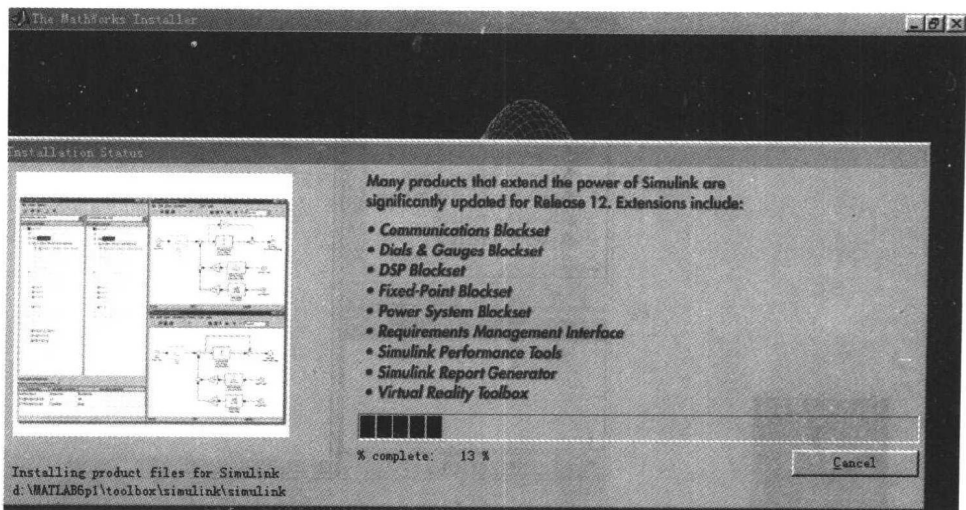


图 1-8 MATLAB 6.1 的安装进度界面

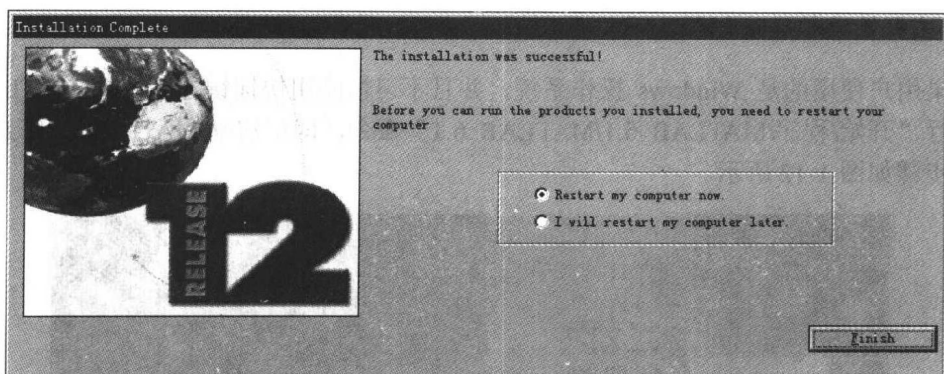


图 1-9 MATLAB 6.1 安装过程中的最终提示框

注意：MATLAB 6.0 的安装盘一般是 1 张光盘。MATLAB 6.1 的安装盘一般是 2 张光盘，其中，第一张盘用于安装 MATLAB 6.1 操作环境和各种工具箱，第二张盘是 MATLAB 6.1 的帮助文件安装盘，分为英文帮助（help）和日文帮助（jhelp）两个目录。若需要安装英文的帮助文件，则可以直接将 help 目录下的所有文件拷贝到 MATLAB 6.1 安装路径下的 help 子目录中。若需要安装日文帮助文件，也可以如法炮制。

1.2.2 MATLAB 的启动

启动 MATLAB 的常用方法有两种：利用快捷键启动以及由开始菜单启动。

1. 利用快捷键启动

MATLAB 安装完毕，重新启动计算机以后，会在桌面上自动建立启动 MATLAB 的快捷

方式图标, 如图 1-10 所示。用鼠标双击该快捷方式就可以启动 MATLAB。MATLAB 启动后的界面如图 1-11 所示。



图 1-10 MATLAB 6.1 的快捷方式图标

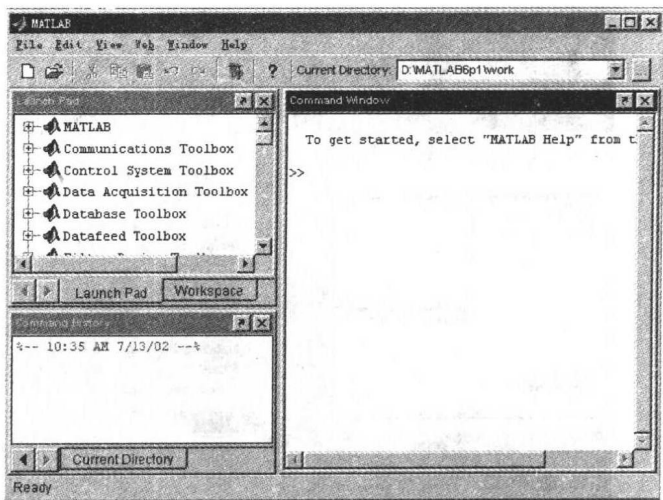


图 1-11 MATLAB 启动后的界面

2. 由开始菜单启动 MATLAB

如果用户使用的是 Windows 操作系统, 并且不习惯使用快捷键方法启动 MATLAB, 则可以执行“开始/程序/MATLAB 6.1/MATLAB 6.1”命令, 即可启动 MATLAB 工作方式。上述操作步骤如图 1-12 所示。

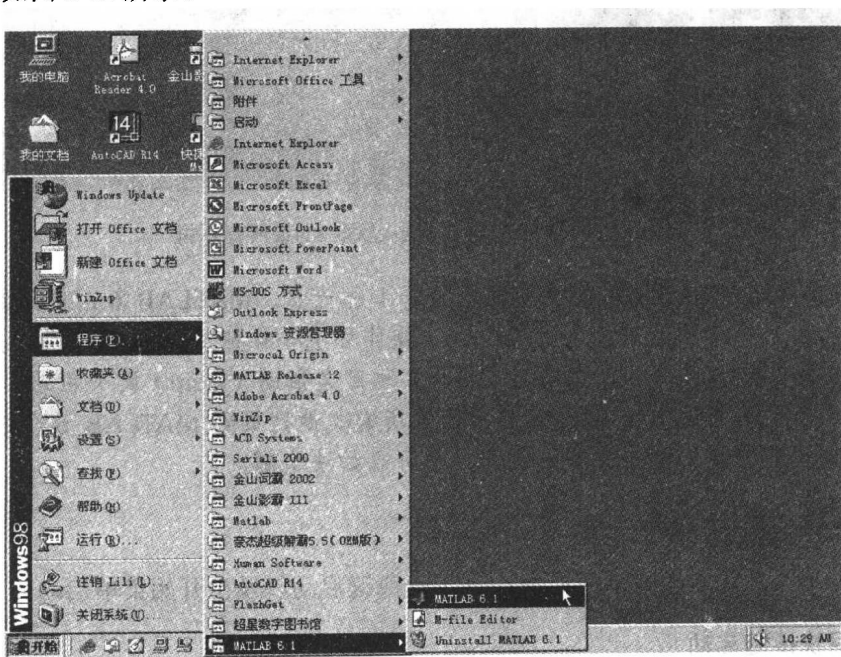


图 1-12 由开始菜单启动 MATLAB

1.3 MATLAB 的在线帮助

MATLAB 提供了丰富的查询帮助功能。总的来说，可以分为两大类：一类是在 MATLAB 的命令窗口通过输入命令来获得帮助，另一类是利用 MATLAB 提供的帮助浏览器。下面将分别进行介绍。

1.3.1 在 MATLAB 命令窗口获得帮助信息

在 MATLAB 的命令窗口中直接输入某些命令就可以获得相应的帮助信息。主要有以下几种命令：

1. help 命令

其调用格式为：

- **help**: 列出最原始的帮助项目，每项对应 MATLAB 的一个目录名。
- **help func**: 根据用户指定的项目，**func** 给出相应的帮助信息。其中，**func** 可以是命令名、函数名也可以是目录名。如果是目录名，则 **help** 显示一指定目录的索引清单。

【例 1-1】

直接在 MATLAB 的命令窗口输入：

```
help
```

按 Enter 键后将显示以下信息：

HELP topics:

matlab\general	- General purpose commands.
matlab\ops	- Operators and special characters.
matlab\lang	- Programming language constructs.
matlab\elmat	- Elementary matrices and matrix manipulation.
matlab\elfun	- Elementary math functions.
matlab\specfun	- Specialized math functions.
matlab\matfun	- Matrix functions - numerical linear algebra.
matlab\datafun	- Data analysis and Fourier transforms.
matlab\audio	- Audio support.
matlab\polyfun	- Interpolation and polynomials.
matlab\funfun	- Function functions and ODE solvers.
matlab\sparfun	- Sparse matrices.
matlab\graph2d	- Two dimensional graphs.
matlab\graph3d	- Three dimensional graphs.
matlab\specgraph	- Specialized graphs.
matlab\graphics	- Handle Graphics.
matlab\uitools	- Graphical user interface tools.
matlab\strfun	- Character strings.
matlab\iofun	- File input/output.
matlab\timefun	- Time and dates.

toolbox\rptgenext	- Simulink Report Generator
toolbox\splines	- Spline Toolbox.
toolbox\stats	- Statistics Toolbox.
ident\ident	- System Identification Toolbox.
ident\idobsolete	- (No table of contents file)
ident\idguis	- (No table of contents file)
ident\idutils	- (No table of contents file)
ident\iddemos	- (No table of contents file)
ident\idhelp	- (No table of contents file)
vr\vr	- Virtual Reality Toolbox.
vr\vr demos	- Virtual Reality Toolbox examples.
wavelet\wavelet	- Wavelet Toolbox.
wavelet\wavedemo	- Wavelet Toolbox Demonstrations.
xpc\xpc	- xPC Target
build\xpblocks	- (No table of contents file)
xpc\xpcdemos	- xPC Target -- demos and sample script files.
kernel\embedded	- xPC Target Embedded Option
MATLAB6P1\work	- (No table of contents file)

For more help on directory/topic, type "help topic".

For command syntax information, type "help syntax".

【例 1-2】

查询 diff 命令的使用方法。在 MATLAB 命令窗口中输入并执行以下命令：

```
help diff
```

则显示结果为：

DIFF Difference and approximate derivative.

DIFF(X), for a vector X, is [X(2)-X(1) X(3)-X(2) ... X(n)-X(n-1)].

DIFF(X), for a matrix X, is the matrix of row differences,

[X(2:n,:) - X(1:n-1,:)].

DIFF(X), for an N-D array X, is the difference along the first non-singleton dimension of X.

DIFF(X,N) is the N-th order difference along the first non-singleton dimension (denote it by DIM). If N >= size(X,DIM), DIFF takes successive differences along the next non-singleton dimension.

DIFF(X,N,DIM) is the Nth difference function along dimension DIM.

If N >= size(X,DIM), DIFF returns an empty array.

Examples:

h = .001; x = 0:h:pi;

diff(sin(x.^2))/h is an approximation to 2*cos(x.^2).*x

diff((1:10).^2) is 3:2:19

If X = [3 7 5

0 9 2]

then diff(X,1,1) is [-3 2 -3], diff(X,1,2) is [4 -2

9-7],

diff(X,2,2) is the 2nd order difference along the dimension 2, and

diff(X,3,2) is the empty matrix.

See also GRADIENT, SUM, PROD.

Overloaded methods

help sym/diff.m

help char/diff.m

help fints/diff.m

 注意: MATLAB 是区分大小写的。虽然给出的帮助信息中有些 diff 是大写的,但是用户在使用过程中应当全部使用小写。

2. 其他查询命令

(1) lookfor

查找帮助信息中的关键字。

其调用格式为:

lookfor abc: 系统按照已设置的 MATLAB 路径在所有文件中查找字符串 abc。对每个文件首部注释行的第一行所描述的帮助信息进行扫描。若在该行中找到字符串 abc,则将其所在的文件名以及所在行显示在屏幕上。

lookfor abc -all: 与 lookfor abc 类似,但查找范围扩大为每个文件首部的第一个注释块。

【例 1-3】

若想获得关于命令 sin 的帮助信息,只需在 MATLAB 的命令窗口输入并执行以下命令:

```
lookfor sin
```

将显示以下帮助信息:

java.m: %Using Java from within MATLAB

syntax.m: % You can enter MATLAB commands using either a FUNCTION format or a SUBSINDEX Subscript index.

ISINF True for infinite elements.

ACOS Inverse cosine.

ACOSH Inverse hyperbolic cosine.

ASIN Inverse sine.

ASINH Inverse hyperbolic sine.

COS Cosine.

COSH Hyperbolic cosine.

SIN Sine.

SINH Hyperbolic sine.

GSVD Generalized Singular Value Decomposition.

SVD Singular value decomposition.

DETREND Remove a linear trend from a vector, usually for FFT processing.

WAVPLAY Play sound using Windows audio output device.

WAVRECORD Record sound using Windows audio input device.