

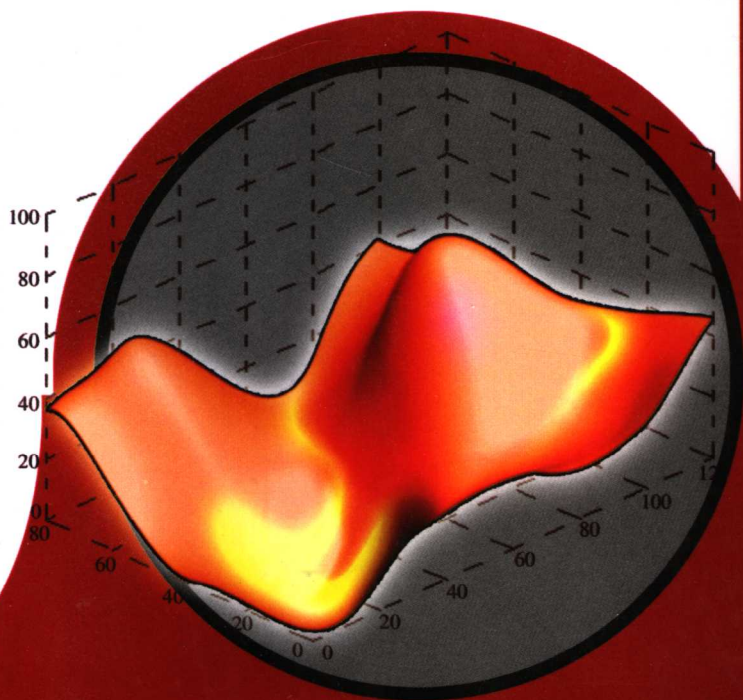
计算机辅助工程系列规划教材

MATLAB

数学计算与工程分析范例教程

石博强 赵金 编著

- 本书结合大学工科数学课程和工程技术应用,介绍当前国际上非常流行的数学计算软件MATLAB。
- 内容深入浅出、循序渐进,系统介绍了MATLAB的使用技巧和编程方法,有极强的参考性和实用性。
- 本书既适合高校学生上机使用,也可作为从事相关领域工作的科研人员的参考书。



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

MATLAB 数学计算与 工程分析范例教程

石博强 赵 金 编 著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书结合大学工科数学和工程技术的应用,介绍了当前国际上非常流行的软件——MATLAB的使用方法和技巧。本书囊括了大学数学(非数学专业)所有的课程,给出了相关课程的实验内容和练习,并且就常见工程问题的 MATLAB 解决给出了范例介绍。浅显易懂、力争避免出现专业术语是本书的最大特点,即便是只具有中学数学知识水平的人都能看懂大部分内容。本书既可作为高校学生数学课上机实习的教材,也可作为从事相关领域工作的科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 数学计算与工程分析范例教程/石博强,赵金编著. —北京:中国铁道出版社,2005.5

(计算机辅助工程系列规划教材)

ISBN 7-113-05759-4

I. M… II. ①石…②赵… III. 计算机辅助计算-软件包, MATLAB-高等学校-教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 030313 号

书 名: MATLAB 数学计算与工程分析范例教程

作 者: 石博强 赵 金

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑: 严晓舟 郭毅鹏

责任编辑: 苏 茜 吴 楠 王占清

封面制作: 白 雪

印 刷: 北京市彩桥印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.25 字数: 461 千

版 本: 2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000 册

书 号: ISBN 7-113-05759-4/TP·1472

定 价: 28.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

前言

MATLAB 是一种集数值计算、符号运算、可视化建模、仿真和图形处理等多种功能于一体的非常优秀的图形化语言。它的应用范围很广,在方程求解、多项式的运算、数学的极值计算、金融、工业系统仿真和统计等诸多领域都得到了广泛应用。目前 MathWorks 公司的产品已遍布全球, MATLAB 因其使用上的方便、强大功能以及良好的用户界面,在研究机构、公司(企业)和政府部门以及学校里已经是“家喻户晓”。它不仅是科学家、工程技术人员、职员和管理人员的必备工具,也是大学生和研究生需要掌握的一门技能。甚至在中学,学习 MATLAB,使用它解决一些如数学、物理及图形处理问题也已成为一种趋势。目前许多高校已经率先开设了数学实验课,数学实验课的目的就是通过使用 MATLAB 求解学习中所涉及的数学问题,来达到提高应用计算机解决数学问题的能力,这也是当前数学教学改革的重要方面。因此,作者在此之前编写了《MATLAB 数学计算范例教程》一书。随着 MATLAB 的普及,作者与读者共同感到:原书还有必要进一步完善、在内容上增加必要的知识以及工程应用的实例。本书就是在这一背景下成稿的。该书可看做是前者的修订本。本书各章节内容的安排完全按照高校数学教材的内容编写,讲述了如何在 MATLAB 上实现这些数学理论的应用,各章给出了相应的数学实验内容,同时也提供了使用数学手段解决实际工程问题的范例。

本书的内容具体安排如下:第1章 MATLAB 基础,主要讲授 MATLAB 的基本操作和一般使用,属于入门的内容,从而使本书既可用作大学的数学辅助教材,也可作为独立的 MATLAB 自学读本;第2章 数学分析,主要讲述 MATLAB 在极限、微分、积分、空间解析几何与向量代数、多元函数微分法、重积分、曲线积分与曲面积分、级数、微分方程等的应用;第3章 线性代数,主要包括行列式的求值、矩阵的基本运算、矩阵的初等变换和矩阵的秩、求解线性方程组、内积和正交、方阵的特征值和特征向量、矩阵的对角化、计算标准化二次型的转换矩阵和判别二次型的正定性等;第4章 概率论与数理统计,主要介绍随机变量分布、数学期望、方差计算与相关系数的计算、参数估计、假设检验以及方差分析等知识;第5章 复变函数,包括复数的表示和运算、复变函数的极限、求导、定积分、级数和泰勒展开以及留数的计算等;第6章 优化计算,包括优化问题的表达和模型建立、利用优化工具箱进行无约束的极值运算、有约束的极值运算和优化求解中的常见问题及解决建议等;第7章 求解偏微分方程,首先讲述了偏微分方程的特点,然后介绍了 MATLAB 处理这一领域问题的模式,重点讲述的是使用 PDE 工具箱的 GUI 求解偏微分方程的方法和步骤,最后附带交代了一下使用命令行求解偏微分方程的问题;第8章 工程分析算例,给出了在投入产出分析、数学建模、桁架计算、梁的静力分析、汽车振动分析等应用的例子,供读者参考。

全书由石博强、赵金、滕贵法、李海鹏、郭丽芳、侯友山和冯辉编著,石博强、赵金统稿了全书。由于时间有限,书中难免有不足和缺陷之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2005年3月

目 录

第 1 章	MATLAB 基础.....	1
1-1	MATLAB 的概况	1
1-2	MATLAB 的启动和菜单介绍	2
1-3	命令窗口 (Command Window) 的使用	6
1-3-1	命令窗口的使用	6
1-3-2	若干通用操作指令	7
1-3-3	在线帮助和演示	7
1-4	文本编辑窗口	8
1-5	快捷键的介绍	9
1-6	运算符和操作符	10
1-6-1	运算符和操作符介绍	10
1-6-2	运算符的应用示例	11
1-7	数值量和字符量的	13
1-7-1	数值量和数据格式的显示	13
1-7-2	字符量	14
1-7-3	变量的基本规定	15
1-8	矩阵的介绍	16
1-8-1	数组	16
1-8-2	矩阵	16
1-9	程序的结构	17
1-9-1	FOR 循环结构	17
1-9-2	WHILE 循环结构	19
1-9-3	IF 分支结构	20
1-9-4	SWITCH 分支结构	22
1-10	程序的流程控制	22
1-10-1	CONTINUE 命令	22
1-10-2	BREAK 命令	23
1-10-3	RETURN 命令	24
1-11	数学实验 (一) 和练习	25
1-11-1	数学实验 (一)	25
1-11-2	练习	26
第 2 章	数学分析	27
2-1	函数及其图像	27
2-1-1	绘图命令 fplot()	28
2-1-2	绘图命令 plot()	31

2-1-3 绘图命令 ezplot()	32
2-2 极限	33
2-3 导数与微分	34
2-4 符号方程的求解	37
2-5 导数的应用	39
2-6 不定积分	41
2-7 定积分	43
2-8 空间解析几何与向量代数	44
2-8-1 空间解析几何与向量代数的有关计算	44
2-8-2 空间曲线和空间曲面的绘制	47
2-9 多元函数微分法及其应用	51
2-9-1 多元函数的极限和求导	51
2-9-2 梯度计算和方向导数	54
2-9-3 多元函数的极值	57
2-10 重积分	58
2-11 曲线积分与曲面积分	59
2-12 级数	62
2-12-1 级数的求和与收敛	62
2-12-2 泰勒展开	63
2-12-3 傅里叶展开	65
2-13 微分方程	66
2-14 数学实验(二)和练习	69
2-14-1 数学实验(二)	69
2-14-2 练习	73
第3章 线性代数	77
3-1 行列式的求值	77
3-2 矩阵的基本运算	78
3-2-1 矩阵的加、减	78
3-2-2 数与矩阵相乘	79
3-2-3 矩阵与矩阵相乘	80
3-2-4 矩阵相除	81
3-2-5 矩阵的幂运算	82
3-2-6 求矩阵的转置矩阵	84
3-2-7 求矩阵的共轭矩阵	85
3-2-8 求矩阵的逆和伪逆	86
3-2-9 矩阵的迹	87
3-2-10 矩阵和向量的范数	88
3-2-11 矩阵的条件数	89
3-3 矩阵的初等变换和矩阵的秩	92
3-3-1 矩阵的初等行变换	92

3-3-2 矩阵的秩.....	94
3-4 矩阵的分解.....	94
3-4-1 对称正定矩阵的 Cholesky 分解.....	94
3-4-2 LU 分解.....	95
3-4-3 QR 分解.....	97
3-4-4 奇异值分解.....	98
3-4-5 特征值分解.....	99
3-4-6 Hessenberg 分解.....	100
3-4-7 Schur 分解.....	101
3-5 求解线性方程组.....	101
3-5-1 齐次线性方程组的求解.....	101
3-5-2 非齐次线性方程组的求解.....	103
3-6 内积和正交.....	110
3-6-1 向量的内积.....	110
3-6-2 向量的正交规范化.....	111
3-7 方阵的特征值和特征向量.....	112
3-8 实对称矩阵的对角化.....	113
3-9 二次型.....	114
3-9-1 计算标准化二次型的转换矩阵.....	114
3-9-2 判别二次型的正定性.....	114
3-10 数学实验(三)和练习.....	116
3-10-1 数学实验(三).....	116
3-10-2 练习.....	118
第4章 概率论与数理统计.....	121
4-1 离散型随机变量分布.....	121
4-1-1 超几何分布.....	121
4-1-2 二项分布.....	123
4-1-3 泊松分布.....	125
4-2 连续型随机变量分布.....	127
4-2-1 正态分布.....	127
4-2-2 指数分布.....	129
4-2-3 均匀分布.....	131
4-3 二维随机变量及其分布.....	132
4-3-1 二维随机变量的联合分布.....	132
4-3-2 二维随机变量的边缘分布.....	134
4-4 随机变量的函数的分布.....	135
4-4-1 求一个随机变量的函数的分布.....	136
4-4-2 求二个随机变量的函数的分布.....	137
4-5 随机变量的数字特征.....	138
4-5-1 随机变量的数学期望.....	139

4-5-2	随机变量的方差计算	142
4-5-3	常见分布的数学期望和方差的计算	144
4-5-4	协方差与相关系数的计算	146
4-6	参数估计	148
4-6-1	常用分布的参数估计	148
4-6-2	计算常用分布参数估计的通用命令	150
4-7	假设检验	151
4-7-1	单个正态总体均值 μ 的假设检验	151
4-7-2	两个正态总体均值的假设检验	154
4-7-3	两个总体一致性的假设检验	155
4-7-4	正态分布拟合的假设检验	156
4-8	方差分析	160
4-8-1	单因素方差分析	161
4-8-2	双因素方差分析	162
4-9	数学实验(四)和练习	164
4-9-1	数学实验(四)	164
4-9-2	练习	165
第5章	复变函数	170
5-1	复数	170
5-1-1	复数的表示	170
5-1-2	复数的简单运算	172
5-2	复变函数的极限	173
5-3	复变函数的求导	174
5-4	复变函数的定积分	175
5-5	复变函数的级数	177
5-5-1	复变函数级数的收敛和其收敛半径	177
5-5-2	复变函数的泰勒展开	179
5-6	留数的计算	180
5-7	复变函数的图像	183
5-8	数学实验(五)和练习	185
5-8-1	数学实验(五)	185
5-8-2	练习	188
第6章	优化运算	190
6-1	优化问题及其数学模型	190
6-2	优化工具箱	191
6-3	线性规划问题	192
6-4	计算非线性一元函数的最小值	194
6-5	无约束非线性多元变量的优化	196
6-5-1	命令函数 <code>fminsearch</code>	196
6-5-2	命令函数 <code>fminunc</code>	197

6-6	有约束非线性多元变量的优化	198
6-6-1	边界约束的优化问题	199
6-6-2	非线性约束的优化问题	200
6-6-3	已知梯度条件的优化问题	203
6-7	优化求解中的常见问题及解决建议	204
6-8	数学实验（六）和练习	205
6-8-1	数学实验（六）	205
6-8-2	练习	208
第 7 章	求解偏微分方程	210
7-1	偏微分方程的特点	210
7-2	PDE toolbox 求解问题的背景知识	211
7-3	GUI 求解偏微分方程的过程	212
7-3-1	GUI 求解问题的一般程序	212
7-3-2	求解问题的示例	213
7-4	GUI 界面的介绍	217
7-5	不同类型偏微分方程的求解	225
7-6	使用命令行求解偏微分方程	230
7-7	使用 PDE 工具箱求解偏微分方程的总结	233
7-8	数学实验（七）和练习	233
7-8-1	数学实验（七）	233
7-8-2	练习	236
第 8 章	工程分析算例	237
8-1	投入产出分析	237
8-2	数学建模	240
8-3	桁架的计算	242
8-4	梁的静力分析	244
8-5	汽车的振动分析	247
8-6	实验（八）和练习	254
8-6-1	实验（八）	254
8-6-2	练习	256
附录 A	MATLAB 主要命令函数表	258
附录 B	MATLAB 工具箱主要命令函数表	287

第 1 章 MATLAB 基础

本章的目的是使读者对 MATLAB 这门工程计算语言有个大概的了解。主要介绍了 MATLAB 的界面、通用命令和有关 MATLAB 编程的一些基本知识,例如运算符、变量类型、矩阵、程序结构和程序流程控制的基本命令。如果读者对 MATLAB 比较熟悉,可以跳过此章;如果读者以前不了解 MATLAB,建议好好读一读,本章对理解与学习后面章节的内容有很大帮助。

1-1 MATLAB 的概况

MATLAB 是美国 MathWorks 公司的产品,它是一个非常优秀的计算机语言,集数学计算、仿真和函数绘图等于一体,同时又非常容易学习和掌握。使用它,我们可以很容易实现和验证高等数学、线性代数、数理统计和概率论、复变函数等大学数学课程所讲述的内容,这对于学生深刻理解和应用数学课程所讲述的知识,有着巨大的促进作用。在西方的大学教育中, MATLAB 就获得了广泛的应用,被大学生们称作“电子演算纸”。当然 MATLAB 的功能决不仅仅是个“演算纸”的功能,它在科学研究和工程应用中都被广泛地使用,具有非常重要的学术价值和工程价值。MATLAB 涉及到许多领域的知识,这些功能的实现都是由相应领域里著名的专家和学者设计实现的。从这层意义上来说,学习 MATLAB,对于大学生们将来毕业后工作或进一步的学习,以及运用计算机解决实际问题都有着重要的意义。

目前 MATLAB 语言的最高版本为 MATLAB 7.0 版本,它除了最基本的功能外,还包括许多的工具箱,这些工具箱都是针对不同领域的问题而设计的。不同的工具箱推出的时间不同,更新的版本也不相同, MathWorks 公司还在不停地推出新的内容,扩展 MATLAB 的功能。本书不针对某一版本,而是讲述 MATLAB 在大学数学课程中的运用技巧。

另外,随着 MATLAB 版本的增加,它在许多方面得到了改善。如系统环境向文本编辑窗口附加功能的扩充和改进;在数学方面的计算求解,增加一些新数学函数;在编程和数据类型方面,支持在求解微分方程时使用 if 和 while 表达式等;在外部接口方面实现与 Java 数据的传递以及一些其他功能的扩充等。

MathWorks 公司的网址是 www.mathworks.com,读者可经常浏览访问,跟踪了解 MATLAB 的最新动态。

1-2 MATLAB 的启动和菜单介绍

首先正确安装 MATLAB (按照产品说明书或安装提示非常容易实现),然后启动 MATLAB。

MATLAB 的启动,有两种方法:

- 1. 如果 MATLAB 的可执行文件已放置到桌面上，直接双击 MATLAB 图标即可；
- 2. 进入安装 MATLAB 的目录，找到 matlab.exe，打开这个文件。

MATLAB 启动后，首先会显示如图 1-1 所示的窗口。从图中我们可以看到，有 3 个窗口区域，左上角的区域事实上由 3 个不同的窗口叠加而成，Current Directory 窗口显示当前路径下文件夹内保存的所有文件，Workspace 窗口显示工作空间里保存的所有变量，Launch Pad 窗口显示 MATLAB 的启动目录。左下角的窗口（Command History）显示我们曾经在命令窗口里输入过的命令。右边大的窗口（Command Window）就是命令窗口，通过在命令窗口里输入各种不同的命令来实现我们希望 MATLAB 帮我们完成的各种功能。这些窗口的显示与否，我们可以通过菜单中的 View 选项来调整。初学者需要特别注意的是工作空间(Workspace)里保存的变量只在本次操作中有效，当我们操作完毕关上了 MATLAB，下次再打开 MATLAB 时，就会发现上次操作时存在于工作空间中的变量都丢失了。所以在程序运行时 MATLAB 计算出的重要的数据要注意及时保存。

在图 1-1 中我们可以看到在整个窗口的顶部有菜单栏和工具栏，工具栏中的图标都是我们在各种图形用户界面中常见的图标，其对应的功能也相同。下面将分别介绍菜单项的功能。

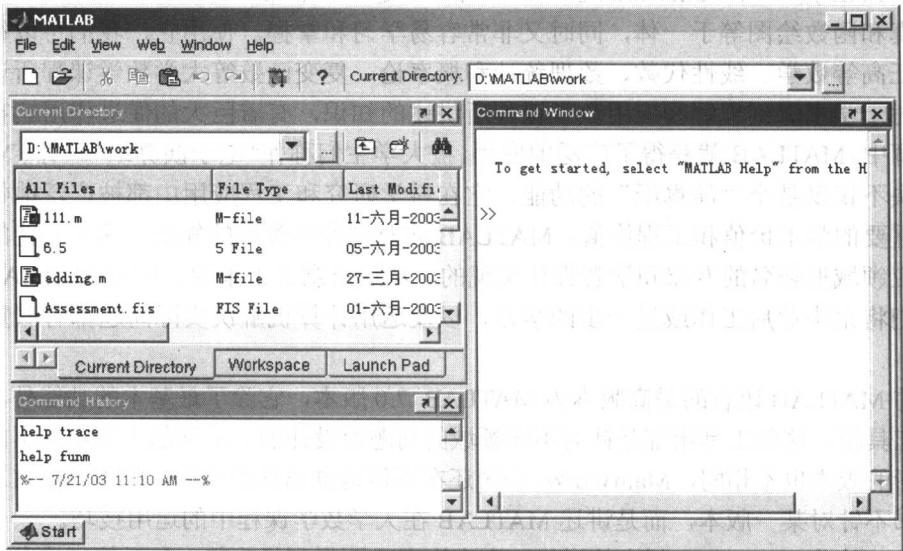


图 1-1 MATLAB 启动后的窗口

1. File 菜单

File 菜单界面如图 1-2 所示。

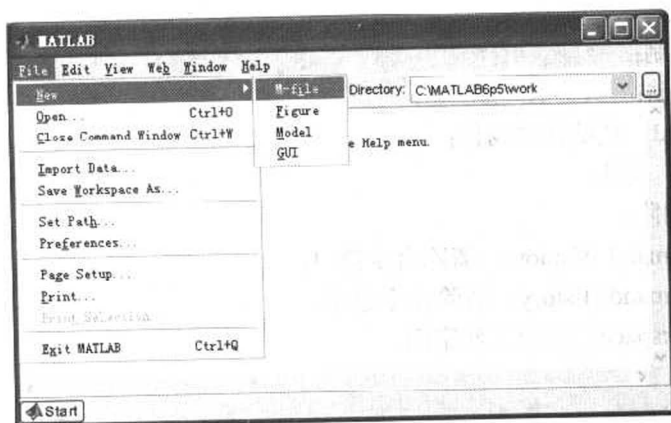


图 1-2 File 菜单

- New: 建立新文件 (4 种不同类型);
- Open: 打开已经存在的文件;
- Close Command Window: 关闭命令窗口;
- Import Data: 输入数据;
- Save Workspace As: 保存工作空间内容;
- Set Path: 设定路径;
- Preference: 工作状态;
- Print: 打印;
- Exit MATLAB: 退出 MATLAB。

2. Edit 菜单

Edit 菜单界面如图 1-3 所示。

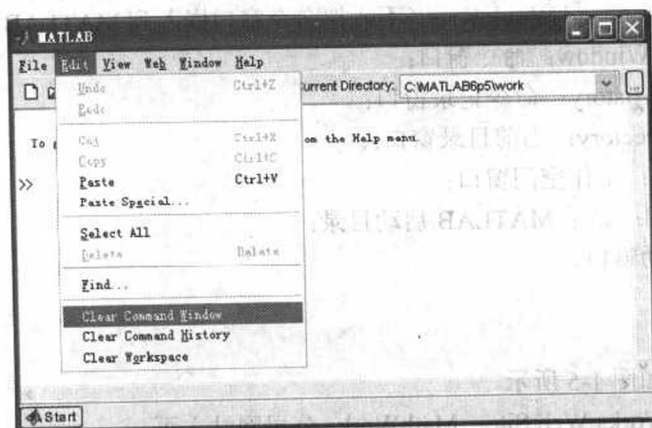


图 1-3 Edit 菜单

- Undo: 停止执行, 返回到最近一次的执行结果;
- Redo: 再次执行;

- Cut: 剪切;
- Copy: 复制;
- Paste: 粘贴;
- Pastespecial: 粘贴特殊物件;
- Select All: 全选;
- Delete: 删除;
- Clear Command Window: 清除命令窗口;
- Clear Command History: 清除命令记录;
- Clear Workspace: 清空工作空间。

3. View 菜单

View 菜单界面如图 1-4 所示。

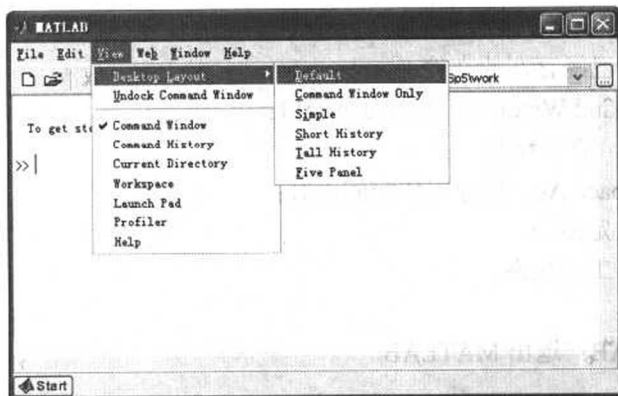


图 1-4 View 菜单

- Desktop Layout: MATLAB 系统桌面窗口显示方式 (有 5 种方式);
- Undock Command Window: (不) 把命令窗口嵌入到 MATLAB 系统的桌面上;
- Command Window: 命令窗口;
- Command History: 命令记录窗口;
- Current Directory: 当前目录窗口;
- Workspace: 工作空间窗口;
- Launch Pad: 显示 MATLAB 启动目录;
- Help: 帮助窗口。

4. Web 菜单

Web 菜单界面如图 1-5 所示。

- The MathWorks Web Site: MathWorks 公司网站主页;
- MATLAB Central: MathWorks 公司网站的 MATLAB 中心;
- MATLAB File Exchange: MATLAB 中心的文件交流区域;
- MATLAB Newsgroup Access: 对邮件问题的回答区域;
- Check for Updates: 检查产品的更新;

- Products: 相关产品;
- Member ship: 会员注册和讨论区域;
- Technical Support Knowledge Base: 技术支持区域。

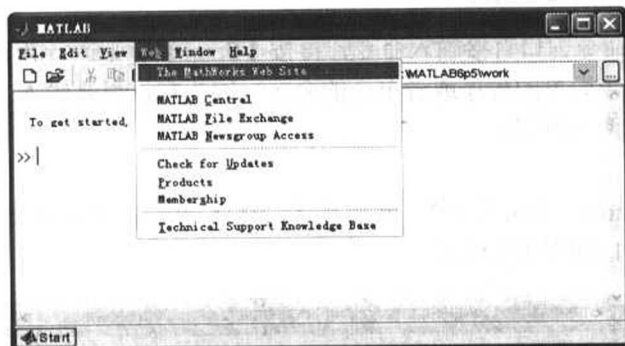


图 1-5 Web 菜单

5. Window 菜单

MATLAB Command Window 的切换按钮, 如果已在 Command Window 窗口, 则此菜单将不具有任何功能。

6. Help 菜单

Help 菜单界面如图 1-6 所示。

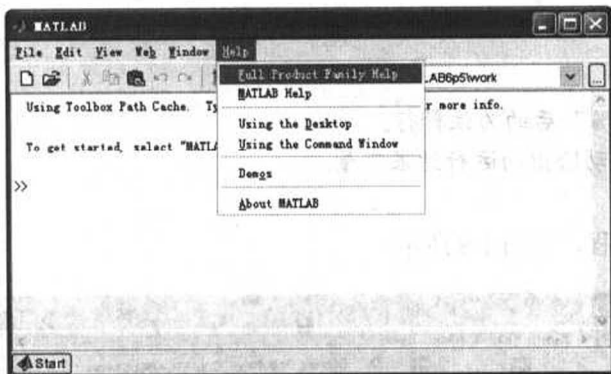


图 1-6 Help 菜单

- Full Product Family Help: 全系列产品帮助;
- MATLAB Help: 仅限于 MATLAB 本身的帮助;
- Using the Desktop: 使用系统的帮助桌面;
- Using the Command Window: 使用命令窗口;
- Demos: 范例演示;
- About MATLAB: 显示 MATLAB 的版本、出版日期、执照号码、使用者以及服务机关等相关信息。

1-3 命令窗口 (Command Window) 的使用

1-3-1 命令窗口的使用

在 MATLAB 的命令窗口直接输入命令，再按【Enter】键则运行并显示相应的结果。在命令窗口里适合运行较简单的程序或者单个的命令，因为在这里是输入一个语句就解释执行一个语句。我们来看两个例子：

范例 1-1

在 Command Window 上输入 $4*3$ ，然后按【Enter】键，看会有什么结果？运行后的命令窗口如图 1-7 所示。

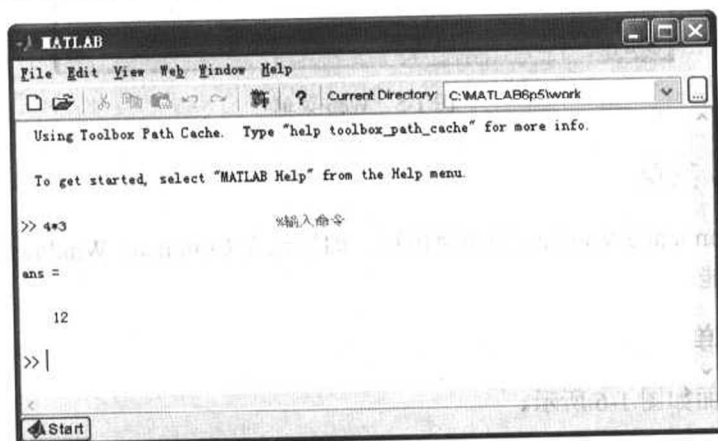


图 1-7 输入 $4*3$ 并按【Enter】键后的命令窗口

程序说明：

1. 在程序中，“%”后的为注释行。
2. ans 是系统自动给出的运行结果变量。

范例 1-2

看下面的计算过程，如图 1-8 所示。

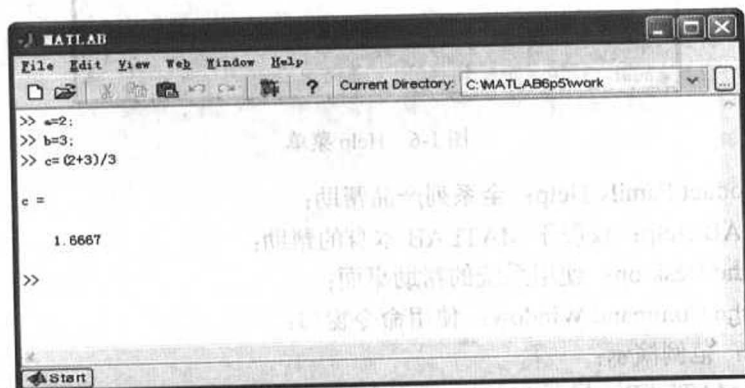


图 1-8 计算 $(2+3)/3$

程序说明:

1. 当不需显示结果时,可以在语句的后面直接加“;”。
2. 若我们直接指定变量,则系统不再提供 ans 作为计算结果变量。
3. 对除不尽的情况作了四舍五入的处理,保留小数点后 4 位有效数字(可设置)。

1-3-2 若干通用操作指令

MATLAB 可以通过菜单对工作着的窗口进行操作,也可以通过键盘在命令窗口里输入命令进行操作,下面列出一些通用操作命令:

```
quit    关闭 MATLAB
clear   清除内存中的变量
cla     清除坐标
clf     清除图形
clc     清除 MATLAB 命令窗口的所有显示内容
dir     列出指定目录下的文件和子目录
cd      改变当前工作目录
disp    运行时显示变量和文字内容
type    显示指定文件的内容
hold    控制当前图形窗口是否被刷新
```

这些操作命令的具体功能大家可以自己亲自试一下,以熟悉其功能。

1-3-3 在线帮助和演示

MATLAB 的在线帮助功能很丰富,最简单的方法就是在 Command Window 中直接输入 help 指令,例如 help return, 则系统就会显示和命令函数 return 相关的帮助信息,如图 1-9 所示。

此外,也可以选择 Help 菜单的选项,寻找相应的帮助文档。

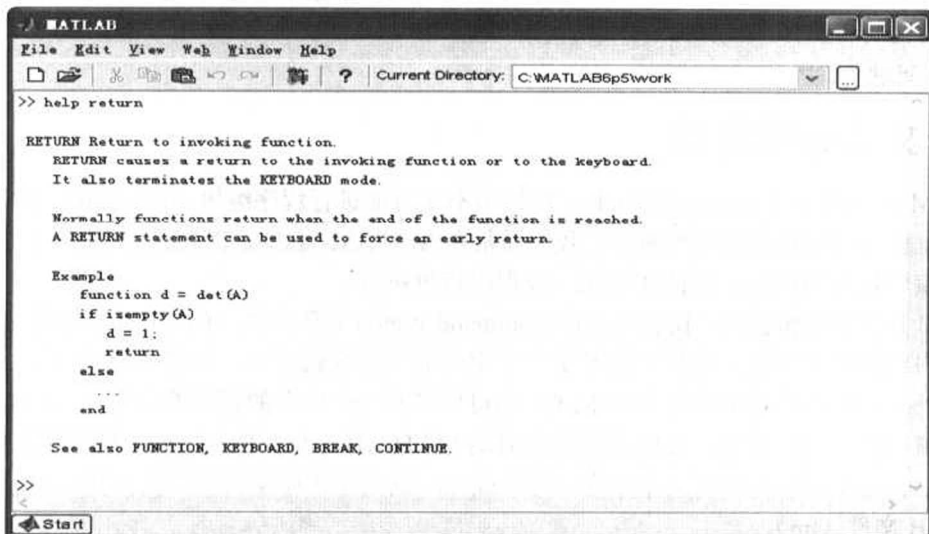


图 1-9 help 命令的使用

MATLAB 为我们提供了许多基本范例给我们参考, 这些范例所涵盖的范围很广, 读者可以查看这些范例的演示。选择菜单 Help 的下拉菜单项 Demos, 就可以打开范例索引 (Demos) 及其相关内容的帮助文档供我们学习。要想打开 Demo 索引窗口, 我们可以直接在命令窗口里输入 Demo, 确认即可, Demo 索引窗口如图 1-10 所示。

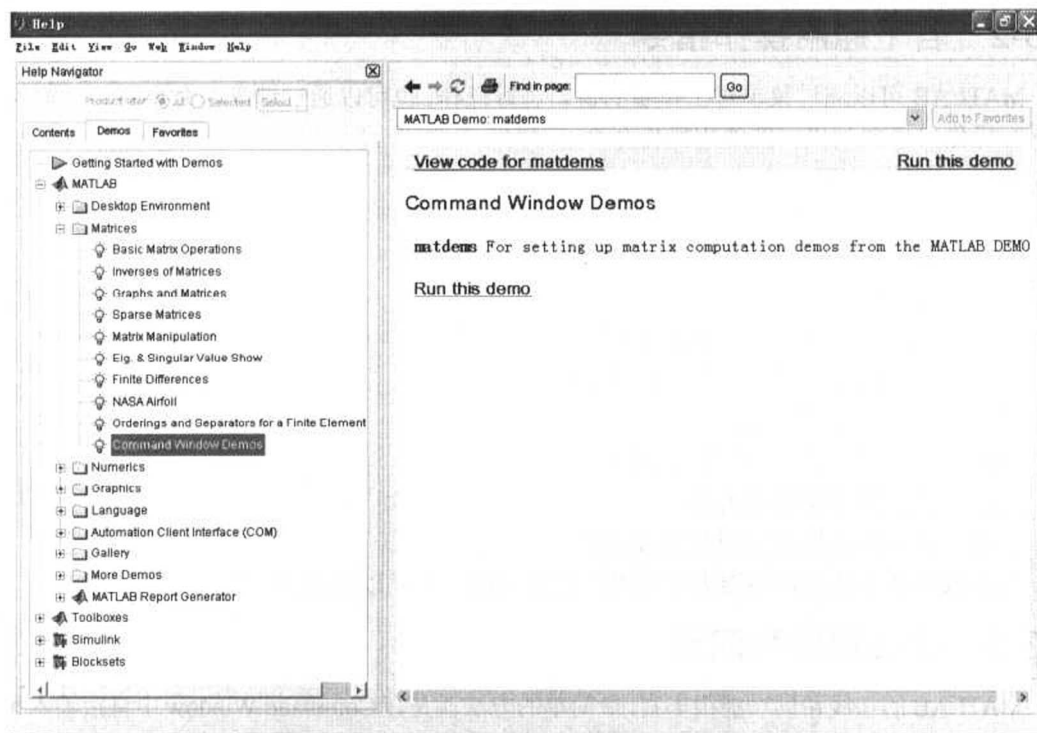


图 1-10 Demo 索引窗口

从图 1-10 我们可以看到, 窗口的左边是 Demo 的目录索引; 在窗口的右边先是对要演示 Demo 的说明和解释, 然后就是开始演示的链接 (Run this demo), 单击该链接就可以开始该 Demo 的演示了。

1-4 文本编辑窗口

在 MATLAB 的 Command Window 窗口中不太方便进行程序编辑, 因为每按一次【Enter】键, 系统就会立即执行输入的命令。我们通常在 MATLAB Editor/Debugger 窗口 (文本编辑窗口) 编辑较大的程序, 以便在写完一段程序后再执行。

要打开文本编辑窗口, 我们可以在 Command Window 窗口中, 单击工具栏中最左端显示为一张白纸的工具按钮。这样就打开了一个空白的程序编辑窗口, 如图 1-11 所示。

另外从 File 菜单项中选择 New/M-file 也可以打开一个空白的程序编辑窗口。在 MATLAB 的命令窗口输入 edit 命令, 此时系统也会启动 MATLAB Editor/Debugger 的程序编辑窗口, 我们可以在这个窗口中编辑文本命令。选择 Open, 则是在程序编辑窗口里打开一个已存在的 MATLAB 文件 (.m)。