



- ! MATLAB编程语言简洁, 使用方便灵活, 库函数极其丰富。
- ! MATLAB除具备卓越的数值计算能力外, 还提供了专业水平的符号计算文字处理、可视化建模仿真和实时控制等功能。
- ! 本书以实例的形式, 系统介绍了MATLAB的使用技巧和编程方法。

石博强 滕贵法 李海鹏 郭立芳 编著

MATLAB

数学计算范例教程

- 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软件MATLAB的使用方法和技巧。
- 内容深入浅出、循序渐进, 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

TB115
34

MATLAB 数学计算范例教程

石博强 滕贵法 李海鹏 郭立芳 编著

北方工业大学图书馆



00547764

中国铁道出版社

2004·北京

内 容 简 介

本书结合大学工科数学课程和工程技术的应用,介绍了当前国际上非常流行的软件 MATLAB 的使用方法和技巧,囊括了大学数学(非数学专业)所有的内容,并且还兼顾了工程计算的应用。本书是深入浅出、浅显易懂,力争避免一些专业术语的出现,即便是一些具有中学数学知识的人都能看懂大部分内容。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。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 数学计算范例教程/石博强等编著. —北京:中国铁道出版社, 2004.3

ISBN 7-113-05829-9

I. M… II 石… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB—教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 020805 号

书 名: MATLAB 数学计算范例教程

作 者: 石博强 滕贵法 李海鹏 郭立芳

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 赵 汶 张雅静

封面设计: 白 雪

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 428 千

版 本: 2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000 册

书 号: ISBN 7-113-05829-9/TP·1180

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

作者在读大学期间，总是对抽象的数学推导感到茫然，很长时间都不具备“基本”的数学修养，更不用说历练出“良好”的修养。有时也会对繁琐的计算望而生畏、没有自信；时常对建立的方程和公式求不出答案，即使给出答案，十之八九也是谬之千里。美国 MathWorks 公司推出的 MATLAB 平台所提供的强大功能，改变了作者的这一窘境。

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。目前北京科技大学、北京交通大学和其他一些高校已经率先开设了数学实验课。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。本书就是在这一背景下，为推动数学教学改革而写成的。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，同时也为使用数学手段解决实际工程问题提供了范例。

本章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：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。

全书由石博强、滕贵法、李海鹏和郭立芳编著，石博强、滕贵法统稿。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。

作者

2004 年 2 月

目 录

第 1 章	MATLAB 基础	1
1-1	MATLAB 的概况	2
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	10
1-6-2	运算符的应用示例	11
1-7	数值量和字符量	14
1-7-1	数值量和数据格式的显示	14
1-7-2	字符量	15
1-7-3	变量的基本规定	15
1-8	矩阵的介绍	17
1-8-1	数组	17
1-8-2	矩阵	17
1-9	程序的结构	18
1-9-1	FOR 循环结构	19
1-9-2	WHILE 循环结构	21
1-9-3	IF 分支结构	22
1-9-4	SWITCH 分支结构	23
1-10	程序的流程控制	24
1-10-1	CONTINUE 命令	24
1-10-2	BREAK 命令	25
1-10-3	RETURN 命令	26
1-11	练习题	27
第 2 章	数学分析	29
2-1	函数及其图像	30
2-1-1	绘图命令 fplot()	31
2-1-2	绘图命令 plot()	33

MATLAB 数学计算范例教程

2-1-3 绘图命令 ezplot()	35
2-2 极限	36
2-3 导数与微分	38
2-4 符号方程的求解	40
2-5 导数的应用	43
2-6 不定积分	46
2-7 定积分	47
2-8 空间解析几何与向量代数	49
2-8-1 空间解析几何与向量代数的有关计算	49
2-8-2 空间曲线和空间曲面的绘制	52
2-9 多元函数微分法及其应用	56
2-9-1 多元函数的极限和求导	56
2-9-2 梯度计算和方向导数	60
2-9-3 多元函数的极值	63
2-10 重积分	64
2-11 曲线积分与曲面积分	66
2-12 级数	69
2-12-1 级数的求和与审敛	70
2-12-2 泰勒展开	71
2-12-3 傅立叶展开	72
2-13 微分方程	74
2-14 练习题	77
第3章 线性代数	83
3-1 行列式的求值	84
3-2 矩阵的基本运算	85
3-2-1 矩阵的加、减	85
3-2-2 数与矩阵相乘	86
3-2-3 矩阵与矩阵相乘	87
3-2-4 矩阵相除	88
3-2-5 矩阵的幂运算	90
3-2-6 求矩阵的转置矩阵	91
3-2-7 求矩阵的共轭矩阵	93
3-2-8 求矩阵的逆和伪逆	94
3-2-9 矩阵的迹	95
3-2-10 矩阵和向量的范数	96
3-2-11 矩阵的条件数	98
3-3 矩阵的初等变换和矩阵的秩	101
3-3-1 矩阵的初等行变换	101

3-3-2 矩阵的秩.....	103
3-4 矩阵的分解.....	104
3-4-1 对称正定矩阵的 Cholesky 分解.....	104
3-4-2 LU 分解.....	105
3-4-3 QR 分解.....	107
3-4-4 奇异值分解.....	108
3-4-5 特征值分解.....	109
3-4-6 Hessenberg 分解.....	110
3-4-7 Schur 分解.....	111
3-5 求解线性方程组.....	112
3-5-1 齐次线性方程组的求解.....	112
3-5-2 非齐次线性方程组的求解.....	114
3-6 内积和正交.....	122
3-6-1 向量的内积.....	122
3-6-2 向量的正交规范化.....	123
3-7 方阵的特征值和特征向量.....	124
3-8 实对称矩阵的对角化.....	125
3-9 二次型.....	126
3-9-1 计算标准化二次型的转换矩阵.....	126
3-9-2 判别二次型的正定性.....	127
3-10 练习题.....	129
第 4 章 概率论与数理统计	133
4-1 离散型随机变量分布.....	134
4-1-1 超几何分布.....	134
4-1-2 两项分布.....	136
4-1-3 泊松分布.....	138
4-2 连续型随机变量分布.....	140
4-2-1 正态分布.....	140
4-2-2 指数分布.....	143
4-2-3 均匀分布.....	144
4-3 二维随机变量及其分布.....	146
4-3-1 二维随机变量的联合分布.....	146
4-3-2 二维随机变量的边缘分布.....	148
4-4 随机变量的函数的分布.....	149
4-4-1 求一个随机变量的函数的分布.....	149
4-4-2 求二个随机变量的函数的分布.....	151
4-5 随机变量的数字特征.....	152
4-5-1 随机变量的数学期望.....	152

MATLAB 数学计算范例教程

4-5-2	随机变量的方差计算.....	156
4-5-3	常见分布的数学期望和方差的计算.....	158
4-5-4	协方差与相关系数的计算.....	160
4-6	参数估计.....	163
4-6-1	常用分布的参数估计.....	163
4-6-2	计算常用分布参数估计的通用命令.....	165
4-7	假设检验.....	166
4-7-1	单个正态总体均值 μ 的假设检验.....	166
4-7-2	两个正态总体均值的假设检验.....	169
4-7-3	两个总体一致性的假设检验.....	170
4-7-4	正态分布拟合的假设检验.....	172
4-8	方差分析.....	176
4-8-1	单因素方差分析.....	176
4-8-2	双因素方差分析.....	178
4-9	练习题.....	179
第 5 章	复变函数.....	185
5-1	复数.....	186
5-1-1	复数的表示.....	186
5-1-2	复数的简单运算.....	188
5-2	复变函数的极限.....	189
5-3	复变函数的求导.....	190
5-4	复变函数的定积分.....	191
5-5	复变函数的级数.....	194
5-5-1	复变函数级数的收敛和其收敛半径.....	194
5-5-2	复变函数的泰勒展开.....	196
5-6	留数的计算.....	197
5-7	复变函数的图像.....	200
5-8	练习题.....	203
第 6 章	优化运算.....	205
6-1	优化问题及其数学模型.....	206
6-2	优化工具箱.....	207
6-3	线性规划问题.....	208
6-4	计算非线性一元函数的最小值.....	210
6-5	无约束非线性多元变量的优化.....	212
6-5-1	命令函数 fminsearch.....	212
6-5-2	命令函数 fminunc.....	213
6-6	有约束非线性多元变量的优化.....	215
6-6-1	边界约束的优化问题.....	216

6-6-2	非线性约束的优化问题.....	217
6-6-3	已知梯度条件的优化问题.....	220
6-7	优化求解中的常见问题及解决建议.....	221
6-8	练习题.....	223
第 7 章	求解偏微分方程.....	225
7-1	偏微分方程的特点.....	226
7-2	PDE toolbox 求解问题的背景知识.....	227
7-3	GUI 求解偏微分方程的过程.....	228
7-3-1	GUI 求解问题的一般程序.....	228
7-3-2	求解问题的示例.....	229
7-4	GUI 界面的介绍.....	233
7-5	不同类型偏微分方程的求解.....	241
7-6	使用命令行求解偏微分方程.....	245
7-7	使用 PDE 工具箱求解偏微分方程的总结.....	249
7-8	练习题.....	249
附录 A	MATLAB 主要命令函数表.....	251
附录 B	MATLAB 工具箱主要命令函数表.....	281



第 1 章

MATLAB 基础

MATLAB 数学计算范例教程

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的使用,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 MATLAB6.5 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,直接双击 MATLAB 图标;
2. 进入安装 MATLAB 的目录,找到 matlab.exe,打开这个文件。

MATLAB 启动后,首先会显示下面的窗口(如图 1-1)。我们可以看到,有三个窗口区域,左上角的区域事实上由三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 的选项来调整。初学者需要特别注意的是工作空间（Work Space）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保存的变量都丢失了。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。

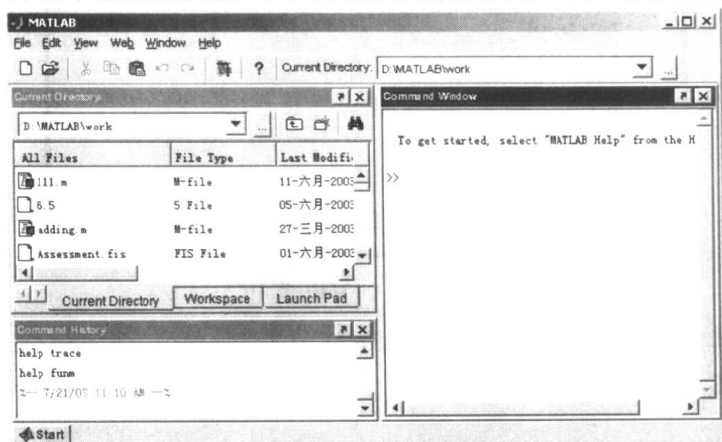


图 1-1 MATLAB 启动后的窗口

1. File 菜单

File 菜单界面如图 1-2 所示。

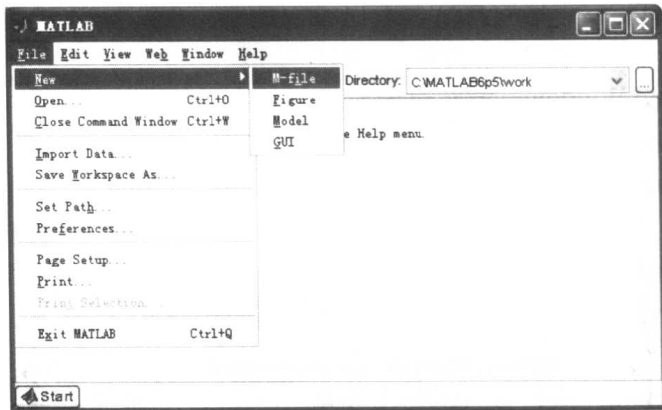


图 1-2 File 菜单

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

MATLAB 数学计算范例教程

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。

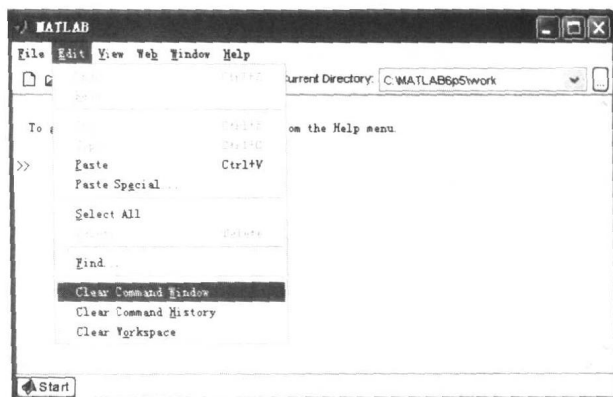


图 1-3 Edit 菜单

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

Paste special: 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。

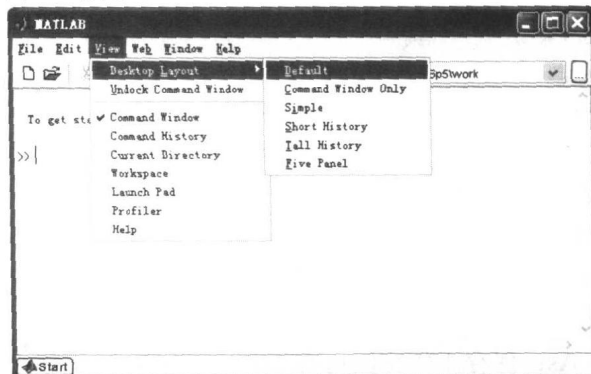


图 1-4 View 菜单

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 窗口

Web 窗口界面如图 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

Membership: 会员注册和讨论区域

Technical Support Knowledge Base: 技术支持区域

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。

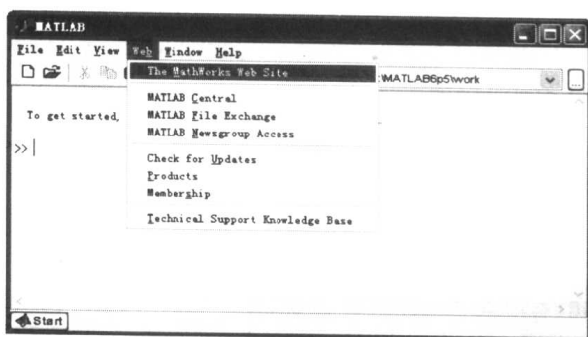


图 1-5 Web 窗口

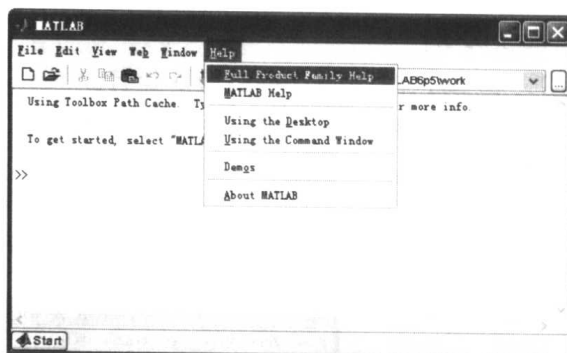


图 1-6 Help 菜单

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。

MATLAB 数学计算范例教程

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 $4*3$ ，然后按下 Enter 键，看会有什么结果？运行后的命令窗口如图 1-7 所示。

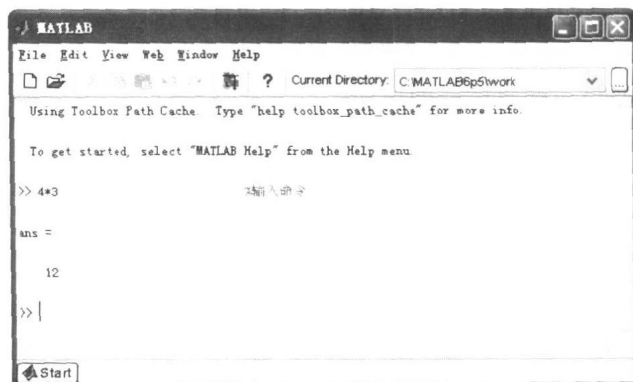


图 1-7 输入 $4*3$ 并按 Enter 键后的命令窗口

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。

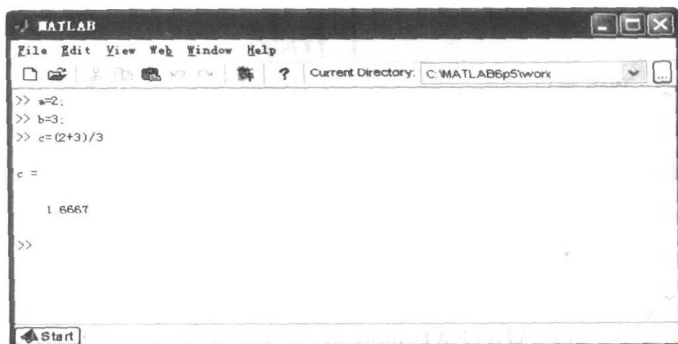


图 1-8 计算 $(2+3)/3$

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)。

此外, 也可以选择 help 菜单的选项, 寻找相应的帮助文档。

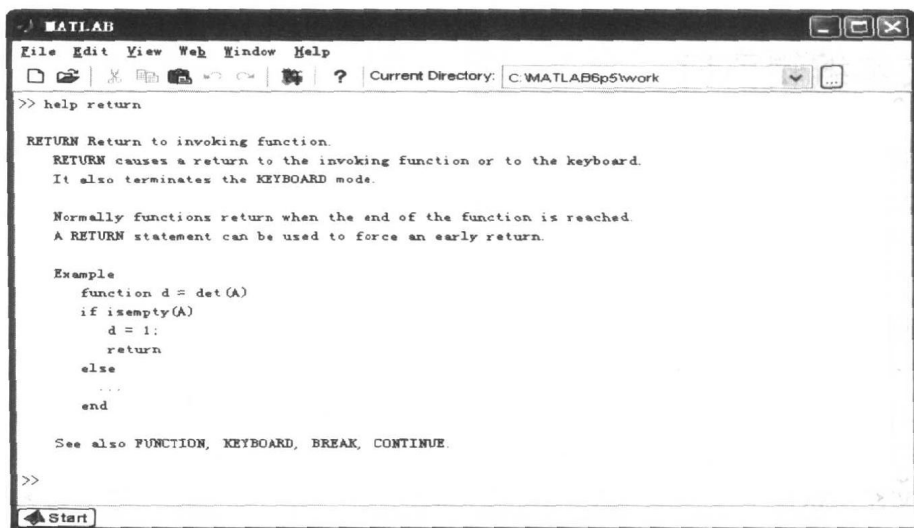


图 1-9 help 命令的使用