

国外计算机科学教材系列

科学计算引论

——基于 MATLAB 的数值分析

(第二版)

Numerical Analysis and Graphic Visualization with MATLAB
Second Edition

[美] Shoichiro Nakamura 著

梁 恒 刘晓艳 等译

白峰杉 审校

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以最新版 MATLAB 为平台,介绍了数值分析与图形可视化。内容涉及 MATLAB 介绍,数学分析的数值基础,数值方法在工程、科学和数学问题中的应用以及 MATLAB 绘图等内容。本书重点讲述数值方法的思想 and 原理并图示其结果,尽可能避免过深的数学理论和过于繁杂的算法细节,有助于读者更有效地利用 MATLAB 的超强功能,来处理科学计算问题。

本书可作为各科学和工程专业本科“计算方法”课程的教材或参考书,也可作为科技人员使用 MATLAB 的参考手册。

Simplified Chinese edition Copyright © 2002 by PEARSON EDUCATION NORTH ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

Numerical Analysis and Graphic Visualization with MATLAB, Second Edition by Shoichiro Nakamura. Copyright © 2002. All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall PTR.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和 Pearson Education 培生教育出版北亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 Pearson Education 培生教育出版集团激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号:图字:01-2002-1389

图书在版编目(CIP)数据

科学计算引论——基于 MATLAB 的数值分析(第三版)/(美)中村小一郎(Nakamura, S.)著;梁恒等译.
—北京:电子工业出版社,2002.6

(国外计算机科学教材系列)

书名原文: Numerical Analysis and Graphic Visualization with MATLAB Second Edition

ISBN 7-5053-7641-1

I. 科... II. ①中... ②梁... 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(2002)第 035942 号

责任编辑:马 岚 杜国燕

印刷者:北京人卫印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店

开 本:787 × 1092 1/16 印张:24.5 字数:612 千字

版 次:2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

定 价:34.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077

出版说明

21世纪初的5至10年是我国国民经济和社会发展的关键时期,也是信息产业快速发展的关键时期。在我国加入WTO后的今天,培养一支适应国际化竞争的一流IT人才队伍是我国高等教育的重要任务之一。信息科学和技术方面人才的优劣与多寡,是我国面对国际竞争时成败的关键因素。

当前,正值我国高等教育特别是信息科学领域的教育调整、变革的重大时期,为使我国教育体制与国际化接轨,有条件的高等院校正在为某些信息学科和技术课程使用国外优秀教材和优秀原版教材,以使我国在计算机教学上尽快赶上国际先进水平。

电子工业出版社秉承多年来引进国外优秀图书的经验,翻译出版了“国外计算机科学教材系列”丛书,这套教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多,既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择和自由组合使用。这些教材涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。同时,我们也适当引进了一些优秀英文原版教材,本着翻译版本和英文原版并重的原则,对重点图书既提供英文原版又提供相应的翻译版本。

在图书选题上,我们大都选择国外著名出版公司出版的高校教材,如Pearson Education培生教育出版集团、麦格劳-希尔教育出版集团、麻省理工学院出版社、剑桥大学出版社等。撰写教材的许多作者都是蜚声世界的教授、学者,如道格拉斯·科默(Douglas E. Comer)、威廉·斯托林斯(William Stallings)、哈维·戴特尔(Harvey M. Deitel)、尤利斯·布莱克(Uyless Black)等。

为确保教材的选题质量和翻译质量,我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本系列教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师、博士,也有积累了几十年教学经验的老教授和博士生导师。

在该系列教材的选题、翻译和编辑加工过程中,为提高教材质量,我们做了大量细致的工作,包括对所选教材进行全面论证;选择编辑时力求达到专业对口;对排版、印制质量进行严格把关。对于英文教材中出现的错误,我们通过与作者联络和网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订。

此外,我们还将与国外著名出版公司合作,提供一些教材的教学支持资料,希望能为授课老师提供帮助。今后,我们将继续加强与各高校教师的密切联系,为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书,为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

电子工业出版社

教材出版委员会

- | | | |
|----|-----|---|
| 主任 | 杨芙清 | 北京大学教授
中国科学院院士
北京大学信息与工程学部主任
北京大学软件工程研究所所长 |
| 委员 | 王 珊 | 中国人民大学信息学院院长、教授 |
| | 胡道元 | 清华大学计算机科学与技术系教授
国际信息处理联合会通信系统中国代表 |
| | 钟玉琢 | 清华大学计算机科学与技术系教授
中国计算机学会多媒体专业委员会主任 |
| | 谢希仁 | 中国人民解放军理工大学教授
全军网络技术研究中心主任、博士生导师 |
| | 尤晋元 | 上海交通大学计算机科学与工程系教授
上海分布计算技术中心主任 |
| | 施伯乐 | 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授
中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长 |
| | 邹 鹏 | 国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师
教育部计算机基础课程教学指导委员会副主任委员 |
| | 张昆藏 | 青岛大学信息工程学院教授 |

译者序

科学的飞速发展和工程技术的日新月异,使得数学在其他学科中的应用空前广泛;同时其他学科也不断提出全新的问题,从而极大推动了数学的发展。

科学计算作为当今科学研究的三种基本手段之一,将数学与其他学科紧密地联系起来,因此它的发展受到广泛关注。有些发达国家甚至将科学计算作为衡量国家综合实力的一个重要方面,大力推动其发展。也正因为如此,“科学计算”(或传统上所称的“数值分析”或“计算方法”)已经成为国内外理工类大学开设的最普遍的数学课程之一。

值得注意的是,随着计算机科学和技术的发展,“计算的可视化”已成为科学计算的重要组成部分。与此同时,科学计算软件的发展与成熟,要求传统的“计算方法”课程必须进行教学内容和方式的调整。它应当在强调数值计算方法的原理、思想和基本理论的同时,适当淡化算法的细节和程序实现,并在一个通用的软件平台上开展教学。本书在上述两个方面进行了有益的探索。

本书讲解的重点无疑是数值计算方法和计算的可视化,同时将 MATLAB 的使用和编程的基本技巧渗透于其中。读者在上机练习中加深了对数值算法原理的理解,又通过对算法思想和理论的分析,熟练掌握 MATLAB 的使用,培养和提高实际计算的能力和技巧。

本书内容丰富、翔实、生动。书中的概念均以大量例子说明,以帮助读者领会。同时还配备了大量的习题和例题,范围从方法原理、算法的基本应用到理论的归纳与扩展,涉及物理、计算机、化学、机械等多个不同的领域。通过这些实例,进一步展现了数值方法的实际应用。每一章的最后一节列出了该章所用的算法,既方便了读者上机练习,又为他们提供了进一步提高的机会。

本书结构合理,可读性强,对使用 MATLAB 的科技人员有着重要的参考价值,更可作为“数值分析”课程的教材或参考书。

虽然本书并不是十全十美,但相信对推动国内科学计算课程的建设会有所助益。

参加本书翻译工作的人员有:梁恒、刘晓艳、仝辉、李婷、刘宁、许正、胡月辉、杨晶等,白峰杉教授对全书的译稿进行了认真细致的审校工作。他们都为本书的尽快问世付出了辛勤的劳动,在此表示感谢。

前 言

本书的内容

本书以理工科大学生为基本读者对象,以软件 MATLAB 作为辅助工具介绍数值分析与图形可视化,它也可以作为科技人员使用 MATLAB 的手册。本书的编写重点不在于讲授数值分析中的数学内容,而是讲授一些求解方程以及将其结果可视化的知识和技巧,使得读者能够有效地解决问题并处理计算结果。

MATLAB 以其独特的魅力,改变了传统数值分析的编程观念,从而成为实现上述目标的有利工具。本书详细介绍了最新版 MATLAB 中的一些数学命令和图形工具,主要由四部分内容构成:(1)MATLAB 编程,(2)数值分析的数学基础,(3)数值方法在工程、科学和数学问题中的应用,(4)MATLAB 绘图。

本书的前两章是对 MATLAB 命令和图形工具的综合介绍,主要针对初学者和低年级大学生,这两章的内容相对于第一版进行了较大幅度调整。第 1 章中特别强调了 MATLAB 程序的理解及编写技巧。这是因为如果读者没有任何计算机高级语言的基础和经验,会对本书的学习造成很大的障碍。为了获得阅读本书后续部分所需的知识和技巧,完成每一章后的练习题目非常重要。

在第 2 章中,从 MATLAB 的一些容易掌握的简单图形功能开始,循序渐进,到该章末尾时读者就已经可以画出具有专业水准的三维图形了。该章不仅介绍了如何编写绘图程序,而且将数学和科学问题的图形表示技巧贯穿始终。这些图形功能是学习和应用以后各章中所述数值方法的基础,因此上机练习也是非常重要的。个别学生试图照搬程序而不去理解其工作原理,这是无益的,重要的是在练习中体会其成功与失败的原因,从而掌握这些命令。

第 3 章到第 11 章讲述了基本的数值方法及其在 MATLAB 中的实现,并给出了相应的 MATLAB 命令。附录中还对一些专题做了介绍,其中包括高级三维彩色图形、动画、图像处理、图形用户界面等内容。读者可以根据需要自由使用本书中的程序,但初学者最好自己动手编写,切勿盲目套用。

读者可以在计算机上运行本书中的程序和函数,这些程序也可以在“前言”后面部分介绍的网址下载得到。

MATLAB 的特点

MATLAB 是类似于 Fortran 和 C 的一种语言,虽然很难简短描述其特点,但对于科学计算而言,其主要特色有:

- 易于编程
- 整数、实数、复数之间的统一性
- 高精度及扩充的数值范围
- 综合性的数学工具库

- 包含图形用户界面在内的功能完备的图形工具
- 与传统编程语言的接口
- MATLAB 程序的可移植性

MATLAB 最大的特色是实数、复数和整数之间没有区别,所有数都采用双精度表示。由于数在 MATLAB 里是统一表示的,也就意味着,不用事先声明,变量可以取做任何类型的数。这就使得编程更快、更有效。在 Fortran 中,对于单精度、双精度、实数、复数及整数类型的变量,相同功能的函数需要不同的子程序,而在 MATLAB 中则不必区分它们。

MATLAB 中丰富的数学函数库使得数学计算更加简便。由于实变量与复变量之间的统一性,相对于其他语言而言,用户可以更方便地编写数学程序。在众多的数学函数中,线性代数解法器起着举足轻重的作用。事实上,整个 MATLAB 系统都建立在线性代数计算的基础之上。

图形的重要性

数学的图形表示有助于读者学习和理解数学并从中得到乐趣。尽管大家都了解图示的重要性,但在过去,图示计算结果非常麻烦。MATLAB 的出现,使简单方便地图示数学问题和结果成为可能。利用数学表达式,不但可以生成一些图形,还可以生成艺术图像。可以说是 MATLAB 的图形工具激发了学生学习原本枯燥的数学和数值分析的浓厚兴趣。

对读者来说,MATLAB 简单易学而又富有趣味。本书中还介绍了科学计算的图像处理以及动画制作,这种方法也可以用于艺术创作当中。

本书中的命令及函数名

本书中特有的程序及函数名中都会带下划线,如 `rotx_.m`。不带下划线的程序及函数是 MATLAB 原有的程序。

MATLAB 是否可以完全替代 Fortran 和 C

答案是否定的。Fortran 和 C 在需要大内存、长时间的高性能计算当中仍然占有重要的地位。MATLAB 的计算速度远慢于 Fortran 和 C,因为方便的使用性能必然要付出一定的代价。但学习 Fortran 和 C 并不是掌握 MATLAB 的先决条件。

学习 MATLAB 所需用到的参考书

本书介绍了许多 MATLAB 命令,但仍不完全。如果读者有兴趣进一步了解 MATLAB,可以参考 MATLAB 的“User's Guide”和 MATLAB 的“Reference Guide”。目前,关于介绍如何使用 MATLAB, Simulink, Toolbox, Blockset 的书籍已经超过了 400 本,更多的信息请参见网站:

<http://www.mathworks.com/support/books>

本书的读者服务网站

为方便读者学习,开设了如下网站:

<http://olen.eng.ohio-state.edu/matlab>

该网站包括了一些例题、提示及书中不能打印出的彩色图形,还贴出了本书的勘误表,提供相关的链接等。

怎样获得 M 文件包

包含本书所列程序的 M 文件包可以从出版商的网站获得,下载地址可在上述的网站中获得。文件包中包含下列文件:

- (1)列在每章后的所有 M 文件
- (2)本书中所有例子的程序(不包括短程序)
- (3)本书中常用的绘图程序

习题答案

每章中所有习题的答案都列在本书的末尾,进一步的帮助信息可以查询读者服务网站。

怎样获得更多的 MATLAB 信息

最好的方式是访问 MATHWORKS 的网站 <http://www.mathworks.com>

MATHWORKS 的通信地址为: The MathWorks, Inc., 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01716-2098, United States

电话:508-647-7000, 传真:508-647-7001

目 录

第 1 章 MATLAB 入门	1
1.1 计算前的准备	1
1.2 怎样进行计算	4
1.3 分支结构	7
1.4 循环结构 for/end 和 while/end	8
1.5 读与写	11
1.6 数组变量	13
1.7 MATLAB 特有的数字特征	21
1.8 MATLAB 的数学函数	23
1.9 功能函数	25
1.10 用 M 文件开发程序	26
1.11 如何编写函数	27
1.12 保存和载入数据	29
1.13 硬拷贝	31
习题	31
第 2 章 MATLAB 绘图	36
2.1 简单绘图	36
2.2 图形的交互式编辑	48
2.3 打印和记录图形	49
2.4 绘制二维函数的图形	49
2.5 三角网格和等高线	53
2.6 曲线网格和等高线	54
2.7 绘制曲面	55
2.8 MATLAB 制图板	62
2.9 交互式图形功能	66
2.10 M 文件	67
习题	80
第 3 章 线性代数	83
3.1 矩阵和向量	83
3.2 MATLAB 里的矩阵和向量运算	87
3.3 逆矩阵	88
3.4 线性方程组	90
3.5 不可解问题	93

3.6	行列式	95
3.7	病态问题	97
3.8	高斯消去法	100
3.9	Gauss-Jordan 消去法和矩阵求逆	105
3.10	LU 分解	107
3.11	迭代法	110
3.12	矩阵的特征值	112
	习题	115
第 4 章	多项式与插值	119
4.1	关于多项式的 MATLAB 命令	119
4.2	线性插值	122
4.3	用幂级数做多项式插值	124
4.4	Lagrange 插值多项式	127
4.5	插值多项式的误差	129
4.6	Lagrange 插值公式的微分与积分	132
4.7	Chebyshev 点的插值	134
4.8	三次 Hermite 插值	137
4.9	二维插值	141
4.10	超限插值	142
4.11	M 文件	145
	习题	147
第 5 章	数值积分	150
5.1	梯形法	150
5.2	辛普森法	153
5.3	其他求积公式	156
5.4	关于积分限无界以及被积函数有奇点的数值积分法	161
5.4.1	复合梯形求积公式的使用	162
5.4.2	指数变换	163
5.4.3	二重指数变换	165
5.5	MATLAB 中的积分命令	166
5.6	二维区域上的数值积分	167
5.7	M 文件	171
	习题	176
第 6 章	数值微分	180
6.1	插值多项式的导数	180
6.2	差分近似	181
6.3	Taylor 展开方法	184
6.4	自动求导算法	188

6.4.1	算法 1	188
6.4.2	算法 2	189
6.5	偏导数的差分近似	190
6.6	高阶导数的数值计算	191
6.7	M 文件	193
	习题	195
第 7 章	非线性方程求根	199
7.1	图解法	199
7.2	二分法	201
7.3	牛顿迭代法	203
7.4	割线法	206
7.5	逐次代换法	207
7.6	非线性方程组	209
7.7	M 文件	213
	习题	216
第 8 章	数据的曲线拟合	220
8.1	直线拟合	220
8.2	非线性曲线拟合:幂函数拟合	223
8.3	高次多项式曲线拟合	225
8.4	函数线性组合曲线拟合法	227
	习题	228
第 9 章	样条函数与非线性插值	232
9.1	c 样条插值	232
9.2	三次 b 样条插值	237
9.3	非线性函数插值	242
9.4	M 文件	247
	习题	250
第 10 章	常微分方程的初值问题	252
10.1	一阶 ODE 问题	252
10.2	Euler 方法	254
10.2.1	向前 Euler 法	254
10.2.2	改进的 Euler 法	256
10.2.3	向后 Euler 法	258
10.2.4	Euler 法的精度	259
10.2.5	二阶 ODE 问题	259
10.2.6	高阶 ODE 问题	262
10.3	龙格-库塔方法	265
10.3.1	二阶龙格-库塔方法	266

10.3.2	二阶龙格-库塔方法的精度	269
10.3.3	高阶 ODE 问题	270
10.3.4	三阶龙格-库塔方法	275
10.3.5	四阶龙格-库塔方法	276
10.3.6	误差、稳定分析及时间步长的优化	285
10.4	打靶法	287
10.5	直线法	289
	习题	291
第 11 章	常微分方程的边值问题	298
11.1	引言	298
11.2	杆状物和板状物的边值问题	299
11.3	三对角方程的解法	302
11.4	变系数及非均匀网格情形	304
11.5	柱体和球体	306
11.6	非线性常微分方程	307
11.6.1	逐次代换法	307
11.6.2	牛顿迭代法	308
	习题	310
附录 A	色彩	315
附录 B	绘制三维对象	319
附录 C	动画	327
附录 D	图像处理	330
附录 E	图形用户界面	337
附录 F	习题答案	362

第 1 章 MATLAB 入门

本章是为不熟悉 MATLAB 的初学者准备的使用指南。假定读者已经有了学生版或专业版的 MATLAB^①。在阅读本章之前,读者应该在计算机上安装 MATLAB,然后打开命令窗口,键入并执行书中所介绍的命令。尽管本书尽可能将 MATLAB 命令解释清楚,但请记住,学习任何一种语言的最初阶段都容易产生误解且单调乏味。在计算机上执行这些命令将有助于理解。

我们建议读者尽可能多做每章后面的习题。习题非常简单,但通过不断练习,你的知识与技巧将得到提高。读者也可以从书后的参考答案或作者网页上类似的习题与解答中寻求帮助^②。

在本书中,log 代表 \log_e ,以 10 为底的对数函数 \log_{10} ,记为 \log_{10} 。三角函数使用的是弧度而非角度,但图形窗口中的角使用的是角度。

不同计算机上的计算结果可能稍有不同,但这种差异通常是可以忽略的。然而,有一些对舍入误差非常敏感的问题,对于它们,不同计算机算出的结果可能差别很大。这种问题称为病态问题,通常任何计算机求解它们都是很困难的。

1.1 计算前的准备

打开 MATLAB 的方式:在 UNIX 工作站上, MATLAB 可以通过键入以下命令打开:

```
> matlab
```

在 PC 机上, MATLAB 可以通过点击开始菜单或快捷图标中的 MATLAB 打开。 MATLAB-6 启动后,将产生一个如图 1.1 所示的窗口。左边被分为两个子窗口,右边是命令窗口, MATLAB 的大多数重要工作都是在命令窗口中完成的,在更早的版本中没有左边的窗口。

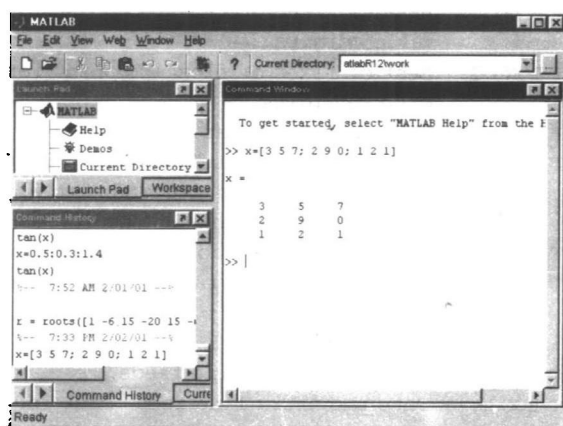


图 1.1 MATLAB-6 桌面

- ① MATLAB-6。但是,除少数命令以外,许多说明都适用于 MATLAB 4 和 MATLAB 5。本书简述了那些仅适用于 MATLAB-6 的特性。
- ② <http://olen.eng.ohio-state.edu/matlab>。

命令窗口出现提示符“>>”后,即可键入本节所介绍的命令。窗口的初始(默认)工作目录是 C:/MATLAB/bin。如果想使用软盘作为工作目录,则可在提示符“>>”后键入命令“cd \ a:”改变目录,即:

```
>> cd a;
```

如果工作目录是 C:/my_directory,则键入:

```
>> cd ../..
>> cd my_directory
```

在 UNIX 系统上, MATLAB 可以从任何目录打开。退出 MATLAB 的命令为:

```
>> quit
```

help: 当某一命令的含义不是很清楚时,可以通过 help 命令来学习。help 命令是学习过程中最常使用的命令之一。这里以 help date 和 help format 为例,运行结果分别如下:

```
>> help date
DATE Current date as date string.
S = DATE returns a string containing the date in dd-mmm-yyyy format.
See also NOW,CLOCK,DATENUM.
```

```
>> help format
FORMAT Set output format
All computations in MATLAB are done in double precision.
FORMAT may be used to switch between different output
display formats as follows:
FORMAT          Default.Same as SHORT.
FORMAT SHORT    Scaled fixed point format with 5 digits.
FORMAT LONG     Scaled fixed point format with 15 digits.
FORMAT SHORT E  Floating point format with 5 digits.
FORMAT LONG E   Floating point format with 15 digits.
FORMAT SHORT G  Best of fixed or floating point format
                with 5 digits.
FORMAT LONG G   Best of fixed or floating point format
                with 15 digits.
FORMAT HEX      Hexadecimal format.
FORMAT +        The symbols +,-and blank are printed
                for positive,negative,and zero elements.
                Imaginary parts are ignored.
FORMAT BANK     Fixed format for dollars and cents.
FORMAT RAT      Approximation by ratio of small integers.
```

Spacing:

```
FORMAT COMPACT Suppress extra line-feeds.
FORMAT LOOSE   Puts the extra line-feeds back in.
```

在线帮助的输出中,关键词大写使其醒目。但因命令和函数名实际上均为小写,所以命令总是以小写形式键入的。

我们知道 help 命令仅仅局限于对命令的说明。如果是针对更一般的问题,则可以点击顶部菜单条中的 Help 菜单,然后点击 MATLAB Help。一个如图 1.2 所示的窗口将被打开,此窗口

包含索引页。在 Search index for 下面的小白方框中键入所要查的关键词。剩下的步骤类似于 Windows 中的帮助查询。

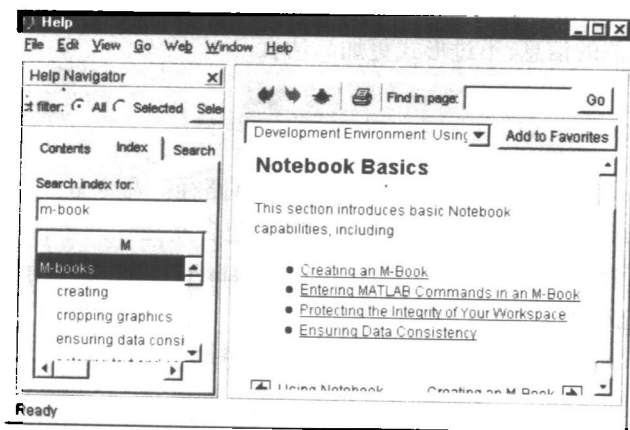


图 1.2 Help 窗口

version: 关于 MATLAB,首先要知道的是正在使用的版本。键入命令 `version` 可以获得该信息。

pwd: 给出当前的工作目录名。

dir: `ls` 或 `dir` 列出当前目录下的所有文件名清单。

cd: 改变目录。

what: 列出当前工作目录下的所有 M 文件、MAT 文件和 MEX 文件^①。命令 `what dirname` 列出 `matlabpath` 中 `dirname` 目录下的文件。不必给出表示 `dirname` 位置的完整路径名,只需最后部分或者最后几部分即可。例如, `what general` 和 `what matlab/general` 都可列出 `toolbox/matlab/general` 目录下的 M 文件。

who: 列出当前工作空间里的变量名。`whos` 列出每个变量的更多信息。`who global` 和 `whos global` 列出全局工作空间里的变量。

clock: 该命令给出形如

```
ans =
    1.0e+03 *
    2.001 0.0030 0.0050 0.0150 0.0140 0.0091
```

的数组。第一个数 `1.0e+03` 是一个乘数。第二行的数分别有如下含义:

年、月、日、小时、分钟、秒

时钟值也可以通过函数 `fix(clock)` 以整数形式给出。其结果为:

```
ans =
    2001 3 5 15 19 56
```

^① M 文件:脚本或函数文件(格式为 `filename.m`);MAT 文件:包含二进制数据的文件(格式为 `filename.mat`);MEX 文件:遵照 Fortran 或 C 的 MATLAB 可执行文件(格式为 `filename.mex`)。

此时的时间为 2001 年 3 月 5 日 15 时 19 分 56 秒,大约比第一个例子给出的时间晚了 6 分钟。一次操作的用时可通过 `clock` 来测量。例如,在开始一次计算之前令 `t_0 = clock`,完成计算时令 `t_1 = clock`,则 `t_1 - t_0` 给出了此次计算所耗费的时间。也可以用 `tic` 和 `toc` 测量耗费的时间。

`date` 命令给出类似的信息,不过形式更加简洁:

```
ans =  
5-Mar-01
```

path: `path` 或 `matlabpath` 显示 MATLAB 的当前搜索路径。命令 `p = path` 返回一个包含路径的字符串 `p`。命令 `path(p0)` 将路径变为 `p0`, `p0` 是一个包含新路径的字符串。命令 `path(p1, p2)` 将路径变为两个路径字符串 `p1` 和 `p2` 的串联。所以, `path(path, p3)` 给当前路径添加一个新目录 `p3`, `path(p3, path)` 预先准备一个新目录。

getenv: `getenv('matlabpath')` 显示当前的 MATLAB 路径。如果没有设置任何路径,则得到的结果为两个点。

diary on, diary off: 利用 `diary` 可以记录 MATLAB 窗口中进行的所有操作。命令 `diary on` 开始将所有键盘输入以及大部分屏幕输出内容写入一个名为 `diary` 的文件里。命令 `diary off` 终止写入。如果 `diary` 文件已经存在,则屏幕输出将添加到这个文件里。在 `diary` 后写入一文件名可以指定一个不同于 `diary` 的文件名,该文件功能与 `diary` 相同。如果不用 `on` 或 `off`,则 `diary` 将在 `diary on` 和 `diary off` 之间自动切换。这个文件可以通过硬拷贝显示,也可以后编辑。

!(escape): 符号 `!` 是 MATLAB 的扩展运算符。通过该符号,用户有权使用 DOS 或 UNIX 命令。在一台 UNIX 机器上,通过 `!vi filename`,可以在 MATLAB 内部打开一个类似于 `vi` 编辑器的文本编辑软件。在一台 PC 机上可以类似地使用一些 DOS 命令。`!erase filename` 删除 PC 机上该文件名的文件。可以用 `!mkdir d.subdir` 在 PC 机上创建一个名为 `d.subdir` 的子目录。使用 `!format a:` 可以在 PC 机上格式化磁盘。然而,因为一些程序(尤其是图形或通信软件)可能损害计算环境,所以一般情况下不宜采用这种方式运行 DOS 或 UNIX 软件。

demo: 该命令引导使用者通过菜单选择为数众多的演示程序。MATLAB 演示程序非常有趣,用户可以经常访问这些演示程序,直到熟悉它们的每个细节。

pathological symptom: 由于各种原因, MATLAB 可能会出现一些问题。起因大致包括:(1)使用者错误的组合命令,(2)其本身的小错误,(3)由于内存不足引起的系统不稳定。在升级版的系统中安装了许多新的功能,因而更容易发生系统故障。如果出现了异常情况,请关掉 MATLAB 重新启动一次。通常,公司的网站会对升级的软件做出说明并提供补丁。

1.2 怎样进行计算

算术运算符: 与传统的编程语言一样,算术运算符 `+`, `-`, `*` 和 `/` 分别表示加、减、乘、除。运算符 `^` 表示乘方。MATLAB 使用一个非传统的运算符 `\`,可以将其称为反除。该运算符得到商的倒数,即 `a \ b` 等于 `b/a`。例如:

```
c = 3 \ 1  
c = 0.3333
```

在一般的计算中最好不要采用这种运算符,但在第 3 章中,这个运算符却非常重要。

单个变量的计算: 打开命令窗口后,窗口的左上角将出现提示符 `>>`。在这个提示符后面可以写入任何命令。为简便起见,今后在介绍命令时将此提示符省去。

作为一个简单的例子,我们来计算:

$$\text{体积} = \frac{4}{3} \pi r^3, \text{其中 } r = 2$$

屏幕上显示的命令是:

清单 1.1a

```
r = 2;  
vol = (4/3) * pi * r^3;
```

其中 $\pi = \pi$, 在 MATLAB 里此值为 3.141 592 653 589 79。在提示符 `>>` 后面键入一行命令,然后按回车键结束。注意在本次键入过程中,每一行都是一个命令并以分号结束。`r` 后面的插入记号 `^` 是乘方运算符。

当用户在命令窗口工作时,按下回车键后,计算机立即算出该行命令的结果。所以,变量 `vol`(体积)的值已经在计算机里了。那么,如何让计算结果在屏幕上显示呢?

最快显示结果的方法是键入 `vol`,然后按回车。这时计算机显示:

```
vol = 33.510
```

另一种显示结果的方法是去掉第二条命令后的分号(如清单 1.1b 所示)。

清单 1.1b

```
r = 2;  
vol = (4/3) * pi * r^3
```

没有了分号,计算结果将会在命令运行后立即显示在屏幕上。因为让结果(尤其是中间结果)显示在屏幕上会造成很多不便,所以通常在每条命令后加一个分号。

也可以将多条命令同时写在一行,中间用分号隔开。如果想让计算结果立刻在屏幕上显示,则可用逗号隔开命令。该行命令可以以逗号结束,也可不以逗号结束。例如,如果写入:

```
r = 2, vol = (4/3) * pi * r^3
```

则 `r` 和 `vol` 的值都在屏幕上显示出来,但如果写入:

```
r = 2; vol = (4/3) * pi * r^3;
```

屏幕上将不会出现任何结果。

一个很长的命令可以分成多行输入。输入的方法是在待续部分的后面加上续行号(`...`),例如:

清单 1.2

```
r = 2;  
vol = (4/3) * 3.14159 ...  
    * r^3;
```

续行号后的行首不再出现提示符。

变量与变量名: 变量名和变量类型都不需要事先声明。这是因为在 MATLAB 中,整数、实数和复数变量的变量名之间没有任何差别。任何变量可以随意取为整数、实数或复数。