

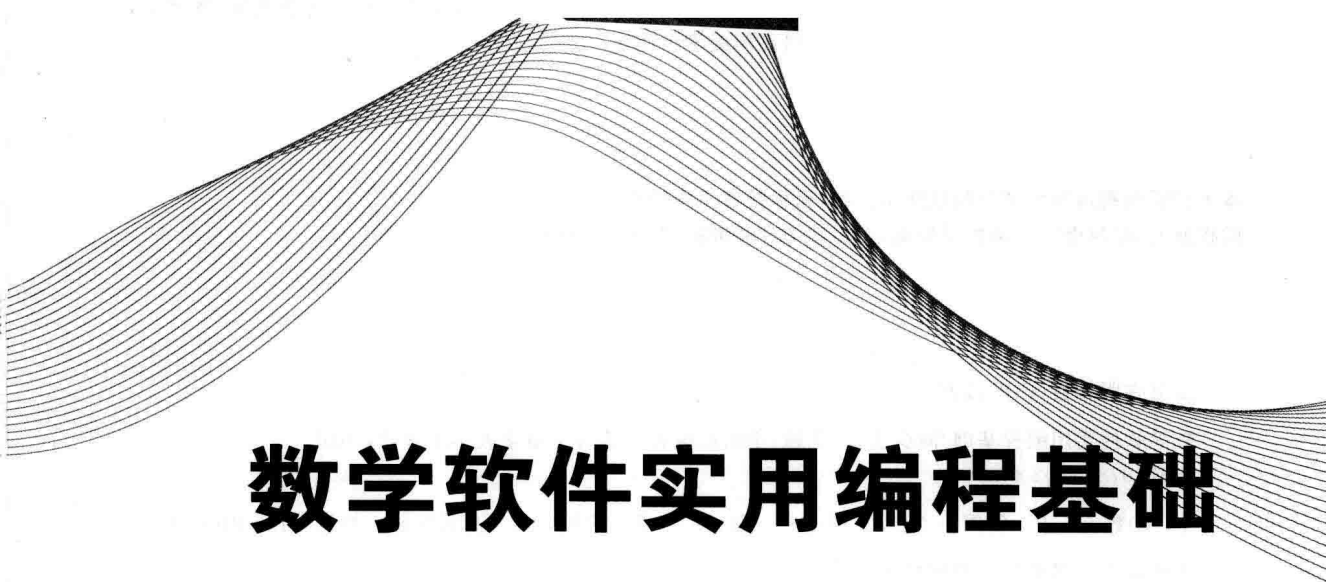
数学软件实用编程基础

阎少宏 冯立超 李丽红 编著
刘保相 主审



清华大学出版社





数学软件实用编程基础

阎少宏 冯立超 李丽红 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

数学软件已成为高等院校各专业学生普遍需要掌握的工具。本书结合编者多年的教学经验和亲身体会,本着通俗易懂的原则,简明扼要地阐述了涉及数学专业各方向的数学软件(MATLAB、R 软件和 LINGO)的基本概念、基本操作方法及其具体应用实例,力求做到内容全面、条理清晰、概念明确、难度适中。本书适合广大理工科专业研究生和本科高年级学生使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数学软件实用编程基础/阎少宏,冯立超,李丽红编著. --北京:清华大学出版社,2016
ISBN 978-7-302-44838-9

I. ①数… II. ①阎… ②冯… ③李… III. ①数学—应用软件—高等学校—教材 IV. ①O245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 197335 号

责任编辑:贾 斌 柴文强

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:19.5

字 数:461 千字

版 次:2016 年 6 月第 1 版

印 次:2016 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.50 元

产品编号:063945-01

前 言

随着科学发展的不断深入,众多理工科课程与科学研究和应用数学各分支的关系愈加密切,其所需要的科学运算问题的求解能力也直接影响了科学研究的水平。本书根据理工科学生和学者的需求,全面介绍应用数学各个分支典型问题的软件编程求解。我们期望读者通过本书的学习,在理解相关数学领域最基本概念的前提下,绕开纯数学和底层烦琐的推导过程,直接由计算机数学语言得出数学问题的解。因此,对本书的学习将使读者提高数学素养,掌握解决实际科学运算问题的方法,为下一步学习并实践其他课程打下较好的基础。

全书共 6 篇 16 章。第一篇介绍了数学软件 MATLAB 的基础知识和相关背景。第二篇介绍了数学软件 MATLAB 在数据拟合、微分方程求解、模糊数学以及计算机仿真部分的应用。第三篇介绍了概率论的基础知识。第四篇介绍了 R 软件基础知识和统计模型的 R 函数。第五篇介绍了规划软件 LINGO 的基本用法和简单操作。第六篇重点介绍了各种数学规划问题基于 LINGO 的实现和建模实例。阎少宏负责全书内容的设计和统稿,并编写了第一、二、六篇以及第五篇的第 14 章,冯立超负责编写第三、四篇,李丽红负责编写第五篇的第 13 章。

本书的编写和出版得到华北理工大学应用数学重点学科的资助,教材内容通过华北理工大学理学院学术委员会论证通过,委员会主任刘保相教授审阅了全书,数学专业研究生吴宇航、统计学专业学生彭美叶和机械设计与制造专业学生初毅校对了全书。在此作者一并表示衷心的感谢。

由于水平有限,且编写时间仓促,对书中不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 2 月

目 录

第一篇 MATLAB 基础篇

第 1 章 MATLAB 基础知识	3
1.1 MATLAB 介绍与基本环境	3
1.1.1 MATLAB 介绍	3
1.1.2 MATLAB 的开发环境	4
1.2 MATLAB 的基本命令	11
1.3 MATLAB 程序设计初步	14
1.4 MATLAB 语言流程控制结构	17
1.4.1 MATLAB 的基本语句结构	17
1.4.2 循环语句	18
1.4.3 转移语句	18
1.4.4 开关语句	19
1.4.5 试探语句	19
1.5 函数文件与脚本文件	19
1.6 数据的读写	22
1.7 结束语	24
习题	24
参考文献	24
第 2 章 MATLAB 数据可视化	25
2.1 MATLAB 中图形窗口及其操作	25
2.2 二维绘图	26
2.3 三维绘图	29
2.4 动画设计	33
2.5 结束语	34
习题	34
参考文献	35
第 3 章 图形用户界面 GUI 设计	36
3.1 GUI 设计简介	36
3.1.1 打开和创建 GUI 界面	36
3.1.2 GUI 工具栏简介	37

3.1.3	GUI 控件栏简介	39
3.2	GUI 的程序编写	40
3.2.1	添加控件	40
3.2.2	编写控件代码	40
3.2.3	控件属性	40
3.2.4	控件属性控制	42
3.2.5	不同 GUI 间控件的相互操作	42
3.3	GUI 中的数据传递	43
3.3.1	运用函数传递参数	43
3.3.2	运用全局变量传递参数	44
3.3.3	运用 UserData 传递参数	44
3.3.4	应用 setappdata 等函数	45
3.3.5	结合 handles 等函数	46
3.3.6	运用 save 等函数传递参数	46
3.4	打包发布工具简介	46
3.4.1	新建打包文件	46
3.4.2	添加程序与文件	47
3.5	GUI 程序设计实例	48
3.5.1	项目介绍	48
3.5.2	选煤界面	49
3.5.3	煤库打开界面	50
3.5.4	煤种选择界面	50
3.5.5	配比结果界面	50
3.5.6	部分相关代码	50
3.5.7	运行效果	52
3.6	结束语	53
	习题	53
	参考文献	53

第二篇 MATLAB 提高篇

第 4 章	MATLAB 数值计算	57
4.1	向量运算	57
4.2	矩阵运算	60
4.2.1	矩阵元素的存储次序	60
4.2.2	矩阵的创建	61
4.2.3	矩阵的代数运算	67
4.3	多项式运算	69
4.3.1	多项式	69

4.3.2 多项式求值和求根运算	70
4.4 线性方程组的数值解	71
4.4.1 直接相除法	71
4.4.2 消去法	72
4.5 结束语	72
习题	73
参考文献	73
第 5 章 数据拟合及其 MATLAB 实现	74
5.1 一元线性拟合	74
5.1.1 多项式拟合	74
5.1.2 已知函数线性组合的拟合方法	75
5.2 一元非线性拟合	76
5.2.1 非线性拟合线性化	76
5.2.2 使用插值方法拟合	79
5.3 多元拟合	81
5.4 MATLAB 拟合工具应用简介	83
5.4.1 MATLAB 曲线拟合简介	83
5.4.2 工具箱使用方法	83
5.4.3 应用实例	87
5.4.4 利用工具箱改善拟合结果	89
5.5 结束语	90
习题	90
参考文献	90
第 6 章 微分方程及其 MATLAB 实现	91
6.1 微分方程概念及解	91
6.1.2 几种常见的常微分方程	91
6.1.3 二阶线性常微分方程	92
6.1.4 二阶常系数齐次线性微分方程	92
6.2 常微分方程初值问题的解	92
6.2.1 常微分方程的解析解	92
6.2.2 常微分方程的数值解法	93
6.3 MATLAB 求解常微分方程	94
6.3.1 解析解求解方法	94
6.3.2 数值解求解方法	95
6.4 MATLAB 偏微分方程工具箱应用简介	100
6.4.1 偏微分方程数值解工具箱概述	100
6.4.2 利用图形用户界面求解偏微分方程	102

6.4.3 经典例子	110
6.5 结束语	111
习题	111
参考文献	112
第7章 模糊数学及其 MATLAB 实现	113
7.1 模糊数学的基本概念	113
7.1.1 模糊集的定义	113
7.1.2 模糊集的表示	114
7.1.3 隶属函数的定义	114
7.2 模糊数学的 MATLAB 实现	115
7.2.1 经典集合理论基础	115
7.2.2 隶属度函数	116
7.3 MATLAB 模糊工具箱的使用	125
7.3.1 MATLAB 的模糊逻辑工具箱基础	125
7.3.2 实例——锅炉汽包水位控制系统的设计	131
7.4 结束语	137
习题	138
参考文献	138
第8章 动态仿真及其 MATLAB 实现	139
8.1 计算机仿真建模简介	139
8.2 动态仿真	140
8.2.1 动态仿真之风寒温度问题	140
8.2.2 动态仿真之市场服务问题	141
8.2.3 动态仿真之追逐问题	142
8.3 蒙特卡罗方法	144
8.3.1 蒙特卡罗方法之圆周率估计	144
8.3.2 蒙特卡罗方法之对战问题	145
8.3.3 蒙特卡罗方法之解非线性规划问题	148
8.4 建模实例	150
8.5 结束语	153
习题	153
参考文献	153

第三篇 概率论与数理统计基础篇

第9章 概率论的基本概念	157
9.1 随机事件及相关概念	157

9.2 随机变量与概率分布	158
9.3 随机向量与概率分布	160
9.4 随机变量的数字特征	161
9.5 特征函数	163
9.6 中心极限定理	164
9.7 结束语	164
习题	165
参考文献	165
第 10 章 数理统计的基本概念	166
10.1 总体与样本	166
10.2 统计量	166
10.3 几个在统计中常见的概率分布	167
10.4 结束语	168
习题	168
参考文献	168

第四篇 R 软件基础篇

第 11 章 R 软件介绍	171
11.1 R 软件基础知识	171
11.1.1 R 软件下载与安装	172
11.1.2 R 软件主窗口命令简介	173
11.2 R 软件基本语句	180
11.2.1 向量	180
11.2.2 多维数组和矩阵	185
11.2.3 控制语句	190
11.2.4 mode 属性和 length 属性	192
11.2.5 列表与数据框	192
11.3 读写数据文件	194
11.3.1 读纯文本文件	194
11.3.2 读其他格式的数据文件	195
11.3.3 写数据文件	196
11.4 R 软件数据预处理	197
11.4.1 删掉缺失值	197
11.4.2 比较两个数据框是否相同	197
11.4.3 随机抽取数据	198
11.5 R 软件绘图	198
11.5.1 高水平作图函数	198

11.5.2 低水平作图函数	200
11.6 结束语	201
习题	201
参考文献	202
第 12 章 统计模型的 R 函数	203
12.1 描述统计量的 R 函数	203
12.1.1 集中趋势的度量	203
12.1.2 离散程度的度量	205
12.1.3 分布形状的度量	206
12.1.4 数据的分布	207
12.2 参数估计的 R 函数	213
12.2.1 点估计	213
12.2.2 优良性评价准则	216
12.2.3 区间估计	217
12.3 假设检验的 R 函数	221
12.3.1 假设检验的基本方法	221
12.3.2 假设检验的两类错误	223
12.3.3 单个正态总体的假设检验	223
12.3.4 常见的非参数检验	227
12.4 回归分析的 R 函数	232
12.4.1 回归的概念	232
12.4.2 线性回归模型	232
12.4.3 曲线回归模型	239
12.5 方差分析的 R 函数	245
12.5.1 单因素方差分析	245
12.5.2 双因素方差分析	247
12.6 结束语	250
习题	251
参考文献	252

第五篇 LINGO 基础篇

第 13 章 LINGO 基础	255
13.1 LINGO 简介	255
13.2 基本使用方法	256
13.3 结束语	264
习题	264
参考文献	265

第 14 章 LINGO 的常用运算符与函数	266
14.1 运算符及其优先级	266
14.1.1 算术运算符	266
14.1.2 逻辑运算符	266
14.1.3 关系运算符	267
14.2 基本数学函数	268
14.3 概率函数	269
14.4 集合操作函数	270
14.5 变量定界函数	273
14.6 结束语	274
习题	274
参考文献	274

第六篇 LINGO 提高篇

第 15 章 用 LINGO 求解非线性规划和目标规划	277
15.1 非线性规划模型	277
15.2 飞行管理问题	278
15.3 目标规划模型	281
15.4 目标规划问题实例	285
15.5 结束语	287
习题	287
参考文献	287
第 16 章 典型实例	288
16.1 简单实例	288
16.2 巡回旅行商问题	291
16.3 最短路问题	294
16.4 资源分配问题	296
16.5 结束语	298

第一篇 MATLAB 基础篇

第 1 章 MATLAB 基础知识

1.1 MATLAB 介绍与基本环境

1.1.1 MATLAB 介绍

MATLAB 语言是当前国际上自动控制领域的首选计算机语言,也是最适用于理工科专业的计算机语言。MATLAB 是矩阵实验室(Matrix laboratory)的简称,其前身是 20 世纪 70 年代中后期,曾在密歇根大学、斯坦福大学和新墨西哥大学担任数学与计算机科学教授的 Cleve Moler 博士,为讲授矩阵理论和数值分析课程的需要,在他的同事协助下使用当时流行的 Fortran 语言编写了两个子程序库 EISPACK 和 LINPACK。由此可看出 MATLAB 和矩阵运算的渊源。MATLAB 除了利用 EISPACK 和 LINPACK 两大软件包的子程序外,还包含了用 Fortran 语言编写的、用于承担命令翻译的部分。

在 20 世纪 80 年代初,John Little 等人将先前的 MATLAB 全部用 C 语言进行改写,形成了新一代的 MATLAB。1984 年,Cleve Moler 和 John Little 等人成立 MathWorks 公司,并于同年向市场推出了第一个 MATLAB 的商业版本。随着市场受众人群的增加,其功能也不断得到完善和加强,在完成数值计算的基础上,添加了数据可视化与其他流行软件接口的功能,并开始对 MATLAB 工具箱进行研究开发。

相比其他程序设计语言,MATLAB 语言具有如下优势:

(1) 简洁高效: MATLAB 程序设计语言集成度高,语句简洁,很多情况下用其他程序设计语言需要编写上百条语句才能解决的问题, MATLAB 只需要一个命令就能完成。其程序可靠性高、易于维护,可大大提高解决问题的效率和水平。

(2) 科学计算功能: MATLAB 语言以矩阵为基本单元(例如一张图片在 MATLAB 语言中被看成一个由像素组成的矩阵),可以直接用于矩阵运算。另外,最优化问题、数值微积分问题、微分方程数值解等问题都能直接用 MATLAB 语言求解。

(3) 绘图功能: MATLAB 语言可以用最直观的语句将实验数据或计算结果用图形的方式显现,并可以将难以显示出来的隐函数直接用曲线绘制出来。MATLAB 语言还允许用户用可视化的方式编写图形用户界面,其难度和 Visual Basic 相仿,这使得用户可以很容易地利用该语言编写通用程序。

(4) 工具箱: MATLAB 之所以能成为世界流行的数学软件,很大程度依靠其数量众多的工具箱。最初 MATLAB 为控制领域的学者所推崇,在应用数学及控制领域,几乎所有的研究方向均有自己的工具箱,而且由该领域内知名的专家编写,可信度比较高。随着 MATLAB 的进一步普及,在其他工程领域也出现了相应工具箱,这也大大促进了 MATLAB 语言在各个领域的应用。

(5) 强大的动态系统仿真功能: Simulink 提供的面向框图的仿真及概念性仿真功能,使得用户能容易地建立复杂系统模型,准确地对其进行仿真分析。Simulink 的概念性仿真模块集允许用户在一个框架下对含有控制环节、机械环节和电子、电机环节的机电一体化系统进行建模与仿真,这是目前其他计算机语言无法做到的。

MATLAB 应用有三个层次,即: Toolbox(工具箱)、Compiler(编译程序,即 MATLAB 语言)和 MATLAB 的最底层应用,这是学习 MATLAB 产品家族应用的起点。MATLAB 是 MATLAB 产品家族的基础,它提供了基本的数学算法,例如矩阵运算和数值分析算法。MATLAB 集成了 2D 和 3D 图形功能,以完成相应数值可视化的工作,并且提供了一种交互式的高级编程语言——M 语言,利用 M 语言可以通过编写脚本或者函数文件实现用户自己的算法。工具箱实际上是用 MATLAB 语句编成的、可供调用的函数文件集,用于解决某一方面的专门问题或实现一类新算法。MATLAB 工具箱的函数文件可以被修改、增加或删除,用户也可以根据自己研究领域的需要自行开发工具箱并外挂于 MATLAB 中。MATLAB Compiler 是一种编译工具,它能够将这些利用 MATLAB 提供的编程语言——M 语言——编写的函数文件编译生成函数库、可执行文件 COM 组件等,这样就可以扩展 MATLAB 的功能,使 MATLAB 能够同其他高级编程语言(例如 C/C++ 语言)进行混合应用,取长补短,以提高程序的运行效率,丰富程序开发的手段。

Simulink 是 MATLAB 中的一种可视化仿真工具,是基于 MATLAB 的框图设计环境,是实现动态系统建模、仿真和分析的软件包,被广泛应用于线性系统、非线性系统、数字控制及数字信号处理的建模与仿真中。Simulink 可以用连续采样时间、离散采样时间或两种混合的采样时间进行建模。它支持多速率系统,即系统中的不同部分具有不同的采样速率。为了创建动态系统模型,Simulink 提供了一个建立模型方块图的图形用户接口(GUI),这个创建过程只需单击和拖动鼠标操作就能完成,它提供了一种更快捷、直接明了的方式,而且用户可以立即看到系统的仿真结果。

Stateflow 是有限状态机(finite state machine)的图形工具,它可以用于解决复杂的逻辑问题,用户可以通过图形化工具实现在不同状态之间的转换。Stateflow 可以直接嵌入到 Simulink 仿真模型中,并且在仿真的初始化阶段,Simulink 会把 Stateflow 绘制的逻辑图形通过编译程序转换成 C 语言,使二者有机地结合在一起。Stateflow 可以在 Simulink Extra 模块库中找到。

MATLAB 从其雏形发展到今天,历经多次版本更新。除了前面已提到用 C 语言重新编写外,1993 年,MathWorks 公司推出了基于 PC 的以 Windows 为操作系统平台的 MATLAB 4.0 版。1994 年推出的 4.2 版,扩充了 4.0 版的功能,尤其在图形界面设计方面提供了新的方法。1997 年推出的 MATLAB 5.0 版增加了更多的数据结构,如结构数组、细胞数组、多维数组、对象、类等,使其成为一种更方便的编程语言。2004 年 7 月,MathWorks 公司又推出了 MATLAB 7.0 版(Release 14),其中集成了 MATLAB 7.0 编译器、Simulink 6.0 图形仿真器及很多工具箱,在编程环境、代码效率、数据可视化、文件 I/O 等方面都进行了全面的升级。本书采用的是 MATLAB 2012b 版。

1.1.2 MATLAB 的开发环境

当计算机的软硬件均达到 MATLAB 的安装要求后,只需将 MATLAB 的安装光盘放

入光驱,安装程序会自动提示安装步骤,按所给提示做出选择,便能顺利完成安装。

MATLAB 对计算机软硬件安装的大致要求是:

- (1) Windows XP/Windows 2003/Vista/Windows 7 的操作系统;
- (2) Pentium III、Pentium 4 的 CPU;
- (3) 2G 左右的内存;
- (4) 100GB 左右的硬盘;
- (5) 支持 16 位以上颜色,分辨率在 800×600 以上的显示卡和显示器。

成功安装后 MATLAB 将在桌面上放置一个图标,双击图标即可启动 MATLAB 并呈现 MATLAB 工作窗口,如图 1.1 所示;同样如果在 Windows 操作系统下,可以单击“开始”→“所有程序”→“MATLAB 2012b”启动 MATLAB。

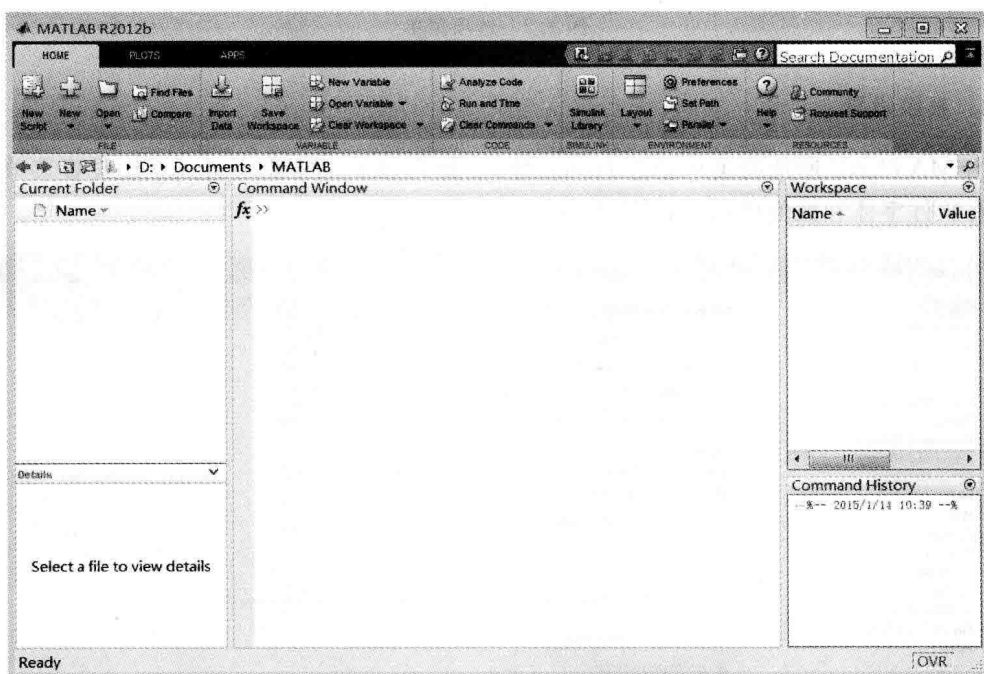


图 1.1 初始界面

安装后首次启动 MATLAB 所得的操作界面如图 1.1 所示,这是系统默认的、未曾被用户依据自身需要和喜好设置过的界面,常用功能如表 1.1 所示。

表 1.1 按钮图标说明

按钮图标	功 能	按钮图标	功 能
	创建新文件		打开已存在的文件
	打开 Simulink 模块库		打开 MATLAB 帮助窗口
	上级/打开目录		目录前进与后退

MATLAB 2012b 启动后的默认界面包括：命令窗口(Command Window)、历史命令(Command History)窗口、当前目录(Current Folder)窗口和工作空间(Workspace)窗口。

对于每个窗口，单击右上角的箭头会出现如图 1.2 所示选项菜单。

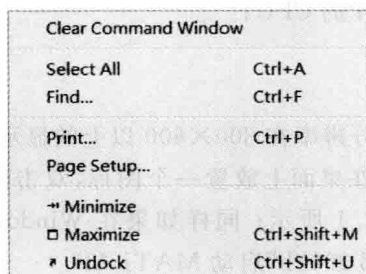


图 1.2 选项菜单

1. 系统设置

当 MATLAB 所选的菜单栏为 Home 时，单击 Preferences 即可进入系统设置菜单。常用的有软件字体和数值格式设置等，如图 1.3 所示。

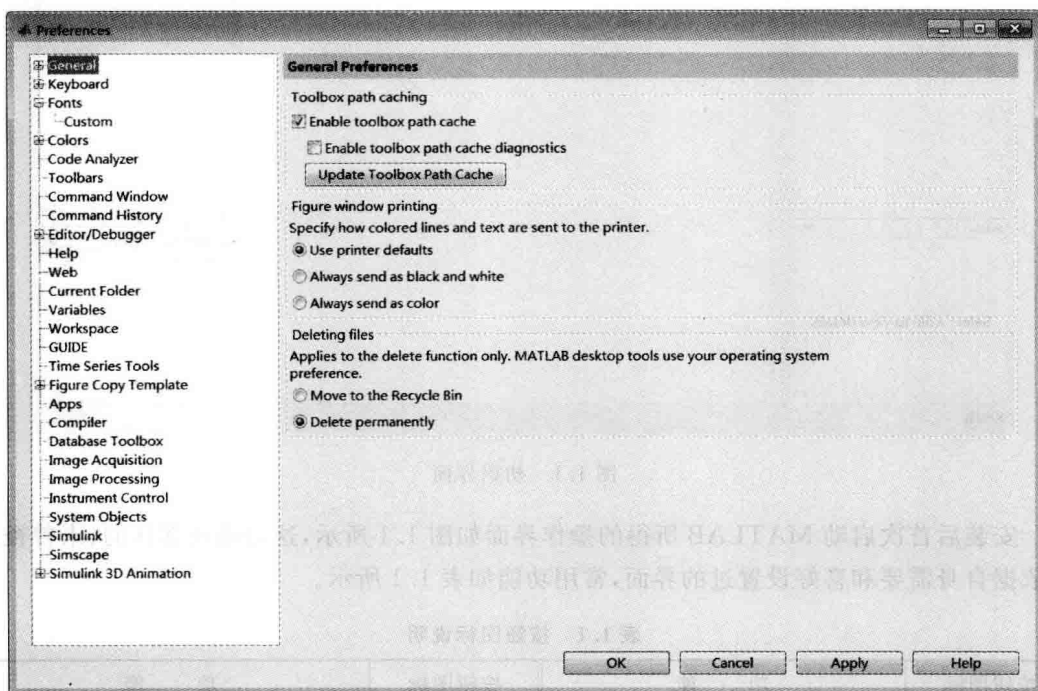


图 1.3 常用设置

2. 命令窗口

MATLAB 默认主界面的右侧是主窗口。即如图 1.4 所示的 Command Window(命令窗口)。