

● 普通高等教育“十三五”规划教材
(计算机专业群)

MATLAB程序设计教程

主 编 刘卫国

(第三版)



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材（计算机专业群）

MATLAB 程序设计教程

（第三版）

主 编 刘卫国



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

• 北京 •

内 容 提 要

本书是在第二版的基础上修订改写而成, 全书基本保持第二版的体系结构, 但更新了软件版本、充实了实例, 使得全书内容更丰富、教学适应性更强。全书按照由浅入深、循序渐进的原则进行编排, 在讲清有关数学背景及算法思想的基础上, 介绍了 MATLAB 的功能, 并结合实例介绍 MATLAB 的应用。全书主要内容有 MATLAB 操作基础、MATLAB 矩阵及其运算、MATLAB 程序流程控制、MATLAB 绘图、MATLAB 数据分析与多项式计算、MATLAB 解方程与最优化问题求解、MATLAB 数值积分与数值微分、MATLAB 符号运算、MATLAB 图形句柄、MATLAB 图形用户界面设计、Simulink 动态仿真集成环境以及 MATLAB 外部接口技术。

本书可作为高校理工科各专业大学生、研究生学习的教材, 也可供广大科技工作者阅读使用。

图书在版编目 (C I P) 数据

MATLAB程序设计教程 / 刘卫国主编. -- 3版. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2017.6
普通高等教育“十三五”规划教材. 计算机专业群
ISBN 978-7-5170-5395-8

I. ①M… II. ①刘… III. ①Matlab软件—高等学校—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第105368号

策划编辑: 石永峰 责任编辑: 李 炎 加工编辑: 郭继琼 封面设计: 李 佳

书 名	普通高等教育“十三五”规划教材(计算机专业群) MATLAB 程序设计教程(第三版) MATLAB CHENGXU SHEJI JIAOCHENG
作 者	主 编 刘卫国
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 20.5印张 502千字
版 次	2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷 2017年6月第3版 2017年6月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	42.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

20 世纪 80 年代出现了科学计算语言, 亦称科学计算软件, MATLAB 语言就是其中之一。MATLAB 有矩阵实验室 (MATrix LABoratory) 之意, 代表了当今国际科学计算软件的先进水平。MATLAB 起源于矩阵运算, 但它将数值计算、符号计算、图形处理、系统仿真和程序流程控制等功能集成在统一的环境中, 并具有与其他程序设计语言的应用接口以及许多面向特定应用领域的工具箱, 在科学研究以及工程设计领域有着十分广泛的应用。

《MATLAB 程序设计教程》第一版于 2005 年 3 月出版, 第二版于 2010 年 2 月出版。该书出版的十多年, 也是 MATLAB 在我国得到不断普及和应用的十多年。时至今日, MATLAB 已经发展成为适合多学科、多平台, 广泛应用于科学研究和工程应用领域的程序设计语言。从 2006 年起, MathWorks 公司每年发布两次以年份命名的 MATLAB 版本, 其中 3 月份左右发布 a 版, 9 月份左右发布 b 版, 包括 MATLAB R2006a (7.2 版)、MATLAB R2006b (7.3 版)、...、MATLAB R2012a (7.14 版)。2012 年 9 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB R2012b, 即 MATLAB 8.0 版, 该版本从操作界面到系统功能都有重大改变和加强, 随后推出了 MATLAB R2013a (8.1 版)、MATLAB R2013b (8.2 版)、...、MATLAB R2015b (8.6 版)。2016 年 3 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB R2016a (9.0 版)、2016 年 9 月推出了 MATLAB R2016b (9.1 版)、2017 年 3 月推出了 MATLAB R2017a (9.2 版), 这是本书交稿时的最高版本, 以后还会不断推出新的版本。在功能上讲, 从 MATLAB R2012b 开始, MATLAB 的操作界面和基本功能是一样的, 所以不必过于在意版本的变化。本书以 MATLAB R2016a (9.0 版) 作为操作环境。

在 MATLAB 版本不断更新的同时, MATLAB 的应用领域也得到不断拓展, 在许多学术刊物上都可以看到 MATLAB 的应用案例。在高等院校, 无论是在课程教学, 还是在课程设计、毕业设计等培养环节中, 应用 MATLAB 已十分普遍, MATLAB 成为重要的解题工具, 将 MATLAB 融入其他课程的教学以及教学环节成为改革传统教学的重要措施。许多高等院校将 MATLAB 语言列入培养方案, 纳入计算机教育课程体系, 开设了相应的课程。

《MATLAB 程序设计教程》一书出版后, 被许多高校选做教材, 受到同行及读者的欢迎, 在此我们表示诚挚的谢意。为了适应新的技术发展要求, 并总结教材前两版在教学过程中的体会与经验, 更好地为教学服务, 作者在本书第二版的基础上进行了合理的取舍, 并作了许多修改、补充和完善, 形成本书第三版。第三版基本上保持第二版的体系结构, 但更新了软件版本、充实了实例, 使得全书内容更丰富、教学适应性更强。

全书按照由浅入深、循序渐进的原则进行编排, 在讲清有关数学背景及算法思想的基础上, 介绍 MATLAB 的功能, 并结合实例介绍 MATLAB 的应用。全书主要内容有 MATLAB 操作基础、MATLAB 矩阵及其运算、MATLAB 程序流程控制、MATLAB 绘图、MATLAB 数据分析与多项式计算、MATLAB 解方程与最优化问题求解、MATLAB 数值积分与数值微分、MATLAB 符号运算、MATLAB 图形句柄、MATLAB 图形用户界面设计、Simulink 动态仿真集成环境以及 MATLAB 外部接口技术。两个附录分别给出了 MATLAB 常用命令与函数分类索引表和 MATLAB 常用的 LaTeX 字符集, 可供读者需要时查阅。

本书可作为高校理工科专业大学生、研究生学习的教材，也可供广大科技工作者阅读使用。本书配有电子教案及相关教学资源（案例、程序源代码等），读者可以从中国水利水电出版社网站（<http://www.waterpub.com.cn>）或万水书苑网站（<http://www.wsbookshow.com>）下载。

本书由刘卫国任主编。第 1、9~11 章由刘卫国编写，第 2~5 章由蔡立燕编写，第 6、7 章由童键编写，第 8、12 章由蔡旭晖编写。此外，参与讨论与部分编写工作的还有周欣然、曹岳辉、李利明、何小贤、刘泽星、刘胤宏、舒卫真、孙士闯、张娟、毛颖、邹奇林等。在本书编写过程中，吸取了许多老师、读者的宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中难免出现不妥之处，敬请各位读者批评指正。

编 者

2017 年 3 月

目 录

前言

第1章 MATLAB 操作基础	1	2.5.2 矩阵的转置与旋转	38
1.1 MATLAB 概述	1	2.5.3 矩阵的逆与伪逆	39
1.1.1 MATLAB 的发展	1	2.5.4 方阵的行列式	40
1.1.2 MATLAB 的主要功能	2	2.5.5 矩阵的秩与迹	41
1.1.3 初识 MATLAB	3	2.5.6 向量和矩阵的范数	41
1.2 MATLAB 系统环境	5	2.5.7 矩阵的条件数	43
1.2.1 启动与退出 MATLAB 系统环境	5	2.5.8 矩阵的特征值与特征向量	43
1.2.2 MATLAB 操作界面	6	2.6 矩阵的超越函数	45
1.2.3 MATLAB 的搜索路径	9	2.7 字符串	46
1.3 MATLAB 帮助系统	10	2.7.1 字符串的表示	47
1.3.1 MATLAB 帮助窗口	10	2.7.2 字符串的操作	47
1.3.2 MATLAB 帮助命令	11	2.8 结构数据和单元数据	49
1.3.3 MATLAB 演示系统	12	2.8.1 结构数据	49
实验指导	12	2.8.2 单元数据	50
思考练习	13	2.9 稀疏矩阵	51
第2章 MATLAB 矩阵及其运算	14	2.9.1 矩阵存储方式	51
2.1 MATLAB 数据类型	14	2.9.2 稀疏存储方式的产生	52
2.2 变量和数据操作	15	2.9.3 稀疏矩阵应用举例	55
2.2.1 变量与赋值	16	实验指导	57
2.2.2 预定义变量	16	思考练习	58
2.2.3 内存变量的管理	17	第3章 MATLAB 程序流程控制	60
2.2.4 MATLAB 常用数学函数	18	3.1 M 文件	60
2.2.5 数据的输出格式	20	3.1.1 M 文件的分类	60
2.3 MATLAB 矩阵	22	3.1.2 M 文件的建立与打开	61
2.3.1 矩阵的建立	22	3.2 程序控制结构	62
2.3.2 矩阵的拆分	24	3.2.1 顺序结构	63
2.3.3 特殊矩阵	27	3.2.2 选择结构	64
2.4 MATLAB 运算	30	3.2.3 循环结构	69
2.4.1 算术运算	31	3.3 函数文件	73
2.4.2 关系运算	33	3.3.1 函数文件的基本结构	74
2.4.3 逻辑运算	34	3.3.2 函数调用	75
2.5 矩阵分析	36	3.3.3 函数参数的可调性	76
2.5.1 对角阵与三角阵	36	3.3.4 全局变量与局部变量	77

3.4 特殊形式的函数	77	5.1.1 最大值和最小值	125
3.5 程序调试与优化	79	5.1.2 求和与求积	128
3.5.1 程序调试方法	79	5.1.3 平均值和中值	128
3.5.2 程序性能分析与优化	80	5.1.4 累加和与累乘积	129
3.6 程序举例	82	5.1.5 标准差与相关系数	130
实验指导	86	5.1.6 排序	133
思考练习	87	5.2 数据插值	133
第4章 MATLAB 绘图	89	5.2.1 一维数据插值	134
4.1 二维数据曲线图	89	5.2.2 二维数据插值	135
4.1.1 绘制单根二维曲线	89	5.3 曲线拟合	137
4.1.2 绘制多根二维曲线	91	5.3.1 曲线拟合原理	137
4.1.3 设置曲线样式	94	5.3.2 曲线拟合的实现	138
4.1.4 图形标注与坐标控制	96	5.4 多项式计算	139
4.1.5 图形窗口的分割	98	5.4.1 多项式的四则运算	139
4.2 其他二维图形	99	5.4.2 多项式的导函数	140
4.2.1 对函数自适应采样的绘图函数	100	5.4.3 多项式的求值	141
4.2.2 其他坐标系下的二维数据曲线图	101	5.4.4 多项式求根	142
4.2.3 二维统计分析图	102	实验指导	143
4.3 三维图形	104	思考练习	144
4.3.1 三维曲线	104	第6章 MATLAB 解方程与最优化问题求解	146
4.3.2 三维曲面	105	6.1 线性方程组求解	146
4.3.3 其他三维图形	109	6.1.1 直接解法	147
4.4 隐函数绘图	111	6.1.2 迭代解法	152
4.4.1 隐函数二维绘图	111	6.2 非线性方程数值求解	155
4.4.2 隐函数三维绘图	112	6.2.1 单变量非线性方程求解	155
4.5 图形修饰处理	113	6.2.2 非线性方程组的求解	156
4.5.1 视点处理	113	6.3 常微分方程初值问题的数值解法	157
4.5.2 色彩处理	115	6.3.1 龙格-库塔法简介	157
4.5.3 图形的裁剪处理	117	6.3.2 龙格-库塔法的实现	158
4.6 图像处理与动画制作	118	6.4 最优化问题求解	161
4.6.1 图像处理	118	6.4.1 无约束最优化问题求解	161
4.6.2 动画制作	119	6.4.2 有约束最优化问题求解	162
4.7 交互式绘图工具	121	6.4.3 线性规划问题求解	163
4.7.1 “绘图”选项卡	121	实验指导	164
4.7.2 绘图工具	121	思考练习	165
实验指导	123	第7章 MATLAB 数值积分与数值微分	167
思考练习	123	7.1 数值积分	167
第5章 MATLAB 数据分析与多项式计算	125	7.1.1 数值积分基本原理	167
5.1 数据统计处理	125	7.1.2 数值积分的实现方法	169

7.1.3 多重定积分的数值求解	171	9.3.4 其他核心对象	208
7.2 数值微分	172	实验指导	211
7.2.1 数值差分与差商	172	思考练习	212
7.2.2 数值微分的实现	173	第 10 章 MATLAB 图形用户界面设计	213
7.3 离散傅里叶变换	174	10.1 用户界面对象	213
7.3.1 离散傅里叶变换算法简介	175	10.2 菜单设计	214
7.3.2 离散傅里叶变换的实现	175	10.2.1 建立用户菜单	214
实验指导	177	10.2.2 菜单对象常用属性	215
思考练习	178	10.2.3 快捷菜单	217
第 8 章 MATLAB 符号运算	179	10.3 对话框设计	218
8.1 符号对象	179	10.3.1 对话框的控件	218
8.1.1 建立符号对象	179	10.3.2 控件的操作	219
8.1.2 符号表达式运算	181	10.3.3 对话框设计示例	225
8.1.3 符号表达式中变量的确定	184	10.4 可视化图形用户界面设计	228
8.1.4 符号矩阵的运算	185	10.4.1 图形用户界面设计窗口	228
8.2 符号微积分	186	10.4.2 可视化图形用户界面设计工具	229
8.2.1 符号极限	186	10.4.3 可视化图形用户界面设计示例	233
8.2.2 符号导数	187	实验指导	237
8.2.3 符号积分	188	思考练习	237
8.3 级数	189	第 11 章 Simulink 动态仿真集成环境	239
8.3.1 级数符号求和	189	11.1 Simulink 操作基础	239
8.3.2 函数的泰勒级数	189	11.1.1 Simulink 的启动与退出	239
8.4 符号方程求解	190	11.1.2 Simulink 仿真初步	241
8.4.1 符号代数方程求解	190	11.2 系统仿真模型的建立	244
8.4.2 符号常微分方程求解	191	11.2.1 Simulink 的基本模块	244
实验指导	192	11.2.2 模块操作	245
思考练习	193	11.2.3 模块的连接	246
第 9 章 MATLAB 图形句柄	195	11.2.4 模块的参数和属性设置	246
9.1 图形对象及其句柄	195	11.3 系统的仿真与分析	248
9.1.1 图形对象	195	11.3.1 设置仿真参数	248
9.1.2 图形对象句柄	196	11.3.2 运行仿真与仿真结果分析	251
9.1.3 图形对象属性	197	11.3.3 系统仿真实例	254
9.2 图形窗口与坐标轴	199	11.4 子系统及其封装技术	258
9.2.1 图形窗口对象	200	11.4.1 子系统的创建	258
9.2.2 坐标轴对象	201	11.4.2 子系统的条件执行	259
9.3 低层绘图操作	204	11.4.3 子系统的封装	263
9.3.1 曲线对象	204	11.5 S 函数的设计与应用	266
9.3.2 曲面对象	205	11.5.1 用 MATLAB 语言编写 S 函数	266
9.3.3 文本对象	207	11.5.2 S 函数的应用	268

实验指导	272	12.3 MATLAB 与其他语言的接口	294
思考练习	273	12.3.1 C 语言 MEX 文件的创建	294
第 12 章 MATLAB 外部接口技术	275	12.3.2 MATLAB 引擎技术	297
12.1 MATLAB 与 Microsoft Office 的		实验指导	299
混合使用	275	思考练习	300
12.1.1 在 Word 中使用 MATLAB	275	附录 1 MATLAB 常用命令与函数	
12.1.2 在 Excel 中使用 MATLAB	278	分类索引表	302
12.2 MATLAB 数据接口	281	附录 2 MATLAB 常用的 LaTeX 字符	317
12.2.1 文件操作	281	主要参考文献	318
12.2.2 MAT 文件及其应用	286		

第 1 章 MATLAB 操作基础

20 世纪 80 年代出现了科学计算语言，亦称科学计算软件，MATLAB 语言就是其中之一。MATLAB 有矩阵实验室 (MATrix LABoratory) 之意，代表了当今国际科学计算软件的先进水平。MATLAB 起源于矩阵运算，但它将数值计算、符号计算、图形处理、系统仿真和程序流程控制等功能集成在统一的环境中，并具有与其他程序设计语言的应用接口以及许多面向特定应用领域的工具箱，在科学研究以及工程设计领域有着十分广泛的应用。

本章首先介绍 MATLAB 的发展、主要功能，并通过几个例子演示 MATLAB 的功能，然后介绍 MATLAB 系统环境的使用方法。通过本章的学习，读者将对 MATLAB 有一个整体认识。



- MATLAB 的发展
- MATLAB 的主要功能
- MATLAB 系统环境
- MATLAB 帮助系统

1.1 MATLAB 概述

MATLAB 自从 1984 年由美国 MathWorks 公司推出以来，经过不断改进和发展，现已成为国际公认的优秀科学计算应用开发环境。MATLAB 具有计算功能强、编程效率高、使用简便、易于扩充等特点，深受广大科技工作者的欢迎。

1.1.1 MATLAB 的发展

MATLAB 的产生可以追溯到 20 世纪 70 年代后期，时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授在给学生讲授线性代数课程时，希望教学生使用当时流行的线性代数软件包 LINPACK 和特征值问题求解的软件包 EISPACK，但发现用其他高级语言编程极为不便。于是，Cleve Moler 教授为学生编写了方便使用 LINPACK 和 EISPACK 的接口程序并命名为 MATLAB，这便是 MATLAB 的雏形。

早期的 MATLAB 是用 FORTRAN 语言编写的，尽管功能简单，但作为免费软件，还是吸引了大批使用者。1983 年春天，Cleve Moler 教授到斯坦福大学讲学，MATLAB 深深吸引了工程师 John Little。John Little 敏锐地觉察到 MATLAB 在工程领域的广阔前景。在 John Little 的推动下，由 John Little、Cleve Moler 和 Steve Bangert 合作，于 1984 年成立了 MathWorks 公司，并正式推出了 MATLAB 1.0 版 (DOS 版)。从这时起，MATLAB 的核心采用 C 语言编写，功能越来越强，除原有的数值计算功能外，还新增了图形处理功能。

此后, MATLAB 的版本不断更新。MathWorks 公司于 1992 年推出了具有划时代意义的 4.0 版, 并于 1993 年推出了其微机版, 该版本可以配合 Windows 操作系统一起使用, 随之推出了符号计算工具包和用于动态系统建模及仿真分析的集成环境 Simulink, 并加强了大规模数据处理能力, 使之应用范围越来越广。1994 年推出的 MATLAB 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 年春, MATLAB 5.0 版问世, 该版本支持了更多的数据结构, 如单元数据、结构数据、多维数组、对象与类等, 使 MATLAB 成为一种更方便、更完善的科学计算语言。1999 年初推出的 MATLAB 5.3 版在很多方面又进一步改进了 MATLAB 的功能, 随之推出的全新版本的最优化工具箱和 Simulink 3.0 版达到了很高水平。之后, MATLAB 还在不断改进和发展, 2000 年 10 月, MATLAB 6.0 版问世, 在操作界面上有了很大改观, 为用户的操作提供了很大的方便; 在计算性能方面, 速度变得更快, 性能也更好; 在图形用户界面设计上更趋合理; 与 C 语言的应用接口及转换的兼容性更强; 与之配套的 Simulink 4.0 版的新功能也特别引人注目。2001 年 6 月推出的 MATLAB 6.1 版及 Simulink 4.1 版, 功能已经十分强大。2002 年 6 月又推出了 MATLAB 6.5 版及 Simulink 5.0 版, 在计算方法、图形功能、用户界面设计、编程手段和工具等方面都有了重大改进。2004 年 7 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 7.0 版, 其中集成了 MATLAB 7 编译器、Simulink 6.0 仿真软件以及很多工具箱。这一版本增加了很多新的功能和特性, 内容相当丰富。2005 年 9 月, 又推出了 MATLAB 7.1 版。

从 2006 年起, MathWorks 公司每年发布两个以年份命名的 MATLAB 版本, 其中 3 月左右发布 a 版, 9 月左右发布 b 版, 包括 MATLAB R2006a(7.2 版)、MATLAB R2006b(7.3 版)、...、MATLAB R2012a(7.14 版)。

2012 年 9 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB R2012b(8.0 版), 该版本从操作界面到系统功能都有重大改变和加强, 随后推出了 MATLAB R2013a(8.1 版)、MATLAB R2013b(8.2 版)、...、MATLAB R2015b(8.6 版)。

2016 年 3 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB R2016a(9.0 版)、2016 年 9 月推出了 MATLAB R2016b(9.1 版)、2017 年 3 月推出了 MATLAB R2017a(9.2 版), 这是本书交稿时的最高版本, 以后还会不断推出新的版本。在功能上, 从 MATLAB R2012b 开始得到了不断改进和扩充, 而且每一个版本都有新的特点, 但从 MATLAB R2012b 以来, MATLAB 的操作界面和基本功能是一样的, 所以不必过于在意版本的变化。本书以 MATLAB R2016a 版为操作环境, 全面介绍 MATLAB 的各种功能与使用。

1.1.2 MATLAB 的主要功能

MATLAB 是一种应用于科学计算领域的高级语言, 它的主要功能包括数值计算和符号计算功能、绘图功能、编程语言功能以及应用工具箱的扩展功能。

1. 数值计算和符号计算功能

MATLAB 以矩阵作为数据操作的基本单位, 这使得矩阵运算变得非常简捷、方便、高效。MATLAB 还提供了十分丰富的数值计算函数, 而且所采用的数值计算算法都是国际公认的、最先进的、可靠的算法, 其程序由世界一流专家编制, 并经高度优化。高质量的数值计算功能为 MATLAB 赢得了声誉。

在实际应用中, 除了数值计算外, 往往还要得到问题的解析解, 这是符号计算的领域。

MATLAB 先后和著名的符号计算语言 Maple 与 MuPAD(从 MATLAB 2008b 开始使用 MuPAD)相结合,使得 MATLAB 具有符号计算功能。

2. 绘图功能

利用 MATLAB 绘图十分方便,它既可以绘制各种图形,包括二维图形和三维图形,还可以对图形进行修饰和控制,以增强图形的表现效果。MATLAB 提供了两个层次的绘图操作:一种是对图形句柄进行的低层绘图操作,另一种是建立在低层绘图操作之上的高层绘图操作。利用 MATLAB 的高层绘图操作,用户不需过多地考虑绘图细节,只需给出一些基本参数就能绘制所需图形。利用 MATLAB 图形句柄操作,用户可以更灵活地对图形进行各种操作,为用户在图形表现方面开拓一个广阔的、没有丝毫束缚的空间。

3. 编程语言功能

MATLAB 具有程序流程控制、函数调用、数据结构、输入输出、面向对象等程序语言特征,所以使用 MATLAB 也可以像使用 BASIC、FORTRAN、C 等传统编程语言一样进行程序设计,而且简单易学、编程效率高。因此,对于从事数值计算、计算机辅助设计和系统仿真等领域的人员来说,用 MATLAB 编程的确是一个理想的选择。

MATLAB 是解释性语言,程序执行速度较慢,而且不能脱离 MATLAB 环境而独立运行。为此,MathWorks 公司提供了将 MATLAB 源程序编译为独立于 MATLAB 环境运行的可执行文件以及将 MATLAB 程序转化为 C 语言程序的编译器。

4. 工具箱的扩展功能

MATLAB 包含两部分内容:基本部分和各种可选的工具箱。基本部分构成了 MATLAB 的核心内容,也是使用和构造工具箱的基础。工具箱扩展了 MATLAB 的功能。MATLAB 工具箱分为两大类:功能性工具箱和学科性工具箱。功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、可视建模仿真功能及文字处理功能等。学科性工具箱专业性比较强,如控制系统工具箱(Control System Toolbox)、信号处理工具箱(Signal Processing Toolbox)、神经网络工具箱(Neural Network Toolbox)、最优化工具箱(Optimization Toolbox)、金融工具箱(Financial Toolbox)、统计学工具箱(Statistics Toolbox)等,这些工具箱都是由该领域内学术水平很高的专家编写的,用户可以直接利用这些工具箱进行相关领域的科学研究。

MATLAB 具备很强的开放性。除内部函数外,所有 MATLAB 基本文件和各工具箱文件都是可读可改的源文件,用户可通过对源文件的修改或加入自己编写的文件去构成新的专用工具箱。

1.1.3 初识 MATLAB

为了使读者对 MATLAB 有一个初步认识,下面先看几个简单的例子。

例 1-1 绘制正弦曲线和余弦曲线。

在 MATLAB 命令行窗口中输入命令,命令执行后绘制函数曲线。

```
>> x=[0:0.5:360]*pi/180;  
>> plot(x,sin(x),x,cos(x));
```

其中,第1条命令建立 x 向量, x 从 0° 变化到 360° 并转换为弧度 (pi 代表圆周率)。第2条命令绘制函数曲线,命令中 sin、cos 分别是 MATLAB 提供的正弦函数和余弦函数。命令执行后,将打开一个图形窗口,并在其中显示正弦曲线和余弦曲线,如图 1-1 所示。

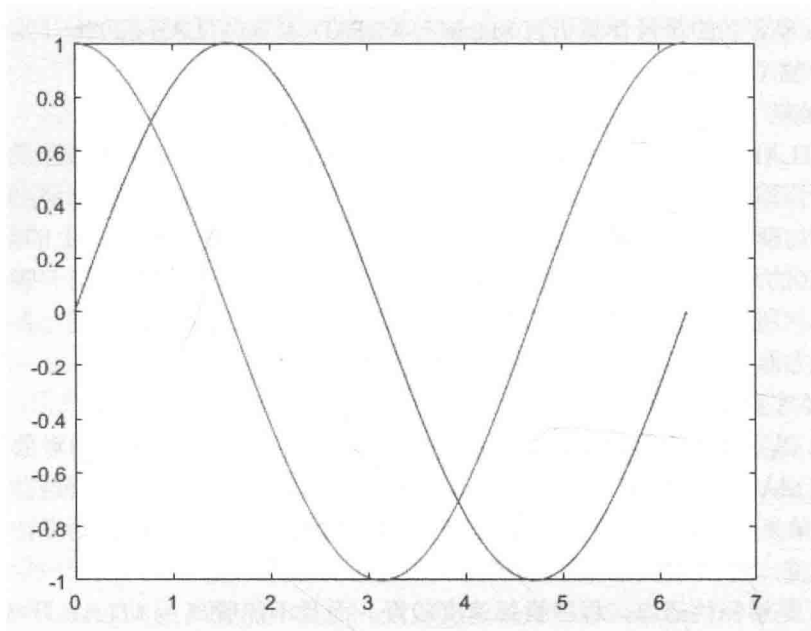


图 1-1 正弦曲线和余弦曲线

例 1-2 求方程 $3x^4+7x^3+9x^2-23=0$ 的全部根。

在 MATLAB 命令行窗口中输入命令，命令执行后得到输出结果。

```
>> p=[3,7,9,0,-23];      %建立多项式系数向量
>> x=roots(p)            %求根
x =
   -1.8857 + 0.0000i
   -0.7604 + 1.7916i
   -0.7604 - 1.7916i
    1.0732 + 0.0000i
```

其中，第 1 条命令建立多项式系数向量，第 2 条命令调用 roots 函数求方程的全部根。

例 1-3 求定积分 $\int_0^1 x \ln(1+x) dx$ 。

在 MATLAB 命令行窗口中输入命令，命令执行后得到输出结果。

```
>> f=@(x) x.*log(1+x);   %定义被积函数，其中 log 是 MATLAB 提供的对数函数
>> integral(f,0,1)        %求定积分
ans =
    0.2500
```

也可以通过符号计算来求符号定积分。在 MATLAB 命令行窗口中输入命令，命令执行后得到输出结果。

```
>> syms x
>> int(x*log(1+x),0,1)
ans =
    1/4
```

此外，还可以通过 Simulink 仿真来求该积分。

例 1-4 求解线性方程组。

$$\begin{cases} 2x - 3y + z = 4 \\ 8x + 3y + 2z = 2 \\ 45x + y - 9z = 17 \end{cases}$$

在 MATLAB 命令行窗口中输入命令，命令执行后得到输出结果。

```
>> a=[2,-3,1;8,3,2;45,1,-9];  
>> b=[4;2;17];  
>> x=inv(a)*b  
x =  
    0.4784  
   -0.8793  
    0.4054
```

其中，前两条命令建立系数矩阵 a 和列向量 b ，第 3 条命令求根， $\text{inv}(a)$ 为 a 的逆矩阵，也可用 $x=a \backslash b$ 求根。

也可以通过符号计算来解此方程。在 MATLAB 命令行窗口中输入命令，命令执行后得到输出结果。

```
>> syms x y z  
>> [x,y,z]=solve(2*x-3*y+z-4,8*x+3*y+2*z-2,45*x+y-9*z-17)  
x =  
    321/671  
y =  
   -590/671  
z =  
    272/671
```

上述几个例子展示了 MATLAB 的强大功能，相信读者在接下来的学习与使用中，会有更深刻的体会。作为操作练习，读者可以在 MATLAB 系统环境下验证上面的例子。

1.2 MATLAB 系统环境

要进行 MATLAB 的各种操作，首先要准备 MATLAB 系统环境，包括系统的安装、启动，使用完成后还要退出系统。

1.2.1 启动与退出 MATLAB 系统环境

1. MATLAB 的安装

MATLAB 采用流行的图形用户操作界面，集命令的输入、执行、修改、调试于一体（称为集成环境），操作非常直观和方便。在使用 MATLAB 之前，首先要安装 MATLAB 系统。

一般情况下，MATLAB 安装包是一个 ISO 格式的镜像文件。安装前，先建立一个文件夹，再用解压软件将安装包解压到该文件夹中。安装时，双击安装文件 `setup.exe`，按弹出的对话框提示完成安装过程。例如，在“文件安装密钥”对话框选择第一个选项，要求输入文件安装密钥。打开 `readme.txt` 文件，再将文件安装密钥粘贴到“文件安装密钥”对话框的文本框中，然后单击“下一步”按钮。又如，在“产品选择”对话框选择要安装的系统模块和工具箱，可根据自己的需要选择要安装的产品，选择之后单击“下一步”按钮。

进入系统文件安装界面, 屏幕上有进度条显示安装进度, 安装过程需要较长时间。安装完成之后, 进入“产品配置说明”窗口, 一般直接单击“下一步”按钮, 完成系统安装。

接下来需要激活 MATLAB, 在操作界面依次选择手动激活和许可证文件即可。

2. MATLAB 的启动

与一般的 Windows 程序一样, 启动 MATLAB 系统有 3 种常见方法。

(1) 在 Windows 桌面, 单击任务栏上的“开始”按钮, 选择“所有程序”→“MATLAB R2016a”→“MATLAB R2016a”程序选项。

(2) 在 MATLAB 的安装路径中找到 MATLAB 系统启动程序 matlab.exe, 然后运行它。

(3) 将 MATLAB 系统启动程序以快捷方式的形式放在 Windows 桌面上, 在桌面上双击该图标。

启动 MATLAB 后, 进入 MATLAB 系统环境, 如图 1-2 所示。

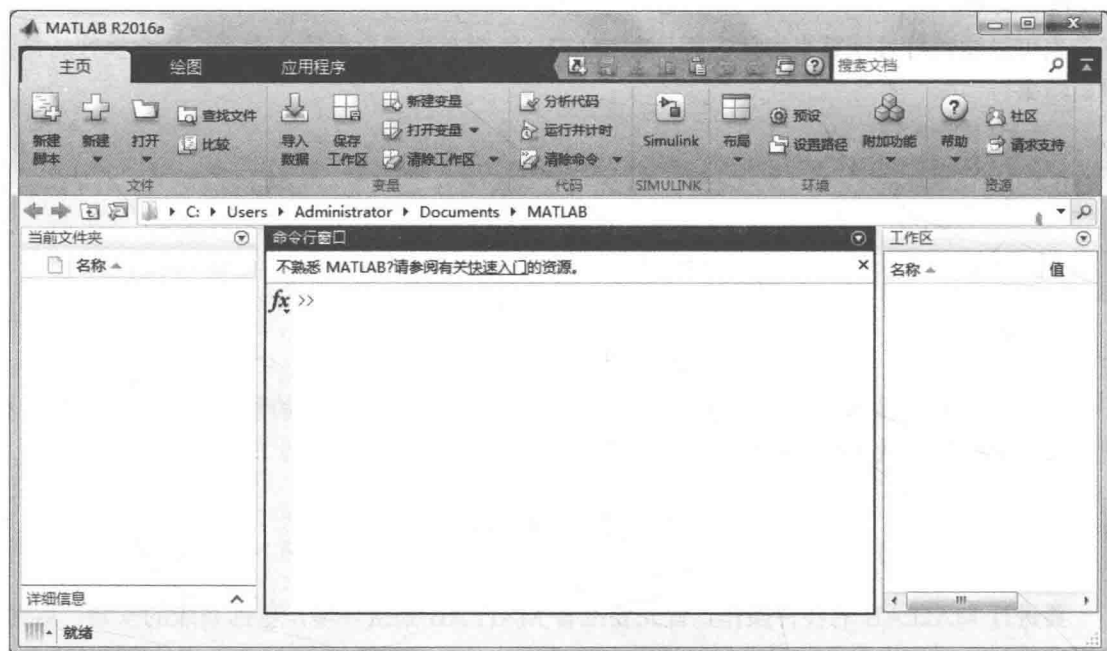


图 1-2 MATLAB 系统环境

3. MATLAB 的退出

要退出 MATLAB 系统, 有两种常见方法。

(1) 在 MATLAB 命令行窗口中输入 Exit 或 Quit 命令。

(2) 单击 MATLAB 主窗口的“关闭”按钮。

1.2.2 MATLAB 操作界面

从 MATLAB R2012b 开始, MATLAB 采用与 Office 2010 相同风格的操作界面, 用 Ribbon (通常翻译成“功能区”) 界面取代了传统的菜单式界面。功能区由若干个选项卡构成, 当单击选项卡时, 并不会打开菜单, 而是切换到相应的功能区面板。

MATLAB 操作界面由多个窗口组成, 其中标题为“MATLAB R2016a”的窗口称为 MATLAB

主窗口。此外，还有命令行窗口、当前文件夹窗口、工作区窗口和命令历史窗口，它们可以内嵌在 MATLAB 主窗口中，也可以以独立窗口的形式浮动在 MATLAB 主窗口之上。单击窗口右上角的显示操作按钮，再从展开的菜单中选择“取消停靠”命令或使用快捷键 Ctrl+Shift+U，就可以浮动窗口。如果希望重新将窗口嵌入到 MATLAB 主窗口中，可以单击窗口右上角的显示操作按钮，再从展开的菜单中选择“停靠”命令或使用快捷键 Ctrl+Shift+D。

1. MATLAB 主窗口

MATLAB 主窗口除了嵌入一些功能窗口外，主要包括功能区、快速访问工具栏和当前文件夹工具栏。

MATLAB 功能区提供了 3 个选项卡，分别为主页、绘图和应用程序。不同的选项卡有对应的工具条，通常按功能将工具条分成若干命令组，各命令组包括一些命令按钮，通过命令按钮来实现相应的操作。“主页”选项卡包括“文件”“变量”“代码”“SIMULINK”“环境”和“资源”命令组，各命令组提供了相应的命令按钮；“绘图”选项卡提供了用于绘制图形的命令；“应用程序”选项卡提供了多类应用工具。

在选项卡右边的是快速访问工具栏，其中包含了一些常用的操作按钮；在功能区下方的是当前文件夹工具栏，通过它可以很方便地实现文件夹的操作。

若要调整主窗口的布局，可以在“主页”选项卡的“环境”命令组中单击“布局”按钮，再从展开的菜单中选择有关布局方式的命令；若要显示或隐藏主窗口中的其他窗口，可以从“布局”按钮所展开的菜单中选择有关命令。

2. 命令行窗口

命令行窗口用于输入命令并显示除图形以外的所有执行结果，它是 MATLAB 的主要交互窗口，用户的大部分操作都是在命令行窗口中完成的。

MATLAB 命令行窗口中的“>>”为命令提示符，表示 MATLAB 处于准备状态。在命令提示符后输入命令并按下 Enter 键（回车键）后，MATLAB 就会解释执行所输入的命令，并在命令后面显示执行结果。

在命令提示符“>>”的前面有一个函数浏览按钮，单击该按钮可以按类别快速查找 MATLAB 的函数。

一般来说，一个命令行输入一条命令，命令行以 Enter 键结束。但一个命令行也可以输入若干条命令，各命令之间以逗号分隔，若前一条命令后带有分号，则逗号可以省略。例如：

```
>> p=15,m=35
p =
    15
m =
    35
>> p=15;m=35
m =
    35
```

这两个命令行都是合法的，第一个命令行执行后显示 p 和 m 的值，第二个命令行因命令 p=15 后面带有分号，p 的值不显示，而只显示 m 的值。

如果一个命令行很长，需要分成两行或多行来输入，则可以在第一个物理行之后加上 3 个小黑点并按下 Enter 键，然后接着在下一个物理行继续输入命令的其他部分。3 个小黑点称

为续行符, 即把下面的物理行看做该行的逻辑继续。例如:

```
>> s=1-1/2+1/3-1/4+1/5-1/6+1/7-...
1/8+1/9-1/10+1/11-1/12;
```

这是一个命令行, 它占用两个物理行, 第一个物理行以续行符结束, 第二个物理行是上一行的继续。

在 MATLAB 中, 有很多的控制键和方向键可用于命令行的编辑。如果能熟练使用这些键将大大提高操作效率。例如, 当将命令 $x1=(\log(3)+\sqrt{5})/2$ 中的函数名 `sqrt` 输入成 `srt` 时, 由于 MATLAB 中不存在 `srt` 函数, MATLAB 将会给出错误信息。命令执行情况如下:

```
>> x1=(log(3)+srt(5))/2
未定义函数或变量 'srt'。
```

重新输入命令时, 用户不用输入整行命令, 而只需按上移光标键 ($\uparrow$) 调出刚才输入的命令行, 再在相应的位置输入 `q` 字母并按下 `Enter` 键即可。在按 `Enter` 键时, 光标可以在该命令行的任何位置, 没有必要将光标移到该命令行的末尾。反复使用上移光标键, 可以回调以前输入的所有命令行。还可以只输入少量的几个字母, 再按上移光标键就可以调出最后一条以这些字母开头的命令。例如, 输入 `plo` 后再按上移光标键, 则会调出最后一次使用的以 `plo` 开头的命令行。表 1-1 列出了 MATLAB 命令行编辑的常用控制键及其功能。

表 1-1 命令行编辑的常用控制键

键名	功能	键名	功能
$\uparrow$	前寻式调回已输入过的命令	Home	将光标移到当前行首端
$\downarrow$	后寻式调回已输入过的命令	End	将光标移到当前行末尾
$\leftarrow$	在当前行中左移光标	Del	删除光标右边的字符
$\rightarrow$	在当前行中右移光标	Backspace	删除光标左边的字符
PgUp	前寻式翻滚一页	Esc	删除当前行的全部内容
PgDn	后寻式翻滚一页	Ctrl+C	中断一个 MATLAB 任务

在 MATLAB 命令后面可以加上注释, 用于解释或说明命令的含义, 对命令执行结果不产生任何影响。注释以 `%` 开头, 后面是注释的内容。

3. 当前文件夹窗口

MATLAB 系统本身包含了数目繁多的文件, 再加上用户自己建立的文件, 更是数不胜数。如何管理和使用这些文件是十分重要的。为了对文件进行有效的组织和管理, MATLAB 有自己的文件夹结构, 不同类型的文件放在不同的文件夹下, 而且通过路径来搜索文件。

当前文件夹是指 MATLAB 运行时的工作文件夹, 只有在当前文件夹或搜索路径下的文件、函数才可以被运行或调用。如果没有特殊指明, 数据文件也将存放在当前文件夹下。为了便于管理文件和数据, 用户可以将自己的工作文件夹设置成当前文件夹, 从而使得用户的操作都在当前文件夹中进行。

当前文件夹窗口默认内嵌在 MATLAB 主窗口的左部。在当前文件夹窗口中可以显示或改变当前文件夹, 还可以显示当前文件夹下的文件及相关信息。单击当前文件夹窗口的显示操作按钮  或在当前文件夹窗口的右键快捷菜单中, 可以选择有关命令实现相关操作。例如, 在当前文件夹窗口的快捷菜单中选择“指示不在路径中的文件”命令, 则子文件夹以及不在当前