

工业和信息化部普通高等教育“十三五”规划教材
普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材

MATLAB

基础与应用教程

(第2版)

*FUNDAMENTAL AND
APPLICATION OF MATLAB
(2nd edition)*

蔡旭晖 刘卫国 蔡立燕 ◆ 编著



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

工业和信息化部普通高等教育“十三五”规划教材
普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材

MATLAB

基础与应用教程

(第2版)

FUNDAMENTAL AND
APPLICATION OF MATLAB
(2nd edition)

蔡旭晖 刘卫国 蔡立燕 ◆ 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB基础与应用教程 / 蔡旭晖, 刘卫国, 蔡立燕
编著. — 2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2019.1
普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-115-49488-7

I. ①M… II. ①蔡… ②刘… ③蔡… III. ①
Matlab软件—高等学校—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第224957号

内 容 提 要

本书在第1版的基础上修订而成。全书结合科学计算与工程应用的需要,从实用角度出发,通过大量的算法实现和典型应用实例,系统地介绍MATLAB的各种功能与应用。全书共13章,内容包括MATLAB基础知识、MATLAB数据对象、MATLAB程序设计、图形绘制、线性代数中的数值计算、数据分析与多项式计算、数值微积分与常微分方程求解、符号计算、图形对象、App设计、Simulink仿真与分析、MATLAB应用接口及MATLAB的学科应用。

本书可作为高等院校理工科专业本科生和研究生的教材,也可供广大科技工作者阅读参考。

-
- ◆ 编 著 蔡旭晖 刘卫国 蔡立燕
责任编辑 邹文波
责任印制 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
山东百润本色印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20 2019年1月第2版
字数: 526千字 2019年1月山东第1次印刷
-

定价: 59.80元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

第2版前言

MATLAB (MATrix LABoratory) 是 MathWorks 公司于 1984 年开发的科学与工程计算软件。它以矩阵运算为基础,将高性能的数值计算和符号计算功能、强大的绘图功能、动态系统仿真功能及为数众多的应用工具箱集成在一起,是颇具特色和影响的科学计算软件,在科学研究及工程设计领域有着十分广泛的应用。在高等院校,无论是在课程教学,还是在课程设计、毕业设计等环节中,应用 MATLAB 已十分普遍。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。

本书是编者在教学实际需要的基础上,根据教学改革的实践经验,结合技术发展趋势,在第 1 版的基础上修订而成的。本书具有以下特点。

第一,反映了 MATLAB 技术的发展和最新的应用成果。

近年来, MATLAB 版本不断更新,功能不断完善。本书交稿时, MATLAB R2018a 已出现,以后还会不断出现新的版本,功能越来越强大。本书以 MATLAB R2017b 为基础,全面介绍 MATLAB 的各种功能与使用方法。在 MATLAB 版本不断更新的同时, MATLAB 的应用领域也在不断拓展。本书介绍了 MATLAB 一些学科方面的应用工具箱和应用案例,能起到引导、示范的作用。

第二,注重体现基本原理,突出应用特色。

本书在介绍 MATLAB 基本功能的同时,介绍具体的实现原理,但最终以应用为目的,体现了“突出基本原理是为了更好地应用,使应用更富有规律”的理念。本书让读者在理解算法原理的基础上使用 MATLAB 的功能,使教材既成为教学内容的载体,也成为思维方法和认知过程的载体。例如,在介绍数值计算功能时,本书尽可能介绍相关的算法背景,使读者能得到基本数值计算方法的训练,这对培养创新能力是很有必要的。

第三,遵循循序渐进的原则,体现认知规律,便于读者学习。

本书以 MATLAB 的基本语言要素为切入点,由浅入深地介绍了 MATLAB 的绘图、数值计算、符号计算等基本功能,非常适合作为学习 MATLAB 的基础教材。在内容的选取上,本书不贪多求全,而是循序渐进、降低台阶、分散难点。全书结合 MATLAB 语言的特点,融入了作者应用 MATLAB 的经验和体会,通过大量的实例讲解知识点和应用,启发读者思考。

本书提供教学用的电子教案和相关实例的源程序代码,读者可以在人邮教育社区 (www.ryjiaoyu.com) 上下载。

本书第 1~3 章由刘卫国编写,第 4~8 章由蔡立燕编写,第 9~13 章由蔡旭晖编写。此外,参与部分编写工作的还有吕格莉、何小贤、李利明、周欣然、曹岳辉、童键、刘泽星、刘胤宏、舒卫真、李晨等。

编者

2018 年 7 月

目 录

第 1 章 MATLAB 基础知识.....1

1.1 MATLAB 的发展与基本功能.....1

1.1.1 MATLAB 的发展.....1

1.1.2 MATLAB 的基本功能.....2

1.2 MATLAB 的工作环境.....4

1.2.1 启动和退出 MATLAB.....5

1.2.2 MATLAB 的操作界面.....5

1.3 MATLAB 的基本操作.....7

1.3.1 命令格式与基本规则.....7

1.3.2 MATLAB 的搜索路径.....9

1.4 MATLAB 的帮助系统.....10

1.4.1 帮助浏览器.....10

1.4.2 获取帮助信息的其他方法.....11

思考与实验.....12

第 2 章 MATLAB 数据对象.....14

2.1 数值数据及操作.....14

2.1.1 数值数据.....14

2.1.2 数据的输出格式.....17

2.2 变量及其操作.....19

2.2.1 变量与赋值.....19

2.2.2 变量的管理.....20

2.3 MATLAB 数组.....21

2.3.1 构造数组.....22

2.3.2 引用矩阵元素.....24

2.4 MATLAB 运算.....27

2.4.1 算术运算.....27

2.4.2 关系运算.....33

2.4.3 逻辑运算.....33

2.5 字符数据及操作.....34

2.5.1 字符向量与字符数组.....34

2.5.2 字符串数组.....36

2.6 结构体对象和单元对象.....37

2.6.1 结构体对象.....37

2.6.2 单元数组.....38

思考与实验.....39

第 3 章 MATLAB 程序设计.....41

3.1 脚本.....41

3.1.1 脚本的编辑.....41

3.1.2 实时脚本.....43

3.2 程序控制结构.....44

3.2.1 顺序结构.....44

3.2.2 选择结构.....45

3.2.3 循环结构.....49

3.3 函数.....52

3.3.1 函数文件.....52

3.3.2 函数调用.....54

3.3.3 可变参数.....55

3.3.4 匿名函数.....55

3.3.5 全局变量与局部变量.....56

3.4 程序调试.....57

3.4.1 程序调试概述.....57

3.4.2 MATLAB 调试模块.....57

3.5 程序性能分析与优化.....59

3.5.1 程序性能分析.....59

3.5.2 程序优化.....60

思考与实验.....61

第 4 章 图形绘制.....63

4.1 二维曲线绘制.....63

4.1.1 绘制二维曲线.....63

4.1.2 设置曲线样式.....66

4.1.3 图形标注与坐标控制.....69

4.1.4 多图形显示.....72

4.1.5 其他坐标系下的曲线.....75

4.2 其他二维图形绘制.....77

4.2.1 条形类图形.....77

4.2.2 面积类图形	79
4.2.3 散点类图形	80
4.2.4 矢量场图形	81
4.3 三维图形绘制	82
4.3.1 三维曲线	82
4.3.2 三维曲面	84
4.4 图形修饰处理	90
4.4.1 视点处理	90
4.4.2 色彩处理	91
4.4.3 图形的裁剪处理	94
4.5 图像处理	95
4.5.1 图像数据读写与显示	95
4.5.2 图像捕获与播放	96
4.6 交互式绘图工具	96
4.6.1 “绘图”选项卡	97
4.6.2 图形窗口	97
思考与实验	99

第 5 章 线性代数中的数值计算 101

5.1 特殊矩阵的生成	101
5.1.1 通用的特殊矩阵	101
5.1.2 面向特定应用的特殊矩阵	103
5.1.3 特殊构造矩阵	105
5.2 矩阵分析	106
5.2.1 矩阵结构变换	106
5.2.2 矩阵求值	110
5.2.3 矩阵的特征值与特征向量	112
5.3 矩阵分解	113
5.3.1 矩阵的 LU 分解	113
5.3.2 矩阵的 QR 分解	115
5.3.3 矩阵的 Cholesky 分解	116
5.3.4 矩阵的 SVD 分解	117
5.4 线性方程组求解	118
5.4.1 利用左除和右除运算求解	118
5.4.2 线性方程组的其他求解方法	119
5.5 矩阵运算函数	121
5.5.1 矩阵乘法	121
5.5.2 矩阵幂	121
5.5.3 超越函数	122
5.5.4 通用矩阵函数 funm	122

5.6 稀疏矩阵的操作	122
5.6.1 矩阵存储方式	123
5.6.2 生成稀疏矩阵	123
5.6.3 访问稀疏矩阵	126
思考与实验	127

第 6 章 数据分析与多项式计算 129

6.1 数据统计处理	129
6.1.1 求最大值和最小值	129
6.1.2 求和与求积	130
6.1.3 求平均值和中值	131
6.1.4 求累加和与累乘积	131
6.1.5 统计描述函数	132
6.1.6 排序	135
6.2 多项式计算	135
6.2.1 多项式的四则运算	135
6.2.2 多项式的求导	136
6.2.3 多项式的求值	137
6.2.4 多项式的求根	138
6.2.5 多项式的除法变换	139
6.3 数据插值	139
6.3.1 一维数据插值	140
6.3.2 网格数据插值	142
6.3.3 散乱数据插值	143
6.4 曲线拟合	144
6.5 非线性方程和非线性方程组的 数值求解	145
6.5.1 非线性方程求解	145
6.5.2 非线性方程组求解	146
思考与实验	147

第 7 章 数值微积分与常微分 方程求解 149

7.1 数值微分	149
7.1.1 数值差分与差商	149
7.1.2 数值微分的实现	150
7.2 数值积分	152
7.2.1 数值积分的原理	152
7.2.2 定积分的数值求解实现	154
7.2.3 多重定积分的数值求解实现	156

7.3 离散傅里叶变换.....	157	9.3.5 动画对象.....	204
7.4 常微分方程的数值求解.....	159	9.4 光照和材质处理.....	207
7.4.1 龙格-库塔法简介.....	159	9.4.1 光源对象.....	207
7.4.2 常微分方程数值求解的实现.....	160	9.4.2 材质处理.....	208
思考与实验.....	165	思考与实验.....	209
第8章 符号计算.....	167	第10章 App 设计.....	211
8.1 符号对象及其运算.....	167	10.1 图形用户界面.....	211
8.1.1 符号对象的建立.....	167	10.1.1 用户界面对象概述.....	211
8.1.2 符号表达式中自变量的确定.....	170	10.1.2 控件的常用属性.....	212
8.1.3 符号对象的算术运算.....	171	10.1.3 回调函数.....	213
8.1.4 符号对象的关系运算.....	176	10.2 GUI 函数.....	214
8.1.5 符号对象的逻辑运算.....	177	10.2.1 建立控件对象.....	214
8.2 符号微积分.....	177	10.2.2 建立用户菜单.....	215
8.2.1 符号极限.....	178	10.2.3 建立快捷菜单.....	216
8.2.2 符号导数.....	178	10.3 GUIDE.....	217
8.2.3 符号积分.....	179	10.3.1 GUIDE 简介.....	217
8.3 级数.....	181	10.3.2 界面设计工具.....	219
8.3.1 级数符号求和.....	181	10.3.3 GUIDE 设计示例.....	222
8.3.2 函数的泰勒级数.....	182	10.4 App 设计工具.....	226
8.4 符号方程求解.....	182	10.4.1 App Designer.....	226
8.4.1 符号代数方程求解.....	183	10.4.2 App 组件.....	227
8.4.2 符号常微分方程求解.....	184	10.4.3 类的定义.....	228
8.5 符号计算的可视化分析.....	185	10.4.4 App 设计工具的设计示例.....	228
8.5.1 funtool.....	186	思考与实验.....	233
8.5.2 Taylor Tool.....	186	第11章 Simulink 仿真与分析.....	235
思考与实验.....	187	11.1 Simulink 概述.....	235
第9章 图形对象.....	189	11.1.1 Simulink 的工作环境.....	235
9.1 图形对象及其句柄.....	189	11.1.2 创建简单模型.....	237
9.1.1 图形对象的基本概念.....	189	11.2 系统模型的构建.....	240
9.1.2 图形对象句柄.....	190	11.2.1 Simulink 模块.....	240
9.1.3 图形对象属性.....	191	11.2.2 模型设计.....	241
9.2 图形窗口对象与坐标轴对象.....	194	11.3 系统的仿真与分析.....	244
9.2.1 图形窗口对象.....	194	11.3.1 设置仿真参数.....	245
9.2.2 坐标轴.....	195	11.3.2 运行仿真与仿真结果分析.....	248
9.3 图形数据对象.....	197	11.3.3 系统仿真实例.....	250
9.3.1 曲线对象.....	197	11.4 子系统.....	252
9.3.2 曲面对象.....	198	11.4.1 子系统的创建.....	253
9.3.3 文本对象.....	201	11.4.2 条件子系统.....	253
9.3.4 其他图形数据对象.....	202	11.4.3 子系统的封装.....	256

11.5 S 函数的设计与应用	259
11.5.1 用 MATLAB 语言编写 S 函数	259
11.5.2 S 函数示例	260
思考与实验	263
第 12 章 MATLAB 应用接口	265
12.1 MATLAB 与 Excel 的接口	265
12.1.1 在 Excel 中导出/导入数据	265
12.1.2 在 Excel 中调用 MATLAB 函数	266
12.1.3 在 MATLAB 中导入/导出数据	267
12.2 文件操作	268
12.2.1 文件输入/输出操作	269
12.2.2 MAT 文件	274
12.3 MATLAB 编译器	280
12.3.1 生成独立应用程序	280
12.3.2 生成组件和共享库	282
12.4 MATLAB 与其他语言程序的应用接口	285
12.4.1 MEX 文件	286
12.4.2 MATLAB 引擎	288
思考与实验	291

第 13 章 MATLAB 的学科应用

13.1 MATLAB 在优化问题中的应用	292
13.1.1 优化模型与优化工具	292
13.1.2 应用实例	293
13.2 MATLAB 在控制系统中的应用	296
13.2.1 控制系统工具箱	296
13.2.2 应用实例	297
13.3 MATLAB 在信号处理中的应用	302
13.3.1 信号处理工具箱与 Simulink 模块集	302
13.3.2 应用实例	303
13.4 MATLAB 在数字图像处理中的应用	306
13.4.1 图像处理工具箱	306
13.4.2 应用实例	307
13.5 MATLAB 在经济和金融领域中的应用	308
13.5.1 经济和金融领域的工具箱	308
13.5.2 应用实例	309
思考与实验	310

参考文献

参考文献	312
------	-----

第 1 章

MATLAB 基础知识

MATLAB 是 MathWorks 公司开发的科学计算软件，它以矩阵运算为基础，将数据分析、数据可视化、算法开发，以及非线性动态系统的建模、仿真等功能有机地融合在一起，并提供了与其他语言程序连接的应用接口和许多面向应用的工具箱，在工程计算与数值分析、控制系统设计与仿真、信号处理与通信、图像处理、金融建模设计与分析等学科领域都有着十分广泛的应用。

【本章学习目标】

- 了解 MATLAB 的发展与基本功能。
- 熟悉 MATLAB 的工作环境。
- 掌握 MATLAB 的基本操作。
- 熟悉 MATLAB 的帮助系统。

1.1 MATLAB 的发展与基本功能

MATLAB 是英文 MATrix LABoratory（矩阵实验室）的缩写，自 1984 年推向市场以来，经过不断的完善和发展，现已成为国际上科学研究与工程应用领域最具影响力的集成应用开发环境。

1.1.1 MATLAB 的发展

20 世纪 70 年代中后期，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，想教学生使用当时流行的线性代数软件包 Linpack 和基于特征值计算的软件包 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，尽管功能十分简单，但作为免费软件，它还是吸引了大批使用者。经过几年的校际流传，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 MATLAB 第 1 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。

经过不断努力，MathWorks 公司于 1986 年、1987 年和 1990 年相继推出了 MATLAB 2.0、MATLAB 3.0 和 MATLAB 3.5，功能不断增强。1992 年，MathWorks 公司推出了基于 Windows 的

MATLAB 4.0,随之推出符号计算工具包及用于动态系统建模、仿真、分析的集成环境 Simulink 1.0,并加强了大规模数据处理能力,使之应用范围越来越广。从 MATLAB 4.2c 开始,每个版本增加了一个建造标号,如 MATLAB 4.2c 的建造标号是 R7。1996 年、2000 年 10 月、2002 年 6 月、2004 年 7 月,MathWorks 公司先后推出了 MATLAB 5.0 (建造标号为 R8)、MATLAB 6.0 (建造标号为 R12)、MATLAB 6.5 (建造标号为 R13)、MATLAB 7.0 (建造标号为 R14),在计算方法、图形功能、用户界面设计、编程手段、工具等方面不断改进,速度变得越来越快,数值性能也越来越好,兼容性也越来越强。

从 2006 年开始,每年发布两次以年份作为建造标号的版本,a 版在上半年发布,b 版在下半年发布,如 MATLAB R2006a (MATLAB 7.2)、R2006b (7.3) 等。2012 年 9 月,MathWorks 公司推出了 MATLAB R2012b 即 MATLAB 8.0,从此时起,MATLAB 开始采用与 Office 2010 相同风格的操作界面,用工具条 (Ribbon) 取代了传统的菜单和工具栏。MATLAB 桌面的工具条由 3 个选项卡构成,同一类操作的命令集成到同一选项卡中,而功能相关的命令集成到选项卡的同一命令组中。MathWorks 公司随后推出了 MATLAB R2013a (8.1)、R2013b (8.2)、R2014a (8.3)、R2014b (8.4)、R2015a (8.5)、R2015b (8.6)。

2016 年 3 月,MathWorks 公司推出了 MATLAB R2016a 即 MATLAB 9.0,新增 3D 制图和一些有助于加快模型开发和仿真速度的函数,并且提供了更多大数据处理和工具,更加规范和实用。同时,新增的 App Designer 集成了创建交互式应用程序的两个主要功能——发布可视化组件和设定应用程序的行为,开发者可以用于快速构建 MATLAB 应用程序。2016 年 9 月,MathWorks 公司推出了 MATLAB R2016b (即 MATLAB 9.1),该版本提供一个实时编辑器,用于生成实时脚本 (Live script),大大优化了代码可读性。本书交稿时,MATLAB R2018a 已出现,以后还会不断出现新的版本,功能将越来越强大。MATLAB 9.x 的操作界面和基本功能是一样的,所以不必太在意版本的变化。本书以 MATLAB R2017b 为基础,全面介绍 MATLAB 的各种功能与使用。

1.1.2 MATLAB 的基本功能

MATLAB 将高性能的数值计算和符号计算功能、强大的绘图功能、程序设计语言功能及为数众多的应用工具箱集成在一起,其核心是一个基于矩阵运算的快速解释处理程序。它提供了一个开放式的集成环境,以交互式操作接收用户输入的各种命令,然后执行命令并输出命令执行结果。

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、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,往往要得到问题的解析解,这是符号计算的领域。MATLAB 和著名的符号计算语言 MuPAD 相结合,使 MATLAB 具有符号计算功能。

例如,求解线性方程组:

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 - x_3 = 7 \\ 3x_1 - 5x_2 + 3x_3 = 8 \\ 6x_1 + 3x_2 - 8x_3 = 9 \end{cases}$$

要得到数值解，可以在 MATLAB 命令行窗口输入以下命令：

```
>> a=[2,3,-1;3,-5,3;6,3,-8];
>> b=[7;8;9];
>> x=inv(a)*b
```

其中，前两条命令分别建立方程的系数矩阵 a 和常数列向量 b ，第 3 条命令求方程的根。inv(a) 为求 a 的逆矩阵的函数，也可用 $x=a \backslash b$ 求根。

得到的结果为

```
x =
    2.8255
    0.8926
    1.3289
```

此外，也可以通过符号计算来解此方程。在 MATLAB 命令行窗口输入以下命令。

```
>> syms x1 x2 x3;
>> [x1,x2,x3]=solve(2*x1+3*x2-x3-7,3*x1-5*x2+3*x3-8,6*x1+3*x2-8*x3-9)
```

得到的结果为

```
x1 =
    421/149
x2 =
    133/149
x3 =
    198/149
```

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 提供了两种方式的绘图操作，一种是使用带参数的绘图命令，另一种是先通过绘图命令创建图形对象，然后通过设置该图形对象属性调整图形。

例如，设 $x \in [-5, 5]$ ，绘制函数 $f(x) = \frac{100 \sin(2x)}{x-10}$ 和函数 $f(x) = x^2 - 10$ 的曲线，可以在

MATLAB 命令行窗口输入以下命令：

```
>> x=-5:0.1:5;
>> plot(x,100*sin(2*x)./(x-10),'--',x,x.^2-10)
```

其中，第 1 条命令建立 x 向量， x 的值从 -5 变化到 5，第 2 条命令绘制曲线，命令中的参数 '--' 指定用虚线绘制图形。命令执行后，将打开一个图形窗口，并在其中显示两个函数的曲线，虚线为 $f(x) = \frac{100 \sin(2x)}{x-10}$ 的曲线，实线为 $f(x) = x^2 - 10$ 的曲线，如图 1.1 所示。

也可以使用以下命令绘制图 1.1 所示图形：

```
>> x=-5:0.1:5;
>> h1=line(x,100*sin(2*x)./(x-10));
>> h1.LineStyle='--'; %设置图形对象 h1 线型为虚线
>> h2=line(x,x.^2-10)
```

3. 程序设计语言功能

MATLAB 具有程序结构控制、函数调用、数据结构、输入/输出等程序设计语言特征，所以

使用 MATLAB 也可以像使用 BASIC、C、FORTRAN 等传统程序设计语言一样进行程序设计，而且结合 MATLAB 的数值计算和图形处理功能，使得 MATLAB 程序设计更加方便、编程效率更高。例如，上面提到的求线性方程组的解，用 MATLAB 实现只需要 3 条命令，而用传统语言实现就要复杂得多，因此，对于从事数值计算、计算机辅助设计、系统仿真等领域的人员来说，用 MATLAB 编程的确是一个理想选择。

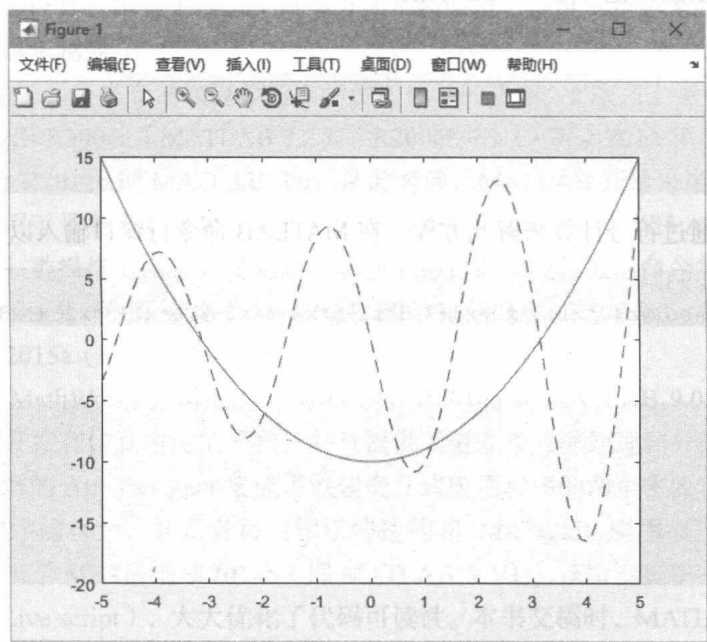


图 1.1 MATLAB 绘制函数曲线

MATLAB 是解释性语言，而且不能脱离 MATLAB 环境而独立运行。MathWorks 公司提供了将 MATLAB 源程序编译为可以在其他语言程序中调用的 DLL 文件，以及将其他语言编写的程序转化为 MATLAB 函数的编译器。

4. 扩展功能

MATLAB 的核心内容主要包含两部分，即科学计算语言 MATLAB 及基于模型的设计工具 Simulink。科学计算语言 MATLAB 是 MathWorks 所有产品的基础，包括用于算法开发、数据分析、数值计算和可视化的函数；Simulink 提供一个动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境。应用（Applications）工具箱扩展了 MATLAB 的应用范围，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）、图像处理工具箱（Image Processing Toolbox）等，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 采用开放式的组织结构，除内部函数外，所有 MATLAB 基本函数和各工具箱都是可读、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来构成新的工具箱。

1.2 MATLAB 的工作环境

在使用 MATLAB 之前，首先要安装 MATLAB 软件。其安装过程非常简单，只要执行安装盘

上的 setup.exe 文件来启动安装过程, 然后按照系统提示进行操作即可。安装完成后, 就可以使用 MATLAB 了。

1.2.1 启动和退出 MATLAB

1. 启动 MATLAB

在 Windows 平台上启动 MATLAB 有多种方法。

(1) 在 Windows 10 系统桌面, 单击任务栏的“开始”按钮, 选择“所有应用”→“MATLAB Release”项; 在 Windows 8 系统桌面, 在“开始”屏幕或“应用”桌面, 选择“MATLAB Release”项; 在 Windows 7 系统桌面, 在“开始”菜单中选择“MATLAB Release”项。

(2) 打开 Windows 资源管理器, 双击 MATLAB 安装文件夹下的 matlab.exe 文件。如果在 Windows 桌面已建立的 MATLAB 快捷方式, 则双击图标。

(3) 在 Windows 系统提示符下, 输入:

```
matlab
```

(4) 如果需要从 MATLAB 内部启动另一个 MATLAB 会话, 则在 MATLAB 命令行窗口中输入以下命令:

```
>> !matlab
```

(5) MATLAB 安装程序会设置某些文件类型与 MathWorks 产品之间的关联。在打开此类文件时将启动 MATLAB。例如, 在 Windows 资源管理器中, 双击扩展名为 .m 的文件, 将启动 MATLAB 并在 MATLAB 编辑器中打开此文件。

2. 退出 MATLAB

退出 MATLAB 有以下方法。

(1) 单击 MATLAB 桌面中的“关闭”按钮。

(2) 单击 MATLAB 桌面标题栏左上角的图标, 然后从弹出菜单选择“关闭”命令。

(3) 在 MATLAB 命令行窗口键入“quit”或“exit”命令, 或按 Alt+F4 组合键。

MATLAB 在关闭前, 会执行以下操作: 提示用户确认退出, 并提示保存所有未保存的文件。如果当前文件夹或搜索路径中存在 finish.m 脚本, 退出时运行该脚本。

1.2.2 MATLAB 的操作界面

MATLAB 采用图形用户界面, 集命令的输入、执行、修改、调试于一体, 操作非常直观和方便。在 MATLAB 中, 用户进行操作的基本界面就是 MATLAB 桌面。

1. MATLAB 桌面

MATLAB 桌面是 MATLAB 的主要工作界面, 包括功能区、快速访问工具栏、当前文件夹工具栏等工具和当前文件夹面板、命令行窗口、工作区面板, 利用这些工具和面板, 可以运行命令、管理文件和查看结果。MATLAB R2017b 桌面如图 1.2 所示。

面板可以内嵌在 MATLAB 桌面中, 也可以以子窗口的形式浮动在 MATLAB 桌面上。单击嵌入在 MATLAB 桌面中的某个面板右上角的“显示操作”按钮, 再从展开的菜单中选择“取消停靠”命令, 即可使该面板成为浮动子窗口。也可以在选中面板后, 按 Ctrl+Shift+U 组合键, 使该面板成为浮动子窗口。如果单击浮动子窗口右上角的“显示操作”按钮, 再从展开的菜单中选择“停靠”命令或按 Ctrl+Shift+D 组合键, 则可使浮动子窗口嵌入到 MATLAB 桌面中。

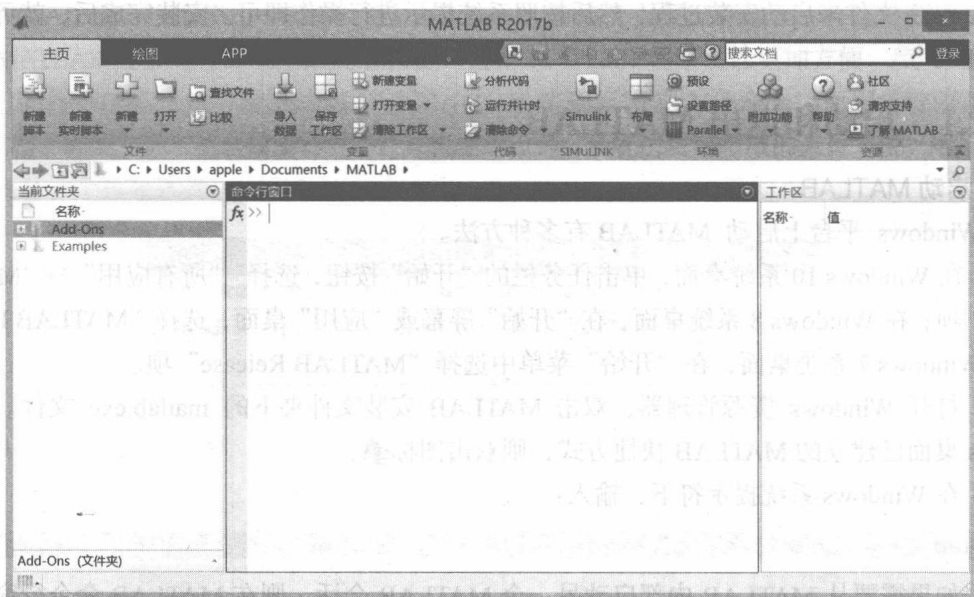


图 1.2 MATLAB R2017b 桌面

MATLAB 桌面的快速访问工具栏包含一些常用的操作按钮，如文件存盘，文本复制、粘贴等。当前文件夹工具栏用于实现当前文件夹的操作。MATLAB 桌面的功能区提供了 3 个命令选项卡，每个选项卡由工具组标题和对应的工具条构成。工具条按功能分成若干命令组，每个命令组包含若干命令按钮，可通过命令按钮来实现相应的操作。“主页”选项卡提供操作文件、访问变量、运行与分析代码、设置环境参数、获取帮助等命令，“绘图”选项卡提供了用于绘制图形的命令，“APP”选项卡提供多类应用工具。

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 的主要交互工具，用户的很多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 正处于准备状态。在命令提示符后输入命令并按下 Enter 键后，MATLAB 就会解释执行所输入的命令，并在命令下方显示执行结果。

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

3. 工作区

工作区也称为工作空间，是 MATLAB 用于存储各种变量和结果的内存空间。在工作区面板中可对变量进行观察、编辑、保存或删除，浮动的工作区子窗口如图 1.3 所示。在该窗口中以二维表格形式显示工作区中所有变量的名称、取值。从表格标题行的右键菜单中可选择增/删新的字段，用来显示变量的相关信息，如变量取值的类型、最大值、均值、标准差等。

4. 当前文件夹

MATLAB 系统本身包含了数目繁多的文件，再加上用户自己开发的文件，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 有自己严谨的文件结构，不同功能的文件放在不同的文件夹下，允许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, 从而使自己的操作都在当前文件夹中进行。

当前文件夹面板用于显示当前文件夹下的文件及相关信息, 如图 1.4 所示。如果在当前文件夹窗口的右键快捷菜单中选中了“指示不在路径中的文件”命令, 则子文件夹及不在当前文件夹下的文件显示为灰色, 而在当前文件夹下的文件显示为黑色。

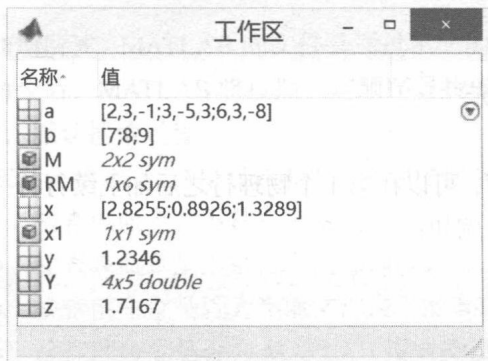


图 1.3 浮动的工作区子窗口

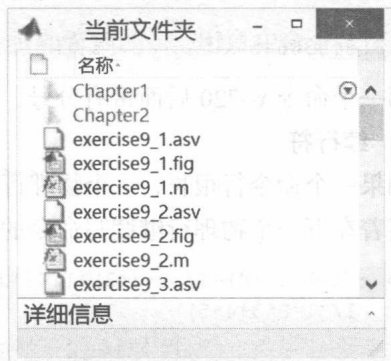


图 1.4 当前文件夹面板

可以通过当前文件夹工具栏中的地址框设置某文件夹为当前文件夹, 也可使用“cd”命令。例如, 将文件夹 c:\matlab\work 设置为当前文件夹, 可在命令行窗口输入以下命令。

```
>> cd c:\matlab\work
```

如果要设置打开 MATLAB 时的初始工作文件夹, 可以单击“主页”选项卡的预设按钮, 打开“预设项”对话框, 单击左边栏中的“常规”项, 然后在右边的“初始工作文件夹”的编辑框内输入指定的文件夹, 单击“确定”按钮后保存设置。下次启动 MATLAB 时, 当前文件夹就是预设的这个文件夹。

5. 命令历史记录

命令历史记录面板中会自动保留自安装起所有用过的命令, 并且还标明了使用时间, 从而方便用户查询。若在布局时设置命令历史记录面板为“弹出”, 则在命令行窗口中按键盘中的↑键, 就会在命令行窗口光标处弹出该面板; 若设置为“停靠”, 则面板默认出现在 MATLAB 桌面的右下部。在命令历史记录面板中双击某命令可进行命令的再运行。如果要清除这些历史记录, 可以从面板下拉菜单中选择“清除命令历史记录”命令。

1.3 MATLAB 的基本操作

在命令行窗口中输入并执行命令, 是 MATLAB 最基本的操作。通过执行命令, 可以进行各种计算操作, 也可以使用命令打开 MATLAB 的工具, 还可以查看函数、命令的帮助信息。

1.3.1 命令格式与基本规则

1. 命令格式

一般来说, 一个命令行输入一条命令, 命令行以按 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。例如:

```
>> x=720,y=x/12.3
x =
```

```
720
y =
58.5366
```

若命令执行后，不需要显示某个变量的值，则在对应命令后加上分号，例如：

```
>> x=720;y=x/12.3
y =
58.5366
```

第一个命令 `x=720` 后面带有分号，`x` 的值不显示。

2. 续行符

如果一个命令行很长，一个物理行之内写不下，可以在第 1 个物理行之后加上续行符“...”，然后接着在下一个物理行继续写命令的其他部分。例如：

```
>> z=1/(1*2)+1/(1*2*3)+1/(1*2*3*4)+ ...
1/(1*2*3*4*5)
z =
1.7167
```

这是一个命令行，但占用两个物理行，第 1 个物理行以续行符结束，第 2 个物理行是上一行的继续。

3. 快捷键

在 MATLAB 里，有很多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。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及其功能

键	名	功 能	键	名	功 能
↑		前寻式回调已输入过的命令	Home		将光标移到当前行首端
↓		后寻式回调已输入过的命令	End		将光标移到当前行末尾
←		在当前行中左移光标	Del		删除光标右边的字符
→		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		删除当前行全部内容
PgDn		后寻式翻滚一页			

例如，MATLAB 的 `power` 函数用于求数的幂，若前面调用 `power` 函数求 1.234^5 ，执行了以下命令：

```
>> a=power(1.234,5)
a =
2.8614
```

若在后续的操作中需要再次调用 `power` 函数求 $\frac{1}{5.6^3}$ ，用户不需要重新输入整行命令，而只需按↑键调出前面输入过的命令行，再在相应的位置修改函数的参数并按 `Enter` 键即可。

```
>> a=power(5.6,-3)
a =
0.0057
```

按 `Enter` 键时，光标可以在该命令行的任何位置，不需将光标移到该命令行的末尾。反复使用↑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↑键，以调出最后一条以这些字母开头的命令。例如，输

入 `plo` 后按 `↑` 键, 则会调出最后一次使用的以 `plo` 开头的命令。

如果只需执行前面某条命令中的一部分, 按 `↑` 键调出前面输入的命令后, 选择其中需要执行的部分, 按 `Enter` 键执行选中的部分。

1.3.2 MATLAB 的搜索路径

如前所述, MATLAB 的文件是通过不同的路径进行组织和管理。当用户在命令行窗口输入一条命令后, MATLAB 将按照一定顺序寻找相关的文件。

1. 默认搜索过程

在默认状态下, MATLAB 按下列顺序搜索所输入的命令。

- 检查该命令是不是一个变量。
- 检查该命令是不是一个内部函数。
- 检查该命令是否为当前文件夹下的 M 文件。
- 检查该命令是否为 MATLAB 搜索路径中其他文件夹下的 M 文件。

假定建立了一个变量 `result`, 同时当前文件夹下建立了一个 M 文件 `result.m`, 如果在命令行窗口输入 `result`, 按照上面介绍的搜索过程, 屏幕上应该显示变量 `result` 的值。如果从工作区删除了变量 `result`, 则执行 `result.m` 文件。

若操作时不指定文件路径, MATLAB 将在当前文件夹或搜索路径上查找文件。当前文件夹中的函数优先于搜索路径中任何位置存在的相同文件名的函数。

2. 设置搜索路径

用户可以将自己的工作文件夹列入 MATLAB 搜索路径, 从而将用户文件夹纳入 MATLAB 文件系统的统一管理。

(1) 用 `path` 命令设置搜索路径

用 `path` 命令可以把用户文件夹临时纳入搜索路径。例如, 将用户文件夹 `c:\matlab\work` 加到搜索路径下, 可在命令行窗口输入以下命令:

```
>> path(path, 'c:\matlab\work')
```

(2) 用对话框设置搜索路径

在 MATLAB 的“主页”选项卡的“环境”命令组中单击“设置路径”按钮或在命令行窗口执行 `pathtool` 命令, 将出现“设置路径”对话框, 如图 1.5 所示。



图 1.5 “设置路径”对话框