

卓越 工程师培养计划
电子设计实践系列

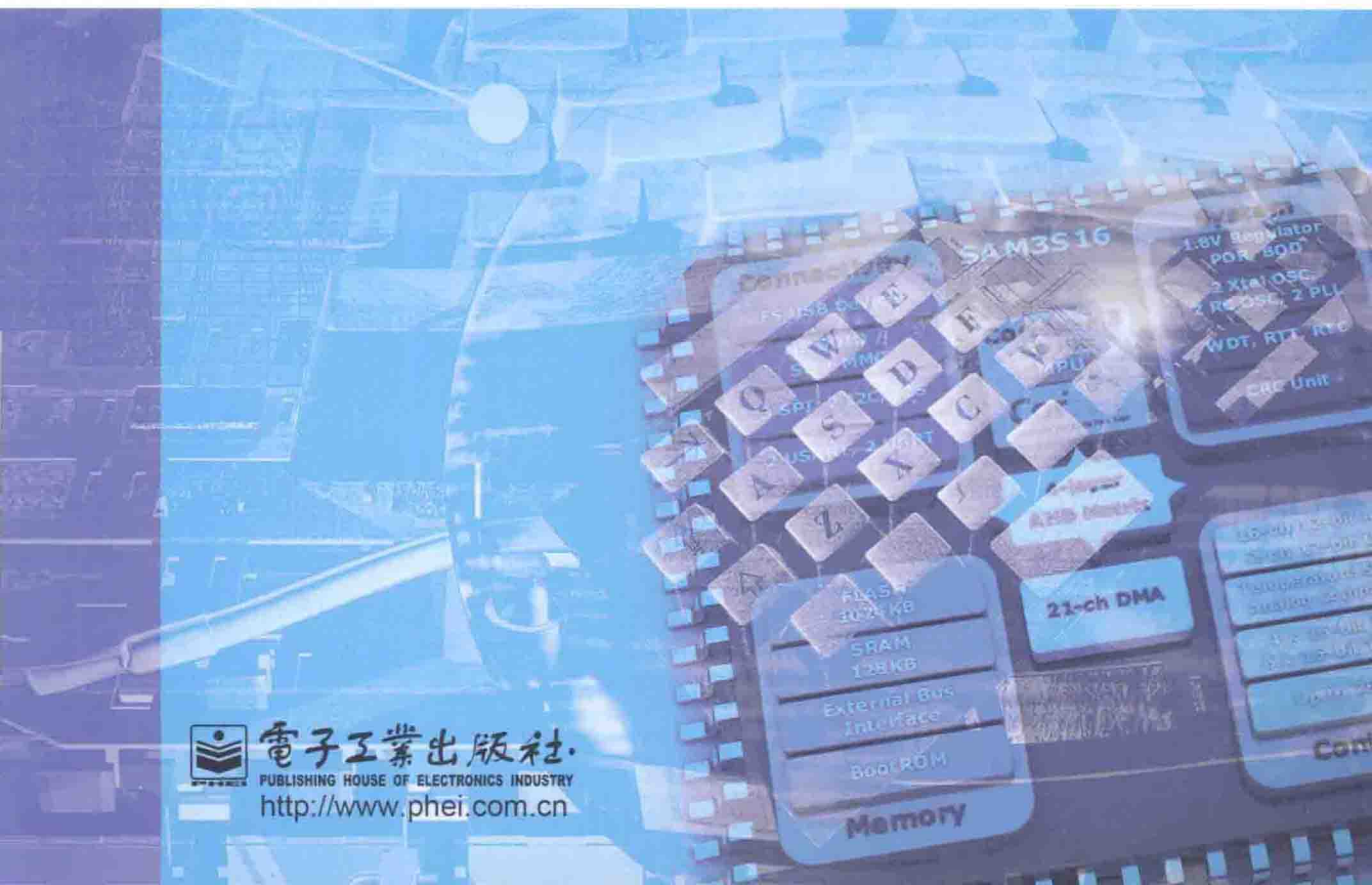
MATLAB

基础及其应用教程

■ 尚 涛 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



卓越工程师培养计划
电子设计实践系列

MATLAB 基础及其应用教程

尚 涛 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

MATLAB 是一款非常实用的科学计算软件。本书从 MATLAB 入门的角度出发,系统介绍了 MATLAB 的基础知识及其应用。全书共分两篇 14 章,第 1~10 章为基础篇,介绍入门基础、基本计算、数组和矩阵、数值计算、符号计算、图形绘制、图像处理、M 程序设计、GUI 图形用户界面、MATLAB 工具箱等基础知识;第 11~14 章为应用篇,介绍 MATLAB 在图像处理、GUI 设计、神经网络、信号处理等方面的应用。

本书内容基础、完整,描述方式由浅入深,适合作为普通高等院校相关专业“MATLAB 基础”课程的教材,也可供广大科研人员和科技工作者阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 基础及其应用教程 / 尚涛编著. —北京:电子工业出版社,2014.8
(卓越工程师培养计划. 电子设计实践系列)
ISBN 978-7-121-23516-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 125594 号



责任编辑:竺南直 特约编辑:胡 雯

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:北京季蜂印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:19.75 字数:506 千字

版 次:2014 年 8 月第 1 版

印 次:2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:39.50 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

MATLAB 计算软件，作为科学研究与工程计算的利器，已经得到广大科研人员和工程师的广泛采用。

目前，有关 MATLAB 书籍的数量很多，总体上分为两类：一类是介绍 MATLAB 的实际操作使用，另一类是围绕某个专业方向上的 MATLAB 应用。第一类书侧重使用，缺少基础知识；第二类书方向较窄，适合于专业性较强的研究生学习。为了适合具备高等数学和计算机基础知识的本科生学习，作者编写了这本教材，由浅入深地介绍 MATLAB 的基础知识及其应用。

作者认为本书的特色主要体现在以下三个方面。

特色一：基础和应用紧密结合。全书分为基础篇和应用篇，首先介绍 MATLAB 的基础知识，然后结合应用需求介绍 MATLAB 的实际问题解决。

特色二：入门实例形成基本印象，层次化实例详细说明。每个章节从入门实例入手，然后围绕知识点生动展示 MATLAB 的功能，逐步提升学习兴趣。

特色三：预备知识和拓展知识承上启下。在介绍 MATLAB 基本内容时，以附录形式补充相关的预备知识，同时扩展 MATLAB 中较为复杂的知识，为深入学习提供自由空间。

全书共分上下两篇。上篇为基础篇，下篇为应用篇。

基础篇包括第 1~10 章。为了介绍 MATLAB 的总体情况和相关基本概念，第 1 章介绍入门基础，主要包括 MATLAB 概述、MATLAB 安装方法、MATLAB 环境介绍、仿真的基础知识等内容。第 2 章介绍基本计算，主要包括变量、基本数据类型、基本运算等内容；第 3 章介绍数组和矩阵，主要包括数组计算、矩阵计算、逗号、分号、冒号的作用等内容，重点将数组和矩阵加以区分。为了理解两种主要的计算方式，第 4 章介绍数值计算，主要包括数据插值、数据拟合、多项式运算、代数方程求解等内容；第 5 章介绍符号计算，主要包括符号变量的创建、符号表达式、符号微积分、符号方程求解等内容。为了更好地理解图形与图像之间的关系，第 6 章介绍图形绘制，主要包括数据和函数的划分、二维绘图、三维绘图、绘图的控制符等内容；第 7 章介绍图像处理，主要包括 MATLAB 图像处理、数字图像基础等内容。在 MATLAB 编程

方面,第8章介绍M程序设计的基础,主要包括MATLAB编程特点、M文件形式、控制结构、M文件调试、M文件的编程规范等内容;第9章介绍图形用户界面GUI,以M程序设计为基础,主要包括图形用户界面设计工具介绍、设计原则和一般步骤、控件创建、菜单创建、回调函数等内容。为了实现扩展计算功能,第10章介绍MATLAB工具箱,主要包括工具箱分类、Simulink工具箱、信号处理工具箱、通信工具箱、神经网络工具箱等内容。

应用篇包括第11~14章。结合实际问题,选择MATLAB工具,提供了问题解决的框架,主要包括典型问题、主要思路、预备知识、MATLAB函数、MATLAB的实现方式等内容。第11章介绍图像处理方面的应用,利用Hough变换进行曲线的参数提取;第12章介绍GUI设计方面的应用,基于GUI进行经典的扫雷游戏的开发;第13章介绍神经网络方面的应用,利用BP神经网络模型进行交通预测;第14章介绍信号处理方面的应用,设计数字滤波器对采集的语音信号进行滤波和分析。

本书由尚涛博士编著。北京航空航天大学电子信息工程学院2010级本科生艾宁和郑上浩同学提供了MATLAB应用的实验内容。同时,北京航空航天大学电子信息工程学院刘建伟教授、张有光教授对于教材编写提出了很多的建设性意见,北京航空航天大学信息与网络安全实验室的硕士研究生赵晓杰、林翔、彭天丽、李娇、裴壮等对于教材编写做出了大量的校正工作,并且北京航空航天大学的伍前红、修春娣、毛剑等老师为本教材的顺利出版做出了大量的工作。特别感谢实验中心的王俊教授在教材编写过程中给予了大力的支持!

本书参考、引用了国内外相关书籍、文献及有关网站的内容,在此表示衷心的感谢。在编写过程中得到了电子工业出版社和北京航空航天大学的大力支持、鼓励和帮助;本书完成还得到了国家重点基础研究发展计划项目(No.2012CB315905)、国家自然科学基金资助项目(No.61272501)、北京市自然科学基金资助项目(No.4132056)和中央高校基本科研业务费项目(No.YWF14DZXY012)的资助,在此表示深深的谢意。

为了方便教学,本书配有电子课件和应用实例源程序,任课教师可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册下载。

由于本书作者水平有限,书中难免存在疏漏与不妥之处,恳请广大读者和同行专家批评指正。

作者

2014年5月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

基础篇

第 1 章 入门基础	3	2.4.1 算术运算	23
1.1 MATLAB 概述	3	2.4.2 关系运算	24
1.1.1 MATLAB 的优势特点	4	2.4.3 逻辑运算	25
1.1.2 MATLAB 的计算实例	5	2.4.4 数学函数	25
1.2 MATLAB 安装方法	8	2.5 拓展知识	27
1.3 MATLAB 环境介绍	10	2.6 思考问题	30
1.4 预备知识	11	2.7 常见问题	30
1.4.1 仿真的分类	12	附录 A C 语言中结构变量	
1.4.2 仿真的发展	13	的定义及使用	31
1.4.3 常见的仿真软件	13	第 3 章 数组和矩阵	33
1.5 拓展知识	15	3.1 入门实例	33
1.6 思考问题	16	3.2 数组计算	35
1.7 常见问题	16	3.2.1 数组的创建	35
第 2 章 基本计算	17	3.2.2 数组的访问	37
2.1 入门实例	17	3.2.3 数组的运算	38
2.2 变量	18	3.3 矩阵计算	40
2.2.1 预定义变量	18	3.3.1 矩阵的创建	40
2.2.2 用户自定义变量	18	3.3.2 矩阵的访问	41
2.2.3 表达式	19	3.3.3 矩阵的运算	41
2.2.4 逗号与分号的区别	19	3.4 符号的作用	46
2.3 基本数据类型	20	3.5 拓展知识	46
2.3.1 数值类型	20	3.6 思考问题	47
2.3.2 逻辑类型	20	3.7 常见问题	48
2.3.3 字符串类型	20	附录 B 矩阵的对角化	49
2.3.4 单元类型	21	第 4 章 数值计算	51
2.3.5 结构类型	22	4.1 入门实例	51
2.4 基本运算	23	4.2 数据分析	53

4.3	数据插值	54	第 6 章	图形绘制	93
4.4	数据拟合	55	6.1	入门实例	93
4.5	多项式运算	56	6.2	可视化数据的分类	94
4.5.1	多项式的创建	56	6.3	二维绘图	95
4.5.2	多项式的求根	57	6.3.1	基本绘图函数	95
4.5.3	多项式的乘运算	57	6.3.2	绘图控制符	96
4.5.4	多项式的除运算	58	6.3.3	其他绘图函数	97
4.5.5	多项式的微积分	58	6.4	三维绘图	98
4.6	代数方程求解	59	6.4.1	三维曲线图	99
4.7	微分方程求解	61	6.4.2	三维网格图	99
4.8	拓展知识	62	6.4.3	三维曲面图	101
4.8.1	Lyapunov 方程的 计算求解	63	6.5	图形窗口的控制与操作	101
4.8.2	Sylvester 方程的 计算求解	65	6.5.1	子窗口绘制	102
4.8.3	Riccati 方程的 计算求解	68	6.5.2	窗口的刷新	104
4.9	思考问题	69	6.5.3	窗口的视点	104
4.10	常见问题	69	6.6	图形绘制的辅助操作	105
附录 C	最小二乘法和微积分 的基本概念	69	6.7	拓展知识	108
第 5 章	符号计算	74	6.8	思考问题	108
5.1	入门实例	74	6.9	常见问题	109
5.2	符号变量的创建	75	附录 E	计算机图形学基础	109
5.3	符号表达式运算	76	第 7 章	图像处理	110
5.3.1	算术运算	76	7.1	入门实例	110
5.3.2	函数运算	77	7.2	MATLAB 数字图像处理	112
5.4	符号微积分	79	7.2.1	图像文件输入输出	112
5.5	符号方程求解	83	7.2.2	图像显示	113
5.6	拓展知识	85	7.2.3	图像几何运算	120
5.6.1	基本指令	86	7.2.4	图像亮度调整	123
5.6.2	调用 MAPLE 函数	87	7.2.5	图像斑点去除	125
5.6.3	运行 MAPLE 程序	88	7.2.6	图像轮廓提取	127
5.7	思考问题	89	7.2.7	图像边界提取	127
5.8	常见问题	89	7.2.8	图像间的运算	128
附录 D	微分方程基础	90	7.2.9	特定区域处理	129
			7.3	拓展知识	130
			7.3.1	傅里叶变换	131
			7.3.2	离散余弦变换	132
			7.3.3	Radon 变换	134

7.4	思考问题	136	9.4.2	控件对象的属性	185
7.5	常见问题	137	9.4.3	对话框设计	187
	附录 F 图像处理基础	137	9.4.4	用户控件的设计实例	191
第 8 章	M 程序设计	143	9.5	用户菜单的制作	193
8.1	入门实例	143	9.5.1	用户菜单的制作方法	194
8.2	MATLAB 编程特点	144	9.5.2	用户菜单的设计实例	194
8.3	M 文件形式	146	9.6	M 文件的函数构成	196
8.3.1	基本组成结构	146	9.6.1	函数说明	196
8.3.2	脚本文件	147	9.6.2	参数说明	196
8.3.3	函数文件	147	9.6.3	GUIDE 数据传递机制	197
8.3.4	局部变量和全局变量	149	9.6.4	函数使用的实例	197
8.4	控制结构	150	9.7	拓展知识	198
8.4.1	顺序结构	150	9.8	思考问题	200
8.4.2	分支结构	151	9.9	常见问题	200
8.4.3	循环结构	153		附录 H 可视化开发	201
8.4.4	其他流程控制语句	154	第 10 章	MATLAB 工具箱	202
8.5	M 文件调试	155	10.1	入门实例	202
8.6	M 文件的编程规范	158	10.2	工具箱分类	205
8.7	拓展知识	159	10.3	Simulink 工具箱	207
8.7.1	MATLAB 调用其他程序的方法	160	10.3.1	Simulink 的启用方法	207
8.7.2	其他程序调用 MATLAB 内置函数的方法	168	10.3.2	Simulink 模块库简介	208
8.8	思考问题	172	10.3.3	Simulink 建模与仿真	212
8.9	常见问题	173	10.3.4	Simulink 建模实例	214
	附录 G 即时编译技术	173	10.3.5	Simulink 建模仿真命令	216
第 9 章	GUI 图形用户界面设计	174	10.4	信号处理工具箱	217
9.1	入门实例	174	10.4.1	信号处理工具箱简介	217
9.2	GUI 设计工具介绍	175	10.4.2	SPTool 工具	218
9.2.1	GUIDE 的启动方法	176	10.4.3	信号处理实例	220
9.2.2	GUI 文件的构成	177	10.4.4	信号处理命令函数	225
9.2.3	GUIDE 的构成	180			
9.3	GUI 设计方法	184			
9.4	用户控件的制作	184			
9.4.1	控件对象的描述	185			








10.5	通信工具箱	231	简介	243	
10.5.1	通信工具箱简介	231	10.6.2	神经网络工具	246
10.5.2	通信命令函数	234	10.6.3	神经网络应用实例	248
10.5.3	通信系统模块集	235	10.6.4	神经网络命令函数	255
10.5.4	通信系统性能仿真	239	10.7	拓展知识	259
10.6	神经网络工具箱	243	10.8	思考问题	261
10.6.1	神经网络工具箱		10.9	常见问题	261

应 用 篇

第 11 章	图像处理方面的应用	265	13.2	主要思路	287
11.1	典型问题	265	13.3	神经网络预备知识	288
11.2	主要思路	265	13.4	MATLAB 函数	289
11.3	图像处理预备知识	265	13.5	MATLAB 的实现方式	289
11.4	MATLAB 函数	266	13.6	思考	293
11.5	MATLAB 的实现方式	266	第 14 章	信号处理方面的应用	294
11.6	思考	275	14.1	典型问题	294
第 12 章	GUI 设计方面的应用	276	14.2	主要思路	294
12.1	典型问题	276	14.3	信号处理预备知识	295
12.2	主要思路	276	14.4	MATLAB 函数	295
12.3	游戏设计预备知识	277	14.5	MATLAB 的实现方式	296
12.4	MATLAB 函数	277	14.5.1	设计过程	296
12.5	MATLAB 的实现方式	278	14.5.2	调试分析	299
12.6	思考	286	14.6	思考	305
第 13 章	神经网络方面的应用	287	参考文献		306
13.1	典型问题	287			



基础篇

-  第 1 章 入门基础
-  第 2 章 基本计算
-  第 3 章 数组和矩阵
-  第 4 章 数值计算
-  第 5 章 符号计算
-  第 6 章 图形绘制
-  第 7 章 图像处理
-  第 8 章 M 程序设计
-  第 9 章 GUI 图形用户界面设计
-  第 10 章 MATLAB 工具箱

第 1 章

入门基础

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司发布的主要面向科学计算、可视化以及交互式程序设计的计算软件。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在易于使用的视窗环境中，为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案，代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

《论语·卫灵公》：“工欲善其事，必先利其器”。MATLAB 作为一种功能强大的计算软件，在大学生的基础理论学习和课外科技活动中起着重要的支撑作用，是一种在学习过程中务必掌握的利器。它不仅可以帮助学生理解晦涩难懂的基础理论，而且可以激发学生的想象力进行科学研究，在培养学生发现问题、分析问题、解决问题能力方面起着积极的作用。

本章的主要知识点体现在如下两个方面：

- 掌握 MATLAB 基本情况；
- 了解 MATLAB 与仿真之间的关系。

1.1 MATLAB 概述

MATLAB (MATrix LABoratory, 矩阵实验室) 是一种以矩阵运算为基础的交互式程序语言, 着重针对科学计算、工程计算和绘图的需求。首创者 Cleve Moler 教授曾在密西根大学、斯坦福大学和新墨西哥大学任数学与计算机科学教授, 和 John Little 等人成立了 MathWorks 公司。该公司于 1984 年推出了 MATLAB 1.0 版, 1986 年 2.0 版, 1987 年 3.0 版, 1992 年 4.0 版, 1996 年 5.0 版, 2000 年 6.0 版, 2004 年 7.0 版, 2012 年 8.0 版。截止到 2013 年 12 月, 最新版本是 8.2 版 (建造编号 R2013b)。其中, MATLAB 7.x 经历了 0 到 14 等一系列版本升级, 在这一发展阶段中, MATLAB 功能开发和用户应用得到了迅速

的提升。本书以 R2012b 版本为主介绍 MATLAB。

MATLAB 可以解决科学研究和工程实践中的计算问题，小到简单的加减乘除，大到采用计算机编程解决的复杂求解。MATLAB 具有用法简单、灵活、结构性强、延展性好等优点，逐渐成为科技计算、视图交互系统和程序中的首选工具。

1.1.1 MATLAB 的优势特点

与其他计算软件相比，MATLAB 的主要优势特点体现在以下几个方面。

(1) 简单易用的计算环境

MATLAB 的命令环境和编程环境简单，提供了一套方便实用的 MATLAB 函数和文件工具集，其中许多工具是图形化用户接口。它是一个集成的用户工作空间，允许用户输入输出数据，并提供了 M 文件的集成编译和调试环境，包括 MATLAB 桌面、命令窗口、M 文件编辑调试器、MATLAB 工作空间和在线帮助文档。随着软件本身的不断升级，人机交互性更强，操作更简单。利用 MATLAB 提供的联机查询、帮助系统，用户可以方便地进行函数查询。新版本的 MATLAB 语言的语法特征与 C++ 语言极为类似，而且更加简单，更加符合科研人员对数学表达式的书写习惯，使之更利于非计算机专业的科研人员使用，这也正是 MATLAB 能够深入到科学研究及工程计算各个领域的重要原因。MATLAB 的编程环境提供了比较完备的调试系统，程序不必经过编译就可以直接运行，而且能够及时地报告出现的错误及进行出错原因分析。在通常情况下，可以用它来代替底层编程语言，如 C 和 C++。在计算要求相同的情况下，使用 MATLAB 编程的工作量会大大减少。

(2) 强大的计算处理能力

MATLAB 提供了大量的计算函数和实用的工具箱。MATLAB 支持数组运算、矩阵运算、符号运算等。其拥有 600 多个工程中要用到的数学运算函数，可以方便地实现用户所需的各种计算功能。函数中所使用的算法都是科学研究和工程计算中的最新研究成果，而且经过了各种优化和容错处理。这些函数集包括从最简单最基本的函数到矩阵、特征向量、快速傅里叶变换的复杂函数。所能解决的问题大致包括矩阵运算和线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程组的求解、符号运算、傅里叶变换和数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作以及建模动态仿真等。MATLAB 的重要特色之一就是提供了一组称之为工具箱的特殊应用子程序。工具箱是 MATLAB 函数的子程序库，每一个工具箱都是为某一类学科专业和应用而定制的，主要包括信号处理、控制系统、神经网络、模糊逻辑、小波分析和系统仿真等方面的应用。用户可以直接使用工具箱学习、应用和评估不同的方法且不需要自己编写代码。

(3) 完备的图形处理能力

MATLAB 提供了方便的图形绘制、图像处理以及图形用户界面开发功能。与其他计算机软件的分析功能相比，MATLAB 具有方便的数据可视化功能，将向量和矩阵用图形表现出来，实现二维和三维的可视化、图像处理、动画和表达式作图。它具有一般数据可

视化软件都具有的功能（例如二维曲线和三维曲面的绘制和处理等），也具有自己独特的处理能力（例如图形的光照处理、色度处理以及四维数据的表现等）。在开发环境中，用户利用图形窗口的句柄、图形标注等，可以方便地控制图形窗口。另外，MATLAB 着重完善了图形用户界面（GUI）的制作，结合面向对象程序设计的思想，设计满足可视化要求的应用程序界面。

（4）易于扩充的开发接口

MATLAB 提供了组件扩充和代码移植的功能。要实现 MATLAB 的功能扩充或者利用其他开发工具实现代码，可以利用 MATLAB 的应用程序接口（API）。MATLAB 应用程序接口（API）是一个支持 MATLAB 语言与 C、Fortran 等其他高级编程语言进行交互的函数库。该函数库的函数通过调用动态链接库（DLL）实现与 MATLAB 文件的数据交换，其主要功能包括在 MATLAB 中调用 C 和 Fortran 程序，以及在 MATLAB 与其他应用程序间建立客户、服务器关系。另一方面，MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++ 数学库和图形库，将 MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行环境的 C 和 C++ 代码。MATLAB 网页服务程序还容许在 Web 应用中使用自己的 MATLAB 数学和图形程序。

1.1.2 MATLAB 的计算实例

下面通过几个具体的例子来说明 MATLAB 强大的计算处理能力。

【例 1-1】矩阵生成与运算。

在著名武侠小说《射雕英雄传》中，聪明的黄蓉帮助瑛姑解开了一个十年不解的九宫图问题：“将一至九这九个数字排成三列，不论纵横斜角，每三个数字相加都是十五，如何排法？”该问题用半数学语言描述就是：如何生成一个 3×3 矩阵，并将自然数 $1, 2, \dots, 9$ 分别置成这 9 个矩阵元素，才能使得每一行、每一列、且主、反对角线上元素相加都等于一个相同的数？

依据小说的情节，黄蓉给出的具体解法为：“九宫之义，法以灵龟，二四为肩，六八为足，左三右七，戴九履一，五居中央。九宫每宫又可化为一个八卦，八九七十二数，以从一至七十二之数，环绕九宫成圈，每圈八字，交界之处又有四圈，一共一十三圈，每圈数字相加，均为二百九十二。对于四四图，以十六字依次作四行排列，先以四角对换，一换十六，四换十三，后以内四角对换，六换十一，七换十。这般横直上下斜角相加，皆是三十四。”图 1-1 所示是一个解法示例。

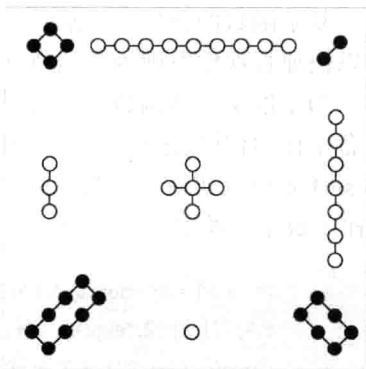


图 1-1 九宫图

这一问题可以归结为魔方矩阵问题，在 MATLAB 中不需要设计复杂的算法，只需要调用 `magic(3)` 函数就可以实现上述问题的简单求解。具体如下：

```
>> magic(3)
```

```
ans =
```

```
8     1     6
3     5     7
4     9     2
```

利用 `magic` 函数还可以实现更高维的魔方矩阵问题，这是小说里方法也解决不了的问题。例如，当维度为 8，问题变得非常复杂。

```
>> magic(8)
```

```
ans =
```

```
64     2     3    61    60     6     7    57
 9    55    54    12    13    51    50    16
17    47    46    20    21    43    42    24
40    26    27    37    36    30    31    33
32    34    35    29    28    38    39    25
41    23    22    44    45    19    18    48
49    15    14    52    53    11    10    56
 8    58    59     5     4    62    63     1
```

将该问题归结为矩阵问题之后，可以进一步利用线性代数的知识，通过求解矩阵的行列式和特征值进行分析。具体来说，可以利用 MATLAB 提供的函数：`det` 求解行列式的值，`eig` 求解行列式的特征值和特征向量。

总结：通过掌握 MATLAB 提供的函数，在 MATLAB 的交互式命令环境下可以进行各类的矩阵或数组的运算。

【例 1-2】考虑一个二元函数，如何用三维图形的方式表现出这个曲面呢？

$$z = 3(1-x)^2 e^{-x^2-(y+1)^2} - 10 \left(\frac{x}{5} - x^3 - y^5 \right) e^{-x^2-y^2} - \frac{1}{3} e^{-(x+1)^2-y^2}$$

复杂函数的分析和求解是工程计算领域中经常遇到的问题，通过图形方式展示函数，可以快速直观地发现函数的特征，使对于函数的设计和分析达到事半功倍的效果。

为了展示上述函数，如果采用 C 语言或者 JAVA 等程序工具绘制函数，需要很多的准备工作，且开发过程烦琐。如果采用 MATLAB 的话，只需要利用两个简单函数 `meshgrid` 和 `surf` 就可以实现三维图形的显示。其中，`meshgrid` 函数用于生成函数的网格点数据，`surf` 函数用于绘制三维曲面。具体实现如下：

```
>> [x,y] = meshgrid(-3:1/8:3);
z = 3*(1-x).^2.*exp(-(x.^2) - (y+1).^2) - 10*(x/5 - x.^3 - y.^5)...
.*exp(-x.^2-y.^2) - 1/3*exp(-(x+1).^2 - y.^2);
surf(x,y,z), shading interp; colorbar
```

函数的显示结果如图 1-2 所示。

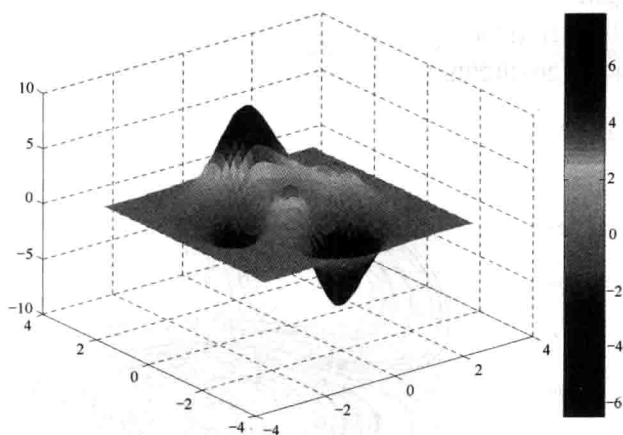


图 1-2 函数的绘制

图 1-2 的绘制结果显示，在三维坐标轴上轻松地绘制出了二元函数的曲面，采用不同的颜色来区分数据的不同特征区，而且曲面的颜色过渡是渐近完成的，这一点可以通过图 1-2 右边的颜色条明确看到变化。

总结：通过掌握数学表达式的描述方法，将数学描述转换为 MATLAB 描述，进而利用 MATLAB 提供的绘图函数，实现数学表达式的可视化显示。

【例 1-3】微分方程的数值解法。

实际问题的物理过程经常可用偏微分方程来描述，因此大量实际问题的计算可以归结为求解偏微分方程。著名的 Lorenz 方程是描述混沌现象的第一例方程，通过微分方程模拟气候变化，形象地描述输入的微弱变化对结果的巨大影响，这就是著名的天气的“蝴蝶效应”。具体方程描述如下：

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -\beta x_1(t) + x_2(t)x_3(t) \\ \dot{x}_2(t) = -\sigma x_2(t) + \sigma x_3(t) \\ \dot{x}_3(t) = -x_1(t)x_2(t) + \rho x_2(t) - x_3(t) \end{cases}$$

首先，在 MATLAB 的 M 文件编辑环境下编写 lorenzeq 函数，使用 M 语言描述微分方程，具体如下：

```
function xdot = lorenzeq(t,x)
xdot=[-8/3*x(1)+x(2)*x(3);
      -10*x(2)+10*x(3);
      -x(1)*x(2)+28*x(2)-x(3)];
end
```

然后，在 MATLAB 的交互式命令环境下，使用 MATLAB 命令求解该微分方程，绘制出时间曲线与相空间曲线，具体命令如下：

```
>> t_final=100; x0=[0;0;1e-10];
[t,x]=ode45('lorenzeq',[0,t_final],x0);
```