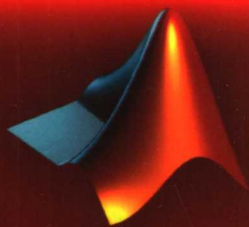


MATLAB工程应用系列丛书

王素立 高洁 孙新德 编著



MATLAB

混合编程与工程应用

- MATLAB混合编程简介
- MATLAB混合编程中的数据交流
- MATLAB运行C/C++程序
- 利用MATLAB Engine库实现混合编程
- MATLAB ActiveX应用集成
- 利用Mideva实现混合编程
- 利用MatrixVB实现混合编程
- MATLAB和Excel的混合编程
- MATLAB Builder for .NET应用
- MATLAB Web Server
- 混合编程工程应用实例



清华大学出版社

TP312/2857

2008

MATLAB 工程应用系列丛书

MATLAB 混合编程与工程应用

王素立 高洁 孙新德 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以 MATLAB 最新版本 R2006a 为蓝本, 系统介绍了 MATLAB 混合编程的最新技术。全书共分 11 章, 第 1 和第 2 章概述了 MATLAB 混合编程的发展状况及基本方法, 第 3 至 10 章分别介绍了几种典型的混合编程方法, 包括使用 MEX、MATLAB Engine、MATLAB ACTIVEX、Mideva、MATLAB Builder for .NET、MATLAB Web Server 进行混合编程, 以及 MATLAB 和 Visual Basic、Excel 等混合编程。第 11 章以数字水印技术为例介绍了 MATLAB 混合编程在工程中的典型应用。

本书按照混合编程常用方法进行编写, 第 3 至 10 章的每章都为一个独立单元, 读者可以任选其中一章或几章进行学习, 每章重点阐述一种混合编程方法的实质和要点, 实例描述贯穿始终。

本书不仅具有理论深度与广度, 而且注重实用, 实例丰富, 特别是通过作者在数字水印方面的研究成果, 提供了理论分析与应用案例。

本书可以作为高等院校计算机及信息相关专业的教材或参考书, 也可供广大科技工作者参考。

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

MATLAB 混合编程与工程应用/王素立, 高洁, 孙新德 编著. —北京: 清华大学出版社, 2008.5

(MATLAB 工程应用系列丛书)

ISBN 978-7-302-17231-4

I. M… II. ①王… ②高… ③孙… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB—程序设计 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 037078 号

责任编辑: 刘金喜 高晓晴

封面设计: 久久度文化

版式设计: 孔祥丰

责任校对: 胡雁翎

责任印制: 杨 艳

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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

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: 185×260 印 张: 19.25 字 数: 445 千字

版 次: 2008 年 5 月第 1 版 印 次: 2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系
调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 022439-01

前 言

MATLAB 是美国 MathWorks 公司研发的一款软件产品，目前是世界上使用最广泛的科学计算软件之一。它具有数字信号处理、矩阵计算、图像处理等强大的功能。MATLAB 灵活而强大的接口，实现了与其他语言的混合编程，不仅利用了 MATLAB 强大的计算功能，而且充分利用了其他语言优良的界面设计功能及消息传递控制机制，从而满足了多方面的需求。

本书通过 MATLAB 最新版本 R2006a 所提供的接口技术，深入浅出地分析了与其他语言的集成开发方法，并且对新版本中新增的基于 .NET 环境的混合编程技术进行了详细阐述，同时，结合作者在数字水印方面的研究成果，提供了相应的理论分析与应用案例。本书不仅具有理论深度与广度并且注重实用，实例丰富，通过具有代表性的 VB、VC、C# 语言对 MATLAB 的混合编程技术进行了详细分析。全书共分 11 章，具体内容如下：

第 1 章 MATLAB 混合编程简介。本章简单介绍了 MATLAB 的发展历程、语言特点、编程基础知识以及混合编程的目的与方法。

第 2 章 MATLAB 混合编程中的数据交流。本章主要介绍了 MATLAB 与磁盘进行交换的数据类型和方法。

第 3 章 MATLAB 如何运行 C/C++ 程序。本章介绍了在 MATLAB 环境中调用 C/C++ 程序需要解决的问题。重点介绍了 MEX 文件系统的配置、结构、运行方法，并通过实例详细介绍了 VC++ 环境设置以及 MATLAB 对 VC++ 程序的调用。

第 4 章 通过 MATLAB Engine 库实现混合编程。介绍了 MATLAB 引擎提供的主要接口函数、环境设置。此外，通过在 win32 控制台和基于 MFC AppWizard 的两种 C++ 开发模式下的实例，进一步说明了其开发方法与过程。

第 5 章 MATLAB ActiveX 应用集成。介绍了 MATLAB 对 ActiveX 两个方面的支持：一是在 MATLAB 环境下运行其他语言开发的 ActiveX 组件；二是在其他语言的程序中运行 MATLAB 提供的 ActiveX 自动化服务。最后分别就这两种支持方法进行实例分析。

第 6 章 利用 Mideva 实现混合编程。介绍了 Mideva 基础知识，通过实例介绍使用 Mideva 实现 VC++ 环境调用 MATLAB 文件的方法。

第 7 章 利用 MatrixVB 实现混合编程。介绍了基于 MatrixVB 的 MATLAB 与 Visual Basic 语言的混合编程技术，内容主要包括 MatrixVB 与 VB 集成的特点，通过实例说明了 MatrixVB 的环境设置及在 VB 中使用 MatrixVB 的命令与函数的方法。

第 8 章 MATLAB 和 Excel 的混合编程。主要介绍了 MATLAB 与 Excel 之间的数据传递及互相调用的方法。

第9章 MATLAB Builder for .NET 应用。详细介绍了 MATLAB Builder for .NET 的概念及特点、.NET 组件的创建和访问方法以及基于 C#和 Visual Basic .NET 环境开发.NET 组件的应用实例。

第10章 MATLAB Web Server。介绍了 MATLAB Web Server 和 http 服务器的安装与配置，重点介绍应用 MATLAB Web Server 实现基于互联网的 MATLAB 计算服务的方法。

第11章 混合编程工程应用实例。以图像及音频数字水印技术应用为背景，通过工程实例说明了 MATLAB R2006a 混合编程的应用。

本书是作者长期实践成果的结晶，在编写过程中虽力求完美，但由于水平有限，不足之处在所难免，望广大读者批评指正。

本书所有程序均经过调试，读者可通过 <http://www.tupwk.com.cn/downpage> 下载相应源代码，有问题可发邮件到 gjlw0@126.com 进行交流。

编者

2008年1月



目 录

第 1 章 MATLAB 混合编程简介	1
1.1 MATLAB 语言的发展	2
1.2 MATLAB 语言的特点	2
1.3 MATLAB 编程基础	4
1.3.1 变量和数学运算	4
1.3.2 数组和矩阵	7
1.3.3 结构体	9
1.3.4 类和对象	10
1.4 M 文件编程	10
1.4.1 M 文件通用格式及分类	11
1.4.2 M 文件编辑器	12
1.4.3 流程控制	12
1.4.4 M 脚本文件	18
1.4.5 M 函数文件	19
1.4.6 编写 M 文件需要注意的问题	22
1.5 提高 M 文件执行效率的技巧	23
1.6 进行混合编程的出发点	25
1.7 MATLAB 应用程序接口介绍	26
1.8 常见的混合编程方法简介	29
第 2 章 MATLAB 混合编程中的数据交流	33
2.1 文件的打开和关闭	34
2.1.1 文件的打开	34
2.1.2 文件的关闭	35
2.2 文本数据	35
2.2.1 从文本文件中读取数据	36
2.2.2 存写 ASCII 码数据	42
2.3 二进制数据	44
2.3.1 二进制数据的读取	44
2.3.2 二进制数据的存写	45

2.4	使用文件 I/O 函数	46
2.4.1	二进制数据的读取	46
2.4.2	二进制数据的写入	48
2.4.3	格式化读取 ASCII 码数据	48
2.4.4	格式化写入文本数据	49
2.4.5	控制文件位置指针	50
2.5	MAT 文件	52
2.5.1	在 MATLAB 中读写 MAT 文件	52
2.5.2	在普通的 C/C++ 程序中读写 MAT 文件	53
第 3 章	MATLAB 如何运行 C/C++ 程序	55
3.1	MEX 概述	55
3.2	系统要求与编译器配置	56
3.3	MEX 文件的结构和运行	57
3.3.1	MEX 文件结构	57
3.3.2	MEX 函数的执行流程	59
3.3.3	MEX 文件与独立应用程序的区别	61
3.4	C 语言 MEX 函数	61
3.5	Visual C++ 中 MEX 文件的建立和调试	64
3.5.1	Visual C++ 中 MEX 程序的建立和环境设置	65
3.5.2	MEX 程序的调试	68
3.6	MEX 编程实例	70
第 4 章	通过 MATLAB Engine 库实现混合编程	75
4.1	MATLAB 引擎扩展编程简介	75
4.2	MATLAB 引擎库	76
4.2.1	引擎的启动与关闭	76
4.2.2	执行 MATLAB 的命令	77
4.2.3	获取 MATLAB 命令窗口的输出	78
4.2.4	设置 MATLAB 窗口显示属性	78
4.2.5	mxArray 数据类型及 MATLAB 引擎工作空间数据读写	78
4.3	环境设置	83
4.4	应用实例	85
4.4.1	基于 VC 的标准控制台程序的应用实例	85
4.4.2	基于 VC 的 MFC 向导程序的应用实例	88
第 5 章	MATLAB ActiveX 应用集成	93
5.1	ActiveX 简介	93

5.1.1	COM 简介	93
5.1.2	什么是 ActiveX 及 ActiveX 组件	94
5.1.3	ActiveX 组件服务内容	94
5.2	MATLAB 作为 ActiveX 的客户端应用	95
5.2.1	ActiveX 对象的创建、事件处理与对象释放	96
5.2.2	查询和设置 ActiveX 对象的属性	98
5.2.3	查询及调用 ActiveX 组件的方法、事件	100
5.2.4	应用举例	102
5.3	MATLAB 的自动化服务功能	103
5.3.1	在客户程序中执行 MATLAB 命令	104
5.3.2	与客户程序进行数据交换	104
5.3.3	应用举例	105
第 6 章	利用 Mideva 实现混合编程	117
6.1	Mideva 简介	117
6.2	Mideva 的安装	118
6.3	Mideva 环境下 M 文件到 dll/exe 文件的转换	120
6.4	Visual C++ 环境下使用 Mideva 混合编程	121
6.5	Matrix <LIB>	123
6.6	混合编程实例	128
第 7 章	利用 MatrixVB 实现的混合编程	135
7.1	MATLAB 与 Visual Basic 语言的混合编程方式	135
7.2	MatrixVB 环境设置	136
7.2.1	在 VB 应用中引入 MatrixVB	136
7.2.2	在 VB 中使用 MatrixVB 的命令与函数	138
7.3	MatrixVB 的矩阵操作	142
7.3.1	在 VB 中生成 MatrixVB 矩阵	142
7.3.2	对矩阵元素进行操作	144
7.3.3	矩阵的保存与载入	147
7.3.4	应用举例	147
7.4	MatrixVB 的运算符	151
7.4.1	算术运算符	151
7.4.2	关系运算符	153
7.4.3	逻辑运算符	155
7.4.4	一些常用的运算函数	155
7.5	图形图像处理	157

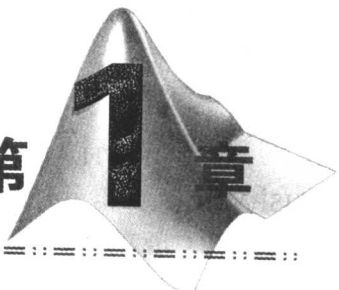




7.5.1	在 figure 窗口中绘制图形	157
7.5.2	在 VB 窗口或控件中绘制图形	159
7.6	线性规划	160
第 8 章	MATLAB 和 Excel 的混合编程	161
8.1	通过 Excel Link 实现 Excel 和 MATLAB 的数据共享	162
8.1.1	概述	162
8.1.2	Excel Link 的安装	162
8.1.3	Excel Link 的函数	166
8.1.4	Excel Link 应用实例	167
8.1.5	Excel Link 的注意事项	175
8.2	使用 Excel 生成器	177
8.2.1	概述	177
8.2.2	创建 Excel 生成器插件	178
8.3	直接将 MATLAB 工作空间的数据复制到 Excel	179
第 9 章	MATLAB Builder for .NET 应用	183
9.1	MATLAB Builder for .NET 概述	183
9.2	通过 MATLAB Builder for .NET 创建 COM 组件	184
9.3	运用 MATLAB 的全局变量进行数据转换	190
9.4	将 M 函数打包为 .NET 组件	192
9.5	进一步理解数据转换	199
9.6	应用实例	200
9.6.1	基于 C# 环境	200
9.6.2	基于 Visual Basic.NET 环境	206
第 10 章	MATLAB Web Server	211
10.1	MATLAB Web Server 概述	211
10.2	MATLAB Web Server 的安装	212
10.3	Apache Web Server 的安装与配置	213
10.3.1	Apache Web Server 的安装	213
10.3.2	测试和运行 Apache	215
10.3.3	设置 CGI 目录的执行权限	216
10.3.4	设置 icons 目录	216
10.4	MATLAB Web Server 的配置	217
10.5	MATLAB Web Server 应用程序的开发	220
10.5.1	创建输入文件	221
10.5.2	创建 MATLAB Web 应用程序的 M 文件	222



10.5.3 创建输出文件	224
10.6 MATLAB Web Server 应用程序举例	226
第 11 章 混合编程工程应用实例	237
11.1 数字水印概述	237
11.2 数字水印常见算法	242
11.3 混合编程应用案例 1	244
11.3.1 混合编程实现的目标	244
11.3.2 MATLAB 程序设计	244
11.3.3 VC++工程的创建	249
11.3.4 混合编程效果演示	267
11.4 混合编程应用案例 2	269
11.4.1 混合编程实现目标	269
11.4.2 MATLAB 程序设计	270
11.4.3 wave 文件读写及处理程序创建	276
11.4.4 混合编程效果演示	294



第 1 章

MATLAB 混合编程简介

MATLAB 是美国 MathWorks 公司研发的一款软件产品。作为与 Mathematica、Maple 并列的三大数学软件，其具有强大的矩阵计算及仿真能力。MATLAB 的名称源自 Matrix + Laboratory = MATLAB，所以这个软件在国内也称作“矩阵实验室”。每次 MathWorks 公司发布 MATLAB 软件的同时也会发布仿真工具 Simulink。在欧美很多大公司将产品投入实际使用之前都会进行仿真试验，他们主要使用的仿真软件就是 Simulink。MATLAB 提供了自己的编译器：全面兼容 C++ 以及 Fortran 两大语言。因此 MATLAB 是工程师、科研工作者手上最好的语言、工具和环境。它已经成为广大科研人员最值得信赖的助手和朋友。MATLAB 的应用领域极为广泛，除数学计算和分析外，还广泛应用于自动控制、系统仿真、数字信号处理、图形图像分析、数理统计、人工智能、虚拟现实技术、通信工程、金融系统等领域。

本章主要是对 MATLAB 系统及混合编程的有关基础知识进行介绍，使读者对 MATLAB 系统以及混合编程有初步了解。

本章主要内容如下：

- MATLAB 语言的发展
- MATLAB 语言的特点
- MATLAB 编程基础
- M 文件编程
- 提高 M 文件的执行效率
- 进行混合编程的出发点
- MATLAB 应用程序接口介绍
- 常见的混合编程方法简介



1.1 MATLAB 语言的发展

最早的 MATLAB 是 Cleve Moler 博士基于 Fortran 编写的, 包括 LINPACK 和 EISPACK 函数库, 用以支持数值计算。20 世纪 80 年代初期, Cleve Moler 与 John Little 等人利用 C 语言开发出新一代 MATLAB 语言, 并且成立了 MathWorks 公司, 并把 MATLAB 正式推向市场。从这时起, MATLAB 除原有的数值计算能力外, 还新增了数据图视功能。MATLAB 以商品形式出现后的短短几年, 就以其良好的开放性和运行的可靠性, 淘汰了原先控制领域里的封闭式软件包, 而改在 MATLAB 平台上重建。20 世纪 90 年代, MATLAB 已经成为国际控制界公认的标准计算软件。在 20 世纪 90 年代初期, MATLAB 就在数值计算方面独占鳌头。MathWorks 公司于 1993 年推出了基于 Windows 平台的 MATLAB 4.0。MATLAB 4.0 版在其原有的数值计算和图形可视能力的基础上, 出现了以下几个重要变化:

(1) 推出了 Simulink。一个交互式操作的动态系统建模、仿真、分析集成环境。

(2) 推出了符号计算工具包。一个以 Maple 为“引擎”的 Symbolic Math Toolbox 1.0。此举结束了国际上数值计算、符号计算孰优孰劣的长期争论, 使两种计算进入了互补发展新时代。

(3) 构建了 Notebook。MathWorks 公司瞄准应用范围最广的 Word, 运用 DDE 和 OLE, 实现了 MATLAB 与 Word 的无缝连接, 从而为专业科技工作者创造了融科学计算、图形可视、文字处理于一体的高水准环境。

从 1997 年的 MATLAB 5.0 版起, 后历经 5.1、5.2、5.3、6.0、6.1 等多个版本的不断改进, MATLAB “面向对象”的特点愈加突出, 数据类型愈加丰富, 操作界面愈加友善。在 2002 年初夏 MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.5 版, 其最大特点是: 该版本采用了 JIT 加速器, 从而使 MATLAB 在运算速度上前进了一大步。2004 年发布了 MATLAB 7.0, 其新特点包括: 支持证书和单精度浮点数运算、支持嵌套匿名函数的语法和条件断点、可以交互式地产生图形并生成相应的 M 代码以及在文件编辑器里分块执行 M 代码, M-Lint 的代码检查、桌面功能得到了加强, 同时在编程语法、对外接口、图形技术等方面也有很大的发展。MATLAB R2006a 是于 2006 年 3 月最新发布的, 这次升级做了重大改进。其中提供了 MATLAB、SIMULINK 的升级以及其他最新的模块的升级。MATLAB R2006a 版本不仅提高了产品质量, 而且也提供了新的用于数据分析、大规模建模、固定点开发、编码等新功能。

1.2 MATLAB 语言的特点

MATLAB 被称为第四代计算机语言, 又称为“草稿纸式”的语言, 它具有不同于其他



语言如Fortran、C语言等的特点，是边解释边执行的计算机语言。MATLAB是一款具有强大的矩阵运算、数据处理和图形显示功能的软件，其输出结果可视化，编程效率极高，用极少的代码即可实现复杂的运行，因此它使工程技术人员摆脱了繁琐的程序代码，以便快速地验证自己的模型和算法。

概括起来，MATLAB 具有如下主要特点。

1. 以矩阵和数组为基础的运算

MATLAB 是以矩阵为基础的，不需要预先定义变量和矩阵(包括数组)的维数，可以方便地进行矩阵的算术运算、关系运算和逻辑运算等。而且 MATLAB 有特殊矩阵专门的库函数，可以高效地求解诸如信号处理、图像处理、控制等问题。

2. 简单易学，使用方便

MATLAB 被称为“草稿式”语言，这是因为其函数名和表达更接近我们书写计算公式的思维表达方式，编写 MATLAB 程序犹如在草稿纸上排列公式与求解问题，因此可以快速地验证工程技术人员的算法。此外 MATLAB 还是一种解释性语言，不需要专门的编译器。具体地说，MATLAB 运行时，可直接在命令行输入 MATLAB 语句，系统立即进行处理，完成编译、链接和运行的全过程。

3. 强大的图形技术

MATLAB 具有非常强大的以图形化显示矩阵和数组的能力，同时它能给这些图形增加注释并且打印这些图形。MATLAB 的图形技术既包括一些可以方便产生二维、三维科技专业图形的高级绘图函数，又包括一些可以让用户灵活控制图形特点的低级绘图命令。另外，用户还可以利用 MATLAB 的句柄图形技术创建图形用户界面。

4. 编程效率极高

MATLAB 是一种面向科学和工程计算的高级语言。它以矩阵运算为基础，极少的代码即可实现复杂的功能。例如：对矩阵 A，假设其存在逆矩阵，那么用 C 语言求一个矩阵的逆矩阵是一件非常繁琐的工作，而且容易出错，但在 MATLAB 中，求矩阵 A 的逆矩阵就非常容易，只需要调用函数 `inv()`。

5. 可扩充性强，具有方便的应用程序接口

MATLAB 不仅有着丰富的库函数，在进行复杂的数学运算时可以直接调用。而且用户还可以根据需要进行方便地编写和扩充新的函数库。通过混合编程用户可以方便地在 MATLAB 环境中调用其他用 Fortran 或者 C 语言编写的代码，也可以在 C 语言或者 Fortran 语言程序中调用 MATLAB 计算引擎来执行 MATLAB 代码。

但是，MATLAB 作为一种解释性语言，与 C 语言等其他高级语言相比较，也存在着以下缺点：

(1) 运行效率较低，执行相同功能的代码运行时间较长；



- (2) M 文件为文本文件，文本编辑器可将其直接打开，不利于算法保密；
- (3) 访问硬件能力相对较差，图形用户界面功能也不够灵活。

1.3 MATLAB 编程基础

计算机程序就是计算机指令的集合，不同编程语言的指令功能是不一样的。MATLAB 语言是一种面向对象的高级语言，具有编程效率高、易学易用、调试容易等优点，被人们称为第四代编程语言(4GL)。MATLAB 有两种常用的工作方式：一种是直接交互的指令行操作方式，在这种方式下，MATLAB 被当作一种高级“数学演算和图形显示器”来使用；另一种是 M 文件的编程方式。

1.3.1 变量和数学运算

变量是程序设计语言的基本要素，表达式和变量是 MATLAB 编程的基础，例如要计算表达式 $\text{area}=\pi*r^2$ ，其中 $r=4$ 的值，则可以直接在提示符之后输入表达式。计算结果将以 `ans` 显示；或者将表达式赋值给变量的形式，则计算结果可以保存在该变量中，放入内存。

```
>> r=4;
>> pi*r^2

ans =

    50.2655

>> r=4;
>> area=pi*r^2

area =

    50.2655
```

我们可以看到在上述的例子中，`r=4` 语句结尾加上了“;”，则计算结果不显示在指令窗口上。

MATLAB 中对变量的命名应遵循如下规则：

- (1) 变量名称区分大小写(例如 `SUM`、`sum`、`Sum` 是 3 个不同的变量)；
- (2) 变量名长度不超过 31 个字符；
- (3) 变量名必须以字母开头，由字母、数字、下划线组成。

如表 1-1 中列出了 MATLAB 中定义的特殊变量及其意义。





表 1-1 MATLAB 定义的系统变量

变 量 名	意 义
Help	在线帮助
Who	列出所有定义过的变量名称
Ans	预设的计算结果的变量名称
Eps	MATLAB 定义的正的极小值 2.2204e-16
Pi	内建的 π 值
Inf	∞ 值, 无穷大
Nan	无法定义一个数

MATLAB 提供的基本算术运算有: 加(+), 减(-), 乘(*), 除(/), 幂次方(^)

MATLAB 还提供了众多的基本数学函数, 表 1-2 到 1-7 为常用的一些分类列表, 这些函数在以后的章节中会用到。

表 1-2 三角函数和双曲函数

名 称	含 义	名 称	含 义	名 称	含 义
sin	正弦	csc	余割	atanh	反双曲正切
cos	余弦	asec	反正割	acoth	反双曲余切
tan	正切	acsc	反余割	sech	双曲正割
cot	余切	sinh	双曲正弦	csch	双曲余割
asin	反正弦	cosh	双曲余弦	asech	反双曲正割
acos	反余弦	tanh	双曲正切	acsch	反双曲余割
atan	反正切	coth	双曲余切	atan2	四象限反正切
acot	反余切	asinh	反双曲正弦		
sec	正割	acosh	反双曲余弦		

表 1-3 指数函数

名 称	含 义	名 称	含 义	名 称	含 义
exp	E 为底的指数	log10	10 为底的对数	pow2	2 的幂
log	自然对数	log2	2 为底的对数	sqrt	平方根



表 1-4 复数函数

名 称	含 义	名 称	含 义	名 称	含 义
abs	绝对值	conj	复数共轭	real	复数实部
angle	相角	imag	复数虚部		

表 1-5 取整函数和求余函数

名 称	含 义	名 称	含 义
ceil	向 $+\infty$ 圆整	rem	求余数
fix	向 0 圆整	round	向靠近整数圆整
floor	向 $-\infty$ 圆整	sign	符号函数
mod	模除求余		

表 1-6 矩阵变换函数

名 称	含 义	名 称	含 义
fipr	矩阵左右翻转	diag	产生或提取对角阵
fipud	矩阵上下翻转	tril	产生下三角
fipdim	矩阵特定维翻转	triu	产生上三角
rot90	矩阵逆时针 90° 翻转		

表 1-7 其他常用函数

名 称	含 义	名 称	含 义
min	最小值	max	最大值
mean	平均值	median	中位数
std	标准差	diff	相邻元素的差
sort	排序	length	个数
norm	欧氏长度	sum	总和
prod	总乘积	dot	内积
cumsum	累计元素总和	cumprod	累计元素总乘积
cross	外积		

1.3.2 数组和矩阵

MATLAB 是以数组和矩阵的方式来进行运算的, 其中数组由一维元素构成, 矩阵由多维元素组成。在运算时数组强调元素对元素的运算, 而矩阵则采用线性代数的运算方式。

数据的创建以及输入数据:

在声明一个变量是数组或是矩阵时, 如果要个别输入元素, 用中括号将元素括起来。

例如:

```
>> X=[1 2 3];           %一维 1×3 数组
>> x=[1 3 5;2 4 6]     %二维 2×3 矩阵, “;”用来分隔各行元素, 也可以将各行元素分行输入。
x =

     1     3     5
     2     4     6
```

有的数组的元素之间有一定的计算规律, 在这种情况下, 也可以采用一些其他方式来建立:

```
>> x=(0:0.25:1)         %创建 0-1 之间的等差数列序列作为数据元素, 其中起始值=0、增量
                        %=0.25、终止值=1
x =

     0    0.2500    0.5000    0.7500    1.0000
>> x=linspace(0,1,6)    %利用 linspace 创建起始值=0、终止值=1、中间元素个数=6 的数组
x =

     0    0.2000    0.4000    0.6000    0.8000    1.0000
```

数组的运算

数组的算术运算包括加、减、乘、除(包括左除和右除)、乘方和转置, 需要注意的是除了加、减符号外, 其余的运算符在进行数组间运算时均须加“.”符号。

矩阵的运算

矩阵运算所采用的运算符和数组运算相似, 需要注意的是其中矩阵的加、减运算要求进行运算的两个矩阵大小完全相同。而当两个矩阵相乘时, 要求相乘的两个矩阵要有相同的维数, 即一个矩阵为 $i \times j$ 大小, 则要求与之相乘的矩阵必须是一个大小为 $j \times i$ 的矩阵, 这样两个矩阵才能相乘。而且, 当 i 和 j 不相等的时候, 交换两个矩阵的顺序相乘, 得到的结果是完全不一样的。例:

```
>> A=[1 3 5;2 4 6];
>> B=[4 8;3 2; 1 5];
```