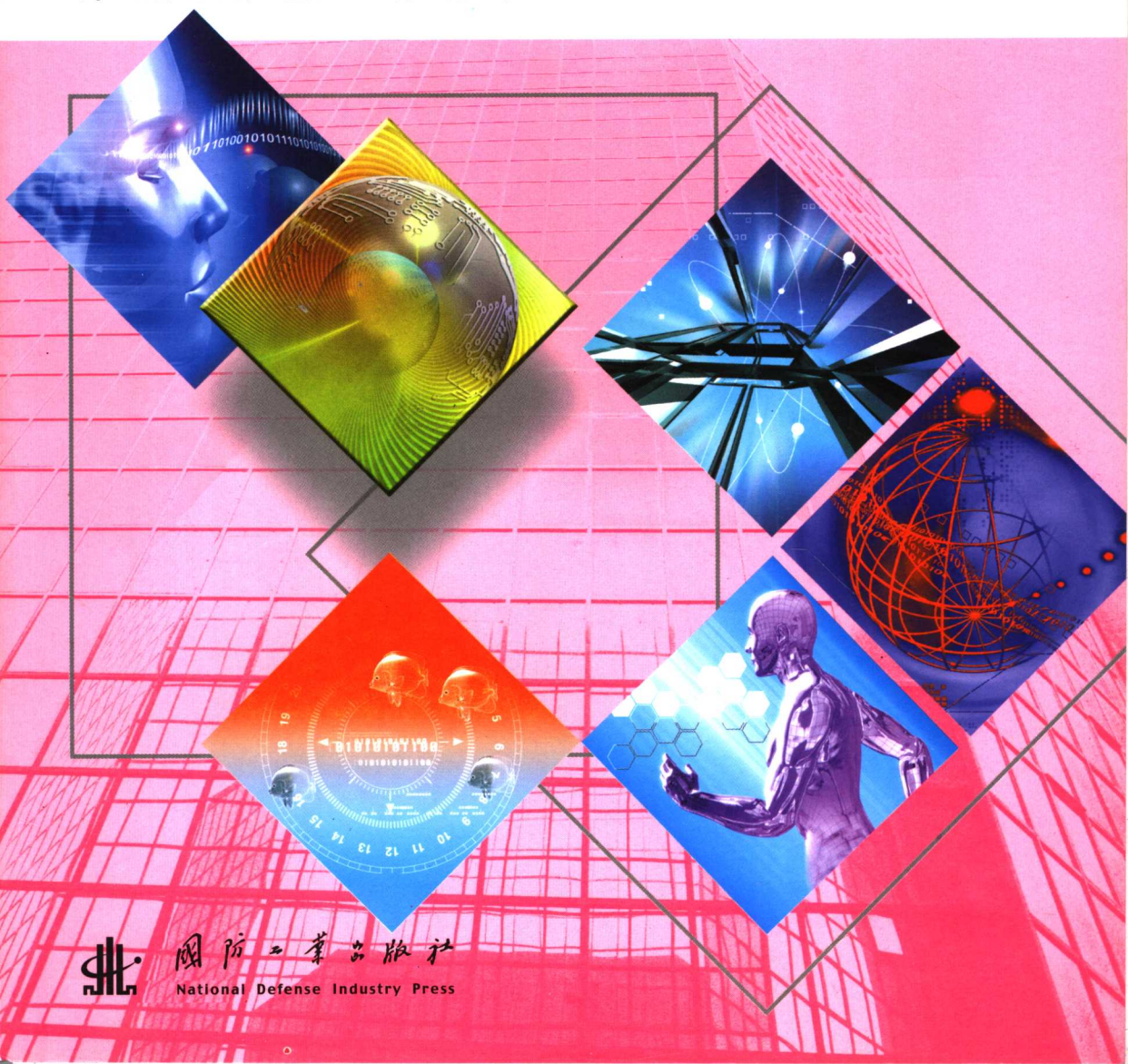


Matlab 应用教程丛书

Matlab

图像处理与应用 (第2版)

高 成 主编 董长虹 郭 磊 李阳明 副主编 赖志国 陈继云 李淑红 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

图书在版编目(CIP)数据

Matlab 图像处理与应用 / 赖志国等编著. —2 版. —北京:
国防工业出版社, 2007. 4

(Matlab 应用教程丛书/高成主编)

ISBN 978 - 7 - 118 - 04988 - 6

I. M... II. 赖... III. 计算机辅助计算 - 软件包, MATLAB—
教材 IV. TP391. 75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021371 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 960 1/16 印张 18½ 字数 348 千字

2007 年 4 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

丛 书 编 委 会

丛 书 主 编 高 成

丛书副主编 董长虹 郭 磊 李阳明

编委会成员 袁望宏 赵辟唐 朱大伟 刘晓民 赵 仁
 钱永强 王小虎 郑 滨 刘 恒 巨 勇
 赵 霞 李 毅 张绍名 郝 伟 周海冰
 郑 智 康静荣 陈宣裕 任家萱 肇 衡
 刘云飞 韩进强 李安国 何 龙 李永伟
 程思涵 马远征 董智超

前 言

Matlab 图像处理工具箱提供了强大的图像处理、图形界面设计的功能。对于广大的使用者来说,可能存在对各个函数的理论背景模糊不清,不能准确应用各个函数的函数的问题;也可能存在对 Matlab 图像处理工具箱中的函数十分熟悉,但是不能灵活运用来解决实际情况的问题。

本书的内容以实践为基础,简洁明了地指出了所介绍的函数、方法的理论背景,同时又紧密联系实际应用,以具体的实例说明了函数、方法。在实例中强调了如何用 Matlab 解决图像处理中的问题、难题,节省图像处理工作者的时间和精力,提高图像处理的效率。

本书着重于图像处理工具箱的具体应用,通过具体的分析和详细的实例,读者不仅可以对 Matlab 图像处理工具箱函数的强大功能有一个深刻的了解,更能学会正确运用它快速解决实际问题的方法,从而提高分析和解决问题的能力。

本书的第 1 章~第 4 章是 Matlab 的使用和图形处理技术,在介绍 Matlab 的基础上,讲解了图形绘制和图形几何操作等技术在 Matlab 中的实现;第 5 章~第 8 章是图像变换以及基于基础图像理论的图像滤波、图像分割、图

像压缩等技术在实际中的应用;第9章是前8章讲解知识的综合应用,有助于拓宽思路、灵活地应用基本 Matlab 图像处理函数;第10章是图形用户界面设计。

本书中的所有程序都经过实际调试。但是由于本书覆盖的领域广泛,内容多,难免有错误和疏漏的地方,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2006 年 12 月

目 录

第 1 章 Matlab 概述	1
1.1 Matlab 简介	1
1.2 Matlab 编程基础	5
1.2.1 变量和数学运算	5
1.2.2 数组和矩阵	10
1.2.3 程序控制语句	17
1.2.4 辅助语句	21
1.2.5 Matlab 的输入与输出语句	21
1.2.6 变量的保存与装载	22
1.3 M 文件与 M 函数	24
1.4 Matlab 使用时的一些技巧	27
1.4.1 避免使用循环	27
1.4.2 大型矩阵维度的预先确定	28
第 2 章 Matlab 二维图形绘制	30
2.1 基本绘图指令	30
2.2 绘图选项	33
2.2.1 横轴和纵轴的控制	33
2.2.2 图形的放缩	34
2.2.3 函数分布的快速绘图	35
2.2.4 打印和其他选项	35
2.3 特殊的二维图形的绘制	37

第3章 Matlab 三维图形及动画的绘制	41
3.1 三维图形的绘制	41
3.1.1 基本的三维图形绘制函数	41
3.1.2 三维网格图	44
3.1.3 三维曲面图	46
3.1.4 三维等值线图	50
3.2 三维图形的控制	53
3.2.1 控制图形视角	53
3.2.2 控制光照	56
3.3 动画	59
第4章 图像的运算	62
4.1 图像的代数运算	62
4.1.1 绝对值差函数 imabsdiff	62
4.1.2 图像的叠加函数 imadd	63
4.1.3 图像求补函数 imcomplement	64
4.1.4 图像的除法运算 imdivide	65
4.1.5 线性组合函数 imlincomb	67
4.1.6 图像的乘法操作 immultiply	68
4.1.7 图像的减法函数 imsubtract	68
4.2 几何操作	69
4.2.1 改变图像大小	69
4.2.2 图像的旋转	71
4.2.3 图像的裁剪	72
4.3 图像的邻域和块操作	73
4.3.1 滑动邻域操作	73
4.3.2 图像的块操作	76
第5章 Matlab 图像变换	81
5.1 傅里叶变换	81
5.1.1 傅里叶变换基础	81
5.1.2 离散傅里叶变换	82
5.1.3 快速傅里叶变换	86
5.1.4 傅里叶变换的应用	87
5.2 离散余弦变换	90

5.2.1	离散余弦变换基础	90
5.2.2	离散余弦变换的实现	92
5.3	Radon 变换	95
5.3.1	Radon 变换基础	95
5.3.2	Radon 逆变换	98
5.4	小波变换	101
5.4.1	小波变换基础	101
5.4.2	离散小波变换	103
5.4.3	小波分析在图像处理中的应用	106
5.5	图像的变换在图像压缩中的应用	118
5.5.1	图像压缩概述	118
5.5.2	图像压缩的基础	120
5.5.3	压缩编码	124
5.5.4	图像压缩的 Matlab 实现	127
第 6 章	Matlab 图像增强	132
6.1	图像增强原理及方法	132
6.2	空域变换增强	133
6.2.1	直接灰度调整	133
6.2.2	直方图处理	140
6.2.3	图像间的代数运算	146
6.3	空域滤波增强	152
6.3.1	基本原理	152
6.3.2	平滑滤波器	153
6.3.3	锐化滤波器	158
6.4	频域增强	161
6.4.1	低通滤波	161
6.4.2	高通滤波	165
第 7 章	边缘提取和图像分割	168
7.1	边缘检测	168
7.1.1	微分算子法	169
7.1.2	拉普拉斯—高斯算子法	171
7.1.3	canny 法	172
7.1.4	各种边缘检测算子的效果比较	173

7.2	直线提取	175
7.2.1	Hough 变换法	175
7.2.2	相位编组法	176
7.3	基于灰度分割	177
7.3.1	灰度门限法	177
7.3.2	灰度门限的确定	177
7.4	四叉树分解	178
7.4.1	四叉树分解原理及 Matlab 工具箱函数	178
7.4.2	应用四叉树分解	180
第 8 章	二值形态学操作	185
8.1	二值形态学基本运算	185
8.1.1	数学形态学简介	185
8.1.2	数学形态学基本运算	186
8.1.3	图像形态学	188
8.1.4	Matlab 中二值形态学运算	192
8.2	二值图像及其特征提取	198
8.2.1	二值图像的生成	198
8.2.2	特征提取	199
8.3	基于对象的操作	201
8.3.1	对象及边沿连接方式	201
8.3.2	对象标记和选择	203
8.3.3	边界标记	208
8.4	形态学应用	209
8.4.1	查找表操作	209
8.4.2	形态重构	210
8.4.3	距离变换	212
8.4.4	图像的极值处理方法	215
第 9 章	综合实例	221
9.1	光照不均的校正	221
9.2	基于特征的逻辑运算	222
9.3	图像分割	226
9.4	图像去噪	235

第 10 章 Matlab GUI 设计	237
10.1 图形用户界面简介.....	237
10.2 Matlab 图形对象介绍.....	238
10.2.1 axes 对象.....	238
10.2.2 uimenu 对象	247
10.2.3 uicontrol 对象	254
10.3 脚本和回调函数.....	259
10.3.1 全局变量.....	261
10.3.2 递归函数调用.....	262
10.4 GUIDE 的使用	264
10.4.1 布局编辑器.....	264
10.4.2 查看信息对象和编辑菜单.....	266
10.5 Matlab GUI 综合实例.....	268
 附录 Matlab 图像处理工具箱函数	 281

第1章 Matlab 概述

1.1 Matlab 简介

Matlab 语言是当今国际上科学界（尤其是自动控制领域）最具影响力，也是最有活力的软件。它起源于矩阵运算，并已经发展成一种高度集成的计算机语言。它提供了强大的科学运算、灵活的程序设计流程、高质量的图形可视化界面设计、便捷的与其他程序和语言接口的功能。Matlab 语言在各国高校与研究单位发挥着重大的作用。

Matlab 语言的首创者 Cleve Moler 教授在数值分析特别是数值线性代数的领域中很有影响，他参与编写了数值分析领域一些著名的著作和两个重要的 Fortran 程序——EISPACK 和 LINPACK。他曾在密西根大学、斯坦福大学和新墨西哥大学任数学与计算机科学教授。1980 年前后，当时的新墨西哥大学计算机系主任 Moler 教授在讲授线性代数课程时，发现用其他高级语言编程极为不便，便构思并开发了 Matlab (Matrix Laboratory, 矩阵实验室)，这一软件利用了当时数值线性代数领域最高水平的 EISPACK 和 LINPACK 两大软件包中可靠的子程序，用 Fortran 语言编写了集命令翻译、科学计算于一身的一套交互式软件系统。

交互式语言，是指人们给出一条命令，立即就可以得出该命令的结果。该语言无需像 C 语言和 Fortran 语言那样，首先要求使用者去编写源程序，然后对之进行编译、连接，最终形成可执行文件。这无疑会给使用者带来了极大的方便。早期的 Matlab 是用 Fortran 语言编写的，只能作矩阵运算；绘图也只能用极其原始的方法，即用星号描点的形式画图；内部函数也只提供了几十个。但即使其当时的功能十分简单，当它作为免费软件出现以来，还是吸引了大批的使用者。

Cleve Moler 和 John Little 等人成立了一个名叫 The MathWorks 的公司，Cleve Moler 一直任该公司的首席科学家。该公司于 1984 年推出了第一个 Matlab 的商业版本。当时的 Matlab 版本已经用 C 语言作了完全的改写，其后又增添了丰富多彩的图形图像处理、多媒体功能、符号运算以及与其他流行软件的接口功能，使得 Matlab 的功能越来越强大。

The MathWorks 公司于 1992 年推出了具有划时代意义的 Matlab 4.0 版本，并

于1993年推出了其微机版,可以配合 Microsoft Windows 一起使用,使之应用范围越来越广。1994年推出的4.2版本扩充了4.0版本的功能,尤其在图形界面设计方面更提供了新的方法。

1997年推出的 Matlab 5.0 版本允许了更多的数据结构,如单元数据、数据结构体、多维矩阵、对象与类等,使其成为一种更方便编程的语言。1999年初推出的 Matlab 5.3 版本在很多方面又进一步改进了 Matlab 语言的功能。

2000年10月底推出的 Matlab 6.0 正式版(Release12),在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进。

2004年9月,The MathWorks 公司新推出了 Matlab 7.0 (Release 14) 版本,主要包括12个新产品模块,同时主要升级了28个产品模块。Matlab 7.0 针对编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算、文件 I/O 等方面进行了升级,具体如下。

开发环境:

- 重新设计的桌面环境,针对多文档界面应用提供了简便的管理和访问方法,允许用户自定义桌面外观,创建常用命令的快捷方式;
- 增强数组编辑器(Array Editor)和工作空间浏览器(Workspace Browser)功能,用于数据的显示、编辑和处理;
- 在当前目录浏览器(Current Directory Browser)工具中,增加代码效率分析、覆盖度分析等功能;
- M - Lint 编码分析,辅助用户完成程序性能分析,提高程序执行效率;
- 增强 M 文件编辑器(M - Editor),支持多种格式源代码文件可视化编辑,如 C/C++、HTML、Java 等。

编程:

- 支持创建嵌套函数(Nested Function),提供更灵活的代码模块化方式;
- 匿名函数(Anonymous Function)功能,支持在命令行或者脚本文件中创建单行函数(Single Line Function);
- 支持条件分支断点,可以在条件分支语句中进行程序中断调试;
- 模块化注释,支持为代码段注释。

数学:

- 支持整数算术运算;
- 支持单精度数据类型运算,包括基本算术运算、线性代数、FFT 等;
- 使用更强大的计算算法包 Qhull 2002.1,提供更丰富的算法支持;
- linsove 函数用于处理线性代数方程求解;
- ODE 求解器能够处理隐性微分方程组以及多点边界问题。

图形和 3D 可视化:

- 新图形窗体界面;

- 直接从图形窗体生成 M 代码,可以完成用户自定义绘图;
- 增强图形窗体注释;
- 数据侦测工具 (Data Exploration Tools) 提供丰富的数据观测手段;
- 自定义图形对象,提供丰富的图形显示能力;
- GUIDE 新增对用户界面面板和 ActiveX 控件支持;
- 增强句柄图形对象支持完整的 TeX 和 LaTeX 字符集。

文件 I/O 和外部接口:

- 新增文件 I/O 函数,支持读取任意格式文本数据文件,并且支持写入 Excel 和 HDF5 格式数据文件;
- 具有压缩功能的 MAT 文件格式,支持快速数据文件 I/O 能力;
- javaaddpath 函数可以无需重新启动 Matlab 便完成 Java 类的加载、删除等功能;
- 支持 COM 、服务器事件以及 VBS ;
- 支持 SOAP,使用网络服务;
- FTP 对象可直接访问 FTP 服务器;
- 支持 Unicode 编码格式,增强 MAT 文件字符集;
- 性能与系统平台支持;
- JIT 加速器支持所有数值数据类型;
- Windows XP 系统下支持 3GB 内存访问。

大系统建模:

- 支持将大系统模型分割为不同的文件,每个文件为独立的系统模型;
- 支持系统不同模型文件独立仿真测试;
- 增强系统集成手段,支持配置管理和版本控制软件;
- 递增式模型加载与代码生成功能;
- 针对大模型系统提高运行速度和效率;
- 模型工作空间 (Model Workspace) ,即每个模型都用于独立的工作空间,进行参数管理和数据处理;
- 增强总线支持。

Simulink 和 Stateflow:

- 统一的模型浏览器 (Model Explorer) ,用于浏览、维护、配置、搜索、定义所有模型中相关的参数、数据对象和属性;
- 统一的仿真和代码生成选项;
- 支持创建并保存多种仿真和代码生成选项;
- 数据管理和可视化;
- 新增数据对象属性;

- 可选数据记录增加测试点,无需在模型中增加额外的模块;
- I/O 管理,可以将必要的信号源和信宿连接到模型而不需要增加模块。

Matlab 支持:

- 使用嵌入式 Matlab (Embedded Matlab) 功能引入算法并支持 C 代码生成;
- 增强 M 语言 S 函数的支持。

虽然 Matlab 语言是计算数学专家倡导并开发的,但其普及和发展离不开自动控制领域学者的贡献。甚至可以说,Matlab 语言是自动控制领域学者和工程技术人员捧红的,因为在 Matlab 语言的发展进程中,许多有代表性的成就和控制界的要求与贡献是分不开的。迄今为止,大多数工具箱也都是控制方面的。Matlab 具有强大的数学运算能力、方便实用的绘图功能及语言的高度集成性,它与其他科学与工程领域的应用也是越来越广,并且有着更广阔的应用前景和无穷无尽的潜能。如果有一种十分有效的工具能解决在教学与研究中遇到的问题,那么 Matlab 语言正是这样的一种工具。它可以将使用者从繁琐、无谓的底层编程中解放出来,把有限的宝贵时间更多地花在解决问题中,这样无疑会提高工作效率。

目前,Matlab 已经成为国际上最流行的科学与工程计算的软件工具,现在的 Matlab 已经不仅仅是一个“矩阵实验室”了,它已经成为一种具有广泛应用前景的全新的计算机高级编程语言了,有人称它为“第四代”计算机语言,它在国内外高校和研究部门正扮演着重要的角色。Matlab 语言的功能也越来越强大,不断适应新的要求并提出新的解决方法。可以预见,在科学运算、自动控制与科学绘图领域,Matlab 语言将长期保持其独一无二的地位。

Matlab 工作环境包括:帮助系统、工作内存管理、指令和函数管理、搜索路径管理、操作系统、程序调试和性能剖析工具等。Matlab 改变了过去单调依靠“在指令窗通过纯文本形指令进行各种操作”的面貌,引入了许多让使用者一目了然的图形界面,如在线帮助的交互式界面 helpwin、管理工作内存的 workspace、交互式的路径管理界面 pathtool、指令窗显示风格设置界面等,它们的开启方式有:工具条图标开启、选择菜单项开启和直接“文本式”指令开启。在 Matlab 5.0 以后的版本中更进一步把图形显示窗改造成了交互操作的可编辑图形界面。

进入 Matlab 之后,会看到一个窗口:MATALB,称为指令窗口(见图 1.1),它是键入指令的地方,也是 Matlab 显示计算结果的地方。该指令窗口的功能选单一共有 File、Edit、Debug、Desktop、Window、Help 六个主要功能,每一个主要功能之下又各有下一层的功能,这些将在后面的内容中结合使用陆续说明。

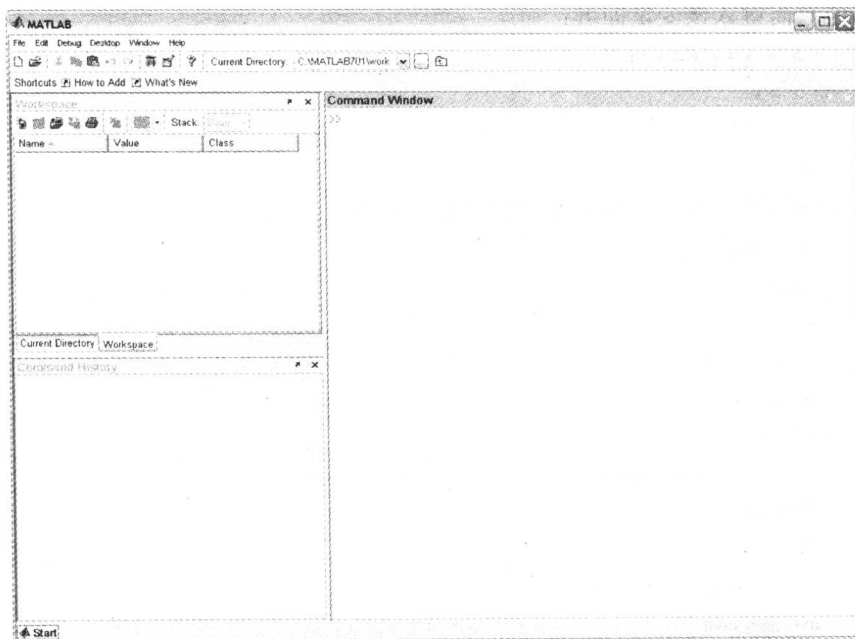


图 1.1 Matlab 指令窗口

1.2 Matlab 编程基础

1.2.1 变量和数学运算

首先从 Matlab 的数学运算开始说明。例如:要算 $1 + 2 + 3$ 及 $1 \times 10 + 2 \times 20 + 3 \times 30$ 这两个式子,以下的例子中接着提示符号“>”之后的是要键入的算式,Matlab 将计算的结果以 ans 显示。如果算式是 $x = 1 + 2 + 3$,Matlab 将计算的结果以 x 显示。

```
> > 1 + 2 + 3
```

```
ans =
```

```
6
```

```
> > 1 * 10 + 2 * 20 + 3 * 30
```

```
ans =
```

```
140
```

```
> > x = 1 + 2 + 3
```

```
x =
```

```
6
```

如果在上述的例子结尾加上“;”,则计算结果不会显示在指令窗口中,要得知

计算值只需键入该变量即可：

```
> > x = 1 + 2 + 3;
> > x
x =
6
```

下面的例子显示了 Matlab 使用变量的灵活性。

```
> > apple = 5
apple =
5
> > orange = 10
orange =
10
> > total_cost = apple * 2 + orange * 4
total_cost =
50
> > average_cost = total_cost / (apple + orange)
average_cost =
3.33334
```

Matlab 提供基本的算术运算有：加(+)、减(-)、乘(*)、除(/)、幂(^)。如下面的语句：

```
5 + 3, 5 - 3, 5 * 3, 5 / 3, 5^3
```

其他在计算中常用的功能以一个算式来说明。例如，要计算面积 $\text{area} = \pi r^2$ ，半径 $r=2$ ，则可键入：

```
> > r = 2;
> > area = pi * r^2;
> > area =
12.5664
```

也可以将上述指令打在同一行，以“,”或“;”分开，例如：

```
> > r = 2, area = pi * r^2;
> > r = 2; area = pi * r^2;
```

注意上述二式的差异，前者有计算值显示，而后者则无。如果一个指令过长，可以在结尾加上“...”（代表此行指令与下一行连续），例如：

```
> > r = 2;
> > area = pi ...
* r^2
```

Matlab 提供了众多的基本数学函数，其分类列表见表 1.1 ~ 表 1.6，这些函数在以后的章节中都会用到。

表 1.1 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 1.2 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 1.3 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 1.4 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 1.5 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		