

郭仁生 著

CAD/CAM/CAE  
工程应用丛书

# 机械工程设计分析 和MATLAB应用



网上免费提供  
源代码下载

- ◆ 内容丰富，重点突出，应用性强
- ◆ 深入、详细地剖析MATLAB 机械工程设计分析基础，实战提升
- ◆ 18个MATLAB 在机械工程中应用的案例
- ◆ 免费提供相关程序源代码



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

TH122  
502

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书

# 机械工程设计分析 和 MATLAB 应用

郭仁生 著



机械工业出版社

本书共分两篇。第1篇介绍 MATLAB 的功能特点、常用函数和计算方法、图形表达、M 文件编制等工程应用基础知识；第2篇介绍机械工程领域的机构运动分析和设计、机械零部件设计、机械可靠性设计、机械优化分析和计算、机械制造工艺参数优化、实验数据的曲线拟合和多项式拟合等方面的多个实例，并通过建立数学模型，利用功能强大的 MATLAB 科学计算工具编制 M 文件，运用计算机数学方法进行分析研究和设计计算。

本书可作为工科院校制造类专业相关课程的教学用书，也可作为工程技术人员利用计算机数学方法分析和求解工程问题的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程设计分析和 MATLAB 应用/郭仁生著. —北京：机械工业出版社，2006. 8

(CAD/CAM/CAE 工程应用丛书)

ISBN 7-111-19684-8

I. 机... II. 郭... III. 机械设计：计算机辅助设计 - 应用软件，MATLAB IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 087603 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：刘亚军 版式设计：冉晓华

责任校对：李秋荣 责任印制：杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.25 印张 · 309 千字

0 001—5 000 册

定价：22.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

## 出版说明

随着信息技术在各领域的迅速渗透, CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用, 从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式, 对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早, 使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及到机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计, 而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发, 以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。CAD 在工程中的应用, 不但可以提高设计质量, 缩短工程周期, 还可以节约大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性, 掌握其中的一种或几种软件的使用方法和技巧, 已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而仅仅知道简单的软件操作方法是远远不够的, 只有将计算机技术和工程实际结合起来, 才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑, 机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的“CAD/CAM/CAE 工程应用丛书”。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/Engineer、UG、SolidWorks、MasterCAM、Ansys 等软件在机械设计、性能分析、制造技术方面的应用, 以及 AutoCAD 和天正建筑 CAD 软件在建筑和室内配景图、建筑施工图、室内装潢图、水暖、空调布线图、电路布线图以及建筑总图等方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作, 配以大量具有代表性的实例, 并融入了作者丰富的实践经验, 使得丛书内容具有专业性强、操作性强、指导性强的特点, 是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

# 前 言

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 和计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS) 是国家大力推进制造业信息化的两项核心内容。随着科学技术的发展和计算机技术应用的日益广泛深入, 我国的计算机辅助技术逐步与国际同类技术接轨, 已经在制造业的各个领域获得巨大的成功, 并取得了显著的社会经济效益。

CAD 的含义从最初的计算机辅助绘图 (Computer Aided Drafting) 发展到当今的计算机辅助设计, 已经涵盖了工程设计的整个过程, 并在计算机技术的辅助下, 实现了工程设计自动化的全部内容。CAD 将设计者的创新思维、决策判断能力与计算机的高速运算、信息储存处理等功能有机地结合, 在工程应用软件、工程数据库和信息系统的支撑下, 运用设计方法学进行计算分析, 以获得最佳的设计方案, 为实现产品在设计、制造、装配、检验、销售、使用和回收等整个生命周期的数字化信息共享和集成奠定了基础。

MATLAB 是美国 Mathworks 公司推出的集数值计算和图形处理为一体的科学计算语言。它具有功能强大、集成度高、易于扩充开发和使用方便的特点, 已经在高等院校、科研院所和工程部门的机械设计、自动控制、数理统计等许多领域获得了广泛的应用, 成为最为普遍的计算工具和桌面工程师系统之一。

本书作者多年来在机械工程领域的机构运动分析和设计、机械零部件设计、机械可靠性设计、机械优化分析和计算、机械制造工艺参数优化、实验数据的曲线拟合和多项式拟合等方面, 结合教学、科研和工程应用实际, 通过建立数学模型, 在 MATLAB 软件平台上, 编制 M 程序文件和运用数值解法进行分析研究和设计计算, 取得了十多项课题的应用成果。这些科研成果, 发表在《机械设计》、《机械设计与制造》和《现代制造工程》等机械工程专业期刊上, 许多已经成功地应用于企业生产实际, 并多次获得佛山市科协自然科学优秀学术论文奖。本书是作者多年来在机械工程领域运用 MATLAB 进行分析研究和设计计算成果的总结和提炼。

本书免费提供相关程序的源代码, 读者可从机械工业出版社网站 ([www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)) 上下载。

本书经陈礼教授 (博士) 精心审阅, 在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限, 书中不足和疏漏之处, 敬请读者批评指正。

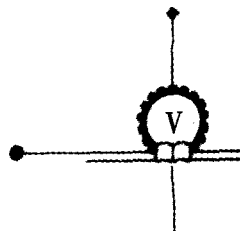
作 者

# 目 录

出版说明

前言

第 1 篇 MATLAB 工程应用基础 .....	1
第 2 篇 MATLAB 工程应用实例 .....	44
实例 1 连杆机构的运动设计 .....	44
实例 2 连杆机构的运动分析 .....	52
实例 3 连杆机构的运动精度综合 .....	59
实例 4 槽轮机构的运动分析 .....	68
实例 5 对心直动凸轮机构压力角的计算 .....	77
实例 6 凸轮轮廓的设计计算与绘图 .....	83
实例 7 搅拌机工作头旋轮轨迹分析和仿真 .....	91
实例 8 齿轮传动的设计计算 .....	98
实例 9 齿轮传动参数测定和公法线公差计算 .....	108
实例 10 轴系设计计算 .....	115
实例 11 主轴支承静不定结构的计算 .....	133
实例 12 机械的可靠性分析与设计 .....	143
实例 13 优化设计模型的几何描述 .....	152
实例 14 人字架结构尺寸的优化设计 .....	163
实例 15 优化设计的分析与计算 .....	169
实例 16 多目标优化问题的理想有效解 .....	176
实例 17 无心磨削工艺参数的优化 .....	183
实例 18 曲线拟合和多项式拟合 .....	191
参考文献 .....	206





# 第1篇 MATLAB工程应用基础

MATLAB (Matrix Laboratory) 是美国 MathWorks 公司在 1994 年推出的优秀科技应用软件, 它具有强大的科技计算、图形处理、可视化、开放式和可扩展环境, 特别是所附带的几十种面向不同领域的工具箱支持, 已经广泛应用于数值分析、信号与图像处理、控制系统设计、通信仿真、工程优化、数学建模和统计分析等领域, 成为目前市场上强有力的工程问题分析计算和程序设计的桌面工程师系统, 是工科大学生和研究生必须掌握的基本工具。

## 一、MATLAB 的主要特点

MATLAB 是一种面向科学与工程计算的 21 世纪科学计算语言, 它具有以下主要特点。

### 1. 编程容易

MATLAB 包含丰富的库函数可供直接调用, 避免了对大量算法的重复编程; 并且允许用户使用数学形式的语言编写程序, 被誉为高级“数学演算纸和图形显示器”的科学算法语言, 因此编程比 FORTRAN、C 和 QBASIC 等语言更加简明易用, 它的语法规则与一般结构化高级编程语言基本相同。

### 2. 调试方便

MATLAB 是一种解释执行语言, 它将其他语言使用过程的编辑、编译、连接、执行和调试等步骤融为一体, 并且在同一个窗口上处理程序中可能出现的语法错误或逻辑错误, 因此程序调试比 Visual Basic 更加简单方便。

### 3. 扩充性好

MATLAB 的库函数与用户文件在形式上是一样的, 所以用户文件可以作为库函数进行调用, 用户也可以根据需要建立和扩充新的库函数。MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是可读写的源文件, 用户可以根据需要对其进行修改或编制新的工具箱。

### 4. 交互性好

MATLAB 对于用户原有的 FORTRAN 和 C 语言程序, 可以通过建立 M 文件形式的混合编程的方法进行调用; 在 FORTRAN 和 C 语言的平台上也可以方便地使用 MATLAB 的数值计算功能。

### 5. 计算功能

MATLAB 具有强大的矩阵计算功能, 利用一般的符号和函数就可以对矩阵进行数学运算和一系列的函数运算, 包括对一些特殊矩阵的处理, 非常适合有限元等大型数值算法的编程。此外, 它还包括几十个工具箱, 可以解决数学和工程领域的绝大多数问题。

### 6. 绘图功能

MATLAB 有一系列简单明了、功能齐全的绘图函数和命令，可以在线性坐标、半对数坐标和极坐标等不同坐标系中绘制 2D 和 3D 图形，以及工程特性较强的特殊图形，使用起来非常方便。

## 二、MATLAB 的工作界面和菜单功能

### 1. 工作界面

在 Windows 环境中双击“MATLAB”图标，或在 MATLAB 安装路径 MATLAB6p5 \ bin \ 的文件夹中双击可执行文件 matlab.bat，启动 MATLAB 后，系统弹出“MATLAB”界面，如图 1-1 所示。

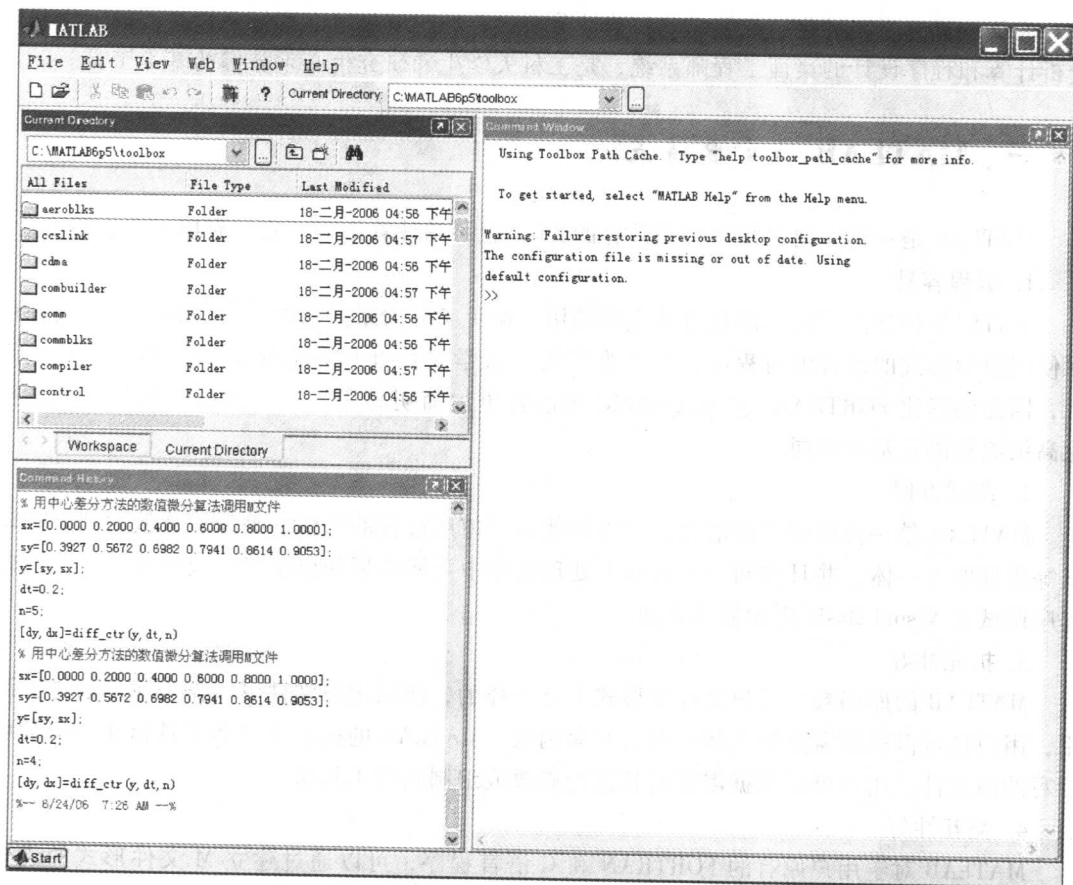


图 1-1 MATLAB 界面

在“MATLAB”界面中有以下主要窗口：

- 1) Command Window（命令窗口）是 MATLAB 的主要交互窗口，用于输入命令、函数、数组和表达式等信息，并且显示输出结果。
- 2) Launch Pad（启动平台）列出了系统中安装的所有产品目录，如各种程序、函数、工具箱和帮助文件等，方便用户通过鼠标双击来启动相应的选项。





3) Workspace (工作空间窗口) 用于显示 MATLAB 在内存空间中存储的所有变量的名称、大小和类型, 可以对它们进行编辑、保存或删除。

4) Command History (历史命令窗口) 用于纪录已经运行过的命令、函数和表达式等信息, 可以在该窗口中对它们进行重复运行或复制, 也可以通过菜单“Edit” → “Clear Command History” 命令清除这些历史纪录。

5) Current Directory (当前目录浏览器) 用于显示和设置当前工作目录, 同时显示当前工作目录下的文件名、文件类型和目录的修改信息等。

Launch Pad 和 Workspace 都处在“MATLAB”界面的左侧上面, Command History 和 Current Directory 都处在“MATLAB”界面的左侧下面, 它们可以通过窗口下面的左右箭头按钮或窗口标签进行切换。

上面每个窗口的右上角的  按钮用于使该窗口成为独立窗口,  按钮用于关闭该窗口。

在 MATLAB 中还有以下两个常用窗口:

1) 图形窗口。在“File”菜单的次级菜单“New”中执行“Figure”选项, 可以打开图形窗口, 利用其中菜单和工具栏中的选项, 可以对图形进行线型、颜色、标记、三维视图、光照和坐标轴等内容的设置。如图 1-2 所示, 在图形窗口中显示绘制的  $z = xe^{-(x^2+y^2)}$  三维曲面图, 同时标注了  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个坐标轴和图形名称, 十分直观形象。

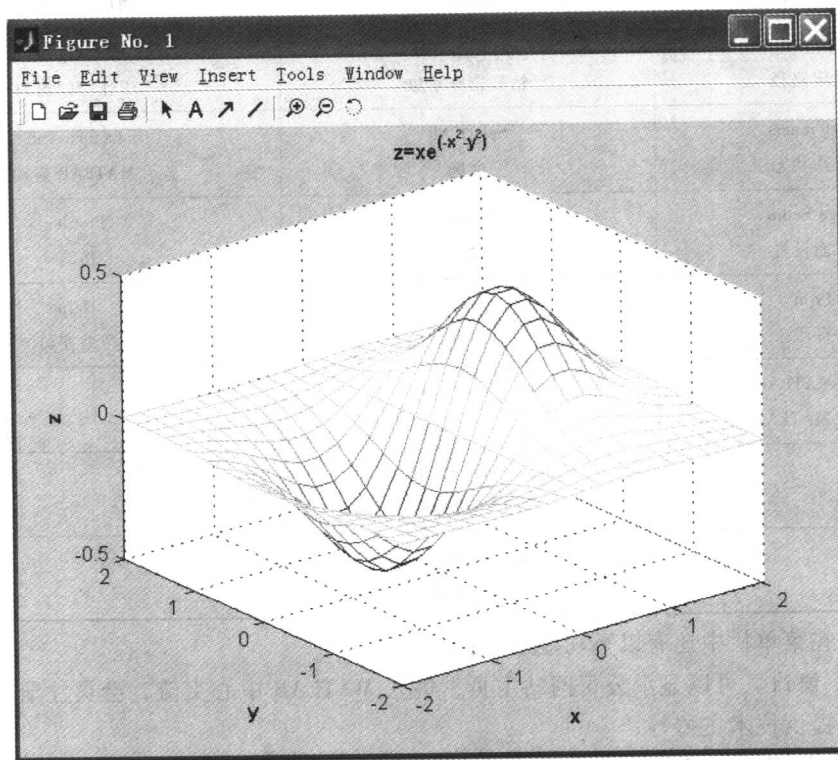


图 1-2 图形窗口

2) Graph User Interface (GUI 制作窗口)。在“File”菜单的次级菜单“New”中执行“GUI”选项，可以打开用户图形界面窗口，利用窗口左侧工具栏中的按钮，可以在右侧窗口中绘制出按钮、单选条、滚动条、文本框、列表框和坐标系统等多个控件，可以快捷方便地实现面向对象编程，生成操作友好、别具风格的图形用户界面。

2. 菜单功能

在主窗口的顶部有菜单栏，其中主要的菜单功能如表 1-1 所示。

表 1-1 File、Edit 和 View 的菜单功能

File (文件)	Edit (编辑)	View (浏览)
New 建立新文件	Undo 停止，返回上次执行结果	Desktop Layout 系统桌面窗口显示方式
Open 打开旧文件	Redo 再次执行	Undock Command Window 命令窗口嵌入 MATLAB 系统桌面
Close Command Window 关闭命令窗口	Cut 剪切	Command Window 命令窗口
Import Data 输入数据	Copy 复制	Command History 历史命令窗口
Save Workspace As 保存工作空间内容	Paste 粘贴	Current Directory 当前目录窗口
Set path 设定路径	Paste special 粘贴特殊对象	Workspace 工作空间窗口
Preferences 工作状态	Select All 全选	Launch Pad 显示 MATLAB 启动目录
Page Setup 页面设置	Delete 删除	Profiler 仿真
Print 打印	Find 查找	Help 帮助窗口
Exit MATLAB 退出 MATLAB	Clear Command Window 清除命令窗口	
	Clear Command History 清除历史命令	
	Clear Workspace 清除工作空间	

另外，在菜单栏中还有以下功能窗口：

“Web”窗口。可以显示公司网站首页，进入 MATLAB 中心交流，会员注册讨论，检查产品更新，提供技术支持等；

“Window”菜单。MATLAB Command Window 的切换按钮；

“Help”菜单。提供关于 MATLAB 产品版本的有关信息、在线帮助和范例演示等功能。

### 三、运算符、标点符和数据类型

#### 1. 运算符

MATLAB 运算符包括算术运算符（表 1-2）、关系运算符（表 1-3）和逻辑运算符（表 1-4）三类。

表 1-2 算术运算符

运算符	功能	运算符	功能
+	相加	-	相减
*	矩阵相乘	.*	数组相乘
^	矩阵乘方	.^	数组乘方
\	左除	.\	数组左除
/	右除	./	数组右除

注：算术运算符用于相关的数学运算。

表 1-3 关系运算符

运算符	功能	运算符	功能
>	大于	>=	大于或等于
<	小于	<=	小于或等于
= =	等于	~=	不等于

注：关系运算符用于比较两个对象（数、字符串、矩阵）的大小相等或不等关系，当比较的两个对象的关系为真时，返回值为 1；关系为假时，返回值为 0。

表 1-4 逻辑运算符

运算符	功能	运算符	功能
&	或	~	非
	与	xor	异或

注：逻辑表达式或逻辑函数的值是一个逻辑量，真时值为 1，假时值为 0。

#### 2. 标点符

MATLAB 语言中的一些标点符有特殊的功能，如表 1-5 所示。

表 1-5 标点符

标点符	功能	标点符	功能
:	冒号，产生数组，或是指定矩阵行、列元素	.	小数点，或是域访问符等
;	分号，区分行，或是取消运行显示等	...	省略号，续行符
,	逗号，区分列，或是函数参数分割符等	%	百分符，注释符
( )	括号，指定运算过程中的先后次序等	!	惊叹号，调用操作系统运算
[ ]	方括号，矩阵定义标志等	=	等号，赋值标志
{ }	大括号，用于构成单元数组等	'	撇号（单引号），字符串的标志符等

### 3. 数据类型

#### (1) 数值量

MATLAB 的数值量以双精度格式进行计算和保存在内存中，其显示格式可以通过 format 命令改变。

1) format short 短格式（系统默认），显示小数点后面 4 位有效数字。例如：

```
> > format short
> > pi
ans =
    3.1416
```

由于省略“变量 =”，则系统自动产生一个默认变量 ans。

2) format long 长格式，显示 15 位长定点数。例如：

```
> > format long
> > 1/7
ans =
    0.14285714285714
```

3) format short e 短格式 e 方式，对非整数按照 e 方式显示。例如：

```
> > format short e
> > 1/7
ans =
    1.4286e-001
```

4) format long e 长格式 e 方式，对非整数按照 e 方式显示。例如：

```
> > format long e
> > 1/7
ans =
    1.428571428571429e-001
```

5) format hex 按照十六进制显示。例如：

```
> > format hex
> > 1/7
ans =
    3fc2492492492492
```

MATLAB 中的常量及其值见表 1-6。

表 1-6 常量及常量值

常量名	常量值	常量名	常量值
i, j	虚数单位，定义为 $\sqrt{-1}$	Realmin	最小的正浮点数， $2^{-1022}$
pi	圆周率 $\pi$	Realmix	最大的正浮点数， $2^{1023}$
eps	浮点运算的相对精度 $10^{-52}$	Inf	无穷大 $\infty$
NaN	表示不定值		

#### (2) 字符型

1) MATLAB 的字符变量必须用撇号 (单引号) 赋值。例如:

```
>> String = 'AB C'
String =
AB C
```

字符数组 String 中的每个字符 (包括空格) 都是字符数组的一个元素。

```
>> s = '1.50 3.20 5.63 7.81 9.04'
s =
1.50 3.20 5.63 7.81 9.04
```

s 是一个浮点格式的字符数组。

2) 将字符数组 s 转换为数值代码, 此功能可由函数 str2num 实现。例如:

```
>> str2num(s)
ans =
1.5000 3.2000 5.6300 7.8100 9.0400
```

s 变成浮点格式的数值数组。

3) 将浮点数或数组转换为字符数组, 此功能可由函数 num2str 实现。

(3) 变量

变量的表达格式是

变量 = 表达式

1) 变量名区分大小写。例如:

```
>> A = 3; a = 4;
>> A
A =
3
>> a
a =
4
```

可见, 两个变量名即使相同, 但是大小写字母代表不同的变量。

2) 变量可以由数字、字母或 “\_” 组成, 但是第 1 个字符必须是英文字母。

3) 变量名的长度不超过 31 位。

4) 任何变量均视为一个矩阵 (单一的数是矩阵的最简单形式)。

5) 凡是以 “i” 或 “j” 结尾的变量作为复变量处理。例如:

```
>> b = 8i
b =
0 + 8.0000i
```

如果对 “i” 或 “j” 作一般变量赋值时, 它们将不再是复数的虚数部分。

#### 四、基本数学函数和通用数学分析函数

在 MATLAB 中, 常用的基本数学函数如表 1-7 ~ 表 1-9 所示, 通用数学分析函数如表 1-10 所示。

表 1-7 三角函数

函数	函数名称	函数	函数名称
$\sin(x)$	正弦函数	$\sinh(x)$	双曲正弦函数
$\asin(x)$	反正弦函数	$\operatorname{asinh}(x)$	反双曲正弦函数
$\cos(x)$	余弦函数	$\cosh(x)$	双曲余弦函数
$\operatorname{acos}(x)$	反余弦函数	$\operatorname{acosh}(x)$	反双曲余弦函数
$\tan(x)$	正切函数	$\tanh(x)$	反双曲正切函数
$\operatorname{atan}(x)$	反正切函数	$\operatorname{atan2}(y, x)$	四象限反正切函数
$\operatorname{atanh}(x)$	反双曲正切函数	$\sec(x)$	正割函数
$\operatorname{sech}(x)$	双曲正割函数	$\operatorname{asec}(x)$	反正割函数
$\operatorname{asech}(x)$	反双曲正割函数	$\csc(x)$	余割函数
$\operatorname{csch}(x)$	双曲余割函数	$\operatorname{acsc}(x)$	反余割函数
$\operatorname{acsch}(x)$	反双曲余割函数	$\cot(x)$	余切函数
$\operatorname{coth}(x)$	双曲余切函数	$\operatorname{acot}(x)$	反余切函数
$\operatorname{acoth}(x)$	反双曲余切函数		

表 1-8 指数函数

函数	函数名称	函数	函数名称
$\exp(x)$	指数函数	$\operatorname{nextpow2}(x)$	最邻近 2 的幂
$\log(x)$	自然对数函数	$\operatorname{pow2}(x)$	以 2 为底的指数函数
$\log_2(x)$	以 2 为底的对数函数	$\operatorname{sqrt}(x)$	平方根函数
$\log_{10}(x)$	以 10 为底的对数函数		

表 1-9 取整和取余函数

函数	函数名称	函数	函数名称
$\operatorname{fix}(x)$	朝零方向取整函数	$\operatorname{round}(x)$	朝最接近的取整（四舍五入函数）
$\operatorname{floor}(x)$	朝负无穷大方向取整函数	$\operatorname{mod}(x)$	（带符号）求余函数
$\operatorname{ceil}(x)$	朝正无穷大方向取整函数	$\operatorname{rem}(x)$	（无符号）求余函数

表 1-10 通用数学分析函数

函数	函数名称	函数	函数名称
$\max(x)$	求最大元素函数	$\operatorname{prod}(x)$	求元素积函数
$\min(x)$	求最小元素函数	$\operatorname{sort}(x)$	按升序对元素排序函数
$\operatorname{mean}(x)$	求元素平均值函数	$\operatorname{median}(x)$	求元素中值函数
$\operatorname{sum}(x)$	求元素和函数	$\operatorname{std}(x)$	求元素标准差函数

另外, 还有阶乘函数  $\text{factorial}(x)$ 、绝对值函数  $\text{abs}(x)$  和符号函数  $\text{sign}(x)$  ( $x > 0$  时为  $+1$ ,  $x < 0$  时为  $-1$ ) 等。

## 五、矩阵及其运算

### 1. 矩阵的建立

一个  $m$  行  $n$  列的矩阵由  $m \times n$  个元素  $a_{ij}$  组成 ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ), 表示为

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

矩阵  $A$  可以简写为  $A = (a_{ij})_{m \times n}$ 。

从数的角度看, 数组和矩阵都是数的集合, 在形式上没有区别, 在建立、输入和保存方法上是相同的。

1) 矩阵可在方括号 “[ ]” 中以直接列出元素的方式建立, 元素之间用空格或逗号 “,” 隔开, 行与行之间用分号 “;” 或回车键隔开。例如, 用以下几种方式建立矩阵  $A =$

$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$  的结果是相同的:

```
>> A = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
```

```
A = [1,2,3;4,5,6;7,8,9]
```

```
A = [1 2 3
```

```
4 5 6
```

```
7 8 9]
```

```
A =
```

```
1 2 3
```

```
4 5 6
```

```
7 8 9
```

2) 只有 1 行或 1 列的矩阵, 分别称为行向量或列向量。例如:

```
>> H = [2,4,6,8,10]
```

```
H =
```

```
2 4 6 8 10
```

```
>> L = [3;6;9]
```

```
L =
```

```
3
```

```
6
```

```
9
```

3) 矩阵也可以采用函数来建立。

① 函数  $\text{zeros}(m, n)$  可以创建  $m$  行  $n$  列各个元素全为零的零矩阵。例如:

```
>> zeros(2,3)
ans =
    0    0    0
    0    0    0
```

② 函数 `eye ( m , n )` 可以创建  $m$  行  $n$  列对角元素全为 1、其余元素全为 0 的单位矩阵。例如：

```
>> eye(3,3)
ans =
    1    0    0
    0    1    0
    0    0    1
```

③ 函数 `rand ( m , n )` 可以创建  $m$  行  $n$  列的随机矩阵。例如：

```
>> rand(2,3)
ans =
    0.9501    0.6068    0.8913
    0.2311    0.4860    0.7621
```

可见，随机矩阵中的元素是在 0~1 区间内均匀分布的随机数。

④ 矩阵的转置用撇号 “'” 来实现。例如，求矩阵  $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$  的转置矩阵  $B$ 。

```
>> A=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
A =
    1    2    3
    4    5    6
    7    8    9
>> B=A'
B =
    1    4    7
    2    5    8
    3    6    9
```

⑤ 函数 `linspace (初值, 终值, 元素个数)` 可以创建线性分割的一维数组。例如：

```
>> linspace(5,20,6)
ans =
    5    8   11   14   17   20
```

⑥ 采用冒号 “:” 产生一维数组。例如：

```
>> x=0:pi/5:pi
x =
    0    0.6283    1.2566    1.8850    2.5133    3.1416
```

上面表达式中用冒号分隔的部分为数组的首元素、元素增量和尾元素。当取单位增量时，中间部分可以省略。

## 2. 矩阵的运算



矩阵运算是 MATLAB 的核心,从运算的角度来看,数组和矩阵代表完全不同的两种变量,数组没有行与列的观念,是针对数组元素之间进行运算;矩阵运算是从矩阵的整体出发,按照线性代数法则进行运算。

### (1) 矩阵的加法和减法

同阶(行、列数分别相等)的两个矩阵可以进行加法或减法运算。如果矩阵  $A = a_{ij}$  和  $B = b_{ij}$  都是  $m \times n$  阶矩阵,则  $A$  与  $B$  加减法的定义是  $C = A \pm B$ , 即  $c_{ij} = a_{ij} \pm b_{ij}$ 。例如:

```
>> A = [1,2,3;4,5,6]
A =
     1     2     3
     4     5     6
>> B = [7,8,9;10,11,12]
B =
     7     8     9
    10    11    12
>> C = A + B
C =
     8    10    12
    14    16    18
```

### (2) 矩阵的乘法

1) 矩阵乘 ( $*$ ) 是指两个内维相同的矩阵进行乘法运算。如果  $A$  是  $m \times p$  阶矩阵,  $B$  是  $p \times n$  阶矩阵,则矩阵  $A$  与  $B$  进行乘法运算得到的  $C = AB$  是一个  $m \times n$  阶矩阵,其元素是

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^p a_{ik} b_{kj} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

例如:

```
>> A = [1,2,3;4,5,6;7,8,9]
A =
     1     2     3
     4     5     6
     7     8     9
>> B = [1,0,0;0,1,0;0,0,1]
B =
     1     0     0
     0     1     0
     0     0     1
>> C = A * B
C =
     1     2     3
     4     5     6
```