

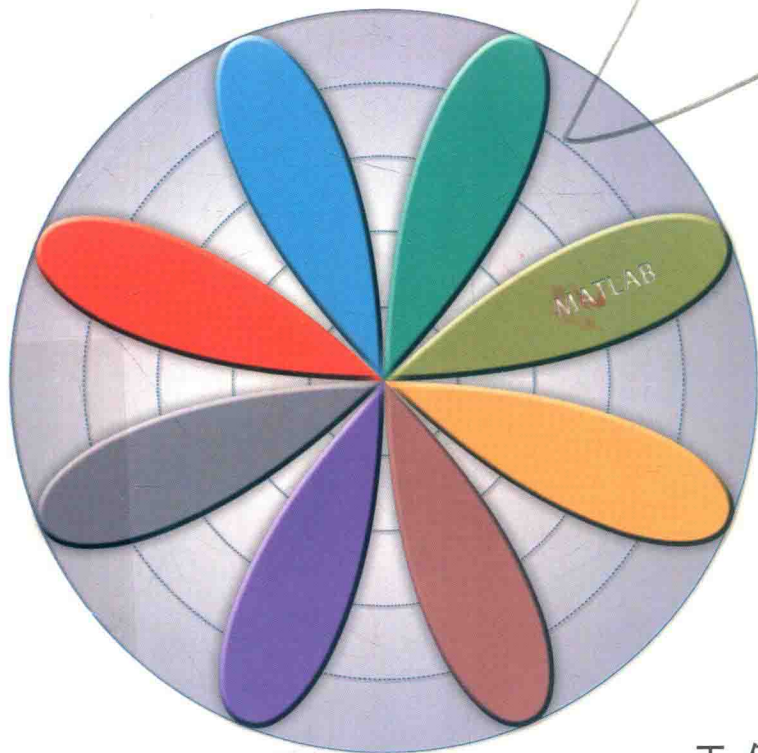
21世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

MATLAB

数值计算基础与实例教程



提供电子教案、习题
解答和素材文件



- 本书针对MATLAB数值计算学习的特点，结合作者多年使用MATLAB的实践经验，详细介绍了数值计算、符号运算、线性与非线性规划分析等方面的内容。
- 本书在讲解的过程中配合大量的实例操作，每章都是从基础知识开始介绍，然后是实例分析，最后是习题练习，力求做到理论与实践紧密结合。

王健 赵国生 宋一兵 等编著

21 世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

MATLAB 数值计算基础与实例教程

王 健 赵国生 宋一兵 等编著



机械工业出版社

MATLAB 是一个功能强大的科学计算软件,具备良好的兼容性与可移植性等优点,已经在信息科学、数学建模、图像处理、工程控制、通信仿真与设计等领域得到了广泛应用。

本书介绍了 MATLAB 在数值计算中的应用,内容涵盖数值计算的基础知识、MATLAB 基础介绍、数值计算在大学基础课程和科研工作中的应用等。全书共 10 章,首先介绍数值计算的基础、MATLAB 的使用、通用函数、数据分析等内容;然后向读者展示数值计算在高等数学、线性代数、概率论中的应用;最后应用数值计算对现实生活中的实际问题进行求解,包括线性/非线性规划与分析的优化及其他重要的数值计算问题等。

本书在内容编排上按照读者学习的一般规律,结合了大量实例进行讲解,可以使读者快速、真正地掌握 MATLAB 与数值计算。本书可以作为高等学校相关专业,诸如:应用数学、信息与计算科学、通信工程、电气工程及其自动化、计算机科学与技术等专业的教材、教辅工具书,也可供广大科研人员、学者、工程技术人员自学或参考。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 数值计算基础与实例教程/王健等编著. —北京:机械工业出版社, 2018.5

21 世纪高等院校计算机辅助设计规划教材

ISBN 978-7-111-59869-5

I. ①M… II. ①王… III. ①计算机辅助计算-Matlab 软件-高等学校-教材 IV. ①TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 090536 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:和庆娣 责任编辑:和庆娣 王 荣

责任校对:张艳霞 责任印制:李 昂

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2018 年 6 月第 1 版·第 1 次

184mm×260mm·20 印张·493 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-59869-5

定价:59.90 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:(010) 88379833

读者购书热线:(010) 88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前 言

MATLAB 是一种科学计算软件,专门以矩阵的形式处理数据。目前,其应用非常广泛。MATLAB 可以用来进行如下工作:数值分析、数值和符号计算、工程与科学绘图、控制系统的设计与仿真、数字图像处理、数字信号处理、通信系统设计与仿真等。尤其是在电子信息领域和数学建模领域中, MATLAB 已经成为学术研究、论文写作的有力工具。同时, MATLAB 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一个易于使用的视窗环境中,为科学研究、工程设计和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,大大提高了运算效率和准确性。

本书针对 MATLAB 数值计算学习的特点,结合作者多年使用 MATLAB 的教学和实践经验,由浅入深、从简到繁、图文并茂,详细介绍了数值计算、符号运算、线性与非线性规划分析等方面的内容。条理清晰,语言通俗易懂,针对性强,在讲解的过程中配合大量的实例操作,符合读者的学习规律。每章都从基础知识开始介绍,然后是实例分析,最后是习题练习,理论与实践紧密结合。

本书共 10 章,主要内容如下:

第 1 章介绍数值计算基础,包括数据的类型、数组的应用、矩阵运算、多项式等。

第 2 章介绍 MATLAB 基础,包括 MATLAB 基本功能及特点、MATLAB 程序控制结构、MATLAB 函数介绍、Bug 的调试方法等。

第 3 章介绍数值计算的通用函数,包括符号运算函数、数值统计函数、数值积分函数、图形绘制函数等。

第 4 章介绍数据分析的关键技术,包括不同维度下的数据插值、不同情形下的数据优化等。

第 5 章介绍高等数学中的数值计算,主要讲解 MATLAB 数值计算在极限、导数、不定积分与定积分、数值积分、二重积分与常微分方程等问题中的应用。

第 6 章介绍线性代数中的数值计算,主要讲解 MATLAB 数值计算在矩阵运算、矩阵的秩与相关性、线性方程组求解、特征值与二次型等问题中的应用。

第 7 章介绍概率论与数理统计中的数值计算,主要讲解 MATLAB 数值计算在数据的统计分析方法、离散型和连续型随机变量、多维随机变量数字特征、参数估计、假设检验等问题中的应用。

第 8 章介绍线性规划与分析的优化,主要分析 MATLAB 数值计算在线性规划问题、参数设置与获取优化、线性规划函数中的运用。

第 9 章介绍非线性规划与分析的优化,主要分析 MATLAB 数值计算在无约束与有约束非线性规划问题、二次规划、多目标规划、最小二乘拟合的规划中的运用。

第 10 章介绍其他数值计算的求解问题,包括单变量函数的求解、共轭梯度法、遗传算法、模拟退火算法、神经网络等。

本书主要由王健、赵国生、宋一兵编写。哈尔滨理工大学王健主要负责编写第 1~2 章,

哈尔滨师范大学赵国生负责编写第3~9章，其余章节由宋一兵、管殿柱、谈世哲、王献红、赵景伟、段辉、董青、李文秋、管玥、赵景波、汤爱君、王奎东编写，在此一并感谢。

本书得到了以下项目的支持：国家自然科学基金项目“可生存系统的自主认知模式研究”（61202458）、国家自然科学基金项目“基于认知循环的任务关键系统可生存性自主增长模型与方法”（61403109）、哈尔滨市科技创新人才研究专项（2016RAQXJ036）和黑龙江省自然科学基金（F2017021）。

感谢您选择了本书，虽然编者在编写本书的过程中力求叙述准确、完善，但由于水平有限，书中欠妥之处在所难免，希望您把对本书的意见和建议告诉我们。最后希望本书能够对您的工作和学习有所帮助！

编 者

目 录

前言

第 1 章 数值计算基础	1	2.3 MATLAB 函数	59
1.1 数据的类型	1	2.3.1 主函数	59
1.1.1 字符串	1	2.3.2 子函数与私有函数	59
1.1.2 数值类型	8	2.3.3 嵌套函数	61
1.1.3 函数句柄	11	2.4 Bug 调试方法	63
1.1.4 布尔运算与关系运算	11	2.5 本章小结	70
1.1.5 结构类型	14	2.6 习题	71
1.1.6 元胞数组	17	第 3 章 数值计算的通用函数	72
1.2 数组的应用	22	3.1 符号计算基础	72
1.2.1 数组创建	22	3.1.1 创建符号对象	72
1.2.2 数组操作	23	3.1.2 表达式创建	73
1.3 矩阵运算	28	3.1.3 运算符及运算	73
1.3.1 矩阵创建	28	3.2 符号矩阵运算函数	76
1.3.2 矩阵的算术运算与关系运算	30	3.2.1 代数运算函数	76
1.3.3 相关矩阵分析	31	3.2.2 线性运算函数	76
1.3.4 稀疏矩阵的创建与运算	35	3.2.3 科学运算函数	81
1.4 多项式	36	3.3 数值统计函数	84
1.4.1 多项式创建	36	3.3.1 随机数	84
1.4.2 多项式计算	37	3.3.2 最大(小)值	85
1.5 本章小结	40	3.3.3 和与积	86
1.6 习题	40	3.3.4 均(中)值	87
第 2 章 MATLAB 基础	41	3.3.5 标准差和方差	87
2.1 M 文件概述	41	3.3.6 协方差和相关系数	88
2.1.1 M 文件的创建与打开	41	3.3.7 排序	89
2.1.2 M 文件的基本内容	43	3.4 数值积分函数	89
2.1.3 M 命令文件与 M 函数文件	44	3.4.1 一元函数	90
2.1.4 M 文件案例	45	3.4.2 矢量积分	92
2.2 程序控制结构	46	3.4.3 二元函数	92
2.2.1 顺序结构	47	3.4.4 三元函数	92
2.2.2 选择结构	48	3.5 图形绘制函数	93
2.2.3 循环结构	51	3.5.1 二维曲线绘制	93
2.2.4 其他辅助控制语句	52	3.5.2 三维曲线绘制	95
2.2.5 程序控制结构综合案例	56	3.5.3 等值线绘制	95
		3.5.4 表面图绘制	97

3.5.5 曲面图绘制	98	5.2.2 导数与极值的实现	133
3.6 本章小结	100	5.2.3 实例应用	134
3.7 习题	100	5.3 不定积分	137
第4章 数据分析的关键技术	101	5.3.1 定义与性质	137
4.1 数据预处理	101	5.3.2 不定积分的实现	138
4.1.1 处理缺失数据	101	5.3.3 实例应用	138
4.1.2 处理异常值	102	5.4 定积分	140
4.1.3 数据平滑处理	103	5.4.1 定义与性质	140
4.1.4 数据标准化处理与归一化 处理	107	5.4.2 定积分的实现	141
4.2 一维插值	108	5.4.3 实例应用	141
4.2.1 方法介绍	109	5.5 数值积分	142
4.2.2 实例应用	110	5.5.1 定义与性质	142
4.3 二维插值	113	5.5.2 数值积分的实现	143
4.3.1 方法介绍	113	5.5.3 实例应用	145
4.3.2 实例应用	114	5.6 二重积分	147
4.4 三维插值	115	5.6.1 定义与性质	147
4.4.1 方法介绍	115	5.6.2 实例应用	148
4.4.2 实例应用	115	5.7 常微分方程	150
4.5 样条插值	117	5.7.1 常微分方程求解方法	150
4.5.1 方法介绍	117	5.7.2 微分方程的实现	154
4.5.2 实例应用	117	5.7.3 实例应用	155
4.6 拉格朗日插值	118	5.8 综合实例应用	156
4.6.1 方法介绍	118	5.8.1 求长方体体积案例	156
4.6.2 实例应用	118	5.8.2 卫星的地面覆盖案例	157
4.7 拟合	119	5.9 本章小结	158
4.7.1 多项式最小二乘曲线拟合	119	5.10 习题	158
4.7.2 正交最小二乘拟合	120	第6章 线性代数中的数值计算	159
4.7.3 拟合界面	123	6.1 矩阵运算	159
4.8 本章小结	126	6.1.1 逆运算	159
4.9 习题	126	6.1.2 转置	160
第5章 高等数学中的数值计算	127	6.1.3 行列式运算	160
5.1 极限	127	6.1.4 向量点乘	161
5.1.1 数列极限	127	6.1.5 混合积	161
5.1.2 函数极限	128	6.1.6 实例应用	161
5.1.3 极限的实现	131	6.2 秩与相关性	162
5.1.4 实例应用	131	6.2.1 矩阵与向量组的秩	162
5.2 导数	132	6.2.2 线性相关性	163
5.2.1 意义与性质	132	6.2.3 最大无关组	163
		6.2.4 实例应用	164

6.3 特征值与二次型	165	7.5.1 期望	205
6.3.1 特征值与特征向量	165	7.5.2 相关与协方差	206
6.3.2 正交矩阵	167	7.5.3 相关系数	207
6.3.3 实例应用	168	7.5.4 实例应用	208
6.4 线性方程组求解	169	7.6 参数估计	210
6.4.1 唯一解	169	7.6.1 点估计的评价角度	210
6.4.2 齐次线性方程组通解	170	7.6.2 区间估计的四种置信区间	212
6.4.3 非齐次线性方程组通解	171	7.6.3 最大似然估计法	215
6.4.4 MATLAB 中其他内置函数求解线性方程组	172	7.6.4 实例应用	217
6.4.5 实例应用	174	7.7 假设检验	220
6.5 综合实例	176	7.7.1 正态总体均值的假设检验	220
6.5.1 求解线性方程组案例	176	7.7.2 正态总体方差的检验	223
6.5.2 线性规划案例	178	7.7.3 实例应用	226
6.5.3 厂址选择案例	180	7.8 综合实例	227
6.6 本章小结	181	7.8.1 商品生产案例	227
6.7 习题	181	7.8.2 学生成绩检验案例	228
第7章 概率论与数理统计中的数值计算	183	7.9 本章小结	229
7.1 数据分析基础知识	183	7.10 习题	229
7.2 离散型随机变量	186	第8章 线性规划与分析的优化	230
7.2.1 三种常见分布	186	8.1 参数优化	230
7.2.2 七种概率密度函数值	187	8.1.1 设置优化参数	230
7.2.3 实例应用	189	8.1.2 获取优化参数	232
7.3 连续型随机变量	191	8.2 线性规划问题简介	232
7.3.1 六种常见分布	191	8.3 求解线性规划	233
7.3.2 两种计算概率密度函数值的方法	194	8.3.1 MATLAB 中的线性规划函数	233
7.3.3 两种计算累积概率函数值的方法	195	8.3.2 线性最小二乘	235
7.3.4 两种计算逆累积概率函数值的方法	196	8.3.3 MATLAB 中的线性规则实现	238
7.3.5 实例应用	197	8.4 优化工具简介	240
7.4 一维随机变量数字特征	199	8.5 综合实例	242
7.4.1 期望	199	8.5.1 材料使用最优化案例	242
7.4.2 方差与标准差	201	8.5.2 粮食生产与利润最优化案例	243
7.4.3 常用函数	204	8.6 本章小结	247
7.4.4 实例应用	205	8.7 习题	247
7.5 二维随机变量数字特征	205	第9章 非线性规划与分析的优化	249
		9.1 无约束与有约束的非线性规划	249
		9.1.1 非线性规划定义	249
		9.1.2 无约束非线性规划	249
		9.1.3 有约束非线性规划	254

9.2	二次规划问题	258	10.2.3	共轭梯度法解线性方程组	285
9.3	多目标规划	262	10.3	遗传算法	287
9.4	最小二乘拟合的规划	267	10.3.1	方法介绍	287
9.5	综合实例	270	10.3.2	基本原理	288
9.5.1	投资与效益案例	270	10.3.3	优化工具箱	290
9.5.2	采购案例	272	10.3.4	算法的实例及实现	291
9.6	本章小结	273	10.4	模拟退火算法	296
9.7	习题	273	10.4.1	方法介绍	296
第 10 章	其他数值计算的求解问题	275	10.4.2	基本原理	298
10.1	单变量函数的求解	275	10.4.3	算法的实例及实现	299
10.1.1	二分法	275	10.5	神经网络	304
10.1.2	迭代法	277	10.5.1	神经网络简介	304
10.1.3	抛物线法	279	10.5.2	人工神经网络结构	304
10.1.4	牛顿法	281	10.5.3	学习方式与规则	307
10.1.5	正割法	283	10.5.4	神经网络的实例及实现	308
10.2	共轭梯度法	284	10.6	本章小结	312
10.2.1	方法简介	284	10.7	习题	312
10.2.2	基本原理	285			

第 1 章 数值计算基础

数值计算，亦可称为科学计算 (Scientific Computing)。如今，数值计算已成为科学研究的三种基本手段之一，它是由三门学科 (计算数学、计算机科学和其他工程学科) 相结合的产物，并随着计算机的广泛使用和科学技术的不断发展正受到越来越多的关注。本章将学习 MATLAB 中的数值计算基础知识，包括数据的类型、数组应用、矩阵运算和多项式。

总体上来讲，本章各节之间不存在递进关系，但每节内容均是数值计算中的基础内容，即读者可以根据自身的需求打乱本章阅读顺序。除特别说明外，每一节中的例题指令都是独立、完整的，读者可以轻松地在自己的计算机上进行实践。

1.1 数据的类型

在 MATLAB 中共定义了 15 种数据的类型，包括 8 种整型数据、单精度浮点型、双精度浮点型、逻辑型、字符串型、数组、结构体类型和函数句柄。双精度类型、单精度类型和整数类型共同组成了基本的数据类型，如图 1-1 所示。通常，不同数据类型的变量或对象占用的内存空间是不同的，不同的数据类型的变量或对象也具有不同的操作函数。本节将讨论这些数据类型及其用法。

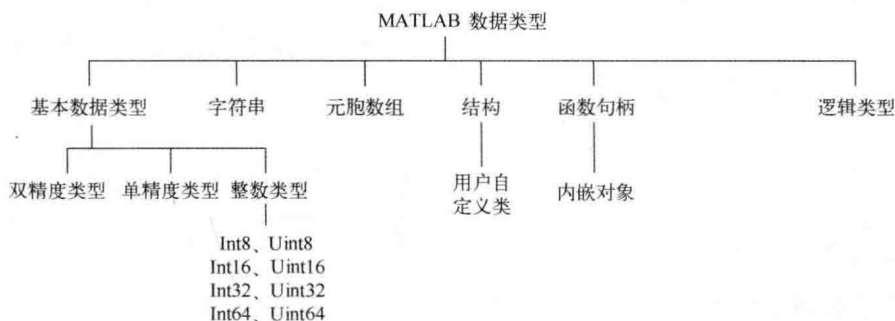


图 1-1 MATLAB 数据类型

1.1.1 字符串

在 MATLAB 中需要对字符和字符串进行操作。字符串可以显示在屏幕上，也可用于一些命令的构成，这些命令将在其他的命令中进行求值或被执行。因此，字符串在数据的可视化、应用程序的交互方面起到非常重要的作用。

一个字符串存储在一个行向量的文本中，这个行向量中的每一个元素代表一个字符，每一个字符占用两个字节的内存。实际上，元素中存放的是字符的内部代码 (即 ASCII 码)。在屏幕上显示出来的是文本，而不是 ASCII 数字。由于字符串是以向量的形式来存储的，因此可以通过它的下标对字符串中的任何一个元素进行访问。字符矩阵也以同样的形式进行存储，但其每行字符数必须相同。

1. 字符串的创建

在进行字符串的创建时，只需将字符串的内容用单引号括起来即可。

【例 1-1】 创建字符串。

```
>>a=135
a=
135
>>class(a)
ans=
double
>>size(a)
ans=
     1     1
>>b='135'
b=
135
>>class(b)
ans=
char
>>size(b)
ans=
     1     3
```

使用 char 函数可以创建一些无法通过键盘进行输入的字符，该函数的作用是将输入的整数参数转变为相应的字符。

【例 1-2】 char 函数的创建。

```
>>A1=char('Good','Morning! ')
A1=
Good
Morning!
>>A2=char('祝','大家','节日','快乐')
A2=
  祝
  大
  家
  节
  日
  快
  乐
```

2. 字符串的基本操作

(1) 字符串拼接

字符串可以利用“[]”运算符进行拼接。

若使用“,”作为不同字符串之间的间隔，相当于扩展字符串成为更长的字符串向量；若使用“;”作为不同字符串之间的间隔，相当于扩展字符串成为二维或者多维的数组，此时不同行上的字符串必须具有同样的长度。

(2) 字符串操作函数（见表 1-1）

表 1-1 字符串操作函数

函 数	说 明
char	创建字符串，将数值转变为字符串
double	将字符串转变成为 Unicode 数值
blanks	空白字符串的创建（由空格组成）

函 数	说 明
deblank	删除字符串尾部空格
ischar	判断变量是否为字符型
streat	水平组合字符串, 构成更长的字符向量
strvcat	垂直组合字符串, 构成字符串矩阵
strcmp	比较字符串, 判断是否一致
strncmp	比较字符串中的前 n 个字符, 判断是否一致
strcmpi	比较字符串, 忽略字母大小写
strncmpi	比较字符串中的前 n 个字符, 忽略字母的大小写
findstr	在较长的字符串中查询较短的字符串出现的索引
strfind	在第一个字符串中查询第二个字符串出现的索引
strjust	对齐排列字符串
strrep	替换字符串中的子串
strmatch	查询匹配的字符串
upper	将字符串中的字母都转变为大写字母
lower	将字符串中的字母都转变为小写字母

【例 1-3】创建空白字符串 (blanks)。

```
>>a=blanks(6)
a=
```

空字符串如图 1-2 所示。

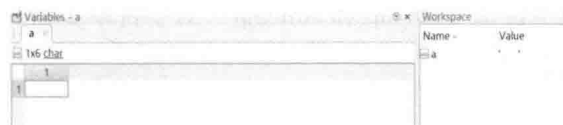


图 1-2 空字符串

【例 1-4】删除字符串尾部空格 (deblank)。

```
>>a='Good morning! '
a=
Good morning!
>>deblank(a)
ans=
Good morning!
>>whos
  Name      Size      Bytes  Class
  a         1x18      36     char
  ans       1x13      26     char
```

【例 1-5】判断变量是否为字符类型 (ischar)。

```
>>a='Good morning! '
a=
Good morning!
>>ischar(a)
```

```
ans =
1
>>b=4;
>>ischar(b)
ans =
0
```


 **注意：**结果显示为 1，表示变量是字符类型；否则，结果显示为 0。

【例 1-6】 使用组合字符串（strcat 和 strvcat）对字符串 a 和 b 进行比较。

```
>>a='Good';
>>b='Morning!';
>>c=strcat(a,b)
c =
GoodMorning!
>>d=strvcat(a,b,c)
d =
Good
Morning!
GoodMorning!
>>whos
Name      Size      Bytes  Class
a         1x4         8   char
b         1x8        16   char
c         1x12       24   char
d         3x12       72   char
```

【例 1-7】 使用比较字符串（strcmp 和 strncmp）对字符串 a 和 b 进行比较。

```
>>a='Good Morning!';
>>b='Good afternoon!';
>>c=strcmp(a,b)
c =
0
>>d=strncmp(a,b)
d =
1
```

 **注意：**比较结果一致时，值为 1；否则，值为 0。


【例 1-8】 对字符串 a 和 b 进行查找位置操作（findstr 和 strfind）。

```
>>a='A friend in need is a friend indeed';
>>b='friend';
>>c=findstr(b,a)
c =
     3     23
>>d=strfind(b,a)
d =
[]
>>e=strfind(a,b)
```

```
e=
    3    23
```

【例 1-9】对字符串 a、b、c 进行排列操作。

```
>>a='Hello ';
>>b='Bike! ';
>>c=strcat(a,b)
c=
HelloBike!
>>d=strvcat(a,b,c)
d=
Hello
Bike!
HelloBike!
>>e=strjust(d,'center')
e=
    Hello
    Bike!
HelloBike!
```


 注意: strjust(S, 'right') 表示右侧对齐字符串; strjust(S, 'left') 表示左侧对齐字符串; strjust(S, 'center') 表示中间对齐字符串。

【例 1-10】将字符串 a 中的 Morning 替换为 Afternoon (strep)。

```
>>a='Good Morning! '
a=
Good Morning!
>>b=strep(a,'Morning','Afternoon')
b=
Good Afternoon!
```

【例 1-11】查询字符串 a 和 b 中分别匹配 he 的字符串 (strmatch)。

```
>>a=strmatch('he',strvcat('he','she','they','her'))
a=
    1
    4
>>b=strmatch('he',strvcat('he','she','they','her'),'exact')
b=
    1
```

 注意: x=strmatch(str, strarray) 与 x=strmatch(str, strarray, 'exact') 主要不同表现在: 第一种只需要比较 str 和 strarray, 观察 strarray 中是否有 str 这个字符串, 如果有, 则返回 str 在 strarray 中的位置, 只要找到 str 就行, 不需要严格相同; 第二种则需要严格相同。

(3) 字符串转换函数

MATLAB 提供了相应的转换函数, 允许在不同类型的数据和字符串类型的数据之间进行转换。数字与字符之间的转换函数见表 1-2。

表 1-2 数字与字符之间的转换函数

函 数	说 明
num2str	数字→字符串
int2str	整数→字符串
mat2str	矩阵→被 eval 函数使用的字符串
str2double	字符串→双精度类型的数据
str2num	字符串→数字
sprintf	输出数字→字符串（格式化输出数据到命令行窗口）
sscanf	读取格式化字符串→数字

注：“→”表示转换。

数值之间的转换函数见表 1-3。

表 1-3 数值之间的转换函数

函 数	说 明
hex2num	十六进制整数字符串→双精度数据
hex2dec	十六进制整数字符串→十进制整数
dec2hex	十进制整数→十六进制整数字符串
bin2dec	二进制整数字符串→十进制整数
dec2bin	十进制整数→二进制整数字符串
base2dec	指定进制类型的数字字符串→十进制整数
dec2base	十进制整数→指定进制类型的数字字符串

注：“→”表示转换。

str2num 函数在使用时需要注意：被转换的字符串仅能包含数字、小数点、字符“e”或者“d”、数字的正号或者负号、复数的虚部字符“i”或者“j”，使用时要注意空格。

【例 1-12】将字符串转换为数字（str2num）。

```
>>a=str2num('2+2i')
a=
 1.0000+2.0000i
>>b=str2num('2+2i')
b=
 2.0000      0+2.0000i
>>c=str2num('2+2i')
c=
 1.0000+2.0000i
>>whos
Name Size Bytes Class
A 1x1 16 double array (complex)
B 1x2 32 double array (complex)
C 1x1 16 double array (complex)
```

【例 1-13】将数字转换为字符串（num2str）。

```
>>a=num2str(rand(3,3),2)
a=
```

```

0.96 0.96 0.14
0.16 0.49 0.42
0.97 0.8 0.92
>>b=num2str(rand(3,3),4)
b=
0.7922 0.03571 0.6787
0.9595 0.8491 0.7577
0.6557 0.934 0.7431

```

(4) 格式化的输入与输出

在 MATLAB 中, 使用 C 语言风格的格式化控制符可进行格式化的输入与输出。格式化的输入/输出函数见表 1-4。

表 1-4 格式化的输入/输出函数

字 符	说 明	字 符	说 明
%c	显示内容为单一字符	%d	含符号的整数
%e	科学计数法, 用小写的 e	%E	科学计数法, 用大写的 E
%f	浮点数据	%g	不定, %e 和 %f 中选择一种形式
%G	不定, %E 和 %F 中选择一种形式	%o	八进制表示
%s	字符串	%u	无符号整数
%x	十六进制表示, 使用小写字符	%X	十六进制表示, 使用大写字符

在 MATLAB 中, 有两个函数可以用来进行格式化的输入和输出, 具体介绍如下:

- 1) sscanf (读取格式化字符串)。例如, A=sscanf(s,format); A=sscanf(s,format,size)。
- 2) sprintf (格式化输出数据到命令行窗口)。例如, S=sprintf(format,A,...)。

【例 1-14】分别使用 sscanf(s,format)、sscanf(s,format,size)、sprintf(format,A,...) 对字符串 a、b、c 进行格式化输出。

```

>>a='1.6983 2.1336';
>>b='1.6983e3 2.1336e3';
>>c='0 2 4 8 16';
>>A=sscanf(a,'%f')
A=
    1.6983
    2.1336
>>B=sscanf(b,'%e')
B=
    1.0e+003 *
    1.6983
    2.1336
>>C=sscanf(S3,'%d')
C=
     0
     2
     4
     8
    16
>>a='0 2 4 8 16';
>>A=sscanf(c,'%d')

```



```

A=
    0
    2
    4
    8
   16
>>B=sscanf(S3,'%d',1)
B=
    0
>>C=sscanf(S3,'%d',3)
C=
    0
    2
    4
>>A=1/eps;
>>B=-eps;
>>C=[65,66,67,pi];
>>D=[pi,65,66,67];
>>S1=sprintf('%+15.5f',A)
S1=
+4503599627370496.00000
>>S2=sprintf('%+.5e',B)
S2=
-2.22045e-016
>>S3=sprintf('%s%f',C)
S3=
ABC3.141593
>>S4=sprintf('%s%f%s',D)
S4=
3.141593e+00065.000000BC

```

【例 1-15】 输入函数的使用方法 (input)。

```

>>a=input('随便输入数字:')
随便输入数字:222
a=
    222
>>b=input('随便输入数字:', 's')
随便输入数字:222
b=
    222
>>whos
Name      Size      Bytes  Class
a         1x1         8    double
b         1x3         6     char

```

1.1.2 数值类型

在 MATLAB 数值计算基础学习中，数值类型变量或对象主要用于描述基本的数值对象。通常，MATLAB 中还存在着其他的一些数据，如常量数据、空数组与空矩阵等。

1. 基本数值类型

表 1-5 介绍了 MATLAB 中的基本数值类型。