

# 数理统计

及其在数学建模中的实践  
(使用MATLAB)

汪祥莉 孙琳 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 数理统计及其在数学 建模中的实践 (使用 MATLAB)

汪祥莉 孙 琳 编著



机械工业出版社

本书从数理统计分析在数学建模中的应用以及在 MATLAB 中的实现出发,介绍概率论与数理统计分析的基本概念、典型应用及使用 MATLAB 进行实际建模分析的基本方法和应用.本书将概率论与数理统计的建模方法与 MATLAB 典型应用融为一体,既从理论上介绍了数理统计基础的基本原理、数理统计知识在数学建模中的使用方法,又详细讲解了该部分知识在 MATLAB 环境下的实现方法,并给出了大量的典型实例分析.

本书主要内容包括:利用 MATLAB 制作统计报告或报表、数据处理与统计作图、统计估计、参数检验、方差分析、回归分析与数据拟合、马尔可夫链、数理统计建模实验设计等.书中从数学建模的角度出发描述了通过数理统计数学建模的一般方法步骤,既有理论推导又详细介绍了使用 MATLAB 求解的实际实现方法.

本书可作为大学“数学实验”和“数学建模”课程的教材,也可作为广大科研人员、学者、工程技术人员的参考用书.

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数理统计及其在数学建模中的实践:使用 MATLAB/  
汪祥莉,孙琳编著. —北京:机械工业出版社,2013.9  
ISBN 978-7-111-43176-3

I. ①数… II. ①汪…②孙… III. ①数理统计 -  
Matlab 软件 - 高等学校 - 教材 IV. ①O212-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 190881 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:韩效杰 责任编辑:韩效杰 汤嘉 任正一  
版式设计:常天培 责任校对:程俊巧  
责任印制:张楠  
北京京丰印刷厂印刷  
2013 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷  
184mm × 260mm · 18.75 印张 · 463 千字  
标准书号:ISBN 978-7-111-43176-3  
定价:38.00 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

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前言

MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一,它以强大的科学计算与可视化功能、简单易学的应用方式、开放式的扩展环境,特别是所附带的 30 多种面向不同领域的工具箱支持,使得它在许多科学领域中成为计算机辅助设计和分析、算法研究和应用开发的基本工具和首选平台。

在我们的生活中,统计无处不在,大到国计民生,小到个人起居,无不与统计息息相关,与统计有关的论著也如春日繁花。但就目前情况来看,详细介绍统计与 MATLAB 相结合并应用于数学建模的论著并不多见,并且大多只是 MATLAB 统计工具箱的中文翻译,或者在概率论与数理统计的教材中加入一些 MATLAB 程序,它们普遍存在的问题就是缺乏具体的建模案例分析,并且在统计的建模应用方面缺乏系统的理论融入分析和编程实现过程。为了更好地适应高等院校数学建模的需要,实现建模过程中“概率与统计”理论分析与编程实现的有机结合,我们编写了本书。

本书具有以下特点:

1. 注意概率论与数理统计的思想方法的介绍。在阐述某一统计概念方法时,一般是从具体实例开始引出相关内容,或者是以具体实例结束相关内容。

2. 本书在介绍概率论与数理统计的公式和定理推导时,会详细介绍该知识在 MATLAB 中的实现和操作方法。实际中,概率与统计几乎遍及各个领域,成为解决数学建模中实际问题的重要工具。

3. 突出了数理统计知识在数学建模中的分析方法和使用技巧。在介绍每一个知识点的同时,会配以相应的建模实例分析,给出详细完整的建模分析过程、求解过程以及实现代码。

本书内容共分 8 章,书后有附录。第 1 章介绍 MATLAB 基础知识;第 2 章介绍概率论基础知识及其在 MATLAB 中的实现,包括随机事件和概率、随机变量及其分布、随机变量的数字特征等内容;第 3 章介绍统计估计及统计特征,包括统计图的绘制、随机变量的分布与估计等;第 4 章介绍参数估计与假设检验,包括随机变量的概率密度计算、参数估计、假设检验等;第 5 章介绍方差分析,包括单因子方差分析和双因子方差分析等;第 6 章介绍回归分析,包括一元线性回归分析、多元线性回归分析和逐步回归分析等;第 7 章介绍因子分析;第 8 章介绍马尔可夫链,包括了马尔可夫链的理论基础和相应的马尔可夫链建模实例分析;附录主要介绍两个概率统计建模的实例分析和详细实现过程。

本书由汪祥莉老师组织编写和统稿,具体编写分工如下:

武汉理工大学计算机科学与技术学院的汪祥莉老师负责第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 7 章和附录的编写;国防信息学院四系的孙琳老师负责第 3 章、第 5 章、第 6 章和第 8 章的编写工作。



# 目 录

## 前言

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 第 1 章 MATLAB 基础知识 .....                               | 1  |
| 1.1 基本运算与函数 .....                                     | 1  |
| 1.2 MATLAB 基本程序结构 .....                               | 5  |
| 1.3 数据的储存与载入 .....                                    | 11 |
| 1.4 MATLAB 文件操作 .....                                 | 12 |
| 1.5 数值分析 .....                                        | 15 |
| 1.5.1 微分 .....                                        | 15 |
| 1.5.2 积分 .....                                        | 16 |
| 1.5.3 求解常微分方程 .....                                   | 17 |
| 1.5.4 非线性方程的实根 .....                                  | 17 |
| 1.5.5 线性代数方程(组)求解 .....                               | 18 |
| 1.6 基本平面绘图命令 .....                                    | 19 |
| 1.7 三维网图的高级处理 .....                                   | 25 |
| 1.8 利用 MATLAB 生成 Word 文档 .....                        | 28 |
| 1.8.1 创建 Microsoft Word 服务器 .....                     | 28 |
| 1.8.2 建立 Word 文本文档 .....                              | 29 |
| 1.8.3 插入表格 .....                                      | 30 |
| 1.8.4 插入图片 .....                                      | 32 |
| 1.8.5 插入页眉、页码 .....                                   | 35 |
| 1.8.6 保存文档 .....                                      | 36 |
| 1.8.7 MATLAB 生成 Word 文档<br>实例 .....                   | 36 |
| 1.9 利用 MATLAB 生成 Excel 文档 .....                       | 41 |
| 1.9.1 调用 actxserver 函数创建<br>Microsoft Excel 服务器 ..... | 41 |
| 1.9.2 新建 Excel 工作簿 .....                              | 42 |
| 1.9.3 获取工作表对象句柄 .....                                 | 43 |
| 1.9.4 插入、复制、删除、移动和<br>重命名工作表 .....                    | 43 |
| 1.9.5 页面设置 .....                                      | 45 |
| 1.9.6 选取工作表区域 .....                                   | 45 |
| 1.9.7 设置行高和列宽 .....                                   | 45 |
| 1.9.8 合并单元格 .....                                     | 46 |
| 1.9.9 边框设置 .....                                      | 46 |
| 1.10 从 Excel 文件中读取和写入<br>数据 .....                     | 52 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 1.10.1 MATLAB 读取 Excel 数据 .....                               | 52 |
| 1.10.2 用 MATLAB 将数据写入<br>Excel .....                          | 53 |
| 第 2 章 概率论基础知识及其在<br>MATLAB 中的实现 .....                         | 54 |
| 2.1 随机事件和概率 .....                                             | 54 |
| 2.1.1 排列组合初步 .....                                            | 54 |
| 2.1.2 随机试验、随机事件及其<br>运算 .....                                 | 54 |
| 2.1.3 概率的定义和性质 .....                                          | 55 |
| 2.1.4 五大公式(加法公式、减法<br>公式、条件概率和乘法<br>公式、全概率公式、<br>贝叶斯公式) ..... | 55 |
| 2.1.5 事件的独立性和伯努利试验 .....                                      | 56 |
| 2.2 随机变量及其分布 .....                                            | 57 |
| 2.2.1 随机变量的分布函数 .....                                         | 58 |
| 2.2.2 常见分布 .....                                              | 59 |
| 2.3 二维随机变量及其分布 .....                                          | 61 |
| 2.3.1 二维随机变量的基本概念 .....                                       | 61 |
| 2.3.2 随机变量的独立性 .....                                          | 64 |
| 2.4 随机变量的数字特征 .....                                           | 64 |
| 2.4.1 一维随机变量的数字特征 .....                                       | 64 |
| 2.4.2 二维随机变量的数字特征 .....                                       | 66 |
| 2.5 大数定律和中心极限定理 .....                                         | 68 |
| 2.5.1 切比雪夫不等式 .....                                           | 68 |
| 2.5.2 大数定律 .....                                              | 68 |
| 2.5.3 中心极限定理 .....                                            | 69 |
| 2.6 数理统计的基本概念 .....                                           | 69 |
| 2.6.1 总体、个体和样本 .....                                          | 69 |
| 2.6.2 统计量 .....                                               | 70 |
| 2.6.3 三个抽样分布( $\chi^2$ 分布、<br>$t$ 分布和 $F$ 分布) .....           | 70 |
| 2.6.4 正态总体下统计量的分布和<br>性质 .....                                | 72 |
| 2.7 参数估计 .....                                                | 72 |
| 2.7.1 点估计的两种方法 .....                                          | 73 |

|                                                    |     |                                                          |     |
|----------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------|-----|
| 2.7.2 区间估计的方法 .....                                | 74  | 3.4 随机变量的数字特征 .....                                      | 109 |
| 2.7.3 估计量的评选标准 .....                               | 75  | 3.4.1 平均值、中值 .....                                       | 109 |
| 2.8 概率论基础知识在 MATLAB 中的实现 .....                     | 75  | 3.4.2 数据比较 .....                                         | 111 |
| 2.8.1 古典概率模型的 MATLAB 实现 .....                      | 75  | 3.4.3 期望 .....                                           | 114 |
| 2.8.2 条件概率、全概率公式与伯努利概率 .....                       | 76  | 3.4.4 方差 .....                                           | 114 |
| 2.8.3 离散型随机变量数字特征的 MATLAB 实现 .....                 | 79  | 3.4.5 常见分布的期望和方差 .....                                   | 117 |
| 2.8.4 连续型随机变量数字特征的 MATLAB 实现 .....                 | 82  | 3.4.6 协方差与相关系数 .....                                     | 119 |
| 2.8.5 $\chi^2$ 分布、 $t$ 分布和 $F$ 分布的 MATLAB 实现 ..... | 85  | 3.5 二维随机变量数字特征、中心极限定理 .....                              | 120 |
| 2.9 概率论基础知识 MATLAB 实现的实例分析 .....                   | 88  | <b>第 4 章 参数估计与假设检验</b> .....                             | 123 |
| <b>第 3 章 统计估计及统计特征</b> .....                       | 94  | 4.1 随机数的产生 .....                                         | 123 |
| 3.1 统计图的绘制 .....                                   | 94  | 4.1.1 二项分布的随机数据的产生 .....                                 | 123 |
| 3.1.1 正整数的频率表 .....                                | 94  | 4.1.2 正态分布的随机数据的产生 .....                                 | 124 |
| 3.1.2 经验累积分布函数图形 .....                             | 94  | 4.1.3 常见分布的随机数产生 .....                                   | 124 |
| 3.1.3 最小二乘拟合直线 .....                               | 95  | 4.1.4 通用函数求各分布的随机数据 .....                                | 125 |
| 3.1.4 绘制正态分布概率图形 .....                             | 96  | 4.2 随机变量的概率密度计算 .....                                    | 125 |
| 3.1.5 绘制韦布尔 (Weibull) 概率图形 .....                   | 96  | 4.2.1 通用函数计算概率密度函数值 .....                                | 125 |
| 3.1.6 样本数据的盒图 .....                                | 96  | 4.2.2 专用函数计算概率密度函数值 .....                                | 126 |
| 3.1.7 给当前图形加一条参考线 .....                            | 97  | 4.2.3 常见分布的密度函数作图 .....                                  | 128 |
| 3.1.8 在当前图形中加入一条多项式曲线 .....                        | 97  | 4.3 随机变量的累积概率值 .....                                     | 132 |
| 3.1.9 样本的概率图形 .....                                | 98  | 4.3.1 通用函数计算累积概率值 .....                                  | 132 |
| 3.1.10 附加有正态密度曲线的直方图 .....                         | 98  | 4.3.2 专用函数计算累积概率值 .....                                  | 132 |
| 3.1.11 在指定的界线之间绘制正态密度曲线 .....                      | 99  | 4.4 随机变量的逆累积分布函数 .....                                   | 134 |
| 3.2 随机变量的分布与估计 .....                               | 99  | 4.4.1 通用函数计算逆累积分布函数值 .....                               | 134 |
| 3.2.1 用 MATLAB 计算随机变量的分布 .....                     | 99  | 4.4.2 专用函数 inv 计算逆累积分布函数 .....                           | 134 |
| 3.2.2 利用 MATLAB 计算随机变量的期望和方差 .....                 | 102 | 4.5 参数估计 .....                                           | 136 |
| 3.3 参数的点估计和区间估计 .....                              | 106 | 4.5.1 常见分布的参数估计 .....                                    | 136 |
| 3.3.1 矩估计的 MATLAB 实现 .....                         | 106 | 4.5.2 非线性模型置信区间预测 .....                                  | 139 |
| 3.3.2 区间估计的 MATLAB 实现 .....                        | 107 | 4.5.3 对数似然函数 .....                                       | 143 |
| 3.3.3 其他常用分布参数区间估计的命令 .....                        | 108 | 4.6 假设检验 .....                                           | 145 |
|                                                    |     | 4.6.1 $\sigma^2$ 已知, 单个正态总体的均值 $\mu$ 的假设检验 (U 检验法) ..... | 145 |
|                                                    |     | 4.6.2 $\sigma^2$ 未知, 单个正态总体的均值 $\mu$ 的假设检验 (t 检验法) ..... | 146 |
|                                                    |     | 4.6.3 两个正态总体均值差的检验 (t 检验) .....                          | 147 |

|        |                                     |     |       |                            |     |
|--------|-------------------------------------|-----|-------|----------------------------|-----|
| 4.6.4  | 两个总体一致性的检验——秩和检验 .....              | 148 | 6.3.1 | 去掉解释变量 .....               | 188 |
| 4.6.5  | 两个总体中位数相等的假设检验——符号秩检验 .....         | 149 | 6.3.2 | 增加解释变量 .....               | 188 |
| 4.6.6  | 两个总体中位数相等的假设检验——符号检验 .....          | 149 | 6.3.3 | 模型选择的一般方法 .....            | 189 |
| 4.6.7  | 正态分布的拟合优度测试 1 .....                 | 150 | 6.4   | 逐步回归分析 .....               | 190 |
| 4.6.8  | 正态分布的拟合优度测试 2 .....                 | 150 | 6.4.1 | 逐步回归分析概述 .....             | 190 |
| 4.6.9  | 单个样本分布的 Kolmogorov-Smirnov 测试 ..... | 151 | 6.4.2 | 逐步回归分析的数学模型 .....          | 190 |
| 4.6.10 | 两个样本具有相同的连续分布的假设检验 .....            | 152 | 6.4.3 | 逐步回归分析的步骤 .....            | 193 |
| 第 5 章  | 方差分析 .....                          | 154 | 6.5   | 回归分析的 MATLAB 实现 .....      | 200 |
| 5.1    | 单因子方差分析 .....                       | 154 | 6.5.1 | 多元线性回归的 MATLAB 实现 .....    | 200 |
| 5.1.1  | 基本概念与数学模型 .....                     | 154 | 6.5.2 | 多项式回归的 MATLAB 实现 .....     | 204 |
| 5.1.2  | 统计分析 .....                          | 156 | 6.5.3 | 非线性回归的 MATLAB 实现 .....     | 206 |
| 5.1.3  | 单因子方差分析表 .....                      | 158 | 6.5.4 | 逐步回归的 MATLAB 实现 .....      | 209 |
| 5.2    | 双因子方差分析 .....                       | 161 | 第 7 章 | 因子分析 .....                 | 212 |
| 5.2.1  | 双因子方差分析模型 .....                     | 161 | 7.1   | 因子分析简介 .....               | 212 |
| 5.2.2  | 无交互影响的双因子方差分析 .....                 | 162 | 7.1.1 | 什么是因子分析 .....              | 212 |
| 5.2.3  | 有交互影响的双因子方差分析 .....                 | 166 | 7.1.2 | 因子分析的数学模型 .....            | 212 |
| 5.3    | 方差分析的 MATLAB 实现 .....               | 170 | 7.1.3 | 因子分析中的几个统计特征 .....         | 213 |
| 5.3.1  | 单因子方差分析的 MATLAB 实现 .....            | 170 | 7.1.4 | 因子载荷矩阵的估计方法 .....          | 214 |
| 5.3.2  | 双因子方差分析的 MATLAB 实现 .....            | 176 | 7.2   | 因子旋转和因子得分 .....            | 217 |
| 第 6 章  | 回归分析 .....                          | 180 | 7.2.1 | 为什么要旋转因子 .....             | 217 |
| 6.1    | 一元线性回归分析 .....                      | 180 | 7.2.2 | 因子旋转的主要方法 .....            | 218 |
| 6.1.1  | 一元线性回归模型 .....                      | 180 | 7.2.3 | 因子得分 .....                 | 220 |
| 6.1.2  | 参数的最小二乘估计 .....                     | 181 | 7.3   | 因子分析的步骤 .....              | 221 |
| 6.1.3  | 回归方程的显著性检验 .....                    | 182 | 7.4   | 因子分析的 MATLAB 实现 .....      | 224 |
| 6.1.4  | 回归方程的拟合检验 .....                     | 183 | 第 8 章 | 马尔可夫链 .....                | 235 |
| 6.2    | 多元线性回归分析 .....                      | 184 | 8.1   | 马尔可夫链的理论基础 .....           | 235 |
| 6.2.1  | 多元线性回归模型 .....                      | 184 | 8.1.1 | 马尔可夫链的定义 .....             | 235 |
| 6.2.2  | 回归系数 $\beta$ 的最小二乘估计 .....          | 185 | 8.1.2 | 离散参数马尔可夫链 .....            | 235 |
| 6.2.3  | 多元线性回归模型的显著性检验 .....                | 186 | 8.1.3 | 离散参数齐次马尔可夫链 .....          | 236 |
| 6.2.4  | 回归模型的拟合性检验 .....                    | 187 | 8.1.4 | 时间连续马尔可夫链 .....            | 240 |
| 6.3    | 回归模型的选择方法 .....                     | 187 | 8.2   | 马尔可夫链实例分析 .....            | 242 |
|        |                                     |     | 8.3   | 马尔可夫链数学建模的 MATLAB 实现 ..... | 244 |
|        |                                     |     | 附录    | .....                      | 263 |
|        |                                     |     | 附录 A  | 彩票方案的数学模型 .....            | 263 |
|        |                                     |     | 附录 B  | 自贡旅游需求资源预测 .....           | 274 |
|        |                                     |     | 参考文献  | .....                      | 292 |

# 第 1 章 MATLAB 基础知识

## 1.1 基本运算与函数

用 MATLAB 进行基本数学运算，只需将运算式直接输入提示符（>>）之后，并按〈Enter〉键即可。例如：

```
>> (5 * 2 + 1.3 - 0.8) * 10 / 25
ans = 4.2000
```

MATLAB 会将运算结果直接存入一变量 ans 中，代表 MATLAB 运算后的结果将在屏幕上显示其数值。

 小提示：“>>”是 MATLAB 的提示符（Prompt），但在 PC 中文视窗系统下，由于编码方式不同，此提示符常会隐藏，但这并不影响 MATLAB 的运算结果。

也可将上述运算式的结果设定给另一个变量 x：

```
x = (5 * 2 + 1.3 - 0.8) * 10 / 25
x = 42
```

此时 MATLAB 会直接显示 x 的值。由上例可知，MATLAB 内包含一般常用的加（+）、减（-）、乘（\*）、除（/）、幂次运算（^）等数学运算符号。

 小提示：MATLAB 将所有变量均存成 double 的形式，所以不需经过变量声明（Variable declaration）。

MATLAB 同时也会自动进行内存的分配和回收，而不必像 C 语言那样，必须由用户一一指定。这些功能使得 MATLAB 易学易用，用户可专心致力于编写程序，而不必被软件本身的枝节问题所干扰。

若不想让 MATLAB 每次都显示运算结果，只需在运算式最后加上分号（;）即可，如：

```
y = sin(10) * exp(-0.3 * 4^2);
若要显示变量 y 的值，直接键入 y 即可：
>> y
y = -0.0045
```

在上例中，sin 是正弦函数，exp 是指数函数，这些都是 MATLAB 中经常用到的数学函数。

 小整理：MATLAB 中常用的基本数学函数

- abs(x)：标量的绝对值或向量的长度；
- angle(z)：复数 z 的相角（Phase angle）；
- sqrt(x)：开平方；
- real(z)：复数 z 的实部；

`imag(z)`: 复数  $z$  的虚部;

`conj(z)`: 复数  $z$  的共轭复数;

`round(x)`: 四舍五入至最近整数;

`fix(x)`: 无论正负, 舍去小数至最近整数;

`floor(x)`: 向下取整函数, 即舍去正小数至最近整数;

`ceil(x)`: 向上取整函数, 即加入正小数至最近整数;

`rat(x)`: 将实数  $x$  化为分数表示;

`rats(x)`: 将实数  $x$  化为多项分数展开;

`sign(x)`: 符号函数 (Signum function).

当  $x < 0$  时,  $\text{sign}(x) = -1$ ;

当  $x = 0$  时,  $\text{sign}(x) = 0$ ;

当  $x > 0$  时,  $\text{sign}(x) = 1$ .

### 小整理: MATLAB 常用的三角函数

`sin(x)`: 正弦函数;

`cos(x)`: 余弦函数;

`tan(x)`: 正切函数;

`asin(x)`: 反正弦函数;

`acos(x)`: 反余弦函数;

`atan(x)`: 反正切函数;

`atan2(x, y)`: 四象限的反正切函数;

`sinh(x)`: 双曲正弦函数;

`cosh(x)`: 双曲余弦函数;

`tanh(x)`: 双曲正切函数;

`asinh(x)`: 反双曲正弦函数;

`acosh(x)`: 反双曲余弦函数;

`atanh(x)`: 反双曲正切函数.

变量也可用来存放向量或矩阵, 并进行各种运算, 如列向量运算:

```
x = [1 3 5 2];
```

```
y = 2 * x + 1
```

```
y = 3 7 11 5
```

### 小提示: 变量命名的规则

(1) 第一个字母必须是英文字母;

(2) 字母间不留空格;

(3) 最多只能有 19 个字母, MATLAB 会自动忽略多余字母.

可以随意更改、增加或删除向量的元素:

```
y(3) = 2      % 更改第三个元素
```

```
y = 3 7 2 5
```

```
y(6) = 10     % 加入第六个元素
```

```
y = 3 7 2 5 0 10
```

```
y(4) = [] % 删除第四个元素
```

```
y = 3 7 2 0 10
```

在上例中, MATLAB 会忽略所有在百分号 (%) 之后的文字, 因此百分号之后的文字均为程序的注释 (Comments)。MATLAB 亦可取出向量的一个元素或一部分元素来做运算:

```
x(2) * 3 + y(4) % 取出 x 的第二个元素和 y 的第四个元素来做运算
```

```
ans = 9
```

```
y(2:4) - 1 % 取出 y 的第二至第四个元素来做运算
```

```
ans = 6 1 -1
```

在上例中, 2:4 代表一个由 2、3、4 组成的向量。

若对 MATLAB 函数用法有疑问, 可随时使用 help 来寻求线上支持 (on-line help): help  
linspace

### 小整理: MATLAB 的查询命令

help: 用来查询已知命令的用法。例如已知 inv 用来计算逆矩阵, 输入 help inv 即可得知有关 inv 命令的用法。(输入 help help 则显示 help 的用法, 请试试看!)

lookfor: 用来寻找未知的命令。例如要寻找计算逆矩阵的命令, 可输入 lookfor inverse, MATLAB 即列出所有和关键字 inverse 相关的指令, 找到所需的命令后, 可用 help 进一步找出其用法。(lookfor 事实上是对所有在搜寻路径下的 M 文件进行关键字匹配, 详见后叙)。

### 小整理: 适用于向量的常用函数有:

min(x): 向量 x 的元素的最小值;

max(x): 向量 x 的元素的最大值;

mean(x): 向量 x 的元素平均值;

median(x): 向量 x 的元素的中位数;

std(x): 向量 x 的元素的标准差;

diff(x): 向量 x 的相邻元素的差;

sort(x): 对向量 x 的元素进行排序 (Sorting);

length(x): 向量 x 的元素个数;

norm(x): 向量 x 的欧几里得 (Euclidean) 长度;

sum(x): 向量 x 的元素总和;

prod(x): 向量 x 的元素总乘积;

cumsum(x): 向量 x 的累计元素总和;

cumprod(x): 向量 x 的累计元素总乘积;

dot(x, y): 向量 x 和 y 的内积;

cross(x, y): 向量 x 和 y 的外积。

若要输入矩阵, 则必须在每一行结尾加上分号 (;), 如:

```
A = [1 2 3 4; 5 6 7 8; 9 10 11 12];
```

```
A =
```

```
1 2 3 4
```

```
5 6 7 8
```

```
9 10 11 12
```

同样地, 我们可以对矩阵进行各种处理:

```
A(2,3) = 5      % 改变矩阵中位于第二行, 第三列的元素值
```

```
A =
```

```
1  2  3  4
```

```
5  6  5  8
```

```
9 10 11 12
```

```
B = A(2,1:3)    % 取出部分矩阵 B
```

```
B = 5 6 5
```

```
A = [A B']      % 将 B 转置后以列向量并入 A
```

```
A =
```

```
1  2  3  4  5
```

```
5  6  5  8  6
```

```
9 10 11 12 5
```

```
A(:, 2) = []    % 删除第二列(:代表所有行)
```

```
A =
```

```
1  3  4  5
```

```
5  5  8  6
```

```
9 11 12 5
```

```
A = [A; 4 3 2 1] % 加入第四行
```

```
A =
```

```
1  3  4  5
```

```
5  5  8  6
```

```
9 11 12 5
```

```
4  3  2  1
```

```
A([1 4], :) = [] % 删除第一行和第四行(:代表所有列)
```

```
A =
```

```
5  5  8  6
```

```
9 11 12 5
```

 **小提示:** 在 MATLAB 的内部数据结构中, 每一个矩阵都是一个以列为主 (Column-oriented) 的数组 (Array), 因此对于矩阵元素的存取, 我们可用一维或二维的索引 (Index) 来寻址. 举例来说, 在上述矩阵 A 中, 位于第二行、第三列的元素可写为 A(2, 3) (二维索引) 或 A(6) (一维索引, 即将所有值进行堆叠后的第六个元素).

此外, 若要重新安排矩阵的形状, 可用 reshape 命令:

```
B = reshape(A, 4, 2) % 4 是新矩阵的行数, 2 是新矩阵的列数
```

```
B =
```

```
5  8
```

```
9 12
```

```
5  6
```

```
11 3
```

 **小提示:**  $A(:)$  就是将矩阵  $A$  的每一行堆叠起来, 成为一个列向量, 而这也是 MATLAB 变量的内部储存方式. 以前例而言,  $\text{reshape}(A, 8, 1)$  和  $A(:)$  同样都会产生一个  $8 \times 1$  的矩阵.

MATLAB 可同时执行数个命令, 只需用逗号或分号将命令隔开:

```
x = sin(pi/3); y = x^2; z = y * 10,  
z = 7.5000
```

若一个数学运算式太长, 可用三个句点将其延伸到下一行:

```
z = 10 * sin(pi/3) * ...  
sin(pi/3);
```

若要检察现存于工作空间 (Workspace) 的变量, 可输入 `who`:

若要了解这些变量的详细资料, 可输入: `whos`

使用 `clear` 可以删除工作空间的变量:

```
clear A
```

```
A
```

```
??? Undefined function or variable 'A'.
```

另外 MATLAB 有些永久常数 (Permanent constants), 虽然在工作空间中不显示, 但用户可直接使用, 例如:

```
pi
```

```
ans = 3.1416
```

 **小整理:** MATLAB 的永久常数

`i` 或 `j`: 基本虚数单位;

`eps`: 系统的浮点 (Floating-point) 精确度;

`inf`: 无穷大, 例如 `1/0` `nan` 或 `NaN`: 非数值 (Not a number), 例如 `0/0`;

`pi`: 圆周率 ( $\pi = 3.1415926\cdots$ );

`realmax`: 系统所能表示的最大数值;

`realmin`: 系统所能表示的最小数值;

`nargin`: 函数的输入参数个数;

`nargout`: 函数的输出参数个数.

## 1.2 MATLAB 基本程序结构

按照现代程序设计的观点, 任何算法功能都可以通过三种基本程序结构来实现, 这三种结构是: 顺序结构、选择结构和循环结构. 其中顺序结构是最基本的结构, 它依照语句的自然顺序逐条地执行程序的各项语句. 如果要根据输入数据的实际情况进行逻辑判断, 对不同的结果进行不同的处理, 可以使用选择结构. 如果需要反复执行某些程序段落, 可以使用循环结构.

### 1. 顺序结构

顺序结构由两个程序模块串接而成. 一个程序模块是完成一项独立功能的逻辑单元, 它可以是一段程序、一个函数、或者是一条语句. 在顺序结构中, 这两个程序模块是顺序执行的, 即先执行 <程序模块 1>, 再执行 <程序模块 2>. 实现顺序结构的方法非常简单, 只

需将程序语句顺序排列即可.

## 2. 选择结构

在 MATLAB 中, 选择结构可由两种语句来实现.

### (1) if 语句

if 语句的最简单用法为:

```
if 表达式;
    程序模块;
end
```

if 语句的另一种用法为:

```
if 表达式
    程序模块 1
else
    程序模块 2
end
```

**例 1-1** 使用 if 语句判断学生的成绩是否及格.

程序:

```
clear
n = input('输入 n =')
m = 60;
if n < m,
    r = '不及格'
else
    r = '及格'
end
```

当针对多个条件进行选择时, 可以采用下面的格式:

```
if 表达式 1
    程序模块 1
elseif 表达式 2
    程序模块 2
    :
elseif 表达式 n
    程序模块 n
else
    程序模块 n + 1
end
```

**例 1-2** 将百分制的成绩转换为五等级制的成绩输出.

程序:

```
clear
n = input('输入 n =')
```

```
if n >= 90
chji = '优秀'
elseif n >= 80
chji = '良好'
elseif n >= 70
chji = '中等'
elseif n >= 60
chji = '及格'
else
chji = '不及格'
end
```

## (2) switch 语句

switch 语句可以替代多分支的 if 语句，而且 switch 语句简洁明了，可读性更好。其格式为：

```
switch 表达式
case 数值 1
程序模块 1
case 数值 2
程序模块 2
⋮
otherwise
程序模块 n
end
```

其中的 otherwise 模块可以省略。

switch 语句的执行过程是：首先计算表达式的值，然后将其结果与每一个 case 后面的数值依次进行比较，如果相等，则执行该 case 的程序模块；如果都不相等，则执行 otherwise 模块中的语句。

**例 1-3** 用 switch…case 开关结构将百分制的学生成绩转换为五等级制的成绩输出。

程序：

```
clear
x = 58
switch fix(x/10)
case {10,9}
y = '优秀'
case 8
y = '良好'
case 7
y = '中等'
case 6
```

```

y = '及格'
otherwise
    y = '不及格'
end

```

### 3. 循环结构

循环结构即可以多次重复执行某一组语句, 是计算机解决问题的主要手段. 在 MATLAB 中, 循环结构可以用两种语句结构实现.

(1) for...end 循环结构. 其格式为:

```
for i = V, 循环体结构, end
```

其中 V 为一个行向量, 循环变量 i 每次从 V 中取一个数值, 执行一次循环体的内容, 如此下去, 直到完成 V 中的所有分量, 就自动结束循环体的执行.

**例 1-4** 计算  $s = 1^2 + 2^2 + 5^2$ .

程序:

```

a = [1 2 5]; s = 0;
for k = a,
    s = s + k^2;
end,
s,

```

若循环结构里还包含循环结构, 则构成多重循环.

**例 1-5** 设计一个九九乘法表.

程序:

```

clear
for i = 1:9
    for j = 1:9
        a(i, j) = i * j;
    end
end
a,

```

(2) while...end 循环结构. 其格式为:

```

while (表达式)
    循环结构体
end

```

**例 1-6** 求 MATLAB 的相对精度

**解** 解题的思路是, 让 y 值不断减小, 直到 MATLAB 分不出  $1+y$  与 1 的差别为止.

程序:

```
y = 1; while 1 + y > 1; y1 = y; y = y/2; end, y1
```

**说明**

①for 循环与 while 循环的区别是, for 语句的循环次数是确定的, 而 while 语句的循环次数是不确定的;

- ②一定要注意在循环结构体内设置“修改条件表达式的语句”，以免进入“死循环”；
- ③一旦出现死循环，在命令窗用 <ctrl + c> 键可使程序中止；
- ④注意程序的可读性。

 小提示：关于 break、continue、return 的用法。

当程序运行过程中出现 return 命令时，程序停止运行。break、continue 用在循环语句中，在循环语句中，如果遇到 break 命令时，程序结束当前的“for”或“while”循环，转而执行它下面最近的 end 以下的语句；遇到 continue 时，跳过当次循环而继续下一次的循环。例如，原定要循环 5 次，但在进入第 3 次循环时遇到了 continue，则第 3 次的循环被跳过，而继续进行第 4 次、第 5 次的循环，循环体实际上只重复执行了 4 次。

程序：

```
clear
str = 'MATLAB R14.3 version';
for i = 1: length (str)
    if (~isletter (str (i)))
        continue
    end
    result (i) = str (i);
end
result
result =
    MATLAB R   version
```

运行这个程序并观察运行结果。然后再将程序中的语句 continue 改为 break 或 return，观察运行结果有何变化。

#### 4. M-文件

M 文件是包含 MATLAB 代码的文件，M 文件按其内容和功能可分为脚本 M 文件和函数 M 文件两大类。

##### (1) 脚本 M 文件

脚本 M 文件是许多 MATLAB 代码按顺序组成的命令集合，不接受参数的输入和输出，与 MATLAB 工作区共享变量空间。脚本文件一般用来实现一个相对独立的功能，比如对某个数据集进行某种分析、绘图，求解方程等。前面的几个例题都是脚本文件的类型。

##### (2) 函数 M 文件

MATLAB 的 M-文件是由 function 语句引导的，其基本格式如下：

function [输出形参列表] = 函数名 (输入形参列表)

注释说明语句段，由 % 引导；

函数体语句

函数文件需要在 M-文件编辑器中编写，写完以后按照当前的搜索路径保存，以后就可以随时调用这个函数了。

与脚本 M 文件不同的是调用函数 M 文件时需要输入自变量的实际值。

编程实例