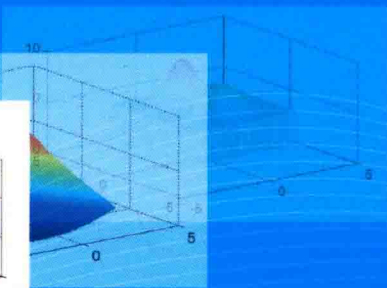
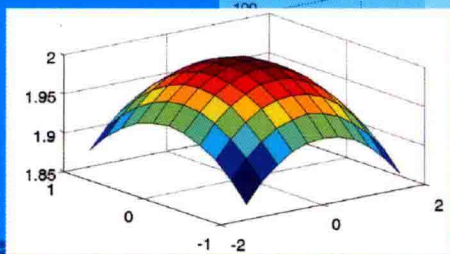


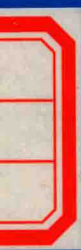


普通高等教育“十三五”规划教材



MATLAB 与大学数学实验

丁恒飞 王丙参 田俊红 主编



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

MATLAB 与大学数学实验

丁恒飞 王丙参 田俊红 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对高等院校大学数学课程的学习,利用 MATLAB 软件对抽象的数学理论进行实验,以获得直观效果,提高解决实际问题的能力.全书分为 10 章,第 1~4 章为 MATLAB 简明教程;第 5 章为高等数学实验;第 6 章为线性代数实验;第 7~10 章系统介绍随机模拟,包括随机数的生成、蒙特卡罗与积分、随机模拟实验、MCMC 方法及其应用.附录 1 探讨什么是数学实验,附录 2,3 初步探讨统计计算中的 EM 算法、Bootstrap 方法.

本书可作为高等院校开设数学实验或 MATLAB 软件课程的教材,也可作为相关专业读者的参考用书.

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 与大学数学实验 / 丁恒飞, 王丙参, 田俊红主编. —北京: 科学出版社, 2017.6

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-053538-2

I. ①M… II. ①丁… ②王… ③田… III. ①Matlab 软件-应用-高等数学-实验-高等学校-教材 IV. ①O13-33 ②O245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 117782 号

责任编辑: 胡海霞/责任校对: 邹慧卿

责任印制: 吴兆东/封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 6 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2017 年 6 月第一次印刷 印张: 16 3/8

字数: 330 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

经过一年多对高等数学、线性代数和概率论与数理统计等数学课程的学习，大学生掌握了相对丰富的数学知识，然而这些知识许多都过分侧重理论和计算，尤其数学与应用数学专业的数学分析、高等代数等课程，缺乏进行计算机实践的内容，难以获得直观效果。另外，用笔计算通常比较繁琐，不如利用计算机软件来得简捷、便利。要想对这些数学知识获得更加全面的理解，就需要通过计算机上的数学实验达到这个效果。我们一直尝试由学生自己动手，用他们熟悉、喜欢的计算机去解决一些经过简化的实际问题，让学生亲身感受利用所学数学知识解决实际问题的酸甜苦辣。做，然后知不足，进而激发他们进一步学习数学的热情，促进数学教育良性循环，这就是我们编写本书的缘由。

通过计算机实验，可以达到理论和直观的完美结合。对概率论中许多复杂计算，其结果到底对否，怎么验证，或者不知道理论计算怎么做等问题，通过随机模拟实验就会得到一个相当满意的结论。它既可以与理论计算相互印证，同时又可以解决许多理论上较难计算的问题，显示出计算机模拟的优越性。

因此，数学实验是通过学习利用计算机获得对复杂数学问题直观感受的一个好途径，当然，并非每一个数学问题都可以如此。利用计算机和相应的软件，可以大大增强计算和公式推导能力。另一方面，大学生都希望自己学数学有用武之地，总想解决实际问题，这就是数学建模，现在很多大学生都积极参加数学建模竞赛。学好数学实验，无疑为数学建模打下良好的基础。数学实验起着承上启下的作用。承上，就是承接高等数学、线性代数和概率论与数理统计，使得这些数学知识得到实验和应用；启下，就是为数学建模解决实际问题打下良好的基础。

本书既是高等数学、线性代数、概率论与数理统计三门数学基础课的巩固和提高，又在基本数学知识和应用之间架起了一座桥梁，选取的许多实验都十分有趣，数学理论并不复杂，编程也不难，十分便于学生学习和实验。当然，书中也给出了一些前沿的数学实验内容供有余力的读者自学，比如MCMC。通过本书学习，可以使学生对数学获得一种新的认识，增强自己的动手能力，同时在编程方面也能得到相当大的提高。

本书是一个统一的整体，各部分之间又有相对的独立性，可以独立讲授。学习本书只需要一般的高等数学、线性代数、概率论与数理统计、计算机语言等方面的知识。本书不涉及太深奥的数学知识模型，以便于教学。

本书可作为高等院校开设数学实验课程的专业学生的教材，也可作为相关专业读者的参考用书。

本书由天水师范学院数学与统计学院丁恒飞、王丙参、田俊红三位老师共同编写，具体分工为：第1~4章，第6章由丁恒飞编写，第7~10章由王丙参编写，第5章及附录1~3由田俊红编写。

本书编写得到国家自然科学基金(11561060)的资助，得到天水师范学院数学与统计学院领导的大力支持，其中，统计与计算教研室的同事们认真审阅了书稿，提出宝贵的修改意见，也得到科学出版社的大力支持，特在此一并致以诚挚的谢意！

虽然我们希望能编写出一本质量较高、适合当前教学实际需要的教材，但限于作者水平与撰写时间，难免存在不妥之处，恳切希望读者批评、指正，使本书得以不断完善。

编者

2016年10月

目 录

前言

第 1 章 MATLAB 基本知识	1
1.1 MATLAB 概况.....	1
1.2 基本使用方法.....	4
1.3 数值向量与数组.....	11
1.4 字符串、单元数组和结构.....	16
1.5 基本绘图命令.....	22
习题 1.....	31
第 2 章 MATLAB 数值计算与绘图	32
2.1 矩阵及其计算.....	32
2.2 MATLAB 与线性代数.....	39
2.3 MATLAB 与概率统计.....	42
2.4 三维绘图.....	49
2.5 特殊图形的绘制.....	51
习题 2.....	58
第 3 章 MATLAB 符号运算	59
3.1 符号运算基本知识.....	59
3.2 MATLAB 与微积分.....	65
3.3 符号代数方程求解.....	72
3.4 MATLAB 与常微分方程.....	76
习题 3.....	82
第 4 章 MATLAB 程序设计	83
4.1 M 文本编辑器基本介绍.....	83
4.2 控制流.....	85
4.3 程序设计与优化.....	95
习题 4.....	104
第 5 章 高等数学实验	105
5.1 插值与拟合实验.....	105

5.2	函数幂级数展开实验	112
5.3	购房贷款利率实验	114
5.4	追逐问题实验	116
5.5	人口增长模型实验	120
5.6	Logistic 模型的数值仿真	128
	习题 5	137
第 6 章	线性代数实验	139
6.1	线性方程组实验	139
6.2	向量组的线性相关性分析	143
6.3	生产计划的安排问题	145
6.4	动物繁殖问题	147
6.5	蠓虫分类问题	150
	习题 6	154
第 7 章	随机数的生成	155
7.1	均匀随机数的生成	155
7.2	利用反函数及变换抽样法生成随机数	159
7.3	利用合成抽样法生成随机数	163
7.4	利用近似抽样法生成随机数	170
	习题 7	175
第 8 章	蒙特卡罗与积分	176
8.1	蒙特卡罗基本理论	176
8.2	利用蒙特卡罗方法进行积分计算	181
	习题 8	191
第 9 章	随机模拟实验	192
9.1	概率问题随机模拟实验	192
9.2	火炮射击	203
9.3	山羊与轿车选择的实验	205
9.4	商品优惠券实验	208
9.5	大数定律实验	209
9.6	中心极限定理实验	213
9.7	报童策略问题实验	217
9.8	圣彼得堡悖论实验	219

习题 9	221
第 10 章 MCMC 方法及其应用	222
10.1 MCMC 方法基本知识	222
10.2 M-H 算法	224
10.3 基于 M-H 算法的混合参数贝叶斯估计	229
习题 10	234
附录	235
附录 1 数学实验简介	235
附录 2 EM 算法	241
附录 3 Bootstrap 方法	245
参考文献	253

第 1 章 MATLAB 基本知识

MATLAB (Matrix Laboratory) 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件, 用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境, 主要包括 MATLAB 和仿真工具 Simulink 两大部分. 随着计算机的广泛发展, 很多重复繁琐的计算可以交给 MATLAB 来完成, 但需要计算机编程. MATLAB 自产生之日起就以强大的功能和良好的开放性而在数值计算软件中独占鳌头. 目前, MATLAB 已经成为国际、国内最流行的数学软件, 也是理工科研究人员应该掌握的技术工具, 现在高校的很多专业都必修或选修 MATLAB, 因此建议理工科大学生都应尽量掌握它.

本章主要介绍 MATLAB 基本知识, 包括基本使用方法与绘图命令.

1.1 MATLAB 概况

20 世纪 70 年代, 美国新墨西哥大学计算机科学系主任 Clever Moler 为了减轻学生编程负担, 用 FORTRAN 编写了最早的 MATLAB, 即矩阵实验室. 1984 年, Moler 等一批数学家与软件专家合作成立了 MathWorks 公司, 推出了第一个 MATLAB 的商业版本, 其核心用 C 语言编写. 到 20 世纪 90 年代, MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件. 从 2006 年开始, MathWorks 公司宣布每年更新两次版本, 已经有了 MATLAB2006a, MATLAB2006b, …… , MATLAB2015a, MATLAB2015b 等. 幸运的是, 各个版本的 MATLAB 命令与界面基本相同, 普通用户感觉不到有什么明显的区别. 对于普通用户而言, 没必要一直采用最新版的 MATLAB, 虽然版本越高级, 功能越强大, 但软件也越来越大, 甚至超过 10G, 并且很多功能对于普通用户几乎用不到.

1.1.1 MATLAB 的优缺点

MATLAB 目前可以在各种类型的计算机上运行, 如 PC、Sun Space 工作站、惠普工作站等. MATLAB 语言具有较高的运算精度, 一般情况下, 矩阵的运算可以达到 10^{-15} 数量级的精度, 符合一般科学和工程运算的要求, 主要有以下优点.

(1) 容易使用, 允许用户以数学形式的语言编写程序, 比 BASIC, FORTRAN 和 C 语言等更接近书写计算公式的思维, 用户在命令窗口输入命令即可直接得出结果. 由于它是用 C 语言开发的, 故初学者只要有 C 语言基础就能很容易掌握

MATLAB 语言.

(2)可由多种操作系统支持,比如 Windows 和许多不同版本的 UNIX,而且在一种操作系统下编制的程序转移到其他操作系统下,无须做任何修改.

(3)丰富的内部函数,可以解决很多基本问题,除此之外还有各种工具箱,可以解决某些特定领域的复杂问题,比如 Wavelet Toolbox 进行小波理论分析, Financial Toolbox 进行金融方面的研究等.同时,用户还可以通过网络获取更多 MATLAB 的程序.与利用 C 语言编写数值计算程序相比,利用 MATLAB 可以节省大量的编程时间.

(4)强大的图形和符号功能. MATLAB 具有强大的图形处理功能,它本身带有许多绘图的库函数,可以轻松地画出各种复杂的二维和多维图形,并且这些图形可以在与运行该程序的计算机连接的任何打印设备上打印出来. MATLAB 也开发了符号运算功能,并且其功能丝毫不亚于其他相关软件,比如 Mathematic 等.同时,由于有了 Maple 和 MATLAB 之间的接口,这个问题得到了更好的解决.

(5)MATLAB 的许多功能函数都带有算法的自适应能力,可以自动选择算法.如果矩阵的条件数很大,则矩阵中一个参数的微小变化,都可能导致最终结果发生极大变化,这种现象在数学上称为坏条件问题.对于这类问题,使用 MATLAB 语言一般不会出现这类错误,即 MATLAB 是可靠的、数值稳定的.

(6)MATLAB 的容错功能,当非法操作时,给出提示,并不影响其操作,如 $1/0$,输出结果为: Warning: Divide by zero ans =Inf.

(7)与其他软件和语言有良好的对接性,如 Maple, FORTRAN, C, Basic 等,并且 MATLAB 运用 DDE 和 OLE,实现 MATLAB 和 Word 无缝连接,从而为专业科技工作者创造了融合科学计算、图形可视、文字处理于一体的高水准环境. MATLAB 除自身具有十分强大的功能之外,它还可以与其他软件和程序实现很好的交流,这样可最大限度利用各种资源,从而使 MATLAB 编制的程序能够做到最大程度的优化.

所以, MATLAB 是工程师、科研工作者手上最好的工具,作者建议 MATLAB 作为首选计算软件.对于统计工作者而言, R 软件以其开放性而独树一帜,但因其用户相对较少,交流起来不太方便,故国内很多统计科研人员仍将 MATLAB 软件作为首选.当然 MATLAB 也存在一些缺陷,有待完善,主要有以下两点.

(1)运行效率较低,由于 MATLAB 是一种合成语言,因此,与一般的高级语言相比,用 MATLAB 编写的程序运行起来时间往往要长一些.

(2)价格比较贵,一般的用户可能支付不起它的高昂费用,但是,由于 MATLAB 具有极高的编程效率,因此,购买 MATLAB 的昂贵费用在很大程度上可以由使用

它所编写的程序价值抵消。

1.1.2 MATLAB 的开发环境

启动 MATLAB 后，桌面平台默认设置主要包括 4 个窗口，如图 1.1.1 所示。

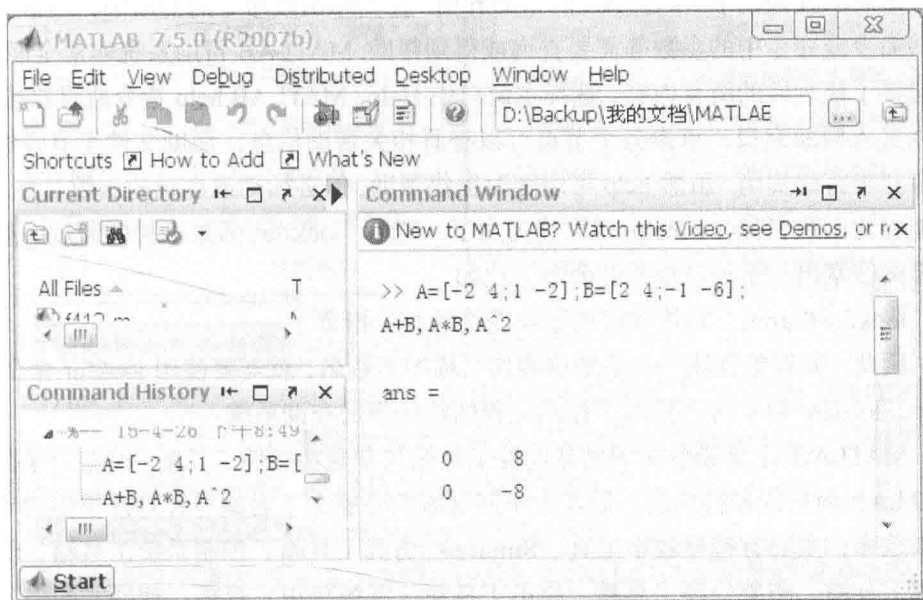


图 1.1.1 MATLAB 窗口

(1) **命令窗口 (Command Window)** 是操作的主要载体，一般而言，所有函数和命令都可以在命令窗口中执行。“>>”为运算提示符，表示 MATLAB 处于准备状态。当在提示符后输入一段正确的运算式后，只需按 Enter 键就会直接显示运算结果。一般来说，一个命令行输入一条命令，命令行以回车结束。但一个命令行也可以输入若干条命令，各命令之间以逗号分隔，若前一命令后带有分号，则逗号可以省略，若表达式后面是分号，将不显示结果。如果一个命令行很长，一个物理行之内写不下，可以在第一个物理行之后加上 3 个小黑点并按下回车键，然后接着下一个物理行继续写命令的其他部分。3 个小黑点称为续行符，即把下面的物理行看作该行的逻辑继续。

(2) **命令历史窗口 (Command History)** 会自动保留安装时起的所有命令记录，并标明使用时间，方便使用者查询，双击某一行命令，即在命令窗口执行该命令。如果用户需从“命令历史”窗口中删除某条执行过的命令，只需选中并右击，弹出快捷菜单，从中选择 Delete Selection 命令即可。

(3) **当前目录窗口 (Current Directory)** 可显示或改变当前目录，还可显示当前

目录下的文件，包括文件名、文件类型、最后修改时间及该文件的说明信息，并提供搜索功能。

(4) **工作空间窗口 (Workspace)** 可显示目前保存在内存中的 MATLAB 变量的变量名、数据结构、字节数，而不同变量类型分别对应不同的变量名图标。

最后单独强调下 MATLAB 的帮助界面。在实际函数命令的使用中，经常会有一些命令或命令中的参数等需要查询或得到帮助。MATLAB 帮助系统非常全面，几乎包括了该软件的所有内容，选择主窗口中 Help | MATLAB help 指令或直接按 F1 可以进入帮助窗口，点击各个节点可以查看相关帮助信息，帮助文件里有详细的解释和丰富的实例。虽然 help 可以随时提供帮助，但必须知道准确的函数名称。当不能确定函数名称时，help 就无能为力了。然而，lookfor 函数可提供通过一般的关键词搜索出一组与之相关的命令，比如

lookfor fourier: 寻找含有傅里叶变换的相关指令。

因此，如果想查找一个不知道确切名称的函数名，就需要使用 lookfor 命令了。Help, lookfor 两个指令构成了相当完善的在线帮助查询系统。

MATLAB 工具箱分为辅助功能性工具箱和专业功能性工具箱。前者用来扩充 MATLAB 内核的各种功能，后者由不同领域的专家、学者编写针对性很强的专业性函数库，主要有符号数学工具、Simulink 仿真工具箱、控制系统工具箱、信号处理工具箱、图象处理工具箱、通讯工具箱、系统辨识工具箱、神经网络工具箱及金融工具箱。

MATLAB 用户界面的主菜单、工具栏的功能请读者在实践中慢慢体会。由于 MATLAB 软件在不断地更新，所以，也要及时获取 MATLAB 的最新信息，以便跟上时代的步伐。学会 MATLAB 的基本操作很容易，但要成长为使用 MATLAB 的高手则需要用心积累经验，多尝试，多请教。

1.2 基本使用方法

MATLAB 不仅功能强大，还简单易学。它最擅长数值运算，用户学习完本节内容后，就可以进行基本的数值运算，解决学习和科研中遇到的计算问题。由于所有数据都是以数组来表示和存储的，故数组和矩阵是它的核心。

1.2.1 数据类型

MATLAB 的数据类型包括数字、字符串、矩阵、单元型和结构性变量，主要使用的有常量和变量两类。在 MATLAB 中有一些特定的变量，它们已经被预订了

某个特定的值，因此这些变量被称为常量，主要类型见表 1.2.1。

表 1.2.1 常用常量及功能

常量	常量的功能	常量	常量的功能
ans	用作结果的默认变量名	nargin	函数的输入参数个数
beep	使计算机发出“嘟嘟”声	nargout	函数的输出参数个数
pi	圆周率	varargin	可变的函数输入参数个数
eps	浮点数相对误差	varargout	可变的函数输出参数个数
inf	无穷大	realmin	最小的正浮点数
NaN 或 nan	不定数 0/0，非数值	realmax	最大的正浮点数
i 或 j	复数单位	bitmax	最大的正整数

下面对其中几个常量的用法进行简单的介绍。

(1) inf 表示无穷大。如果 MATLAB 中运行的最大数为 a ，比如 MATLAB 7.0 中 $a = 2^{1024}$ ，则超过 a 时，系统会视为无穷大，并给出用户警告信息，同时用 inf 代替无穷大，而不会死机，这也是 MATLAB 的优点之一。

(2) realmin=2.2251e-308, realmax=1.7977e+308。

(3) eps 用来判断是否为 0 元素的误差限，MATLAB 7.0 函数的误差限默认为 eps，它的值大约为 2.2204e-16 (系统计算的精度)。

(4) 纯虚数用 i 或 j 表示，也就是数学上的 $\sqrt{-1}$ 。如果在程序中没有专门给这两个变量定义，那么系统默认它们为单位虚数，用户可直接应用；如果用户在程序中有专门定义，则它们保留新定义的值。当然用户也可以将其他变量直接设定为 $\sqrt{-1}$ 。

注意，不同版本 MATLAB 的功能会有所差异，随着版本的升级，功能也越来越高级，精度也越来越高。数据的显示格式系统默认为短格式，也可定义长格式、银行格式，例如

```
R=6378.137;
S=4*pi*R^2      %短格式，等价于 format short, S=5.1121e+008
format long, S  %长格式，S=5.112078933958109e+008
format bank, S  %银行格式，S=511207893.40
```

对于简单的数值运算，使用 MATLAB 可以很轻松解决，它就像大型计算器一样，直接输入表达式就可计算，但当需要解决复杂问题时，不宜直接输入，可通过给变量赋予变量名的方法进行操作。变量无需事先定义，一个程序中的变量以其名称在语句命令中第一次合法出现而定义，其命名有以下 2 个规则。

(1) 变量名必须是不含空格的单个词，组成变量的字符长度不超过 31 个；

(2) 变量名由英语字母、数字和下划线组成，以英语字母开头的变量名中不允许使用标点符号，区分大小写英语字母。

在进行编程的时候，有时需要某个变量既作用在主程序里又作用在调用的子程序中，或需要某个变量作用多个函数中，这时可将该变量设置为全局变量。全局变量必须在使用前声明，即这个声明必须放在主程序首行，格式为该变量前添加关键字“global”，并尽量采用大写英语字母。

只要是赋过值的变量，不管是否在屏幕上显示过，都存储在工作空间中，以后可随时显示或调用。变量名尽可能不要重复，否则会覆盖。

MATLAB 的变量管理：

who——查询 MATLAB 内存变量；

whos——查询全部变量详细情况；

clear——清除内存中的全部变量；

save sa X——将 X 变量保存到 sa.mat 文件；

load sa X——调用 sa.mat 文件中变量 X；

length——确定向量的长度；

what 按扩展名分类列出当前目录上的文件，如 what *.m 列出当前目录中所有 m 文件；

which 列出指定文件所在的目录，如 which test.m 显示 test.m 所在的路径。

1.2.2 运算符及优先级

在 MATLAB 语言中，标点符号的使用比较灵活，不同的标点符号代表不同的运算，或是被赋予了特定含义，常用的标点符号及含义见表 1.2.2。

表 1.2.2 常用标点符号

标点符号	定义	标点符号	定义
分号；	区分行，取消运行显示等	小数点.	小数点以及域访问等
逗号，	区分列，函数参数分隔符等	续行符…	连接语句
冒号：	在数组中应用较多	单引号'	字符串的标识符号
圆括号()	指定运算优先级等	等号=	赋值符号
方括号[]	矩阵定义的标志等	惊叹号!	调用操作系统运算
大括号{}	用于构成单元数组等	百分号%	注释语句的标识

MATLAB 运算符及优先级见表 1.2.3。

表 1.2.3 各种运算符的优先级

优先级	运算符
最高	() (小括号)
↓	.' (转置) ' (共轭转置) .^ (数组和数值乘方) ^ (矩阵乘方)
↓	+ (一元加法) - (一元减法) ~ (取反)
↓	.* (乘法) * (矩阵乘法) ./ (右除) / (矩阵右除) .\ (左除) \ (矩阵左除)
↓	+ (加法) - (减法)
↓	:(冒号)
↓	< (小于) <= (小于或等于) > (大于) >= (大于或等于) == (等于) ~= (不等于)
↓	& (逻辑与)
最低	(逻辑或)

下面对一些常见的运算符进行说明。

(1) 赋值运算为“=”，等于运算是关系运算，为“==”，读者不能混淆。

(2) 对于关系运算符有：

当两个比较量是标量时，直接比较两数的大小，若关系成立，则关系表达式结果为 1，反之为 0；

当参与比较的量是两个维数相同的矩阵时，比较的元素按标量关系元素规则逐个进行，并给出元素的比较结果。最终关系元素的结果是一个维数与原矩阵相同的矩阵，它的元素由 1 或 0 组成；

当参与比较的一个为标量，另一个为矩阵时，则把标量与矩阵的每一个元素按标量关系元素规则逐个比较，并给出比较的结果。最终的关系运算结果是一个维数与原矩阵相同的矩阵，由 1 或 0 组成。

(3) 逻辑运算符主要用于逻辑表达式与进行逻辑运算，参与运算的逻辑量以 0 代表“假”，以任意非 0 数代表“真”。逻辑表达式与逻辑函数值以 0 表示“假”，以 1 表示“真”。

(4) 在大多数情况，MATLAB 语言对空格不予处理。

例 1.2.1 某大学数学系一年级有 3 个班，每班 30 人；二年级有 3 个班，每班 35 人；三年级有 4 个班，每班 30 人；四年级有 4 个班，每班 36 人。求该大学数学系本科一共有多少人。

(1) 采用直接输入方法进行计算。

```
3*30+3*35+4*30+4*36
```

```
ans =
```

459

(2) 存储变量方法.

```

grade1=3*30;           %求一年级总人数
grade2=3*35;           %求二年级总人数
grade3=4*30;           %求三年级总人数
grade4=4*36;           %求四年级总人数
total=grade1+grade2+grade3+grade4 %四个年级人数和

```

```

total =
    459

```

whos

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
Ans	1×1	8	double	
grade1	1×1	8	double	
grade2	1×1	8	double	
grade3	1×1	8	double	
grade4	1×1	8	double	
total	1×1	8	double	

who

Your variables are:

```

ans    grade1  grade2  grade3  grade4  total

```

例 1.2.2 逗号和分号的综合运用.

在 MATLAB 命令窗口输入如下命令, 并按 Enter 键确认.

```

a=1+2*i; b=3-4i; c=pi+sin(pi/2)*i, d=a+b

```

c =

```

    3.1416 + 1.0000i

```

d =

```

    4.0000 - 2.0000i

```

上面程序中, 第一行输入了 4 个语句, 同时适用了逗号和分号, 当“命令”语句后边适用逗号或不使用标点符号时, 命令的执行结果将在命令窗口中予以显示, 如 c, d; 而当使用分号时, 命令的执行结果将在命令窗口中予以隐藏, 如 a, b.

从上面也可以看出, 在编写程序的时候, 没必要每个命令都单独一行, 有时候使用分号和逗号放在一行, 反而看起来更简洁, 也更便于阅读.

几乎在所有情况下, MATLAB 的数据都是以双精度数值来表示的, 这些双精度数在系统内部用二进制来表示. 这是计算机通常表示数据的方式, 但也带来了一些问题, 比如有很多实数不能被精确地表示, 并且对能够表示的值也有一个限制, 还存在一个浮点相对误差限. 所谓相对误差限是指 MATLAB 语言能够区分两个不

同大小的数时，这两个数之间的最小差值。

例 1.2.3 下面 2 个式子的计算结果是相同的，但是由于这些数字都是使用二进制存储的，在使用双精度数来表达这些数时，往往就会出现一些误差。

```
a=0.33-0.5+0.17
```

```
a =
```

```
2.7756e-017
```

```
b=0.33+0.17-0.5
```

```
b =
```

```
0
```

由于受计算机的有效数字位数的限制，参与运算的数据总是只能具有有限位的有效数字，因而也就产生了舍入误差。但是，如果能够掌握误差产生的规律，就可以将误差限制在最小的范围之内。

1.2.3 常用操作命令

在使用 MATLAB 语言编制程序时，掌握一些常用的操作命令(表 1.2.4)和键盘操作技巧(表 1.2.5)，可以起到事半功倍的效果。

表 1.2.4 常用的操作命令

命令	该命令的功能	命令	该命令的功能
cd	显示或改变工作目录	hold	图形保持命令
clc	清除工作窗	load	加载指定文件的变量
clear	清除内存变量	pack	整理内存碎片
clf	清除图形窗口	path	显示搜索目录
diary	日志文件命令	quit	退出 MATLAB7
dir	显示当前目录下文件	save	保存内存变量到指定文件
disp	显示变量或文字内容	type	显示文件内容
echo	工作窗信息显示开关		

表 1.2.5 常用的键盘按钮和快捷键

键盘按钮和快捷键	该操作的功能	键盘按钮和快捷键	该操作的功能
↑ (Ctrl+p)	调用上一行	Home (Ctrl+a)	光标置于当前行开头
↓ (Ctrl+n)	调用下一行	End (Ctrl+e)	光标置于当前行结尾
← (Ctrl+b)	光标左移一个字符	Esc (Ctrl+u)	清除当前输入行
→ (Ctrl+f)	光标右移一个字符	Del (Ctrl+d)	删除光标处字符
Ctrl+←	光标左移一个单词	Backspace (Ctrl+h)	删除光标前字符
Ctrl+→	光标右移一个单词	Alt+BackSpace	恢复上一次删除