



自然科学基础系列教材



工科大学数学教程

数学实验

焦光虹 主编

王立华 白红 尚寿亭 副主编

33

● 哈尔滨工业大学出版社

国家工科数学教学基地 哈尔滨工业大学工科数学教材编写委员会

主任 王 勇

委员(按姓氏笔划为序)

邓廷权	王立华	王 学	白 红	包革军	母立华	匡 正	刘 锐
曲中宪	孙淑珍	邢丽君	许承德	杜凤芝	何文章	李燕杰	宋代清
宋作中	吴勃英	杨金顺	张 彪	张池平	张传义	张宗达	尚寿亭
苑延华	郑宝东	施云慧	高 有	唐余勇	崔明根	盖云英	董增福
焦光虹	游 宏	蔡吉花					

内 容 简 介

数学实验是借助计算机数学软件、结合所学数学知识解决实际问题的一门实践课。本书包括数学软件 Matlab 的入门知识、数学建模初步及运用高等数学、线性代数与概率论相关知识的实验内容。亦尝试编写了几个近代数学应用的阅读实验,对利用计算机图示功能解决实际问题亦安排了相应实验,实验选材贴近实际,易于上机,并具有一定的趣味性。

本书可作为工科大学本科生数学课教材。

图书在版编目(CIP)数据

数学实验/焦光虹主编. —哈尔滨:哈尔滨工业

大学出版社,2000.11

ISBN 7-5603-1524

I. 数... II. 焦... III. 高等数学-实验-
高等学校-教材 IV. 013

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 55442 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006

传 真 0451-6414749

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 268 千字

版 次 2001 年 6 月第 2 版 2001 年 6 月第 2 次印刷

书 号 ISBN 7-5603-1524-0/O·105

印 数 4 001~6 000

定 价 14.80 元

前 言

培养基础扎实、勇于创新型人才,历来是大学教育的一个重要目标.随着知识经济时代的到来,这一目标显得更加突出.在工科大学教育中,数学课既是基础理论课程,又在培养学生抽象思维能力、逻辑推理能力、空间想象能力和科学计算能力诸方面起着特殊重要的作用.为适应培养 21 世纪工程技术人才对数学的要求,我们按照原国家教委关于系列课程改革的精神,多年来在数学教学改革方面进行了探索,取得一定的成效.在此基础上,编写了这套教材,其中包括:工科数学分析(上下册),线性代数与空间解析几何,概率论与数理统计,计算方法,数学实验.这套教材是参照原国家教委 1995 年颁布的高等工业学校本科各门数学课程教学基本要求和 1997 年研究生入学考试大纲编写的.为满足不同专业、不同层次学生的需要,这套教材适当增加了部分内容,对学生能力的要求也有所提高.

本教材的编写力求具有以下特色:

1. 将各门课程的内容有机结合、融汇贯通,既保证了教学质量的提高,又压缩了教学时数.
2. 重视对学生能力的培养,注意提高学生基本素质.对基本概念、理论、思想方法的阐述准确、简洁、透彻、深入.取材上,精选内容,突出重点,强调应用,注意奠定学生创新能力的基础.
3. 例题和习题丰富,特别是综合性和实际应用性的题较多,有利于学生掌握所学内容,提高分析问题和解决问题的能力.
4. 以简介和附录的形式为学生展望新知识留下窗口,以开阔学生的视野,为进一步拓宽数学知识指出方向.

本教材主要由哈尔滨工业大学数学系各教研室教师编写.东北电力学院,黑龙江科技学院,鞍山师范学院,大庆石油学院等学校的教师参加了部分章节的编写工作.哈尔滨工业大学数学系富景隆、杨克劭、曹彬、戚振开、薛小平五位教授分别审阅了教材的各部分内容,提出了许多宝贵意见.

由于编者水平有限,教材中缺点和疏漏在所难免,恳请读者批评指正.

哈尔滨工业大学工科数学教材编写委员会

2000 年 5 月

编者的话

数学建模,是应用数学的方法与语言尽可能好地刻画并反映实际问题规律性的一种数学方法.五六十年代,许多数学模型验证时因庞大的数据计算量与计算中人为因素的干扰,使模型的应用受到限制,模型的验证与改进亦有相当困难.进入80年代后,尤其90年代中期,基于计算机技术及相应的软件技术的高速发展,已相当程度地解决了上述问题.

数学实验课作为一门数学理论与方法的实践课,本教材的侧重点在以下几方面:

1. 本教材主要借助于数学软件 Matlab 的使用.在验证过程中要使学生确定所给模型的适合度,并提出修改模型的意见与方法;
2. 针对简单的问题,能提出数学模型并分析数据以便修正之;
3. 借助于1、2项目的完成,掌握对计算机及应用数学软件 Matlab 的使用,并培养一定的编程能力.

针对建模与实验的关系,教材中提供了一些模型实例,这些实例的选取满足以下几点要求:

1. 贴近实际,直观易懂,能使同学在理解这些例子的基础上对数学内涵有进一步的认识,激发其进一步学习数学理论的热情;
2. 模型的数学形式能便于上机编程验证其结果,所用数学方法能涵盖所学之数学内容;
3. 适当选取一些建立在近代数学理论基础上的数学模型,开阔同学的眼界是必要的.

对有些模型的建立将不追求理论的完整与逻辑的严密,只是强调背景与基本原理.

作为本门课程的主要工作平台,数学软件 Matlab,其使用方法将作为本门课程的重要内容,所以,先对 Matlab 作一简要的综合介绍.

Matlab 是现代流行的数学、科技应用软件中,国际公认的最优秀软件包之一.具有如下特点:

1. 包括算法先进的数值计算与符号演算;
2. 可编程的可视化计算与文字统一处理功能;
3. 界面友好,编程语言类似 Basic 的解释性语言,且与标准教科书数学表达式相近;

4. 外挂众多实用工具箱,为各种科研工作提供了相当的技术支援.

基于上述优点,在国外许多高等院校,Matlab 的使用已成为大学生、硕士生乃至博士生必须掌握的基本技能.

随着同学们对 Matlab 认识的加深,相信这一软件包一定会成为你学习与科研的良师益友.

对在本书编写过程中给予热情支持的薛小平博士、严质彬博士一并表示深深的谢意.

由于时间及编者学术水平所限,在实验的选材与编写过程中出现疏漏之处在所难免,恳情读者给予批评指正.

编 者

2000 年 10 月于哈尔滨

目 录

第一章 Matlab 简介与入门	(1)
1.1 简介	(1)
1.2 应用入门	(2)
1.3 Matlab 的语言程序设计简介	(7)
1.4 特殊量与常用函数	(11)
1.5 图形功能	(13)
1.6 M-文件	(16)
第二章 问题与实验	(21)
2.1 两个实例	(21)
2.2 导弹与飞机	(25)
2.3 线性函数的迭代	(32)
2.4 平面线性映射的迭代	(36)
2.5 常微分方程数值解	(43)
2.6 一阶微分方程定性解的图示	(51)
2.7 曲线的参数表达式	(57)
2.8 曲线拟合	(64)
2.9 图的着色	(67)
2.10 非线性方程近似解	(74)
2.11 二次函数的迭代	(80)
2.12 二次离散动力系统	(87)
2.13 数据的统计描述和分析	(106)
2.14 敏感问题的随机调查	(121)
第三章 阅读实验	(139)
3.1 阅读实验一 经济平衡模型中的不动点问题	(139)
3.2 阅读实验二 群与代数	(151)
3.3 阅读实验三 泛函分析	(162)
实验一 Matlab 的使用	(172)
实验二 平面线性映射的迭代	(178)
实验三 常微分方程数值解	(183)

第一章 Matlab 简介与入门

1.1 简介

Matlab 是矩阵实验室(Matrix laboratory)的简写,其基本数据单位为矩阵,它的指令表达式与数学及工程中的书写习惯十分类似,如矩阵方程 $b=Ax$,在 Matlab 中写为 $b=A * x$,欲求 x ,只须写 $x=A \backslash b$ 即可,这比 C 语言或其它语言要方便得多。

Matlab 经过多年发展,现已成为线性代数、自控理论、数理统计、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真等现代课程的基本教学软件。在科研设计部门,Matlab 更是广泛应用于各个领域而成为不可缺少的助手。

值得一提的是除内部函数外,Matlab 所有主包文件与各工具箱文件都是可读、可改的源文件,这无疑极大方便了读者的使用与学习。

还需说明的是,在 Matlab 中所有数据单位作为矩阵处理带来的便利,使算法统一且便捷,这是 C 语言与其它语言所不具备的。例如对实数 x 可看成 1×1 矩阵,对多项式

$$P(x)=a_n x^n+a_{n-1} x^{n-1}+\cdots+a_1 x+a_0$$

其系数为 $1 \times (n+1)$ 阶矩阵,从而对其根的求解即可转化为求其伴随阵的特征值问题,关于矩阵求特征值的方法皆可使用之。理论已证明,此种求根方式无论精度还是可靠性都高于经典的迭代方式。

计算结果的可视化是 Matlab 的重要特征。学生在学习一元函数微积分学时就有这样一个愿望,若对所给函数都能看到伴随它的图形该有多好,而这一愿望随着多元函数微积分学的学习而变得愈加强烈。

从事数据整理与计算结果分析的科研人员往往要面对一大堆离散数据,而这些数据的内在关系的表现,莫过于图形手段。

同学们通过使用 Matlab 会惊喜地发现,它的图形功能大大超出你的想像,其奇妙的近乎完美的图形会使你惊叹,进而想到,它的内核编程是如何做的,自己若也能编出这样的程序该多好!

Matlab 为初学者提供了大量的演示例程,同学们可在 Matlab 命令窗口内直接键入要演示的例程文件名,这些例程展示了 Matlab 的功能,亦是初学者的入门向导。

在各专业领域,Matlab 提供了许多功能强大的工具箱,例如:

动态仿真(Simulink);控制(Control);优化(Optimization);神经网络(Neural network);机器人控制(robot control);样条(spline);状态——空间识别(state—space identification); μ -分析与合成(μ -analysis and synthesis);系统识别(system identification);符号演算(symbolic math);模糊控制(fuzzy control)等等,其使用可在命令窗中直

接键入文件名,如键入 Simulink.

应注意的是,Matlab 对大、小写敏感,而其所有命令的键入均以小写形式给出.

1.2 应用入门

Matlab5.1 版是一个高度集成的语言环境,在其命令窗口中(Matlab command window)可编写、运行及调试程序,其执行方式类似于 Basic 程序的执行方式,但更快捷简便,命令窗口本身又是一个功能强大的计算器,输入要计算的表达式,按回车键即得结果,下面分几段介绍 Matlab 的基本应用并约定用“↵”表示按下回车键.

1. 启动

假设快捷方式已经建立,只须用鼠标即可方便启动.若未建立快捷启动图标,可在 c:\matlab\bin 目录下运行 matlab.exe 文件.

2. 对输入指令的编辑参考下表:

键 名	作 用	键 名	作 用
↑	前寻式调回已 输入指令行	Home	光标移至当前行首
↓	略	End	光标移至当前行尾
←	当前行中左移光标	Delete	删去光标右边字符
→	略	Backspace	删去光标左边字符
Page UP	前寻翻阅窗口中内容	ESC	清除当前行全部内容
Page Down	略	ctrl+c	中止命令执行

Matlab 工作窗中部分通用指令见下表:

quit	退出 Matlab
clc	擦除工作窗中所有显示内容
clf	擦除当前图形窗中的图形
clear	清除内存中的变量与函数
pack	收集碎块以扩大内存空间
dir	列出当前目录下的文件与子目录清单
cd	改变当前工作目录
disp	(在运行中)显示变量或文件内容
type	显示指定文件的全部内容
echo	控制文件指令是否显示的开关
hold	控制当前图形窗口对象是否刷新

3. 介绍几种数学运算

在 Matlab 指令窗口下,可方便进行演草纸式的数学运算,分别介绍以下几种:

(1) 算术运算

包括 $a+b$; $a-b$; $a*b$; $a\b b$; a^b ; 最后一式表示 a 的 b 次方, a, b 代表使运算有意义的实数.

(2) 复数运算

$a+bi$ 为复数基本运算单位, 其中 $i = \sqrt{-1}$, 例如在窗口中键入

$x=1+2i$; $y=3+5*i$; ✓

$c=x*y$ ✓

$c=-7+7i$

说明 复数 x 亦可记为 $x=r \exp(\varphi i)$, 这里 φ 为幅角, r 是其模. 关于输入指令的方式简要说明, 几条语句可在同一行书写, 语句与语句间可由“, ”或“; ”隔开, “; ”指明运算结果不显示, 要注意 2 与 i 及数与“+”号之间不能有空格, 如果表达式很长, 一行写不下, 可键入“...”(续行号)后回车在下一行续写, 如

$S=1-1/2+1/3-1/4+1/5\cdots$ ✓ $-1/6+1/7-1/8+1/9-1/10$

在任何情形中, 同时按下 $\text{ctrl}+\text{c}$ 键, 都将终止程序运行.

在复数运算中, 类似于求模运算, 求复角运算, 取虚、实部的运算方法要借助 Matlab 所提供的数学函数, 现将一些常用的数学函数, 列表如下:

符 号	功 能	符 号	功 能
$\text{abs}(x)$	绝对值或复数的模	$\text{floor}(x)$	对 $-\infty$ 方向取整数
$\text{acos}(x)$	反余弦	$\text{gcd}(x, y)$	整数 x, y 的最大公约数
$\text{acosh}(x)$	反双曲余弦	$\text{imag}(x)$	复数虚部
$\text{angl}(x)$	取复数相角	$\text{lcm}(x, y)$	x, y 的最小公倍数
$\text{asin}(x)$	反正弦	$\log(x)$	自然对数
$\text{asinh}(x)$	反双曲正弦	$\log_{10}(x)$	常用对数
$\text{atan}(x)$	反正切	$\text{real}(x)$	复数实部
$\text{atanh}(x)$	反双曲正切	$\text{rem}(x, y)$	x/y 的余数
$\text{ceil}(x)$	对 $+\infty$ 方向取整数	$\text{round}(x)$	四舍五入到最近的整数
$\text{conj}(x)$	复数共轭	$\text{sign}(x)$	符号函数
$\cos(x)$	余弦	$\sin(x)$	正弦
$\cosh(x)$	双曲余弦	$\sinh(x)$	双曲正弦
$\exp(x)$	指数函数 e^x	$\text{sqrt}(x)$	平方根
$\text{fix}(x)$	对 0 方向取整数	$\tan(x)$	正切

(3) 向量与矩阵的输入与运算

因向量与矩阵所含元素较多, 一个一个地输入不但麻烦且容易出错, Matlab 提供了一些有效的输入方法, 现简介如下.

在 Matlab 中,“:”是一个重要字符,如键入: $x=1:4$;则产生一个首元素为 1,尾元素为 4,步长为 1 的含 4 个元素的行向量,即 $x=[1,2,3,4]$. 同学们在输入指令时省略分号看看会出现什么情形. 输入: $y=0:1/2:3$;则产生行向量为 $y=[0,0.5,1,1.5,2,2.5,3]$,当然可直接输入 $y=[0 \text{ } 0.5 \text{ } 1 \text{ } 1.5 \text{ } 2 \text{ } 2.5 \text{ } 3]$,”表示空格,这要麻烦一些.

另外要注意的是作为行向量,输入数字时,两个元素之间要用逗号或空格分隔. 下面给出一个例子,说明一些问题. 键入: $x=(0:0.2:2.0)'$;

```
y=exp(-x). * sin(x);
```

```
[x,y] ↵
```

显示:

```
ans =
```

0,	0
0.2000	0.1627
0.4000	0.2610
0.6000	0.3099
0.8000	0.3223
1.0000	0.3096
1.2000	0.2807
1.4000	0.2430
1.6000	0.2018
1.8000	0.1610
2.0000	0.1231

说明 $x=(0:0.2:2.0)$ 是一个行向量,“'”表示转置,故 $x=(0:0.2:2.0)'$ 是列向量,第一行为 0,步长为 0.2,最后一行数为 2.000, $\exp(-x)$ 是对列向量 x 每项取负,再每项进行指数运算而得到一个新的 $n+1$ 维列向量. 同样 $\sin(x)$ 亦为 $n+1$ 维列向量,之后两个列向量作 $*$ 运算,即处于相同行的元素相乘组成新的 $n+1$ 维列向量 y ,第三条语句 $[x,y]$ 构成一个 2 列 $n+1$ 行的矩阵. 再注意一些细节,在前面的输入中,结束时有“;”,所以不显示结果,第三行后无分号,所以显示了计算结果,又在第三行不是输入 $z=[x,y]$,而是 $[x,y]$,故 Matlab 自动将结果赋给内置变量 ans ,并显示之,关于其余的几个内置变量列表如下:

记 号	含 义
pi	π 的近似值为 3.141 592 653 589 79
Inf 或 inf	正无穷大,定义为 $\frac{1}{0}$
NaN	在 IEEE 运算中产生 $\frac{0}{0}, \frac{\infty}{\infty}, 0 \times \infty$ 等运算
i, j	虚数单位,定义为 $i=j=\sqrt{-1}$

它们是 Matlab 启动时自动定义的,不会被 clear 清除,最好不要将这些变量再重新定义为其它值,尽管可以重新定义.

下面给出几种矩阵的赋值形式

```
A=[1 2 3;4 5 6;7,8,9] ↵
```

```
A=
    1  2  3
    4  5  6      (*)
    7  8  9
```

说明 各元素间可用空格分隔,亦可用逗号“,”分隔,分号表示换行,(*)式为显示的结果.

```
av=1:9; % 产生9个元素行向量.
C=[av(7:9);av(4:6);av(1:3)] ✓
C=
```

```
    7  8  9
    4  5  6
    1  2  3
```

无论对矩阵还是向量,都可借助下标访问,如 $C(1,1)=7$, $C(3,3)=3$, $av(1)=1$, $av(4)=4$.

顺便说明,“%”后的文字部分为注释语句.

```
B=C(1:2,3) ✓
B=9
    6
```

说明 $C(1:2,3)$ 表示第一行第三个元素与第二行第三个元素组成的二维列向量,而 $C(2:3,2:3)$ 则表示如下矩阵

$$\begin{bmatrix} 5 & 6 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$$

$A(:,3)$ 代表第三列元素组成的子矩阵, $A(1:2,:)$ 表示 A 中前 2 行组成的子矩阵,这些内容同学们可方便地上机验证.又如 $b=A(:)$,则有如下结果:

$$b=[1,2,3,4,5,6,7,8,9]'$$

关于矩阵的运算,仅给出同学们熟悉的一些基本运算,列表如下:

运算指令	含 意
A'	转 置
$A \pm B$	矩阵相加减
$s * A$	数乘矩阵, s 是一个数值
$\text{inv}(A)$	求逆运算
A^n	矩阵 A 的 n 次幂
$\det(A)$	矩阵 A 的行列式值
$[L,U]=\text{lu}(A)$	矩阵 A 的 L,U 分解
$[Q,R]=\text{qr}(A)$	矩阵 A 的 Q,R 解
$\text{rank}(A)$	矩阵 A 的秩
$[X,D]=\text{eig}(A)$	X 为 A 的特征向量, D 为特征值
$\text{poly}(A)$	求 A 的特征多项式
$\text{size}(A)$	返回 A 的大小

最后给出一个利用下标索引矩阵的技术小结表,其中 A 表示一个矩阵.

输入形式	含 意
$A(r,c)$	A 中第 r 行;第 c 列元素
$A(r,:)$	A 中第 r 行构成的行向量
$A(:,c)$	A 中第 c 列构成的列向量
$A(:)$	对 A 按列看作一个列向量
$A(i)$	表示列向量 $A(:)$ 中第 i 个元素

说明 对 $A(:)$,若 A 为一个 3×3 矩阵如下

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

则 $A(:) = [1 \ 4 \ 7 \ 2 \ 5 \ 8 \ 3 \ 6 \ 9]'$, $A(4) = 2$.

4. Matlab 的帮助功能

Matlab 的命令很多,功能各异,为帮助用户使用,它提供了广泛的在线帮助功能,主要形式为:help 命令、lookfor 命令及交互式的 help 菜单.

help 命令:

如果用户要寻求已知标题的帮助,可键入如下命令:

help sqrt ✓

这里 sqrt 是你想使用的一个函数名,但使用方法不详,即可借助 help 命令,具体显示内容,同学们可上机实习之.需说明的是,帮助信息中 sqrt 形式为大写的 SQRT,具体使用时要用小写,Matlab 对大小写是敏感的.还需说明的是在大多数情形下你不知具体标题时,需键入:

help ✓

请读者上机实验,你会发现这一命令形式会帮助你找到所需的确切标题.而命令:

help general ✓

返回 Matlab 的一般命令的列表.

lookfor 命令:

lookfor 命令提供的帮助方式是通过搜索所有 Matlab help 标题及 Matlab 路径中 M 文件的第一行,返回包含指定关键词的那些项.最重要的是关键词不必是 Matlab 的命令.如下指令:

lookfor complex ✓

关键词 complex 不是 Matlab 命令,但在显示的 6 条内容中都会有这个词,这时再结合 help 命令即可显示某一特定命令的帮助.

菜单驱动的帮助:

对 PC 机,用户可直接选择 help 菜单中的 Help Desk 项获得,此时会打开一个帮助窗口,用户可以在显示列表中双击鼠标以选择任何标题或函数. MATLAB 帮助窗口采用标准窗口格式,允许用户搜索主题、设置书签、注释主题及打印帮助屏幕.

1.3 Matlab 的语言程序设计简介

熟悉 Basic 语言的读者都知道编程的基本语句是由赋值、数值运算、关系运算、逻辑运算与程序流控制语句几部分组成。Matlab 亦不例外,赋值与数值运算前边已有介绍,下面简介余下几部分,之后给出几个小程序。

1. 关系运算

共有 6 个关系操作符,列表如下:

关系操作符	注 释
<	小于
>	大于
<=	小于等于
>=	大于等于
==	等于
~=	不等于

函数 find()在关系运算中很有用,如 y 是一个向量,语句 $k = \text{find}(y > 3.0)$,
 $x = y(k)$

k 表示 y 中所有大于 3 的元素的下标,而 x 是 y 中大于 3 的值组成的新的向量。

2. 逻辑运算

共有 3 种逻辑运算符,列表如下:

逻辑运算符	注 释
&	与
	或
~	非

说明 “&”与“|”操作符用于比较两个同阶矩阵(包括标量与向量),具体到矩阵中的元素,如 A、B 是两个(0-1)矩阵,那么 $A \& B$ 表示 A、B 中相应元素作逻辑与运算而得到的另一个(0-1)矩阵,逻辑运算的结果信息以 0 或 1 表示,任何非 0 数为 1,运算结果为 1,否则为假,运算结果为 0。

“~”为一元操作符,A 非 0 时,~A 返回 0,A 为 0 时,~A 返回 1,故无论 A 为何值, $A | (\sim A)$ 返回 1, $A \& (\sim A)$ 返回 0。

3. 关系与逻辑运算函数

除前面介绍的关系与逻辑运算符外,Matlab 还提供了一些关系与逻辑运算函数,列表如下:

函 数	说 明
<code>xor(x,y)</code>	异或
	x 或 y 非 0, 返回 1, 其余返回 0
<code>any(x)</code>	向量 x 中有任一元素非 0 返回 1
<code>all(x)</code>	向量 x 中所有元素非 0 返回 1, 矩阵 x 中的每一列所有元素非 0 返回 1
<code>isinf(x)</code>	元素为无穷大, 返回 1
<code>isnan(x)</code>	元素为不定值时返回 1
<code>finite(x)</code>	元素有限返回真值 1

说明 any 与 all 命令对于矩阵,总是按列处理并返回一个带有处理列所得结果的一个列向量,故 any(any(A))总是将矩阵 A 化为一个标量条件,类似函数还有一些,不再一一介绍.

4. 控制语句

<a> for 循环

以具体例子说明

键入:

```
x=zeros(1,5)           %预定义 x 为 1 行 5 列
                        %0 向量,以加快
                        %循环速度

for n=1:5
    x(n)=sin (n * pi/10); %“;”不显示结果
end
```

键入:

x ↙

显示:

```
x=0.3090  0.5878  0.9511  1.000  0.9511
```

说明 1:5 是 Matlab 标准的赋值语句,n 为行向量[1 2 3 4 5],第一次循环中,取 n(1)=1,...,第五次循环中取 n 中第五个元素 n(5)=5,之后循环结束,故而循环内不能对 n 重新赋值,如 n=5(加在 end 语句之前)结束循环.

类似一般计算机语言如 C 中的循环嵌套,对 Matlab 也是适用的,仅以一例说明.

键入:

```
for n=1:5
    for m=5:-1:1           %嵌套中适当的缩
        A(n,m)=n^2+m^2    %进格式使程序清晰
    end
    disp(n)                %显示 n 的值
end
```

1
2
3
4
5

键入:

A ↙

A=

```
2   5   10  17  26
5   8   13  20  29
10  13  18  25  34
17  20  25  32  41
26  29  34  41  50
```

读者可依据显示 A 的值自己考虑 A 的生成过程.

(b) while 循环

for 循环在循环之初就已定下其循环次数,而 while 循环则以不定次数执行 while 与 end 间的语句,确切的循环次数依赖于对一个表达式真假的判别. 看下列:

键入

```
num=0; EPS=1
while (1+EPS)>1
    EPS=EPS/2;           %分号不显示结果
    num=num+1;           %num 记录循环次数
end
```

键入

num ↙
num=53

说明 变量 EPS 不断被 2 除,当 EPS 小至 $1+EPS=1$ 时(由计算机精度所定),循环条件为假,循环结束,又因 eps 为内置变量,所以用大写 EPS.

(c) if-else-end 结构

这一结构的最简单形式为

```
if 表达式
    {指令}
end
```

当表达式条件为真,执行 if-end 之间命令段,否则跳过此命令段. 二种选择的结构形式为:

```
if      表达式
        命令段 1           %若表达式真,执行此段
else
```



```

% MMono 测试单调向量
% 如果 x 是严格单调增加的返回值 2
% 如果 x 非减地返回 1
% 若 x 非增地返回 -1
% 若 x 是严格减的返回 -2
% 其它情形返回 0
x=x(:) %使 x 成为一个列向量其维数不定
y=diff(x) %在相继元素之间作差
if all(y>0) %先测试严格增
    f=2;
elseif all(y>=0)
    f=1;
elseif all(y<0) %测试严格减
    f=-2;
elseif all(y<=0)
    f=-1;
else
    f=0; %其余情形
end
试运行上述函数
键入：
mmono(1:12) %严格单增
ans=2
mmono([1,3,2,-1]) %非单调
ans=0
mmono([12:-1:0,0,-1]) %非单调
ans=-1

```

要编写一个应用程序,还应简要知道 M 文件与 M-函数及它们的调用及存盘方式,亦应知道一些有关编程方面的功能语句及 Matlab 所提供的大量内部函数,这需要读者去查阅有关 Matlab 编程问题的相关书籍.本章最后亦有简单介绍.

1.4 特殊量与常用函数

1.4.1 几个特殊量

1. 最小浮点数 eps; 2. 正无穷大 inf,特指 $\frac{1}{0}$; 3. 不定值 NaN,特指 $\frac{0}{0}$.