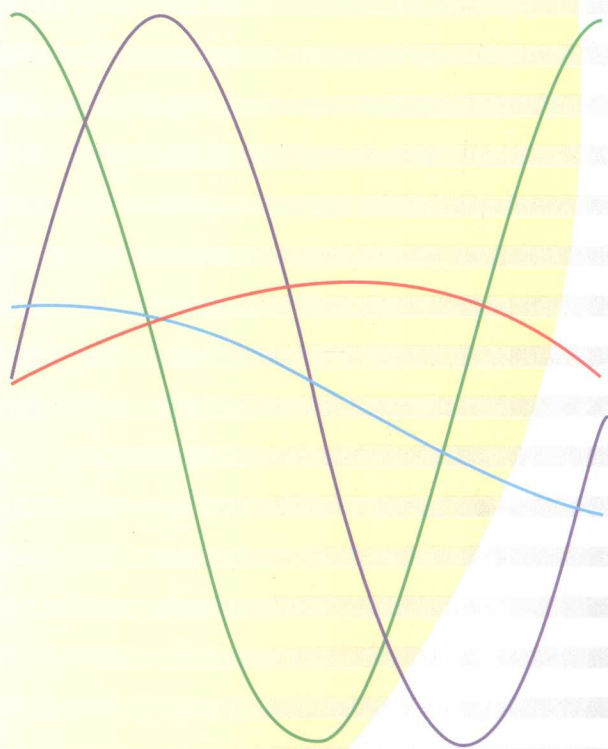


普通高等学校数学应用精品系列教材

数学软件 与数学实验

汪晓银 邹庭荣 主编



· 普通高等学校数学应用精品系列教材 ·

数学软件与数学实验

汪晓银 邹庭荣 主编



科学出版社

北京

版权所有，侵权必究

举报电话：010-64030229；010-64034315；13501151303

内 容 简 介

本书深入浅出地介绍了数学建模应用中常见的三个数学软件 SAS、MATLAB、LINGO 的基础用法以及如何应用这些软件解决微积分、线性代数、线性规划、概率统计中相关计算问题。本书实例丰富、通俗易懂。软件的使用涉及数值计算、优化运筹、概率统计等多个领域，是一本数学软件应用的基础入门书籍。

本书可作为高等学校大学数学系列课程的实验教材，也可作为本科生、研究生数学建模培训教材或参考书，也是一本从事数学应用以及科学研究人员有价值的参考书籍。

图书在版编目 (CIP) 数据

数学软件与数学实验/汪晓银, 邹庭荣主编. —北京: 科学出版社, 2008
(普通高等学校数学应用精品系列教材)

ISBN 978-7-03-022287-9

I. 数… II. ①汪…②邹… III. 高等数学—应用软件, MATLAB、LINGO、SAS—高等学校—教材 IV. 013-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 084750 号

责任编辑: 张颖兵 吉正霞 / 责任校对: 梅莹

责任印制: 董艳辉 / 封面设计: 苏波

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>

武汉市新华印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 8 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2008 年 8 月第一次印刷 印张: 13

印数: 1—6000 字数: 249 000

定价: 19.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

· 普通高等学校数学应用精品系列教材 ·

《数学软件与数学实验》

编委名单

主 编 汪晓银 邹庭荣

副主编 宋自奋 周国鹏

编 委 (按姓氏笔画排序)

文凤春 方 红 任兴龙 李 治

陈生安 邹庭荣 宋自奋 汪晓银

周志明 周国鹏 谭劲英

序

伴随着国家政治经济和科学技术的发展进程,我国数学教育的改革几乎没有停顿过.近十几年来,计算机的使用日益普及,各种数学软件的功能越来越强大,这些强有力的计算工具一方面为数学教育改革提供了新的机会,另一方面也给数学教育改革提出了许多值得深入思考和研究的问题.在大学数学教学中,特别是在非数学类专业的数学教学中,如何把握好基本的数学理论和计算工具之间的关系,是否应该以及如何适量引入和充分利用计算机技术和数学软件,成为了数学教育界争论的焦点之一.

数学实验正是在这种背景下经过反复研究、多次论证后创立的一门新的大学数学课程.1994年,原国家教委高等教育司制定了《高等教育面向二十一世纪教学内容和课程体系改革计划》,并先后批准了221个大的教改研究项目,“面向二十一世纪非数学类专业高等数学教学内容和课程体系的改革研究”项目就是其中之一.2000年,该课题组发表了《高等数学改革研究报告(非数学类专业)》,在该报告的总体构想“方案的框架”中,明确地把“数学实验”列为非数学类专业的四门数学基础课之一(另三门是微积分、代数与几何、随机数学).该报告指出:“建议开设这门课的目的,是加强学生使用计算机的动手能力与应用意识.这个以“实验”命名的课程要求以学生自己动手为主,教师的工作主要是介绍必要的数学工具(一般包括数值方法、统计方法和优化方法)、帮助选题、组织讨论和评改作业.”

近十年来,国内不少高校相继开设了数学实验课,也出版了不少相应的教材,对计算机技术和数学软件引入教学后数学教育改革进行了探索和尝试.从中可以看出,教师们对开设这门课程的必要性、重要性和基本宗旨的认识,大体上是一致的,学过这门课程的学生们也对这门课程表示了普遍的欢迎.在本人看来,数学实验课通过学生借助计算机和数学软件观察数学现象和解决实际问题,一方面能够让同学亲身体会到验证、解释和发现数学规律的乐趣,另一方面也能培养学生高效率地学习数学知识和有意识地应用数学技术的能力.当然,由于这门课的历史还很短,各校的具体情况也不尽相同,所以在课程的模式和教学内容上目前还存在比较大的差异.这是十分正常的现象,应当鼓励不同的课程模式、课程内容和教学方法的大胆尝试,特别是针对不同类型的学校、专业,不同层次的学生开展数学实验课程的实践.

华中农业大学的数学教师们积极投身于数学实验课程的探索和尝试中,在多年教学实践的基础上编写了这本《数学软件与数学实验》.通过通读全书,本人觉得

本书具有以下几个特点：


(1) 对常用的三个数学软件(MATLAB、LINGO、SAS)的基本功能和使用方法进行了比较翔实地介绍,通俗易懂,便于自学.

(2) 实验内容与大学数学基础课程(微积分、线性代数、概率论与数理统计)的基本知识密切结合,既可以单独开课,也可以作为相应基础课程的辅助实验材料.

(3) 案例丰富,既有利于激发同学的学习兴趣,也有利于培养学生运用所学的数学知识解决实际问题的意识和能力.

希望本书的出版能对目前我国大学数学实验课程的建设乃至大学数学教育的改革起到积极的促进作用.

清华大学数学科学系



2008年6月3日

前 言

作为最重要的基础课之一,大学数学一直受到教学主管部门和学生的高度重视,微积分、线性代数、概率论与数理统计是其重要的分支.在进行严密的推理和烦琐的数学计算之后,同学们不禁要问:计算和推理一旦达到人工难以为继的时候,数学还有没有它的应用价值?

幸运的是,计算机技术的进步给数学的发展带来了广泛的发展空间. MATLAB、LINGO、SAS 等数学软件的先后问世,带动了数学应用领域的拓展和力度的加强,一年一度的全国大学生数学建模竞赛更是加速了数学软件的推广与普及.从我们多年的实践经验来看,每个数学软件都有其最佳的应用领域,例如,优化问题用 LINGO 软件计算速度较快,编程简洁;统计用 SAS 或 SPSS 计算较为合适.本书最大的特色就是针对大学数学本科教学内容,系统地介绍 MATLAB、LINGO、SAS 三种数学软件的使用方法和技巧,使学生能够快速准确地解决数学应用问题.

本书是湖北省教改项目“提高农科本科生大学数学教学质量的研究与实践”的研究成果,提高大学生的实践动手能力与创新能力是本项目改革的重点.数学的学习目标不仅仅是为了锻炼学生的计算能力,更重要的是为了提高学生运用数学解决实际问题的思维和能力.要提高这种思维和能力必须大力推广和普及数学软件的应用,进行数学建模的普及与发展.本书就是进行这种普及和推广所必需使用的重要工具之一.

在这本书里,我们依照大学数学的教学内容,分别介绍了 MATLAB、LINGO、SAS 三种软件的应用.其内容翔实,通俗易懂,便于自学.本书有如下几个重要特点:

- 第一,本书所有程序都在计算机上进行过调试和优化,运行可靠;
- 第二,本书案例是我们多年来教学成果的总结,具有代表性;
- 第三,本书案例丰富、图文并茂、条理清晰、讲解透彻、文笔简洁流畅;
- 第四,本书所介绍的三种软件是目前数学建模竞赛中最常用的软件,其应用几乎覆盖了数学应用的所有领域.

本书由工作在教学第一线并具有丰富数学建模教学经验的多位老师共同编写.全书由汪晓银、邹庭荣任主编,宋自奋和周国鹏任副主编.其中第 1 章由谭劲英编写,第 2、7 章由汪晓银编写,第 3 章由邹庭荣编写,第 4 章由李治编写,第 5 章由任兴龙编写,第 6 章由方红编写,习题由方红编写.最后由汪晓银、邹庭荣、文凤春、宋自奋统稿.

为了更好地帮助读者学习这三个数学软件,我们将本书的程序代码放在了华中数学建模网(www.shumo.cn)上,同时也欢迎读者来信交流.我们的电子信箱:hzaushumo@126.com.

任何改革都需要付出艰苦的劳动.在本书成稿之后,突然觉得我们所经历的这种艰苦是那么微不足道.在满足读者的需求面前,我们付出的任何劳动都是理所当然的.我们现在正期待着来自读者的建议与批评.

最后感谢关心我们的所有人,感谢对这本书的顺利出版做出辛勤工作的所有人.

编 者

2008年3月4日

目 录

序

前言

第 1 章	MATLAB 使用入门	1
1.1	MATLAB 窗口环境与命令形式	1
1.2	基本数学运算	4
1.3	MATLAB 语言的流程结构	16
1.4	符号工具箱使用简介	27
第 2 章	微积分问题的 MATLAB 求解	30
2.1	函数与极限计算	30
2.2	代数方程的计算	33
2.3	微商的计算	35
2.4	极值计算	38
2.5	积分的计算	42
2.6	曲线积分与曲面积分	45
2.7	函数作图	49
2.8	微分方程(组)的求解	59
2.9	无穷级数	61
	习题	63
第 3 章	线性代数问题的 MATLAB 求解	65
3.1	矩阵及其运算	65
3.2	矩阵的初等变换与线性方程组	72
3.3	矩阵的对角化	76
	习题	80
第 4 章	LINGO 使用入门	82
4.1	优化软件 LINGO 简介	82
4.2	LINGO 窗口环境及基本用法	84
4.3	LINGO 参数设置	91
4.4	LINGO 的运算符和函数	99
第 5 章	线性规划问题的 LINGO 求解	108
5.1	一般线性规划模型的建立与求解	108

5.2	灵敏性分析与影子价格	122
5.3	整数线性规划	130
	习题.....	141
第 6 章	SAS 使用入门	144
6.1	命令及窗口环境	144
6.2	SAS 程序设计基本常识	146
6.3	SAS 程序语言结构.....	151
6.4	SAS 程序作图	156
第 7 章	数理统计的 SAS 求解	163
7.1	几种假设检验	163
7.2	方差分析	168
7.3	协方差分析	178
7.4	回归分析	187
	习题.....	194
参考文献	198

第 1 章 MATLAB 使用入门

MATLAB 是由 MathWorks 公司推出的一套数学软件,是一种用于科学计算的、高效率的高级计算机编程语言. MATLAB 最初作为矩阵实验室(matrix laboratory),主要向用户提供一套非常完善的矩阵运算命令. 随着数值运算的演变, MATLAB 的版本不断提高,它逐渐发展成为各种系统仿真、数字信号处理、科学可视化的通用标准语言.

本章主要介绍 MATLAB 7.1 的初步知识,包括 MATLAB 窗口环境及命令形式、基本数学运算、程序控制结构、符号工具箱使用简介等内容,重点介绍矩阵、数组和函数的运算规则、程序的控制结构,并通过实例来帮助读者更好地理解这些内容. 由于 MATLAB 的符号工具箱的强大运算功能在科技领域的特殊作用,本章还专门对 MATLAB 的符号运算进行了介绍,便于读者学习和运用.

软件的掌握更多地需要自学. 自学 MATLAB 的有效方法是通过它的演示(demos)和求助(help)命令,可十分方便地在线学习 MATLAB 的各种函数的内涵及其用法,但这需要顽强的毅力.

在数学应用中, MATLAB 在数值计算、灰色系统、神经网络、计算机仿真、算法编程中作用明显.

1.1 MATLAB 窗口环境与命令形式

1.1.1 MATLAB 窗口环境

当 MATLAB 7.1 安装完毕并首次启动时,展现在屏幕上的界面为 MATLAB 的默认界面,如图 1-1 所示.

启动 MATLAB 后,将进入 MATLAB 7.1 集成环境. MATLAB 7.1 集成环境包括 MATLAB 主窗口、当前目录窗口(current directory)、工作空间窗口(workspace)、命令历史窗口(command history)、命令窗口(command window).

MATLAB 主窗口是 MATLAB 的主要工作界面. 主窗口除了嵌入一些子窗口外,还主要包括菜单栏和工具栏. 用它们可直接进行文件管理和编辑,或选择 Help 检索帮助信息等. MATLAB 的菜单及选择方式与 Windows 下各种软件环境中的文件管理方式相同,可以创建新文件或打开一个已经存在的 M 文件,利用文件编辑器对文件进行编辑和修改.

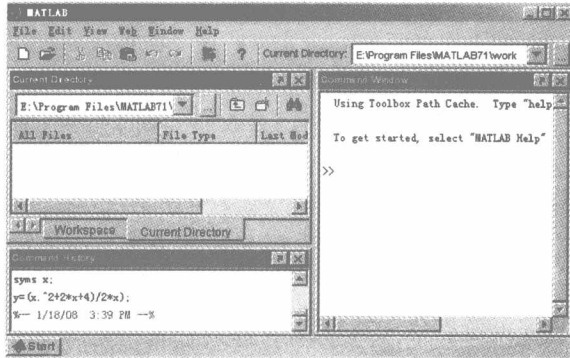


图 1-1 MATLAB 默认界面

MATLAB 提供了文件管理命令,可以列文件名、显示和删除 M 文件、显示和改变当前目录或文件夹. 另外,还可以显示和修改 MATLAB 的搜索路径.

MATLAB 启动后,直接进入 MATLAB71 \ work 子目录,如图 1-2 所示.

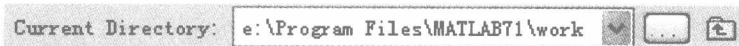



图 1-2 MATLAB 子目录

为了避免与工作程序混淆,最好先建立自己的子目录,例如在 MATLAB71 目录下建立子目录 mydir,再直接完成对当前工作目录的选择,如图 1-3 所示.



图 1-3 指定路径选择工作目录

在 MATLAB 中还可以直接在当前目录窗口中通过鼠标操作浏览按钮来完成对当前工作目录的选择.

当用户在 MATLAB 命令窗口输入一条命令后, MATLAB 按照一定次序寻找相关的文件. 基本的搜索过程为:①检查该命令是不是一个变量;②检查该命令是不是一个内部函数;③检查该命令是不是当前目录下的 M 文件;④检查该命令是不是 MATLAB 搜索路径中其他目录下的 M 文件.

依次搜寻规定的搜索路径,检查文件是否存在于搜索路径中. 如果找不到该文件,表明该文件既不在当前目录下,又不存在于搜索路径中,此时可以采取下面的解决方法:①在当前目录窗口直接操作进入该文件存在的目录;②将该文件存在的目录增加到搜索路径中去.

在第二种方法中可以使用 path 命令完成,如假设 xxx. m 文件存在于 e:\

Program Files \ MATLAB71 \ mydir 的目录中,利用 `path(path,'e:\ Program Files \ MATLAB71 \ mydir')` 可将 `e:\ Program Files \ MATLAB71 \ mydir` 添加到上面的搜索路径中. 另外,还可以利用对话框设置搜索路径. 在 MATLAB 的 File 菜单中选择 Set Path 命令或在命令窗口执行 `pathtool` 命令,将出现搜索路径设置窗口,如图 1-4 所示,通过 Add Folder 或 Add with Subfolders 命令按钮将指定路径添加到搜索路径列表中. 在修改完搜索路径后,需要选择 Save 命令按钮保存搜索路径.

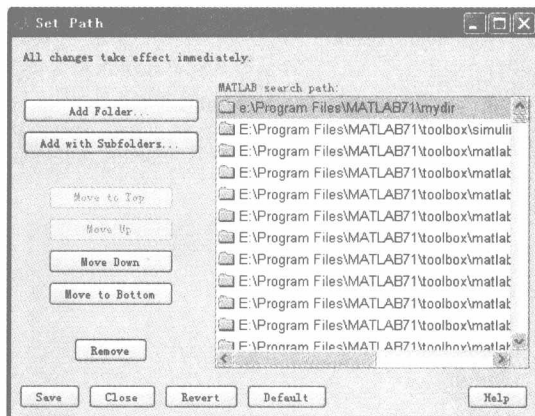


图 1-4 搜索路径设置窗口

1.1.2 MATLAB 命令形式

MATLAB 命令窗口中的 `>>` 为命令提示符,表示 MATLAB 正在处于准备状态. 在命令提示符后输入 MATLAB 认可的任何命令,按回车键都可执行其操作. 如“`4+7`”、“`4-7`”、“`4 * 7`”、“`4/7`”、“`sqrt(5)`”等按回车键后可显示其结果,犹如在一张演算纸上排列公式和求解问题一样高效率,因此 MATLAB 也被称为“科学演算纸式”的科学工程计算语言.

我们可以通过下面这些例子来体验 MATLAB 语言简洁、高效的特点.

例 1-1 输入(注: `%` 之后的内容为注释部分,下同):

```
x=sqrt(5) %求 5 的算术平方根,并将结果赋给变量 x
```

运行结果如下:(运行结果只需按 Enter 键即可)

```
x=
2.2361
```

例 1-2 求方程 $x^4 + 5x^3 + 11x^2 - 20 = 0$ 的全部根.

输入如下命令:

```
p=[1,5,11,0,-20]; %建立多项式系数向量
x=roots(p) %求根
```

运行结果如下：

```
x=
-2.0347+2.2829i
-2.0347-2.2829i
-2.0000
1.0693
```

例 1-3 绘制正弦曲线和余弦曲线.

输入命令如下：

```
x=0:pi/1800:2*pi;           %pi 是 MATLAB 预先定义的变量,代表圆周率  $\pi$ 
                             %pi/1800为步长
plot(x,sin(x),x,cos(x));    %plot()是 MATLAB 中绘制二维图形的函数
```

运行结果如图 1-5 所示.

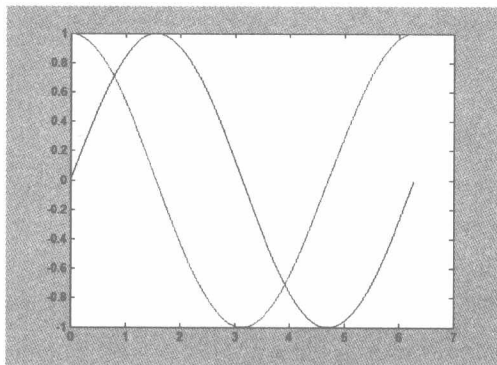


图 1-5 “正弦曲线和余弦曲线”绘制图

1.2 基本数学运算

1.2.1 变量与数据操作

1. 变量与赋值

1) 变量命名

在 MATLAB 7.1 中,变量名是以字母开头,后接字母、数字或下划线的字符序列,最多 63 个字符.在 MATLAB 中,变量名区分字母的大小写.

2) 赋值语句

(1) 变量=表达式

(2) 表达式

其中表达式是用运算符将有关运算量连接起来的式子,其结果是一个矩阵.

例 1-4 计算表达式的值,并显示计算结果.

在 MATLAB 命令窗口输入如下命令:

```
x=2+5i;
y=7-sqrt(5);
z=(cos(abs(x+y))-sin(60*pi/180))/(x+abs(y))
```

其中,pi 和 i 都是 MATLAB 预先定义的变量,分别代表圆周率 π 和虚数单位.

运行结果如下:

```
z=
-0.1334+0.0986i
```

2. 预定义变量

在 MATLAB 工作空间中,还驻留几个由系统本身定义的变量,见表 1-1. 例如,用 pi 表示圆周率 π 的近似值,用 i、j 表示虚数单位. 预定义变量有特定的含义,在使用时,应尽量避免对这些变量重新赋值.

表 1-1 特殊变量表

特殊变量	取 值
ans	用于结果的缺省变量名
pi	圆周率
eps	计算机的最小数,当和 1 相加就产生一个比 1 大的数
flops	浮点运算数
Inf	无穷大,如 1/0
NaN	不定量,如 0/0
i,j	$i^2=j^2=-1$
nargin	所有函数的输入变量数目
nargout	所有函数的输出变量数目
realmin	最小可用正实数
realmax	最大可用正实数

3. 内存变量的管理

1) 内存变量的删除与修改

MATLAB 工作空间窗口专门用于内存变量的管理. 在工作空间窗口中可以显示所有内存变量的属性.

当选中某些变量后,再单击 Delete 按钮,就能删除这些变量.

当选中某些变量后,再单击 Open 按钮,将进入变量编辑器. 通过变量编辑器可以直接观察变量中的具体元素,也可修改变量中的具体元素.

clear 命令用于删除 MATLAB 工作空间中的变量。

who 和 whos 这两个命令用于显示在 MATLAB 工作空间中已经驻留的变量名清单。who 命令只显示出驻留变量的名称。whos 在给出变量名的同时,还给出它们的大小、所占字节数及数据类型等信息。

2) 内存变量文件

利用 MAT 文件可以把当前 MATLAB 工作空间中的一些有用变量长久地保留下来,扩展名为 mat。

MAT 文件的生成和装入由 save 和 load 命令来完成。常用格式为

```
save 文件名 [变量名表] [-append][-ascii]
```

```
load 文件名 [变量名表] [-ascii]
```

其中文件名可以带路径,但无需带扩展名 mat,命令隐含一定对 MAT 文件进行操作。

变量名表中的变量个数不限,只要内存或文件中存在即可,变量名之间以空格分隔。当变量名表省略时,保存或装入全部变量。

-ascii 选项使文件以 ASCII 格式处理,省略该选项时文件将以二进制格式处理。

save 命令中的 -append 选项控制将变量追加到 MAT 文件中。

4. MATLAB 常用数学函数

MATLAB 提供了许多数学函数,见表 1-2,函数的自变量规定为矩阵变量,运算法则是将函数逐项作用于矩阵的元素上,因而运算的结果是一个与自变量同维数的矩阵。

说明 (1) 三角函数以弧度为单位计算。

(2) abs 函数可以求实数的绝对值、复数的模、字符串的 ASCII 码值。

表 1-2 常用函数

命令	说 明	命令	说 明
abs(x)	绝对值或复数的辐值	gcd(x, y)	整数 x 和 y 的最大公约数
acos(x)	反余弦	imag(x)	复数虚部
acosh(x)	反双曲余弦	lcm(x, y)	整数 x 和 y 的最小公倍数
angle(x)	四象限内取复数相角	log(x)	自然对数
asin(x)	反正弦	log10(x)	常用对数
asinh(x)	反双曲正弦	max(x)	最大值函数
atan(x)	反正切	min(x)	最小值函数
atan2(x, y)	四象限内反正切	real(x)	复数实部
atanh(x)	反双曲正切	rem(x, y)	除后余数;rem(x, y)给出 x/y 的余数
ceil(x)	对 +∞ 方向取整数	sec(x)	正割函数

续表

命令	说 明	命令	说 明
conj(x)	复数共轭	sech(x)	双曲正割函数
cos(x)	余弦函数	round(x)	四舍五入到最近的整数
cosh(x)	双曲余弦	sign(x)	符号函数
cot(x)	余切函数	sin(x)	正弦
csc(x)	余割函数	sinh(x)	双曲正弦函数
csch(x)	双曲余割函数	sqrt(x)	平方根
exp(x)	指数函数 e^x	sum(x)	元素求和函数
fix(x)	对零方向取整数	tan(x)	正切
floor(x)	对 $-\infty$ 方向取整数	tanh(x)	双曲正切

(3) 用于取整的函数有 fix、floor、ceil、round, 要注意它们的区别。

操作者可在 MATLAB 环境下键入 help elfun(回车) 了解更多基本数学函数及其细节。

例 1-5 随机抽取 10 名学生的高等数学课程成绩, 并统计他们中的最高分、最低分以及他们的平均成绩。

输入如下命令:

```

math=[88,90,77,69,92,80,74,66,95,85];      %产生 10 维向量 math
aver=sum(math)/10                          %计算平均成绩
h=max(math)                                %求出最高分
l=min(math)                                 %求出最低分

```

运行结果如下:

```

aver=
    81.6000

h=
    95

l=
    66

```

5. 数据的输出格式

MATLAB 用十进制数表示一个常数, 具体可采用日常记数法和科学记数法两种表示方法. 在一般情况下, MATLAB 内部每一个数据元素都是用双精度数来表示和存储的.

数据输出时用户可以用 format 命令设置或改变数据输出格式. format 命令的格式为

```
format 格式符
```

其中格式符决定数据的输出格式, 表 1-3 给出了不同命令下的数据显示结果.