



普通高等教育“十一五”规划教材
21世纪大学数学创新教材

数学软件与 数学实验 (第二版)

汪晓银 邹庭荣 周保平 主编



科学出版社

普通高等教育“十一五”规划教材

21世纪大学数学创新教材

丛书主编 陈 化

数学软件与数学实验

(第二版)

汪晓银 邹庭荣 周保平 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、SPSS 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,周保平主编。—2版。—北京:科学出版社,2010

普通高等教育“十一五”规划教材 21世纪大学数学创新教材

ISBN 978-7-03-029628-3

I. 数… II. ①汪…②邹…③周… III. ①数值计算—应用软件—高等学校—教材②高等数学—实验—高等学校—教材 IV. ①O245②O13—33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第225101号

责任编辑:吉正霞/责任校对:董艳辉

责任印制:彭超/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

2010年12月第二版 开本:B5(720×1000)

2010年12月第一次印刷 印张:17

印数:6 001—12 001 字数:327 000

定价:28.50元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《21 世纪大学数学创新教材》丛书序

《21 世纪大学数学创新教材》为大学本科数学系列教材,大致划分为公共数学类、专业数学类两大块,创新是其主要特色和要求.经组编委员会审定,列选科学出版社普通高等教育“十一五”规划教材.

一、组编机构

《21 世纪大学数学创新教材》丛书由多所 985 和 211 大学联合组编:

丛书主编 陈化

常务副主编 樊启斌

副主编 吴传生 何穗 刘安平

丛书编委 (按姓氏笔画为序)

王卫华 王展青 刘安平 严国政 李星

杨瑞琰 肖海军 吴传生 何穗 汪晓银

陈化 罗文强 赵东方 黄樟灿 梅全雄

彭放 彭斯俊 曾祥金 谢民育 樊启斌

二、教材特色

创新是本套教材的主要特色和要求,创造双重品牌:

先进.把握教改、课改动态和学科发展前沿,学科、课程的先进理念、知识和方法原则上都要写进教材或体现在教材结构及内容中.

知识与方法创新.重点教材、高层次教材,应体现知识、方法、结构、内容等方面的创新,有所建树,有所创造,有所贡献.

教学实践创新.教材适用,教师好教,学生好学,是教材的基本标准.应紧跟和引领教学实践,在教学方法、教材结构、知识组织、详略把握、内容安排上有独到之处.

继承与创新.创新须与继承相结合,是继承基础上的创新;创新需转变为参编者、授课者的思想和行为,避免文化冲突.

三、指导思想

遵循国家教育部高等学校数学与统计学教学指导委员会关于课程教学的基本要求,力求教材体系完整,结构严谨,层次分明,深入浅出,循序渐进,阐述精炼,富有启发性,让学生打下坚实的理论基础.除上述一般性要求外,还应具备下列特点:

(1) 恰当融入现代数学的新思想、新观点、新结果,使学生有较新的学术视野。

(2) 体现现代数学创新思维,着力培养学生运用现代数学软件的能力,使教材真正成为基于现代数学软件的、将数学软件融合到具体教学内容中的现代精品教材。

(3) 在内容取舍、材料组织、叙述方式等方面具有较高水准和自身特色。

(4) 数学专业教材要求同步给出重要概念的英文词汇,章末列出中文小结,布置若干道(少量)英文习题,并要求学生用英文解答。章末列出习题和思考题,并列出可进一步深入阅读的文献。书末给出中英文对照名词索引。

(5) 公共数学教材具有概括性和简易性,注重强化学生的实验训练和实际动手能力,加强内容的实用性,注重案例分析,提高学生应用数学知识和数学方法解决实际问题的能力。

四、主编职责

丛书组编委员会和出版社确定全套丛书的编写原则、指导思想和编写规范,在这一框架下,每本教材的主编对本书具有明确的责权利:

1. 拟定指导思想

按照丛书的指导思想和特色要求,拟出编写本书的指导思想和编写说明。

2. 明确创新点

教改、课改动态,学科发展前沿,先进理念、知识和方法,如何引入教材;知识和内容创新闪光点及其编写方法;教学实践创新的具体操作;创新与继承的关系把握及其主客体融合。

3. 把握教材质量

质量是图书的生命,保持和发扬科学出版社“三高”、“三严”的传统特色,创出品牌;适用性是教材的生命力所在,应明确读者对象,篇幅要结合大部分学校对课程学时数的要求。

4. 掌握教材编写环节

(1) 把握教材编写人员水平,原则上要求博士、副教授以上,有多年课程教学经历,熟悉课程和学科领域的发展状况,有教材编写经验,有扎实的文字功底。

(2) 充分注意著作权问题,不侵犯他人著作权。

(3) 讨论、拟定教材提纲,并负责编写组的编写分工、协调与组织。

(4) 拟就内容简介、前言、目录、样章,统稿、定稿,确定交稿时间。

(5) 负责出版事宜,敦促编写组成员使用本教材,并优先选用本系列教材。

《21世纪大学数学创新教材》组编委员会

2009年6月

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:

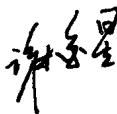
(1) 对常用的三个数学软件(MATLAB、LINGO、SAS)的基本功能和使用方法进行了比较翔实地介绍,通俗易懂,便于自学.

(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

第二版前言

在高校教育的不断推动下,“学数学,用数学”已经逐步深入人心.为了能迅速提高大学生运用数学知识解决实际问题的能力,学习常用的数学软件必不可少.在最近几年里,华中农业大学、塔里木大学等高校进行了数学实验的推广与普及工作.他们在长期的实验教学中积累了丰富的经验,摸索出了一套适合各自学校的实验教学体系,培养了一大批数学实践创新型人才.

《数学软件与数学实验》第一版于2008年出版以来,受到广大师生青睐.教材立足初学者,通俗易懂易于自学,在数学实践人才培养中起到了重要的作用.但随着计算机水平的快速发展和各高校对人才培养要求的不断提高,教材中的部分内容需要作些调整是必需的.为此我们组织力量对这本教材进行了改版.

本次改版得到了湖北省教改项目“农林高校数理化基础课实践教学体系的创新与实践”及塔里木大学质量工程项目“高等数学教学团队建设”的鼎力支持.努力提高学生的实践动手能力与创新能力,加强数理化基础学科与其他学科的交叉融合,全面提升学生的就业能力与科研能力是本项目改革的重点.

本书改版继续继承第一版案例丰富、应用面广、通俗易懂、可靠性高的特点,并在以下几个方面作了改动:

第一,应艺术类、经济类、文史哲学类学生的要求增加了SPSS统计软件的介绍和相关统计方法SPSS的操作步骤.

第二,第4章LINGO软件介绍部分作了较大幅度的改动,教学内容可以适合于LINGO 10.0以上的版本.为适应下一步数学建模的学习,第5章的例子也做了相应的调整.

第三,第1~3章所有案例的操作均在MATLAB 7.8上进行了调试.调试不成功的案例均作了调整.

第四,为满足学生科技创新的需要,增加了第8章,增加了正交设计、多元回归和响应面回归、非参数统计等内容.

本书改版得到了华中农业大学、塔里木大学、湖北汽车工业学院、华中农业大学楚天学院相关部门和领导的支持.第1~3章由邹庭荣、谭劲英、蒋青松(塔里木大学)、王兴鹏(塔里木大学)改版.第4~5章由李治、任兴龙、王伟(塔里木大学)、陈海英(华中农业大学楚天学院)改版.第6章由方红、朱夺宝(塔里木大学)、胡汉涛(塔里木大学)改版与编写.第7章由汪晓银、齐立美(塔里木大学)、雷国梁(湖北汽车工业学院)改版.第8章由周保平(塔里木大学)、汪晓银编写.由汪晓银、邹庭

荣、周保平、侯志敏审阅全稿。

为了方便广大学生的学习,本书出版后,我们将书中程序代码放在华中数学建模网(<http://www.shumo.cn>)上,供读者下载。

书中难免有不足之处,恳请来信指正。

编者

2010年8月

目 录

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	函数零点的计算	34
2.3	微商的计算	35
2.4	极值计算	38
2.5	积分的计算	41
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	58
2.9	无穷级数	60
	习题	62
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	77
	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、运算符及基本用法	84
4.3	LINGO 模型的构成和参数设置	94
4.4	LINGO 中的常用函数	104
第 5 章	线性规划问题的 LINGO 求解	120
5.1	一般线性规划模型的建立与求解	120
5.2	灵敏性分析与影子价格	134

5.3 整数线性规划	142
习题	155
第6章 SAS/SPSS 使用入门	158
6.1 SAS 使用入门	158
6.2 SPSS 使用入门	174
第7章 基础统计方法的 SAS/SPSS 求解	183
7.1 假设检验与方差分析	183
7.2 协方差分析	199
7.3 回归分析	209
习题	221
第8章 其他常见统计方法的 SAS/SPSS 求解	225
8.1 多因素方差分析	225
8.2 多元回归与响应面回归	228
8.3 非参数统计	236
习题	255
参考文献	259

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和良好的学习习惯.

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 1.1.1 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(current directory)窗口、工作空间(workspace)窗口、命令历史(command history)窗口、命令(command)窗口.

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.

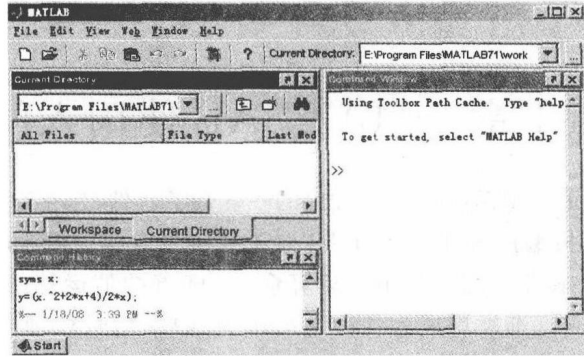


图 1.1.1 MATLAB 默认界面

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 1.1.2 所示.

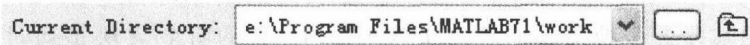



图 1.1.2 MATLAB 子目录

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 1.1.3 所示.



图 1.1.3 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. 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.

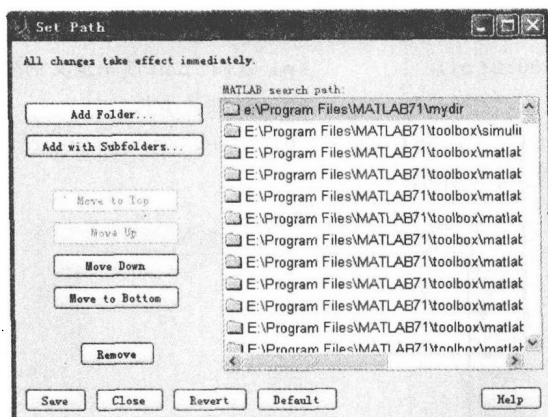


图 1. 1. 4 搜索路径设置窗口

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. 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. 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 1.1.3 绘制正弦曲线和余弦曲线.

输入如下命令:

```
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 1.1.5 所示.

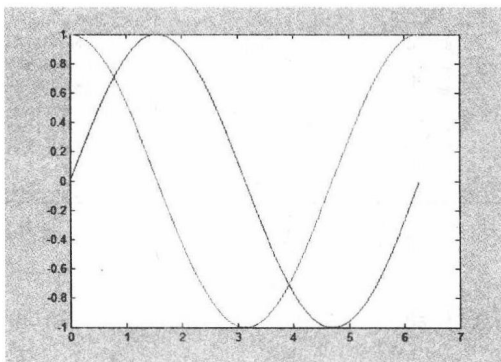


图 1.1.5 “正弦曲线和余弦曲线”绘制图

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 1.2.1 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 1.2.1. 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 1.2.1 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 1.2.2。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 1.2.2 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