

应用型高等院校经管类系列实验教材·数学

MATLAB软件与数学实验

胡蓉 / 主编

MATLAB Ruan Jian Yu Shu Xue Shi Yan



经济科学出版社
Economic Science Press

应用型高等院校经管类系列实验教材·数学

MATLAB软件与数学实验

胡蓉 / 主编

MATLAB Ruan Jian Yu Shu Xue Shi Yan



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 软件与数学实验 / 胡蓉主编. —北京: 经济科学出版社, 2010. 8

(应用型高等院校经管类系列实验教材·数学)

ISBN 978 - 7 - 5058 - 9734 - 2

I. M… II. ①胡… III. ①高等数学—实验—计算机辅助计算—软件包, MATLAB—高等学校—教材 IV. ①O13 - 33 ②O245

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 145669 号

责任编辑: 白留杰 董海峻

责任校对: 杨海

技术编辑: 李长建

MATLAB 软件与数学实验

胡蓉 主编

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

教材编辑中心电话: 88191354 发行部电话: 88191540

网址: www.esp.com.cn

电子邮件: bailiujie518@126.com

北京汉德鼎有限公司印刷

季峰装订厂装订

787 × 1092 16 开 12 印张 280000 字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5058 - 9734 - 2 定价: 22.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

总 序

实践教学是高等教育本质的必然要求，是践行应用型人才培养的必经之路，是地方行业性教学型本科院校办学的重要特征。近几年来，各高校经济与管理类专业实验教学已经逐步开展，把实验教学作为教学改革的抓手、知识融合的平台以及联系社会的桥梁，然而如何进一步完善实验教学体系、提高实验实践教学水平与质量已经成为各高校亟待解决的问题。应用型高等院校经管类系列实验教材以提高高等院校经济与管理类专业实验教学的建设水平为目的，以实验教材建设为突破口，探讨高等院校经济与管理类实验教材的新方向、新思路、新内容、新模式。

本系列实验教材的编写紧紧围绕“知行合一，能力为尚，积淀特色，共享协作”的地方行业性教学型经济与管理类实验教学理念，贯彻以现代教育技术为基本手段，以实验资源共享与应用为条件，强化理论教学与实践教学互动与互补，“实践与理论相结合”和在“做中学”的指导思想，强调实验教材建设与实验课程建设、实验项目建设、实验教师队伍建设以及深化实验教学改革相结合，力图通过系列教材建设规范实验教学内容和实验项目，促进实验教学质量的提高。

(一) 本系列实验教材内容与教学方式符合实验教学规律和要求。具体表现在以下几个方面：

1. 实验教材以实验项目为章节，按如下体例编写：实验目的和实验要求；实验的基本原理；实验仪器、软件和材料或实验环境；实验方法和操作步骤；实验注意事项；数据处理和实验结果分析；实验报告。当然，对于不同的课程，根据其本身的学科特点，实验教材的编写体例并不完全一致。

2. 增加综合性、设计性、创新性实验项目的比例，并逐步将科研成果项目转化为教材的实验项目。

3. 与当前流行的实验平台软件或硬件及教材内容紧密结合，符合一般软件要求。

4. 充分体现以学生为主体，明确实验教学的内涵。实验教学过程体现以学生操作为主，教师辅导为辅，少量时间教师讲解，大部分时间学生操作的特点。

5. 按实验教学规律分配学时，并且有多余的实验项目供学生利用开放实验室自主学习。

6. 内容精练，主次分明，详略得当，文字通俗易懂，图表与正文密切配合。

(二) 本系列实验教材遵循实验教学规律，体现时代特色，总体来说，具有以下四个特点：

1. 与现代典型案例相结合。以培养应用型人才为原则，根据实验教学大纲，注重理论联系实际，教材具有较强的实践性、新颖性、启发性和适用性，有利于培养学生的实践能力和创新能力。

2. 建设形式新颖。实验教材分为纸质实验教材和网络资源的形式；纸质教材实验报告

尝试做成活页形式，或做成可撕下的带切割线形式；在纸质教材出版，配套建有供学生实验前和实验后学习使用的网络资源。

3. 实验内容创新。对于实验教材编写内容上的创新，一是凸显应用型人才培养特色实验项目，提高了综合性、设计性、创新性实验项目的比例；二是将教师的科研成果转化为本科学生实验教学项目。

4. 编写程序严格。对实验教材的申请立项的实验教材经由学院领导及专家进行立项审查；实验教材初稿经由相关同行专家给出鉴定，最终审核后，送交出版社评审出版。

本系列教材得到各方面人士的指导、支持和帮助，尤其是得到中国经济信息学会实验经济学与经济管理实验室专业委员会的专家，广东金电集团等多家业界人士，以及各高校同行老师们的支持和帮助，我们在此表示由衷的感谢。本系列实验教材尚处于探索阶段，作为一种努力和尝试，存在诸多不足之处，竭诚希望得到广大同行及相关专家的批评指正。

应用型高等院校经管类系列实验教材编委会

2009年12月

前 言

近年来，MATLAB 作为一种广泛应用于工程计算及数值分析领域软件工具，越来越受到国际科学界的重视。MATLAB 具有强大的科学计算功能，它的各种工具箱能实现在线性代数、数值分析、数理统计、自动控制理论、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真、图像处理、生物信息处理、金融信息处理等科学及工程领域的各种计算。因此，MATLAB 已被很多高校列为理工科学生的必修课。

作为金融财经类专业的学生，具有良好的数学基础和能熟练掌握一种数据计算和分析软件是十分必要的。借助 MATLAB 强大的运算平台及其数据处理功能，能够对一些经济学、金融学理论进行模拟，对一些实际数据进行实证，这些实践过程能够加深学生对理论的理解，同时也锻炼了学生的动手能力，提高了分析问题和解决问题的能力。因此，为金融财经类专业的学生开设 MATLAB 软件课是符合学科发展趋势的。

MATLAB 作为一种高级的计算机软件和程序语言，必须通过大量的上机实验才能学好它，掌握它。实验的内容决定了能否达到培养学生动手能力的目的。目前，国内关于 MATLAB 的实验教材很多，实验内容的设置基本分两类，第一类是侧重软件实验。这类教材主要内容为 MATLAB 的基本操作和各种运算功能的实现。第二类是侧重数学实验。这类教材的主要内容是利用 MATLAB 作为平台进行各种数学计算方法的实验。能把两种实验内容结合起来的实验教材不多。另外，要加强学生对实际问题的分析和解决能力，就应该选取一些具体的实例作为实验内容，这有助于学生对理论应用方法和步骤的理解和掌握。因此，我们编写了这本《MATLAB 软件与数学实验》，作为 MATLAB 理论课的配套实验课教材。

本实验教材分为三个部分。第一部分为 MATLAB 简介。因为理论课教材对 MATLAB 各种功能有更详细介绍，所以在这个部分我们仅仅对 MATLAB 基本操作和相关计算函数做了一个概括性的介绍，以便学生在进行实验前对相关理论知识做一个回顾。第二部分为 MATLAB 软件实验。这部分是作为 MATLAB 软件理论课的课程实验的配套实验，属于软件实验部分。该部分共五个实验，10 个学时左右。这部分实验主要是让学生掌握 MATLAB 语言的基本操作和语法，熟悉 MATLAB 的编程环境，侧重于对软件的熟练运用。第三部分为数学实验。这部分实验是作为独立实验课的配套实验内容，属于应用实验部分。该部分共九个实验，实验六至实验十二为单项实验，实验十三和实验十四为综合实验，共 36 学时。这部分的实验主要是训练学生应用 MATLAB 解决各种数学计算问题。在这部分的实验中，我们首先给出学生相关问题的数学模型，学生直接应用 MATLAB 求解，当学生掌握了求解方法后，我们给出应用实例，要求学生首先对实际问题进行分析，建立数学模型，找到求解的方法，再应用 MATLAB 求解。这样的实验内容的设置，有利于学生对实际问题处理方法的掌握。最后两个综合实验都是具体的实际问题，通过前七个实验的训练，要求学生能独立完成对问题的分析、建模和求解的全过程。

本教材的每个实验中都配有相应的实验报告。实验报告中每一项实验都有详细的实验步骤和过程，引导学生一步一步完成实验。我们还为学有余力的同学安排了选做内容，可作为学生课外实验和自我提高之用。

本教材适用于开设 MATLAB 软件课和数学实验课的本科生作为实验教材使用。考虑到各专业对数学基础的要求不同及学时数不等的情况，指导教师可以根据授课专业的不同进行调整，选做其中某一些实验。

本教材由胡蓉担任主编，负责全书的设计和编撰。本教材在设计的过程中得到了张学奇教授的指点和帮助，在编写过程中，廖文辉老师和骆世广老师也提出了很多宝贵的意见和建议，在此，表示衷心的感谢。由于水平有限加上时间仓促，本教材难免会有不妥或失误之处，恳请同行和读者批评指正。

编 者

目 录

第一部分 MATLAB 简介

第一章	MATLAB 的安装与启动	(2)
第二章	MATLAB 基本用法	(4)
第三章	向量与矩阵运算	(8)
第四章	绘图	(13)
第五章	关系运算和逻辑运算	(17)
第六章	MATLAB 程序设计	(19)
第七章	MATLAB 的符号运算	(24)

第二部分 MATLAB 软件实验

实验一	MATLAB 的基本操作 (验证性实验)	(33)
实验二	MATLAB 的绘图功能 (验证性实验)	(41)
实验三	MATLAB 的程序设计 (设计性实验)	(51)
实验四	MATLAB 的符号计算 (验证性实验)	(61)
实验五	MATLAB 的数值计算 (验证性实验)	(69)

第三部分 数学实验

实验六	代数方程的求解 (验证性实验)	(79)
实验七	微分方程的求解 (验证性实验)	(87)
实验八	非线性方程求解 (设计性实验)	(95)
实验九	线性规划问题的求解 (设计性实验)	(101)
实验十	数据的统计描述和分析 (验证性实验)	(109)
实验十一	曲线的插值与拟合 (设计性实验)	(117)
实验十二	神经网络及其在数据拟合中的应用 (设计性实验)	(129)

实验十三 最佳营销策略 (综合性实验)	(137)
实验十四 放射性废物的处理问题 (综合性实验)	(141)
附录一 MATLAB 指令索引	(147)
附录二 部分实验内容参考程序	(165)
参考文献	(184)

第一部分

MATLAB 简介

MATLAB 是 Matrix Laboratory 的缩写，意为“矩阵实验室”，是一个集数值计算、符号分析、图像显示、文字处理于一体的大型集成化软件。它最初由美国的 Cleve Moler 博士研制，其目的是为线性代数等课程中的矩阵运算提供一种方便可行的实验手段。经过多年的市场竞争和发展，MATLAB 已发展成为在自动控制、生物医学工程、信号分析处理、语言处理、图像信号处理、雷达工程、统计分析、计算机技术、金融界和数学界等各行各业中都有极其广泛应用的数学软件。

MATLAB 是一个交互式的系统，它的基本运算单元是无需指定维数的矩阵，按照 IEEE 的数值计算标准（能正确处理无穷数 Inf (Infinity)、无定义数 NaN (Not-a-number) 及其运算）进行计算。系统提供了大量的矩阵及其他运算函数，可以方便地进行一些很复杂的计算，而且运算效率极高。MATLAB 命令和数学中的符号、公式非常接近，可读性强，容易掌握，还可利用它所提供的编程语言进行编程，完成特定的工作。除基本部分外，MATLAB 还根据各专门领域中的特殊需要提供了许多可选的工具箱，使其应用范围更广，使用更方便。

归纳起来，MATLAB 具有以下几个特点：易学、适用范围广、功能强、开放性强、网络资源丰富。由于 MATLAB 的强大功能，它能使使用者从繁重的计算工作中解脱出来，把精力集中于研究、设计以及基本理论的理解上，所以，MATLAB 已成为在校大学生、硕士生、博士生所热衷的一款计算软件。在此，我们将 MATLAB 中有关数学计算的一些基本功能作一个简单的介绍，为后面的实验部分做好准备。MATLAB 有各种版本，早期有 MATLAB 1.0 for 386 的 DOS 版本，后来逐步发展。本书将以 MATLAB7.0 作为讲解的版本。

MATLAB 的安装与启动


一、MATLAB 的安装

放入 MATLAB 安装光盘，按照安装向导进行安装。在安装过程中可对需要安装的 MATLAB 组件进行选择，通过“勾选”决定哪些组件被安装。其中有些组件是必须装的，有些是可选的（见表 1-1-1）。

表 1-1-1 MATLAB 部分安装组件

组件名称	功 用
必须选择的本原性组件	
MATLAB	这是最核心的部分。没有它就没有 MATLAB 环境。有了它，就可以对各类数据（除符号类数据以外）进行操作、运算和可视化
最常选的通用性工具包组件	
Symbolic Math Toolbox	符号类数据的操作和计算
Extended Symbolic Math Toolbox	更丰富的符号计算函数和指令
其他通用性工具包组件	
Simulink	不用编写程序，利用方块图实现建模和仿真；主要用于研究微分和差分方程描写的非线性动态系统
Optimization Toolbox	包含求函数零点、极值、规划等优化程序
MATLAB Compiler	把 MATLAB 的 M 文件编译成独立应用程序
MATLAB builder for Excel	与 MATLAB Compiler 配合使用，生成 Excel 插件
常用专业性工具包组件	
Control System Toolbox	MATLAB 涉及控制的工具包有 10 多个，而本栏工具包是最基本的，是解决控制问题所必选的。至于其他控制工具包则是用户根据需要选择的
Signal Processing Toolbox	是 MATLAB 信号处理中的基本工具包
Spline Toolbox	内含样条和插值函数
Statistics Toolbox	包含进行复杂统计分析所需的程序
其他专业性工具包组件（举例）	
Stateflow	与 Simulink 配合使用，主要用于较大、复杂的（离散事件）动态系统的建模、分析、仿真
System Identification Toolbox	动态系统辨识
.....	

二、启动 MATLAB

点击桌面的 MATLAB 图标，或从“开始”菜单进入 MATLAB 程序，MATLAB 命令窗 (MATLAB Command Window) 在一段提示信息后，出现系统提示符“>>”。在提示符后，可以输入命令、编程、进行计算。

三、学会使用 help 命令

在命令窗内输入 help 命令，再敲回车键。在屏幕上将出现在线帮助总览。MATLAB 命令被输入后，必须敲回车键才能执行，下文不再每次提醒“敲回车键”。学会使用 help 命令，是学习 MATLAB 的有效方法。例如：在“matlab \ lang”（总览的第三行）可以了解到程序语言的结构，在“matlab \ elmat”中可以查到矩阵操作命令。如果想知道 MATLAB 中的基本数学函数有哪些，可以在“matlab \ elfun”中查到。在 MATLAB 中，“基本数学函数”用 elfun 表示，可进一步键入：“help elfun”，屏幕上将出现“基本数学函数”表。如果想了解某个函数的用法，可键入：“help 函数名称”（help 命令与函数名称之间应加空格）。例如：想了解 sin 函数怎样使用，可键入“help sin”。在工具栏中点击 help 按钮，或点击？号按钮，与上面获取帮助信息的方法是等效的。

四、学会使用 Demo 命令

在命令窗内输入 Demo 命令，屏幕上将出现演示窗口。整个界面分为左右两个主要的窗口，左边的窗口显示欲演示内容的大标题，点击标题前面的加号，可展开其中的内容。选定其中一项，右边的窗口显示关于大标题的一些说明及一些具体的演示例子。可以直接在右边的窗口看，也可以点击右上角的“Run in the Command Window”，可以在命令窗口运行程序。点击左上角可查看该演示的 M 文件。仔细研究演示程序的 M 文件，也是学习 MATLAB 的一种有效方法。

进入演示窗还有另一方法：在工具栏中点击 Help 栏，下拉式菜单中点击 Demos 项，即可进入演示窗口。

五、退出

在工具栏中点击 File 按钮，在下拉式菜单中单击 Exit MATLAB 项，或直接点击界面右上方“关闭”按钮，或在命令窗口中输入“exit”命令，退出 MATLAB。

MATLAB 基本用法

一、变量

在 MATLAB 中，变量由英文字母、数字和下划线组成。第一个字符必须是字母。一个变量最多由 63 个字符组成，并区分大小写。表 1-2-1 是 MATLAB 中表示特殊量的字符。

表 1-2-1 MATLAB 中表示特殊量的字符

特殊的变量、常量	取 值
ans	用于结果的缺省变量名
pi	圆周率 π 的近似值 (3.1416)
eps	数学中无穷小 (epsilon) 的近似值 ($2.2204e-16$)
inf	无穷大, 如 $1/0 = \text{inf}$ (infinity)
NaN	非数, 如 $0/0 = \text{NaN}$ (Not a Number), $\text{inf} / \text{inf} = \text{NaN}$
i, j	虚数单位: $i = j = \sqrt{-1}$

二、语句

MATLAB 语句的一般形式为：变量 = 表达式。当某一语句的输入完成后，按回车键，计算机就执行该命令。表达式由操作符或其他特殊字符、函数和变量名组成。表达式的结果为一个矩阵，显示在屏幕上，同时保存在变量中以留用。如果该语句未输入其他符号或输入了逗号，将显示执行结果；如果句末输入了分号，将不显示执行结果，这对有大量输出数据的程序特别有用。如果语句中省略了变量和等号，那么计算机将结果赋值给默认的变量 ans。

如果表达式很长，一行放不下，可以键入“...”（三个点，但前面必须有个空格，目的是避免将形如“数 2 ...”理解为“数 2.”与“..”的连接，从而导致错误），然后回车。

表 1-2-3

命令行中的标点符号

名称	标点	作用
空格		(为机器辨认) 用作输入量与输入量之间的分隔符
逗号	,	用作要显示计算结果的指令与其后指令的分隔; 用作输入量与输入量之间的分隔符; 用作数组元素分隔符号
分号	;	用作不显示计算结果指令的“结尾”标志; 用作不显示计算结果指令与其后指令的分隔; 用作数组的行间分隔符;
冒号	:	用以生成一维数组; 用作单下标援引时, 表示全部元素构成的长列; 用作多下标援引时, 表示那维上的全部
注释号	%	注释语句标识
单引号对	' '	字符串记述符
圆括号	()	在数组援引时用; 函数指令输入变量列表时用
方括号	[]	输入数组时用; 函数指令输出变量列表时用
续行号	...	由三个以上连续黑点构成。它把其下的物理行看作该行的“逻辑”继续, 以构成一个较长的完整指令
“@”号	@	放在函数名前, 形成函数句柄; 放在目录名前, 形成用户对象类目录

注: 为保证指令正确执行, 以上符号一定要在英文状态下输入

3. 输出格式。

任何 MATLAB 语句执行结果都可在屏幕上显示, 同时赋给指定的变量, 没有指定变量时赋给 ans, 数字显示格式可由 format 命令来控制 (Windows 系统下的 MATLAB 系统的数字显示格式可以由 Option 菜单中的 Numerical Format 菜单改变)。format 仅影响矩阵的显示, 不影响矩阵的计算与存储。MATLAB 以双精度执行所有的运算。

首先, 如果矩阵元素是整数, 则矩阵显示就没有小数, 如 $x = [-1 \ 0 \ 1]$, 结果为:

```
x =
    -1    0    1
```

如果矩阵元素不是整数则输出形式可由“format 格式”的命令形式进行切换。具体格式命令和说明如表 1-2-4 所示。

表 1-2-4

输出格式命令

格式	中文解释	说明
format	短格式 (缺省格式)	Default. Same as SHORT
format short	短格式 (缺省格式)	Scaled fixed point format with 5 digits (只显示五位十进制数)
format long	长格式	Scaled fixed point format with 15 digits
format short e	短格式 e 方式	Floating point format with 5 digits
format long e	长格式 e 方式	Floating point format with 15 digits
format short g	短格式 g 方式	Best of fixed or floating point format with 5 digits

格式	中文解释	说 明
format long g	长格式 g 方式	Best of fixed or floating point format with 15 digits
format hex	16 进制格式	Hexadecimal format
format +	+ 格式	The symbols +, - and blank are printed for positive, negative and zero elements. Imaginary parts are ignored
format bank	银行格式	Fixed format for dollars and cents
format rat	有理数格式	Approximation by ratio of small integers
format compact	压缩格式	Suppress extra line-feeds
format loose	自由格式	Puts the extra line-feeds back in

例如：

$$x = [4/3 \quad 1.2345e-6]$$

在不同的输出格式下的结果为：

短格式	1.3333	0.0000
短格式 e 方式	1.3333e+000	1.234e-006
长格式	1.333333333333333	0.000001234500000
长格式 e 方式	1.333333333333333e-000	1.234500000000000e-006
有理数格式	4/3	1/810045
16 进制格式	3ff5555555555555	3eb4b6231abfd271
+ 格式	+	+

对于短格式，如果矩阵的最大元素比数 999999999 大，或者比数 0.0001 小，则在打印时，将加入一个普通的长度因数。如 $y = 1. e20 * x$ ，意为 x 被 10^{20} 乘，结果为：

$$y =$$

$$1.0e+020 *$$

$$1.3333 \quad 0.0000$$

“+”格式是显示大矩阵的一种紧凑方法，“+”，“-”和空格显示正数、负数和零元素。

最后，format compact 命令压缩显示的矩阵，以允许更多的信息显示在屏幕上。

向量与矩阵运算

MATLAB 能处理数、向量和矩阵。但事实上一个数可看成一个 1×1 的矩阵，1 个 n 维向量也不过是一个 $1 \times n$ 或 $n \times 1$ 的矩阵。从这个角度上来讲，MATLAB 处理的所有的数据都是矩阵。MATLAB 的矩阵处理能力是非常灵活、强大的。以下我们将从矩阵的产生、基本运算、矩阵函数等几个方面来说明。

一、向量及矩阵的生成

1. 直接输入法。

对于 m 行 n 列的矩阵 A ，设 $A_{m \times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$ ，则在 MATLAB 中矩阵的输入方法

如下： $A = [a_{11}, \dots, a_{1n}; \dots; a_{m1}, \dots, a_{mn}]$ 。矩阵用方括号括起，元素之间用空格或逗号分隔，矩阵行与行之间用分号分开。例如：

输入：

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

系统输出：

A =

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

表示系统已经接收并处理了命令，在当前工作区内建立了矩阵 A 。

2. 利用“:”运算符产生向量。

除了直接法外，最常用的用来产生相同增量的向量的方法是利用“:”算符。在 MATLAB 中，它是一个很重要的字符。例如：

```
z = 1:6
```

z =