

高等学校教材

主编
郭科

数学实验

数学软件教程



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校教材

数学实验 数学软件教程

Shuxue Shiyan

Shuxue Ruanjian Jiaocheng

主编 郭 科

编者 王权锋 陈国东 周 游 胡先莉



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是《数学实验》系列教材之一,是与《数学实验——高等数学分册》、《数学实验——线性代数分册》、《数学实验——概率论与数理统计分册》配套使用的实验教材。本书以数学软件 MATLAB 为介绍对象,编写时主要遵循实用的原则,同时一定程度兼顾通用。全书内容包括:MATLAB 基础知识与基本操作、MATLAB 绘图与程序设计基础、高等数学中的 MATLAB 命令、线性代数中的 MATLAB 命令、概率论与数理统计中的 MATLAB 命令、工具箱简单介绍、MATLAB 外部接口编程和附录,其中附录部分按功能以及字母顺序两种方式列举了 MATLAB 中常用的函数和命令,供读者查阅和参考。

本书不仅适合本科生教学使用,也可供对 MATLAB 感兴趣的读者阅读,同时还可作为数学实验和数学建模课程的辅导书或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数学实验. 数学软件教程 / 郭科主编. —北京:
高等教育出版社, 2010. 7

ISBN 978 - 7 - 04 - 029214 - 5

I. ①数… II. ①郭… 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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 091493 号

策划编辑	李晓鹏	责任编辑	廖肇源	封面设计	于涛
责任绘图	宗小梅	版式设计	马敬茹	责任校对	王效珍
责任印制	毛斯璐				

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

购书热线 010 - 58581118
咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 国防工业出版社印刷厂

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 960 1/16
印 张 16
字 数 290 000

版 次 2010 年 7 月第 1 版
印 次 2010 年 7 月第 1 次印刷
定 价 23.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29214 - 00

《数学实验》系列教材编委会

主编：郭 科

编委：王茂芝 周仲礼 陈 聆

郭发明 范安东 王权锋

总 序

工科数学教学改革的全面推进促进了数学建模课外科技活动的开展以及数学实验室的建立和数学实验课程的开设,反过来,这一系列举措也进一步促使工科数学教学改革向纵深发展。特别地,数学实验课程作为沟通工科数学三大基础课程(高等数学、线性代数、概率论与数理统计)和数学建模的桥梁,对于提升大学生学数学的兴趣,沟通数学理论学习和数学实验实践,促进大学生从学数学到用数学的转换,进而为下一步数学建模奠定良好的基础等方面起到了积极有效的作用。为此,诸多高校在这一领域做了大量工作,我校(成都理工大学)也经历了从1999年参编《数学实验》,到2003年自编《理工数学实验》(教育科学“十五”国家规划课题研究成果)的发展过程,并一直在这一领域作积极探索。通过十几年的改革和实践,我们认为,目前数学实验课程教材标准不一,内容各异,其中最主要的问题是难以和工科数学三大基础课程进行对接,从而起不到沟通工科数学三大基础课程和数学建模的桥梁作用。为此,我们在2003年出版的《理工数学实验》的基础上,成立了以博士生导师郭科教授为主编,包括数学实验室主任、数学基础教学部主任、应用数学系主任和信息与计算科学系主任等成员的编委会,对原教材进行改版和扩编,形成了数学实验课程系列教材,该系列教材具有以下特点:

首先,数学实验系列教材形成一个“从基础到专业再到应用”的完整体系。其中“基础”指的是面向工科数学三大基础课程,为此,我们编写了《数学实验——高等数学分册》、《数学实验——线性代数分册》、《数学实验——概率论与数理统计分册》三本教材,分别和高等数学、线性代数、概率论与数理统计课程匹配。“专业”指的是面向数学与应用数学、信息与计算科学这两个数学类专业,为此,我们编写了《数学实验——数学专业用书》与之配套。而“应用”指的是《数学实验——数学建模分册》。另外,系列教材中所有案例使用的数学软件为MATLAB,为此,我们编写了《数学实验——数学软件教程》。

其次,在上述体系和框架下,针对不同的使用对象,系列教材的编写遵循“突出创新思维,强化实践能力”这一明确的指导思想。对于面向基础的教材,在编写时遵循“构建理论和实践教学互通的桥梁;加强实践教学环节,一定程度上弥补理论教学和习题课教学的缺陷;在实验项目设置上考虑层进性,并融入数学建模的初步思想”等原则。对于面向专业的教材,在编写时遵循“从数学学科

专业角度理清宏观脉络;从课程层进关系理清数学发展历史;从数学应用角度引入现代数学常见理论和方法以及应用”等原则。对于面向应用的教材,在编写时遵循“突出实际工程应用的案例分析”的思路。

第三,该系列教材定位为实验教材,所以,与该系列教材对应的教学活动为实验实践教学活动,而非理论教学活动。

第四,对于面向基础的三本教材,在风格上是统一的,教材在内容的设置上和相应理论教学课程是配套的。同时,由于该系列教材定位为实验教材,所以,在内容安排上全部为实验项目,而且实验项目的设置包含验证性、设计性和综合性三个层次。其中验证性实验项目主要是让学生更加深入和形象地理解高等数学、线性代数、概率论与数理统计中的有关概念和理论,提高学数学的兴趣;而设计性和综合性实验项目的设置主要是培养学生从学数学到用数学的转化,进而提高数学建模能力。这种规划有以下几个优点:一是便于高等数学、线性代数、概率论与数理统计三门课程实验环节的实施,使教学针对性强;二是真正起到沟通工科数学三大基础课程和数学建模的桥梁作用。

第五,在教材编写过程中,在人员搭配方面考虑了理论教学和实验教学一线教师的密切配合。具体地讲,面向基础的三本教材编写人员由数学实验室和数学基础教学部教师组成,而面向专业的教材由数学专业授课教师和数学实验室教师组成。这种人员搭配方式一定程度上避免了理论和实践的脱节问题。

本系列教材中,面向基础的三本教材适用于开设了高等数学、线性代数、概率论与数理统计课程的所有专业;面向专业的教材适用于数学类专业;而面向应用的教材适合于所有参加数学建模的师生和有关工程技术人员。各教材在内容讲解和学时设置上可根据各校实际情况进行把握,具有较大的弹性。

另外,需要指出的是,本系列教材的编写和出版得到了我院以下国家级和省(部)级质量工程项目的资助:数学与应用数学国家级特色专业建设项目(2008年)、数学应用与计算机仿真省级实验教学示范中心建设项目(2007年)、数学与应用数学省级特色专业建设项目(2007年)、数学地质四川省优秀教学团队建设项目(2007年)、理工数学实验省级精品课程建设项目(2005年)。

最后需要说明的是,虽然该系列教材经过了试用,但由于时间和水平有限,误漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009年3月于成都理工大学

前 言

《数学实验——数学软件教程》作为《数学实验》系列教材之一,是与《数学实验——高等数学分册》、《数学实验——线性代数分册》、《数学实验——概率论与数理统计分册》配套使用的教材。由于这三本分册中使用的数学软件为 MATLAB,所以《数学实验——数学软件教程》涉及的软件仅限于 MATLAB,而没有提到其他数学软件,如 Mathematica、Maple、MathCad、SAS、SPSS、Lingo、Lindo、Ansys 等,这是我们需要说明的第一点。

其次,由于 MATLAB 软件在科学计算和工程实践中得到广泛应用,其功能非常强大,涉及的专业模块也非常庞杂,而本书定位于为数学实验课程并为上述三本分册服务,所以,本书在章节安排上突出了高等数学、线性代数以及概率论与数理统计这三个部分中的 MATLAB 命令,同时兼顾 MATLAB 的科学计算、绘图和程序设计基础知识。对于专业工具箱的使用以及外部编程接口只作简单介绍,需要详细了解这方面内容的读者可以查阅有关专业书籍。

本书内容分为 7 章。前两章主要介绍 MATLAB 的基础知识,包括基本操作、绘图和程序设计等内容。第 3 至 5 章是本书的重点,分别介绍高等数学、线性代数以及概率论与数理统计中的 MATLAB 命令。第 6 章简单介绍了部分数学工具箱并通过应用实例予以说明。第 7 章简单介绍了 MATLAB 和 C 语言之间的编程接口原理和实例实现,包括 MATLAB 调用 C 语言以及 C 语言调用 MATLAB 两个方面的理论和实例。附录部分按功能以及字母顺序两种方式列举了 MATLAB 中常见的函数和命令,供读者查阅和参考。

本书可供对 MATLAB 感兴趣的读者阅读,也可为数学实验和数学建模课程提供参考。

本书由郭科教授、王茂芝副教授和王权锋副教授组织编写。各章节编写人员(按照章节先后排列顺序)如下:

薛源:第 1 章、第 4 章;

周游、孟佳克:第 2 章;

郑磊:第 3 章;

胡先莉:第 5 章;

陈国东:第 6 章;

王茂芝:第 7 章;

胡隽:附录。

另外,王权锋负责完成了本书的前期统稿工作,王茂芝负责完成了本书的定稿、统稿工作。

在本书的编写过程中,编者参阅了大量的文献,恕不一一指明出处,在此一并向有关作者致谢!

本书在编写过程中得到成都理工大学、数学应用与计算机仿真省级实验教学示范中心、数学地质四川省高校重点实验室等单位的大力支持,在此表示衷心的感谢!

受水平及时间限制,误漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2010年1月

目 录

第 1 章 MATLAB 基础知识与基本操作	1
1.1 MATLAB 概述	1
1.2 MATLAB 的进入与退出	1
1.3 MATLAB 桌面工作环境	2
1.3.1 窗口	2
1.3.2 菜单和工具栏	3
1.4 MATLAB 语言基础	4
1.4.1 数值计数	4
1.4.2 变量	4
1.4.3 运算符	5
1.4.4 表达式	5
1.4.5 数据显示格式	6
1.4.6 复数形式	6
1.4.7 标点与注释	7
1.5 MATLAB 常用函数	7
1.6 MATLAB 基本对象——矩阵	12
1.6.1 矩阵的建立	12
1.6.2 矩阵的操作	14
1.6.3 矩阵的运算	16
1.7 MATLAB 符号计算基础	17
1.7.1 创建符号变量和符号矩阵	17
1.7.2 符号表达式的基本运算	18
1.7.3 符号表达式的化简函数	19
1.7.4 符号表达式的替换函数	20
第 2 章 MATLAB 绘图与程序设计基础	21
2.1 二维图形	21
2.1.1 基本绘图命令	21
2.1.2 特殊的二维图形函数	25
2.2 三维图形	30

2.2.1 基本绘图命令	30
2.2.2 特殊的三维图形函数	35
2.3 四维表现图	37
2.4 图形处理技术	38
2.4.1 图形的控制	38
2.4.2 图形的标注	40
2.4.3 图形的保持与子图	45
2.5 控制语句	47
2.5.1 循环语句	47
2.5.2 选择语句	49
2.5.3 分支语句	51
2.5.4 人机交互语句	52
2.6 M 文件	54
2.6.1 命令式文件	55
2.6.2 函数式文件	56
2.6.3 创建帮助	58
2.7 程序设计的辅助函数	59
2.7.1 执行函数	59
2.7.2 容错函数	60
2.7.3 时间控制函数	60
第3章 高等数学中的 MATLAB 命令	62
3.1 函数与极限命令	62
3.1.1 复合函数与反函数	62
3.1.2 求极限的运算	63
3.2 导数与微分命令	64
3.2.1 一元函数的导数与微分	64
3.2.2 多元函数的偏导数与微分	65
3.2.3 参数方程求导	66
3.2.4 隐函数求导	67
3.2.5 方向导数和梯度、散度与旋度	68
3.2.6 用差分法求导数的数值解	70
3.3 积分命令	72
3.3.1 求不定积分	72
3.3.2 求定积分	73
3.3.3 广义积分	76

3.3.4 计算多重积分	77
3.3.5 曲线积分与曲面积分	80
3.4 级数命令	83
3.4.1 函数展开成幂级数	83
3.4.2 Fourier 级数	85
3.4.3 求和、求积、级数求和	86
3.5 常微分方程命令	88
3.5.1 常微分方程的符号解法	88
3.5.2 常微分方程的数值解法	89
第4章 线性代数中的 MATLAB 命令	93
4.1 矩阵基本运算命令	93
4.2 矩阵分解命令	100
4.2.1 矩阵的 LU 分解	100
4.2.2 矩阵的 QR 分解	100
4.2.3 矩阵的 QZ 分解	101
4.2.4 矩阵的 Cholesky 分解	102
4.2.5 矩阵的奇异值分解	103
4.2.6 矩阵的特征值分解	104
4.2.7 矩阵的 Schur 分解	105
4.2.8 矩阵的 Jordan 标准形分解	106
4.3 线性方程组求解命令	107
4.3.1 定解方程组	107
4.3.2 不定方程组	108
4.3.3 超定方程组	109
4.3.4 奇异方程组	109
4.3.5 符号方程组	110
第5章 概率论与数理统计中的 MATLAB 命令	112
5.1 生成随机数的函数	112
5.1.1 生成满足指定分布的随机数	112
5.1.2 生成满足二项分布的随机数	114
5.1.3 生成满足正态分布的随机数	114
5.1.4 其他随机数生成函数	115
5.2 计算概率密度函数值的函数	116
5.2.1 计算指定分布的概率密度函数值	116
5.2.2 计算二项分布的概率密度函数值	117

5.2.3	计算正态分布的概率密度函数值	117
5.2.4	其他计算概率密度函数值的函数	117
5.3	计算累积分布函数值的函数	119
5.3.1	计算指定分布的累积分布函数值	119
5.3.2	计算指定分布的逆累积分布函数值	119
5.3.3	计算二项分布的累积分布函数值	119
5.3.4	计算正态分布的累积分布函数值	120
5.3.5	其他计算累积分布函数值的函数	120
5.4	数字特征函数	121
5.4.1	计算算术平均值	121
5.4.2	计算样本中值	121
5.4.3	计算样本几何平均值	122
5.4.4	计算样本标准差	122
5.4.5	计算样本方差	123
5.4.6	计算协方差	124
5.4.7	计算相关系数	124
5.4.8	计算几种常见分布的期望与方差的函数	125
5.5	参数估计函数	126
5.5.1	计算 β 分布的参数估计量和置信区间	126
5.5.2	计算二项分布的参数估计量和置信区间	126
5.5.3	计算指数分布的参数估计量和置信区间	127
5.5.4	计算其他分布的参数估计量和置信区间	127
5.6	假设检验函数	128
5.6.1	u 检验(σ^2 已知, 单个正态总体均值 μ 的假设检验)	128
5.6.2	t 检验(σ^2 未知, 单个正态总体均值 μ 的假设检验)	128
5.6.3	t 检验(两个正态总体均值差的假设检验)	129
5.7	回归分析及方差分析	130
第6章	工具箱简单介绍	133
6.1	MATLAB 符号数学工具箱	133
6.1.1	符号表达式	133
6.1.2	符号变量	136
6.1.3	符号表达式画图	137
6.1.4	符号表达式简化	139
6.1.5	求解符号方程	140
6.2	MATLAB 优化工具箱	140

6.2.1 优化工具箱中常用函数列表	141
6.2.2 应用举例	142
6.3 MATLAB 神经网络工具箱	146
6.3.1 神经网络工具箱中常用函数列表	146
6.3.2 应用举例	150
6.4 MATLAB 数理统计工具箱	156
6.4.1 数理统计工具箱中常用函数列表	157
6.4.2 应用举例	163
第7章 MATLAB 外部接口编程	185
7.1 MATLAB 调用 C 的机制及实例	185
7.1.1 MATLAB 调用 C 的机制	185
7.1.2 MATLAB 调用 C 的实例	187
7.2 C 调用 MATLAB 的机制及实例	195
7.2.1 C 调用 MATLAB 的机制	195
7.2.2 计算引擎常用函数	196
7.2.3 计算引擎编程实例	198
附录一 MATLAB 函数/命令(按功能排列)	201
附录二 MATLAB 函数/命令(按字母排列)	214
参考文献	240

第 1 章 MATLAB 基础知识与 基本操作

1.1 MATLAB 概述

MATLAB 是一个功能强大的常用数学软件,它不但可以解决数学中的数值计算问题,还可以解决符号演算问题,并且能够方便地绘出各种函数图形.利用 MATLAB 提供的各种数学工具,可以避免繁琐的数学推导和计算,方便地解决很多数学问题. MATLAB 的基本运算单位是矩阵,它的表达式与数学、工程计算中常用的形式十分相似,极大地方便了用户的学习和使用,因此 MATLAB 具有简单、易学、界面友好和使用方便等特点,只要用户有一定的数学知识并了解计算机的基本操作方法,就能学习和使用 MATLAB.

MATLAB 是 1984 年由美国的 MathWorks 公司推向市场的,历经许多年的发展和竞争,已经推出了多个版本,现已成为国际最优秀的科技应用软件之一.本书主要以适用于 Windows 操作系统的 MATLAB R2007a 版本向读者介绍相关的 MATLAB 的命令和内容,这些命令均可以在 MATLAB 的更高版本中运行.

1.2 MATLAB 的进入与退出

关于 MATLAB 安装的硬件环境要求以及安装步骤可参见 MATLAB 的相关资料,这里就不再介绍了.安装 MATLAB 完毕后,可以通过以下三种方法启动 MATLAB:

- (1) 鼠标双击 MATLAB 安装程序在桌面创建的 MATLAB 快捷方式图标,即可打开如图 1-1 所示的 MATLAB 桌面工作环境;
- (2) 鼠标单击 Windows 开始菜单的程序选项,找到 MATLAB 程序项,单击即可进入 MATLAB 桌面工作环境;
- (3) 直接进入 MATLAB 的安装目录,找到 MATLAB 的程序执行文件,鼠标双击它,也可进入 MATLAB 桌面工作环境.

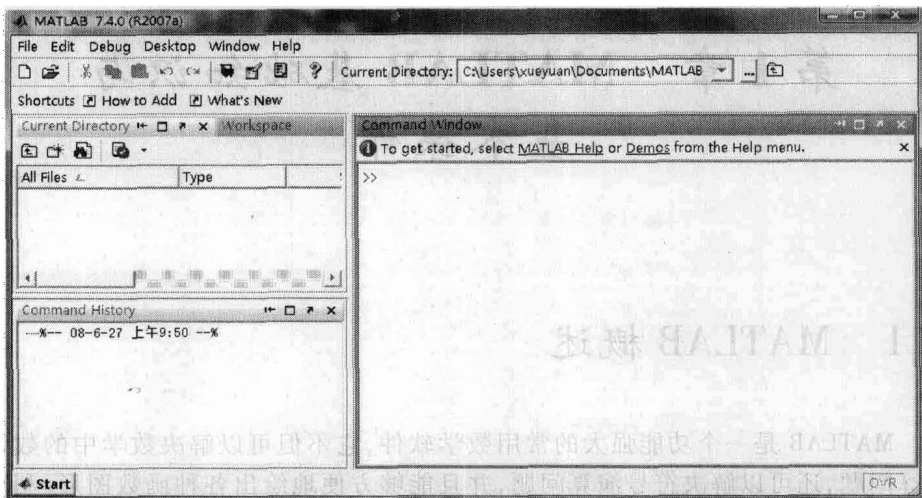


图 1-1 MATLAB 桌面工作环境

退出 MATLAB 桌面工作环境可通过单击其右上角的关闭按钮来进行,也可以点击主菜单上 File 选项的 Exit MATLAB 选项退出 MATLAB。

1.3 MATLAB 桌面工作环境

MATLAB 的默认桌面工作环境第一行为菜单栏,第二行为工具栏,下面则是三个最常用的窗口。右边是命令窗口(Command Window),左上方前台为工作区 Workspace,后台为当前目录(Current Directory),左下方为命令历史(Command History)。左下角还有一个开始(Start)按钮,用于快速启动演示(Demos)、帮助(Help)、设置(Preferences)和桌面工具(Desktop Tools)等。

1.3.1 窗口

1. 命令窗口(Command Window)

该窗口是进行 MATLAB 操作最主要的窗口。窗口中“>>”为命令输入提示符,其后输入运算命令,按回车键即可执行运算,并显示运算结果(图形除外)。若在命令后输入“;”,则不显示计算结果,但结果保存在内存中。“%”后面输入的是用于解释的文字,不参与运算。例如:

```
>> a=1;b=2;c=a+b % 键入后,按回车(Enter)键
```

运行结果:

C =

3

2. 工作区 (Workspace)

工作区位于默认的 MATLAB 桌面工作环境的上左方窗口的前台,列出内存中 MATLAB 工作区的所有变量的变量名 (Name)、值 (Value)、尺寸 (Size)、字节数 (Bytes) 和类型 (Class)。用鼠标选中变量,单击右键可以进行打开 (Open Selection)、保存 (Save as)、删除 (Delete)、修改 (Edit Value) 等操作。

3. 当前目录 (Current Directory)

当前目录位于默认的 MATLAB 桌面工作环境的左上方窗口的后台,用鼠标点击可以切换到前台。该窗口列出当前目录的程序文件 (.m) 和数据文件 (.mat) 等。用鼠标选中文件,单击右键可以进行打开 (Open)、运行 (Run)、删除 (Delete) 等文件操作。

4. 命令历史 (Command History)

该窗口列出在命令窗口执行过的 MATLAB 命令行的历史记录。用鼠标选中命令行,单击右键可以进行复制 (Copy)、执行 (Evaluate Selection)、删除 (Delete) 等操作。

除上述窗口外, MATLAB 常用的窗口还有编程器窗口、图形窗口等。

1.3.2 菜单和工具栏

MATLAB 的菜单和工具栏类似于 Word 等其他常用软件。不同窗口的菜单和工具栏略有不同。表 1-1 列出了部分常用的菜单和工具栏。

表 1-1 菜单和工具栏

菜单/工具栏	使用说明
File New M-File	新建 M 文件
File Import Data	导入数据文件
File Save Workspace As	将工作区的所有变量和数据保存为数据文件
File Set Path	设置 MATLAB 文件搜索路径
File Preferences	设置 MATLAB 选项,如数据显示格式、字体等
Desktop Undock Command Window	分离命令窗口
Desktop Desktop Layout	窗口布局选择,一般都是选择默认 (Default)
Desktop Current Directory	设置 MATLAB 当前工作目录

1.4 MATLAB 语言基础

1.4.1 数值计数

MATLAB 的数值采用的是常用的十进制数表示法,可以带小数点或者负号.以下数值计数都是合法的:

2 -33 0.03 3.43158 2.6-e1 2.1e46

1.4.2 变量

MATLAB 变量命名的具体规则和特殊规则如表 1-2 和表 1-3 所示.

表 1-2 变量命名的具体规则

变量命名规则	说明/举例
变量名区分大小写	Items, items, itEms, ITEMS 都是不同变量
变量名最多不超过 63 个字符,第 63 个字符以后被忽略掉	Welcome_to_China_and_I_thank_you_very_much_and_You_are_welcome_和 Welcome_to_China_and_I_thank_you_very_much_and_You_are_welcome_and_How_are_you 是同一变量
变量名必须以字母开头,之后可以是任何字母、下划线或者数字.许多标点符号在 MATLAB 中有特殊含义,所以在变量名中不允许使用	m, n, dy3, t5xj89

表 1-3 变量命名的特殊规则

特殊变量	取值
ans	用于表示结果的默认变量名
pi	圆周率
eps	计算机的最小数(与 1 相加,产生大于 1 的数)
flops	浮点预算数
inf	无穷大(如 2/0)
NaN 或者 nan	不定量(如 0/0)