

数学实验

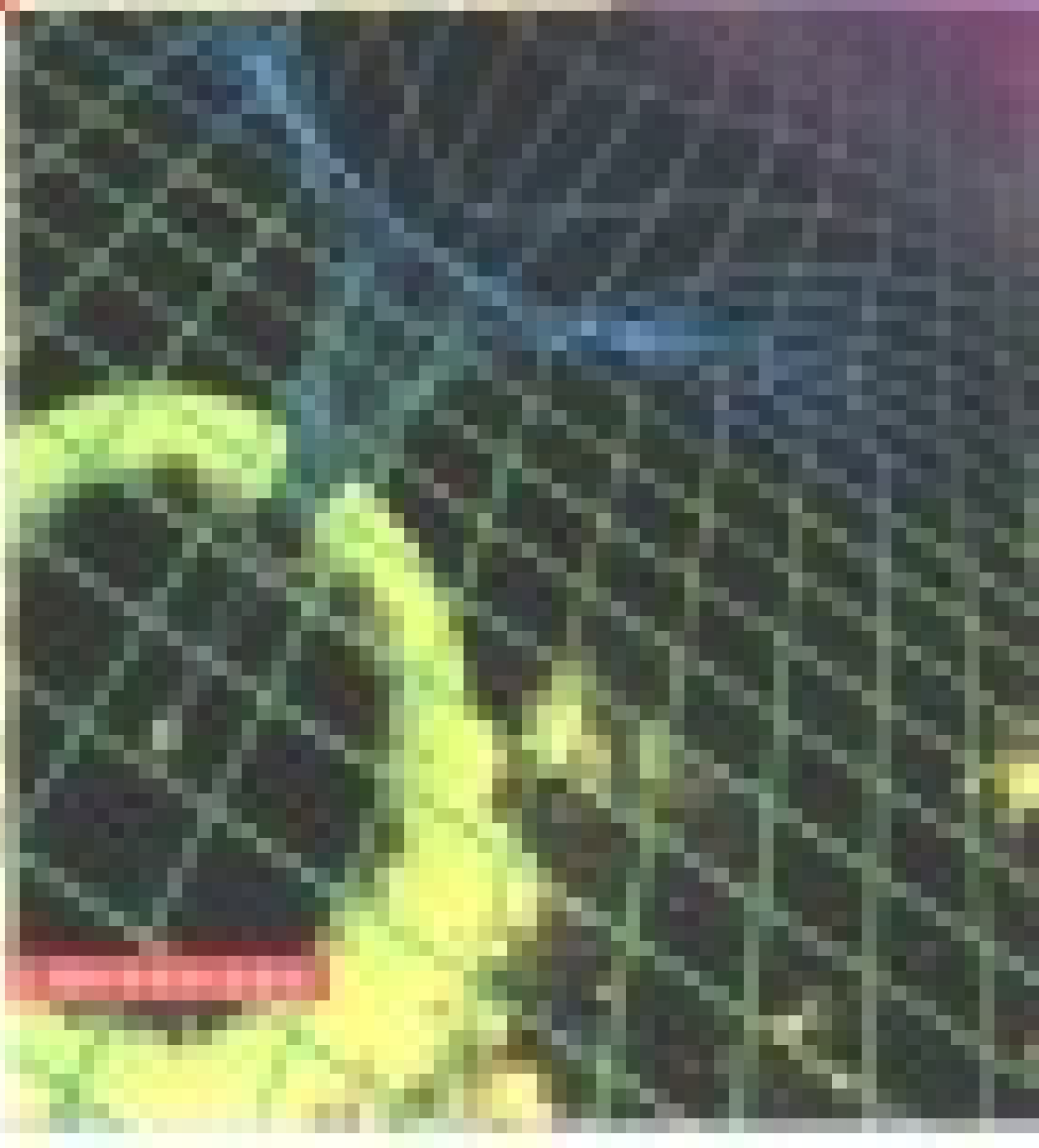
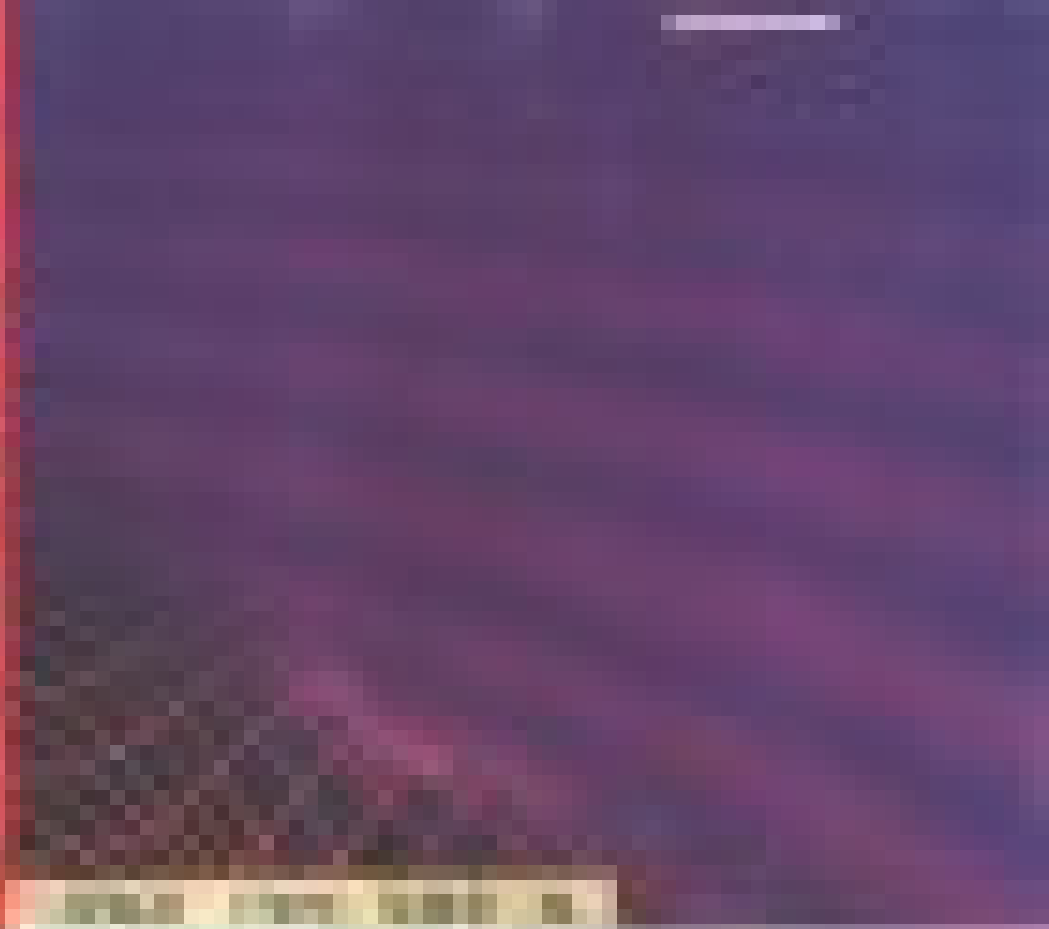
胡良剑 丁晓东 孙晓君 编

使用 MATLAB

上海科学技术出版社

清华大学

清华大学



数 学 实 验

使用 MATLAB

胡良剑 丁晓东 孙晓君 编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数学实验:使用 MATLAB/胡良剑,丁晓东,孙晓君编.
上海:上海科学技术出版社,2001.2
ISBN 7-5323-5900-X

I. 数... II. ①胡...②丁...③孙... III. 数学—
实验—应用软件, MATLAB IV. 01-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01466 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

上海书刊印刷有限公司印刷 新华书店上海发行所经销

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.25 字数 330 千

印数 1—4 000 定价:26.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

内 容 提 要

随着计算机技术的发展和市场需求的转变,“数学实验”成为 21 世纪教学内容和课程体系改革的突破口。它倡导将实验(主要指计算机软件技术)作为学习、研究和应用数学的一种新的手段。其主要范畴包括:数学软件的使用,实际问题的建模与求解,运用计算机手段加强学生对于数学理论的理解和提高学生对于数学的兴趣等。“数学实验”的一个鲜明特点是强调学生的主体性。

本书是在已有讲义的基础之上反复修订而成。它特别强调数学与计算软件的密切结合。内容非常丰富:13 个独立实验涉及工程数学的所有主要方面,并配有大量例题、习题和图表;在计算软件方面,使用 MATLAB 作为统一的计算平台,提供了一些实用的 MATLAB 扩充计算工具,还介绍了符号数学、统计学、样条函数和最优化 MATLAB 四个工具箱。

本书适合作为广泛普通高校工科专业及相关专业(如应用数学、计算机专业)“数学实验”课程教材和“数学建模”课程的实验部分教材,对于使用 MATLAB 进行科学计算的学生、教师和工程技术人员也不无裨益。

要想成为好的程序员,做学生时必须做实验。那种不愿自己摸索就指望完全弄懂的学生是不会成功的。

扎切里(J. L. Zachary)

序 言

随着生产发展和科技进步,特别是信息科学技术的迅速发展和广泛应用,作为一切科学和技术基础的数学的重要性越来越被人们所认识,各行各业对其需要人才的数学素质的要求也越来越高了。

然而,迄今为止大学数学教学体系和教学内容在很多地方仍然与几十年前甚至 20 世纪初的体系和内容几乎相同。数学课程奇怪地变成不少学生不喜欢的、枯燥无味的、不知何用的课程。

面临这一数学教学与社会需求严重脱节的现象,数学教学的改革就势在必行了。在美国由国家科学研究管理机构组织和协调,投入相当多的资金和人力,相继完成了“微积分改革”和“将数学及其应用贯穿到大学课程”两大改革项目。我国在世纪之交也出现了一个数学教学改革的高潮。

综观近年来国内外的数学教改,其做法主要是:

一、对现有的数学课程进行改革,删除陈旧的内容,简化形式推理和繁琐的技巧,实现逻辑推理、图形和数值计算的有机结合;同时在课程中适当增加有关数学应用的内容,包括数学在现代社会和新的科学技术中的应用实例和将实际问题归结为数学问题即数学建模的方法,以达到提高学生对数学的广泛应用性的认识,同时也使学生具备一定的用数学解决实际问题的能力。

二、设置一些新的课程,如数学建模课程,计算机科学和其他学科渗透到数学中或数学渗透到其他学科的交叉学科课程,以及学生运用计算机为手段,自己动手学习数学和认识数学的课程——数学实验课。

三、开发和应用服务于上述课程改革的或新开设课程的计算机辅助教学多媒体课件,或网络远程多媒体课件,甚至形成网络远程教学的课程。

胡良剑、丁晓东、孙晓君三位青年同志编写的《数学实验》教材,就是在这一波数学教改浪潮中出现的一本新教材。编者们在进行数学建模课程教学和组织学生参加数学建模竞赛实践的基础上编写了这本教材。他们力图在教材中体现出充分发挥学生在数学学习中的主体作用和能动作用,通过自己动手对数学进行“再发现”。编者选择了十三个非常重要和合适的主题,对每个主题都由浅入深地引导学生认识这些问题的数学本质,掌握方法和应用的精髓。尤其突出的是编者们对 MATLAB 软件有非常深入的研究和深刻的理解,从而使教材在将软件和数学方法相结合并充分发挥软件平台在数学实验课的作用方面有独到之处。

我认为这是一本适合于提高理工科学生数学素养和用数学解决实际问题能力的好教材,值得推广和应用。

谭永基

2000 年 12 月 24 日 于复旦大学

前 言

我国现行的工科数学教学体系基本沿用 20 世纪 50 年代末制定的方案,教学内容也一直 没有大的改变。30 多年来(略去文革十年)的教学实践表明,这一教学体系是基本成功的。但是,在我们踏入 21 世纪的今天,这一传统的教学体系正受到主要来自两个方面的冲击。

第一方面是**计算机技术的发展**。随着计算机数学运算软件(如 MATLAB、Mathematica、Maple、SAS、SPSS、Lindo,甚至 EXCEL)的广泛使用,工程师的主要数学运算工具已被计算机所取代。工程专业的学生对数学教育的需求重点正在从手工演绎和运算能力的培养转变到结合计算机进行建模、求解和论证能力的培养。而现行的数学教学体系未能及时适应这一转变,以致于一些工程专业的研究生导师发出“学数学有没有用”的疑问。

第二方面是**市场需求的转变**。近 10 年来,工科专业的主流培养目标已从工艺和制造人才的培养转化为技术创新和管理人才的培养。今天的工程师所面临的问题比以前要广泛得多,从而要求工科学生数学知识面有所拓展。然而,由于大学计算机和外语课时的普遍增加,学生在数学学习上的投入减少,而随着高校大幅度扩招,其培养目标正在从精英教育向大众化教育转变,生源平均数学基础能力有所下降。因此,普通高校数学教学要求不宜过高。

事实上,从事工科数学教学的教授们早就意识到教学改革的必要性。这方面一个重要改革方案是 20 世纪 80 年代末出台的“数学建模”课程,这一课程强化了学生应用数学和计算机解决实际问题的能力,获得了工程界的欢迎。但由于“数学建模”的综合性和开放性,起点较高,决定了它只适合于作为高年级的选修课,况且“数学建模”课程本身尚未能很好地解决运算工具问题。1996 年,中国工业与应用数学学会和全国高等学校数学与力学教学指导委员会,相继将“数学实验”列为面向 21 世纪教学内容和课程体系革新的突破口,并定位于理工科大学生数学教育的基础层。

什么是“数学实验”

我们认为,“数学实验”是现行数学教学体系上的一个补丁,以弥补这一传统体系在与现代计算机技术结合上的不足。“数学实验”倡导将实验(主要指计算机软件技术)作为学习、研究和应用数学的一种新的手段。因此,我们认为“数学实验”的主要范畴应包括:数学软件的使用,实际问题的建模与求解,运用计算机手段加强学生对于数学理论的理解和提高学生对于数学的兴趣等。“数学实验”区别于传统数学课程的鲜明特点是它强调学生的主体性,学生主要不再是通过教师的传授,而是通过自己的亲手实验去发现知识、获取知识。

本书的内容和特色

本书采用 MATLAB 作为软件平台,并首先安排一个预备实验介绍 MATLAB 的基础

知识。

13 个独立的实验是本书的主要内容,涉及高等数学、线性代数、概率论和数理统计、运筹学等课程知识。每个实验一般以一个作为引例的实际问题的数学模型开头,然后复习相关的数学基本概念和定理,接着介绍一些最基本的数值计算方法和 MATLAB 函数命令的使用,再后面是实验例题和习题。这些题目主要有三种类型:使用数学软件的计算题、实际问题的建模求解题和数学理论的演示理解题;进一步的内容放在补充知识中,供同学作为进一步学习的参考。

本书附录列出了 MATLAB 及其四个工具箱(符号数学、统计学、样条函数和最优化)的命令。书的最后是习题答案和参考文献。

本书预备实验、实验一至实验八由胡良剑编写,实验九至实验十三由丁晓东和孙晓君编写,其余部分由三人共同编写。

本书正式出版前已作为内部讲义在东华大学信息学院和机械学院教学实践两年,并经过三次修改。与国内外先期出版的同类教材相比,本书具有以下特色:

1. 使用 MATLAB 作为统一的计算平台。我们认为采用统一的软件平台是恰当的,因为多个平台会给学生的学习增加难度。我们选用 MATLAB 是因为它较适合于数值计算且已经被很多工程师所采用。

2. 将数学理论方法与计算机软件技术密切结合。一方面,我们详细介绍了相关 MATLAB 命令的使用方法,所有的例题都使用计算机程序或命令求解,从而充分利用了数学软件的功能;另一方面,对于计算机的局限性和容易进入的误区进行了明晰的阐述。通过这样的实验,学生能恰当处理数学理论与计算机技术的关系,更有效地解决实际问题。

3. 选材较为通俗易懂。主要内容围绕工科数学最重要的几门基础课,而数理统计和运筹学部分的实验,即使没有系统学过理论知识的学生也能做;应用题主要取材于日常社会和经济生活,而不涉及应用领域的专门知识;数值计算方法只介绍最基本的思想方法,而不涉及复杂的算法。

4. 介绍了符号数学、统计学、样条函数和最优化四个工具箱并提供了一些实用的 MATLAB 扩充计算工具。包括这些工具箱一些常用命令和若干实用算法的 MATLAB 程序,如重积分、Runge-Kutta 法、整数规划、图论优化和动态规划等。

使用 说 明

本书主要作为普通高校工科专业及相关专业的“数学实验”课程教材和“数学建模”课程的实验部分教材。对于使用 MATLAB 进行科学计算的学生、教师和工程技术人员,也是一本有价值的入门参考书。

本书中的实验需要有以下软件支持:

MATLAB (Version 5.2 以上版本);

MATLAB Extended Symbolic Math;

MATLAB Statistics Toolbox;

MATLAB Spline Toolbox;

MATLAB Optimization Toolbox。

书中所有程序在 MATLAB5.3 调试通过。除少数几个程序外,均在 MATLAB5.2 调试通过。

本书 13 个实验主要分为三个部分。第一部分是线性代数和高等数学实验,包括实验一~实验五;第二部分是概率统计和曲线拟合实验,包括实验六~实验八;第三部分是运筹学和图论算法实验,包括实验九~实验十三。各部分基本没有联系,使用者可根据教学需要灵活安排,可以单独开课,也可作为教学插件融合于相关课程中。作者推荐两种安排方式:

1. 少学时(28~32 学时)方式:可完成预备实验和第一部分。每个单元 4 学时,其中包括教师讲授 2 学时,学生上机 2 学时(或者教师讲授 1 学时,学生上机 3 学时)。这样的实验适合于在大学二年级开设。

2. 多学时(48~64 学时)方式:可完成全部实验。每个单元 3~5 学时,其中包括教师讲授 1~2 学时,学生上机 2~3 学时。这样的实验适合于在大学三年级开设。

我们在东华大学的教学中是采用少学时方式讲授预备实验和第一部分实验,而在“数学建模”课程中讲授了其余部分。我们在教学实践中还制作了数学实验工具箱(包括常用 MATLAB 命令的在线中文帮助和本书所有 M 文件)和配套多媒体教学课件。感兴趣的读者请与作者联系。

通信地址:东华大学应用数学系(200051)

电 话:(021)62373741

电子邮箱:ljhu@dhu.edu.cn

限于编者的水平,不妥和错误之处在所难免,殷切期望专家、同行和广大读者批评指正。

致 谢

本书在写作和出版过程中得到了许多的帮助。东华大学教务处课程建设基金和上海市教委重点课程建设基金先后提供了研究经费。东华大学冯玉瑚教授直接参与了本书初期的策划,并给予了始终如一的坚定支持。在本书的写作过程中,东华大学李绍宽教授提供了宝贵的指导和帮助。东华大学应用数学系叶海平老师和朱兴龙老师同我们一起进行了两年教学实践,提出了许多修改建议。东华大学应用数学系胡盈、严梅、俞成、范丹丹、陈薇薇、薛丹和田增锋同学仔细阅读了书稿并提供了部分习题答案。在此我们一并表示感谢。

我们还要特别感谢复旦大学数学系谭永基教授,他一直积极倡导数学教学改革,在百忙之中为本书作序,给予我们巨大的关怀和鼓励。

作 者

2000 年 6 月于东华大学

目 录

序言

前言

预备实验	MATLAB 基础	1
§ 0.1	MATLAB 入门	1
§ 0.2	矩阵和数组运算	4
§ 0.3	图形	8
§ 0.4	程序设计	12
§ 0.5	在线帮助和文件管理	16
§ 0.6	符号数学工具箱	17
§ 0.7	习题	19
实验一	投入产出平衡 矩阵和线性方程组	20
§ 1.1	引例:国民经济投入产出综合平衡	20
§ 1.2	数学理论复习:线性代数	21
§ 1.3	线性代数运算 MATLAB 命令	22
§ 1.4	实验例题	26
§ 1.5	实验习题	28
§ 1.6	补充知识:Gauss 消去法和病态方程组	30
实验二	购房贷款的利率 非线性方程和迭代	34
§ 2.1	引例:购房贷款的利率	34
§ 2.2	数学理论复习:非线性方程(组)	35
§ 2.3	数值解法:图解法和迭代法	35
§ 2.4	解方程和方程组的 MATLAB 命令	37
§ 2.5	实验例题	38
§ 2.6	实验习题	39
§ 2.7	补充知识:认识混沌	40
实验三	最佳订货量 极限、导数和极值	45
§ 3.1	引例:最佳订货量问题	45
§ 3.2	数学理论复习:微分学	46
§ 3.3	数值微分	48
§ 3.4	求极限、导数和极值的 MATLAB 命令	48
§ 3.5	实验例题	50
§ 3.6	实验习题	52
§ 3.7	补充知识:计算的局限性	54

实验四 数学家的生日蛋糕 积分	57
§ 4.1 引例:数学家的生日蛋糕	57
§ 4.2 数学理论复习:积分	58
§ 4.3 数值积分:梯形法和重积分	59
§ 4.4 求积分的 MATLAB 命令	61
§ 4.5 实验例题	63
§ 4.6 实验习题	65
§ 4.7 补充知识:变步长积分法	66
实验五 导弹系统的改进 微分方程	69
§ 5.1 引例:导弹系统的改进	69
§ 5.2 数学理论复习:常微分方程	70
§ 5.3 微分方程数值解法:Euler 法	71
§ 5.4 解微分方程的 MATLAB 命令	72
§ 5.5 实验例题	74
§ 5.6 实验习题	76
§ 5.7 补充知识:稳定性	77
实验六 零件参数设计 随机模拟	81
§ 6.1 引例:零件参数设计	81
§ 6.2 数学理论复习:概率论	81
§ 6.3 随机模拟原理	83
§ 6.4 数据分析和随机数生成的 MATLAB 命令	84
§ 6.5 实验例题	87
§ 6.6 实验习题	90
§ 6.7 补充知识:小概率陷阱	90
实验七 身高、体重与体育成绩 统计推断	94
§ 7.1 引例:学生的身高、体重与体育成绩	94
§ 7.2 数学理论复习:数理统计的基本概念	95
§ 7.3 MATLAB 统计分析工具箱	96
§ 7.4 统计推断方法	97
§ 7.5 实验例题	101
§ 7.6 实验习题	104
§ 7.7 补充知识:非线性回归	106
实验八 凸轮设计 插值与拟合	114
§ 8.1 引例:万能拉拔机凸轮设计	114
§ 8.2 理论基础:数据插值和拟合	115
§ 8.3 数据拟合 MATLAB 命令	116
§ 8.4 实验例题	120
§ 8.5 实验习题	124
§ 8.6 补充知识:样条函数工具箱和二元插值	125

实验九 最佳连续投资方案 线性规划	131
§ 9.1 引例:最佳连续投资方案.....	131
§ 9.2 线性规划基本理论复习	132
§ 9.3 求解线性规划的 MATLAB 命令	134
§ 9.4 实验例题	135
§ 9.5 实验习题	137
§ 9.6 补充知识:单纯形算法.....	138
实验十 飞行管理问题 非线性规划	146
§ 10.1 引例:飞行管理问题	146
§ 10.2 非线性规划基本理论复习.....	148
§ 10.3 求解非线性规划的 MATLAB 命令.....	150
§ 10.4 实验例题.....	152
§ 10.5 实验习题.....	155
§ 10.6 补充知识:非线性规划算法	156
实验十一 货车装货方案 整数规划	158
§ 11.1 引例:货车装货方案	158
§ 11.2 整数线性规划基本理论复习.....	159
§ 11.3 整数线性规划分枝定界法 MATLAB 程序.....	161
§ 11.4 0-1 型整数线性规划	163
§ 11.5 0-1 型整数线性规划计算的 MATLAB 程序	163
§ 11.6 实验例题.....	165
§ 11.7 实验习题.....	169
实验十二 通信联络网的建立 图与网络优化	171
§ 12.1 引例:通信联络网的建立	171
§ 12.2 图与网络的基本理论复习.....	171
§ 12.3 Kruskal 算法与 Dijkstra 算法的 MATLAB 程序	173
§ 12.4 实验例题.....	175
§ 12.5 实验习题.....	178
实验十三 生产计划的制定 动态规划	180
§ 13.1 引例:生产计划的制定	180
§ 13.2 动态规划的基本理论复习.....	181
§ 13.3 动态规划逆序算法的 MATLAB 程序.....	183
§ 13.4 实验例题.....	185
§ 13.5 实验习题.....	191
附录 A MATLAB 函数命令索引表	193
附录 B MATLAB 工具箱函数命令索引表	201
习题参考答案	209
参考文献	213

预备实验 MATLAB 基础

本预备实验从数学实验课程的需要出发,介绍 MATLAB 一些必要的基础知识。我们并不要求初学者能很快掌握所有内容,读者只要通过本预备实验,理解 MATLAB 的一些特征,为后继实验打下基础就足够了。其中较深的内容(特别是打 * 号部分)可留待以后慢慢消化。

§ 0.1 MATLAB 入门

启动 MATLAB 后,就进入 MATLAB 命令窗口(Command Window)或称工作空间(Workspace),见图 0-1。若你的 MATLAB 装在英文 Windows 中会出现提示符»,在提示符后键入任意合法命令,回车后 MATLAB 立即运算并显示结果。若 MATLAB 装在中文 Windows 中,这一提示符是看不见的,但它仍占据一定的位置。本书约定

- (1) 所有在命令窗口输入的命令都用 Courier New 字体,并以»开头,请读者注意为系统提示符,不要以为是输入字符。
- (2) 显示结果用 Times New Roman 字体。
- (3) %号后面的文字用于注释,并不参与运算,实验时也不必输入。

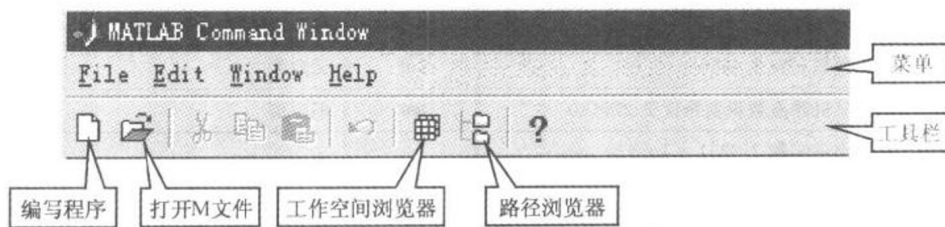


图 0-1 命令窗口菜单与工具栏

1. 简单的运算

看一个简单的例子,计算

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3, \text{其中 } r = 2$$

用 MATLAB 计算如下,

```
» r = 2;           %分号“;”使此运算结果不显示
» v = 4/3*pi*r^3   %没有分号,显示结果
v =
    33.5103        %系统直接显示结果,就像计算器那样
```

注:(1) MATLAB 命令书写格式灵活,可多命令写一行,也可一个命令写多行。同一行命令

用逗号或分号分开,若命令很长,一行不够,可用三点“...”续行。

(2) MATLAB 允许使用 $\uparrow \downarrow \leftarrow \rightarrow$ 键来编辑前面的命令。试一试你就明白了。

2. 变量和数据

(1) 变量类型

MATLAB 使用变量最常用的有数值数组(double array)和字符串(char array)两类。所有数值变量以双精度(double)方式存储,不区分整数、实数、复数等,变量类型和数组大小也无需预先定义,例如

```
» a = 1 + 2 * i
a =
    1.0000 + 2.0000i      %复数
» a1 = 'This is a string'
a1 =
This is a string        %字符串
» A = [1  2; -1  3]
A =
     1     2
    -1     3      %二维数组,即矩阵
```

(2) 常量和特殊变量

MATLAB 中一些常用的常量见表 0-1。

表 0-1 常量一览表

常量名	说明	常量名	说明
i 或 j	虚数单位 $\sqrt{-1}$	realmax	最大正实数 1.7977×10^{308}
pi	圆周率 $\pi = 3.1415\dots$	Inf	无穷大
eps	计算机浮点数识别精度 2.22×10^{-16}	NaN	不定值
realmin	最小正实数 2.2251×10^{-308}		

ans 是系统本身一个特殊变量名,若运算结果没有赋予任何变量,系统就自动将其赋予 ans。

(3) 变量查询和清除

MATLAB 命令窗口中用户变量可用 who 或 whos 查询,键入

```
» who
Your variables are:
A      a      a1      r      v
» whos
Name    Size    Bytes  Class
A       2x2     32     double array
a       1x1     16     double array (complex)
a1     1x16     32     char array
r       1x1     8      double array
v       1x1     8      double array
```

Grand total is 23 elements using 96 bytes

以上信息也可从工具栏中的工作空间浏览器(Workspace Browser)观察到。

变量的值可通过键入变量名得到,例如

```
» a %显示 a 的值
```

```
a=
```

```
1.0000+2.0000i
```

若命令窗口中有些变量不再使用,可使用命令 clear 来清除。

```
» clear a A %清除变量 a 和 A
```

```
» a
```

```
??? Undefined function or variable a. %说明 a 已清除
```

```
» a1
```

```
a1=
```

```
This is a string %a1 未清除
```

```
» clear %清除工作空间所有变量(慎用!)
```

注意 clear 与菜单 Edit\Clear session 的区别。后者作用是将稿纸(窗口显示)擦干净。

(4) 变量命名规则

MATLAB 变量名总以字母开头,由字符、数字和下划线组成。有效字符长度为 31 个,且区分大小写,如 a 与 A 表示不同变量。用户在定义变量时,要尽量防止它与系统的常量名、特殊变量名、函数名等冲突,系统不会告诉你冲突发生,造成的后果是系统有些原来的功能暂不能使用。当这些变量被清除或 MATLAB 重新启动后,这些功能得以恢复。

(5) 数据显示格式

MATLAB 缺省的数据显示格式为:当结果为整数,就作为整数显示;当结果是实数,以小数点后 4 位的精度显示。若结果的有效数字不在这一范围,以科学计数法显示(如 $1e-6$ 表示 10^{-6})。数据显示格式可通过命令 format 改变。需要指出的是,显示格式的改变不会影响数据的实际值,所以不会影响计数精度。其计数精度约为 16 位有效数字。

```
» c = pi
```

```
c=
```

```
3.1416
```

```
» format rational; c
```

```
c=
```

```
355/113 %最接近的有理数之一
```

```
» format long; c
```

```
c=
```

```
3.14159265358979 %小数点后 14 位
```

```
» format; c
```

```
c=
```

```
3.1416 %恢复
```

MATLAB 还允许使用 fprintf 格式化输出,其使用方法与 C 语言基本一致。

```
» fprintf(' %20.6f', c)
```


(6) 数据保存和调用

当我们退出 MATLAB 时,命令窗口中变量不复存在。为了保留变量值,我们可在退出之前用命令 `save` 将变量连同它的值用二进制方式存储在数据文件中(详见 `save` 的帮助信息)。例如

```

» A = [1, 2; -1, 3];
» save          %所有变量和数据写入数据文件 matlab.mat
好了,现在退出 MATLAB,再次启动,用
» A
??? Undefined function or variable A.    %工作空间是空的
» load          %从 matlab.mat 调出
» A
A=

```

```

     1     2
    -1     3          %说明矩阵 A 已存在于命令窗口

```

菜单 `File/Save workspace as` 的功能与 `save` 命令等价。需要注意的是,`save` 只能保存变量和数据,不能保存命令(保存命令行须通过程序设计 M 文件方式实现,见 § 0.4)。

为了与其他应用程序交换数据,可能需要用 ASCII 码方式或格式化文件来传递数据。`save` 和 `load` 提供了写和读 ASCII 码数据文件的选项(详见 `save` 和 `load` 的帮助信息)。MATLAB 还允许使用 C 语言读写命令 `fprintf`, `fscanf`, `fopen`, `fread` 等来传递格式化数据文件,其使用格式与 C 语言基本一致。

§ 0.2 矩阵和数组运算

MATLAB 基本数据单元是无需指定维数的矩阵,标量可看作 1×1 矩阵, n 维行向量或列向量分别可看作 $1 \times n$ 或 $n \times 1$ 矩阵。

1. 矩阵的输入

输入矩阵最基本的方法是直接输入矩阵的元素,用中括号 `[]` 表示矩阵,同行元素间用空格或逗号分隔,不同行间用分号或回车分隔,例如

```

» clear; a = [1, 2, 3; 4, 5, 6; 7, 8, 9]

```

```

a=

```

```

     1     2     3
     4     5     6
     7     8     9

```

或

```

» a = [1 2 3          %这种方式特别适用于大型矩阵
      4 5 6
      7 8 0]

```

```

a=

```

```

— 4 —

```