



同济大学本科教材出版基金资助

数学实验 (下册)

同济大学数学科学学院 陈雄达 关晓飞 殷俊锋 张华隆 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



同济大学本科教材出版基金资助

数学实验 (下册)

同济大学数学科学学院 陈雄达 关晓飞 殷俊锋 张华隆 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是数学实验教材实践篇,全书包括 18 个实验,主要介绍数学工具解决实际问题的各种常用方法与模型.本书各个实验相对独立,并配备有一定的实验题和开放题.通过本课程的学习,学生能够熟悉和掌握常见的数学问题和数学工具,加深对应用数学的理解,并解决一些较为基本的实际问题.本书可以作为大学理工科低年级学生的数学实验教材,也可以作为一般技术管理人员的应用数学参考书.

图书在版编目(CIP)数据

数学实验.下册/陈雄达等编. —上海:同济大学出版社,2018.3

ISBN 978-7-5608-7752-5

I. ①数… II. ①陈… III. ①高等数学—实验—高等学校—教材 IV. ①O13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 036590 号

数学实验(下册)

同济大学数学科学学院 陈雄达 关晓飞 殷俊锋 张华隆 编
责任编辑 张 莉 蔡梦茜 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店
印 刷 常熟市大宏印刷有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 10
字 数 200 000
版 次 2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-7752-5

定 价 26.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

20 世纪 90 年代以来,数学建模和数学实验课程的创建、完善是大学数学教育的一个重要创新.得益于计算机技术的发展,MATLAB, MAPLE 和 MATHEMATICA 软件出现,并广泛地应用于数学实践,数学实验和数学建模课程蓬勃发展起来.

实践证明,数学实验课程可以让学生变被动学习为主动学习,积极探索高等数学、线性代数和概率论中的一些课题,学会利用数学软件来辅助理解抽象的数学概念,尝试把这些数学概念和方法初步应用于解决实际问题,从而激发学生自主学习的热情,最终提高学生的数学综合能力和数学素养.

本套教材上册是基础知识,下册为实践应用,采用 MATLAB6.2 和 6.5 版本为标准,内容包括以高等数学、线性代数、概率论等课程为基础的一些简化数学模型和数学方法的介绍.本书内容安排上使各个实验相互独立,每个实验都配备了一定的基础实验题,学生可以选择适合自己程度的题目进行实践,从而加深对相应数学理论的理解;也配备一定的数学建模题目,可供读者深入研究类似背景下的数学建模问题.本书共 18 个实验,教师教学时可以有针对性的选择,每个实验的内容都多于 2 个课时,课堂内可以只介绍基本的思想和方法,具体实现细节可以安排学生课后完成.

通过本书的学习,学生可以深入理解数学建模相关的基本方法和思想,培养学生自己运用数学建模方法,着手解决一些较为初步的数学实际应用问题.

参加本书编写的有陈雄达、关晓飞、殷俊锋和张华隆.第 1—4 章由陈雄达编写,第 5—9 章由关晓飞编写,第 10—14 章由殷俊锋编写,第 15—18 章由张华隆编写,全书由陈雄达统稿.

由于编者学识所限,本书难免有错误或者不妥之处,欢迎读者提出宝贵意见.

作 者

2017 年 10 月于同济园

目 录

前言

第 1 章 数据的存储与读写	1
1.1 实验导读	1
1.2 实验目的	1
1.3 实验内容	1
1.3.1 纯文本格式读写	1
1.3.2 mat 内置格式读写	3
1.3.3 xls 文件	4
1.3.4 图形文件	5
1.3.5 声音文件	6
1.4 练习题	7
第 2 章 错装问题漫谈	8
2.1 实验导读	8
2.2 实验目的	8
2.3 实验内容	9
2.3.1 MATLAB 产生排列及组合的命令	9
2.3.2 错装问题	10
2.3.3 夫妇圆周问题	11
2.3.4 手机屏锁问题	12
2.4 练习题	12
第 3 章 假设检验实验	14
3.1 实验导读	14

3.2	实验目的	15
3.3	实验内容	15
3.3.1	总体均值的假设检验	15
3.3.2	总体方差的假设检验	18
3.3.3	其他假设检验	20
3.4	练习题	21
第 4 章	自动报警实验	22
4.1	实验导读	22
4.2	实验目的	22
4.3	实验内容	22
4.3.1	2 台报警器	22
4.3.2	3 台报警器	23
4.3.3	n 台报警器	23
4.4	练习题	24
第 5 章	插值实验	26
5.1	实验导读	26
5.2	实验目的	26
5.3	实验内容	26
5.3.1	拉格朗日多项式插值	26
5.3.2	分段线性插值	29
5.3.3	样条插值	31
5.3.4	二维插值	33
5.3.5	散乱节点插值	34
5.4	练习题	36
第 6 章	马尔可夫链实验	38
6.1	实验导读	38
6.2	实验目的	38

6.3	实验内容与要求	39
6.3.1	随机过程	39
6.3.2	马尔可夫链及其转移概率	39
6.4	练习题	42
第7章	数据拟合实验	45
7.1	实验导读	45
7.1.1	最小二乘法	45
7.1.2	最小二乘优化	46
7.2	实验目的	47
7.3	实验内容	47
7.3.1	多项式拟合	47
7.3.2	最小二乘曲线拟合	48
7.4	练习题	51
第8章	随机游走实验	52
8.1	实验导读	52
8.2	实验目的	52
8.3	实验内容	53
8.3.1	随机游走程序	53
8.3.2	布朗运动	56
8.4	练习题	56
第9章	差分方程实验	58
9.1	实验导读	58
9.2	实验目的	58
9.3	实验内容	58
9.3.1	线性差分方程的基本理论	58
9.3.2	线性差分方程的解法	59
9.3.3	差分方程的应用	60

9.4 练习题	64
第 10 章 线性规划实验	65
10.1 实验导读	65
10.2 实验目的	65
10.3 实验内容	66
10.3.1 无约束优化问题	66
10.3.2 简单的线性规划	68
10.3.3 线性规划建模	70
10.3.4 线性规划综合案例	73
10.4 练习题	77
第 11 章 整数规划实验	79
11.1 实验导读	79
11.2 实验目的	79
11.3 实验内容	79
11.3.1 整数规划案例	79
11.3.2 0-1 规划	83
11.4 练习题	87
第 12 章 常微分方程实验	89
12.1 实验导读	89
12.2 实验目的	89
12.3 实验内容	89
12.3.1 常微分方程的建立及解析解	89
12.3.2 常微分方程的数值解法	91
12.4 练习题	96
第 13 章 非线性规划实验	98
13.1 实验导读	98

13.2	实验目的	98
13.3	实验内容	98
13.3.1	二次规划问题的求解	98
13.3.2	一般约束最优化问题求解	100
13.3.3	非线性规划实验	102
13.4	练习题	107
第 14 章	加密和解密实验	108
14.1	实验导读	108
14.2	实验目的	108
14.3	实验内容	108
14.3.1	凯撒移位密码	108
14.3.2	希尔密码	110
14.4	其他加密方法	112
14.5	练习题	113
第 15 章	生物数学实验	114
15.1	实验导读	114
15.2	实验目的	114
15.3	实验内容 with 要求	114
15.3.1	传染病模型	114
15.3.2	动物种群竞争依存模型	119
15.4	练习题	122
第 16 章	零件参数设计实验	123
16.1	实验导读	123
16.2	实验目的	123
16.3	实验内容	123
16.3.1	模型建立	124
16.3.2	模型求解及算法设计	127

16.3.3	程序与计算结果·····	128
16.4	练习题·····	131
第 17 章	捕鱼模型实验 ·····	132
17.1	实验导读·····	132
17.2	实验目的·····	132
17.3	实验内容·····	132
17.3.1	建模分析·····	133
17.3.2	鱼群生长变化示意图·····	133
17.3.3	模型思路·····	134
17.3.4	模型假设·····	134
17.3.5	模型建立·····	134
17.3.6	模型总体结构·····	138
17.3.7	模型求解·····	138
17.4	练习题·····	139
第 18 章	球队排名实验 ·····	140
18.1	实验导读·····	140
18.2	实验目的·····	140
18.3	实验内容·····	140
18.3.1	模型分析·····	141
18.3.2	模型假设·····	142
18.3.3	特征向量法模型·····	142
18.3.4	编程求解·····	144
18.4	练习题·····	147
	参考文献 ·····	148

第 1 章 数据的存储与读写

1.1 实验导读

数据的操作处理是处理实际问题不可或缺的一个步骤. 数据格式、表现形式以及数据在设备中的读取, 对于实际问题的解决都是必须了解的事情. 除了数字本身, 图像、声音、文本等也都是数据; 计算机系统中各种文件有不同的格式, 实际上也是数据的格式, 不同的软件也允许有不同的读写方法.

1.2 实验目的

1. 了解数据的各种表现形式;
2. 学会使用 MATLAB 读写数据文件;
3. 学会使用 MATLAB 解读具体的声音图像文件.

1.3 实验内容

1.3.1 纯文本格式读写

MATLAB 中可以采用命令 `save` 和 `load` 直接以纯文本的方式存储和读取数据. 这些数据保存成为文本文件, 可以用 Windows 下的 Notepad 或者其他诸如 Textpad 等应用打开.

`save` 命令的基本格式是

```
save filename X Y Z A *-ascii
```

该命令把变量 `X`, `Y`, `Z` 及所有名字以 `A` 开始的变量以纯文本的形式存放在文件 `filename` 中. 这里, `*` 是通配符, 可以匹配任意长度的任意字符串. 该文本文件只保存数据, 并不保存数据的名称. 可以用如下命令把这些数据读出:

```
load-ascii filename
```

实验 1.1: 纯文本数据文件的读取

例题 生成一个 4 阶幻方矩阵, 写进文件 a.txt 中, 然后再把它从命令行上读出.

解 编写程序如下:

```
>>clear                %清除所有变量
>>who                  %查看清除结果
>>A=magic(4)           %产生幻方矩阵
A=
    16     2     3    13
     5    11    10     8
     9     7     6    12
     4    14    15     1

>>save a.txt A -ascii  %以纯文本格式保存
>>! notepad a.txt       %以 windows 的 notepad 打开
                        %! 运行 MATLAB 外部的命令

>>clear                %清除变量
>>load a.txt -ascii     %载入数据文件 a.txt
>>who
Your variables are:
a                        %这时候文件名是小写 a, 变量名也是 a
>>a
a=
    16     2     3    13
     5    11    10     8
     9     7     6    12
     4    14    15     1
```

如果你不喜欢 MATLAB 的这种数据文件格式, 可以采用格式输入和格式输出的方式. 该格式使用命令 fprintf 和 fscanf. fprintf 命令可以往屏幕上显示数据, 也可以往文件中写入数据.

实验 1.2: 数据文件的写入

例题 在文件 sin.txt 中写入 $0^\circ \sim 89^\circ$ 间隔为 1° 的正弦值, 第一行为 $0^\circ \sim 9^\circ$, 以后每行都比上一行多 10°, 每一个正弦值都保留 3 位小数.

解 编写程序如下, 把文件保存为 tablesin.m:

```
fid=fopen('sin.txt','w');    %打开 建立文件 sin.txt, 可写入 (write)方式
fprintf(fid, '%s', blanks(7)); %首行开始的空格
fprintf(fid, '%7d', 0:9);
```

```
for i=0:8,
    fprintf(fid, '\n%7d', i*10);
    for j=0:9,
        theta=i*10+j;
        t=theta*(pi/180);           %换算成弧度
        fprintf(fid, '%7.3f', sin(t)); %你的 MATLAB 或许有 sind
    end
end
fprintf(fid, '\n');
fclose(fid);
```

其中, fid 是文件标识 (file id), 在 MATLAB 的 fprintf 和 fscanf 命令调用格式中, 第一变量可以是文件标识. 若没有这个变量则直接在屏幕上写出, 或者在屏幕上 (命令窗口) 交互式读入. 可以进行如下的演示:

```
>> tablesin
>> type sin.txt
```

1.3.2 mat 内置格式读写

MATLAB 内置的数据文件标准格式是 mat 格式, 即为二进制格式. 读写的命令与文本格式一样, 仅是把选项 -ascii 去掉, 或者改成 -mat:

```
save filename X Y Z A*
load filename
```

mat 格式的文件本身包含了变量的数据及变量名称, 所以一个文件可以保存多个变量, 且可以用选项 -append 进行追加存入.

实验 1.3: 二进制文件格式的读写

在命令行上演示如下:

```
>> A=magic(3);
>> A2=0:2:10;
>> save a.mat A*
>> clear
>> load a
>> who
```

Your variables are:

A A2

可以看到, 装入数据文件后, 同时载入了两个变量.

1.3.3 xls 文件

MATLAB 的命令 `xlswrite` 可以在 Excel 文件中写入数据,甚至也可以在指定的表单指定的位置中写入数据.

实验 1.4: 班级成绩

例题 已知有如下的数据,写入 Excel 文件 “Grade2. xls” 的班级 1 (Class1) 表单中,并把每个同学的平均分写到最后一列:

Name	Student ID	Math	English	Computer	Physics
Shan Zhang	1152733	90	87	95	79
Si Li	1176658	92	90	78	87
Mei Han	1176672	89	92	93	90

解 可以用如下的程序实现:

```
% %myxlswrite.m
headers= {'Name', 'StudentID', 'Math', 'English', 'Computer', 'Physics', 'Average' };
Name= {'ShanZhang'; 'SiLi'; 'MeiHan' };
id= [1152733 1176658 1176672]';
Score= [90 87 95 79; 92 90 78 87; 89 92 93 90];
Aver=mean (Score, 2);
xlswrite (Grade2. xls', headers, 'Class1');           %写入左上角
xlswrite (Grade2. xls', Name, 'Class1', 'A2');        %写入指定位置 A2
xlswrite (Grade2. xls', id, 'Class1', 'B2');
xlswrite (Grade2. xls', [ScoreAver], 'Class1', 'C2');
```

如果你想从文件中读出数据,可以使用命令 `xlsread`. 该命令使用格式同命令 `xlswrite`. 例如,从上述数据文件中读出所有数学成绩可以使用

```
>>mathscore=xlsread ('Grade2. xls', 'Class 1', 'C2:C4')
```

实验 1.5: 数据查询

例题 利用上述的 Excel 文件,输入一个科目,找出该科目最高分学生的名字.

解 编写程序如下:

```
% %myxlsread.m
subj=input (Enter a subject: ', 's');    %可以不输入引号
for col='C': 'F',
```

```

[mp,subj]=xlsread ('Grade2.xls','Class1',[col'1']);    %读出文本
if strcmpi (subj,subjx),
    score1=xlsread ('Grade2.xls','Class1',[col'2': col'4']);
    [maxscore, ind]=max (score1);
    [mp, name1]=xlsread ('Grade2.xls','Class1',[A'num2str (nd+1)]);
                                                    %读出的是 Cell 结构
    fprintf ('The best score in subject %s is %s\n', subj, name1 {1});
end
end

```

1.3.4 图形文件

MATLAB 的命令 `imread` 和 `imwrite` 可以实现图形文件的读和写. 命令 `image` 也可以简单地把矩阵画成图形. 一个图形, 特别是位图, 它的每一点都有自己的颜色值, 位图的点阵大小可能有各种不同的尺寸, 例如 257×250 , 这样就会形成一个 257×250 的矩阵. 当然, MATLAB 也支持其他的图形格式, 例如, 计算机常见的颜色模型是三原色模型 (RGB 值).

实验 1.6: 载入图形

例题 载入 MATLAB 中的地球的图形, 并画出.

解 MATLAB 中地球的图形存放在 `earth.mat` 中, 可以如下载入:

```

>>load earth
>>image (X);
>>colormap (map)
>>axis off;

```

在命令行输入 `X`, 可以看到, 图形数据和一般的矩阵并无太大区别.

实验 1.7: 颠倒图形

例题 载入某个图形, 并画出它和它倒过来看的图形.

解 编写程序如下:

```

function upsidedown
%上下颠倒图像
fn=input ('the file name of image: ', 's');
[A, map]=imread (fn);
figure ('position', [50 50 900 400]);
fork=1:2,
    subplot (1, 2, k);

```

```

image(A);
colormap(map);
axis off;
A=rot90(A, 2);
end

```

运行 upsidedown:

```
>> upsidedown
```

the file name of image: 6beers.gif

可以得到如图 1.1 的图形.

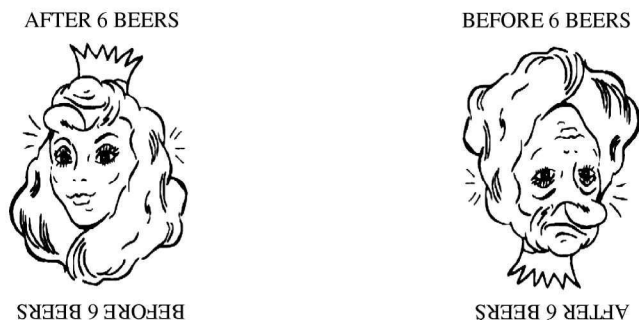


图 1.1 上下颠倒的图形

1.3.5 声音文件

MATLAB 可以读取、保存声音,甚至可以合成声音.下面以 MATLAB 内置的 Handel 的合唱为例说明,关于声音的合成可以在网络上搜集到很多例子.

实验 1.8: 载入声音

例题 准备好耳机或者音箱,载入 Handel 的合唱,并画它的图形.

解 编写程序如下:

```

>> load handel
>> who
Your variables are:
Fs y
>> sound(y, Fs)
>> plot(y)

```

在命令行输入 y, 可以看到,声音数据和一般的数据文件并无太大区别.

1.4 练习题

1. 学着自己使用 `fscanf` 命令从文件中读出数据.
2. 分别生成 4, 5, 6 阶幻方, 把幻方矩阵保存在 MATLAB 数据文件中.
3. 分别生成 4, 5, 6 阶幻方, 把幻方矩阵保存在 xls 文件中.
4. MATLAB 中有数据文件 `clown.mat` 存放着一个小丑的图形, 在屏幕上画出这个图形.
5. 如图 1.2 是 MATLAB 中 Handel 水上音乐的声波图形. MATLAB 内置了一些声音文件, 如鸟鸣(`chirp`), 火车汽笛(`train`), 锣声(`gong`), 你能直接在命令行中播放出这些声音吗?

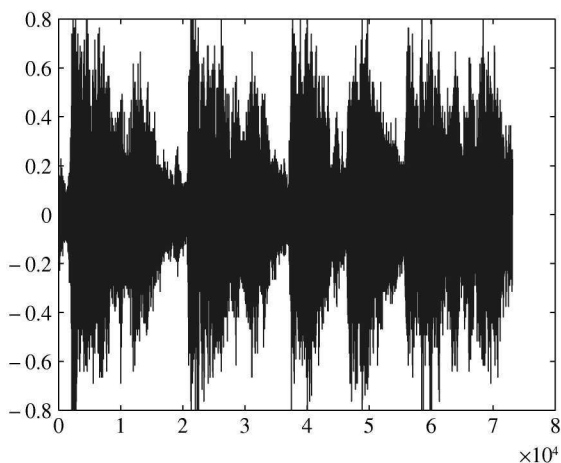


图 1.2 Handel 的水上音乐

6. 你能从系统中载入一个图形, 显示在 MATLAB 的画图窗口中, 并标上一定的记号(如你的名字)作为水印吗?