

Mathematica 数学软件 简明教程与数学实验

王兵团 王秋媛 编著

中国铁道出版社

2002年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书着重介绍数学软件 Mathematica 的主要使用命令和内容,读者在学习了本书之后,能很快掌握 Mathematica 数学软件的主要功能,并能用 Mathematica 数学软件去解决实际中遇到的问题。此外,本书加入了与高等数学、线性代数、计算方法课程有关的数学实验内容,使 Mathematica 融入到高等数学、线性代数或计算方法课程的教学变得很方便。

本书编排采用便于自学的方式,读者可以根据自己想处理的数学问题快速找到相应的 Mathematica 命令。全书层次清晰,重视实用,突出 Mathematica 主要命令和功能并附有大量的例题和解释,弱化 Mathematica 命令和概念的枯燥和繁琐性,可以使数学软件的学习变得更简单,读者只要具有简单的计算机操作技能即能学懂本书。

本书可作为学校各专业的专科生、本科生、研究生及工程技术人员学习 Mathematica 数学软件或数学实验课的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

Mathematica 数学软件简明教程与数学实验/王兵团
等编著.—北京:中国铁道出版社,2002.9
ISBN 7-113-03237-0

. M... . 王... . 数学-应用软件, Mathematica
. 0245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 059437 号

书 名: **Mathematica** 数学软件简明教程与数学实验

作 者:王兵团 王秋媛 编著

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑:赵 静 编辑部电话:010 - 63583214

封面设计:李艳阳

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:880 × 1230 1/32 印张:6.125 字数: 千

版 本:2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1 ~ 4000 册

书 号:ISBN 7-113-03237-0 TP·344

定 价:17.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

发行部电话:010 - 51873172

前 言

数学软件可以使不同专业的学生和科研人员快速掌握借助计算机进行科学研究和科学计算的本领,在一些发达国家,数学软件的使用已成为大学生和科研人员必备的技能之一。数学软件在数学实验和数学建模教学中也占有重要的地位,而数学实验课程开设的效果与学生是否会用数学软件有很大关系。我们的教育改革目的是培养学生的创新能力和提高学生的素质,显然,在学生中普及数学软件的使用既能提高学校的办学水平,又有利于学校的教学改革。然而,由于课时、教师和教材的原因,目前数学软件教学在高等学校只是在很小范围内进行。在我国很多高等学校,很多学生和教师甚至还不知道数学软件是做什么的,这极大地影响了学校的办学水平。

为满足在我国高等学校中普及数学软件的使用和开设数学实验课的需要,我们在研究数学软件和数学实验特点的基础上编写了本教程。目的是让数学软件及其使用不再神秘,使学习数学软件变得非常简单。本书介绍的 Mathematica 数学软件是一个功能强大的数学软件,它也是目前国内外最常用的数学软件之一。该软件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。不管你是一个正在学习的学生,还是在岗的科研人员,当你在学习或科学研究中遇到棘手的数学问题时,Mathematica 给你提供的各种命令,可以避免做繁琐的数学推导和计算,帮你方便地解决所遇到的很多数学问题,使你能省出更多的时间和精力做进一步的学习和探索。目前,我们在国内外的科研论文、教材等很多地方都能看到 Mathematica 的身影。此外,Mathematica 具有简单、易学、界面友好和使用方便等特点,只要你有一定的数学知识并了解计算机的基本操作方法,借助本书你就能快速掌握 Mathematica 大部分主要功能,并能用 Mathematica 解决你在学习和科学研究中遇到的很多棘手的数学求解问题。

有关 Mathematica 的书籍目前市场上也有一些,但都不太适合于初学者和自学。本书定位于一点都不了解数学软件的初学者,只要读者具有简单的计算机操作技能即可,而且高中生、大学和中专低年级学生也能学懂本书。本书以 Windows 操作系统的 Mathematica 2.2 版本向读者介绍 Mathematica 的使用命令和内容,该版本具有软件安装条件需求少、涵盖 Mathematica 的主要命令和功能、Notebook 接口与中文兼容性好等特点,并且所学的命令可以在更高版本的 Mathematica 中运行,对自学 Mathematica 的高版本内容和其它数学软件都有很大的帮助。此外,由于 Mathematica 2.2 的命令基本是用科技英语单词或数学概念的英语词汇表示的,学习它正好有利于我国高等学校目前推行的双语教学。

考虑到大部分人希望学习新知识花时间少、容易学、实用和功能强的心理,我们采用了通俗易懂的方式编写了本书。其目的是使各个专业的初学者在读了本书之后,能很快掌握 Mathematica 数学软件的主要功能,并能用 Mathematica 数学软件去解决实际中遇到的问题。此外,本书加入了与高等数学、线性代数、计算方法课程有关的数学实验内容,它可以作为开设高等数学、线性代数、计算方法课程的数学实验内容。如果没有专门的课时开设数学实验课,把本教材的实验内容融入到高等数学、线性代数或计算方法课程的教学,可以达到使学生既学习了数学软件的使用,又可以对相应的数学概念和知识有更深入理解的目的。

本书编排采用便于自学的方式,读者可以根据自己想处理的数学问题快速找到相应的 Mathematica 命令。对每类命令本书都给出了该类命令的一般命令结构以帮助读者记忆该类命令,而对具体的命令详细地给出了它的命令形式、对应的功能说明、注意事项和例题。如果读者对命令的描述部分理解不够,通过后面的例题,也可以知道该命令的作用。全书层次清晰,重视实用,突出 Mathematica 主要命令和功能并附有大量的例题和解释,弱化 Mathematica 命令及概念的枯燥和繁琐性,可以使数学软件的学习变得更简单。此外,读者可以通过思考数学实验的问题、替换书中例题的设置、选择相应数学课程的习题来练习 Mathematica 命令使用,或将自己在学习和科研中遇到的数学问题有意识地用 Mathematica 来求

解,这样可以有效地帮助读者学习和理解 Mathematica 的使用。本书已经在北方交通大学一年级新生中作为高等数学、线性代数和计算方法课的配套讲义试用过两次,且作为数学实验课和数学软件课讲义试用过两次,此外,还用此书培训了对数学软件陌生的数学教师和一些科研技术人员,都取得了很好的预期的效果。

北方交通大学王兵团编写了本书第 1 章、第 2 章、第 6 章至第 11 章;王秋媛编写了第 3 章至第 5 章,管克英教授在百忙中给本书撰写了第 11 章 11.4 节的内容。此外,中央民族大学何伟副教授也参与了本书的编写。在编写过程中,北京交通大学陈志中教授、缪克英副教授、冯国臣老师提出了许多宝贵意见,理学院刘晓副院长和数学系主任付俐也给予了大力支持,在此向他们表示感谢。

本书可作为高等学校各专业的专科生、本科生、研究生及有关工程技术人员学习 Mathematica 数学软件的教材和参考书,也可以作为数学实验课的教材或者在高等数学、线性代数、计算方法课程中加入数学实验内容的配套教材使用。

编者

2002 年 7 月

目 录

第 1 章 Mathematica 基础知识	1
1.1 Mathematica 概述.....	1
1.1.1 Mathematica 简介.....	1
1.1.2 Mathematica 的安装和进入/退出	2
1.1.3 Mathematica 中的 Cell	4
1.1.4 Mathematica 操作的注意事项.....	5
1.2 Mathematica 中的数据.....	6
1.2.1 Mathematica 中的数据类型和数学常数.....	6
1.2.2 Mathematica 中数的运算符.....	7
1.2.3 Mathematica 中的精确数与近似数.....	8
1.2.4 Mathematica 中的表.....	8
1.3 Mathematica 中的变量	11
1.3.1 Mathematica 中的变量命名	12
1.3.2 Mathematica 中的变量取值与清除	13
1.3.3 Mathematica 中有关变量的注意事项	15
1.4 Mathematica 中的函数	15
1.4.1 Mathematica 中的内部函数	16
1.4.2 Mathematica 中的自定义函数	19
1.4.3 Mathematica 中的函数求值	20
1.4.4 纯函数	22
1.5 Mathematica 中的表达式	23
1.5.1 Mathematica 中的算术表达式	23
1.5.2 Mathematica 中的关系表达式	24

1.5.3	Mathematica 中的逻辑表达式	24
1.5.4	Mathematica 中的复合表达式	25
1.6	Mathematica 中的一些符号和语句	25
1.6.1	Mathematica 中的专用符	25
1.6.2	Mathematica 中四种括号的使用	28
1.6.3	Mathematica 中的屏幕输出语句	30
1.6.4	Mathematica 中的错误提示	30
第 2 章	Mathematica 绘图与例题	32
2.1	Mathematica 绘图命令形式与绘图参数	32
2.1.1	Mathematica 绘图命令的形式	32
2.1.2	常用的绘图选项参数名称、含义、取值	33
2.2	画一元函数图形	37
2.3	画二元函数图形	40
2.4	画平面参数曲线图形	43
2.5	画空间参数曲线图形	45
2.6	画参数曲面图形	46
2.7	画平面散点图	49
2.8	画平面等高线图	52
2.9	用图形元素作图	53
2.10	图形的重画	56
第 3 章	初等代数运算命令与例题	61
3.1	多项式运算	61
3.2	有理函数运算	63
3.3	连续求和与连续求积运算	65
3.3.1	连续求和命令	65
3.3.2	连续求积命令	67
3.4	方程求根	69

3.4.1	求多项式方程的根	69
3.4.2	求超越方程的根	72
第4章	微积分运算命令与例题	75
4.1	求极限运算	75
4.2	求导数与微分	77
4.2.1	求一元函数的导数与微分	77
4.2.2	求多元函数的偏导数与全微分	79
4.3	求不定积分	81
4.4	求定积分	82
4.5	函数展开成幂级数	83
第5章	线性代数运算命令与例题	86
5.1	向量与矩阵定义	86
5.1.1	输入一个矩阵	86
5.1.2	几个特殊矩阵的输入	88
5.2	向量与矩阵运算	91
5.2.1	基本运算	91
5.2.2	方阵的运算	93
5.3	解线性方程组	95
5.4	求矩阵特征值和特征向量	97
5.4.1	求矩阵特征值	97
5.4.2	求矩阵特征向量	98
第6章	数值计算命令与例题	101
6.1	求近似函数	101
6.1.1	曲线拟合	101
6.1.2	函数插值	106
6.2	解常微分方程	111

6.2.1	求常微分方程(组)的解析解	111
6.2.2	求常微分方程(组)的数值解	113
第7章	求极值及解线性规划问题命令与例题	117
7.1	求函数的局部极值	117
7.2	解线性规划问题	120
第8章	Mathematica 编程语句与例题	124
8.1	全局变量、局部变量、过程	124
8.1.1	全局变量	124
8.1.2	局部变量	125
8.1.3	过程	126
8.2	条件控制语句	127
8.2.1	If 语句	127
8.2.2	Which 语句	129
8.2.3	Switch 语句	132
8.3	循环控制语句	133
8.3.1	Do 语句	134
8.3.2	For 语句	136
8.3.3	While 语句	137
8.3.4	迭代语句	139
第9章	概率统计计算	142
9.1	概率统计软件包	142
9.2	Mathematica 概率统计软件包中最常用的命令	148
第10章	数学实验	154
10.1	怎样做数学实验及写实验报告	154
10.2	数学实验一 Mathematica 数学软件的使用	155

10 3	数学实验二	用曲线图形研究函数特性.....	155
10 4	数学实验三	函数变换对函数图形的影响.....	156
10 5	数学实验四	多项式、有理函数及方程求根	157
10 6	数学实验五	极限与导数计算.....	157
10 7	数学实验六	泰勒公式的计算.....	158
10 8	数学实验七	求函数的极值.....	159
10 9	数学实习八	积分计算.....	159
10 10	数学实验九	二元函数绘图与偏导数的计算	160
10 11	数学实验十	级数计算	160
10 12	数学实验十一	解微分方程	161
10 13	数学实验十二	向量运算	162
10 14	数学实验十三	矩阵与行列式运算	162
10 15	数学实验十四	线性方程组求解	163
10 16	数学实验十五	求矩阵特征值与特征向量	164
10 17	数学实验十六	应用实验：放射性废料的处理问题	165
第 11 章 附 录			166
11 1	Notebook 文件的存取		166
11 2	Mathematica 中的程序包及其结构		168
11 3	Mathematica 的帮助		171
11 4	Mathematica 4 .1 新增功能与安装		174
11 5	Mathematica 中的部分英文数学词汇		178
参考文献.....			182

第 1 章 Mathematica 基础知识

1.1 Mathematica 概述

1.1.1 Mathematica 简介

数学软件可以使不同专业的学生和科研人员快速掌握借助计算机进行科学研究和科学计算的本领,在一些国家和部门,数学软件已成为学生和科研人员进行学习 and 科研活动最得力的助手。Mathematica 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。不管你是一个正在学习的学生,还是在岗的科研人员,当你在学习或科学研究中遇到棘手的数学问题时,Mathematica 给你提供的各种数学工具,可以避免做繁琐的数学推导和计算,帮你方便地解决所遇到的很多数学问题,使你能省出更多的时间和精力做进一步的学习和探索。Mathematica 具有简单、易学、界面友好和使用方便等特点,只要你有一定的数学知识并了解计算机的基本操作方法,你就能学习使用 Mathematica 了。目前,我们在科研论文、教材等很多地方都能看到 Mathematica 的身影。

Mathematica 自 1988 年由美国的 Wolfram Research 公司首次推出 Mathematica 1.0 版本以来,随着 Wolfram Research 公司对它的不断改进,先后推出了 Mathematica 1.2、Mathematica 2.0、Mathematica 2.2、Mathematica 3.0、Mathematica 4.0 等版本。考虑到大部分人学习新知识一般是希望所学的内容应该容易学、实用和功能较强的心理,本书主要以适用于 Windows 操作系统的 Mathematica 2.2 版本向读者介绍 Mathematica 的使用命令和内容,该版本具有软件安装条件需求少(安装盘只需 4 张 3.5 英寸软盘,10MB 的硬盘存储空间和 486 以上的微机)、涵盖

Mathematica 的主要命令和功能、Notebook 接口与中文兼容性好等特点,学习了这些内容后,读者就能用 Mathematica 来解决所遇到的很多数学问题了。此外,所学的命令可以在更高版本的 Mathematica 中运行,对自学 Mathematica 的高版本内容和其他数学软件都有很大的帮助。

1.1.2 Mathematica 的安装和进入/退出

(1) Windows 版本的 Mathematica 安装步骤

启动 Windows 操作系统,打开 Windows 资源管理器;

在 Windows 资源管理器中选择 Mathematica 系统安装盘,查看磁盘中的安装文件 Setup;

用鼠标双击安装文件 Setup,屏幕上出现一些选择对话框;

用鼠标点击所有选择对话框的 OK 按钮或键入字母 y,则系统就在你的计算机上安装了 Mathematica 数学软件,这样你的计算机就可以运行 Mathematica 了。

(2) Mathematica 的进入/退出

Mathematica 的安装成功后,系统会在 Windows【开始】菜单的【程序】子菜单中加入启动 Mathematica 命令的图标,用鼠标单击它就可以启动 Mathematica 系统,见图 1.1。

启动 Mathematica 后,屏幕上出现称为 Notebook 的 Mathematica 系统集成界面,如图 1.2 所示。

Mathematica 系统集成界面是基于 Windows 环境下的 Mathematica 函数或程序运行与结果显示的图形用户接口,是 Mathematica 的工作屏幕。界面上方的主菜单和工具条的功能类似于 Windows 中的 Word 软件。其中的空白位置称为用户区,在这里可以输入文本、实际的 Mathematica 命令和程序等来达到使用 Mathematica 的目的。在用户区输入的内容被 Mathematica 用一个具有扩展名为“.ma”的文件名来纪录,该文件名是退出 Mathematica 时保存在用户区输入内容的默认文件名,一般是文件名:“Newnb - 1.ma”。

退出 Mathematica 系统像关闭一个 Word 文件一样,只要用鼠标点击

图 1.1 启动 Mathematica

图 1.2 Mathematica 系统集成界面图

Mathematica 系统集成界面右上角的关闭按钮即可。关闭前,屏幕会出现一个对话框,询问是否保存用户区的内容,如果单击对话框的“否(N)”按钮,则关闭 Notebook 窗口,退出 Mathematica 系统;如果单击对话框的“是(Y)”按钮,则先提示你用一个具有扩展名为 .ma 的文件名来保存用户区内的内容,再退出 Mathematica 系统。

1.1.3 Mathematica 中的 Cell

在 Notebook 用户区,从开始输入到按下 Shift + Enter 组合键称为 Mathematica 一个输入。每一个输入的内容 Notebook 都在其最右端用一个方括号括起来。此外,Mathematica 中的每个输出或图形的右边也都有一个方括号,这些方括号括起的内容称为 Cell,而方括号是这个 Cell 的手柄。Cell 是 Notebook 的基本单元,Notebook 中的所有内容都被组成有序的 Cell。由若干个 Cell 可以组成按组分级排列的复合 Cell(见图 1.3)。

图 1.3 带有复合 Cell 的 Notebook 界面

复合 Cell 的手柄是最外层的大方括号。不管是什么类型的 Cell, 都可以通过先选定它, 然后就可以对它的内容进行编辑和操作了。用鼠标单击某个 Cell 的手柄, 对应的方括号变黑表示已经选定这个 Cell 了, 此时, 你可以使用复制、删除及粘贴等功能处理所选定的 Cell 中的内容。特别地, 你还可以将在 Mathematica 的 Notebook 中选定的图形粘贴到你的其他 Word 文件中。

1.1.4 Mathematica 操作的注意事项

在 Notebook 用户区用户输入完 Mathematica 命令后, 还要按下 Shift + Enter 组合键, Mathematica 才能执行你输入的 Mathematica 命令, 否则 Mathematica 不执行你的命令。如果用户输入完 Mathematica 命令后只按下 Enter 键, Mathematica 将继续接受用户的输入, 直至用户按下 Shift + Enter 组合键才执行命令。

在 Notebook 用户区如果某个命令一行输入不下, 可以用按下 Enter 键的方法来达到换行的目的。Mathematica 对 Enter 键的反映是继续接受你的输入直至用户按下 Shift + Enter 组合键才执行命令。

在 Notebook 用户区除了可以用直接键盘输入的方法进行输入外, 还可以用打开的方式从磁盘中调入一个已经存在的具有扩展名为 .ma 的文件来进行操作。

每次输入完 Mathematica 命令并按下 Shift + Enter 组合键, 通常系统会在输入内容的前一行自动加入符号“ In[n] := ”以表示此次输入是第 n 次输入, 这里的 In 代表输入, 方括号中的 n 是一个正整数, 代表是第 n 次输入。如“ In[5] := ”表示此次输入是第 5 次输入。同理输出内容用符号“ Out[n] = ”以表示此次输出是第 n 次输出, 这里的 Out 代表输出。一般, 每输入一个命令并按下 Shift + Enter 组合键, 计算机就会显示此次输入的执行结果。如果用户不想计算机显示此次输入的结果, 只要在所输入命令的后面再加上一个分号“ ; ”即可以达到目的。如:

```
In[1] := x = 2 + 3;          Out[1] = 5
In[2] := x = 2 + 3;          不显示结果 5
```

注意:在本书的 Mathematica 举例中,为叙述方便,所有需要用户用键盘输入内容都用“ $\text{In}[n]:=$ ”后面的黑体字表示,而前面的“ $\text{In}[n]:=$ ”是不需要用户输入的。如上面例子中的第一个例子“ $\text{In}[1]:= \mathbf{x = 2 + 3}$ ”中的“ $\mathbf{x = 2 + 3}$ ”需要用户输入,而“ $\text{In}[1]:=$ ”不用用户输入,它只表示是第一次输入。此外,每个命令输入完后,不要忘了还要按下 Shift + Enter 组合键。

Mathematica 可以在许多网站上下载,读者可以通过站点 Search.igd.edu.cn 来搜索有关内容,也可以在站点:www.fmmu.edu.cn 下的网络服务中查找。如果需要有关 Mathematica 的最新信息,可以在 wolfram Research 公司的网址:www.wolfram.com 浏览或向他们发送电子邮件询问,信箱地址是:

s.wolfram@wolfram.com 或 comments@wolfram.com

1 2 Mathematica 中的数据

数据是计算机处理的基本对象,任何一个计算机软件都有自己规定的处理数据形式,要想正确使用一个计算机软件,必须严格遵守所处理数据的表示形式和输入要求。

1 2.1 Mathematica 中的数据类型和数学常数

数据是数学最基本的内容,数据是有类型的。Mathematica 提供的简单数据类型有整数、有理数、实数和复数 4 种类型,这些数据在 Mathematica 中有如下的要求:

整数描述为 **Integer**,可以是具有任意长度的精确数。书写方法同于我们通常的表示,输入时,构成整数的各数字之间不能有空格、逗号和其他符号,整数的正负号写在该数的首位,正号可以不输入。如:2367189、-932 是正确的整数。

有理数描述为 **Rational**,用化简过的分数表示,但其中分子和分母都应该是整数,有理数是精确数,输入时分号用“/”代替,即使用“分子/分母”的形式。如:23/45、-41/345 是正确的有理数。

实数描述为 **Real**, 是除了整数和有理数之外的所有实数, 如数学中的无理数就是实数。最简单的实数是带小数点的数, 如: $-0.2356, 134.56$ 是正确的实数。与一般高级语言不同的是这里数学中的无理数是可以有任意精确度的近似数, 如圆周率 π , 在 Mathematica 中它可以根据需要取任意位有效数字。

复数描述为 **Complex**, 用是否含有虚数单位 I 来区分, 它的实部和虚部可以是整数、有理数和实数。如: $3 + 4.3I, 18.5I$ 都是正确的复数。

为了方便数学处理和计算更准确, Mathematica 定义了一些数学常数, 它们用英文字符串表示, 常用的有:

* * * * *	
Pi	表示圆周率 $\pi = 3.14159\dots$
E	表示自然数 $e = 2.71828\dots$
Degree	表示几何的角度 1° 或 $/180^\circ$
I	表示虚数单位, -1 开平方: $\sqrt{-1}$
Infinity	表示数学中的无穷大
* * * * *	

数学常数是精确数, 可以直接用于输入的公式中, 作为精确数参与计算和公式推导。

1.2.2 Mathematica 中数的运算符

数的运算有: 加 (+)、减 (-)、乘 (\times)、除 (\div) 和乘方 (\wedge), 它们在 Mathematica 中的符号为: 加 (+)、减 (-)、乘 (*)、除 (/) 和乘方 (^), 即乘除符号不同, 加、减和乘方的符号一样。

不同类型的数参与运算, 其结果的类型为:

如果运算数有复数, 则计算结果为复数类型;

如果运算数没有复数, 但有实数, 则计算结果为实数类型;

如果运算数没有复数和实数, 但有分数, 则计算结果为有理数类型;

如果运算数只有整数, 则计算结果或是整数类型(如果计算结果是整数), 或是有理数类型(如果计算结果不是整数)。