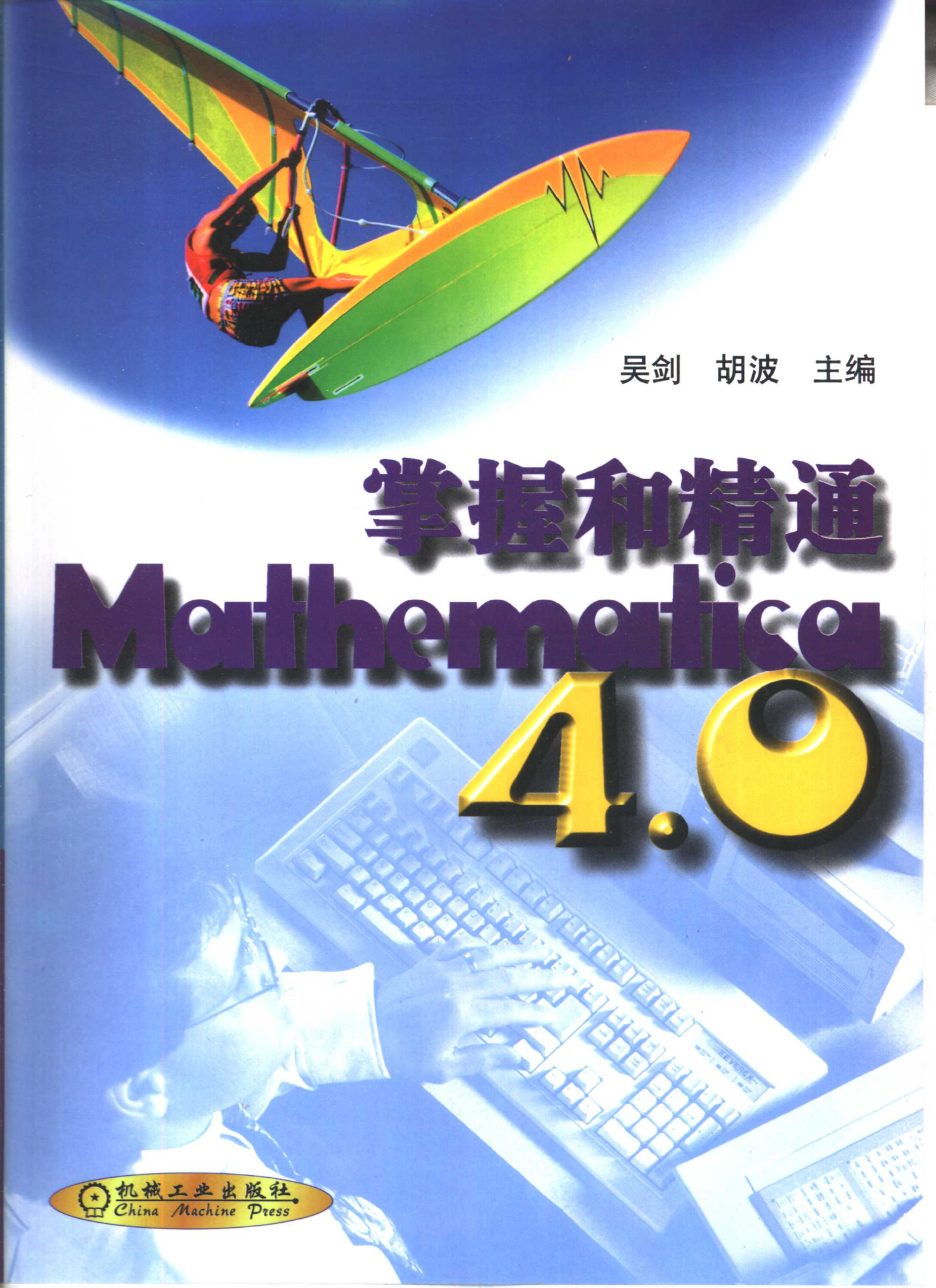




吴剑 胡波 主编

掌握和精通 Mathematica 4.0



机械工业出版社
China Machine Press

掌握和精通 Mathematica4.0

吴剑 胡波 主编



机械工业出版社

Mathematica 是世界上著名的、具有充分集成环境的技术性计算软件,适用于理学、生物学、数学、工程学、经济学等自然科学和社会科学各领域的技术计算。全书共分 14 章,首先介绍了 Mathematica4.0 的软件操作环境、数字运算、代数运算、符号数学、数值计算、方程求解的基本概念和计算,以及一些常用数学工具的使用,然后介绍了程序的编写和自定义函数的使用和编写,以及列表、图像和声音、文件的操作等比较复杂和让程序使用更加生动的内容,最后介绍有关系统本身的一些操作函数,比如时间和日期的管理、内存的管理等内容。

本书是一本实用性很强的普及性读物。全书内容新颖、文字流畅、通俗易懂,适用于 Mathematica 的初学者及想利用 Mathematica4.0 进行技术计算的科研工作者使用。

图书在版编目(CIP)数据

掌握和精通 Mathematica4.0 /吴剑 胡波 主编. —北京:机械工业出版社, 2001.2

ISBN 7-111-08760-7

I. 掌… II. ①吴… ②胡… III. 数学-应用软件, Mathematica4.0
IV. O 245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 06444 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:曲彩云

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm1/16·18.5 印张·456 千字

0001—4000 册

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

关于 Mathematica4.0

Mathematica 是在技术性计算领域给出最充分集成环境的软件之一。1988 年向市场投放以来，在很多使用计算机的技术性或者其它的领域中，产生很深远的影响。可以说，Mathematica 的使用是现代技术性计算开始的标志。

自从 1960 开始，专用的数值、代数、绘图和其它任务的工具包就已经在使用了。但是，Mathematica 的梦幻般的概念制作一旦产生，就能够在一个相对独立的系统里面，采用在一个相对统一的方法，处理各种各样的技术性计算。这种重要的、并且富于才智的先进之处在于，它能够使用一些简单的、基本的单元，并且在初次操作中仅仅使用一些基本操作元素，是一种能够在很多方面进行技术性计算的、新的符号计算机语言。Mathematica 版本 1.0 被商业周刊评为是当年的十大最重要的新产品之一。

起初，Mathematica 的影响主要是在物理科学、工程学和数学领域中。但是，随着岁月的积累，Mathematica 已经在很多领域中得到了广泛的应用，并且扮演越来越重要的角色。现今，Mathematica 应用于整个科学领域——物理学、生物学、社会学以及其它领域，而且，Mathematica 的热心支持者中还有很多世界第一流的科学家。

在工程学中，Mathematica 已经成为研究和生产的一个标准的工具，而且，世界上很多重要的新产品，它们在一个阶段的设计或者多阶段的设计中是依赖 Mathematica 的。在商业领域中，Mathematica 已经在尖端的经济建模中扮演越来越重要的角色。另外，Mathematica 似乎以一个重要工具的身份在计算机科学和软件发展中出现了，语言组成部分在研究、原型试制和接口环境等这些大范围内被频繁的使用。

Mathematica 在教育中也被广泛使用，而且，成千上万的给高等学校开设的教学软件包也是使用 Mathematica 来制作的。另外，学生版本使用的可行性，Mathematica 已经成为给全世界的技术性和非技术性的学生的重要工具了。Mathematica 用户基础的多样性也是引人注目的。它的使用空间覆盖了全部的大陆，时间跨度为上下 10 年，使用的人多样化，例如包括艺术家、作曲家、语言学家和律师在内。除了研究科学、数学和计算的人关心 Mathematica 的发展之外，还有很多的 Mathematica 爱好者和热心支持者。自从 Mathematica 第一次发行以来，它在用户中已经茁壮成长起来，到目前为止，它的用户数量已经超过了 100 万。

Mathematica 已经成为大量机构里的标准，并且，它现在被世界最富有的 50 家公司使用，并且被全美国政府的 15 主要部门和世界上 50 所最大的大学使用。在技术的水平，Mathematica 被广泛地认为当作软件工程的重要功绩。Mathematica 是其中开发过的最大的单一应用程序之一，并且，它包含了一连串新颖的算法，以及重要的技术革新。在这些革新中包括了以与平台无关的交互式的 Notebook 的文件的概念。Notebook 已经成为很多种教学软件和报表汇编的标准，并且，用在 Mathematica 版本 3 中新增加的功能，比如出现在网上和其它发表技术性的文件的标准等等。

Mathematica 是在 Wolfram 领导的世界级水平的开发小组开发的。Mathematica 的成功给 Wolfram 的持续研究提供了非常重要的基础，并且他允许一个和 Mathematica 相关的商业机构进行共同开发。现在，Mathematica 拥有将近 100 个专门使用的软件包，并且有好几种期刊和将近 200 种的书籍来介绍和研究这个系统。

如何学习本书

在这本书中，我们关注的是如何使用 Mathematica，而不是了解它是如何工作的。你应该知道在开始使用 Mathematica 的时候，如果我们就介绍 Mathematica 的内部是如何使用，这对于那些专业的人士还是比较有用的，但是对于那些初学者来说是没有多大作用的。因此，我们在本书主要是让读者了解如何使用这个工具，通过对于这些基本操作熟悉的基础上，我们才能够需要了解 Mathematica 的内部是如何工作的，这样有利于我们更高效地使用这个工具。

实际上，Mathematica 的非常重要的一点在于，Mathematica 提供了一个非常良好的运行环境，在那儿，你不需要非常详细地了解操作是如何工作的，就可以非常轻松地进行你的计算。而且，我们在每一章和每一节的开始部分都给出了它们一些操作函数，然后通过一些简单易懂的例子进行讲解，这样达到能够充分学习这个数学工具。

另外，如果你按照书中给出的例子，可以非常快地进入到 Mathematica 的运行环境中，而且，你只需要修改一些数值就可以变成你自己的东西了。

这本书的结构如下，第 1 章主要讲述的是 Mathematica4.0 的特点。第 2 章到第 3 章讲述的是 Mathematica 中比较常用的代数运算，希望读者能够通过一些简单的例子，进行软件操作环境的熟悉。第 4 章和第 5 章主要讲述的是如何进行 Mathematica 这个软件的运行环境的操作，例如菜单的使用，快捷键的熟悉和不同操作界面的了解。第 6 章到第 8 章，讲述的是关于数学运算中的代数运算、方程求解和一些常用数学工具的使用，例如连分式等等。第 9 章讲述的是如何进行程序的编写和自定义函数的使用和编写，同时简单的介绍了一些常用程序编写的几种结构等等。第 10 章到第 13 章，主要讲述了如何进行一些高级内容的学习，它主要涉及到了列表、图像和声音的操作、文件的操作等等比较复杂和让程序使用更加生动的内容。第 14 章给出了有关系统本身的一些操作函数，比如时间和日期的管理，内存的管理等。最后有一个附录给出了本书中使用到的所有函数。学习了这些内容，读者肯定对于 Mathematica 这个软件就非常熟悉了。

本书由吴剑、胡波主编，参加编写的还有杨东平、朱锦、马骊、王雅、钟建琳、陈奉群、米思南、查卫东、沈萧、于捷、刘欣、马增建、惠献军、高枫、刘平安等。由于作者水平有限，书中不对之处敬请指教。

编 者

目 录

第 1 章 运行 Mathematica	1
1.1 安装和运行 Mathematica	2
1.1.1 安装步骤	2
1.1.2 Mathematica 的运行环境	3
1.1.3 系统的运行结构	5
1.2 基于 Notebook 界面的操作	5
1.3 基于文本界面的操作	6
1.4 Mathematica 的基本功能	6
1.5 本章小结	8
第 2 章 数字计算	9
2.1 代数	10
2.2 精确和近似的表达结果	11
2.3 一些数学函数	12
2.4 任意精度的计算	15
2.5 复数	15
2.6 熟悉 Mathematica	16
2.7 在 Notebook 中的 Mathematica 的符号	17
2.8 数的类型和精度的分析	18
2.8.1 数的类型	18
2.8.2 不同类型数之间的转换	19
2.8.3 数的精度	20
2.8.4 数的算术区间	21
2.9 本章小结	21
第 3 章 计算器功能增强	23
3.1 使用前面计算的结果	23
3.2 定义变量	23
3.3 对象的列表	26
3.4 对列表中的元素进行操作	27
3.5 Mathematica 中四种不同类型的括号	28
3.6 操作顺序	28
3.7 本章总结	29
第 4 章 使用 Mathematica 系统	30
4.1 Mathematica 的结构	31
4.2 和其他计算机系统不同之处	32

4.3 特殊话题：基于文本的界面.....	34
4.4 在 Notebook 界面中进行计算.....	34
4.5 Notebooks 作为文档	38
4.6 在 Notebook 中的动态元素.....	40
4.7 特殊话题：超级连接和活动文本	43
4.8 在 Notebook 的前端处理器中得到帮助.....	43
4.9 在基于文本方式下得到帮助信息	44
4.10 Mathematica 软件包.....	45
4.11 警告以及它的信息.....	47
4.12 中止计算.....	48
4.13 本章小结.....	48
第 5 章 Mathematica 的基本菜单操作.....	50
5.1 File 菜单.....	51
5.2 Edit 菜单	56
5.3 Cell 菜单	60
5.4 Format 菜单	65
5.5 Input 菜单	72
5.6 Kernel 菜单.....	76
5.7 Find 菜单	77
5.8 Window 菜单和 Help 菜单	79
5.9 本章小结.....	80
第 6 章 代数运算	82
6.1 符号计算.....	83
6.2 给符号赋值.....	84
6.3 转换代数表达式.....	87
6.4 简化代数表达式.....	88
6.5 高级话题：把表达式写成不同的形式	89
6.6 高级话题：带有假设的简化.....	93
6.7 从代数表达式中挑出某一项.....	94
6.8 控制大型表达式的显示.....	95
6.9 使用符号来标明对象.....	95
6.10 本章小结.....	97
第 7 章 符号数学	98
7.1 基本操作.....	99
7.2 求导数.....	99
7.3 积分.....	101

7.4 累加和乘积.....	102
7.5 等式.....	104
7.6 关系运算符和逻辑运算符.....	106
7.7 解方程.....	107
7.8 差分方程.....	112
7.9 幂级数.....	113
7.10 极限.....	114
7.11 积分变换.....	115
7.12 用于符号数学的软件包.....	116
7.13 高级话题：一般情况和特殊情况	117
7.14 在 Notebooks 中的 Mathematica 说明	119
7.15 本章小结.....	120
第 8 章 数值计算.....	121
8.1 基本操作.....	122
8.2 数值相加、相乘和积分.....	123
8.3 方程数值解.....	123
8.4 数值差分方程.....	124
8.5 数值最优求解.....	126
8.6 处理数字表示的数据.....	127
8.7 统计学软件包.....	128
8.8 本章小结.....	129
第 9 章 函数和编程	131
9.1 定义函数.....	132
9.2 函数作为一个程序.....	133
9.3 重复操作.....	135
9.4 函数的转换法则.....	136
9.5 全局变量和局部变量.....	137
9.6 程序的流程和控制.....	140
9.6.1 顺序结构.....	140
9.6.2 循环结构.....	141
9.6.3 条件和分支结构	142
9.6.4 程序的流程的控制	144
9.7 程序中的注释.....	144
9.8 程序的跟踪和调试.....	145
9.9 本章小结.....	147
第 10 章 列表	148

10.1 将目标集中到一起.....	149
10.2 数值表.....	150
10.3 向量和矩阵.....	153
10.4 得到列表的一部分.....	157
10.5 检验和检索列表元素.....	161
10.6 添加、删除和修改列表元素.....	162
10.7 列表组合.....	164
10.8 高级话题：将列表作为集合.....	165
10.9 重新安排列表.....	165
10.10 将列表中的元素分组.....	166
10.11 高级话题：在列表划分中的对齐和填充.....	167
10.12 在列表中进行的操作.....	169
10.13 高级话题：重新排列多层列表.....	169
10.14 高级话题：复合操作.....	171
10.15 本章小结.....	171
第 11 章 图像和声音.....	175
11.1 绘图基础.....	176
11.2 特殊话题：图形是如何输出的.....	179
11.3 选项.....	180
11.4 图像的重画和合并.....	185
11.5 高级话题：控制选项.....	191
11.6 等高线和密度曲线.....	192
11.7 三维曲面图.....	195
11.8 在不同类型图形之间转换.....	202
11.9 数据列表的绘图.....	203
11.10 参量图.....	206
11.11 一些特殊的曲线.....	210
11.12 特殊话题：动画图像.....	212
11.13 声音.....	213
11.14 本章小结.....	215
第 12 章 在 Notebook 中的输入输出.....	218
12.1 输入希腊字符.....	219
12.2 二元输入.....	221
12.3 编辑和计算二元表达式.....	226
12.4 输入公式.....	228
12.5 输入表格和矩阵.....	233
12.6 下标、横条和其他组合键.....	234

12.7 特殊话题: 非英语字符和键盘	236
12.8 其他的数学定义说明	237
12.9 输入和输出的格式	239
12.10 文本和公式的混合输入	244
12.11 显示和打印 Mathematica 的 Notebooks	245
12.12 生成自己的选项板	247
12.13 建立超级链接	250
12.14 自动编号	250
12.15 在 Notebook 中的说明	251
12.16 本章小结	252
第 13 章 文件和外部操作	254
13.1 读取和写入 Mathematica 文件	255
13.2 高级话题: 查找和处理文件	257
13.3 输入和输出数据	258
13.4 输出图像和声音	259
13.5 从 Notebook 中输出公式	260
13.6 生成 TeX	261
13.7 将 Notebook 转换成 HTML	261
13.8 产生 C 和 Fortran 的表达式	262
13.9 将 Mathematica 输出结合起来传送到外部文件中	262
13.10 运行外部程序	263
13.11 MathLink	264
13.12 本章小结	265
第 14 章 对话全局观	267
14.1 对话主循环	268
14.2 对话	269
14.3 日期和时间函数	269
14.4 内存管理	271
14.5 本章小结	272
附录	274
附录 1 数值计算的函数	274
附录 2 操作命令	274
附录 3 转换规则的函数	275
附录 4 符号操作函数	275
附录 5 Mathematica 中的关系运算符	276
附录 6 Mathematica 中的逻辑运算符	276

附录 7 在 Mathematica 中, 解方程的函数.....	276
附录 8 在 Mathematica 中的一些基本操作符.....	277
附录 9 向量和矩阵分析.....	277
附录 10 数值操作.....	277
附录 11 一些标准的统计分析软件包.....	288
附录 12 统计学中的基本表述.....	288
附录 13 在 Mathematica 中编程和函数定义函数	288
附录 14 列表操作函数.....	289
附录 15 画图和声音播放函数.....	281
附录 16 一些用于 Plot、Show 的选项	283
附录 17 用于 Plot 的更多的选项	283
附录 18 外部文件操作.....	284
附录 19 系统函数.....	284

第 1 章

运行 Mathematica

本章要点:

在这一章中,我们将简要介绍 Mathematica 系统,集中关注如何利用 Mathematica 作为一个交互式解决问题的系统。

本章将学习的内容:

- 安装和运行 Mathematica
- 基于 Notebook 界面的操作
- 基于文本界面的操作
- Mathematica 的基本功能

在这一部分中，我们假设你已经具有计算机的初步知识。另外，在这一部分中所讨论的数学知识不会超过高中的数学水平。因此，读者可以集中精力关注系统的使用方法。

1.1 安装和运行 Mathematica

读者得到的 Mathematica 软件是存放在 CD-ROM 中，利用它可以将这个软件安装到你的系统中。而利用 CD-ROM 来安装的话，需要这个光盘的授权号和证书，这样你才能够从光盘上安装它。

如果你已经计划将这个软件安装到你的计算机中，你必须将一些由 CD-ROM 提供的必要的文件安装到你的计算机系统中。在这张光盘上，装有用于不同计算机系统的安装软件，因此，读者不必担心你所买的 CD-ROM 不能够被安装在你的计算机系统上。

1.1.1 安装步骤

现在，我们假设你已经拥有了这样的光盘，那么我们开始 Mathematica4.0 的安装。不同的系统使用的安装过程一般是不一样的。现在通常所使用的系统是由微软公司提供的 Windows 系统，所以，下面的安装步骤就是按照在 Windows 系统中运行的状态进行设定的。

首先，将光盘插入光驱中，找到包含 Mathematica 的目录，查找安装文件 setup.exe，用鼠标选中它，然后双击它，就会出现图 1.1 所示的对话框。

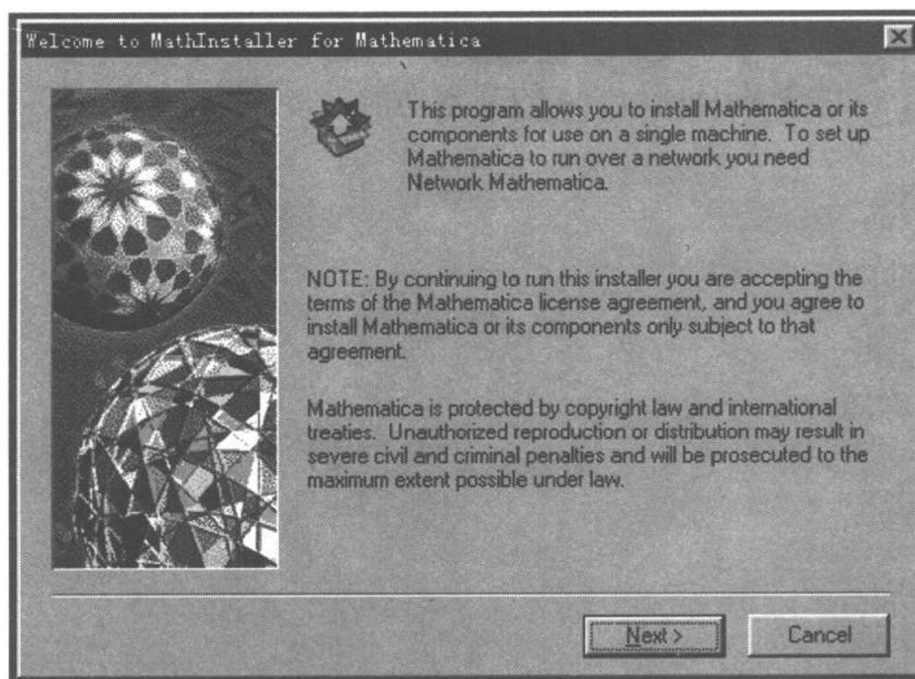


图1.1 安装程序

然后，单击 Next 按钮，就会出现图 1.2 所示的对话框。

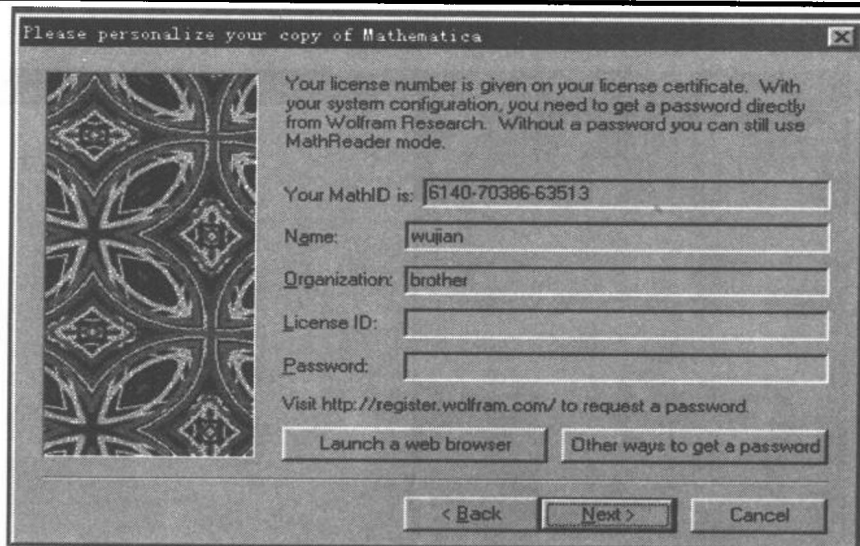


图1.2 输入 License ID 和 Password

输入 License ID 和 Password，单击 Next 按钮，就会出现图 1.3 所示的对话框。

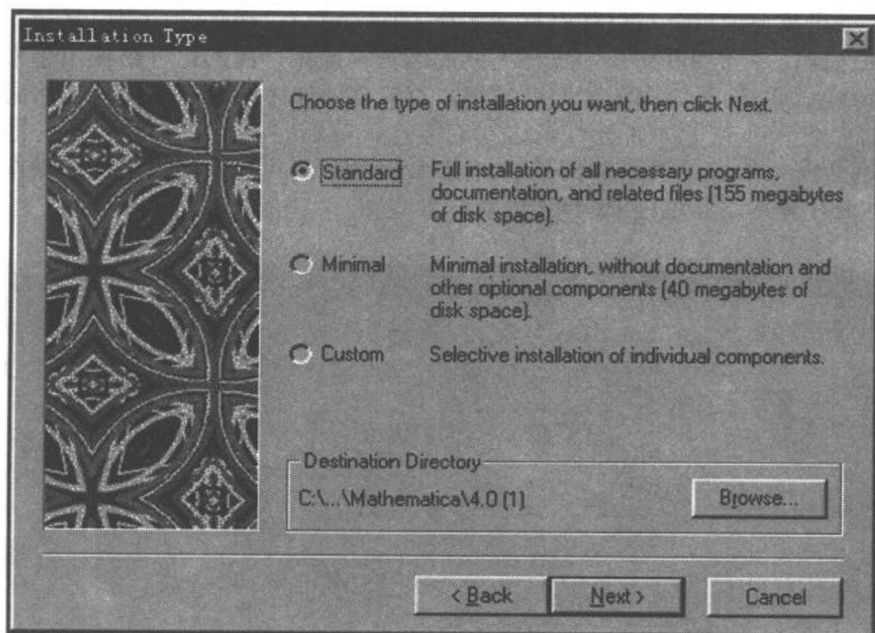


图1.3 根据提示选择要安装的目录

根据提示选择合适的安装类型和安装目录，单击 Next 按钮，再根据对话框提示的安装信息完成 Mathematica 4.0 软件的安装。

1.1.2 Mathematica 的运行环境

安装完毕，你可以启动 Mathematica 4.0，得到它的运行界面（如图 1.4 所示）。从图 1.4 中可以看到 Mathematica 的窗口与其它应用软件是有一点差别的，它主要包括了一个执行各种功能的工作条和一个工作区窗口，这两部分是分开的。下面的工作区窗口可以随

时关闭的，只留下工作条。

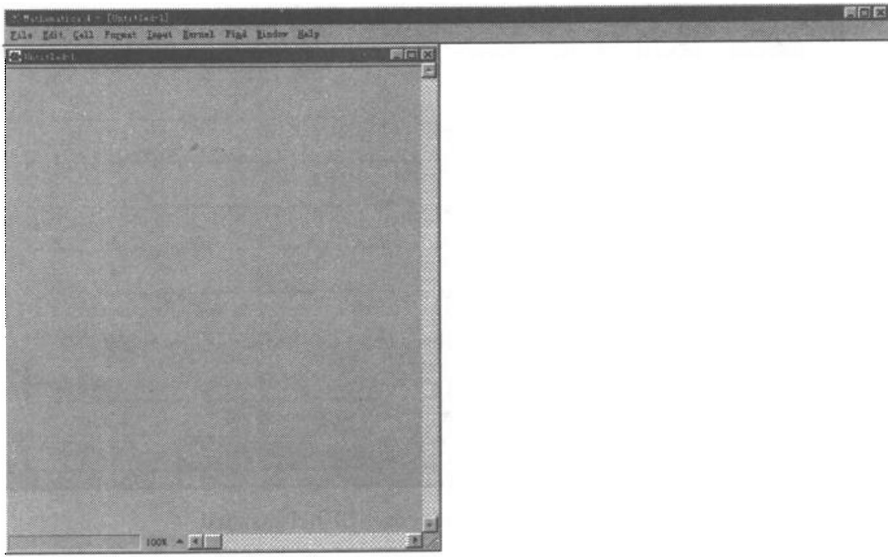


图1.4 Mathematica 的工作环境

当然，如果需要的话，可以随时打开多个工作区窗口，而且这些窗口是相互独立的，你可以在这些窗口之间相互切换，进行不同的运算和操作，因此这种结构用起来是非常方便的。Mathematica 的基本用法非常地简单，首先你要选中某一个工作区，然后输入你要进行计算的表达式（关于如何进行表达式的输入，我们将在下面的部分中进行详细的说明）。我们可以举一个非常简单的例子，如图 1.5 所示。可以发现，这样的操作非常符合我们在实际进行算术运算过程中的习惯。

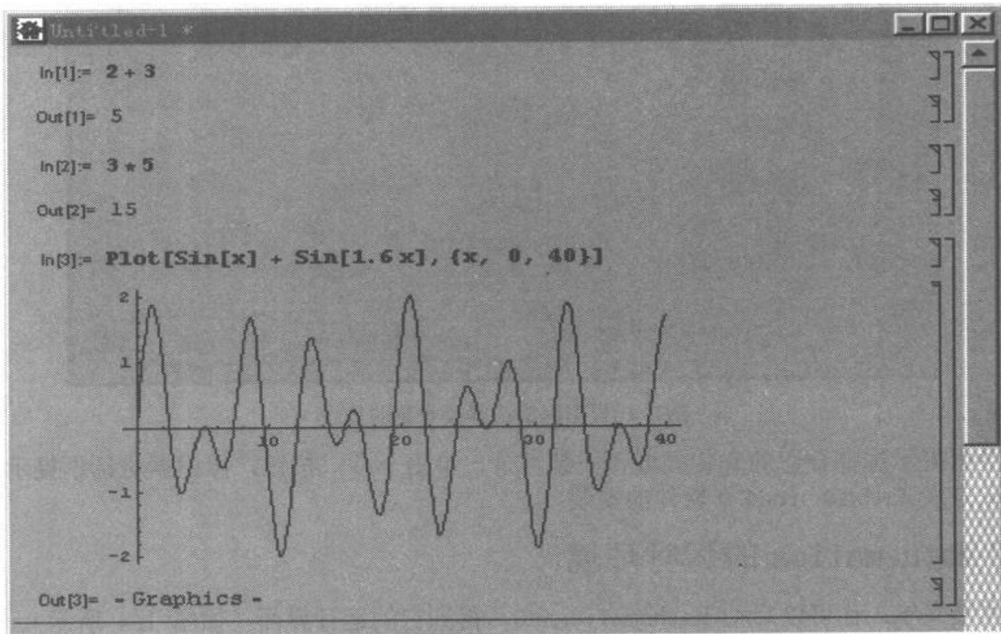


图1.5 几个非常简单的执行结果

1.1.3 系统的运行结构

Mathematica 的两个基本的组成系统就是 Front End 系统（前端处理器）和 Kernal 系统（核系统）。用户在安装完成之后，可以在开始菜单的程序中找到 Mathematica4.0 的名字，单击它，就可以执行这个软件了。前端处理器主要是用来和用户进行交互式通信的管理系统，而核系统是专门用来处理计算的。前端处理器有好几种形式的接口，在下面，我们主要介绍其中非常常见的两种接口界面。一种是 Notebook，另一种是基于文本界面的。各种接口的输入方式有着非常明显的差别，我们将在下面进行非常详细的说明，这样，用户在使用过程中，可以选择适合自己习惯的输入界面。在执行信息交换中，我们见到的只是前端处理器在进行工作，而核系统则在后台进行操作。

1.2 基于 Notebook 界面的操作

基于 Notebook 界面的操作如表 1.1 所示。

表 1.1 基于 Notebook 界面的操作

操作步骤	功能说明
双击 Mathematica 图标	一个典型的在图形方式下启动 Mathematica
mathematica	在操作系统中的命令行中输入的命令
用 Shift-Return 作为文本输入的结束	向 Mathematica 输入（在一些键盘中使用）
选择退出菜单中的退出选项 Quit	退出 Mathematica

在大部分的计算机系统上，Mathematica 支持 Notebook 与 Mathematica 通过制作交互式的接口文件进行相互作用。如果你纯粹使用图形界面来操作你的计算机，你只需简单地双击 Mathematica 图标，就会启动 Mathematica。如果你使用基于文本的操作系统使用你的计算机，为了启动 Mathematica，就必须输入命令指令 mathematica。

当 Mathematica 启动的时候，它通常给你空白的 Notebook。你将 Mathematica 的命令输入到 Notebook 中，然后使用 Shift-Return 键作为这一条输入的结束（先按住 Shift 键，然后按下 Return 键）。你能够在标准的图形界面的编辑器中进行多行的输入，使用 Shift-Return 键告诉系统，输入已经完成。在 Notebook 中完成 Mathematica 的输入之后，Mathematica 将给输入用 In[n] := 作为标记，它把对应的输出分类为 Out[n] =。

例如，在你输入 2+2 之后。使用 Shift-Return 键作为输入的结束，这样 Mathematica 就会处理这个过程，并且加入 In[1] := 的标记。给出如下输出结果。

```
In[1]:= 2 + 2
Out[1]= 4
```

如果使用的是图形界面，你只需要输入 2+2，系统会自动地将 “In[1] :=” 加入进去。通过这个例子，我们应该知道，Mathematica 中的 Notebook 是一个“前一后”结构，即：输入了表达式，随后会给出结果。而 Mathematica 的核心程序，可能实际运行在同一台计算机上，或者通过网络运行在其他的计算机上呢。

要退出 Mathematica 系统，如果是在图形界面的操作情况下，那么你可以从菜单中选择退出的选项，可以退出 Mathematica 系统了。

1.3 基于文本界面的操作

基于文本界面的操作如表 1.2 所示。

表 1.2 基于文本界面的操作

操作步骤	功能说明
Math	在操作系统中启动 Mathematica 的命令
用 Shift-Return 键作为文本输入的结束	向 Mathematica 输入 (在一些键盘中使用)
只是简单地用 Return 作为文本输入的结束	可能应用于一些操作系统
使用 Ctrl-D 或者 Quit[]	退出 Mathematica 系统

进行基于文本界面的操作,你首先与计算机通过在键盘上敲入文本命令进行交互式的交流。这种接口在几乎所有计算机系统上都可以用于 Mathematica。为了在基于文本的界面上开始 Mathematica,你在操作系统的提示符下输入命令 math。在一些系统上,你也许能以基于文本的接口上,通过双击 Mathematica 核 (Kernel) 图标,启动 Mathematica 系统。当 Mathematica 开始的时候,它表示你的输入准备好了,将迅速地打印提示符 In[1]:=。在任何系统上,可以输入 Shift-Return 来表示输入已经结束了。而在一些系统上,一个回车输入就足够了。然后 Mathematica 将处理输入的内容,产生结果。

例如,你在 In[1]:=的提示之下,输入 2+2,这样,在下一行会出现 Out[1]=的提示之下,得到结果。

```
In[1]:=2 + 2
```

```
Out[1]=4
```

贯穿这本书,都是在这样的提示之下进行。因此,你要注意,你不需要直接输入 In[n]:=,系统会自己给出这样的提示符。而你所需要做的就是这样的提示符之下,输入你自己要处理的内容。

1.4 Mathematica 的基本功能

为了加深用户对于 Mathematica 中的各种功能的熟悉,本节将对操作界面进行一些详细的说明。

一、文件功能【File】

(1)【New】——新建文件,缺省类型为 Mathematica 系统的 Notebook 文件 (*.MA)。

(2)【Open】/【Import】——打开或输入文件,其类型除了系统内部的 Notebook 文件 (*.MA) 和软件包文件 Packages (*.M) 以外,还支持 Text (*.TXT), Metafiles (*.WMF), Placeable Metafiles (*.WMF), Bitmaps (*.BMP), Device Independent Bitmaps (*.BMP), Macpaints (*.MAC) 等。

(3)【Save As】/【Export】——保存或输出文件,其类型与【Open】/【Import】操作支持的文件相同。

(4)【Print】——打印设置。

二、细胞功能【Cell】

用户在主界面内输入数据或表达式时,窗口右侧会出现一个蓝色的右方括号,它与其左边的内容被统称为细胞 (Cell),用户对细胞的操作就是对细胞所包含的全部表达式的操作。用户在对表达式进行计算之前,必须将细胞激活,其方法是把光标放在表达式右边的蓝色方括号上,当光标指针变成“(←”这样的符号时,单击左键,蓝色方括号被填充为黑色,此时细胞处于被激活状态。