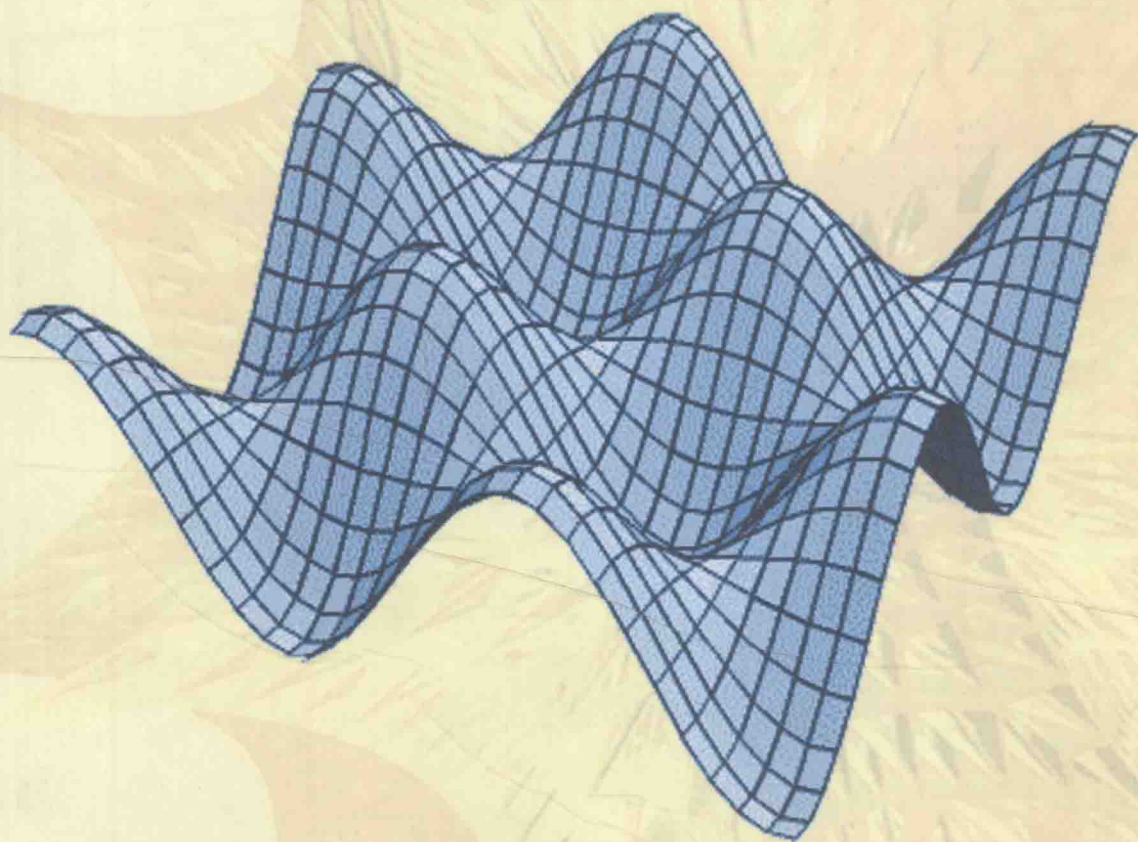


21世纪计算机科学与技术系列教材

Mathematica 5.0

基本教程

陈 述 等编著



电子科技大学出版社

21 世纪计算机科学与技术系列教材

Mathematica 5.0

基本教程

陈述 等编著

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

Mathematica 5.0 基本教程/陈述等编著. —成都:
电子科技大学出版社, 2005. 4

(21 世纪计算机科学与技术系列教材)

ISBN 7-81094-734-6

I. M… II. 陈… III. 数学—应用软件, Mathematica 5.0—高等学校—教材 IV. 0245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 142724 号

21 世纪计算机科学与技术系列教材

Mathematica 5.0 基本教程

陈述 等编著

出 版: 电子科技大学出版社(成都市建设北路二段四号 邮编 610054)

责任编辑: 张致强

发 行: 新华书店

印 刷: 安徽省蚌埠方达印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.75 字数: 506 千字

版 次: 2005 年 4 月第一版

印 次: 2005 年 4 月第一次印刷

书 号: ISBN 7-81094-734-6/TP·395

印 数: 1—5000 册

定 价: 29.80 元

21 世纪计算机科学与技术系列教材

编审指导委员会

主任委员

林宗楷(中国科学院计算所研究员、博士生导师、原国家 CAD & CG 实验室主任)

副主任委员

高曙明(浙江大学国家 CAD 重点实验室主任、教授、博士生导师)

梁景凯(哈尔滨工业大学威海校区副校长、教授、博士生导师)

杨志敏(山东大学威海分校计算机科学系主任、应用技术研究所所长、教授)

叶 勇(中国科学技术大学)

孙一林(北京师范大学)

彭 波(中国农业大学)

蒋翠清(合肥工业大学)

李 旻(安徽农业大学)

梁昌勇(合肥工业大学)

鄂大伟(集美大学)

刘 锋(安徽大学)

乔兰柱(河北广播电视大学)

马永开(电子科技大学)

屈道良(上海铁路局)

内容提要

Mathmatica 是由美国 Wolfram 公司研究开发的一个数学软件,它提供了与 Mathcad 和 Mathlab 这两个著名数学软件同样强大的功能,能够完成符号运算、数学图形绘制甚至动画制作等多种操作。

本书内容丰富,深入浅出,条理性强。为了便于读者理解,书中还编写了很多典型的例子。本书可供从事数学、计算技术、计算机应用等方面的科技人员、工作人员以及广大高等院校师生阅读参考。

编审说明

Mathematica 是由美国 Wolfram 公司研究开发的一个数学软件,它提供了与 Mathcad 和 Matlab 这两个著名数学软件同样强大的功能,能够完成符号运算、数学图形绘制甚至动画制作等多种操作。

Mathematica 可以做许多符号演算工作:它能做多项式的计算、因式分解、展开等,做各种有理式计算、求多项式、有理式方程和超越方程的精确根和近似根,做数值的或一般代数式的向量、矩阵的各种计算,求极限、导数、积分,做幂级数展开,求解某些微分方程等。Mathematica 还可以做任意位数的整数或分子分母为任意大整数的有理数的精确计算,做具有任意位精度的数值(实、复数值)的计算。所有 Mathematica 系统内部定义的整函数、实(复)函数也都具有同样的性质。使用 Mathematica 可以很方便地画出用各种方式表示的一元和二元函数的图形。通过这样的图形,我们常可以形象地把握住函数的某些特性,而这些特征一般很难从函数的符号表达式中看清楚。

本书详细讲解了 Mathematica 的基本原理、使用方法和规则。全书共 10 章内容,由浅入深地进行讲解。第一章阐述了 Mathematica 的基本发展历史、安装及基本操作环境,使读者对该软件有一总体上的认识。第二章至第五章介绍了 Mathematica 的各种基本运算,包括基本的运算功能、常用菜单、字符串的输入、表达式的结构、数的类型和精度、函数运算和数值处理等几部分内容。第六章至第十章讲述了使用 Mathematica 的一些比较高级的技巧。

本书内容丰富,深入浅出,条理性强。为了便于读者理解,书中还编排了很多典型的例子。经审定,本书可供从事数学、计算技术、计算机应用等方面的科技人员、工作技术人员以及广大高等院校师生学习参考。

本书由陈述主持编写。此外,蓝荣香、王昊亮、喻波、马天一、魏勇、郝荣福、李光龙、孙明、李天宇、武思宇、牟博超、李冰、付鹏程、高翔、朱丽云、崔凌、张巧玲、李辉、李欣、柏宇、郭强、金春范、程梅、黄霆、钟华、高海峰、王建胜、张浩、刘湘和邵蕴秋等同志在整理材料方面给予了编者很大的帮助,在此,编者对他们表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,缺点和错误之处在所难免,恳请有关专家和广大读者不吝赐教。

21 世纪计算机科学与技术系列教材编审指导委员会

2005 年 4 月

目 录

第 1 章	安装并运行 Mathematica	(1)
1.1	Mathematica 的发展历史	(1)
1.2	安装 Mathematica	(2)
1.3	运行 Mathematica	(5)
1.4	Mathematica 中的帮助	(12)
第 2 章	Mathematica 中的各种运算	(13)
2.1	算术运算	(13)
2.2	高级计算器功能	(22)
2.3	代数运算初步	(24)
2.4	符号数学	(31)
2.5	数值数学	(41)
第 3 章	Mathematica 知识准备	(46)
3.1	基本菜单操作	(46)
3.2	特殊格式和特殊字符	(54)
3.3	表达式结构	(58)
3.4	数的类型和精度	(61)
3.5	课后练习	(64)
第 4 章	函 数	(67)
4.1	函数初步	(67)
4.2	数学函数	(70)
4.3	函数运算	(79)
4.4	课后练习	(85)
第 5 章	高级数学计算	(96)
5.1	高级代数运算	(96)
5.2	方程变换	(101)
5.3	微积分	(106)
5.4	幂函数、极限和余式	(109)
5.5	线性代数	(114)
5.6	集合操作	(122)
5.7	数值处理	(132)
5.8	计算题	(140)
第 6 章	Mathematica 编程	(147)
6.1	全局量和局部量	(147)
6.2	程序的流程及其控制	(149)



6.3	程序设计	(156)
6.4	课后练习	(161)
第 7 章	图形和声音	(162)
7.1	基本一元函数作图	(162)
7.2	图形参数设置	(174)
7.3	二元函数作图	(182)
7.4	数据点作图	(186)
7.5	参数图	(188)
7.6	其他图形	(190)
7.7	利用 Mathematica 构造声响	(193)
7.8	课后练习	(195)
第 8 章	输入和输出	(198)
8.1	输入格式	(198)
8.2	二元符号的输入	(199)
8.3	输出格式	(202)
8.4	文件和外部操作	(211)
第 9 章	模型和自定义函数	(219)
9.1	使用模型	(219)
9.2	自定义函数	(226)
第 10 章	Mathematica 高级应用	(232)
10.1	Notebook 的高级应用	(232)
10.2	变换法则	(245)
10.3	字符和字符串	(250)
10.4	对话全局观	(254)
附录一	Mathematica 函数及使用方法	(259)
附录二	部分习题答案	(270)

第 1 章

安装并运行 *Mathematica*

1.1 Mathematica 的发展历史

Mathematica 是由美国 Wolfram 公司研究开发的一个数学软件，它提供了与 Mathcad 和 Mathlab 这两个著名数学软件同样强大的功能，能够完成符号运算、数学图形绘制甚至动画制作等多种操作。但与它们相比，Mathematica 显得小巧得多。以 Mathematica 2.2.1 版（Alpha 版）为例，安装盘只有四张 1.44MB 的软盘，完全安装之后仅占不到 14MB 的硬盘空间。它是由美国物理学家 Stephen Wolfram 领导的一个小组开发来进行量子力学研究的，软件开发的成功促使他们于 1987 年成立了 Wolfram 公司，并推出了该公司的商品软件 Mathematica 1.0 版，此后，Wolfram 通过对 Mathematica 的改进和扩充，又于 1989 年和 1991 年相继推出 1.2、2.0 版。1993 年推出的 2.2 版，1996 年推出 3.0 版本和 1998 年推出 4.0 版本。目前国内最为常见的是 3.0 版本和 4.0 版本。Mathematica 已在世界上广为流传，得到一致好评。据统计报告显示，现在仅在美国就有十几万人经常性地使用该软件，用它解决研究和工程计算领域中的问题。

Mathematica 的基本系统主要是用 C 语言开发的，因而可以比较容易地移植到各种平台上。Wolfram 公司已把这个系统移植到了许多工作站和某些大型机上，例如 SUN 工作站、DEC 工作站及 SGI 的工作站等等。在 PC 机上有 MS-DOS 386 版本（无需 387 数字协处理器）和 MS-DOS 386 / 387 版本（可在 486 和带 387 数字协处理器的 386 上运行）。另外还有 FOR Windows 的版本和用于苹果公司 Macintosh PC 机的版本。

Mathematica 是一个交互式的计算系统，计算是在用户和 Mathematica 互相交换、传递信息数据的过程中完成的。Mathematica 系统所接受的命令都被称作表达式，系统在接受了一个表达式之后就对它进行处理（这个处理的过程叫做对表达式求值），然后再把计算结果返回。

Mathematica 拥有广泛的数学计算功能，支持比较复杂的符号计算和数值计算，因此，早期主要在数学、物理等理论研究领域中流行。近几年来，Wolfram 公司为了帮助工程技术人员克服应用 Mathematica 时所遇到的困难，正在开发以 Mathematica 为基础的各种软件包，已经推出的有工程分析软件包和小波分析软件包等。



1.2 安装 Mathematica

在这一章中，我们假设你已经具有计算机的初步知识。另外，在这一章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。

用户得到的 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。

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，就会出现如图 1-1 所示的 Mathematica 安装开始界面图形。

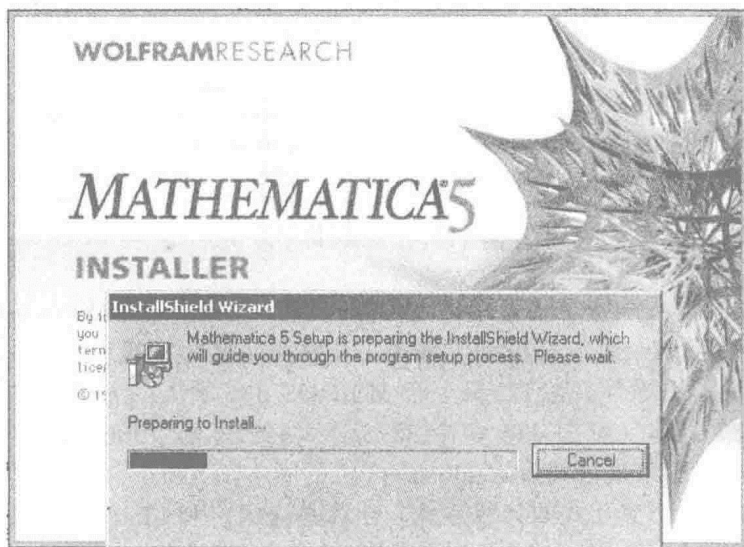


图 1-1 安装程序开始界面

紧接着，就会出现如图 1-2 所示的对话框。如果选择“Full”，则进行完全安装；如果选择“Minimal”则进行最小化安装。并单击“Browse”选择安装路径，出现如图 1-3 所示的选择安装路径对话框，在这里选择路径。

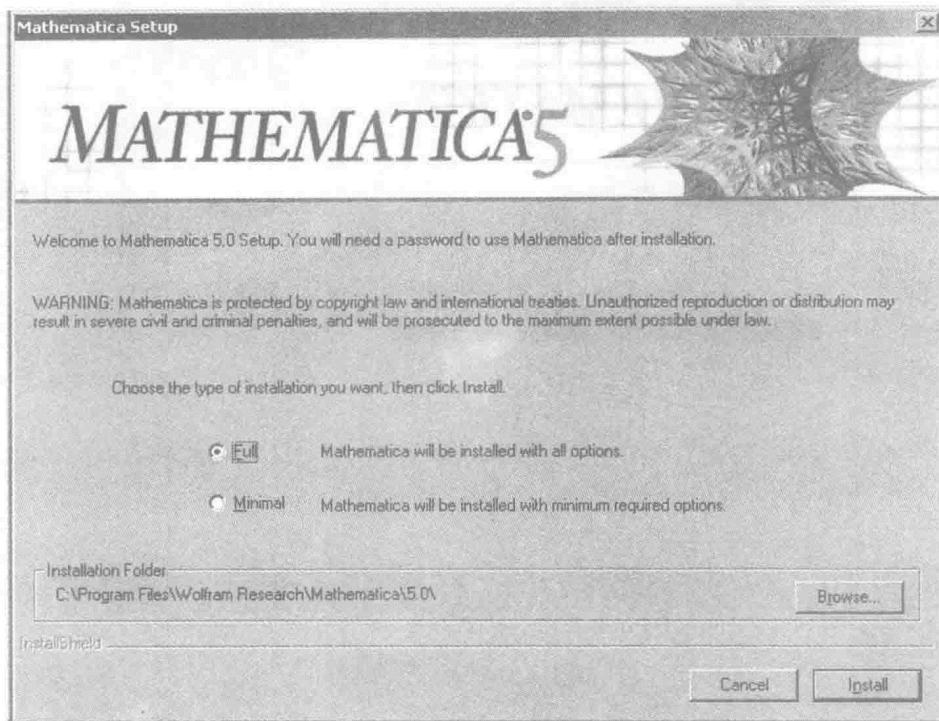


图 1-2 安装程序



图 1-3 选择路径对话框

然后，单击“确定”按钮，然后在图 1-2 中选择“Install”按钮，就会出现如图 1-4 所示的安装运行对话框。

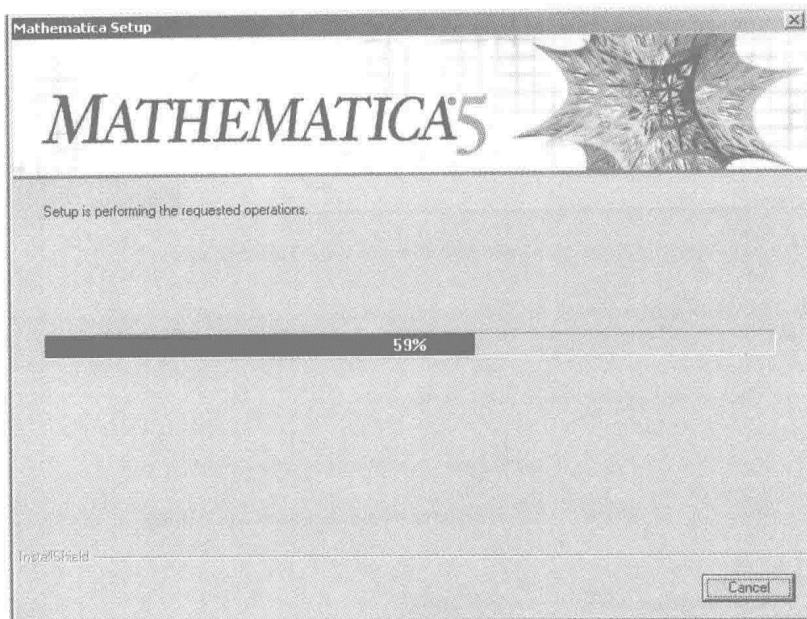


图 1-4 安装运行对话框

执行安装完毕后，出现如图 1-5 所示的对话框，在这里选择是否进行软件注册，我们选择“Enter License information later”，然后单击“Finish”按钮完成安装。

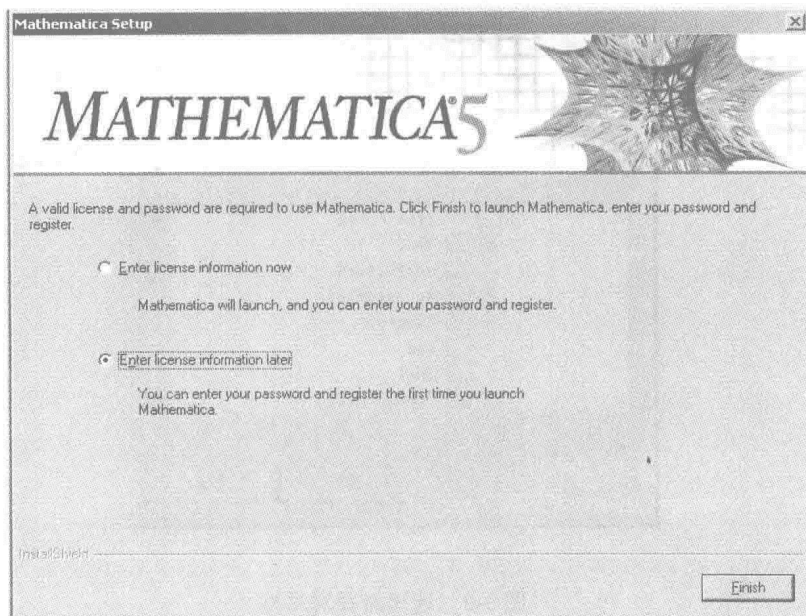


图 1-5 选择是否安装注册信息



1.3 运行 Mathematica

Mathematica 可以做许多符号演算工作：它能做多项式的计算、因式分解、展开等，做各种有理式计算、求多项式、有理式方程和超越方程的精确根和近似根，做数值的或一般代数式的向量、矩阵的各种计算，求极限、导数、积分，做幂级数展开，求解某些微分方程等。Mathematica 还可以做任意位数的整数或分子分母为任意大整数的有理数的精确计算，做具有任意位精度的数值（实、复数值）的计算。所有 Mathematica 系统内部定义的整函数、实（复）函数也都具有这样的性质。使用 Mathematica 可以很方便地画出用各种方式表示的一元和二元函数的图形。通过这样的图形，我们常可以形象地把握住函数的某些特性，而这些特征一般很难从函数的符号表达式中看清楚。

Mathematica 的能力不仅仅在于上面说的这些功能，更重要的在于它把这些功能有机地结合在一个系统里。在使用这个系统时，人们可以根据自己的需要，一会儿从符号演算转去画图形，一会儿又转去做数值计算。这种灵活性能带来极大的方便，常使一些看起来非常复杂的问题变的易如反掌。在学习和使用 Mathematica 的过程中读者会逐步体会这些。Mathematica 还是一个很容易扩充和修改的系统，它提供了一套描述方法，相当于一个编程语言，用这个语言可以写程序，解决各种特殊问题。

完成安装后，启动 Mathematica 得到它的运行界面，如图 1-6 所示。



图 1-6 Mathematica 的工作环境



下面对其主要功能作一个简要介绍。

1.3.1 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——与 open 操作支持的文件相同，

(4) Print——打印设置。

1.3.2 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，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，其方法是把鼠标放在表达式右边的蓝色方括号上，当鼠标指针变成“ ⌞ ”这样的符号时，单击鼠标左键，蓝色方括号被填充为黑色，此时细胞处于被激活状态。

(1) Formatted——对细胞进行格式化 (标准化) 操作。如果细胞已经被标准化了，那么该菜单项前会显示一个复选钩。用户输入的文本和表达式往往是非标准化的，而 Mathematica 系统输出的内容则是标准化的。非标准化细胞的内容属于一般的文本内容，可以进行编辑，而一个标准化细胞的内容则不能进行编辑。对于数学公式和 PostScript 图形来说，将细胞格式化将是有用的。

(2) Inactive——使细胞处于非激活状态。用户也可以用单击窗口内细胞外的任何一个位置以使细胞处于非激活状态。

(3) Locked——锁定符号。一旦符号 (或表达式) 被锁定，那么在此之前被指定的一切属性 (如写保护、读保护等等) 将不能再改变。锁定本身也是符号的属性之一。

(4) Initialization——初始化细胞。初始化是细胞的属性。用户可以通过这个命令指定或者取消细胞的这一属性。当一个包含有已经初始化了的细胞的 Notebook 文件被打开时，系统会询问是否计算所有已初始化过的细胞。用户可以在“选项 (Options)”菜单中的“操作 (Action)”选项中作设置，使系统在打开文件时自动计算或者不计算初始化细胞。

(5) Group Cells——创建细胞组。该命令在选择的所有细胞括号之外再加上一个大括号，使之成为一个细胞组。对细胞组的操作就是对其包含的所有细胞的操作。双击组细胞括号可以展开或收起细胞组。

(6) Ungroup Cells——取消细胞组。选择组细胞括号，然后执行该命令即可取消细胞组。

(7) Divide Cell——分割细胞。该命令可以将所选取的细胞的部分内容分离出来，另外生成一个细胞。

(8) Merge Cells——合并细胞。该命令可以将所选细胞合并成一个细胞。

(9) Open All Subgroups——Mathematica 允许生成多重细胞组。该命令可以展开所有的



子细胞组。

- (10) Close All Subgroups——收起所有的子细胞组。
- (11) Open/Close Group——展开或收起细胞组。
- (12) Evaluation Group——对选定细胞组中的所有细胞进行计算。

1.3.3 编辑功能 (Edit)

Mathematica 提供了 Windows 的标准编辑功能，另外还有几个特殊的编辑工具：

- (1) Clear——清除细胞中的内容。
- (2) Paste and Discard——粘贴并清除剪贴板的内容。
- (3) Auto Paste——自动粘贴。如果用户选择了这一命令，而且在使用其他应用程序的时候，同时又运行了 Mathematica，则在该应用程序中所拷贝和剪贴的内容将被传送到剪贴板中并自动粘贴到 Mathematica 文件的光标所在处。

1.3.4 图形功能 (Graph)

- (1) Render PostScript——对 PostScript 图形进行着色处理。
- (2) Play sound——播放声音。Mathematica 提供对以时间为变量的声音函数的支持。
- (3) Make Standard Size——使图形尺寸标准化。这一命令在制作动画时非常有用。
- (4) Image conversions——图形格式转换。可以将图形转化成位图格式或系统可接受的格式。
- (5) Animate Selected Graphics——显示动画。用户可以选择一组包含图形的细胞，或者选择一个包含多个图形细胞的细胞组，然后使用该命令即可连续显示这些图形。用这种方式可以实现连续的动画。系统支持 PostScript 格式、图元格式和位图格式的动画，甚至可以将三者混合显示。

1.3.5 操作功能 (Action)

- (1) Prepare Input——输入选择。用户可以选择拷贝上一次的输入或输出内容，还可以选择系统的所有函数、3D 图形的视角和颜色。
- (2) Evaluate Selection——计算所有激活的细胞。
- (3) Evaluate Next Input——计算下一个细胞。
- (4) Evaluate Notebook——激活并计算当前文件内的所有细胞。
- (5) Evaluate Initialization——计算所有已经初始化的细胞。
- (6) Interrupt——中断当前操作。

1.3.6 风格编辑 (Style)

Mathematica 提供了多种细胞格式，包括标题、次标题、三级标题、文本、帮助、名字、题头、脚注、图形和系统提供的特殊格式等等，共计 28 种。



1.3.7 选项设置 (Options)

(1) Clipboard——Mathematica 提供了自己的剪贴板, 该选项可以在 Mathematica 向 Windows 的剪贴板拷贝信息时, 对其格式进行设置, 它支持位图格式、图元格式和独立设备的位图格式。

(2) Graphics——对图形着色时的有关设置。

(3) Animation——用户可以在这里设置动画每秒显示的帧数、显示顺序、循环延迟时间等。

(4) Action——操作设置。如用新的输出内容取代旧的内容; 将输出内容与对应的输入内容放置在同一个组细胞中; 显示每次计算的时间等等。

(5) Kernel——有关 Mathematica 系统内核的设置。用户可以选择在开始运行 Mathematica 时就预先装载内核, 否则内核只有在进行运算之前才被装载; 这里还可以对内核所占的内存容量进行设置, 缺省值是 7 168KB, 最大值是 12 288KB。当系统进行比较大的运算的时候, 内核将会需要较大的内存, 这时如果没有给内核分配足够的内存, 系统将无法完成计算。

(6) Bracket Color——对细胞括号颜色的设置。

(7) Style——对新建文件设置缺省文件名以及从其他平台上读入文件时对字体识别的设置。

下面举例说明 Mathematica 的用法:

(1) 首先在打开的文件内输入:

```
ParametricPlot3D[
  {sin[u] cos[v], sin[u] sin[v], cos[u]},
  {u, 0, Pi}, {v, 0, 2Pi},
  Lighting -> True,
  LightSources -> {{2, 2, 2}, RGBColor[1, 0.25, 0.5]},
  {{3, 0, 4}, RGBColor[0.2, 0.5, 1]}},
  ViewPoint -> {1.4, 2.6, 1.7}]
```

(2) 激活该细胞, 执行 Action 菜单中的 Evaluate Selection 命令, 系统将显示一个球形。其中 ParametricPlot3D 是三维参数作图函数, 这里给出的是球体的函数的参数形式, u 、 v 即为参数, Pi 代表圆周率, $\{u, 0, \text{Pi}\}$ 的意思是 u 的变化范围是从 0 到 Pi ; $\text{Lighting} \rightarrow \text{True}$ 是指打开已经设置的光源; LightSources 用于设置光源, 默认值是设置了三个点光源, 分别是红、绿、蓝色的, 它们被放在曲面右边 45° 角的地方。用户也可以自己设置任意的光源, 说明一个光源要描述它的光色和位置, 其形式为: {光源位置, 光源光色}, 其中光源位置用它的坐标来表示 (如 {2, 2, 2}); $\text{RGBColor}[r, g, b]$ 用于设置光色, 其中的 r 、 g 、 b 是三个取值为 [0, 1] 之间的数, 分别说明光源中红色、绿色、蓝色的强度; ViewPoint 用于说明视角的位置, 也用坐标来表示。

从上可以看出 Mathematica 的运行环境和其他应用软件有一定的不同, 它的运行界面包括一个菜单工作条和一个工作区窗口, 这两部分是分开的。下面的工作区可以关闭, 也可以根据计算的需要来打开多个窗口, 并且这些窗口是互相独立的。



Mathematica 的用法是非常简单的,作为一种工具软件,简单的计算功能是比较易于掌握的。首先选中一个工作区,然后输入你想进行计算的表达式,如图 1-7 所示。

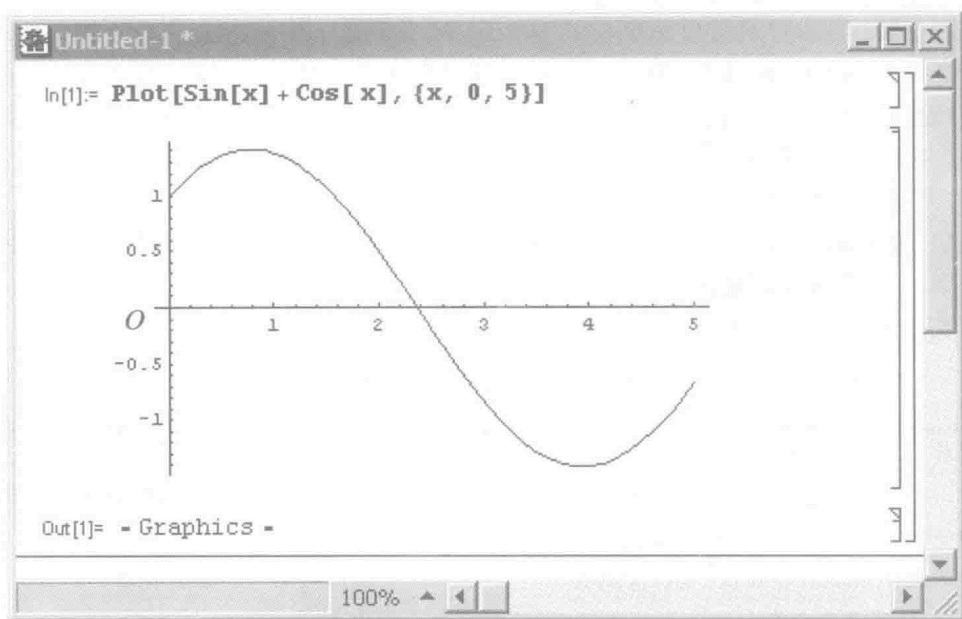


图 1-7 简单的执行结果

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 Mathematica 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,我们主要介绍其中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。

基于 Notebook 界面的操作见表 1-1。

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
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