



# Mathematica及其 在金融工程中的应用

郑玉华 朱晓东 编著



科学出版社

# Mathematica 及其在金融工程中的应用

华兴夏 郑玉华 朱晓东 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

Mathematica 具有功能强大、应用面广、易学易用等优点,因此在工程、物理、生物、社会学、药学、计算机科学和软件开发等众多重要领域得到了广泛的应用,并已成为许多机构的规范工具。在金融工程领域, Mathematica 扮演着越来越重要的角色。Mathematica 不仅内置金融数据,提供股票、商品、货币的当前和历史市场数据,而且还提供了金融和经济数据的程序式和交互式访问,并支持对其他数据源的导入。在新版本中,系统还提供了关于资金价值、实际利率、债券、金融衍生品的数百个与定量研究有关的内置算法,提供即时的交互式金融图表,并可显示内置金融指标。本书试图帮助读者学习 Mathematica 的基础知识、了解其各种功能,并熟悉其在金融工程中的基本应用,为以后理解复杂金融建模和运算打下基础。

本书可作为高等院校经济管理类专业的本科高年级教材和教学参考书,也可作为科研人员、工程技术人员以及软件爱好者学习和应用 Mathematica 的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

Mathematica 及其在金融工程中的应用/华兴夏,郑玉华,朱晓东编著.  
—北京:科学出版社,2011  
ISBN 978-7-03-032798-7

I. ①M… II. ①华… ②郑… ③朱… III. ①金融工程-数值计算-应用软件, Mathematica IV. ①F830.49-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 234257 号

责任编辑:伍宏发 杨 锐 胡 凯/责任校对:张凤琴  
责任印制:赵 博/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

陈海印刷有限责任公司印刷

科学出版社编务公司排版制作  
科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2011 年 11 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2011 年 11 月第一次印刷 印张: 9 1/2

字数: 184 000

定价: 28.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 目 录

<b>第一章 Mathematica 概述</b> .....	1
1.1 软件简介 .....	1
1.2 Mathematica 的基本使用 .....	3
1.3 Mathematica 的单元 .....	11
1.4 Mathematica 的帮助系统 .....	12
<b>第二章 基本概念</b> .....	16
2.1 数据类型与常数 .....	16
2.2 变量 .....	18
2.3 函数 .....	21
2.4 表达式 .....	23
2.5 数值计算与符号演算 .....	25
2.6 自定义函数 .....	27
2.7 流程控制 .....	30
2.8 模块 .....	34
<b>第三章 表</b> .....	36
3.1 简介 .....	36
3.2 表的生成 .....	37
3.3 表的有关操作 .....	39
3.4 表的运算 .....	45
3.5 表格与矩阵 .....	46
3.6 表的应用：数据拟合 .....	51
<b>第四章 Mathematica 绘图</b> .....	53
4.1 绘制一元函数的图形 .....	53
4.2 绘图选项 .....	58
4.3 图元函数绘图 .....	68
4.4 参数曲线绘图 .....	70
4.5 特殊的二维绘图函数 .....	70
4.6 三维绘图 .....	75
<b>第五章 应用基础</b> .....	77
5.1 代数计算 .....	77

---

5.2	求解方程 .....	80
5.3	微分运算 .....	85
5.4	积分运算 .....	87
5.5	幂级数展开 .....	89
<b>第六章</b>	<b>金融数据源: FinancialData</b> .....	<b>92</b>
6.1	金融数据源概述 .....	92
6.2	FinancialData 命令的使用方法 .....	98
6.3	查询、搜索与筛选 .....	107
6.4	数据统计分析 .....	111
6.5	导入外部数据 .....	114
<b>第七章</b>	<b>绘制金融时间序列图</b> .....	<b>119</b>
7.1	日期的表达形式 .....	119
7.2	DateListPlot 命令 .....	120
7.3	绘图选项 .....	125
7.4	DateListLogPlot 命令 .....	139
7.5	金融时间序列绘图 .....	140

# 第一章 Mathematica 概述

## 1.1 软件简介

Mathematica 是一款科学计算软件,由美国科学家史蒂芬·沃尔夫勒姆(Stephen Wolfram)主持的科研小组开发。自 1988 年 Wolfram Research 公司推出 Mathematica 1.0 版本以来,公司对软件不断改进,在 2008 年发布了 7.0 版本,又于 2010 年年底推出 8.0 版,这也是 Mathematica 的最新版本。有关公司及产品的信息可从官方网站上获得,地址为: [www.wolfram.com](http://www.wolfram.com)。

Mathematica 最初是一个主要用于数学和科技计算的系统,影响主要限于物理、工程和数学领域。随着时间的变化,Mathematica 在工程、物理、生物、社会学、药学、计算机科学和软件开发等诸多领域得到了广泛的应用,并已成为许多机构的规范工具。世界上许多重要的新产品在它们的某一设计阶段或其他阶段都依靠 Mathematica 的帮助。Mathematica 还被广泛地用于教学,从高中到研究生院的很多课程都在使用它。Mathematica 以功能强大、应用面广、易学易用等优点得到了科研人员、工程技术人员、教师和学生的高度认同。

Mathematica 的主要特点可以概括为以下两个方面:

### 1. 集数值计算、符号演算、图形功能于一身,功能丰富

Mathematica 是一个集成化的数学软件,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。

Mathematica 可以完成许多符号演算和数值计算的工作。例如,Mathematica 不仅可以进行多项式的计算、因式分解、展开、三角函数运算、求解方程等初等运算,还能处理微积分、微分方程、线性代数和规划优化等各类复杂问题的数值计算和符号演算。在数值计算方面,Mathematica 可以进行任意精确度的精确计算,而且与一般的程序设计语言不同,Mathematica 的处理对象不仅限于数值,它还能处理一般的符号表达式,进行各种复杂的符号演算。Mathematica 以符号演算见长,强大的符号演算功能给数学公式的快速准确推导带来极大的方便,大大提高了工作效率,使许多以前只能靠纸和笔解决的推理工作可以用计算机处理。例如,求不定积分:  $\int x^4 e^{-2x} dx$ , 只要运行命令 `Integrate[x^4*Exp[-2x], x]` 即可。

Mathematica 也有强大的图形功能,能够方便地画出各种函数图形、美观的曲

线、曲面，并可以根据需要自由地选择画图的范围和精确度。例如，要绘制函数图形： $y = e^{-x} \cos x$ ， $x \in [0, \pi]$ ，只要运行命令 `Plot [ Exp[-x]*Cos[x],{x, 0, Pi}]` 即可。Mathematica 甚至还可以进行动画设计。

Mathematica 不仅具有上述这些功能，更重要的是它把这些功能有机地融合在一个集成环境里。用户在使用 Mathematica 的过程中，可以根据自己的需要在数值计算、符号演算和图形绘制之间自由地转换，进行不同的操作，这种灵活性为使用者带来很大的方便。

## 2. 语法规则简单，操作方便，能够和其他语言交互

和其他高级语言相比，Mathematica 的语法规则简单，更接近数学运算的思维和表达方式。Mathematica 的命令易学易记，运行也非常方便。用户可以通过与系统进行交互式的“对话”来逐个执行命令。在 Mathematica 中，一句简单的命令常常可以完成其他语言很多条语句的工作。例如，解方程： $x^4 + x^3 - 12 = 0$ ，只要运行命令 `Solve[x^4 + x^3 - 12 == 0, x]` 即可。另外，Mathematica 在数值计算、符号演算和图形显示等方面的命令句法非常一致，这个特性也使得其很容易使用。

Mathematica 还是一个很容易扩充和修改的系统，它的用于描述符号表达式和对其进行计算的一套记法构成了一个功能强大的程序设计语言，用户可以通过编程或使用程序包让 Mathematica 一次性执行由多个命令组成的程序，完成用户需要的各种工作。在 Mathematica 中，只需较少的语句就可以完成复杂的运算和公式推导等任务。系统本身也提供了一批完成各种工作的程序包供用户使用。

Mathematica 能和其他高级语言，如 C 语言等，进行简单的交互，可以调用 C 语言的输出并转化为 Mathematica 的表示形式，也可以将 Mathematica 的输出转化为 C 语言，在 C 语言中甚至可以嵌入 Mathematica 的语句。另外，Mathematica 还可以与 Mathtype 和 Latex 编译器进行互动，这使 Mathematica 的编程更为灵活方便，大大增强了系统的功能。

自 Mathematica 首次发布以来，它的用户群一直在稳步增长，目前用户总数以百万计。Mathematica 已成为许多机构的标准工具，使用范围包括美国的大型公司、政府机构以及全球最大的五十多所大学。就技术面而言，Mathematica 被公认为软件工程的一个重要成就，涵盖大量各领域的最新的原始算法和重要创新，它的每一新版本均重新定义了某些计算领域的最新发展水平。由于具有独特的符号体系结构，自 6.0 版本开始，Mathematica 以符号性的动态接口概念为中心，允许快速建立完全的动态接口，交互式操控任意表达式、图形或其他对象，从而把所有功能结合起来，利于使用大规模的新的语言结构。Mathematica 将动态交互性引入到全新的即时界面，实现了一个前所未有的交互计算方式。Wolfram Research

公司一直致力于产品适用性的创新和突破，在 Mathematica 8.0 中又引入了利用自然语言操纵计算的概念，用户可以使用自由格式语言输入，然后进行建模或者创建原型，最终得到一个高性能的独立程序或者程序库。Mathematica 8.0 不仅在工作流程的开始和终端提供了这些增强功能，而且更显著的是它添加了用于许多新领域和扩展应用领域的五百多个新函数，大幅度提高了用户的工作效率。如今，Mathematica 能做的已经远超过符号计算，不仅能够支持 64 位技术、高性能计算以及内置并程序，还可以提供数学对象的即时 3D 模型，内置图像处理和分析功能等。Mathematica 还提供了基因组、化学、气象、天文、金融、测地学数据的完整支持，日益成为科学研究不可或缺的工具。

在金融工程领域，Mathematica 扮演着越来越重要的角色。在 6.0 版本中，Mathematica 已经内置金融数据；在 7.0 版本中，进一步提供了股票、商品和货币的当前和历史市场数据，提供金融和经济数据的程序式和交互式访问，并支持对其他数据源的导入；在 8.0 版本中，系统提供了关于资金价值、实际利率、债券、金融衍生品的数百个与定量研究有关的内置算法，提供即时的交互式金融图表，并可显示内置金融指标。本书试图帮助读者学习 Mathematica 基础知识、了解其各种功能，并熟悉 Mathematica 在金融工程中的基本应用，为以后理解复杂金融建模和运算打下基础。本书中的 Mathematica 命令和语句是按 Mathematica 7.0 编写的，绝大多数也适用于较为早期的版本。

## 1.2 Mathematica 的基本使用

### 1.2.1 启动和运行

假设在 Windows 操作系统环境下已安装好 Mathematica 7.0，启动 Windows 后，在“开始”菜单的“程序”中单击 Mathematica 7.0，就启动了 Mathematica 程序。主程序会打开一个如图 1 所示的工作窗口(又称为 Notebook)，系统暂时取名 Untitled-1，直到用户保存时重新命名为止。

工作窗口实际上是 Mathematica 提供给用户的终端界面，用户在终端界面上输入指令，则 Mathematica 的计算引擎——内核(Kernel)在后台工作，最终内核给出反馈的结果，结果可以是各种格式，如数字、图形、矩阵或其他形式。

在主工作窗口输入各种运算表达式或键入命令语句，通过按组合键“Shift+Enter”执行运算。例如，在工作窗口中输入“5+6”再按“Shift+Enter”执行这个运算，这时在工作窗口中会显示如图 2 所示的计算结果。

在图 2 中，In[1]:= 与 Out[1]= 分别是 Mathematica 系统内核自动赋予的输入标签和输出标签。如果再输入第二个表达式，执行计算后，系统分别将其标识为



In[2]:=和 Out[2]=, 即 In[i]表示第 i 次输入, Out[i]表示对第 i 个计算结果的输出, 它们均由计算机自动给出, 不需要使用者输入。由于内核的运算顺序并不一定与指令在工作窗口的实际位置一致, 因此, 这些标签可以方便用户跟踪内核运算指令的顺序。

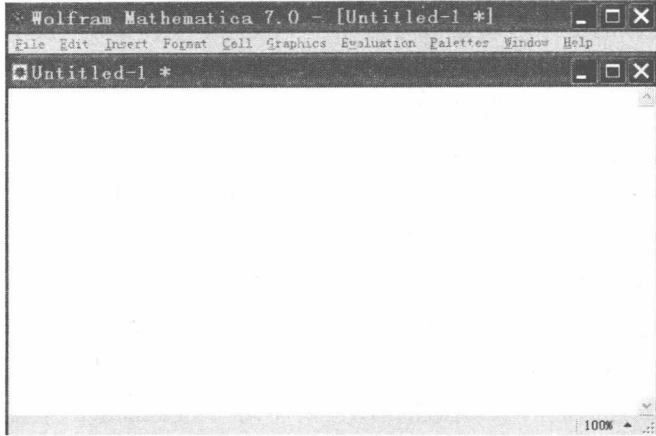


图 1

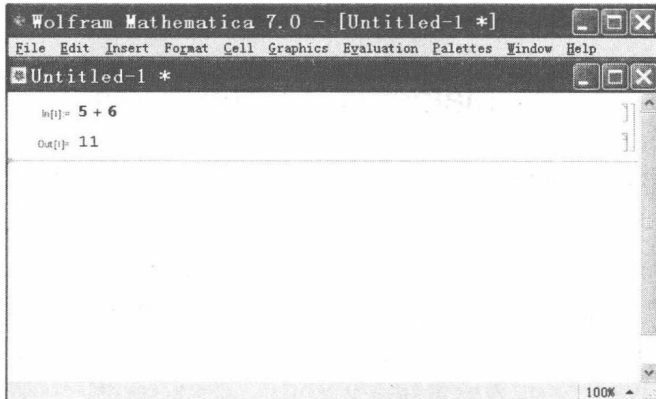


图 2

有时候输入的指令可能需要很长的计算时间, 或者由于不小心造成死循环, 或者用户意识到某种错误, 这时用户可以中断计算。在 Notebook 界面下, Mathematica 计算可以采用键盘命令“Alt +,”来中断。如果不能中断, 就必须用“Evaluation”下拉菜单中的“Quit Kernel”命令退出 Mathematica 内核计算程序, 强行中断 Mathematica 的当前任务, 此时工作窗口的内容并不会改变, 但所有的计算结果将会从内存中清除。

在 Mathematica 的一次运行中，可以同时处理几个 Notebook。然而，如果使用的只是一个内核，那么在一个 Notebook 内改变变量值，将会对所有 Notebook 产生作用。

完成各种计算后，可单击标题栏上的“退出”按钮，或在菜单“File”中选择“Exit”，即可结束本次运行。如果要保存下来，以便下次继续计算，可点击“File → Save”保存文件，文件名以“.nb”作为后缀，称为 Notebook 文件。以后想使用本次保存的结果时可以通过“File”菜单读入，也可以直接双击它，系统自动调用 Mathematica 将它打开。

### 1.2.2 表达式的输入

按照 Mathematica 的语法要求，把表达式输入到 Notebook 窗口中就可以按“Shift+Enter”组合键执行运算了。表达式有两种基本的输入方式：一种是直接利用键盘进行输入，另一种是利用输入面板进行输入。

对于一般的表达式，可以采用键盘输入的方法。例如，要输入表达式  $\frac{5}{2} + 8^2 - 4 \times (2 + 3)$ ，可从键盘输入  $(5/2+8^2-4*(2+3))/4$ 。

对于一些复杂的表达式或者带有特殊字符的表达式，也可以从输入面板输入。在启动 Mathematica 后，如果没有显示输入面板，可从“Palettes”菜单中点击“Basic Math Assistant”或“Classroom Assistant”，将分别出现如图 3 和图 4 所示的面板窗口。

该面板不仅提供了数字、运算符和常数的输入，还包括了各种函数以及开方、积分等各种计算的输入。它并不仅仅只是一个输入工具，对于很多函数，这里还能显示其用法以及与之相关的各种函数信息。如果从“Palettes”菜单中点击“Special Characters”，将出现一个供输入特殊字母、符号的面板，其中，字母和符号都按类别进行了分类，如图 5 和图 6 所示。

表达式的输入可以直接用输入面板来实现，也可以仅用于输入特殊符号或特殊计算，只要单击对应的按钮即可输入。下面通过一个实例来说明其使用方法。

例如，我们要计算定积分  $\int_0^1 \frac{1}{x^3+1} dx$  的值，输入该表达式的步骤如下：

(1) 先在工作窗口的空白处单击鼠标的左键，确定输入的位置。

(2) 单击输入面板上“Basic Commands”的  $\int$  标签，该标签下会显示求导、求积分的各种命令按钮，如图 7 所示。再点求定积分的符号  $\int_a^b$ ，在工作窗口中就会出现图 8 所示的输入提示。

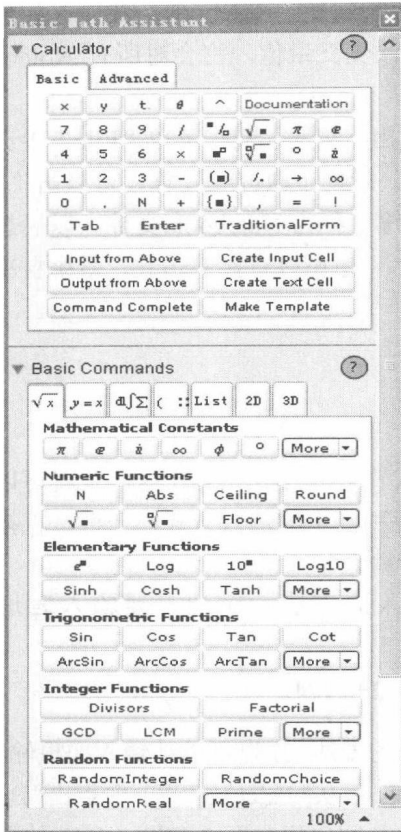


图 3

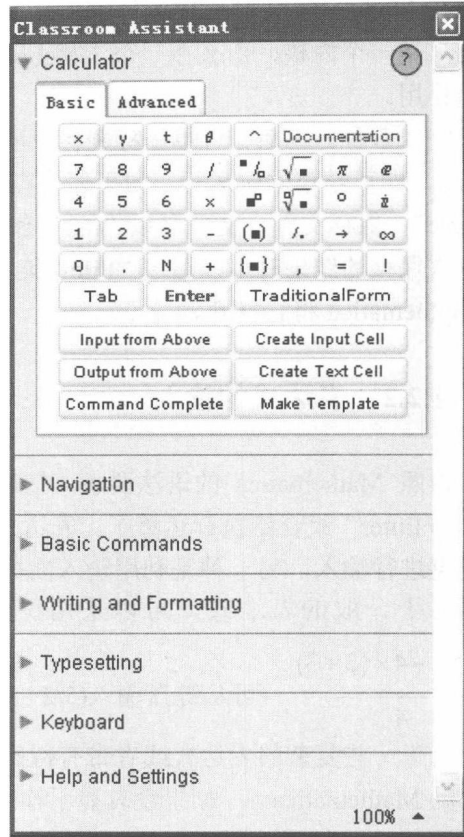


图 4

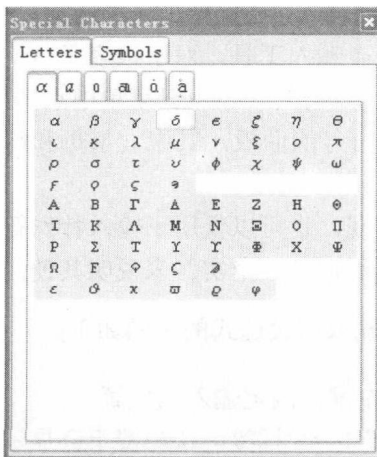


图 5

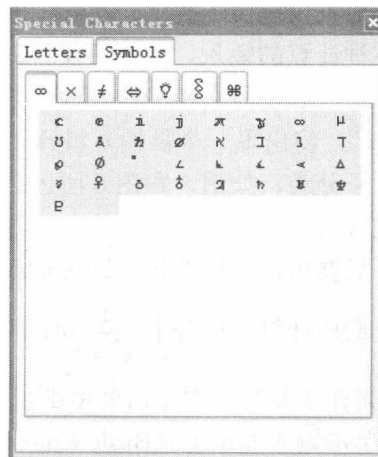


图 6

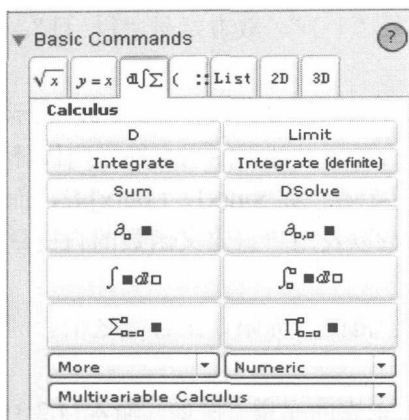


图 7

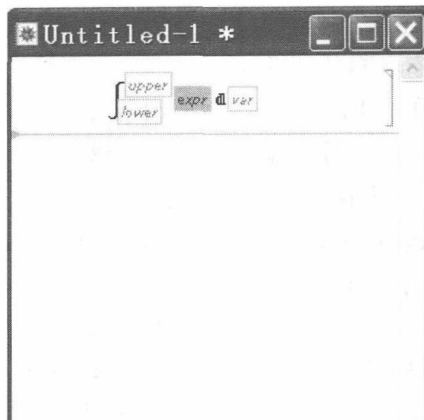


图 8

(3) 分别在相应的位置中输入积分的上限、下限、表达式及变量，输入完毕后，按“Shift+Enter”执行计算，结果如图 9 所示。

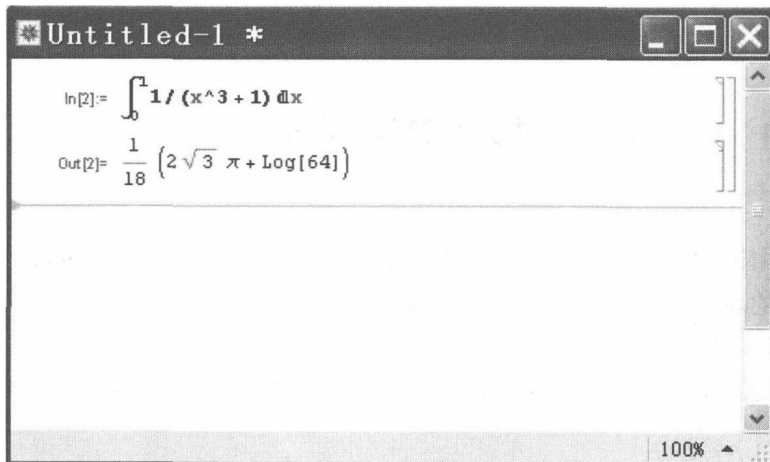


图 9

### 1.2.3 Mathematica 的几个基本语法规则

如果你是第一次使用 Mathematica，那么以下几点需要谨记。

(1) Mathematica 严格区分字母的大小写。所有内部函数都以大写字母开头，如 Sin[x]、Log[x]等。对于变量，由于区分大小写，Mathematica 会将 Name、name、NAME 等视为不同的变量。

(2) 不同的括号有不同的用途，应特别注意。Mathematica 中常用的括号有四

种——圆括号“( )”、方括号“[ ]”、花括号“{ }”、双方括号“[[ ]]”。它们分别有各自的用法:

① 圆括号“( )”主要用于改变优先运算顺序。例如,  $(2*(1+3))^2$ , 表示先计算加法、再计算乘法、最后计算乘方, 这里的圆括号都不能用方括号[ ]代替。

② 方括号“[ ]”用于指定函数自变量或参数, 如  $\text{Sin}[x]$ 、 $\text{Log}[x]$ 等, 而不能用  $\text{Sin}(x)$ 、 $\text{Log}(x)$ 。Mathematica 中的内部函数以及用户自定义函数的自变量和参数, 只能由方括号括起来。

③ 花括号“{ }”表示列表, 它一般用于范围、界限、集合等之中。例如, 用花括号表示一个向量:  $a = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ 。

④ 双方括号“[[ ]]”表示下标, 可用于求表的元素。例如, 输入  $\{4, 2, 3\}[[1]]$  可得出该表的第 1 个元素, 即 4。

(3) 自定义的变量可以取几乎任意的名称, 长度不限, 但不能以数字开头。例如, 系统会将  $3a$  理解为 3 乘以  $a$ , 而不是将它作为变量名。另外, 乘号在有些时候可以用空格来输入。例如,  $2\ 3 = 2 \times 3 = 6$ 。

(4) 当赋予变量一个值后, 除非重新赋值或清除变量, 它将始终保持原值不变, 参与到后面的计算中。

## 1.2.4 Mathematica 中几个符号的用法

### 1. 分号“;”

除输出语句“Print”外, 表达式后面带有分号“;”时, Mathematica 将运算分号前面的表达式, 但不显示计算结果; 如果表达式末尾没有分号, 将显示该表达式的结果。另外, Mathematica 的一行可以写多个表达式, 但要以分号分隔, 最后一个表达式不必以分号结束, 否则不显示计算结果。以下给出一些相关例子:

```
In[1]:= 2+3
Out[1]= 5
In[2]:= 2+3;2+4
Out[2]= 6
In[3]:= Print["2+3=",2+3]
          2+3= 5
In[4]:= Print["2+3=",2+3];
          2+3= 5
```

在上例中, “Print”是一个屏幕输出语句, 格式为  $\text{Print}[\text{表达式 } 1, \text{表达式 } 2, \dots, \text{表达式 } n]$ , 其功能是在屏幕某一行上依次输出表达式 1, 表达式 2, ..., 表达式 n

的值。例如：

```
In[5]:= x=2;y=3;Print[x,"+",y,"=",x+y]
      2 + 3 = 5
```

```
In[6]:= x=2;y=3;t=x+y;Print[x,"+",y,"      answer:",t]
      2 + 3      answer: 5
```

## 2. 输出结果替代符“%”，“%%”，“%n”

在运算中，用户常常需要使用已计算出的结果，这可用下述方式实现：

(1) %: 表示前面倒数第一个输出结果，也就是上一次输出的结果。命令“N[%]”表示对上一次的结果取近似值，其中函数 N[ ] 的详细用法参见第二章。

(2) %%: 表示前面倒数第二个输出结果。

(3) %n: 表示前面第 n 个输出结果，也就是对应于 Out[n] 的输出结果。

从图 10 给出的几个例子中可以看出，有效地利用这些符号可以大大节省我们的工作量。事实上，不论结果是数值、符号、表达式还是图像等，都可以用“%”表示。

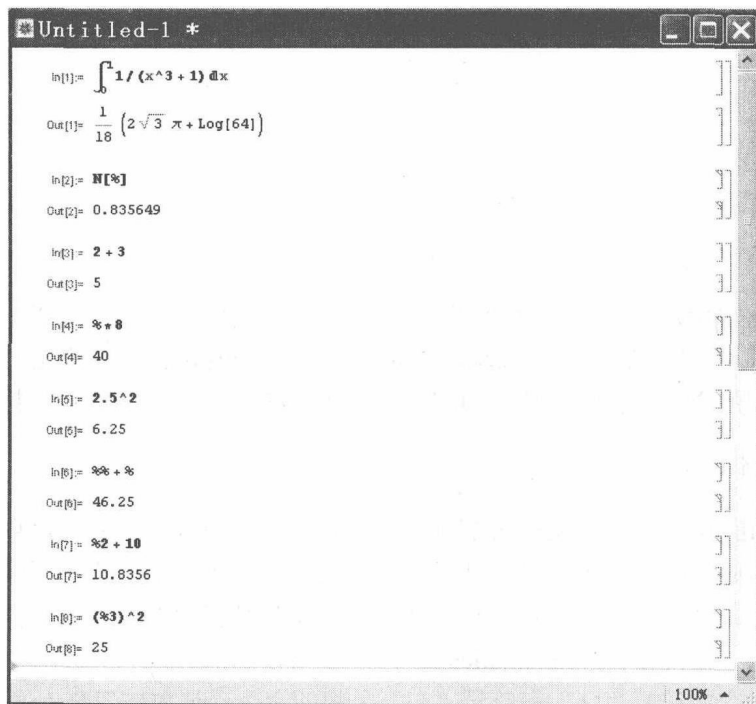


图 10

### 3. 替换符号 “->”

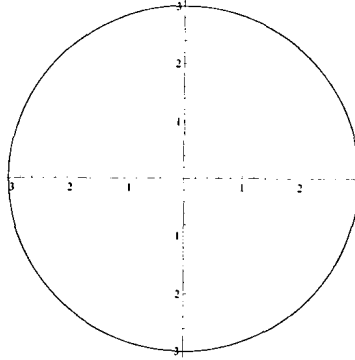
替换符号 “->” 的输入方法是输入键盘上的 “-” 和 “>”，或者由前面所讲的输入面板来输入。替换符号的含义是用箭头右边的内容替换箭头左边的内容，常用于变量的替换、函数参数指针或者作为方程求解结果的指针。例如：

```
In[1]:= x^2+6x+8/.x->6
```

```
Out[1]= 80
```

```
In[2]:= Plot[{-Sqrt[9-x^2],Sqrt[9-x^2]},{x,-3,3},
            AspectRatio->Automatic]
```

```
Out[2]=
```



```
In[3]:= Solve[x^2-4x+6==0,x]
```

```
Out[3]= {{x->2-i*Sqrt[2]},{x->2+i*Sqrt[2]}}
```

其中，在 In[1] 中用 “6” 替换了 “x” 从而求表达式的值；在 In[2] 中，“AspectRatio->Automatic” 是函数的参数选项，表示自动设置绘图时高与宽的比值；In[3] 是一个解方程的命令，在输出结果 Out[3] 中，替换符号作为求解结果的指针。

### 4. 注释符号 “(\* \*)”

在 Mathematica 的 Notebook 界面下，可以用交互方式完成各种运算，如函数绘图、求极限、解方程等，也可以用它编写像 C 语言那样的结构化程序。为了增加程序的可读性，常常需要在程序中加入一些用作解释性的文字或与程序执行无关的字符串。如果要在 Mathematica 命令中包含注释，则可以利用注释符号 “\*”，事实上，包含在符号 “(\*” 和符号 “\*)” 之间的命令会被内核忽略。例如：

```
In[1]:= (2x+3y)+(5x+6y) (*多项式求和*)
```

```
Out[1]= 7x+9y
In[2]:= (2x+3y)+ (*多项式求和*) (5x+6y)
Out[2]= 7x+9y
```

### 5. 帮助符号“?”、“??”

帮助符号“?”或“??”可以帮助我们查看各种函数或命令的用法。“?”可用于显示其简单用法，而“??”用于显示更多的信息，具体的使用方法见本章最后一节。

## 1.3 Mathematica 的单元

单元(Cell)是 Mathematica Notebook 的构造模块，在 Notebook 窗口的右侧用蓝色的方括号表示每个单元。一个输入、一个输出都是一个单元，从一个输入到按下“Shift+Enter”组合键产生一个输出就同时形成了包含输入和输出两个子单元的单元。事实上，单元可以有更多的层次，单元中可以包含子单元，并进而包含子子单元，依此类推。

Mathematica 内核在计算时是以逐个单元为基础的。因此，如果把几条指令放在同一个单元中，那么它们都会被执行。如图 11，在 In[4]中放入三条指令，按下“Shift+Enter”后，它们都被执行，Out[4]、Out[5]、Out[6]是一次性全部输出的。

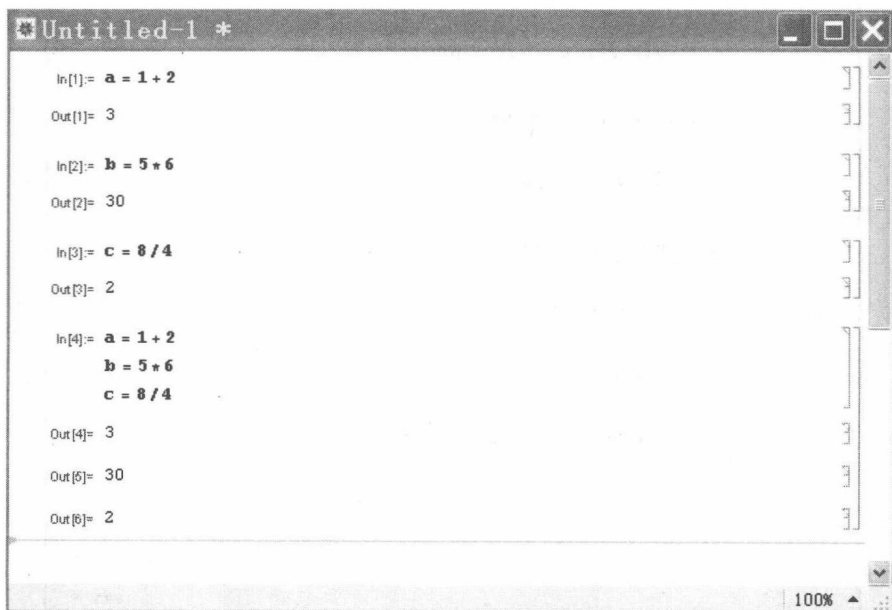


图 11



我们可以通过移动鼠标，直到指针变成一条水平线时单击，就可以形成一个新的单元。这时将会在屏幕上出现一条贯穿的水平线，标志着新单元的开始。Mathematica 会将各个单元有序地组织起来，方括号就是单元的手柄，用鼠标单击这个方括号就选中了这个单元，然后可以对其进行复制、剪切、删除等操作；选中多个单元，还可以进行合并等操作。这些操作可以在选中单元之后通过鼠标右键或者通过键盘快捷键来完成，还可以在“Cell”主菜单中通过相关选项来实现。“Merge Cells”命令可以合并单元；“Grouping”命令可实现对若干个选定单元进行组操作。在“Cell”主菜单中，还可以查看单元属性、对单元的标签进行处理、删除所有输出项内容等。

## 1.4 Mathematica 的帮助系统

### 1.4.1 Help 菜单

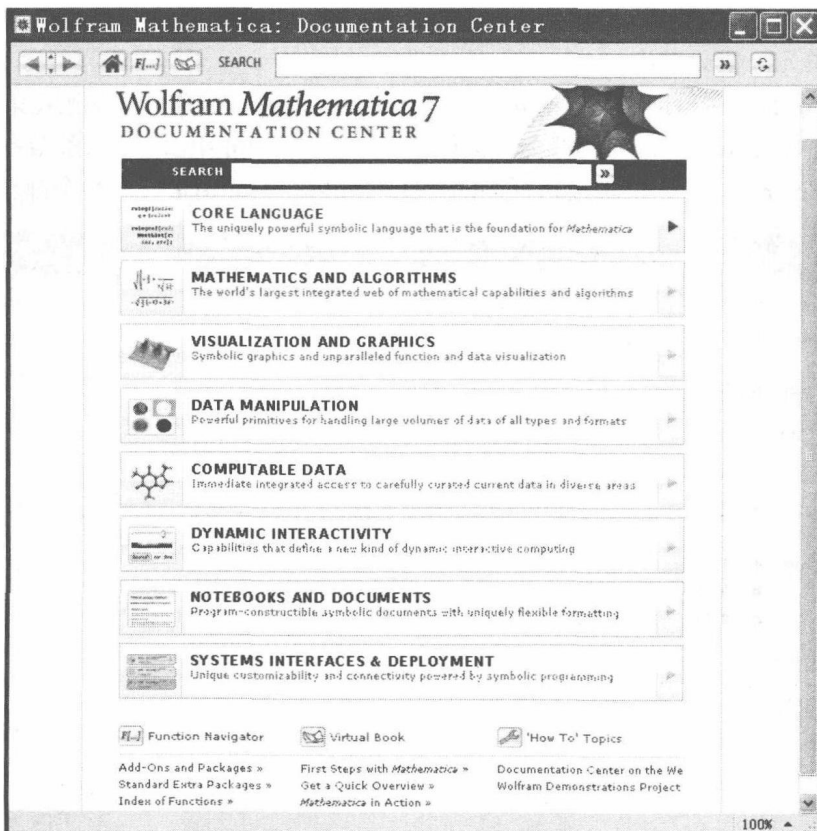


图 12