

万水计算机实用教程系列

Maple 8

基础应用教程

李 强 等编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

万水计算机实用教程系列

Maple 8 基础应用教程

李强 等编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

Maple 是一个广泛应用的符号计算软件,它拥有强大的功能,主要表现在集符号运算、数值计算、可视化和程序设计于一体,这些功能是通过 Maple 提供的线性代数程序包、微积分方程程序包、统计程序包、偏微分方程程序包以及画图程序包等实现的。

本书用简练的语言和实例展示了 Maple 的功能,详细介绍了 Maple 在各个数学分支学科的应用,主要内容包括 Maple 8 的运行环境、数值运算、符号运算、方程的求解、图形可视化和程序设计等。

本书适用于高等院校学生,从事实际工作的工程技术人员,高、中等学校的教师和学生,从事各种理论工作(数学、物理等)的科学工作者,以及具有初步的高等数学知识和计算机知识的其他读者。

图书在版编目(CIP)数据

Maple 8 基础应用教程/李强等编著. —北京:中国水利水电出版社,2004
(万水计算机实用教程系列)

ISBN 7-5084-2005-5

I. M… II. 李… III. 数值计算—应用软件, Maple 8—教材 IV. TP0245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 001674 号

书 名	Maipe 8 基础应用教程
作 者	李强 等编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@public3.bta.net.cn (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787×1000mm 16 开本 22.5 印张 494 千字
版 次	2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	32.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

一门学科只有上升到数学的高度，用数学来严格地进行描述，才能真正成为一门科学。数学是如此重要，以至现在的物理学、化学、工程、生物、经济等几乎所有的学科都离不开数学。从小学开始，我们就一直在学习数学，算术、初等数学和高等数学伴随着我们的成长，也许您现在还在被高等数学困扰着。广大数学爱好者和数学应用者迫切希望能够找到学好数学的捷径。

俗话说：工欲善其事，必先利其器。历史的长河源远流长，而人类向前迈进的每一步都离不开工具的发展和支持。但是对于数学——这门科学中的科学，人们以前却往往认为只需要一张纸、一支笔就可以解决了。时代的车轮已经前进到了 21 世纪，我们再也不能满足于这种手工的方式了。计算机这个现代化的工具已经渗透到人们生活的方方面面，必然也会在数学领域中得到全方位的应用。事实上，现在的许多数学研究，离开了计算机，要进行下去都很有难度。

作为计算机在数学上的重要应用，Maple 以其强大的符号计算和数值计算功能，以及灵活多变的二维、三维的图形和动画制作技术，已成为目前最为普及的应用数学软件之一，其应用已经渗透到教育、科研、工业等多个领域。

Maple 是由加拿大 Waterloo 大学于 1980 年开发出来的，起初只是为了解决复杂的代数运算等问题。后来经过多次测试和完善，现在已经推出了 Maple 8 版本。该版本在前面几种版本的基础上，进一步完善了内部的各种函数和命令，使得 Maple 可以处理数学中遇到的绝大多数问题。我们有理由相信，Maple 一定会成为一种被广泛应用的数学软件。

本书的编写以实用性为目的，主要包括 7 章：第 1 章对计算机代数系统和 Maple 8 的界面和功能等进行简介；第 2 章讲述 Maple 8 的运行环境、界面，以及进行计算时涉及到的各种数据和函数；第 3 章是讲解进行数值计算的方法；第 4 章阐述符号运算的处理方法；第 5 章集中介绍各种类型的方程的求解；第 6 章介绍如何应用 Maple 8 进行绘图和制作简单的动画；第 7 章讲述应用 Maple 语言进行编程的相关问题。

本书的特点是以实例作为讲解 Maple 8 应用的主要方式，主要目的是使读者了解 Maple 8 可以解决哪些问题，以及如何解决这些问题，帮助读者了解、掌握和使用 Maple 8。由于本书实例较多，很少介绍专业性的术语，所以阅读本书不需要读者有很全面的高等数学的知识，只要对计算机以及高等数学有一定的了解，通过学习就可以完全掌握 Maple 8 的应用。

本书结构新颖，内容由浅入深，涉及到常见的大多数数学问题，并且每一章都配有小结性的部分，方便读者快速掌握 Maple 8 的精髓。全书中的所有命令和程序都经过作者亲自测试，对于 Maple 8 常用的函数，在书后附有索引，便于查询。

参加本书编写工作的除李强外，还有童剑、张勇、张红中、马健兵、余成武、朱亮、张雷、孙莉、王军平、李毅鹏、肖兵亮、孙仁毅、朱健涛、钱辉、马聪、郭润鸿、郭文斌、鱼颜、魏国梁、黄卓、张雨思、王平、高建中等。由于时间仓促，加之作者水平有限，书中难免会存在疏漏或不当之处，期望读者不吝指正。

编者

2003 年 12 月

目 录

第 1 章	Maple 简介	1
1.1	计算机代数系统	1
1.2	Maple 简介	2
1.2.1	Maple 的历史	2
1.2.2	Maple 的结构	2
1.2.3	Maple 的基本功能	2
1.2.4	Maple 的帮助系统	3
1.3	本章小结	4
第 2 章	Maple 8 基础知识	5
2.1	Maple 8 的运行环境	5
2.1.1	命令行界面	5
2.1.2	GUI 界面	6
2.2	Maple 8 的运行界面	7
2.2.1	File 菜单	7
2.2.2	Edit 菜单	14
2.2.3	View 菜单	17
2.2.4	Insert 菜单	24
2.2.5	Format 菜单	25
2.2.6	Spreadsheet 菜单	28
2.2.7	Window 菜单	32
2.2.8	Help 菜单	33
2.3	Maple 8 的数据类型	33
2.3.1	简单的数值类型	33
2.3.2	序列 (Sequence)	34
2.3.3	集合 (Set)	35
2.3.4	列表 (List)	36
2.3.5	系列 (Series)	38
2.3.6	数组 (Array)	38
2.3.7	表 (Table)	40
2.4	Maple 8 的函数库和程序包	41

2.4.1	单变量函数	41
2.4.2	多变量函数	41
2.4.3	复合函数	42
2.4.4	加载库函数	43
2.4.5	加载程序包	43
2.5	本章小结	46
第3章	数值计算	48
3.1	初等代数运算	48
3.1.1	实数运算	48
3.1.2	复数运算	51
3.1.3	处理表达式	52
3.1.4	求解简单的方程	59
3.1.5	求解不等式	61
3.2	微积分运算	62
3.2.1	极限运算	62
3.2.2	微分运算	65
3.2.3	积分运算	67
3.2.4	级数	71
3.2.5	微分方程	73
3.3	线性代数	76
3.3.1	定义矩阵	76
3.3.2	矩阵元素操作	78
3.3.3	矩阵的基本运算	81
3.3.4	线性方程组	83
3.3.5	特征值	85
3.3.6	数理统计	86
3.4	本章小结	88
第4章	符号运算	89
4.1	初等代数运算	89
4.1.1	变量与常量	89
4.1.2	函数与表达式	92
4.1.3	变量代换	96
4.2	微积分运算	98
4.2.1	求导与微分	98
4.2.2	级数	100

4.2.3	积分变换.....	114
4.3	线性代数.....	118
4.3.1	线性空间.....	118
4.3.2	特征值与特征向量.....	120
4.4	本章小结.....	124
第 5 章	方程的求解.....	126
5.1	解方程中常见的操作.....	126
5.2	求解一般的代数方程.....	127
5.2.1	一般常见的简单代数方程的求解.....	128
5.2.2	高次多项式方程的求解.....	130
5.2.3	特殊函数构成的方程的求解.....	131
5.2.4	一些简单方程组的求解.....	133
5.2.5	某些方程的数值求解.....	134
5.2.6	由迭代关系式组成的方程的求解.....	139
5.3	求解线性方程组.....	141
5.3.1	用 solve()函数求解线性方程组.....	141
5.3.2	用 linsolve()函数求解线性方程组.....	143
5.3.3	用最小二乘法求解超定、不定方程组.....	146
5.3.4	用 Gauss 消去法求解线性方程组.....	148
5.4	常微分方程(组)初步介绍.....	151
5.4.1	常微分方程的分类.....	151
5.4.2	常微分方程的解.....	152
5.5	求解常微分方程(组).....	156
5.5.1	一阶常微分方程的解析解.....	156
5.5.2	高阶线性常微分方程.....	178
5.5.3	常微分方程的级数解.....	184
5.5.4	常微分方程的数值解.....	186
5.5.5	线性常微分方程组.....	189
5.6	偏微分方程简介.....	191
5.6.1	偏微分方程解析解.....	191
5.6.2	偏微分方程的形式转换.....	195
5.6.3	偏微分方程的图形绘制.....	197
5.7	本章小结.....	199
第 6 章	图形可视化.....	201
6.1	Maple 8 绘图基础.....	201

6.1.1	二维图形设置.....	201
6.1.2	三维图形设置.....	205
6.1.3	动画设置.....	210
6.1.4	绘图程序包.....	211
6.2	绘制二维图形	213
6.2.1	参数设置.....	213
6.2.2	绘制简单的二维图形.....	215
6.2.3	绘制分段函数图形.....	217
6.2.4	绘制参数方程图形.....	220
6.2.5	绘制极坐标系和其他坐标系内的图形	222
6.2.6	多重绘图.....	228
6.2.7	绘制不等式图形.....	228
6.2.8	绘制散点图形.....	229
6.3	绘制三维图形	230
6.3.1	参数设置.....	230
6.3.2	绘制简单的三维图形.....	232
6.3.3	绘制参数方程图形.....	236
6.3.4	绘制球坐标系和其他坐标系内的图形	237
6.3.5	绘制等高线.....	240
6.3.6	绘制密度图.....	243
6.3.7	绘制管状图形.....	244
6.3.8	绘制多面体图形.....	246
6.3.9	其他三维绘图函数.....	251
6.4	绘制动画	254
6.4.1	绘制二维动画.....	254
6.4.2	绘制三维动画.....	256
6.5	其他绘图程序包和函数.....	257
6.5.1	plottools 程序包.....	257
6.5.2	geometry 程序包.....	268
6.6	本章小结	271
第7章	程序设计	272
7.1	定义函数	272
7.2	变量	275
7.3	基本程序结构	282
7.3.1	for 循环.....	282

7.3.2	while 循环.....	284
7.3.3	跳出循环或中止.....	285
7.3.4	选择语句.....	285
7.4	递归子程序	288
7.5	嵌套子程序	291
7.6	返回子程序的子程序	294
7.6.1	Newton 迭代法.....	295
7.6.2	函数的简单变换.....	298
7.7	扩展 Maple 的操作对象	300
7.7.1	自定义数据类型.....	300
7.7.2	自定义操作符.....	302
7.7.3	Maple 8 中某些命令的扩展.....	307
7.8	编写工具包	310
7.9	文件类型和打开方式	314
7.10	文件的控制及其他操作.....	315
7.10.1	打开和关闭文件.....	316
7.10.2	读写文件.....	317
7.10.3	删除文件.....	318
7.11	输入命令与输出命令.....	320
7.11.1	输入命令.....	320
7.11.2	输出命令.....	322
7.12	转换命令	325
7.12.1	C 语言代码的生成.....	325
7.12.2	从字符串获得 Maple 表达式.....	328
7.12.3	生成 LaTeX 源代码	329
7.13	程序调试	330
7.13.1	用 printlevel 调试 Maple 程序	330
7.13.2	使用调试器调试 Maple 程序.....	332
7.14	本章小结	335
附录	Maple 8 常用函数.....	336

10359

第 1 章 Maple 简介

Maple 是功能强大的符号处理和数值分析工具，它是一种计算机代数系统，主要应用于符号数学运算。由于其符号处理功能的强大，Maple 已经成为理论分析的强有力的工具。本章主要介绍计算机代数系统和 Maple 软件的发展历史。

1.1 计算机代数系统

从第一台计算机——ENIAC 的诞生至今，计算机的应用已从单纯的数值计算扩展到文字处理、网络等各个领域。在数值求解领域，计算机则起着重要的作用。但是数值求解只是计算机应用的一个方面，随着计算机以及符号处理系统的发展，出现了一门新的学科——计算机代数系统。它是一门研究使用计算机进行数学公式推导的理论和方法的科学，它使得计算机可以对数学表达式进行处理。

现在常用的计算机代数系统（Computer Algebra System, CAS）是一种利用计算机实现符号代数运算的数学系统。这种系统与通常的数值计算不同，它不采用数值逼近的方法，而是用代数运算的方法来计算。按照功能的不同，CAS 可以分为专用代数系统和通用代数系统。

- 专用代数系统是专门为解决数学、物理或数学中某一方面的问题而编写的，例如分析微分方程的 DELIA、核物理 SHOOHSCHIP 和计算分子结构的 GAUSSIAN 等。专用系统由于一般使用针对不同的问题的特有代数系统和数据结构，因此各个软件都具有很高的效率和独有的特色。
- 通用代数系统则是专门为普遍的应用领域而开发的，包含大量的数据结构和数学包。通用代数系统软件的执行方式一般有两种：一种是输入一条命令，输出一条结果的命令行方式；另一种是类似 Fortran、C 语言的编程模式。

总的来说，计算机代数系统有以下几个方面的应用。

- 公式推导的工具：科研中的许多复杂的公式推导和公式验证完全可以交给计算机来完成，这样可以避免人工推导过程中可能出现的错误，而且还可以显著提高工作效率。
- 数学实验：由于推导工作的简化，通过对符号的变换与处理，为数学研究提供一种类似“实验室”的环境，用不同的方法寻找可能出现的结果。
- 辅助教学：计算机代数系统的易学易用为学生和老师提供了很多方便。许多问题借助计算机可以得到更好的解决方案，同时也为制作课件和练习提供了方便。

1.2 Maple 简介

Maple 是一个应用十分广泛的应用数学软件，它几乎涉及到了数学领域的各个方面，是数值分析、理论分析的理想工具。

1.2.1 Maple 的历史

计算机的符号分析首先提出于 20 世纪 60 年代晚期，经过多年的不断努力，Maple 于 1980 年由加拿大教授 Keith Geddes 与 Gaston Gnnot 在 Waterloo 大学开发出来。后来 Waterloo Maple 公司开发了用于商业目的的 Maple 软件，包含了近 3000 个函数的数学函数库（简称函数库）和程序包，可以胜任十分广泛的符号和数值分析任务。现在 Maple 在科学、研究和商业领域已经被广泛应用，是开发最早、应用最广泛的计算机代数软件系统之一。目前，Maple 的最新版本是 Maple 8。

1.2.2 Maple 的结构

Maple 的结构可以分为以下三个部分。

- 内核：大约 10% 的 Maple 函数组成了 Maple 的内核，它们构成了核心的指令集。这些函数解释并处理输入、计算数值、管理内存。
- 函数库：大约 90% 的 Maple 函数用 Maple 语言和内核操作编写。一些函数在 Maple 启动时自动加载，其他的函数则需要手动加载。
- 用户接口：用户通过接口与 Maple 进行对话，虽然 Maple 提供了基于文本的命令行界面，但更主要的还是 GUI 界面。

1.2.3 Maple 的基本功能

Maple 提供了十分丰富的数学运算程序包，可以解决各种各样的数学问题，下面介绍其主要功能。

- 简单的数值计算功能，如（输入表达式后，再输入“；”号，按 Enter 键，Maple 将计算表达式的值，具体的操作将在后面介绍）。

```
> 8*4^2-9;
```

119

上面的命令行计算出了表达式 $8 \times 4^2 - 9$ 的值为 119。

- 初等和高等数学运算能力，如：

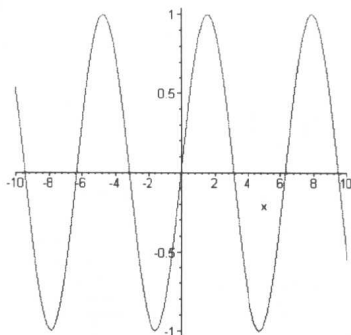
```
> (3*x^2-5*x+3+6*y)*(-9*x^2+9*x+9*x-6*y^2);
      (3 x2 - 5 x + 3 + 6 y) (-9 x2 + 18 x - 6 y2)
> expand(%);
```

$$-27x^4 + 99x^3 - 18x^2y^2 - 117x^2 + 30xy^2 + 54x - 18y^2 - 54yx^2 + 108yx - 36y^3$$

上面的命令行计算出两个多项式表达式的乘积结果。

- 绘制二维、三维的图形。

>plot(sin(x),x=-10..10);



上面的命令行绘制出函数 $\sin(x)$ 在区间 $[-10, 10]$ 内的二维图像。

- 使用 Maple 语言编程进行复杂的计算。

1.2.4 Maple 的帮助系统

Maple 自带的帮助系统很完善，可以全方位地满足用户在不同情况下的需求。Maple 的 Help 菜单的子菜单如图 1-1 所示。

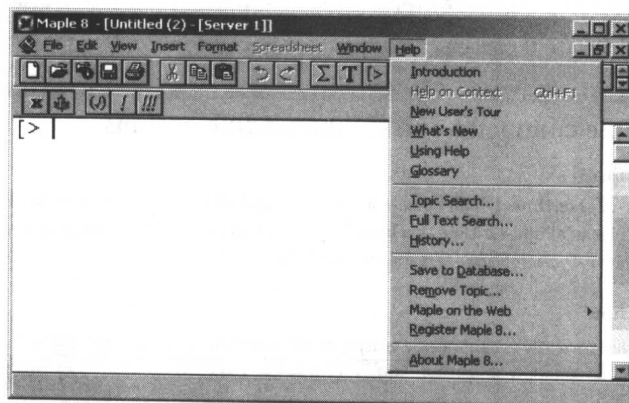


图 1-1 Help 菜单的子菜单

- **Introduction:** 单击此命令，可以对 Maple 获得初步的了解。
- **New User's Tour:** 为了更好地让初学者对 Maple 的功能有一个全面的了解，Maple 提供了“New User's Tour”简明教程。该教程系统地介绍了 Maple 的各项功能以及一些主要函数的使用方法。
- **Topic Search:** 如果了解 Maple 如何实现某种特定功能，或者想进一步了解 Maple 程序的某一部分，则可以利用该命令，然后在弹出的对话框输入关键词来获得帮助，

如图 1-2 所示。

- **Full Text Search:** 如果想知道哪些主题涉及到某个关键词, 则可以使用该命令。弹出的对话框如图 1-3 所示。

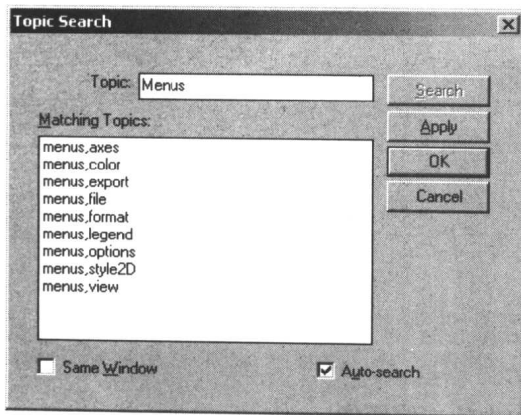


图 1-2 Topic Search 对话框

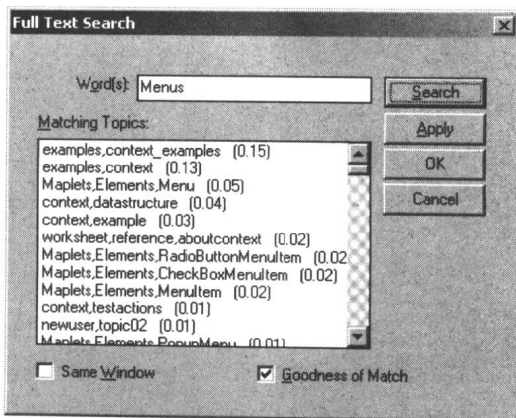


图 1-3 Full Text Search 对话框

使用“?”命令, 也能够得到有关某一个主题的帮助信息。例如输入“? Maple”将获得有关“Maple”的帮助信息, 如图 1-4 所示。

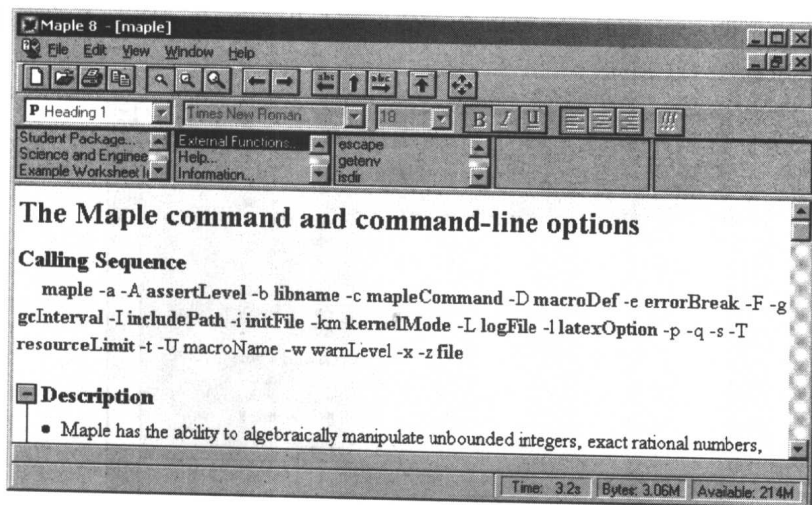


图 1-4 显示关于 Maple 的帮助信息

1.3 本章小结

本章首先介绍计算机代数系统, 使读者对计算机符号处理技术有一个简单的了解。然后介绍符号处理功能强大的 Maple 软件的历史、系统结构、主要功能和帮助系统。

第 2 章 Maple 8 基础知识

要学习使用 Maple 解决问题,首先应该对 Maple 的环境和语言有所了解。本章将介绍 Maple 8 的运行环境和必要的参数设置。

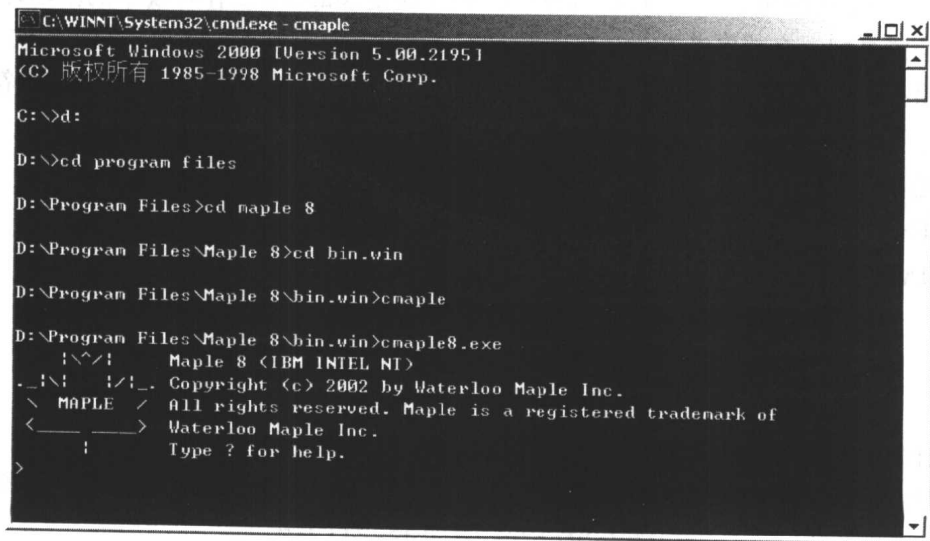
2.1 Maple 8 的运行环境

Maple 使用的是命令行方式,用户输入命令并确认之后,Maple 将执行这些命令并返回执行的结果,并等待用户的进一步输入。Maple 8 有两种工作界面: Dos 下的命令行界面和 Windows 下的 GUI 界面。下面分别对这两种界面进行介绍。

2.1.1 命令行界面

在有些特殊的情况下,例如机器资源有限,而计算工作庞大时,需要将尽可能多的机器资源用到计算上,这时就可以使用 Maple 8 的命令行界面环境。命令行界面是一个纯文本界面的环境,一个类似于 Maple 以前的 Dos 版本的工作环境,Maple 8 所有的函数和子程序(包括绘图)在命令行界面下均可以使用。

打开 Maple 8 的命令行界面的方法是:在 Dos 环境下,进入 Maple 8 的安装目录下的 bin.win 文件夹,然后键入 cmaple,执行 cmaple 8.exe 程序,这样就进入命令行界面,如图 2-1 所示。



```
C:\WINNT\System32\cmd.exe - cmaple
Microsoft Windows 2000 [Version 5.00.2195]
(C) 版权所有 1985-1998 Microsoft Corp.

C:\>d:

D:\>cd program files

D:\Program Files>cd maple 8

D:\Program Files\Maple 8>cd bin.win

D:\Program Files\Maple 8\bin.win>cmaple

D:\Program Files\Maple 8\bin.win>cmaple8.exe
  _/!\_  Maple 8 (IBM INTEL NT)
 _/!\_  _/!\_ Copyright (c) 2002 by Waterloo Maple Inc.
 \ MAPLE / All rights reserved. Maple is a registered trademark of
 <____> Waterloo Maple Inc.
  :      Type ? for help.
>
```

图 2-1 进入命令行界面

在该界面下,用户可以像输入普通的 Dos 命令一样输入 Maple 8 的命令进行符号的处理和数值计算。注意要区分大小写

2.1.2 GUI 界面

在 Windows 下可以运行 Maple 8 的 GUI 界面,如图 2-2 所示。它与大多数的 Windows 应用程序一样,包括菜单栏、工具栏、状态栏等。在界面的中央有一个空白的区域,它是用来输入命令、表达式和输出计算结果的工作簿。

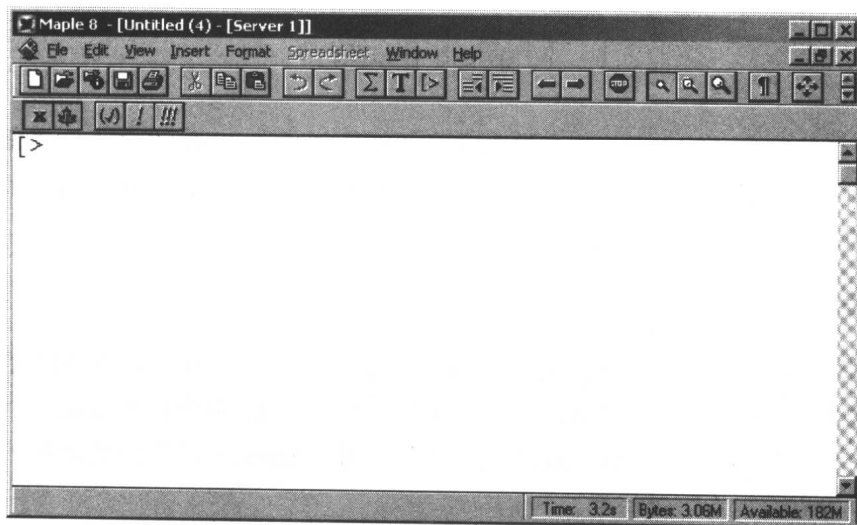


图 2-2 进入 GUI 界面

Maple 8 的工作簿由许多的可执行块组成。执行块是 Maple 8 工作环境中的基本计算元素,它的主要功能是把一个或多个 Maple 8 命令组成一个可以重复执行的工作包。在 GUI 界面中,可以很容易找到可执行块的所在,它的左边是一个大的方括号 “[” 和一个命令提示符 “>”,如图 2-2 所示。

下面是在 GUI 界面下进行的计算。

- 解一般的一元二次方程:

```
> solve(a*x^2+b*x+c=0,x);
```

$$\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

- 计算分母大的分数:

```
> 55676565665/63465656565+54578651224165/545722324163;  
698850775837978080911324  
6926925121036511816019
```

- 计算大型的数:

> 4^(4^4);

13407807929942597099574024998205846127479365820592393377723561443721764\
03007354697680187429816690342769003185818648605085375388281194656994\
6433649006084096

2.2 Maple 8 的运行界面

在这一节中, 我们将介绍 Maple 8 各项菜单的功能。

2.2.1 File 菜单

File 菜单的子菜单如图 2-3 所示, 它包括了一般 Windows 应用程序的关于文件方面的操作。

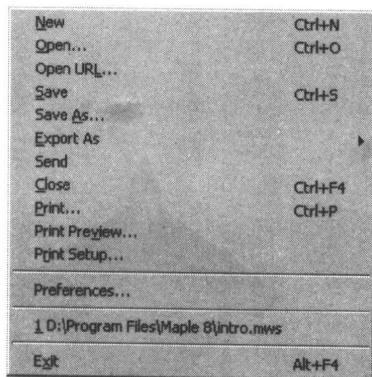


图 2-3 File 的子菜单

1. 打开文件

与打开文件有关的命令有 New, Open 和 Open URL 命令。其中 New 用来建立一个新的工作簿, 快捷键为 Ctrl+N。与一般的 Windows 应用程序一样, Open 命令用来打开已经保存过的工作簿, 快捷键为 Ctrl+O。Open URL 命令则是用来打开网络上的资源文件, 单击它可以弹出如图 2-4 所示的对话框。

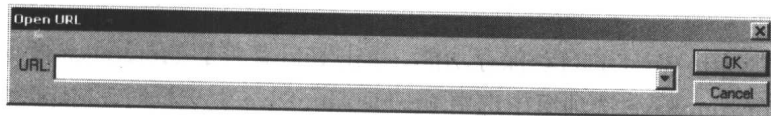


图 2-4 Open URL 对话框

用户只要要在对话框中输入相应的路径, 就可以浏览远程服务器上的网页或者工作簿。

2. 保存文件

用于保存文件的命令有 Save 和 Save As 命令。