

数学工具软件丛书

Maple V R5

实例教程

晨曦工作室 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

数学工具软件丛书

Maple V R5

实例教程

晨曦工作室

编著

李明东

中国电力出版社

内 容 提 要

Maple V 是由 Waterloo Maple 公司推出的一款优秀的数学分析软件。本书结合大量实例,由浅入深、循序渐进地介绍了 Maple V 的基本使用方法和科学计算功能。具体内容包括 Maple V 概述和基础知识,Maple V 中的变量及表达式等基本对象,Maple V 中数、多项式和函数等的数学运算,Maple V 中的几种复合数据结构的定义及级数数据类型,Maple V 中代数方程的求解,微积分的运算、微分方程的求解,矩阵和向量的运算以及 Maple V 中的绘图工具。本书内容翔实,可操作性强。

本书适合从事科学研究、工程应用的技术人员,高等院校的理工科教师和学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

Maple V R5 实例教程/晨曦工作室 编著.-北京:中国电力出版社,
2000.8

ISBN 7-5083-0355-5

I.M… II.晨… III.数学-应用软件, Maple V-程序设计 IV.01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 32180 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.infopower.com.cn>)

三河实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2000 年 8 月第一版 2000 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.25 印张 364 千字

定价 24.00 元

版 权 所 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

自 1981 年 Waterloo Maple 公司推出第一个商业版本 Maple 4.0 以来, Maple V 就一直是深受广大用户喜爱的数学分析软件之一。如今,经过近 20 年的改进和完善, Maple V 5.x 已经成为集符号运算、数值计算、数据可视化、程序设计及文档处理等多项功能于一身的高级集成化数学分析工具。在当今的 30 多个数学软件中, Maple V 以其无与伦比的符号运算功能在同类软件中独占鳌头,以致于连 MATLAB、MathCAD 等著名数学软件的符号运算功能都是以 Maple V 为接口构筑而成的。

在国外, Maple V 已深入到科学研究、工程计算及高校教学等多种领域;在有些地方, Maple V 已经成为不可或缺的分析工具。但在国内, Maple V 的使用却仍未普及,一个主要的原因就是国内几乎没有 Maple 或 Maple V 的中文参考书。本书的出现希望能够推动 Maple V 在国内的推广应用。

Maple V 的功能是非常强大的。作为数学软件, Maple V 不仅可以实现符号运算、数值计算和数据可视化,而且提供了一种高级编程语言,允许用户编写具有特定功能的程序;作为文档处理软件, Maple V 允许用户进行超链接、电子表格等高级文档操作。由于本书的篇幅所限,本书将集中于 Maple V 的科学计算功能,并简单介绍了 Maple V 的数据可视化能力,而基本上不涉及 Maple V 编程及高级文档操作。

本书由浅入深、循序渐进地介绍了 Maple V 的基本使用方法和科学计算功能。具体的内容安排如下:前两章介绍 Maple V 的基础知识,包括 Maple V 的界面环境和基本使用方法等;第 3 章介绍 Maple V 中的变量及表达式等基本对象;第 4 章和第 5 章介绍了数、多项式和函数等基本的数学运算;第 6 章和第 7 章介绍了 Maple V 中的几种复合数据结构的定义,包括序列、列表、集合和数组等,并介绍了 Maple V 中的级数数据类型;第 8 章介绍了代数方程的求解;第 9 章、第 10 章和第 12 章介绍了微积分的运算及微分方程的求解等;第 11 章介绍了矩阵和向量的运算;最后一章简单介绍了 Maple V 的绘图工具。

本书的出版得到了电力出版社的大力支持和帮助,特此表示感谢。同时本书的成稿也离不开笔者的家人、导师的支持和朋友的帮助,谨以此书向他们表示敬意。

为本书的成稿,笔者度过了一个个不眠之夜,但由于水平有限,不当及差错之处在所难免,敬请广大读者批评指正!

笔者于清华园

2000 年 5 月

目 录

前 言

第 1 章	Maple V 概述	1
1.1	Maple V 简介	1
1.2	Maple V 系统的要求与安装	3
1.3	Maple V 的用户界面	6
第 2 章	Maple V 的基础知识	13
2.1	Maple V 命令的输入	13
2.2	Maple V 命令的输出	20
2.3	Maple V 的工作单	25
2.4	Maple V 的程序段	34
2.5	Maple V 的帮助系统	38
第 3 章	变量和表达式	44
3.1	表达式和数据类型简介	44
3.2	常量和变量	45
3.3	表达式	55
第 4 章	数和多项式	64
4.1	数的运算	64
4.2	多项式	78
第 5 章	函数	89
5.1	Maple V 系统函数	89
5.2	自定义函数	95
第 6 章	序列和级数	108
6.1	序列	108
6.2	数列和求和	112
6.3	级数	117
第 7 章	列表、集合和数组	125
7.1	列表	125
7.2	集合	130
7.3	数组	134

第 8 章	代数方程	142
8.1	方程的分析解	142
8.2	方程的数值码	155
第 9 章	极限和微分	161
9.1	极限	161
9.2	微分	165
第 10 章	积分	177
10.1	不定积分和定积分	177
10.2	积分技术	187
10.3	积分变换和积分函数	192
第 11 章	矩阵和向量	200
11.1	矩阵和向量的基本知识	200
11.2	矩阵和向量的运算	211
第 12 章	微分方程	224
12.1	常微分方程	224
12.2	偏微分方程	236
第 13 章	绘图	238
13.1	二维绘图	238
13.2	三维绘图	247

第 1 章 Maple V 概述

欢迎您成为 Maple V 的用户！Maple V 是一个集符号运算、数值计算、数据可视化、程序设计及文档处理等多项功能于一体的数学软件。经过国外近 20 年的考验，Maple V 以其无与伦比的符号计算能力，在当前的 30 多个数学软件特别是在数学分析型软件中独领风骚。在随后的章节中，您将会逐渐领略到 Maple V 的强大功能。

本章首先简单介绍 Maple V 的发展历程以及 Maple V 的功能特点，并给出本书的重点，接着介绍 Maple V R5 系统的安装过程和 Maple V 的用户界面。

1.1 Maple V 简介

按照软件数学处理的原始内核，可以把现有的 30 多个数学类科技应用软件大致划分为两个类别：一类是数学分析型软件，如 Mathematica、Maple 等，这类软件往往具有很强的符号计算能力，能够给出解析解和任意精度的数值解；另一类为数值计算型软件，如 MATLAB、Xmath 等，这类软件长于数值计算，能高效地进行大批数据处理。Maple 则是数学分析型软件领域的佼佼者。

本节简单介绍了 Maple 和 Maple V 的发展历程和 Maple V 的功能特点。

1.1.1 Maple V 的发展简史

Maple 是由加拿大 Waterloo 大学于 20 世纪 80 年代早期发展起来的一种具有强大符号计算和数学分析能力的软件。Waterloo Maple 公司于 1981 年发布了 Maple 的商业版本 Maple 4.0，之后又陆续发布了 Maple 4.1~4.3。Maple V 是 Maple 的更高版本，其早期的版本为 Maple V R1~R4。Waterloo Maple 公司于 1997 年 12 月推出了 Maple V R5，在用户界面、图形处理、数字处理和数学符号等方面都有了较大的改善和扩展。本书稿完成时，Maple V R5.1 已经推出。

在国外，Maple 和 Maple V 经过了近 20 年的发展，已经经受了多年的考验，在教育、科研和工业等领域得到了极为广泛的应用。近年来，国内用户正逐渐认识到 Maple V 在符号计算和数值分析方面的强大威力，因而 Maple V 也正得到越来越广泛的应用。目前，Maple 和 Maple V 已经拥有了包括科学家、工程师、数学工作者、教师和学生在内的数以万计的用户。

1.1.2 Maple V 的功能特点

Maple V 是一个功能强大的符号计算和数值分析软件，它在数据可视化和文档处理方

面具有很强的功能。Maple V R5 系统的函数库提供了 3000 多个命令和数学函数，其范围涉及数学的各个分支：基本代数、欧氏几何学、数论、有理函数、微积分、微分方程、图形学、线性代数、离散数学、群论等。下面给出了 Maple V 系统几个重要的功能特点：

1. Maple V 具有强大的符号计算能力

Maple 和 Maple V 最突出的功能为符号计算。符号计算的魅力在于：对于给定的某一问题来说，计算机给出的是没有任何误差的解析结果。举例来说，如果计算结果为 π ，经符号计算后决不会显示 3.1415926…。这一点与数值计算截然不同。正是由于其无与伦比的符号计算能力，使得 Maple 在符号计算型数学软件中独领风骚。无论是 MathCAD 还是 MATLAB，在符号计算方面都得借助于 Maple 的巨大威力。

2. Maple V 具有很强的数值计算能力

和数值计算型软件如 MATLAB 相比，Maple V 的数值计算有自己的特色。Maple V 能把得到的分析解转换成任意精度的数值解。对那些没有最终分析解的问题，Maple V 能从中间分析解开始计算数值解，这将缩短误差的传递途径，从而最大限度地提高求解的精度。

3. Maple V 具有很强的数据可视化能力

Maple V 提供了包括二维和三维数据可视化、图像处理、动画制作、积分近似和微分方程求解等多方面的绘图命令。Maple V R5 提供了命令输入、菜单操作和拖曳对象到绘图区等几种方法，用户可以很方便地绘制出所需的图像或曲线。

4. Maple V 提供了一种结构化的内部编程语言

这种语言类似于 C、FORTRAN、BASIC、PASCAL 等第四代高级语言，使得用户可以快速地设计编写自己的程序。如果用户学习过其中的一种高级语言，将可以轻松地掌握 Maple V R5 的编程语言。本书限于篇幅，没有过多地讨论 Maple V 的编程知识，希望了解 Maple V 程序设计的读者可以参看其他相关资料。

5. Maple V 具有电子表格、超链接等高级文档操作的能力

Maple V R5 是一个多文档应用程序，其文档不仅可以包含命令的输入输出、纯文本等基本对象，而且可以包含图形、电子表格、可折叠区段及超链接等高级对象。这些高级对象使得用户可以方便地组织工作单中的内容，执行高级的文档操作。

6. Maple V 简单易用，具有完善的帮助系统

Maple V R5 提供了友好的集成用户界面，同时新增了虚拟键盘、上下文弹出菜单和 Standard Math 输入模式，大大方便了用户的操作。Maple V 还提供了功能完善的帮助系统，用户可以随时获得所需的帮助信息。

7. Maple V 占用很少的系统资源

Maple V 占用的硬盘空间小, 内存需求量少。以 MS Windows 版的 Maple V R5 为例, 完全安装也只需要 40M 左右的硬盘空间, 再加上 8M 的内存就可正常工作了。这一点对于 Maple V 的推广应用来说是很利。

1.1.3 本书的重点

不可否认, Maple V 是一个功能强大的数学软件。Maple V 中提供的命令和函数有 3000 多个, 本书不打算全部介绍 Maple V 提供的所有数学函数、命令及实现的功能, 本书将重点介绍其中的各种常用数学函数、常用命令及常用功能的实现。虽然 Maple V 提供了功能同样强大的编程语言, 由于篇幅所限, 本书对编程的细节和技巧不作具体阐述。

本书中的例子都是在 Windows 98 操作系统上安装的 Maple V R5 中调试通过的。由于在 Maple V R5 中命令的输入字体类型默认是“Courier New”黑体, 因此本书正文部分提到的 Maple 命令和函数的字体类型都采用“Courier New”黑体。

1.2 Maple V 系统的要求与安装

在开始使用 Maple V 进行工作之前, 首先要安装 Maple V 系统。本节将简单介绍 Maple V R5 的系统要求和安装过程。

1.2.1 Maple V 系统的要求

Maple V 几乎适用于现有的每种操作系统, 包括 Macintosh、MS Windows、MS DOS、Unix 和 VMS 等多种类型。因为 Maple V 在各种操作系统平台的基本配置几乎都是一样的, 而且采用同样的命令格式, 因此 Maple V 可以毫不费力地从一种操作平台移植到另外一种操作平台。本书的内容将主要以 MS Windows 操作系统上的 Maple V 为例, 介绍 Maple V R5 的使用。

下面是以 MS Windows 操作系统为例 Maple V R5 的系统要求:

- IBM 或与之完全兼容的带数学协处理器的 Intel 486、奔腾及以上机型;
- 至少 8 位显示器适配卡和至少能显示 256 色的彩色显示器;
- CD-ROM 光驱;
- Windows 所支持的鼠标;
- 至少 32M 的硬盘空间;
- 至少 8M 的内存;
- Microsoft Windows 3.1、Windows NT 4.0、Windows 95 或更高 Windows 版本。

1.2.2 Maple V 系统的安装

通常用户得到的 Maple V 安装盘中有两个安装文件，分别用来安装 Maple V 的应用程序和库文件。应用程序安装完毕后，Maple V 系统就可以正常运行了。Maple V 的共享文件库是由 Maple 命令、程序包、Maple 工作单和其他一些文件组成的。如果希望在运行 Maple V 时使用共享文件库，用户首先需要进行应用程序的安装，之后再运行库文件的安装文件。这里只介绍程序文件的安装过程，库文件的安装与之相似，用户按照安装向导的提示即可顺利完成。

Maple V 系统应用程序的安装过程非常简单，下面是 Windows 9x 版的安装步骤：

- (1) 把 Maple V 系统的安装光盘或 1#安装软盘插入相应的驱动器；
- (2) 启动 Windows 9x，打开 Windows 资源管理器；
- (3) 选择 Maple V 系统安装盘的盘符，然后在该盘中找到应用程序的安装文件“setup.exe”，通常该文件所在的目录中包含了“Win32s”子目录；
- (4) 双击该文件，启动安装过程。系统开始检查配置信息并加载安装向导，同时出现如图 1-1 所示画面；

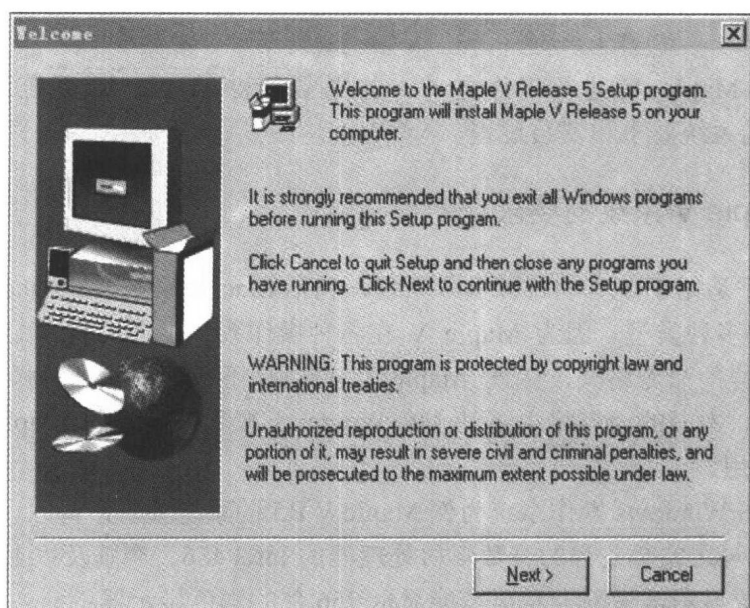


图 1-1 Maple V 系统的安装之一

(5) 单击“Next”按钮继续安装；在接下来的软件许可协议画面（如图 1-2 所示）中单击“Yes”按钮同意该许可协议；

(6) 出现如图 1-3 所示的安装路径选择对话框，单击其中的“Browse”按钮可改变缺省的安装路径；注意选择容量足够大（>32M）的硬盘以顺利完成安装；

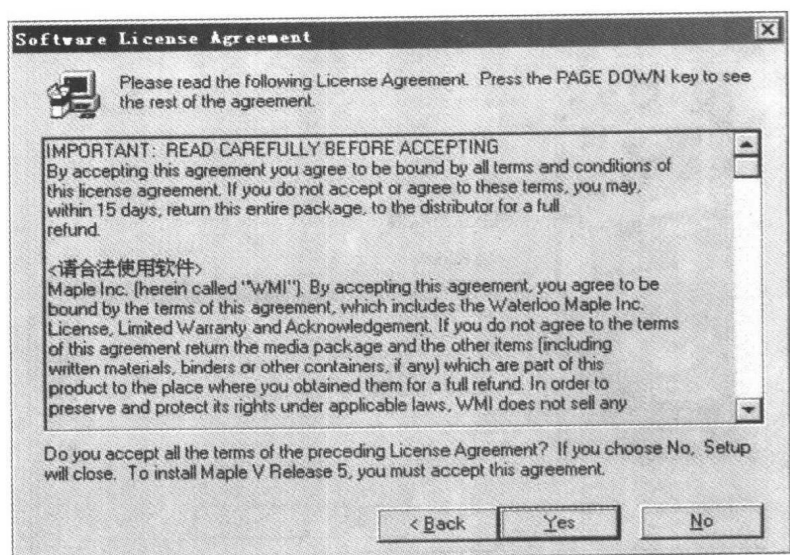


图 1-2 Maple V 系统的安装之二

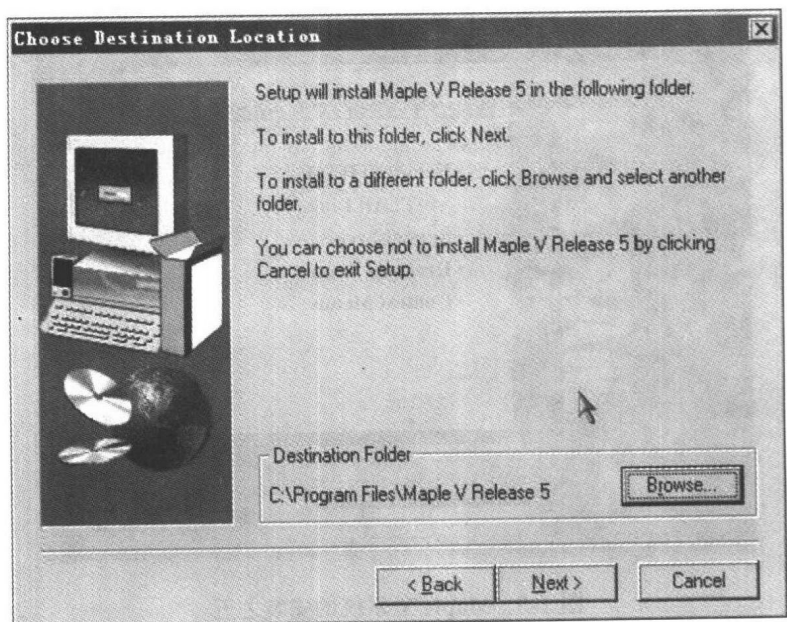


图 1-3 Maple V 系统的安装之三

(7) 单击“Next”按钮，安装向导请用户选择在 Windows 桌面的“开始”菜单中快速启动 Maple V 系统的程序文件夹，如图 1-4 所示；

(8) 单击“Next”按钮，系统开始安装 Maple V，如图 1-5 所示；

(9) 之后单击“Finish”按钮，即完成 Maple V 系统的安装。

至此，Maple V 系统安装完毕。

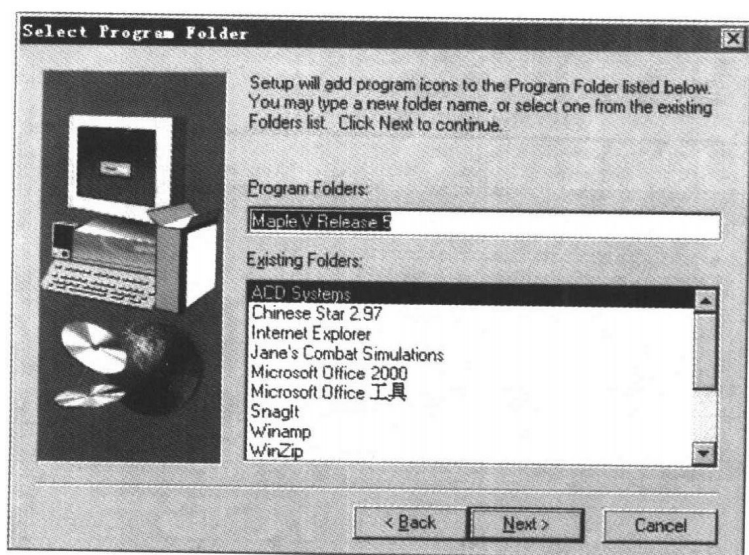


图 1-4 Maple V 系统的安装之四

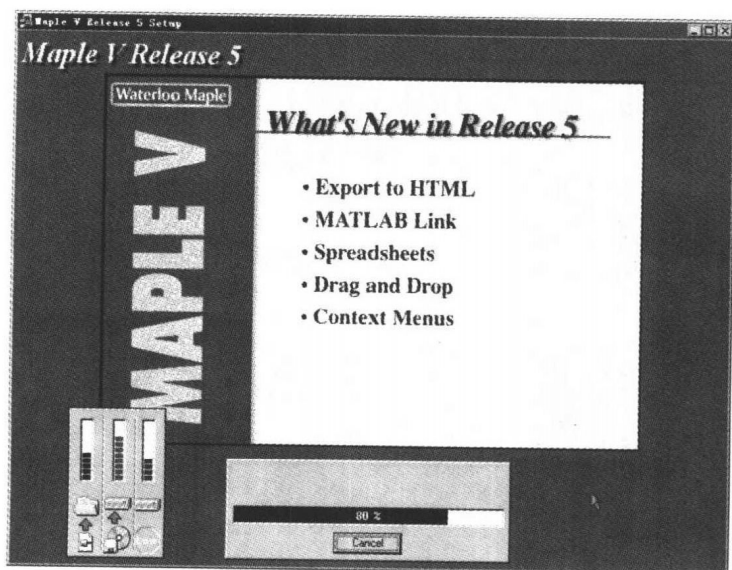


图 1-5 Maple V 系统的安装之五

1.3 Maple V 的用户界面

在操作系统上成功地安装了 Maple V 后, 用户就可以启动 Maple V 进行工作了。Maple V R5 提供了命令行界面和图形用户界面(GUI)两种运行方式。本书主要讲述在 Maple V R5 的系统集成界面上进行的操作。

本节首先介绍 Maple V R5 系统的目录结构和命令行界面，接着介绍 Maple V R5 系统集成界面的组成，最后简单介绍 Maple V 系统的退出。

1.3.1 Maple V 系统的目录结构

在开始使用 Maple V 系统之前，建议用户了解一下 Maple V 系统的目录结构，这一点对于 Maple V 系统的高级用户来说是有必要的。可以在 Maple V 系统的安装路径下查看 Maple V 系统的目录结构。表 1.1 给出了 Maple V R5 系统在 MS Windows 操作平台上安装后的目录结构。

表 1.1 Maple V 系统的目录结构

子目录	包含文件的功能
\AFM	字体信息的文件
\BIN.WIN (Windows 31/32 环境) \BIN.WNT (Windows NT 或 Windows 95/98/2000 环境)	系统运行文件
\ETC	LaTeX (一种数学排版语言) 的说明文件和样式文件
\LIB	Maple V 系统的库文件
\LICENSE	Maple V 的许可信息文件
\UPDATE	用来存贮 Maple V 库文件的更新信息

1.3.2 Maple V 系统的命令行界面

相对于完整的 Maple 数学引擎来说，命令行界面是一种小而有效的基于文本的运行方式。命令行界面特别适用于在速度较慢或者内存有限的计算机上求解大型的数学问题。

1. 命令行方式的启动与退出

用户可以用两种方法启动命令行方式：

- 在 Windows 95/98/2000 或 Windows NT 的“开始”菜单的“程序”子菜单中单击“Command Line Maple”图标；
- 在 Windows 资源管理器里 Maple V 系统安装目录的“\BIN.WNT”子目录中单击可执行文件“cmapple.exe”。

Windows 3.x 用户可以在 Windows 程序管理器中双击“Command Line Maple”图标，或者直接运行可执行文件“mapledos.exe”。如图 1-6 所示是 Maple V 系统的命令行界面。

退出命令行方式时只需在命令提示符（右尖括号）“>”后键入命令“quit”即可。如果这时没能退出，表明前一个命令的输入没有结束。用户需要首先键入“;”结束前面的命令输入，然后再键入命令“quit”。

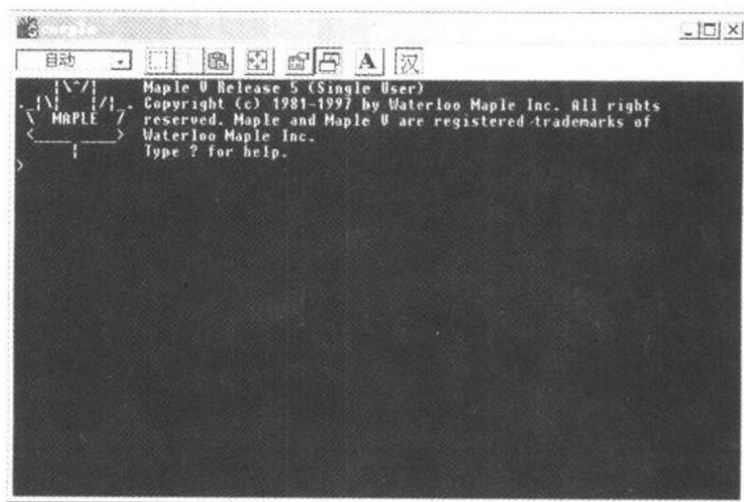


图 1-6 Maple V 系统的命令行界面

2. 命令行方式的使用

运行命令行方式几乎可以实现 Maple V 系统的所有功能。命令行界面中的所有操作都要靠键入相应的命令来完成，而在集成界面中可以使用鼠标进行各种快捷操作。命令的使用方法和在集成界面工作空间中的使用是相同的。用户可以键入“?topic”来获得主题“topic”的帮助信息，其中“topic”为所感兴趣的主题。

有关命令行方式的详细信息，可以阅读命令行方式的帮助文件“cmdline.txt”。

1.3.3 Maple V 的系统集成界面

启动 Maple V 的系统集成界面也有两种方法：

- 在 Windows 95/98/2000 或 Windows NT 的“开始”菜单的“程序”子菜单中单击“Maple V Release 5”图标；
- 直接执行对应的应用程序文件“wmaple.exe”。

Maple V 的系统集成界面由标题栏、菜单栏、工具栏、上下文关联栏、工作空间、状态栏等要素组成，如图 1-7 所示。MS Windows 用户对这种图形用户界面（GUI）是很熟悉的。这些基本要素通常是与当前的操作对象相关的；当操作对象改变时，其中的菜单栏、工具栏及上下文关联栏等都会随着发生相应的改变。下面介绍的是在通常的命令输入模式下的系统集成界面。

1. 标题栏

标题栏位于 Maple V 集成界面的顶部，用来显示该应用程序的标题。其中还包括了窗口左上角的控制菜单框和右上角的快捷按钮（最小化、最大化或还原和关闭），它们的使用方法与 Windows 程序中的习惯用法一致，这里不再赘述。

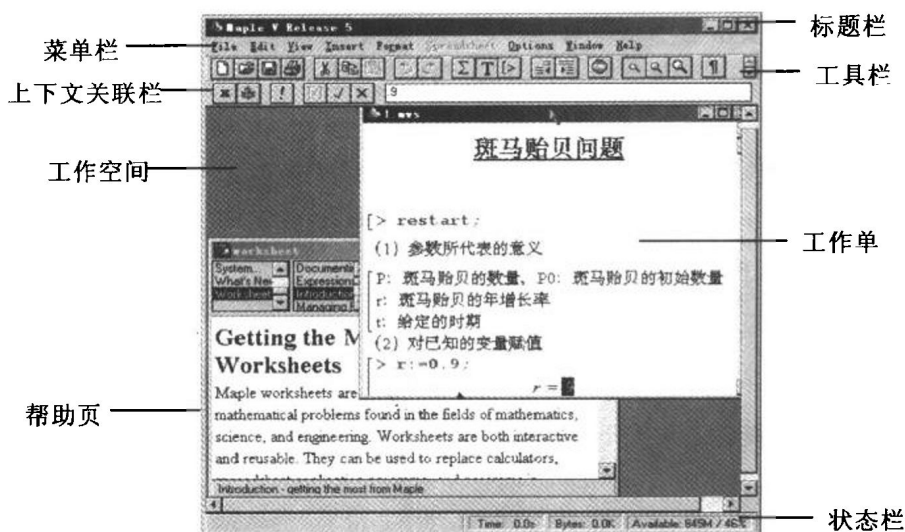


图 1-7 Maple V 的系统集成界面

2. 菜单栏

菜单栏位于标题栏的下面，包括“File”、“Edit”、“View”、“Insert”、“Format”、“Spreadsheet”、“Options”、“Window”和“Help”等 10 个主菜单。每个主菜单都包含着相应的下拉子菜单，每个子菜单的用法在以后的章节中会陆续涉及。这里将简单介绍 9 个主菜单所实现的主要功能。

“File”（文件）菜单：主要是有关 Maple V 工作单文件的创建、打开、保存和打印等操作，另外还包含对当前界面环境的保存等。

“Edit”（编辑）菜单：主要用于工作单文件的编辑，同时还包含有关 OLE 对象的操作等。

“View”（视图）菜单：设置窗口中工具栏、上下文关联栏、状态栏、调色板等要素及工作单中程序段标志的显示，还包含有关于书签和区域（Section）的操作。

“Insert”（插入）菜单：用于插入程序段、图形、电子表格、段落、区域、超链接等对象。

“Format”（格式）菜单：设置工作单中字符、文本、段落等要素的显示样式。

“Spreadsheet”（电子表格）菜单：包含与电子表格有关的一些操作。

“Options”（选项）菜单：用来选择输入输出模式，设置打印质量。

“Window”（窗口）菜单：用来选择显示窗口，设置当前窗口的显示形式；可实现关闭所有窗口或关闭所有帮助页。

“Help”（菜单）：用来选择获得帮助的方法，并可获得 Maple V 的版本信息。

3. 工具栏

菜单栏下面是可以实现常用功能的位图按钮工具栏。和所有 Windows 应用软件一样，

工具栏使得直接在某个按钮上单击即可实现相应的功能，而不必打开下拉菜单从中寻找相应的指令。如果用户打开了冒泡帮助选项（从“Help”菜单中选择“Balloon Help”选项），当鼠标位于某个快捷按钮上时，该按钮的帮助信息会以冒泡的形式显示。

Maple V 把工具栏按不同的功能分成了 9 部分，下面将分别介绍各个部分实现的功能。



：工作单文件的新建、打开、保存或打印。



：对所选内容进行剪切、复制或粘贴。



：取消或重复前一个操作。



：控制光标后的输入内容：惰性 Standard Math 表达式、文本或新的程序段。



：对区域的操作，使所选内容从区域中分离或包含在某个子区域中。



：中止命令的执行。



：控制显示的比例为 100%、150% 或 200%。



：控制空格、换行等空白字符的显示。



：改变工作单窗口的大小使之充满当前的工作空间。

4. 上下文关联栏

上下文关联栏可以看作工具栏的一部分。根据当前操作对象的不同，上下文关联栏有不同的显示类型，从而实现不同的功能。图 1-8 中给出的是命令输入模式下的上下文关联栏和文本输入模式下的上下文关联栏。

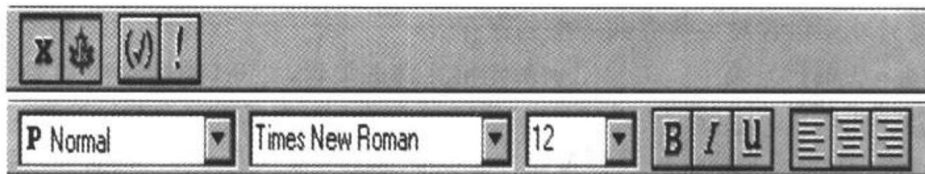


图 1-8 上下文关联栏的两种特例

5. 工作空间

工作空间是 Maple V 工作单的容器。Maple V 工作单是由 Maple V 系统的图形用户界面所创建的文档。工作单具有类似笔记本的功能，是用户进行命令输入及结果输出和进行相关描述的场所。在 Maple V R5 的工作单里，用户可以执行各种科学计算，可以描述问题的求解过程等。在工作空间里，用户可以同时打开多个工作单，各个工作单之间可以相互切换。帮助页是 Maple V 显示在线帮助的页面，属于一种特殊的工作单。关于工作单的基本操作，将在 2.3 节中介绍；关于 Maple V 的帮助系统，将在 2.5 节中介绍。

6. 状态栏

位于 Maple V 运行窗口底部的状态栏显示了 Maple V 运行过程中的诊断信息和其他

系统信息。如果在工具栏的快捷按钮上按下鼠标左键，在状态栏的前半部分将显示出该快捷按钮的作用；同样，如果鼠标位于菜单的直接选项上，该选项的作用也显示在状态栏的前半部分，这也是 Maple V 所提供的帮助的一部分。

通常，工具栏、上下文关联栏和状态栏都处于显示状态。用户可以通过“View”菜单中的三个选项“Tool Bar”、“Context Bar”和“Status Line”来控制工具栏、上下文关联栏和状态栏的显示与隐藏。如图 1-9 所示，其中的三个选项都处于选中状态，因此系统集成界面中能够看到相应的工具栏、上下文关联栏和状态栏。

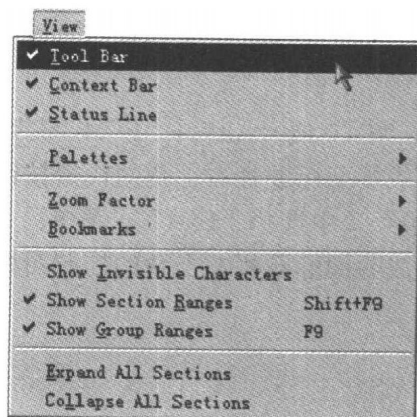


图 1-9 “View” 菜单的下拉菜单

默认情况下，在“File”菜单的下拉菜单中，“Auto Save Settings”选项处于选中状态，如图 1-10 所示。因此，用户对系统集成界面的环境重新设置后，Maple V 会自动保存修改后的设置。当用户再次启动 Maple V 后，系统集成界面的设置与上次退出时的设置相同。用户也可以取消“Auto Save Settings”选项，当要保存所作的修改时，从“File”菜单的下拉菜单中选择“Save Settings”选项即可。

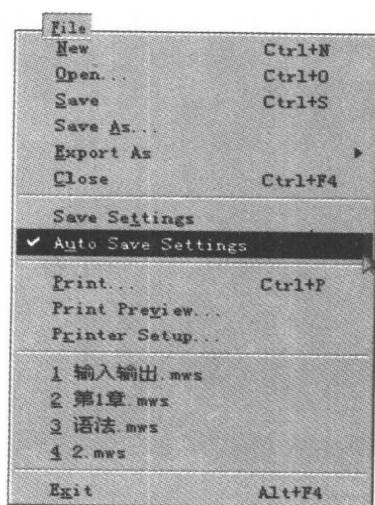


图 1-10 “File” 菜单的下拉菜单