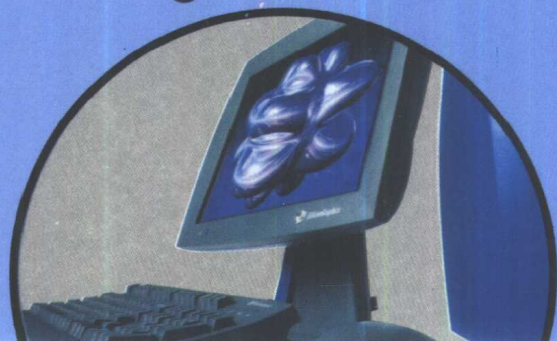


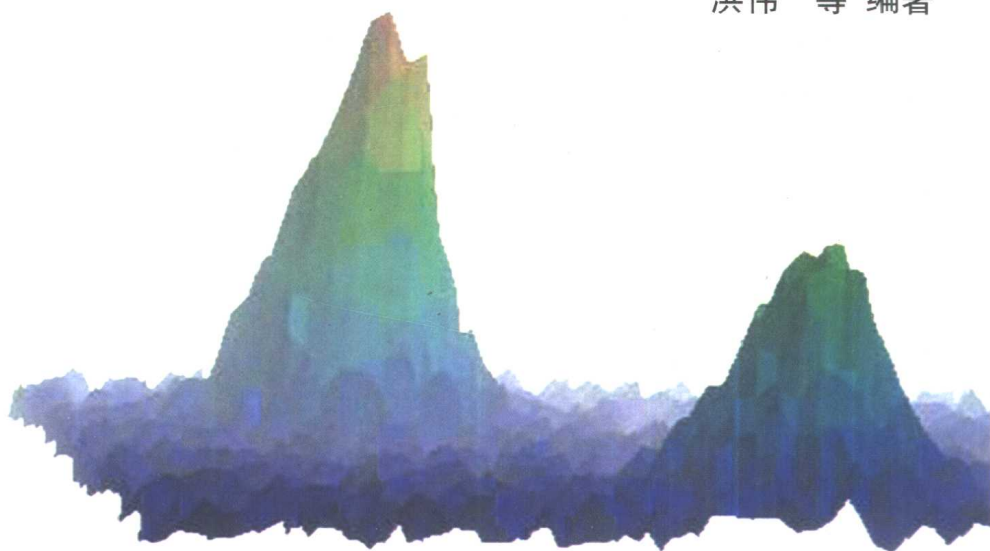
常用数学软件丛书



Maple 6

实用教程

洪伟 等 编著



國防工業出版社

常用数学软件丛书

Maple 6 实用教程

洪 伟 等编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

Maple 6 实用教程/洪伟等编著. —北京:国防工业出版社,
2001.1

(常用数学软件丛书)

ISBN 7-118-02376-0

I. M... II 洪... III. 数学-应用软件, Maple 6-教材 IV. 01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 42830 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20¼ 462 千字

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:27.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前言

历史的长河源远流长,而人类向前迈进的每一个脚步都离不开工具的发展。但数学,这朵人类文明的奇葩,却往往被视为是只需要一张演算纸,一支笔,再加上一个聪明脑袋的学科。历史的脚步已经迈入了 21 世纪,难道你还在忍受手工推算和计算器?数以万计的公式潮水般向我们涌来,难道你还在忍受数学用表和数学手册?

“工欲善其事,必先利其器”。计算机,这个在 20 世纪后半叶方才出现的工具,已经无孔不入地渗透到人类生产实践活动的每一个角落;工程师和科学工作者的工作方式,也正因计算机的迅猛发展而发生着翻天覆地的变化。同样,计算机也进入到了数学和应用数学领域。事实上,基于计算机的符号推演早在 20 世纪 80 年代就已崭露头角,但因种种原因,至今尚未在国人中普及。

Maple,以其便捷的人机交互方式,强大的数值运算功能,无与伦比的符号推演能力,成为众多数学软件中的佼佼者;今天,它已经拥有数以百万计的用户,跨及教育、科研、工业等多个领域。其他一些知名数学软件(如 Matlab、Mathcad 等),也纷纷使用 Maple 的符号计算引擎,以补偿在符号推演方面的欠缺。

Maple 几乎涉及高等数学的各个分支,如代数、几何、微积分、离散数学、数值计算、数学图形绘制等等。它有着多达 2700 多种命令和函数,可以解决从初等数学直到近现代数学的各类问题。它的图形式输入、输出界面,与通用的数学表达方式几乎一样,你无需记忆任何语法规则就可以轻松地掌握它的使用。Maple 还提供了一套完善的程序设计语言,你可以用它编制自定义的函数,还可以编写程序解决数学问题。

牛顿说过:“如果说我比别人看得更远,那是因为我站在巨人的肩膀上。”但几千年的文明,已经使这个巨人的肩膀变得高不可攀;Maple,也许会成为你攀登巨人肩膀的一架梯子,使你能够更好地利用前人的智慧结晶,自由地遨游于数学的海洋之中。

本书将为你全面、系统地介绍 Maple 的使用方法和技巧,并将介绍几个实用的专门工具包。通过阅读本书并实际操作 Maple 软件,相信你一定会在短时间内掌握 Maple 这个强大的科学计算工具。本书将会以一些典型的数学习题为例,讲解 Maple 命令的使用。由于侧重点在于 Maple 软件,对一些数学概念将不作详细介绍,如有必要,可以查阅相应的文献资料。

在这里还需要说明的是,虽然阅读本书并不要求读者具有全面的高等数学知识,但对于初学高等数学的大学低年级学生,笔者建议不要完全依赖于 Maple 解决问题。因为高等数学是理工科大学学生的一门基础课,是以培养学生数学思维能力为目的的,如果过分依赖数学软件,数学思维将得不到应有的锻炼,对今后的进一步学习是无益的。这只是笔者个人的看法,也许是杞人忧天。

由于笔者学识有限,书中也许会有错误和不当之处,尤其是有关数学理论的方面,希望广大读者能够不吝批评指正。

IV

本书主要由洪伟编写,同时参加编写的人员还有:薛小香、林章庆、刘元高、黄建森、康永宏、李春鹤、冯曙红、袁军、林振宁、周成福、陈培、邓冰、黄强等,在此表示感谢。

编著者

内 容 简 介

本书由浅入深、循序渐进地介绍了目前最为流行的 Maple 6 的使用,包括基本代数运算、微积分运算、编程、线性代数、利用 Maple 绘图、张量的代数运算、离散数学运算、欧氏几何学等功能。

本书的主要对象为科学研究人员,工程技术人员,理工科高等院校教师、学生。本书内容不仅面向那些对 Maple 6 感兴趣的初级读者和中级用户,而且对一些高级使用者也有很大的参考价值。

目 录

第 0 章 操作界面	1
0.1 Maple 的工作环境	1
0.1.1 可执行块	1
0.1.2 表格	2
0.1.3 段落和文本	2
0.1.4 小节	3
0.1.5 超链接	3
0.2 输入输出方式	4
0.3 在线帮助系统	6
0.4 命令行工作环境	7
第 1 章 基本代数运算	8
1.1 Maple 中的整数和有理数运算	8
1.1.1 Maple 命令的输入格式	8
1.1.2 整数和有理数计算	9
1.2 无理数、复数和浮点运算	11
1.2.1 无理数和浮点数	11
1.2.2 代数数	12
1.2.3 复数运算	13
1.3 Maple 中的变量和常量	15
1.3.1 赋值	15
1.3.2 变量名	17
1.3.3 基本数据类型	19
1.3.4 Maple 中的常数	21
1.4 函数和表达式	21
1.4.1 Maple 中的数学函数	21
1.4.2 多项式	22
1.4.3 有理式	25
1.4.4 有理式的转换	26
1.5 内部数据结构和变量代换	27
1.5.1 多项式和分式的内部表示法	27
1.5.2 分式的内部数据结构	29
1.5.3 变量代换	31
第 2 章 微积分运算	35

2.1 极限和连续性	35
2.1.1 函数或表达式的极限	35
2.1.2 函数的连续性	37
2.2 Maple 中的求导和微分运算	37
2.2.1 符号表达式求导	37
2.2.2 隐函数的导数	39
2.3 积分运算	40
2.3.1 不定积分	40
2.3.2 定积分	41
2.3.3 数值积分	42
2.3.4 重积分和线积分	43
2.3.5 利用辅助手段积分	44
2.4 级数	46
2.4.1 数值级数和函数项级数求和	46
2.4.2 幂级数	46
2.4.3 泰勒级数和劳朗级数	48
2.4.4 切比雪夫级数和渐进级数	51
2.5 积分变换	52
2.5.1 拉普拉斯变换	52
2.5.2 傅里叶变换	53
2.5.3 快速傅里叶变换	54
2.5.4 其他积分变换	55
第3章 复合数据类型	56
3.1 序列	56
3.2 集合	58
3.3 有序表	60
3.4 数组	62
3.5 类型转换和元素运算	65
第4章 线性代数	67
4.1 矩阵的基本运算	67
4.2 矩阵求值	70
4.3 矩阵和线性方程组	72
4.3.1 矩阵基本运算	72
4.3.2 分块矩阵	72
4.3.3 初等变换	73
4.3.4 线性方程组的解	75
4.3.5 正定矩阵	77
4.3.6 特殊矩阵	77
4.4 线性空间基本理论	78
4.4.1 基本子空间	78

4.4.2 正交基和 Schmidt 正交化	78
4.4.3 线性方程组的最小二乘解	80
4.5 特征值、特征向量和相似标准型	80
4.5.1 矩阵的相似	80
4.5.2 特征值和特征向量	81
第 5 章 编程初步	83
5.1 箭头操作符	83
5.2 最简单的子程序	85
5.3 局部变量和全局变量	86
5.4 基本程序结构	87
5.4.1 for 循环	87
5.4.2 分支结构	88
5.4.3 while 循环	91
5.5 递归子程序	92
5.6 子程序中的求值	94
5.6.1 参数	94
5.6.2 局部变量	96
5.6.3 全局变量	96
5.6.4 特例	96
5.7 嵌套子程序	98
5.8 记忆表	98
5.8.1 remember 选项	98
5.8.2 在记忆表中加入项	99
5.8.3 在记忆表中删除项	99
第 6 章 Maple 绘图	101
6.1 二维基本图形绘制	101
6.2 plot 函数的可选参数	104
6.3 二维图形对象的结构	109
6.4 特殊二维图形的绘制	112
6.4.1 参数曲线的绘制	112
6.4.2 极坐标下的绘图	113
6.4.3 平面代数曲线的绘制	114
6.4.4 对数坐标下的绘图	115
6.4.5 共形映射的图形绘制	116
6.5 二维绘图的注意事项	117
6.5.1 图形走样	117
6.5.2 常见的错误	117
6.6 基本三维图形的绘制	118
6.7 三维绘图的选项	119
6.7.1 style 选项	119

6.7.2	着色选项	120
6.7.3	坐标轴选项	120
6.7.4	空间朝向和投影	120
6.7.5	透视投影	121
6.7.6	网格大小	121
6.7.7	观察区域	122
6.7.8	光照模型	122
6.8	三维图形对象的结构	123
6.9	特殊三维图形的绘制	124
6.9.1	空间参数曲线和参数曲面	124
6.9.2	球坐标和柱坐标下的绘图	125
6.9.3	管状图形的绘制	126
6.9.4	等高线图绘制	127
6.9.5	隐式曲面的绘制	128
6.9.6	多面体的绘制	128
6.10	图形动画的制作	129
第7章	方程求解	132
7.1	代数方程	132
7.1.1	单未知数的方程	132
7.1.2	solve 函数的缩略形式	133
7.1.3	一些困难	134
7.1.4	方程组的解	135
7.2	其他求解工具	136
7.2.1	数值求解	136
7.2.2	求方程的整数解	137
7.2.3	Z_n 中的方程求解	139
7.2.4	递归方程的求解	139
7.3	常微分方程的求解	140
7.3.1	常微分方程的解析解	140
7.3.2	利用积分变换求解微分方程	142
7.3.3	常微分方程组的求解	144
7.4	常微分方程的级数解法	144
7.4.1	泰勒级数法	144
7.4.2	幂级数解法	145
7.5	常微分方程数值解法	147
7.5.1	变步长龙格库塔法	147
7.5.2	刚性方程和吉尔法	149
7.5.3	经典数值方法	150
7.6	非线性常微分方程的扰动法	151
7.6.1	庞加莱法	152

7.6.2 多尺度法	156
7.7 偏微分方程简介	161
7.7.1 偏微分方程解析解	161
7.7.2 偏微分方程的形式转换	165
7.7.3 偏微分方程解的图形绘制	166
7.7.4 李对称工具包	169
第8章 编程进阶	171
8.1 返回子程序的子程序	171
8.1.1 牛顿迭代法	172
8.1.2 函数的平移	173
8.2 局部变量的保持	174
8.2.1 “越界”的局部变量	174
8.2.2 集合的笛卡尔积	176
8.3 交互式输入	179
8.3.1 从终端读入字符串	179
8.3.2 从终端读入表达式	179
8.3.3 把字符串转化为表达式	181
8.4 扩展 Maple 命令	182
8.4.1 自定义数据类型	182
8.4.2 自定义操作符	183
8.4.3 扩展 Maple 命令	185
8.5 编写自己的工具包	187
8.5.1 工具包的结构	187
8.5.2 工具包的初始化	189
8.5.3 建立自己的程序库	190
第9章 输入和输出	193
9.1 输入输出的例子	193
9.2 文件类型和打开方式	196
9.2.1 有缓冲文件和无缓冲文件	196
9.2.2 文本文件和二进制文件	196
9.2.3 读模式和写模式	196
9.2.4 默认文件 default 和终端文件 terminal	197
9.2.5 文件名和文件描述符	197
9.3 文件控制命令	197
9.3.1 文件的打开和关闭	197
9.3.2 查询和设定文件的当前位置	198
9.3.3 检测文件尾	199
9.3.4 检测文件状态	199
9.3.5 删除文件	200
9.4 输入命令	200

9.4.1	从文件中读入文本	200
9.4.2	从文件中读入任意多字节	201
9.4.3	格式化输入	201
9.4.4	读入 Maple 语句	203
9.4.5	读入表格式数据	204
9.5	输出命令	204
9.5.1	利用 interface 命令设置输出参数	204
9.5.2	一维表达式输出	205
9.5.3	二维表达式输出	205
9.5.4	输出 Maple 字符串	206
9.5.5	向文件输出任意多字节	206
9.5.6	格式化输出	206
9.5.7	输出表格式数据	208
9.5.8	写透文件缓冲	208
9.5.9	默认输出流的重定向	209
9.6	转换命令	209
9.6.1	C 语言、Fortran 语言代码生成	209
9.6.2	生成 LATEX 或 eqn	211
9.6.3	字符串和整数之间的转换	212
9.6.4	从字符串中获得 Maple 表达式	212
9.6.5	对于字符串的格式化输入和输出	213
9.7	调用 Matlab 函数	213
第 10 章	程序的调试	215
10.1	调试的例子	215
10.2	使用 Maple 的调试器	222
10.2.1	显示程序的语句	222
10.2.2	断点	223
10.2.3	显式的断点	223
10.2.4	监视断点	224
10.2.5	出错断点	225
10.3	系统状态的检查和设置	226
10.3.1	变量值的显示和修改	226
10.3.2	程序运行状态的察看	228
10.3.3	显示断点信息	231
10.3.4	程序执行的控制	232
第 11 章	欧氏几何学	233
11.1	平面几何对象	233
11.1.1	点、线段和直线	234
11.1.2	三角形、正方形和圆	235
11.1.3	二次曲线	238

11.1.4 正多边形对象	241
11.2 平面几何对象的相互关系	242
11.2.1 点和直线的位置关系	242
11.2.2 与三角形相关的函数	245
11.2.3 与圆相关的函数	246
11.2.4 其他函数	249
11.3 平面上的变换	249
11.3.1 正交变换	249
11.3.2 其他类型的变换	251
11.4 空间几何对象	252
11.4.1 点、线、面	252
11.4.2 球和多面体	254
11.5 空间几何对象的关系	256
11.5.1 有关点的函数	256
11.5.2 有关直线和平面的函数	256
11.5.3 与球相关的函数	258
11.6 三维空间中的几何变换	260
11.6.1 空间几何对象的变换	260
11.6.2 几何变换的谓词运算	263
第 12 章 离散数学	265
12.1 图论工具包 networks	265
12.1.1 图对象及其建立	265
12.1.2 有关图的基本概念	269
12.1.3 图的连通性	273
12.1.4 树	275
12.1.5 图的矩阵表示	277
12.1.6 平面图判断	277
12.1.7 图的着色	278
12.2 布尔运算和数理逻辑	278
12.2.1 基本的布尔运算	278
12.2.2 其他逻辑函数	279
12.3 群论	281
12.3.1 群的表示	281
12.3.2 有关群的概念	282
12.4 组合数学	284
12.4.1 组合数学的基本数据结构	284
12.4.2 组合结构元素的获取	285
12.4.3 组合类	285
12.4.4 生成函数	289
12.4.5 combinat 工具包	290

12.4.6 Stirling 数和拉丁方	292
第 13 章 张量分析	294
13.1 张量数据类型	294
13.1.1 张量数据类型及其建立	294
13.1.2 度量张量的输入	296
13.2 张量的代数运算	297
13.2.1 张量的比较	297
13.2.2 升降指标	298
13.2.3 张量的线性组合	299
13.2.4 张量的内积、外积和缩并	300
13.2.5 张量的转置	301
13.2.6 张量的对称化和反对称化	302
13.3 张量场函数的导数	303
13.3.1 张量分量对坐标的偏导数	303
13.3.2 Christoffel 符号	305
13.3.3 张量分量对坐标的协变导数	306
13.3.4 标量场的方向导数	307
13.3.5 Riemann – Christoffel 张量	307
13.4 坐标变换	308
13.4.1 坐标变换的 Jacobi 矩阵	308
13.4.2 张量的坐标变换	309
13.5 张量对象的信息	310
13.5.1 张量信息的获取	310
13.5.2 张量的指标函数	310

第 0 章 操作界面

本章将以 Windows 95/98 下的 Maple 6 为例,简要地介绍 Maple 软件的操作界面。Maple 6 有窗口和命令行两个工作环境,这里将主要介绍窗口工作环境的使用;由于考虑到不同用户的需求,也将对命令行工作环境作附带性的介绍。

本章具体包括以下内容:

- 🕒 如何在 Maple 中输入命令和其他辅助信息
- 🕒 如何设置 Maple 的输入输出格式
- 🕒 如何在 Maple 中设置和使用各种排版格式
- 🕒 如何打印 Maple 的文档
- 🕒 如何使用 Maple 的在线帮助系统

当一群来自世界不同角落的人聚在一起时,他们将无法谈论社会问题或者哲学问题,但是他们仍可以毫无障碍地探讨数学问题,这就是数学语言的魅力。我们每个人从小就接触数学语言,小学乃至初中的数学教师,也不止一次地叮嘱我们注意数学表述的规范性,因为数学语言也许是唯一可以被称作“世界语”的语言吧。

Maple,经历了从 Maple 1 到 Maple 6 的不断改进,从纯文本命令行操作,到图形化的窗口界面,直到现在的超文本界面,越来越贴近我们所耳熟能详的数学语言。直观、漂亮的输出格式,方便的排版功能,能使你的专业报告条理更清晰。

这一章里将主要介绍 Maple 的用户环境,如果你以前接触过 Maple 软件,或者急于用 Maple 来解决实际问题,完全可以跳过这一部分内容,直接进入后面的学习。这一章与后面的内容没有直接的联系。

0.1 Maple 的工作环境

Maple 6 的文档包括以下几种形式:可执行块、表格、段落、小节、超链接。可执行块和表格是用户与 Maple 的计算引擎间交互的纽带,是用户进行计算解决问题、显示输入与输出最直接的方式。而段落、小节和超链接则可以方便用户整理计算结果。下面将对这些格式逐一进行介绍。

0.1.1 可执行块

可执行块是 Maple 工作环境中基本的计算元素,它的主要功能是把一个或者多个

Maple 命令组成一个可以重复执行的单元。在 Maple 窗口环境中,可以很容易地找到可执行块的所在,它的左边是一个大的方括弧“[”和一个命令提示符“>”,参见图 0.1。

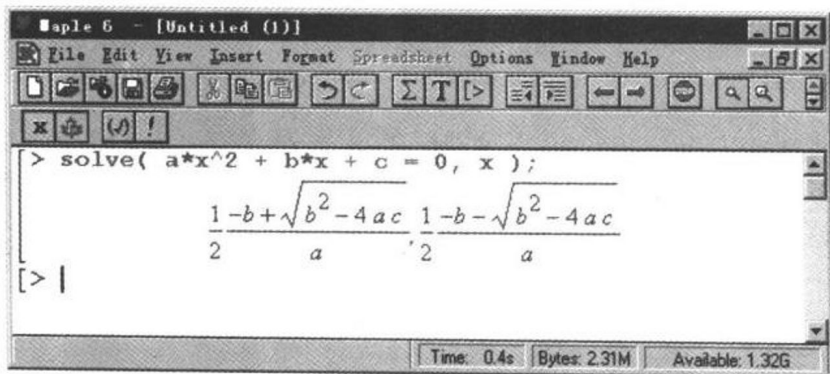


图 0.1 可执行块

图 0.1 中命令提示符所在行中,以分号“;”结尾的部分就是一个 Maple 命令,由于数学语言的简明易懂,聪明的读者朋友一定已经看出来它的用途了。是的,solve 命令是用来解代数方程的,图中所示是一个标准的一元二次方程,关于 solve 等命令的具体用法我们在后面章节中会详细介绍。同样,也很容易看出,在同一个可执行块中,位于命令下面的文字,是 Maple 输出的结果。

Maple 的可执行块是可以重复执行的,这就是说如果用户第一次的输入有误,或者用户需要改变一些参数重新计算,用户可以利用键盘上的方向键,或者用鼠标直接定位,将当前光标位置移动到前面的命令上,直接进行修改,按回车键后,光标所在的可执行块中的所有命令就会被再次执行。

启动 Maple 环境时,默认的状态就是可执行块。用户也可以从菜单 Insert | Execution Group 中选择 Before Cursor(或者 After Cursor),在当前光标所在行的前面(或者后面)插入一个可执行块。

0.1.2 表格

Maple 6 的工作区中可以加入表格,这是一种把符号计算功能融入到有如 Microsoft Excel 的传统电子表格的功能。需要说明的是,此项功能目前只在 Maple 的 Windows 95/98、Windows NT 和 Macintosh 版本中有。用户可以利用 Maple 的表格工具生成公式表。图 0.2 就是一张用 Maple 生成的简单积分公式表,表中第二、三列的表达式由第一列中的表达式决定。

用户要在工作区插入表格,可以选择菜单项 Insert | Spread Sheet。然后,将光标移到表各种相应位置,就可以输入或修改单元格的内容了。如果要引用表中单元格的内容,可以使用以波浪线“~”开头的名称,比如 ~A6 就表示第 A 列第 6 行的单元格中的内容。和可执行块一样,表格可以在工作区的任意位置插入。

0.1.3 段落和文本

Maple 中的段落与大家所熟悉的 Microsoft Word 中的段落非常相似。在一个段落中,可以包含有格式化的文本、数学表达式、图形(包括由 Maple 中的绘图命令生成的图形)等。

The screenshot shows the Maple 6 software interface with a spreadsheet window titled 'Maple 6 - [Untitled (1)]'. The spreadsheet has four columns labeled A, B, C, and D. The rows contain the following data:

	A	B	C	D
1	被积函数	积分	原函数	
2	x	$\int x dx$	$\frac{1}{2}x^2$	
3	e^x	$\int e^x dx$	e^x	
4	$\sin(x)$	$\int \sin(x) dx$	$-\cos(x)$	
5	$\cos(x)$	$\int \cos(x) dx$	$\sin(x)$	
6	$e^x \sin(x)$	$\int e^x \sin(x) dx$	$-\frac{1}{2}e^x \cos(x) + \frac{1}{2}e^x \sin(x)$	

The status bar at the bottom indicates 'Time: 1.1s', 'Bytes: 2.31M', and 'Available: 1.31G'.

图 0.2 表格

而一个段落本身又可以被包含在一个可执行块中。和 Word 中一样,在段落中,你可以让文本居中、居左或是居右,对应地选择 Format 菜单下的 Center、Left Justify 或是 Right Justify 即可;也可以为文本选择斜体、粗体、或是下划线的修饰,只需选择 Format 菜单下的 Italic、Bold 或 Underline。段落中的文本在默认情况下采用的是 Times New Roman 字体。当然,也可以方便的改变字体和字体的大小。上面的这些段落排版功能在工具栏上都有快捷工具按钮,其用途与外观都与通用文字处理软件(如 Word 等)相类似,由于这些软件已经非常普及,在这里就不再对 Maple 的工具栏详细介绍了。

选择菜单 Insert | Paragraph, 就可以在当前位置插入一个段落。Maple 6 支持行间的运算,这就是说,可以在文本中间加入一个可执行块,并且运行它,得到结果。Maple 6 还支持拖曳操作,可以用鼠标方便地将任何一个对象、一段文本选中并拖动到所需要的地方。所见即所得,一切都是那么自然。

0.1.4 小节

为了使你的计算报告更加条理化,结构层次更加分明,Maple 6 提供了一个方便的文本格式——小节。在每一个小节的开头,都有一个图标。用鼠标左键单击该图标,小节就可以被打开——显示小节中所有的内容,或是被关闭——只显示小节的标题。在小节关闭时,其图标为 ;而当小节被打开时,其图标变成 。

小节之间相互可以嵌套,通过使用这一格式,就可以轻松地编写出重点突出、同时条理分明的计算报告来了。

选择菜单 Insert | Section, 就可以在当前位置插入一个小节。

0.1.5 超链接

人类业已步入 21 世纪,互联网络已经家喻户晓,可以毫不夸张地说,只要是使用过微机