

Mathcad

Prime 2.0

基础与应用技巧

董仁扬 等编著



附赠全书所有实
例模板及源代码



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

Mathcad Prime 2.0 基础 与应用技巧

董仁扬 等编著



机械工业出版社

本书以 Mathcad Prime 2.0 中文版为基础进行编写,并补充了 Mathcad Prime 3.0 中文版新增的功能与内容。本书不仅适合使用 Mathcad Prime 的读者,也适合使用 Mathcad14、15 版的读者。本书分上、下两篇。上篇详细讲解了 Mathcad Prime 的功能、操作和使用技巧,并用大量实例帮助读者快速掌握它,从而为其使用 Mathcad Prime 打下坚实的基础。下篇是作者自主开发的 Mathcad 应用实例。本书把 Mathcad 作为工程应用软件的开发系统,开发了一批应用实例,读者可以了解到大量应用 Mathcad 的经验和技巧。这些实例的应用范围主要是作者很熟悉的专业和从事过的一些工作领域,但方法和技巧是不分专业的,可供其他专业的读者参考。本书配有光盘便于读者运行书中的例子。

本书的读者对象主要是工程技术人员、教师 and 高校学生。

图书在版编目(CIP)数据

Mathcad Prime 2.0 基础与应用技巧 / 董仁扬等编著. —北京:机械工业出版社, 2014.6

ISBN 978-7-111-47447-0

I. ①M… II. ①董… III. ①计算机辅助计算—应用软件 IV. ①TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 167003 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张淑谦 责任编辑:张淑谦

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

责任印制:李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·37.5 印张·939 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-47447-0

ISBN 978-7-89405-480-7(光盘)

定价:99.00 元(含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010) 88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

1986 年 Mathsoft 公司推出了数学 CAD 软件——Mathcad。2006 年 PTC 公司收购 Mathsoft 后将 Mathcad 改名为“PTC Mathcad Prime”。PTC 公司所开发的 Pro/ENGINEER，亦是业界著名的计算机辅助设计（CAD）软件之一，经过全面改版现称为 Creo，其现行版本为 Creo 2.0，即将推出 Creo 3.0 版。

Mathcad Prime 同时提供了多种语言版本，即英语、德语、法语、意大利语、西班牙语、日语、简体中文和繁体中文、朝鲜语等；加强了对工程技术支持；实现了 Mathcad Prime 和 Creo Parametric 之间的双向集成；一些应用软件也可以与 Mathcad 连接。

2010 年 6 月 PTC 公司推出了 Mathcad 15 的中文版，新增了实验设计函数。2011 年 1 月 PTC 公司又推出了改称 Mathcad Prime 1.0 的新版本，程序语言完全重写。该版本是基于任务的全新用户体验，界面友好且直观，更加简单易用。2012 年 3 月推出 Mathcad Prime 2.0。2013 年 9 月推出 Mathcad Prime 3.0。至此，Mathcad Prime 已将 Mathcad 15 的绝大多数功能都移植过来了，且作了极大的提升，功能日渐完善。早先低版本中保存的文件可以通过转换器进行转换，在 Mathcad Prime 中可继续使用。不过，动画和 Mathcad 计算书库及其创建方法暂未移植过来，对其感兴趣的用户可在 Mathcad 15 中体验，相信 PTC 公司会在后续版本有所更新。

Mathcad 操作简单、易学易用，特别适合工程技术人员、教师和学生使用，能进行数值运算，也能进行符号运算，还能进行带单位的运算。它有代数运算、向量矩阵运算、线性及非线性方程求解与优化、常微分方程、偏微分方程、二维和三维图形，以及实验设计、数据分析、统计、金融、信号处理和图像处理等许多方面的专业计算功能，并集计算（数值计算和符号计算）、图形能力、编程和文字处理于一体，是不可多得的工具软件。

对工程技术人员而言，可用 Mathcad 完成各种工程计算；编制各种典型计算模板；编写图文并茂的专用手册、论文和技术总结等。它的两个强有力的工具：“快速模板”（Mathcad Prime 3.0 还专门新增了模板文件）和“Mathcad 编程”可方便记录自己的劳动成果，重复使用，避免了许多重复劳动，大大提高了工作效率。另外，Mathcad 还在“参考表格”中提供了大量数学、物理、力学、电磁学、化学和工程等手册性的资料，及常用公式、常数和属性等资料以供参考与选用。

对教师而言，可以用 Mathcad 开展数学研究、备课、撰写论文、组织图文并茂的讲义、制作直观的教学课件等。

特别值得一提的是：“Mathcad 编程”极其简单、直观，一看就会、易学易用，无需特殊的编程技能，就可方便扩展 Mathcad 的功能和编写专用程序；“快速模板”是“活”的，用户只要更改已知参数就能得到新的结果，可以把它们作为工程应用软件的开发系统。

本书分上、下两篇：上篇为基础，下篇为应用及技巧。

上篇：基础。共 8 章，详细讲解 Mathcad Prime 的功能、操作和使用技巧，并用大量实例

帮助用户快速掌握它，为使用 Mathcad Prime 打下坚实的基础。

第 1 章：界面和工作环境。界面既是用户操作软件的区域，也是用户认识和了解软件的窗口，软件的功能通过界面可以一目了然。学习软件从认识界面开始，而使用软件也从操作界面开始。本章介绍 Mathcad Prime 2.0 中文版工作环境及其操作，学习 Mathcad 就从本章开始。以下各章分别讲解界面中各功能选项卡的详细内容及其操作和使用技巧。

第 2 章：数学功能区。数学功能区选项卡有 5 个工具条，每个工具条又包含若干个图标菜单。5 个工具条分别是：区域工具条、运算符和符号工具条、样式工具条、单位工具条和剪贴板工具条。本章将详述这 5 个工具条及其子工具条。重点讲解“运算符”，运算符是 Mathcad 的基本操作之一。由运算符、变量和数字构成数学表达式，Mathcad 的数学表达式与我们习惯的数学表达式是一致的，直观而自然。本章采用表格形式讲述这些运算符，包括：运算符名称、符号、举例和说明。建议读者先看说明，若未明白再看例子一般都会明白了。表中还未说透的，在表后还有进一步说明。叙述简洁易懂。

第 3 章：函数功能区（上）。函数功能区包含 700 多个内置函数，分两章叙述，第 3 章介绍一般函数，读者都应掌握；而第 4 章介绍专业函数，有需要的读者可选学。本章和上章一样用表格形式讲述。本章的数学函数主要有：基本数学函数（复数、对数和指数、三角函数、双曲函数、排列组合、最大公约数、最小公倍数和余数函数）；截断和舍入函数；向量和矩阵函数（创建和分割数组；矩阵分解；卷积和相关；检索；排列和排序）；求解和最优化函数；微积分（含微分方程求解函数；特殊函数）；概率统计（数理统计函数、概率分布和概率密度）；字符串函数；文件访问函数；财务函数；单位和单位换算等。

第 4 章：函数功能区（下）。供相关专业人员使用。本章的数学函数主要包括：实验设计（设计矩阵、因子筛选、回归分析、蒙特卡洛模拟）；数据分析（曲线的拟合、插值与预测、局部最大值和最小、主分量分析、平滑）；图像处理（图像颜色工具、图像操作函数、图像的组合函数、几何变换、卷积和滤波器、形态学处理、变换域、寻边器、特征提取、分段——区域增长）；信号处理（信号和系统、谱分析、数字滤波、时间序列分析、联合时频分析）；变换和滤波器函数（实数或复数数据的离散傅里叶变换、局部余弦变换、小波滤波器、小波变换）。

第 5 章：矩阵/表格功能区选项卡。本选项卡主要有向量、矩阵和表格的创建与编辑，也有与向量、矩阵有关的运算符与函数。运算符和函数在第 2、3 章已叙述。

第 6 章：绘图功能区选项卡。本章讲述 Mathcad 的图形功能，包括绘制和编辑。绘制包括：二维直角坐标、极坐标和等值线图；三维曲面图。图形类型包括：直线轨迹、柱形轨迹、条形图轨迹、杆图轨迹、瀑布图轨迹、误差图轨迹、箱线图轨迹和效果图轨迹。编辑包括：轨迹的线型、颜色、点的形式以及标记等。通过编辑可以绘出美观实用的图形。

第 7 章：输入/输出功能区选项卡。本章主要介绍转换器，利用它可将早期低 Mathcad 版本的.mcd 和.xmcd 文件转换为 Mathcad Prime 的.mcdx 文件；数据导入/导出，介绍如何读取和写入各种文件类型文件；与 Excel 数据交换，实现无缝整合；与 PTC 的 Creo Parametric 交换数据，实现双向集成。

第 8 章：Mathcad Prime 3.0 新增的内容介绍。

本书讲述的 2.0 功能，在 3.0 上都可使用。但 3.0 又新增加了一些功能，本章补充介绍了

这些新功能, 这样在 3.0 上使用本书就没有障碍了。新增内容主要有: 增强了模板功能, 可创建模板文件 (扩展名为 .mctx); 大大提升了 Mathcad 作为“字处理软件”的功能, 可以在文本区域内插入数学区域以实现数学和文本的无缝集成、可以复制单一区域, 然后将其作为图像粘贴到外部应用程序中; 增强了自定义函数的功能, 给用户一个强有力的开发工具; 还有一些功能作了改进, 例如: 绘图时, 图上能绘的点的数量增多了、增加了全局 (全等号) 运算符、区域有了新外观, 工作表中区域的“选定”和“激活”状态变得更清晰、更明了、更易于分辨, 等等。

下篇: 应用及技巧。共 8 章, 是作者自主开发的 Mathcad 的应用实例。作者将 Mathcad 作为工程应用软件的开发系统, 开发了一批应用实例, 读者可以看到大量应用 Mathcad 的经验和技巧。应用范围主要是作者很熟悉的专业和从事过的一些工作领域, 但方法和技巧是不分专业的, 可供其他专业参考。

第 9 章: 快速模板范例。本章用几个工程计算中的例子, 向读者介绍了如何建立自己的“快速模板”。包括: 微分模板; 渐开线插齿刀变位系数选择模板; 剃前滚刀的设计计算模板; 用最小二乘法计算代圆弧的模板。

第 10 章: 运动与坐标变换。本章介绍的内容都是后面几章将会用到的工具, 运用 Mathcad 的向量和矩阵的运算符和函数创建了旋转变换、移动变换、反射与对称变换、平行投影、仿射变换、中心投影、影射变换的变换公式。

第 11 章: 工程上常用的曲线及其属性。工程上常用的曲线包括: 直线、渐开线、摆线、空间螺旋线等, 它们有各自的生成原理、图形和属性。属性包括: 弧长、曲率和挠率等。研究的工具是 Mathcad 的向量、矩阵、微分和积分运算等。上述问题中的一些复杂的中间推导过程和计算由 Mathcad 的符号计算来完成, 一些复杂的图形由 Mathcad 的二维、三维绘图来绘制。本章还介绍了曲线论的一般理论。读者在阅读资料时, 若遇到许多数学公式, 直接去推导一遍验证其正确性是很麻烦的, 有了 Mathcad 要验证这些公式就变得很轻松了。

第 12 章: 工程上常用的曲面及其属性。工程上常用的曲面包括: 平面、椭圆面和圆柱螺旋面等, 它们有各自的生成原理和属性。属性包括: 方程、图形和交线等; 还有螺旋面的端截形和轴截形、第一基本微分形式、第二基本微分形式、法曲率、主曲率、曲率线、渐近曲线和短程线等; 最后, 叙述了曲面论的一般理论。

第 13 章: 包络。包络研究的对象是运动的曲线与曲面及其属性。包络是处处与曲线族、曲面族相切的曲线或曲面。它广泛用于齿轮、凸轮传动中, 这时称包络为啮合或共轭。啮合分平面啮合和空间啮合、内啮合和外啮合、运动为单参数的或双参数的等。本章的工具是 Mathcad 的向量和矩阵的运算符和函数, 还有方程的符号解和数值解及技巧, 并用 Mathcad 编程实现平面和空间啮合的共轭齿形计算。

第 14 章: 工程绘图。本章总结 Mathcad 二维、三维绘图在工程上的应用, 并进一步用它们绘制一些工程零件, 如直齿齿轮和花键、螺纹和螺旋齿轮, 以及模拟滚齿辗成加工等, 从而将 Mathcad 绘图在工程上的应用提高到一个新的水平。

第 15 章: 跨棒 (球) 测量计算。棒 (球) 测量是测量齿轮和蜗杆齿厚最常用的方法之一, 也是测量螺纹中径的常用方法。本章采用的都是精确计算公式, 但计算过程复杂, 因此作者用 Mathcad 程序把它们编成了函数, 代入已知参数即能得到结果。

第 16 章: 创建表格数据库及其检索。计算机辅助设计需要从众多的数据表格中查找数据,

作为设计的参数。现有的 CAD 应用软件，缺乏一套处理数据表格的函数，这给应用软件的开发带来不便。本章利用 Mathcad 的嵌套矩阵创建表格数据库；用 Mathcad 的编程创造了数据检索函数，解决了数据表格的建库和检索的问题。

第 9 章至第 16 章，每章都附有参考文献，以便说明这些应用的来龙去脉。

本书配有光盘，其中记录了书中用到的数据文件、编写的主要程序和编写的快速模板，以方便读者浏览和查看，并实际运行书中所有的例子。

本书原本是根据 Mathcad 15 中文版编写的，后改为以 Mathcad Prime 2.0 中文版为基础编写，并补充了 Mathcad Prime 3.0 中文版新增的功能与内容。所以本书不仅适合使用 Mathcad Prime 的读者，也适合使用 Mathcad 14、15 版的读者。本书编写历时三年多，得到了许多同志的大力帮助，在此深表感谢，特别要感谢 PTC 公司的大力支持和帮助。

本书主要由董仁扬编写，参加编写的人员还有董军和董梅。董军编写了第 3 章的统计、金融——财务函数，以及第 4 章的数据处理；董梅编写了第 4 章的图像处理，以及第 6 章绘图功能区选项卡。

由于本书中所有的公式、函数、程序等均在 Mathcad 软件中完成，因此在正斜体方面会与我国标准有所不同，为与软件保持一致，本书在正斜体方面不作修改，由此带来的不便请读者谅解。

本书涉及的专业面较广，因作者水平有限，难免有不当之处，望读者批评指正。

作 者

目 录

前言

上篇 基 础

第1章 界面和工作环境	2
1.1 概述	2
1.2 功能区	3
1.2.1 数学功能区选项卡	3
1.2.2 输入/输出功能区选项卡	3
1.2.3 函数功能区选项卡	4
1.2.4 矩阵/表格功能区选项卡	4
1.2.5 绘图功能区选项卡	4
1.2.6 格式化功能区选项卡	4
1.2.7 计算功能区选项卡	5
1.2.8 文档功能区选项卡	6
1.2.9 入门功能区选项卡	7
1.3 工作表和区域	8
1.3.1 工作表	8
1.3.2 工作表中的区域	8
1.4 模板	11
1.4.1 创建模板	11
1.4.2 快速模板	12
1.5 界面用的快捷键提示和键盘快捷方式	12
1.5.1 界面的快捷键提示	13
1.5.2 常用键盘快捷方式	13
第2章 数学功能区	14
2.1 区域工具条	14
2.2 运算符和符号工具条	15
2.2.1 运算符子工具条	15
2.2.2 符号子工具条	31
2.2.3 编程运算符子工具条	32
2.2.4 常数子工具条	36
2.2.5 关键字、修饰符子工具条	38
2.3 样式工具条	48
2.4 单位工具条	48
2.4.1 单位制子工具条	49

2.4.2 单位子工具条	49
2.4.3 量纲分析	50
2.4.4 使用货币单位	50
2.4.5 使用温度	51
2.5 剪贴板工具条	52
2.6 符号运算	52
2.6.1 符号运算符	53
2.6.2 运算符符号运算	53
2.6.3 函数符号运算	53
2.7 Mathcad 编程	54
2.7.1 创建和使用 Mathcad 程序	55
2.7.2 编程语言	57
2.7.3 递归	67
2.7.4 错误处理	69
2.7.5 程序调试	70
第3章 函数功能区(上)	73
3.1 关于内部函数	73
3.2 对数函数、指数函数、三角函数、 双曲函数和组合分析	74
3.2.1 对数函数和指数函数	74
3.2.2 三角函数	75
3.2.3 双曲函数	78
3.2.4 组合分析——排列、组合、最大 公约数、最小公倍数及余数	80
3.3 效用函数	81
3.3.1 复数函数	81
3.3.2 条件分支函数	83
3.3.3 表达式类型函数	83
3.3.4 字符串函数	84
3.3.5 截断和舍入	86
3.3.6 常见格式的单位换算	87
3.4 向量和矩阵	88

3.4.1 创建和分割数组的函数	89	3.11.3 利率	188
3.4.2 数组特征函数	91	3.11.4 期数	189
3.4.3 矩阵分解函数	97	3.11.5 累计利息、累计本金及 APR	190
3.4.4 卷积和相关	99	3.11.6 内部收益率	190
3.4.5 查找函数	102	3.11.7 付款	191
3.4.6 排列和排序	106	第 4 章 函数功能区 (下)	192
3.5 求解和最优化	107	4.1 实验设计 (DOE)	192
3.5.1 根和线性方程组求解器	107	4.1.1 设计矩阵	192
3.5.2 微分方程求解器	109	4.1.2 因子筛选	196
3.5.3 求解命令块函数——方程组函 数、优化函数、ODE 函数	126	4.1.3 回归分析	198
3.6 特殊函数	132	4.1.4 蒙特卡洛模拟	200
3.6.1 贝塞尔函数	132	4.1.5 应用实例	202
3.6.2 分段函数	136	4.2 数据处理	225
3.6.3 其他特殊函数	136	4.2.1 曲线的拟合	225
3.7 符号函数	139	4.2.2 插值与预测	237
3.8 统计	145	4.2.3 局部最大值和最小值	249
3.8.1 描述性统计函数——数理 统计函数	145	4.2.4 离群值和 NaN 函数	250
3.8.2 图形统计函数——实验 设计 (DOE) 绘图	149	4.2.5 主分量分析 (PCA) 函数	253
3.8.3 概率统计函数——概率分布、 概率密度和随机数字生成	158	4.2.6 平滑函数	255
3.9 制图	170	4.3 图像处理	259
3.9.1 极角	170	4.3.1 图像颜色工具	259
3.9.2 坐标系映射函数	170	4.3.2 图像操作函数	266
3.9.3 CreateSpace 和 CreateMesh 函数	172	4.3.3 图像的组函数	276
3.10 文件访问函数	174	4.3.4 几何变换	279
3.10.1 文本文件	174	4.3.5 卷积和滤波器	281
3.10.2 数据文件	176	4.3.6 形态学处理	285
3.10.3 二进制数据文件	177	4.3.7 变换域	290
3.10.4 CSV 数据文件	178	4.3.8 寻边器	294
3.10.5 带分隔符的 ASCII 数据文件	179	4.3.9 特征提取	299
3.10.6 Excel 数据文件	180	4.3.10 分段——区域增长	305
3.10.7 图像文件	181	4.4 信号处理	307
3.10.8 图像属性	183	4.4.1 信号和系统	307
3.10.9 WAV 声音文件	185	4.4.2 谱分析	311
3.11 金融——财务函数	187	4.4.3 数字滤波	328
3.11.1 现值	187	4.4.4 时间序列分析	339
3.11.2 未来价值	188	4.4.5 其他变换	344
		4.4.6 联合时频分析	346
		4.5 变换和滤波器函数	347
		4.5.1 实数的离散傅里叶变换	347
		4.5.2 复数的离散傅里叶变换	349

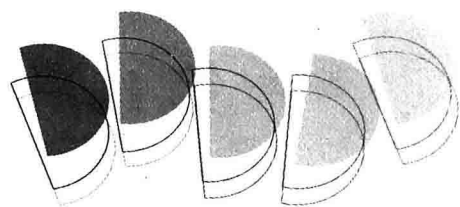
4.5.3 实数或复数数据的离散 傅里叶变换	352	6.4 3D 绘图	381
4.5.4 局部余弦变换	352	6.4.1 3D 绘图组件	381
4.5.5 小波滤波器	354	6.4.2 用函数和矩阵绘图	383
4.5.6 小波变换	354	6.4.3 用含两个变量的参数方程绘图	384
第 5 章 矩阵/表格功能区选项卡	357	6.4.4 使用网格函数 CreateMesh 绘图	384
5.1 矩阵和表格工具条	357	6.4.5 绘制 3D 曲线	386
5.1.1 插入矩阵子工具条	358	6.5 等值线图	387
5.1.2 插入表格子工具条	362	6.5.1 等值线图组件	387
5.2 行和列工具条	363	6.5.2 创建等值线图	388
5.2.1 用行和列工具条编辑矩阵	363	6.5.3 带奇异值的等值线图	390
5.2.2 其他编辑矩阵的方法	363	6.6 绘制瀑布图	390
5.3 结果格式工具条	363	第 7 章 输入/输出功能区选项卡	393
5.3.1 矩阵索引的显示	364	7.1 Mathcad 工作表工具条	393
5.3.2 收缩或展开嵌套矩阵	364	7.2 数据导入/导出工具条	395
第 6 章 绘图功能区选项卡	366	7.2.1 “数据文件名”和 “READEXCEL”图标菜单	395
6.1 绘图的工具条和子工具条	366	7.2.2 “Excel 组件”子工具条	396
6.1.1 轨迹工具条	366	7.3 集成工具条	402
6.1.2 标记工具条	370	第 8 章 Mathcad Prime 3.0 新增的 内容	405
6.1.3 样式工具条	371	8.1 界面	405
6.1.4 轴工具条	372	8.2 模板	405
6.1.5 格式化绘图子工具条	373	8.3 文本中的数学区域及设置数学 表达式格式	408
6.2 XY 绘图	374	8.3.1 文本中的数学区域	408
6.2.1 XY 绘图的组成	374	8.3.2 设置数学格式	409
6.2.2 绘制函数图像	375	8.4 将单一区域复制到外部应用程序	409
6.2.3 绘制数据图像	378	8.5 自定义函数	410
6.3 极坐标图	379	8.6 其他功能的改进	411
6.3.1 极坐标绘图的组成	379		
6.3.2 创建极坐标图	380		

下篇 应用及技巧

第 9 章 快速模板范例	414	齿刀变位系数	419
9.1 微分模板	414	9.2.5 最终结果	422
9.1.1 显函数微分	414	9.2.6 用 Mathcad 解决多条件参数 选择的特点	423
9.1.2 参数方程微分	416	9.3 剃前滚刀的设计计算	423
9.2 渐开线插齿刀变位系数选择	417	9.3.1 滚刀设计计算	424
9.2.1 背景	417	9.3.2 滚刀齿形设计计算	424
9.2.2 已知	418	9.3.3 滚刀齿形的 x-y 图	426
9.2.3 计算值	419	9.4 用最小二乘法计算代圆弧	429
9.2.4 求解满足 4 个限制条件的插			

9.4.1 代圆弧最小二乘法计算 公式推导	430	及 3D 绘图	472
9.4.2 代圆弧计算快速模板	431	11.8.2 用数据绘制圆锥对数螺旋线 的 3D 图形	473
9.5 本章参考文献	433	11.9 空间的直线方程	474
第 10 章 运动与坐标变换	434	11.10 本章参考文献	475
10.1 齐次坐标与变换矩阵	434	第 12 章 工程上常用的曲面 及其属性	476
10.2 刚体运动、正交变换	436	12.1 平面	476
10.2.1 旋转变换	436	12.1.1 平面的参数式	476
10.2.2 反射与对称变换	440	12.1.2 平面的三点式	477
10.3 平行投影、仿射变换	441	12.1.3 平面的点法式	478
10.3.1 压缩、放大变换	441	12.1.4 平面的一般式	479
10.3.2 剪切变换	441	12.1.5 平面的法线式	480
10.4 中心投影、影射变换	442	12.1.6 平面的截距式	480
10.5 本章参考文献	443	12.1.7 直线与平面的交点	482
第 11 章 工程上常用的曲线及其属性	444	12.1.8 平面与平面的交线	483
11.1 直线	444	12.2 二次曲面	484
11.2 圆和椭圆	447	12.2.1 圆球和椭球	484
11.2.1 圆	447	12.2.2 双曲面与抛物面	486
11.2.2 椭圆	448	12.2.3 直纹旋转面	488
11.3 抛物线和双曲线	452	12.3 曲面论的一般理论	490
11.3.1 抛物线	452	12.3.1 定导程圆柱螺旋面	490
11.3.2 双曲线	453	12.3.2 曲面的第一基本微分 形式、弧长	492
11.4 渐开线	454	12.3.3 曲面的切平面与法线	493
11.4.1 渐开线的极坐标参数方程	454	12.3.4 曲面的第二基本微分 形式、法曲率	494
11.4.2 广义渐开线的向量方程	455	12.3.5 曲面上的活动标形、曲面论 的基本公式	496
11.4.3 单位切向量、弧长	457	12.4 直纹螺旋面	499
11.4.4 法向量、曲率	457	12.4.1 直纹螺旋面的方程	499
11.5 摆线	459	12.4.2 阿基米德螺旋面	502
11.6 等距曲线	463	12.4.3 渐开螺旋面	507
11.6.1 等距曲线基本原理	463	12.4.4 护轴线螺旋面	511
11.6.2 渐开线的等距曲线是渐开线	464	12.5 本章参考文献	514
11.7 圆柱螺旋线	466	第 13 章 包络	515
11.7.1 参数方程	466	13.1 平面啮合	515
11.7.2 弧长、切线和法平面	468	13.1.1 啮合运动、瞬心线(节线)	515
11.7.3 主法线、主曲率	469	13.1.2 渐屈线	517
11.7.4 次法线和挠率	470	13.1.3 共轭齿廓	520
11.7.5 曲线上的活动标形	471		
11.8 圆锥对数螺旋线	472		
11.8.1 圆锥对数螺旋线方程			

13.1.4 实例——矩形花键插齿 刀齿形计算	523	14.5.3 四连杆机构的运动分析	559
13.1.5 过渡曲线	526	14.6 本章参考文献	561
13.1.6 啮合界限点、根切	527	第 15 章 跨棒（球）测量计算	562
13.2 空间啮合	527	15.1 渐开线齿轮测量	562
13.2.1 曲面族的包络	527	15.1.1 直齿外齿轮	562
13.2.2 铣螺旋槽时铣刀的齿形计算	529	15.1.2 直齿内齿轮	564
13.2.3 阿基米德蜗杆的铣刀齿形 计算实例	530	15.1.3 斜齿外、内齿轮	565
13.3 本章参考文献	535	15.1.4 量球（棒）直径的选择	568
第 14 章 工程绘图	536	15.2 螺纹、蜗杆测量	569
14.1 创建绘图要素	536	15.2.1 渐开螺旋面上的接触点半径	569
14.1.1 绘制线	536	15.2.2 阿基米德蜗杆和螺纹的 M 值 计算	571
14.1.2 绘制面	539	15.2.3 法向直廓蜗杆的 M 值计算	573
14.2 绘制直齿齿轮	542	15.2.4 蜗杆法截面、端截面和轴截面 参数间的关系	576
14.2.1 根据已知参数计算	542	15.3 本章参考文献	577
14.2.2 绘制齿形	543	第 16 章 创建表格数据库及其检索	578
14.2.3 绘制重要的圆	544	16.1 数据的存放格式	578
14.2.4 绘制外圆弧和内圆弧	544	16.1.1 一级检索的表	578
14.2.5 齿形阵列	545	16.1.2 二重检索的表	579
14.3 螺纹和螺旋齿轮绘制	546	16.2 检索函数	580
14.3.1 阿基米德蜗杆和螺纹	546	16.2.1 单变量定值检索	580
14.3.2 渐开线螺旋齿轮	548	16.2.2 范围检索	580
14.4 模拟滚齿辗成加工	550	16.2.3 定值字符串检索	581
14.4.1 滚齿辗成加工	550	16.2.4 通用检索函数	582
14.4.2 已知齿轮参数和滚刀齿形 和计算值	550	16.2.5 二级检索的通用检索函数	582
14.4.3 滚动	551	16.3 实例	583
14.4.4 刀尖（点 p1）的运动轨迹	552	16.4 用电子表格创建表格数据库	584
14.4.5 辗成的 x-y 图	553	16.4.1 Excel 组件	584
14.5 铰链四杆机构给定位置的设计	554	16.4.2 用 Excel 组件创建表格数据库 实例	585
14.5.1 设计计算	554	16.5 本章参考文献	587
14.5.2 四连杆机构运动的 x-y 图	556		



上篇 基础

第 1 章 界面和工作环境

第 2 章 数学功能区

第 3 章 函数功能区（上）

第 4 章 函数功能区（下）

第 5 章 矩阵/表格功能区选项卡

第 6 章 绘图功能区选项卡

第 7 章 输入/输出功能区选项卡

第 8 章 Mathcad Prime 3.0 新增的内容

第1章 界面和工作环境

1.1 概述

界面既是用户操作软件的区域，也是用户认识和了解软件的窗口，软件的功能通过界面可以一目了然。学习软件从认识界面开始，而使用软件也从操作界面开始。Mathcad Prime 2.0 的界面如图 1-1 所示。

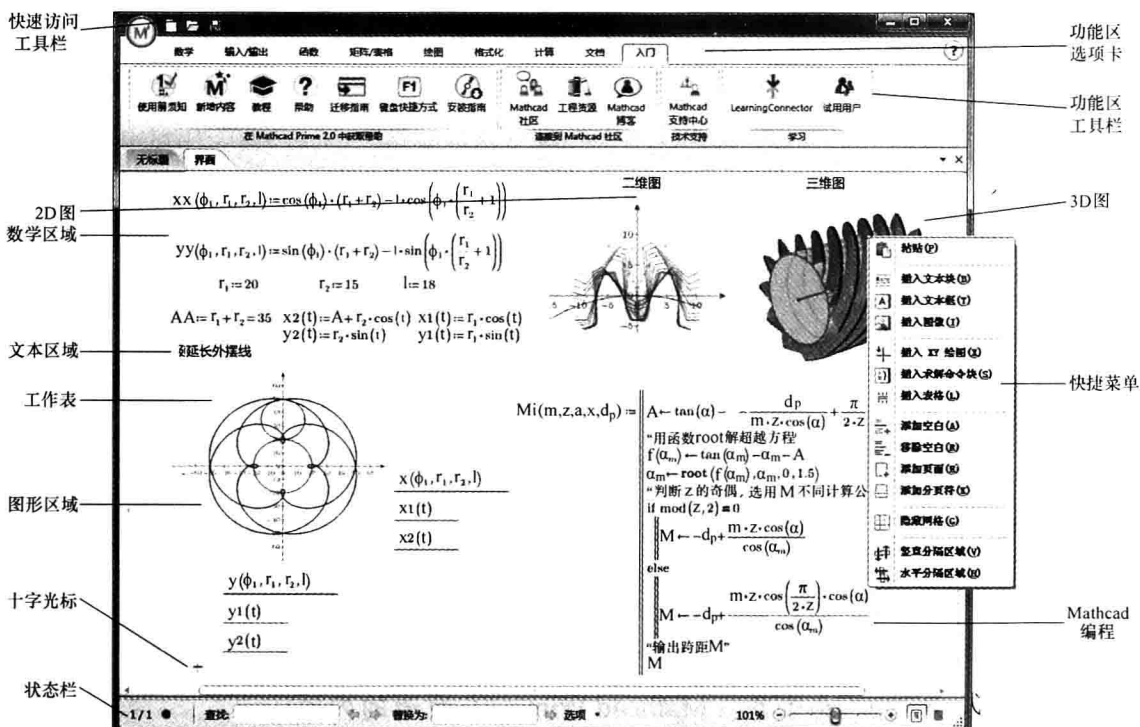


图 1-1 Mathcad Prime 2.0 的界面

Mathcad Prime 2.0 界面由下面几部分组成。

- ◆ **Mathcad 按钮** (M): 图 1-2 是将它打开时的情况。(M) 是文件的管理部分，选择“另存为”可将当前文件存为 Mathcad Prime 的.mcdx 文件或.xps 文件 (Microsoft 的电子文档格式，类似于 PDF)；右边是最近使用过的工作表，该列表包含 15 个最近使用的工作表。并对最近使用的 9 个工作表进行了编号。选中为实圈将永久保留。
- ◆ **快速访问工具栏**：在 (M) 图标的右面 (见图 1-2 右图)，已有的图标依次是：“新建”“打开”“保存”“撤销”和“重做”。顾名思义，“快速访问工具栏”，可以快速选择所需操作，提高效率。它的条目可以增减。可用单击鼠标右键弹出的快捷菜单将常用的条目 (包括“功能区”的部分图标菜单) 添加或删除。图 1-2 右图已将“求解命令块”

加到“快速访问工具栏”上,也可将它删除。还可用单击鼠标右键弹出的快捷菜单把“快速访问工具栏”放在功能区下面。



图 1-2 快速访问工具栏

- ◆ 功能区选项卡: 有相关命令分组的各选项卡, 包含了 Mathcad 的所有功能。在各功能区选项卡中有若干工具栏和子工具栏, 它们又包含了若干可操作的图标菜单。把光标放在它们上面会显示提示信息, 如相应名称、简要功能说明和键盘快捷方式等。“功能区选项卡”有 9 个, 依次是: 数学、输入/输出、函数、矩阵/表格、绘图、格式化、计算、文档和入门选项卡。选择某个选项卡即打开相应的“功能区工具栏”。
- ◆ 快捷菜单: 单击鼠标右键可访问常用命令, 与“快速访问工具栏”有类似作用。
- ◆ 状态栏: 包含工作表页码、显示“自动计算”状态的圆(绿色表示“自动计算”, 红色表示“停止计算”)、查找和替换、选项(在数学表达式中查找、在文本表达式中查找、区分大小写、全字匹配)、缩放滑块、页面视图以及草稿视图按钮。
- ◆ 工作表: 它是用户工作的窗口, 启动 Mathcad 时, 会出现一个空白工作表, 可在其中绘图, 输入文本、方程和图像。它们输入在不同的区域, 即图形区域、文本区域、数学区域、求解命令块区域和图像区域, 区域输入的位置由十字光标确定。只要系统资源允许, 可打开尽可能多的工作表。每张工作表可以创建一个工作表文件, 扩展名为.mcdx。
- ◆ 十字光标: 它可放在工作表的任意位置, 以输入工作表的区域。所以它在工作表输入区域中的位置是随意的, 十分灵活。

1.2 功能区

功能区有 9 个选项卡, 现分述如下。

1.2.1 数学功能区选项卡

数学功能区选项卡有 5 个工具条, 包含若干个图标菜单, 有倒三角的为子工具条, 工具条也可打开一批图标菜单。5 个工具条分别为区域工具条、运算符和符号工具条、样式工具条、单位工具条以及剪贴板工具条。第 2 章将专门介绍“数学”功能区。

1.2.2 输入/输出功能区选项卡

输入/输出功能区选项卡有三个工具条: Mathcad 工作表、数据导入/导出、集成。第 7 章

将专门介绍“输入/输出”功能区。

1.2.3 函数功能区选项卡

函数功能区选项卡可以选择插入 Mathcad 的所有内部函数。第 3 章和第 4 章将专门介绍“函数”功能区，讲解每个函数的用法，这也是本书篇幅最大的两章。

1.2.4 矩阵/表格功能区选项卡

矩阵/表格功能区选项卡有三个工具条：矩阵和表格、行和列、结果格式。第 5 章将专门介绍“矩阵/表格”功能区。

1.2.5 绘图功能区选项卡

绘图功能区选项卡有 5 个工具条：轨迹、标记、样式、轴和格式化绘图值。第 6 章将专门介绍“绘图”功能区。

1.2.6 格式化功能区选项卡

格式化功能区选项卡（见图 1-3）有 4 个工具条，每个工具条又包含若干个图标菜单。其中字体工具条和段落工具条与一般字处理软件相同。可选择一个或多个要进行格式化的区域。设定结果格式时，若在数学区域之外设置，则设置效果将应用于工作表中所有的数学区域。

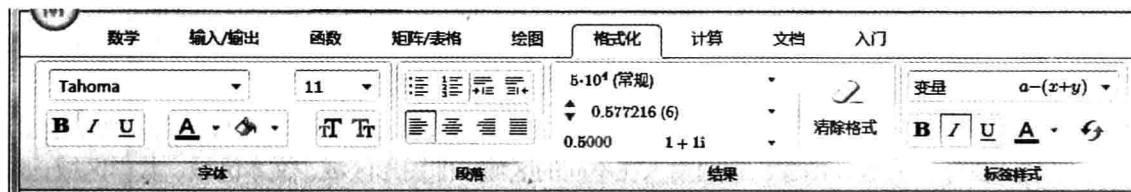


图 1-3 格式化功能区选项卡

- ◆ 字体工具条：设置字体、字的大小、字形、字的颜色和突出显示字的颜色。只适用于文本区域。
- ◆ 段落工具条：设置对齐方式、项目符号列表、编号列表和缩进等。也只适用于文本区域。
- ◆ 结果工具条：控制数值结果的显示格式（见图 1-4）。

第一项控制数值结果的显示形式（见图 1-4 左）；第二项控制数值结果显示到小数点后的位数，但与计算精度无关，可由下拉列表调节；第三项左侧控制数值结果的小数点后是否补零，按下即补零，补零的位数为显示的位数；第三项右侧为复数的显示形式；最右边的清除格式，其作用是放弃所做的更改并恢复默认结果格式。

- ◆ 标签样式：所谓“标签样式”实际上指的是字符的标签样式，同一个字符可以同时是：变量、单位、常数、函数、系统和关键字的名称。利用标签，可以使工作表中的每个数学元素都能与特定的数学类型关联。默认情况下，新元素标记为变量（见图 1-5）。

第二行中的各项分别设置：字体样式、字体颜色和正斜体等，它们仅作用于标签样式列表中的一种，但不能设置字的大小。最后一项  为“恢复标签样式”，其作用是还原选定标

签样式的默认值。

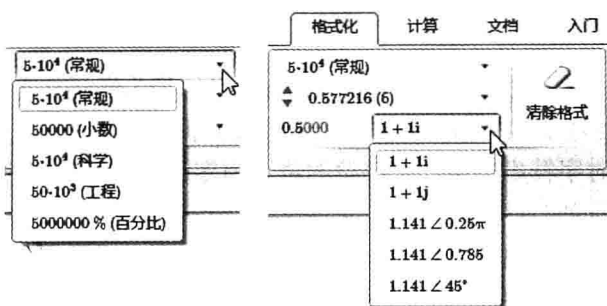


图 1-4 结果工具条

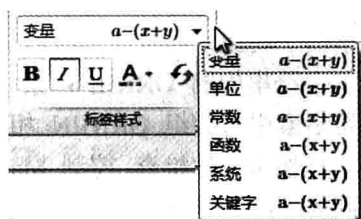


图 1-5 标签样式

1.2.7 计算功能区选项卡

计算功能区选项卡（见图 1-6）有三个工具条，每个工具条又包含若干个图标菜单。

- ◆ 控件工具条：其作用是设置工作表的计算模式，主要包括自动计算、停止所有计算、计算和禁用区域 4 个图标，其中禁用区域的作用是禁用选定的区域来进行计算。

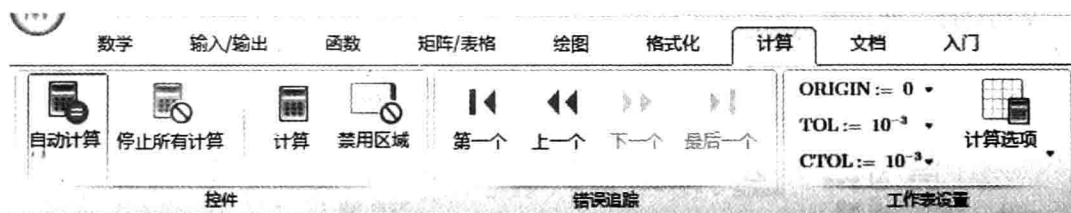


图 1-6 计算功能区选项卡

- ◆ 错误追踪工具条：用户可以通过错误追踪来检测计算错误的原始来源。若希望显示工作表中错误的位置，可选择第一个、上一个、下一个和最后一个。若在数学区域外进行单击，Mathcad 将通过在错误的表达式上圈出红色圆圈来标记所有错误，也可以在包含红色边线的区域内部进行单击，以查看相关错误消息。
- ◆ 工作表设置工具条：它有 4 个子工具条（见图 1-7）。由上至下分别为：设置矩阵和向量索引的原点，即第一个值是 0 或 1；设置收敛公差 TOL，以控制积分、导数、根和命令求解的迭代精度；设置约束公差 CTOL，控制命令求解约束必须满足的精度。

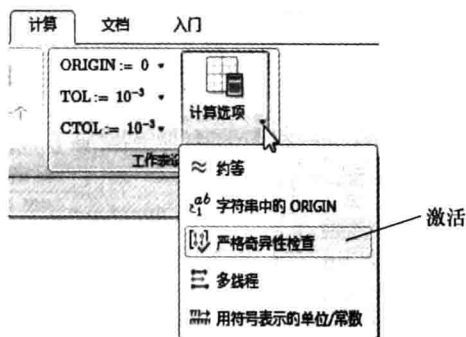


图 1-7 工作表设置工具条