



MathCAD

学步随笔

张培忠 编著

- 深入浅出地介绍了MathCAD最基本最有用的内容
- 适用于MathCAD15及以下版本
- 边读边练, 读练结合才能事半功倍



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

MathCAD 学步随笔

张培忠 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书浓缩了作者多年的使用经验,深入浅出地介绍了 MathCAD 最基本最有用的内容,适用于 MathCAD15 及以下版本,主要内容包括 MathCAD 在初等数学、高等数学、线性代数、概率与统计、微分方程等方面的应用。

本书不是手册,不像“帮助文件”那样利于查询,最好把它当作“数学小品”来阅读。阅读时还必须同时打开 MathCAD 软件,边读边练,只有读练结合才能事半功倍。

本书适合对数学计算有兴趣的学生、希望使用 MathCAD 来提高工作效率的工程技术人员,以及想用它来编写教学演示的教师学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

MathCAD学步随笔 / 张培忠编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2013. 4
ISBN 978-7-5170-0738-8

I. ①M… II. ①张… 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(2013)第065412号

策划编辑: 杨元泓

责任编辑: 张玉玲

封面设计: 李 佳

书 名	MathCAD 学步随笔
作 者	张培忠 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京市蓝空印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 27.5印张 696千字
版 次	2013年4月第1版 2013年4月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	62.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

李尚志教授咏数学云：

数学精微何处寻，纷纭世界有模型。描摹万象得神韵，识破玄机算古今。岂是空文无实效，能生妙策济苍生。经天纬地展身手，七十二行任纵横。

“岂是空文无实效，能生妙策济苍生。经天纬地展身手，七十二行任纵横。”这首诗写得多么好啊！MathCAD 正是在体现它描绘的作用。可惜我的这本书却体现得不够好。

由于长期在第一线摸爬滚打，再加上喜欢数学，也就爱上了直观实用的 MathCAD，在和朋友的交流中积累了一些短文，它们就构成了本书的基本素材。但本书包含的内容仅仅是基本数学范围的题材，一些数学专题分支，如统计、金融等，尽管 MathCAD 包含它们的应用函数，但本书中未涉及，有兴趣的读者可参阅相关书籍。

一、引言

1. M++语言

有些同行，把 MathCAD 十分有特色的语言戏称为 M++语言，它虽然不是软件包原作者正式取用的名称，倒也很能勾画出它的特点，本人觉得这句戏言（甚至可以说是爱称）深得这个数学软件的三昧，举双手赞成。于是在这篇“学步随笔”中，就用 M++语言来称呼 MathCAD 的编程语言了。

在经得住时间考验的众多数学软件之中，不论大小都各有自己的特点。MathCAD 是属于那种深受用户喜爱的“下里巴人”类型的一类。这不仅由于它有比较全面而强大的数字计算、符号推演、图形绘制、动画制作功能，还因为它有一种完善、实用而又独具特点的高级语言编程能力。

MathCAD 语言的突出特点是，它使得编程语言与数学语言达到了迄今为止的最大靠拢。仅此一点就足可使它身价倍增。它不仅能够在计算机上实现数学问题的求解算法，使之变成轻松愉快的工作，更重要的是它给我们提供了重新审视数学软件价值的新视点，开辟了寻求数学软件与信息技术相结合的新视野。

下面，直接借用北京航空航天大学出版社出版的专著《MathCAD 在数学实验中的应用》的观点来描述 MathCAD 的这些特点，我甚至觉得 M++语言这个别名可能是这本书最先推出的。

M++语言是一种以数学表达式为主要成分的高级语言。与我们所见到的其他高级语言相比，它的最大特点是，以功能强大的自动翻译程序作后盾，使编程语言中的表达式和传统的数学表达式取得最大限度的统一，而且让这种统一后的表达式占据 M++语言的主导地位，并把自然英语词汇的数量减少到最低限度。由此，它具备了以下几个重要特点和优势：

（1）它是一种完整的结构化语言，基本结构简洁清晰、可读性极强。

用 M++编写的程序可读性极强，无需专门的计算机编程训练，凭借数学知识即可一看就懂，而且程序容易查错，易于调试。

（2）程序中可接受的数据类型非常丰富。

使用 M++语言编写的程序，能支持多种类型的复杂数据（有些是其他高级语言无法做到的）。除了各种高级语言都能支持的整型、实型等基本类型外，还可以支持复数、复函数、复矩阵、超矩阵、矩阵运算，甚至包括求导和不定积分等解析运算及其相应的操作数。

（3）将子程序统一在函数概念之下，有超强的返回能力。

M++语言编写的计算机程序，它的子程序表现为一个个功能强大的内置函数，甚至可以直接返回矩阵和超矩阵。有的计算机行家做过比较后认定：“这一点超过了 C 语言。”

（4）函数的参数表中可以容纳函数名（其他语言不具备此功能）。

（5）具有丰富的函数库。

MathCAD 具有含量丰富的函数库（前面已说明，M++的函数概念包括着其他语言中所说的子程序），并且随着版本的改进不断改善和扩充。到 MathCAD 7.0 版，已经含有内置函数 245 条，到了 MathCAD 14 版，已有 683 条内置函数（包括扩展包所增加的函数），可以直接调用来进行一般常见数学问题的求解计算。此外，用户还可以把自己的自定义函数添加到这个函数库中去。

2. 使用 M++语言编程的两种表现形态

在 MathCAD 中，使用 M++语言来表达数学问题的求解算法（即编写 M++程序）有两种表现形态：

（1）工作页面程序。

人们曾经把这类程序叫做“类编程板程序”，它包括所有写在 MathCAD 工作页上数学区中的数学表达式。MathCAD 工作页的数学区联合就是一种语言编程。

（2）编程板程序。

它通常编写成用户自定义函数。它有一套专门的算子、一个特制的工具栏和一套编程模式与规则。

可以相应地把两种编程过程叫做工作页面编程和用户函数编程板编程。我们会看到，用 MathCAD 的 M++语言编写出来的工作页面程序和编程板程序都完全具备结构化语言的特点。

3. 我见

网上偶尔会听到一些不同的声音，讥之者曰：“MathCAD 不过是一个玩具”，荐之者曰：“MathCAD 可以做一个‘数学公式输入器’使用”。其实这些都是误解。

人们可能觉得 M++语言太像数学语言，而不太像计算机语言。那是因为人们过于牢固地保留了“计算机语言和数学语言有很大的不同”这种历史印象。也许因为它太平常，也许因为它太好用，好到人们看不到它的特点，看不见它的方便，甚至还会有人因其太平易近人而产生一种失落感。只有变换一个视角，才会得到一个新认识，才能深入一层把握事物的本质。

二、说明

本人是 MathCAD 的忠实粉丝，更是上述观点的忠实奉行着。对于有些朋友对 MathCAD “没有代码”的挑剔，觉得失之偏颇。程序语言是不是一定要用“代码”体现？MathCAD 的“操作符”、“符号关键字与修饰符”、“函数”等难道不是代码吗？只不过是更为先进的更体贴用户的更人性化的代码而已。

所以，本书中有不少内容都是在证实与阐述这种观点。而且有一些不见经传的名词术语，如“页面程序语言”、“编程板程序算子”、“页面程序”、“编程板程序”等，都是依据上述观

点而生发的。望朋友们勿责作者用语生涩。

本书是在 MathCAD 14 环境下编写的，MathCAD 15 推出后，又在 15 版环境中进行过校订，这已经是 PTC 公司流行版本的最新版了，而市面上才推出的 MathCAD prime 1.0 实际上应该是现代界面的重写版，由于它尚不成熟、速度慢，而且功能不全、普及面小，因此本书没有涉及。

现在，MathCAD prime 2.0 正式推出了，它淘汰了许多 MathCAD 15 及以下版本具有的方便用户又贴近工程技术文件的功能，使用户大感不便，于是就在发行 MathCAD prime 2.0 的同时奉送 MathCAD 15，以方便用户。这个版本与 14 和 15 版不太兼容，必须通过“迁移手续”转换，请读者使用时注意。

创作是辛苦的，没有家人的支持，特别是老伴的大力支持是不可能完成的。在本书编辑过程中，参与具体工作的还有：李伟、景小艳、许志清、刘军华、夏惠军、张赛桥、姚新军、张强林、张代全、万雷、王斌、江广顺、李强、余松、郭敏、董茜、陈鲲、王晓、李晓宁、丁佳、虞志勇、吴艳、魏新利、王定标、曹海亮、李言钦、付卫东。在本书创作期间获得中国水利水电出版社老师的大力支持，正是他们的辛苦付出，才使得本书能够在第一时间面向读者。若读者在学习过程中发现问题或有更好的建议，可以通过 info@dozan.cn 与我们联系。

由于时间仓促及作者水平有限，书中错误、纰漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

张培忠于四川崇州

2013 年 3 月

目 录

前言

第1章 运算符启蒙.....1	1.7 六类等号的异同.....46
1.1 数学软件中的“宝葫芦”.....1	1.7.1 局部与全局定义等号.....46
1.1.1 怎样给变量赋值.....2	1.7.2 数值求值等号.....47
1.1.2 怎样用编辑线选定算式.....2	1.7.3 符号求解等号.....48
1.1.3 怎样计算表达式的值.....3	1.7.4 附加关键字的符号求解等号.....49
1.1.4 从简单的例子开始.....3	第2章 符号运算关键字启蒙.....50
1.2 活动的计算器按钮.....3	2.1 float 的浮点运算.....50
1.3 这样在工作页面上写入算式.....5	2.1.1 使用关键字 float 来改变计算精度.....51
1.3.1 输入最简单的数学表达式.....5	2.1.2 使用关键字 float 来实现符号运算.....51
1.3.2 一步一步建造表达式的例子.....6	2.2 关键字 rectangular.....51
1.4 微积分学直通车.....8	2.3 关键字 assume.....52
1.4.1 搭上“直通车”.....9	2.4 关键字 solve (求解).....53
1.4.2 微积分学运算符的含义与用法.....11	2.4.1 单纯使用 solve.....53
1.4.3 导数.....13	2.4.2 使用 solve 的指定欲解变量修改器.....53
1.4.4 累计和.....17	2.4.3 使用 fully (完全) 修改器.....54
1.4.5 积分.....19	2.4.4 求解方程组.....55
1.4.6 迭代积.....22	2.5 关键字 simplify (简化).....57
1.4.7 梯度.....24	2.6 关键字 substitute (代入).....57
1.5 数字方阵的奥妙.....25	2.7 关键字 factor (因子).....58
1.5.1 矢量和矩阵运算符的含义与用法.....27	2.7.1 整数分解为因数的积.....58
1.5.2 创建矩阵.....28	2.7.2 多项式分解.....58
1.5.3 写入或调用矩阵元素的索引.....28	2.7.3 有理式分解.....59
1.5.4 矩阵求逆.....28	2.7.4 分解表达式为无理因式.....59
1.5.5 矩阵行列式值及其他量值.....30	2.7.5 分解表达式的复因式.....60
1.5.6 将运算符和函数向量化.....32	2.8 关键字 expand (展开).....60
1.5.7 调用矩阵的指定列.....34	2.9 关键字 coeffs (系数).....61
1.5.8 产生行列互换的转置矩阵.....34	2.9.1 单变量多项式系数的提取.....61
1.5.9 矢量的点积.....35	2.9.2 多变量多项式系数的提取.....62
1.5.10 矩阵乘矢量的点积.....35	2.9.3 将系数矢量用于求解多项式的 全部根.....62
1.5.11 矩阵的点积 (内积).....36	2.10 关键字 collect (合并).....63
1.5.12 矢量叉乘 (向量积).....38	2.11 关键字 series (级数).....63
1.5.13 用矩阵数据显示图形.....39	2.12 关键字 parfrac (部分分式).....65
1.6 只有两个值的“布尔代数”运算符.....41	

2.13 关键字 explicit (显式的)	66
2.14 关键字 combine (组合)	67
2.14.1 关键字的修改器应用实例	67
2.14.2 combine 与 collect 的区别	68
2.15 关键字 rewrite (重写)	68
2.16 关键字 confrac (连分式)	69
2.16.1 展开数字为连分式	70
2.16.2 展开表达式为连分式	71
第3章 基本数学与求解函数启蒙	72
3.1 基本数学函数简释	72
3.1.1 三角函数及双曲线函数	72
3.1.2 对数与指数函数	74
3.1.3 关于复数的函数	75
3.2 单变量方程求解的专用函数 root	77
3.2.1 起步	78
3.2.2 调用 root 函数工作	78
3.2.3 用 4 参数的 root 隔出根	83
3.3 定向专用求解函数 lsolve 与 polyroots	87
3.3.1 线性方程组矩阵求解	87
3.3.2 n 次代数方程求根专用 函数 polyroots	90
3.3.3 方次超过 MathCAD 标准的方程	92
3.3.4 选择合适的演算方法	94
3.4 求解块的定义与结束函数	95
3.4.1 求解块的结构简介	95
3.4.2 设置求解命令块的步骤	96
3.4.3 大材小用, 求解块求解单个方程	96
3.4.4 渐入佳境, 只有两个方程的方程组	99
3.4.5 没有解决方案的错误和问题	104
3.4.6 放之四海, N 个方程式的方程组	108
3.4.7 对 Minerr 函数的使用及了解	113
3.5 优化函数的函数 Minimize 与 Maximize	117
3.5.1 用优化函数直接优化目标 函数 (无条件优化)	117
3.5.2 带约束条件的优化	120
3.5.3 优化函数与“线性规划”	124
3.5.4 优化函数与“二次规划”	126
3.6 页面条件分支函数 if 与 until	127
3.6.1 条件分支函数 if	127
3.6.2 条件终止函数 until	128
3.7 MathCAD 魔法——递归函数	130
3.7.1 一个递归函数定义的分析	131
3.7.2 错误的递归过程	133
3.7.3 递归和前定义	134
第4章 回归拟合函数启蒙	136
4.1 随心所欲的拟合函数 genfit	136
4.1.1 相关程度的检查函数—— corr(H(X),Y)	136
4.1.2 回归函数——genfit	136
4.2 另辟蹊径的通用拟合函数	142
4.2.1 linfit 与 genfit 的异同	143
4.2.2 通用拟合函数实例讲解	143
4.3 常用线性回归拟合	148
4.3.1 标准差介绍	148
4.3.2 line(vx,vy) 函数	148
4.3.3 medfit(vx,vy) 函数	153
4.4 非线性拟合的专用利器	154
4.4.1 演示操作步骤的例子	154
4.4.2 各个回归函数的例释	155
第5章 常微分方程求解函数启蒙	161
5.1 用求解块 Odesolve 求一阶常微分 方程的积分曲线	161
5.1.1 一阶常微分方程的标准格式 与参数	162
5.1.2 四种微分方程式组合	162
5.1.3 其他有关例子	164
5.1.4 用 MathCAD 求一阶常微分方程 的近似解析解	166
5.2 用求解块 Odesolve 求高阶常微分方程 的积分曲线	173
5.2.1 Odesolve 求解高阶常微分方程的 使用格式与解的认识	173
5.2.2 差异与微疵	175
5.2.3 实战例释	178
5.3 用求解块 Odesolve 求常微分方程组的 数值解	183
5.3.1 线性一阶常微分方程组求解例释	184
5.3.2 线性高阶常微分方程组求解例释	186

5.3.3 非线性高阶常微分方程组求解例释	190	7.3.2 舍入取整函数	256
5.4 块外求解常微分方程	196	7.3.3 常用随机数生成函数	258
5.4.1 Fixed 函数的固定步长的龙格—库塔算法	197	7.4 数的自定义换算函数	260
5.4.2 Rkadapt 函数四阶龙格—库塔算法	201	7.5 自定义错误信息函数 error	266
5.4.3 用其他求解器函数求解实现	204	7.5.1 error 函数的用法	268
第 6 章 矩阵与向量函数启蒙	207	7.5.2 使用 error 实例	268
6.1 矩阵的创建与分合函数	207	7.6 字符串处理函数	273
6.1.1 创建矩阵的函数	207	7.6.1 合并与拆分提取函数	273
6.1.2 合并与提取子矩阵函数	212	7.6.2 字符串转换函数	278
6.2 检视数组特性的函数	214	第 8 章 岂是空文无实效——编程板算子	
6.2.1 直观的数组特性检视函数	214	解说与使用	280
6.2.2 隐蔽的数组特性检视函数	218	8.1 编程板编制程序的算子	280
6.2.3 各种条件数检视函数	219	8.1.1 堆砌孤立行不是程序	281
6.2.4 检视特征值与特征向量的函数	221	8.1.2 一个简单的没有孤立行的程序	283
6.2.5 矩阵的定量参数	223	8.2 板内局部赋值	284
6.2.6 矩阵的线性系统属性	224	8.2.1 板内局部任务	285
6.3 矩阵分解函数及其他	231	8.2.2 板内局部函数	288
6.3.1 乔列斯基 (Cholesky) 分解	231	8.2.3 你不能这样做的事情	289
6.3.2 LU 分解	232	8.2.4 你不应该做的事情	289
6.3.3 QR 分解	234	8.2.5 强化的简单编程	290
6.3.4 奇异值分解	236	8.2.6 一个要点的强调	292
6.4 其他函数	237	8.3 if 和 otherwise 算子	292
6.4.1 以均匀间隔给出矢量元素的函数	237	8.3.1 if 算子是怎样在程序中工作的	295
6.4.2 创建以对数为间隔的点的矢量的函数	238	8.3.2 otherwise 算子	296
6.4.3 一维相关性检查函数 correl(vx,vy)	238	8.3.3 多 if-otherwise 群	298
6.4.4 二维相关性检查函数 correl2d(M,K)	239	8.3.4 使用 if 与 otherwise	300
第 7 章 其他有关函数启蒙	240	8.3.5 写入 if 算子的操作方法小结	301
7.1 数论函数的使用及其充实	240	8.4 for 循环算子	302
7.1.1 排列与组合函数	240	8.4.1 for 循环算子的细节探讨	303
7.1.2 约数与余数	241	8.4.2 使用 for 循环实例	307
7.1.3 有关素数的扩展函数	244	8.5 while 循环算子	309
7.2 识别千面书生的类型检查函数	249	8.5.1 while 实施步骤与简单例子	309
7.2.1 内置的类型检查函数	250	8.5.2 while 循环算子详解	310
7.2.2 使用类型检查	251	8.5.3 while 循环的提示和警告	312
7.3 取整、舍入与随机数生成函数	253	8.5.4 while 循环的例子	315
7.3.1 直接取整函数	253	8.6 continue (继续) 与 break (中断) 算子	319
		8.6.1 continue 算子如何工作	320
		8.6.2 break (中断) 算子	323

8.7 快刀斩乱麻的命令 return 算子	325	9.7 爱纳托斯特尼筛子与质因数分解	364
8.7.1 利用 return 算子	326	9.7.1 寻找质数的爱纳托斯特尼筛子	364
8.7.2 return 的例子	326	9.7.2 发现全部 $n < N$ 的各个质因子	367
8.8 编程板程序的符号演算	328	9.8 用 MathCAD 编程求未定式	369
8.9 错误捕捉算子	331	9.8.1 应用洛必达法则编程定未定式	370
8.9.1 定义 on error	332	9.8.2 各种实例	372
8.9.2 on error 的应用举例	333	9.9 伯努利方程的通解	374
第 9 章 七十二行任纵横——应用集锦	335	9.10 求不定方程的正整数解	377
9.1 非线性回归函数之联合作战	335	9.10.1 求解步骤和注意事项	377
9.2 沿曲线轨道移动的圆心	338	9.10.2 例子与注释	377
9.2.1 条件循环程序	338	9.11 用 MathCAD 求解形形色色的	
9.2.2 定圆心点数循环程序	340	“孙子点兵”问题	383
9.2.3 用图像来验证	343	9.11.1 用 MathCAD 编一个典型孙子	
9.3 在编程板程序中调用 MathCAD		点兵问题的一般解法程序	384
求解的解	344	9.11.2 具有依赖参数的孙子点兵问题	387
9.3.1 求方程组各个未知数的所有根		9.11.3 扩展分拆参数的“孙子定理”——	
之和	344	从网上得来的问题	389
9.3.2 求齐次不定方程组的整数解	345	9.12 圆柱螺旋压缩弹簧设计	392
9.3.3 随机数据的拟合程序	347	9.12.1 设计要求	392
9.3.4 对于多笔数据的求解设定	348	9.12.2 材料	393
9.4 几个实用有趣的自定义函数	349	9.12.3 端部型式	393
9.4.1 矩阵行交换函数 (hhjz)	349	9.12.4 设计弹簧	393
9.4.2 矢量的部分接管函数 (take)	350	9.12.5 弹簧性能校核	394
9.4.3 拉威尔 (拆散) 函数 (ravel)	351	9.12.6 几何尺寸计算	396
9.4.4 复写函数 (dupl)	352	9.12.7 弹簧图样	397
9.4.5 旋转式移位函数 (rot)	354	9.13 按传动角设计四连杆机构	398
9.4.6 反选剩余元素函数 (drop)	354	9.13.1 曲柄摇杆机构简化线图	398
9.5 最大公约数与最小公倍数	355	9.13.2 输入传动角 Ψ_{12} 与 φ_{12}	
9.5.1 最大公约数的概念	356	选定 β	398
9.5.2 用欧几里得递归算法编程求两数		9.13.3 计算杆长	399
的最大公约数	356	9.14 年龄为出生年份的数码之终极和	401
9.5.3 用条件循环求两数的最小		9.15 用节点电压法解复杂直流电路	403
公倍数	356	9.15.1 电路 1	403
9.5.4 赘言	357	9.15.2 电路 2	405
9.6 多种计算 π 值的程序	357	9.16 谐振电路分析计算	406
9.6.1 根据 S.Rabinowitz 与 S.Wagon		9.16.1 RLC 串联谐振	406
算法编制的程序	358	9.16.2 RLC 并联谐振	410
9.6.2 用瓦里斯公式计算圆周率 π	362	9.17 桥梁板式橡胶支座选用计算	415
9.6.3 用欧拉公式求圆周率 π	363	9.17.1 橡胶垫板的底面积校核	415

9.17.2 橡胶垫板厚度校核计算	416	9.19 用 MathCAD 解决简单的“派活搭配” 运筹问题	421
9.17.3 橡胶垫板平均压缩变形验算	416	9.20 用 MathCAD 处理美工图像举例	424
9.17.4 在水平力作用下橡胶垫板 抗滑移验算	417	9.20.1 图像混合	424
9.18 水力学计算应用实例两则	417	9.20.2 图像遮盖	427
9.18.1 梯形渠道均匀过流量计算	417	9.20.3 图像的翻转	428
9.18.2 拟合水位流量关系曲线	419	9.20.4 局部更换图像	428

运算符启蒙

MathCAD 面市、走红的整个过程，都闪耀着面向应用、平易近人的光芒。它最令人着迷的一点就是它的计算界面，这个界面完全脱胎于“作业本”或者“计算纸”，使用的符号（运算符）和我们手写计算几乎没有差别。最引人入胜的是写完表达式一点等号便算出结果，而且界面上格式也中规中矩，使你“用了，就爱不释手”。现在就从 MathCAD 的运算符开讲吧。

1.1 数学软件中的“宝葫芦”

假如你的面前，因为某种需要摆放着下面这样一个复杂算式，a、b、c、n 都指定了一定的值，你一定能把它的值计算出来。但是不是觉得太花费时间了呢，而且非常容易出错。你会不会想找一个省时省力的方法？

$$\sqrt[3]{3 \cdot \left(\frac{\sqrt{13} \cdot \sqrt{\frac{27 \cdot b^{16}}{a^4 \cdot n^4} + \frac{128 \cdot b^{12} \cdot c^3}{n^3}}}{18} + \frac{b^8}{2 \cdot a^2 \cdot n^2} \right) - \frac{4 \cdot b^4 \cdot c}{n}}$$

在 20 世纪 80 年代，你也许会想到“宝葫芦”，在 21 世纪，你首先想到的大概就是寻找一个数学软件，使自己能像神笔马良一样，在纸上写出算式，只要接着写上等号，算式的值立即出现在等号后面。

有这种“直观易用”的软件吗？只要按照数学常规写出算式（你写出的算式和用纸演算写出的几乎一模一样），就直接计算显示出结果，而且这个结果也和用纸演算一样，直接显示在等号的后面。可以想象，学生用这种软件来做考试卷、学者用它来写论文、工程师用它来编写计算书，那该是多么“如鱼得水”呀！

这种软件是存在的，它不仅演算功能达到上述要求，还同时具有文本编辑功能，可以在它里面从头到尾完成你的工程计算文件，而不用其他字处理软件帮忙。

这个贴心的软件就是 MathCAD。

现在，我们就进入 MathCAD14（这是写作时 MathCAD 的最新版本）来品尝下计算上面的复杂算式的快感吧。

1.1.1 怎样给变量赋值

首先给参数赋值，这点还要先学一学。MathCAD 的赋值等号比较特殊（这是为了有别于求值等号），它的赋值等号使用的是键盘冒号，但屏幕上显示的是一个 $\coloneqq$ 符号，它的用处仅限于给变量或表达式赋值。下面的四个赋值，按键顺序是 $n:13a:107.11b:3.25c:1.07$ ，而屏幕显示如下：

$$\begin{aligned} n &\coloneqq 13 \\ a &\coloneqq 107.11 \\ b &\coloneqq 3.25 \\ c &\coloneqq 1.07 \end{aligned}$$

这样一来， n 、 a 、 b 、 c 就实现了赋值。

1.1.2 怎样用编辑线选定算式

MathCAD 的“数学表达式编辑线”就像一架铲车的铲斗，把多少表达式“铲”了进去，这些被铲进的算式就参与运算或其他操作，它的外形非常简单，就是一竖一横两条直线，如图 1-1 所示。

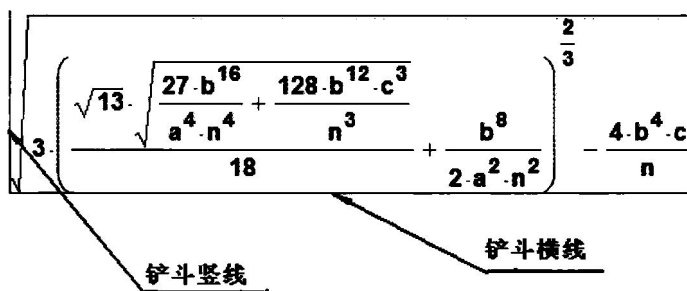


图 1-1 数学表达式编辑线

只需用鼠标左键在表达式区域中点击，这个铲斗便会出现，但它通常都不会一下子就把表达式完全包围起来，而是你点击在什么地方，那个位置的局部表达式就会被包围起来，例如如图 1-2 所示，它就仅仅包围了 b^8 ，但千万别着急，只需连续按空格键，铲斗就会逐渐变大，到铲完你需要的目标，停止按空格键即可。

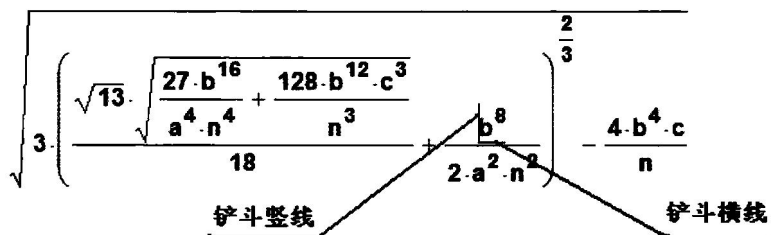


图 1-2 公式编辑线的调整

当包围了全部目标之后，还要调整铲斗的操作线（竖线）位置，竖线在哪边操作就在哪边进行。我们现在要计算开始列出的算式，等号要放在算式的右边，所以按 **Insert** 键，竖线就自动从现在的左边调整到了右边（**Insert** 键就是调整操作线位置的按键）。

1.1.3 怎样计算表达式的值

如果想计算表达式的值，按下键盘等号（它就是 MathCAD 的求值等号），就会立刻看到下面的结果。

$$\sqrt[3]{3 \cdot \left(\frac{\sqrt{13} \cdot \sqrt{\frac{27 \cdot b^{16}}{a^4 \cdot n^4} + \frac{128 \cdot b^{12} \cdot c^3}{n^3}}}{18} + \frac{b^8}{2 \cdot a^2 \cdot n^2} \right) - \frac{4 \cdot b^4 \cdot c}{n}} = 3.286$$

就这么简单，这个算式和它的计算结果就这样保留在页面上，直到你特意删除它。

1.1.4 从简单的例子开始

$$\frac{a+b}{2} + \left(\sqrt[5]{\frac{H}{\omega}} \right) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{a-b+h}{L} \right)^9} + \left[\left(\frac{H}{\omega} \right)^{\frac{7}{9}} \right] \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{a-b+h}{L}} \right)$$

参数赋值：

$$\underline{H} := 123$$

$$\underline{h} := 1$$

$$\underline{\omega} := 1.57$$

$$\underline{L} := 555$$

然后用编辑线包围整个算式，把操作线调整到右端，按下等号，便出结果：

$$\left[\frac{a+b}{2} + \left(\sqrt[5]{\frac{H}{\omega}} \right) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{a-b+h}{L} \right)^9} + \left[\left(\frac{H}{\omega} \right)^{\frac{7}{9}} \right] \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{a-b+h}{L}} \right) \right] = 74.629$$

试一试吧，确实非常简单。

你也许会问，计算看来是很简单，可这算式是怎样在页面上写出来的呢？别急，我们会在下面各节逐一道来。

1.2 活动的计算器按钮

MathCAD14 的大量运算符，实际上每一个都是一段可以独立运行也可以相互配合运行的子程序。本节先讲“计算器工具栏”中的运算符。常用的初等数学演算符号都包括在里面。只需单击“视图”→“工具栏”→“计算器”命令，立即弹出如图 1-3 所示的界面，其中的按钮和一般手持式计算器上的基本一样。但它和手持式计算器却有很大不同，它们是被设计用来搬上工作页面的。它们是活动的，可以按照你的意愿放在工作页面上的任何位置，只要左键点击某个按钮时，页面数学区域定位用的小红十字在什么位置，这个按钮就立即出现在那个位置上。我们就是靠这些按钮的可搬动功能在页面上写出算式的。下面介绍计算工具栏中最常用的初等数学按钮（如表 1-1 所示）。

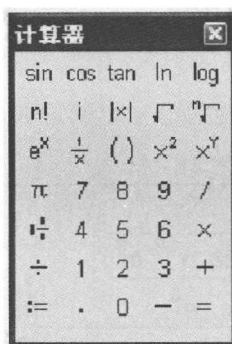


图 1-3 计算器

表 1-1 初等计算工具栏

运算	键盘输入	按钮	屏幕所见	算例
加法	+		$\blacksquare + \blacksquare$	$2 + 2 = 4$
减法	-		$\blacksquare - \blacksquare$	$2 - 2 = 0$
乘法	*		$\blacksquare \cdot \blacksquare$	$2 \cdot 2 = 4$
除法（分式）	/		$\frac{\blacksquare}{\blacksquare}$	$\frac{2}{4} = 0.5$
除法（级联式）	Ctrl+/		$\blacksquare \div \blacksquare$	$128 \div 2 \div 8 = 8$
乘幂	^		$\blacksquare^{\blacksquare}$	$2^2 = 4$
阶乘	!		$\blacksquare!$	$4! = 24$
平方根	\		$\sqrt{\blacksquare}$	$\sqrt{78} = 8.832$
高次方根	Ctrl+\		$\sqrt[n]{\blacksquare}$	$\sqrt[5]{256} = 3.031$
绝对值			$ \blacksquare $	$ 34 - 55 = 21$
带分数	[Ctrl]+[Shift]+[=]		$\blacksquare \frac{\blacksquare}{\blacksquare}$	$5 \frac{3}{4} = 5.75$
括号对	只能使用工具栏		$(\blacksquare)$	$(2 + 13) \cdot (9 - 5) = 60$

也可以用键盘上的圆括号输入单边的左右括号。

这些运算符的数学含义人人明白，它们的最大特色就是，它搬动到页面上之后，显示的格式基本上和我们在纸面上的手写一样。因为这个特色，有些朋友给它派的第一个用途就是把它当成 Word 的“公式编辑器”使用，殊不知这样用它真的有些“暴殄天物”，公式编辑器只能做到写入一个个算式，为你的文件摆上一堆死的表达式，而 MathCAD 的运算符却是活的，每个运算符都具有它相应的运算功能，写出来就能马上算出来。

一些习惯使用其他著名数学软件而从没有接触过 MathCAD 的朋友，刚接触它时，觉得它“像一个玩具”，其实说的也对。试看下面这个例子。

用 Maple 软件来算整数 25 的 6 次方根，屏幕上将看到下面的运算序列：

```
>25^(1/6);

$$25^{\frac{1}{6}}$$

>simplify(%);

$$5^{\frac{1}{3}}$$

>evalf(%);
1.709975947
>convert(%,'float');
1.709975947
```



注意

在 Maple 中，我们看到对于第一个输入 $25^{(1/6)}$ ，Maple 并不做化简的工作（主要的原因是，直接化简有可能犯错误），你必须用 `simplify` 命令强迫它化简。但是由于 25 是整数，因此 Maple 也不会自动计算 $25^{(1/6)}$ 的值，你需要用 `evalf` 命令来求出它的浮点值。而 `convert` 命令是一个用途广泛的函数，它主要用于 Maple 不同数据结构的转换，在上面的例子中，我们用 `convert` 把一个整数表达式转换为浮点数。

而用 MathCAD 来算同一个题目，却是非常简单直观且平易近人的。

$$\sqrt[6]{25} = 1.709975947$$

就这样，和我们用笔算一个样。竟然如此简单，说它是“玩具”也未为不可。但你不应该简单地说 MathCAD 比 Maple 好，不同的软件有不同的设计定位，也就有不同的长处。Maple 以其非凡的符号推演能力见长，MathCAD 的符号运算部分就是内植了 Maple 的相应组件才获得较好的符号推演能力的（听说，这还是花了大把银子购买来的）。所以说 Maple 是学者专家的数学工具。MathCAD 却以其对使用者“体贴入微”而深得“下里巴人”之心，是第一线的工程师、教师和大学生们得心应手的宝贝工具。

1.3 这样在工作页面上写入算式

我们先用这些最常用的初等数学按钮来做写入算式的练习。

为了下面叙述方便，首先介绍一个重要符号，这个符号在 MathCAD 运用过程中到处可见，这就是当你点击按钮时页面出现的夹在各种操作符号中的黑色小矩形■，比如高次方根 $\sqrt[n]{\blacksquare}$ 、带分数 $\blacksquare\frac{\blacksquare}{\blacksquare}$ 、乘幂 $\blacksquare^{\blacksquare}$ 等。

这些小小的黑框，名叫占位符。它在运算符中占据着需要输入数据的位置，是 MathCAD 与使用者交互作用的手段，使用者通过这些占位符输入必需的数据（输入的也可以是变量或表达式）。

好了，知道了占位符的意义与作用，我们就可以开始练习了。

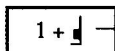
1.3.1 输入最简单的数学表达式

在工作页的空白点上按鼠标左键，将看到红色的小小十字准线光标，它就是你输入的表达式的基准点。现在输入：

键入

屏幕出现

1+



占位符

在输入+以后，会看到加号之后自动出现一个小黑框，并且由蓝色的编辑线限定了。前面已经说过，在 MathCAD 中这样一个黑框被称为一个占位符，如果继续输入，那么下次无论打什么都将在占位符出现。例如，在占位符输入 2，然后点按等号键 (=) 就会见到计算结果出现。

实际上在工作页中使用的输入初等运算符号的键盘输入键，在你把鼠标箭头停留在按钮上时就会自动显示出来。它们基本上都是流行的数学符号。比如输入 * 得到乘法符号及其功能、输入 / 得到除法符号及其功能、输入 ^ 得到乘幂符号及其功能等。

如果你是真正的入门者，也可以暂时不用键盘输入，规规矩矩地点击“计算器工具栏”上的对应按钮也是一样的。工具栏上不仅有操作运算符，还包括了数字、小数点、定义等号，以及求值等号。

1.3.2 一步一步建造表达式的例子

实例 1-1

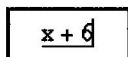
左键点按红的十字准线并且打入下列内容，在按空格键时要特别注意此时编辑线的变化。

键入

屏幕所见

$$f(x):x+6[\text{空格键}](x^3[\text{空格键}]-1) \quad f(x) := (x+6) \cdot (x^3-1)$$

以上列的输入顺序，当按了第一次【空格键】时就是你使编辑线作如下选择：



蓝色编辑线限定了(x+6)。因此，什么时候输入乘号，这个限定了的表达式将全部作为乘数去乘以列在乘号后的表达式。如果没有按第一次的【空格键】，将会看到：

$$f(x) := x + 6 \cdot (x^3 - 1)$$

它是一个完全不同的表达式。当第二次也没有按【空格键】时，编辑线限定选择仅仅为 x 的乘幂。因此，什么时候你输入-1，你仅仅跟随在其乘幂后补充表达式而已，而非在全部表达式上实施减法。比较一下正确的与遗漏了【空格键】的两种操作结果，就很清楚了。

现在输入

$$f(x):x+6*(x^3-1)$$

根本不包含【空格键】，应该看见这样的显示：

$$f(x) := x + 6 \cdot (x^{3-1})$$

输入到了*号以后，因为你的击键将坚持在乘幂上面输入，只要不按【空格键】移动编辑线回到原 x 的基线，乘幂操作符始终在编辑线的铲斗中，这种操作符被“粘住”的状态在平方根、下标与除法中也会出现。

实例 1-2

要创建如上的表达式，应依照下面的输入操作：