

- 涵盖了 MATLAB 的核心内容
- 内容详细,习题丰富,便于理解
- 适合各行各业的工程技术人员
- 适合从事理工科学学习和研究的学生、教师

张宜华 编写
史惠康 审校

精通

MATLAB 5

清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

精通 MATLAB 5

张宜华 编写

史惠康 审校

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

MATLAB 是美国 MathWorks 公司自 80 年代中期推出的数学软件,它优秀的数值计算能力和卓越的数据可视化能力使其很快在数学软件中脱颖而出。MATLAB 包含两个部分:核心部分和各种可选的工具箱。核心部分中有数百个核心内部函数。其工具箱又可分为两类:功能性工具箱和学科性工具箱。由于核心内容是广大用户最关心的部分,掌握好了核心内容,再加上自己的专业知识,可以轻松地学会学科工具箱,故在本书中,着重介绍了 MATLAB 的核心内容。

本书适合从事理工科学习和研究的各行各业的工程人员和研究人员。

图书在版编目(CIP)数据

精通 MATLAB 5/张宜华编写. —北京:清华大学出版社

ISBN 7-302-03545-8

I. 精... II. 张... III. 程序语言, MATLAB 5 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 14317 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编:100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:北京丰华印刷厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:22.25 字数:460 千字

版 次:1999 年 6 月第 1 版 1999 年 9 月第 2 次印刷

书 号:ISBN 7-302-03545-8/TP·1946

印 数:5001—10000

定 价:34.00 元

前言

MATLAB 是美国 MathWorks 公司自 80 年代中期推出的数学软件, 它优秀的数值计算能力和卓越的数据可视化能力使其很快在数学软件中脱颖而出。到目前为止, 其最高版本 5.2 又上市了。经过 MathWorks 公司的不断完善, 时至今日, MATLAB 已经发展成为适合多学科、多种工作平台的功能强劲的大型软件。在国外, MATLAB 已经经受了多年考验。在欧美等高校, MATLAB 已经成为线性代数、自动控制理论、数理统计、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真等高级课程的基本教学工具, 成为攻读学位的大学生、硕士生、博士生必须掌握的基本技能。在设计研究单位和工业部门, MATLAB 被广泛地用于研究和解决各种具体问题。在国内, 特别是在工程界, 笔者坚信, MATLAB 一定会盛行起来。可以说, 无论读者从事工程方面的哪个学科, 都能在 MATLAB 里找到合适的功能。

一种语言之所以能如此迅速地普及, 显示出如此旺盛的生命力, MATLAB 有其不同于其他语言的特点。正如同 FORTRAN 和 C 等高级语言使人们摆脱了需要直接对计算机硬件资源进行操作一样, 被称作为第四代计算机语言的 MATLAB, 利用其丰富的函数资源, 使编程人员从繁琐的程序代码中解放出来。笔者认为, MATLAB 的最突出的特点就是简洁。MATLAB 用更直观的、符合人们思维习惯的代码, 代替了 C 语言和 FORTRAN 的冗长代码。MATLAB 给用户带来的是最直观、最简洁的程序开发环境。

MATLAB 包含两个部分: 核心部分和各种可选的工具箱。核心部分中有数百个核心内部函数, 其工具箱又可分为两类: 功能性工具箱和学科性工具箱。功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互功能。功能性工具箱主要用于多种学科。而学科性工具箱是专业性比较强的, 如 control toolbox, signal processing toolbox, communication toolbox 等。这些工具箱都是由该领域内的学术水平很高的专家编写的。在本书中, 着重介绍了 MATLAB 的核心内容, 而没有对学科性工具箱进行详细的介绍, 一是由于核心内容是广大用户最关心的部分, 掌握好了核心内容, 再加上自己的专业知识, 可以轻松地学会学科工具箱; 二是由于 MATLAB 的众多工具箱涉及工程科学的各个学科, 任何一位作者都不可能详细地介绍所有的工具箱, 只有专业人员才能真正理解本专业工具箱的真谛。

第一章 简单地介绍了 MATLAB 的产生和发展历程、MATLAB 的主要特点以及 MATLAB 和 Maple, MathCAD, Mathematica 的比较。通过第一章的学习, 可以对 MATLAB 的用途有一个基本的了解。

第二章 介绍了 MATLAB 的安装过程。还介绍了 MATLAB 5.0 的各个组成部分, 其中包括: 命令窗口、程序编辑器、变量浏览器、路径浏览器及联机帮助等。通过本章的学习, 可以熟悉 MATLAB 的使用环境。

第三章 介绍了 MATLAB 数值计算的各个方面: 矩阵、多项式、字符数组、细胞数组、结构数组、双重函数的定义和运算、稀疏矩阵的生成和运算, 还介绍了 M 文件的编辑和调试方法, 以及 MATLAB 的文件管理。

第四章 详细地介绍了 MATLAB 图形功能的各个方面: 从基本的二维图形到动画制

作, 从简单的高级命令的使用到句柄图形的操作。图形功能是 MATLAB 的一大特色。通过本章的学习, 可以全面地掌握 MATLAB 的绘图功能。

第五章 详细地介绍了 M-book 的创建、Notebook 中各种细胞的创建和使用方法、输出细胞中数值的格式设置和图形的输出格式。

第六章 介绍了 MATLAB 符号计算的各个主要方面, 其中包括: 符号变量的微积分、表达式的化简、指定精度计算、基本的线性代数计算、符号方程的求解、特殊函数的使用方法和 Maple 函数的使用方法。

第七章 对 MATLAB 5.0 的界面编辑功能进行了较为详细的介绍, 分别介绍了界面设计原理和界面设计过程。

附录一 按照类别列出了 MATLAB 的常用函数, 可供查阅。

附录二 列出了 MATLAB 的图形属性。

本书内容广泛, 涵盖了 MATLAB 的核心内容。在本书中附了大量的例题, 只要按照书中例题在 MATLAB 上亲自演练一遍, 并理解掌握, 也就可以算一个 MATLAB 高手了。

虽然 MATLAB 给广大工程人员带来了很大的方便, 比如, 一句命令可以解一个线性方程组, 一句命令可以求解矩阵的特征值和特征向量, 用 MATLAB 可以解微积分习题, 但这并不意味着学会了 MATLAB 就可以放松理论学习。相反, 只有具备扎实的理论基础, 才能更好地使用到 MATLAB。

本书适合从事理工科学习和研究的各行各业的工程人员、研究人员、科学家、教师和学生等等。

本书由中科辅龙计算机技术有限公司抖斗书屋策划, 张宜华编写。全书由石利文和史惠康统稿。在本书编写过程中, 秦权、程进兴等提供了部分资料和图片, 张宜洪、刘良华参与了部分程序的编制和调试, 部分录入工作由楼磊、张宇贻完成。另外, 白燕斌、马向英、郭美山、闫红梅做了部分审校工作。

在本书编写过程中, 张卫国、聂宇提供了许多宝贵建议。另外, 还要感谢高怀珠、边毅等人提供了许多帮助。

抖斗书屋坐落于中国科学院计算技术研究所院内, 由中科辅龙计算机技术有限公司领导, 是一家拥有雄厚实力的计算机图书创作单位。在本书的编写过程中, 书屋的全体员工都付出了大量劳动, 借此机会对书屋全体人员的精诚团结表示由衷的感谢!

由于时间仓促, 作者水平有限, 书中错误在所难免, 欢迎广大读者批评指正。

中科辅龙抖斗书屋 

1998 年 8 月

目 录

第一章 MATLAB 简介	1
1.1 MATLAB 产生的历史背景.....	1
1.2 MATLAB 的语言特点.....	2
1.3 MATLAB 和其他数学类科技软件的关系.....	5
1.3.1 Maple.....	5
1.3.2 MathCAD.....	6
1.3.3 Mathematica.....	6
1.4 MATLAB 集成环境的组成.....	6
1.5 小结.....	7
第二章 MATLAB 的基础知识	8
2.1 MATLAB 4.x 和 MATLAB 5.x 的安装.....	8
2.1.1 MATLAB 5.x 的安装.....	8
2.1.2 MATLAB 4.x 的安装.....	9
2.2 MATLAB 的目录结构.....	11
2.3 MATLAB 环境.....	12
2.3.1 MATLAB 的工作空间.....	13
2.3.2 MATLAB 的命令窗口.....	13
2.3.3 MATLAB 的程序编辑器.....	21
2.3.4 MATLAB 的变量浏览器.....	22
2.3.5 MATLAB 的路径浏览器.....	22
2.3.6 MATLAB 的帮助系统.....	23
2.4 小结.....	26
第三章 MATLAB 的数值计算	27
3.1 矩阵.....	27
3.1.1 矩阵定义.....	27
3.1.2 矩阵的加减运算.....	28
3.1.3 向量乘积和转置.....	28
3.1.4 矩阵乘法.....	29
3.1.5 单位矩阵.....	30
3.1.6 矩阵的 Kronecker 乘积.....	31
3.1.7 线性方程组.....	31
3.1.8 矩阵的逆和伪逆.....	32
3.1.9 矩阵的 LU、QR 和 Cholesky 分解.....	33
3.1.10 矩阵的幂和指数函数.....	35
3.1.11 特征值分解和奇异值分解.....	35
3.2 多项式.....	38

3.2.1	关于多项式的常用函数	38
3.2.2	卷积和解卷积	39
3.2.3	多项式曲线的拟合	40
3.2.4	多项式的展开	40
3.2.5	多项式插值	41
3.3	数据分析和统计	45
3.3.1	基本的统计函数	45
3.3.2	数据预处理	46
3.3.3	拟合曲线	47
3.3.4	傅里叶分析	51
3.4	双重函数	54
3.4.1	函数的文件表示	55
3.4.2	函数的绘制	55
3.4.3	求函数的极值和根	56
3.4.4	数值积分	60
3.5	常微分方程的初值问题	61
3.6	稀疏矩阵	63
3.6.1	稀疏矩阵的存储和生成	64
3.6.2	稀疏矩阵的查看	67
3.6.3	稀疏矩阵的运算	68
3.7	M 文件的编写	72
3.7.1	M 文件	72
3.7.2	全局变量和局部变量	79
3.7.3	数据类型	80
3.7.4	运算符	82
3.7.5	循环控制	85
3.7.6	子函数	88
3.7.7	下标引用	89
3.7.8	字符串的求值	90
3.7.9	空矩阵	92
3.7.10	错误信息和警告信息	92
3.7.11	日期和时间函数	94
3.7.12	用户和程序的交互	95
3.7.13	外壳函数 (Shell Escape Functions)	96
3.7.14	程序的优化	96
3.8	字符数组	99
3.9	多维数组	105
3.9.1	多维数组的生成	106
3.9.2	多维数组元素的引用和数组的变形	107

3.9.3 多维数组的运算	109
3.10 结构数组和细胞数组	110
3.10.1 结构数组	110
3.10.2 细胞数组	116
3.11 类和对象	121
3.11.1 类和对象概述	121
3.11.2 运算符重载	126
3.11.3 对象优先级	129
3.11.4 类和对象的继承	131
3.12 文件	134
3.12.1 文件的打开和关闭	135
3.12.2 二进制文件	136
3.12.3 格式文件	139
3.13 M 文件的调试和文件评述	140
3.13.1 用调试器调试	141
3.13.2 在命令窗口中调试	145
3.13.3 文件评述	148
3.14 小结	150
第四章 数据的可视化	151
4.1 图形窗口	151
4.2 二维图形	153
4.2.1 基本的绘图命令	154
4.2.2 基本的绘图控制	157
4.2.3 图形标注	159
4.3 三维图形	159
4.3.1 基本绘图命令	159
4.3.2 网线图和表面图的着色	162
4.3.3 三维图的光照效果	165
4.3.4 视角的设置	165
4.4 特殊图形	166
4.4.1 面积图和直方图	166
4.4.2 饼图	170
4.4.3 统计频数直方图	171
4.4.4 火柴杆图	172
4.4.5 阶梯图	174
4.4.6 矢量图	175
4.4.7 等高线图	176
4.4.8 交互绘图	180
4.4.9 动画制作	181

4.5	句柄图形	184
4.5.1	句柄图形的组织	185
4.5.2	对象创建函数	186
4.5.3	图形对象句柄的获得和删除	189
4.5.4	图形对象的属性	190
4.5.5	函数 set 和 get 的使用	190
4.5.6	属性的默认值	194
4.5.7	图形输出对象的设置	197
4.5.8	提高编程效率的方法	201
4.5.9	改变图形对象的内部函数	201
4.6	像对象	202
4.6.1	像的类型	203
4.6.2	8 位型像	204
4.6.3	像对象的属性	207
4.6.4	图形文件的读写	209
4.7	块对象	210
4.7.1	基本块操作	210
4.7.2	多面块	212
4.7.3	块的着色	215
4.8	图对象	218
4.8.1	图对象定位	219
4.8.2	图对象的颜色控制	220
4.8.3	图的渲染方式	222
4.8.4	图上光标的形状	223
4.8.5	图对象的打印	224
4.8.6	图 and 用户的交互	226
4.9	轴对象	226
4.9.1	标注和外观	227
4.9.2	用文本对象标注	230
4.9.3	轴在图中的定位	233
4.9.4	单根轴的控制	235
4.9.5	有关自动设置的属性	238
4.9.6	一个窗口中多个轴对象	239
4.9.7	和颜色有关的属性	240
4.10	打印图形	244
4.10.1	从菜单中打印	244
4.10.2	从命令行打印	245
4.10.3	在不同应用程序间拷贝图形	246
4.11	小结	246

第五章 MATLAB Notebook	247
5.1 Notebook 的使用环境	247
5.1.1 打开和创建 M-book	248
5.1.2 Notebook 菜单简介	249
5.2 Notebook 的使用	250
5.2.1 细胞的定义和使用	250
5.2.2 计算区、循环运行	255
5.2.3 输出的控制	257
5.3 小结	259
第六章 MATLAB 的符号计算	260
6.1 获取帮助	260
6.2 符号计算入门	261
6.2.1 符号变量和符号表达式	262
6.2.2 格式转换	262
6.2.3 实变量、复变量和抽象函数	264
6.2.4 函数 sym 的使用	265
6.2.5 默认符号变量	265
6.2.6 生成符号函数	267
6.3 微积分	268
6.3.1 微分	268
6.3.2 求极限	270
6.3.3 积分	271
6.3.4 级数求和	272
6.4 化简和替代	272
6.4.1 化简	273
6.4.2 替代	278
6.5 指定精度计算	279
6.6 线性代数	281
6.6.1 线性代数运算	281
6.6.2 特征值分解	284
6.6.3 若当标准形	285
6.6.4 奇异值分解	286
6.7 解方程	287
6.7.1 代数方程求解	287
6.7.2 微分方程求解	290
6.8 特殊数学函数	291
6.9 Maple 函数的使用	293
6.10 小结	295

第七章 创建用户界面	296
7.1 简单用户界面示例	296
7.1.1 用属性编辑器修改属性值	296
7.1.2 用图形控制面板添加按钮	297
7.1.3 用事件过程编辑器编写代码	299
7.1.4 激活图形	300
7.2 界面绘制	300
7.2.1 界面设计原则	300
7.2.2 图形界面的绘制过程	303
7.3 执行	304
7.3.1 句柄图形和属性编辑器	304
7.3.2 利用界面编辑工具绘制界面	305
7.3.3 用事件过程编辑器编写代码	312
7.4 小结	319
附录 1 MATLAB 函数分类索引	321
常用命令(General Purpose Commands)	321
运算符和特殊算符(Operators and Special Characters)	322
逻辑函数(Logical Functions)	323
编程和调试(Language Constructs and Debugging)	323
基本矩阵和数组运算 (Elementary Matrices and Matrix Manipulation)	324
基本数学函数(Elementary Math Functions)	326
特殊数学函数(Specialized Math Functions)	327
坐标系统转换(Coordinate System Conversion)	328
矩阵函数-数值线性代数(Matrix Functions-Numerical Linear Algebra)	328
数据分析和傅里叶变换(Data Analysis and Fourier Transform Functions)	329
多项式和插值函数(Polynomials and Interpolation Functions)	331
稀疏矩阵函数(Sparse Matrix Functions)	331
声音处理函数(Sound Processing Functions)	333
字符串函数(Character String Functions)	333
低级 I/O 和文件函数(Low-Level File I/O Functions)	334
位函数(Bitwise Functions)	335
结构数组函数(Structure Functions)	335
对象函数(Object Functions)	335
细胞数组函数(Cell Array Functions)	335
多维数组函数(Multidimensional Array Functions)	335
附录 2 图形对象属性	337

第一章 MATLAB 简介

1.1 MATLAB 产生的历史背景

在 70 年代中期, Cleve Moler 博士和其同事在美国国家科学基金的资助下开发了调用 EISPACK 和 LINPACK 的 FORTRAN 子程序库。EISPACK 是特征值求解的 FORTRAN 程序库, LINPACK 是解线性方程的程序库。在当时, 这两个程序库代表矩阵运算的最高水平。

到 70 年代后期, 身为美国 New Mexico 大学计算机系系主任的 Cleve Moler, 在给學生讲授线性代数课程时, 想教學生使用 EISPACK 和 LINPACK 程序库, 但他发现學生用 FORTRAN 编写接口程序很费时间, 于是他开始自己动手, 利用业余时间为学生编写 EISPACK 和 LINPACK 的接口程序。Cleve Moler 给这个接口程序取名为 MATLAB, 该名为矩阵(matrix)和实验室(laboratory)两个英文单词的前三个字母的组合。在以后的数年里, MATLAB 在所大学里作为教学辅助软件使用, 并作为面向大众的免费软件广为流传。

1983 年春天, Cleve Moler 到 Stanford 大学讲学, MATLAB 深深地吸引了工程师 John Little。John Little 敏锐地觉察到 MATLAB 在工程领域的广阔前景。同年, 他和 Cleve Moler、Steve Bangert 一起, 用 C 语言开发了第二代专业版。这一代的 MATLAB 语言同时具备了数值计算和数据图示化的功能。

1984 年, Cleve Moler 和 John Little 成立了 MathWorks 公司, 正式把 MATLAB 推向市场, 并继续进行 MATLAB 的研究和开发。

在当今 30 多个数学类科技应用软件中, 就软件数学处理的原始内核而言, 可分为两大类。一类是数值计算型软件, 如 MATLAB、Xmath、Gauss 等, 这类软件长于数值计算, 对处理大批数据效率高; 另一类是数学分析型软件, 如 Mathematica、Maple 等, 这类软件以符号计算见长, 能给出解析解和任意精度解, 其缺点是处理大量数据时效率较低。MathWorks 公司顺应多功能需求之潮流, 在其卓越数值计算和图示能力的基础上, 又率先在专业水平上开拓了其符号计算、文字处理、可视化建模和实时控制能力, 开发了适合多学科、多部门要求的新一代科技应用软件 MATLAB。经过多年的国际竞争, MATLAB 已经占据了数值型软件市场的主导地位。

在 MATLAB 进入市场前, 国际上的许多应用软件包都是直接以 FORTRAN 和 C 语言等编程语言开发的。这种软件的缺点是使用面窄、接口简陋、程序结构不开放以及没有标准的基库, 很难适应各学科的最新发展, 因而很难推广。MATLAB 的出现, 为各国科学家开发学科软件提供了新的基础。在 MATLAB 问世不久的 80 年代中期, 原先控制领域里的一些软件包纷纷被淘汰或在 MATLAB 上重建。

MathWorks 公司 1993 年推出了 MATLAB 4.0 版, 1995 年推出 4.2C 版 (for Win3.x), 1997 年推出 5.0 版。MATLAB 5.x 较 MATLAB 4.x 无论是界面还是内容都有长足的进展, 其帮助信息采用超文本格式和 PDF 格式, 在 Netscape 3.0 或 IE 3.0 及以上版本、Acrobat

Reader 中可以方便地浏览。

时至今日, 经过 MathWorks 公司的不断完善, MATLAB 已经发展成为适合多学科、多种工作平台的功能强劲的大型软件。本书稿完成之时, MATLAB 已经推出了 5.2 版。在国外, MATLAB 已经经受了多年考验。在欧美等高校, MATLAB 已经成为线性代数、自动控制理论、数理统计、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真等高级课程的基本教学工具; 成为攻读学位的大学生、硕士生、博士生必须掌握的基本技能。在设计研究单位和工业部门, MATLAB 被广泛用于科学研究和解决各种具体问题。在国内, 特别是在工程界, 笔者坚信, MATLAB 一定会盛行起来。可以说, 无论您从事工程方面的哪个学科, 都能在 MATLAB 里找到合适的功能。表 1-1 为 MATLAB 适合的工作平台。

表 1-1 MATLAB 适合的工作平台

机 型	系统平台
IBM-PC	Windows 3.x、Windows 95、Windows NT、OS2
MAC	PowerMac
HP9000/700	HP-UX 9.05
HP9000/300	HP-UX 9.03
SGI R4000/8000	Irix 5.2 和 6.0
IBM RS/6000	AIX 3.2.5
DEC R3000	Ultix 4.4
PC	Linux 1.2
SUN	Sun OS4.1 和 Solaris 2.4
DEC Alpha AXP	Digital Unix 3.0、VMS 6.1
DEC VAX	VMS 6.1

1.2 MATLAB 的语言特点

一种语言之所以能如此迅速地普及, 显示出如此旺盛的生命力, 是由于它有着不同于其他语言的特点。正如同 FORTRAN 和 C 等高级语言使人们摆脱了需要直接对计算机硬件资源进行操作一样, 被称作为第四代计算机语言的 MATLAB, 利用其丰富的函数资源, 使编程人员从繁琐的程序代码中解放出来。笔者认为, MATLAB 的最突出的特点就是简洁。MATLAB 用更直观的、符合人们思维习惯的代码, 代替了 C 和 FORTRAN 语言的冗长代码。MATLAB 给用户带来的是最直观、最简洁的程序开发环境。以下简单介绍一下 MATLAB 的主要特点。

① 语言简洁紧凑, 使用方便灵活, 库函数极其丰富。MATLAB 程序书写形式自由, 利用其丰富的库函数避开繁杂的子程序编程任务, 压缩了一切不必要的编程工作。由于库函数都由本领域的专家编写, 用户不必担心函数的可靠性。可以说, 用 MATLAB 进行科技开发是站在专家的肩膀上。

具有 FORTRAN 和 C 等高级计算机语言知识的读者可能已经注意到, 如果用 FORTRAN 或 C 语言去编写程序, 尤其当涉及矩阵运算和画图时, 编程会很麻烦。例如, 如果用户想

求解一个线性代数方程，就得编写一个程序块读入数据，然后再使用一种求解线性方程的算法（例如追赶法）编写一个程序块来求解方程，最后再输出计算结果。在求解过程中，最麻烦的要算第二部分。解线性方程的麻烦在于要对矩阵的元素作循环，选择稳定的算法以及代码的调试都不容易。即使有部分源代码，用户也会感到麻烦，且不能保证运算的稳定性。解线性方程的程序用 FORTRAN 和 C 这样的高级语言编写至少需要好几十行。再如用双步 QR 方法求解矩阵特征值，如果用 FORTRAN 编写，至少需要四百多行，调试这种几百行的计算程序可以说很困难。以下为用 MATLAB 编写以上两个小程序的具体过程。

用 MATLAB 求解下列方程，并求矩阵 A 的特征值。

$$Ax = b, \text{ 其中: } A = \begin{bmatrix} 32 & 13 & 45 & 67 \\ 23 & 79 & 85 & 12 \\ 43 & 23 & 54 & 65 \\ 98 & 34 & 71 & 35 \end{bmatrix}, b = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

解为: $x = Ab$; 设 A 的特征值组成的向量为 e , $e = \text{eig}(A)$ 。

可见，MATLAB 的程序极其简短。更为难能可贵的是，MATLAB 甚至具有一定的智能水平，比如上面的解方程，MATLAB 会根据矩阵的特性选择方程的求解方法，所以用户根本不用怀疑 MATLAB 的准确性。

② 运算符丰富。由于 MATLAB 是用 C 语言编写的，MATLAB 提供了和 C 语言几乎一样多的运算符，灵活使用 MATLAB 的运算符将使程序变得极为简短，具体运算符见附表。

③ MATLAB 既具有结构化的控制语句（如 for 循环、while 循环、break 语句和 if 语句），又有面向对象编程的特性。

④ 语法限制不严格，程序设计自由度大。例如，在 MATLAB 里，用户无需对矩阵预定义就可使用。

⑤ 程序的可移植性很好，基本上不做修改就可以在各种型号的计算机和操作系统上运行。表 1-1 中列出的机型和操作系统都可以运行 MATLAB。

⑥ MATLAB 的图形功能强大。在 FORTRAN 和 C 语言里，绘图都很不容易，但在 MATLAB 里，数据的可视化非常简单。MATLAB 还具有较强的编辑图形界面的能力。

⑦ MATLAB 的缺点是，它和其他高级程序相比，程序的执行速度较慢。由于 MATLAB 的程序不用编译等预处理，也不生成可执行文件，程序为解释执行，所以速度较慢。

⑧ 功能强劲的工具箱是 MATLAB 的另一重大特色。MATLAB 包含两个部分：核心部分和各种可选的工具箱。核心部分中有数百个核心内部函数。其工具箱又可分为两类：功能性工具箱和学科性工具箱。功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互功能。功能性工具箱能用于多种学科。而学科性工具箱是专业性比较强的，如 control、toolbox、signal processing toolbox、communication toolbox 等。这些工具箱都是由该领域内的学术水平很高的专家编写的，所以用户无需编写自己学科范围内的基础程序，而直接进行高、精、尖的研究。表 1-2 列出了 MATLAB 的核心部分及其工具箱等产品系列的主要应用领域。

表 1-2 MATLAB 的工具箱及主要应用领域

工具箱名称	应用领域							
	系 统 控 制	数 据 分 析	信 号 处 理	通 信 系 统	金 融 系 统	工 程 数 学	土 木 工 程	图 形 可 视 化
MATLAB 核心	●	●	●	●	●	●	●	●
Notebook	●	●	●	●	●	●	●	●
MATLAB Compiler	●	●	●	●	●	●	●	
MATLAB C Math Library	●	●	●	●	●	●		
Simulink	●	●	●	●	●	●	●	
Symbolic Math	●	●	●	●	●	●	●	●
Simulink Accelerator	●		●		●			
Chemometrics		●						●
Communication	●		●		●			
Control System	●				●			●
Finance		●			●			●
System Identification	●			●				
Fuzzy Logical	●	●	●				●	
High-order Spectral Analysis	●		●	●				
Image Processing		●	●					●
Model Predictive Control	●		●					
NGA Foundation	●							
Neural Network	●		●				●	
MMLE3 Identification	●							
LMI Control	●	●				●		
Model Predictive Control	●							
QFT Control Design	●							
Robust Control	●							
Spline	●	●	●		●	●	●	●
Statistics	●	●	●	●	●	●	●	●
DSP Blockset	●		●					
Fixed-Point Blockset	●							
Nonlinear Control Design Blockset	●							
Real-time Workshop	●		●		●			
RTW Ada Extention	●		●		●			

(续表)

工具箱名称	应用领域							
	系统控制	数据分析	信号处理	通信系统	金融系统	工程数学	土木工程	图形可视化
Wavelet	●	●	●	●		●		●
Partial Differential Equation		●				●	●	●
Optimization	●	●	●	●	●	●	●	●
Stateflow	●		●				●	
Signal Processing	●		●	●			●	
Mu Analysis and Synthesis	●		●	●				
Frequency Domain Identification	●		●	●			●	
Map tools	●		●	●				

⑨ 源程序的开放性。开放性也许是 MATLAB 最受人们欢迎的特点。除内部函数以外，所有 MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是可读可改的源文件，用户可通过对源文件的修改以及加入自己的文件构成新的工具箱。

MATLAB 被称为第四代计算机语言，笔者认为，MATLAB 和 C 语言的关系近似于 C 语言和汇编语言的关系。如同高级语言的执行效率要比汇编语言的执行效率低，MATLAB 的执行效率要比一般高级语言的执行效率低，但是 MATLAB 的编程效率要远远高于其他高级语言，并且其程序的可读性及可移植性也很好。和 Visual Basic 和 Visual C 相比，MATLAB 的图形界面编程能力相对弱一些，但对于花很多时间在自己专业上的广大工程技术人员，MATLAB 的强大的库函数带来的简单程序代码具有无可替代的作用。由于 MATLAB 可以轻易地再现 FORTRAN 和 C 语言的几乎所有功能，并且具有较强的界面设计能力，所以即使用户不会 Visual Basic 和 Visual C，甚至连 FORTRAN 和 C 都不熟悉，同样可以设计出功能强大、界面优美、稳定可靠的高质量软件。笔者认为，MATLAB 应该是工程人员的首选。对于熟悉 MATLAB 的工程人员，软件的开发周期一般多以周计。

1.3 MATLAB 和其他数学类科技软件的关系

如前所述，MATLAB 目前已经占据了数值计算市场的主导地位。在这里，还有三个值得一提的软件，它们是 Maple、MathCAD 和 Mathematica。

1.3.1 Maple

Maple 是由加拿大 Waterloo 大学发展起来的一种数学软件。由于其无与伦比的符号计算能力，使得 Maple 在符号计算的数学软件中独领风骚。无论是在学生中广为流传的 MathCAD 还是 MATLAB，在符号计算方面都得借助于 Maple 的威力。MATLAB 虽然自

身有一定的符号计算能力，但较 Maple 要弱一些。MATLAB 能够和 Maple 方便地连接，把符号计算的工作转给 Maple 去完成。

符号计算的魅力在于：对于给定的问题，计算机给出的计算结果为没有任何误差的解析解。比如计算结果为 $1/3$ ，经符号计算后决不会显示 0.33333333。符号计算和数值计算是完全不同的两个方面。

Maple 最突出的功能为其符号计算。Maple 提供了 2000 多个数学函数，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、群论等等。

Maple 在数值计算和数据可视化方面也有较强的能力。和 MATLAB 相比，Maple 的数值计算另有特色。Maple 能把所求得的解析解转换成任意精度的数值解。对那些没有最终解析解的问题，Maple 能从中间解析解开始计算数值解，这将缩短误差的传递途径，从而提高解的精度。

Maple 还提供了一种内部编程语言，允许用户编写自己的程序。

1.3.2 MathCAD

MathCAD 是 MathSoft 公司在 80 年代推出的一个交互式的数学文字软件。MathSoft 公司推出 MathCAD 的初衷是给广大教师、学生及工程人员提供一个兼备文字、数学和图形处理能力的集成工作环境，以便于科学分析报告、教案及作业等的完成。精度、速度、算法稳定性及复杂的符号计算都不是 MathCAD 的最初设计目标。

MathCAD 和 MATLAB 一样，要求用户输入的数学公式、方程及矩阵等格式都非常符合人们习惯的书写格式。和 Maple 相比，MathCAD 的文字处理能力较强。MATLAB 的文字处理能力当然更强，但 MATLAB 的文字处理借助于微软公司的 Word。MathCAD 最值得称道的是它生成的 Electric Book 中的命令、函数和图形都是“活”的，命令中任何参数的变化都会使相应的结果发生变化。

1.3.3 Mathematica

Mathematica 有较为广泛的数学计算功能，支持比较复杂的数值计算和符号计算。Mathematica 的初始版本是由美国物理学家 Stephen Wolfram 领导的一个小组开发出来用于量子力学研究的，所以早期的 Mathematica 主要在数学和物理领域流传较广。近年来，Wolfram 等人正在开发 Mathematica 的各种工具箱，以便 Mathematica 适应于更多的领域。目前已经推出了小波分析工具箱、电气工程工具箱等。和 Maple 相比，Mathematica 的用户界面友好、使用方便、扩展便利。由于 Mathematica 也有符号计算功能，所以它可给出任意精度的数值解。

1.4 MATLAB 集成环境的组成

MATLAB 是一种用于工程计算的高性能语言，它集成了计算功能和数据的可视化。由于其编程代码很接近数学推导格式，所以编程极其方便。MATLAB 的典型应用包括以下几个方面：数学计算、算法开发、建模及仿真、数据分析及可视化、科学及工程绘图、