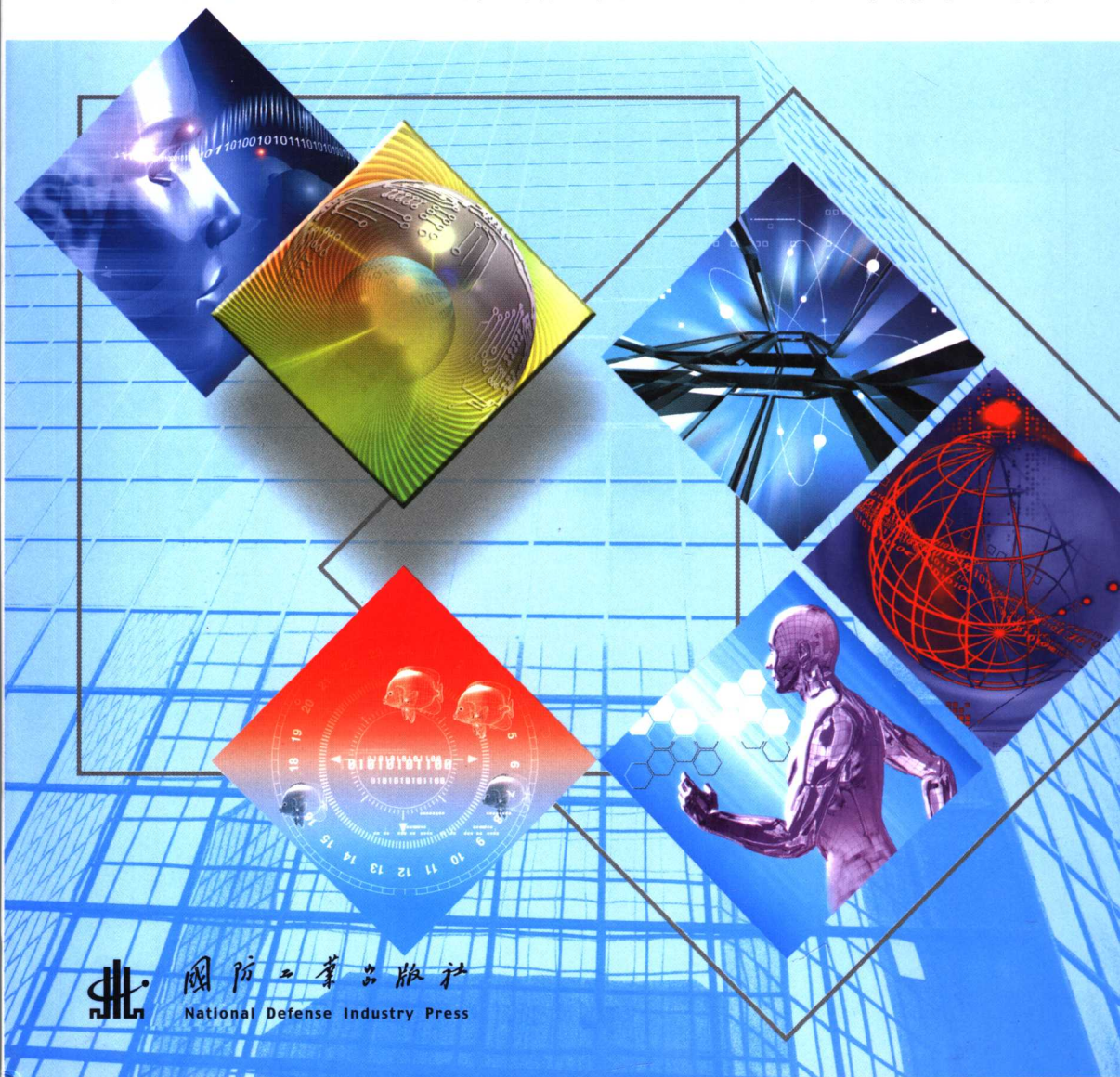


Matlab 应用教程丛书

Matlab

接口技术与应用 (第2版)

高 成 主编 董长虹 郭 磊 李阳明 副主编 余啸海 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

Matlab 应用教程丛书

Matlab 接口技术与应用

(第2版)

	高 成	主 编	
董长虹	郭 磊	李阳明	副主编
		余啸海	编 著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

Matlab 接口技术与应用 / 余啸海编著. —2 版. —北京:
国防工业出版社, 2007. 4

(Matlab 应用教程丛书 / 高成主编)

ISBN 978 - 7 - 118 - 04987 - 9

I. M... II. 余... III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB—
教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021370 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 960 1/16 印张 19¼ 字数 364 千字

2007 年 4 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

内 容 简 介

本书主要介绍了 Matlab 提供的应用程序接口,重点介绍了 Matlab 与各种高级语言之间的交互以及 Matlab 提供的各种计算引擎和服务器引擎。书中给出了大量的 Matlab 结合高级语言的编程实例,使读者能够更好地理解和掌握 Matlab 应用程序接口的使用方法。

全书分为 10 章。第 1 章是 Matlab 环境和编程语言的概述;第 2 章和第 3 章介绍 Matlab Mex 和 MAT 文件的使用;第 4 章详细介绍了 Matlab 编译器的各种用法;第 5 章是 Matlab 引擎应用程序的编写;第 6 章是 Matlab Java 应用程序接口;第 7 章介绍的是 Matcom;第 8 章~第 10 章分别介绍了 Matlab COM Builder、Matlab Runtime Server、Matlab Web Server 3 种 Matlab 高级应用程序接口。

本书可作为大学本科、专科教材或参考书,也可作为涉及图像处理工程技术人员的参考书。

丛 书 编 委 会

丛 书 主 编 高 成

丛书副主编 董长虹 郭 磊 李阳明

编委会成员 袁望宏 赵辟唐 朱大伟 刘晓民 赵 仁

钱永强 王小虎 郑 滨 刘 恒 巨 勇

赵 霞 李 毅 张绍名 郝 伟 周海冰

郑 智 康静荣 陈宣裕 任家萱 肇 衡

刘云飞 韩进强 李安国 何 龙 李永伟

程思涵 马远征 董智超

前言

本书可作为高等院校工科专业及相关专业教材,也可供从事工程计算及数值分析工作的工程技术人员参考。

Matlab 是 MathWorks 公司推出的一套工程计算及数值分析软件。由于功能强易使用,因此在工业、电子、医疗和建筑等领域得到了广泛应用,特别是生物医疗工程、图像信号处理、语音信号处理、雷达工程、信号分析、时间序列分析、控制论、系统论等无不以它作为分析工具。Matlab 集可靠的数值运算、图像与信号处理、图形显示、可视化图形用户界面设计于一体。此外还提供了与其它高级语言如 C 语言、Fortran 语言的接口。

Matlab 提供的应用程序接口一般来说可以分为以下 3 种:第 1 种接口利用了其它应用程序的优点,例如计算速度快和使用已有算法而制定的接口;第 2 种接口建立 Matlab 与其它应用程序间的数据交换;第 3 种接口拓广 Matlab 的应用范围和应用手段,开发的相应应用程序为 MEX 文件、MAT 文件和 Matlab 引擎应用程序。其中 MEX 文件作为一种动态链接库文件,必须通过在 Matlab 的工作环境内调用才能运行;MAT 文件用于数据交换,不能利用 Matlab 提供的功能来完成计算任务;Matlab 引擎应用程序是一种可以独立执行的应用程序,但在应用程序执行时,将在后台启动一个 Matlab 进程,用于接收从应

用程序发送来的指令并执行,然后按照要求返回计算结果。

新版本的 Matlab 软件包中还提供了 C/C++ 的数学和图形库,通过其编译器支持可以将 Matlab 中编写的 M 文件转换成以 C/C++ 代码的文件,而且可以将 M 文件生成 DLL 库,甚至我们可以直接调用其中的库函数,生成并发布不必依赖 Matlab 的可执行文件。通过 MCC 编译器生成 C/C++ 代码,进而可以在 VC 或者其它编译器生成可独立执行的应用程序。

本书针对 Matlab 应用程序接口,详细论述了如何将 Matlab 与高级编程语言结合以发挥科学计算引擎的最大效率。全书分为 10 章,第 1 章是 Matlab 环境和编程语言的概述;第 2 章和第 3 章介绍 Matlab MEX 和 MAT 文件的使用;第 4 章详细介绍了 Matlab 编译器的各种用法;第 5 章是 Matlab 引擎应用程序的编写;第 6 章是 Matlab Java 应用程序接口;第 7 章介绍的是 Matcom;第 8 章~第 10 章分别介绍了 Matlab COM Builder、Matlab Runtime Server、Matlab Web Server 3 种 Matlab 高级应用程序接口。

本书的所有程序都是经过实际调试的。但是由于本书覆盖的领域广泛、内容多,难免有错误和遗漏的地方,欢迎广大读者批评并指正。

目 录



第 1 章 Matlab 概述	1
1.1 Matlab 简介	1
1.2 Matlab 编程基础	5
1.2.1 变量和数学运算	5
1.2.2 数组和矩阵	11
1.2.3 程序控制语句	17
1.2.4 辅助语句	21
1.2.5 Matlab 的输入与输出语句	22
1.2.6 变量的保存与装载	23
1.3 M 文件与 M 函数	25
1.4 Matlab 使用时的一些技巧	27
1.4.1 避免使用循环	27
1.4.2 大型矩阵维度的预先确定	29
第 2 章 Matlab MEX 文件	31
2.1 C 语言的 MEX 文件	31
2.1.1 第一个 MEX 文件	32
2.1.2 参数的传递	33
2.1.3 传递字符串	36
2.1.4 传递结构变量和数组变量	38
2.1.5 错误和异常处理	42
2.2 Fortran 语言的 MEX 文件	44
2.2.1 简单 Fortran 语言 MEX 文件示例	45

2.2.2	传递字符串变量	47
2.2.3	传递字符串数组变量	49
2.2.4	在 Fortran 语言中调用 Matlab 命令	51
第 3 章	Matlab MAT 文件	53
3.1	MAT 文件格式介绍	53
3.2	用 C/C++ 编写 MAT 文件	54
3.2.1	创建 MAT 文件	54
3.2.2	对读出的数据进行处理	59
3.2.3	理解 MAT 文件的内部格式	63
3.3	使用 Fortran 语言编写 MAT 文件	68
第 4 章	Matlab 编译器	76
4.1	Matlab 编译器概述	76
4.2	使用 MCC	78
4.2.1	MCC 的选项	78
4.2.2	Matlab 编译器的配置	79
4.2.3	Matlab 编译器的使用	81
4.3	stand-alone 的可执行程序	86
4.3.1	mbuild 介绍	86
4.3.2	stand-alone 应用程序的发布	92
4.4	Matlab 编译器代码控制	93
4.4.1	生成头文件	94
4.4.2	函数代码分析	94
4.4.3	包装文件	100
4.5	Matlab 编译器应用举例	106
4.6	Matlab 和 C++ 接口中函数注册	122
第 5 章	Matlab 引擎应用程序	127
5.1	Matlab 引擎库函数介绍	127
5.2	在 Visual C++ 中调用 Matlab 引擎	129
5.3	在 C++ Builder 中使用 Matlab Engine	133
5.4	在 Visual Fortran 中使用 Matlab Engine	136
第 6 章	Matlab Java 程序接口	142

6.1	向 Matlab 中引入 Java 类库	142
6.2	创建和使用 Java 对象	146
6.2.1	创建 Java 对象	146
6.2.2	Java 对象的连接	147
6.2.3	存储和装载对象	148
6.2.4	使用 Java 对象	152
6.3	在 Matlab 中使用 Java 数组	154
6.3.1	Java 数组的创建	155
6.3.2	访问 Java 数组元素	157
6.3.3	为 Java 数组赋值	158
6.3.4	Java 数组的连接	159
6.3.5	Java 数组的引用和拷贝	161
6.4	向 Java 对象传递数据	162
6.4.1	内建数据类型的传递	163
6.4.2	字符串类型数据的传递	163
6.4.3	Java 对象的传递	164
6.4.4	向重载的方法传递参数	165
6.5	处理 Java 方法调用返回的数据	166
6.6	综合实例	169
6.6.1	下载和读取网络文件	169
6.6.2	主机名和 IP 地址间的转换	170
6.6.3	用 Java 语言实现电话本	171
第 7 章	Matcom	176
7.1	Matcom 的安装和设置	176
7.2	编译独立的可执行程序	182
7.3	使用 Matrix < LIB >	184
7.3.1	创建一个新的 C++ 工程	184
7.3.2	初始化工作	185
7.3.3	函数调用	187
7.4	Matcom 应用示例	189
7.4.1	在 MFC 中使用 Matrix < LIB >	189
7.4.2	Matcom VB 程序	191
7.4.3	在 C++ Builder 调用 Matcom	194

第8章 Matlab COM Builder	198
8.1 创建 COM 组件	198
8.2 使用 Matlab COM Builder 组件编程	200
8.2.1 类属性和全局变量	200
8.2.2 事件处理	202
8.2.3 参数传递和转换	205
8.3 Matlab COM 组件综合实例	207
8.3.1 编译 Matlab COM 组件	208
8.3.2 创建 VBA 工程	208
8.3.3 创建 FourierMain 模块	209
8.3.4 设计窗体	210
8.3.5 测试程序	216
第9章 Matlab Runtime Server	218
9.1 Matlab Runtime Server 简介	218
9.2 Matlab Runtime Server 的安装	218
9.3 编写 Matlab Runtime Server 应用程序	221
9.3.1 Matlab Runtime GUI 应用程序	221
9.3.2 Matlab Runtime Engine 应用程序	242
9.4 发布程序	251
9.4.1 初始化图像	251
9.4.2 程序打包	252
第10章 Matlab Web Server	255
10.1 Matlab Web Server 概述	255
10.2 Matlab Web Server 的配置	256
10.3 Matlab Web Server 应用程序的开发	259
10.3.1 创建输入文件	259
10.3.2 创建 Matlab Web 应用程序的 M 文件	262
10.3.3 创建输出文件	264
10.4 Matlab Web Server 应用程序举例	267
附录: Matlab 符号和命令列表	276

第 1 章 Matlab 概述

1.1 Matlab 简介

Matlab 语言是当今国际上科学界（尤其是自动控制领域）最具影响力、也是最有活力的软件。它起源于矩阵运算，并已经发展成一种高度集成的计算机语言。它提供了强大的科学运算、灵活的程序设计流程、高质量的图形可视化与界面设计、便捷的与其它程序和语言接口的功能。Matlab 语言在各国高校与研究单位起着重大的作用。

Matlab 语言的首创者 Cleve Moler 教授在数值分析，特别是在数值线性代数的领域中很有影响，他参与编写了数值分析领域一些著名的著作和两个重要的 Fortran 程序，即 EISPACK 和 LINPACK。他曾在密西根大学、斯坦福大学和新墨西哥大学任数学与计算机科学教授。1980 年前后，时任新墨西哥大学计算机系主任的 Moler 教授在讲授线性代数课程时，发现用其它高级语言编程极为不便，便构思并开发了 Matlab (MATrix LABoratory, 矩阵实验室)，这一软件利用了当时数值线性代数领域最高水平的 EISPACK 和 LINPACK 两大软件包中可靠的子程序，用 Fortran 语言编写了集命令翻译、科学计算于一身的一套交互式软件系统。

所谓交互式语言，是指人们给出一条命令，立即就可以得出该命令的结果。该语言无需像 C 语言和 Fortran 语言那样，首先要求使用者去编写源程序，然后对其进行编译、连接，最终形成可执行文件。这无疑可以给使用者带来极大的方便。早期的 Matlab 是用 Fortran 语言编写的，只能作矩阵运算；绘图也只能用极其原始的方法，即用星号描点的形式画图；内部函数也只提供了几十个。虽然其当时的功能十分简单，但当它作为免费软件出现以来，还是吸引了大批的使用者。

Cleve Moler 和 John Little 等人成立了一个名叫 The MathWorks 的公司，Cleve Moler 一直任该公司的首席科学家，该公司于 1984 年推出了第一个 Matlab 的商业版本。当时的 Matlab 版本已经用 C 语言进行了完全的改写，其后又增添了丰富多彩的图形图像处理、多媒体功能、符号运算以及与其它流行软件的接口功能，使得 Matlab 的功能越来越强大。

The MathWorks 公司于 1992 年推出了具有划时代意义的 Matlab 4.0 版本,并于 1993 年推出了其微机版,可以配合 Microsoft Windows 一起使用,使之应用范围越来越广。1994 年推出的 4.2 版本扩充了 4.0 版本的功能,尤其在图形界面设计方面更提供了新的方法。

1997 年推出的 Matlab 5.0 版包含了更多的数据结构,如单元数据、数据结构体、多维矩阵、对象与类等,使其成为一种更方便编程的语言。1999 年初推出的 Matlab 5.3 版在很多方面又进一步改进了 Matlab 语言的功能。

2000 年 10 月底推出的 Matlab 6.0 正式版(Release 12),在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进。

2004 年 9 月,MathWorks 新推出了 Matlab 7.0 (Release 14) 版本产品,其中主要包括 12 个新产品模块,同时主要升级了 28 个产品模块。Matlab 7.0 针对编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算、文件 I/O 等方面进行升级,其中包括:

1. 开发环境

(1) 重新设计的桌面环境,针对多文档界面应用提供了简便的管理和访问方法,允许用户自定义桌面外观,创建常用命令的快捷方式;

(2) 增强数组编辑器(Array Editor)和工作空间浏览器(Workspace Brower)功能,用于数据的显示、编辑和处理;

(3) 在当前目录浏览器(Current Directory Browser)工具中,增加代码效率分析、覆盖度分析等功能;

(4) M - Lint 编码分析,辅助用户完成程序性能分析,提高程序执行效率;

(5) 增强 M 文件编辑器(M - Editor),支持多种格式源代码文件可视化编辑,例如,C/C++、HTML、Java 等。

2. 编程

(1) 支持创建嵌套函数(Nested Function),提供更灵活的代码模块化方式;

(2) 匿名函数(Anonymous Function)功能,支持在命令行或者脚本文件中创建单行函数(Single Line Function);

(3) 支持条件分支断点,可以在条件分支语句中进行程序中断调试;

(4) 模块化注释,支持为代码段注释。

3. 数学

(1) 支持整数算术运算;

(2) 支持单精度数据类型运算,包括基本算术运算、线性代数、FFT 等;

(3) 使用更强大的计算算法包 Qhull 2002.1,提供更丰富的算法支持;

(4) linsove 函数用于处理线性代数方程求解;

(5) ODE 求解器能够处理隐性微分方程组以及多点边界问题。

4. 图形和 3-D 可视化

- (1) 新图形窗体界面;
- (2) 直接从图形窗体生成 M 代码,可以完成用户自定义绘图;
- (3) 增强图形窗体注释;
- (4) 数据侦测工具 (Data Exploration Tools), 提供丰富的数据观测手段;
- (5) 自定义图形对象,提供丰富的图形显示能力;
- (6) GUIDE 新增对用户界面面板和 ActiveX 控件支持;
- (7) 增强句柄图形对象支持完整的 TeX 和 LaTeX 字符集。

5. 文件 I/O 和外部接口

- (1) 新增文件 I/O 函数,支持读取任意格式文本数据文件,并且支持写入 Excel 和 HDF5 格式数据文件;
- (2) 具有压缩功能的 MAT 文件格式,支持快速数据文件 I/O 能力;
- (3) javaaddpath 函数,无需重新启动 Matlab 完成 Java 类的加载、删除等功能;
- (4) 支持 COM、服务器事件以及 VBS ;
- (5) 支持 SOAP ,使用网络服务;
- (6) FTP 对象,直接访问 FTP 服务器;
- (7) 支持 Unicode 编码格式,增强 MAT 文件字符集;
- (8) 性能与系统平台支持;
- (9) JIT 加速器支持所有数值数据类型;
- (10) Windows XP 系统下支持 3GB 内存访问。

6. 大系统建模

- (1) 支持将大系统模型分割为不同的文件,每个文件为独立的系统模型;
- (2) 支持系统不同模型文件独立仿真测试;
- (3) 增强系统集成手段,支持配置管理和版本控制软件;
- (4) 递增式模型加载与代码生成功能;
- (5) 针对大模型系统提高运行速度和效率;
- (6) 模型工作空间 (Model Workspace), 每个模型都用于独立的工作空间用于参数管理和数据处理;
- (7) 增强总线支持。

7. Simulink 和 Stateflow

- (1) 统一的模型浏览器 (Model Explorer), 用于浏览、维护、配置、搜索、定义所有模型中相关的参数、数据对象和属性;
- (2) 统一的仿真和代码生成选项;
- (3) 支持创建并保存多种仿真和代码生成选项;
- (4) 数据管理和可视化;

- (5) 新增数据对象属性;
- (6) 可选数据记录增加测试点,无需在模型中增加额外的模块;
- (7) I/O 管理,可以将必要的信号源和信宿连接到模型而不需要增加模块。

8. Matlab 支持

(1) 使用嵌入式 Matlab (Embedded Matlab) 功能引入算法并支持 C 语言代码生成;

(2) 增强 M 语言 S 函数的支持。

虽然 Matlab 语言是计算数学专家倡导并开发的,但其普及和发展离不开自动控制领域学者的贡献。

甚至可以说,Matlab 语言是自动控制领域学者和工程技术人员捧红的,因为在 Matlab 语言的发展进程中,许多有代表性的成就和控制界的要求与贡献是分不开的。迄今为止,大多数工具箱也都是控制方面的。Matlab 具有强大的数学运算能力、方便实用的绘图功能及语言的高度集成性,它在其它科学与工程领域的应用也是越来越广,并且有着更广阔的应用前景和无穷无尽的潜能。如果有一种十分有效的工具能解决在教学与研究中遇到的问题,那么 Matlab 语言正是这样的一种工具。它可以将使用者从繁琐、无谓的底层编程中解放出来,把有限的宝贵时间更多地花在解决问题中,这样无疑会提高工作效率。

目前,Matlab 已经成为国际上最流行的科学与工程计算的软件工具,现在的 Matlab 已经不仅仅是一个“矩阵实验室”了,它已经成为一种具有广泛应用前景的全新计算机高级编程语言。有人称它为“第四代”计算机语言,它在国内外高校和研究部门正扮演着重要的角色。Matlab 语言的功能也越来越强大,不断适应新的要求提出新的解决方法。可以预见,在科学运算、自动控制与科学绘图领域 Matlab 语言将长期保持其独一无二的地位。

Matlab 工作环境包括:帮助系统、工作内存管理、指令和函数管理、搜索路径管理、操作系统、程序调试和性能剖析工具等。Matlab 改变了过去单调依靠“在指令窗通过纯文本形指令进行各种操作”的面貌,引入了许多让使用者一目了然的图形界面,如在线帮助的交互型界面 Helpwin,管理工作内存的 Workspace,交互式的路径管理界面 Pathtool、指令窗显示风格设置界面等。它们的开启方式有:工具条图标开启、选择菜单项开启,直接“文本式”指令开启。在 Matlab 5.0 以后得版本中更进一步把图形显示窗改造成了交互操作的可编辑图形界面。

进入 Matlab 之后,会看到一个窗口 Matlab Command Window,称为指令窗口,它是键入指令的地方,计算结果也显示在此,如图 1.1 所示。而在它的功能选项中共有 File, Edit, Options, Windows, Help 5 个主要功能,每一个之下又各有下一层的功能,我们会在后面的内容结合使用陆续说明。

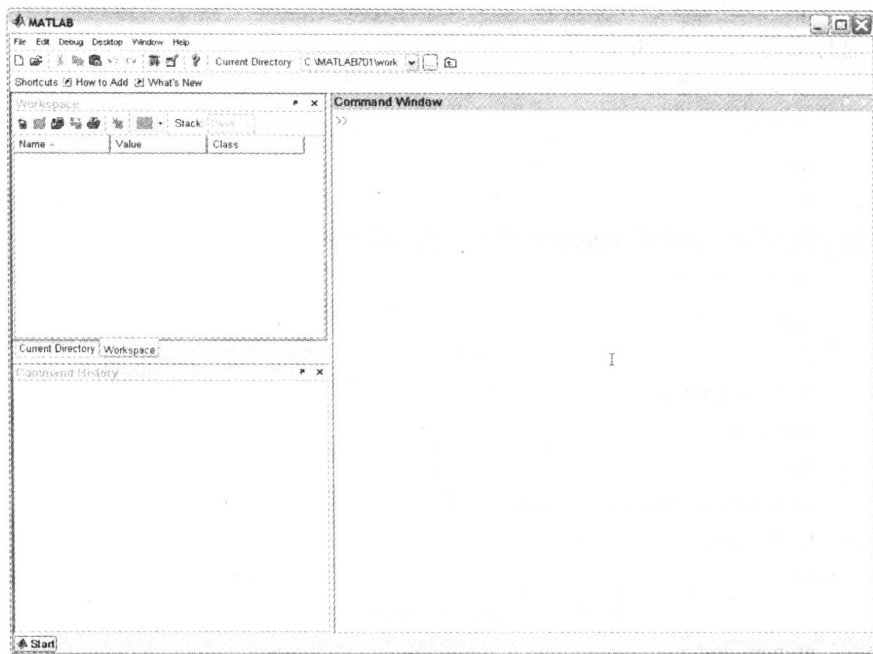


图 1.1 Matlab 主窗口

1.2 Matlab 编程基础

1.2.1 变量和数学运算

首先从 Matlab 的数学运算开始说明。例如要算 $1 + 2 + 3$ 及 $1 \times 10 + 2 \times 20 + 3 \times 30$ 这两个式子, 以下例子接着提示符号“>>”之后的是要键入的算式, Matlab 将计算的结果以 ans 显示。如果算式是 $x = 1 + 2 + 3$, Matlab 将计算的结果以 x 显示。

```
>> 1 + 2 + 3
ans =
6
>> 1 * 10 + 2 * 20 + 3 * 30
ans =
140
>> x = 1 + 2 + 3
x =
6
```


如果在上述的例子结尾加上“;”，则计算结果不会显示在指令窗口上，要得知计算值只需键入该变量值即可。

```
> > x = 1 + 2 + 3;
> > x
x =
6
```

以下的例子，显示了 Matlab 使用变量的灵活性。

```
> > apple = 5
apples =
5
> > orange = 10
orange =
10
> > total_cost = apple * 2 + orange * 4
total_cost =
50
> > average_cost = total_cost / (apple + orange)
average_cost =
3.33334
```

Matlab 提供基本的算术运算有：

加 (+)、减 (-)、乘 (*)、除 (/)、幂次方 (^)

例如下面的这些语句：

```
5 + 3, 5 - 3, 5 * 3, 5 / 3, 5^3
```

其它计算常用的功能我们通过一个算式来说明。要计算面积 $\text{Area} = \pi r^2$ ，半径 $r = 2$ ，则可键入：

```
> > r = 2;
> > area = pi * r^2;
> > area =
12.5664
```

用户也可以将上述指令打在同一行，以“,” 或是“;” 分开，例如，

```
> > r = 2, area = pi * r^2
> > r = 2; area = pi * r^2;
```

请注意上述二式的差异，前者有计算值显示，而后者则无。如果一个指令过长可以在结尾加上“...”（代表此行指令与下一行连续），例如，

```
> > r = 2;
> > area = pi ...
* r^2
```