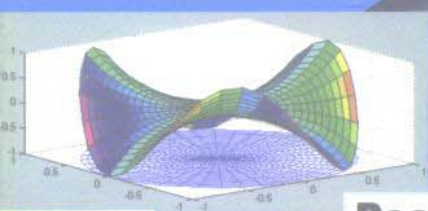


计算机工程设计与应用开发丛书

MATLAB 基础及其应用

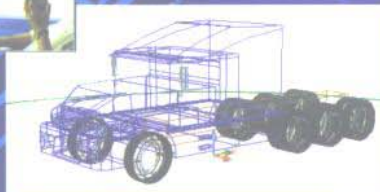
清源计算机工作室 编著



Design Explorer 99



Protel



机械工业出版社
China Machine Press

计算机工程设计与应用开发丛书

MATLAB 基础及其应用

清源计算机工作室 编著



机械工业出版社

本书根据作者使用 MATLAB 的经验并结合大量的例子,介绍了 MATLAB 5.2 的主要功能、函数以及使用方法。全书共分为 12 章,系统地介绍了 MATLAB 5.2 的基础知识,包括数值与矩阵计算、图形处理功能、MATLAB 编程基础知识以及 MATLAB 类和对象等。

本书可作为各工程领域的教师、学生和科研人员的参考书,同时对初学者来说,也是一本理想的入门教材。

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:边 萌 封面设计:姚 毅

责任印制:何全君

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·19.75 印张·470 千字

0 001—5 000 册

定价:38.00 元 (1CD, 含配套书)

ISBN 7-900043-17-9/TP·17

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

前 言

随着计算机技术的发展, 计算机软件在工程设计领域的应用越来越广。在机械、电子、建筑等行业, 应用计算机软件进行产品设计的 CAD 软件也非常丰富, 使产品设计人员能够高效率地进行各自领域的产品分析、设计等工作。这些应用于工程设计领域的 CAD 软件有 AutoCAD、Protel、MATLAB 等。这些软件极大地提高了机械、电子等行业的产品设计质量与效率, 是目前 CAD 领域应用最为广泛的软件, 是工程设计领域中最有用的辅助设计软件。为了帮助工程设计人员学习这些软件, 快速掌握这些软件的使用与开发技术, 我们特编写一套“计算机工程设计与应用开发丛书”。AutoCAD 2000 主要应用于机械产品设计和开发, 以及 AutoCAD 2000 的二次开发; Protel 99 主要应用于电子原理图的设计、电路板的设计和绘制, 以及电子逻辑分析和仿真等; MATLAB 主要应用于工程方面的数学计算、自动控制系统的分析, 以及图形与图像处理等。

本套书主要面向工程设计人员, 涉及的知识不但包括软件应用知识, 还包括专业基础知识, 以及软件在相关领域的二次开发技术知识, 是机械、电子领域技术人员的最佳参考书。本套书在介绍软件的使用过程中, 结合丰富的实例进行讲解, 使读者能快速掌握相关的知识。本套书不但讲述软件的基础应用知识, 还讲述了软件的中、高级应用知识, 是一套面向中、高级读者的全面而系统的参考书。本套书包括《AutoCAD 2000 命令与实例详解》和《AutoCAD 2000 开发工具应用详解》; 《Protel 99 原理图与 PCB 设计》和《Protel 99 仿真与 PLD 设计》; 《MATLAB 基础及其应用》和《MATLAB 高级应用——图形及影像处理》。基本覆盖了三种软件在机械领域和电子领域的应用。全套书均附有光盘, 以实例为主, 将软件的实际应用很生动地展现在读者面前。

本套书由清华大学和中国科学院从事该领域工作多年的博士生和硕士生进行编写, 具有贴近读者的特点, 而且书中列举了大量的实例, 是使用这三种软件的工程设计人员不可多得的参考书。

清源计算机工作室

2000 年 5 月

编 者 的 话

MATLAB 是 Math Works 公司的产品。Math Works 公司在 1982 年发行了 MATLAB 的 DOS 版本,不断完善至今形成了三种主要的版本,分别是 Windows 95 版、Windows NT 版和 Macintosh 版。MATLAB 是一种交互式、面向对象的程序设计语言,广泛应用于工业界与学术界,主要用于矩阵运算,同时在数值分析、自动控制模拟、数字信号处理、动态分析和绘图等方面也具有强大的功能。

MATLAB 程序设计语言结构完整,且具有优良的移植性,它的基本数据元素是不需要定义的数组。它可以高效率地解决工业计算问题,特别是关于矩阵和向量的计算。MATLAB 与 C 语言和 Fortran 语言相比更容易被掌握。寥寥几行 MATLAB 程序就可以实现你意想不到的功能。

另外, MATLAB 提供了一种特殊的工具:工具箱 (ToolBoxes)。这些工具箱主要包括:信号处理 (Signal Processing)、控制系统 (Control Systems)、神经网络 (Neural Networks)、模糊逻辑 (Fuzzy Logic)、小波 (Wavelets) 和模拟 (Simulation) 等等。Math Works 公司和各个领域的专家还在积极地完善现有工具箱的功能,并不断推出新的工具箱。不同领域、不同层次的用户通过对相应工具的学习和应用,可以方便地进行计算、分析及设计工作。

本书通过大量的简单例子,一步一步地带领读者进入 MATLAB 5.2 的世界。本书系统地介绍了 MATLAB 5.2 的基础知识,包括数值与矩阵计算、图形处理功能、MATLAB 编程基础知识以及 MATLAB 类和对象等。通过对本书的学习,读者将领会到 MATLAB 的强大功能,并能利用它来帮助自己进行工程设计与计算。

由于作者水平有限,时间仓促,书中缺点和不足在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2000 年 5 月

目 录

前言

编者的话

第 1 章 MATLAB 5.2 概述	1
1.1 MATLAB 简介	1
1.2 MATLAB 的安装	2
1.3 MATLAB 的工作环境	4
1.3.1 命令窗口	4
1.3.2 M 文件的编辑和调试	7
1.3.3 MATLAB 的工作空间	11
1.3.4 MATLAB 的路径搜索	17
1.4 在线帮助	18
第 2 章 矩阵与线性代数	21
2.1 矩阵与线性代数的基本概念	21
2.1.1 矩阵的加法与减法运算	21
2.1.2 向量积与矩阵转置	22
2.1.3 矩阵乘法	24
2.1.4 单位矩阵	26
2.1.5 Kronecker Tensor 乘积	26
2.1.6 向量及矩阵的范数	27
2.2 解线性方程	28
2.2.1 方阵系统	29
2.2.2 过限定系统	30
2.2.3 限定不足系统	31
2.3 逆矩阵及行列式	33
2.3.1 方阵的行列式与逆矩阵	33
2.3.2 伪逆矩阵	35
2.4 矩阵分解	37
2.4.1 平方根分解法	37
2.4.2 高斯消去法	38
2.4.3 正交分解法	40
2.5 矩阵幂与指数	43
2.6 特征值与特征矢量	46
2.7 奇异值分解	49
第 3 章 多项式和插值	52
3.1 多项式	52

3.1.1 多项式的表示及其运算	52
3.1.2 多项式的曲线拟合	55
3.1.3 部分分式	56
3.2 插值	58
3.2.1 一维插值	58
3.2.2 二维插值	60
3.2.3 插值方法的比较	62
3.3 多维数据的插值	66
3.3.1 三维数据插值	66
3.3.2 多维数据插值	67
3.3.3 多维数据网格	68
3.4 三角形测量与离散数据插值	68
3.4.1 Delaunay 三角分解	69
3.4.2 最近点搜索	70
3.4.3 Voronoi 图表	71
第 4 章 功能函数	74
4.1 函数的表示	74
4.2 函数图像	74
4.3 求函数的最小值与零点	78
4.3.1 求一元函数的最小值	78
4.3.2 求多元函数的最小值	79
4.3.3 设置求最小值的参数	79
4.3.4 求一元函数的零点	80
4.4 积分	82
4.4.1 求一元函数的定积分	82
4.4.2 计算曲线长度	82
4.4.3 二重积分	83
第 5 章 数据分析与统计	85
5.1 列向数据	85
5.2 基本分析函数	86
5.3 协方差矩阵与相关系数矩阵	89
5.4 微分与梯度	90
5.5 数据预处理	91
5.6 曲线拟合	93
5.6.1 曲线拟合实例分析	95
5.6.2 误差范围	102
5.7 微分方程数据过滤器	102
5.8 傅里叶变换	104

5.8.1 傅里叶变换应用实例	105
5.8.2 傅里叶变换的幅度与相位	107
5.8.3 快速傅里叶变换的长度与速度的关系	108
第 6 章 绘图功能	109
6.1 基本绘图函数	109
6.1.1 用 plot 函数绘图	109
6.1.2 双 Y 轴图形	115
6.1.3 绘制三维线型图形	117
6.1.4 设置坐标轴的参数	119
6.1.5 图形窗口	124
6.2 图形标注	127
6.2.1 坐标轴标注	127
6.2.2 在图形中添加文本标注和图例	128
6.3 专业图形	129
6.3.1 条形图与区域图	129
6.3.2 饼图	135
6.3.3 柱形图	137
6.3.4 绘制离散性数据的图形	139
6.3.5 绘制速度与方向的图形	143
6.3.6 等高线	147
第 7 章 稀疏矩阵	150
7.1 稀疏矩阵的概念	150
7.1.1 稀疏矩阵的保存	150
7.1.2 创建稀疏矩阵	150
7.2 查看矩阵元素	154
7.2.1 查看非零元素的信息	155
7.2.2 用图形方式查看稀疏矩阵的信息	156
7.2.3 查找矩阵中的非零元素	156
7.3 邻接矩阵及图形	157
7.3.1 使用邻接矩阵绘图	158
7.3.2 Bucky Ball	158
7.3.3 图形与稀疏矩阵的特征	160
7.4 稀疏矩阵的操作	162
7.4.1 标准数学函数处理稀疏矩阵	162
7.4.2 稀疏矩阵的交换与重新排序	163
7.4.3 稀疏矩阵的分解	167
7.4.4 稀疏矩阵的解线性方程求解	170
7.4.5 稀疏矩阵的特征值与奇异值	176

第 8 章 字符数组	179
8.1 字符数组	180
8.1.1 字符与数值的相互转换	180
8.1.2 创建二维字符数组	180
8.2 字符串的比较	181
8.2.1 比较两个字符串	181
8.2.2 用运算符比较字符串	182
8.2.3 字符串中字符的分类	183
8.3 字符串的查找与替换	184
8.4 字符串与数值的转换	185
第 9 章 多维数组	188
9.1 多维数组的概念	188
9.2 多维数组的创建	189
9.2.1 扩展二维数组创建多维数组	189
9.2.2 用函数创建多维数组	190
9.3 多维数组的引用	192
9.4 改变多维数组的形状	192
9.4.1 删除多维数组中“大小为 1 的维”	194
9.4.2 多维数组的转置	195
9.5 多维数组的计算	195
9.5.1 处理矢量的函数	195
9.5.2 逐个处理数组元素的函数	196
9.5.3 处理位面或矩阵的函数	198
9.6 多维数据的组织	199
第 10 章 结构体与单元数组	201
10.1 结构体	201
10.1.1 用赋值方式创建结构体	201
10.1.2 用函数 Struct 创建结构体	202
10.1.3 访问结构体中的数据	203
10.1.4 添加或删除结构体中的字段	205
10.1.5 处理结构体的数据	205
10.1.6 组织结构体的数据	206
10.1.7 结构体的嵌套	208
10.2 单元数组	209
10.2.1 创建单元数组	210
10.2.2 获取单元数组的数据	212
10.2.3 删除单元数组中的单元	213
10.2.4 改变单元数组的形状	214

10.2.5	用单元数组作为变量	214
10.2.6	嵌套单元数组	216
10.2.7	含有结构体的单元数组	217
10.2.8	单元数组与数值数组之间的转换	218
第 11 章	MATLAB 编程	219
11.1	脚本程序	220
11.2	函数程序	221
11.2.1	函数程序的结构	221
11.2.2	函数命名	223
11.2.3	函数的工作过程	223
11.2.4	检查函数的参数个数	224
11.2.5	参数中变量传递的个数	225
11.3	局部变量与全局变量	227
11.4	数据类型	228
11.5	运算符	229
11.5.1	算术运算符	229
11.5.2	关系运算符	230
11.5.3	逻辑运算符	230
11.5.4	运算符的优先级	232
11.6	流程控制	233
11.6.1	if、else 与 elseif 语句	234
11.6.2	switch 语句	235
11.6.3	while 语句	237
11.6.4	for 语句	237
11.6.5	break 语句	238
11.6.6	try ... catch 语句	238
11.6.7	return 语句	239
11.7	子函数	240
11.8	私有函数	241
11.9	数组的下标引用	242
11.9.1	删除矩阵中的元素	243
11.9.2	高级下标引用	244
11.10	字符串求值	245
11.11	错误与警告	246
11.11.1	用函数 eval 和 lasterr 处理错误	246
11.11.2	显示错误和警告信息	248
11.12	时间与日期	248
11.12.1	日期格式	249

11.12.2	日期字符串输出格式	251
11.12.3	当前日期与时间	251
11.12.4	时间与日期工具函数	252
11.12.5	计时器	253
11.13	获取用户输入	255
11.14	优化程序代码	256
11.14.1	矢量化程序代码	256
11.14.2	为数组预分配存储空间	257
11.14.3	内存管理	258
第 12 章	MATLAB 的类与对象	259
12.1	类与对象的概念	259
12.1.1	面向对象编程的特性	259
12.1.2	创建对象	259
12.1.3	调用类的方法	260
12.1.4	私有方法	260
12.1.5	调试类的方法	261
12.1.6	设置类的目录	261
12.1.7	数据结构	262
12.2	设计用户的 MATLAB 类	262
12.2.1	MATLAB 类的标准方法	262
12.2.2	构造方法	263
12.2.3	display 方法	264
12.2.4	访问对象数据	264
12.2.5	定义对象的 end 索引方法	267
12.2.6	subsindex 方法	267
12.3	创建一个多项式类	267
12.3.1	polynom 类的构造方法	268
12.3.2	类 polynom 的两个转换方法	269
12.3.3	类 polynom 的 display 方法	272
12.3.4	polynom 类的 subsref 方法	272
12.3.5	重载算术运算符	273
12.3.6	重载函数	276
12.4	类的继承与聚合	279
12.4.1	继承与聚合简述	279
12.4.2	创建类 asset 及其子类	279
12.4.3	设计类 stock	286
12.4.4	创建 portfolio 类	294
12.5	对象的存取	298

12.5.1 定义类 portfolio 的 saveobj 方法	298
12.5.2 类 portfolio 的 loadobj 方法	299
12.6 对象的优先级及方法调用的次序	300

第 1 章 MATLAB 5.2 概述

1.1 MATLAB 简介

MATLAB 是 Math Works 公司的产品。Math Works 公司在 1982 年发行了 MATLAB 的 DOS 版本,不断完善至今形成了三种主要的版本,分别是 Windows 95 版、Windows NT 版和 Macintosh 版。MATLAB 是一种交互式、面向对象的程序设计语言,广泛应用于工业界与学术界,主要用于矩阵运算,同时在数值分析、自动控制模拟、数字信号处理、动态分析、绘图等方面也具有强大的功能。

MATLAB 程序设计语言结构完整,且具有优良的移植性,它的基本数据元素是不需要定义的数组。它可以高效率地解决工业计算问题,特别是关于矩阵和矢量的计算。MATLAB 与 C 语言和 Fortran 语言相比更容易被掌握。寥寥几行 MATLAB 程序就可以实现你意想不到的功能。

另外, MATLAB 提供了一种特殊的工具:工具箱 (Toolboxes)。这些工具箱主要包括:信号处理 (Signal Processing)、控制系统 (Control Systems)、神经网络 (Neural Networks)、模糊逻辑 (Fuzzy Logic)、小波 (Wavelets) 和模拟 (Simulation) 等等。Math Works 公司和各个领域的专家还在积极地完善现有工具箱的功能,并不断推出新的工具箱。不同领域、不同层次的用户通过对相应工具的学习和应用,可以方便地进行计算、分析及设计工作。

总的来说, MATLAB 系统包括以下五个主要部分:

(1) MATLAB 编程语言,对应于工具箱中的六个目录,分别为 ops (操作符与特殊字符)、lang (编程语言结构)、strfun (字符串操作)、iofun (文件的输入输出)、timefun (时间和日期)和 datatypes (数据类型和结构)。

(2) MATLAB 工作环境,提供编程和调试的环境,管理工作空间中的变量及输入、输出的数据。工作环境的特性对应于 general 目录。

(3) MATLAB 图形处理,包括高级的二维、三维图形可视化的处理工具,也包括低级的命令用于定义图形外观,并可为 MATLAB 应用程序,创建完整的图形用户界面 (GUI)。图形处理功能组织在 MATLAB 工具箱中的以下五个目录中:graph2d (二维图形功能)、graph3d (三维图形功能)、specgraph (专业图形)、graphics (图形处理)和 uitools (图形用户界面工具)。

(4) 数学函数库,包括初等数学函数,如求和、正弦、余弦及其算法;也包括更复杂的功能,如矩阵求逆、求矩阵的特征值、快速傅里叶变换等等。数学函数库分别组织在以下八个 MATLAB 工具箱中:elmat (初等矩阵及其运算)、elfun (初等数学函数)、specfun (专业数学函数)、matfun (矩阵函数、线性代数)、datafun (数值分析和傅里叶变换)、polyfun (多项式和插值)、funfun (函数功能及解微分方程)和 sparsfun (稀疏矩阵)。

(5) MATLAB 应用程序接口(API),提供接口程序使程序员可以编写 C/C++、Fortran 程序调用 MATLAB 作为计算引擎,并读写 MATLAB 文件;或者用 MATLAB 调用外部应用程序。

MATLAB的5.x版是现在的最新版本，在这个版本中增加了许多新的功能，其中包括：

- 增强了工具箱的功能及增加了工具箱的种类
- 增加了许多功能函数
- 增强了对多维矩阵的运算功能
- 增强了用户界面的交互性
- 扩充了矢量与矩阵的类型
- 增加了微分方程的解法
- 扩充了绘图功能
- 在SIMULINK中可以拥有自己的编辑器与调试器

1.2 MATLAB 的安装

MATLAB 对硬件的需求虽然不高，但要想 MATLAB 的运行速度适中，至少需要下列配置：

- CUP Pentium100以上
- 显示卡 至少能支持256色
- 显示器 至少能支持256色，分辨率600×800
- 内存 32MB
- 硬盘 至少留有100MB以上的空间
- CD-ROM 安装MATLAB光盘版所需
- 操作系统 Windows95/98/NT

MATLAB 的安装过程比较简单，以在 Windows 98 下安装 MATLAB 5.2 为例，其过程如下。

(1) 放入 MATLAB 的安装盘，启动 **setup** 文件，显示如图 1-1 所示的欢迎对话框。在此对话框中建议用户关闭所有其他正在运行的程序，并声明版权。

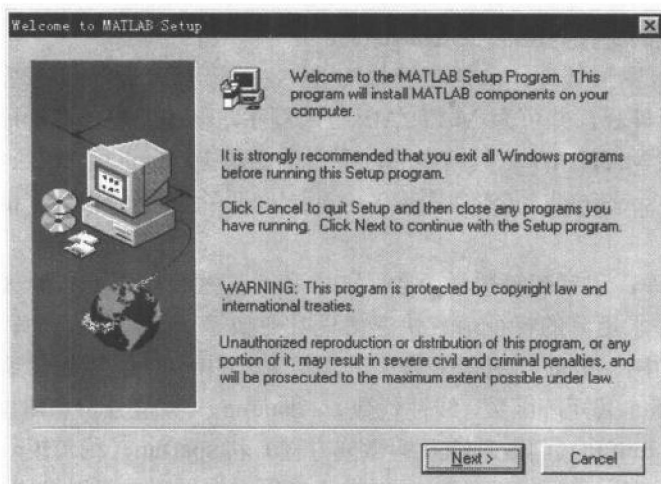


图 1-1 “安装 MATLAB 的欢迎”对话框

(2) 单击 Next, 显示如图 1-2 所示的软件许可协议对话框, 单击 Yes 接受此协议, 或者单击 No 不接受此协议, 开始下一步。

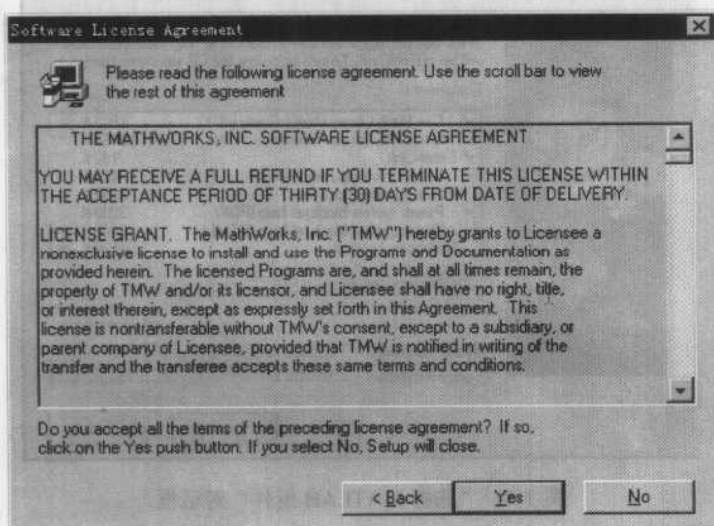


图 1-2 “软件许可协议”对话框

(3) 在如图 1-3 所示的“用户信息”对话框中, 填写用户信息和使用许可码。然后选择安装的版本, 如果从网络安装, 则需选择 Network Installation。单击 Next 进行下一步。

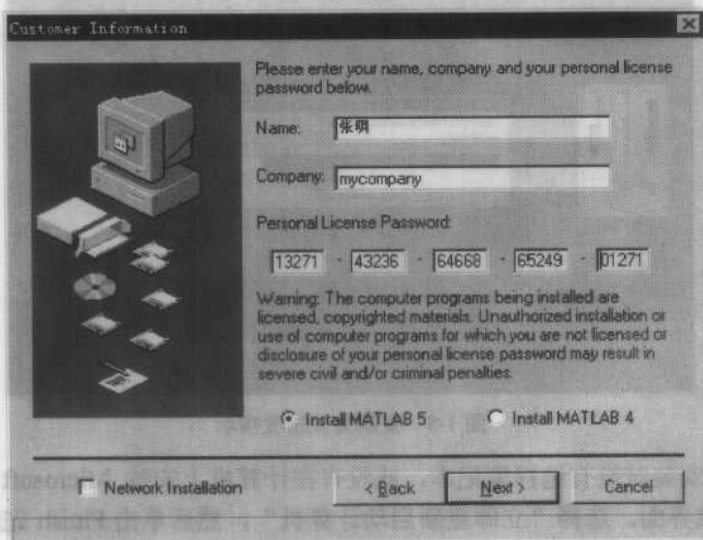


图 1-3 “用户信息”对话框

(4) 在如图 1-4 所示的“选择 MATLAB 组件”对话框中, 选择要安装的组件, 其中有各种可选的工具箱及其帮助文件 (PDF 或 HTML), 根据需要选择所要安装的工具箱。如果用户的计算机上安装了 Acrobat Reader, 则可选择 PDF 类型的帮助文件; 如果用户的计算机上安装了浏览器, 则可安装 HTML 类型的帮助文件。并注意硬盘空间一定要大于所需安装文

件的空间。然后单击 Next。

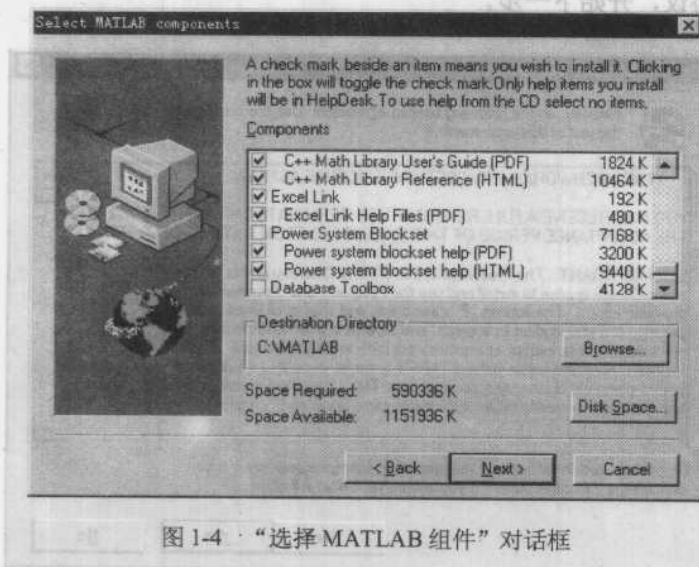


图 1-4 “选择 MATLAB 组件”对话框

(5) 复制文件进度指示如图 1-5 所示。

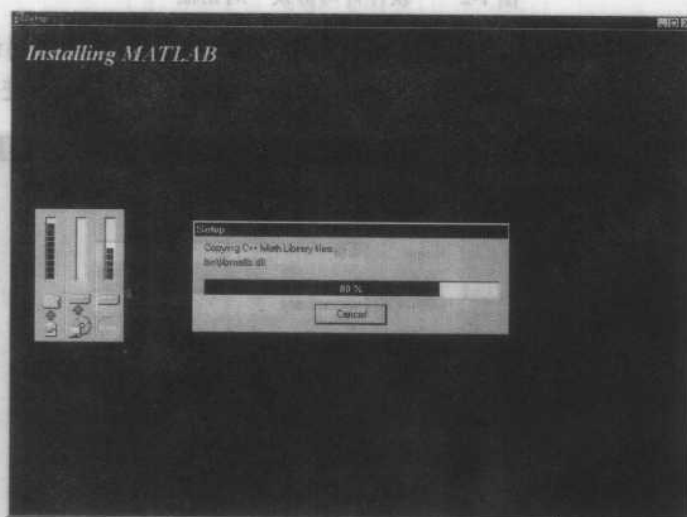


图 1-5 复制文件进度指示

(6) 如果在安装时没有选择笔记本, 或没有在计算机上安装 Microsoft Word, 则复制文件完成时显示完成界面。选择“立即重新启动计算机”, 然后单击 Finish 完成安装。

1.3 MATLAB 的工作环境

1.3.1 命令窗口

启动 MATLAB 后, 显示的命令窗口如图 1-6 所示。命令窗口是用来与 MATLAB 交互的

主窗口。在命令窗口中输入指令后，系统自动地反馈信息。

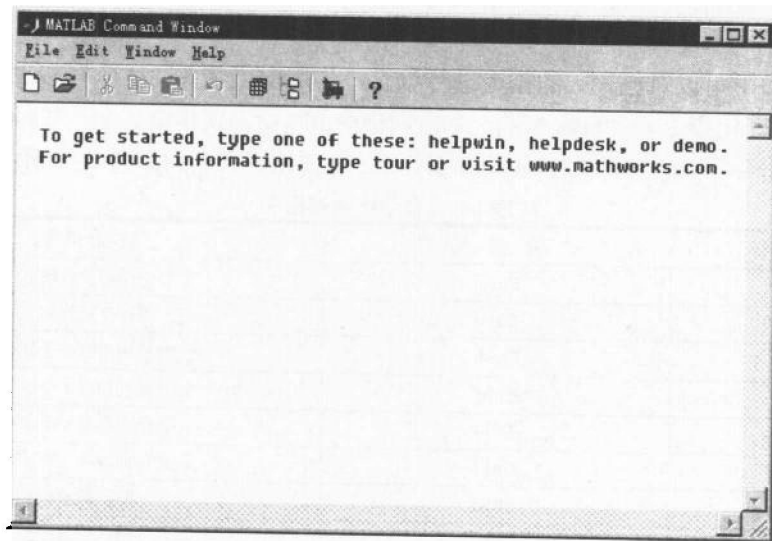


图 1-6 MATLAB 的命令窗口

例如在命令窗口中输入指令：

```
A=[11 12 13; 21 22 23; 31 32 33]
```

系统解释此指令为输入一个 3×3 数组的值，并显示如下结果：

A =

```
11    12    13
21    22    23
31    32    33
```

如继续输入指令： $B=A*2$ ，并按回车键执行，则显示如下结果。

B =

```
22    24    26
42    44    46
62    64    66
```

如果要多行指令一次运行，而不是逐行地执行指令，可以在指令后加上“；”如上例输入数组 A，并把数组 A 乘以 2，将其值赋给数组 B。可以使用以下指令：

```
A=[11 12 13; 21 22 23; 31 32 33];
```

此时回车换行不显示数组 A 的赋值结果。

```
B=A*2
```

此行不加“；”，按回车键则执行这两行指令，并显示结果。

如果因一个指令很长或其他原因，需要跨行输入，则要使用“...”作连接符号，按回车键转到下一行继续输入指令。如下面的指令：

```
1+2+...
```

```
3+...
```