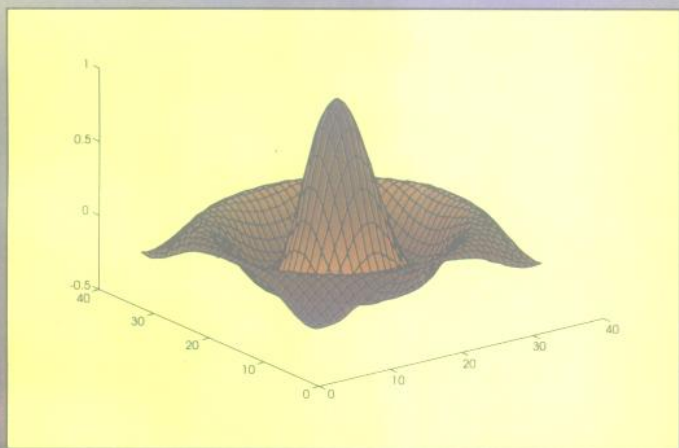


MATLAB 高级语言 及其在控制系统中的应用

韩九强 编



西安交通大学出版社

MATLAB 高级语言 及其在控制系统中的应用

韩九强 编

西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书详细介绍了 MATLAB 语言的编程方法、常用函数功能及函数全集、控制系统软件包的使用方法与控制系统的设计应用,对系统辨识内容也进行了讨论,还介绍了系统辨识软件包的使用方法。本书不仅适用于线性代数处理、矩阵运算和数值分析,而且为控制系统的仿真与设计、系统辨识与建模、信息处理领域的系统设计与分析以及其它学科研究提供了强有力的研究工具。

本书内容丰富、新颖,论述简明实用,可供从事各种科学计算、数据分析、数据处理以及控制系统设计和建模等科研人员参考,也可作为理工科大学有关专业大学生、研究生的教材。

(陕)新登字 007 号

MATLAB 高级语言 及其在控制系统中的应用

韩九强 编

责任编辑 叶涛

西安交通大学出版社出版

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049)

西安朝阳印刷厂印装

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:8.625 字数:218 千字

1997 年 6 月第 1 版 1997 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1 — 2000

ISBN 7-5605-0798-0/TP · 119

定价:16.00 元

若发现本社图书有倒页、白页、少页及影响阅读的质量问题,请去当地销售部门调换或与我社发行科联系调换。发行科电话:(029)3268357,3267874

前 言

MATLAB 是一种进行科学和工程计算的交互式程序设计语言软件。与其它计算机语言相比,编程和操作都符合科技专业人员的思维方式,灵活并具有很高的智能化功能。MATLAB 是 Matrix Laboratoy 的缩写,它涉及的应用领域宽广,功能强大,可形象地称之为“虚拟科学实验室”。它主要适用于:线性代数处理、矩阵运算和数值分析;控制系统的仿真与设计、系统辨识与建模;信息处理领域的系统设计与分析等。MATLAB 为控制系统的工程设计、信息处理及其它学科研究提供了强有力的研究工具。MATLAB 软件使用方便,输入简捷,运算高效,内容丰富,并且很容易由用户自行扩展,编程效率大大提高,使使用者能够腾出大量的编程时间,集中主要精力于对自己感兴趣的问题进行深入研究和创造性的工作。因此,当前已成为发达国家进行科学研究和大学教学最常用的必不可少的科研和教学工具。

近几年来,MATLAB 已经在我国科技界、教育界得到迅速推广,很多单位已经购买了合法版本的软件,为大学生、研究生和科研人员创造了良好的学习研究环境。我们认为,仅此还不够,还应像发达国家一样,在大学许多课程中有所体现,使在校大学生和研究生掌握 MATLAB 的使用方法,为后续学习和研究工作打下良好基础。

MATLAB 内容很多,涉及的面很广,但大部分信息都可以通过在线求助命令获得。本书基本上是按 MATLAB 使用手册和说明书编写的,对部分章节进行了调整,选编了其中必须掌握的最基本的编程内容和方法,供读者使用 MATLAB 时学习参考。

全书共五章,可分为三部分:

第一部分包括前三章,介绍 MATLAB 语言的基本知识。其中第 1 章介绍 MATLAB 的产生与发展、组成与安装。第 2 章介绍了 MATLAB 的基本知识和使用入门。第 3 章介绍了 MATLAB 的库函数全集。

第二部分即第 4 章,重点介绍控制系统软件包的使用方法与应用实例。

第三部分即第 5 章,重点介绍系统辨识软件包的使用方法、系统辨识过程与模型确认方法等。

本书主审黄永宣教授对全书进行了认真审阅,提出了许多宝贵的指导性意见,为本书的顺利出版付出了辛勤的劳动。西安交通大学系统工程研究所胡保生教授、孙国基教授和卫军胡等同志也为本书提出了许多意见和帮助,在此表示衷心感谢!

由于作者水平所限,书中难免存在错误和不足之处,殷切希望广大读者批评指正。

作者

1996 年 12 月

于西安交通大学

目 录

第 1 章 MATLAB 简介

1.1 概述	1
1.2 MATLAB 软件的组成	2
1.3 MATLAB 的安装	4

第 2 章 MATLAB 使用入门

2.1 基本知识	6
2.2 矩阵运算	17
2.3 数组运算	22
2.4 向量和下标	29
2.5 功能扩充	35
2.6 数据分析	39
2.7 矩阵函数	47
2.8 多项式信号处理	55
2.9 绘图	60
2.10 控制流程	71
2.11 M 文件	77
2.12 输入和输出数据接口	85
2.13 调用 C 和 FORTRAN 程序	87

第3章 MATLAB 命令与函数

3.1	MATLAB 命令与函数全集	90
3.2	常用函数格式与说明	99

第4章 控制系统软件包使用方法

4.1	概述	154
4.2	控制系统函数全集	163
4.3	函数格式与说明	165
4.4	应用实例	206

第5章 系统辨识软件包使用指导

5.1	引言	217
5.2	系统辨识的有关问题	218
5.3	系统模型的表示	222
5.4	系统模型的估计方法	225
5.5	系统模型的确认	229
5.6	典型的系统辨识过程	233
5.7	时间序列与多输入系统	236
5.8	数据的处理	238
5.9	其它问题	240
5.10	系统辨识软件包函数说明	245

第 1 章 MATLAB 简介

1.1 概述

MATLAB 是一种科学计算软件,主要适用于矩阵运算、控制系统和信息处理领域的系统分析与设计。它使用方便,输入简捷,运算高效,内容丰富,并且很容易由用户自行扩展。因此,当前 MATLAB 已成为发达国家大学教学与科学研究最常用的必不可少的教学工具。

MATLAB 是由美国 Mathwork 公司于 1986 年推出的,到 1992 年已推出了 4.x 版本。随着版本的升级,内容不断扩展,人机界面更加友好,生动易学,并且有适用于各种工作站和微机的版本出现。另一方面,版本的升级对使用环境也提出了更高的要求。从教学的角度来考虑,我们将重点介绍中档级的 3.x 版本。只要掌握了 MATLAB 语言的基本使用方法后,使用更高版本的 MATLAB 软件包是很容易的。

MATLAB 是 Matrix Laboratory 的缩写,它是一种进行科学和工程计算的交互式程序设计语言,与其它计算机语言相比,它更加灵活、智能化程度更高、更加接近科技人员的思维方式,因而编程效率更高。例如,它的基本数据单元是矩阵,而进行赋值和运算时却无须指定矩阵的维数,程序会自动对维数进行判断和分配;又如,在进行时域和频域仿真结果的显示时,一般也无须给出时间和频域取样点及纵横坐标值,

MATLAB 会自动选择工程人员最关心的曲线区间,以最适当的比例尺充分显示出它的形状。这使得人们用 MATLAB 进行仿真和设计时的效率可高过手工方式百倍,比用一般算法语言编程高出数倍。

学习 MATLAB 并不困难,通过它的演示(demo)和求助(help)命令以及 README 文件,就可以方便地“在线”掌握各种函数的用法及其内涵。因此,有了一些简单的入门训练后,用户就可以离开说明书而在计算机上自学。从这点出发,本书给出了 MATLAB 的全部命令、函数和几个演示实例,说明如何使用各种函数来完成特定系统的分析设计任务。一些深入的问题,读者可以通过查阅其中的 M 文件参考学习。

1.2 MATLAB 软件的组成

386-MATLAB Ver3. x DOS 版文件路径见图 1-1。其中第一个子目录 BIN 中存放的主要是二进制执行文件。执行批处理文件 MATLAB.BAT 来产生 MATLAB 语言的整体运行环境。在第二个子目录 MEX(或者 MEX386)中,主要包括形成 MEX 文件的工具。以. MEX 为后缀的文件是 MATLAB 环境下可直接执行的代码。它可以与 MATLAB 的后缀为. M 的源文件起同等作用。因为 M 文件的执行为逐句解释方式,而 MEX 文件通常是由 C 或 FORTRAN 语言编译产生的,因此,执行 MEX 文件比执行 M 文件更快一些。但 M 文件容易读懂、便于编程和修改。因此,只有少数不涉及人机交互而运算复杂的过程可由 C 或 FORTRAN 编译成. MEX 文件。工具箱中绝大多数文件是用 M 文件写成的。

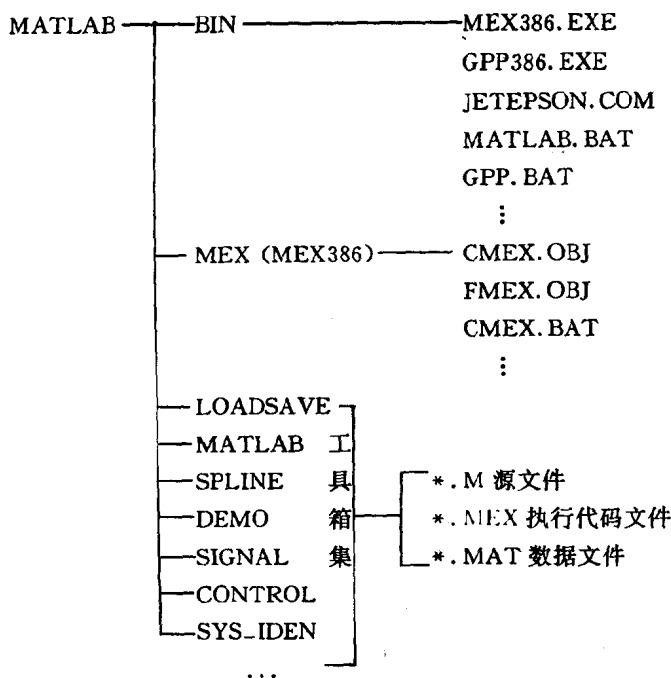


图 1-1 MATLAB 3.x 软件结构图

LOADSAVE 子目录中存放的是输入输出接口程序。因为要同硬件端口衔接,所以通常也用 C 或 FORTRAN 源程序写成,再与 MATLAB 连接。

子目录 MATLAB, DEMO, SIGNAL, ..., 等称之为工具箱。它们都是由数十个乃至百余个 M 文件组成。每个 M 文件相当于一个子程序或函数,它本身又是靠调用更基本的函数或子程序来实现其功能的。某些内部函数配置好并放在系统环境中,其中包括最基本的运算和图形显示功能。其它的工具箱可以作为选件。选择的方法是改变(重新编辑)子目录下

MATLAB. BAT 文件中的 SET MATLABPATH 项。选择得工具箱愈多,所占的内存愈大,可能会导致溢出而中断运行。因此要根据任务的实际需要随时调整 MATLABPATH。

工具箱子目录中还有. MEX 和. MAT 文件。前者已作过说明,如果它与某个 M 文件同名,则 MEX 文件优先执行。MAT 文件是数据文件,在执行 LAOD 和 SAVE 命令时,系统将自动寻找带有 MAT 后缀的文件并与之进行通信。

386-MATLAB Ver3.5 的程序总量约为 3M,用三张高密盘作为载体,最好有 4M 以上内存。MATLAB 2.x 版本也称 8086 版,它只需一张高密盘,640K 的内存,虽然功能较弱,但因所需资源小,利于入门和普及。要注意的是,不管哪种情况,若在 386 微机上运行,需增加数学协处理器。

1.3 MATLAB 的安装

MATLAB 的安装步骤如下:

1. 将装有 MATLAB 软件的三张软盘的全部文件及子目录拷入到你的硬盘 MATLAB 子目录中;
2. 进入 MATLAB 子目录 BIN;
3. 根据任务需要及机器配置,对文件 MATLAB. BAT 进行编辑,修改其中的 SET MATLABPATH 中的子目录。然后退出编辑;
4. 键入 MATLAB 及“回车”,屏幕显示出:

386 MATLAB
Copyright ...
Version X.x

HELP, DEMO and INFO are available
及提示符“`>`”, 这时即进入 MATLAB 的运行环境。

键入 `help` 并回车后, 屏幕首页将显示出环境内设的基本命令和函数, 随后各页将依次显示出 MATLABPATH 中所有子目录的 M 文件名。在 `help` 之后空一格键入任一函数名, 屏幕上显示出它的功能说明与使用方法。将 `help` 换成 `type`, 屏幕上出现该 M 文件清单。

键入 `demo` 并回车, 系统将显示某些基本函数的功能, 对 MATLAB 的学习也可以从此开始。

第 2 章 MATLAB 使用入门

2.1 基本知识

MATLAB 的处理对象是数字矩阵,其元素为复数。标量可以看作是只有一个元素的矩阵,向量可以看作是只有一行或一列元素的矩阵。MATLAB 的命令和操作都是为各种矩阵运算服务的。

首先,本节将介绍在 MATLAB 环境下矩阵如何输入。如果初次使用 MATLAB,就会发现用它进行矩阵运算、处理是非常方便的。

2.1.1 简单矩阵的输入

在 MATLAB 环境下可以用几种不同的方法进行矩阵的输入:

- (1) 用矩阵的元素表输入;
- (2) 由内部函数和语句产生;
- (3) 在 M 文件中建立;
- (4) 由外部数据文件加载。

在 MATLAB 语句中没有维数说明和类型定义。完全由计算机自动分配存储单元,而且,矩阵的大小由计算机内可用存储单元的数目决定。

输入小矩阵最简单的方法是输入矩阵的元素表。每个元素表之间用空格或逗号隔开,并用中括号 [] 将每个元素表

括起来,用“;”号作为元素表中每一行矩阵元素的结束符。

例 输入语句

$$A = [1 \ 2 \ 3; 4 \ 5 \ 6; 7 \ 8 \ 9]$$

则输出结果为

A =

1 2 3

4 5 6

7 8 9

矩阵 A 存储起来供以后使用。

大的矩阵可以分成几行输入,并用换行代替分号。对于上述的矩阵 A 也可以分三行输入,即

$$A = [1 \ 2 \ 3$$
$$4 \ 5 \ 6$$
$$7 \ 8 \ 9]$$

不过,因为矩阵 A 的元素比较少,没有必要这样做。

矩阵也可以通过当前盘上扩展名为“.m”的文件输入。

例 名叫 MAT.m 的文件包含如下三行内容

$$A = [1 \ 2 \ 3$$
$$4 \ 5 \ 6$$
$$7 \ 8 \ 9]$$

当键入 MAT 命令后,系统就会读取 MAT 文件内容,并生成矩阵 A。

LOAD 命令可以装入由其它程序或上一次 MATLAB 处理过程产生的矩阵。

2.1.2 矩阵的元素

矩阵元素可以为任何 MATLAB 表达式。

例 $x = [-1.3 \quad \text{sqrt}(3) \quad (1+2+3) * 4/5]$

其结果为

$x =$
-1.3000 1.7321 4.8000

可以为矩阵的单个元素赋值,其表示方法是在矩阵名后加一下标,并用括号()括起来。继续上面的例子,输入

$x(5) = \text{abs}(x(1))$

则

$x =$
-1.3000 1.7321 4.8000 0.0000 1.3000

注意 矩阵 x 的大小是以配合新增加的元素而自动增加的。其中未定义的元素置为 0。大矩阵可以用小矩阵作为元素进行构造。

例 通过该方法在矩阵 A 后增加一行

$A = [A; [10 \ 11 \ 12]]$

得到 $A =$

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

使用冒号“:”可以从大矩阵中抽取一部分数据组成小矩阵。

例 $A = A(1 : 3, :)$; 表示从当前 A 阵中取出前三行的矩阵元素,组成一个新的矩阵,再把该矩阵赋给变量 A 。

2.1.3 语句和变量

MATLAB 是一种表达式语言,它对使用者键入的表达式进行翻译和计算。MATLAB 语句的形式通常为

变量 = 表达式

或者简单地写为 表达式

表达式 (expression) 由运算符和其它专用字符、函数以及变量名组成。系统计算该表达式并产生一个矩阵,该矩阵显示在屏幕上并由系统将它赋给一个变量,供随后使用。如果省略了变量名以及“=”号,系统会自动生成名叫 ans 的默认变量,默认变量 ans 的意思是“answer”。

例 键入表达式

1900/81

产生结果

ans =

23.4568

键入回车键,表示一条语句的输入结束。但是,如果该语句的最后一个字符是分号“;”,则不在屏幕上显示结果,但结果仍然会赋给一个变量。

如果表达式很复杂,一行中写不下该语句,可以在一行回车前键入省略号作为该行最后一个字符。该省略号由两个以上的点组成,即“..”,它表示下一行继续该语句的输入。

例

$$s = 1 - 1/2 + 1/3 - 1/4 + 1/5 - 1/6 + 1/7 \dots$$
$$- 1/8 + 1/9 - 1/10 + 1/11 - 1/12 ;$$

该命令计算表达式的值,并将值赋给变量 s,但不在屏幕上显示任何信息。上式中的=、+和-符号前后的空格可以省

略,这是为了便于阅读而设置的。

变量和函数名由字母开头,其后可以紧跟若干个字母和数字(或下划线)。系统只承认前 19 个合法字符组成的变量名或函数名。

MATLAB 对字体很敏感,它可以区别大写字母与小写字母,因此 a 和 A 不代表同一变量。所有的函数名必须小写。如函数 $\text{inv}(A)$ 是对矩阵 A 求逆,而 $\text{INV}(A)$ 则是一个未定义的函数。不过,可通过命令“casesen”使 MATLAB 系统取消对大小写的区别功能。在这种方式下, a 与 A 代表同一个矩阵,函数 $\text{INV}(a)$ 也能完成对矩阵 A 的求逆运算功能。

2.1.4 Who 命令和永久变量

到现在为止,前文所讲述的例子已经在 MATLAB 工作区中建立了若干变量,并存储在该区间中。

例 键入命令 `who` 则系统响应为

```
Your variables are eps, pi, inf, NaN...  
A ans s x  
leaving 291636 bytes of memory free
```

(已有变量为:..., 还有 291 636 字节的内存空间可被利用),该命令显示了以前操作产生的所有变量,其中 A , ans , s , x 是前面例子所产生的所有变量。同时也显示出 4 个预先规定的变量以及永久变量: eps , pi , inf 和 NaN 。

变量 eps 用作误差限,用以判别矩阵的奇异性和确定矩阵的秩。它的初始值是 1.0 与一个最大浮点数值之差。对于在许多工作站及个人机上使用的 IEEE 运算, eps 的取值为