

高校计算机教学系列教材

MATLAB 基础与应用

简明教程

张平等编著



北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

MATLAB 基础与应用

简明教程

张 平等 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

MATLAB 语言不仅适合控制类专业,对涉及到高等数学、线性代数、微分方程、数值计算、频谱分析、系统设计与仿真等其它工程、科技领域中的计算与分析也很适用;在系统建模、系统静/动态分析、工程设计、可视化等方面也是极为有用的工具。

本书主要结合数值运算、线性代数、矩阵及其运算、图形绘制与动画演示、符号运算及动态系统仿真等方面的应用,讲解 MATLAB 的基本功能和常用命令。对功能与命令均提供实际应用例题、例图。适合高校计算机和相应的工程技术专业作教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 基础与应用简明教程/张平等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,2001.1
ISBN 7-81077-003-9

I. M... II. 张... III. 计算机辅助计算 软件包, M
ATLAB-教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 36195 号

MATLAB 基础与应用简明教程

张 平等 编著

责任编辑 许传安

*

北京航空航天大学出版社出版发行
北京市学院路 37 号(100083) 发行部:电话 82317024 传真 82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

北京市宏文印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:333 千字
2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷 印数:5 000 册
ISBN 7-81077-003-9/TP·003 定价:18.00 元

总前言

科教兴国,教育先行,在全国上下已形成共识。在教育改革过程中,出现了多渠道、多形式、多层次办学的局面。同时,政府逐年加大教育的投入力度。教育发展了,才能有效地提高全民族的文化、科学素质,使我们中华民族屹立于世界民族之林。

计算机科学与技术的发展日新月异,其应用领域迅速扩展,几乎无处不在。社会发展的需求,促使计算机教育生气蓬勃。从普通高校的系统性教学,到远距离的电视、网上教学;从全面讲述,到不同应用领域的、星罗棋布的培训班;从公办的到民办的;从纸介教材到电子教材等等,可以说计算机教学异彩纷呈。要进行教学,就必须有教材。

面对我们这么大的国家和教学形势,在保证国家教学基本要求的前提下,应当提倡教材多样化,才能满足各教学单位的需求,使他们形成各自的办学风格和特色。为此,我们组织北京工业大学、北京航空航天大学、北京理工大学、南开大学、天津工业大学等高校的有丰富教学经验的教师编写了计算机教学的系列教材,将陆续与师生见面。

系列教材包括以下各项:

(一) 基础理论:离散数学。

(二) 技术基础:电路基础与模拟电子技术;数字逻辑基础;计算机组成与体系结构;计算机语言(拼盘、选择使用):包括C++程序设计基础、Visual Basic 程序设计基础、Matlab 程序设计基础、Java 程序设计基础、Delphi 语言基础、汇编语言基础等;数据结构;计算机操作系统基础;计算方法基础;微机与接口技术;数据库技术基础等。

(三) 应用基础:计算机控制技术;网络技术;软件工程;多媒体技术等。

(四) 技术基础扩展:编译原理与编译构造;知识工程——网络计算机环境下的知识处理。

(五) 应用基础扩展:计算机辅助设计;单片机实用基础;图像处理基础;传感器与测试技术;计算机外设与接口技术。

本系列教材主要是针对计算机专科教学编写的,供普通高校、社会民办大学、高等职业学校、业余大学等计算机专科使用。其中一部分教材也适合计算机本科教学或非计算机专业本科教学使用。在这部分教材的内容简介或前言中对使用范围均作了说明。

本系列教材在编写时,注重以下几点:(1) 面对计算机科学与技术动态发展的现实,在内容上应具有前瞻性;(2) 面对学以致用,既有系统的基础知识,又有应用价值的实用性;(3) 具有科学性、严谨性。另外,力求排版紧凑,使有限的版面具有最大的信息量,以使读者得到实惠。

能否实现这些愿望,只有师生在教学实践中评价。我们期望得到师生的批评和指正。

高校计算机教学系列教材编委会

高校计算机教学系列教材编委会成员

主 任：赵沁平

副 主 任(常务)：陈炳和

顾 问：麦中凡

委 员(以姓氏笔划为序)：

吕景瑜(北工大教授)

乔少杰(社长,副教授)

麦中凡(北航教授,教育部工科计算机基础教学指导委员会副主任、中专计算机教学指导委员会顾问)

苏升娜(北工大教授)

陈炳和(北工大教授)

张鸿宾(北工大博导)

郑玉明(北工大副教授)

金茂忠(北航博导)

赵沁平(北航博导,国务院学位办主任)

前 言

MATLAB 软件环境是美国 New Mexico 大学的 Cleve Moler 博士首创的,全名为 Matrix Laboratory(矩阵实验室)。它建立在 20 世纪七八十年代流行的 LINPACK(线性代数计算)和 ESPACK(特征值计算)软件包的基础上。LINPACK 和 ESPACK 软件包是从 Fortran 语言开始编写的,后来改为 C 语言,改造过程较为复杂,使用不便。MATLAB 是随着 Windows 环境的发展而迅速发展起来的。它充分利用了 Windows 环境的交互性、多任务功能和图形功能,开发了矩阵的智能表示方式,创建了一种建立在 C 语言基础上的 MATLAB 专用语言,使得矩阵运算、数值运算变得极为简单。MATLAB 语言是一种更为抽象的高级计算机语言,既有与 C 语言等同的一面,又更为接近人的抽象思维,便于学习和编程。同时,它具有很好的开放性,用户可以根据自己的需求,利用 MATLAB 提供的基本工具,灵活地编制和开发自己的程序,开创新的应用。

MATLAB 从产生时起,就得到国外许多大学的师生、科技人员的关注、应用和开发。Moler 博士等一批数学家和软件专家成立了 Mathworks 软件开发公司,对 MATLAB 进行了大规模的扩展与改进。大批美国和其他国家的学者都对 MATLAB 进行了自主开发,以工具箱的形式加入 MATLAB 总体环境。目前的 MATLAB 最新版本为 MATLAB 5.3,新增了多种专用工具箱,如有限元分析、控制系统、系统辨识、信号处理、鲁棒控制、 μ 分析与综合、模糊控制、神经网络、小波分析、定量反馈理论、多变量频域设计等工具箱。对原有软件,如 Simulink 仿真环境进行了较大规模的改进,使其仿真功能得到全面优化。同时,还增加了符号运算功能、图形处理功能,使 MATLAB 的应用更为广泛、形象。近十几年来, MATLAB 已逐步成为国外大学的通用计算工具,成为大学生、研究生的有力助手。

由于在最新版本中增加了由 MATLAB 语言直接转为 C 代码的功能,使 MATLAB 在工程设计和实现方面具有了实用性和竞争优势,受到广大工程技术人员的重视。今天, MATLAB 已经走出了校园,深入到工业生产、科学研究等各领域,成为世界范围内公认的、具有高可靠性的高级计算机编程语言;成为众多新型项目开发和产品研制的首选软件环境,也成为很多专业领域科技人员必须掌握的一门计算机技术。

在国内, MATLAB 语言也得到越来越多的师生和科研、工程技术人员的认可,在比较广泛的教学、科研、工程技术中得到了应用。在这种形势下,我们认为有必要在教学实践的基础上编写一本教材。

本书讲述 MATLAB 的基础知识和基本应用,为学生掌握、运用 MATLAB 语言打下基础。大学本科、专科学生在校学习期间,可以用它完成高等数学、微积分、线性代数、微分方程、数值运算、频谱分析等方面的课内外习题。控制工程与自动化类等专业的本科生,研究生及工程技术人员,还可利用它进行工程计算、系统分析、设计、仿真等方面更深入的学习和研究。在掌握本书内容的基础上,读者可以具备二次开发的能力,以便自主编程,进行更为广泛深入的研究和工程设计工作。

书中重点介绍了 MATLAB 的矩阵运算、符号运算、图形功能、控制系统分析与设计、Simulink 仿真等方面的内容。每一章节都详细介绍了 MATLAB 的基本语句与运算功能;给出了简单的应用例题以说明该语句的应用;给出 MATLAB 指令表和应用说明。某些章节给出了

较为复杂的应用例题,说明利用基本语句的再次开发过程。本书讲解及语言力求简洁明了,通俗易懂。书中所有例题都是出于作者自己的实践,避免了仅仅翻译 MATLAB 的 HELP 解释所引起的语言繁杂和不确定性。同时力求讲述内容更为实用和集中,以减少不必要的篇幅。

本书只涉及 MATLAB 在 Windows 环境下的应用,用户可自行扩展应用于 Unix,Macintosh 等多种计算机平台。

本书既可以作为大专院校计算机专业及其它有关专业的教材,也可作为各种基础课程和控制类专业在全部学习期间的辅助性教科书。

本书由北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院自动控制系几位教师编著。第 1 章由张平编写,第 2 章由吴云洁编写,第 3 章、第 4 章由周锐、刘金琨与张平共同编写,第 5 章由王东编写。全书由张平统稿。作者衷心希望本教材可以成为读者在学习、研究和工程技术开发过程中友好而实用的教材和辅助工具,也希望使用本书的朋友反馈您的批评和进一步改进的建议。

作者通信地址:

北京航空航天大学自动化及电气工程学院自动控制系,张平,邮编 100083

E-Mail: zhangpbh@public.bta.net.cn

Tel. (010) 82317305

编著者

于 2000 年 6 月

目 录

第 1 章 MATLAB 入门与基本运算	(1)
1.1 MATLAB 环境与文件管理	(1)
1.2 工作空间与变量管理	(3)
1.2.1 建立数据	(3)
1.2.2 who 和 whos 命令	(4)
1.2.3 exist 命令	(5)
1.2.4 clear 命令	(5)
1.2.5 format 命令	(6)
1.2.6 在线查询与功能演示	(6)
1.3 变量、数据与函数	(7)
1.3.1 变 量	(7)
1.3.2 注释和标点	(8)
1.3.3 复数表示	(8)
1.3.4 数学函数	(9)
1.4 数据的输入与输出	(10)
1.4.1 save 与 load 命令	(10)
1.4.2 低级文件输入输出	(10)
1.5 数组与矩阵运算	(12)
1.5.1 矩阵表示与块操作	(13)
1.5.2 矩阵运算	(17)
1.5.3 矩阵函数	(22)
1.5.4 稀疏矩阵	(24)
1.6 M 函数与 M 文件	(26)
1.6.1 M 函数与 M 函数文件	(26)
1.6.2 M 文件	(28)
1.7 多项式运算	(29)
1.7.1 求根及其逆运算	(30)
1.7.2 加法、减法与乘法	(30)
1.7.3 微分与赋值运算	(31)
1.7.4 有理多项式	(32)
1.8 控制语句与逻辑运算	(34)
1.8.1 for 循环	(34)
1.8.2 while 循环	(36)
1.8.3 条件语句	(36)
1.8.4 关系和逻辑运算	(38)

1.8.5	字符运算	(41)
1.9	曲线拟合与插值运算	(43)
1.9.1	曲线拟合	(43)
1.9.2	插值运算	(45)
1.10	符号运算	(49)
1.10.1	符号表达式	(50)
1.10.2	符号表达式运算	(53)
1.10.3	微分和积分	(60)
1.10.4	符号表达式画图	(63)
1.10.5	符号表达式的简化	(63)
1.10.6	可变精度算术运算	(66)
1.10.7	符号方程求解	(67)
1.10.8	线性代数和矩阵	(70)
	思考题及习题	(75)
第2章	图形与可视化	(77)
2.1	概述	(77)
2.2	二维绘图的 plot 命令	(77)
2.3	图形修饰与控制	(79)
2.3.1	坐标轴的调整	(79)
2.3.2	文字标示	(80)
2.3.3	网格控制	(81)
2.3.4	图例注解	(82)
2.3.5	图形的保持	(83)
2.3.6	图形窗口的分割	(83)
2.3.7	图形的填充	(84)
2.4	特殊坐标二维图形	(84)
2.4.1	对数坐标图形	(84)
2.4.2	极坐标图形	(85)
2.5	特殊二维图形	(86)
2.5.1	函数图形	(86)
2.5.2	饼图	(86)
2.5.3	条形图	(86)
2.5.4	梯形图	(87)
2.5.5	概率分布图	(87)
2.5.6	向量图	(88)
2.6	三维图形	(89)
2.6.1	基本三维图形	(89)
2.6.2	三维图形的修饰与控制	(90)

2.6.3	特殊三维图形	(90)
2.7	图形用户界面设计	(93)
2.7.1	图形窗口的生成	(94)
2.7.2	菜单的实现	(96)
2.7.3	对话框的实现	(99)
2.7.4	控件设计技术	(102)
2.8	图形用户界面(GUI)的应用	(104)
2.8.1	管理工具模板(Guide Tool)	(105)
2.8.2	控制图形列表(Guide-Controlled Figure List)	(107)
2.8.3	控件对象面板(New Object Palette)	(107)
2.8.4	GUI应用举例	(107)
2.9	动态图形与动画	(109)
	习 题	(112)
第3章	线性系统分析与设计	(113)
3.1	概 述	(113)
3.2	线性系统的描述	(113)
3.2.1	连续系统的数学描述	(113)
3.2.2	离散系统的数学描述	(116)
3.3	模型之间的转换	(118)
3.3.1	线性系统模型之间的转换	(118)
3.3.2	连续系统与离散系统之间的转换	(121)
3.4	时间响应分析	(123)
3.4.1	脉冲响应	(124)
3.4.2	对任意输入的响应	(126)
3.4.3	阶跃响应	(128)
3.5	频率响应分析	(129)
3.5.1	连续系统频率特性	(130)
3.5.2	离散系统频率特性	(133)
3.5.3	时间延迟系统的频率特性	(134)
3.6	根轨迹分析	(136)
3.6.1	常规根轨迹	(136)
3.6.2	广义根轨迹	(137)
3.6.3	零度根轨迹	(139)
3.7	状态反馈设计	(140)
3.7.1	连续系统的状态反馈设计	(140)
3.7.2	离散系统的状态反馈设计	(142)
3.8	最优二次型设计	(142)
3.8.1	连续系统最优二次型设计	(142)

3.8.2	离散系统最优二次型设计	(144)
3.8.3	对输出加权的最优二次型设计	(144)
3.8.4	线性二次型 Gauss 最优设计	(144)
3.9	系统辨识与降阶	(145)
3.9.1	系统辨识	(145)
3.9.2	控制系统的模型降阶	(147)
	习 题	(148)
第 4 章	Simulink 仿真环境	(150)
4.1	Simulink 概述	(150)
4.2	模型库与 DEMO	(150)
4.3	仿真结构图	(153)
4.3.1	建立或打开仿真结构图	(153)
4.3.2	菜单功能	(154)
4.3.3	模块的处理	(155)
4.3.4	线的处理	(156)
4.3.5	模块的连接	(156)
4.3.6	模块属性的改变	(157)
4.4	演示示波器	(158)
4.5	仿真方法与仿真参数的选择	(159)
4.5.1	仿真方法	(159)
4.5.2	仿真参数的选择	(159)
4.6	复杂系统的综合仿真	(161)
4.6.1	多采样速率系统仿真	(161)
4.6.2	仿真结构的参数化	(163)
4.6.3	与 M 函数的组合仿真	(164)
4.7	S 函数及其应用	(165)
4.7.1	简单的直接描述形式	(166)
4.7.2	S 函数	(167)
4.8	模块化与封装	(171)
4.8.1	模块化	(171)
4.8.2	封 装	(173)
	习 题	(177)
第 5 章	综合例题	(178)
5.1	问题的提出	(178)
5.2	程序设计和流程图	(179)
5.2.1	程序结构	(179)
5.2.2	系统流程图	(179)

5.3	程序的详细设计	(180)
5.3.1	窗口和菜单初始化程序	(180)
5.3.2	初始化系统参数和指令程序	(182)
5.3.3	线性系统载入程序	(183)
5.3.4	线性系统离散化程序	(184)
5.3.5	配置系统极点程序	(185)
5.3.6	最优控制设计程序	(187)
5.3.7	绘制动画程序	(188)
5.3.8	建立 Simulink 仿真系统	(189)
5.4	桥式吊车系统设计与程序的使用说明	(190)
	结 束 语	(195)
	参 考 文 献	(196)

第 1 章 MATLAB 入门与基本运算

本章介绍了 MATLAB 的基本概念,包括工作空间;目录、路径和文件的管理方式;帮助和例题演示功能等。重点介绍了矩阵、数组和函数的运算规则、命令形式,并列举了可能得到的结果。由于 MATLAB 的符号工具箱是新版本中的一个重要分支,其强大的运算功能在科技领域有特殊的帮助作用,本章专门对 MATLAB 的符号运算进行了介绍,便于读者学习和运用。

1.1 MATLAB 环境与文件管理

最新的 MATLAB 版本是 MATLAB 5.3,本书中所有的叙述都是基于 MATLAB 5.2 的版本。MATLAB 5.2 在 Microsoft Windows 环境下运行,要求有 8 MB 以上的内存,可以在 486 以上的 PC 机上运行。MATLAB 可以在 Windows 环境下直接安装。用户启动光盘中的 Satup 指令,指定存放 MATLAB 的路径,选择自己需要的工具箱(一般不需要安装所有的工具箱,以减少所需的存储空间),程序可以自动完成安装过程。安装完成后,可以在程序目录中找到 MATLAB 启动标记,将其拉到桌面上,创建快捷方式。应用时可以在启动 Windows 以后直接双击该标记,启动 MATLAB,显示 MATLAB 窗口画面,如图 1-1 所示。MATLAB 启动后,进入 MATLAB 工作空间,如图 1-2 所示。

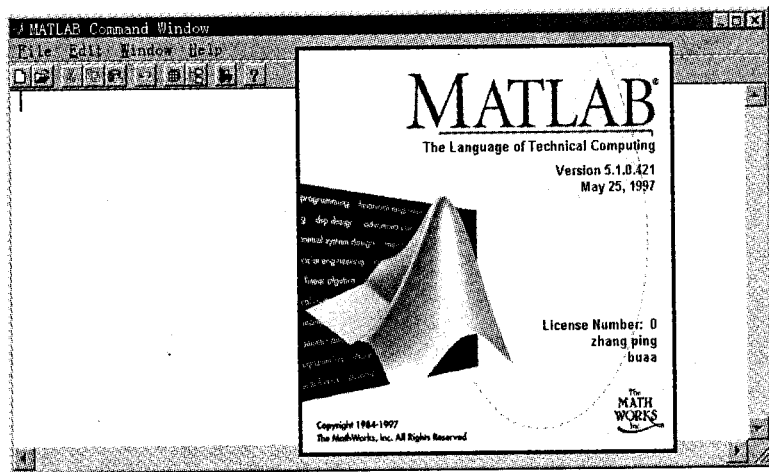


图 1-1 MATLAB 启动窗口

在进入工作空间之后,可以键入任意 MATLAB 命令,开始运算。在工作空间顶部显示 MATLAB 命令菜单和快捷工具按钮。用它们可直接进行文件管理和编辑,或选择 Help 检索帮助信息等。MATLAB 的菜单及选择方式与 Windows 下各种软件环境中的文件管理方式相同,可以创建新文件或打开一个已经存在的 M 文件,利用文件编辑器进行文件编辑和修改。

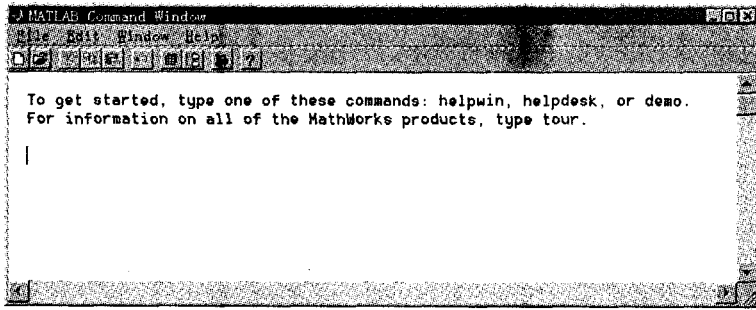


图 1-2 MATLAB 工作空间

另外,在 MATLAB 工作空间可以直接运行某些 DOS 下的标准命令,如 `dir`,`type` 等。某些命令运行时必须在命令前加 `!` 号,如 `! copy`,`! print` 等。

MATLAB 提供了几条文件管理命令,可以列文件名、显示和删除 .m 文件、显示和改变当前目录或文件夹。另外,还可以显示和修改 MATLAB 的搜索路径。表 1-1 简要地给出了这些命令。

表 1-1 文件管理功能

命 令	说 明
<code>cd</code>	显示当前工作目录或文件夹
<code>cd path</code>	改变目录或文件夹为 path
<code>delete test</code>	删除 M 文件 test.m
<code>dir</code>	列出当前目录或文件夹的所有文件
<code>ls</code>	同 <code>dir</code>
<code>matlabroot</code>	返回到 MATLAB 根目录
<code>path</code>	显示或修改 MATLAB 搜索路径
<code>type test</code>	在命令窗口显示 M 文件 test.m
<code>what</code>	列出当前目录或文件夹下的所有 .m 文件
<code>which test</code>	显示 test.m 所在目录

MATLAB 启动后,直接进入 `Matlab\bin` 子目录。为了避免与工作程序混淆,最好建立自己的子目录。可以用 `cd ..` 指令退出 `bin` 子目录,用 `cd user` 进入名为 `user` 的子目录。也可以用 `cd A:`,`cd D:` 等指令进入 A 或 D 盘,完成该盘文件的选择和运算。在 MATLAB 环境下可以选择执行扩展名为 .m(Matlab 语言),.mex(C 语言)的文件和扩展名为 .mdl 的图形文件。

MATLAB 的 `path` 命令控制 MATLAB 的搜索路径。搜索路径标明存放文件的一系列目录。当给出想要执行的文件名(如为 `xx.m`),MATLAB 将在当前目录下搜索该文件并执行之。若找不到该文件,则自动按照规定的搜索路径寻找该文件并执行。搜索执行的顺序如下:

检查 `xx` 是否为工作空间中的变量;如不是,

检查 `xx` 是否为内部函数;如不是,

检查 `xx.mex` 文件是否存在于当前目录;如不是,

检查 `xx.m` 文件是否存在于当前目录;如不是,

依次搜寻规定的搜索路径,检查 `xx.mex` 或 `xx.m` 文件是否存在于搜索路径中。

如果找不到该文件,表明该文件既不在当前目录下,又不存在于搜索路径中。此时可以采

取下面两种解决办法：

- (1) 使用 `cd` 命令进入该文件存在的目录；
- (2) 把该文件存在的目录增加到搜索路径中。

第二种方法可以使用 `path` 命令完成。如假设 `xx.m` 文件存在于 MATLAB 下的 PP 目录中，键入 `path`，显示已规定的搜索路径：

```
MATLABpath
d:\program files\matlab51\toolbox\simulink\myblock
d:\program files\matlab51\toolbox\matlab\general
d:\program files\matlab51\toolbox\matlab\ops
d:\program files\matlab51\toolbox\matlab\lang
...
```

利用命令 `path(path, 'd:\Applications\MATLAB\PP')` 可将 `d:\Applications\MATLAB\PP` 加到上面的搜索路径中。另外，还可以利用窗口界面上方菜单栏中 `file` 之下的 `set path` 命令，将所需目录永远加入搜索路径中去。

`path` 命令是很有用的，可以利用它将自己的程序与 MATLAB 工作空间连接起来，执行自己所需的文件。

1.2 工作空间与变量管理

启动 MATLAB，直接进入了 MATLAB 工作空间。在工作空间可以利用所有 MATLAB 命令进行运算，创建自己的变量、文件、图形等。

1.2.1 建立数据

如通过命令

```
x1=[0.2 1.11 3]; y1=[1 2 3; 4 5 6];
```

可以建立一维数组 `x1` 和二维矩阵 `y1`。分号“`;`”表示不显示定义的数据。如果想看定义的数据，可以键入数组名，如键入

```
x1
```

显示

```
x1 =
    0.2000    1.1100    3.0000
```

键入

```
y1
```

显示

```
y1 = 1     2     3
     4     5     6
```

MATLAB 还提供了一些简洁方式，能有规律地产生数组，如键入

```
xx=1:10 % xx 从 1 到 10，间隔为 1
```

显示

```
xx =
    1    2    3    4    5    6    7    8    9   10
```

键入

```
xx=-2:0.5:1 % xx从-2到1,间隔为0.5
```

则显示

```
xx =
   -2.0000   -1.5000   -1.0000   -0.5000    0    0.5000    1.0000
```

linspace 命令可以等距离产生数组,logspace 命令可以在对数空间中等距离产生数组。对于这一类命令,只要给出数组的两端数据和维数就可以了。

命令 `xx=linspace(d1,d2,n)` 表明 `xx` 从 `d1` 到 `d2` 等距离取 `n` 个点。如键入

```
xx=linspace(-1,1,10)
```

结果为

```
xx =
Columns 1 through 7
   -1.0000   -0.7778   -0.5556   -0.3333   -0.1111    0.1111    0.3333
Columns 8 through 10
    0.5556    0.7778    1.0000
```

命令 `xx=logspace(d1,d2,n)` 表明 `xx` 从 10^{d1} 到 10^{d2} ,等距离取 `n` 个点。如键入

```
xx=logspace(-1,1,10)
```

结果为

```
xx =
Columns 1 through 7
    0.1000    0.1668    0.2783    0.4642    0.7743    1.2915    2.1544
Columns 8 through 10
    3.5938    5.9948   10.0000
```

由于结果超出屏幕范围,MATLAB 用列显示结果。显示的数据表明,上例中第一行为 `XX` 数组的 1~7 列,第二行为 8~10 列的数据。

1.2.2 who 和 whos 命令

如果想查看工作空间中都有哪些变量名,则可以使用 `who` 命令来完成。例如键入

```
who
```

显示结果为

```
Your variables are:
m          n          x1         y1
```

如果想了解这些变量的具体细节,则可以使用 `whos` 命令来查看。如键入

```
whos
```