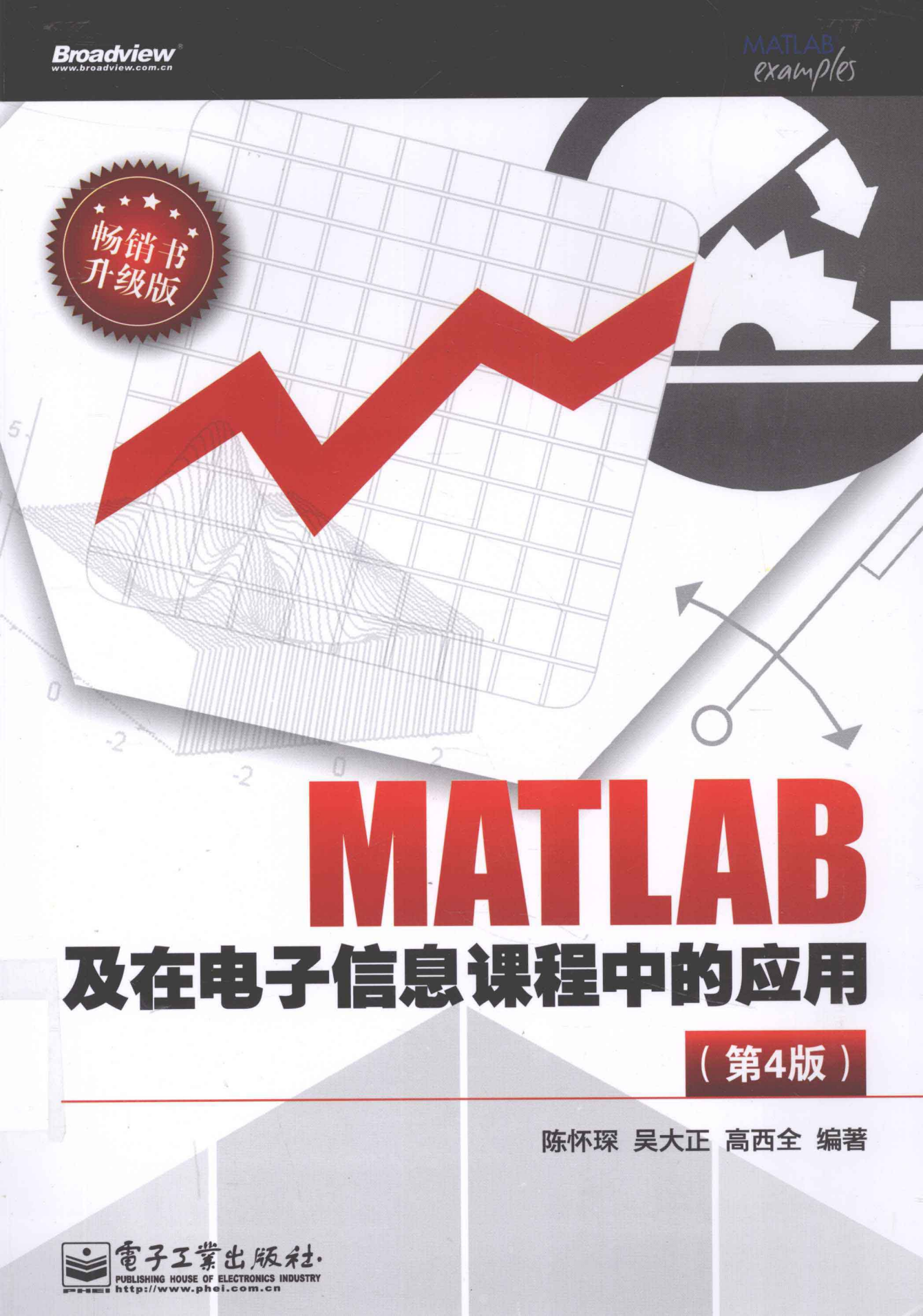


畅销书
升级版

The background of the book cover features several technical and mathematical graphics. A large, thick red line graph with a jagged, upward-trending path is the central focus. Behind it is a grid of squares, some of which are shaded. To the right, there are stylized black and white geometric shapes, including a circle and a triangle. In the bottom right, there is a diagram of a cylinder with a cross-section and arrows indicating direction. The overall design is clean and professional, typical of a technical textbook.

MATLAB

及在电子信息课程中的应用

(第4版)

陈怀琛 吴大正 高西全 编著

MATLAB

及在电子信息课程中的应用

(第4版)

陈怀琛 吴大正 高西全 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京•BEIJING

内 容 简 介

MATLAB 语言具备高效、可视化及推理能力强等特点,是目前工程界流行最广的科学计算语言。本书由语言篇和应用篇两部分组成。语言篇介绍 MATLAB 语言的基本语法、开发环境、工具、其他函数库等,应用篇讲述 MATLAB 近百个实例程序,涉及的课程范围有电路、信号与系统、数字信号处理、控制系统等。这些实例使用了 MATLAB 中多方面的语句,可使读者迅速掌握 MATLAB 编程的技巧,提高完成工程课程的效率。

本书前面两个版本已被多所院校作为电子信息类课程的教材和教辅参考书,根据读者需求,作者再次更新了版本,将 MATLAB 升级,增加了部分例题,更加适合教学和自学。本书可作为学习 MATLAB 语言的入门及应用教材,也可供电子信息领域大学师生及工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 及在电子信息课程中的应用 / 陈怀琛, 吴大正, 高西全编著. —4 版.

北京: 电子工业出版社, 2013.8

ISBN 978-7-121-20982-6

I. ①M… II. ①陈… ②吴… ③高… III. ①Matlab 软件—应用—计算机辅助计算 IV. ①TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 158062 号

策划编辑: 郭 立 张国霞

责任编辑: 徐津平

特约编辑: 顾慧芳

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21.5 字数: 577.9 千字

印 次: 2013 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

第 4 版序言

从本书开始发行至今的十多年间，在大学工科中教学生用计算机软件工具来解决课程中的问题，已得到愈来愈广泛的认同。其中最有意义的一件事，就是由教育部高教司于 2009 年 1 月启动并组织几十所大学实施了两年的“用信息技术工具改造课程”教改项目。尤其是其中的“用 MATLAB 和建模实践改造工科线性代数课程”子项，使得线性代数不再是专门训练抽象思维的课程，而真正成为能解决后续工程课中数学问题的强有力的工具。因为这个改革在大一就实施，而且在全部新生中普及，使得所有的学生从入学第一年就懂得了 MATLAB 初步，对数学软件产生极大的兴趣，为在后续课程中的应用开辟了道路。本书所涉及的电路、信号与系统、数字信号处理和自动控制原理四门课程都可以直接受益。

近些年来，我发现在本书所涉及的四门课程的教育中，存在着两个薄弱的领域，很多教师和教材都没有搞得很清楚，我曾多次发表文章^[1,2,3]进行呼吁。而这两方面的问题，都可以借助于 MATLAB 做形象生动的说明。这次对本书第 3 版的修订，也就着重讨论以下两个问题。

一是复信号和负频率的概念。最早遇到负频率的课程是信号与系统，因为傅里叶变换和频谱是课程的核心，频谱的横轴为 $-\infty \sim \infty$ ，负频率是明显存在的，问题是如何解释？大多数的书都回避了这个问题，有些回避的方法是不对的，例如说“负频率仅仅是数学概念，没有任何物理意义”。其实负频率的概念是通过旋转相量 $e^{j\omega}$ 与复信号紧密联系的，不懂负频率，也就不懂复信号。在有些教材中，甚至用信号的“实值性”来否定复信号。因为自然界中没有带着虚数 j 的物理量，所以就不承认复信号，这太天真了！复信号是二维的信号，如位移、电场等，其两路信号在空间上正交、时间（相位）上协调，共同完成单路信号无法实现的任务（例如产生旋转磁场），对其综合效果的分析必须借助于复数，所以，推理时把一路信号乘以 j 。哪里有天然带 j 的信号？在电类专业先修的电路和电机课中就遇到过复信号，可惜许多人不认得。2007 年我发现这个问题时，本书第 3 版刚出，我就把该书的附录 B 改写成了一篇文章“关于负频率的探讨”，这对老师比较合适，对学生而言可能偏难。这次修订中，我把这个问题分散配置，在电路中讲复信号如何形成旋转电磁场，在信号与系统中讲傅里叶反变换求复信号的动画仿真，在信号处理中对数字频率进行阐述，也许更易于被学生接受。

二是复杂系统的矩阵建模求解的方法。在信号与系统课程中，难题之一是复杂信号流图的求解，过去的书上都是不加证明地给出所谓“梅森公式”。但这个公式很陈旧很繁。超过三阶就更难用，现在很多书就干脆不讲，这不是科学的办法，学生毕业后遇到大量的这类问题，还是不会解。到了数字信号处理课，求复杂滤波器的系统函数又遇到这个拦路虎；到自动控制原理中的复杂系统结构图变换，又是使师生头痛的一个难点。其实归根到底，这三个难题是有共性的，都是高阶线性代数方程组求解，都可以把它们归结为矩阵方程，用 MATLAB 可轻而易举地予以解决。这个方法是我在 2002 年发现的，以后在多次学术会议和杂志上宣传，在本教材的前几版中，也有这方面的例题。不过好像普及得还远远不够，许多教师都还不知道。因此本书在此次再版中，增加了几个例题，以强化读者对此方法的理解。

第4版修订后的例题程序集名为 dsk02v4, 比前几版只增加了十来个程序。有关本书的程序集和教案等, 读者可以从电子工业出版社博文视点网站 <http://www.broadview.com.cn/20982> 上下载, 也可从我的主页 <http://chen.matlabedu.cn> 上找到并下载。我的电子邮件是 hchchen1934@vip.163.com, 读者若发现书中错误或有建议, 可用电子邮件与我联系。

我们也重新制作了“语言篇”的《MATLAB 入门》教学视频, 时长 240 分钟, 需要者可在优酷网站上搜索“陈怀琛 Matlab”找到相关视频进行下载, 或在电子工业出版社博文视点网站 <http://www.broadview.com.cn/20982> 上下载。

陈怀琛

2013-5-10 于西安电子科大

第3版说明

本书的前两版销量已达四万册。第1版出版于2002年1月。18个月以后，根据读者的要求，做了两方面的修订：一是跟随 MATLAB 升级，使语言篇能适应新版本的界面；二是为各章增加了习题，这些习题比相应教材上的习题更适合用 MATLAB 计算。第2版于2003年7月问世。至今，已经有两年半了，广大读者对本书的反映非常热烈。不少学校选择本书作为开设“MATLAB 语言及其应用”课程的教材，很多老师给作者写信要求提供本书的程序集。为了满足广大读者的要求，2004年10月，电子工业出版社博文视点公司的网站，为作者多本著作的程序集开设了下载区域：<http://www.broadview.com.cn> 中的“资源下载”区，至今一年多来，已经有数千读者的点击下载。

这次改版为第3版，主要为了适应如下的变化：

自本书第2版出版以来，MATLAB 已由 6.x 版本升级至 7.x。虽然它的基本语法没有改变，对应用程序几乎不发生影响，但是本书的“语言篇”，特别是 MATLAB 的运行界面有了变化。第3版中语言篇的改动主要就是以 MATLAB 7.x 的界面取代第2版中的 MATLAB 6.x 的界面，这些改动较集中地反映在第1章和第3章中。

另外，近两年来，作者出版了两本新书《数字信号处理教程——MATLAB 释义与实现》^[18]。和《线性代数实践与 MATLAB 入门》^[19]。其中加入了作者的新研究成果，即用矩阵方法自动推导任意复杂滤波器的系统函数。因为这个方法具有普遍意义，可以作为 MATLAB 及线性代数应用于信号处理的一个强有力的例证。因此，在本书“应用篇”的第7章中，我们增加了一个例题 7.24——正余弦产生器系统函数的计算机推导。

根据读者提供的反馈意见，本版改正了一些第2版中的文字或印刷错误。有一些教师要求提供讲课课件，由于例题中的程序部分已经有了电子版的程序集，程序文本及其运行结果都是教师能够用 MATLAB 显示并通过计算机在课堂上投影演示的，比做幻灯片更好、对学生学习更有指导意义，所以我们一直没有做。须要做的可能是把建模部分的内容电子化。在第3版出版之际，我们将尽力满足读者的要求，为读者编写例题的题图、建模和公式推导的幻灯片，供读者免费使用。但此项工作很费时间，产生的文件也会比较大，不便下载，只能用电子邮件发送。‘有求必应’怕应接不暇，故必须由单位证明是上课使用的，在2006年春季开学时争取完成。届时我们将在博文视点公司的下载区给出赠送办法的通知，请读者注意。

非常欢迎读者对本书的批评和建议，读者可以向电子工业出版社提出，也可直接向本人提出。本人的电子邮件地址：hchchen@xidian.edu.cn；通邮地址：（710071）西安电子科技大学 334 信箱。

陈怀琛

2006年1月于西安电子科大

第 1 版前言

21 世纪将以科学技术的高速发展为其特征,中华民族在国际大家庭中的地位将取决于我国的综合国力,高速度高质量地培养千千万万掌握高技术的人才,是其中一个十分重要的任务。要做到这一点,就必须努力地吸取世界上一切优秀的教育思想、教学手段,并创造性地应用于我们的教学事业。

在 20 世纪的最后 20 年中,计算机已经被成功地应用于工程设计和制造业中,在发达国家中其普及率已经超过了 90%,它成十倍地提高了劳动生产率,创造了空前巨大的物质文明;它把任何创新的思想转化为市场的商品时间缩短到了惊人的程度,新产品的种类淘汰之快都是 20 年前无法想像的。国际互联网的广泛应用加快了产业全球化的进程。在这个极具挑战的时代中,把计算机充分运用到教学及工程计算过程中,显然具有重要的意义。

我们知道,计算尺发明于 1630 年,在大学中计算尺已被使用了 300 多年,大约在 1970 年左右被计算器完全代替;现在计算器在大学里已经使用了 30 年,它被计算机所代替已是历史的必然。教学工具的每一次更新都大大地提高了教育的效率。因此,自觉地而不是被动地加快计算机代替计算器的进程,将对大学教学效率的提高起到重要的作用。

在发达国家中,大学师生都能无限制地使用计算机,目前正在向中学和小学普及。而在我国,只在理工科的研究生中已经普及,在大学本科中普及率,各个学校差别很大。就大多数学校而言,低年级师生使用计算机的时间还受到各种条件的限制。但随着计算机价格的不断下降和国家对教育投入的加大,学校装备的和学生个人购买的计算机也越来越多,因此在几年之内,大学生自由地使用计算机设备将能够实现。在大学本科课程中普遍使用计算机的瓶颈将是软件。即使在目前,拥有计算机的老师和学生也未必知道如何用计算机来帮助他们进行课程教学,因此要从现在起做好准备。

为了把计算机更好地用于大学的课程教育和科学研究,从 20 世纪 80 年代开始,出现了多种科学计算语言,也称为数学软件。经过十多年的发展和竞争,已经商品化的有 MATLAB, Matrix, Maple, Mathematica, MathCAD 等。它们的功能大同小异,又各有千秋。就易学性和普及性而言,首推 MATLAB 语言。

要想在大学本科的学习过程中使用计算机,那就应该从大学一年级开始,学会使用一种计算语言,并且在以后的各门课中不断地使用。作者的前一本书《MATLAB 语言及其在理工课程中的应用指南》(西安电子科技大学出版社 2000 年 1 月出版),对 MATLAB 在高等数学、普通物理、力学、机械和电工等十多门课程中的应用实例做了介绍,该书受到了读者的广泛好评,同时一些读者也提出了一些建设性的建议。

有不少学校的大学生要到二年级才开始学习 MATLAB 语言,特别是一些电子信息专业的学生,他们在后续课程中需要更深入地应用它,因此他们希望为二年级以上的电子信息专业的学生专门写一本书。因此,作者在电子工业出版社的支持下,写成了这本《MATLAB 及在电子信息课程中的应用》。

这本书是按照以下的指导思想来组织的:

(1) 以电路、信号和系统、数字信号处理和自动控制原理 4 门主课为目标, 作为这些课程的伴侣书。晶体管模拟电路和数字电路虽然也是主课, 但有专门的软件来辅助分析, 因此本书不作介绍。

(2) 作为教学辅导书, 本书不作理论推导, 而是直接利用教材上的现成结论。重点讨论如何利用这些结论和 MATLAB 编程来解决实际问题, 通过数字结果来加深对理论的理解。

(3) 本书自成体系, 同时避免各门课程的局限性。由于种种原因, 目前各门课程之间往往存在一些重叠, 各校对课程范围的划分也不尽相同, 本书尽量避免这些不必要的矛盾。比如学习控制理论的时候, 关于线性系统求解问题就不再介绍, 只要查看信号与系统的有关内容就行了。这样做虽然有些不便, 但可以使读者把各门课程的概念真正连贯起来, 使之融会贯通, 有利于对课程的理解和深化。

(4) MATLAB 语言的内容极为丰富, 它的各种函数都与数学领域有关, 低年级学生不可能一下子全部掌握它, 但也不能等学完了所有的数学课程再来使用它, 所以正确的做法是先学一些入门知识, 以后随着数学水平的提高, 随时进行相关函数的学习。在 MATLAB 中还有许多工具箱, 它们是用 MATLAB 基本语句编成的子程序集。应用工具箱可以更进一步简化编程, 甚至给很复杂的问题提供傻瓜照相式的解决办法。本书中采用的原则如下:

- 用最低限度的时间为低年级同学作入门教学, 这反映在本书语言篇的大字部分。小字部分可以后再看。
- 在第 5, 6 两章中, 完全采用 MATLAB 的基本 (即 matlab 子目录下的) 命令集, 不用工具箱。使读者懂得如何使用基本命令来进行编程。
- 在第 7, 8 两章中, 随着问题的深化, 不用工具箱已经不利于学生的思维, 因此就介绍了信号处理工具箱和控制工具箱。其实 MATLAB 的学生版已包括这两个工具箱以及符号数学工具箱。考虑到本书面向本科学生, 因此避开了这两门课程中较深的问题。
- MATLAB 的工具箱有很多种。除了信号处理工具箱和控制工具箱是必要的之外, 我们还介绍了其他一些与电子信息学科有密切关系的工具箱。这些工具箱并不是学习课程必须掌握的, 但它可以帮助读者开拓思路。比如如何用 MATLAB 解决那些用笔算几乎无法解决的问题, 并且知道如何去寻找解决这些问题的方法和工具。

上面所说的这些原则决定了本书是一本面向大学教育、本科课程的教材, 而不是工程师们拿来就用的手册, 但对想搞清原理的工程师们仍有很好的参考价值。

本书分为两篇, 第 1 篇包括第 1 章~第 4 章, 介绍 MATLAB 语言的基础; 第 2 篇为第 5 章~第 9 章, 讨论 MATLAB 在大学电子信息类各专业基础课程中的应用。第 1 章~第 4 章及第 8 章、第 9 章由陈怀琛编写; 吴大正负责第 5 章和第 6 章的选材和审校; 高西全编写第 7 章; 由陈怀琛负责全书的修改审定。

作 者
2001 年于西安电子科大

第1部分 语 言 篇

第1章	MATLAB 语言概述	2
1.1	MATLAB 语言的发展	2
1.2	MATLAB 语言的特点	2
1.3	MATLAB 的工作环境	3
1.3.1	命令窗	4
1.3.2	图形窗	6
1.3.3	文本编辑窗	6
1.4	演示程序	7
第2章	基本语法	9
2.1	变量及其赋值	9
2.1.1	标识符与数	9
2.1.2	矩阵及其元素的赋值	9
2.1.3	复数	11
2.1.4	变量检查	11
2.1.5	基本赋值矩阵	13
2.2	矩阵的初等运算	14
2.2.1	矩阵的加减乘法	14
2.2.2	矩阵除法及线性方程组的解	15
2.2.3	矩阵的乘方和幂次函数	17
2.2.4	矩阵结构形式的提取与变换	18
2.3	元素群运算	19
2.3.1	数组及其赋值	19
2.3.2	元素群的四则运算和幂次运算	20
2.3.3	元素群的函数	21
2.4	逻辑判断及流程控制	22
2.4.1	关系运算	22
2.4.2	逻辑运算	24
2.4.3	流程控制语句	25
2.5	基本绘图方法	28
2.5.1	直角坐标中的二维曲线	28

2.5.2	线型、点型和颜色	29
2.5.3	多条曲线的绘制	29
2.5.4	屏幕控制和其他二维绘图	31
2.5.5	三维曲线和曲面	34
2.5.6	特殊图形和动画	37
2.5.7	彩色、光照和图像	38
2.5.8	低层图形屏幕控制功能	40
2.6	M 文件及程序调试	42
2.6.1	主程序文件	42
2.6.2	人机交互命令	44
2.6.3	函数文件	45
2.6.4	文件编辑器及程序调试	46
第 3 章	MATLAB 的开发环境和工具	47
3.1	MATLAB 与其他软件的接口关系	47
3.1.1	与磁盘操作系统的接口关系	47
3.1.2	与文字处理系统 Winword 的关系	49
3.1.3	图形文件的转储	50
3.1.4	低层输入输出函数库	50
3.1.5	与 C 和 FORTRAN 子程序的动态链接	52
3.2	MATLAB 的文件管理系统	53
3.2.1	安装后的 MATLAB 文件管理系统	53
3.2.2	MATLAB 自身的用户文件格式	53
3.2.3	文件管理和搜索路径	53
3.2.4	与目录和搜索有关的命令	54
3.2.5	搜索顺序	55
3.3	MATLAB 的开发环境	55
3.3.1	桌面系统的内容	55
3.3.2	桌面命令菜单简介	56
3.3.3	MATLAB 的用户界面	56
第 4 章	MATLAB 的其他函数库	58
4.1	数据分析函数库 (datafun 函数库)	58
4.1.1	基本的数据分析	58
4.1.2	用于场论的数据分析函数	60
4.1.3	用于随机数据分析的函数	60
4.1.4	用于相关分析和傅里叶分析的函数	61
4.2	矩阵的分解与变换 (matfun 函数库)	62
4.2.1	线性方程组的系数矩阵	62
4.2.2	矩阵的分解	63
4.2.3	矩阵的特征值分析	65

4.2.4 特殊矩阵库 (specmat)	66
4.3 多项式函数库 (polyfun)	66
4.3.1 多项式的四则运算	67
4.3.2 多项式求导、求根和求值	68
4.3.3 多项式拟合	69
4.3.4 多项式插值	70
4.3.5 线性微分方程的解 (residue)	71
4.4 函数功能和数值积分函数库 (funfun)	72
4.4.1 函数功能和数值积分函数库的主要子程序	72
4.4.2 非线性函数的分析	73
4.4.3 任意函数的数值积分	75
4.5 字符串函数库 (strfun)	76
4.5.1 字符串的赋值	77
4.5.2 字符串语句的执行	78
4.5.3 字符串输入/输出	78
4.6 稀疏矩阵函数库 (sparfun)	79
4.7 图形界面函数库 (Guitools)	80
4.8 数据类型函数库 (datatypes)	81
4.8.1 结构阵列	82
4.8.2 单元阵列	82
4.8.3 类和对象	84
习题	86

第2部分 应用篇

第5章 MATLAB 在电路中的应用	90
5.1 电阻电路	90
5.2 动态电路	96
5.3 正弦稳态电路	103
5.4 频率响应	111
5.5 二端口电路	116
5.5.1 Z, Y, H, G, A, B 六种参数间关系的 MATLAB 语句	117
5.5.2 网络函数及其 MATLAB 语句	117
5.6 用 MATLAB 图解几个电路概念	123
习题	127
第6章 MATLAB 在信号与系统中的应用	132
6.1 连续信号和系统	132
6.2 傅里叶分析	141
6.3 离散信号和系统	150
6.4 线性时不变系统的模型	155

6.4.1 模型的典型表达式	155
6.4.2 模型转换	157
6.5 频谱概念的 MATLAB 图释	170
习题	174
第 7 章 MATLAB 在数字信号处理中的应用	180
7.1 时域离散信号的产生及时域处理	180
7.2 z 变换和傅里叶变换	189
7.3 离散傅里叶变换 (DFT)	205
7.4 数字滤波器结构	216
7.5 FIR 数字滤波器设计	226
7.6 IIR 数字滤波器设计	233
7.7 频率、角频率和数字频率	243
7.7.1 频率	243
7.7.2 角频率	243
7.7.3 序列信号的频率——数字频率	244
习题	245
第 8 章 MATLAB 在自动控制原理中的应用	249
8.1 控制工具箱中的 LTI 对象	250
8.1.1 LTI 对象的类型和属性	250
8.1.2 LTI 模型的建立	251
8.1.3 对象属性的获取和修改	254
8.1.4 LTI 模型的简单组合和运算符扩展	257
8.1.5 复杂模型的组合	261
8.1.6 连续系统和采样系统之间的变换	263
8.1.7 典型系统的生成	265
8.2 动态特性和时域分析函数	276
8.3 系统的频域分析函数	289
8.4 系统的状态空间分析函数	295
8.5 系统的状态空间法设计函数	300
8.5.1 线性平方调节器问题	301
8.5.2 线性平方估计器问题	301
习题	308
第 9 章 MATLAB 工具箱简介	312
9.1 符号数学 (Symbolic Math) 工具箱简介	312
9.1.1 Symbolic 工具箱的主要功能	313
9.1.2 符号数学式的基本表示方法	313
9.2 系统仿真 (Simulink) 工具箱简介	315
9.2.1 概述	315

9.2.2	环节库及框图的建立	316
9.2.3	仿真方法和参数的设定	317
9.2.4	仿真的运行	317
9.2.5	Simulink 的子系统屏蔽 (Masking) 功能	318
9.2.6	Simulink 内部工作过程简介	319
9.2.7	Simulink 应用范围的扩展	319
9.3	以 matlab 为基础的工具箱简介	320
9.4	以 Simulink 为基础模块工具箱简介	321
9.4.1	电力系统 (Powersys) 模块工具箱简介	321
9.4.2	数字信号处理 (DSP Blocks) 模块工具箱简介	321
9.4.3	定点处理 (Fix-Point Blocks) 模块工具箱简介	322
9.4.4	通信系统 (Comm) 模块工具箱简介	323
附录 A	全书例题索引	325
附录 B	关于负频率的探讨	327
参考文献		330

本篇的内容设计为适合理工科大学二年级上学期的水平。这时学生已有了一定的计算机操作技能，同时又有矩阵运算的知识。这样，学生在学习本书的 1, 2, 3 章将不会有多少困难。我们制作的 240 分钟的教学视频主要就针对这个部分进行课堂播放。没有该教学视频的读者，只要有本书的程序集，也可以在计算机上复现教学视频中的所有屏幕画面，很容易对照自学。

MATLAB 是一种与数学水平密切相关的算法语言，第 4 章中介绍的内容需要较多的高等数学知识，要随着年级的增加才能逐渐深入掌握这些内容。在教学视频中这部分占 20 分钟，读者可根据自己的数学程度进行自学，并可与应用篇联系起来深入体会。

MATLAB 中还有一些大学本科中通常用不到的内容，但在毕业设计或今后的科研工程中可能有用，为了使本书具备手册的功能，这些内容用小字来叙述。同时，本书用小字列出了 MATLAB 基本部分的全部函数库，并配以索引，便于读者查找。这部分内容可以先跳过去，待需要时再看。

本篇内容

- MATLAB 语言概述
- 基本语法
- MATLAB 的开发环境和工具
- MATLAB 的其他函数库

MATLAB 语言概述

1.1 MATLAB 语言的发展

MATLAB 是一种科学计算软件，主要适用于矩阵运算及控制和信息处理领域的分析设计。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，当前已成为美国和其他发达国家大学教学和科学研究中最常用而必不可少的工具。

MATLAB 是由美国 Mathworks 公司于 1984 年正式推出的，从那时到现在已升级到 7.x 版本。随着版本的升级，内容不断扩充，功能更加强大。特别是在系统仿真和实时运行等方面，有很多新进展，更扩大了它的应用前景。

另一方面，版本的升级对使用环境也提出了更高的要求。不过对于学习语法基础的读者来说，各版本的差别不太大，可以从较低的版本起步。

MATLAB 是“矩阵实验室”(MATrix LABoratory)的缩写，它是一种以矩阵运算为基础的交互式程序语言，专门针对科学、工程计算及绘图的需求。与其他计算机语言相比，其特点是简洁和智能化，适应科技专业人员的思维方式和书写习惯，使得编程和调试效率大大提高。它用解释方式工作，输入程序立即得出结果，人机交互性能好，深得科技人员喜爱。特别是它可适应多种平台，并且，随计算机软硬件的更新及时升级。因此，MATLAB 语言在国外的大学工学院中，特别是数值计算用的最频繁的电子信息类学科中，已成为每个学生都掌握的工具了。它大大提高了课程教学、解题作业、分析研究的效率。学习掌握 MATLAB，也可以说是在科学计算工具上与国际接轨。

MATLAB 语言比较好学，因为它只有一种数据类型，一种标准的输入输出语句，不用“指针”，不需编译，比其他语言少了很多内容；听三四个小时课，上机练几个小时，就可入门了。以后自学也十分方便，通过它的演示(demo)和求助(help)命令，人们可以方便地在线学习各种函数的用法及其内涵。

MATLAB 语言的难点是函数较多，仅基本部分就有 700 多个，其中常用的有二三百个，要尽量多记少查，可以提高编程效率，而且这是终身受益的。

1.2 MATLAB 语言的特点

MATLAB 语言有以下特点。

1. 起点高

(1) 每个变量代表一个矩阵, 从 MATLAB 名字的来源可知, 它以矩阵运算见长。在当前的科学计算中, 几乎无处不用矩阵运算, 这使它的优势得到了充分的体现。在 MATLAB 中, 每个变量代表一个矩阵, 它可以有 $n \times m$ 个元素。

(2) 每个元素都看做复数, 这个特点在其他语言中也是不多见的。

(3) 所有的运算都对矩阵和复数有效, 包括加、减、乘、除、函数运算等。

2. 人机界面适合科技人员

(1) 语言规则与笔算式相似: MATLAB 的程序与科技人员的书写习惯相近, 因此, 易写易读, 易于在科技人员之间交流。

(2) 矩阵行列数无需定义: 要输入一个矩阵, 用其他语言时必须先定义矩阵的阶数, 而 MATLAB 则不必有阶数定义语句。输入数据的行列数就决定了它的阶数。

(3) 输入算式立即得结果, 无需编译: MATLAB 是以解释方式工作的, 即它对每条语句解释后立即执行; 若有错误也立即作出反应, 便于编程者马上改正。这些都大大减轻了编程和调试的工作量。

3. 强大而简易的作图功能

(1) 能根据输入数据自动确定坐标绘图。

(2) 能规定多种坐标系 (极坐标, 对数坐标等)。

(3) 能绘制三维坐标中的曲线和曲面。

(4) 可设置不同颜色、线型和视角等。

如果数据齐全, 通常只需一条命令即可出图。

4. 智能化程度高

(1) 绘图时自动选择最佳坐标。

(2) 做数值积分时, 自动按精度选择步长。

(3) 自动检测和显示程序错误的能力强, 易于调试。

5. 功能丰富, 可扩展性强

MATLAB 软件包括基本部分和专业扩展两大部分。基本部分包括: 矩阵的运算和各种变换; 代数和超越方程的求解, 数据处理和傅里叶变换, 数值积分, 等等, 可以满足大学理工科本科的计算需要。本书将介绍这部分的主要内容。

扩展部分称为工具箱。它实际上是用 MATLAB 的基本语句编成的各种子程序集, 用于解决某一方面的专门问题, 或实现某一类的新算法。现在已经有控制系统、信号处理、图像处理、系统辨识、模糊集合、神经网络和小波分析等数十个工具箱, 并且还在继续发展中。

MATLAB 的核心内容是它的基本部分, 所有的工具箱子程序都是用它的基本语句编写的。学好这部分内容是掌握 MATLAB 的关键。

1.3 MATLAB 的工作环境

MATLAB 7.x 的工作环境主要由命令窗 (Command Window)、图形窗 (figure window) 和文本编辑窗 (File Editor) 组成。本章着重介绍命令窗, 其他视窗将在第 2、3 章中讨论。另外还有一些辅助视窗, 它们对初学者用处不大, 本书将只在遇到时作简略说明。

1.3.1 命令窗

在 Windows 桌面上, 双击 MATLAB 的图标, 就可进入 MATLAB 的工作环境。首先出现 MATLAB 的标志图形, 接着出现其默认的桌面系统, 如图 1.1 所示。

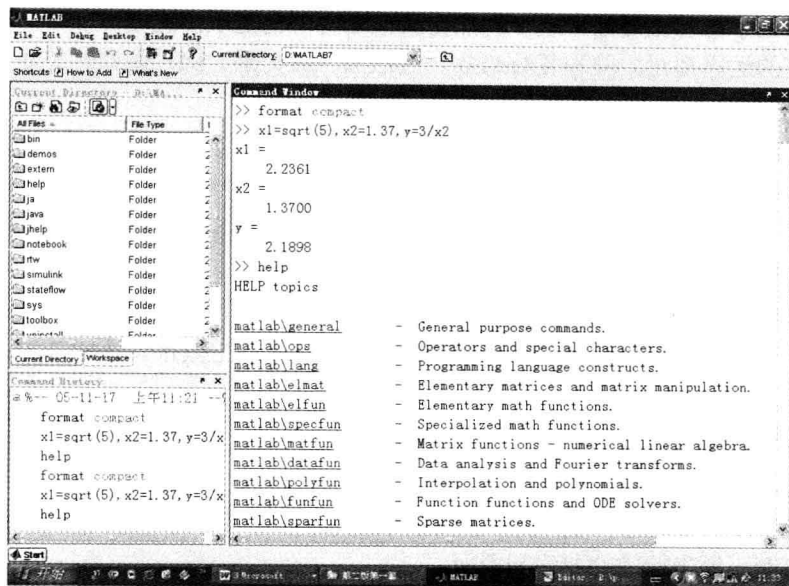


图 1.1 MATLAB 7.x 的桌面系统和命令窗

这是桌面系统的默认画面。其左上视窗为当前目录 (Current Directory), 可切换为工作空间 (Workspace); 其左下视窗为历史命令 (Command History); 右半个视窗则为命令窗 (Command Window)。命令窗是用户与 MATLAB 做人机对话的主要环境。 $\gg$ 是它的提示符, 可以在提示符后输入 MATLAB 的各种命令并读出相应的结果。例如输入:

```
x1=sqrt(5), x2=1.37, y=3/x2
```

答案为: $x1 = 2.2361$ $x2 = 1.3700$ $y = 2.1898$

命令窗主菜单的有些项目与 Word 相仿。这里只对几个主要的命令做一些说明。

- **format 命令:** 在这程序输入前, 输入了显示格式命令 `format compact` (紧凑格式), 因为在 MATLAB 默认的 `format loose` (稀疏格式) 下, 屏幕上的显示会有许多空行, 会多占屏幕面积。`format` 命令还可以控制数字显示的方式。虽然 MATLAB 唯一地采用双精度格式进行数据的存储和运算, 但数字的显示格式可以有八种。在各格式命令下圆周率 π 的显示结果见表 1.1。

表 1.1 数字显示的 8 种格式

MATLAB 命令	显示形式	说 明
<code>format long</code>	3.14159265358979	16 位十进制定点数
<code>format short e</code>	3.1416e+000	5 位十进制浮点数加指数
<code>format long e</code>	3.141592653589793e+000	16 位十进制浮点数加指数
<code>format hex</code>	400921fb54442d18	16 位十六进制数
<code>format bank</code>	3.14	两位小数