

信号与系统 实验教程

(第二版)



张昱 周绮敏 史笑兴 编著

信号与系统 实验教程



● 张昱 周绮敏 史笑兴 编著 ●

人民邮电出版社
北京

第二版前言

本书是《信号与系统实验教程（第二版）》。本书第一版于 2005 年出版后，在浙江大学及众多兄弟院校得以推广使用，为“信号与系统”课程相关的教学改革和学科建设做出了一定的贡献。近年来，随着“信号与系统”课程改革及相关领域研究的深入开展，我们认为有必要在第一版的基础上进行更新、完善。原因之一是 MATLAB 软件版本又进行了数次升级，本书有必要随之更新到最新版本；原因之二是目前 MATLAB 中的 Simulink 系统仿真软件已经越来越多地被引入到“信号与系统”课程及其实验的教学工作中，本书有必要增加介绍 Simulink 在信号与系统实验中的应用方法；原因之三是我们在数年的“信号与系统实验”教学实践中又取得了一些行之有效的教学经验和方法，有必要将这些新经验和新方法融入到本书中去，以更好地指导和促进“信号与系统实验”教学工作。

和第一版相比，第二版主要有以下改进：在第一部分“MATLAB 应用基础”中，增加了基于 Simulink 的系统仿真方法，增加了 MATLAB 程序设计时排错及调试的方法，并更新了 MATLAB 软件到最新版本，即 2011 年 4 月最新推出的 MATLAB R2011a (7.12) 版本；在第二部分“MATLAB 在信号与系统中的应用及实验”中，增加了 Simulink 在信号与系统实验中的应用，并根据新近的教学实践经验更新了 MATLAB 实验题以及增加了用于帮助和促进学生思考的 MATLAB 实验思考题；在第三部分“利用虚拟仪器进行信号及频谱分析实验”中，增加了“实验一 信号产生与分析中常用仪器设备的应用”，增加了信号发生器的使用说明；在附录“MATLAB 实验参考源程序”中，与第二部分的 MATLAB 实验题更新相对应，更新了 MATLAB 实验题的参考源程序及其详细解释，这些源程序可供学习“信号与系统实验”者参考，也可作为 MATLAB 语言学习的例程；同时更新和删除了一些较为陈旧、和信号与系统关系不大的内容。

张昱博士高工为全书主编，周绮敏高工为副主编。其中，本书的第一部分由张昱编写，第二部分及附录由张昱、史笑兴博士讲师编写，第三部分由周绮敏编写。在编写本书的过程中得到了浙江大学信电系金心宇教授、凌明芳教授、于慧敏教授的热心指导，在此表示衷心的感谢。同时感谢参与实验指导及教材编写相关工作的李惠忠、施红军、裘婷、周瑾、周厚奎、胡倩、郑重、田鹏飞、周世杰等老师和同学。

本书可能仍存在一些不足之处和错误，恳请广大读者批评指正。

作 者

2011 年 7 月于浙江大学紫金港校区

第一版前言

《信号与系统》是一门非常重要的专业基础课,目前几乎所有的高等院校都在电子工程类、信息工程类、通信工程类、电子技术类、自动控制类、电气工程类、机电工程类、计算机科学类等工科电类及其他相关专业的本科生中开设了《信号与系统》必修课或选修课。但是,在国内开设《信号与系统》课程的高等院校中,开设信号与系统配套实验的还较少。浙江大学信息学院信电系从 1993 年起开设了信号与系统配套实验,并已于 2004 年起推广到浙江大学所有学习《信号与系统》课程的工科电类本科生中,取得了良好的教学效果。本书就是在总结这些年来我们开设的信号与系统配套实验的教学实践经验的基础上,加以提高、改进、深化和完善而得来的。

随着现代科学技术特别是计算机软件技术的发展,很多以前必须用手工纸算或通过复杂编程才能解决的信号与系统分析问题,现在只需要在 MATLAB 这一高级工程软件中进行简单编程就可以解决了。在本书中,不仅包括 MATLAB 的应用基础知识,而且包括 MATLAB 在信号与系统分析中的应用知识和相关的实验内容及其参考源程序详解,因此本书既适用于学习《信号与系统》课程的使用 MATLAB 的初学者,可作为入门书籍,也适用于能熟练应用 MATLAB 进行信号与系统问题分析和处理的工程技术人员,可作为参考资料。值得一提的是,本书中应用 MATLAB 的信号与系统实验部分,采用的是 2004 年 10 月最新推出的 MATLAB 7.0.1 版本,同时也兼顾 MATLAB 6.x 和 5.x 版本,以适应各方面读者的需要。

利用虚拟仪器对信号与系统中的信号及其频谱进行分析的实验内容是本书的一大特色。一般情况下,由于高档频谱分析仪价格昂贵,因此给该仪器用于本科教学带来一定困难,这样就影响和限制了《信号与系统》课程的教学效果。在本书的这一部分实验内容中,利用先进的软件与硬件相结合的虚拟仪器技术很好地解决了这一问题,能够成功地完成一些相关的信号及频谱分析实验。虚拟仪器既具有性能优越、配置灵活等一般纯硬件频谱分析仪所不具备的优点,又比一般纯硬件频谱分析仪的价格要低廉得多,因此非常适合于高校教学使用;而且从我们的教学实践来看,利用虚拟仪器的实验内容对于提高《信号与系统》课程的教学质量确实起到了较好的作用,因此我们认为它具有在全国高校《信号与系统》课程中推广的较大潜力。

全书共分为三大部分。第一部分“MATLAB 应用基础”介绍了 MATLAB 的基础知识,包括软件安装、应用开发环境、解线性代数问题、绘图、进行数值分析与统计、程序设计等内容;第二部分“MATLAB 在信号与系统中的应用及实验”介绍了 MATLAB 在信号与系统中的应用知识,包括信号及其运算的 MATLAB 表示方法、连续或离散信号(周期或非周期信号)的时域及频域分析的 MATLAB 实现方法等内容,还包括应用 MATLAB 的信号与系统实验题以及实验中的常见问题解答;第三部分“利用虚拟仪器进行信号及频谱分析实验”介绍了利用软硬结合的虚拟仪器技术进行信号及频谱分析的实验内容,包括信号的产生及其频谱分析实验、信号的合成及其频谱分析实验、高通及低通网络对信号的影响实验、信号的采样及其恢复实验,以及虚拟仪器等相关实验仪器的使用说明。附录为第二部分中应用

MATLAB 的信号与系统实验题的参考源程序及详解。

本书的特点是全面地介绍了信号与系统相关的实验，既有 MATLAB 软件的基础、应用及实验内容，又有运用软硬结合的虚拟仪器进行信号及频谱分析等实验内容，可以说涵盖了信号与系统实验教学大纲中的所有内容，与《信号与系统》理论课程结合得比较紧密。

本书的第一部分、第二部分及附录由张昱编写，第三部分由周绮敏编写。在编写本书的过程中得到了浙江大学信电系金心宇教授、凌明芳教授的热心指导，在此表示衷心的感谢；同时还要感谢参与实验指导的李惠忠、胡倩等老师和同学。

由于时间仓促，加上我们的水平有限，本书难免还存在一些缺点和疏漏，恳请广大读者予以批评指正。

编 者

2004 年 12 月于浙江大学玉泉校区

目 录

第一部分 MATLAB 应用基础

第 1 章 MATLAB 基础	2
1.1 MATLAB 简介	2
1.2 MATLAB 的系统配置需求	7
1.2.1 支持的操作系统平台及系统配置需求	7
1.2.2 许可管理	8
1.3 MATLAB 的安装	8
第 2 章 MATLAB 的应用开发环境	18
2.1 命令窗口	18
2.1.1 命令的编辑	19
2.1.2 中断正在执行的命令	20
2.1.3 FORMAT 命令	20
2.1.4 续行符	21
2.1.5 清屏命令	21
2.1.6 注释	21
2.2 M 文件简介	21
2.3 当前目录与搜索路径	22
2.3.1 设置 MATLAB 的当前目录	22
2.3.2 设置 MATLAB 的搜索路径	23
2.3.3 设置当前目录及搜索路径的必要性	23
2.3.4 设置当前目录与设置搜索路径的区别	23
2.3.5 查看目录中的文件	24
2.4 M 文件的编辑与运行	24
2.4.1 M 文件的建立及保存	24
2.4.2 M 文件的编辑和查看	24
2.4.3 M 文件的运行	25
2.5 工作空间	28
2.5.1 Workspace 浏览器	28
2.5.2 保存和载入 Workspace	29
2.6 在线帮助	30
2.6.1 help 命令	31
2.6.2 lookfor 命令	31

2.6.3	MATLAB Help 窗口	32
2.6.4	MATLAB 示例和演示	32
2.6.5	doc 命令	32
2.6.6	MathWorks 网站	32
第 3 章	应用 MATLAB 解线性代数问题	33
3.1	MATLAB 与线性代数	33
3.2	矩阵的基本运算	33
3.2.1	矩阵的加法与减法运算	35
3.2.2	向量积与矩阵转置	36
3.2.3	矩阵乘法	37
3.2.4	矩阵幂次及指数	38
3.2.5	单位矩阵	41
3.2.6	向量及矩阵的范数	41
3.3	解线性方程组	42
3.3.1	方阵系统	43
3.3.2	过限制系统	44
3.3.3	限制不足系统	45
3.4	逆矩阵及行列式	46
3.5	矩阵的特征值与特征向量	47
第 4 章	应用 MATLAB 绘图	49
4.1	二维绘图	49
4.1.1	plot 函数	49
4.1.2	stem 函数	49
4.1.3	figure 函数	49
4.1.4	subplot 函数	50
4.1.5	指定线条颜色、样式和数据点标记符号	50
4.1.6	标题与轴标签	51
4.1.7	对数坐标轴的设定	52
4.1.8	轴范围及轴刻度的设定	52
4.1.9	text 函数和 gtext 函数	54
4.1.10	hold 函数	55
4.1.11	grid 函数	55
4.2	三维绘图	55
4.2.1	三维线形图形	55
4.2.2	三维网格图形	56
4.2.3	三维表面图形	57
4.2.4	设定颜色分布	57
4.2.5	设定照明光源	57
4.2.6	在三维网格图形上作标记点	58
4.2.7	设定透明及隐藏效果	58

4.2.8	设定观察点	59
4.2.9	制作三维动画效果	59
第 5 章	应用 MATLAB 进行数值分析与统计	62
5.1	多项式的表示及运算	62
5.1.1	多项式的表示方法	62
5.1.2	roots 函数	62
5.1.3	poly 函数	62
5.1.4	polyval 与 polyvalm 函数	63
5.1.5	conv 与 deconv 函数	64
5.1.6	polyder 函数	64
5.1.7	residue 函数	65
5.1.8	polyfit 函数	65
5.2	数据分析	66
5.2.1	为列向数据绘制数据图表	66
5.2.2	基本分析命令函数	67
5.2.3	协方差与相关系数	69
5.3	回归分析与曲线拟合	70
5.3.1	归一化	70
5.3.2	多项式回归分析	70
第 6 章	MATLAB 程序设计	73
6.1	MATLAB 中的程序	73
6.1.1	MATLAB 脚本程序的基本结构	73
6.1.2	MATLAB 函数程序的基本结构	73
6.1.3	函数/脚本说明	75
6.1.4	P 代码	76
6.2	参数与变量	77
6.2.1	参数	77
6.2.2	局部变量与全局变量	82
6.2.3	特殊数值	83
6.3	数据类型	85
6.4	运算符	86
6.4.1	算术运算符	87
6.4.2	关系运算符	87
6.4.3	逻辑运算符	88
6.4.4	运算符的应用实例	90
6.5	流程控制	91
6.5.1	if 语句	91
6.5.2	switch 语句	93
6.5.3	while 语句	95
6.5.4	for 语句	96

6.6	防止和检查代码问题的方法	97
6.6.1	代码分析	98
6.6.2	检查函数和变量的作用域及使用情况	101
6.7	程序的调试 (Debug)	102
6.7.1	直接调试法	102
6.7.2	工具调试法	102
第 7 章	基于 Simulink 的系统仿真	106
7.1	Simulink 概述	106
7.2	Simulink 的基本操作简介	107
7.2.1	Simulink 的启动	107
7.2.2	Simulink 模型的建立	107
7.2.3	Simulink 的第一个形象化示例	108
7.2.4	Simulink 模型的特点	109
7.3	Simulink 模块库简介	111
7.4	Simulink 模型的创建及仿真等具体操作介绍	115
7.4.1	Simulink 建模与仿真的一般步骤	115
7.4.2	Simulink 的建模操作和设置	116
7.4.3	运行仿真	118
7.4.4	仿真结果输出	121

第二部分 MATLAB 在信号与系统中的应用及实验

第 8 章	信号及其运算的 MATLAB 表示	124
8.1	连续信号的 MATLAB 表示	124
8.2	离散信号的 MATLAB 表示	127
8.3	信号运算的 MATLAB 实现	129
第 9 章	时域分析的 MATLAB 实现	132
9.1	连续时间系统的零状态响应	132
9.2	连续时间系统的冲激响应和阶跃响应	133
9.3	离散时间系统的零状态响应	133
9.4	离散时间系统的冲激响应和阶跃响应	135
9.5	卷积	136
第 10 章	频域分析的 MATLAB 实现	137
10.1	周期信号的频域分析	137
10.2	非周期信号的频域分析	139
10.3	系统的频率特性分析	143
10.3.1	连续时间系统的频率特性	143
10.3.2	离散时间系统的频率特性	144
10.4	连续时间系统的 s 域分析	145
10.4.1	利用 MATLAB 实现部分分式展开	145

10.4.2	利用 MATLAB 计算 $H(s)$ 的零极点并分析系统稳定性	147
10.4.3	利用 MATLAB 计算 Laplace 正反变换	149
10.5	离散时间系统的 z 域分析	150
10.5.1	利用 MATLAB 实现 z 域的部分分式展开式	150
10.5.2	利用 MATLAB 计算 $H(z)$ 的零极点并分析系统稳定性	151
10.5.3	利用 MATLAB 计算 z 正变换和 z 反变换	153
第 11 章	Simulink 在信号与系统实验中的应用	155
11.1	Simulink 应用于信号的产生与显示	155
11.2	Simulink 应用于信号的分析与处理	160
11.3	Simulink 应用于系统的分析	163
第 12 章	MATLAB 实验内容	168
实验一	信号的产生及时间变量的变换	168
实验二	离散线性时不变系统分析	169
实验三	离散时间傅里叶分析	170
实验四	连续时间系统分析	171
实验五	采样	171
实验六	零极点分析	171
第 13 章	MATLAB 实验常见问题解答	173
1.	关于 MATLAB 5.3 版本中的命令行提示符显示不正确的问题	173
2.	关于 MATLAB 6.x 和 7.x 版本中的 .asv 文件	173
3.	几个清除操作的 MATLAB 命令	173
4.	MATLAB 中 subplot 函数的使用	173
5.	一个在 MATLAB 中求系统传递函数 $H(z)$ 的问题	174
6.	一个 dsolve 函数无法使用的问题	175
7.	一个利用 impulse 函数来画系统冲激函数的问题	175
8.	一个“仿真结果与理论值存在差异”的问题	176
9.	关于几种傅里叶变换形式的问题	177
10.	一个有限长序列的离散傅里叶变换 DFT 的 MATLAB 实现举例	178
11.	关于有限长序列的离散傅里叶变换 DFT 的(圆周)共轭对称性问题	180
12.	关于快速傅里叶变换的问题	182
13.	关于在某些 MATLAB 函数的参数中的系数向量里“前 0 可省”或“后 0 可省”的问题	182
14.	MATLAB 中如何在绘图中显示希腊字母等特殊字符?	183
15.	关于点乘、点除和左除、右除等算术运算符的一些相关问题	185
16.	MATLAB 中的函数能否以函数作为参数?	186
17.	MATLAB 中如何表示二进制、十六进制等特殊进制的数字? 不同数制的数字之间如何转换?	186
18.	MATLAB 中如何直接进行位运算操作?	186
19.	MATLAB 中如何表示一个单引号?	186
20.	一个向量下标越界的问题	187

第三部分 利用虚拟仪器进行信号及频谱分析实验

第 14 章 信号及频谱分析实验内容	190
实验一 信号产生与分析中常用仪器设备的应用	190
实验二 信号的产生及其频谱分析	193
实验三 信号的合成及其频谱分析	195
实验四 高通、低通网络对信号的影响	198
实验五 信号的抽样及其恢复	199
第 15 章 仪器使用说明	202
15.1 虚拟仪器使用说明	202
15.2 二踪示波器使用说明	211
15.3 多路电源使用说明	218
15.4 信号发生器使用说明	218
附录 MATLAB 实验参考源程序	220
实验一 信号的产生及时间变量的变换	220
实验二 离散线性时不变系统分析	227
实验三 离散时间傅里叶分析	230
实验四 连续时间系统分析	235
实验五 采样	236
实验六 零极点分析	244
参考文献	246

第一部分 MATLAB 应用基础

第 1 章 MATLAB 基础

1.1 MATLAB 简介

在科学研究和工程应用中,往往要进行大量的数学计算,其中包括矩阵运算。一般来说这些运算难以用手工精确、快捷地进行,而要借助计算机编制相应的程序来做近似计算。用 C/C++、BASIC 和 FORTRAN 语言编制计算程序,既需要对相关算法有深刻了解,还需要熟练掌握所用语言的语法及编程技巧。对大多数科学工作者而言,同时具备这两方面的技能有一定的难度。通常编制程序也是繁杂的,不仅消耗人力与物力,而且影响工作进程和效率。为克服上述困难,20 世纪 70 年代,美国新墨西哥大学教授 Cleve Moler 用 FORTRAN 语言编写了最早的一部分 MATLAB 软件包, MATLAB 其实是矩阵实验室 (Matrix Laboratory) 的缩写。1984 年,由 Cleve Moler 和 John Little 等人共同成立的 MathWorks 公司正式推出了 MATLAB 的第一个商业版本,即 MATLAB 1.0 版。早期的 MATLAB 只有非常简单的 DOS 版,到 1993 年才发行了图形化的 Windows 3.1 版。随着 Windows 9x 等操作系统的出现和不断更新, MATLAB 的用户界面功能也越来越强大,并且具有越来越多鲜明的特点。目前, MATLAB 已经发展到了最新的 7.12 版,即 Release 2011a (R2011a) of the MATLAB and Simulink Product Families,由 MathWorks 公司于 2011 年 4 月推出。

MATLAB 是一种交互式的矢量语言系统,或者说是一种高级的技术性计算语言和交互式环境,其基本数据单元是不需要预先指定维数的矩阵,这使得用 MATLAB 可以解决许多科学与工程计算问题,特别是那些涉及矩阵及矢量公式的问题,非常适合于进行算法开发、数据可视化、数据分析和数值计算等。使用 MATLAB,用户可以比传统的标量非交互式编程语言(如 C/C++、FORTRAN 等)更为快速地解决技术性计算问题。用户可以在非常广泛的应用领域中使用 MATLAB,包括信号和图像处理、通信、控制系统设计、测试和测量、金融建模和分析以及计算生物学等。大量有着特定用途的 MATLAB 函数集合的插件工具箱可以扩展 MATLAB 在这些应用领域中解决特殊类别问题的能力。MATLAB 提供了一系列功能来文档化以及共享用户的工作,用户可以将其 MATLAB 代码集成到其他语言和应用程序中去,并且可以发布其 MATLAB 算法和应用程序。

MATLAB 的主要功能包括:

- ① 适合于技术性计算的高级语言;
- ② 便于管理代码、文件和数据的开发环境;
- ③ 适合于反复探究、设计和解决问题的交互式工具;
- ④ 用于线性代数、统计学、傅里叶分析、滤波、优化和数值积分等的数学功能;
- ⑤ 二维和三维的数据可视化图形功能;
- ⑥ 用于创建可定制的图形化用户界面的工具;

⑦ 将基于 MATLAB 的算法集成到外部应用程序和其他语言中去的功能，包括 C/C++、FORTRAN、Java、COM 和 Excel 等。

MATLAB 已经发展了很多年的时间，已有很多用户使用它。在大学里，MATLAB 已经成为用于介绍性和更高级的数学、工程和科学课程中的标准的教学工具。在工业领域，MATLAB 已经成为用于高效率研究、开发和分析的首选工具。在同类软件中，MATLAB 首屈一指，已经成为科学工程计算（矩阵计算）领域中事实上的软件标准。

MATLAB 的典型应用包括：

- ① 数学计算；
- ② 科学算法开发；
- ③ 数据采集及信号处理；
- ④ 建模及原型仿真；
- ⑤ 数据分析和数据可视化；
- ⑥ 科学与工程绘图；
- ⑦ 应用程序开发（包括建立图形化用户界面 GUI）。

MATLAB 系统主要包括五大基本组成部分。

（1）桌面工具和开发环境。这是帮助用户能更高效地使用 MATLAB 函数和文件的一套工具和资源。许多这样的工具都有图形化用户界面，包括 MATLAB 桌面环境和命令窗口、编辑/调试器、代码分析器、帮助 Help 浏览器、工作空间和文件夹等。

（2）MATLAB 数学函数库。这是一个巨大而广泛的计算算法的集合库，从基本的函数（如求和、正弦、余弦和复数运算等），到更加复杂、深奥的函数（如求逆矩阵、求矩阵的特征值、贝塞尔函数和快速傅里叶变换等）。

（3）MATLAB 语言。这是一种高级矩阵/数组语言，包括流程控制语句、函数、数据结构、输入/输出和面向对象的编程特性。它既允许小型编程，能快速编出可能比较难看的、用后即弃的小程序，又允许大型编程，能编制出希望可以重复使用的复杂应用程序。

（4）图形功能。MATLAB 拥有广泛的将矢量和矩阵显示成图形的工具，当然也可以对这些图形进行标注和打印。它包括可用于二维和三维数据可视化绘图、图像处理、动画和演示用图形的高层函数，也包括可以允许用户完全定制图形外观、为用户的 MATLAB 应用程序建立完整的图形化用户界面（GUI）的底层函数。

（5）外部接口。这是一个允许用户编写 C/C++ 语言和 FORTRAN 语言程序来与 MATLAB 进行交互的外部接口库。它包括可通过动态链接调用 MATLAB 程序、将 MATLAB 作为一个计算引擎加以调用、读写二进制的 MAT 数据文件等诸多功能。

另外，MATLAB 系统中还包含有一系列附加的、针对特定应用求解的工具，称为工具箱（Toolbox）。对大多数 MATLAB 用户来说都非常重要的是，工具箱使用户可以学习和应用专业化的技术。工具箱是 MATLAB 函数（一般是 M 文件，这种文件是 MATLAB 中函数和源程序的基本保存形式，详见第 2 章介绍）的综合性的集合，它们可延伸 MATLAB 环境来解决特定领域的问题。工具箱所涉及的领域包括信号处理、控制系统、神经网络、模糊逻辑、小波分析、科学仿真等。而且 MATLAB 系统中还有可用于系统模型仿真的 Simulink 模型库集合，称为模块集（Blockset）。在 MATLAB R2011a 版本中所包含的工具箱和模块集等产品见表 1-1。

表 1-1

MATLAB R2011a 中的产品列表

产 品	版 本
MATLAB	7.12
Simulink	7.7
Aerospace Blockset	3.7
Aerospace Toolbox	2.7
Bioinformatics Toolbox	3.7
Communications System Toolbox	5.0
Computer Vision System Toolbox	4.0
Control System Toolbox	9.1
Curve Fitting Toolbox	3.1
Data Acquisition Toolbox	2.18
Database Toolbox	3.9
Datafeed Toolbox	4.1
DO Qualification Kit	1.4
DSP System Toolbox	8.0
Econometrics Toolbox	2.0
EDA Simulator Link	3.3
Embedded Coder	6.0
Filter Design HDL Coder	2.8
Financial Derivatives Toolbox	5.7
Financial Toolbox	4.0
Fixed-Income Toolbox	2.1
Fixed-Point Toolbox	3.3
Fuzzy Logic Toolbox	2.2.13
Gauges Blockset	2.0.5
Global Optimization Toolbox	3.1.1
IEC Certification Kit	1.4
Image Acquisition Toolbox	4.1
Image Processing Toolbox	7.2
Instrument Control Toolbox	2.12
Mapping Toolbox	3.3
MATLAB Builder EX (for Microsoft Excel)	2.0
MATLAB Builder JA (for JAVA language)	2.2.1
MATLAB Builder NE (for Microsoft .NET Framework)	4.0
MATLAB Coder	2.0
MATLAB Compiler	4.15
MATLAB Distributed Computing Server	5.1
MATLAB Report Generator	3.10
Model-Based Calibration Toolbox	4.2
Model Predictive Control Toolbox	3.3
Neural Network Toolbox	7.0.1
OPC Toolbox	3.0
Optimization Toolbox	6.0
Parallel Computing Toolbox	5.1
Partial Differential Equation Toolbox	1.0.18

续表

产 品	版 本
Phased Array System Toolbox	1.0
Polyspace Client for Ada	6.1
Polyspace Server for Ada	6.1
Polyspace Client for C/C++	8.1
Polyspace Server for C/C++	8.1
Polyspace Model Link SL	5.7
Polyspace Model Link TL	5.7
Polyspace UML Link RH	5.7
Real-Time Windows Target	3.7
RF Toolbox	2.8.1
Robust Control Toolbox	3.6
Signal Processing Toolbox	6.15
SimBiology	3.4
SimDriveline	2.0
SimElectronics	1.6
SimEvents	3.1.2
SimHydraulics	1.9
SimMechanics	3.2.2
SimPowerSystems	5.4
SimRF	3.0.2
Simscape	3.5
Simulink 3D Animation	5.3
Simulink Coder	8.0
Simulink Control Design	3.3
Simulink Design Optimization	1.2.1
Simulink Design Verifier	2.0
Simulink Fixed Point	6.5
Simulink HDL Coder	2.1
Simulink PLC Coder	1.2
Simulink Report Generator	3.10
Simulink Verification and Validation	3.1
Spreadsheet Link EX	3.1.3
Stateflow	7.7
Statistics Toolbox	7.5
Symbolic Math Toolbox	5.6
System Identification Toolbox	7.4.2
SystemTest	2.6.1
Vehicle Network Toolbox	1.4
Wavelet Toolbox	4.7
xPC Target	5.0

MATLAB 具有以下特点。

(1) 编程效率高

MATLAB 是一种面向科学与工程计算的高性能语言。它将计算、可视化和编程高度集成于一个易用的环境中，其中的问题和解都以人们所熟知的数学符号和公式的形式来表达，使

用 MATLAB 编程运算与人们进行科学计算的思路和表达方式完全一致, 用 MATLAB 编写程序就犹如在演算纸上排列出公式并求解问题一样, 易学易懂, 因此 MATLAB 也被称为是一种“演算纸式的”科学工程计算语言。

(2) 用户使用方便

MATLAB 语言是一种解释执行的语言, 或者称为直译式的语言(在没有被专门工具编译之前), 它灵活、方便, 调试程序手段丰富, 调试速度快, 需要的学习时间少。人们用任何一种语言编写程序和调试程序一般都要经过几个步骤: 编辑、编译、连接、执行及调试, 各个步骤之间是顺序关系, 编程的过程就是在它们之间做瀑布型的循环。MATLAB 语言与其他语言相比, 较好地解决了上述问题, 把编辑、编译、连接、执行及调试融为一体。它能在 MATLAB 编辑/调试器(Editor/Debugger)这同一界面中进行灵活的操作, 快速排除输入程序中的书写错误、语法错误乃至语意错误, 从而加快了用户编写、修改和调试程序的速度。可以说, 在编程和调试过程中, 它是一种比 Visual Basic 还简单的语言。具体地说, MATLAB 在运行时, 可直接在命令行输入 MATLAB 命令语句(包括调用 M 文件的语句), 每输入一条语句, 就立即对其进行处理, 完成编译、连接和运行的全过程。另外, 可将 MATLAB 源程序编辑为 M 文件, 因为 MATLAB 系统本身的函数文件也是 M 文件, 所以编辑后的源文件都是可以直接运行的。在编辑/调试器中编辑 M 文件时, 可实时地显示错误、警告等调试提示信息。在运行 M 文件时, 如果有错, 计算机屏幕上会给出详细的出错信息, 用户经修改后再执行, 直到正确为止。所以可以说, MATLAB 不仅是一种语言, 从广义上讲也是一种该语言的开发系统, 即语言调试系统。

(3) 扩展能力强

高版本的 MATLAB 语言有丰富的工具箱库函数, 在进行复杂的数学运算时可以直接调用, 而且因为用户文件同 MATLAB 的库函数在形式上一样, 所以用户文件也可作为 MATLAB 的库函数来调用。因而, 用户可以根据自己的需要方便地建立和扩充新的库函数, 以便提高 MATLAB 的使用效率和扩展 MATLAB 的功能。另外, 为了充分利用 FORTRAN、C/C++等语言的资源, 在整个应用程序中可以包括用户已编好的 FORTRAN、C/C++语言程序, 还可以通过建立 MEX 文件的形式进行混合编程, 从而方便地调用相关的 FORTRAN、C/C++语言程序。换句话说, MATLAB 和其他高级语言也具有良好的接口, 可以方便地实现与其他语言的混合编程, 从而进一步拓宽 MATLAB 的应用潜力。

(4) 语句简单, 内涵丰富

MATLAB 语言中最基本、最重要的成分是函数, 其一般形式为: $[a,b,c,\dots]=\text{func}(d,e,f,\dots)$, 即一个函数通常由函数名 func、输入变量 d、e、f 等、输出变量 a、b、c 等组成。对于同一函数名 func, 不同数目的输入变量(包括无输入变量)及不同数目的输出变量, 都代表着不同的含义(类似于面向对象编程语言中的函数重载和多态性)。这不仅使 MATLAB 的库函数功能更为丰富, 而且大大减少了函数所需磁盘空间, 使得 MATLAB 编写的 M 文件简单、短小而高效。

(5) 高效、方便的矩阵和数组运算

MATLAB 语言像 BASIC、FORTRAN 和 C/C++语言一样规定了算术、关系、逻辑、条件及赋值等运算符, 而且这些运算符大部分可以毫无改变地照搬到矩阵或数组间的运算, 有的(如算术运算符)只要在前面增加符号“.”就可用于矩阵或数组间的运算。另外, 它不需要定义数组的维数, 并给出了矩阵函数、特殊矩阵专用的库函数, 使之在求解诸如信号处理、建模、系统识别、控制、优化等领域的问题时显得大为简捷、高效、方便, 这是其他高级语言所不能比拟的。在此基础上, 高版本的 MATLAB 已逐步扩展到科学及工程计算的其他更多领域。