

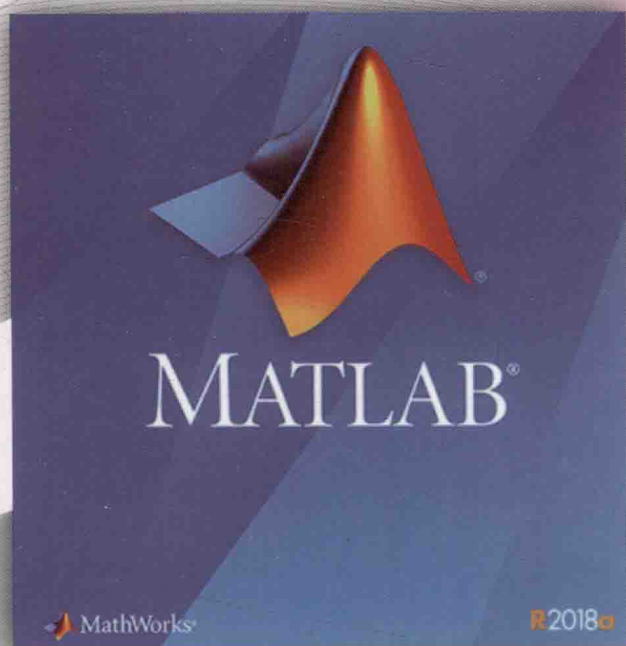


工业和信息化部“十二五”规划教材

MATLAB 教程

(R2018a)

张志涌 杨祖樱 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

MATLAB®
examples

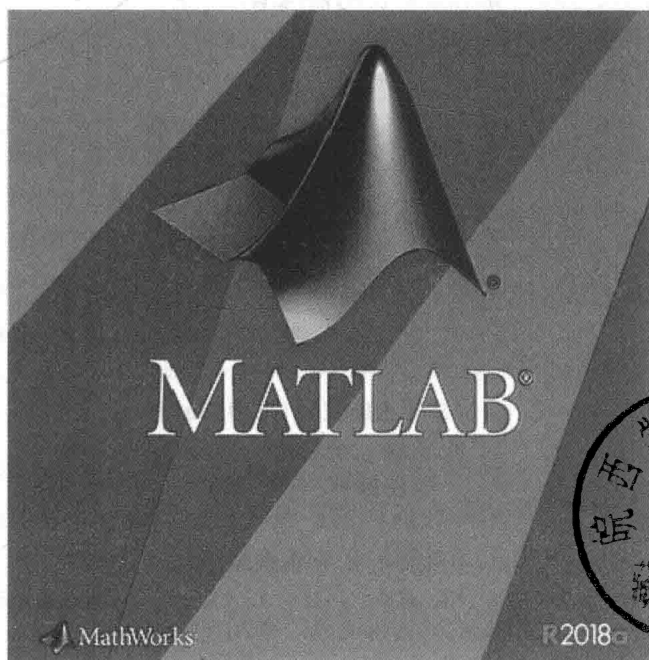


工业和信息化部“十二五”规划教材

MATLAB 教程

(R2018a)

张志涌 杨祖樱 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以中、英文版的 MATLAB R2018a 为编写基础,系统讲解 MATLAB 基本环境和操作要旨;分章阐述符号计算、数值计算、面向对象的图形显示系统、计算结果可视化、编程精要及鲜活实时脚本的制作;选择典型实例展现 MATLAB 精华工具 Simulink 的功能级和元器件级仿真能力;范例剖析 MATLAB 版面编辑器的用法和图形用户界面(GUI)的制作要领。

全书包含 156 个多年凝炼的计算范例和 87 个开拓思路的习题。所有算例程序可靠、完整,读者可以完全准确地重现本书所提供的算例结果。本书的目录和 MATLAB 命令索引,既可以帮助读者从模糊的中文词义查阅相关内容,又可以按英文命令字母检索出叙述相关内容的所有章节。

本书由纸质印刷版本和适配的数码辅助文档组成。在 MATLAB 环境下阅读本书,读者可以在阅读印刷文字和运行辅助文档代码中,事半功倍地理解和掌握 MATLAB 真谛,感受 MATLAB 科学计算和可视化的魅力。即使在无 MATLAB 环境下系统阅读或随时查阅印刷版时,读者也能通过智能手机或计算机从辅助文档中,看到与文字内容相应的彩色曲线、曲面或动态图形。此外,数码文档可向教师辅助提供讲稿框架,向学生辅助提供作业模板,并向所有读者提供纸质书无法给予的 Simulink 算例仿真模型和图形用户界面的可执行文件。

本书内容翔实、算例独立、篇幅紧凑,专为理工科高等院校本科生、研究生系统学习 MATLAB 而撰写,也可供科研技术人员自学使用。本书既可用作课程教材、仿真实验指导书、课程设计和毕业设计参考用书,也可作为自学用书和手册使用。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 教程: R2018a / 张志涌, 杨祖樱编著. --

北京: 北京航空航天大学出版社, 2018.9

ISBN 978-7-5124-2811-9

I. ①M… II. ①张… ②杨… III. ①Matlab 软件—高等学校—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 195069 号

版权所有,侵权必究。

MATLAB 教程(R2018a)

张志涌 杨祖樱 编著

责任编辑 蔡 喆

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:28 字数:717 千字

2019 年 3 月第 1 版 2019 年 3 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2811-9 定价:69.00 元

版权声明

① MATLAB[®]和 Simulink[®]是 MathWorks 公司注册商标,为叙述简洁,本书直接使用 MATLAB 和 Simulink,特此说明。

② 2018,北京航空航天大学出版社有限公司,版权所有,侵权必究。未经本书编著者和出版者共同书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制本书“印刷版”的内容;本书“数码辅助文档”的内容仅限读者本人参考使用,不得以任何形式自行翻印或上传到互联网上,尤其不得用于商业用途。对侵犯著作权和版权者,将追究相应的法律责任。

数字资源获取方式

1. 数码辅助文档

本书为读者配套提供“数码辅助文档”,具体内容和使用方法,参见本书附录 B“数码辅助文档使用指南”。

请使用智能手机微信扫描二维码,关注“北航理工图书”微信公众号,回复“2811”获取本书介绍和数码辅助文档云盘下载地址;或者在计算机浏览器中直接输入

网页下载地址:www.buaapress.com.cn/other/9787512428119/MATLAB-R2018a.rar

云盘下载地址:<https://pan.baidu.com/s/1s51LbBhmLkuVXQJYNnaQPw>



2. 彩色动图汇集

本书“彩色动图汇集”为第 5 章的算例和习题中的动态彩图。读者可在图书封二和相关章节对应位置扫描二维码查看或者关注“北航理工图书”微信公众号,回复“2811 动图”查看全部彩色动图。

3. 习题参考解答

本书被全国多所高等院校的教师选为教材用于授课,为辅助教学,仅面向授课教师提供配套“习题参考解答”。请需要的授课教师发送电子邮件到 goodtextbook@126.com 免费申请索取,咨询电话 010-82317036。

2018a 适配版修订说明

自 2014 年 MATLAB 内部框架全面转为面向对象模式以来, MATLAB 在保证原先函数命令名称、既成编程规则和风格等外在表现似乎不变的前提下, 无论是 MATLAB 引擎本身, 还是各工具包, 都发生了许多重大而显著的升级变化。为此, 作者以 MATLAB R2018a 中(英)文版为基础, 进行了如下修订:

第 1 章“基础准备及入门”节次内容的适配性增删

本修订版删去了关于 MATLAB 软件安装的旧版第 1.1 节; 新增了第 1.6 节“图形窗及图形的绘制编辑”, 以适应新版 MATLAB 图形显示系统全面迁移到面向对象平台的事实。在新增节中, 集中介绍图形窗界面、工具带图标及其应用, 重点介绍可对各类图形对象属性进行设置的属性检查器。

由于 MATLAB 图形显示系统的平台性升级, 使得 MATLAB 导出的所有图形界面都变得比以前更精巧细腻。为此, 本书也都进行了适配性修订。

第 2 章“符号计算”内容全部重写

MuPAD 和 MATLAB 是两个完全不同的计算引擎, 符号工具包是 MATLAB 按自身风格调用 MuPAD 引擎的命令集合。自引进 MuPAD 以来, MATLAB 为统一计算环境, 对符号工具包的修订、扩充和完善从未停歇。在外貌似乎不变的悄然中, 小变化版版有, 阶段性升级三、四年一次。

新版符号计算, 进一步切断了符号对象与字符串之间的众多关联; 符号数值、符号基本变量、符号表达式的定义更加严谨; 为符号对象引进了完整的逻辑关系运算和特有的逻辑判断函数 `isAlways`; 通过引进 `vpasolve` 等命令, 强化了变精度符号数值计算能力; 废弃 `simple`, 强化 `simplify`; 扩充了 `fourier` 变换命令对多种定义的适应能力; 设计了 `fplot`、`fsurf` 等一组全新绘图功能函数, 用以淘汰 `ezplot`、`ezsurf` 等一组原有绘图函数。

为准确反映强化和拓展了的符号计算能力, 本修订版在尽量保持原有章节框架的前提下, 全部重写第 2 章。

第 3 章“数组运算及数组化编程”少量适配性修订

本章叙述 MATLAB 数组、数组运算、矩阵、矩阵运算以及数组化编程内容。它们都是对 MATLAB 特色的阐述, 因此变化最小。

第 4 章“数值计算”重写两个算例

修订算例 4.2-8, 使之更全面地展示解算一般代数方程的四种常用方法, 展示 `fzero`、`fsolve`、`vpasolve`、`fplot` 在解代数方程中的应用特色。

重写算例 4.4-5, 增加了最小二乘数据的归一化或中心化预处理内容, 使最小二乘的算例演示更切合实际应用。

此外该章中的所有图形也都进行了适配性更新, 更加细腻精致。

第 5 章“数据和函数的可视化”全部重写

为适应 MATLAB 图形显示系统迁移到“面向对象”平台的划时代性升级, 本章中的图形

绘制代码中,全面引入面向对象的编程要素,如图形对象、对象属性、点调用格式等,但仍保持本章节次框架基本不变。

在“引导”中,增设了第 5.1.3 节,用于阐述 MATLAB 图形显示系统的对象分层结构、对象属性的寻访和设置。

在“高维数据可视化”中,增设了第 5.4.3 节,用于阐述体数据可视化的基本概念、分类和标量体数据可视化的基本函数命令及示例。

本章其他节次、算例也都重写,使图形对象的修饰更便捷细腻,使绘制出的图形更富表现力。

第 6 章“M 文件、函数句柄和实时脚本”几乎全部重写

本次修订,不仅深化和扩展了原先旧版各节的内容,而且增写了局域函数和实时脚本方面的内容,从而使本章的篇幅增加了近 2 倍。

第 6.3 节增写了脚本文件中的局域函数;第 6.4 节深化叙述了具名函数句柄和匿名函数句柄的创建、观察和调用,新添了含参和无参匿名函数句柄方面的内容。

新增的第 6.5 节占本章三分之一的篇幅,专门叙述自 MATLAB R2016a 启用的实时脚本。实时脚本是一种集醒目标题、悦目文字表述、漂亮数学公式、分节 M 代码、数值计算结果、曲线曲面图形等要素于一体的鲜活的 MLX 文件。这种新载体,特别适合于循序渐进的课堂教学讲稿和活灵活现的学术演讲稿,特别适合于用作个人探索试验的笔记和与人交流的文理相兼的多用途文档。

第 7 章“Simulink 交互式仿真集成环境”适配性修订

尽管 MATLAB 已经较好地关注了 Simulink 块图仿真模型在前后版本中的兼容性问题,但 Simulink 的不断升级,仍使模块、模型窗、模型库及其他对话窗口发生了变化。

尽管本章的节次安排和算例要求都保持不变,但为适应 MATLAB R2017b 中的新版 Simulink,本章第 7.1.1 节和第 7.3 节的内容都被进行适应性地修订。

第 8 章“图形用户接口 GUI”适配性修订

本章节次和算例要求都保持不变。为适应 GUIDE 用户界面设计环境的升级,本版第 8.2 节的操作步骤和叙述文字都已重写。

附录内容的修订

附录 A“字符串、元胞和构架数组”不变;附录 B“数码辅助文档指南”完全重写,使之与本修订版内容相适应;附录 C“MATLAB 命令索引”根据本修订版全部重写,且采用节次序号作为词条的检索地址,以避免页码增删带来的影响。

旧版本中关于 Notebook 的附录已被删除,这是因为 MATLAB R2018a 版已正式宣布不再支持以 Mbook.dot 模板为桥梁的 Notebook 应用。对此,建议原先使用 Notebook 的读者,改用本修订版第 6.5 节介绍的 MLX 实时脚本。

作者

2018 年 5 月

前 言

1. 编写背景

自 1981 年问世以来, MATLAB 在数学原理、数值方法和解算应用上的创造性处理模式, 不仅使它具有无与伦比的精准有效的数学解算能力和卓越超群的函数、数据特征的图形揭示能力, 而且使非数学专业人士和不完全掌握复杂算法要领的科研人员对 MATLAB 具有独特的亲和力和应用能力。其问世 30 多年来, MATLAB 广泛而深刻地改变了各国高校理工科教学模式, 广泛而深刻地改变了各国科技界的研究和设计模式。正如 2012 年 IEEE 计算机协会向 MATLAB 发明创始人 Cleve Moler 颁发“先驱奖”的颁奖词中所说: “MATLAB 对科研领域影响之深广是难以言表的。MATLAB 已经成为了计算机科学和计算机系统的基本组成部分。”

在我国, MATLAB 的应用虽稍晚于欧美, 但也已经有 20 年左右。现在国内有相当数量的研究机构、研发部门也都借助 MATLAB 进行建模、仿真和设计。在国外引进教材和国内人才需求两方面的推动下, 国内高校的理工科课程教学, 在 MATLAB 的影响下也发生了巨大变化。像欧美高校一样, 国内也已经有不少借助 MATLAB 阐释内容的课程。还有一些课程, 即使原所用教材不含 MATLAB, 也或采用习题、或采用仿真试验、或采用课程设计的方式, 引进了 MATLAB 的应用实例。

2. 编写宗旨

从 MATLAB 自身的特点出发, 融入作者本人多年积累的本科和研究生 MATLAB 教学经验及科研应用体验, 把本书编写宗旨定位于: 以应用为主, 兼顾原理和算法说明; 以本科内容为主; 兼顾研究生课程需要; 注重 MATLAB 的基本内容, 跟踪 MATLAB 的版本升级。

• 具体措施:

- 一, 本书将所涉数学内容控制在本科大纲及研究生通用基础课程水平。
- 二, 本书不涉及 MATLAB 专业工具包(如控制、信号处理、图像处理、通信、金融、生物信息等)的内容, 而着力阐述: 求解问题的 MATLAB 表述, 计算命令的调用格式, 多命令协调调用, 以及计算结果或函数的适当表达(数据或图形)。
- 三, 本书特别强调 MATLAB 面向复数、面向数组的运算特点, 强调数组化编程, 适量引入面向对象编程要素, 精心设计向读者警示数值计算、符号计算注意事项的典型算例。
- 四, 本书展示了依托 MATLAB 建立的 Simulink 的“模块+鼠标”的交互式建模能力, 展示了 Simulink 在功能级和元器件级两个层面上的仿真能力。
- 五, 考虑到本科课堂教学、课程设计、毕业设计及研究生论文需要, 本书专辟两个章节: 第 6.5 节, 以较大篇幅讲述 MATLAB 鲜活型学术交流演讲稿的创建和使用; 第 8 章, 以整章

篇幅讲解交互式图形用户界面的制作要领。

3. 本书结构

全书由“目录”、“正文”、“习题”、“附录”、“索引”和“数码文档”组成。正文共 8 章,包含 156 个算例,87 个习题。

章节内容循由浅入深原则编排。数多量大的算例是本教材一大特色。每个算例都经过精心设计,从不同角度展示 MATLAB 的特点、规则和注意事项。习题分章安排在正文之后,参考答案在各章习题的数码文档中。本教材习题承载两个功能:一,培养学生独立解决问题的能力;二,拓展学生对 MATLAB 的认识。

附录 A 简单介绍字符串数组、元胞数组和构架数组。附录 B 介绍与书配套的数码辅助文档的用法。附录 C 为索引,便于读者随时据命令名称寻找相关叙述。该附录汇集了本教材所涉及的 MATLAB 命令。除标点符号在最前外,所有命令按英文字母次序排列。每个符号或命令后,指明本书介绍或使用该命令的具体节次。

配套数码辅助文档是本书作者专为读者编写、组织的特色资料。该辅助文档需要读者根据附录 C 中提供的地址下载获得。该辅助文档并不包含纸质书的文字叙述,但包含观察、实践本纸质书内容所需的 DOCX、M、MLX、FIG、SLX、GIF、HTM 文件资料。它们可用于产生计算结果,表现彩色图形及动画,生成鲜活的实时脚本,生成 Simulink 算例仿真模型以及创建 GUI 算例图形用户界面。

4. 各章内容简介

全书共 8 章。

第 1 章 基础准备及入门 详细讲述 MATLAB 工作界面 Desktop 及其各主要界面窗口的功用,介绍 MATLAB 的基本语法、规则和使用方法、讲授如何借助 MATLAB 的自带帮助系统解决所遇到的困难。任何 MATLAB“新手”借助本章都可以比较顺利地跨入 MATLAB 之门。

第 2 章 符号计算 演绎数学问题的解析计算和任意精度解。由于该章解题理念、计算过程、计算结果与高校教科书中的理论内容十分相似,因此学生比较容易接受并应用。此外,在 MATLAB 中,由于符号计算和数值计算采用两个不同的计算“引擎”,所以本章内容相对独立。

第 3 章 数组运算及数组化编程 介绍 MATLAB 基本运算单元“数组”,阐述以数组为基本运算单元的算术、关系、逻辑运算符所服从的“数组运算通则”,避免和减少循环和条件转向的 MATLAB 数组化编程。此外,还安排专门节次详述:矩阵与数组的区别,即如何使用 MATLAB 独具的矩阵化编程。

第 4 章 数值计算 分类讲述基本数学问题(如微积分、极值、微分方程、矩阵和代数方程、随机流的生成和操控、概率统计、多项式和卷积等)的数值解算命令和要领,帮助学生建立起正确的数值计算概念。

第 5 章 数据和函数可视化 阐释离散数据和理论数学函数可视化的基本步骤、基本命

令和协调使用,理解图形对象体系、图形对象属性及属性值的设置,培养学生借助图形获知、探索、揭示离散数据内在本质的能力。

第6章 M文件和函数句柄 系统介绍 MATLAB 程序中最常用的四种控制结构、M 脚本文件和函数文件构造、主函数和子函数、脚本与局域函数、具名及匿名函数句柄、含参和无参匿名函数句柄。最后一节专门叙述“集文字、数学式、M 代码、计算结果、图形于一体的”可交互鲜活实时脚本的创建、使用。

第7章 Simulink 仿真集成环境 采用算例引导、纵向深入的方式描述 Simulink 模型的交互式创建和仿真方法。四个典型算例分别是:基于微分方程的连续系统仿真、基于传递函数的连续系统分析、基于滤波模块的采样离散系统仿真以及基于元器件级模块的电路瞬态分析。本章无意对 Simulink 解决信号与系统问题、电路分析问题进行全面阐述,而着力于让学生通过举一反三体验 Simulink 崭新、强大的仿真能力。

第8章 图形用户界面 GUI 借助四个算例,从入门引导起步,到控件回调函数编写的纵深,简明地介绍版面编辑器的使用要领,展示典型控件的属性设置和回调函数编写技巧。

5. 教材内容稳定性和软件版本适配性

MATLAB 问世近 40 年来,虽已历经(大小)数十次版本升级,其自身容量已从几百 KB 膨胀到 10 GB 量级,其数据结构已从单一的双精度扩展为多种数据类型,其操作平台从 DOS 迁移到 Windows,但其基本语法、操作规则和核心命令几乎没有变化。这完全归功于 Mathworks 公司的远见卓识和精湛的面向对象处理技术。

本教材内容除第 2 章符号计算和第 7 章仿真集成环境外,其余内容都用于阐述 MATLAB 主包的基本语法、操作规则和核心命令。这从根本上保证了本教材内容的稳定性。

保证教材与 MATLAB 升级适配,保证教材时新性是本书作者和出版社尽力保障的一个特点。这基于两方面的考虑:一方面,2006 年 MATLAB 的制造商宣布, MATLAB 将每隔半年升级一次;另一方面,教材的时新性有利于增强初学者对 MATLAB 的“亲和感”和“学习心态的愉悦”,有利于初学者更快地掌握和使用 MATLAB。

2018 版本教程的修订就是为适应 MATLAB 自 2014 年以来重大且已稳定的升级变化而进行的。主要表现在:更完备高效的符号计算;面向对象基础上的图形可视化;全新的集文字、数学推演、MATLAB 计算、图形交互于一体的实时脚本的创建及使用。

Simulink 是 MATLAB 中与真实过程(系统)“距离”最近的仿真环境,是 MATLAB 走向实时仿真的最主要途径,是当今 MATLAB 中最具活力、变化最快的工具包。从另一侧面看,这也意味着, Simulink 模型对版本是比较敏感的。旧版本的 Simulink 模型在新版本的 Simulink 中往往不能直接运行,而需要重新利用新环境中的模块勾画后再运行。基于 Simulink 的这种版本特点,本教材对于每个 Simulink 块图模型的模块参数、仿真算法、步长选取、示波器的设置都加以详细描述,以便确保读者可重现算例演示。

6. 教学建议

(1) 教学环境和形式

- 本教材内容建议在多媒体教室讲授。本教材中所有算例的计算结果(包括数据和图形)都应该在教学现场实时产生,以便学生亲眼目睹教师操作,感受计算过程和计算结果。
- 对于涉及 MATLAB 内容较多的课程,不宜采用 PowerPoint 写成的 PPT 幻灯片作为电子讲稿。本书作者建议:采用 MATLAB 专为演讲、学术交流、习题作业设计的 MLX 实时脚本。这样,通过本课程的潜移默化,学生很容易掌握实时脚本的使用。
- 学习本教材的每个学生都应该在计算机上亲自演练本教材中的算例。要特别重视算例命令的直接键入练习,只有这样才能加深对 MATLAB 的理解,纠正自己的误解和误操作。建议:学生采用实时脚本形式解答本书习题。

(2) 教学内容安排

- 作为入门内容的第 1 章必须最先讲授,但不必太细。除 MATLAB 及其工作界面的最基本特点和操作技法外,其余内容可以渗透在以后的课程中介绍。
- 本教材之所以把“符号计算”安排在第 2 章,是出于本章所涉计算的推演模式相似于大学(数学或相关专业)教材的考虑。假如摒弃以上考虑,本章内容安排在第 3、4 章以后讲授也是合适的。
- 在本书中,除代码很少且简单的算例外,绝大多数算例的每行代码都附注解。对教师而言,这种安排可让教师通过若干典型算例的讲解,涉及尽量多的教学内容,也便于掌控教学进度。对学生而言,可通过附注解顺利自学,知道代码的写法和原由。
- 本版教程第 2 章微积分、第 4 章的最小二乘、第 5 章的高维数据可视化等部分节次的内容有所加深,教师可视教学对象的具体情况,进行取舍。

7. 致 谢

在本书再次修订出版之际,向给予我们帮助支持的凌云高级工程师表示衷心的感谢,向 20 年多来持续不断给予我们鼓励、关心的北京航空航天大学出版社表示最真诚的感谢。

本书基本内容虽经多年教学的筛选提炼、修订,但限于作者知识,赘病、错误和偏见仍难免。在此,恳切期望得到各方面专家和广大读者的指教,作者电子信箱:zyzh@njupt.edu.cn。

作 者

初成于 2006 年 4 月

修改于 2018 年 5 月

目 录

第 1 章 基础准备及入门 1

1.1 MATLAB 桌面 1
1.1.1 MATLAB 桌面的启动 1
1.1.2 MATLAB 桌面的布局 1
1.2 命令窗运行入门 2
1.2.1 命令窗简介 2
1.2.2 最简单的计算器使用法 3
1.2.3 数值、变量和表达式 4
1.3 命令窗操作要旨 13
1.3.1 命令窗的显示方式 14
1.3.2 命令行中的标点符号 16
1.3.3 命令窗的常用控制命令 17
1.3.4 命令窗中命令行的编辑 18
1.4 当前文件夹和路径设置器 19
1.4.1 当前文件夹及其使用 19
1.4.2 搜索路径和路径设置 20
1.5 工作区和历史命令窗 21
1.5.1 工作区和变量编辑器 21
1.5.2 历史命令窗和 M 文件编辑器 22
1.6 图形窗及图形的绘制编辑 24
1.6.1 与工作空间变量交互绘图 24
1.6.2 图形窗和属性编辑器 24
1.7 帮助系统及其使用 27
1.7.1 浏览器帮助系统 28
1.7.2 命令窗帮助系统 30
习题 1 32

第 2 章 符号计算 34

2.1 引 导 34
2.2 基本符号对象的创建 35
2.2.1 符号数的创建 35
2.2.2 符号变量的创建 40
2.3 符号运算操作基础 48

2.3.1 符号算术运算符及函数 48
2.3.2 符号关系和符号逻辑表述 49
2.4 符号表达式和符号函数 55
2.4.1 创建符号表达式和符号方程 55
2.4.2 创建符号函数 57
2.5 符号表达式的简化重组和子对象 置换 65
2.5.1 符号表达式的简化 65
2.5.2 符号表达式的重写 67
2.5.3 符号表达式的子对象置换 68
2.6 变精度计算及数字类型转换 74
2.6.1 有限精度符号数和变精度计算 74
2.6.2 符号数字转换成双精度数字 77
2.6.3 不同类型数字的相互转换 77
2.7 符号微积分 79
2.7.1 序列/级数的符号求和 80
2.7.2 极限的求取 82
2.7.3 符号导数及级数展开 84
2.7.4 符号积分 91
2.8 符号变换及应用 99
2.8.1 Fourier 变换及频率函数求取 100
2.8.2 Laplace 变换/反变换 103
2.8.3 Z 变换及差分方程求解 106
2.9 常微分方程的符号解法 108
2.9.1 符号解法和数值解法的互补作用 108
2.9.2 常微分方程组 ODEs 概述 108
2.9.3 常微分方程的符号解算命令 109
2.10 符号矩阵分析和代数方程解 113
2.10.1 符号矩阵分析 113
2.10.2 线性方程组的符号解 117
2.10.3 各类等式/不等式方程的符号解 119

2.10.4 代数状态方程求符号传递函数	122	4.2.2 矩阵的变换和特征值分解	191
2.11 符号函数的可视化	126	4.2.3 线性方程的解	194
2.11.1 功能绘图命令汇集	126	4.2.4 一般代数方程的解	196
2.11.2 线图绘制及修饰	127	4.3 概率分布和统计分析	201
2.11.3 面图绘制及修饰	130	4.3.1 概率函数、分布函数、逆分布函数 和随机数的发生	201
2.11.4 符号数学和可视化应用	133	4.3.2 全局随机流、随机数组和统计分析	205
习题 2	139	4.4 多项式运算和卷积	213
第 3 章 数组运算及数组化编程	144	4.4.1 多项式的运算函数	213
3.1 数组、结构和创建	144	4.4.2 多项式拟合和最小二乘法	218
3.1.1 数组及其结构	144	4.4.3 两个有限长序列的卷积	223
3.1.2 行(列)数组的创建	146	习题 4	226
3.1.3 二维通用数组的创建	148	第 5 章 数据和函数的可视化	229
3.1.4 数组构作技法综合	152	5.1 引 导	229
3.2 数组元素编址及寻访	153	5.1.1 离散数据的可视化	229
3.2.1 数组元素的编址	153	5.1.2 连续函数的可视化	231
3.2.2 二维数组元素的寻访	155	5.1.3 图形对象分层结构和属性寻访	233
3.3 数组运算	157	5.2 二维曲线和图形	237
3.3.1 实施数组运算的算符	157	5.2.1 二维曲线绘制的基本命令 plot	238
3.3.2 实施数组运算的函数	162	5.2.2 轴系形态和标识	245
3.3.3 数组运算中的溢出及非数处理	163	5.2.3 多次叠绘、双纵坐标和多子图	254
3.3.4 数组化编程	164	5.2.4 获取二维图形数据的命令 ginput	259
3.4 矩阵及其运算	166	5.3 三维曲线和曲面	262
3.4.1 矩阵和数组的异同	166	5.3.1 三维线图命令 plot3	262
3.4.2 矩阵运算符和矩阵函数	167	5.3.2 三维曲面/网面图	263
3.4.3 矩阵化编程	170	5.3.3 曲面/网线图的精细修饰	267
习题 3	172	5.3.4 曲面绘制技巧	274
第 4 章 数值计算	174	5.4 高维数据可视化	278
4.1 数值微积分	174	5.4.1 等位线的绘制和标识	278
4.1.1 近似数值极限及导数	174	5.4.2 简单高维信息的三维表现	280
4.1.2 数值求和与近似数值积分	178	5.4.3 体数据可视化	283
4.1.3 计算精度可控的数值积分	180	5.5 动态变化图形	287
4.1.4 函数极值的数值求解	183	5.5.1 直接命令法生成动态图形	287
4.1.5 常微分方程的数值解	187	5.5.2 实时动画和影片动画	289
4.2 矩阵和代数方程	189		
4.2.1 矩阵的标量特征参数	189		

习题 5	295	.....	373
第 6 章 M 文件和函数句柄	301	习题 7	380
6.1 MATLAB 控制流	301	第 8 章 图形用户界面(GUI)	381
6.1.1 if - else - end 条件控制	301	8.1 图形用户界面入门示例	381
6.1.2 switch - case 控制结构	303	8.2 控件创建及应用示例	388
6.1.3 for 循环和 while 循环	305	8.3 菜单及工具图标的设计示例 ..	400
6.1.4 控制程序流的其他常用命令 ..	309	8.3.1 为界面配置标准菜单条和工具条	401
6.2 脚本文件和函数文件	309	.....	401
6.2.1 M 脚本文件	309	8.3.2 菜单定制和标准图标选用	402
6.2.2 M 函数文件	310	习题 8	406
6.2.3 局部变量和全局变量	310	附录 A 字符串、元胞及构架数组	408
6.2.4 M 函数文件的一般结构	311	.....	408
6.3 MATLAB 的函数类别	313	A.1 字符串数组	408
6.3.1 主函数	313	A.2 元胞数组	411
6.3.2 子函数	314	A.3 构架数组	412
6.4 函数句柄	318	附录 B 数码辅助文档使用指南	414
6.4.1 函数句柄概述	318	.....	414
6.4.2 具名函数句柄的有效创建	319	B.1 数码辅助文档概略	414
6.4.3 匿名函数及其句柄	326	B.2 配图文件夹[mfig]的内容及功用	414
6.5 MLX 实时脚本	329	.....	414
6.5.1 实时脚本引导	329	B.3 运行文件夹[mfile]的内容及功用	416
6.5.2 在实时编辑器中创建实时脚本	336	.....	416
.....	336	B.4 动图文件夹[mgif]的使用说明	417
习题 6	351	.....	417
第 7 章 Simulink 交互式仿真集成	352	附录 C MATLAB 命令索引	419
环境	352	C.1 标点及特殊符号命令	419
7.1 连续时间系统的建模与仿真 ..	352	C.2 主要函数命令	420
7.1.1 基于微分方程的 Simulink 建模	353	C.3 Simulink 模块	431
.....	353	参考文献	433
7.1.2 基于传递函数的 Simulink 建模	364		
.....	364		
7.2 离散时间系统的建模与仿真 ..	368		
7.3 Simulink 实现的元件级电路仿真			

第 1 章

基础准备及入门

本章目的:从感性了解入手,引导读者了解和掌握 MATLAB 最基本的操作环境、运作规则,以及遇到困难时的自助途径。

本章的第一节讲述:MATLAB 环境的启动。因为命令窗是 MATLAB 最重要的操作界面,所以本章用第 1.2、1.3 两节以最简单通俗的叙述、算例讲述命令窗的基本操作方法和规则。这部分内容几乎对 MATLAB 各种版本都适用。第 1.4、1.5 专门介绍 MATLAB 的历史命令窗、当前目录浏览器、工作区间、变量编辑器、M 文件编辑器。

为适应 MATLAB 图形显示系统的全面升级,本章第 1.6 节专门介绍图形窗的属性编辑器,以帮助读者感性地接受图形对象及属性设置对图形显示形态的影响。

鉴于实际应用中,帮助信息和求助技能的重要性,本章专设第 1.7 节叙述 MATLAB 的帮助体系和求助方法。

作者建议:不管读者此前是否使用过 MATLAB,都不要忽略本章。


1.1 MATLAB 桌面

1.1.1 MATLAB 桌面的启动

(1) 方法一

当 MATLAB 安装到硬盘上以后,一般会在 Windows 桌面上自动生成 MATLAB 的 LOGO 图标。在这种情况下,只要直接点击那图标即可启动 MATLAB,打开如图 1.2-1 的 MATLAB 操作桌面(Desktop)。注意:本书作者建议用户优先采用启动“方法一”。

(2) 方法二

假如 Windows 桌面上没有 MATLAB 图标,那么直接点击 MATLAB\bin 目录下的 matlab.exe,即可启动 MATLAB。当然,为今后操作方便,也可以为 matlab.exe 在 Windows 桌面上生成一个快捷操作图标  matlab。

1.1.2 MATLAB 桌面的布局

MATLAB R2018a 中文版操作桌面(Desktop)如图 1.1-1 所示。该桌面最上方有三个通栏工具带:主页(HOME)、绘图(PLOTS)和应用程序(APP)。

桌面(Desktop)的中下部分包含体现 MATLAB 特征的两个功能窗口:命令行窗口(也称

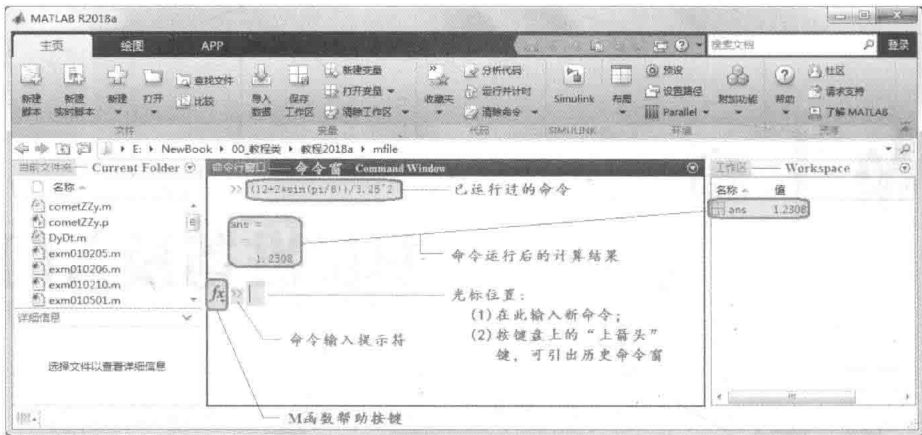


图 1.1-1 中文版 Desktop 操作桌面的外貌

命令窗(Command Window)、当前文件夹(Current Folder);工作区(即基本工作内存,Workspace)。其中命令行窗口是最基本、最重要、历史最悠久的窗口,它位于桌面正下方,占最大版面。

此外,在桌面右顶部还有包含帮助浏览器开启按钮(?)在内的快捷工具条,在工具带和功能窗口区之间有当前文件夹设置操作区。



值得指出的是:各功能窗与工具带上各种工具菜单的交互使用,可便捷地完成许多功能。关于它们功用的叙述将在此后分节展开。

1.2 命令窗运行入门


MATLAB 的使用方法和界面有多种形式。但最基本的,也是入门时首先要掌握的是:MATLAB 命令窗的基本表现形态和操作方式。本书作者相信,通过本节文字解释,读者将对 MATLAB 使用方法有一个良好的初始感受。

1.2.1 命令窗简介

MATLAB 命令窗默认地位于 MATLAB 桌面的中间,如图 1.2-1 所示。假如,用户希望 MATLAB 桌面只保留命令窗,而隐藏其他窗口,那么可采用以下操作步骤:

- 点击 MATLAB 桌面最右上角的“功能卡最小化”键,使那展开功能卡中的所有图标全部隐藏。
- 再右击命令窗右上角的键,在弹出菜单中,选择“最大化(Maximize)”菜单项,就可获得如图 1.2-1 所示的界面。

说明

- 若用户希望恢复原先的 MATLAB 桌面,则可采取以下操作实现。
 - 点击界面左上角的“主页”标签,引出工具带;
 - 再点击此工具带右下角“还原工具条”的图钉按钮,即可。
- 图 1.2-1 命令窗中显示的内容,为例 1.2-1 运行的情况。

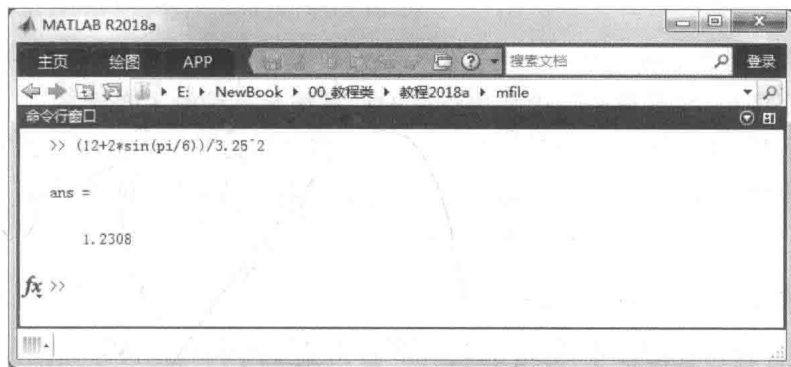


图 1.2-1 命令窗被最大化的桌面

1.2.2 最简单的计算器使用法

为易于学习,本节以算例方式叙述,并通过算例归纳一些 MATLAB 最基本的规则和语法结构。建议读者,在深入学习之前,先读一读本节。

例【1.2-1】 求 $\left[12+2\sin\frac{\pi}{6}\right]\div 3.25^2$ 的运算结果。本例演示:最初步的命令输入形式和必需的操作步骤;数学表达式和 M 码表达式的区别。

- 1) 用键盘在 MATLAB 命令窗的 >> 提示符后输入以下内容(参见图 1.1-1 或图 1.2-1)
`(12+2*sin(pi/6))/3.25^2`
- 2) 在上述表达式输入完成后,按[Enter]键,执行该命令,并显示如下结果。

```
ans =
    1.2308
```

说明

- 本例在命令窗中实际运行的情况参见图 1.2-1。
- 命令行“头首”的“>>”是命令输入提示符,它是自动生成的。为使本书简洁,在此后的输入命令前将不再附带提示符“>>”。
- MATLAB 的运算符(如+、-、*、/等)都是各种计算程序中常见的习惯符号;表达式中的 pi 表示圆周率 π 。
- 一条命令输入结束后,必须按[Enter]键,那命令才被执行。
- 由于本例输入命令是“不含赋值号的表达式”,所以计算结果被赋给 MATLAB 的一个默认变量“ans”。它是英文“answer”的缩写。ans 被保存在 MATLAB 的基本工作内存中,请参见图 1.1-1“工作区(Workspace)”。

例【1.2-2】 “续行”输入法。本例演示:或由于命令太长,或出于某种需要,输入命令行必须多行书写时,该如何处理。

```
S=1-1/2+1/3-1/4+ ...
1/5-1/6+1/7-1/8
S =
    0.6345
```

说明

- MATLAB 用 3 个或 3 个以上的连续“.”表示“续行”，即表示下一行是上一行的继续。
- 本例命令中包含“赋值号”，因此表达式的计算结果被赋给了变量 S。
- 命令执行后，变量 S 会自动地被保存在 MATLAB 的 Workspace 工作内存中，以供后用。如果用户不用 clear 命令清除它，或对它重新赋值，那么该变量会一直保存在工作内存中，直到本 MATLAB 被关闭为止。

1.2.3 数值、变量和表达式

1.2.2 小节算例只是演示了“计算器”功能，那仅是 MATLAB 全部功能中九牛一毛。为深入学习 MATLAB，有必要系统介绍一些基本规定。本节先介绍关于变量的若干规定。

1. 数值的记述

(1) 变量赋值——数值运算的前提

与任何实施数值计算的语言一样，MATLAB 进行数值计算的前提是：参与运算的所有变量必须是已被赋值，并存在于工作内存之中。比如，计算 $a * \sin(b)$ 的前提是，内存中必须有变量 a 和 b；假如没有，那就必须在运行 $a * \sin(b)$ 之前，先对变量 a 和 b 分别赋值。

(2) 输入数值的 M 码表述

在 MATLAB 中，数值最常用带正负号和小数点的十进制记述。这种十进制浮点数，既可采用诸如 9.456、-0.003421 等所谓简单记述形式表示，也可以采用诸如 $1.3e-3$ 、 $-4.5e12$ 等科学记述形式（可参见表 1.3-1）。常见的浮点记述示例如下：

3 -99 0.001 9.456 +4.5e33

在采用 IEEE 浮点算法的计算机上，数值默认地采用“占用 64 位内存的双精度”表示。其相对精度为 2^{-52} ，即大约保持 16 位有效数字，而可表达的实数数值范围在 10^{-308} 到 10^{308} 之间。

2. 变量命名规则

- 变量名、函数名是对字母大小写敏感的。如变量 myvar 和 MyVar 表示两个不同的变量。sin 是 MATLAB 定义的正弦函数名，但 SIN, Sin 等都不是。
- 变量名的第一个字符必须是英文字母，最多可包含 63 个字符（英文、数字和下连符）。如 myvar201 是合法的变量名。
- 变量名中不得包含空格、标点、运算符，但可以包含下连符。如变量名 my_var_201 是合法的，且读起来更方便。而 my,var201 由于逗号的分隔，表示的就不是一个变量名。
- 用户定义变量名的两个忌讳：
 - 用户变量名不应与 MATLAB 关键词（如 for, if/else, end 等）同名。
 - 用户变量名尽量不与 MATLAB 自用的变量名（如 eps, pi 等）、函数名（如 sin, eig 等）、文件夹名（如 rtw, toolbox 等）相同。
- 为帮助用户判断所定义变量名（如 UserName）是否与 MATLAB 关键词相同，是否与 MATLAB 自用变量名、函数名、文件夹名相同，可借助 MATLAB 的如下两个命令进行检验。假设用户想使用的变量名为 VarName，则可具体的检验操作如下。