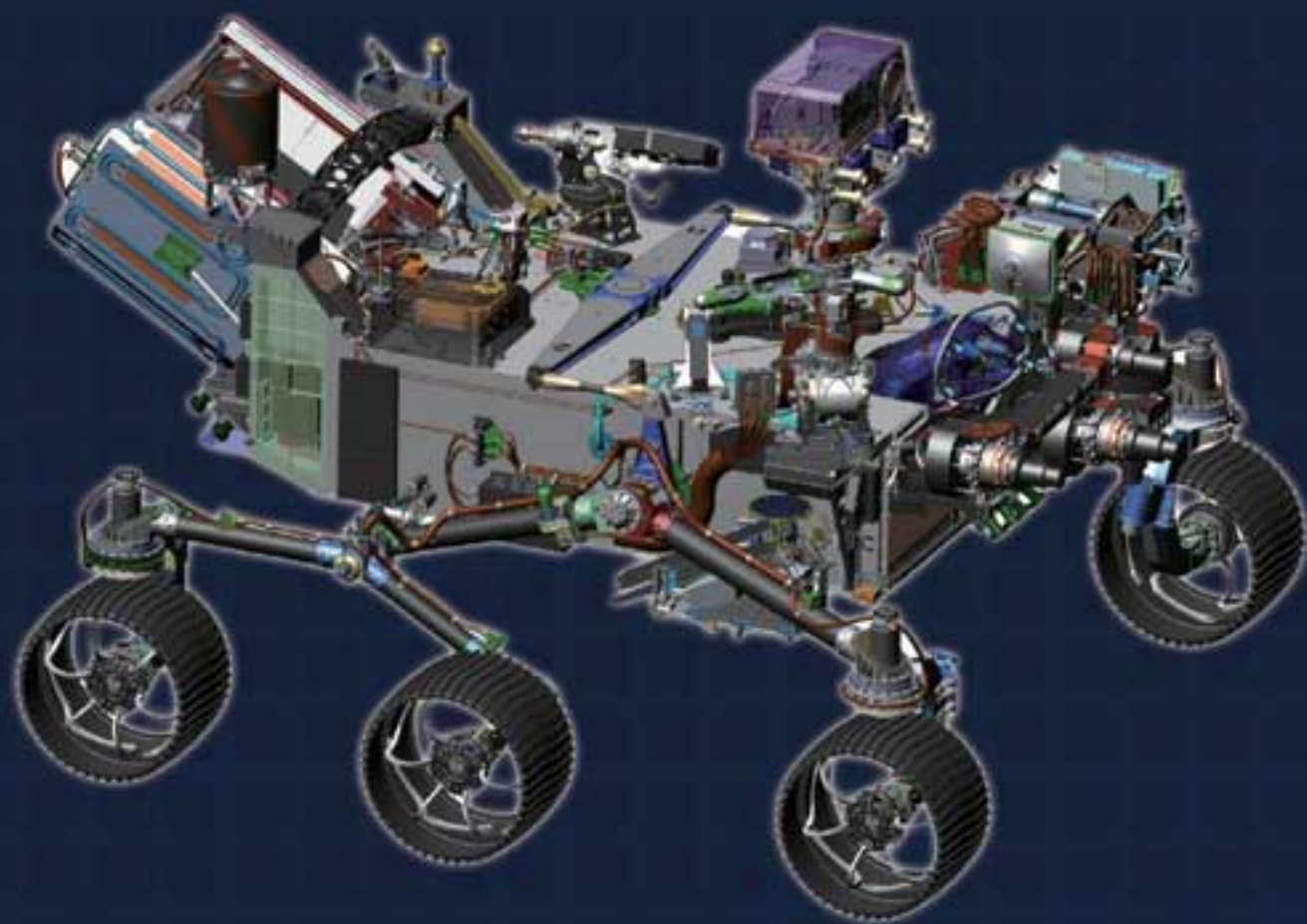


国外计算机科学经典教材

MATLAB编程和 工程应用 (第4版)

[美] 威廉·帕尔姆(William J. Palm III) 著
张 鼎 等译

MATLAB for Engineering Applications, Fourth Edition



国外计算机科学经典教材

MATLAB 编程和工程应用

(第 4 版)

[美] 威廉·帕尔姆(William J. Palm III) 著
张鼎 等译

清华大学出版社

北 京

William J. Palm III

MATLAB for Engineering Applications, Fourth Edition

EISBN: 978-1-260-08471-9

Copyright © 2019 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and Tsinghua University Press Limited. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Translation copyright © 2019 by McGraw-Hill Education and Tsinghua University Press Limited.

版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和清华大学出版社有限公司合作出版。此版本经授权仅限在中国大陆地区销售，不能销往中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区。

版权©2019 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与清华大学出版社有限公司所有。

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2018-4941

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 编程和工程应用(第4版) / (美) 威廉·帕尔姆 (William J. Palm III) 著；张鼎等译. —北京：清华大学出版社，2019

(国外计算机科学经典教材)

书名原文: MATLAB for Engineering Applications, Fourth Edition

ISBN 978-7-302-52725-1

I. ①M… II. ①威… ②张… III. ①Matlab 软件—程序设计—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 063185 号

责任编辑：王 军 韩宏志

封面设计：孔祥峰

版式设计：思创景点

责任校对：牛艳敏

责任印制：丛怀宇

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编：100084

社总机：010-62770175

邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：三河市龙大印装有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：190mm×260mm

印 张：27.25

字 数：882 千字

版 次：2019 年 6 月第 1 版

印 次：2019 年 6 月第 1 次印刷

定 价：98.00 元

产品编号：080740-01

译者序

MATLAB 是当今最重要的科学计算与工程设计工具软件之一。它具有强大的数值分析、矩阵计算、数据可视化及系统建模与仿真功能，在工程计算、控制系统设计、信号处理、图像处理、金融分析等领域得到广泛应用并深受欢迎。各行各业的工程师和理工科大学生都离不开它的帮助。

市面上介绍 MATLAB 的图书很多，有系统介绍所有操作和各类功能的工具书，也有聚焦于高级功能的应用示例书，还有专注编程的代码大全。而集上述三者于一身，并适合零基础读者的教科书却十分少见。本书填补了该方面的空白，可以为目标读者提供一站式服务。

本书作者 William J. Palm III 教授长期从事控制系统教学和科研工作，具有丰富的行业 and 教学经验。本书就是他多年为大一学生开设的 MATLAB 课程的珍贵经验总结，内容详明，示例生动，思考题和习题丰富，使得读者能快速上手，从基础运算到解决应用问题，逐步掌握 MATLAB 最重要和最核心的功能，并始终感受到 MATLAB 操作简洁、界面友好、功能强大等突出特点。

本书主要由张鼎翻译。此外，参与本书翻译的还有肖国尊、杨明军、肖新友、肖有文、颜炯、韩智文、张杰良、胡季红、李辉、马蓉、李新军、易民全、姚建军、鲍春雷、甘信生、郝雪松、凌栋、王发云、王继云、赵建军、朱宝庆、朱钱等。Be Flying 工作室负责人肖国尊负责本书翻译质量和进度的控制与管理。敬请广大读者提供反馈意见。我们会仔细查阅读者发来的每一封邮件，尽快回应读者的问题。

作者简介

William J. Palm III 现任罗德岛大学机械工程系荣誉教授。1966 年，他获得巴尔的摩约拉大学学士学位；1971 年获得伊利诺伊州埃文斯顿(Evanston, Illinois)西北大学机械工程和航天学博士学位。

在 44 年的教学生涯中，他讲授了 19 门课程。其中的一门就是他为大一学生开设的 MATLAB 课程，并先后编写了 8 本教科书，涉及建模与仿真、系统动力学、控制系统和 MATLAB。其中包括 *System Dynamics*, 3rd ed (McGraw-Hill, 2014)。他还在 *Mechanical Engineers' Handbook*, 3rd ed(Wiley, 2016)中撰写过一章有关控制系统的内容，并且是 J. L. Meriam 和 L. G. Kraige 合著的 *Statics and Dynamics* (Wiley, 2002)的特约撰稿人。

Palm 教授的研究和行业经验涉及控制系统、机器人、振动和系统建模。1985 年到 1993 年，他担任罗德岛大学机器人研究中心主任，是机械手专利的共同持有者；2002 年到 2003 年，他代理系主任。此外，他还具有自动化制造、海军系统建模和仿真(包括水下航行器和跟踪系统)、水下航行器发动机试验装置控制系统设计等行业实践经验。

前 言

以前, MATLAB 主要在信号处理和数值分析领域供专业人员使用, 如今, 它已经受到整个工程界广泛而热情的欢迎。许多工科院校都在教学计划的初期安排有完整或部分基于 MATLAB 的课程。MATLAB 还支持编程, 并且具有与其他编程语言相同的逻辑、关系、条件和循环结构, 因此, 它也可用于讲授编程原理。大多数院校还将 MATLAB 作为教学中使用的主要计算工具。在信号处理和控制系统等技术专业中, MATLAB 被当作分析和设计的标准软件包。

MATLAB 之所以普及, 首先是因为它历史悠久、功能强大且经过了充分测试, 用户都信赖它的计算结果。其次是因为它的用户界面包含易于使用的交互式环境, 且具备可扩展的数值计算和可视化能力。再次, MATLAB 非常简洁也是一大优势。例如, 您只需要使用三行代码就能求解包含许多线性代数方程的方程组, 而这是传统编程语言难以做到的。最后, MATLAB 还是可扩展的; 目前, 它包含超过 30 个涉及不同应用领域的“工具箱”, 以用于增加新的命令和功能。

MATLAB 支持 MS Windows 和 Macintosh 个人电脑及其他操作系统。它兼容所有这些平台, 使得用户可以共享他们的程序、见解和想法。本书针对的软件版本是 MATLAB 9.3 (R2017b)。第 9 章中的部分内容基于 Control System toolbox(控制系统工具箱)10.3 版, 第 10 章的内容基于 Simulink 9.0 版, 第 11 章基于 Symbolic Math toolbox(符号数学工具箱)8.0 版。

本书的目标和先决条件

本书的首要目标是专门介绍 MATLAB, 它既可作为入门课程的自学教材或补充教材, 也可作为参考书。本书的内容以作者为工科院校大一学生开设的 MATLAB 必修双学分学期课程的教案为基础。书中许多表格及附录中的参考资料都是基于这个目标而设计的。本书的第二个目标是介绍和加强问题求解方法的运用, 这些方法在工程专业的实践中通常都会用到, 且特别适用于采用计算机求解问题。第 1 章将重点介绍这种方法。

本书的读者应具备基本的代数和三角学知识。前 7 章的内容不需要微积分的知识。为了理解部分例题, 还需要掌握一些高中的化学、物理知识, 主要是基本的电路、基础静力学和动力学知识。

内容组织

与上一版相比, 本书做了更新, 包含新功能、新函数以及语法和函数名变更等内容, 还采纳了审稿人和其他用户提出的许多建议, 并增加了例题和作业习题。

全书共分 11 章。前 5 章是 MATLAB 的基础课程。其余 6 章的内容相互独立, 涵盖了 MATLAB、控制系统工具箱、Simulink 以及符号数学工具箱等高级应用。

第 1 章概述 MATLAB 的功能, 包括它的窗口和菜单结构, 并介绍了问题求解方法学。

第 2 章介绍数组的概念——数组是 MATLAB 中最基本的数据元素, 该章还描述了如何使用数值数组、单元数组和结构数组进行基本的数学运算。

第 3 章介绍函数和文件的使用。MATLAB 自带了数量极其庞大的内置数学函数, 而且允许用户定义自己的函数, 并将其保存为文件以便重用。

第 4 章介绍 MATLAB 编程, 涉及关系运算符、逻辑运算符、条件语句、for 循环、while 循环以及 switch 结构。本章主要介绍在仿真方面的应用, 占用一节的篇幅专门对此做了介绍。

第 5 章介绍二维和三维绘图。首先介绍具有专业外观且重要的图形的标准。根据作者的经验, 很多新生并不了解这些标准, 因此需要在该章中重点介绍一下。接下来, 该章还介绍用于生成不同类型图形以及控制图形外观的 MATLAB 命令。5.1 节特别介绍新版本 MATLAB 增加的实时编辑器(Live Editor)。实时编辑器非常重要。

第 6 章涵盖函数探索。函数探索既可以用数据图揭示数据的数学描述, 又是构建模型的实用工具。函数探索是常见的图形应用, 因此用了单独一节篇幅专门讨论这个主题。该章还涉及多项式和多元线性回归建模。

第 7 章首先回顾统计和概率论基础知识, 然后展示如何利用 MATLAB 生成直方图并用正态分布进行计算, 以及如何创建随机数生成器。最后介绍线性 and 三阶样条插值。

第 8 章介绍在所有工程领域中都存在的线性代数方程的求解方法。首先建立一些对于正确使用计算方法必需的相关术语和重要概念, 接着展示如何用 MATLAB 求解具有唯一解的线性方程组。该章还介绍欠定和超定系统。

第 9 章讨论求解微积分和微分方程的数值方法, 包括数值积分法和数值微分法。还介绍包含在 MATLAB 核心程序中的常微分方程求解器, 以及 Control System toolbox(控制系统工具箱)中的线性系统求解器。对于那些不熟悉微分方程的读者来说, 该章可为第 10 章提供一些背景知识。

第 10 章介绍 Simulink, 它是构建动态系统仿真的图形界面。Simulink 越来越受欢迎, 在工业上的应用也越来越多。MathWorks 公司为 LEGO MINDSTORMS、Arduino 和 Raspberry Pi 这些深受无人机和机器人控制研究人员和爱好者欢迎的计算机硬件提供了 Simulink 支持包。利用这些支持包, 就能开发和仿真相关算法, 并最终能在所支持的硬件上独立运行。支持包还包括用于配置和访问硬件传感器、执行器和通信接口的 Simulink 模块库。当算法在硬件上实时运行时, 还可以通过 Simulink 模块在线调整参数。MathWorks 提供了在线的活跃用户社区, 在那里可以浏览应用程序并下载文件。第 10 章还介绍一些有关机器人车辆的应用。

第 11 章介绍处理代数表达式, 以及求解代数和超越方程、微积分、微分方程和矩阵代数问题的符号方法。微积分应用包括积分和微分、最优化、泰勒级数、级数计算和极限等。该章还介绍如何利用拉普拉斯变换法求解微分方程。该章需要使用 Symbolic Math(符号数学)工具箱。

附录 A 是本书涉及的命令和函数的使用指南。附录 B 介绍利用 MATLAB 制作动画和声音, 虽然这在学习 MATLAB 并不是必要的, 但这些功能有助于培养学生的兴趣。附录 C 总结了创建格式化输出的函数。附录 D 是参考文献列表。附录 E 位于本书网站上, 其中包括对课程计划的建议, 而且基于作者为大一学生讲授 MATLAB 课程的经验。本书最后是部分习题的答案。

本书所有的图、表格、公式和习题都按照章节编号。例如, 图 3.4-2 是第 3 章第 4 节的第 2 个图。这种编码规则能帮助读者迅速找到这些内容。为了避免与章内思考题编号混淆, 每章末尾的习题并没有按照上述规则编号, 而是按照数字 1、2、3 的自然顺序编号。

本书特色

本书具有以下特色, 因此具有较强的参考性。

- 每一章都用表格总结该章介绍的命令和函数。
- 附录 A 是对本书所有命令和函数的全面总结。并按照类别分组。
- 每章结尾处都列出了该章介绍的关键术语。

教学辅助

本书使用的教学辅助方法包括:

- 每章开头都有概述。
- 每章的相关内容附近都有思考题来检验读者的理解情况。这些相对简单的思考题可帮助读者在

阅读过程中及时评估对所学内容的理解情况。大多数情况下，思考题的答案都伴随思考题一起给出。在遇到这些题目时，学生应该完成它们。

- 每章结尾都有许多根据节的顺序分组的习题。
- 每章都包含许多实例。重要的例题还有编号。
- 每章都有一节总结内容，其中回顾了该章的目标。
- 本书的最后给出了部分章尾习题的答案。

本书的两大特色可以激励学生学习 MATLAB 和工程专业：

- 大部分例题和习题都涉及工程应用。它们都来自各工程领域，并且展示出 MATLAB 的实际应用。
- 每章的首页上都有一张最新工程成就的照片，展示了 21 世纪的工程师们面临的挑战和有趣的机遇。每张照片还配有描述、与之相关的工程学科，以及 MATLAB 如何在这些学科中应用等内容。

本书格式约定

本书的格式约定比较复杂。在阅读本书前，请注意以下约定。

(1) 对于所有 MATLAB 命令(包括命令中涉及的向量名、矩阵名以及其他变量名)、用户在计算机输入的任何文本，以及屏幕上出现的任何 MATLAB 响应，都显示为正体。具体分为两种情况：

a. 在代码块中用等宽字体表示，例如：

```
>>x=0:0.01:7;
>>y=3*cos(2*x);
>>plot(x,y),xlabel('x'),ylabel('y')
```

b. 在正文的文字描述中(非代码部分)，用新罗马字体表示。例如：“在 MATLAB 中，当您输入 $y = \text{logical}(9)$ 时， y 就会被赋值为逻辑 1 并发出警告”。

(2) 对于正规数学课本中的向量名、矩阵名以及其他变量名(指在 MATLAB 之外使用的名称；对于在 MATLAB 中使用、输入和输出的名称，仍遵循第(1)条)，分为以下两种情况：

- a. 向量名、矩阵名用斜体加粗表示，例如：“用向量 $\mathbf{c}$ 代替矩阵 $\mathbf{B}$ 的第 2 行”。
- b. 其他一般数学意义的变量名用斜体表示，例如 $y = 6x$ 。

网上资源

网上有教师手册可供采用本书的教师使用。该手册包含了所有测试理解情况的思考题和所有章习题的完整答案。还有可供下载的文件，包括涉及课程内容和建议的 PowerPoint 幻灯片。

如果需要获得这些资料，请填写本书末尾的“麦格劳-希尔教育教师服务表”，与销售代表联系。

MATLAB 的信息

有关 MATLAB 和 Simulink 的产品信息，请联系：

MathWorks 公司

3 Apple Hill Drive

Natick, MA, 01760-2098 USA

电话：508-647-7000

传真：508-647-7001

电子邮箱：info@mathworks.com

网址：www.mathworks.com

如何购买：www.mathworks.com/store

致谢

很多人都为本书做出了值得称赞的帮助。与罗德岛大学的教员一起开发和讲授大一学生 MATLAB 课程的经历，对本书的帮助极大。许多读者还通过电子邮件提出了很多有用的建议。为此，作者对他们的贡献表示感谢。

MathWorks 公司一直以来都非常支持教育出版事业。我特别要感谢 MathWorks 公司 Naomi Fernandes 给予我的帮助。McGraw-Hill 教育出版社的 Thomas Scaife、Jolynn Kilburg、Laura Bies、Lora Neyens 和 Kate Scheinman 高效地完成了手稿审查并指导了本书的出版工作。

我的姐姐 Linda 和 Chris，还有我的妈妈 Lillian 一直为我的工作加油。我的父亲生前也一直支持我。最后，我要感谢我的妻子 Mary Louise，以及我的孩子 Aileene、Bill 和 Andy，感谢他们对我编写本书的理解和支持。

William J. Palm III
于罗德岛金士顿市

目 录

第 1 章 MATLAB 概述.....	2	4.8 调试 MATLAB 程序.....	139
1.1 MATLAB 交互式会话.....	3	4.9 仿真.....	141
1.2 工具条.....	11	4.10 总结.....	146
1.3 内置函数、数组和图形.....	12	习题.....	146
1.4 文件操作.....	16	第 5 章 高级绘图.....	159
1.5 MATLAB 帮助系统.....	21	5.1 xy 绘图函数.....	159
1.6 问题求解方法论.....	23	5.2 其他命令和图形类型.....	166
1.7 总结.....	28	5.3 MATLAB 中的交互式绘图.....	176
习题.....	29	5.4 三维图.....	180
第 2 章 数值数组、单元数组和结构数组.....	35	5.5 总结.....	185
2.1 一维和二维数值数组.....	35	习题.....	185
2.2 多维数值数组.....	42	第 6 章 建模与回归.....	193
2.3 对应元素运算.....	42	6.1 函数探索.....	193
2.4 矩阵运算.....	50	6.2 回归.....	201
2.5 使用数组的多项式运算.....	59	6.3 Basic Fitting 界面.....	210
2.6 单元数组.....	62	6.4 总结.....	213
2.7 结构数组.....	63	习题.....	213
2.8 总结.....	67	第 7 章 统计、概率和插值.....	221
习题.....	67	7.1 统计和直方图.....	221
第 3 章 函数.....	80	7.2 正态分布.....	225
3.1 基本数学函数.....	80	7.3 生成随机数.....	229
3.2 自定义函数.....	85	7.4 插值.....	235
3.3 其他函数类型.....	95	7.5 总结.....	242
3.4 文件函数.....	100	习题.....	243
3.5 总结.....	102	第 8 章 线性代数方程组.....	248
习题.....	102	8.1 线性方程组的矩阵方法.....	248
第 4 章 MATLAB 编程.....	107	8.2 左除法.....	251
4.1 程序设计与开发.....	107	8.3 欠定系统.....	255
4.2 关系运算符和逻辑变量.....	112	8.4 超定系统.....	262
4.3 逻辑运算符和函数.....	114	8.5 通用方程组求解程序.....	264
4.4 条件语句.....	119	8.6 总结.....	266
4.5 for 循环.....	125	习题.....	267
4.6 while 循环.....	134		
4.7 switch 结构.....	137		

第 9 章 微积分和微分方程的数值解法	276
9.1 数值积分	276
9.2 数值微分	282
9.3 一阶微分方程	285
9.4 高阶微分方程	291
9.5 线性微分方程的特殊解法	294
9.6 总结	303
习题	304
第 10 章 Simulink	311
10.1 仿真图	311
10.2 Simulink 简介	313
10.3 线性状态变量模型	317
10.4 分段线性模型	319
10.5 传递函数模型	324
10.6 非线性状态变量模型	326
10.7 子系统	328
10.8 模型的死区时间	332
10.9 非线性车辆悬挂模型的仿真	334
10.10 控制系统和“硬件在回路” 测试	337
10.11 总结	344
习题	344
第 11 章 MATLAB 的符号处理	352
11.1 符号表达式和代数	353
11.2 代数和超越方程	359
11.3 微积分	364
11.4 微分方程	373
11.5 拉普拉斯变换	378
11.6 符号线性代数	385
11.7 总结	388
习题	389
附录 A 本书使用的命令和函数指南	397
附录 B MATLAB 中的动画和声音	409
附录 C MATLAB 中的格式化输出	416
附录 D 参考文献	419
部分习题答案	420



图片来源：NASA

21 世纪的工程学……

远程勘查

还要很多年人类才能到其他星球旅行。在此之前，我们对宇宙认知的快速增长还主要依赖于无人探测器。随着技术的发展，无人探测器更加可靠、功能更多，因此未来的使用也会更趋广泛。我们需要更好的传感器来完成成像和其他数据收集任务。改进后的机器人装置将使这些探测器更加自动化，它不仅能观察环境，还能更好地与环境互动。

1997 年 7 月 4 日，美国宇航局的“旅居者” (Sojourner) 行星探测车在火星上着陆，地球上兴奋的人们看着它成功地在火星表面勘查，确定车轮与土壤的相互作用关系，分析岩石和土壤成分，并且回传着陆器的图像以便进行损伤评估。

到 2004 年初，两款改进的探测车，“勇气号” (Spirit) 和“机遇号” (Opportunity)，在火星的另一面着陆。作为 21 世纪重大发现之一，它们获得了火星上曾经存在大量水的强有力证据。虽然它们计划只在火星上工作 90 天，但是“勇气号”却一直工作了 5 年，直到 2009 年才陷入困境，并在 2010 年停止通信。由于内部温度过低，“勇气号”很可能已经失去了动力。截至 2016 年，“机遇号”仍处于活跃状态，它已经超龄运行了 12 个地球年，这几乎是其设计寿命的 50 倍。

2012 年，“好奇号” (Curiosity) 探测车经过 5.63 亿千米的飞行之后在火星上着陆，着陆地点距离其预定位置仅相差不到 2.4 千米。“好奇号”主要用于调查火星的气候和地质；评估盖尔 (Gale) 陨石坑是否拥有适合微生物生存的环境，进而确定其作为未来人类探索站的可居住性。“好奇号”的质量为 899 千克，其中包括 80 千克的仪器。探测车长 2.9 米、宽 2.7 米、高 2.2 米。

除了携带的科学仪器外，“好奇号”的主要系统还包括用于供电的放射性同位素热电发电机、由电子加热器和泵浦流体系统组成的温度管理系统、两台计算机、带有摄像头的导航系统以及数套通信系统。“好奇号”采用的摇杆-转向架 (rocker-bogie) 悬挂系统，安装有 6 个 50 厘米直径的轮子，离地间隙达到 60 厘米，从而能够越过近 65 厘米高的障碍物。根据条件，当使用自动导航系统时，好奇号最大平均速度约为 200 米/天。

探测车项目涉及各个工程学科。从运载飞船火箭推进系统设计、行星轨道计算，到探测车系统设计，这些应用中很多都要用到 MATLAB。MATLAB 非常适合辅助设计师设计像火星探测车这样的未来探测器和自动化车辆。

MATLAB 概述

内容提要

- 1.1 MATLAB 交互式会话
- 1.2 工具条
- 1.3 内置函数、数组和图形
- 1.4 文件操作
- 1.5 MATLAB 帮助系统
- 1.6 问题求解方法论
- 1.7 总结
- 习题

这是本书最重要的一章。学完本章后，您就能够使用 MATLAB 解决很多类型的问题。第 1.1 节简要介绍 MATLAB 作为交互式计算器的功能。第 1.2 节介绍主菜单和工具条。第 1.3 节介绍内置函数、数组和图形。第 1.4 节讨论如何创建、编辑和保存 MATLAB 程序。第 1.5 节介绍强大的 MATLAB 帮助系统。第 1.6 节介绍工程问题的解决方法。

如何学习本书

本书的章节组织非常灵活，可以满足不同用户的需要。但是，前四章最好按照顺序来阅读，这很重要。第 2 章介绍数组，这是 MATLAB 的基本构件。第 3 章介绍文件的使用、MATLAB 内置函数以及自定义函数。第 4 章介绍使用关系和逻辑运算符、条件语句和循环语句进行编程。

第 5 到 11 章的内容相互独立，可以按照任意的顺序阅读。这几章深入讨论如何使用 MATLAB 解决几种常见问题。第 5 章详细介绍二维图和三维图。第 6 章展示如何使用绘图工具根据数据构建数学模型。第 7 章介绍概率、统计和插值应用。第 8 章对超定和欠定的线性代数方程求解方法进行更深入的研究。第 9 章介绍求解微积分和常微分方程的数值方法。第 10 章的主题是 Simulink^{*}，它为求解微分方程模型提供了一个图形用户界面。第 11 章介绍如何利用 MATLAB 的符号数学工具箱进行符号处理，并应用于代数、微积分、微分方程、变换和特殊函数。请注意，本书格式约定较复杂，请参阅前言中的“本书格式约定”。

参考信息和学习辅助材料

本书旨在作为一本 MATLAB 参考书和学习工具。为了实现这个目的，本书具有以下特点：

^{*} Simulink 和 MuPAD 是 MathWorks 公司的注册商标。

- 每章的页边注中都标明了新介绍的术语。
- 每章中都有简短的“您学会了吗？”思考题，并且在适当的地方将答案直接附在思考题后面，以便考查您对新知识的掌握程度。
- 每章结尾都有作业习题。这些题通常比“您学会了吗？”思考题更难。
- 每章都有本章介绍的 MATLAB 命令汇总表。
- 每章的结尾都有：
 - 学完本章后您能做什么的总结。
 - 您应该掌握的关键术语列表。
- 附录 A 包含 MATLAB 命令表，这些命令按照类别分组。

1.1 MATLAB 交互式会话

现在演示如何启动 MATLAB、如何进行基本计算，以及如何退出 MATLAB。

启动 MATLAB

在 Windows 系统中，双击 MATLAB 图标就能启动 MATLAB。然后就会看到 MATLAB 桌面(Desktop)。桌面用于管理命令窗口、帮助浏览器和其他工具。不同版本的 MATLAB，其桌面样式可能略有不同，但是基本功能与我们接下来介绍的内容十分相似。MATLAB R2017b 版本的默认桌面外观如图 1.1-1 所示，共包含四个窗口。中央是命令窗口(Command Window)，右边是工作空间(Workspace)窗口，左下角是详情(Details)窗口，左上角是当前文件夹(Current Folder)窗口。桌面的顶部依次是一行菜单名和一行图标，这些图标又被称为工具条(Toolstrip)。默认桌面显示三个选项卡，分别是 HOME(主页)、PLOTS(图形)和 APPS(应用)，如何使用它们将在 1.2 节介绍。在选项卡的右边是一个快捷按钮框，它们使您能够轻松地访问常用的功能。快捷按钮框中的其他项用于更高级的功能，在初始时并未激活。本章随后介绍各个菜单。

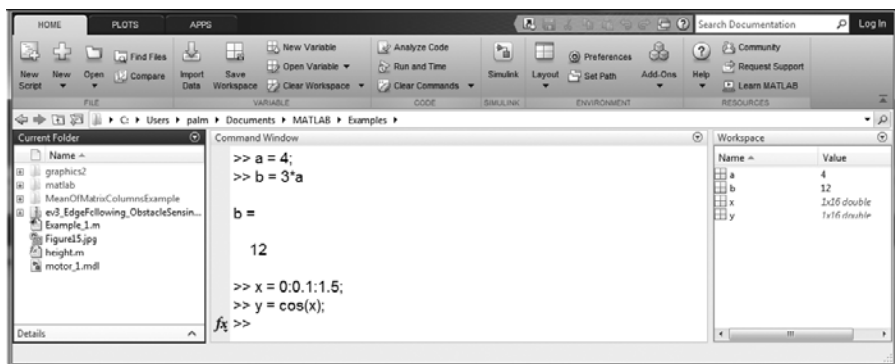


图 1.1-1 MATLAB R2017b 版本的默认桌面

通过在命令窗口中输入“命令”“函数”或“语句”等各种指令，您就能与 MATLAB 程序进行通信。稍后，我们还将讨论这些指令的区别。为简单起见，我们先将这些指令统称为“命令”。MATLAB 显示提示符(>>)表明它已经准备好接收指令了。在给 MATLAB 下达指令前，要确保光标位于提示符之后。如果光标位置不对，请用鼠标移动光标。学生版 MATLAB 的提示符是 EDU >>。本书都采用正规的提示符>>来说明这是一条命令。图 1.1-1 的命令窗口中显示了一些命令及其计算结果。这些命令将在本章后面介绍。

默认的桌面上还有另外三个窗口。当前文件夹窗口很像文件管理器窗口；您可以用它访问文件。双击扩展名为.m 的文件名，就能在 MATLAB 编辑器中打开该文件。第 1.4 节将介绍 MATLAB 编辑器。图 1.1-1 显示了本书作者的 Examples 文件夹中的文件。

当前文件夹窗口的下面是详情窗口。它显示该文件的第一个注释(如果有的话)。请注意，当前文件

夹显示四种类型的文件,依次是 MATLAB 脚本文件、JPEG 图形文件、MATLAB 自定义文件以及 Simulink 模型文件。这些文件的扩展名分别是 .M、.jpg、.m 和 .mdl。每个文件类型都有各自的图标。文件夹中允许包含其他类型的文件。

Workspace(工作空间)窗口位于屏幕右侧,它可以显示在命令窗口中创建的变量。双击变量名就可以打开 Variables Editor(变量编辑器),这将在第 2 章中讨论。

如果愿意,还可以改变桌面的外观。例如,要想关闭一个窗口。只要单击右上角的关闭窗口按钮(×)即可。若想使窗口浮动或将它从桌面上分离出来,只要单击弯曲箭头按钮即可。浮动窗口可以在屏幕上自由移动。可用同样的方式操作其他窗口。要恢复到默认配置,可以单击工具栏中的 Layout (布局)按钮,然后选择 Default (默认)。

您学会了吗?

T1.1-1 请在 MATLAB 桌面上试一试。在提示符后输入 `ver`, 就可以查看正在使用的 MATLAB 的版本号以及有关计算机的详细配置。如果使用的 MATLAB 版本不是 R2017a, 则请设法找出本节介绍的那些窗口。请查看一下工具栏, 然后将其调整成图 1.1-1 的样子。

输入命令和表达式

要想知道使用 MATLAB 是多么简单, 那不妨试试看。首先将光标调整到命令窗口的提示符后面。若要计算 8 除以 10, 就输入 `8/10` (“/”是 MATLAB 的除法运算符), 再按下 Enter 键。您输入的内容和 MATLAB 的响应结果在屏幕上显示如下(我们将您和 MATLAB 的这种交互称为交互式会话(interactive session), 简称为会话(session)。请注意, 符号 `>>` 会自动出现在屏幕上, 并不需要您输入。

会话

```
>> 8/10
ans =
    0.8000
```

MATLAB 会截断数值结果。MATLAB 在计算时采用高精度格式, 但是在显示时, 除非结果是整数, 默认情况下通常只显示结果的小数点后四位。

如果您输入错了, 则只要按下 Enter 键, 再重新输入即可。暂时忽略掉您看到的任何错误消息吧。

使用变量 MATLAB 将最新的答案赋值给变量 `ans`。`ans` 是 `answer`(答案)的缩写。MATLAB 中的变量是用来保存数值的符号。您可以用变量 `ans` 做进一步的计算; 例如, 使用 MATLAB 的乘法运算符(`*`), 可以得到:

```
>> 5*ans
ans =
     4
```

请注意, 完成乘法计算后, 变量 `ans` 的值变成了 4。

还可以用各种变量来写数学表达式。不是必须要用默认变量 `ans`, 也可以将结果赋值给您自己选择的变量。例如用变量 `r`, 完成如下操作:

```
>> r=8/10
r =
    0.8000
```

我们称之为赋值语句。变量(且只有变量)总是位于 `=` 号左边。符号 `=` 被称为赋值(assignment)或替换(replacement)运算符, 它和数学等号的用法不同。上述语句的意思是“将 8 除以 10 的结果赋给变量 `r`”。

如果再在提示符后输入 `r` 并按 Enter 键, 就将看到:

```
>> r
r =
    0.8000
```

从而可以证明变量 r 的值已变为 0.8。还可以使用该变量继续进行计算。例如：

```
>> s=20*r
s=
    16
```

常见的一种错误是忘记输入乘法符号 $*$ ，而像代数中那样输入表达式，比如 $s=20r$ 。如果在 MATLAB 中输入这条语句，就会得到一条错误消息。

在语句行中增加空格可以提高表达式的可读性；例如，在等号 $=$ 和乘号 $*$ 的前、后各加一个空格(若您想这样做的话)。因此，也可以这样输入：

```
>> s = 20 * r
```

MATLAB 在进行计算时会自动忽略空格。但有一种例外情况，我们将在第 2 章中讨论。

优先级

标量(scalar)是单独的一个数字。标量型变量(scalar variable)是只包含一个数字的变量。MATLAB 使用符号 $+$ 、 $-$ 、 $*$ 、 $/$ 、 $^$ 分别对标量进行加、减、乘、除和指数(幂)计算，具体见表 1.1-1。例如，输入 $x=8+3*5$ 得到的答案是 $x=23$ ，输入 2^3-10 得到的答案是 $ans=-2$ 。正斜杠(/)代表右除(right division)，这和平时熟悉的正规除法运算符一样。输入 $15/3$ 得到的答案是 $ans=5$ 。

标量

MATLAB 还有一个除法运算符，称之为左除(left division)，用反斜杠(\)表示。左除运算符对求解线性代数方程组很有用，我们后面还会介绍。要想记住左除和右除运算符的区别，最好的方法就是注意斜杠向分母的方向倾斜。例如， $7/2=2\backslash 7=3.5$ 。

优先级

运算符 $+$ 、 $-$ 、 $*$ 、 $/$ 和 $^$ 表示的数学运算都遵循优先级规则。通常从数学表达式的左边开始计算，指数运算的优先级最高，其次是具有相同优先级的乘法和除法，最后是具有相同优先级的加法和减法。

圆括号可用来改变优先级顺序。从最内层的圆括号开始计算，依次向外。表 1.1-2 总结了上述规则。例如，请注意优先级对下面一个会话的影响。

表 1.1-1 标量的算术运算

符号	运算	MATLAB 形式
$^$	指数: a^b	a^b
$*$	乘法: $a*b$	$a*b$
$/$	右除: $a/b = \frac{a}{b}$	a/b
$\backslash$	左除: $a\backslash b = \frac{b}{a}$	$a\backslash b$
$+$	加法: $a+b$	$a+b$
$-$	减法: $a-b$	$a-b$

```
>> 8 + 3*5
ans =
    23
>> (8 + 3)*5
ans =
    55
>> 4^2 - 12 - 8/4*2
ans =
     0
>> 4^2 - 12 - 8/(4*2)
ans =
     3
>> 3*4^2 + 5
```



```
ans=
    53
>> (3*4)^2 + 5
ans=
    149
>> 27^(1/3) + 32^(0.2)
ans=
     5
>> 27^(1/3) + 32^0.2
ans=
     5
>> 27^1/3 + 32^0.2
ans=
    11
>> 4^(1/2)
ans=
     2
>> 4^(-1/2)
ans=
    0.5
```

为了避免错误，只要不确定优先级对于计算产生怎样的影响，就应该在这些地方插入圆括号。使用圆括号还能改进 MATLAB 表达式的可读性。例如，表达式 $8+(3*5)$ 中并不需要用括号，但是使用后能够更清楚地表明要先算 3 乘以 5，再加上 8。

表 1.1-2 优先级

优先级	运算
第一级	圆括号，从最内层圆括号开始算
第二级	指数，从左向右算
第三级	乘法和除法，优先级相同，从左向右算
第四级	加法和减法，优先级相同，从左向右算

圆括号必须匹配，这意味着左括号和右括号的数量必须相等。然而，仅仅做到圆括号匹配，并不能保证表达式是正确的。请看下面的表达式计算：

$$y=(x-3)(x-2)^2$$

正确的输入是：

$$y=(x-3)*(x-2)^2$$

然而，如果错误地输入成：

$$y=(x-3*(x-2))^2$$

尽管此时圆括号是匹配的，并且 MATLAB 也不会发出错误消息，但是答案却是错误的。例如，如果 $x=8$ ，本来正确的答案应该是 180，但是上面代码算出的结果却是 100。

您学会了吗？

T1.1-2 请用 MATLAB 计算下列表达式。

- a. $6\left(\frac{10}{13}\right) + \frac{18}{5(7)} + 5(9^2)$
- b. $6(35^{1/4}) + 14^{0.35}$
- (答案: a. 410.1297 b. 17.1123)

T1.1-3 下列 MATLAB 表达式的结果是什么？

- a. 25^{-1}
- b. $25^{-1/2}$
- c. $25^{(-1/2)}$

d. $4^{3/2}$

(答案: a. 0.04

b. 0.02

c. 0.2

d. 32)

正确使用赋值运算符

请特别注意 MATLAB 中的“=”和数学中等号的区分。当您输入 $x=3$ 时, 就是告诉 MATLAB 将数值 3 赋给变量 x 。这与数学中的用法没有什么区别。但是, 在 MATLAB 中, 我们还可以这样输入: $x=x+2$ 。这就是告诉 MATLAB 将 x 的当前值加上 2, 再用计算结果(新值)替换 x 的当前值。如果 x 的当前值是 3, 那么它的新值就是 5。= 运算符的这种用法与它在数学中的用法完全不同。例如, 数学方程 $x=x+2$ 并不成立, 因为它意味着 $0=2$ 。

在 MATLAB 中, 等号左边的变量将替换为右边的计算结果值。因此, = 运算符的左侧必须有且仅有 1 个变量。这意味着, 在 MATLAB 中绝不能输入 $6=x$ 。这个限制的另一个后果是, 绝不能在 MATLAB 表达式中输入如下的表达式:

```
>>x+2=20
```

在代数中, 书写方程 $x+2=20$ 是允许的, 并且可以解得 $x=18$ 。但是, MATLAB 却无法在没有附加命令的情况下解出这样的方程(这些命令将在第 11 章的符号数学工具箱中介绍)。

另一个限制是=运算符的右边必须是可计算的值。例如, 如果变量 y 还没有被赋值, 那么下面的表达式将在 MATLAB 中产生一条错误消息。

```
>>x=5 + y
```

除了为变量赋已知值之外, 赋值运算符还能赋事先不知道的值, 或者通过指定的过程改变变量的值, 这也非常有用。请看下面的例题是如何实现上述功能的。

例题 1.1-1 圆柱体的体积

圆柱体的体积 V 可由其高度 h 和底圆半径 r 计算得到: $V=\pi r^2 h$ 。已知某圆柱罐高 15 米、底圆半径 8 米。若想建造一个体积大 20% 但高度相同的圆柱罐, 那么它的底圆半径必须有多大?

■ 解

首先根据圆柱体方程求出半径 r , 得到

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi h}} = \left(\frac{V}{\pi h}\right)^{1/2}$$

求解过程的会话如下所示。首先我们分别对表示半径和高度的变量 r 和 h 赋值。然后我们计算原来的和增大 20% 之后的圆柱罐的体积。最后求出所需的半径。求解此题时, 可以使用 MATLAB 的内置常量 π 。

```
>>r=8;
>>h=15;
>>V=pi*r^2*h;
>>V=V + 0.2*V;
>>r=(V/(pi*h))^(1/2)
r=
    8.7636
```

因此, 新圆柱罐的半径必须为 8.7636 米。请注意, 变量 r 和 V 的原始值已被替换为新值。只要我们需要再次使用原始值, 这样也是可以接受的。请注意表达式 $V=\pi r^2 h$ 的优先级; 它等价于 $V=\pi*(r^2)*h$ 。

表达式 $r=(V/(\pi*h))^{(1/2)}$ 使用了嵌套圆括号, 其中内部的那对圆括号使我们清楚地意识到要先计算 π 乘以 h , 然后用 V 除以乘积。外部的那对圆括号用于指示平方根运算的对象。用嵌套括号总是可以清

楚地表明计算意图。括号一定要匹配使用，否则就会收到“括号不匹配”的警告消息。

变量名

术语“工作空间”(workspace)指当前工作会话中使用的任何变量的名称和值。变量名必须以字母开头，其余部分可以包含字母、数字和下画线字符，但不允许有空格。MATLAB 是区分大小写的。因此，下列名称代表了五个不同的变量：speed、Speed、SPEED、Speed_1 和 Speed_2。变量名的长度有限制但是可以很大，具体大小取决于 MATLAB 版本。输入 namelengthmax 命令可以得知变量名长度的上限。超出上限的字符都将被 MATLAB 忽略。

工作空间

管理工作会话

表 1.1-3 总结了管理工作会话的一些命令和特殊符号。命令行尾的分号会抑制 MATLAB 将响应结果显示到屏幕上。如果命令行尾没有分号，MATLAB 就会在屏幕上显示该命令行的响应结果。尽管使用分号可以抑制屏幕显示，但是 MATLAB 仍然保存了变量值。

表 1.1-3 管理工作会话的命令

命令	描述
clc	清除命令窗口的内容
clear	清除内存中的所有变量
clear var1 var2	清除内存中的变量 var1 和 var2
exist('name')	判断是否有名为'name'的文件或变量
quit	退出 MATLAB
who	列出当前内存中的所有变量
whos	列出当前的变量和大小，并指出是否有虚部
:	冒号，生成的数组中的元素具有规则的间隔
,	逗号，隔开数组中的元素
;	分号，抑制屏幕显示，或者指示数组中新的一行
...	省略号，接续一行

可以在同一行中输入多条命令，如果想要看到前一条命令的结果，就以逗号分隔；如果要抑制显示，就以分号分隔。例如：

```
>>x=2;y=6+x,x=y+7
y=
    8
x=
   15
```

请注意，x 的第一次赋值没有显示出来。还请注意，x 的值从初始的 2 变成了 15。如果要输入长命令行，可以使用省略号，只需要输入三个点“.”，就能延迟执行命令。例如：

```
>>NumberOfApples=10; NumberOfOranges=25;
>>NumberOfPears=12;
>>FruitPurchased=NumberOfApples + NumberOfOranges ...
+NumberOfPears
FruitPurchased=
    47
```

Tab 补全

MATLAB 具有语法错误建议更正功能，以提示 MATLAB 中的表达式输入错误。假设您错误地输入了这样一行：

```
>>x=1 + 2(6 + 5)
```

如果您按下了 Enter 键, MATLAB 就会以一条错误消息作为响应, 并询问您是否要输入 $x=1+2*(6+5)$ 。但是如果您还没按下 Enter 键, 那么, 并不用完全重新输入整条命令, 只需要多按几次左箭头键(←)以移动光标, 再添加缺少的*后按下 Enter 键即可。

每按下一次左箭头(←)或右箭头(→), 光标就向左或向右移动 1 个字符。如果要一次移动一个词, 则可以同时按 Ctrl 和 → 向右移动一个词, 可以同时按 Ctrl 和 ← 向左移动一个词。按下 Home 键, 光标将移动到命令行的开头; 按下 End 键, 光标将移动到命令行的末尾。

用 Tab 补全功能可以减少输入量。如果您只输入函数、变量或文件名的前几个字母, 再按 Tab 键, MATLAB 就能自动补全它们的名称。如果名称是唯一的, 就能自动补全。例如, 在前面列出的会话中, 如果您输入 Fruit 并按 Tab 键, MATLAB 就会补全并显示 FruitPurchased。按 Enter 键可以显示变量的值, 或者继续编辑以创建新的包含 FruitPurchased 的可执行命令行。Tab 补全功能还可以纠正拼写错误, 如果您输入 fruit 再按下 Tab 键, MATLAB 就能正确地显示 FruitPurchased。

如果有多个名称都以您输入的字母开头, 那么按下 Tab 键后 MATLAB 会显示全部的名称。用鼠标双击弹出列表中的所需名称, 就可以选中它。

命令历史

命令历史弹出窗口显示了最近在命令窗口使用的命令。默认情况下, 在命令窗口中响应向上箭头(↑)操作时就会出现命令历史弹出窗口。您可以用它来回忆、查看、筛选和搜索最近在命令窗口中使用的命令。要从命令列表中获取需要的命令, 用向上箭头键来突出显示所需的命令, 然后按 Enter 键, 或者直接用鼠标选择此命令。若要用部分匹配检索命令来提取某条命令, 需要在提示符处输入该命令的一部分, 然后再按上箭头键选择。并用与命令历史窗口的左侧的错误信息相同的颜色, 标记出错的命令。

删除和清除

按下 Del 键可以删除光标后的字符; 按下 Backspace 键可以删除光标前的字符。按 Esc 键可以清除整行命令; 同时按 Ctrl 和 K 键可以删除从当前光标到行尾的所有字符。

MATLAB 会保留变量的最后一个值, 直到退出 MATLAB 或清除变量的值。忽略这个事实通常会导致在 MATLAB 中出现错误。例如, 您可能更喜欢在各种不同的计算中使用变量 x。如果忘记为 x 输入正确的值, MATLAB 就只会使用最后的值, 从而导致得到错误的结果。clear 函数可以删除内存中所有变量的值, 也可以使用 clear var1 var2 形式来清除名为 var1 和 var2 的变量。clc 命令的功能与 clear 不同, 它只是清除了命令窗口中显示的所有内容, 但是并没有清除变量的值。

您可以输入某个变量的名称, 然后按下 Enter 键查看其当前值。如果该变量还没有值(例如, 如果它并不存在), 您将看到 1 条错误消息。您还可以使用 exist 函数。输入 exist('x')以查看是否已使用变量 x。如果返回值为 1, 则表示该变量存在; 如果返回值为 0, 则表示该变量不存在。who 函数能列出内存中所有变量的名称, 但不显示它们的值。who var1 var2 形式限制只显示指定的变量。通配符*可用于显示匹配指定模式的变量。例如, who A*能显示当前工作空间中以 A 开头的所有变量。whos 函数能列出变量名及其大小, 并指示这些变量是否具有非零的虚部。

函数、命令及语句之间的区别在于, 函数具有参数, 其参数包含在圆括号中。像 clear 这样的命令则不需要参数; 但即使需要, 参数也不放在圆括号中, 例如, clear x。语句没有参数, 例如, clc 和 quit 都是语句。

按下 Ctrl+C 键, 可以取消长时间计算, 但不会终止会话。如果要退出 MATLAB, 可以输入 quit 命令。用鼠标单击 File(文件)菜单, 再单击 Exit MATLAB 也可以退出。

预定义常量

MATLAB 有一些预定义的特殊常量, 例如我们在例题 1.1-1 中使用的内置常量 pi。表 1.1-4 列出了

所有的预定义常量。Inf 符号代表 ∞ (无穷)，在实际中，它表示一个大到 MATLAB 无法表示的数字。例如，输入 5/0，结果就是 Inf。符号 NaN 表示“不是数字”。它表示一个未定义的数值结果，例如，输入 0/0 后得到的结果。符号 eps 表示最小的数字，计算机对其加 1 后，就会产生一个略大于 1 的数字，我们用它作为计算准确度的指标。

表 1.1-4 特殊变量和常量

命令	描述
ans	包含最新答案的临时变量
eps	指定浮点精度数据的准确度
i, j	虚部单位 $\sqrt{-1}$
Inf	无穷大
NaN	指示未定义的数值结果
pi	常量 π

符号 i 和 j 表示虚部单位， $i = j = \sqrt{-1}$ 。我们用它们来创建和表示复数，比如 $x = 5 + 8i$ 。

尽量不要把特殊常量的名称用作变量名。虽然 MATLAB 允许用户将这些常量赋予其他值，但是这样做并不好。

复数运算

MATLAB 能够自动处理复数代数。例如，输入 $c1 = 1 - 2i$ 或者 $c1 = \text{Complex}(1, -2)$ 就表示复数 $c1 = 1 - 2i$ 。

警告：尽管 i 或 j 与数字之间不需要星号，但是它们与变量之间却需要星号，例如 $c2 = 5 - i * c1$ 。如果不加以注意，这个约定就会导致错误。例如，表达式 $y = 7/2 * i$ 和 $x = 7/2i$ 会得出两个不同的结果： $y = (7/2)i = 3.5i$ ，而 $x = 7/(2i) = -3.5i$ 。

复数的加法、减法、乘法和除法都很容易完成。例如：

```
>>s=3+7i;w=5-9i;
>>w+s
ans=
    8.0000 - 2.0000i
>>w*s
ans=
   78.0000 + 8.0000i
>>w/s
ans=
   -0.8276 - 1.0690i
```

您学会了吗？

T1.1-4 已知 $x = -5 + 9i$, $y = 6 - 2i$, 请用 MATLAB 证明 $x + y = 1 + 7i$, $xy = -12 + 64i$ 以及 $x/y = -1.2 + 1.1i$ 。

格式化命令

format 命令用于控制数字在屏幕上显示的方式。表 1.1-5 给出了该命令的各种变体。MATLAB 在计算时使用了多位有效数字，但是我们通常不需要看到全部这些数字。MATLAB 默认的显示格式是采用四位十进制小数的 short 格式。若输入 format long，就变成十六位格式。若要恢复默认模式，则再次输入 format short 即可。

通过输入 format short e 或 format long e，可以强制输出结果采用科学表示法，其中 e 代表底数 10。

此时，输出结果 6.3792e+03 就代表数字 6.3792×10^3 。输出结果 6.3792e-03 就代表数字 6.3792×10^{-3} 。请注意，这里的 e 并不代表自然对数的底 e，这里的 e 表示“指数”。选择这种表示法是糟糕的，但 MATLAB 只是遵循了多年前建立的计算机编程标准。

format bank 格式只用于货币计算，此时并不识别虚部。

表 1.1-5 数值显示格式

命令	描述和举例
format short	4 位十进制小数(默认格式)，13.6745
format long	16 位数字，17.27484029463547
format short e	5 位数字(4 位十进制小数)加指数，6.3792e+03
format long e	16 位数字(15 位十进制小数)加指数，6.379243784781294e-04
format bank	2 位十进制小数，126.73
format +	正数、负数或零；+
format rat	有理近似，43/7
format compact	压缩了一些空行
format loose	复位至松散显示模式

实时编辑器

在 MATLAB R2016a 版本中新增了 Live Editor(实时编辑器)，利用这个工具，可以创建并运行实时脚本(live script)。实时脚本将代码、输出和格式化内容集成在同一个交互环境中。格式化内容包括格式化的文本、图形、图像、超链接和方程等。可以创建用来共享的交互式叙事。

实时编辑器能使您的工作更加高效，因为它可以让您在不离开运行环境的情况下编写、执行和测试代码，并且可以单独运行代码块或整个文件。可以在代码旁边看到代码生成的结果和图形，还可以在引起错误的文件处看到错误。

要了解更多有关实时编辑器的信息，最好方法就是在桌面右上角的文档搜索框中输入 Live Editor。

1.2 工具条

桌面(Desktop)管理着命令窗口和其他 MATLAB 工具。MATLAB R2017b 版的桌面的默认外观如图 1.1-1 所示。贯穿桌面顶部的是工具条(Toolstrip)，它包含一行共三个选项卡，分别是 HOME(开始)、PLOTS(图形)和 APPS(应用)。选项卡的右边是 Quick Access(快速访问)工具栏，包含常用的剪切、复制和粘贴等选项。这个工具栏是可以自定义的。工具栏的右边是搜索文档框。

单击 HOME(主页)选项卡后，工具条将变成图 1.1-1 所示的情况。在选项卡下面是各种菜单名称和一排图标。具体见图 1.2-1。

如果单击另一个选项卡，工具条的内容就会发生变化。同样，还可以出现其他选项卡。例如，如果打开了一个文件，EDITOR(编辑器)、PUBLISH(发布)和 VIEW(查看)选项卡就会出现。单击 PLOTS 后 PLOTS 选项卡就会出现，这将在第 5 章中讨论。APPS(应用)选项卡能打开 MATLAB 系列产品中的应用程序库，例如所有已安装的 MATLAB 工具箱。

HOME 选项卡菜单

大多数常用交互在 HOME(开始)选项卡处于活动状态时的命令窗口中。此时工具条将如图 1.2-1 所示，可以处理以下几类常规操作。

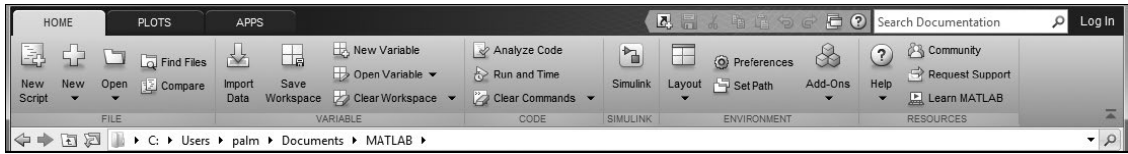


图 1.2-1 选中 HOME 选项卡后的 MATLAB 工具条

FILE(文件): 能够创建、打开、查找和比较文件。要创建一个新的脚本文件, 请单击 New Script(新建脚本)图标, 从而打开编辑器, 并显示出 EDITOR(编辑器)、PUBLISH(发布)和 VIEW(查看)选项卡。编辑器支持创建一个新的、被称为脚本文件(script file)的程序文件。这是一种被称为 M-file(M-文件)的文件, 我们将在第 1.4 节中进一步研究。New(新建)图标还能打开其他类型的文件, 如图形文件, 我们也将后面讨论。Compare(比较)图标允许比较两个文件的内容。

VARIABLE(变量): 允许通过导入数据或使用变量编辑器(Variables Editor)创建变量。单击 New Variable(新建变量)图标, 以便打开 VARIABLE(变量)和 VIEW(视图)选项卡, 并显示网格, 可在其中输入变量的值。还可以打开和清除变量, 并保存工作空间的内容。

CODE(代码): 使您能够分析、运行、计时和清除程序中的命令。

SIMULINK: 启动 Simulink 程序。Simulink 是 MATLAB 一个可选的增件(add-on), 我们将在第 10 章中讨论。如果您的系统没有安装 Simulink, 那么将看不到这个图标。

ENVIRONMENT(环境): 如 1.1 节所述, Layout(布局)图标使您能够配置桌面的布局。可以设置首选项以控制 MATLAB 如何显示信息, 并管理增件。

RESOURCES(资源): 单击 Help(帮助)图标可以访问帮助系统, 这将在 1.5 节中详细讨论。其他图标主要用于向 MathWorks 公司和 MATLAB 社区寻求帮助, 或加入 MATLAB Academy 自学。

1.3 内置函数、数组和图形

本节讨论 MATLAB 的内置函数, 并介绍 MATLAB 的基本构件——数组。本节还展示了如何处理文件和如何从数组生成图形。

1. 内置函数

MATLAB 有数百个内置函数。平方根函数 `sqrt` 就是其中之一。在函数名之后用一对圆括号将被函数操作的值括起来, 这些值又称为函数的参数。例如, 要计算 9 的平方根, 并将结果赋给变量 `r`, 可以输入 `r=sqrt(9)`。请注意, 这个表达式与 `r=(9)^(1/2)` 等价, 但是更加简洁。

参数

表 1.3-1 列出了一些常用的内置函数。第 3 章还将更全面地介绍内置函数的相关内容。MATLAB 用户可以根据个人的特殊需要创建自己的函数, 如何创建自定义函数也将在第 3 章介绍。

例如, 要计算 $\sin x$, 其中 x 代表弧度值, 只需要输入 `sin(x)` 即可。要想计算 $\cos x$, 只需要输入 `cos(x)` 即可。函数 `exp(x)` 用于计算指数函数 e^x 。输入函数 `log(x)` 可以用于计算自然对数 $\ln x$ (注意数学课本中的符号 $\ln$ 与 MATLAB 语法关键词 `log` 的拼写区别)。要计算底数为 10 的对数, 可输入 `log10(x)`。

表 1.3-1 一部分常用的数学函数

函数	MATLAB语法*
e^x	<code>exp(x)</code>
$\sqrt{x}$	<code>sqrt(x)</code>
$\ln x$	<code>log(x)</code>
$\log_{10} x$	<code>log10(x)</code>
$\cos x$	<code>cos(x)</code>
$\sin x$	<code>sin(x)</code>
$\tan x$	<code>tan(x)</code>

(续表)

函数	MATLAB语法*
$\cos^{-1}x$	acos(x)
$\sin^{-1}x$	asin(x)
$\tan^{-1}x$	atan(x)

*这里列出的 MATLAB 三角函数使用弧度单位。而以字母 d 结尾的三角函数，如 sind(x)和 cosd(x)，它们接受的参数 x 的单位是度。反函数，如 atand(x)，其返回值的单位也是度。MATLAB 还内置有四象限反正切函数 atan2(y, x)和 atan2d(y, x)。另外注意，在 MATLAB 中，数学变量都显示为正体。

反正弦(即 arcsine)可以通过输入 asin(x)求得。该函数的返回值的单位是弧度，而不是度。函数 asind(x)的返回值单位是度。

反正切(即 arctangent)可以通过输入 atan(x)求得。atan(x)的返回值的单位是弧度，而不是度。函数 atand(x)的返回值的单位是度。使用这两个反正切函数时要特别小心。例如，输入 atand(1)，返回值是 45°，而-135°的正切也是 1。所以必须知道准确的象限才能求解出正确的答案。

MATLAB 内置有四象限反正切函数 atan2(y, x)，它能自动计算从原点(0, 0)到坐标为(x, y)的点所构成直线对应的正确象限中的弧度角。atan2d(y, x)的返回值的单位是度。因此输入 atan2d(-1, -1)时，返回值是-135°。

2. 数组

MATLAB 的优点之一就是能像处理单个变量一样处理数组(array)——一组数字。利用数组还能绘制图形。

数值数组是一组有序的数字集合(即一组按特定顺序排列的数字)。例如，数组变量可以包含顺序为 0、4、3 和 6 的数字。除了稍后提到的一种特例之外，必须用方括号来定义包含此集合的变量 x。数组的元素之间要用逗号或空格或二者分隔。例如，输入 x = [0, 4, 3, 6]。使用逗号可提高可读性，并且避免错误。

请注意，定义为 y = [6, 3, 4, 0]的变量 y 与变量 x 并不相同，因为它们的元素顺序不同。使用方括号的原因包括：如果输入的是 x=0, 4, 3, 6，那么 MATLAB 将视作四个独立的输入并只将数字 0 赋给 x，而忽略输入的 4、3、6。若使用圆括号而不是方括号，则会产生错误消息。

数组[0, 4, 3, 6]可以看作一行四列，它是有多行和多列的矩阵的子集。后面还将看到，矩阵也用方括号表示，而不像数学课本上那样使用圆括号表示。

要将两个数组 x 和 y 相加并产生另一个数组 z，只需要输入一行命令 z=x+y。MATLAB 将 x 和 y 中所有对应的数一一相加就得到了 z，z 的结果是 6、7、7、6。用类似的方式也可以做数组减法。数组的乘法和除法更复杂，我们将在第 2 章中介绍。

如果数组中的数字具有规则的间距，就不需要输入所有数字，而只需要输入第一个数字、最后一个数字以及中间的间距值，并用冒号将它们隔开即可。例如，若为数组 u 赋值数字 0, 0.1, 0.2, ..., 10，只需要输入 u=0:0.1:10 即可。在这个冒号运算符的应用实例中，方括号可以提高可读性，但并不是必需的。

MATLAB 的优点还在于它能用简单的代码对包含许多值的数组进行操作。例如，为了计算 w=5 sin u，其中 u=0, 0.1, 0.2, ..., 10。对应的会话过程如下：

```
>>u=0:0.1:10;  
>>w=5*sin(u);
```

单一的命令行 w=5*sin(u) 将计算 101 次 w=5sinu，针对数组 u 中的每一个值计算一次，从而得到一个包含 101 个值的数组 z。

数组索引

在提示符后面输入 u 就能看到 u 的所有值；另外，例如，输入 u(7)就能看到 u 的第 7 个值。数字 7 在这里被称为数组索引(array index)，因为它指向了数组中的某个特定元素。下面是另一个会话的例子。


```
>>u(7)
ans=
    0.6000
>>w(7)
ans=
    2.8232
```

到目前为止,在屏幕上显示的都是由一行多列的数字组成的数组,我们称之为行数组(row array)。通过用分号分隔各行,就能创建包含多行的列数组(column array)。例如,输入 $r = [0; 4; 3; 6]$ 就创建了一个包含四行一列的列数组。

用 `length` 函数能确定数组中有多少个值。例如,继续前面的会话,如下:

```
>>m=length(w)
m=
    101
```

3. 数组和多项式的根

许多应用都需要求解多项式的根。例如熟悉的二次公式就给出了二阶多项式根的解。求解三阶多项式和四阶多项式的根也有公式,但很复杂。MATLAB 自带求解高阶多项式根的复杂算法。

MATLAB 用数组来描述多项式,其中数组的元素就是多项式的系数,次序是从变量的最高次幂的系数开始降序排列。例如,多项式 $4x^3 - 8x^2 + 7x - 5$ 就可以用数组 $[4, -8, 7, -5]$ 来表示。多项式 $f(x)$ 的根就是 $f(x)=0$ 时对应的 x 值。多项式根可用函数 `roots(a)` 求得。其中 a 就是多项式系数数组。结果是一个包含多项式根的列数组。例如,要求解 $x^3 - 7x^2 + 40x - 34=0$ 的根,对应的会话过程如下:

```
>>a=[1,-7,40,-34];
>>roots(a)
ans=
    3.0000 + 5.000i
    3.0000 - 5.000i
    1.0000
```

求得的根是 $x=1$, $x=3\pm 5i$ 。上述两行命令还可以合并成一条 `roots([1, -7, 40, -34])`。

您学会了吗?

T1.3-1 请用 MATLAB 确定数组 `cos(0):0.02:log10(100)` 中有多少个元素,并用 MATLAB 求出第 25 个元素。

答案: 共有 51 个元素, 1.48。

T1.3-2 请用 MATLAB 求出多项式 $290 - 11x + 6x^2 + x^3$ 的根。

答案: $x=-10, 2\pm 5i$ 。

4. 用 MATLAB 绘图

在 MATLAB 中用数组还能创建图形。MATLAB 包含许多强大的函数,可以创建几种不同类型的图形,比如绘制直角坐标曲线、对数坐标曲线、曲面和等值线等。举一个简单的例子,绘制函数 $y=5\cos(2x)$, 其中 $0\leq x\leq 7$ 。这里以 0.01 的增量生成大量的 x 值,以便产生出光滑的曲线。函数 `plot(x, y)` 能生成以 x 值为横坐标和以 y 值为纵坐标的图形。对应的会话如下。

```
>>x=0:0.01:7;
>>y=3*cos(2*x);
>>plot(x,y),xlabel('x'),ylabel('y')
```

如图 1.3-1 所示,屏幕上的图形窗口显示了名为 Figure 1 的图形。函数 `xlabel` 能将单引号中的文本显示为水平轴上的标签。函数 `ylabel` 能对垂直轴做类似的操作。当 `plot` 命令执行成功后,图形窗口就会自动出现。如果需要硬拷贝图形,可以通过在图形窗口的 File 菜单中选择 Print 打印图形。在图形窗口的 File 菜单上选择 Close 可以关闭图形窗口。然后返回到命令窗口中的提示符。

图形窗口

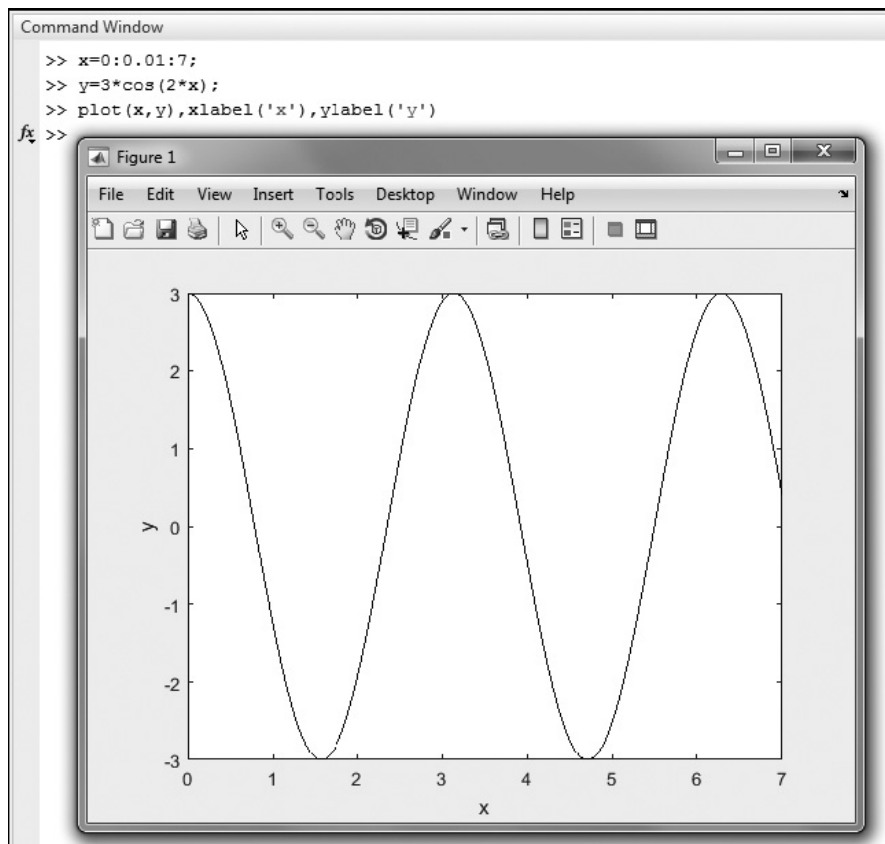


图 1.3-1 在图形窗口中显示一幅图形

其他有用的绘图函数还包括 `title` 和 `gtext`。这些函数可在图形上放置文本。它们和 `xlabel` 函数一样，都接受括号内的单引号文本。函数 `title` 能在图形的顶部放置文本；函数 `gtext` 能在单击鼠标左键后的光标所在位置放置文本。

叠加图

还可以通过在 `plot` 函数中包含另一组值或多组值来创建多个图形，这被称为叠加图(overlay plot)。例如，要在同一张图上绘制函数 $y = 2\sqrt{x}$ 和 $z = 4\sin(3x)$ (其中 $0 \leq x \leq 5$) 的曲线，对应的会话如下：

```
>>x=0:0.01:5;
>>y=2*sqrt(x);
>>z=4*sin(3*x);
>>plot(x,y,x,z),xlabel('x'),gtext('y'),gtext('z')
```

屏幕上出现图形以后，每使用一次 `gtext` 函数，程序就会等待您单击鼠标按钮以定位光标。使用 `gtext` 函数可将标签 `y` 和 `z` 放在合适的曲线旁边。

还可以通过为每条曲线定义不同的线型以区分曲线。例如，要使用虚线绘制 `z` 曲线，请将上述会话中的 `plot(x,y,x,z)` 函数替换为 `plot(x,y,x,z,'- -')`。还可以使用其他线型，在第5章对此做了介绍。

有时获取已绘制好的曲线上某点的坐标会有用处或者很有必要，这时就需要使用函数 `ginput`。把它放在所有绘图语句和绘图格式化语句的最后面，这样就会以最终定义的格式进行作图。命令 `[x,y]=ginput(n)` 能获取 `n` 个点并返回向量 `x` 和 `y` 的 `x`、`y` 坐标，其中向量的长度为 `n`。用鼠标定位光标，并按下鼠标按钮。返回的坐标与图上的坐标具有相同的尺度。

数据标记

绘制数据与绘制函数不同，应使用数据标记(data marker)来绘制每个数据点(除非数据点非常多)。若要用加号+标记每个点，对应的 `plot` 函数语法是 `plot(x,y,'+')`。如果愿意，还可以用线将各个数据点连接起来。此时，必须将数据绘制两遍，第一遍做数据标记，第二遍不做数据标记。

例如，假设自变量的数据为 `x=[15:2:23]`，因变量的值 `y=[20,50,60,90,70]`。要绘制带有加号的数据，

对应的会话如下：

```
>>x=15:2:23;  
>>y=[20, 50, 60, 90, 70];  
>>plot(x,y,'+',x,y),xlabel('x'),ylabel('y'), grid
```

grid 命令可在图形上添加网格线。其他的数据标记将在第 5 章中讨论。
表 1.3-2 总结了上述绘图命令。第 5 章还将讨论其他绘图函数和绘图编辑器。

表 1.3-2 MATLAB 的部分绘图命令

命令	描述
[x,y]=ginput(n)	使鼠标能够从图形中获得 n 个点，并返回向量 x 和 y 中的 x 和 y 坐标，向量长度为 n
grid	在图上添加网格线
gtext('text')	在鼠标处添加文本
plot(x,y)	在直角坐标系中绘制由数组 y 相对于数组 x 的曲线
title('text')	在图形顶部添加文本标题
xlabel('text')	为水平轴(横坐标)添加文本标签
ylabel('text')	为垂直轴(纵坐标)添加文本标签

您学会了吗？

- T1.3-3 绘制函数 $y=3x^2+2$ 的曲线，其中 x 的区间为 $0\leq x\leq 10$ 。
- T1.3-4 用 MATLAB 绘制函数 $s=2\sin(3t+2)+\sqrt{5t+1}$ 的曲线，其中 t 的区间为 $0\leq t\leq 5$ ，并在图上添加标题和适当的坐标轴标签。变量 s 代表速度，单位是英尺/秒；变量 t 代表时间，单位是秒。
- T1.3-5 用 MATLAB 绘制函数 $y=4\sqrt{6x+1}$ 和 $z=5e^{0.3x}-2x$ 的图，其中 x 的区间为 $0\leq x\leq 1.5$ ，并为图和每条曲线添加适当的标签。变量 y 和 z 代表力，单位是牛顿；变量 x 代表距离，单位是米。

1.4 文件操作

到目前为止，我们已经展示了如何在交互式会话中使用 MATLAB。但是，对于更复杂的应用，我们经常希望保存当前的工作，并希望能够重用已编写的代码。通过使用 MATLAB 支持不同类型的文件，就可以实现这一点。

文件类型

MATLAB 有多种类型的文件，分别用于保存会话结果、数据及程序。用户编写的程序文件以扩展名.m 保存，因此也称为 M 文件。MAT 文件的扩展名是.mat，主要用于保存 MATLAB 会话中创建的变量的名称和值。

MAT 文件

M 文件是 ASCII 码文件，因此可以用任何文字处理程序来创建它。MAT 文件是二进制文件，因此通常只能由创建它们的软件读取。MAT 文件包含有机签名，利用这个签名可以实现在 MS Windows 和 Macintosh 等不同类型的机器之间传输。

ASCII 码文件

我们会用到的第三种文件类型是数据文件，特别是 ASCII 数据文件，即根据 ASCII 格式创建的文件。可能需要使用 MATLAB 来分析存储在由电子表格程序、文字处理程序或实验室数据采集系统所创建的文件中的数据，以及您与他人共享的数据文件中的数据。

数据文件

保存和恢复工作空间变量

如果您想稍后继续进行某个 MATLAB 会话，那么可以单击工具条上的 Save Workspace(保存工作空

间)图标, 或者使用 Save(保存)命令。如果您使用图标, 就会被要求输入文件名; 默认的文件名是 matlab。输入 save(myfile)能使 MATLAB 将工作空间的所有变量(包含其名称、大小和值)都保存在一个名为 myfile.mat 的二进制文件中, 该文件可由 MATLAB 软件读取。要想恢复工作空间的变量, 可以单击 Import Data(导入数据)图标或输入 load(myfile)。然后就可以继续之前未完成的会话了。例如, 如果保存的文件包含变量 A、B 和 C, 将包含这些变量的文件加载回工作空间, 就会覆盖工作空间中重名的已有变量。若只要加载部分变量, 比如 var1 和 var2, 则请输入 load(myfile, var1, var2)。

若要保存您的部分变量, 比如 var1 和 var2, 则请输入 save(myfile, var1, var2)。当您要恢复这些变量时, 就不需要输入变量名, 只要输入 load(myfile)即可。

目录和路径 掌握您使用的 MATLAB 文件的位置非常重要。文件位置经常给初学者带来麻烦。假设您在家里的计算机上使用 MATLAB, 并将文件保存到可移动的介质(比如 U 盘)中。如果您把这个 U 盘带到另一台电脑(比如公共计算机实验室的电脑)上使用的话, 就必须确保 MATLAB 知道该如何找到您的文件。当您保存文件时, 必须知道保存的位置, 在公共机房时尤其要注意这一点。存储过程因实验室而不同, 因此您需要从机房管理员那里获取相关信息。

文件都存储在文件夹中, 文件夹也称为目录。文件夹里又可以包含子文件夹作为其下级。例如, 您可能希望将文件存储在 c:\matlab\mywork 文件夹中。此时 mywork 文件夹就是 c:\matlab 的子文件夹。路径会告诉我们和 MATLAB 如何找到指定的文件。

路径

路径显示在默认桌面的当前文件夹窗口上方的窗口(参见图 1.1-1)。通过单击已显示的路径直到出现期望的子文件夹(假设它已经存在), 就可以更改路径。还可以输入 pwd 查看路径, 该命令可以显示搜索路径中最上面的文件夹。搜索路径是 MATLAB 查找文件时要搜索的完整文件夹列表。

在演示如何在 M 文件中创建和保存程序之前, 我们先要讨论 MATLAB 是如何查找变量、命令和文件的。假设您已经将文件 problem1.m 保存在文件夹 c:\matlab\homework 中。当您输入 problem1 时:

- (1) MATLAB 首先检查 problem1 是否为变量, 如果是的话, 就显示它的值。
- (2) 如果不是变量, MATLAB 接着检查 problem1 是否为自带命令, 如果是的话, 就立即执行。
- (3) 如果不是自带命令, MATLAB 接着在当前文件夹中查找名为 problem1.m 的文件, 如果找到的话, 就立即执行 problem1。

(4) 如果没有找到文件, MATLAB 接着按顺序在它搜索路径所列出的文件夹中查找文件 problem1.m, 如果找到的话, 就立即执行。当搜索路径的多个文件夹中出现相同名称的文件时, MATLAB 就使用距离搜索路径顶部最近的文件夹中找到的 problem1 文件。因此, 搜索路径中的文件夹顺序非常重要。

搜索路径

输入命令 path 就可以显示 MATLAB 的搜索路径。必须确保文件 problem1.m 位于搜索路径中的某个文件夹中, 否则, MATLAB 会找不到文件并产生错误消息。

如果已经把文件保存在可移动介质上, 并把它带到公共的计算机实验室使用, 要是您无法改变搜索路径, 那么变通的方法就是将文件复制到搜索路径中的某个文件夹里。但是, 这种做法有以下缺陷: ①如果在会话中更改了文件, 就可能忘记将修改后的文件拷回移动介质; ②其他人也能访问您的工作!

当前目录

命令 what 可显示当前目录中 MATLAB 相关的文件列表。命令 what dirname 可以显示名为 dirname 的文件夹中的对应内容。

输入 which item 命令可以显示函数 item 或文件 item(包括文件扩展名)的完整路径。如果 item 只是一个变量, 那么 MATLAB 就什么也不做。

可以用 addpath 命令将某个目录添加到搜索路径中, 用 rmpath 命令可以从搜索路径中删除某个目录。路径设置(Set Path)工具是处理文件和目录的图形界面, 只需要输入 pathtool 命令就可以启动浏览器。然后, 单击该工具中的 Save 按钮就可以保存路径设置, 单击浏览器的 Default 就能恢复默认的搜索路径。

表 1.4-1 是对上述命令的总结。

表 1.4-1 系统、目录和文件命令

命令	描述
addpath dirname	将目录 dirname 添加到搜索路径中
cd dirname	将当前目录改为 dirname
dir	列出当前目录中的所有文件
dir dirname	列出目录 dirname 中的所有文件
path	显示 MATLAB 的搜索路径
pathtool	启动路径设置工具
pwd	显示当前目录
rmpath dirname	从搜索路径中删除目录 dirname
what	列出当前工作目录中发现的所有 MATLAB 相关的文件。大多数数据文件和其他非 MATLAB 文件均不列出。用 dir 命令可以列出所有文件
what dirname	列出目录 dirname 中的所有 MATLAB 相关的文件
which item	如果 item 是函数或文件，就显示其路径名。如果是变量，就什么都不做

创建脚本文件

在 MATLAB 中有两种方法执行操作：

(1) 在交互模式下，所有命令都直接在命令窗口中输入。

(2) 通过运行存储在脚本文件中的某个 MATLAB 程序。这种类型的文件中包含 MATLAB 命令，因此运行它就相当于在命令窗口提示符后一次性输入了所有命令。通过在命令窗口提示符后输入该文件的名称，就可以运行该文件。

当待解决的问题需要使用很多命令，或者要重复使用命令集，又或者问题包含具有大量数据的数组时，使用交互模式就不太方便。幸运的是，MATLAB 允许用户编写自己的程序以克服这种困难。用户可以将编写的 MATLAB 程序保存在扩展名为.m 的 M 文件中，例如 program1.m。

MATLAB 支持两种类型的 M 文件：脚本文件和函数文件。可以用 MATLAB 内置的编辑器创建 M 文件。由于包含命令，因此脚本文件有时也被称为命令文件。函数文件将在第 3 章详细介绍。

脚本文件

符号%用于指示注释语句，MATLAB 不执行注释。脚本文件中的注释主要用作程序文档。注释符%可以放在程序行的任何位置。MATLAB 会忽略符号%右侧的所有内容。例如，考虑下面的会话。

注释

```
>>% This is a comment.  
>>x=2+3 % So is this.  
x=  
5
```

请注意，MATLAB 只执行了注释符%之前的命令，并计算出 x。

这个简单的例子说明了如何用 MATLAB 内置的编辑器创建、保存和运行脚本文件。但是，用户也可以使用其他文本编辑器来创建脚本文件。在下面的例子文件中，将计算一组数字的平方根的余弦值，并将结果显示到屏幕上。

```
% Program Example_1.m  
% This program computes the cosine of  
% the square root and displays the result.  
x=sqrt(13:3:25);  
y=cos(x)
```

要想在 Command 窗口中创建新的 M 文件，可从 HOME(开始)选项卡中选择 New Script(新建脚本)。然后您就会看到一个新的编辑窗口，EDITOR(编辑器)选项卡随之出现，具体参见图 1.4-1。接着，用键

盘和 EDITOR(编辑器)菜单在文件中输入上述程序代码。完成后,在 EDITOR 菜单中选择 Save(保存)。在随后出现的对话框中,将默认的文件名(通常是 Untitled)改为 Example_1,然后单击 Save(保存)按钮。编辑器将自动填写扩展名.m,并将该文件保存在 MATLAB 的当前目录中。

一旦保存好文件,再在 MATLAB 中输入脚本文件的名字 Example_1 来执行程序。运行结果将显示在 Command Window(命令窗口)中。如图 1.4-1 所示,从屏幕上可以看到窗口显示的内容,从打开的编辑器/调试器窗口也可以看到脚本文件的内容。

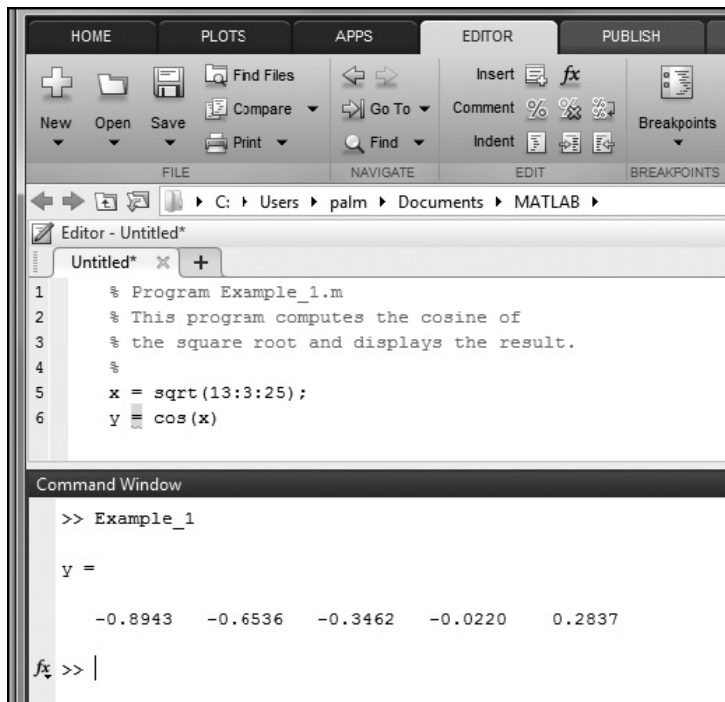


图 1.4-1 打开编辑器后的 MATLAB 的命令窗口

有效地使用脚本文件

创建脚本文件可以避免重新输入冗长且常用的程序。在使用脚本文件时,请记住以下几点:

- (1) 脚本文件的名称必须遵循 MATLAB 约定的变量命名规则。
- (2) 回想一下,在命令窗口中提示符输入变量名后, MATLAB 会显示该变量的值。因此,脚本文件名不要与它计算的变量同名,否则 MATLAB 将反复执行该脚本文件,直到清除该变量为止。
- (3) 脚本文件名不能与 MATLAB 命令或函数同名。用第 1.1 节中介绍的 exist 命令可以检查某个命令、函数或文件名是否已经存在。

注意, MATLAB 提供的函数并不全是内置函数。有些函数是由 M 文件实现的,具体情况因 MATLAB 的版本而异。例如,在 MATLAB 的早期版本中, plot 函数就是 M 文件,但是现在 plot 已经成为内置函数。函数 mean.m 是 MATLAB 自带的,但它不是内置函数。命令 exist('mean')的返回值是 2。函数 sqrt 是内置的,因此输入 exist('sqrt')得到的返回值是 5。可以将内置函数视作基本构件,作为其他 MATLAB 函数的基础。用文本编辑器只能看到内置函数的注释,而无法看到其全部内容。

编程风格

尽管注释可以放在脚本文件的任何地方,但是,由于 lookfor 命令(稍后将介绍)只能搜索到可执行命令行前的第一条注释行的内容,因此应在第一行(称之为 H1 行)用关键词描述该脚本文件。建议的脚本文件结构如下:

- (1) 注释节。本节的注释语句主要包括:

- a. 在第一行写程序的名称和其他关键词。
 - b. 在第二行写程序的创建时间和创建人的名字。
 - c. 每个输入和输出变量的名称含义。本节至少要分为两小节，第一小节写输入数据，第二小节写输出数据，第三小节可选，主要包括计算中所用变量的定义。一定要包含所有输入和输出变量的测量单位！
 - d. 本程序调用的每个自定义函数的名称。
- (2) 输入节。本节写输入数据和/或函数，该函数可以输入数据。本节还包含可作为文档的注释。
- (3) 计算节。本节进行计算。还包含可作为文档的注释。
- (4) 输出节。本节写函数，以提供所需的任何形式的输出。例如，本节可能包含在屏幕上显示输出的函数，并包含可作为文档的注释。

为节省篇幅，本书中的程序经常省略上述部分元素。这些情况下，与程序相关的讨论内容可作为所需的程序文档。

控制输入和输出

如表 1.4-2 所示，MATLAB 提供了一些有用的命令，可以从用户那里获取输入，也可以实现格式化输出(结果通过执行 MATLAB 命令获得)。表 1.4-2 是对上述命令的总结。

表 1.4-2 输入/输出命令

命令	描述
disp(A)	显示数组 A 的内容，但不显示数组名
disp('text')	显示单引号内的字符串
format	控制屏幕的输出显示格式(参见表 1.1-5)
x=input('text')	显示单引号中的文本，等待用户从键盘输入，并将输入值保存在变量 x 中
x=input('text','s')	显示单引号中的文本，等待用户从键盘输入，并将输入内容以字符串格式保存在变量 x 中

函数 disp(display 的缩写)用于显示变量的值，而不是它的名称。其语法是 disp(A)，其中 A 表示 MATLAB 的变量名。disp 函数还可以显示文本，比如向用户传递消息。显示的文本要以单引号括起来。例如，命令 disp('The predicted speed is: ')就会在屏幕上显示单引号内的这条消息。可以在脚本文件中将这条命令与第一种形式的 disp 函数一起使用，具体如下(假设 Speed 的值为 63)：

```
disp('The predicted speed is: ')
disp(Speed)
```

当运行该文件时，上述命令将在屏幕上生成以下内容：

```
The predicted speed is:
63
```

input 函数可以在屏幕上显示文本，然后等待用户从键盘输入内容，再将输入的内容存入指定的变量中。例如，命令 x=input('Please enter the value of x: ')会使屏幕上出现消息。如果输入 5 并按下 Enter(回车)键，那么变量 x 就被赋值为 5。

字符串变量由文本(字母字符)组成。如果您要将文本输入存储为字符串变量，则需要使用输入命令的其他形式。例如，命令 Calendar=input('Enter the day of the week:','s')会提示输入星期。如果输入 Wednesday(星期三)，该文本就会存储到字符串变量 Calendar 中。

字符串变量

脚本文件的示例

下面是一个脚本文件的简单例子，它展示了推荐的编程风格。在没有初始速度的情况下，下落物体的速度与时间 t 的函数关系是 $v=gt$ ，其中 g 是重力加速度。在 SI 单位中， $g=9.81\text{m/s}^2$ 。我们要计算和绘制 v 相对于 t 在 $0\leq t\leq t_{\text{final}}$ 区间的函数，其中 t_{final} 是由用户输入的终止时间。脚本文件如下所示。

```
% Program Falling_Speed.m: plots speed of a falling object.
% Created on March 1, 2016 by W. Palm III
%
% Input Variable:
% tfinal=final time (in seconds)
%
% Output Variables:
% t=array of times at which speed is computed (seconds)
% v=array of speeds (meters/second)
%
% Parameter Value:
g=9.81; % Acceleration in SI units
%
% Input section:
tfinal=input('Enter the final time in seconds:');
%
% Calculation section:
dt=tfinal/500;
t=0:dt:tfinal; % Creates an array of 501 time values.
v=g*t;
%
% Output section:
plot(t,v),xlabel('Time (seconds)'), ylabel('Speed (meters/second)')
```

创建此文件后，将其保存为 `Falling_Speed.m`。如果要运行它，只需要在命令窗口中的提示符处输入 `Falling_Speed` (不必输入 `.m`)。然后您会被要求输入一个值作为 t_{final} 。当您完成输入并按下 `Enter` 键后，就会在屏幕上看到图形。

您学会了吗？

T1.4-1 球体的表面积 A 由其半径 r 决定，并具有关系： $A = 4\pi r^2$ 。请编写脚本文件，提示用户输入球体的半径，然后计算其表面积，并显示结果。

T1.4-2 直角三角形的斜边长度为 c ，直角边长分别是 a 和 b 。它们之间满足关系：

$$c^2 = a^2 + b^2$$

请编写脚本文件，提示用户输入直角边长度 a 和 b ，然后计算斜边长度，并显示结果。

调试脚本文件

调试程序是查找和删除程序中的“缺陷(bug)”或错误的过程。这些错误通常可归于以下几类。

(1) 语法错误，比如缺少括号或逗号，或命令名拼写错误。MATLAB 通常能检测出更明显的错误，并显示能描述错误及其位置的消息。

调试

(2) 计算过程不正确导致的错误又称为运行时错误(runtime error)。这种错误不一定每次执行程序时都会发生；通常只在特定的输入数据情况下才会发生。一个常见的运行时错误的例子是除以 0。

为定位错误，请尝试以下操作：

(1) 用问题的简单版本来测试您的程序，这些问题的答案能够手动计算出来。

(2) 删除语句末尾的分号以显示中间计算的值。

(3) 使用编辑器的调试功能，具体将在第 4 章介绍。然而，MATLAB 的一个优点就是它只需要用相对简单的程序就能完成各种类型的任务。因此，对于本书中的问题，您可能还用不到编辑器的调试功能。

1.5 MATLAB 帮助系统

为了探索本书未涵盖的 MATLAB 更高级功能，需要了解如何有效地使用 MATLAB 帮助系统。

MATLAB 为用户使用 MathWorks 产品提供了以下帮助选项。

- (1) 函数浏览器 用于快速访问 MATLAB 函数的文档。
- (2) 帮助图标 单击 HOME(开始)选项卡下的 Help(帮助)图标, 可以查看文档、示例和支持网站。
- (3) 帮助函数 函数 help、lookfor 和 doc 可用于显示指定函数的语法信息。
- (4) 其他资源 若需要额外的帮助, 您可以运行演示程序, 联系技术支持, 搜索其他 MathWorks 产品的文档, 查看其他书籍列表以及参加新闻组。

1. 函数浏览器

要想激活 Function Browser(函数浏览器), 只需要单击提示符左侧的 fx 图标。图 1.5-1 显示了在 Graphics(图形)类别下展开两级子菜单并选择 plot 后的结果菜单。向下滚动就能查看 plot 函数的全部文档。

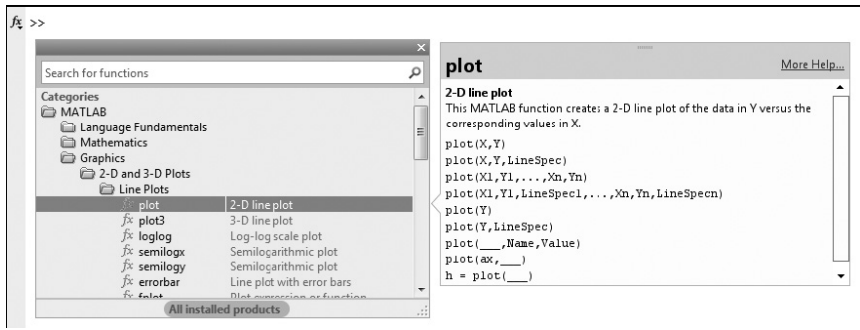


图 1.5-1 在函数浏览器中选 plot 函数后

2. 帮助函数

有三个 MATLAB 函数可用于访问 MATLAB 函数的在线信息。

help 函数 help 函数是确定指定函数的语法和行为的最基本方法。例如, 在命令窗口中输入 help log10 就会显示如下信息。

```
LOG10 Common (base 10) logarithm.  
LOG10(X) is the base 10 logarithm of the elements of X.  
Complex results are produced if X is not positive.  
  
See also LOG, LOG2, EXP, LOGM.
```

请注意, 显示的信息描述了函数的功能, 以及使用非标准参数值后会出现的任何预料不到的结果的警告, 并指示用户还可以参阅其他哪些相关函数。

所有 MATLAB 函数都被编组成基于 MATLAB 的目录结构的若干逻辑组。例如, 所有的基础数学函数, 如 log10 等, 都位于 elfun 目录中, 而多项式函数则都位于 polyfun 目录中。要列出 polyfun 目录中的所有函数名, 以及每个函数的简要描述, 只需要输入 help polyfun 即可。如果不确定要搜索哪个目录, 还可以键入 help 以获取所有目录的详细信息列表, 以及所列的每个函数类别的描述消息。

lookfor 函数 lookfor 函数允许用户基于关键字搜索函数。它只搜索每个 MATLAB 函数帮助文本的第一行, 即 H1 行, 并返回包含特定关键字的所有 H1 行。例如, MATLAB 没有名为 sine 的函数。因此输入 help sine 和 help sin 得到的响应是一样的(早期版本的响应是 “sine.m not found”, 这或许更有用)。

但是, 输入 lookfor sine 命令则会获得超过 12 个匹配项, 这取决于您安装的工具箱。例如, 您会看到以下信息:

```
ACOS      Inverse cosine, result in radians  
ACOSD     Inverse cosine, result in degrees  
ACOSH     Inverse hyperbolic cosine  
ASIN      Inverse sine, result in radians  
...
```

```
SIN      Sine of argument in radians
...
```

从这个列表可以找到 `sine` 函数的正确名称。请注意，结果包含了所有含 `sine` 的函数，比如 `cosine`。为 `lookfor` 函数添加 `-all` 后，就可以搜索全部帮助条目，而不仅限于 H1 行。

doc 函数 输入 `doc function_name` 可以显示指定函数 `function_name` 的文档。例如，输入 `doc sqrt` 将显示函数 `sqrt` 的文档页。

3. MathWorks 网站

如果您的计算机已接入因特网，就可以访问 MathWorks 公司，即 MATLAB 之家。您可以用电子邮件提问题、提建议，并报告可能的“缺陷”，还可以使用 MathWorks 网站上的解决方案搜索引擎查询最新的技术支持信息数据库。网址是 <http://www.mathworks.com>。

帮助系统功能强大并且内容详尽，因此本书只介绍了其基础知识。用户能够并且应该使用帮助系统来学习如何更详细地使用它的功能。

您学会了吗？

- T1.5-1 使用帮助系统了解内置函数 `nthroot`，并用它计算 64 的立方根。
- T1.5-2 看看 MATLAB 支持多少个双曲函数。
- T1.5-3 在命令提示符后输入 `why`。它是内置函数吗？它是干什么的？

1.6 问题求解方法论

设计新的工程设备和系统时需要各种解决问题的技能。也正是这种多样性才让工程变得不枯燥！当您解决问题时，提前做好计划至关重要。在没有解题计划的情况下陷入问题会浪费很多时间。在这里，我们提出一般工程问题的解题计划或方法论。由于解决工程问题通常需要计算机解，并且由于本书的例题和练习都要求读者开发出一个计算机解(用 MATLAB 实现)，因此我们还特别讨论了解决计算机问题的方法论。

1. 解决工程问题的步骤

表 1.6-1 总结了工程界尝试和测试多年的方法。这些步骤描述了一个通用问题解决过程。充分地简化问题并应用适当基本原理的过程称为建模，由此得到的数学描述称为数学模型，或者简称模型。当完成建模后，还要求解数学模型以获得需要的答案。如果模型非常复杂，我们可能还需要用计算机程序来求解。本书中的大部分例题和练习都要求读者针对已建立了模型的问题开发一个计算机解(使用 MATLAB)。因此，我们并不总是需要用到表 1.6-1 列出的所有步骤。更多关于工程问题求解方法的讨论可参阅文献[Eide, 2008]*。

模型

表 1.6-1 工程问题的求解步骤

- (1) 理解问题的目的。
- (2) 收集已知的信息。要注意，其中有些信息可能之后才会发现是不必要的。
- (3) 确定必须找出的信息。
- (4) 对问题进行足够的简化以获得所需的信息。您可以做出任何假设。
- (5) 画出草图，并标记每个必要的变量。
- (6) 确定哪些基本理论是适用的。
- (7) 在开展具体工作之前，全面考虑一下您的解决方案，并可考虑其他方法。
- (8) 标记求解过程中的每个步骤。

* 参考文献参见附录 D。

(9) 检查尺寸和单位。如果用程序求解某个问题,则可以用问题的简单版本来手工检查结果。通过检查尺寸和单位,并输出中间步骤的计算结果,可以发现错误。

(10) 对答案进行真实性检查和精度检查。它有意义吗?估计预期结果的范围,并与您的答案进行比较。不要用比下列任何一种更精确的方式来陈述答案:

- a. 已知信息的精确性。
- b. 简化假设。
- c. 问题的要求。

解释计算结果。如果数学计算得出了多个答案,在不考虑它们含义的情况下不能放弃其中任何一个。计算结果可能正试图告诉您一些事情,而您却可能会错过一个发现有关问题的更多信息的机会。

2. 求解问题的例子

请考虑以下解题步骤的简单例子。假设您在一家生产包装品的公司工作。您被告知,一种新的包装材料可以在包裹掉落时保护包裹,前提是包装以低于 25 英尺/秒的速度落地。已知包装的总重量为 20 磅,尺寸为 $12 \times 12 \times 8$ 立方英寸的长方体。您要确定的是当送货人员携带包裹时,包装材料能否对包裹提供足够的保护。

解题步骤如下:

(1) **理解问题的目的。**这里隐含的意思是,要使包裹能够抵御送货人员携带包裹时掉落包裹造成的损害。这并不是为了抵御包裹从移动的运货卡车上掉下来时造成的损害。在实践中,您应该确保给您分配此任务的人也做出了同样的假设。沟通得不好是造成许多错误的原因!

(2) **收集已知的信息。**已知的信息是包装的重量、尺寸和允许承受的最大冲击速度。

(3) **确定必须找出的信息。**尽管没有明确强调,但您需要确定的是包裹在不损坏的情况下允许掉落的最大高度。您需要找出冲击速度与包裹掉落高度之间的关系。

(4) **对问题进行足够的简化以获得所需的信息。**陈述您做出的任何假设。以下假设能简化问题,并与我们理解的问题陈述一致:

- a. 包装从静止状态掉落,垂直或水平速度均为零。
- b. 包裹不发生翻滚(而当它从移动的卡车上掉落时就可能翻滚)。已知的尺寸表明包裹不是细长的,因此当它下降时不会发生“抖动”。
- c. 空气阻力的影响可以忽略不计。
- d. 送货人掉落包裹的最大高度可能是 6 英尺(这就意味着我们认为送货人的身高没有 8 英尺!)
- e. 重力加速度 g 是常量(因为下降的距离只有 6 英尺)。

(5) **画出草图,并标记每个必要的变量。**图 1.6-1 是本问题的草图,展示了包裹高度为 h 、质量为 m 、速度为 v 、加速度是重力加速度 g 。

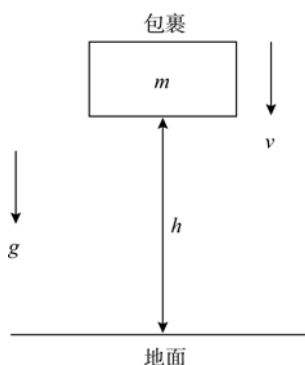


图 1.6-1 包裹掉落问题的草图

(6) **确定哪些基本原理是适用的。**这个问题涉及运动体,要应用牛顿定律。从物理学可知,在没有

空气阻力和初始速度的情况下,根据牛顿定律和物体在重力的影响下从离地很近处掉落时的基本运动学理论,可以得出以下关系:

- a. 高度与冲击时间 t_i 的关系是: $h = \frac{1}{2}gt_i^2$ 。
- b. 冲击速度 v_i 与冲击时间的关系是: $v_i = gt_i$ 。
- c. 根据机械能守恒定理可得: $mgh = \frac{1}{2}mv_i^2$ 。

(7) 在开展具体工作之前,全面考虑一下您的解决方案,并可考虑其他方法。我们可以从第二个方程解出 t_i ; 再将结果代入第一个方程,得到 h 和 v_i 之间的关系。该方法还可以使我们求得下落时间 t_i 。但是这就让我们干了不必要的工作,因为我们并不要求出 t_i 的值。而最有效的方法是根据第三个关系式直接求解 h 。

$$h = \frac{1}{2} \frac{v_i^2}{g} \quad (1.6-1)$$

请注意,该方程已经删掉了质量 m 。数学告诉了我们一些事情!它告诉我们,质量不影响冲击速度与下降高度之间的关系。因此解决该问题时不需要对包装称重。

(8) 标记求解过程中的每个步骤。标记过程非常简单,只需要几步即可完成。

a. 基本原理:机械能守恒定律:

$$h = \frac{1}{2} \frac{v_i^2}{g}$$

b. 确定常量 g 的值: $g=32.2$ 英尺/秒²。

c. 用已知信息进行计算,并使结果与已知信息的精度保持一致:

$$h = \frac{1}{2} \frac{25^2}{32.2} \approx 9.7 \text{ 英尺}$$

因为本文主要介绍 MATLAB,所以我们不妨用它来做这个简单计算。会话过程如下:

```
>>g=32.2;
>>vi=25;
>>h=vi^2/(2*g)
h=
    9.7050
```

(9) 检查尺寸和单位。检查过程如下所示,根据方程(1.6-1)可得:

$$[\text{ft}] = \left[\frac{1}{2} \right] \frac{[\text{ft/sec}]^2}{[\text{ft/sec}^2]} = \frac{[\text{ft}]^2}{[\text{sec}]^2} \frac{[\text{sec}]^2}{[\text{ft}]} = [\text{ft}]$$

因此,这是正确的。

(10) 对答案进行真实性检查和精度检查。如果计算出的高度是负数,我们就知道肯定做错了什么。如果高度值很大,我们也会产生怀疑。然而,计算结果是高度 9.7 英尺,这看起来没什么不合理。

如果我们取一个更精确的 g 值,比如 $g=32.17$,那么计算结果四舍五入得到 $h=9.71$ 。然而,考虑到本问题需要保守估计,应该把答案向下舍入到最近的整数。因此,我们应该报告说,如果包裹是从低于 9 英尺的高度掉落的话,就不会损坏。

数学结果告诉我们,包裹质量不影响结果。数学(表达式)没有多个解。然而,许多问题都涉及多项式的求解,往往有多个解。这种情况下,我们必须仔细检查每种结果的含义。

3. 获取计算机解的步骤

如果您使用 MATLAB 之类的程序来解决问题,请遵循表 1.6-2 所示的步骤。关于建模和计算机解的

更详细讨论可以查阅文献[Starfield, 1990]和[Jayaraman, 1991]。

表 1.6-2 开发计算机解的步骤

(1) 简明地描述问题。
(2) 指定程序要使用的数据。这就是输入。
(3) 指定程序将产生的输出。这就是输出。
(4) 手工或用计算器按步骤完成解题；如有必要，可使用一组较简单的数据。
(5) 编写并运行程序。
(6) 用手工解检查程序的输出。
(7) 运行程序，并对输出执行真实性检查。程序运行得对吗？估计预期结果的范围，并与手工解得的答案进行比较。
(8) 以合理范围的输入值测试程序。如果将来要将该程序作为通用工具使用，那么还要用一系列合理的数据值完成运行测试，并对结果进行真实性检查。

MATLAB 非常擅长进行大量复杂的计算，并且能自动生成结果的图形。下面的例子就将演示开发和测试此类程序的过程。

例题 1.6-1 活塞运动

图 1.6-2(a)所示为活塞、连杆和曲柄组成的内燃机。当内燃机内燃烧时，它将活塞向下推，该运动使得连杆转动曲柄，进而带动曲轴旋转。我们想开发一个 MATLAB 程序，在已知长度 L_1 和 L_2 的条件下，计算和绘制活塞移动距离 d 与角 A 的函数。这样的图形将帮助工程师们在设计引擎时选择合适的长度 L_1 和 L_2 。

我们已知长度的典型值为 $L_1=1$ 英尺， $L_2=0.5$ 英尺。由于机械运动相对于 $A=0$ 对称，因此只需要考虑 $0 \leq A \leq 180^\circ$ 范围内的情况。图 1.6-2(b)显示了运动的几何形状。从该图可以看出，用三角函数可以写出 d 的表达式：

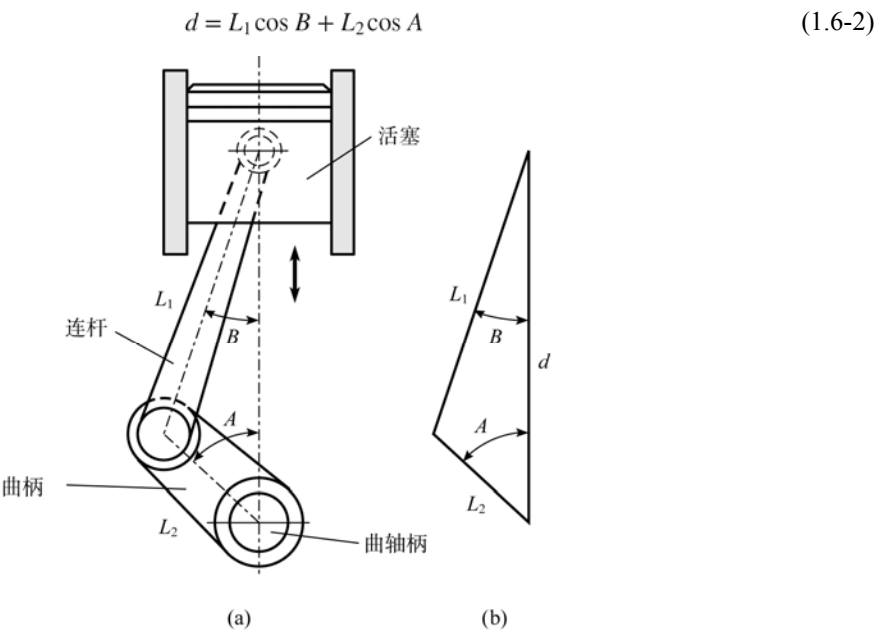


图 1.6-2 内燃机引擎的活塞、连杆和曲柄

因此，已知长度 L_1 和 L_2 以及角 A 时，要想计算 d ，就必须首先确定角 B 。为此，要用到正弦定理，如下所示：

$$\frac{\sin A}{L_1} = \frac{\sin B}{L_2}$$

从中求解出 B :

$$\sin B = \frac{L_2 \sin A}{L_1} \quad (1.6-3)$$

$$B = \sin^{-1}\left(\frac{L_2 \sin A}{L_1}\right)$$

式(1.6-2)和式(1.6-3)是计算的基础,据此就可以开发并测试 MATLAB 程序来绘制 d 相对于 A 的关系曲线。

■ 解

下面是根据表 1.6-2 所列内容得出的解题步骤。

(1) 简明地描述问题。用式(1.6-2)和式(1.6-3)计算 d ; 在 $0 \leq A \leq 180^\circ$ 范围内选取足够多的 A 值以生成足够平滑的曲线图。

(2) 指定程序要使用的数据。已知长度 L_1 、 L_2 和角 A 的大小。

(3) 指定程序将产生的输出。输出是 d 与 A 的关系曲线。

(4) 手工或用计算器按步骤完成解题。推导三角公式时可能会犯错误,所以应该检查部分情况。可以用尺子和量角器按比例绘制某些值的角 A 作检查;测量长度 d ;并与计算结果进行比较。然后就可以用这些结果来检查程序的输出。

检查时应该使用哪些 A 值呢?因为当 $A=0^\circ$ 和 $A=180^\circ$ 时,三角形会“消失”,所以应该着重检查这些情况。结果是, $A=0^\circ$ 时, $d=L_1-L_2$; $A=180^\circ$ 时, $d=L_1+L_2$ 。 $A=90^\circ$ 时的情况,运用勾股定理也很容易手工检验,此时, $d=\sqrt{L_1^2-L_2^2}$ 。还应在 $0^\circ < A < 90^\circ$ 区间和 $90^\circ < A < 180^\circ$ 区间各检查一个角度。下表显示了在已知 $L_1=1$ 英尺, $L_2=0.5$ 英尺时的计算结果。

$A(\text{度})$	$d(\text{英尺})$
0	1.5
60	1.15
90	0.87
120	0.65
180	0.5

(5) 编写并运行程序。下面的 MATLAB 会话采用的值是 $L_1=1$ 英尺, $L_2=0.5$ 英尺。

```
>>L_1=1;
>>L_2=0.5;
>>R=L_2/L_1;
>>A_d=0:0.5:180;
>>A_r=A_d*(pi/180);
>>B=asin(R*sin(A_r));
>>d=L_1*cos(B)+L_2*cos(A_r);
>>plot(A_d,d),xlabel('A (degrees)'), ...
    ylabel('d (feet)'),grid
```

注意在变量名中使用下划线(_)能使变量名的意义更明确。变量 A_d 表示角 A 的度数。第 4 行创建了 0, 0.5, 1, 1.5, ..., 180 的数组。第 5 行将这些角度值转换为弧度,并将结果赋值给变量 A_r 。这种转换很有必要,因为 MATLAB 的三角函数都是用弧度,而不是度(常见的疏忽就是使用度)。MATLAB 提供的内置常量 π 代表 π 。第 6 行使用了反正弦函数 asin 。

plot 命令要求 lable 和 grid 命令位于同一行,并以逗号分隔。省略号(即三个点)是行延续运算符。该运算符允许您在按下 Enter 键后继续输入。否则,如果您不用省略号就继续输入,就无法在屏幕上看到整个行。注意,在输入省略号后按下 Enter 键,然后提示符就不见了。

grid 命令能在图形上添加网格线,以便更加容易地从图形中读数。结果如图 1.6-3 所示。

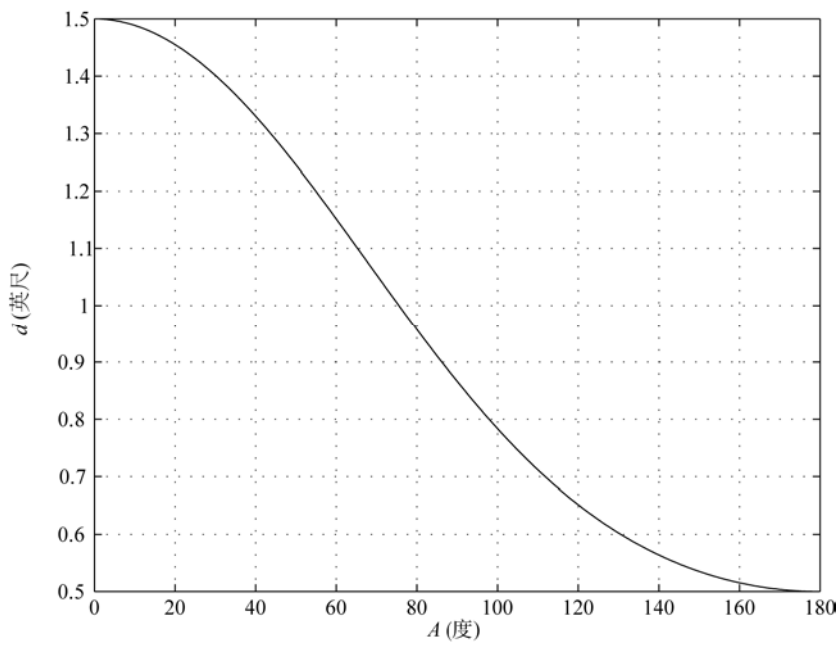


图 1.6-3 活塞位置相对于曲柄角的曲线

- (6) 用手工解检查程序的输出。从图中读取对应于上表中给定 A 值的 d 值。用 `ginput` 函数能从图中读取出数值来。数值应该彼此一致，事实也确实如此。
- (7) 运行程序，并对输出执行真实性检查。如果所示的图形出现突变或中断，您就应该怀疑可能出现了错误。然而，图形光滑则表明 d 的行为与预期一致，它从 $A=0^\circ$ 时的最大值光滑地下降到 $A=180^\circ$ 时的最小值。
- (8) 以合理范围的输入值测试程序。使用各种 L_1 和 L_2 值测试程序，检查结果图，看看它们是否合理。还可以自己尝试一下，看看 $L_1 \leq L_2$ 时会发生什么。当 $L_1 > L_2$ 时，机械工作方式是否保持不变？您的直觉告诉您期望从该机械装置中得到什么？程序又预测出什么？

1.7 总结

现在您应该熟悉 MATLAB 中的基本操作。主要包括：

- 启动和退出 MATLAB
- 计算简单的数学表达式
- 管理变量

您还应该熟悉 MATLAB 的菜单和工具栏系统。

本章概述了 MATLAB 可以解决的各种问题。主要包括：

- 使用数组和多项式
- 创建图形
- 创建脚本文件

表 1.7-1 是本章介绍的表格的指南。后续章节包含有关这些主题的详细信息。

表 1.7-1 本章介绍的命令和功能指南

标量的算术运算	表 1.1-1
优先级	表 1.1-2
管理工作会话的命令	表 1.1-3
特殊变量和常量	表 1.1-4

(续表)

数值显示格式	表 1.1-5
一部分常用的数学函数	表 1.3-1
MATLAB 的部分绘图命令	表 1.3-2
系统、目录和文件命令	表 1.4-1
输入/输出命令	表 1.4-2

关键词

参数, 1.3 节	当前目录, 1.4 节
数组, 1.3 节	数据文件, 1.4 节
数组索引, 1.3 节	数据标记, 1.3 节
ASCII 码文件, 1.4	调试, 1.4 节
命令窗口, 1.1 节	桌面, 1.1 节
注释, 1.4 节	图形窗口, 1.3 节
MAT 文件, 1.4 节	脚本文件, 1.4 节
模型, 1.6 节	搜索路径, 1.4 节
叠加图, 1.3 节	会话, 1.1 节
路径, 1.4 节	字符串变量, 1.4 节
优先级, 1.1 节	变量, 1.1 节
标量, 1.1 节	工作空间, 1.1 节

习题

本书末尾给出标有星号的习题的答案。

第 1.1 节

1. 确保您知道如何启动并退出 MATLAB 会话。用 MATLAB 计算以下内容, 并使用计算器检查结果。其中 $x=10$, $y=3$ 。

- a. $u = x + y$ b. $v = xy$ c. $w = x/y$
d. $z = \sin x$ e. $r = 8 \sin y$ f. $s = 5 \sin 2y$

2.* 假设 $x=2$, $y=5$ 。请用 MATLAB 计算以下内容。

- a. $\frac{yx^3}{x-y}$ b. $\frac{3x}{2y}$ c. $\frac{3}{2}xy$ d. $\frac{x^5}{x^5-1}$

3. 假设 $x=3$, $y=4$ 。请用 MATLAB 计算以下各式, 并用计算器检查结果。

- a. $\left(1 - \frac{1}{x^5}\right)^{-1}$ b. $3\pi x^2$ c. $\frac{3y}{4x-8}$ d. $\frac{4(y-5)}{3x-6}$

4. 请用 MATLAB 求出给定 x 值对应的下列表达式, 并与手工计算结果核对。

- a. $y = 6x^3 + \frac{4}{x}$, $x = 3$ b. $y = \frac{x}{4}3$, $x = 7$
c. $y = \frac{(4x)^2}{25}$, $x = 9$ d. $y = 2\frac{\sin x}{5}$, $x = 4$
e. $y = 7(x^{1/3}) + 4x^{0.58}$, $x = 30$

5. 假设变量 a 、 b 、 c 、 d 和 f 都是标量, 请编写 MATLAB 语句计算和显示下列表达式。用 $a=1.12$ 、 $b=2.34$ 、 $c=0.72$ 、 $d=0.81$ 和 $f=19.83$ 这组值测试编写的语句。

$$x = 1 + \frac{a}{b} + \frac{c}{f^2} \quad s = \frac{b-a}{d-c}$$

$$r = \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} + \frac{1}{d}} \quad y = ab \frac{1}{c} \frac{f^2}{2}$$

6. 请用 MATLAB 计算:

a. $\frac{3}{4}(6)(7^2) + \frac{4^5}{7^3 - 145}$

b. $\frac{48.2(55) - 9^3}{53 + 14^2}$

c. $\frac{27^2}{4} + \frac{319^{4/5}}{5} + 60(14)^{-3}$

然后用计算器核对结果。

7. 请用 MATLAB 计算下列表达式:

a. 16^{-1}

b. $16^{-1/2}$

c. $16^{(-1/2)}$

d. $64^{3/2}$

8. 下列 MATLAB 表达式的计算结果是多少?

a. 100^{-1}

b. $100^{-1/2}$

c. $100^{(-1/2)}$

d. $100^{3/2}$

9. 函数 `realmax` 和 `realmin` 给出了 MATLAB 可以处理的最大和最小的数字。计算产生的数值过大或过小就会导致上溢出和下溢出。通常, 如果计算顺序安排得正确, 就不会出现问题。在 MATLAB 中输入 `realmax` 和 `realmin`, 以确定所用系统的上限和下限。例如, 假设变量 $a=3 \times 10^{150}$ 、 $b=5 \times 10^{200}$ 。

a. 用 MATLAB 计算 $c=ab$ 。

b. 假设 $d=5 \times 10^{200}$, 请用 MATLAB 计算 $f=d/a$ 。

c. 用 MATLAB 计算乘积 $x=abd$ 有两种方法, 一是直接按照 $x=a*b*d$ 计算乘积; 二是先算 $y=b*d$, 再算 $x=a*y$ 。请比较两种结果。

10. 圆柱体的高度为 h , 半径为 r , 则体积为 $V=\pi r^2 h$ 。已知某圆柱罐高 10 米, 半径 6 米。要想再建造一个体积比它大 30% 但半径相同的圆柱罐。这个圆柱罐必须有多高?

11. 球的体积计算公式为 $V=4\pi r^3/3$, 其中 r 是半径。请用 MATLAB 计算体积比半径为 4 英尺的球体大 40% 的球体的半径。

12.* 假设 $x=-7-5i$, $y=4+3i$ 。请用 MATLAB 计算:

a. $x+y$

b. xy

c. x/y

13. 请用 MATLAB 计算下列算式, 并手工检查结果。

a. $(3+6i)(-7-9i)$

b. $\frac{5+4i}{5-4i}$

c. $\frac{3}{2}i$

d. $\frac{3}{2i}$

14. 请用 MATLAB 计算下列算式, 其中 $x=5+8i$, $y=-6+7i$, 并手工检查结果。

a. $u=x+y$

b. $v=xy$

c. $w=x/y$

d. $z=e^x$

e. $r=\sqrt{y}$

f. $s=xy^2$

15. 理想气体定律提供了一种估计容器内气体压强的方法。

$$P = \frac{nRT}{V}$$

更准确的估计可以用范德华方程计算, 公式为:

$$P = \frac{nRT}{V-nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

其中, nb 项是对分子体积的修正值, an^2/V^2 项是对分子吸引力的修正。 a 和 b 的大小取决于气体的类型。气体常量为 R , 绝对温度为 T , 气体体积为 V , 气体分子的数量由 n 表示。 $n=1$ mol 的理想气体,

在 0°C (273.2 K) 时其体积限定为 $V=22.41\text{ L}$, 它的压强为 1 atm (大气压)。当采用上述单位时, $R=0.082\text{ 06}$ 。

对于氯(Cl_2), $a=6.49$ 、 $b=0.0562$ 。在 273.2 K 条件下, 1 mol 氯气的体积为 22.4 L 。比较分别根据理想气体定律和范德华方程计算出的压强估计值。造成这两种压强估计不同的主要原因是什么, 是分子体积还是分子吸引力?

16. 理想气体定律与压强 P 、体积 V 、绝对温度 T , 以及气体的数量 n 都有关系, 定理方程为:

$$P = \frac{nRT}{V}$$

其中, R 是气体常量。

某工程师必须设计一个大型的天然气储罐, 要求压强恒定在 2.2 个大气压。 12 月温度为 4°F (近似为 -15.6°C) 时, 罐内的气体体积为 $28\ 500$ 立方英尺。当温度为 88°F (近似为 31°C) 时, 7 月份同样数量的气体的体积是多少? 提示: 在这个问题中, n 、 R 和 P 都是常量。

第 1.3 节

17. 请用 MATLAB 计算:

- a. e^2 b. $\log 2$ c. $\ln 2$ d. $\sqrt[4]{600}$

18. 请用 MATLAB 计算:

- a. $\cos(\pi/2)$ b. $\cos 80^{\circ}$ c. $\cos^{-1}0.7$ 的弧度 d. $\cos^{-1}0.6$ 的角度

19. 请用 MATLAB 计算:

- a. $\tan^{-1}2$
b. $\tan^{-1}100$
c. 对应于 $x=2$ 、 $y=3$ 的角度
d. 对应于 $x=-2$ 、 $y=3$ 的角度
e. 对应于 $x=2$ 、 $y=-3$ 的角度

20. 假设 x 取值为 $x=1, 1.2, 1.4, \dots, 5$ 。请用 MATLAB 计算函数 $y=7\sin(4x)$ 对应的数组 y 。并用 MATLAB 确定数组 y 中的元素个数和数组 y 中的第三个元素的值。

21. 请用 MATLAB 确定数组 $\sin(-\pi/2):0.05:\cos(0)$ 中有多少个元素。并用 MATLAB 确定第 10 个元素。

22. 请用 MATLAB 计算:

- a. $e^{(-2.1)^3} + 3.47 \log(14) + \sqrt[4]{287}$
b. $(3.4)^7 \log(14) + \sqrt[4]{287}$
c. $\cos^2\left(\frac{4.12\pi}{6}\right)$
d. $\cos\left(\frac{4.12\pi}{6}\right)^2$

并用计算器检查计算结果。

23. 请用 MATLAB 计算。

- a. $6\pi \tan^{-1}(12.5) + 4$ b. $5 \tan[3 \sin^{-1}(13/5)]$
c. $5 \ln(7)$ c. $5 \log(7)$

并用计算器检查计算结果。

24. 里氏震级是地震强度的量度。地震释放的能量 E (单位为焦耳) 与里氏震级 M 之间的关系为:

$$E = 10^{4.4} 10^{1.5M}$$

请问 7.6 级地震释放的能量比 5.6 级地震释放的能量多多少?

25.* 请用 MATLAB 求 $13x^3 + 182x^2 - 184x + 2503 = 0$ 的根。

26. 请用 MATLAB 求多项式 $70x^3 + 24x^2 - 10x + 20$ 的根。

27. 请用 MATLAB 绘制函数 $T = 6 \ln t - 7e^{0.2t}$ 在区间 $1 \leq t \leq 3$ 上的图, 并在图上添加标题及合适的坐标轴标签。变量 T 表示温度, 单位是摄氏度; 变量 t 表示时间, 单位是分钟。

28. 请用 MATLAB 绘制函数 $u = 2 \log_{10}(60x + 1)$ 和 $v = 3 \cos(6x)$ 在区间 $0 \leq x \leq 2$ 上的图, 并为该图和每条曲线添加适当的标签。变量 u 和 v 表示速度, 单位是英里/小时; 变量 x 表示距离, 单位是英里。

29. 傅里叶级数是以正弦和余弦表示的周期函数。以下函数

$$f(x) = \begin{cases} 1 & 0 < x < \pi \\ -1 & -\pi < x < 0 \end{cases}$$

的傅里叶级数可表示为

$$\frac{4}{\pi} \left(\frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \frac{\sin 7x}{7} + \dots \right)$$

请在同一图形上绘制函数 $f(x)$ 及其级数表示(使用给出的那四项)的曲线。

30. 摆线是半径为 r 、沿 x 轴滚动的圆轮的圆周上的点 P 所描述的曲线。该曲线的参数形式方程描述为:

$$x = r(\phi - \sin \phi)$$

$$y = r(1 - \cos \phi)$$

请用这组方程画出 $r=10$ 英寸且 $0 \leq \phi \leq 4\pi$ 的摆线。

31. 一艘船以 20 千米/小时的速度, 沿着 $y=11x/15+43/3$ 所描述的直线路径, 从 $x=-10$, $y=7$ 对应的点开始移动。请以观测者为坐标原点, 绘出面向船的视线角(单位: 度)相对于时间的函数, 时间持续 3 小时。

第 1.4 节

32. 确定您所用计算机上 MATLAB 的搜索路径。如果您同时使用实验室电脑和家用电脑, 请比较这两个搜索路径。MATLAB 如何在每台计算机上找到用户创建的 M 文件?

33. 某操场的围栏形状是如图 P33 所示的样子。它由一个长 L 和宽 W 的矩形和一个沿矩形中心水平轴对称的直角三角形组成。假设已知宽度 W (单位: 米)和封闭区域面积 A (单位: 平方米), 请编写 MATLAB 脚本文件, 根据已知变量 W 和 A 求使得封闭区域面积为 A 的长度 L , 并确定围栏的总长度。请以 $W=6$ 米, $A=80$ 平方米测试您的脚本文件。

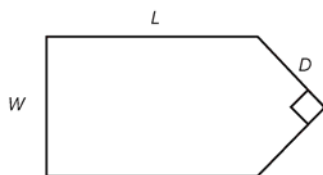


图 P33 某操场的围栏形状

34. 图 P34 中所示的四边形由两个具有共同边 a 的三角形组成。根据顶部三角形的余弦定理可知:

$$a^2 = b_1^2 + c_1^2 - 2b_1c_1 \cos A_1$$

底部三角形也可以得出类似的方程。如果已知边 b_1 、 b_2 和 c_1 的长度以及角度 A_1 和 A_2 的度数, 请设计计算边 c_2 长度的算法, 并编写脚本文件实现该算法。最后用下列数值测试脚本, 其中: $b_1=180$ m, $b_2=165$ m, $c_1=115$ m, $A_1=120^\circ$, $A_2=100^\circ$ 。

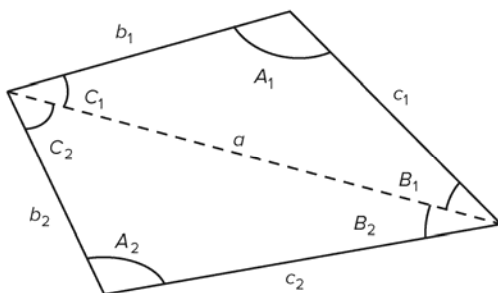


图 P34 四边形

35. 编写脚本文件来计算下面三阶方程的三个根:

$$x^3+ax^2+bx+c=0$$

请用 `input` 函数让用户输入 a 、 b 和 c 的值。

第 1.5 节

36. 请用 MATLAB 的帮助工具查找以下主题和符号的信息: `plot`、`label`、`cos`、`cosine`、`:`和`*`。

37. 请用 MATLAB 的帮助工具确定如果 `sqrt` 函数的参数为负值会发生什么。

38. 请用 MATLAB 的帮助工具确定如果 `exp` 函数的参数为虚数会发生什么。

第 1.6 节

39. a. 您要以多大的初始速度把球垂直向上扔才能到达 20 英尺的高度? 其中, 球重 1 磅。如果球重 2 磅, 答案有何变化?

b. 假设您想把一根钢条垂直向上扔到 20 英尺的高度, 其中钢条重 2 磅。要达到这个高度, 钢条的初始速度必须是多少? 钢条长度对高度有何影响?

40. 考虑例题 1.6-1 中讨论的活塞运动。活塞行程是活塞曲柄角从 0° 到 180° 变化时所移动的总距离。

a. 活塞行程与 L_1 和 L_2 有何关系?

b. 假设 $L_2=0.5$ 英尺, 请用 MATLAB 分别画出两种情况下的活塞运动与曲柄角: $L_1=0.6$ 英尺和 $L_1=1.4$ 英尺。将所画的两个图与图 1.6-3 做比较。讨论图形形状与 L_1 大小的关系。