



MATLAB物理计算与可视化

门云阁 编著

清华大学出版社

MATLAB物理计算与可视化

门云阁 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以 MATLAB 软件为主线,包括 3 部分内容:基础篇、应用篇和工具箱初步。全书共分 10 章。

第 1 篇和第 2 篇,包括第 1~5 章,概述了 MATLAB 软件的基本语言,并介绍了其在物理问题的计算与可视化中的初步应用,介绍了建模、程序设计的思路及简单应用。第 3 篇,包括第 6~10 章,介绍了几个对于分析物理问题非常有用的工具箱及其在相关领域的应用计算,并针对一些有关理工的问题进行了程序编写。最后,给出书中涉及的相关物理问题的索引目录。

本书可供普通高校理工专业本科二年级以上学生必修或选修课程使用,同时可作为各年级学生学习 MATLAB 语言程序的参考教材,也可作为理工专业硕士研究生学习相关程序的参考书。

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 物理计算与可视化/门云阁编著.--北京:清华大学出版社,2013

ISBN 978-7-302-33634-1

I. ①M… II. ①门… III. ①物理学—数值计算—Matlab 软件 IV. ①O4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 206334 号

责任编辑:朱红莲 洪 英

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

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:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15 字 数:361 千字

版 次:2013 年 10 月第 1 版 印 次:2013 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

理论物理、实验物理、计算物理已成为物理学的三大分支。计算物理学作为物理学的新型研究手段是理论和实验物理研究方法的补充和更新。

计算物理学是利用计算机进行数据采集、数值计算和可视化,以及通过对实验现象的模拟和仿真,发现和研究物理规律的一门现代交叉学科。

正因为计算物理不可替代的作用,决定了开设计算物理课程的必要性。本书以 MATLAB 软件为主线,分 3 部分内容:基础篇、应用篇和工具箱初步。通过第 1、2 篇的学习,可以对 MATLAB 语言有一个基本的了解,并可将 MATLAB 语言初步应用于物理问题的计算和可视化,如快捷处理实验数据,得到拟合曲线,找出实验规律;通过数值计算得到微分方程的数值解;抽象的数字结果可视化,未知运动规律的图形显示,绘制三维图形,如电场的三维图景等;同时了解建模、程序设计思路,以模拟和仿真手段分析研究问题,如动态系统的研究;了解图形处理方面的相关方法及模块功能,如滤波和调制等。我们将前两篇的重点放在应用软件解决物理问题能力的培养上。第 3 篇,介绍了几个非常有用的工具箱和在某些领域的应用计算,并进行一些有关理工问题的程序编写,目的是使读者对相关问题有一个基本的了解,为以后更深入地学习和应用奠定基础。选用本书开设物理计算与可视化课程,不仅可使学生得到一个重要的辅助计算工具,更重要的是对学生的计算能力、未知事物探求能力的培养,而后一点更为重要。所以,我们并不强求内容的系统性、完整性,而是在适当的位置,添加数值计算的相关内容,我们认为这对读者科研工作能力的培养、提高是有好处的,这也正是编写本书的目的。

另外,在很多问题中,只给出最基本的、必不可少的一些指令用法和典型示例。读者在学习过程中,请首先试运行书上的例题,并弄明白每句程序的意义,尤其理解每个新指令的概念和意义,然后再大胆地应用到所遇到的科技问题的解决过程中。开始可先模仿书中例题(把例题作为模本)编写程序,达到熟悉的目的,进而再灵活运用。

在本书后面特意设置物理问题程序索引,以备读者查索学习之用。

最后,再强调一下,读者在学习过程中,时刻要注意物理及数学模型的建立、解决问题的思路、揭示的物理规律以及物理意义的分析。要做到软件“为我所用”,这才是本门课程开设和学习的目的。

本书各章具体分工如下: 门云阁编写第 1~6、9 章,张光璐编写第 7、8、10 章。

感谢王辅忠教授、张海明教授给予的支持和帮助,特别感谢本书主审刘树森教授,如果

没有刘教授的悉心指导就不可能有本书的出版。书中的部分图片由崔艳老师、杨玉光老师供稿,在此深致谢意。

由于编写时间仓促,加之作者水平有限,疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 7 月于天津

第 1 篇 基 础 篇

第 1 章 MATLAB 语言概述	3
1.1 语言特点	3
1.2 MATLAB 的视窗环境	3
1.3 基本操作和简单语句的输入	8
1.4 MATLAB 7. X 的联机帮助	11
第 2 章 MATLAB 基本语法	13
2.1 矩阵和数组的创建、保存、调用	13
2.2 矩阵和数组的操作修改、结构变换	18
2.3 矩阵和数组的运算	23
2.4 标量、矢量、矩阵的指令函数	28
2.5 多项式的向量表达和一元方程求根	35
2.6 关系操作和逻辑操作	37
练习	40
第 3 章 MATLAB 程序设计	42
3.1 流程控制	42
3.2 M 文件的编写和调用	46
练习	51
第 4 章 可视化的基本操作	52
4.1 二维图形	52
4.2 三维图形的绘制	65
4.3 动态图形制作	72
练习	74

第2篇 应用篇

第5章 部分应用数学问题的求解	77
5.1 多项式的计算	77
5.2 积分	80
5.3 差分、微分、梯度	84
5.4 插值和拟合	87
5.5 常微分方程的求解	92
5.6 MATLAB的符号计算	98
练习	104

第3篇 工具箱初步

第6章 偏微分方程数值解工具箱(PDE)	107
6.1 概述	107
6.2 利用图形用户界面(GUI)求解偏微分方程	108
6.3 常用偏微分方程的数值求解(PDE)	117
6.4 使用命令行求解偏微分方程	126
6.5 有限差分法——二维场域的求解	131
练习	134
第7章 Simulink 仿真	137
7.1 操作实例演示	137
7.2 仿真中的关键问题	140
7.3 建模与仿真	148
练习	157
第8章 信号处理工具箱初步	159
8.1 信号处理基本函数	159
8.2 信号的基本运算	167
8.3 离散傅里叶变换	171
8.4 拟合工具箱	176
第9章 图像处理	181
9.1 演示	181
9.2 数据类型和图像类型	184
9.3 图像显示	185
9.4 图像的运算和几何操作	195

9.5 图像变换	199
9.6 线性滤波	204
9.7 图像处理的几种重要操作	206
第 10 章 用户界面设计	216
10.1 句柄图形	216
10.2 图形用户界面	217
物理问题相关程序索引	226
编后语	229
参考文献	230

第 篇

基 础 篇

MATLAB语言概述

1.1 语言特点

MATLAB 是 Mathworks 公司于 20 世纪 80 年代推出的数值计算软件,得到了广泛的应用。MATLAB 的全称是 Matrix Laboratory,意思是矩阵实验室。它是以矩阵运算为基础的新一代程序语言。

MATLAB 是集数学运算、图形处理、程序设计和系统建模为一体的著名编程语言软件,它具有功能强大、使用简单等优点,是进行科学研究和工程实践的有力工具。

MATLAB 包括两部分:基本部分和扩展部分。基本部分主要指数值计算和可视化功能,扩展部分主要指工具箱。

MATLAB 包括命令控制、可编程,有上百个预先定义好的命令和函数。这些函数能通过用户自定义函数进一步扩展。

MATLAB 有许多强有力的命令。例如,MATLAB 能够用一个单一的命令求解线性系统,能完成大量的高级矩阵处理。

MATLAB 有强有力的二维、三维图形工具。

与 FORTRAN 和 C 相比,MATLAB 语句更简洁、明了,更加符合人们的思维习惯,并且还具有良好的数据可视化功能。

几十个不同的 MATLAB 工具箱可应用于特殊的应用领域。

在以下的领域里,MATLAB 是一个十分有效的解决各种问题的工具。

- (1) 工业研究与开发。
- (2) 数学教学,特别是线性代数,所有基本概念都能涉及。
- (3) 在数值分析和科学计算方面的教学与研究,能够详细地研究和比较各种算法。
- (4) 在诸如电子学、控制理论和物理学等工程和科学学科方面的教学与研究。
- (5) 在诸如经济学、化学和生物学等有计算问题的所有其他领域中的教学与研究。

1.2 MATLAB 的视窗环境

1.2.1 MATLAB 的启动

MATLAB 的工作界面是一个标准的 Windows 界面,安装完 MATLAB 后,会在桌面出

现一个名为 MATLAB 的快捷方式(shortcut)。双击图标,启动 MATLAB。如果删除了桌面的快捷方式,也可以按如下操作启动。

(1) 单击桌面左下角的“开始”按钮;

(2) 通过鼠标或键盘依次选择“程序”→MATLAB→MATLAB 命令,进入 MATLAB 工作窗口,如图 1-1 所示,这是 MATLAB 工作的基本环境,在这里输入指令,计算结果显示于此。

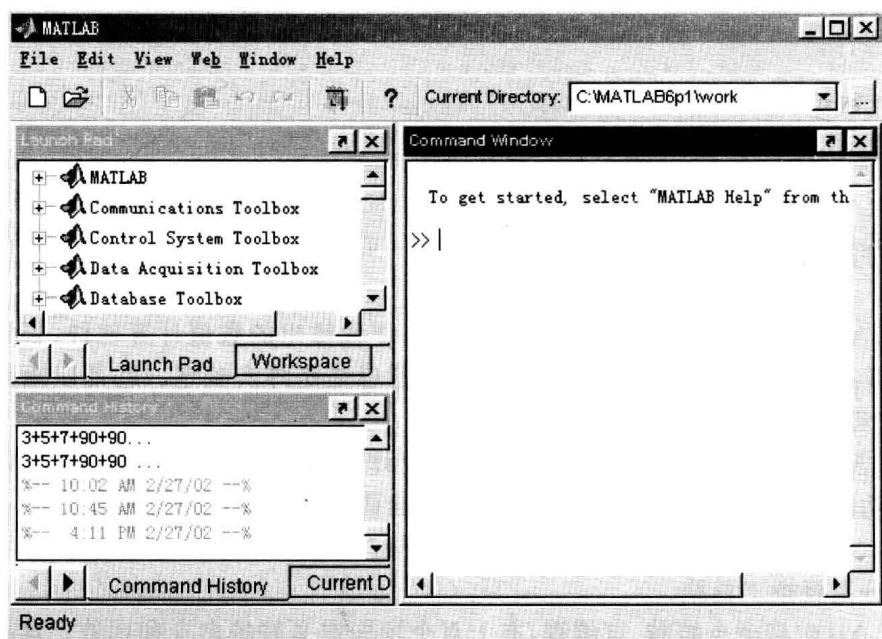


图 1-1 MATLAB 7.0 工作窗口

视窗环境的最上面显示 MATLAB 字样的一栏为标题栏,标题栏的右边依次为窗口最小化按钮、窗口缩放按钮和关闭窗口按钮。标题栏下面的主菜单栏包含 File、Edit、View、Web、Window、Help 六项。菜单栏下面的工具栏显示了十个工具按钮。工具栏下面分为三个栏目,左边两个,上面的是 Launch Pad,下面的是 Command History,右侧的栏目是 Command Window(命令编辑区)。下面分别进行介绍。

1.2.2 通用操作界面

1. Command Window

指令窗,位于窗口右侧。这是进行操作的最主要的窗口,可输入指令、函数、表达式。

2. Command History

历史指令窗,位于窗口左下侧前台。记录已经运行过的指令函数、表达式;允许用户对它们进行选择复制,重复运行,以及产生 M 文件。

3. Current Directory Browser

当前目录浏览器,位于窗口左下侧后台。可进行当前目录设置,展示相应目录上的 M、MDL 等文件;复制、编辑、运行 M 文件,装载 MAT 数据文件。

4. Launch Pad

交互界面分类目录窗,位于窗口左上侧前台。该窗展开树状结构,罗列软件提供的所有交互界面,包括帮助界面、演示界面、各种应用交互界面。双击分类图标,就可展现出相应的交互界面。

5. 工作空间浏览器(Workspace Browser)

位于窗口左上侧后台。罗列工作空间所有变量名、大小、字节数,可对变量进行观察、编辑、提取和保存。

6. 内存数组编辑器(Array Editor)

不随界面出现而启动,仅在工作空间浏览器中对变量进行操作时才启动。

7. M 文件编辑/调试器(Editor/Debugger)

不随界面出现启动,仅当“打开文件”等操作时才启动。

8. 帮助导航/浏览器(Help Navigator/Browser)

不随操作界面出现而启动,当做了一定的选择或设置时,才以独立交互界面的形式出现。该浏览器展示内超文本写成的详尽的在线帮助。

1.2.3 菜单命令

1. File(文件处理)菜单

主要用于新建、打开、保存、关闭一个文件,同时还提供打印和退出等功能。

(1) New 有三项内容,新建一个 M 文件、图形或 Simulink 模块。

M-file 打开指定的编辑器,随之产生一空白的 M 文件(M 文件即包含 MATLAB 源代码的文本文件)。

(2) Open M-file 用于输入想打开的文件(M 或 Figure 文件),也可以用于打开其他可用类型的有效文件。

(3) Open Selected 即只有在命令窗口编辑区内选中(通常为灰色)一个 M 文件时,才可用指定编辑器打开被选中的 M 文件。

(4) Run Script 用于在对话框内输入或选中可执行目标文件,单击 OK 执行被选中的目标文件。

(5) Load Workspace 用于在对话框选定并打开文件。

文件为 mat 文件(*.mat 是 Workspace 里的变量存储文件),把文件中保存的变量载入当前工作空间。

(6) Save Workspace As 即在对话框里填入文件名,就会把当前工作空间里的变量以“*.mat”的形式存储起来,可自己设置存储路径。

(7) Show Workspace 用于显示 Workspace Browser(工作空间测量器)界面,看到当前工作空间的自变量信息。

(8) Show Graphics Property Editor 即弹出图形属性编辑器,可对可视化窗口的属性进行修改。

(9) Show GUI Layout Tool 用于打开图形界面控制面板,利用面板中的工具绘制喜欢

的图形界面。

(10) Set Path 可弹出路径浏览器,在其中更改搜索路径。

Path 窗口显示两个系统默认路径 toolbox、work,用鼠标双击 Path 窗口列表里的一个分项,右边的 File in General 即弹出该分项所包含的信息。

(11) Preferences 可打开命令窗口,显示格式选项卡。通过对选项卡进行设置,可改变命令编辑区的显示格式。

Preferences 即选择、偏爱、优先。

(12) Print Setup,安装打印机后,可通过此项设置打印机参数。

(13) Print,进行打印。

(14) Exit MATLAB,单击或按 Ctrl+Q 键,退出 MATLAB。

2. Edit(编辑)菜单主要用于对程序源代码和窗体进行编辑整理等

(1) Undo 用于撤销上一步的操作。

(2) Cut 用于将选中的内容删除,放入剪贴板。

(3) Copy 用于将选中的内容放入剪贴板,但不删除所选的内容(复制)。

(4) Paste 用于将剪贴板的内容放入 MATLAB 工作窗口(粘贴)。

(5) Clear 用于清除尚未被执行(选中)的命令。

(6) Select All 用于选中工作区里的所有内容。

(7) Clear Session 用于清除显示全部内容,但工作空间里的变量不被清除。

3. View(视图)菜单

主要用于设定是否主窗口显示工具栏,并完成窗口切换。

4. Window(窗口)菜单

主要用于显示已打开的窗口信息。单击该选项,可以查看当前系统打开的所有窗口,并实现所有窗口之间的转换。

5. Help(帮助)菜单

主要用于实现 MATLAB 的帮助功能。

(1) Help Window 用于打开帮助窗口。

(2) Help Pips 用于打开帮助窗口,显示帮助系统的分类和使用方法。

(3) Help Desk(HTML)用于打开以 Web 页显示的帮助信息,和在工作区直接输入 Helpdesk 的效果一样。

(4) Examples and Demos 用于演示自带演示例子,相当于直接输入 demos。

(5) About MATLAB 用来显示与 MATLAB 软件和厂商的相关信息。

(6) Subscribe 用来显示 MATLAB 软件和厂商的相关信息。

(7) Show License 用来显示 MATLAB 软件的注册信息。

(8) Join MATLAB Access 用来显示与 MATLAB 软件相关的数据库信息。

关于帮助的详细介绍,请参阅本章的帮助专题。

1.2.4 命令窗口的工具栏

工具栏里有一个加速按钮板,它提供了一些常用菜单命令的快捷方式,当把鼠标移动到

某个加速按钮上时,稍等片刻就会在鼠标的下方出现该按钮的功能提示。熟练使用工具按钮可使工作更快捷、更方便。工具栏简介见表 1-1。

表 1-1 工具栏简介

图 标	功 能
	新建一个空文件,相当于 File 中的 New 命令
	打开一个已有文件,相当于 Open 命令
	将选中的内容清除,相当于 Edit 下的 Cut 命令
	复制选中的内容,相当于 Copy 命令
	撤销上一步操作,相当于 Undo 命令
	Simulink 类管理,用于建立新仿真模型
	显示帮助窗口
	将选中的内容粘贴到工作区,相当于 Edit 中的 Paste 命令
	路径管理,相当于 Set Path 命令
	工作区管理,相当于 File 下的 Show Workspace 命令

1.2.5 命令编辑区

命令编辑区用于输入和显示计算结果。在 MATLAB 启动后,将显示提示符号“>>”(在中文视窗环境中提示符不可见,但这不影响用户使用,因为提示符仅起到提示用户目前系统已处于等待状态的作用)。用户就可以在提示符后面输入命令,按 Enter 键后,系统会解释执行所输入的命令,并给出计算结果。

在 MATLAB 里,有很多的控制键和方向键可用于命令行的编辑。例如,利用↑、↓两个箭头键可以将所用过的指令调回来重复使用。其他的键如→、←、Home、End、Delete、Insert 等,其功能一用即知。

Ctrl+C 键(即先按 Ctrl 键再按 C 键)可以用来终止正在执行的 MATLAB 工作。

功能常用操作命令及操作键见表 1-2、表 1-3。

如果在输入命令行尾使用分号,则不在屏幕上显示结果。

如果输入的数据太多,可以在行尾加上三个英文句号(...)来表示续行。

表 1-2 常用的通用操作命令

指令	含 义	指令	含 义
cd	设置当前工作目录	exit	关闭/退出 MATLAB
clf	清除图形窗	quit	关闭/退出 MATLAB
clc	清除指令窗中显示内容	md	创建目录
clear	清除 MATLAB 工作空间中保存的变量	more	使其后的显示内容分页进行
dir	列出指定目录下的文件和子目录清单	type	显示指定 M 文件的内容
edit	打开 M 文件编辑器	which	指出其后文件所在的目录

表 1-3 命令窗中的编辑常用操作键

按 键 操 作		作 用
↑	Ctrl+P 键	调出前一行(调出前面的命令后修改)
↓	Ctrl+N 键	调出后一行
←	Ctrl+B 键	光标前移一个字符
→	Ctrl+F 键	光标后移一个字符
Ctrl+→	Ctrl+R 键	光标前移一个字
Ctrl+←	Ctrl+L 键	光标后移一个字
Home	Ctrl+A 键	光标移动到行首
End	Ctrl+E 键	光标移动到行尾
Esc	Ctrl+U 键	清除一行
Del	Ctrl+D 键	清除光标后的字符
Back Space	Ctrl+H 键	清除光标前的字符
	Ctrl+K 键	删除到行尾

1.3 基本操作和简单语句的输入

1.3.1 简单语句输入

例 1 计算 $y=a \times b+c \times b \div a$ ($a=2, b=3, c=5$)。

```
>>a=2;b=3;c=5;
>>y=a * b+c * b/a 回车键
y =
    13.5000
```

例 2 计算 $(\tan 45^\circ + \cos 60^\circ) \times \sqrt[3]{27} / \sqrt{64}$ 。

```
>> (tan(pi/4)+cos(pi/3)) * 27^(1/3)/sqrt(64)
ans =
    0.5625
```

1.3.2 变量 表达式 数值

1. 变量

MATLAB 语句一般形式为：变量=表达式(或数)，若变量和“=”省略，输出时自动建立 ans 默认变量。

对大小写敏感，如求平方根指令，sqrt 是对的，而 SQRT、Sqrt 全错。

变量名第一个字符必须是英文字母，最多可包含 31 个字符(含英文、数字、下连符)。不得包含空格和标点。默认预定义见表 1-4。

系统遇到一个新变量名时，它会自动生成变量，若该变量早已存在，系统会自动更新内容。

表 1-4 默认预定义变量(永久变量)

预定义变量	含 义	预定义变量	含 义
ans	计算结果的缺省变量名	NaN 或 nan	不是一个数(Not a Number),如 0/0、 ∞/∞
eps	机器零阈值	nargin	函数输入宗量数目
Inf 或 inf	无穷大,如 1/0	nargout	函数输出宗量数目
i 或 j	虚单元 $i=j=\sqrt{-1}$	realmax	最大正实数
pi	圆周率(π)	realmin	最小正实数

例 3 无穷大的使用。

```
>> x = 1/0
Warning: Divide by zero.
x =
    Inf
```

注:在 MATLAB 中这样的操作不会引起程序执行中断,只是在给出警告信息的同时,用一个特殊的符号 Inf 来表示。而且这个符号和其他的变量一样,可以在以后的运算中发挥作用。

例 4 无穷大的作用。

```
>> 1/x
ans =
     0
```

注: $x(\text{Inf})$ 同样可以当作一个变量来使用,这一特点可在编程中发挥巨大的作用。

2. 运算符和表达式

表达式由变量名、运算符和函数名组成。

表达式按与常规相同的优先级自左至右执行运算;指数运算级别最高,乘除次之,加减运算级别最低。括号可以改变运算次序。基本运算符见表 1-5。

表 1-5 基本运算符

	数学表达式	MATLAB 运算符	MATLAB 表达式
加	$a+b$	+	$a+b$
减	$a-b$	-	$a-b$
乘	$a \times b$	*	$a * b$
除	$a \div b$	/或 \	a/b 或 $b \backslash a$
幂	a^b	^	a^b

例 5 复数运算与表达。

```
>> z1 = 3.6 + 4.4 * i, z2 = 6 * exp(i * pi/6), z = z1 * z2
z1 =
    3.6000 + 4.4000i
z2 =
```