

MATLAB仿真及其在 光学课程中的应用

(第2版)

主 编 胡章芳

副主编 王小发 席 兵 罗 元



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

MATLAB®
examples

MATLAB® & Simulink® 开发实例系列丛书

MATLAB 仿真及其在光学课程中的应用

(第2版)

主 编 胡章芳
副主编 王小发 席 兵 罗 元



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书结合光学类课程的特点,主要介绍 MATLAB 在“光学原理”“信息光学”“光电图像处理”等课程中的应用。本书在结构上包括三个部分,共 6 章。第一部分为语言篇,包括第 1 章和第 2 章,是 MATLAB 基础部分,主要介绍 MATLAB 语言的基本语法、计算功能、编程基本方法和绘图功能。第二部分为应用篇,包括第 3~5 章,讲述 MATLAB 在光学类课程中的应用。其中,第 3 章介绍了 MATLAB 在光学原理课程中的应用;第 4 章介绍了 MATLAB 在信息光学课程中的应用;第 5 章介绍了 MATLAB 在“光电图像处理”课程中的应用。第三部分为课程设计综合实例,包括第 6 章,演示了光学实践教学 MATLAB 系统仿真的应用。

本书特点:由浅入深,结构层次清楚;紧扣专业,仿真实例丰富,针对性强;语言精练,通俗易懂。

本书可作为高等院校光学、光学工程、光电信息科学与工程、电子科学技术等相关专业本科生和研究生学习专业知识的辅助教材、参考书和仿真实验指导书,也可供相关专业的教师和科技工作者参考。对参加相关课程设计和毕业设计的读者来说,书中所给实例有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 仿真及其在光学课程中的应用 / 胡章芳主编

-- 2 版. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2018.4

ISBN 978-7-5124-2603-0

I. ①M… II. ①胡… III. ①Matlab 软件—应用—光学—高等学校—教材 IV. ①O43-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 310619 号

版权所有,侵权必究。

MATLAB 仿真及其在光学课程中的应用(第 2 版)

主 编 胡章芳

副主编 王小发 席兵 罗元

责任编辑 董瑞

*

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

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:13.5 字数:354 千字

2018 年 4 月第 2 版 2018 年 4 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2603-0 定价:42.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

再版前言

《MATLAB 仿真及其在光学课程中的应用》作为光学、光学工程、光电信息科学与工程、电子科学技术等相关专业本科生和研究生学习专业知识的辅助教材、参考书和仿真实验指导书,自 2015 年由北京航空航天大学出版社出版以来,受到很多高校师生的欢迎。去年底出版社告知已无库存,希望再版,以适应读者的需求。

本次修订基本保留了第一版的体系和风格,采用 MATLAB R2017a 版软件,适当增加一些作者近年来的最新设计实例,对第一版的错漏地方做了勘误和更正。

本书由胡章芳、王小发、席兵、罗元共同编写完成。本书再版时,程彩、肖航、漆保凌、曾林全、付亚琴、张杰、徐轩、刘鹏飞、程亮等做了部分的资料查阅、插图制作、文字校对和编排工作,在此对他们的辛勤付出表示感谢!

由于作者水平有限,书中缺点、错误仍在所难免,恳请新老读者批评指正。

编者

2018 年 1 月



配套资料

本书为读者免费提供书中示例程序源代码、课件和习题答案,请扫描二维码下载。读者也可以通过以下网址从百度云盘下载全部资料:

<https://pan.baidu.com/s/10Uabh6h7yFygK-9IMtZCMA>

如使用中遇到任何问题,请发送电子邮件至 goodtextbook@126.com,或致电 010-82317036 咨询处理。

二维码使用提示:手机安装有“百度网盘”APP 的用户可以扫描二维码并直接保存到云盘中;未安装“百度网盘”APP 的用户可以使用微信或者浏览器扫描二维码直接下载。

前 言

MATLAB 具有编程简单、数据可视化功能强、可操作性强等特点,已经成为国际公认的最优秀的科技应用软件之一。它是集成了数值计算、符号运算和图形处理等多种功能于一体的科学计算软件包,包含许多工具箱,可以进行科学计算、动态仿真、图形处理、信号处理、系统控制、数据统计等。目前,MATLAB 已得到了广泛的应用,许多本科生和研究生经常要用 MATLAB 进行数值计算和图形处理,并且借助它来学习基础课程、专业基础课程和专业课程。本书讲述了如何应用 MATLAB 语言进行编程仿真,并针对光学类专业的本科生,重点介绍 MATLAB 在“光学原理”“信息光学”“光电图像处理”等课程中的具体应用。

本书围绕上述课程,结合典型例题及丰富的图形实例讲解,使原本枯燥、抽象的内容变得直观形象,帮助学生更好地理解课程内容,以及如何使用 MATLAB 编程。本书的主要特点可以概括为以下几点。

1. 由浅入深,结构层次清楚

全书内容由浅入深,在介绍 MATLAB 基本知识的基础上,紧扣专业基础课程及专业课程,提供了 MATLAB 在相应领域的应用方法,目的是让读者在学会使用 MATLAB 进行性能分析验证和建模仿真的同时,加强对专业知识的理解和掌握,从而有助于后续课程的学习。

2. 紧扣专业,仿真实例丰富,针对性强

本书对复杂的理论及算法只做简单介绍,重点放在 MATLAB 的实现(应用)上,根据专业基础课程和专业课程的要求,精选了具有代表性的实例,使读者在实例中加深对专业的理解,并学会如何使用相应的 MATLAB 函数。建议读者在使用本书时最好结合相应的教材做参考。

3. 语言精练,内容易于理解

本书避免了复杂的数学公式推导,对知识进行提炼,语言简洁,通俗易懂。书中提供的程序代码中,对关键处进行了注释,易于读者理解和掌握 MATLAB 的编程方法和思路。

本书可作为高等院校光学、光学工程、光电信息科学与工程、电子科学技术等相关专业本科生和研究生学习专业知识的辅助教材、参考书以及仿真实验指导书,也可供相应专业的教师和科技工作者参考。对参加相关课程设计和毕业设计的读者来说,书中所给实例有一定的参考价值。

本书由胡章芳、罗元、席兵、潘武共同编写完成。在本书编写过程中,杨麟、黄冬冬、王运凯、刘金兰等人做了资料查阅、文字校对和编辑排版等工作,在此对他们的辛勤付出表示感谢。

书中所有程序源代码可在北京航空航天大学出版社官网(<http://www.buaapress.com.cn>)的“下载中心”下载。同时,北京航空航天大学出版社联合 MATLAB 中文论坛为本书设立了在线交流版块,网址:<http://www.ilovematlab.cn/forum-246-1.html>(读者也可以在该版块下载程序源代码)。我们希望借助这个版块实现与广大读者面对面的交流,解决大家在阅读本书过程中遇到的问题,分享彼此的学习经验,共同进步。

由于作者水平有限,书中存在的错误和疏漏之处,恳请广大读者和同行批评指正。本书勘误网址:<http://www.ilovematlab.cn/thread-432219-1-1.html>。

编者

2014 年 11 月

目 录

第一部分 语言篇

第 1 章 MATLAB 语言概述	2
1.1 MATLAB 简介	2
1.1.1 MATLAB 的发展历程	2
1.1.2 MATLAB 的主要特点	2
1.2 MATLAB 的系统组成	3
1.3 MATLAB R2017a 的安装、启动和退出	4
1.3.1 MATLAB R2017a 的安装	4
1.3.2 MATLAB R2017a 的启动和退出	7
1.4 MATLAB R2017a 的工作环境	8
1.4.1 菜单栏和工具栏	8
1.4.2 命令行窗口	9
1.4.3 工作区	10
1.5 MATLAB R2017a 帮助系统	10
1.5.1 帮助窗口	10
1.5.2 帮助命令	11
1.5.3 演示系统	12
1.5.4 帮助系统导航浏览器	12
1.5.5 远程帮助系统	13
1.6 MATLAB 的基本操作命令	13
1.6.1 通用命令和编辑键	13
1.6.2 文件管理	14
1.7 MATLAB 使用初步	15
习 题	15
第 2 章 MATLAB 的基本语法	16
2.1 数据类型	16
2.1.1 数值类型	16
2.1.2 字符串	16
2.1.3 逻辑类型	18
2.1.4 元胞数组	19
2.1.5 构架数组	20
2.1.6 函数句柄(function)	20
2.2 变 量	21
2.2.1 变量命名的规则	21

2.2.2	变量的赋值	21
2.2.3	MATLAB 变量的显示	22
2.2.4	MATLAB 变量的存取	23
2.3	数组及向量运算	23
2.3.1	数组和向量的创建	23
2.3.2	数组的寻址	25
2.3.3	数组的运算	26
2.3.4	向量运算	28
2.4	矩阵及其运算	29
2.4.1	矩阵的创建	29
2.4.2	矩阵的运算	30
2.4.3	矩阵的常用函数运算	32
2.5	多项式及其运算	32
2.5.1	多项式的构造	33
2.5.2	多项式的运算	33
2.5.3	多项式拟合	35
2.6	符号运算	36
2.6.1	基本符号对象	36
2.6.2	符号表达式	37
2.6.3	符号表达式的运算	37
2.6.4	常用的符号运算	37
2.7	MATLAB 绘图	39
2.7.1	MATLAB 绘图的基本步骤	39
2.7.2	二维绘图	39
2.7.3	图形修饰	42
2.7.4	三维绘图	44
2.7.5	特殊图形	46
2.7.6	四维图形	48
2.8	MATLAB 程序设计	49
2.8.1	M 文件编辑器	50
2.8.2	命令文件	51
2.8.3	函数文件	52
2.8.4	M 文件的规则	52
2.8.5	全局变量与局部变量	52
2.8.6	程序流控制	53
2.8.7	程序设计举例	56
2.8.8	程序设计的基本原则	58
2.8.9	高效编程的一般思路	58
	习 题	59
	参考文献	61

若您对此书内容有任何疑问，可以登录 MATLAB 中文论坛与同行们交流。

第二部分 应用篇

第 3 章 MATLAB 在光学原理中的应用举例	63
3.1 平面电磁波在不同媒介分界面上的入射、反射和折射	63
3.1.1 电矢量平行入射面的反射系数和振幅透射系数	63
3.1.2 电矢量垂直入射面	64
3.1.3 菲涅耳公式	64
3.2 光的干涉	66
3.2.1 波的叠加原理	66
3.2.2 光波的干涉	69
3.2.3 杨氏干涉实验	69
3.2.4 牛顿环	72
3.2.5 迈克尔逊干涉仪	73
3.3 光的衍射	77
3.3.1 光的衍射现象	77
3.3.2 矩形孔和圆孔衍射	80
3.3.3 光栅衍射	81
3.4 光的偏振	82
3.4.1 光波的偏振态	82
3.4.2 光波的偏振态仿真	83
3.5 平行光束通过透镜聚焦	85
3.5.1 平凸透镜光线追迹	85
3.5.2 平行光通过透镜的仿真	86
参考文献	88
第 4 章 MATLAB 在信息光学中的应用举例	89
4.1 信息光学函数	89
4.1.1 矩形函数	89
4.1.2 阶跃函数	91
4.1.3 符号函数	92
4.1.4 sinc 函数	92
4.1.5 高斯函数	93
4.2 傅里叶变换	95
4.3 卷积定理	97
4.4 傅里叶透镜的仿真	99
4.5 计算全息	101
4.5.1 全息透镜	101
4.5.2 二元傅里叶变换全息图	103
参考文献	105
第 5 章 MATLAB 在光电图像处理中的应用	106
5.1 图像及数字图像简介	106

5.1.1	索引图像	106
5.1.2	RGB 图像	107
5.1.3	二值图像	107
5.1.4	灰度图像	107
5.2	数字图像的读取、显示及输出	108
5.2.1	图像的读取	108
5.2.2	图像的显示	108
5.2.3	图像的输出	110
5.2.4	添加颜色条	110
5.3	图像类型的转化	111
5.3.1	dither 函数	111
5.3.2	gray2ind 函数	112
5.3.3	im2bw 函数	113
5.3.4	rgb2gray 函数	114
5.3.5	rgb2ind 函数	114
5.4	图像的代数操作	115
5.4.1	图像的相加	115
5.4.2	图像的相减	117
5.4.3	图像的相乘	119
5.4.4	图像的相除	119
5.5	图像的对比度增强	121
5.5.1	线性变换	121
5.5.2	非线性变换	121
5.6	图像的锐化	122
5.6.1	边界提取和锐化	122
5.6.2	锐化滤波器	123
5.7	图像的边缘检测	125
5.7.1	边缘检测算子	125
5.7.2	边缘检测的 MATLAB 实现	126
5.8	基于灰度的图像分割	129
5.9	图像的膨胀与腐蚀	132
5.9.1	膨胀和腐蚀	132
5.9.2	结构元素	132
5.9.3	膨胀的 MATLAB 实现	133
5.9.4	腐蚀的 MATLAB 实现	134
	参考文献	134

第三部分 实例篇

第 6 章	课程设计综合实例	136
6.1	基于 MATLAB 的汽车牌照识别系统的设计与实现	136

若您对此书内容有任何疑问，可以登录 MATLAB 中文论坛与同行们交流。

6.1.1	设计目的	136
6.1.2	设计任务及具体要求	136
6.1.3	基本原理概述	136
6.1.4	设计方案及验证	137
参考文献		145
6.2	基于 MATLAB 的空间滤波仿真实现	145
6.2.1	设计目的	145
6.2.2	设计任务及要求	145
6.2.3	设计原理概述	146
6.2.4	空间滤波的仿真设计实现	146
参考文献		151
6.3	基于 MATLAB 的高斯光束及传输特性分析	151
6.3.1	设计目的	151
6.3.2	设计任务及要求	152
6.3.3	设计原理概述	152
6.3.4	MATLAB 仿真实现	152
参考文献		157
6.4	基于 MATLAB 的光纤定向耦合器的耦合特性分析	158
6.4.1	设计目的	158
6.4.2	设计任务及要求	158
6.4.3	设计原理概述	158
6.4.4	设计实现	160
参考文献		166
6.5	基于 MATLAB 的光学图像加密/解密技术的研究	166
6.5.1	设计目的	166
6.5.2	设计任务及要求	166
6.5.3	设计原理概述	166
6.5.4	设计实现	168
参考文献		175
6.6	基于 MATLAB 的相关识别	175
6.6.1	设计目的	175
6.6.2	设计任务及要求	175
6.6.3	设计原理概述	175
6.6.4	图像相关识别 MATLAB 的仿真实现	177
参考文献		180
6.7	MATLAB 在激光光斑测量中的应用	180
6.7.1	设计目的	180
6.7.2	设计任务及要求	180
6.7.3	设计原理概述	180
6.7.4	设计实现	182

参考文献	184
6.8 基于 MATLAB 的激光束合成	184
6.8.1 设计目的	184
6.8.2 设计任务及要求	185
6.8.3 设计原理概述	185
6.8.4 设计实现	185
参考文献	190
6.9 MATLAB 在透镜像差计算中的应用	191
6.9.1 设计目的	191
6.9.2 设计任务及要求	191
6.9.3 设计原理概述	191
6.9.4 设计实现	194
参考文献	197
6.10 基于 MATLAB 的人脸识别	197
6.10.1 设计目的	197
6.10.2 设计任务及具体要求	197
6.10.3 基本原理概述	197
6.10.4 设计方案及验证	198
6.10.5 结 论	204
参考文献	204

若您对此书内容有任何疑问，可以登录 MATLAB 中文论坛与同行们交流。

第一部分 语言篇

第 1 章

MATLAB 语言概述

1.1 MATLAB 简介

1.1.1 MATLAB 的发展历程

MATLAB 由 MATrix 和 LABoratory 两词的前三个字母组合而成,意为矩阵实验室。MATLAB 语言的产生是与数学计算紧密联系在一起的。20 世纪 70 年代后期,美国新墨西哥州大学计算机系主任 Cleve Moler 在给学生讲授线性代数课程时,为了减轻学生的编程负担,为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口,并将这个接口程序取名为 MATLAB,深受学生的欢迎,这是用 Fortran 语言编写的萌芽状态的 MATLAB。

1984 年,Moler,John Little 和 Steve Bangert 等成立了 MathWorks 软件开发公司,推出了第一个 MATLAB 商业版本——MATLAB 1.0 版,其核心是用 C 语言编写的。而后,又添加了丰富多彩的图形图像处理、符号运算以及与其他流行软件的接口功能,使得 MATLAB 的功能越来越强大。

MathWorks 公司正式推出 MATLAB 后,于 1992 年推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版本,1993 年推出了可用于 IBM PC 及其兼容机上的微机版,特别是与 Windows 配合使用,使 MATLAB 的应用得到了前所未有的发展。1997 年 MathWorks 公司推出了 MATLAB 5.0 版。随着时间的推移,MATLAB 版本不断升级,相应的功能也不断扩充。2004 年 7 月,MathWorks 公司正式推出 MATLAB Release 14,即 MATLAB 7.0 版,其功能在原有的基础上又得到了进一步改进。2006 年后,MathWorks 公司每年推出两个版本,如 R2016a 和 R2016b。

MATLAB 经过几十年的不断完善,现已成为国际上最为流行的科学计算与工程计算软件工具之一,如今的 MATLAB 已经不仅仅是矩阵运算或数值计算的软件,它已经发展成为一种具有广泛应用前景的全新的计算机高级编程语言,可以说它是“第四代”计算机语言。

自 20 世纪 90 年代,美国和欧洲的各个大学将 MATLAB 正式列入研究生和本科生的教材计划,MATLAB 软件已经成为数值计算、数理统计、数字信号处理、自动控制、时间序列分析、动态系统仿真等课程的基本教学工具,成为学生必须掌握的基本软件之一。在研究单位和工业界,MATLAB 也成为工程师们必须掌握的一种工具,被认为是进行高效研究与开发的首选软件工具。

1.1.2 MATLAB 的主要特点

MATLAB 以其良好的开放性和运行的可靠性,已经成为国际控制界公认的标准计算软件,在国际上的 30 多个数学类科技应用软件中,MATLAB 在数值计算方面独占鳌头。与其他计算机语言相比,MATLAB 具有如下特点:

1. 编程效率高

MATLAB 是一种面向科学与工程计算的高级语言,允许使用数学形式的语言编写程序,而且比 Basic、Fortran 和 C 等语言更加接近人们书写计算公式的思维方式,用 MATLAB 编写程序犹如在演算纸上排列出公式与求解问题。因此,MATLAB 语言也可通俗地称为演算纸式科学算法语言。由于它编写简单,所以编程效率高,易学易懂。

2. 使用方便

MATLAB 语言把编辑、编译、连接和执行融为一体,其调试程序手段丰富,调试速度快,更易上手。

3. 扩充能力强

高版本的 MATLAB 语言有丰富的库函数,在进行复杂的数学运算时可以直接调用,而且 MATLAB 的库函数同用户文件在形式上是一样的,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 的使用效率和扩充它的功能。

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,这不仅使 MATLAB 的库函数功能更丰富,而且大大减少了需要的磁盘空间,使得 MATLAB 编写的 M 文件简单而高效。

5. 高效方便的矩阵和数组运算

MATLAB 语言像 Basic、Fortran 和 C 语言一样规定了矩阵的一系列运算符,它不需要定义数组的维数,并给出矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数,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,体现出简捷、高效、方便的优势,这是其他高级语言所不能比拟的。

6. 方便的绘图功能

利用 MATLAB 语言绘图非常方便,它有一系列的绘图函数,例如线性坐标、对数坐标、半对数坐标及极坐标等,均只需调用不同的绘图函数,在图上标出图题、坐标轴标注、网格线的绘制等也只需调用相应的命令,简单易行。这是通用的编程语言所不能及的。

7. 极好的开放性

开放性是 MATLAB 最受人们欢迎的特点之一。除内部函数以外,所有 MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是可读、可改的源文件,用户可通过对源文件的修改以及加入自己的函数文件来构成新的工具箱。

1.2 MATLAB 的系统组成

MATLAB 系统由 MATLAB 开发环境、MATLAB 数学函数库、MATLAB 语言、MATLAB 图像处理系统和 MATLAB 应用程序接口(API)五大部分构成。

1. MATLAB 开发环境

MATLAB 开发环境是一套方便用户使用 MATLAB 函数和文件的工具集,其中许多工具是图形化用户接口。它是一个集成的工作化的工作区,可以让用户输入、输出数据,并提供了 M 文件的集成编译和调试环境。它包括 MATLAB 桌面、命令行窗口、M 文件编辑调试器、MATLAB 工作区和在线帮助文档等。

2. MATLAB 数学函数库

MATLAB 数学函数库包括了大量的计算算法,从基本运算到复杂算法(如矩阵求逆、快速傅里叶变换、贝塞尔函数等),体现了其强大的数学计算功能。

3. MATLAB 语言

MATLAB 语言是一个高级的基于矩阵和数组的语言,包括程序流控制、函数、脚本、数据结构、输入/输出、工具箱和面向对象编程等特色。用户既可以用它来快速编写简单的程序,也可以用它来编写大型的复杂程序。

4. MATLAB 图形处理系统

图形处理系统使得 MATLAB 能方便地图形化显示矩阵和向量,而且能对图形添加标注和打印。它包括二维及三维图形函数、图像处理 and 动画显示等函数。

5. MATLAB 程序接口

MATLAB 程序接口可以使 MATLAB 方便地调用 C 和 Fortran 程序,以及在 MATLAB 与其他应用程序之间建立客户/服务器关系。

1.3 MATLAB R2017a 的安装、启动和退出

MATLAB 为用户提供了全新的桌面操作环境,了解并熟悉这些桌面操作环境是使用 MATLAB 的基础。本节介绍 MATLAB R2017a 的安装、启动、退出等。

1.3.1 MATLAB R2017a 的安装

MATLAB 版本较多,这里以 MATLAB R2017a 为例进行介绍。

首先,解压完 MATLAB R2017a 文件,打开文件,单击 setup.exe 文件,出现如图 1-1 所示的界面,选择第二项“使用文件安装密钥”,单击“下一步”按钮。

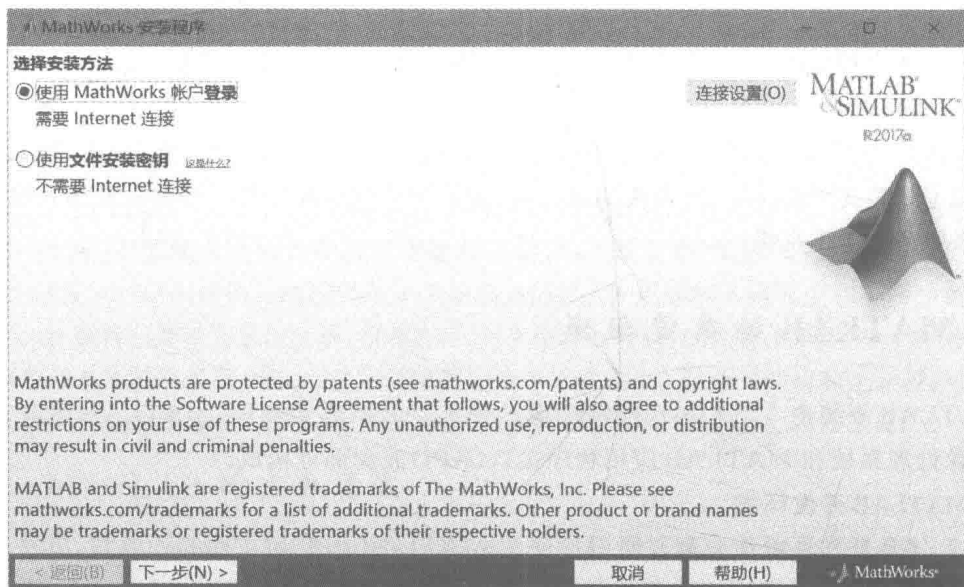


图 1-1 选择无网络安装

若您对此书内容有任何疑问,可以登录 MATLAB 中文论坛与同行们交流。

如图 1-2 所示,出现 MATLAB 的许可协议,选择“是”,然后单击“下一步”按钮。

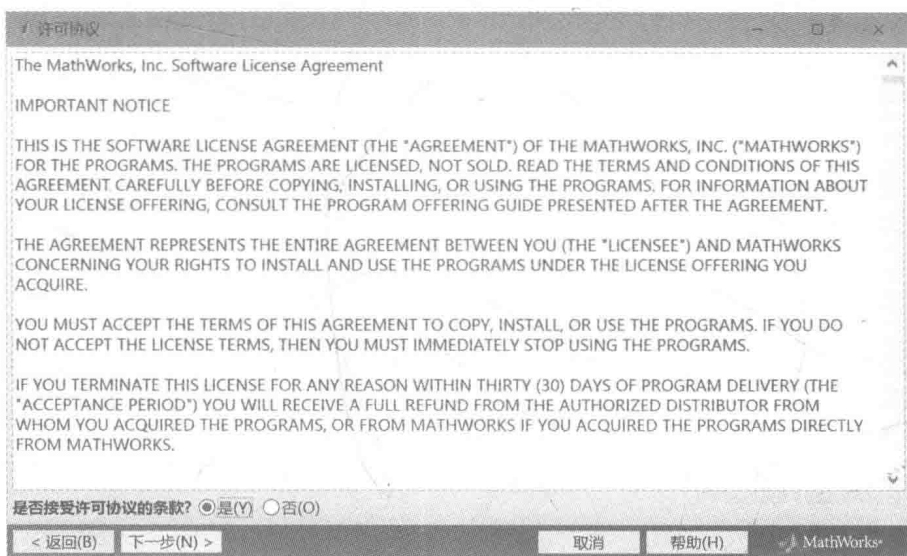


图 1-2 选择许可协议

如图 1-3 所示,出现“文件安装密钥”窗口,选择“我已有我的许可证的文件安装密钥”,输入 MATLAB R2017a 所提供的安装密钥后单击“下一步”按钮。

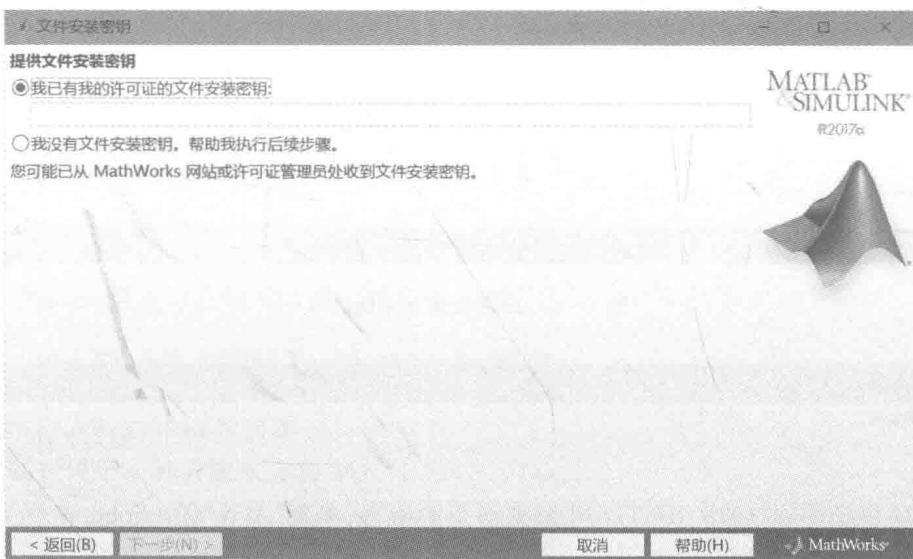


图 1-3 输入安装密钥

选择好安装路径后进入“产品选择”的窗口,勾选“MATLAB 9.2”选项,然后根据自己的需要选择安装部分工具箱,如图 1-4 所示,选择好后单击“下一步”按钮。

完成上述步骤后,单击“安装”按钮,开始程序的安装,如图 1-5 所示。

安装完成后,出现“安装完毕”窗口,显示“已安装完毕”,如图 1-6 所示,单击“完成”按钮。

安装完成后,还需进行软件激活,如图 1-7 所示。选择“在不使用 Internet 的情况下手动激活”选项,然后单击“下一步”按钮。

若您对此书内容有任何疑问,可以登录 MATLAB 中文论坛与同行们交流。