

理论与实践并重、站在工程与科技的前沿

最新版

MATLAB

数字图像处理

周品 李晓东◎编著

- 以最新版的MATLAB R2011a为平台
- 结合大量的实例讲解，取材科学，结构严谨
- 是MATLAB应用的最佳手册
- 源程序及其他资源下载：www.tup.com.cn



清华大学出版社

MATLAB 数字图像处理

周 品 李晓东 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以最新版的 MATLAB R2011a 为平台, 结合大量的实例, 全面、系统地讲解了 MATLAB 在数字图像处理中的实际应用。主要内容包括数字图像处理基础、数字图像运算、图像变换技术、图像的增强处理、图像压缩编码技术、图像复原技术、图像分割技术、图像数学形态学描述等。

在讲解过程中, 本书力求理论与实例相结合, 深入浅出、循序渐进, 使读者可以全面了解 MATLAB 数字图像处理技术, 提高分析问题、反思问题、解决问题的能力。

本书可以作为各大院校相关专业本科生和研究生的学习用书, 也可以作为广大科研人员、学者、工程技术人员参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 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 数字图像处理/周品, 李晓东编著. —北京: 清华大学出版社, 2012.8

ISBN 978-7-302-29108-4

I. ①M… II. ①周… ②李… III. ①MATLAB 软件-应用-数字图像处理 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 131022 号

责任编辑: 钟志芳

封面设计: 刘 超

版式设计: 文森时代

责任校对: 赵丽杰

责任印制: 何 芊

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: 保定市中华美凯印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 27.25

字 数: 630 千字

版 次: 2012 年 8 月第 1 版

印 次: 2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 48.00 元

产品编号: 047253-01

前 言

在实际生产、生活中,图像无处不在,如电视画面、照片、广告媒介、图画等。据科学研究,人类所获得的外界信息有 70%以上是通过视觉系统,也就是图像获取的。而数字图像起源于 20 世纪 20 年代,当时通过海底电缆从英国伦敦到美国纽约采用数字压缩技术传输了第一幅数字照片。此后,由于遥感等领域的应用,数字图像处理技术逐步受到关注并得到相应的发展。近年来,伴随着计算机与信息技术的高速发展,数字图像处理技术已成为计算机科学、医学、生物学、工程学、信息科学等领域学习和研究的重要对象,并取得了令人瞩目的成就。

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司开发的一款用于概念设计、算法开发、建模仿真、实时实现的科学计算类软件。自 1984 年推出第一个版本以来, MATLAB 就以其友好的工作平台和编程环境、简单易用的程序语言、强大的科学计算能力、出色的图形图像处理功能、应用广泛的模块集成工具箱、实用的程序接口和发布平台等受到用户的喜爱。后续版本更是在此基础上,不断扩展、完善 MATLAB 软件的功能。尤其是近些年,由于市场的肯定, MATLAB 软件得到了快速的发展。它早已突破了初期简单矩阵实验的功能限制,性能得到不断提升,界面更趋友好,广泛应用于所有的科学和工程计算领域,如仿真技术、自动控制、信号处理、神经网络、数字图像处理、小波分析等。

本书采用最新版的 MATLAB R2011a,全面、系统地介绍 MATLAB 在数字图像处理中的实际应用。归纳起来,本书具有如下一些特点。

(1) 详略得当,条理分明。全书以 MATLAB 软件为主线,先让读者了解其各项功能,然后进一步分章介绍 MATLAB 在数字图像中的使用。

(2) 重点突出,目的明确。立足基本理论,面向应用技术,以必需、够用为尺度,以掌握概念、强化应用为重点,加强理论知识和实际应用的统一。

(3) 由浅入深,内容广泛。理论联系实际,由基础入手,逐步深入,全方位地展示了 MATLAB 在数字图像处理中的应用。

本书共包括 11 章,具体内容安排如下:

第 1 章: MATLAB 入门介绍。主要介绍了 MATLAB 的发展史及特点、MATLAB 菜单栏、MATLAB 工具栏、矩阵及其运算等内容。

第 2 章: MATLAB 丰富绘图。主要介绍了二维图形绘制及编辑、三维绘图、三维图形编辑、特殊图形等内容。

第 3 章: 数字图像处理基础。主要介绍了图像的读与写、图像显示、图像类型的转换等内容。

第 4 章: 数字图像运算。主要介绍了点运算、代数运算、逻辑运算、几何运算等内容。

第 5 章: 图像变换技术。主要介绍了正交变换通用算子、傅里叶变换、离散余弦变换、

Radon 变换等内容。

第 6 章：图像的增强处理。主要介绍了灰度变换增强、空域滤波增强、频域滤波增强、彩色增强等内容。

第 7 章：图像压缩编码技术。主要介绍了图像编码质量评价、变换编码、有/无损压缩编码等内容。

第 8 章：图像复原技术。主要介绍了图像退化模型、退化函数估计、逆滤波、维纳滤波等内容。

第 9 章：图像分割技术。主要介绍了阈值分割、区域分割、运动分割、边缘检测等内容。

第 10 章：图像数学形态学描述。主要介绍了数学形态学的基本运算、图像形态学应用、形态学重构等内容。

本书可以作为各大院校相关专业本科生和研究生的学习用书，也可以作为广大科研人员、学者、工程技术人员的参考用书。

本书主要由周品和李晓东编写，参加编写的还有丁伟雄、雷晓平、李娅、杨文茵、何正风、赵新芬、赵书梅、栾颖、刘志为、周灵、余智豪、赵书兰和崔如春。

由于时间仓促，加之编者水平有限，错误和疏漏之处在所难免，敬请专家和读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章	MATLAB 入门介绍.....	1
1.1	MATLAB 简介.....	1
1.1.1	MATLAB 发展史.....	1
1.1.2	MATLAB 的特点.....	2
1.1.3	MATLAB R2011a 的新特点.....	3
1.2	MATLAB 的安装.....	4
1.3	MATLAB 集成环境.....	10
1.3.1	菜单栏.....	10
1.3.2	工具栏.....	15
1.3.3	Command Window.....	16
1.3.4	Command History.....	19
1.3.5	Workspace.....	20
1.3.6	Current Folder.....	22
1.3.7	搜索路径及其设置.....	22
1.4	联机帮助.....	25
1.4.1	帮助命令.....	25
1.4.2	帮助窗口.....	27
1.4.3	演示系统.....	28
1.5	MATLAB 变量与表达式.....	29
1.5.1	数值.....	29
1.5.2	变量.....	30
1.5.3	表达式.....	32
1.6	矩阵及其运算.....	33
1.6.1	创建矩阵.....	33
1.6.2	拼接矩阵.....	38
1.6.3	矩阵寻访.....	43
1.6.4	矩阵的运算.....	46
第 2 章	MATLAB 丰富绘图.....	51
2.1	二维图形的绘制及编辑.....	51
2.1.1	基本二维绘图.....	52
2.1.2	快捷绘图函数.....	55



2.1.3	绘制子图	57
2.1.4	坐标轴设置	60
2.1.5	图形标注	62
2.1.6	图形叠加	63
2.1.7	双 y 轴绘图	64
2.2	三维绘图	65
2.2.1	基本三维绘图	65
2.2.2	三维曲线图	66
2.2.3	三维等高线图	67
2.2.4	三维曲面图	68
2.3	三维图形编辑	70
2.3.1	视角设置	70
2.3.2	控制旋转	71
2.3.3	背景颜色设置	72
2.3.4	颜色设置	73
2.3.5	图形的着色设置	77
2.3.6	光照设置	78
2.3.7	透视设置	81
2.3.8	透明度设置	82
2.4	特殊图形	83
2.4.1	条形图	83
2.4.2	区域图	85
2.4.3	饼图	86
2.4.4	离散数据杆状图	87
2.4.5	阶梯图	89
2.4.6	矢量图	90
2.4.7	等高线图	93
2.4.8	散点图	95
第 3 章	数字图像处理基础	98
3.1	数字图像处理概述	98
3.1.1	数字图像处理及其特点	98
3.1.2	数字图像处理研究的主要内容	101
3.1.3	数字图像处理的应用	103
3.1.4	图像术语	105
3.1.5	图像文件格式	105
3.2	图像的读与写	106
3.2.1	图像文件的查询	106

3.2.2	图像文件的读取	109
3.2.3	图像文件写入	110
3.3	图像显示	112
3.3.1	二值图像的显示	112
3.3.2	灰度图像显示	113
3.3.3	RGB 图像的显示	114
3.3.4	索引图像的显示	115
3.3.5	单帧显示	116
3.3.6	多帧显示	116
3.4	图像类型的转换	117
3.4.1	图像抖动	117
3.4.2	gray2ind 函数	118
3.4.3	grayslice 函数	119
3.4.4	im2bw 函数	119
3.4.5	ind2gray 函数	120
3.4.6	ind2rgb 函数	121
3.4.7	mat2gray 函数	121
3.4.8	rgb2gray 函数	122
3.4.9	rgb2ind 函数	123
3.5	颜色空间	124
3.5.1	颜色模型	124
3.5.2	图像退色处理	125
3.5.3	颜色模型的转换	127
3.6	纹理贴图	131
3.6.1	纹理贴图的概念	131
3.6.2	纹理映射	132
第 4 章	数字图像运算	135
4.1	点运算	135
4.1.1	线性点运算	135
4.1.2	非线性点运算	137
4.2	代数运算	138
4.2.1	代数运算的异常处理	138
4.2.2	图像加法运算	139
4.2.3	图像减法运算	141
4.2.4	图像乘法运算	142
4.2.5	图像除法运算	143
4.2.6	绝对值差运算	144

4.2.7	线性组合运算	145
4.2.8	图像求补运算	146
4.3	图像逻辑运算	147
4.4	图像的几何运算	148
4.4.1	图像的缩放	148
4.4.2	图像的旋转	150
4.4.3	图像的剪切	150
4.4.4	图像的平移	151
4.4.5	图像的镜像	153
4.5	空间变换	156
4.5.1	仿射变换	156
4.5.2	投影变换	157
4.5.3	几何配准	162
4.6	邻域与块操作	164
4.6.1	滑动邻域操作	165
4.6.2	非重叠块处理	166
4.6.3	快速块处理	168
4.6.4	块操作的其他函数	171
4.6.5	特殊区域处理	172
4.6.6	特殊区域的滤波	176
4.6.7	特定区域的填充	177
第 5 章	图像变换技术	178
5.1	图像变换的概述	178
5.2	正交变换通用算子	178
5.3	傅里叶变换	179
5.3.1	一维连续傅里叶变换	179
5.3.2	一维离散傅里叶变换	180
5.3.3	二维连续傅里叶变换	180
5.3.4	二维离散傅里叶变换	181
5.3.5	实现傅里叶变换的 MATLAB 函数	181
5.3.6	傅里叶变换性质	184
5.4	离散余弦变换	189
5.4.1	一维离散余弦变换	189
5.4.2	二维离散余弦变换	190
5.4.3	快速离散余弦变换	190
5.4.4	离散余弦变换的 MATLAB 实现	191
5.5	沃尔什 (Walsh) - 哈达玛 (Hadamard) 变换	194

5.5.1	沃尔什-哈达玛变换概述	194
5.5.2	沃尔什-哈达玛变换 MATLAB 实现	195
5.6	Hough 变换	197
5.6.1	Hough 变换的基本原理	197
5.6.2	Hough 变换的 MATLAB 实现	198
5.7	Radon 变换	200
5.7.1	Radon 变换概述	200
5.7.2	Radon 变换的 MATLAB 实现	201
5.7.3	Radon 逆变换	203
5.8	Fan-Beam 变换	205
5.8.1	计算 Fan-Beam 投影	206
5.8.2	重构 Fan-Beam 投影	207
5.8.3	Radon 投影和 Fan-Beam 投影转换	209
第 6 章	图像的增强处理	211
6.1	灰度变换增强	211
6.1.1	像素值及其统计特性	211
6.1.2	灰度变换	217
6.1.3	灰度值调整	223
6.1.4	直方图均衡化	225
6.1.5	直方图规定化	227
6.2	空域滤波增强	228
6.2.1	平滑滤波器	229
6.2.2	中值滤波器	232
6.2.3	自适应滤波器	236
6.2.4	锐化滤波器	237
6.3	频域滤波增强	240
6.3.1	低通滤波	241
6.3.2	高通滤波器	243
6.3.3	带通滤波器	246
6.3.4	同态滤波器	247
6.4	彩色增强	249
6.4.1	伪彩色增强	250
6.4.2	真彩色增强	255
第 7 章	图像压缩编码技术	257
7.1	图像压缩编码技术概述	257
7.1.1	图像压缩编码的必要性	257
7.1.2	图像压缩的可能性	258



7.1.3	图像编码性能指标.....	259
7.2	图像编码质量评价	259
7.2.1	客观评价准则	259
7.2.2	主观评价准则	260
7.2.3	压缩比	261
7.3	变换编码	261
7.4	无损压缩编码	266
7.4.1	哈夫曼编码技术	266
7.4.2	行程编码	270
7.4.3	算术编码	272
7.5	有损压缩编码	277
7.5.1	预测编码	277
7.5.2	主成分变换编码	281
7.5.3	哈达玛变换编码	285
7.6	JPEG 标准	286
7.7	基于 DCT 的图像水印技术.....	295
7.8	小波图像编码	297
7.8.1	连续小波变换	297
7.8.2	离散小波变换	298
7.8.3	小波图像消噪处理.....	302
7.8.4	小波图像压缩处理.....	303
7.8.5	小波图像增强处理.....	305
7.8.6	小波图像融合处理.....	307
第 8 章	图像复原技术.....	311
8.1	图像复原概述	311
8.2	图像退化模型	312
8.2.1	连续退化模型	313
8.2.2	离散退化模型	315
8.2.3	退化模型的矩阵对角化运算.....	317
8.3	退化函数估计	317
8.3.1	图像观察估计法	317
8.3.2	试验估计法	318
8.3.3	模型估计法	318
8.4	逆滤波	320
8.4.1	无约束复原	320
8.4.2	逆滤波复原	321
8.4.3	消除匀速运动模糊.....	322

8.5	维纳滤波	323
8.5.1	有约束滤波	323
8.5.2	维纳滤波复原	324
8.5.3	维纳滤波复原的 MATLAB 实现	325
8.6	约束最小二乘滤波	328
8.6.1	滤波模型	328
8.6.2	约束最小二乘滤波的 MATLAB 实现	330
8.7	Lucy-Richardson 滤波	334
8.7.1	Lucy-Richardson 滤波模型	334
8.7.2	Lucy-Richardson 滤波的 MATLAB 实现	335
8.8	盲卷积滤波	339
8.8.1	盲卷积滤波算法	339
8.8.2	盲卷积滤波的 MATLAB 实现	340
第 9 章	图像分割技术	344
9.1	图像分割定义	344
9.2	阈值分割	345
9.2.1	人工选择法	347
9.2.2	自动阈值法	348
9.2.3	分水岭算法	353
9.3	区域分割	357
9.3.1	区域生长法	357
9.3.2	区域分裂合并法	361
9.3.3	四叉树分解法	363
9.4	运动分割	367
9.4.1	背景差值法	367
9.4.2	图像差分法	369
9.5	彩色图像分割	370
9.5.1	彩色图像分割	371
9.5.2	聚类算法	371
9.6	边缘检测	374
9.6.1	梯度算子	375
9.6.2	罗伯特 (Roberts) 边缘算子	375
9.6.3	索贝尔 (Sobel) 边缘算子	376
9.6.4	Prewitt 边缘算子	377
9.6.5	拉普拉斯 (Laplacian) 边缘算子	379
9.6.6	高斯-拉普拉斯 (LOG) 边缘算子	379
9.6.7	坎尼 (Canny) 边缘算子	382

第 10 章 图像数学形态学描述	385
10.1 数学形态学的基本运算	385
10.1.1 结构元素	385
10.1.2 膨胀运算	389
10.1.3 腐蚀运算	392
10.1.4 开闭运算	393
10.1.5 击中/击不中变换	395
10.2 数学形态学应用	397
10.2.1 骨架化	397
10.2.2 边界提取	399
10.2.3 区域填充	400
10.2.4 移除对象	401
10.2.5 距离变换	402
10.3 形态学重构	405
10.3.1 标记图像与掩模图像	406
10.3.2 像素的连通性	407
10.3.3 寻找峰值与谷值	408
10.4 区域、对象及特性度量	413
10.4.1 标记连通区域	413
10.4.2 对象选择	415
10.4.3 面积计算	416
10.5 查表操作	417
10.5.1 创建一个查找表	417
10.5.2 使用查找表	418
参考文献	420

第 1 章 MATLAB 入门介绍

起初，MATLAB 只是一种专门用于矩阵运算的软件，经过多年的发展，现已成为一种功能强大、运算效率极高的数值计算软件，几乎可以解决科学计算中的任何问题。

矩阵和数组是 MATLAB 的核心，因为 MATLAB 中的所有数据都是以数组形式来表示和存储的。除了常用的矩阵代数运算外，MATLAB 还具有非常广泛和灵活的处理数据集的数组运算功能。此外，MATLAB 还具有一种与其他高级语言相似的编程特性，可以与 FORTRAN 及 C 语言混合编程，进一步扩展了其功能。

1.1 MATLAB 简介

MATLAB，其名字来源于 Matrix Laboratory，各取这两个单词的前 3 个字母，即“矩阵实验室”的单词缩写组合。顾名思义，MATLAB 就是一种以线性软件为基础发展起来的科学计算软件，同时它还代表着一种数据可视化的开放型高级编程语言。

1.1.1 MATLAB 发展史

20 世纪 70 年代，美国新墨西哥大学计算机科学系主任 Cleve Moler 为了减轻学生编程的负担，用 FORTRAN 编写了最早的 MATLAB。1984 年，由 Little、Moler、Steve Bangert 合作成立的 MathWorks 公司正式把 MATLAB 推向市场。到 20 世纪 90 年代，MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件。

MATLAB 的发展历程如表 1-1 所示。

表 1-1 MATLAB 发展历程

版 本 号	编 号	发 布 时 间
MATLAB 1.0		1984
MATLAB 2		1986
MATLAB 3		1987
MATLAB 3.5		1990
MATLAB 4		1992
MATLAB 4.2C	R7	1994
MATLAB 5.0	R8	1996
MATLAB 5.1	R9	1997

续表

版 本 号	编 号	发 布 时 间
MATLAB 5.1.1	R9.1	1997
MATLAB 5.2	R10	1998
MATLAB 5.2.1	R10.1	1998
MATLAB 5.3	R11	1999
MATLAB 5.31	R11.1	1999
MATLAB 6.0	R12	2000
MATLAB 6.1	R12.1	2001
MATLAB 6.5	R13	2002
MATLAB 6.5.1	R13SP1	2003
MATLAB 6.5.2	R13SP2	2005
MATLAB 7	R14	2004
MATLAB 7.0.1	R14SP1	2004
MATLAB 7.0.4	R14SP2	2005
MATLAB 7.1	R14SP3	2005
MATLAB 7.2	R2006a	2006
MATLAB 7.3	R2006b	2006
MATLAB 7.4	R2007a	2007
MATLAB 7.5	R2007b	2007
MATLAB 7.6	R2008a	2008
MATLAB 7.7	R2008b	2008
MATLAB 7.8	R2009a	2009.3.6
MATLAB 7.9	R2009b	2009.9.4
MATLAB 7.10	R2010a	2010.3.5
MATLAB 7.11	R2010b	2010.9.3
MATLAB 7.12	R2011a	2011.4.8
MATLAB 7.13	R2011b	2011.9.7

1.1.2 MATLAB 的特点

如今,科学计算软件五花八门,经典语言层出不穷。在竞争如此激烈的环境下,MATLAB 仍然赢得了广大用户的青睐,其原因何在?归纳起来,可以用 3 个词来概括,即友好、直观、简单。

(1) 友好

- ❑ 交互式的程序开发环境:无须重复繁琐的程序链接和调试,可以直接在窗口中进行程序的修改,使程序的编写和执行能够同步进行。
- ❑ 详细的帮助系统,如同导师的循循善诱,并通过丰富的实践和工程实例,引导初

学者从易到难, 不断进步。

(2) 直观

- ❑ 程序语言设计, 符合人们的思维习惯和数学表达方式, 弥补了表述上的繁琐。
- ❑ 丰富的二、三维图形及动画, 对计算结果进行可视化显示, 给用户以直观的认识。
- ❑ Simulink 的仿真环境, 省去了用户画图布线的烦恼。

(3) 简单

- ❑ 丰富的函数库和工具箱, 使用户不必进行具体代码的编写, 只需调用简单的函数指令, 就可以执行任务操作, 解决问题。
- ❑ 所有数值对象都默认以双精度浮点类型数组存储, 无须用户进行数据类型的声明和转换。

MATLAB 大家庭有许多成员, 包括应用程序开发工具、工具箱、数据存取工具、学生产品、状态流程图、模块集、代码生成工具等。

其中, 应用程序开发工具包括 MATLAB 编译器、C/C++ 数学库、MATLAB Web 服务器、MATLAB 运行服务器, 这些工具可以建立和发布独立于 MATLAB 环境的应用程序; 工具箱实际上是一些高度优化且面向专门应用领域的函数的集合, 仅随软件提供的工具箱可支持的领域就有信号和图像处理、控制系统设计、最优化、金融工程、符号数学、神经网络等, 其最大特点便是开放性, 几乎所有函数都是用 MATLAB 语言写成的 (只有少数工具箱的某些函数是使用 C 语言写成的动态库函数), 因而可以直接阅读和加以改写, 用户也可以自行开发适合特定领域的工具箱; 数据存取工具提供了从外部数据源获取数据的简捷途径, 这些数据源包括外部硬件和外部数据库 (与 JDBC、ODBC 兼容); 而学生产品则是专门针对美国和加拿大的学生而发布的简易、廉价版本; 状态流程图是一个专门针对事件驱动系统建模和设计的图形化的模拟环境; 模块集是面向应用领域的模块 (Simulink 的基本单位) 的集合, 这些模块可以直接用于 Simulink 模型中; 代码生成工具可以从 Simulink 模型或状态流程图中产生可定制的 C 和 Ada 代码, 以便实现快速原型和硬件在线模拟。

语言自然是 MATLAB 深受用户喜爱的重要原因之一。在 MATLAB 中, 基本的计算单元是矩阵, 复数或实数则可以理解为 1×1 的矩阵。MATLAB 的很多运算都是直接针对矩阵的, 所以表示起来也就特别方便。例如, 复数 $A=3+2i$, 在 MATLAB 中的表示就是 $A=3+2i$ 。又如, 要计算两个矩阵 C 、 D 的乘积, 可以表示为 $C \times D$, 而不像大多数计算机语言那样需要用户编写循环语句来实现。

1.1.3 MATLAB R2011a 的新特点

相对于之前的版本, MATLAB R2011a 在功能上作了不少的改进和增强, 并提供了一些新特性 (包括 MATLAB 和 Simulink)、几种新产品以及对 81 种其他产品的更新和缺陷修复程序。

(1) MATLAB 产品系列的改进或新增功能

- ❑ 改进了 MATLAB 中许多线性代数函数的性能。
- ❑ Optimization Toolbox (优化工具箱) 中针对二次规划的大规模内点求解器, 可对二次规划进行解算。



- ❑ Financial Toolbox (金融工具箱) 中面向对象的投资组合优化求解器, 并附带周转率和交易成本。
- ❑ MATLAB Compiler (编译器) 使用 Parallel Computing Toolbox (并行计算工具箱) 生成的可执行程序 and 组件最多可应用于 8 个本地工作组中。
- (2) 新增可用于在 MATLAB 和 Simulink 中进行设计的系统工具箱
 - ❑ 新增 DSP System Toolbox™ 产品, 结合了 Signal Processing Blockset (信号处理模块) 与 Filter Design Toolbox (滤波器设计工具箱) 功能。
 - ❑ 新增 Communications System Toolbox (通信系统工具箱) 产品, 结合了 Communications Toolbox (通信工具箱) 与 Communications Blockset (通信模块) 功能。
 - ❑ 新增 Computer Vision System Toolbox (计算机视觉系统工具箱) 产品, 集成了 Video and Image Processing Blockset (视频和图像处理模块) 的功能并添加了新的计算机视觉算法。
 - ❑ 新增 Phased Array System Toolbox (相控阵系统工具箱) 产品, 用于设计、仿真和分析相控阵信号处理系统。
- (3) 新增代码生成产品
 - ❑ 新增 MATLAB Coder (MATLAB 编译器) 产品, 可直接从 MATLAB 生成可移植的 C/C++ 代码。
 - ❑ 新增 Simulink Coder (Simulink 编译器) 产品, 结合了 Real-Time Workshop 与 Stateflow Coder 功能。
 - ❑ 新增 Embedded Coder (嵌入式编译器) 产品, 结合了 Real-Time Workshop Embedded Coder、Embedded IDE Link 与 Target Support Package 功能。
- (4) Simulink 产品系列的重要功能
 - ❑ 信号记录选择器, 能在各模型间比较仿真结果, 并在 Simulink 中运行。
 - ❑ 可在 Simulink Report Generator 中对来自 XML 文本比较的 Simulink 模型进行合并。
 - ❑ 对 Simulink HDL Coder、EDA Simulator Link 与 xPC Target 中的 Xilinx 设备提供 FPGA 在环、可自定义 I/O 和板卡支持。
 - ❑ 可使用 SimDriveline 中的 Simscape 语言进行自定义组件的编写。
 - ❑ 可使用 Simulink Design Verifier (Simulink 设计验证) 中的 Polyspace 技术自动检测溢出、除零设计错误。

1.2 MATLAB 的安装

要运行 MATLAB, 先要在计算机上安装该软件。

在安装与激活上, MATLAB R2011a 与 MATLAB R2010a 基本相同。具体安装步骤如下:

- (1) 将 MATLAB R2011a 的安装盘放入 CD-ROM 驱动器, 系统将自动运行安装程序。

首先进入初始化界面, 如图 1-1 所示。