

计算机仿真技术

Computer Simulation Technologies

MATLAB

翟亮 主编
王亚 凌志刚 等副主编
王耀南 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

计算机仿真技术

瞿 亮 主编

王 亚 凌志刚 王 石 王文洁 副主编

王耀南 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



内 容 简 介

随着计算机技术的不断发展,仿真技术的应用领域在不断扩大,越来越受到重视,而作为仿真工具的 MATLAB 是美国 MathWorks 公司推出的科学计算软件,是一种广泛应用于工程计算及数值分析领域的高级计算机仿真语言,目前, MATLAB 已经成为国际上最流行的科学与工程计算的软件工具。

本书基于 MATLAB2011 版,介绍仿真的基本概念和方法,仿真工具 MATLAB 的环境、语法、数学运算和绘图功能,模块化建模的原理及基本算法;从应用领域的角度,介绍图像处理的基本内容 and 应用,控制系统的基本理论及仿真,电力系统仿真的理论 and 应用。

全书内容详实,结构清晰,力求做到理论与实践紧密结合。本书可作为高校电气类专业的高年级本科生与研究生仿真或计算机辅助设计课程的教材和参考书,也可作为电气类专业的工程技术人员及计算机开发人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机仿真技术/瞿亮主编. —北京:电子工业出版社,2013.5
ISBN 978-7-121-20048-9

I. ①计… II. ①瞿… III. ①计算机仿真 IV. ①TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 062094 号

责任编辑:田宏峰 特约编辑:蒲 玥

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.75 字数:377 千字

印 次:2013 年 5 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

随着计算机技术的发展,计算机仿真得到非常广泛的应用,已成为科学研究的一种重要手段。对于所有理工科学生,掌握一门仿真工具,对于验证理论、设计以及分析系统而言,是非常重要的学习方法。在实际科研中几乎所有复杂系统都需要运用仿真技术进行系统的评估、设计和分析。

MATLAB 作为当前国际最流行的面向工程与科学计算的高级语言,可轻易地实现 C 语言或 FORTRAN 语言几乎全部的功能,并设计出功能强大、界面优美、稳定可靠的高质量程序,编程效率和计算效率极高。MATLAB 环境下的 Simulink 是当前众多仿真软件中功能最强大、最优秀、最容易使用的一个用于系统建模、仿真和分析的动态仿真集成环境工具,在各个领域都得到了广泛的应用。

本书介绍计算机仿真的基本概念原理,系统建模的方法和仿真算法、MATLAB 的语法、数学运算和数据可视化功能、Simulink 动态建模、数字图像的处理、控制系统仿真、电力系统仿真的原理及应用,书中程序基于 MATLAB2011 版。

本书内容由浅入深,根据仿真技术近年来在电气类专业中的发展情况和当前最新版的 MATLAB 的使用情况,以及多年来在教学和科研上的经验,结合实例进行介绍。全书共分 8 章,第 1 章介绍仿真的基础知识,第 2 章介绍 MATLAB 的环境、语法、数学运算功能,第 3 章介绍 MATLAB 的绘图功能,第 4 章介绍图像处理的基本内容及应用,第 5 章介绍系统建模方法和仿真算法,第 6 章介绍动态可视化建模工具 Simulink,第 7 章介绍控制系统的基本理论及仿真应用,第 8 章介绍电力系统仿真的原理及应用。考虑到系统仿真是一门实验性很强的学科,书中附有大量的示范程序。

本书的参考教学学时为 32 学时。在学习本课程之前,学生应已修过计算机程序设计语言、自动控制原理、电力系统理论、数字图像处理等课程。

本书可作为高校电气类专业的高年级本科生与研究生计算机仿真和计算机辅助设计课程的教材和参考书。也可作为电气类专业的工程技术人员及计算机开发人员的参考书。

由于 MATLAB 是一个涵盖内容丰富,而且功能完善的软件,我们不可能将其所有的功能一一介绍给读者,但本书涉及的内容基本覆盖了常用的分析工具和分析方法,并向读者详细阐述了 MATLAB 中实现这些方法的步骤。

本书由国内自动控制领域权威专家王耀南教授审阅,并提出了许多宝贵意见,此外蔡明杰、关培源、向杜君、姜艳君、贺佳俊也参与了部分编写工作,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,错误之处请读者不吝赐教,可以通过 E-mail (quliang2001@yahoo.com.cn) 与作者联系。

作 者
2013 年 4 月

目 录

第 1 章 计算机仿真概述	1
1.1 仿真的概念和方法	1
1.1.1 仿真的概念及分类	1
1.1.2 仿真的基本步骤	3
1.2 仿真技术的应用和发展	4
1.2.1 仿真技术的应用	4
1.2.2 仿真技术的发展阶段	6
1.2.3 仿真技术的发展趋势	6
1.3 仿真工具 MATLAB	7
1.3.1 MATLAB 的发展历史	7
1.3.2 MATLAB 的特点	8
1.3.3 MATLAB 的工具箱	9
1.3.4 Notebook	10
1.4 本书学习方法	11
第 2 章 数学运算	12
2.1 MATLAB 的集成环境	12
2.2 MATLAB 语法	14
2.2.1 变量	14
2.2.2 运算符	18
2.2.3 流程控制	20
2.2.4 M 文件	23
2.2.5 编程技巧	25
2.3 数值运算	27
2.3.1 矩阵运算	27
2.3.2 统计分析	28
2.3.3 多项式运算	29
2.3.4 解方程	30
2.3.5 曲线拟合与插值	31
2.3.6 微积分	32
2.3.7 概率统计	33
2.4 符号运算	33

2.4.1	符号变量和表达式	34
2.4.2	符号运算实例	34
第 3 章	数据可视化及 GUI	42
3.1	数据可视化	42
3.1.1	二维及三维图形绘制	42
3.1.2	图形窗口的控制及修饰	46
3.1.3	特殊图形绘制	51
3.1.4	动画制作	58
3.2	图形句柄	60
3.2.1	图形对象和句柄	60
3.2.2	利用句柄图形设计 GUI	65
3.3	GUI 设计工具 GUIDE	67
第 4 章	数字图像处理	69
4.1	图像处理概述	69
4.1.1	基本概念	69
4.1.2	图像的运算	71
4.1.3	图像处理的内容	72
4.2	图像处理的应用	73
4.2.1	图像处理工具箱	73
4.2.2	图像的读写和显示	74
4.2.3	图像的代数运算	76
4.2.4	图像的几何处理	76
4.2.5	图像的增强和复原	77
4.2.6	图像变换	81
4.2.7	图像压缩	83
4.2.8	图像分割	87
4.2.9	图像识别	88
第 5 章	系统建模及仿真算法	92
5.1	系统和模型	92
5.1.1	系统	92
5.1.2	模型	94
5.1.3	数学模型	95
5.2	仿真算法	100
5.2.1	算法的概念和性能	100
5.2.2	连续系统的仿真算法	101
5.2.3	离散事件系统仿真算法	107
5.2.4	系统的稳定性与仿真精度	108

第 6 章 动态建模工具 Simulink	110
6.1 Simulink 概述	110
6.1.1 操作环境	110
6.1.2 运行原理	111
6.2 模块库及模块功能	112
6.2.1 Simulink 公共模块库	112
6.2.2 Simulink 专业模块库	118
6.3 建模及仿真	119
6.3.1 模块的基本操作	119
6.3.2 仿真参数设置	120
6.3.3 Simulink 与 MATLAB 之间的数据交互	123
6.3.4 模型的运行、结果观察和调试	124
6.3.5 仿真实例	127
6.4 子系统	131
6.4.1 子系统的建立及封装	132
6.4.2 条件子系统	134
6.5 S-函数	136
6.5.1 S-函数的功能	136
6.5.2 S-函数的调用	136
6.5.3 S-函数的编写规则	136
6.5.4 S-函数实例	137
6.6 性能优化	139
6.6.1 仿真性能和精度	139
6.6.2 代数环	140
6.6.3 过零检测	142
第 7 章 控制系统的仿真	144
7.1 控制系统的基础理论	144
7.1.1 控制系统的组成	144
7.1.2 控制系统的分类	145
7.1.3 控制系统的数学模型	146
7.1.4 控制系统的典型环节及传递函数	149
7.1.5 控制系统的性能要求	150
7.1.6 控制系统的分析	151
7.1.7 控制系统的设计	155
7.2 控制系统的建模	156
7.2.1 基本数学模型	156
7.2.2 模型的转换	161

7.2.3	模型的属性描述、降阶与标准化	163
7.2.4	延迟系统模型	164
7.2.5	非线性系统的模型	165
7.3	控制系统的分析	166
7.3.1	稳定性分析	166
7.3.2	时域分析	167
7.3.3	根轨迹分析	171
7.3.4	频域分析	173
7.3.5	系统分析工具 Itiview	177
7.4	控制系统的设计	179
7.4.1	串联校正	180
7.4.2	PID 控制器调节	182
7.4.3	状态反馈与极点配置	183
7.4.4	系统设计工具 SISO Design Tool	188
7.5	仿真实例——直流电机双闭环调速	190
7.5.1	系统的工作原理	190
7.5.2	系统的动态性能分析	191
7.5.3	系统的数学模型和仿真模型	192
7.5.4	调节器的设计	192
7.5.5	调节器校正前后的典型响应分析	193
第 8 章	电力系统仿真	196
8.1	电力系统仿真概述	196
8.2	Simpowersystems 模块库	197
8.2.1	Simpowersystems 简介	197
8.2.2	模块库	198
8.2.3	常用模块设置	203
8.3	电力系统中典型电路的仿真	208
8.3.1	直流电路仿真	208
8.3.2	开关电路仿真	209
8.3.3	整流滤波电路仿真	213
8.3.4	电力传输系统仿真	218
参考文献		225

第 1 章 计算机仿真概述

仿真是 20 世纪 40 年代末伴随着计算机技术的发展而逐步形成的一类试验研究的新兴方法。最初, 仿真主要应用于航空、航天、原子反应堆等少数领域。计算机技术和信息科学的迅猛发展, 为仿真技术的应用提供了技术和物质基础, 目前仿真已渗透到国民经济的多个领域, 成为分析、研究各种系统, 尤其是复杂系统的重要工具, 它不仅用于工程领域, 如机械、航空、航天、电力、冶金、化工、电子等方面, 还广泛用于非工程领域, 如交通管理、生产调度、库存控制、生态环境以及社会经济等方面。

1.1 仿真的概念和方法

首先来看两个例子。

(1) 气囊弹射速度确定 (1997 年, 美国)。汽车安全气囊的弹射速度原来为 220 英里/小时, 在加拿大一年统计: 在 6 000 件事件中, 救了 4 000 人, 打死了 2 000 人; 通过大量的仿真实验后, 1997 年 12 月美国众议院通过, 速度调整为 180 英里/小时。

(2) 美国三种典型导弹研制过程仿真技术的作用, 如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 导弹研制过程仿真技术的作用

导 弹 类 型	原计划发射数量	仿真后实发	节 省 导 弹	节省费用 (万美元)
爱国者	141	101	40	8 000
罗兰特	224	129	95	4 200
尾 刺	185	114	71	2 500

在现实生活及工程应用中, 大部分的试验对象是很复杂的, 并且要考虑安全性、经济性以及进行实验研究的可能性等, 这在现场实验中往往不易做到, 甚至根本不允许这样做。例如, 在研究导弹飞行、宇航、反应堆控制等系统时, 不经模拟仿真实验就进行盲目实验, 将对人类的生命和健康带来很大的危险, 这时, 就需要对实际系统构建物理模型或数学模型进行研究, 然后把对模型实验研究的结果应用到实际系统中, 也就是仿真研究。

1.1.1 仿真的概念及分类

1. 仿真的概念

“仿真”一词译自英文 Simulation, 从字面上解释, 表示“模拟真实世界”的意思。虽然人们很早就采用了利用模型来分析与研究真实世界的方法, 但严格地讲, 只有在 20 世纪 40 年代末, 计算机 (模拟计算机及数字计算机) 的问世, 才为建立模型及对模型进行试验提供了强有力的支持, 仿真技术才获得了迅速的发展并逐步成为一门独立的学科。

仿真以相似性原理、控制论、信息技术及相关领域的有关知识为基础，以计算机和各种专用物理设备为工具，借助系统模型对真实系统进行试验研究的一门综合性技术。它利用物理或数学方法来建立模型，类比模拟现实过程或者建立假想系统。以寻求过程的规律，研究系统的动态特性，从而达到认识和改造实际系统的目的。

系统仿真涉及相似论、控制论、计算机科学、系统工程理论、数值计算、概率论、数理统计、时间序列分析等多个学科。

相似性原理是仿真主要的理论依据。所谓相似，是指各类事物或对象间存在的某些共性，包括几何相似、性能相似、环境相似。例如，电路中的 RLC 振荡和机械中的弹簧振动都可以用相同的微分方程描述。

2. 仿真分类

根据模型的属性，系统仿真分为物理仿真、数学仿真、半实物仿真。

1) 物理仿真

按照真实系统的物理性质构造系统的物理模型，并在物理模型上进行实验的过程称为物理仿真。

物理仿真优点是：直观、形象，也称为“模拟”；缺点是：模型改变困难，实验限制多，投资较大。

2) 数学仿真

对实际系统进行抽象，并将其特性用数学关系加以描述而得到系统的数学模型，对数学模型进行实验的过程称为数学仿真。计算机技术的发展为数学仿真创造了环境，数学仿真也称为计算机仿真。

数学仿真优点是：方便、灵活、经济；缺点是：受限于系统建模技术，即系统数学模型不易建立。

3) 混合仿真

将系统的物理模型和数学模型以及部分实物有机地组合在一起进行实验研究，称为混合仿真仿真，也称为半实物仿真。

这种方法结合了物理仿真和数学仿真各自的特点，常常被用于特定的场合及环境中。例如，汽车发动机试验、家电产品的研制开发、雷达天线的跟踪、火炮射击瞄准系统等都可采用半实物仿真。

实际上，在工程实践中，以上各种仿真往往用于工程中的不同阶段。在工程设计分析阶段采用数学仿真，易于更改设计，具有灵活性和经济性；在部件子系统研制阶段，采用半实物仿真以提高仿真可信度和测试部件或子系统的功能；在最后定型阶段为了验证全系统的功能特性，则需要进行全物理仿真。

按照仿真系统与实际系统时间尺度上的关系，又可将其分为如下几类。

(1) 实时仿真：仿真时钟与系统实际时钟完全一致，许多仿真应用需要满足实时性，这时往往需要实时操作系统或者专用实时仿真硬件的支持。

(2) 欠实时仿真：仿真时钟比实际时钟慢，当对仿真的实时性没有严格的要求时，仿真时钟比实际时钟慢，不影响仿真的目的，采取欠实时仿真则可节约很多资金。

(3) 超实时仿真：仿真时钟比实际时钟快，当实际系统周期太长时，若采用实际时钟就变得毫无意义，这时就要进行超实时仿真。对于大的、复杂的系统进行超实时仿真对计算机的计算速度要求是非常高的，如天气预报系统就需要超级计算机的支持。

1.1.2 仿真的基本步骤

仿真步骤如图 1-1-1 所示，具体如下所述。

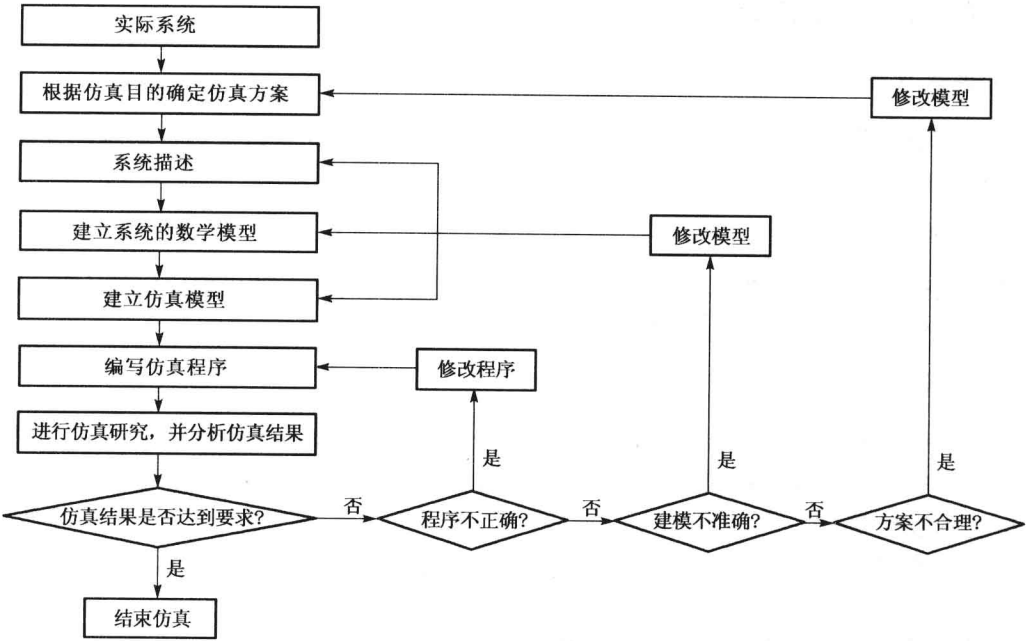


图 1-1-1 仿真步骤

1. 根据仿真目的确定仿真方案

根据仿真目的确定相应的仿真结构和方法，规定仿真的边界条件与约束条件。

2. 建立系统的数学模型

系统的数学模型是系统仿真的主要依据，是描述系统输入/输出变量以及内部各变量之间关系的数学表达式，描述系统各变量间静态关系采用静态模型，描述系统各变量间动态关系采用动态模型。例如，在控制系统中最常用的基本数学模型是微分方程与差分方程。

通常，根据系统的实际结构与系统各变量之间所遵循的物理、化学基本定律，如牛顿运动定律、基尔霍夫定律、动力学定律、焦耳-楞次定律等来列写变量间的数学表达式以建立系统的数学模型，这就是所谓用解析法来建立数学模型。

对于大多数复杂的系统，则必须通过实验的方法，利用系统辨识技术，考虑计算所要求的精度，略去一些次要因素，使模型既能准确地反映系统的动态本质，又能简化分析计算的工作，这就是所谓用实验法建立数学模型。

3. 建立仿真模型

一般的数学模型都不能直接编制程序并用计算机求解,通常必须把数学模型转换成适宜编程并能在计算机上运行的模型——仿真模型。也就是需要通过一定的算法对原系统的数学模型进行离散化处理,就连续系统而言,就是建立相应的差分方程后再由计算机进行求解。

4. 编制仿真程序

对于非实时仿真,可用高级语言依据相应的算法编程,而对于实时仿真往往采用汇编语言与高级语言共用的方式进行编程。

5. 程序调试、验证模型、实验结果分析并确定实验方案

1) 调试程序

调试程序的首要任务是检查并纠正程序的错误,使其在计算机上运行通过,并保证程序处于正确的工作状态。

2) 验证模型

通过运行程序,用仿真实验数据与实际系统运行观测的数据结果相比较的方法,检验、确认模型能代表实际系统,可反映实际系统运行过程的特性。

3) 根据实验结果的分析,确定实验方案

通过选择合理的参数实验范围,安排用较少的实验次数来达到预期的效果。如果结果不符合原有的设计要求,就应寻找原因并通过修改程序或修改仿真模型,反复多次运行程序直至达到设计要求。

应当注意,仿真研究是一个动态迭代过程,需要通过迭代过程逐步获取系统特性的信息。

1.2 仿真技术的应用和发展

1.2.1 仿真技术的应用

仿真技术的主要用途有

(1) 优化系统设计。在实际系统建立以前,通过改变仿真模型结构和调整系统参数来优化系统设计。例如,控制系统、数字信号处理系统的设计经常要靠仿真来优化系统性能。

(2) 系统故障再现,发现故障原因。实际系统故障的再现必然会带来某种危害性,这样做是不安全的和不经济的,利用仿真来再现系统故障则是安全的和经济的。

(3) 验证系统设计的正确性。

(4) 对系统及其子系统进行性能评价和分析,多为物理仿真,如飞机的疲劳试验。

此外,仿真可以作为教学设备来增强解析求解方法学的能力,用于训练的仿真模型使得学习成为可能,无须费用及现场指导。

目前仿真技术已应用到军事、生产制造等工程领域的各个方面。

1. 军事领域

1) 武器装备研制

仿真技术在武器装备研制过程中,使得在新武器研制计划开始前,能够充分利用仿真系统检验武器系统的设计方案和战术、技术性能的合理性,避免在实际研制过程中出现方案不合理现象,从而缩短研制周期,并且可以支持技术评估、系统更新、样机研制,使得能够以较低的代价提高武器装备的战术性能。各用户(包括武器装备的研制部门、采购部门、训练部门和军事使用部门)可在合成环境中按需要综合应用各种仿真手段进行演习、训练和试验,鉴定现有的和研制中的武器装备的性能、战术部署和后勤保障。现在,在武器装备研制生产过程中,已规定将仿真系统列为必需的装备。

2) 军事训练

分布式仿真系统通过联网技术将分散在各地的人,在回路中的仿真器、计算机生成的兵力,以及其他设备连接为一个整体,形成一个可以在时间和空间上互相耦合的虚拟战场合成环境,参与者可以自由地交互作用。这样,使过去主要依靠野战演习完成任务可以利用计算机、仿真器和人工合成的虚拟环境来进行。技术的进一步发展还将把野外演习的部队和这种仿真器联系起来进行演习。利用仿真器产生动态的、直观的环境,配合仿真的地形、烟雾和“敌人”的武器装备,使部队能够进行生动逼真的军事演习。

3) 先进概念与军事需求分析

在先进概念与军事需求分析方面(如使用新概念与先进技术的试验),对于未来军事行动中在条令、训练、指挥人员培养、组织、装备和士兵发展等方面的需求上,可以通过仿真和使用真实部队的士兵体验来评估技术综合集成的影响。

2. 工业领域

同军事领域的需求和推动一样,由于工业系统的复杂性、大型化,出于安全性和经济性的考虑,仿真技术广泛应用于工业领域的各个部门。在大型复杂工程系统(项目)建设之前的概念研究与系统的需求分析过程中,仿真都发挥着越来越重要的作用。在电力工业中,随着单元发电机组容量的越来越大,系统变得越来越复杂,对它的经济运行、安全生产提出了更高的要求,仿真系统是实现这个目的的最佳途径。通过仿真系统可以优化运行过程,培训操作人员。电站仿真系统已成为电站建设与运行中必须配套的装备。核电站的运行必须安全,操作人员的技术素质、技能是保证安全运行的前提,仿真培训系统是提高操作人员素质、技能的有效手段。

在经济全球化、贸易自由化和社会信息化的今天,在技术更新速度加快的新形势下,制造业的经营战略发生了很大的变化,如何在最短的时间内,以最经济的手段开发出用户能够接受的产品,已成为今天市场竞争的焦点。虚拟制造是解决这个焦点问题的有效技术途径之一,它采用建模技术,在计算机及高速网络支持下,在计算机群组协同工作下,通过三维模型及动画实现产品设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检验以及企业各级过程的管理与控制的仿真产品制造过程。虚拟制造是对已有的或未来的制造活动进行的

仿真过程，所进行的过程是仿真的，所生产的产品也是仿真的。仿真技术将在制造企业中发挥更加重要的作用。

3. 其他应用领域

在为武器系统研制、作战训练和工业过程服务的同时，仿真技术的应用正不断地向交通、教育、通信、社会、经济、娱乐等多个领域扩展。近年来，国内研制了能够表述交通流特征和交通流质量的交通仿真软件平台，可以对交通规划、交通控制设计、交通工程建设方案等进行预评估。例如，在引黄入晋输水工程中，建立了全系统运行仿真系统。利用仿真系统验证了工程设计，提出了现有工程设计中影响运行的重大问题，寻找调度运行最佳模式等。

在医学仿真方面，建立了有关人体的生物学模型和三维视觉模型，为深入开展人体生命机理研究和远程医疗工作提供了有力的工具。

为了满足大容量、高速度通信网络研究的需要，对通信仿真的方法和软件开展了广泛的研究，为提高通信网络的性能和网络方案的优化提供了重要的分析和验证工具。

此外，仿真技术和虚拟现实技术在娱乐业中也显示出广阔的发展前景。

1.2.2 仿真技术的发展阶段

仿真技术的发展与控制工程、系统工程、计算机技术的发展密切相关。控制工程是计算机仿真技术较早的应用领域，其发展为系统仿真技术的形成和发展奠定了良好的基础。系统工程完善了建模与仿真的理论体系，使计算机仿真技术应用于非工程系统。计算机技术为计算机仿真的应用提供了强有力的工具和手段。

仿真研究的许多活动都是通过仿真软件来实现的，仿真软件是一类面向仿真用途的专用软件，其特点是面向问题、面向用户。近 40 年来，仿真软件充分吸收了仿真方法学、计算机、网络、图形/图像、多媒体、软件工程、自动控制、人工智能等技术所取得的新成果，从而得到了很大的发展。自 1955 年第一个仿真软件问世以来，按照新技术出现的时间顺序，可将仿真软件的发展分为以下六个阶段：

- 通用程序设计语言；
- 仿真程序包及初级仿真语言；
- 完善的商品化的高级仿真语言；
- 一体化（局部智能化）建模与仿真环境；
- 智能化建模与仿真环境；
- 支持分布交互仿真的综合仿真环境。

1.2.3 仿真技术的发展趋势

由于仿真理论、方法的提高，仿真试验任务的扩大以及相关学科的发展，展望仿真技术今后的发展趋势主要有以下几个方向。

1. 向广阔的时空发展

以现代复杂军事系统为例,它涉及战略、战术、技术决策系统,指挥、通信、运输系统,外层空间、内层空间、武器和运载系统,地面与空间各军兵种、我友协同作战系统与作战环境等。这种激烈对抗的军事系统,对时空一致、任务协同、实时性、实用性等的要求都很高,因而在这类复杂仿真系统中有很多复杂、艰巨的技术问题亟待解决。

2. 向快速、高效与海量信息通道发展

对于大型复杂系统、分布系统、综合系统进行实时仿真,由于信息量庞大,必须对信息进行快速、高效传输、变换和处理。以多微处理机为基础的全数字并行仿真计算机系统将会有更多的发展。

3. 向规范化模型校核、验证、确认技术发展

模型建立后,如果没有规范化模型校核、验证、确认来检验、评价模型的正确性和置信度,仿真的精度和可靠性是无法保证的。目前它已引起仿真界的高度重视。

4. 向虚拟现实技术发展

虚拟现实是将真实环境、模型化物理环境、用户融为一体,为用户提供视觉、听觉、嗅觉和触觉感官以逼真感觉信息的仿真系统,使人感到如同身临其境的仿真环境中。

5. 向高水平的一体化、智能化仿真环境发展

开展系统仿真科学研究,开发仿真系统技术,需要一体化、智能化仿真环境等有效的工具,由于 PC 的大量推广和应用,将会发展适合这类机型的仿真软件。

6. 向广阔的应用领域扩展与其他有关的学科融合

由于仿真的对象越来越广阔和复杂,即应用领域越广泛,相关的学科就越多,而且日趋密切,特别是在非工程或混合工程系统中,仿真技术的应用将会迅速增长。

随着仿真技术的发展,仿真技术应用目的趋于多样化、全面化。最初仿真技术是作为对实际系统进行试验的辅助工具而应用的,而后又用于训练目的,现在仿真系统的应用包括系统概念研究、系统的可行性研究、系统的分析与设计、系统开发、系统测试与评估、系统操作人员的培训、系统预测、系统的使用与维护等各个方面,它的应用领域已经发展到军用以及与国民经济相关的多个重要领域。

1.3 仿真工具 MATLAB

1.3.1 MATLAB 的发展历史

MATLAB 名字由 Matrix 和 Laboratory 两词的前三个字母组合而成,意为“矩阵实验室”。20 世纪 70 年代后期,时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教

授出于减轻学生编程负担的动机,为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口,此即用 FORTRAN 语言编写的萌芽状态的 MATLAB。

1983 年春天,工程师 John Little 与 Moler、Steve Bangert 一起开发了第二代专业版 MATLAB。1984 年,MathWorks 公司成立,MATLAB 正式推向市场。

目前,MATLAB 已经成为国际上最流行的科学与工程计算的软件工具,现在的 MATLAB 已经不仅仅是一个“矩阵实验室”,它已经成为了一种具有广泛应用前景的全新的计算机高级编程语言,有人称它为“第四代”计算机语言,在科学运算、自动控制与科学绘图领域,MATLAB 语言长期保持了独一无二的地位。

1.3.2 MATLAB 的特点

MATLAB 的五大功能是:

- 数值计算功能 (Numeric Function);
- 符号计算功能 (Symbolic Function);
- 图形和可视化功能 (Graphic Function);
- 记事本功能 (Notebook Function);
- 可视化建模和仿真功能 (Simulink Function)。

MATLAB 用法简易、可灵活运用、程式结构强又兼具延展性,以下为其主要优点。

(1) 语言简洁紧凑,使用方便灵活。MATLAB 程序的书写格式自由,数据的输入/输出语句简洁,很短的代码就可以完成其他语言要经过大量代码才能完成的、很复杂的工作。

例如,一条语句“ $A=[1\ 2\ 3;4\ 5\ 6;7\ 8\ 9]$ ”就实现了对 3×3 矩阵的输入。

(2) 数值算法稳定可靠,库函数十分丰富。MATLAB 的一个最大特点是强大的数值计算能力,它提供了许多调用十分方便的数学计算的函数,不必考虑数值的稳定性。

例如:

<code>e=eig(A)</code>	%求矩阵 A 的特征值
<code>[L,U]=lu(A)</code>	%求矩阵 A 的 LU 分解,
<code>polyder(b)</code>	%求多项式的微分

(3) 运算符丰富。MATLAB 是用 C 语言编写的,所以 MATLAB 提供了和 C 语言几乎一样多的丰富的运算符,而且还重载了一些运算符,给它们赋予了新的含义。

例如:

<code>C=A*B</code>	%矩阵的乘法
<code>B=C'</code>	%求矩阵 C 的共轭复转置
<code>x=A\b</code>	%求 $Ax=b$ 的最小二乘解

(4) MATLAB 既具有结构化的控制语句,如 if、for、while,又支持面向对象的程序设计。

(5) 语法限制不严格,程序设计自由度大。

例如,在 MATLAB 里可以不用先定义或声明变量就可以使用它们。

(6) 程序的可移植性好。MATLAB 程序几乎不用修改就可以移植到其他的机型和操作系统中运行。

(7) MATLAB 的图形功能强大, 支持数据的可视化操作, 可方便地显示程序的运行结果。

(8) 具有强大的工具箱。MATLAB 包含两个部分——核心部分和各种可选的工具箱。核心部分有几百个核心内部函数, 工具箱则是由各个领域的高水平专家编写的, 所以用户不必编写该领域的基础程序就可以直接进行更高层次的研究。例如, 控制领域可以使用的工具箱就有 Control System (控制工具箱)、System Identification (系统辨识工具箱)、Robust Control (鲁棒控制工具箱)、Optimization (最优化工具箱) 等。

(9) 源程序具有开放性, 系统的可扩充能力强。除了内部函数外, 所有的 MATLAB 核心文件和工具箱文件都提供了 MATLAB 源文件, 用户可通过对源文件的修改生成自己所需要的工具箱。

(10) MATLAB 是解释执行语言。MATLAB 程序不用编译生成可执行文件就可以运行, 解释执行时程序执行的速度较慢, 效率比 C 等高级语言要低, 而且无法脱离 MATLAB 环境运行 MATLAB 程序, 这是 MATLAB 的缺点。但是 MATLAB 的编程效率远远高于一般的高级语言, 这可以使研究者把大量的时间花费在对控制系统的算法研究上, 而不是浪费在大量的代码上。

1.3.3 MATLAB 的工具箱

MATLAB 最重要的特征是它拥有解决特定应用问题的程序组, 也就是工具箱 (Toolbox), 如符号处理工具箱、控制系统工具箱、神经网络工具箱、模糊逻辑工具箱、通信工具箱和数据采集工具箱等许多专用工具箱。总的来说, 迄今所有的几十个工具箱大致可分为两类: 功能型工具箱和领域型工具箱。功能型工具箱主要用来扩充 MATLAB 的符号计算功能、图形建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互功能, 能用于多种学科; 而领域型工具箱是专业性很强的, 如控制工具箱、金融工具箱等。

MATLAB 工具箱具有很强的专门知识要求, 它是为设计人员在运用某一专门理论解决问题时所提供的有效快捷的工具。对于大多数用户来说, 要想灵活高效地运用这些工具箱, 通常都需要学习相应的专业知识。只有在掌握了其理论的基础上才能够明白工具箱中每一个函数的意义、所要达到的目的和所要解决的问题, 才能够正确地使用它们。

此外, 开放性也是 MATLAB 最重要和最受人欢迎的特点之一。除内部函数外, 所有的 MATLAB 主包文件和各工具箱文件都是可读可改的源文件, 因为工具箱实际上是由一组复杂的 MATLAB 函数 (M 文件) 组成的, 它扩展了 MATLAB 的功能, 用以解决特定的问题, 因此用户可以通过对源文件进行修改和加入自己编写的文件去构建新的专用工具箱。

MATLAB/Simulink 的主要产品及其相互关系如图 1-3-1 所示。

对于用户而言, 除了可以使用随 MATLAB 版本所附带的大量工具箱之外, MATLAB 还有其他很多工具箱, 这其中很多工具箱是免费的, 而且这些工具箱覆盖的专业更加广泛。读者要了解这方面内容, 可以到 Mathworks 公司的相关网页上去查找。