

优秀技术实训教程

全面、系统介绍eM-Plant软件
范例简明、典型
适用于物流工程、工业工程、系统工程等

eM-Plant

仿真技术教程

优技

施於人 邓易元 蒋维 编著

 科学出版社
www.sciencep.com

 北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhep.com.cn

优秀技术实训教程

eM-Plant

仿真技术教程 优技

施於人 邓易元 蒋维 编著



科学出版社
www.sciencep.com



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhep.com.cn

内 容 简 介

本书是一本学习 eM-Plant 仿真软件的教程。本书参考了国内外相关领域的研究内容,有针对性地设计与知识点相关的范例,内容详尽、结构合理,术语和相关名词翻译准确,是目前操作性很强的一本教程。本书定位于仿真技术入门水平,适合准备从事仿真建模的初学者使用。本书的编写以 eM-Plant 8.1 版本为基础,同时也适用于更高和更低版本的入门学习。

本书按照适合读者自学和实验课程教学组织编写,每一章分学习目标、学习重点、理论知识、范例学习和课后练习 5 个部分。学习目标和重点提炼各章主要内容,理论知识详细讲解各章知识点,范例学习通过 3~5 个经典实例实践各章的内容,课后练习便于读者加深对知识的掌握。本书第 1 章讲述仿真建模所需背景知识,第 10 章介绍 eM-Plant 中的工具和应用模版,其他各章可直接作为课程的实验手册使用。

本书的配套光盘中包含部分范例视频及模型文件,方便读者学习和参考。

需要本书或技术支持的读者,请与北京清河 6 号信箱(邮编:100085)发行部联系,电话:010-62978181(总机)转发行部、010-82702675(邮购),传真:010-82702698。E-mail: tbd@bhp.com.cn。

图书在版编目(CIP)数据

eM-Plant 仿真技术教程 / 施於人, 邓易元, 蒋维编著. —
北京: 科学出版社, 2009
ISBN 978-7-03-024862-6

I. e… II. ①施…②邓…③蒋… III. 离散系统(自动化)
—系统仿真—高等学校—教材 IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 104486 号

责任编辑: 杨 莉 / 责任校对: 周 玉
责任印刷: 媛 明 / 封面设计: 盛春宇

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市媛明印刷厂印制

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 8 月第 1 版
2009 年 8 月第 1 次印刷
印数: 1-3 000 册

开本: 787mm×1092mm 1/16
印张: 25
字数: 575 千字

定价: 49.50 元(配 1 张 CD)

序 言

仿真技术与运筹学、概率和数理统计一起,日益成为各行各业解决和分析问题的主要支持工具,它在工程的前期规划、投资平衡分析、生产物流运行控制、供应链管理与库存控制、作业排序、资源分配、流程分析与改进等众多方面发挥着巨大作用。

eM-Plant 是一款面向对象的离散事件动态系统仿真软件,是工厂、生产线及生产物流过程中仿真与优化的最佳解决软件之一。2001 年我国开始引进该软件,2005 年以后一些大型制造企业开始正式使用该软件,在一些研究所和高校中也应用得越来越广泛。目前,许多高校开设的系统仿真、设施规划与物流分析等课程也以该软件为主导学习软件,还有一些高校将该软件设定为工业工程等专业学生必须掌握的软件。

一直以来,eM-Plant 的教学使用的都是英文的用户手册及网络中为数不多的零散教程和资料,学生的学习、教师的讲授都受到很大影响,效率不高。eM-Plant 的使用者以及网络仿真类论坛上的很多学习者都表示需要一本详细介绍 eM-Plant 使用方法及案例的中文教程。本书的出版可谓非常及时,不但内容详尽、结构合理,术语和相关名词的翻译也比较准确,是目前内容最详尽、操作性最强的一本教程。

教程中的各章节都有范例模型供读者参考,范例步骤合理、准确,读者完全可以按照书中的操作步骤学习掌握。

本书可以作为工业工程、管理科学与工程、物流管理、系统工程等专业的高年级本科生及硕士研究生教学用书,也可以作为工业工程领域以及物流领域的技术人员学习 eM-Plant 的培训手册及实验手册。

陈 庄

前 言

计算机仿真是一门融系统科学、运筹学、概率统计以及计算机应用于一体的综合性理论和方法,它借助计算机和仿真软件对现实世界中的各种情景以及仍然处于概念阶段的各种设想加以模拟,以此达到对系统分析、设计和评价的目的,其应用已渗透到制造业、服务业、交通运输业、通信系统、航空航天和医疗保健等各行业,成为战略研究、系统分析、运筹规划、预测决策、宏观和微观管理的有效工具。

从 20 世纪 40 年代开始到如今,计算机仿真软件已经发展到第四代。从最早使用的 C、Pascal 等通用编程语言,到以 GPSS、SIMAN 为代表的文字模式仿真软件,再到以窗口形式,图形化地构建模型、动画和统计图表的 Arena 和 Witness,以及以 eM-Plant 为代表的面向对象的仿真软件,计算机仿真软件已经从纯粹的实验室工具变为大众化的工具。

eM-Plant 的发展历史已有二十多年,它是处于仿真软件行业领先地位的软件之一,也是少数几种支持面向对象的仿真软件之一。eM-Plant 的软件供应商 Tecnomatix 是为汽车、电子、航空和其他加工制造业提供制造流程管理软件解决方案的领先企业。2000 年, SiMPLE++ 7.0 改名为 eM-Plant 4.0,并在接下来的几年中不断更新版本。2005 年,产品生命周期管理软件和服务提供商 UGS 公司购并 Tecnomatix,将 eM-Plant 纳入其软件产品线,并很快将其升级到 7.6 版本。在本书的撰写过程中,UGS 公司已经发布了最新版本 eM-Plant 8.2,版本的升级为用户提供了更多可用的基本组件以及更为复杂的功能。本书的编写以 eM-Plant 8.1 版本为基础,同样适用于更高和更低版本的入门学习,可以作为工业工程、管理科学与工程、系统工程等专业所开设的离散系统仿真等课程的教科书。

本书定位于仿真技术入门水平,适合准备从事仿真建模的初学者使用。本书按照适合读者自学和实验课程教学的方式组织编写,每一章分为学习目标、学习重点、理论知识、范例学习和课后练习五个部分。学习目标和学习重点提炼各章需要掌握的内容;理论知识详细讲解各章知识进行;范例学习给出 3~5 个范例,以实践各章的内容;课后练习给出一些思考题和练习题。本书第 1 章主要讲述仿真建模所必须的背景知识,第 10 章详细介绍 eM-Plant 中的工具和应用模版,其他各章可以直接作为课程的实验手册。

本书在编写过程中参考了国内外相关领域的研究内容,富有针对性地设计了与知识点相关的范例,并专门设立了“注意”、“提示”、“技巧”板块对应用过程中应该注意的操作步骤和解决方式进行了阐述,方便读者更快地掌握 eM-Plant 的基本使用方法,解决简单的仿真问题。

全书共 11 章,由重庆理工大学施於人、邓易元,中国科技大学蒋维共同编写,其中第 1 章由施於人、邓易元、蒋维共同编写,第 5 章由施於人、蒋维编写,其余各章由施於人编写。全书由施於人统稿。

本书特别感谢广东工业大学的周金平老师,他在审校过程中提出了许多宝贵的意见和建议。

由于作者水平有限,再加上仿真建模方法和 eM-Plant 软件还在不断发展和完善中,本书中的错误和疏漏,恳请广大读者批评指正。

施於人

目 录

第1章 仿真建模与eM-Plant.....	1
1.1 系统与模型	2
1.2 计算机仿真	3
1.2.1 计算机仿真的定义和作用	3
1.2.2 计算机仿真的适用条件	6
1.2.3 计算机仿真解决问题的步骤	7
1.2.4 离散事件系统仿真	10
1.3 仿真软件和面向对象的方法	11
1.3.1 仿真软件的发展	11
1.3.2 面向对象的方法学	14
1.4 eM-Plant概述.....	16
1.4.1 eM-Plant的发展历史	16
1.4.2 eM-Plant的特点	17
1.4.3 eM-Plant的典型应用	19
1.4.4 eM-Plant的系统配置要求	20
1.5 eM-Power——eM-Plant所在的大家庭.....	21
第2章 eM-Plant的初步知识.....	27
2.1 eM-Plant的安装.....	28
2.2 eM-Plant的工作界面.....	30
2.2.1 eM-Plant工作界面的构成	30
2.2.2 eM-Plant工作界面的调整	32
2.3 工作环境设置	33
2.3.1 通用 (General) 选项卡	33
2.3.2 模型 (Modeling) 选项卡.....	34
2.3.3 仿真 (Simulation) 选项卡.....	35
2.3.4 单位 (Units) 选项卡	36
2.3.5 用户界面 (User Interface) 选项卡	37
2.3.6 编辑器 (Editor) 选项卡	38
2.3.7 随机数种子 (Seed Values) 设置	39
2.4 仿真建模流程	40
2.4.1 新建仿真项目	40
2.4.2 规划项目的组织结构	42
2.4.3 建立仿真模型	44
2.4.4 运行验证仿真模型	51
2.4.5 确认仿真模型	52
2.4.6 实验设计和仿真模型分析	52

2.5 范例学习	53
范例1 创建第一个eM-Plant模型	53
范例2 对象的复制和继承	57
第3章 eM-Plant建模的基本元素——对象	61
3.1 对象的分类	62
3.2 物流对象	64
3.2.1 控制和框架类物流对象	64
3.2.2 生产类物流对象	69
3.2.3 运输类物流对象	69
3.2.4 资源类物流对象	69
3.2.5 设置物流对象的共同参数	70
3.3 信息流对象	82
3.4 用户接口对象	83
3.5 移动对象	83
3.5.1 Entity对象	83
3.5.2 Container对象	85
3.5.3 Transporter对象	86
3.6 移动对象的产生、回收和移动机制	86
3.6.1 移动对象的生成——Source对象	86
3.6.2 移动对象的回收——Drain对象	93
3.6.3 移动对象在物流对象中移动的原则	93
3.6.4 移动对象进出物流对象的控制	94
3.7 范例学习	99
实例1 使用EventController对象跟踪仿真事件	99
范例2 Source对象中Operating mode项的作用	102
范例3 物流对象准备环节（Set-Up）的设置	104
范例4 Trigger对象的应用	110
第4章 分流、动画和层式结构	119
4.1 分流的实现——FlowControl对象	120
4.1.1 离去策略（Exit Strategy）选项卡	121
4.1.2 进入策略（Entry Strategy）选项卡	124
4.2 层式结构的实现——Interface对象	125
4.3 图标编辑器（Icon Editor）	128
4.3.1 图标的创建和编辑	128
4.3.2 定义动画	131
4.3.3 显示动画和禁止显示动画	132
4.4 范例学习	132
范例1 图标参考点、动画点及动画线的设置和作用	132
范例2 分流和分流动画	135
范例3 层式结构	140

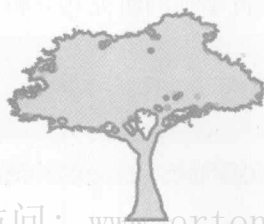
范例4 层式结构的动画设置	141
第5章 表和图	147
5.1 表	148
5.1.1 表的类型	150
5.1.2 定义表	151
5.1.3 表中数据的存取	159
5.2 图	161
5.2.1 设置图的数据来源	161
5.2.2 设置图的其他参数	164
5.3 仿真数据的显示和保存	171
5.4 范例学习	172
范例1 栈表 (StackFile) 以及队列表 (QueueFile) 的存取	172
范例2 Chart对象的使用之一	176
范例3 Chart对象的使用之二	182
第6章 SimTalk语言和Method对象	187
6.1 SimTalk简介	188
6.1.1 SimTalk中的名称、保留字以及预定义Method对象	189
6.1.2 名称空间和访问路径	189
6.1.3 匿名指代符	190
6.1.4 SimTalk的数据类型和运算符	191
6.1.5 SimTalk的常量和变量	192
6.1.6 SimTalk的控制语句	193
6.1.7 系统函数	196
6.2 Method对象	198
6.2.1 Method对象的结构	199
6.2.2 Method调试器	200
6.2.3 Method对象的调用	200
6.3 全局变量——Variable对象	201
6.4 范例学习	204
范例1 Method调试器的使用	204
范例2 匿名指代符的使用	211
范例3 Variable对象的使用	213
范例4 Method对象的调用	219
第7章 物流对象——生产类物流对象	223
7.1 SingleProc对象和ParallelProc对象	224
7.2 Assembly对象	225
7.3 DismantleStation对象	228
7.4 Buffer对象、PlaceBuffer对象和Store对象	230
7.5 Sorter对象	233

7.6 Cycle对象	236
7.7 Generator对象	237
7.8 ShiftCalendar对象	238
7.9 范例学习	240
范例1 Assembly对象和DismantleStation对象的使用	240
范例2 Buffer对象和PlaceBuffer对象的使用	245
范例3 Store对象的使用	248
范例4 采用ShiftCalendar对象排班	251
范例5 Cycle对象的使用	254
第8章 物流对象——运输类物流对象	259
8.1 Line对象	260
8.2 Track对象	267
8.3 TurnTable对象	270
8.4 AngularConverter对象	273
8.5 TwoLaneTrack对象	275
8.6 Transporter对象	276
8.7 范例学习	284
范例1 Line对象的使用	284
范例2 Transporter对象的方向控制之一	286
范例3 Transporter对象的方向控制之二	291
范例4 Transporter对象的方向控制之三	295
第9章 物流对象——资源类物流对象	305
9.1 请求服务	305
9.2 提供服务	309
9.3 调度资源	313
9.4 Workplace对象和FootPath对象	314
9.5 范例学习	316
范例1 Exporter对象和Broker对象的使用	316
范例2 WorkerPool对象、Workplace对象及FootPath对象的使用	317
范例3 设置一组工人（Workers）提供多项服务（Services）	320
范例4 服务请求在Broker对象之间的传递	321
第10章 eM-Plant的工具、附加件及应用模版	327
10.1 工具	328
10.1.1 统计分析工具	330
10.1.2 实验工具	330
10.1.3 优化工具	331
10.2 附加件	331
10.3 应用模版	333
10.4 范例学习	335

范例1 DataFit对象的使用	335
范例2 Experiment工具的使用之一	344
范例3 Experiment工具的使用之二	352
第11章 综合应用案例	357
11.1 问题描述	358
11.2 建立模型	359
11.2.1 建模准备	359
11.2.2 放置对象	360
11.2.3 设置对象的参数	362
11.2.4 编写Method对象的程序内容	371
11.2.5 收集仿真运行结果	375
11.3 运行验证模型	377
11.3.1 确定仿真运行的次数	378
11.3.2 确定稳态开始时间	383

eM-Plant 第1章

仿真建模与eM-Plant



学习目标

计算机仿真是一种解决问题的手段，它不仅和计算机有关，还涉及系统理论、运筹学和概率统计。eM-Plant是一款用于计算机仿真的软件，使用eM-Plant进行仿真建模，是计算机仿真过程中的一个环节。本章主要学习系统、模型和计算机仿真的基本概念，了解计算机仿真的适用情况、优缺点、发展历史以及其解决问题的一般步骤。

系统、模型和计算机仿真的基本概念

离散事件系统仿真的定义和特点

计算机仿真解决问题的优点、缺点、适用条件和应用领域

计算机仿真解决问题的一般步骤

计算机仿真软件的分类和发展历史

eM-Plant的特点和应用范围

学习重点

1.1 系统与模型

1. 系统

广义上讲，系统概念的范围很宽，大到宇宙，小到原子，都可以称为系统。贝塔朗菲认为，系统就是处于一定相互关系中，并与环境发生关系的各组成部分（要素）的总体（集）。换个直白一些的说法，系统就是人们希望认识的对象，只是这个对象比较复杂，构成的零件比较多，并且这些零件之间是相互作用、相互影响的。

系统无论大小，必然存在3个要素：实体、属性和活动。

实体是构成系统的具体对象，主导系统的各种活动。实体可以是主动的，也可以是被动的。所谓主动是指具备自主移动的能力，比如服务系统中的顾客、柔性制造系统中的无人搬运车以及运输系统中的车辆等；所谓被动是指不具备自主移动的能力，比如产品、工件以及容器等。

属性是指实体的某些特征。在同一个系统中，不同实体之间通过各自的属性来互相区别。

活动是指随着时间的推移系统内部发生的变化。

系统不是孤立存在的，经常会受到外部因素的影响，这些对系统产生影响的外部因素就构成了系统环境。在系统分析过程中，必须考虑系统所处的环境，因此划分系统与环境的边界是系统分析的首要任务。

系统边界的划分取决于系统研究的目的。比如在商品销售系统中，如果只考虑商品仓库库存量的变化，那么系统只需要包括采购部门、仓库以及销售部门即可。但是，如果还需要考虑进、销、存过程中资金的利用情况，那么系统还应该包括财务部门。

另外，在某些条件下系统是可以被分解的，即构成系统的某个实体，其本身可以被看做是一个单独的系统，可以对其进行单独的研究和分析，这个实体被称为原系统的子系统或者分系统。

2. 模型

要研究一个系统，可以把现实系统本身作为实验对象，亲自参与到系统中去，但是这种实验方法耗时又费力。也可以把模型看做是研究系统的实验对象来进行系统研究。

模型是对系统的某些方面及这些方面之间关系的一种模拟或抽象。

模型通常具有以下3个特征。

- ◆ 模型是对真实系统的抽象。
- ◆ 模型由与所分析问题相关的要素构成。
- ◆ 模型表明了有关要素之间的相互关系。

模型可以分为物理模型、数学模型以及物理—数学混合模型3种。

物理模型是按照真实系统的物理性质构造的模型。比如军队作战使用的沙盘以及售楼部摆放的楼盘缩微模型。数学模型是按照真实系统的数学关系构造的模型。如果用数学模型表示系统的一部分，使用物理模型表示系统的另一部分，就构成了物理—数学混合模型。物理模型的优点是直观且形象，缺点是建模周期长且费用高。数学模型的优点是经济且方便。

在构建模型和求解模型时，根据采用的方法不同，数学模型可以被细分为解析模型、逻辑模型、网络模型以及仿真模型；根据模型状态变化与时间的关系，模型可以分成离散模型和连续模型。

按照上述从属关系和划分标准，可以对研究系统的方法做出以下的划分，如图1-1所示。



图1-1 研究系统的方法

1.2

计算机仿真

1.2.1 计算机仿真的定义和作用

1. 仿真

仿真有时也被称为系统仿真，它针对系统建立相关模型，用模型代替真实系统进行各种实验，从而研究系统的性能。

1961年，G.W.Morgenthater第一个对仿真进行了技术性定义，他指出仿真是在实际系统尚不存在的情况下对于系统或者活动本质的实现。另外，G.A.Korn也对仿真进行了技术性定义，他在1978年的著作《连续系统仿真》中，将仿真定义为“用能代表所研究系统的

模型做实验”。1984年，T.I.Oren在提出仿真的基本概念框架（建模—实验—分析）的基础上，又提出了仿真是一种基于模型的活动观点。在以后的发展过程中，又有许多学者对仿真的内涵进行了扩充，但是无论哪种定义都有一个共同的观点，即仿真是基于模型的，通过对模型的实验来达到研究系统的目的。

在给出系统的数学模型后，有时只需使用分析手段就可以直接得到系统的相关信息。但是，当使用分析方法无法获得所需要的信息时，就必须采用仿真的方法来解决实际问题。

系统、模型和仿真3者之间的关系是：系统是被研究的对象，模型是系统特性的抽象，仿真是分析模型的方法。

现代仿真技术的发展与计算机的应用紧密联系。计算机问世之前，仿真只能通过物理模型实现，因此仿真附属于其他学科。计算机出现之后，仿真逐渐发展成为以计算机仿真为代表的独立学科。目前，计算机已经成为仿真的主要工具，在多数情况下，谈及仿真就特指计算机仿真。

2. 计算机仿真

计算机仿真是指通过计算机对模型进行仿真实验，演示所研究系统的有关要素的变化，模拟真实系统运行的状况及随时间变化的规律，实现所要运行的系统实验的全过程。

计算机仿真包括系统、模型和计算机3要素。这3个要素之间存在2种关系：建模关系和仿真关系，如图1-2所示。建模关系是指真实系统和模型之间的关系，通过对真实系统的观测和检测，在忽略次要内容和不可测变量的基础上，抽象系统从而获得模型。仿真关系是指通过计算机程序来实现模型，并在计算机上运行模型。



图1-2 计算机仿真的3要素及其之间的关系

成功的计算机仿真能够通过对模型的研究，直接或者间接地反复再现真实系统的各种静态、动态活动，记录系统动态过程的瞬时状况，提供系统研究所需的数据，从而使研究者通过分析模型，了解和把握系统运行的规律。

计算机仿真以系统论、信息技术和概率统计为理论基础。模型的构建以系统理论为指导，以计算机软硬件为描述模型的手段。在仿真实验过程中，数据的收集和使用、实验结果的分析研究以及整个决策过程，综合运用了统计分析、专家经验以及真实系统的各种信息资料。计算机仿真所涉及的学科之间的关系如图1-3所示。

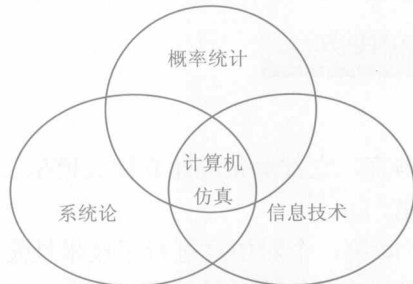


图1-3 计算机仿真所涉及的学科之间的关系

3. 计算机仿真的作用

在研究系统方面，计算机仿真具有以下优势。

(1) 如果想对实际运行的系统进行深入的了解和改进、对实际系统进行实验往往要花费大量的人力、物力、财力和时间，有时甚至是不可实现的。通过计算机仿真，可以对现有系统在拟定工作条件下的性能进行分析和评价，预测其未来的发展并提出改进方案，同时保证系统正常工作不受干扰。

(2) 建立新系统的投资往往很大，通过计算机仿真可以评价新系统的可行性和经济效益，从而帮助人们选择最优或较优的装备设计方案和保障方案。

(3) 在系统管理的决策过程中，通过收集、处理和分析有关信息，可以拟订多个决策方案。通过计算机，可以对决策方案进行多次运行，按照既定的目标函数对不同的决策方案进行比较分析，从中选择最优方案。

(4) 当纯粹的数学模型难以提供分析结果或者数值解时，计算机仿真是解决问题的一种较好的方法。

在研究系统的过程中，计算机仿真具有以下功能。

- ◆ 解释。定义和阐述一个系统的行为。
- ◆ 设计评估。评估不同的设计方案。
- ◆ 分析。通过实验设计和因子分析，分析影响系统的相关变量以及这些变量之间的相关水平。
- ◆ 预测。预测某一时段可能发生的状况，用于决策参考。
- ◆ 验证。证明数学方法提供的数值解。

就实践应用而言，计算机仿真最早（20世纪50年代）被应用在美国国防军事战略规划中。后来，由于具备求解速度快、结果适用性好的优势，计算机仿真的应用领域逐步扩大，各行各业都开始广泛使用。1995年，在美国召开的冬季仿真会议（Winter Simulation Conference）上，提出了计算机仿真应用的八大领域及应用范例，如表1-1所示。

表1-1 仿真应用的领域

应用领域	应用范例
制造系统	物料搬运作业分析；装配作业流程；有限产能下的排程作业；机器设备布置
公共系统	核电厂作业效率分析；降低医院排队等待时间；废弃物处理作业流程分析
旅游系统	快速服务交易作业分析；服务人员需求分析
企业流程	企业流程再造分析；企业流程整合
运输系统	货物转运作业分析；港口货柜作业分析；路线选择分析
食品制造流程	海产品加工作业流程分析；海产品加工产能扩充分析
建筑施工	地震应力分析；钢索桥梁结构分析
电脑系统	网络效率分析；大规模网络系统的绩效评估

1.2.2 计算机仿真的适用条件

不论在制造业、金融业、服务业还是在医疗业，人们所面临的决策问题都越来越大、越来越复杂，迫切需要一种有效解决问题的方法。它应该具有全面性和一般性（适用于不同领域），可以不设定过多的假设条件，可以达到任意复杂程度和任意规模的要求，可以不用建立过于抽象的模型而能够直接观察系统的行为。

无疑，计算机仿真具备上述所有的要求。仿真已经同运筹学和统计学一样，成为人们研究系统的主要方法，应用领域越来越广泛。但是，作为一种方法，计算机仿真不可能解决所有问题。明确计算机仿真的适用环境和条件，可以更好地发挥它的价值。

1. 计算机仿真的适用情况

无论是Thomas H.Naylor在1966年提出的观点，还是Robert E.Shannon在1998年提出的观点，许多学者都对计算机仿真的适用环境进行了研究。结果显示，计算机仿真在以下11情况中较为适用。

(1) 研究复杂系统内部子系统的相互作用。

(2) 通过变更仿真、组织及环境的信息，观察这些改变对模型行为的影响。

(3) 在仿真模型设计过程中，获取的信息可能具有很大价值，利用这些信息可以为改进系统提出建议。

(4) 改变仿真的输入，观察产生的输出，可以使人们深入地了解哪些变量是最重要的以及变量之间是如何相互作用的。

(5) 仿真可以作为教学设备，增强学习者利用解析方法求解的能力。

(6) 在新设计或者新策略实施前，运用仿真进行实验。通过对实验过程的观察和对实验结果的分析，掌握新设计或者新策略可能带来的效果和可能存在的问题。

(7) 验证解析解。

(8) 通过仿真实验，测试生产线对设备的各项参数有什么要求，从而确定实际生产线中需要使用的设备。

(9) 设计用于训练的仿真模型，比如仿真驾驶舱，从而保证在不具备实体设备的情况下也可以进行学习，并且不需要额外的费用和现场指导。

(10) 以动画的形式表现运行的系统，实现系统的可视效果。

(11) 现代系统（比如工厂及服务组织）非常复杂，只能通过仿真才能处理其内部各部分之间的相互作用。

2. 计算机仿真不适用的情况

Jerry Banks和Randall Gibson等人总结出以下10种不适合仿真的情况。

(1) 当问题可以通过普通方法解决的时候，不应该使用仿真。比如某设备的平均服务速度为每小时10人，客户到达的速度基本稳定，平均每小时50人，那么设备的需求数量就是 $50 \div 10 = 5$ 台，简单计算即可，不需要仿真建模。

(2) 当问题可以通过解析方法解决的时候，不应该使用仿真。

(3) 如果直接进行实验更简单，不应该使用仿真。比如窗口的排队问题，只要简单地增加几个窗口，就可以实验出客户等待时间的降低程度。

(4) 如果仿真成本超过仿真节省的费用，不应该使用仿真。比如仿真投入2万元，而

成本节省只有5千元,当然不应该使用仿真。

(5) 没有足够的资源不要使用仿真。比如仿真投入需要2万元,但是无法获得需要的资金,则无法使用仿真。

(6) 没有足够的时间不要使用仿真。比如决策要求在几天之内做出,而仿真要花费一个月的时间,则不应该使用仿真。

(7) 仿真中存在大量的变量,每个变量都需要大量的数据来描述其变化规律。只有具备了数据,才能分析变量间是如何相互作用以及如何影响系统运行的。如果仿真数据不充分,甚至无法估计,就不应该使用仿真。

(8) 没有足够的时间和人力去检查和验证模型,则不应该使用仿真。

(9) 如果负责人有不合理的预期,超出了仿真的能力范围,则不应该采用仿真。

(10) 系统过于复杂或者不可定义,则不应该使用仿真。

虽然计算机仿真的功能非常强大,但是其缺点也十分明显,包括以下4个方面。

- ◆ 建模需要特殊的培训。建模是一个需要花费时间、积累经验的过程。
- ◆ 仿真结果不容易解释。基本上大多数仿真使用的都是随机变量,要判断结果和系统是相关的还是随机的并不容易。
- ◆ 仿真建模和分析非常耗时,而且成本很高。
- ◆ 仿真求解只能给出问题的特解而不能给出问题的通解。

1.2.3 计算机仿真解决问题的步骤

1. 计算机仿真中的活动

计算机仿真中的建模关系和仿真关系分别对应着不同的活动。建模关系对应的活动是建模活动,即用数学方法描述模型。仿真关系对应的活动有3种,首先,建立仿真模型,即把数学模型以计算机能够识别的方式展现出来;其次,进行仿真实验;再次,分析仿真数据。伴随计算机仿真技术的进步,建立系统的数学模型和建立对应的仿真模型两者之间的界限变得越来越模糊。特别是“所见即所得”的计算机建模环境,使建模者可以一边抽象思考,一边直接在计算机中建立相应的仿真模型。因此,从广义的角度看,这两种活动都可以被看作是建模活动。

(1) 建模。建模需要解决2个问题,一个是如何把真实世界中的系统构建成模型;另一个是如何在计算机内实现仿真模型。

建立系统的仿真模型是一项艰难的创造性劳动。在建模过程中,建模人员主要依靠对问题的理解、对系统结构的洞察以及实践中积累的经验和技巧来完成模型的构建。建模通常需要注意以下环节。

- ◆ 明确建模的目的和要求,确定系统的边界范围。从而使模型能够满足实际需要,不至于产生过大的偏差。
- ◆ 对系统进行一般性的语言描述,这是构建模型的基础。
- ◆ 分析系统中的实体以及它们之间的相互关系,以便使模型能够准确地表示现实系统。
- ◆ 确定模型结构。模型结构决定着模型定量方面的内容,它是建模中的关键一步。
- ◆ 估计模型中的参数,进一步用数量表示系统中的因果关系。
- ◆ 实验研究。有些影响系统的变量不是很明显,因此需要对构建的模型进行实验研