

系统仿真与 虚拟现实

吴启迪

主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

TP391.9
31

系统仿真与虚拟现实

吴启迪 主编

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

系统仿真与虚拟现实/吴启迪主编. —北京: 化学工业出版社, 2002. 10
ISBN 7-5025-4167-5

I. 系… II. 吴… III. ①系统仿真-基本知识
②系统仿真-应用 IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 069262 号

系统仿真与虚拟现实

吴启迪 主编

责任编辑: 刘 哲

责任校对: 李 丽 崔世芳

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 5½ 字数 139 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4167-5/TP·320

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序 言

系统仿真技术是以相似原理、模型理论、系统技术、信息技术以及仿真应用领域的有关专业技术为基础，以计算机系统与应用相关的物理效应设备及仿真器为工具，利用模型对已有的或设想的系统进行研究、分析、试验与运行的一门多学科的综合性的技术。由于系统仿真技术具有其他技术无法比拟的“良好的可控性、无破坏性、灵活性、可重复性和经济性”等特点，半个多世纪来，系统仿真技术在各类应用的需求及有关学科技术的推动下，已经发展成为一项能为航空、航天、信息、生物、材料、能源、先进制造等高新技术和工业、农业、商业、教育、军事、交通、社会、经济、医学、娱乐、生活服务等众多领域广泛采用的技术，它正迅速发展成为人类认识、改造和创造客观世界的一项通用性、战略性技术。在美国，系统仿真技术被列为国家级关键技术之一，在我国也把系统仿真技术列为前沿科学技术之一。

系统仿真技术的发展与应用紧密相关，其发展路子应该是一种“以应用需求牵引仿真系统开发、以仿真系统带动仿真技术突破、以仿真技术促进仿真系统发展、将仿真系统又服务于应用”的良性循环。目前，系统仿真的应用正向应用系统的“全系统”、“系统全生命周期”、“系统全方位”发展；系统仿真技术正向数字化、虚拟化、网络化、智能化、集成化、协同化方向发展。

虚拟现实技术是在建模技术、计算机技术、图形技术、传感技术、显示技术等多种学科技术上发展起来的一门多学科的综合性的技术。它通过建立模型对人、物、环境及其相互关系进行本质的描述，并在计算机上得以实现。它使人置身于一个由计算机系统所创造的虚拟环境中，与虚拟环境发生交互作用，并得到与投入到实际环境中所获得的相同或相似的感受。“沉浸、交互、构思”是虚拟

现实的基本特征，因此，虚拟现实技术是系统仿真的关键支撑技术。通过虚拟现实技术在仿真系统中的应用，能使整个仿真过程可视化；能使人们实时监控仿真过程，体会仿真的真实性，确信结果的可靠性；能使用户直接进入虚拟世界内部观察事物的内在变化，并且直接参与到事物的相互作用中去，成为虚拟世界的一部分。

著名的未来学家欧文·拉兹洛在他的新作《巨变》中提出了一个重要的论点：未来不是被预测的，而是要开创的。虚拟现实技术能以科学规律为基础，以人们的新思维和科学的想象为指导，为“创造未来”提供一个虚拟的场景，让人们沉浸其中，训练未来的技能，体验未来的生活，开创美好的未来。

近年来，我国政府和许多企业都非常注重系统仿真技术和虚拟现实技术的发展与应用，并在许多工程/非工程领域的系统规划、分析、设计、实施、维护、管理、人员训练等方面发挥了重要的作用。但是其应用的广度和深度远不能适应当今时代发展的需求，因此迫切需要编写出版一些科普读物，以普及和推广系统仿真与虚拟现实技术有关的知识。上海市系统仿真学会组织了一批专家、教授及时编写了这本《系统仿真与虚拟现实》科普读物，正解燃眉之急。

本书分为两大部分，第一部分介绍了系统仿真与虚拟现实技术的基本内容，第二部分介绍了系统仿真与虚拟现实技术在航天、航海、铁路、电力和化工中的应用。全书具有良好的可读性和趣味性，谨向读者推荐。期望本书能积极促进我国系统仿真技术及虚拟现实技术的发展与应用。

李伯虎

2002. 4

前 言

学习和训练总是从模仿开始的，经过不断地消化和练习，模仿得像真的一样，模仿得惟妙惟肖，其中已有创造的因素，因此，模仿中有创造，创造中有模仿。仿真和模仿有密切的关系，它必须抓住事物的本质特征进行模仿，在模仿过程中加深对客观世界的认识和改造。

飞机在蓝天翱翔，是对鸟类飞行的仿真；轮船乘风破浪，是对鱼类游水的仿真；“深蓝”计算机与国际象棋大师对弈，是对人类思维的仿真；学生考试前模拟考试，运动员赛前的热身，演员彩排，消防、军事演习，游戏等等都是对真实情况不同形式的仿真。在日常生活中，在科学技术的各个领域，对现实世界的模拟或仿真无处不在，无时不有。

计算机是仿真强有力的工具，人们可以利用计算机技术再现世界上发生的形形色色的事件，再现自然界各种奇异的现象，再现事物之间的关系和变化规律。仿真不仅可以借助计算机再现过去和现在，并可以按一定的规律再现将来可能发生的事件，引导我们走向未来世界——仿真是一种再创造。

生活无限丰富多彩，知识在不断开拓和深化，而人的活动范围和掌握的知识却非常有限。人们受到种种条件限制，不可能事事都亲身经历。计算机不仅仅帮助人们开阔了视野，而且可以创造一个与真实世界相似的虚拟世界，让人们沉浸其中，身临其境地体验世界上发生的一切。

《系统仿真和虚拟现实》是一本科普读物，旨在帮助读者了解仿真和虚拟现实的概念、用途和发展，更希望读者从中得到启发，对这门技术产生浓厚的兴趣，并激发创造的热情。

本书面向读者为初高中学生、大学生、工程技术人员、机关干

部、企业管理人员。

本书由上海市系统仿真学会理事长、同济大学校长吴启迪教授担任主编，负责组织和审定全稿；同济大学曹立明教授担任副主编，编写第1、3章以及第2章第1节部分内容并负责全书统稿；上海大学王滔博士和费敏锐教授编写第2章第1至4节、第7节和第3章第3节部分内容；同济大学吴光强教授编写第2章第5、6节；上海飞机制造厂研究员高工谢甘第编写第2章第4节部分内容；上海航天局研究员钱文耀编写第4章；同济大学钱雪军副教授编写第5章；上海海运学院胡以怀教授编写第6章；上海电力公司工程师周大鹏、王丽芳、高工李广忠编写第7章；上海石化总公司高工杨景杰编写第8章。同济大学王中杰博士担任录入以及全书的修改和编辑。上海市系统仿真学会秘书处吴克非高工和汪镭博士为本书的出版、资料采集和协调付出了辛勤的劳动，中国系统仿真学会积极支持和鼓励本书的编写和出版，中国系统仿真学会理事长、中国工程院院士李伯虎教授为本书写了序言，在此谨表由衷感谢。

由于水平有限，书中错误和不当之处敬请读者批评指正。

作 者

2002.4

目 录

第 1 章 什么是仿真	1
1.1 模拟与仿真	1
1.2 系统和系统仿真	3
1.3 模型和建模	6
1.4 仿真分类	8
第 2 章 虚拟现实	13
2.1 什么是虚拟现实	13
2.2 怎样建立一个基本的虚拟现实系统	21
2.3 当前流行的虚拟现实系统	33
2.4 虚拟现实技术的优势和应用	38
2.5 虚拟设计	50
2.6 虚拟设计在汽车工程中的应用	57
2.7 虚拟现实技术进一步发展留下的思索	61
第 3 章 计算机	64
3.1 硬件系统	64
3.2 软件	65
3.3 人机交互	68
3.4 网络	71
3.5 人工智能	74
3.6 高性能计算机	78
第 4 章 航天系统仿真	83
4.1 防空导弹武器系统仿真	83
4.2 人造地球卫星姿态控制系统仿真	95
第 5 章 列车驾驶仿真器	108
5.1 概况	108
5.2 列车驾驶仿真器的原理结构	113
5.3 列车驾驶仿真器的开发与发展趋势	116

第 6 章 远洋船舶模拟器	117
6.1 远洋船舶概况	117
6.2 驾驶模拟器	120
6.3 轮机模拟器	127
第 7 章 电力仿真简介	136
7.1 概述	136
7.2 原理	137
7.3 仿真机结构	140
7.4 仿真模型	143
7.5 教练员台	146
7.6 培训内容	150
第 8 章 系统仿真与石油化工	154
8.1 认识化工对象	154
8.2 过程仿真软件开发的几种方法	156
8.3 过程仿真软件的组成	157
8.4 应用实例	158

第 1 章 什么是仿真

1.1 模拟与仿真

人类在认识自然、生产实践和科学实验过程中，创造和发明了无数工具，研究、控制和改造自然，发现新规律，为人类造福。在观察、思考和探索过程中，人类从大自然和劳动中得到启示，想象力自由驰骋，梦想能上天、入地、下海，梦想有千里眼、顺风耳、飞毛腿，梦想披荆斩棘，无所不能。人类靠智慧和勤劳，发明了飞机、汽车、轮船和潜艇等交通运输或作战工具，发明了罗盘、望远镜、显微镜和雷达等探测工具，发明了收音机、电话、电报和传真机等通讯工具。人类发明了形形色色的工具，一步步实现自己的理想。

4000 多年前，我国古代劳动人民“见飞蓬转而知为车”，模仿随风转动的飞蓬发明了轮子。400 多年前，意大利人达·芬奇根据对鸟类和蝙蝠的研究，设计了扑翼机——在人身上装上一对翅膀，利用脚的蹬力来扑动的飞行器。后来，人们研究了鸟类的飞行动力学，才于上世纪末发明了飞机，实现了人类几千年来梦想像鸟类那样上天飞行的愿望。

青蛙主要通过眼睛获得周围世界的信息。蛙眼构造不太复杂，仅由视网膜和视顶盖组成，而且与脑子的神经联系也比较简单，人们模拟了蛙眼的结构和功能发明了“电子蛙眼”，用在机场上，它能监视飞机的起飞和降落，若发现飞机将要发生碰撞时能及时发出警报。在这个基础上，人们又研制成功一种人造卫星跟踪系统，像青蛙跟踪空中的飞蝇一样，“电子蛙眼”跟踪天上的卫星。

夏夜，我们看到蝙蝠从黑暗的岩洞或房舍里飞出来觅食，能在岩洞漆黑的角落里准确无误地定向，在黑暗的夜晚穿越茂密的树林。研究者发现蝙蝠是用耳朵来“看”的，是用超声波来定位的。

它们1秒钟内能捕捉和分辨250组回声，同时也发出同等数目的声波。根据对蝙蝠超声波定位器的研究和模拟，现已仿制了盲人用的“探路仪”。这种仪器形似手电筒，由两部分组成：一部分发射超声波，另一部分把周围物体反射回来的声音转变成人容易辨别的声信号。这一装置的有效作用距离为10m左右。盲人使用这种仪器可以发现电线杆、台阶、人行道边缘、桥上的行人等等。经过一定的训练后，盲人也可以用它分辨出铺沙砾的小径和草地。

狗是以鼻子灵敏而著称的，它能感觉200万种物质的气味和浓度，感觉到浓度为0.0000000336的油酸，其灵敏度已达到分子的水平，它几乎可以根据气味找到任何要找的东西。

人们按狗的用途把它分成警犬、牧犬、猎犬等，各司其职。经过训练的狗，还能根据气味探矿。例如，已用“探矿狗”找到了埋藏在地下12m深处的硫铁矿，并圈定了矿床的边界。但是，直接使用狗来帮助人类进行发现、搜索和跟踪等工作，也有不足之处，如携带不便，又有饲养和训练等问题。所以人们就研制了一种能代替警犬的电子仪器，称为“电子警犬”。它可安装在化工厂，发现氯乙烯毒气，也可应用在手术室、仓库、汽油库和工厂区进行气味控制。人们又研制了一种在某些方面比狗鼻子灵敏1000倍的“电子警犬”，代替警犬进行侦缉。

这种例子不胜枚举。生物界在亿万年的漫长进化过程中，通过自然选择，形成许多卓有成效的导航、发现、反应、捕猎和防御的功能器官，其小巧性、灵活性、快速性、高效性、可靠性和抗干扰性令人惊叹不已。

然而，自然界的一切生物都是被动地适应自然，只有人类才能主动地利用自然，改造自然。人类从大自然得到启发，模拟生物的特征，创造的工具比生物更高明，功能更强，能更好地为人类服务。人类不仅模拟生物，同时在劳动、教学、体育、游戏、艺术、科学实验、日常生活等所有方面，对感兴趣的或有用的部分进行模拟。可以说，对现实世界的模拟无处不在，无时不有。

中国古代，传说张良根据敌对双方的兵力、战车、炮火、战马

和军帐的配量，制定了一套规则，模拟战争，发明了象棋。小小棋盘，就是一个古战场，两位棋手，兵不血刃，运筹谈笑中，得失寸心间，演绎出无限丰富、精彩的战局。

运动竞赛前的热身就是指模拟训练或模拟比赛。中国乒乓球队之所以能在世界上独占鳌头，立于不败之地，是因为中国曾经有一批默默无闻、甘当铺路石的优秀运动员，为整个团队树立了光辉的榜样。这些被誉为“站在世界冠军面前的幕后英雄”，专门模仿外国著名运动员的打法，给正式参赛者陪练，进行模拟比赛，使中国运动员与外国选手正式比赛时有备无患，胸有成竹。

热身和彩排，消防和军事演习、游戏等等，都是对真实情况不同形式的模拟。

模拟就是对某种现象或变化过程的模仿，使这种现象或过程的某一方面的特征通过另一种方式再现。

模拟这个术语，近年来慢慢被仿真取代，这两个术语没有本质的区别。模拟这个词起源较早，流传较广；仿真提法比较贴切，技术含量高，即用技术手段模仿真实世界，做到像真的一样。严格地说，仿真主要指计算机仿真。仿真是用一套以计算机为主体的软硬件设备模仿实际系统的综合技术。我们常常遇到系统这个词，如生物系统、社会系统、经济系统、教学系统、管理系统、运输系统、计算机系统等。什么是系统呢？

1.2 系统和系统仿真

古希腊的哲学家德漠克利特写过一本“世界大系统”的书，第一次提到了“系统”的概念。恩格斯在谈到自然科学研究方法和思维方法从旧的形而上学过渡到系统地研究事物变化的方法时，认为这一认识上的飞跃是“一个伟大的基本思想”，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体。恩格斯所说的过程的集合体，就是系统的哲学概念。

系统概念真正作为一个科学概念，进入到科学领域是在 20 世纪 40 年代，在美国工程设计中应用了这一概念。到了 50 年代以

后，才把系统概念的科学内涵逐步明确，并在工程技术系统的研究和管理中得到了广泛的应用。

系统是由两个以上的要素（部分、环节）组成的集合，单个要素不能构成系统。世界上一切具体事物、现象、概念，都可以构成系统。作为构成系统的要素可以是单个事物，也可以是一群事物组成的小系统。

系统的要素之间、要素与整体之间以及整体与环境之间存在着一定的有机联系，从而在系统的内部和外部形成一定的结构和秩序。可以把环境看成是从属于更大系统的子系统。

系统是一个整体，具有不同于各个组成部分的新功能。没有统一功能的要素集合体不能构成一个系统。例如，机器零件的杂乱堆积不成一个系统，只有当它们按照一定关系装配起来，完成一些特定功能的时候，才构成一个系统。

所以，系统是处于一定的相互关系中要素的集合，它与环境交互完成特定功能。我国科学家钱学森主张“把极其复杂的研究对象称为系统，即相互作用和相互依赖的若干部分合成的具有特定功能的有机整体，而这个系统本身又是它所属的一个更大系统的组成部分”。

系统是一个涉及面十分广泛、内涵十分丰富的概念。不同的学科和领域所研究的系统的侧面也有所不同。正因为如此，人们根据不同的出发点、不同的目的、不同的角度和不同的思考方式，给系统确定了不同的界限，下了不同的定义。系统的定义共有近 40 种，可以把这些定义分为三类。第一类是把系统看作数学模型的某一类，如“系统是用来表达动态现象模型的数学抽象”。第二类是通过“元素”、“关系”、“联系”、“整体”和“整体性”这些概念给系统下定义，如“系统是诸实体连同它们之间的关系和它们属性之间的关系的集合”。第三类是借助“输入”、“输出”、“信息加工”、“管理”这类概念给系统下定义，如“系统是本质或实物、有生命或无生命物体的集合体，它接受某种输入并按照输入而产生某种输出，而其目的则在于使特定的输入和输出功能得到最佳的发挥”。

例如，交通运输中的车辆调度系统可以用数学模型描述，是第一类系统；管理系统是由各职能部分相关联、分工共同完成主体任务的系统，属于第二类系统；人-机系统是典型的第三类系统。有些大系统是由这三类系统集成成的系统，它的子系统，某些属于第一类，某些属于第二类或第三类。如核电系统，其中动力子系统、管理子系统和计算机子系统分别属于第一、二、三类。

人们认识客观世界要经历实践和理论研究两个主要阶段。研究一个复杂系统的时候，在理论研究阶段，必须在理论分析的基础上，首先对实际系统建立物理模型，然后在模型上做大量实验。航空系统实验、爆破实验、导弹射击实验设备昂贵，且只能一次性使用；化工系统实验有时有剧毒，污水又不易处理；核武器试验耗费更大，更危险。为研究这些复杂系统设计的实验，准备工作复杂、耗费大、周期长，何况实验往往不能一次成功，要反复多次，投入的人力、物力和财力不可估量。

人类要认识世界和改造世界，不可能事事都做试验来实践，尤其对复杂和危险的系统。我们可以在深入“虎穴”之前，对周围的环境和特征做周密的研究和考察，然后采用仿真技术用计算机反复试验和训练，认识系统的特征和变化规律，即得到了“虎子”，所以采用仿真技术能“不入虎穴，也得虎子”。

仿真技术用概念模型代替物理模型，概念模型在计算机上运行代替物理模型在实验中的运转。因此采用仿真技术研究实际系统具有良好的可控性、无破坏性、安全性、灵活性（不受环境制约）可重复性和经济性等特点。

系统仿真是以控制论、系统论、相似形原理和信息技术为基础，以计算机和专用物理设备为工具，借助系统模型对实际或设想的系统进行动态试验研究的一门综合技术。

计算机的软硬件配置或把它们与专用物理设备组合起来构成仿真系统，所以系统仿真是仿真系统对实际或设想系统的模拟。

仿真的目的是在科学研究和工程技术中，通过对研究对象的仿真，对它们进行分析、研究、实验、验证以及进行人员培训。

相似性原理是指模型和被仿真对象必须相似，或在某些特征上相似，或在某些条件下相似。如几何相似（外形相似）、结构相似、性能相似、运动过程相似、工作原理相似或运动变化规律在教学描述上相似。

相似性原理是系统建模的重要依据。

1.3 模型和建模

系统仿真是基于系统模型的活动，系统是研究的对象，模型是研究对象本质的描述，因此仿真的关键是建模。建模是把现实或假想的系统的各要素之间的相互关系和相互作用，局部功能和系统总体功能，系统与环境的关系和相互作用，特征和变化规律转化为计算机能接受的逻辑模型。这是一个用模型代替原型的抽象过程。

有一则寓言说，从前有一只蜈蚣，可以用它那 100 只脚跳出非常美妙的舞蹈，它每次婆娑起舞，森林中所有的动物都会跑来观赏，大家对它美妙的舞姿赞叹不止。可是乌龟非常嫉妒，想了一条毒计阻止它。乌龟坐下来，写了封信给蜈蚣，说：“喔，尊敬的蜈蚣兄啊，我对你精湛的舞艺佩服极了！我很想知道你是怎么跳的？你是不是先举起你的 28 号左脚，再举起 30 号右脚？还是先举起 17 号右脚再举起 44 号？我焦急地期待你的回信。崇拜你的乌龟敬上。”

蜈蚣读了信后，立即认真思考自己是怎么跳的。它到底先举起哪一条腿？然后又举起哪一条腿呢？

后来发生了什么呢？蜈蚣从此再也不会跳舞了。

蜈蚣没有抽象能力，不懂得自身的内部构造和 100 条腿动作的次序和关系，整体和局部的协调，无法建立整套舞蹈的抽象模型，百思不得其解。可能蜈蚣不仅不会再跳舞了，而且忧郁成病，一命呜呼了。如果蜈蚣懂得仿真技术，它会回信道：“亲爱的乌龟兄弟，感谢你的夸奖。要知道我是怎样跳舞的，请仔细观察我的动作，然后建立模型，编好程序，输入计算机。计算机会在屏幕上模仿我的动作，一遍又一遍地教你怎么跳的。我很纳闷，你那笨拙的四条腿

怎么学啊？爱你的蜈蚣顿首”。

乌龟的诡计就不攻自破了。

模型，通常就是原型的模板，是对系统的描述和模仿。系统的模型是依据对系统的内部结构和外部环境的分析，按照系统的目标要求，用一组数学的或逻辑的表达式或框图，从整体上反映系统的主要部分和各部分的相互作用、系统与环境的相互关系。

运用模型来描述系统和系统的行为，要对系统作某种简化，突出其主要部分，略去次要部分，集中反映系统最本质的特征，或者反映人们最关心的系统的功能要求。在考虑模型这种简要性的同时，还得考虑模型的精确性。所谓精确性，是指系统的模型要充分反映系统的基本特性。

这两方面的要求，有时会有冲突：为模型的精确性，就要把许多关系不大的因素纳入模型，使模型复杂起来，为简要性，又会忽略有些重要因素，降低了精确性。建立一个好的系统模型，应当同时兼顾其精确性和简要性，把两者有机地结合起来。

例如要建立蜈蚣舞蹈的模型，不可能同时考虑所有 100 条腿和身体的动作。可以像打太极拳一样，把动作分成 24 式或 48 式，每招每式蜈蚣哪条腿在动，可假定其他腿不动，身体架势可用一条曲线反映出来，每个招式取个贴切的名字反映其主要特性，这就是模块化的模型。也可以把蜈蚣的身体分成几段，每一段哪几条腿在动，然后把它们拼接起来，构成总体的舞蹈动作。这就像中国的龙舞一样。大型龙舞，几十个人甚至上百个人用杆子撑着巨龙翩翩起舞，颇为壮观。要建立龙舞的模型，应抓住龙头和龙尾两个主要部分，其余部分都是配角。这样分段描述，龙舞模型可以逐渐建立起来。

从上述例子可以看出，在建模过程中，我们先考虑模型的简要性，然后再逐步细化，构造一个精确模型。

首先，建立概略模型，反映系统整体的特征。这种模型用来表示各变量之间的联系程度，是反映系统本质的模型。系统越复杂，越需要从整体上把握，概略模型越显得重要。概略模型把整体分划

成几个主要部分，通过一定的分式联系起来，使人们从总体上了解整个系统的结构。每个部分可以看作一个子系统。第二步是子系统的模型化。即对子系统进一步分解，分析子系统由哪几个部件组成，部件之间如何关联、相互作用。第三步建立全系统的综合模型。子系统模型确立以后，可以根据系统概略模型的结构把子系统模型综合为全系统的精确模型。

龙舞的模型从总体上可建立龙首、龙身和龙尾三个子系统构成的概略模型，然后分别对这三部分的状态变化、腿部和身体动作建模，最后配合起来建立了巨龙舞的综合模型。

建立系统模型，必须明确建模的目的和要求，目标不同，模型的选择也就不同。例如，从地理上考虑世界概貌，可以把地图看作世界模型。那么，世界政区图、地形图、气象图和地震分布图是按照不同的目的建立的模型。模型的精度要求也不相同。如绘制世界行政地图，只要注明每个国家的首都、主要城市、主要河流和主要航线。上海地图是世界地图的子系统，要了解上海交通情况谁也不会去查世界政区图，只能查阅上海交通图。

建模必须遵循两条最基本的原则：第一，数据的可靠性和系统的相似性。为了对系统进行准确的描述，建模时，收集的数据和有关信息必须准确可靠，否则会造成很大偏差。数据不可靠，模型走了样，结果可想而知。第二，模型必须与被模拟系统有某种程度的相似性。这就是我们提到过的相似性原理，它是建模的基础。许多模型之所以失效，许多所谓的“典型”之所以垮台，都是因为某些杜撰性而缺乏同实际系统的相似性，可信度差。

系统综合模型初步建好后，就根据此模型编写计算机程序，转换成仿真模型。把仿真模型输入仿真系统运行，然后对实验结果是否符合真的目的和要求做出评价。对模型反复实验，分析比较实验结果，不断修改，直到满意为止。

1.4 仿真分类

根据被研究的实验系统的特点和仿真的目的要求，系统仿真可