



西昌学院“质量工程”资助出版系列专著

仿真系统与应用实例

FANGZHEN XITONG YU
YINGYONG SHILI

董加强 编著

四川大学出版社



西昌学院“质量工程”资助出版系列专著

仿真系统与应用实例

FANGZHEN XITONG YU
YINGYONG SHILI

董加强 编著



四川大学出版社

责任编辑:唐 飞
责任校对:李思莹
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

仿真系统与应用实例 / 董加强编著. —成都: 四川大学出版社, 2013. 10

(西昌学院“质量工程”资助出版系列专著)

ISBN 978-7-5614-7193-7

I. ①仿… II. ①董… III. ①计算机仿真—研究
IV. ①TP391.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第246393号



书名 仿真系统与应用实例

编 著	董加强
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段24号(610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-7193-7
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	170 mm×240 mm
印 张	12.75
字 数	262千字
版 次	2013年10月第1版
印 次	2013年10月第1次印刷
定 价	26.00元

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。

电话:(028)85408408/(028)85401670/

(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址:<http://www.scup.cn>

版权所有◆侵权必究

总 序

为深入贯彻落实党中央和国务院关于高等教育要全面坚持科学发展观，切实把重点放在提高质量上的战略部署，经国务院批准，教育部和财政部于 2007 年 1 月正式启动“高等学校本科教学质量与教学改革工程”（简称“质量工程”）。2007 年 2 月，教育部又出台了《关于进一步深化本科教学改革 全面提高教学质量的若干意见》。自此，中国高等教育拉开了“提高质量，办出特色”的序幕，从扩大规模正式向“适当控制招生增长的幅度，切实提高教学质量”的方向转变。这是继“211 工程”和“985 工程”之后，高等教育领域实施的又一重大工程。

在党的十八大精神的指引下，西昌学院在“质量工程”建设过程中，全面落实科学发展观，全面贯彻党的教育方针，全面推进素质教育；坚持“巩固、深化、提高、发展”的方针，遵循高等教育的基本规律，牢固树立人才培养是学校的根本任务，质量是学校的生命线，教学是学校的中心工作的理念；按照分类指导、注重特色的原则，推行“本科学历（学位）+职业技能素养”的人才培养模式，加大教学投入，强化教学管理，深化教学改革，把提高应用型人才培养质量视为学校的永恒主题。学校先后实施了提高人才培养质量的“十四大举措”和“应用型人才培养质量提升计划 20 条”，确保本科人才培养质量。

通过 7 年的努力，学校“质量工程”建设取得了丰硕成果，已建成 1 个国家级特色专业，6 个省级特色专业，2 个省级教学示范中心，2 个卓越工程师人才培养专业，3 个省级高等教育“质量工程”专业综合改革建设项目，16 门省级精品课程，2 门省级精品资源共享课程，2 个省级重点实验室，1 个省级人文社会科学重点研究基地，2 个省级实践教学建设项目，1 个省级大学生校外农科教合作人才培养实践基地，4 个省级优秀教学团队，等等。

为搭建“质量工程”建设项目交流和展示的良好平台，使之在更大范围内发挥作用，取得明显实效，促进青年教师尽快健康成长，建立一支高素质的教学科研队伍，提升学校教学科研整体水平，学校决定借建院十周年之机，利用

2013 年的“质量工程建设资金”资助实施“百书工程”，即出版优秀教材 80 本，优秀专著 40 本。“百书工程”原则上支持和鼓励学校副高职称的在职教学和科研人员，以及成果极为突出的中级职称和获得博士学位的教师出版具有本土化、特色化、实用性、创新性的专著，结合“本科学历（学位）+职业技能素养人才培养模式”的实践成果，编写实验、实习、实训等实践类的教材。

在“百书工程”实施过程中，教师们积极响应，热情参与，踊跃申报：一大批青年教师更希望借此机会促进和提升自身的教学科研能力；一批教授甘于奉献，淡泊名利，精心指导青年教师；各二级学院、教务处、科技处、院学术委员会等部门的同志在选题、审稿、修改等方面做了大量的工作。北京理工大学出版社和四川大学出版社给予了大力支持。借此机会，向为实施“百书工程”付出艰辛劳动的广大教师、相关职能部门和出版社的同志等表示衷心的感谢！

我们衷心祝愿此次出版的教材和专著能为提升西昌学院整体办学实力增光添彩，更期待今后有更多、更好的代表学校教学科研实力和水平的佳作源源不断地问世，殷切希望同行专家提出宝贵的意见和建议，以利于西昌学院在新的起点上继续前进，为实现第三步发展战略目标而努力！

西昌院校长 夏明忠

2013 年 6 月

前 言

计算机仿真技术 (computer simulation technology) 是利用计算机科学和技术的成果建立被仿真的系统模型, 并在某些实验条件下对模型进行动态实验的一门综合性技术。它具有高效、安全、受环境条件的约束较少、可改变时间比例尺等优点, 已成为分析、设计、运行、评价复杂系统的重要工具, 在社会的各行各业得到了广泛的应用。

本书共 10 章。第 1~4 章主要讲述计算机仿真技术基础, 系统模型建立的方法论, 连续系统的仿真算法, 离散事件系统的仿真算法, 以及仿真系统与设计等。这部分内容主要是让读者走入仿真领域, 具备仿真系统设计的基本知识。第 5~10 章为计算机仿真系统应用实例, 编者结合近几年来在系统仿真设计领域的相关研究成果, 重点介绍了天基测控通信平台的设计与仿真、基于 OpenGL 的视景仿真、基于 STK 的视景仿真、航天测控网资源分配模型仿真、航天试验任务 IP 网性能评估仿真以及光网络应用仿真等仿真应用实例。

本书既可以作为高等学校计算机科学与技术专业和电子信息工程等相关专业高年级学生课外读本, 也可以供对仿真系统设计和应用感兴趣的大学生与从事相关研究工作的科研工作者阅读, 对于研究理论及工程中的实际问题具有一定的参考价值。

本书的编写得到了西昌学院的大力支持, 没有学院的资助和支持, 就没有本书的出版。同时, 对于本书第 1~4 章关于计算机仿真系统基础知识等内容的编写, 我们参阅了一些文献资料, 在此谨向有关作者、同仁们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 加之编写时间仓促, 错误和不足之处在所难免, 敬请读者批评指正, 欢迎通过 E-mail (jiaqdong@126.com) 与编者取得联系。

编 者

2013 年 6 月

目 录

第 1 章 计算机仿真技术概述	(1)
1.1 仿真与系统仿真	(1)
1.2 计算机仿真技术	(3)
1.3 计算机图形学	(8)
1.4 仿真可视化与虚拟现实	(9)
第 2 章 系统与建模方法	(14)
2.1 系统和模型	(14)
2.2 建模的原则和方法	(19)
2.3 数学模型	(23)
第 3 章 仿真模型算法	(29)
3.1 仿真算法的概念和性能	(29)
3.2 连续系统的仿真算法	(29)
3.3 离散事件系统的仿真算法	(37)
3.4 系统的稳定性与仿真精度	(38)
3.5 优化算法	(40)
第 4 章 仿真系统与设计	(44)
4.1 仿真系统的基本知识	(44)
4.2 构建仿真系统的基本原则	(51)
4.3 仿真系统的设计	(54)
第 5 章 天基测控通信平台的设计与仿真	(72)
5.1 天基测控通信平台基础	(72)
5.2 天基测控通信平台框架与调制体制设计	(75)
5.3 平台中 TDRSS 卫星的轨道设计与仿真	(78)
5.4 天基测控通信平台的数据传输协议设计	(86)
5.5 天基测控通信平台的星间信道设计与仿真	(90)
5.6 关键技术研究	(104)



第6章 基于 OpenGL 的视景仿真应用实例

——卫星在轨运行仿真系统设计与实现····· (116)

6.1 可视化仿真技术····· (116)

6.2 卫星在轨运行仿真系统概述····· (138)

6.3 仿真系统的结构设计····· (138)

6.4 仿真系统的关键技术····· (140)

6.5 系统集成与实现····· (142)

第7章 基于 STK 的视景仿真应用实例

——航天发射仿真系统设计与实现····· (145)

7.1 STK 仿真软件····· (145)

7.2 航天发射可视化仿真系统概述····· (150)

7.3 仿真系统设计····· (151)

7.4 仿真系统技术难点与处理····· (153)

7.5 仿真系统集成····· (155)

7.6 仿真系统实现····· (157)

第8章 航天测控网资源分配模型仿真····· (160)

8.1 航天测控网资源分配模型简介····· (160)

8.2 测控网的资源冲突····· (161)

8.3 测控网的资源分配模型····· (162)

8.4 基于遗传算法的资源分配模型求解过程····· (164)

8.5 资源分配模型的仿真与分析····· (165)

第9章 航天试验任务 IP 网性能评估仿真实例····· (169)

9.1 航天试验任务 IP 网概述····· (169)

9.2 航天试验任务 IP 网性能评估体系····· (169)

9.3 航天试验任务 IP 网性能评估流程····· (170)

9.4 仿真结果与分析····· (174)

第10章 光网络应用仿真实例····· (179)

10.1 光网络简介····· (179)

10.2 MPLS-TP 多业务在 OTN 中的传送策略与实现····· (181)

10.3 光载波替换技术在 OFDM-TDM-PON 接入网的应用····· (188)

第 1 章 计算机仿真技术概述

1.1 仿真与系统仿真

1.1.1 仿真

1.1.1.1 仿真的概念

根据国际标准化组织 (ISO) 标准中的解释,“模拟”(simulation),即选择一个物理或抽象系统的行为,用另一个系统来表示它们的过程;“仿真”(emulation),即使用另一种数据处理系统中使用的硬件,以完全或部分地模仿目标处理系统,让模仿系统得到相同的数据,执行相同的程序,获得相同的结果。目前,“模拟”和“仿真”所包含的内容都归属于“仿真”的范畴,并用“simulation”来表示,意为“模拟真实世界”。

1.1.1.2 仿真的方法

一般采用蒙特卡罗方法 (Monte Carlo method) 进行仿真。它是以随机或概率统计理论为基础的计算方法,通过使用随机数来解决很多计算问题。蒙特卡罗方法是在 20 世纪 40 年代中期为了适应当时原子能事业的发展而发展起来的。其基本思想是,当所要求解的问题是某种事件出现的概率,或者是某个随机变量的期望值时,它们可以通过某种“试验”的方法,得到这种事件出现的频率,或者这个随机变数的平均值,并用它们作为问题的解。

蒙特卡罗方法通过抓住事物运动的几何数量和几何特征,利用数学方法来加以模拟,即数字仿真。它是以一个概率模型为基础,按照这个模型所描绘的过程,通过模拟实验的结果,作为问题的近似解的。采用蒙特卡罗方法解决问题可以归结为三个主要步骤:构造或描述概率过程,从已知概率分布抽样,建立各种估计量。

蒙特卡罗方法起源于 1876 年,但是直到 75 年后才被命名,原因是在数字计算机出现之前,这种方法在许多重要问题上都不能加以利用。从 1946 年到 1952 年,数字计算机在一些科研机构得到发展,使得冗长的计算成为可能,这种计算

正是蒙特卡罗方法所要求的。

1.1.2 系统仿真

1.1.2.1 系统仿真的定义

系统仿真是建立在控制理论、相似理论、信息处理技术和计算技术等理论基础之上的,以计算机和其他专用物理效应设备为工具,利用系统模型对真实或假想的系统进行试验,并借助于专家经验知识、统计数据和信息资料对试验结果进行分析研究,进而作出决策的一门综合性和试验性的学科。

1.1.2.2 系统仿真的基本活动

要进行仿真试验,系统和系统模型是两个主要因素。但同时由于复杂系统的模型处理和模型求解离不开高性能的信息处理装置,计算机就理所当然地充当了这一角色,所以系统仿真实质上包括了系统、系统模型和计算机三个基本要素,对应的也就包括了模型建立、仿真模型建立和仿真实验三个基本活动,如图1-1所示。

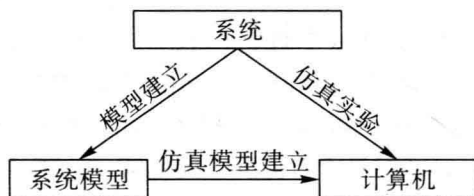


图 1-1 系统仿真基本活动

1. 模型建立

对于所研究的对象或问题,首先需要根据仿真的目的抽象出一个确定的系统,并要给出这个系统的边界条件和约束条件。在此之后,需要利用各种相关学科的知识,把所抽象出来的系统用数学的表达式描述出来,即所谓的“数学模型”。该模型是进行计算机仿真的核心。

系统的数学模型根据时间关系,可分为静态模型、连续时间动态模型、离散时间动态模型和混合时间动态模型;根据系统的状态描述和变化方式,可分为连续变量系统模型和离散事件系统模型。

2. 仿真模型建立

仿真模型的建立是对上一步抽象出来的数学表达式通过各种适当的算法和计算机语言转换为计算机能够处理的形式,这种形式所表现的内容,就是所谓的“仿真模型”。这个模型是进行计算机仿真的关键。实现这一过程,既可以自行开发一个新的系统,也可以运用现在市场上已有的仿真软件。

3. 仿真实验

将上一步得到的仿真模型载入计算机,按照预先设置的实验方案来运行仿真模型,得到一系列的仿真结果,这就是所谓的“模型的仿真实验”。具备了上面的条件之后,仿真实验是一个很容易的事情。但是,应该如何来评价这个仿真的结果呢?这就需要分析仿真结果的可靠性。检验仿真结果的可靠性有两种方法,即置信通道法和仿真过程的反向验证法。

1.1.2.3 系统仿真的分类

系统仿真可分为物理仿真、半物理仿真和计算机仿真,分类见表1-1。

表1-1 系统仿真类型

仿真类型	模型类型	计算机类型	经济性
物理仿真(模拟仿真)	物理模型	模拟计算机	费用高
半物理仿真(混合仿真)	物理-数学模型	混合计算机	费用适中
计算机仿真(数字仿真)	数学模型	数字计算机	费用低

1. 物理仿真

按照实际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试验研究。其特点是直观形象,逼真度高,但代价高,周期长。在数字计算机出现以前,仿真都是利用实物或者它的模型来进行研究的。

2. 半物理仿真

半物理仿真即混合仿真,是将系统的一部分以数学模型描述,并把它仿真计算模型,另一部分以实物方式引入仿真回路。针对存在建立数学模型困难的子系统的情况,必须使用此类仿真,如航空航天、武器系统等研究领域。

3. 计算机仿真

计算机仿真即数字仿真:首先建立系统的数学模型,并将数学模型转化为仿真计算模型,通过仿真计算模型的运行来达到对系统运行的目的。现代计算机仿真由仿真系统的软件/硬件环境、动画与图形显示、输入/输出等设备组成。

1.2 计算机仿真技术

1.2.1 计算机仿真技术概述

计算机仿真技术是一门崭新的综合性信息技术,它通过专用软件,整合图像、声音、动画等,将三维的现实环境、物体模拟成多维表现形式的计算机仿真,再由数字媒介作为载体传播给人们。当人们通过该媒体浏览观赏时就如身临

其境一般，并且可以选择任意角度观看任意范围内的场景或选择观看物体的任意角度。正是由于对身临其境的真实感和对超越现实的虚拟性，以及建立个人能够沉浸其中、超越其上、进出自如、具有交互作用的多维信息系统的追求，推动了计算机仿真技术在众多领域中的应用与发展。

计算机仿真已成为系统仿真的一个重要分支，系统仿真很大程度上指的就是计算机仿真。计算机仿真技术的发展与控制工程、系统工程及计算机工程的发展有着密切的联系。一方面，控制工程、系统工程的发展，促进了仿真技术的广泛应用；另一方面，计算机的出现以及计算机技术的发展，又为仿真技术的发展提供了强大的支撑。计算机仿真一直作为一种必不可少的工具，在减少损失、节约经费开支、缩短开发周期、提高产品质量等方面发挥着重要的作用。

计算机仿真的定义：计算机仿真技术是以数学理论、相似原理、信息技术、系统技术及其应用领域有关的专业技术为基础，以计算机和各种物理效应设备为工具，利用系统模型对实际的或设想的系统进行试验研究的一门综合性技术。它集成了计算机技术、网络技术、图形图像技术、面向对象技术、多媒体、软件工程、信息处理、自动控制等多个高新技术领域的知识。

计算机仿真的用途已经非常广泛地渗透到社会的各个领域。如在核领域，未来的核试验可以不用核弹而用计算机仿真模拟来进行。联合国在 1996 年 9 月 10 日通过了《全面禁止核试验条约》，但是该条约只是说明核试验在实爆方面的结束，而事实上，许多西方发达国家即使不进行核试验，也能运用高速大规模计算机，在三维空间对核爆炸全过程进行全方位模拟。目前，美国、俄罗斯、英国、法国、中国、日本等国家均能进行计算机模拟仿真核试验。图 1-2 是一个计算机模拟核爆炸仿真画面。



图 1-2 核爆炸仿真画面

1.2.2 计算机仿真技术的发展

根据仿真过程中所采用计算机类型的不同,计算机仿真大致经历了模拟机仿真、模拟—数字混合机仿真和数字机仿真三大阶段。20世纪50年代,计算机仿真主要采用模拟机;60年代,串行处理数字机逐渐应用到仿真之中,但难以满足航天、化工等大规模复杂系统对仿真时限的要求;70年代,模拟—数字混合机曾一度应用于飞行仿真、卫星仿真和核反应堆仿真等众多高技术研究领域;80年代,由于并行处理技术的发展,数字机才最终成为计算机仿真的主流。现在,计算机仿真技术已经在机械制造、航空航天、交通运输、船舶工程、经济管理、工程建设、军事模拟以及医疗卫生等领域得到了广泛的应用。

目前,现代仿真技术有了重要的进展,主要体现在系统建模、仿真建模、仿真实验三个方面。

1.2.2.1 系统建模

传统上,大多通过实验辨识来建立系统模型。近十几年来,系统辨识技术得到飞速发展。在辨识方法上,有时域法、频域法、相关分析法、最小二乘法等;在技术手段上,有系统辨识设计、系统模型结构辨识、系统模型参数辨识、系统模型检验等。除此之外,近年来还提出了用仿真方法确定实际系统模型的方法、基于模型库的结构化建模方法、面向对象建模方法等。特别是面向对象建模方法,可在类库基础上实现模型的拼合与重用。

1.2.2.2 仿真建模

除了适应计算机软硬件环境的发展而不断研究新算法和开发新软件外,现代仿真技术还采用模型与实验分离技术,即模型数据驱动,将模型分为参数模型和参数值,以便提高仿真的灵活性和运行效率。

1.2.2.3 仿真实验

现代仿真技术将实验框架与仿真运行控制区分开。其中,实验框架用来定义条件,包括模型参数、输入变量、观测变量、初始条件、输出说明。这样,当需要不同形式的输出时,不必重新修改仿真模型,甚至不必重新仿真运行。正是由于现代仿真方法学的建立,特别是仿真可重用性、面向对象方法 and 应用集成等新技术的应用,使得仿真、建模与实验统一到一个集成环境之中,构成一个和谐的人机交互界面。

1.2.3 计算机仿真技术的应用

由于各行各业广泛使用计算机模拟,目前仿真技术已经应用到军事、生产制造以及社会的各个领域,为各行各业注入了新的活力并不断促进其发展。下面以交通领域、制造领域和教育领域为例,简要介绍计算机仿真技术的应用情况。

1.2.3.1 交通领域

交通是由人、车、道路和环境构成的一个复杂的人机系统,事故的诱发因素是多方面因素的综合。交通安全的评价应充分考虑人、车、道路和环境等诸方面因素的作用和影响。交通安全仿真基于虚拟现实技术的方法,通过建立一个虚拟的环境评价体系,并在这个虚拟环境中设计各种诱发事故的因素,同时对某区域和某路段的交通安全水平进行全过程的跟踪和评价。交通安全仿真及评价系统的核心是计算机仿真。不同于传统的数值仿真过程,它是一种可视化的仿真。例如,对某路段的交通安全评价,除了采用传统的绝对数法和事故率法来评价外,还将交通参与者的认知和行为也考虑在内。在该虚拟环境中,可以选择不同的运载工具,设置不同的交通环境,以交通参与者或第三方的角度进行发生事故的可能性的测试和分析,从而实现对路段的安全性评价。同时为交通设施的建设和完善提供了依据,为交通事故分析提供了一种新的方法。

1.2.3.2 制造领域

汽车制造是机械行业的一个重要组成部分。它有很多实验课题,难度大、实地成本高。计算机仿真技术的引入,有效地缓解了这方面的问题。例如:发动机方面,装甲兵工程学院机械系的毕小平教授等建立了多缸柴油机启动过程的计算机仿真模型,其仿真结果与实际测量值比较吻合,可用于多缸柴油机的启动性能仿真;江苏大学的蔡忆昔博士实现了对进气管内气体流动的动态仿真,直观地描述了瞬态过程,为多缸发动机换气过程的研究提供了一种有效方法。汽车流场方面,华东理工大学信息学院的吕明忠博士等成功地模拟了汽车尾流场的气流分离和拖曳涡现象,建立了两种车型的汽车外流场空气动力学模型,并进行了仿真实验,取得了令人满意的结果。碰撞实验方面,浙江大学动力机械及车辆工程研究所的詹樟松博士根据汽车碰撞的事故形态与乘员伤害之间的规律,建立了乘员动力学响应的数学模型,并开发出了相应的仿真软件,该系统可部分代替实车碰撞实验进行汽车被动安全性能的研究。其他方面,如昆明理工大学汽车工程学院的熊坚博士对汽车的制动过程进行了仿真研究,一汽大众汽车有限公司的姚革等通过仿真研究了汽车转向的轻便性问题等。

1.2.3.3 教育领域

计算机仿真实验又称为计算机迷你实验或计算机虚拟实验,是近几年在计算机多媒体教学中开辟的新领域。它通过计算机把实验设备、教学内容、教师指导和学生操作有机地结合为一体,形成了一部活的、可操作的物理实验教科书和根据需要在瞬间建立的模拟实验室。计算机仿真实验的出现,打破了教与学、理论与实验、课内与课外的界限,更注重实验的设计思想和实验方法,更强调实验者的主动学习;通过计算机仿真实验,加深了学生对物理思想、方法、仪器的结构和设计原理的理解,增强了学生对物理实验的兴趣,提高了学生的物理实验水

平。目前,仿真实验已成为现代化物理实验的重要手段。

计算机仿真实验系统运用了人工智能、控制理论和教师专家系统对物理实验和物理仪器建立其内在模型,用计算机可操作的仿真方式,实现了物理实验教学的各个环节。

1.2.4 计算机仿真技术的发展趋势

随着仿真理论、方法的提高,仿真实验任务的扩大以及计算机技术和网络技术的发展,仿真技术今后主要有以下几个发展方向。

1.2.4.1 向网络模拟发展

现在已经开发的仿真系统,多数无法相互兼容,可移植性差,实现共享困难。较之于开发的高成本和长时间,实在物未尽其用。解决这些问题,第一是使用语言兼容性良好的计算机仿真系统,第二是利用网络技术实现仿真系统共享。尤其是后者,在未来的仿真系统发展中具有重要地位。实现仿真系统的网络共享,既可以在一定程度上避免重复开发以节约社会资源,也可以通过适当的收费,以补偿部分发展成本。

1.2.4.2 向虚拟制造和虚拟现实发展

计算机仿真技术的另一大发展方向是在虚拟制造技术领域的进一步推广应用。虚拟制造技术是在20世纪90年代开发的一种先进的制造技术。它是利用计算机仿真技术和虚拟现实技术,在计算机上实现从产品设计到产品出厂以及企业各级流程的管理及控制等生产性质。这使得制造技术不再主要依靠经验,并可以实现对制造的全方位预测,为机械制造领域开辟了一个广阔的新天地。

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、嗅觉感官以逼真感觉信息的仿真系统。今后虚拟现实的仿真将会更多地出现在游戏、娱乐和其他相关领域中。

1.2.4.3 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、技术抉择、指挥、通信、运输系统,外层空间、内层空间、武器和运载系统,地面与空间各种兵种、协同作战系统与作战环境等。对于此类激烈对抗的军事系统,对时空一致、任务协同、实时性、应用性等要求很高,因此在这类复杂仿真系统中有诸多技术难题有待解决。

1.2.4.4 向快速高效和海量信息通道发展

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。

1.3 计算机图形学

人类认识自然首先是依靠眼睛观察事物的外观形象,人脑擅长形象思维,而计算机擅长逻辑思维。计算机图形学是研究怎样用数字计算机生成、处理和显示图形的一门学科,它的发展、成长、普及滞后于计算机发展很多年。但目前随着硬件和图形软件的发展,计算机图形学进入了发展的广阔天地。计算机图形学的任务是,用计算机从无到有生成景物的数字模型,并将它显示在计算机屏幕上,或者绘制成纸张和胶片上的图形。研究的主要对象包括场景的几何建模方法,数字模型的渲染技术,图形输入和控制的人机交互界面,以及计算机动画。

计算机图形学的应用可以说是无处不在,科学计算可视化和计算机动画成为计算机图形学最为成功的两大应用领域。

1.3.1 科学计算可视化

计算机的飞速发展,使得科学家与工程师们可以处理滚滚而来的信息洪流。每天从地面、海上、空间传来大量数据,远远超过人脑分析解释这些数据的能力。由于缺乏对大量数据的有效分析手段,大约 95% 的信息被浪费掉,这严重阻碍了科学研究的进展,因此科学家们惊呼“我们能够做到的仅仅是收集部分数据”。这样,一门全新的技术——“可视化”(visualization)应运而生。可视化的本质是“用图形与图像表征数据”。

直观地讲,科学计算可视化是研究如何把科学数据,通过计算或测量获得数值,或从卫星传回来的图像,或医学 CT (计算机层面 X 射线照相) 和 MRI (核磁共振成像, Magnetic Resonance Imaging) 转换成可视的、能帮助科学家理解的信息计算方法。简而言之,科学计算可视化是把计算机图形学与图像处理技术应用于计算科学的学科。它研究两方面的内容:一是研究如何把科学数据、数值与图像转化成可视的图形图像与可理解信息的工具;二是研究如何把可视化工具应用于科学和工程的各个学科。图 1-3 是天气数据可视化。

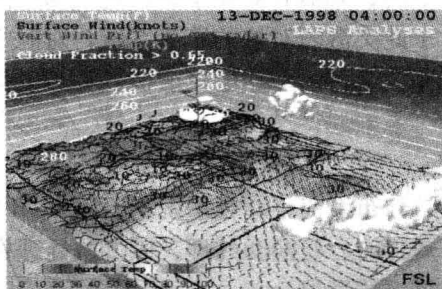


图 1-3 天气数据可视化

1.3.2 计算机动画

在早期阶段,计算机动画技术仅用于自动控制动画制作的机械设备,如摄像机和动画控制台。随着计算机图形图像处理技术的迅速发展,计算机在动画制作中的应用范围越来越广,目前的应用分为两类:计算机辅助动画(即二维动画)和计算机生成动画(即三维动画)。三维动画的三维数据在计算机内部生成,其运动轨迹也是在计算机内部以三维数据确定的。动画技术作为一种表达第四维信息的技术,不仅可以用来表达时间的变化,也可以用于表示其他参数的变化。

计算机图形学中的三维图形知识应用在可视化技术中,使得人们能够利用计算机在三维图形世界中直接对具有形体的信息进行操作,并和它们直接交流。可视化技术赋予人们对物体进行仿真并且实时交互的能力。把人和机器以一种直观自然的方式加以统一,可以在三维图形世界里以前所未有的手段获取信息并发挥自己思维的创造性,如设计三维机械零件模型。三维图形应用于动画技术,生成三维动画,可以使得设计师随心所欲地发挥自己的想象力。例如设计高难度的影视片断和广告,电影《泰坦尼克号》《侏罗纪公园》《终结者Ⅱ》等精彩的电影镜头就是计算机动画和实景无缝结合的产物。

1.4 仿真可视化与虚拟现实

20世纪90年代以来,随着复杂系统仿真应用需求的不断提高和应用领域的不断扩展,计算机仿真已经从纯数字仿真,发展到人在回路中的虚拟环境仿真技术的新阶段。现在的仿真系统已经是综合的仿真系统,并且网络化。仿真可视化是仿真与可视化技术的结合,就是把仿真中的数字信息变成直观的、以图形图像表示的、随时间和空间变化的仿真过程,呈现在研究人员面前,使研究人员能够知道系统中变量之间、变量与参数之间、变量与外部环境之间的关系,直接获得系统的静态和动态特性。同时提供了观察数据交互作用的手段,可以实时地跟踪并有效地驾驭数据模拟与实验过程。仿真可视化有两层内涵:仿真结果可视化与仿真计算过程可视化。

1.4.1 仿真动画

仿真动画是将仿真技术和动画技术相结合,利用动画把仿真过程描述得更直观、更形象。它是最为直接地表现模型行为的图形技术方法。动画技术应用于仿真有以下两种方式。

(1) 非实时仿真动画:即先运行仿真程序,并存储仿真数据,结束后作为动画的驱动数据,不具备动画与仿真的交互能力,广泛应用于不需要仿真实时处理