



“十二五”国家重点图书出版规划项目

公共安全应急管理丛书

面向应急管理的 人工社会构建与计算实验

邱晓刚 陈彬 张鹏◎著



科学出版社



“十二五”国家重点图书出版规划项目



公共安全应急管理丛书

面向应急管理的 人工社会构建与计算实验

邱晓刚 陈彬 张鹏◎著

科学出版社

北京

内 容 简 介

人工社会是一种在建模与仿真基础上发展起来的研究社会科学的新方法。将基于人工社会的计算实验应用于应急管理领域,是近年才开展的工作。本书尝试将人工社会与计算实验应用于应急管理领域,为突发事件应急管理的研究注入新的手段。本书主要论述面向社会性突发事件应急管理的人工社会建模与计算实验方法,目的是使读者了解人工社会的基本概念、发展与应用,以及其在基于“情景-应对”型应急管理模式中的作用和应用过程;了解如何基于“组件”来“综合”形成人工社会,如何基于人工社会进行应急管理计算实验。随着现代信息技术在应急管理中应用的日益扩展,应急领域对计算实验在其中应用的关注度将逐步上升。

本书可作为从事人工社会、应急管理、系统仿真与计算实验等方面研究的科技人员与管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

面向应急管理的人工社会构建与计算实验 / 邱晓刚, 陈彬, 张鹏著. —北京: 科学出版社, 2017.2

(公共安全应急管理丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目 国家出版基金项目

ISBN 978-7-03-051650-3

I. ①面… II. ①邱…②陈…③张… III. ①公共安全-安全管理-研究 IV. ①D032.59

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 020350 号

责任编辑: 徐 倩 王丹妮 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 无极书装

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 2 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2017 年 2 月第一次印刷 印张: 20 3/4

字数: 411 000

定价: 120.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

丛书编委会

主 编

范维澄 教 授 清华大学

郭重庆 教 授 同济大学

副主编

吴启迪 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部

闪淳昌 教授级高工 国家安全生产监督管理局

编 委 (按姓氏拼音排序)

曹河圻 研究员 国家自然科学基金委员会医学科学部

邓云峰 研究员 国家行政学院

杜兰萍 副局长 公安部消防局

高自友 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部

李湖生 研究员 中国安全生产科学研究院

李仰哲 局 长 国家发展和改革委员会经济运行调节局

李一军 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部

刘 克 研究员 国家自然科学基金委员会信息科学部

刘铁民 研究员 中国安全生产科学研究院

刘 奕 副教授 清华大学

陆俊华 副省长 海南省人民政府

孟小峰 教 授 中国人民大学

邱晓刚 教 授 国防科技大学

汪寿阳 研究员 中国科学院数学与系统科学研究院

王飞跃 研究员 中国科学院自动化研究所

王 垒 教 授 北京大学

王岐东 研究员 国家自然科学基金委员会计划局

王 宇	研究员	中国疾病预防控制中心
吴 刚	研究员	国家自然科学基金委员会管理科学部
翁文国	教 授	清华大学
杨列勋	研究员	国家自然科学基金委员会管理科学部
于景元	研究员	中国航天科技集团 710 所
张 辉	教 授	清华大学
张 维	教 授	天津大学
周晓林	教 授	北京大学
邹 铭	副部长	民政部

总 序

自美国“9·11事件”以来，国际社会对公共安全与应急管理的重视度迅速提升，各国政府、公众和专家学者都在重新思考如何应对突发事件的问题。当今世界，各种各样的突发事件越来越呈现出频繁发生、程度加剧、复杂复合等特点，给人类的安全和社会的稳定带来更大挑战。美国政府已将单纯的反恐战略提升到针对更广泛的突发事件应急管理的公共安全战略层面，美国国土安全部 2002 年发布的《国土安全国家战略》中将突发事件应对作为六个关键任务之一。欧盟委员会 2006 年通过了主题为“更好的世界，安全的欧洲”的欧盟安全战略并制订和实施了“欧洲安全研究计划”。我国的公共安全与应急管理自 2003 年抗击“非典”后受到从未有过的关注和重视。2005 年和 2007 年，我国相继颁布实施了《国家突发公共事件总体应急预案》和《中华人民共和国突发事件应对法》，并在各个领域颁布了一系列有关公共安全与应急管理的政策性文件。2014 年，我国正式成立“中央国家安全委员会”，习近平总书记担任委员会主任。2015 年 5 月 29 日中共中央政治局就健全公共安全体系进行第二十三次集体学习。中共中央总书记习近平在主持学习时强调，公共安全连着千家万户，确保公共安全事关人民群众生命财产安全，事关改革发展稳定大局。这一系列举措，标志着我国对安全问题的重视程度提升到一个新的战略高度。

在科学研究领域，公共安全与应急管理研究的广度和深度迅速拓展，并在世界范围内得到高度重视。美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)资助的跨学科计划中，有五个与公共安全和应急管理有关，包括：①社会行为动力学；②人与自然耦合系统动力学；③爆炸探测预测前沿方法；④核探测技术；⑤支持国家安全的信息技术。欧盟框架计划第 5~7 期中均设有公共安全与应急管理的项目研究计划，如第 5 期(FP5)——人为与自然灾害的安全与应急管理，第 6 期(FP6)——开放型应急管理系统、面向风险管理的开放型空间数据系统、欧洲应急管理信息体系，第 7 期(FP7)——把安全作为一个独立领域。我国在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》中首次把公共安全列为科技发展的 11 个重点领域之一；《国家自然科学基金“十一五”发展

规划》把“社会系统与重大工程系统的危机/灾害控制”纳入优先发展领域；国务院办公厅先后出台了《“十一五”期间国家突发公共事件应急体系建设规划》、《“十二五”期间国家突发事件应急体系建设规划》、《“十二五”期间国家综合防灾减灾规划》和《关于加快应急产业发展的意见》等。在 863、973 等相关科技计划中也设立了一批公共安全领域的重大项目和优先资助方向。

针对国家公共安全与应急管理的重大需求和前沿基础科学研究的需求，国家自然科学基金委员会于 2009 年启动了“非常规突发事件应急管理研究”重大研究计划，遵循“有限目标、稳定支持、集成升华、跨越发展”的总体思路，围绕应急管理中的重大战略领域和方向开展创新性研究，通过顶层设计，着力凝练科学目标，积极促进学科交叉，培养创新人才。针对应急管理科学问题的多学科交叉特点，如应急决策研究中的信息融合、传播、分析处理等，以及应急决策和执行中的知识发现、非理性问题、行为偏差等涉及管理科学、信息科学、心理科学等多个学科的研究领域，重大研究计划在项目组织上加强若干关键问题的深入研究和集成，致力于实现应急管理若干重点领域和重要方向的跨域发展，提升我国应急管理基础研究原始创新能力，为我国应急管理实践提供科学支撑。重大研究计划自启动以来，已立项支持各类项目八十余项，稳定支持了一批来自不同学科、具有创新意识、思维活跃并立足于我国公共安全核应急管理领域的优秀科研队伍。百余所高校和科研院所参与了项目研究，培养了一批高水平研究力量，十余位科研人员获得国家自然科学基金“国家杰出青年科学基金”的资助及教育部“长江学者”特聘教授称号。在重大研究计划支持下，百余篇优秀学术论文发表在 SCI/SSCI 收录的管理、信息、心理领域的顶尖期刊上，在国内外知名出版社出版学术专著数十部，申请专利、软件著作权、制定标准规范等共计几十项。研究成果获得多项国家级和省部级科技奖。依托项目研究成果提出的十余项政策建议得到包括国务院总理等国家领导人的批示和多个政府部门的重视。研究成果直接应用于国家、部门、省市近十个“十二五”应急体系规划的制定。公共安全和应急管理基础研究的成果也直接推动了相关技术的研发，科技部在“十三五”重点专项中设立了公共安全方向，基础研究的相关成果为其提供了坚实的基础。

重大研究计划的启动和持续资助推动了我国公共安全与应急管理的学科建设，推动了“安全科学与工程”一级学科的设立，该一级学科下设有“安全与应急管理”二级学科。2012 年公共安全领域的一级学会“（中国）公共安全科学技术学会”正式成立，为公共安全领域的科研和教育提供了更广阔的平台。在重大研究计划执行期间，还组织了多次大型国际学术会议，积极参与国际事务。在世界卫生组织的应急系统规划设计的招标中，我国学者组成的团队在与英、美等国家的技术团队的竞争中胜出，与世卫组织在应急系统的标准、设计等方面开展了密切合作。我国学者在应急平台方面的研究成果还应用于多个国家，取得了良好

的国际声誉。各类国际学术活动的开展，极大地提高了我国公共安全与应急管理在国际学术界的声望。

为了更广泛地和广大科研人员、应急管理工作以及关心、关注公共安全与应急管理问题的公众分享重大研究计划的研究成果，在国家自然科学基金委员会管理科学部的支持下，由科学出版社将优秀研究成果以丛书的方式汇集出版，希望能为公共安全与应急管理领域的研究和探索提供更有力的支持，并能广泛应用到实际工作中。

为了更好地汇集公共安全与应急管理的最新研究成果，本套丛书将以滚动的方式出版，紧跟研究前沿，力争把不同学科领域的学者在公共安全与应急管理研究上的集体智慧以最高效的方式呈现给读者。

重大研究计划指导专家组

前 言

在学术研究领域,建模和仿真成为研究大规模突发事件应急管理的重要手段。SARS 暴发后,2003 年 5 月 23 日,《科学》杂志网站发表了美国、加拿大、英国和中国香港的科学家对于 SARS 流行的数学模型及仿真的研究成果,即题为“SARS 的传播动力学及控制”和“SARS 病原体在香港的传播动力学:公共卫生防控措施的影响”的两篇学术论文。这两篇论文运用系统动力学原理进行建模和仿真,研究表明如果公共卫生措施得力,SARS 的流行并非不可控制。最近几年,国际社会对突发事件模拟仿真的研究具有针对性、广泛性与前瞻性的特点,各国政府投入专项资助的力度之大和投入研究的力量之强均达到空前水平,相关研究成果显著提高了政府应对突发危机事件的能力。

2009 年国家自然科学基金委员会启动了重大研究计划“非常规突发事件应急管理研究”。该研究计划以非常规突发事件应急管理为研究对象;充分发挥管理科学、信息科学、心理科学等多学科合作研究的优势,着重研究非常规突发事件的信息处理与演化规律建模、非常规突发事件的应急决策理论,以及紧急状态下个体和群体的心理反应与行为规律。在非常规突发事件的特殊约束条件下,该研究计划通过对相关多学科观测、实验和理论创新与综合集成,形成对非常规突发事件应急管理核心环节——监测预警与应对决策——的客观规律的深刻科学认识,并提供科学方法;构建“情景-应对”型非常规突发事件应急管理的理论体系,增强应急管理科技的自主创新能力;提高国家应急管理体系(包括应急平台/预案体系)的科学性,为国家科学、高效、有序应对非常规突发事件提供决策参考。

此研究计划将面向非常规突发事件应急管理的动态模拟仿真系统与计算实验方法研究作为关键目标之一,目的是针对应急过程动态情景生成演化和计算实验问题,以人工社会(artificial societies)、计算实验(computational experiments)与平行执行(parallel execution)相结合的 ACP 方法为指导,研究面向非常规突发事件应急响应的平行应急管理理论、方法与技术,设计开放式、可扩展、可定制、可视化的非常规突发事件动态模拟仿真与计算实验平台。

非常规突发事件是指前兆不充分,具有明显的复杂性特征和潜在的次生衍生危害,而且破坏性严重,采用常规管理方式难以有效应对的突发事件。非常规突发事件具有不可预测性、多成因关联性、广泛影响性及演变复杂性等内在特点,致使其应急管理变得非常复杂,超出当前的观察实验、统计分析和微分方程建模的能力范畴,使传统的“预测-应对”型应急管理模式难以应对非常规突发事件的各种建模、分析、管理和控制等方面的挑战。综合利用管理科学、信息科学、心理学等多个学科的优势与最新研究成果,基于 ACP 方法构建“情景-应对”型的平行应急管理理论、方法、技术与实验平台以增强应对非常规突发事件的能力水平已成为此类应急管理研究的重要途径。

人工社会是一种在建模与仿真基础上发展起来的研究社会科学的新方法。其基本思路如下:人类社会是由大量个人构成的复杂系统,因而可以在计算机中建立每个人的个体模型,这样的计算机中的模型被称为 Agent;然后让这些 Agent 遵循一定的简单规则相互作用;最后通过观察这群 Agent 整体作用的涌现属性找到人工社会的规律,并用这些规律解释和理解现实人类社会中的宏观现象。

20 世纪 90 年代初由美国兰德公司研究人员提出人工社会的概念后,2003 年欧美学者提出了基于代理的计算人口学。而后,2004 年王飞跃教授提出了人工社会、计算实验与平行系统相结合的 ACP 社会计算方法,并系统阐述了这一方法论的指导思想、基础原理、原则方法、应用方向与解决方案,以解决实际社会系统中不可准确预测、难以拆分还原、无法重复实验等复杂性问题。ACP 方法是基于复杂社会系统存在“多重世界”的观点,构建具有现实意义的计算化人工社会实验室,“生长培育”各种可能的未来现实;综合利用多种数据感知与同化手段,实现人工社会与真实社会的平行演化;利用计算实验方法对可能的未来现实情景进行各种试验,分析和评估行动方案;通过平行执行,达到动态优化管理与控制的目的。

ACP 方法不是单纯针对某一特殊对象、某一特定领域的复杂系统的解决方案,而是针对复杂系统中共同存在的不可准确预测、不可拆分还原、无法重复实验等共性问题的综合解决方法。ACP 方法要实现从基础理论方法到非常规突发事件应急管理的实践应用,还要针对突发事件应急管理的特殊要求进行特异性的系统性研究,为此,王飞跃教授又提出了平行应急管理方法。

平行应急管理方法是一种基于人工社会的应急管理计算实验,主要针对社会性事件,在复杂网络建模技术和真实社会信息获取技术的基础上,引入智能体描述大规模社会中的群体和个体,模拟社会接触网络的演化和突发事件中人群的行为与交互。该方法通过网络开源情报采集和融合技术获得实时数据而改进仿真实验,为再现社会系统的复杂性,逼近非常规突发事件发生、演化的社

会背景提供了良好的技术基础，可为非常规突发事件应急演练、预案评估和处置提供实验的途径。

平行应急管理方法的基础是人工社会计算实验。采用多 Agent 技术构建人工社会进行计算实验已成为非常规突发事件模拟仿真研究的重要方向。在重大研究计划中，重点关注面向城市疫情与网络舆情突发事件的平行应急管理研究，期望基于组件化、多范式与 Agent 等建模技术，以标准化方式集成应急管理的研究成果来建立多尺度、多应用层面的城市人工社会，提供高性能、开放式、可拓展的仿真环境，支持人机结合的动态可视化展示与交互，为疫情与网络舆情突发事件应急管理研究和辅助决策提供服务。

本书是在重大研究计划“非常规突发事件应急管理”支持下，开展“基于平行应急管理的非常规突发事件动态仿真与计算实验集成升华平台”研究的阶段性成果总结，主要论述社会性突发事件应急管理领域的人工社会与计算实验理论方法与技术。目的是使读者了解人工社会的基本概念、发展与应用，以及其在基于“情景-应对”应急管理模式中的作用和应用过程；了解如何基于元模型、组件来构建人工社会，如何基于人工社会进行应急管理计算实验，以及人工社会计算实验平台设计的基本方法与技术。基于此目的，本书针对疫情传播和舆情传播两类特定的社会性突发事件，从复杂系统仿真和 ACP 方法入手，讨论人工社会、平行应急管理、人工社会 Agent 建模、人工社会网络建模、疫情与舆情突发事件建模、人工社会构建、人工社会计算实验平台设计等内容，介绍一些突发事件应急管理计算实验的案例。

本书分为十章。第 1 章“概述”，从建模与仿真的基本概念论述开始，回顾应急管理中系统仿真的应用，综述所关注问题的特点，在此基础上分析面临的挑战和应对的基本思路；从复杂系统仿真问题引出人工社会研究的作用，在此基础上，论述面向应急管理的人工社会、计算实验与平行执行的 ACP 方法，阐述平行应急管理的基本概念。第 2 章“人工社会”，较系统地论述面向应急管理的人工社会，介绍人工社会的基本概念、研究进展与建模发展、人工社会的构成与分类、人工社会的构建思路与工具。第 3 章“社会性突发事件的平行应急管理”，在概述两类社会性突发事件特征的基础上，论述情景、“情景-应对”和突发事件情景的概念，介绍平行应急管理研究面临的问题与挑战，概述平行应急管理系统功能需求、结构组成和应用模式。第 4 章“人工社会中个体 Agent 建模”，主要讨论一般人工社会中人工人口的 Agent 建模方法。首先综述 Agent 建模的一般方法，讨论人工社会的 Agent 元建模框架，然后针对人工人口的时空地理行为建模和心理行为建模进行深入的讨论。第 5 章“人工社会网络建模方法”，在分析复杂网络的基本概念基础上，对面向应急管理的人工社会所涉及的社会关系、接触网络和交通网络建模方法进行研究。第 6 章“社会性疫情突发事件建模”，在分析经典疫情事件传

播模型的基础上,分别讨论面向人工社会疫情传播建模方法、疫情传播的人工社会模型、疫情传播的复杂网络模型。第7章“突发事件网络舆情传播建模”,对网络舆情事件发生、发展和演变过程进行分析和建模,重点研究面向舆情仿真的人工社会模型体系、网络舆情传播阶段建模,以及基于“心理-行为”机制的网民信息处理模型。第8章“人工社会生成方法”,主要讨论基于模型及统计数据构建人工社会的具体方法,包括人工社会的形式化描述、人工人口迭代生成方法、人工地理环境生成方法以及多层社会关系网络生成方法。第9章“人工社会计算实验平台设计”,讨论在上述方法的基础上,如何设计一个支持应急管理人工社会构建和运行的平台。第10章“突发事件应急管理计算实验案例”,结合社会性疫情事件和舆情事件的案例来阐述人工社会计算实验过程,介绍三类突发事件人工社会计算实验的例子。

利用人工社会进行计算实验的方法与技术来构建事件发生、发展、转化和演变的“情景”是解决“情景-应对”型非常规突发事件应急管理问题的一种重要途径。高度综合和具有一定复杂度的人工社会构建是实现这一途径的核心工作之一,该方面的研究涉及多个学科领域,目前还处于起步阶段。本书作为阶段性成果总结,有许多方面还有待完善,也需要同行的帮助指正。

书稿中吸纳了课题组各位老师和同学的研究成果,包括曹志冬副研究员、李凤霞教授、曾华锋教授、骆志刚教授、廖东升教授、郭刚副教授、梅珊副教授,以及樊宗臣、孟荣清、王维、任意、李祯、周鑫、艾川、程子龙、宁丹丹等同学。与书稿相关的研究工作得到范维澄院士、王飞跃教授的指导,得到黄柯棣教授、闪淳昌研究员、于景元研究员、刘铁民研究员、孟小峰教授、李一军教授、高自友教授、杨列勋研究员、曾大军教授、查亚兵教授、刘忠教授和朱一凡教授的关心和支持,得到协作课题组张辉教授、黄丽华教授、刘怡君研究员、刘霞教授、戴伟辉教授、刘奕副教授、何凌南副教授等的帮助。书稿引用了大量公开发表的论文和著作中的材料,在参考文献中列出,在这里对所有作者一并表示致谢。

本书第1章邱晓刚执笔,第2章邱晓刚、宋智超执笔,第3章邱晓刚、张鹏执笔,第4章陈彬、张烙兵执笔,第5章邱晓刚、刘亮执笔,第6章葛渊峥、段伟、邱晓刚执笔,第7章马亮、邱晓刚执笔,第8章邱晓刚、宋智超执笔,第9章邱晓刚、张鹏执笔,第10章陈彬、邱思航执笔。邱晓刚、陈彬和张鹏对书稿进行了统稿。

感谢5年来在团队工作过的老师和学生,感谢所有与我们合作过的专家、朋友,感谢科学出版社徐倩编辑的辛勤工作。

本书的研究工作得到国家自然科学基金重大研究计划“非常规突发事件应急管理研究”的集成升华平台支持项目“基于平行应急管理的非常规突发事件动态

仿真与计算实验集成升华平台”(项目号: 90924030)的支持;还得到国家自然科学基金项目(91024032、71673292、61503402、61403402、61374185、71373282)以及“青年人才托举工程”项目的支持。

书中或有不足之处,敬请读者批评指正。

作 者

2016年12月于北京

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 建模与仿真技术	1
1.2 复杂系统仿真	7
1.3 多 Agent 系统与人工社会	13
1.4 ACP 方法	18
1.5 突发事件应急管理仿真	23
第 2 章 人工社会	32
2.1 人工社会的发展	32
2.2 人工社会构成与分类	41
2.3 人工社会的构建	50
第 3 章 社会性突发事件的平行应急管理	60
3.1 社会性突发事件	60
3.2 情景与“情景-应对”	66
3.3 平行应急管理	72
第 4 章 人工社会中个体 Agent 建模	82
4.1 人工社会中 Agent 建模思路	82
4.2 人工社会的 Agent 元建模框架	85
4.3 人工人口时空地理行为模型	88
4.4 人工人口心理行为模型	97
第 5 章 人工社会网络建模方法	100
5.1 复杂网络基本概念和典型模型	100
5.2 社会关系网络建模	104
5.3 接触关系网络建模	110
5.4 交通网络建模	116
第 6 章 社会性疫情突发事件建模	128
6.1 经典疫情事件传播模型	128

6.2	面向人工社会疫情传播建模方法	131
6.3	疫情传播的人工社会模型	139
6.4	疫情传播的复杂网络模型	146
第 7 章	突发事件网络舆情传播建模	151
7.1	突发事件舆情形成、传播及演变	151
7.2	面向舆情仿真的人工社会模型体系	156
7.3	网络舆情传播阶段建模	160
7.4	基于“心理-行为”机制的网民信息处理模型	167
第 8 章	人工社会生成方法	180
8.1	人工社会的形式化描述	180
8.2	人工人口迭代生成方法	187
8.3	人工地理环境生成方法	200
8.4	多层社会关系网络生成方法	212
第 9 章	人工社会计算实验平台设计	221
9.1	人工社会计算实验过程	221
9.2	人工社会计算实验平台总体设计	225
9.3	计算实验管理控制	233
9.4	计算实验引擎	242
9.5	计算实验平台的应用	246
第 10 章	突发事件应急管理计算实验案例	252
10.1	案例研究思路	252
10.2	公共疫情事件计算实验案例	253
10.3	公共舆情事件计算实验案例	278
10.4	基于无人机平台的有害气体空中监测案例	292
参考文献		304

第 1 章

概 述

建模与仿真的应用越来越广泛，逐步从工程领域扩展到社会领域。通过引入 Agent 描述社会中的群体和个体来建立人工社会，可利用仿真实验来研究社会性突发事件的应急管理。而网络开源情报采集和数据融合技术的迅速发展，可方便获得实时数据而改进仿真实验，为再现社会系统的复杂性，逼近突发事件发生、演化的社会背景提供了良好的技术基础，未来有望实现人工社会和真实社会的平行，为突发事件应急管理提供新途径。

1.1 建模与仿真技术

建模与仿真技术是以相似原理、信息技术、系统技术及应用领域有关专门技术为基础，以计算机和专用设备为工具，利用系统模型对实际或设想的系统进行动态试验研究的一门多学科综合的技术性科学（黄柯棣和邱晓刚，2010）。现代建模与仿真技术主要是指计算机建模与仿真，其综合集成了计算机、网络、图形图像、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，是进行系统分析与研究的重要手段（肖田元，2011）。

1.1.1 基本概念

建模与仿真技术作为分析和研究系统运动行为、揭示系统动态过程和运动规律的一种重要手段，在 20 世纪 40 年代第一台计算机诞生后迅速发展。特别是近

些年来，随着系统科学研究的深入，控制、计算与信息处理技术的发展，计算机软硬件技术的突破，以及各个领域对仿真技术的迫切需求，建模与仿真技术有了许多突破性的进展，在理论研究、工程应用、仿真工程和工具开发环境等许多方面都取得了令人瞩目的成就，正在逐步形成一门独立发展的综合性科学(肖田元，2011)。

在复杂系统的研究中，建模和仿真是两个不同的环节。建模是对所关注系统进行抽象表示的过程，它是在进行系统分析的基础上对系统某些方面的描述。仿真是对所建立的模型进行实验的过程。建模工作的产物是系统的模型，仿真工作的产物是系统的行为。一方面，系统仿真必须要以系统的模型为基础，但是系统的模型不一定都是用于仿真研究的。另一方面，仿真的结果可以用于模型的效验，从而辅助模型建立。图 1.1 表示了建模与仿真之间的联系，而表 1.1 说明了建模与仿真之间的区别。

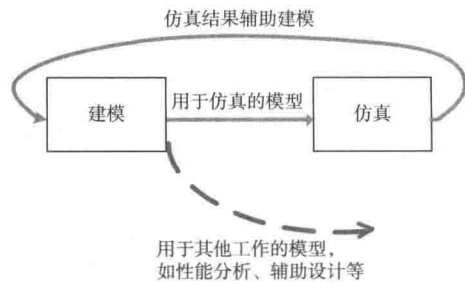


图 1.1 建模与仿真的联系

表 1.1 建模与仿真的区别

区别	建模	仿真
对象	真实系统	系统模型
目的	建立特定目标的系统模型	生成特定条件下的系统行为
人员	建模专家	仿真专家
工具	建模辅助工具	仿真引擎
产物	系统的抽象模型	系统的动态演化特性

模型的定义目前还没有统一的结论。对象管理组织（object management group, OMG）认为模型是针对特定目标对所研究的系统及其所在环境的描述或规范。国际电工电子工程师协会认为模型是对现实世界过程、行为、操作或者其他特征的选定侧面的近似、表现和理想化。尽管不同的研究领域对模型有不同的定义，但模型总是对领域知识进行形式化描述，它一般具备以下三个基本特性(陈雪龙等,2011)。

- (1) 映射性：模型是对研究对象的映射。
- (2) 简化性：模型是对研究对象的简化，它不可能反映研究对象的所有方面