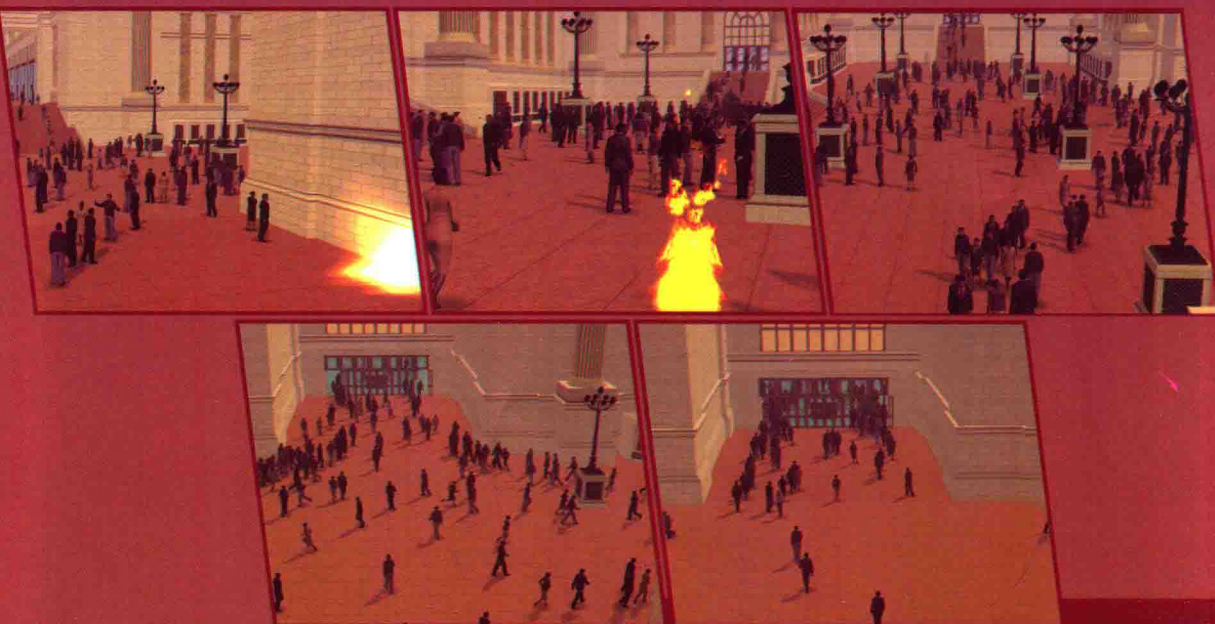


应急管理中的建模仿真 及决策分析技术

YINGJI GUANLI ZHONG DE JIANMO FANGZHEN

JI JUECE FENXI JISHU

黄炎焱 刘明 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

应急管理中的 建模仿真及决策 分析技术

黄炎焱 刘 明 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

建模仿真及评估技术在突发事件应急管理中具有重要作用,本书构建了面向应急管理能力的建模仿真及评估决策理论框架及其支撑技术;围绕应急管理的重要需求,分别从应急系统需求建模、应急预案评估分析、应急态势演化分析、应急疏散模拟、应急联动体系能力分析,以及生物反恐中危险源扩散防控和协同决策等领域展开详细而专业的研究;剖析了应急管理过程机理,构建了一套稳健的应急建模仿真及评估决策方法及工具,重点结合应急建模仿真方法及评估决策支持技术,以非常规突发事件如地震应急预案为例展开论证分析。

系统建模仿真与评估决策技术在应急管理领域具有广阔的应用前景,正吸引越来越多的人去接受它、研究它与应用它。本书可以作为高等院校有关专业师生的科研参考书,也可作为政府应急职能部门、应急管理人员、安监防控工作、应急决策咨询、应急培训与演练等人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

应急管理中的建模仿真及决策分析技术/黄炎焱,
刘明著. —北京:国防工业出版社,2015. 12

ISBN 978 - 7 - 118 - 10643 - 5

I. ①应… II. ①黄… ②刘… III. ①应急系统—
仿真模型—研究 IV. ①X92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 304286 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市众誉天成印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 17½ 字数 339 千字

2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 78.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

近年来非常规突发事件呈现出频发态势,应急管理工作面临着严重挑战。应急管理职能部门虽高度重视,做了大量管理事务,但往往感觉应急管理工作缺乏科学的指导,处于被动应急的局面。这可归因于非常规突发事件的高度不确定性,令人无法掌握其未来可能的突发情况,从而难以准确及有针对性地做好应急响应及管理工作。

非常规突发事件应急管理系统属于复杂的大系统,需要以系统工程方法为指导,采用系统建模仿真技术进行突发事件前瞻性的分析,探索应急响应过程机理,有针对性地拟制、评估及优化应急预案,为科学地开展应急管理工作提供稳健的应急预案及决策支持技术。为此,本书围绕应急管理主要需求与存在的问题,充分利用建模仿真及评估决策技术,对应急管理中的系列技术问题展开分析研究。本书首先对应急管理系统的需求展开了建模分析,然后对应急预案评估论证、应急联动过程机理、应急态势演化及应急疏散出口选择等重要研究方向开展建模仿真与评估决策分析,注意理论联系实际,结合相关突发事件具体情况展开论证分析。全书共分为九章。第一章~第七章由黄炎焱撰写,第八章和第九章由刘明撰写。各章主要内容包括:

第一章绪论,给出应急管理领域相关术语及定义,并分析应急管理及采用建模仿真与评估决策方面的作用及背景意义。第二章阐述了应急预案论证系统的拟制分析过程,并提出一种内外评估相结合的评估分析框架。第三章针对应急管理系统的复杂论证需求,建立一系列基于系统工程建模语言 SysML 的应急管理系统需求模型。第四章围绕多属性决策的综合评估方法,结合应急管理特点,展开应急预案的评估论证。第五章主要是对突发事件的态势演化及受灾人员行为机理的分析。第六章主要对突发事件下群体疏散行为建模,并基于 DI - Guy 环境进行群体疏散仿真。第七章分析了应急联动过程机制并提出了基于 OODA 的应急联动体系能力评估模型。第八章研究了生物危险源扩散模型和应急资源控制策略。第九章针对生物反恐应急管理中的协同决策机制与方法展开分析研究。

本书得到国家自然科学基金项目(61374186,71301076)的支持,在此鸣谢。

在本书初稿完成后,感谢黄炎焱导师的研究生吴航海、陈杰、彭家陵、张俊辉、

周运远、陶长卫等对书稿进行了认真的编辑、校对。同时,感谢他已毕业的研究生张文进、顾潇、钱章风、朱晨等在硕士期间为本书所做的相关工作。

此外,作者对本书所引用参考文献的作者表示感谢。

感谢我们的家庭给予的支持与理解。

感谢所有关心和支持本书编写和出版的人们。

由于应急管理领域的问题均为棘手的难题,本书从系统工程的角度出发,基于建模仿真及评估决策分析技术,结合近年相关研究成果,权且成此拙作,由于作者水平有限,其中一定存在不少缺点甚至错误,故此书仅为抛砖引玉,恳请读者批评指正。

著 者

2015 年 8 月于南京

目 录

第一章 绪论	1
1.1 基本概念、术语及约定	1
1.2 建模仿真及评估决策技术与应急管理	2
1.2.1 应急管理的现实意义	2
1.2.2 建模仿真及评估决策技术在应急管理中的作用与意义	3
1.2.3 基于建模与仿真演练的应急管理研究现状综述	4
1.3 提升应急管理能力的系统建模与评估决策总体架构	6
1.4 建模仿真及决策分析技术的主要内容	7
1.5 本书的章节安排	8
参考文献	9
第二章 应急预案的拟制评估与元评估框架	10
2.1 应急预案论证系统	10
2.1.1 应急预案的基本内容	10
2.1.2 应急预案编制总体过程	11
2.2 应急预案的元评估框架	14
2.2.1 元评估的概念	14
2.2.2 基于应急预案风险缩减的稳健评估	15
2.3 应急预案论证系统的内、外评估框架	15
2.4 应急预案论证系统的外评估方法	17
2.4.1 预案系统元评估的作用	18
2.4.2 CMMI 模型	18
2.4.3 基于 CMMI 模型的预案系统外评估框架	19
2.5 基于预案系统论证的内、外评估框架	26
2.5.1 应急预案的评估指标体系	27

2.5.2	内评估方法	27
2.5.3	应急预案优选内评估	30
2.5.4	预案系统的外评估	36
	参考文献	38

第三章 基于 SysML 的突发事件应急管理系统建模

3.1	系统建模语言及其在应急管理系统中的作用	39
3.2	系统工程建模语言 SysML	40
3.2.1	SysML 系统建模语言	40
3.2.2	系统建模语言与其他建模方法的对比分析	43
3.3	突发事件应急管理全过程系统建模	43
3.3.1	应急管理系统总体建模内容	43
3.3.2	应急准备子系统的 SysML 模型	50
3.3.3	监测预警子系统的 SysML 模型	55
3.3.4	应急响应子系统的 SysML 模型	58
3.3.5	应急恢复子系统的 SysML 模型	61
3.4	面向地震灾害的应急管理系统的建模分析	65
3.4.1	面向地震的应急管理系统总体特点	65
3.4.2	资源保障子系统的 SysML 模型	69
3.4.3	其他子系统的 SysML 模型	73
3.5	本章小结	78
	参考文献	78

第四章 基于多属性决策方法的应急预案评估

4.1	多属性决策方法在应急预案评估中的作用	80
4.2	基于 MADM 的应急预案评估理论与方法	81
4.2.1	应急预案编制及评估	81
4.2.2	多属性决策的理论及方法	81
4.2.3	应急预案评估指标的筛选方法	82
4.2.4	指标权重确定和结算	86
4.2.5	多属性决策的综合评估方法	90
4.3	基于 MADM 的应急预案评估模型设计	94
4.3.1	应急预案评估模型的设计流程	94
4.3.2	前期应急预案指标体系的设计与评估分析	100
4.3.3	中期应急预案指标体系的设计与评估分析	106

4.3.4	后期应急预案设计与评估分析	108
4.4	应急预案的多属性决策评估应用分析——以地震为例	110
4.4.1	地震应急预案情景想定	110
4.4.2	地震应急预案救援能力评估分析	111
4.4.3	地震灾后重建选址评估的应用分析	117
4.4.4	地震总应急预案评估的应用分析	123
4.5	本章小结	128
	参考文献	129
第五章	突发事件态势演化及受灾人员行为机理分析	130
5.1	突发事件态势演化及受灾人员行为心理分析的研究意义	130
5.2	突发事件应急响应相关的理论框架	131
5.2.1	理论框架	131
5.2.2	自组织理论	131
5.2.3	系统动力学	132
5.3	突发事件态势演化及主要应急机理	135
5.3.1	突发事件及其特征	135
5.3.2	突发事件态势演化研究	136
5.3.3	突发事件演化的系统分析	141
5.3.4	突发事件应急决策的机理研究	148
5.4	应急条件下的受灾人的心理及行为分析	155
5.4.1	受灾人员行为及心理分析	155
5.4.2	恐慌心理及其影响	157
5.4.3	受灾人员的行为决策	159
5.5	应急总体模型框架分析	163
5.5.1	应急决策的研究内容及系统结构	163
5.5.2	应急决策框架	163
5.6	本章小结	165
	参考文献	166
第六章	社会群体安全事件应急疏散建模与仿真	167
6.1	社会群体安全事件概况	167
6.1.1	社会群体应急疏散的问题	167
6.2	群体应急疏散中个体和群体理论分析	168
6.2.1	群体及人员疏散概念及其特点	168

6.2.2	应急疏散主要影响因素	169
6.2.3	疏散人员的行动能力因素分析	169
6.2.4	应急疏散中个体和群体的心理特征、行为特征	176
6.2.5	群体行为与个体和环境的关系	176
6.3	群体应急疏散的建模类型	177
6.3.1	连续型模型	177
6.3.2	离散型模型	179
6.4	应急条件下群体的应急疏散建模方法	181
6.4.1	群体应急疏散的建模原理	181
6.4.2	环境建模	182
6.4.3	智能体建模方法	183
6.4.4	心理因素影响下的出口选择模型	185
6.4.5	应急疏散建模中的路径规划和碰撞检测技术	188
6.5	基于 DI - Guy 的群体疏散建模与仿真分析	192
6.5.1	DI - Guy 及其相关建模技术	192
6.5.2	DI - Guy 中的智能体建模	194
6.5.3	DI - Guy 中的人体运动建模	197
6.5.4	智能体的碰撞检测	200
6.5.5	智能体的路径规划	203
6.6	群体应急疏散建模仿真应用	206
6.6.1	群体应急疏散的建模仿真	206
6.6.2	十字路口群体应急疏散仿真	207
6.6.3	出口限制下的群体应急疏散仿真	212
6.6.4	仿真结果分析	214
6.7	本章小结	214
	参考文献	214
第七章	应急联动体系能力建模仿真及评估	216
7.1	应急联动与协同应急的研究意义	216
7.2	国内外应急联动管理相关研究的对比分析	218
7.3	应急联动管理的研究目标及内容	219
7.3.1	应急联动管理研究的目标	219
7.3.2	研究的问题	219
7.3.3	应急联动管理的内容	220
7.4	基于 OODA 的应急联动体系能力的仿真评估框架	221

7.5	应急联动体系能力的建模及仿真	222
7.5.1	应急联动机理建模及仿真模型	222
7.5.2	应急联动过程仿真系统设计	227
7.5.3	基于仿真的应急联动方案评估信息获取	227
7.6	应急联动体系能力评估框架及评估方法	228
7.6.1	突发事件的应急联动体系能力评估框架	228
7.6.2	基于效用聚合的应急联动平台体系能力评估方法模型	229
7.7	本章小结	231
	参考文献	231
第八章	生物危险源扩散建模与应急资源控制策略	233
8.1	生物恐怖事件定义	233
8.2	生物危险源扩散演化规律分析	236
8.2.1	基于小世界网络的 SIQRS 模型	237
8.2.2	基于小世界网络的 SEIQRS 模型	241
8.3	生物危险源扩散控制仿真分析	243
8.3.1	生物危险源扩散关键控制参数分析	243
8.3.2	生物反恐应急救援资源控制策略分析	246
8.4	本章小结	248
	参考文献	248
第九章	生物反恐应急管理中的协同决策机制与方法	250
9.1	生物反恐应急管理中的协同决策界定	250
9.2	生物反恐应急协同决策行为机理	251
9.2.1	生物危险源扩散网络与应急物流网络间的协同机制	251
9.2.2	生物反恐体系中的应急物流网络协同优化机制	254
9.3	生物反恐应急混合多属性协同决策方法	258
9.3.1	ANP 方法及其应用	258
9.3.2	D-S 理论及其应用	259
9.3.3	TOPSIS 方法及其改进	261
9.3.4	算例与数值分析	263
9.4	本章小结	267
	参考文献	268

第一章 绪 论

1.1 基本概念、术语及约定

(1) **突发事件**:是指突然发生,造成或者可能造成严重社会危害,需要采取应急处置措施予以应对的自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件。

(2) **非常规突发事件**:是指发生前兆不明显、爆发突然、破坏力强、造成人员财产损失严重损失、迫切需要国家启动高级应急响应的重大突发事件。例如,2008年5·12汶川地震灾害事件,2010年8·7甘肃舟曲特大泥石流事件,2015年长江“东方之星”沉船事件等。

(3) **应急管理**:是指政府及其他公共机构在突发事件的事前预防、事发应对、事中处置和善后恢复过程中,通过建立必要的应对机制,采取一系列必要措施,应用科学、技术、规划与管理等手段,保障公众生命、健康和财产安全,促进社会和谐健康发展的有关活动。近年应急管理是针对特重大事故灾害的危险问题提出的活动。危险是由意外事故、意外事故发生的可能性及蕴藏意外事故发生可能性的紧急状态构成。

(4) **应急预案**:指面对突发事件如自然灾害、重特重大事故、环境公害及人为破坏,一系列建立在综合防灾规划上的应急管理、指挥、救援计划。应急预案一般包括几大重要子系统:完善的应急组织管理指挥系统;强有力的应急工程救援保障体系;综合协调、应对自如的相互支持系统;充分备灾的保障供应体系;体现综合救援的应急队伍等。

(5) **综合应急预案**:是从总体上阐述突发事故的应急方针、政策、应急组织结构及相关应急职责、应急行动、措施和保障等基本要求和程序计划,是应对各类突发事故的综合性文件。

(6) **专项应急预案**:是针对具体的事故类别(如矿山瓦斯爆炸、危险化学品泄漏等事故)、危险源和应急保障而制定的计划、措施及程序,是综合应急预案的组成部分,应按照应急预案的程序和要求组织制定,并作为综合应急预案的附件。

(7) **应急响应**:是出现紧急情况时施行的行动。针对突发事件的类型级别,相关的职能部门等应急单元所采取的应急措施,包括启动响应的应急预案。编制应急方案,对一旦出现紧急情况时人员行动作出规定,有秩序地进行救援,以减少

损失。

(8) **应急联动体系**:应急联动体系(SoS, System of Systems, 也称为多系统之系统),就是由大量相对独立的应急单元系统按照一定的共同应急使命任务,借助信息支撑要素,形成具有协同应急能力的整体结构。

(9) **应急联动机制**:是指围绕可能发生的非常规突发事件,建立基于应急OODA环的应急联动规律及方法框架。重点揭示应急职能部门及参与民众在总的应急指挥框架下,协同互助,形成合力应对突发事件灾害的内在规律及方法。

(10) **应急联动体系能力**:应急联动体系中各应急单元,围绕共同的应急使命任务目标,遵循应急联动机制,通过增强网络通信等信息技术,形成互连互通的应急协同网络,借助联合的态势感知,灾情判断,应急信息分析和应急行动方案的协同共享,从而产生同步行动,最后使应急联动系统涌现出强大的应急整体能力。

1.2 建模仿真及评估决策技术与应急管理

1.2.1 应急管理的现实意义

我国是一个多灾多难的国家,尽管提高应急管理水平不是一天两天的事情,但不断出现的灾害及事故进一步地倒逼社会公共安全体系的规划及发展建设。众所周知,2015年8月12日深夜,天津港“8·12特别重大火灾爆炸事故”,天津滨海新区危险品仓库所在地被夷为平地,160人遇难,本次由化学品爆炸引发的灾难再次触碰我们神经。其实,社会公共安全事件无小事,无事则已,有事很可能就是大事。人们往往会在失去的时候才知道安全问题的代价是多么的重大。如不久前的东方之星船沉江底,“电梯吃人”,上海外滩踩踏事故等悲剧,虽然国家在反复强调安全管理,做好应急管理,但悲剧还是一再发生。

人们似乎总是要到灾难发生之后,才会在震惊中认真“复习”过往的教训,而平时却总是将提前的“预习”忘在了脑后。这是目前社会对待突发事件安全事故的态度和不正确做法。分析起来,人们习惯于把不确定发生的事情看成无法管控的遥远的事情,对未来可能发生的事件进行预案准备管理视作浪费,对未来可能的事故代价不做任何预支性防护。而应急管理体系和应急预案建设则是人们对未来事故应急及避免的投资,社会上有越来越多的有识之士理解并呼吁我国职能部门做好开展应急预案管理及应急预案论证的必要性。

党和政府十分关心公共安全体系建设。2015年5月29日,习近平总书记在主持中共中央政治局关于健全公共安全体系的第二十三次集体学习时强调,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;要牢固树立安全发展理念,自觉把维护公共安全放在维护最广大人民根本利益

中来认识,扎实做好公共安全工作,努力为人民安居乐业、社会安定有序、国家长治久安编织全方位、立体化的公共安全网。

应急管理是一个非常复杂的跨学科问题,涵盖了管理学、社会学和系统工程等多个领域。为此,需要整合各方面研究力量,需要加强应急管理理论研究和科技攻关,探讨应急管理关键性问题与跨学科集成方法。包括:加强对灾害风险孕育、发生、发展、演变、时空分布等规律和致灾机理的研究,为科学防范突发事件提供理论依据;深入研究不同地区、不同部门、不同类型突发事件之间的相互影响和相互作用;加强应急管理关键技术研发,提高风险评估和预警信息发布的时效性和准确性;优化整合各类科技资源,开展综合应急管理相关标准、规范及技术研究等工作。

为此,当前承载着应急管理重大使命的“十三五”应急体系建设规划即将启动,这是一个未来五年我国应急管理事业发展的行动纲领。科学地编制和实施好“十三五”应急体系建设规划,将对全面推进我国公共安全工作,最大程度地减少突发事件造成的生命财产损失,促进社会和谐稳定,具有重大意义。

1.2.2 建模仿真及评估决策技术在应急管理中的作用与意义

近年来国内外发生的重大突发事件灾害,大多数均反映出人们在应急管理中存在的薄弱环节。姑且不说几年前悲惨的四川汶川地震、舟曲泥石流等突发自然灾害事件所折射出应急能力问题;以2015年两次重大突发事故为例,一是2015年6月发生在长江的“东方之星”沉船,二是天津港“8·12”特别重大火灾爆炸事故”,已经反映了有关部门应急救援预案及救援能力的薄弱。

这些重大突发事故所折射出来共同的应急管理薄弱环节包括:①缺乏科学及稳健的应急预案;②缺乏科学的风险监管及事故评估机制;③缺乏科学的突发事件应急指挥处置与决策技术。

事实上,非常规突发事件对象往往是发生在未来的、不确定时间的对象和事件,通常预案因缺乏实际的操作和具体的数据分析,仓促形成的应急方案往往缺乏科学的依据以及客观的信息,严重影响了科学的应急决策,也降低了应急指挥的效能并增大了应急风险,往往造成悲剧的二次叠加。

如何避免或者减缓此类非常规突发事件的危害性,迫切需要采取科学合理的手段予以应对。考虑到突发事件应急管理的前瞻性和不确定性,我们难以选择实际灾害进行应急管理的实验,但我们需要在平时或者应急行动前立足于类似逼真的应急环境,开展应急预案的实施评估与决策分析,考察应急预案行动的效果,这些工作无疑将提高应急管理的效能。系统建模仿真方法具有前瞻性和系统性分析的作用,本书将重点基于建模仿真技术展开应急管理的评估及决策。例如,可以采用建模仿真方法提前模拟危化品爆炸等突发事件,推演各种可能的应急预案,分析可能存在的应急响应方面的问题,寻找对策,提升应急响应与决策指挥部门人员的

能力,势必能为类似事件的应急管理提供有益的帮助与支持。

其实,过去也曾发生过因应急预案不完善贻误了应急良机,放任了事故危害程度。国内的如 1993 年深圳清水河危险品储运仓库爆炸事故,事故发生后现场没有统一的调度,应急救援完全凭直觉,哪里有大火中队就冲向哪里,结果市公安局副局长、派出所副所长和一些消防员都壮烈牺牲,后来据新闻报道,附近的几十个消防栓都没有水,可见当时应急预案没有做到位;2011 年的“东日本大地震”诱发的核电泄露事件中,日本政府对地震的应急很成功,但没考虑到地震、海啸会给核电站如此大的影响,缺乏这种极端情况的应急预案,为此应急处理缓慢、不透明,不但造成辐射灾害十分严重,还加剧了人们的恐慌心理。2005 年 8 月 29 日,“卡特琳娜飓风”袭击美国新奥尔良州,飓风造成超过 1300 人死亡,30000 所房屋被毁,经济损失高达 1250 ~ 1500 亿美元,时任布什政府因缺乏有效应急举措,应急响应迟缓,使得当时民怨沸腾。

在上述事件中,无论是地震、火灾,还是恐怖袭击等突发事件的应急管理,均在不同程度出现应急预案不匹配、应急前瞻信息缺乏以及决策支持信息薄弱等情况,从而导致整个应急管理工作陷于被动的境地。这些问题归根结底是缺乏有效的应急管理手段及应急决策支持手段。为此我们需要发挥应急管理理论及决策支持分析的作用,特别要基于建模仿真等具有前瞻能力的技术和手段,以有助于提升应急管理水平。

1.2.3 基于建模与仿真演练的应急管理研究现状综述

应急预案的论证,需要对未来事件进行仿真演练与分析。针对突发事件的不确定性,采用建模仿真方法进行应急演练和效果分析逐步受到国内外相关部门的重视。如荷兰学者 Simone 针对重大突发洪灾事件的应急响应管理,建立危机训练模拟系统,论证分析不同的应急预案和训练科目,让应急参与者在训练中感受到应急压力和快速反应的重要性。

针对重大突发事件自然灾害和人为灾害的监控、评估很重要,其中对大量数据条件下灾情模拟十分复杂,借助于 GIS 环境,制定一个基于数据融合的灾后应急监控分析工具。

学者 Zafer 针对土耳其国内某条河流上的两个大坝可能会突然溃堤导致淹没的问题,建立了溃坝仿真模型并进行应急疏散演练分析,可提高应急预防能力。意大利民用防护部门的 Dewetra 应急信息系统是基于地理信息系统及计算机网络技术建立的,可根据该国气候、天气环境信息,对突发火灾事件进行预演模拟,可在地图上对发生的山火风险态势进行标注。

瑞典防御研究所的 Brynielsson 分析突发灾害中的应急对策,把受灾公众的想法视为博弈的对象,采用决策论或博弈论分析人们抗击灾害行为,认为纳什均衡的

解不适合,需要采取结合现实博弈论和建模仿真技术来分析对策行为,方可提高应急管理能力。

黄炎焱针对非常规突发事件的应急救援方案效果的评估,提出了应急效能概念,基于 Stage 应急想定工具与离散事件系统建模方法,构建应急方案的效能评估分析模型。

Reuter 指出采用基于计算机的软件训练系统可提高突发事件应急能力,强调要重点训练应急人员的信息获取、协调交互等互操作能力。Weaver 指出了在灾害应急中,参与者的意会能力(sense making)需要与交互工具结合才能起作用,为此,建立了可视化交互工具支持决策分析。Harteveld 将应急过程建立成一个训练系统框架,按照现实情况、虚拟游戏及反应理解 3 个环节进行系统开发。

应急预案论证往往基于想定(Scenario)进行评估。华盛顿大学的 Campbell 等建立一个基于 GIS 的应急响应仿真想定编辑器 PARVAC,以可视化形式刻画应急环境,且设计了一个对应急参与者行为评估的模块。Bruce 等基于 RimSim Response 可视化仿真系统,为初次参与应急救援者提供操作训练与情景体会的平台。

赵林度、王付明等就人员紧急疏散应急问题,结合优化应急决策方法和仿真手段进行过程调度管理。王东明等主要针对地震应急处置的要求,展开仿真想定的设计,对地震应急处置的仿真训练系统进行初步研究。Swanson 指出 9·11 事件后,美国在突发事件应急研究中关注基于证据的研究(EBR),并开发有关的概念模型及仿真系统,使人们可以在室内展开应急演练和案情分析。

大连理工大学荣莉莉,针对如何进行有效的知识推理以辅助应急处置问题,提出了一种从联想和推演两个角度实现的知识推理方法。温立、王延章等提出了基于辅助决策的应急事件本体模型。清华大学的刘奕、苏国锋采用多智能体(multi-agent)方法对突发灾害中的典型多部门协同进行了建模与仿真分析,评估了无协同、弱协同、强协同 3 种不同协同机制对突发事件应急效果的影响。

中国科学院自动化研究所王飞跃及国防科技大学邱晓刚等专家提出的一种可扩展、可定制、开放交互的突发事件动态模拟仿真与计算实验平台设计框架。该应急管理计算实验平台核心主要是王飞跃等人提出的并行管理思想。王飞跃认为在非常规突发事件应急管理中需要综合利用建模与仿真的各项新技术提供整体解决的思路和框架。

Monmouth 大学应急响应研究所 RRI 的 J. Wang 及 W. Tepfenhart 提出了基于实时工作流的动态建模与仿真系统框架,对应急响应资源派送方案进行论证分析。

过去 10 年美国已建立很多重大突发事件应急预案,却几乎没有几套可被普遍认可的应急响应方案,包括模拟仿真方案。一个重要原因是应急预案缺乏合理的理论模型的支持。EBR 公司通过建立应急过程的概念模型,较好地用于国土安全演习和训练环境中模拟仿真。

1.3 提升应急管理能力的系统建模与评估决策总体架构

非常规突发事件应急管理主要目标是构建一套有前瞻性的、科学有效的、协同优化的、可靠的以及效能显著的应急预案系统框架。为达到该目标,构建的应急管理系统应该完成一定的需求指标,例如系统性的需求,前瞻性,优化改进的,协同联动的,可靠性的需求指标。对每个需求方向指标,均需要一套对应的应急管理支撑技术予以响应支持。本书将结合每一个需求方向及对应的应急管理支撑技术形成相对独立的章节。

鉴于每个需求方向涉及到的支撑技术均与建模仿真和评估决策技术相关,为此,本书的主题将围绕系统建模仿真及决策分析技术为主线有序展开。于是,在系统建模仿真及评估决策总体框架及其支撑技术下(图1-1),本书围绕应急管理的重要需求方向,分别具体从应急系统需求建模、应急预案评估分析、应急态势演化

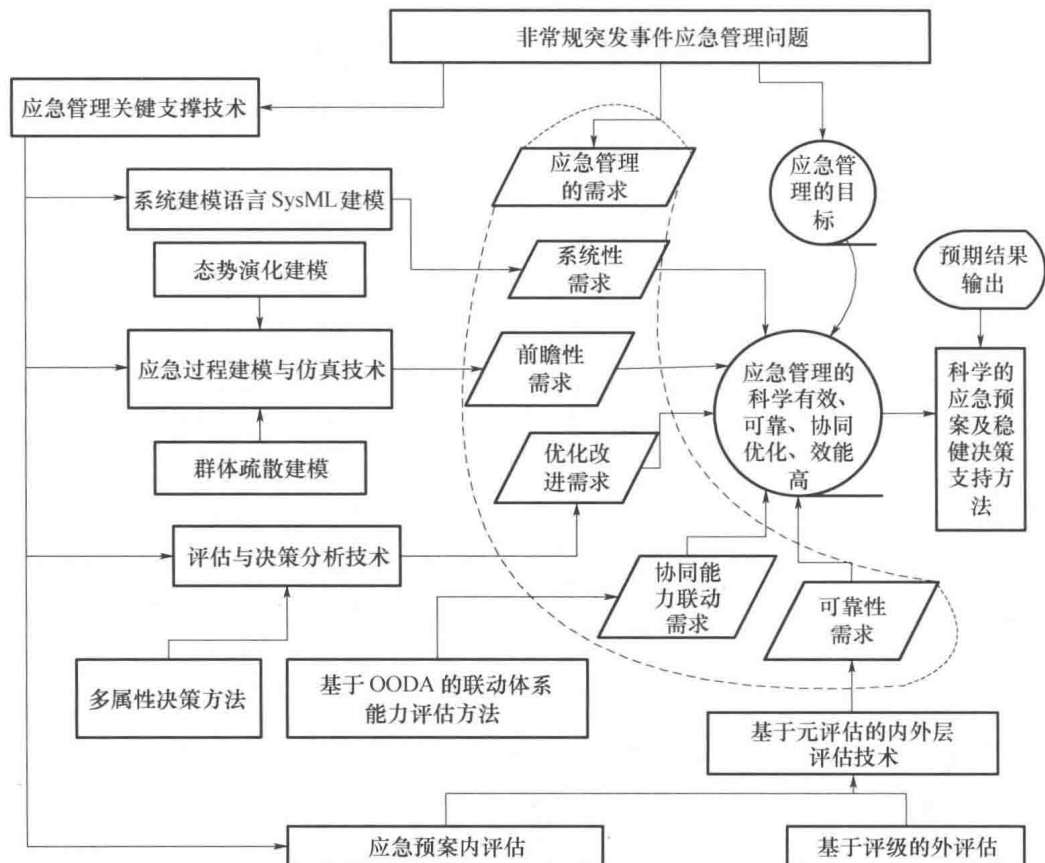


图1-1 系统建模与评估决策总体架构及其支撑技术

分析、应急疏散模拟、应急联动体系能力分析,以及生物反恐应急救援与协同决策等领域展开详细而专业的分析。从理论上剖析了应急管理的过程机理,构建了一套稳健的应急建模仿真及评估决策方法,重点结合应急建模仿真与评估决策支持技术,以不同突发事件灾害为例,针对应急管理中的关键问题展开论证分析及应用。

1.4 建模仿真及决策分析技术的主要内容

采用建模与仿真的方法对应急预案进行评估推演分析,进而科学地对应急预案展开指挥控制及决策处置是当前应急管理的主要工作以及发展方向。本书将结合多种类似的应急事件,从突发事件的特征分析以及应急管理需求出发,考虑各种突发事件的应急响应过程机理以及应急特征模型,以应急预案的推演及指挥决策过程为主线,采取多种建模与仿真技术,研讨多样决策支持技术,力图从建模与仿真及决策分析的理论方法技术上为科学的应急管理添砖加瓦。结合 1.3 节的系统建模与评估决策总体架构及其支撑技术,以及本书基于建模与仿真的应急管理决策分析与优化等目标,需要考虑如下研究内容:

1) 应急管理需求分析

主要考虑应急管理系统的复杂性以及管理需求的不确定性,需要采用系统工程的方法进行梳理与分析,而 SysML 作为系统工程的建模语言堪当此任,本书将基于其丰富的图形化建模语言展开应急管理的需求分析。

2) 应急预案总体评估分析框架

论证一个可靠稳健的应急预案需要严谨的评估体系,元评估思想具有内外评估的体系结构,因此本书将采用内外评估的框架,对重要的应急预案展开双重评估,旨在提升应急预案的可靠性和科学性。

3) 应急预案的多属性评估技术

通常一个突发事件可提供的应急预案有多种,而采用的评估指标往往非常的庞杂,评估的属性多且异构造成了评估的方案难以区分出优劣,采用多属性评估方法是一个比较成熟的评估手段,本书将改进多属性评估方法以更加有利于对多种应急预案的综合评估。

4) 应急联动及协同响应技术

考虑任何突发事件应急过程遵从 OODA 的应急环思想,本书进一步结合应急管理中的联动特征,构建出基于 OODA 的应急响应机理,并从应急体系的角度展开应急能力的评估分析,提出了具有 OODA 特征的应急评估指标体系能力,最后采用基于效用函数聚合的应急体系能力评估方法。

5) 应急条件下群体的疏散建模分析

应急条件下的群体疏散是常见而复杂的问题,大多数突发事件伤亡人数往往