

“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

基于层次任务网络规划的 应急响应决策理论与方法

王红卫 祁超◎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

基于层次任务网络规划的 应急响应决策理论与方法

王红卫 祁超◎著

科学出版社

北京

内 容 简 介

应急响应决策是指突发事件发生后,应急组织根据当前应急态势识别应急任务目标,制订应急行动方案,并快速地组织有关部门,调动各类资源,有效开展应急处置工作。应急响应决策问题具有协作性、动态性、时效性和层次性等特点,无法完全采用数学建模和优化方法,其决策需要充分利用领域专家的知识。本书在层次任务网络规划的逐层分解思想基础上建立了相应的应急响应决策方法体系,探讨了基于本体的应急领域知识建模、应急组织目标制定、HTN 应急任务规划以及应急响应决策过程模拟等关键问题,为 HTN 规划在应急领域的应用构建了较完整的理论框架。重点讨论了基于 HTN 的应急行动方案制订方法,包括应急任务规划中的时间管理、资源管理、多指标评价、应急资源缺项处理、分布式协作任务规划,以及规划集成与执行等问题。

本书可作为系统工程、管理科学与工程以及计算机应用等专业领域的研究人员的研究用书,也可作为从事应急管理工作的有关人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

基于层次任务网络规划的应急响应决策理论与方法 / 王红卫, 祁超著. —北京: 科学出版社, 2014

(公共安全应急管理丛书)

ISBN 978-7-03-040678-1

I. ①基… II. ①王… ②祁… III. ①信息技术—应用—公共安全—安全管理—研究—中国 IV. ①D63-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 107665 号

责任编辑: 马 跃 徐 倩 / 责任校对: 王艳利
责任印制: 肖 兴 / 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

*

2015 年 9 月 第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2015 年 9 月 第一次印刷 印张: 16 1/2

字数: 332 000

定价: 98.00 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总局

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多项,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设计规划的招标中,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、应急管理工作者以及关心、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

目前,我国正处在经济社会转型期,社会不稳定因素增多,各类突发事件时有发生。应急响应是应对突发事件的关键,应急处置措施正确与否直接影响突发事件的演变。应急响应决策问题具有协作性、动态性、时效性和层次性等特点,是典型的非结构化问题,无法完全采用数学建模和优化方法,其决策还需要充分利用领域专家的知识。因此,亟须提出符合突发事件特征的应急响应决策理论与方法,为应急管理实践提供决策支持的理论基础。

近几年来,笔者所在团队在国家自然科学基金委员会“非常规突发事件应急管理研究重大研究计划重点支持项目”的支持下,一直致力于应急决策及应急决策过程模拟等方面的研究工作,本书是对这一重点支持项目的研究工作的总结,主要反映了项目的最新研究成果。

本书旨在形成基于层次任务网络(hierarchical task network, HTN)规划的应急响应决策方法体系,其重点是基于 HTN 的应急行动方案制订方法。本书较为系统地研究了贯穿整个应急响应决策过程的一系列关键问题,包括基于本体的应急领域知识建模、应急组织目标制定、HTN 应急任务规划以及应急响应决策过程模拟等。同时,着重针对应急领域对 HTN 规划方法的挑战,从时间和资源管理、多指标评价、应急资源缺项处理、分布式协作任务规划以及规划集成与执行等几个方面开展研究,对现有的 HTN 规划方法进行了拓展。

全书共分 12 章,第 1 章由王红卫执笔,第 2 章由祁超执笔,第 3 章由刘典和祁超执笔,第 4 章由刘丹和祁超执笔,第 5 章由刘丹和王红卫执笔,第 6 章由唐攀和王红卫执笔,第 7、9 章由王喆和王红卫执笔,第 8 章由李明磊和王红卫执笔,第 10 章由周超和祁超执笔,第 11 章由王红卫、唐攀和王喆执笔,第 12 章由祁超和王剑执笔,全书由王红卫统稿。

笔者所在研究团队融洽的工作氛围和良好的团队合作精神是本书得以完成的重要基础,为此深深感谢为撰写本书做出贡献和给予大力支持的团队其他老师——王剑和陈曦副教授。同时,许多博士和硕士研究生参与了本书相关的研究

工作，他们是李晶晶、刘匡宇、李圆、陆晨星、吴芳、伍建涛、尹文博、黄文俊、蒋承君、赵鹏、陈庆、李珏等。他们勤勤恳恳、任劳任怨、勇于创新，为本书的完成提供了素材并创造了条件，衷心感谢他们对本书所做的贡献。

本书的研究工作除了得到国家自然科学基金委员会“非常规突发事件应急管理研究重大研究计划重点支持项目”(90924301)的支持外，还得到了国家杰出青年科学基金项目(71125001)、“非常规突发事件应急管理研究重大研究计划集成项目”(91024032)等的支持，以及教育部长江学者和创新团队发展计划的资助，在此表示深深的谢意。

由于笔者水平有限、时间仓促，书中难免存在疏漏之处，恳请读者和同行多多批评指正。

王红卫 祁超

2014年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 应急管理的基本概念	1
1.2 应急响应决策过程	10
1.3 基于 HTN 规划的应急响应决策方法	20
1.4 本书的内容及结构	24
参考文献	24
第 2 章 HTN 规划方法	28
2.1 HTN 规划基本原理	28
2.2 SHOP2 基本原理及特征	32
2.3 HTN 规划器及其应用	36
2.4 本章小结	40
参考文献	40
第 3 章 面向 HTN 规划的应急领域知识本体模型	43
3.1 引言	43
3.2 应急环境知识本体模型	45
3.3 应急处置知识本体模型	54
3.4 应急领域知识本体向 HTN 规划领域的转换	56
3.5 应急领域知识本体模型及其转换的示例	59
3.6 本章小结	64
参考文献	64
第 4 章 应急决策组织建模	65
4.1 应急决策组织结构	65
4.2 基于 MAS 的应急决策组织建模	72
4.3 案例分析	76
4.4 本章小结	85

参考文献	86
第 5 章 应急组织目标制定	89
5.1 基于 BDI 模型的应急组织目标制定	89
5.2 候选应急目标序列生成	93
5.3 基于 CSP 的应急目标采纳	94
5.4 案例分析	105
5.5 本章小结	112
参考文献	113
第 6 章 HTN 规划中的时间管理	115
6.1 应急领域复杂时态特征	115
6.2 时态规划问题描述	117
6.3 Anytime 启发式时态 HTN 规划算法	122
6.4 实验评价	130
6.5 本章小结	133
参考文献	134
第 7 章 HTN 规划中的资源管理	136
7.1 引言	136
7.2 资源增强型 HTN 规划方法	137
7.3 资源时间轴	140
7.4 层次资源推理	141
7.5 资源约束传播加速	147
7.6 算例分析	147
7.7 本章小结	154
参考文献	154
第 8 章 考虑多评价指标的 HTN 规划	157
8.1 引言	157
8.2 考虑多评价指标的 HTN 规划问题	158
8.3 考虑多评价指标的 HTN 规划方法	161
8.4 算例分析	168
8.5 本章小结	171
参考文献	172
第 9 章 HTN 规划中的应急资源缺项处理	173
9.1 引言	173
9.2 资源缺项相关定义	174
9.3 HTN 规划中的应急资源缺项处理方法	177

9.4 算例分析	180
9.5 本章小结	183
参考文献	183
第 10 章 基于 HTN 的分布式协作任务规划	185
10.1 引言	185
10.2 基于 HTN 的分布式协作任务规划框架和协调机制	188
10.3 基于 HTN 的协作任务规划方法	191
10.4 算例分析	194
10.5 本章小结	198
参考文献	199
第 11 章 应急响应动态条件下的 HTN 规划	201
11.1 应急响应过程动态性特征分析	201
11.2 规划过程与执行过程的交互	202
11.3 带优先级的异步应急目标处理	204
11.4 应急资源执行异常处理	208
11.5 本章小结	212
参考文献	212
第 12 章 三峡区域综合防洪应急协同决策模拟系统	214
12.1 模拟系统开发的背景	214
12.2 系统目标与分析	215
12.3 系统关键技术及开发环境	222
12.4 系统功能	227
12.5 系统案例	234
12.6 本章小结	245
参考文献	248

目前,我国正处在经济社会转型期,社会不稳定因素增多,各类突发事件时有发生,且呈上升趋势。2003年爆发的“非典”、2008年南方地区冰冻雨雪灾害和“5·12”汶川大地震、2010年玉树地震和舟曲特大泥石流、2012年北京“7·21”特大暴雨灾害等重大突发事件的发生给我国的经济和社会造成了严重冲击,带来了巨大的经济损失和严重的社会问题,引起了我国政府的高度重视。2006年1月,国务院发布了《国家突发公共事件总体应急预案》,2007年8月公布了《中华人民共和国突发事件应对法》。突发事件可能导致的灾难性后果对应急组织如何采取有效的应急管理手段和措施提出了挑战。应急响应决策是应急管理的重要环节,由于应急响应决策问题具有协作性、动态性、时效性和层次性等特点,运用传统的决策方法无法对其进行有效处理。本章从应急管理的基本概念出发,探讨了应急响应决策过程、关键要素及其决策方法,并以此为基础提出了基于HTN规划的应急响应决策方法。

1.1 应急管理的基本概念

虽然人类社会自古以来就在不断地应对各类突发事件,但应急管理作为一个专门的研究和应用领域的却不长^[1],其中仍存在大量的问题有待解决,远未达到完善的程度。本节从突发事件的定义、分类及特点出发,阐述了应急管理的四个阶段,并整理和总结了国内外应急管理的主要研究机构和应急管理的核心科学问题。

1.1.1 突发事件的定义、分类及特点

1. 突发事件的定义

依据《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》，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、事故灾害、公共卫生事件和社会安全事件。按照社会危害程度、影响范围等因素不同，自然灾害、事故灾害和公共卫生事件分为特别重大、重大、较大和一般四级。相应地，预警级别由高到低划分为特别重大（Ⅰ级）、重大（Ⅱ级）、较大（Ⅲ级）和一般（Ⅳ级）四个级别，并依次采用红色、橙色、黄色和蓝色加以表示。

与突发事件相关的英文单词包括“emergency”、“crisis”、“disaster”、“hazard”和“incident”。其中，“emergency”最为常用。“emergency”在《牛津英语词典》的定义为“a serious, unexpected, and often dangerous situation requiring immediate action”，在《朗文当代高级英语辞典》中的定义为“an unexpected and dangerous situation that must be dealt with immediately”。根据联合国《2009 UNISDR 减轻灾害风险术语》^[2]，“crisis”、“disaster”、“hazard”和“incident”的具体含义如下。

(1) crisis(危机)。危机主要是指面临的严峻困难和危险，与突发事件意义相近，但更加强调整态势处在危险与机遇的转折点。

(2) disaster(灾害)。灾害是指社区或社会功能被严重打乱，涉及广泛的人员、物资、经济或环境的损失和影响，且超出受到影响的社区或社会动用自身所具备的资源进行应对的能力。灾害强调了损失和影响，并不一定具有突发性；突发事件具有突发性，合理有效地应对可以避免突发事件演变成灾害性事件。

(3) hazard(致灾因子)。致灾因子是指某种危险的现象、物质、人的活动或局面，它们可能导致对人员生命或健康的伤害、财产或生活的损失、社会经济的扰乱以及环境破坏。致灾因子是可能导致灾害的各种风险隐患，及时发现和处理对突发事件应对的有效性至关重要。

(4) incident(事件)。在应急管理的相关文献中，“incident”用来表述突然发生的可能造成损失的某一事件。一般意义上的中性事件往往用“event”表述。

2. 突发事件的分类

对突发事件的分类，目前国际上尚无统一的分类标准^[3]。我国的《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》根据突发事件发生的原因、机理、过程、性质和危害对象不同，将突发事件分为四类。

(1) 自然灾害。自然灾害的本质特征是其由自然因素直接所致，主要包括水旱灾害、气象灾害、地震灾害、地质灾害、海洋灾害、生物灾害和森林草原火灾等。

(2) 事故灾害。事故灾害的本质特征是其由人们无视规则的行为所致，主要包括工矿商贸等企业的各类安全事故、公共设施和设备事故、核与辐射事故、环

境污染和生态破坏事件等。

(3)公共卫生事件。公共卫生事件的本质特征是其由自然因素和人为因素共同所致,主要包括传染病疫情、群体性不明原因疾病、食品安全和职业危害、动物疫情以及其他严重影响公众健康和生命安全的事件。

(4)社会安全事件。社会安全事件的本质特征是其由一定的社会问题诱发,主要包括恐怖袭击事件、民族宗教事件、经济安全事件、涉外突发事件和群体性事件等。

这四类突发事件往往是相互交叉和关联的,某类突发事件可能与其他类别的事件同时发生,或者引发次生、衍生事件,应当具体分析、统筹应对。

在美国,有学者将突发事件分为两类^[3]:①一般紧急事件,包括火灾、车祸和骚乱等;②特殊紧急事件,包括自然灾害(如地震、火山爆发、飓风、洪水、龙卷风和森林大火等)、人为灾害(如危险品运输、空难、建筑事故、公共卫生事件、大规模杀伤性武器以及恐怖活动等)。

也有学者认为,突发事件具有无规则、突发性、大规模、后果巨大的特点,大致可分为四类:①自然灾害,如地震、洪水、飓风、龙卷风、超高温或者超低温等;②技术发展型灾害,如大面积火灾、化学毒物泄漏、恶性传染性疾病、爆炸和对信息网络的攻击等;③社会秩序型灾害,如战争、投毒、恐怖活动、社会动荡和大型集会骚乱等;④大规模毁灭性武器,如生化武器、细菌武器和核武器等。

英国国内民防法将突发事件分为三类^[3]:①人民福利类突发事件,包括人类疾病、对财产造成损害、对民生保障设施造成破坏等方面的事件或情况;②环境类突发事件,包括污染、洪水以及生态破坏或毁灭等方面的事件或情况;③安全类突发事件,包括战争、武装冲突以及恐怖事件等。

加拿大紧急状态法将突发事件分为四类^[3]:①公共福利类突发事件,主要是由已经发生或即将发生的火灾、洪水、干旱、风暴、地震及其他自然因素,人类和动植物疾病,事故或者污染等所引起的事件;②公共秩序类突发事件,是指严重威胁社会安全和利益的事件;③国际突发事件,是指由恐吓、威胁行为或者重大武力、暴力的使用或即将使用而引起的,涉及加拿大和一个以上其他国家的事件;④战争类突发事件,是指由已经发生或即将发生的战争或武装冲突所引起的,涉及加拿大或其任何盟国的事件。

俄罗斯联邦紧急状态法将突发事件分为两类^[3]:①暴乱类突发事件,包括武装暴动、大规模骚乱和恐怖行动等;②自然原因或技术原因造成的突发事件,包括人畜流行病、灾难、自然灾害及其他灾害引起的事件。

3. 突发事件的特点

突发事件一般具有突发性、危害性、紧迫性、不确定性和复杂性等基本

特点。

(1)突发性。事件发生的真实时间、地点和危害难以预料，往往毫无征兆或征兆很少，超出人们的心理惯性和社会的常态秩序，如美国的“9·11”事件。突发性导致事件信息在发生时刻高度缺失，人们难以迅速制定有效的应对措施，这增加了决策者判断、控制和处理突发事件的难度。

(2)危害性。突发事件给人民的生命财产或者给国家、社会带来严重危害，这种危害往往具有社会性，受害主体也往往具有群体性，而且这样的危害短时间内会在大范围内蔓延，滋生出更严重更广泛的危害。例如，2004年12月26日的印度洋海啸，由印度尼西亚苏门答腊以北的海底发生的里氏9.1级大地震引发，海啸高达30米，在几个小时之内蔓延数十个国家，对东南亚及南亚地区造成重大伤亡，遇难人数近30万人。

(3)紧迫性。突发事件突然发生且迅速发展，进程极快，从预兆、萌芽、发生、发展、高潮到结束周期非常短暂。虽然突发事件通常是由一系列小事件逐渐发展而来，有一个量变过程，但事件一旦发生质变而爆发，其破坏性能量就会被迅速释放，且快速蔓延，解决问题的时机稍纵即逝，如不及时采取应对措施将会造成更大的损失和危害。

(4)不确定性。突发事件是小概率事件，其发生和发展机理不清楚，演化规律不明确，导致人们很难预知事件的发展趋势，这些不确定信息增加了应急决策的难度和风险。事件的发展和可能的影响往往是根据既有经验和措施难以判断和掌控的，处理不当就可能导致事态迅速扩大。

(5)复杂性。突发事件的起因复杂，往往是政策、经济、社会等因素相互交织，而且突发事件会蔓延、演化，导致“涟漪反应”、“连锁反应”和“裂变反应”。例如，2011年3月日本东北部地震引发海啸，影响到太平洋沿岸的大部分地区，并造成日本福岛第一核电站发生核泄漏事故。

1.1.2 应急管理的四个阶段

应急管理作为一门新兴的学科，目前还没有一个统一的定义。我们认为，应急管理是指为了降低突发事件的危害，政府及其他公共机构在减灾、备灾、应急响应和灾后恢复等过程中，应用科学、技术、规划与管理等手段，集成社会各方面资源，采取的一系列必要措施和有关活动。这些措施和活动主要包括：制订预案，建立预防机制，防患于未然；加强监控和预警预报工作，防御突发事件的扩散；组织各方面力量，采取有力措施控制事态发展，开展应急救援工作，努力减轻和消除损失；做好事后恢复和重建工作，尽快恢复正常秩序。

应急管理过程一般包括减灾、备灾、应急响应和灾后恢复四个阶段，如图1.1所示。应急管理的“四阶段理论”是1978年美国州长联合会(National Gover-