

“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

应急资源配置决策的 理论、方法及应用

刘南 葛洪磊◎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

应急资源配置决策的 理论、方法及应用

刘南 葛洪磊◎著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统介绍了应急资源配置决策方面的国内外前沿课题与最新研究成果。本书综合运用物流系统理论、区域灾害系统理论、应急管理理论及统计决策理论,分析突发事件演化机理和应急资源配置的分类、特性与系统构成,基于应急资源配置模型现有的研究基础和不足,分别建立了应急资源配置的效率分析模型、效率和公平分析模型两大类模型,系统地解决应急资源配置的各类问题。本书针对每一个模型的特征,设计有效的算法并进行算例分析,对各类应急资源配置优化模型进行比较,为突发事件应急资源配置体系的建立与实施提供理论依据和政策启示。与国内外已出版的同类书籍相比,本书在前期成果的基础上,将进一步完善应急管理理论中资源配置优化决策的学术领域、内容范围、研究范式、实践应用。

本书可作为物流管理、应急管理、公共管理、灾害学、系统工程等专业的研究生教材和本科生选修教材,也可供政府应急管理部门、应急政策规划编制部门、应急处置与救援部门的技术人员参考。



应急资源配置决策理论 方法及应用 / 刘南, 葛洪磊
科学出版社 8

(公共安全应急管理丛书)
ISBN 7-03-04

I. ①应… II. ①刘… ②葛… III. ①突发事件—物资调度—
资源配置—研究 IV. ①F253.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 169240 号

责任编辑:方小丽 / 责任校对:范杰锋
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

*

2015 年 9 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2015 年 9 月第一次印刷 印张: 14 1/2

字数: 292 000

定价: 78.00 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

序

刘南教授邀请我为该书写一个序，甚感荣幸！刘教授的邀请或许是因为我最早与一批学者一起建议国家自然科学基金委员会要高度重视对应急管理研究领域的资助，后来有了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。在应急管理领域，我与刘铁民研究员等主编的《突发性灾害对我国经济影响与应急管理研究：以 2008 年雪灾和地震为例》一书也是国内出版比较早的这个研究领域的学术著作。

在应急管理领域，我们讲的“突发事件”是指突然发生的、造成或者可能造成重大人员伤亡、财产损失、生态环境破坏和严重社会危害，危及公共安全的事件。突发事件包括自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件等。我国是世界上自然灾害最严重的国家之一，灾害种类多，地震、洪水、台风等灾害经常发生；除突发性自然灾害外，公共卫生事件、生产事故、交通事故、森林火灾等突发事件也时有发生，给人民的生命和财产造成了巨大损失。目前，突发事件应急管理已经成为管理科学、信息科学、行为科学和安全科学等学科交叉研究的热点领域。在这一背景下，国家自然科学基金委员会于 2009 年正式启动了“非常规突发事件应急管理研究”重大研究计划，有力地推动了我国应急管理科学的研究与发展，促进了我国应急管理决策科学化，提升了政府应急管理能力建设。

应急资源配置系统是应急管理体的支撑系统，科学有效的应急资源配置决策方案为应对突发事件，提升应急救援、减灾救灾能力提供了物质基础。在应急资源配置系统中，应急物资资源、人力资源、财力资源、信息资源四类资源的配置是相互影响、相互支持、相互制约的：应急物资是其他应急资源的载体；应急人力是其他应急资源配置的决策者和执行者；应急财力是其他应急资源的有力支撑；应急信息则是其他应急资源配置的依据。每一种应急资源的缺乏都会影响其他应急资源的配置效率，从而导致应急管理和处置的失败。因此，在理想状态下，应该将四类应急资源的配置统筹考虑、整合优化。同时，应急资源的筹备、布局、储备与调度等配置环节也是相互影响、相互支持、相互制约的：应急资源的筹备依据是应急资源的整体布局与储备决策；而应急资源的布局与储备决策需要考虑未来的应急资源需求和调度方案；应急资源调度方案则依赖于平时状态的应急资源布局和储备，以及战时状态应急资源的紧急筹备。应急资源每一个配置

环节的低效率同样也会导致应急管理和处置的失败。因此,在理想状态下,应该将应急资源的筹备、布局、储备与调度等多个配置环节统筹考虑、动态优化。

与一般的资源配置决策不同,应急资源配置决策需要充分考虑突发事件的特性、演化机理和规律。突发事件具有突发性、紧急性、高度不确定性、影响社会性、扩散性等特征。针对这些特征,应急资源配置决策需要解决以下重要问题:①应急资源配置的快速有效决策问题;②应急资源配置的不确定决策问题;③基于社会准则的应急资源配置决策问题;④动态、复杂应急资源配置决策问题。该书大部分篇幅用于探讨这些应急资源配置决策的前沿问题。

应急资源配置决策的最终目的是降低受灾点受灾人员的生命和财产损失,因此首先关注配置效率。应急资源配置的公平性问题在实践中被置于非常重要的地位,而在理论研究中却往往被忽略。鉴于此,该书考虑不同的路网结构、灾情信息特征分别建立了应急资源配置的效率分析模型、效率和公平分析模型两大类模型,并对其求解结果进行了效率和公平评价。其中,路网结构首先考虑具有单出救点或单受灾点的简单路网,然后扩展到具有多出救点、多受灾点的复杂路网。灾情信息特征则考虑灾情信息的动态变化与实时更新。尽管该书没有按照应急资源配置系统的流程展开,但是建立的各类应急资源配置决策模型可以用于解决应急设施布局、资源储备、资源调度、效果评估、动态调整、信息处理、预案设计等一系列应急资源配置及其相关活动,形成了一个相互关联的系统。

需要特别指出的是,该书基于突发事件的演变规律,分析了应急资源配置决策的不可逆特征,在突发事件灾情信息不断观测和更新的条件下,将贝叶斯统计决策分析与运筹优化决策分析结合起来,建立了具有信息更新特性的应急资源配置决策模型,将统计决策中最优停止问题的求解方法与随机规划求解方法相结合,设计了具有信息更新特征的动态随机算法,同时求解出最优决策时间和最优资源配置方案。这不仅是对应急资源配置决策问题研究的一大贡献,而且打开了将贝叶斯统计决策分析与运筹优化决策分析有机结合起来的一扇大门,还为不可逆决策问题的解决提供了一把钥匙,应用的前景非常广阔。

刘南教授本科期间,其专业为数学,在美国伊利诺伊大学获得经济学博士学位,主要研究领域是交通运输与物流供应链管理,在该领域著名学术刊物上发表了多篇高水平论文。该书总结了他和合作者多年的研究成果,是一部全面、深刻论述应急资源配置决策理论、方法与应用的学术专著。该书也是将统计与运筹决策理论方法应用于实际应急资源配置问题的一个典范,有效地进行了学科交叉和知识体系集成,探索了应急管理理论体系的构建路径,创新了应急决策建模理论与方法,优化了应急决策算法设计。相信该书的出版将会在应急管理领域产生重要影响。

当然，考虑到建模和求解的难度，该书的研究工作重点在应急物资和应急信息两类资源的配置决策方面。随着研究的进一步深入，应急资源配置的决策优化还需要统筹考虑应急物资资源、人力资源、财力资源、信息资源四类资源的筹备、布局、储备与调度等多个配置环节。也希望该书的出版能有效地推动这个重要方向的研究与发展。

第三世界科学院院士、国际系统与控制科学院院士 汪寿阳

前 言

我国是世界上自然灾害最严重的国家之一，灾害种类多，地震、洪水、台风等灾害均有发生；分布地域广，我国有70%以上的城市、50%以上的人口分布在气象、地震、地质和海洋等自然灾害严重的地区；发生频率高，我国受季风气候影响强烈，气象灾害频繁，同时也是世界上大陆地震最多的国家之一，而且森林和草原火灾时有发生；灾害损失严重，1990~2008年的19年间，我国平均每年因各类自然灾害造成约3亿人次受灾，倒塌房屋300多万间，紧急转移安置人口900多万人次，直接经济损失2000多亿元人民币（中华人民共和国国务院办公厅《中国的减灾行动》白皮书，2009年5月）。除突发性自然灾害外，公共卫生事件、生产事故、交通事故、森林火灾等突发事件也时有发生，给人民的生命和财产造成了很大损失。在应对突发事件的过程中，为了降低突发事件的危害，达到优化决策的目的，需要进行科学有效的应急管理，即基于对突发事件的原因、过程及后果的分析，有效集成社会各方面的资源，对突发事件进行有效预警、控制和处理。而应急管理的核心就是要对各种资源进行组织和利用，优化应急资源的配置决策。

本书综合运用物流系统理论、区域灾害系统理论、应急管理理论及统计决策理论，分析突发事件演化机理和应急资源配置的分类、特性与系统构成，基于应急资源配置模型现有的研究基础和不足，分别建立了应急资源配置的效率分析模型、效率和公平分析模型两大类模型，系统地解决应急资源配置的各类问题。本书针对每一个模型的特征设计了有效的算法并进行了算例分析，对各类应急资源配置优化模型进行比较，为突发事件应急资源配置体系的建立与实施提供了理论依据和政策启示。

本书共分四篇。第一篇为应急资源配置决策理论基础与研究现状，包括第1~3章，提出了需要解决的应急资源配置问题，分析了应急资源配置系统的结构及其特征，回顾了应急资源配置决策模型的研究基础。第二篇为应急资源配置决策效率分析，包括第4~7章，根据不同的路网结构、需求信息特性分别建立了以效率目标为决策准则的应急资源配置模型。第三篇为应急资源配置的效率和

公平分析,包括第8~9章,根据不同的路网结构、需求信息特性分别建立了以效率目标和公平目标为决策准则的应急资源配置模型,并对其求解结果进行效率和公平评价。第四篇为应急资源配置决策研究展望,包括第10章,比较各类模型的特征,分析了其在应急资源配置系统中的作用,并提出了研究展望。同时,在第4~9章应急资源配置决策建模部分,对每一个模型先进行情景描述,然后构建模型并设计算法,最后针对地震等突发事件进行案例分析或算例分析,并尽量采用实际数据,以期实现管理科学与实践应用的结合。

与国内外已出版的同类书籍相比,本书在前期成果的基础上,将进一步完善应急管理理论中资源配置优化决策的学术领域、内容范围、研究范式、实践应用。本书的特色表现在以下几方面:①在学术领域上,本书具有跨学科的特征,涉及突发事件演化的灾害机理、应急资源配置优化决策、灾害信息更新等灾害学、管理学、信息科学和统计决策问题,是多学科领域的交叉研究成果。②在内容范围上,本书将应急资源配置作为一个系统进行研究,建立了应急资源配置的效率分析模型、应急资源配置的效率和公平分析模型等(包含15个具体模型),系统地解决了应急资源配置中的出救点定位、应急资源储备、应急资源预分配、应急资源分配、运输方式与车辆类型选择、效率与公平评价、决策时机选择等各类现实问题。③在研究范式上,基于区域灾害系统理论,结合突发事件的演变规律,本书将资源的空间特性、决策信息和决策时间三个重要因素一同纳入应急资源配置优化决策的分析框架,求解应急资源配置优化决策模型的最优资源配置量、最优决策时间、系统损失及公平度。④在实践应用上,本书突出了用模型方法解决实际应急问题的能力,主要针对地震等自然灾害进行案例分析或实例(算例)分析,并尽量采用实际数据,以期实现管理科学与实践应用的结合。

本书部分内容是国家自然科学基金面上项目“城市应急物流中不完全扑灭的多商品分配问题研究(项目编号:70771100)”、国家自然科学基金重大研究计划培育项目“基于组群信息刷新的非常规突发事件资源配置优化决策研究(项目编号:90924023)”的研究成果,因此本书凝聚了课题组成员的辛勤劳动,谨此一并致谢!本书主要由浙江大学管理学院刘南教授和浙江大学宁波理工学院葛洪磊博士合作完成。浙江大学管理学院博士研究生詹沙磊、叶永,硕士生唐康,浙江科技学院庞海云博士等参与了本书的编写,本书的部分研究成果来源于他们的学位论文,在此深表谢意!

本书在写作过程中参考借鉴了部分国内外有代表性的研究成果,作者尽可能将其列在参考文献中,在此对这些研究学者表示真挚的感谢!

限于作者的学术水平,书中不足之处恳请读者不吝指正。

目 录

第一篇 应急资源配置决策理论基础与研究现状

第 1 章 绪论	3
1.1 应急资源配置问题的提出	3
1.2 本书的内容与结构	14
第 2 章 应急资源配置系统分析	17
2.1 应急管理体系	17
2.2 应急资源及其特性	22
2.3 应急资源配置	30
2.4 应急资源配置系统	41
第 3 章 应急资源配置决策模型回顾	44
3.1 资源配置决策模型	44
3.2 应急资源配置决策模型	55
3.3 本章小结	67

第二篇 应急资源配置决策效率分析

第 4 章 简单路网单周期应急资源分配的贝叶斯序贯决策模型	71
4.1 情景描述	71
4.2 模型构建	72
4.3 算法设计	77
4.4 结果讨论	80
4.5 模型应用	85
4.6 本章小结	95
第 5 章 简单路网多周期应急资源分配的贝叶斯序贯决策模型	97
5.1 模型构建	98

5.2	模型求解	101
5.3	模型应用	105
5.4	本章小结	111
第6章	复杂路网应急资源分配决策模型	113
6.1	基于多级分配网络的应急资源分配决策模型	113
6.2	基于多种运输方式的应急资源分配动态决策模型	121
6.3	本章小结	130
第7章	基于动态需求的应急资源分配决策模型	131
7.1	基于动态需求的简单路网应急资源分配模型	132
7.2	基于动态需求的复杂路网应急资源分配模型	139
7.3	模型应用	149
7.4	本章小结	153

第三篇 应急资源配置的效率和公平分析

第8章	简单路网应急资源分配决策的效率-公平模型	157
8.1	基本的应急资源分配效率模型	158
8.2	具有非线性目标函数的应急资源分配效率模型	163
8.3	具有公平约束的应急资源分配效率模型	165
8.4	应急资源分配的效率-公平均衡模型	168
8.5	本章小结	173
第9章	复杂路网应急资源定位-分配决策的随机规划模型	175
9.1	基于模糊目标规划的应急资源定位-分配随机规划模型	176
9.2	基于灾情信息更新的应急资源定位-分配随机规划模型	184
9.3	本章小结	194

第四篇 应急资源配置决策研究展望

第10章	应急资源配置决策模型比较分析与研究展望	199
10.1	各类应急资源配置决策模型比较分析	199
10.2	各类应急资源配置决策模型在应急资源配置系统中的功能	202
10.3	研究展望	203
参考文献	204

第一篇

应急资源配置决策理论
基础与研究现状

