

王 晶◎著

基于协调优化与区域划分的 应急物资储备问题研究

J IYU XIETIAO YOUHUA YU QUYU HUAFEN DE
YINGJI WUZI CHUBEI WENTI YANJIU

王 晶◎著

基于协调优化与区域划分的 应急物资储备问题研究

J IYU XIETIAO YOUHUA YU QUYU HUAFEN DE
YINGJI WUZI CHUBEI WENTI YANJIU



知识产权出版社
全国百佳图书出版单位

内容提要

本书阐述了应急物资储备协调优化定义,给出了应急物资储备体系协调优化的总体和细化目标,研究了储备体系构成要素与突发事件组成要素之间的协调对应关系。分析了通过区域化应急物资储备解决协调优化目标的必要性,提出常规和大规模突发事件区域内储备保障、超大规模突发事件区域内与区域间联合物资保障模式的可行性,并运用数学模型的方法解决了以下三个关键问题:第一,利用空间聚类方法研究应急物资储备区域划分问题,对我国应对自然灾害的区域划分问题进行示例研究,给出了我国区域划分的合理解释与初步建议;第二,利用双层规划数学模型解决区域内多级的应急物资储备问题;第三,利用鲁棒优化方法研究超大规模突发事件应急物资保障问题,以期为我国应急物资储备体系规划提供理论和决策建议。

责任编辑:宋云

图书在版编目(CIP)数据

基于协调优化与区域划分的应急物资储备问题研究/王晶著. —北京:
知识产权出版社, 2012. 5
ISBN 978-7-5130-1303-1

I. ①基… II. ①王… III. ①物资储备—应急系统—研究
IV. ①F253.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第082445号

基于协调优化与区域划分的应急物资储备问题研究

王晶 著

出版发行: 知识产权出版社

社址: 北京市海淀区马甸南村1号

网址: <http://www.cnipr.com>

发行电话: 010-82000893 82000860 转 8101

责编电话: 010-82000860 转 8388

印刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开本: 787mm × 1092mm · 1/16

版次: 2012年6月第1版

字数: 125千字

邮 编: 100088

邮 箱: bjb@cnipr.com

传 真: 010-82000860 转 8386

责编邮箱: songyun@cnipr.com

经 销: 新华书店及相关销售网点

印 张: 10.5

印 次: 2012年6月第1次印刷

定 价: 30.00元

ISBN 978-7-5130-1303-1/F · 528 (4173)

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题,本社负责调换。

摘 要

近年来频发的突发事件已经成为严重影响社会发展的重要因素之一，发生在我国的 2008 年冰冻雪灾、“5·12”汶川大地震、2010 年的玉树地震、舟曲泥石流以及 2011 年新西兰地震和日本 9.0 级大地震所引发的海啸、核电站泄漏等一系列事件无疑使应急管理再次成为研究的热点。应急物资储备问题的研究在应急管理中具有重要的地位和意义，它关系着救灾过程的顺利实施。本书通过数学模型的方法来研究协调优化目标下应急物资储备的问题。

本书首先给出了应急物资储备协调优化定义与因素分析，分析了储备体系协调优化的总体目标和细化目标，利用系统分析的方法研究了储备体系构成要素与突发事件组成要素之间的协调对应关系。分析了通过区域化应急物资储备解决协调优化目标的必要性，以及常规和大规模突发事件区域内储备保障、超大规模突发事件区域内与区域间联合物资保障模式的可行性及待解决的基本问题。在此基础上通过数学模型的方法解决了以下三个基本问题：

第一，利用空间聚类方法研究应急物资储备区域划分问题。区域划分问题是一体化区域资源保障体系建设的首要 and 关键问题。我们对对应自然灾害的区域划分问题进行探讨，对空间聚类方法解决该问题的可行



性进行分析,给出了动态聚类算法解决应急物资储备区域划分问题,以使得划分后区域内建立的储备体系可以更多考虑区域自身的特点,建立适合区域特点的储备体系,通过属性数据提取,对我国应对自然灾害的区域划分问题进行示例研究,给出了我国区域划分的合理性解释与初步建议。

第二,利用双层规划数学模型解决区域内多级应急物资储备问题。双层规划模型解决了如何在区域内建立省市两级相互补充、多灾难情景下的应急物资储备,并给出了基于粒子群的双层迭代模型求解算法。最后通过算例说明了模型和算法的有效性,结果体现了储备成本与救援效率之间的均衡,对以成本最低为目标的情况下区域内多级应急物资储备进行了模型定量的研究。

第三,利用鲁棒优化方法研究超大规模突发事件应急物资保障问题。对于类似于汶川地震的超大规模的突发事件,其应急物资的供应需要区域内和跨区域的联合保障,分析了超大规模突发事件应急物流系统的特点,采用相对鲁棒优化方法建立数学模型解决了超大规模突发事件应急物资需求不确定、多阶段下应急配送中心选址、物资配送网络搭建和配送计划安排以满足应急物资的需求,同时使得我们的决策能够体现最优性与不确定需求信息下鲁棒性的均衡。

最后,对本书的研究工作进行总结,并对以后的研究进行展望。

ABSTRACT

In recent years the frequent emergencies have become one of the important factors which influenced our social development. The frozen snow, “5 · 12” Wenchuan earthquake in 2008, Yushu earthquake, Zhouqu Debris Flow Disaster in 2010 and New Zealand earthquake, Japan 9.0 magnitude earthquake which triggered the tsunami, nuclear power station leakage in 2011, all those undoubtedly make emergency management become a research hotspot once again. Emergency resources storage takes an important position in emergency management research, which decides whether the disaster relief process can be carried out smoothly. This book aim to study the emergency resources storage from the wordinated optimization perspective through mathematical model.

The definition of emergency resources storage coordination optimization and factors analysis are given in the beginning. We analyse the overall goal and detailed goals of resourses storage optimization. We study the corresponding relationship between the index of the resources storage and the refined elements of emergencies from systematic perspetive. We analyse the necessity of regional emergency resources storage then we put forward the mode that con-



ventional and large scale emergencies is responded within the region while the extra – large scale emergencies by region – jointly coping strategy. On this basis three key problems are put forward which intended to be solved through mathematical model.

Firstly, spatial clustering method is used to solve the emergency resources storage region division problem. Emergency resources storage region division is of primary and key problem for this issue. The feasibility of spatial clustering method is analysed and dynamic clustering algorithm is put forward to solve the emergency resources storage division for natural disasters responding in order to better make regional emergency responding plan and establish emergency resources storage according to its own regional characteristic. Through attribute data extraction, the sample research for natural disasters region division in our country is given, and the rationality of region division and suggestions are given.

Secondly, the bi – level programming mathematical model for solving regional multi – level emergency resources storage is studied. The Bi – level programming model and the double iterative PSO algorithm is given to illustrate how to establish provinces and cities two – level resources storage which is suitable for kinds of disaster scenarios. Then numerical example is given to illustrate the effectiveness of the proposed model and algorithm, the results reflect the balance between cost and rescue efficiency, and we give a quantitative study for multi – level emergency resources storage within the region.

Thirdly, the robust optimization method is used to study emergency resources assurance for the extra – large scale emergency. The extra – large scale



emergency such as the Wenchuan Earthquake, emergency resources supply needs to be satisfied both within its region and across region, we analyse the extra – large scale emergency logistics system, and use the relative robust optimization method to establish the mathematical model to solve the distribution center location, forming resources distribution network and multi – stage distribution plan problem under demand uncertainty, meanwhile the result can get the equilibrium between optimality and robustness under resources demand uncertainty.

Achievements of the research are summarized in the end of the thesis and also future work directions are drawn.



目 录

第一章 绪论

1.1 研究背景	3
1.2 应急物资储备面临的问题	8
1.3 研究文献综述	13
1.4 研究目的及意义	27
1.5 主要内容与创新点	29

第二章 应急物资储备协调优化定义与因素分析

2.1 应急物资储备体系协调优化的定义	37
2.2 应急物资储备协调因素分析	39
2.3 一体化区域应急物资保障体系的概述与必要性	46
2.4 协调优化应急物资储备体系的思路与基本问题	49
2.5 小结	51

第三章 基于空间聚类的应急物资储备区域划分

3.1 应急管理区域化问题研究概述	55
3.2 问题描述	57



3.3	区域划分的原则、目标与属性选择	59
3.4	数学模型	62
3.5	示例研究	65
3.6	小结	74

第四章 基于双层规划的区域多级应急物资储备研究

4.1	问题描述	78
4.2	基于双层规划的多级应急资源布局模型	81
4.3	模型求解与算例研究	87
4.4	小结	96

第五章 基于鲁棒优化的超大规模突发事件应急物资保障研究

5.1	研究背景	99
5.2	超大规模突发事件的应急物流系统	100
5.3	超大规模突发事件物资保障应急配送中心选址鲁棒优化模型	104
5.4	模型求解与算例研究	111
5.5	小结	114

第六章 总结与展望

6.1	本书的主要结论	117
6.2	未来工作展望	119

参考文献	122
------------	-----

附录一 国家综合防灾减灾规划(2011~2015年)	133
----------------------------------	-----

附录二 按物资性质将应急物资分为十三类	153
---------------------------	-----

第一章

绪 论



1.1 研究背景

人类自诞生起就面临着许多不可预见的事情，生活中充满着不确定性。随着精神文明和物质文明的不断发展，人类对世界的认识也发生了翻天覆地的变化，由原来将突如其来的灾害归结为神灵对自身的惩罚，发展到现在对灾害的发生机理进行科学的研究，客观地认识和分析世界，这是人类文明巨大的进步。然而，随着人类认识世界和控制自然的能力不断提高，人与人、人与自然、社会组织之间的竞争和矛盾冲突也不断加剧。一方面，人类利用自身的聪明才智，运用先进的生产力创造出了现代文明，高耸挺拔的摩天大楼，迅速便捷的地下交通等，人类享受了舒适愉悦的生活；而另一方面，也因此积下了对自然界的亏欠，城市化进程加速了森林大面积的消失，对生态的严重破坏造就了沙漠的肆虐侵蚀等，这一切都埋下了种种隐患和风险。

进入 21 世纪以来，全球各地突发公共事件接踵而至，2001 年美国“9·11”恐怖袭击，2003 年的 SARS 疫情，2004 年印度洋海啸，2008 年的中国南方冻雨雪、“5·12”汶川大地震，2010 年的玉树地震、舟曲泥石流，以及 2011 年新西兰地震和日本 9.0 级大地震引发的海啸、核电站泄漏等突发公共事件频频发生，诱发因素日益多元化，这些事件的形式各种各样，其不良后果大多具有蔓延性、动态性、多样性等特点，影响领域也愈加广泛。

我国是世界上自然灾害最严重的国家之一。自然灾害种类多、分布



范围广、发生频率高，并呈现出多灾并发、群发和集中爆发的特征。一些历史罕见的重特大自然灾害近年来频繁发生，灾害损失持续加重，严重影响了经济发展和民生改善。全国 70% 以上的城市、半数以上的人口，分布在气象、地震、地质、海洋等自然灾害严重的地区。西北、华北等地区旱灾频发，东北、西南、华南等地的严重干旱时有发生，2/3 以上的国土面积受到洪涝灾害威胁，约占国土面积 69% 的山地和高原区域山洪、地质灾害频发，各省（自治区、直辖市）均有地质灾害分布，全国已查明的地质灾害隐患点 24 万处，地震、强降雨等导致西南、西北、华南等地地质灾害频发，东南沿海及部分内陆省份经常遭受热带气旋侵袭和影响，大陆沿海地区经常受到风暴潮影响，越来越多的地区遭受高温热浪袭击，重特大森林火灾和病虫害频繁发生，大多数省份发生过 5 级以上的破坏性地震。1990 ~ 2009 年 20 年间，我国因灾直接经济损失占国内生产总值的 2.48%，平均每年约有五分之一的国内生产总值增长率因自然灾害损失而抵消。

在全球气候变化背景下，自然灾害风险进一步加大。极端气候事件的时空分布、发生频率和强度出现新变化，干旱、洪涝、热带风暴、低温、冰雪、高温热浪、病虫害等灾害风险增加，崩塌、山洪、滑坡、泥石流等灾害呈现高发态势。自然灾害形成机理、发生规律、时空特征、损失程度和影响深度与广度出现新特点和新变化，各类灾害的突发性、异常性、难以预见性日显突出，自然灾害已经成为制约我国经济社会发展的重要因素之一。随着工业化、信息化、城镇化、市场化和国际化的发展，人口、资源和环境问题日益严峻，经济社会发展与自然灾害的相互耦合影响更加突出。近年来，我国工业化和城镇化进程明显加快，城镇人口密度增加，社会财富聚集，基础设施承载力超负荷，部分建筑物



达不到设防标准，城市管理还比较薄弱，造成城市对自然灾害有明显放大作用并不断出现新的特点。我国广大农村，尤其是中西部地区，经济社会发展还相对滞后，农村居民主要依靠农业及其他自然资源为生，受自然灾害的影响很大，不少农村人口因灾致贫或因灾返贫，自身抵御自然灾害的能力还很薄弱。同时，社会经济发展过程中，人为因素加重自然灾害风险的现象时有发生。

然而突发事件如果应对有效，能够遏制和化解突发事件造成的灾难，就可以减少以至阻止不良后果的蔓延、放大，保持社会心理健康和公民信心，加快恢复进程。如果对突发事件处理不当、应对不及时不充分，会影响我国的经济发展，同时也会对社会的稳定造成较大的冲击。

随着我国经济快速发展和现代化进程加快，各种传统的和非传统的、自然的和社会的安全风险将交织并存，应急管理工作形势险峻。因此，一个国家是否具备现代意义上的应急管理能力，能否应对突发事件，不仅关系到国家安全和社会稳定，更关系到人民的生命财产安全，还将对整个经济社会发展产生广泛而持续的影响。联合国已专门提出“与危机共存”的战略思维，强调将突发事件应急管理纳入社会和组织的常态管理中去。

自从第一个应急管理国际组织国际应急管理协会（The International Emergency Management Society, TIEMS）于1993年在华盛顿成立后，应急管理理论研究逐渐发展起来。随着突发事件的增多，应急管理在我国也得到了越来越多的重视。我国应急管理的发展始于2003年。2003年“非典事件”以后，国家认识到建立快速有效的应急反应机制的重要性，提高了对突发公共事件应对工作的重视程度，国务院提出了加快突发公共事件应急机制建设的要求。2005年，国家级的全面应急管理办



公室成立；2006年，国务院发布《国家突发公共事件总体应急预案》；2007年，国家颁布实施了《中华人民共和国突发事件应对法》；同年，党的十七大又进一步指出要完善突发事件应急管理机制。总的来讲，我国的应急管理体系建设的核心内容被简要地概括为“一案三制”，即应急预案，应急管理体制、机制和法制。2009年上半年开始，肆虐全球的“H1N1”甲型流感，在我国得到了较为有效的应对；2010年4月青海玉树地震对中国救援应急机制和动员能力的检验基本达到了“迅速、科学、有序”的评价。2011年国家制定的《国家综合防灾减灾规划“十二五”规划》和各部门制定的如《地震应急救援“十二五”规划》、《“十二五”道路运输应急体系建设规划》都对我国“十二五”期间的应急体系建设和应急响应能力提出了更高的要求。

在理论研究方面，国内各界学者也展开了很多工作，中国科学院、清华大学、北京师范大学等单位先后成立了多个应急管理科研团队，对包括突发事件的机理分析、应急物流体系结构、应急预案体系、模拟仿真、人员疏散、应急决策分析、灾害预警与监测等在内的诸多科学与管理问题展开研究，并取得了一些成果。国家自然科学基金委、科技部、交通部等都将应急管理作为重大课题立项研究。

不难看出，经过几年的努力，中国在应急管理制度建设和理论研究方面都取得了很大进展。但同时也应该看到，我国在应急管理工作方面起步较晚，基础相对薄弱，还有很长的路要走，进行自然灾害救援，突发事件处理研究仍然十分迫切。在取得一定成绩的同时，仍然需要加大力度从理论和实践两个角度提高对应急管理的认识。

应急管理研究中，应急资源管理建设的每一个环节都会涉及应急资源保障，如人力、物力、财力资源的储备，物资分类、储存管理、调拨



使用,救援装备的购置和研发情况,以及社会财物的捐赠管理。应急资源管理的重要性决定了应急物资储备问题的重要性,它是应急物流体系一系列环节中,处在最前面的一个环节,直接影响后面的应急资源调配管理,应急资源调度管理等步骤的顺利实施。对应急物流中的应急物资储备相关问题进行研究,既是我国高效率应对突发事件发生时,确保人民生命财产安全的需要,也是我国经济建设和社会稳定发展的必然需求。

应急物资储备的重要性在2008年“5·12”汶川大地震中得到了充分体现。地震发生后不到一天的时间,国家救灾办立即从合肥、郑州、南宁三个中央救灾物资储备库调运了3.5万顶帐篷和5000副担架运往灾区,援助受灾地区的人民群众,国家物资储备在这时候发挥了重要的作用。但是,在接下来的救灾过程中,源源不断的救灾物资和救援人员到达灾区,使得很短时间内应急物资和救援人员聚集。这些物资和救援人员分别属于不同的组织和部门,来自于不同的渠道、分属不同类型的物流,而且,由于道路交通受到严重损坏,许多抗震救灾物资、设备根本无法及时运抵所有灾区,没有统一的指挥调度,需求和供应的信息不明确,使得应急物资在流向和调运速度等方面均不同程度地受到不确定因素的影响。加之灾区各个收容点的需求也不尽相同,很难做到平衡的供需匹配,这无疑使得救灾过程处于杂乱无序状态,大大降低了救灾的效率。

应急物资储备的协调优化对提升应对突发事件的科技水平和应急能力具有非常重要的意义。2009年2月20日,中国国家自然科学基金委(NSFC)发布了两项重大研究计划,其中的一项是管理学部主管、信息学部和生命科学部共同参与的《非常规突发事件应急管理研究》。非常