

应急物资动员系统模型及 运行机理研究

YingJi WuZi DongYuan

XiTong MoXing Ji

YunXing JiLi YanJiu

李紫瑶 / 著

机理
研究



经济科学出版社
Economic Science Press

应急物资动员系统模型及 运行机理研究

YingJi WuZi DongYuan

XiTong MoXing Ji

YunXing JiLi YanJiu

李紫瑶 / 著



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

应急物资动员系统模型及运行机理研究 / 李紫瑶著.
—北京: 经济科学出版社, 2015. 6
ISBN 978 - 7 - 5141 - 5832 - 8

I. ①应… II. ①李… III. ①物资管理 - 系统模型 -
研究 IV. ①F251

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 127758 号

责任编辑: 段 钢
责任校对: 王苗苗
版式设计: 齐 杰
责任印制: 邱 天

应急物资动员系统模型及运行机理研究

李紫瑶 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京万友印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 13.75 印张 250000 字

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 5832 - 8 定价: 42.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

前 言

要促进国民经济动员应急功能的长效建设，摸索出和平时期国民经济动员与经济社会协调发展的可行之路，就要着眼于国民经济动员的工作重点——保障危态时应急物资的超常规供给，理顺国民经济动员体系与供应链体系之间的协作关系，廓清国民经济动员应急功能的运行机理，关注国民经济动员应急功能的一些关键问题，应急物资动员系统的研究即是为解决这些问题而提出的。本书旨在诠释应急物资动员系统运行机理过程，为应急物资动员系统的构建提供动员能力、网络结构、流程方面的方法和模型支持，为研究和优化应急物资动员系统奠定基础，为进一步开发应急物资动员决策支持系统提供理论和模型支持。

本书采取“总分结合”的研究思路。首先从总体上把握应急物资动员系统，澄清应急物资动员系统的基本理论和概念内涵；然后从三层/五维衔接机理和四层调控机理来诠释应急物资动员系统运行机理。最后围绕应急物资超常规供给这一目标，分别构建动员能力模型、网络结构模型和流程模型，并依次深入研究每一个子问题，以应急帐篷动员作为通例，研究动员系统的动员能力并提出政策性建议，分析动员系统的网络结构演变并提出结构鲁棒性增强策略，探讨动员系统的工作流程、运行性能并提出优化建议。

研究表明：

(1) 应急物资动员系统是以危态时应急物资超常规供给为目的，在经济动员机构的协调下，以动员企业为核心，将应急物资供

应链各环节进行有序链接而形成的应急物资保障系统。

(2) 应急物资动员活动实质上包括两类不同性质的活动：一是国民经济动员工作的组织与管理活动，其目的是推动和保障应急物资供应活动的顺利展开，二是作为被动员对象的社会企事业单位承担的应急物资供应活动，两类行动相互交叉、相互作用，共同实现为应急提供资源保障的目标。

在常态与危态两种不同状态下，这两类活动各有不同的目标和重点，因此应急物资动员活动再现出“ 2×2 ”模式，即（常态、危态） $\times$ （应急物资动员、应急物资供给），由此形成四个子系统，本书重点研究了危态下的两个子系统。

(3) 需求、国民经济动员、供给、空间和价值是构建应急物资动员系统的五个关键维度，三个层次指五个维度衔接的内层、核心层和外层，三层 / 五维衔接机理说明了应急物资动员系统运行机理的内在规律。

四层调控分别指微观层、中观层、宏观层和对接机制层的调控，四层调控说明了应急物资动员系统运行机理的现实作用规律。

四大子系统指常态应急物资管理子系统、常态应急物资供应链子系统、危态应急物资管理子系统、危态应急物资供应链子系统，四大子系统是内在规律和现实调控共同作用的结果。

(4) 动员能力模型是确定危态下动员供给瓶颈的有效手段，对相关影响因素和动员能力的分析有助于利用此模型有针对性地制订相应的政策以保证应急物资动员活动的顺利展开；应急物资动员网络结构模型是分析其鲁棒性的重要工具，对其结构演变分析可以得出网络结构的无标度特性、静态统计指标和鲁棒性，并给出网络结构鲁棒性增强策略；通过综合运用 UML 序列图和广义随机 Petri 网方法构建的流程模型，是分析应急物资动员系统流程及其性能的有效途径，有助于理清国民经济动员活动、应急物资供给活动及其关系，并提出流程优化建议。

本研究得到了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”培育项目“应对非常规突发事件社会救援资源动员理论及机制构建研究”(91024019)的资助。

作者

2015年4月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 选题依据	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究目的和意义	3
1.2 国内外相关理论研究综述	6
1.2.1 国民经济动员相关理论研究综述	6
1.2.2 应急物资动员相关理论研究综述	9
1.2.3 前人研究成果评析与本书研究立意	15
1.3 研究方法和思路	17
1.4 研究内容及结构框架	18
1.5 本章小结	21
第2章 应急物资动员系统理论研究	22
2.1 应急物资概述	22
2.1.1 应急物资分类	22
2.1.2 应急物资供需特点	24
2.1.3 应急物资筹集来源	25
2.2 应急物资动员系统的理论基础	26
2.2.1 系统论	26
2.2.2 供应链理论	27
2.2.3 敏捷动员和动员联盟理论	27
2.3 应急物资动员系统概述	29
2.3.1 应急物资动员系统概念界定	29

2.3.2	应急物资动员系统内涵	30
2.3.3	应急物资动员系统与相关链系统的关系辨析	39
2.4	应急物资动员系统运行规则、动员手段及特点	45
2.4.1	应急物资动员系统运行规则	45
2.4.2	应急物资动员系统动员手段	46
2.4.3	应急物资动员系统的特点	47
2.5	应急物资动员系统构建动因	49
2.5.1	整合动员资源	49
2.5.2	发挥经济动员机构应急功能	50
2.5.3	增强动员企业应变能力	50
2.6	应急物资动员系统构建框架	51
2.7	本章小结	52
第3章	应急物资动员系统运行机理研究	54
3.1	三层/五维衔接机理	54
3.1.1	五维衔接机理	55
3.1.2	三层衔接机理	56
3.2	四层调控机理	59
3.2.1	微观层调控	60
3.2.2	中观层调控	60
3.2.3	宏观层调控	60
3.2.4	对接机制层调控	61
3.3	四大子系统	61
3.4	应急物资动员系统运行机理应用	63
3.4.1	三层/五维衔接更能反映动员系统与其他链的关系	65
3.4.2	四层调控机制进一步深化衔接与调控关系	66
3.4.3	分区域、分阶段、分类型启动动员系统中各子系统	67
3.4.4	应急物资动员系统运行机理与模型联系	68
3.5	本章小结	68

第4章 应急物资动员系统动员能力模型构建	70
4.1 问题的提出	70
4.2 系统动力学理论方法	71
4.3 应急物资动员系统动员能力分析	72
4.3.1 生产企业动员能力	73
4.3.2 分销企业动员能力	74
4.4 应急物资动员系统动员能力建模	76
4.4.1 应急物资动员系统动力学建模基础	76
4.4.2 应急物资动员系统动力学建模	77
4.5 应急帐篷动员系统动员能力算例分析	84
4.5.1 算例背景	84
4.5.2 帐篷生产企业动员能力建模及仿真分析	85
4.5.3 帐篷分销企业动员能力建模及仿真分析	94
4.5.4 政策灵敏度测试	96
4.5.5 模型有效性检验	99
4.5.6 模型分析小结	100
4.6 应急物资动员系统动员能力建设政策性建议	100
4.7 本章小结	102
第5章 应急物资动员系统网络结构模型构建	103
5.1 问题的提出	103
5.2 研究理论与方法	105
5.2.1 复杂网络概念	105
5.2.2 复杂网络结构分类	105
5.2.3 网络结构的统计指标	107
5.2.4 复杂网络结构鲁棒性	108
5.3 应急物资动员系统结构分析	110
5.3.1 应急物资动员系统结构特征	110
5.3.2 应急物资动员系统结构类型	112
5.4 应急物资动员系统网络结构演化路径	118
5.5 应急物资动员系统网络结构鲁棒性衡量指标	119

5.5.1	网络效率	120
5.5.2	最大连通子图相对大小	121
5.6	应急帐篷动员系统网络结构建模及算例分析	122
5.6.1	帐篷动员系统的结构演化模型	122
5.6.2	帐篷动员系统结构演化模型拓扑图	124
5.6.3	帐篷动员系统结构的静态统计指标分析	125
5.6.4	帐篷动员系统结构的鲁棒性分析	126
5.7	增强应急物资动员系统网络结构鲁棒性的策略	130
5.7.1	加强核心节点建设	130
5.7.2	加强桥接节点建设	132
5.7.3	形成节点间的链式动员	133
5.7.4	把握并规划动员系统结构	134
5.8	本章小结	135
第6章	应急物资动员系统流程模型构建	136
6.1	问题的提出	136
6.2	流程建模方法的比较和选择	138
6.2.1	流程建模方法	138
6.2.2	建模方法的比较	140
6.2.3	建模方法的选择	140
6.3	建模方法	141
6.3.1	基础 Petri 网理论	141
6.3.2	随机 Petri 网理论	144
6.3.3	UML 建模	146
6.4	应急物资动员系统基本活动及关系	147
6.4.1	国民经济动员活动及流程分析	147
6.4.2	应急物资供应活动及流程分析	151
6.5	应急物资动员系统流程建模	152
6.5.1	应急物资动员系统流程 UML 序列图建模	152
6.5.2	应急物资动员系统流程 UML 序列图向 Petri 网转化	155
6.5.3	应急物资动员系统流程集成建模	158

6.6 应急帐篷动员系统流程算例分析	159
6.6.1 算例背景	159
6.6.2 应急帐篷动员系统流程分析	159
6.6.3 应急帐篷动员系统流程 GSPN 建模仿真	161
6.7 应急物资动员系统流程优化建议	175
6.8 本章小结	176
第7章 结论	178
7.1 研究结论	178
7.2 研究的创新点	179
7.3 研究的局限性和今后的研究方向	180
译名对照表	182
附录 A	183
附录 B	185
附录 C	187
参考文献	194
后记	205

第 1 章

绪 论

和平时期，国民经济动员体系的工作重点逐渐从为应战服务转变到肩负“应战”与“应急”双重功能上来。如何更大限度地发挥其应急功能，利用现有国民经济资源潜力，满足突发公共事件对应急物资的需求，减小事件对经济和社会的危害，是新时期加强国民经济动员体系应急功能建设亟待解决的问题。

1.1

选题依据

1.1.1 研究背景

2007 年 10 月 15 日，胡锦涛在党的十七大报告中指出：“必须站在国家安全和发展战略全局的高度，统筹经济建设和国防建设，在全面建设小康社会进程中实现富国和强军的统一。”

2009 年 7 月 24 日，胡锦涛就中国特色军民融合式发展路子研究进行第十五次集体学习时强调，建立和完善军民结合、寓军于民的武器装备科研生产体系、军队人才培养体系和军队保障体系，完善国防动员体系，不断开创军民融合式发展新局面。

2010 年 7 月 1 日起施行的《中华人民共和国国防动员法》（以下简称为《国防动员法》）第三条规定：“建立健全与国防安全适应、与经济社会发展相协调、与突发事件应急机制相衔接的国防动员体系，增强国防动员能力。”

国民经济动员体系作为国防动员体系的组成部分，是连接经济建设与国防

建设的桥梁和纽带,建设“平时服务、急时应急、战时应战”的国民经济动员体系,是新时期国民经济动员工作的基本目标。

国民经济动员体系是国防动员体系的重要组成部分,掌握应对战争和突发事件的资源信息,编制国民经济动员预案并通过演练和维护,努力提高其适用性和针对性。平时时期,国民经济动员体系诸多方面的资源能够为应急体系所用,国民经济动员体系与应急体系衔接,不仅是《国防动员法》等相关法律法规的要求,而且也经过了近些年国民经济动员体系多次参与应急的实践验证。

在国民经济动员参与应急工作取得长足发展的同时,仍然存在着一些困扰国民经济动员应急功能发挥的问题:

第一,突发公共事件发生后,需要企业在短时间内供给大量应急物资,但实际的供给量与需求量往往存在较大的缺口。如何发挥国民经济动员的应急功能,怎样将国民经济动员的应急功能与应急物资供应链的动员能力联系是国民经济动员理论需要进一步探索的领域。针对供应环节,该如何动员企业能力、减小供需缺口是当前在应急物资动员过程中急需解决的问题。

第二,突发公共事件发生后,任何一个动员企业的退出,或运输线路的中断都会导致整个应急物资动员系统的异常(以下除标题外,如无特别声明,“动员系统”均指“应急物资动员系统”),影响应急物资的足量动员。为保障应急物资的超常规供给,国民经济动员机构(如无特别声明,“经济动员机构”均指“国民经济动员机构”)该如何选择合适的企业加入应急物资供给的系统中,动员系统网络结构在突发事件中会发生什么样的变化,这些都属于突发公共事件条件下动员系统网络结构的演化问题。动员系统网络结构的演化对其供给稳定性会产生极大的影响,采取什么策略增强动员系统网络结构鲁棒性是保证超常规供给应急物资的基础,也是在规划动员系统网络结构分布时需要考虑的问题。

第三,加强国民经济动员的应急功能建设,依托不同性质的民营企业,尝试国民经济动员体系与供应链体系的有效连接整合,从而建立起以国民经济动员为指导的应急物资动员系统,这是拓宽国民经济动员体系工作领域、拓展其工作职能的一个有效尝试。在突发公共事件条件下,以应急物资需求为驱动,有效运用国民经济动员资源为应急物资动员服务,建立一个以经济动员机构为指导的应急物资超常规供给体系,关键要搞清楚运作的流程问题。具体来讲,在实际运作中,应急物资需求如何明确为动员任务,动员任务又以怎样的程序

落实到企业,企业之间如何协调完成任务,等等,这些都是以经济动员机构为协调指导的动员系统运作需要搞清的流程问题。

应急物资动员的目标是为应对突发公共事件紧急调配和筹集应急物资,是国民经济动员在新时期动员工作的重要组成部分,其速度、精度和深度对突发公共事件的应对效果至关重要。以往对该问题的研究集中于运用决策理论方法研究应急物资的筹集、调配,集中于研究应急物资供应网络的构建布局,集中于供应伙伴选择,等等,较少用建模仿真的方法来关注动员能力建设,关注动员系统网络结构演变对动员效果的影响,关注动员系统流程和性能分析。动员系统的动员能力建设、网络结构演化、流程建设都是应急物资动员的关键问题,对这些问题分析将进一步深化对应急物资动员的研究,从而为国民经济动员应急功能理论探索奠定基础。

基于以上考虑,本书拟从解释动员系统概念和研究其具体内涵入手,以分析动员系统运行机理为出发点,展开对动员系统模型的研究。研究动员系统动员能力要素作用关系,从而提出动员能力建设政策;分析动员系统网络结构的演化及其网络结构的鲁棒性,从而给出增强系统网络结构鲁棒性策略;理清动员系统的流程,分析其性能,从而提出流程优化建议。

1.1.2 研究目的和意义

1.1.2.1 研究目的

本书的研究目的在于剖析动员系统的运行机理,并从动员能力、网络结构、流程方面为构建动员系统提供方法和模型支持,为进一步研究和优化动员系统奠定基础。具体来讲有三点:一是解决动员能力“瓶颈”问题,提出动员能力建设政策性建议;二是分析动员系统网络结构演化过程,提出动员系统网络结构鲁棒性增强策略;三是理顺动员系统流程,找出中枢环节,强调重点监控和管理,提出优化建议。

1.1.2.2 研究意义

以促进国民经济动员应急功能建设为目标,应急物资动员研究具有一定的理论意义和实践价值,主要体现在以下几个方面:

(1) 应急物资动员系统研究的理论意义。

① 有利于丰富和拓展国民经济动员理论。

国民经济动员作为国防动员体系的一个重要部分,其理论体系已经由传统的为应对战争服务拓展到处理应急事件的领域。国民经济动员理论的相关观念也在进一步丰富和延伸:从大动员、联合动员到敏捷动员,到为完成敏捷动员而形成的动员联盟,再到近两年提出的国民经济动员链,动员理论进一步深化夯实了动员实践活动基础。

新时期要增强国民经济动员应急功能,需要我们从多方面分析:首先,必须从宏观上搞清应急需求、国民经济动员、资源供应以及它们之间的衔接,即动员系统的运行机理。其次,增强国民经济动员应急功能,保证应急物资的超常规供给,就必须从动员能力、系统网络结构、流程等方面入手做一定的研究。

从能力要素的角度分析动员系统的动员能力,应该运用系统动力学去分析系统动员能力之间的作用和影响,分析动员能力要素并进行建模仿真,有利于从理论上解决动员能力的“瓶颈”问题,从而提出动员能力建设的政策性建议。

从系统网络结构的角度分析动员系统的稳定性、鲁棒性及脆弱性,应该运用复杂网络的图论形式来描述动员系统的网络结构及其演化过程。对动员系统的动态构建过程进行建模仿真,有利于深入分析动员系统网络结构的演化过程,并进一步分析增强动员系统网络结构的鲁棒性策略。

从流程的角度分析动员系统,就是运用流程管理的思想和方法去关注国民经济动员的准备活动和实施活动,用流程来理顺国民经济动员与供应活动之间的关系,正如孔昭君教授指出的“业务流程分析有利于推进国民经济动员学科建设,有助于提高国民经济动员业务水平,有利于理顺国民经济动员机制,有利于规范各级国民经济动员机构的工作,是国民经济动员工作标准化和规范化的重要步骤^[1]。”结合应急物资的特性及其动员活动的特点,分析其动员流程,有利于理顺应急物资动员的流程,从而为优化流程奠定基础。

② 有利于丰富国民经济动员决策的理论与方法。

用定量方法研究国民经济动员应急功能,能够从决策理论角度深入讨论国民经济动员应急功能,能够通过建模仿真来模拟国民经济动员应急功能,从而为今后进一步开发应急物资动员决策系统,模拟真实动员积累理论知识与方法。

孔昭君教授曾经提出,当前国民经济动员学科建设的当务之急有两个方面:一个方面是决策理论与方法的研究;另一方面是决策支持系统的研究。国民经济动员决策支持系统的研究,一方面是为了应用现代信息技术和计算机技术提高国民经济动员的决策水平;另一方面,决策支持系统的开发必然要求对国民经济动员决策的方法论和具体方法进行深入研究,以便建立国民经济动员决策模型,用模型和算法来为决策支持系统注入灵魂^[2]。

本书中理论与方法的研究,一方面丰富了国民经济动员应急功能的研究应用,另一方面也为运用信息化方法和技术对应急物资动员活动建模提供理论支撑;而信息化方法与技术研究反过来又可以为动员系统构建的理论与方法研究提供建模与仿真支持。

本书从动员和应急的实际问题出发,运用相应的决策与建模仿真方法研究动员系统的构建,是对国民经济动员应急功能研究的一个创新,为应急物资动员的决策支持提供建模方向,为后续动员的决策支持系统的开发奠定基础,也间接积累了国民经济动员信息化的方法和技术研究。

③ 有利于扩展供应链理论的研究范围。

动员系统的驱动力是需求的预测和需求的提出,沿着需求的脉络向前追溯,我们可以分析出动员系统的运行机理;可以抓住满足需求这个主线,分析国民经济动员体系和供应链体系在这个系统中的地位和作用,以及两个体系之间的衔接,最后实现“社会公共价值”。整个研究对供应链理论与国民经济动员理论的契合点做出定位,扩展了供应链理论研究的范围。

(2) 应急物资动员系统研究的实践意义。

① 有利于解决许多应急物资动员中的实际问题。

应急物资动员的最终实现,需要解决并搞清楚系列问题,例如,应该关注哪些主要的供给环节,关注哪些动员能力,以保障应急物资超常规供给;经济动员机构如何挑选企业加入动员系统,该系统的网络结构演化过程如何,怎样保证系统网络结构危态时的稳定性和鲁棒性;国民经济动员体系与供应链体系在流程上怎样衔接,衔接后的动员系统的流程运作情况和性能怎样,如何抓住整个系统的关键环节以便对系统进行优化,等等,这些问题都对应急物资动员的实现起到关键性作用。

解决这些问题,其实就摸清了动员系统的运行机理,运行机理的逐步清晰也为探索国民经济动员应急功能开辟了道路。

② 有助于推进国民经济动员的应急功能建设。

国民经济动员的应急功能和机制建设,是新时期国民经济动员工作的一个重要方面。本书从动员系统的概念和内涵分析入手,以研究动员系统的运行机理为切入点,重点阐述和研究动员能力模型、网络结构模型、流程模型。为探索应急物资动员的运行机制奠定基础,为理清动员系统中的动员能力作用关系、网络结构鲁棒性以及各环节交互活动协作关系积累成果,从决策理论方法和建模仿真方面推动国民经济动员的应急功能建设。

通过建模仿真可以模拟出特定条件下的运行结果,依据结果制定相应对策。在实际操作中,只需根据实际数据和情况改进建模并仿真,就可制定相应的对策和政策建议提供参考依据。更为重要的是,应急物资动员系统的建模仿真可以为后续的应急物资动员决策支持系统开发提供理论和方法支持,为推进国民经济动员应急功能建设积累经验。

1.2

国内外相关理论研究综述

和平时期,我国的国民经济动员体系工作重点正在由传统的单纯“应战”转向“应战”与“应急”并重,并深入开展相应的理论积累和实践探索。如何将“应战”的经验和资源应用到“应急”服务中去,逐步拓展国民经济动员应急功能的理论研究,已经成为国民经济动员理论研究的一个重要方向。

1.2.1 国民经济动员相关理论研究综述

关于国民经济动员的研究历史可以从庇古(Arthur Cecil Pigou, 1877 ~ 1959) 1921年出版《战争经济学》算起,截至第二次世界大战结束,此阶段是外国国民经济动员理论的形成时期,主要著作有鲁登道夫的《总体战争论》以及森武夫的《战时经济论》等。这一阶段的国民经济动员理论以研究国民经济总体动员或者全面动员为主要内容。第二次世界大战结束后,许多学者研究了核时代条件下的国民经济动员问题:查尔斯·J. 希奇和罗兰·N. 麦基因撰写的《核时代的国防经济学》,研究了核战争的经济动员理论;拉可夫斯基的《战略与经济》研究了国家经济潜力与经济准备战的理论;施莱辛格的