

应急物流网络可靠性 诊断与优化研究

Research on Emergency Logistics Network
Reliability Diagnosis and Optimization

王伟 黄莉 / 著 ▶



本成果受河海大学社科文库、国家自然科学基金(批准号:51009060)、教育部人文社会科学研究项目(批准号:09YJC630056)、河海大学中央高校基本科研业务费项目(项目编号:2017B15614)、江苏省水利科技项目(合同编号:2017059)资助。

应急物流网络可靠性诊断与优化研究

Research on Emergency Logistics Network Reliability
Diagnosis and Optimization

王 伟 黄 莉 / 著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书借鉴国内外应急物流发展经验,引入国内外应急管理、危机管理、现代物流等领域的最新研究成果,从复杂性角度分析应急物流网络的统计特征;通过两种攻击模式下网络整体效率变化来评价应急物流网络的可靠性;从上层决策者和下层用户两个角度考虑构建应急物流网络双层优化模型,并设计模型的高效求解算法;从技术、经济、社会三个方面研究了应急物流网络评价指标体系,构建了层次-熵决策模型。通过这些研究以期为我国应急建设与发展提供理论方法指导与实践参考价值,尽可能减少或避免突发事件造成的损失和危害。

图书在版编目(CIP)数据

应急物流网络可靠性诊断与优化研究 / 王伟, 黄莉
著. —南京: 河海大学出版社, 2018. 1
ISBN 978-7-5630-5296-7

I. ①应… II. ①王… ②黄 III. ①突发事件—物流
管理—研究 IV. ①F252. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 017179 号

书 名	应急物流网络可靠性诊断与优化研究
书 号	ISBN 978-7-5630-5296-7
责任编辑	成 微
封面设计	黄 煜
出版发行	河海大学出版社
地 址	南京市西康路 1 号(邮编:210098)
电 话	(025)83737852(总编室) (025)83722833(营销部)
经 销	江苏省新华发行集团有限公司
排 版	南京布克文化发展有限公司
印 刷	虎彩印艺股份有限公司
开 本	787 毫米×960 毫米 1/16
印 张	7.75
字 数	200 千字
版 次	2018 年 1 月第 1 版
印 次	2018 年 1 月第 1 次印刷
定 价	38.00 元

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	3
1.2 国内外文献综述	5
1.2.1 应急物流研究现状	5
1.2.2 区域物流网络研究现状	6
1.2.3 应急物流网络研究现状	13
1.2.4 复杂应急物流网络研究现状	18
1.2.5 国内外研究中存在的主要问题	19
1.2.6 国内外研究趋势	19
1.3 本书的主要目标	20
1.4 本书的主要内容	21
1.5 本书技术路线与研究方法	23
第 2 章 复杂应急物流网络优化理论基础	26
2.1 应急物流内涵	26



2.1.1	应急物流定义	26
2.1.2	应急物流分类	27
2.1.3	应急物流特点	28
2.1.4	应急物流与普通物流的区别与联系	29
2.2	应急物流网络内涵及复杂性特征	31
2.2.1	应急物流网络的内涵	32
2.2.2	应急物流网络的复杂性分析	33
2.3	复杂应急物流网络的内涵及其统计特征	35
2.4	本章小结	36
第3章	应急物流网络可靠性分析与仿真	37
3.1	应急物流网络可靠性内涵	37
3.2	应急物流网络可靠性的影响因素	39
3.3	应急物流网络可靠性度量	39
3.3.1	基于缺货概率的可靠性度量	40
3.3.2	基于网络连通效率的可靠性度量	41
3.4	应急物流网络可靠性仿真分析	42
3.4.1	应急物流网络的拓扑模型	42
3.4.2	应急物流网络可靠性评价方法	43
3.4.3	应急物流网络受攻击种类	44
3.4.4	仿真方法	44
3.4.5	不同攻击模式对应急物流网络影响的仿真分析	46
3.4.6	不同网络形态的应急物流网络可靠性仿真	51
3.5	本章小结	54
第4章	不确定条件下的应急物资调配决策行为分析	56
4.1	基于网络可靠度的应急物资调配优化	56
4.1.1	优化模型	56



4.1.2 算例分析	58
4.2 不确定条件下多受灾点-多出救点应急物资调度优化	60
4.2.1 问题的描述	61
4.2.2 模型假设	61
4.2.3 模型的构建	62
4.2.4 求解算法	63
4.2.5 算例	65
4.3 本章小结	67
第5章 应急物流网络优化研究	68
5.1 问题描述	68
5.2 应急物流网络优化模型的建立	68
5.3 应急物流网络优化模型的求解算法	74
5.3.1 遗传算法简介	74
5.3.2 应急物流双层规划模型求解算法	75
5.4 算例分析	78
5.4.1 问题描述	78
5.4.2 结果分析	80
5.5 本章小结	83
第6章 应急物流网络综合评价	84
6.1 评价指标体系的构建	84
6.2 评价方法	86
6.2.1 常见评价方法	86
6.2.2 评价方法的选择	87
6.3 案例分析	90
6.4 本章小结	93



第7章 结语	94
7.1 结论	94
7.2 展望	96
参考文献	98
后记	116

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

由于我国地质构造特殊,自然环境复杂及城市化进程快速发展,重大的事故灾难、自然灾害、公共卫生事件等突发性事件时有发生,而且各种类型突发事件的危害程度也明显提高,通常会造成严重的人员伤亡和不可估量的财产损失。例如,2008 年年初的南方大冰灾,导致 20 多个省市受到不同程度的损失,造成 129 人死亡,4 人失踪;农作物受灾面积 1.78 亿亩^①;房屋倒塌 35.4 万间,直接经济损失达 1 516.5 亿元。同年 5 月 12 日发生的汶川大地震损失更是惨重,遇难及失踪人数超过 8 万,直接经济损失高达 8 451 亿元人民币。在经历了众多突发事件之后,我们发现,我国应急物流方面还存在诸多的问题,体系尚不完善。尽管当今社会科技发展日新月异,对突发事件的预报水平已经发展到相当水平,

^① 1 亩=1/15 公顷(hm²)



但是局部的、地方的,甚至是全球性的突发性事件仍频繁发生,甚至日趋常态化,这些都给人类的生存和社会的发展造成了重大威胁。

2003年“非典”疫情、2008年低温雨雪冰冻灾害和汶川特大地震、2010年舟曲泥石流等一系列重特大突发事件的实践表明,在重大灾害危机的处理中,应急物流发挥着举足轻重的作用,应急物流已越来越受到学界和各级管理部门的关注。事实上我国是从2003年SARS暴发后,才开始逐步重视应急物流体系的建设,提高应对突发事件的反应能力。目前,我国应急物流的建设与发展已全面启动,从设施建设、理论研究到技术推广等,各项工作均取得了较快的发展,应急物流的发展与研究工作正朝着健康有序的方向发展。2009年2月国务院审议并原则通过了《现代物流业调整和振兴规划纲要》,提出了包括应急物流工程在内的九大重点工程,并将应急物流工程作为近期建设的重点;国家发改委牵头编制的《物流业发展中长期规划(2014—2020)》将应急物流工程列为十二项重点工程之一;《国务院办公厅关于加快应急产业发展的意见》将应急物流列为“应急服务”重点方向之一;2014年12月《国家发展改革委关于印发促进物流业发展三年行动计划(2014—2016年)的通知》中,将“完善应急物流体系”作为加快推进物流业重点工程建设的重要任务,为我国应急物流发展和研究提供了前所未有的机遇。因此,在相当长的一段时间内,应急物流将成为业内研究的热点。经过近20年的理论研究和实践指导,目前,我国应急物流体系在组织协调、结构优化等方面已经取得了一定的进展。但是总的来说,我国应急物流研究尚处于起步阶段,远远没有达到成熟和定型的程度。虽然众多学者已经在应急物流理论、应急物流保障机制、应急配送、信息化等方面做了很多研究,但是仍然存在很多不足之处。因此,有必要对应急物流体系进行全面的研究,探索应急物流网络可靠性及网络优化理论方法。

在突发事件暴发时,能否将救援物资及时迅速地运送到物资需求点(受灾点),将会直接影响整个救援活动的成效。同时物流网络的结构一旦确定,在相当长一段时间内都不会发生变化,且在灾害发生时也很难利用已有的物流网络来进行救援,这就需要快速地建立应急物流系统,最大限度地减少人员的伤亡,降低财产的损失。应急物流网络的规模、结构和布局直接影响应急物流系统活



动的效率,因此,研究如何科学合理地构建应急物流网络体系,对应急物流管理决策者具有重要的理论指导意义和现实意义。

总之,目前我国正处于应急物流工程建设的起步阶段和关键时期。为了降低突发性事件造成的损失,亟需对应急物流系统进行研究,进而建立一套科学、合理并符合我国国情的应急物流体系。查阅相关文献发现,我国关于应急物流网络系统定量的研究还不够成熟。因此,本书在定性描述和已有研究成果的基础上,从网络可靠性出发,构建了一套应急物流网络优化体系。本书可为应急物流网络规划建设提供理论基础和方法依据,通过对现有网络进行诊断和优化,以较低的成本提升现有应急物流网络的健全性和作业效率,为我国应急物流体系的构建与发展提供良好的环境与基础。

1.1.2 研究意义

在经历了2008年年初的南方大冰灾及后来的汶川大地震后,我们发现,我国物流方面存在着诸多问题,其中最紧迫的就是综合应急物流体系的缺位。由于我国特有的地质构造、自然环境,重大的自然灾害、事故灾难时有发生。在突发事件暴发时,救援物资能否被迅速地送达物资需求点,将直接影响到整个救援行动的成效。而应急物流系统的效率直接取决于其物流网络的规模、结构和布局,因为物流设施的关闭或者搬迁代价高昂,物流网络的结构一旦确定,在相当长一段时间内都不会发生变化。因此,科学合理的应急物流网络设计尤为重要,对应急物流网络优化的研究具有重大的理论指导意义和现实意义。

复杂网络理论对北美电网故障的准确诊释,给区域应急物流网络可靠性的研究提供了全新的思路。应急物流网络是一个典型的复杂网络,由于突发事件暴发的随机性、扩散性和后效性等不确定性因素的影响,应急物流网络同样也会面临着不同程度的攻击和破坏,可能造成整个应急物流网络瘫痪,给整个社会系统造成严重的后果,因此应急物流网络成为应急管理者十分关心的问题。当应急物流网络受到突发性攻击时,如何使其迅速恢复到正常的工作状态非常重要。而要增强应急物流网络的这种迅速恢复能力,关键是要增强整个应急物流网络



的可靠性。可靠性分析是应急物流网络规划、设计和管理必不可少的内容之一。因此,优化紧急救援物资储备和应急配送网络并增强其可靠性成为应急管理体系中一项重要决策。本课题基于复杂网络理论对应急物流网络可靠性及其布局优化进行了系统的研究,具体如下:

(1) 系统描述了应急物流网络的内涵及特征、应急物流可靠性、应急物流网络的优化与综合评价等理论知识,揭示了突发性事件危害的严重性,弥补了理论研究上的不足,为应急物流理论研究提供了一定的参考价值。

(2) 研究不确定条件下的应急决策行为,研究不确定条件下的用户决策行为和不确定信息条件下应急物流系统内外部主体的交互作用是应急物流指挥与管理研究的关键环节,以之为基础,对应急物流网络可靠性理论和优化技术进行研究,在此基础上制订的应急物流网络方案更加符合实际需要。

(3) 网络可靠性是应急物流网络性能的综合反映,它与传统的成本、时间、公平性等同样重要,可靠性研究可为其提供更有效的评判标准及理论依据。可靠的应急物流网络能有效地提高网络运作效率,提高系统的可预测性及稳定性,降低区域物流成本,避免突发事件的损失进一步加大,增加整个社会的福利水平。同时,可靠的应急物流网络对其他生命线系统(供水系统、能源供应系统和交通系统等)的维修极为重要,在突发事件中,只有在救援的人力和设备能到达灾害发生地点的前提下,其他的生命线系统才能得到修复。例如,1995 年日本神户大地震和 2008 年我国汶川大地震使两地的物流网络严重受损,致使灾后救助工作进展缓慢,这是可靠性分析没有在应急物流网络系统中应用的最好例证。此外,可靠的应急物流网络在非紧急条件下也可成为区域经济发展的重要支撑。

(4) 基于复杂网络理论对应急物流网络进行连通可靠性分析,在此基础上进行应急物流网络布局优化研究,对于合理规划应急物流网络,科学制定应急管理策略,有效发掘物流网络潜力,提高应急物流网络可靠性、服务质量和吸引力等都具有极其重要的理论和现实意义。

(5) 网络中一个或少数几个节点故障的发生会通过节点间的耦合关系引起其他节点故障的发生,最终导致部分节点或整个网络的崩溃,这是复杂网络中的相继故障原理。该原理对于让人们重视应急物流网络故障,防备应急物流网络



遭到协同攻击和破坏,控制灾后次生灾害的发生和损失的进一步扩大具有重要的现实意义。

(6) 通过分析应急物流网络的拓扑结构,能够准确定位网络中的关键枢纽点,对于有目的地强化管理网络中的重要基础设施,提高区域应急物流系统的整体协调和指挥水平,增强应急物流系统有机的、协同的管理水平,提高应急物流网络的服务质量等都具有重要的现实意义。

(7) 通过对应急物流网络的优化,能最大程度降低灾害造成的损失和救灾的盲目性;节约成本,提高应急物流服务水平,保障人民生命财产,为突发性事件救灾体系网络的研究提供了一定的理论指导价值。

总之,目前我国正处于应急物流工程建设的关键时期,本书可为应急物流网络规划建设提供理论基础和方法依据,通过对现有网络进行诊断和优化,可提高系统可靠性,以较小的成本提升现有应急物流网络的健壮性和作业效率,为国内应急物流的建设与发展奠定基础。

1.2 国内外文献综述

1.2.1 应急物流研究现状

目前物流领域大量的研究都是以常态下的物流活动为对象,关于常态物流的相关理论体系现已非常完善,而对于自然灾害、人为灾害等突发情况下的非常态物流模式,国内外的相关研究还较少。美国是世界上最早研究应急物流的国家,应急物流的产生与军事物流密切相关。与美国、日本等发达国家相比,目前我国的应急物流体系建设尚处于起步阶段,国内关于应急物流的研究也处于探索阶段,在2003年SARS疫情之后,应急物流才逐渐引起学术界的关注,专家学者、政府部门等才逐渐关注应急物流体系的建设。

Nolz等^[1]研究了应急物流中基础设施遭到破坏引起应急物资运输中断的



风险,将其归结为一个多目标规划模型。Jiuh-Biing Sheu^[2]认为应急物流由救援物资的需求与预测、物流网络构建、物资分配等几个部分组成。Ningxiong Xu等^[3]以电力系统为研究对象,详尽地研究了灾害发生后能源供应方面对应急物流网络系统战略框架的影响。我国学者欧忠文等^[4]提出应急物流相关理论,包括应急物流的概念、应急物流中的全民动员机制、绿色通道机制、政府协调机制和法律机制等,以及关于应急处理技术平台的构建。高东椰等^[5]认为应急物流主要具有以下几个方面的特点:突发性、不确定性、弱经济性和非常规性。王宗喜^[6]提出在应急物流活动中要注重与之相适应的信息系统保障机制、交通运输保障机制和法律法规保障机制之间的联系。王旭坪等^[7]主要研究了应急物流系统迅速反应机制。另外,部分专家学者从不同角度研究了应急物流基本理论^[8,9]。从上述文献可以看出,目前我国针对应急物流战略性的研究较多,从20世纪90年代初至今的研究探索,已初步确定了应急物流的研究范围与研究对象。

1.2.2 区域物流网络研究现状

区域物流网络研究是为实现区域社会经济的可持续发展,对区域物资流动进行统筹协调、合理规划、整体控制,以实现区域物流网络及其各要素的整体优化目标。因此,有必要对国内外区域物流网络研究进行分析,从中获得启示并进行深入探讨。目前区域物流网络相关理论研究是基于区域经济学、城市规划学和经济地理学等相关理论展开的,主要包括增长极理论、点-轴开发理论、产业集聚理论、新产业空间理论等理论方法^[10]。

1. 国外研究现状

物流业比较发达的国家,如欧美、日本等地的学者在区域物流领域的研究中,多侧重于企业层面且研究具有一定的深度,欧美国家在发展区域物流时注重物流网络的优化,常用方法是將物流节点和交通路网相结合。相应地,实证研究多于规范研究,往往侧重于利用定量化的技术方法,从跨国公司的角度来研究物流网络设施优化以及供应链运作机制等诸多问题^[11-13],通过实证研究为企业提





供优化策略。而较为宏观的区域物流网络研究,关注于区域物流网络宏观规划、运输枢纽布局规划、区域物流网络协作与可持续发展以及政府角色与职能定位等问题。

(1) 区域物流网络宏观规划研究

对区域物流网络的宏观研究主要围绕物流节点布局以及物流配送合理化两方面展开。物流节点布局方法概括起来有三类:解析方法、模拟方法和启发式方法^[14]。针对问题的不同,物流节点布局又分为一元节点布局 and 多元节点布局两种。其中一元节点的布局方法分为韦伯图解法、重心法和微分法;多元节点布局根据研究对象的种类分为单品种布局和多品种布局,早期的多元物流节点布局通常以混合整数规划模型为主^[15]。但是鉴于混合整数规划模型的复杂程度和求解上的困难,人们常常针对具体问题的实际特性设计出相应的处理方法,如CFLP法、运输规划方法、鲍姆尔-沃尔夫方法等。解决物流配送合理化问题,主要通过建立数学模型,主要方法有动态规划中的函数迭代法、策略迭代法、Dijkstva 标号法、Yen 标号法等^[16]。

(2) 运输枢纽布局规划研究

交通运输网络是区域物流网络的重要支持子系统,目前对运输枢纽规划理论的研究成果较多。枢纽场站选址与布局通常采用定量化的模型,早期方法多为单纯的数学物理模型,如解析中心法、微分法,或者从运输成本的角度进行分析^[17];随着运筹学、现代物流学的完善和发展,出现了用线性规划、整数规划和混合整数规划等进行运输场站布局规划的模型和方法。这些方法均建立在对所规划的运输网络进行高度抽象和简化的基础上,因此不能很好地反映运输枢纽所在区域的实际交通状况^[18]。目前,区域运输站场的选址模型主要有单站离散式选址模型、交替分配式选址模型和考虑定性因素的选址模型三种。

(3) 区域间物流网络协作与协调研究

区域间物流网络协作是国际上区域物流研究与实践的一大趋势。目前有多国国际合作组织对全球物流业的发展进行研究,如国际经合组织(OECD)领导下的多边合作物流研究机构、北欧 NOFOMA 组织均确定了新研究方向——



定区域内的国际物流合作,提出恢复区域物流协作,研究区域物流合作中的政府作用与政策协调问题,为区域经济合作提供决策依据。另外,以往研究多从运输、仓储角度出发,目前开始转向区域物流网络角度,关注区域物流网络的全局协调问题^[18-21]。

(4) 企业层面的区域物流网络研究

企业层面的区域物流网络研究主要集中在物流网络设计和优化^[19-22]、选址理论^[7,23-29]、多工厂协调、战略配送体系设计方面;另外,在供应链管理^[30-31]、物流成本管理与优化^[32-33]、多式联运优化理论^[34-35]、物流绩效评价^[36]等方面的研究也取得了一定成果。

① 物流网络优化研究

国际上关于区域物流网络优化的研究很多也很深入,如运用运筹学原理进行物流中心布局,提出了布局模型(Location Model)、布局-分配组合模型(Location-allocation Model)、布局-路径联合模型(Location-routing Model)等模型^[37-38]。Mortiz、John 对物流节点空间等级体系进行规划^[39-40]。Jayaraman 研究了一个多种产品、单个生产工厂、多个配送中心并且包含直拨运输情况的企业物流配送网络优化问题,并运用模拟退火算法求解该优化问题^[19]。Georgako Poulos 研究了考虑企业运作效率 and 市场营销的物流配送网络的优化问题^[20]。Yang-Ja Jang 研究了考虑企业的生产和配送的组合网络设计模型,并运用拉格朗日松弛算法和遗传算法相结合求解相应的优化问题^[21]。Klose^[41]、Ali^[22]等对供应链中物流网络设计与物流中心选址的理论与方法进行了较为全面的阐述。

② 物流设施选址定位问题

国外关于选址理论研究的文献比较多,这方面的理论也比较成熟。经典的选址模型包括 P-中位问题、P-中心问题和覆盖问题^[42-47],选址问题可以分为连续型和离散型两类,连续模型认为作为物流节点的地点可在平面上取任意点,代表性的方法是重心法;离散模型则认为作为物流节点的地点是有限的几个可行点中的最优点,代表性模型有 Kuehn-Hamburger 模型、Baumol-Wolfe 模型、Bliss 模型和混合整数规划模型,上述模型常用的求解方法有解混合整数规划问题的分枝定界法、CFLP(Capacitated Facility Location Problem)法、SAD 法和



GPSS 模拟法等。另外,还有选址结合库存控制模型^[48-52]、选址结合车辆路径问题^[53-56]和动态选址问题^[57-62]。Aikens 较早地关注了主要设施的选址定位模型,包括复杂的单梯队多商品能力有限模型,但没有涉及需求随机变动情况下的配送问题。Carlos J. Vidal 和 Marc Goetschalckx 认为在大多数情况下,基于预期需求的确定性模型是有效准确的,并认为多商品动态选址问题以及有约束条件的选址问题将是研究重点。Verter 和 Dincer 分析了跨国物流设施选址决策问题,强调全球企业的国际实体之间的协调,指出生产以及与其他企业的交互作用决定企业全球资源配置的核心问题,建议将生产-配送网络作为构建企业全球供应链的重要工具,认为现有的选址优化模型忽视了生产设施的能力以及技术要求等重要因素,综合考虑技术选择决策能构建更好的模型;并认为国际化生产-配送模型的普遍缺陷是注重实现综合成本最小化,而忽略了市场的不确定性,如货币汇率的波动、价格的变动等。近年来物流设施选址研究的趋势与热点是将经典选址问题^[7,63]和车辆路径、库存管理综合考虑^[23-24],并考虑带随机需求和多阶段动态选址^[27-28]。

③ 供应链合作计划协调问题

在全球化背景下,跨国公司同时面临着国际市场的剧烈竞争以及跨国运营带来的发展机遇。因此,跨国公司合理协调分散的供应链网络,对于自身效益的提升具有重要的意义。在全球化制造中的合作计划协调问题上,Pontrandolfo 和 Okogbaa 认为相应的协调应该包括从生产和过程的设计、营销、供应、生产到配送等所有价值链的活动,由于全部网络的生产活动构筑了跨国公司的组织架构,协调问题也应扩展至全球供应网络和配送渠道。Carlos J. Vidal 和 Marc Goetschalckx 认为需要同时考虑工厂和配送中心的选址、工厂生产连接能力限制、生产物资在一个或两个梯队间的转化,以及附加配送或生产梯队等问题^[64]。Bhatnagar 等研究了多工厂协调问题中普通协调(不同活动的一体化决策问题,如设施选址、生产、配送)和多工厂协调(同一活动不同层次间的决策衔接问题)两个层次的协调,目前还缺乏这两个层次协调间的交互作用研究,即从精确层面上研究协调问题。Thomas 和 Griffin 认为供应链中存在两个或者更多阶段的协调问题,即采购、生产和配送,具体包括买卖双方协调、生产-配送协调、存储-



配送协调以及战略规划等^[14],而非线性配送费用模型、生命周期约束、第三方国际物流、供应链中分界点的确定等问题将是未来研究的重点^[65-66]。

④ 供应链战略配送体系设计

Geogrión 和 Powers 对 20 世纪 70 年代以来战略配送体系设计的进展进行了研究,从公司各大系统的功能、计算机通讯技术、算法和管理工具、模型特征和软件能力,以及公司如何运用软件设计配送系统方面分析了物流系统的演变。他们认为客户服务和客户需求将是战略配送体系设计的基本方向,同时需要考虑生产和客户的集成、描述存储的功能线性化以及运输速度误差的影响等因素。Satapathy 研究了在不确定环境下,基于对代理的企业物流供应和配送问题,并提出了协同配送的鲁棒车辆路径算法^[67]。Ross 研究了供应链中选址和配送线路优化相结合的组合问题,并提出了基于模拟退火的启发式求解算法^[68]。Gao 研究了二级无容量限制的配送中心选址-车辆路径优化问题,构建了相应的混合整数规划模型,并提出了基于分支定界的启发式算法^[69]。Vladimir 研究了配送网络中的最优定价和流量分配问题,运用分层配送算法和原始对偶算法求解最优价格和流量分配^[70]。Aksen 研究了连锁超市配送网络问题,建立零售业服务网络布局优化模型,并提出基于拉格朗日松弛法的启发式求解算法^[71]。

⑤ 物流链的性质研究

Slats 描述了物流链的性质,分析了 EDI 和 PDI 等物流技术的发展,认为运筹学和管理科学等技术对于物流过程的重构非常必要,如数学规划、启发式方法、计算机仿真等。Slats 列出了物流主要活动的表格以及相应的运筹学分析方法,模型适用于集成物流链管理。Slats 同时也强调已有模型在集成物流分析中的作用,如基于一些非现实的假设、忽略不确定性条件来解决一些简单问题。他们建议为了减少模型的消极影响,有必要建立一种实验性环境,即“物流实验平台”,该平台包括了一系列物流模型、仿真工具以及最优化方法。

总之,国际上对于区域物流网络的研究特别是定量化研究是较为深入的^[72],但主要集中在选址理论、多式联运优化理论、物流绩效评价等方面。而关于区域物流网络的适应性优化的系统研究较为缺乏,仅有为数不多的文献有过