

Reliability Optimization Methods for Urban Logistics System

城市物流系统可靠性优化研究

张浩 著



经济科学出版社
Economic Science Press

城市物流系统可靠性 优化研究

张 浩 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市物流系统可靠性优化研究/张浩著.

—北京: 经济科学出版社, 2013. 12

ISBN 978 - 7 - 5141 - 4077 - 4

I. ①城… II. ①张… III. ①城市 - 物流 -
系统可靠性 - 研究 IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 287393 号

责任编辑: 袁 激

责任校对: 隗立娜

版式设计: 齐 杰

责任印制: 邱 天

城市物流系统可靠性优化研究

张 浩 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)

电子邮箱: [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: //jjkxbs. tmall. com](http://jjkxbs.tmall.com)

北京万友印刷有限公司印装

880 × 1230 32 开 6.25 印张 170000 字

2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 4077 - 4 定价: 26.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究)

前 言

城市物流是为实现城市经济社会的可持续发展，通过对城市范围内各类商品的流动，特别是货物运输进行统筹协调、合理规划、整体控制，解决交通阻塞、环境污染、能源浪费等一系列物流问题，减轻城市环境负担，实现城市范围物流活动整体最优的过程，是经济链条中降低交易成本、提高城市核心竞争力的不可或缺的一环。随着城市经济的不断发展，城市规模的不断扩大，客户对配送的要求更加多样化、个性化，频繁的交易活动导致社会物流量迅猛增长，这对城市物流的发展起到了一定的推动作用。与此同时，“城市病”也日益严重，城市物流发展与城市之间的矛盾日益凸显。城市内频繁、不合理的物流活动给原本就拥挤不堪的交通带来了更大的负担，同时降低了物流的效率。

可靠性研究在多个领域中已经得到了比较广泛的应用，但在物流系统中的研究却是近几年才逐步兴起的。目前，城市物流资源的浪费现象严重，各类难以控制的事件使城市物流系统的可靠性缺乏保障，无法满足日益增长的城市需求。如节假日期间频繁出现的快递爆仓现象。遇到突发情况时，物流系统可靠度大大降低，如严重的自然灾害、突发的大型事故等都可能使物流系统可靠性降低甚至崩溃。因此，将可靠性理论应用到城市物流系统的优化中，对于在日益复杂和动荡的市场环境中建立更加可靠的物流系统，具

有重要的现实意义。

提高城市物流系统的可靠性可以提高流通效率,保障流通安全。对制造企业而言,能够提高生产灵活度,降低缺货成本;对商贸企业而言,能够降低流通费用,为库存策略提供决策支持;对城市居民而言,能够保障商品的及时供应,提高居民生活水平;对于城市而言,能够缓解城市交通压力,改善城市环境,充分发挥城市物流蓄水池的作用,提高城市的核心竞争力,促进城市经济的合理化。因此对城市物流系统的可靠性优化研究至关重要。

本书从可靠性的角度研究城市物流系统,以城市物流和系统可靠性理论为基础,以城市物流系统可靠性研究为主线,以物元分析和蚁群算法为主要研究工具,紧紧围绕城市物流系统可靠性的内涵、影响因素、测度、优化等问题展开研究。通过分析城市物流系统可靠性的影响因素与构成内容,进行可靠性测度的研究,建立城市物流系统可靠性优化模型。全书共七章,第一章绪论,介绍了城市物流系统可靠性研究的背景、理论及现实意义、回顾了城市物流和系统可靠性的相关研究,并对研究现状进行了分析。第二章相关理论,介绍了城市物流和系统可靠性的相关概念,为进一步的研究提供理论基础。第三章城市物流系统可靠性的内涵,从概念和构成两个方面剖析了城市物流系统可靠性的内涵,为后文进行影响城市物流系统可靠性的因素提炼,阐述作用机理奠定了基础。第四章城市物流系统可靠性影响因素,以分析城市物流与城市发展的关系为基础,对影响城市物流系统可靠性的因素进行逐层分析,并介绍提炼关键影响因素的模型。第五章城市物流系统可靠性测度,从供应商、配送中心以及客户的角度建立可靠性测度模型,并以各部分发生故障后对整个系统的影响程度为依据,对其进行影响程度的分析。第六章城市物流系统可靠性优化模型研究,以关键路段识别为基础对城市物流系统进行可靠性优化,建立基于可靠性的模型并求

解。第七章算例分析，从可靠性关键影响因素提炼、可靠性测度和可靠性优化三个方面进行算例仿真。

城市物流系统的可靠性研究处于起步阶段，本书就如何将可靠性理论融入到城市物流系统中有着抛砖引玉的作用，在提高城市物流的效率，促进城市经济的发展，丰富相关理论体系等方面具有一定的现实意义与理论意义。希望能够进一步推进城市物流系统的相关研究，吸引更多学者对城市物流系统可靠性的研究目光。

本书在编写和出版过程中得到了何明珂、杨浩雄、崔丽、王晶等学者的大力支持和帮助，他们提出了很多宝贵且有益的建议，在此表示衷心的感谢。我的学生许慎思、黎宏、刘阔、张楠等，在文献整理、模型构建、数值仿真以及校稿等方面付出了辛勤的劳动，在此也表示衷心的感谢。同时，感谢经济科学出版社的袁激编辑，为专著的出版付出了大量的心血。

本书的出版得到了北京市哲学社会科学项目（13JGC082）：北京居民蔬菜类生活必需品供应保障体系建设研究；北京市教育委员会社科计划面上项目：北京居民生活必需品供应保障体系建设研究的资助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了大量的相关文献，包括国内外专家、学者的著作、报告和论文，并将参考文献尽可能的列在书后的参考文献中，但其中难免存在遗漏情况，在这里特向被遗漏的作者表示歉意，并向所有的作者表示最诚挚的感谢。

本书可能存在纰漏之处，敬请各位学者和专家指正，并衷心希望能够和对该研究领域感兴趣的朋友共同研讨。

张浩

2014年4月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	9
1.2 文献综述	13
1.2.1 城市物流	13
1.2.2 系统可靠性	21
1.2.3 研究现状评述	24
第 2 章 相关理论	27
2.1 城市物流	27
2.1.1 城市物流的概念	27
2.1.2 城市物流的性质及特点	29
2.1.3 城市物流系统的发展模式	33
2.2 系统可靠性	34
2.2.1 概述	34
2.2.2 可靠性特征向量	39
2.2.3 系统可靠度及计算	40

2.2.4	系统可靠性失效分析	45
第3章	城市物流系统可靠性的内涵	48
3.1	城市物流系统可靠性的概念	48
3.1.1	城市物流系统	48
3.1.2	城市物流系统可靠性	52
3.2	城市物流系统可靠性的构成	55
3.2.1	节点可靠性	56
3.2.2	线路可靠性	66
第4章	城市物流系统可靠性影响因素	70
4.1	城市物流与城市发展的关系	70
4.1.1	城市物流和商贸	73
4.1.2	城市物流和工业	74
4.1.3	城市物流和城市交通	76
4.1.4	城市物流和民生	78
4.1.5	城市物流和城市环境	81
4.2	影响因素分析	84
4.2.1	信息	86
4.2.2	运营能力	94
4.2.3	技术设备	98
4.2.4	政策法规	103
4.2.5	不可抗力	109
4.3	关键影响因素提炼模型	114
4.3.1	物元分析	114
4.3.2	灰色关联度	117
4.3.3	权重确定	119

第 5 章 城市物流系统可靠性测度	121
5.1 可靠性估计	121
5.2 可靠度测度模型	123
5.2.1 供应商的可靠度	123
5.2.2 配送中心以及客户的可靠度	124
5.2.3 配送网络模型的可靠度	125
5.3 影响程度分析	125
5.4 测度方法	126
5.4.1 选取指标	127
5.4.2 指标规范化	127
5.4.3 城市物流系统可靠性临界效应处理	127
5.4.4 确定指标权重	128
5.4.5 系统可靠性度量	128
第 6 章 城市物流系统可靠性优化模型	130
6.1 物流系统可靠性模拟	130
6.2 关键路段的识别	134
6.3 基于可靠性的物流系统优化	137
6.3.1 问题描述	139
6.3.2 基本假设与符号说明	140
6.3.3 模型建立	141
6.3.4 模型求解	144
第 7 章 算例分析	148
7.1 关键影响因素提炼	148
7.1.1 构建物元矩阵	148

7.2 可靠性测度	158
7.2.1 失效率	158
7.2.2 可靠度	160
7.2.3 影响程度	161
7.3 可靠性优化	163
7.3.1 关键路段的识别	163
7.3.2 基于畅通可靠性的优化	166
参考文献	172

第 1 章

绪 论

城市是商品的集散中心，在经济发展中起着“增长极”的作用，带动整个区域经济的发展，具有强大的物流需求。城市物流是满足城市生产生活的需要，保障城市运行的物流服务支撑系统。随着城市化进程的加快，城市规模的扩大、人口密度的提高，城市对物流的需求也越来越大，城市迫切需要建立高效、规范的城市物流系统，以满足城市的发展、人民的需求。然而城市中的交通拥堵导致庞大的物流需求与有限的道路交通资源之间的矛盾日益呈现，城市物流的可靠性问题也正逐渐凸显出来。

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

物流是“第三利润源泉”，也是“十大朝阳行业”之一，我国

政府部门对物流业给予了高度重视,印发了一系列促进物流业发展的政策措施,加大了对物流业的政策支持力度。如商务部发布的《关于加快我国流通领域现代物流发展的指导意见》(2008),国务院印发的《物流业调整和振兴计划》(2009),国务院办公厅发布的《关于促进物流业健康发展政策措施的意见》(2011)、《关于深化流通体制改革加快流通产业发展的意见》(2012),切实减轻了物流企业税收负担,加大了对物流业的土地政策支持力度。交通运输部等7部门联合印发的《关于加强和改进城市配送管理工作的意见》(2013)提出了完善管理体制机制、提升基础设施保障能力、强化运输市场管理、优化通行管控措施、加大执法监督力度、加快科技推广应用等方面意见,为城市配送健康有序发展创造良好的体制机制和政策环境。这些政策法规的制定和完善不仅促进物流业自身平稳较快发展和产业调整升级,也促进了服务和其他支撑产业的调整与发展,对于促进产业结构调整、转变经济发展方式和增强国民经济竞争力具有重要意义。在国民经济运行的过程中,一方面物流业既消耗其他产业的产品和服务,另一方面也为相关联产业提供产品和服务。现代物流业是一个跨行业、跨部门的新兴复合型产业,它涵盖了从事物流经济活动中的企业、政府部门,包括不同的业态。作为现代流通中的一个重要的组成部分,物流业与国民经济的发展紧密相关,尤其是城市物流的健康发展更是保障各行业平稳运行的基础,是加快城市经济发展、提高流通效率的重要一环^[1]。

为分析北京市物流产业的关联特性,图1-1表明在经济活动中,物流业与其他行业之间存在着广泛、密切的技术经济联系。北京市物流业属于“低附加值、高带动力”的产业,对上游产业的带动力很强。在北京市经济生产的中间环节,北京市物流业所占的比重较大,北京市物流业在支持其他经济部门的生产过程中起到了重

要的作用。从产业关联分析中可以看出,物流业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业,综合技术服务业,信息传输、计算机服务和软件业,批发和零售业,化学工业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,交通运输设备制造业,金融业等产业与物流业关联紧密,这些行业的发展与物流业息息相关。因此,城市物流的可靠性直接影响着相关行业的有序、平稳发展。

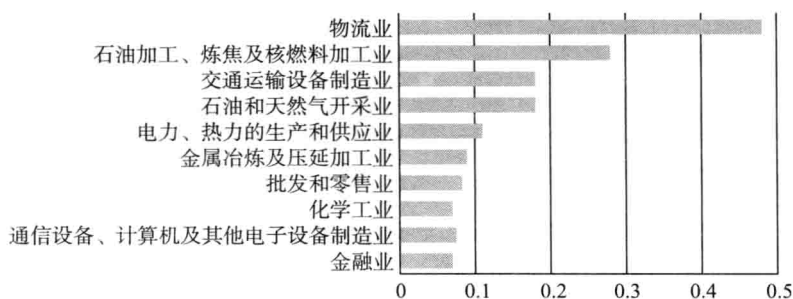


图 1-1 物流业和部分行业完全消耗系数

资料来源:吴海建.北京市物流产业特征及产业关联统计分析[J].中国流通经济,2011(9):40-44.

以北京为例,如图 1-2 所示,2003~2012 年北京市的地区生产总值翻了近 3 倍,2012 年地区生产总值达到了 17879.4 亿元,经济的快速增长为北京现代物流的发展提供了广阔的空间。另外,从北京市的产业结构来看,三次产业的比例呈现三、二、一的格局,第三产业为支柱产业,2012 年三次产业的比例约为 0.84%、22.70%、76.46%。北京是综合性产业城市,也是旅游城市,人民生活水平较高,这些因素产生了巨大的物流需求量。因此建立可靠、灵活的城市物流系统以保证城市需求刻不容缓。

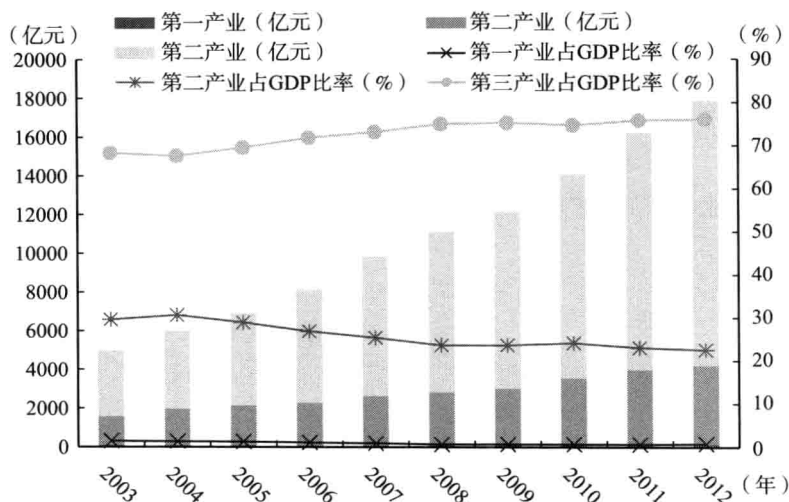


图 1-2 北京市经济及产业结构的变化

资料来源：《北京统计年鉴 2013》。

城市规模的扩大、经济的发展促进城市商品市场的繁荣，城市物流需求也与日俱增，居民的需求日趋多样化，客户需求的多样化、随机性对物流配送提出了更高的挑战。客户对配送时间的及时性和配送地点的准确性有了更高的要求，个性化的订货方式要求配送服务快速反应，因此合理的规划城市物流系统至关重要。高效的物流系统能够满足人民物质生活的需要，节约社会成本，提高居民的生活质量。图 1-3 为我国直辖市近 8 年来的城市年货运总量。然而目前城市物流的发展不能满足不断增长的城市物流需求，各类难以控制的事件使城市物流系统的可靠性缺乏保障，无法与快速发展的城市经济和社会相匹配。如 2012 年电商“双十一”产生的巨大销售量使得快递公司出现爆仓、延误等顽症。“双十一”网购促销大战使得淘宝网等电商销售额再创新高，其直接后果是“双十一”过后，激增的网购包裹往往带来快递配送难题。福州“四通

一达”快递接送件均出现大幅增加，来自圆通的统计数据显示，11月11日晚接单量约为610万；来自苏宁易购统计数据显示，每日正常出货次数是2~3次，但在“双十一”期间出货次数达到5~6次；来自韵达的统计数据显示，2012年11月12日当天，韵达的接单量比去年同期增长了70%。

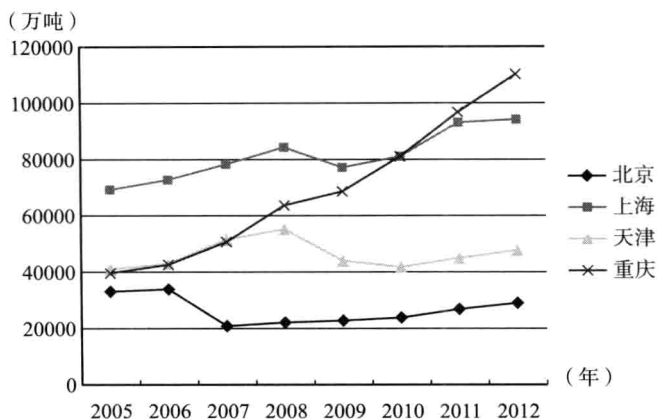


图 1-3 全国直辖市主要运输方式货运量

资料来源：《北京统计年鉴 2013》，《上海统计年鉴 2013》，《天津统计年鉴 2013》，《重庆统计年鉴 2013》。

然而，随着中国城市化进程的进一步加快，不管是从城市经济发展，还是从城市空间结构，城市交通运输布局及城市基础设施建设考虑，伴随城市发展所衍生出一系列负面效应逐渐凸显，制约着城市物流的发展。随着城市规模的不断扩大，城市人口的急剧增加，产业转移趋势越发明显。与此同时，“城市病”也日益严重，如交通拥挤、资源紧缺、城市居民生活质量下降等问题都在困扰着城市的进步。

城市交通建设持续的投入使城市交通基础设施承载能力大大增

强,也极大地支持了城市的社会经济发展。但是随着城市人口的持续增加、城市机动车保有量的迅猛增加,交通事业与不断增长的城市需求存在着很大的差距,城市的交通存在着诸多问题,远不能满足不断增长的需求。《中国城市发展报告》2012 卷中的数据显示我国的城镇化率已经达到 52.57%。《投资蓝皮书:中国投资发展报告(2013)》显示到 2030 年我国的城镇化率将达到 70%,城市、城镇的居住人口将超过 10 亿,而城市道路基础设施建设速度与城镇化速度的脱节势必会造成更大的交通压力^[170]。截至 2012 年,北京市机动车保有量已经突破 520 万辆,2012 年机动车比 2011 年增加 21.6 万辆,北京城市交通拥堵问题越发严重。如图 1-4 所示,近 3 年北京市的城市交通拥堵基本处于轻度拥堵的状态,交通的拥堵给城市居民生活、物流配送带来很大的挑战。

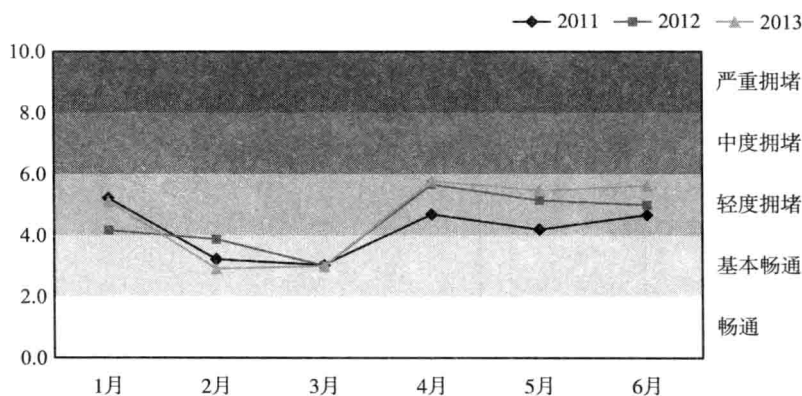


图 1-4 2011 ~ 2013 年上半年北京月平均交通拥堵指数对比

资料来源:首都之窗 <http://www.beijing.gov.cn/zbft/rdft/t1321398.htm>.

2013 年上半年北京的交通指数是 5.0,比去年同期增长 6.4%。工作日路网的平均拥堵时间是 1 小时 40 分钟,比去年多了 30 分

钟。如表 1-1 所示, 2013 年上半年北京的晚高峰有 10 天出现严重拥堵, 指数在 8.0 以上, 比去年多了 2 天。拥堵时间都超过了 2 小时。城市交通拥堵问题大多与城市规划设计中存在的弱点有关, 例如, 交通基础设施布局规划、运输组织规划等。城市交通拥堵制约了城市物流系统的发展, 拥堵的交通使得物流配送的安全性和及时性不能得到很好地保证, 从而影响了物流服务的可靠性。例如, 由于城市拥堵问题为物流的配送带来了不确定性, 配送企业对配送时间的估计存在误差, 使得配送的成本提高。一些对时效性要求比较高的生鲜产品由于交通拥堵使得产品的在途时间变长, 增加了其腐败的概率。

表 1-1 2013 年上半年北京晚高峰严重拥堵天数统计

日期	星期	晚高峰交通指数	拥堵持续时间 (指数在 6 以上)	备注
2013/1/5	6	9.0	6 小时 45 分钟	不限行
2013/1/6	7	8.3	2 小时 45 分钟	不限行
2013/1/11	5	8.3	2 小时 46 分钟	4、9 限行
2013/1/18	5	8.3	4 小时 15 分钟	4、9 限行
2013/1/25	5	8.2	6 小时 30 分钟	4、9 限行, 节前
2013/2/2	6	8.3	5 小时 45 分钟	节前
2013/3/1	5	8.0	2 小时 15 分钟	4、9 限行
2013/4/27	6	8.7	8 小时 30 分钟	早高峰降雨
2013/6/8	6	9.0	4 小时 45 分钟	晚高峰降雨
2013/6/9	7	8.9	9 小时 30 分钟	全天降雨

资料来源: 首都之窗 <http://www.beijing.gov.cn/zbf/rdf/t1321398.htm>.

《2012 年城市空气质量信息公开指数 (AQTI) 评价报告》显示, 我国部分地区大气污染状况严重, 污染主要来自燃煤和交通、扬尘。《报告》显示, 在北京等 9 个重点大城市, 二氧化氮和 PM10