

中断风险与供应链绩 中断风险 供应链绩效模型

经管
交大

中断风险与供应链 绩效模型研究

吴一帆 著

中断风险

中断风险与供应链绩效

中断风险与供应链绩效



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

供应链绩效

国家自然科学基金资助出版(项目名称:“基于越库的应急物资配送调度优化方法研究”,基金号:71101051)

中断风险与供应链绩效 模型研究

吴一帆 著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

为了明确中断风险对供应链网络整体绩效的影响,本书将对中断风险下不同复杂程度的供应链网络进行建模,并通过相应的绩效分析方法对中断风险的影响进行定量分析研究,在此基础上讨论中断风险的有关管理问题。本书应用 Bernoulli 模型对串型和装配型供应链网络进行建模,并分别开发了基于马尔科夫性快速近似绩效分析方法,在此基础上讨论了模型的管理应用问题。针对产品类型的复杂性,本书应用多类别库存队列作为基本模型进行建模,并通过分解聚合方法对网络绩效进行求解。

本书适合供应链管理研究者及从业者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中断风险与供应链绩效模型研究/吴一帆著. —上海:上海交通大学出版社,2012
(卓越管理论丛)
ISBN 978-7-313-07670-0

I. 中... II. 吴... III. 供应链管理—研究
IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 162195 号

中断风险与供应链绩效模型研究

吴一帆 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:11 字数:136 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-07670-0/F 定价:30.00 元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:021-54742979

前 言

为了降低供应链整体运营成本以获得竞争优势,全球性的供应链网络不断发展,地理分布与网络结构的复杂性使得供应链越来越容易遭受中断风险的侵袭,供应链网络的脆弱性问题也越来越突出。为了明确中断风险对供应链网络整体绩效的影响,本书将对中断风险下不同复杂度的供应链网络进行建模,并通过相应的绩效分析方法对中断风险的影响进行定量分析研究,并在此基础上讨论中断风险的有关管理问题。

全书共分 6 章,主要内容如下:

第 1 章阐述了本研究的背景和研究意义,提出了研究问题。对现有关于中断风险、越库作业及一些常用方法论的文献进行了评价和总结,指出了已有研究存在的不足,简要地介绍了本书的研究思路。

第 2 章对中断风险的串型供应链网络进行了分析。这部分解决的主要问题是中断风险下的串型供应链网络进行建模,并开发快速绩效分析方法求解以库存为核心的主要绩效指标。在明确绩效表现与中断风险关系的基础上讨论中断风险对供应链绩效的影响,并讨论相关应用问题。首先对最为简单的单阶段串型供应链网络进行建模,即对供应链中的各种功能单位(包括供应商、生产商、零售商、分销商等)进行统一的简化处理,省略了运作细节,采用离散时间的排队网络进行建模,每个阶段分为两部分,一部分为对功能单位的生产能力或服务能力进行建模的 Bernoulli 服务器,另一部分为对每阶段库存进行建模的库存缓冲区。中断风险对各阶段生产能力或服务能力的影响则通过服务器的状态进行描述。通过马尔科夫性的相关分

析可对以上模型进行精确求解。在此分析的基础上通过结合分解聚合方法设计可以求解多阶段串型供应链网络的近似算法,得到各阶段平均库存水平,顾客订单满足率、平均延期订单水平等绩效指标,最后通过数值实验验证了方法的有效性和精确性,并为供应链网络的设计提供参考或指导。

第3章对中断风险的装配型供应链网络进行了分析。这部分是对前一部分的补充和发展,在串型供应链网络的模型基础上构建结构更为复杂的装配型供应链网络的模型。通过扩展得到单阶段装配型供应链网络的绩效分析方法,并进一步设计结合马尔科夫链和分解聚合方法的迭代算法,并对多阶段装配型供应链网络进行分析,最后同样通过数值实验验证了方法的有效性和精确性,并为供应链网络的设计提供参考或指导。

第4章研究了多产品供应链网络。这里解决的主要问题是结构更为复杂的一般化供应链网络进行建模,同时在产品类型复杂性上,从研究单一类型产品上升到多产品的供应链网络的研究。针对多种随机因素影响下的多产品供应链网络,采用多类别库存队列作为基本构建模块进行建模,针对网络中各项绩效指标与服务器任务队列的相关性提出任务队列分解的方法,并对供应链网络中各个结点进行绩效分析,然后通过分解和聚合方法对每阶段的输入流和输出流进行合并与抽取,以实现网络中各场所的连接问题。数值实验验证了上述方法的有效性,在此模型基础上进一步讨论如何引入中断风险因素的影响。

第5章研究中断风险下的越库配送中心运作优化。这部分研究的是一类更为复杂的供应链网络结构,即含有越库配送中心的供应链网络。研究对象在结构、产品种类与运作规则方面的复杂性都要超过前面几部分的供应链网络,这也造成对其建模与绩效分析非常困难,因此这里首先通过离散事件仿真对越库配送中心运作进行建模,然后通过基于仿真的智能计算能力分配框架控制计算能力,通过遗传算法指导优化搜索对综合绩效指标进行优化。通过数值实验验证了集成仿真、遗传算法和智能计算能力分配的计算框架的有效性。该计算框架可作为研究这类复杂性很高的供应链网络较为通用的工具。

第6章对本书进行了总结,列出了研究的结论,并讨论了中断风险影响

下的供应链网络建模、绩效分析与运作优化问题未来可能的研究方向。

中断风险管理是一个新的研究领域,其理论和方法尚处于研究和发展初期,书中很多内容都是探索性工作,再加上作者水平有限,有不完善之处、缺点或错误恳请各位专家和读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 相关研究述评	3
1.2.1 中断风险相关研究	3
1.2.2 供应链网络建模、绩效分析	7
1.2.3 越库系统相关研究	12
1.2.4 方法论相关研究	16
1.3 现有研究的不足	18
1.4 拟解决的科学问题	19
1.5 研究内容和框架	20
1.5.1 研究内容	20
1.5.2 研究框架	22
第 2 章 中断风险下串型供应链网络分析研究	24
2.1 概述	24
2.2 模型描述	25
2.2.1 销售丢失情形	26
2.2.2 延期交货情形	27
2.2.3 符号	28

2.3 单阶段系统分析	28
2.3.1 销售丢失情形	29
2.3.2 延期交货情形	32
2.4 多阶段系统分析	36
2.4.1 销售丢失情形	36
2.4.2 延期交货情形	39
2.4.3 运输时间建模	40
2.5 数值实验分析	41
2.5.1 近似精度	41
2.5.2 运输时间扩展	45
2.5.3 计算时间	49
2.6 网络设计	50
2.7 管理应用分析	52
2.8 本章小结	53
第3章 中断风险下装配型供应链网络分析研究	55
3.1 概述	55
3.2 模型描述	56
3.2.1 基本假设和符号	56
3.2.2 销售丢失情形	59
3.2.3 延期交货情形	59
3.3 绩效分析	59
3.3.1 销售丢失情形下两个部件系统的分析	60
3.3.2 销售丢失情形下 N 个部件系统的分析	63
3.3.3 延期交货情形下的扩展	65
3.4 近似精度与计算时间分析	67
3.5 网络设计	76
3.6 管理应用分析	78
3.7 本章小结	79

第4章 多产品供应链网络分析研究	81
4.1 概述	81
4.2 供应链网络集成建模框架	82
4.2.1 场所与存储点	82
4.2.2 链接	85
4.3 多类别库存队列模型	85
4.4 绩效分析	87
4.4.1 多类别输入流的聚合和输出流的分解	88
4.4.2 任务队列分析	91
4.5 数值实验结果	94
4.6 中断风险分析	97
4.7 本章小结	98
第5章 中断风险下越库配送中心运作优化研究	99
5.1 概述	99
5.2 模型描述	100
5.3 集成遗传算法(GA)和智能计算能力分配(SCBA)的求解 框架	103
5.3.1 编码策略	103
5.3.2 生成初始解	104
5.3.3 染色体评价	104
5.3.4 适应度函数	104
5.3.5 父代选择	104
5.3.6 交叉操作因子	104
5.3.7 变异因子	105
5.3.8 子代的构成	105
5.3.9 SCBA	105
5.3.10 终止规则	106

5.4 数值实验	107
5.4.1 其他方法	108
5.4.2 参数设置	109
5.4.3 实验结果	111
5.5 本章小结	116
第6章 全书总结	118
6.1 主要结论	118
6.2 研究展望	120
附录1 定理2.1的证明	121
附录2 定理2.2的证明	122
附录3 定理2.3的证明	123
附录4 定理3.1的证明	124
附录5 数值结果3.1的证明	127
附录6 定理3.2的证明	128
附录7 数值结果3.2的证明	131
附录8 5.4数值实验参数补充	133
参考文献	146
后记	163

第1章 绪论

1.1 研究背景

供应链网络是由一些相互交互(包括信息交互、物资交互、资金交互等)的公司或组织组成的,其目标是生产产品并在指定的时间和地点将产品发送给顾客。供应链管理的目标简言之就是使供应链网络保持高效而低成本地运行。为了实现这一目标,基于建模的供应链网络整体绩效分析以及基于绩效分析的供应链网络优化配置显得至关重要。

随着供应链网络结构的复杂性和地理分散性的不断提高,供应链网络日益凸显的脆弱性成为困扰企业提升供应链绩效的主要阻碍之一。供应链网络的脆弱性,成因主要为各种不确定性因素带来的风险。Tang^[1]根据风险对供应链网络绩效的影响和风险本身发生频率的大小来划分,可将其划分为两类:一类是对供应链网络影响较大,但发生频率较低的中断风险;另一类是对供应链网络影响较小,但发生频率较高的运作风险。

运作风险管理是供应链风险管理的一个重要组成部分,Tang(2006)从供应管理、需求管理、产品管理和信息管理四个角度出发对现有研究做出了小结,并指出有关中断风险的定量研究还比较少。

中断风险往往会对供应链网络的运营产生巨大影响,并极大地降低整体效率,给企业带来难以估量的经济损失。Hendricks 和 Singhal^{[2][3]}指出受到中断风险影响的公司不论是在公司股票还是运营方面绩效均大大低于

未受影响的手。2000年, Ericsson 因为一个供应商半导体工厂的火灾而蒙受了 4 亿欧元的损失^[4]。丰田公司由于其刹车系统中的一个零部件的唯一供应商的工厂遭遇火灾, 为了获得备用的零部件而损失巨大^[5]。1998年, 通用汽车因为工人罢工而全面停产, 遭受巨大经济损失。美国政府因“9·11”恐怖袭击而关闭美加边境, 导致福特汽车公司无法得到加拿大供应商足够的原材料而被迫临时关闭 5 家工厂。路虎汽车前底盘供应商 UPF—Thompson 倒闭后被 KPMG 兼并, 路虎汽车为了继续其底盘供应而向 KPMG 支付了数额保密的资金^[6]。多年来, 供应链中断风险已成为学术界和企业界非常关心的热点问题。但由于问题的复杂性, 目前主要成果尚集中在概念模型的定性分析或供应链中某一涉及面较小的特定主题(如供应商不确定性、运输不确定性等)中。供应链的脆弱性存在于整个网络中的任何一个阶段或场所, 因此, 针对这种环境下的供应链网络建模及整体绩效评估将成为一个具有广泛应用前景的研究方向。本书将以研究供应链网络绩效模型为基础, 探究中断风险对供应链网络的影响, 进而提出一些供应链网络设计与管理的原则和参考。

库存历来都被视为抵御风险和不确定性的一项重要手段, 为了能对中断风险对供应链网络的影响进行定量分析, 本研究将构建中断风险环境下的供应链网络模型, 并以库存为核心研究中断风险对供应链各种绩效指标的影响。

现实中的供应链网络非常复杂, 主要体现在以下几点:

1) 结构复杂性

供应链网络的结构多种多样, 理论研究和实际应用中最为常见的有串型供应链网络、装配型供应链网络和树形供应链网络等。本书将研究其中的串型供应链网络、装配型供应链网络以及更为一般化的任意型供应链网络结构, 并根据供应链网络结构的复杂性特点, 分别采用不同的建模方法并开发相应的绩效求解方法。

2) 产品类型复杂性

市场需求多样化对供应链的生产能力提出了更高的要求, 供应链网络的目标是要满足顾客多样化的需求, 这就要求供应链应具备多种类产品生

产的柔性。而柔性化生产对生产资源的竞争性又加大了供应链网络分析的难度。

3) 运作规则复杂性

运作管理存在于供应链的方方面面,如库存策略、运输管理、生产计划与控制等。不同的运作规则将决定使用不同的供应链网络。

在对经典的串型、装配型供应链网络和一般结构的供应链网络分析的基础上,本书还将对含有越库配送中心的供应链网络进行建模与分析。刘志学(2001)中有关越库作业的定义为,产品在物流环节中,不经过中间仓库或站点,直接从一个运输工具换载到另一个运输工具的物流衔接方式。越库配送中心的运作集中了以上讨论的各种供应链网络的复杂性。其卸车装车操作类似于装配型结构供应链,越库运作必然是针对多产品类别的应用环境,另外它的运作还将采用特殊的零库存策略和考虑规模效益的运输方式。因此本书选取这样一个特殊的物流供应链对象作为应用研究的背景。越库作为一项物流技术在国内外各个行业有着广泛的应用,其中最为成功的应用当属零售业巨头 Wal-mart 的配送系统^[8]。其他成功案例还包括快递物流服务巨头 UPS^[9],汽车制造商丰田^[10],一些零担运输服务提供商^[9]和批发型超市 Costco^[11]。在这些应用中,企业通过有效管理越库配送中心作业,有效地降低了库存成本以及运输成本,创造了企业的竞争优势,取得了很好的经济效益。

1.2 相关研究述评

1.2.1 中断风险相关研究

目前在学术界,中断风险还没有一个严格明确的定义。一般来说它是指一些不可预测的事件,如自然灾害(地震、海啸、暴雪等)、罢工游行以及恐怖主义袭击等。这些风险通常给供应链网络的绩效带来很大影响,影响到企业的运作管理甚至是股价方面的表现^{[2][3]},有关这些风险带来的重大经济损失屡见不鲜^{[4]~[6]}。因而对中断风险的研究显得格外重要,然而 Tang

(2006)指出,有关中断风险的研究并不多见。

Natarajarathinam 等^[13]采用了一个基于风险生命周期管理的四阶段综合处理方案来对供应链风险管理进行分类。四阶段处理方法最初是由美国 National Governors' Association 的策略研究中心提出的^[14]。在应急管理^{[15][16]}、灾难运作管理^[17]和国土安全^[18]等与风险管理相关的领域均以这套综合处理方案为基础展开相关研究与应用。这四个阶段分别是缓解(mitigation)、预备(preparedness)、响应(response)和恢复(recovery)。以风险的生命周期为基准,缓解和预备可作为风险发生前的相关预防准备措施,响应是风险发生时采取的应对措施,而恢复则是风险结束后将受损系统恢复到风险发生前的状态的相关措施。这四个阶段的概念如下:

缓解是对可能的风险源进行评估并发现设定一系列举措来弱化甚至消除这些风险源以避免风险的发生或者减小其产生的负面影响。

预备是制定一系列的风险响应计划并对相关参与方进行培训,使得他们明确在风险发生时应该如何应对。

响应包括了一系列在风险发生时采取的应对措施,通过执行预备阶段制定的计划来减小风险的负面影响。

恢复是帮助所有受到风险影响的子系统回复到其正常运作状态的相关措施。

Natarajarathinam 等^[13]同时指出,预备阶段的相关定量分析研究是相对缺乏的,因此本书中有关中断风险的研究将集中在缓解和预备这两个方面。Natarajarathinam 等^[13]总结了 118 篇文献,然而这些文献中真正与供应链管理有紧密联系的只占一小部分,大量文献更适合于归类到应急管理、灾难运作管理和国土安全等问题中。而这一小部分文献中采用定量分析方法的就更少。

当前有关中断风险的定量研究主要集中于供应管理上,即供应商由于中断风险而无法按时按量提供所需原料的应对措施研究。Levy^[19]提出了一个仿真模型用以研究供应商可靠性和需求波动对不同供应链网络设计方案的绩效影响。其主要研究成果是基于一个 PC 制造商的实际案例,并不能直接推广到其他公司或行业。Parlar^[20]通过半马尔科夫过程对供应商的可得

状态进行建模,并在需求和提前期均为随机的情况下讨论了 (q,r) 库存策略。该研究限定研究对象为 (q,r) 库存策略并证明了某些特殊情况下成本函数的凸性。Tomlin^[21]则研究了一个有两个供应商的系统,其中一个供应商产品价格较低,但其可靠性较低,另一个供应商价格较高却较为可靠,订单则可以发往任何一个供应商。Ross等^[22]研究了一个特殊的不可靠特性,即假设中断的概率与时间相关。通过比较各种订货策略,Ross发现非固定的订货策略是最佳的最优性和鲁棒性平衡策略。Gaonkar和Viswanadham^[23]开发了一个概念性框架来解决供应链风险问题,并采用较为简单的整数二次优化模型和混合整数规划优化模型来涉及鲁棒供应链系统。上述研究主要关注供应商与制造商或零售商之间的互动,也就是两阶段的供应链系统。不过供应链系统通常多于两个阶段,因此这些研究都局限于处理供应链关系中的一部分。

Qi和Shen^[24]对一个三阶段供应链网络进行建模,这三个阶段分别是一个不可靠的供应商、一个或多个配送中心和分销商。通过分析最优解的性质,揭示了供应不确定性对供应链网络设计的影响。Kull和Closs^[25]开发了一个单产品四阶段串型供应链网络的仿真模型,并研究了有关第二阶段供应不可靠性的问题。他们指出通过从整体系统的角度可以更好地对供应风险进行管理。Li和Meerkov^[26]研究了一个汽车行业供应链中经常采用的评价供应商质量的绩效指标,DTP(due-time performance),并提出了在串型网络和装配型网络中计算该指标的方法。上述研究虽然以多级供应链网络作为研究对象,然而他们仍只考虑了供应商阶段的不确定性。在现实世界中,中断可能发生于供应链系统的任何一个阶段,这种环境下的供应链系统绩效分析并没有得到很好的解决。

也有一些文献从不同角度出发来研究中断对供应链网络的影响。Kleindorfer和Saad^[27]基于1995~2000年美国化工行业的事故数据提出了一个中断风险管理概念模型框架并讨论了相关管理系统的设计问题。Chopra和Sodhi^[28]将供应链风险分为9类,并总结了每一类风险产生的原因,提出了降低这些风险的方法。Hallikas等^[29]做了一个案例研究,作者应用来自2个总装厂和9个它们的供应商的数据,分别从总装厂和供应商的角

度出发,讨论了生产网络的风险分析。Wilson^[30]则采用系统动态仿真研究了两阶段间运输中断风险对供应链系统绩效的影响。Bai 和 Wang^[31]采用连续时间离散事件仿真比较了运输中断发生情况下供应商管理库存模式与传统库存模式的绩效指标。Liu 等^[32]研究了氯气运输商在考虑运作成本与风险成本情况下的优化模型。但真正用到定量方法并从整体系统角度来研究供应链中断风险的文献非常有限。其中 Wu 等^[33]提出了一个基于 Petri 网的方法来研究不确定性和中断在供应链网络中的传播以及这些风险对系统性能的影响。Knemeyer 等^[34]在保险行业现有的风险分析框架上提出了一个预防和应对灾难性风险事件的方法。易海燕等^[35]分别研究了中断风险下的节点选址模型和网络设计模型,并分别考虑了期望成本最小和最坏情况成本最小两种情况。

表 1-1 从更具体的研究内容角度给出了供应链中断风险的相关研究总结。

表 1-1 供应链中断风险研究比较

研究领域	研究内容	建模理论与分析方法	贡 献	缺点及需要进一步的研究	主要参考文献
现有研究领域	供应可靠性	随机过程, 仿真	为供应商选择提供了丰富的定性方法与定量方法, 为深入研究做出铺垫	研究关注面较窄, 缺乏供应链整体概念	[19]~[22] [24]~[26]
	中断风险案例研究	定性方法	定性的描述了风险原因, 讨论了降低风险的措施, 为定量研究提供素材及现实依据	框架性模型对具体问题指导意义不大	[23] [27]~[29]
	中断风险在供应链网络中的传播	Petri 网	中断风险对供应链的影响	受限于研究方法, 对问题的定量研究能力有限	[33]
	运输中断风险	仿真	阶段间运输中断对供应链的影响	静态分析, 对中断发生的时间长短缺乏动态描述	[30]~[32]

(续表)

研究领域	研究内容	建模理论与分析方法	贡献	缺点及需要进一步的研究	主要参考文献
本研究研究领域	中断风险下的供应链网络建模及绩效分析	随机过程, 排队网络, 分解聚合算法	中断风险范围更广, 更具一般性, 提供快速定量绩效分析方法	见 1.4 节研究内容	

1.2.2 供应链网络建模、绩效分析

对供应链中断风险进行科学定量的分析, 首先需要对供应链网络进行建模, 而且所采用的模型需要能够反映中断风险在供应链中的影响, 在此基础上对供应链网络的绩效进行分析从而为研究中断风险提供相应的平台和基础。供应链网络的建模根据应用目的大体可分为两类: 网络设计和绩效分析。网络设计模型一般用来帮助进行战略和战术层的决策制定, 主要决策用什么资源生产何种产品以及如何生产等问题。绩效分析则是研究具有一定网络结构(主要包含串型结构、装配型结构和网状结构)的供应链中的每个阶段采用特定的运作模式(包括按库存生产(MTS), 按订单生产(MTO), 按订单装配(ATO))的情况下, 供应链系统对最终顾客的服务水平。

服务水平通常可通过多种指标来反映, 在供应链网络绩效评价中, 针对不同情形, 通常采用两类绩效指标, 分别是销售丢失情形下的订单满足率和延期交货情形下的期望延期订单量^{[36]~[41]}。这些绩效指标的应用并不局限于考虑确定性的供应链网络, 在考虑不确定性的供应链网络中同样被广泛采用, 比如 Lodree Jr. 和 Taskin^[42]研究了需求在即将到来的风暴影响下的库存控制问题。Xia 等^[43]提出了一个考虑两阶段供应生产与库存系统的恢复计划模型。这些研究均采用了有限时段内的相应指标作为供应链网络的