

# 供应链风险管理中的几个重要问题<sup>①</sup>

吴军<sup>1</sup>, 李健<sup>2</sup>, 汪寿阳<sup>2</sup>

(1. 北京邮电大学经济管理学院, 北京 100876;

2. 中国科学院数学与系统科学研究院系统科学研究所, 北京 100080)

**摘要:** 供应链风险管理是供应链管理领域一个新的热点研究方向,吸引了来自于运作管理、财务管理 and 战略管理等领域的研究人员和企业管理人员的极大关注. 文章对有关供应链风险管理定量分析的一些主要工作进行评述,并讨论这一领域的几个重要研究方向,希望引起国内学术界的重视.

**关键词:** 供应链管理; 风险管理; 风险厌恶

**中图分类号:** F253

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-9807(2006)06-0001-12

## 0 引言

供应链(Supply Chain)是指由原材料获取,加工成半成品直至产品,并将产品送到顾客手中的一些企业或部门组成的网络. 对供应链的构成、运作、协调等各方面的研究和实践形成了供应链管理(Supply Chain Management)这一新的经营与运作模式<sup>[1,2]</sup>. 供应链管理自提出以来,已引起众多理论研究者和企业界人士广泛关注,特别是诸如惠普(HP)公司、IBM公司和戴尔(DELL)公司等国际著名企业在供应链管理实践中取得的巨大成就,更使人们坚信供应链管理是企业增强竞争力的一个有效途径,因而引发了国内外企业界和学术界对于供应链管理的研究和实践<sup>[2]</sup>.

企业实际运作过程中存在大量诸如需求不确定、信息不对称以及供应商不稳定等随机因素,这些因素的存在导致供应链管理中的巨大风险性,特别是一些重大事件(如生产事故、自然灾害、恐怖袭击等)的发生给企业和社会造成了巨大影响. Hendricks和Singhal<sup>[3,4]</sup>的实证研究充分反映了供应链风险因素对公司财富具有明显影响这一事

实. 基于1989—2000年间的519个样本数据,他们估计了供应链扰动对于股东财富的短期影响,发现供应链的扰动会使得公司财富下降10.28%. 他们还基于1989—2000年间的827个样本数据估计了供应链扰动对于公司财富的长期影响,发现供应链突发风险的发生导致公司平均正常收益下降了33%~40%. 由于供应链风险和不确定性因素对公司效益产生的越来越大的影响,近年来供应链企业管理者的态度已经有了很大的转变,他们已不仅仅关注企业利润的最大化,而更注重企业获得预期利润的可能性以及面临的各种风险问题. 对供应链风险的研究,正是在这种现实要求下产生和发展的. 供应链风险管理(Supply Chain Risk Management)是一个兴起不久的研究领域,目前尚没有一个被普遍接受的定义. 这里采用Paulsson给出的一个定义<sup>[5]</sup>: 供应链风险管理就是与供应链中的各方共同协作或者独自进行,运用风险管理的工具去处理那些由物流或相关活动引起的或受其影响的供应链中的风险和不确定性. 这个定义既包含了供应链企业个体面临的风险,又强调了供应链企业作为一个整体在相互协作中所面临的风险.

① 收稿日期: 2006-09-12; 修订日期: 2006-09-24.

基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助项目(70502001); 国家杰出青年基金资助项目(70125001); 国家自然科学基金委员会创新研究群体基金资助项目(70221001).

作者简介: 汪寿阳(1958—),男,江苏东台人,研究员. Email: sywang@amss.ac.cn

## 1 供应链风险管理研究的发展

供应链管理这一研究领域的发展已有 20 多年的历史,风险管理则是一个研究历史更长的领域.供应链风险管理最近几年成为供应链管理一个新的热点研究方向,吸引了来自于运作管理、金融财务和企业战略管理等领域的研究者和管理者分别从不同角度对供应链风险管理问题进行了大量研究<sup>[6,7]</sup>.

这些研究从研究方法上来讲包括定性研究、实证研究和定量研究,其研究内容涵盖了风险管理的基本过程,即:风险识别(Risk Identification)、风险评估(Risk Assessment)、风险管理(Risk Management)和企业连续运作管理(Business Continuity Management).国内外关于定性分析方面的研究内容十分丰富,主要集中于研究风险识别和风险管理这两个过程.有关这方面的研究更详细的文献综述可以参见 Chapman 等<sup>[8]</sup>, Paulsson<sup>[5]</sup>和周艳菊<sup>[9]</sup>.国内学者最近几年已经开始关注供应链风险问题,对供应链风险的来源和产生的危害进行了定性分析,并且提出了一些措施来处理供应链中存在的风险问题<sup>[10-14]</sup>.目前关于供应链风险管理的实证研究相对较少,代表性的工作有 Hendricks 和 Singhal<sup>[3,4]</sup>, Kleindorfer 和 Saad<sup>[15]</sup>.他们主要利用一些上市公式发布的数据研究供应链中的风险和不确定性因素对公司效益的影响.限于篇幅限制,本文只针对运作管理领域的工作,尤其集中于该领域中的定量分析文献进行介绍.

按时间来分,供应链风险管理定量研究的发展大致可按 20 世纪 90 年代的前和后分为两个阶段.

早在供应链风险管理概念出现以前,已有研究者注意到企业的风险问题,并从不同角度对此进行了研究.例如 Lanzilotti 就风险问题对企业进行实证研究,发现很多企业管理者对于企业达不到预定利润的风险十分关心<sup>[16]</sup>. Heymans 从经济学角度研究了一个风险厌恶型企业面临随机需求时的订货决策问题,并分析了价格波动对企业利润的影响<sup>[17]</sup>. Baron, Horowitz 和 Lau 基于报童模型讨论了企业决策者对于风险的厌恶态度给企业最优决策带来的影响.他们分别采用期望效用函数、获得预算利润的概率函数等风险指标作为系统决策的目标函数<sup>[18-20]</sup>.

20 世纪 80 年代中期到 20 世纪 90 年代,有一些研究者从马氏决策角度对供应链管理中的库存模型进行了大量的风险分析.其中代表性文献有: White 总结了 20 世纪 80 年代关于马氏决策问题风险敏感准则分析的主要结果<sup>[21]</sup>. Sobel 对于一般性的非折扣形式、折扣形式的马氏决策问题进行了风险分析<sup>[22]</sup>. Chung 采用高均值低方差的判定准则研究了一个不考虑折扣的平稳分布单一链马氏决策问题,并给出了 Pareto 最优的分析方法和计算结果<sup>[23]</sup>.

总的来说,20 世纪 90 年代以前很多研究者已经开始注意到供应链的风险问题,并从各个角度进行了相关研究.限于当时的供应链管理还主要集中于解决供应链的效率、优化和协调问题,供应链的风险问题还没有引起足够重视.因此,有关供应链风险管理的研究工作相对分散且不够深入和系统化.

进入 20 世纪 90 年代以来,由于顾客消费水平不断提高,全球经济一体化进程的加快,企业之间的竞争也逐步转变为供应链之间的竞争.为了提高供应链的效率,人们采取种种措施建立更加敏捷和精细的供应链.这些措施在大大降低供应链运作成本的同时,也使得供应链变得更加脆弱,难以应对各种风险的威胁.另外,供应链上的各个企业彼此依赖,相互影响,任何一个中间环节出现问题,都可能波及供应网络中的其他企业,进而影响整个供应链的正常运作.一个典型的案例就是美国西海岸工潮对中远集团及其客户的影响:2002 年 9 月,美国西海岸发生工潮,港口关闭两周,由于美国西海岸是中远集团进入美国的主要门户,中远集团到达美国的集装箱船无法卸货返航,这使得中远集团两周内至少损失 2 400 万美元,同时中远集团的客户也因此损失惨重<sup>[13]</sup>.由于种种现实问题的挑战和要求,越来越多的研究者开始考虑供应链环境下的风险问题,并采用金融领域的各种风险分析工具研究供应链模型.尤其是最近几年,关于供应链风险问题的定量研究大量涌现,本文对其进行归纳总结,并从中梳理出几个值得关注的关键词.

## 2 供应链风险管理中的几个关键问题

一般说来,风险可以根据其发生的概率和事后

危害性这两个维度进行简单地划分.本文主要考虑如下两类典型的的风险:一类属于日常风险,其特点是发生概率大、事后危害性不大、易于控制;另一类属于突发事件,其特点是发生概率小、事后危害性大、不易控制.将第一类风险称为供应链管理的日常风险,客户需求的不确定性和供应环节的供需不平衡是这类风险产生的最根本的原因;称第二类风险为供应链管理的突发风险,供应链环节中无法预料的突发事件是这类风险产生的最根本的原因.现有的关于供应链风险管理的文献,主要就是针对这两类风险问题进行分析和研究的.纵观最近10年该领域的文献,供应链风险管理中的关键问题主要有以下4个方面:

### 2.1 供应链信息风险与规避

供应链中的信息流覆盖了从供应商、制造商到分销商,再到零售商等供应链中的所有环节.如何对供应链中的信息流进行计划、组织、协调与控制,实现供应链整体效率与效益最优化,是供应链管理的一个重要内容.由于信息的不确定以及信息在供应链传递过程中的扭曲失真引起供应链的效率下降、成本增加,称之为供应链中的信息风险.

从以上定义可以看出信息风险可以分为两类,一类是信息本身的不确定性引起的风险,利用信息更新方法来设计供应链采购合同是降低信息不确定性的一个重要措施.另一类风险是信息在传递过程中扭曲引起的.在供应链操作中,各节点企业基于自身利益的考虑,只根据各自相邻的下级企业的需求信息进行生产或供应决策,使得需求信息向供应链上游传递时产生逐级放大的现象,供应链的源头获得的客户的需求信息的偏差远远大于零售商,这称为“牛鞭效应”(Bullwhip Effect)<sup>[24]</sup>.牛鞭效应和信息共享问题密切相关,信息共享被认为是解决牛鞭效应的有效手段,也是实现供应链管理的基础.从这两个角度出发来讨论供应链信息风险的问题.

#### 2.1.1 信息更新环境下供应链采购合同的设计

所谓信息更新,主要是指利用决策的时延来获取更为准确的信息,从而对下一阶段的决策做出更为有效的判断.关于信息更新的研究在20世纪60、70年代就已经出现,主要是针对季节性商品的订货决策问题.90年代中期开始,相继有学者开始采用信息更新方法研究供应链环境下采购合同的设

计与优化问题,并大大拓宽了采购的形式.

Fisher和Raman把多产品、长提前期、有限生产能力的生产规划问题抽象为一个两阶段随机动态决策问题进行求解.作者将他们的研究结果应用于一个生产滑雪服装的公司,证明了可以用更低的库存水平达到更高的顾客服务水平<sup>[25]</sup>.Eppen和Iyer以季节性产品为例研究了合同柔性的价值,并通过从企业获得的实际数据证明了企业合同的柔性将会增加企业的利润<sup>[26]</sup>.Anupindi和Bassok研究了单一产品、周期盘点、有限阶段的库存系统.作者证明在系统限定了最小购买数量条件下,最优库存策略是一一对一的补充策略(Base-stock Strategy),而且这个策略可以由报童模型的最优定货量确定<sup>[27]</sup>.随后,Anupindi和Bassok将对于单一产品的研究结果推广到多产品的情形<sup>[28]</sup>.Brown和Lee以半导体工业转包现象为背景,研究了制造商面临的采购问题:给定了成本参数以后,执行期权和保留期权的最优数量分别是多少?他们首先设计了一个一般性的合同模型,包括执行期权、保留期权以及现货市场购买3种形式,并分别给出了每种形式的最优采购量.然后,在特定的假设下分析了信息更新质量对于最优采购决策的影响<sup>[29]</sup>.Tsay和Lovejoy提出了一个数量柔性供应链系统的性能分析和设计框架,分析了系统柔性对库存水平、需求预测以及需求波动的影响.作者最后指出对该模型的分析方法同样适用于多级库存系统<sup>[30]</sup>.

通过供应链柔性合同的设计与优化来规避供应链的采购风险是最近10年来国际上普遍采用的一种方法,也是发展相当成熟且行之有效的一种方法.有关这方面的研究已有几篇很好的综述论文<sup>[31~33]</sup>.

国内学者对于供应链合同的研究一直很关注,很多学者在传统的供应链合同模型基础上结合实际市场情况从不同角度设计了很多供应链合同模型.张龙等从供需双方促销努力角度提出了一种形式化供应链合同策略.证明了在适当的合同参数下,使用这种形式化策略,通过供需双方博弈供需链能够达到稳定状态<sup>[34]</sup>.赵泉午等研究了具有多个零售商的易逝品回购合同.采用更贴近实际的有效需求函数,证明了零售商库存竞争存在惟一的纯策略纳什均衡,并且能在供应商和

零售商之间任意分配整个供应链期望利润<sup>[35]</sup>。贾涛,徐渝和陈金亮研究了零售阶段需求依赖于存货展示量的供应链合同的设计和协调,证明了当存在多个成本相同的零售商时,其最优存货展示量存在惟一的 Nash 均衡解,供应商可以通过价格加促销补贴的合同协调供应链,并且可以实现对供应链利润的任意分配<sup>[36]</sup>。国内关于供应链合同方面的研究内容十分丰富,限于篇幅限制,这里不再赘述,感兴趣的读者可以参考近几年的几篇综述文章<sup>[37~39]</sup>。

### 2.1.2 牛鞭效应与信息共享

牛鞭效应是供应链中最核心的问题之一,对它的存在性、消除措施以及信息共享价值问题的定量研究,一直是国内外学术界研究的热点问题之一。

Lee, Padmanabhan 和 Whang 第一次从理论上证明了即使供应链上的参与者都是理性的且最优化自己的收益,牛鞭效应仍然可能会发生<sup>[40,41]</sup>。为了证明牛鞭效应的存在性,他们构造了由一个制造商和零售商组成的供应链,假定零售商知道需求的分布,且需求是一个简单的 1 阶自相关过程(AR(1))。零售商为理性的,采用最优的 order-up-to 订货策略。他们证明了由此产生的订单的方差大于需求的方差,即存在牛鞭效应。

在 Lee 等人的工作之后,该方向大部分的研究都集中于对原先问题假设条件的推广上。如 Gilbert<sup>[42]</sup>, Li G<sup>[43]</sup>, 证明了在更一般的关联需求模式的牛鞭效应的存在性。Chen 等则考虑了零售商不知道需求服从 AR(1) 过程,而采用移动平均法或指数平滑法预测未来的需求。他们证明了该情形下牛鞭效应的存在性<sup>[44]</sup>。

信息共享是减弱牛鞭效应的一个有效措施。量化信息共享带来的价值是牛鞭效应的另外一个研究重点。这方面的代表性工作有文献<sup>[45~48]</sup>等。他们证明了在不同的环境中实施信息共享能够减弱牛鞭效应,降低供应链上的库存,从而降低期望总成本。

当然消弱牛鞭效应还有其他一些有效措施,如供应商管理库存(VMI),联合预测(Collaborative Forecasting)等等。国内在这方面也有一些研究。谢琨和刘凯通过对供应链的不确定性及其对库存风险影响的分析与探讨,提出了实施库存集中控制,

能够汇集需求,提高需求预测的准确度,降低需求的变动性,从而在不影响管理服务水平的同时,降低安全库存,以实现风险分担<sup>[49]</sup>。对此不再详细讨论,更详尽的综述可见文献<sup>[50,51]</sup>。

牛鞭效应的存在增加了库存,降低了供应链的效率,带来了风险,这是大家公认的事实。以往的工作也揭示了这一点并且提出了一些应对措施。但 Li G 等人采用数学分析与仿真的方法首次发现并提出了反牛鞭效应(Anti-Bullwhip Effect)的存在性<sup>[52,53]</sup>。他们的工作全面解释了在实际的工业调查研究中所观察到的现象,为生产平滑模型有效性问题的最终解决提供了一个可行的途径。

信息共享在实际应用过程中还有很多问题需要解决。比如信息共享时得益者往往为供应商,零售商一般不能从中直接受益,采取何种激励机制,使得信息共享能够实际执行?如果供应商和零售商对风险的态度不同时如何采用信息共享或者其他措施降低供应链中的信息风险并对其进行量化分析,在实际应用和理论研究中都有重要意义。

### 2.2 供应链模型的风险分析

以往关于供应链模型的研究主要采用风险中性模型进行分析,决策目标是企业期望利润的最大化(或期望成本的最小化)。然而,近年来关于供应链管理的研究与实践表明:企业管理者已不仅仅关注企业利润的最大化,而且更注重企业获得预期利润的可能性以及面临的各种风险问题。因此,最近几年大量的研究都是基于风险厌恶型决策者假设进行分析,决策目标已不再仅仅考虑企业期望利润的最大化,而是大量采用金融理论中诸如均值方差(Mean Variance Tradeoff)、效用函数(Utility Function Theory)、在险价值(Value at Risk)等风险工具刻画供应链中的风险指标,建立具有风险度量机制的多目标权衡决策的目标函数。

Bouakiz 和 Sobel 采用指数效用函数研究了具有线性定货成本的动态报童模型,目标函数是期望库存成本最小化。作者证明了:对于有限阶段库存模型和无限阶段库存模型,一对一的库存补充策略都是最优的<sup>[54]</sup>。Chen 和 Fedegruen 采用均值-方差工具对报童模型、Base-Stock 模型和(R, nQ)模型等基本库存模型进行了风险分析,给出了这些基本库存模型所对应的均值方差模型,并针对各个模型的关键性能指标如现货库存水平、

顾客等待时间(服务水平)等给出了均值-方差分析结果,其研究方法和结论为以后的研究者提供了新的思路<sup>[55]</sup>. Martinez-de-Albeniz 和 Simchi-Levi 研究了一个制造商面临向上游供应商和现货市场采购的问题,设计了一个投资组合采购合同,并对该合同进行了均值方差分析<sup>[56]</sup>. Chen, Sim, Sun 和 Simchi-Levi 等采用效用函数和条件在险价值(Conditional Value at Risk)等金融工具对报童模型、多阶段的库存模型和带定价策略的库存模型进行了风险分析,得到了具有风险度量的目标函数下最优的库存/定价策略,最后作者提出了几个值得关注的新的研究方向<sup>[57]</sup>. Buzacott, Yan 和 Zhang 对半导体工业中普遍采用的执行-期权(Commitment-Option)采购合同模型进行了风险分析. 作者以利润函数的方差刻画风险指标,采用均值方差方法构造具有风险度量的目标函数,给出了各阶段最优的执行期权量、保留期权量的最优一阶条件,分析了信息更新的质量对于系统最优决策的影响;最后指出,采用下方风险(Downside Risk)作为风险度量是一个很好的研究方向<sup>[58]</sup>. Wu J 等在文献<sup>[58]</sup>的基础上采用刻画下方风险的条件在险价值工具对该采购合同模型进行了风险分析. 首先给出了制造商的最优订货量的解析表达式以及执行期权量和保留期权量满足的一阶条件. 其次,分析了制造商的风险态度对其最优订货量、执行期权量和保留期权量的影响. 并且通过和均值方差分析方法的对比说明了采用条件在险价值方法在模型求解上的优势. 最后通过数值仿真给出了风险因素对于制造商的最优决策的影响<sup>[59]</sup>. Wu J 等采用均值方差工具研究了一个风险厌恶报童模型,重点分析了缺货成本对于决策者最优决策的影响,并与不考虑缺货成本的报童模型进行了比较研究<sup>[60]</sup>. 张存禄等在定量分析供应商数量与供应风险及采购总成本关系的基础上,建立了多目标优化模型,通过模型求解,给出在指定供应风险水平下最优供应商数量与采购总成本<sup>[61]</sup>. 供应链模型风险分析更详细的文献综述及模型分类可参见文献<sup>[7, 62]</sup>.

尽管这个方向上的研究最近几年取得了丰硕的成果,但是其中仍然存在一个根本性的问题有待解决. 经济、金融领域的风险和供应链中的风险具有各自不同的特点,不能完全等同,直接用金融

风险工具对供应链中的风险问题进行分析是否适合? 是否可以对于这种分析给出理论或实证上的支持? 这是值得研究者深入思考的一个问题.

### 2.3 风险厌恶与供应链协调

近几年来,在假定供应链决策者为风险厌恶型决策者基础上来研究风险厌恶对于供应链系统性能和最优决策的影响以及具有风险厌恶决策者的供应链协调问题也逐渐为供应链风险研究者所关注.

Lau H 和 Lau A 研究了一个制造商、一个销售商的两阶段供应链模型,制造商决定批发价格和返还价格,销售商决定定货量. 假定两个决策者都是风险厌恶型决策者,作者证明了,最优返还策略依赖于两个决策者对于风险的态度,制造商可以通过制定有效的返还策略获得更大的利润<sup>[63]</sup>. Eeckhoudt, Gollier 和 Schlesinger 分析了一个风险厌恶型报童模型,考虑了决策者的风险态度对于系统性能的影响,以及系统成本参数的变化和需求的增加对于系统性能的影响<sup>[64]</sup>. Agrawal 和 Seshadri 研究了一个风险厌恶零售商如何选择最优订货量和零售价的问题. 通过和风险中性决策模型进行比较给出了不确定性和决策者的风险态度对其最优定货量和零售价的影响<sup>[65]</sup>. Agrawal 和 Seshadri 研究了一个单周期供应链模型,其中多个风险厌恶零售商从一个共同的上游供应商订货. 通过引入一个风险中性的分销商(分销商从供应商那里购买产品然后卖给零售商)为每一个零售商提供有效的合同设计方案来解决决策者的风险厌恶态度导致的订货量不足的问题以及风险分担问题<sup>[66]</sup>. Tsay 研究了由一个制造商和零售商组成的实施返还策略(Manufacturer Return Policies)的配送系统,且考虑了制造商和零售商分别为博弈先行者的两种情形. 首先,假设该系统中决策者为风险厌恶决策者并采用了均值方差作为风险度量工具. 其次,研究了风险厌恶态度对供应商和零售商双方关系和返还策略的影响. 最后指出决策者的风险厌恶态度对其决策行为将会产生很大的影响. 所得结果对在风险敏感的条件下如何实施返还策略和选择合作伙伴有指导意义<sup>[67]</sup>. Wu, Wang 和 Chao 在假定决策者可以在需求实现之后决定是否行使期权采购的基础上,给出了一个新的供应链采购合同模型并采用条件在险价值

工具对该模型进行了风险分析.首先给出了制造商的最优订货量的解析表达式及其与随机需求的对应关系.分析了制造商对于风险的态度对其执行期权量和保留期权量的影响.文章给出了决策者的最优决策与其风险态度之间的定量关系,为处于不同风险态度下的决策者应当采取的最优策略有很好的指导意义<sup>[68]</sup>.叶飞和李怡娜研究了具有风险规避特性的零售商加盟的供应链协作回购契约机制.作者发现:具有风险规避特性的零售商所选择的最优订货量,往往会小于风险中性的零售商所选择的最优订货量;激励具有风险规避特性的零售商所需要的激励成本,要大于激励风险中性的零售商所需要的激励成本;当零售商越害怕风险时,供应商所需要的激励成本就越高<sup>[69]</sup>.

有关具有风险厌恶决策者供应链的协调问题上述文献也有涉及,但明确提出具有风险厌恶决策者的供应链协调定义并给出系统化的描述主要是 Gan, Sethi 和 Yan 的工作<sup>[70,71]</sup>.文献[70]基于决策理论中的 Pareto 最优概念研究了具有风险厌恶型决策者的供应链协调的问题.首先给出了具有风险厌恶决策者的供应链合同的协调定义以及达到供应链协调获得 Pareto 最优解的基本步骤.其次以一个供应商一个零售商的二级供应链系统为例,分别采用下方风险、均值方差和效益函数作为风险度量工具来说明如何设计供应链系统参数从而达到协调.文献[71]研究了一个由一个风险中性供应商和一个风险厌恶型零售商组成的供应链协调的协调问题,并设计了一个易于操作的风险分担合同来达到供应链系统的协调.索寒生,储洪胜和金以慧研究了一个供应商一个零售商组成的两阶段供需链协调问题,文章假定销售商是具有 loss-averse 型风险规避的决策者.作者证明了利益共享合同可以使供需链达到协调.批量折扣合同在销售商的风险规避效应小于某个特定值时,也可使得供需链协调<sup>[72]</sup>.索寒生等进而考虑了多个销售商组成两阶段供需链的协调问题<sup>[73]</sup>.杨德礼和郭琼分析了在信息对称情况下供应链成员企业在不同的风险偏好组合下的协作方式,并建立了相应的数学模型,对供应链企业间的支付方式和销售努力进行了探讨,并求得相应的 Pareto 最优解,最后通过数值算例对其结论进行了验证<sup>[74]</sup>.

这方面的研究在国内外刚刚兴起不久,其中

尤其以 Gan, Sethi 和 Yan 在文献[70,71]中有关具有风险厌恶型决策者的供应链协调的工作最具有代表性.他们通过采用决策理论中的 Pareto 最优、Pareto 改进定义作为协调的判断标准,给出了具有风险厌恶型决策者的供应链协调的定义.他们的工作为具有风险厌恶决策者的供应链协调问题的研究提供了新的思路和研究方法,最近几年这个领域的相关研究将会有一个较大的发展.

#### 2.4 供应链突发事件的应急管理

上述风险管理建立在当前运作环境为正常状态以及对未来一段时间内环境的预测的基础上,属于日常风险管理.供应链中还有另外一类风险:环境突然发生变化会使得原来的最优计划或运作不能平稳地进行.该类风险发生的概率比较小,但人们并不能确定其分布,且一旦发生引起的损失将是巨大的.对该类风险的管理称为应急管理(Disruption management)<sup>[75]</sup>.应急管理的产生是一个长期的积累过程,在造船、电信,特别是航空领域已有广泛应用.最近一段时期,特别是“9·11”事件以后,供应链中的应急管理引起了企业界和学术界的广泛关注.例如,MIT 的运输与物流中心开展了全球恐怖主义威胁下的供应链管理的研究<sup>[71]</sup>.

供应链应急管理的定量研究,根据所研究模型的性质可分为确定性模型和随机性模型.研究确定性模型的代表文献[76~78].这些论文中假定需求变量为确定性的.扰动主要表现为生产启动成本、存储成本、生产成本及需求等参数的突然变化.研究的模型包括经典的 EPQ 模型,一个制造商和一个零售商以及一个制造商和两个零售商组成的两级生产存储系统.研究的主要目的是如何对该系统进行实时管理,即扰动发生后,如何尽快求出相应的解决方案,并对最优解进行定性分析.该类模型的一个特点就是引入了偏离成本.偏离成本的存在,使得当扰动幅度不太大时,继续执行原来的计划可能是最优选择.确定性模型主要解决扰动发生后供应链恢复问题,而随机性模型主要是对一些应急管理措施进行事前评估.应急管理措施主要有两大类,预防性措施和应急措施.预防性措施主要有购买保险、持有库存和多头采购等.应急措施主要包括重新制订计划和需求管理.研究随机性模型的代表主要有文献[79~88].

其中文献[79~84]主要集中于研究供应扰动下的库存或生产管理策略.他们把供应扰动表示为连续或离散的 Markov 过程,需求或为确定的或为随机的.文献[79~82]关注的是只有一个供应商的模型,分别给出了不同情况下各自的最优库存或生产管理策略.文献[83,84]进一步考虑了含有两个供应商的问题,给出了在各个供应商处的最优订货数量.但以上工作只是评估了供应扰动下的库存或生产管理策略.文献[85~87]则进一步分析了在应急管理中如何在各种预防性措施和应急措施中进行权衡和选择.值得指出的是以上模型中的目标函数大多是期望成本最小或期望利润,即假定决策者为风险中性的.只有在文献[81,88]中考虑了风险厌恶型的决策者,分别采用了方差、下方风险及条件在险价值作为风险度量函数,分析了风险态度对最优策略选择的影响.

与国际上的情形类似,国内关于供应链应急管理的研究也是刚开始不久.雷臻和徐玖平介绍了供应链突发事件的应急管理问题,对供应链上的突发事件进行了定义和分类,并分析了突发事件对供应链的影响,最后提出了供应链突发事件应急管理的体制、机构和流程<sup>[89]</sup>.于辉,陈剑和于刚研究了突发事件对于经典的利用数量折扣协调的供应链所造成的影响,给出了供应链对突发事件的最优应对策略,提出了新的具有抗突发事件的数量折扣协调的建议<sup>[90]</sup>.他们也分析了突发事件造成零售商面临的需求分布变化时对利用回购契约协调的供应链所造成的影响,给出了供应链对突发事件的最优应对策略,并改进了回购契约使其能协调应对突发事件,即改进后的回购契约具有抗突发事件性<sup>[91]</sup>.Xu 等研究并讨论了需求突然发生变化对有一个供应商和零售商组成的供应链的影响,他们分别考虑了独自决策和集中决策两种情况下如何达到供应链的协调<sup>[92]</sup>.

目前关于供应链中突发风险应急管理的定性研究工作比较丰富,提出了一些事前预防措施和事后处理措施,来建立高效而具有鲁棒性的供应链来应对突发风险带来的损失.但是这些措施是有成本的,必须对其在效用和成本之间进行权衡分析.现有研究工作主要以期望成本或期望收益为目标函数,显然是不够的.由于突发风险的发生概率小且难于预测,但带来的损失却往往十分巨

大,其度量函数和处理方法也应该不同于日常风险.如何选择合适的度量工具来评价这些措施是一个值得研究的问题.除了理论上的问题,实际应用研究都需要去开展.这是非常值得关注的一个研究方向.

### 3 结束语

总结目前关于供应链风险管理的若干重要研究方向,可以看出国内学者最近几年已经开始关注供应链风险问题,并取得了一定的进展.但总的说来,国内关于供应链风险管理的研究,特别是在定量研究方面与国际前沿研究还有一定距离,希望通过本文能引起国内学者对供应链风险管理研究的重视.

作为供应链管理的一个重要内容,供应链风险管理的发展与其它学科一样,是一个不断发展的过程.在这个过程中,理论与实践在不断相互促进.理论研究受到当时的研究工具与方法、实践环境和条件等因素的限制.同时,实践的发展也不断的给理论研究提出新的挑战和问题.综合这些因素,作者认为以下几个主题是未来一段时间值得关注的发展重点.

(1) 已有关于供应链风险的工作对于日常风险管理研究比较多,比较成熟,而应急管理由于其一旦发生事后产生的严重危害性更加引起社会的关注,也更加具有实践意义,建议国内学者更多地关注该领域的研究.

(2) 除了物流、信息流,供应链中还有资金流的管理,将金融风险 and 供应链风险结合起来进行研究已经成为供应链管理中一个新的研究方向:金融供应链(Finance Supply Chain)<sup>[93~96]</sup>,它将会是一个值得开展的研究方向.

(3) 综合物流系统(Integrated Logistics System)的风险控制;综合物流系统的集成优化包括企业内部的以及供应链上企业之间的物流系统集成优化,如将库存决策与运输决策的集成优化,生产与销售的集成优化等等<sup>[97]</sup>.现有的研究大都以降低期望总成本为目标,假设决策者为风险中性的.在考虑决策者的风险敏感态度下如何对综合物流系统进行集成优化,使得企业中的各部门之间及各企业之间实现协调运作、风险共担、利益共享,是

理论和实践中亟待解决的一个问题。

特别应该指出的是,供应链风险管理最终目的是在实践中能够建立敏捷而富有弹性的供应链,取得较好的效益的同时又能够应对各种风险,

保证供应链的连续运作.因此,希望能结合中国企业的实际问题开展关于供应链风险的应用研究,提出并能够实施一些高效且具有鲁棒性的策略,建立高效稳定的供应链。

### 参考文献:

- [1] Chopra S, Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation[M]. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2001.
- [2] 马士华, 林勇. 供应链管理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.  
Ma Shi-hua, Lin Yong. Supply Chain Management[M]. Beijing: China Machine Press. (in Chinese)
- [3] Hendricks K B, Singhal V R. The effect of supply chain glitches on shareholder wealth[J]. Journal of Operation Management, 2003, 21(5): 501—523.
- [4] Hendricks K B, Singhal V R. An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock price performance and equity risk of the firm[J]. Production and Operations Management, 2005, 14(1): 35—52.
- [5] Paulsson U. Supply chain risk management[A]. In: Brindley C. Supply Chain Risk[C]. Ashgate Publishing Limited, 2004, 79—96.
- [6] Boyabat O, Toktay L. Operation Hedging: A Review with Discussion[R]. Working Paper, INSEAD, 2004.
- [7] 吴军, 汪寿阳. 供应链风险管理: 综述及进展[R]. 工作报告, 中国科学院管理、决策与信息系统重点实验室, 2004.  
Wu Jun, Wang Shou-yang. Research on Supply Chain Risk Management: Survey and Advance[R]. Technical Report, Key Laboratory of Management, Decision and Information Systems, Chinese Academy of Sciences, 2004. (in Chinese)
- [8] Chapman P, Christopher M, Juttner U, et al. Identification and managing supply chain vulnerability[J]. Logistics and Transportation Focus, 2002, 4(4): 59—64.
- [9] 周艳菊, 邱莞华, 王宗润. 供应链风险管理研究进展的综述与分析[J]. 系统工程, 2006, 24(3): 1—7.  
Zhou Yan-ju, Qiu Wan-hua, Wang Zong-run. A review on supply chain risk management[J]. Systems Engineering, 2006, 24(3): 1—7. (in Chinese)
- [10] 段伟常, 刘凯, 高爱颖. 供应链战略风险研究[J]. 物流技术, 2006, (1): 58—61.  
Duan Wei-chang, Liu Kai, Gao Ai-ying. Research on supply chain strategic risk[J]. Logistics Technology, 2006, (1): 58—61. (in Chinese)
- [11] 韩东东, 施国洪, 马汉武. 供应链管理中的风险防范[J]. 工业工程, 2003, (5): 37—41.  
Han Dong-dong, Shi Guo-hong, Ma Han-wu. Risk evading in supply chain management[J]. Industrial Engineering Journal, 2003, (5): 37—41. (in Chinese)
- [12] 李晓英, 陈维政. 供应链风险形成机理研究[J]. 中国流通经济, 2003, (9): 11—13.  
Li Xiao-ying, Chen Wei-zheng. A study on mechanism of the formation of supply chain risks[J]. China Business and Market, 2003, (9): 11—13. (in Chinese)
- [13] 丁伟东, 刘凯, 贺国先. 供应链风险研究[J]. 中国安全科学学报, 2003, (3): 64—66.  
Ding Wei-dong, Liu kai, He Guo-xian. Research on supply chain risk[J]. China Safety Science Journal, 2003, (3): 64—66. (in Chinese)
- [14] 付玉, 张存禄, 黄培清, 等. 基于案例推理的供应链风险估计方法[J]. 预测, 2005, 24(1): 56—58.  
Fu Yu, Zhang Cun-lu, Huang Pei-qing, et al. Case-based reasoning for supply chain risk assessment[J]. Forecasting, 2005, 24(1): 56—58. (in Chinese)
- [15] Kleindorfer P R, Saad G H. Managing disruption risks in supply chains[J]. Production and Operations Management, 2005, 14(1): 53—68.
- [16] Lanzilotti R. Pricing objectives in large companies[J]. American Economic Review, 1958, 48: 921—940.
- [17] Heymans S. The price taker: Uncertainty, utility and the supply function[J]. International Economic Review, 1966, 7: 346—356.
- [18] Baron D. Point estimation and risk preference[J]. American Statistical Association, 1973, 68: 944—950.
- [19] Horowitz I. Decision Making and the Theory of the Firm[M]. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1970.



- [20] Lau H. The newsboy problem under alternative optimization objectives[J]. *Journal of Operational Research Society*, 1980, 31: 525—535.
- [21] White D. Mean, variance and probabilistic criteria in finite Markov decision processes: A review[J]. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 1988, 56: 1—30.
- [22] Sobel M. Mean-variance tradeoffs in an undiscounted MDP[J]. *Operations Research*, 1994, 42: 175—183.
- [23] Chung K. Mean-variance tradeoffs in an undiscounted MDP: The unichain case[J]. *Operations Research*, 1994, 42: 184—188.
- [24] 谢科范, 彭华涛. 供应链管理中的“牛鞭效应”与信息风险[J]. *中国机械工程*, 2003, 14: 1510—1513.  
Xie Ke-fan, Peng Hua-tao. Bullwhip effect and information risk in supply chain risk management[J]. *China Mechanical Engineering*, 2003, 14: 1510—1513. (in Chinese)
- [25] Fisher M, Raman A. Reducing the cost of demand uncertainty through accurate response to early sales[J]. *Operations Research*, 1996, 44: 87—99.
- [26] Eppen G, Iyer A. Baup Agreements in Fashion Buying—the Value of Upstream Flexibility[R]. Working Paper, University of Chicago, 1996.
- [27] Anupindi R, Bassok Y. Analysis of supply contracts with total minimum commitment[J]. *IIE Transactions*, 1997, 29: 373—382.
- [28] Anupindi R, Bassok Y. Approximation for multiple contracts with stochastic demands and business volume discounts: Single supplier case[J]. *IIE Transactions*, 1998, 30: 723—734.
- [29] Brown A, Lee H L. Optimal Pay-to-delay Capacity Reservation with Application to the Semiconductor Industry[R]. Technical Report, Stanford University, 1997.
- [30] Tsay A, Lovejoy W. Quantity flexibility contracts and supply chain performance[J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 1999, 1: 89—111.
- [31] Tsay A A, Nahmias S, Agrawal N. Modeling supply chain contracts: A review[A]. In: Tayur S, Magazine M, Ganesan R. *Quantitative Models for Supply Chain Management* [C]. MA: Kluwer Academic Publishers, 1998, 197—232.
- [32] Cachon G. Supply chain coordination with contracts[A]. In: De Kok A G, Graves S. *Handbooks in Operations Research and Management Science*[C]. Elsevier, Amsterdam, 2003.
- [33] 王迎军. 顾客需求驱动的供应链契约问题综述[J]. *管理科学学报*, 2005, 8(2): 68—76.  
Wang Ying-jun. Overview of supply chain contract problems driven by customer demand[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2005, 8(2): 68—76. (in Chinese)
- [34] 张龙, 宋士吉, 刘连臣, 等. 带有供需双方促销努力的供需链合同问题研究[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2003, 43(9): 1226—1229.  
Zhang Long, Song Shi-jie, Liu Lian-chen, *et al.* Supply chain contract model with supplier and retailer effort effects [J]. *Journal of Tsinghua University (Sci & Tech)*, 2003, 43(9): 1226—1229. (in Chinese)
- [35] 赵泉午, 熊榆, 林娅, 等. 多个零售商库存竞争下的易逝品回购合同研究[J]. *系统工程*, 2004, 22(8): 39—42.  
Zhao Quan-wu, Xiong Yu, Lin Ya, *et al.* A study on buy back contract of perishable goods under retail inventory competition[J]. *Systems Engineering*, 2004, 22(8): 39—42. (in Chinese)
- [36] 贾涛, 徐渝, 陈金亮. 需求依赖于货架展示量的供应链合同的研究[J]. *预测*, 2005, 24(3): 70—75.  
Jia Tao, Xu Yu, Chen Jin-liang. The study on the supply chain contracting with a shelf space dependent demand[J]. *Forecasting*, 2005, 24(3): 70—75. (in Chinese)
- [37] 张欣, 田澎. 关于供应链合同模型的一个概述[J]. *技术经济与管理研究*, 2003, (2): 42—43.  
Zhang Xin, Tian Peng. A survey on supply chain contract model[J]. *Technoeconomics and Management Research*, 2003, (2): 42—43. (in Chinese)
- [38] 张龙, 宋士吉, 刘连臣, 等. 供需链管理中合同定量研究及其发展[J]. *控制与决策*, 2004, 19(10): 1081—1085.  
Zhang Long, Song Shi-ji, Liu Lian-chen, *et al.* The prospects of quantitative study on contract of supply chain[J]. *Control and Decision*, 2004, 19(10): 1081—1085. (in Chinese)
- [39] 杨德礼, 郭琼, 何勇, 等. 供应链契约研究进展[J]. *管理学报*, 2006, 3(1): 117—125.  
Yang De-li, Guo Qiong, He Yong, *et al.* Review of supply chain contracts[J]. *Chinese Journal of Management*, 2006, 3(1): 117—125. (in Chinese)
- [40] Lee H L, Padmanabhan V, Whang S. Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect[J]. *Management Science*, 1997, 43, 546—548.
- [41] Lee H L, Padmanabhan V, Whang S. The bullwhip effect in supply chains[J]. *Sloan Management Review*, 1997, 38: 93—102.
- [42] Gilbert K. An ARIMA supply chain model[J]. *Management Science*, 2005, 51: 305—310.

- [43] Li G, Wang S Y, Yu G, *et al.* The Relationship Between the Demand Process and the Order Process under a Time-series Framework[R]. Working Paper, Submitted to European Journal of Operational Research, 2004.
- [44] Chen F, Drezner A, Ryan J, *et al.* The bullwhip effect: Managerial insights on the impact of forecasting and information on variability in a supply chain. In: Tayur, *et al.* (Eds.), Quantitative Models for Supply Chain Management[C]. Kulwer Publishers, Dordrecht, 1998.
- [45] Lee H L, So K C, Tang C S. The value of information sharing in a two-level supply chain[J]. *Management Science*, 2000, 46: 626—643.
- [46] Cheng T C E, Wu Y N. The impact of information sharing in a two-level supply chain with multiple retailers[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2005, 56: 1159—1165.
- [47] Li G, Yan H, Wang S Y, *et al.* Comparative analysis on value of information sharing in supply chains[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2005, 10(1): 34—46.
- [48] Li G, Lin Y, Wang S Y, *et al.* Enhancing Agility Using Supply Information Sharing[R]. Working Paper, Submitted to Supply Chain Management: An International Journal, 2004.
- [49] 谢琨, 刘凯. 供应链库存管理中的风险问题研究[J]. *中国安全科学学报*, 2003, 13: 26—29.  
Xie Kun, Liu Kai. Introduction to inventory management risk in supply chain[J]. *China Safety Science Journal*, 2003, 13: 26—29. (in Chinese)
- [50] 李刚, 汪寿阳, 于刚, 等. 牛鞭效应与生产平滑模型有效性问题[J]. *管理科学学报*, 2004, 7(1): 1—18.  
Li Gang, Wang Shou-yang, Yu Gang, *et al.* Bullwhip effect and validity of production-smoothing model[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 7(1): 1—18. (in Chinese)
- [51] 李刚, 汪寿阳, 于刚, 等. 供应链中牛鞭效应与信息共享的研究[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2006.  
Li Gang, Wang Shou-yang, Yu Gang, *et al.* A Study on Bullwhip Effect and Information Sharing in Supply Chains[M]. Changsha: Hunan University Press, 2006. (in Chinese)
- [52] Li G, Wang S Y, Yan H, *et al.* Information transformation in a supply chain: A simulation study[J]. *Computers and Operations Research*, 2005, 32: 707—725.
- [53] Li G, Wang S Y, Yu G, *et al.* The Bullwhip Effect and the Anti-bullwhip Effect[R]. Working Paper, Submitted to Manufacturing & Service Operations Management, 2004.
- [54] Bouakiz M, Sobel M. Inventory control with an exponential utility criterion[J]. *Operations Research*, 1992, 40: 603—608.
- [55] Chen F, Federgruen A. Mean-variance Analysis of Basic Inventory Models[R]. Working Paper, Columbia University, 2000.
- [56] Martinez-de-Albeniz V, Simchi-Levi D. Mean-variance Tradeoffs in Supply Contracts[R]. Working Paper, MIT, 2003.
- [57] Chen X, Sim D M, Simchi-Levi, *et al.* Risk Aversion in Inventory Management[R]. Working Paper, the Center of eBusiness in MIT, 2003.
- [58] Buzacott J, Yan H, Zhang H. Optimality Criteria and Risk Analysis in Inventory Models with Demand Forecast Updating[R]. Working Paper, Chinese University of Hong Kong, 2003.
- [59] Wu J, Yue W, Yamamoto Y, *et al.* Risk analysis of a pay to delay capacity reservation contract[J]. *Optimization Methods and Software*, 2006, 21: 635—651.
- [60] Wu J, Li J, Wang S Y, *et al.* Impact of Stockout Cost on Risk-averse Newsvendor Problem[R]. Working Paper, Beijing University of Posts and Telecommunications, 2006.
- [61] 张存禄, 王子萍, 黄培清, 等. 基于风险控制的供应链结构优化问题[J]. *上海交通大学学报*, 2005, 39(3): 468—470.  
Zhang Cun-lu, Wang Zi-ping, Huang Pei-qing, *et al.* Supply chain structure optimization based on risk control[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2005, 39(3): 468—470. (in Chinese)
- [62] Chen J, Li J, Wang S Y. Risk management in supply chains: Literature review[A]. *Proceedings of the International Workshop on Successful Strategies in Supply Chain Management*[C], Hong Kong, 2006, 73—84.
- [63] Lau H, Lau A. Manufacturer pricing strategy and return policy for a single-period commodity[J]. *European Journal of Operational Research*, 1999, 116: 291—304.
- [64] Eeckhoudt L, Gollier C, Schlesinger H. The risk averse (and prudent) newsboy[J]. *Management Science*, 1995, 4: 786—794.
- [65] Agrawal V, Seshadri S. Impact of uncertainty and risk aversion on price and order quantity in the newsvendor problem[J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2000, 2: 410—423.
- [66] Agrawal V, Seshadri S. Risk intermediation in supply chains[J]. *IIE Transactions*, 2000, 32: 819—831.
- [67] Tsay A. Risk sensitivity in distribution channel partnerships: Implications for manufacturer return policies[J]. *Journal of Retailing*,

- 2002, 78(2): 147—160.
- [68] Wu J, Wang S Y, Chao X. Impact of Risk Attitude on Optimal Decisions in Supply Contract[R]. Working Paper, Beijing University of Posts and Telecommunications, 2006.
- [69] 叶飞, 李怡娜. 具有风险规避者加盟的供应链协作回购契约机制研究[J]. 工业工程与管理, 2006, (2): 1—4.  
Ye Fei, Li Yi-na, Research on buy back contract mechanism for supply chain coordination with a risk-averse retailer[J]. Industrial Engineering and Management, 2006, (2): 1—4. (in Chinese)
- [70] Gan X, Sethi S, Yan H. Coordination of a supply chain with risk-averse agents[J]. Production and Operations Management, 2004, 13: 135—149.
- [71] Gan X, Sethi S, Yan H. Channel coordination with a risk-neutral supplier and a downside-risk-averse retailer[J]. Production and Operations Management, 2005, 14: 80—89.
- [72] 索寒生, 储洪胜, 金以慧. 带有风险规避型销售商的供需链协调[J]. 控制与决策, 2004, 19(9): 1042—1049.  
Suo Han-sheng, Chu Hong-sheng, Jin Yi-hui. Supply chain coordination with risk aversion retailers[J]. Control and Decision, 2004, 19(9): 1042—1049. (in Chinese)
- [73] 索寒生, 储洪胜, 王京春, 等. 竞争环境下多个风险规避销售商的供需链协调[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2004, 44(10): 1345—1351.  
Suo Han-sheng, Chu Hong-sheng, Wang Jin-chun, et al. Supply chain coordination with competition between multiple risk aversion retailers[J]. Journal of Tsinghua University (Sci & Tech), 2004, 44(10): 1345—1351. (in Chinese)
- [74] 杨德礼, 郭琼. 基于不同风险偏好组合的供应链协作方式的研究[J]. 管理科学, 2005, 18(5): 7—10.  
Yang De-li, Guo Qiong. Research on supply chain coordination under various risk attitude portfolios[J]. Management Science in China, 2005, 18(5): 7—10. (in Chinese)
- [75] Clausen J, Hansen J, Larsen J, et al. Disruption management[J]. OR/MS Today, 2001, 28(5): 40—43.
- [76] Sheffi Y. Supply chain management under the threat of international terrorism[J]. International Journal of Logistics Management, 2001, 12(2): 1—11.
- [77] Qi X, Bard J, Yu G. Supply chain coordination with demand disruptions[J]. Omega, 2004, 32: 301—312.
- [78] Xia Y, Yang M, Golany B, et al. Real time disruption management in a two-stage production and inventory system[J]. IIE Transactions, 2004, 36: 11—125.
- [79] Xiao T, Yu G. Supply chain disruption management and evolutionarily stable strategies of retailers in the quantity-setting duopoly situation with homogeneous goods[J]. European Journal of Operational Research (forthcoming), 2006, 173(2): 648—668.
- [80] Moinzadeh K, Aggarwal P. Analysis of a production/inventory system subject to random disruptions[J]. Management Science, 1997, 43: 1577—1588.
- [81] Abboud N E. A discrete-time Markov production-inventory model with machine breakdowns[J]. Computers & Industrial Engineering, 2001, 39: 95—107.
- [82] Parlar M. Continuous review inventory problem with random supply interruptions[J]. European Journal of Operations Research, 1997, 99: 366—385.
- [83] Li Z L, Xu S H, Hayya J. A periodic-review inventory system with supply interruptions[J]. Probability in the Engineering and Informational Sciences, 2004, 18: 33—53.
- [84] Anupindi R, Akella R. Diversification under supply uncertainty[J]. Management Science, 1993, 39(8): 944—963.
- [85] Gürlü Ü, Parlar M. An inventory problem with two randomly available suppliers[J]. Operations Research, 1997, 45: 904—918.
- [86] Tomlin B T. Selecting a Disruption-Management Strategy for Short Life-cycle Products: Diversification, Contingent Sourcing, and Demand Management[R]. Working Paper, Kenan-Flagler Business School, University of North Carolina, 2005.
- [87] Tomlin B, Wang Y. On the value of mix flexibility and dual sourcing in unreliable newsvendor networks[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2005, 7(1): 37—57.
- [88] Tomlin B. On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply-chain disruption risks[J]. Management Science, 2006, 52(5): 639—657.
- [89] 雷臻, 徐玖平. 供应链中突发事件的应急管理探讨[J]. 项目管理技术, 2004, (5): 26—29.  
Lei Zhen, Xu Jiu-ping. Research on supply chain disruption management[J]. Project Management Technology, 2004, (5): 26—29. (in Chinese)
- [90] 于辉, 陈剑, 于刚. 协调供应链如何应对突发事件[J]. 系统工程理论与实践, 2005, (7): 9—16.  
Yu Hui, Chen Jian, Yu Gang. How to coordinate supply chain under disruptions[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2005, (7): 9—16. (in Chinese)

- [91] 于 辉, 陈 剑, 于 刚. 回购契约下供应链对突发事件的协调应对[J]. 系统工程理论与实践, 2005, (8): 38—43.  
Yu Hui, Chen Jian, Yu Gang. Supply chain coordination under disruptions with buy back contract[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2005, (8): 38—43. (in Chinese)
- [92] Xu M, Qi X, Yu G, *et al.* The demand disruption management problem for a supply chain system with nonlinear demand functions [J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2003, 12(1): 1—16.
- [93] Buzacott J, Zhang R. Inventory management with asset-based financing[J]. Management Science, 2004, 50(9): 1274—1292.
- [94] Birge J. Option methods for incorporating risk into linear capacity planning models[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2000, 2(1): 19—31.
- [95] Chao X, Chen J, Wang S Y. Dynamic inventory management with financial constraints[A]. Lecture Notes in Operations Research. Proceedings of the 5th International Symposium on Operations Research and its Applications[C]. World Publishing Corporation, Beijing, 2005. 13—25.
- [96] Chen J, Chao X, Wang S Y. Optimal Strategy for a Firm with Rebate and Delayed cash Payment to Maximize Cash Flows[R]. Working Paper, Madis, CAS, 2006.
- [97] 赵秋红, 汪寿阳, 黎建强. 综合物流系统: 理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2005.  
Zhao Qiu-hong, Wang Shou-yang, Lai K K. Integrated Logistics System: Theory and Method[M]. Beijing: Science Press, 2005. (in Chinese)

## Some key problems in supply chain risk management

WU Jun<sup>1</sup>, LI Jian<sup>2</sup>, WANG Shou-yang<sup>2</sup>

1. School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. Institute of Systems Science, Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

**Abstract:** Risk issues in supply chain management attract much attention recently. In this paper, we focus on the recent development in supply chain risk management, in particular, the research on quantitative analysis. Some key problems and challenges in supply chain risk management are proposed for future research. It is hoped that what we presented in this paper will stimulate the development of supply chain risk management in China.

**Key words:** supply chain management; risk management; risk aversion