需求扰动下供应链契约协调机制研究

计国君, 陈 婷
(厦门大学 管理学院, 福建 厦门 361005)

摘 要: 本文根据需求扰动的影响力大小, 将其分为日常需求扰动和突发需求扰动, 并对比了两种不同需求扰动的产生原因和特征; 具体阐述了需求扰动是如何对供应链上各企业造成影响的, 并给出了两种不同的传导模式; 通过剖析需求扰动风险传导机制, 从 3 个角度提出了针对需求扰动的控制策略; 最后, 通过建模探讨了在需求扰动后价格敏感系数改变的情况下零售商对产品价格的调整。同时, 为了保证零售商按发生需求扰动后的最优订购量订购产品和按最优产品零售价给产品定价, 根据需求扰动不同的影响程度, 分类讨论了与供应链相协调的适用契约。

关键词: 需求扰动; 风险传导; 供应链契约
中图分类号: F406 文献标识码: A 文章编号: 1002- 980X(2010)11- 0115- 12

1 研究背景

随着经济全球化的加快, 需求的个性化与多变性越来越突出, 市场竞争已转变成基于时间的竞争, 以产品为中心的推动管理模式转变成以顾客为中心的拉式管理模式。供需关系已由过去的松散式的互逆关系转变成合作的双赢关系[1]。但供应链中扰动因素大量存在, 诸如金融危机、突发事件等。体现在: (1) 随着网络信息技术的发展, 任何不利于产品质量的传播效应都会成倍放大, 造成供应链中的需求扰动。据海关统计, 2008 年 1—10 月我国出口乳制品 11 万吨, 价值 2.8 亿美元, 分别比 2007 年同期增长 2.4% 和 50.4%。但受 2008 年 9 月份爆发的“三鹿奶粉”事件影响, 10 月当月我国出口乳制品 1036 吨, 同比下降 91.8%。“三鹿奶粉”事件不仅使国内消费者对国产乳制品的信心受到严重打击, 也使许多国家和地区开始限制进口我国乳制品。如美国、缅甸、马来西亚等国就宣布了“禁令”[2]。(2) 供应链中成员企业需对终端需求预测, 才能顺利发展。现实中很多因素都会影响顾客的需求, 从而预测需求和实际需求的差距放大, 造成公司的一系列计划可能失效, 对公司的正常运营产生不利影响。例如, 英特尔公司(供应商) 为 Dell 公司的个人电脑提供处理器, 英特尔公司需几周时间来生产这些处理器, 但 Dell 不能等那么久, 因顾客已经下订单, 顾客要求在几天内(而非几周内) 拿到计算机。因而, 英特尔公司需在顾客订货前就生产出处理器—这就需 Dell 和英特尔公司对需求做预测, 并以此制订生产计划。英特尔的生产是对其供应商的需求—他们也必须预测未来的需求并据此安排生产, 来满足英特尔公司生产计划的要求。(3) 供应链的全球化和复杂化趋势加剧了供应链运营环境的不确定性, 其链上企业分布区域的分散性和外部环境的差异性使得供应链易受到突发事件的干扰。因供应链上的企业具紧密的耦合作用, 一旦突发事件对某个节点企业产生了干扰, 这种危险性因素会通过强大的正反馈作用而迅速波及供应链上的企业, 进而可能对整条供应链的正常运营产生严重的影响, 使供应链的成本急剧升高, 顾客服务水平降低, 甚至引起供应链的断裂。2005 年初我国的“苏丹红”事件除了以“苏丹红”为食品添加剂的生产商损失惨重外, 以其为纽带的原料供应商、分销商、零售商等都遭受到不同程度损失, 如肯德基在中国的 1200 家店因该突发事件在 4 天内至少损失 1460 万元, 其中包括产品损失、利润损失, 以及用于缴纳行政罚款、退还消费者货款、处理费等的其他费用, 湖南辣椒类产品在中国市场的销售额也因此下跌了四成左右[3]。(4) 20 世纪最后 10 多年盛行的商业模式很大程度上建立在供应

收稿日期: 2010- 04- 29
基金项目: 国家自然科学基金项目“基于复杂产品供应链的不连续创新能级研究”(70971111)、国家青年科学基金项目“基于企业社会责任的绿色供应链实证分析与运作研究”(70802052); 福建省自然科学基金项目“福建省物流安全及应急管理机制研究”(2009J01313) 部分研究成果
作者简介: 计国君(1964—), 男, 安徽合肥人, 厦门大学管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 供应链管理、系统工程、信息技术及管理等; 陈婷(1984—), 女, 厦门大学管理学院硕士研究生, 研究方向: 供应链管理、信息技术及管理等。

链效率水平不断提升的基础上。精益生产、JIT 等生产技术和零库存管理策略的广泛应用, 使供应链中的库存大幅度减少、成本降低、运营效率及敏捷性极大提高。但是, 这些技术却使得供应链变得更加脆弱。当供应链上某个节点企业或连接环节受突发事件干扰时, 供应链的运行将会因供应“协调”能力的缺乏而中断, 甚至导致其陷入停滞。如“9·11”恐怖袭击使得按照全球供应链和 JIT 运营的福特、丰田等大型制造企业都不同程度地遭受到零部件短缺和停产的困扰。

供应链扰动管理是一个刚刚兴起的研究领域, 需求扰动下的供应链协调属于供应链应急管理研究的一部分, 一般包括需求扰动的应急管理和生产成本扰动的应急管理[4]。如 Qi、Bard 和 Yu[5] 研究在报童环境中若需求价格关系为线性的, 当需求发生扰动时的供应链协调问题; Xu 等[6] 将该模型推广到价格需求关系为非线性的情形; Xu 和 Gao[7] 研究了当生产成本为生产数量的凸函数时, 线性价格需求关系下需求发生扰动时的集成化决策和如何在变化后的环境中设计新的协调策略的问题; Xu、Yu 和 Zhang[8] 研究了生产成本发生扰动的情形, 分别对线性和非线性的价格需求关系得出扰动发生后的集成化最优决策和分散式决策时的供应链协调策略; Xiao 等[9] 则考虑了一个供应商和两个零售商的供应链, 两个零售商进行投资竞争以促进销售, 供应商以一定的补贴率对投资进行补贴, 采用博弈论的方法得出在竞争环境下的供应链协调策略; Yang[10] 等人考虑了在生产函数是凸函数情形下, 生产费用出现扰动时, 如何用扰动管理的方法修改原来的计划。针对价格的敏感条件的研究, 包括: Weng 研究了在价格敏感需求条件下数量折扣策略的协调效果问题[11]; Boyacr 等分析了确定价格敏感需求下, 包含一个批发商和一个或多个地理上分散的零售商的供应链中价格和库存补充决策的协调问题[12]; Qin 等则研究了在面临价格敏感需求的情况下, 数量折扣与特许费协调机制在单一供应商与零售商组成的供应链系统中的协调作用[13]。综上可知, 针对需求扰动的供应链契约协调的文献虽不少, 但还有很多问题需深入探讨, 包括: ①需求扰动所产生的风险必然对整个供应链各成员企业的库存控制、资金流和信息流等造成影响, 即有关需求扰动的风险传导机制及控制机理还缺少完善的研究结论; ②多数文献只强调定量分析, 或只强调在需求扰动发生后针对具体情况, 通过应用策略实时地改变运营计划, 但这往往会带来成本的巨大提高且很少从供应链各企业和政府两个角度给出具体的对策; ③已有文献侧重于对生产成本的扰动、二级或三级供应链、集中型或分散型决策、不同供应链契约等的考虑, 缺少对需求扰动后的价格敏感性参数变化的研究, 同时关于零售商应如何重新进行产品定价问题尚未得出较好的结论。

基于此, 本文根据需求扰动产生影响的大小分为日常需求扰动和突发需求扰动, 探讨需求扰动是如何影响供应链上各成员企业, 并给出不同的传导模式及针对需求扰动的控制策略; 探讨了需求扰动使得价格敏感系数改变的情况下零售商对产品的重新定价, 且为保证零售商按发生需求扰动后的最优订购量订购产品和按最优产品零售价定价, 依程度不同的需求扰动情况来分类讨论适用的契约并协调供应链, 从而达到整个供应链利润的最大化。

2 需求扰动的传导与控制

2.1 需求扰动的三维风险传导模式

组织的风险传导, 从系统角度看包含三大基元: 物质、能量和信息。相应的风险分类则包括物质风险、资金风险和信息风险[14]。

(1) 物质风险是通过物质而传导的风险, 是有形的并能直接影响事物物理功能的因素, 如地震、恶劣的气候造成房屋的倒塌, 因疾病传染导致人群的成批死亡等[15]。在企业运行的微观方面, 这类风险则表现为原材料供应中断、机器故障、产品质量下降、产品销售困难、市场占有率下降、人身安全事故、人力资源匾乏、生产中断等。其典型特征是其传导依现实中的物质来进行。如机器故障可能导致产品质量下降, 也可能导致人身安全事故发生, 而究竟会导致哪种风险发生关键取决于机器故障风险作用的物质对象。若是产品, 则导致产品质量下降, 若是人员, 则导致人身安全事故风险发生。(2) 资金风险是通过资金的运作而传导的。在企业运行的微观方面, 这类风险表现为实际销售收入下降、利润下降、资金周转困难、流动资金不足、无力清偿到期债务和应付账款急剧增加等[16]。其典型特征是其传导依资金链来进行, 在资金中传播并沿链条繁衍, 一个环节拉动相邻的环节出现风险。如实际销售收入下降风险发生后, 就会导致利润下降风险的发生, 从而引起资金周转困难, 最后导致无力清偿到期债务风险的发生。影响资金安全的因素很多, 但归根结底是来自资金流动性、信用和政策这三大风险, 除了政策风险是难以预防和控制的外, 对资金流动性和信用风险, 可在加强资金监管和调控的同时, 加强信息化在资金风险防范方法中的作用。(3) 信息风险是通过企业信息沟通渠道而传导的。在企业运行的微观

方面,这类风险主要表现为企业负面消息的扩散,典型特征是其传导依靠信息沟通渠道来进行。企业存在两条信息沟通渠道:一条是正式信息沟通渠道,另一条是非正式组织随机形成的非正式信息渠道。一般来说,非正式信息渠道传导风险更具效率且速度较快,又不易控制,是本文关注的重点。

所有风险都是沿物质流、资金流和信息流进行传导的。风险在沿这3条途径传导的过程中,不是沿3条途径分别传导的,而是同时沿着3条途径传导。如同三维空间中运动物体的投影,当物体在三维空间中运动时,其投影会同时在X轴、Y轴、Z轴有所反映。风险传导也如此。所不同的是:物体实体在三维空间中运动时,在X轴、Y轴、Z轴所反映的是其投影;在物质流、资金流和信息流这3条途径传导的是各种风险实体本身。借鉴物质运动的三维空间,可把由物质流、资金流和信息流这3条风险传导途径所组成的空间称为风险三维传导空间。其中物质流、资金流和信息流可称为物质维、资金维和信息维。其次,当风险在3个非时间维上传导时,各维上的风险是相关联的。在某种条件下,可相互激发。即物质维上的风险会激发资金维或信息维上的风险,且资金维或信息维上被激发的风险反过来会激发物质维上的风险,反之亦然。具体从三个维度展开来分析:

(1)物质维由供应链、技术、职工等要素组成。当风险在物质流上产生或被激发时,它将沿物质流传导。如当企业生产所必需的原料不能按时供应时,生产就会中断,接着就会影响到销售。这种物质维风险最易发生在采用准时生产(just in time,JIT)方式的企业中。JIT生产方式要求所在环节都按标准定额组织生产,即要按生产定额均衡地组织物质的供应、安排物品的流动。该生产方式本身蕴含者极大的物质风险,一旦某个环节出现问题,风险就会在整个物质维迅速传导开来,最后有可能导致整个生产系统的崩溃。如,国际市场上汽车专用钢板供应紧缺,导致整个丰田公司汽车生产线停产一个多星期,给整个公司经营带来极大的风险冲击[17]。(2)资金维。企业的经济运行实质是企业的资金的运行过程。资金在企业生产经营活动中不断地运动,其运动的内容包括资金的筹集、运用、收回和分配。各种形态的资金同时并存并不断转化,其循环规律为:货币资金→储备资金→生产资金→成品资金→货币资金,完成一次资金循环[18]。若企业的全部资金都处于固定资金和生产资金形态,则流通过程就会中断;同样,若企业全部资金都处于货币资金和成品资金形态,生产过程则会中断。资金的任何一部分在循环的某一阶段发生停滞,都会使整个资金循环发生障碍,并激发风险。要保持企业资金运动的顺利进行,就要求资金收支在数量上和时间上协调平衡。防止因资金在某阶段产生停滞,而造成的整个资金周转过程的中断、产生资金风险。例如:当企业有大量应收账款未收回时,企业流动资金就会减少,整个企业财务状况就会因此恶化。(3)信息维。一般来说,非正式信息渠道传导风险更具效率且速度非常快,又不易控制。若把组织中的非正式组织看作有机生物体中的一个细胞,把风险在组织中的传导过程看作是病毒在有机生物体中的传播过程。病毒一旦接触细胞表面就会把其基因注入细胞体内,这些基因在细胞体内大量繁殖,且会变异产生更具活力的个体。然后病毒被释放出去,并感染其他细胞。风险在非正式组织间也是如此传导的,当一个非正式组织获得风险信息时,它会在内部进行再加工,然后释放出去。

当供应链末端需求下降时,随下降范围的大小产生一定范围的信息传播(信息维风险发生),导致更多顾客的从众行为,即拒购本产品或退货(物质维风险发生),产品销售不出去,致使产品的零售价下降(资金维风险发生),多个零售商得知消息(信息维风险发生),集体向生产商退货(物质维风险发生),然后制造商财务风险产生(资金维风险发生),生产计划受扰动(物质维风险发生),最后供应商财务风险产生(资金维风险发生)。所以供应链末端的产品需求下降在信息维的风险传导为:②需求下降在顾客间信息传播→⑤下降信息在零售商间传播。供应链末端的产品需求下降在资金维上的风险传导为:④零售价下降→⑦制造商财务风险→⑨供应商财务风险。供应链末端的产品需求下降在物质维上的风险传导为:①需求下降→③多顾客拒购或退货→⑥零售商拒购→⑧制造商库存积压、生产扰动。如图1所示。

当供应链末端产品需求上升时(物质维风险发生),信息传播将扩大这一效应(信息维风险发生),零售商的库存下降(物质维风险发生),产品求大于供,致使产品的零售价上升(资金维风险发生),需求上涨的信息传播导致多个零售商向制造商订货(信息维风险发生),制造商产品库存下降,追加生产来满足定单(物质维风险发生),但追加的生产使得生产成本上升(资金维风险发生),使得制造商向零售商的批发价上升(资金维风险发生)。信息在制造商间传播,制造商向供应商加订原料(信息维风险发生),原料的价格上升(资金维风险发生)。所以供应链末端的产品需求下降在信息维的风险传导为:②

信息在顾客间传播→ ⑤信息传播,零售商向制造商订货→ ⑨信息传播,制造商向供应商订购原料。供应链末端的产品需求下降在资金维上的风险传导为:④零售价上升→ ⑦生产成本上升→ ⑧批发价上升→ ⑩原料成本上升。供应链末端的产品需求下降在物质维上的风险传导为:①产品需求上升→ ③零售商库存下降、向制造商二次订货→ ⑥制造商追加生产。如图 2 所示。

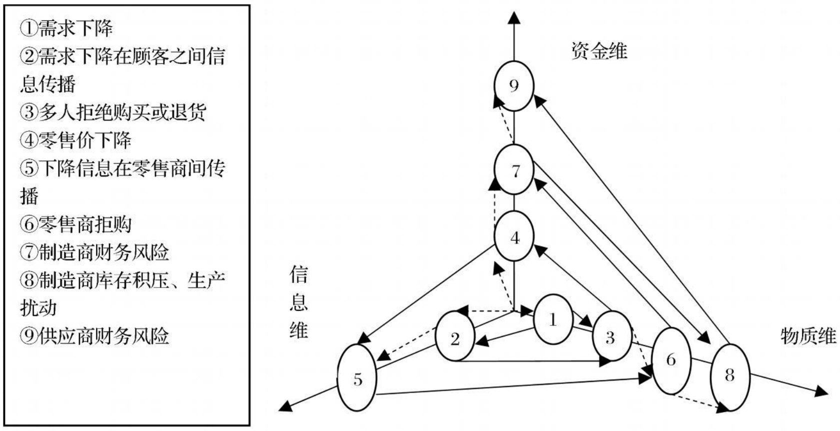

图 1　需求下降时三维风险传导图

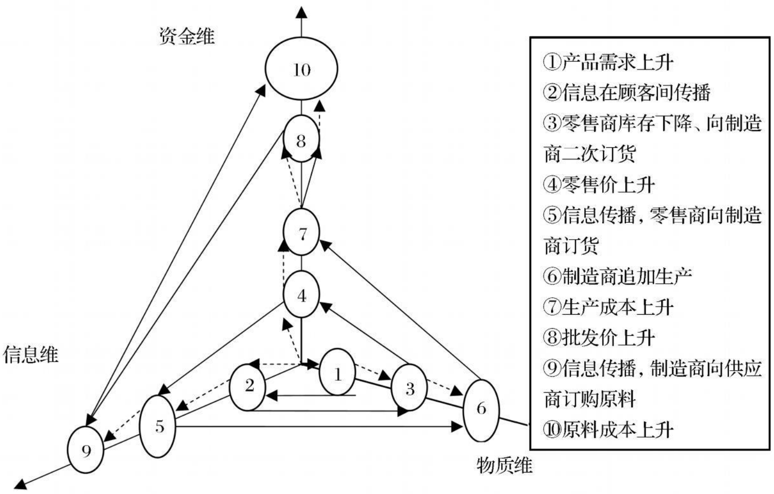

图 2　需求上升时三维风险传导图

2.2　需求扰动的控制和应对策略

需求扰动使得需求波动频繁,加之需求扰动的不同因素影响波动的幅度不同,为使具不确定性的需求和定量的供应尽可能地匹配,除了传统的持有安全库存、改进产品质量、加大广告投入和促销等常见的策略外,许多企业开始尝试应用一些能合理配置有限资源的需求管理策略和供给管理策略,对日常需求扰动和突发需求扰动进行动态的管理。需求的资源配置与供给的资源配置体现的主要策略分别为:(1)针对需求的资源配置,主要包括 2 种需求管理策略:响应定价(responsive pricing)策略和需求延迟(demand postponement)策略。响应定价策略是利用价格作为一种响应机制,使供应链中的节点企业或终端客户的需求在不同产品间进行转移[19],如 1999 年我国台湾地区大地震使得很多企业的电脑零部件供应被中断,Dell 公司立即实施响应定价策略,对一些产品提供了特别的价格优惠,吸引其在线顾客购买这些能快速供应市场的产品。需求延迟策略是指通过一些具体的措施,吸引供应链中的部分节点企业或顾客延迟一段时间接受它们的产品或服务,如在服务行业(航空业和酒店业),为将旺季的部分消费需求转移到非旺季时期,决策者可在旺季设置较高的价格。(2)针对供给的资源配置,主要包括 3 种供给管理策略:应急战略库存、实物期权和延迟策略。战略应急库存策略是指通过在企业内部设置战略应急库存以保证对供应失效做出快速的反应,即通过获得企业自身的冗余能力来增加供应链的弹性,如美国强生公司的“卖一存一”(sell one stock one, SOSO) 的方法[20]。实物期权策略是指用一个相对较小的投资从供应商处获得一定的冗余能力, 即企业通过向上游的供应商支付一定的期权成本, 供应商为其预留一些生产能力或者在应急供应发生时优先满足其供应需求[21]。与战略应急库存策略不同的是, 实物期权策略在供应链正常运营时不存在实际的物理形式, 这种策略的成本相对较低, 但是其实施存在一个效率的问题, 即虽在期权供应到达后可补偿下游顾客在短期内增加大量需求所引起的缺货损失, 但这需耗费一定的时间, 这些物资在提前期内是不能使用的, 会造成整条供应链的失效。因此, 通过把战略应急库存策略和实物期权策略的集成, 可加快供应链的恢复速度, 更好地实现成本和风险的平衡。延迟策略一般是将供应链上的产品生产过程分为"不变"与"变"两个阶段, 通过将不变的通用化生产过程最大化, 生产具通用性的标准部件, 使变的定制化生产尽可能延迟, 即尽量延迟产品的最后成形活动和相关物流活动, 直至客户订单的到达, 这是对供应链业务流程的一种创新。当下游节点企业受突发事件干扰而导致需求在短时间内出现剧烈波动时, 延迟策略可增强生产柔性, 提高供应链的弹性, 因通用化生产比定制化生产面对需求剧烈波动时更易调整。

企业除了可采取以上合理配置有限资源策略外还有一点是不可忽视的, 即公司面对因公众对产品的质量出现质疑而产生的需求重大扰动的公关态度和处理方式, 只有和公众取得有效的沟通, 消除公众对产品质量的质疑, 重新挽回公司的信誉才是解决产品需求扰动的根本之道。应对危机传播的战略, 包括: 否认一分为简单否认和转移视线两种; 逃避责任一包括不可能性、刺激、偶发性、良好意图 4 种; 减少敌意一为使组织减少责任, 保护声誉和形象, 采用援助、最小化、区分、超脱、反击、补偿等方法, 从各方面减少错误行为传播的范围和程度; 亡羊补牢一通过制定相关法律、规定来减少以后类似事件的发生; 自责一道歉、忏悔和寻求公众的宽恕[22]。"苏丹红"事件刚一发生, 肯德基在第二天就停止相关产品的销售, 且由百胜集团总裁出面向顾客致歉。危机事件发生后, 积极面对、迅速反应是堵住虚假信息、抑制混乱局面的良方。在事件来龙去脉还未完全明朗的情况下, 肯德基向公众公布权威部门的检测结果, 且表示歉意的"自责", "零"时间赢得了媒体的关注和支持。而南京冠生园在 2001 年 9 月 4 日事件被披露后, 公然称生产月饼"用旧馅"为普遍现象。"用旧馅"行为存在于部分不合格企业中, 但却非业内认可的合法行为。该逃避责任的态度进一步加深其信誉危机[23]。

政府在面对供应链需求扰动时的作用一般体现在影响范围比较大的突发需求扰动和金融危机中。如 2008 年三鹿奶粉事件给整个乳制品带来重大冲击, 消费者对乳制品质量的不信任使得销售量大量下滑, 如无有效的补救措施这将对国内市场造成严重的冲击。而这一切单单靠一两个企业道歉与承诺是不够的, 因消费者已对整个行业的生产标准产生了质疑。这时只有国家出台政策并积极干预才是最有效的措施。如在这次事件中国家的补救措施有: 对检出三聚氰胺的 22 家乳品企业, 凡是获名牌国家免检资格的, 一律撤销终止品牌资质。获国外卫生注册的, 通知有关国家停止卫生注册资格。对所有婴幼儿乳制品生产企业实行驻厂监管, 派驻 1400 个驻厂工作组, 将近 5000 人, 对所有的乳制品企业生产的各个环节, 出厂的检验, 督促企业进行严格有效的监管, 确保这次专项检查后生产的乳制品质量安全[24]。金融危机对全球经济的一个重要影响是全球金融萎缩, 产品需求大范围的下降, 对金融危机造成的需求扰动现象, 单靠一两个企业也是无法解决的, 需依靠政府或多个国家的力量才能减缓其效用。如 2008 年的全球金融危机, 造成整个金融市场的低迷, 使得以出口为导向的我国产品出口急剧下降, 造成东莞等地大批外贸企业纷纷倒闭。为减少需求普遍下降造成的市场低迷, 中国政府采取各种政策来拉动内需, 如促进经济增长出台十项措施, 政府投入 4 万亿来投资基础设施。这样既保证增长后劲, 又增加就业机会[25]。

3 需求扰动下供应链契约协调模型

3.1 需求扰动下的集中型供应链协调

在无需求扰动时, 供应商使用供应链契约来诱使零售商按最优订购量订购产品和按最优产品零售价对产品定价[26]。但产品的需求都有一定的扰动, 和无需求扰动时的需求量有一定的差距, 所以必须在原先需求量的基础上安排再生产或处理多余产品。在需求量和价格敏感系数同时改变的情况下, 对比需求有扰动和无扰动的情况下零售商最优订购量和最优零售价的改变以及分类讨论零售商在什么情况下应上调产品价格和在什么情况下应下调其产品价格, 且为了保证零售商按发生需求扰动后的最优订购量订购产品和按最优产品零售价给产品定价, 供应商就必须设计有效的契约来协调供应链。

需求扰动模型包括两个阶段: 在第一个阶段, 假使价格需求关系为 $Q = De^{-kp}$; 在第二个阶段, 实际需求为:

$$Q=(D+\Delta D)e^{-(k+\Delta k)p}\quad(D+\Delta D>0,k+\Delta k>0)。\tag{1}$$

式(1)中：ΔD 为市场规模的变化量；Δk 为市场规模变化后与变化前价格敏感系数的变化量。设供应链有个中央决策者(如核心企业)来使得供应链利润最大化，$\Delta Q=Q-\overline{Q}$ 为产品需求量的偏离。在有无需求扰动情况下，供应链协调的主要问题是考虑存在背离成本：当 $\Delta Q<0$，则意味着产品需求减少，生产额外的库存费用和可能的处理成本或未售出的产品在二级市场以较低的价格出售；当 $\Delta Q>0$，意味着实际需求增加，要追加生产来满足新的市场需求，一般地，追加的单位生产成本要比正常的生产成本 c 要高，背离成本也可能是发货速度的加快。无论 ΔQ 是增加还是减少，需求发生扰动必将调整原始生产计划且最终影响整个供应链。

在需求和价格敏感系数产生扰动产生背离成本的情况下，供应链利润函数可表示为：

$$f(Q)=Q\left(\frac{1}{k+\Delta k}\ln\frac{D+\Delta D}{Q}-c\right)-\lambda_1(Q-\overline{Q})^+-\lambda_2(\overline{Q}-Q)^+。\tag{2}$$

式(2)中：λ_1 是追加生产额外产品的单位成本；λ_2 是多余库存的处理成本；$(x)^+=\max\{x,0\}$。更确切地说，λ_1 是供应商在 $\Delta Q>0$ 时，除去单位生产成本 c 外增加的成本；λ_2 是当 $\Delta Q<0$ 时的处理成本。当 $0<\lambda_2<c$ 时，式(2)表示剩余产品 $\overline{Q}-Q$ 可在二手市场以低于 c 的价格卖出；当 $c\leqslant\lambda_2$ 时，式(2)表示处理剩余的单位产品，其成本为 λ_2-c。而在实际中，处理成本一般是小于单位生产成本，即 $\lambda_2-c\leqslant c$，因此假设 1 满足 $\lambda_2\leqslant 2c$。

假设式(2)中 $f(Q)$ 在 Q^* 处达到最大值，即 Q^* 是最优的生产水平。则当市场容量增加时，生产水平也将增加，反之当市场容量减小时，生产水平也随之下降，即下列引理 1。

引理 1：假设式(2)中的 $f(Q)$ 在 $Q=Q^*$ 处达到最大值，则当 $\Delta D>0$ 时，$Q^*\geqslant\overline{Q}$；当 $\Delta D<0$ 时，$Q^*\leqslant\overline{Q}$。

证：由式(2)可知，当 $\Delta D=0$ 时，$f(Q)=Q[\ln(D/Q)/(k+\Delta k)-c]$，最大化取值为 $\overline{Q}'=De^{-[1+(k+\Delta k)c]}$，即只要 $Q>0$，$\overline{Q}'[\ln(D/\overline{Q}')/(k+\Delta k)-c]\geqslant Q[[\ln(D/Q)/(k+\Delta k)-c]$。

设 $\Delta D>0$，但 $Q^*<\overline{Q}'$，则：

$f(Q^*)=Q^*\{\ln[(D+\Delta D)/Q^*]/(k+\Delta k)-c\}-\lambda_2(\overline{Q}-Q^*)=Q^*[\ln(D/Q^*)/(k+\Delta k)-c]+Q^*\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)-\lambda_2(\overline{Q}-Q^*)\leqslant\overline{Q}'[\ln(D/\overline{Q}')/(k+\Delta k)-c]+\overline{Q}'\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)-\lambda_2(\overline{Q}-Q^*)<\overline{Q}'[\ln(D/\overline{Q}')/(k+\Delta k)-c]+\overline{Q}'\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)=\overline{Q}'\ln[(D+\Delta D)/\overline{Q}']/(k+\Delta k)-c)=f(\overline{Q}')$。

这和假设 Q^* 是 $f(Q)$ 最大值相矛盾，即当 $\Delta D>0$ 时，$Q^*\geqslant\overline{Q}$；当 $\Delta D<0$ 时，$Q^*\leqslant\overline{Q}$。

从引理 1 可知，当 $\Delta D>0$ 时，求函数 $f(Q)$ 最大化转化为求式(3)(严格凹函数)的最大化：

$$f_1(Q)=Q\{\ln[(D+\Delta D)/Q]/(k+\Delta k)-c\}-\lambda_1(Q-\overline{Q})。\tag{3}$$

令 $Q\geqslant\overline{Q}$，对式(3)求导并令其为 0，得：

$$Q_1=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}。\tag{4}$$

因此，如 $Q_1\geqslant\overline{Q}$，即 $\Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$，$f_1(Q)$ 取最大值时 $Q=Q_1$；如 $Q_1<\overline{Q}$，即 $0<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$，因 $f_1(Q)$ 是严格凹函数，所以当 $Q=\overline{Q}$ 时，$f_1(Q)$ 取最大值。

针对上述市场规模 ΔD 两种不同的取值范围，零售商的最优订购量即为供应商的最优生产量，即：

$$Q^*=\begin{cases}Q_1^*=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]},\\ \quad\Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ Q_2^*=De^{-(1+kc)},\\ \quad 0<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\end{cases}。$$

相应的最优零售价为：

$$p^*=\begin{cases}p_1^*=c+\lambda_1+\dfrac{1}{k+\Delta k},\\ \quad\Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ p_2^*=\dfrac{1}{k+\Delta k}\ln\left(1+\dfrac{\Delta D}{D}\right)+\dfrac{1+kc}{k+\Delta k},\\ \quad 0<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\end{cases}。$$

供应链利润最大值为：

$$f_1(Q)^*=\begin{cases}\dfrac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}+\lambda_1De^{-(1+kc)},\\ \quad\Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ \dfrac{D}{e^{1+kc}}\left[\dfrac{1}{k+\Delta k}ln\left(1+\dfrac{\Delta D}{D}\right)+\dfrac{1+kc}{k+\Delta k}-c\right],\\ \quad 0<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\end{cases}。$$

当 $\Delta D<0$ 时，求函数 $f(Q)$ 最大化转化为求下面(5)式(严格凹函数)的最大化：

$$f_2(Q)=Q\{\ln(D+\Delta D)/Q/(k+\Delta k)-c\}-\lambda_2(\overline{Q}-Q)。\tag{5}$$

令 $Q\leqslant\overline{Q}$，对式(5)求导并令其为零，得：

$$Q_2=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}。\tag{6}$$

因此，如 $Q_2\leqslant\overline{Q}$，即 $\Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)$，$f_2(Q)$ 取最大值时 $Q=Q_2$；如 $Q_2\geqslant\overline{Q}$，即 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<0$，因 $f_2(Q)$ 是严格凹函数，所以当 $Q=\overline{Q}$ 时，$f_2(Q)$ 取最大值。

零售商的最优订购量即为供应商的最优生产量，满足：

$$Q^*=\begin{cases}Q_3^*=De^{-(1+kc)}, & D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<0\\ Q_4^*=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}, & \Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)\end{cases}$$ 。

相应的最优零售价为:

$$p^*=\begin{cases}p_3^*=\frac{1}{k+\Delta k}\ln(1+\frac{\Delta D}{D})+\frac{1+kc}{k+\Delta k}, & D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<0\\ p_4^*=c-\lambda_2+\frac{1}{k+\Delta k}, & \Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)\end{cases}$$ 。

供应链利润最大值为:

$$f_1(Q)^*=\begin{cases}\frac{D}{e^{1+kc}}[\frac{1}{k+\Delta k}\ln(1+\frac{\Delta D}{D})+\frac{1+kc}{k+\Delta k}-c], & D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<0\\ \frac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}-\lambda_2De^{-(1+kc)}, & \Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)\end{cases}$$ 。

综上,如考虑市场中有需求扰动 ΔD 和 Δk,则相应的需求函数为 $Q=(D+\Delta D)e^{-(k+\Delta k)p}$,供应链利润最大化需求为:

$$Q^*=\begin{cases}(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}, & \Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ De^{-(1+kc)}, & D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ (D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}, & \Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)\end{cases}$$ 。

$$p^*=\begin{cases}c+\lambda_1+\frac{1}{k+\Delta k}, & \Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ \frac{1}{k+\Delta k}\ln(1+\frac{\Delta D}{D})+\frac{1+kc}{k+\Delta k}, & D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ c-\lambda_2+\frac{1}{k+\Delta k}, & \Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)\end{cases}$$ 。

供应链利润最大值为:

$$f(Q)^*=\begin{cases}\frac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}+\lambda_1De^{-(1+kc)}, & \Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ \frac{D}{e^{1+kc}}[\frac{1}{k+\Delta k}\ln(1+\frac{\Delta D}{D})+\frac{1+kc}{k+\Delta k}-c], & D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)\\ \frac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}-\lambda_2De^{-(1+kc)}, & \Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)\end{cases}$$ 。

现具体分析相对于无需求变化时,如需求扰动变化使得价格敏感系数变化(即 $\Delta K\neq 0$)后,零售商应如何对产品进行定价。

1) 当 $\Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$。无需求扰动时零售商对产品的最优定价为: $\bar{p}=c+1/k$。需求扰动引发价格敏感系数同时变化时,产品的最优零售价为: $p^*=c+\lambda_1+1/(k+\Delta k)$。

根据 Δk 的取值范围来比较产品零售价的大小:

① $\Delta k\leqslant 0$。比较 $\bar{p}$ 和 p^* 的大小,可知: $\bar{p}\leqslant p^*$。

② $\Delta k>0$,若 $\bar{p}\leqslant p^*$,则

$$\begin{cases}c+1/k\leqslant c+\lambda_1+1/(k+\Delta k);\\ 1/k-\lambda_1\leqslant 1/(k+\Delta k);\\ \frac{1-k\lambda_1}{k}\leqslant 1/(k+\Delta k);\\ 0<\Delta k\leqslant k/(1-k\lambda_1)-k(0<k\lambda_1<1)。\end{cases}$$

反之,当 $\Delta k>k/(1-k\lambda_1)-k(0<k\lambda_1<1)$ 时,$\bar{p}>p^*$。

综上,当 $\Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$、$\Delta k>k/(1-k\lambda_1)-k(0<k\lambda_1<1)$ 时,$\bar{p}>p^*$,即产品价格下调;当 $\Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$、$0<\Delta k\leqslant k/(1-k\lambda_1)-k(0<k\lambda_1<1)$ 时,$\bar{p}\leqslant p^*$,即产品价格上升。

2) $\Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)$,无需求扰动时零售商对产品的最优定价为 $\bar{p}=c+1/k$,需求扰动引发价格敏感系数同时变化时,产品的最优零售价为 $p^*=c-\lambda_2+1/(k+\Delta k)$。

同理可得,当 $\Delta k>(k/(k\lambda_2+1)-k$ 时,$\bar{p}>p^*$;当 $\Delta k\leqslant k/(k\lambda_2+1)-k$ 时,$\bar{p}\leqslant p^*$。

3) 当 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$,无需求扰动时零售商对产品的最优定价为 $\bar{p}=c+1/k$,需求扰动引发价格敏感系数同时变化时,产品的最优零售价为:

$p^*=\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)=(1+kc)/(k+\Delta k)=k(c+1/k)/(k+\Delta k)+\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)$。

易见,当 $0<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$ 且 $\Delta k<0$ 时,$\bar{p}<p^*$。

当 $0<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$ 且 $\Delta k>0$ 时,若 $\bar{p}\leqslant p^*$,即

$\Delta k(c+1/k)/(k+\Delta k)-\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)\leqslant 0$; $\Delta k(c+1/k)-\ln[(D+\Delta D)/D]\leqslant 0$; $\Delta k(1+kc)/k\leqslant\ln[(D+\Delta D)/D]$; $\Delta k\leqslant k\ln[(D+\Delta D)/D]/(1+kc)$。

反之,$k\ln[(D+\Delta D)/D]/(kc+1)$ 时,$\bar{p}>p^*$。易见,当 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<0$ 且 $\Delta k>0$ 时,$\bar{p}>p^*$。当 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<0$ 且 $\Delta k<0$

时, 如 $\bar{p} > p^{*}$, 即

$\Delta k(c+1/k)/(k+\Delta k) - \ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k) > 0$; $\Delta k(c+1/k) - \ln[(D+\Delta D)/D] > 0$; $\Delta k(1+kc)/k > \ln[(D+\Delta D)/D]$; $\Delta k > k\ln[(D+\Delta D)/D]/(1+kc)$。

反之, $\Delta k \leqslant k\ln[(D+\Delta D)/D]/(1+kc)$ 时, $\bar{p} \leqslant p^{*}$。

综上, 当 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1) < \Delta D < D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$ 时, 如 $\Delta k \leqslant \Delta k \leqslant \ln[(D+\Delta D)/D]k(1+kc)$, 则 $\bar{p} \leqslant p^{*}$; 如 $\Delta k > \Delta k \leqslant \ln[(D+\Delta D)/D]k(1+kc)$, 则 $\bar{p} > p^{*}$。

这样可得以下结论: ①当市场规模的扰动较小时, 保持原有的生产计划 $\bar{Q}$, 可通过调整零售价来达到供应链的最大利润。即原有的生产计划在不确定的市场规模下具一定的鲁棒性; ②当市场规模变化很大时, 需要同时调整生产量和零售价。且生产量的改变和市场规模的扰动量 ΔD 有关, 而零售价的变化和 ΔD 无关。③市场规模扰动下零售商的定价策略具体见表 1。

表 1　零售商的定价策略

市场规模的变化量	价格敏感系数变化量	产品价格	零售商行为
$\Delta D \geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$	$\Delta k \geqslant \dfrac{k}{1-k\lambda_1} - k(0 < k\lambda_1 < 1)$	$p^{*} \leqslant \bar{p}$	零售商下调价格
	$\Delta k < \dfrac{k}{1-k\lambda_1} - k$ $(0 < k\lambda_1 < 1, 0 < k+\Delta k)$	$p^{*} > \bar{p}$	零售商上调价格
$D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1) < \Delta D$ 且 $\Delta D < D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$	$\Delta k \geqslant \dfrac{k}{1+kc} In \dfrac{D+\Delta D}{D}$	$p^{*} \leqslant \bar{p}$	零售商下调价格
	$\Delta k < \dfrac{k}{1+kc} In \dfrac{D+\Delta D}{D}(0 < k+\Delta k)$	$p^{*} > \bar{p}$	零售商上调价格
$\Delta D \leqslant D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)$	$\Delta k \geqslant \dfrac{k}{1+k\lambda_2} - k$	$p^{*} \leqslant \bar{p}$	零售商下调价格
	$\Delta k < \dfrac{k}{1-k\lambda_1} - k(0 < k+\Delta k)$	$p^{*} > \bar{p}$	零售商上调价格

3.2　需求扰动下的分散型供应链协调

分以下 4 种情况分析。

1) $\Delta D \geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$。

供应链的最大利润为: $f_1^{*} = \dfrac{(D+\Delta D)}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]} + \lambda_1 De^{-(1+kc)}$。

设供应商期望得到的利润为 f^{s}, f^{s} 的大小为两种情况:

(1) 当 $f^{s} \geqslant \lambda_1 De^{-(1+kc)}$。供应商的利润可表达成: $f^{s} = \eta\dfrac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]} + \lambda_1 De^{-(1+kc)}(0 \leqslant \eta \leqslant 1)$。

定理 1: 当 $\Delta D \geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$ 且 $f^{s} \geqslant \lambda_1 De^{-(1+kc)}$, 供应链可采用折扣定价策略 $AQDP(w_1, w_2, Q_1^{*})$, 此时 $w_2 = c+\lambda_1+\eta(k+\Delta k)$, $w_1 > c+\lambda_1-\ln(1-\eta)/(k+\Delta k)$。

证: 如零售商期望得到批发价为 w_2, 应向供应商订购比 Q_1^{*} 还多的产品, 此时其利润为: $f^{r}(Q) = Q\{\ln[(D+\Delta D)/Q]/(k+\Delta k)] - w_2\}$。对 Q 求导, 可知当 $Q_1 = (D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_2]}$ 时, 零售商利润最大值。比较可知: $Q_1 < Q_1^{*}$, 如零售商想获得较低零售价, 就不能订购 Q_1, 因 $f^{r}(Q)$ 是凹函数, 零售商订购数量为 Q_1^{*} 时, 可获利最多, 利润大小为:

$f^{r}(Q_1^{*}) = Q_1^{*}\{\ln[(D+\Delta D)/Q_1^{*}]/(k+\Delta k) - w_2\} = (1-\eta)(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}/(k+\Delta k)$。

如订购量小于 Q_1^{*}, 零售商获得的批发价为 w_1, 利润为: $f^{r}(Q) = Q([\ln(D+\Delta D)/Q]/(k+\Delta k) - w_1]$ 且 $Q < Q_1^{*}$, 当 $Q_2 = (D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_1]}$ 时, $f^{r}(Q_2) = (D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_1]}/(k+\Delta k)$。从 $w_1 > c+\lambda_1-[\ln(1-\eta)/(k+\Delta k)]$ 得 $f^{r}(Q_2) = (D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_1]}/(k+\Delta k) < (1-\eta)/(k+\Delta k)(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]} = f^{r}(Q_1^{*})$。

所以, 零售商订购 Q_1^{*} 获利最大, 这样供应商和整个供应链的利润可以达到最大值, 全部数量折扣策略(定义为 $AQDP(w_1, w_2, Q)$, 其中 $w_1 > w_2$, 具如下含义: 若零售商的定购数量 $q < Q$, 则供应商卖给零售商的单位价格为 w_1; 若零售商的定购数量 $q \geqslant Q$, 则供应商卖给零售的单位价格为 w_2), $AQDP(w_1, w_2, Q_1^{*})$ 可协调供应链。

(2) 当 $f^{s} < \lambda_1 De^{-(1+kc)}$。

引理 2: 当 $\Delta D \geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$ 且 $f^{s} < \lambda_1 De^{-(1+kc)}$, 供应链不能被 $AQDP(w_1, w_2, q_0)$ 所协调。

证: 假设供应链可被 $AQDP(w_1, w_2, q_0)$ 协调, 零售商可订购 $Q_1^{*} = (D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}$, 供应商的利润为:

$f^{s} = Q_1^{*}(w_2-c) - \lambda_1(Q_1^{*} - \bar{Q}) = (D+$

$\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}(w_2-c)-\lambda_1[(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}-De^{-(1+kc)}]$。

而 $f^s<\lambda_1 De^{-(1+kc)}$,$f^s$ 又可表达成:$f^s=\eta\lambda_1 De^{-(1+kc)}(0<\eta<1)$,所以由

$\eta\lambda_1 De^{-(1+kc)}=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}(w_2-c)-\lambda_1((D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}-De^{-(1+kc)})$ 可推出:$w_2=c+\lambda_1-[(1-\eta)\lambda_1 D]e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}/(D+\Delta D)<c+\lambda_1$。

零售商利润为:$f^r(Q)=Q([\ln(D+\Delta D/Q)/(k+\Delta k)-w_2]$,对 Q 求导,可知当 $Q_1=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_2]}$ 时,零售商利润最大值。因 $w_2<c+\lambda_1$,则 $Q_1=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_2]}>Q_1^*=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}$,所以零售商将订购 Q_1 而非 Q_1^*,即供应链非协调的。

为使得供应链协调,可采用总量限制定价策略(Capacity Limited Pricing Policy, CLPP) $CLPP(w,q)$,即批发价为 w,但零售商的订购量不能超过 q。

定理 2 当 $\Delta D\geqslant D[e^{(k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc)}-1]$ 且 $f^s<\lambda_1 De^{-(1+kc)}$ 时,供应链可采用总量限制定价策略 $CLPP(w,Q_1^*)$ 协调,此时 $w=c+\lambda_1-(1-\eta)\lambda_1 D e^{(k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc)}/(D+\Delta D)$。

证:由引理 2,零售商利润在 $Q_1=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_2]}$ 时最高,且 $Q_1>Q_1^*$,又 $CLPP(w,Q_1^*)$ 的定义和严格凹函数 $f^r(Q)$,零售商应该订购 Q_1^*,此时供应链是协调的。

2) 当 $0<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$。

供应链最大利润为:$f_2^*=D[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)+(1+kc)/(k+\Delta k)-c]e^{1+kc}$,此时零售商应订购 $Q_2^*=\overline{Q}=De^{-(1+kc)}$,如供应商期望得到以下利润:$f^s=\eta f_2^*=\eta D[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)+(1+kc)/(k+\Delta k)-c]/e^{1+kc}$,另外,供应商的利润也可表达成:$f^s=Q_2^*(w_2-c)=De^{-(1+kc)}(w_2-c)$,所以 $w_2=\eta\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)+\eta(1+kc)/(k+\Delta k)-c\eta+c$。

定理 3:当 $0<\Delta D<D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)$,供应商利润为:

$f^s=\eta f_2^*=\eta D[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)+(1+kc)/(k+\Delta k)-c]/e^{1+kc}$。

(1) 当 $\eta\geqslant[\ln(D+\Delta D/D)-c\Delta k]/[\ln(D+\Delta D)/D)-c\Delta k+1]$,$AQDP(w_1,w_2,\overline{Q})$ 可用来协调供应链;

(2) 当 $0<\eta<\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k\}/\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k+1\}$,$CLPP(w_2,\overline{Q})$ 可用来协调供应链,此时 $w_2=\eta\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)]+\eta(1+kc)/(k+\Delta k)-c\eta+c$,且 w_1 无限大。

证:w_1 充分大,所以零售商毫无疑问应该获得批发价 w_2,利润函数为:$f^r(Q)=Q\{\ln[(D+\Delta D)/Q]/(k+\Delta k)-w_2\}$,当 $Q_1=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_2]}$ 函数取最大值,不等式 $Q_1\leqslant\overline{Q}$,即 $w_2\geqslant kc/(k+\Delta k)+\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)$,即 $\eta\geqslant\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k\}/\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k+1\}$。

从以上分析,可得:

(1) 当 $\eta\geqslant\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k\}/\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k+1\}$,即 $Q_1\leqslant\overline{Q}$,零售商想要获得批发价 w_2,订购量必须不小于 $\overline{Q}$,由严格凹函数 $f^r(Q)$,零售商应订购 $\overline{Q}$ 来最大化自身利润;

(2) 当 $0<\eta<\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k\}/\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k+1\}$,即 $Q_1>\overline{Q}$,由严格凹函数 $f^r(Q)$ 和 $CLPP(w_2,Q_1^*)$ 规则,零售商应订购 $\overline{Q}$ 来最大化自身利润。

3) 当 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<0$。

供应链最大利润为:$f_3^*=\frac{D}{e^{1+kc}}\{[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)]+(1+kc)/(k+\Delta k)-c\}$,当 $\ln[(D+\Delta D)/D]+1-c\Delta k>0$,即 $\Delta D>De^{\Delta kc-1}-D$ 利润值为正数。

定理 4:当 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<0$ 且 $\Delta D>De^{\Delta kc-1}-D$,如供应商期望获取利润为:$f^s=\eta f_3^*=\frac{\eta D}{e^{1+kc}}[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)]+[(1+kc/k+\Delta k)-c](0<\eta<1)$,则:

(1) 当 $\eta\geqslant\ln\{[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k\}/\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k+1\}$,$AQDP(w_1,w_2,\overline{Q})$ 可用来协调供应链;

(2) 当 $0<\eta<\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k\}/\{\ln[(D+\Delta D)/D]-c\Delta k+1\}$,$CLPP(w_2,\overline{Q})$ 可用来协调供应链,此时 $w_2=\eta\ln[(D+\Delta D)/D]/(k+\Delta k)+\eta(1+kc)/(k+\Delta k)-c\eta+c$,且 w_1 充分大。

考虑当 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<De^{\Delta kc-1}-D$ 时,供应链利润 f_3^* 的值为负,零售商将拒绝向供应商订购产品,这将使得供应商的产品销售不出去,不得不在二手市场来处理 $\overline{Q}$,并存在处理费 $-\lambda_2\overline{Q}$。为降低损失,供应商不得不设定一策略来吸引零售商至少订购一部分产品,设零售商期望利润为:$f^r=-\mu f_3^*=\frac{-\mu D}{e^{1+kc}}[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)+(1+kc)/(k+\Delta k)-c]$,则供应商的利润为:$f^s=f_3^*-f^r=(1+\mu)\frac{D}{e^{1+kc}}[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)+(1+$

$kc)/(k+\Delta k)-c]$, 易见供应商期望 $f^s>-\lambda_2\overline{Q}$, 否则, 其将以 $-\lambda_2\overline{Q}$ 的损失来处理产品量 $\overline{Q}$。

定理 5: 如 $D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)<\Delta D<De^{\Delta kc-1}-D$, 且 $f^r=-\mu f_3^*=\frac{-\mu D}{e^{1+kc}}[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)+(1+kc)/(k+\Delta k)-c]$, 则:

(1) 当 $0<\mu\leqslant(k+\Delta k)\ln[(D+\Delta D)/D]/k\{\ln[(D+\Delta D)/D]+1-c\Delta k\}-1$, $AQDP(w_1,w_2,\overline{Q})$ 可用来协调供应链;

(2) 当 $\{(k+\Delta k)\ln[(D+\Delta D)/D]\}/\{k[\ln(D+\Delta D)/D]+1-c\Delta k\}-1<\mu<\{[-\lambda_2(k+\Delta k)]/\{\ln[(D+\Delta D)/D]-ck+1\}-1$, $CLPP(w_2,\overline{Q})$ 可用来协调供应链;

(3) 当 $\mu\geqslant\frac{-\lambda_2(k+\Delta k)}{\ln[(D+\Delta D)/D]-ck+1}-1$, 供应商的最好选择是在二手市场处理产品 $\overline{Q}$。

证: 如 $f^s=(1+\mu)\frac{D}{e^{1+kc}}[\ln(1+\Delta D/D)]/[1(k+\Delta k)+(1+kc/k+\Delta k)-c]\leqslant-\lambda_2\overline{Q}$, 即 $\mu\geqslant\frac{-\lambda_2(k+\Delta k)}{\ln(D+\Delta D/D)-ck+1}-1$, 此时供应商的收益比在二手市场还低, 所以到二手市场交易为最佳选择;

当 $\mu<\frac{-\lambda_2(k+\Delta k)}{\ln[(D+\Delta D)/D]-ck+1}-1$, 供应商设计一个批发价策略来减少损失。由 $f^s=(1+\mu)\frac{D}{e^{1+kc}}[\ln(1+\Delta D/D)]/(k+\Delta k)+(1+kc)/(k+\Delta k)-c]=\overline{Q}(w_2-c)=De^{-(1+kc)}(w_2-c)$

可推出: $w_2=(1+\mu)[\ln(1+\Delta D/D)/(k+\Delta k)+(1+kc)/(k+\Delta k)-c]+c$, 零售商的利润: $f^r(Q)=Q\{\ln[(D+\Delta D)/Q]/(k+\Delta k)-w_2\}$, 当 $Q_1=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_2]}$ 函数取最大值, 当 $0<\mu\leqslant(k+\Delta k)\ln[(D+\Delta D)/D]/\{k\ln[(D+\Delta D)/D]+1-c\Delta k\}-1$, 可知 $Q_1\leqslant\overline{Q}$, 零售商想要获得批发价 w_2, 订购量必须不小于 $\overline{Q}$, 由严格凹函数 $f^r(Q)$, 零售商应订购 $\overline{Q}$ 来最大化自身利润, 因 w_1 充分大, 零售商无法接受批发价 w_1, 则零售商的最优订购量为 $\overline{Q}$, $AQDP(w_1,w_2,\overline{Q})$ 可协调供应链;

当 $(k+\Delta k)\ln[(D+\Delta D)/D]/\{k\ln[(D+\Delta D)/D]+1-c\Delta k\}-1<\mu<-\lambda_2(k+\Delta k)/\{\ln[(D+\Delta D)/D]-ck+1\}-1$, 可知 $Q_1>\overline{Q}$, 由 $CLPP(w_2,\overline{Q})$ 可知, 零售商订购量不能超过 $\overline{Q}$, 由凹函数 f^r, 零售商可订购 $\overline{Q}$ 来最大化收益, 即 $CLPP(w_2,\overline{Q})$ 可协调供应链。

4) 当 $\Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)$。

供应链利润函数: $f_4^*=\frac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}-\lambda_2De^{-(1+kc)}$, 零售商的期望利润为:

$$f^r=\frac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}-\mu\lambda_2De^{-(1+kc)}$$

供应商的利润为: $f^s=(\mu-1)\lambda_2De^{-(1+kc)}$, $f^r>0$ 即 $\mu<\frac{(D+\Delta D)}{(k+\Delta k)\lambda_2D}e^{k\lambda_2-\Delta kc+\Delta k\lambda_2}$

另外, $f^s=(\mu-1)\lambda_2De^{-(1+kc)}>-\lambda_2\overline{Q}=-\lambda_2De^{-(1+kc)}$, 即 $\mu>0$, 当 $\mu\geqslant\frac{(D+\Delta D)}{(k+\Delta k)\lambda_2D}e^{k\lambda_2-\Delta kc+\Delta k\lambda_2}$, 零售商不能赢利, 导致其拒绝订购产品, 则供应商不得不在二手市场去处理产品。类似地, 当 $\mu\leqslant0$, 供应商不得不在二手市场去处理产品来避免更多的损失。除了上述两种情况, 供应商能采用批发价策略来协调供应链。

定理 6: 如 $\Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)$ 且 $f^r=\frac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}-\mu\lambda_2De^{-(1+kc)}$, 则:

(1) 若 $0<\mu<\frac{(D+\Delta D)}{(k+\Delta k)\lambda_2D}e^{k\lambda_2-\Delta kc+\Delta k\lambda_2}$, $AQDP(w_1,w_2,Q_4^*)$ 可用来协调供应链, $w_2=c-\lambda_2+\frac{\mu\lambda_2}{D+\Delta D}De^{-k\lambda_2+\Delta kc-\Delta k\lambda_2}$, w_1 充分大;

(2) 当 $\mu\geqslant\frac{(D+\Delta D)}{(k+\Delta k)\lambda_2D}e^{k\lambda_2-\Delta kc+\Delta k\lambda_2}$ 或 $\mu\leqslant0$, 供应商可在二手市场买出整个产品 $\overline{Q}$。

证: 因 $f^s=(\mu-1)\lambda_2De^{-(1+kc)}$, 即 $f^s=Q_4^*(w_2-c)-\lambda_2(\overline{Q}-Q_4^*)=Q_4^*(w_2-c+\lambda_2)-\lambda_2\overline{Q}$, 所以: $w_2=c-\lambda_2+\frac{\mu\lambda_2}{D+\Delta D}De^{-k\lambda_2+\Delta kc-\Delta k\lambda_2}$。

零售商利润: $f^r(Q)=Q\{\ln[(D+\Delta D)/Q](k+\Delta k)-w_2\}$, 当 $Q_1=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)w_2]}$ 时取最大值。当 $\mu>0$, 则 $w_2>c-\lambda_2$, 得: $Q_1<Q_4^*$, 由严格凹函数 $f^r(Q)$, 零售商应订购 Q_4^* 来最大化自身利润, 因 w_1 充分大, 零售商无法接受批发价 w_1, 所以零售商的最优订购量为 Q_4^*, $AQDP(w_1,w_2,Q_4^*)$ 可协调供应链。

现分析以上扰动管理策略的效用。如供应商不对需求扰动做任何反应, 仍按无需求扰动时的批发价销售产品, 即采用契约为 $AQDP(\overline{w_1},\overline{w_2},\overline{Q})$, 则零售商利润为: $f^r(Q)=Q\{\ln[(D+\Delta D)/Q](k+\Delta k)-\overline{w_2}\}$, 当 $Q_1=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(c+\eta/k)]}$, 零售商的利润最大。当 $\Delta D>D[e^{-(\eta+\Delta kc+\Delta k\eta/k)}]$, 可推出 $Q_1>\overline{Q}$, 所以零售商应该订购 Q_1 来最大化自身利润, 如 $\overline{w_2}<c+\lambda_1$, 供应商每个产品损失利润 $c+\lambda_1-\overline{w_2}$, 因批发价未上调, 零售商的利润上升, 所以此供应链不协调。只有当 $Q_1=Q_1^*$, 即 $\eta=k\lambda_1$ 时, 供应链才是协调的。如 $\Delta D>D\{e^{-(\eta+\Delta kc+\Delta k\eta/k)}\}$, 即 $Q_1<$

$\overline{Q}$, 零售商存在两种情况: 当 $\ln[(D+\Delta D)/\overline{Q}]/(k+\Delta k)>\overline{w_2}=c+\eta/k$, 即 $\Delta D>D(e^{-1+c\Delta k+\eta+\Delta k\eta}-1)$, 零售商将订购 $\overline{Q}$, 在此情况下, 供应商目标利润可达到。若 $\Delta D>0$, 供应商的一部分利润将流转给零售商, 若 $\Delta D<0$, 零售商的利润将比预期的要少; 如 $\ln[(D+\Delta D)/\overline{Q}]/(k+\Delta k)<\overline{w_2}=c+\eta/k$, 即 $\Delta D\leqslant D(e^{-1+c\Delta k+\eta+\Delta k\eta}-1)$, 即零售价比批发价低, 零售商将拒绝订货, 供应商损失 $-\lambda_2\overline{Q}$。

3.3 算例

考察以玩具供应商(记为 S) 为核心企业和零售商(记为 R) 组成的一条二级供应链。首先, 考虑供应链末段无需求扰动的情况。设产品成本 $c=1$ 元, 市场规模为 $D=100$ 个, 产品的价格敏感系数 $k=0.2$, 可推出最优产品零售价 $\overline{p}=c+1/k=6$ 元, 供应商 S 的最优生产量即零售商的最优订购量 $\overline{Q}=De^{-(1+kc)}=30.12$ 个, 供应链的整体利润为: $\overline{f}^{SC}_{\max}(\overline{Q})=De^{-(1+kc)}/k=150.6$ 元。然后考虑供应商如何协调供应链的利润, 设居于核心地位的供应商占有整个供应链的绝大部分利润(如 60%), 即 $\eta=0.6$, 从定理 3-1 可知: $\overline{w_2}=4$ 元且 $\overline{w_1}>5.58$ 元, 因此供应商 S 可使用数量折扣策略 AQDP(6, 4, 30.12) 来协调供应链, 并控制零售商 R 的订货量, 从而达到整个供应链的最大利润。由此可见零售商的最优选择是取得批发价 $\overline{w_2}=4$ 元, 订购量为 $\overline{Q}=30.12$ 个, 设定的零售价为 $\overline{p}=6$ 元, 零售商的利润为整个利润的 40%, 即 60.24 元, 此时供应链是协调的。假设到圣诞期间, 玩具的需求量急剧上升, 设 $\Delta D=40$ 个, $\lambda_1=\lambda_2=1$ 元, $\Delta k=0.04$, 因 $\Delta D\geqslant D(e^{k\lambda_1+\Delta k\lambda_1+\Delta kc}-1)=100(e^{0.28}-1)=32.31$, 所以最优零售价格为 $p^*=c+\lambda_1+1/(k+\Delta k)=6.17$ 元, $Q^*=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}=31.87$ 个, 零售商上调价格, 总的供应链利润为 $f^*=\frac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(\lambda_1+c)]}+\lambda_1De^{-(1+kc)}=162.91$ 元。如按原方案 $\overline{p}=6$ 元, 则产品的销售量 $Q=(D+\Delta D)e^{-(k+\Delta k)p}=33.17$ 个, 总的供应链利润为 162.8 元, 比最优方案的赢利少。

如因玩具的质量有问题, 产品的销售受影响, 产品的需求量下降, 设 $\Delta D=-40$ 个, $\lambda_1=\lambda_2=1$ 元, $\Delta k=-0.1$, 因 $\Delta D<D(e^{\Delta kc-k\lambda_2-\Delta k\lambda_2}-1)=-18$, 所以最优零售价格为 $p^*=c-\lambda_2+1/(k+\Delta k)=10$ 个, $Q^*=(D+\Delta D)e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}=22$ 个, 零售商上调价格, 总的供应链利润为 $f^*=\frac{D+\Delta D}{k+\Delta k}e^{-[1+(k+\Delta k)(c-\lambda_2)]}-\lambda_2De^{-(1+kc)}=189.88$ 元, 所以当产品需求量下降带动产品的价格敏感系数同时变化时, 可利用价格敏感系数变化来调整产品的零售价格, 即使玩具的销量下降, 整个供应链的利润也有可能超越无需求扰动时的利润。当玩具的需求扰动发生后, 供应商应选定合适的契约来协调供应链。当 $\Delta D=40$ (个) 和供应商获得整个链条利润的 60%, 可推出 $\eta=0.51$, 根据定理 3-1, 可知 $w_2=4.13$ 元, $w_1>4.97$ 元, 因此数量折扣契约 $AQDP(5, 4.13, 31.87)$ 能协调供应链。零售商应订购 $Q^*=31.87$ 个, 批发价为 $w_2=4.13$ 元, 零售价为 $p^*=6.17$ 元, 零售商的利润为 $f^r=65.16$ 元。

4 总结

本文阐述了需求扰动所产生风险在供应链上的传导机制, 并给出了两种不同的传导方式: 根据影响因素划分的三维传导和根据传导路径来划分的线形传导, 而线性传导又根据需求扰动的影响大小分为串联型和分散型。根据需求扰动风险传导的机理, 从 3 个角度提出了针对需求扰动的控制策略。同时分类讨论了两者同时改变的时候, 零售商对新产品定价的策略; 为保证零售商按发生需求扰动后的最优订购量和产品零售价行动, 供应商就必须设计有效的供应链契约来协调供应链, 从而达到整个供应链利润的最大值。根据需求扰动影响程度的不同分类讨论适用的供应链契约, 且通过算例验证本文的结论。值得进一步研究的问题包括: (1) 为研究方便, 本文研究对象是供应商和零售商的二级供应链, 但面对二级以上供应链时情形将如何有待探讨。(2) 本文分析了整个供应链的利润最大的前提下和需求扰动和价格敏感系数同时改变的情况下供应链的契约协调。而现实中, 在需求发生扰动后, 不仅仅价格敏感系数会发生变化, 生产成本等变量也可能发生相应变化, 这些问题有待于进一步研究。

参考文献

[1] GULES H K, BURGESS T F. Manufacturing technology and the supply chain: linking buyer-supplier relationships and advanced manufacturing technology [J]. European Journal of Purchasing & Supply Management, 1996, 2(1): 31-38.

[2] 环商数据. 海关总署: 中国 10 月奶粉出口下降了 99% [EB/OL]. [2008-12-05]. http://www.worldbydata.com/fenx/fenxview-19057.htm.

[3] 周艳菊, 邱菀华, 王宗润. 供应链风险管理研究进展的综述和分析[J]. 系统工程, 2006(3): 1-7.

[4] 许明辉. 供应链中的应急管理[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.

[5] QI X, BARD J F, YU G. Supply chain coordination with demand disruptions[J]. Omega, 2004, 32(4): 301-312.

[6] XU M, QI X, YU G, et al. The demand disruption manage-

ment problem for a supply chain system with nonlinear demand functions[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2003, 2(1): 82-97.

[7] XU M, GAO C. Supply chain coordination with demand disruptions under convex production cost function[J]. Wuhan University Journal of Natural Science, 2005, 10(3): 493-498.

[8] XU M, YU G, ZHANG H. Coordinating dyadic supply chains when production costs are disrupted[R]. IIE Transactions, 2006.

[9] XIAO T, YU G, SHENG Z, et al. Coordination of a supply chain with one manufacturer and two retailers under demand promotion and disruption management decisions[R]. Annals of Operations Research, 2005.

[10] YANG P C. Pricing strategy for deteriorating items using quantity discount when demand is price sensitive[J]. European Journal of Operational Research, 2004, 157(2): 389-397.

[11] WENG Z K. Modeling quantity discount under general price-sensitive demand function: optimal policies and relationships[J]. European Journal of Operational Research, 1995, 86(2): 300-314.

[12] BOYACR T, GALLEGO G. Coordinating pricing and inventory replenishment policies for one wholesaler and one or more geographically dispersed retailers[J]. International Journal of Production economics, 2002, 77(2): 95-111.

[13] Qin Yiyan, Tang Huanwen, Guo Chonghui. Channel coordination and volume discounts with price-sensitive demand[J]. Production Economics, 2007, 105(1): 43-53.

[14] Hu Yan, Xie Xuguang. The study on mode and theorems of conducting of enterprise risks[J]. The Proceedings of the 12th International Conference on Industrial Engineering Management, 2005(1): 766-770.

[15] STEPHEN P, ARCY D. Enterprise risk management forthcoming[J]. The Journal of Risk Management of Korea, 2001, 12(1): 1-24.

[16] Hu Yan, Xie Xuguang. The Model of Strategic Stakeholder Risk Management Based on The M Theory[R]. The Proceedings of The 3rd International Conference on Innovation and Management, IEM, 2006.

[17] 杨乃定. 企业风险管理发展的新趋势[J]. 中国软科学, 002(6): 54-56.

[18] 唐国储. 内部控制全面风险管理和新资本主义协议[J]. 中国金融, 1998(6): 36-38.

[19] CHOD J, RUDI N. Resource flexibility with responsive pricing[J]. Operations Research, 2005, 53(3): 532-548.

[20] 刘希龙. 供应网络弹性研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2007.

[21] 宁钟, 戴俊俊. 期权在供应链风险管理中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2005(7): 49-55.

[22] 杨帆. 对国际金融危机的思考[J]. 金融学家, 1999, 1(2): 15-22.

[23] 传媒在线. 新华网: 危机传播需要什么? 苏丹红和冠生园事件对比[EB/OL]. [2005-10-17]. http://news.xinhuanet.com/newmedia/2005-10/17/content_3625403.htm.

[24] 阿里巴巴. 问题乳品企业取消国家免检、卫生注册资格[EB/OL]. [2008-09-17]. http://club.china.alibaba.com/forum/thread/view/489_25513457_.html.

[25] 新华网财经频道. 财政货币政策双管齐下, 4 万亿资金力撬国内需求[EB/OL]. [2008-11-10]. http://news.xinhuanet.com/fortune/2008-11/10/content_10333530.htm.

[26] Huang Chongchao, Yu Gang, Wang Song, et al. Disruption management for supply chain coordination with exponential demand function[J]. Acta Mathematica Scientia, 2006, 26B(4): 655-669.

Study on Contract Coordination Mechanism for Supply Chain Based on Demand Disruption

Ji Guojun, Chen Ting

(School of Management, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

Abstract: Based on the influence degree of demand disruption, this paper divides the demand disruption into the daily and the sudden, and contrasts the causes and the characteristics of these two kinds of different demand disruption. And it discusses how the demand disruption influences the member firms in a supply chain, and gives two conduction patterns of demand disruption. Through analyzing the conduction mechanism for demand disruption risk, it proposes the control mechanism for demand disruption from three aspects. Finally, in a circumstance that the price-sensitive coefficient is affected by demand disruption, it discusses how retailers adjust the product price through modeling. In order to ensure retailers order products based on the optimal order quantity after demand disruption, and price products based on the optimal retail price, it discusses the suitable contracts coordinated with supply chain according to the different influence levels of demand disruption so as to maximize the profits of supply chain.

Key words: demand disruption; risk conduction; contract of supply chain