

需求-汇率风险聚集、汇率风险对冲与合作的供应链运作

杜娟^{1,2}, 倪得兵¹, 唐小我¹

(1. 电子科技大学 经济与管理学院, 成都 610054; 2. 西南科技大学 经济管理学院, 四川 绵阳 621010)

摘要: 在汇率和需求风险聚集在零售商的情况下, 建立并求解了制造商与零售商的非合作和合作博弈模型, 获得了如下结果: 合作的方式能够提高供应链的生产水平和汇率风险对冲水平, 实现供应链整体利益最大化, 双方的讨价还价能力影响着整体利益的分配; 相对讨价还价能力适中时, 合作是一种更有效的供应链风险管理方式; 汇率和需求的不确定性对供应链运作变量的影响方向不同; “风险聚集下的合作”策略能够实现供应链盈利水平与风险承担之间的权衡.

关键词: 供应链风险管理; 风险聚集; 合作博弈; 风险对冲

中图分类号: F270

文献标志码: A

Demand and exchange rate risk pooling, exchange rate risk hedging and cooperation supply chain operations

DU Juan^{1,2}, NI De-bing¹, TANG Xiao-wo¹

(1. School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China; 2. School of Economics and Management, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China. Correspondent: DU Juan, E-mail: 8302739@qq.com)

Abstract: The models of non-cooperation and cooperative game between the manufacturer and retailer are established and solved, when the risks due to the exchange rate and final market demand volatility are pooled at the retailer. The results are obtained as follows. 1) Cooperation can raise the order quantity and exchange rate risk-hedging proportion, then realize the supply chain's overall benefit maximization, and the bargaining power of both sides influences the distribution of overall benefit. 2) When the relative bargaining power is moderate, cooperation is a more effective risk management mode compared with non-cooperation. 3) The exchange rate and final market demand volatility influence the operation variable differently. 4) The strategy of risk pooling with cooperation is able to achieve a tradeoff between supply chain's returns and risks.

Key words: supply chain risk management; risk pooling; cooperation game; risk hedging

0 引言

博弈论可分为非合作博弈和合作博弈. 非合作博弈强调个体理性, 以个体利益最大化为目标; 合作博弈强调的是集体理性、公平和效率, 参与者之间达成一个具有约束力的协议以实现集体利益最大化, 从而克服双重边际效应. 应用到风险管理的背景下, 合作博弈在协调供应链运作时效率较高. 因此, 有必要讨论供应链风险管理下的合作博弈问题.

风险管理是供应链管理的重要研究内容. 在全球供应链的背景下, 汇率是决策者不能回避的经济变

量^[1-3]. 根据《中国商报》2008年5月23日报道: 2006年, 人民币升值给国内出口比例较高的四川长虹和美的电器带来的汇兑损失分别达到7706万元和4702万元; 2007年, 国内家电行业因人民币升值造成的利润损失更是高达10亿元. 另一方面, 市场需求的波动也是供应链决策者必须关注的重要因素^[4-5]. 上世纪90年代中后期, 需求骤减使得思科公司的销售量以惊人速度下降; 2001年, 思科公司库存22.5亿美元的产品被作为坏账冲销, 同期股票价格下降了6%^[6]. 对于上述两类供应链风险, 本文将讨论如下问题: 如果采

收稿日期: 2013-04-11; 修回日期: 2013-08-13.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(70932005); 国家自然科学基金项目(71272129); 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-11-0064); 四川省科技支撑项目(2010GZ0155); 电子科技大学中青年学术带头人培养计划项目(Y02018023601063).

作者简介: 杜娟(1981—), 女, 博士生, 从事供应链管理的研究; 唐小我(1955—), 男, 教授, 博士生导师, 从事供应链管理、管理经济分析等研究.

用合作的方式进行管理,能够收到什么样的成效;在汇率和需求风险背景下,合作和非合作两种方式具有怎样的差异;在合作的背景下,外生参数将如何影响供应链运作。

针对汇率和需求两类风险,现有的研究主要从非合作的角度进行^[7-9]。关于汇率风险,具体到供应链运作背景下,运作柔性成为对冲汇率风险的关键。运作柔性可能来源于批发价定价与运输成本分配^[10]、数量柔性^[11]、延迟物流决策^[12]等。文献[10]考虑了跨国公司税后收益最优问题,将批发价定价与运输费用的分配作为决策变量进行分析,认为转让价格的制定对税后收益和供应链绩效等有很大影响。上述文献表明:运作对冲是一种应对汇率风险的有效策略;另一方面,金融对冲也是一种重要的应对方法。文献[13]的调查发现,60.3%的公司使用了金融衍生工具,其中有45.2%的公司使用了外汇衍生工具,其结果是,采用金融衍生工具的公司的外汇风险暴露有了较为明显的下降。关于需求风险,主要的应对方法有应用运作柔性进行对冲、应用金融工具进行对冲和应用供应链合同进行协调。关于运作对冲,文献[14]指出利用产能不同市场上配置的柔性能对冲需求风险。关于金融对冲,文献[15]从理论上证明了在线性相关条件下利用金融期权对冲市场需求风险的有效性;文献[16]考虑了一个单供应商、多分销商的供应链模型,期权使得分销商有权选择是否购买额外数量的产品,从而实现了对需求不确定性的规避。以上文献展示了利用金融衍生工具对冲供应链市场需求风险的有效性。另外,供应链合同在一定意义上也具有协调需求风险的作用(具体参考文献[17])。

从合作的角度,文献[18]研究了制造商占优的供应链合作决策问题,采用纳什讨价还价博弈模型构建了内生零售价格和外生零售价格两种市场结构情形下制造商和零售商的合作博弈模型,形成了供应链的最优决策;文献[19]研究了一个制造商占优的二级供应链合作广告模型,通过纳什讨价还价模型分析了供应链的交易效率;文献[20]针对供应链中厂商和经销商之间的合作促销问题,使用博弈论的方法就最优的合作促销费用投入和定价进行了研究,利用纳什讨价还价和效用理论得出了帕累托改进情形下的最优结果。但是,现有的供应链合作博弈文献都没有针对汇率和需求两类风险进行研究。

本文将在合作博弈的背景下研究供应链汇率和需求风险管理。在一个两级跨国供应链下同时考虑面对汇率风险和汇率需求风险,此时供应链节点企业之间的合同可能实现不同的风险配置。一个可选择的配置方式是,利用上游企业所在国的货币作为合同结算单

位,从而将两类风险聚集(pooling)到下游企业。在这种配置下,下游企业将直接面临汇率和需求两类风险,而上游企业没有直接面临风险。于是,下游企业由于面临的汇率风险较高,而缺乏向上游企业订货的积极性。如果上下游企业之间不再是一种“各自最大化自身利益”的非合作博弈关系,而是建立相互之间的合作关系,经过协商和谈判达成协议,双方均基于最大化供应链整体利益的原则进行决策,则直觉上,一方面下游企业将会对冲更多的汇率风险,另一方面其订货量也将增加。在风险聚集(pooling)的条件下,现在的问题是:1)与非合作博弈的情形相比,合作博弈将对供应链运作决策、供应链绩效产生怎样的影响;2)合作博弈的情形下,汇率和外生需求的不确定性将对供应链运作决策、供应链绩效产生怎样的影响。

1 模 型

考虑一个由上游制造商与下游零售商组成的全球环境下的二级供应链。其中:制造商与零售商在两个不同的国家运作,双方以制造商所在国的货币签订批发价合同,零售商在自己所在国内销售最终产品。模型涉及到的参数和变量如下。

$w_r(w'_r)$: 合作(非合作)博弈的情形下制造商出售给零售商的单位商品的批发价;

$q_r(q'_r)$: 合作(非合作)博弈的情形下零售商的商品订货量;

$\alpha(\alpha')$: 合作(非合作)博弈的情形下零售商合同外汇支出的暴露在汇率风险下的比例;

$1 - \alpha(1 - \alpha')$: 合作(非合作)博弈的情形下用外汇期货对冲掉的零售商合同外汇支出的比例;

$w_r^N(w_r'^*)$: 合作(非合作)博弈情形下 $w_r(w'_r)$ 的纳什讨价还价解(均衡解);

$q_r^N(q_r'^*)$: 合作(非合作)博弈情形下 $q_r(q'_r)$ 的纳什讨价还价解(均衡解);

$\alpha^N(\alpha'^*)$: 合作(非合作)博弈情形下 $\alpha(\alpha')$ 的纳什讨价还价解(均衡解);

ε : 随机变量,表示市场需求不确定性;

$\tilde{\varepsilon}$: 随机变量,表示汇率波动导致的风险;

D_ε : ε 的方差,表示需求的外生波动性;

$D_{\tilde{\varepsilon}}$: $\tilde{\varepsilon}$ 的方差,表示汇率的外生波动性;

$\bar{\varepsilon}$: $\tilde{\varepsilon}$ 的期望;

$\theta(1 - \theta)$: 合作博弈情形下零售商(制造商)的讨价还价能力, $\theta \in [0, 1]$;

d_r : 零售商在双方未达成协议的情况下的收益;

d_m : 制造商在双方未达成协议的情况下的收益;

p_r : 单位商品的零售价;

a : 市场需求平均规模;

b : 市场需求的斜率;

s : 外汇期货合约规模;

t : 每份合约的交易费用;

h : 分摊到用于对冲的每单位商品的外汇期货交易费用;

c_r : 零售商的单位成本, $a - c_r - h > 0$;

ρ_r : 零售商的 Arrow-Pratt 风险规避系数, $\rho_r > 0$;

$\pi_m(\pi'_m)$: 合作 (非合作) 博弈的情形下制造商的利润;

$\pi_r(\pi'_r)$: 合作 (非合作) 博弈的情形下零售商的利润;

$E(\pi_r)(E(\pi'_r))$: 合作 (非合作) 博弈的情形下零售商的期望利润;

$\text{var}(\pi_r)(\text{var}(\pi'_r))$: 合作 (非合作) 博弈的情形下零售商的利润方差;

$EU(\pi_r)(EU(\pi'_r))$: 合作 (非合作) 博弈的情形下零售商的确定性等价量。

假设零售商面临的市场需求函数为

$$p_r = a + \varepsilon - bq_r, \quad (1)$$

其中 ε 的期望为 0。假定价格敏感的需求函数可以排除零售商的存货对运作的影响, 从而被很多研究者采用 (如文献 [21-22])。

假设制造商与零售商的所在国不同, 并且批发价合同采用制造商所在国的货币 (以使市场需求的不确定性和汇率波动导致的风险聚集 (pooling) 在零售商处), 因此两国货币之间的汇率波动会直接影响零售商, 甚至整个供应链的收益。这意味着, 汇率的波动将直接为零售商甚至整个供应链带来风险。针对这种由汇率波动导致的风险 (以下简称汇率风险), 下游零售商可以在外汇期货市场中购买相应的外汇期货来实现套期保值 (即对冲汇率风险), α 表征了零售商的汇率风险对冲行为。

另一方面, 零售商在外汇期货市场中购买外汇期货需支付相应的交易费用。零售商购买的合约总额为 $(1 - \alpha)w_r q_r$, 则最终的交易成本为 $(1 - \alpha)w_r q_r \cdot t/s$ 。假设相对于合约规模 s 来说, w_r 的变动足够小, 此时 w_r/s 可以近似地认为是一个常数, 设 $h = w_r \cdot t/s$, 则零售商购买外汇期货的交易费用为 $h(1 - \alpha)q_r$ 。结合式 (1) 可得

$$\begin{aligned} \pi_r &= q_r(a + \varepsilon - bq_r) - q_r c_r - \\ &(1 - \alpha)(\bar{e} + w_r)q_r - h(1 - \alpha)q_r - \\ &\alpha(\tilde{e} + w_r)q_r. \end{aligned} \quad (2)$$

应当指出, 在式 (2) 中, 为了简化符号和相应的计算, 没有直接采用汇率与批发价的乘积方式来表示汇

率风险对零售商每单位采购支出的影响, 而是等价地采用了加法的方式 ($\tilde{e} + w_r$) 来描述这种影响 (实际上, 设 r 为实际汇率, \tilde{e} 为汇率对每单位采购支出的影响, 则由 $\tilde{e} + w_r = w_r r$ 可知, 对于任意的 w_r , 汇率对每单位采购支出的影响与实际汇率存在 $\tilde{e} = w_r(r - 1)$ 的关系)。在这种表示方式下, 假设这种影响的期望 $\bar{e} = 0$, 从而减少一个变量符号, 其含义是汇率未来的期望不变, 从而在期望的意义上对零售商每单位采购支出没有影响。

假设零售商是风险规避的, 则^[12,23]

$$EU(\pi_r) = E(\pi_r) - \frac{1}{2}\rho_r \text{var}(\pi_r). \quad (3)$$

假设制造商没有制造成本、库存成本、商誉损失, 则

$$\pi_m = w_r q_r. \quad (4)$$

2 模型均衡

2.1 非合作博弈

假设供应链中的上游制造商与下游零售商之间未建立任何合作关系, 双方都作为“个体理性者”从个体利益最大化的角度出发选择最优决策变量。因此, 此时的制造商与零售商之间是一种非合作博弈关系。制造商首先作出决策, 发布 w'_r ; 零售商随后行动, 根据 w'_r 确定 q'_r 和 α' 。不难发现, 该模型是一个子博弈精炼均衡问题, 使用逆向归纳法求解。

在给定 w'_r 的情况下, 可将零售商的决策描述为

$$\max_{q'_r, \alpha'} EU(\pi'_r). \quad (5)$$

结合式 (2) 可得

$$\begin{aligned} E(\pi'_r) &= q'_r(a - c_r - bq'_r) - w'_r q'_r - \\ &h(1 - \alpha')q'_r, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{var}(\pi'_r) = q'^2_r D_\varepsilon + \alpha'^2 q'^2_r D_{\tilde{e}}. \quad (7)$$

结合式 (3), 可得

$$\begin{aligned} EU(\pi'_r) &= q'_r(a - c_r - bq'_r - w'_r) - \\ &h(1 - \alpha')q'_r - \frac{1}{2}\rho_r q'^2_r D_\varepsilon - \\ &\frac{1}{2}\rho_r \alpha'^2 q'^2_r D_{\tilde{e}}, \end{aligned} \quad (8)$$

其中最末两项 $\rho_r q'^2_r D_\varepsilon / 2 + \rho_r \alpha'^2 q'^2_r D_{\tilde{e}} / 2$ 是零售商的风险成本。

由零售商决策的一阶条件可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial EU(\pi'_r)}{\partial q'_r} &= a - c_r - w'_r - h(1 - \alpha') - \\ &2bq'_r - \rho_r D_\varepsilon q'_r - \rho_r \alpha'^2 D_{\tilde{e}} q'_r = 0, \end{aligned} \quad (9)$$

$$\frac{\partial EU(\pi'_r)}{\partial \alpha'} = -\rho_r q'^2_r D_{\tilde{e}} \alpha' + hq'_r = 0. \quad (10)$$

进而解得

$$\begin{cases} q_r^* = \frac{a - c_r - w_r' - h}{2b + \rho_r D_\varepsilon}, \\ \alpha'^* = \frac{h(2b + \rho_r D_\varepsilon)}{\rho_r D_\varepsilon(a - c_r - w_r' - h)}. \end{cases} \quad (11)$$

假设 a 充分大.

在第 1 阶段, 制造商预测到零售商依据式 (11) 选择订货量和汇率风险对冲行为, 将式 (11) 代入 (4), 则制造商的决策可描述为

$$\max_{w_r'} \pi_m' = w_r' q_r' = w_r' \cdot \frac{a - c_r - w_r' - h}{2b + \rho_r D_\varepsilon}. \quad (12)$$

由制造商决策的一阶条件可得

$$\frac{\partial \pi_m'}{\partial w_r'} = \frac{a - c_r - h - 2w_r'}{2b + \rho_r D_\varepsilon} = 0,$$

进而解得

$$w_r'^* = \frac{a - c_r - h}{2}, \quad (13)$$

进一步可得

$$\begin{cases} q_r'^* = \frac{a - c_r - h}{4b + 2\rho_r D_\varepsilon}, \\ \alpha'^* = \frac{2h(2b + \rho_r D_\varepsilon)}{\rho_r D_\varepsilon(a - c_r - h)}. \end{cases} \quad (14)$$

容易验证, 零售商、制造商决策的二阶条件成立.

2.2 合作的纳什讨价还价博弈

假设供应链中的上游制造商与下游零售商之间建立了合作关系, 双方都是“群体理性”的, 首先均从总体利益最大化角度出发选择最优决策变量, 然后双方通过讨价还价的方式进行利益分配^[24]. 效用对 $d = (d_r, d_m)$ 为谈判的无协议点. 假设若未能达成协议, 双方的收益均为零, 即无协议点 $d = (0, 0)$, 其经济意义为: 双方的外部机会收益均为零. 其中: 制造商发布 w_r , 零售商选择 q_r 和 α . 结合式 (2), 类似于 2.1 节可得

$$E(\pi_r) = q_r(a - c_r - bq_r) - w_r q_r - h(1 - \alpha)q_r, \quad (15)$$

$$\text{var}(\pi_r) = q_r^2 D_\varepsilon + \alpha^2 q_r^2 D_{\bar{\varepsilon}}, \quad (16)$$

$$EU(\pi_r) = q_r(a - c_r - bq_r - w_r) - h(1 - \alpha)q_r - \frac{1}{2}\rho_r q_r^2 D_\varepsilon - \frac{1}{2}\rho_r \alpha^2 q_r^2 D_{\bar{\varepsilon}}, \quad (17)$$

其中最末两项 $\rho_r q_r^2 D_\varepsilon / 2 + \rho_r \alpha^2 q_r^2 D_{\bar{\varepsilon}} / 2$ 是零售商的风险成本.

进一步, 根据纳什讨价还价理论^[25], 讨价还价解可描述为

$$\max_{q_r, \alpha, w_r} [EU(\pi_r) - d_r]^\theta (\pi_m - d_m)^{1-\theta},$$

上式等价于

$$\begin{aligned} \max_{q_r, \alpha, w_r} \ln\{[EU(\pi_r)]^\theta \pi_m^{1-\theta}\} = \\ \theta \ln EU(\pi_r) + (1 - \theta) \ln \pi_m. \end{aligned}$$

由零售商和制造商决策的一阶条件可得

$$\begin{cases} \frac{\partial[\theta \ln EU(\pi_r) + (1 - \theta) \ln \pi_m]}{\partial q_r} = 0, \\ \frac{\partial[\theta \ln EU(\pi_r) + (1 - \theta) \ln \pi_m]}{\partial \alpha} = 0, \\ \frac{\partial[\theta \ln EU(\pi_r) + (1 - \theta) \ln \pi_m]}{\partial w_r} = 0. \end{cases} \quad (18)$$

结合式 (17) 和 (4) 可得

$$\begin{cases} a - c_r - 2bq_r^N - h(1 - \alpha^N) - \\ \rho_r D_\varepsilon q_r^N - \rho_r (\alpha^N)^2 D_{\bar{\varepsilon}} q_r^N = 0, \\ -\rho_r (q_r^N)^2 D_{\bar{\varepsilon}} \alpha^N + hq_r^N = 0, \\ \frac{\theta}{1 - \theta} = \frac{EU(\pi_r)}{\pi_m}. \end{cases} \quad (19)$$

进而可得

$$\begin{cases} q_r^N = \frac{a - c_r - h(1 - \alpha^N)}{2b + \rho_r D_\varepsilon + \rho_r (\alpha^N)^2 D_{\bar{\varepsilon}}}, \\ \alpha^N = \frac{h}{\rho_r q_r^N D_{\bar{\varepsilon}}}, \\ \frac{\theta}{1 - \theta} = \frac{EU(\pi_r)}{\pi_m}. \end{cases} \quad (20)$$

进而解得

$$\begin{cases} q_r^N = \frac{a - c_r - h}{2b + \rho_r D_\varepsilon}, \\ \alpha^N = \frac{h(2b + \rho_r D_\varepsilon)}{\rho_r D_{\bar{\varepsilon}}(a - c_r - h)}, \\ w_r^N = \frac{1 - \theta}{2} \left[a - c_r - h + \frac{h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)}{\rho_r D_{\bar{\varepsilon}}(a - c_r - h)} \right]. \end{cases} \quad (21)$$

注意到, θ 应满足如下约束条件:

$$\begin{cases} EU(\pi_r) - d_r \geq 0, \\ \pi_m - d_m \geq 0. \end{cases}$$

即双方的讨价还价能力决定着合作能否实现. 如果由讨价还价能力决定的批发价导致 $EU(\pi_r) - d_r < 0$ 或 $\pi_m - d_m < 0$, 则合作无法实现. 对于零售商而言, 当其讨价还价能力 θ 较弱时, 由式 (21) 决定的批发价格较高, 结合式 (17) 可知, 此时零售商将以更小的期望利润承担相同的风险, 因此零售商将不会选择合作. 针对以上约束条件, 结合式 (17)、(4) 和 (21) 可解得, 当 $EU(\pi_r) - d_r = 0$ 时, $\theta = 0$; 当 $\pi_m - d_m = 0$ 时, $\theta = 1$. 故对于任意的 $\theta \in [0, 1]$, 若无协议点 $d = (0, 0)$, 即经济意义为: 外部机会不存在时, 都能够实现双方的合作.

将式 (20) 中的第 2 个方程代入第 1 个方程, 可得

$$a - c_r - h - 2bq_r^N - \rho_r D_\varepsilon q_r^N = 0. \quad (22)$$

这意味着, 在合作博弈的情况下, 零售商汇率风险对冲行为 ($\alpha^N = h / \rho_r q_r^N D_{\bar{\varepsilon}}$) 会自动屏蔽汇率风险对其订货决策的影响, 从而使得其向制造商订货的需求曲线 (由式 (22) 描述) 不受汇率风险影响.

注意到, 式 (18) 化简后等价于

$$\begin{cases} \frac{\partial [EU(\pi_r) + \pi_m]}{\partial q_r} = 0, \\ \frac{\partial [EU(\pi_r) + \pi_m]}{\partial \alpha} = 0, \\ \frac{\theta}{1 - \theta} = \frac{EU(\pi_r)}{\pi_m}. \end{cases} \quad (23)$$

式(23)中的第1个和第2个一阶条件意味着合作要求零售商选择 q_r^N 和 α^N 以最大化供应链的总利益, 而第3个方程表明, 双方的讨价还价能力决定利益的分配. 总体来看, 纳什讨价还价模型的基本特征是: 首先选择使供应链整体利益最大化的运作变量 q_r^N 和 α^N , 然后根据讨价还价能力来决定批发价 w_r^N , 以实现利益的分配. 另外, 由式(17)可知, 由讨价还价能力决定的 w_r^N 只决定期望利益的分配, 而不会影响风险.

归纳起来, 有如下命题.

命题 1

- 1) $w_r^{I*} = (a - c_r - h)/2$,
 $q_r^{I*} = (a - c_r - h)/(4b + 2\rho_r D_\varepsilon)$,
 $\alpha^{I*} = 2h(2b + \rho_r D_\varepsilon)/\rho_r D_\varepsilon(a - c_r - h)$;
- 2) $w_r^N = (1 - \theta)[a - c_r - h + h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)/\rho_r D_\varepsilon(a - c_r - h)]/2$,
 $q_r^N = (a - c_r - h)/(2b + \rho_r D_\varepsilon)$,
 $\alpha^N = h(2b + \rho_r D_\varepsilon)/\rho_r D_\varepsilon(a - c_r - h)$.

推论 1 在合作博弈的情形下, w_r^N 随着 $1 - \theta$ 的增加而增加, q_r^N 和 α^N 不随双方讨价还价能力的变化而变化.

非合作博弈时, 上游制造商和下游零售商都是“个体理性”的: 制造商选择最优批发价 w_r^{I*} , 零售商选择最优订货量 q_r^{I*} 和最优汇率风险对冲行为 α^{I*} , 分别实现了自身收益的最大化. 而合作博弈时, 制造商和零售商都是“群体理性”的: 一方面, 零售商从供应链总利益最大化角度选择最优订货量 q_r^N 和最优汇率风险对冲行为 α^N , 而不考虑利益的分配; 另一方面, 在总利益最大化的基础上, 双方通过讨价还价决定批发价 w_r^N , 以实现供应链总利益在双方之间的分配, 而不会影响总体利益的创造. 当制造商的讨价还价能力较强时, 批发价将较高, 从而制造商分配到较多的利益; 反之, 当零售商的讨价还价能力较强时, 批发价将较低, 从而零售商分配到较多的利益.

3 合作博弈对供应链运作的影响

考虑合作博弈对供应链运作产生了怎样的影响, 首先对比两种情形下供应链的均衡决策变量, 记

$$\theta^\# = \frac{h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)}{h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon) + \rho_r D_\varepsilon(a - c_r - h)^2}.$$

命题 2 1) 合作博弈能够使供应链订货量增加

一倍 ($q_r^N = 2q_r^{I*}$). 2) 合作博弈能够提高零售商的汇率风险对冲比例 ($\alpha^N = \alpha^{I*}/2$, 即 $1 - \alpha^N > 1 - \alpha^{I*}$). 3) 当 $\theta > \theta^\#$ 时, 合作博弈能够降低供应链节点企业间的交易价格(批发价) ($w_r^N < w_r^{I*}$); 当 $\theta = \theta^\#$ 时, 合作博弈时交易价格(批发价)不变 ($w_r^N = w_r^{I*}$); 当 $\theta < \theta^\#$ 时, 合作博弈能够提高供应链节点企业间的交易价格(批发价) ($w_r^N > w_r^{I*}$).

证明 命题 2 中的 1) 和 2) 可通过直接比较命题 1 中的均衡变量得到. 对于 3), 由推论 1 可知, w_r^N 是关于 θ 的减函数. 由式(13)和(21)可解得, 当 $w_r^N = w_r^{I*}$ 时, $\theta = h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)/[h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon) + \rho_r D_\varepsilon(a - c_r - h)^2]$, 从而命题 2 中的 3) 得证. 由此命题 2 得证. \square

相对于非合作的方式, 合作博弈下的群体理性可以通过提高供应链伙伴之间的交易量和汇率风险对冲水平来实现供应链整体利益的最大化, 而供应链伙伴之间的相对讨价还价能力决定着批发价格, 从而决定着整个供应链利益的相对分配.

现在通过比较两种情形下供应链节点企业的均衡盈利水平及其(可能的)波动性, 以揭示合作对制造商盈利水平和零售商盈利水平(及其波动性)的影响, 记

$$\begin{aligned} \underline{\theta} &= \frac{(a - c_r - h)^2(b - \rho_r D_\varepsilon)\rho_r D_\varepsilon + 2h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)^2}{2(a - c_r - h)^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)\rho_r D_\varepsilon + 2h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)^2}, \\ \bar{\theta} &= \frac{(a - c_r - h)^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)\rho_r D_\varepsilon + 2h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)^2}{2(a - c_r - h)^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)\rho_r D_\varepsilon + 2h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)^2}. \end{aligned}$$

命题 3 当 $\theta < \bar{\theta}$ 时, $\pi_m > \pi'_m$; 当 $\theta > \underline{\theta}$ 时, $E(\pi_r) > E(\pi'_r)$; $\text{var}(\pi_r) > \text{var}(\pi'_r)$.

证明 由式(12)和(13)可得

$$\pi'_m = \frac{(a - c_r - h)^2}{8b + 4\rho_r D_\varepsilon}, \quad (24)$$

由式(6)、(13)和(14)可得

$$E(\pi'_r) = \frac{(a - c_r - h)^2(b + \rho_r D_\varepsilon)}{(4b + 2\rho_r D_\varepsilon)^2} + \frac{h^2}{\rho_r D_\varepsilon}, \quad (25)$$

由式(7)和(14)可得

$$\text{var}(\pi'_r) = \frac{(a - c_r - h)^2 D_\varepsilon}{(4b + 2\rho_r D_\varepsilon)^2} + \frac{h^2}{\rho_r^2 D_\varepsilon}, \quad (26)$$

由式(4)和(21)可得

$$\pi_m = \frac{1 - \theta}{2} \left[\frac{(a - c_r - h)^2}{2b + \rho_r D_\varepsilon} + \frac{h^2}{\rho_r D_\varepsilon} \right], \quad (27)$$

结合式(24)可以解得, 当

$$\begin{aligned} \theta &< \frac{(a - c_r - h)^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)\rho_r D_\varepsilon + 2h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)^2}{2(a - c_r - h)^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)\rho_r D_\varepsilon + 2h^2(2b + \rho_r D_\varepsilon)^2} \\ &= \bar{\theta} \end{aligned}$$

时, 有 $\pi_m > \pi'_m$.

由式 (15) 和 (21) 可得

$$E(\pi_r) = \frac{(a - c_r - h)^2 [4\theta b + (2 + 2\theta)\rho_r D_\varepsilon]}{(4b + 2\rho_r D_\varepsilon)^2} + \frac{(1 + \theta)h^2}{2\rho_r D_\varepsilon}, \quad (28)$$

结合式 (25) 可以解得, 当

$\theta >$

$$\frac{(a - c_r - h)^2 (b - \rho_r D_\varepsilon) \rho_r D_\varepsilon + 2h^2 (2b + \rho_r D_\varepsilon)^2}{2(a - c_r - h)^2 (2b + \rho_r D_\varepsilon) \rho_r D_\varepsilon + 2h^2 (2b + \rho_r D_\varepsilon)^2} = \theta$$

时, 有 $E(\pi_r) > E(\pi'_r)$.

由式 (16) 和 (21) 可得

$$\text{var}(\pi_r) = \frac{(a - c_r - h)^2 D_\varepsilon}{(2b + \rho_r D_\varepsilon)^2} + \frac{h^2}{\rho_r^2 D_\varepsilon}. \quad (29)$$

直接对比式 (26) 可得, $\text{var}(\pi_r) > \text{var}(\pi'_r)$. 由此命题 3 得证. \square

从命题 3 可以看出, 只有当 θ 的值在 $(\underline{\theta}, \bar{\theta})$ 区间内时, 制造商和零售商才能通过合作的方式获得更高的 (期望) 利润, 即如果现状点是非合作的运作方式, 讨价还价能力的区间必须受到限制. 只有在相对讨价还价能力适中时, 供应链节点企业之间才可能实现从非合作到合作方式的转变, 否则双方之间将不会进行合作, 从而供应链将无法达到合作方式下的效率. 另一方面, 在相对讨价还价能力适中时, 零售商以获得较高的期望利润去承担较高的风险. 在这种配置下, 一方面零售商承担的更高风险由更高的期望利润作为补偿; 另一方面, 制造商的利益不会受到损害. 因此, 命题 3 指出了一种更有效的供应链风险管理方式, 即“相对讨价还价能力适中时, 用合作的方式比非合作更有效”. 当然, 命题 3 给出了非合作运作方式转换为合作运作方式的必要条件: 如果双方的讨价还价能力相差过大, 则合作利益的分配将使得讨价还价能力弱的一方不愿意放弃非合作的运作方式 (因为期望利润低于非合作情形下的结果), 从而合作将无法实现.

4 外生风险对合作博弈情形下供应链运作均衡的影响

现在讨论合作博弈情形下, 供应链的运作均衡如何受外生风险的影响.

由命题 1 的均衡变量可以直接得到如下命题.

命题 4 q_r^N 不随 D_ε 的变化而变化, w_r^N 和 α^N 均随着 D_ε 的增加而降低.

命题 4 表明, 合作博弈时的订货量 q_r^N 未受到汇率的外生不确定性的影响. 其原因是, 零售商的汇率风险对冲行为屏蔽了汇率风险对供应链订货量的影响. 另一方面, 结合式 (19) 的第 2 个方程可知, 汇率风险的增加会导致零售商风险成本增加, 在零售商单

位汇率对冲成本 (h) 不变的情况下, 风险规避的零售商会有增加汇率风险对冲比例 $(1 - \alpha^N)$ 的动机, 即降低汇率风险暴露比例 (α^N) 的动机. 这种汇率对冲方式将会增加零售商对冲成本 $(h(1 - \alpha)q_r)$, 结合式 (17) 可知, 此时批发价将会降低, 从而使得零售商的产品购买成本降低, 以支持其提高汇率风险对冲比例.

进一步, 命题 1 中的均衡变量直接蕴含着如下命题.

命题 5 q_r^N 随着 D_ε 的增加而降低, w_r^N 和 α^N 均随着 D_ε 的增加而增加.

注意到, 汇率风险对冲策略消除了汇率风险对供应链订货量的影响. 由式 (22) 可知, 当需求风险增加时, 零售商订货的边际风险成本 $(\rho_r D_\varepsilon q_r^N)$ 增加, 则此时要求其降低订货量. 结合式 (19) 可知, 降低订货量带来的连锁反应是: 零售商的风险暴露边际成本 $(\rho_r q_r^N D_\varepsilon \alpha^N)$ 降低, 进而 α^N 增加. 进一步, 由于风险暴露成本降低, 零售商对冲得较少, 节省了对冲成本, 此时批发价将会增加, 从而增加零售商的生产成本, 以平衡二者之间的利益分配.

命题 6 π_m 、 $E(\pi_r)$ 和 $\text{var}(\pi_r)$ 均随着 D_ε 的增加而降低.

证明 由式 (27) 可得

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial D_\varepsilon} = -\frac{1 - \theta}{2} \frac{h^2}{\rho_r D_\varepsilon^2} < 0,$$

由式 (28) 可得

$$\frac{\partial E(\pi_r)}{\partial D_\varepsilon} = -\frac{1 + \theta}{2} \frac{h^2}{\rho_r D_\varepsilon^2} < 0,$$

由式 (29) 可得

$$\frac{\partial \text{var}(\pi_r)}{\partial D_\varepsilon} = -\frac{h^2}{\rho_r^2 D_\varepsilon^2} < 0.$$

由此命题 6 得证. \square

下面对命题 6 进行解释.

1) 制造商的利润随着汇率的外生波动性增加而降低. 由命题 4 可知, 在合作博弈的情形下, 零售商订货量不随汇率的外生波动性的变化而变化, 但批发价随汇率的外生波动性的增加而降低. 结合式 (4) 可知, 制造商的利润将随着汇率外生波动性的增加而降低.

2) 当汇率风险增加时, 零售商期望利润会降低. 汇率风险对零售商采购支出的边际影响小于对零售商对冲成本的边际影响. 更具体地, 由命题 4 可知, 当汇率风险增加时, 零售商的订货量不变, 而批发价和零售商汇率风险的暴露比例将会降低 (即对冲的比例增加). 换言之, 结合式 (15) 可知, 当汇率风险增加时, 零售商的采购支出 $w_r q_r$ 会降低, 对冲成本 $h(1 - \alpha)q_r$ 会增加. 结合式 (21) 可知, 汇率风险对零售商采购支出的边际影响 $(\partial(w_r q_r)/\partial D_\varepsilon)$ 与对零售商对冲成本的边际影响 $(\partial[h(1 - \alpha)q_r]/\partial D_\varepsilon)$ 之间存在以下关系:

$$\left| \frac{\partial(w_r q_r)}{\partial D_\varepsilon} \right| = \frac{1-\theta}{2} \frac{h^2}{\rho_r D_\varepsilon^2} <$$

$$\left| \frac{\partial[h(1-\alpha)q_r]}{\partial D_\varepsilon} \right| = \frac{h^2}{\rho_r D_\varepsilon^2}.$$

上式表明, 汇率风险增加时, $w_r q_r$ 降低的变化率小于 $h(1-\alpha)q_r$ 增加的变化率。换言之, 汇率风险增加时, 零售商的采购支出降低得较慢, 而对冲激励成本增加得较快, 故零售商期望利润会降低。

3) 汇率风险增加时, 零售商的利润方差会降低。由命题4可知, 当汇率风险增加时, 零售商的订货量不变, 而零售商汇率风险的暴露比例将会降低(即对冲的比例增加), 故零售商的利润方差会降低。更具体地, 结合式(16)和(21)可知

$$\text{var}(\pi_r) = (q_r^N)^2 D_\varepsilon + \frac{h^2}{\rho_r^2 D_\varepsilon^2}.$$

由此可见, 汇率风险增加时, 零售商的利润方差会降低。

命题7 π_m 随着 D_ε 的增加而降低, 当 ρ_r 足够大时, $E(\pi_r)$ 和 $\text{var}(\pi_r)$ 均随着 D_ε 的增加而降低。

类似于命题6的证明过程可证明命题7。

命题6和命题7共同展示了一个基本特征: 合作博弈情形下, 需求风险和汇率风险均会导致所有节点企业盈利水平下降, 同时使得风险聚集处的节点企业和整条供应链利润方差下降。这表明, 即使采用了“风险聚集下的合作”这一策略, 高的需求风险和汇率风险对于各节点企业和整条供应链的盈利水平均是不利的, 但是有利于风险聚集处节点企业和整条供应链利润方差的降低。因此, 这一策略能够实现供应链盈利水平与风险承担之间的权衡。

5 结 论

本文以一个由上游制造商与下游零售商组成的二级供应链为建模背景, 在汇率风险和汇率风险聚集(pooling)在下游零售商的情况下, 分别建立了非合作和合作博弈模型, 获得了相应的子博弈精炼均衡和纳什讨价还价解。基于该子博弈精炼均衡和纳什讨价还价解, 获得了如下主要结果: 相对于非合作而言, 合作的方式能够提高供应链的生产水平和汇率风险对冲水平, 从而实现供应链整体利益最大化; 双方的讨价还价能力尽管不影响供应链的生产水平和汇率风险对冲水平, 却影响着整体利益的分配; 相对讨价还价能力适中时, 在不损害制造商利益的情况下, 合作的运作方式可以通过提高零售商的期望利润来提高其风险承担水平。因此, 在相对讨价还价能力适中时, 相对于非合作方式而言, 合作是一种更有效的供应链风险管理方式。汇率和外生需求的不确定性对供应链运作变量的影响方向不同: 制造商的批发价随着汇率外生波动性的增加而降低, 随着需求外生波动性的增加

而增加; 零售商订货量不随汇率外生波动性的变化而变化, 但随着需求外生波动性的增加而降低; 零售商汇率风险的暴露比例随着汇率外生波动性的增加而降低, 随着需求的外生波动性增加而增加。进一步研究表明“风险聚集下的合作”这一策略能够实现供应链盈利水平与风险承担之间的权衡: 制造商的利润随着汇率和需求外生波动性的增加而降低, 零售商利润的期望值和方差均随着汇率外生波动性的增加而降低, 当零售商的风险规避系数足够大时, 零售商利润的期望值和方差均随着需求外生波动性的增加而降低。

本文的研究结论可对全球环境下针对汇率和需求风险的供应链合同与风险管理的联合选择策略提供指导。但也存在一些不足, 即未考虑具体的谈判过程, 可采用鲁宾斯坦的轮流出价模型^[26]进行进一步研究。

参考文献(References)

- [1] 马林, 钟昌标. 在供应链管理环境下“走出去”企业的汇率风险决策分析[J]. 中国软科学, 2004(7): 93-96.
(Ma L, Zhong C B. A decision-making analysis on exchange rate risk for “Going-out” companies in supply chain management[J]. China Soft Science, 2004(7): 93-96.)
- [2] Lessard D R, Lightstone J B. Volatile exchange rates can put operations at risk[J]. Harvard Business Review, 1986, 64(4): 107-114.
- [3] 郭雅丽. 汇率变动下的供应链数量折扣契约研究[D]. 成都: 西南交通大学经济管理学院, 2010: 1-2.
(Guo Y L. Supply chain coordination with quantity under exchange rate fluctuation[D]. Chengdu: School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, 2010: 1-2.)
- [4] 田俊峰, 杨梅, 李胜. 基于随机需求的供应链产销计划协同模型研究[J]. 中国管理科学, 2008, 16(3): 62-67.
(Tian J F, Yang M, Li S. Research on coordinated supply-production-distribution plan model in supply chain under stochastic demand[J]. Chinese J of Management Science, 2008, 16(3): 62-67.)
- [5] 但斌, 唐国锋, 宋寒, 等. 需求不确定下两阶段应用服务供应链市场风险分担机制研究[J]. 中国管理科学, 2010, 18(3): 45-52.
(Dan B, Tang G F, Song H, et al. Research on market risk sharing mechanism of two-stage application service supply chain under demand uncertainty[J]. Chinese J of Management Science, 2010, 18(3): 45-52.)
- [6] 宁钟, 孙薇. 供应链风险管理研究评述[J]. 管理学家, 2009(2): 53-64.

- (Ning Z, Sun W. Review on supply chain risk management[J]. An Academic Edition of ManaMaga, 2009(2): 53-64.)
- [7] 吴军, 李健, 汪寿阳. 供应链风险管理的几个重要问题[J]. 管理科学学报, 2006, 9(6): 1-12.
(Wu J, Li J, Wang S Y. Some key problems in supply chain risk management[J]. J of Management Sciences in China, 2006, 9(6): 1-12.)
- [8] Tang C S. Perspectives in supply chain risk management[J]. Int J of Production Economics, 2006, 103(2): 451-488.
- [9] Manuj I, Mentzer T. Global supply chain risk management[J]. J of Business Logistics, 2008b, 29(1): 133-153.
- [10] Vidal C J, Goetschalckx M. A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation[J]. European J of Operational Research, 2001, 129(1): 134-158.
- [11] 赵正佳. 考虑汇率变化和运输成本分担的跨国供应链数量折扣契约[J]. 管理学报, 2012, 9(6): 913-919.
(Zhao Z J. International supply chain contract with quantity discounts taking exchange rate changing and transportation cost sharing into account[J]. Chinese J of Management, 2012, 9(6): 913-919.)
- [12] Ding Q, Dong L, Kouvelis P. On the integration of production and financial hedging decisions in global market[J]. Operations Research, 2007, 55(3): 470-489.
- [13] Bartram S M, Brown G W, Fehle F R. International evidence on financial derivatives usage[J]. Financial Management, 2009, 38(1): 185-206.
- [14] Carr S, Lovejoy W. The inverse newsvendor problem: Choosing an optimal demand portfolio for capacitated resources[J]. Management Science, 2000, 47(7): 912-927.
- [15] Gaur V, Seshadri S. Hedging inventory risk through market instruments[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2005, 7(2): 103-120.
- [16] 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, 25(7): 49-54.
(Ning Z, Dai J J. The application of options in supply chain risk management[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2005, 25(7): 49-54.)
- [17] Cachon G P. Supply chain coordination with contracts[Z]. North Holland: Elsevier Science, 2003: 227-339.
- [18] Hua Z S, Li S J, Liang L. Impact of demand uncertainty on supply chain cooperation of single-period products[J]. Int J of Production Economics, 2006, 100(2): 268-284.
- [19] Huang Z M, Li S X. Co-op advertising models in manufacturer-retailer supply chains: A game theory approach[J]. European J of Operational Research, 2001, 135(3): 527-544.
- [20] 钟宝嵩, 李悝, 李宏余. 基于供应链的合作促销与定价问题[J]. 中国管理科学, 2004, 12(3): 69-74.
(Zhong B S, Li K, Li H Y. Cooperative promotion and pricing in a supply chain[J]. Chinese J of Management Science, 2004, 12(3): 69-74.)
- [21] Caldentey R, Haugh M B. Supply contracts with financial hedging[J]. Operations Research, 2009, 57(1): 47-65.
- [22] Van Mieghem J, Dada M. Price versus production postponement: Capacity and competition[J]. Management Science, 1999, 45(12): 1631-1649.
- [23] Dong L, Liu H. Equilibrium forward contracts on nonstorable commodities in the presence of market power[J]. Operations Research, 2007, 55(1): 128-145.
- [24] 阿伯西内·穆素. 讨价还价理论及其应用[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2005: 6-26.
(Muthoo A. Bargaining theory with application[M]. Shanghai: Shanghai University of Finance and Economics Press, 2005: 6-26.)
- [25] Nash J F. The bargaining problem[J]. Econometrica, 1950, 18(2): 155-162.
- [26] Rubinstein A. Perfect equilibrium in a bargaining model[J]. Econometrica, 1982, 50(1): 97-109.

(责任编辑: 齐 霖)