

文章编号:1003-207(2015)01-0001-09

DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2015.01.001

# 需求—汇率风险聚集下的汇率风险对冲 与批发价激励

杜娟<sup>1,2</sup>, 倪得兵<sup>1</sup>, 唐小我<sup>1</sup>

(1. 电子科技大学经济与管理学院, 四川 成都 610054;

2. 西南科技大学经济管理学院, 四川 绵阳 621010)

**摘要:**以一个由上游制造商和下游零售商组成的二级供应链为建模背景,在汇率风险和需求风险聚集(pooling)在下游零售商的情况下,分别建立了有无批发价激励情形下的两个动态博弈模型,获得了相应的均衡。通过分析相应的均衡,结果表明,(1)在两种情形下,零售商的汇率风险对冲行为具有稳定供应链生产行为的作用,但批发价激励能够提高零售商的汇率风险对冲比例和供应链节点企业间的交易价格;(2)与无批发价激励的情形相比,有批发价激励时的制造商标利润较高,从而制造商有使用批发价激励零售商对冲汇率风险的动机;(3)在风险聚集下,“通过较低的批发价来激励零售商对冲汇率风险”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:需求和汇率风险增加均会使得供应链节点企业和供应链整体的盈利水平降低,同时也将降低风险聚集处的节点企业和供应链整体的利润方差。

**关键词:**供应链风险管理;风险聚集;批发价激励;风险对冲

**中图分类号:**F272 **文献标识码:**A

## 1 引言

在全球背景下,汇率是供应链决策者不能回避的经济变量<sup>[1-2]</sup>。根据《中国商报》2008年5月23日报道,2006年,人民币升值导致四川长虹和美的电器的汇兑损失分别达到7706万元和4702万元。针对这种由汇率波动导致的损失,一个可能的处理方式是,用人民币作为结算货币来签订与下游零售(批发)商之间的销售合同。这种签约方式带来的后果是使得下游企业承担汇率波动导致的风险,从而使得下游企业的订货决策受到汇率波动的影响,进而影响整个供应链的运作。

1990年代中后期,网络电子设备的需求骤减使得思科公司的销售量迅速下降,库存大量堆积;2001

年,其股票价格下降了6%<sup>[3]</sup>。这表明,最终产品(服务)的市场需求将直接影响供应链节点企业的运作决策及其相应的赢利性。理论上,牛鞭效应展示了需求风险对整个供应链运作决策的影响<sup>[4]</sup>;需求风险从供应链下游向上游传递,并且逐级扩大。归纳起来,市场需求的波动毫无疑问是供应链决策者必须关注的重要因素。事实上,研究者对汇率波动和需求波动而导致的风险(汇率风险和 demand risk)分别进行了相对充分的研究<sup>[5-7]</sup>。

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定价决策<sup>[8]</sup>、批发价定价与运输成本分配<sup>[9]</sup>、延迟物流决策<sup>[10]</sup>等。另一方面,金融对冲也是一种重要的应对方法。Bartram等<sup>[11]</sup>的调查研究发现,60.3%的公司使用了金融衍生工具,结果发现,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。杨庆定和黄培清<sup>[12]</sup>分析了在汇率波动服从几何布朗运动的情况下,制造型企业原材料的多阶段最优订购策略。但文中缺乏外生不确定变量的波动性与供应链决策之间的理论联系。另外,产品的市场需求作为一项重要指标被当作常量进行处理,这也影响了供应链最终决策的准确性。

收稿日期:2013-06-06; 修订日期:2014-03-06

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(70932005);国家自然科学基金资助项目(71272129);教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-11-0064);四川青年科技基金资助项目(2013JQ0031);四川省科技支撑项目(2010GZ0155);电子科技大学百人计划中青年学术带头人培养计划(Y02018023601063)

作者简介:杜娟(1981-),女(汉族),四川成都人,电子科技大学经济与管理学院,博士,研究方向:供应链管理。

关于需求风险,主要的应对方法有应用运作柔性进行对冲、利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, Van Mieghem<sup>[13]</sup> 针对需求风险导致的供需不匹配,研究了多产品多期报童模型下的运作策略; Chod 等<sup>[14]</sup> 说明运作柔性和金融对冲能够降低需求不确定性带来的风险。关于金融对冲, Gaur 和 Seshadri<sup>[15]</sup> 从理论上证明了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; 在宁钟和戴俊俊<sup>[16]</sup> 的模型中, 分销商使用期权实现了对需求不确定性的规避。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<sup>[17]</sup>。

上述文献展示了一个基本的特征: 对冲(包括运作对冲和金融对冲)在分别管理汇率风险和需求风险时均具有相当重要的作用, 但将汇率风险和需求风险联合起来考虑的文献仍然缺乏。如果在一个二级跨国供应链下同时考虑面对汇率风险和需求风险, 则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。由于面临的风险较高, 下游企业将缺乏向上游企业订货的积极性。如果上游企业通过较低的批发价格来激励下游企业进行汇率风险对冲, 则一方面可以提高下游企业对冲汇率风险的积极性(从而降低下游企业自身风险), 进而提高订货的积极性; 另一方面, 较低的批发价格本身也可以激励下游企业提高订货的积极性。现在的问题是: (1) 与无批发价激励的情形相比, 在风险聚集(pooling)的条件下, 批发价激励策略能否改善供应链绩效? (2) 在制造商的批发价激励下, 汇率的不确定性、外生需求将对供应链运作决策、供应链绩效产生怎样的影响? 我们将对此问题进行研究。

## 2 模型

考虑一个由上游制造商和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。

假设零售商面临的市场需求函数为:

$$p_r = a + \varepsilon - bq_r \tag{1}$$

式中,  $p_r$  为零售价,  $q_r$  为零售商的商品订货量,  $\varepsilon$  表示市场需求的不确定性(其相应的期望与方差

分别为 0 和  $D_\varepsilon$ )。价格敏感的需求函数假定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<sup>[18-19]</sup>。

由于批发价合同采用制造商所在国的货币来签订(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将会直接影响零售商, 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。这种风险用随机变量  $\tilde{e}$  (与  $\varepsilon$  相互独立) 表示, 其中,  $\tilde{e}$  的期望与方差分别为  $\bar{e} = 0$  和  $D_{\tilde{e}}$ 。针对这种由汇率波动导致的风险(以下简称汇率风险), 上游制造商可以通过批发价来激励零售商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)。在有批发价激励的情形下, 设制造商向零售商出售单位商品的批发价为:

$$\omega_r = \omega_0 - k(1 - \alpha) \tag{2}$$

式中,  $\alpha$  ( $\alpha \in [0, 1]$ ) 是零售商合同外汇支出的暴露在汇率风险下的比例, 从而  $1 - \alpha$  表示用外汇期货对冲掉的合同外汇支出的比例。 $\alpha$  表征了零售商的汇率风险对冲行为。 $\omega_0$  为基准批发价, 是零售商对冲比例为零时制造商向其出售商品的批发价。 $k$  为制造商激励零售商进行对冲的程度(简称为“汇率对冲激励程度”)。

式(2)的经济含义是, 制造商通过汇率对冲激励程度  $k$  来降低零售商订货的批发价格: 零售商对冲掉的合同外汇支出比例越高, 制造商出售给其的单位商品的批发价越低。汇率波动将会影响下游零售商的风险成本, 基于批发价的补偿可使零售商提高汇率风险对冲比例。

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。设  $s$  为外汇期货合约规模,  $t$  为每份合约的交易费用, 零售商购买的合约总额为  $(1 - \alpha)\omega_r q_r$ , 则最终的交易成本为  $(1 - \alpha)\omega_r q_r t / s$ 。假设相对于合约规模  $s$  来说,  $\omega_r$  的变动足够小, 此时  $\omega_r / s$  可以被近似地认为一个常数, 设  $h = \omega_r t / s$ , 则零售商购买外汇期货的交易费用为  $h(1 - \alpha)q_r$ ,  $h$  表示分摊到用于对冲的每单位商品的外汇期货交易费用。设零售商的单位成本为  $c_r$  ( $a - c_r - h > 0$ ), 结合式(1)和式(2), 可得有批发价激励时的零售商利润:

$$\pi_r = q_r(a + \varepsilon - bq_r) - q_r c_r - (1 - \alpha)\{\bar{e} + [\omega_0 - k(1 - \alpha)]\}q_r - h(1 - \alpha)q_r - \alpha\{\bar{e} + [\omega_0 - k(1 - \alpha)]\}q_r \tag{3}$$

应当指出, 在上式中并没有直接采用汇率与批发

价乘积的方式表示汇率波动对零售商每单位采购支出的影响,而(为简化符号和相应的计算)等价地采用了加法的方式( $\tilde{e} + w_r$ )来描述这种影响(设  $r$  为实际汇率,  $\tilde{e}$  为汇率对每单位采购支出的影响,由  $\tilde{e} + w_r = w_r r$  可知,  $\tilde{e}$  与  $r$  存在如下 1-1 对应关系:  $\tilde{e} = w_r(r - 1)$ )。在后一种表示下,假设这种影响的期望为  $\bar{e} = 0$  (从而减少一个变量符号)。

假设零售商是风险规避的(其 Arrow-Pratt 风险规避系数为  $\rho_r > 0$ ),  $E(\pi_r)$  和  $\text{var}(\pi_r)$  分别表示有批发价激励时的零售商利润的期望和方差。则<sup>[10,20]</sup>:

$$EU(\pi_r) = E(\pi_r) - \rho_r \text{var}(\pi_r)/2 \quad (4)$$

假设制造商没有制造成本、库存成本、商誉损失。则有批发价激励时的制造商利润:

$$\pi_m = [\omega_0 - k(1 - \alpha)]q_r \quad (5)$$

### 3 模型均衡

#### 3.1 有批发价激励的情形

在模型中,制造商首先行动,发布基准批发价  $\omega_0$  和汇率对冲激励程度  $k$ ; 零售商随后行动,根据  $\omega_0$  和  $k$ , 确定其订货量  $q_r$  和汇率风险对冲行为  $\alpha$ 。因此,该模型为一个子博弈精炼均衡问题,我们使用逆向归纳法求解。首先,在  $\omega_0$  和  $k$  给定的情况下,可将零售商的决策描述为:

$$\max_{q_r, \alpha} EU(\pi_r) \quad (6)$$

结合式(3)和式(4)可得:

$$E(\pi_r) = q_r(a - c_r - bq_r) - [\omega_0 - k(1 - \alpha)]q_r - h(1 - \alpha)q_r \quad (7)$$

$$\text{var}(\pi_r) = q_r^2 D_\epsilon + \alpha^2 q_r^2 D_{\tilde{e}} \quad (8)$$

$$EU(\pi_r) = q_r(a - c_r - bq_r - \omega_0) - (h - k)(1 - \alpha)q_r - \frac{1}{2}\rho_r q_r^2 D_\epsilon - \frac{1}{2}\rho_r \alpha^2 q_r^2 D_{\tilde{e}}$$

结合式(2)可知,为了激励零售商对冲汇率风险,制造商用批发价补偿零售商的部分为  $k(1 - \alpha)q_r$ , 而零售商的外汇期货对冲成本为  $h(1 - \alpha)q_r$ , 故  $k(1 - \alpha)q_r$  是制造商的激励成本,上式中的  $(h - k)(1 - \alpha)q_r$  是零售商的实际总对冲成本(假设  $h \geq k$ 。当  $h < k$  时,其经济含义是,对冲将会给零售商带来收益),  $\rho_r q_r^2 D_\epsilon / 2 + \rho_r \alpha^2 q_r^2 D_{\tilde{e}} / 2$  是零售商的风险成本。

由零售商的一阶条件可得:

$$\begin{cases} q_r^* = \frac{a - c_r - \omega_0 - (h - k)}{2b + \rho_r D_\epsilon} \\ \alpha^* = \frac{(h - k)(2b + \rho_r D_\epsilon)}{\rho_r D_{\tilde{e}} [a - c_r - \omega_0 - (h - k)]} \end{cases} \quad (9)$$

式中,  $a$  (市场平均规模)充分大。

从另一个角度看,式(9)中第一个方程

$$a - c_r - \omega_0 + k - h - 2bq_r^* - \rho_r D_\epsilon q_r^* = 0 \quad (10)$$

意味着,零售商的汇率风险对冲行为  $\alpha^*$  将会自动屏蔽汇率风险对其订货决策的影响,从而使得其对制造商的需求曲线(由式(10)描述)不受汇率风险的影响。

在第一阶段,制造商预测到零售商将依据式(9)进行决策,结合式(5),制造商的决策可描述为:

$$\max_{\omega_0, k} \pi_m = (\omega_0 - k) \frac{a - c_r - \omega_0 - (h - k)}{2b + \rho_r D_\epsilon} + k \frac{h - k}{\rho_r D_{\tilde{e}}} \quad (11)$$

由制造商的一阶条件可得:

$$\begin{cases} \omega_0^* = \frac{a - c_r}{2} \\ k^* = \frac{h}{2} \end{cases} \quad (12)$$

进一步有:

$$\begin{cases} q_r^* = \frac{a - c_r - h}{4b + 2\rho_r D_\epsilon} \\ \alpha^* = \frac{h(2b + \rho_r D_\epsilon)}{\rho_r D_{\tilde{e}}(a - c_r - h)} \end{cases} \quad (13)$$

容易验证,零售商、制造商决策的二阶条件成立。

#### 3.2 无批发价激励的情形

在模型中,制造商首先行动,发布批发价  $w_r'$ ; 零售商随后行动,根据  $w_r'$ , 确定其订货量  $q_r'$  和汇率风险对冲行为  $\alpha'$ 。首先,在  $w_r'$  给定的情况下,可将零售商的决策描述为:

$$\max_{q_r', \alpha'} EU(\pi_r')$$

类似地可得无批发价激励时零售商的利润的期望、方差及期望效用:

$$E(\pi_r') = q_r'(a - c_r - bq_r') - w_r'q_r' - h(1 - \alpha')q_r' \quad (14)$$

$$\text{var}(\pi_r') = q_r'^2 D_\epsilon + \alpha'^2 q_r'^2 D_{\tilde{e}} \quad (15)$$

$$EU(\pi_r') = q_r'(a - c_r - bq_r' - w_r') - h(1 - \alpha')q_r' - \frac{1}{2}\rho_r q_r'^2 D_\epsilon - \frac{1}{2}\rho_r \alpha'^2 q_r'^2 D_{\tilde{e}}$$

由零售商的一阶条件可得:

$$\begin{cases} q_r'^* = \frac{a - c_r - w_r' - h}{2b + \rho_r D_\epsilon} \\ \alpha'^* = \frac{h(2b + \rho_r D_\epsilon)}{\rho_r D_{\tilde{e}}(a - c_r - w_r' - h)} \end{cases} \quad (16)$$

设  $\pi_m'$  为无批发价激励时的制造商利润。同理,结合上式,制造商的决策可描述为:

$$\max_{w_r'} \pi_m' = w_r' q_r' = w_r' \cdot \frac{a - c_r - w_r' - h}{2b + \rho_r D_\epsilon} \quad (17)$$

由制造商的一阶条件可得：

$$w_r'^* = \frac{a - c_r - h}{2} \quad (18)$$

进一步有：

$$\begin{cases} q_r'^* = \frac{a - c_r - h}{4b + 2\rho_r D_\epsilon} \\ \alpha'^* = \frac{2h(2b + \rho_r D_\epsilon)}{\rho_r D_\epsilon (a - c_r - h)} \end{cases} \quad (19)$$

容易验证，零售商、制造商决策的二阶条件成立。

归纳起来，有如下命题。

命题 1：在子博弈精炼均衡下，(i) 有批发价激励时， $w_0^* = (a - c_r)/2$ ， $k^* = h/2$ ， $q_r^* = (a - c_r - h)/(4b + 2\rho_r D_\epsilon)$ ， $\alpha^* = h(2b + \rho_r D_\epsilon)/\rho_r D_\epsilon (a - c_r - h)$ ；(ii) 无批发价激励时， $w_r'^* = (a - c_r - h)/2$ ， $q_r'^* = (a - c_r - h)/(4b + 2\rho_r D_\epsilon)$ ， $\alpha'^* = 2h(2b + \rho_r D_\epsilon)/\rho_r D_\epsilon (a - c_r - h)$ 。

从命题 1 可以看出，在有批发价激励的情形下，均衡时的汇率对冲激励程度  $k^* = h/2$ 。这意味着尽管制造商没有直接面临汇率风险，但从自身最优决策的角度，其仍将通过批发价来激励零售商对冲（从而降低）汇率风险，并因此“公平”地分担零售商对冲成本的一半。进一步，命题 1 表明，有批发价激励时的  $w_0^*$ 、 $k^*$  和  $q_r^*$ ，以及无批发价激励时的  $w_r'^*$  和  $q_r'^*$  均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在两种情形下均屏蔽了汇率风险对零售商订货决策（从而对制造商的需求曲线）的影响。

### 4 批发价激励在供应链运作中的角色

首先对比两种情形下的均衡决策变量，以识别批发价激励的作用。

命题 2：(1) 零售商的汇率风险对冲行为具有稳定供应链生产行为的作用（ $q_r^* = q_r'^*$ ）；(2) 批发价激励能够提高零售商的汇率风险对冲比例（ $1 - \alpha^* > 1 - \alpha'^*$ ）；(3) 在有批发价激励的情形下，供应链节点企业间的交易价格（批发价）较高（ $w_r^* > w_r'^*$ ）。

证明：通过直接比较命题 1 中的均衡变量可得命题 2 中的(1)和(2)。对于(3)，注意到：

$$w_r^* = \frac{a - c_r - h}{2} + \frac{h^2(2b + \rho_r D_\epsilon)}{2\rho_r D_\epsilon (a - c_r - h)} >$$

$$\frac{a - c_r - h}{2} = w_r'^*$$

从而(3)得证。进而命题 2 得证。

命题 2 表明：(1) 由于零售商的汇率风险对冲行为屏蔽了汇率风险对其（向制造商订货的）需求曲线的影响，从而具有稳定供应链的生产行为的作用；(2) 在(1)的基础上，批发价激励可以达到激励零售商对冲汇率风险的目的（ $1 - \alpha^* > 1 - \alpha'^*$ ）；(3) 揭示了有批发价激励时（尽管制造商分担了一半的零售商风险对冲成本），供应链节点企业间的交易价格（批发价）较高（ $w_r^* > w_r'^*$ ），此时零售商订货量不变。这些结果清晰地展示了制造商（本文中的核心企业）在分担对冲成本和获取较高单位销售价格之间的策略性权衡：一方面，以分担一半对冲成本的代价来激励零售商对冲（从而降低）汇率风险，使得零售商承担较低的汇率风险暴露比例（ $\alpha^* < \alpha'^*$ ），从而降低其承担的汇率风险成本（ $\rho_r \alpha^2 q_r^2 D_\epsilon / 2$ ）；另一方面，通过较高的批发价攫取零售商由于汇率风险成本降低而带来的利益。

接下来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，以揭示制造商的批发价激励策略对其自身的盈利水平和零售商盈利水平（及其波动性）的影响。

命题 3：在子博弈精炼均衡下， $\pi_m > \pi_m'$ ， $E(\pi_r) < E(\pi_r')$ ， $\text{var}(\pi_r) < \text{var}(\pi_r')$ 。

证明：由式(17)、式(18)、式(11)和式(12)可得：

$$\begin{aligned} \pi_m' &= \frac{(a - c_r - h)^2}{8b + 4\rho_r D_\epsilon} \\ \pi_m &= \frac{(a - c_r - h)^2}{8b + 4\rho_r D_\epsilon} + \frac{h^2}{4\rho_r D_\epsilon} \end{aligned} \quad (20)$$

由式(14)、式(18)、式(19)、式(7)、式(12)和式(13)可得：

$$\begin{aligned} E(\pi_r') &= \frac{(a - c_r - h)^2(b + \rho_r D_\epsilon)}{(4b + 2\rho_r D_\epsilon)^2} + \frac{h^2}{\rho_r D_\epsilon} \\ E(\pi_r) &= \frac{(a - c_r - h)^2(b + \rho_r D_\epsilon)}{(4b + 2\rho_r D_\epsilon)^2} + \frac{h^2}{4\rho_r D_\epsilon} \end{aligned} \quad (21)$$

由式(15)、式(19)、式(8)和式(13)可得：

$$\begin{aligned} \text{var}(\pi_r') &= \frac{(a - c_r - h)^2 D_\epsilon}{(4b + 2\rho_r D_\epsilon)^2} + \frac{h^2}{\rho_r^2 D_\epsilon} \\ \text{var}(\pi_r) &= \frac{(a - c_r - h)^2 D_\epsilon}{(4b + 2\rho_r D_\epsilon)^2} + \frac{h^2}{4\rho_r^2 D_\epsilon} \end{aligned} \quad (22)$$

故有  $\pi_m > \pi_m'$ ， $E(\pi_r) < E(\pi_r')$  和  $\text{var}(\pi_r) < \text{var}(\pi_r')$ 。命题 3 得证。

由命题 2 可知，零售商的汇率风险对冲行为为稳

定了供应链的生产行为(两种情形下的均衡订货量相同),且有批发价激励时的批发价较高。这隐含着“有批发价激励的情形下,制造商的均衡利润较高”这一结论。命题 3 确认了这一结果。对于零售商而言,有批发价激励时的批发价较高,汇率风险对冲比例较高(对冲成本较高),从而其期望利润较低。进一步,有批发价激励时零售商的汇率风险暴露比例较低,故零售商的利润方差较低。

从命题 3 也可以看出,对于制造商来说,批发价激励策略改善了其绩效,其利润有所增加,从而制造商有使用批发价激励零售商对冲汇率风险的动机。对于零售商来说,批发价激励策略尽管降低了其期望利润,但也降低了其风险成本,因此零售商愿意牺牲其期望利润来换取较低的风险承担。

最后,命题 3 表明,一方面,在两种情形下,制造商的利润(由于需求和汇率风险都聚集在下游零售商处)是确定的,不具有随机性;另一方面,零售商的利润方差在有批发价激励时得以降低。这意味着,相对于无批发价激励的情形,批发价激励使得整个供应链的利润风险降低。从实践的角度,供应链管理者可以通过批发价来激励风险(需求风险和汇率风险)聚集处的节点企业对冲汇率风险,以达到降低整个供应链利润风险的目的。因此,在风险聚集下,“通过较低的批发价来激励零售商对冲汇率风险”是供应链风险管理的一种可行的策略。

## 5 外生风险对批发价激励下的供应链运作均衡的影响

本节讨论有批发价激励时的供应链均衡决策变量如何受外生变量影响。由命题 1 的均衡变量可直接得到如下命题。

命题 4:在子博弈精炼均衡下, $\omega_0^*$ 、 $k^*$  和  $q_r^*$  均不随汇率的外生波动性  $D_\varepsilon$  变化而变化, $\alpha^*$  随着  $D_\varepsilon$  增加而降低。

命题 4 表明,由于零售商汇率风险对冲行为对制造商需求的屏蔽功能,汇率的外生波动性对制造商的运作策略  $\omega_0^*$  以及汇率对冲激励程度  $k^*$  均没有影响,进而对零售商的均衡订货量  $q_r^*$  没有影响,但会影响零售商的汇率风险对冲行为  $\alpha^*$ : 当汇率风险较大时,零售商的汇率风险暴露比例  $\alpha^*$  将会较低(即对冲的比例较大)。换言之,零售商将会增加外汇期货合约头寸以对冲更大的汇率风险。对于一个风险规避的零售商而言,这一结果与实践中观察到的现象一致。当汇率风险较大时,零售商的风险

成本将会较高,在零售商单位汇率对冲成本  $h$  和汇率对冲激励程度  $k^*$  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  $(1 - \alpha^*)$ ,即降低汇率风险暴露比例  $\alpha^*$  的动机。这表明,在均衡状态下,随着汇率风险的增加,对于单位购买,零售商对冲该风险的实际边际对冲成本  $(h - k^*)$  不变,而对冲边际收益(即边际汇率风险成本  $\rho_r q_r^* D_\varepsilon \alpha^*$ )增加,从而零售商将增加汇率风险对冲比例  $(1 - \alpha^*)$ (即降低  $\alpha^*$ )。因此, $\alpha^*$  降低是零售商在对冲的实际边际成本与边际汇率风险成本之间策略性权衡的结果。

进一步,命题 1 中的均衡变量直接蕴含着如下命题。

命题 5:在子博弈精炼均衡下, $\omega_0^*$  和  $k^*$  均不随需求的外生波动性  $D_\varepsilon$  变化而变化, $q_r^*$  随着  $D_\varepsilon$  增加而降低, $\alpha^*$  随着  $D_\varepsilon$  增加而增加。

由式(10)可知,零售商的汇率风险对冲行为使得需求风险仅影响制造商(逆)需求曲线的斜率(即需求风险增加将导致该斜率增加),但对(纵轴)截距没有影响,从而使得制造商的价格决策(由  $\omega_0^*$  和  $k^*$  共同刻画)不变。注意到,需求斜率增加意味着,对任意给定价格,需求量(零售商的订货量)将降低,因此, $q_r^*$  随着需求风险的增加而降低。对于汇率风险的暴露比例  $\alpha^*$ ,需求风险增加时对冲每单位购买的实际边际对冲成本  $(h - k^*)$  不变,但(通过  $q_r^*$  的降低)导致对冲每单位购买的边际收益  $(\rho_r q_r^* D_\varepsilon \alpha^*)$  降低,从而降低了零售商对冲汇率风险的积极性,进而  $\alpha^*$  将增加。

命题 6:在子博弈精炼均衡下, $\pi_m$ 、 $E(\pi_r)$  和  $\text{var}(\pi_r)$  均随着汇率的外生波动性  $D_\varepsilon$  增加而降低。

证明:由式(20)、式(21)和式(22)可得:

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial D_\varepsilon} = -\frac{h^2}{4\rho_r D_\varepsilon^2} < 0$$

$$\frac{\partial E(\pi_r)}{\partial D_\varepsilon} = -\frac{h^2}{4\rho_r D_\varepsilon^2} < 0$$

$$\frac{\partial \text{var}(\pi_r)}{\partial D_\varepsilon} = -\frac{h^2}{4\rho_r^2 D_\varepsilon^2} < 0$$

命题 6 得证。

首先解释“当汇率风险增加时,制造商的利润会降低”这一结果。由命题 4 可知,当汇率风险增加时,零售商的订货量不变,而其汇率风险暴露比例将会降低(即对冲的比例增加),进而批发价会降低。结合式(5)可知,制造商的利润会降低。

进一步,当汇率风险增加时,零售商的期望利润

会降低。这是因为汇率风险增加时,零售商的实际总对冲成本 $(h - k)(1 - \alpha)q_r$ 将会增加。更具体地,由命题 4 可知,当汇率风险增加时,制造商的基准批发价、汇率对冲激励程度以及零售商的订货量不变,而零售商的汇率风险暴露比例将会降低(即对冲的比例增加)。结合式(7)可知,零售商的期望利润会降低。

最后,当汇率风险增加时,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,而其汇率风险暴露比例将会降低(即对冲的比例增加),故零售商的利润方差会降低。

命题 7:  $\pi_m$  和  $E(\pi_r)$  均随着需求的外生波动性  $D_\epsilon$  增加而降低,当  $\rho_r$  足够大时,  $\text{var}(\pi_r)$  随着  $D_\epsilon$  增加而降低。

证明:由式(20)、式(21)和式(22)可得:

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial D_\epsilon} = -\frac{(a - c_r - h)^2 4\rho_r}{(8b + 4\rho_r D_\epsilon)^2} < 0$$

$$\frac{\partial E(\pi_r)}{\partial D_\epsilon} = -\frac{2(a - c_r - h)^2 \rho_r^2 D_\epsilon}{(4b + 2\rho_r D_\epsilon)^3} < 0$$

$$\frac{\partial \text{var}(\pi_r)}{\partial D_\epsilon} = \frac{2(a - c_r - h)^2 (2b - \rho_r D_\epsilon)}{(4b + 2\rho_r D_\epsilon)^3}$$

当  $\rho_r$  足够大时,  $2b - \rho_r D_\epsilon < 0$ , 此时  $\partial \text{var}(\pi_r) / \partial D_\epsilon < 0$ 。命题 7 得证。

首先解释“当需求风险增加时,制造商的利润会降低”这一结果。这是因为需求风险对制造商基准销售收入的边际影响大于对制造商激励成本的边际影响。更具体地,由命题 5 可知,当需求风险增加时,零售商的订货量会降低,而其汇率风险暴露比例将会增加(即对冲的比例降低),进而批发价会增加。换言之,结合式(5)可知,当需求风险增加时,制造商的基准销售收入  $\omega_0 q_r$  和激励成本  $k(1 - \alpha)q_r$  均会降低。结合式(12)和式(13)可得:

$$\left| \frac{\partial(\omega_0 q_r)}{\partial D_\epsilon} \right| = \frac{a - c_r}{2} \cdot \frac{(a - c_r - h) 2\rho_r}{(4b + 2\rho_r D_\epsilon)^2} > \frac{h}{2} \cdot$$

$$\frac{(a - c_r - h) 2\rho_r}{(4b + 2\rho_r D_\epsilon)^2} = \left| \frac{\partial[k(1 - \alpha)q_r]}{\partial D_\epsilon} \right|$$

式中,不等号源自于  $a - c_r - h > 0$ 。

上式表明,需求风险增加时,  $\omega_0 q_r$  降低的变化率大于  $k(1 - \alpha)q_r$  降低的变化率。换言之,需求风险增加时,制造商的基准销售收入降低得较快,而激励成本降低得较慢,故制造商的利润会降低。类似地可以解释“当需求风险增加时,零售商的期望利润会降低”这一结果。对于“当需求风险增加且  $\rho_r$  足够大时,零售商的利润方差会降低”可以这样解释:  $\rho_r$  足够大时,零售商的风险规避程度很高,当需求风

险增加时,零售商的订货量会有较明显的降低,故零售商的利润方差会降低。

命题 6 和命题 7 共同展示了一个基本特征:需求风险和汇率风险的增加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的利润方差下降。这表明,即使采用了“通过较低的批发价来激励零售商对冲汇率风险”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仍是不利的,但是有利于风险聚集处的节点企业和整条供应链的利润方差的降低。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。要实施这种权衡,一方面,当汇率风险增加时,上游制造商应以较低的批发价(基于命题 4 和式(2))激励下游零售商进行风险对冲,以达到降低风险的目的;另一方面,当需求风险增加时,下游零售商应降低订货量(基于命题 5),以损失交易量的代价换取风险的降低。

### 6 数值分析

为了直观地展示命题 4-7 的结果,本节采用数值分析方法给出供应链节点企业的决策变量、利润及利润方差随着汇率风险  $D_\epsilon$  的变化趋势。

首先,固定  $a = 4, b = 1, c_r = 1, h = 1, \rho_r = 50, D_\epsilon = 2$ ; 其次,假设  $D_\epsilon$  的取值为 1.1、1.2……2.9、3.0; 最后,应用 Matlab 编程计算相应的待考察变量(如  $\omega_0^*$ )对应于  $D_\epsilon$  变化的数值,并通过打点画出相应的变化曲线,以展示变化趋势。

从图 1、图 2、图 3 和图 4 可以看出,  $\omega_0^*$ 、 $k^*$  以及  $q_r^*$  均不随  $D_\epsilon$  的变化而变化,  $\alpha^*$  随着  $D_\epsilon$  的增加而降低,命题 4 得以验证。从图 5、图 6 和图 7 可以看出,  $\pi_m$ 、 $E(\pi_r)$  和  $\text{var}(\pi_r)$  均随着  $D_\epsilon$  的增加而降低,命题 6 得以验证。

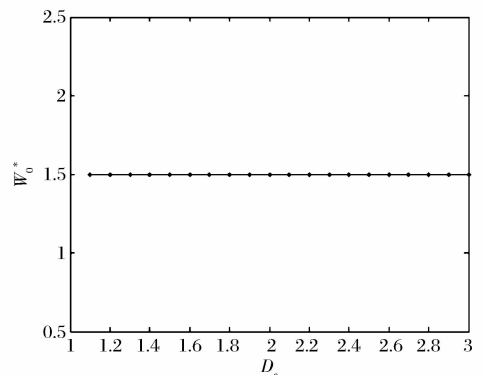


图 1 基准批发价对汇率风险的比较静态结果

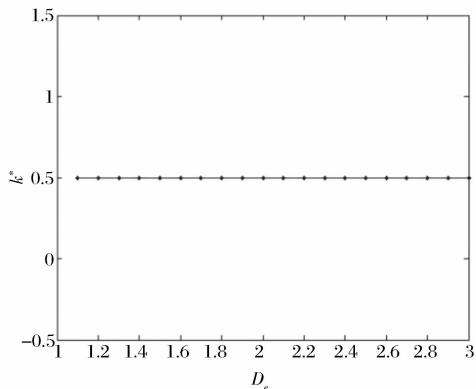


图 2 汇率对冲激励程度对汇率风险的比较静态结果

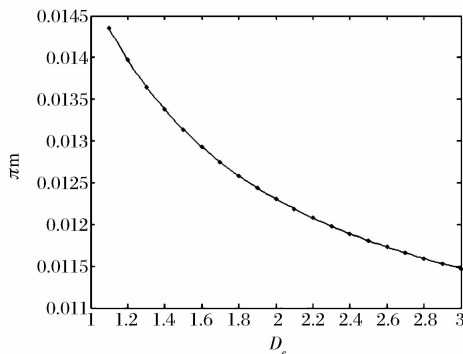


图 5 制造商的利润对汇率风险的比较静态结果

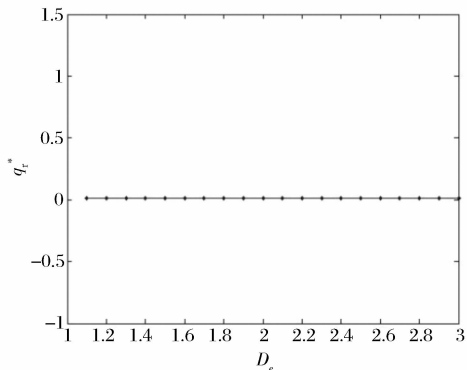


图 3 订货量对汇率风险的比较静态结果

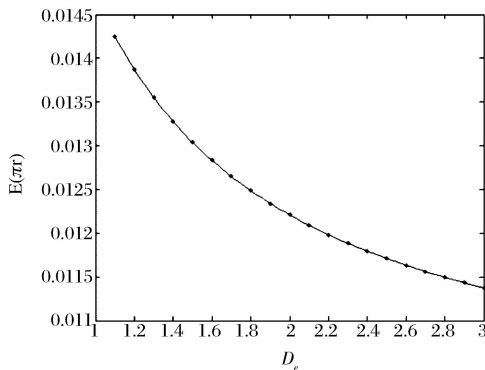


图 6 零售商的期望利润对汇率风险的比较静态结果

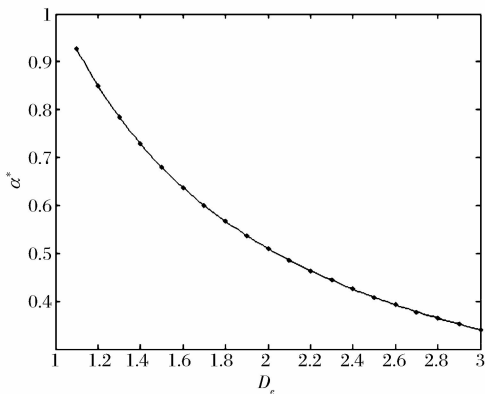


图 4 汇率风险的暴露比例对汇率风险的比较静态结果

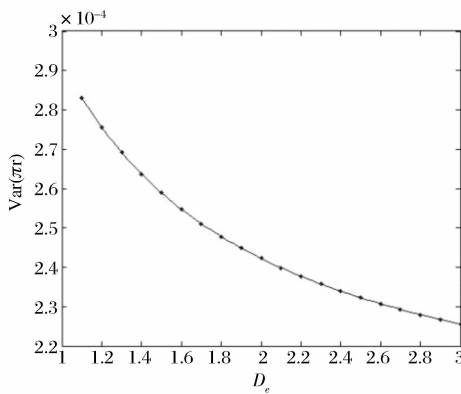


图 7 零售商的利润方差对汇率风险的比较静态结果

类似地可以验证命题 5 和命题 7。

### 7 结语

本文以一个由上游制造商和下游零售商组成的二级供应链为建模背景,在汇率风险和需求风险聚集(pooling)在下游零售商的情况下,分别建立了有无批发价激励情形下的两个动态博弈模型,获得了相应的均衡。结果表明:在两种情形下,零售商的汇率风险对冲行为具有稳定供应链生产行为的作用,但批发价激励能够提高零售商的汇率风险对冲比例和供应链

节点企业间的交易价格(批发价)。由于两种情形下的均衡订货量相等,且有批发价激励时的批发价较高,因此,有批发价激励时的制造商利润较高,故制造商有通过批发价来激励零售商对冲汇率风险的动机。研究了在有批发价激励的情形下,汇率的不确定性、外生需求对基准批发价、汇率对冲激励程度、订货量和风险对冲行为的影响方式。结果表明:在均衡下,制造商的基准批发价、汇率对冲激励程度均不受汇率和需求的外生波动性影响;零售商的订货量不受汇率的外生波动性影响,但随着需求的外生波动性增加而

降低;零售商的汇率风险暴露比例随着汇率的外生波动性增加而降低,随着需求的外生波动性增加而增加。进一步,在有批发价激励的情形下,制造商的利润、零售商利润的期望和方差均随着汇率和需求的外生波动性增加而降低。因此,在风险聚集下,“通过较低的批发价来激励零售商对冲汇率风险”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。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。

### 参考文献:

- [1] Manuj I, Mentzer J T. Global supply chain risk management strategies[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2008, 38(3): 192-223.
- [2] Tang Ou, Musa S N. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management [J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 133(1):25-34.
- [3] 宁钟,孙薇. 供应链风险管理研究评述[J]. *管理学家(学术版)*,2009,(2):53-64.
- [4] Lee H L, Padmanabhan V, Whang S. Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect[J]. *Management Science*, 1997,43(4): 546-558.
- [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.
- [6] Manuj I, Mentzer T. Global supply chain risk management[J]. *Journal of Business Logistics*, 2008, 29(1): 133-153.
- [7] Klibi W, Martel A, Guitouni A. The design of robust value-creating supply chain networks: A critical review [J]. *European Journal of Operational Research*, 2010b, 203(2): 283-293.
- [8] Liu Zugang, Nagurney A. Supply chain outsourcing under exchange rate risk and competition [J]. *Omega*, 2011, 39(5):539-549.
- [9] Vidal C J, Goetschalckx M. A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 129(1):134-158.
- [10] Ding Qing, Dong Lingxiu, Kouvelis P. On the integration of production and financial hedging decisions in global market[J]. *Operations Research*, 2007, 55(3): 470-489.
- [11] Bartram S M, Brown G W, Fehle F R. International evidence on financial derivatives usage[J]. *Financial Management*, 2009, 38(1): 185-206.
- [12] 杨庆定,黄培清. 基于数量柔性契约的制造型企业的最佳国际订购策略[J]. *东华大学学报(自然科学版)*, 2006,32(1):25-29.
- [13] Van Mieghem J A. Risk mitigation in newsvendor networks: Resource diversification, flexibility, sharing, and hedging[J]. *Management Science*, 2007, 53(8): 1269-1288.
- [14] Chod J, Rudi N, Van Mieghem J A. Operational flexibility and financial hedging: Complements or Substitutes? [J]. *Management Science*, 2010, 56(6): 1030-1045.
- [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.
- [17] Cachon G. P. Supply chain coordination with contracts [M]// De Kok A G, Graves S C. *Handbooks in OR & MS*. North Holland: Elsevier, 2003.
- [18] Caldentey R, Haugh M. Supply contracts with financial hedging[J]. *Operations Research*, 2009, 57(1): 47-65.
- [19] Van Mieghem J, Dada M. Price versus production postponement: Capacity and competition[J]. *Management Science*, 1999, 45(12): 1631-1649.
- [20] Dong Lingxiu, Liu Hong. Equilibrium forward contracts on nonstorable commodities in the presence of market power[J]. *Operations Research*, 2007, 55(1): 128-145.

## Exchange Rate Risk Hedging and Wholesale Price Incentive under Demand and Exchange Rate Risk Pooling

DU Juan<sup>1,2</sup>, NI De-bing<sup>1</sup>, TANG Xiao-wo<sup>1</sup>

(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)

**Abstract:** Considering a two-echelon supply chain consisting of an upstream manufacturer and a down-



stream retailer where the exchange rate risk and demand risk are pooled at the downstream retailer, two dynamic game models corresponding to whether or not the retailer is stimulated to hedge the exchange rate risk via lowering the wholesale price are established, and the corresponding equilibriums are calculated. With the equilibriums, the results show that (1) the retailer's exchange rate risk-hedging stabilizes the supply chain's production regardless of the wholesale price incentive whereas the wholesale price incentive raises the retailer's hedging proportion of total purchase payment and the wholesale price itself; (2) the wholesale price incentive makes the manufacturer reap higher profit, implying that the manufacturer is willing to incentivize the retailer to hedge the exchange rate risk; (3) under risk pooling, incentivizing the retailer to hedge the exchange rate risk via a lower wholesale price is able to achieve a tradeoff between expected profit and profit variance; the increasing in the exchange rate risk and demand risk reduce the (expected) profitability for both the whole supply chain and individual node firms, and at the same time, lower the profit variance for both the whole supply chain and the node firm where the two risks are pooled.

**Key words:** supply chain risk management; risk pooling; wholesale price incentive; risk hedging