

# 道德风险条件下的供应链质量控制策略研究

尤建新<sup>1</sup>, 朱立龙<sup>1,2</sup>

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 伊利诺依大学香槟分校商学院, 伊利诺依 61820)

**摘要:** 基于委托代理理论, 研究了道德风险条件下如何控制供应链质量的问题. 建立了供应商和购买商期望收益函数, 考虑了供应商存在单边道德风险(质量预防水平隐匿)和购买商存在单边道德风险(质量检验水平隐匿), 以及存在双边道德风险(质量预防水平和质量检验水平平均隐匿)三种情况下, 如何设计质量合同设计. 运用最优化原理, 求解供应商和购买商的道德风险值, 并量化描述所支付的信息租金. 仿真实验表明: 当供应商存在单边道德风险时, 购买商支付的信息租金和期望收益将减少, 供应商的期望收益将增加; 当购买商存在单边道德风险时, 供应商支付的信息租金和期望收益将减少, 购买商的期望收益将增加; 当存在双边道德风险时, 供应链支付的信息租金为供应商和购买商存在单边道德风险时所支付的信息租金之和, 供应链联合期望收益的损失最大.

**关键词:** 供应链; 委托代理关系; 道德风险; 质量控制  
**中图分类号:** F 253.4; C 931 **文献标识码:** A

According to the optimization theory, the supplier's and buyer's moral hazard values were solved. A quantitative description of the information rents was presented and a simulation test was made. The simulation results show that when there is a single moral hazard on the part of the supplier, the buyer's information rents and expected revenues will reduce, supplier's expected revenues will increase; when there is a single moral hazard on the part of the buyer, the supplier's information rents and expected revenues will reduce, buyer's expected revenues will increase; when there is a double moral hazard, the information rents of supplier chain are the sum of supplier's and buyer's information rents in single moral hazard, the loss of the jointed expected revenues of the supply chain will be maximum.

**Key words:** supply chain; principal-agent relationship; moral hazard; quality control

## Supply Chain Quality Control Strategy Under Condition of Moral Hazard

YOU Jianxin<sup>1</sup>, ZHU Lilong<sup>1,2</sup>

(1. College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. College of Business, University of Illinois at Urbana-Champaign, IL 61820, USA)

**Abstract:** Based on principal-agent theory, this paper presents a study of the problem of quality control strategy in supply chain under the condition of moral hazard. We set up the expected revenue function of suppliers and buyers to design the qucontract in the following three cases such as the single moral hazard on the part of the supplier (quality prevention probability concealed) and the single moral hazard on the part of the buyer (quality inspection probability concealed), and double moral hazard (both quality prevention probability and quality inspection probability concealed).

近年来, 供应链中的产品质量控制<sup>[1]</sup> 成为一个热点的研究领域, 但在理论与实践的研究中普遍存在以下系统性困难: 供应链各节点企业之间的冲突与竞争, 供应链协调难以实现, 供应链各节点企业追求自身效用最大化所引致的逆向选择与道德风险问题, 供应链中难以形成长久的合作关系等. 而这些问题和困难的产生主要是由于供应链各节点企业之间信息的不对称造成的, 这也将是供应链产品质量管理<sup>[2]</sup> 研究中的重大课题.

在解决供应链各参与者之间由于信息不对称所引致的各类问题中, 委托代理理论是有效的解决方法, 通常将拥有私人信息或具有相对信息优势的一方设为代理人, 将不拥有私人信息或具有相对信息劣势的一方设为委托人, 委托人设计激励合同以诱使代理人在追求自身效用最大化的同时选择对委托

收稿日期: 2009-04-21

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(70832005); 国家自然科学基金资助项目(70772077); 上海市重点学科建设资助项目(B310)

作者简介: 尤建新(1961—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为管理理论与工业工程、供应链管理与质量管理.

E-mail: yjx2256@vip.sina.com

朱立龙(1983—), 男, 博士生, 主要研究方向为供应链管理与工业工程. E-mail: zhulilong2008@yahoo.com.cn

人最有利的行动<sup>[3]</sup>. Van Ackere. Ann 较早研究了委托代理理论在经济领域、管理领域和供应链质量控制领域的具体应用<sup>[4]</sup>, Starbird S. Andrew 则研究了供应链中供应商产品质量决策对购买商抽样检验接收的影响<sup>[5]</sup>, Diane J. Reyniers 则较早建立了供应商与制造商之间质量控制策略契约模型<sup>[6]</sup>.

而道德风险问题是委托代理理论的重要组成部分,在研究供应链质量管理控制策略和最优契约设计的过程中,均需考虑道德风险问题. Robert Puelz 较早研究了单边道德风险条件下最优契约设计问题,并进行了实证检验<sup>[7]</sup>;而 Stanley Baiman 在研究供应链中供应商质量预防行为和销售商质量评价行为时,明确提出了供应链道德风险问题,并建立了道德风险决策控制模型<sup>[8-9]</sup>;其他的研究者 Charles J. Gorbett<sup>[10]</sup>, Emilio Barucci<sup>[11]</sup>, Wei Shi Lim<sup>[12]</sup> 和 SA Starbird<sup>[13]</sup>, 在运用委托代理理论研究供应链中供应商与制造商(销售商)质量管理控制策略时,均考虑了道德风险问题,并建立模型优化求解; Gerard P. Cachon<sup>[14]</sup> 和 CS Tapiero<sup>[15]</sup> 在研究供应链协调契约及供应链质量控制策略时,也明确探讨了道德风险问题; Pradeep Agrawal<sup>[16]</sup> 则研究了企业主与工人之间双边道德风险条件下的契约决策问题; Charles J. Corbett<sup>[17]</sup> 则研究了双边道德风险条件下供应链最优收益契约; 张翠华<sup>[18-19]</sup> 研究了非对称信息条件下供应链质量预防决策道德风险问题; 李丽君<sup>[20]</sup> 研究了双边道德风险条件下供应链质量控制策略; 周明<sup>[21]</sup> 则研究了存在道德风险条件下供应链质量管理中的最优合同设计问题; 霍佳震<sup>[22]</sup> 则研究了非对称信息条件下供应链协调问题,运用委托代理理论构建了供应链质量控制模型,并给出了量化的分析与描述.

因此,本文主要有以下三点不同于以前的研究:

(1) 首先,考虑了当供应商提供的产品质量有缺陷时,引致内部损失成本和外部损失成本两种情况,以及购买商如何提供补偿支付的问题.

(2) 其次,分别构建了供应商和购买商的质量控制模型,并在模型中引入了价格折扣和外部损失成本分摊比例 2 个契约参数,以使模型更加符合实际情况.

(3) 最后,运用委托代理理论,分析了供应商质量预防水平隐匿和购买商质量检验水平隐匿时的单边道德风险的情况,以及供应商质量预防水平和购买商质量检验水平均隐匿时的双边道德风险的情况,求解了相应情况下的道德风险值,具体描述了评

价信息租金模型,并通过一个算例进行了仿真分析.

## 1 模型假设与描述

构建的模型是一个由风险中性的供应商和一个风险中性的购买商组成的供应链系统. 供应商按照要求生产制造中间产品并提供给购买商, 供应商在生产过程中为提高产品质量可采取质量预防策略, 而购买商在接收到供应商的中间产品后可以选择一定的质量检验水平, 对供应商提供的中间产品进行质量评价决策. 假定: ①购买商的质量评价过程不改变中间产品的质量水平; ②当供应商提供的中间产品质量无缺陷时, 购买商的质量评价过程将证实它; ③当供应商提供的中间产品质量有缺陷时, 如果购买商的质量检验系统发现后将拒收该产品; ④供应商与购买商的目标均是追求期望利润最大化. 因此, 建立供应商的期望收益函数如下:

$$E_S = F - (1 - P_S)P_B(W_I - \Delta\pi) - (1 - P_S)(1 - P_B)(1 - \alpha)W_E - C_S(P_S, \theta_S) \quad (1)$$

式中:  $E_S$  为供应商的期望收益;  $F$  是购买商为获得产品而向供应商提供的前向支付;  $P_S$  为供应商的质量预防水平, 即供应商提供产品合格的概率;  $C_S(P_S, \theta_S)$  为供应商的质量预防成本;  $\theta_S$  为影响供应商产品质量的外生随机变量, 设  $\theta_S \sim N(\mu_S, \sigma_S^2)$ , 且假定  $C'_S(P_S) > 0$ ,  $C''_S(P_S) > 0$ , 当  $P_S > 0$  时, 且  $C_S(0) = C'_S(0) = 0$ ,  $C'_S(1) = \infty$ , 即供应商的质量预防成本函数  $C_S(P_S, \theta_S)$  为边际成本递增的凸函数;  $P_B$  为购买商的质量检验水平, 即购买商检验出产品有缺陷的概率;  $C_B(P_B, \theta_B)$  是购买商的质量检验成本,  $\theta_B$  为影响购买商质量检验的外生随机变量, 设  $\theta_B \sim N(\mu_B, \sigma_B^2)$ , 假定  $C'_B(P_B) > 0$ ,  $C''_B(P_B) > 0$ , 当  $P_B > 0$  时, 且  $C_B(0) = C'_B(0) = 0$ ,  $C'_B(1) = \infty$ , 即购买商的质量检验成本函数  $C_B(P_B, \theta_B)$  为边际成本递增的凸函数;  $W_I$  是当购买商检验出供应商的产品质量有缺陷时所引致的内部损失成本;  $W_E$  是当供应商提供的产品有缺陷, 但购买商又没有检验出时, 购买商会将缺陷产品销售给顾客造成的外部损失成本;  $\Delta\pi$  为供应商为弥补购买商的内部损失成本而对其提供的价格折扣, 作为对购买商的补偿支付;  $\alpha$  为发生外部损失时的分摊比例, 设  $\alpha \in [0, 1]$ ;  $(1 - \alpha)W_E$  为购买商所分摊的外部损失成本, 作为对供应商提供缺陷产品的惩罚, 以补偿自身的损失. 因此, 购买商的期望收益函数建立如下:

$$E_B = P_S U_{B1} + (1 - P_S) P_B [U_{B3} + (W_I - \Delta\pi)] + (1 - P_S)(1 - P_B)[U_{B2} + (1 - \alpha)W_E] - F - C_B(P_B, \theta_B) \quad (2)$$

式中:  $E_B$  为购买商的期望收益;  $U_{B1}$  为购买商销售合格的中间产品所获得的收益;  $U_{B2}$  为当供应商提供的产品有缺陷时, 购买商没有检验出缺陷产品而将产品销售给顾客所获得的收益;  $U_{B3}$  为当供应商提供的产品有缺陷时, 购买商检验出缺陷产品且拒收该产品, 购买商因销量的下降所获得的收益. 购买商的外部损失成本为  $U_{B1} - U_{B2}$ , 而当购买商因销售缺陷产品引发外部损失时, 对供应商的惩罚额为  $(1 - \alpha) \cdot W_E$ ; 购买商的内部损失成本为  $U_{B1} - U_{B3}$ , 而当购买商检验出缺陷产品引发内部损失时, 对供应商的惩罚额为  $W_I - \Delta\pi$ .

为使购买商有激励动机去实施质量评价策略, 购买商发生内部损失时对供应商的惩罚额必小于其内部损失成本, 即  $W_I - \Delta\pi < U_{B1} - U_{B3}$ , 否则, 购买商无激励动机去评价检验产品, 而其子博弈 Nash 均衡为总是退还或拒收产品. 购买商发生外部损失时将导致声誉成本和契约成本大于发生内部损失时的修理和担保成本, 即  $U_{B1} - U_{B2} > U_{B1} - U_{B3}$ . 所以,  $U_{B1} > U_{B3} > U_{B2}$ ; 购买商因销售缺陷产品而引发外部损失时对供应商的惩罚将大于其发生内部损失时的惩罚, 即  $(1 - \alpha) W_E > W_I - \Delta\pi$ .

## 2 无道德风险时的质量控制策略

在信息充分且完全的条件下, 对于供应商而言,  $P_B$  是可以观测的, 而对购买商而言,  $P_S$  也是可以观测的, 不存供应商隐藏其产品质量预防水平和购买商隐藏其产品质量检验水平的问题, 即供应商和购买商不存在道德风险, 激励相容约束不起作用. 由式(1)和(2)的假设, 建立如下的供应链联合期望收益函数:

$$E_{SB} = P_S U_{B1} + (1 - P_S) P_B U_{B3} + (1 - P_S) \cdot (1 - P_B) U_{B2} - C_S(P_S, \theta_S) - C_B(P_B, \theta_B) \quad (3)$$

其中,  $E_{SB}$  为供应链的联合期望收益.

由式(3), 分别对  $P_S, P_B$  求 1 阶偏导数, 可以得出最优解  $\{P_S^*, P_B^*\}$

$$\frac{\partial E_{SB}}{\partial P_S} = U_{B1} - P_B U_{B3} - (1 - P_B) U_{B2} - C'_S(P_S, \theta_S) = 0 \quad (4)$$

即

$$(U_{B1} - U_{B2}) - P_B^* (U_{B3} - U_{B2}) = C'_S(P_S^*, \theta_S) \quad (5)$$

$$\text{故} \quad P_S^* = P_S(P_B^*, \theta_S) \quad (6)$$

$$\frac{\partial E_{SB}}{\partial P_B} = (1 - P_S) U_{B3} - (1 - P_S) U_{B2} - C'_B(P_B, \theta_B) = 0 \quad (7)$$

$$\text{即} \quad (1 - P_S^*) (U_{B3} - U_{B2}) = C'_B(P_B^*, \theta_B) \quad (8)$$

$$\text{故} \quad P_B^* = P_B(P_S^*, \theta_B) \quad (9)$$

式中,  $P_S^*, P_B^*$  为完全信息下的供应商的最优质量预防水平和购买商的最优质量检验水平. 在此情况下,  $P_S, P_B$  均是可观测的, 故供应商和购买商不存在道德风险问题, 购买商的期望收益为  $E_B(P_S^*, P_B^*)$ , 供应商的期望收益为  $E_S(P_S^*, P_B^*)$ .

## 3 存在道德风险时的质量控制策略

由于信息的不对称, 代理人的隐藏行动会产生道德风险问题, 而委托人可以设计激励合同, 使代理人在追求自身效用最大化的同时, 选择对委托人最有利的行动.

在供应商和购买商关于产品质量水平的信息存在不对称的条件下, 供应商如何进行质量预防决策和购买商如何进行质量评价决策的问题, 可用信息经济学中的委托代理理论来解决. 假定在该委托代理模型中, 不存在逆向选择问题, 供应商的  $P_S$  隐匿, 购买商的  $P_B$  也隐匿, 即供应商和购买商互为委托代理关系, 供应链存在双边道德风险, 此时可将由供应商和购买商组成的整个供应链系统看作虚拟委托人, 即转化为供应链联合收益的最优控制问题

$$\{P_S^*, P_B^*\} \in \max_{P_S, P_B} E_{SB} \quad (10)$$

供应商和购买商的个人理性约束为

$$\text{s. t.} \quad \left. \begin{array}{l} E_S \geq R_S \\ E_B \geq R_B \end{array} \right\} \quad (11)$$

供应商和购买商的激励相容约束为

$$P_{S-MH} \in \arg \max_{P_S} E_S \quad (12)$$

$$P_{B-MH} \in \arg \max_{P_B} E_B$$

式中:  $R_S, R_B$  分别为供应商和购买商的保留效用;  $P_{S-MH}$  为供应商存在道德风险时的质量预防水平;  $P_{B-MH}$  为购买商存在道德风险时的质量检验水平, 其中下标 MH 表示道德风险(moral hazard). 式(11)为供应商和购买商的个人理性约束(individual rationality constraint), 式(12)为供应商和购买商的激励相容约束(incentive compatibility constraint).

### 3.1 单边道德风险时的质量决策

首先考虑供应商和购买商分别存在单边道德风险时的情况,即供应商的质量预防水平  $P_S$  隐匿和购买商的质量检验水平  $P_B$  隐匿. 根据 Stanley Baiman 在文献[9]中的假设,  $C_S(P_S, \theta_S) = K_S P_S^2 \theta_S^2 / 2$ ,  $C_B(P_B, \theta_B) = K_B P_B^2 \theta_B^2 / 2$ . 其中,  $K_S, K_B$  是待定系数(设  $K_S > 0, K_B > 0$ ).

由目标函数式(10),分别对  $P_S, P_B$  求1阶偏导数,得

$$(U_{B1} - U_{B2}) - P_B(U_{B3} - U_{B2}) = C'_S(P_S^*, \theta_S) \quad (13)$$

$$(1 - P_S)(U_{B3} - U_{B2}) = C'_B(P_B^*, \theta_B) \quad (14)$$

即

$$P_S^* = [(U_{B1} - U_{B2}) - P_B(U_{B3} - U_{B2})] / K_S \theta_S^2 \quad (15)$$

$$P_B^* = (1 - P_S)(U_{B3} - U_{B2}) / K_B \theta_B^2 \quad (16)$$

由激励相容约束条件(12),  $P_S, P_B$  的1阶偏导数分别为

$$(1 - \alpha)W_E - P_B[(1 - \alpha)W_E - (W_I - \Delta\pi)] = C'_S(P_{S-MH}, \theta_S) \quad (17)$$

$$(1 - P_S)[(U_{B3} - U_{B2}) + (W_I - \Delta\pi) - (1 - \alpha)W_E] = C'_B(P_{B-MH}, \theta_B) \quad (18)$$

即

$$P_{S-MH} = \{(1 - \alpha)W_E - P_B[(1 - \alpha)W_E - (W_I - \Delta\pi)]\} / K_S \theta_S^2 \quad (19)$$

$$P_{B-MH} = \{(1 - P_S)[(U_{B3} - U_{B2}) + (W_I - \Delta\pi) - (1 - \alpha)W_E]\} / K_B \theta_B^2 \quad (20)$$

设  $\Delta M_S$  为当  $P_S$  隐匿时的道德风险值,即

$$\Delta M_S = |P_S^* - P_{S-MH}| = \left| \left\{ [(U_{B1} - U_{B2}) - (1 - \alpha)W_E] + P_B[(1 - \alpha)W_E - (W_I - \Delta\pi) - (U_{B3} - U_{B2})] \right\} / K_S \theta_S^2 \right| \quad (21)$$

将式(15),(19)分别代入式(1),(2),得

$$\Delta E_{SS} = E_S(P_S^*) - E_S(P_{S-MH}) = - \left\{ [(U_{B1} - U_{B2}) - (1 - \alpha)W_E + P_B[(1 - \alpha)W_E - (W_I - \Delta\pi) - (U_{B3} - U_{B2})]]^2 \right\} / 2K_S \theta_S^2 < 0 \quad (22)$$

$$\Delta E_{SB} = E_B(P_S^*) - E_B(P_{S-MH}) = \left\{ [(U_{B1} - U_{B2}) - (1 - \alpha)W_E + P_B[(1 - \alpha)W_E - (W_I - \Delta\pi) - (U_{B3} - U_{B2})]]^2 \right\} / K_S \theta_S^2 > 0 \quad (23)$$

即

$$\Delta E_{SB} = 2|\Delta E_{SS}|$$

式中,  $\Delta E_{SS}, \Delta E_{SB}$  分别为供应商存在道德风险时,供

应商(代理人)与购买商(委托人)的期望收益的差值.

**推论1** 在供应商存在单边道德风险的条件下( $P_S$  隐匿),购买商(委托人)为激励供应商(代理人)实施购买商期望的行动而付出的信息激励成本为  $\Delta E_{SB}$ (也称为信息租金),而两种情况下供应商的期望收益将增加  $|\Delta E_{SS}|$ ,二者关系为  $\Delta E_{SB} = 2|\Delta E_{SS}|$ ,即购买商的信息租金为供应商期望收益增量的2倍.

设  $\Delta M_B$  为当购买商  $P_B$  隐匿时的道德风险值,即

$$\Delta M_B = |P_B^* - P_{B-MH}| = \left| \{(1 - P_S) \cdot [(1 - \alpha)W_E - (W_I - \Delta\pi)]\} / K_B \theta_B^2 \right| \quad (24)$$

将式(16),(20)分别代入式(2),(1),得

$$\Delta E_{BB} = E_B(P_B^*) - E_B(P_{B-MH}) = - \{(1 - P_S)^2 [(1 - \alpha)W_E - (W_I - \Delta\pi)]^2\} / 2K_B \theta_B^2 < 0 \quad (25)$$

$$\Delta E_{BS} = E_S(P_B^*) - E_S(P_{B-MH}) = \{(1 - P_S)^2 [(1 - \alpha)W_E - (W_I - \Delta\pi)]^2\} / K_B \theta_B^2 > 0 \quad (26)$$

即

$$\Delta E_{BS} = 2|\Delta E_{BB}|$$

其中,  $\Delta E_{BB}, \Delta E_{BS}$  分别为购买商存在道德风险时,购买商(代理人)与供应商(委托人)在两种情况下期望收益的差值.

**推论2** 在购买商存在单边道德风险的条件下( $P_B$  隐匿),供应商(委托人)为激励购买商(代理人)实施供应商期望的行动而付出的信息租金为  $\Delta E_{BS}$ ,而两种情况下购买商的期望收益将增加  $|\Delta E_{BB}|$ ,二者关系为  $\Delta E_{BS} = 2|\Delta E_{BB}|$ ,即供应商的信息租金为购买商期望收益增量的2倍.

### 3.2 双边道德风险时的质量决策

现在考虑  $P_S$  和  $P_B$  隐匿,存在双边道德风险时的情况.此时,供应商和购买商互为委托代理关系,可将由供应商和购买商组成的整个供应链设为虚拟委托人.由式(10)可得,  $P_S, P_B$  的1阶最优化分别为式(5),(8),(17),(18).

综上,  $\{P_S^*, P_B^*, P_{S-MH}, P_{B-MH}\}$  分别满足式(5),(8),(17),(18);  $\Delta E_{SS}$  和  $\Delta E_{SB}$  分别满足式(22),(23);  $\Delta E_{BB}$  和  $\Delta E_{BS}$  分别满足式(25),(26).

由式(17)和式(18)联立,得

$$\alpha = 1 - [K_S P_{S-MH} \theta_S^2 + P_B(U_{B3} - U_{B2}) - K_B P_{B-MH} P_B \theta_B^2 / (1 - P_S)] / W_E \quad (27)$$

$$\Delta\pi = W_I + (1 - P_B)(U_{B3} - U_{B2}) - K_S P_{S-MH} \theta_S^2 - (1 - P_B)K_B P_{B-MH} \theta_B^2 / (1 - P_S) \quad (28)$$

**推论 3** 当供应商和购买商存在双边道德风险时(即  $P_S$  与  $P_B$  均隐匿),整个供应链会增加道德风险值( $\Delta M_S + \Delta M_B$ ),整个供应链所支付的信息租金为  $\Delta E_{SB} + \Delta E_{BS}$ ,其期望收益将增加  $|\Delta E_{SS}| + |\Delta E_{BB}|$ ,二者的关系为  $\Delta E_{SB} + \Delta E_{BS} = 2|\Delta E_{SS}| + |\Delta E_{BB}|$ ,即整个供应链期望收益的损失为  $(\Delta E_{SB} + \Delta E_{SS}) + (\Delta E_{BS} + \Delta E_{BB})$ .

## 4 算例分析

假设 S 公司生产一种机床零件, B 公司为 S 的购买商,当 S 提供的零件合格时, B 销售合格零件给顾客所获得收益为 400 元·件<sup>-1</sup>;当 S 提供的零件有缺陷,但 B 的质量检验过程检测出缺陷,所获得收益为 200 元·件<sup>-1</sup>;当 S 提供的零件有缺陷,但 B 没有检测出缺陷而将该零件销售给顾客,所获得收益为 100 元·件<sup>-1</sup>, B 为获得该零件需向 S 提供的前向支付  $F$  为 150 元·件<sup>-1</sup>, S 的质量预防成本系数  $K_S$  为 300 元·件<sup>-1</sup>, B 的质量检验成本系数  $K_B$  为

300 元·件<sup>-1</sup>,不考虑外部随机因素的影响,即  $\theta_S$  和  $\theta_B$  均为 1. 内部损失成本  $W_I$  为 40 元·件<sup>-1</sup>,外部损失成本  $W_E$  为 90 元·件<sup>-1</sup>,当发生内部损失时, S 提供的价格折扣  $\Delta\pi$  为 40 元·件<sup>-1</sup>,分摊比例  $\alpha$  为 0.5. 分析:当 S 的  $P_S \in [0, 1]$  隐匿、B 的  $P_B \in [0, 1]$  隐匿,以及  $P_S, P_B$  均隐匿时,道德风险值、信息租金和期望收益  $E_S, E_B$  和  $E_{(SB)}$  的变化.

根据式(1)和式(2)分别对供应商和购买商期望收益函数的假设,以及式(3)式对供应链联合期望收益函数的假设,由式(15)和(19)分别求解无道德风险时供应商质量预防水平和存在道德风险时供应商质量预防水平. 式(16)和(20)分别求解无道德风险时购买商质量检验水平和存在道德风险时购买商质量检验水平;由式(21)和(24)分别求解供应商的道德风险值和购买商道德风险值,由式(23)和(26)分别求解购买商支付的信息租金和供应商支付的信息租金. 应用 Matlab 7.0 仿真计算,结果如表 1~3 所示.

表 1 供应商存在道德风险时决策结果描述

Tab.1 Results description in the case of the moral hazard on the part of the supplier

$P_B$	$P_S^*$	$P_{S-MH}$	$\Delta M_S$	$E_S/\text{元}$	$E_B/\text{元}$	$\Delta E_{SB}/\text{元}$	$E_{(SB)}/\text{元}$
0	1.000	0.150	0.850	0	250.000	216.750	250.000
0.10	0.967	0.142	0.825	8.334	240.333	204.188	248.667
0.20	0.934	0.133	0.801	16.507	228.160	192.000	244.667
0.30	0.901	0.125	0.776	24.517	213.483	180.188	238.000
0.40	0.868	0.117	0.751	32.366	196.300	168.750	228.666
0.50	0.835	0.108	0.727	40.054	176.613	157.688	216.666
0.60	0.802	0.100	0.702	47.579	154.420	147.000	201.999
0.70	0.769	0.092	0.677	54.943	129.723	136.688	184.666
0.80	0.736	0.083	0.653	62.146	102.520	126.750	164.666
0.90	0.703	0.075	0.628	69.186	72.813	117.188	141.999
1.00	0.670	0.067	0.603	76.065	40.600	108.000	116.665

由表 1 可得:当供应商质量预防水平隐匿,即供应商存在单边道德风险时,随着购买商质量检验水平的提高,即检验出产品缺陷的概率将增加,供应商的质量预防水平将减小,其道德风险值将降低,作为委托人的购买商支付的信息租金和期望收益将显著减少,作为代理人的供应商所获得的期望收益将增加,但整个供应链的联合期望收益将减少.

由表 2 可得:当购买商质量检验水平隐匿,即购买商存在单边道德风险时,随着供应商质量预防水平的提高,即供应商提供产品合格的概率增加,购买

商的质量检验水平将减小,道德风险值将降低,作为委托人的供应商支付的信息租金和期望收益将显著减少,作为代理人的购买商所获得的期望收益将增加,但整个供应链的联合期望收益将增加. 将表 1 和表 2 比较分析,易得:当供应商和购买商分别存在单边道德风险时,作为委托人的供应商可设计激励合同,降低购买商的质量检验水平,即购买商检验出产品质量缺陷的概率降低,并提高自身的质量预防水平,可使供应链联合期望收益显著增加. 这与实际情况是吻合的.

表 2 购买商存在道德风险时决策结果描述

Tab.2 Results description in the case of the moral hazard on the buyer

$P_S$	$P_B^*$	$P_{B-MH}$	$\Delta M_B$	$E_S/\text{元}$	$E_B/\text{元}$	$\Delta E_{BS}/\text{元}$	$E_{(SB)}/\text{元}$
0.00	0.330	0.250	0.080	113.250	3.415	2.083	116.665
0.10	0.297	0.225	0.072	112.683	27.316	1.688	139.999
0.20	0.264	0.200	0.064	111.280	51.386	1.333	162.666
0.30	0.231	0.175	0.056	109.043	75.623	1.021	184.666
0.40	0.198	0.150	0.048	101.970	100.029	0.750	201.999
0.50	0.165	0.125	0.040	92.063	124.604	0.521	216.666
0.60	0.132	0.100	0.032	79.320	149.346	0.333	228.666
0.70	0.099	0.075	0.024	63.743	174.257	0.188	238.000
0.80	0.066	0.050	0.016	45.330	199.337	0.083	244.667
0.90	0.033	0.025	0.008	24.083	224.584	0.021	248.667
1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	250.000	0.000	250.000

由表 3 可得:当供应商质量预防水平隐匿,购买商质量检验水平也隐匿时,即供应商和购买商存在双边道德风险,可将整个供应链设为虚拟委托人,供应商的质量预防水平和购买商的质量检验水平均将降低,双边道德风险值明显大于单边道德风险值,供

应商支付的信息租金和购买商支付的信息租金均将减少,但整个供应链支付的信息租金将是供应商支付的信息租金和购买商支付的信息租金之和,整个供应链联合期望收益的损失将最大.

表 3 供应商和购买商存在双边道德风险时决策结果描述

Tab.3 Results description in the case of the double moral hazard

$P_{S-MH}$	$P_{B-MH}$	$\Delta M_S$	$\Delta M_B$	双边道德风险值	购买商支付的信息租金/元	供应商支付的信息租金/元	整个供应链支付的信息租金/元
0.150	0.250	0.850	0.080	0.930	216.750	2.083	218.833
0.142	0.225	0.825	0.072	0.897	204.188	1.688	205.875
0.133	0.200	0.801	0.064	0.865	192.000	1.333	193.333
0.125	0.175	0.776	0.056	0.832	180.188	1.021	181.208
0.117	0.150	0.751	0.048	0.799	168.750	0.750	169.500
0.108	0.125	0.727	0.040	0.767	157.688	0.521	158.208
0.100	0.100	0.702	0.032	0.734	147.000	0.333	147.333
0.092	0.075	0.677	0.024	0.701	136.688	0.188	136.875
0.083	0.050	0.653	0.016	0.669	126.750	0.083	126.833
0.075	0.025	0.628	0.008	0.636	117.188	0.021	117.208
0.067	0.000	0.603	0.000	0.603	108.000	0.000	108.000

## 5 结语及展望

针对非对称信息条件下如何设计供应商与购买商之间的质量合同问题,分析了供应商的质量预防水平隐匿和购买商的质量检验水平隐匿时的单边道德风险决策问题,以及供应商的质量预防水平和购买商的质量检验水平均隐匿时的双边道德风险决策问题,建立了供应商质量预防决策和购买商质量评价决策的最优合同设计模型,求解了两种情况下的道德风险值,并给出了信息租金的描述,比较了两种道德风险情况下供应商、购买商和整个供应链的期望收益的损失,并描述了信息租金与期望损失值之间的数量关系——委托人支付的信息租金将是代理人期望收益增量的 2 倍.

当供应商存在单边道德风险时(质量预防水平

隐匿),随着购买商质量检验水平的提高,供应商的质量预防水平将减小,其道德风险值将降低,购买商支付的信息租金和期望收益将显著减少,供应商所获得的期望收益将增加,但整个供应链的联合期望收益将减少;当购买商存在单边道德风险时(质量检验水平隐匿),随着供应商质量预防水平的提高,购买商的质量检验水平将减小,其道德风险值将降低,供应商支付的信息租金和期望收益将显著减少,购买商所获得的期望收益将增加,但整个供应链的联合期望收益将增加;当存在双边道德风险时(质量预防水平和质量检验水平均隐匿),此时可将整个供应链设为虚拟委托人,双边道德风险值明显大于单边道德风险值,供应商支付的信息租金和购买商支付的信息租金均将减少,但整个供应链支付的信息租金将是供应商支付的信息租金和购买商支付的信息租金之和,整个供应链联合期望收益的损失将最大.

在实际的供应链节点企业之间的质量控制问题中,如果供应商存在单边道德风险,必将使购买商支付额外的信息租金和使其期望收益减少;如果购买商存在单边道德风险,必将使供应商支付额外的信息租金和使其期望收益减少;如果供应商与购买商存在双边道德风险,由供应商和购买商组成的供应链系统支付的信息租金为单边道德风险时支付的信息租金之和,整个供应链期望收益的损失也将最大.这说明,在实际企业的质量控制策略中,供应商应努力提高其产品质量预防水平,购买商应努力提高其产品质量检验水平,并以信号传递的方式降低道德风险的发生,使供应商与购买商之间彼此相互信任,追求长期的合作和协调.此时,供应链整体的期望收益将最大.这也为实践中供应链节点企业之间如何进行质量控制决策指明了方向.

本模型仅是供应链中单个供应商和单个购买商之间的博弈,且为单阶段静态博弈形式.在下一步的研究中,将尝试建立供应链中多个供应商与多个购买商之间的博弈,并建立多阶段、动态、不完全信息的重复博弈模型.

#### 参考文献:

- [1] 尤建新,张建同,杜学美.质量管理学[M].2版.北京:科学出版社,2008.  
YOU Jianxin, ZHANG Jiantong, DU Xuemei. Quality management [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2008.
- [2] Joseph M Juran, Blanton A Godfrey. 朱兰质量管理手册[M].5版.北京:中国人民大学出版社,2003:396-415.  
Joseph M Juran, Blanton A Godfrey. Juran's quality handbook [M]. 5th ed. Beijing: China Renmin University Press, 2003: 396-415.
- [3] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:上海人民出版社,2004.  
ZHANG Weiying. Game theory and information economics[M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2004.
- [4] Van Ackere Ann. The Principal/agent paradigm: its relevance to various functional fields [J]. European Journal of Operational Research, 1993, 70(1): 83.
- [5] Starbird S Andrew. The effect of acceptance sampling and risk aversion on the quality delivered by supplier[J]. Journal of the Operational Research Society, 1994, 45(3): 309.
- [6] Diane J Reybiers, Charles S Tapiero. The delivery and control of quality in supplier-producer contracts [J]. Management Science, 1995, 41(10): 1581.
- [7] Robert Puelz, Arthur Snow. Optimal incentive contracting with ex-ante and ex-post moral hazard: theory and evidence [J]. Journal of Risk and Uncertainty, 1997, 14(2): 169.
- [8] Stanley Baiman, Paul E Fischer, Madhav V Rajan. Information, contracts, and quality costs[J]. Management Science, 2000, 46(6): 776.
- [9] Stanley Baiman, Paul E Fischer, Madhav V Rajan. Performance measurement and design in supply chains [J]. Management Science, 2001, 47(1): 173.
- [10] Charles J Gorbet, Xavier de Groote. A supplier optimal quantity discount policy under asymmetric information[J]. Management Science, 2000, 46(3): 444.
- [11] Emilio Barucci, Fausto Gozz, Andrzej Swiech. Incentive compatibility constraints and dynamic programming in continuous time[J]. Journal of Mathematical Economics, 2000, 34(4): 471.
- [12] WEI Shilim. Producer-supplier contracts with incomplete information[J]. Management Science, 2001, 47(5): 709.
- [13] SA Starbird. Penalties, rewards, and inspection; provisions for quality in supply chain contracts [J]. Journal of Operational Research Society, 2001, 52(1): 109.
- [14] Gerard P Cachon, Martin A Lariviere. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations[J]. Management Science, 2005, 51(1): 30.
- [15] CS Tapiero, K Kogan. Risk and quality control in supply chain: competitive and collaborative approaches [J]. Journal of Operational Research Society, 2007, 58(11): 1440.
- [16] Pradeep Agrawal. Double moral hazard, monitoring, and the nature of contracts[J]. Journal of Economics, 2002, 75(1): 33.
- [17] Charles J Corbett, Gregory A Decroix, Albert Y Ha. Optimal shared-savings contracts in supply chains: linear contracts and double moral hazard [J]. European Journal of Operational Research, 2005, 163(3): 653.
- [18] 张翠华,黄小原.非对称信息下供应链的质量预防决策[J].系统工程理论与实践,2003,23(12):95.  
ZHANG Cuihua, HUANG Xiaoyuan. Supply chain quality prevention decision under asymmetric information[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2003, 23(12): 95.
- [19] 张翠华,黄小原.供应链中的道德风险问题[J].东北大学学报:自然科学版,2003,24(7):703.  
ZHANG Cuihua, HUANG Xiaoyuan. Moral hazard problem in supply chain [J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2003, 24(7): 703.
- [20] 李丽君,黄小原,庄新田.双边道德风险条件下供应链的质量控制策略[J].管理科学学报,2005,8(1):42.  
LI Lijun, HUANG Xiaoyuan, ZHUANG Xintian. Strategy of quality control in supply chain under double moral hazard condition [J]. Journal of Management Sciences in China, 2005, 8(1): 42.
- [21] 周明,张异,李勇,等.供应链质量管理中的最优合同设计[J].管理工程学报,2006,20(3):120.  
ZHOU Ming, ZHANG Yi, LI Yong, et al. Optimal contract design in the quality management of supply chain [J]. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2006, 20(3): 120.
- [22] 霍佳震,张建军,赵晋.长期合作期望下的供应链非对称信息甄别研究[J].管理科学学报,2008,11(3):88.  
HUO Jiazhen, ZHANG Jianjun, ZHAO Jin. Study on asymmetric information screening in supply chain with long-term cooperation project [J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11(3): 88.