

文章编号:1003-207(2001)01-0019-06

供应链中的信息共享激励:动态模型

马新安,张列平,田澎

(上海交通大学安泰管理学院,上海 200052)

摘要:信息共享对促进整个供应链的绩效极为关键,但是供应链中的成员缺乏进行信息共享的激励。本文以一个两阶段的多任务委托-代理模型来研究供应链中的核心企业对其供应商进行供应活动和信息共享活动的最优激励问题,并用它来解释供应链中合作伙伴关系的持续改善过程。结果表明:供应商努力成本的边际替代率在信息共享以及正常供应活动的激励中起着关键性的作用。

关键词:供应链管理;信息共享;多任务委托-代理

中图分类号:C935 **文献标识码:**A

0 引言

信息共享在供应链管理中是极为重要的,例如,在整个供应链中的信息共享可以有效地减少最终市场需求信息沿供应链向上传递过程中的波动程度(方差)放大现象^[1],即所谓的“Bullwhip Effect”;信息共享将使得供应链上的成员更好地安排生产作业及库存配送计划,在降低成本的同时提高最终用户的满意度;信息共享将促进供应链中各成员的相互信任,有利于结成更为紧密的联盟来对快速变化的市场需求作出敏捷的反应等。

但是,供应链中的核心企业(以下通称为“制造商”)面临的问题是供应链中的合作伙伴(以下通称为“供应商”)缺乏足够的进行信息共享活动的激励。原因在于:(1)信息共享增大了供应商的成本,因为投资于管理信息系统、POS终端、条形码制作及读取设备等硬件系统需要大量直接的投入,而且随之而来的管理上的变更(如人员的培训,组织机构及业务流程的调整等)也意味着相当高的转换成本;(2)供应链本是动态联盟的一种形式,这意味着它将随市场机遇的产生而形成,随市场机遇的消失而解散,而基于信息共享的要求,许多资产具有专用性,这与企业的敏捷性要求有相悖之处;(3)信息共享有可能使供应商泄露商业机密,供应商和制造商之间的无缝集成意味着部分内部信息的公开,如核心优势、生产技术和财务状况等,这些都将增加供应商的经营风险。

因此,对供应链中信息共享激励的研究就成为目前供应链管理中一个非常关键的问题^[2],但是,这个问题却几乎没有文献研究(现有的文献中对信息共享问题的研究指的是寡头垄断市场中的合谋问题,这与本文研究的问题截然不同)。由于供应商正常的供应活动与信息共享对于整个供应链的绩效都是极为重要的,而其在正常的供应活动与信息共享方面又存在着付出与收益的权衡,片面地强调某一个方面都不能达到有效提高供应链绩效的效果,因此可以用多(两)任务委托-代理

收稿日期:2000-05-12

基金项目:上海市教委重点学科资助(B990608)

作者简介:马新安(1972-),男(汉族),河南巩义人,上海交通大学安泰管理学院,博士研究生,研究方向:企业系统化集成与管理。

模型来研究对供应商这两方面努力的激励。文献^[3]是一篇关于多任务委托-代理理论的经典文献,但是该模型是一个静态模型,而实际上供应商对于信息共享的努力程度是多阶段逐步改进的,而非一次性的。本文以一个两阶段的多(两)任务委托-代理模型来研究供应链中的核心企业对其供应商进行供应活动和信息共享活动的最优激励问题,并用它来解释供应链中合作伙伴关系的持续改善过程。结果表明:供应商努力成本的边际替代率在信息共享以及正常供应活动的激励中起着关键性的作用。本文的后续部分将沿模型的建立,求解及分析而展开,最后是本文的小结和进一步的研究方向。

1 模型描述

经济学上的委托-代理关系泛指任何一种涉及非对称信息的交易,交易中有信息优势的一方称为委托人,另一方称为代理人^[4]。因此,在制造商要求供应商提高供应活动的质量及信息共享的程度的交易当中,供应商拥有信息优势而成为代理人,制造商是委托人。

考虑如下两阶段模型。在每一个阶段中(为表达的简捷起见,本节不区分各阶段变量的不同,在下一节中将用上标 I 和 II 来表示相应的阶段变量),供应商均只从事两项工作——正常的供应活动和进行信息共享方面的努力,分别用 e_1 和 e_2 来表示。 $B(e_1, e_2)$ 表示努力的期望收益, $C(e_1, e_2)$ 表示努力的成本,且 $B_i > 0$; $C_i \geq 0$, $C_{ii} \geq 0$, $i = 1, 2$ (只要不引起混乱,用下标表示对相应的变量求偏导,如 $B_i = \partial B / \partial e_1$)。供应商的努力水平的选择部分决定了如下两个可以观测的信息变量:

$$x_1 = e_1 + \epsilon_1, x_2 = e_2 + \theta + \epsilon_2$$

其中, x_1 可以理解为供应商在供应方面相应的综合指标,如供应产品的质量、价格、配送的准时率、对突发事件反应的敏捷性以及柔性等; x_2 可以理解为与合作和信息共享相关的指标,如供应商提出的合理化建议的数目、供应商用于信息共享的专用性投资的资金数、以及供应商公开内部机密的程度等。由于上述两个可以观测的信息不仅取决于供应商自身的努力,也受到系统客观环境的影响,因此分别用 ϵ_1 和 ϵ_2 来表示外部环境的影响,并假设 $\epsilon_1 \sim N(0, \delta_1^2)$, $\delta_2 \sim N(0, \delta_2^2)$, 而且 ϵ_1 和 ϵ_2 互不相关。对于供应商在信息共享方面的努力的信号而言,情况会更复杂一些,因为这些可观测的信息除了受供应商自身的努力和外部环境的影响以外,还受到制造商的影响,即双方合作的诚意、制造商的声誉及信用情况等系统内部因素的影响,用随机变量 θ 来表示这些因素。为了数学上处理的方便,假设 $\theta \sim N(\bar{\theta}, \delta_\theta^2)$, 且 θ 与 ϵ_1 和 ϵ_2 相互独立。

本文假定每一个阶段开始时双方重新签定合同(不考虑谈判成本),合同形式为:

$$S(x_1, x_2) = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \beta$$

其中 β 为供应商的固定收入,而 a_1 和 a_2 为相应的激励系数。假定制造商为风险中性的;供应商为风险规避的,其效用函数具有不变绝对对风险规避特征^[4],绝对风险规避度为 ρ_0 。

2 第二阶段的最优激励合同

在第二阶段(II)签约前,由于第一阶段关于信息共享的信号 x_2^I 已被观测到,交易双方(制造商和供应商)都可以根据此信息修正对随机变量 θ 的后验概率(本文研究的是隐藏行动的道德风险问题,故可以认为不存在隐藏信息),以期得到更为准确的结果。因此制造商的稳定性等价收入(Certainty Equivalence)^[4]为:

$$CE_{\beta}^{II} = E[(B^{II} - S^{II}) | x_2^I]$$

$$\begin{aligned}
 &= B^{\text{II}} - \alpha_1^{\text{II}} e_1^{\text{II}} - \alpha_2^{\text{II}} [e_2^{\text{II}} + E(\theta | x_2^{\text{I}})] - \beta^{\text{II}} \\
 &= B^{\text{II}} - \alpha_1^{\text{II}} e_1^{\text{II}} - \alpha_2^{\text{II}} (e_2^{\text{II}} + m) - \beta^{\text{II}}
 \end{aligned}$$

其中,上标 I, II 分别表示阶段 1 和阶段 2; $m = (1 - \tau)\bar{\theta} + \tau(x_2^{\text{I}} - e_2^{\text{I}})$, $\tau = \delta_\theta^2 / (\delta_\theta^2 + \delta_2^2)$, 而 $\text{var}(m) = \delta_\theta^2 \delta_2^2 / (\delta_\theta^2 + \delta_2^2)$, e_2^{I} 表示在具有理性预期 (rational expectation) 的市场上, 供应商在均衡状态时在信息共享方面的努力水平的选择。

同上, 供应商的确定性等价收入为:

$$CE_A^{\text{II}} = \alpha_1^{\text{II}} e_1^{\text{II}} + \alpha_2^{\text{II}} (e_2^{\text{II}} + m) + \beta^{\text{II}} - C^{\text{II}} - \rho(\alpha_1^{\text{II}^2} \delta_1^2 + \alpha_2^{\text{II}^2} \delta^2) / 2$$

其中, $\delta^2 = \text{var}(m) + \text{var}(\epsilon_2) = \delta_\theta^2 \delta_2^2 / (\delta_\theta^2 + \delta_2^2) + \delta_2^2$ 。

所以, 交易双方总的确定性等价收入为:

$$CE^{\text{II}} = CE_P^{\text{II}} + CE_A^{\text{II}}$$

则制造商的问题是在满足供应商的激励相容约束(IC) 和个人理性约束(IR) 的条件下选择 $\alpha_1^{\text{II}}, \alpha_2^{\text{II}}, \beta^{\text{II}}$, 以最大化自己的确定性等价收入, 即:

$$\begin{aligned}
 &\max_{\alpha_1^{\text{II}}, \alpha_2^{\text{II}}, \beta^{\text{II}}} CE_P^{\text{II}} \\
 &\text{s.t. } (IC)(e_1^{\text{II}}, e_2^{\text{II}}) \in \text{argmax} CE_A^{\text{II}} \\
 &\quad (IR) CE_A^{\text{II}} \geq \gamma CE^{\text{II}}
 \end{aligned}$$

其中, γ 表示在签约谈判中, 供应商的讨价还价能力^[5], 且 $0 < \gamma \leq 1$ 。

将 IC 用一阶条件^[4]替代为:

$$\begin{aligned}
 \alpha_1^{\text{II}} = C_1^{\text{II}} \geq 0, \alpha_2^{\text{II}} = C_2^{\text{II}} \geq 0 \\
 \partial \alpha_i^{\text{II}} / \partial e_j^{\text{II}} = C_{ij}^{\text{II}}, e_j^{\text{II}} / \partial \alpha_i^{\text{II}} = 1 / C_{ij}^{\text{II}}, i, j = 1, 2
 \end{aligned}$$

在均衡状态下, IR 中等式成立, 将 IR 通过 β^{II} 代入 CE_P^{II} 中, 利用上式求解得:

$$\begin{aligned}
 B_1^{\text{II}} - (1 + \rho \delta_1^2 C_{11}^{\text{II}}) C_1^{\text{II}} - \rho \delta^2 C_{21}^{\text{II}} C_2^{\text{II}} &= 0 \\
 B_2^{\text{II}} - (1 + \rho \delta^2 C_{22}^{\text{II}}) C_2^{\text{II}} - \rho \delta_1^2 C_{12}^{\text{II}} C_1^{\text{II}} &= 0
 \end{aligned}$$

将一阶条件代入上式可得:

$$\begin{aligned}
 \alpha_1^{\text{II}} &= \frac{B_1^{\text{II}} + \rho C_{22}^{\text{II}} \delta^2 (B_1^{\text{II}} - B_2^{\text{II}} C_{12}^{\text{II}} / C_{22}^{\text{II}})}{(1 + \rho C_{11}^{\text{II}} \delta_1^2)(1 + \rho C_{22}^{\text{II}} \delta^2) - \rho^2 C_{12}^{\text{II}^2} \delta_1^2 \delta^2} \\
 \alpha_2^{\text{II}} &= \frac{B_2^{\text{II}} + \rho C_{11}^{\text{II}} \delta_1^2 (B_2^{\text{II}} - B_1^{\text{II}} C_{21}^{\text{II}} / C_{11}^{\text{II}})}{(1 + \rho C_{11}^{\text{II}} \delta_1^2)(1 + \rho C_{22}^{\text{II}} \delta^2) - \rho^2 C_{21}^{\text{II}^2} \delta_1^2 \delta^2}
 \end{aligned}$$

$$\beta^{\text{II}} = \gamma B^{\text{II}} + (1 - \gamma) C^{\text{II}} + (1 - \gamma) \rho (\alpha_1^{\text{II}^2} \delta_1^2 + \alpha_2^{\text{II}^2} \delta^2) / 2 - \alpha_1^{\text{II}} e_1^{\text{II}} - \alpha_2^{\text{II}} (e_2^{\text{II}} + m)$$

其中, $e_1^{\text{II}}, e_2^{\text{II}}$ 可以通过一阶条件求得。

3 第一阶段的最优激励合同

在第二阶段的最优激励合同计算出来以后, 就可以站在全局优化的角度来计算第一阶段(I) 的最优激励合同。以下设贴现率为 r 。

在两个阶段中, 制造商的总确定性等价收入为:

$$CE_P = B^{\text{I}} - \alpha_1^{\text{I}} e_1^{\text{I}} - \alpha_2^{\text{I}} (e_2^{\text{I}} + \bar{\theta}) - \beta^{\text{I}} + r(1 - \gamma) [B^{\text{II}} - C^{\text{II}} - \rho(\alpha_1^{\text{II}^2} \delta_1^2 + \alpha_2^{\text{II}^2} \delta^2) / 2]$$

供应商的总确定性等价收入为:

$$CE_A = \alpha_1^I e_1^I + \alpha_2^I (e_2^I + \theta) + \beta^I - C^I + r[\gamma B^II - \gamma C^II + (1 - \gamma)\rho(\alpha_1^{II^2} \delta_1^2 + \alpha_2^{II^2} \delta^2)/2] - \rho[(\alpha_1^I)^2 + r^2 \alpha_1^{II^2}] \delta_1^2 + [r^2 \alpha_2^{II^2} + (\alpha_2^I - r \alpha_2^{II} \tau)^2] \delta_2^2 + [\alpha_2^I + r \alpha_2^{II} (1 - \tau)]^2 \delta_\theta^2 / 2$$

所以, 交易双方两阶段总的确定性等价收入为:

$$CE = CE_P + CE_A$$

同前, 最优化问题为:

$$\begin{aligned} & \max_{\alpha_1^I, \alpha_2^I, \beta^I} CE_P \\ & s.t. (IC) (e_1^I, e_2^I) \in \operatorname{argmax} CE_A \\ & (IR) CE_A \geq \gamma CE \end{aligned}$$

解得:

$$\begin{aligned} \alpha_1^I &= \frac{B_1^I + \rho C_{22}^I (\delta_2^2 + \delta_\theta^2) (B_1^I - B_2^I C_{12}^I / C_{22}^I)}{(1 + \rho C_{11}^I \delta_1^2) [1 + \rho C_{22}^I (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)] - \rho^2 C_{12}^{I^2} \delta_1^2 (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)} \\ \alpha_2^I &= \frac{B_2^I + \rho C_{11}^I \delta_1^2 (B_2^I - B_1^I C_{21}^I / C_{11}^I)}{(1 + \rho C_{11}^I \delta_1^2) [1 + \rho C_{22}^I (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)] - \rho^2 C_{21}^{I^2} \delta_1^2 (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)} \\ \beta^I &= \gamma B^I + (1 - \gamma) C^I + (1 - \gamma) \rho \{ \alpha_1^{I^2} \delta_1^2 - r^2 \alpha_2^{II^2} \delta^2 + [r^2 \alpha_2^{II^2} + (\alpha_2^I - r \alpha_2^{II} \tau)^2] \delta_2^2 + [\alpha_2^I + r \alpha_2^{II} (1 - \tau)]^2 \delta_\theta^2 / 2 - \alpha_1^I e_1^I - \alpha_2^I (e_2^I + \theta) \} \end{aligned}$$

可见, 供应商的讨价还价能力 γ 以及贴现率 r 并不影响对其的最优激励系数, 仅影响其固定收入。

4 分析

为了比较静态模型与动态模型的不同, 先给出单阶段多任务委托-代理模型的结果。

参照第二阶段最优激励合同的求解过程可知, 单阶段情况下的最优化问题为:

$$\begin{aligned} & \max_{\alpha_1, \alpha_2, \beta} CE_P \\ & s.t. (IC) (e_1, e_2) \in \operatorname{argmax} CE_A \\ & (IR) CE_A \geq \gamma CE \end{aligned}$$

其中, $CE_P = B - \alpha_1 e_1 - \alpha_2 (e_1 + \theta) - \beta$,

$$CE_A = \alpha_1 e_1 + \alpha_2 (e_2 + \theta) + \beta - C - \rho[\alpha_1^2 \delta_1^2 + \alpha_2^2 (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)] / 2,$$

$$CE = \gamma \{ B - C - \rho[\alpha_1^2 \delta_1^2 + \alpha_2^2 (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)] / 2 \}$$

相应的最优解为:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{B_1 + \rho C_{22} (\delta_2^2 + \delta_\theta^2) (B_1 - B_2 C_{12} / C_{22})}{(1 + \rho C_{11} \delta_1^2) [1 + \rho C_{22} (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)] - \rho^2 C_{12}^2 \delta_1^2 (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)} \\ \alpha_2 &= \frac{B_2 + \rho C_{11} \delta_1^2 (B_2 - B_1 C_{21} / C_{11})}{(1 + \rho C_{11} \delta_1^2) [1 + \rho C_{22} (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)] - \rho^2 C_{21}^2 \delta_1^2 (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)} \end{aligned}$$

$$\beta = \gamma B + (1 - \gamma) C + (1 - \gamma) \rho [\alpha_1^2 \delta_1^2 + \alpha_2^2 (\delta_2^2 + \delta_\theta^2)] / 2 - \alpha_1 e_1 - \alpha_2 (e_2 + \theta)$$

可见, 在形式上, 单阶段模型中的最优激励系数与两阶段模型中的第一阶段的最优激励系数相同, 而固定收入部分不同。

比较最优激励系数 $\alpha_1^I, \alpha_2^I, \alpha_1^{II}$ 和 α_2^{II} 的形式可知, 由于第一, 二阶段收益函数 $B(\cdot)$ 和努力的

成本函数 $C(\cdot)$ 的表达式相同,因此, α_1^I , α_2^I , α_1^II 和 α_2^II 的值将取决于 δ^2 与 $(\delta_2^2 + \delta_\theta^2)$ 的大小。

$$\therefore \frac{\partial \alpha_1}{\partial \delta^2} = \frac{\rho C_{12} [\rho C_{12} \delta_1^2 B_1 - (1 + \rho C_{11} \delta_1^2) B_2]}{[(1 + \rho C_{11} \delta_1^2)(1 + \rho C_{22} \delta^2) - \rho^2 C_{12}^2 \delta_1^2 \delta^2]^2}$$

若 $C_{12} < 0$ 或 $C_{12} > \frac{(1 + \rho C_{11} \delta_1^2) B_2}{\rho \delta_1^2 B_1}$, 则 $\partial \alpha_1 / \partial \delta^2 > 0$; $\delta_2^2 + \delta_\theta^2 > \delta^2$ $\alpha_1^I > \alpha_1^II$

若 $0 < C_{12} < \frac{(1 + \rho C_{11} \delta_1^2) B_2}{\rho \delta_1^2 B_1}$, 则 $\partial \alpha_1 / \partial \delta^2 < 0$; $\delta_2^2 + \delta_\theta^2 > \delta^2$ $\alpha_1^I < \alpha_1^II$

$$\therefore \frac{\partial \alpha_2}{\partial \delta^2} = \frac{-[B_2 + \rho C_{11} \delta_1^2 (B_2 - B_1 C_{21} / C_{11})][1 + \rho C_{11} \delta_1^2] \rho C_{22} - \rho^2 C_{21}^2 \delta_1^2}{[(1 + \rho C_{11} \delta_1^2)(1 + \rho C_{22} \delta^2) - \rho^2 C_{21}^2 \delta_1^2 \delta^2]^2}$$

若 $C_{21}^2 < \frac{1 + \rho C_{11} \delta_1^2}{\rho \delta_1^2} C_{22}$, 则 $\partial \alpha_2 / \partial \delta^2 < 0$; $\delta_2^2 + \delta_\theta^2 > \delta^2$ $\alpha_2^I < \alpha_2^II$

若 $\frac{1 + \rho C_{11} \delta_1^2}{\rho \delta_1^2} C_{22} < C_{21}^2 < \frac{(1 + \rho C_{11} \delta_1^2)(1 + \rho C_{22} \delta^2)}{\rho^2 \delta_1^2 \delta^2}$,

则 $\partial \alpha_2 / \partial \delta^2 > 0$; $\delta_2^2 + \delta_\theta^2 > \delta^2$ $\alpha_2^I > \alpha_2^II$

若 $C_{21}^2 > \frac{(1 + \rho C_{11} \delta_1^2)(1 + \rho C_{22} \delta^2)}{\rho^2 \delta_1^2 \delta^2}$, 则 $\partial \alpha_2 / \partial \delta^2 < 0$; $\delta_2^2 + \delta_\theta^2 > \delta^2$ $\alpha_2^I < \alpha_2^II$

注:由一阶条件可知,最优激励系数大于等于零。为行文的简捷起见,上述讨论中并没有充分考虑保证上述条件成立的 C_{12} 的取值范围。

综上可知,供应商努力成本的相互依存性(即 $C_{12} \neq 0$) 在决定对其的最优激励上有着重要的作用,上述模型虽然假定制造成商与供应商的关系只维持两期,但上述结果可以一般化。推广到 T 期,则随 C_{12} 的不同,对于供应商信息共享的激励可能持续增大,或持续减小。如果前者出现,则可以想象随着供应商在信息共享方面的努力不断增加(由成本函数及一阶条件可知,对于供应商信息共享的激励与其最优努力水平呈同向关系),双方在信息共享方面专用性投资日益加大,制造商与其供应商的合作伙伴关系将持续改进,易于结成紧密的联盟形式,最终达成供应商与制造商之间无缝集成;而若后者出现,则可以认为,由于客观条件的限制,随着时间的推移,供应商的努力越来越小,最终将有可能使得双方供需关系终结。

5 结束语

由于信息共享在供应链管理中的重要性,研究对合作伙伴信息共享的激励变得十分重要。本文将静态的多任务委托-代理模型推广到动态的情况,考虑了供应商和制造商之间系统内部的相互作用,用它来研究供应链中的核心企业对其合作伙伴的信息共享及正常供应活动的激励,尝试着说明供应链中的合作伙伴关系或相互信任的逐步加深过程。进一步的研究将考虑 T 阶段的情况,并引入团队理论来研究多代理人的情形,以期得到更一般化的结论。

参考文献:

- [1] 沈厚才,陶青,陈焯波. 供应链管理理论与方法[J]. 中国管理科学, 2000, 8(1): 1-8.
- [2] Erenguc S S, Simpson N C, Vakharia A J. Integrated Production/Distribution Planning in Supply Chains: An Invited Review[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 115(2): 219-236.
- [3] Holmstrom B, P Milgrom. Multi-task Principal-Agent Analyses: Incentive Contracts, Asset Ownership and Job Design Journal of Law[J]. Economics and Organization, 1991, 7: 24-52.

[4] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海:上海人民出版社,上海三联书店,1997.397~542.

[5] Meyer M, Vickers J. performance Comparisons and Dynamic Incentives[J]. Journal of Political Economy, 1997, 105(3):547~581.

Information Sharing Incentive In Supply Chain—A Dynamic Model

MA Xin-an, ZHANG Lie-ping, TIAN Peng

(School of Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200052, China)

Abstract: Information sharing is particularly important to improve the whole performance of the supply chain, but for the partners of the supply chain, there are not enough incentive to do it. In this paper, a two stage multi-task principal-agent model is presented to research the optimal incentive on supply activity and information sharing from the core company in the supply chain to it's partner, and this model is also used to explain the continued improving progress of the partnership in supply chain. The conclusion shows that the marginal substitution rate of the supplier's effort cost is critical in the incentive of the information sharing and the supply activity.

Key words: supply chain management; information sharing; multi-task principal-agent