

# 竞争环境下制造商激励共享供应商创新的决策研究

刘 丛<sup>1</sup>, 黄卫来<sup>1</sup>, 杨 超<sup>1</sup>, 任鸣鸣<sup>2</sup>

(1. 华中科技大学管理学院, 湖北 武汉 430074;

2. 河南师范大学商学院, 河南 新乡 453007)

**摘要:** 构建了制造商激励共享供应商创新的成本分担博弈模型, 研究了存在两个竞争性制造商和一个共享供应商的供应链结构中, 制造商合作与非合作的互动行为对激励共享供应商创新决策的影响问题. 研究表明: 当市场竞争程度较低时, 制造商合作时提供的成本分担比例高于非合作的情形, 此时供应商的创新水平和制造商利润也高于非合作情形; 当市场竞争程度较高时, 制造商合作时提供的成本分担比例低于制造商非合作时的情形, 但供应商的创新水平和制造商利润依然高于制造商非合作时的情形; 制造商的合作行为降低了市场竞争对制造商与供应商博弈时的消极影响.

**关键词:** 市场竞争; 激励; 成本分担合同; 共享供应商

中图分类号: F252

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2020)01-0105-15

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2020.01.009

## The decision on stimulating shared-supplier innovation under competition

Liu Cong<sup>1</sup>, Huang Weilai<sup>1</sup>, Yang Chao<sup>1</sup>, Ren Mingming<sup>2</sup>

(1. School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Business School, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China )

**Abstract:** By using a cost-sharing game model, this paper investigates how interaction behaviors of manufacturers' cooperation and non-cooperation influence the decisions of motivating shared-supplier innovation in a supply chain consisting of two competing manufacturers and a shared-supplier. The results show that when the competition degree of market is low, the cost-sharing ratio, the shared-supplier's innovation level and the manufacturers' profit when the manufacturers collaborate are higher than when they do not. When the market competition degree is high, though the cost-sharing ratio provided in the case of cooperation is less relative to non-cooperation, the innovation level and profitability of the supplier are higher relative to noncooperation. The cooperative behaviors of manufacturers decrease the negative effect of market competition on the game.

**Key words:** marketing competition; incentive mechanism; cost-sharing contract; shared-supplier

## 1 引言

供应商创新尤其是提高关键零部件性能和降低生产成本的创新活动在电子产品、汽车及生物制药行业占有重要的地位. 据路透社报道, 苹果公司非常依赖上游零部件供应商取得的技术创新, 其2015年自身研发

收稿日期: 2017-04-24; 修订日期: 2017-12-21.

基金项目: 国家自然科学基金国际合作重大资助项目(71320107001); 国家社会科学基金资助项目(17BGL139); 河南省高等学校哲学社会科学应用研究重大资助项目(2017-YYZD-10).

投入仅占营业收入的3.5%，比率远低于Facebook等其他大型的科技公司<sup>[1-2]</sup>。借助于供应商创新不但推动了产品发展，制造商也因此获得了由创新带来的全部增加收益而没有承担创新成本，但供应商对事前成本投入较为敏感创新意愿较低，因此是否激励供应商创新以及如何激励是制造商面临的重要问题。

产品生产过程中，往往多家制造商从同一供应商处购买原材料和半成品，比如部分华为和小米手机使用同一种类型的CPU，奥迪和宝马采用相同的底盘部件，特斯拉和大众汽车的部分车型均采用松下电池，本文将此类供应商统称为共享供应商(shared-supplier)<sup>[3]</sup>。共享供应商创新能够促进供应链结构的整体发展，如电动汽车实现了交通领域的低碳化，但现阶段电池续航里程和价格高等因素制约了电动汽车市场的进一步发展，而电池成本占电动汽车生产成本的一半，为解决电动汽车市场推广的难题，电动汽车制造商纷纷与电池供应商签订相关合约共同促进动力电池的技术创新。由于共享供应商在供应链结构中占有更多的资源，拥有更多的产品信息，且激励共享供应商是制造商促进产品创新和降低创新成本的必要行为，那么制造商需考虑以下问题：1) 从供应链横向结构来看，两制造商在产品市场上竞争，那么在利润最大化的前提下两制造商应采取承担相同比例的研发投入还是高于竞争对手的策略，即市场竞争程度是如何影响制造商激励供应商创新决策的，如宝马和奥迪承担相同比例的研发投入以激励关键零部件供应商创新，而小米高于竞争对手华为与其共同的CPU供应商进行合作。2) 从供应链纵向结构来看，一个供应商与两个制造商的供应链结构使得共享供应商拥有较高的话语权，单一制造商与其进行谈判则处于劣势，那么此时下游制造商是否进行合作以增强与供应商讨价还价的能力，如福特和捷豹路虎联合对电池供应商进行创新投资而特斯拉和大众汽车分别与松下电池供应商进行谈判。基于此，针对激励共享供应商创新中存在的问题，本文研究了制造商互动行为对供应链成员决策的影响，分析了制造商合作与非合作情形存在的条件以及市场竞争和制造商合作行为对激励契约的影响。

本文的研究领域主要涉及从供应链协作角度促进产品创新及供应商发展两方面的内容，相关文献综述也从这两方面开展。

目前国内外学者从不同的角度研究了产品创新。基于创新内容的不同，王玮<sup>[4]</sup>研究如何通过技术创新降低产品单位生产成本。随着绿色供应链发展，江世英<sup>[5]</sup>、朱庆华<sup>[6]</sup>等考虑了消费者绿色偏好系数对需求的影响，构建了制造商与零售商间的博弈模型，分析不同的策略对提高产品质量水平的影响。基于创新主体的不同，刘伟<sup>[7]</sup>研究了以制造商为核心的制造技术创新对产品创新的影响，探讨供应商参与创新的条件及实现双方利润最大化的成本分担系数。金常飞<sup>[8]</sup>研究了双寡头市场下提高产品质量水平的决策。另有一些学者研究了以供应商为核心的关键零部件创新推动产品创新，如肖迪<sup>[9]</sup>研究了在质量和价格竞争并存的情形下供应商合作与非合作行为对提高产品质量水平的影响。王丽杰<sup>[10]</sup>从经济激励、技术激励、合作激励、契约激励等多个角度提出了建立对供应商提高原材料绿色水平激励机制的重要性，但该文只是从理论上进行了阐述，并没有进行相关的数量方面的额分析。刘云志<sup>[11]</sup>同时考虑供应链成员损失规避行为和供应商产品质量水平的供应链协调问题，研究了零售商不同的风险规避行为对供应商提高产品质量水平的影响。

供应商发展方面，石丹<sup>[12]</sup>、Ma<sup>[13]</sup>等研究了由一个制造商和一个供应商构成的供应链系统，下游制造商通过降低成本、扩大市场努力以提高供应商的可靠性。Qi<sup>[14]</sup>考虑了供应商动态的生产能力，研究了市场竞争环境下两制造商激励共享供应商扩大生产能力的决策。Fridel<sup>[15]</sup>研究了由一个供应商和两个制造商组成的供应链创新系统，分析了在制造商合作与不合作的情形下制造商激励供应商创新的契约设计，结果显示在共享供应商的情形下，制造商合作激励供应商技术创新可以获得最优值，但其关注的焦点是激励共享供应商创新投入，而本文同时考虑了市场竞争对激励契约的影响。Zhu<sup>[16]</sup>研究了竞争环境下供应链成员提高产品质量水平的决策。上述文献都是供应链成员间的博弈模型并没有涉及到供应链间的协调问题，周永务<sup>[17]</sup>研究了制造商通过提供给供应商技术革新补贴，以减少供应成本的供应链协调问题，提出了基于目标销售量的奖惩机制，能够实现供应链的整体最优，该文主要实现销售数量方面的协调并没有考虑产品质量水平提高方面的问题。Ghosh<sup>[18]</sup>等考虑了消费者绿色消费需求基础上利用博弈理论建立了由制造商和零售商成本分担契约模型，研究了成本分担契约对产品绿色水平、价格和参与方利润的影响，结果显示成本分担契约可以有效的协调供应链。Wang<sup>[19]</sup>研究了竞争环境下下游激励上游创新投入的问题，探讨三种不同的契约对上下游决策的影响，结果显示虽然收入共享契约总是可以协调供应链，但却不是制造商的首要选择的契约，制造商在基于质量批发价格契约中获益最大，首次将供应链的协调问题引入到产品质量方面的协调。

Yenipazarli<sup>[20]</sup> 在 Wang 和 Ghosh 基础上引入制造商与供应商间讨价还价权力进一步研究了成本分担和收益共享契约下下游对上游创新激励问题。

以上关于产品创新和供应商发展的研究只涉及到由一个制造商与一个供应商或者一个制造商与两个供应商构成的供应链系统, 虽然文献[14–16] 研究了两个制造商与一个供应商的供应链系统, 但其立足点是扩大生产商生产能力或者降低生产成本, 较少考虑下游市场竞争背景下提高产品质量水平决策及市场竞争对供应链激励契约的影响. 鲜有文献研究此背景下下游的合作与非合作行为对供应链成员决策的影响. 鉴于此, 在文献[14–16] 基础上, 本文考虑了由一个供应商和两个制造商构成的供应链系统, 采用成本分担合同, 构建了制造商完全合作、半合作及非合作情形下制造商激励供应商创新的成本分担博弈模型, 研究下游的互动行为对激励合同及上游供应商创新决策的影响。

## 2 制造商激励共享供应商创新的决策模型

### 2.1 模型描述

Abbott<sup>[21]</sup>认为供应商提升关键零部件性能的创新活动并不会增加边际生产成本, 并将此提升定义为创新的质量维度, 且对于大多数或者全部的购买者来说, 新的质量水平相较于原来的产品更加优秀且生产成本并没有增加. 基于此, 本文考虑由一个共享供应商(S) 和两个竞争制造商(分别记为 $m_1$  和  $m_2$ ) 组成的供应链系统, 供应商向制造商提供同质的产品, 制造商进行最终产品制造与销售, 并在产品市场竞争. 本文基于下游制造商的互动行为, 研究了制造商完全合作、半合作及非合作行为对激励共享供应商创新投入及决策的影响, 如图1所示。

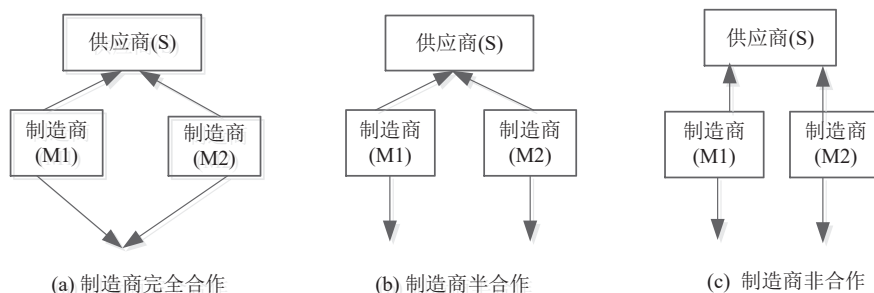


图 1 供应链决策的不同结构

Fig. 1 The structure of supply chain

### 2.2 基本假设及参数符号

由于创新活动投资主体与受益主体的不同, 供应商创新意愿较低, 制造商向供应商提供成本分担合同以分担部分创新投入, 供应商可以接受也可以拒绝, 一旦供应商接受, 就要进行创新活动投入并决定关键零部件批发价格和创新的水平, 制造商根据供应商提供的创新水平进行最终产品制造并直接销售予消费者, 决定产品的销售价格. 双方的博弈次序如图2 所示。

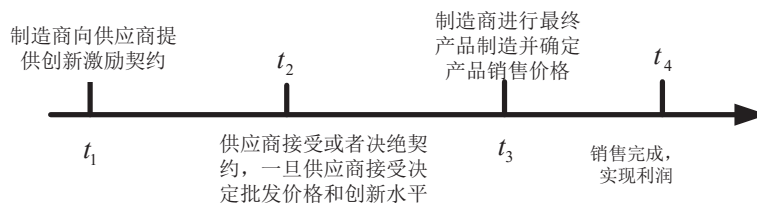


图 2 制造商激励供应商创新的决策顺序

Fig. 2 The time line on manufacturer incentive supplier innovation

为分析问题方便, 假设

1) 构建市场需求函数时, 借鉴Zhu<sup>[16]</sup>, Ghosh<sup>[18]</sup>的市场需求函数模型, 设制造商 $i$  面临的市场需求为 $D_i = a - b(p_i - \beta p_j) + \alpha\theta$ ,  $i = 3 - j, j = 1, 2$ , 其中 $a$  为市场的潜在需求,  $b$  表示消费者对价格 $p_i$  的敏

感系数;  $\beta$  表示价格替代系数用来衡量市场竞争程度, 且  $0 < \beta < 1$ , 价格替代系数越大, 市场竞争越激烈,  $\alpha$  为消费者对产品质量的敏感系数,  $\alpha$  越大, 消费者对产品质量水平的要求就越高.

2) 借鉴文献[17-19], 设供应商的创新成本是  $\theta$  的增函数, 具有凸函数的性质, 设为  $\frac{c\theta^2}{2}$ , 其中  $c$  是供应商创新成本系数,  $c$  越大说明供应商创新效率越低. 供应商创新活动有助于提高产品的质量水平, 因此本文考查了供应商创新水平对提高产品质量水平的作用.

参数符号说明如表1所示.

表1 符号说明  
Table 1 The notations

符号	说明
$w$	产品批发价格
$m_i$	制造商 $i$ 的单位边际利润
$p_i$	制造商 $i$ 销售产品的单位销售价格, $p_i = w + m_i$
$c_s$	共享供应商的单位生产成本
$\theta$	供应商创新水平
$D_i$	制造商 $i$ 的市场需求函数
$\lambda$	总成本分担比例
$\pi_{mi}$	$i = 1, 2$ , 制造商的利润
$\pi_s$	供应商利润

其中  $w, \theta$  是供应商的决策变量,  $p, \lambda$  是制造商的决策变量, 制造商完全合作的情形上标为  $C$ , 制造商半合作的情形上标为  $SC$ , 制造商不合作的情形上标为  $N$ .

### 2.3 制造商完全合作情形

制造商完全合作情形是指制造商形成战略联盟共同确定产品的销售价格和总成本分担比例  $\lambda$ , 两制造商各自向供应商提供的分担比例  $\lambda_1, \lambda_2$ , 即  $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$ , 由双方在市场中的市场份额决定. 在该情形下双方的决策次序为制造商以下游整体利润最大化为原则确定总成本分担比例系数  $\lambda$ , 供应商可以选择拒绝也可以接受, 一旦供应商接受将进行创新投入, 确定创新水平和批发价格; 制造商进行最终产品制造与销售, 确定产品的销售价格. 此时制造商面临的需求函数为  $D = a - b(1 - \beta)p + \alpha\theta$ , 则供应商和制造商的利润函数分别为

$$\pi_s = (w - c_s) [2(a + \alpha\theta) - 2b(1 - \beta)p] - \frac{(1 - \lambda)c\theta^2}{2}, \quad (1)$$

$$\pi_{m1} = (p - w) [a + \alpha\theta - b(1 - \beta)p] - \frac{\lambda_1 c\theta^2}{2}, \quad (2)$$

$$\pi_{m2} = (p - w) [a + \alpha\theta - b(1 - \beta)p] - \frac{\lambda_2 c\theta^2}{2}. \quad (3)$$

制造商完全合作的情形下, 两制造商以下游整体利润最大化为原则确定产品的销售价格  $p$  和成本分担比例  $\lambda$ . 令  $\pi_m = \pi_{m1} + \pi_{m2}$ , 则有

$$\pi_m = (p - w) [2(a + \alpha\theta) - 2b(1 - \beta)p] - \frac{\lambda c\theta^2}{2}. \quad (4)$$

假设制造商设定的边际收益为  $m$ , 即  $p = w + m_1$ , 将  $p$  代入上式(4)中并对  $m_1$  求一阶导数并令其为0, 则有  $m_1 = \frac{a + \alpha\theta - b(1 - \beta)w}{2b(1 - \beta)}$ .

将  $m_1$  代入到式(1)中, 则供应商的利润函数为

$$\pi_s = (w - c_s) [a + \alpha\theta - b(1 - \beta)w] - \frac{(1 - \lambda)c\theta^2}{2}. \quad (5)$$

由式(5)可知制造商完全合作的情形下, 供应商利润函数的Hesse矩阵为

$$\mathbf{H} = \begin{vmatrix} -2b(1 - \beta) & \alpha \\ \alpha & -c(1 - \lambda) \end{vmatrix}.$$

可知当 $\beta, \lambda$ 满足 $2bc(1-\beta)(1-\lambda) - \alpha^2 > 0$ 时,  $\mathbf{H}$ 为负定矩阵, 则供应商利润函数 $\pi_s$ 是 $w$ 和 $\theta$ 的联合严格凹函数. 对 $\pi_s$ 求 $w$ 和 $\theta$ 的一阶偏导并令其为0, 求解方程组得

$$w = \frac{ac(1-\lambda) + [bc(1-\beta)(1-\lambda) - \alpha^2]c_s}{2bc(1-\beta)(1-\lambda) - \alpha^2}, \theta = \frac{\alpha[a - b(1-\beta)c_s]}{2bc(1-\beta)(1-\lambda) - \alpha^2}.$$

则在该种情形下, 产品的销售价格为

$$p = \frac{3ac(1-\lambda) + [bc(1-\beta)(1-\lambda) - 2\alpha^2]c_s}{2[2bc(1-\beta)(1-\lambda) - \alpha^2]}.$$

那么两制造商的利润分别为

$$\pi_{m1} = \pi_{m2} = \frac{c[a - bc_s(1-\beta)]^2 [bc(1-\beta)(1-\lambda)^2 - \lambda\alpha^2]}{4[2bc(1-\beta)(1-\lambda) - \alpha^2]^2}.$$

供应商的利润为

$$\pi_s = \frac{c(1-\lambda)[a - b(1-\beta)c_s]^2}{2[2bc(1-\lambda)(1-\beta) - \alpha^2]}.$$

**命题1** 制造商完全合作的情形下, 当创新成本满足 $c > \frac{3\alpha^2}{4b}$ , 且 $\forall \beta \in [0, 1)$ 时, 制造商才会向供应商提供成本分担合同, 供应商获得的最优总成本分担比例为 $\lambda = \frac{\alpha^2}{4bc(1-\beta)}$ 且 $0 < \lambda \leq \frac{1}{3}$ .

**证明** 在制造商完全合作的情形下, 制造商以下游整体利润 $\pi_m$ 最大化为原则确定产品销售价格和成本分担比例, 即

$$\pi_m = \pi_{m1} + \pi_{m2} = \frac{c[a - bc_s(1-\beta)]^2 [bc(1-\beta)(1-\lambda)^2 - \lambda\alpha^2]}{2[2bc(1-\beta)(1-\lambda) - \alpha^2]^2}.$$

对式 $\pi_m$ 求关于 $\lambda$ 的一阶导数并令其为0, 可求得

$$\alpha^2 - 4bc(1-\beta)\lambda = 0.$$

求解方程可知 $\lambda = \frac{\alpha^2}{4bc(1-\beta)}$ . 若使 $\pi_m$ 在 $\lambda$ 处取得最优值, 需满足 $\frac{\partial^2 \pi_m}{\partial \lambda^2} < 0$ 且 $0 < \lambda < 1$ , 即 $3bc(1-\beta) \times$

$\alpha^2 - 4b^2c^2(1-\beta)^2 < 0$ 对 $b > 0$ 恒成立, 则有 $c > \frac{3\alpha^2}{4b(1-\beta)}$ , 可知 $0 < \lambda \leq \frac{1}{3}$ . 证毕.

命题1说明制造商完全合作情形下, 只有当创新成本较高时, 制造商才会向供应商提供成本分担合同, 但总的成本分担比例不大于 $\frac{1}{3}$ . 当创新成本较低时, 供应商完全可以承担创新成本, 也就无须进行成本分担. 随着创新成本提高, 供应商创新意愿降低, 此时制造商才会向供应商提供成本分担合同, 但总的成本分担比例不超过 $\frac{1}{3}$ . 从成本分担比例表达式可以看出, 成本分担比例随着消费者产品质量敏感系数 $\alpha$ 和市场竞争程度 $\beta$ 的增加而提高, 随创新成本和消费者对价格敏感系数的增加而降低.

## 2.4 制造商半合作情形

制造商半合作情形是指制造商以下游整体利润最大化决策总成本分担比例 $\lambda$ , 但制造商在产品市场进行竞争, 如福特和捷豹路虎. 此时, 制造商各自向供应商提供的成本分担比例 $\lambda_1, \lambda_2$ 由双方在市场中的份额决定, 即 $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$ . 双方的决策次序为制造商提供成本分担合同并确定成本分担比例, 供应商可以拒绝也可以接受, 一旦供应商接受将进行创新投入, 确定创新水平和批发价格, 两制造商进行最终产品制造与销售, 确定产品的销售价格. 制造商和供应商的利润函数分别为

$$\pi_{m1} = (p_1 - w)[a + \alpha\theta - b(p_1 - \beta p_2)] - \frac{\lambda_1 c \theta^2}{2}, \quad (6)$$

$$\pi_{m2} = (p_2 - w)[a + \alpha\theta - b(p_2 - \beta p_1)] - \frac{\lambda_2 c \theta^2}{2}, \quad (7)$$

$$\pi_s = (w - c_s) [2(a + \alpha\theta) - b(1 - \beta)(p_1 + p_2)] - \frac{(1 - \lambda)c\theta^2}{2}. \quad (8)$$

假设制造商1和制造商2的边际收益分别为 $m_2$ 和 $m_3$ ,即 $p_1 = w + m_2, p_2 = w + m_3$ ,根据制造商与供应商的博弈结构解决上述问题.将 $p_1$ 和 $p_2$ 分别代入式(6)和式(7)中,对 $\pi_{m1}$ 和 $\pi_{m2}$ 分别求 $m_2$ 和 $m_3$ 的一阶偏导,并令其为0,则有 $m_2 = m_3 = \frac{a + \alpha\theta - b(1 - \beta)w}{b(2 - \beta)}$ .

将 $m_2$ 和 $m_3$ 代入式(8)得

$$\pi_s = 2(w - c_s) \left[ \frac{(a + \alpha\theta) - b(1 - \beta)w}{2 - \beta} \right] - \frac{(1 - \lambda)c\theta^2}{2}. \quad (9)$$

由式(9)可知制造商半合作的情形下,供应商利润函数的Hesse矩阵为

$$\mathbf{H} = \begin{vmatrix} \frac{-4b(1 - \beta)}{2 - \beta} & \frac{2\alpha}{2 - \beta} \\ \frac{2\alpha}{2 - \beta} & -c(1 - \lambda) \end{vmatrix}.$$

可知,当 $\beta$ 和 $\lambda$ 满足 $bc(1 - \beta)(2 - \beta)(1 - \lambda) - \alpha^2 > 0$ 时, $\mathbf{H}$ 为负定矩阵,则供应商利润函数 $\pi_s$ 是 $w, \theta$ 的联合严格凹函数.对 $\pi_s$ 求 $w$ 和 $\theta$ 的一阶偏导并令之为0,求解方程组得

$$w = \frac{ac(2 - \beta)(1 - \lambda) + [bc(1 - \beta)(2 - \beta)(1 - \lambda) - 2\alpha^2]c_s}{2bc(1 - \beta)(2 - \beta)(1 - \lambda) - 2\alpha^2}, \theta = \frac{\alpha[a - b(1 - \beta)]c_s}{bc(1 - \beta)(2 - \beta)(1 - \lambda) - \alpha^2}.$$

制造商半合作的情形下产品的销售价格为

$$p_1 = p_2 = \frac{ac(1 - \lambda)(3 - 2\beta) + [bc(1 - \beta)(1 - \lambda) - 2\alpha^2]c_s}{2bc(1 - \beta)(2 - \beta)(1 - \lambda) - 2\alpha^2}.$$

制造商1和制造商2的利润分别为

$$\pi_{m1} = \frac{c[a - b(1 - \beta)c_s]^2 [bc(1 - \beta)^2(1 - \lambda)^2 - 2\lambda_1\alpha^2]}{4[bc(1 - \beta)(2 - \beta)(2 - \lambda) - \alpha^2]^2}.$$

$$\pi_{m2} = \frac{c[a - b(1 - \beta)c_s]^2 [bc(1 - \beta)^2(1 - \lambda)^2 - 2\lambda_2\alpha^2]}{4[bc(1 - \beta)(2 - \beta)(2 - \lambda) - \alpha^2]^2}.$$

供应商的利润为

$$\pi_s = \frac{c(1 - \lambda)[a - b(1 - \beta)c_s]^2}{2[bc(1 - \beta)(2 - \beta)(2 - \lambda) - \alpha^2]}.$$

**命题2** 当创新成本满足 $\frac{3\alpha^2}{4b} < c < \frac{2\alpha^2}{b}$ 且市场竞争程度 $\beta \in \left( \frac{(3\alpha^2 - 4)}{2(\alpha^2 - 1)}, \frac{3bc - \sqrt{b^2c^2 + 2bc\alpha^2}}{2bc} \right)$

时,下游制造商向共享供应商提供成本分担合同,供应商获得的总成本分担比例为 $\lambda = \frac{\alpha^2 - bc\beta(1 - \beta)}{bc(1 - \beta)(4 - 3\beta)}$ ,否则成本分担比例为0.

**证明** 制造商半合作情形下,制造商在对供应商创新投入激励方面进行合作并在产品市场进行竞争.制造商以下游整体利润最大化为原则确定总成本分担比例,令 $\pi_m = \pi_{m1} + \pi_{m2}$ ,即

$$\pi_m = \frac{c[a - b(1 - \beta)c_s]^2 [bc(1 - \beta)^2(1 - \lambda)^2 - \lambda\alpha^2]}{2[bc(1 - \beta)(2 - \beta)(2 - \lambda) - \alpha^2]^2}.$$

对 $\pi_m$ 求关于 $\lambda$ 的一阶导并令其为0得

$$\lambda = \frac{\alpha^2 - bc\beta(1 - \beta)}{bc(1 - \beta)(4 - 3\beta)}.$$

若使 $\pi_m$ 在 $\lambda$ 处取得最优值,需满足 $\frac{\partial^2 \pi_m}{\partial \lambda^2} < 0, 0 < \lambda < 1$ . 即 $-b^2 c^2 (1-\beta)^2 (2-\beta)^2 + bc\alpha^2 (1-\beta) (2-3\beta) < 0$ , 对 $\forall b > 0$ 恒成立, 则有 $\frac{3\alpha^2 - 4}{2(\alpha^2 - 1)} < \beta < \frac{3\alpha^2 + 4}{2(\alpha^2 + 1)}, c > \frac{3\alpha^2}{4b}$ . 又 $0 < \lambda < 1$ , 创新成本系数需满足 $0 < c < \frac{2\alpha^2}{b}$ , 竞争程度范围为 $0 < \beta < \frac{3bc - \sqrt{b^2 c^2 + 2bc\alpha^2}}{2bc}$ , 则在制造商半合作的情形下, 制造商向供应商提供成本分担契约的条件为 $\frac{3\alpha^2}{4b} < c < \frac{2\alpha^2}{b}$ 且市场竞争程度 $\beta \in \left( \frac{(3\alpha^2 - 4)}{2(\alpha^2 - 1)}, \frac{3bc - \sqrt{b^2 c^2 + 2bc\alpha^2}}{2bc} \right)$ . 证毕.

命题2表明在制造商半合作情形下, 当创新成本和市场竞争程度在一定的范围内, 制造商才会向共享供应商提供成本分担合同. 当创新成本和市场竞争程度较低时, 两制造商都不会向供应商提供成本分担比例, 随着创新成本增加和市场竞争程度提高, 两制造商向供应商提供成本分担比例, 但创新成本过高或者市场竞争程度过于激烈, 两制造商都不会向供应商提供成本分担合同, 因为此时提供成本分担契约都会降低自身的利润.

## 2.5 制造商非合作情形

制造商非合作情形是指制造商在产品市场竞争并向供应商提供成本分担合同时不合作, 即以各自利润最大化为原则确定最优的成本分担比例, 如小米和华为. 双方的决策时序为两制造商分别确定成本分担比例 $\lambda_1, \lambda_2$ , 供应商可以选择拒绝也可以接受, 一旦供应商接受将进行创新研发投入, 确定创新水平 $\theta$ 和批发价格 $p$ ; 制造商进行产品制造并确定销售价格. 此时供应链成员的利润函数分别为

$$\pi_{m1} = (p_1 - w) [a + \alpha\theta - b(p_1 - \beta p_2)] - \frac{\lambda_1 c \theta^2}{2}, \quad (10)$$

$$\pi_{m2} = (p_2 - w) [a + \alpha\theta - b(p_2 - \beta p_1)] - \frac{\lambda_2 c \theta^2}{2}, \quad (11)$$

$$\pi_s = (w - c_s) [2(a + \alpha\theta) - b(1 - \beta)(p_1 + p_2)] - \frac{(1 - \lambda_1 - \lambda_2) c \theta^2}{2}. \quad (12)$$

假设制造商1和制造商2边际收益分别为 $m_4$ 和 $m_5$ , 即 $p_1 = w + m_4, p_2 = w + m_5$ , 根据制造商与供应商的博弈结构对上述问题进行求解. 将 $p_1$ 和 $p_2$ 代入上述利润函数式(10)和式(11)中, 分别对 $m_4$ 和 $m_5$ 求一阶偏导令其为0, 得 $m_4 = m_5 = \frac{a + \alpha\theta - b(1 - \beta)w}{b(2 - \beta)}$ .

将 $m_4$ 和 $m_5$ 代入到式(12)中得

$$\pi_s = \frac{2(w - c_s) [a + \alpha\theta - b(1 - \beta)w]}{2 - \beta} - \frac{(1 - \lambda_1 - \lambda_2) c \theta^2}{2}. \quad (13)$$

由式(13)可知制造商非合作下供应商的Hesse矩阵为

$$\mathbf{H} = \begin{vmatrix} \frac{-4b(1-\beta)}{2-\beta} & \frac{2\alpha}{2-\beta} \\ \frac{2\alpha}{2-\beta} & -c(1-\lambda_1-\lambda_2) \end{vmatrix}.$$

可知当 $\beta, \lambda_1$ , 和 $\lambda_2$ 满足 $bc(1-\beta)(2-\beta)(1-\lambda_1-\lambda_2) - \alpha^2 > 0$ 时,  $\mathbf{H}$ 为负定矩阵, 可知供应商利润函数 $\pi_s$ 是 $w$ 和 $\theta$ 的联合严格凹函数. 对 $\pi_s$ 分别求 $w$ 和 $\theta$ 的一阶偏导并令之为0, 可求得

$$w = \frac{c(2-\beta)(1-\lambda_1-\lambda_2)[a+b(1-\beta)c_s] - 2\alpha^2 c_s}{2bc(1-\beta)(2-\beta)(1-\lambda_1-\lambda_2) - 2\alpha^2}, \quad \theta = \frac{\alpha[a-b(1-\beta)]c_s}{bc(1-\beta)(2-\beta)(1-\lambda_1-\lambda_2) - \alpha^2}.$$

则在该种情形下产品的销售价格为

$$p_1 = p_2 = \frac{ac(1-\lambda_1-\lambda_2)(3-2\beta) + [bc(1-\beta)(1-\lambda_1-\lambda_2) - 2\alpha^2]c_s}{2bc(1-\beta)(2-\beta)(1-\lambda_1-\lambda_2) - 2\alpha^2}.$$

那么制造商的利润分别为

$$\pi_{m1} = \frac{c[a - b(1 - \beta)c_s]^2 [bc(1 - \beta)^2(1 - \lambda_1 - \lambda_2)^2 - 2\lambda_1\alpha^2]}{4[bc(1 - \beta)(2 - \beta)(1 - \lambda_1 - \lambda_2) - \alpha^2]^2},$$

$$\pi_{m2} = \frac{c[a - b(1 - \beta)c_s]^2 [bc(1 - \beta)^2(1 - \lambda_1 - \lambda_2)^2 - 2\lambda_2\alpha^2]}{4[bc(1 - \beta)(2 - \beta)(1 - \lambda_1 - \lambda_2) - \alpha^2]^2}.$$

供应商的利润为

$$\pi_s = \frac{c(1 - \lambda_1 - \lambda_2)[a - b(1 - \beta)c_s]^2}{2[bc(1 - \beta)(2 - \beta)(1 - \lambda_1 - \lambda_2) - \alpha^2]}.$$

**命题3** 制造商非合作情形下, 当市场竞争程度满足  $\beta \in \left( \frac{(3\alpha^2 - 4)}{2(\alpha^2 - 1)}, \frac{3bc - \sqrt{b^2c^2 + 4bc\alpha^2}}{2bc} \right)$ , 且创新成本满足  $\frac{3\alpha^2}{4b} < c < \frac{2\alpha^2}{b}$  时, 制造商才会向供应商提供成本分担合同, 其各自向供应商提供的最优成本分担比例为  $\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{\alpha^2 - bc(1 - \beta)}{2bc(1 - \beta)^2}$ , 否则成本分担比例为0.

**证明** 分别对式  $\pi_{m1}(\lambda_1)$  和式  $\pi_{m2}(\lambda_2)$  求关于  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  的一阶导数, 并令  $\frac{\partial \pi_{m1}(\lambda_1)}{\partial \lambda_1} = 0, \frac{\partial \pi_{m2}(\lambda_2)}{\partial \lambda_2} = 0$ , 则

$$\begin{cases} -bc(1 - \beta)(1 - \lambda_1 - \lambda_2) + \alpha^2 - 2bc\lambda_1(1 - \beta)(2 - \beta) = 0 \\ -bc(1 - \beta)(1 - \lambda_1 - \lambda_2) + \alpha^2 - 2bc\lambda_2(1 - \beta)(2 - \beta) = 0 \end{cases}.$$

求解方程组得  $\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{\alpha^2 - bc(1 - \beta)}{2bc(1 - \beta)^2}$ . 若使  $\pi_{m1}$  和  $\pi_{m2}$  分别在  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  处取得最优值, 需满足(1)

$\frac{\partial^2 \pi_{m1}}{\partial \lambda_1^2} < 0, \frac{\partial^2 \pi_{m2}}{\partial \lambda_2^2} < 0, (2) 0 < \lambda_1, \lambda_2 < 1$ . 即  $-b^2c^2(1 - \beta)^2(2 - \beta)^2 + \alpha^2(1 - \beta)(2 - 3\beta) < 0$  对  $b > 0$  恒成立, 则有  $\frac{3\alpha^2 - 4}{2(\alpha^2 - 1)} < \beta < \frac{3\alpha^2 + 4}{2(\alpha^2 + 1)}, c > \frac{3\alpha^2}{4b}$ . 又  $0 < \lambda_1, \lambda_2 < 1$ , 则  $0 < \beta < \frac{3bc - \sqrt{b^2c^2 + 4bc\alpha^2}}{2bc}, 0 < c < \frac{2\alpha^2}{b}$ . 在制造非合作情形下, 制造商向供应商提供成本分担契约的条件为  $\beta \in \left( \frac{(3\alpha^2 - 4)}{2(\alpha^2 - 1)}, \frac{3bc - \sqrt{b^2c^2 + 4bc\alpha^2}}{2bc} \right)$ , 且创新成本满足  $\frac{3\alpha^2}{4b} < c < \frac{2\alpha^2}{b}$ . 证毕.

命题3表明制造商非合作情形下, 制造商各自向供应商提供的成本分担比例的均衡解相同. 当创新成本与市场竞争程度在一定的范围时, 制造商才会向供应商提供成本分担合同. 当创新成本较低, 供应商完全可以承担全部创新成本, 且市场竞争不够激烈使得制造商与供应商进行成本分担的动力较小, 此时制造商都不会向共享供应商提供成本分担合同. 随着创新成本与市场竞争程度的提高, 制造商都会与供应商进行成本分担以激励供应商进行创新, 成本分担比例随竞争程度的增加而增加. 当创新成本过高或者市场竞争程度过于激烈, 此时制造商都不会向供应商提供成本分担合同, 在这种情形下制造商继续与供应商进行创新成本分担反而会导致自身利润降低.

### 3 对比分析

前文中主要分析了制造商完全合作, 半合作与非合作行为对共享供应商创新投入及激励合同的影响, 主要参数结果如表2所示. 本节分析了创新成本和竞争程度对关键参数的影响及不同情形下的结果对比分析.

**结论1** 制造商半合作、完全合作与非合作情形下, 下游制造商向供应商提供的总成本分担比例随市场竞争程度的增加而提高, 随供应商创新成本的提高而降低.



**证明** 分别对 $\lambda^c$ 、 $\lambda^N$ 和 $\lambda^{SC}$ 求关于 $\beta$ 和 $c$ 的一阶偏导数, 可知

$$\frac{\partial \lambda^N}{\partial \beta} = \frac{2\alpha^2 - bc(1-\beta)}{(1-\beta)^3} > 0, \quad \frac{\partial \lambda^C}{\partial \beta} = \frac{-4bc(1-\beta)(1-\beta) + (7-6\beta)\alpha^2}{(1-\beta)^2(4-3\beta)^2} > 0.$$

同理可知 $\frac{\partial \lambda^{SC}}{\partial \beta} > 0, \frac{\partial \lambda^N}{\partial c} < 0, \frac{\partial \lambda^C}{\partial c} < 0, \frac{\partial \lambda^{SC}}{\partial c} < 0$ . 证毕.

结论1反映了成本分担比例与市场竞争程度和供应商创新成本间的关系. 从结论中可以看出成本分担比例是市场竞争程度的增函数, 随着市场竞争程度的增加而提高. 随着市场竞争程度的增加, 制造商为获取更高的市场份额, 都会选择激励供应商创新以提高产品的质量水平, 制造商市场竞争程度越大, 制造商向供应商提供的成本分担比例也就越高. 另一方面, 成本分担比例是创新成本的减函数, 随着创新成本的提高而降低. 创新成本越高说明供应商创新效率较低, 在相同创新水平下付出的成本就越高, 此时继续与供应商分担创新成本并不能为制造商带来相应的收益, 因此制造商会逐渐降低成本分担比例以确保自身利润的最大化.

表 2 不同情形下均衡解

Table 2 The equilibrium solution under different situation

参数	非合作 (N)	半合作 (SC)	完全合作 (C)
$\lambda$	$\frac{\alpha^2 - bc(1-\beta)}{bc(1-\beta)^2}$	$\frac{\alpha^2 - bc\beta(1-\beta)}{bc(1-\beta)(4-3\beta)}$	$\frac{\alpha^2}{4bc(1-\beta)}$
$\theta$	$\frac{\alpha(1-\beta)[a-b(1-\beta)c_s]}{[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - (3-2\beta)\alpha^2]}$	$\frac{\alpha(4-3\beta)[a-b(1-\beta)c_s]}{2[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - (3-2\beta)\alpha^2]}$	$\frac{2\alpha[a-b(1-\beta)c_s]}{4bc(1-\beta) - 3\alpha^2}$
$\pi_m$	$\frac{c(1-\beta)[a-b(1-\beta)c_s]^2}{4[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]}$	$\frac{[a-b(1-\beta)c_s]^2 \{ (1-\beta)[2bc(1-\beta)(2-\beta) - \alpha^2]^2 + \alpha^2(4-3\beta)[bc\beta(1-\beta) - \alpha^2] \}}{8b(1-\beta)[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]^2}$	$\frac{[4bc(1-\beta) + \alpha^2][a-b(1-\beta)c_s]^2}{8b(1-\beta)[4bc(1-\beta) - 3\alpha^2]}$
$\pi_s$	$\frac{[a-b(1-\beta)c_s]^2 [bc(1-\beta)(2-\beta) - \alpha^2]}{2b(1-\beta)[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]}$	$\frac{[a-b(1-\beta)c_s]^2 [2bc(1-\beta)(2-\beta) - \alpha^2]}{4b(1-\beta)[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]^2}$	$\frac{[4bc(1-\beta) - \alpha^2][a-b(1-\beta)c_s]^2}{4b(1-\beta)[4bc(1-\beta) - 3\alpha^2]}$

**结论2** 制造商半合作、完全合作与非合作情形下, 供应商创新水平 $\theta$ 随市场竞争程度的提高而增加, 随创新成本增加而降低.

**证明** 分别对 $\theta^N$ 、 $\theta^C$ 求创新水平 $\theta$ 的一阶偏导, 可知

$$\frac{\partial \theta^N}{\partial \beta} = \frac{2bc(1-\beta)^2(2-\beta) + \alpha^2}{[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]^2} > 0,$$

$$\frac{\partial \theta^C}{\partial c} = -\frac{ab\alpha(1-\beta)^2(2-\beta)^2}{[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]^2} < 0.$$

结论2表明不管制造商向供应商提供成本分担比例时是否合作, 供应商的创新水平都随着市场竞争程度的增加而提高, 随着创新成本的增加而降低, 也就是说市场竞争程度越高, 供应商创新水平就越高. 当市场竞争程度较高时, 下游制造商愿意承担更多的创新成本以激励供应商创新, 那么对于供应商来说创新风险降低, 也就会投入更多的资金进行技术创新; 创新成本增加说明供应商进行创新的难度加大, 创新效率相对降低, 那么制造商也不愿承担更多的创新成本, 而供应商出于自身利润最大化的考量也会减少创新投入, 创新水平也不高.

**结论3** 制造商半合作、完全合作与非合作情形下, 产品的销售价格、批发价格和制造商利润水平随市场竞争程度的提高而提高, 随创新成本的增加而降低.

**证明** 分别求三种情形下产品的销售价格、批发价格和制造商利润水平对市场竞争程度和创新成本的一阶导数, 得

$$\frac{\partial \pi_m^N}{\partial c} = -\frac{\alpha^2(3-2\beta)}{bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)} < 0,$$

$$\frac{\partial \pi_m^N}{\partial \beta} = \frac{bc(2-\beta)(4-3\beta) - 2\alpha^2}{[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]^2} > 0.$$

同理可知, 制造商半合作和完全合作情形下, 制造商利润也都满足上述条件, 产品的销售价格和批发价格都满足  $\frac{\partial p_i^j}{\partial c} < 0$ ,  $\frac{\partial p_i^j}{\partial \beta} > 0$ ,  $\frac{\partial w_i^j}{\partial c} < 0$ ,  $\frac{\partial w_i^j}{\partial \beta} > 0$ . 证毕.

结论3说明产品销售价格、制造商利润和批发价格是市场竞争程度的增函数, 是创新成本的减函数. 市场竞争程度越高, 制造商向供应商提供的成本分担比例随之增加, 供应商创新水平也就越高, 那么产品的销售价格和批发价格都会提高. 由于创新水平提高能满足消费者对产品关键性能的要求, 产品市场需求量就会增加, 则制造商利润也会增加. 当创新成本较高时, 供应商创新效率较低, 创新水平不高, 此时供应商和制造商都不愿进行创新活动.

**结论4** 当创新成本满足  $\frac{3\alpha^2}{4b} < c < \frac{2\alpha^2}{b}$  时, 不同情形下供应商获得的总成本分担比例间的关系为

1) 当  $\beta \in \left[ \frac{3\alpha^2 - 4}{2(\alpha^2 - 1)}, \min \left\{ \beta_1, \frac{3bc - \sqrt{b^2c^2 + 4bca^2}}{2bc} \right\} \right)$  时,  $\lambda^N < \lambda^{SC} < \lambda^C$ ;

2) 当  $\beta \in \left[ \min \left\{ \beta_1, \frac{3bc - \sqrt{b^2c^2 + 4bca^2}}{2bc} \right\}, \frac{3bc - \sqrt{b^2c^2 + 2bca^2}}{2bc} \right)$  时,  $\lambda^C < \lambda^N < \lambda^{SC}$ ;

3) 当  $\beta \in \left( \frac{3bc - \sqrt{b^2c^2 + 2bca^2}}{2bc}, 1 \right)$  时,  $\lambda^C < \lambda^{SC} < \lambda^N$ .

**证明** 对  $\lambda^N$ ,  $\lambda^{SC}$  和  $\lambda^C$  进行两两作差可得

$$\lambda^{SC} - \lambda^N = \frac{[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]}{bc(1-\beta)^2(4-3\beta)}, \lambda^N - \lambda^C = \frac{\alpha^2(3+\beta) - 4bc(1-\beta)}{4bc(1-\beta)^2}.$$

令  $F(\beta) = -\alpha^2(3-2\beta) + bc(1-\beta)(2-\beta)^2$ , 其中  $\beta_1$  是  $F(\beta) = 0$  的一个根且满足  $0 < \beta_1 < 1$ .

对上式进行分析可知若  $\beta < \beta_1$  时, 则  $\lambda^{SC} > \lambda^N$ , 反之亦然; 若  $0 < \beta < \frac{4bc - 3\alpha^2}{4bc + \alpha^2}$ , 则  $\lambda^N < \lambda^C$ ; 若  $\beta > \frac{4bc - 3\alpha^2}{4bc + \alpha^2}$ , 则  $\lambda^N > \lambda^C$ . 综合前文中不同情形下  $\lambda$  成立时的条件, 上述结论成立. 证毕.

结论4表明当市场竞争程度较低时, 制造商半合作和完全合作时向供应商提供的总成本分担比例高于非合作情形, 当市场竞争程度较高时, 制造商非合作时向供应商提供的总成本分担比例高于制造商半合作和完全合作的情形. 具体表现为当创新成本在一定的范围内, 若市场竞争程度较低, 制造商在完全合作情形下向供应商提供的总成本分担比例最高, 随之为半合作情形, 非合作情形最低. 市场竞争程度较低时, 完全合作和半合作的情形下制造商拥有部分的共同利益, 即促使下游整体利润获得最优, 因此制造商希望通过分担更多的创新成本以激励供应商创新投入, 从而提高创新水平, 但制造商非合作的情形下, 其目标是使得自身利润最大化, 则能够承担的创新成本相对较低, 因此制造商半合作和完全合作情形下提供的总成本分担比例高于非合作的情形. 随着市场竞争程度的增强, 为获取更多的市场份额, 制造商都会提高成本分担比例, 制造商非合作的情形下成本分担比例高于完全合作时的情形, 但低于半合作的情形, 市场竞争程度达到一定程度时, 供应商在市场中的地位也更加明显, 供应商讨价还价的资格增强, 此时制造商非合作情形下向供应商提供的成本分担比例高于合作时的情形. 结论4说明虽然市场竞争程度迫使制造商向供应商提供更多的成本分担比例以激励供应商创新, 但制造商间的合作行为在一定程度上降低了竞争程度带给制造商的不利影响, 增加了制造商与供应商就成本分担比例谈判时的讨价还价能力, 从而提高了下游激励上游创新的有效性.

**结论5** 当  $\frac{3\alpha^2}{4b} < c < \frac{2\alpha^2}{b}$  且  $0 < \beta < \beta_1$  时: 1)  $\theta^N < \theta^C < \theta^{SC}$ , 2)  $\pi_m^N < \pi_m^C < \pi_m^{SC}$ .

**证明** 分别对  $\theta^N$ ,  $\theta^{SC}$ ,  $\theta^C$  和  $\pi_m^N$ ,  $\pi_m^{SC}$ ,  $\pi_m^C$  两两作差可得

$$\theta^{NC} - \theta^N = \frac{a\alpha(2-\beta)}{2[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)]} > 0,$$

$$\theta^C - \theta^{NC} = -\frac{4bc(1-\beta)^3 + \alpha^2}{2[bc(1-\beta)(2-\beta)^2 - \alpha^2(3-2\beta)][4bc(1-\beta) - 3\alpha^2]} < 0.$$

同理可知 $\theta^C - \theta^N > 0$  即 $\theta^C > \theta^N$ , 类似的可知三种情形下整体制造商利润间的关系。证毕。

结论5对比分析了三种情形下供应商创新水平和制造商利润的关系。从结论5中可以看出, 当竞争程度在一定的范围时, 制造商半合作的情形下, 供应商创新水平和制造商利润都高于其他两种情形, 其次是制造商完全合作的情形, 而制造商非合作情形下, 供应商创新水平和制造商利润最低。

综合结论4与结论5发现, 随着竞争程度的提高, 制造商合作情形下向供应商提供的总成本比例低于非合作情形, 但制造商合作情形下供应商创新水平和制造商利润却高于非合作的情形, 原因在于下游供应商的互动行为对供应链决策的影响。当市场竞争程度较低时, 制造商合作是作为一个整体进行成本分担决策的, 能够与供应商分担较多的创新成本, 此时供应商获得总成本分担比例相对较高, 自己承担的创新成本比例较低, 则供应商创新水平也就较高; 但随市场竞争程度的增加, 非合作时制造商需向供应商提供更多的成本分担比例以获取更多的市场份额, 而制造商合作是作为一个整体, 增强了其与供应商讨价还价的能力, 承担的创新成本比例相对较低, 供应商创新水平也就越高, 提高了激励的有效性。

结论4和结论5综合说明市场竞争对制造商来说是一把双刃剑, 产品市场竞争增加了市场的活力提高消费者的需求量, 提高了产品利润, 这就是半合作情形时制造商利润高于完全合作时制造商的利润的原因; 但市场竞争降低了单个制造商与供应商进行成本分担时讨价还价的能力, 而制造商的合作是作为一个整体向供应商提供成本分担比例, 增加了其讨价还价的能力, 提高了激励的有效性, 这也是当竞争程度较高时制造商合作情形下向供应商提供成本分担比例低于制造商非合作情形, 但供应商创新水平和制造商利润反而较高的原因。

#### 4 数值分析

为进一步比较和直观地验证本文的结论, 本小节探讨了不同情形下市场竞争程度和创新成本下游制造商向供应商提供总成本分担比例、供应商创新水平及供应链成员利润的影响。相关参数赋值如表3所示。

表3 模型参数取值  
Table 3 Model parameter values

变量	$a$	$b$	$\alpha$	$c$	$\beta$	$c_s$
取值	100	1	0.7	0.5	0.4	6

##### 1) 成本分担比例随创新成本和市场竞争程度的变化情况

假设 $0.5 < c < 3$ , 不同情形和不同市场竞争水平下总成本分担比例的变化情况如表4和图3所示, 其余参数与表3一致。

表4分析了当竞争程度为 $\beta = 0.2, \beta = 0.5, \beta = 0.6, 0.5 < c < 1$ 时, 制造商完全合作、半合作和非合作情形下, 制造商向供应商提供总的成本分担比例随创新成本的变化情况。从表4中可以看出总成本分担比例随创新成本的增加而逐渐降低, 随市场竞争程度的增加而提高, 尤其是在非合作的情形下当市场竞争程度较低创新成本逐渐增加时, 制造商都不愿向供应商提供成本分担合同, 此时成本分担比例为0。

图3(a)描述了当市场竞争程度为 $\beta = 0.5$ 时, 成本分担比例与创新成本间的关系。从图形中可以看出, 当市场竞争程度达到一定的水平时, 制造商向供应商提供的成本分担比例随之降低, 且在制造商非合作情形下, 成本分担比例受创新成本影响更为明显。当创新成本较低时, 三种情形下成本分担比例间关系

为 $\lambda^N > \lambda^{SC} > \lambda^C$ . 创新成本较低时说明供应商创新效率较高, 而制造商的合作行为增加了下游与上游谈判时讨价还价的能力, 因此制造商非合作时提供总的成本分担比例最高; 随着创新成本的提高, 三种情形下成本分担比例都有所降低, 但制造商非合作是以自身利润最大化为决策目标, 制造商合作以下游整体利润最大化为决策目标确定最优的成本分担比例, 因此制造商合作情形下成本分担比例受创新成本影响较小, 且高于非合作时的情形. 图3(b) 揭示了当 $1 < c < 3$  且 $0.2 < \beta < 0.4$  时, 在不同情形下创新成本和市场竞争程度对成本分担比例的综合作用. 从图形中可以看出, 总成本分担比例随着创新成本的增加而降低, 随竞争程度的增加而提高.

表4 不同竞争程度下成本分担比例与创新成本关系

Table 4 The changes of cost-sharing ratio with the innovation cost under different competition degree

变量	$\beta = 0.2$			$\beta = 0.5$			$\beta = 0.6$		
	N	SC	C	N	SC	C	N	SC	C
0.5	0.28	0.3	0.31	1.92	0.58	0.49	3.63	0.84	0.61
0.6	0.02	0.24	0.26	1.27	0.45	0.41	2.6	0.66	0.51
0.7	0	0.19	0.22	0.8	0.36	0.35	1.88	0.52	0.44
0.8	0	0.167	0.19	0.45	0.29	0.31	1.39	0.42	0.38
0.9	0	0.14	0.17	0.18	0.26	0.27	0.97	0.35	0.34

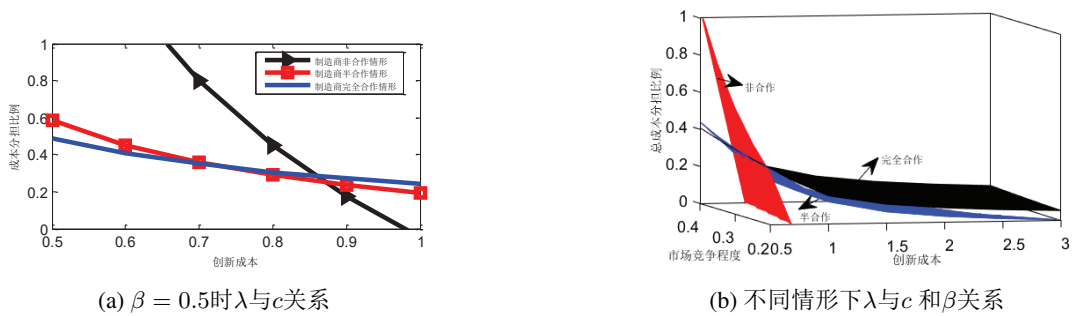


图3 成本分担比例与创新成本和市场竞争程度关系

Fig. 3 The influence of innovation cost and marketing competition degree on cost-sharing ratio

2) 供应商创新水平随创新成本的变化情况

当 $0.5 < c < 3$  且 $0.2 \leq \beta \leq 0.4$  时, 创新成本和市场竞争程度对供应商创新水平的影响如表5和图4所示, 其余参数值与表3相一致.

表5 不同竞争程度下供应商创新水平与创新成本关系

Table 5 The changes of supplier innovation level with the innovation cost under different competition degree

变量	$\beta = 0.2$			$\beta = 0.3$			$\beta = 0.4$		
	(N)	(SC)	(C)	(N)	(SC)	(C)	(N)	(SC)	(C)
0.9	82.68	50.35	106.99	115.42	72.81	161.23	180.43	199.51	310.35
1.4	43.67	22.64	48.11	57.02	28.34	62.76	79.02	56.63	88.09
1.9	29.67	14.60	31.03	37.87	17.59	38.96	50.58	32.99	51.33
2.4	22.47	10.78	22.90	28.34	12.76	28.25	37.19	23.28	36.22
2.9	18.07	8.53	18.15	22.65	10.01	22.16	29.42	17.99	27.98

表5分析了当竞争程度为 $\beta = 0.2, \beta = 0.3, \beta = 0.4, 0.9 < c < 3$  时, 制造商完全合作、半合作和不合作情形下供应商创新水平随创新成本的变化情况. 从表5中可以看出供应商创新水平随创新成本的增加而降低, 随竞争程度的增加而提高, 验证了结论2. 对比三种情形发现不管何种情形下, 制造商合作情形时供应商创新水平都高于不合作情形时的水平, 因为制造商的合作增加了下游制造商在供应链中的地位, 供应商为获得较高的收益就要进行创新活动, 因此创新水平也高.

图4(a)描述了当市场竞争程度为 $\beta = 0.3$  时, 三种情形下供应商创新水平随创新成本的变化情况. 从图形中可以看出, 当市场竞争程度达到一定水平时, 供应商创新水平随创新成本的增加而递减, 这是因为当市

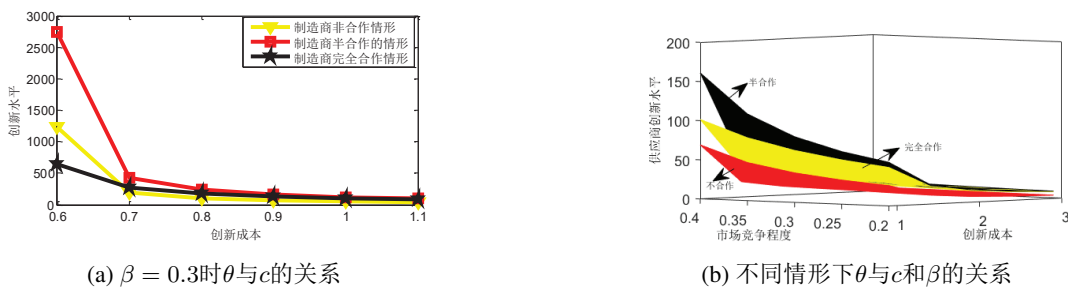


图 4 供应商创新水平与创新成本和市场竞争程度的关系

Fig. 4 The influence of innovation cost and marketing competition degree on supplier innovation level

市场竞争达到一定水平时, 创新成本增加说明供应商创新效率较低, 因此供应商进行创新投入的意愿也较低; 图4(b) 揭示了当 $1 \leq c \leq 3$  且 $0.2 \leq \beta \leq 0.4$  时, 在不同情形下, 创新成本和市场竞争程度对供应商创新水平的综合作用. 从图形中可以看出, 供应商创新水平随着创新成本的增加而降低, 随竞争程度的增加而提高.

3)不同情形下制造商利润与创新成本间的关系

制造商激励供应商创新的目的是提高产品质量水平的同时提高自身利润. 供应商创新成本和市场竞争程度对制造商利润的影响如表6和图5所示. 参数值设定与表3 一致.

表 6 不同竞争程度下制造商利润与创新成本关系

Table 6 The relation of manufacturers profit and the innovation cost under different competition degree

变量	$\beta = 0.2$			$\beta = 0.3$			$\beta = 0.4$		
	(N)	(SC)	(C)	(N)	(SC)	(C)	(N)	(SC)	(C)
0.9	1 540.75	3 908.18	3 384.58	1 921.79	5 692.34	4 698.08	4 121.39	42 501.38	7 435.49
1.4	1 077.65	2 476.59	2 338.21	1 163.69	3 179.23	2 949.96	1 819.77	2 085.12	3 943.77
1.9	943.34	2 084.49	2 018.17	980.48	2 571.88	2 473.19	1 439.08	3 210.79	3 164.06
2.4	879.41	1 901.49	1 863.05	898.01	2 298.49	2 250.71	1 282.57	3 159.06	2 820.56
2.9	842.02	1 795.56	1 771.48	851.10	2 143.01	2 121.89	1 197.26	3 004.62	2 627.22

表6分析了当竞争程度为 $\beta = 0.2, \beta = 0.3, \beta = 0.4, 0.9 \leq c < 3$  时, 制造商完全合作、半合作及非合作情形下, 供应商创新成本对下游制造商整体利润的影响. 从表6中可以看出制造商的利润随着创新成本的增加而降低, 随着竞争程度的增加而提高, 验证了结论3. 创新成本的增加, 导致供应商的创新意愿较低, 创新水平也较低, 则消费者对产品需求较小, 制造商利润也随之降低; 随着市场竞争程度的增强, 制造商为获取更高的市场需求, 向供应商提供的成本分担比例也随之增加, 供应商创新水平也得到提高, 市场需求量增加导致制造商利润提高.

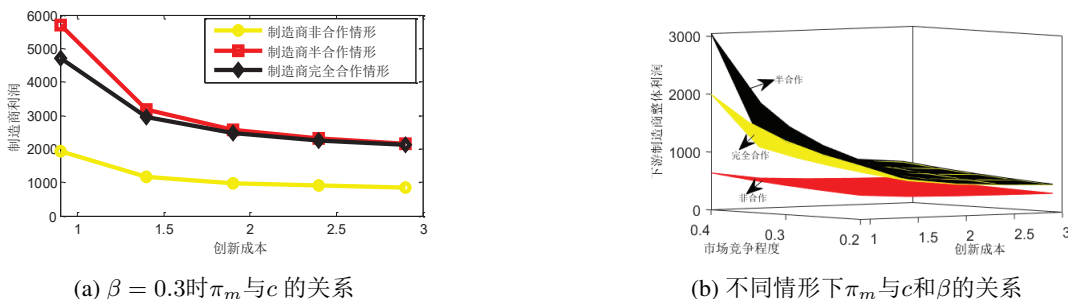


图 5 下游整体制造商利润与创新成本和市场竞争程度的关系

Fig. 5 The impact of innovation cost and marketing competition degree on manufacturers profit

图5(a)描述了当市场竞争程度为 $\beta = 0.3$  时, 下游制造商整体利润与创新成本间的关系. 从图形中可以看出, 当市场竞争程度达到一定的水平时, 制造商整体利润随创新成本的增加而降低, 且有 $\pi_m^N < \pi_m^C < \pi_m^{SC}$ . 图5(b)揭示了当 $1 < c < 3$  且 $0.2 < \beta < 0.4$  时, 在不同情形下创新成本和市场竞争程度对下游制造商整体

利润的联合作用. 从图形中可以看出, 下游制造商整体利润随着创新成本的增加而降低, 随竞争程度的增加而提高, 供应商创新成本高说明供应商创新效率低, 则制造商也不愿向供应商提供成本分担合同, 则制造商的利润也就相对较低. 综合来看, 制造商在半合作情形时获得利润最高, 其次为完全合作情形, 非合作情形相对较低. 因为制造商合作增加了其与供应商讨价还价能力和在供应链中的地位, 供应商创新水平高于其他情形, 那么合作情形下下游制造商的整体利润高于非合作情形; 制造商半合作的情形下, 由于市场竞争增加了制造商提高产品质量水平的意愿, 供应商获得的总成本分担比例较高, 那么在这种情形下供应商创新水平高于完全合作的情形, 制造商的利润也就相对较高. 由此可知, 市场竞争对于制造商来说是一把双刃剑, 提高了制造商向供应商提供的成本分担比例, 导致制造商承担创新成本比的增加, 却有利于供应商提高创新水平, 而制造商的合作行为增强了其在供应链中的地位, 降低了市场竞争带给制造商的不利影响.

## 5 结束语

本文考虑了由一个共享供应商和两个制造商构成的供应链系统, 构建了市场竞争环境下制造商完全合作、半合作及不合作情形下激励共享供应商创新的成本分决策模型, 研究不同情形下创新成本和市场竞争程度对激励系数和供应商创新水平的影响, 并对最优结果进行对比分析. 研究表明: 当市场竞争程度较低时, 制造商间的合作虽有助于供应商提高创新水平但制造商也承担了较高的成本分担比例, 在这种情形下, 制造商需要对是否合作进行考量. 当市场竞争程度较高时, 制造商间合作增强了制造商与共享供应商讨价还价的能力同时供应商创新水平也得到提高, 这也就解释了前文中福特与捷豹路虎, 华为与小米等制造商激励共享供应商创新的决策行为. 本文结论为制造商激励共享供应商创新决策提供了相关依据.

本文主要研究了下游制造商激励上游供应商创新时的相关决策, 主要分析了下游制造商向供应商提供的总成本分担比例, 并没有严格讨论制造商各自向共享供应商提供的成本分担比例的决策; 另一方面溢出效应对激励共享供应商创新的影响也是值得考虑的.

## 参考文献:

- [1] Gassmann O, Zeschky M, Wolff T, et al. Crossing the industry-line: Breakthrough innovation through cross-industry alliances with 'non-suppliers'. *Long Range Planning*, 2010, 43(5): 639–654.
- [2] Brusoni S, Prencipe A. Unpacking the black box of modularity: Technologies, products and organizations. *Industrial and Corporate Change*, 2001, 10(1): 179–205.
- [3] Wang Y, Xiao Y, Yang N. Improving reliability of a shared supplier with competition and spillovers. *European Journal of Operational Research*, 2014, 236(2): 499–510.
- [4] 王 玮, 陈丽华. 技术溢出效应下供应商与政府的研发补贴策略. *科学学研究*, 2015, 33(3): 363–368.  
Wang W, Chen L H. Supplier and government R&D subsidization in the presence of technological spillovers. *Studies in Science of Science*, 2015, 33(3): 363–368. (in Chinese)
- [5] 江世英, 李随成. 考虑产品绿色度的绿色供应链博弈模型及收益共享契约. *中国管理科学*, 2015, 6(23): 169–176.  
Jiang S Y, Li S C. Green supply chain game models and revenue sharing contract with product green degree. *Chinese Journal of Management Science*, 2015, 6(23): 169–176. (in Chinese)
- [6] 田一辉, 朱庆华. 政府价格补贴下绿色供应链管理扩散博弈模型. *系统工程学报*, 2016, 31(4): 526–535.  
Tian Y H, Zhu Q H. Game model for diffusion of green supply chain management based on price subsidies of the government. *Journal of Systems Engineering*, 2016, 31(4): 526–535. (in Chinese)
- [7] 刘 伟, 张子健, 张婉君. 纵向合作中的共同R&D 投资机制研究. *管理工程学报*, 2009, 23(1): 19–22.  
Liu W, Zhang Z J, Zhang W J. Research of the joint R&D investment mechanism in vertically cooperation. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2009, 23(1): 19–22. (in Chinese)
- [8] 金常飞, 曹二保, 赖明勇. 双寡头零售市场绿色营销演化博弈分析. *系统工程学报*, 2012, 27(3): 383–389.  
Jin C F, Cao E B, Lai M Y. Analysis on green marketing strategy of duopoly retailing market based on the evolutionary game theory. *Journal of Systems Engineering*, 2012, 27(3): 383–389. (in Chinese)

- [9] 肖迪, 袁敬霞, 包兴. 质量与价格双重竞争情景下的供应链协调策略分析. 中国管理科学, 2013, 21(4): 82–88.  
Xiao D, Yuan J X, Bao X. Supply chain coordination strategy considering dual competition from price and quality. Chinese Journal of Management Science, 2013, 21(4): 82–88. (in Chinese)
- [10] 王丽杰, 郑艳丽. 绿色供应链管理中供应商激励机制的构建研究. 管理世界, 2014, 251(8): 184–185.  
Wang L J, Zheng Y L. The incentive mechanism on supplier in green supply chain management. Management World, 2014, 251(8): 184–185. (in Chinese)
- [11] 刘云志, 樊治平. 考虑损失规避与产品质量水平的供应链协调契约模型. 系统工程学报, 2017, 32(1): 89–102.  
Liu Y Z, Fan Z P. Supply chain coordination contract model considering loss aversion and quality level. Journal of Systems Engineering, 2017, 32(1): 89–102. (in Chinese)
- [12] 石丹, 李勇建. 不同激励机制下供应商产能投资问题研究. 系统工程理论与实践, 2015, 35(1): 86–94.  
Shi D, Li Y J. Capacity investment decisions of supplier under different incentive mechanism. Systems Engineering: Theory & Practice, 2015, 35(1): 86–94. (in Chinese)
- [13] Ma P, Shang J, Wang H. et al. Enhancing corporate social responsibility: Contract design under information asymmetry. Omega, 2017, 67: 19–30.
- [14] Qi A, Ahn H S, Sinha A. Investing in a shared supplier in a competitive market: Stochastic capacity case. Production and Operations Management, 2015, 24(10): 1537–1551.
- [15] Friedl G, Wagner S M. Supplier Development Investments in a Triadic Setting. IEEE Transactions on Engineering Management, 2016, 63(2): 136–150.
- [16] Zhu W, He Y. Green product design in supply chains under competition. European Journal of Operational Research, 2017, 258(1): 165–180.
- [17] 周永务, 杨萍. 弹性需求下带有技术革新补贴的供应链协调. 系统工程学报, 2010, 25(1): 73–78.  
Zhou Y W, Yang P. Supply chain coordination with innovation subsidy under elastic demand. Journal of Systems Engineering, 2010, 25(1): 73–78. (in Chinese)
- [18] Ghosh D, Shah J. Supply chain analysis under green sensitive consumer demand and cost sharing contract. International Journal of Production Economics, 2015, (164): 319–329.
- [19] Wang J, Shin H. The impact of contracts and competition on upstream innovation in a supply chain. Production and Operations Management, 2015, 24(1): 134–146.
- [20] Yenipazarli A. To collaborate or not to collaborate: Prompting upstream eco-efficient innovation in a supply chain. European Journal of Operational Research, 2017, 260(2): 571–587.
- [21] Abbott L. Vertical equilibrium under pure quality competition. The American Economic Review, 1953, 43(5): 826–845.

#### 作者简介:

刘丛 (1989—), 女, 河南滑县人, 博士生, 研究方向: 供应链管理, 契约设计, Email: liucong323@126.com;  
黄卫来 (1965—), 男, 湖北武汉人, 博士, 教授, 研究方向: 决策理论与方法等, Email: huangwl@hust.edu.cn;  
杨超 (1963—), 男, 河南新县人, 博士, 教授, 研究方向: 决策理论与方法等, Email: chao.yang@hust.edu.cn;  
任鸣鸣 (1958—), 女, 河南桐柏人, 博士, 教授, 研究方向: 闭环供应链, 契约设计, Email: renmm@sina.com.