基于知识共享的汽车供应链协同创新管理研究*

■ 龚其国[1]** 熊箐[2]**
1. 中国科学院大学经济与管理学院 北京 100190
2. 中国科学院大学中丹学院 北京 100049

摘 要:供应链协同创新成为当下企业应对市场竞争的重要战略,知识共享对供应链协同创新有促进作用。由于涉及了许多参与者和流程,汽车供应链的协同创新非常复杂,汽车制造商严重依赖供应商来实现生产。本文旨在研究考虑知识共享情况下汽车供应链中的协同创新,通过构建制造商和供应商两级供应链的斯坦伯格(Stackelberg)博弈模型,分析发现知识共享成本和吸收能力会影响知识共享数量,进而影响供应链协同创新收益;同时在考虑供应链集中决策情况下,当知识共享成本较高时,通过特定的承诺批发价格契约可以使供应链得到协调。

关键词:供应链协同创新 知识共享 供应链协调

DOI:10.11842/chips.2019.05.004

1 引言

在日益开放和充满活力的行业中,资源高度分散和频繁变化,单个企业不能适应持续开发或产生最佳创新,供应链协同创新成为一个重要的创新战略[1]。供应链协同创新是指供应商、制造商、分销商和消费者等两个或两个以上的供应链成员通过知识共享在供应链中实施计划和研发[2]。供应连协同创新引起了越来越多学者的关注,其中涉及组织之间知识、技术等资源的整合[1-5]。企业通过供应链协同可以增加知识创造能力,提高收入,增强运营的灵活性从而更好地应对高度不确定的需求。同时供应链成员间通过协同合作来开发、获取和实现供应链创新[6]。

供应链上下游企业间在开展交易的过程中,形成了知识共享和协同创新的天然平台,例如供应商可以通过了解制造商的生产线运作,学习如何成为准时制供应商[7]。由于被认为是一种战略资源的知识具有独特性,知识共享和应用可以增强供应链成员的核心能力,因此,供应链公司之间有效的知识共享和创造非常重要。

部分学者通过建立合作博弈模型定量的分析了知识共享对供应链协同创新的作用。Petit与Tolwinski[8]在研究中指出企业间进行技术知识共享可以增加企业的技术知识积累,促进R&D积累而降低生产成本。他们建立合作博弈模型,探究了在市场上有竞争的企业如何进行R&D投入和知识分享,从而实现纳什均衡。Gächter等人[9]建立了知识共享的合作博弈模型,来预测个人-集体创新中的知识共享行为,并在实验室环境下检验预测

* 国家自然科学基金重大项目(71390331):促进经济、社会和环境协调发展的物流创新,负责人:汪寿阳。

** 龚其国,博士,教授,博士生导师,研究方向:供应链与运营管理;熊箐(通讯作者),在读硕士研究生,研究方向:供应链创新管理。

结果。Gong与Zhang[10]建立了组织间知识共享的合作博弈论模型，该模型考虑了参与者的知识吸收能力和知识共享的成本系数。作者发现组织应该使用一些知识定价政策来鼓励其他成员分享知识。Xie等人[11]发现知识吸收能力对企业的创新绩效有积极影响。吸收能力是指组织获取、吸收、转化和利用从外部获得的知识的能力[12]。Chanvarasuth与Ravichandran[13]认为供应链联盟企业间知识转移的效果受到企业吸收能力的重要影响。上述的研究中所建立的合作博弈模型主要探究了供应链成员间同时决策如何达成合作的情况。

而汽车供应链中汽车整车制造商相对于其上游供应商常常占有相对主导地位[14]。不同于联合决策优化的方法，Stackelberg博弈决策是一个主从博弈模型，供应链各方分别优化自己的目标[15]。不同于先前探究合作博弈的研究，本文旨在通过定量分析，建立Stackelberg博弈模型，探究汽车供应链中占主导地位的制造商与供应商进行知识共享如何影响供应链协同创新。另一面，在现有知识共享影响因素研的究中，同时关注知识吸收能力和知识共享成本的文章不多，为此，本文在考虑知识共享量对生产成本的影响时，同时考虑知识共享吸收能力及知识共享成本，从而如何提高供应链的整体效益。另外，本文还在Stackelberg博弈决策的基础上，探究如何设计契约机制使供应链实现协调。

本研究致力于从知识共享的角度探究供应链成员企业协同创新机制，以及影响知识共享的因素如何影响供应链协同创新。本文构建了供应商和制造商之间的Stackelberg博弈模型。首先，分析制造商和供应商之间没有知识共享的情况。然后将问题分为分散决策供应链和集中决策供应链，研究知识共享的情况。考虑影响知识共享成本和知识吸收能力等知识共享的因素，讨论影响供应链效益的因素。最后，设计承诺批发价格的契约来协调知识共享下的供应链。

本研究分析表明，只有当供应商的知识吸收能力超过一定水平时，供应链之间的知识共享才能增加供应商和制造商的利益。同时，本研究还发现，当制造商向供应商分享知识时，制造商和供应商分别做出决策将无法达到供应链的最优决策。但是，通过利用特定的承诺批发价格契约，当知识共享成本超过某个阈值时，可以协调供应链。

2 考虑知识共享的供应链协同创新模型探究

探究存在一个上游零部供应商和一个下游汽车制造商的两级供应链，供应商和制造商存在Stackelberg博弈，制造商具有先导优势。

2.1 基本假设

为了便于模型讨论，作出以下假设：

假设一：上游零部件供应商S将其生产的产品全部供应给下游汽车制造商M，并制造商M所生产的一单位产品对应需要一单位的供应商S的产品。供应商S的单位生产成本为 c_s，制造商M的单位生产成本为 c_m，供应商S提供给制造商M的零部件供货价格为 w，制造商销售价格为 p，假设市场逆需求函数为 $p=a-bq$ [3]，q 是市场需求量，假设制造商的订购量能够满足市场需求，$a>0,b>0,q\leqslant a/b$。$c_s<w<p-c_w$。

假设二：假设下游制造商M向上游零部件供应商S共享其知识，知识共享量为 x。供应商S的边际生产成本随吸收制造商M知识量的增加而减少，假设知识共享后供应商S的的单位生产成本下降为 $c_s-\gamma x$ [16]，γ 表示供应商S吸收消化供应商分享知识 x 的能力，$\gamma>0$。假设制造商M可以共享的知识最大量为 X_m。

假设三：假设制造商在给供应商共享知识的过程中所付出的知识共享成本为 c_x，其大小与知识共享量有关，$c_x=\frac{1}{2}\alpha x^2$ [17]，α 是知识共享成本系数，与知识共享过程项目复杂程度等因素有关，$\alpha>0$。

2.2 构建模型

2.2.1 不进行知识共享时

建立制造商M和供应商S的目标函数：

$$\pi_{m1}=(p-c_m-w)q \tag{1}$$

$$\pi_{s1}=(w-c_s)q \tag{2}$$

对(1)式关于 q 求偏导得：

$$\frac{\partial\pi_{m1}}{\partial q}=(a-c_m-w)-2bq \tag{3}$$

因为 $\frac{\partial^2\pi_{m1}}{\partial q^2}=-2b<0$，所以 $\pi_m(q)$ 是 q 的严格凹函数，存在唯一的最优解，令(3)=0求解得 q 关于 w 的反应函数：

$$q_1^*(w)=(a-c_m-w)/2b \tag{4}$$

把(4)带入(2)中化简得

$$\pi_{s1}=[(w-c_s)(a-c_m-w)]/2b \quad (5)$$

对(5)式关于 w 求偏导得：

$$\frac{\partial\pi_{s1}}{\partial w}=(a-c_m+c_s-2w)/2b \quad (6)$$

因为 $\frac{\partial^2\pi_{s1}}{\partial w^2}=-w/b<0$，所以 $\pi_s(w)$ 是 w 的严格凹函数，存在唯一的最优解，令(6)=0求解得

$$w_1^*=(a-c_m+c_s)/2 \quad (7)$$

把(4)(7)代入(1)、(2)中化简得

$$\pi_{m1}^*=(a-c_m-c_s)^2/16b \quad (8)$$

$$\pi_{s1}^*=(a-c_m-c_s)^2/8b \quad (9)$$

$$q_1^*=(a-c_m-c_s)/4b \quad (10)$$

2.2.2 当不考虑供应链协调，进行知识共享时

制造商有先导优势，所以此文讨论的Stackelberg博弈的决策顺序为下游制造商M先决定共享给上游供应商S的知识共享量 x，下游供应商S依据获得的知识共享量决定供货价格 w，最后制造商M根据供货价格决定订货量 q。

基于上述假设，可以建立制造商M和供应商S的目标函数：

$$\pi_{m2}=(p-c_m-w)q-\frac{1}{2}\alpha x^2 \quad (11)$$

$$\pi_{s2}=[w-(c_s-\gamma x)]q=[w-c_s+\gamma x]q \quad (12)$$

对(11)式关于 q 求偏导得：

$$\frac{\partial\pi_{m2}}{\partial q}=(a-c_m-w)-2bq \quad (13)$$

因为 $\frac{\partial^2\pi_{m2}}{\partial q^2}=-2b<0$，所以 $\pi_m(q)$ 是 q 的严格凹函数，存在唯一的最优解，令(13)=0求解得 q 关于 w 的反应函数：

$$q_2^*(w)=(a-c_m-w)/2b \quad (14)$$

把(14)带入(12)中化简得

$$\pi_{s2}=[(a-c_m)(c_s-\gamma x)-(a-c_m+c_s-\gamma x)w-w^2]/2b \quad (15)$$

对(15)式关于 w 求偏导得：

$$\frac{\partial\pi_{s2}}{\partial w}=(a-c_m+c_s+\gamma x-2w)/2b \quad (16)$$

因为 $\frac{\partial^2\pi_{s2}}{\partial w^2}=-w/b<0$，所以 $\pi_s(w)$ 是 w 的严格凹函数，存在唯一的最优解，令(16)=0求解得

$$w_2^*(x)=(a-c_m+c_s-\gamma x)/2 \quad (17)$$

$$x<(a-c_m+c_s)/\gamma \quad (\mathrm{i})$$

推论1：

当 $x>0$，$w_2^*(x)<w_1^*$，制造商对供应商进行知识共享可以降低制造商的采购成本。

把(14)(17)代入(11)中化简得：

$$\pi_{m2}=(a-c_m-c_s+\gamma x)^2/16b-\frac{1}{2}\alpha x^2 \quad (18)$$

$$\pi_{m2}=(a-c_m-c_s+\gamma x)^2/16b-\frac{1}{2}\alpha x^2=(a-c_m-c_s)^2/16b+[(a-c_m-c_s)\gamma/8b-(8b\alpha-\gamma^2)x/16b]x \quad (19)$$

对比(8)式和(18)式可知 π_{m2} 并不总是大于 π_{m1}^*

若 $8\alpha b-\gamma^2>0$ 即 $\gamma<2\sqrt{2\alpha b}$ 时，当

$$0<x<\bar{x},\bar{x}=2(a-c_m-c_s)\gamma/(8b\alpha-\gamma^2) \quad (\mathrm{ii})$$

$$\pi_{m2}>\pi_{m1}^*$$

推论2：

当供应商对知识的吸收能力较低时，制造商对供应商进行知识共享所获得的收益并不总是优于不进行知识知识共享的情况。制造商对供应商共享的知识量受到供应商知识吸收能力的影响。

对(18)式关于 x 求导得：

$$\frac{d\pi_{m2}}{dx}=\gamma(a-c_m-c_s)/8b-(8\alpha b-\gamma^2)x/8b \quad (20)$$

$$\frac{d^2\pi_{m2}}{dx^2}=-(8\alpha b-\gamma^2)/8b \quad (21)$$

$\alpha>\gamma^2/2b$ 时，$\frac{d^2\pi_{m2}}{dx^2}<0$，所以 $\pi_{m2}(x)$ 是 x 的严格凹函数，存在唯一的最优解，(20)=0求解得

$$x_2^*=\gamma(a-c_m-c_s)/(8\alpha b-\gamma^2) \quad (22)$$

x_2^* 满足条件(ii)，此时制造商对供应商进行知识共享比不进行知识共享获利更多。

$$w_2^*=\left[4b\alpha(a-c_m+c_s)-\gamma^2(a-c_m)\right]/(8\alpha b-\gamma^2) \quad (23)$$

$$\alpha>\gamma^2(a-c_m)/(4b(a-c_m+c_s)) \quad (\mathrm{iii})$$

$$q_2^*=4\alpha(\alpha-c_m-c_s)/(8\alpha b-\gamma^2) \quad (24)$$

$$\pi_{m2}^*(x_2^*)=(a-c_m-c_s)^2/16b+(a-c_m-c_s)^2\gamma^2/16b(8\alpha b-\gamma^2)=\alpha(a-c_m-c_s)^2/2(8b\alpha-\gamma^2) \quad (25)$$

推论3：

当供应商知识吸收能力较小时，制造商对供应商进行共享的知识量有限，且存在最优值。知识共享的协同创新收益存在最优值。

$$\pi_{s2}^*(x_2^*)=(a-c_m-c_s+\gamma x_2^*)^2/8b=$$
$$8\alpha^2 b(a-c_m-c_s)^2/(8\alpha b-\gamma^2)^2 \quad (26)$$

推论4：

由(26)式可知，当其他条件不变时，供应商进行协同创新的收益总是大于不进行协同创新时的收益。

分别决策时，供应链总收益函数为：

$$\pi_{sc2}(x,q)=(a-c_m-c_s+\gamma x)q-bq^2-\frac{1}{2}\alpha x^2 \quad (27)$$

$$\pi_{sc2}^*(x_2^*)=\pi_{m2}^*(x_2^*)+\pi_{s2}^*(x_2^*)=$$
$$[\alpha(24b\alpha-\gamma^2)(a-c_m-c_s)^2/2(8b\alpha-\gamma^2)^2] \quad (28)$$

2.2.3 当考虑供应链集中决策，进行知识共享时

可以得出供应链的总利润为

$$\pi_{sc3}=\pi_{m2}+\pi_{s2}=(a-c_m-c_s+\gamma x)q-bq^2-\frac{1}{2}\alpha x^2 \quad (29)$$

由 π_{sc3} 的表达式可以看出，知识共享可以增加供应链协同创新收益，但同时知识共享成本对协同创新收益有减少效应。

对 π_{sc3} 关于 q 求偏导得

$$\frac{\partial\pi_{sc3}}{\partial q}=(a-c_m-c_s+\gamma x)-2bq \quad (30)$$

因为 $\frac{\partial^2\pi_{sc3}}{\partial q^2}=-2b<0$，所以 $\pi_{sc3}(q)$ 是 q 的严格凹函数，存在唯一的最优解，令(30)=0得

$$q_3^*(x)=(a-c_m-c_s+\gamma x)/2b \quad (31)$$

把(31)代入(29)式化简得

$$\pi_{sc3}^*(x)=(a-c_m-c_s+\gamma x)^2/4b-\frac{1}{2}\alpha x^2 \quad (32)$$

对 π_{sc3}^* 关于 x 求导得：

$$\frac{d\pi_{sc3}^*}{dx}=\gamma(a-c_m-c_s)/2b-(2b\alpha-\gamma^2)x/2b \quad (33)$$

由于 $\frac{d^2\pi_{sc3}^*}{dx^2}=-(2b\alpha-\gamma^2)/2b$，$\alpha>\gamma^2/2b$，$\frac{d^2\pi_{sc3}^*}{dx^2}<0$，所以 $\pi_{sc3}^*(x)$ 是 x 的严格凹函数，存在唯一的最优解，令(33)=0得

$$x_{sc3}^*=\gamma(a-c_m-c_s)/(2b\alpha-\gamma^2) \quad (34)$$

可知 $x_{sc3}^*>x_2^*$

把(34)分别代入(29)和(31)得

$$q_{sc3}^*(x_{sc}^*)=\alpha(a-c_m-c_s)/(2b\alpha-\gamma^2) \quad (35)$$

可知 $q_{sc3}^*>q_2^*$

$$\pi_{sc3}^*(x_{sc3}^*)=\left[\alpha(2b\alpha-\gamma^2)(a-c_m-c_s)^2\right]/2(2b\alpha-\gamma^2)^2 \quad (36)$$

$$\pi_{sc3}^*(x_{sc3}^*)>\pi_{sc2}^*(x_2^*)$$

推论5：当 $\alpha>\gamma^2/2b$ 时

(1)供应链集中决策的最优知识共享量大于制造商和供应商分开决策时的最优知识共向量，即 $x_{sc3}^*>x_2^*$，同时供应链协调时的最优订购量大于制造商和供应商分开决策时的最优订购量，即 $q_{sc3}^*>q_2^*$。

(2)供应链集中决策时的总利润大于分开决策的总利润，$\pi_{sc3}^*(x_{sc3}^*)>\pi_{sc2}^*(x_2^*)$。

(3) $\pi_{m2}^*(x_{sc3}^*)<\pi_{m2}^*(x_2^*)$，$\pi_{s2}^*(x_{sc3}^*)>\pi_{s2}^*(x_2^*)$，对于供应商而言，其协同创新收益随知识共享量增加而增大，集中决策时供应商的总收益大于分散决策时的总收益。制造商的总收益却不一定是最优。

推论6：

在供应链集中决策的情况下，目标是供应链协同创新利润最大化，知识共享量和订购量都大于分散决策时的数量，无论供应商的知识吸收能力与知识共享成本效益的大小与否。说明当制造商和供应商分散决策时存在双重边际化效[18]。

集中决策时的知识共享量不小于分散决策时的知识共享量，对于供应商而言，其协同创新收益随知识共享量增加而增大，而制造商的总收益却不一定是最优，所以供应商有动力促进制造商的知识共享量的决策向集中决策时靠近。

2.3 当考虑供应链协调，进行知识共享时

当 $\alpha>\gamma^2/2b$ 时，考虑供应商如何通过协调来实现供应链整体收益改进。

由推论5(2)可以看出制造商知识共享成本系数对批发价下降有影响。假设供应商可以通过制定“承诺批发价格”来与制造商进行协调。设承诺批发价格 $\bar{w}$，$c_s<\bar{w}<p-c_m$，实际批发价格可能低于 $\bar{w}$。下标 T 表示供应链协调。

由 $\bar{w}$ 定义和式(23)可以得出

$$w_T^*=\begin{cases}\bar{w} \\ \bar{w}\in[c_s,[4b\alpha(a-c_m+c_s)-\gamma^2(a-c_m)]/(8\alpha b-\gamma^2)] \\ [4b\alpha(a-c_m+c_s)-\gamma^2(a-c_m)]/(8\alpha b-\gamma^2) \\ \bar{w}\in[[4b\alpha(a-c_m+c_s)-\gamma^2(a-c_m)]/(8\alpha b-\gamma^2),p-c_m]\end{cases} \quad (37)$$

当 $\bar{w}\in[c_s,[4b\alpha(a-c_m+c_s)-\gamma^2(a-c_m)]/(8\alpha b-\gamma^2)]$ 时，最优的批发价格为供应商承诺的批发价 $\bar{w}$，定义为有效承诺价格；

当 $\bar{w}\in[[4b\alpha(a-c_m+c_s)-\gamma^2(a-c_m)]/(8\alpha b-\gamma^2),p-c_m]$ 时，

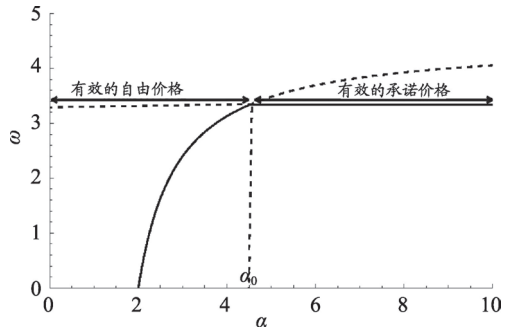

图1　知识吸收能力一定时，知识共享成本系数对最优批发价格的影响

最优批发价格为供应商制造商分别决策时的最优价格 w_2^*，定义为有效自由价格。

由 $w_2^*=(a-c_m+c_s)+[\gamma^2(c_s-3a+3c_m)]/(16b\alpha-2\gamma^2)$ 可知，$(a-c_m+c_s)+[\gamma^2(c_s-3a+3c_m)]/(16b\alpha-2\gamma^2)$ 是知识共享成本系数的非减函数，可以得到：

当供应商愿意与制造商协调时，对应每个 $\bar{w}$，存在 α_0 使供应商的最优批发价为：

$$w_T^*=\begin{cases}\left[4b\alpha(a-c_m+c_s)-\gamma^2(a-c_m)\right]/(8\alpha b-\gamma^2)\alpha\leqslant\alpha_0\\ \bar{w}\alpha>\alpha_0\end{cases}\tag{38}$$

其中，$\alpha_0=\gamma^2(a-c_m-\bar{w})/[4b(a-c_m+c_s-2\bar{w})]$

制造商的最优知识共享量，制造商和供应商的最优协同创新收益分别为：

$$x_T^*=\begin{cases}\gamma(a-c_m-c_s)/(8\alpha b-\gamma^2)\alpha\leqslant\alpha_0\\ (a-c_m+c_s-2\bar{w})/\gamma=\gamma(a-c_m-c_s)/(8\alpha_0 b-\gamma^2)\alpha>\alpha_0\end{cases}\tag{39}$$

$$q_T^*\begin{cases}4\alpha(a-c_m-c_s)/(8b\alpha-\gamma^2)\alpha\leqslant\alpha_0\\ (a-c_m-\bar{w})/2b=4\alpha_0(a-c_m-c_s)/(8b\alpha_0-\gamma^2)\alpha>\alpha_0\end{cases}\tag{40}$$

$$\pi_{mT}^*=\begin{cases}\alpha(a-c_m-c_s)^2/2(8b\alpha-\gamma^2)\alpha\leqslant\alpha_0\\ \alpha(a-c_m+c_s-2\bar{w})^2/2\gamma^2\\ =\alpha_0(a-c_m-c_s)^2/2\ (8b\alpha_0-\gamma^2)\ \alpha>\alpha_0\end{cases}\tag{41}$$

$$\pi_{sT}^*=\begin{cases}8\alpha^2 b(a-c_m-c_s)^2/(8\alpha b-\gamma^2)^2\alpha\leqslant\alpha_0\\ (a-c_m-\bar{w})^2/2b\\ =8\alpha_0{}^2 b(a-c_m-c_s)^2/(8\alpha_0 b-\gamma^2)^2\alpha>\alpha_0\end{cases}\tag{42}$$

当供应商愿意与制造商协调时，每一个承诺批发价格 $\bar{w}$ 对应着一个知识共享成本临界值 α_0，当制造商的知识共享成本系数大于临界值 α_0 时，供应商承诺的批发价格低于最优的自由定价，此时批发价格是有效的承诺价格，制造商的最优知识共享量，制造商和供应商的最优协同创新收益由 $\bar{w}$ 和 α_0 决定；当知识共享成本系数减小超过临界值 α_0 后，批发价格是有效的自由价格，制造商的最优知识共享量，制造商和供应商的最优协同创新收益不再受 $\bar{w}$ 影响，而是与 α 有关。

推论7：当制造商与供应商进行协同创新，供应商愿意协调时：

（1）知识共享成本系数的临界值 α_0 是承诺批发价 $\bar{w}$ 的非减函数。

（2）供应商协调时最优批发价格在非空集合内唯一，即 $w_T^*\in[c_s,[4b\alpha(a-c_m+c_s)-\gamma^2(a-c_m)]/(8\alpha b-\gamma^2)]$。当 $\alpha\leqslant\alpha_0$ 时，w_T^* 是 α 的非减函数；当 $\alpha>\alpha_0$，$w_T^*\equiv\bar{w}$。

（3）供应商协调时最优知识共享量 x_T^*，制造商最优收益 π_{mT}^*，供应商最优 π_{sT}^* 是 α 的非增函数。

由推论7（1）、（2）可以看出，供应商承诺批发价 $\bar{w}$ 越高，知识共享成本系数的临界值 α_0 越大，意味着供应商愿意以承诺批发价格协议的方式协调的意愿越弱，越容易受到知识共享成本系数的影响。

推论8：

当 $\alpha>\alpha_0$ 时，

（1）供应商协调时的最优知识共享量大于不协调时的最优知识共享量。即 $x_T^*>x_2^*$

（2）供应商的最优利润高于不协调时的最优利润，即 $\pi_{sT}^*(x_T^*,w_T^*)=\pi_{s2}^*(x_2^*,w_2^*)$，制造商的最优利润高于不协调时的最优利润 $\pi_{mT}^*(x_T^*,w_T^*)>\pi_{m2}^*(x_2^*,w_2^*)$。

（3）协调时供应链的总利润大于不协调时的总利润，即 $\pi_{scT}^*(x_T^*,w_T^*)>\pi_{sc2}^*(x_2^*,w_2^*)$，其中 $\pi_{scT}^*(x_T^*,w_T^*)=\pi_{mT}^*(x_T^*,w_T^*)+\pi_{sT}^*(x_T^*,w_T^*)$。

当 $\alpha\leqslant\alpha_0$ 时，

（1）供应商协调时的最优知识共享量等于不协调时的最优知识共享量，不低于批发价格为承诺批发价格时的知识共享量。即 $x_T^*=x_2^*\geqslant x(\bar{w})$。

（2）供应商的最优利润等于不协调时的最优利润，不低于批发价格是承诺价格时的最优利润，即 $\pi_{sT}^*(x_T^*,w_T^*)=\pi_{s2}^*(x_2^*,w_2^*)\geqslant\pi_{sT}^*(x^*(\bar{w}),\bar{w})$，制造商的最优利润高于不协调时的最优利润，不低于批发价格是承诺价格时的最优利润 $\pi_{mT}^*(x_T^*,w_T^*)=\pi_{m2}^*(x_2^*,w_2^*)\geqslant\pi_{mT}^*(x^*(\bar{w}),\bar{w})$。

（3）协调时供应链的总利润等于不协调时的总利润，不低于批发价格是承诺价格时的最优利润，即 $\pi_{scT}^*(x_T^*,w_T^*)=\pi_{sc2}^*(x_2^*,w_2^*)\geqslant\pi_{scT}^*(x^*(\bar{w}),\bar{w})$，其中 $\pi_{scT}^*(x_T^*,w_T^*)=\pi_{mT}^*(x_T^*,w_T^*)+\pi_{sT}^*(x_T^*,w_T^*)$。

由推论8可以看出，当知识共享成本系数大于某个临界值时，需要基于供应商的协调来减缓供应链双重边际效应，提高供应链系统的收益。供应商的协调合作可以促进制造商提高知识共享量，从而提高协同创新收益。供应商和制造商通过承诺批发价格协议可以在知识成本系数较大时，增加协同创新收益。然后当知识共享成本系数减小到临界值以下时，承诺批发价格对于供应商和制造商不再是最优批发价格，供应商通过承诺批发价格促进制造商增加知识共享量而增加的协同创新收益，不及直接降低批发价格而增加的收益。所以供应商选择不协调时的最优批发价格。

2.4 算例

为了探究知识共享量、知识共享成本系数、知识吸收能力对供应商、制造商协同创新各个变量的影响，通过算例来进一步分析。

令 $a=10, b=1, c_m=2, c_s=1$

分散决策时，$\alpha>\gamma^2/2b$，制造商的最优目标利润随供应商知识吸收能力系数 γ，制造商知识共享成本系数 α 的变化。

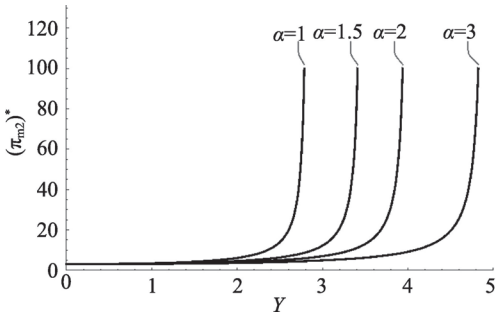

图2　分散决策时供应商知识吸收能力系数对制造商协同创新收益的影响

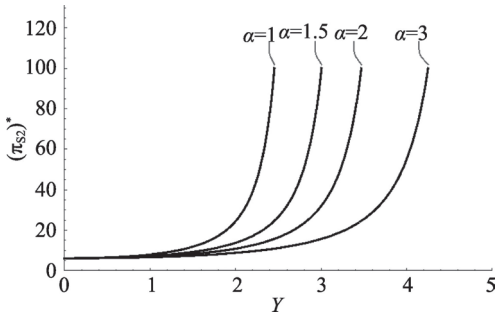

图3　分散决策时供应商知识吸收能力系数对供应商协同创新收益的影响

由图2，图3可以看出，当制造商知识共享成本系数一定时，供应商知识吸收能力越强，制造商和供应商的最优协同创新收益都越大；且随着吸收能力增大，制造商和供应商的边际收益都增大。

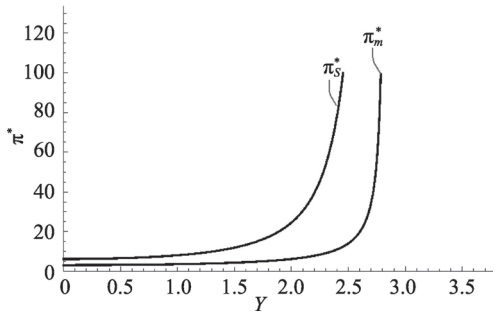

图4　分散决策时，相同知识共享成本系数下，供应商、制造商协同创新收益的对比

从图4中可以看出，当制造商知识共享成本系数，供应商知识吸收能力一定时，供应商最优协同创新收益高于制造商协同创新收益。

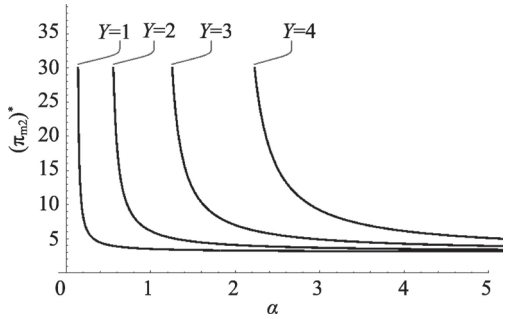

图5　分散决策时，知识共享成本系数对制造商协同创新收益的影响

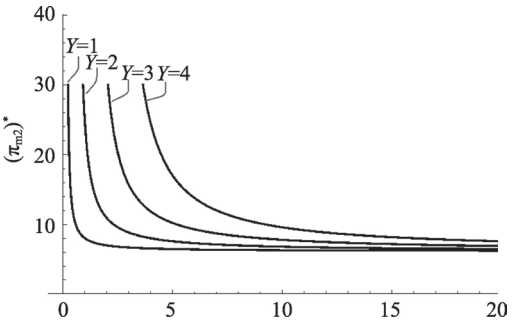

图6　分散决策时，知识共享成本系数对供应商协同创新收益的影响

从图5，图6可以看出，当供应商知识吸收能力一定时，制造商的知识共享成本系数越小，制造商和供应商

的最优协同创新收益越大；且随着制造商知识共享成本系数减小，制造商和供应商的边际收益增大。

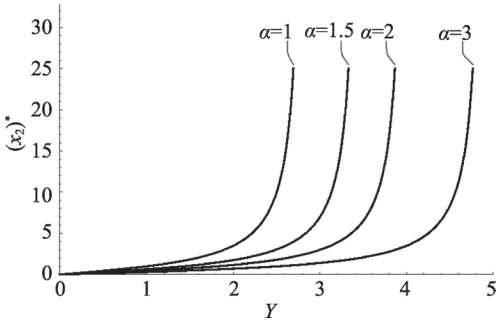

图7　分散决策时，知识吸收能力系数对最优知识共享量的影响

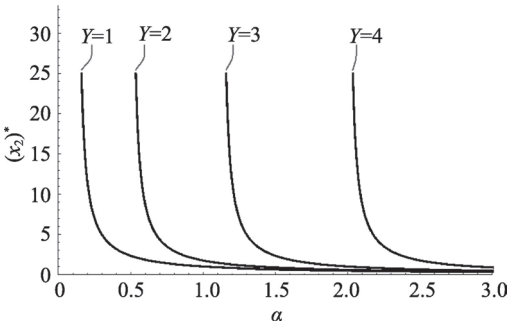

图8　分散决策时，知识共享成本系数对最优知识共享量的影响

由图7，图8可以看出，当制造商知识共享成本系数一定时，供应商知识吸收能力越强，制造商愿意共享的最优知识量越多。且成边际增量随吸收能力增大而增大。说明供应商知识吸收能力越强，制造商越有意愿共享知识给供应商。

当供应商的知识吸收能力一定时，制造商的最优知

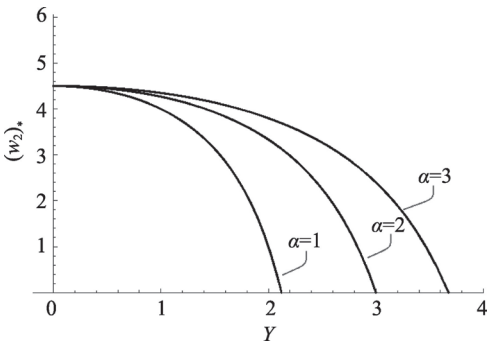

图9　分散决策时，知识吸收能力系数对最优批发价格的影响

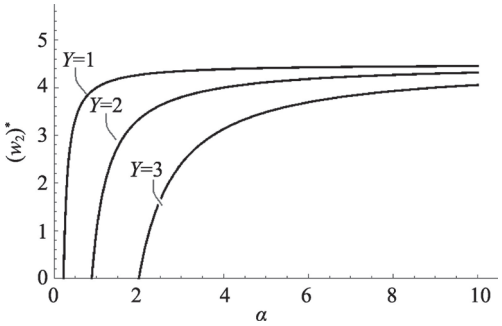

图10　分散决策时，知识共享成本系数对最优批发价格的影响

识共享量随其知识共享成本系数减小而增加。且随知识共享成本系数减少，最优知识共享量的边际增量增大，说明制造商的知识共享成本越小，制造商约有意愿与供应商共享知识。

由图9，图10可以看出，当制造商的知识共享成本一定时，最优批发价格随供应商知识吸收能力增加而减少，且供应商知识吸收能力越大，最优批发价格的边际减少量越大。说明供应商的知识吸收能力越强，供应商越有意愿降低批发价格。

当供应商的知识吸收能力一定时，最优批发价格随制造商的知识共享成本系数的减少而减小，随知识共享成本系数降低，最优批发价格的边际减少量增大。说明知识共享成本系数越小，制造商越有意愿获得较低的批发价格。

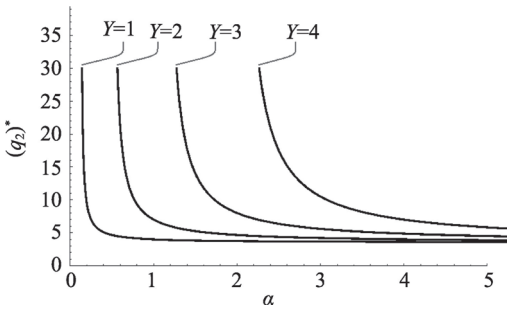

图11　分散决策时，知识吸收能力系数对最优订购量的影响

由图11可以看出，当供应商的知识吸收能力一定时，最优订购量随制造商的知识共享成本系数的减少而增大，随知识共享成本系数降低，最优订购量的边际增加量增大。说明知识共享成本系数越小，制造商越有意愿订购更多数量的货物。

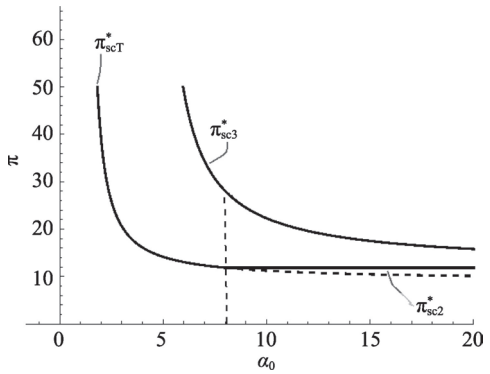

图12　分散决策与集中决策时，知识共享成本系数对供应链收益的影响

由图12可以看出，无论供应商与制造商协调与否，供应链的总收益始终达不到集中决策时供应链的总收益。但是当知识共享成本系数超过临界值时，供应商协调使供应链总收益有所增加，整个供应链得到改善。

3　研究结论

在汽车行业，汽车产品总价值的70%来自汽车零部件供应商。汽车制造商主要生产成本的降低来自供应商。供应商的绩效在价值链的竞争力中起着关键作用[19]。由于制造业和研发外包的比例很高，宝马等汽车制造商对供应商的依赖程度很高[20]。在汽车行业，汽车制造商和零部件供应商共同开发产品是一种常见的策略[21]。在汽车供应链中处于整车制造商由于其实力雄厚，相对于其上游供应商而言，往往处于领导地位。为了扩大收益，汽车供应链成员企业通过协同创新的方式来增加收益，丰田、宝马等整车制造商利用其核心企业的地位通过与上游供应商进行知识共享而促进供应链协同创新[22]。汽车供应链由于参与者及环节众多而呈现复杂性，供应链协同创新的效率难以控制，本文旨在研究对供应链协同创新效率的影响因素以及提高效率的方式。

和以往基于合作博弈的研究不同，本文通过建立有先后决策顺序的Stackelberg博弈模型，研究在汽车供应链中占主导地位的制造商如果通过知识共享影响与供应商之间的协同创新。同时，在现有知识共享影响因素的基础上，同时关注知识共享吸收能力及知识共享成本对知识共享量的影响，进而影响供应量的整体效益。此外，本文分别对比探究了供应链分散决策和集中决策下供应链收益的不同，基于Stackelberg博弈模型，设计了承若批发价格的契约来协调供应链。

本文研究发现：

（1）制造商对供应商进行知识共享可以降低制造商的采购成本。

（2）制造商共享给供应商的知识量受到供应商知识吸收能力的影响。只有当供应商的知识吸收能力较高时，制造商对供应商进行知识共享所获得的收益才优于不进行知识共享的情况。

（3）当供应商知识吸收能力较小时，制造商对供应商进行共享的知识量有限，且存在最优值，知识共享的协同创新收益存在最优值。当其他条件不变时，供应商进行协同创新的收益总是大于不进行协同创新时的收益。

（4）在供应链集中决策的情况下，知识共享量和订购量都大于分散决策时的数量，无论供应商的知识吸收能力与知识共享成本效益的大小与否。集中决策时的知识共享量不小于分散决策时的知识共享量，对于供应商而言，其协同创新收益随知识共享量增加而增大，而制造商的总收益却不一定是最优，所以供应商有动力促进制造商的知识共享量的决策向集中决策时靠近。

（5）当知识共享成本较大时，供应商的协调合作可以促进制造商提高知识共享量，从而提高协同创新收益。供应商和制造商通过承诺批发价格协议可以在知识成本系数较大时，增加协同创新收益。当知识共享成本系数减小到临界值以下时，供应商通过承诺批发价格促进制造商增加知识共享量而增加的协同创新收益，不及直接降低批发价格而增加的收益。所以供应商选择不协调时的最优批发价格。

基于本文研究发现，在汽车供应链协同创新实践中，制造商应该重视在与供应商进行协同创新时的知识共享成本及吸收能力，可以在对供应商的选择评估中增加对知识吸收能力的考核；同时应该制定知识共享成本控制方案，以达到提高协同创新效率的目的。

参考文献：

[1] DAVIS J P, EISENHARDT K M. Rotating Leadership and Collaborative Innovation: Recombination Processes in Symbiotic Relationships[J]. Administrative Science Quarterly, 2011, 56(2): 159−201.

[2] WANG C F, HU Q. Knowledge Sharing in Supply Chain Networks: Effects of Collaborative Innovation Activities and Capability on Innovation Performance[J]. Technovation, https: //www. sciencedirect. com/science/article/pii/S0166497217308994, 2017-12-16.

[3] KIM B. Coordinating an Innovation in Supply Chain Management[J]. European Journal of Operational Research, 2000, 123 (3): 568−584.

[4] FAWCETT S E, JONES S L, FAWCETT A M. Supply Chain Trust: The Catalyst for Collaborative Innovation[J]. Business Horizons, 2012, 55(2): 163−178.

[5] LIAO S H,KUO F I,DING L W. Assessing the Influence of Supply Chain Collaboration Value Innovation, Supply Chain Capability and Competitive Advantage in Taiwan ' s Networking Communication Industry[J]. International Journal of Production Economics, 2017, 191: 143−153.

[6] SKIPPARI M, LAUKKANEN M, SALO J. Cognitive Barriers to Collaborative Innovation Generation in Supply Chain Relationships[J]. Industrial Marketing Management, 2017, 62: 108−117.

[7] ROY S, SIVAKUMAR K. Innovation Generation in Upstream and Downstream Business Relationships[J]. Journal of Business Research, 2010, 63(12): 1356−1363.

[8] PETIT M L, TOLWINSKI B. R&D Cooperation or Competition?[J]. European Economic Review, 1999, 43(1): 185−208.

[9] Gächter S, Von Krogh G, Haefliger S. Initiating Private-Collective Innovation: The Fragility of Knowledge Sharing[J]. Research Policy, 2010, 39(7): 893−906.

[10] Gong L, Zhang X D. Study of the Game Theory Analysis and Incentive Mechanism of Inter-organizational Knowledge Sharing in Cooperative R&D[J]. IERI Procedia, 2014, 10: 266−273.

[11] XIE X M, ZOU H L, QI G Y. Knowledge Absorptive Capacity and Innovation Performance in High-Tech Companies: A Multi-Mediating Analysis[J]. Journal of Business Research, 2018, 88: 289−297.

[12] COHEN W M, LEVINTHAL D A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation[J]. *Administrative Science Quarterly*, 1990, 35(1)(Special Issue: Technology, Organizations, and Innovation): 128−152.

[13] CHANVARASUTH P, RAVICHANDRAN T. Absorptive Capacity and Strategic Alliance in the Supply Chain Context[C]. Engineering Management Conference. New York: IEEE, 2004.

[14] DYER J H, NOBEOKA K. Creating and Creating and Managing a High-Performance Knowledge-Sharing Network: The Toyota Case[J]. Strategic Management Journal, 2000, 21(3): 345−367.

[15] SADJADI S J, ASADI H, SADEGHIAN R, et al. Retailer Stackelberg Game in a Supply Chain with Pricing and Service Decisions and Simple Price Discount Contract[J]. *Plos One*, 2018, 13(4): e0195109.

[16] FERSHTMAN C, GANDAL N. Disadvantageous Semicollusion[J]. International Journal of Industrial Organization, 1994, 12(2): 141−154.

[17] 张旭梅, 黄陈宣. 逆向供应链企业间知识共享的决策机制研究[J]. 管理学报, 2013, 10(2): 233−237.

[18] DU R, BANERJEE A, KIM S L. Coordination of Two-Echelon Supply Chains Using Wholesale Price Discount and Credit Option[J]. International Journal of Production Economics, 2013, 143(2): 327−334.

[19] QUESADA G, SYAMIL A, DOLL W J. OEM New Product Development Practices: The Case of the Automotive Industry [J]. Journal of Supply Chain Management, 2010, 42(3): 30−40.

[20] WAGNER S M, BODE C, KOZIOL P. Supplier Default Dependencies: Empirical Evidence From the Automotive Industry [J]. European Journal of Operational Research, 2009, 199(1): 150−161.

[21] TAKEISHI A . Bridging Inter- and Intra-Firm Boundaries: Management of Supplier Involvement in Automobile Product Development[J]. Strategic Management Journal, 2010, 22(5): 403−433.

[22] 张玉蓉, 张旭梅. 供应链中核心企业与供应商知识共享的分析与启示——丰田公司案例研究[J]. 科学管理研究, 2006, 24(2): 117−120

Research on the Collaborative Innovation Management of Automobile Supply Chain Based on Knowledge Sharing

GONG Qiguo[1], XIONG Qing[2]
1. School of Economics and Management , UCAS 100190
2. Sino-Danish College, UCAS 100049

Abstract: Supply chain collaborative innovation is an important strategy for companies to face the increasing market competition. The automobile supply chain collaborative innovation is very complex due to the involvement of multiple participants and processes. Meanwhile, automobile manufacturers rely deeply on suppliers to realize production. This paper aims to study the supply chain collaborative innovation considering knowledge sharing. By constructing the Stackelberg game model of a two-tier supply chain of the manufacturer and the supplier, the analysis finds out the cost of knowledge sharing and the absorptive capacity could affect the amount of the knowledge shared, which further influences the benefits of collaborative innovation. Meanwhile, under the condition of centralized decision making, the supply chain could be coordinated through a specific contract with committed wholesale price while the cost of knowledge sharing is relatively high.

Keywords: Supply Chain Collaborative Innovation; Knowledge Sharing; Supply Chain Coordination

（责任编辑:何岸波；　责任译审:毛子英）