

基于供应链竞争的技术创新价值与溢出效应

李晓静^{1,2}, 艾兴政¹, 唐小我¹

(1. 电子科技大学经济与管理学院, 四川 成都 610054;

2. 四川师范大学商学院, 四川 成都 610101)

摘要: 基于两条竞争性供应链, 分别建立了均采用传统技术或技术创新的对称模型, 以及一个采用传统技术, 另一个采用技术创新的混合模型. 研究了竞争环境下溢出效应对于技术创新选择的影响. 结果表明, 制造商的技术创新选择不仅依赖于技术溢出水平和产品间的竞争强度, 还与投资成本系数相关, 但投资成本系数只起到了催化剂的作用. 此外, 无论对方供应链采用何种加工技术, 或者产品竞争强度如何改变, 只要上游制造商进行技术创新, 其下游零售商的利润就会增加.

关键词: 竞争供应链; 技术创新; 溢出效应; Stackelberg 动态博弈

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2017)06-0808-10

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2017.06.009

Technological innovation value and spillover effect based on supply chain competition

Li Xiaojing^{1,2}, Ai Xingzheng¹, Tang Xiaowo¹

(1. School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China,
Chengdu 610054, China;

2. School of Business, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China)

Abstract: This paper investigates the impact of spillover effects on the innovation choice of manufactures with competing supply chains. A symmetry model is established, in which both supply chains choose traditional technology or innovation; and a mixed model is set up, in which two supply chains choose different production strategies respectively. The result shows that the manufacturer's innovation choice is affected by the intensity of competition, spillover effect and investment cost coefficient, but the investment cost coefficient only acts as a catalyst. Furthermore, once the manufacturer chooses technological innovation, his retailer can get more profits than before.

Key words: competing supply chain; technological innovation; spillover effect; Stackelberg game

1 引言

在全球经济一体化与市场竞争日趋激烈的今天, 如何有效提高技术创新能力是政府、供应链及其成员企业高度关注的一个焦点问题. 然而并非所有企业都会技术创新, 因为技术创新存在着很多不确定的风险, 如

收稿日期: 2014-11-24; 修订日期: 2015-07-09.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71372140); 国家自然科学基金重点资助项目(71531003; 71432003); 教育部人文社会科学研究规划青年基金资助项目(16YJC630057); 四川省社会科学规划青年基金资助项目(SC16C030).

产品需求未知, 创新技术溢出效应高, 投资回报率低等. 溢出效应(spillover effect)是指企业创新时不仅会产生创新活动所预期的效果, 还会因为非自愿化的扩散(比如技术信息被泄露, 研发人员流动, 等等), 促进其它企业生产力水平的提高^[1]. 因而对于其他企业而言, 就形成了一种免费搭便车的行为. 那么, 企业是否可以不进行技术创新只依靠溢出效应就能获得利润最大化? 这会导致竞争的供应链不再进行创新, 还是溢出效应只是削弱创新企业的利润空间, 但并不能让其放弃技术创新? 同时, 在横向竞争市场, 产品间的竞争更多表现为供应链与供应链间的竞争. 主导企业只有管理好整条供应链才能赢来自己与成员的长期发展. 从而, 既考虑横向竞争又考虑纵向成员的技术创新问题就非常值得探讨. 如竞争对手的创新选择是将如何改变自己企业的创新决策? 产品的竞争程度与技术溢出水平是否会影响到企业的创新选择? 如果影响, 那应该如何将它们匹配才能实现纵向供应链的利润最大化? 竞争供应链的研究最早由 McGuire 等^[2]提出, 其分析了供应链竞争环境下制造商的渠道结构选择, 发现竞争非常激烈时分散化结构可以使制造商实现利润最优. 之后, 一些学者关注竞争供应链的渠道结构研究. 如: Tridedi^[3]构建了两个竞争的制造商与两个竞争零售商市场, 考察了供应链成员主导地位不同对于一体化和分散化选择的影响. Wu 等^[4]把整个供应链系统分成了六种可能存在的结构类型. Cai 等^[5]基于服务和讨论还价的角度分析了供应链系统中供应链数量对制造商与零售商绩效的影响. 杨光勇等^[6]针对战略型消费者讨论了集中化与分散化结构下竞争供应链的绩效. 近几年, 竞争供应链环境下的合同机制设计成为研究的热点. Ha 等^[7]考察了采用菜单合同与线性价格合同时制造商选择分享零售商私有信息的价值. 文献[8-10]考察了链与链竞争与规模不经济对纵向协调合同选择的影响, 并识别了规模不经济性与决策控制的有效匹配结构. Feng 等^[11]基于斯坦伯格模型和讨价还价模型分析了竞争供应链下的合同选择. 不难发现, 以上文献并没有涉及到产品的技术创新, 更没有对技术创新所引起的溢出效应进行分析. 技术创新在供应链中的研究主要可以分为两类, 一是关于产品质量方面的创新. 如 Sun 等^[12]从消费者的角度考虑了网络效应下的企业技术创新策略. Prajogo 等^[13]考察了供应链中技术创新策略对产品全面质量管理的影响. 二是关于生产加工环节的技术创新. Gupta 等^[14]研究了供应链创新策略以及过程创新, 产品差异化对制造商选择整合结构(一体化或分散化)的影响. Gilbert 等^[15]考察了当供应链上游企业有意愿进行技术创新时, 由于创新与产品需求的不确定性, 下游企业应该如何与上游企业进行合作. Lin 等^[16]研究了竞争环境下上游企业技术创新对三级供应链纵向整合的影响. 朱立龙等^[17]探讨了创新驱动下三级供应链的分销渠道设计与产品质量控制策略的问题. 以上研究多局限于单条供应链或仅零售商存在竞争的市场结构. 文献[14, 17]虽然涉及到两个上游企业和两个下游企业, 但其重在比较两种纵向结构(一体化和分散化)的优劣. 与其研究问题不同, 本文建立了两个制造商与两个零售商构成的市场, 分析了两条供应链对于技术创新选择的四种不同组合模型, 探讨了横向竞争强度, 创新投资成本系, 技术溢出水平对技术创新选择的影响, 并基于制造商与零售商同时实现帕累托改进的角度考察技术创新选择的条件, 博弈均衡特征与局限性.

2 基于技术创新与溢出效应的竞争供应链模型

本文构建两条竞争性的供应链, 其中每条供应链由一个制造商与一个零售商组成. 两个制造商生产可替代性产品, 且在生产加工环节既可以选择对生产技术进行创新, 也可以选择用传统技术生产. 记制造商传统生产方式下的单位生产成本为 c_0 , 采用技术创新后会节约单位生产成本 x , 且 $c_0 > x > 0$. 技术创新的投入成本函数为 $I = kx^2$, 其中 I 为投资成本量, k 为投资创新成本系数, 且 $k > 0$. 横向企业间的技术溢出效应表现为当两个制造企业中有一个进行技术创新, 则不采用技术创新的企业因为溢出效应可以节约单位生产成本 rx . 其中 $0 < r < 1$ 代表技术溢出水平, 即创新企业技术被搭便车的程度. 此外, 为了更好的表现主体, 令其他成本, 如库存成本, 销售成本等均为零, 原因是本文的目的主要为考察溢出效应与技术创新的关系(文献[8-17]均做了类似的假定). 根据 McGuire 等^[2]的研究, 两条竞争供应链的需求函数为 $q_i = a - p_i + bp_j$. 其中 $i, j = 1, 2$ 且 $i \neq j$. a 为市场潜在的需求, q_i 表示产品 i 的市场需求, p_i 和 p_j 表示

产品 i 和产品 j 的零售价格, $0 < b < 1$ 表示两种产品的替代系数. 供应链纵向成员间进行的是制造商为主导的 Stackelberg 动态博弈, 顺序如下: 首先, 两条供应链的制造商同时决定生产加工方式, 即传统技术加工或是创新技术加工. 若采用创新技术加工, 则设置单位节约成本 x 与批发价 w . 若未进行创新, 制造商只制定批发价格. 其次, 两个零售商同时确定产品的零售价格, 并形成横向的价格竞争, 且竞争效应逐步传递到上游企业, 进而演变为两条供应链间的竞争. 制造商与零售商均按照各个利润最大化来进行决策. 制造商与零售商间信息是完全的, 所有的供应链成员均为风险中性. 根据两个竞争供应链采用的生产策略不同, 存在下面三种策略组合.

2.1 策略组合 NN

策略组合 NN, 即两个制造商均采用传统技术生产不进行技术创新, 此时两个制造商与零售商的利润函数为

$$M_i^{NN} = (w_i - c)(a - p_i + vp_j), \quad (1)$$

$$R_i^{NN} = (p_i - w_i)(a - p_i + vp_j). \quad (2)$$

由零售商的利润函数易知 R_i^{NN} 是关于 p_i 的凹函数, 故 R_i^{NN} 关于 p_i 有唯一最优解. 对式(2)求关于 p_i 的一阶导数, 并令其为零, 得到 $p_i^* = (a + bp_j + w_i)/2$. 将 p^* 代入制造商的利润函数式(1)中求关于 w_i^* 的一阶导数, 并令其为零, 则有 $w_i^* = (a + bp_j + c)/2$. 于是得到均衡时产品的零售价格与批发价格分别为

$$\begin{aligned} p_i^{NN} &= (3a + c)/(4 - 3b), \\ w_i^{NN} &= (2a + 2c - bc)/(4 - 3b). \end{aligned}$$

制造商与零售商的利润为

$$\begin{aligned} M_i^{NN} &= 2(a - c + bc)^2/(4 - 3b), \\ R_i^{NN} &= (a - c + bc)^2/(4 - 3b). \end{aligned}$$

2.2 策略组合 RN

策略组合 RN, 即制造商 1 选择投资技术创新, 制造商 2 仍然以传统技术加工不进行创新, 此时制造商 1 利润函数为

$$M_1^{RN} = (w_1 - (c - x_1))(a - p_1 + vp_2) - kx_1^2, \quad (3)$$

制造商 2 的利润函数为

$$M_2^{RN} = (w_1 - (c - rx_1))(a - p_2 + vp_1). \quad (4)$$

由于制造商的创新策略并不会影响零售商的利润函数, 因此零售商的反应函数仍然为 p_i^* . 首先, 将 p_i^* 代入制造商 1 的利润函数式(3)中得到

$$M_1^{**} = (w_1 - (c - x_1))(a - w_1 + vp_2) - kx_1^2, \quad (5)$$

求得式(5) 式关于 w_1 和 x_1 的 Hesse 矩阵为 $\mathbf{H} = \begin{pmatrix} -1 & -1/2 \\ -1/2 & -2k \end{pmatrix}$.

为了使该矩阵负定, 投资创新成本系数需满足 $k > 0.125$. 这表示进行技术创新时的投入量不能太少, 这与现实相符, 实际生活中企业进行创新往往要花费较高的成本. 于是, 可求得价格均衡时

$$\begin{aligned} x_1^{RN} &= \frac{(3b + 4)(a - c + bc)}{32k + rb - 18kb^2 + 3b^2 - 4}, \\ p_1^{RN} &= \frac{(24k + 18kb - 3b + 4)a + (6kb + 8k + rb - b)c}{32k + rb - 18kb^2 + 3b^2 - 4}, \\ p_2^{RN} &= \frac{(24k + 18kb - 3 - r)a + (6kb + 8k + r - 1)c}{32k + rb - 18kb^2 + 3b^2 - 4}. \end{aligned}$$

将其分别代入制造商与零售商的利润函数, 则制造商和零售商的利润为

$$\begin{aligned} M_1^{\text{RN}} &= k(8k-1)(3b+4)^2(a-c+bc)^2/(32k+rb-18kb^2+3b^2-4)^2, \\ M_2^{\text{RN}} &= 2(a-c+bc)^2(8k+6kb+r+rb-b-1)^2/(32k+rb-18kb^2+3b^2-4)^2, \\ R_1^{\text{RN}} &= 4k^2(3b+4)^2(a-c+bc)^2/(32k+rb-18kb^2+3b^2-4)^2, \\ R_2^{\text{RN}} &= (a-c+bc)^2(8k+6kb+r+rb-b-1)^2/(32k+rb-18kb^2+3b^2-4)^2. \end{aligned}$$

两条供应链策略组合(NR), 即制造商 2 选择投资技术创新, 制造商 1 不进行技术创新, 与策略组合(RN)对称, 过程不再重复.

2.3 策略组合 RR

策略组合为 RR, 即两个制造商均进行技术创新, 则利润函数为

$$M_i^{\text{RR}} = (w_i - (c - x_i))(a - p_i + bp_j) - kx_i^2. \quad (6)$$

零售商的反应函数仍然为 p_i^* , 将其代入式(6)中得到

$$M_i^{***} = (w_i - (c - x_i))(a - w_i + vp_i)/2 - kx_i^2. \quad (7)$$

与式(5)相同, 当 $k > 0.125$ 时, 则式(7)关于 w_1 和 x_1 的 Hesse 矩阵负定. 于是, 零售价格与创新节约成本分别为

$$\begin{aligned} w_i^{\text{RR}} &= \frac{(4k-1)a - 2ck(2-b)}{8k+b-6kb-1}, \\ p_i^{\text{RR}} &= \frac{6ak - a + 2kc}{8k+b-6kb-1}, \\ x_i^{\text{RR}} &= \frac{a-c+bc}{8k+b-6kb-1}. \end{aligned}$$

将其代入式(2)与式(6), 可以得到制造商与零售商的利润为

$$\begin{aligned} M_i^{\text{RR}} &= k(8k-1)(a-c+bc)^2/(8k+b-6kb-1)^2, \\ R_i^{\text{RR}} &= 4k^2(a-c+bc)^2/(8k+b-6kb-1)^2. \end{aligned}$$

比较以上情形下的生产成本, 批发价和零售价, 可以得到以下结论.

定理 1 当竞争对手制造商由传统技术转向技术创新时, 将促使另一个制造商因技术创新而节约的生产成本下降, 即 $x_1^{\text{RR}} < x_1^{\text{RN}}$.

定理 1 表明, 如果制造商 1 始终坚持技术创新, 而制造商 2 由原来的不创新转变为创新, 这一结果将导致制造商 1 的生产成本增加, 也就是节约的生产成本减小. 这是因为如果制造商 2 不进行创新时, 制造商 1 进行技术创新的优势比较明显, 节约的成本较多. 当制造商 2 也进行技术创新时, 横向竞争削弱了制造商 1 的优势, 使节约的生产成本降低.

定理 2 $w_1^{\text{NN}} > w_1^{\text{NR}} > w_2^{\text{NR}} > w_1^{\text{RR}}, p_1^{\text{NN}} > p_1^{\text{NR}} > p_2^{\text{NR}} > p_1^{\text{RR}}$.

定理 2 表明, 在竞争环境下, 当竞争对手制造商由传统技术转向技术创新时, 会降低另一个制造商的批发价格. 这一结果导致两个制造商均选择技术创新时, 批发价格达到所有情形中的最低水平. 同样, 对于零售商而言, 若两个制造商均不进行技术创新时, 批发价格对其最不利. 与批发价格的比较结果类似, 采用技术创新的供应链数量越少, 产品的零售价格越高. 两条供应链均不进行技术创新, 使零售价格达到了所以情形中的最高水平. 这也意味着消费者将更偏好于制造商企业均进行技术创新的情形, 因为此时它们将享受到最低的零售价格.

3 技术创新价值分析

本部分考察了两个制造商与两个排他性零售商组成的市场下制造商与零售商对技术创新的偏好. 两个制造商可以选择策略 N 和策略 R. 当制造商 1 进行策略选择时会考虑竞争对手 2 的策略选择, 制造商 2 可能会存在两种策略可能, N 或者 R.

3.1 供应链 2 采用策略 N, 供应链 1 成员的策略选择

当竞争对手 2 采用策略 N 时, 制造商 1 采用技术创新的价值为

$$V_1 = L_1 k(8k - 1)(3b + 4)^2(4 - 3b)^2 - 2L_1(32k + rb - 18kb^2 + 3b^2 - 4)^2 = L_1(g_1^2 - g_2^2).$$

且 $L_1 = (a - c + bc)^2 / ((4 - 3b)(32k + rb - 18kb^2 + 3b^2 - 4))^2 > 0$, $g_1 = (4 - 3b)(3b + 4)\sqrt{k(8k - 1)} > 0$, $g_2 = (32k + rb - 18kb^2 + 3b^2 - 4)\sqrt{2} > 0$. 比较 g_1, g_2 可得以下结论.

引理 1 1) 当 $(b, k) \in A_1$ 时, 则 $V_1 > 0$.

2) 当 $(b, k) \in A_3$ 时, 则 $V_1 < 0$.

3) 存在特定阈值 $r_1 = (18kb^2 - 32k - 3b^2 + 4 + (16 - 9b^2)\sqrt{(4k - 0.5)k})/b$, 使得 $M_1^{RN} = M_1^{NN}$ 成立.

4) 当 $(b, k) \in A_2$ 时, 若 $0 < r < r_1 < 1$, 则 $V_1 > 0$; 若 $0 < r_1 < r < 1$, 则 $V_1 < 0$.

证明 为分析阈值 r_1 的范围, 定义 $f_1(b, k) = r_1, f_2(b, k) = r_1 - 1$, 则 $\{(b, k) | 0 < b < 1, k > 0.125\}$ 被隐函数 $f_1(b, k) = 0$ 与 $f_2(b, k) = 0$ 划分成了 A_1, A_2, A_3 如图 1 所示的三个部分, 即

$$A_1 = \{(b, k) | f_1(b, k) > 0, f_2(b, k) > 0, 0 < b < 1, k > 0.125\},$$

$$A_2 = \{(b, k) | f_1(b, k) > 0, f_2(b, k) < 0, 0 < b < 1, k > 0.125\},$$

$$A_3 = \{(b, k) | f_1(b, k) < 0, f_2(b, k) < 0, 0 < b < 1, k > 0.125\}.$$

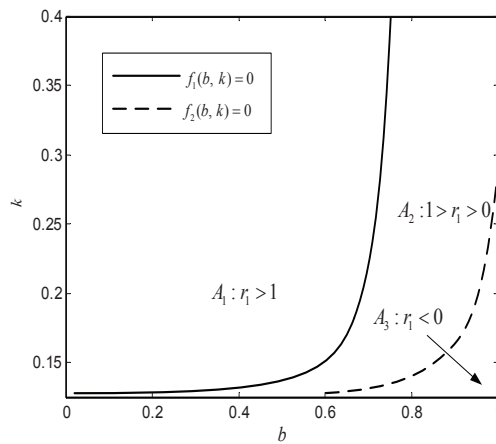


图 1 b 与 k 的关系图

Fig. 1 The relationship between k and b

于是可得, 当 $(b, k) \in A_1$ 时, $r_1 > 1$. 当 $(b, k) \in A_2$ 时, $0 < r_1 < 1$. 当 $(b, k) \in A_3$ 时, $r_1 < 0$. 又因为 $r_1 > 1$ 时, $V_1 > 0$. 当 $r_1 < 0$ 时, $V_1 < 0$. 因此, 当 $(b, k) \in A_1$ 时, $V_1 > 0$. 当 $(b, k) \in A_3$ 时, $V_1 < 0$. 对于 $(b, k) \in A_2$ 时, 制造商 1 选择技术创新时的利润与不选择技术创新时的利润关于技术溢出水平的阈值为 r_1 . 也就表示当 $r = r_1$ 时, $M_1^{RN} = M_1^{NN}$. 因此, $0 < r_1 < r < 1$ 时, $M_1^{RN} < M_1^{NN}$ 且 $V_1 < 0$; 当 $0 < r < r_1 < 1$ 时, $M_1^{RN} > M_1^{NN}$ 且 $V_1 > 0$. 证毕.

定理 3 当两条供应链相互竞争时, 若竞争对手制造商 2 采用策略 N, 则对于制造商 1 而言, 1) 当产品

间的竞争强度较弱, 且与投资成本系数满足 $(b, k) \in A_1$ 时, 或者产品间的竞争强度较强, 与投资成本系数满足 $(b, k) \in A_2$, 但技术溢出水平较低时, 则采用策略 R 对制造商最有利. 2) 当产品间的竞争非常激烈, 且与投资成本系数满足 $(b, k) \in A_3$ 时, 或者产品间的竞争强度较强, 与投资成本系数满足 $(b, k) \in A_2$, 但技术溢出水平较高时, 则采用策略 N 对制造商最有利.

定理 3 表明, 当制造商 2 采用传统生产加工模式不进行创新时, 对于制造商 1 而言, 技术创新选择主要依赖于产品间的竞争强度, 但同时还受到技术溢出水平和投资成本系数的影响. 若两条链间的横向竞争程度较弱, 即产品差异化较高, 替代程度较低时, 无论技术溢出水平如何, 制造商 1 进行内部的技术研发将有利于其获取更高的利润. 但随着产品间竞争的不断加强, 制造商 1 将花费越来越多的时间进行价格竞争, 若此时技术溢出水平较低, 那其进行技术创新仍然可以从中得利. 但当技术溢出水平较高时, 溢出效应很大程度上削弱技术创新的优势, 进而此时采用传统技术对自己更有利. 直到产品间竞争非常激烈, 表示两条链的产品同质化非常高时, 无论技术溢出水平如何, 制造商 1 采用传统技术下的利润都会高于技术创新下的利润. 值得注意的是, 当产品间的竞争非常弱或强时, 制造商对技术创新的选择并不依赖于技术溢出水平. 只在特定范围内, 制造商对创新的决策才同时受到产品竞争强度与技术溢出水平的影响. 并且产品竞争强度的范围也会随着创新投资成本系数的增加而不断发生变化. 该结论拓展了 Gupta 等^[14]对竞争供应链的结论, 即竞争环境下创新企业对纵向控制结构选择只取决于产品的替代程度. 当竞争对手 2 采用策略 N 时, 制造商 1 采用技术创新对零售商价值为 $V_2 = L_1(4k^2(3b+4)^2(4-3b)^2 - (32k+rb-18kb^2+3b^2-4)^2) = L_1(g_3^2 - g_4^2)$. 其中 $g_3 = 2k(4-3b)(3b+4) > 0$, $g_4 = 32k+rb-18kb^2+3b^2-4 > 0$. 容易验证 $g_3 > g_4$, 进而 $V_2 > 0$. 结合定理 3 可以得到以下结论.

推论 1 当产品间的竞争强度较弱, 且与投资成本系数满足 $(b, k) \in A_1$ 时, 或者产品间的竞争强度较强, 与投资成本系数满足 $(k, b) \in A_2$, 但技术溢出水平较低时, 采用策略 R 实现了制造商与零售商的双赢. 而无论什么条件下, 选择策略 N 都不可能实现纵向制造商与零售商的双赢.

推论 1 表明, 当制造商 2 采用传统技术时, 制造商 1 选择技术创新下零售商 1 的利润始终高于制造商 1 不进行创新下零售商 1 的利润. 这一结果比较直观, 因为制造商技术创新会带来生产成本的降低, 进而降低了批发价和零售价, 增加了产品销售量. 由于在此过程中零售商作为跟随者, 并没有承担风险, 因此其利润总是增加的. 这也说明, 制造商进行技术创新实现自己利润改进的条件也是实现其与零售商双赢的条件.

3.2 供应链 2 采用策略 R, 供应链 1 成员的策略选择

接下来探讨竞争对手供应链 2 采用策略 R 的情形. 技术创新对于制造商 1 的价值为 $V_3 = L_2(k(8k-1)(3b+4)^2(4-3b)^2 - 2(32k+rb-18kb^2+3b^2-4)^2) = L_2(g_5^2 - g_6^2)$. 其中 $L_2 = (a-c+bc)^2/((8k+b-6kb-1)^2(32k+rb-18kb^2+3b^2-4)^2) > 0$, $g_5 = (32k+rb-18kb^2+3b^2-4)\sqrt{k(8k-1)} > 0$, $g_6 = (8k+6kb+r+rb-b-1)(8k+b-6kb-1)\sqrt{2} > 0$. 比较 g_5, g_6 可得以下结论.

引理 2 1) 存在特定阈值 $r_2 = \frac{(12k-3s+18sk-36k^2-1)b^2+4s-16k-32sk+64k^2+1}{(6k-1)b^2+(s-2k)b+1-8k}$, 使得 $M_1^{RR} = M_1^{NR}$ 成立. 其中 $s = \sqrt{(4k-0.5)k}$.

2) 当 $k > 0.125, 0 < b < 1$ 时, $r_2 \in (0, 1)$.

3) 当 $0 < r < r_2 < 1$ 时, 则 $V_3 > 0$; 当 $0 < r_2 < r < 1$ 时, 则 $V_3 < 0$.

定理 4 当两条供应链相互竞争时, 若制造商 2 采用策略 R, 则对于制造商 1 而言, 若技术溢出水平较低, 则采用策略 R 对其最有利. 若技术溢出水平较高时, 则采用策略 N 实现了其利润最大化.

定理 4 表明, 与竞争对手 2 采用传统技术时的选择不同, 如果竞争对手 2 选择了技术创新, 则对于制造商 1 而言, 其对技术创新的选择主要依赖于技术溢出水平的大小, 且存在技术溢出水平边界. 当技术溢出水平较低时, 企业往往进行技术创新可以获得更高的利润, 但当技术溢出水平非常高时, 企业更愿意通过溢出效应免费享受节约成本. 同时, 制造商 1 的创新选择还与产品竞争强度和投资成本系数相关. 但需要指出的

是产品竞争强度和投资成本系数只会影响到技术溢出水平的边界大小,并不会直接改变制造商1的创新选择.这一点区别于竞争对手采用策略N的情形.竞争对手供应链2采用策略R的情形.技术创新对于零售商1的价值为 $V_4 = L_2(4k^2(32k+rb-18kb^2+3b^2-4)^2 - (8k+6kb+r+rb-b-1)^2(8k+b-6kb-1)^2) = L_2(g_7^2 - g_8^2)$. 其中 $g_7 = 2k(32k+rb-18kb^2+3b^2-4) > 0$, $g_8 = (8k+6kb+r+rb-b-1)(8k+b-6kb-1) > 0$. 容易验证 $g_7 > g_8$, 进而 $V_4 > 0$. 通过以上分析,并结合定理6可以得到以下结论.

推论2 当竞争对手制造商2采用策略R,若技术溢出水平较低,则制造商1也选择策略R实现了自己以及零售商1利润的双赢.

推论2表明,当对手制造商2采用技术创新策略时,对于零售商1而言与制造商2采用传统技术遇到的问题类似,只要制造商1进行创新对零售商1就是有利的.这也就意味着当技术溢出水平较低时,制造商1进行技术创新不仅实现了自己的利润改进,也改进了同一条供应链的零售商1的利润.而无论何时制造商采用传统技术进行生产无法实现它与零售商利润的双赢.

3.3 竞争供应链下技术创新选择的动态演化分析

本部分主要讨论竞争供应链下两个制造商技术创新选择的动态演化过程,但为了分析策略N和策略R的占优性,首先要比较策略组合NN与策略组合RR中制造商的利润,则有

$$M_1^{RR} - M_1^{NN} = L_3(k(12k-1)(4-3b)^2 - 3(8k+b-6kb-1)^2) = L_3(g_9^2 - g_{10}^2),$$

其中 $L_3 = (a-c+bc)^2/((4-3b)^2(8k+b-6kb-1)^2) > 0$, $g_9 = (4-3b)\sqrt{k(12k-1)} > 0$, $g_{10} = (8k+b-6kb-1)\sqrt{3} > 0$.

引理3 当 $(k, b) \in A_1$ 时, $M_1^{RR} > M_1^{NN}$; 当 $(k, b) \in A_2 \cup A_3$ 时, $M_1^{RR} < M_1^{NN}$.

证明 比较 g_9, g_{10} 可以得到 M_1^{RR} 与 M_1^{NN} 关于产品竞争强度的特定阈值为

$$b^* = (4\sqrt{(4k-1/2)k-8k+1})/(3\sqrt{(4k-1/2)k-6k+1}),$$

其中 $k > 0.125$. 容易验证函数 $b^* = f(k)$ 与函数 $f_2(b, k) = 0$ 等价. 限于篇幅, 此处不再详述.

下面将详细分析各情形下的参数关系,以此来识别演化实现的条件. 为了方便比较 r_1 与 r_2 , 定义 $f_3(b, k) = r_2 - r_1$. 因此 $f_3(b, k) > 0$ 时, 则 $r_1 < r_2$; $f_3(b, k) < 0$ 时, 则 $r_1 > r_2$. 隐函数 $f_3(b, k) = 0$ 如图2所示, 将 $\{(b, k) | 0 < b < 1, k > 0.125\}$ 划分成 $(A_4 \cup A_5)$ 和 $(A_6 \cup A_7)$ 两个区域, 且定义

$$A_4 \cup A_5 = \{(b, k) | f_3(b, k) < 0, 0 < b < 1, k > 0.125\},$$

$$A_6 \cup A_7 = \{(b, k) | f_3(b, k) > 0, 0 < b < 1, k > 0.125\}.$$

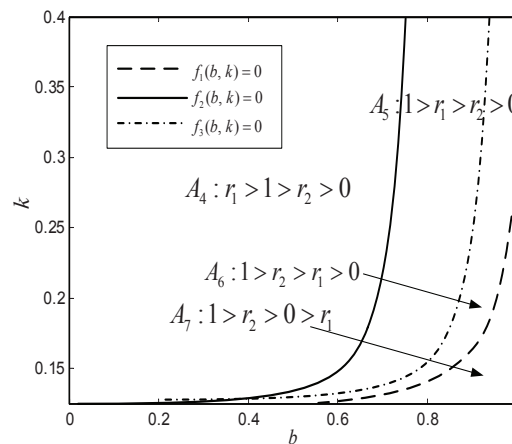


图2 k 与 b 的关系图

Fig. 2 The relationship between b and k

结合引理 1~引理 3, 可以得到技术溢出水平, 产品竞争强度, 投资成本系数与制造商利润的关系如表 1. 于是得到以下结论.

定理 5 1) 当产品间的竞争强度且与投资成本系数 $(k, b) \in A_4$ 时, 若技术溢出水平较低, 则制造商的创新选择动态演化过程为 $NN \rightarrow NR/RN \rightarrow RR$, 且 R 策略为占优均衡策略. 若溢出水平较高, 则制造商的创新选择演化过程为 $NN \rightarrow NR/RN$; $RR \rightarrow NR/RN$. 2) 当产品间的竞争强度且与投资成本系数 $(k, b) \in A_5$ 时, 若溢出水平较低, 则制造商创新选择演化过程依然为 $NN \rightarrow NR/RN \rightarrow RR$, 但此时 R 策略为囚徒困境. 随着溢出水平的增加, 制造商创新选择演化过程为 $NN \rightarrow NR/RN$; $RR \rightarrow NR/RN$. 当溢出水平非常高, 制造商创新选择演化过程为 $RR \rightarrow NR/RN \rightarrow NN$, N 策略为占优均衡策略. 3) 当产品间的竞争强度较弱, 且与投资成本系数 $(k, b) \in A_6$ 时, 若溢出水平较低, 则制造商的创新选择演化过程依然为 $NN \rightarrow NR/RN \rightarrow RR$, 但此时 R 策略为囚徒困境. 随着溢出水平增加, 制造商创新选择演化过程为 $NR/RN \rightarrow NN$; $NR/RN \rightarrow RR$. 当溢出水平非常高时, 制造商创新选择演化过程为 $RR \rightarrow NR/RN \rightarrow NN$, 且 N 策略为占优均衡. 4) 当产品间的竞争强度且与投资成本系数 $(k, b) \in A_7$ 时, 若溢出水平较低, 则制造商的创新选择演化过程为 $NR/RN \rightarrow NN$; $NR/RN \rightarrow RR$, 其中 R 为囚徒困境, N 为占优均衡. 若溢出水平较高, 则制造商的创新选择动态演化过程为 $RR \rightarrow NR/RN \rightarrow NN$, 且 N 策略为占优均衡.

定理 5 表明, 供应链竞争环境下, 制造商对于技术创新的选择与产品竞争强度, 技术溢出水平, 以及投资成本系数相关. 但其严重依赖于产品竞争强度, 技术溢出水平. 当产品竞争不激烈, 且横向溢出水平较低时, 制造商由最初的传统技术加工转变为创新技术加工, 且此时的创新加工可以增加制造商的利润. 随着产品竞争程度的增强和技术溢出水平的增加, 制造商的创新选择会经历以下三个过程: 1) $NN \rightarrow NR/RN$ 或 $RR \rightarrow NR/RN$; 2) $NR/RN \rightarrow NN$ 或 $NR/RN \rightarrow RR$; 3) $NN \rightarrow NR/RN \rightarrow RR$. 直到产品竞争非常激烈, 横向溢出水平也较高时, 制造商的创新选择演化过程将转变为 $RR \rightarrow NR/RN \rightarrow NN$, 且传统加工技术是制造商的最优选择.

表 1 不同组合下制造商利润的比较
Table 1 comparing with the manufacturer's profits under different configurations

	$r \in (0, r_2)$	$r \in (r_2, 1)$	$r \in (r_2, r_1)$	$r \in (0, r_1)$	$r \in (r_1, r_2)$	$r \in (r_1, 1)$
$A_4 : r_1 > 1 > r_2 > 0$	$M_1^{RN} > M_1^{NN}$ $M_1^{RR} > M_1^{NR}$ $M_1^{RR} > M_1^{NN}$	$M_1^{RN} > M_1^{NN}$ $M_1^{RR} < M_1^{NR}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$				
$A_5 : 1 > r_1 > r_2 > 0$	$M_1^{RN} > M_1^{NN}$ $M_1^{RR} > M_1^{NR}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$		$M_1^{RN} > M_1^{NN}$ $M_1^{RN} < M_1^{NN}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$			$M_1^{RN} < M_1^{NN}$ $M_1^{RR} < M_1^{NR}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$
$A_6 : 1 > r_2 > r_1 > 0$		$M_1^{RN} < M_1^{NN}$ $M_1^{RR} < M_1^{NR}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$		$M_1^{RN} > M_1^{NN}$ $M_1^{RR} > M_1^{NR}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$	$M_1^{RN} < M_1^{NN}$ $M_1^{RR} > M_1^{NR}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$	
$A_7 : 1 > r_2 > 0 > r_1$	$M_1^{RN} < M_1^{NN}$ $M_1^{RR} > M_1^{NR}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$	$M_1^{RN} < M_1^{NN}$ $M_1^{RR} < M_1^{NR}$ $M_1^{RR} < M_1^{NN}$				

推论 3 1) 随着两条供应链产品竞争强度的增加, 制造商由创新技术为最终决策逐渐转变为传统技术加工为最终决策. 2) 随着溢出效应的减小, 制造商将由技术创新演化为传统技术逐渐转变为传统技术演化为技术创新. 3) 投资成本系数不会改变制造商创新选择演化的过程, 只会加快或减慢演化的速度.

推论 3 表明, 无论是供应链间竞争强度的增加, 还是横向溢出水平的增大或是投资成本系数的增加, 都会使制造商越来越钟情于传统加工技术. 当产品间替代率较低时, 如农副产品, 制造商由传统的技术加工逐渐演变为对技术进行创新. 而当产品间替代率较高, 表明价格竞争异常激烈, 如家电产品, 生产技术有一定的成熟性, 进行此时采用技术创新企业要承担很大的风险, 甚至亏损. 因而制造商更偏好于由技术创新决策

演化为传统技术加工. 对于横向溢出效应也相同, 当溢出效应较大时, 竞争制造商搭便车的程度就更高, 对于创新企业的风险就越大. 当溢出效应较小时, 制造商更偏好于从传统技术改变为技术创新. 而投资成本系数小时表明创新的难度低, 制造商进行创新的意愿就强烈. 反之, 则制造商宁可选择传统技术. 这也表明, 当国家想要引导企业进行生产技术的创新, 提高国家生产力时, 就应该制订一些相应的鼓励政策. 尤其补贴于那些价格竞争较强, 横向溢出效应较大, 投资成本量最大的企业. 这样政府的创新补贴才可以弥补创新成果的外部性, 让其规避价格战争, 致力于难度较大的技术研发. 由于零售商的利润 $R_1^{RR} > R_1^{NN}$, 结合制造商的利润比较可得到以下结论.

推论 4 基于制造商与零售商同时实现共赢的角度, 当产品间的竞争强度较弱, 且与投资成本系数 (b, k) 满足区域 A_4 , 且技术溢出水平较低时, 则技术创新选择动态演化过程为 $NN \rightarrow NR/RN \rightarrow RR$, 且技术创新策略是同时实现制造商与零售商利润改进的占优均衡策略.

推论 4 说明, 当两个链的产品竞争强度与技术溢出水平均较低时, 制造商均进行技术创新实现其与零售商利润的双赢. 同时结合定理 5 对零售价格的分析表明, 此时对消费者而言也是最有利的, 实现了整个供应链所在成员的利润最大化.

4 结束语

本文通过建立两个制造商和两个排他性零售商组成的竞争供应链模型, 考察了横向技术溢出效应与技术创新选择的关系. 研究发现, 当产品竞争程度较弱时, 若技术溢出水平较高, 则制造商由最初的传统技术加工转变为创新技术加工, 且技术创新为占优均衡策略; 若技术溢出水平较低时, 制造商仍然是由最初的传统技术转变为创新技术, 但技术创新策略为囚徒困境; 只有当产品竞争强度与技术溢出水平都很高时, 制造商由技术创新转变为传统技术加工. 无论对方供应链采用何种加工技术, 或者产品竞争强度等参数如何改变, 只要本供应链进行技术创新, 其零售商的利润就会增加. 本文将技术创新的研究拓展到了竞争供应链结构, 并深入挖掘了技术创新与溢出效应的关系. 与现有技术创新的研究不同, 本文发现并不是只要进行技术创新就会有利于企业的发展, 创新决策同时受到了产品竞争强度, 溢出效应水平, 投资成本系数多个因素的影响. 企业应该根据不同的情况选择不同的生产加工技术, 这为溢出效应下供应链竞争中的企业技术创新决策提供了实践参考价值, 但本文并未考虑两个制造商主从博弈的情形, 也未考虑不确定需求下模型, 这将是下一步要拓展的方向.

参考文献:

- [1] Macdougall D. The benefits and costs of private investment from abroad: A theoretical approach. *Economic Record*, 1960, 36(3): 13–35.
- [2] McGuire T W, Staelin R. An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration. *Marketing Science*, 1983, 2(2): 161–191.
- [3] Trivedi M. Distribution channels: An extension of exclusive retailer ship. *Management Science*, 1998, 43(7): 231–246.
- [4] Wu C Q, Mallik S. Cross sales in supply chains: An equilibrium analysis. *International Journal of Production Economics*, 2010, 12(6): 158–167.
- [5] Cai G S, Dai Y, Zhou S X. Exclusive channels and revenue sharing in a complementary goods market. *Management Science*, 2012, 31(1): 172–190.
- [6] 杨光勇, 计国君. 战略顾客行为对竞争性供应链绩效的影响. *系统工程理论与实践*, 2014, 34(8): 1998–2006.
Yang G Y, Ji G J. Effects of strategic consumer behavior on competing supply chain performance. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2014, 34(8): 1998–2006. (in Chinese)
- [7] Ha A Y, Tong S. Contracting and information sharing under supply chain competition. *Management Science*, 2008, 54(4): 701–715.
- [8] 艾兴政, 唐小我, 涂智寿. 不确定性环境下链与链竞争的纵向控制结构绩效. *系统工程学报*, 2008, 23(2): 188–193.

- Ai X Z, Tang X W, Tu Z Su. Performance of vertical control structure of chain to chain competition under uncertainty. *Journal of System Engineering*, 2008, 28(2): 188–193. (in Chinese)
- [9] 赵海霞, 艾兴政, 唐小我. 制造商规模不经济的链与链竞争两部定价合同. *管理科学学报*, 2013, 16(2): 60–70.
Zhao H X, Ai X Z, Tang X W. Two-part tariffs of chain-to chain competition under manufacturer's scale diseconomies. *Journal of Management Sciences in China*, 2013, 16(2): 60–70. (in Chinese)
- [10] 赵海霞, 艾兴政, 唐小我. 链与链基于制造商规模不经济的纵向联盟和利润分享. *管理科学学报*, 2013, 17(1): 48–56.
Zhao H X, Ai X Z, Tang X W. Vertical alliance and profit sharing contract based on diseconomies of scale under chain-to-chain competition. *Journal of Management Sciences in China*, 2013, 17(1): 48–56. (in Chinese)
- [11] Feng Q, Lu L X. Supply chain contracting under competition: Bilateral bargaining vs. Stackelberg. *Production and Operations Management*, 2013, 22(3): 661–675.
- [12] Sun B, Xie J, Cao H H. Product strategy for innovators in markets with network effects. *Management Science*, 2004, 23(2): 243–254.
- [13] Prajogo D I, Sohal A S. The integration of TQM and technology R&D management in determining quality and innovation performance. *Omega: International Journal of Management Science*, 2006, 34(3): 296–312.
- [14] Guptar S, Loulou R. Process innovation, product differentiation, and channel structure: Strategy incentives in a duopoly. *Marketing Science*, 1998, 17(4): 301–316.
- [15] Gilbert S M, Cvsa V. Strategic commitment to price to stimulate downstream innovation in a supply chain. *European Journal of Operational Research*, 2003, 150(3): 617–639.
- [16] Lin Y T, Parlakturk A K, Swaminathan J M. Vertical integration under competition: Forward, backward, or no integration. *Production and Operations Management*, 2014, 23(1): 661–675.
- [17] 朱立龙, 于涛, 夏同水. 创新驱动下三级供应链分销渠道产品质量控制策略研究. *系统工程理论与实践*, 2014, 34(8): 1986–1997.
Zhu L L, Yu T, Xia T S. Products quality control strategy of distribution channel in three-echelon supply chain under the condition of R&D motivation. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2014, 34(8): 1986–1997. (in Chinese)

作者简介:

李晓静(1981—), 女, 河南安阳人, 博士生, 研究方向: 供应链渠道管理, Email: jing811207@163.com;

艾兴政(1969—), 男, 四川华蓥人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 供应链运作模式, Email: aixz@uestc.edu.cn;

唐小我(1955—), 男, 四川彭州人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 供应链管理, 管理经济学, Email: xwtang@uestc.edu.cn.