

固定支付模式下技术创新的博弈分析

郭三党, 刘芳, 刘斌, 王文亮

(河南农业大学 信息与管理科学学院, 郑州 450002)

摘要:本文构建了企业与科研单位合作技术创新的收益函数和博弈模型, 并与企业自主创新的情况对比。研究结果表明, 技术创新的技术含量并非越高越好, 而是存在最佳产品技术含量; 在同等条件下, 企业自主创新技术的效益要大于企业与科研单位合作技术创新的效益。因此, 一方面, 企业不应盲目加大创新投入; 另一方面, 政府应降低对科研单位的投入, 提高企业的研发能力。最后, 对模型进行了实例研究。

关键词:技术创新; 博弈; 最佳产品技术含量

中图分类号: F062.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2008)08-0014-04

技术创新是国家和企业发展的最重要的发动机, 是近些年来世界经济迅速发展的主要原因之一。自从 D'Aspremont 和 Jacquemin 首次利用一个双寡头垄断博弈模型来研究技术创新后^[1], 国内外不少学者开始用博弈论研究技术创新问题^[2-10]。企业要提高竞争力, 必须进行技术创新。但是, 由于企业的科研能力有限, 所以需要与科研单位进行合作技术创新。因此, 企业时常会面临两种选择: 一是自主创新; 二是与科研单位进行合作, 即企业投入一定的资金支持科研单位进行创新, 再利用创新成果进行生产。本文从博弈论的角度来分析企业在面临一个技术创新机会时如何决策。

1 博弈模型的建立

一家企业要进行技术创新, 可以选择自主创新, 也可以与科研单位进行合作, 即由企业出资金、科研单位进行创新, 企业和科研单位以各自利益最大化为目标而选择各自的行动策略。我们先做如下假设:

假设 1: 该技术创新是过程创新, 即产品技术含量提高后, 只降低生产成本, 不改变生产质量。设产品的市场出清价格为 p , p 为企业的产量 q_i ($i = 1, 2$) 的逆需求函数, 即产量需求 q_i 一定时, $p(q_i) = a - bq_i$

(为计算方便, 我们假设 $b = 1$)。设 q_i 是科研单位进行创新时的产量, q_e 是企业进行自主创新时的产量, a 可以理解为市场规模, 较大的 a 代表较大的市场规模。

假设 2: 设产品技术含量为 t_i ($t_i = 0$), 科研单位创新后的产品技术含量为 t_i , 企业自主创新后的产品技术含量为 t_2 ; 假设技术创新投入是收益递减的, 且是技术含量的二次函数。通常, 产品技术含量越高, 市场吸引力越大, 并且技术创新投入为产品技术含量的凹函数。我们可定义技术创新的投入函数 W_i 为^[11, 12]:

$$W_i = \frac{1}{2} \beta t_i^2 \quad (i = 1, 2)。$$

其中, β ($\beta > 0$) 为产品边际技术含量的投入参数。

假设 3: 设该产品没有固定成本, 未创新时的单位产品变动成本为定值 C ($C < a$), 创新后单位产品的成本函数为技术含量的减函数, 即技术含量越高, 单位产品成本越低。假定单位产品技术含量的成本降低系数为 k , 则单位产品的成本函数 c_i 可以定义为:

$$c_i = C - kt_i \quad (i = 1, 2; c_i > 0)。$$

假设 4: 企业要想运用科研单位的技术创新成果, 必须付给科研单位一定的资金; 设支付价格为

收稿日期: 2008-04-12

基金项目: 国家自然科学基金项目“科技生产力形成与流动成本、效益及其优化稳定博弈策略研究”(70473037); 河南省科技厅: 河南省自主创新战略与政策体系研究(0713050308)

作者简介: 郭三党(1973—), 女, 河南人, 河南农业大学信息与管理科学学院助教, 管理科学与工程专业硕士, 研究方向: 技术创新; 刘芳(1974—), 女, 河南人, 河南农业大学讲师, 管理学硕士, 研究方向: 数量经济学; 刘斌(1971—), 男, 河南人, 河南农业大学管理科学系系主任, 副教授, 管理科学与工程专业博士, 研究方向: 供应链管理; 王文亮(1954—), 男, 河南人, 河南农业大学教授, 运筹与管理学专业硕士, 研究方向: 技术创新管理、企业战略管理。

$U(U > \frac{1}{2}\beta t_1^2)$; 假设科研单位的利润是收入的固定比例, 设科研单位的利润率为 $r(0 < r < 1)$ 。

2 博弈模型的求解与分析

2.1 科研单位技术创新、企业生产的博弈分析

命题 1: 如果假设 2、假设 4 成立, 则支付价格 $U = \frac{\beta t_1^2}{2(1-r)}$, 科研单位的利润 $\pi_k = rU = \frac{\beta t_1^2}{2(1-r)}$ 。

证明: 由假设 2、假设 4 可知, 科研单位的利润 $\pi_k = U - \frac{1}{2}\beta t_1^2 = rU$, 所以支付价格 $U = \frac{\beta t_1^2}{2(1-r)}$, $\pi_k = rU = \frac{\beta t_1^2}{2(1-r)}$ 。(证毕)

由命题 1 可以看出, 支付价格与科研单位的利润都是产品技术含量的二次函数, 即科研单位创新产品的技术含量越高, 企业需要支付的价格就越高, 科研单位的利润就越高。

将 π_k 对 t_1 求导, 得:

$$\frac{\partial \pi_k}{\partial t_1} = \frac{\beta t_1}{1-r} \quad (1)$$

由式 (1) 可以看出: $\frac{\partial \pi_k}{\partial t_1} > 0$, 所以科研单位的利润 π_k 是 t_1 的增函数。这很容易理解: 只有企业向科研单位购买技术, 科研单位才会获得利润; 对科研单位来说, 创新产品技术含量越高, 企业向科研单位支付的价格越高, 当科研单位的利润率一定时, 科研单位的利润就越大。

命题 2: 若假设 1、假设 3 成立, 则企业的最大利润 $\pi_1^* = (\frac{a-C+kt_1}{2})^2 - \frac{\beta t_1^2}{2(1-r)}$, 最佳产品技术含量 $t_1^* = \frac{k(a-C)}{2\beta - k^2}$ 。

证明: 由假设 1、假设 2、命题 1 可知, 企业的利润 π_1 为:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= q_1 p_1 - q_1 c_1 - \pi_k \\ &= q_1(a - q_1 - C + kt_1) - \frac{\beta t_1^2}{2(1-r)} \end{aligned} \quad (2)$$

将式 (2) 对 t_1 求导, 并令其等于 0:

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = a - 2q_1 - C + kt_1 = 0 \quad (3)$$

由式 (3) 得企业的最优产量 q_1^* :

$$q_1^* = \frac{a - C + kt_1}{2} \quad (4)$$

将式 (4) 代入式 (2), 得企业的最大利润 π_1^* :

$$\begin{aligned} \pi_1^* &= \frac{a - C + kt_1}{2} (a - \frac{a - C + kt_1}{2} - C + kt_1) - \frac{\beta t_1^2}{2(1-r)} \\ &= (\frac{a - C + kt_1}{2})^2 - \frac{\beta t_1^2}{2(1-r)} \end{aligned} \quad (5)$$

将式 (5) 对 t_1 求导, 并令其等于 0:

$$\frac{\partial \pi_1^*}{\partial t_1} = 2 \times \frac{a - C + kt_1}{2} \times \frac{k}{2} - \frac{\beta t_1}{1-r} = 0 \quad (6)$$

因此, 使企业收益最高的最佳产品技术含量为:

$$t_1^* = \frac{k(a - C)(1-r)}{2\beta - (1-r)k^2} = \frac{k(a - C)}{\frac{2\beta}{1-r} - k^2} \quad (7)$$

因 $k > 0, a > C, 1-r > 0, t_1^* > 0$, 所以, $2\beta - (1-r)k^2 > 0$ 。所以, $\frac{\partial^2 \pi_1^*}{\partial t_1^2} = \frac{k^2}{2} - \frac{\beta}{1-r} = \frac{(1-r)k^2 - 2\beta}{2(1-r)} < 0$ 。

因此, 当产品技术含量为 t_1^* 时, 企业的利润为极大值。所以, 科研单位技术创新、企业生产的最佳产品技术含量为:

$$t_1^* = \frac{k(a - C)(1-r)}{2\beta - (1-r)k^2} = \frac{k(a - C)}{\frac{2\beta}{1-r} - k^2} \quad (\text{证毕})$$

由命题 2 可知, 在科研单位技术创新、企业生产的情况下, 技术创新有一定的程度, 技术的提高需要稳步进行, 如果产品技术含量低于或高于 t_1^* , 企业的收益都会下降。

2.2 企业自主技术创新并生产的博弈分析

命题 3: 若假设 1、假设 2、假设 3 成立, 则企业自主技术创新时的最优产量 $q_2^* = \frac{a - C + kt_2}{2}$, 最大利润 $\pi_2^* = (\frac{a - C + kt_2}{2})^2 - \frac{1}{2}\beta t_2^2$, 最佳产品技术含量为 $t_2^* = \frac{k(a - C)}{2\beta - k^2}$ 。

证明: 由假设 1、假设 2、假设 3 可知, 企业自主技术创新所获得的收益 π_2 为:

$$\pi_2 = q_2[p(q_2) - c_2] - \frac{1}{2}\beta t_2^2 \quad (8)$$

将式 (8) 对 t_2 求导, 并令其等于 0, 得企业自主技术创新的最优产量为 q_2^* :

$$q_2^* = \frac{a - C + kt_2}{2} \quad (9)$$

将式 (9) 代入式 (8), 可得企业进行自主技术创新的最大利润 π_2^* :

$$\pi_2^* = (\frac{a - C + kt_2}{2})^2 - \frac{1}{2}\beta t_2^2 \quad (10)$$

将式(10)对 t_2 求导,并令其等于 0:

$$\frac{\partial \pi^*}{\partial t_2} = 2 \times \frac{a - C + kt_2}{2} \times \frac{k}{2} - \beta t_2 = 0. \quad (11)$$

可得企业进行自主技术创新时的最佳产品技术含量 t_2^* :

$$t_2^* = \frac{k(a - C)}{2\beta - k^2}. \quad (\text{证毕})$$

因为 $(1 - r) < 1$, 由命题 2 和命题 3 可知, $t_1^* < t_2^*$, 表明企业自主技术创新的产品技术含量更高, 对技术进步更好, 资源可以更好地转化为技术成果。如果产品技术含量相等, 则企业自主技术创新时企业的利润更大。

3 企业与科研单位合作技术创新的数值分析

3.1 产品技术含量对企业最大利润的影响

设 $a = 200, C = 10, k = 1, \beta = 100, r = 0.2$, 产品技术含量从 0.01 开始, 由命题 2 可得产品技术含量与企业最大利润的关系, 如图 1 所示。

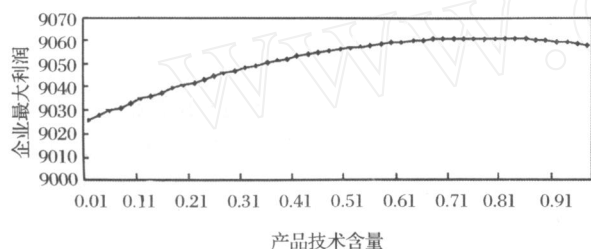


图 1 产品技术含量与企业最大利润的关系图

由图 1 可知, 在产品技术含量较小时, 企业的最大利润随产品技术含量的增加而增加; 但当产品技术含量达到一定程度后, 再增加产品技术含量时, 企业最大利润则开始下降。因此, 在企业的技术创新中存在产品技术含量最佳值, 产品技术含量并非越高越好。

3.2 科研单位利润率对最佳产品技术含量的影响

设 $a = 200, C = 10, k = 1, \beta = 100$, 科研单位的利润率从 0.01 开始, 由命题 2 可得科研单位的利润率与最佳产品技术含量的关系, 如图 2 所示。

由图 2 可以看出, 产品技术含量与科研单位的利润率成反相关关系, 即科研单位的利润率越大, 创新的最佳产品技术含量越低。

3.3 边际技术含量的投入参数对最佳产品技术含量的影响

设 $a = 200, C = 10, k = 1, r = 0.2$, 产品边际技术含量的投入参数 β 从 50 开始, 由命题 2 可得出

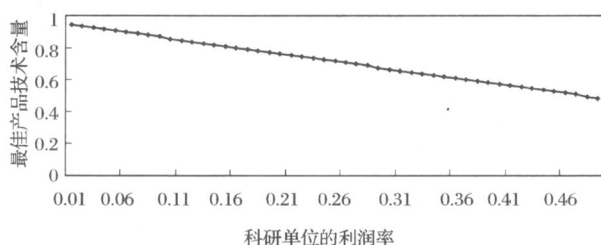


图 2 科研单位的利润率与最佳产品技术含量的关系图

产品边际技术含量的投入参数与最佳产品技术含量的关系, 如图 3 所示。

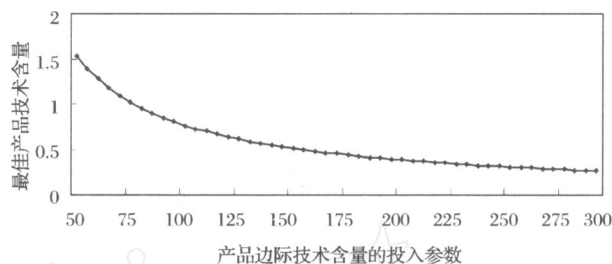


图 3 边际技术含量的投入参数与最佳产品技术含量的关系图

由图 3 可以看出, 最佳产品技术含量与边际技术含量的投入参数呈反相关关系, 即产品边际技术含量的投入参数越大, 最佳产品技术含量就越低。这也说明了如果企业处于产品边际技术含量投入参数很大的行业, 产品含有一定的技术含量, 则其他企业就不容易模仿, 企业就可以实现较长时间的市场垄断, 取得更高的收益。

3.4 单位产品技术含量的成本降低系数对最佳产品技术含量的影响

设 $a = 200, C = 10, \beta = 100, r = 0.2$, 单位产品技术含量的成本降低系数 k 从 0.01 开始, 由命题 2 得出单位产品技术含量的成本降低系数与最佳产品技术含量的关系, 如图 4 所示。

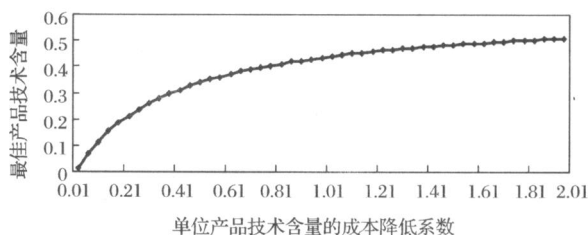


图 4 单位产品成本降低系数与最佳产品技术含量的关系图

由图 4 可以看出, 最佳产品技术含量与单位产品技术含量的成本降低系数呈正相关关系, 即在其他条件不变的情况下, 单位产品技术含量的成本降低系数越大, 创新的最佳产品技术含量也越高。

4 结束语

通过对博弈模型的分析可以发现,企业技术创新的投入并非越高越好,而是存在一个最佳产品技术含量。当产品的技术含量低于此含量时,提高技术创新投入则可以增加企业的利润;当产品的技术含量高于此含量时,如果继续增加创新投入,则企业的利润反而会下降。另外,由于企业自主技术创新能够提高产品技术含量,增大企业利润,因此企业更倾向于自主技术创新;而企业自主技术创新也有助于节约交易费用,更快地将科研成果转化为经济效益。所以,政府应改变以往“对科研单位重点投入、让企业自主经营”的做法,降低对科研单位的科研投入,加大对企业的科研投入,以增强企业的研发能力,尤其是应鼓励大型企业建立自己的科研机构,以促进技术进步,实现社会技术进步的最大化。

参考文献

- [1] D'ASPREMONT C, JACQUEMIN A. Cooperative and non-cooperative R & D in a duopoly with spillover[J]. American Economic Review, 1988, 78: 1133-1137.
- [2] KOTARO S. Cooperative and noncooperative R & D in an oligopoly with spillovers[J]. American Economic Review, 1992, 82(5): 1307-1320.
- [3] ZISS S. Strategic R & D with spillover, collusion and welfare[J]. Journal of Industrial Economics, 1994, 42(4): 375-393.
- [4] 姜林. 企业技术创新开发的博弈分析[J]. 科技与管理, 2002(4): 46-48.
- [5] 李红艳, 熊立, 储雪林, 等. 促进技术成果转化长期合作的重复博弈分析[J]. 运筹与管理, 2005, 14(1): 41-46.
- [6] 万君康, 梅志敏, 彭华涛. 企业技术创新模式选择的博弈分析[J]. 技术管理研究, 2003(4): 39-41.
- [7] 徐臻, 王理平. 技术溢出对创新模式选择的影响[J]. 上海管理科学, 2005(1): 43-45.
- [8] AGLIARI A, GARDINIL, PUU T. The dynamics of a triopoly cournot game[J]. Chaos, Solitons & Fractals, 2000, 11(15): 2531-2560.
- [9] BISCHI G I, MAMMANA C, GARDINI L. Multistability and cyclic attractors in duopoly games[J]. Chaos, Solitons & Fractals, 2000, 11(4): 543-564.
- [10] BISCHI G I, LAMANTIA F. Nonlinear duopoly games with positive cost externalities due to spillover effects[J]. Chaos, Solitons & Fractals, 2002, 13(4): 701-721.
- [11] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海三联书店, 1996.
- [12] 潘淑清. 技术溢出情况下寡头垄断企业合作创新效率的博弈分析[J]. 商业研究, 2005(9): 71-74.

Game Analysis on Technological Innovation under Fixed Payment Pattern

Guo Sandang, Liu Fang, Liu Bin, Wang Wenliang

(College of Information & Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: This paper constructs the income function and the game model based on cooperative technological innovation of enterprises and scientific research units, and contrasts the cooperative technological innovation of enterprises and scientific research units with the independent technological innovation of enterprises. The result shows that, there exists the best technological content of production in technological innovation rather than the technological content of production is the higher the better; the benefit of technological innovation based on enterprises' independent technological innovation is higher than that based on the cooperative technological innovation of enterprises and scientific research units. Therefore, enterprises should not blindly expand innovation investment, and government should reduce the input for scientific research units and enhance the capability of research and development of enterprises. Finally, a case study is made to verify this model.

Key words: technological innovation; game; best technological content of production