同类异质产品三方古诺模型的拓展与应用

王玉灵 陈 娟

(北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100191)

摘 要: 运用过程创新基准效益的概念和异质产品寡占模型的分析方法, 将双寡头古诺模型扩展到同类异质产品竞争的三方寡占的古诺模型. 研究了过程创新的博弈过程, 得到满足私人效益最优的投资水平与满足社会效益最优的投资水平并指明了求解过程. 两种最优化过程具有密切联系. 将模仿创新者的模仿吸收能力识别为除技术领先者和模仿者之间的技术势差外又| 影响模仿创新的因素. 探讨了纯技术溢出并在修正原有学习模型的基础上建立了基于学习动力和学习能力双因素的学习模型. 建立过程创新的古诺模型和学习模型都将把原有模型拓展到更符合大多数产业竞争和制造与创新过程的现实情况.

关 键 词: 古诺模型; 寡占; 过程创新

中图分类号: TB 114. 2

文献标识码: A 文章编号: 1001-5965(2009) 10-1273-05

Cournot oligopoly and its application: an extension to heterogeneous products with three participants

Wang Yuling Chen Juan

(School of Economics and Management, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: The concept on benchmark benefit of process innovation and the method of analyzing on oligopoly competition model with heterogeneous products were applied to extend the original study of two participants to the case of three participants in Cournot oligopoly. The gaming process of innovation was researched. Both the innovation level maximizing private profit and that maximizing social profit were brought out and the solving process was given. The main characteristics of the two optimizing process have undeniable connections. The innovation follower's absorbing capacity was recognized as another factor influencing the imitated innovation, besides the knowledge distance between the innovation leader and its follower. The pure knowledge spillover was studied and absorbing capability was brought to help found another study model based on both study force and study capacity. Both the process innovation's Cournot model and the innovation's study model can extend the original models to real competition in most industries and manufacturing & innovation reality.

Key words: Cournot model; oligopoly; process innovation

寡头市场是一种普遍存在的市场结构形式, 其最简单的情况是双寡头市场, 即整个行业为两家厂商所控制. Cournot双寡头模型就是刻画这一市场结构的一个最经典模型. 早期的 Cournot模型是静态完全信息非合作博弈模型, 它的构建包含了许多偏离实际的假设条件. 多年来国内外学者不断改进模型的适用性, 重点集中在 3个方面: ①从静态拓展为动态, 这是基于厂商间的行为通常并不同步的考虑; ②从完全信息拓展为不完全信息; ③考虑产品的差异化. 同质产品的双寡头 Cournot动态博弈, 即 Stackelberg模型已经得到比较充分的研究, 不完全信息 Cournot均衡也可以借助期望效益分析. 近年来一些学者开始研究产品差异化的 Cournot均衡问题, 主要是用替代因子这一变量刻画同一行业中两种产品之间的需求替代性, 并同时考虑不同产品之间的成本差

收稿日期: 2008-11-30

作者简介: 王玉灵(1964-), 男, 内蒙古准格尔旗人, 副教授, yulwang@buaa.edu.cn

异[1-3]; 文献[4]提出了处理同类异质产品之间竞争的纵向差异模型; 而文献[5]在同类异质产品的分析框架下, 研究了包括 Cournot模型在内的市场竞争中厂商效益和行业特征; 文献[6]在同类异质产品竞争下比较了 Cournot和 Bertrand模型对过程创新和产品创新的激励作用; 文献[7]提出了综合经典文献[8-9]中对立观点的看法: 垄断竞争才是最能促进创新的市场结构, 竞争使创新成为必要的活动, 并决定了创新的强度. 关于寡头垄断对创新影响的研究所涉及内容比较丰富, 如文献[10]指出基于数量竞争的 Cournot模型比基于价格竞争的 Bertrand模型更有利于技术创新; 文献[11]研究了 Cournot寡占并将其与 Bertrand寡占比较; 文献[12]在 Cournot双头寡占的竞争中比较了厂商独立进行过程创新和结盟合作创新; 文献[13]在替代品和新产品研发的环境下比较了 Cournot均衡和 Bertrand均衡; 另一方面的研究则将双寡头古诺竞争扩展到三寡头古诺竞争[14-18]; 文献[19-20]研究了双寡头 Cournot竞争对同类异质产品过程创新的影响. 本文沿用其关于创新的基准收益概念和对私人收益和社会收益的数学分析方法, 不同之处在于: 其一, 将双寡头竞争模型扩展到三方寡占的古诺模型. 在经济全球化的背景下, 即便是武器装备和飞机制造这样的行业, 参与竞争的厂商也并不仅仅限于两个. 随着参与竞争厂商数量的增加, 厂商间技术创新的策略形式更为多样, 厂商的创新收益和最优选择也随之呈现更为复杂的特征; 因此, 研究同类异质产品的三方博弈与其在技术创新分析中的应用, 目的在于探索多方博弈的规律和拓展的可行性. 其二, 通过研究模仿创新的纯知识溢出效应, 修正了原有基于动力方程的学习模型.

1 同类异质产品三方 Cournot模型

文献[6]以直观的形式提出解决分析异质产品需求的纵向差异模型. 沿用该文献的分析思路与假设, 用 $i(i\in\{H, M, L\})$表示生产商生产的异质产品(H, M 和 L 分别表示高质量产品、中等质量产品和低质量产品); 产品 i的产量、价格和单位成本分别为 y_i, p_i和 c_i. 相应的生产商利润为 $\Pi_i(p_i, c_i)$. 假设最终消费群体由相同收入的 N 个消费者组成, 每个消费者在既定的收入水平下用于购买 H, M 或 L产品的最大支出用 E 表示, 但不同消费者对同一产品有不同的品味参数值 θ, 每一个消费者最多买一个单位的产品. 如果消费者不买产品, 他的效用等于 E; 如果具有参数 θ的消费者以价格 p 购买一个单位的质量为 k 的商品, 他的效用等于 $E-p+\theta k$; 参数 θ均匀分布在 $(0, 1)$区间. 用 k_H, k_M, k_L 分别表示产品 H, M 和 L 的质量, 并设 $k_H>k_M>k_L>0$, θ_L 是在不购买任何产品与购买低质量产品之间效用无差异的购买方的品味因子, $\theta_L=p_L/k_L$; θ_M 是在购买低质量产品和中等质量产品之间效用无差异的品味因子, $\theta_M=(p_M-p_L)/(k_M-k_L)$; θ_H 是在购买中等质量产品和高质量产品之间效用无差异的品味因子, $\theta_H=(p_H-p_M)/(k_H-k_M)$. 据此可建立 3种产品的需求函数, 即

$$y_H(p_H, p_M, p_L)=(1-\theta_H)N=\left(1-\frac{p_H-p_M}{k_H-k_M}\right)N \tag{1}$$

$$y_M(p_H, p_M, p_L)=(\theta_H-\theta_M)N=\left(\frac{p_H-p_M}{k_H-k_M}-\frac{p_M-p_L}{k_M-k_L}\right)N \tag{2}$$

$$y_L(p_H, p_M, p_L)=(\theta_M-\theta_L)N=\left(\frac{p_M-p_L}{k_M-k_L}-\frac{p_L}{k_L}\right)N \tag{3}$$

显然, 3种同类异质产品维持寡占竞争的条件是它们均以其成本价出售时, 3种产品的需求量均为正值, 即当且仅当满足以下条件:

$$1>\frac{c_H-c_M}{k_H-k_M}>\frac{c_M-c_L}{k_M-k_L}>\frac{c_L}{k_L}>0 \tag{4}$$

由此可得 $c_H>c_M>c_L$, 并假设 c_H, c_M, c_L 只受技术影响而不随生产规模变化. 联立式(1)~式(3)可解得:

$$\begin{cases}y_Hk_H+y_Mk_M+y_Lk_L=N(k_H-p_H)\\ y_Hk_M+y_Mk_M+y_Lk_L=N(k_M-p_M)\\ y_Hk_L+y_Mk_L+y_Lk_L=N(k_L-p_L)\end{cases}$$

用行列式表述的 Cournot-Nash均衡产量为

$$y_H^*=ND_3^{y_H}/D_3 \tag{5}$$

$$y_M^*=ND_3^{y_M}/D_3 \tag{6}$$

$$y_L^*=ND_3^{y_L}/D_3 \tag{7}$$

式中

$$D_3=\begin{vmatrix}2k_H & k_M & k_L\\ k_M & 2k_M & k_L\\ k_L & k_L & 2k_L\end{vmatrix}\quad D_3^{y_H}=\begin{vmatrix}k_H-c_H & k_M & k_L\\ k_M-c_M & 2k_M & k_L\\ k_L-c_L & k_L & 2k_L\end{vmatrix}$$

$$D_3^{y_M}=\begin{vmatrix}2k_H & k_H-c_H & k_L\\ k_M & k_M-c_M & k_L\\ k_L & k_L-c_L & 2k_L\end{vmatrix}$$

$$D_3^{y_L}=\begin{vmatrix}2k_H & k_M & k_H-c_H\\ k_M & 2k_M & k_M-c_M\\ k_L & k_L & k_L-c_L\end{vmatrix}$$

均衡时 3个生产商的均衡利润为

$$\Pi_H^*(y_H, y_M, y_L) = y_H^*(p_H^* - c_H) = \frac{k_H}{N}(y_H^*)^2 \quad (8)$$

$$\Pi_M^*(y_H, y_M, y_L) = y_M^*(p_M^* - c_M) = \frac{k_M}{N}(y_M^*)^2 \quad (9)$$

$$\Pi_L^*(y_H, y_M, y_L) = y_L^*(p_L^* - c_L) = \frac{k_L}{N}(y_L^*)^2 \quad (10)$$

2　模型在过程创新中的应用

实施差异化是厂商寻求竞争优势的常用战略, 不论是成本差异还是质量差异, 很大程度上是源于技术的差异, 技术的不断进步也在不断地打破原有的均衡. 上述模型的拓展为创新决策提供了分析方法. 将厂商为降低产品成本而实施的技术创新投入记为 U_i, $i \in \{H, M, L\}$, 假设生产商通过过程创新, 单位产品的成本从 c_i 减至 c_i', 降低量为 Δc_i.

显然, U_i是 Δc_i的函数. 根据过程创新的内在特征, 建立如下的过程创新投入函数:

$$U_i(\Delta c_i) = u_i \times (\Delta c_i)^2 \qquad i \in \{H, M, L\} \quad (11)$$

式中 u_i表示当 $\Delta c_i = 1$时的过程创新投入.

本文将进一步研究同类异质产品三方博弈古诺模型在技术创新决策中的应用, 并分 3种情况研究企业技术创新对竞争者和社会的收益影响.

1) 3个厂商仅有 1家进行创新

考虑策略集 {高质量生产商进行创新, 中等质量和低质量生产商不进行创新}. 根据上节的均衡利润函数, 得高质量生产商进行过程创新后的利润如下:

$$\Pi_H^{*\prime}(y_H, y_M, y_L) = y_H'(p_H' - c_H) - U_H = \frac{k_H}{N}(y_H')^2 - u_H \times (\Delta q_H)^2 \quad (12)$$

其中

$$y_H' = N \begin{vmatrix} k_H - (c_H - \Delta q_H) & k_M & k_L \\ k_M - c_M & 2k_M & k_L \\ k_L - c_L & k_L & 2k_L \end{vmatrix} \Big\backslash D_3 \quad (13)$$

该生产商通过过程创新得到的创新效益, 即创新前后利润的改变量为

$$\Delta\Pi_H^*(y_H, y_M, y_L) = \Pi_H^{*\prime}(y_H, y_M, y_L) - \Pi_H^*(y_H, y_M, y_L) \quad (14)$$

令 $\Delta\Pi_H^*$ 对 Δq_H 的二阶导数小于 0, 得到

$$u_H > N k_H (A_{11})^2 / (D_3)^2 \quad (15)$$

式中, A_{11}是行列式 D_3 第 1行第 1列元素的余子式 (下文中的 A_{ij}具有相同的规律, A_{ij}是行列式 D_3 中第 i行第 j列元素的余子式), 即

$$A_{11} = \begin{vmatrix} 1 & k_M & k_L \\ 0 & 2k_M & k_L \\ 0 & k_L & 2k_L \end{vmatrix}$$

令 $N k_H (A_{11})^2 / (D_3)^2 = u_{H_0}$, 在式 (15)满足的条件下, 令 $\Delta\Pi_H^*$对 Δq_H 的一阶导数为 0, 得到使高质量厂商技术创新私人收益最大的可降成本为

$$\Delta q_H^* = N k_H \frac{D_3^{y_H} A_{11}}{u_H (D_3)^2 - N k_H (A_{11})^2} = \frac{N k_H D_3^{y_H} A_{11}}{(u_H - u_{H_0})(D_3)^2} \quad (16)$$

高质量生产商的过程创新不仅影响其自身的最优生产量, 从而影响其自身的利润, 同时还会影响其它产品的产量, 从而影响其它生产商的利润.

高质量企业过程创新的社会效益即为 3个生产商的创新前后利润改变量之和:

$$\Delta\Pi^* = \Delta\Pi_H^* + \Delta\Pi_M^* + \Delta\Pi_L^* = \left[\frac{k_H}{N}(y_H^{*\prime})^2 - u_H \times (\Delta q_H)^2 - \frac{k_H}{N}(y_H^*)^2\right] + \left[\frac{k_M}{N}(y_M^{*\prime})^2 - \frac{k_M}{N}(y_M^*)^2\right] + \left[\frac{k_L}{N}(y_L^{*\prime})^2 - \frac{k_L}{N}(y_L^*)^2\right] \quad (17)$$

类似地, 有

$$y_M^{*\prime} = N \begin{vmatrix} 2k_H & k_H - (c_H - \Delta q_H) & k_L \\ k_M & k_M - c_M & k_L \\ k_L & k_L - c_L & 2k_L \end{vmatrix} \Big\backslash D_3 \quad (18)$$

$$y_L^{*\prime} = N \begin{vmatrix} 2k_H & k_M & k_H - (c_H - \Delta q_H) \\ k_M & 2k_M & k_M - c_M \\ k_L & k_L & k_L - c_L \end{vmatrix} \Big\backslash D_3 \quad (19)$$

与分析高质量生产商私人效益相类似, 分别求式 (17)的一阶和二阶导数. 由二阶导数小于 0可得:

$$u_H > N \times \frac{k_H (A_{11})^2 + k_M (A_{12})^2 + k_L (A_{13})^2}{(D_3)^2} \quad (20)$$

将 $N \times \dfrac{k_H (A_{11})^2 + k_M (A_{12})^2 + k_L (A_{13})^2}{(D_3)^2}$记为 $\overline{u_{H_0}}$.

在满足上述条件的前提下, 令一阶导数为 0, 得到社会效益最大时的最优可降成本:

$$\overline{\Delta q_H^*} = \frac{N(k_H D_3^{y_H} A_{11} + k_M D_3^{y_M} A_{12} + k_L D_3^{y_L} A_{13})}{(u_H - \overline{u_{H_0}})(D_3)^2} \quad (21)$$

在满足纵向差异的条件下, 即满足条件式(4), 在共同的可行区间上, 即在($\max(u_{H_0}, \overline{u_{H_0}}), +\infty$)的区域内参照文献[21]的方法, 可以比较 $\overline{\Delta q_H^*}$ 和 Δq_H^* 的大小. 对于2个竞争参与人的情况, 可以得出解析解; 当参与人数增加时, 确定解析解复杂且困难, 可采取数值计算的方法进行. 采用行列式的表述方法是为了揭示多参与人竞争条件下的规律性, 并便于编程; 本文研究三方博弈, 只是为了简化表述.

2) 3个厂商都创新的静态博弈

在此条件下, 3个厂商的创新效益分别为

$$\Delta\Pi_H^* = \frac{k_H}{N}(y_H^{*\prime})^2 - \frac{k_H}{N}(y_H^*)^2 - u_H \times (\Delta q_H)^2 \tag{22}$$

$$\Delta\Pi_M^* = \frac{k_M}{N}(y_M^{*\prime})^2 - \frac{k_M}{N}(y_M^*)^2 - u_M \times (\Delta q_M)^2 \tag{23}$$

$$\Delta\Pi_L^* = \frac{k_L}{N}(y_L^{*\prime})^2 - \frac{k_L}{N}(y_L^*)^2 - u_L \times (\Delta c_L)^2 \tag{24}$$

按照 Cournot-Nash 均衡求解方法, 在3个厂商同时创新情况下, 各厂商最优可降成本分别为

$$\Delta q_H^* = \frac{N k_H (D_3^{y_H} + \Delta q_H A_{12} + \Delta c_L A_{13}) A_{11}}{u_H (D_3)^2 - N k_H (A_{11})^2} \tag{25}$$

$$\Delta q_M^* = \frac{N k_M (D_3^{y_M} + \Delta q_H A_{21} + \Delta c_L A_{23}) A_{22}}{u_M (D_3)^2 - N k_M (A_{22})^2} \tag{26}$$

$$\Delta c_L^* = \frac{N k_L (D_3^{y_L} + \Delta q_H A_{31} + \Delta q_M A_{32}) A_{33}}{u_L (D_3)^2 - N k_L (A_{33})^2} \tag{27}$$

显然, 当 Δq_M 和 Δc_L 均为0时, 3个厂商同时创新的 Δq_H^* 退化为高质量厂商单独创新的 Δq_H^*, 即可将情况1)视为情况2)的特例.

3) 3个厂商都创新的动态博弈

(高质量生产商创新, 中等质量和低质量生产商模仿其创新)是一种常见模式. 技术创新动态博弈的特殊性源于创新的纯知识溢出特征, 即创新学习可以改变生产商的知识存量, 从而改变过程创新时的单位投入 u_i. 文献[21]认为低质量厂商的学习速度与厂商间持有技术的差距(技术势差)正相关, 用动力学方程建立了模仿创新厂商的学习模型:

$$T_{L_{\text{old}}} = T_H + \mathrm{e}^{-\alpha r t}(T_L^0 - T_H) \tag{28}$$

其中, $(T_L^0 - T_H)$是模仿创新的生产商的初始技术水平与自主创新的生产商的技术水平之间的差距(技术势差); α 代表除去技术势差外的其它影响因素, $0<\alpha<1$; t 是时间变量; r 是模仿者进行学习的投入(成本)水平, $0<r<1$.

事实上, 模仿创新厂商的学习速度(用其知识存量的变化速度 $\mathrm{d}T_L/\mathrm{d}t$ 表示), 还取决于其既有知识存量水平, 即将文献[21]的 $\mathrm{d}T_L/\mathrm{d}t = r\alpha(T_H - T_L)$ 修正为 $\mathrm{d}T_L/\mathrm{d}t = r\alpha(T_H - T_L)T_L$. 修正后的模仿创新厂商学习模型为

$$T_{L_{\text{new}}} = T_H / [1 - \mathrm{e}^{-\alpha r t} / T_H (T_L^0 - T_H) / T_L^0] \tag{29}$$

进一步考虑技术衰减, 记技术衰减率为 ρ, 可得模仿创新绩效(表示为创新前后技术存量的差值):

$$\Delta T_{L_{\text{new}}} = (1-\rho)^t \{T_H / [1 - \mathrm{e}^{-\alpha r t} / T_H (T_L^0 - T_H) / T_L^0] - T_L^0\} \tag{30}$$

文献[21]中, 与式(30)相对应的模型为

$$\Delta T_{L_{\text{old}}} = (1-\rho)^t (T_H - T_L^0)(1 - \mathrm{e}^{r\alpha t}) \tag{31}$$

为了更直观地体现2个模型的差异以及不同模型参数对它们的影响特征, 分别对几组参数赋值, 运用 MATLAB 软件作出曲线图(见图1~图3). 鉴于专利保护期为20年, 分析的时段均取0~20年.

① 令 αr 分别取0.9, 0.7, 0.5, 作出曲线如图1. 考虑技术衰减因素后, 学习曲线不再呈现单纯的S型形态. 在技术创新学习的初始年份, 因为学习效应强于衰减效应, 所以学习绩效上升较快; 当其到达峰值后, 由于衰减效应强于学习效应, 学习绩效开始下降, 但比其上升过程较为和缓; 直到最后学习绩效稳定在某一水平上. αr 取值越小, 学习曲线到达峰值的年限越晚, 且峰值越小, 这体现了模仿创新的素质水平与创新努力对其实施技术创新的决策与收益的影响.

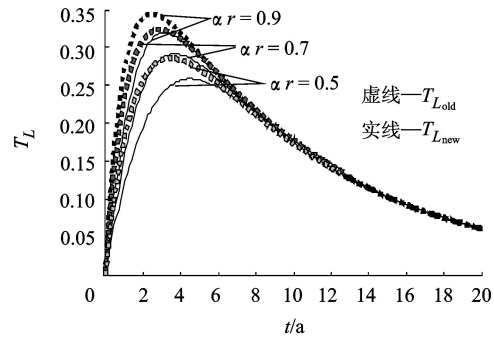


图1 参数 αr 的不同取值对 $T_{L_{new}}$ 和 $T_{L_{old}}$ 的影响

② 令 ρ 分别为0.1, 0.2, 0.3, 作出新模型和原模型的曲线如图2. 尽管新模型与原模型的学习曲线形状相近, 但仍存在较为明显的区别: 在新模型中, 峰值到达的时间延后, 且峰值减小.

③ 保持其它参数不变, 令 (T_H, T_L^0) 取值分别为(1, 0.5), (1, 0.8), (0.7, 0.5), 作出曲线如图3. 图3表明, 技术势差越大, 曲线到达峰值的年限越晚; 当技术势差相同时, 模仿者的技术基础越差, 曲线到达峰值的年限越晚.

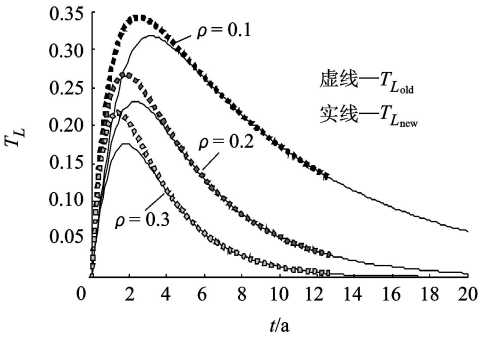


图 2　参数 ρ的不同取值对 $T_{L_{new}}$和 $T_{L_{old}}$的影响

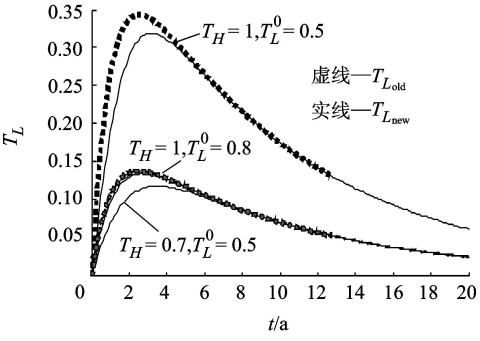


图 3　参数 (T_H, T_L^0)的不同取值对 $T_{L_{new}}$和 $T_{L_{old}}$的影响

3 结　论

采用纵向差异模型可将同类异质产品的双寡头模型拓展到多方博弈的情况. 在 Cournot寡占竞争下生产同类异质产品的生产商在不同策略下的过程创新决策具有不同特征和相关联系, 当创新投入达到某一水平后, 基于私人效益最大化的创新决策可近似达到公共效益的最大化. 这为如何通过调整生产商内部的创新因素和外部市场的竞争因素来促成创新效益的最优提供了一个思路. 同时, 将同质产品的寡占竞争拓展到同类异质产品的竞争, 将市场竞争和创新博弈参与人由两方拓展到多方, 将创新模仿者的吸收能力引入生产商的学习方程, 都是将问题从理想环境向客观实际进行推进的尝试.

参考文献 (**References**)

[1] Häckner J. A note on price and quantity competition in differentiated oligopolies [J]. Journal of Economic Theory, 2000, 93: 233–239

[2] Rosenkranz S. Simultaneous choice of process and product innovation[M]. Berlin: Wissenschaftszentrum, 1995

[3] Bonanno G, Haworth B. Intensity of competition and the choice between product and process innovation [J]. International Journal of Industrial Organization, 1998, 16: 495–510

[4] Mussa M, Rosen S. Monopoly and product quality [J]. Journal of Economic Theory, 1978, 18: 301–317

[5] Lenox M J, Rocket S F, Lewin A Y. Interdependency, competition, and the distribution of manufacturer and industry profits [J]. Management Science, 2006, 52(5): 757–772

[6] Lin P, Saggi K. Product differentiation, process R&D, and the nature of market competition [J]. European Economic Review, 2002(46): 201–211

[7] Kamien M, Schwartz N. Market structure and innovation [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1982

[8] Schumpeter J A. Capitalism, socialism and democracy [M]. New York: Harper, 1942

[9] Arrow K. Economic welfare and the allocation of resources for inventions [C] //Nelson R. The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton: Princeton University Press, 1962: 609–626

[10] Qiu L D. On the dynamic efficiency of Bertrand and Cournot equilibria [J]. Journal of Economic Theory, 1997, 75: 213–229

[11] Yi S S. Market structure and incentives to innovate: the case of Cournot oligopoly [J]. Economics Letters, 1999, 65: 379–388

[12] Cellini R, Lambertini L. Dynamic R&D with spillovers: Competition vs cooperation [J]. Journal of Economic Dynamics & Control, 2009, 33: 568–582

[13] Symeonidis G. Comparing Cournot and Bertrand equilibria in a differentiated duopoly with product R&D [J]. International Journal of Industrial Organization, 2003, 21: 39–55

[14] Agiza H N, Bischi G I, Kopel M. Multistability in a dynamic Cournot game with three oligopolists [J]. Mathematics and Computers in Simulation, 1999, 51: 63–90

[15] Puu T. Chaos in duopoly pricing [J]. Chaos, Solitons & Fractals, 1992, 1: 573–581

[16] Puu T. Complex dynamics with three oligopolists [J]. Chaos, Solitons & Fractals, 1996, 7: 2075–2081

[17] 江海峰. 三寡头企业行为的博弈分析 [J]. 安徽工业大学学报:自然科学版, 2005, 22(3): 303–306
Jiang Haifeng. Game analysis for the action of oligarchic enterprise [J]. Journal of Anhui University of Technology, 2005, 22(3): 303–306 (in Chinese)

[18] 徐晋, 廖刚, 陈宏民. 多寡头古诺竞争与斯塔尔博格竞争的对比研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2006, 2: 49–54
Xu Jin, Liao Gang, Chen Hongmin. Comparative study on multi-Cournot competition model and multi-Stackelberg competition model [J]. System Engineering-Theory & Practice, 2006, 2: 49–54 (in Chinese)

[19] 王玉灵, 张世英. 过程创新基准效益分析 [J]. 系统工程学报, 2003, 18: 356–362
Wang Yuling, Zhang Shiying. Analyzing on benchmark benefit of process innovation [J]. Journal of Systems Engineering, 2003, 18: 356–362 (in Chinese)

[20] 王玉灵, 张世英. 技术创新溢出机制的研究与建模 [J]. 系统工程理论方法应用, 2001, 10(4): 337–341
Wang Yuling, Zhang Shiying. Studying and modeling on mechanism of technology innovation effects spillover [J]. Systems Engineering-Theory Methodology Application, 2001, 10(4): 337–341 (in Chinese)

[21] Hur K J, Watanabe C. Unintentional technique spillover between two sectors: kinetic approach [J]. Technovation, 2001, 21: 227–235

(编　辑: 文丽芳)