文章编号:1000-6788(2006)11-0008-09

FDI 压力下的企业 R&D 支出规律:内生序贯博弈及其演进

张化尧[1] ,史小坤[2]
(1. 浙江工业大学 经贸管理学院,杭州　310032; 2. 浙江工商大学 金融学院,杭州　310035)

摘要: 借用博弈论的分析工具,解释在 FDI 压力下一方面国内企业接受来自于跨国公司的技术外溢,另一方面却有规律增加 R&D 支出的现象. 研究首先以 A&J (1988) 对称 R&D/产品问题模型为基础,结合现实情况建立非对称模型,通过对模型的分析,证明内生序贯博弈是双方的理性选择,并进一步分析解释随着产业的演变,内生序贯博弈中双方的 R&D 支出演变规律.

关键词: 外溢;差异化;技术创新
中图分类号: F124.3　　**文献标志码**: A

Private R&D Investment under the Pressure of FDI: Asymmetric Endogenous Sequential Game and Its Evolution

ZHANG Hua-yao[1] , SHI Xiao-kun[2]
(1. College of Business and Administration, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China; 2. School of Finance, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035, China)

Abstract: This paper tends to explain the asymmetric R&D phenomenon with the tool of Game Theory. The conflicting facts are domestic enterprises receiving R&D spillovers from multinational enterprises in one hand while increase their own R&D investment regularly. This research, based on the symmetric R&D/product model of A&J (1988), build an asymmetric model according to reality. Analyzing with game theory, the model proved that endogenous sequential game is the rational choice of both sides. This research also explained the behavior of both sides in the game with the evolution of the industry, which is mainly represented with a decreasing spillover rate.

Key words: spillovers; differentiation; technological innovation

1　引言

据调查,世界 500 强中除少部分公司因为中国限制外资进入某些行业而不能在中国投资外,几乎都在华进行了投资. 除了资产规模和销售额所反映出来的企业实力差距能引起人们的注意之外,企业的创新能力差距也是不容忽视的. 一致的观点认为,创新能力关系企业成败,在企业生存和发展中的作用越来越重要,在这方面国内企业和世界 500 强的差距也是巨大的,而且创新投入流量也相差悬殊[1]. 应该说 R&D 支出的悬殊差距除了增大创新能力差距之外,还会导致产品竞争力差距,进一步导致企业实力的差距,但是实证结果并非如此,采用国际通用的研究规范,以中国 20 世纪 90 年代(邓小平南巡以后)各省的官方统计数据进行的研究结果显示: FDI 对于本国公司的技术外溢是明显的,只是空间和行业结构不统一

收稿日期:2005-04-07
资助项目:国家社会科学基金(05BJY032)

作者简介:张化尧 (1971 -),男(汉),山东济南人,管理学博士,研究方向为组织经济与创新;史小坤 (1970 -),女(汉),陕西西安人,应用经济学博士.

[1] 目前,世界 500 强占有世界上国际技术转让约 62 %的份额,而且在全球每年产生的新技术和新工艺中,约 71 %以上为世界 500 强所拥有(2002 年调查数据). 从企业 R&D 支出来看,2000 年中国大、中、小企业 R&D 支出占销售额的比重均不足 1 %,而同期发达国家为 5 %～20 %,世界 500 强企业 R&D 支出占销售收入的 8 %～11 %,即使是我国 100 强的企业,其 R&D 支出和世界 500 强的绝对差距也有数十倍之多.

(CHEUNG, LIN, 2004) ,他们的研究从宏观上可以令人信服地告诉人们:并不因为跨国公司的研发投入普遍高于国内企业就使国内企业在整体上处于竞争的劣势. 何洁、许罗丹 (1999) 借鉴 Feder(1982) 的计量方法也从宏观层次给予了肯定性的验证,他们利用生产函数建立回归方程,得出结论:外国直接投资带来的技术水平每提高 1 个百分点,我国内资工业企业的技术外溢作用 (即产量的增加) 就提高 2.3 个百分点. 可以从以上的研究得出跨国公司的技术外溢导致了国内企业的竞争力提高,但问题是国内企业并不仅仅是坐享外溢之利,研发经费一直呈上升趋势,新华社 2004 年 4 月 5 日的报导显示国内企业 R&D 支出占销售额比例从 1990 年的不足 0.4 %持续稳定长到了 2003 的 1.3 %左右,而与我国 R&D 投入增长趋势成鲜明对照, 以七国集团为代表的发达国家的统计数据并不体现这一规律,它们的整体统计数据是几乎看不出上升的趋势的. 这个对比可以说明随跨国公司的大规模到来,国内企业在获得技术外溢的同时也逐渐增加 R&D 支出.

以上的现象仅仅靠实证研究是很难给出满意的答案的,即实证研究不能解释为什么国内企业获得外溢还要增加 R&D 支出,承担额外成本;也不能解释国内企业知道 R&D 支出可以增加企业的创新能力和产品竞争力,不一次性的提高支出比例,而是有规律的逐渐提高. 近几年采用博弈论的思路和方法研究 R&D/产品问题,从市场规律看这一问题获得了新的突破. 在研究有两个参与方的博弈问题中出现了一种倾向,认为双方的博弈应该建立在双方博弈前的序列决策基础上(R. Amir, Grilo, 1996) ,换言之,即是采取同步博弈还是序贯博弈以及博弈中的领导者角色分配,应该是内生的 (Hamilton, Slutsky, 1990) 这一极具创造性的做法是在基本博弈之前加上一个前期博弈阶段,在这一阶段,双方独立同时决定在基本博弈中是先行动还是后行动,接下来的基本博弈以双方的选择而定,如果双方都选择先或后行动,则基本博弈是同步的,如果双方在第一阶段的选择不同,则形成序贯博弈,博弈的角色分配就按双方的选择而定,这就在基础博弈的基础上引入了内生序贯. M. Amir、R. Amir 和 Jim(2000) 的模型就在 A&J 模型(d 'Aspremont 和 Jacquemin,1988) 的静态分析基础上进行了序贯化,这一做法的优点是避免了不稳定的 Cournot-Nash 均衡(即静态的 Nash 均衡并非双方的最优选择) 的误区,实现进一步的优化选择,同时又能更好地解释双方行为的理性. 本文将在 A&J 模型中引入 Dixon(1995) 的社会演进与学习(Social evolution and learning) 的分析思路,以 M. Amir、R. Amir 和 Jim(2000) 的研究为基础解释这种 R&D 支出不对称并向着对称方向演变的市场内在规律. 第二节建立非对称的 R&D/产品二阶段模型,第三节分析证明序贯博弈的内生性并讨论在内生序贯博弈条件下 R&D 投入的演进规律,最后是本文的结论.

2　模型

2.1　产品市场

考虑有两个公司 D 和 M 构成的产业,两个公司由于管理效率、人员雇佣、材料采购途径甚至政府优惠政策等的差异,存在着不同的边际生产成本,分别为 c_d 和 c_m. 两个公司分别面临着如下的需求函数:

$$P_d = a - q_d - b_d q_m \text{和} P_m = a - q_m - b_m q_d \tag{1}$$

$$P_i : R_+^2 \to R_+ ;\ b_i \in [0,1], (i = d, m)$$

价格对于产量的交叉效应 $\partial P_i / \partial q_j = b_i (i, j = d, m)$ 表示两种产品的相互替代性,因为具有可替代型,所以一方的产量对另一方的价格存在影响,当 $b_d = b_m$ 时,表示一个对称的需求系统,即双方的产品相互替代性相同. 当 $b_d = b_m = 1$ 时,表示两种产品为同质产品,因此具有完全替代性;当 $b_d = b_m = 0$ 时,表明是两种不同的产品,不具有替代性;当 $b_i \in (0,1)$ 的,表示不完全替代的情况. 因此,随着 b_i 由 0 趋向于 1,表示着二家企业由完全垄断向双寡头垄断的逐渐过渡.

2.2　R&D

在由 R&D 投入向成本节约的映射中,存在两种方式,R&D 投入外溢和 R&D 产出外溢,即以 R&D 投入

的形式(Spence ,1984 , KMZ ,1992) 和与知识创造相关的知识外溢(A&J ,1988) 两种映射方式存在[2]. 虽然这两种形式存在差异,但本质上是相同的,即成本降低函数都满足增函数和凸函数特性.

根据 A&J 模型的假设,R&D 投入具有确定性特性,即一定量的 R&D 投入必然导致确定的成本降低,描述如下:公司 i,$(i = d, m)$ 成本降低若为 x_i,$(0 < x_i < c_i)$,则需要 $f_i(x_i)$ 的 R&D 支出,$f_i(x_i)$,$(i = d, m)$,不同,表示双方的效率存在差异. 然而由于技术外溢的存在,并且这种外溢因为技术先进性的原因是单向的,因此,如果 D 和 M 的导致成本降低的 R&D 产出分别为 x_d 和 x_m,则导致成本降低的有效 R&D 产出应分别为;$X_d = x_d + \beta \cdot x_m$;$X_m = x_m$,其中 β 是指技术由 M 向 D 的外溢率.

2.3 R&D/产品博弈

同时行动的两阶段 R&D/产品基本博弈 G 的第一阶段,公司 i,$(i = d, m)$ 在 $[0, c_i)$ 区间内部选择成本降低,第二阶段双方以新的边际成本进行 Cournot 竞争. 公司 i,$(i = d, m)$ 的战略是操作变量对 (x_i, q_i),其中 $x_i \in [0, c_i)$,$q_i: [0, c_d) \times [0, c_m) \to R_+$ 是从单位成本到产出的映射. 公司 i 的支付是第二阶段的 Cournot 利润减去第一阶段的 R&D 支出. 边际成本分别为 K_1 和 K_2 的两家进行 Cournot 竞争,所得的均衡产出和利润分别为:

$$q_1^*(K_1, K_2) = \frac{a(2 - b_1) - 2K_1 + b_1 K_2}{4 - b_1 b_2} \text{ 和 } q_2^*(K_1, K_2) = \frac{a(2 - b_2) - 2K_2 + b_2 K_1}{4 - b_1 b_2} \tag{2}$$

$$\pi_i^*(K_1, K_2) = q_i^{*2}, i = 1, 2 \tag{3}$$

因此公司 i 的支付为:

$$F_i(x_d, x_m) = \pi_i^*(c_d + x_d - \beta x_m, c_m - x_m) - f_i(x_i), (i = d, m) \tag{4}$$

整理得:

$$F_d(x_d, x_m) = \left[\frac{a(2 - b_d) - 2c_d + b_d c_m + 2x_d - (b_d - 2\beta)x_m}{4 - b_d b_m}\right]^2 - f_d(x_d) \tag{5}$$

$$F_m(x_d, x_m) = \left[\frac{a(2 - b_m) - 2c_m + b_m c_d + (2 - \beta b_m)x_m - b_m x_d}{4 - b_d b_m}\right]^2 - f_m(x_m) \tag{6}$$

G_d 和 G_m 的区别在于指定的领先者不同,因此只要将 D 和 M 的角色互换,就可由一个博弈得到另一博弈. 本文详细介绍博弈 G_d.

在第一阶段,公司 D 单独作出 R&D 决策,即承诺成本降低水平 $x_d \in [0, c_d)$;在第二阶段,观察到 D 的决策,M 决定自己的 R&D 投入水平,导致成本降低 $x_m \in [0, c_m)$. 真实的成本降低实际决定于双方的有效 R&D 支出,即自己的支出加上来自对方的技术外溢;在第三阶段,x_d 和 x_m 作为双方的共同知识,在产品市场上展开 Cournot 竞争,决定产出水平. 前二阶段的决策在现实中可能是近乎同时做出,分阶段分析的意图在于解释的方便,另外,之所以假定信息是完全的,是因为双方可能进行不止一个循环的博弈,在多次的动态调整中,信息对于双方不是可保密的.

在 G_d 中,D 的战略可概括为:

(x_d, q_d),其中 $x_d \in [0, c_d)$,$q_d: [0, c_d) \times [0, c_m) \to R_+$;

M 的战略为:$r_m: [0, c_d) \to [0, c_m)$,$q_m: [0, c_d) \times [0, c_m) \to R_+$.

角色互换后,得到 G_m,G_m 和 G_d 在战略表述上的不同在于由 r_d (即 x_m 是对 x_d 的反应) 替代 r_m,两个博弈都是在完全信息的前提条件下、基本博弈的基础上,把博弈的第一阶段人为序贯化(Timing or Sequencing),这种序贯并非市场内生的选择,而是人为假定的,因而是外生序贯(Exogenous Sequencing).

---

[2] 在 KMZ 模型中,公司 i 在 R&D 上投入 x_i,相应的边际生产成本为:$c_i = A - f(x_i + \beta \cdot x_j)$,$\beta$ 表示外溢率,因而 $0 \le \beta \le 1$. R&D 产出函数满足增函数和凸函数特性要求,反映了 R&D 投入的边际回报效率递减的特性. 外溢在 KMZ 模型中是以 R&D 投入的形式出现的. 在 A&J 模型中公司的边际生产成本表达式为:$c_i = A - [f(x_i) + \beta \cdot f(x_j)]$,$f$ 满足增函数和凸函数要求,并是以成本降低的形式来体现.

在 G_d,由式(6)得到 M 的支付 $F_m(x_d, r_m(x_d))$;而在 G_m 中,可由式(5)得到 D 的支付为 $F_d(r_d(x_m), x_m)$,分别如下:

$$F_m(x_d, r_m(x_d)) = \left[\frac{a(2 - b_m) - 2c_m + b_m c_d + (2 - \beta b_m) r_c(x_d) - b_m x_d}{4 - b_d b_m}\right]^2 - f_m(r_m(x_d)) \quad (7)$$

$$F_d(r_d(x_m), x_m) = \left[\frac{a(2 - b_d) - 2c_d + b_d c_m + 2r_d(x_m) - (b_d - 2\beta) x_m}{4 - b_d b_m}\right]^2 - f_d(r_d(x_n)) \quad (8)$$

由于人为的指定博弈的领先者和跟随者,导致出现了三种不同的博奕类型(基本博弈可以认为是双方都被指定为先行动或后行动),三种博弈的结果可能并不相同,很明显,双方都会倾向于选择对自己有利的一种博弈(如:如果 G_d 对 D 的支付要优于 G_m 或 G,则 D 愿意选择博弈 G_d),而这种倾向本身可能是冲突的(如:D 选择 G_d,而 M 选择 G_m,这两者都想成为领先者,则博弈 G_d 和 G_m 都不会出现),而现实中假想的对双方都有约束力的客观的"人"或"自然"(Nature)又不存在,M. Amir、R. Amir 和 Jim 对此的解决方法是在 R&D 决策博弈前引入了前博弈(Pregame)阶段. 在前博弈阶段双方同时决定先行动还是后行动,如果两个博弈者决定同时行动(先或后),他们就进入同步博弈 G,否则,如果 D 决定先行动而 M 后行动,则进入 G_d;反之,如果 M 决定先行动而 D 后行动,则进入 G_m. 四阶段博弈的核心在于比较三种博弈(G、G_d 和 G_m)结局,看哪种博弈对双方是一种均衡博弈,使出现序贯博弈(G_d 和 G_m)的结局是经济系统内生的. 虽然现实中不可能观察到博弈的序贯性,但对于现实问题的解释会有很大帮助.

3　内生序贯博弈的生成和演进

M. Amir、R. Amir 和 Jim 对对称 R&D/产品问题的序贯内生性给予了讨论,本节将基于对非对称模型的讨论,在定理的推导过程中,阐明在三个不同的博弈中一方的 R&D 支出和博弈支付函数是如何随另一方的 R&D 支出变化而变化的,在各均衡存在且唯一的情况下各均衡对于双方选择的优劣、进而由这种优劣的相对对比关系推导出当 $\beta/b_d > 1/2$ 时,内生序贯博弈的形成. 因为在发展中国家的产业背景下,β/b_d 由大于 1/2 到等于 1/2 进而小于 1/2 是一个竞争由非对称向对称的发展演化过程,双方的选择将使内生序贯消失而进行同步博弈,以下将推导描述这一演化过程.

3.1　模型的推导

在博弈 G_d 和 G_m 中,r_m 和 r_d 分别代表 M 和 D 在 R&D 阶段的最优反应,所以 r_m 和 r_d 满足如下条件(一些现实约束条件,如成本降低函数初期增长速度足够慢、充分凸和市场容量足够大等被认为是成立的,而不对其进行过多讨论):

$$r_m(x_d) = \arg\max\{F_m(x_d, x_m): 0 \le x_m \le c_m\};$$
$$r_d(x_m) = \arg\max\{F_d(x_d, x_m): 0 \le x_d \le c_d\}.$$

M. Amir、R. Amir 和 Jim(2000)已经证明:(Ⅰ)在博弈 G_d 中,r_m 和 F_m 随 x_d 的增大而降低;(Ⅱ)在博弈 G_m 中,如果 $\beta/b_d < 1/2$,则 F_d 随 x_m 的增大而严格降低,且 r_d 在 $[0, \bar{x}_d]$ 上严格降低,其中 $\bar{x}_d$ 是 $r_d = c_d - \beta x_m$ 的解,在 $[\bar{x}_d, c_d]$ 上 $r_d = c_d - \beta x_m$;如果 $\beta/b_d > 1/2$,则 F_d 随 x_m 的增大而严格增加,r_d 在 $[0, \bar{x}_d]$ 上严格增加. 而对于博弈 G、G_d 和 G_m 的 Cournot 或 Stackberg 均衡点存在性证明 Hellwig 和 Leininger(1988)已经给出,由 r_d、r_m、F_d 和 F_m 是单调的特性,尽管理论上 r_d 和 $r_d = c_d - \beta x_m$ 存在重叠的可能,但因为 0 边际成本的情况不会出现,所以不必考虑,因此 Cournot-Nash 均衡和两个 Stackberg 均衡的均衡点都是唯一的. M. Amir、R. Amir 和 Jim(2000)进一步证明如果 $\beta/b_d \neq 1/2$,则 $x_d^N \neq x_d^D$, $x_m^N \neq x_m^D$, $x_d^N \neq x_d^M$, $x_m^N \neq x_m^M$,即 Cournot 均衡和均衡 G_d、G_m 的投入不同. (上标 N、D 和 M 用以区分博弈 G、G_d 和 G_m 的均衡 R&D 投入). 以下将在 M. Amir、R. Amir 和 Jim(2000)的基础上进一步证明在非对称条件下,序贯博弈及其演进是市场内生的.

定理

(Ⅰ)如果 $\beta/b_d > 1/2$,G 对 D 优于 G_m,而对 M 来讲,G_d 优于 G;

(Ⅱ)当 $\beta/b_d < 1/2$ 时,G 对 D 优于 G_m,G 对 M 优于 G_d.

证明

以下对于均衡点的讨论均指可行集$[0, c_d] \times [0, c_m]$**之内.**

(Ⅰ) $\beta / b_d > 1/2$

(i) **证明对** M **来讲** G_d **优于** G

对比在 G_d **和** G **中以下三种选择对** D **的支付:**

$$F_d(x_d^D, r_m(x_d^D))、F_d(x_d^N, x_m^N) \text{ 和 } F_d(x_d^D, x_m^N)$$

因为在博弈中 D **领先,所以它至少可以选择同步博弈的结局(即 Nash 均衡点**(x_d^N, x_m^N)**),但是它选择了**$(x_d^D, r_m(x_d^D))$**的博弈结局,由预备定理 3 知,这两个点不同,所以后者优于前者,即:**$F_d(x_d^D, r_m(x_d^D)) > F_d(x_d^N, x_m^N)$;

在(x_d^N, x_m^N)**和**(x_d^D, x_m^N)**两点中,因为后者不是 Nash 均衡点,给定** M **的选择,在同步博弈中** D **并没有选择后者,而选择了前者,所以** $F_d(x_d^N, x_m^N) \geq (x_d^D, x_m^N)$.

因此,可得 $F_d(x_d^D, r_m(x_d^D)) > F_d(x_d^D, x_m^N)$**,由预备定理 1 知,当** $\beta / b_d > 1/2$ **时,**$\partial F_d / \partial x_m < 0$**,意味着** $r_m(x_d^D) < x_m^N$**,又因为** r_m **是** x_d **的严格减函数,所以** $x_d^D > x_d^N$**,则**

$$F_m(x_d^D, r_m(x_d^D)) > F_m(x_d^D, x_m^N) > F_m(x_d^N, x_m^N)$$

前一个不等号成立是因为前者在 M **的反应曲线上,后一个不等号成立是因为在** G_d **中,**F_m **随** x_d **的增大而降低(见预备定理 1). 所以对** M **来讲** G_d **优于** G.

(ii) **证明** G **对** D **优于** G_m

对比$(r_d(x_m^M), x_m^M)$、(x_d^N, x_m^N)**和**(x_d^N, x_m^M)**三点的关系,因为**$(r_d(x_m^M), x_m^M)$**和**(x_d^N, x_m^N)**两者都在** D **的反应曲线上,而** M **在博弈** G_m **中选择了前者,则** $F_m(r_d(x_m^M), x_m^M) > F_m(x_d^N, x_m^N)$, (x_d^N, x_m^N)**和**(x_d^N, x_m^M)**相比,前者是 Nash 均衡点,而后者不是,所以,给定** D **的选择,**$F_m(x_d^N, x_m^N) \geq F_m(x_d^N, x_m^M)$**,因此** $F_m(r_d(x_m^M), x_m^M) > F_m(x_d^N, x_m^M)$**成立.**

由预备定理 1 知,$\partial F_m / \partial x_d < 0$**,所以** $r_d(x_m^M) < x_d^N$**,又** $\partial F_d / \partial x_m > 0$**,所以** $x_m^M < x_m^N$**,即** G **对** D **优于** G_m.

如果分别以 N、S_d **和** S_m **表示三个均衡点,则如图 1(a) 中所示.**

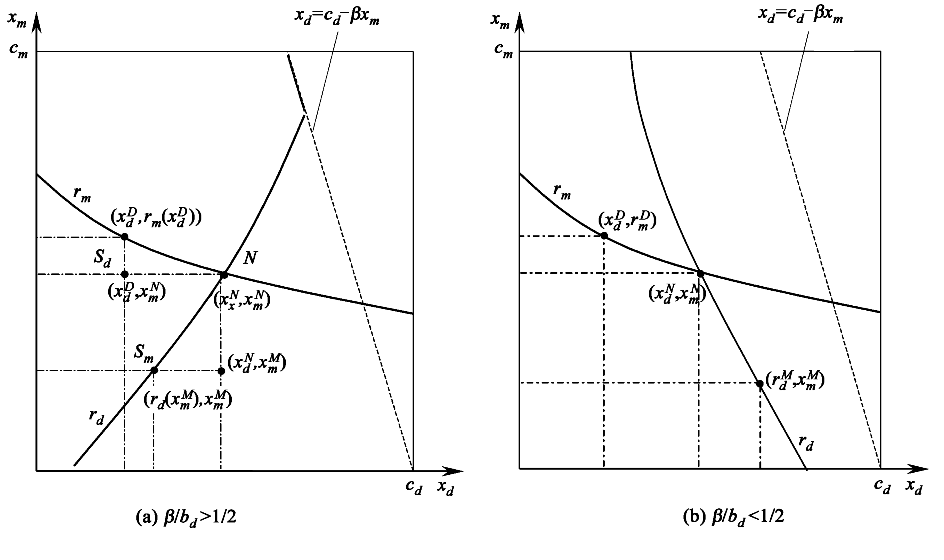

图 1 三个均衡点的位置关系

(Ⅱ) $\beta / b_d < 1/2$

当 $\beta / b_d < 1/2$ **时,则面临着相似的境况,按照上一步(ii)中的证明过程,只要互换角色即可证明.**

三个均衡点的关系见图 1(b).

3.2 序贯生成和向着同步的演进

D 和 M 的 R&D 决策的支付矩阵如图 2 所示.

由上文的推导过程可知,对 D 来讲 G_m 优于 G,即 $F_d^D > F_d^N$,又 $r_m(x_d^D) > x_m^M$,$\partial F_d/\partial x_m > 0$,即 $F_d^M > F_d^N$,显然存在占优策略"先决策".而对 M 来讲,G_d 优于 G,即 $F_m^D > F_m^N$,所以 M 的策略是"后决策". D 先决策而 M 后决策,双方正好在接下来的 R&D 博弈阶段形成序贯博弈. β/b_d 的变动显然受着 β 和 b_d 的双重影响.其中 β 代表着由于技术的差距和双方的 R&D 活动而导致的技术知识的外溢率,b_d 代表着 M 产品对 D 的产品的替代性. β 的大小将决定于 D 和 M 的技术差距和 D 的 R&D 活动,当 D 的模仿导向的 R&D 活动赋予 D 将潜在的技术外溢尽可能转化为现实的技术外溢能力时,β 的大小就主要取决于双方的技术差距,技术差距越明显,外溢率也将会越大.如果不考虑双方的特定产品差异化和 R&D 行动,而考虑一般的情况,β/b_d 是会随着产业由非对称向对称的演化而呈现出有规律的变化的,在非对称明显时,M 的 R&D 活动导致的 D 的产品竞争力提高快于自身的竞争力的提高,但随着非对称的减弱,M 的 R&D 活动对自身产品竞争力的影响逐渐占到上风,表现为 β/b_d 的减小进而小于临界点 1/2.

		M 先决策	后决策
D	先决策	(F_d^N, F_m^N)	(F_d^D, F_m^D)
	后决策	(F_d^M, F_m^M)	(F_d^N, F_m^N)

图 2　D 和 M 博弈支付

如果将 $\partial F_j/\partial x_i$ 被称为直接效应(Direct effect),即企业 i 的 R&D 投入直接导致企业 j 支付的变动;$\frac{\partial F_i}{\partial r_j}\cdot\frac{dr_i}{dx_i}$ 被称为策略效应(Strategic effect)(泰勒尔,1997),因为这一影响并非直接作用于跟随者的支付函数,而是策略性的影响对方的 R&D 支出.在 $\beta/b_d > 1/2$ 时,D 的 R&D 投入由于并不具有技术的外溢,因此全部作用仅仅是导致了自己边际生产成本的降低,这就表示竞争力增强,所以直接的效应是导致了 M 支付的降低;另一方面,由于 D 的 R&D 支出的增加,缩小了 M 的选择集(见 M. Amir、R. Amir 和 Jim(2000)的推导),说明 M 反应函数是非增的;如果 R&D 成本函数的增加速度不足够快,即 $f'_m < (2-\beta b_m)\Delta_m$,则 $dx_m/dx_d < 0$,即 M 反应函数是严格递减的[3].这说明 D 的 R&D 支出对 M 有替代作用,则 D 的 R&D 支出的策略性效应是迫使 M 的 R&D 支出降低,进而降低其支付.

由式(6)知,M 的 R&D 投入的直接效应是 $\partial F_d/\partial x_m = \Delta_d \cdot (2\beta - b_d) > 0$,Bulow、Geanakoplos 和 Klemperer(1985)的解释是,因为存在着技术外溢,M 的 R&D 支出产生两种直接作用,一是降低自己的边际生产成本,增强产品竞争力,二是通过外溢,R&D 投入的好处被对方所得,降低对方的边际生产成本. $\beta/b_d > 1/2$ 时,D 从 M 的 R&D 支出中获得了比自己更多的竞争优势,因而具有正的直接效应.从 D 的角度来讲,如果它不是充满嫉妒的(即它关心的是自己的支付而不是对方的支付),他当然愿意坐收渔利,省下大笔的 R&D 经费,而让对方支出,而 M 也对这一做法并不反对,因为这对它没有什么不好,对方节省 R&D 支出,自己的支付就会上升.因此这样的一种安排是比同步博弈安排更优的.这就是博弈是采取了 G_d 而不是 G 的原因.这一解释能够解答我们所观察到的 R&D 支出极其不对称,并向着世界领先的公司集聚,而竞争并不因此而分化的现象.

当由 β/b_d 大于 1/2 演变到小于 1/2 时,对 D 来讲,对博弈的偏好发生转变,此时,G 不再优于 G_m,而是劣于 G_m,即 $F_d^N < F_d^M$,因此在前期博弈中 D 会将 R&D 决策顺序的选择由先决策改为后决策,双方得到支付(F_d^N, F_m^N),因为 $F_m^M > F_m^N$,所以 M 并不会改变它的选择,(后决策,后决策)便成为了在新产业环境下的 Nash 均衡.

3.3　R&D 投入的均衡演进

由式(6)的一阶条件 $dF_m/dx_m = 0$ 可求出 M 的反应函数 r_m 的表达式,将表达式进一步代入式(5),由一阶条件 $dF_d/dx_d = 0$,得的均衡投入数量为:

$$x_d = \frac{\Delta_d^*}{2-(b_d-2\beta)[\Delta_m^* + b_m/(2-\beta b_m)]}; \tag{9}$$

$$x_m = \Delta_m^* + \frac{b_m}{2-\beta\cdot b_m}x_d. \tag{10}$$

其中:

$$\Delta_m^* = \frac{f_m'(4 - b_d b_m)^2}{2(2 - \beta b_m)^2} - \frac{a(2 - b_m) - 2c_m + b_m c_d}{2 - \beta b_m};$$

$$\Delta_d^* = \frac{f_m' \cdot (4 - b_d b - m)^2}{2[2 + (2\beta - b_d) + b_m/(2 - \beta b_m) \cdot (2\beta - b_d)]} - [a(2 - b_d) - 2c_d + b_d c_m].$$

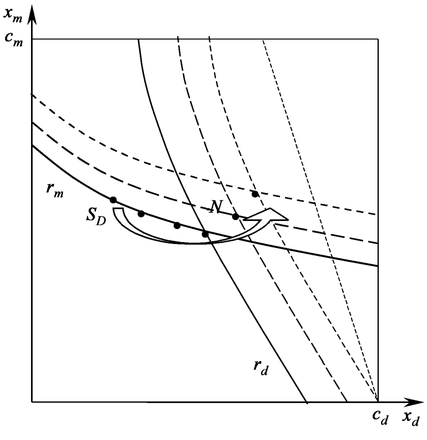

图 3 均衡 R&D 支出演进路径

观察 β/b_d 的变化对 x_d 的影响，当 $\beta/b_d > 1/2$ 时 $b_d - 2\beta < 0$，随着 β/b_d 的减小，$b_d - 2\beta$ 逐渐变大，整个分母变小，所以呈变大趋势，直到由 G_d 转化为 G，这种趋势仍不会改变，改变的是均衡不再沿着反应曲线 r_m 向外移动，而是 r_m 和 r_d 同时外移，表现出均衡点 N 的外移. D 靠 M 的 R&D 支出获得竞争优势越来越不可取，所以自己的 R&D 支出选择增加，见图 3.

在整个演变过程中，x_d 一直表现为增加的趋势，在前半程表现为对 M 的 R&D 支出的替代，而进入后半程表现为双方支出的互补，因为在此时已经互有外溢，而本文的模型只适用于单向外溢的背景，所以到这个阶段，模型的解释已经无能为力，但趋势性的预言还是可以的.

4 结论

现实中人们所观察到的国内企业在 FDI 压力下一方面接受着技术高于自己的跨国公司的技术外溢，另一方面却又并非安于现状，而是以高于发达国家的速度增加 R&D 投入增长率，这一现象用产业内技术非对称双方博弈的分析思路可以得到解释. 技术的外溢使跨国公司的 R&D 活动导致的国内企业产品竞争力提高快于自身的竞争力提高，这给予接受外溢的国内企业在博弈中的先动者优势，因而在此时 FDI 压力在 R&D 投入上并不给国内企业造成压力，相反是一种技术和竞争相对实力的促进. 这一解释能够解答我们所观察到的 R&D 支出极其不对称，并向着世界领先的公司集聚而竞争并不因此而分化的现象. 随着博弈双方相对实力的演变，国内企业从跨国公司获得的技术外溢越来越少，此时跨国公司的 R&D 支出对国内企业 R&D 支出的替代性降低，尽管此时先动者优势依然存在，但国内企业不得不主动增加 R&D 支出，而跨国公司的 R&D 支出却被动"挤出". 当一旦产业的演变发展到跨国公司的 R&D 支出既不增加自身的相对竞争实力也不增加国内企业的相对竞争实力时，国内企业在博弈中的先动者优势将会消失，双方将会展开 R&D 投入竞赛，R&D 投入都会增加. 在整个过程中，国内企业的 R&D 投入一直是增加的，而跨国公司并非如此，由于不同行业博弈所处于的演变阶段不同，所以从宏观统计结果来看，国内企业的 R&D 支出增长是要明显快于跨国公司的.

现阶段，在很多行业(彩电、冰箱等行业)这种 R&D/产品博弈的发展演变已经经历了很长的路径，甚至我们已经能够找到博弈由非对称向对称转化的迹象，取自于这些行业的实证材料对于证实本文的发现将会是很有说服力的.

参考文献:

[1] Cheung K Y, Lin P. Spillover Effects of FDI on Innovation in China: Evidence from Provincial Data[C]//2003 NBER Working Paper Series.

[2] 何洁，许罗丹. 中国工业部门引进外国直接投资外溢效应的实证研究[J]. 世界经济文汇，1999，2: 63 - 69.
He J, Xu L D. Empirical research on the spillover effects of FDI in Chinese industries[J]. World Economic Article Collection, 1992，2: 63 - 69.

[3] Amir R, Grilo I. Stackelberg versus cournot equilibrium[J]. Games and Economic Behavior. 1999，26: 1 - 21.

[4] Hamilton J, Slutsky S. Endogenous timing in duopoly games: Stackelberg or Cournot equilibria[J]. Games and Economic Behavior，1990，17:29 - 46.

[5] Amir M，et al. Sequencing R&D decisions in a two-period duopoly with spillovers[J]. Economic Theory, 2000，15:1034 - 1057.

[6] d'Aspremont C, Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers[J]. The American Economic Review, 1988, 78: 1133 - 1137.
[7] Dixon H D. Keeping up with the joneses: Aspirations and Experiments without Random Matching[X]. The University of York, Discussion Papers in Economics No. 96/12, 1995.
[8] Spence M. Cost reduction, competition, and industry performance[J]. Econometrica, 1984, 52(1): 243 - 265.
[9] Kamien M I, Zang I. Meet me halfway: Research joint ventures and absorptive capacity[J]. International Journal of Industrial Organization, 2000, 18: 956 - 973.
[10] Hellwig M, Leininger W. Markov-Perfect Equilibria in Infinite-Action Games of Perfect Information[C]. Bonn, SFB 303 Discussion Paper No. A-185, 1988.
[11] Bulow J, Geanakoplos J, Klemperer P. Multi-market oligopoly: Strategic substitutes and complements[J]. Journal of Political Economy, 1985, 93: 488 - 511.

附录

预备定理 1

(Ⅰ)在博弈 G_d 中, r_m 和 F_m 随 x_d 的增大而降低;

(Ⅱ)在博弈 G_m 中,如果 $\beta/b_d < 1/2$,则 F_d 随 x_m 的增大而严格降低,且 r_d 在$[0, \bar{x}_d]$上严格降低,其中 $\bar{x}_d$ 是 $r_d = c_d - \beta x_m$ 的解,在$[\bar{x}_d, c_d]$上 $r_d = c_d - \beta x_m$;如果 $\beta/b_d > 1/2$,则 F_d 随 x_m 的增大而严格增加, r_d 在$[0, \bar{x}_d]$上严格增加.

证明:假定 $f_i''(x_i) > \dfrac{8}{(4 - b_d b_m)^2}$, $(i = d, m)$(成本降低函数的充分凸性),即对两家公司而言,都存在增加 R&D 投入的边际回报递减的速度足以保证极值点的单一性现实,因此 r_i 是单值连续的.

首先,证明在(Ⅱ)中 $\beta/b_d < 1/2$ 的情况,如果此时结论成立,则(Ⅰ)可以看作是技术外溢率为 $0(0/b_m = 0 < 1/2)$ 的特例,因而(Ⅰ)的结论成立.

(i) $\beta/b_d < 1/2$

由式(8)得:

$$\frac{\partial^2 F_d}{\partial x_m \partial r_d} = -\frac{2(b_d - 2\beta)}{(4 - b_d b_m)^2} < 0. \tag{A-1}$$

因为在 G_m 中, D 是反应者,它不用考虑自己的 R&D 投入而引起的 M 的 R&D 投入的变化,所以, D 的反应曲线为 $\partial F_d / \partial r_d = 0$. x_m 的改变对 F_d 的影响体现在 D 反应曲线上的变动. 由式(3～43)知, $\partial\left[\dfrac{\partial F_d}{\partial r_d}\right] \Big/ \partial x_m < 0$,即在的反应曲线上,随 x_m 的增大, F_d 降低.

为了显示均衡 R&D 投入的内部性(非角点解),即 $r_d(x_m) > 0$ 对 $x_m \in [0, c_m)$ 是成立的,要证明

$\dfrac{\partial F_d(r_d, 0)}{\partial r_d} = \dfrac{2}{(4 - b_d b_m)^2}[a(2 - b_d) - 2c_d + b_d c_m] - f_d' > 0$ 对所有的 $x_d \in [0, c_d)$ 成立. 要想对可行范围之内的所有 x_m 成立,只需设 $x_m = c$,即.

$\dfrac{\partial F_d(c, 0)}{\partial r_d} = \dfrac{2}{(4 - b_d b_m)^2}[a(2 - b_d) - 2c_d + b_d c_m] - f_d'(r_d)|_{r_d = c} > 0$. 只要市场容量足够大(如: $a > 2\max(c_d, c_m)$)和 R&D 成本的增长速度不要太快就可以.

以下证明 r_d 在$[0, c - \beta x_m]$上是随 x_m 的增大而严格下降的.

由于 $\dfrac{\partial^2 F_d}{\partial r_d \partial x_m} < 0$,说明在反应曲线上(固定 x_m 的取值范围) F_d 是下降的,又可行集$[0, c - \beta x_m]$随 x_m 的增大而减小,说明 r_d 是非增函数,进一步由利润函数的凸性假设成立,则满足 $\dfrac{\partial^2 F_d}{\partial^2 r_d} < 0$. 可知 $r_d'(x_m) = -\left[\dfrac{\partial^2 F_d / \partial r_d \partial x_m}{\partial^2 F_d / \partial^2 r_d}\right] < 0$(隐函数求导法则).

即 r_d 在可行集$[0, c - \beta x_m]$随 x_m 的增大而降低. 当 $r_d > \bar{x}_d$ 时 $r_d = c_d - \beta x_m$, r_d 随 x_m 的增大而降低是显然的.

对于博弈 G_d 中的情形,即相当于技术外溢为 0,证明过程同上,相应的 r_m 的可行集为$[0, c_m]$.

(ii) $\beta/b_d > 1/2$

此时, $\dfrac{\partial^2 F_d}{\partial r_d \partial x_m} = -\dfrac{2(b_d - 2\beta)}{(4 - b_d b_m)^2} > 0$,说明在公司 D 的反应曲线上,随 x_m 的增加, F_d 增加;

要证明内部性,即要求:

$\frac{\partial F_d(r_d,0)}{\partial r_d}=\frac{2}{(4-b_d b_m)^2}[a(2-b_d)-2c_d+b_d c_m]-f_d'>0$ 成立,因为,$\frac{\partial^2 F_d}{\partial r_d \partial x_m}>0$,$\frac{\partial^2 F_m}{\partial r_d^2}=\frac{8}{(4-b_d b_m)^2}-f_i''(x_i)>0$(充分凸性)成立,所以:$r_d'(x_m)=-\left[\frac{\partial^2 F_d/\partial r_d \partial x_m}{\partial^2 F_d/\partial^2 r_d}\right]>0$,即在 $r_d(x_m)$ 和 $r_d=c_d-\beta x_m$ 相交之前是增函数,而越过这一点 $r_d=c_d-\beta x_m$.

由(i)和(ii)的证明可得反应曲线图,见图 A1.

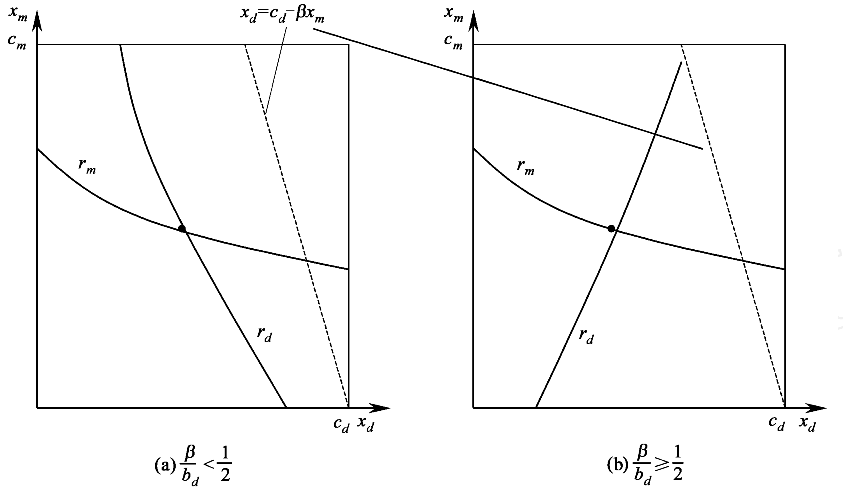

图 A1 反应曲线图

在(a)和(b)两图中,可行集约束线 $r_d=c_d-\beta x_m$ 和反应 r_d 线均有相交的可能,但现实中相交的情况并不在现实的可行区域之内,因为不会有哪家企业的技术先进到足以使边际成本为 0 的地步.

预备定理 2:

博弈 G、G_d 和 G_m 的 Cournot 或 Stackberg 均衡点存在且唯一.

均衡点的存在性证明 Hellwig 和 Leininger(1988)已经给出,在此不再重复.

均衡点的唯一性证明:

由预备定理 1 知道 r_d、r_m、F_d 和 F_m 是单调的,尽管理论上 r_d 和 $r_d=c_d-\beta x_m$ 存在重叠的可能,但因为 0 边际成本的情况不会出现,所以不必考虑,因此 Cournot-Nash 均衡和两个 Stackberg 均衡的均衡点都是唯一的.

预备定理 3:

如果 $\beta/b_d\neq 1/2$,则 $x_d^N\neq x_d^D$,$x_m^N\neq x_m^D$,$x_d^N\neq x_d^M$,$x_m^N\neq x_m^M$,即 Cournot 均衡和均衡 G_d、G_m 的投入不同.[上标 N、D 和 M 用以区分博弈 G、G_d 和 G_m 的均衡 R&D 投入]

证明:在 G_d 中:

$$\frac{dF_d(x_d^D,r_m(x_d^D))}{dx_d^D}=\frac{\partial F_d}{\partial x_d^D}+\frac{\partial F_d}{\partial r_m}\cdot r_m'(x_d^D)=0. \tag{A-2}$$

若 $\frac{\beta}{b_d}\neq\frac{1}{2}$,则由预备定理 1 的结论知 $\frac{\partial F_d}{\partial r_m}\neq 0$,因此 $\frac{\partial F_d}{\partial x_d^D}\neq 0$,而 Nash 均衡要求 $\frac{\partial F_d}{\partial x_d^D}=0$,所以 $x_d^N\neq x_d^D$,$x_m^N\neq x_m^D$;

对于博弈 G_m,同理可得:$x_d^N\neq x_d^M$,$x_m^N\neq x_x^M$.