

技术外溢与创新型企业集群博弈

张玉明, 李 凯

(东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘 要: 建立了累积性创新的博弈模型, 推导、分析了技术外溢、劳动力流动、商业秘密保护和创新型企业形成集群的理论关系. 分析结果表明只要第二代创新的价值远远高于第一代创新, 企业便会选择集群共享技术外溢的好处, 发展第二代创新, 增加产业利润和社会福利. 同时发现对增长潜力高的产业进行集群和技术外溢的关系的研究更有意义. 而商业秘密保护能防止更高技术外溢的发生, 但不能阻止企业集群的形成.

关 键 词: 技术外溢; 创新积累; 创新型企业集群; 博弈

中图分类号: F 207 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3026(2008)03-0424-05

Game of Cluster of Innovation-Oriented Firms and Technology Spillovers

ZHANG Yu-ming, LI Kai

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China. Correspondent: ZHANG Yu-ming, E-mail: Zhang0510386@163.com)

Abstract: A game model of cumulative technology innovation was developed, and the theoretical relationships between the technology spillover, labor mobility, commercial secret protection and clustering of innovation firms were derived and analyzed. The results indicated that as long as the values created by the 2nd-generation innovation far exceed that by the 1st-generation innovation, the relevant firms will cluster together so as to share the benefit from technology spillovers and develop the 2nd-generation innovation further to increase their profits and social welfare. It is found that studying the relationship between the industrial clusters with increasing potential and technology spillovers is a topic provokes a lot of interest, and protecting commercial secret is unable to hold back firms clustering though it is possibly to prevent the spillover of higher technologies.

Key words: technology spillover; cumulative innovation; cluster of innovation-oriented firm; game

技术外溢现象是指部门(可以是企业、地区或行业)进行研究开发活动获取的新知识会通过各种渠道(人员流动或有形产品的信息)溢出到别的部门, 但本部门却不能为此收取任何报酬. 实证表明企业生产率的提高归功于技术外溢, 但是外溢的有益影响随地理距离增加而衰退^[1]. 这就提供了一个外溢驱动形成集群的论点, 即企业可能愿意集群来相互共享技术外溢.

Mai 和 Peng 研究了技术外溢与企业聚集的动机问题, 把技术外溢当作外生的, 使用外溢的黑

匣子类型研究了企业聚集的动机^[2]; Gersbach 和 Schmutzler 研究了在成本不变时外部溢出的存在会影响创新的投资动机^[3]; Fosfuri 等认为技术外溢主要归功于员工从跨国公司到当地企业之间的流动^[4]; Almeida 和 Kogut 通过深入调查硅谷后认为硅谷的工程师和技术员工的频繁变换工作有助于技术外溢^[5]. 企业会想尽办法制定制度, 避免有价值的知识通过员工流动外溢到竞争对手那里. 有学者从法律角度强调了商业秘密保护的重要性^[6].

收稿日期: 2007-04-02

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2001BA-2006A).

作者简介: 张玉明(1963-), 男, 河北玉田人, 东北大学博士研究生, 渤海大学教授; 李 凯(1957-), 男, 辽宁昌图人, 东北大学教授, 博士生导师.

我国学者钟宁研究了创新集群与知识溢出集中化的问题,认为创新不是分散和随机分布的,而是趋于在某些地区、省市或城镇的地理集群^[7]。叶建亮认为知识溢出是导致企业集群的重要原因,它不仅决定了集群的规模,也影响集群组织内企业的生产函数^[8]。

1 建立模型

1.1 第一阶段

假设某产业中有两个企业分别为 A 和 B 和有两个发展阶段的产品。在博弈的开始阶段,每个企业要决定是否与对手聚集在相同地区,而且企业的选择是不能反悔的,这时两企业都没有市场产品。在选择好厂址后,企业将雇佣研究人员来开发产品。刚开始企业不参与市场,假定每个企业从事一个很有价值的 R&D 项目,并且有一个外生的成功概率 p 。两个企业 R&D 项目的成功概率是独立分布的,一个项目开发成功而导致一项创新称为创新 1,则 R&D 项目有 $1-p$ 的概率不成功,这样企业只能在第一阶段游离于市场之外。一旦研究出了创新 1,且产品生产后容易销售,这时实现了第一阶段的利润 π_1 。作为一个垄断者利用创新 1 的价值就是垄断利润。如果两个企业都实现了创新 1,则均可获得寡头垄断利润 $\alpha\pi_1$ 。参数 α 衡量产品市场竞争程度, α 的值越低,其竞争越剧烈,假设 $\alpha \in [0, 1/2]$ 。

1.2 第二阶段

在第二阶段,企业有可能去开发一个新的更好的产品,称为创新 2。但当开发创新 2 时企业必须具备了创新 1 的累积性知识。如果企业研发创新 2 失败,企业在第二阶段仍可利用创新 1。再假设企业开展的 R&D 项目是有价值的,并且成功的概率为 p ,独立分布于两企业。创新 2 与创新 1 是强烈相关的,因此当对手有创新 1 和根本没有产品时,拥有创新 2 的企业利用创新 2 赚取垄断利润 π_2 。如果两个企业都开发成功,则均可获得寡头垄断利润 $\alpha\pi_2$ 。

对于第一阶段被创造的知识,做两个简化的假设:一是在开发创新 1 后,企业家和员工都有相关信息。因此,如果第一阶段被雇佣的员工离开了,企业家也可以指导其他的员工不中断地继续从事 R&D 活动。二是如果两企业在第一阶段经历了相同的 R&D 结果(成功或失败),它们有相同知识且不能从对方获取知识。

第二阶段的成果依赖于第一阶段 R&D 活动结果,因此本文描述第二阶段不同的博弈情形。

1) 没有企业开发出创新 1: 如果企业不改变选址,每件事情如第一阶段。

2) 两个企业都开发出创新 1: 两个企业的目标是进行创新 2 的开发。如果只有一个企业获得成功,则可获得垄断利润 π_2 ,而其对手利润为 0。如果两个企业开发成功,则均可获得利润 $\alpha\pi_2$; 如果两个企业均未开发成功,则均可获得利润 $\alpha\pi_1$ 。

3) 只有一个企业开发出创新 1: 假设企业 A 开发出创新 1,而企业 B 没有,则企业 B 想要雇佣企业 A 的员工以获取开发创新 2 所必需的知识。假设仅企业选择集群时,这种情况才能发生。进一步需要考虑两个企业在不同区域和在同一区域集群时的两个子博弈。

假定企业选择不同区位。企业 A 进行创新 2 的开发,而企业 B 进行创新 1 的开发。如果企业 A 开发成功,则可获得垄断利润 π_2 ,会把企业 B 驱出市场。如果企业 A 开发失败,而企业 B 开发成功,则均可获得寡头利润 $\alpha\pi_1$ 。最后,如果两企业开发失败,则企业 A 获得利润 π_1 ,而企业 B 利润为 0。

假定两企业都选择在同一个区域。在第二阶段开始时,企业 B 尽力雇佣在第一阶段被企业 A 雇佣了的员工。当然,企业 A 也想留住员工,会采取合法行动来达到目的。预见员工可能离开,企业 A 为了阻止员工在第二阶段为企业 B 工作,可能在员工雇佣契约中包含一个不去竞争企业的契约,另一个可能是如果员工离开后将起诉企业 B。本文考虑法庭的判罚,假定有知识的员工去了对手那里,雇佣企业必须支付赔偿金 $D, D \in [0, \infty)$ 。

两企业按照下列方式对员工进行竞争。每个企业同时且独立地做出雇佣或放弃员工的决定。企业必须提供更多薪水来雇佣员工,假定付给员工最高工资的企业雇佣他。“打破平衡”规则确保了在纯战略下均衡的存在^[9]。如果企业 A 留住了员工,与两企业是在分开位置的子博弈一样,博弈继续进行下去;如果企业 B 雇佣了企业 A 员工,博弈与两企业在第一阶段都开发出创新 1 一样的状态下继续进行。

2 模型的解

如果两企业位于不同区域,计算每一个企业的期望利润。注意到在这种情况下,没有员工流动的可能性,因此技术外溢不会出现。

设 E_{ij} 是企业 $n (n = 1, 2)$ 的期望利润, E_{ij} 是本企业知识(下标 i)和对手知识(下标 j)的函数,

$i, j \in \{0, 1\}$, 其中 1 表示企业拥有创新 1 的知识, 而 0 表示没有. 这里有 4 种可能情形: 两个企业都具有该知识; 没有企业具有该知识; 只有企业 A 或企业 B 具有该知识. 期望利润分别为

$$\left. \begin{aligned} E_{11} &= p^2 \alpha \pi_2 + p(1-p)\pi_2 + (1-p)^2 \alpha \pi_1, \\ E_{00} &= p^2 \alpha \pi_1 + p(1-p)\pi_1, \\ E_{10} &= p\pi_2 + p(1-p)\alpha \pi_1 + (1-p)^2 \pi_1, \\ E_{01} &= p(1-p)\alpha \pi_1. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

根据上面的式子可以推出: 当且仅当 $\pi_2 > \pi_1$ 时, $E_{10} > E_{11} > E_{00} > E_{01}$.

2.1 技术外溢发生的条件

如果企业位于不同区域, 在 $t=0$ 时, 每个企业的期望利润为

$$\begin{aligned} \Pi &= p^2[\alpha \pi_1 + E_{11}] + p(1-p) \times \\ &[\pi_1 + E_{10} + E_{01}] + (1-p)^2 E_{00}. \end{aligned} \quad (2)$$

现在分析在 $t=0$ 时企业聚集在同一区域, 不妨假设企业 A 已开发出创新 1, 而企业 B 没有. 如果企业 A 留住员工, 则获得期望利润为 E_{10} ; 如果有员工流动到企业 B, 企业 A 将获得赔偿金, 则企业 A 获得的利润为 $E_{11} + D$. 这样企业 A 的员工的价值为 $v_A = \text{Max}\{E_{10} - E_{11} - D, 0\}$. 如果企业 B 成功聘请到企业 A 的员工, 则将获得利润 $E_{11} - D$; 如果没有, 则将获得利润 E_{01} . 企业 B 的员工价值为 $v_B = \text{Max}\{E_{11} - D - E_{01}, 0\}$. 对两企业来说期望的赔偿金不会超过员工的价值: 即 $D \leq \text{Min}\{E_{11} - E_{01}, E_{10} - E_{11}\}$, 也就是说商业秘密保护不能过分.

下面两种情形都是可能的: 如果 $v_A \geq v_B$, 则企业 A 通过付给员工工资 $w_{np} = E_{11} - D - E_{01}$ 来留住他; 如果 $v_A \leq v_B$, 企业 B 通过付给员工工资 $w_p = E_{10} - E_{11} - D$ 来雇佣企业 A 员工. 在后者中, 因为技术知识在产业中广泛传播, 技术外溢就出现了.

引理 假设两企业集群, 并且在第一阶段只有一个企业开发了创新 1, 那么只要有以下情形技术外溢就会出现:

$$2E_{11} > E_{10} + E_{01}. \quad (3)$$

证明 如果 $v_A < v_B$, 则员工将从企业 A 流动到企业 B. 由此推出: $2E_{11} > E_{10} + E_{01}$.

把式(3)中的 E_{ij} 代入式(1), 并整理得到:

$$\Delta E(\pi_1) + \Delta E(\pi_2) > 0. \quad (4)$$

其中, $\Delta E(\pi_1) = -[(1-p)^2(1-2\alpha) + 2p\alpha(1-p)]\pi_1$, $\Delta E(\pi_2) = [p(1-p) - p^2(1-2\alpha)]\pi_2$, 且

由于技术外溢, 产业期望利润 $\Delta E(\pi_1)$ 和 $\Delta E(\pi_2)$ 分别在创新 1 和创新 2 中产生.

由于 $\Delta E(\pi_1) < 0$, 说明技术外溢既增加创新 2 替代创新 1 的概率, 又增加企业结束第一代产品竞争的概率. 由引理得下面的命题 1.

命题 1 技术外溢发生的必要条件是 $\Delta E(\pi_2) > 0$, 即 $(1-\alpha)p < 1/2$.

命题 2 技术外溢发生的必要条件是 $\pi_2 > \pi_1$.

证明 设 $\pi_2 = \pi_1$, 则由方程(3)得: $1 - 2(1-\alpha)p > (1-p)^2(1-2\alpha)/p + 2\alpha(1-p)$, 化简得 $(1-p)^3 p > 1$, 矛盾.

$\Delta E(\pi_2)$ 分成两部分, 一部分是 $p(1-p)\pi_2 > 0$, 由于创新 2 开发成功的概率较高而使得产业期望利润增加; 另一部分 $-p^2(1-2\alpha)\pi_2 < 0$, 由于竞争的加剧而使得产业期望利润下降.

综上, 当员工从企业 A 流动到企业 B, 流动作用于产业期望利润的正负效应为: 正效应是由于第二代产品有更好的价值, 其开发的概率会更高, 使得流动有更大的价值; 负效应是由于企业 B 将开发出第一代或第二代产品, 使得竞争加剧.

技术外溢的条件, 即方程(3)是关于 $\alpha, p, \pi_2/\pi_1$ 的函数. 而 π_2/π_1 是作为产业的增长潜力, 因为它衡量第二次创新相对于第一次有多大的利润空间.

命题 3 如果产业的增长潜力较高, 对一个有更大的参数空间来说技术外溢肯定会发生, 创新的概率是处于中间值.

证明 设

$$\Phi \equiv (p/(1-p)(\pi_2/\pi_1))[1 - 2(1-\alpha)p] - (1-p)(1-2\alpha) - 2p\alpha. \quad (5)$$

如果满足命题 1 和命题 2 的条件, 则 $\partial\Phi/\partial(\pi_2/\pi_1) > 0$ 并且 $\partial\Phi/\partial\alpha > 0$.

令 $\frac{\partial\Phi}{\partial p} = 0$, 解得,

$$p^* \equiv 1 - \sqrt{\frac{(1-2\alpha)(\pi_2/\pi_1)}{1 + 2(\pi_2/\pi_1) - 2\alpha(2 + \pi_2/\pi_1)}}.$$

当 $p < (>) p^*$ 时,

$$1 - \sqrt{\frac{(1-2\alpha)(\pi_2/\pi_1)}{1 + 2(\pi_2/\pi_1) - 2\alpha(2 + \pi_2/\pi_1)}} \text{ 时,}$$

$\partial\Phi/\partial p > 0 (< 0)$, 其中, $p^* \in (0, 1)$.

首先考察 α . 随着 α 的增加竞争减弱, 因为很少的租金损失, 所以员工流动对产业利润的威胁更小, 员工流动对一个有更大的参数区域来说技术外溢肯定会发生, 正如图 1 所示. 在产品市场的

弱的竞争导致了技术外溢。

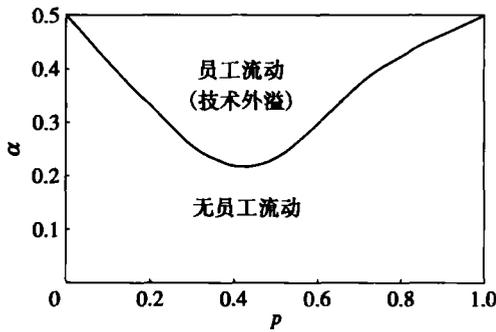


图1 以 p 和 α ($\pi_2/\pi_1=2$) 为函数的技术外溢条件
Fig. 1 Condition for technology spillover as a function of p and α ($\pi_2/\pi_1=2$)

注：曲线是方程(3)为等式时的图形。在曲线以上， $v_A < v_B$ ，发生技术外溢。在曲线以下， $v_A \geq v_B$ ，企业A保持员工均衡，不发生技术外溢。

再考察 p 。技术外溢具有两方面效应：加剧企业之间竞争和有更高的成功开发创新2的概率。 p 对这两个效应都是重要的。第一，当 p 是0或1时，如果技术外溢发生，企业可能在同一技术水平上结束竞争，不太可能去竞争。既然竞争会减少利润，应反对员工流动。而对于 $p \in (0, 1)$ ，随着技术外溢的发生参数空间扩展。第二，技术外溢增加企业以 $p(1-p)$ 的概率开发出创新2的概率。当 $p=0.5$ 时， $p(1-p)$ 的边际增量为0，所以此时成功开发创新2的概率最大；当 p 趋于0或1时，概率 $p(1-p)$ 趋于0。 p 值变化的效果是非单调的，技术外溢发生时参数空间对于 p 的中间值是最大的。

图2显示了增加产业增长潜力(π_2/π_1)的影响。增加 π_2/π_1 表明根据产业期望利润，开发创新2更重要，它会扩大技术外溢发生的参数区域。当 π_2/π_1 较大时，即使企业之间的竞争是极端激烈的情况下，技术外溢仍可能发生。图2说明了如果 π_2/π_1 是足够大，且 $p < 1/2$ ，技术外溢对于 $\alpha=0$ 时是怎样发生的。如果竞争损害产业利润(例如 $\alpha < 0.5$)，则创新企业保持员工，并且不会

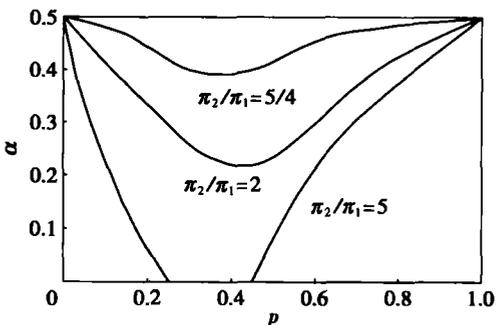


图2 π_2/π_1 为不同的值时技术外溢条件
Fig. 2 Conditions for technology spillover at different values of π_2/π_1

发生技术外溢。另外如果创新不是累积性的，技术外溢产生的惟一效果就是增加竞争。如果 $\alpha < 0.5$ ，它总是使产业利润减少。

2.2 企业选择集群的博弈解

下面计算当企业决定集群时的期望利润，期望利润依赖于雇佣过程的结果，因此有

$$\prod_{clust} = \begin{cases} p^2(\alpha\pi_1 + E_{11}) + p(1-p) \times (\pi_1 + 2E_{11} - w_p) + (1-p)^2 E_{00}, & \text{当 } 2E_{11} \geq E_{10} + E_{01} \text{ 时;} \\ p^2(\alpha\pi_1 + E_{11}) + p(1-p) \times (\pi_1 + E_{10} + E_{01} - w_{np}) + (1-p)^2 E_{00}, & \text{当 } 2E_{11} < E_{10} + E_{01} \text{ 时。} \end{cases}$$

其中，

$$w_p = E_{10} - E_{11} - D, w_{np} = E_{11} - D - E_{01}. \quad (6)$$

下面分析企业选择集群的条件。

命题4 企业选择集群当且仅当

$$2E_{11} - E_{10} - E_{01} > w_p = E_{10} - E_{11} - D. \quad (7)$$

证明 比较方程式(2)和(6)可直接推得。

在模型当中技术外溢是集群的惟一原因，因此，如果技术外溢没有发生，企业就不形成集群。因为企业在同一区域聚集将会增加员工的期望工资，但不会带来企业利润。

命题4解释了员工获得的额外工资减少了，但更强的商业秘密保护(即更高的 D) 在更大的参数空间引诱企业聚集。因为技术外溢在均衡状态下发生，会增加产业利润和产品市场的竞争，因此更强大的商业秘密保护会提高社会福利。

推论 增加商业秘密保护强度不会阻止技术外溢，当集群发生时扩大参数空间，总会有很弱的福利增加。

条件(7)是以外部参数 $\alpha, p, (\pi_2/\pi_1)$ 为自变量的函数。在图3中，虚线表示技术外溢条件，在实线以上企业会集群，实线以下企业分布在不同的区位。与条件(3)相似，对于 $p \in (0, 1)$ ，可以找到较大的 π_2/π_1 和 α ，满足方程(7)。这意味着有较高的员工流动率的产业区是与高技术产业相联系的，因为未来利润的重要性远远超过了实际利润。因此，在产业聚集区内，不可能出现高员工流动与低增长潜力这样的情形。当然，如果没有特殊的情况，聚集区内企业应该为相同的工作支付更高的工资。至此，本模型说明了产业的增长潜力、R&D活动的地理集中、员工流动率和员工的工

资之间存在一个明确的正相关关系。

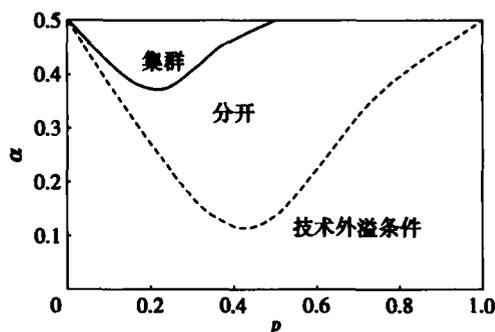


图 3 $\pi_2/\pi_1=3, D=0$ 时的企业的均衡位置

Fig. 3 Equilibrium position of firms ($\pi_2/\pi_1=3, D=0$)

注:在实线以上企业集群,在实线以下为企业分开.虚线指出了技术外溢的条件.

3 结 语

本文通过分析企业创新的概率和价值、员工的流动以及商业秘密保护等因素,得出结论是:只要后来的创新价值远远高于早期的,产品市场的竞争不是很激烈,尽管创新企业很不情愿技术的溢出,但仍会刺激企业集群来享受技术外溢的好处,发展第二代创新,增加产业利润和社会福利;同时高技术企业为了避免员工流入到竞争对手那里,会采取一些商业秘密保护措施,但基于惩罚性赔偿金的商业秘密保护制度对于企业的利润是有利的,刺激了集群的形成,并且不是一个员工流动的绝对障碍,技术外溢依然会发生.然而,商业秘密保护防止了更高技术外溢的发生,但不影响集群的形成.而利润减少是因为虽然企业已经集群,但技术外溢并没有被企业吸收物化的原因.分析也表明了具有较高的增长潜力的产业中来考察企业集群和技术外溢的关系更有意义.因为高技术产业比传统产业具有更高的增长潜力,R&D活动几乎构成了高技术企业的一切,在聚集区内员工更易流动,创新成功概率会更高,高技术产业就是如此.

本文的研究给了我国高新区或科技园的发展一个有益的启示:针对高技术产业区的员工高流动率和技术外溢现象,政府不必过分担心企业创

新知识的流失而制定阻碍员工流动的政策,事实上员工的适当流动有利于产业创新和利润的增加;而应制定相应的 R&D 鼓励政策,给予积极创新的企业以一定的补偿.同时要防止过多过滥地在高新区抢夺有限的技术人才,避免员工流动过于频繁而企业享受不到技术外溢的好处,从而导致企业低水平恶性竞争.

参考文献:

- [1] Acs Z J, Audretsch D B, Feldman M P. R&D spillovers and recipient firm size[J]. *Review of Economics and Statistics*, 1994, 76(2): 336 - 340.
- [2] Mai C C, Peng S K. Cooperation vs. competition in a spatial model[J]. *Regional Science and Urban Economics*, 1999, 29(4): 463 - 472.
- [3] Gersbach H, Schmutzler A. Endogenous spillovers and incentives to innovate[J]. *Economic Theory*, 2003, 21(1): 59 - 79.
- [4] Fosfuri A, Mota M. Foreign direct investments and spillovers through workers' mobility [J]. *Journal of International Economics*, 2001, 53(1): 205 - 222.
- [5] Almeida P, Kogut B. Localization of knowledge and mobility of engineers in regional networks[J]. *Management Science*, 1999, 45(7): 905 - 917.
- [6] Gilson R J. The legal infrastructure of high technology industrial districts: silicon valley, route 128, and covenants not to compete[J]. *New York University Law Review*, 1999, 74(3): 575 - 629.
- [7] 钟宁. 创新集群与知识溢出集中化问题分析[J]. *科研管理*, 2005, 26(2): 68 - 70.
(Zhong Ning. Analysis on localization of innovation cluster and knowledge spill-over [J]. *Science Research Management*, 2005, 26(2): 68 - 70.)
- [8] 叶建亮. 知识溢出与企业集群[J]. *经济科学*, 2001(3): 23 - 30.
(Ye Jian-liang. Knowledge spill-over and firms cluster [J]. *Economic Science*, 2001(3): 23 - 30.)
- [9] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海人民出版社, 2004: 32 - 41.
(Zhang Wei-ying. Game theory and information economics [M]. Shanghai: Shanghai People Publishing Press, 2004: 32 - 41.)