

累积性创新、专利期限与企业 R&D 投资路径*

· 王 争** ·

【摘 要】在累积性创新环境中，专利期限作为政策工具通过影响创新企业的 R&D 投资决策而影响代表性企业创新周期。本文区分了累积性创新的非侵权情形和侵权情形，在两个情形中专利期限的作用不尽相同：在前一个情形中，企业最优 R&D 投资决策独立于专利期限政策，而在更常见的后一个情形中，专利期限政策的有效性则视外部条件而定，并且其对技术进步的促进作用随着期限延长而递减。创新速率的提高还依赖于成本条件的改善。

【关键词】累积性创新 专利期限 R&D

中图分类号：F069.9 文献标示码：A

一、引 言

经济学对专利的关注源于 R&D 的正外部性和创新成果（尤其是技术发明）的公共产品性质，结果是 R&D 投资不足（Arrow, 1962）。专利制度旨在矫正由此带来的市场失灵。经济学文献中关于专利制度的广泛研究是从关于专利制度的两个效率维度的假定出发的：静态效率和动态效率（Ordover, 1991）。专利意味着对创新产品或工艺拥有一定的排他性权利^①，他人不得随意模仿和改进，因此，专利总是与一定程度的垄断性市场力量联系在一

* 作者感谢浙江大学史晋川教授对本文总体框架的改进意见和极富启发意义的评论，与博士研究生董雪兵的讨论让我厘清了某些概念，同时对悉尼大学 Donald, J. Wright 教授和加州大学伯克利分校 Suzanne Scotchmer 教授惠寄若干重要资料表示由衷的谢意。当然，本文的可能错误全由作者本人负责。

** 王争，浙江大学经济学院；地址：浙江大学玉泉校区 1343 信箱（310027）；电话：（0571）87934932；E-mail: ralphzwang@yahoo.com.cn。

① 根据 Merrill *et al.* (2004: P. 143) 的定义，“一项可利用的专利是在有限期限内对于一项新的、进步性的、可应用于实践的发明的排他性权利”。

起。静态效率关注的正是由这种垄断性权力带来的社会福利损失，它要求专利保护程度尽可能小以使知识资产能广泛地在社会上传播和扩散；动态效率则要求确保创新主体能够依靠专利获得足够的收益以抵补具有风险性的 R&D 支出，使得从事创新的企业或个人具有从事 R&D 投资的激励从而推动长期技术进步，这种观点自然倾向于得出较强的专利保护的 policy 建议。因此，对最优专利制度的研究实际上是一个关于专利的静态效率和动态效率之间的权衡 (Trade-off) 问题。

在以半导体、软件、计算机等众多行业，企业的创新呈现出阶梯状的特征，每一个创新都建立在先前创新的基础上同时又是后续创新的起点，所有创新都是一条创新阶梯的组成部分 (Building Blocks)。换言之，当创新具有累积性 (Cumulative) 的性质^①时，专利制度作为激励机制的作用就是既要确保先前创新的贡献得到回报又要为后续创新提供足够的 R&D 投资激励。在为累积性创新设计专利制度时，有两个难点：(1) 任何一个创新都为此后的所有创新发挥了作用，如果每期的价值为 v ，利率为 r ，那么该项创新的社会价值就是 v/r ，但是私人收益往往会与社会价值发生偏离；(2) 在一个序列创新博弈中，后续创新者的竞争会侵蚀先前创新者的利润，并且即使后续者必须通过获得许可 (Licensing) 生产，由于先前创新者不能在 R&D 成本沉没之前与后续企业谈判，他的谈判力量也会受到削弱 (Green and Scotchmer, 1995)。

与水平化创新的“专利宽度”^②概念相对应，在累积性创新的专利政策制定中专制“高度” (height)^③是一个重要的保护维度，因为在此创新结构下产品质量在时间维度上呈由低到高的序列排列。Scotchmer (1991, 1996), Scotchmer and Green (1990), Green and Scotchmer (1995), Chang (1995) 在两阶段一两企业的简单框架中研究了累积性创新与专利保护。一

① Scotchmer (2005) 总结了三种累积性创新：基础和应用研究，基本研究工具和质量阶梯。此外，需要说明的是在已有文献中“Cumulative Innovation”和“Sequential Innovation”本质上是同一回事，另一个相关的概念是“Complementary Innovation” (互补性创新)。下文关于随机创新的泊松过程假设事实上已经隐含了 Bessen and Maskin (2000) 意义上互补性，即在给定时间内多个企业同时投资相比一个企业单独投资能够增加实现一个特定创新的概率。关于这几个创新性质可以参见 Langinier and Moschini (2002) 的综述。

② 传统的关于专利的研究把专利保护维度分为长度和宽度。专利长度皆指专利保护的年限。宽度是个相对抽象的概念。Nordhaus (1972) 用未溢出的成本降低比例来表征，在 Klempere (1990) 和 Waterson (1990) 那里宽度被模型化为竞争产品与受专利保护产品在产品空间中的最短距离，Gilbert and Shapiro (1990) 把它理解为专利持有者所能据此获得的利润流水平，Gallini (1992) 则把它等价于模仿成本，Denicolo (1996) 在此基础上用一介于 0~1 之间的参数 $(1-\alpha)$ 来指代宽度： $\alpha=0$ 表明针对模仿具有最大程度保护， $\alpha=1$ 意味着创新成果是免费的。

③ 这一概念由 Klempere (1990) 最先提出，由 Dijk (1996) 正式化。Dijk 把专利高度定义为一项创新要获得专利所必须具备的新颖性 (Novelty) 水平。

个更全面的分析是由 O'Donoghue *et al.* (1998) 作出的, 他们区分了累积性创新专利保护的“领先宽度”(Leading Breadth)和“滞后宽度”(Lagging Breadth), 并且在无限期创新序列上依据随机创新模型得到了一系列结果。Bessen and Maskin (2000) 用一个动态模型解释了 20 世纪 80 年代美国软件业专利保护的加强反而导致创新速度减缓的原因。尽管如此, 以上成果皆没有涉及在微观层面直接决定 R&D 速率和结果的企业投资路径方面, 而专利对创新激励的影响直接作用于企业 R&D 投资决策上。

有鉴于此, 本文试图在已有成果的基础上, 研究累积性创新环境中专利政策及与创新相关因素的变动如何影响单个创新企业的 R&D 投资决策。Aoki and Spiegel (1998) 以及 Aoki and Iku (1999) 指出, 现实中专利宽度的实施实际上是通过法院在专利纠纷案件中专利“宽度”的理解来实现的, 因而受制于特定的法律环境。基于此, 本文假定专利宽度外生, 从而集中研究累积性创新专利期限对企业决策的影响^①。本文第二部分探讨非侵权(Non-Infringement)情况下的创新企业 R&D 投资路径和专利政策的关系, 侵权(Infringement)情形的分析放在第三部分, 第四部分是结论。

二、非侵权情形下的专利政策和最优投资路径

在图 1 所示的创新阶梯^②上, t_{i-1} 表示第 i 个产品(或工艺, 下同)创新开始的时刻(也是第 $i-1$ 个产品创新完成的时刻), t_i 表示第 i 个产品创新完成的时间。把该创新企业记作企业 i 。一项创新能创造价值流为 v , 贴现率为 r 。假定专利保护从创新完成时开始生效, T_i 表示第 i 个产品专利的截止日期。在保护期内创新企业获得创新的全部收益 v , 专利失效后创新进入公共域, 收益为 0。当一项创新的完成落在了前一个创新的专利期之内时, 该项创新产品的生产就侵犯了前一个产品的专利; 当落在保护期之外时, 就是这部分将要讨论的非侵权情形。在一个无限期的累积性创新序列上, 存在着众多的创新企业, 任何一个企业都有可能成为下一个发明者, 因此假设创新企业具有同质性, 创新周期是对称的。因此对任何 $i \in N$ 而言, $(t_i - T_{i-1})$

① 在把专利宽度视为外生给定的情况下, 为简化分析可以把它视为无穷大从而它将不再构成一个有效的制度变量。尽管这一假设不太符合现实情况, 但却能够使我们的分析清晰化; 同时只要宽度给定, 数值分析表明关于宽度无穷大的假设并不会从性质上改变我们后文的结论。

② Grossman and Helpman (1991) 提出了“质量阶梯”(Quality Ladder)的概念, O'Donoghue *et al.* (1998) 最先把它应用到了累积性创新研究中。在他们的模型中, 数轴刻画的是质量的分布; 我们借鉴其方法, 用数轴来指示累积性创新中的创新时间维度。

和 $(T_i - t_i)$ 总保持不变, 用 $T (= T_i - t_i, \forall i \in N)$ 表示不随时间推移而改变的专利期限。由于我们将以第 i 个产品和企业 i 作为代表性创新和企业, 因此为方便起见可以把 t_{i-1} 记作时刻 0。

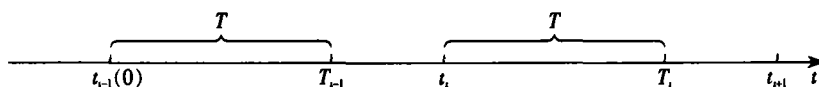


图 1 非侵权情形下的创新阶梯和专利保护

依循 Kamien and Schwartz (1971) 的分析方法, 我们假定完成一个 R&D 项目需要一个总的有效支出水平 A 。 $x(t)$ 是关于时间 t 的 R&D 即时支出函数, $y(t)$ 是关于时间 t 的累积有效支出函数。假设 R&D 项目的报酬对支出速度是递减的, 也即 R&D 即时支出消耗得越快, 其对总有效支出的贡献越少。即若 $y'(t) = f[x(t)]$, 则 $f(\cdot)$ 满足 $f(\cdot) \geq 0, f'(\cdot) > 0, f''(\cdot) < 0, \forall x(t) \geq 0$ 。那么不妨构造两个函数间的关系为:

$$y'(t) = x^{1/2}(t) \quad (1)$$

设由于制度改进、交易费用降低等原因使得完成一个 R&D 项目的总有效支出可以减少 $\alpha (0 < \alpha < 1)$ 的比例, 那么新的总有效支出将是 $(1 - \alpha)A$ 。于是

$$y(0) = 0, y(t_i) = (1 - \alpha)A \quad (2)$$

众多企业都在从事相似项目的 R&D 投资, 企业 i 面临着来自其他企业创新成功的风险。我们把创新看做是一个泊松过程, 特征参数即创新的机遇率 (Hazard Rate) 为常数 $h (> 0)$ ^①。因此对企业 i 而言, 到时刻 t 为止其他企业有成功创新的概率是:

$$F(t) = 1 - e^{-ht} \quad (3)$$

可见企业 i 面临的最优化问题是:

$$\max_{t_i} \int_{t_i}^{T_i} e^{-nt} [1 - F(t)] v dt - \int_0^{t_i} e^{-nt} [1 - F(t)] x(t) dt$$

$$s. t. y(0) = 0, y(t_i) = (1 - \alpha)A, 0 < t_i < T_i$$

这是一个带有残值 (Salvage Value) 的动态优化问题。我们记

$$V(t_i) = \int_{t_i}^{T_i} e^{-nt} [1 - F(t)] v dt$$

并结合式 (1) 和式 (3) 把最优化问题改写为:

$$\max_{t_i} V(t_i) - \int_0^{t_i} e^{-(r+h)t} [y'(t)]^2 dt$$

$$s. t. y(0) = 0, y(t_i) = (1 - \alpha)A, 0 < t_i < T_i \quad (4)$$

① 由于在我们的模型中有众多的创新企业, 因此对单个代表性企业而言, h 可以看做是给定的。当然, 作为进一步的研究方向, 可以探讨 h 的内生化问题, 这将丰富我们对企业—社会创新互动的理解。

由欧拉等式 (Euler Equation) 和边界条件 $y(0) = 0$ 得到:

$$y(t) = [c/(r+h)] [e^{(r+h)t} - 1] \quad (5)$$

横截条件 (Transversality Condition) 给出:

$$y'(t_i) = v^{1/2} \quad (6)$$

把式 (5) 代入式 (6) 得到:

$$ce^{(r+h)t_i} = v^{1/2} \quad (7)$$

再把边界条件 $y(t_i) = (1 - b\alpha)A$ 代入式 (5) 得到:

$$[c/(r+h)] [e^{(r+h)t_i} - 1] = (1 - \alpha)A \quad (8)$$

联立式 (7) 和式 (8) 可以解出 c 和 t_i^* :

$$c = v^{1/2} - (r+h)(1 - \alpha)A \quad (9)$$

$$t_i^* = -(r+h)^{-1} \ln [1 - (r+h)(1 - \alpha)Av^{-1/2}], T_{i-1} \leq t_i^* < T_i \quad (10)$$

易见 t_i^* 的存在性要求:

$$(r+h)(1 - \alpha)A < v^{1/2} \quad (11)$$

把式 (9) 代入式 (5) 得到:

$$y^*(t) = [v^{1/2}/(r+h) - (1 - \alpha)A] [e^{(r+h)t} - 1], 0 \leq t \leq t_i^* \quad (12)$$

再根据式 (1) 可以得到最优 R&D 支出路径:

$$x^*(t) = [v^{1/2} - (r+h)(1 - \alpha)A]^2 e^{2(r+h)t}, 0 \leq t \leq t_i^* \quad (13)$$

从最优内点解存在的必要条件 (11) 可以看出, 最优投资路径要求创新产品的价值足够大, 贴现率 r 、表征竞争激烈程度的参数 h 和总有效支出 $(1 - \alpha)A$ 需要足够小, 否则 R&D 项目就不会被执行^①; 并且 α 的增大会促使企业加快 R&D 投资速度 (t_i^* 减小, $x^*(t)$ 增大)^②。

由于创新完成时间是由企业进行 R&D 投资时选择的最优支出方案决定的, 因此专利期限不对创新行为构成有效约束, 最优投资路径不受专利期限影响, 这一点可以从式 (10) 和式 (13) 得到印证。在非侵权情形下, 企业 i 预期在其专利期内没有新的发明诞生, 因而能够在此期间获得的创新收入流是创新的总价值 v 。 T_i 作为政策变量是外生的, 它作为政策变量的调整仅仅通过影响获得全部创新价值 v 的时长 ($T_i - t_i$) 来影响预期总利润水平, 而对企业的投资决策却不会产生影响。企业决策的边际在于最优完成时间 t_i^* 和最优投资路径 $x^*(t)$ 上。据此我们有命题 1。

① 这一结果和 Kamien and Schwartz (1974) 分析单项创新竞赛时得出的结论相仿。

② $t_i^*(\rho)$ 和 $x^*(t; \rho)$ 关于参数 ρ 的偏导数的关系如下: 因为 $\int_0^{t_i^*(\rho)} x^*(t; \rho) dt = (1 - \alpha)A$, 根据 Leibnitz 法则对两边求关于 ρ 的偏导数, 有 $x^*[t_i^*(\rho); \rho] [\partial t_i^*(\rho) / \partial \rho] + \int_0^{t_i^*(\rho)} [\partial x^*(t; \rho) / \partial \rho] dt = 0$, 这在非侵权和侵权情形中均成立。

命题 1 当 $T_{i-1} \leq t_i^* < T_i, \forall i \in N$ 成立时, 企业 R&D 最优投资路径 $x^*(t)$ 及完成时间 t_i^* 独立于专利期限 T 。

然而现实的累积性创新情形却很少满足命题 1 的前提条件。在专利法中专利期至少是以月为单位来规定的, 但是层出不穷的技术进步在电子、IT、通讯等领域天天发生, 几乎所有创新都是在前期创新的专利尚未失效时就被开发出来了。因此侵权情形才是技术创新累积性性质显著的行业的常态。这引出了我们下一部分的讨论。

三、侵权情形下的专利政策和最优投资路径

当每一项新发明都落在了前一项创新的专利保护期内时, 就构成了侵权。本文假设当侵权发生时, 企业总是选择许可生产, 即新发明者与原有专利持有者通过谈判达成契约, 支付许可使用费 (Royalty Payment) 进行新产品的生产^①。

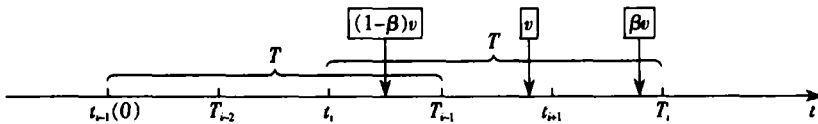


图 2 侵权情形下的创新阶梯和专利保护

在一个新的创新阶梯上, $t_i < T_{i-1} < t_{i+1} < T_i$ 对所有的 $i \in N$ 均成立。与非侵权情形不同的是, 此时任一新发明都在前一发明的专利尚未失效前就对其构成了威胁, 我们记许可使用费比例 (即许可使用费与创新价值 v 之比) 为 $\beta (0 < \beta < 1)$ 。时期 $(t_{i-1}, t_i]$ 是企业 i 的 R&D 投资期。项目收益期可分为三期。第一期是 $(t_i, T_{i-1}]$, 由于此时第 $i-1$ 个产品专利尚未失效, 因而企业 i 侵犯了其专利, 须向其支付 βv 的许可使用, 净收益是 $(1-\beta)v$; 第二期是 $(T_{i-1}, t_{i+1}]$, 此时前一项创新的专利已经失效, 企业 i 获得产品的全部收益 v ; 第三期是 $(t_{i+1}, T_i]$, 这时企业 i 反过来成了被侵权者, 从其他企业处获得许可收入 βv 。

^① 许可生产可以被视为一种企业间创新合作的形式, 尽管并不是所有行业所有侵权情形下双方企业的必然选择。在创新累积性明显的行业, 许可生产的合作意义尤其明显, 此时许可生产常常是相互的 (Co-licensing)。统计数据表明在电信、化工、电气和光学设备、计算机等行业, 企业间合作创新的比例远远高于其他行业。可以参见 OECD (2002) 的转引数据。Lerner、Tirle (2002) 和 Choi (2003) 发展了关于“相互许可”的理论模型。

(一) 企业最优 R&D 投资路径

侵权情形下 R&D 投资企业 i 面临的利润极大化问题是：

$$\begin{aligned} \max_{t_i} & - \int_0^{t_i} e^{-(r+h)t} [y'(t)]^2 dt + \int_{t_i}^{T_{i-1}} e^{-(r+h)t} (1-\beta) v dt \\ & + \int_{T_{i-1}}^{t_{i+1}} e^{-(r+h)t} v dt + \int_{t_{i+1}}^{T_i} h e^{-(r+h)t} \beta v dt \\ \text{s. t. } & y(0) = 0, y(t_i) = (1-\alpha)A, 0 < t_i < T_{i-1} \end{aligned}$$

记目标函数中后四项为 $K(t_i)$ ，积分并整理得：

$$\begin{aligned} K(t_i) = & [(1-\beta)v/(r+h)] [e^{-(r+h)t_i} - e^{-(r+h)T}] \\ & + [v/(r+h)] [e^{-(r+h)T} - e^{-2(r+h)t_i}] \\ & + [h\beta v/(r+h)] [e^{-2(r+h)t_i} - e^{-(r+h)(T+t_i)}] \end{aligned}$$

这里利用了由创新阶梯上创新结构的对称性得出的条件： $t_{i+1} = 2t_i$ 和 $T_i = T_{i-1} + t_i$ 。^① 这又是一个残值问题：

$$\max_{t_i} K(t_i) - \int_0^{t_i} e^{-(r+h)t} [y'(t)]^2 dt$$

$$\text{s. t. } y(0) = 0, y(t_i) = (1-\alpha)A, 0 < t_i < T_{i-1}$$

由欧拉等式与初值条件 $y(0) = 0$ 得到与式 (5) 相同的式子：

$$y(t) = [c/(r+h)] [e^{(r+h)t} - 1] \quad (14)$$

横截条件给出：

$$y'(t_i) = [u + k e^{-(r+h)t_i}]^{1/2} \quad (15)$$

其中， $u = (1-\beta)v - h\beta v e^{-(r+h)T}$ ， $k = 2v(\beta h - 1)$ 。再把式 (14) 和边界条件 $y(t_i) = (1-\alpha)A$ 分别代入式 (15) 有以下联立方程组：

$$\begin{cases} cs = (u + k/s)^{1/2} \\ (s-1)c/(r+h) = (1-\alpha)A \end{cases} \quad (16)$$

其中， $s = e^{(r+h)t_i}$ 。从式 (16) 可以解得未知变量 c 、 s (从而 t_i) 的值。通过运算不难发现显性的解析解无法写出，但关于解的存在性，以下命题给出了一个充分条件。

命题 2 当 h 足够大， $(1-\alpha)A$ 足够小时，存在最优 R&D 投资路径的内点解。

证明 见附录。

在现实的累积性创新行业中，技术进步率往往是很高的，这在模型中反映为较高的 h (单位时间间隔内创新数目的预期值)，因此条件 $\beta h > 1$ ，

^① 因为 $T_i - t_{i+1} = T_{i-1} - t_i$ ，又 $t_{i+1} = 2t_i$ ，所以 $T_i = 2t_i + (T_{i-1} - t_i) = T_{i-1} + t_i = T + t_i$ 。

$Th > 1$, $\beta(h+1) > 2$, $\beta(2h-1) > 1$ 及附录中条件 (1) 和条件 (2) 的不等式近似转化几乎总是成立的。对 $(1-\alpha)A$ 足够小的要求是 R&D 投资企业作预期成本—收益核算的重要基准, 这本质上和非侵权情形是一致的。当 α 接近于 1 或 A 接近于 0 时, 企业能够从 R&D 所需的有效支出降低中获得好处。因此上述关于最优内点解存在性的命题是对存在许可生产约束的累积性创新的外部环境的描述: 当各条件均满足时, 企业会选择进行 R&D 投资, 并存在最优投资路径。

(二) 比较静态分析: 数值例证

为了考察解与参数间的关系, 接下来我们将给出具体的数值例子, 通过数值运算求解方程组的近似解。

1. (h, T) 组合与 R&D 投资速度。先考察不同的 (h, T) 组合与解 z^* 的关系^①。设定 $v=0.1$, $\alpha=0.35$, $\beta=0.5$, $r=0.1$ 。于是 $k=0.2(0.5h-1)$, $u=0.05-0.05he^{-(0.1+h)T}$ 。把 k 和 u 代入 $Q(z)$ 然后对 $Q(z)=0$ 求解^②, 我们把结果以表 1 的形式列出。

表 1 (h, T) 组合与 z^* 值

h	$T=1$	$T=2$	$T=3$	$T=4$	$T=5$	$T=10$	$T=15$	$T=20$
1	0.185741	0.263777	0.288145	0.296069	0.298685	0.299982	0.299987	0.299987
5	(0.0219504)	(0.0139257)	(0.0138771)	(0.0138768)	(0.0138768)	(0.0138768)	(0.0138768)	(0.0138768)
	0.474724	0.478213	0.478234	0.478234	0.478234	0.478234	0.478234	0.478234
10	0.896204	0.896205	0.896205	0.896205	0.896205	0.896205	0.896205	0.896205
15	0.875311	0.875311	0.875311	0.875311	0.875311	0.875311	0.875311	0.875311
20	0.856624	0.856624	0.856624	0.856624	0.856624	0.856624	0.856624	0.856624

注释 1: $h=1$ 时 A 取 0.1; $h=5$ 时 A 取 0.05; $h=10, 15, 20$ 时 A 取 0.01。

2: 当存在两根时, 我们假设只取对应较高技术进步率的较大的根。带括号的数字表示舍去的根。

由于 t_i^* 与 z^* 呈反方向变动, 因此 z^* 越大表明代表性企业的 R&D 投资速度越快, 其在创新阶梯上的创新频率也越高。观察表 1 中 z^* 值的变化规律^③, 可以发现:

(1) 当 A 取 0.1 时, 只有 $h=1$ 有解; 当 A 取 0.05 时, 只有 $h=1$ 和 5 有解。这说明解的存在要求 A 随着 h 的增加而有所减少。 h 的增加意味着 R&D 投资企业面临来自其他企业更大的竞争压力, 外部环境对它的 R&D 构

① $z=1/s=e^{-(r+h)t_i}$, 见附录。

② $Q(z)$ 的表达式见附录。

③ 命题 2 给出的是一个解存在的充分条件, 因此不排除 h 和 T 取较小值时仍有解的可能性, 这可从表 1 中得到证实。

成更大的威胁，这时需要有投资成本的降低才能抵补其投资激励的弱化。

(2) h 从 10 到 20，对所有 T 值， z^* 减少。 h 是外生的，它本身是对 R&D 竞争环境的刻画，可以看做是对模型外部因素影响的竞争强度和 R&D 风险程度的度量。这一规律背后的经济学解释是：当竞争加剧 (h 增大) 时，企业 R&D 投资的风险也随之加剧，这就抑制了代表性企业创新的激励，投资强度变弱 (z^* 变小)。

(3) 给定 h ，随着 T 增大， z^* 增大；且 T 越大或 h 越大， T 的增加引起的 z^* 增幅越小。表 1 显示：若 $h=1$ ， T 从 15 起相应的 z^* 值（近似值，下同）不变； $h=5$ 时， z^* 值从 $T=3$ 时起保持不变；而当 $h=15、20$ 时，所有的 T 值对应不变的 z^* 值。这一规律从 $Q(z)=0$ 的方程形式中很容易得到验证。这实际上反映了企业 R&D 决策对专利期限的敏感性程度：当 h 较小（即创新的风险较小）时，延长专利期限能加快企业创新的速率，但随着期限 T 增加，政策作用越来越小；当 h 较大（创新的风险较大）时，企业的 R&D 决策对专利期限的变化不敏感。

根据以上例子的数值运算分析结果，我们有：

命题 3 若 R&D 项目可行且其他条件不变：(1) h 增大促使企业 R&D 投资速度减缓；(2) 当 h 较小时，延长专利期限 T 能提高企业 R&D 投资速率，但作用递减，当 h 较大时，R&D 投资速率对专利期限不敏感。

2. (β, T) 组合与 R&D 投资速度。接下来考察 (β, T) 组合与解 z^* 的关系。设定 $A=0.05, v=0.1, \alpha=0.1, h=5, \textcircled{1} r=0.1$ 。于是 $k=0.2(5\beta-1), u=0.1(1-\beta)-0.5\beta e^{-5.1T}$ 。运用与上一部分同样的方法可以得到如表 2 所示的结果。

表 2 (β, T) 组合与 z^* 值

β	$T=1$	$T=2$	$T=3$	$T=4$	$T=5$	$T=10$	$T=15$
0	0.142145	0.142145	0.142145	0.142145	0.142145	0.142145	0.142145
0.1	0.156563	0.157661	0.157668	0.157668	0.157668	0.157668	0.157668
0.2	0.185485	0.188576	0.188595	0.188595	0.188595	0.188595	0.188595
0.3	0.252973	0.258811	0.258846	0.258847	0.258847	0.258847	0.258847
0.4	0.370345	0.375675	0.375707	0.375707	0.375707	0.375707	0.375707
0.5	(0.0219504) 0.474724	(0.0139257) 0.478213	(0.0138771) 0.478234	(0.0138768) 0.478234	(0.0138768) 0.478234	(0.0138768) 0.478234	(0.0138768) 0.478234
0.6	(0.0506838) 0.547415	(0.0441477) 0.549853	(0.0441081) 0.549868	(0.0441078) 0.549868	(0.0441078) 0.549868	(0.0441078) 0.549868	(0.0441078) 0.549868
0.7	(0.0646816) 0.598838	(0.0589869) 0.600694	(0.0589520) 0.600705	(0.0589520) 0.600705	(0.0589520) 0.600705	(0.0589520) 0.600705	(0.0589520) 0.600705

^① 这里 h 值的选取是随意的。不难发现只要 h 固定且 z^* 有解，不同的 h 值的选取并不影响关于 β 值的比较分析的定性结果。

续表

β	$T=1$	$T=2$	$T=3$	$T=4$	$T=5$	$T=10$	$T=15$
0.8	(0.0728525)	(0.0676836)	(0.0676521)	(0.0676519)	(0.0676519)	(0.0676519)	(0.0676519)
	0.637028	0.638527	0.638536	0.638536	0.638536	0.638536	0.638536
0.9	(0.0781811)	(0.0733682)	(0.0733389)	(0.0733387)	(0.0733387)	(0.0733387)	(0.0733387)
	0.666616	0.667879	0.667886	0.667886	0.667886	0.667886	0.667886

注释：带括号的数字表示舍去的根。

观察表 2，我们有一下几点认识：

(1) 对于给定的 T 值， β 增加会增加 z^* 值。 β 值的增加是由于许可使用费增加所致。它给 R&D 企业带来两个效应：(a) 增加其在 $(t_i, T_{i-1}]$ 期由于侵权造成的许可费用支出 βv ，(b) 增加 $(t_{i+1}, T_i]$ 期由于他人侵权获得的许可收入 βv 。由于创新周期具有对称结构，这两期在我们的模型中具有相同的时长。但企业 i 的许可收益期 $(t_{i+1}, T_i]$ 建立在之前其他企业没有新产品推出的条件概率之上，此时企业 i 的 R&D 投资速度越快， t_i^* 越小， $T_i - t_{i+1}^* (= T_{i-1} - t_i^*)$ 就越长，其他企业侵犯企业 i 的产品专利的概率就越高，从而企业 i 能从中获得更大的预期收益。并且从创新企业的目标函数可以看出，外生的 h 参数值越大，其他企业在 $(t_{i+1}, T_i]$ 期侵权的概率越大，这时企业 i 从 β 值的增加中获得的预期收益增加额也越多^①。

(2) 对给定的 β ， T 越大， z^* 也越大，但 z^* 增幅随 T 增大而减少。表 2 表明，对从 0.1 到 0.9 的 β 值， $T \geq 3$ 所对应的 z^* 值基本保持不变。也就是说，对任意 β 值，通过提高 T 来增加 z^* 值的作用是递减的。值得一提的是当 $\beta = 0$ 时， z^* 值独立于 T 。此时专利期限政策失效。

由此自然引出命题 4。

命题 4 若 R&D 项目可行且其他条件不变：(1) β 增大促使企业 R&D 投资速率加快；(2) 对给定的 β ，延长专利期限 T 能提高企业 R&D 投资速率，但作用递减。

β 值是 R&D 企业间谈判所形成的许可使用费比例，实质上是关于新产品的利润分配方案。它的大小与双方的议价力量 (Bargaining Power) 直接相关。在累积性创新模型中，这种力量并不总是平等的。即使后续创新者必须进行许可生产，先前创新者的谈判力也可能会受到削弱，原因在于先前创新者通常无法在他的 R&D 成本沉没之前就与后续者进行谈判。“扼制” (Hold-up) 问题随之产生。那么 Hart 意义上的企业一体化 (Integration) 会不会发生？Katz and Shapiro (1985) 证明在不存在反垄断法约束的情况下，通过一份两部收费合约 (Two-part Tariff Contract) 即可让合约一方退出市场

^① 只需按同样的方法对比不同的 h 参数值下的 z^* 即可得到这一结论。由于篇幅所限，此处略去了繁琐的数值计算过程。

从而实现独占市场的目的。Scotchmer (1991) 则认为虽然 R&D 联合企业 (R&D Joint Venture) 由于能增加联合利润而优于许可生产制度, 但是关于联合生产的预先协议 (Prior Agreement) 能否达成并维持还取决于先前创新者和后续创新者各自从中获益情况。我们的模型前提排除了创新者之间达成垄断性协议的可能性, 不仅仅是基于法律上和理论上的理由, 同时也是为了更准确分析具有高度竞争性的累积性创新竞争特质的需要。

β 值也受制于政策环境。事实上专利保护的强度常常体现在发生诉讼时法院对案件的裁定上: 强保护导致高的许可费率 β , 弱保护则相反。这是通过改变侵权和被侵权企业的共同预期来实现的: 法院裁决越有利于被侵权者, 那么这一共同信息就会迫使侵权企业接受较高的许可使用费比例, 这就间接改变了双方议价力量的对比关系。一个相关的经验研究 (Warshofsky, 1994: P.9) 证据表明: 1982 年美国联邦电路诉讼法院 (the Court of Appeals for the Federal Circuit) 的设立导致侵权案件数量增加了 50% 而原告的胜诉率则达到了 80% 之多^①。

这些讨论可以很好地延伸到关于政府与基础研究关系的探讨中来。基础研究成果对技术进步的作用是显而易见的, 但是其本身却具有很小的孤立价值 (Stand-alone Value), 更重要的作用是为后续创新提供知识来源 (如爱因斯坦的相对论与 GPS 定位系统的关系)。这些基础研究成果的商品化须经后续者的不断开发才能实现, 因此研究者的议价力量相对较弱。同时基础研究成果往往以纯粹公共产品或俱乐部产品的形式出现, 很强的正外部性导致溢出效应显著, 企业投资激励减弱。这时即使延长其专利保护期限也不能提供 (对社会而言) 足够的研究激励, 为技术的快速进步提供基础。政府财政或法律上的支持就变得举足轻重了。

3. α 值与最优专利期限。 α 值的大小反映了各种外部因素对降低 R&D 有效支出所起的作用。无论是制度变革还是技术进步, 若能有效降低 R&D 所需支出, 都被反映在 α 值的增加上。当其他参数给定时关于 α 值变动的比较静态分析可以借助附录中函数 $Q(z)$ 的图形而获得定性结果, 从而弱化以上数值运算关于参数值的强假设条件。 α 值的增大会导致 $Q(z)$ 的上移, 在总是取较大根时, z^* 值增大, 技术进步率上升。这与非侵权情形下的分析结果相一致。

为了考察 (α, T) 组合与 z^* 值的关系, 我们仍给出一个数值例子。设定 $v = 0.1$, $A = 0.05$, $\beta = 0.5$, $h = 5$, $r = 0.1$ 。于是 $k = 0.3$, $u = 0.05 -$

^① 在此期间美国专利申请数量出现了前所未有的增长, Kortum and Lerner (1999) 通过对美国国内和国际数据的分析表明这主要不是因为该法院的设立而是源于研究管理 (Management of Research) 的变革。

$0.25e^{-3.1T}$ 。然后选取 4 个有代表性的 α 值。结果见表 3。

表 3 (α, T) 组合与 z^* 值

α	$T=1$	$T=2$	$T=3$	$T=4$	$T=5$	$T=10$	$T=15$	$T=20$
0.1	0.730316	0.731210	0.731216	0.731216	0.731216	0.731216	0.731216	0.731216
0.2	0.764783	0.765513	0.765518	0.765518	0.765518	0.765518	0.765518	0.765518
0.3	0.797752	0.798345	0.798348	0.798348	0.798348	0.798348	0.798348	0.798348
0.4	0.829439	0.829912	0.829915	0.829915	0.829915	0.829915	0.829915	0.829915
0.5	0.860008	0.860378	0.860381	0.860381	0.860381	0.860381	0.860381	0.860381
0.6	0.889594	0.889873	0.889875	0.889875	0.889875	0.889875	0.889875	0.889875
0.7	0.918304	0.918501	0.918503	0.918503	0.918503	0.918503	0.918503	0.918503
0.8	0.946227	0.946352	0.946352	0.946352	0.946352	0.946352	0.946352	0.946352
0.9	0.973438	0.973497	0.973497	0.973497	0.973497	0.973497	0.973497	0.973497

z^* 值的变化规律如下:

(1) α 值越大, z^* 值越大。这是因为投资所需的支出降低效应越强, R&D 投资企业的收益—成本比例预期就越高, 因而投资速度也越快。

(2) 给定 α , 随着 T 增大, z^* 增大; 且 T 越大或 α 越大, T 的增加引起的 z^* 增幅越小; $T \geq 3$ 时 T 的增加对 z^* 无影响。从这里同样可见通过延长专利期限来从微观上促进企业 R&D 投资速率的有效性会随期限增加而递减。

同样, 我们可以把以上结论归纳为一个命题。

命题 5 若 R&D 项目可行且其他条件不变: (1) α 增大促使 R&D 投资速度加快; (2) 当 α 较小时, 延长专利期限 T 能提高企业 R&D 投资速率, 但作用递减, 当 α 较大时, 企业 R&D 投资速率对专利期限不敏感。

四、结 论

在具有高技术进步率特征的累积性创新行业, 专利制度从微观层面对企业的 R&D 投资的决策具有重要影响。本文集中关注的是专利期限与企业微观 R&D 投资路径的关系。然而作为专利制度政策工具的专利期限在不同的创新环境下作用不尽相同。本文区分了创新的非侵权和侵权两种情形。在前一种情形下, 新的发明总是在已有专利已失效时发生, 只有当专利期限极短或制度环境等各种外部因素制约了行业创新环境时这种情况才会发生。在非侵权情形下, 从我们的模型中得出的一个重要结论是: 创新企业的最优投资路径独立于专利期限, 技术进步率也不受其影响 (命题 1)。

尽管如此, 非侵权情形却很少见, 侵权情形才是累积性创新行业的常态: 后续创新者的发明总是落在前一任创新者发明的专利保护期之内。在自愿许可生产的制度条件下, 侵权总可以通过双方企业的协商来解决。最常见

的形式是后续创新者通过向专利持有者（先前创新者）支付许可使用费而获得生产资格。命题 3~5 表明，在其他条件均不变时，纯粹专利期限的延长能加快 R&D 企业的投资速度，但是这种作用却随专利期限的延长而递减；我们的数值运算的结果显示，专利期限在超过一定长度时往往会失去效果。尤其是当创新较为活跃、投资成本较为低廉时，单个企业 R&D 投资速率对专利期限的变动很不敏感（命题 3 和命题 5）。Scotchmer（1991，2005）指出专利政策在累积性创新行业中只是个“钝器”（Blunt Instrument），同样 Bessen and Maskin（2000）的动态分析也表明在一定条件下同时具备累积性和互补性^①的行业专利保护反而有损于创新率和社会福利。本文的结论支持并拓展了这些结果。

法律环境会通过改变侵权与被侵权企业间议价力量的对比关系而作用于均衡时的许可使用费比例，从而间接地对创新速率产生影响。创新者议价力量的大小常与信息的外部性相连。这些讨论可以引出一系列政策建议，尤其是为政府对基础研究领域的支持提供了依据。而风险程度则对 R&D 投资速度具有负效应，原因在于：侵权情形下的企业创新竞争激烈（创新周期相对于专利期来说很短），此时风险的增加使竞争环境更加恶劣，因而将对决策产生消极影响。创新所需有效支出的降低，总是对 R&D 支出的回报具有正效应。有效支出的降低取决于许多因素，外部技术的进步（比如交通工具、通讯手段的进步之于半导体器材行业的创新）、法律法规的健全、行政效率的提高、国民受教育状况的改善、公共设施的完备、金融服务的便利等作为外部因素都能对此起到巨大作用。

Mansfield *et al.*（1981），Levin *et al.*（1987）和 Cohen *et al.*（2000）的实证研究显示，一般而言，专利并非是企业从 R&D 投资中获益的最佳选择，时间上的领先（Lead Time）、学习曲线（Learning Curves）、销售或服务努力（Sales or Service Efforts）、互补性营销（Complementary Marketing）等手段通常被认为在获得创新利润方面比专利更具有效性。为了防止信息泄露，企业还常常采取商业秘密的策略来保护其创新成果；有调查表明对不同规模等级的企业而言，商业秘密的重要性总是被排在专利之前（Arundel，2001）。本文的分析为这些经验研究的结果提供了解释，表明对社会而言，专利制度并非处处有效，而且它在提高技术进步率的动态效率方面的作用要视各种外部情况而定。模型中许多重要变量（例如泊松过程的特征参数）都是外生的，如何把这些参数内生并同时将知识溢出放入分析框架中，从而更动态更全面地反映累积性创新序列上的 R&D 博弈将是进一步研究努力的方向。

^① 本文模型中的累积性创新事实上也同时具备互补性见本书第 60 页脚注^①。

附录 (命题 2 的证明)

把方程组 (16) 的第二式除以第一式得到:

$$[1/(r+h)][1-1/s] = (1-\alpha)A \quad (\text{A.1})$$

令 $z=1/s$, $w=[(1-\alpha)(r+h)A]^2$, 则有

$$(1-z)^2(u+kz) = w \quad (\text{A.2})$$

再定义

$$Q(z) = kz^3 + (u-2k)z^2 + (k-2u)z + u - w$$

因为 $z=e^{-(r+h)t}$, 所以 $0 < z < 1$ 。于是解的存在性问题就转化为 $Q(z)$ 与横轴在区间 $(0, 1)$ 内是否存在交点的问题。又因为

$$Q'(z) = 3kz^2 + 2(u-2k)z + k - 2u = (z-1)[3kz - (k-2u)] \quad (\text{A.3})$$

假设 $k=2v(\beta h-1) > 0$, 即 $\beta h > 1$ 成立。我们考察 $Q'(z)=0$ 的其中一个根 $(k-2u)/3k$ 落在 $(0, 1)$ 区间的情形。

(1) $(k-2u)/3k > 0$ 。因为 $k > 0$, 所以只需要 $k-2u = v[2(\beta h-1) + 2(\beta-1) + h\beta e^{-(r+h)T}] > 0$ 。当时 $Th > 1$ 时, $\partial[he^{-(r+h)T}]/\partial h = e^{-(r+h)T}[1 - Th] < 0$, 且 $\lim_{h \rightarrow \infty} he^{-(r+h)T} = 0$, 因此当 h 很大时, $k-2u > 0$ 近似于要求 $2(\beta h-1) + 2(\beta-1) > 0$ 即 $\beta(h+1) > 2$ 。

(2) $(k-2u)/3k < 1$ 。这等价于 $k+u = v[2(\beta h-1) + (1-\beta) - h\beta e^{-(r+h)T}] > 0$ 。同 (1), 这可以近似地看做 $\beta(2h-1) > 1$ 。

在 (1) 和 (2) 的条件满足的情况下, $Q'(z)$ 和 $Q(z)$ 的图像如图 A.1 所示。

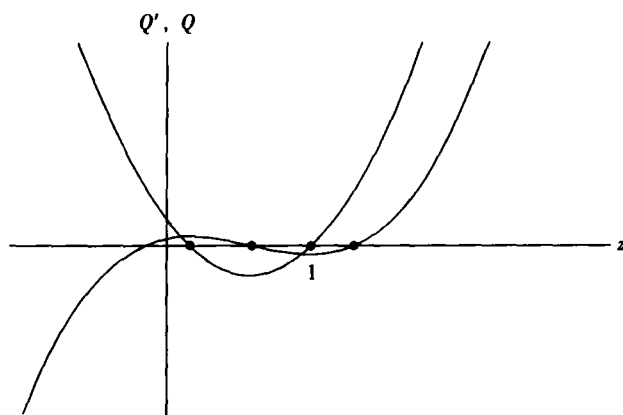


图 A.1

由于 $Q(1) = -w < 0$, 由图 A.1 可知, 要使 $Q(z) = 0$ 在 $(0, 1)$ 内有

解, 只需 $Q[(k-2u)/3k] > 0$ 即可。设 $\hat{u} = u/k$, $\hat{w} = w/k$ 。于是

$$\begin{aligned} Q[(k-2u)/3k] &= Q(1/3 - 2\hat{u}/3) \\ &= (4k/27)[\hat{u}^3 + 3\hat{u}^2 + 3\hat{u} + 1 - 27\hat{w}/4] > 0 \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

由 $-1 < \hat{u} < 1/2$ 得到 $0 < \hat{u}^3 + 3\hat{u}^2 + 3\hat{u} + 1 < 8/27$, 所以 $w = [(1-\alpha)(r+h)A]^2$ 须足够小以使式 (A.4) 成立。当 $(1-\alpha)A \rightarrow 0$ 时 $\hat{w} \rightarrow 0$ 。

综上, 方程组 (16) 有解的一个充分条件是: $\beta h > 1$, $Th > 1$, $\beta(h+i) > 2$, $\beta(2h-1) > 1$, 以及 $(1-\alpha)A \rightarrow 0$ 。

参考文献:

1. Aoki, Reiko and Hu Jin-li, 1999, "Licensing vs. Litigation: The Effect of the Legal System on Incentives to Innovate", *Journal of Economics and Management Strategy*, 8 (1), pp. 133 - 160.
2. Aoki, Reiko and Yossi Spiegel, 1998, "Public Disclosure of Patent Applications, R&D and Welfare", *Working Paper 30-98*, Tel Aviv University.
3. Arrow, Kenneth J., 1962, "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", in *The Rate and Direction of Economic Activities: Economic and Social Factors*. Princeton: Princeton University Press.
4. Arundel, Anthony, 2001, "The Relative Effectiveness of Patents and Secrecy for Appropriation", *Research Policy*, 30 (4), pp. 611 - 624.
5. Bessen, James and Eric Maskin, 2002, "Sequential Innovation, Patents and Imitation", *Working Paper 00-01*, Massachusetts Institute of Technology.
6. Chang, Howard F., 1995, "Patent Scope, Antitrust Policy and Cumulative Innovation", *RAND Journal of Economics*, 26 (1), 34 - 57.
7. Choi, Jay P., 2003, "Patent Pools and Cross-Licensing in the Shadow of Patent Litigation", *Working Paper 1070*, Center for Economic Studies and Ifo Institute for Economic Research.
8. Cohen, Wesley M., Richard R. Nelson and John P. Walsh, 2000, "Protecting Their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why U. S. Manufacturing Firms Patent (or Not)", *NBER Working Paper No. 7552*.
9. Denicolo, Vincenzo, 1996, "Patent Races and Optimal Patent Breadth and Length", *Journal of Industrial Economics*, 44 (3), pp. 249 - 265.
10. Dijk, Theon van, 1996, "Patent Height and Competition in Product Improvements", *Journal of Industrial Economics*, 44 (2): pp. 151 - 167.
11. Gallini, Nancy T., 1992, "Patent Policy and Costly Imitation", *RAND*

Journal of Economics, 23 (1), pp. 52 – 63.

12. Gilbert, Richard and Carl Shapiro, 1990, “Optimal Patent Length and Breadth”, *RAND Journal of Economics*, 21 (1), pp. 106 – 112.

13. Green, Jerry R. and Suzanne Scotchmer, 1995, “On the Division of Profit in Sequential Innovation”, *RAND Journal of Economics*, 26 (1), pp. 20 – 33.

14. Grossman, Gene M. and Elhanan Helpman, 1991, “Quality Ladders in the Theory of Growth”, *Review of Economic Studies*, 58 (1), pp. 43 – 61.

15. Kamien, Morton I. and Nancy L. Schwartz, 1971, “Expenditure Patterns for Risky R. and D. Projects”, *Journal of Applied Probability*, 8 (1), pp. 60 – 73.

16. Kamien, Morton I. and Nancy L. Schwartz, 1974, “Patent Life and R&D Rivalry”, *American Economic Review*, 64 (1): pp. 183 – 187.

17. Katz, Michael L. and Carl Shapiro, 1985, “On the Licensing of Innovations”, *RAND Journal of Economics*, 16 (4), pp. 504 – 520.

18. Klemperer, Paul, 1990, “How Broad Should the Scope of Patent Protection Be?”, *RAND Journal of Economics*, 21 (1), pp. 113 – 130.

19. Kortum, Samuel and Josh Lerner, 1999, “What is behind the recent surge in patenting?” *Research Policy*, 28 (1), pp. 1 – 22.

20. Langinier, Corinne and GianCarlo Moschini, 2002, “The Economics of Patents: An Overview”, *Working Paper 02 – WP 293*, Iowa State University.

21. Lerner, Josh. and Jean Tirole, 2002, “Efficient Patent Tools”, *Working Paper w9175*, National Bureau of Economic Research.

22. Levin, Richard C. , Alvin K. Klevorick, Richard R. Nelson and Sidney G. Winter, 1987, “Appropriating the Returns from Industrial Research and Development”, *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, pp. 783 – 831.

23. Mansfield, Edwin, Mark Schwartz and Samuel Wagner, 1981, “Imitation Costs and Patents: An Empirical Study”, *Economic Journal*, 91 (364), pp. 907 – 918.

24. Merrill, Stephen A. , Richard C. Levin and Mark B. Myers (eds.), 2004, *A Patent System for the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press.

25. Nordhaus, William D. , 1972, “The Optimum Life of a Patent: Reply”, *American Economic Review*, 62 (3), pp. 428 – 431.

26. O’Donoghue, Ted, Suzanne Scotchmer, Jacques-Francois Thisse, 1998, “Patent Breadth, Patent Life, and the Pace of Technological Progress”, *Journal of Economics and Management Strategy*, 7 (1), pp. 1 – 32.

27. OECD, 2002, "Competition and co-operation in innovation", in *STI Outlook 2002*. Paris: OECD Publications.
28. Ordover, Janusz A. , 1991, "A Patent System for both Diffusion and Exclusion", *Journal of Economic Perspectives*, 5 (1), pp. 43 -60.
29. Scotchmer, Suzanne, 1991, "Standing on the Shoulders of Giants: Cumulative Research and the Patent Law", *Journal of Economic Perspectives*, 5 (1), pp. 29 -41.
30. Scotchmer, Suzanne, 1996, "Protecting Early Innovators: Should Second-Generation Products be Patentable?" *RAND Journal of Economics*, 27 (2), pp. 322 -331.
31. Scotchmer, Suzanne, 2005, "Standing on the Shoulders of Giants: Protecting Cumulative Innovators", in *Innovation and Incentives*. Cambridge, M. A. : MIT Press.
32. Scotchmer, Suzanne and Jerry Green, 1990, "Novelty and Disclosure in Patent Law", *RAND Journal of Economics*, 21 (1), pp. 131 -146.
33. Warshofsky, Fred, 2004, *The Patent Wars: The Battle to Own the World's Technology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
34. Waterson, Michael, 1990, "The Economics of Product Patents", *American Economic Review*, 80 (4), pp. 860 -869.

Cumulative Innovation, Patent Life, and the Firm's R&D Investment Path

Wang Zheng

(Zhejiang University, 310027)

[**Abstract**] When innovations are cumulative, patent life as a policy instrument has an impact on the innovation cycle. Whereas it works quite differently under infringement situation from under non-infringement situation, as are distinguished in the paper. In the former situation, the optimal R&D decision-making by the firm is independent of patent life, while in the latter, which is more common, the validity of the policy in promoting technological progress depends on external conditions and its effect decreases in patent life. The rate of innovation is also built on the reduction of investment costs.

[**Key words**] Cumulative Innovation Patent Life R&D

JEL Classification: K210 L400 O380