

技术扩散模型中的发展中国家最优专利保护

徐朝阳*

摘要 本文在 Barro and Sala-I-Martin (1997) 的技术扩散模型基础上, 构建了一个 Ramsey 问题模型讨论发展中国家内生的动态最优专利保护问题。本文给出了 Ramsey 问题的均衡解并讨论了其动态特征, 克服了现有文献只用比较静态方式分析讨论外生最优专利保护政策的缺陷。本文的主要结论是, 发展中国家在发展早期阶段, 理应设定相对较低的专利保护程度, 然后随着经济成长不断地提高专利保护水平, 但其长期的稳态专利保护水平有可能比发达国家高, 也可能比发达国家低。

关键词 专利保护, 技术扩散, Ramsey 问题

一、引 论

20 世纪 80 年代后期以来, 随着《与贸易相关的知识产权保护协定》(TRIPs) 的签署生效并最终成为世界贸易组织 (WTO) 的官方文件, 发展中国家的专利保护力度得到大幅度提高。因为 TRIPs 规定了最低标准的专利保护力度, 很多发展中国家专利保护程度的提高并非自愿, 因此在学术界关于提高专利保护力度是否有利于发展中国家经济的问题, 一直是一个非常热点的话题, 对此存在着各种针锋相对的观点。

较早理论上研究此问题的是 Chin and Grossman (1990) 以及 Deardoff (1992)。在他们的文献中, 发达国家是创新者, 而发展中国家是模仿者。发展中国家专利保护力度的增强, 只会阻碍他们模仿发达国家的技术, 降低他们的技术进步速度, 并提高发达国家产品在世界市场上的份额。因此, TRIPs 协议的净效应, 是把利益从发展中国家向发达国家转移。¹

* 对外经济贸易大学国际经济贸易学院。通信地址: 北京市朝阳区惠新东街 10 号, 100029; 电话: (010) 64493301; E-mail: xuwenite@gmail.com。本文在写作过程中, 得到了北京大学国家发展研究院和中国经济研究中心巫和懋、龚强、李力行等老师的热情指导; 同时, 美国纽约大学朱胜豪、英国牛津大学李志赞、浙江大学潘仕远、香港科技大学王勇和美国哥伦比亚大学孙希芳以及两位匿名审稿人也对本文提出了有益的建议; 此外, 本文还得到国家留学基金委“国家建设高水平大学公派留学生项目”的资助, 作者在此一并表示感谢。

¹ 他们的研究得到了 McCalman (2001) 的实证支持, 根据他的估算, TRIPs 协议的生效, 将使美国成为最大的赢家, 德国、法国、意大利等发达国家也能从中获利, 而发展中国家将成为主要的净损失方, 部分发达国家如日本、英国也是利益的受损者。

上述研究是在局部均衡和静态模型框架下进行的。Helpman (1993) 构建了一个动态一般均衡模型, 发达国家研发新技术, 然后发展中国家模仿。如果专利保护力度较大, 发达国家可能会占有更多全球市场, 但发展中国家模仿难度加大, 经济发展会变慢, 进而给发达国家造成损失, 这种损失有可能会超过静态获益。显然, 根据 Helpman (1993) 的结论, TRIPs 不仅不利于发展中国家, 也可能不利于发达国家和全球经济。

这些研究没有考虑到发达国家通过 FDI 或者技术转让等途径向发展中国家转移技术的可能性。而根据不少实证研究, 专利保护对于鼓励发达国家向发展中国家转移技术是有明显的促进作用的。² Lai (1998) 和 Branstetter *et al.* (2007) 在 Helpman (1993) 论文的基础上, 引入 FDI 这个技术转移的途径。结果发现, 虽然加强专利保护不利于发展中国家的模仿, 但技术转移会促进发展中国家的技术进步和经济增长。³

另外一些研究认为, 发展中国家也需要一定程度的专利保护, 但发展中国家的专利保护应当与发达国家有所差别。例如, 在 Grossman and Lai (2004) 的模型中, 发展中国家也需要一定程度的专利保护以促进研发和增长, 不过发达国家有更大的市场规模和更高的人力资本, 研发回报率更高, 因而会制定更强的专利保护。Chen and Puttitanum (2005) 认为, 发展中国家既存在模仿发达国家的研发, 也存在国内的自主研发, 专利保护越弱越有利于模仿, 越强则越能促进自主研发, 发展中国家应该随着发展阶段的不同, 先降低专利保护, 而后再提高专利保护。

现有所有文献的一个特点是, 都假设模仿研发没有任何创新因素, 提高专利保护只会妨碍模仿。显然, 这并不符合逻辑。根据 Mansfield *et al.* (1981) 的研究, 模仿研发的平均成本达到了全新研发的 65%, 最少也不会低于 20%。Barro and Sala-I-Martin (1997) 以及 Glass and Saggi (2002) 的模型就都考虑到了模仿研发的成本问题。既然模仿研发也需要投入成本, 如果不对其提供一定程度的专利保护, 模仿研发的成果可以被随意复制, 那么模仿研发者如何获取利润弥补其成本?

基于上述思考, 本文考虑一个发展中国家从发达国家引进现有技术然后进行模仿和适应性改进的模型, 发展中国家需要提供专利保护促进这种局部创新的研发。在制定专利保护政策过程中, 发展中国家面临着 Nordhaus

² 例如, Mansfield (1994) 通过对美国六个制造业部门的调查发现, 一国知识产权保护力度比较弱的话, 会阻碍美国企业对其投资, 这在制药和化工行业表现得尤其明显。Branstetter *et al.* (2006) 研究了 1982—1999 年十六个国家的知识产权制度改革的数据, 也发现一国提高知识产权保护以后, 美国的跨国公司会大幅度地增加在该国的研发费用和技术转移力度。此外, Gould and Gruben (1996) 的实证研究表明, 知识产权保护的力度与该国的经济增长绩效有正向的关系。

³ 不过, Glass and Saggi (2002) 认为, 现有的研究都基于专利保护一定会减少模仿这个外生假设, 因此他把模仿过程内生化的, 发现提高专利保护以后, 发展中国家模仿成本提高, 模仿研发占用资源增加, 会挤出 FDI, 因而引入 FDI 和技术扩散不一定能促进发展中国家的增长。

(1969) 模型中相同的权衡：更高的专利保护程度带来的更多的创新和更快的经济增长，还是较低的专利保护程度带来的较低垄断以及静态福利增加。但在本文模型中，局部创新的成本比全新研发要低，因而发展中国家能够设定相对发达国家更低的专利保护程度，削弱研发者的垄断地位，享受到更多的福利增加，可以用更低的成本保持较高的技术进步速度。

但从长期看，随着发展中国家引进和模仿研发的创新含量越来越多，研发成本会不断地提高。如果发展中国家的其他制度环境不利于创新，其最终的研发成本会高于发达国家。如果发达国家增长速度较快，发展中国家为了追求福利效应，可以设定一个相对较低的专利保护程度。如果发达国家增长速度较慢，那么随着模仿优势的逐步丧失，发展中国家的增长速度也越来越低，最终发展中国家有可能会制定比发达国家程度还要高的专利保护以维持增长。

本文模型建立在 Barro and Sala-I-Martin (1997) 的技术扩散模型基础上，主要是在他们模型中引入专利保护并利用 Ramsey 问题框架研究了发展中国家内生而且动态的最优专利保护。根据标准的 Ramsey 问题框架，本文模型中存在一个仁慈且具有承诺能力的政府⁴，它将市场均衡视为其反应函数，然后选择政府认为最优的专利保护政策。本文给出了这个 Ramsey 问题的定义和均衡解，并以此为基础，描述了发展中国家专利保护、技术进步以及经济增长的动态路径。

本文结论有些类似 Chen and Puttitanum (2005)，区别是本文把模仿看做一个局部创新，也需要一定程度的专利保护，而后文中的模仿是没有任何创新因素的，专利保护只会阻碍模仿研发；另外，本文发展中国家的专利保护水平是单调增加的，而后文中先有一个下降的过程。最后，本文发展中国家的专利保护政策，完全是在内生而且动态的框架下讨论的，而现有文献几乎全部都把专利保护当作外生变量处理，用比较静态方式分析专利保护的福利影响。

在 Barro and Sala-I-Martin (1997) 的模型中，没有贸易和 FDI，发展中国家无偿获得发达国家的技术，技术扩散的设定相对简单，这为本文研究更复杂的问题提供了极大便利。但同时，本文不可避免地继承了他们模型中的缺点，即国家之间经济互动少，技术扩散缺乏微观基础。为此，本文引入了技术转让费，发展中国家需要付一笔固定费用才能获取新技术，或多或少地改进了该问题。

本文的框架结构如下：第二部分描述模型的基本框架；第三部分讨论发达国家的最优专利保护政策；第四部分给出 Ramsey 问题的定义和求解过程，讨论发展中国家的专利保护政策；第五部分给出数值例子，验证正文主要结

⁴ 完全承诺能力意味着政府不会出现时间非一致的行为，这在 Ramsey 问题模型中是个标准的假设。

论;最后一部分总结全文。

二、模型的基本框架

本文模型有两个生产部门:最终品和中间品部门。最终品分配于消费以及中间品的研发和生产;中间品用于最终品的生产,它是非耐用的,每次生产过程都会全部耗光,因此下次生产必须重新购买。中间品的种类是内生决定的,投入一定数量的最终品可以研发出新的中间品。

模型里有两个国家:发达国家和发展中国家,分别用 $i=1$ 和 $i=2$ 代表。沿用 Barro and Sala-I-Martin (1997),两国不存在产品贸易,但存在技术扩散。发达国家是技术领导者,最新的中间品由发达国家研发出来。发展中国家是技术跟随者,通过引进和模仿发达国家的现有技术,增加本国中间品的种类。

(一) 家庭

两国代表性家庭的目标函数为:

$$U = \int_t^{\infty} \ln C_i \cdot \exp[-\rho(\tau - t)] d\tau, \quad (1)$$

其中, C_i 表示第 i 国代表性家庭的消费量, ρ 表示消费的时间贴现率。本文假设两国的时间贴现率相同,因此 ρ 没有下标 i 。

代表性家庭的跨期预算约束式为:

$$\int_{\tau}^{\infty} C_i \cdot \exp\left[-\int_t^{\tau} r_i(v) dv\right] d\tau \leq \int_0^{\infty} w_i \cdot \exp\left[-\int_t^{\tau} r_i(v) dv\right] d\tau + a_i(0), \quad (2)$$

其中 w_i 为第 i 国代表性家庭的工资水平, $r_i(t)$ 为均衡的市场利率, $a_i(0)$ 为其初始财富。

由上式,容易得到第 i 国代表性家庭最优的消费增长

$$\gamma_i = \frac{\dot{C}_i}{C_i} = r_i - \rho. \quad (3)$$

(二) 最终品部门

沿袭 Dixit and Stiglitz (1977)、Ethier (1982) 以及 Romer (1990),两国最终品的生产函数为:

$$Y_i = A_i L_i^{1-\alpha} \sum_{j=1}^{N_i} X_{ij}^{\alpha}. \quad (4)$$

其中 $0 < \alpha < 1$, Y_i 是第 i 国的最终品产量, A_i 是第 i 国外生的生产率参数, L_i

是第 i 国的劳动力总数, X_{ij} 是第 i 国企业在生产中使用的第 j 种中间产品的数量。

N_i 是第 i 国能够使用的中间品的种类数。容易看出, N_i 越大, 最终品产量 Y_i 就越高。因为新的中间品都是发达国家首先研发出来的, 所以发达国家使用的中间品数量必然多于发展中国家, 发展中国家使用的中间品技术集合必然被发达国家使用的中间品技术集合所包含, 即有 $N_1 \geq N_2$ 和 $N_1 \supseteq N_2$ 。不过, 在本文模型中, $N_1 \geq N_2$ 和 $N_1 \supseteq N_2$ 成立, 是需要条件的, 该条件决定谁最终是发达国家, 谁最终是发展中国家, 后文会详细讨论。

两国的劳动力市场和最终品市场都是完全竞争的, 最终品产品价格都标准化为 1。

(三) 中间品部门

每生产 1 单位中间产品需要耗费 1 单位最终品。研发一种新的中间品, 需要 η_i 单位的最终品。

η_i 是第 i 国研发的成本。一国的教育和科研体制越先进、越完善, 研发效率就越高, 从而研发成本就越低。此外, 研发对象的先进程度也直接决定研发物质耗费的高低。发达国家从事全新研发, 发展中国家主要是进行模仿研发, 后者难度显然低于前者, 因此研发成本理应比发达国家要低。不过, 随着发展中国家的技术水平越来越逼近发达国家, 技术模仿的难度会随之变大, 研发成本相应会逐步提高。

中间品的研发市场是自由进入的, 任何人都可以自由地研发任何一种新的中间产品。但中间品的研发是一次性的投入, 具有固定成本的性质。因此, 政府必须通过专利保护的形式给予中间品研发者一定的市场垄断地位, 获取高于中间品 1 单位边际生产成本的超额利润, 从而弥补其研发投入。

专利保护包括长度和宽度两方面, 前者主要是专利保护的时间期限, 后者主要是专利保护的强度。本文假设专利保护的时间期限无穷长, 重点研究专利保护的宽度或者强度问题。⁵

沿用 Klemperer (1990)、Gilbert and Shapiro (1990)、Diwan and Rodrik (1991) 以及 Goh and Oliver (2002) 等人的做法, 本文将专利宽度定义如下。

定义 1 若为第 i 国第 j 种中间品的垄断价格加成, 则当且仅当该中间品的实际价格为 $MC(1+b_i\mu_{ij})$ 时, 该国的专利保护宽度就为 $b_i \in [\underline{b}_i, 1]$ 。

其中, \underline{b}_i 是第 i 国制定专利保护宽度的下限, 保证技术进步不会出现负增

⁵ 根据 Judd(1985)以及 Gilbert and Shapiro (1990)等人的理论研究,无限长的专利保护期限是最优的。同时, Mansfield(1984,1985)等人的实证研究也表明,大部分专利在其专利保护期结束之前就已经落伍了,对发明者专利权的保护主要靠专利保护宽度。因此,本文重点关注专利宽度问题。

长。若 $b_i=1$, 则政府提供的是完全的专利保护。注意, 本文将专利宽度定义为研发者实际制定垄断价格的能力, 而不是一国在法律上给予研发者的名义保护强度。

三、发达国家的研发与专利保护

由于中间品边际生产成本为 1, 再假设发达国家的专利宽度 $b_i=1$, 因而第 j 种中间品的垄断价格为 $1+\mu_{ij}$, 根据第 (4) 式的生产函数, 容易得到第 j 种中间品的需求函数:

$$1 + \mu_{ij} = \alpha A_i L_i^{1-\alpha} X_{ij}^{\alpha-1}. \quad (5)$$

再求解第 j 种中间品研发者的利润最大化问题, 容易得到其垄断价格加成为:

$$\mu_{ij} = \bar{\mu}_1 = \frac{1-\alpha}{\alpha}. \quad (6)$$

该式说明, 如果发达国家的专利宽度为 b_1 , 则所有中间品的实际价格均为 $1+b_1\bar{\mu}_1$, 从而所有中间品的实际需求数量为:

$$\bar{X}_1 = X_{1j} = (1 + b_1\bar{\mu}_1)^{\frac{1}{\alpha-1}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} A_1^{\frac{1}{1-\alpha}} L_1. \quad (7)$$

这里, \bar{X}_1 是发达国家所有中间品的实际需求量, 它显然是专利保护宽度的减函数, 专利保护越强, 中间品的消费量就越少。而根据第 (4) 式, 中间品的减少, 会直接导致最终品产量的下降, 这反映了提高专利保护程度导致垄断的加剧, 它会带来社会福利的损失, 这就是提高专利保护宽度带来的静态福利损失效应。

进一步, 还可以求出每种中间品的利润流为:

$$\pi_1 = b_1\bar{\mu}_1 (1 + b_1\bar{\mu}_1)^{\frac{1}{\alpha-1}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} A_1^{\frac{1}{1-\alpha}} L_1. \quad (8)$$

显然, 该利润流是专利保护宽度 b_1 的增函数。进一步可以得出中间品的研发利润净现值:

$$V_1(t) = \pi_1 \int_t^{\infty} \exp\left[-\int_t^{\tau} r_1(v) dv\right] d\tau + T, \quad (9)$$

这里的 T 是从发展中国家获得的一次性的固定技术转让费, 它恒小于研发成本 η_1 , 即 $T < \eta_1$ 。

发达国家处于技术前沿, 其研发成本 η_1 主要取决于该国的教育科研体制。一般而言, 制度因素在长时间内保持相对稳定, 所以, 我们假设 η_1 是个常数。由于中间品研发市场可以自由进入, 任何人都可以支付 η_1 的成本获得新中间

品的专利权。因此，在均衡状态，研发者获得的垄断利润净现值 V_1 应该等于其成本 η_1 ，然后两边对时间求导，容易得到均衡市场利率，并将其代入 (3) 式，得到消费增长速度

$$\gamma_1 = \frac{\pi_1}{\eta_1 - T} - \rho. \quad (10)$$

显然，技术转让费 T 必须小于研发成本 η_1 ，否则模型没有意义。

最终品用于消费以及中间品的研发和生产，即有

$$\frac{Y_1}{N_1} = \frac{C_1}{N_1} + (\eta_1 - T) \frac{\dot{N}_1}{N_1} + \bar{X}_1. \quad (11)$$

这里， \bar{X}_1 是个常数；同时，在稳态时，中间品种类的增长速度 \dot{N}_1/N_1 也是个常数。因此，(11) 式说明，在稳态时，最终品产量 Y_1 ，代表性家庭消费量 C_1 以及中间品种类 N_1 都必须保持相同的增长速度，即有

$$\frac{\dot{Y}_1}{Y_1} = \frac{\dot{N}_1}{N_1} = \frac{\dot{C}_1}{C_1} = \gamma_1. \quad (12)$$

由于利润流 π_1 是专利保护宽度 b_1 的增函数，(10) 式和 (12) 式说明，专利宽度 b_1 越大，技术进步、消费和产出的增长速度就越快，这就是提高专利保护宽度的动态增长效应。政府需要在专利保护的动态增长和静态福利损失效应之间寻找平衡，决定最佳的专利保护宽度。

从 (11) 式还能够看出，如果专利宽度 b_1 足够小，例如，当它接近 0 的时候，利润 π_1 接近 0，此时会出现利率低于贴现率 ρ 从而消费增长为负的情况。而这种情况显然是不可能出现的，因为现实中没有人会在利率低于贴现率的情况下去投资研发，所以政府制定的专利宽度必须排除这种情况，即专利宽度下限 \underline{b}_1 必须满足零增长条件

$$\pi(\underline{b}_1) = (\eta_1 - T)\rho. \quad (13)$$

如果我们将社会福利定义为代表性消费者的效用水平，那么，我们可以得到类似于 Goh and Oliver (2002) 以及 Iwaisako and Futagami (2003) 文献中的最优专利保护宽度。

命题 1 (1) 发达国家的社会福利水平为

$$W_1(t) = \frac{1}{\rho} \ln C_1(t) + \frac{1}{\rho^2} \gamma_1, \quad (14)$$

其中

$$C_1(t) = \left[\frac{1 + b_1 \bar{\mu}_1}{b_1} \pi_1 + (\eta_1 - T)\rho \right] N_1(t). \quad (15)$$

(2) 发达国家唯一最优的专利保护宽度为 $b_1^* = \operatorname{argmax} W_1(t)$;

(3) 发达国家最优的专利保护宽度是有限的, 即满足 $b_1^* < 1$; 此外, 当满足不等式条件

$$b_1(1 + 2b_1\mu_1 + b_1 - \mu_1) < 1 \quad (16)$$

时, 发达国家最优的专利保护宽度能够满足零增长条件。

证明 见附录 1。

命题 1 的经济含义非常明确。(14) 式中的社会福利函数是代表性消费者未来所有消费贴现到当期(即本文中第 1 期)的加总, 根据该式, 社会福利水平是当期消费和未来消费增长的加权平均数。附录 1 证明, 专利宽度越大, 当期消费就越小, 但消费增长速度会越大。所以, 提高专利保护水平, 可以促进未来的消费和福利, 但不利于当期的消费和福利。所以, 最优的专利保护, 就是在这两种效应之间取得平衡。

该命题的第 (3) 部分给出了最优专利保护宽度的边界范围。它首先说明最优专利一定不会是完全的保护; 其次, 当 (16) 式成立时, 社会福利最优的专利保护宽度一定会大于其下限 b_1 , 保证不会出现利率低于贴现率这种不合理情况。

四、技术扩散与发展中国家的专利保护

(一) 发展中国家的研发成本

发达国家的研发成本主要由该国相对稳定的教育科研制度决定, 因此我们假设它是个常数。但发展中国家主要从事模仿研发, 其研发成本除了取决于该国的教育科研制度以外, 还取决于该国与发达国家的技术落差, 而技术落差是在变动的, 因此发展中国家的研发成本不是常数。技术落差大, 研发成本就低; 如果技术落差不断缩小, 那么发展中国家的研发成本就不断趋于提高。

沿用 Barro and Sala-I-Martin (1997), 本文假设发展中国家从发达国家引进现成技术, 然后进行模仿和适应性改进。这种模仿和适应性改进的成本显然要低于全新研发; 而且, 随着引进技术的先进程度不断提高, 模仿和适应性改进的难度越来越大, 成本就越来越高。根据发展中国家研发的这些特性, 本文假设其研发成本的函数形式为:

$$\eta_2 = \nu_2 \hat{N} + T' \quad (17)$$

这里, 变量 $\hat{N} = N_2/N_1 \in [0, 1]$, 是发展中国家与发达国家的技术落差; ν_2 是常数, 代表发展中国家教育科研体制决定的成本, 对应发达国家的研发成本

η_1 ； T' 是一次性支付的固定的技术转让费⁶。(17) 式具有如下性质：

第一， $\eta_2'(\hat{N}) > 0$ ，代表发展中国家的技术存量越靠近发达国家的水平，技术落差越小，即 \hat{N} 越大，其研发成本就越高；

第二， $\lim_{N \rightarrow 1} = \nu_2$ ，即当发展中国家技术趋近发达国家时，它的研发成本完全由该国稳定的科研教育制度和研发效率决定， η_2 也就成为常数了。

(二) 发展中国家的技术进步与经济增长

发展中国家的最终品生产函数具有与发达国家相同的形式，因此中间品的垄断价格加成 $\bar{\mu}_2$ 也等于 $(1-\alpha)/\alpha$ ，所有中间品的实际价格均为 $1+b_2\bar{\mu}_2$ 。同样地，发展中国家的中间品模仿研发者获得的利润流为

$$\pi_2 = b_2\bar{\mu}_2(1+b_2\mu_2)^{\frac{1}{1-\alpha}}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}A_2^{\frac{1}{1-\alpha}}L_2. \quad (18)$$

从而，其利润净现值 V_2 等于 $\pi_2 \int_t^{\infty} \exp\left[-\int_t^{\tau} r_2(v)dv\right]d\tau$ 。因为发展中国家的中间品研发市场也可以自由进入，所以 V_2 也应该等于其研发成本 η_2 ，两边对时间求导，从而有：

$$r_2 = \frac{\pi_2}{\eta_2} + \frac{\dot{\hat{N}}}{\hat{N}}. \quad (19)$$

将其代入 (3) 式，就能得到发展中国家代表性家庭的消费增长率 γ_2 。显然，这里的消费增长率不是常数，要确定其增长速度，必须求出技术落差 \hat{N} 的增长率。

发展中国家的最终品也分配于消费以及中间品的研发和生产，因此可以得到一个类似于 (11) 式的公式：

$$\frac{\dot{N}_2}{N_2} = \frac{1}{\eta_2} \left(\frac{Y_2}{N_2} - \chi_2 - \bar{X}_2 \right). \quad (20)$$

其中， $\chi_2 = C_2/N_2$ 。

采用与 (7) 式完全一样的方法，可以求出 \bar{X}_2 。再根据 (4) 式中的生产函数，可以求出 \bar{Y}_2 。然后将 \bar{X}_2 和 \bar{Y}_2 代入 (20) 式，可以解出 N_2 的增长率，这样就不难得出技术落差的增长率：

$$\frac{\dot{\hat{N}}}{\hat{N}} = \frac{1}{\eta_2} \left(\frac{\alpha + b_2}{\alpha b_2} \pi_2 - \chi_2 \right) - \gamma_1. \quad (21)$$

根据 χ_2 的定义，其增长率等于 γ_2 与 N_2 的增长率之差，即为

⁶ 一般情况下，发展中国家引进技术发生在发达国家研发该技术之后，而发达国家研发者获得的技术转让费贴现值为 T ，所以发展中国家支付的费用 T' 是包含利息的，一定会有 $T' > T$ 成立。当然，本文假设 T 和 T' 都是常数，这表明每一项技术都在经过一段相同时间后被发展中国家引入，这是个纯技术假定，不损害本文任何其他结论的可靠性。

$$\frac{\dot{\chi}_2}{\chi_2} = \frac{\pi_2}{\eta_2} - \gamma_1 - \rho. \quad (22)$$

(21) 式和 (22) 式组成的动态系统就可以刻画发展中国家的技术进步和经济增长了。将第 η_2 代入这两个式子, 我们容易求得稳态的 \hat{N} 和 χ_2 , 分别为

$$\hat{N}^* = \frac{1}{\nu} \left(\frac{\pi_2}{\gamma_1 + \rho} - T' \right) \quad (23)$$

和

$$\chi_2^* = \frac{\alpha + b_2}{\alpha b_2} \pi_2 - (\nu_2 \hat{N}^* + T') \gamma_1. \quad (24)$$

根据假设 $N_1 \geq N_2$, 必然有 $\hat{N} \leq 1$, 这样 (23) 式就意味着

$$\frac{b_1(1 + b_1 \bar{\mu}_1)^{\frac{1}{\alpha-1}} A_1^{\frac{1}{1-\alpha}} L_1}{\eta_1} \geq \frac{b_2(1 + b_2 \bar{\mu}_2)^{\frac{1}{\alpha-1}} A_2^{\frac{1}{1-\alpha}} L_2}{\nu_2 + T'}. \quad (25)$$

因而, (25) 式是 $N_1 \geq N_2$ 和 $N_1 \supseteq N_2$ 成立的前提条件。它保证发展中国家在科研体制效率以及人口规模等外生禀赋条件逊于发达国家, 因而永远不能成为发达国家, 最多只能足够接近发达国家。当然, 如果 (25) 式不成立, 最终会出现发展中国家超越发达国家的情况, 本文后面会专门讨论。在此之前, 本文假设 (25) 式始终成立。

(23) 式和 (24) 式还说明, 在稳态时, 发展中国家代表性家庭的消费量 C_2 和中间品种类 N_2 将保持与发达国家中间品种类 N_1 相同的增长速度。此外, (4) 式说明发展中国家的最终品产量增长速度等于中间品种类的增长速度。所以, 我们有

$$\frac{\dot{Y}_2^*}{Y_2^*} = \frac{\dot{N}_2^*}{N_2^*} = \frac{\dot{C}_2^*}{C_2^*} = (\gamma_2)^* = \gamma_1. \quad (26)$$

这里, 星号代表稳态解。该式说明, 发展中国家的技术进步、消费水平以及最终品的增长速度, 在稳态时将等于发达国家。

从 (21) 式和 (22) 式组成的动态系统中, 我们可以初步地刻画发展中国家的技术进步和经济增长的动态路径和稳态特征, 但在这两个式子中, 仍然存在一个未知变量——专利保护宽度。因此, 只有当我们求解出最优的专利保护宽度以后, 才能完整地描述发展中国家的技术进步和经济增长。下面, 我们将讨论这个关键问题。

(三) Ramsey 问题与最优专利保护

本文研究的是一个仁慈且具有承诺能力的政府: 它选择最佳的专利保护宽度, 以最大化代表性消费者的效用。同时, 本文考虑的是分散经济的框架, 给定政府的专利保护制度以及市场价格, 厂商最大化其利润, 消费者最大化

其效用。在经济学中，这是一个典型的 Ramsey 问题，政府需要事先将消费者和厂商对其政策的反应考虑在内，然后选择最佳的专利保护制度。采用类似于 Ljungqvist 和 Sargent (2004) 的方式，我们将该问题分两步定义如下。

定义 2 给定政府专利保护宽度序列 $\{b_2\}$ 、要素价格序列 $\{r_2, w_2\}$ 以及最终品和中间品的价格序列 $\{1, p_{2j}\} (j=1, \dots, N_2)$ ，如果消费、中间品产量及其种类增量组成的可行配置序列 $\{C_2, \bar{X}_2, \dot{N}_2\}$ 能够实现消费者效用最大化和企业利润最大化，则序列组合 $\{r_2, w_2\}$ 、 $\{1, p_{2j}\}$ 和 $\{C_2, \bar{X}_2, \dot{N}_2\}$ 是一个市场均衡。

这里，可行配置序列 $\{C_2, \bar{X}_2, \dot{N}_2\}$ 之所以称为可行配置，是指它们必须满足消费者或者企业的预算平衡式。显然，不同的专利保护宽度序列 $\{b_2\}$ 会对应不同的可行配置以及产品和要素价格，从而对应不同的市场均衡。

定义 3 给定 \bar{X}_2 、 N_2 以及专利保护宽度 b_2 的初始值，Ramsey 问题是选择一个市场均衡，即选择一个专利保护宽度序列 $\{b_2\}$ ，以实现 (1) 式中目标函数的最大化。

Ramsey 问题的实质是一个政府具有先行优势和承诺能力的 Stackelberg 博弈，政府将市场的最优化行为视为其反应函数，然后选择最佳的政策变量。(21) 式和 (22) 式刚好完整地刻画了消费者和厂商的行为，因此政府选择最优的专利保护宽度序列 $\{b_2\}$ 的问题，就转化成在 (21) 式和 (22) 式约束下最大化第 (1) 式中消费者效用的问题了。同时，类似于发达国家，政府的专利政策必须满足 $r_2 \geq \rho$ ，根据 (3) 式、(19) 式和 (21) 式，即有

$$\frac{\pi_2}{\eta_2} + \frac{1}{\eta_2} \left(\frac{\alpha + b_2}{ab_2} \pi_2 - \chi_2 \right) - \gamma_1 - \rho \geq 0. \quad (27)$$

将 χ_2 和 \dot{N} 代入 (1) 式，不难写出政府最优化问题的汉密尔顿方程：

$$H = \ln \chi_2 + \ln \dot{N} + \ln N_1 + \lambda \dot{N} \cdot \left[\frac{1}{\eta_2} \left(\frac{\alpha + b_2}{ab_2} \cdot \pi_2 - \chi_2 \right) - \gamma_1 \right] \\ + \xi \chi_2 \left(\frac{\pi_2}{\eta_2} - \gamma_1 - \rho \right) + \varphi \left[\frac{\pi_2}{\eta_2} + \frac{1}{\eta_2} \cdot \left(\frac{\alpha + b_2}{ab_2} \cdot \pi_2 - \chi_2 \right) - \gamma_1 - \rho \right], \quad (28)$$

这里，汉密尔顿乘子 λ 和 ξ 分别是状态变量 \dot{N} 和 χ_2 的影子价格， ϕ 是拉格朗日乘子。

首先对 b_2 求导，得到一阶条件并整理为

$$b_2 = \frac{\alpha(\xi \chi_2 + \varphi)}{\lambda \dot{N} + (\alpha + 1)(\xi \chi_2 + \varphi) - \xi \chi_2}; \quad (29)$$

然后写出关于两个影子价格 λ 和 ξ 的最优性条件

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \frac{1}{\lambda \dot{N}} + \gamma_1 + \frac{\xi \chi_2}{\lambda \dot{N}} \cdot \frac{\pi_2}{\eta_2} + \frac{\varphi}{\lambda \dot{N}} \cdot \left[\frac{\dot{N}}{\dot{N}} + \frac{\dot{\chi}_2}{\chi_2} + 2\gamma_1 + \rho \right], \quad (30)$$

$$\frac{\dot{\xi}}{\xi} = \rho - \frac{1}{\xi\chi_2} + \frac{\lambda\dot{N}}{\xi\eta^2} - \frac{\dot{\chi}_2}{\chi_2} + \frac{\phi}{\eta^2}. \quad (31)$$

最后是互补松弛条件

$$\begin{aligned} \phi \left[\frac{\pi_2}{\eta^2} + \frac{1}{\eta^2} \cdot \left(\frac{\alpha + b_2}{ab_2} \cdot \pi_2 - \chi_2 \right) - \gamma_1 - \rho \right] &= 0; \\ \frac{\pi_2}{\eta^2} + \frac{1}{\eta^2} \cdot \left(\frac{\alpha + b_2}{ab_2} \cdot \pi_2 - \chi_2 \right) - \gamma_1 - \rho &\geq 0; \quad \phi \geq 0. \end{aligned} \quad (32)$$

(29) 式至 (32) 式组成的系统基本上能够刻画整个经济的全部特征。⁷

下面的引理将说明发展中国家一定不会选择使得消费增长速度为 0 的专利保护宽度, 同时发展中国家的 \dot{N} 和 χ_2 将单调地增加到其稳态水平。

引理 1 当 $\dot{N} < \dot{N}^*$ 时, 有 $\phi = 0$ 以及 $\dot{N} > 0$ 和 $\dot{\chi}_2 > 0$ 成立。

证明 根据本文的定义, 中间品种类 N_2 不可能出现负增长, $\dot{N}_2 < 0$ 这种情况毫无意义, 因此根据 (20) 式必然有 $(\alpha + b_2)\pi_2/ab_2 \geq \chi_2$ 。这样, 对于任何一个给定的专利保护度 b_2 , 根据 (21) 式和 (22) 式, 我们做出关于 (\dot{N}, χ_2) 的相位图 (见图 1)。曲线 $\dot{\chi}_2 = 0$ 和 $\dot{N} = 0$ 将相位图分成四个区域。

如果 $\phi > 0$, 则互补互补松弛条件 (32) 说明不等式约束 (27) 式必然是紧的, 整理可得

$$\frac{\dot{N}}{N} + \frac{\dot{\chi}_2}{\chi_2} = -\gamma_1,$$

因此有 $\dot{N} < 0$ 或 $\dot{\chi}_2 < 0$ 者成立。

但根据相位图, 只有在 $\dot{N} < 0$ 且 $\dot{\chi}_2 < 0$ 的区域, 才有可能存在一条唯一的鞍点路径使 \dot{N} 和 χ_2 收敛到稳态值。而在该区域, \dot{N} 高于其稳态值 \dot{N}^* ⁸。所以, 当 $\dot{N} < \dot{N}^*$ 时, 如果有 $\phi > 0$, 那么 \dot{N} 和 χ_2 一定处在发散路径上, 这不可能是消费者的最优选择。

所以, 当 $\dot{N} < \dot{N}^*$ 时, 必然有 $\phi = 0$, 且系统的鞍点稳定路径必然落在 $\dot{N} > 0$ 且 $\dot{\chi}_2 > 0$ 的区域。 ■

引理 1 证明了发展中国家不可能选择使得消费增长为 0 的专利保护宽度, 即有 $\phi = 0$ 成立, 从而根据上述一阶条件和最优性条件, 我们可以得到如下命题。

⁷ 为简略起见, 这里省略了横截性条件, 对文章的分析 and 结论没有影响。

⁸ 不难证明, 在该区域的收敛路径上, χ_2 也高于其稳态值 χ_2^* 。

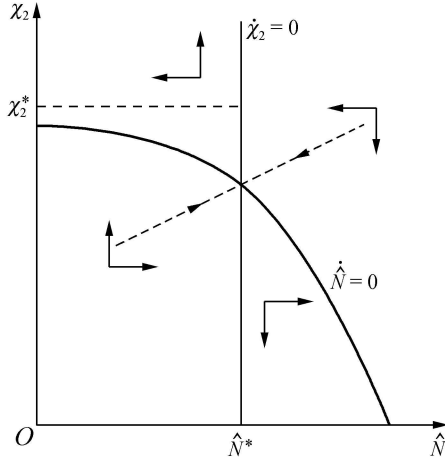


图 1 给定 b_2 的 (\hat{N}, χ_2) 相位图

命题 2 在 (25) 式成立的情况下，使得发展中国家社会福利最大化的最优专利保护宽度 b_2 由

$$b_2 = \frac{\alpha \xi \chi_2}{\lambda \hat{N} + \alpha \xi \chi_2} \tag{29}$$

决定，其中 \hat{N} ， χ_2 ， λ 和 ξ 由如下动力系统共同决定：

$$\frac{\dot{\hat{N}}}{\hat{N}} = \frac{1}{\eta_2} \cdot \left(\frac{\alpha + b_2}{\alpha b_2} \cdot \pi_2 - \chi_2 \right) - \gamma_1, \tag{21'}$$

$$\frac{\dot{\chi}_2}{\chi_2} = \frac{\pi_2}{\eta_2} - \gamma_1 - \rho, \tag{22'}$$

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \frac{1}{\lambda \hat{N}} + \gamma_1 + \frac{\xi \chi_2}{\lambda \hat{N}} \cdot \frac{\pi_2}{\eta_2}, \tag{30'}$$

$$\frac{\dot{\xi}}{\xi} = \rho - \frac{1}{\xi \chi_2} + \frac{\lambda \hat{N}}{\xi \eta_2} - \frac{\dot{\chi}_2}{\chi_2}. \tag{31'}$$

在经济达到稳态时，上面四个动态方程全部等于 0，因而我们不难求出稳态的专利保护宽度，这就是推论 1 的主要内容。

推论 1 在 (25) 式成立的情况下，发展中国家最优专利保护宽度 b_2 的稳态值等于

$$b_2^* = \frac{\gamma_1 + \rho}{2\gamma_1 + \rho}. \tag{33}$$

证明 见附录 2。

(33) 式说明，发展中国家稳态的最优专利保护宽度反向地取决于发达国

家的经济增长速度。发达国家经济增长速度越高,发展中国家稳态的专利保护就越低;反之,发达国家经济增长速度越低,发展中国家稳态的专利保护就越高。在极限状况下,发达国家经济增长速度趋于0,则根据(33)式,发展中国家稳态的最优专利保护宽度会接近1。所以,(33)式还说明,如果发达国家的经济增长速度足够低,发展中国家稳态的最优专利保护宽度有可能超过发达国家。

这个结果似乎违背直觉,但却符合发展中国家的技术特性。根据我们对发展中国家的定义,发展中国家的技术进步和经济增长速度最终取决于发达国家。发达国家经济增长速度越高,发展中国家就越能够利用这个增长效用,制定相对较低的专利保护宽度,更多地追求福利效用;相反,发达国家增长速度较低的话,发展中国家反而不得不提高专利保护,以维持技术进步和经济增长。而且,在(25)式成立的情况下,发展中国家的制度和人口等外生禀赋条件逊于发达国家,如果发达国家增长速度太低,发展中国家最终有可能不得不制定比发达国家还要高的专利保护宽度,才能实现和发达国家相同的技术进步和经济增长速度。

(四) 动态路径与稳定性

本文的关键是讨论专利保护宽度 b_2 的动态路径,而根据(29')式,它取决于状态变量 (\hat{N}, χ_2) 以及它们的影子价格 (λ, ξ) 的动态路径。引理1已经讨论了 (\hat{N}, χ_2) 的动态特征,下面我们先讨论 (λ, ξ) , 然后分析专利保护宽度 b_2 。

首先令 $\dot{\lambda}=0$ 和 $\dot{\xi}=0$, 分别得到:

$$\lambda(\gamma_1 + \rho) = \frac{1}{\hat{N}} - \frac{\xi \chi_2}{\hat{N}} \cdot \frac{\pi_2}{\eta_2}, \quad (34)$$

和

$$\frac{\lambda \hat{N}}{\eta_2} = \xi \left(\frac{\dot{\chi}_2}{\chi_2} - \rho \right) + \frac{1}{\chi_2}. \quad (35)$$

根据(34)式,在 $\dot{\lambda}=0$ 图上,我们有 $\partial \lambda / \partial \xi < 0$ 。而(35)式则说明,在 $\dot{\lambda}=0$ 图上,当 $\dot{\chi}_2 / \chi_2 > \rho$ 时,有 $\partial \lambda / \partial \xi > 0$, 从而我们画出图2中的 (λ, ξ) 相位图。从第(30')式容易得出 $\partial \dot{\lambda} / \partial \lambda = \gamma_1 + \rho > 0$, 因此 $\dot{\lambda}=0$ 曲线是不稳定的: λ 越大, $\dot{\lambda}$ 的速度就越快。类似地,我们容易得出 $\partial \dot{\xi} / \partial \xi < 0$, 因此 $\dot{\xi}=0$ 曲线是稳定的: 在任何位置上, ξ 都倾向于向 $\dot{\xi}=0$ 收敛。这样,我们可以得出结论: 当 $\dot{\chi}_2 / \chi_2 > \rho$, 存在使得 λ 和 ξ 向其稳态值收敛的鞍点稳定路径, 收敛方向是 $(\dot{\lambda} > 0, \dot{\xi} < 0)$ 或者 $(\dot{\lambda} < 0, \dot{\xi} > 0)$ 。

当 $\dot{\chi}_2 / \chi_2 < \rho$ 时, 在 $\dot{\lambda}=0$ 图上有 $\partial \lambda / \partial \xi < 0$, 图3画出了 (λ, ξ) 的相位图⁹。

⁹ 当 $\lambda=0$ 时, $\dot{\xi}=0$ 曲线上 $\xi \geq 1/\chi_2 \rho$; 而在 $\dot{\lambda}=0$ 曲线上 $\xi \leq 1/\chi_2 \rho$ 。因此相位图中 $\dot{\xi}=0$ 曲线更陡峭些。

此时，曲线 $\dot{\lambda}=0$ 和 $\dot{\xi}=0$ 都不稳定，这样，鞍点稳定路径的收敛方向依然是 $(\dot{\lambda}>0, \dot{\xi}<0)$ 或者 $(\dot{\lambda}<0, \dot{\xi}>0)$ 。

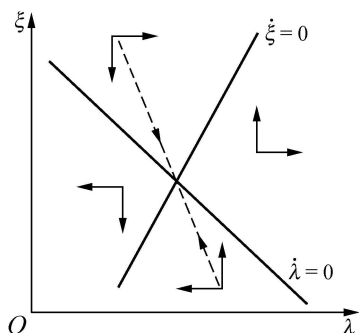


图2 $\chi_2/\chi_1 > \rho$ 时的 (λ, ξ) 相位图

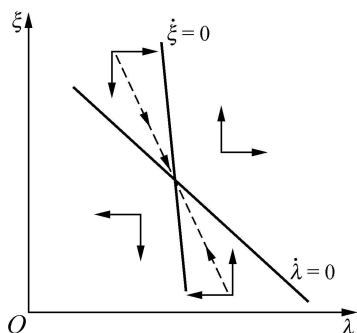


图3 $\chi_2/\chi_1 < \rho$ 时的 (λ, ξ) 相位图

总结上述分析，我们得出如下引理。

引理2 对于任何的 (\hat{N}, χ_2) 值以及 b_2 ，都存在使得 λ 和 ξ 向其稳态值收敛的唯一鞍点稳定路径，收敛方向是 $(\dot{\lambda}>0, \dot{\xi}<0)$ 或者 $(\dot{\lambda}<0, \dot{\xi}>0)$ 。而当 $\hat{N} < \hat{N}^*$ 时， λ 和 ξ 的收敛方向是 $(\dot{\lambda}>0, \dot{\xi}<0)$ 。

引理1说明，给定任意的专利保护宽度 b_2 ，必然存在唯一的鞍点稳定路径，使得状态变量 (\hat{N}, χ_2) 收敛到其稳态值。并且，当 $\hat{N} < \hat{N}^*$ 时，在收敛路径上有 $(\dot{\hat{N}}>0, \dot{\chi}_2>0)$ 。而引理2则说明，给定任意的 (\hat{N}, χ_2) 和 b_2 ，存在使得 λ 和 ξ 向其稳态值收敛的唯一鞍点稳定路径。因此，我们可以得出如下命题。

命题3 在 $(21')$ 、 $(22')$ 、 $(30')$ 和 $(31')$ 组成的非线性动力系统的稳态值 $(\hat{N}^*, \chi_2^*, \lambda^*, \xi^*)$ 附近，存在唯一一条鞍点稳定的路径，使得 $(\hat{N}, \chi_2, \lambda, \xi)$ 沿着该路径逐步收敛到稳态值。

上述引理和命题虽然刻画了动态系统的稳定性，描述了四个变量 \hat{N} ， χ_2 ， λ 和 ξ 的动态路径，但还无法说明最优专利保护宽度 b_2 的动态变化路径。下面的命题4将讨论该问题。

命题4 当 $\hat{N} < \hat{N}^*$ 时，专利保护宽度 b_2 单调递增到其稳态值 b_2^* 。

证明 附录3。

命题4背后的经济含义非常清楚。发展中国家在制定最优的专利保护政策过程中，也面临着和发达国家相同的权衡：更高的专利保护带来的更多技术创新和更快的经济增长，还是较低的专利保护带来的静态福利增加。由于发展中国家在发展早期阶段，以引进技术为主，技术进步的成本相对较低，技术进步从而经济增长速度相对较快，所以能够设定相对较低的专利保护，降低市场垄断程度，改善社会福利；但随着技术水平越来越逼近发达国家，

引进技术的复杂程度不断提高,后发优势逐步丧失,经济增长速度不断趋于下降,因而不得不提高专利保护以维持经济增长速度。

(五)“蛙跳”

我们对发展中国家的定义是 $N_1 \geq N_2$ 和 $N_1 \supseteq N_2$ 。对于一个发展中国家而言,在发展早期阶段,其技术落后于发达国家。但随着不断地追赶,它的技术水平同发达国家的差距会越来越小。最后,它会面临一个问题:究竟是停止追赶被永久锁定在发展中国家的地位上,还是超过并取代现有的发达国家?

前文(25)式给出了 $N_1 \geq N_2$ 和 $N_1 \supseteq N_2$ 恒成立的条件,但在(25)式中,还存在一个技术转让费的问题。当发展中国家技术进步到一定程度以后,虽然(25)式依然成立,但存在一种可能性,就是发展中国家开始转向自主研发,停止支付技术转让费用,即 T' 变成 0,此时(25)式可能就不再成立了。所以,发展中国家能否转变为发达国家,前提条件不是(25)式是否成立,而是该式的一个变形:

$$\frac{b_1(1+b_1\bar{\mu}_1)^{\frac{1}{\sigma-1}}A_1^{\frac{1}{\sigma}}L_1}{\eta_1} \geq \frac{b_2(1+b_2\bar{\mu}_2)^{\frac{1}{\sigma-1}}A_2^{\frac{1}{\sigma}}L_2}{\nu_2} \quad (25')$$

(25')式意味着,当一国在人口规模、生产效率以及研发效率等外生禀赋方面劣于他国时,它才会被永久地锁定在发展中国家的位置上。如果(25')式不成立,一国即使现在很落后,但随着技术的扩散,它最终也会转向自主研发,并成为新的技术领导者。此时,该国的技术进步、专利保护和经济增长速度都会有一个非连续的变动,在 Barro and Sala-I-Martin (1997) 的文献中,这被称为“蛙跳”。发达国家类似,要永久保住发达地位,必须有(25')式成立才行。

如果(25')式不成立,出现“蛙跳”,只需将本文中发达和发展中国家的模型互换就可以完成对两国的分析。因此,在理论上,我们只需要讨论(25)式永久成立这么一种情况,无须单独构建“蛙跳”模型。关于“蛙跳”更详细的讨论,请参见 Barro and Sala-I-Martin (1997)。

五、数值例子

本节给出一个数值例子验证正文主要结论。为简化模拟,我们首先将技术转让费标准化为 0。此外,假设两国除了教育科研体制决定的研发成本不一样以外,其他参数都相同。由于并无单独构建“蛙跳”模型的必要,这里还假设 $\nu_1 > \eta_1$,从而(25)和(25')式都成立。

参数 α 设为文献中最常采用的数值 0.3,时间贴现率 ρ 也采用常见的 0.02,水平技术参数 A 标准化为 0.8,劳动力供给参数 L 都标准化为 1。这些

参数对于发展中国家和发达国家都是一样的。表 1 给出了不同研发成本 η_1 下的发达国家和发展中国家稳态的最优专利保护宽度以及经济增长速度。根据前文的证明，发展中国家经济增长速度将收敛到发达国家水平，因此我们只需给出 γ_1^* 的数值。

表 1 稳态的经济增长速度及最优专利保护宽度

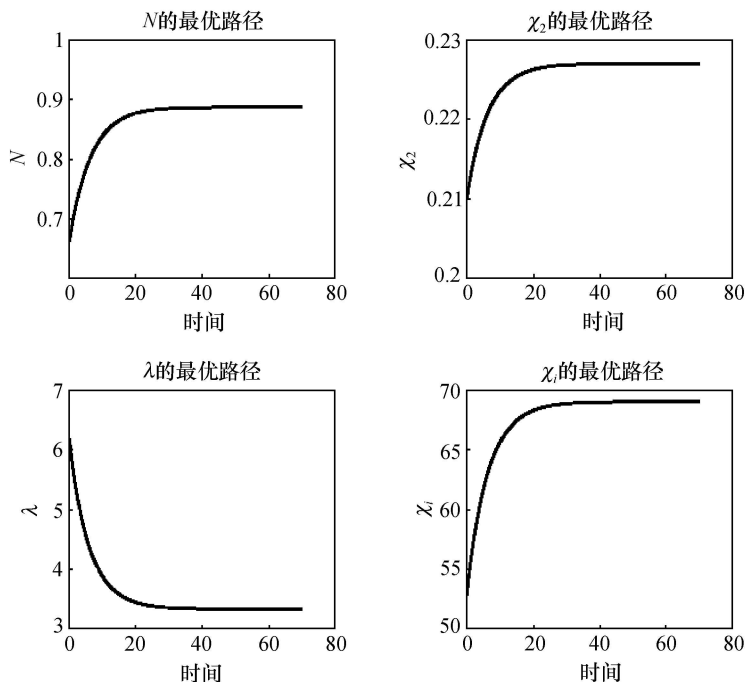
η_1	γ_1^*	b_1^*	b_2^*
0.5	0.0884	0.8508	0.5508
1.0	0.0337	0.7473	0.6144
1.5	0.0154	0.6699	0.6968
2.0	0.0062	0.6093	0.8086

表 1 显示，随着发达国家研发成本 η_1 的增大，发达国家稳态的专利保护宽度和经济增长速度都趋于下降。但发展中国家的情况有所不同，它稳态的专利保护宽度却不断上升。这与推论 1 的预测是一致的。这里，经济增长速度和专利保护的关系，在两类国家中是不一样的。在发达国家中，研发成本变大时，政府维持较高经济增长速度的成本增加，理性的选择是更多地考虑福利效应，因此降低专利保护宽度。这里的机制是专利保护宽度决定经济增长速度。而在发展中国家，稳态的经济增长速度由发达国家决定，由于发展中国家的研发效率较低，如果不制定更高的专利保护宽度，发展中国家的稳态经济增长速度很可能会低于发达国家。所以，发展中国家最优专利保护宽度是由发达国家的经济增长速度驱动的。

我们更感兴趣的是发展中国家研发、专利保护和经济增长的动态路径。由于篇幅有限，我们只模拟发达国家研发成本为 1.0 从而其经济增长速度等于 0.0337 这种情况，同时，为保证 (25') 式成立，我们令 $\nu_2 = 1.1$ ，其他参数不变。这样，我们容易求得发展中国家稳态的技术落差 \hat{N}^* 等于 0.8869， χ_2^* 为 0.2270，它们的影子价格 λ^* 和 ξ^* 分别为 3.3268 和 69.0329，稳态的专利保护水平 b_2^* 等于 0.6144。

参考 Judd (1998) 及 Miranda and Fackler (2002)，模拟的第一步，是利用四阶 Runge-Kutta 方法将本文常微分系统离散化，步长取为足够小的 0.0005，保证离散处理后的系统足够接近原系统。然后利用逆向打靶法 (reverse shooting)，从稳态值 $(\hat{N}^*, \chi_2^*, \lambda^*, \xi^*)$ 附近出发求解初值问题，逐步求出 $(\hat{N}, \chi_2, \lambda, \xi)$ 的数值解。这里，关键是起点要离稳态值足够接近，越接近模拟就越准确。本文起点值是 $(0.99999\hat{N}^*, \chi_2^*, \lambda^*, \xi^*)$ ，足够保证模拟的精确度。

图 4 中的四个子图给出了 $(\hat{N}^*, \chi_2^*, \lambda^*, \xi^*)$ 的数值解的图形，其中 \hat{N} 、 χ_2 和 ξ 都是单调增加到其稳态值的， λ 则是单调递减到其稳态值。这与引理 1 和引理 2 的分析完全一致。

图4 $(\hat{N}, \chi_2, \lambda, \xi)$ 的动态路径

对于我们最感兴趣的最优专利保护宽度，图5给出了其动态变化路径，它显示发展中国家是逐步提高其专利保护水平的，显然这也是符合命题4的预测的。图6给出了 $\lambda \hat{N}$ 的动态路径，它是递减的，这是证明命题4的关键步骤。图7模拟了发展中国家经济增长速度逐步递减到发达国家的水平，这进一步佐证了发展中国家经济增长速度与专利保护宽度的负向决定关系。

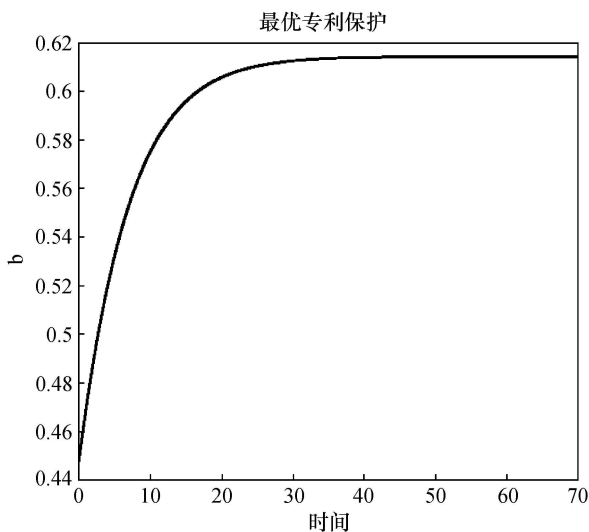


图5 最优专利保护的动态路径

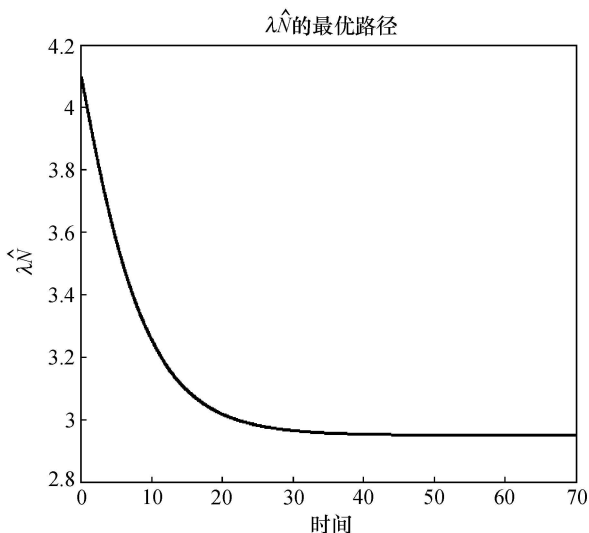
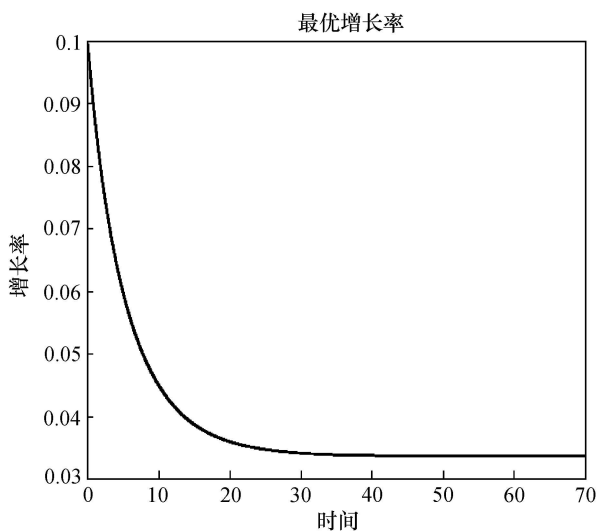
图 6 $\lambda\hat{N}$ 的动态路径

图 7 最优经济增长速度的动态路径

六、结论与政策含义

本文在 Barro and Sala-I-Martin (1997) 的技术扩散模型框架中，构建了一个 Ramsey 问题模型讨论发展中国家内生的动态最优专利保护政策。本文给出了 Ramsey 问题的均衡解并详细讨论了其动态特征，相对于现有的仅在稳态路径上用比较静态方式讨论最优专利保护政策的内生增长文献，这是一个明显的进步。

发展中国家在制定最优的专利保护政策过程中,需要考虑的权衡是:更高的专利保护程度带来的更多技术创新和更快的经济增长,还是较低的专利保护带来的静态福利增加。但发展中国家在发展早期阶段,以从发达国家引进技术为主,技术进步的成本相对较低,因此理应设定相对较低的专利保护程度以减少垄断造成的福利损失,然后随着经济成长逐步地提高专利保护水平。在早期阶段,发展中国家专利保护水平低于发达国家,在相当多的情况下是一种理性的选择。

发展中国家稳态的专利保护水平反向地取决于发达国家的增长速度。如果发达国家增长速度快,发展中国家可以更多地追求福利效应,制定一个相对较低的专利保护宽度。如果发达国家增长速度较低,而发展中国家由制度等外生禀赋决定的研发成本高于发达国家的话,那么随着模仿优势的消失,它最后就不得不提高专利保护以刺激研发维持增长,这可能导致发展中国家稳态的专利保护水平高于发达国家。

本文的模型也存在一定不足,发展中国家与发达国家是两个相对独立的封闭经济体,技术扩散方式单一,缺乏微观基础。如果引入贸易、FDI或者内生专利许可费等直接经济往来,技术扩散可能会有更加合理的动力和渠道,或许能更好地讨论专利保护对于发展中国家经济发展的影响,这是未来研究值得努力的方向之一。

附录1 命题1的证明

已知代表性家庭的消费增长率为 γ_1 ,则其第 τ 期的消费为 $C_1(t)\exp[\gamma_1(\tau-t)]$,将其代入(1)式中的效用函数,得到

$$W(t) = U = \int_t^{\infty} \ln\{C_1(t)\exp[\gamma_1(\tau-t)]\} \cdot e^{-\rho(\tau-t)} d\tau = \frac{1}{\rho} \cdot \ln C_1(t) + \frac{1}{\rho^2} \cdot \gamma_1. \quad (A1)$$

又根据最终品的分配方程 $Y_1 = C_1 + \eta_1 \dot{N}_1 + N_1 \bar{X}_1$,将 \bar{X}_1 , Y_1 以及 $\dot{N}_1 = \gamma_1 N_1$ 代入,利用(13)式 $\gamma_1 = \pi_1 / (\eta_1 - T) - \rho$,整理可得 $C_1(t) = [(1 + b_1 \bar{\mu}_1) \pi_1 / b_1 + (\eta_1 - T) \rho] N_1(t)$,代入(A1),就可得到发达国家在第 t 期的社会福利水平 $W(t)$ 。

把 $C_1(t)$ 对 b_1 求导,根据 π_1 的表达式,整理可得 $\partial C_1(t) / \partial b_1 = -\pi_1 N_1(t) / b_1 \leq 0$,它显然小于0,再把 γ_1 对 b_1 求导,得到 $\partial \gamma_1 / \partial b_1 = \pi_1 (1 - b_1) / [\eta_1 b_1 (1 + b_1 \bar{\mu}_1)] \geq 0$ 。然后,把 $W(t)$ 对 b_1 求导,得到

$$\frac{\partial W(t)}{\partial b_1} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\pi_1 N_1(t)}{b_1 C_1(t)} + \frac{1}{(\eta_1 - T) \rho^2} \cdot \frac{(1 - b_1) \pi_1}{b_1 [1 + b_1 \bar{\mu}_1]}. \quad (A2)$$

当 b_1 趋近于上确界1的时候, $\partial \gamma_1 / \partial b_1$ 趋近于0,因而有

$$\lim_{b_1 \rightarrow 1} \frac{\partial W(t)}{\partial b_1} = \lim_{b_1 \rightarrow 1} \frac{\partial C_1(t)}{\partial b_1} < 0. \quad (A3)$$

b_1 的下确界 \underline{b}_1 由零增长条件 $\pi_1(b_1) = (\eta_1 - T) \rho$ 决定,整理可得

$$\lim_{b_1 \rightarrow \underline{b}_1} \frac{\partial W(t)}{\partial b_1} = \lim_{b_1 \rightarrow \underline{b}_1} \frac{1}{\rho b_1} \left(\frac{1-b_1}{1+b_1 \bar{\mu}_1} - \frac{b_1}{1+b_1 \bar{\mu}_1 + b_1} \right). \quad (\text{A4})$$

根据中值定理，上面的 (A3) 和 (A4) 意味着，当且仅当

$$b_1(1+2b_1 \bar{\mu}_1 + b_1 - \bar{\mu}_1) < 1 \quad (\text{A5})$$

时，在 $(\underline{b}_1, 1)$ 的开区间内，至少存在着一个最优的专利保护宽度 b_1^* ，使得 $\partial W(t)/\partial b_1|_{b_1^*} = 0$ ，即最优专利保护宽度的存在性得到证明。

最后，容易得出不等式 $\partial^2 C_1(t)/\partial b_1^2 \geq 0$ 和 $\partial^2 \gamma_1/\partial b_1^2 \leq 0$ ，从而 $C_1(t)$ 和 γ_1 对 b_1 都是单调函数，因此最优专利保护宽度 b_1^* 的唯一性得到证明。 ■

附录 2 推论 1 的证明

在稳态时， \dot{N} ， χ_2 ， λ 和 ξ 的增长率都为 0。在 $\dot{\lambda}=0$ 和 $\dot{\xi}=0$ 时，(30) 式和 (31) 式可分别整理得到

$$\lambda \dot{N} \Big|_* = \frac{1}{\gamma_1 + \rho} - \xi \chi_2 \Big|_* \quad \text{和} \quad \rho + \frac{\lambda \dot{N}}{\xi \eta_2} \Big|_* = \frac{1}{\xi \chi_2} \Big|_* \quad (\text{A6})$$

在上面的两式中，下标 * 表示稳态值。将 (A6) 中后式代入前式，得

$$\rho - \frac{\chi_2}{\eta_2} \Big|_* = \frac{1}{\xi \chi_2} \left(1 - \frac{\chi_2}{\eta_2 (\gamma_1 + \rho)} \right) \Big|_* \quad (\text{A7})$$

将 (23) 式和 (24) 式整理可得

$$\frac{\pi_2}{\eta_2} \Big|_* = \gamma_1 + \rho \quad \text{和} \quad \frac{\chi_2}{\eta_2} \Big|_* = \frac{\alpha + b_2}{\alpha b_2} \cdot (\gamma_1 + \rho) - \gamma_1 \quad (\text{A8})$$

将 (A8) 代入 (A7)，容易得到

$$\frac{\alpha b_2 - \alpha - b_2}{\alpha b_2} \cdot (\gamma_1 + \rho) = \frac{1}{\xi \chi_2} \left(1 - \frac{\chi_2}{\eta_2 (\gamma_1 + \rho)} \right) \Big|_* \quad (\text{A9})$$

这样，稳态时 $\xi \chi_2$ 就可以表示 χ_2/η_2 的函数，代入 (A6) 整理得到

$$\frac{\lambda \dot{N}}{\xi \chi_2} \Big|_* = \frac{(\alpha b_2 - \alpha - b_2)(\gamma_1 + \rho)}{\alpha b_2 \gamma_1 + (\alpha b_2 - \alpha - b_2)(\gamma_1 + \rho)} - 1 \quad (\text{A10})$$

最后，将 (A10) 代入 (28) 式，整理可得多项式

$$b_2 \Big|_* = \frac{\alpha b_2 \gamma_1 + (\alpha b_2 - \alpha - b_2)(\gamma_1 + \rho)}{(\alpha - 1)b_2 \gamma_1 + (\alpha b_2 - \alpha - b_2)(\gamma_1 + \rho)} \Big|_* \quad (\text{A11})$$

不难求解，它有一正一负两个根。舍去没有经济含义的负根，保留正根即可得到推论 1。 ■

附录 3 命题 4 的证明

根据 (29) 式， b_2 的变化方向与 $\lambda \dot{N}/\xi \chi_2$ 相反： $\lambda \dot{N}/\xi \chi_2$ 递增，则 b_2 递减； $\lambda \dot{N}/\xi \chi_2$ 递减，则 b_2 递增。因此，我们只需要证明 $\lambda \dot{N}/\xi \chi_2$ 单调递减到其稳态值，即可得出命题 4。

由 (29') 式可得 $\lambda \dot{N}/\xi \chi_2 = \alpha(1-b_2)/b_2$ ，代入 (30') 式。已知当 $\dot{N} < \dot{N}^*$ 时有 $\dot{\lambda} \leq 0$ ，因而有

$$\frac{\pi_2}{\eta_2} \leq \frac{\alpha(1-b_2)}{b_2} \left(\frac{1}{\lambda \hat{N}} - \gamma_1 - \rho \right). \quad (\text{A12})$$

此外, $\hat{N} < \hat{N}^*$ 时还有 $\dot{\chi}_2 \geq 0$, 因而可得 $\pi_2/\eta_2 \geq \gamma_1 + \rho$. 结合两个不等式, 我们得到

$$\frac{1}{\lambda \hat{N}} \geq \frac{\alpha + b_2 - \alpha b_2}{\alpha(1-b_2)} (\gamma_1 + \rho). \quad (\text{A13})$$

将 (21') 和 (30') 式相加, 再利用 $\lambda \dot{\hat{N}}/\xi \chi_2 = \alpha(1-b_2)/b_2$, 不难得到

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} + \frac{\dot{\hat{N}}}{\hat{N}} = \rho + \frac{\alpha + b_2 - \alpha b_2}{\alpha b_2(1-b_2)} \frac{\pi_2}{\eta_2} - \frac{\chi_2}{\eta_2} - \frac{1}{\lambda \hat{N}}. \quad (\text{A14})$$

再结合 $\pi_2/\eta_2 \geq \gamma_1 + \rho$ 和 (A13) 两个不等式, 容易得出

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} + \frac{\dot{\hat{N}}}{\hat{N}} \leq \rho - \frac{\alpha + b_2 - \alpha b_2}{\alpha b_2} (\gamma_1 + \rho) - \frac{\chi_2}{\eta_2}. \quad (\text{A15})$$

该不等式右侧一定小于 0. 而引理 1 和引理 3 已经说明, $\dot{\chi}_2 \geq 0$ 和 $\dot{\xi} \geq 0$. 这样, 必然有

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} + \frac{\dot{\hat{N}}}{\hat{N}} - \frac{\dot{\xi}}{\xi} - \frac{\dot{\chi}}{\chi} \leq 0,$$

从而 $\lambda \dot{\hat{N}}/\xi \chi_2$ 一定是单调递减到其稳态值, 最优的专利保护宽度也就一定是单调递增到其稳态值 b_2^* . ■

参 考 文 献

- [1] Barro, R., and X. Sala-I-Martin, "Technological Diffusion, Convergence, and Growth", *Journal of Economic Growth*, 1997, 2(1), 1-27
- [2] Branstetter, L., R. Fisman, F. Foley, and K. Saggi, "Intellectual Property Rights, Imitation, and Foreign Direct Investment: Theory and Evidence", Working Paper 13033, 2007.
- [3] Branstetter, L., R. Fisman, and R. Foley, "Do Stronger Intellectual Property Rights Increase International Technology Transfer? Empirical Evidence from U. S. Firm-Level Data", *Quarterly Journal of Economics*, 2006, 121(1), 321-349.
- [4] Chen, Y., and T. Puttitanum, "Intellectual Property Rights and Innovation in Developing Countries", *Journal of Development Economics*, 2005, 78(2), 474-493.
- [5] Chin, J., and G. Grossman, "Intellectual Property Rights and North-South Trade", in Jones, R., and A. Krueger (eds.), *The Political Economy of International Trade: Essays in Honor of Robert E. Baldwin*. Cambridge, MA: Blackwell, 1990.
- [6] Deardorff, A., "Welfare Effects of Global Patent Protection", *Economica*, 1992, 59(2), 35-51.
- [7] Dixit, A., and J. Stiglitz, "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity", *American Economic Review*, 1977, 67(3), 297-308.

- [8] Diwan, I., and D. Rodrik, "Patents, Appropriate Technology, and North-South Trade", *Journal of International Economics*, 1991, 30(1), 27—47.
- [9] Ethier, W., "National and International Returns to Scale in the Modern Theory of International Trade", *American Economic Review*, 1982, 72(3), 389—405.
- [10] Gilbert, R., and C. Shapiro, "Optimal Patent Length and Breadth", *RAND Journal of Economics*, 1990, 21(1), 106—112.
- [11] Glass, A., and K. Saggi, "Intellectual Property Rights and Foreign Direct Investment", *Journal of International Economics*, 2002, 56(2), 387—410.
- [12] Goh, A., and J. Oliver, "Optimal Patent Protection in a Two-Sector Economy", *International Economic Review*, 2002, 43(4), 1191—1214.
- [13] Gould, D., and W. Gruben, "The Role of Intellectual Property Rights in Economic Growth", *Journal of Development Economics*, 1996, 48(2), 323—350.
- [14] Grossman, G., and E. Lai, "International Protection of Intellectual Property", *American Economic Review*, 2004, 94(5), 1635—1653.
- [15] Helpman, E., "Innovation, Imitation, and Intellectual Property Rights", *Econometrica*, 1993, 61(6), 1247—1280.
- [16] Iwaisako, T., and K. Futagami, "Patent Policy in an Endogenous Growth Model", *Journal of Economics*, 2003, 78(3), 239—258.
- [17] Judd, K., "On the Performance of Patents", *Econometrica*, 1985, 53(3), 567—585.
- [18] Judd, K., *Numerical Methods in Economics*, Cambridge Mass.: The MIT Press, 1998.
- [19] Klemperer, P., "How Broad Should the Scope of Patent Protection Be?" *RAND Journal of Economics*, 1990, 21(1), 113—130.
- [20] Lai, E., "International Intellectual Property Rights Protection and the Rate of Product Innovation", *Journal of Development Economics*, 1998, 55(1), 133—153.
- [21] Ljungqvist, L., and T. Sargent, *Recursive Macroeconomic Theory*. Cambridge Mass.: The MIT Press, 2004.
- [22] Mansfield, E., "R&D and Innovation: Some Empirical Findings", in Z. Griliches (ed.), *R&D, Patents, and Productivity*. Chicago: University of Chicago Press, 1984.
- [23] Mansfield, E., "How Rapidly Does Industrial Technology Leak Out?" *Journal of Industrial Economics*, 1985, 34(2), 217—223.
- [24] Mansfield, E., "Intellectual Property Protection, Foreign Direct Investment, and Technology Transfer", International Finance Discussion Papers 19, 1994.
- [25] Mansfield, E., M. Schwartz, and S. Wagner, "Imitation Costs and Patents: An Empirical Study", *Economic Journal*, 1981, 91(364), 907—918.
- [26] McCalman, P., "Reaping What You Sow: an Empirical Analysis of International Patent Harmonization", *Journal of International Economics*, 2001, 55(1), 161—186.
- [27] Miranda, M., and P. Fackler, *Applied Computational Economics and Finance*. Cambridge Mass.: The MIT Press, 2002.

- [28] Nordhaus, W. , *Invention, Growth, and Welfare; A Theoretical Treatment of Technological Change*. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1969.
- [29] Romer, P. , “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5), s71—s102.

On the Optimal Patent Protection of Developing Countries in A Technological Diffusion Model

ZHAOYANG XU

(University of International Business and Economics)

Abstract This paper studies the optimal patent protection of developing countries with a model based on the technological diffusion model of Barro and Sala-I-Martin (1997). In the model, a benevolent government takes competitive equilibriums as granted and chooses the optimal patent policy to maximize the social welfare. We characterize the steady-state as well as dynamic equilibrium solutions to the Ramsey problem. We find that it is reasonable for a developing country to adopt low level of patent protection in its early stage of development. But it should gradually raise the patent protection level during the economic growth.

Key Words Patent Protection, Technology Diffusion, the Ramsey Problem

JEL Classification E61, O31, O43