

后发优势、技术引进和 落后国家的经济增长

林毅夫 张鹏飞*

摘要 有别于其他关于技术转移和经济增长的文献,我们提出了一个关于落后国家可以通过发挥后发优势来实现技术追赶的内生增长模型。在我们的模型中,落后国家通过从发达国家引进技术可以获得比发达国家更快的经济增长,并使得落后经济最终收敛到发达经济。

关键词 后发优势,技术引进,落后国家的经济增长

一、技术创新、技术引进和落后国家的经济增长

对于欠发达国家来说,如何快速实现国家的工业化并获得快速、持续的经济增长一直是经济学家最感兴趣的话题,也是经济政策制定者最为关注的话题。自1776年亚当·斯密《国富论》问世,经济学开始成为一门独立的学科以来,尤其是20世纪50年代以后,大量的经济增长理论和发展经济学文献对该问题给予了高度的关注,并提出了各种各样的经济学说和政策主张。较早在这方面进行理论尝试的是传统的新古典增长理论。按照新古典增长理论,由于发达国家和欠发达国家拥有相同的技术,这时,在资本边际报酬递减规律的作用下,欠发达国家的资本积累速度应该比发达国家的资本积累速度快,因此,欠发达国家的经济增长速度应该大于发达国家的经济增长速度,从而最终会发生欠发达国家的人均收入水平向发达国家人均收入水平收敛的现象。另外,按照新古典增长理论,除非有外生技术变迁的作用,否则经济稳态下的人均收入增长将等于零。然而,经验证据表明,虽然美国各州之间以及发达国家之间出现了人均收入水平的收敛(Barro和Sala-i-Martin, 1992),但是,绝大多数欠发国家并没有能够缩小与发达国家的人均收入差距(Romer, 1994)。并且,自工业革命后的二百多年里,发达国家的经济增长速度持续地超过了人口增长速度。

为了解释发达国家经济的持续增长现象,就必须避免要素边际报酬的递

* 北京大学中国经济研究中心。通讯作者及地址:林毅夫,北京大学中国经济研究中心,100871;电话:(010) 62757375; E-mail: jilin@ccer.pku.edu.cn。作者感谢北京大学十五“211工程”项目“WTO之后的中国经济”所提供的资助,感谢姚洋、潘士远、李永军、刘明兴对本文的有益评论和建议,同时感谢北京大学中国经济研究中心发展战略研究组各位成员所参与的讨论。另外,两位匿名审稿人对本文提出了非常好的建议,在此一并致谢。文章中的任何可能错误概由作者负责。

减,或者就必须寻找到一个推动经济增长的动力(engine)。基于这个目标,最近的经济增长理论沿着三个不同的方向发展¹。其中一个发展方向是通过扩大资本的范围——例如将人力资本等其他资本包括进来,并继续把资本积累视为经济增长的动力(King和Rebelo,1990;Rebelo,1991);另一个发展方向是认为经济的外部性是经济增长过程中的主导力量。按照这个思路,当个人或者厂商积累新的资本时,他们不可避免地提高他人所拥有资本的生产率。这种溢出效应可能通过在实践中积累知识(learning by doing)而发生在物质资本投资过程(Arrow,1962),或者发生在人力资本投资过程(Lucas,1988)。第三个发展方向是认为技术进步和创新是一个国家经济发展的动力(Aghion和Howitt,1992;Grossman和Helpman 1991c;Romer,1990)。Grossman和Helpman(1994)认为前两种理论虽然对发达国家经济的持续增长提供了逻辑一致的解释,并且它们对于动态模型的理论性质也提供了很多的富有洞察力的见解,但是它们并没有真正认识到真实世界持续增长的动力。我们遵循Grossman和Helpman(1994)的看法——实际上Schumpeter(1934)、Solow(1970)以及众多的经济学家也是这么认为的——认为技术创新是发达国家经济获得持续增长的动力和原因。

新增长理论对使用了世界上最先进技术的发达国家的持续增长的解释是很有见地的。然而,对于韩国、中国台湾、中国香港、新加坡等亚洲新兴工业经济以及中国内地在20世纪后30年里超常的经济增长和向发达国家收敛的现象,新增长理论未能给出一个令人满意的解释(Pack 1994;Grossman和Helpman,1994)。对于发达国家来说,由于它们处于世界技术前沿,它们要实现技术创新的方式只有通过自主的研发。认为技术创新是经济增长的动力的内生增长模型尽管可以解释发达国家经济的持续增长现象,但是它们忽略了欠发达国家可以通过从发达国家引进技术来实现更快的技术创新,因而它们无法解释二战后新兴工业经济向发达国家收敛的现象,也无法解释20世纪后30年里中国经济所取得的奇迹般的增长(Rivera-Batiz和Romer(1991b);Grossman和Helpman(1991a、b、c))。

Chuang(1998)通过引入不对称的贸易引致的学习溢出效应(asymmetric trade-induced learning spillover)来解释东亚奇迹,由于欠发达国家可以从发达国家获得贸易引致的学习溢出效应,而发达国家不能从欠发达国家获得贸易引致的学习溢出效应,因此,当欠发达国家的技术水平和发达国家的技术水平相差较大时,欠发达国家可以通过不对称的贸易引致的学习溢出效应来获得更快的技术进步;但是随着欠发达国家技术水平向发达国家技术水平的靠拢,不对称的贸易引致的学习溢出效应逐渐减弱,最终造成欠发达国家和发

¹ 更为详细的介绍请参见 Gene M. Grossman and Elhanan Helpman(1994)。

达国家之间出现持久的技术差距，从而使得欠发达国家不能实现向发达国家的收敛。相对于 Chuang (1998) 的关于欠发达国家在发展的早期，其技术进步速度可能超过发达国家技术进步速度，同时欠发达国家的人均收入增长速度也可能在发展的早期超过发达国家的人均收入增长速度的结论，其他关于贸易的技术溢出效应的内生增长文献对贸易引致的技术溢出效应对欠发达国家经济增长所带来的影响则显得更为悲观。关于南方和北方之间的创新和模仿的模型 (Grossman 和 Helpman 1991c) 得出结论认为欠发达的南方的增长速度从来不可能超过发达的北方的增长速度，因此，南方和北方将出现持续的发展差距。更有甚者，Young (1991) 认为在自由贸易下，发达国家会牺牲欠发达国家的利益来获得自己的快速技术进步。Stokey (1991) 认为开放贸易对欠发达国家的经济增长有负面的影响。由于动态的在实践中积累知识 (learning by doing) 会使得欠发达国家初始的比较优势进一步得到强化 (Lucas 1988; Boldrin 和 Scheinkman 1988; Matsuyama 1992)，因而开放贸易会使得欠发达国家永远生产专业化生产技术含量低的产品，而发达国家则生产专业化生产技术含量高的产品。

对于一个欠发达国家来说，要实现比发达国家更加快速的、可持续的经济增长，就必须比发达国家有着更快的技术创新速度，因此，欠发达国家必须能够以比发达国家更加低廉的成本来实现技术创新。内生技术变迁的增长模型虽然给出了发达国家技术变迁的实现机制，但是对于欠发达国家的技术创新来说，是否需要遵循像发达国家一样通过自主研发来实现呢？至少在经验上并非如此。对于一个欠发达国家来说，它们的资本相对稀缺、劳动力相对丰富，如果欠发达国家遵循按照自己的要素禀赋结构所决定的比较优势来发展的话，那么它们的企业所进入的产业应该是劳动力密集型的产业，企业所采用的生产技术绝大多数是比较成熟的技术，基本上不需要太多的自主研发。并且，由于这些企业并不处于其所在行业的世界技术前沿，因而企业的产品换代升级也可以通过从发达国家引进技术的方式，或者靠对发达国家模仿技术的方式，甚至通过在实践中积累知识 (learning by doing) 来分享国际技术溢出所带来的好处²，从这种意义上说，欠发达国家通过从发达国家引进技术来提升自己的技术水平，相对于发达国家单靠自主研发来提升自己的技术水平来说，无疑是一种成本更为低廉的技术进步方式。现实中，欠发达国家从发达国家引进技术的途径是多种多样的。欠发达国家既可以采取向发达国家购买专利或者技术等直接的技术引进方式，也可以通过从发达国家进口高技术的商品和设备等更为间接的技术引进方式。De Long 和 Summers (1991) 证明设备投资和长期增长之间存在显著的相关关系。Lee (1995) 则

² 在文章中，我们将欠发达国家这三种实现技术进步的方式统称为技术引进。

强调设备进口对增长率的正向刺激作用。之所以在实证上存在这样的关系, 一个重要的理论观点是认为大量的技术进步是隐含在资本投资中。总之, 欠发达国家要以最快的速度来提升自己的技术水平, 就必须向发达国家引进技术, 并按照本国的资源禀赋所决定的比较优势从发达国家引进适宜的技术。只有这样, 欠发达国家的技术创新速度才能超过发达国家的技术创新速度, 并最终实现欠发达国家的技术水平和人均收入收敛到发达国家的技术水平和人均收入水平³。因此, 在本文的第二部分, 我们把欠发达国家可以从发达国家引进技术并因此获得比发达国家更快的技术创新速度作为模型的假设条件。

本文旨在用一个两国贸易模型来说明欠发达国家在遵循本国要素禀赋所决定的比较优势进行发展时, 只要欠发达国家可以从发达国家引进技术并实现比发达国家更快的技术升级, 不但不会陷入永远生产低技术产品的陷阱, 反而可以使得欠发达国家相对于发达国家有着更快的经济增长速度, 并最终可以实现欠发达国家人均收入向发达国家人均收入的收敛。同其他关于内生技术、贸易和经济增长的模型一样, 我们也认为对于发达国家来说, 技术创新是保证经济持续增长的动力。不同于其他关于内生技术、贸易和经济增长的模型的是, 我们认为欠发达国家只要按照它们的资源禀赋结构所决定的比较优势来发展, 那么它们所采用的技术水平一定低于发达国家的技术水平, 因此, 对于欠发达国家来说, 在他们达到发达国家的技术水平之前, 他们除了自主的技术研发外, 还可以通过从发达国家引进技术或者从发达国家的技术溢出中实现比发达国家更快的技术创新速度。这样, 欠发达国家的技术水平和人均收入水平最终将收敛到发达国家的技术水平和人均收入水平。

本文的结构如下: 第一部分, 我们在对经济增长理论进行简单综述的基础上, 重点对发达国家和欠发达国家的不同技术创新方式进行论述。并着重指出对于发达国家来说, 由于它们处于世界技术前沿, 因此, 它们要实现技术创新的方式只有通过自主研发(R&D)来实现技术创新; 而对于欠发达国家来说, 只要它们按照自己的要素禀赋结构所决定的比较优势来发展, 那么它们所采用的技术大部分应该是成熟的技术, 因此, 它们可以通过自主研发加技术引进的方式来实现技术创新, 并因此获得比发达国家更快的技术创新速度。第二部分, 我们通过一个简单的两国贸易模型, 通过允许欠发达国家从发达国家引进技术来实现技术创新, 以说明欠发达国家按照自己国家的技术水平和工资水平所决定的比较优势来发展时, 不但不会陷入永远生产低技术产品的陷阱, 反而由于欠发达国家能够获得比发达国家更快的技术创新速度, 最终将使得欠发达国家的人均收入水平收敛到发达国家的人均收入水平。第三部分是本文的结论和讨论, 在这个部分我们还就本文所用模型的假

³ 这时并不存在欠发达国家和发达国家的区分。

设条件进行了讨论，并指出下一步的努力方向。

二、简单的两国模型

下面我们通过一个简单的两国模型来分析欠发达国家按照本国的技术水平和工资水平所决定的比较优势进行发展时，允许欠发达国家从发达国家引进技术并获得比发达国家更快的技术创新，那么可以出现欠发达国家经济向发达国家经济收敛的现象。假定世界上有两个国家：发达国家 A 和欠发达国家 B，发达国家的技术水平 T^A 高于欠发达国家的技术水平 T^B ，即 $T^A > T^B$ 。发达国家 A 的劳动力总供给为 L^A ，工资水平为 w^A ，欠发达国家 B 的劳动力总供给为 L^B ，工资水平为 w^B 。为了简单起见，我们假设发达国家 A 的劳动力总供给等于欠发达国家 B 的劳动力总供给为，即 $L^A = L^B = L$ 。在开放条件下，发达国家 A 和欠发达国家 B 的相对工资为 $w = w^A/w^B$ ⁴。我们假设每个劳动力都可以提供一单位的劳动，并且提供这一单位劳动不会给劳动者带来任何负效用。

（一）技术和偏好

同 Young (1991)，我们假设可以按照产品的技术含量（技术复杂程度）来对产品进行排序。我们将产品按照生产它所必需的技术来用正实数 $z \in \mathbf{R}^+$ 对产品进行标记。对于标记为 z 的产品来说， z 越大则表示生产该产品所需的技术越复杂（技术含量越高）。而一个国家的技术水平则反映在这个国家所生产的产品所包含的技术含量中。发达国家 A 的技术水平 T^A 高于欠发达国家 B 的技术水平 T^B 则表明发达国家 A 所生产的产品集相对于欠发达国家 B 所生产的产品集来说需要更加复杂和先进的技术，即对于发达国家 A 所生产的产品 z 和欠发达国家 B 所生产的产品 z' ，我们有 $z \geq z'$ 成立，并且发达国家至少存在一种产品 z 使得上述严格不等号成立。

为了简单起见，我们假设经济中不存在资本品，劳动力是生产中所必需的惟一投入品，并假定劳动力不能跨国流动。经济中所有产品的生产函数在任意时期都是规模报酬不变的。对于产品 z 来说，它的生产函数为

$$x^i(z) = \frac{l^i(z)}{a^i(z, T^i)}, \quad i = A, B \quad (1)$$

其中 $x^i(z)$, $l^i(z)$, $a^i(z, T^i)$ 分别表示国家 i 生产产品 z 的产出，劳动力投入以及技术水平为 T^i 的国家 i 生产一单位产品 z 所需的劳动力投入。

⁴ 如果将欠发达国家的工资水平作为计价物，那么 $w^B = 1$ 。

假设经济中代表性消费者的效用函数为

$$U^i(c) = \int_0^{\infty} \ln [c^i(z) + 1] dz, \quad i = A, B \quad (2)$$

其中 $c^i(z)$ 为国家 i 的代表性消费者消费产品 z 的数量。

国家 i 的代表性消费者的预算约束为

$$\int_0^{\infty} p(z) x^i(z) dz \leq w^i, \quad i = A, B \quad (3)$$

其中 $p(z)$ 为产品 z 的价格。解消费者在预算约束下的效用最大化问题, 我们可以得到

$$\frac{c^i(x) + 1}{c^i(y) + 1} = \frac{p(y)}{p(x)}, \quad i = A, B \quad (4)$$

其中 $c^i(x) \geq 0, c^i(y) \geq 0$ 。由此我们解出国家 i 代表性消费者对商品 z 的需求函数为

$$c^i(z) = d_z(p, w^i), \quad i = A, B \quad (5)$$

其中 p 代表发达国家 A 和欠发达国家 B 所生产的全部商品的价格向量。

由厂商利润最大化我们可以得到厂商的供给函数为

$$\begin{aligned} x^i(z) &= 0, & \text{如果 } p(z) < w^i a^i(z, T^i), \\ x^i(z) &\in [0, \infty), & \text{如果 } p(z) = w^i a^i(z, T^i), \\ x^i(z) &= \infty, & \text{如果 } p(z) > w^i a^i(z, T^i). \end{aligned}$$

按照发达国家和欠发达国家的技术水平和相对工资所决定的比较优势, 发达国家和欠发达国家所生产的产品集分别是:

对于发达国家 A 来说,

当 $p(z) = w^A a^A(z, T^A) \leq w^B a^B(z, T^B)$ 时, $x^A(z) \in [0, \infty)$;

当 $p(z) = w^A a^A(z, T^A) > w^B a^B(z, T^B)$ 时, $x^A(z) = 0$,

其中 z 属于发达国家 A 技术可行的生产集;

对于欠发达国家 B 来说,

当 $p(z') = w^B a^B(z', T^B) \leq w^A a^A(z', T^A)$ 时, $x^B(z') \in [0, \infty)$;

当 $p(z') = w^B a^B(z', T^B) > w^A a^A(z', T^A)$ 时, $x^B(z') = 0$,

其中 z' 属于欠发达国家 B 技术可行的生产集。

产品市场出清条件

$$D_z(p, w^A) + D_z(p, w^B) = X_z^A(p, w^A),$$

$$D_z(p, \tau w^A) + D_z(p, \tau w^B) = X_z^B(p, \tau w^B),$$

其中大写字母 D 和 X 分别表示加总的需求和供给函数。

(二) 关于技术的描述

下面我们对国家 i 生产一单位技术为 z 的产品所需的劳动力投入 $a^i(z, T^i)$ 和该国的技术水平 T^i 的关系进行描述。仿照 Young (1991) 对有限的在实践中积累知识 (bounded learning by doing) 的描述⁵, 我们假设技术可以通过国家 i 生产一单位技术为 z 的产品所需的劳动力投入 $a^i(z, T^i)$ 来描述, 其中 T^i 代表国家 i 的总体技术水平。我们假设 $a^i(z, T^i)$ 和 z 及 T^i 满足下面的关系: 当产品 z 的技术含量小于或等于该国的总体技术水平 T 时, 也就是说产品 z 是技术成熟的产品, 我们假设 $a(z, T)$ 和 T 无关, 也就是说对于技术成熟的产品来说, 对它们进行技术改造的可能性已经没有了。因此, 当 $z \leq T$ 时, 我们有 $a(z, T) = \bar{a}(z)$; 对于技术成熟的产品来说, 尽管对它们没有技术改造的可能, 但生产一单位技术为 z 的产品所需的劳动力会随着产品的技术含量 z 的升高而降低, 即 $\bar{a}(z)$ 是 z 的减函数; 当产品 z 的技术含量大于该国的总体技术水平 T 时, 也就是说产品 z 还不是技术上成熟的产品, 那么随着该产品的技术含量 z 偏离该国的技术水平越多 (即 $z - T$ 越大), 生产一单位该产品所需的劳动 $a(z, T)$ 也越大, 即当 $z > T$ 时, $a(z, T)$ 是 z 的增函数; 然而, 当 $z > T$ 时, $a(z, T)$ 是 T 的减函数, 也就是当产品 z 的技术含量大于国家 i 的技术水平 T^i 时, 生产一单位同样技术含量的产品 z 所需的劳动力会随着该国的总体技术水平 T^i 的提高而减少。因此, 我们可以看到对于国家 i 既定的技术水平 T^i , 生产一单位技术含量为 z 的产品所需的劳动力 $a^i(z, T^i)$ 与该产品的技术含量 z 呈 U 型的关系, 并且当 $z = T^i$ 时, $a^i(z, T^i)$ 取得最小值。为了便于用数学模型来进行分析, 我们进一步写出 $a^i(z, T^i)$ 和 z 及 T^i 的函数关系:

$$\text{当 } z \leq T^i \text{ 时 } a^i(z, T^i) = \bar{a}(z) = \bar{a}e^{-z}, \quad i = A, B;$$

$$\text{当 } z \geq T^i \text{ 时 } a^i(z, T^i) = \bar{a}e^{z-2T^i}, \quad i = A, B.$$

通过上述假设的 $a^i(z, T^i)$ 和 z 及 T^i 的函数关系, 我们发现对于国家 i 既定的技术水平 T^i , 生产一单位技术含量为 z 的产品所需的劳动力 $a^i(z, T^i)$ 与该产品的技术含量 z 呈对称的 U 型关系, 对称轴是该国的技术水平 T^i 。

⁵ 不过我们对技术的解释和 Young (1991) 有所不同, Young 将 $a^i(z, T^i)$ 和 z 及 T^i 的关系解释为在实践中积累知识 (learning by doing) 而我们则是通过生产产品 z 的技术是否成熟以及对产品 z 是否存在技术改进 ($z > T^i$ 还是 $z \leq T^i$) 来解释 $a^i(z, T^i)$ 和 z 及 T^i 的关系。

⁶ 在技术变迁的假定下, 国家 i 的技术 T^i 是时间 t 的函数。在不至于引起混淆的情况下, 我们不明确写出时间 t 。

(三) 竞争均衡

如果发达国家 A 和欠发达国家 B 的技术差距足够大, 即 $T^A - T^B$ 足够大, 那么发达国家 A 的生产可行集和欠发达国家 B 的生产可行集不相交。由于厂商实际所生产的产品除了受到本国的技术水平的限制外, 还受到本国及国外消费者预算约束的限制, 因此, 无论对于发达国家 A, 还是对于欠发达国家 B 来说, 它们所生产的产品集都不可能是无穷集。当发达国家 A 的生产可行集和欠发达国家 B 的生产可行集不相交时, 我们将发达国家 A 所生产的产品集记为 $z \in [H^A, K^A]$, 欠发达国家 B 所生产的产品集记为 $z' \in [H^B, K^B]$ 。由于发达国家 A 的生产可行集和欠发达国家 B 的生产可行集不相交, 因此, 一定有 $H^A > K^B$ 。对于国家 i 既定的技术水平 T^i , 生产一单位技术含量为 z 的产品所需的劳动 $a^i(z, T^i)$ 与该产品的技术含量关于 T^i 呈对称的 U 型关系, 根据我们前面对厂商行为的分析, 我们知道国家 i 的产品 z 的价格 $w^i a^i(z, T^i)$ 也关于 T^i 呈对称的 U 型关系。由于对数效用函数的设定, 所有商品对称地进入消费者的效用函数。这样, 在两国自由贸易的情况下, 我们知道国家 i 的代表性消费者对发达国家 A 所生产的商品 z 的消费关于 T^A 呈对称的 U 型的关系, 对欠发达国家 B 所生产的商品 z' 的消费也关于 T^B 呈对称的 U 型的关系⁷。 $z = K^A$ ($z = H^A$) 的商品是发达国家 A 所生产的技术最为复杂 (技术最不复杂) 的商品, 因此, $z = K^A$ 和 $z = H^A$ 的商品也是发达国家 A 价格最高的商品。因此, 由模型所设定的对数效用函数可知发达国家 A 的代表性消费者对本国所生产的商品 $z = K^A$ 或者本国所生产的商品 $z = H^A$ 的消费与否无差异, 即 $c^A(H^A, T^A) = 0$, $c^A(K^A, T^A) = 0$ ⁸。同理, 我们知道对于 $z' = K^B$ 或者 $z' = H^B$ 的商品是欠发达国家 B 价格最高的商品, 因此发达国家 A 的代表性消费者对欠发达国家所生产的商品 $z' = K^B$ 和商品 $z' = H^B$ 的消费与否无差异, 即 $c^A(H^B, T^B) = 0$, $c^A(K^B, T^B) = 0$ 。

另外, 产品 H^A, K^A, H^B, K^B 还满足劳动力市场出清条件:

$$\int_{H^A}^{K^A} l^A(z) dz = L^A, \quad (6)$$

$$\int_{H^B}^{K^B} l^B(z) dz = L^B, \quad (7)$$

⁷ 因为国家 i 的产品 z 的价格 $w^i a^i(z, T^i)$ 关于 T^i 呈对称的 U 型关系, 由 (4) 式可以得出国家 i 的代表性消费者对发达国家 A 所生产的商品 z 的消费关于 T^A 呈对称的 U 型的关系, 对欠发达国家 B 所生产的商品 z' 的消费也关于 T^B 呈对称的 U 型的关系。

⁸ 只要发达国家 A 的工资 w^A 大于欠发达国家的工资 w^B , 发达国家 A 的代表性消费者的个人财富大于欠发达国家 B 的代表性消费者的个人财富。那么, 欠发达国家 B 的代表性消费者肯定不会消费发达国家 A 生产的商品 $z = K^A$ 和商品 $z = H^A$ 。

并且有：

$$\frac{\int_{T^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}{\int_{H^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz} = 1/2,$$

$$\frac{\int_{T^B}^{K^B} l^B(z, T^B) dz}{\int_{H^B}^{K^B} l^B(z, T^B) dz} = 1/2.$$

由于在国家 i 的技术水平 T^i 给定的情况下，生产一单位产品 z 所需的劳动力投入 $l^i(z, T^i)$ 也是给定的。这时，我们知道上述竞争均衡满足在生产可行集下使得代表性消费者效用最大化，因此，上述竞争均衡是 Pareto 最优的⁹。

当发达国家 A 和欠发达国家 B 的生产可行集不相交时（见图 1），产品 $z \in [H^A, K^A]$ 是发达国家 A 对本国所生产的产品 z 的消费， $z' \in [H^B, K^B]$ 是发达国家 A 对欠发达国家 B 所生产的产品 z' 的消费；产品 $z \in [h^A, k^A]$ 是欠发达国家 B 对发达国家 A 所生产的产品 z 的消费， $z' \in [h^B, k^B]$ 是欠发达国家 B 对本国所生产的产品 z' 的消费。图形 edf + 图形 ijn 的面积等于 1，图形 bdc + 图形 gjm 面积等于发达国家和欠发达国家的相对工资 w 。

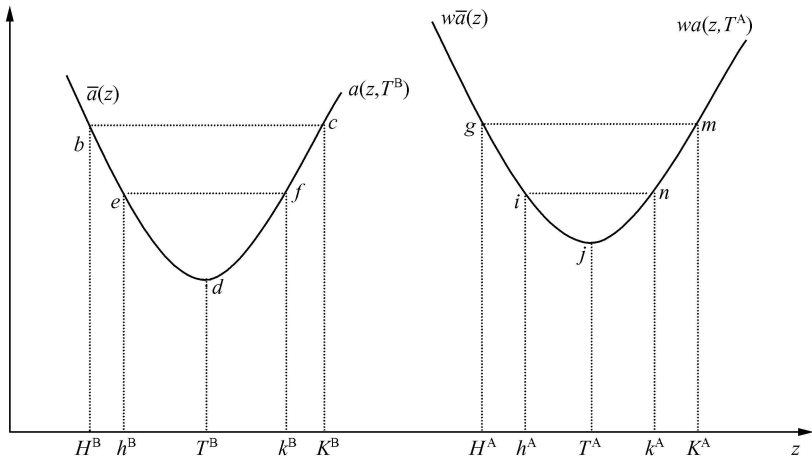


图 1 发达国家 A 和欠发达国家 B 的生产可行集不相交时的静态均衡

当发达国家 A 和欠发达国家 B 的技术差距足够小时，发达国家 A 的生产

⁹ 这个结论也适合于发达国家 A 的生产可行集和欠发达国家 B 的生产可行集相交时的情形。

可行集和欠发达国家 B 的生产可行集相交。我们将发达国家 A 所生产的产品集记为 $z \in [M, K^A]$ ，欠发达国家 B 所生产的产品集记为 $z' \in [H^B, M]$ 。我们同样有 $c^A(K^A, T^A) = 0$ 和 $c^A(H^B, T^B) = 0$ 。而商品 M 在发达国家 A 的价格等于商品 M 在欠发达国家 B 的价格，即 $p(M, T^A) = \omega^B \cdot a(M, T^B) = \omega^A \cdot a(M, T^A)$ 。我们现在对商品 M 和商品 K^A 、发达国家的技术水平 T^A 的关系，以及商品 M 和商品 K^B 、欠发达国家的技术水平 T^B 的关系进行描述。

当发达国家 A 和欠发达国家 B 的技术差距足够小使得发达国家 A 的实际生产集 $[M, K^A]$ 和欠发达国家的实际生产集 $[H^B, M]$ 相交时，商品 M 和商品 K^A 、发达国家技术水平 T^A 的关系，以及商品 M 和商品 K^B 、欠发达国家技术水平 T^B 的关系不外乎由图 2、图 3、图 4 所描述的三种关系。

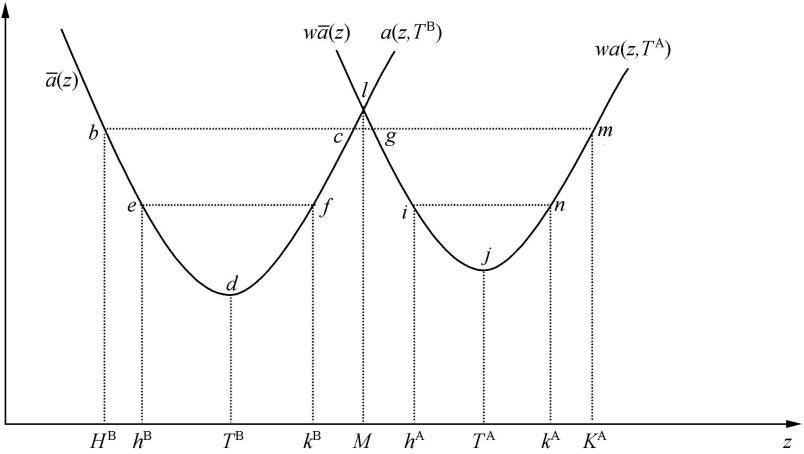


图 2 发达国家 A 和欠发达国家 B 的生产可行集相交时 (可能) 的静态均衡

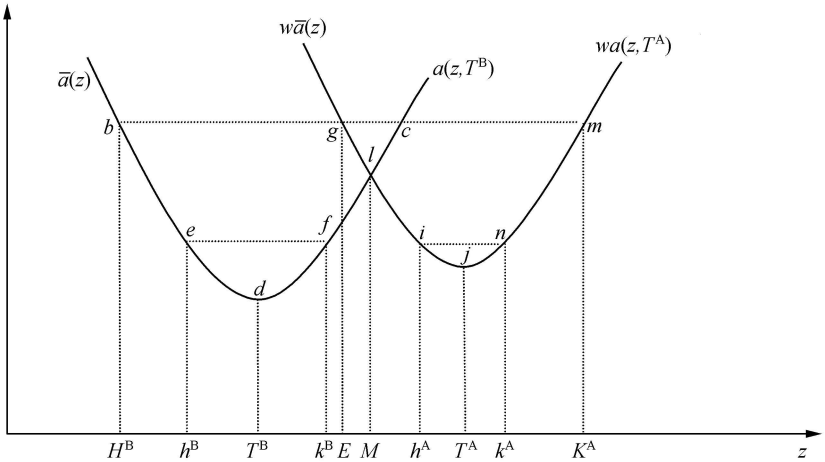


图 3 发达国家 A 和欠发达国家 B 的生产可行集相交时 (可能) 的静态均衡

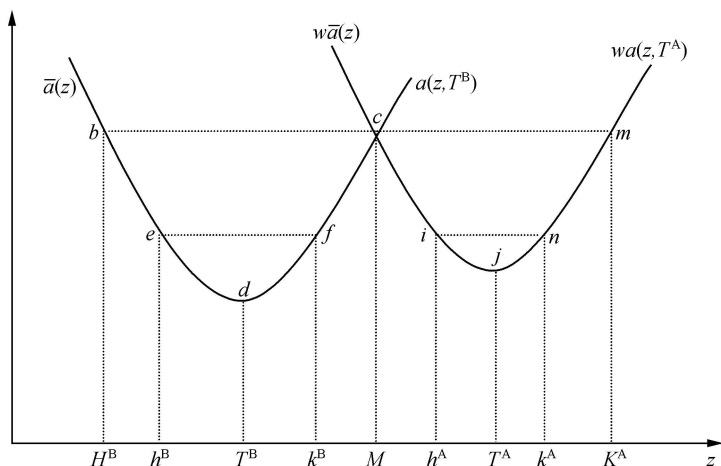


图 4 发达国家 A 和欠发达国家 B 的生产可行集相交时（可能）的静态均衡

如果商品 M 的价格高于商品 K^A 的价格，因为 $c^A(K^A, T^A) = 0$ ，由 (4) 式可知发达国家 A 代表性消费者对商品 M 的消费小于 0，这显然是不可能的。同理可知商品 M 的价格不可能高于商品 H^B 的价格。因此，图 2 不可能成为静态均衡。

如果商品 M 的价格低于商品 K^A 的价格，因为 $c^A(K^A, T^A) = 0$ ，由 (4) 式可知发达国家 A 代表性消费者对商品 M 的消费大于 0，并且由 (4) 式可知发达国家 A 代表性消费者对发达国家 A 所生产的商品 $z \in [E, M]$ 的消费严格大于 0。由图 3 我们知道发达国家 A 所生产的商品 $z \in [E, M]$ 的价格严格大于欠发达国家 B 所生产的商品 $z' \in [E, M]$ 的价格，因此，发达国家 A 代表性消费者对发达国家 A 所生产的商品 $z \in [E, M]$ 的消费等于 0，矛盾。因此，图 3 不可能成为静态均衡。

在排除图 2、图 3 成为静态均衡的可能性之后，我们知道经济的惟一静态均衡是图 4。这样，我们得到如下的定理。

定理 1 当发达国家 A 和欠发达国家 B 的生产可行集相交时，欠发达国家 B 所生产的技术最复杂的商品 M 和技术最不复杂的商品 H^B 关于欠发达国家的技术水平 T^B 呈对称的 U 型关系；发达国家 A 所生产的技术最不复杂的商品 M 和技术最复杂的商品 K^A 关于发达国家的技术水平 T^A 呈对称的 U 型关系。

由图 4 可知，当发达国家 A 和欠发达国家 B 的生产可行集相交时，产品 $z \in [M, K^A]$ 是发达国家 A 代表性消费者对本国所生产的产品 z 的消费， $z' \in [H^B, M]$ 是发达国家 A 代表性消费者对欠发达国家 B 所生产的产品 z' 的消费；产品 $z \in [h^A, k^A]$ 是欠发达国家 B 代表性消费者对发达国家 A 所生产的产品 z 的消费， $z' \in [h^B, k^B]$ 是欠发达国家 B 代表性消费者对本国所生产的产

品 z '的消费。图形 edf + 图形 ijn 的面积等于 1, 图形 bdc + 图形 cjm 面积等于发达国家和欠发达国家的相对工资 w 。

另外, 产品 K^A 、 H^B 、 M 还满足劳动力市场出清条件:

$$\int_M^{K^A} l^A(z) dz = L^A, \quad (8)$$

$$\int_{H^B}^M l^B(z) dz = L^B, \quad (9)$$

并且有:

$$\frac{\int_{T^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}{\int_M^{K^A} l^A(z, T^A) dz} = 1/2, \quad (10)$$

$$\frac{\int_{T^B}^M l^B(z, T^B) dz}{\int_{H^B}^M l^B(z, T^B) dz} = 1/2. \quad (11)$$

(四) 关于发达国家和欠发达国家技术变迁的描述

我们现在对国家 i 的技术变迁 (即国家 i 的技术水平 T^i 和时间 t 的函数关系) 进行描述。从上面的分析我们知道当发达国家 A 和欠发达国家 B 的技术差距足够大时, 发达国家 A 的实际生产集 $[H^A, K^A]$ 和欠发达国家 B 的实际生产集 $[H^B, K^B]$ 是不相交的。因此, 对于发达国家 A 来说, 产品 $z \in [H^A, T^A]$ 是技术成熟的产品, 而产品 $z \in [T^A, K^A]$ 是技术不成熟的产品, 发达国家对产品 $z \in [T^A, K^A]$ 存在技术改进的可能。我们假设发达国家对产品 $z \in [T^A, K^A]$ 进行技术改进而给发达国家带来的技术创新是发达国家投入在生产产品 $z \in [T^A, K^A]$ 的劳动力 $\int_{T^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz$ 占本国劳动力总供给 $\int_{H^A}^{K^A} l^A(z,$

$T^A) dz$ 的比例 $\left[\frac{\int_{T^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}{\int_{H^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz} \right]$ 的一个函数。由于发达国家处于世界技术前沿, 它不可能从欠发达国家引进技术。为了简单起见, 我们假设发达国家的

技术变迁速度 $\frac{dT^A}{dt} = \frac{\int_{T^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}{\int_{H^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}$ 。而对于欠发达国家 B 来说, 产品

$z' \in [H^B, T^B]$ 是技术成熟的产品，而产品 $z' \in [T^B, K^B]$ 是技术不成熟的产品，因此欠发达国家对产品 $z' \in [T^B, K^B]$ 存在技术改进的可能。我们同样假设欠发达国家对产品 $z' \in [T^B, K^B]$ 进行技术改进而给欠发达国家带来的技术创新是欠发达国家投入在生产产品 $z' \in [T^B, K^B]$ 的劳动力 $\int_{T^B}^{K^B} l^R(z', T^B) dz'$ 占全

国劳动力总供给 $\int_{H^B}^{K^B} l^R(z', T^B) dz'$ 的比例 $\left[\frac{\int_{T^B}^{K^B} l^R(z', T^B) dz'}{\int_{H^B}^{K^B} l^R(z', T^B) dz'} \right]$ 的一个函数。由

于欠发达国家的技术水平低于发达国家的技术水平，因此，对于欠发达国家来说，它除了对本国技术不成熟的产品 $z' \in [T^B, K^B]$ 进行技术改进外，还可以通过从发达国家引进技术来提升本国的技术水平。为了反映欠发达国家从发达国家引进技术的难度会随着欠发达国家和发达国家之间的技术差距 $T^A - T^B$ 的缩小而增大，并且，当欠发达国家的技术水平赶上发达国家的技术水平时，欠发达国家将失去从发达国家引进技术来提升自己技术水平的机会。我们假设欠发达国家通过从发达国家引进技术而给欠发达国家带来的技术创新是欠发达国家和发达国家的技术差距 $(T^A - T^B)$ 的函数 $f(T^A - T^B) \cdot \frac{dT^A}{dt}$ ，函数 $f(\cdot)$ 满足 $f(0) = 0$ ， $f'(\cdot) > 0$ ，且满足当 $x > 0$ 时有 $f(x) > 1$ 。因此，欠发达国家的

的技术变迁速度 $\frac{dT^B}{dt} = \frac{\int_{T^B}^{K^B} l^R(z', T^B) dz'}{\int_{H^B}^{K^B} l^R(z', T^B) dz'} + f(T^A - T^B) \cdot \frac{\int_{T^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}{\int_{H^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}$ 。

当发达国家 A 的生产可行集和欠发达国家 B 的生产可行集不相交时，欠发达国家 B 的技术变迁速度 $\frac{dT^B}{dt} = \frac{1}{2} [f(T^A - T^B) + 1] > 1$ ，发达国家 A 的技术变迁速度 $\frac{dT^A}{dt} = \frac{1}{2}$ 。这时，欠发达国家的技术变迁速度显然大于发达国家的技术变迁速度。

而当发达国家 A 和欠发达国家 B 的技术差距足够小时，发达国家 A 所生产的产品集为 $z \in [M, K^A]$ ，欠发达国家 B 所生产的产品集为 $z' \in [H^B, M]$ ，因此，对于发达国家 A 来说，产品 $z \in [M, T^A]$ 是技术成熟的产品，而产品 $z \in [T^A, K^A]$ 是技术不成熟的产品。对于欠发达国家 B 来说，产品 $z' \in [H^B, T^B]$ 是技术成熟的产品，而产品 $z' \in [T^B, M]$ 是技术不成熟的产品。同

前面的假设一样，这时发达国家的技术变迁速度 $\frac{dT^A}{dt} = \frac{\int_{T^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}{\int_M^{K^A} l^A(z, T^A) dz}$ ，

$$\text{欠发达国家的技术变迁速度 } \frac{dT^B}{dt} = \frac{\int_{T^B}^M l^B(z', T^B) dz'}{\int_{H^B}^M l^B(z', T^B) dz'} + f(T^A - T^B) \cdot$$

$$\frac{\int_{T^A}^{K^A} l^A(z, T^A) dz}{\int_M^{K^A} l^A(z, T^A) dz} \text{。这时, } \frac{dT^A}{dt} = \frac{1}{2}, \frac{dT^B}{dt} = \frac{1}{2} [f(T^A - T^B) + 1], \text{只要 } T^A -$$

$T^B > 0$, 我们有 $\frac{dT^B}{dt} > \frac{dT^A}{dt}$, 即, 在欠发达国家 B 的技术水平 T^B 赶上发达国家 A 的技术水平 T^A 之前, 欠发达国家 B 的变迁速度始终大于发达国家 A 的技术变迁速度; 当欠发达国家 B 的技术水平 T^B 赶上发达国家 A 的技术水平 T^A 时 ($T^A = T^B$), 欠发达国家 B 的变迁速度等于发达国家 A 的技术变迁速度 ($\frac{dT^B}{dt} = \frac{dT^A}{dt}$)。

(五) 经济的动态变化

我们首先假设发达国家和欠发达国家的技术差距足够大, 这时, 发达国家 A 的生产集 H^A, K^A 和欠发达国家 B 的生产集 H^B, K^B 不相交。随着欠发达国家的技术引进, 欠发达国家和发达国家的技术差距会越来越小, 最终会使得发达国家和欠发达国家的生产可行集相交¹⁰。这时, 发达国家 A 的实际生产集为 $[M, K^A]$, 欠发达国家的实际生产集为 $[H^B, M]$ 。我们先对商品 M 和发达国家的技术水平 T^A 及欠发达国家的技术水平 T^B 的关系进行分析。

如果 $M \leq T^B$, 在欠发达国家的技术水平赶上发达国家的技术水平之前 ($T^B < T^A$), 我们有 $M < T^A$, 因此, $w^B \cdot \bar{a} e^{-M} = w^A \cdot \bar{a} e^{-M}$ 。这时, 除非 $w^B = w^A$, 否则 $w^B \cdot \bar{a} e^{-M} \neq w^A \cdot \bar{a} e^{-M}$ 。也就是说, 在欠发达国家的技术水平赶上发达国家的技术水平之前, 除非发达国家 A 和欠发达国家 B 的工资水平相等, 否则, 发达国家 A 不可能生产欠发达国家 B 技术成熟的产品。关于发达国家和欠发达国家的相对工资 w 和两国技术水平 T^i 的关系, 我们可以得到下面两个引理。

¹⁰ 当发达国家 A 的技术最不复杂的商品 H^A 和欠发达国家 B 的技术最复杂的商品 K^B 开始重合时, 发达国家 A 的实际生产集和欠发达国家 B 的实际生产集开始相交。这时, 欠发达国家 B 的技术水平 T^B 还是低于发达国家 A 的技术水平 T^A 。将发达国家 A 和欠发达国家 B 都进行生产的商品记为 M ($H^A = K^A = M$)。商品 H^A 在发达国家 A 的价格为 $w^A \cdot \bar{a} e^{-M}$, 商品 K^A 在欠发达国家 B 的价格为 $w^B \cdot \bar{a} e^{M-2T^B}$, 这两个商品的价格相等要求 $w^A \cdot \bar{a} e^{-M} = w^B \cdot \bar{a} e^{M-2T^B}$, 这时有 $M = T^B + \frac{1}{2} \ln w$ 。因为 $w \geq 1$, 满足 $M = T^B + \frac{1}{2} \ln w$ 的商品 M 显然是存在的。因此, 随着欠发达国家 B 的技术引进, 发达国家 A 的实际生产集和欠发达国家 B 的实际生产集一定会相交。这个脚注是应一位匿名审稿人的要求而增加的, 再次感谢审稿人的意见和评论。

引理 1 发达国家 A 和欠发达国家 B 的相对工资 w 会随着发达国家 A 的技术水平 T^A 的提升而增加, 随着欠发达国家 B 的技术水平的 T^B 提升而下降¹¹。

引理 2 在欠发达国家的技术水平赶上发达国家的技术水平之前, 发达国家和欠发达国家的相对工资一定大于 1 ($w > 1$)¹²。

因此, 在欠发达国家技术水平赶上发达国家技术水平之前, 一定有 $M > T^B$ 。当 $M > T^B$ 时, 由 $p(M, T^i) = w^B \cdot a(M, T^B) = w^A \cdot a(M, T^A)$, 我们有

$$w^B \cdot \bar{a}e^{M-2T^B} = w^A \cdot \bar{a}e^{-M}. \quad (12)$$

由 (12) 式, 我们可以得到

$$M - T^B = \frac{1}{2} \ln w. \quad (13)$$

(13) 式两边对时间 t 求导, 我们有

$$\frac{dM}{dt} - \frac{dT^B}{dt} = \frac{1}{2w} \frac{dw}{dt}. \quad (14)$$

由 (14) 式我们知道 $\frac{dM}{dt} - \frac{dT^B}{dt}$ 的符号取决于 $\frac{dw}{dt}$ 的符号。随着欠发达国家技术水平向发达国家技术水平的靠拢, 发达国家和欠发达国家的工资差距会逐渐减少 ($\frac{dw}{dt} < 0$), 从而有 $\frac{dM}{dt} < \frac{dT^B}{dt}$ 。因此, 随着欠发达国家的技术进步, 最终一定有 $M = T^B$ 。

当 $M = T^B$ 时, 我们来看发达国家 A 的技术水平 T^A 和欠发达国家 B 的技术水平 T^B 的关系。我们看这时欠发达国家的技术水平 T^B 是否还落后于发达国家的技术水平 T^A (即是否还有 $T^B < T^A$ 成立)。我们首先假设 $T^B < T^A$ 成立, 这时我们仍然有 $M < T^A$, 因此对于商品 M 的价格来说, 我们有 $w^B \cdot \bar{a}e^{-M} = w^A \cdot \bar{a}e^{-M}$ 成立, 从而有 $w^B = w^A$ 成立。由引理 3, 我们知道在欠发达国家的技术水平赶上发达国家的技术水平之前, 欠发达国家的工资水平不可能等于发达国家的工资水平, 即不可能有 $w^B = w^A$ 。因此, 当 $M = T^B$ 时, 一定有 $T^B = T^A$ 成立, 因此有下面的定理。

定理 2 随着欠发达国家技术水平向发达国家技术水平的靠拢, 当发达国家开始生产欠发达国家技术成熟的产品时, 那么欠发达国家的技术水平刚好赶上发达国家的技术水平。

我们现在来看发达国家 A 和欠发达国家 B 各自的人均收入增长情况。国

¹¹ 引理 1 的证明见附录。

¹² 引理 2 的证明见附录。

家 i 的人均收入增长可以定义为¹³

$$g^i(t) = \frac{\int_0^\infty f(z, t) \partial X^i(z, t) \mathcal{Y} dt dz}{\int_0^\infty f(z, t) X^i(z, t) dz}, \quad (15)$$

其中 $X^i(z, t)$ 是国家 i 在 t 时刻对商品 z 的总供给。

关于发达国家 i 的人均收入增长和该国技术变迁速度 $\frac{dT^i}{dt}$ 的关系, 我们有引理 3。

引理 3 当发达国家 A 和欠发达国家 B 的技术差距足够大时, 并且发达国家 A 的实际生产集 $[H^A, K^A]$ 和欠发达国家的实际生产集 $[H^B, K^B]$ 不相交时, 国家 i 的人均收入增长速度等于该国的技术变迁速度 $\frac{dT^i}{dt}$; 当发达国家 A 和欠发达国家 B 的技术差距足够小时, 并且发达国家 A 的实际生产集 $[M, K^A]$ 和欠发达国家的实际生产集 $[H^B, M]$ 相交时, 国家 i 的人均收入增长速度还是等于该国的技术变迁速度 $\frac{dT^i}{dt}$ ¹⁴。

我们知道在欠发达国家 B 的技术水平赶上发达国家 A 的技术水平之前, 发达国家 A 的技术变迁速度 $\frac{dT^A}{dt} = 1/2$, 欠发达国家 B 的技术变迁速度 $\frac{dT^B}{dt} = \frac{1}{2}[1 + f(T^A - T^B)] > 1$; 当欠发达国家 B 的技术水平赶上发达国家 A 的技术水平时, 发达国家 A 的技术变迁速度等于欠发达国家 B 的技术变迁速度, 即 $T^A = T^B$ 时 $\frac{dT^A}{dt} = \frac{dT^B}{dt}$ 。从而由引理 3 我们可以得到下面的定理 3。

定理 3 在欠发达国家 B 技术水平赶上发达国家 A 的技术水平之前, 欠发达国家 B 的人均收入增长速度始终大于发达国家 A 的人均收入增长速度; 随着欠发达国家技术水平向发达国家技术水平的逐渐靠拢, 欠发达国家的人均收入增长速度会逐渐放慢, 欠发达国家的人均收入增长速度最终将等于发达国家的人均收入增长速度。

当欠发达国家的技术水平赶上发达国家的技术水平时, 由于两个国家之间不存在相互引进技术的可能。这时, 欠发达国家和发达国家之间没有任何区别, 两个国家的生产集都为 $[H^i, K^i]$, 技术变迁的速度都为 $\frac{dT^i}{dt} =$

¹³ 我们假设国家 i 的人口增长为 0, 即 $dL(z, t) \mathcal{Y} dt = 0$ 。

¹⁴ 引理 3 的证明见附录。

$$\frac{\int_{T^i}^{K^i} l(z, T^i) dz}{\int_{H^i}^{K^i} l(z, T^i) dz} = 1/2。而两个国家的人均收入增长速度则都等于本国技术变$$

迁的速度。因此，随着欠发达国家技术水平向发达国家技术水平的逐渐靠拢，当欠发达国家的技术水平赶上发达国家的技术水平时，欠发达国家最终实现向发达国家的收敛。

三、结论和讨论

我们通过一个简单内生增长模型来说明欠发达国家在按照由本国的技术水平和工资水平所决定的比较优势发展时，只要欠发达国家可以通过从发达国家引进技术并获得比发达国家更快的技术变迁速度，那么欠发达国家不但不会陷入永远生产低技术产品的陷阱，反而使得欠发达国家有着比发达国家更快的经济增长速度，并最终实现欠发达经济向发达经济的收敛。相对于其他关于欠发达国家不能实现向发达国家收敛的内生增长模型，本文所采用模型的关键假设是欠发达国家可以通过从发达国家引进技术并获得比发达国家更快的技术创新速度。对于这个假设我们想说的是，在认为技术创新是经济持续增长动力的内生增长模型中，如果假设在赶上发达国家的技术水平之前，欠发达国家的技术创新速度不可能始终大于发达国家的技术创新速度，那么，就相当于假设发达国家和欠发达国家之间的技术差距将永远存在，其结果自然是欠发达经济永远不可能实现向发达经济的收敛，甚至出现欠发达经济陷入低水平陷阱的可能。因此，对于这个假设的真实性，我们认为只能通过模型结论的真实性来对之进行检验。本文模型的结论和韩国、中国台湾、中国香港、新加坡等亚洲新兴工业经济体及中国内地在 20 世纪后 30 年里超常的经济增长，以及这些经济体向发达国家收敛的现象相符合。关于发达国家的劳动力总供给和欠发达国家的劳动力总供给相等的假设只是为了文章论证的方便，在放弃这个假设后，只要我们假设在欠发达国家赶上发达国家之前，发达国家的工资水平一定高于欠发达国家的工资水平即可，这个假设显然是符合现实的。不过，本文所用模型对发达国家的技术创新和欠发达国家的技术创新缺乏微观基础，这是我们下一步的努力方向。

附 录

引理 1 的证明 我们先看欠发达国家的技术进步对发达国家和欠发达国家的相对工资 w 的影响。我们假设随着欠发达国家的技术进步 (T^B 上升)，发达国家和欠发达国家的相对工资 w 不会下降，即 $dw/dT^B \geq 0$ 。由于欠发达国家的技术进步，欠发达国家厂商的单位成本会下降，因此，欠发达国家的商品相对于发达国家来说变得更为便宜。欠发达国家

代表性消费者对本国商品的消费增加,对进口商品的消费减少。由于欠发达国家的商品相对于发达国家的商品变得更为便宜,发达国家对欠发达国家生产的商品的需求会增加。这时,如果发达国家和欠发达国家的相对工资 w 不会下降,那么,发达国家的代表性消费者会由于收入的增加而进一步增加对欠发达国家所生产商品的消费。这样对于发达国家来说,它的国际收支将出现不平衡。因此, $dw/dT^B \geq 0$ 不可能成立。也就是说随着欠发达国家的技术进步,发达国家和欠发达国家的相对工资 w 一定会下降。同理可证随着发达国家的技术进步,发达国家和欠发达国家的相对工资 w 一定会增加。引理 1 得证。

引理 2 的证明 当欠发达国家的技术水平等于发达国家的水平时,由于我们假设发达国家的劳动力总供给等于欠发达国家的劳动力总供给,因此,这时欠发达国家的工资水平一定等于发达国家的工资水平。而由引理 1,我们知道发达国家和欠发达国家的相对工资 w 是发达国家技术水平 T^A 的单调增函数,是欠发达国家技术水平 T^B 的单调减函数。因此,在欠发达国家技术水平赶上发达国家的水平之前,发达国家和欠发达国家的相对工资一定大于 1,即 $w > 1$ 。引理 2 得证。

引理 3 的证明 由厂商利润最大化行为,我们有

$$p(z, t) = w^i \cdot a(z, T^i). \quad (16)$$

由国家 i 的劳动力市场出清条件,我们有

$$L^i(t) = \int_0^\infty a(z, T^i) X^i(z, t) dz, \quad i = A, B. \quad (17)$$

(17) 式两边对时间 t 微分有

$$dL^i(t)/dt = \int_0^\infty a(z, T^i) \frac{\partial X^i(z, t)}{\partial t} dz + \int_0^\infty X^i(z, t) \frac{\partial a(z, T^i)}{\partial t} dz = 0, \quad i = A, B. \quad (18)$$

将 (16) 式及 (18) 式代入 (15) 式有

$$g^i(t) = - \frac{\int_0^\infty X^i(z, t) \frac{\partial a(z, T^i)}{\partial t} dz}{L^i(t)}, \quad i = A, B. \quad (19)$$

$$\text{当 } z \geq T^i \text{ 时, } \quad \frac{\partial a(z, T^i)}{\partial t} = -2 \frac{dT^i}{dt} a(z, T^i), \quad i = A, B. \quad (20)$$

将 (20) 式代入 (19) 式,我们有

$$g^i(t) = 2dT^i/dt \cdot \frac{\int_{T^i(t)}^\infty X^i(z, t) \cdot a(z, T^i) dz}{L^i(t)}, \quad i = A, B. \quad (21)$$

当发达国家 A 和欠发达国家 B 的技术差距足够大时,并且发达国家 A 的生产可行集 $[H^A, K^A]$ 和欠发达国家的生产可行集 $[H^B, K^B]$ 不相交时,将 (20) 式代入 (19) 式,我们有

$$g^i(t) = 2dT^i/dt \cdot \frac{\int_{T^i(t)}^{K^i(t)} X^i(z, t) \cdot a(z, T^i) dz}{L^i(t)}, \quad i = A, B. \quad (22)$$

由 (22) 式我们有 $g^i(t) = dT^i/dt$, $i = A, B$ 。

当发达国家 A 的实际生产集 $[M, K^A]$ 和欠发达国家的实际生产集 $[H^B, M]$ 相交时，发达国家 A 的人均收入增长速度

$$g^A(t) = 2dT^A/dt \cdot \frac{\int_{T^A(t)}^{K^A(t)} X^A(z, t) \cdot a(z, T^A) dz}{L^A(t)}. \quad (23)$$

由 (10) 式及 (23) 式，我们知道 $g^A(t) = dT^A/dt$ ；

欠发达国家 B 的人均收入增长速度

$$g^B(t) = 2dT^B/dt \cdot \frac{\int_{T^B(t)}^M X^B(z, t) \cdot a(z, T^B) dz}{L^B(t)}. \quad (24)$$

由 (11) 式及 (24) 式，我们知道 $g^B(t) = dT^B/dt$ 。引理 3 得证。

参 考 文 献

- [1] Acemoglu and Zilibotti, "Productivity Differences", *Quarterly Journal of Economics*, 2001, 116, 563—606.
- [2] Aghion, Philippe and Peter Howitt, "A Model of Growth Through Creative Destruction", *Econometrica*, 1992, 60, 323—351.
- [3] Arrow, K. J., "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 1962, 29, 155—173.
- [4] Atkinson, Anthony B. and Joseph E. Stiglitz, "A New View of Technological Change", *Economic Journal*, 1969, 573—578.
- [5] Balassa, Bela, *Comparative Advantage, Trade Policy and Economic Development*. Harvester Wheatsheaf, 1989.
- [6] Bardhan, Pranab K., *Economic Growth, Development, and Foreign Trade: A Study of Pure Theory*. Wiley-Interscience, 1970.
- [7] Barro, Robert J. and Xavier Sala-i-Martin, "Convergence", *Journal of Political Economy*, 1992, 100, 223—251.
- [8] Barro, Robert J. and Xavier Sala-i-Martin, *Economic Growth*. New York: McGraw-Hill, Inc., 1995.
- [9] Barro, Robert J. and Xavier Sala-i-Martin, "Technological Diffusion, Convergence, and Growth", *Journal of Economic Growth*, 1997, 2, 1—27.
- [10] Basu, Susanto, David N. Weil, "Appropriate Technology and Growth", *The Quarterly Journal of Economics* 1998, 113, 1025—1054.
- [11] Baumol, William J., Sue Anne Batey Blackman, and Edward J. Wolf, *Productivity and American Leadership: The Long View*. Cambridge: MIT Press, 1989.
- [12] Ben-David, Dan, "Equalizing Exchange: Trade Liberalization and Income Convergence", *Quarterly Journal of Economics*, 1993, 108, 653—679.
- [13] Ben-David, D. and M. B. Loewy, "Free Trade, Growth, and Convergence", *Journal of Economic Growth*, 1998, 3, 143—170.

- [14] Boldrin , M. and J. A. Scheinkaman , “ Learning by Doing , International Trade and Growth : A Note ” , in P. W. Anderson , K. J. Arrow , and D. Pines (eds.) , *The Economy as an Evolving Complex System* . Reading , MA : Addison-Wealey , 1988 .
- [15] Brezis , Elise S. , Paul R. Krugman , and Daniel Tsiddon , “ Leapfrogging in International Competition : A Theory of Cycles in National Technological Leadership ” , *American Economic Review* , 1993 , 83 , 1211—1219 .
- [16] Caselli , Francesco and Wilbur John Coleman II , “ The world Technology Frontier ” , NBER Working Paper , No. 7904 , 2000 .
- [17] Chenery , Hollis B. , “ Comparative Advantage and Development Policy ” , *American Economic Review* , 1961 , 51(1) , 18—51 .
- [18] Chuang , Yih-chyi , “ Learning by Doing , Technology Gap , and Growth ” , *International Economic Review* , 1998 , 39 , 697—721 .
- [19] Coe , David T. and Elhanan Helpman , “ International R&D Spillovers ” , NBER Working Paper , No. 4444 , 1993 .
- [20] Coe , David T. and Elhanan Helpman , “ International R&D Spillovers ” , *European Economic Review* 1995 , 39 , 859—887 .
- [21] De Long , J. Bradford and Laurence H Summers , “ Equipment Investment and Economic Growth ” , *Quarterly Journal of Economics* , 1991 , 106 , 2445—2502 .
- [22] Diwan , I. and D. Rodrik , “ Patents , Appropriate Technology , and North-South Trade ” , *Journal of International Economics* , 1991 , 30 , 27—47 .
- [23] Dollar , David , “ Outward-oriented Developing Economies Really Do Growth More Rapidly : Evidence from 95 LDCs , 1976—1985 ” , *Economic Development and Culture Change* , 1992 , 523—544 .
- [24] Dollar , David , “ Technological Differences as a Source of Comparative Advantage ” , *American Economic Review Papers and Proceedings* , 1993 , 83(2) , 431—435 .
- [25] R. Dornbusch , S. Fischer , and P. A. Samuelson , “ Comparative Advantage , Trade , and Payments in a Ricardian Model with a Continuum of Goods ” , *American Economic Review* , 1977 , 67(5) , 823—839 .
- [26] Durlauf , Steven N. “ Nonergodic Economic Growth ” , *Review of Economic Studies* , 1993 , 60(2) , 349—366 .
- [27] Felipe , Jesus and JSL McCombie , “ Methodological Problems with Recent Analyses of the East Asian Miracle ” , Mimeo , Asian Development Bank . 1998 .
- [28] Gene M. Grossman and Elhanan Helpman , “ Comparative Advantage and Long-Run Growth ” , *American Economic Review* , 1990 , 80(4) , 796—815 .
- [29] Gene M. Grossman and Elhanan Helpman , “ Quality Ladders and Product Cycles ” , *Quarterly Journal of Economics* , 1991a , 106 , 557—586 .
- [30] Gene M. Grossman and Elhanan Helpman , “ Endogenous Product Cycles ” , *Economic Journal* , 1991b , 101 , 1214—1229 .
- [31] Gene M. Grossman and Elhanan Helpman , *Innovation and Growth in the Global Economy* . Cambridge : MIT Press . 1991c .
- [32] Gene M. Grossman and Elhanan Helpman , “ Endogenous Innovation in the Theory of Growth ” , *Journal of Economic Perspectives* , 1994 , 8(1) , 23—44 .
- [33] Harrigan , James and Egon Zakrajsek , “ Factor Supplies and Specialization in the World Economy ” , NBER Working Paper , No. 7848 , 2000 .
- [34] Harrison , Ann , “ Openness and Growth : A Time-Series , Cross-Country Analysis for Developing Countries ” , *Journal of Development Economics* , 1996 , 48 , 419—447 .

- [35] Hendricks , Lutz , “ Equipment Investment and Growth in Developing Countries ” , *Journal of Development Economics* , 2000 , 61 , 335—364 .
- [36] Hsieh , Chang-Tai , “ Productivity Growth and Factor Prices in East Asia ” , *American Economic Review* , 1999 , 89(2) , 133—138 .
- [37] Hughes , Helen , *Achieving Industrialization in East Asia* . Cambridge University Press . 1988 .
- [38] King , Robert G , and Sergio Rebelo , “ Public Policy and Economic Growth : Developing Neoclassical Implications ” , *Journal of Political Economy* , 1990 , 98(5) , S126—150 .
- [39] Kornai , J . , *The Socialism System : The Political Economy of Communism* . Princeton University Press . 1992 .
- [40] Krugman , P . , “ A Model of Innovation , Technology Transfer , and the World Distribution of Income ” , *Journal of Political Economy* , 1979 , 87 , 253—266 .
- [41] Lee , Jong-Wha , “ Capital Goods Imports and Long Run Growth ” , *Journal of Development Economics* , 1995 , 48 , 91—110 .
- [42] Lucas , Robert E . , Jr . , “ On the Mechanics of Economic Development ” , *Journal of Monetary Economics* , 1988 , 22 , 3—42 .
- [43] Lucas , Robert E . , Jr . , “ Making a Miracle ” , *Econometrica* , 1993 , 61 , 251—272 .
- [44] Mansfield , Edwin , *et al .* , “ Social and Private Rates of Return from Industrial Innovation ” , *Quarterly Journal of Economics* , 1977 , 91 , 2221—2240 .
- [45] Matsuyama , Kiminori , “ Agricultural Productivity , Comparative Advantage , and Economic Growth ” , *Journal of Economic Theory* , 1992 , 58(2) , 317—334 .
- [46] Pack , Howard , “ Endogenous Growth Theory : Intellectual Appeal and Empirical Shortcomings ” , *Journal of Economic Perspectives* , 1994 , 8(4) , 55—72 .
- [47] Rebelo , Sergio , “ Long Run Policy and Long Run Growth ” , *Journal of Political Economy* , 1986 , 94(3) , 500—521 .
- [48] Redding Stephen , “ Dynamic Comparative Advantage and the Welfare Effects of Trade ” , *Oxford Economic Papers* , 1999 , 51 , 15—39 .
- [49] Rivera-Batiz , L. A and P. M. Romer , “ Economic Integration and Endogenous Growth ” , *Quarterly Journal of Economics* , 1991a , 106 , 531—555 .
- [50] Rivera-Batiz , L. A and P. M. Romer , “ International Trade with Endogenous Technological Change ” , *European Economic Review* , 1991b , 35 , 971—1001 .
- [51] Rodrick , Dani , “ Institution , Integration , and Geography : In Search of the Deep Determinants of Economic Growth ” , in Rodrick (eds .) , *In Search of Prosperity : Analytic Country Studies on Growth* . Princeton , NJ : Princeton University Press , 2003 .
- [52] Romer , Paul M . , “ Increasing Returns and Long Run Growth ” , *Journal of Political Economy* , 1986 , 94 , 1002—1037 .
- [53] Romer , Paul M . , “ Endogenous Technological Change ” , *Journal of Political Economy* , 1990 , 98(S1) , 71—102 .
- [54] Romer , Paul M . , “ The Origins of Endogenous Growth ” , *Journal of Economic Perspectives* , 1994 , 5 , 3—22 .
- [55] Sachs , Jeffrey D . , “ Tropical Underdevelopment ” , NBER Working Paper , No. 8119 , 2001 .
- [56] Sachs , J. D. and A. Warner , “ Economic Reform and the Process of Global Integration ” , *Brookings Papers on Economic Activity* , 1995 , 1 , 1—95 .
- [57] Shleifer , A. and R. Vishny , “ Politicians and Firms ” , *Quarterly Journal of Economics* , 1994 , 109 , 995—1025 .

- [58] Shleifer , A. and R. Vishny , *The Grabbing Hand : Government Pathologies and their Cures* . Cambridge , MA : Harvard University Press . 1998 .
- [59] Solow , Robert M. , " A Contribution to the Theory of Economic Growth " , *Quarterly Journal of Economics* , 1956 , 70(1) , 165—194 .
- [60] Stokey , Nancy L. , " Learning by Doing and the Introduction of New Goods " , *Journal of Political Economy* , 1988 , 96 , 701—717 .
- [61] Stokey , Nancy L. , " The Volume and Composition of Trade between Rich and Poor Countries " , *Review of Economics Studies* , 1991 , 58 , 63—80 .
- [62] World Bank , *The East Asian Miracle : Economic Growth and Public Policy* . New York : Oxford University Press , 1993 .
- [63] Young , Alwyn , " Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade " , *Quarterly Journal of Economics* , 1991 , 106 , 369—405 .
- [64] Young , Alwyn , " Invention and Bounded Learning by Doing " , *Journal of Political Economy* , 1993 , 101 , 3443—3472 .
- [65] 北京大学中国经济研究中心 , " 与林老师对话——发展战略篇之一 " 2003a .
http://www.ccer.pku.edu.cn/cn/ReadNews.asp?NewsID=2546 .
- [66] 北京大学中国经济研究中心 , " 与林老师对话——发展战略篇之二 " 2003b .
http://www.ccer.pku.edu.cn/cn/ReadNews.asp?NewsID=2547 .
- [67] 北京大学中国经济研究中心 , " 与林老师对话——发展战略篇之三 " 2003c .
http://www.ccer.pku.edu.cn/cn/ReadNews.asp?NewsID=2548 .
- [68] 林毅夫 , " 发展战略、自生能力和经济收敛 " 《经济学季刊》, 2002 年第 1 卷第 2 期 , 第 269—300 页 .
- [69] 林毅夫 , " 技术创新、发展阶段与战略选择 " 2002 .
http://www.ccer.pku.edu.cn/cn/ReadNews.asp?NewsID=2482 .
- [70] 林毅夫 蔡 李周 《中国的奇迹 : 发展战略与经济改革》(增订版) . 上海 : 上海三联书店 , 上海人民出版社 , 1999 年 .
- [71] 刘明兴 陶然 章奇 , " 制度、技术和内生经济增长 " 2002 .
http://jlin.ccer.edu.cn/download/20031010110450.doc .
- [72] 潘士远 史晋川 , " 内生经济增长理论 : 一个文献综述 " 《经济学季刊》, 2002 年第 1 卷第 4 期 , 第 753—786 页 .

The Advantage of Latter Comers , Technology Imports , and Economic Growth of Developing Countries

JUSTIN YIFU LIN PENGFEI ZHANG
(Peking University)

Abstract In contrast with other theories of technology transfers and growth , we present an endogenous growth theory on technological catch-up which emphasizes the advantage of latter comers to benefit from technological leaders . In our model , by importing technology from developed countries , developing countries have the opportunity of growing more rapidly than developed countries , and will converge to developed countries in the long run .

JEL Classification O11 , O33 , O40