

# 技术差距与人力资本约束下的技术进步模式<sup>①</sup>

易先忠<sup>1</sup>, 张亚斌<sup>2</sup>

(1. 湖南商学院区域战略研究所、经济与贸易学院, 长沙 410205;

2. 湖南大学经济与贸易学院, 长沙 410079)

**摘要:** 基于同时内生国外模仿与自主创新的 R&D 增长模型, 假定异质型人力资本在两种技术进步模式中具有不同的效应, 分析了在技术差距和人力资本约束条件下后发国技术进步模式的决定及技术政策效应. 分析表明: 后发国技术进步模式的选择取决于技术差距和两种人力资本的构成比例; 在人力资本的约束下, 鼓励技术进步的政策效应取决于技术差距. 其政策含义十分明显: 后发国应当根据研发资源和技术水平选择适宜的主导技术进步模式, 科技政策应体现行业和区域主导技术进步模式的差异性, 并根据主导技术进步模仿变化体现其动态性.

**关键词:** 技术差距; 异质型人力资本; 自主创新; 技术模仿

**中图分类号:** F11.0   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2008)06-0051-10

## 0 引言

我国《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》明确提出“把增强自主创新能力作为科学技术发展的战略基点和调整产业结构、转变增长方式的中心环节”. 这意味着中国作为后发大国, 其技术进步模式将是技术引进、模仿与自主创新的有机结合, 并逐步实现从技术引进、模仿为主向自主创新为主的转变. 那么如何处理好这两者之间的关系以有效促进技术进步? 特别是有限研发资源如何在模仿与创新之间分配、以及鼓励技术进步的政策如何在两种技术进步模式间权衡? 对这些问题的研究无论在理论上还是在对我国“建设创新型国家”的实践指导上都有重要意义.

由于全球研发高度集中在几个少数发达国家, 发达国家研究与开发的投入占到其国内生产总值的 2%~3%, 占世界研发总支出的 96%, 后发国家与领先国在技术水平和技术创新能力上存在巨大差距, 因此对国外技术的吸收与模仿被认为是后发国实现技术进步的重要方式<sup>[1,2]</sup>. 传统

南北技术扩散理论着重研究了国际技术扩散对后发国技术进步的影响, 认为后发国可以通过技术模仿使得其经济有条件收敛于技术领先国<sup>[3,4]</sup>. 但问题是, 根据传统南北技术扩散理论, 由于研发的比较优势所决定的北方创新与南方模仿的研发分工模式, 使得北方国家在“干中学”产生了更多的内生技术进步, 并随时间推移强化这种优势, 这样会导致南北经济增长和技术上的永恒差距. 虽然 Brezis<sup>[5]</sup>等探讨了在出现重大基础技术革新等条件下可能会出现后发国技术“蛙跳”, 导致后发国技术地位的变化. 但由于这一理论的一系列严格的假设条件使得后发国技术领先地位的实现成为“可望而不可及”的事. 所以, 世界经济各国的技术地位在经历了大半个世纪以来都没有大的变化, 实践表明后发国并不能仅仅通过模仿实现对领先国的技术赶超. 而实现技术赶超的关键就是实现技术进步模式从技术引进、模仿到自主创新的转变, 并应处理好技术引进、模仿和自主创新的关系<sup>[6]</sup>. 但由于传统南北技术扩散模型都假定南

① 收稿日期: 2006-12-12; 修订日期: 2007-06-29.

基金项目: 国家社会科学基金重点资助项目(06AJLY005); 新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-04-0774).

作者简介: 易先忠(1977—), 男, 湖南常德人, 博士, 讲师. Email: flaffite@163.com

方国家只进行模仿,没有创新能力<sup>[7,8]</sup>,所以并没有考虑在不同的技术水平条件下和要素禀赋结构下后发国技术进步模式的转型与选择问题,以及鼓励技术进步的政策在模仿与创新之间如何权衡的问题.部分内生增长文献同时内生国外模仿和自主创新,分析了知识产权保护在模仿与创新之间的权衡问题,其基本观点是:后发国应根据技术发展水平选择适度知识产权保护<sup>[9,10]</sup>.

金麟洙<sup>[11]</sup>指出“引进、吸收、提高”和“从模仿到创新”是发展中国家技术学习、技术追赶的一般过程.但技术进步模式及其转型的决定因素是什么?Currie<sup>[12]</sup>等初步讨论了后发国技术进步的三阶段,即专业化模仿、模仿与创新、专业化创新,认为技术进步模式的决定及其转型取决于模仿的相对容易度和相对人均知识资本存量.但没有考虑研发资源的有限性、要素禀赋结构和技术差距对技术进步模式影响.鉴于研发资源的有限性,需要合理利用、优化配置研发资源以有效促进技术进步.周寄中等<sup>[13]</sup>认为需在国家创新系统内优化配置有限科技资源.同时,根据潘士远、林毅夫<sup>[14]</sup>以及陈涛涛<sup>[15]</sup>的研究,技术差距也是影响对国外技术吸收与模仿、进而影响技术赶超的重要因素.Rachel<sup>[16]</sup>也认为由于技术差距导致的技术能力和技术机会的差别也是影响技术进步模式选择及其转型的重要因素.邵云飞、谭劲松<sup>[17]</sup>探讨了区域技术创新能力形成机理,结果表明我国各区域技术创新能力差异很大.并且技术模仿是大多数区域和产业技术进步的主要动力<sup>[18]</sup>.这就可能在各区域和产业,由于其研发资源和技术能力的差别引致了不同的主导技术进步模式,那么研发资源的分配以及科技政策也应当体现各区域和产业主导技术进步模式的差异性.

然而,现有对后发国技术进步模式决定及其转型的研究相当有限,并且即有相关研究的共同点是在刻画技术进步时,认为人力资本在不同技术进步模式中的作用是相同的,而忽略了对异质型人力资本在模仿与创新中的不同作用.事实上,基于人力资本的异质型特征,不同类型人力资本的作用会有所不同.Benhbib和Spiegel<sup>[19]</sup>与Young等<sup>[20]</sup>的实证研究表明,高质人力资本对自主创新作用更明显,而低质人力资本主要通过技术模仿和最终产品生产促进技术进步和经济增

长.Vandenbussche和Aghion<sup>[21]</sup>也认为模仿与创新需要不同类型人力资本,非熟练劳动在模仿中的作用更明显.本文借鉴Vandenbussche和Aghion的基本假设,分析了在技术差距和异质型人力资本构成这一重要要素禀赋结构约束条件下,后发国技术进步模式决定和技术政策的选择问题,得出了不同的结论.

## 1 经济运行环境

考虑一个3部门的开放分散经济:最终产品生产部门、中间产品生产部门和研发(R&D)部门.假定经济中只有一种最终产品(产量用 $Y$ 表示),由最终产品部门提供.与Romer<sup>[22]</sup>分析相似,人力资本总量为给定值.但不同的是,遵循Vandenbussche和Aghion<sup>[21]</sup>的假设,所有人力资本被用到研发部门,并且人力资本被分为熟练劳动(创新型高质人力资本)和非熟练劳动(低质人力资本).人力资本有两类用途:既可以投入到模仿活动中,也可以投入到自主创新活动中,这为了考查在人力资本总量约束下技术进步模式的选择问题.整个经济体系运行机制如下:知识资本是研发部门进行研发的基础,研发部门使用投入的人力资本(熟练劳动和非熟练劳动)通过模仿和创新进行新技术的开发,并将新的中间产品设计方案(用 $N$ 来表示)出售给下游的中间产品生产商;中间产品生产商使用所购买的中间产品设计方案和最终产品生产新的中间产品,然后将新的中间产品(用 $X_i$ 表示)再出售给下游的最终产品生产商;最终产品生产商使用其购买的新中间产品,同时利用土地来生产最终产品( $Y$ ).

假定最终产品部门利用土地和中间产品生产,其总量生产函数采用柯布-道格拉斯形式

$$Y = G^\alpha \int_0^N (X_i)^{1-\alpha} di \quad (1)$$

式中, $N$ 为后发国中间产品的种类数, $N$ 越大意味着后发国的技术水平越高. $X_i$ 为第 $i$ 种中间产品数量,中间产品被假定是连续的,总资本就表示为 $K = \int_{i=1}^N X_i$ ,由于本模型是对称的,有 $K = NX$ . $G$ 为投入到最终产品生产部门中的土地,被标准化为1. $Y$ 为最终产品的产量,最终产品 $Y$ 的价格单位

化为1, 即  $P_Y = 1$ . 由于本模型对于所有种类的中间品是对称的, 那么生产函数可写为

$$Y = \int_0^N (X_i)^{1-\alpha} di = NX^{1-\alpha} \quad (2)$$

与标准新古典模型一样, 定义总资本  $K$  的积累:  $\dot{K} = Y - C = NX^{1-\alpha} - C$ . 根据生产函数(2)可知, 任一种类的中间产品在生产函数中的边际产品为

$$\frac{\partial Y}{\partial X_i} = (1 - \alpha) X_i^{-\alpha}$$

由中间投入品的边际收益等于边际成本, 可以得到任一种类的中间产品的需求函数为

$$X = \left( \frac{1 - \alpha}{P_X} \right)^{1/\alpha} \quad (3)$$

根据 Romer<sup>[22]</sup> 和 Barro<sup>[4]</sup> 一单位任一种类型的中间产品的生产正好耗费一单位的最终产品投入, 则生产  $X$  单位中间产品的可变成本为  $1 \cdot X$ , 其中  $1$  为最终产品  $Y$  的单位价格. 则中间产品生产商的决策规划为

$$\max_X [P_X \cdot X - X] \quad (4)$$

将式(3)代入式(4), 由一阶必要条件得到中间产品的垄断定价为  $P_X = 1/(1 - \alpha)$ , 将  $P_X$  代入式(3), 得到任一种类中间产品的生产总量为

$$X = (1 - \alpha)^{2/\alpha} \quad (5)$$

进而有中间产品商的利润

$$\begin{aligned} \pi_m &= P_X \cdot X - X = (P_X - 1)X \\ &= \left( \frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) X = \alpha(1 - \alpha)^{\frac{2-\alpha}{\alpha}} \end{aligned} \quad (6)$$

假定研发部门是充分竞争性的, 研发部门开发新中间产品的设计方案, 出售给中间产品生产部门. 研发部门利用人力资本从事两种研发活动: 国外模仿与自主创新. 遵循 Vandenbussche 和 Aghion<sup>[21]</sup>、Acemoglu 等<sup>[23]</sup> 最新的内生增长文献, 技术进步被假定为国外模仿和自主创新的线性函数

$$\begin{aligned} \dot{N} &= \eta L_C^\sigma H_C^{1-\sigma} (N^* - N) + \xi L_I^\varphi H_I^{1-\varphi} N \\ N^* &> N, 0 < \sigma < 1, 0 < \varphi < 1 \end{aligned} \quad (7)$$

式中,  $\dot{N}$  为技术知识的增量,  $\eta$  和  $\xi$  分别为研发部门从事国外模仿和自主创新生产效率参数.  $L_C$  和  $L_I$  分别为投入到国外模仿和自主创新生产中的非熟练人力资本量,  $H_C, H_I$  分别为投入到国外模仿和自主创新生产中的熟练人力资本量. 人力资本

总量在短期内为外生给定值.  $N^*$  为领先国技术水平,  $N^* - N$  为后发国与领先国的技术水平差距, 对领先国技术的模仿只是对国内没有的技术进行模仿, 即对  $N^* - N$  模仿.  $\sigma, \varphi$  分别为非熟练人力资本在模仿和创新生产中的弹性. 模仿与创新需要不同类型的人力资本, 与模仿相比, 自主创新需要更多的高质量人力资本, 而低质人力资本在模仿中比在创新中的作用更大, 因此, 可以合理假定  $\sigma > \varphi$ , 即  $1 - \sigma < 1 - \varphi$ , 表示自主创新较模仿更密集使用高质人力资本. 至此, 我们完成了对整个经济运行系统的刻画.

## 2 后发国技术进步模式的决定

根据刻画的经济运行环境, 分析均衡时研发资源在模仿与创新之间的分配和均衡时技术进步率. 为分析均衡时研发资源在国外模仿与自主创新之间的分配, 需要考查研发部门的决策规划. 定义研发部门人力资本报酬为  $W(\cdot)$ , 专利价格为  $P_n$ , 则研发部门的总收益为

$$\begin{aligned} TR &= P_n \dot{N} \\ &= P_n [\eta L_C^\sigma H_C^{1-\sigma} (N^* - N) + \xi L_I^\varphi H_I^{1-\varphi} N] \end{aligned} \quad (8)$$

根据 Romer<sup>[22]</sup> 和 Barro<sup>[4]</sup>, 研发市场的充分竞争性假设决定了技术的专利价格应等于中间产品垄断生产者所能获得收益的贴现值, 并假定实际利率  $r(v)$  不随时间  $v$  变化, 根据式(6), 则有

$$\begin{aligned} P_n &= V(t) \\ &= \pi_m \int_t^\infty \exp[-\int_t^s r(v) dv] ds \\ &= \frac{1}{r} \alpha(1 - \alpha)^{\frac{2-\alpha}{\alpha}} \end{aligned} \quad (9)$$

研发部门的总成本为

$$TC = W_L(L_C + L_I) + W_H(H_C + H_I)$$

则研发生产商的决策规划为

$$\begin{aligned} \max_{L_C, L_I, H_C, H_I} & P_n [\eta L_C^\sigma H_C^{1-\sigma} (N^* - N) + \xi L_I^\varphi H_I^{1-\varphi} N] - \\ & [W_L(L_C + L_I) + W_H(H_C + H_I)] \end{aligned} \quad (10)$$

令  $N/N^* = T$ ,  $0 < T < 1$ , 可定义为后发国相对于领先国的技术水平, 也体现技术差距, 即  $T$  越大, 技术差距  $(N^* - N)$  越小. 根据一阶必要条件, 则有

$$\sigma \eta L_c^{\sigma-1} H_c^{1-\sigma} (1-T) = \varphi \xi L_1^{\varphi-1} H_1^{1-\varphi} T \quad (11)$$

$$(1-\sigma) \eta L_c^{\sigma} H_c^{\sigma} (1-T) = (1-\varphi) \xi L_1^{\varphi} H_1^{\varphi} T \quad (12)$$

式(11)除以式(12)有

$$\frac{H_c \sigma}{L_c (1-\sigma)} = \frac{H_1 \varphi}{L_1 (1-\varphi)} \quad (13)$$

简化式(13),均衡时异质型人力资本在国外模仿与自主创新之间的分配关系为

$$\frac{H_1}{L_1} = \omega \frac{H_c}{L_c} \quad (14)$$

式中,  $\omega = \frac{\sigma(1-\varphi)}{\varphi(1-\sigma)}$ , 由于  $\sigma > \varphi$ , 有  $\omega > 1$ . 令  $L = L_c + L_1, H = H_c + H_1, L, H$  分别为经济中非熟练劳动力与熟练劳动力总量, 并代入式(14)有

$$L_c = \frac{\omega L (H - H_1)}{H_1 + \omega (H - H_1)}$$

将  $L_c, H_c = H - H_1$  和  $L_1 = L - L_c$  代入式(11)有

$$(\omega - 1) H_1 = \omega H - L f(T) \quad (15)$$

式中,  $f(T) = \left( \frac{\xi(1-\varphi)T}{\eta\omega^{\sigma}(1-\sigma)(1-T)} \right)^{\frac{1}{\varphi-\sigma}}$ . 根据式(15)有

$$H_1 = \frac{\omega H - L f(T)}{\omega - 1} \quad (16)$$

再利用  $H_c = H - H_1$  的关系, 有

$$H_c = H - \frac{\omega H - L f(T)}{\omega - 1} \quad (17)$$

由于已经假定  $\sigma > \varphi$ , 有  $\frac{\partial f(T)}{\partial T} < 0$ , 所以根据

式(16), 有  $\frac{\partial H_1}{\partial T} > 0$ , 说明当技术差距越小, 即  $T$  越

大, 经济中分配到自主创新中的熟练劳动力就越多. 相反, 当技术差距越大, 即  $T$  越小, 经济中分配到自主创新中的熟练劳动力就越少, 而当总的熟练劳动力  $H$  一定时, 分配到模仿中的熟练劳动力 ( $H - H_1$ ) 就越多, 并且  $\frac{d^2 H_1}{dT^2} < 0$ , 图1表明经济中

分配到创新活动中的研发资源与技术差距. 同理可考查经济中分配到模仿活动中的研发资源与技术差距的关系, 有  $\frac{\partial H_c}{\partial T} < 0$ , 并且  $\frac{d^2 H_c}{dT^2} > 0$ , 图1也表明经济中分配到模仿中的研发资源与技术差距. 其中,  $HH$  线是经济中熟练劳动力总量. 从图1可以看出, 当  $T > T_1$  时,  $H_1 > H_c$ , 技术进步模式以自主创新为主导, 当  $T < T_1$  时,  $H_1 < H_c$ , 对国外技

术的模仿是后发国家的主导技术进步模式. 主导技术进步模式随着技术差距的缩小(技术水平的提高)从模仿到自主创新转型.

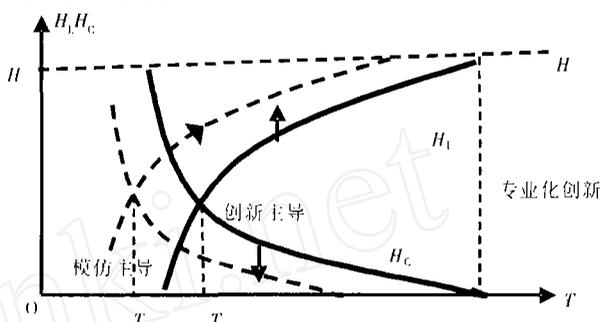


图1 人力资本构成与技术进步模式转型

Fig. 1 Composition of human capita and transition of technological progress model

令经济中总的人力资本为  $N, N = H + L$ , 并代入式(16)和(17), 有

$$H_1 = \frac{\omega H - (N - H) f(T)}{\omega - 1} \quad (18)$$

$$H_c = \frac{H - [\omega H - (N - H) f(T)]}{\omega - 1} \quad (19)$$

当总的人力资本  $N$  不变时, 考虑增加高质人力资本  $H$  (即提高高质人力资本的构成比例) 对技术进步模式转型的影响. 根据式(18)有

$$\frac{\partial H_1}{\partial H} = \frac{\omega + f(T)}{\omega - 1} > 0$$

根据式(19)有

$$\frac{\partial H_c}{\partial H} = 1 - \frac{\omega + f(T)}{\omega - 1} < 0$$

所以  $H_1$  曲线向上移动, 而  $H_c$  曲线向下移动, 如图1. 可知主导技术进步模式转换的临界  $T$  值由  $T_1$  变为  $T_2$ . 说明当后发国家技术水平较低时, 技术进步模式就以模仿为主导转变成以自主创新为主导的, 即创新型高质人力资本的构成比例提高加速了技术进步模式从模仿到创新的转型. 由此有命题1.

**命题1** 后发国家主导技术进步模式随着技术差距的缩小从模仿到自主创新逐步转型, 提高创新型高质人力资本的构成比例加速了技术进步模式从模仿到自主创新的转型.

当后发国将所有创新资源投入到自主创新时, 有  $H_1 = H$ , 根据式(15), 有

$$(\omega - 1)H = \omega H - L f(T)$$

即

$$H/L = f(T) \quad (20)$$

考虑技术差距恒定时,人力资本构成对技术进步模式的影响.根据式(20),当  $H/L \geq f(T)$ ,经济将所有创新资源投入到自主创新的活动中.同理,当后发国将所有创新资源投入到模仿时,有  $H_1 = 0$ ,根据式(15),有

$$\frac{H}{L} = \frac{f(T)}{\omega} \quad (21)$$

即技术差距恒定时,若  $\frac{H}{L} \leq \frac{f(T)}{\omega}$ ,经济中所有研发资源投入到模仿活动中.若  $\frac{f(T)}{\omega} < \frac{H}{L} < f(T)$ ,后发国同时进行模仿和自主创新.技术进步模式与人力资本的构成关系如图2所示.

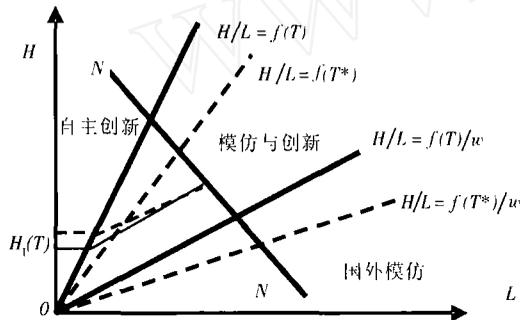


图2 人力资本构成、技术差距与技术进步模式转型  
Fig. 2 Composition of human capita, technology gap and transition of technological progress model

如图2,  $NN$  线代表人力资源总约束,当总人力资源中的熟练劳动与非熟练劳动的比例达到较高水平时,经济专业化于创新,而当熟练劳动与非熟练劳动的比例低于一定水平时,经济专业化于国外模仿.

考虑技术差距变化的情形.当技术差距缩小时,若  $T$  增大到  $T^*$ ,临界线

$$\frac{H}{L} = f(T), \frac{H}{L} = \frac{f(T)}{\omega}$$

分别转至

$$\frac{H}{L} = f(T^*), \frac{H}{L} = \frac{f(T^*)}{\omega}$$

表示从专业化模仿,到模仿与创新并存,再到专业化创新的转型所要求的熟练劳动与非熟练劳动的比例都降低.根据式(15),在模仿与创新同时存在的均衡中,技术差距的缩小,使得更多的熟练劳动投入创新活动中,这样会提高自主创新活动中非熟练劳动的边际产出 ( $MPL_{L_1} = \xi \varphi L_1^{\varphi-1} H_1^{1-\varphi} N$ ),从而吸引更多的非熟练劳动投入到自主创新活动

中,所以当技术差距缩小时,投入到自主创新活动中的资源增加.相反,当技术差距更大时,从模仿到模仿与创新、再到创新的转型所要求的总人力资源中的熟练劳动与非熟练劳动的比例都提高,而在模仿与创新同时存在的均衡中,由于技术差距 ( $N^* - N$ ) 较大,使得模仿活动中两种要素的边际产出,即  $\eta \sigma L_1^{\sigma-1} H_1^{1-\sigma} (N^* - N)$  和  $\eta(1 - \sigma) L_1^{\sigma} H_1^{-\sigma} (N^* - N)$  都较大,从而吸引更多的资源投入模仿活动中.综上,有命题2.

**命题2** 后发国技术进步模式的转型受到创新型高质人力资本构成比例和技术差距的影响.创新型高质人力资本构成比例越高,技术进步模式以自主创新为主,缩小技术差距降低了技术进步模式转型所要求的创新型高质人力资本构成比例.当后发国同时进行国外模仿和自主创新时,投入到自主创新中的资源与技术差距成反比,与熟练劳动与非熟练劳动的构成比例成正比.

进一步分析均衡时的技术进步率.假定经济不存在转型动态,即在开始经济就达到均衡.根据式(2)和(5)有  $g_N = g_Y$ ,根据  $\dot{K} = Y - C, \frac{C}{Y} =$

$$\frac{Y - \dot{K}}{Y} = 1 - g_K \frac{K}{Y}, \text{而 } K = Nx, x \text{ 是常数,有 } g_K =$$

$g_N = g_Y$ .这隐含着  $C/Y$  是常数,所以有  $g_C = g_Y$ .因此,在均衡状态,总消费、总产出与技术具有相同的增长率

$$g_N = g_C = g_Y$$

根据式(7),有

$$g_N = \eta L_c^{\sigma} H_c^{1-\sigma} \left( \frac{1}{T} - 1 \right) + \xi L_1^{\varphi} H_1^{1-\varphi} \quad (22)$$

根据式(14)中  $L_c/H_c = \omega L_1/H_1$ ,式(22)可化为

$$g_N = \eta \left( \frac{L_1}{H_1} \right)^{\sigma} \omega^{\sigma} H_c \left( \frac{1}{T} - 1 \right) + \xi \left( \frac{L_1}{H_1} \right)^{\varphi} H_1 \quad (23)$$

根据  $L_1 = L - L_c, L_c = \frac{\omega L(H - H_1)}{H_1 + \omega(H - H_1)}$  和式(15)有

$$L_1 = \frac{L[\omega H - Lf(T)]}{Lf(T)(\omega - 1)}$$

再根据式(15)有

$$\frac{L_1}{H_1} = \frac{1}{f(T)} \quad (24)$$

将式(24)代入式(23),并根据 $f(T)$ 的定义化简有

$$g_N = \frac{H_c}{f^\varphi(t)} \frac{\xi(1-\varphi)}{1-\sigma} + \xi \frac{H_l}{f^\varphi(t)} \quad (25)$$

再根据式(15)以及 $H_c = H - H_l$ 和 $\omega = \frac{\sigma(1-\varphi)}{\varphi(1-\sigma)}$ 有

$$g_N = \xi(1-\varphi) \frac{H}{f^\varphi(T)} + \xi \varphi f^{1-\varphi}(t)L \quad (26)$$

考虑技术差距对技术进步率的比较静态效应

$$\frac{\partial g_N}{\partial T} = \frac{\xi(1-\varphi)}{f^\varphi(T)} \left[ L - \frac{H}{f(T)} \right] \frac{\partial f(T)}{\partial T}$$

由于 $\sigma > \varphi$ ,有 $\frac{df(T)}{dT} < 0$ ,当 $f(T) < H/L$ ,即

$T > T_1^*$ 时, $\partial g_N / \partial T > 0$ ;当 $f(T) > H/L$ ,即 $T < T_1^*$ 时, $\partial g_N / \partial T < 0$ .同时,根据式(15),假定人力资本总量及其构成比例恒定,当后发国将所有创新资源投入到自主创新时,有 $H_l = H$ ,根据式(15),有

$$(\omega - 1)H = \omega H - Lf(T)$$

进而有

$$T_1^* = \frac{\left(\frac{H}{L}\right)^{\varphi-\sigma} \eta \omega^\sigma (1-\sigma)}{\xi(1-\varphi) + \left(\frac{H}{L}\right)^{\varphi-\sigma} \eta \omega^\sigma (1-\sigma)}$$

当 $T \geq T_1^*$ 时,经济专业化于自主创新.当后发国将所有创新资源投入到模仿创新时,有 $H_l = 0$ ,根据式(15),有

$$\frac{H}{L} = \frac{f(T_c^*)}{\omega}$$

$$T_c^* = \frac{\left(\frac{\omega H}{L}\right)^{\varphi-\sigma} \eta \omega^\sigma (1-\sigma)}{\xi(1-\varphi) + \left(\frac{\omega H}{L}\right)^{\varphi-\sigma} \eta \omega^\sigma (1-\sigma)}$$

由于 $\sigma > \varphi$ ,显然有 $T_c^* < T_1^*$ .当 $T < T_c^*$ 时,后发国专业化于模仿.当 $T_c^* < T < T_1^*$ ,后发国同时进行模仿与创新活动.综上,技术差距、技术进步模式以及技术进步率之间的关系如图3所示.

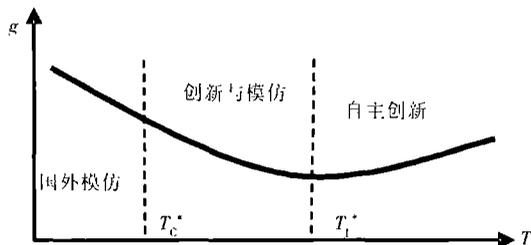


图3 技术差距、技术进步模式与技术进步率  
Fig. 3 Technology gap, technological progress models and technological progress rate

如图3所示,技术进步率首先随技术差距的缩小而降低,这是因为随着技术差距的缩小,即式(7)中的 $(N^* - N)$ 较小,意味着可供后发国模仿的先进技术选择集也越小,后发国利用技术落后优势获取的技术模仿收益,如Barro<sup>[4]</sup>所说的“技术后发优势”就较小,模仿领先国先进技术对后发国技术进步贡献也随之缩小.但当后发国专业化于自主创新时,技术进步率随技术能力的增强而提高.所以有命题3.

**命题3** 当人力资本总量及其构成不变时,技术差距决定了后发国的技术进步模式,并影响技术进步率,技术进步率随着技术差距的缩小而降低,但当后发国专业化于自主创新时,技术进步率随着技术差距的缩小而提高.

### 3 鼓励技术进步的政策效应

根据前一部分,有了均衡时的技术进步率,进一步,现在分析人力资源政策和常用的3大技术政策对均衡时技术进步率的影响.鉴于人力资本是促进技术进步的主要素,首先考查人力资本禀赋结构和人力资本积累对技术进步的影响.将 $N = H + L$ 代入式(26),有

$$g_N = \xi(1-\varphi)f^{-\varphi}(T)H + \xi\varphi f^{1-\varphi}(T)(N-H) \quad (27)$$

$\partial g_N / \partial N > 0$ ,说明经济中总人力资源的增加会提高经济增长率,所以鼓励人力资本的积累会促进经济增长.考查当人力资本总量一定时,提高熟练劳动比例对技术进步的效应,根据式(27)有

$$\frac{\partial g_N}{\partial H} = \frac{\xi}{f^\varphi(T)} [(1-\varphi) - \varphi f(T)] \quad (28)$$

当 $T > \frac{\eta\omega^\sigma(1-\sigma)}{\eta\omega^\sigma(1-\sigma) + \xi(1-\varphi)^{\sigma-\varphi+1}\varphi^{\sigma-\varphi}}$ 时, $\partial g_N / \partial H > 0$ ,其经济意义是,在人力资源总量约束下,只有当后发国技术水平达到一定水平时,提高人力资源中的熟练劳动的比例才有利于技术进步.相反当 $T < \frac{\eta\omega^\sigma(1-\sigma)}{\eta\omega^\sigma(1-\sigma) + \xi(1-\varphi)^{\sigma-\varphi+1}\varphi^{\sigma-\varphi}}$ 时, $\partial g_N / \partial H < 0$ ,即当技术差距较大时,提高熟练劳动的比例并不利于技术进步.这一结论似乎与直觉相反.实际上,这正体现国际贸易理论中有关两部门中要素积累的“罗伯津斯基定理

(Rybczynski theorem)”。根据“罗伯津斯基定理”，由于自主创新较模仿更密集使用高质人力资本  $H$ ，提高高质人力资本的比例，会使密集使用这一要素的部门（自主创新）的产出增加，而使另一部门（模仿）的产出减少。当技术差距较小时，自主创新是技术进步的主要模式，自主创新中增加的产出可以弥补模仿中减少的产出，从而有正的净效应。但当技术差距较大时，模仿是技术进步的主要模式，所以这一净效应为负。由此，有命题4。

**命题4** 人力资本的总量的提高会促进技术进步。但当人力资本总量一定时，只有技术达到较高水平、自主创新为技术进步的主导模式时，提高熟练劳动的比例才有利于技术进步；当技术差距较大时，提高非熟练劳动的比例更有利于技术进步。

结合命题1和命题4发现下面有趣的推论。

**推论1** 加速技术进步模式从模仿到创新转型的政策不一定有利于技术进步。

因为，根据命题1提高创新型高质人力资本的构成比例加速了技术进步模式从模仿到自主创新的转型。但同时根据命题4，有利于技术进步的政策需要根据技术的主导进步模式确定，当技术差距较大、模仿为主导技术进步模式时，提高在模仿活动中密集使用的非熟练劳动有利于技术进步。当技术差距较大，提高创新型高质人力资本的构成比例虽然加速了技术进步模式从模仿到自主创新的转型，但却不利于技术进步。

进一步，考查当人力资源总量和构成比例一定时，鼓励技术进步的3大技术政策效应，即对自主创新的补贴、对国外模仿的补贴和知识产权保护的政策效应。

对自主创新的补贴效应相当于减少自主创新的成本，在本文的模型中创新活动只需要一种要素投入，即人力资本，对创新的补贴相当于降低了人力资本的工资率。假定对两种人力资本的补贴没有差异，即对自主创新中的非熟练劳动  $L_1$  和熟练劳动  $H_1$  进行同比例的补贴。在人力资源总量不变的情况下，那么补贴自主创新的资源配置效应

为使得研发资源更多的流向自主创新活动中。同理，假定对模仿中的投入要素  $L_c$  和  $H_c$  进行同比例补贴，在人力资源总量约束下，研发资源会更多流向模仿活动中。而加强知识产权保护，降低了模仿的研发效率  $\eta$ ，提高了自主创新的研发效率  $\xi$ ，因为创新企业可降低保护性研发，提高研发效率，因此加强知识产权保护，将提高自主创新活动中要素的边际产出，而降低模仿活动中要素的边际产出，最终的结果与补贴自主创新相似，即使得研发资源更多流向自主创新活动中。简而言之，人力资源总量不变的情况下，补贴模仿、补贴创新以及加强知识产权保护实质是改变研发资源在模仿与创新间的配置。既然如此，假定  $M = L_1 + H_1$ ， $M$  为投入到自主创新活中的研发资源。补贴自主创新使得  $M$  增加，在人力资源总量约束下，投入到模仿中资源  $N - M$  减少，本文将分析这一政策效应。<sup>②</sup>根据式(24)，有

$$\frac{L_1 + H_1}{H_1} = \frac{1 + f(T)}{f(T)}$$

即

$$M = H_1 \frac{1 + f(T)}{f(T)}$$

根据式(15)和  $L = N - H$  有

$$H = \frac{f(T)(\omega - 1)M + (1 - f(T))f(T)N}{(1 - f(T))(\omega + f(T))} \quad (29)$$

将式(29)代入式(27)，并对  $M$  求偏导有

$$\frac{\partial g_N}{\partial M} = \frac{\xi}{f^\varphi(T)} \frac{f(T)(\omega - 1)}{(1 - f(T))(\omega + f(T))} \times [1 - \varphi - \varphi f(T)] \quad (30)$$

当  $T > \frac{\eta\omega^\sigma(1 - \sigma)}{\eta\omega^\sigma(1 - \sigma) + \xi(1 - \varphi)^{\sigma-\varphi+1}\varphi^{\sigma-\varphi}}$  时，

$\partial g_N / \partial M > 0$ ，其经济意义是，在总量人力资源约束下，只有当后发国技术水平达到一定水平时，对自主创新的补贴和加强知识产权保护才有利于技术进步。

相反当  $T < \frac{\eta\omega^\sigma(1 - \sigma)}{\eta\omega^\sigma(1 - \sigma) + \xi(1 - \varphi)^{\sigma-\varphi+1}\varphi^{\sigma-\varphi}}$

时， $\partial g_N / \partial M < 0$ ，即当技术差距较大时，补贴模仿和降低知识产权保护，使得投入到模仿中资源

② 当然，可以设定在补贴自主创新的情况下，自主创新的成本为  $TC = (1 - \beta)W_L L_1 + (1 - \beta)W_H H_1$ ，其中  $\beta$  为补贴率，并代入创新厂商的决策规划式(10)中，逐步计算出补贴情况下的增长率，再对  $\beta$  求偏导，同样可得补贴对技术进步的效应。但这种方法计算复杂，没有显式解，并且没有更深的洞见。

( $N - M$ ) 增加,有利于技术进步. 这是因为,对自主创新的补贴和加强知识产权保护使得自主创新中的产出增加,而模仿的产出减少,当技术差距较小时,自主创新是技术进步的主要模式,自主创新中增加的产出可以弥补模仿中减少的产出,从而有正的净效应. 但当技术差距较大时,模仿是技术进步的主要模式,补贴模仿和降低知识产权保护使得模仿的产出增加,这一增加的产出可以弥补自主创新中减少的产出. 这与 Acemoglu 和 Aghion<sup>[23]</sup> 的观点一致,在技术进步初期,一国得益于鼓励技术模仿的政策,而当一国技术接近国际前沿技术时,应当鼓励自主创新. 综上,有命题 5.

**命题 5** 在人力资源总量约束下,只有当技术水平达到某一临界值、自主创新为技术进步的主要模式时,对自主创新的补贴和较强的知识产权保护才能促进技术进步和经济增长;而当技术水平低于这一临界值时,对模仿的补贴和较弱的知识产权保护能促进技术进步和经济增长.

#### 4 结论及政策意义

自主创新和对国外技术的模仿是技术后发国技术进步的两条主要途径,在一定技术水平和要素禀赋结构条件下,后发国选择何种主导技术进步模式,以及鼓励技术进步的政策应当如何在两种技术进步模式之间权衡? 本文基于拓展的以 R&D 为基础的内生增长模型,同时内生模仿与自主创新,并考虑异质型人力资本、即熟练劳动与非熟练劳动在两种技术进步模式中的不同效应,以自主创新相对于模仿更密集使用熟练劳动为基本假设,分析了在技术差距和人力资本约束条件下后发国技术进步模式的选择及技术政策效应. 分析表明:后发国技术进步模式的选择取决于技术差距和两种人力资本的构成比例;当经济中熟练劳动与非熟练劳动的比例和技术水平不断提高时,技术进步模式从模仿到自主创新逐步转型;提高创新型高质人力资本的构成比例能够加速技术进步模式从模仿到创新的转型,但加速技术进步从模仿到创新的政策不一定有利于技术进步;并发现在人力资本总量的约束下,只有当技术差距缩小到某一临界值、技术进步以自主创新为主导时,提高熟练劳动力的比例、对自主创新的补贴政

策和较强的知识产权保护政策才有利于技术进步;当技术差距较大时,鼓励以模仿为主的政策有利于技术进步. 需指出的是,异质型人力资本在本文中是外生给定的,如果能将异质型人力资本内生,并利用动态最优化方法探讨技术进步模式的动态转型路径、转型拐点以及科技政策选择的动态路径,将进一步丰富对后发国技术进步模式与科技政策选择这一课题的认识.

这一理论对我国经济发展的指导意义主要体现在以下两个方面:

(1) 从动态的、长期的观点来看,后发国的技术进步模式随着经济中高质人力资本比例和技术水平的不断提高从模仿到创新逐步转换,这需要我国政府根据我国研发资源和技术水平状况选择适宜的主导技术进步模式,并体现科技政策的动态性. 应当看到我国现阶段与技术领先国在技术能力和研发资源投入上存在巨大差距,对国外技术的模仿创新在相当长时期内是我国技术进步的重要渠道. 为实现技术进步模式的转型,应当鼓励人力资本的积累,但重点要放创新型高质人力资本积累上. 通过继续普及和巩固九年制义务教育、发展高中阶段教育尤其是高中阶段职业教育,并突出创新型人才培养目标,不断减少低质人力比重,提升创新型高质人力资本比例,以保证建设创新型国家之所需. 其他科技政策也应该根据主导技术进步模式的转变而体现其动态性;

(2) 从静态的、短期观点来看,科技政策应体现行业和地区的差异性. 我国各产业技术进步水平参差不齐,其主导技术进步模式也不同. 我国有些行业(如以计算机、家电和通讯为主的中国电子产业)较成功实现了从模仿到创新的转变,而有些行业(如航空设备、精密仪器、医疗设备、工程机械等)却仍然依赖国外技术. 并且我国是一个不均质大国,各区域经济发展和技术水平很不平衡,中国东部沿海地区与中西部地区不仅在其物质资本、人力资本、技术等要素状况相差甚远,而且其市场体制与市场体系的发育及完善程度也不可同日而语. 对于发展不平衡的各个区域而言,完全依靠自主创新的技术进步模式显然是不现实的,通过模仿、学习先进的技术,显然成为欠发达区域技术进步的重要来源. 因此,我国的科技政策应体现行业和区域主导技术进步模式差异性. 在

技术水平较高的行业和地区可通过鼓励高质人力资本积累和补贴自主创新、并辅以较强的知识产权保护鼓励技术进步;而在技术水平较低的行业和地区,鼓励通过“逆向工程”对引进技术进行创

造性模仿性. 这就需要综合利用包括知识产权保护和研发补贴在内的科技政策,使得各区域不同部门采用不同的主导技术进步方式,形成“多层次、多元化”的技术进步模式.

### 参考文献:

- [1]Coe D T, Helpman E, Hoffmaister A. North-South R&D spillover[J]. *The Economic Journal*, 1997, (1107): 134—149.
- [2]Keller W. International technology diffusion[J]. *Journal of Economic Literature*, 2004, 42: 752—782.
- [3]Coe D T, Helpman E. International R&D spillover[J]. *European Economic Review*, 1995, 39(5): 859—887.
- [4]Barro R, Sala-I-Martin X. Technological diffusion, convergence, and growth[J]. *Journal of Economic Growth*, 1997, (2): 1—27.
- [5]Brezes E, Krugman P, Tsiddion D. Leapfrogging: A theory of cycles in national technological leadership[J]. *American Economic Review*, 1993, 83: 1211—1219.
- [6]张景安. 实现由技术引进为主向自主创新为主转变的战略思考[J]. *中国软科学*, 2003, (11): 1—5.  
Zhang Jing-an. Strategic thinking on transit from technology import to independent innovation[J]. *China Soft Science*, 2003, (11): 1—5. (in Chinese)
- [7]Grossman G M, Helpman E. Endogenous product cycles[J]. *Economic Journal*, 1991, (101): 1214—1229.
- [8]Grossman G M, Helpman E. Comparative advantage and long-run growth[J]. *America Economic Review*, 1990, 80: 796—815.
- [9]Chen Yongmin, Thitima P. Intellectual property rights and innovation in developing countries[J]. *Journal of Development Economics*, 2005, 78: 474—493.
- [10]易先忠, 张亚斌. 技术差距、知识产权保护与后发国技术进步[J]. *数量经济技术经济研究*, 2006, (10): 111—121.  
Yi Xian-zhong, Zhang Ya-bin. Technology gap, intellectual property right protection, and technology progress of lagging countries[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2006, (10): 111—121. (in Chinese)
- [11]金麟洙. 从模仿到创新—韩国技术学习的动力[M]. 北京: 新华出版社, 1998. 268—271.  
Kim Lin-su. Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning[M]. Beijing: Xinhua Publishing House. 1998. 268—271. (in Chinese)
- [12]Currie D, Levine P, Pearlman J, *et al.* Phase of imitation and innovation in a north-south endogenous growth model[J]. *Oxford Economic Papers*, 1999, (51): 60—88.
- [13]周寄中, 胡志坚, 周 勇. 在国家创新系统内优化配置科技资源[J]. *管理科学学报*, 2002, 5(3): 40—49.  
Zhou Ji-zhong, Hu Zhi-jian, Zhou Yong. Allocating S&T resources in national systems of innovation[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2002, 5(3): 40—49. (in Chinese)
- [14]潘士远, 林毅夫. 发展战略、知识吸收能力与经济收敛[J]. *数量经济技术经济研究*, 2006, (2): 3—13.  
Pan Shi-yuan, Lin Yi-fu. Development strategy, absorptive capability and economic convergence[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2006, (2): 3—13. (in Chinese)
- [15]陈涛涛. 影响中国外商直接投资溢出效应的行业特征[J]. *中国社会科学*, 2003, (4): 33—43.  
Chen Tao-tao. How capacity gaps between foreign and domestic firms shape industry to industry spillover of China's FDI [J]. *Social Sciences in China*, 2003, (4): 33—43. (in Chinese)
- [16]Van Elkan R. Catching up and slowing down: Learning and growth patterns in an open economy[J]. *Journal of International Economics*, 1996, (41): 95—111.
- [17]邵云飞, 谭劲松. 区域创新能力形成机理探讨[J]. *管理科学学报*, 2006, 9(4): 1—11.  
Shao Yun-fei, Tan Justin. Research on mechanism and for capacity of regional technological innovation[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2006, 9(4): 1—11. (in Chinese)
- [18]隋广军, 申明浩, 宋剑波. 基于专利水平地区差异的高科技产业化问题研究[J]. *管理世界*, 2005, (8): 87—92.

- Sui Kuang-jun, Sheng Min-hao, Song Jian-bo. Study on high technology industry based on regional disparity of patent[J]. Management World, 2005, (8): 87—92. (in Chinese)
- [19] Benhabib J, Spiegel M M. The role of human capital in economic development, evidence from aggregate cross-country data [J]. Journal of Monetary Economics, 1994, 34: 43—73.
- [20] Young A, Levy D, Higgins M. Many Types of Human Capital and Many Roles in U. S. Growth: Evidence from County-Level Educational Attainment Data[C]. RePEc Working Paper, 2004.
- [21] Vandebussche J, Aghion P, Meghi C. Growth, distance to frontier and composition of human capital[J]. Journal of Economic Growth, 2006, 11: 97—127.
- [22] Romer P. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(1): part II, S71—S102.
- [23] Acemoglu D, Aghion P, Zilibotti F. Distance to frontier, selection, and economic growth[J]. Journal of the European Economic Association, 2006, 4(1): 37—74.

## Technological progress modes under constraint of technology gap and human capital

YI Xian-zhong<sup>1</sup>, ZHANG Ya-bin<sup>2</sup>

1. Economic and Trade School, Hunan University of Commerce, Changsha 410205, China;

2. Economic and Trade School, Hunan University, Changsha 410079, China

**Abstract:** Based on the R&D endogenous growth model with imitation and innovation, this paper analyzes the decisive factors of technological progress modes of lagging countries and the impact of technological policy under the assumption that heterogeneous human capital plays different role in imitation and innovation. It suggests that technological progress modes are determined by technology gap and the composition of human capital, and that the effects of technological policy depend on technology gap under the constraint of human capital. The policy implication is obvious: lagging countries should choose appropriate technological progress modes based on R&D resources and technological levels, and technological policies should be different and dynamic according to the changing of the dominant technological progress mode in different industries and regions.

**Key words:** technology gap; heterogeneous human capital; self-innovation; imitation