

技术进步偏向性跨国传递效应:模型演绎与经验证据

董直庆, 焦翠红, 王林辉

[摘要] 当前中国技术进步方向及其偏向强度已成为经验文献关注的焦点,然而,前沿研究并未重视这种技术进步偏向性的来源及其背后的成因。本文从技术进步偏向性跨国传递入手,引入自主研发和技术引进部门,构建技术进步偏向性跨国传递模型,演绎技术进步偏向性从发达国家向发展中国家的内在传递机制,数值模拟技术进步偏向性跨国传递路径的动态变化过程。结果发现:①在技术进步跨国传递过程中,技术进步偏向性方向和强度均可能发生变化,要素投入结构在其中发挥决定性作用,正是两国要素投入结构的非匹配性,使发展中国家改变技术应用过程中的要素投入结构,进而改变引进技术的偏向性方向和强度。②技术进步偏向性跨国传递的方向和强度受制于技术适配度,并呈现出门槛效应特征,其中,技术适配度决定发展中国家技术模仿和应用的程度,只有技术适配度高于某一临界值时,引入前沿技术才能优化国内的要素投入结构、提高技术应用空间和生产率。为此,一国在技术选择和引进过程中,不能仅关注技术的先进程度,更应重视技术进步偏向性变化及其与要素禀赋结构的适配性。

[关键词] 技术进步偏向性跨国传递; 要素结构; 技术适配度

[中图分类号]F124.3 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2016)10-0074-18

一、问题提出

技术进步是经济增长的重要驱动力,现实经济中,技术进步通常与生产要素相结合,通过提高要素生产效率方式促进经济增长。技术进步对生产要素的作用表现为两种形态:一是技术进步同比例地提高所有生产要素的边际产出,称为中性或无偏技术进步;二是技术进步偏向于提高某一种生产要素的边际产出,称之为有偏技术进步。Acemoglu^[1]明确了技术进步偏向性的定义,指出如果技术进步使得要素 Z 的边际产出高于其他生产要素,则称技术进步偏向 Z,或者说偏向 Z 的技术进步。

[收稿日期] 2016-05-05

[基金项目] 国家社会科学基金重点项目“新常态下我国经济增长动力转换和新增长点培育研究”(批准号 15AZD002);国家自然科学基金面上项目“要素与技术耦合视角下技术进步偏向性的形成机理、路径转换和跨国传递机制研究”(批准号 71573088);上海市曙光计划项目“碳排放约束下我国适宜性技术进步方向和环境质量优化对策研究”(批准号 14SG24)。

[作者简介] 董直庆(1974—),男,浙江温州人,华东师范大学经济学院教授,博士生导师;焦翠红(1988—),女,河南安阳人,吉林大学商学院博士研究生;王林辉(1973—),女,吉林长春人,华东师范大学经济学院教授,博士生导师。通讯作者:焦翠红,电子邮箱:cgesam@163.com。感谢匿名审稿人和编辑部的宝贵意见,当然文责自负。

大多数发展中国家劳动力资源丰富而资本相对稀缺,资本价格高昂和劳动成本低廉^[2],发展中国家应该更偏向于使用劳动偏向型技术,提高劳动要素的边际产出。然而,20世纪中后期以来,中国的技术进步明显呈现资本偏向性^[3-6],如图1所示,中国技术进步偏向指数在绝大部分年份大于0^①,资本偏向程度有不断增强趋势。这种逆要素禀赋的技术进步偏向已经影响到中国的经济结构,尤其是收入分配结构。当技术进步偏向资本时,资本报酬在国民收入中的份额必然上升,劳动报酬相应下降。对比图1和图2发现,随着技术进步资本偏向程度的不断增强,中国劳动收入份额大幅下降,资本和劳动收入差距持续扩大,导致收入分配严重失衡,对经济持续发展和社会稳定构成严峻威胁。那么,中国技术进步偏向为何呈现逆要素禀赋结构特征?

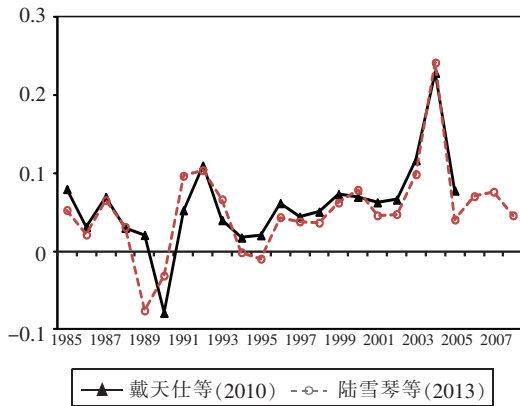


图1 1985—2008年中国技术进步偏向指数

资料来源:戴天仕和徐现祥^[4];陆雪琴和章上峰^[7]。

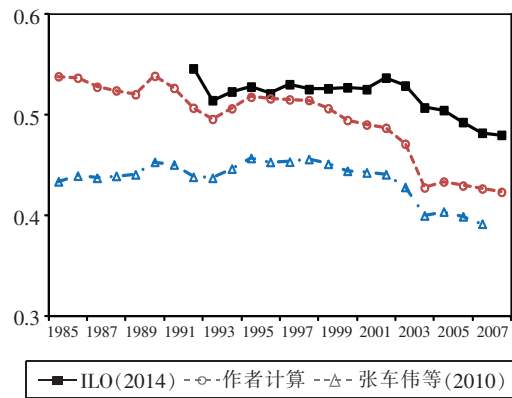


图2 1985—2008年中国劳动收入份额演变

资料来源: ILO Global Wage Report 2014/2015; 作者根据中国统计数据计算;张车伟和张士斌^[8]。

事实上,发达国家主要依靠自主创新实现技术进步,而发展中国家更多通过技术引进方式实现技术升级^[9]。从20世纪中后期开始,中国大量进口发达国家的机器设备,统计数据显示,1985—1996年,国外技术引进总额中,设备引进所占比例年均达78.2%,而纯技术进口(许可+咨询+服务)所占比例年均仅为12.3%。虽然1996年后由于技术引进统计口径变动,设备费支出占技术引进合同总额的比重发生下降,但机器设备进口额仍然在大幅增加,1990—2014年的平均增长率高达18%。伴随着大量先进设备的引进,技术进步不断融合于物质资本当中,主要借助新机器、新产品或新软件等改变资本的生产效率。一旦技术进步以与资本耦合方式作用于经济增长,就无法同比例地提高资本和劳动要素的生产率,表现出有偏性特征。

目前,一些学者已经从理论和实证层面证明贸易开放会引发各国技术进步偏向性的变化,如Acemoglu^[10]、Brambilla et al.^[11]、Caselli^[12]在研究贸易开放对技能溢价影响的过程中发现,贸易自由化会改变贸易双方的技术进步偏向性;杨飞^[13]、Acemoglu et al.^[14]分别从进出口和外包视角探索贸易过程中技术进步偏向性的变化。梳理相关文献,发现技术进步偏向性在跨国传递过程中发生变化的主要原因有三:一是贸易自由化引发市场竞争的结果。当国外资本或技能偏向型技术引进时,其生产的资本和技能密集型产品更具竞争力,外来竞争带来的直接后果便是发展中国家企业市场份额下降、利润减少,甚至面临被淘汰的威胁,这种情况下国内企业会进行防御性创新,积极增加研发投入

① 技术进步偏向指数反映了由技术进步引起的资本与劳动边际产出之比的变化率,该值大于(小于)0,表示技术进步更有利于提升资本(劳动)的边际产出,即技术进步偏向资本(劳动)。

人,不断增加对资本和技能密集型技术的研发,从而使得技术进步偏向性得到传递^[15,16]。二是产品价格竞争诱致利润变化的结果。资本和技能劳动丰裕的发达国家与技能稀缺的发展中国家进行贸易,发展中国家在贸易开放后,市场上出现大量来自发达国家的技能密集型产品,这类产品因竞争力强而具有较高价格,厂商利用资本和技能偏向型技术组织生产更加有利可图,促使技术进步也朝向资本和技能偏向性方向发展,技术进步偏向性就从发达国家传递到发展中国家^[17,18]。三是市场规模效应诱致利润变化的结果。某种要素的市场规模越大,基于该要素研发的新技术的总利润也越大,从而驱动技术进步朝向丰裕要素发展^[1]。Acemoglu et al.^[14]研究了外包业务对发展中国家技术进步偏向性的影响,指出外包程度足够大时,市场规模效应将引致技术进步由技能偏向性转为非技能劳动偏向性。基于 Acemoglu 的理论, Hanlon^[19]考察了市场规模效应如何改变英国纺织工业的技术进步方向,1861—1865 年美国内战降低了其对英国纺织业高质量棉花的供给,迫使英国纺织工业原料需求转向印度低质量棉花市场,由于印度棉在清洗和纺织方面的质量明显低于美国棉,诱发英国纺织工业技术创新向多使用印度棉花的方向发展,出现针对低质量印度棉的轧棉机、开启机和打棉机三类技术的创新,印度棉花的市场规模效应促使英国的技术进步方向发生转变。

不过,技术进步偏向性方向和强度并非固定,一国的技术研发和创新内生于该国的要素禀赋和要素投入结构,由于发达国家和发展中国家在要素禀赋方面存在明显区别,如果发展中国家直接引进使用发达国家的前沿技术,将会导致技术与本国要素结构的非匹配,即非适宜技术,进而造成发展中国家和发达国家生产效率和产出的巨大差距^[20,21],例如将计算机和 GPS 这类资本密集型的技术引入到一个资本稀缺的农业经济体中,机器和技术的应用必然会受到很大限制^[22]。因此,发展中国家往往会依据要素禀赋结构有选择性地引进技术或对技术进行本地化创新,使得技术进步偏向于本国丰裕要素,进而使技术进步偏向性方向和强度在跨国传递过程中发生变化。

就我们研究所及,技术进步偏向性跨国传递机制并未得到学术界的重视,相关研究将技术进步偏向性的变化、要素禀赋结构与技术的适宜性作为两个问题独立分析,而忽视技术偏向特质与要素禀赋结构的相互作用机制,然而,正是两者的互动过程决定了技术的适宜性和技术的应用。基于此,本文在 Xu^[23]和 Acemoglu^[17]的模型基础上,将自主研发和技术引进部门同时纳入内生技术进步模型中,构建技术进步偏向性跨国传递模型,分析蕴含发达国家要素禀赋特征的技术进步偏向性如何随着技术的引进传递到发展中国家,并数值模拟传递过程中自主研发和技术引进部门的技术进步偏向方向和偏向强度的变化趋势;同时,以技术进步偏向性与要素禀赋结构之间的互动为切入点,深入分析一国要素禀赋如何影响技术进步偏向性;并且引入技术进步适配性,考察在不同技术进步差距与技术适配度的条件下,技术进步偏向性跨国传递路径的动态变化过程;最后通过对中国近现代技术引进案例的对比分析,考察技术进步偏向性跨国传递特征对技术应用的影响,以期为中国有效地进行技术选择和技术引进,实现创新驱动经济增长提供一定的理论基础和经验证据。

二、理论模型

1. 技术外生约束下技术进步偏向性跨国传递模型

发展中国家的最终产品由两部门生产:一是利用自主研发技术进行生产的部门,二是通过引进研发获取技术进行生产的部门,两部门产品为单位替代弹性,总量生产函数采用 C-D 形式:

$$F(X, Y) = X^\rho Y^{1-\rho} \quad (1)$$

其中, $F(\cdot)$ 表示最终产出, X 、 Y 分别为自主研发部门和技术引进部门生产的产品, $0 < \rho < 1$, 表示采用自主研发技术生产的产品在最终产品生产中的贡献程度。

根据利润最大化一阶条件可得：

$$\frac{P_X X}{P_Y Y} = \frac{\rho}{1-\rho} \quad (2)$$

其中, P_X 、 P_Y 分别表示 X 、 Y 产品的价格。

两部门产品生产均需要投入劳动(L)和资本(K)要素, 生产函数采用 CES 形式：

$$X = [(A_X L_X)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + (B_X K_X)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, \quad Y = [(A_Y L_Y)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + (B_Y K_Y)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (3)$$

其中, A_i 和 B_i 分别表示 i ($i=X, Y$) 部门生产中劳动和资本的技术效率, ε 为两种要素的替代弹性, 表示要素相对边际产出变化的比例引起的要素投入百分比的变化。

通过求解成本最小化问题可得 X 、 Y 产品的单位成本函数：

$$c_X = [(\omega/A_X)^{1-\varepsilon} + (r/B_X)^{1-\varepsilon}]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, \quad c_Y = [(\omega/A_Y)^{1-\varepsilon} + (r/B_Y)^{1-\varepsilon}]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (4)$$

其中, ω 、 r 分别为劳动和资本的价格, 在完全竞争市场上等于要素的边际报酬。

单位成本函数关于劳动和资本的价格求偏导, 得到两种产品生产过程中的资本密集度：

$$k_X = \frac{\partial c_X / \partial r}{\partial c_X / \partial \omega} = \gamma^{-\varepsilon} (\beta_X)^{\varepsilon-1} \quad (5)$$

$$k_Y = \frac{\partial c_Y / \partial r}{\partial c_Y / \partial \omega} = \gamma^{-\varepsilon} (\beta_Y)^{\varepsilon-1} \quad (6)$$

其中, $\partial c_i / \partial \omega$ 、 $\partial c_i / \partial r$ 表示 i 部门单位产出所需投入的劳动力、资本数量, $\gamma = r/\omega$, 代表资本和劳动的相对边际报酬, $\beta_i = B_i/A_i$, 表示 i 部门中资本与劳动的相对技术效率, 在替代弹性确定的条件下, β_i 可以表征技术进步偏向性^①。

假设最终产品市场完全竞争, 根据完全竞争的零利润条件并结合(5)式、(6)式可得：

$$P_X = c_X = \frac{\omega}{A_X} (1 + \gamma k_X)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, \quad P_Y = c_Y = \frac{\omega}{A_Y} (1 + \gamma k_Y)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$

因此, 两部门产品的相对价格关系为：

$$\frac{P_X}{P_Y} = \frac{A_Y}{A_X} \left(\frac{1 + \gamma k_X}{1 + \gamma k_Y} \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (7)$$

进一步考虑要素市场, 假设要素无弹性供给并且市场完全竞争, 要素市场出清条件为：

$$\frac{\partial c_X}{\partial \omega} \cdot X + \frac{\partial c_Y}{\partial \omega} \cdot Y = L, \quad \frac{\partial c_X}{\partial r} \cdot X + \frac{\partial c_Y}{\partial r} \cdot Y = K$$

利用(4)式单位成本函数并结合零利润条件可得：

$$\frac{1}{A_X} (1 + \gamma k_X)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} \cdot X + \frac{1}{A_Y} (1 + \gamma k_Y)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} \cdot Y = L$$

① 根据 Acemoglu^[1]关于技术进步偏向性的判断方法, 在 CES 生产函数中 $F = [(AL)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + (BK)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$, 相对技术效率对资本—劳动边际产出之比的影响为 $\partial(MP_K/MP_L)/\partial(B/A) = (\varepsilon-1)/\varepsilon (B/A)^{-1/\varepsilon} (K/L)^{-1/\varepsilon}$, 若替代弹性 $\varepsilon < 1$, 则有 $\partial(MP_K/MP_L)/\partial(B/A) < 0$, B/A 减小意味着技术进步偏向资本; 若替代弹性 $\varepsilon > 1$, 则有 $\partial(MP_K/MP_L)/\partial(B/A) > 0$, B/A 增加意味着技术进步偏向劳动; 若 $\varepsilon = 1$, 则为中性技术进步。由此可知, 当替代弹性一定时, B/A 可以表征技术进步的偏向性。

$$\frac{k_X}{A_X}(1+\gamma k_X)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} \cdot X + \frac{k_Y}{A_Y}(1+\gamma k_Y)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} \cdot Y = K$$

求解上述两式构成的联立方程组,可得两种产品的相对产出:

$$\frac{X}{Y} = \frac{A_X(k-k_Y)}{A_Y(k_X-k)} \left(\frac{1+\gamma k_Y}{1+\gamma k_X} \right)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} \quad (8)$$

其中, $k=K/L$ 为整个国家的要素禀赋结构。

将(7)式、(8)式依次代入(2)式,并利用(5)式和(6)式可以得到:

$$\frac{(1+\gamma^{1-\varepsilon} \beta_X^{\varepsilon-1})(k-\gamma^{-\varepsilon} \beta_Y^{\varepsilon-1})}{(1+\gamma^{1-\varepsilon} \beta_Y^{\varepsilon-1})(\gamma^{-\varepsilon} \beta_Y^{\varepsilon-1}-k)} = \frac{\rho}{1-\rho} \quad (9)$$

方程(9)反映了在产品市场和要素市场均衡状态下,自主研发部门和技术引进部门的技术进步偏向性之间的稳态关系。

为了考察整个经济体的技术进步偏向性,对(3)式两部门生产函数进行变换可得:

$$X = A_X L_X [1 + (\beta_X k_X)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, Y = A_Y L_Y [1 + (\beta_Y k_Y)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$$

将上式代入方程(1),从而经济总产出为:

$$F = (A_X L_X)^{\rho} (A_Y L_Y)^{1-\rho} [1 + (\beta_X k_X)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\rho}{\varepsilon-1}} [1 + (\beta_Y k_Y)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon(1-\rho)}{\varepsilon-1}}$$

等式右边第三项和第四项内容反映总体经济的技术进步偏向性,记为 β ,则有:

$$\beta = [1 + (\beta_X k_X)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\rho}{\varepsilon-1}} [1 + (\beta_Y k_Y)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon(1-\rho)}{\varepsilon-1}} \quad (10)$$

将(5)式、(6)式代入上式可得:

$$\beta = [1 + \gamma^{1-\varepsilon} (\beta_X)^{\varepsilon-1}]^{\frac{\rho}{\varepsilon-1}} [1 + \gamma^{1-\varepsilon} (\beta_Y)^{\varepsilon-1}]^{\frac{\varepsilon(1-\rho)}{\varepsilon-1}} \quad (11)$$

命题 1:若假定技术进步外生,发展中国家总体经济的技术进步偏向性取决于自主研发部门与技术引进部门的技术进步偏向性,两部门对技术进步偏向的贡献度依赖于其在最终产品生产中的投入份额,且均衡状态下两部门技术进步偏向性的关系满足方程(9)。

2. 技术进步内生约束下技术进步偏向性跨国传递模型

假设劳动和资本的生产效率取决于单位要素所匹配的机器数量和质量:

$$A_i = \int_0^1 q_{il}(j)^\alpha \left(\frac{M_{il}(j)}{L_i} \right)^{1-\alpha} dj, B_i = \int_0^1 q_{ik}(j)^\alpha \left(\frac{M_{ik}(j)}{K_i} \right)^{1-\alpha} dj$$

记 $Z_{il}=A_i L_i$ 、 $Z_{ik}=B_i K_i$,则有:

$$Z_{il} = \int_0^1 q_{il}(j)^\alpha (M_{il}(j))^{1-\alpha} (L_i)^\alpha dj, Z_{ik} = \int_0^1 q_{ik}(j)^\alpha (M_{ik}(j))^{1-\alpha} (K_i)^\alpha dj$$

其中, $M_{il}(j)$ 、 $M_{ik}(j)$ 表示第 j 种劳动互补型、资本互补型机器的数量, $q_{il}(j)$ 、 $q_{ik}(j)$ 为相应类型机器的质量, $\alpha \in (0,1)$,衡量了劳动要素在中间产品生产中的投入份额。

在均衡时,利用 i 部门生产利润最大化的一阶条件,可得 Z_{il} 、 Z_{ik} 产品的相对需求函数:

$$\frac{p_{il}}{p_{ik}} = \left(\frac{Z_{il}}{Z_{ik}} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon}} \quad (12)$$

Z_{is} ($s=L, K$) 生产企业根据利润最大化函数,确定其对机器的需求方程:

$$M_{iL}(j) = \left[\frac{(1-\alpha)p_{iL}}{\vartheta_{iL}(j)} \right]^{\frac{1}{\alpha}} q_{iL}(j)L_i \quad (13)$$

$$M_{iK}(j) = \left[\frac{(1-\alpha)p_{iK}}{\vartheta_{iK}(j)} \right]^{\frac{1}{\alpha}} q_{iK}(j)K_i \quad (14)$$

假定机器生产的边际成本为 $(1-\alpha)^2$,在垄断市场条件下可得机器的价格, $\vartheta_{is}(j)=1-\alpha$,代入(13)式、(14)式,得到不同类型机器需求量:

$$M_{iL}(j) = (p_{iL})^{\frac{1}{\alpha}} q_{iL}(j)L_i, \quad M_{iK}(j) = (p_{iK})^{\frac{1}{\alpha}} q_{iK}(j)K_i \quad (15)$$

从而,研发企业获得的垄断利润为:

$$\pi_{iL}(q_{iL}(j)) = \alpha(1-\alpha)p_{iL}^{\frac{1}{\alpha}} q_{iL}(j)L_i, \quad \pi_{iK}(q_{iK}(j)) = \alpha(1-\alpha)p_{iK}^{\frac{1}{\alpha}} q_{iK}(j)K_i \quad (16)$$

将机器需求方程(15)式代入到技术进步函数和 Z_{is} 生产函数,推导可得:

$$A_i = p_{iL}^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} Q_{iL}, \quad B_i = p_{iK}^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} Q_{iK} \quad (17)$$

$$Z_{iL} = p_{iL}^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} Q_{iL} L_i, \quad Z_{iK} = p_{iK}^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} Q_{iK} K_i \quad (18)$$

其中, $Q_{is} = \int_0^1 q_{is}(j) dj$ 测度了机器的平均质量,方程(17)表明,提高使用要素的产品价格或改善与该要素相匹配的机器质量,均会促使该要素生产效率提高。

技术进步表现为机器质量的提升,机器质量由 q 提升到 $\lambda q (\lambda > 1)$ 的概率为 μ ,对于自主研发部门而言,研发成本设为 $\varphi\mu q$,即随着机器质量 q 的提升,研发难度逐步加大,为简化分析,设研发成本参数 $\varphi = \alpha(1-\alpha)\lambda$ 。对于技术引进部门,为了使引进技术成功应用,需要对前沿技术进行研发改进,其研发应用成本受到国内外技术差距的影响,设质量为 q 的引进机器的研发成本为 $\varphi\mu q (Q_s^F/Q_s^D)^\xi$, ξ 表示技术差距对技术引入国研发应用成本的影响程度,体现了技术的适宜性,如果发展中国家的要素禀赋结构与引入技术无法匹配,会导致技术研发应用成本的增加,成本越大则技术非适宜度越强, ξ 为技术适宜性的逆向指标。

技术占优研发企业垄断收益均衡满足贝尔曼方程:

$$rV_{Xs}(q_{Xs}(j)) = \pi_{Xs}(q_{Xs}(j)) - \mu_{Xs} V_{Xs}(q_{Xs}(j)) + \dot{V}_{Xs}(q_{Xs}(j))$$

其中, r 表示利率, $V_{Xs}(q_{Xs}(j))$ 为最前沿技术的市场价值, $\mu_{Xs} V_{Xs}$ 衡量现有垄断企业被研发出最新技术的企业所取代的可能性, $\dot{V}_{Xs}(q_{Xs}(j))$ 代表由市场不确定性带来的价值变动。

假定研发领域可以自由进入,意味着研发净收益为零,则有:

$$\mu_{Xs} V_{Xs}(q_{Xs}(j+1)) = \varphi\mu_{Xs} q_{Xs}(j)$$

在均衡增长路径(BGP)上 $\dot{V}=0$,结合上述技术市场均衡条件得到研发利润:

$$\pi_{Xs}(\lambda q_{Xs}(j)) = \alpha(1-\alpha)\lambda(r + \mu_{Xs})q_{Xs}(j) \quad (19)$$

结合方程(16)、方程(19)可得自主创新概率:

$$\mu_{XL} = p_{XL}^{1/\alpha} L_X - r, \quad \mu_{XK} = p_{XK}^{1/\alpha} K_X - r \quad (20)$$

均衡路径上两类机器具有相同的创新率 $\mu_{XL} = \mu_{XK}$ 。

利用(20)式,得到技术市场的均衡条件:

$$\frac{p_{XK}}{p_{XL}} = \left(\frac{K_X}{L_X}\right)^{-\alpha} \quad (21)$$

联立方程(12)、方程(18)、方程(21),可得自主研发部门中资本互补型机器与劳动互补型机器的相对平均质量水平关于要素投入结构的函数:

$$\frac{Q_{XK}}{Q_{XL}} = \left(\frac{K_X}{L_X}\right)^{\alpha(\varepsilon-1)} \quad (22)$$

进一步推导,得到自主研发部门中的技术进步偏向性为:

$$\beta_X = \frac{p_{XK}^{(1-\alpha)/\alpha} Q_{XK}}{p_{XL}^{(1-\alpha)/\alpha} Q_{XL}} = (k_X)^{\alpha\varepsilon-1} \quad (23)$$

上式表明,在技术进步内生决定时,自主研发部门的技术进步偏向性内生于该部门的要素投入结构,作用方向依赖于资本和劳动的替代弹性和中间品生产过程中的要素投入份额。

同理,可得技术引进部门的技术市场均衡条件为:

$$\frac{p_{YK}}{p_{YL}} = \left(\frac{K_Y}{L_Y}\right)^{-\alpha} \left(\frac{Q_K^F}{Q_L^F}\right)^{\alpha\xi} \left(\frac{Q_{YK}^D}{Q_{YL}^D}\right)^{-\alpha\xi} \quad (24)$$

利用(12)式、(18)式、(24)式,得到技术引进部门两种类型机器的相对平均质量水平:

$$\frac{Q_{YK}^D}{Q_{YL}^D} = \left(\frac{K_Y}{L_Y}\right)^{\frac{\alpha(\varepsilon-1)}{1-\xi[\alpha(\varepsilon-1)+1]}} \left(\frac{Q_K^F}{Q_L^F}\right)^{\frac{\xi[\alpha(\varepsilon-1)+1]}{\xi[\alpha(\varepsilon-1)+1]-1}} \quad (25)$$

进而得到技术引进部门的技术进步偏向性:

$$\beta_Y = \frac{p_{YK}^{(1-\alpha)/\alpha} Q_{YK}^D}{p_{YL}^{(1-\alpha)/\alpha} Q_{YL}^D} = \left(\frac{K_Y}{L_Y}\right)^{\frac{\alpha\varepsilon-1+\xi(1-\alpha)}{1-\xi\eta}} \left(\frac{Q_K^F}{Q_L^F}\right)^{\frac{\xi\alpha\varepsilon}{\xi\eta-1}} \quad (26)$$

其中, $\eta = \alpha(\varepsilon-1)+1$ 。

对于技术出口国而言只进行自主研发,其生产研发过程与X部门类似^①,因而有:

$$\frac{Q_K^F}{Q_L^F} = \left(\frac{K_F}{L_F}\right)^{\alpha^F(\varepsilon-1)} \quad (27)$$

$$\beta^F = \left(\frac{K_F}{L_F}\right)^{\alpha^F\varepsilon-1} \quad (28)$$

其中, α^F 表示国外中间品生产中的劳动投入份额。

依次将(25)式、(27)式、(28)式代入方程(26),技术引进部门的技术进步偏向性可表示为:

$$\beta_Y = (k_Y)^{\frac{\alpha\varepsilon-1+\xi(1-\alpha)}{1-\xi\eta}} (\beta^F)^{\frac{\xi\alpha^F\varepsilon(\eta-1)}{(\alpha^F\varepsilon-1)(\xi\eta-1)}} \quad (29)$$

上式表明,技术引进部门的技术进步偏向性取决于本部门要素投入结构和国外技术进步偏向的共同作用,偏向程度和方向不仅与要素替代弹性和要素份额有关,也与引进技术与本国技术的适配程度相关。当然,要素结构与技术进步偏向性的作用不是单向的,技术进步偏向性通过非对称地影响资本和劳动的边际成本(产出),改变要素跨部门流动的方向和流量。

① 要素禀赋结构不同国家的要素替代弹性存在一定差异,但在资本—劳动替代弹性小于1的条件下,国内外替代弹性的差异并不会影响模型结论,为了简化模型和便于分析,本文不区分国内外要素替代弹性。

联合式(5)、式(6)、式(23)和式(29)推导可得:

$$\beta_Y = \beta_X^{\frac{(2-\eta)[\alpha\varepsilon-1+\xi(1-\alpha)]}{(\alpha\varepsilon-1)(2-\eta-\xi)}} (\beta^F)^{\frac{\alpha^F \xi(1-\eta)}{(\alpha^F \varepsilon-1)(2-\eta-\xi)}} \quad (30)$$

$$\frac{k_X}{k_Y} = (\beta^F)^{\frac{\alpha^F \xi(1-\varepsilon)^2}{(\alpha^F \varepsilon-1)[1+\alpha(1-\varepsilon)-\xi]}} (\beta_X)^{\frac{-\alpha^2 \xi(1-\varepsilon)^2}{(\alpha\varepsilon-1)[1+\alpha(1-\varepsilon)-\xi]}} \quad (31)$$

式(30)反映出,发展中国家技术引进部门的技术进步偏向性依赖于本国自主研发技术的偏向性和国外研发技术的偏向性;(31)式则表明,国外技术进步偏向性 β^F 的变化将打破自主研发和技术引进部门之间原有的相对要素投入结构。

将方程(23)、方程(28)、方程(30)带入到方程(10),推导可得总体经济的技术进步偏向性:

$$\begin{aligned} \beta &= \underbrace{[1 + \beta_X^{\frac{\alpha(\varepsilon-1)}{\alpha\varepsilon-1}}]}_{\text{自主研发部门}} \underbrace{[1 + \beta_X^\psi (\beta^F)^\theta]^{\frac{\varepsilon(1-\rho)}{\varepsilon-1}}}_{\text{技术引进部门}} \\ &= \underbrace{[1 + k_X^{\frac{\alpha(\varepsilon-1)}{\alpha\varepsilon-1}}]}_{\text{自主研发部门}} \underbrace{[1 + k_X^{\psi(\alpha\varepsilon-1)} (k^F)^{\theta(\alpha^F \varepsilon-1)}]^{\frac{\varepsilon(1-\rho)}{\varepsilon-1}}}_{\text{技术引进部门}} \end{aligned} \quad (32)$$

其中, $\psi = \frac{\alpha(\varepsilon-1)[1-\alpha(\varepsilon-1)](1-\xi)}{(\alpha\varepsilon-1)[1-\alpha(\varepsilon-1)-\xi]}$, $\theta = \frac{-\xi\alpha^F(\varepsilon-1)^2}{(\alpha^F \varepsilon-1)[1-\alpha(\varepsilon-1)-\xi]}$ 。

命题 2: 技术进步内生决定时, 发展中国家的技术进步偏向性取决于国内自主研发技术和国外引进技术的综合作用, 本质上由本国的要素投入结构与国外要素禀赋结构共同决定, 影响程度和方向受到引进技术与本国适配程度 ξ 的约束。

进一步, 记 $T(x, f) = \beta$, 其中, x 代表 β_X , f 代表 β^F , 则有:

$$\frac{d\beta}{d\beta^F} = T_f(x, f) + T_x(x, f) \cdot \frac{\partial x}{\partial f}$$

右边第一项表示 β_X 不变时, β^F 对 β 的直接作用, 第二项表示 β^F 对 β 的间接作用, 利用方程(32)可得国外技术进步偏向性对本国技术进步偏向性的影响效应:

$$\begin{aligned} \frac{d\beta}{d\beta^F} &= \underbrace{\frac{(1-\rho)\xi\alpha^F\varepsilon(1-\varepsilon)}{(\alpha^F \varepsilon-1)[1+\alpha(1-\varepsilon)-\xi]} (H_X)^{\frac{\varepsilon\rho}{\varepsilon-1}} (H_{XF})^{\frac{1-\varepsilon\rho}{\varepsilon-1}} \beta_X^\psi (\beta^F)^{\theta-1}}_{\text{直接传递效应 } BT_1} \\ &+ \underbrace{\left[\frac{\alpha\varepsilon\rho}{\alpha\varepsilon-1} \beta_X^{\frac{1-\alpha}{\alpha\varepsilon-1}} H_{XF} + \frac{\varepsilon(1-\rho)}{\varepsilon-1} \psi \beta_X^{\psi-1} H_X \right] (H_X)^{\frac{1-\varepsilon(1-\rho)}{\varepsilon-1}} H_{XF}^{\frac{1-\varepsilon\rho}{\varepsilon-1}} \frac{\partial \beta_X}{\partial \beta^F}}_{\text{间接传递效应 } BT_2} \end{aligned} \quad (33)$$

其中, $H_X = 1 + \beta_X^{\frac{\alpha(\varepsilon-1)}{\alpha\varepsilon-1}}$, $H_{XF} = 1 + (\beta_X)^\psi (\beta^F)^\theta$ 。

分析上式可知, 当 $0 < \varepsilon < 1$ 时, 若 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$, 有 $BT_1 < 0$, 直接传递效应为负, 若 $\xi > 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$, 有 $BT_1 > 0$, 直接传递效应为正, 由于 β^F 对 β_X 的作用方向尚不明晰, 意味着间接传递效应 BT_2 的符号无法判断, 所以 β^F 对 β 的影响方向也无法直接确定。为此, 下文采用数值方法, 模拟 β^F 的变化对技术进步偏向性的影响方向和作用强度。

命题 3: 发达国家的技术进步偏向性对发展中国家的影响效应有二: 一是源于引进技术自身

蕴含的偏向属性的直接传递效应,二是源于发达国家技术进步偏向性变动带来的要素结构调整而引致自主研发部门技术进步偏向性的变化,两种传递效应的大小和方向均受技术适配度的制约。

三、参数赋值和模型推断

1. 参数赋值

理论模型中的方程较为复杂,对模型参数直接进行估计存在一定难度,并且对于自主研发部门和技术引进部门的直接区分较为困难。因此,采用数值模拟方法考察技术进步偏向性在发达国家和发展中国家之间的传递方向和强度的变化,这里以美国作为发达国家代表,中国作为发展中国家代表。文章根据经验事实和以往研究设定参数取值,模型当中涉及到两类参数:一类是生产函数参数,包括资本和劳动的替代弹性 ε 、自主研发部门产品在最终生产中的贡献度 ρ 以及要素投入份额 α 。对于参数 ε 的取值,在总结国内外相关文献后发现,无论是中国还是美国的替代弹性的估计值,均存在较大差异,无法准确识别两国各自的资本—劳动替代弹性,也难以判断两国替代弹性孰大孰小,不过依据大部分研究结论,资本—劳动替代弹性的估计值明显小于1,目前被广泛采用的标准化供给面系统法测算出的中美两国的替代弹性主要介于0.5—0.8之间^[4,7,24-26],另外,通过理论推导发现,替代弹性差异并不会改变研究结论,基于此,设定中美两国替代弹性相同,并将参数 ε 取中间值0.7;关于 ρ 的取值,一些学者分别对发达国家技术相互引进情况和东亚新兴经济体的历史经验进行分析总结,发现自主研发和技术引进对于发展中国家的技术进步同等重要^[27,28],进一步,借鉴刘小鲁^[9]对于自主研发和技术引进投入的测度方法,以规模以上工业企业的R&D内部支出/(R&D内部支出+引进国外技术经费+引进技术消化吸收经费+技术改造经费)测度自主研发技术的投入比重 ρ ,计算结果显示2011年该值约为0.5,因此,设定生产过程中自主研发和技术引进中间品的投入比例为1:1,即 $\rho=0.5$ 。 α 本质上衡量了生产过程中劳动要素和机器设备的相对投入,依据1978—2011年要素收入份额的数据,将中国劳动要素收入份额 α 设定为2/3^①,对于技术发达国家的劳动投入份额,采用PWT8.1中关于美国劳动份额的计算数据,计算出美国 α^F 为0.62。第二类参数是外生变量,包括美国技术进步偏向性参数 β^F 、一国某一时期内总的要素禀赋结构 k 、资本和劳动的相对边际报酬 γ ,依据(28)式并利用1978—2011年美国资本存量和劳动就业人数的相关数据可以测算出 β^F ,结果显示, β^F 的变化范围在0.28—0.4之间,并呈逐年下降趋势。由于本文主要考虑某一时期内技术进步偏向性的跨国传递机制,可假定考察期内要素禀赋结构、资本与劳动的相对边际报酬保持不变,以2011年作为考察期,利用中国统计年鉴数据计算可得要素禀赋结构 $k=2.6254$ 万元/人,至于资本与劳动相对边际报酬 γ ,本文借鉴戴天仕和徐现祥^[4]的思路,由此可测得 $\gamma=0.291$ 。

2. 模型推断

方程(9)、方程(23)、方程(30)—方程(32)构成一个关于国外技术进步偏向、国内要素投入结构、技术进步偏向性跨国传递的自控系统,刻画出发达国家技术进步偏向性变动如何改变发展中国家两部门的要素投入结构,进而影响发展中国家技术进步偏向性的作用过程。为简化分析,设定替代弹性满足 $0<\varepsilon<1$,因此, β 减小(增大)意味着技术进步朝资本(劳动)偏向性方向变化。

$$k_X = k_Y (\beta^F)^{\frac{\alpha^F \xi (1-\varepsilon)^2}{(\alpha^F \varepsilon - 1)[1 + \alpha(1-\varepsilon) - \xi]}} (\beta_X)^{\frac{-\alpha^2 \xi (1-\varepsilon)^2}{(\alpha \varepsilon - 1)[1 + \alpha(1-\varepsilon) - \xi]}}$$

$$\beta_X = (k_X)^{\alpha \varepsilon - 1}$$

① 实际上,该参数在合理范围内的取值并不会对数值模拟结论产生影响。

$$\beta_Y = \beta_X^{\frac{(2-\eta)[\alpha\varepsilon-1+\xi(1-\alpha)]}{(\alpha\varepsilon-1)(2-\eta-\xi)}} (\beta^F)^{\frac{\alpha\xi(1-\eta)}{(\alpha\varepsilon-1)(2-\eta-\xi)}}$$

$$\beta = [1 + \beta_X^{\frac{\alpha(\varepsilon-1)}{\alpha\varepsilon-1}}]^{\frac{\varepsilon\rho}{\varepsilon-1}} [1 + \beta_X^\psi (\beta^F)^\theta]^{\frac{\varepsilon(1-\rho)}{\varepsilon-1}}$$

$$\frac{(1 + \gamma \beta_X^{1-\varepsilon}) (k - \gamma \beta_Y^{-\varepsilon})}{(1 + \gamma \beta_Y^{1-\varepsilon}) (\gamma \beta_X^{-\varepsilon} - k)} = \frac{\rho}{1-\rho} \quad (34)$$

(1)发达国家技术进步偏向性变化对发展中国家自主研发部门技术进步偏向性的影响。重点考察 β^F 减小对 β_X 的影响机制。当 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$ 时,有 $\partial k_X / \partial \beta^F < 0$,即在技术非适宜性参数低于某一临界值时,国外技术进步偏向资本会提高自主研发部门产品的资本密集度(k_X 增大),推动要素投入结构升级,而自主研发部门的技术进步偏向性内生于其要素投入结构,在第二个系统方程的作用机制下, k_X 的增大会引发相对技术效率 β_X 的减小,使得自主研发部门的技术进步朝资本偏向性方向发展,同时要素投入结构 k_X 对 β_X 的变化产生响应, β_X 的减小进一步通过第一个方程右边第三项所示的作用效应导致 k_X 的减小,这种反馈机制放缓了 β^F 对 β_X 的正向传递速度;当 $\xi > 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$ 时,有 $\partial k_X / \partial \beta^F > 0$, β^F 的减小对 β_X 的作用方向与上述正好相反,国外技术进步偏向资本会降低自主研发部门的资本投入,技术进步由资本偏向转变为劳动偏向。

(2)发达国家技术进步偏向性变化对发展中国家技术引进部门的影响。重点探讨 β^F 减小对 β_Y 的影响机制,主要通过直接传递和间接传递两个渠道。当 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$ 时,一方面有 $\partial \beta_Y / \partial \beta^F < 0$, β^F 减小直接提高 β_Y 值,引致劳动偏向型技术进步;另一方面有 $\partial \beta_Y / \partial \beta_X > 0$, β^F 减小带来 β_X 降低,会间接地降低 β_Y 值,直接传递和间接传递效应反向变化, β^F 在技术引进部门的传递方向和强度取决于两种效应的强弱程度。当 $\xi > 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$ 时,有 $\partial \beta_Y / \partial \beta^F > 0$,直接传递效应为正, β^F 减小直接降低 β_Y 值;而间接传递效应则与 ξ 的进一步取值范围有关,若 $1 + \alpha(1 - \varepsilon) < \xi < (1 - \alpha\varepsilon) / (1 - \alpha)$,有 $\partial \beta_Y / \partial \beta_X < 0$, β^F 减小带来 β_X 增加,间接地降低了 β_Y 值,直接传递和间接传递效应均降低 β_Y 值,两者起到相互强化作用,使得技术进步偏向性在技术引进部门同向传递;若 ξ 继续增加至 $\xi > (1 - \alpha\varepsilon) / (1 - \alpha)$,有 $\partial \beta_Y / \partial \beta_X > 0$,间接传递效应与直接传递效应反向变化, β_Y 的取值依赖于两种效应的强弱;若 $\xi = (1 - \alpha\varepsilon) / (1 - \alpha)$,间接传递效应消失, $\beta_Y = \beta^F$,技术引进部门直接复制国外的技术进步偏向性。

四、数值模拟结果与评价

本节主要依据方程组(34),数值模拟技术进步偏向性跨国传递的部门效应和整体效果。 ξ 反映引进技术与本国要素禀赋的适配程度, ξ 越小意味着将前沿技术转化为与本国生产相适宜技术的能力越高,根据校准参数,可知 ξ 临界值为 $1 + \alpha(1 - \varepsilon) = 1.2$,因此,区分 $0 < \xi < 1.2$ 和 $\xi > 1.2$ 两类情形,并在每类情形下赋予 ξ 具体数值,以细致考察技术适配度如何影响跨国传递路径的变化。

首先关注非适配参数 ξ 满足 $0 < \xi < 1.2$ 条件下,技术进步偏向性在自主研发和技术引进部门的跨国传递过程,在该范围内分别将值设定为0.3、0.6和0.9。根据本文第三部分对于 β^F 的测算,同时结合现实经济中 β^F 不断下降的特征,数值模拟过程中将 β^F 的取值范围设定在0.1—0.5之间,并将其在横坐标上从大到小排列。模拟结果如图3、图4所示。

图3描绘了 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$ 条件下,国外技术进步偏向性(β^F)变化通过改变自主研发部门要素投入结构(k_X)进而影响部门技术进步偏向性(β_X)的传递过程。图3(a)为 β^F 不断减小引发 k_X 的变化轨迹,资本偏向型技术的引入将提高发展中国家自主研发部门的资本密集度,推动部门要素结构升级,并且随着 β^F 的持续减小, k_X 演变曲线的斜率逐步增加,说明随着引进技术资本偏向程度的不断

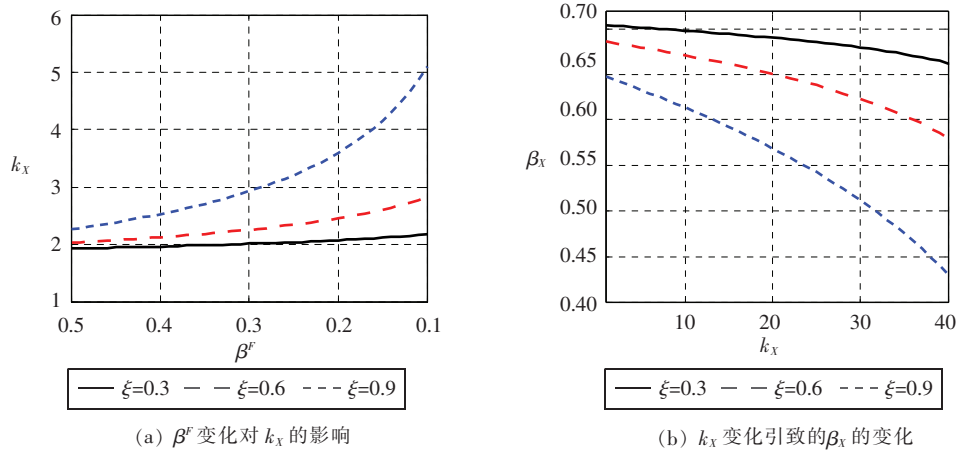


图3 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$ 条件下自主研发部门技术进步偏向性跨国传递模拟结果

资料来源:作者利用 Matlab 软件绘制。

增强,要素禀赋升级效应呈现边际递增趋势。另外,不同适配度情形下, β^F 对 k_x 的影响路径不同,观察三条曲线可以发现,随着 ξ 值的增加, k_x 变化曲线逐步上移,并且曲线走势更加陡峭,暗示在国外技术与本国要素禀赋结构的适配度处于合理范围内时,技术差距的扩大反而会增强国外技术进步偏向冲击带来的要素结构升级效应,反映出发展中国家技术进步和要素结构升级中的后发优势效应。部门要素投入结构的变化必然影响其技术进步偏向性,图3(b)模拟了 k_x 的增加引致的 β_x 的变化路径。由于资本与劳动的互补关系,资本相对投入(k_x)的增加反而导致资本相对技术效率(β_x)的下降,技术进步偏向性在自主研发部门实现同向传递。上述传递机制可以表述为,当引进技术与本国要素结构的适配度处于合理范围内时,资本偏向型技术的引入将提高自主创新部门生产过程中的资本密集度,增大对资本的需求,导致资本价格上升,通过价格效应引发部门的技术进步偏向资本。

图4刻画了在 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$ 条件下,国外技术进步偏向性在技术引进部门的传递过程。图4(a)显示,国外技术进步偏向性变动对技术引进部门的直接传递效应为负, β^F 下降引起 β_{y1} 的持续上升,技术进步偏向性在技术引进部门发生转变。在不同技术适配度下, β_{y1} 的演化路径有所不同, ξ 值越大, β_{y1} 曲线越陡峭,技术进步偏向劳动程度越大,生产过程中对引进技术进步偏向性的转变效应越大。图4(b)中,间接效应 β_{y2} 表现为下降趋势, β^F 的减小通过提升技术引进部门生产过程中的资本密集度 k_y 而间接地减小 β_y ,技术进步偏向性同向传递。对比图4(a)和图4(b)可以发现,直接效应中 β_{y1} 的增幅明显高于间接效应 β_{y2} 的降低幅度,直接效应主导引进部门技术进步偏向性的变化。因而,图4(c)中总效应 β_y 呈加速上升趋势,技术进步在引进部门由偏向资本转变为偏向劳动,并且随 ξ 值的增加,技术进步劳动偏向强度不断加大。上述分析表明,引进技术与本国要素结构的适配度处于合理范围内时,技术引进部门的企业能够较好地消化吸收并改进技术,减弱技术所蕴含的资本偏向强度,引导技术进步朝劳动要素方向发展。

接下来在非适配参数大于临界值情形下,即 $\xi > 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$,考察技术进步偏向性跨国传递的部门效应。值得注意的是,该范围中还存在的另一门槛值决定着技术引进部门中间接传递效应的正负,经过计算可知,其值为 $(1 - \alpha\varepsilon)/(1 - \alpha) = 1.6$ 。为保证结果的稳健,在该临界值处及其前后分别取值,设定 ξ 值依次为1.5、1.6、1.8和2.1,对比不同技术适配度对技术进步偏向性跨国传递效应的影响差异,模拟结果见图5和图6。

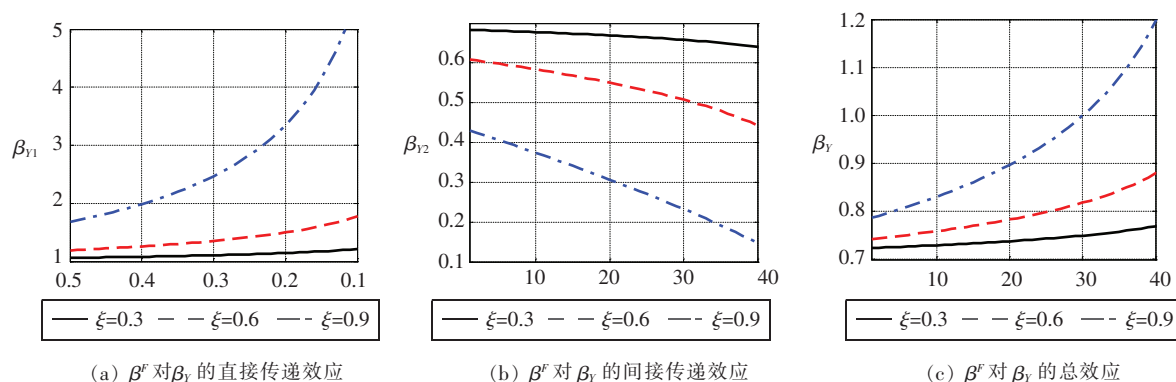


图4 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \epsilon)$ 条件下技术引进部门技术进步偏向性跨国传递模拟结果

资料来源:作者利用 Matlab 软件绘制。

图5中自主研发部门的要素投入结构与技术进步偏向性的变化趋势与图1正好相反。当 $\xi > 1 + \alpha(1 - \epsilon)$ 时,由于资本偏向型技术进步并不适合本国的要素禀赋,这种与要素结构不匹配的技术选择导致资本密集度 k_x 下降,抑制部门要素结构升级,观察图5(a)中曲线变化特征可以发现,随着技术非适配参数 ξ 的增加,资本密集度的下降速度由逐渐放缓转为加速上升,意味着对要素结构升级的抑制作用不断增强,此时前沿技术的引进不仅无法提高生产效率,甚至对经济结构升级产生阻碍作用。在这种要素结构转变效应下,生产过程中降低对资本的需求,扩大对劳动要素的需求,致使劳动价格上升,通过价格效应引发劳动偏向型技术进步,见图5(b)中 β_x 上升。

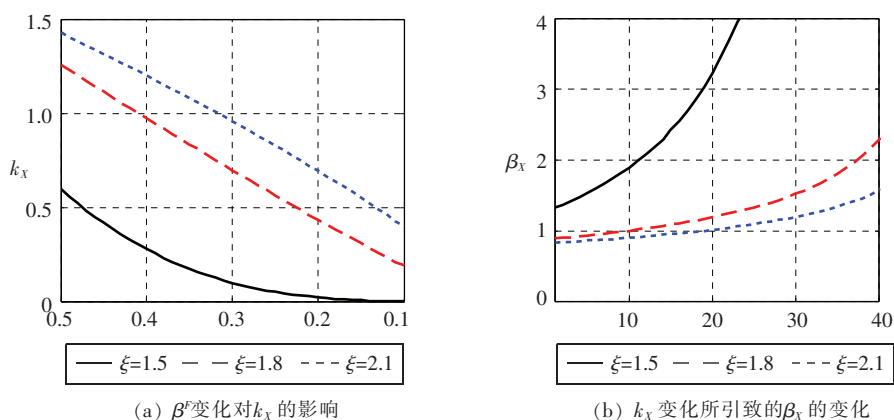


图5 $\xi > 1 + \alpha(1 - \epsilon)$ 条件下自主研发部门技术进步偏向性跨国传递模拟结果

资料来源:作者利用 Matlab 软件绘制。

图6展示了 $\xi > 1 + \alpha(1 - \epsilon)$ 条件下,引进部门技术进步偏向性的传递过程。由于国内外技术差距引致的技术非适宜性过大,导致国外技术与本国的要素结构存在严重失衡,引进部门企业无法有效地消化吸收和改进技术,只能直接复制国外的技术进步偏向性。观察不同适配度下技术进步偏向性变化,在 $\xi = 1.5$ 时,直接传递路径为一条具有平缓下降趋势的曲线,技术进步偏向性在两国之间同向传递且速度不断放缓,间接传递路径表现为斜率递增的下降曲线,间接传递效应与直接效应相互强化,加快技术进步偏向性的同向传递速度;当 $\xi = 1.6$ 时,直接传递路径变为斜率为1的斜向下直线,技术进步偏向性同强度同方向传递,此时间接传递效应为0,引进部门技术进步偏向性完全取

决于直接效应;当 ξ 继续增大至1.8和2.1时,直接传递路径走势转为加速下降,间接传递路径走势转为加速上升,且直接效应更强,在两种效应综合作用下, β_Y 变化路径表现为斜率递增的斜向下曲线,国外技术进步偏向性同方向加速传递到技术引进部门。综合上述分析和模拟结果可知,技术适配程度决定着技术进步偏向性的跨国传递路径,引进技术与本国的适配程度越弱,越容易导致发展中国家忽略自身要素禀赋特征,直接复制发达国家的技术进步偏向性。

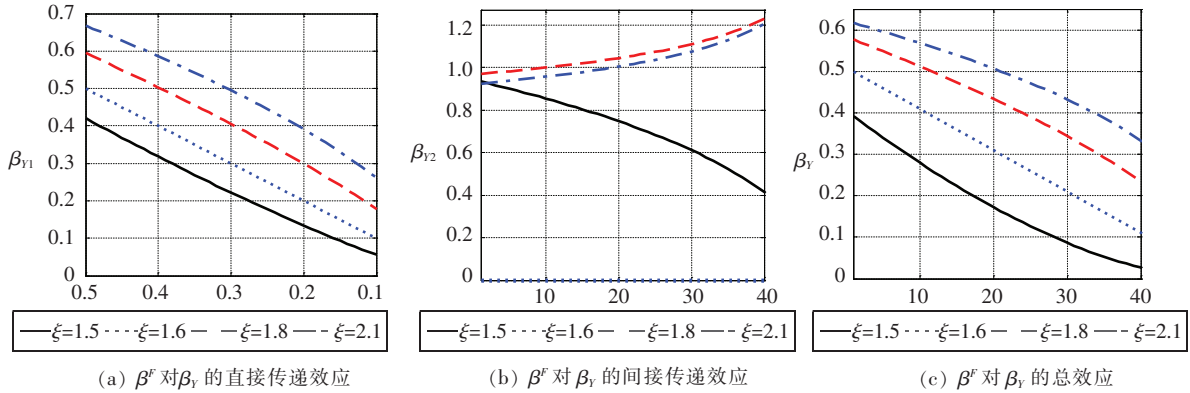


图6 $\xi > 1 + \alpha(1 - \epsilon)$ 条件下技术引进部门技术进步偏向性跨国传递模拟结果

资料来源:作者利用 Matlab 软件绘制。

基于技术进步偏向性在自主研发和技术引进两部门中的跨国传递变化,进一步考察国外技术进步偏向性跨国传递的整体效果。表1记录了在技术非适配参数满足 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \epsilon)$ 条件下,发达国家不断偏向资本的技术进步对发展中国家技术进步偏向性的影响。

整体看,随着 β^f 的持续下降, β 值不断增加,技术进步由资本偏向性转为劳动偏向性,可见引进技术在生产应用过程中会受到本国要素禀赋结构的作用,从而改变技术原有的偏向属性。技术进步偏向性的变化强度受到技术适配度的制约,当 $\xi=0.3$ 时,发达国家的资本相对技术效率 β^f 由0.5减小至0.1,引起国内相对技术效率 β 由0.2298增加至0.2372,提高了3.2220%,平均传递率为0.0185^①,即引进技术的资本偏向度提高1%将引致国内技术进步的劳动偏向强度提高0.0185%;当 $\xi=0.6$ 时, β 由0.2330增加至0.2578,平均传递率有所提高,其值为0.0620;当吸收能力继续提升到 $\xi=0.9$, β 由0.2435增加至0.3180,反向传递率达到0.1863。三种情况下,平均传递率均小于1,说明技术进步偏向强度在跨国传递过程中存在衰减,并且随着技术非适配程度的增加(ξ 值增大),传递效应逐渐增强。该结果蕴含的经济含义为,当引进技术与本国要素禀赋结构的适配度处于合理范围内时,对新技术的研发应用成本较小,国内企业有动力对新技术进行研发改造,使之在应用过程中更加符合自身的要素禀赋结构,技术进步朝本国丰裕要素的方向发展,提升丰裕要素的生产效率,加快技术进步和经济增长速度。

在 $\xi > 1 + \alpha(1 - \epsilon)$ 条件下,模拟结果显示^②,技术进步偏向性表现为正向传递,发展中国家直接跟随发达国家的技术进步偏向性,且传递率受技术适配参数影响。由于引进的前沿技术与本国要素禀赋结构的非匹配性,发展中国家企业无法根据自身的禀赋特征对技术进行研发改进,而只能利用国外技术,复制国外技术进步偏向性,使得前沿技术无法与本国要素协调发展,导致在发达国家能够

① 技术进步偏向性传递率 $\beta T = \Delta\beta / \Delta\beta^f$ 。

② 限于篇幅,这里没有给出具体的模拟结果,感兴趣的读者可以向作者索取。

表 1 $0 < \xi < 1 + \alpha(1 - \varepsilon)$ 条件下技术进步偏向性跨国传递整体效果

β β^F	$\xi=0.3$	$\xi=0.6$	$\xi=0.9$	β β^F	$\xi=0.3$	$\xi=0.6$	$\xi=0.9$
0.50	0.2298	0.2330	0.2435	0.29	0.2323	0.2413	0.2681
0.49	0.2299	0.2333	0.2444	0.28	0.2324	0.2418	0.2697
0.48	0.2300	0.2336	0.2453	0.27	0.2326	0.2424	0.2714
0.47	0.2301	0.2339	0.2463	0.26	0.2328	0.2430	0.2731
0.46	0.2302	0.2342	0.2472	0.25	0.2330	0.2436	0.2749
0.45	0.2303	0.2346	0.2482	0.24	0.2331	0.2442	0.2768
0.44	0.2304	0.2349	0.2492	0.23	0.2333	0.2449	0.2788
0.43	0.2305	0.2353	0.2502	0.22	0.2335	0.2455	0.2808
0.42	0.2306	0.2356	0.2513	0.21	0.2338	0.2463	0.2830
0.41	0.2307	0.2360	0.2524	0.20	0.2340	0.2470	0.2853
0.40	0.2308	0.2364	0.2535	0.19	0.2342	0.2478	0.2877
0.39	0.2309	0.2368	0.2546	0.18	0.2345	0.2487	0.2902
0.38	0.2310	0.2372	0.2558	0.17	0.2347	0.2495	0.2929
0.37	0.2312	0.2376	0.2570	0.16	0.2350	0.2505	0.2957
0.36	0.2313	0.2380	0.2582	0.15	0.2353	0.2515	0.2987
0.35	0.2314	0.2384	0.2595	0.14	0.2356	0.2526	0.3020
0.34	0.2315	0.2388	0.2608	0.13	0.2360	0.2537	0.3055
0.33	0.2317	0.2393	0.2622	0.12	0.2363	0.2550	0.3093
0.32	0.2318	0.2398	0.2636	0.11	0.2367	0.2563	0.3134
0.31	0.2320	0.2403	0.2650	0.10	0.2372	0.2578	0.3180
0.30	0.2321	0.2408	0.2665				

资料来源:作者根据方程组(34),利用 Istopt5.0 软件计算。

发挥效率的技术,一旦应用到发展中国家就成为不适宜技术,这也是在人才和技术流动性不断提高的全球化背景下,跨国收入与技术水平仍存在巨大差异的重要原因。

五、技术进步偏向跨国传递与技术应用:对中国近现代技术引进案例的考察

上述理论分析和模拟结果表明,从技术引进到技术应用需要一定的要素禀赋结构基础,一方面指引进技术应用之初所面临的原有的要素禀赋结构,另一方面指技术应用过程中所构建的新要素结构,其中技术进步偏向性与要素投入结构间的适配度影响新技术的研发应用成本,决定了企业是否有动力和能力去改进和应用新技术,而在技术应用过程中,技术进步偏向性变化与要素结构之间的互动机制影响着技术效率发挥和经济结构变迁。本节分别选取近代缫丝机器技术在长三角和珠三角的不同发展轨迹、当代中国汽车产业与电子通信产业在技术引进创新战略中的失败和成功进行案例分析,以反映技术进步偏向性跨国传递特征与要素禀赋结构的相关性,并进一步考察技术进步偏向性跨国传递变化对技术应用的影响。

自 19 世纪 60 年代起,迫于家庭手工缫蚕丝难以达到欧美市场的质量要求而出口份额和价格不断下降的压力,中国开始引入生产效率更高的机器缫丝技术,长三角和珠三角地区表现尤为明显,两个区域的机器缫丝技术均从法国和意大利等国引进。长三角的丝厂采用的机器设备大都是全

套从外国引进或是租用国外的厂房和机器,而珠三角机器缫丝厂最初所使用的缫丝设备是经过陈启沅本土化改良的,没有像长三角各厂商一样直接使用进口的蒸汽机缫丝技术,而是引入女工脚踏转动替代蒸汽动力,并将联机丝车改为单机丝车。长三角技术直接使用和珠三角技术改良产生了截然不同的效果。1860—1936年,长三角机器缫丝业的发展速度和规模远远落后于珠三角,19世纪末至20世纪初,珠三角年均厂丝产量为长三角的2.6—3.6倍,直到1924年之前,珠三角厂丝产值都要高于长三角^[29]。虽然长三角地区有着更多更先进的机器厂房设备,但是这些资本并未得到有效利用,张茂元和邱泽奇^[30]根据史料计算指出,1894—1930年,长三角丝厂年均开工240天,在一些中外合作丝厂甚至出现年均开工仅172天,而珠三角的丝厂一般能够保持全年开工。

为什么相同机器缫丝技术的引进,在长三角和珠三角地区的应用出现如此显著差异?机器缫丝技术是19世纪后半期伴随欧美国家机械化程度的提高和资本积累所产生的,这种技术明显蕴藏着资本偏向性特质,其效率发挥需要借助于类似密集度的资本和技能劳动。当时的中国具有资本稀缺而劳动力大量剩余的要素禀赋结构特征,在技术应用之初,其偏向性与要素禀赋结构就存在严重失衡,非匹配性产生的过高成本使得机器应用带来的利润很小,因此大多数士绅(企业)并没有动力进一步引进与采纳这种机器技术,也就无法与要素结构形成持续的互动作用,最终导致该技术应用失败;珠三角半机器半人工的改良降低了原有技术的资本偏向强度,使得技术进步偏向与本地的要素禀赋结构在一个合理的匹配范围之内,降低了新技术的研发应用成本,吸纳更多的士绅(企业)使用新技术,随着新技术大规模地应用,进一步促进当地的要素结构升级,要素结构变迁又促进技术进步方向的变革,在两者的循环累积效应中加速了新技术的应用和生产率的提高。由此可见,并非先进的技术就一定能够得到普遍应用和提高生产效率。技术引进与技术应用能否成功发挥效率关键在于技术的适宜性,要素禀赋差异决定了技术进步适用范围的区别。

同时,由技术差距引发的技术适配度制约着技术进步偏向性跨国传递的方向和强度,进而影响技术应用效率,只有当技术适配度处于合理范围内时,发展中国家的企业才有动力研发和改进新技术,使之朝本国充裕要素的方向发展,提高丰富资源的生产效率,否则技术适配度过低时,国内企业对新技术的吸收和改良能力很低,只能放弃自主研发和改进而直接依赖国外技术,复制发达国家的技术进步偏向性。20世纪80年代,中国电子行业和汽车行业都开始引入大量外资,通过合资与技术引进获取国外先进技术。然而经过30多年的发展,汽车主流市场主要被国外品牌垄断与锁定。2014年中国汽车销量前十排行榜中,自主品牌仅占一席,其市场份额只有6.4%。汽车核心零部件技术几乎靠从国外进口,例如,汽车电喷技术中,95%以上需要从美国、德国等国进口,汽车用芯片更是100%全部依赖进口,中国汽车产业在一定程度上陷入依赖性技术路径。与汽车产业形成鲜明对比的是,中国通信设备产业通过利用外资和国外技术,很快实现自主研发,并培育出一些强大的本土企业如华为、中兴、大唐等,这些公司的技术水平已经走在世界前沿,在国际上得到很高的认可度。由大唐电信集团提出的移动通信标准TD-SCDMA在2001年被正式接纳为国际3G标准之一,TD-LTE(国产4G)也引领了通信技术的发展。

考察在这两个产业中具有比较优势的国家可以发现,汽车产业最发达的国家是美国、日本和德国,这些国家的人均收入均在35000美元以上,而电子行业技术处于最前沿的国家和地区,比如韩国、马来西亚及中国台湾,它们的人均收入水平在10000—30000美元之间,中国现在是人均收入8000美元左右的国家,相对于和电子行业的差距,和汽车行业的差距仍然较大,由经济和技术发展差距引发的技术非适配度在汽车行业更大。进一步对比两个产业的技术特征,电子行业投入的主要是人力资本,更接近中国人力资源丰富而资本稀缺的要素禀赋特征,而汽车产业技术需要投入大量

的金融资本,偏离中国具有比较优势的劳动力资源。较大的技术差距和要素禀赋结构差异都会加大汽车技术与本国的非适配度,最终导致企业只能依赖进口技术,而无法根据自身禀赋进行自主创新。

六、结论和政策启示

本文通过引入包含国内自主研发和国外引进技术的生产函数,构建内生技术进步模型,阐释技术进步偏向性在技术发达国家和发展中国家之间的传递机制,模拟要素禀赋与技术进步偏向的不同适配程度下,国外技术进步偏向性变化引致的要素结构的演变路径,以及技术进步偏向性的动态变化过程。研究发现,发达国家技术进步偏向性取决于本国的要素禀赋结构,发展中国家的技术进步偏向性由两国要素禀赋及要素投入结构共同决定;技术进步偏向性跨国传递主要借助于要素重新配置方式实现,而技术进步偏向性的变动又会非对称地影响自主研发和技术引进部门的边际成本,进而改变两部门的要素投入结构。发达国家技术进步偏向性的变化对发展中国家要素结构的影响程度受制于两国技术的适配程度,若引进技术与发展中国家要素禀赋相匹配且技术非适配参数低于某一临界值,资本偏向型技术的引入将推动部门的要素结构升级,技术进步由资本偏向转为劳动偏向,有利于提高本国丰裕资源的生产效率。若引进技术并不适合本国的要素结构,技术非适配参数高于某一临界值时,国外资本偏向型技术的引入会抑制部门的要素结构升级,进而导致发展中国家的技术进步偏向性直接跟随发达国家,而偏离自身具有比较优势的资源,不利于新技术应用和生产要素效率提升。基于上述研究结论,本文得出如下政策启示:

引进国外先进技术和机器设备是发展中国家加快技术进步的重要途径,但在技术选择和技术引进时,不能仅仅注重技术的先进程度,还需要重视技术进步方向的变化。前沿技术往往蕴含发达国家的要素禀赋特征,具有资本偏向性特征,能够充分提高资本要素的生产效率,而发展中国家一般劳动力资源丰富而资本相对稀缺,引进前沿技术并非一定能够发挥最优效率。劳动要素相对丰裕的中国之所以长期呈现资本偏向性的技术特征,根本原因在于盲目追求高技术产业,总是以发达国家为参照系,着力发展那些发达国家有的而本国欠缺的产业和技术,而没有根据自身的要素禀赋结构和经济发展阶段选择符合本国潜在比较优势的技术,导致中国直接复制发达国家的技术进步偏向,进而造成引进技术应用效率低下和收入分配恶化等诸多经济问题。

改革开放30余年,虽然中国研发资源投入不断加大,科技人力资源总数和研发人员总量稳居世界第一位,但是人均产出效率和全要素生产率却远落后于发达国家,创新政策未达到预期效果,关键在于创新政策激励方向、实施载体和着力点存在问题。政府应该扶持与要素禀赋和经济发展阶段相匹配的而且同时存在严重市场外部性的产业,而不是扶持所有具有市场外部性的产业。改革开放以来中国相继出台了一系列创新政策,如20世纪80年代的火炬计划、国家高技术研究发展计划(“863计划”)、国家重点基础研究发展计划(“973计划”)等,这些政策均属于普适性的创新政策,并没有很好地与不同产业的要素结构特征和技术特征相衔接,因而在实践中产生重复、分散、低效率等问题。

因此,政府及企业应充分采用技术引进与本国要素禀赋结构相适宜的技术发展策略,选择与本国具有相似禀赋结构的国家作为技术进口对象。林毅夫指出,拥有相似要素禀赋结构的国家,也应有相似的比较优势,对于一个经济高速增长的国家,该国经济的快速增长和要素禀赋结构的变化,会导致某些产业和技术丧失其比较优势,这些产业和技术会成为后来者的潜在比较优势^[31]。政府在规划与制定产业与技术政策时,首先需要结合本国的经济与技术发展阶段,甄别各产业和技术的潜在比较优势,将资源配置到具有比较优势的产业部门,提高产业和创新政策的精准性和方向性。同时,

需要注意从事经济活动的主体是企业,但是企业家并不关心和了解要素禀赋结构和比较优势,他们只关注利润,利润依赖于产品和要素的价格,而价格信号只有在竞争性的市场中才能较为充分地反映本国的要素禀赋结构。如果要使得企业家自发选择符合本国比较优势的技术和产业,必须加快竞争性市场结构的转变。这样,才能充分利用后发优势,引导技术进步朝本国丰裕要素的方向发展,进而提高要素的生产效率,加快技术进步。

[参考文献]

- [1]Acemoglu, D. Directed Technical Change[J]. *Review of Economic Studies*, 2002,69(4):781-810.
- [2]林毅夫,张鹏飞. 后发优势、技术引进和落后国家的经济增长[J]. *经济学(季刊)*, 2005,(4):53-74.
- [3]黄先海,徐圣. 中国劳动收入比重下降成因分析——基于劳动节约型技术进步的视角[J]. *经济研究*, 2009,(7):34-44.
- [4]戴天仕,徐现祥. 中国的技术进步方向[J]. *世界经济*, 2010,(11):54-70.
- [5]姚毓春,袁礼,董直庆. 劳动力与资本错配效应:来自十九个行业的经验证据[J]. *经济学动态*, 2014,(6):69-77.
- [6]邓明. 人口年龄结构与中国省际技术进步方向[J]. *经济研究*, 2014,(3):130-14.
- [7]陆雪琴,章上峰. 技术进步偏向定义及其测度[J]. *数量经济技术经济研究*, 2013,(8):20-34.
- [8]张车伟,张士斌. 中国初次收入分配格局的变动与问题——以劳动报酬占 GDP 份额为视角[J]. *中国人口科学*,2010,(5):24-35.
- [9]刘小鲁. 知识产权保护、自主研发比重与后发国家的技术进步[J]. *管理世界*, 2011,(10):10-19+187.
- [10]Acemoglu, D. Technical Change, Inequality, and the Labor Market [J]. *Journal of Economic Literature*, 2002, 40(1):7-72.
- [11]Brambilla, I., D. Lederman, and G. Porto. Exports, Export Destinations, and Skills [J]. *The American Economic Review*, 2012,102(7):3406-3438.
- [12]Caselli, M. Trade, Skill-biased Technical Change and Wages in Mexican Manufacturing [J]. *Applied Economics*, 2014,46(3):336-348.
- [13]杨飞. 南北贸易与技能偏向性技术进步——兼论中国进出口对前沿技术的影响[J]. *国际经贸探索*, 2014,(1):4-16.
- [14]Acemoglu, D., G. A.Gancia, and F. Zilibotti. Offshoring and Directed Technical Change [J]. *American Economic Journal Macroeconomics*, 2015,7(3):131-166.
- [15]Wood, A. How Trade Hurt Unskilled Workers[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1995,9(3):57-80.
- [16]Thoenig, M., and T. Verdier. A Theory of Defensive Skill-biased Innovation and Globalization [J]. *American Economic Review*, 2003,93(3):709-728.
- [17]Acemoglu, D. Patterns of Skill Premia [J]. *The Review of Economic Studies*, 2003,70(2):199-230.
- [18]Acemoglu, D., D. Cao. Innovation by Entrants and Incumbents [J]. *Journal of Economic Theory*, 2015,(157):255-294.
- [19]Hanlon, W. W. Necessity is the Mother of Invention: Input Supplies and Directed Technical Change [J]. *Econometrica*, 2015,83(1):67-100.
- [20]林毅夫,张鹏飞. 适宜技术、技术选择和发展中国家的经济增长[J]. *经济学(季刊)*, 2006,(3):985-1006.
- [21]孔宪丽,米美玲,高铁梅. 技术进步适宜性与创新驱动工业结构调整——基于技术进步偏向性视角的实证研究 [J]. *中国工业经济*, 2015,(11):62-77.
- [22]Acemoglu, D. Localised and Biased Technologies: Atkinson and Stiglitz's New View, Induced Innovations, and Directed Technological Change[J]. *Economic Journal*, 2015,125(583):443-463.
- [23]Xu, B. Factor bias, Sector Bias, and the Effects of Technical Progress on Relative Factor Prices[J]. *Journal of International Economics*, 2001,54(1):5-25.

- [24]雷钦礼,徐家春. 技术进步偏向、要素配置偏向与我国 TFP 的增长[J]. 统计研究, 2015,(8):10-16.
- [25]Klump, R., P. McAdam, and A. Willman. Factor Substitution and Factor-augmenting Technical Progress in the United States: A Normalized Supply-side System Approach [J]. The Review of Economics and Statistics, 2007, 89(1):183-192.
- [26]León-Ledesma, M. A., P. McAdam, A. Willman. Identifying the Elasticity of Substitution with Biased Technical Change[J]. The American Economic Review, 2010,100(4):1330-1357.
- [27]Eaton J, and S.Kortum. International Technology Diffusion: Theory and Measurement[J]. International Economic Review, 1999,40(3):537-570.
- [28]傅晓霞,吴利学. 技术差距、创新路径与经济赶超——基于后发国家的内生技术进步模型[J]. 经济研究, 2013,(6):19-32.
- [29]徐新吾. 中国近代缫丝工业史[M]. 上海:上海人民出版社, 1990.
- [30]张茂元,邱泽奇. 技术应用为什么失败——以近代长三角和珠三角地区机器缫丝业为例(1860—1936)[J]. 中国社会科学, 2009,(1):116-132.
- [31]林毅夫,付才辉,王勇. 新结构经济学新在何处[M]. 北京:北京大学出版社, 2016.

Transnational Transfer Effect of Technical Change Direction: Model Deduction and Empirical Evidence

DONG Zhi-qing¹, JIAO Cui-hong², WANG Lin-hui¹

(1. School of Economics of East China Normal University, Shanghai 200241, China;

2. Business School of Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract: Technical progress direction and its strength in China has become a focus of the empirical literature. However, the source of directed technological change and its cause have not been taken attention seriously. From the view of biased technology progress transmission, this paper develops a biased technological progress transmission model by introducing both domestic innovation and technological imports, and describes the pass-through mechanism of biased technological progress from developed countries to developing countries, and simulate the dynamic process of path of biased technological progress transmission. It shows that the direction of technical change and strength of biased technical are both likely to change. The endowment structure play a decisive role in the transfer process from developed to developing countries, but the role and direction of the effect depends on the suitable degree of technology progress which make change of the structure of factor inputs in the process of changing technology applications in developing countries. The direction and the strength of biased technological progress transmission are subject to technical suitability which has threshold effect feature. When the suitable degree of technology progress with factor endowments is above the threshold, the introduction of capital biased technical will promote the upgrading of the endowment structure, thus contributing to technical progress biased toward the direction of their abundant elements, and eventually improve technology application space and productivity. Thus, a country needs to pay attention to the impact of biased technology progress when introducing advanced technology, and select the appropriate technologies matched with the local structure of factor endowments.

Key Words: transnational transfer effect of technical change direction; elemental structure; technical suitability

JEL Classification: O31 O33 O14

[责任编辑:王燕梅]