

偏向型技术进步理论:研究进展及争议

张 俊 钟春平*

摘要: 本文对偏向型技术进步的起源与研究进展进行回顾。理论上,偏向型技术进步理论将技术进步的方向内生化的,从微观层面分析技术偏向的决定因素,从而打开了技术进步方向的黑箱,进一步完善了内生技术进步理论;经验上,偏向型技术进步理论能够解释现实生活中许多重要经济现象,如技能溢价、劳动收入占比下降、国家间的收入差距、环境技术变迁等。此外,本文对偏向型技术进步理论后续的研究方向进行了探讨和说明,主要包括:对要素间替代弹性的估计、技术偏向的决定因素、技术创新的路径依赖以及要素相对供给与技术偏向之间的双向因果问题。

关键词: 偏向型技术进步 导向型技术进步 技能溢价 国际贸易 环境技术

一、引言

技术进步对于推动人类文明进步及世界经济的发展功不可没。新古典增长理论认为只有技术进步才会引起人均产出的持续增长,并且新古典增长模型假定资本与劳动的替代弹性为 1,从而生产函数为 Cobb-Douglas 形式,在这种情况下技术进步是中性的。但是在很多情况下,技术进步不是中性的,它偏向于某一生产要素而演进,从而有利于经济中某些生产要素和个体。技术进步的偏向型不但决定了技术进步过程中的收入分配格局,而且对于深入理解技术进步的内涵及其决定因素也非常重要。

从已有文献看,偏向型技术进步与早期的“诱导性创新”联系较为密切,诱导性创新思想最早论述可以追溯到 Hicks《工资理论》中的“生产要素相对价格的变化本身就是激发技术发明的动力,及推动特定的技术发明”。根据 Hicks 的理论,技术创新的目的在于节约使用变得昂贵的生产要素。20 世纪 60 年代,诱导性创新理论取得一定进展,Kennedy(1964)从技术供给的角度,引入了“创新可能性边界”,认为创新可能性边界决定了要素收入分配,并且,诱导性创新使得经济实现均衡,均衡状态下要素收入份额保持不变。之后 Drandakis 和 Phelps(1965)、Samuelson(1965)也得出了类似结论。然而,早期的诱导性创新文献存在共同的缺陷——缺乏微观基础,正如 Nordhaus(1973)批判的那样:“我们不清楚谁会从事 R&D 活动,以及如何为创新融资和定价”。这些缺陷降低了人们研究的兴趣,在之后的 30 年中关于技术进步偏向的研究进展较小。

* 张俊,中国社会科学院金融研究所,邮政编码:100045,兴业银行博士后科研工作站,邮政编码:350003,电子信箱:zhangjun_0508@163.com;钟春平,中国社会科学院财经战略研究院,邮政编码:100045,电子信箱:cpzenith@163.com。

本文受国家自然科学基金重点项目“重大技术进步和我国高科技行业发展研究”(项目编号:13AZD073)的资助。感谢匿名审稿专家给予的宝贵意见,文责自负。

直到20世纪90年代,随着Romer(1990)、Grossman和Helpman(1991)、Aghion和Howitt(1992,1998)等对内生技术变迁理论的发展,西方学者重拾偏向型技术进步理论,其中Acemoglu等人的一系列论文(1998,2002,2003a,2007,2012a,2012b)在发展和完善偏向型技术进步理论方面做出了巨大贡献,他们的研究试图弥补之前偏向型技术进步理论的不足,在具备微观基础的内生技术进步理论基础上,将新技术发展的方向(偏向)内生化,并将这种新偏向型技术进步理论命名为“导向型技术进步”(Directed Technological Change)。

二、偏向型技术进步:基准模型及应用

(一)要素增进与要素偏向

在研究技术进步的相关文献中,需要区分两个容易混淆的概念:要素增进的技术进步与要素偏向的技术进步。

考虑一个总量生产函数, $Y(t) = F(L(t), H(t), A(t))$, $L(t)$ 为劳动, $H(t)$ 表示另外一种生产要素,如技能劳动、资本、土地或者某些中间产品, $A(t)$ 表示技术。

如果技术进步是劳动增进型的,则 $\frac{\partial F(L, H, A)}{\partial A} = \frac{L}{A} \cdot \frac{\partial F(L, H, A)}{\partial L}$,这种情况下,总量生产函数可以写成更为特殊的一种形式: $F(AL, H)$,技术进步等同于扩大了劳动的投入。如果 H 表示的是资本,则劳动增进的技术进步也称为Harrod中性技术进步,此时,在资本产出比不变的条件下,利润和工资在国民收入中的分配比率不发生变化。如果技术进步为资本增进型的,则 $\frac{\partial F(L, H, A)}{\partial A} = \frac{H}{A} \cdot \frac{\partial F(L, H, A)}{\partial H}$,此时,总量生产函数可以写成 $F(L, AH)$,技术进步等同于扩大了资本的投入。资本增进的技术进步也称为索洛中性技术进步。

如果技术进步提高了生产要素 L 相对于 H 的边际产品,则我们称技术进步是 L 偏向的,即 $\frac{\partial(MP_L/MP_H)}{\partial A} \geq 0$ 。与要素增进的技术进步不同的是,偏向型技术进步使某一生产要素相对需求曲线发生变化,因此,给定要素比例,这种生产要素的相对边际产品增加。偏向型技术进步理论就是研究技术偏向及其决定因素。

为说明要素增进的技术进步与要素偏向的技术进步之间的联系,我们将生产函数设定为不变替代弹性函数形式(CES):

$$Y(t) = [\gamma_L (A_L(t)L(t))^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \gamma_H (A_H(t)H(t))^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (1)$$

其中 A_L 为 L 增进型技术, A_H 为 H 增进型技术, γ_i 决定生产要素 i 在生产函数中的重要性。通过计算两种生产要素的边际产品,我们可以得到两种要素的相对边际产品:

$$\frac{MP_H}{MP_L} = \frac{\gamma_H}{\gamma_L} \left(\frac{A_H(t)}{A_L(t)} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{H(t)}{L(t)} \right)^{-\frac{1}{\sigma}} \quad (2)$$

当 $\sigma > 1$,即两种生产要素为替代品时, $\frac{\partial(MP_H/MP_L)}{\partial(A_H/A_L)} > 0$,此时, H 增进型技术进步对应着 H 偏向型技术进步;相反, $\sigma < 1$,即两种生产要素为互补品时, $\frac{\partial(MP_H/MP_L)}{\partial(A_H/A_L)} < 0$,此时, H 增进型技术进步对应着 L 偏向型技术进步。一种特例是当 $\sigma = 1$ 时,生产函数变成Cobb-Douglas形式,

此时,无论是 A_H 发生变化还是 A_L 发生变化,技术不会偏向于任何一种生产要素而演进,技术进步是中性的。

(二) 技术偏向的类型及偏向的决定

20 世纪 90 年代之后,在内生增长理论基础上,国外学者对技术偏向的类型及其决定因素展开了大量研究 (Acemoglu, 1998, 2002, 2003a, 2007; Kiley, 1999; Xu, 2001; Thoenig and Verdier, 2003)。这些研究基于生产理论,从微观的生产厂商出发,研究要素禀赋对厂商研发行为的决定作用,进而使得技术变革偏向于一种生产要素。下面以 Acemoglu (2002) 导向型技术进步相关研究为基础,对技术偏向的类型及偏向的决定因素加以阐述。

在一个两部门经济中,最终产品由两种中间产品联合生产,总产出函数为不变替代弹性函数形式:

$$Y(t) = [\gamma_L Y_L(t)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + \gamma_H Y_H(t)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (3)$$

其中, Y_L 和 Y_H 为中间产品的产出,而生产两种中间产品的要素组合不同。假定在一个经济系统有两种不同的生产要素: H 和 L (如资本与劳动、技能工人与非技能工人、清洁投入品与污染投入品等),不同的生产要素与相应的技术协同生产。中间产品的生产函数形式如下:

$$Y_L(t) = \frac{1}{1-\beta} \left(\int_0^{N_L} x_L(v, t)^{1-\beta} dv \right) L^\beta \quad (4)$$

$$Y_H(t) = \frac{1}{1-\beta} \left(\int_0^{N_H} x_H(v, t)^{1-\beta} dv \right) H^\beta \quad (5)$$

$x_L(v, t)$ 、 $x_H(v, t)$ 分别表示不同类型机器设备的数量,两部门所使用的机器设备由垄断厂商提供,并且该垄断厂商对机器设备拥有永久的专利。

该经济系统技术进步主要由垄断厂商的研发活动推动,厂商的创新可能性边界类似于实验室设备形式:

$$\dot{N}_L(t) = \eta_L Z_L(t) \quad (6)$$

$$\dot{N}_H(t) = \eta_H Z_H(t) \quad (7)$$

Z_L 、 Z_H 分别表示厂商为开发新的 L 增进型机器设备和 H 增进型机器设备的研发支出。

在内生增长理论框架下,利润激励厂商在不同部门开展研发活动,从而均衡的技术偏向由两部门生产厂商利润最大化行为决定。假定机器设备在使用之后完全折旧,因此,厂商最大化问题可表示为:

$$\text{Max}_{L, [x_L(v, t)]_{v \in [0, N_L(t)]}} p_L Y_L(t) - w_L(t) L - \int_0^{N_L} p_L^x x_L(v, t) dv \quad (8)$$

$$\text{Max}_{H, [x_H(v, t)]_{v \in [0, N_H(t)]}} p_H Y_H(t) - w_H(t) H - \int_0^{N_H} p_H^x x_H(v, t) dv \quad (9)$$

当经济达到均衡增长路径时,我们可以得出技术进步的均衡偏向^①:

$$\frac{V_H}{V_L} = \left(\frac{p_H}{p_L} \right)^{\frac{1}{\beta}} \frac{H}{L} \quad (10)$$

其中, V_H 、 V_L 为两部门创新活动所得利润的净现值。直觉上,厂商有更大的动力在获利多的

^①偏向型技术进步的完整模型及均衡求解,见 Acemoglu (2002)。

机器设备上开展研发活动,具体而言, $V_H > V_L$ 时,厂商会将有限的资源投入到 H 增进型机器设备的研发上,反之则投入到 L 增进型机器设备的研发上。

经济实现均衡时,存在两种效应影响厂商创新活动所得利润的净现值及技术偏向:“价格效应”和“市场规模效应”。“价格效应”鼓励技术创新偏向于稀缺要素的方向发展,由于 $\frac{\partial(V_H/V_L)}{\partial(p_H/p_L)} > 0$,而由稀缺要素生产的商品相对更加昂贵,此时,稀缺要素增进型的技术能获得更多的利润,因此,新技术偏向于稀缺要素的方向发展。“市场规模效应”则鼓励技术创新偏向丰富要素的方向开展,由于 $\frac{\partial(V_H/V_L)}{\partial(H/L)} > 0$,如果有更多生产要素与一种技术协同生产,则意味着该技术存在更广阔的消费市场,此时,厂商对该技术进行研发变得更有利可图,因此,新技术偏向于丰富要素的方向发展。

由于两种效应导致技术进步的偏向相反,最终技术进步偏向于哪种生产要素或生产部门,取决于两种生产要素替代弹性的大小。当两种生产要素存在很强的替代弹性时($\sigma > 1$),市场规模效应会占支配地位,即技术创新偏向于丰富生产要素;但当两种生产要素为互补品时($\sigma < 1$),价格效应则占支配地位,从而技术创新偏向于稀缺的生产要素。

(三) 偏向型技术进步理论的应用

自偏向型技术进步理论提出以来,国外经济学者尝试用该理论对宏观经济学、发展经济学、劳动经济学及国际贸易领域中的一些现象加以解释。

1. 劳动经济学领域,美国 20 世纪 70 年代以来,技能工人供给增加得非常迅速,然而,面对技能工人供给增加,技能工人的工资在这段时间内不但没有下降,反而有上升的趋势。学术界将这种与传统供给-需求理论相悖的现象称为“技能溢价之谜”。对“技能溢价之谜”标准的解释是:伴随着技能工人供给的增加,技能偏向型技术进步加快,从而导致对技能工人的需求增加和技能溢价的发生。

2. 发展经济学领域,20 世纪 70 年代,许多欧洲国家经历了失业率增加和劳动收入在国民收入中所占比重的下降,持续到 20 世纪 80 年代,失业率继续上升,劳动份额急剧下降,这违背了传统的“Kaldor 事实”。学术界从两个角度对这一现象进行了解释:工人工资推动的结果和资本偏向的技术进步。

3. 国际贸易领域,随着过去几十年全球化进程的加快,全球化可能会影响到不同国家研发和技术使用的类型。并且,在开放经济下,偏向型技术进步会对南北国家的技术水平和收入差距产生影响。将偏向型技术进步理论与国际贸易理论结合,解释不同国家技术进步的方向和收入差距是另一研究的方向。

4. 在环境经济学领域,如何对环境友好型技术的发展提供激励成为环境政策的中心,新的技术能使资源更加有效地利用,而缺少公共政策,市场便不能为清洁技术的发展提供合适的激励。偏向型技术进步理论为分析不同政策效应提供了重要理论基础,研究不同类型环境技术研发和使用的决定因素,并为评估不同环境政策的效果提供了一个可行的分析框架。

三、偏向型技术进步与要素收入差距

由于劳动者提供的劳动存在异质性,每个劳动者的技术禀赋存在差异,在劳动者队伍中表现

为技能工人和非技能工人。劳动者队伍中两种劳动者数量的多寡通过“价格效应”和“市场规模效应”决定技术进步的偏向。反过来,偏向型技术进步会使得两种劳动者的收入差距发生变化。目前,用偏向型技术进步理论解释要素收入差距的文献大体从两个维度展开:一是关注不同技能劳动者的收入差距变化;二是资本与劳动两种生产要素收入占比的变化。

(一) 不同技能劳动者收入差距

Acemoglu(1998,2002)通过观察美国的就业数据,发现在过去的60年,美国的技术进步是技能偏向的,特别是在经历了20世纪70年代大学毕业生数量大幅增加之后,偏向于技能工人的技术进步速度加快。70年代大学毕业生供给增加之后,大学工资溢价(College Wage Premium)经历了大约10年的下降,从而缩小了技能工人与非技能工人的工资收入差距。然而,在20世纪80年代之后,大学工资溢价一直处于上升趋势,并达到了一个前所未有的水平,虽然此后大学毕业生数量持续增长。大学工资溢价上升带来的一个后果是居民收入差距的扩大。偏向型技术进步理论能够很好地解释美国的技术偏向及工资差距的动态变化过程。随着70年代大学毕业生数量的增加,当技能工人与非技能工人之间存在很强的替代弹性时($\sigma > 1$),市场规模效应主导了新技术的走向,此时,技术进步偏向于丰富的生产要素——技能工人,并且,当 $\sigma > 2$ 时,强均衡偏向使得大学工资溢价会随着大学毕业生数量的增加而上升。

Weiss(2008)认为即使工资和价格完全灵活,劳动供给也不能根据劳动需求的变化做出反应,持久技能偏向型技术进步并不一定会导致工资收入差距持续扩大。生产要素根据其边际价值获得报酬,其中要素边际价值等于边际产品乘以产出价格。而技能偏向型技术进步会对这两项带来相反的作用。一方面,非技能工人的生产力未受到技能偏向型技术进步的影响;另一方面,技能偏向型技术进步会对不同种类的产品价格带来影响,非技能工人能够从产品相对价格变化中得到补偿。特别地,当不同部门的最终产品在消费需求中为互补品时,技术进步使得低技术含量产品的相对价格上升,这会抵消技能偏向型技术进步对非技能工人收入带来的不利影响。

受Acemoglu(1998)的启发,国内许多学者从偏向型技术进步理论出发,解释了偏向型技术进步对中国工资收入差距的影响。宋冬林等(2010)利用1978—2007年时间序列数据,印证了我国自1978年以来技能偏向型技术进步的存在性,以及不同类型技术进步技能偏向型的差异。研究发现我国劳动生产率提高和技术进步都增加了对技能型劳动的需求,导致劳动力市场收入结构的变化并进而出现技能溢价。徐舒(2010)从中国的微观数据出发,通过建立一个基于技能偏向型技术进步的一般均衡模型,表明教育回报率的变化是引起我国劳动者收入不平等扩大的重要原因。许志成和闫佳(2011)则将教育效率和劳动力市场的技能供求关系纳入到一个内生演化的动态模型中,研究了技能偏向型技术进步对工资不平等的影响,并且证明了技术进步效率的提升在短期会提升工资不平等。但当教育系统的效率处于一定的区间时,技能偏向型技术进步在长期会降低工资不平等。

(二) 资本与劳动两种生产要素收入差距

大部分经济增长模型的理论讨论,一般建立在两个假设之上:技术进步是劳动增进的或者生产函数假定为Cobb-Douglas形式(即资本与劳动之间替代弹性 $\sigma = 1$)。Cobb-Douglas形式生产函数之所以受到西方学者的青睐,是由于这种形式生产函数与经济发展过程中的一些程式化的经验事实相一致,即在资本强度(资本/劳动比率)和人均收入稳定增加过程中要素收入份额近似不变(Kaldor事实)。然而,由于“Kaldor事实”建立在新古典经济学分析框架中,未考虑技术进

步的偏向。“Kaldor 事实”无法解释 20 世纪 90 年代以来,德国、法国、意大利和西班牙等欧洲国家的劳动报酬份额下降的现象,20 世纪 80 年代到 90 年代,这些国家资本份额从 0.32 上升到 0.40(Blanchard, et al., 1997)。并且,许多经验证据发现资本与劳动之间的替代弹性 $\sigma < 1$,从而, Cobb – Douglas 形式生产函数不适于分析技术进步的类型以及要素份额的变化。

Ripatti(2001)认为传统的 Cobb – Douglas 生产函数无法解释芬兰 1975 年以来劳动收入份额的下降,使用芬兰 1975 – 2000 年的季度数据估计技术替代弹性,发现技术替代弹性小于单位弹性(0.6)。基于估计结果,通过建立含有要素偏向的不变替代弹性生产函数,以对芬兰劳动收入份额下降进行解释。研究发现:芬兰近几十年的技术进步总体上偏向资本,而且偏向资本的技术进步是该国劳动份额下降的原因之一。

Young(2004)将偏向型技术进步引入 RBC 模型,其中偏向型技术进步的一个特征是技术进步直接影响要素弹性,而在某种条件下,要素弹性的变化与要素份额的变化直接对应。在一个动态随机一般均衡模型(DSGE)框架下,探究偏向型技术进步对劳动收入份额变化可能带来的影响。使用美国 1959 – 2000 年劳动份额季度波动的数据对模型进行模拟,发现美国劳动份额呈现出周期性的特征,并且表现出反周期性。虽然,论文首次将偏向型技术进步引入到 RBC 模型,然而,该文存在的缺陷是并没有指出含有偏向型技术进步 RBC 模型对传统 RBC 模型的改进,以及偏向型技术进步能否很好地解释美国劳动收入占比的季节波动。

在 1996 年之前,中国的劳动收入占比处于上升趋势,但此后开始不断下降,到 2006 年已跌至 40% 的水平。相对于劳动力内部的收入差距,要素之间特别是资本和劳动之间的收入差距更为突出。随着偏向型技术进步理论的发展,国内学者尝试用偏向型技术进步理论对中国劳动收入占比下降进行解释。

黄先海和徐圣(2009)将中国制造业划分成劳动密集型部门与资本密集型部门,利用 1989 – 2006 年数据研究了制造业劳动报酬份额变化的影响因素。他们发现大多数年份两部门的技术进步均是偏向资本的,而且这是导致制造业部门劳动报酬份额下降的主要原因。王永进和盛丹(2010)则构造包含技能劳动、非技能劳动和物质资本的三要素模型,分析了偏向型技术进步对劳动收入占比的影响。如果机器设备与技能劳动之间呈互补关系,则工资差距扩大和劳动收入占比下降可以由技能偏向型技术进步来解释。这在一定程度上解释了我国 20 世纪 90 年代中期以来劳动收入占比持续下降的现象。戴天仕和徐现祥(2010)从 Acemoglu(2002)的定义出发,推导出度量中国技术进步方向的方法,据此得出 1978 – 2005 年中国技术进步偏向资本的结论,且样本期内技术进步偏向资本的速度越来越快。此外,资本偏向型技术进步也可以解释中国劳动报酬份额的下降。

总而言之,用偏向型技术进步理论来解释劳动收入占比下降的研究(Ripatti, 2001; Acemoglu, 2003; Young, 2004),大多得出了总体上技术进步偏向于资本的结论,当技术进步偏向于资本时,资本报酬在国民收入中所占份额上升,劳动报酬在国民收入中所占份额下降,从而表现出劳动和资本的收入差距拉大。

四、开放经济下的偏向型技术进步

国际贸易的模式可能会影响到贸易参与国技术类型的发展,关于偏向型技术进步理论在国际贸易领域的应用,现有文献大多集中在研究国际贸易对进出口国技术偏向及就业和工资收入

差距的影响。

始于 20 世纪 90 年代的离岸外包,以其绝对的成本优势受到欧美、日本等发达国家的青睐,形成新一轮全球产业转移的大趋势。离岸外包不仅对外包企业会带来经济效应,对发包国家与承接国家的技术变革的方向及均衡的工资结构也会带来影响。Acemoglu 等(2012c)将偏向型技术进步理论引入到李嘉图模型,其中,最终产品由技能密集型与非技能密集型中间产品生产出来,而中间产品可以由技能丰富的西方国家转移到技能稀缺的东方国家,利润最大化厂商决定了离岸外包的程度和技术进步的方向。对一般均衡的求解,他们发现:离岸外包与技术进步的方向呈倒“U”型的关系,从一个非常低的离岸外包水平开始,外包机会增加会引起西方国家技能偏向型技术进步,西方国家非技能工人工资下降和全球技能溢价。然而,随着外包继续增加,外包会导致技术进步偏向于非技能劳动。从而,外包和技术变革在短期相互替代而在长期为互补关系。

Moore 和 Ranjan(2005)将技能偏向型技术进步与全球化结合起来,尝试对失业率和工资不平等加以解释。他们发现技能偏向型技术进步与全球化都会扩大工资不平等,而两者对失业率则会带来不同的影响。如果技能劳动者与非技能劳动者的互补性足够强,则技能偏向型技术进步会降低两类劳动者的失业率;而全球化会降低技能劳动者的失业率,提高非技能劳动者的失业率。Moore 和 Ranjan(2005)的贡献在于将偏向型技术进步与国际贸易理论结合起来,厘清了两者的对失业率与工资不平等产生影响的传导机制。

之前的研究都将国际贸易与偏向型技术进步作为解释技能需求和技能溢价的独立因素。Acemoglu(2003b)注意到两者之间的内在联系,与技能稀缺的欠发达国家贸易会增加美国对技能劳动的需求,导致技能偏向型技术进步,进而引起技能溢价和工资不平等的扩大。即国际贸易增加会引起技能偏向型技术进步,贸易开放会导致美国与欠发达国家工资不平等的扩大。此外,Acemoglu(2003b)对国际贸易引发技能偏向型技术进步的内在机制进行了阐述,认为国际贸易之所以会引发技能偏向型技术进步,主要在于国际贸易会创造一种趋势,即美国技能密集型产品的相对价格上升,而相对价格上升会鼓励技术创新朝该方向发展。

五、资源、环境压力与不同类型环境技术进步

早期关于环境政策的经济分析主要是在技术外生条件下展开的,如 Nordhaus(2000)认为有限度的、渐进的政策干预是必要的,而且最优的环境政策对经济长期增长的减缓影响有限;Stern(2009)的结论则比较悲观,对环境更加广泛和及时的干预是必要的,并且这些干预长期存在,从而会减缓经济的长期增长。

由于忽略了技术进步对环境政策的内生性回应,这些文献未能全面地反映环境技术进步对环境带来的影响,并且,夸大了环境规制的成本(Popp,2004)。与此相关的另一些文献尝试将环境技术内生化,将内生技术进步理论引入气候变化模型中。文献中内生环境技术进步多表现为引致创新,根据处理方法的不同,气候变化模型分为两种形式:Bottom-up 模型和 Top-down 模型。Bottom-up 模型通过干中学框架来处理诱导型技术创新,其中各种技术成本随着经验积累而下降。如 Manne 和 Richels(2004)考察干中学对二氧化碳减排成本和时间的影响,发现干中学主要对减排成本带来影响。Top-down 模型则集中研究环境政策与宏观经济表现之间的联系,在这些模型中内生技术进步主要来源于 R&D 部门中的累积的投资。Popp(2004)对气候变化的 DICE 模型进行修改,通过加入能源部门的引致创新,发现如果忽视诱导型技术进步,将夸大最优

碳税的福利成本,而限制引致创新的最主要因素是其他部门 R&D 的挤出效应及 R&D 部门的市场失灵。

将内生技术进步理论引入到气候变化模型中,克服了环境技术外生给定的缺陷,使环境技术能对环境政策做出内生性的回应。然而之前的研究,未建立一个分析环境政策对技术变革方向影响的系统性框架,这些文献都局限于一种环境技术,忽视了现实中存在多种环境技术,并且,不同的环境政策对这些环境技术偏向会产生影响。为此,最近西方经济学者(Acemoglu, et al., 2012a, 2012b; Aghion, et al., 2012; Heutel and Fischer, 2013)尝试将偏向型技术进步理论纳入气候变化模型中,以弥补之前研究的不足。

Acemoglu 等(2012a)在环境约束和有限资源条件下将内生的、导向型的技术进步引入到增长模型中,基于不同类型技术(清洁技术和污染技术)对环境政策的内生性回应,对不同环境政策的成本与收益进行分析。在一个两部门的导向型技术进步模型基础上,进行一般均衡分析。当清洁投入品和污染投入品有较强替代性时,只要对污染投入品的生产征收暂时性的碳税(或对清洁部门补贴)就可实现经济的可持续长期增长;因此,两种投入品替代弹性的大小直接影响了政策干预的强度,特别是,当两种投入品是替代品时,如果污染型投入品生产过程中使用可耗尽资源,则随着资源价格上升,有助于研发向清洁技术的转变,此时,即使无政策干预环境灾害也是可以避免的。而当两种投入品不具备很强的替代性时,则需要长期的政策干预才能避免环境灾难。最差的情形是两部门生产的投入品是互补品,这种情况下要阻止环境灾难的发生必须以牺牲经济长期增长为代价。文章从需求角度阐述了环境技术偏向的决定因素,即投入品的相对价格与两种投入品的替代弹性。

影响企业创新决策的因素除了来自需求方面的价格与市场规模外,供给方面的创新可能性边界及企业技术创新的历史也发挥着重要作用。Acemoglu 等(2012b)从供给角度,建立一个微观内生增长模型,其中清洁技术和污染技术在生产和创新过程中相互竞争。每个企业拥有许多种产品和技术,利润最大化的企业既可以在清洁技术上进行研发也可以在污染技术上进行研发。如果最初污染技术领先于清洁技术,则从污染技术过渡到清洁技术存在困难。这种情况下,为鼓励清洁技术研发和生产,碳税和研发补贴就非常的必要,且研发补贴发挥的作用应该大于碳税。

Acemoglu 等(2012a)在研究环境技术偏向时,假定从事 R&D 活动的科学家数量是有限的,这就意味着科学家的研发活动存在挤出效应。而其他企业的研发活动没有溢出效应,市场不完善源于有限期限的技术专利以及中间产品厂商的垄断竞争。Greak 和 Heggeda(2012)认为,Acemoglu 等(2012a)假定企业专利只能维持一期使得其研究结论过度强调对清洁技术的研发进行补贴。他们在 Acemoglu 等(2012a)模型基础上,引入长期有效的专利权,发现对清洁技术研发补贴并非 Acemoglu 等人所强调的那样重要,特别是存在跨期溢出效应时,清洁技术的研发不足能够得到很大的缓解。文章重新确立了碳税的作用,而碳税引导创新作用的发挥依赖于跨期溢出效应的程度。

在开放经济下,随着全球化进程的加快,仅仅依靠单个国家很难改善全球环境,要遏制全球环境恶化,需要发达国家与发展中国家的共同参与和合作。Hémous(2012)拓展了 Acemoglu 等(2012b)的工作,将导向型技术进步理论引入两国(南方国家和北方国家)和两部门(污染部门和非污染部门)贸易模型。与 Acemoglu 等(2012b)的假定相同,两国的技术创新由利润最大化厂商开展,并且厂商可以雇佣科学家在污染部门和非污染部门进行研发。科学家在部门间的分配由

两部门产品相对市场份额决定。在自由放任的条件下,一国出口污染品,则该国污染品占有更大的市场份额,从而鼓励污染品的技术创新。而在污染部门内部,创新可以偏向于清洁技术也可以偏向于污染技术,科学家在两种技术间的配置上向更加先进的技术一方倾斜,即这里存在技术创新的路径依赖。

六、实证研究及未解决的问题

(一) 实证研究^①

在实证研究上,国内外关于偏向型技术进步的相关文献可以分为两类,第一类文献重在量化测度要素替代弹性,进而对技术偏向加以估计以及对偏向型技术进步理论成立的基础进行验证。David 和 Klundert (1965) 最早对技术进步的方向进行了估计,利用 1899 – 1960 年美国宏观经济数据,估计了资本劳动替代弹性、资本效率和劳动效率,发现要素替代弹性约为 0.6,且技术进步偏向于资本。随着测度方法的成熟,如标准化供给面系统法、蒙特卡洛模拟等,国外学者对技术进步方向估计得出了更多不同的结论。Klump 等 (2007, 2008) 使用标准化供给面系统法估计了美国 1953 – 1988 年和欧元区 1970 – 2005 年的总替代弹性和要素增强型技术进步,发现要素替代弹性均小于 1,技术进步则表现为劳动增强型。Leon 等 (2010) 使用蒙特卡洛模拟比较了偏向型技术进步条件下,各种估计替代弹性和生产函数的不同方法,发现标准化系统方法下的估计结果最为稳健。

与第一类重在对偏向型技术进步理论证实或证伪的文献不同,第二类文献对偏向型技术进步的基础(如要素替代弹性的大小、路径依赖问题等)则不太关心,这类实证文献直接将偏向型技术进步理论用于对现实生活中的经济现象进行解释^②。例如,用技能偏向型技术进步解释“技能溢价之谜”(Galor and Tsiddon, 1997; Acemoglu, 1998; Galor and Moav, 2000; 宋冬林等, 2010; 徐舒, 2010; 许志成、闫佳, 2011), 资本偏向型技术进步解释国民收入中资本和劳动收入占比的变化 (Acemoglu, 2003; Young, 2004; Sato and Tamaki, 2009; 黄先海、徐圣, 2009; 王永进、盛丹, 2010; 戴天仕、徐现祥, 2010)。

劳动和资本是生产过程中两种最基本的生产要素,并且两种生产要素需要与特定技术协同生产,因此,偏向型技术进步理论早期实证研究也集中于探析两种要素的技术偏向。随着工业生产活动中能源强度的增强及环境压力的增大,偏向型技术进步理论开始将能源投入作为一种生产要素,研究能源偏向型技术进步的存在性。Popp (2002) 使用美国 1970 – 1994 年节能专利数据,研究能源价格的上升对节能偏向型技术进步的影响,发现能源价格上升会促使技术创新更加倾向于提高能源使用效率。Hassler 等 (2012) 也针对美国的工业数据发现技术进步是能源节约型的。王班班和齐绍洲 (2014) 利用中国 36 个工业行业 1999 – 2010 年的数据进行实证研究,考察了中国的能源偏向型技术进步。研究发现不同来源技术进步的能源偏向有所不同,此外,不同来源技术进步对能源强度的影响也不同。

值得注意的是,虽然偏向型技术进步理论为解释各种经济现象提供了独特的视角,但是在实证研究中,将偏向型技术进步作为一种解释经济现象的理论工具需要足够的谨慎。由于偏向型技

^①感谢匿名审稿人提出的宝贵意见。

^②该部分的实证文献,在本文第三、四、五部分已经做了具体介绍。

技术进步理论具有很强的理论假设,并且在一定条件下,该理论才能够成立。例如,强技能偏向型技术进步成立条件是技能工人与非技能工人之间的替代弹性足够强,其替代弹性大于2。^①研究者如果忽视该假定条件,直接用强技能偏向型技术进步解释技能工人工资溢价,则存在对该理论的滥用并且研究结果的可靠性也将受到质疑。此外,根据偏向型技术进步理论,经济实现均衡时,“价格效应”和“市场规模效应”决定技术的偏向。我们在对该结论进行经验验证时,需要对两种效应的确切含义理解清楚,否则容易引起概念的误用。例如,在研究石油价格变化对汽车技术偏向的影响时^②,就不能使用“价格效应”来解释技术的偏向。因为“价格效应”主要是指其两种技术相对价格的变化对技术偏向的影响,而石油作为汽车的互补品,石油价格的变化并不影响两种汽车技术的相对生产成本。

(二)未解决的问题

虽然,近二十年来偏向型技术进步理论及其应用取得巨大进展,但该理论还存在许多未解决的问题,这也是未来研究可能的突破方向。

1. 要素之间替代弹性 σ 的估计

价格效应和市场规模效应两股相反的力量决定了新技术的偏向,而哪一种效应占主导地位由要素之间替代弹性 σ 的大小决定。关于要素之间替代弹性,现有研究大都仅局限于理论层面分析。在经验研究方面,从目前可获得的数据,特别是涉及到跨国数据时,很难给出总替代弹性的一致估计。20世纪60年代以来,国外学者(如Antras,2004)基于国别数据对总替代弹性和技术进步率进行估计。研究发现,多数情况下资本与劳动为互补品($\sigma < 1$),并且,大多数研究结果显示技术进步的类型为劳动增进型。然而,对于更加细化的生产要素,如技能劳动与非技能劳动、清洁技术与污染技术之间替代弹性的大小还是个未知数,如果现实中要素间的替代弹性不满足理论假设,则偏向型技术进步理论不能用来对现实中的经济现象加以解释。

2. 两种效应的异质混合及技术偏向的其他影响因素

对于影响技术进步偏向的价格效应和市场规模效应,目前国外研究仅停留于理论分析,并且,现有的文献都将决定技术偏向的两种效应分离开来。因此,作为偏向型技术进步理论最为关键的部分,现有研究的缺陷主要体现在:现实中可能这两种效应在企业研发决策时都发挥着作用,只是我们无法直接观测其作用的大小;另外,在理论模型部分,经济达到一般均衡时,两种效应发挥作用完全由两种生产要素(或中间产品)的替代弹性决定。而在现实中,可能存在多种因素决定技术偏向,如税收、补贴等公共政策,忽略掉这些影响因素,可能会影响结论的可信性。

3. 路径依赖问题

企业作为创新主体,其创新行为受到其创新可能性边界和技术创新历史的影响,企业过去的技术选择会影响其未来不同技术创新的成本,即路径依赖可能影响技术的偏向。目前学术界对路径依赖能否影响技术的偏向尚未达成一致意见,Acemoglu等(2012b)、Aghion等(2012)分别从理论和经验上证实了路径依赖是决定技术偏向的一个重要因素。而Hanlon(2012)以英国历史上

^①强偏向型技术进步是指随着技能工人相对供给的增加,技术进步会偏向于技能工人发展,进而引起技能工人相对边际产品及相对工资的增加。

^②Aghion等(2012)研究了石油价格变化对传统能源汽车及新能源汽车技术创新的影响,并对偏向型技术进步理论进行经验验证。

的纺纱技术演进为例,研究结果表明无论是行业层面还是单个发明者,都没有为路径依赖的存在提供证据。为什么路径依赖在某些行业消失?路径依赖发挥作用的条件是什么?这些都是今后需要细致研究的问题。

4. 双向因果问题

两种生产要素的相对价格和丰裕程度决定了技术创新的偏向,这里要素的价格和数量都是外生变量。然而,忽视了要素相对供给对技术偏向的内生回应,即要素的相对价格和供给也可能受到技术偏向的影响,从而偏向型技术进步理论中可能存在双向因果问题。因此,偏向型技术进步理论的进一步发展需要将要素的相对供给内生化。例如,偏向型技术进步理论在解释“技能溢价”时,将技能劳动者和非技能劳动者的相对供给作为外生给定的,而在现实中,个体在对其人力资本投资时会考虑将来就业机会和劳动报酬。

七、总结

本文对偏向型技术进步理论的起源与研究进展进行回顾。理论上,技术进步的方向(偏向)最早研究可追溯到20世纪30年代Hicks(1932)所做的研究,Hicks(1932)将技术进步方向分为三种类型:劳动节约型、资本节约型和中性技术进步。然而,由于早期关于技术进步偏向的研究缺乏微观基础,直到20世纪90年代,随着Romer(1990)、Grossman和Helpman(1991)、Aghion和Howitt(1992,1998)等对内生技术进步理论的拓展,具有微观基础的偏向型技术进步理论得到迅速发展。其中,Acemoglu(1998,2002,2003a,2007)将技术的偏向内生化,并将这种新偏向型技术进步理论命名为“导向型技术进步”。

在对现实的解释方面,偏向型技术进步理论能够解释宏观经济学、发展经济学、劳动经济学以及国际贸易中的许多问题。如技能偏向型技术进步能够解释发达国家与发展中国家的技能溢价;技术进步偏向于资本可以对劳动收入占比下降做出解释;在开放经济下,国际贸易和偏向型技术进步会对南北国家的技术水平和收入差距产生影响;环境技术进步对缓解资源环境压力发挥着重要作用,而偏向型技术进步理论为分析环境政策对环境技术偏向产生的影响提供了理论基础。

通过梳理偏向型技术进步理论国内外相关研究进展,本文对该理论现有研究未解决的问题进行了归纳总结。具体而言,这些问题包括:要素之间替代弹性 σ 的大小、“价格效应”和“市场规模效应”的混合作用及技术偏向的其他决定因素、路径依赖问题、双向因果问题。这些问题同时也是偏向型技术进步理论未来研究的方向。

参考文献:

1. 戴天仕、徐现祥,2010:《中国的技术进步方向》,《世界经济》第11期。
2. 黄先海、徐圣,2009:《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》,《经济研究》第7期。
3. 宋冬林、王林辉、董直庆,2010:《技能偏向型技术进步存在吗?来自中国的经验证据》,《经济研究》第5期。
4. 王班班、齐绍洲,2014:《有偏技术进步、要素替代与中国工业能源强度》,《经济研究》第2期。
5. 王永进、盛丹,2010:《要素积累、偏向型技术进步与劳动收入占比》,《世界经济文汇》第4期。
6. 徐舒,2010:《技术进步、教育收益与收入不平等》,《经济研究》第9期。
7. 许志成、闫佳,2011:《技能偏向型技术进步必然加剧工资不平等?》,《经济评论》第3期。
8. Acemoglu, D. 1998. “Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage

- Inequality." *Quarterly Journal of Economics*, 113(4):1055 – 1089.
9. Acemoglu, D. 2002. "Directed Technical Change." *Review of Economic Studies*, 69(4):781 – 810.
10. Acemoglu, D. 2003a. "Patterns of Skill Premia." *Review of Economic Studies*, 70(2):199 – 230.
11. Acemoglu, D. 2003b. "Labor – and Capital – Augmenting Technical Change." *Journal of the European Economic Association*, 1(1):1 – 37.
12. Acemoglu, D. 2007. "Equilibrium Bias of Technology." *Econometrica*, 75(5):1371 – 1410.
13. Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn, and D. Hemous. 2012a. "The Environment and Directed Technical Change." *American Economic Review*, 102(1):131 – 166.
14. Acemoglu, D., U. Akcigit, D. Hanley, and W. Kerr. 2012b. "Transition to Clean Technology." MIT Working Paper.
15. Acemoglu, D., G. Gancia, and F. Zilibotti. 2012c. "Offshoring and Directed Technical Change." NBER Working Paper 18595.
16. Aghion, P., and P. Howitt. 1992. "A Model of Growth through Creative Destruction." *Econometrica*, 60(2):323 – 351.
17. Aghion, P., and P. Howitt. 1998. *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, MA: MIT Press.
18. Aghion, P., A. Dechezleprêtre, D. Hemous, R. Martin, and J. Van Reenen. 2012. "Carbon Taxes, Path Dependency and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry." NBER Working Paper 18596.
19. Antras, P. 2004. "Is the U. S. Aggregate Production Function Cobb – Douglas? New Estimates of the Elasticity of Substitution." *Contributions to Macroeconomics*, 4(1):1 – 36.
20. Blanchard, O. J., W. D. Nordhaus, and E. S. Phelps. 1997. "The Medium Run." *Brookings Papers on Economic Activity*, 28(2):89 – 158.
21. David, P. A., and V. Klundert. 1965. "Biased Efficiency Growth and Capital – Labor Substitution in the U. S., 1899 – 1960." *American Economic Review*, 55(3):357 – 394.
22. Drandakis, E., and E. Phelps. 1965. "A Model of Induced Invention, Growth and Distribution." *Economic Journal*, 76(304):823 – 840.
23. Galor, O., and D. Tsiddon. 1997. "Technological Progress, Mobility, and Economic Growth." *American Economic Review*, 87(3):363 – 382.
24. Galor, O., and O. Moav. 2000. "Ability – Biased Technological Transition, Wage Inequality, and Economic Growth." *Quarterly Journal of Economics*, 115(2):469 – 497.
25. Greak, M., and T. Heggedal. 2012. "A Comment on the Environment and Directed Technical Change." CREE Working Paper.
26. Grossman, G., and E. Helpman. 1991. *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
27. Hanlon, W. 2011. "Necessity is the Mother of Invention: Input Supplies and Directed Technical Change." SSRN Working Paper 2120844.
28. Hassler, J., P. Krusell, and C. Olovsson. 2012. "Energy – Saving Technical Change." NBER Working Paper 18456.
29. Hémons, D. 2012. "Environmental Policy and Directed Technical Change in a Global Economy: The Dynamic Impact of Unilateral Environmental Policies." CEPR Discussion Papers 9733.
30. Heutel, G., and C. Fisher. 2013. "Environmental Macroeconomics: Environmental Policy, Business Cycles, and Directed Technical Change." NBER Working Paper 18794.
31. Hicks, J. R. 1932. *The Theory of Wages*. London: Macmillan.
32. Kennedy, C. 1964. "Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution." *Economic Journal*, 74(295):541 – 547.
33. Kiley, M. T. 1999. "The Supply of Skilled Labor and Skill – Biased Technological Progress." *Economic Journal*, 109(10):708 – 724.
34. Klump, R., P. MacAdam, and A. Willman. 2007. "Factor Substitution and Factor Augmenting Technical Progress in the US: A Normalized Supply – Side System Approach." *Review of Economics and Statistics*, 89(1):183 – 192.
35. Klump, R., and M. Willman. 2008. "Unwrapping Some Euro Area Growth Puzzles: Factor Substitution, Productivity and Unemployment." *Journal of Macroeconomics*, 30(2):645 – 666.
36. Leon, L., P. McAdam, and A. Willman. 2010. "Identifying the Elasticity of Substitution with Biased Technical Change." *American Economic Review*, 100(4):1330 – 1357.
37. Mannea, A., and R. Richels. 2004. "The Impact of Learning – by – doing on the Timing and Costs of CO₂

- Abatement." *Energy Economics*, 26(4):603 – 619.
38. Moore, M. P., and P. Ranjan. 2005. "Globalisation vs. Skill – Biased Technological Change: Implications for Unemployment and Wage Inequality." *Economic Journal*, 115(503):391 – 422.
39. Nordhaus, W. 1973. "Some Skeptical Thoughts on the Theory of Induced Innovation." *Quarterly Journal of Economics*, 87(2):208 – 219.
40. Nordhaus, W. 2000. *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press.
41. Popp, D. 2002. "Induced Innovation and Energy Prices." *American Economic Review*, 92(1):160 – 180.
42. Popp, D. 2004. "ENTICE: Endogenous Technological Change in the DICE Model of Global Warming." *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(1):742 – 768.
43. Romer, P. M. 1990. "Endogenous Technological Change." *Journal of Political Economy*, 98(5):71 – 102.
44. Ripatti, A., and J. Vilminen. 2001. "Declining Labour Share: Evidence of a Change in Underlying Production Technology?" SSRN Working Papers 317941.
45. Samuelson, P. 1965. "A Theory of Induced Innovations along Kennedy – Weisacker Lines." *Review of Economics and Statistics*, 47(4):444 – 464.
46. Sato, R., and M. Tamaki. 2009. "Quantity or Quality: The Impact of Labor Saving Innovation on US and Japanese Growth Rates, 1960 – 2004." *Japanese Economic Review*, 60(4):407 – 434.
47. Stern, N. 2009. "A Blueprint for a Safer Planet: How to Manage Climate Change and Create a New Era of Progress and Prosperity." Bodley Head: London.
48. Thoenig, M., and T. Verdier. 2003. "A Theory of Defensive Skill – Biased Innovation and Globalization." *American Economic Review*, 93(3):709 – 728.
49. Weiss, M. 2008. "Skill – biased Technological Change: Is There Hope for the Unskilled?" *Economics Letters*, 100(3):439 – 441.
50. Xu, B. 2001. "Endogenous Technology Bias, International Trade, and Relative Wages." University of Florida Working Paper 24.
51. Young, A. T. 2004. "Labor's Share Fluctuations, Biased Technical Change, and the Business Cycle." *Review of Economic Dynamics*, 7(4):916 – 931.

Biased Technological Change Theory: Research Progress and Controversy

Zhang Jun¹ and Zhong Chunping²

(1: The Financial Research Institute, CASS; 2: National Academy of Economic Strategy, CASS)

Abstract: The paper reviewed the origin and the research progress of biased technological change. Theoretically, biased technological change endogenized the direction of technological change, analyzed the determinants of technological bias from micro – level, thus opened the black box of technological change direction and perfected the theory of endogenous technology change; Empirically, biased technological change theory can explain a lot of important economic phenomena in real life, such as skill premia, the decrease of labor income share, national income gap, environmental technological change and so on. Moreover, we discussed and explained the subsequent research directions of biased technological change, including estimate of the elasticity of substitution between factors, the determinants of technological bias, the path dependence of technology innovation, and the two – way causality between relative supplies and technological bias.

Key Words: Biased Technological Change; Directed Technological Change; Skill Premia; International Trade; Environmental Technology

JEL Classification: O30, O33

(责任编辑:孙永平、陈永清)