

【产业经济】

能源偏向型技术进步与绿色增长转型

——基于中国33个行业的实证考察

何小钢, 王自力

(江西财经大学产业经济研究院, 江西 南昌 330013)

【摘要】 推动中国经济实现绿色增长转型需要依赖技术进步。本文通过构建基于超越对数成本函数与 Kalman Filter 的测度模型, 测算了中国 33 个行业的能源偏向型技术进步, 并对行业能源偏向型技术进步动态演进特征与影响因素进行了评估。研究发现: 总体上, 行业技术进步偏向于能源消耗, 高能耗特征明显。市场化滞后、资本密集型的行业受到市场规模效应影响而呈现出能源消耗型技术进步; 技术与设备轻型化行业受能源价格影响, 表现为能源节约型技术进步。技术创新特性与投资周期差异导致能源偏向型技术进步表现出较为明显的行业异质性特征, 相比重工业, 服务业和轻工业的波动次数更多、波幅相对较小。与发达国家相比, 宏观环境波动和要素价格扭曲等非市场化因素导致中国行业技术进步偏向性较大、波动更频繁。保持宏观环境、行业政策的相对稳定, 对于稳定企业预期、推动绿色技术创新具有重要意义。

【关键词】 要素价格; 能源偏向型技术进步; 绿色增长转型; 状态空间模型

【中图分类号】F124.3 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1006-480X(2015)02-0050-13

一、问题提出

中国经济高速增长奇迹的背后是沉重的资源和环境代价。据估计, 中国环境污染成本已经占到 GDP 的 8% 以上, 发达地区的环境成本更是高达 GDP 的 10%^[1]。长期以来, 依赖高投入、高消耗的增长模式导致环境承载能力持续下降, 已经严重威胁到中国的可持续发展能力, 由此引发了一系列亟待回答的重要问题: 与其他国家相比, 中国在快速工业化和城市化进程中经济增长对能源的依赖和环境的破坏是否更严重? 如何准确评估经济增长的能源消耗水平? 探索这些问题无疑有助于丰富和深化对推动中国经济增长方式转型及其具体路径的理解。结构调整与技术进步通常是减少环境污染的两个重要手段。如何通过技术进步引导节能减排, 成为理论研究和政策讨论的热点^[2]。特别是当技术进步偏向于在增长中更少地使用能源时, 技术进步就既能实现减排, 又能促进增长, 技术进步的能源要素偏向性是实现绿色增长的关键。因此, 识别技术进步的能源要素偏向性是紧迫且必要的。

【收稿日期】 2014-12-23

【基金项目】 国家自然科学基金地区项目“能源偏向型技术进步与经济增长转型: 理论机制及经验证据”(批准号 71463022); 国家社会科学基金一般项目“转售价格维持(RPM)反垄断治理问题研究”(批准号 14BFXZ096); 中国博士后科学基金项目“能源偏向型技术进步与经济增长转型: 理论及实证”(批准号 2014M560535)。

【作者简介】 何小钢(1978—), 男, 江西新干人, 江西财经大学产业经济研究院助理研究员, 经济学博士; 王自力(1971—), 男, 江西吉安人, 江西财经大学产业经济研究院院长, 教授, 经济学博士。

近年来,偏向型技术进步成为理论与实证研究的焦点。在理论层面上,已有研究在增长框架内探讨资本、劳动要素的偏向性,对资本、劳动偏向型技术进步做出了卓有成效的研究。在实证层面上,已有研究测算了美国、芬兰、日本等国的偏向型技术进步,多数学者发现技术进步偏向于资本^[3-5];中国总体和省际层面上的研究也发现总体上技术进步偏向于资本^[6,7]。随着环境问题日益被重视,研究者提出了测算能源偏向型技术进步的实证模型和方法。Sanstad et al.^[8]利用印度、韩国和美国能源密集型行业的数据,估计了能源增进型技术进步与部门生产率增长趋势。Otto et al.^[9]利用可计算一般均衡模型(CGE)研究了技术变化的能源偏向性。Karanfil and Yasser^[10]通过估计一个超越对数成本份额系统方程,首次将能源要素纳入偏向型技术进步测算的框架,发现能源偏向型技术进步对能源价格非常敏感。Jin and Jorgenson^[11]用不可观测的潜变量来表示技术变化的偏向和程度,利用 Kalman Filter 方法刻画技术进步偏向,并且将技术进步率和偏向投射到未来,考察更长时期内的技术进步偏向性。已有文献为测度能源偏向型技术进步提供了框架和基本洞见,但由于行业层面的价格数据不可得和技术进步的偏向性较难识别等原因,对于偏向型技术进步有待进一步地认识,特别是价格等数据的不可获取性,使得能源偏向型技术进步实证研究进展缓慢。

总体上,以往对资本、劳动偏向型技术进步的研究均依赖于 CES 生产函数假定,较少考虑到不同经济体以及同一经济体内部可能满足不同的生产技术,统一采用某一种函数可能并不稳健。而且,技术进步偏向性除了受生产技术、要素替代弹性等传统因素影响外,还容易受到要素价格、宏观冲击和行业政策等多种因素影响,依赖于事先设定的生产函数可能无法准确刻画技术进步方向。因此,本文采用另一种方法测算技术进步偏向性。该方法基于 Binswanger^[12]的超越对数成本函数(Translog Cost Function),其被广泛用于模型化技术变化^[13],利用了价格效应依赖于可观察变量这个事实。本文的替代率模型与 Binswanger 的模型类似,不同之处在于,本文基于超越对数成本函数,替代率的测量是一些能够被观察的价格、产出和要素份额数据估计的未知参数。本文模型的创新是将 Binswanger 方法中的不变时间趋势替换成潜变量或不可观测变量,用来刻画技术进步率及其偏向性。本文将采用中国分行业 KLEM 数据,测算中国分行业的能源偏向型技术进步,并从宏观经济环境、行业政策、要素市场价格等多个角度对行业能源偏向型技术进步波动的诱发根源和因素展开探索性、系统性分析,据此评估中国经济增长进程中的能源消耗水平和环境损耗程度,为中国经济增长绿色转型的具体路径提供探索性的、可供借鉴的经验证据。

二、能源偏向型技术进步诱发机制分析

市场规模效应(Market Size Effect)和价格效应(Price Effect)是决定技术进步方向的主要因素^[14]。市场规模效应是指企业为了控制更大市场规模,扩大对丰裕要素的使用规模并提升要素生产率以有利于提高总产出,最终实现扩大企业市场占有率的目的。而要素生产率的提升则需要借助技术进步来实现,此时,企业所引进和研发的技术会与相对丰裕的生产要素相匹配。价格效应则是另一种不同的影响。在利润最大化和要素禀赋的双重约束下,企业为了节约稀缺要素而引进、研发新技术,借助技术创新来提升稀缺要素生产率,减少稀缺要素的使用以增加利润,此时,技术进步将偏向于稀缺要素,即企业愿意支付技术创新成本以节约昂贵要素,价格效应促使企业所采用和研发的技术与相对稀缺的生产要素相匹配。总体而言,价格效应使技术进步偏向于稀缺要素,而市场效应则使其偏向于丰裕要素,最终何种效应发挥主导作用取决于这两种要素之间的替代弹性。如果这两种生产要素之间的替代弹性大于 1,市场规模效应将占据主导地位,技术进步主要与相对丰裕的生产要素匹配;如果这两种生产要素之间的替代弹性小于 1,技术进步将与相对稀缺的生产要素匹配;如果这两种生产要素之间的替代弹性刚好等于 1(如柯布—道格拉斯生产函数),那么,市场规模效应和价格效应刚好相互抵消,技术进步同等匹配两种生产要素。可见,要素的稀缺性与(部门或者行业之间的)要素替代弹性对价格效应、市场规模效应产生重要影响,进而影响技术进步偏向性^[15]。

在行业层面上,各行业的产品贸易程度与产品工艺(技术创新特性)会影响行业所使用的各要素的相对稀缺程度和要素替代弹性,并将这种影响传导到技术进步偏向性。一方面,开放度高与可贸易度高的行业面临更激烈的国际竞争,促使这些行业采用降低能耗的设备和技術,生产低能耗产品以提升竞争力。贸易主要通过两条路径对技术进步偏向性产生影响:①贸易影响行业的其他投入要素与能源之间的相对价格,从而影响能源与其他要素之间的替代关系;②贸易改变行业的总产出结构,影响行业各要素的相对丰裕度,进而影响能源与其他要素的投入比例,即要素替代率。另一方面,不同行业的产品工艺不同(或技术特点不同),意味着所生产的产品具有不同的要素投入结构,即在不同行业的投入要素中,资本、劳动、能源与其他中间投入的比例存在差异。行业的这种成本结构差异最终会表现在能源与其他要素的替代率变动上。行业管理水平与资源配置效率等的差异会进一步强化上述差异所导致的后果。

如图 1 所示,除了价格效应和市场规模效应两类市场化因素之外,宏观经济环境、行业政策和能源市场扭曲等非市场化因素会改变行业的能源要素稀缺程度以及要素替代率,最终导致行业能源偏向型技术进步的异质性波动特征。

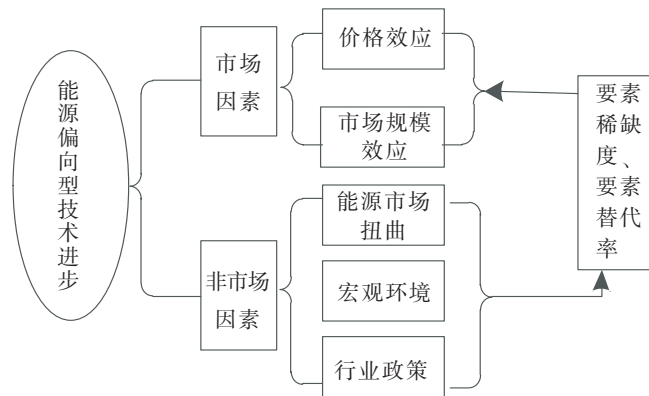


图 1 能源偏向型技术进步影响因素与诱发机制

资料来源:作者绘制。

(1)宏观经济环境改变行业内部能源的相对稀缺程度和能源与其他要素的相对价格,进而影响行业的能源偏向型技术进步。中国渐进式改革进程导致优惠政策与市场化程度在行业层面上的表现截然不同,诱发了能源稀缺度与相对价格的行业异质性。中国工业领域的改革发端于轻工业和消费品行业,重工业改革则较为滞后。与其他行业相比,化学制造业、金属非金属矿采业、金属冶炼压延业和石油加工炼焦业等重工业的市场化程度迥异,国家宏观调控以及节能减排政策的张弛会通过改变行业(部门)的能源稀缺程度与能源相对价格,对这些行业的技术进步偏向性产生重要影响。在经济遭受来自外部的冲击(比如全球性金融危机)时,重工业由于投资周期较长、市场化程度较低以及更多地受到政府政策干预等原因,行业的技术进步对能源价格与能源稀缺程度的反应会相对滞后且更为缓慢。

(2)行业政策改变行业之间的要素替代弹性,进一步通过改变价格效应和规模效应在行业的主导地位,影响行业技术进步的偏向性^[5]。中国不同时期对不同行业的管制力度不同,加剧了行业需求规模扩张的波动,加上一些行业补贴和政策优惠等扭曲政策对行业之间的要素价格和要素获取便利程度产生频繁的冲击,改变了行业(部门)之间的要素替代弹性,进而影响行业技术进步偏向性。作为政府行为,产业政策的主要功能是纠正市场失灵,解决资源配置的均衡与效率问题。在政府主导型市场经济中,产业政策还具有实施赶超战略、增强产业竞争力和推动产业升级的作用。中国针对不同发展时期,制定了针对不同行业的发展规划、投融资和财政税收等政策,比如《汽车产业发

展政策》、《钢铁产业发展政策》、《船舶工业中长期发展规划》以及《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》等,这类产业政策明确了政府重点鼓励的产业、产品以及技术目录,无疑将直接影响这些产业的市场需求规模,改变这些行业获取生产要素的便利程度,甚至直接影响行业的技术投入方向。

(3)长期存在的能源市场扭曲使得市场无法在要素配置中起决定性作用,扰乱了价格信号的基础作用,导致行业能源偏向型技术进步出现较为频繁的波动。在能源与资本、劳动等要素替代率扭曲的条件下,很容易造成行业的能源过度投入。尤其是能源价格扭曲分摊了技术变化对能源价格的反应,延长了偏向型技术进步对于能源价格变化的反应时滞。能源市场的行政控制与能源价格改革滞后,导致中国节能减排约束下的宏观节能政策导向与微观要素配置需求割裂,行业内部的要素配置扭曲与低水平配置效率导致行业更多地采用能源消耗型技术。中国的能源市场扭曲不但表现为能源要素价格市场化程度普遍滞后,还表现为各种能源品种之间市场化程度不同,比如煤电价格长期以来未能真正理顺,煤电价格倒挂极大地扰乱了能源价格信号,不利于行业发展和采用能源节约型技术。

综上,能源偏向型技术进步受到价格效应和市场规模效应两类市场化因素影响,与此同时,企业所处的宏观经济环境、行业政策和要素市场政策等会通过影响企业生产成本、要素替代率和能源相对价格来影响企业技术变化的方向。由于技术创新特性、投资周期以及投资主体不同会导致技术进步偏向性表现迥异,技术进步能源偏向性呈现出与所在行业的资源禀赋、技术引进方式和技术水平等相关的阶段变化特征。

三、数据、模型与测度方法

1. 数据

超越对数生产成本模型需要用到各种要素的价格、成本、要素投入量与总产出量等数据,然而,要素价格的时间序列数据往往较难获取,因此,这里采用基于投入产出表所构建的独特数据集来测算行业偏向型技术进步。本文数据集中包含了 33 个行业,每一个行业均模型化为一个系统方程,用来表示各种投入要素之间的替代率,以及技术进步率和偏向性(投入要素包括资本、劳动、能源和中间投入)。考虑到数据的可获得性,这里使用 1981—2000 年中国分行业 KLEM 数据集,它是由中国学者与日本经济贸易产业经济研究所(RIETI)合作开发,其中包含中国、日本和韩国的数据,具体参见 Jorgenson et al.^[16]。但中国分行业 KLEM 数据集中缺乏资本和劳动价格数据序列值,劳动价格(工资)数据来自于岳希明和任若恩^[17],其将劳动按照性别、年龄和教育程度做了交叉分类,进而得出分行业的劳动价格;资本投入价格数据来自孙琳琳和任若恩^[18,19],其把各行业按照建筑、设备、汽车分为 3 类,再按比例进行加总得到资本价格数据。各要素价格采用指数形式,以 1995 年为基期。

2. 模型与测度方法

考虑行业 j 中一个代表性生产厂商。行业 j 的厂商使用资本(K)、劳动(L)、能源(E)和中间投入(M)四种生产要素生产产品,行业 j 的产出 Q_j 可表示为由资本、劳动、能源、中间投入以及技术进步(t)所构成的生产函数:

$$Q_j = f(K_j, L_j, E_j, M_j, t), \quad j=1, 2, 3, \dots, 33 \quad (1)$$

根据对偶理论,行业中每个厂商在给定各种投入要素价格、总产出水平与时间 t 的条件下,最小化其生产成本,即 $\min C^j = (p_i^j, y^j, t)$, 此处 t 用来表示技术进步。根据超越对数成本函数,假设每个行业的成本函数形式如下:

$$\begin{aligned} \ln C_i^j = & \beta_0^j + \sum_i \beta_i^j \ln p_i^j + \frac{1}{2} \sum_i \sum_{i'} \beta_{ii'}^j \ln p_i^j \ln p_{i'}^j + \sum_{i=1} \beta_{iy}^j \ln p_i^j + \sum_i \beta_{iy}^j \ln p_i^j t + \beta_y^j \ln y^j \\ & + \frac{1}{2} \beta_{yy}^j (\ln y^j)^2 + \beta_{yt}^j \ln y^j t + \beta_t^j t + \frac{1}{2} \beta_{tt}^j t^2 \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)中, i, i' 代表四种生产要素。根据 Shepard 引理, $\frac{\partial C}{\partial P_k}=K, \frac{\partial C}{\partial P_l}=L, \frac{\partial C}{\partial P_e}=E, \frac{\partial C}{\partial P_m}=M$ 。其中, K, L, E, M 分别为资本、劳动、能源和中间投入的需求, P_k, P_l, P_e, P_m 分别为资本、劳动、能源、中间投入的要素价格。可得:

$$\frac{p_i X_i}{C} = \frac{\partial C^j}{\partial P_i} \cdot \frac{P_i}{C} = \frac{\partial \ln C_i^j}{\partial \ln p_i} = S_i^j = \beta_i^j + \sum_{i'} \beta_{i'}^j \ln p_{i'}^j + \sum_{i=1} \beta_{iy}^j \ln y_i^j + \beta_u^j t \quad (3)$$

式(3)中, S_i^j 表示行业 j 要素 i 的份额, $\beta_i^j, \beta_{iy}^j, \beta_u^j$ 分别用来衡量常数、要素投入价格变化的份额效应、技术进步的偏向性。此处关注最后一项,即技术进步的偏向性。为了使生产函数具有良好的性质,需要满足一些正则条件(Regularity Conditions)。遵循 Ryan and Wales^[20]的方法,假定函数在样本区间服从局部凹条件,根据齐次性和规模收益不变假设,有 $\beta_{i'}^j = \beta_{i'i}^j, \beta_{iy}^j = \beta_{yi}^j, \frac{\partial \ln C_i^j}{\partial \ln p_i} = S_i^j \geq 0, \sum_i \beta_i^j = 1,$

$\sum_{i'} \beta_{i'}^j = 0, \sum_i \beta_{iy}^j = 0, \sum_i \beta_{ui}^j = 0$ 。在计量模型的估计过程中,需要满足并使用上述限定条件。为了避免协方差矩阵的奇次性,这里使用两种要素的相对价格代替单一要素价格,以减少式(3)中的方程数(从原来的4个减少至3个)。因此,每个方程以相对价格的形式表示,消除一个方程并不会对估计结果产生影响。

符合上述正则条件的系统方程的估计可以使用迭代的 Zellner 法^[21],这种估计方法由 Binswanger^[12]首次提出,随后被众多研究者广泛采用^[13]。该方法的一个主要优点是,在估计过程中,考虑了份额方程之间的相关性。然而,该方法也存在明显不足,即假定待估计系数不随时间变化,这个缺点在研究偏向型技术进步时尤其突出。如前所述,偏向型技术进步毫无疑问会随时间变化,不随时间变化的假定显然不能刻画与现实吻合的技术进步偏向性。

基于此,本文对 Binswanger^[12]的方法进行扩展和改进,采用一个更加灵活的方法,把技术进步偏向性视做一个动态过程,即随时间变化。具体地,将式(3)中的不变时间趋势(即 $\beta_u^j t$)替代为一个状态空间模型中的不可观测变量(或称为潜变量)。偏向型技术进步由于受到各种复杂的宏观和微观因素的影响,非常适合使用不可观测的潜变量来解释。总体上,反映微观层面的生产技术以及诱导未来技术变化的解释变量的数据不容易获取,且技术变化是一个长期过程,在决定投资一项新技术与收获新技术投资收益之间的时间跨度通常比较长,因而技术进步的偏向并不是一个简单的投资决策所能决定的,它取决于众多复合因素,比如能源价格波动、劳工工资变动、政府宏观调控政策、宏观经济波动等,这些都会导致很难准确理解技术进步偏向的本质以及对其进行准确测度。因此,使用不可观测的潜变量,并且假定这个不可观测的潜变量服从一定的分布规律,有望更加准确地捕捉这些复杂动因对技术(及其偏向性)所形成的冲击。

在进行了扩展和改进之后,与 Zellner 法不同,本文采用状态空间模型方法进行估计,即采用 Kalman Filter^[22]方法估计不可观测的潜变量。标准 Kalman Filter 模型表述如下:

$$\xi_t^j = F^j \xi_{t-1}^j + \mu_t^j \quad (4)$$

$$Y_t = A X_t^j + \xi_t^j + \omega_t^j \quad (5)$$

式(4)——(5)中, $\begin{bmatrix} \mu_t^j \\ \omega_t^j \end{bmatrix} \sim \text{IND} \begin{bmatrix} \rho^j & 0 \\ 0 & \sigma^j \end{bmatrix}$ 。 μ_t^j 和 ω_t^j 为独立同分布,其中 $\theta^j = \sigma^j / \rho^j$ 。式(4)中, $\xi_t^j (t=1, 2,$

$3 \dots \dots T)$ 为不可观测的潜变量; $X_t^j (t=1, 2, 3 \dots \dots T)$ 为可观测的解释变量; $Y_t (t=1, 2, 3 \dots \dots T)$ 为可观测的被解释变量, Y_t 由 X_t^j 和 ξ_t^j 共同决定。 X 假定为外生的,即 X_t^j 与扰动项 ω_t^j 是不相关的。 μ_t^j 和 ω_t^j 服

从高斯独立分布,协方差矩阵分别为 ρ 和 σ ;同时假定扰动项 μ_t^j 和 ω_t^j 的所有滞后项都不相关,因此, μ_t^j 和 ω_t^j 服从独立同分布。 θ 为对角阵,即信号/噪声比率,这个比率越大,说明基于状态空间模型方法估计出来的质量提高越明显;如果这个比率很小,则说明状态空间模型方法的估计与 OLS 方法估计出来的结果差异不大。

下面分行业对 θ 进行估计和识别。将式(3)转换为如下的状态空间(Kalman Filter)模型:

$$Y_t = \begin{bmatrix} S_{kt} \\ S_{lt} \\ S_{et} \end{bmatrix} \quad (6) \quad X_t = \begin{bmatrix} 1 \\ \ln p_{kt} - \ln p_{mt} \\ \ln p_{lt} - \ln p_{mt} \\ \ln p_{et} - \ln p_{mt} \\ \ln y_t \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\xi_t = \begin{bmatrix} \beta_{kt} \\ \beta_{lt} \\ \beta_{et} \end{bmatrix} \quad (8) \quad A = \begin{bmatrix} \beta_k & \beta_{kk} & \beta_{lk} & \beta_{ek} & \beta_{ky} \\ \beta_l & \beta_{kl} & \beta_{ll} & \beta_{el} & \beta_{ly} \\ \beta_e & \beta_{ke} & \beta_{le} & \beta_{ee} & \beta_{ey} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$F = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 \\ 0 & 0 & \alpha \end{bmatrix}, \quad |\alpha| \leq 1 \quad (10)$$

$$\rho = \begin{bmatrix} \text{var}(\mu_t^k) & 0 & 0 \\ 0 & \text{var}(\mu_t^l) & 0 \\ 0 & 0 & \text{var}(\mu_t^e) \end{bmatrix} \quad (11) \quad \sigma = \begin{bmatrix} \text{var}(\omega_t^k) & 0 & 0 \\ 0 & \text{var}(\omega_t^l) & 0 \\ 0 & 0 & \text{var}(\omega_t^e) \end{bmatrix} \quad (12)$$

式(9)中, β_{it} ($i=k, l, e$) 表示技术进步的要害偏向性。由于技术进步偏向性受到诸多宏观和微观因素的影响,事先无法预测各种冲击,因而无法预测技术偏向的具体形式,只能根据厂商上一期的生产和技术研发等行为所产生的上一期技术进步偏向性推断当期技术进步偏向,因此,假定 β_{it} 服从随机游走过程。矩阵 A 、 F 、 ρ 、 σ 包括一些已经可观测的变量和一些未知参数,可通过 Kalman Filter 方法估计出未知参数,进而估计出不可观测的潜变量。标准 Kalman Filter 方法包括滤波(Filtering)和平滑(Smoothing)两个主要过程。在滤波阶段,使用最大似然(Maximum Likelihood Estimation, MLE)估计法估计出未知参数。基于正态分布,使用前向递归方法获取对数似然函数。在平滑阶段,在前一步给定最大似然估计值和未知参数值的条件下,使用逆向递归估计潜变量。具体估计时,通过迭代 Zellner 法获取一些变量的初始值,稳健性测试表明估计结果对初始值并不敏感。根据每种要素份额方程,分行业估计出 θ 值,发现大部分 θ 值都非常大,说明 Kalman Filter 方法显著提高了技术进步偏向性的估计质量,结果更加稳健。

四、实证结果分析

1. 行业增长转型与能源偏向型技术进步

图 2 是 1981—2000 年技术进步在能源要素上的偏向性走势。总体上,中国各行业技术进步能源偏向性的波动次数和波动幅度都比较大。与法国 1978—2006 年 13 个行业以及美国 1960—2005 年 33 个行业的技术进步偏向性相比,中国的技术进步偏向性整体偏大。从具体波动次数看,中国比法国的行业能源偏向性技术进步波动次数更多且更频繁。比如法国农业的能源偏向性技术进步一直波动上升,出现三次波峰和两次波谷,且为能源消耗型技术进步;而中国农业则出现四次波峰和波谷,多数年份为能源节约型技术进步。法国冶金行业(Metallurgy)的技术进步能源偏向性在 1978—2006 年波动下降,期间出现两次波谷,中国的金属冶炼压延业则先后出现了三次波峰和三次波谷且波动幅度更大,这可能与中国行业发展所处制度环境不同有关。与发达国家不同,中国要素市场发育不完全、政府干预比较频繁而深入,特别是 1981—2000 年中国制度环境发生较大变化,

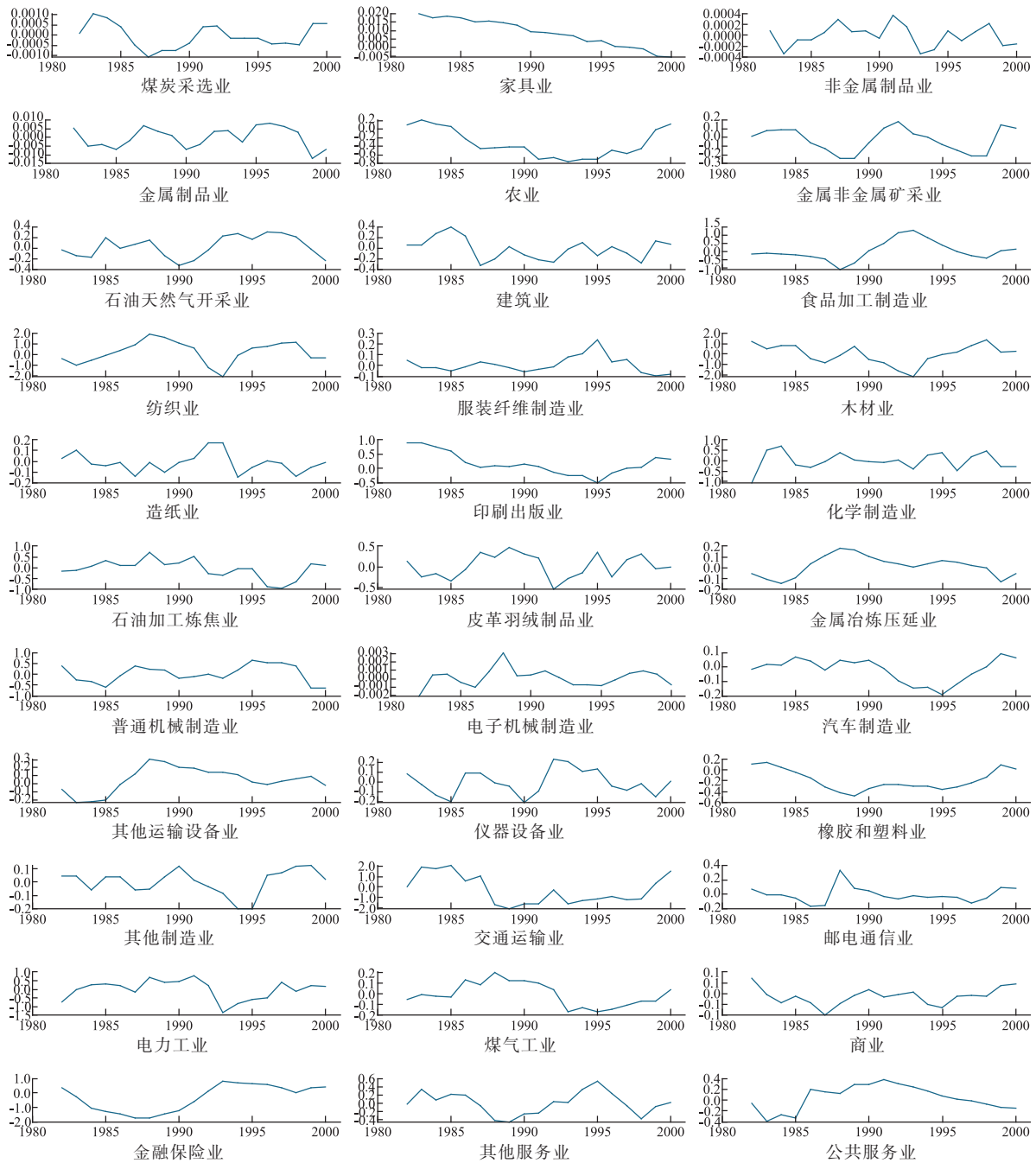


图 2 1981—2000 年中国 33 个行业能源偏向型技术进步

资料来源：作者绘制。

金融制度、国有企业制度以及市场开放制度等的改变都影响到了企业的生产行为和投入要素选择，进而影响了企业对研发、技术进步投入的方向。中国分行业技术进步能源偏向性表现出多次波动的共同特征，而且小幅度波动和大幅度波动相间出现。其中，在多次波动中，各行业波动幅度较大的区间呈现出一些相似的时间趋势特征。这表明在经济与政治转轨国家，行业技术进步能源偏向性除了受到纯市场化因素影响之外，还更多地受到行业发展政策、政府实行的能源政策以及宏观经济周期波动等重要因素的影响。

下面结合工业部门发展政策、工业节能政策，综合分析中国行业发展历史、宏观经济周期波动

和能源政策演进等转型特征对行业能源偏向型技术进步的影响。

(1)1981—2000年中国工业整体发展起落频繁,工业增速和结构变化较快。1979—1980年中国工业开始初步调整,1981—1984年继续调整^[23],这期间工业增速在8%左右^[24]。1985—1988年工业高速增长,体制转轨和战略转轨过程中各种矛盾的积累导致了这一时期工业经济两次过热。1989—1991年工业在调整、整顿中发展,中央政府先后出台了压需求、调结构、改革体制等措施。1992年前两年的调整整顿未见成效,邓小平南方谈话之后工业再度过热,投资和产出增长迅速,能源、交通等基础设施瓶颈凸显。1993—1997年工业经济成功实现“软着陆”,工业投资增幅趋于稳定,结构调整向好。1998—2000年工业在应对通缩与防止经济下行中快速发展,为了控制由1997年亚洲金融危机引起的投资和消费需求下降,政府出台了控制总量、调整结构的政策。

(2)从工业经济增速和结构调整看,整个期间工业总体上保持较快速度增长,部分时段工业呈爆发性增长。1984—1988年工业部门产值达到14.2%的增速,1992—1994年达到20.1%的增速,1995—1997年也达到12.6%的增速^[24]。从工业结构看,1979年开始,中国就开始有计划地放慢重工业发展的速度,积极发展轻工业,调整轻重工业的比例。这期间,工业领域还开展了对消耗高、产品质量低、销路差的工厂的“关停并转”工作。1982—1984年继续调整,消费品工业增长迅速,工业整体增速加快。特别是1982年后能源供给量大增,为随后的工业行业投资热潮奠定了基础;并且工业投资过快扩张又反过来导致能源、交通、电力等基础设施供应不能满足工业部门需求,基础设施一度成为持续快速增长的瓶颈。从工业内部结构看,20世纪80年代开始的轻重工业比例调整政策初见成效。1980—1991年轻工业比重工业增速更快,只有1992—1994年重工业比轻工业增速稍快3.5个百分点^[24],工业轻重比例得到一定程度的调整。工业增长的波动起伏也给工业行业本身发展带来了诸多不稳定因素。工业投资短期内快速扩张必然使行业企业难以完全依据市场信号做出投资决策,同时,工业经济投资波动本身包含过多的政府行为,政府或是通过政策约束或者通过国有企业来实施投资意图,行业此时往往容易表现出明显的粗放扩张行为。工业投资猛增容易形成对能源、交通的基础设施的短期压力,特别是在中国能源政府控制的体制机制下,能源部门无法根据市场的价格信号做出供求反应,容易形成短期“能源瓶颈”,加剧行业技术进步偏向性的波动。

(3)对于能源价格,主要分析一次能源中两种最重要的能源——煤炭和石油的价格波动趋势。煤炭在1981—2000年主要经历过4次变化。1979—1984年煤炭行业开始引入市场机制来调整价格,这一阶段煤炭价格总体上由政府统一规定;1985—1992年实行煤炭价格双轨制,以“国家同一出厂价+加成”的方式适当提高煤炭价格;1993—2000年以市场价格为主逐步小幅提价。1993年开始,煤炭实行以市场价格为主的价格机制,价格稳步小幅提升,随后1996年规定电煤价格实行国家指导价,长期以来中国电煤价格严重低于商品煤价格,煤炭石油价格比长期大大低于国际上煤炭石油价格比,而且中国煤炭与煤电比重一直在50%以上,电煤价格以及煤炭与石油价格比长期严重偏低,容易导致企业过度使用煤炭和电。石油资源价格在1981—2000年主要经历过3次变化。由于20世纪70年代石油供应紧张,1980年国家对于原油实行包干制度,以激发石油生产企业的积极性,包干石油国家定价、计划外实行高价,1980—1987年计划内供给的原油价格基本稳定在每吨100元,大大低于国际市场上的原油价格;1988—1993年石油价格逐步小幅上浮,但仍实行之前的价格双轨制;1994—2000年石油价格改革启动,1994年国家决定取消石油价格的双轨制、统一实行政府定价;1998年开始新一轮石油价格改革,探索石油价格与国际接轨,石油价格增长相对较大。

从图2中的走势看,行业技术进步能源偏向性波动可分为四个阶段:①1981—1984年,技术进步能源偏向性水平较大,但总体呈下降趋势;②1985—1990年,技术进步能源偏向性逐步减小,到1990年左右形成一个相对低谷;③1991—1996年,技术进步能源偏向性先上升后下降,在波峰之后,于1995年形成一个波谷;④1996年之后,又出现上升和下降交替的情形,在20世纪90年代末期技术进步能源偏向性水平逐步下降。下面分析各阶段能源偏向性水平波动特征。

第一阶段,1981—1984年技术进步能源偏向性水平较高并波动下降。1980年后,中国各行业在改革开放政策实施后得到较快发展,行业技术水平总体较低,能源消耗水平相对较高,技术进步能源偏向性也表现出较高水平。随后,行业开始初步调整,1982年开始了轻重工业比例调整政策,加剧了对轻重工业市场规模的调整,一定程度上通过市场规模效应降低了行业技术进步的能源偏向性水平。虽然能源价格处于低位,但由于能源供给能力的约束,计划配给体制下各行业并不能自由地使用能源,因此,能源供给约束的存在使技术进步能源偏向性水平受到向下调整的约束。其中,煤炭采选业、金属非金属矿采业、建筑业、造纸业、汽车制造业、仪器设备业、交通运输业、煤气工业、其他制造业等重工业和农业出现了较为相似的顺周期波动特征,而纺织业、印刷出版业、仪器设备业、邮电通信业、橡胶和塑料业等轻工业以及金融业等第三产业则出现了不规则的波动特征,表明市场规模效应在这类行业中占据主导地位。与轻工业和商业相比,重工业更容易受到市场规模效应的冲击,更多地表现出顺周期波动特征。同时,能源价格效应可能会对轻工业和商业的技术进步偏向性形成冲击,而价格波动比较频繁,因而轻工业和商业的波动更多表现为不规则变动特征。

第二阶段,1985—1990年技术进步能源偏向性水平波动下降且在1990年前后达到一个波谷。这期间导致技术进步能源偏向性波动下降的主要诱因可能是行业结构调整政策以及能源供给瓶颈的出现。1985—1988年轻工业以18.5%的速度更快增长^[24],增速快于重工业,行业结构轻型化有利于能源使用密度下降。这期间先后出现了两次投资热潮,形成的资本深化加重了汽车制造业、其他运输设备业、石油加工炼焦业、非金属制品业和商业等资本密集型行业的能源要素与资本、劳动等要素的替代率,资本深化可能在一定程度上加剧了这类行业的能源偏向型技术进步,促使其在1990年前波动上升。短期投资扩张形成对计划体制下能源的供不应求,能源供给瓶颈凸显,形成了行业用能的硬约束,对于木材业、服装纤维制造业、皮革羽绒制造业、仪器设备业、其他服务业等行业容易对能源供给做出迅速反应的轻型行业的能源偏向型技术进步影响尤为显著。这些因素一定程度上促进了行业研发和引进技术的能源节约倾向。

第三阶段,1991—1996年技术进步能源偏向性先上升达到波峰后迅速下降形成波谷。1992—1994年重工业以27%的速度爆发性增长^[24],投资粗放性也较为明显,容易加重技术进步的能源偏向性。能源价格市场化改革在这一时期启动,煤炭和石油等能源整体在1993年后价格上升比较明显,因此,1993—1994年煤炭和石油价格上扬,使得行业更多地使用节能型技术和设备,尤其家具业、印刷出版业、电力工业、仪器设备业、煤气工业、其他制造业等行业,由于技术设备轻型化且调整相对容易,其对能源价格效应较为敏感。

第四阶段,1996年之后技术进步能源偏向性出现短期上升和较长时段下降的情形,这主要与行业粗放型投资有关。更为重要的是,随着1996年的电煤价格实行国家指导价和1998年国家开始新一轮石油价格改革,煤炭和石油价格在这一时期增长幅度相对较大,加剧了随后的行业技术进步能源偏向水平的下降趋势。随着能源资源的市场化推进,以及国家更少地直接干预经济领域,使得市场规模效应在行业层面有所释放,除了农业、橡胶和塑料业、商业、交通运输业等行业外,各行业的技术投入和研发投入行为开始更多地受到能源价格、要素替代率等较为纯粹的市场化因素的影响。

2. 能源偏向型技术进步的综合特征与行业异质性

企业研发行为、技术投入市场化因素、政府调控以及体制约束等因素是影响行业技术进步能源偏向性走势与特征的决定性因素。而且,转型经济体中的企业更多地受到除了价格等市场化因素外的其他因素影响,体现在各行业能源要素份额和技术进步的能源偏向性波动特征上。在企业生产与投资决策过程中,影响企业研发和技术进步投入方向的不仅仅是价格和市场规模因素,企业所处的宏观环境也会对研发、技术进步产生直接影响,实际上,宏观环境通过影响能源价格和能源与其他要素的替代率,间接地影响技术进步方向。体制转型与经济发展会内生出促进和抑制技术进步偏向于各种要素(资本、劳动或能源)的多种力量,因此,技术进步要素偏向性实际上是由各种力量在不

同阶段消长盈缩之后形成的综合结果。实际经济增长波动、行业政策、要素价格改革、要素市场化等宏观因素都是影响企业研发决策、影响技术进步方向的因素。

1981—2000年能源偏向型技术进步的均值如图3所示,行业能源偏向型技术进步的均值体现了各种因素对行业技术进步偏向性影响的总体效应。从1981—2000年分行业技术进步的能源偏向性波动规律看,能源节约型与能源增进型技术进步同时并存,但总体上,在能源节约型技术进步的行业中,绝大部分行业技术进步能源偏向性水平非常低,几乎接近于0,主要是金属制品业、汽车制造业、煤炭采选业、非金属制品业等。在能源节约型技术进步行业中,农业、木材业、金融保险业、印刷出版业等的技术进步能源偏向性程度最大,这些行业可能由于行业在生产投资和技术研发过程中更多地使用了劳动、资本或者原料投入,而较少地使用能源。在能源增进型技术进步中,技术进步能源偏向性程度较大的行业为化学制造业、电力工业、纺织业、食品加工制造业、石油加工炼焦业等,这些行业普遍为能源消耗较大的行业。整体而言,部分行业出现能源节约型技术进步,可能是由于中国能源供给约束以及行业发展过程中波动太大,比如投资在短期内扩张容易导致能源基础设施出现瓶颈,引发企业在投资过程中更多地投入节能型设备和技术以缓解能源供给不足形成的硬约束。而且,中国资本和劳动价格同样很低,要素替代率的动态变化也可能导致行业对能源要素的节约使用。这期间虽然能源价格水平总体上较低,但能源价格市场化改革使能源相对价格骤然增加,加上能源供给约束,使得企业在能源绝对价格不高的情况下仍然有可能会更多地发展节能型技术。因此,中国行业层面的技术进步能源偏向性还受到诸如能源供给制度、行业波动等其他一些体制性因素影响。

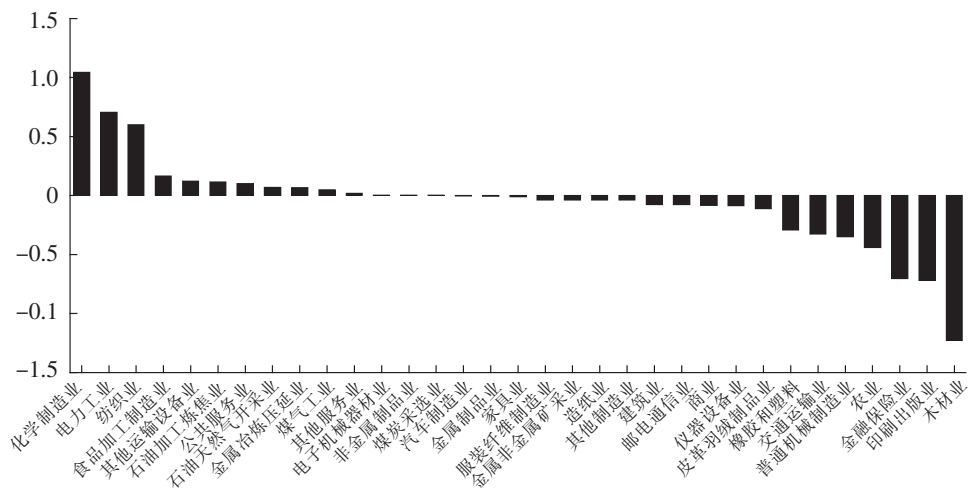


图3 1981—2000年分行业能源偏向型技术进步

资料来源:作者绘制。

在能源价格和宏观冲击下,技术进步能源偏向性在行业之间呈现异质性特征,如图4—6所示。总体上,重工业波动次数更少,但波动幅度却相对更大;轻工业波动次数较多,波动幅度相对较小;能耗较少的第三产业和农业的波动次数和幅度都比较小。重工业更多采用能源密集型技术,其能源偏向型技术进步值较大,而且由于重工业投资规模大、周期长且市场化进程相对滞后,企业技术创新和设备更新的调整周期更长,因此,技术进步能源偏向性的周期波动频率较低、波幅更大。在重工业部门中,汽车制造业、非金属制品业、其他运输设备业等能耗相对较少且市场化程度更高的行业,能源偏向型技术进步波动幅度相对较小。在轻工业部门,由于采用更为轻型化的生产方式,企业进行技术创新和设备更新与调整相对容易,除了食品加工制造业和纺织业之外,其他行业的能源偏向型技术进步值均较小,波动幅度较为频繁。商业和其他服务业等第三产业的能源偏向型技术进步波

动幅度和波动次数都较小(金融保险业例外),农业在整个样本期间均表现为偏向更少使用能源,这可能主要与行业本身能耗很小,能源要素在企业的生产活动中并不占据主导地位有关。值得一提的是,金融保险业的技术进步能源偏向性在 20 世纪 80 年代的大多数年份为负值,而于 20 世纪 90 年代转为正值,表明早期的金融保险业可能更多采用劳动要素投入;1990 年以后,由于国外技术引进和金融技术创新,引入了更多以机器设备为主的生产运营方式,进而改变了行业的技术进步偏向性。

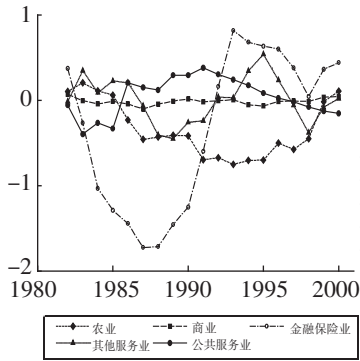


图 4 第三产业与农业能源偏向型技术进步

资料来源:作者绘制。

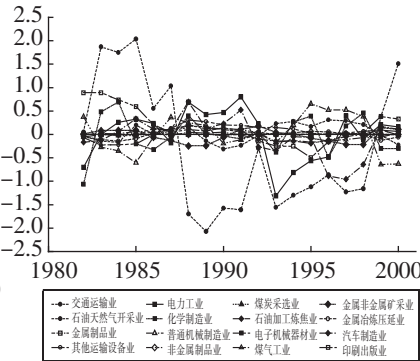


图 5 重工业能源偏向型技术进步

资料来源:作者绘制。

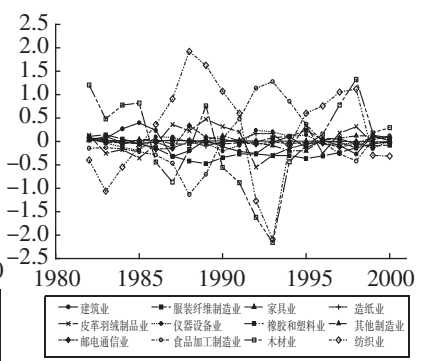


图 6 轻工业能源偏向型技术进步

资料来源:作者绘制。

五、结论与政策启示

本文借鉴 Binswanger 的方法^[12]并结合状态空间模型的 Kalman Filter 方法^[21],考察了中国分行业技术进步的能量偏向性及其动态演进特征。研究发现,总体上,行业技术进步偏向于更多地使用能源,高能耗特征明显。石油加工炼焦业、交通运输业、金属冶炼压延业、金属制品业等市场化滞后、资本密集型行业由于受到市场需求规模的限制而更多地体现为能源消耗型技术进步。印刷出版业、金融保险业、木材业等技术设备轻型化行业则主要受能源价格波动的影响,体现为能源节约型技术进步。与发达国家相比,宏观环境、行业政策波动和要素价格扭曲等非市场化因素导致中国行业技术进步偏向性整体水平较高、波动更频繁、波动幅度更大。在能源价格波动和宏观经济环境冲击下,能源偏向型技术进步的波动表现出较为明显的行业异质性特征,重工业波动幅度更大且更缓慢,而能耗较少的轻工业则呈小幅频繁波动特征。基于上述结论,本文提出如下政策建议:

(1) 进一步推动要素价格市场化改革,构建合理的要素价格体系,使价格成为市场配置资源的基础信号。放开对资本、劳动和能源的管制,不断完善资本、能源以及劳动要素的市场化价格形成机制。经济发展过度依赖于能源的背后是能源价格的长期扭曲,因此,需要加快能源价格市场化改革步伐,让能源要素市场真正发挥调节配置资源的功能^[2]。而能源价格市场化的重点在于深化煤炭、电力和天然气等的市场化体制机制改革。进一步理顺煤炭和电力、天然气和电力等能源品种的价格形成机制,建立能源品种之间的联动机制,通过价格效应倒逼企业采用更加节能的技术、设备促进节能减排和产业升级。能源价格改革要将能源使用的“外部性”纳入政策框架,通过提高煤炭资源税、提高对燃煤污染排放收费等政策措施,从需求侧遏制中国煤炭占能源消费比重过高的顽疾,从根本上解决高能耗、高排放问题。由于中国煤炭在能源消费中的高比例现状(长期占整个能源消费的 70%左右)难以在短期内改变,需要积极引入发达国家与国际节能减排机构的先进理念与能源处理技术,降低煤炭使用过程中的污染排放。比如通过引入更高效的清洁煤技术和污染排放控制系统,减少燃煤电厂、工业锅炉等高碳排放,最终实现更有效率地利用煤炭以提高空气质量。

(2) 政府在制定节能减排政策时,应充分考虑到行业异质性,针对不同行业的技术创新特征、生

产与投资周期等行业特性,采取不同的行业节能减排引导政策。对于资本密集型、投资周期较长的重工业行业,采用更强的减排规制、技术创新专项补贴等,激励其技术改造和升级;对于轻工业和商业、服务业等行业,主要通过理顺能源供给价格、完善微观经营环境,促进其向绿色生产转型升级。另外,除了从技术供给面进行政策引导之外,政府可以考虑更多地从技术需求面,即扩大节能产品的市场需求来推动行业绿色转型。着力推动节能产品的推广和使用,扩大节能产品的市场规模。节能产品的市场规模(效应)是决定能源节约型技术进步收益大小的关键。因此,要加大对节能产品消费的公众引导和政府采购,逐步形成全社会对绿色环保产品使用的共识,政府采购则应在这方面做出表率,形成示范效应。同时,政府要加快环境保护税立法进程。尽快推出环境税,加强对环境税试行的税率、计税手段和征管模式等的研究,为环境税的顺利实施做好理论准备。鉴于能源消耗的异质性特征,对高耗能行业、企业及其相关产品的环境规制力度要相对更强。相应地,高耗能企业应作为首轮环境税征收对象,并且相比排污费,应课征更高的税率。根据发达国家经验,为了达到征税和遏制污染的目的,环境税的税率水平会逐步提高,征税范围会逐渐扩大,这将对企业生产经营形成一定冲击,因此,对于积极减排且达标的企业,政府可通过降低企业所得税、营业税等措施,减少环境税给企业带来的负面影响,从而实现环境保护与经济增长的协调发展。比如通过财政补贴、定向融资支持等措施对企业采购环保设备和环保技术研发等污染治理投资进行奖励。

(3)继续实施节能减排战略的同时,保持宏观环境、行业政策的相对稳定,尤其需要减少地方政府对产业发展的直接干预。鉴于宏观经济环境不稳定、政府干预等影响企业生产行为的制度环境对行业能源偏向型技术进步影响较大,在进一步的改革中应正确发挥政府作用,减少政府政策对企业频繁而直接的干预,保持宏观经济环境和要素价格的相对稳定。让企业在研发、技术进步投入的方向等方面形成较为稳定的预期,进而通过投融资和能源要素使用等行为逐步向节能减排技术创新转型。在进一步深化改革中应以市场化为基调,更加审慎地使用大规模的产业干预政策。因此,转变经济增长方式必须依靠经济发展的内在动力和中央与地方政府的政策激励^[25]。环境治理水平与环境质量一定程度上取决于各级政府治污的政治意愿。在大力推进能源资源与污染排放等领域的市场化改革的同时,需要科学合理地设计并激发地方政府减排激励的政策框架。地方政府完全有可能通过放松管制和进一步市场化改革,推动绿色技术创新,进而提高能源使用效率,实现增长转型。

[参考文献]

- [1]杨继生,徐娟,吴相俊. 经济增长与环境和社会健康成本[J]. 经济研究, 2013,(12):17-29.
- [2]陈诗一. 节能减排、结构调整与工业发展方式转变研究[M]. 北京:北京大学出版社, 2011.
- [3]David, P. A., and van de Klundert, T. Biased Efficiency Growth and Capital-Labor Substitution in the U.S., 1899-1960[J]. American Economic Review, 1965,55(3):357-394.
- [4]Klump, R., McAdam, P., and Willman, A. Unwrapping Some Euro Area Growth Puzzles: Factor Substitution, Productivity and Unemployment[J]. Journal of Macroeconomics, 2008,30(2):645-666.
- [5]Sato, R., and Morita, T. Quantity Or Quality: The Impact of Labour Saving Innovation on US and Japanese Growth Rates, 1960-2004[J]. Japanese Economic Review, 2009,60(4):407-434.
- [6]宋冬林,王林辉,董直庆. 技能偏向型技术进步存在吗? ——来自中国的经验证据[J]. 经济研究, 2010,(5):68-81.
- [7]戴天仕,徐现祥. 中国的技术进步方向[J]. 世界经济, 2010,(11):54-70.
- [8]Sanstad, A. H., Roy J., and Sathaye, J.A. Estimating Energy-augmenting Technological Change in Developing Country Industries[J]. Energy Economics, 2006,28(5):720-729.
- [9]Otto, V. M., Loschel, A., and Dellink, R. Energy Biased Technical Change: A CGE Analysis [J]. Resource and Energy Economics, 2007,29(2):137-158.
- [10]Karanfil, Fatih, and Yeddir-Tamsamani, Yasser. Is technological Change Biased toward Energy? A Multi-sectoral Analysis for the French Economy[J]. Energy Policy, 2010,38(4):1842-1850.
- [11]Hui, Jin, and Jorgenson, D.W. Econometric Modeling of Technical Change[J]. Journal of Econometrics, 2010,

- 157(2):205-219.
- [12]Binswanger, H. P. The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production[J]. American Economic Review, 1974,64(6):964-976.
- [13]Feng, Guohua, and Serletis, A. Productivity Trends in US Manufacturing: Evidence from the NQ and AIM Cost Functions[J]. Journal of Econometrics, 2008,142(1):281-311.
- [14]Acemoglu, D. Directed Technical Change[J]. Review of Economic Studies, 2002,69(4):781-809.
- [15]Acemoglu, D., Aghion, P., Burszty, L., and Hemous, D. The Environment and Directed Technical Changes [J]. American Economic Review, 2012,102(1):131-66.
- [16]Jorgenson, D. W., Ho, M. S., Samuels, J. D., and Stiroh, K. J. Industry Origins of the American Productivity Resurgence[J]. Economic Systems Research, 2007,19(3):229-252.
- [17]岳希明,任若恩. 测量中国经济的劳动投入:1982—2000年[J]. 经济研究, 2008,(3):16-28.
- [18]孙琳琳,任若恩. 中国资本投入和全要素生产率的估算[J]. 世界经济, 2005,(12):3-13.
- [19]孙琳琳,任若恩. 资本投入测量综述[J]. 经济学(季刊), 2005,(3):823-842.
- [20]Ryan, D.L., and Wales, T.J. Imposing Local Concavity in the Translog and Generalized Leontief Cost Functions[J]. Economics Letters, 2000,67(3):253-260.
- [21]Zellner, A. An Efficient Method for Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias [J]. Journal of American Statistical Association, 1962,57(298):348-368.
- [22]Kalman, R. E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems [J]. Journal of Basic Engineering, Transactions ASME, 1960,82(1):35-45.
- [23]汪海波. 新中国工业经济史(1979—2000)[M]. 北京:经济管理出版社, 2001.
- [24]周叔莲,郭克莎. 中国工业增长与结构变动研究[M]. 北京:经济管理出版社, 2000.
- [25]蔡昉,都阳,王美艳. 经济发展方式转变与节能减排内在动力[J]. 经济研究, 2008,(6):4-11.

Energy Biased Technology Progress and Green Growth Transformation —An Empirical Analysis Based on 33 Industries of China

HE Xiao-gang, WANG Zi-li

(Institute of Industrial Economics of Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract: Promoting the Chinese economy to achieve green growth transformation needs to rely on technological progress. This paper calculates the energy biased technology progress of 33 industries through constructing the measure model based on logarithmic cost function and Kalman Filter as well as evaluate dynamic evolution characteristics and influence factors of those energy biased technology progress. It finds that industry technology progress prefers to use more energy, which shows obvious high energy consumption characteristic. Capital intensive industries that lagging of marketing degree are more easily affected by the market scale effect and show energy consumption technology progress, industries that have light technology and equipment are more easily affected by energy price effect and show energy saving technology progress. Energy biased technology progress represents significant industry heterogeneity as a result of the characteristic of technological innovation and difference in investment cycle. Service industries and light industries have more frequent fluctuate and smaller amplitude than those of heavy industries. The bias of industry technology progress of China show larger and more frequent fluctuation compared with developed countries as a result of the fluctuation of macro environment and the distorted price and other non-marketing factors. It is important that maintaining the relative stability of macroeconomic environment and industry policy and promoting market oriented reform so as to stabilize the company's expectation and promote green technology innovation.

Key Words: factor price; energy biased technology progress; green growth transformation; state space model

JEL Classification: O32 P23 Q43

[责任编辑:覃毅]