

【统计应用研究】

工业绿色全要素生产率增长的动力体系及驱动效应研究

惠树鹏, 张威振, 边 珺

(兰州理工大学 经济管理学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要:在分析工业绿色全要素生产率影响因素的基础上,结合中国工业发展的现实,构建了包括基础动力和创新动力的工业绿色全要素生产率(GTFP)增长的动力体系,利用面板回归模型分析工业 GTFP 增长的驱动效应,研究发现:就整体而言,基础动力和创新动力呈现 1:1.05 比例结构,创新动力要略强于基础动力;东部地区的创新动力要显著强于基础动力;中部地区基础动力仍占主导地位;西部地区两种动力发展趋势相当。进一步研究发现,创新动力对工业 GTFP 的驱动存在以人力资本水平为门槛变量的双重门槛效应。

关键词:工业;绿色全要素生产率;动力体系;门槛效应

中图分类号:F403.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1007-3116(2017)12-0078-08

一、引言

绿色发展是以效率、和谐、持续为目标的经济增长和社会发展方式。当今世界,绿色发展已经成为一个重要趋势,许多国家把发展绿色产业作为推动经济结构调整的重要举措,突出绿色的理念和内涵。党的十八届五中全会上将绿色发展与创新发展、协调发展、开放发展和共享发展一起确定为指导中国“十三五”时期乃至更为长远的科学发展理念和发展方式^①。改革开放以来,在相当长的时期内中国经济实现了年均 10% 以上的高速增长,但这种高速增长是以高投资、高能耗及高排放为特征的粗放型增长,最终引致大量的资源消耗和严重的环境污染。

2014 年,只占 GDP 35.9% 的工业却消耗全国 69.9% 的能源,并排放出全国 88.1% 的 SO₂ 和 67.6% 的氮氧化物^②。在资源和环境双重约束下,工业增速放缓,2014 年,规模以上工业增加值比上年增长 8.3%^③;2015 年,规模以上工业增加值比上年增长 6.1%^④,说明粗放型的工业增长道路难以为继,中国工业发展必须向绿色集约发展方式转型。绿色集约发展既强调了绿色,又强调了集约发展,两个维度从本质上可归纳为绿色全要素生产率(GTFP)的增长。所谓绿色全要素生产率就是将资源、环境因素纳入到全要素生产率的核算之中,实现了生产率质和量的有机统一。工业 GTFP 的增长是近年来政府和学界研究的热点,已经形成了一定的理论基础

收稿日期:2017-04-16

基金项目:甘肃省哲学社会科学规划项目《甘肃省创新驱动经济发展质量研究》(YB041)、《甘肃省推进工业化进程研究》(YB079)

作者简介:惠树鹏,男,甘肃镇原人,教授,硕士生导师,研究方向:区域产业决策与管理;

张威振,男,河南商丘人,硕士生,研究方向:产业决策与管理;

边 珺,女,甘肃庆阳人,硕士生,研究方向:管理决策方法。

① 财信网,中国共产党第十八届中央委员会第五次全体会议公报,http://www.caixin.com/100867990.html,2015-10-29。

② 中华人民共和国国家环保部,全国环境统计公报,http://zls.mep.gov.cn/hjtj/qghjtjgb/201510.htm,2015-10-29。

③ 中华人民共和国国家统计局,2014 年国民经济和社会发展统计公报,http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201502.html,2015-2-26。

④ 中华人民共和国国家统计局,2015 年国民经济运行稳中有进、稳中有好,http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/20160.html,2016-1-19。

和应用成果。然而,有关中国工业 GTFP 的增长靠什么力量驱动以及如何驱动等关键问题,尚未得到明确的回答,对很多问题的研究尚有争议,还不能达到为工业绿色转型提供系统理论支持和实践指导的目的。鉴于此,本文开展绿色全要素生产率增长的动力体系的探索研究,以期形成较为系统全面的结论和政策启示,为政府推进工业绿色发展提供理论支持和实践指导。与已有文献相比,本文的贡献在于从动力学视角构建了工业 GTFP 增长的动力体系,对不同地区工业 GTFP 增长的驱动效应进行了定量研究。进一步研究发现,创新动力对工业 GTFP 增长的驱动不是线性的,而是以人力资本水平为门槛的非线性机制。

二、工业 GTFP 增长的动力体系

工业 GTFP 兼顾了绿色发展和集约发展两大主题,直接关系到工业经济发展方式的转变,如何驱动工业 GTFP 增长是学界研究的重要问题。诸多的学者对工业绿色全要素生产率增长的影响因素进行了较为广泛的研究,得出了有益的结论,但影响因素并不能真正明确回答工业 GTFP 增长靠什么力量驱动这一问题。虽然这些研究还不完善,尚未形成统一的结论,但这些影响因素是本文构建动力体系的逻辑起点。以影响因素为逻辑起点构建动力体系并非本文专有,学者周国华等在研究中国农村聚居演变的驱动机制及态势时,梳理了影响中国农村聚居演变的作用方式和程度将 23 项影响因素归纳为传统因子、新型因子和突变因子,在此基础上构建了中国农村聚居演变的“三轮”驱动机制^[1]。本文借鉴这一研究思路,立足已有文献,按照“影响因素—驱动力量—动力体系”的逻辑主线,从动力学视角构建工业绿色全要素生产率增长的动力体系。

(一)工业 GTFP 增长的动力体系构建

国内外学者依据各自的研究目的和研究视角,考虑数据的可得性,对工业 GTFP 增长的影响因素进行了研究。按照其对工业 GTFP 增长影响的方式和程度,这些影响因素进一步可以归纳为两个方面:一是工业发展的基础因素,反映工业发展的现状、环境和投入情况,包括工业发展规模、要素禀赋、对外开放度、能耗结构;二是驱动工业转型升级的新型因素,反映工业发展的制度创新、技术创新和新一代信息技术嵌入到工业生产中的集成创新,包括环境规制、市场化改革、技术进步与技术融合。各基础

因素凝聚成为基础动力,各新型因素凝聚成为创新动力,二者共同构成了工业 GTFP 增长的动力体系(见图 1)。

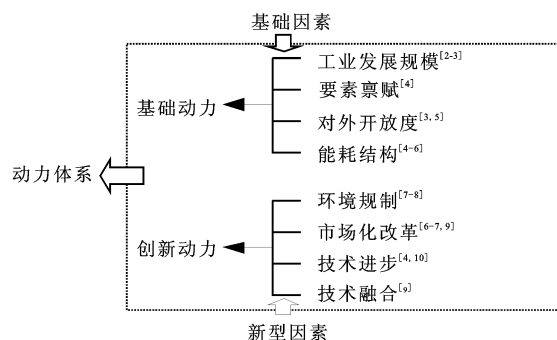


图 1 工业 GTFP 增长的动力体系图

(二)工业 GTFP 增长驱动的理论分析

迈克尔·波特的“四阶段驱动论”表明,要素驱动、投资驱动、创新驱动和财富驱动四个阶段既前后相继,依次推进,又彼此相容,互动影响。中国工业目前正处于由投资驱动向创新驱动转变的关键阶段,因此工业 GTFP 增长的驱动不是单一动力,而是混合性的动力体系。在创新动力较弱的前提下,工业 GTFP 增长又不能没有基础动力。因此,在动力体系中,基础动力延续传统增长路径,是工业 GTFP 增长的支撑性动力;创新动力推动工业绿色转型升级,是工业 GTFP 增长的关键性动力;两者相互影响、叠加构成工业 GTFP 增长的动力体系。在基础动力作用下,工业 GTFP 增长速度相对缓慢、平稳,其主要作用是对传统增长路径的延续。当然在激烈的市场竞争中,基础性动力作用下工业 GTFP 增长有可能走向衰退,也可能因路径依赖而陷入低水平徘徊。在创新动力作用下,工业 GTFP 增长速度也相对较快,但由于创新本身以及作用过程的不稳定性、复杂性与交叉性,工业 GTFP 增长可能会呈现出一定的阶段波动性。就某一时点上而言,工业 GTFP 增长的驱动力是基础动力、创新动力相互作用后的合力,而工业 GTFP 增长的变动路径是图 2 中两种路径的叠加。

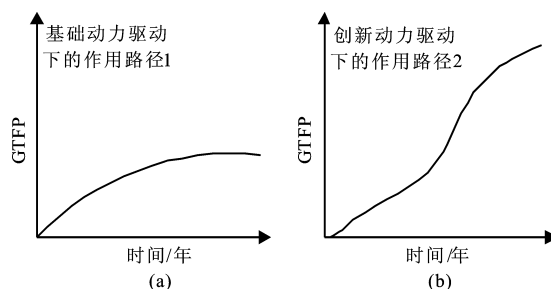


图 2 单个动力驱动下的工业 GTFP 的变动路径示意图

三、工业 GTFP 增长的驱动效应

按照构建的动力体系,结合中国工业发展的现实,按照先影响因素后动力体系的思路构建面板回归模型,进一步逆向可操作化,选取相应的变量,采集相关数据,对工业 GTFP 增长的驱动效应进行定量分析。

(一)模型构建

选取工业绿色全要素生产率作为被解释变量,基础因素和新型因素作为解释变量,构建面板回归模型为:

$$Y^{k,t} = \beta_0 + \beta_i \sum_{i=1}^8 X_i^{k,t} + \varepsilon^{k,t} \quad (1)$$

式(1)是工业 GTFP 增长的影响因素模型,其中 $Y^{k,t}$ 表示第 k 省份 t 年的工业绿色全要素生产率, $X_i^{k,t}$ 表示第 k 省份 t 年的影响因素变量,依次为工业发展规模(IDS)、要素禀赋(FEN)、对外开放度(FCD)、能耗结构(ECS)、环境规制(ENR)、市场化改革(MOR)、技术进步(TEP)、技术融合(TEI) 8 个影响因素, β_0, β_i 为待估计的参数, $\varepsilon^{k,t}$ 为随机扰动项。

为进一步研究两种驱动力对工业绿色全要素生产率的影响,构建驱动机制面板模型如下:

$$GTFP^{k,t} = \mu_0 + \mu_1 BSP^{k,t} + \mu_2 IND^{k,t} + \sigma^{k,t} \quad (2)$$

式(2)是工业 GTFP 增长的驱动模型, $GTFP^{k,t}$ 表示工业绿色全要素生产率,与式(1)的 $Y^{k,t}$ 含义一致; $BSP^{k,t}$ 、 $IND^{k,t}$ 分别表示基础动力和创新动力, μ_0, μ_1 和 μ_2 为待估计的参数, $\sigma^{k,t}$ 为随机扰动项。

(二)变量选取及数据描述

1. 变量选取及生成。选取工业绿色全要素生产率为被解释变量。在充分考虑科学性、系统性、可比性以及数据可得性的情况下,剔除具有共线性的影响因素,选取工业发展规模、要素禀赋、对外开放度、能耗结构作为基础因素变量;选取环境规制、市场化改革、技术进步和技术融合作为新型因素变量。

1)被解释变量(GTFP)。本文在测度工业绿色全要素生产率时,选取资本投入、劳动投入和能源投入作为投入指标。其中,资本投入采用工业固定资产投资,运用永续盘存法(PIM)处理后得到;劳动投入用各地区工业企业从业人员年平均人数来表示;能源投入选取各地区煤炭消费量来表示。产出指标包括期望产出和非期望产出。对于期望产出指标,本文使用各省份规模以上工业企业工业增加值来衡量;对于非期望产出指标,

本文借鉴袁晓玲等学者的研究,使用各省份“三废排放”,即工业废水排放量、工业废气排放量、工业固体废弃物排放量来表示^[11]。具体而言,根据 Fareetal 构造一个既包括“好”产出,又包括“坏”产出的生产可行集,即环境技术^[12]。把每一个省份看作是一个独立的决策单元(DMU_k),其中假设每个省份使用 N 种投入 $x = (x_1, x_2, \dots, x_N) \in R_N^+$, 生产出 M 种“好”产出 $y = (y_1, y_2, \dots, y_M) \in R_M^+$, 生产非期望产出即 I 种“坏”产出 $b = (b_1, b_2, \dots, b_I) \in R_I^+$; 在每一期中 $t = 1, 2, \dots, T$, 一共有 $k = 1, 2, \dots, K$ 个省份,其投入和产出值为 $(x^{k,t}, y^{k,t}, b^{k,t})$ 。考虑资源环境下的 SBM 方向性距离函数为:

$$\begin{aligned} \vec{S}_V^t(x^{k',t}, y^{k',t}, b^{k',t}, g^x, g^y, g^b) = \\ \max_{s^x, s^y, s^b} \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^x}{g_n^x} + \frac{1}{M+I} \left(\sum_{m=1}^M \frac{s_m^y}{g_m^y} + \sum_{i=1}^I \frac{s_i^b}{g_i^b} \right)}{2} \\ \text{s. t. } \sum_{k=1}^K z_k^x x_{kn}^t + s_n^x = x_{kn}^t, \forall n; \\ \sum_{k=1}^K z_k^y y_{km}^t + s_m^y = y_{km}^t, \forall m; \\ \sum_{k=1}^K z_k^b b_{ki}^t + s_i^b = b_{ki}^t, \forall i; \\ \sum_{k=1}^K z_k^t = 1, z_k^t \geq 0, \forall k; s_n^x \geq 0, \forall n; \\ s_m^y \geq 0, \forall m; s_i^b \geq 0, \forall i \end{aligned} \quad (3)$$

式中 $(x^{k',t}, y^{k',t}, b^{k',t})$ 是省份 k' 在 t 时期的投入产出向量, (g^x, g^y, g^b) 表示投入和期望产出扩张且非期望产出压缩,取值为正的方向向量,其中 (s_n^x, s_m^y, s_i^b) 为投入产出的松弛向量, z_k 为横截面观察值的权重。基于产出角度构造全要素生产率指数, t 到 $t+1$ 期的 ML 生产率指数为:

$$\begin{aligned} M(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) = \\ \left[\frac{\vec{S}^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{\vec{S}^t(x^t, y^t, b^t)} \times \frac{\vec{S}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{\vec{S}^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (4)$$

2)解释变量。第一,基础因素。基础因素由工业发展规模、要素禀赋、对外开放度和能耗结构四个变量归纳得到。工业发展规模(IDS)选取规模以上工业企业工业增加值占当地 GDP 的比重表示;要素禀赋(FEN)采用资本与劳动力比来表示,其中资本用工业固定资产投资按永续盘存法(PIM)估算得到,劳动人员采用从业人员年平均人数表示;对外开放度(FCD)选取历年各省份进出口总额与 GDP 的比值来表示;能耗结构(ECS)采用折合为标准煤的

煤炭消费量占能源消费总量的比重来表示。

第二,新型因素。新型因素由环境规制、市场化改革、技术进步和技术融合综合而成。其中环境规制(ENR),采用污染治理运行成本占规模以上工业企业总产值的比重来表示;市场化改革(MOR)选取非国有企业的固定资产与规模以上工业企业固定资产的比值来表示;技术进步(TEP)选取工业技术进步指数表示;技术融合(TEI)的选取主要考虑以互联网、大数据为特征的新一代信息技术嵌入到工业生产的各环节,很可能会引致工业 GTFP 大幅增长。该指标来源于中国电子信息产业发展研究院发布的《中国信息化与工业化融合发展水平评估报告》,该指标由工业增加值占 GDP 比重、第二产业全员劳动生产率、工业成本费用利润率、单位工业增加值工业专利量、单位地区生产总值电耗、电子信息制造业主营业务收入、软件业务收入 7 项指标综合构成。

第三,基础动力和创新动力。基础动力(BSP)是模型(1)中以 IDS、FEN、FCD 和 ECS 的回归系数为权数的线性组合,即 $BSP = \hat{\beta}_1 DES + \hat{\beta}_2 FEN + \hat{\beta}_3 FCD + \hat{\beta}_4 ECS$ 。创新动力(IND)是模型(1)中以 ENR、MOR、TEP 和 TEI 回归系数为权数的线性组合,即 $IND = \hat{\beta}_5 ENR + \hat{\beta}_6 MOR + \hat{\beta}_7 TEP + \hat{\beta}_8 TEI$,其中 $\hat{\beta}_i$ 为回归系数。回归系数反映的是自变量每变动一个单位,因变量平均意义上的变动量,它刻画的是自变量变动对因变量变动的重要性,是天然的权数。在已有文献中也不乏专门以回归系数为权数的范例,饶运章和张学焱采用回归系数来确定评判权重,将综合评判模型和确定的权重应用于龙南县东江乡足洞试验矿某边坡实例中,评价分析了该边坡的稳定性,评判结果与实际相符合^[13]。

2. 数据来源及描述。本研究所采用的原始数据来源于 2011—2016 年的《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》和《中国信息化与工业化融合发展水平评估报告》。样本涉及中国大陆 30 个省份(西藏由于数据缺失被剔除),对上述变量取值进行描述性统计分析如表 1。

(三)模型估计及分析

为了保持数据的平稳性,便于对模型的稳健性进行评估,采用 Stata13.1 软件,在面板模型(1)的基础上分别进行了固定效应、随机效应、混合效应回归,回归结果见表 2。

表 1 工业绿色全要素生产率驱动效应数据描述

变量	均值	标准差	最小值	最大值
工业 GTFP	0.624	0.166	0.353	1.392
BSP	0.363	0.0819	0.165	0.597
IDS	0.396	0.080	0.131	0.526
FEN	188.0	95.15	62.59	584.2
FCD	0.303	0.352	0.0366	1.584
ECS	0.688	0.285	0.121	1.423
IND	0.463	0.143	0.220	1.158
ENR	0.00354	0.00311	0.000367	0.0270
MOR	0.447	0.170	0.140	0.784
TEP	0.633	0.158	0.386	1.392
TEI	0.704	0.259	0.331	1.359

注:观测值为 180。

表 2 面板数据回归结果

变量	固定效应模型	随机效应模型	混合效应模型
	GTFP	GTFP	GTFP
IDS	1.143*** (0.120)	0.738*** (0.094)	0.320 (0.222)
FEN	0.294*** (0.000103)	0.000138 (0.0000885)	-0.000654 (0.000391)
FCD	-0.028 (0.049)	0.007 (0.027)	-0.114 (0.075)
ECS	-0.198*** (0.056)	-0.135*** (0.036)	-0.050 (0.055)
ENR	-1.071 (1.238)	-0.980 (1.271)	2.364 (6.947)
MOR	0.210** (0.081)	0.211*** (0.057)	0.112 (0.086)
TEP	0.794*** (0.045)	0.896*** (0.037)	1.442*** (0.296)
TEI	0.082** (0.040)	0.020 (0.032)	0.033 (0.100)
_cons	-0.201*** (0.0640)	-0.087 (0.0505)	-0.205 (0.198)
N	180	180	180
adj. R ²	0.891	0.881	0.872
Hausman-Wu	chi ² (7) = 9.27	chi ² (7) = 2.87	chi ² (7) = 0.43
Prob>chi ²	= 0.234	Prob>chi ² = 0.897	Prob>chi ² = 0.9997

注:Standard errors in parentheses. *表示 $p < 0.1$, **表示 $p < 0.05$, ***表示 $p < 0.01$; Hausman 检验中 $chi^2 = 36.10$, $p = 0.000$,故选用固定效应模型。

由于传统的面板模型可能存在内生性问题,本文通过 Hausman - Wu 检验证明内生性问题对 OLS 的估计结果影响很小,说明面板模型选取合适。通过对三种模型做 Hausman 检验,选取固定效应模型,且固定效应方程的回归系数大都呈显著水平,以及系数符号和预期较为一致,就整体而言,

模型拟合得很好且稳健性较强。

基础因素中,工业发展规模对工业 GTFP 具有显著性的正影响。工业在 GDP 中的比重越大,对实现集约发展、绿色发展的影响越大,政府在节能减排和技术创新方面的支持力度也越大,会引致工业 GTFP 增长;要素禀赋对于工业 GTFP 具有显著的正影响,说明工业 GTFP 增长在一定程度上仍然离不开资本驱动;对外开放度对于工业 GTFP 影响不显著;能耗结构对于工业 GTFP 整体的影响呈显著负相关,煤炭资源作为不可再生能源,其过度消耗会影响工业 GTFP 增长,说明近年来中国工业增长不能再以高能耗为代价而得以延续。

创新因素中,环境污染不利于工业 GTFP 增长,加强对环境的规制有利于传统工业企业实施清洁生产,减少各类污染物的排放,进而引致工业 GTFP 的提高。但环境规制对于工业 GTFP 整体的影响呈高度负相关,说明目前工业治污投入不足,环境规制较弱拖累了工业 GTFP 增长;市场化改革对工业 GTFP 具有显著正影响,市场化改革对工业发展的意义在于优化工业资源配置,提高生产效率;技术进步对于工业 GTFP 的影响呈显著正相关的,且其系数达到 0.794,这也说明技术进步对工业 GTFP 增长的作用较为明显。技术融合对于工业 GTFP 的影响显著正相关,但影响系数较小,这表明新一代信息技术与工业融合对工业 GTFP 增长的重要性,另一方面也说明信息技术与工业融合的程度还不深入,信息技术工业应用效益还不明显。

运用 Stata13.1 软件估计模型(2),考虑工业发展存在地区差异,分别选取东部地区、中部地区和西部地区的数据进行面板回归,分析、比较各地区间驱动效应的差异,结果见表 3。

表 3 工业绿色全要素生产率驱动效应回归结果

	全国 GTFP	东部地区 GTFP	中部地区 GTFP	西部地区 GTFP
BSP	0.999*** (0.088)	0.744*** (0.175)	1.116*** (0.109)	1.005*** (0.197)
IND	1.054*** (0.033)	1.039*** (0.036)	0.792*** (0.080)	0.989*** (0.080)
_cons	-0.201*** (0.029)	-0.133** (0.061)	-0.164*** (0.036)	-0.245*** (0.060)
N	180	66	48	66
adj. R ²	0.891	0.828	0.890	0.889

注:括号内值为系统误差。***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著。

通过 Hausman 检验,所有模型均选取固定效应模型,分析表 3,模型拟合优度 R² 值较大,且固定

效应方程的回归系数大都呈显著水平,以及系数符号和预期较为一致,就整体而言,模型拟合得很好且稳健性较强,可以用来分析。

从全国回归结果可以看出,基础动力和创新动力对工业 GTFP 都具有显著的正向驱动作用,基础动力与创新动力的回归系数呈 1:1.05 比例结构,说明工业 GTFP 增长的动力体系中,创新动力略强于基础动力,工业创新驱动发展成效正在逐步显现,工业 GTFP 增长正在向创新驱动转变。

从分地区回归结果可以看出,东、中、西三大区域的基础动力和创新动力对工业 GTFP 增长都具有显著的正向驱动作用,但就各区域基础动力与创新动力的比例结构而言,具有明显的差异性:东部为 0.7:1,中部为 1.1:0.8,西部为 1:1。这说明在东部地区工业 GTFP 增长的动力体系中,创新动力显著强于基础动力,基础动力的驱动效应在弱化,工业创新驱动效应占据主导地位;在中部地区工业 GTFP 增长的动力体系中,基础动力依旧占据着主导地位,创新动力正在逐步发展,但与基础动力相比尚有相当的差距;在西部地区工业 GTFP 增长的动力体系中,两种动力对工业 GTFP 增长驱动效应强度相当。学者魏守华等研究认为,区域创新能力显著影响全要素生产率(TFP),东部地区不仅科技投入规模大,更由于优越的集群环境以及良好的外部技术溢出渠道,其创新能力高于中西部地区,因而创新能力对全要素生产率(TFP)的影响要比中西部地区更强^[14]。本文中关于基础动力与创新动力比例的区域差异性与以上学者的研究结论一致。

四、进一步研究和扩展

通过对工业 GTFP 增长的动力体系及驱动效应的研究,似乎只要持续加大创新动力就可以实现工业 GTFP 增长的创新驱动。事实可能并非如此,创新动力对工业绿色全要素生产率的驱动作用可能会随着人力资本水平的差异而呈现非线性机制。无论是技术创新、制度创新还是新一代信息技术在工业生产各环节的运用都是由具备一定素质的劳动者来完成的,会受到人力资本水平的制约,若人力资本处于较低水平,知识存量和信息素养较低,创新意识差,就很难进行技术创新和制度创新,更无法将先进技术落实到生产实践中,从而抑制工业绿色全要素生产率的提高;反之,人力资本水平较高,拥有创新的知识储备,可以更有效地学习,与其他创新主体充分交流进而实现协同创新,就可以自觉地将

先进技术运用到生产实践中,从而驱动工业绿色全要素生产率的提高。基于此,本文运用中国 30 个省份(西藏由于数据缺失被剔除)的面板数据定量考察人力资本水平大于或小于某门槛值时,创新动力对工业绿色全要素生产率驱动的差异性。

(一)面板门槛模型和门槛变量

本文以工业绿色全要素生产率为因变量,人力资本水平为门槛变量,探讨人力资本水平在特定门槛值时,创新动力对工业绿色全要素生产率驱动的差异。本文借鉴著名计量经济学家 Hansen 于 1999 年首次提出的面板门槛模型,具体模型设定如下^[15]:

$$GTFP^{k,t} = u^k + \alpha BSP^{k,t} + k_1 IND^{k,t} \times I(q^{k,t} \leq \gamma_1) + k_2 IND^{k,t} \times I(\gamma_1 < q^{k,t} < \gamma_2) + k_3 IND^{k,t} \times I(q^{k,t} > \gamma_2) + \lambda^{k,t} \quad (5)$$

其中, $GTFP^{k,t}$ 代表第 k 省份 t 年的工业绿色全要素生产率; $BSP^{k,t}$ 代表基础动力; $IND^{k,t}$ 代表创新动力; $q^{k,t}$ 为门槛变量(人力资本水平); γ 为待估计的门槛值; $I(\cdot)$ 为指示性函数,其值按照表达式的真伪相应取 1 或 0; u^k 为个数固定效应; $\lambda^{k,t}$ 为随机扰动项。

由于数据的可得性,人力资本水平 ($q^{k,t}$) 可以利用劳动力平均受教育年限来考量。具体测算公式为:劳动力的平均受教育年限 = 不同教育程度的人口比重 × 相应的教育年限。其中文盲与半文盲受教育年限为 0 年,小学为 6 年,初中为 9 年,高中和中专均为 12 年,大专及以上为 15.5 年。原始数据来源于 2011—2016 年的《中国统计年鉴》。

(二)门槛效应检验

根据表 4 中的 F 统计量和 Bootstrap 方法得到的 p 值可以判断门槛的个数,具体而言,三重门槛未通过显著性检验,单一门槛通过了 10% 水平的显著性检验,双重门槛通过了 1% 水平的显著性检验,比较可知模型中存在两个门槛值,因此,本文选择双重门槛模型进一步分析。

表 4 门槛效应检验结果

模型	F 值	p 值	BS 次数	1% 临界值	5% 临界值	10% 临界值
单一门槛	7.953*	0.098	1 000	14.486	10.168	7.864
双重门槛	13.048***	0.000	1 000	4.841	2.840	1.943
三重门槛	0.000	0.818	1 000	0.000	0.000	0.000

注:***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著。下表同。

(三)门槛值及其区间估计

确定双重门槛效应后,进一步对双重门槛值进

行识别,观察两个门槛值是否等于真实值。表 5 给出了门槛值的点估计值及其 95% 的置信区间,两个门槛值的置信区间较窄,说明门槛值识别效果较为显著,且两个门槛值处于相应的置信区间时,似然比值都小于 5% 的显著性水平的临界值,说明两个门槛值都和真实值相等。

表 5 门槛值的点估计和区间估计

	门槛估计值	95% 置信区间
单一门槛模型(q_1)	8.525	[8.496, 9.863]
双重门槛模型:		
Ito1(q_1)	8.525	[8.495, 8.996]
Ito2(q_2)	9.141	[9.100, 10.44]
三重门槛模型(q_3)	8.841	[8.828, 8.915]

(四)门槛模型回归结果及分析

在门槛值确定的基础上,对模型进行参数估计。为了便于比较,本文同时给出了线性固定效应模型和双重门槛模型的参数估计,结果如表 6 所示。

表 6 模型估计结果

	固定效应模型			双重门槛模型		
	系数	标准误	T 统计量	系数	标准误	T 统计量
BSP	0.999***	0.088	11.36	0.324**	0.060	5.38
IND	1.054***	0.033	31.94			
IND×I ($q \leq 8.525$)				1.124***	0.035	32.04
IND×I(8.525 $\leq q \leq 9.141$)				1.166***	0.037	31.13
IND×I ($q \geq 9.141$)				1.213***	0.039	31.29
常数	-0.201***	0.029	-6.93	-0.028	0.025	-1.13
	F=779.13			F=319.26		
	adj. R ² =0.891			adj. R ² =0.913		

从表 6 可知,两个模型的系数检验的显著性和符号基本一致,说明本文的估计结果是比较稳健的。就两个模型拟合的优劣来看,双重门槛模型的拟合优度提高,说明双重门槛模型比线性固定效应模型更好地解释创新动力与工业 GTFP 之间的依赖关系,若直接使用线性模型,则门槛效应就被忽略,就会给人一种只要提高创新动力就可以提高工业 GTFP 的错觉,创新动力驱动工业 GTFP 提升的内在机制就会被掩盖。

按照前文确定的双重门槛模型,将样本划分为三个区间,人力资本水平处于不同的区间,创新动力对工业 GTFP 的影响系数及显著性也相应的不同。当人力资本在第一门槛之下($q \leq 8.525$),创新动力对工业 GTFP 呈现显著的正相关,但是相关系数相对略低,说明在较低的人力资本水平下,创新动力发

挥的作用被限制,不能充分驱动工业 GTFP 的增长;当人力资本跨越第一门槛小于第二门槛($8.525 \leq q \leq 9.141$),创新动力对工业 GTFP 呈现正影响,且影响系数有所提高;当人力资本跨越第二门槛($q \geq 9.141$)时,创新动力对工业 GTFP 呈显著正影响,而且影响系数达到最高,这说明较高的人力资本水平更有利于创新动力驱动工业 GTFP 的增长^[16]。综合三个样本区间可知,创新动力依赖于人力资本水平,对工业 GTFP 的影响呈现明显的双重门槛效应,即创新动力是否能够有效促进工业绿色全要素生产率增长,要受到人力资本水平的制约。只有人力资本水平提高到一定程度,创新动力对工业 GTFP 的增长效应才能够被有效释放。这是因为在工业生产中,只有具备较高人力资本水平的劳动力,才能够充分利用和有效使用技术等资源,最大程度地发挥创新动力对工业 GTFP 的促进作用;反之,将不利于创新动力对工业 GTFP 的驱动。

五、结论与政策启示

破解资源和环境双重约束、实现工业绿色发展就是要千方百计提升绿色全要素生产率。本文立足中国工业发展的现实,借鉴相关理论,在梳理文献的基础上构建了中国工业 GTFP 增长的动力体系,对工业 GTFP 增长的驱动效应进行了实证分析,进一步探索了工业 GTFP 增长的驱动机制,在此基础上得出了相关结论和启示。

(一)主要结论

1. 文献梳理发现,工业 GTFP 增长的影响因素大体可以归纳为两类:一类是工业 GTFP 增长的支撑、基础性因素,另一类是工业 GTFP 增长的新型因素。本文借鉴波特的“四阶段”驱动理论将上述两类因素归纳为基础动力和创新动力。考虑中国工业发展的实践和“两化融合”发展状况,将工业与信息化融合的应用效益指数归入创新动力中。由此构建了包括基础动力、创新动力为一体的工业 GTFP 增长的动力体系。在动力体系中,两种动力对工业 GTFP 增长的驱动功能和作用不同,其中基础动力支撑延续工业 GTFP 增长的原有路径,创新动力是工业 GTFP 增长的关键动力,促进工业绿色转型升

级。两者相互作用形成合力,共同驱动形成了工业 GTFP 增长的路径。

2. 通过构建面板模型,对工业 GTFP 增长的驱动效果做了定量研究,结果显示,就总体而言,工业 GTFP 增长的驱动效应呈现 1:1.05 比例结构,即创新动力略强于基础动力。就各区域而言,基础动力和创新动力呈现的比例结构分别为:东部为 0.7:1,中部为 1.1:0.8,西部为 1:1,即东部地区创新动力显著强于基础动力;中部地区基础动力依旧占据主导地位;西部地区两种动力基本相当。

3. 进一步研究发现,创新动力对工业 GTFP 的驱动存在以人力资本水平为门槛变量的双重门槛效应。创新动力对工业 GTFP 的促进作用会受到人力资本水平的制约,当人力资本水平尚未跨越第一门槛,创新动力对工业 GTFP 有显著的正影响;当人力资本水平跨越第一门槛而小于第二门槛,创新动力对工业 GTFP 有显著的正影响,驱动作用也在增强;人力资本水平跨越第二门槛,创新动力对工业 GTFP 有显著的正影响,驱动作用最强。

(二)启示与展望

1. 在工业 GTFP 增长的动力体系中,基础动力仍然发挥着很重要的作用,工业 GTFP 增长正处于由投资驱动向创新驱动转变的关键阶段。因此,在实施创新驱动战略的初期,仍然要重视基础动力的基础和支撑作用,进一步优化动力体系的政策导向,应在保证基础动力支撑的条件下,着力实施创新驱动战略,增强创新动力。

2. 鉴于创新动力对工业 GTFP 增长驱动的双重门槛效应,政府在实施工业创新驱动战略时,不能单纯依靠加大创新驱动方面的投入,而应着力优化技术创新、消化吸收和推广应用的环境,特别是要加快创新型人才的培养,持续快速地提高人力资本水平^[17]。

3. 工业 GTFP 增长的动力体系及驱动是一个复杂的问题,本文对动力体系的归纳及驱动机制的研究尚在起步阶段,实证研究仍然存在着研究区间过短等问题,工业 GTFP 的增长的驱动机制尚需进一步研究。

参考文献:

- [1] 周国华,贺艳华,唐承丽,等.中国农村聚居演变的驱动机制及态势分析[J].地理学报,2011(4).
- [2] Yoruk B,Zaim O. Productivity Growth in OECD Countries: A Comparison with Malmquist Indices[J]. Journal of Comparative Economics,2005(33).

- [3] 汪锋,解晋. 中国分省绿色全要素生产率增长率研究[J]. 中国人口科学,2015(2).
- [4] 陈超凡. 中国工业绿色全要素生产率及其影响因素——基于 ML 生产率指数及动态面板模型的实证研究[J]. 统计研究,2016(3).
- [5] 沈可挺,龚健健. 环境污染,技术进步与中国高耗能产业[J]. 中国工业经济,2011(12).
- [6] 李玲,陶锋. 污染密集型产业的绿色全要素生产率及影响因素——基于 SBM 方向性距离函数的实证分析[J]. 经济学家,2011(12).
- [7] 庞瑞芝. 转型期间我国新型工业化增长绩效及其影响因素研究[J]. 中国工业经济,2011(4).
- [8] 殷宝庆. 环境规制与我国制造业绿色全要素生产率——基于国际垂直专业化视角的实证[J]. 中国人口·资源与环境,2012(12).
- [9] 沈裕谋,张亚斌. 两化融合对中国工业绿色全要素生产率的影响研究[J]. 湖南科技大学学报:社会科学版,2014(5).
- [10] Chen C, Han J, Fan P. Measuring the Level of Industrial Green Development and Exploring Its Influencing Factors: Empirical Evidence from China's 30 Provinces [J]. Sustainability,2016(2) .
- [11] 袁晓玲,班斓,杨万平. 陕西省绿色全要素生产率变动及影响因素研究[J]. 统计与信息论坛,2014(5).
- [12] Fareetal. Environmental Production Functions and Environmental Directional Distance Functions [J]. Energy,2007(32).
- [13] 饶运章,张学焱. 基于 Logistic 回归模型确定权重的模糊综合评判法在边坡稳定性分析中的应用[J]. 有色金属科学与工程,2015(6).
- [14] 魏守华,吴贵生,吕新雷. 区域创新能力的影响因素——兼评我国创新能力的地区差距[J]. 中国软科学,2010(9).
- [15] Hansen B. Threshold Effects in Non-dynamic Panels; Estimation, Testing and Inference[J]. Journal of Econometrics,1999(2).
- [16] 刘海瑛,修静,李淑华. 节能减排约束下的工业全要素生产率[J]. 商业研究,2015(5).
- [17] 王国胜,宫奕璐. 有限且有效政府的关键要素和驱动引擎探论[J]. 河南师范大学学报:哲学社会科学版,2016(1).

A Study on Driving Effect and Power System of Industrial Green Total Factor Productivity Growth

HUI Shu-peng,ZHANG Wei-zheng,BIAN Jun

(School of Economics and Management,Lanzhou University of Technology,Lanzhou 730050,China)

Abstract: Combined with the reality of China's industrial development, on the basis of combing relevant literature of industry green total factor productivity (GTFP), this paper has built power systems of industrial GTFP growth including basic power and innovation power. Using panel regression model to analyze the driven effect of industrial GTFP growth. The conclusions show that basic power and innovation power presented 1:1.05 proportion on the whole, the basic power slightly stronger than innovation power. The innovation power is significantly stronger than the basic power in the eastern region; the basic power is still dominant in the central region; the two powers' tendency are quite in the western region. Further study finds that the driving force of innovation drives industrial GTFP has dual threshold effect with human capital level as threshold variable.

Key words: industries; GTFP; power system; threshold effect

(责任编辑:李 勤)