

# “一带一路”国家绿色全要素生产率的 时空演变及影响机制\*

黄秀路<sup>1</sup>, 韩先锋<sup>2</sup>, 葛鹏飞<sup>2,3</sup>

(1. 西安交通大学金禾经济研究中心, 陕西 西安 710049;

2. 西北大学经济管理学院, 陕西 西安 710127;

3. 西北大学中国西部经济发展研究中心, 陕西 西安 710127)

**内容提要:**本文基于SBM-DDF的Luenberger生产率指数,使用跨国面板数据,测度并分析“一带一路”国家绿色全要素生产率的时空特征,借助计量模型识别影响因素的作用机制。研究发现:沿线国家绿色TFP以年均0.43%的速度缓慢增长,其中,纯技术进步、纯技术效率、技术规模、规模效率增长速度分别为0.52%、-0.35%、0.24%、0.01%。相比欧洲,亚洲增长率更高,但也表现出较大的增长差异;健康人力资本、信息化对整体绿色TFP有促进效应,贸易、金融支持仅与欧洲正相关,对亚洲有抑制影响;各因素对绿色TFP的作用机制存在异质性:一方面,健康人力资本通过纯技术效率和纯技术进步提升绿色TFP,信息化则以纯技术进步和技术规模为实现路径;另一方面,亚洲绿色TFP的促进机制较单一,而欧洲则呈现多样化。本文首次将绿色TFP应用于“一带一路”问题研究,有助于“一带一路”战略实施及沿线国家的绿色经济发展。

**关键词:**“一带一路”;绿色全要素生产率;SBM-DDF-Luenberger

**中图分类号:**F061.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2017)09—0006—14

## 一、引言

在过去的三十多年时间里,中国能够保持高速的经济增长,与外部环境的支持密不可分。外部环境对中国经济增长的支持体现在供求两方面。2016年,中国进口的原油、铁矿石和煤等工业原料分别为3.81亿吨、10.24亿吨、2.56亿吨;进出口的货物分别为10.49万亿元和13.84万亿元。近年来,随着中国经济进入新常态,对外部需求相对下降,而对周边国家经济的支持力在逐渐上升。中国正面临从自身经济向外部经济关系的转型,实现经济增长外化途径的基本思路是向外部经济提供相应的支持,以带动自身和外部经济的共同发展。中国政府提出“一带一路”倡议,正是自身与外部经济关系调整的自然延伸(赵江林,2014)。“一带一路”倡议顺应沿线国家谋求自身发展的强烈愿望,中国在资金、技术、人力资本、经验等方面有明显的比较优势,对沿线国家是一个难得的具有某种不可替代性的发展机遇(周方银,2015)。但是,“一带一路”倡议涉及领域多、国家多、合作机制多,而且沿线国家在政治、经济、历史、文化的差异性在全世界最突出的,短期内无法形成统一的机制化安排(李向阳,2014)。并且国际社会口头响应者多,积极度上处于中国独立推进的态势(周方银,2015)。毫无疑问,中国在“一带一路”上的态度和实际行动对其他国家建设“一带一路”有着路径性质的影响。因此,只有从“一带一路”整体出发,构筑沿线各国共同利益基础,实现沿线国家经济的全面协调发展,才能更好地实现“一带一路”战略(赵江林,2016)。而这一目标的实现,需要对沿线国

收稿日期:2017-05-31

\* 基金项目:教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“丝绸之路经济带战略背景下西部地区金融资源配置效率提升研究”(16JJD790048)。

作者简介:黄秀路(1987-),女,湖南桂阳人,博士研究生,研究领域是宏观计量与系统性风险,E-mail:jdjhxl@126.com;韩先锋(1984-),男,陕西商洛人,博士研究生,研究领域是创新与经济增长,E-mail:hanxianfeng2008@163.com;葛鹏飞(1985-),男,河北石家庄人,博士研究生,研究领域是生产率与经济增长,E-mail:xdjrgpf@126.com。通讯作者:葛鹏飞。

家的全要素生产率(TFP)进行系统性分析;原因在于 TFP 是衡量经济发展的核心指标,其增长差异是造成不同国家间经济差异的根本原因(Klenow & Rodriguez-Clare,1997;Hall & Jones,1999)。

伴随全球经济增长,碳排放引发的气候变暖导致极端天气频繁出现,给全球带来巨大的社会经济损失。为此,世界各国签署《巴黎协定》<sup>①</sup>,倡导各国向绿色可持续的经济增长方式转型。“一带一路”作为中国主导的国际区域经济合作战略,已经把发展绿色低碳经济纳入到合作重点中<sup>②</sup>。根据世界银行数据,“一带一路”沿线国家<sup>③</sup>在1995—2012年间,经济增长、能源投入和碳排放年均增长6.04%、3.67%和3.16%,远高于同期世界年均3%、2.17%和2.08%的增长。1995年,“一带一路”国家经济总量、能源总投入和碳排放总排放量占到世界总量的15.06%、35.5%和38.45%,到2012年,这三个比例分别上升为24.68%、45.5%和45.97%。一系列数据表明,“一带一路”国家经济呈现出“高增长、高能耗、高排放”的特点,而如今“高碳性”的经济增长模式难以持续。因此,实现“一带一路”战略,在实现各国经济协调发展的同时,还需要兼顾资源投入和环境承载力。如何在低碳模式下,实现各国经济的绿色协调持续增长成为现实难题。

为此,在TFP概念的基础上,引入碳排放,构建绿色全要素生产率(绿色TFP),可以有效分析低碳经济发展问题(孙传旺等,2010)。关于绿色TFP的研究日益引起学术界的重视,而讨论“一带一路”国家的绿色TFP,有助于各国实现经济的绿色发展。但是,目前有关此方面的研究还尚未展开,这严重制约了中国对“一带一路”沿线国家和地区经济发展状况的总体把握,不利于“一带一路”战略的推进。基于此,本文拟运用跨国面板数据,测算并分析“一带一路”沿线国家的绿色TFP,在此基础上,探究社会经济因素对绿色TFP的影响现状及作用机制。

本文的贡献主要有两点:第一,为“一带一路”的研究提供新的视角。当前,有关“一带一路”的研究主要关注政策、贸易和能源等方面,而忽略环境资源因素的影响,这不利于“一带一路”经济向绿色发展转型。本文从如何促进“一带一路”各国经济绿色发展的角度出发,通过测算绿色TFP及其分解项,掌握各国绿色发展现状,向实施绿色经济转型奠定基础。第二,建立计量模型,探讨影响绿色TFP的经济社会因素,通过影响机制分析,明确由“高碳性”经济向绿色经济转型的内在机理。总而言之,在经济新常态的背景下,本文的研究对构建“一带一路”战略,实现中国经济的低碳转型,并带动各国经济协调持续发展,推动新型国际区域经济一体化有着重要的现实意义。

## 二、文献回顾与评述

传统TFP虽然可以在一定程度上反映经济增长质量,但在全球气候变化以及发展节能减排经济的背景下,忽略经济活动中自然资源的投入和碳排放,从而得出的TFP不能反映出低碳约束下的真实经济绩效。为此,在传统TFP的基础上考虑以碳排放为非期望产出的绿色TFP被提出,并应用于度量经济的可持续性增长(孙传旺等,2010)。作为经济可持续发展的源泉,绿色TFP是实现经济和环境协调发展的重要途径;因此,制定政策应该围绕以碳排放为约束的绿色TFP展开(Rusiawan等,2015)。

当前,有关中国绿色TFP的研究主要集中于增长特征、增长动力和增长影响因素三部分。第一,绿色TFP的增长特征,分为增长论和倒退论。在增长论中,年增长率的测算差异明显,较高的有2.02%(Liu等,2016)和1.33%(王兵、刘光天,2015),较低的有0.87%(李斌等,2016)和0.68%(汪克亮等,2012);增长速度逐年放缓(Liu等,2016;Zhang & Ye,2015),而且根据当前环境污染治理的现状,中国无法实现经济的长期绿色可持续增长(Jiang,2015)。倒退论的观点主要集中于中国工业领域,认为高能耗、高排放的粗放发展使得工业绿色TFP不仅没有上升,反而出现下降(李斌等,2013;陈超凡,2016;)。第二,绿色TFP的主要增长动力,究竟是技术进步、技术效率还是规模效率?这关系到绿色TFP的改善方向。大多数学者的研究表

<sup>①</sup>2016年4月22日,170多个国家领导人齐聚纽约联合国总部,共同签署气候变化问题《巴黎协定》,承诺将全球气温升高幅度控制在2℃的范围之内。

<sup>②</sup>国家发展改革委、外交部、商务部联合发布《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》,文件中明确指出,“合作重点”要“强化基础设施绿色低碳化建设和运营管理,在建设中充分考虑气候变化影响”,以及“在投资贸易中突出生态文明理念,加强生态环境、生物多样性和应对气候变化合作,共建绿色丝绸之路”。

<sup>③</sup>根据有关资料,普遍认为“一带一路”国家共65个,但由于世界银行数据库中23个国家的数据缺失严重,故本文的研究对象为“一带一路”沿线42个国家。

明,绿色 TFP 的主要动力来自技术进步,而非技术效率,得出要从短板入手,通过改善技术效率,提高要素的有效利用率,进而促进绿色 TFP 的增长(Song 等,2013;Zhang & Ye,2015;Zhang & Tan,2016;Liu 等,2016;李 小胜、张焕明,2016);少数学者认为,其主要动力来自技术效率,认为应该引进技术,强化自主创新,通过提升技术进步来实现绿色 TFP 的增长(李斌等,2016);也有学者认为,技术进步、技术效率和规模效率均对绿色 TFP 起到推动作用(李玲、陶锋,2011)。第三,绿色 TFP 的影响因素研究。汪锋、解晋(2015)研究发现,教育投入、自主研发投入、产业结构优化和市场化改革对中国经济绿色 TFP 的增长具有正向作用,而外商投资的存在使中国成为实质上的“污染避难所”;Zhang & Tan(2016)认为,互联网普及率、财政支出、环境规制水平和技术投入提高了中国城市绿色 TFP,而产业结构和 FDI 有着拖累作用;Feng 等(2012)对中国工业绿色 TFP 研究后得出,FDI、资本劳动比率、所有制结构、能源消费结构和环境规制对绿色 TFP 影响存在差异化;Xie 等(2014)以电力行业为样本,得出燃料结构变化和技术革新是绿色 TFP 的主要驱动力,经济形势和能源价格也有显著的影响。

当前有关中国绿色 TFP 的研究较多,其增长的主要动力未达成共识,中国经济绿色转型是否成功仍存在着争议;而且研究视角也主要聚焦于中国本身,尚未有学者基于国际视角对中国经济的绿色 TFP 进行比较研究。经济国际化是中国经济未来发展的主要方向。可以看到,中国经济在经过近四十年的高速增长以后,逐渐从自身经济增长向外部区域经济增长转变。作为与外部经济关系调整的自然延伸,“一带一路”战略构想的提出,建设“一带一路”关系到中国乃至全球未来经济的发展。因此,“一带一路”已经成为学术界关注的热点问题,相关研究逐渐丰富起来。在现有研究中,学者们的探讨侧重于“一带一路”的贸易研究(杨玲,2016;杨广青、杜海鹏,2015;邹嘉龄等,2015)、宏观战略发展研究(白永秀、王颂吉,2014;胡鞍钢等,2014)以及能源领域研究(石莹、何爱平,2015;王晓芳、于江波,2014)。这些文献多从如何促进中国经济发展的视角展开讨论,较少关注国家间经济发展的协同性,而且还未有学者从 TFP 的角度探讨“一带一路”战略。当前有关国际区域 TFP 的研究结论,为这些区域经济协同发展提供了政策基础,有力地推动区域内国家间的经济合作。这些文献集中于欧盟及其次区域(Puskarova,2015;Puskarova & Piribauer,2016)、经济合作与发展组织(Everaert 等,2015;Ng & Ying,2016)、东亚及东盟(Byun 等,2012;Park,2012)等。可以发现,文献数量和质量与区域经济活跃度密切相关。

综上所述,目前虽有较多文献涉及中国绿色 TFP 和“一带一路”战略,但研究结论存在一定争议和不足。第一,关于中国绿色 TFP 的研究,得出的结论在增长特征、增长动力和影响因素方面均存在较大分歧。第二,现有“一带一路”的研究,主要以中国为主体,研究集中于政策、贸易和能源领域。有关“一带一路”国际区域经济绿色 TFP 方面的议题没有得到学者们足够的重视,在此方面的研究尚属空白。“一带一路”沿线国家大多数属于发展中国家,正处于工业化中前期,如果继续依靠“高投入、高能耗、高增长、高污染、低效率”的经济发展方式,必然会导致经济增长的不可持续性。“一带一路”作为国际区域合作以及全球治理的新模式,其发展战略要注重经济和环境的协调性,必须以发展绿色低碳经济作为“一带一路”国家经济合作的基础。基于以上分析,本文认为,准确评价“一带一路”国家绿色 TFP,分析绿色 TFP 的时空差异,并探讨影响绿色 TFP 的内在机理,有助于了解“一带一路”国家经济竞争力,为国家之间的经济合作以及实现“一带一路”战略打下坚实的基础,也为减缓碳排放、发展绿色经济提供重要启示。

### 三、“一带一路”国家绿色 TFP 测算

#### 1. 绿色 TFP 测算方法

Chung 等(1997)创新性地引入方向性距离函数(DDF),将期望产出的扩张和非期望产出的减少同时纳入到生产率的分析框架中,此方法可以有效考察综合环境因素下的绿色 TFP;但当约束条件中存在非零松弛时,该方法的测算结果会明显偏高。为此,Fukuyama & Weber(2009)提出基于松弛变量的 SBM-DDF,可以有效解决此类问题。在生产率测算上,Chambers 等(1996)发展了具有可加性结构的 Luenberger 指数,该指数可以在压缩非期望产出的同时提高期望产出。为使研究结论更加准确,本文使用 SBM-DDF 和 Luenberger 生产率指数测算“一带一路”国家的绿色 TFP。

(1)SBM-DDF。SBM 在估计方面近似于 Russell 测算函数,但 Russell 没有明确的对偶规划,很难理解其

经济学含义,而 SBM-DDF 可以对这些方面进行较好的解释。本文参考 Fukuyama & Weber(2009),设定 SBM-DDF 如下:

$$\vec{S}_V^t(x^{t,k'}, y^{t,k'}, b^{t,k'}; g^x, g^y, g^b) = \text{Max}_{s^x, s^y, s^b, \lambda} \left\{ \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{s_m^x}{g_m^x} + \frac{1}{N+L} \left( \sum_{n=1}^N \frac{s_n^y}{g_n^y} + \sum_{l=1}^L \frac{s_l^b}{g_l^b} \right) \right\};$$

$$x_{k'm}^t = \sum_{k=1}^K \lambda_k^t x_{km}^t + s_m^x, \forall m; y_{k'n}^t = \sum_{k=1}^K \lambda_k^t y_{kn}^t - s_n^y, \forall n; \quad (1)$$

$$b_{k'l}^t = \sum_{k=1}^K \lambda_k^t b_{kl}^t + s_l^b, \forall l; \sum_{k=1}^K \lambda_k^t = 1, \lambda_k^t \geq 0, \forall k; s_n^x \geq 0, \forall n; s_m^y \geq 0, \forall m; s_l^b \geq 0, \forall l \left\} \right.$$

在以上的规划求解式中,  $\vec{S}_V^t$  表示 VRS 下的 DDF,若去掉权重变量和为 1 的约束条件,则使用  $\vec{S}_C^t$  表示 CRS 下的 DDF。松弛变量存在的意义在于,只有当松弛变量各元素皆为 0 时,其观测点才是最优的。于是,当  $(s_m^x, s_n^y, s_l^b)$  均大于 0 时,表示期望产出小于前沿面的期望产出,投入大于前沿边界的投入,非期望产出大于前沿边界的非期望产出。SBM-DDF 与传统的 DDF 一样,其值越大,表示效率水平越低。所以,测算结果值表示生产决策单元的无效率值。

(2) Luenberger 生产率指数。根据 Chambers 等(1996)的理论,一个跨期的 Luenberger 生产率指数,反映在  $t$  和  $t+1$  期的技术水平下 TFP 变动的算术平均值如下:

$$TFP_t^{t+1} = \frac{1}{2} \{ [\vec{S}_C^t(x^t, y^t, b^t; g) - \vec{S}_C^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g)] + [\vec{S}_C^{t+1}(x^t, y^t, b^t; g) - \vec{S}_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g)] \} \quad (2)$$

按照 Grosskopf(2003)、王兵等(2010)的分析建议,将 Luenberger 生产率指数分解为纯技术效率变动(GPEC)、纯技术进步变动(GPTC)、规模效率变动(GSEC)和技术规模变动(GSTC)四个因子。

如果 GTFP、GPEC、GPTC、GSEC、GSTC 的测量结果大于 0,分别代表 TFP 提高、纯技术效率改善、技术进步、规模效率提高和技术偏离 CRS。

## 2. 变量说明与数据处理

本文使用基于 SBM-DDF 的 Luenberger 生产率指数对绿色 TFP 进行测算,选取的投入要素为劳动、资本、能源,期望产出为 GDP,非期望产出为碳排放量。劳动投入通过劳动力总数减去失业人口总数得到。资本存量的估算基于永续盘存法,参考 Hall & Jones(1999)研究 127 个国家资本存量时,设定折旧率为 6%。能源投入使用人均能源消耗量与人口总数相乘求得。碳排放量使用二氧化碳、一氧化氮、甲烷、HFC、PFC 和 SF<sub>6</sub> 等温室气体 CO<sub>2</sub> 当量之和表示。为统一口径,本文的原始数据均来自于世界银行数据库,样本时间跨度为 1995—2012 年,原因在于 1995 年以前世界银行数据收录不完整,并且温室气体排放数据仅更新到 2012 年。当前,普遍认为“一带一路”沿线国家共 65 个,以此为基础,在剔除掉 23 个数据缺失严重的国家后,最终确定研究对象为“一带一路”沿线 42 个国家 1995—2012 年的面板数据。

## 3. “一带一路”国家碳排放强度分析

根据排放的各种温室气体折算后的 CO<sub>2</sub> 当量和实际 GDP,得出“一带一路”国家在样本期内的碳排放强度(单位:吨/万美元 GDP)。图 1 展示了 1995 年、2001 年、2007 年和 2012 年“一带一路”沿线国家碳排放强度的非参数核密度估计图,其中横轴表示碳排放强度,纵轴表示核密度估计值。如图 1 所示,碳排放强度分布曲线从下到上依次为 1995 年、2001 年、2007 年和 2012 年,曲线的波峰逐渐往左偏移,并且从 1995 年的单峰特征演化为 2012 年的双峰特征。曲线的这些特征说明,从 1995—2012 年,“一带一路”国家的碳排放强度整体逐渐降低,国家间的排放强度差异在减小,但排放强度有两极分化的趋势。样本期内“一带一路”国家整体碳排放平均强度呈现缓慢下降的趋势,平均值从 1995 年的 24.298 吨/万美元 GDP,下降到 2012 年的 14.362 吨/万美元 GDP,在样本期间内碳排放强度下降达 40.91%。具体到国家层面,每年碳排放强度最低的五个国家均为,斯洛文尼亚、希腊、塞浦路斯、以色列、新加坡,从经济发展程度看,这五国家均是联合国认定的发达国家。碳排放强度下降比率最高的五个国家为阿塞拜疆(76.91%)、白俄罗斯(75.68%)、爱沙尼

亚(70.32%)、拉脱维亚(66.28%)、摩尔多瓦(64.48%)。针对中国,1995—2002年其碳排放强度下降明显,但2003年以后下降变缓,甚至部分年份的碳排放强度一度出现反弹。对比来看,中国的碳排放强度基本与亚洲国家均值相当,但明显高于欧洲国家均值;从经济发展程度看,中国碳排放强度处于低收入国家与中低收入国家之间,显著高于中高收入国家和高收入国家;从2010年开始,中国已经进入高收入国家行列,但碳排放强度却依然处于低收入国家水平,印证中国经济的“高碳型”特征,如何发展绿色低碳经济的难题已经摆在中国面前。

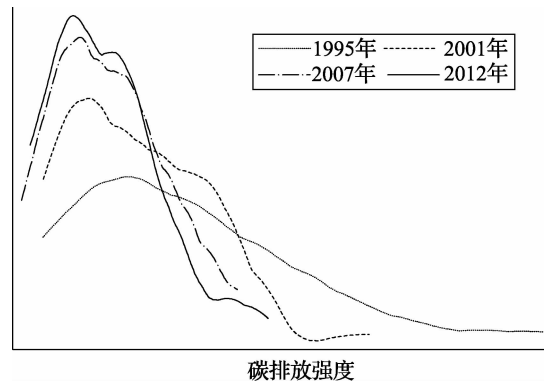


图1 碳排放强度的核密度估计  
资源来源:本文绘制

按地理区域划分,亚洲国家和欧洲国家的碳排放强度均呈现出逐期下降的态势,而且亚洲国家比同期的欧洲国家有着更高的碳排放强度。根据经济水平分类,低收入国家、中低收入国家、中高收入国家、高收入国家的碳排放强度依次递减;从时间上来看,低收入国家的碳排放强度出现大幅度的上升,中高收入国家的碳排放出现缓慢的上升,而中低收入国家和高收入国家的碳排放强度则呈现出显著的下降,尤其是中低收入国家碳排放强度下降趋势明显。

以上碳排放强度的分析,说明沿线国家经济发展水平与碳排放强度存在明显的负相关关系,而且可以初步断定,当前发展中国家的经济发展模式表现出高能耗的特性。

#### 4. “一带一路”国家绿色经济无效率及其分解

本文从绿色 TFP 的角度来讨论“一带一路”国家经济的绿色发展现状。在此之前,先对沿线国家经济效率进行讨论,效率与 TFP 的区别在于,效率属于静态分析,基于某个特定时点测算而得;而 TFP 则属于动态分析,它考虑不同时期的技术和效率的相对变化状况。

在 CRS 假设和 VRS 假设下,本文首先测算“一带一路”国家经济的无效率值,同时,对无效率总值进行分解,以便进一步分析要素在配置过程中的效率损失。CRS 假设所有国家的经济都在最优规模条件下进行生产为前提,而 VRS 假设则放松了这个前提。这样,倘若 CRS 假设下的值与 VRS 假设下的值出现偏差,可归结为规模效率的差异。因此,VRS 假设下测算的无效率值要比 CRS 假设下得到的无效率值更加合理(Zheng 等,1998)。这里,本文仅分析 VRS 假设下的无效率值。在 VRS 假设下,“一带一路”国家平均无效率率为 0.2839,其中 CO<sub>2</sub> 排放无效率值最大,劳动、资本和能源要素投入的无效率值分别为 0.0769、0.0155 和 0.0599,GDP 的无效率值为 0.0364。亚洲国家的无效率率(0.2885)大于欧洲国家(0.2766)。具体来说,乌克兰、越南、白俄罗斯、乌兹别克斯坦和阿塞拜疆无效率值最高;而文莱、以色列、塞浦路斯、土耳其和希腊的无效率值最低,均呈现出完全有效率的状态。

#### 5. “一带一路”国家绿色 TFP 及其分解

(1)绿色 TFP 及其分解项的时间演进分析<sup>①</sup>。根据测算结果,沿线国家经济的绿色 TFP 整体呈现缓慢增长态势,在 1995—2012 年期间,年均增长率为 0.43%。其中,1996 年、1997 年、2003 年和 2012 年出现负增长,而 1998 年、1999 年、2002 年和 2009 年的绿色 TFP 增长都超过 1%,在 2009 年更是达到 3.29% 的增长

<sup>①</sup>绿色 TFP 的详细测算结果请向作者索取。

率。样本期内,沿线国家的技术进步整体表现为增长,年均增长率为0.76%,其中,纯技术进步和技术规模的年均增长率分别为0.52%和0.24%。技术效率呈现出年均0.34%的下降,其中,纯技术效率年均下降0.35%,规模效率年均增长0.01%。通过以上分析得到初步结论:“一带一路”沿线国家绿色TFP的提高依赖于技术进步,而技术效率对其有抑制作用。技术效率中,纯技术效率的年均增长率为负,说明在一定技术条件下,相同投入要素所带来的期望产出处于逐年减少的状态。因此,沿线国家的经济自1995年以来绿色TFP的增长,主要是由于生产前沿面的“外扩”,而不是各生产决策单元向生产前沿边界的“靠近”。

(2) 绿色TFP及分解项的空间变动情况。考虑到“一带一路”国家经济发展水平和资源禀赋条件的差异性,需要对各国的绿色TFP进行个体分析。根据测算结果,这42个国家1995—2012年间绿色TFP及其分解项的平均变动情况为:在绿色TFP方面,年均下降的国家有13个,包括亚洲的柬埔寨、越南、孟加拉国、印度、乌兹别克斯坦、格鲁吉亚、伊朗、以色列和埃及;欧洲的保加利亚、克罗地亚、拉脱维亚和希腊。亚欧对比分析,亚洲国家绿色TFP年均增长0.5%,欧洲国家年均增长0.31%。相比欧洲,亚洲各国的绿色TFP增长率差异化显著。在亚洲内部,16个国家表现出增长性,年均增长1.23%;9个国家表现出下降,年均下降-0.74%。而在欧洲内部,12个国家均呈现增长,年增长0.80%;下降的国家仅有4个,年均下降-1.09%。

在技术效率方面,只有13个国家的技术效率上升,平均增长率为0.67%,其余大多数国家表现出不变或者下降。在这13个国家中,有7个亚洲国家和6个欧洲国家。进一步,把技术效率分解为纯技术效率和规模效率后,发现纯技术效率是影响技术效率的主要因素,有29个国家的纯技术效率呈现出不变或下降,年均下降0.89%,仅有13个国家表现出年均增长(0.86%);但大部分国家(22个)的规模效率呈现出正增长。区域对比分析,亚洲国家和欧洲国家的纯技术效率均为负值;但在规模效率上,欧洲国家年增长0.08%,亚洲国家则下降0.03%。亚洲国家的纯技术效率下降程度略微小于欧洲国家,但亚洲国家的规模效率显著地落后于欧洲国家。

技术进步方面,绝大多数国家(37个)都有着正的增长率,其中增长较快的有文莱、巴基斯坦、吉尔吉斯斯坦、新加坡、俄罗斯和格鲁吉亚;但也有少数国家出现下降,希腊、埃及、拉脱维亚、乌兹别克斯坦和以色列。分地区看,亚洲增长率为0.86%,比欧洲的0.61%高出0.25%。把技术进步分解为纯技术进步和技术规模以后,发现亚洲和欧洲表现出显著的差异性:主要表现在,亚洲国家的技术进步由纯技术进步(0.43%)和技术规模(0.43%)双重驱动;而欧洲的技术进步则由纯技术进步单独驱动(0.68%),技术规模则为负值(-0.07%)。

就中国而言,绿色TFP年均增长0.68%,技术进步是主要推动力。中国绿色TFP在时序上与总体平均基本形成反方向的走势。中国的规模效率较低,而且在2003年和2009年更是出现-6%左右的下降,而同期总体平均趋势较平稳。纯技术进步表现出积极的平稳增长状态,显著高于同期总体平均增长率。技术规模的增长率在2008年以前落后于总体平均,但2008年以后增长率超过总体平均。

综合来说,技术进步的增长是绿色TFP增长的主要动力,经过更细致的分解后发现,绿色TFP的增长来自规模效率、纯技术进步和技术规模。但是,存在地区间的不同,亚洲国家绿色TFP的增长源自于纯技术进步和技术规模,二者对绿色TFP的推动作用相同;而欧洲国家的绿色TFP增长由纯技术进步和规模效率推动。由此,本文认为,欧洲国家主要通过应用新技术来达到提高绿色TFP的目的,而亚洲国家则更注重生产过程中现有技术带来的规模效应。

#### 四、“一带一路”国家绿色TFP影响因素分析

##### 1. 计量模型与变量选择

上文已经测算并分析“一带一路”国家1995—2012年的绿色TFP及分解项的现状。但是,造成沿线国家绿色TFP差异的因素是什么呢?科学地识别当前“一带一路”沿线国家绿色TFP的影响状况,能够为“一带一路”战略提供一定理论依据。为了能够较为全面地分析“一带一路”绿色TFP的影响因素,设定如下计量模型:

$$GTFP_{it} = \beta_0 + \beta X_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中,下标*i*代表国家;*t*代表时间; $\lambda$ 表示不可观测的个体效应; $\varepsilon$ 是模型的随机扰动项;*GTFP*表示绿色TFP; $\beta_0$ 为截距项;*X*代表影响绿色TFP的宏观经济环境因素的向量; $\beta$ 表示影响因素的系数向量。根据相关的研究文献,再结合数据的可得性,选取创新水平、健康人力资本等一系列经济发展的宏观指标作为影响因素,则式(3)可以改写为以下形式:

$$GTFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 fdi_{it} + \beta_2 ind_{it} + \beta_3 gov_{it} + \beta_4 hhc_{it} + \beta_5 tra_{it} + \beta_6 fin_{it} + \beta_7 net_{it} + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

下面对变量设定和测度进行说明。

(1) 被解释变量为绿色 TFP。使用上文测算的绿色 TFP,并以基期为 1 进行逐年累积来量化。

(2) 解释变量的设定。借鉴已有研究,并结合数据的可得性,本文选择的解释变量包括:①利用外资水平(*fdi*),采用外国直接投资净流入占 GDP 的比重来度量。②工业化程度(*ind*),使用工业增加值占 GDP 的比重来衡量。③政府行为(*gov*),使用政府一般消费占 GDP 的比重来量化。④健康人力资本(*hhc*),采用医疗卫生总支出占 GDP 的比重来衡量。⑤贸易开放度(*tra*),使用贸易额占 GDP 的比重来衡量。⑥金融支持水平(*fin*),采用银行部门提供的国内信贷来表示。⑦信息化水平(*net*),使用互联网用户占总人口比重来衡量。

### 2. 数据说明与描述统计

被解释变量通过上文测算得出,各解释变量的原始数据均来自世界银行数据库。表 1 列示了绿色 TFP 及各影响因素的样本统计结果。

表 1 绿色 TFP 及影响因素的描述性统计

地区		<i>GTFP</i>	<i>fdi</i>	<i>ind</i>	<i>gov</i>	<i>hhc</i>	<i>tra</i>	<i>fin</i>	<i>net</i>
整体	均值	1.032	0.047	0.326	0.153	0.057	0.962	0.551	0.179
	标准差	0.194	0.083	0.097	0.054	0.019	0.574	0.420	0.211
	最小值	0.518	-0.797	0.136	0.035	0.019	0.216	0.002	0.000
	最大值	2.119	1.424	0.741	0.299	0.125	4.397	3.179	0.784
亚洲	均值	1.047	0.048	0.338	0.130	0.049	0.943	0.590	0.130
	标准差	0.220	0.097	0.111	0.053	0.017	0.684	0.486	0.175
	最小值	0.518	-0.797	0.136	0.035	0.019	0.216	0.053	0.000
	最大值	2.119	1.424	0.741	0.299	0.102	4.397	3.179	0.720
欧洲	均值	1.007	0.046	0.307	0.191	0.070	0.993	0.487	0.259
	标准差	0.135	0.055	0.062	0.025	0.015	0.323	0.269	0.239
	最小值	0.701	-0.161	0.156	0.103	0.032	0.372	0.002	0.000
	最大值	1.269	0.508	0.454	0.274	0.125	1.799	1.560	0.784

资料来源:本文整理

### 3. 实证结果与分析

在计量模型的估计方法选择上,通过使用 Hausman 检验,由于 *P* 值为 0.00,故确定使用固定效应模型。为进一步校正国家个体扰动项可能存在的异方差及自相关对估计结果带来的影响,放松随机扰动项独立同分布的假设,使用可行广义最小二乘法(FGLS)对样本进行估计。为了考察各变量对绿色 TFP 的滞后效应影响,在 FGLS 估计的基础上对各变量进行滞后一期处理,并估计结果。为了进一步解决各变量存在的内生性问题,本文采用二阶段系统 GMM 估计方法对结果进行稳健性再估计,在使用二阶段系统 GMM 估计方法时,依据惯例采用内生变量的滞后项作为工具变量,通过枚举法,本文发现以 *ind*、*gov*、*tra* 和 *fin* 等变量的四阶滞后项作为工具变量可以很好的通过 AR(1) 检验、AR(2) 检验、Sargan 检验与 Hansen 检验,从而解决模型中存在的内生性问题(如表 2 所示)。

表 2 绿色 TFP 的影响因素分析

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7
<i>fdi</i>	-0.076*** (-13.81)	-0.034*** (-3.99)	-0.095*** (-16.92)	-0.081*** (-14.00)	-0.040*** (-4.29)	-0.075*** (-2.84)	-0.026** (-2.49)
<i>ind</i>	-0.264*** (-5.84)	-0.203*** (-6.23)	-0.740*** (-8.94)	-0.251*** (-10.17)	-0.175*** (-5.67)	-0.183*** (-6.08)	-0.094 (-1.45)
<i>gov</i>	-0.792*** (-12.10)	-0.456*** (-6.58)	-0.562*** (-5.02)	-0.750*** (-13.36)	-0.420*** (-6.80)	-0.722*** (-7.79)	-0.346*** (-3.50)

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7
<i>hhc</i>	1.766 *** (10.09)	1.574 *** (7.37)	2.219 *** (4.00)	1.356 *** (6.44)	1.483 *** (7.36)	1.849 *** (7.76)	1.692 *** (5.87)
<i>tra</i>	-0.088 *** (-9.93)	-0.048 *** (-4.83)	-0.055 *** (-4.22)	-0.070 *** (-10.00)	-0.046 *** (-5.89)	-0.092 *** (-8.95)	-0.058 *** (-7.19)
<i>fin</i>	-0.084 *** (-20.45)	-0.063 *** (-10.76)	-0.136 *** (-11.33)	-0.079 *** (-17.65)	-0.058 *** (-9.92)	-0.070 *** (-8.86)	-0.053 *** (-7.61)
<i>net</i>	0.190 *** (23.98)	0.189 *** (16.14)	0.200 *** (11.66)	0.188 *** (16.28)	0.180 *** (15.48)	0.194 *** (16.24)	0.193 *** (19.19)
<i>N</i>	756	714	756	756	714	672	630

注：\*\*\*、\*\*、\* 分别表示统计值在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著,括号内为 z 统计量  
资料来源:本文整理

(1)绿色 TFP 的影响因素分析。假定不同个体的扰动项同期相关且有不同方差,并充分考虑固定效应后,模型 1 使用 FGLS 得出了各影响因素对“一带一路”国家绿色 TFP 影响的估计结果。在模型 1 的基础上使用各影响因素滞后一期为模型 2。模型 3 采用两阶段系统 GMM 方法估计,以克服其内生性问题。对比模型 1~模型 3 发现,在考虑异方差、滞后性和内生性问题后,估计结果基本未发生改变,由此认为结论较可靠。

以模型 1 结果为主要结论进行分析:①利用外商水平显著为负值,说明对“一带一路”沿线国家来说,外商投资不能提高本国的绿色 TFP。外商投资产生的挤出效应,挤占了本国企业的投资空间,而且为引进外资,本国会实施一系列的招商优惠政策,这无形培植了寻租的土壤。所以,以市场换技术的利用外资行为不能提高绿色 TFP。②工业化程度的系数为负,工业化水平与绿色 TFP 显著负相关。发展工业可以有效提高一国经济总量,但却降低了绿色 TFP。说明应该走高端工业化的路线,努力发展科技含量高的工业产业,逐步淘汰高能耗高污染的工业产业。③政府消费对绿色 TFP 有着抑制作用,政府行为作为市场经济的有效补充,本应该发挥其看得见的手的作用来弥补市场失灵,但却未能有效提高绿色 TFP,说明政府行为存在盲目性和低效性。④健康人力资本对绿色 TFP 有着显著的促进作用,健康的身体可以使劳动力从事强度更高的工作,也会使劳动力有着更高的工作效率。另外,健康人力资本可以通过延长劳动者的工作年限来变相的增加劳动供给,从而提高绿色 TFP。⑤贸易开放度的提升没有能够提高绿色 TFP。可能的解释为,当前“一带一路”沿线国家的贸易更多的属于初级产品贸易,这样的贸易只会迫使本国企业依靠雇佣廉价的劳动力的方式,压低产品成本获取利润,进而企业会忽视研发行为,产生低效经济,长此以往,会降低一国经济的国际竞争力。⑥金融支持与绿色 TFP 存在负相关性,说明银行部门提供的国内信贷没有有效地帮助企业获取资金上的支持,可能的解释为,银行提供的企业信贷,大多属于拆东墙补西墙,仅帮助企业偿还旧账的无效贷款。⑦信息化水平的提升则有效促进了绿色 TFP 的增长。信息化程度的加深,可以有效降低交易成本、组织成本等由于非对称信息带来的效应损失,而且随着大数据的应用,互联网可以使得需求和供给都有的放矢,减少了生产和消费的无效率性。

通过模型 2 的回归结果可知,滞后一期的健康人力资本和信息化水平系数显著大于采用当期数据的估计系数,说明此二变量对绿色 TFP 的促进作用不仅在当期有效,而且也存在着一一定的促进滞后性。其余各变量的滞后项系数也有所变化,以政府行为变量为例,与当期系数相比,滞后期的系数明显变小,说明政府过去的行为对当前经济效率的影响较弱,政府行为对经济效率的影响有着长期性。其他变量不再一一解释,可以肯定的是,各宏观经济变量对经济效率的影响均存在持续性。

(2)稳健性检验。为确保上文研究结论的有效性,除了采用考虑异方差、滞后效应和二阶段系统 GMM 估计方法等措施外,本文还实施了以下稳健性检验:第一,为排除异常值和非随机性对计量结果的影响,对 1% 的绿色 TFP 最大值和 1% 最小值进行缩尾处理(模型 4)。第二,在模型 4 基础上进一步令各解释变量滞后一期进行估计为模型 5。第三,剔除 1995 年和 2012 年两年的样本数据,通过压缩样本时间的方法验证结



论的可靠性,结果如模型 6 所示。第四,在模型 6 基础上,把各解释变量滞后一期,再进行 FGLS 估计,结果见模型 7。一系列地稳健性检验的估计系数都显示,本文的研究具有较好的解释力度,各解释变量的系数符号具有一致性,仅有个别变量的显著性发生变化,说明本文的研究结论具有良好的稳健性。

(3)绿色 TFP 影响因素的区域差异分析。模型 8 和模型 11 为基准回归;模型 9 和模型 12 则是在模型 8 和模型 11 的基础上考察各变量滞后效应的估计结果;模型 10 和模型 13 为把被解释变量进行缩尾处理的结果。从表 3 分亚洲和欧洲地区的回归结果看出,各变量存在显著的地区差异性特点。①健康人力资本对亚洲国家绿色 TFP 的促进作用大于欧洲国家,在本文样本范围内,亚洲国家经济发展水平普遍落后于欧洲国家,由此认为,健康人力资本对绿色 TFP 的促进作用有着边际效应递减的特点,越是发展中国家,越需要通过提高健康人力资本来提升本国的绿色 TFP。②贸易开放度在亚欧国家表现出较大的差异性,对于亚洲国家,贸易额度的上升会显著降低绿色 TFP,而对于欧洲国家,贸易开放度却有促进作用。一方面,国家间贸易的本质是通过本国的优势产品来换取本国的劣势产品,或弥补本国需求的不足;另一方面,通过贸易开放度来提高本国经济的国际竞争力。可能的解释在于,相比欧洲国家,亚洲国家的贸易存着不合理性,贸易开放度的上升不但没有提高亚洲国家的经济竞争力,反而有降低作用,由于亚洲国家贸易主要以低附加值产品和原材料为主,长期会变为他国的初级产品供应地。③金融支持在亚欧也呈现出显著的差异性,亚洲国家的金融支持水平降低了其绿色 TFP;但是,欧洲国家的金融支持有着促进性,而且金融支持在欧洲表现出显著的滞后促进作用。相比亚洲国家,欧洲国家的资本市场相对成熟,市场交易机制更加完善,资本市场透明公平合理,监管体系也相对规范,在此环境下金融支持会有效地促进企业的发展,进而促进经济绩效。④信息化对沿线亚洲国家的促进作用显著,但对欧洲国家的促进作用微弱并且不显著,说明以互联网普及率为代表的信息化水平对绿色 TFP 的促进作用有着边际效应递减性。相比欧洲国家,亚洲国家的基础设施普遍较差,互联网普及率也不高。所以,亚洲国家可以通过建设网络基础设施来提高互联网使用率,进而提高绿色 TFP。

表 3 绿色 TFP 影响因素的亚欧对比分析

变量	亚洲			欧洲		
	模型 8	模型 9	模型 10	模型 11	模型 12	模型 13
<i>fdi</i>	-0.063 *** (-6.91)	-0.0350 *** (-4.91)	-0.066 *** (-6.98)	-0.142 *** (-19.87)	-0.093 *** (-36.77)	-0.138 *** (-21.52)
<i>ind</i>	-0.256 *** (-7.16)	-0.124 *** (-4.37)	-0.265 *** (-7.66)	-0.501 *** (-20.37)	-0.383 *** (-44.00)	-0.516 *** (-24.48)
<i>gov</i>	-0.901 *** (-12.34)	-0.353 *** (-10.03)	-0.928 *** (-12.40)	-0.157 *** (-5.59)	-0.230 *** (-26.38)	-0.020 (-0.62)
<i>hhc</i>	1.943 *** (12.72)	2.243 *** (15.30)	1.812 *** (12.12)	0.901 *** (10.60)	1.340 *** (33.22)	0.545 *** (6.31)
<i>tra</i>	-0.113 *** (-15.36)	-0.0892 *** (-14.52)	-0.108 *** (-16.38)	0.115 *** (36.62)	0.130 *** (63.32)	0.092 *** (27.03)
<i>fin</i>	-0.100 *** (-17.53)	-0.095 *** (-17.17)	-0.099 *** (-17.00)	0.0291 *** (13.11)	0.069 *** (25.62)	0.013 *** (6.35)
<i>net</i>	0.273 *** (29.90)	0.293 *** (34.76)	0.273 *** (31.48)	-0.0120 *** (-4.15)	-0.025 *** (-12.09)	0.022 *** (7.15)
<i>N</i>	468	442	468	288	272	288

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示统计值在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著,括号内为 *z* 统计量  
资料来源:本文整理

(4)绿色 TFP 的影响因素作用机制分析。通过上文分析,初步得到各经济变量对绿色 TFP 的影响情况,但这些变量是通过何种途径来作用于绿色 TFP 的呢?以信息化变量为例,一方面,实施信息化可以有效消除信息不对称,进而提高资源配置效率,以促进技术效率的途径达到提高绿色 TFP 的目的;另一方面,信息化水平的提升可以增强知识外溢的乘数效应,促进技术进步,也可以达到提高绿色 TFP 的目的。为了进一步探究经济变量对绿色 TFP 的作用机理,本文以绿色 TFP 各分解项为被解释变量进行回归分析。模型 14、

模型 16、模型 18 和模型 20 分别以纯技术效率、规模效率、纯技术进步和技术规模为被解释变量的结果；模型 15、模型 17、模型 19 和模型 21 则是相应的滞后项回归，以验证各变量的滞后效应。

如表 4 所示，各因素的作用机制存在显著的差异化特征。除健康人力资本可以有效地促进纯技术效率的提升以外，其余各因素均不同程度的与纯技术效率负相关，说明提高资源配置效率的办法只有通过提升健康人力资本这一条途径来实现。贸易开放度和金融支持对规模效率起促进作用。健康人力资本、金融支持和信息化水平对纯技术进步有着促进作用。工业化程度、政府行为、贸易开放度和信息化水平对技术规模则有着积极作用。各分解项的估计结果为不同国家提升绿色 TFP 提供了路径支持。各国家可以根据自身的特点，设定符合自身情况的绿色 TFP 增长路径。

表 4 绿色 TFP 的影响因素作用机制分析

变量	纯技术效率		规模效率		纯技术进步		技术规模	
	模型 14	模型 15	模型 16	模型 17	模型 18	模型 19	模型 20	模型 21
<i>fdi</i>	-0.039 ** (-2.00)	-0.068 *** (-5.92)	-0.050 *** (-5.92)	-0.002 (-0.16)	-0.039 (-0.90)	0.009 (0.14)	0.004 (0.10)	0.013 (0.87)
<i>ind</i>	-0.497 *** (-5.34)	-0.612 *** (-6.58)	-0.069 (-1.41)	0.036 (0.55)	-0.053 (-1.22)	-0.058 (-1.18)	0.277 *** (4.75)	0.169 *** (3.23)
<i>gov</i>	-0.522 *** (-5.39)	-0.229 *** (-2.56)	-0.101 (-1.53)	0.133 (1.43)	-0.460 *** (-7.59)	-0.496 *** (-6.40)	0.334 *** (5.68)	0.380 *** (5.06)
<i>hhc</i>	1.541 *** (3.83)	0.574 * (1.70)	-0.616 *** (-2.86)	-0.255 (-0.96)	2.282 *** (13.46)	2.210 *** (11.20)	-0.411 ** (-2.31)	-0.491 ** (-2.04)
<i>tra</i>	-0.089 *** (-7.63)	-0.068 *** (-5.72)	0.017 * (1.94)	0.008 (0.63)	-0.058 *** (-7.02)	-0.056 *** (-4.51)	0.093 *** (8.77)	0.102 *** (9.66)
<i>fin</i>	-0.065 *** (-5.33)	-0.024 *** (-2.97)	0.014 ** (2.24)	0.018 ** (2.10)	0.029 *** (2.95)	0.031 * (1.82)	-0.076 *** (-4.04)	-0.068 *** (-8.05)
<i>net</i>	-0.042 *** (-3.15)	-0.052 *** (-3.20)	-0.111 *** (-9.00)	-0.129 *** (-6.36)	0.053 *** (3.53)	0.053 *** (3.57)	0.143 *** (10.54)	0.145 *** (18.46)
<i>N</i>	756	714	756	714	756	714	756	714

注：\*\*\*、\*\*、\* 分别表示统计值在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著，括号内为 z 统计量

资料来源：本文整理

(5) 绿色 TFP 的影响因素作用机制的区域对比。不同的地区环境下，绿色 TFP 各分解项和各影响因素变量均有着较大的不同，各因素可能的作用机制在地区间也存在着差异化。为此，本文进一步检验各因素对分解项影响的地区差异性，以找出影响因素对绿色 TFP 作用机制的地区异质性。表 5 中模型 22 ~ 模型 25 为亚洲国家绿色 TFP 各分解项的估计结果，模型 26 ~ 模型 29 为欧洲国家绿色 TFP 各分解项的估计结果。

表 5 绿色 TFP 的影响因素作用机制的亚欧对比分析

变量	亚洲				欧洲			
	模型 22 GPTE	模型 23 GSE	模型 24 GTP	模型 25 GTS	模型 26 GPTE	模型 27 GSE	模型 28 GTP	模型 29 GTS
<i>fdi</i>	-0.025 ** (-3.14)	-0.068 *** (-5.47)	-0.044 *** (-3.90)	0.079 *** (8.56)	0.125 *** (11.23)	0.019 *** (24.25)	-0.334 *** (-19.35)	-0.001 (-0.37)
<i>ind</i>	-0.549 *** (-13.05)	-0.255 *** (-6.62)	-0.030 (-1.42)	0.171 *** (4.79)	0.390 *** (13.06)	-0.208 *** (-32.80)	-0.044 * (-1.71)	0.486 *** (23.30)
<i>gov</i>	-0.586 *** (-7.33)	-0.020 (-0.25)	-0.470 *** (-8.86)	0.264 *** (5.59)	-0.903 *** (-22.36)	0.416 *** (40.40)	0.100 ** (2.12)	-0.479 *** (-17.23)
<i>hhc</i>	2.311 *** (17.58)	-2.630 *** (-11.64)	2.941 *** (27.10)	-1.150 *** (-8.69)	1.772 *** (13.65)	0.381 *** (17.20)	-0.407 *** (-3.99)	2.123 *** (25.59)

变量	亚洲				欧洲			
	模型 22 GPTE	模型 23 GSE	模型 24 GTP	模型 25 GTS	模型 26 GPTE	模型 27 GSE	模型 28 GTP	模型 29 GTS
<i>tra</i>	-0.137 *** (-20.58)	0.031 *** (3.14)	-0.070 *** (-9.54)	0.137 *** (24.48)	-0.098 *** (-16.90)	0.129 *** (170.87)	0.085 *** (15.11)	0.024 *** (6.39)
<i>fin</i>	-0.097 *** (-18.58)	0.002 (0.24)	0.059 *** (7.62)	-0.089 *** (-15.22)	-0.062 *** (-11.69)	0.015 *** (20.38)	0.059 *** (14.78)	0.065 *** (28.77)
<i>net</i>	-0.055 *** (-4.07)	-0.071 *** (-6.11)	-0.019 (-1.60)	0.311 *** (43.74)	0.166 *** (36.93)	-0.064 *** (-64.11)	-0.129 *** (-40.04)	-0.159 *** (-28.19)
<i>N</i>	468	468	468	468	288	288	288	288

注：\*\*\*、\*\*、\* 分别表示统计值在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著,括号内为 z 统计量

资料来源:本文整理

对比亚欧国家的回归结果,可以发现,各影响因素均呈现显著的地区异质性。亚洲国家,健康人力资本对纯技术效率有促进作用,贸易开放度提升了规模效率,健康人力资本和金融支持与纯技术进步正相关;利用外资水平、工业化程度、政府行为、贸易开放度和信息化水平对技术规模则有显著地促进作用。欧洲国家,利用外资水平、工业化程度、健康人力资本和信息化水平均对纯技术效率有积极作用,说明欧洲国家提高要素配置效率的途径有多种;利用外资水平、政府行为、健康人力资本、贸易开放度和金融支持则有效地促进了规模效率的增长;政府行为、贸易开放度和金融支持对纯技术进步有着显著地提升作用;工业化程度、健康人力资本、贸易开放度和金融支持与技术规模呈正相关性。

总之,各影响因素对绿色 TFP 的作用机制存在显著的空间异质性。亚洲国家影响因素的促进作用机制主要通过技术规模实现,其次为纯技术进步;而欧洲国家影响因素的促进作用机制通过纯技术效率、规模效率、纯技术进步和技术规模均可实现。影响因素来看,亚洲国家的健康人力资本和贸易开放度促进作用明显,而欧洲国家的健康人力资本、贸易开放度和金融支持的促进作用显著。

## 五、主要结论与政策建议

### 1. 主要结论

在全球气候变化以及“一带一路”沿线国家经济“高碳性”现状的背景下,如何实现中国及“一带一路”沿线国家经济的绿色低碳发展,成为实现“一带一路”战略所面临的主要问题。本文基于“一带一路”沿线 42 个国家 1995—2012 年的面板数据,以碳排放为非期望产出,利用 SBM-DDF-Luenberger 生产率指数测算绿色 TFP 及各分解项,并进一步通过回归模型分析经济变量对绿色 TFP 及其分解项的影响情况。经过测算,本文发现,考察期内“一带一路”沿线国家碳排放强度逐年下降,碳排放强度与经济体的收入水平显著负相关;虽然中国已经进入高收入国家的行列,但中国的碳排放强度却仍处于低收入国家与中低收入国家之间。“一带一路”沿线国家经济的绿色 TFP 整体呈现缓慢增长态势,年均增长率为 0.43%;纯技术进步、技术规模和规模效率年均增长 0.52%、0.24% 和 0.01%,推动着绿色 TFP 的增长,而纯技术效率年均下降 0.35%,制约着绿色 TFP 的增长;亚洲国家比欧洲国家有着更高的绿色 TFP 增长率,同时,也表现出较大的增长差距;中国的绿色 TFP 年均增长 0.68%,纯技术进步是唯一驱动力。

为了深入分析绿色 TFP 的增长机制,解释绿色 TFP 存在的增长差异,本文通过计量回归发现:第一,健康人力资本、信息化对“一带一路”沿线国家整体的绿色 TFP 增长有积极作用;第二,贸易和金融支持仅对欧洲国家绿色 TFP 起到促进作用,但对亚洲国家起抑制作用;第三,各影响因素对绿色 TFP 增长的作用机制存在差异性,健康人力资本的作用机制对纯技术效率和纯技术进步,信息化则通过纯技术进步和技术规模促进绿色 TFP 的增长,金融支持对规模效率和纯技术进步,贸易对规模效率和技术规模,工业化程度和政府行为仅对技术规模有提升作用,而外商直接投资没有任何提升作用;第五,分亚欧地区的研究显示出各因素作用机制的地区差异,简单来说,亚洲国家绿色 TFP 的促进机制较单一,而对欧洲国家绿色 TFP 的提升路径则呈现多样化。

## 2. 政策建议

本文关于“一带一路”国家绿色 TFP 的研究结论,为“一带一路”战略的实施提供了基础性参考。依据结论,提出相应的政策建议:

(1)明确“一带一路”国家绿色 TFP 的增长较缓慢这一事实,从“高碳性”的经济增长模式向低碳可持续的绿色经济增长方式转型任重道远。转型过程中,不仅要保持科技创新力度,继续发挥技术进步的驱动作用,更要努力着眼于提高要素的投入产出比,进而使技术效率由抑制作用向提升作用转变。提升技术效率是提高绿色 TFP 的关键性因素,而技术效率的提升依赖于企业管理机制创新、经营体制转变和企业治理结构调整。

(2)沿线各国应当建立健全医疗卫生保障体系,优化医疗卫生的供给结构,推动基础医疗卫生事业的发展,继续保持健康人力资本对绿色 TFP 的促进作用。还需要实施积极地资本走出去战略,以减弱外商直接投资的负向影响。适度调整经济产业结构,努力提高工业科技水平。强调市场在资源配置中的作用,以减少政府对经济的干预。另外,亚洲国家需要实施彻底的广泛的互联网普及方案,让个人和企业真正融入信息化浪潮,发挥信息化在解决信息不对称方面的作用;而欧洲国家则需要提供高质量的信息化服务以促进其绿色 TFP 的增长。针对亚洲国家,应该拓宽贸易领域,挖掘贸易新增长点;完善普惠金融服务并调整金融支持对象。这些措施均可有效促进亚洲地区绿色 TFP 的持续增长。

(3)不同影响因素的作用机制不同,各国在发展绿色低碳经济时,要根据本国经济变量对纯技术效率、规模效率、纯技术进步和技术规模的影响情况来制定相应的提升策略,从而做出更为科学合理的决策方案。

以上政策建议将有效促进“一带一路”国家绿色 TFP 的增长,进而为“一带一路”国家经济协调持续发展奠定基础。

## 3. 未来研究方向

本文首次测算“一带一路”各国的绿色 TFP,并分析其时空特征,通过影响因素的计量回归探讨绿色 TFP 的提升路径;所得结论为实施“一带一路”战略,实现“一带一路”绿色发展,奠定了一定的理论基础。为了深化“一带一路”绿色发展这一主题,未来研究方向:

(1)在技术进步对绿色 TFP 的驱动作用显著的基础上,可以把创新进一步分为基础创新与应用创新,从异质性的角度,讨论创新对绿色 TFP 驱动作用的差异性表现,是将来需要关注的主题之一。

(2)贸易作为“一带一路”的重要内容,在拓宽贸易领域,挖掘贸易新增长点的同时,也需要关注贸易结构的优化配置问题。所以,从贸易结构的视角,深入分析贸易结构的优化选择,正确处理传统服务贸易与现代服务贸易的关系,成为未来关注的主题之二。

(3)金融领域的合作是“一带一路”建设的重要支撑。根据已有文献,金融发展包括金融规模、金融结构、金融效率及金融深化等方面,如何从理论和实证上揭示金融发展对绿色 TFP 的影响机理和渠道,成为“一带一路”金融领域未来研究的一个重要方向。

### 参考文献:

- [1] Byun T, Kim K, Choi H. Comparative Analysis of the Total Factor Productivity of Manufacturing in Northeast Asian Metropolitan Areas[J]. Growth and Change, 2012, 43, (1): 167 - 177.
- [2] Chambers R G, Chung Y, Fare R. Benefit and Distance Functions[J]. Journal of Economic Theory, 1996, 70, (2): 407 - 419.
- [3] Chung Y H, Fare R, Grosskopf S. Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach[J]. Journal of Environmental Management, 1997, 51, (3): 229 - 240.
- [4] Everaert G, Heylen F, Schoonackers R. Fiscal policy and TFP in the OECD: Measuring Direct and Indirect Effects[J]. Empirical Economics, 2015, 49, (2): 1 - 36.
- [5] Feng T, Li L, Xia X H. Industry Efficiency and Total Factor Productivity Growth Under Resources and Environmental Constraint in China[J]. Scientific World Journal, 2012, 2, (2): 310 - 407.
- [6] Fukuyama H, Weber W L. A Directional Slacks-Based Measure of Technical Inefficiency[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2009, 43, (4): 274 - 287.
- [7] Grosskopf S. Some Remarks on Productivity and Its Decompositions[J]. Journal of Productivity Analysis, 2003, 20, (3): 459 - 474.
- [8] Hall R E, Jones C I. Why Do Some Countries Produce so Much More Output Per Worker Than Others? [J]. NBER Working Papers, 1999, 114, (1): 83 - 116.
- [9] Jiang Y Q. Total Factor Productivity, Pollution and 'Green' Economic Growth in China[J]. Journal of International Develop-

ment,2015,27,(4):504-515.

[10] Klenow P J,Rodriguez - Clare A. The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far? [J]. NBER Macroeconomics Annual,1997,(12):73-103.

[11] Liu G,Wang B,Zhang N. A Coin Has Two Sides: Which One is Driving China's Green TFP Growth? [J]. Economic Systems,2016,40,(3):481-498.

[12] Ng E C Y,Ying C N. What Explains the Total Factor Productivity Gap Between OECD Economies and the U. S. ? [J]. Applied Economics,2016,48,(32):1-15.

[13] Park J. Total Factor Productivity Growth for 12 Asian Economies: The Past and the Future[J]. Japan & the World Economy,2012,24,(2):114-127.

[14] Puskarova P. Analysis of Impacts Human Capital on the Total Factor Productivity in the EU Regions Using the Spatial Durbin Model[J]. Politicka Ekonomie,2015,63,(5):658-673.

[15] Puskarova P,Piribauer P. The Impact of Knowledge Spillovers on Total Factor Productivity Revisited: New Evidence from Selected European Capital Regions[J]. Economic Systems,2016,40,(3):335-344.

[16] Rusiawan W,Tjipthoherijanto P,Suganda E. Assessment of Green Total Factor Productivity Impact on Sustainable Indonesia Productivity Growth[J]Procedia Environmental Sciences,2015,(28):493-501.

[17] Song F,Guan Y,Song M L. Environmental Efficiency,Advances in Environmental Technology and Total Factor of Environmental Productivity of China[J]. Kybernetes,2013,42,(6):943-954.

[18] Xie B C,Shang L F,Yang S B. Dynamic Environmental Efficiency Evaluation of Electric Power Industries: Evidence from OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) and BRIC (Brazil,Russia,India and China) Countries[J]. Energy,2014,74,(5):147-157.

[19] Zhang J,Tan W. Study on the Green Total Factor Productivity in Main Cities of China[J]. Social Science Electronic Publishing,2016,34,(1):215-234.

[20] Zhang Z,Ye J. Decomposition of Environmental Total Factor Productivity Growth Using Hyperbolic Distance Functions: A Panel Data Analysis for China[J]. Energy Economics,2015,(47):87-97.

[21] Zheng J,Liu X,Bigsten A. Ownership Structure and Determinants of Technical Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Chinese Enterprises(1986—1990)[J]. Journal of Comparative Economics,1998,26,(3):465-484.

[22] 白永秀,王颂吉. 丝绸之路经济带的纵深背景与地缘战略[J]. 重庆:改革,2014,(3).

[23] 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]. 北京:统计研究,2016,(3).

[24] 胡鞍钢,马伟,鄢一龙. “丝绸之路经济带”:战略内涵、定位和实现路径[J]. 乌鲁木齐:新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2014,(2).

[25] 李斌,彭星,欧阳铭珂. 环境规制、绿色全要素生产率与中国工业发展方式转变——基于 36 个工业行业数据的实证研究[J]. 北京:中国工业经济,2013,(4).

[26] 李斌,祁源,李倩. 财政分权、FDI 与绿色全要素生产率——基于面板数据动态 GMM 方法的实证检验[J]. 北京:国际贸易问题,2016,(7).

[27] 李玲,陶锋. 中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角[J]. 北京:中国工业经济,2012,(5).

[28] 李向阳. 论海上丝绸之路的多元化合作机制[J]. 北京:世界经济与政治,2014,(11).

[29] 李小红,张焕明. 中国碳排放效率与全要素生产率研究[J]. 北京:数量经济技术经济研究,2016,(8).

[30] 石莹,何爱平. 丝绸之路经济带的能源合作与环境风险应对[J]. 重庆:改革,2015,(2).

[31] 孙传旺,刘希颖,林静. 碳强度约束下中国全要素生产率测算与收敛性研究[J]. 北京:金融研究,2010,(6).

[32] 汪锋,解晋. 中国分省绿色全要素生产率增长率研究[J]. 北京:中国人口科学,2015,(2).

[33] 汪克亮,杨力,程云鹤. 要素利用、节能减排与地区绿色全要素生产率增长[J]. 北京:经济管理,2012,(11).

[34] 王兵,刘光天. 节能减排与中国绿色经济增长——基于全要素生产率的视角[J]. 北京:中国工业经济,2015,(5).

[35] 王兵,吴延瑞,颜鹏飞. 中国区域环境效率与环境全要素生产率增长[J]. 北京:经济研究,2010,(5).

[36] 王晓芳,于江波. 丝绸之路经济带人民币流通的实际情境与相机抉择[J]. 重庆:改革,2014,(12).

[37] 杨广青,杜海鹏. 人民币汇率变动对我国出口贸易的影响——基于“一带一路”沿线 79 个国家和地区面板数据的研究[J]. 成都:经济学家,2015,(11).

[38] 杨玲. 生产性服务进口复杂度及其对制造业增加值率影响研究——基于“一带一路”18 省份区域异质性比较分析[J]. 北京:数量经济技术经济研究,2016,(2).

[39] 赵江林. “一带一路”:构建以中国为核心的区域经济增长新体系[N]. 北京:中国社会科学报,2014-10-24.

[40] 周方银. “一带一路”面临的风险挑战及其应对[J]. 上海:国际观察,2015,(4).

[41] 邹嘉龄,刘春腊,尹国庆,唐志鹏. 中国与“一带一路”沿线国家贸易格局及其经济贡献[J]. 北京:地理科学进展,2015,(5).

## Green Total Factor Productivity Shifts and Influential Mechanisms for ‘The Belt and Road’ Countries

HUANG Xiu-lu<sup>1</sup>, HAN Xian-feng<sup>2</sup>, GE Peng-fei<sup>2,3</sup>

(1. Jinhe Center for Economic Research, Xi’an Jiaotong University, Xi’an, Shaanxi, 710049, China;

2. School of Economics and Management, Northwest University, Xi’an, Shaanxi, 710127, China;

3. Center for Studies of China Western Economic Development, Northwest University, Xi’an, Shaanxi, 710127, China)

**Abstract:** “The Belt and Road” is a key strategy which help shift China’s economic from its own growth to regional growth. The basics for building “the Belt and Road” initiative lies in the achievement of sustainable coordinated development of countries along the route. In the context of global climate change and the long-existed “the Belt and Road” countries’ high-carbon feature, it has become an imperative issue to promote the green and low-carbon economic growth of China and countries along the route.

The current research of “the Belt and Road” initiative mainly focuses on fields with respect to the trade structure, macro-strategy arrangement, and energy cooperation, most of which extends issues from the perspective of how to promote China’s economic growth. Few studies involve inter-country coordination of economic growth from the perspective of the total factor productivity. How is the situation of the green total factor productivity faced by “the Belt and Road” countries, and what trends? How do economic variables affect the green total factor productivity of “the Belt and Road” countries? Are there any heterogeneity? These problems this paper aims to explore are of utmost importance in practical implementation of “the Belt and Road” initiative.

By regarding carbon emission as a non-expectable output and constructing a panel data of “the Belt and Road” countries over the period from the year 1995 to 2012, this paper firstly combines SBM-DDF method with Luenberger productivity index to measure the green total factor productivity and its decompositions, and then employs regression models to analyze the influence of economic variables on green total factor productivity and its decompositions. Measurement results show that during the observation span, carbon emission intensity in “the Belt and Road” countries decreases annually and this intensity is negatively connected with the income level of the economy. Although China has gradually progressed into the ranks of high-income countries, China’s carbon emission intensity still takes the place between low-income countries and lower-income countries. Overall, the green total factor productivity of “the Belt and Road” countries takes on an slowly increasing trend, with an average annual growth rate 0.43%. Specifically speaking, the pure technical progress, the technical scale, and the scale efficiency annually grows at 0.52%, 0.24% and 0.01%, respectively; while the pure technical efficiency annually falls at 0.35%. In other words, the former three decompositions push up the growth of green total factor productivity, whereas the latter one decomposition hinders the growth of green total factor productivity. In reference to the heterogeneous aspect, a large growth gap is witnessed between the Asian area and the European area. To be exact, the Asian countries show higher growth rates of green total factor productivity than the European countries do. Finally, China’s green total factor productivity rises by 0.68% per year and the pure technical progress serves as the only driver.

As to the empirical regression results, this paper elaborates the following points. In the first place, effects vary among various economic variables. Specifically, health-human capital and informationization enhance the green total factor productivity of “the Belt and Road” countries thoroughly, while foreign investment, industrialization, government consumption, trade and financial support deter the green total factor productivity of “the Belt and Road” countries. In the second place, impacts of economic variables show regional differences. That is, the enhancement effects of health-human capital and informationization on the Asian countries’ green total factor productivity are larger than that on the European countries’. Meanwhile, trade and financial support promote the European countries’ green total factor productivity but hurt the Asian countries’ green total factor productivity. In the third place, Heterogeneity also exists in the working mechanisms. For instance, health-human capital boosts the green total factor productivity of “the Belt and Road” countries through the pure technical efficiency and the pure technical progress, while informationization through the pure technical progress and the technical scale. Besides, the promotion mechanisms for the Asian countries’ green total factor productivity are monotonous, while those for European countries’ more diversified.

This paper is the first to apply green total factor productivity into “the Belt and Road” research. Its conclusion is invaluable in strategy implementation and green economy development for “the Belt and Road” countries.

**Key Words:** ‘the Belt and Road’; green total factor productivity; SBM-DDF-Luenberger

**JEL Classification:** O13, O44, R11

**DOI:** 10.19616/j.cnki.bmj.2017.09.001

(责任编辑:文 川)