

中国区域间产业转移的全要素碳排放效率动态效应研究^①

顾剑华, 占迎, 李梦

桂林电子科技大学 商学院, 广西 桂林 541004

摘要: 综合考虑区域间产业转移产生的碳污染效应, 运用产业梯度转移理论计算中国 30 个省域 38 个行业的产业梯度系数表征区域间产业转移状况, 构建引入产业转移综合指标的全要素碳排放效率测算框架。探索性地构造 Meta-frontier GML 指数测算 2005—2015 年中国区域间产业转移的全要素碳排放效率, 并对其动态效应进行分解, 探寻碳排放效率的改进空间。研究发现: ①2005—2015 年中国区域间产业转移的全要素碳排放效率有所提高, 平均值为 1.004 3, 缩小的技术差距在全要素碳排放效率增长中逐渐占据主导地位。东部沿海地区的全要素碳排放效率最高, 东北地区次之, 而中部地区和西部地区则呈现无效性。②各省域在“技术追赶”“技术创新”“技术领先”效应上差异显著, 因此各省域应依托自身区位优势, 完善“人才体系”, 加快推进产业转型升级以及依靠创新驱动来提高碳排放效率, 实现经济高质量发展。

关键词: 全要素碳排放效率; 产业转移; Meta-frontier GML 指数

中图分类号: F062.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)11-0040-08

近年来, 气候变化问题受到国际社会普遍关注, 能源大规模开发利用为各国经济增长提供了动力支持, 但同时释放出大量以二氧化碳为代表的温室气体, 造成全球气候变暖 and 环境污染加剧。为此, 减少温室气体排放、提高碳排放效率推进全球经济“低碳化”势在必行。目前, 中国特色社会主义进入了新时代, 党的十九大报告指出“我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段”。“高投入、高能耗、高排放”的粗放型经济增长方式已难以为继, 降低能源消耗、提高碳排放效率能有效缓解中国快速城市化和工业化对能源需求的刚性, 是中国经济保持平稳增长的关键所在。值得注意的是, 中国存在要素禀赋和经济发展空间的不均衡性, 跨区域产业转移已成为促进区域协调发展的重要手段。区域间产业转移不仅为沿海发达地区产业发展提供新空间, 成为城市化和工业化发展的新动力; 而且也为内陆欠发达地区带来技术外溢效应, 提高区域经济发展水平。但区域间产业转移是一把双刃剑, 给欠发达地区带来正向技术溢出效应的同时也带来愈加严重的环境污染负效应。沿海产业转移逐步向中西内陆地区扩散而引致的碳排放转移问题引起了学者们的关注, 如何通过科学、合理的方法测算区域间产业转移的碳排放效率, 如何处理环境污染与能源供需失衡对经济平稳增长的约束, 探寻碳排放效率的提升空间, 对于合理规划产业空间布局, 推动产业转型升级, 促进区域协调经济发展, 提高经济增长质量和效益具有重要的现实意义。

从全要素研究的思路评价碳排放效率, 将数据包络分析(the data envelopment analysis, 简称 DEA)模

① 收稿日期: 2019-07-07

基金项目: 国家社会科学基金项目(13BJL093); 广西高校中青年教师基础能力提升项目(ky2016YB137); 广西研究生教育创新计划项目(YCSW2018148)。

作者简介: 顾剑华(1978—), 女, 副教授, 主要从事低碳经济与区域可持续发展、决策方法研究。

型与全要素生产效率指数相结合能够有效地测算全要素碳排放效率, 并通过技术效率和技术进步两方面研究全要素碳排放效率的变化. 这样可以弥补单要素指标不能全面反映一个地区碳排放效率的多维度特征^[1], 充分考虑各要素之间的替代作用, 较为科学地研究投入要素增长、技术进步以及能力实现等对于碳排放效率提升的贡献, 有助于在制定相关政策时确定如何调整产业结构, 有效地推动碳减排, 实现经济高质量发展. 随着传统 DEA 模型和 Malmquist 指数应用的局限性日益明显, 国内外学者随后提出 SBM 模型、Super-SBM 模型、Malmquist-Luenberger 指数以及 Global Malmquist-Luenberger 指数等方法对不同的对象进行全要素碳排放效率的测算, 探讨相应的空间分布、变化趋势和影响因素^[2-7]. 虽然 GML 指数具有良好的传递性, 能够解决无可行解的问题, 同时考虑到了跨期的全局技术前沿, 但该指数存在没有考虑到“不同经济体在投入产出过程中的技术前沿差距”的不足. 而现实情况是: 自 20 世纪 90 年代以来, 中国区域差距明显扩大^[8], 各地区之间存在技术差距. 鉴于此, 还需引入“共同前沿面”的概念对碳排放效率进行全面分析, Oh 和 Lee^[9]在 GML 的基础上建立了 Meta-frontier GML 指数, 按照不同经济主体技术前沿水平, 分别计算各组 GML 指数和不分组的 GML 指数. 在研究全要素碳排放效率的过程中, 产业转移带来的碳排放转移是一个不可忽视的现象. 对此, 学术界产生两种观点. 一种是 Copeland 等^[10]提出的“污染天堂”假说, 认为环境规制高的国家的污染密集型企业倾向向环境规制较低的国家或地区转移, 这些地区成为污染密集型企业的“避难所”; 另一种则是“污染光环”假说, 认为产业承接地区会利用相关企业带来的先进的管理、技术和设备等在很大程度上降低了处理污染的成本, 通过技术扩散效应传导给其他企业, 改善环境和产业发展状况. 因此, 本研究首先通过引入“共同前沿生产函数”构造 Meta-frontier GML 指数, 测算中国区域间产业转移的全要素碳排放效率及其分解效应的动态变化, 探究碳排放效率的提升途径, 以期为中国制定区域碳减排政策提供有效依据; 其次, 基于中国区域经济发展不均衡和资源环境约束趋紧的现实问题, 考虑到区域间产业转移带来的碳排放转移现象, 通过计算中国 30 个省域 38 个行业的产业梯度系数来表征区域间产业转移状况, 运用熵权 TOPSIS 法评价产业转移综合指标, 并将产业转移综合指标作为投入要素纳入全要素碳排放效率测算框架, 研究“产业转移、环境规制、劳动、资本、能源投入—经济产出—环境污染”这个复杂生产系统的效率变动及其分解效应, 对产业转移背景下的全要素碳排放效率动态效应进行研究.

1 研究方法 with 数据来源

1.1 模型与方法

共同前沿生产函数最早由 Hayami 和 Ruttan^[11] 在 1970 年提出, Battese 等^[12] 利用 SFA 构建共同前沿和群组前沿, 提出技术缺口比率 (TGR) 用以衡量不同技术水平下的技术差距. 在此基础上, O'Donnell 等^[13] 进行了进一步的改进, 用 DEA 方法替代 SFA 方法, 采用线性规划法构建了共同前沿和群组前沿. 本文将每个省域视为决策单元 (DUM), 假设在 $t = 1, \dots, T$ 时期内, 每个省域利用 $x = x_1, \dots, x_m \in R_+^m$ 的投入, 生产 $y = y_1, \dots, y_r \in R_+^r$ 的期望产出和 $b = b_1, \dots, b_{r_2} \in R_+^{r_2}$ 的非期望产出, N 个决策单元 DUM 按照一定的属性分为 J 个不同的群组, 分别使用同期基准技术集、跨期基准技术集和全局基准技术集. 群组 R_j 的同期、跨期和全局基准技术集分别定义为:

$$P_{R_j}^t = \{(x^t, y^t, b^t) \mid x^t \text{ 可以生产 } (y^t, b^t)\} \quad (1)$$

$$P_{R_j}^I = \text{conv}\{P_{R_j}^1 \cup P_{R_j}^2 \cup \dots \cup P_{R_j}^T\} \quad (2)$$

$$P^G = \text{conv}\{P_{R_1}^I \cup P_{R_2}^I \cup \dots \cup P_{R_J}^I\} \quad (3)$$

群组 R_j 同期 GML 生产率指数在 $P_{R_j}^d$ 中定义为:

$$GML^d = \frac{1 + S^d(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + S^d(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \quad (4)$$

群组 R_j 跨期 GML 指数在 $P_{R_j}^I$ 中定义及其分解为

$$\begin{aligned}
 GML^t &= \frac{1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + S^I(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} = \\
 &= \frac{1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \times \\
 &= \frac{(1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t))/(1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t))}{(1 + S^I(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1}))/ (1 + S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1}))} = \\
 &= \frac{TE^t(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{TE^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \times \frac{BPG^{I,t}(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{BPG^{I,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} = \\
 &= EC^{t,t+1} \times BPC^{t,t+1}
 \end{aligned} \quad (5)$$

其中, TE^d 和 $BPG^{I,d}$ 表示的是技术效率和最佳实践缺口水平, EC 表示的是技术效率的度量, BPC 表示的是 $P_{R_j}^I$ 和 $P_{R_j}^d$ 之间最佳实践缺口的度量. BPC 大于(小于)1 表示同期技术集合在 $t+1$ 期比 t 期更加接近(远离)跨期技术集合, 说明技术进步(退步).

在共同前沿分析方法中, 共同前沿与群组前沿技术水平之间的差距用技术缺口比率 TGR 来衡量, 表示共同前沿技术效率(MTE)与群组前沿技术效率(GTE)之比, 反映了决策单元的实际生产技术水平对于共同前沿的偏离程度. 在包含非期望产出 Super-SBM 模型的情况下, t 期 TGR 计算公式为

$$TGR^t(x^t, y^t, b^t) = \frac{MTE^t(x^t, y^t, b^t)}{GTE^t(x^t, y^t, b^t)} = \frac{1/(1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t))}{1/(1 + S^G(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t))} \quad (6)$$

因此, 本研究提出的共同前沿面 GML 生产率指数, 即考虑非期望产出 Super-SBM 模型的 $MGML$ 指数在 P^G 中可以定义为:

$$\begin{aligned}
 MGML^{t,t+1} &= \frac{1 + S^G(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + S^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} = \\
 &= \frac{1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \times \\
 &= \left[\frac{S^G(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)/S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{S^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})/S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \right] = \\
 &= \frac{1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \times \\
 &= \frac{(1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t))/(1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t))}{(1 + S^I(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1}))/ (1 + S^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1}))} \times \\
 &= \frac{(1 + S^G(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t))/(1 + S^I(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t))}{(1 + S^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1}))/ (1 + S^I(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1}))} = \\
 &= \frac{TE^t(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{TE^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \times \frac{BPG^{I,t}(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{BPG^{I,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \times \\
 &= \frac{TGR^{G,I,t}(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{TGR^{G,I,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} = \\
 &= EC^{t,t+1} \times BPC^{t,t+1} \times TGC^{t,t+1}
 \end{aligned} \quad (7)$$

其中, EC 测量两期组内技术效率变化的变化率, 反映了“技术落后地区”向“最佳实践地区”的技术追赶状况; BPC 测量两期组内技术进步的变化率, 反映了当期技术前沿向全局技术前沿移动的技术创新程度; TGC 测量两期中各组技术前沿与共同前沿之间的技术差距变化率, 反映了技术领先变化.

1.2 变量选取与数据来源

本研究所使用的基础数据来自 2005—2016 年《中国统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及中国 30 个省域统计年鉴, 其中西藏因多个变量数据缺失而未包括在内. 根据数据的可得性和有效性, 选取产业转移、环境规制、劳动力、资本和能源作为模型的投入指标, GDP 为期望产出, 二氧化碳排放为非期望产出.

1) 产业转移投入. 产业转移指标的衡量在学术界尚未形成统一标准, 采用投入产出表来分析, 会受时

间限制和数据连续性的影响,难以反映产业转移的动态变化;采用空间基尼系数比较不同产业集聚程度,会因各产业中企业规模或地理区域大小的差异而造成跨产业比较上的误差;采用区位商以产值比重衡量区域优势产业,也不能够全面地反映当前产业转移的状况.因此,本研究首先借鉴熊必琳等^[14]在研究中国工业区域转移时提出的改进产业梯度系数,采用区位商、比较劳动生产率和比较资本生产率三者的乘积来衡量产业转移指标,并根据中国国民经济活动的行业分类,研究中国 38 个行业的产业转移指标,包括农、林、牧、渔业,煤炭开采与洗选业,石油和天然气开采业,黑色金属矿采选业,有色金属矿采选业,非金属矿采选业,其他采选业,农副食品加工业,食品制造业,饮料制造业,烟草制品业,纺织业,纺织服装、服饰业,皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业,木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业,家具制造业,造纸和纸制品业,印刷与记录媒介复制业,文化、教育、体育用品制造业,石油化工、炼焦及核燃料加工业,化工原料和化工制品业,橡胶和塑料制品业,非金属矿物制品业,黑色金属冶炼以及压延加工业,金属制品业,通用设备制造业,专用设备制造业,交通运输设备制造业,电气机械以及器材制造业,电子设备制造业,仪器仪表制造业,工艺品制造业,废弃资源综合利用业,电力、热力、燃气及水生产和供应业,建筑业,交通运输、仓储和邮政业,批发和零售餐饮业,服务行业.

$$IGC_{ij} = q_{ij} \times CPOR_{ij} \times CCOR_{ij} = \frac{e_{ij}/e_i}{E_j/E} \times \frac{e_{ij}/E_j}{L_{ij}/L_j} \times \frac{e_{ij}/E_j}{K_{ij}/K_j} \quad (8)$$

其中, q_{ij} 表示 i 省域 j 行业的区位商,反映了地区产业的专业化程度,表征产业的空间优劣分布; e_{ij} 表示 i 省域 j 行业的产值, e_i 表示 i 省域总产值, E_j 表示全国 j 行业产值, E 表示全国总产值; $CPOR_{ij}$ 表示 i 省域 j 行业的比较劳动生产率,反映了地区产业就业人员的素质和技术水平,是区域竞争力的重要标志; L_{ij} 表示 i 省域 j 行业的从业人员, L_j 表示全国 j 行业的从业人员; $CCOR_{ij}$ 表示 i 省域 j 行业的比较资本产出率,反映了地区产业的资本产出率水平; K_{ij} 表示 i 省域 j 行业的资本存量, K_j 表示全国 j 行业的资本存量.因此, IGC_{ij} 表示 i 省域 j 行业的产业转移指标,由产业专业化程度、劳动生产率和资本生产率的乘积共同决定.

其次,根据中国 30 个省域 38 个产业的产业转移指标,运用熵权 TOPSIS 法构建产业转移综合指标.熵权 TOPSIS 法能将熵权法和 TOPSIS 法有效结合,科学客观地确定评价指标的权重,能够全面客观地反映中国省域产业转移综合指标,为后续分析提供基础.

2) 环境规制投入.将作为区域特征的环境规制和作为产业特征的污染排放密度加入到区域特征与产业特征交互作用模型中,来研究环境规制对中国产业区位选择的影响,检验中国省域间的“污染天堂”和“污染光环”效应.考虑到数据的可得性,采用工业污染治理完成投资额占工业增加值的比重来衡量环境规制强度.

3) 劳动力投入.劳动力投入是生产函数和投入产出模型的基本投入要素,采用各省域全部就业人口衡量.

4) 资本投入.借鉴张军等^[15]在研究中国省域物质资本存量估算中的研究方法,估计一个基年后,运用永续盘存法按照不变价格的方式计算各省域的资本存量,计算公式为

$$K_{it} = (1 - \delta_{it})K_{it-1} - I_{it} \quad (9)$$

其中, i 表示第 i 省域, t 代表年份, K 代表资本存量, δ 代表经济折旧率, I 代表投资.本研究的投资 I 采用固定资本形成总额来衡量,利用固定资本投资价格指数平减固定资本形成总额至以 2005 年为基期的不变价格,经济折旧率 δ 按照中国法定残值率代替资本品的相对效率选定 5%,初始资本存量 K_{it} 以 2005 年的固定资本形成总额来衡量.

5) 能源投入.选取煤炭、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油和天然气 7 种能源,按照各能源与煤炭之间的热值比例关系,将所选能源转换成标准煤衡量能源投入.

6) 期望产出.选取各省域 2005—2015 年的 GDP 作为期望产出,并以 2005 年的价格进行平减调整.

7) 非期望产出.根据杜立民^[16]研究中国二氧化碳排放的影响因素,参照 IPCC(2006) 以及国家气候对策协调领导小组办公室和国家发改委能源研究所(2007) 使用的估算方法,将化石能源燃烧和水泥生产过程排放

的二氧化碳排放量加总作为研究基础。以煤炭、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油和天然气 7 种能源作为估算化石能源燃烧排放二氧化碳的基础, 计算公式为

$$EC = \sum_{i=1}^7 EC_i = \sum_{i=1}^7 E_i \times CF_i \times CC_i \times COF_i \times \frac{44}{12} \quad (10)$$

其中, EC 表示各省域估算的全部能源燃烧产生的二氧化碳排放总量, EC_i 表示各省域估算的各种能源燃烧产生的二氧化碳排放量, E_i 表示各省域第 i 种能源的消费总量, CF_i 表示第 i 种能源的发热值, CC_i 表示第 i 种能源的碳含量, COF_i 表示第 i 种能源的碳化因子。 $CF_i \times CC_i \times COF_i$ 被称为第 i 种能源的碳排放系数, $CF_i \times CC_i \times COF_i \times \frac{44}{12}$ 被称为二氧化碳排放系数。

水泥生产过程中产生的二氧化碳排放量计算公式为

$$CC = Q \times EF_{\text{cement}} \quad (11)$$

其中, CC 表示各省域水泥生产过程中产生的二氧化碳排放总量, Q 表示各省域水泥生产总量, EF_{cement} 表示各省域水泥生产过程产生的二氧化碳排放系数。

2 结果与分析

本研究使用 MAXDEA6.6 软件对中国各省域的投入产出变量进行测算, 得到考虑区域间产业转移的全要素碳排放效率, 并基于 2011 年国家统计局为科学反映中国不同区域的社会经济发展状况, 根据《中共中央、国务院关于促进中部地区崛起的若干意见》《国务院发布关于西部大开发若干政策措施的实施意见》以及党的十六大报告所提出的经济区域划分方法, 将 30 个省域(不包括港、澳、台和西藏地区)划分为四大区域: 东北地区(辽宁、吉林、黑龙江)、东部沿海地区(北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南)、中部地区(山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南)和西部地区(内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆), 基于 MGML 指数对中国区域间产业转移的全要素碳排放效率及其分解效应进行动态评价。

2.1 中国省域 MGML 指数及其分解效应

从表 1 可知, 2005—2015 年 MGML 指数的平均值为 1.004 3, 全要素碳排放效率处于上升阶段, 意味着在投入要素不变条件下, 经济产出增长 0.43%, 二氧化碳排放量减少 0.43%。就其分解效应而言, 技术效率变化率(EC)、技术进步变化率(BPC)和技术差距变化率(TGC)的年均增长分别为 -0.5%, 0.2%, 0.73%, 全要素碳排放效率由技术创新和技术领先共同驱动, 而技术追赶对其有一定的抑制作用。 TGC 的平均值为 1.007 3, 说明中国区域间产业转移的全要素碳排放效率的技术差距呈现逐渐缩小趋势。从省域层面看, 中国 30 个省域中有 19 个省域的 MGML 指数大于 1, 11 个省域的 MGML 指数小于 1。其中, 17 个省域的 EC 领先于全国平均水平, 15 个省域的 BPC 处于有效水平, 14 个省域的 TGC 达到有效水平, 这说明大多数省域在技术追赶中具有优势, 但在技术创新和技术领先上还有待提升, 这与我国在技术追赶上具有后发优势, 但在自主创新、尖端技术突破和转化上还有所欠缺密切相关。其中, 北京的 MGML 指数最高, 平均值为 1.119 8, 改进的技术进步和缩小的技术差距共同促进了全要素碳排放效率的增长; 宁夏和广西的 MGML 指数平均值分别为 0.903 7 和 0.959 7, 技术追赶、技术创新和技术领先阻碍了全要素碳排放效率的提高, 而黑龙江、海南、贵州、陕西、安徽、江西和新疆等省域, 多数是在技术效率或技术进步方面有一定促进作用, 但技术差距阻碍了全要素碳排放效率的提高, 出现 MGML 指数低于 1。位于东部沿海地区的省域, 如浙江、广东两省的技术追赶、技术创新和技术领先共同推动了全要素碳排放效率的增长, 其中技术领先起到了主导作用; 北京、上海、天津、河北、山东等省域在技术领先具有得天独厚的优势, 而技术追赶或技术创新表现稍弱, 三大效应综合作用推动了全要素碳排放效率的提高。中部地区大多数省域的 MGML 指数呈现增长, 如河南、湖北和湖南在技术追赶或技术创新优势明显, 技术领先处于弱势地位, 而山西省全要素碳排放效率的提高来源于技术领先的促进作用。西部地区除四川、重庆、云南和青海外, 其他省域的 MGML 指数均低于 1, 如贵州、陕西等省域的技术追赶起到了一定的推动作用, 但技术创新和技

术领先是这些省域的短板，整体上对全要素碳排放效率产生抑制效应。

表 1 2005—2015 年中国省域 MGML 指数及其分解效应

地区	MGML	EC	BPC	TGC	地区	MGML	EC	BPC	TGC
北京	1.119 8	0.986 1	1.009 0	1.125 6	山西	1.011 0	0.988 9	0.985 0	1.037 9
天津	1.020 6	0.978 6	0.956 4	1.090 4	河南	1.018 7	0.998 7	1.047 2	0.974 2
山东	1.039 6	0.992 8	0.909 2	1.151 6	内蒙古	0.973 7	1.000 0	0.965 4	1.008 6
河北	1.025 4	0.963 5	0.936 3	1.136 6	陕西	0.912 4	1.032 4	0.996 3	0.887 1
黑龙江	0.984 0	1.011 3	0.983 8	0.989 0	上海	1.097 1	0.999 5	1.027 9	1.067 8
吉林	1.014 2	0.963 6	1.107 5	0.950 4	浙江	1.073 8	1.000 5	1.017 9	1.054 5
辽宁	1.066 8	1.058 0	0.907 5	1.111 2	江苏	1.031 8	0.964 0	1.078 5	0.992 3
福建	1.000 9	1.013 8	1.074 2	0.919 0	湖北	1.006 2	1.003 1	1.026 8	0.976 9
广东	1.030 2	1.001 6	1.002 2	1.026 3	湖南	1.010 0	1.063 4	0.957 4	0.992 0
海南	0.944 0	0.941 4	1.010 4	0.992 4	安徽	0.967 3	0.956 8	1.072 4	0.942 8
四川	1.082 5	0.950 4	1.131 5	1.006 6	江西	0.914 2	0.987 1	1.026 6	0.902 2
重庆	1.062 7	1.017 4	0.935 5	1.116 6	宁夏	0.903 7	0.993 6	0.958 4	0.948 9
广西	0.959 7	0.999 8	0.986 1	0.973 4	甘肃	0.958 9	0.990 3	0.968 2	1.000 1
云南	1.069 7	0.999 5	1.100 3	0.972 7	青海	1.000 0	1.004 5	0.890 7	1.117 7
贵州	0.882 1	1.003 8	0.976 2	0.900 2	新疆	0.999 3	0.997 2	1.071 3	0.935 4
全国平均	1.004 3	0.995 0	1.002 0	1.007 3					

2.2 中国四大经济区域 MGML 指数及其分解效应

由表 2 得到的结果可知，中国四大经济区域 MGML 指数呈现“有效”和“无效”共存的态势，其中呈现有效性区域中东部沿海地区独占鳌头，东北地区次之，中部地区和西部地区则呈现无效性，全要素碳排放效率的改进空间明显。东部沿海地区的 EC、BPC 和 TGC 的年均增长分别为−1.61%，0.08%和 5.33%，技术领先成为全要素碳排放效率增长的主导因素，东部沿海地区属于资本集聚区域，对外开放水平程度高，产学研的深度融合为技术创新提供了坚实基础，近年来东部沿海地区大力发展节能技术，优化能源布局，将能源技术优势转化为产业优势和经济优势，成为提升全要素碳排放效率的关键依托，“污染光环”效应显现，推动了全要素碳排放效率的提高。东北地区三大分解效率的年均增长分别为 1.02%，−0.38%，1.46%，技术追赶和技术领先共同促进了全要素碳排放效率提升，随着振兴东北老工业战略的提出，装备制造业不断与信息化深度融合，航天、核电、新能源汽车等行业发展迅速，同时依托得天独厚的区域优势，东北地区加快发展现代农业，提升服务业质量，构建现代产业体系，促进了全要素碳排放效率的提高。三大分解效率的年均增长在中部地区表现为−0.08%，1.85%，−2.99%，表明技术追赶和技术领先共同抵消了技术创新对全要素碳排放效率的推动作用，影响了全要素碳排放效率的增长，虽然中部地区依托黄金水道和城市群建设，整合人力、财力和物力资源，成为高新技术和新兴产业的输入区，技术创新对全要素碳排放效率产生了一定的推动作用。但此外，中部地区也是传统高污染、高能耗产业和重化工业的输出区，产业输出的同时也存在技术输出，从而技术追赶和技术领先呈现下降态势，抑制了全要素碳排放效率的提升。西部地区的三大分解效应都呈现下降趋势，表明不论是在技术追赶，还是技术创新以及技术领先方面都不占据优势地位，原因在于西部地区在各项投入要素中均不占据优势地位，处于产业的输入区，往往承接高污染、高能耗的产业，再加上生态环境的脆弱性加剧了环境规制作用，“污染天堂”假说成立，全要素碳排放效率呈现负增长。

表 2 2005—2015 年中国四大经济区域 MGML 指数及其分解效应

地 区	MGML	EC	BPC	TGC
东北地区	1.021 1	1.010 2	0.996 2	1.014 6
东部沿海	1.037 2	0.983 9	1.000 8	1.053 3
中部地区	0.987 2	0.999 2	1.018 5	0.970 1
西部地区	0.980 1	0.998 8	0.995 8	0.985 4

3 结论与启示

本研究运用 MGML 指数测算中国区域间产业转移的全要素碳排放效率,并对其进行动态分解.研究表明:①考虑区域间产业转移的全要素碳排放效率的提高来自技术创新和技术领先共同驱动,各省域的全要素碳排放效率及其分解效应存在明显差异.东部沿海省域在技术创新或技术领先上具有独特优势,成为全要素碳排放效率提升的重要途径;中部地区大多数省域的 MGML 指数呈现上升趋势,主要依靠技术追赶或技术创新的推动;西部地区省域的技术创新和技术领先成为提升全要素碳排放效率的短板.②四大经济区域的全要素碳排放效率呈现“有效”和“无效”共存的态势,产业转移带来的碳排放转移而导致的“污染天堂”和“污染光环”现象在不同区域表现不同.在效率有效性区域,技术领先效应的推动作用明显,技术追赶或技术创新效应也呈现一定的推动作用;在效率无效性区域,多为技术追赶、技术创新和技术领先效应的叠加作用抑制了全要素碳排放效率的提高.

依据上述结论,在贯彻绿色、协调发展理念下,就如何有效提升碳排放效率、优化产业布局、实现经济高质量发展提出几点建议:①因区位条件制宜.中国四大经济区域产业布局、产业结构、环境规制程度、技术创新驱动能力等社会经济发展条件存在差异,要根据各区域不同的区位优势来制定发展目标和政策;②完善“人才体系”.各区域的发展是“以人为本”的发展,促进各地区和各省域间人才交流,培养一批有战略眼光、有技术支撑的创新型人才,推动碳排放效率的提升;③加快推进产业转型升级.科技革命和产业变革方兴未艾,各地区和各省域产业结构转型升级、产业布局优化,对于提升整个产业体系,降低碳排放量至关重要,在承接产业转移时加快对先进技术和方法的消化吸收和转化速度,支持附加值高、科技含量高、污染低、能耗低的产业,提高“三高”产业的市场准入门槛和发挥规模优势,实现生产要素的加速流动,提升资源配置效率;④依靠创新驱动.中国是能源生产和消费大国,能源战略地位具有举足轻重的作用,面对能源供求格局深刻调整、新一轮能源技术变革的严峻形势,加快技术创新是推动能源可持续发展的关键所在.发展先进高效节能技术,抢占能源科技竞争制高点,积极推动“双创”活动,激发能源行业的创造激情和创新潜能,培育更多能源技术优势并转化为经济优势,实现由能源驱动转向创新驱动,从而转变经济发展模式,全面提升碳排放效率.

参考文献:

- [1] 张金灿,仲伟周.基于随机前沿的我国省域碳排放效率和全要素生产率研究[J].软科学,2015,29(6):105-109.
- [2] TONE K. A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [3] OH D H. A Global Malmquist-Luenberger Productivity Index[J]. Journal of Productivity Analysis, 2010, 34(3): 183-197.
- [4] 李珊珊,马艳芹.环境规制对全要素碳排放效率分解因素的影响——基于门槛效应的视角[J].山西财经大学学报,2019,41(2):50-62.
- [5] 郭炳南,林基.基于非期望产出 SBM 模型的长三角地区碳排放效率评价研究[J].工业技术经济,2017,36(1):108-115.
- [6] 陈艳玲.城镇化对碳排放的门槛效应:省际数据的实证研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2017,42(3):112-118.
- [7] 王钊,王良虎.碳排放交易制度下的低碳经济发展——基于非期望 DEA 与 DID 模型的分析[J].西南大学学报(自然科学版),2019,41(5):85-95.
- [8] 王小鲁,樊纲.中国收入差距的走势和影响因素分析[J].经济研究,2005,40(10):24-36.
- [9] OH D H, LEE J D. A Metafrontier Approach for Measuring Malmquist Productivity Index[J]. Empirical Economics, 2010, 38(1): 47-64.
- [10] COPELAND B R, TAYLOR M S. Trade and the Environment: a Partial Synthesis[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1995, 77(3): 765-771.
- [11] HAYAMI Y, RUTTAN V W. Agricultural Productivity Differences among Countries[J]. The American Economic Re-

- view, 1970, 60(5): 895-911.
- [12] BATTESE G E, RAO D S P, O'DONNELL C J. A Metafrontier Production Function for Estimation of Technical Efficiencies and Technology Gaps for Firms Operating under Different Technologies [J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2004, 21(1): 91-103.
- [13] O'DONNELL C J, RAO D S P, BATTESE G E. Metafrontier Frameworks for the Study of Firm-level Efficiencies and Technology Ratios [J]. *Empirical Economics*, 2008, 34(2): 231-255.
- [14] 熊必琳, 陈蕊, 杨善林. 基于改进梯度系数的区域产业转移特征分析 [J]. *经济理论与经济管理*, 2007(7): 45-49.
- [15] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000 [J]. *经济研究*, 2004, 39(10): 35-44.
- [16] 杜立民. 我国二氧化碳排放的影响因素: 基于省级面板数据的研究 [J]. *南方经济*, 2010(11): 20-33.

On Dynamic Effect of Total-Factor Carbon Emissions Efficiency of China's Interregional Industry Transfer

GU Jian-Hua, ZHAN Ying, LI Meng

School of Business, Guilin University of Electronic Technology, Guilin Guangxi 541004, China

Abstract: The carbon pollution effect caused by interregional industrial transfer has comprehensively been considered, based on the theory of industrial gradient transfer, the industrial gradient coefficient of 38 industries in 30 provinces of China is calculated to characterize the status of interregional industrial transfer, and the measurement framework of the total factor carbon emission efficiency with the introduction of comprehensive industrial transfer index is constructed. The Meta-frontier GML index was constructed tentatively to calculate the total factor carbon emission efficiency of China's interregional industrial transfer from 2005 to 2015, and its dynamic effect was decomposed to explore the improvement space of carbon emission efficiency. The results show that, ① From 2005 to 2015, the total factor carbon emissions efficiency of China's interregional industry transfer increased with an average value of 1.004 3, and the reduced technology gap gradually dominates the growth of total factor carbon emission efficiency. The total factor carbon emission efficiency of the eastern coastal areas is the highest, followed by the northeast, while the central and west regions are ineffective. ② There are significant differences in the effects of “technological catch-up”, “technological innovation” and “technological leadership” in different provinces. Therefore, in different provinces the “talent system” should be improved and industrial transformation and upgrading should be accelerated based on their regional advantages, and carbon emission efficiency should be increased based on innovation-driven, achieving high quality economic development.

Key words: total factor carbon emission efficiency; industrial transfer; meta-frontier GML index

责任编辑 潘春燕