

区域协同视角下长江经济带产业绿色发展研究

何剑^{1,2} 王欣爱²

(1. 兵团金融发展研究中心, 新疆石河子 832000;

2. 石河子大学经济与管理学院, 新疆石河子 832000)

【摘要】: 在长江经济带建设进程中, 推动产业绿色发展及区域协同是破解资源、环境约束的重要突破口。基于非径向非角度 SBM 分析建立动态 Malmquist 模型, 运用 2000-2014 年面板数据测算长江经济带产业绿色效率指数、效率变化指数、技术进步指数。在分析长江经济带时空分布的基础上, 将其周边的 11 个省市划分为 4 个联盟, 并对产业合作博弈过程中产业利益帕累托改进及其合作边界进行了探讨。最后, 从区域协同视角出发, 根据不同产业协作联盟, 从空间合作策略、政策机制等方面提出了相关建议。

【关键词】: 区域协同; 长江经济带; 产业绿色效率; SBM-Malmquist; 合作博弈

【中图分类号】: F127 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 10017348(2017)11-0041-06

DOI:10.6049/kjbydc.2016110662

引言

从世界经济发展历程看, 流域经济尤其是大河流域经济往往是国家经济发展的命脉, 如密西西比河、伏尔加河、莱茵河等形成了以水资源开发为中心、产业布局合理、城市网络密集的经济带, 并带动了整个流域经济发展^[1]。流域经济发展既受生产力水平的影响, 又受河流生态资源的制约。当前, 生产性活动对生态环境破坏日益严重、流域开发与生态协调问题日益突出, 大河流域环境规制和可持续发展受到广泛关注。2014 年 9 月 12 日, 政府提出强化长江水资源保护和合理利用, 加强流域生态系统修复和环境综合治理, 建设绿色生态走廊。长江经济带横贯中国东中西三大地带, 人口和产业布局密度较高、生态系统服务价值巨大、流域环境受人类活动干扰较多。长江经济带河流资源作为一种典型的区域性环境公共产品, 近年来因受产业发展迅速、城市化进程加快和土地资源消耗加剧, 以及气候变化、地震等自然因素叠加积累的影响, 长江经济带生态环境越来越脆弱和敏感, 且退化日益严重。从区域协同视角出发, 构建区域互动合作机制, 推动长江经济带生态环境联防联控联控, 统筹区域经济可持续发展尤为迫切。产业是经济发展的载体, 建设长江经济带生态文明示范带, 核心是实现产业绿色协同发展, 即在产业层面开展绿色合作, 强化产业合作研发, 加大生态系统完整性和连通性建设与保护力度, 建立健全生态文明保障制度, 建设长江经济带绿色生态走廊。

绿色发展已成为经济社会发展的主要理念。关于绿色效率测度方法, 学者提出用绿色发展指数反映区域或产业绿色化水平。

¹收稿日期: 2017-01-19

基金项目: 石河子大学经济与管理学院研究生科研创新项目(2016)

作者简介: 何剑(1973-), 男, 四川西充人, 博士, 石河子大学经济与管理学院教授、硕士生导师, 兵团金融发展研究中心兼职教授, 研究方向为绿洲经济可持续发展统计和金融计量; 王欣爱(1992-), 女, 河北衡水人, 石河子大学经济与管理学院硕士研究生, 研究方向为经济统计分析。

如李晓西等^[2]、何剑等^[3]构建了三级指标体系及绿色发展指数，这种方法虽然可行，但有部分反映资源、环境的数据缺失或未进行统计。绿色 GDP 核算体系由于测度较难也难以实施。实际上，当传统增长理论中资源与发展的“两难困境”演变为当前资源、环境与发展的“三方纠结”后，全要素生产率(TFP)分析框架得到了广泛应用，绿色效率估算方法主要分为参数与非参数方法两种。其中，参数法通过构造生产前沿面测度生产效率，常见的有索罗残差法、C-D 生产函数回归法、随机前沿模型(SFA)等，这些方法在环境效率领域得到广泛应用^[4-6]。与非参数方法相比，非参数方法不设定具体函数形式，不带有主观性，也不需要数据进行去量纲化处理，因此成为测度环境效率的主流方法^[7-9]。

学者对绿色经济的研究主要集中在以下几个方面：^①从宏观视角看，不少学者研究了农业、工业绿色效率。李谷成^[10]在考虑资源和环境双重约束的基础上，对农业绿色效率进行了核算；陈诗一^[11]基于污染物作为投入、期望产出、非期望产出、不予考虑 4 种情境，通过对 1980-2008 年中国工业绿色生产率进行实证研究发现，考虑环境约束比传统不考虑环境因素估值更低；景维民(2014)重点研究了环境管制、对外开放对中国工业绿色效率的影响；^②从中观视角看，大多数学者研究了行业和区域(城市)绿色效率。如何枫等^[12]、Song M 等^[13]分别测算了钢铁业、热电业绿色效率；^③从区域协同视角看，学者多关注区域雾霾、区域生态环境、区域碳排放协同治理。如白永平等^[14]、李琳等^[15]、陈光^[16]、余敏江^[17]、孙华平等^[18]分别测算了沿黄九省、中三角、长三角等区域环境效率问题；^④从长江经济带视角看，研究更多集中在工业生态效率、全要素能源效率、城市绿色效率等方面^[19-21]。

现有文献多关注农业、工业、某一行业或区域(城市)环境效率，对三大产业绿色效率进行测度的研究较少。本文重点研究产业绿色效率测度及其源泉变化情况，即在资源和环境约束下，产业劳动力、资本、能源等要素投入转化为产出的有效程度，分析资源、环境、经济三方面的综合生产效率。目前，学术界多聚焦于环境规制、节能减排、对外开放等因素对绿色发展的影响，而对产业绿色协同发展的研究较少。基于以上研究，本文进行如下拓展：^①沿用 SBM 方向性距离函数和 Malmquist 动态指数对产业绿色效率进行核算和分解，从时空视角分析其源泉变化情况，以反映产业绿色发展的本质；^②运用上述非参数模型测度产业层面绿色效率；^③基于合作博弈视角，提出长江经济带产业绿色协同发展理念。

1 研究方法

1.1 非径向非角度 SBM 方向性距离函数选取 SBM-Malmquist 模型，不同于一般径向、角度 DEA，采用非径向、非角度基于松弛变量的方向性距离函数处理非期望产出和构造 Malmquist 指数的优点在于：一是可考虑投入和产出松弛变量对效率评价的影响；二是不需要选择角度，可同时考虑投入最小化和产出最大化；三是可有效解决线性规划不可行问题。本文将各省市看作一个生产单元(DMU)，将其置于相同技术结构下构造生产前沿面，除生产期望产出外，还不可避免地生产一些“副产品”。SBM(slacks-based measure)模型综合了传统投入导向或产出导向模型，兼顾投入减少和产出增加，具有非角度性质，同时考虑了所有投入变量与产出变量可能存在的改进空间，并将其体现在目标函数中。本文参考 Tone^[22-23]的思想，构造生产单元 k (x_k^t, y_k^t, b_k^t) 在时期 t 包含非期望产出的非径向非角度 SBM 方向性距离函数。

$$\begin{aligned}
& \vec{S}'_c(x'_k, y'_k, b'_k) = \rho^* = \\
& \min \frac{1 - \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^x}{x_n^k} \right]}{1 + \left[\frac{1}{M+1} \left(\sum_{m=1}^M \frac{s_m^y}{y_m^k + \sum_{i=1}^I \frac{s_i^b}{b_i^k}} \right) \right]}; \\
& s. t. \begin{cases} \sum_{k=1}^K z'_k y'_{k,m} - s'_m = y'_{k,m}, m = 1, \dots, M \\ \sum_{k=1}^K z'_k b'_{k,i} + s_i = b_{k,i}, i = 1, \dots, I \\ \sum_{k=1}^K z'_k x'_{k,n} + s_n = x'_{k,n}, n = 1, \dots, N \\ z'_k \geq 0, \sum_{k=1}^K z'_k = 1, s'_m \geq 0, s_i \geq 0, s_n \geq 0, k = 1, \dots, K. \end{cases}
\end{aligned} \tag{1}$$

(1)其中，目标函数 ρ^* 的分子、分母分别测度生产单元实际投入、产出与生产前沿面的平均距离，即投入无效率和产出无效率程度。 s^x 、 s^y 、 s^b 分别表示投入、期望产出、非期望产出的松弛变量，如果松弛变量分别大于零，说明存在投入过度、期望产出不足、非期望产出过度的现象，有效解决了投入产出松弛问题。从式(1)中可以看出 ρ^* 关于 s^x 、 s^y 、 s^b 严格递减，且 $\rho^* \in [0, 1]$ ，当且仅当 $\rho^*=1$ 时，生产单元完全有效。此时， $s^x=s^y=s^b=0$ ，即最优解中不存在投入过度 and 产出不足 $\rho^*<1$ 表示生产单元效率损失，在投入产出上存在改进空间。

1.2 基于 SBM 方向性距离函数的 Malmquist 模型

Malmquist 指数在距离函数的基础上建立，并引入跨期动态概念。本文构造从 t 期到 t+1 期基于乘除结构和相邻参比的 SBM 方向性距离函数的 TFP 指数，并将其定义为绿色效率指数。考虑到相邻参比的 Malmquist 指数采用径向或线性分段形式，引入 SBM 效率模型^[23]，将松弛变量引入目标函数，最终构建基于相邻共同参比方法的 SBM-Malmquist 模型：

$$\begin{aligned}
M(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) &= \frac{S_c^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{S_c^{t,t+1}(x^t, y^t, b^t)} \\
&= \left(\frac{\vec{S}_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{\vec{S}_c^t(x^t, y^t, b^t)} \times \frac{\vec{S}_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{\vec{S}_c^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \right)^+ \\
&= \frac{\vec{S}_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{\vec{S}_c^t(x^t, y^t, b^t)} \times \left(\frac{\vec{S}_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{\vec{S}_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right. \\
&\times \left. \frac{\vec{S}_c^t(x^t, y^t, b^t)}{\vec{S}_c^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \right)^+ = EC(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) \\
&\times TC(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) \tag{2}
\end{aligned}$$

其中, $S^{t,t+1}$ 表示参考生产技术和, t 和 $t+1$ 两个周期生产可能集的并集, 即 $S^{t,t+1}=S^t \cup S^{t+1}$, 这样被评价单元 (x, y, b) 在 t 和 $t+1$ 时期参考共同的生产可能集 $S_c^{t,t+1}$, $(x, y, b) \in S^t S^{t+1}$, 被评价单元包含在参考的生产可能集中, 因此模型总是有解。基于相邻共同参比的 SBM-Malmquist 指数也可以分解为 (环境) 效率变化 (Efficiency Change, EC) 和 (环境) 技术变化 (Technological Change, TC)。EC (•) 用于衡量生产单位在 t 到 $t+1$ 期从实际生产点向生产前沿面的逼近, 代表当期环境组织管理效率水平; TC (•) 是一个几何平均值, 用于衡量生产前沿面向外扩张的动态变化情况, 代表当期技术进步效率水平。M (•)、EC (•)、TC (•) > (<) 1 分别表示绿色效率增长 (下降)、环境效率改善 (恶化) 和前沿技术进步 (退步)。

2 长江经济带产业绿色发展时空特征

2.1 变量界定与数据处理

SBM-Malmquist 方法是基于投入、产出指标进行数据包络分析的, 因此变量选取尤为重要。本文借鉴相关文献, 选取物质资本存量、人力资本存量、能源投入反映资源约束, 选取区域生产总值 (GDP) 代表期望产出, 以环境污染物排放量代表非期望产出。对于物质资本投入变量, 采取永续盘存法对各省市的实际物质资本存量进行估计^[14]。考虑到不同年份指标的可比性, 利用固定资产投资价格指数对固定资产形成总额、固定资产折旧额进行平减, 折旧率参考贾润崧^[24]的估计结果。在衡量劳动投入时, 人力资本是比劳动力人数更好的指标。因此, 根据人力资本价值与劳动者收入之间的内在逻辑, 本文建立人力资本存量价值估算模型对劳动投入进行估计, 人力资本折旧系数占-4.96%, 资本收益率为参照债权人收益率确定。与现有文献不同, 能源投入选择生产性能源消费总量反映产业层面的资源约束。对于期望产出, 本文选择以 200. 年为基期的实际地区生产总值。对于非期望产出, 与现有大多数文献不同, 为测度产业污染源, 本文选择化学需氧量 (COD)、工业烟尘排放量、工业废气排放量、工业固体废物产生量 4 个指标, 以投入和非期望产出最小化、期望产出最大化为原则, 构建 SBM-Malmquist 模型, 求解绿色效率指数。

本文以长江经济带 11 个省市为决策单元, 对 2000-2014 年各省市投入产出面板数据进行实证研究, 数据主要来源于《中国统计年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》, 个别缺失数据采用趋势回归法、移动平均法补充。

2.2 产业绿色效率时间变动分析

根据式 (1)、式 (2) 测算长江经济带产业绿色效率及其分解指标。从绿色效率和源泉变化情况看, 在严格的环境约束下, 长江经济带产业绿色效率随时间发展大致分为 4 个阶段 (见表 1): 第一阶段 (2000-2007 年): 稳定增长阶段。这一阶段产业绿色效率年均增长 1.09%, 累计增长 6.54%。从增长源泉看, 这二阶段产业环境效率年均增长 0.01%, 前沿技术进步年均增长 1.46%。初步表明, 这是一种典型的技术推进型增长, 产业绿色效率增长主要来源于“最佳实践者”的实践及生产前沿面的对外扩张;

第二阶段（2007-2010年）：下滑阶段。这一阶段产业绿色效率呈下降趋势，年均下降1.43%。受国内外经济环境和产业调整规划的整体影响，环境效率和技术变化出现连年负增长，环境组织管理效率水平年均下降1.03%。落后区域向“最佳实践者”的“追赶效应”不足，导致整个产业绿色效率降低；第三阶段（2010-2011年）：异常增长阶段。这一年产业绿色效率增长41.69%，增长速度超越了同期宏观经济和工业部门^[10]。在资源和环境双重约束下，绿色效率实现了较快增长，反映了产业在绿色发展方面综合能力的提升。绿色效率增长并非单纯由要素驱动，由表1可知，这一时期绿色效率产出份额大于要素贡献度，技术进步促使产业增长方式开始由粗放式转向集约式，而高效率的“追赶效应”则使集约型经济迅速发挥显著作用；第四阶段（2011-2014年）：回落阶段。期间尽管环境效率有所改善，但由于技术指数年均退步5.99%，使得产业绿色效率以年均3.95%的速度下降。这在一定程度上与经济发展“新常态”有关，该阶段经济增长处于换挡期，产业结构调整经历阵痛期，经济动力由要素、投资驱动转向创新驱动，经济社会变革必然淘汰落后技术，削弱技术作为增长引擎的推动作用，进而降低产业绿色效率（刘炜等，2008）。

2.3 产业绿色效率区域差异

在资源和环境双重约束下，不同省市的产业绿色效率及其分解指标表现出不一致的增长变化情况（见表2）。按照产业绿色效率水平高低大致可分为4组：第一组：江苏、上海。两地产业绿色效率处于增长状态且高于其它省市，勇于担任“最佳实践者”不断追求技术进步，同时积极寻找最优资源，组织配置效率较高；第二组：浙江、重庆、四川。该地产业绿色效率处于下降趋势但高于平均水平。从增长源泉看，环境效率改善是维系产业绿色效率的重要因素，而技术创新存在一定程度的恶化；第三组：湖南、湖北、安徽。该地区产业绿色效率低于平均水平且处于下降态势，环境效率和技术变化也呈下降趋势。这些省市资源禀赋相似，但市场开放度不高、人力资本和物质资本配置效率较低，在一定程度上说明产业发展付出了较大的环境代价；第四组：江西、云南、贵州。该区域产业绿色发展处于落后状态。一方面，资源稀缺和要素禀赋条件对经济增长形成数量控制型约束；另一方面，对外开放程度较低在一定程度上阻碍了该区域技术进步。

表 1 长江经济带产业绿色效率增长及源泉变化情况

年份	效率变化 指数(EC)	技术变化 指数(TC)	绿色效率 (M)
2000—2001	0.989 0	0.981 6	0.970 8
2001—2002	0.989 2	0.964 9	0.954 5
2002—2003	0.982 0	0.994 0	0.976 1
2003—2004	0.979 6	1.025 5	1.004 6
2004—2005	1.086 5	0.909 3	0.987 9
2005—2006	0.979 2	1.005 3	0.984 4
2006—2007	0.979 1	1.056 3	1.034 2
2007—2008	0.978 8	0.843 7	0.825 8
2008—2009	1.053 7	0.915 1	0.964 2
2009—2010	0.940 6	1.015 5	0.955 3
2010—2011	1.059 0	1.278 0	1.353 5
2011—2012	0.940 7	0.753 2	0.708 5
2012—2013	1.085 1	0.907 5	0.984 8
2013—2014	1.023 6	0.931 3	0.953 3

表 2 长江经济带产业绿色效率及源泉变化情况

省市	效率变化 指数(EC)	技术变化 指数(TC)	绿色生产率 (M)
江苏	1.000 0	1.002 4	1.002 4
上海	1.000 0	1.001 5	1.001 5
浙江	0.998 3	0.985 8	0.984 1
重庆	1.028 6	0.942 6	0.969 5
四川	1.001 1	0.966 8	0.967 9
湖南	0.987 2	0.976 8	0.964 3
湖北	0.998 0	0.965 8	0.963 9
安徽	0.984 5	0.970 7	0.955 6
江西	1.044 2	0.904 7	0.944 7
云南	0.990 5	0.953 2	0.944 1
贵州	1.009 3	0.933 4	0.942 1
平均	1.003 8	0.963 9	0.967 3

3 长江经济带产业绿色发展博弈

3.1 长江经济带产业绿色发展博弈与协作

由以上分析可知，长江经济带产业绿色发展停滞不前且在空间上存在差异。针对这一现状，以建设绿色生态走廊为出发点，以完善生态文明制度体系为保障，以强化产业协作研发控制污染为目标，本文从合作博弈视角探讨长江经济带产业绿色发展空间格局。

长江经济带产业开展绿色协作不仅符合国家战略需要，在实践中也存在可行性和必要性。从宏观经济环境看，我国经济发展目前处于“新常态”，各种资源环境约束趋紧，国内外市场需求减弱，“五位一体”发展越来越成为社会共识；从长江流域经济地位看，流域省份在中国经济社会发展中的地位进一步凸显，2015年流域国内生产总值占全国比重达45.12%；从政策需求看，区域发展政策趋同，市场已作为生产要素的主要配置力量，我国生产力要素需加速从东向西转移，这将催生流域各省市达成合作意愿；从合作博弈视角看，区域协同发展是产业绿色发展的基本前提，而区域产业间利益的帕累托改进则是合作的基本动因。在长江经济带产业合作博弈中，应存在一种使协作各方均能接受的利益分配方案。对于一个地区而言，与其它地区产业开展绿色协作愿望的强烈程度取决于其在协作中的预期纯收益。唯“GDP论英雄”的年代已不复存在，产业发展追求清洁、高效、绿色是时代发展的主题。因此，本文将产业绿色效率提升界定为产业利益的增加，即：

$$\text{产业绿色协作偏好程度} = \frac{\text{该地区产业协作预期收益}}{\text{各地区产业协作总收益}}$$

假设合作博弈各方均为理性“经济人”，均愿意为获取长远利益而舍弃目前短期利益。那么，在竞争与合作并存的长江经济带产业绿色发展中，则存在一种协作方案使之不仅满足个体理性和集体理性条件，而且满足合作联盟的合理性。在长江经济带产业绿色协作中，各成员首先是“自我利益”行为的执行者，同时又是共同利益的推动者，产业绿色效率的差异性将影响获益较低地区参与产业绿色协作的积极性。协调互补的产业政策和有效的磋商机制对于促进协作十分关键，其本质是利益协调^[25]。一种稳定的产业协作关系容易使合作成员分得相对公平的收益，而因地制宜、协调互补的产业政策是促使产业协作的理性条件。

3.2 长江经济带产业绿色发展帕累托改进

由以上合作博弈分析可知，长江经济带产业协作存在纵向推进的可能，关键在于产业利益帕累托改进（见图1）。

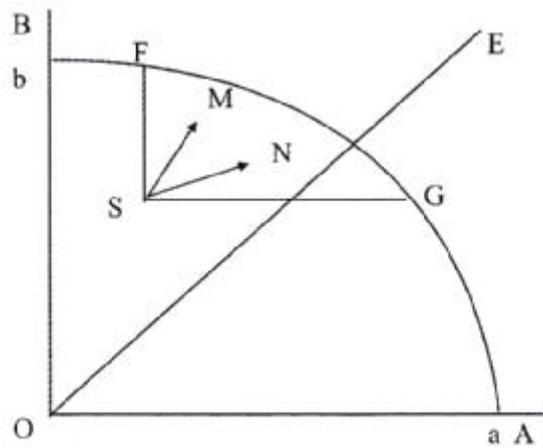


图1 区域产业绿色协作帕累托改进

在图1中，横轴表示产业A的收益，纵轴表示产业B的收益，ab是当前技术水平下区域产业绿色发展的可能性边界，OE代表平均收益线，S为现状收益空间的一个分布点。由S到直角扇形SGF中的任意一点均为产业收益的帕累托改进。如从S到N，产业A和产业B的收益同时增加，产业A增加较多，轨迹越接近OE平均收益线，产业间差距越小；又如从S到M，产业A和产业B的收益同时增加，但产业B增加较多，轨迹越远离OE平均收益线，产业间差距越大。这种帕累托改进形成了区域产业绿色协作驱动力。由于市场开放度、环境效率、技术水平等存在差异，区域间产业绿色化水平也存在差距，要素市场和商品市场流通受到约束，区域间产业协作效用水平降低，从而影响协作的进一步推进。当区域间产业绿色化水平差距超过某个临界值时，

这种矛盾就会构成区域产业协作障碍，从而形成产业协作边界（见图2）。在图2中，K为平均收益线OE与产业收益可能性边界的交点。CK、DK为帕累托改进线，在扇形bCK和aDK内，产业收益差距尽管可以缩小，但不可能通过帕累托改进消除。在这两大区域内，产业协作偏好程度较低、区域产业协作较难。OP和OQ分别是产业A和产业B的收益差距临界线，当状态空间点处于这两条线以外时，表明区域产业绿色效率差距很大、产业协作偏好程度较低、区域间产业协作存在一定障碍。

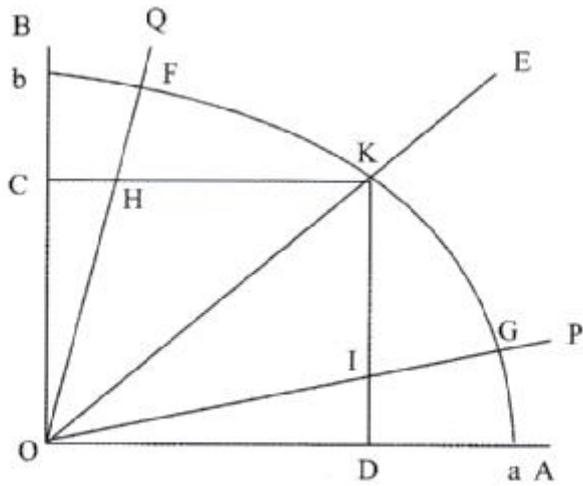


图2 区域产业绿色协作临界状态

产业协作边界由CK、DK两条帕累托改进线和OP、OQ两条区域产业绿色化水平差距临界线共同构成。这四条边界线将整个空间划分为3类：^①自由协作区，包括三角形区域OHK、OIK；^②困难协作区，包括超出产业差距临界线和帕累托改进线的区域OCH、ODI和IIFK、IGK；^③分裂区，包括bCHF和aDIG两个区域，这两个区域内产业绿色水平存在较大差距，同时又不可能通过帕累托改进消除这种差距，产业间达成一致的合作意识十分困难，这将导致区域产业出现分裂隔阂或封闭式发展。

从长江经济带产业绿色发展现状看（见表2），江苏、上海两地产业绿色效率最高，区域资源生态环境发展比较协调，产业结构相对合理，市场开放程度较高，容易引进吸收先进的产业项目技术，两地产业环境效率和技术水平都处于领先地位，且产业绿色发展水平相近，属于自由协作区；浙江、重庆、四川产业绿色发展水平稍高于平均水平，市场互动能力较强，环境效率也较高；湖南、湖北、安徽产业绿色效率较低，所处区位虽然良好，但市场辐射能力不强，区域间产业竞争合作意识薄弱，总体来说与上海、江苏产业绿色效率差距较大，属于困难协作区；江西、云南、贵州产业绿色效率最低，这些省份经济发展比较落后，资源环境承载力较弱，产业发展面临“低端过剩、高端不足”等问题，属于分裂区。

4 启示与建议

根据长江经济带产业绿色效率测度和合作博弈分析结果可知，为建设长江经济带生态文明示范带，实现生态联防、联控、联治目标和生态经济可持续发展理念，应组建不同产业联盟，提高产业绿色发展协调性，并针对不同地区，采取灵活多样的生态文明制度和产业政策措施。

4.1 市场主导与政府合理的政策约束

本文认为，应运用市场机制和政府引导，协调并约束“经济人”的社会行为。江苏、上海两地由于差距不大，且可通过产业绿色协作实现区域产业利益帕累托改进。因此，在一定时期内，两地可达成自由协作联盟，通过市场这只“看不见的手”自动调节区域资源配置，实现区域产业自我均衡。另外，江苏（1.0024）和上海（1.0015）两地产业绿色效率仍有较大提升空间。

在环境、资源双重约束下，区域产业在利益最大化偏好方面存在一致性，可通过政府干预影响一些市场参数，实现对自由协作区产业的间接调节，逐渐引导和提高产业绿色效率。与此同时，还应强化上海、江苏两地的核心带动作用，一是对周边省市形成辐射；二是建立产业合作分工机制，进一步统筹区域产业绿色发展。

4.2 生态补偿与生态激励政策

生态补偿是指对提供生态产品或生态服务的生态保护方给予补偿。在湖南、湖北、安徽等困难协作区，由于产业绿色化水平差距过大、市场调节部分失灵、利益分配缺乏激励导向、区域产业协作倾向较低，因此应实施政府主导的生态补偿与生态激励政策。

在产权明晰和产业行为有效约束的法律体系下，应实施异地开发生态补偿与生态产业激励相结合的措施。由于困难协作区省市基本位于长江中游，异地开发虽为流域中游节约了生态空间，但产业绿色发展的负外部性将导致下游地区“重蹈覆辙”。因此，应将异地开发补偿与生态产业激励政策相结合，发展绿色产业，保证长江经济带可持续发展。为此，政府可采取以下激励措施：一是利用税收减免、贷款贴息和加速折旧等财税政策鼓励发展资源消耗较低、污染排放较少、科技含量较高的绿色产业；二是运用价格、信贷、土地等优惠政策吸引投资，建设资金、技术密集型绿色产业；三是将产业结构调整 and 推行清洁生产作为长江经济带生态补偿的直接目标，对实施清洁生产的产业给予额外补偿。

在产权制度不完善区域可制定横向转移支付补偿制度。一方面，合理调节和平衡生态保护各相关主体之间的利益关系，缩小区域产业绿色发展差异，调动各方生态保护的积极性，促进区域产业绿色协同发展；另一方面，将生态指标纳入政绩评定体系，建立生态奖惩制度，培育良好的绿色发展环境，促进困难协作区产业清洁生产，在提高区域产业绿色效率的同时，进一步调节产业绿色发展差距。

4.3 技术创新与制度创新措施

在浙江、重庆、四川等困难协作区，区域产业协作的关键在于绿色效率差距无法通过帕累托改进消除；而处在分裂区的江西、云南、贵州，产业绿色效率差距过大，未来又无法通过帕累托改进消除，区域产业协作几乎无法进行。因此，可在该区域引导产业进行技术创新，提高产业绿色效率。同时，统筹区域发展，构建产业分工合作机制，强化产业合作研发，控制污染物排放和污染源处理，促使技术创新外溢成为产业创新，从而实现产业绿色协同发展。具体而言：

(1) 鼓励产业技术创新，主动担任“最佳实践者”。从产业绿色效率及源泉变化情况可知（见表 2），该区域产业环境效率相对较高，但技术进步指数仍有很大提升空间。技术进步是经济增长的决定性因素，技术引进和自主创新使得产出在相当范围内发生规模报酬递增，直接或间接促进了生产可能性边界外移。因此，应充分发挥技术进步溢出效应，降低产品结构效应，在生产过程中严格控制资源、能源及污染物排放量，促进产业以质量效率为前提向资源节约和环境友好方面转型。

(2) 合理制定生态文明制度并使之适应产业发展。在经济活动表现较突出的环境不友好区域，依靠市场或产业自身运作很难转变环境污染发展趋势，此时采取适当制度创新尤为必要。从产业绿色协同发展角度看，制度创新的助推作用见图 3。

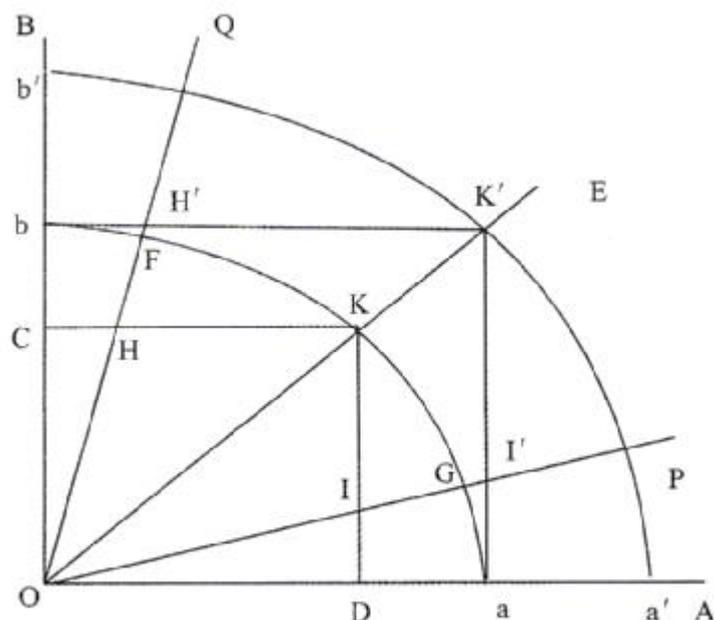


图3 制度创新推动区域产业绿色协作

在图3中，制度创新政策使区域产业收益的可能性边界由 ab 移动到 $a'b'$ ， K' 为平均收益线 E 与 $a'b'$ 的交点。可以看到，原来的困难协作区 HFK 、 IGK 被包纳到新的自由协作区 $OH'K'$ 、 OIK' ，政府又可以放手利用市场机制驱动产业绿色协同发展。另外，即使产业收益状态点处于分裂区，也可以通过制度创新政策使其进入困难协作区，再通过生态补偿与政策激励加速产业绿色协同发展，进而提高该区域产业绿色效率。

(3) 借助制度创新使技术创新扩散为产业创新，创造绿色、清洁的生产环境。其中，技术优化与突破得到相关制度的引导、支持及保护是关键，产业最佳实践成果与价值实现过程要求相应制度创新跟进。在制度创新与技术创新双向嵌入而粘合的前提下产生协同效应，促进产业创新，进而促进产业可持续发展^[26]。

参考文献:

- [1] 邹辉，段学军. 长江经济带研究文献分析[J]. 长江流域资源与环境，2015(10):1672-1682.
- [2] 李晓西，刘一萌，宋涛. 人类绿色发展指数的测算[J] 中国社会科学，2014(6):69-95+207-208.
- [3] 何剑，王欣爱. 中国产业绿色发展的时空特征分析[J]. 科技管理研究，2016(21):240-246.
- [4] 熊妍婷，黄宁. 对外开放与工业行业能源技术效率-基于随机前沿模型的分析[J]. 当代财经，2010(9):89-97.
- [5] 赵金楼，李根，苏屹，等. 我国能源效率地区差异及收敛性分析-基于随机前沿分析和面板单位根的实证研究[J]. 中国管理科学，2013(2):175-184.
- [6] LLORCA M, OREA L, POLLITT M G, et al Efficiency and environmental factors in the US electricity transmission industry[J]. Energy Economics, 2016(5):234-246.

-
- [7] FARREL M. The measurement of productive efficiency [J]. *journal of Royal statistical society*, 1957 (120) : 253-281 .
- [8] DE WITTEK, MARQUES R C. Capturing the environ-ment , a meta-frontier approach to the drinking water sector[J] . *International Transactions in operational Research* , 2009 , 16 (2) : 257- 271 .
- [9]RODSETH K L. Environmental efficiency measurement and the materials balance condition reconsidered [J]. *Euro-pean Journal of operational Research*, 2016, 250 (1) : 342-346 .
- [10]李谷成. 中国农业的绿色生产率革命: 1978-2008 年[J]. *经济学: 季刊*, 2014(2):537-558.
- [11]陈诗一. 中国的绿色工业革命: 基于环境全要素生产率视角的解释 (1980-2008) [J]. *经济研究*, 2010(11):21-34+58.
- [12]何枫, 祝丽云, 马栋栋, 等. 中国钢铁企业绿色技术效率研究[J]. *中国工业经济*, 2015(7):84-98.
- [13] SONG M, ZHENG W. Computational analysis thermo electric enterprises , environmental efficiency and Bayesian estimation of influence factors[J] . *Social Science Journal*, 2016 , 53 (1) : 88-99 .
- [14]白永平, 张晓州, 郝永佩, 等. 基于 SBM-Malmquist-Tobit 模型的沿黄九省 (区) 环境效率差异及影响因素分析[J]. *地域研究与开发*, 2013(2):90-95.
- [15]李琳, 刘莹. 中三角城市群与长三角城市群绿色效率的动态评估与比较[J]. *江西财经大学学报*, 2015(3):3-12.
- [16]陈光. 基于京冀协同视角的北京市雾霾治理研究[J]. 天津: 天津财经大学, 2014.
- [17]余敏江. 区域生态环境协同治理的逻辑-基于社群主义视角的分析[J]. *社会科学*, 2015(1):82-90.
- [18]孙华平, 耿涌, 孔玉生, 张济建. 区域协同发展中碳排放转移规制策略研究[J], *科技进步与对策*, 2016, 33(21):40-44.
- [19]汪克亮, 孟祥瑞, 杨宝巨, 等. 基于环境压力的长江经济带工业生态效率研究[J]. *资源科学*, 2015(7):1491-1501.
- [20]丁黄艳, 任毅, 蒲冲明. 长江经济带工业能源效率空间差异及影响因素研究[J]. *西部论坛*, 2016(1):27-34.
- [21]卢丽文, 宋德勇, 李小帆. 长江经济带城市发展绿色效率研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2016(6):35-42.
- [22] TONE. A slack- based measure of efficiency in data envel- opment analysis[J]. *European Journal of Operation Re-search*, 2001. 130 (3):498-509 .
- [23]TONE K. Dealing with undesirable output in dea : a Slacks based measure (sbm) approach [R] . *GRIPS Research Re-port Series* , I 2003-2005 , 2003 .
- [24]贾润腾, 张四灿. 中国省际资本存量与资本回报率[J]. *统计研究*, 2014(11):35-42.

[25]张河清. 基于博弈论的“泛珠三角”区域旅游协作问题研究[J]. 旅游学刊, 2009(6):36-41.

[26]邱国栋, 马巧慧. 企业制度创新与技术创新的内生耦合-以韩国现代与中国吉利为样本的跨案例研究[J]. 中国软科学, 2013(12):94-113.