

长江经济带产业绿色发展水平及影响

史安娜^{1,2}, 黄华清¹

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100; 2. 长江保护与绿色发展研究院, 江苏 南京 210098)

摘要:依据 DPSIR 原理,从产业动力、产业生态、产业转型、产业效益构建分析框架,基于 2008—2018 年长江经济带 11 个省市的面板数据,采用熵值法和 PVAR 模型,分析产业绿色发展水平及影响。结果表明:长江经济带产业绿色发展水平按“缓慢爬升—波动稳定—向前快速提升”过程演变;驱动力和状态对长江经济带产业绿色发展水平影响程度最大;压力和状态的变化主要依赖于驱动力和影响的冲击作用,状态和驱动力是影响的变化主要来源;产业绿色发展水平呈现“下游高,中上游低”的空间格局,表现出明显的空间集聚特征。

关键词:产业绿色发展;DPSIR;内部影响因素;时间演变;空间格局;长江经济带

中图分类号:F062.2

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2022)01-0001-05

改革开放以来,我国经济开始从高速增长阶段转向高质量发展阶段,正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的关键期,化解淘汰过剩落后产能、运用新技术提升传统产业,推动产业向高端化、绿色化、智能化、融合化方向发展成为我国经济高质量发展的趋势。长江经济带是我国重要战略发展区和生态屏障,由于人口密集高、经济水平发达、产业分布密集、资源消耗大、排污强度高,社会经济可持续面临巨大压力。如何在生态可持续条件下实现产业发展与环境改善协调共进,探索产业绿色发展模式,是长江经济带高质量发展亟待解决的关键问题。

随着长江经济带高质量发展的推进,产业绿色发展研究受到国内外学者关注。近些年,围绕产业绿色发展水平,李健等^[1]通过建立系统动力学模型,探讨了工业绿色发展路径;赵丹丹等^[2]以农业为研究对象,研究产业绿色发展的协调关系;王韶华等^[3]以京津冀为研究单元,分析了工业产业绿色发展水平的资源利用、环境质量等相互作用关系。围绕产业绿色发展水平的评价主要有两条主线:第一,单维度指标评价,即通过建立绿色全要素生产率单维度指标考察产业绿色发展特征。何剑等^[4]基于非径向非角度 SBM 和动态 Malmquist 模型,探讨了长江经济带产业绿色效率指数的时间变化趋势和区

域差异特征;陈瑶^[5]运用 DEA-DDF 模型评估了我 国工业绿色发展全要素生产率,分析了传统要素和 R&D 要素下工业绿色全要素生产率的时间演变;李晓阳等^[6]利用 SBM-DEA 三阶段方法分析了中国工业绿色创新效率的现状;黄磊等^[7]采用超效率 SBM 分析了长江经济带地级市的工业绿色发展效率的时空演变规律。第二,综合指标体评价,即通过多维度综合指标分析评价对象。李琳等^[8]、田泽等^[9]、张国俊等^[10]选择从产业绿色增长度、资源环境承载力和政府政策支撑力三方面构建产业绿色发展指标体系^[8-10];高红贵等^[11]从产业转型升级、自主创新能力、资源利用效率和环境保护 4 个方面测度长江经济带产业绿色发展水平。

从已有成果看,对产业绿色发展的水平测度指标过于单一,产业绿色发展水平的影响及相互作用关系文献也较少。因此,本文以长江经济带 11 个省市产业绿色发展为着眼点,研究影响产业绿色发展的因素,测算长江经济带各省市在高质量发展目标下的产业绿色发展水平及时空差异,为长江经济带产业绿色发展的路径选择和政策制定提供参考。

1 研究指标分析框架

1.1 DPSIR 框架模型与指标体系构建

DPSIR 是驱动力、压力、状态、影响、响应

基金项目:国家社会科学基金重点项目(19AGL023)

作者简介:史安娜(1962—),女,教授,博士,主要从事技术创新与管理研究。E-mail:anshi@hhu.edu.cn

(Drivingforce-Pressure-State-Impact-Response)概念框架模型,由欧洲环境署基于PSR和DSR模型提出。DPSIR模型以由环境问题所引发的因果链为研究对象,通过驱动力(D)、压力(P)、状态(S)、影响(I)、响应(R)5个子系统描述经济社会发展与生态环境之间的内在关系,通过不同层级的细化指标,揭示经济活动与环境之间存在的因果关系与影响。

根据DPSIR框架模型基本原理,围绕长江经济带11个省市,构建资源—环境—产业—经济—社会的产业绿色发展复合系统框架模型。复合系统由驱动力、压力、状态、影响、响应五大子系统组成。“驱动力”通过产业绿色发展内在动力来反映;“压力”通过产业发展对资源损耗和环境破坏程度来反映;“状态”通过产业结构和就业结构状态来反映;“影响”通过经济社会发展作用情况来反映,“响应”通过设置科技、政策来回应产业发展造成的资源耗费、生态污染等问题。五大子系统之间不仅存在驱动力→压力→状态→影响→响应的因果关系链,而且这五大子系统之间也具有多向关系,响应对驱动力、压力、状态均有正向效应,可以加强驱动力、减轻压力、改善状态;响应对影响具有反弹作用。五大子系统之间存在的相互作用对省市产业绿色发展水平产生影响。

产业绿色发展是更高端化、更有效率、更可持续的质量型、内涵式发展形态,以创新和人力资本等要

素作为主要发展动能,推动生产生态化、安全化和集约化,优化产业结构,实现经济社会高质量发展。进一步综合系统性、科学性、动态性和可操作性等原则,参照发展改革委印发的《绿色发展指标体系》《生态文明建设考核目标体系》,借鉴已有文献研究产业绿色发展水平指标体系成果^[12-13],从产业动力、产业生态、产业转型、产业效益4个角度对长江经济带产业绿色发展水平指标进行细化,共筛选出25项相关指标(其中压力指标为负向指标,其余均为正向指标),构建长江经济带产业绿色发展水平评价指标体系(表1),以此解释长江经济带11个省市产业绿色发展水平的内涵。

1.2 产业绿色水平测算方法

选择熵值法和PVAR模型测算产业绿色发展水平及DPSIR五大子系统的作用关系和影响程度,具体计算过程为如下:

a. 标准化处理。消除指标量纲性,使指标单位可比较。

$$\text{正向指标: } Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } Y_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (2)$$

式中: X_{ij} 为第*i*个地区的第*j*个指标的原始值; Y_{ij} 为第*i*个地区的第*j*个指标的标准化数值; $\max(X_{ij})$ 为指标原始值的最大值; $\min(X_{ij})$ 为指标原始值的最

表1 产业绿色发展水平评价指标体系

| 评价目标 | 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 |
|----------|------------|--------|---|
| 产业绿色发展水平 | 驱动力(D) | 创新动能 | R&D 内部经费支出占 GDP 比重(%) R&D 人员占从业人员比重(%) 每万人发明专利授权量(件/万人) 高技能劳动力投入(万人) |
| | | 人力资本动能 | 高技术产业投资占固定资产投资比重(%) |
| | | 物质传统动能 | 单位 GDP 废水排放量(万 t/万元) |
| | | 污染排放压力 | 单位 GDP 二氧化硫排放量(t/万元) |
| | | | 单位播种面积化肥使用量(t/hm ²) |
| | 压力(P) | 资源利用压力 | 单位 GDP 能源消耗量(t 标准煤/万元) |
| | | | 单位 GDP 水资源消耗量(m ³ /万元) |
| | | 产业转型状态 | 农林渔牧服务业增加值占比(%) 现代服务业增加值占 GDP 比重(%) |
| | 状态(S) | 绿色就业状态 | 新产品销售收入占 GDP 比重(%) 高新技术产业从业人员占第三产业比重(%) 科学研究与技术服务业从业人员占第三产业比重(%) |
| | | 经济影响 | GDP 增长率(%) 人均 GDP(元) |
| | 影响(I) | 社会影响 | 劳动生产率(元/人) 人均居民可支配收入(元) 居民非消费食品支出(元) |
| | | 政府支持 | 科学技术支出占一般公共预算支出比重(%) 环境保护支出占 GDP 比重(%) |
| | | 环境治理 | 工业固体废物综合利用率(%) 工业排放污水处理率(%) 生活垃圾无害化处理率(%) |

小值。

b. 信息熵数值计算。反映不同评价对象之间数据差异的大小,是某个指标鉴别力的数值体现,作为对各个指标进行赋权的依据。

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m \frac{Y_{ij}}{\sum Y_{ij}} \ln \frac{Y_{ij}}{\sum Y_{ij}} \quad (3)$$

式中: E_j 为第 j 个指标的信息熵,且 $0 \leq E_j \leq 1$; k 为熵值系数, $k = 1/\ln(mt)$; m 为地区个数, $m = 1, 2, \dots, 11$; t 为样本时间, $t = 1, 2, \dots, 11$; $\sum Y_{ij}$ 为指标标准化数值和。

c. 熵值权重确定。

$$W_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \quad (4)$$

式中: W_j 为第 j 个指标的权重; n 为指标个数, $n = 1, 2, \dots, 25$ 。

d. DPSIR 各系统综合指数计算。

$$F_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} W_j \quad (5)$$

式中: F_i 为第 i 个地区的驱动力、压力、状态、影响和响应系数。

e. 产业绿色发展水平值计算。

$$Z_i = W_D F_D + W_P F_P + W_S F_S + W_I F_I + W_R F_R \quad (6)$$

式中: Z_i 为 i 地区产业绿色发展水平值; W_D, W_P, W_S, W_I, W_R 分别为驱动力、压力、状态、影响、响应权重; F_D, F_P, F_S, F_I, F_R 分别为驱动力、压力、状态、影响、响应指数。

f. 产业绿色发展水平 DPSIR 五大系统之间的作用关系和影响程度确定。PVAR 模型能够解释相关联变量间的作用关系,可用于对 DPSIR 五大系统进行动态影响分析。式(7)反映了一个系统变量对其他系统变量包含其自身的滞后回归关系。五大系统变量 $F_{i,t}$ 之间动态影响关系表达式为

$$F_{i,t} = \sum_{h=1} \beta_h F_{i,t-h} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

式中: h 为滞后阶数; α_i 为个体固定效应; γ_t 为个体时间固定效应; $\varepsilon_{i,t}$ 为随机误差项。

1.3 数据来源

本文的样本区间为 2008—2018 年。以长江经济带 11 个省市为研究对象,相关数据来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》及各省统计年鉴和国家统计局。对于部分缺失数据采用相邻年份多年平均值代替、平均增长率法等方法进行填补。各年

数据以 2008 年为不变价格计算。

2 产业绿色发展测算与分析

2.1 DPSIR 五大子系统对产业绿色发展水平影响程度分析

根据上述产业绿色水平测算方法,计算 2008—2018 年长江经济带产业绿色发展水平 DPSIR 指数,见表 2。结果显示:①2008—2018 年长江经济带创新要素与人力资本投入的增加,使得发展驱动力不断提升,引发高技术产业与现代服务业快速发展的系统状态变化,产业绿色发展水平不断提升;DPSIR 五大系统对产业绿色发展水平的影响程度由高到低排序为驱动力、状态、影响、响应、压力,驱动力和状态对产业绿色发展水平的影响贡献度最大。②分地区看,驱动力和状态对长江经济带的影响程度呈现自长江经济带下游向上游递减,长江经济带下游由于经济综合实力强,科教资源丰富,现代服务业上升态势突出,创新要素富聚,已形成一定规模的高新技术产业集聚区。中游和上游经济综合实力较弱,创新要素积累能力低,产业结构仍低端。③分省市看,DPSIR 五大系统对各省市区产业绿色发展水平影响程度不同。驱动力对上海市、江苏省、浙江省和四川省影响最大,主要原因是以上地区创新能力持续增强。状态影响水平最高的是上海市、江苏省、浙江省和湖北省,高技术产业发展较快,其对产业绿色发展水平影响也最为明显。

表 2 长江经济带 2008—2018 年 DPSIR 对产业绿色发展水平的影响系数

| 地区 | D | P | S | I | R |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 经济带 | 0.103 | 0.045 | 0.088 | 0.062 | 0.059 |
| 下游 | 0.175 | 0.047 | 0.142 | 0.099 | 0.071 |
| 中游 | 0.085 | 0.045 | 0.071 | 0.049 | 0.055 |
| 上游 | 0.066 | 0.043 | 0.066 | 0.047 | 0.053 |
| 上海 | 0.205 | 0.047 | 0.170 | 0.140 | 0.081 |
| 江苏 | 0.183 | 0.046 | 0.168 | 0.079 | 0.070 |
| 浙江 | 0.138 | 0.048 | 0.089 | 0.078 | 0.063 |
| 安徽 | 0.092 | 0.048 | 0.067 | 0.048 | 0.070 |
| 江西 | 0.067 | 0.049 | 0.069 | 0.045 | 0.051 |
| 湖北 | 0.094 | 0.037 | 0.088 | 0.054 | 0.055 |
| 湖南 | 0.086 | 0.045 | 0.059 | 0.047 | 0.044 |
| 重庆 | 0.083 | 0.036 | 0.076 | 0.053 | 0.060 |
| 四川 | 0.102 | 0.044 | 0.081 | 0.047 | 0.042 |
| 贵州 | 0.041 | 0.047 | 0.055 | 0.042 | 0.055 |
| 云南 | 0.039 | 0.044 | 0.050 | 0.045 | 0.054 |

2.2 DPSIR 五大子系统之间的相互作用关系分析

运用 PVAR 模型,采用 LLC 方法检验出 DPSIR 五大子系统变量均是一阶差分序列。根据 AIC、BIC、HQIC 这 3 个主要准则确定 DPSIR 五大子系统变量最优滞后期为 1。通过 Kao 检验发现 DPSIR 五

大系统变量之间存在长期稳定均衡关系,方程回归残差平稳。因此,可以进行后续脉冲响应和方差分解分析(表3)。

表3 长江经济带产业绿色发展 DPSIR 系统的方差分解结果

| 变量 | 期数 | D | P | S | I | R |
|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| D | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P | 1 | 0.002 | 0.998 | 0 | 0 | 0 |
| S | 1 | 0.057 | 0.004 | 0.939 | 0 | 0 |
| I | 1 | 0.110 | 0.012 | 0.073 | 0.805 | 0 |
| R | 1 | 0.001 | 0.000 | 0.014 | 0.050 | 0.934 |
| D | 2 | 0.971 | 0.001 | 0.011 | 0.009 | 0.007 |
| P | 2 | 0.016 | 0.978 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| S | 2 | 0.060 | 0.005 | 0.910 | 0.025 | 0.000 |
| I | 2 | 0.098 | 0.009 | 0.104 | 0.782 | 0.007 |
| R | 2 | 0.019 | 0.020 | 0.036 | 0.048 | 0.877 |
| D | 3 | 0.961 | 0.001 | 0.012 | 0.013 | 0.012 |
| P | 3 | 0.021 | 0.965 | 0.002 | 0.007 | 0.004 |
| S | 3 | 0.061 | 0.005 | 0.889 | 0.044 | 0.000 |
| I | 3 | 0.093 | 0.009 | 0.112 | 0.770 | 0.015 |
| R | 3 | 0.026 | 0.036 | 0.043 | 0.047 | 0.848 |
| D | 4 | 0.958 | 0.001 | 0.012 | 0.014 | 0.013 |
| P | 4 | 0.022 | 0.958 | 0.002 | 0.011 | 0.006 |
| S | 4 | 0.062 | 0.005 | 0.879 | 0.054 | 0.001 |
| I | 4 | 0.091 | 0.009 | 0.113 | 0.766 | 0.021 |
| R | 4 | 0.029 | 0.043 | 0.045 | 0.047 | 0.837 |
| D | 5 | 0.957 | 0.001 | 0.012 | 0.015 | 0.014 |
| P | 5 | 0.023 | 0.955 | 0.002 | 0.013 | 0.007 |
| S | 5 | 0.062 | 0.005 | 0.874 | 0.058 | 0.001 |
| I | 5 | 0.090 | 0.009 | 0.113 | 0.764 | 0.024 |
| R | 5 | 0.029 | 0.045 | 0.045 | 0.046 | 0.834 |
| D | 10 | 0.957 | 0.002 | 0.012 | 0.015 | 0.014 |
| P | 10 | 0.093 | 0.812 | 0.002 | 0.085 | 0.014 |
| S | 10 | 0.102 | 0.005 | 0.791 | 0.10 | 0.002 |
| I | 10 | 0.089 | 0.009 | 0.112 | 0.763 | 0.026 |
| R | 10 | 0.029 | 0.046 | 0.045 | 0.046 | 0.833 |

结果表明:①驱动力受到压力、状态、影响和响应的冲击时,产生相应的动态反应,但驱动力的变化在全时段中来源自身的冲击贡献度为 95.75%~100%,表明驱动力作为产业绿色发展水平的内生动力,主要依靠惯性和自身积累创新要素、人力资本和高技术产业固定资产投资等新动能要素。②压力受到状态、影响和响应的冲击时,都表现出“先下降再上升”的变动趋势,这种变动趋势在一定程度上与环境库兹涅茨的 U 形曲线吻合,表明经济社会发展与生态环境关系符合环境库兹涅茨作用机制。压力发生的变异主要被归因于驱动力和影响的冲击贡献度,驱动力冲击贡献度为 0.2%~9.3%,影响冲击贡献度为 0~8.5%。③状态在驱动力、压力和影响产生的冲击作用下,都经历先上升后下降再上升的 N 形变化趋势;受到响应冲击时,表现先下降后上升再下降的倒 N 形曲线。而驱动力和影响是状态的主要因素,因驱动力冲击对状态改变带来的贡献度是 5.7%~10.2%,影响冲击所带来的贡献度是 0~10%。反映出科技创新是高技术产业发展的重要动

力,具有正向作用趋势,但短期创新能力增强不会对产业结构升级产生显著促进作用,科技创新促进产业结构优化,但存在一定的时滞性。④影响受到驱动力、压力和响应的冲击时,初期为正向作用,未来 1 期变为负向作用,稳定后保持正向作用;在受到状态的冲击时,初期为负向反应,但未来 1 期变为正向反应。影响的变化主要被状态和驱动力解释,冲击贡献度分别为 7.3%~11.2%和 8.9%~9%,反映出产业转型升级、科技发展水平是经济提质增效和社会福祉增加的重要动力。⑤响应受到驱动力冲击时,最初会产生正向作用,未来 1 期产生正向作用达到最大值;受到压力、状态和影响的冲击时,当期产生正向作用,未来 1 期变为负向作用。响应的变化除驱动力冲击贡献度较低,压力、状态和影响对其冲击贡献度超过 4%。表明经济社会发展导致资源消耗和污染排放压力加大,会提升政府绿色技术支持和减排政策力度。

2.3 产业绿色发展水平时间演变分析

长江经济带产业绿色发展水平整体为 3 个阶段的演变(图 1):①2008—2010 年为缓慢爬升阶段,产业绿色发展水平从 0.289 提高到 0.304,年均增速为 5.3%,主要原因在于该时期长江经济带新动能增长较慢、能源资源利用效率低、三废排放水平高抑制产业绿色发展水平进程;②2011—2015 年为波动稳定向前阶段,产业绿色发展水平从 0.337 上升到 0.371,自 2011 年出现增长波峰后,2012 年下降,重要原因是 2012 年我国经济发展开始步入动力转换的高质量发展阶段;③2016—2018 年处于快速提升阶段,产业绿色发展水平从 0.409 增加到 0.469,年平均增速为 7.1%,该时期创新要素集聚、高技术产业发展取得明显效果,长江大保护战略实施,成效逐步显现。

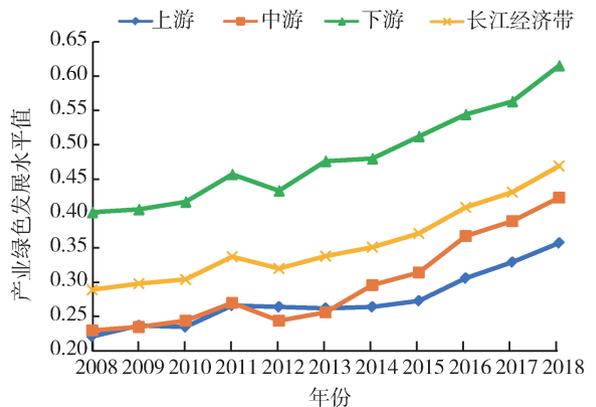


图1 2008—2018年长江经济带产业绿色发展水平时序变化

分地区看:①下游地区产业绿色发展水平最高,但中游地区产业绿色发展水平增速最高,年平均增

速约为 6.5%；上游次之，年平均增速约为 5%；下游最低，年平均增速为 4.4%，上、中、下游走势与长江经济带平均水平高度类似。②2008—2013 年中游和上游的产业绿色发展水平几乎趋同，但在 2014 年后中游超过上游，且两者差距逐渐拉大，主要原因在于中游地区承接来自长三角的产业转移，引进、吸收先进生产技术、减排技术等绿色要素动能不断释放，促使产业结构转型。

2.4 产业绿色发展水平空间格局分析

采用自然断点分级法，选取 2008 年、2011 年、2014 年和 2018 年 4 个时间节点，利用 Arcgis10.2 对长江经济带产业绿色发展水平空间格局进行可视化处理，将产业绿色发展水平分为低水平、中等水平、较高水平以及高水平四种等级，探讨长江经济带产业绿色发展水平的空间格局演变特征。结果表明：①长江经济带产业绿色发展水平总体呈现“下游高，中上游低”的空间格局。2008 年产业绿色发展水平空间格局以中等和低水平地区为主，沿东部至西部形成带状连片中低值区。2018 年产业绿色发展高水平 and 较高水平区集中在长三角地区，中等和低水平区则主要集中于中游和上游地区。②长江经济带产业绿色发展水平表现出空间集聚特征。长三角地区向“高-高”集聚态势发展，正向集聚特征明显。江西、湖南、四川和重庆主要表现为中等水平集聚态势。云南和贵州则表现“低-低”集聚态势，负向集聚效应显著。③从等级结构来看，2008—2018 年长江经济带产业绿色发展的高水平和较高水平数量增加，低水平地区数量减少。2008—2011 年中等水平省域空间格局发生明显变化，重庆、湖南、云南由低水平转移到中等水平区间。2011—2018 年产业绿色发展水平空间格局变化不大，湖北跨越转移至较高水平区间，云南则下降至低水平区间。

3 结论与建议

3.1 结论

a. 长江经济带产业绿色发展水平的提升主要归因于驱动力和状态的贡献。五大子系统中驱动力主要受自身的冲击，存在自我调整内生性；压力主要受驱动力和影响的冲击；影响对压力的冲击作用表现环出境库兹涅茨机制；状态的变化主要归因于驱动力和影响的冲击，但冲击作用存在正向滞后性；状态和驱动力是影响的变化主要来源。

b. 长江经济带产业绿色发展水平在 2008—2018 年经历了“缓慢爬升、波动稳定向前、快速提升”三个过程。分区域看，下游地区产业绿色发展水平最高，但中游地区产业绿色发展水平平均增速最快。

c. 长江经济带产业绿色发展水平呈现出“下游高，中上游低”的空间分异格局。长三角地区是产业绿色发展水平的高值区，表现“高-高”集聚特征；云贵地区成为产业绿色发展水平低值区，呈现“低-低”集聚态势。

3.2 建议

根据 DPSIR 原理，提出长江经济带绿色产业发展的建议：

a. 加大新旧动能的转速度，提升发展绿色驱动力，深度打造有利的科技创新政策环境和制度环境，提升原始创新和自主创新能力，打破跟随模仿的路径依赖，带动压力、状态和影响子系统发展。

b. 瞄准影响产业绿色发展水平的状态子系统情景，加快促进长江经济带上、中、下游地区产业发展有序衔接，协调共进，推进产业结构有序调整，强化长三角地区高技术产业集聚和辐射效应，带动中、上游地区生产要素流向高技术制造业和现代服务业，抑制绿色产业发展的压力，不断释放产业发展响应。

参考文献：

- [1] 李健,孙康宁. 基于系统动力学的京津冀工业绿色发展路径研究[J]. 软科学,2018,32(11):113-119.
- [2] 赵丹丹,刘春明,鲍丙飞,等. 农业可持续发展能力评价与子系统协调度分析:以我国粮食主产区为例[J]. 经济地理,2018,38(4):157-163.
- [3] 王韶华,刘晔,张伟,等. 基于粗糙集与未确知模型的京津冀工业绿色发展的差异性分析与协调性分析[J]. 运筹与管理,2021,30(5):200-207.
- [4] 何剑,王欣爱. 区域协同视角下长江经济带产业绿色发展研究[J]. 科技进步与对策,2017,34(11):41-46.
- [5] 陈瑶. 中国区域工业绿色发展效率评估:基于 R&D 投入视角[J]. 经济问题,2018(12):77-83.
- [6] 李晓阳,赵宏磊,林恬竹. 中国工业的绿色创新效率[J]. 首都经济贸易大学学报,2018,20(3):41-49.
- [7] 黄磊,吴传清. 长江经济带工业绿色创新发展效率及其协同效应[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2019,25(3):1-13.
- [8] 李琳,楚紫穗. 我国区域产业绿色发展指数评价及动态比较[J]. 经济问题探索,2015(1):68-75.
- [9] 田泽,魏翔宇,丁绪辉. 中国区域产业绿色发展指数评价及影响因素分析[J]. 生态经济,2018,34(11):103-108.
- [10] 张国俊,邓毛颖,姚洋洋,等. 广东省产业绿色发展的空间格局及影响因素分析[J]. 自然资源学报,2019,34(8):1593-1605.
- [11] 高红贵,赵路. 长江经济带产业绿色发展水平测度及空间差异分析[J]. 科技进步与对策,2019,36(12):46-53.
- [12] 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,2016,36(21):240-246.
- [13] 孙丽文,曹璐,吕静韦. 基于 DPSIR 模型的工业绿色转型评价研究:以河北省为例[J]. 经济与管理评论,2017,33(4):120-127.

(收稿日期:2021-08-25 编辑:张志琴)