

长江经济带绿色生产方式的测度及综合评价

吴滨¹, 石磊²

(1. 中国社会科学院 数量经济与技术经济研究所, 北京 100732; 2. 内蒙古大学 经济管理学院, 呼和浩特 010021)

摘要: 推动生产方式绿色化是实现经济高质量发展和建设社会主义现代化国家的关键途径。基于绿色生产方式的内涵和外延, 构建了涵盖绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三个维度26个指标的长江经济带绿色生产方式指标体系, 运用定基差熵权法测度2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平作为其绿色生产方式的量化指标, 并采用核密度估计、空间可视化分析及耦合协调度分析, 对其时空演化特征和协同效应进行全面分析。研究发现: 2015—2020年, 长江经济带11省(市)的生产方式绿色化水平实现了较快提升, 整体上呈现逐年上升态势, 但沿线省(市)间生产方式绿色化水平的差异逐渐扩大; 长江经济带生产方式绿色化水平呈现空间正相关性, 但这种空间相关性在2017—2020年逐渐减弱。长江经济带生产方式绿色化水平存在明显的区域差异, 呈现出“下游地区>中游地区>上游地区”的分布格局。长江经济带绿色生产方式中绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三个维度的协同效应逐渐增强, 但是整体协同水平依旧较低、地区差异明显, 协同能力仍需提升。

关键词: 绿色生产方式; 定基差熵权法; 核密度估计; 耦合协调度模型; 长江经济带

中图分类号: F061.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2023)10—0094—11

一、引言

改革开放40多年来, 中国经济取得了举世瞩目的成就, 已成为世界第二大经济体。但是以“高投资、高能耗、高污染”为特征的粗放式发展模式导致了严重的环境问题, 受到了越来越多的关注。党的十八大以来, 党中央以前所未有的力度抓生态文明建设, 并取得了历史性成就。在此基础上, 党的二十大报告中对未来生态文明建设提出了更高要求: “尊重自然、顺应自然、保护自然, 是全面建设社会主义现代化国家的内在要求。我们要加快发展方式绿色转型, 实施全面节约战略, 发展绿色低碳产业, 倡导绿色消费, 推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。”这是党中央立足我国进入新发展阶段而提出的新要求。因此, 推动生产生活方式绿色化, 对于实现中国式现代化和促进中华民族永续发展具有重要意义。

长江经济带横跨我国东中西三大区域, 是生态文明建设的先行示范带, 是生态优先绿色发展的主战场, 是推动我国经济现代化发展的主力军。然而, 长江流域局部地区污染状况依然不容乐观, 部分支流域环境承载力达到上限。为此, 优化产业布局, 大力发展绿色、循环和低碳产业, 推动形成绿色生产方式, 是推进长江经济带绿色发展的必要路径。由此一系列问题亟需探讨: 长江经济带的绿色生产方式如何界定与测度? 长江经济带的绿色生产方式具有怎样的时空演变趋势? 存在怎样的区域差异? 长江经济带绿色生产方式中不同维度的协同效应如何? 厘清这些问题, 不仅有利于把握当前长江经济带绿色生产方式的状态特征, 而且对于推动长江经济带建设成为现代产业经济带及打造区域绿色发展新样板具有重要的理论价值和实践意义。

从现有研究来看, 与本文研究主题相关的文献主要有三部分, 第一部分文献主要对经济绿色发展(张欢等, 2016; 黄跃和李琳, 2017; 王勇等, 2018; 高赢, 2019; 张旭等, 2020; 杜宇等, 2020; 李毅等, 2020; 徐小鹰和田焮焮, 2022)、绿色产业发展(王恒和方兰, 2023; 石宝峰和迟国泰, 2014; 李琳和楚紫穗, 2015)、工业绿色发展(卢强等, 2013; 彭星和李斌, 2016; 黄磊和吴传清, 2019; 向云波等, 2021)、绿色制造(游建民和张伟, 2018; 王雪珍等, 2022; 王鸣涛和叶春明, 2022)等进行了测度与分析, 对绿色生产方式进行测度的研究相对较少。这部分研究中个别文献将绿色生产作为其中一个维度纳入整体的评价体系, 并基于狭义的绿色生产方式评价

收稿日期: 2023-07-25

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“区域协同推进碳达峰碳中和路径与政策研究”(22ZDA14); 中国社会科学院习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心重点项目“以系统观念推进碳达峰碳中和研究”(622001); 内蒙古自治区哲学社会科学规划青年项目“‘双碳’目标下内蒙古智慧城市建设路径及效应研究”(2022NDB132)

作者简介: 吴滨, 博士, 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 技术经济、能源经济; (通讯作者) 石磊, 博士, 内蒙古大学经济管理学院讲师, 研究方向: 区域经济、宏观经济。

进行了指标选取,指标种类较为单一。第二部分文献对绿色生产方式的内涵进行了界定。肖宏伟(2013)提出广义的绿色生产方式内涵,从资源节约与环境污染控制、循环利用与无害化处理、绿色物流、绿色生产方式引导4个维度,构建绿色经济生产方式评价的层次体系;黄娟和张涛(2015)阐述了绿色生产方式的内涵、特征、构建的内在逻辑及发展举措。冯雨和王建明(2023)及 Giannetti 等(2020)认为绿色生产行为包括绿色采购、清洁生产、绿色销售和废物回收4个方面,并对这4个维度进行了测量。第三部文献选取了绿色生产方式的某一方面进行研究,如绿色生产效率(孙亚男和费锦华,2021)、绿色技术创新(汪明月等,2022;Wang et al, 2022)、绿色环境行为(Wang et al, 2020; Zameer et al, 2020; 曹翔和李慎婷, 2021)。

综观已有研究,为本文绿色生产方式指标体系的构建奠定了坚实基础,但也存在一些局限。现有文献对绿色生产方式进行综合测度的研究相对较少,部分文献主要对绿色生产方式的某一方面进行了研究,还有文献虽然从理论层面阐述了绿色生产方式的内涵与评价体系,但并未从实证层面进行测算与分析,也没有考虑指标体系实际操作困难等问题。在此基础上,本文贡献之处在于:第一,基于绿色生产方式的理论内涵,从多维度构建绿色生产方式的评价指标体系。第二,以长江经济带11省(市)为研究对象,采用基于全局通用基础参考系的定基极差熵权法测度2015—2020年长江经济带的生产方式绿色化水平,作为绿色生产方式的量化指标。第三,采用核密度估计、空间布局分析及耦合协调度分析,进一步研究长江经济带绿色生产方式的时空演变特征和协同效应。

二、绿色生产方式的内涵界定及评价指标体系构建

绿色生产方式属于一种规范性的价值判断,学术界并未统一定义绿色生产方式,其理论内涵的界定见仁见智(巩前文和严耕,2015;周小亮和吴武林,2018;毛蕴诗等,2020)。考虑到工业部门是我国实现绿色发展最为关键的领域,且工业是区域绿色生产的主战场,因此本文重点以工业绿色生产为研究对象探讨其内涵。结合工业和信息化部发布的《“十四五”工业绿色发展规划》及《绿色制造标准体系建设指南》,本文从绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三个维度对绿色生产方式的内涵进行界定:绿色生产方式是推动传统产业向中高端迈进,优化制造业发展布局(绿色产业布局);扎实推进清洁生产,大幅减少污染排放,加强资源综合利用,持续推动循环发展,提升科技支撑能力,促进绿色创新发展(绿色生产过程);加快构建绿色制造体系,发展壮大绿色制造产业(绿色制造体系)。基于科学性、全面性、代表性及可操作性四大原则,构建绿色生产方式指标体系(表1)。绿色产业布局指标从产业结构引导和开发区集聚规模两个维度去构建,包括第三产业从业人员占总就业人员比重、第三产业增加值占GDP比重、高新技术企业工业总产值占GDP比重、开发区高新技术企业个数、开发区工业总产值占GDP的比重5个指标。绿色生产过程指标从资源消耗强度、污染排放强度、循环利用能力、绿色科技水平4个维度去构建,包括单位工业增加值能耗、单位工业增加值水耗、单位工业增加值煤耗、单位工业增加值用电量、单位工业增加值COD排放量、单位工业增加值氨氮排放量、单位工业增加值SO₂排放量、单位工业增加值氮氧化物排放量、单位工业增加值固体废物产生量、城市污水处理率、工业固体废物综合利用率、工业用水重复利用率、绿色专利申请数量、绿色专利获取数量14个指标。绿色制造体系指标从绿色物流发展、绿色制造建设两个维度去构建,包括铁路与公路货运比、单位物流产出能源消耗、单位物流产出碳排放量、绿色工厂数量、绿色产品数量、绿色工业园区数量、绿色供应链管理企业数量7个指标。

本文以2015—2020年长江经济带11个省(市)为研究对象,数据来源于2016—2021年的《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》,其中绿色工厂数量、绿色产品数量、绿色工业园区数量及绿色供应链管理企业数量相关数据来源于工信部节能与综合利用司公布的绿色制造名单。个别指标需要进行计算,计算方法如下:

工业固体废物综合利用率 = 工业固体废物综合利用量 / 工业固体废物产生量;

单位物流产出能源消耗 = 各类能源折算成标准煤 / 物流业生产总价值;

标准煤 = 某能源消耗量 × 其折煤标准系数;

物流业单位产值碳排放量 = 碳排放量 / 物流业生产总价值;

碳排放量 = 某种能源消耗量 × 其折煤标准系数 × 其能源碳排放系数。

各省统计年鉴中没有直接包含物流业的能源消耗,借鉴已有文献的测算方法,选取交通运输、仓储和邮政业的能源消耗进行代替。根据《中国能源统计年鉴》的口径,长江经济带交通运输、仓储和邮政业的能源消耗主要包括煤炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气、电力8种。各能源转换系数见表2。

表 1 绿色生产方式评价指标体系

维度层	领域层	指标层	单位	性质	W_{2015}	W_{2017}	W_{2020}
绿色产业布局	产业结构引导	第三产业从业人员占总就业人员比重	%	+	0.0051	0.0299	0.0123
		第三产业增加值占 GDP 比重	%	+	0.0302	0.0310	0.0212
		高新技术产业产值占 GDP 比重	%	+	0.0127	0.0287	0.0564
	开发区集聚规模	开发区高新技术企业数量	个	+	0.0319	0.0615	0.1178
		开发区工业总产值占 GDP 的比重	%	+	0.0151	0.0213	0.0574
绿色生产过程	资源消耗强度	单位工业增加值能耗	吨标准煤/万元	-	0.0126	0.0195	0.0151
		单位工业增加值水耗	立方米/万元	-	0.0194	0.0162	0.0142
		单位工业增加值煤耗	吨/万元	-	0.0075	0.0082	0.0061
		单位工业增加值用电量	亿千瓦时/万元	-	0.0114	0.0250	0.0254
	污染排放强度	单位工业增加值 COD 排放量	吨/亿元	-	0.0074	0.0003	0.0000
		单位工业增加值氨氮排放量	吨/亿元	-	0.0107	0.0005	0.0001
		单位工业增加值 SO ₂ 排放量	吨/亿元	-	0.0096	0.0016	0.0005
		单位工业增加值氮氧化物排放量	吨/亿元	-	0.0092	0.0023	0.0019
		单位工业增加值固体废物产生量	吨/亿元	-	0.0039	0.0159	0.0116
	循环利用能力	城市污水处理率	%	+	0.0137	0.0033	0.0003
		工业固体废物综合利用率	%	+	0.0091	0.0462	0.0497
		工业用水重复利用率	%	+	0.0112	0.0230	0.0024
	绿色科技水平	绿色专利申请数量	个	+	0.0374	0.0726	0.1173
		绿色专利获取数量	个	+	0.0374	0.0717	0.1204
绿色制造体系	绿色物流发展	铁路与公路货运比	%	+	0.0118	0.0278	0.0567
		单位物流产出能源消耗	万吨标准煤/亿元	-	0.0079	0.0086	0.0038
		单位物流产出碳排放量	万吨/亿元	-	0.0083	0.0093	0.0034
	绿色制造建设	绿色工厂数量	个	+	0.1691	0.0581	0.0411
		绿色产品数量	个	+	0.1691	0.1953	0.1202
		绿色工业园区数量	个	+	0.1691	0.0748	0.0391
		绿色供应链管理企业数量	个	+	0.1691	0.1474	0.1056

注：“+”代表正向指标，“-”代表负向指标；因篇幅限制，本表仅列出 2015 年、2017 年和 2020 年的指标权重结果； W_{2015} 、 W_{2017} 、 W_{2020} 分别代表 2015 年、2017 年、2020 年的指标权重。

表 2 能源折煤系数及折碳系数

能源种类	煤炭	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	天然气	电力
折煤系数	0.7143	1.4286	1.4714	1.4714	1.4571	1.4286	1.3300	0.1229
折碳系数	0.7599	0.5857	0.5538	0.5714	0.5921	0.6185	0.4483	2.2132

注：折煤系数的单位为万吨标准煤/亿元，折碳系数的单位为吨。数据来源于 IPCC《国家温室气体排放清单指南》。

三、绿色生产方式的评价方法

本文借鉴周小亮和吴武林(2018)的方法,采用定基极差熵权法进行测度分析。详细步骤如下:

第一,根据指标属性,运用极差标准化法对原始数据标准化处理:

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

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

其中: x_{ij} 为第*i*个省(市)第*j*个指标; X_{ij} 为标准化处理后的指标,取值范围为 $[0, 1]$; $\max(x_{ij})$ 、 $\min(x_{ij})$ 分别是第*j*个指标的最大值和最小值。正向指标数值越大,对指数的贡献越大,表现越好;负向指标数值越小,对指数的贡献越大,表现越好。

第二,计算指标比重。 P_{ij}^t 为*t*年第*j*个指标下第*i*个省(市)占该指标的比重,公式为

$$P_{ij}^t = \frac{X_{ij}^t}{\sum_{i=1}^n X_{ij}^t}, \quad i \in [1, n], j \in [1, m] \quad (3)$$

其中:若 $P_{ij}^t = 0$,则定义 $\lim_{P_{ij}^t \rightarrow 0} P_{ij}^t \times \ln P_{ij}^t = 0$ 。

第三,计算指标信息熵。 E_j^t 为 t 年第 j 个指标的信息熵,公式为

$$E_j^t = -(\ln n)^{-1} \times \sum_{i=1}^n P_{ij}^t \times \ln P_{ij}^t \quad (4)$$

其中:信息熵 $E_j^t \in [0, 1]$,指标信息熵越小,包含的信息量越大,则指标权重越大;反之,指标权重越小。

第四,计算指标权重。 W_j^t 为第 j 项指标权重,指标权重越大,该指标对测算结果的贡献越大,公式为

$$W_j^t = \frac{1 - E_j^t}{\sum_{j=1}^m (1 - E_j^t)} \quad (5)$$

第五,以样本中2015年为基年,运用定基极差法处理原始数据:

$$X_j^t = \frac{x_j^t - x_{j, \min}^{2015}}{x_{j, \max}^{2015} - x_{j, \min}^{2015}} \quad (6)$$

其中: X_j^t 为第 j 个指标第 t 年经过定基极差法处理后的无量纲化指标值; x_j^t 为原始数据; $x_{j, \max}^{2015}$ 和 $x_{j, \min}^{2015}$ 分别是第 j 个指标在基年2015年所有省份的原始数据的最大值和最小值。

第六,计算综合指数。 S_j^t 为第 t 年第 j 个省(市)的综合指数,公式为

$$S_j^t = \sum_{j=1}^m (W_j^t \times X_j^t) \quad (7)$$

四、长江经济带绿色生产方式的测算结果分析

根据上述构建的评价体系和定基极差熵权法,测算出长江经济带的生产方式绿色化水平。各个指标的权重见表1。表3报告了生产方式绿色化水平的描述性统计结果。由表3可知,2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平的均值为0.6280,标准差为0.7437,最小值为

表3 长江经济带生产方式绿色化水平测算结果的描述性统计

地区	均值	标准差	最小值(省份/年)	最大值(省份/年)
长江经济带	0.6280	0.7437	0.0474(重庆/2016)	3.3117(浙江/2020)
下游地区	1.0806	1.0221	0.1136(浙江/2015)	3.3117(浙江/2020)
中游地区	0.4138	0.3493	0.0527(江西/2016)	1.1437(湖北/2020)
上游地区	0.3360	0.2990	0.0474(重庆/2016)	1.1429(四川/2020)

2016年重庆的0.0474,最大值为2020年浙江的3.3117。下游地区的生产方式绿色化水平明显高于中游和上游地区,构成了长江经济带绿色生产的引领区,2015—2020年下游地区的生产方式绿色化水平平均值为1.0806,标准差为1.0221。上游地区的生产方式绿色化水平最小,2015—2020年均值为0.3360。中游地区2015—2020年的均值为0.4138,构成了长江经济带形成绿色生产方式的重要驱动力。可以发现,长江经济带生产方式绿色化水平存在明显的区域差异,总体上呈现出“下游地区>中游地区>上游地区”的分布格局。

表4报告了2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平的测算结果。由表4可知,2015年以来长江经济带11省(市)的生产方式绿色化水平实现了较快的提升,整体上呈现出逐年上升的态势。下游地区的4个省处于靠前的位置,安徽1.2693、江苏1.2384、浙江1.2129、上海0.6020,4个省(市)的生产方式绿色化水平明显领先与其他7个省(市)。贵州0.2267、重庆0.2497、江西0.2982、云南0.3879,中上游地区的4个省(市)生产方式绿色化水平较低。表5报告了2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平各维度测算结果的均值。由表5可知,浙江发展最为均衡,8个维度指标排名均位居前列;江苏和上海发展也较为均衡,大部分维度的指标排名均位居前列,其中,江苏在绿色物流发展维度上指标排名较为靠后,这成为江苏生产方式绿色化的短板;上海在资源消耗和绿色制造建设两个维度指标排名较为靠后,这两方面一定程度上制约了上海的生产方式绿色化。安徽在产业结构引导、开发区集聚、资源消耗、污染排放、绿色物流发展5个维度上指标排名较为靠后,这5个方面的因素制约了安徽的生产方式绿色化。云南、贵州、江西三个省大部分维度的指标排名均较为靠后,其中,开发区集聚、污染排放、循环利用、绿色科技4个维度是这三个省生产方式绿色化的共同制约因素。除以上共同制约因素之外,资源消耗、绿色制造建设还是江西生产方式绿色化的制约因素,资源消耗、绿色制造建设还是贵州生产方式绿色化的制约因素,产业结构引导、资源消耗、绿色物流发展还是云南生产方式绿色化的制约因素。湖北和四川大部分维度的指标排名均处于中等水平,发展较为均衡,其中绿色制造建设是制约湖北生产方式绿色化的主要因素,产业结构引导、污染排放、循环利用、绿色物流发展是制约四川生产方式绿色化的主要因素。此外,湖南除了绿色物流发展指标排名靠前之外,其他7个维度的指

标排名均处于靠后的位置,生产方式绿色化水平整体上较低。重庆除了资源消耗、污染排放、绿色物流发展三个维度指标排名靠前之外,其他5个维度指标排名均靠后,产业结构引导、开发区集聚、绿色科技、绿色制造建设是制约重庆生产方式绿色化的主要因素。

表4 长江经济带生产方式绿色化水平测算结果

年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值	年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
上海	0.1614	0.1716	0.4377	0.6830	0.8247	1.3335	0.6020	湖南	0.0908	0.0731	0.2842	0.4825	0.7090	1.1305	0.4617
江苏	0.1938	0.2019	0.7508	1.4915	1.8585	2.9341	1.2384	重庆	0.0656	0.0474	0.1405	0.2108	0.3779	0.6560	0.2497
浙江	0.1136	0.1227	0.4683	1.2764	1.9846	3.3117	1.2129	四川	0.0850	0.0830	0.3069	0.5113	0.7491	1.1429	0.4797
安徽	0.1315	0.1263	0.4960	1.4647	2.3982	2.9990	1.2693	贵州	0.1375	0.0863	0.1683	0.2601	0.2814	0.4263	0.2267
江西	0.0675	0.0527	0.1525	0.3507	0.4913	0.6743	0.2982	云南	0.1179	0.0865	0.1898	0.3603	0.5906	0.9822	0.3879
湖北	0.1172	0.1115	0.2572	0.5778	0.6817	1.1437	0.4815								

表5 长江经济带生产方式绿色化水平不同维度测算结果均值

维度	产业结构引导	开发区集聚规模	资源消耗强度	污染排放强度	循环利用能力	绿色科技水平	绿色物流发展	绿色制造建设	维度	产业结构引导	开发区集聚规模	资源消耗强度	污染排放强度	循环利用能力	绿色科技水平	绿色物流发展	绿色制造建设
上海	0.0760	0.1781	0.0152	0.0006	0.0453	0.0839	0.0008	0.2049	湖南	0.0329	0.0589	0.0154	0.0038	0.0244	0.0439	0.0069	0.2755
江苏	0.0443	0.2067	0.0125	0.0012	0.0445	0.2073	0.0192	0.7028	重庆	0.0193	0.0289	0.0089	0.0019	0.0249	0.0199	0.0045	0.1415
浙江	0.0483	0.0895	0.0041	0.0007	0.0449	0.1330	0.0084	0.8839	四川	0.0235	0.0664	0.0116	0.0053	0.0087	0.0543	0.0178	0.2923
安徽	0.0317	0.0512	0.0214	0.0064	0.0444	0.0722	0.0150	1.0269	贵州	0.0352	0.0105	0.0414	0.0145	0.0219	0.0048	0.0327	0.0656
江西	0.0375	0.0340	0.0148	0.0081	0.0102	0.0086	0.0127	0.1722	云南	0.0150	0.0047	0.0372	0.0195	0.0169	0.0096	0.0215	0.2635
湖北	0.0336	0.1292	0.0110	0.0035	0.0326	0.0492	0.0137	0.2087									

五、长江经济带绿色生产方式的时空演变分析

本文运用核密度分析和空间布局分析研究长江经济带绿色生产方式的时间和空间演变特征,这将为长江经济带各省(市)推动和改进生产方式绿色化战略提供方向性指引。

(一)绿色生产方式的时间演变特征

本文采用目前被广泛使用的非参数核密度估计来分析长江经济带绿色生产方式的分布形态与时间演变特征。该方法是用一定形式的核函数去平滑粗糙的数据而得到密度曲线,进而可以采用密度曲线来反映数据的分布形态和时间演化趋势。具体的核密度估计公式为

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x_i - x}{h}\right) \quad (8)$$

其中: $K(\cdot)$ 为核函数,其目的是在给定的光滑参数 $h>0$ 内平滑数据分布形态; h 为光滑参数,用于确定核函数估计区间的宽度; x_i 为样本属性值。根据核密度的估计方法,采用Stata软件绘制长江经济带2015—2020年生产方式绿色化水平的核密度曲线,如图1所示。图1反映了长江经济带生产方式绿色化水平的时间演变特征:①核密度曲线的波峰及对应的生产方式绿色化水平呈现阶段性变化。2015—2016年,波峰高度稍有所下降,且向左迁移,表明在此期间省(市)间生产方式绿色化水平差异有所扩大,且在此期间生产方式绿色化水平整体上呈现下降趋势。2016—2020年,波峰高度逐渐下降,且向右明显偏移,表明在此期间生产方式绿色化水平差异逐渐扩大,生产方式绿色化水平整体呈现上升趋势。另外,2016—2017年波峰高度下降的幅度很大,这意味着在此期间生产方式绿色化水平差异的扩大最为明显。2017年,工信部等相关部委下发了《关于加强长江经济带工业绿色发展的指导意见》(简称《意见》),在《意见》的推动下,长江经济带各省(市)大力提高工业资源能源利用效率,全面推进绿色制造,在此期间,绿色产业结构和布局逐渐合理,传统制造业能耗、水耗、污染物排放强度逐渐下降,到2020年,生产方式绿色化水平进一步提高。②曲线左右侧拖尾方面,可以发现核密度分布曲线的延展性增强,进一步表明2016—2020年长江经济带生产方式绿色化水平的分化现象逐渐明显。2017—2020年,核密度曲线左侧拖尾不明显,右侧拖尾出现延伸、抬高趋势,这表明在此期间高值区省(市)的生产方式绿色化水平继续得到提升,高值区省(市)数量有所增加。总体而言,2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平整体演变趋势向好,但是省(市)间的绿色发展差异需要充分重视,未来需要在产业布局、污染联防联控、能源结构优化等方面加强区域合作,高质量建设长江经济带生态共同体。

为了分析长江经济带上、中、下游不同地区生产方式绿色化水平的时间演变差异化特征,本文分别绘制了上、中、下游三大地区2015—2020年生产方式绿色化水平的核密度曲线,如图2~图4所示。可以发现:①中上游地区2015—2016年波峰均有所下降,且向左迁移,表明在此期间中上游省(市)间生产方式绿色化

水平差异有所扩大,且在此期间生产方式绿色化水平整体上呈现下降趋势。下游地区在2015—2016年波峰下降,但轻微向右迁移,表明在此期间下游省(市)间生产方式绿色化水平差异有所扩大,且在此期间生产方式绿色化水平整体上稍微有所提升。此外,2015—2017年三大地区波峰下降的幅度上游地区最大,其次为中游地区,下游地区最小,这表明在此期间上游地区省(市)间生产方式绿色化水平差异的扩大最为明显。在2017—2020年,波峰高度逐渐下降,且向右明显偏移,表明在此期间三大地区生产方式绿色化水平差异均呈现逐渐扩大趋势,生产方式绿色化水平均呈现上升趋势。省际间差异的扩大主要是因为区域分工关联少,上中下游流域水污染治理及生态资源利用协调不完善,跨区域的横向生态补偿机制不健全。②曲线左右侧拖尾方面,2017—2020年,下游地区右侧拖尾出现延伸、抬高趋势,这表明在此期间上游地区高值区省(市)的生产方式绿色化水平继续得到提升,高值区省(市)数量有所增加。中上游地区右侧拖尾出现延伸、降薄趋势,表明在此期间中上游地区高值区省(市)的生产方式绿色化水平继续得到提升,但是高值区省(市)数量有所降低。此外,2017—2020年对三大地区拖尾特征比较发现,下游地区右侧拖尾最长,表明下游省(市)生产方式绿色化水平提升幅度最大。2018—2020年,中游地区各年份和密度曲线的延展性最小,下游和上游地区的延展性均比较大,这表明在此期间,与下游和上游地区相比,中游地区省(市)间生产方式绿色化水平的差异扩大速度最慢。综上可知,长江经济带生产方式绿色化水平的时间演变特征呈现出区域差异,下游省(市)生产方式绿色化水平提升幅度最大,上游地区省(市)间生产方式绿色化水平差异的扩大最为明显,中游地区省(市)间生产方式绿色化水平的差异扩大速度最慢。未来在推动形成绿色生产方式的过程中,需要鼓励和支持各区域因地制宜探索符合自身特色的绿色生产路径和模式,进一步发挥下游省(市)对其他省(市)的引领作用。

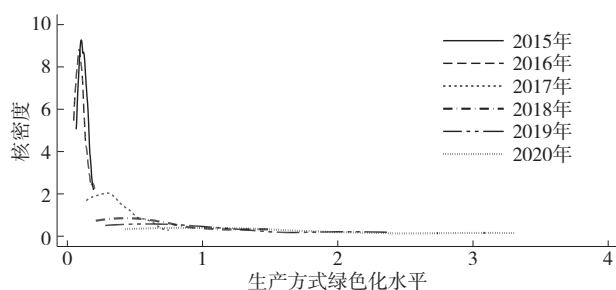


图1 2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平的变动趋势

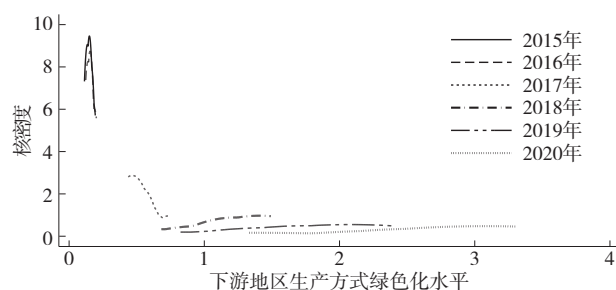


图2 2015—2020年长江经济带下游地区生产方式绿色化水平的变动趋势

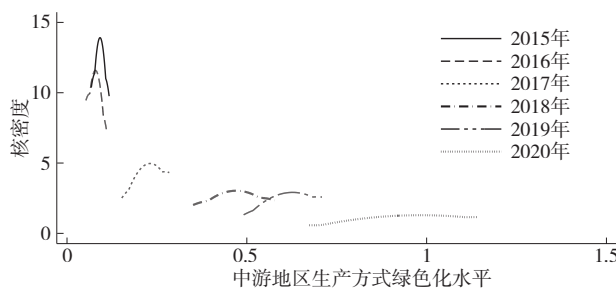


图3 2015—2020年长江经济带中游地区生产方式绿色化水平的变动趋势

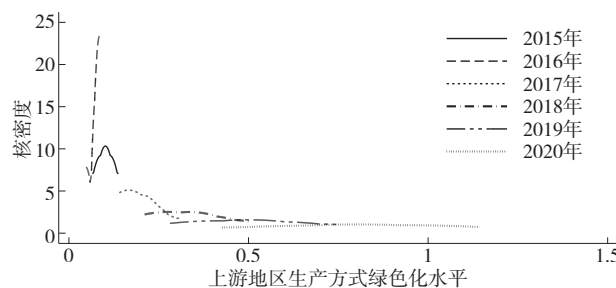


图4 2015—2020年长江经济带上游地区生产方式绿色化水平的变动趋势

(二)绿色生产方式的空间布局演变特征

为了分析长江经济带绿色生产方式的空间布局演变特征,本文测算了2015—2020年生产方式绿色化水平的全局Moran's I 值,测算结果见表6。由表6可知,2015—2020年,生产方式绿色化水平的全局Moran's I 值均为正值,表明在此期间长江经济带生产方式绿色化水平呈现空间正相关性,邻近地区的生产方式绿色化水平能够相互影响,省(市)间生产方式绿色化水平在局部空间有高高集聚、低低集聚现象。但是,从全局Moran's I 值的变化趋势看,这种空间相关性2015—2017年逐渐增强,2017—2020年逐渐减弱。进一步,采用分位数法将长江经济带的生产方式绿色化水平分为高水平、中高水平、中低水平、低水平4个类别,见表7。由表7可知,高高集聚区主要分布在下游地区,下游的上海、江苏、安徽、浙江经济发展迅速,凭借先进的绿色技术支撑,对周边省(市)的生产方式绿色化起到了明显的辐射带动作用,使得下游地区四省(市)的生产方式

绿色化水平整体得到了提升。下游地区的江苏2017—2020年,由高水平区域跃迁至中高水平区域,根据生产方式绿色化水平的测算结果可知^①,在此期间循环利用能力的下降使其生产方式绿色化水平有所下降。上海2015—2017年由高水平区域跃迁至中高水平区域,此后一直位于该区域,根据测算结果可知在此期间开发区集聚规模及绿色物流发展水平的下降使其生产方式绿色化水平有所下降。安徽2015—2017年由中高水平区域跃迁至高水平区域,浙江2015—2017年、2017—2020年,跃迁的方向为低水平区域→中高水平区域→高水平区域,这两个省的生产方式绿色化水平持续提升。

低低集聚区主要分布在上游地区。上游地区的四川在2015—2017年,由低水平区域跃迁至中高水平区域,但2017—2020年,又由中高水平区域跃迁至中低水平区域。根据测算结果可知四川生产方式绿色化水平的下降主要是因为近年来循环利用能力的下降制约了其生产方式绿色化。云南和贵州在2015—2017年由中高水平区域跃迁至中低水平和低水平区域,此后一直位于该区域,根据测算结果可知云南在此期间资源消耗强度的增大制约了其生产方式绿色化,贵州省在此期间循环利用能力的下降制约了其生产方式绿色化。重庆一直位于低水平区域,根据测算结果可知重庆的产业结构引导、开发区集聚、绿色科技、绿色制造建设等方面发展不足。

中游地区的湖北在2017—2020年由中低水平区域跃迁至中高水平区域,在此期间湖北的生产方式绿色化水平逐渐提高。湖南和江西生产方式绿色化水平一直处于中低水平和低水平区域,根据测算结果可知,湖南和江西在生产方式绿色化在大多数维度方面均存在发展不足的问题,未来中部地区需要进一步推进能源资源的节约集约利用,加大环境规制力度,建设绿色发展的美丽中部。

六、长江经济带绿色生产方式的协同效应分析

(一)绿色生产方式的耦合协调度模型构建

为了科学评价长江经济带各省(市)绿色生产方式不同维度之间的协同效应,参考吴传清和黄磊(2018)的做法,构建长江经济带绿色生产方式中绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三个维度之间的耦合协调度模型,计算公式为

$$C = \frac{3(M_1 M_2 M_3)^{\frac{1}{3}}}{M_1 + M_2 + M_3} \quad (9)$$

$$T = \alpha M_1 + \beta M_2 + \gamma M_3 \quad (10)$$

$$D = \sqrt{CT} \quad (11)$$

其中: D 为耦合协调度,即协同效应; C 为耦合度; T 为综合协调指数; M_1 、 M_2 、 M_3 分别为系统各维度的评价价值; α 、 β 、 γ 为待定权重,由于绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三大维度在指标体系中的贡献程度相同,因此将 α 、 β 、 γ 均取值为1/3。参考任栋等(2021)的分类方法,将绿色生产方式不同维度之间的耦合协调状况划分为以下10个等级,见表8。

表8 绿色生产方式的耦合协调度等级划分标准

耦合协调度	$0 < D \leq 0.1$	$0.1 < D \leq 0.2$	$0.2 < D \leq 0.3$	$0.3 < D \leq 0.4$	$0.4 < D \leq 0.5$
类型	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调
耦合协调度	$0.5 < D \leq 0.6$	$0.6 < D \leq 0.7$	$0.7 < D \leq 0.8$	$0.8 < D \leq 0.9$	$0.9 < D \leq 1.0$
类型	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

① 限于篇幅,生产方式绿色化指数各维度在各年份的测算结果未报告,可向作者索要。

(二)绿色生产方式的协同效应评价结果分析

耦合协调度模型的计算结果由表9和表10所示,可见,2015—2020年,长江经济带绿色生产方式中绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三个维度的协同效应逐渐增强,由2015年的0.1559提升到2020年的0.5425,协同类型由严重失调发展成为勉强协调。总体来看,长江经济带绿色生产方式的协同发展能力逐渐增强,但整体水平依旧较低,绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三者之间的协同能力仍需提升。从三大地区来看,长江经济带上中下游地区绿色生产方式的协同效应在2017年之前呈现“下游>上游>中游”的分布格局,在2017年之后呈现“下游>中游>上游”的分布格局,下游地区协同效应与中上游地区协同效应之间的差距逐渐扩大。这意味着长江经济带上中下游三大地区绿色生产方式协同效应的不均衡态势依然较高,区域间绿色生产方式的协同发展能力仍待提高。下游地区应该通过产业帮扶、技术支持等方式带动中上游地区绿色发展,发挥城市群在长江经济带生产方式绿色化发展中的引领带动作用。

由表10可知,2015—2020年,长江经济带11省(市)绿色生产方式的耦合协调度呈现波动上升的趋势,说明协同效应不断增强,但是协同效应的地区差异明显。具体来看,2015—2020年,江苏、浙江、安徽三省绿色生产方式中绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三个维度之间的协同效应提升速度较快,这三省在2018年领先于其他省(市)进入协调发展阶段,其中江苏和浙江两省在2020年进入良好协调发展阶段。相对于上游地区的其他三省,上海的协同效应提升速度相对较慢,在2019年进入勉强协调发展阶段,2020年进入初级协调发展阶段。湖北、湖南、四川三省绿色生产方式的协同效应提升速度较慢,这三省在2019年才进入过渡调和阶段。重庆、贵州、云南、江西四省(市)绿色生产方式的协同效应较弱,2015—2020年始终处于失调阶段。中游地区中江西的经济发展相对较为滞后,其经济增长方式长期以来以要素投入为主,粗放型的发展方式尚未完全改善,中高端制造业与生产性服务业占比较低,制约了其绿色生产方式中各维度的协同发展。重庆优势资源过度集聚且要素配置不够合理,制约了绿色生产方式中各维度的协同发展。

七、主要结论与政策建议

推动形成绿色生产方式是实现经济高质量发展和建设社会主义现代化国家的关键途径,科学地测度分析长江经济带的绿色生产方式对于推动长江经济带建设成为现代产业经济带及打造区域绿色发展新样板具有重要的理论和现实意义。本文以长江经济带为研究区域,基于绿色生产方式的内涵从多维度构建评价指标体系,运用定基极差熵权法测度2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平作为其绿色生产方式的量化指标,并采用核密度估计、空间布局分析及耦合协调度分析,对其时空演化特征和协同效应进行全面分析。

表9 长江经济带三大区域绿色生产方式的耦合协调度评价结果

区域	2015年		2016年		2017年	
	协调度	类型	协调度	类型	协调度	类型
长江经济带	0.1559	严重失调	0.1419	严重失调	0.3078	轻度失调
下游地区	0.1665	严重失调	0.1546	严重失调	0.4036	濒临失调
中游地区	0.1438	严重失调	0.1345	严重失调	0.2628	中度失调
上游地区	0.1543	严重失调	0.1348	严重失调	0.2457	中度失调
区域	2018年		2019年		2020年	
	协调度	类型	协调度	类型	协调度	类型
长江经济带	0.4144	濒临失调	0.4520	濒临失调	0.5425	勉强协调
下游地区	0.5543	勉强协调	0.6014	初级协调	0.7406	中级协调
中游地区	0.3746	轻度失调	0.4068	濒临失调	0.4767	濒临失调
上游地区	0.3043	轻度失调	0.3366	轻度失调	0.3936	轻度失调

表10 长江经济带11省(市)绿色生产方式的耦合协调度评价结果

省(市)	2015年		2016年		2017年	
	协调度	类型	协调度	类型	协调度	类型
上海	0.1217	严重失调	0.0832	极度失调	0.3679	轻度失调
江苏	0.2023	中度失调	0.2036	中度失调	0.4826	濒临失调
浙江	0.1599	严重失调	0.1566	严重失调	0.3837	轻度失调
安徽	0.1820	严重失调	0.1750	严重失调	0.3802	轻度失调
江西	0.1314	严重失调	0.1223	严重失调	0.2250	中度失调
湖北	0.1651	严重失调	0.1583	严重失调	0.2593	中度失调
湖南	0.1350	严重失调	0.1229	严重失调	0.3042	轻度失调
重庆	0.1107	严重失调	0.0979	极度失调	0.2145	中度失调
四川	0.1512	严重失调	0.1449	严重失调	0.3136	轻度失调
贵州	0.1849	严重失调	0.1529	严重失调	0.2286	中度失调
云南	0.1703	严重失调	0.1435	严重失调	0.2260	中度失调
省(市)	2018年		2019年		2020年	
	协调度	类型	协调度	类型	协调度	类型
上海	0.4744	濒临失调	0.5093	勉强协调	0.6300	初级协调
江苏	0.6503	初级协调	0.6998	初级协调	0.8813	良好协调
浙江	0.5587	勉强协调	0.6312	初级协调	0.8023	良好协调
安徽	0.5337	勉强协调	0.5653	勉强协调	0.6489	初级协调
江西	0.3136	轻度失调	0.3410	轻度失调	0.3723	轻度失调
湖北	0.4288	濒临失调	0.4506	濒临失调	0.5465	勉强协调
湖南	0.3814	轻度失调	0.4288	濒临失调	0.5114	勉强协调
重庆	0.2631	中度失调	0.3105	轻度失调	0.3920	轻度失调
四川	0.3852	轻度失调	0.4179	濒临失调	0.4895	濒临失调
贵州	0.2841	中度失调	0.2948	中度失调	0.3496	轻度失调
云南	0.2850	中度失调	0.3232	轻度失调	0.3434	中度失调

(一)主要结论

第一,2015—2020年,长江经济带11省(市)的生产方式绿色化水平实现了较快的提升,整体上呈现出逐年上升的态势。但是生产方式绿色化水平存在明显的区域差异,总体上呈现出“下游>中游>上游”的分布格局。长江经济带11省(市)在绿色生产方式各维度的发展方面,浙江发展最为均衡,8个维度指标排名均位居前4位,江苏和上海发展也较为均衡,大部分维度的指标排名均位居前列。云南、贵州、江西三个省大部分维度的指标排名均处于第8位至第11位,整体上生产方式绿色化水平处于较低水平。湖北和四川大部分维度的指标排名均处于中等水平,发展较为均衡。

第二,从全域时间演变趋势来看,核密度估计再次表明2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平整体演变趋势向好,但是在此期间省(市)间生产方式绿色化水平差异逐渐扩大。从局域时间演变趋势来看,长江经济带生产方式绿色化水平的时间演变特征呈现出区域差异,下游省(市)生产方式绿色化水平提升幅度最大,上游地区省(市)间生产方式绿色化水平差异的扩大最为明显,中游地区省(市)间生产方式绿色化水平的差异扩大速度最慢。

第三,从空间布局演变趋势来看,2015—2020年长江经济带生产方式绿色化水平呈现空间正相关性,邻近地区的生产方式绿色化水平能够相互影响、相互作用,省(市)间生产方式绿色化水平在局部空间有高高集聚、低低集聚现象。但是,这种空间相关性2015—2017年逐渐增强,2017—2020年逐渐减弱。高高集聚区主要分布在下游地区,下游的上海、江苏、安徽、浙江经济发展迅速,凭借先进的绿色技术支撑,对周边省(市)的生产方式绿色化起到了明显的辐射带动作用,使得下游地区四省(市)的生产方式绿色化水平整体得到了提升。低低集聚区主要分布在上游地区,产业结构引导、开发区集聚、绿色科技、绿色制造建设、循环利用能力、资源消耗等方面的发展不足,是制约上游地区生产方式绿色化水平提升的主要因素。

第四,从协同效应的发展趋势来看,2015—2020年,整体上长江经济带绿色生产方式中绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系三个维度的协同效应逐渐增强,但整体水平依旧较低,协同能力仍需提升。从三大地区来看,上中下游地区绿色生产方式中各维度的协同效应在2017年之前呈现“下游>上游>中游”的分布格局,在2017年之后呈现“下游>中游>上游”的分布格局,且下游地区协同效应与中上游地区协同效应之间的差距逐渐扩大。从具体省(市)来看,江苏、浙江、安徽三省绿色生产方式中各维度的协同效应提升速度较快,在2018年领先于其他省(市)进入协调发展阶段。重庆、贵州、云南、江西四省(市)绿色生产方式中各维度的协同效应较弱,始终处于失调阶段。

(二)政策建议

第一,推进绿色生产方式系统内在的协同效应。长江经济带大多数省(市)在绿色生产方式各维度的发展方面存在着不平衡不充分的问题。未来应该继续推进长江经济带绿色生产方式系统内在的协同效应,着力促进绿色产业布局、绿色生产过程和绿色制造体系各维度之间的耦合协调发展,全力提升产业结构引导、开发区集聚、资源消耗、污染排放、循环利用、绿色科技、绿色物流发展及绿色制造建设等方面的发展水平,实现不同领域间的协同创新与共同发展。

第二,注重差异化发展和区域协同的结合。长江经济带省(市)间生产方式绿色化水平差异逐渐扩大,且空间相关性逐渐降低,长江经济带横跨东部、中部、西部,各区域在资源禀赋、经济发展阶段等方面存在较大差异,生态环境保护面临的问题和发展重点也有所不同。因此,一方面,要充分重视地区差异,在落实整体目标要求的基础上,鼓励和支持各区域因地制宜探索符合自身特色的绿色生产方式发展路径和模式,进一步发挥下游省(市)对其他省(市)的引领作用;另一方面,差异化是区域协同的基础和条件,区域协同是生产方式绿色化发展的必然要求。推动区域在产业布局、能源结构优化、基础设施建设、污染物联防联控等方面加强合作。实施流域综合管理,将区域差异与协同治理有机结合,完善生态保护的区域补偿机制,统筹协调上下游。

第三,构建多元化生态补偿机制。目前长江经济带生态补偿的机制模式较为单一,生态补偿方式主要依赖政府的纵向财政转移支付、相关税费政策及生态功能区建设专项资金等,而省级政府间的横向转移支付、金融机构贷款、企事业单位投入等渠道的补偿方式占比较小。与此同时,水污染治理和水资源开发利用在上中下游地区间缺乏完善协调机制,难以调动各地治理的积极性。因此,一方面,要探索多元化的补偿资金渠道,构建以“横向财政转移支付为主、纵向财政转移支付为辅,其他资金为补充”的体系。推动开发地区和

生态保护地区进行横向生态补偿,调动流域地区各级政府的治理积极性。以绿色项目为契机,鼓励社会资本参与到生态环保建设中,构建政府主导、社会参与的协同治理模式;另一方面,继续加大“造血式”的生态补偿方式,构建合作共赢的流域协作机制。采取投资引导、技术援助及园区共建等方式,鼓励下游地区将节能环保产业及清洁节能技术向中上游地区转移和扩散。

第四,推行环境质量目标管理。增大环境指标在政府绩效考核中的比重,充分发挥环境质量政绩考核的导向和激励作用。例如,把空气质量、水质、绿化率、环境保护投资率、民众生态满意度等纳入政府综合效益考核标准之内。在环保目标设定上采取严格的硬约束方式,增大环境指标在离任审计中的比重,落实环保终身责任制。此外,环境指标中还需增加环保财政资金投入和绿色技术研发等具体环保措施的考核比重,以防止地方政府为完成年度考核任务,可能会对污染企业采取关停或异地转移等短期处理方式。

参考文献

- [1] 曹翔,李慎婷,2021.清洁生产标准如何影响企业绿色生产水平?——来自中国工业企业的证据[J].产业经济研究,(3): 31-42.
- [2] 杜宇,吴传清,邓明亮,2020.政府竞争、市场分割与长江经济带绿色发展效率研究[J].中国软科学,(12): 84-93.
- [3] 冯雨,王建明,2023.多元监管工具如何促进制造企业绿色生产行为?[J].中国人口·资源与环境,33(8): 102-115.
- [4] 高赢,2019.中国八大综合经济区绿色发展绩效及其影响因素研究[J].数量经济技术经济研究,36(9): 3-23.
- [5] 巩前文,严耕,2015.“绿色生产”指数构建与测度:2008—2014年[J].改革,(6): 73-80.
- [6] 黄娟,张涛,2015.生态文明视域下的我国绿色生产方式初探[J].湖湘论坛,28(4): 77-82.
- [7] 黄磊,吴传清,2019.长江经济带城市工业绿色发展效率及其空间驱动机制研究[J].中国人口·资源与环境,29(8): 40-49.
- [8] 黄跃,李琳,2017.中国城市群绿色发展水平综合测度与时空演化[J].地理研究,36(7): 309-322.
- [9] 李琳,楚紫穗,2015.我国区域产业绿色发展指数及动态[J].经济问题探索,(1): 68-75.
- [10] 李毅,胡宗义,何冰洋,2020.环境规制影响绿色经济发展的机制与效应分析[J].中国软科学,(9): 26-38.
- [11] 卢强,吴清华,周永章,等,2013.广东省工业绿色转型升级评价的研究[J].中国人口·资源与环境,23(7): 34-41.
- [12] 毛蕴诗,KORABAYEV R,韦振锋,2020.绿色全产业链评价指标体系构建与经验证据[J].中山大学学报(社会科学版),60(2): 185-195.
- [13] 彭星,李斌,2016.不同类型环境规制下中国工业绿色转型问题研究[J].财经研究,42(7): 134-144.
- [14] 任栋,曹改改,龙思瑞,2021.基于人类发展指数框架的中国各地社会发展协调度分析[J].数量经济技术经济研究,38(6): 88-106.
- [15] 石宝峰,迟国泰,2014.基于信息含量最大的绿色产业评价指标筛选模型及应用[J].系统工程理论与实践,34(7): 1799-1810.
- [16] 孙亚男,费锦华,2021.重污染企业绿色生产效率的测算、差异来源及其成因[J].中国人口·资源与环境,31(11): 102-109.
- [17] 汪明月,李颖明,王子彤,等,2022.政治嵌入、外部融资对环境规制与绿色技术创新关系的影响[J].中国人口·资源与环境,32(8): 75-88.
- [18] 王恒,方兰,2023.中国农业数字化与绿色化时空耦合协调关系及驱动力分析[J].长江流域资源与环境,32(4): 868-882.
- [19] 王鸣涛,叶春明,2022.基于最优组合权重和GRA的城市绿色制造水平评价——以“中国制造2025”示范城市为例[J].生态经济,38(3): 115-122.
- [20] 王雪珍,姜山,刘佳程,2022.基于制造业价值链的区域绿色制造水平评价——以宁波市为例[J].生态经济,38(1): 47-52.
- [21] 王勇,李海英,俞海,2018.中国省域绿色发展的空间格局及其演变特征[J].中国人口·资源与环境,36(9): 3-23.
- [22] 吴传清,黄磊,2018.长江经济带工业绿色发展绩效评估及其协同效应研究[J].中国地质大学学报(社会科学版),18(3): 46-55.
- [23] 向云波,王圣云,邓楚雄,2021.长江经济带化工产业绿色发展效率的空间分异及驱动因素[J].经济地理,41(4): 108-117.
- [24] 肖宏伟,2013.构建中国绿色经济生产方式评价指标体系及对策建议[J].发展研究,(10): 97-101.
- [25] 熊曦,张陶,段宜嘉,等,2019.长江中游城市群绿色化发展水平测度及其差异[J].经济地理,39(12): 96-102.
- [26] 徐小鹰,田焮焮,2022.长三角城市群绿色发展水平的时空演变及趋势预测[J].长江流域资源与环境,31(12): 2568-2581.
- [27] 游建民,张伟,2018.国家生态文明试验区绿色制造绩效评价及影响因素研究——以贵州为例[J].贵州社会科学,(12): 120-128.

- [28] 张欢, 罗畅, 成金华, 等, 2016. 湖北省绿色发展水平测度及其空间关系[J]. 经济地理, 36(9): 158-165.
- [29] 张旭, 魏福丽, 袁旭梅, 2020. 中国省域高质量绿色发展水平评价与演化[J]. 经济地理, 40(2): 108-116.
- [30] 周小亮, 吴武林, 2018. 中国包容性绿色增长的测度及分析[J]. 数量经济技术经济研究, 35(8): 3-20.
- [31] 朱春红, 马涛, 2011. 区域绿色产业发展效果评价研究[J]. 经济与管理研究, (3): 64-70.
- [32] GIANNETTI B F, AGOSTINHO F, ERAS J J C, et al, 2020. Cleaner production for achieving the sustainable development goals[J]. Journal of Cleaner Production, 271: 122127.
- [33] WANG M, LI Y, WANG Z, et al, 2022. The heterogeneous relationship between pollution charges and enterprise green technology innovation, based on the data of Chinese industrial enterprises[J]. Energies, 15(5): 1663.
- [34] WANG Y J, WANG W, LUO D X, 2020. Optimisation model construction of enterprise's green production and energy saving based on internet technology[J]. International Journal of Product Development, 24(2-3): 95-111.
- [35] ZAMEER H, WANG Y, YASMEEN H, 2020. Reinforcing green competitive advantage through green production, creativity and green brand image: Implications for cleaner production in China[J]. Journal of Cleaner Production, 247: 119119.

The Measurement and Comprehensive Evaluation of Green Production Methods in the Yangtze River Economic Belt

Wu Bin¹, Shi Lei²

(1. Institute of Quantitative & Technological Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;

(2. School of Economics and Management, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China)

Abstract: Promoting the greening of production methods is a key way to achieve high-quality economic development and build a modern socialist country. Based on the connotation and extension of green production methods, a green production method indicator system for the Yangtze River Economic Belt covering three dimensions of green industrial layout, green production process and green manufacturing system and 26 indicators was constructed. The Fixed base range entropy weight method was applied to measure the green level of production methods as a quantitative indicator of its green production mode in the Yangtze River Economic Belt from 2015 to 2020, and kernel density estimation, spatial visualization analysis and coupling coordination degree analysis were used to conduct a comprehensive analysis of its spatial and temporal evolution characteristics and synergy effects. The study found that the greening level of production methods in 11 provinces(municipalities)in the Yangtze River Economic Belt achieved a relatively rapid increase between 2015 and 2020, showing an overall increase year by year, but the differences in the greening level of production methods among the provinces(municipalities)along the belt have gradually expanded. The level of greening of production methods in the Yangtze River Economic Belt shows a positive spatial correlation, but this spatial correlation gradually decreases between 2017 and 2020. There are obvious regional differences in the level of greening of production methods in the Yangtze River Economic Belt, showing a distribution pattern of “downstream areas > midstream areas > upstream areas”. The synergy effect of the three dimensions of green industry layout, green production process and green manufacturing system in the green production mode of the Yangtze River Economic Belt is gradually increasing, but the overall synergy level is still low, with obvious regional differences, and the synergy capacity still needs to be improved.

Keywords: green production method; fixed base range entropy weight method; kernel density estimation; coupling coordination degree model; the Yangtze River Economic Belt