

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2024.03.008

双碳视角下长江经济带碳排放－经济－环境 耦合协调度分析

刘 涛，徐超毅，张 鑫

(安徽理工大学 经济与管理学院, 安徽 淮南 232001)

摘 要: 以长江经济带为分析对象, 从多元耦合协调度与空间视角出发, 利用耦合协调度模型对 2008—2019 年该区域内 11 个省市的碳排放－经济－环境三系统的耦合协调度进行探究, 并使用莫兰指数对耦合协调度进行空间相关性分析。研究结果表明: 长江经济带各子系统均呈现波动增长的趋势并趋于平衡, 整体耦合协调度类型由中度耦合协调转变为高度耦合协调; 从各省市层面来看, 耦合协调度呈现出“东高西低、下游 > 中游 > 上游”的阶梯状地域分布特征; 长江经济带耦合协调度存在显著的空间集聚性, 主要表现为下游江浙沪的高－高聚集与上游的低－低聚集。为促进该区域的高水平协调发展, 未来可以从优化产业结构、促进深度合作等方面进行突破。

关键词: 工程管理; 长江经济带; 碳排放; 耦合协调; 莫兰指数

中图分类号: F124.5; X37

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2024)03-0053-08

引文格式: 刘 涛, 徐超毅, 张 鑫. 双碳视角下长江经济带碳排放－经济－环境耦合协调度分析 [J]. 湖南工业大学学报, 2024, 38(3): 53-61.

Analysis of Carbon Emission-Economy-Environment Coupling Coordination Degree in the Yangtze River Economic Belt from a Dual-Carbon Perspective

LIU Tao, XU Chaoyi, ZHANG Xin

(School of Economics and Management, Anhui University of Science & Technology, Huainan Anhui 232001, China)

Abstract: Taking the Yangtze River Economic Belt as the analysis object, an inquiry has been made into the coupling coordination degree of carbon emissions, economy, and environment in 11 provinces and cities in the region from 2008 to 2019 by using a coupling coordination degree model from the perspective of multiple coupling coordination degrees and space, followed by an analysis of the spatial correlation of the coupling coordination degree by using Moran index. The results show that all subsystems of the Yangtze River Economic Belt show a trend of fluctuating growth leading to a balance, with an overall coupling coordination degree type changing from a moderate coupling coordination to a high coupling coordination degree. From the level of various provinces and cities, the coupling coordination degree is characterized with a feature of “high in the east and low in the west, from downstream through middle stream to upstream”. The coupling coordination degree of the Yangtze River Economic Belt exhibits a significant spatial agglomeration, mainly manifested as a high-high aggregation in the downstream of Jiangsu, Zhejiang and Shanghai as well as a low-low aggregation in the upstream. In order to enhance the high-level coordinated development of the region, breakthroughs can be made so as to realize an optimization of the industrial structure and a

收稿日期: 2022-09-21

作者简介: 刘 涛, 男, 安徽理工大学硕士生, 主要研究方向为绿色物流, 冷链物流, E-mail: 1790709397@qq.com

promotion of the in-depth cooperation in the future.

Keywords: project management; Yangtze River Economic Belt; carbon emissions; coupling coordination; Moran index model

1 研究背景

当前我国的社会经济正处于蓬勃发展阶段,经济增长方式已进入新常态^[1-2],作为碳排放大国,我国一直都将节能减排与环境保护放在重要地位,并开始逐步摒弃以生态环境破坏为代价换来的经济增长方式,以期实现我国经济的永续发展。长江经济带作为我国经济发展全局中的重要支撑,其人口与经济总量超过了全国的 40%^[3],拥有巨大的发展潜力且占据重要的生态地位。同时长江经济带正面临着更大的发展挑战,生态环境状况形势严峻、区域发展不平衡、产业转型升级任务艰巨、区域合作机制尚不健全等问题突出^[4]。因此在“双碳”与“共抓大保护、不搞大开发”的背景下,研究长江经济带各省市间碳排放、经济、环境耦合协调状况,对推动长江经济带走生态优先、绿色发展之路具有重要意义。

李建新等^[5]采用耦合协调度评价模型及空间计量模型对 2007—2016 年间长江经济带经济与环境两系统耦合协调度以及空间分布特征进行了考察,并对耦合协调度低的区域进行了识别与分类;吴传清等^[6]利用耦合协调度模型考察了长江经济带产业结构和生态环境的耦合协调水平,发现从上游到下游呈现递增的阶梯状分布,省市区差异明显;李强等^[7]研究了长江经济带经济发展与生态保护的耦合协调度状况,得出了经济发展水平与生态保护的耦合协调度向好发展,进入中级耦合协调的省份在不断增多的结论;李雪松等^[8]深度剖析了长江经济带经济-社会-环境三系统耦合协调度水平,发现长江经济带虽然区域间耦合协调度异质性显著,但整体表现良好;肖沁霖等^[9]利用耦合协调模型与探索性空间数据分析法论述了长江经济带各省市绿色创新发展以及生态治理水平耦合协调度和空间分布特征,结果表明系统间协调发展虽处于较低水平,但是拥有良好的进步潜力;田云等^[10]通过耦合协调模型与 Tapia 模型,发现长江经济带农业碳排放与农业增加值总体上完成了由失调到协调的跨越,但区域之间存在明显差异。

目前关于长江经济带系统耦合度的研究主要集中在以下几个方面:1)对长江经济带两系统间的耦合进行研究;2)对长江经济带多个系统两两间的耦

合进行研究;3)将碳排放作为衡量经济、环境等系统发展水平的要素,与其他系统进行耦合度研究。综已有研究,鲜有将碳排放作为一个单独的子系统纳入耦合系统。碳排放与经济、环境问题息息相关,从环境角度来讲,碳排放会导致全球变暖,产生温室效应,更容易形成极端恶劣天气,从而危害人们的身体健康和生活质量;从经济角度来讲,碳排放涉及各行各业,所有企业都需要考虑碳排放问题,因此解决碳排放问题需要整个经济系统里的每一个体开始转型,并且会带动相关基础设施和金融体系的转型。因此,本文充分考虑了碳排放对长江经济带综合协调发展的影响,将碳排放作为一个重要的独立系统,探讨碳排放-经济-环境三系统之间的耦合作用机理,并引入空间计量模型,从空间相关性角度对其耦合协调度进行分析,更加直观地了解碳排放对经济与环境的影响,为区域高质量协调发展提供决策依据。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究方法

2.1.1 耦合协调度模型

“耦合”的概念最早起源于物理学概念,指多个系统之间相互作用与影响的现象,“耦合度”则用于刻画系统之间的协调发展水平,是衡量不同子系统之间发展是否有序的指标。碳排放、经济、环境三者之间相互影响、相互促进,基于此,构建如下碳排放-经济-环境三系统的耦合度模型:

$$C = 3 \times \left[\frac{U_1 \cdot U_2 \cdot U_3}{(U_1 + U_2 + U_3)^3} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

式中: C 为 3 个子系统的耦合度,且 $C \in [0, 1]$;

U_1 、 U_2 、 U_3 分别为碳排放、经济、环境子系统的综合评价得分。

耦合度只能反映各个系统之间相互作用的强度,而各个系统之间的协调发展程度却难以体现,因此引入耦合协调模型,对碳排放-经济-环境三系统之间的协调发展水平进行进一步衡量,模型如下:

$$D = (C \cdot T)^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \gamma U_3。 \quad (3)$$

式(2)(3)中: D 为系统耦合协调度;

T 为碳排放-经济-环境三系统的综合评价协调指数;

α 、 β 、 γ 分别为碳排放、经济、环境子系统的待定系数,考虑碳排放、经济、环境在社会的可持续发展中起着同样重要的作用,故令 $\alpha=\beta=\gamma=1/3$ 。

参照已有的研究成果^[11],将耦合度以及耦合协调度划分为5个等级,见表1。

表1 耦合度与耦合协调度划分标准

Table 1 Classification criteria for coupling degree and coupling coordination degree

C 值范围	耦合等级	D 值范围	协调等级
0	相互独立	0	不协调耦合
(0, 0.3]	分离阶段	(0, 0.3]	低度耦合协调
(0.3, 0.6]	拮抗阶段	(0.3, 0.6]	中度耦合协调
(0.6, 0.8]	磨合阶段	(0.6, 0.8]	高度耦合协调
(0.8, 1]	耦合阶段	(0.8, 1]	优质耦合协调

2.1.2 耦合协调度空间计量模型

空间自相关模型主要用于研究不同区域之间空间依赖性或者空间异质性。空间自相关模型分为全局莫兰指数(Global Moran's I)和局部莫兰指数(Local Moran's I)。全局莫兰指数用于检验区域是否存在空间自相关现象,其公式为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}。 \quad (4)$$

式中: n 为长江经济带11个省市的数量;

x_i 、 x_j 分别为各省市之间的耦合协调度;

w_{ij} 为空间权重;

$\bar{x}$ 为耦合协调度平均值;

S^2 为耦合协调度标准差;

$I \in [-1, 1]$ 。

局部莫兰指数 L 是对全局莫兰指数的补充,能够对具体省市邻近空间特征值的相似性与相关性进行评价,具体公式为

$$L = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})。 \quad (5)$$

2.2 指标体系构建

本文借鉴已有文献[12],筛选出使用频率较高的指标,结合研究区域的实际情况与特征,以及数据的可获得性与指标体系的可操作性,构建碳排放-经济-环境三系统耦合指标体系,如表2所示。

表2 碳排放-经济-环境系统综合评价指标体系

Table 2 Comprehensive evaluation index system of carbon emission-economy-environment system

目标层	评价系统	一级指标	二级指标	权重	指标属性
碳排放-经济-环境耦合协调发展	碳排放投入	投入	资本存量/亿元		
			城镇单位从业人员总和/万人		
			能源消耗量/万t标准煤		
			单位碳排放量 GDP/(亿元·万t ⁻¹)		
			碳排放量/万t		
	经济发	产出	地区生产总值/亿元	0.0812	+
			人均地区生产总值/(元·人 ⁻¹)	0.0758	+
			工业增加值/亿元	0.0905	+
			地方财政一般预算收入/亿元	0.1888	+
			技术市场成交额/亿元	0.0622	+
	环境发	展活力	客运量/万人	0.2822	+
			外商投资企业进出口总额/千美元	0.1339	+
			规模以上工业企业数量/个	0.0855	+
			人口自然增长率/%	0.1026	-
			农药使用量/万t	0.0589	-
	环境保护	环境压力	工业烟(粉)尘排放量/万t	0.0522	-
			工业废水排放量/万t	0.0692	-
			工业二氧化硫排放量/万t	0.0367	-
			森林覆盖率/%	0.1027	+
			生活垃圾无害化处理能力/(t·d ⁻¹)	0.1923	+
	环境	发展	工业污染治理完成投资/万元	0.2526	+
			地方财政环境保护支出/亿元	0.1327	+

2.2.1 碳排放系统指标选取

在对碳排放系统进行考察时,本文选用以 Sbm-Undesirable 模型测得的碳排放效率作为碳排放系统的综合得分。Sbm-Undesirable 作为改进的 DEA(数据包络分析法),弥补了传统 DEA 方法没有将产出变量的松弛问题考虑在内的弊端,将“坏产出”纳入分析评价体系,使得传统 DEA 径向与角度对测算效率值造成的误差得以弥补。本文选取的3个投入指标资本存量、城镇单位从业人员总和、能源消耗量分别代表资金、人力、资源3个方面的投入,其中,资本存量以2008年为基期,利用永续盘存法分别将单位碳排放量 GDP 与碳排放量作为碳排放效率的期望产出与非期望产出,根据2006年的 IPCC 制定的国家温室气体清单指南与中国碳排放相关参数(见表3),采用碳排放系数法对碳排放量进行测算,具体公式为

$$CO = \sum_{i=1}^8 E_i \times SC_i \times CF_i。 \quad (6)$$

式中: CO 为碳排放总量;

E_i 为第 i 种能源的终端消费量;

SC_i 为具体能源的折标准煤系数;

CF_i 为具体能源的碳排放系数。

表 3 8 种能源折标准煤系数和碳排放折算系数

Table 3 Eight energy conversion coefficients for standard coal and carbon emissions

能源种类	折标准煤系数	碳排放系数	能源种类	折标准煤系数	碳排放系数
原煤	0.714 3	1.900 3	汽油	1.471 4	2.925 1
焦炭	0.971 4	2.860 4	煤油	1.471 4	3.017 9
原油	1.428 6	3.020 2	柴油	1.457 1	3.095 9
燃料油	1.428 6	3.170 5	天然气	1.330 0	2.162 2

2.2.2 经济系统与环境系统指标选取

在对经济评价系统与环境评价系统进行考察时,参考已有文献并结合研究区的发展特征,选择 17 项指标 4 大准则层构建综合评价体系。

在经济评价系统中,考虑经济发展水平与经济发展活力两个方面,经济发展水平反映研究区域经济发展所达到的规模与水准,经济发展活力可以反映研究区域经济增长速度与潜力。环境评价体系从区域环境所面临的挑战与对环境采取的保护两方面加以衡量,即环境压力与环境保护。

在确定指标的基础上采用熵权法确定各层级指标的权重,熵权法通过信息熵对各个指标的权重进行计算,是一种客观的为多指标评价体系赋权的方法。确定各指标权重(见表 2),通过各指标的权重,计算子系统的得分,公式如下:

$$U = \sum_{i=1}^n W_j \times P_{ij} \quad (7)$$

式中: U 为子系统得分,本文为经济系统与环境系统;

W_j 为系统中第 j 项指标的权重;

P_{ij} 为第 i 年第 j 项指标归一化后的值;

n 为总年份,本文 $n=12$ (2008—2019 年)。

2.3 数据来源

由于数据统计的滞后性与可得性,本文选取了长江经济带 11 个省市 2008—2019 年的数据进行研究,指标体系中涉及价格的变量均按照 2008 年不变价格进行折算。本文所用数据均选自《中国统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》,以及长江经济带各省市统计年鉴,部分数据来自国家数据网。

3 实证分析

3.1 长江经济带耦合协调度分析

基于上述公式,测算出长江经济带 2008—2019

年碳排放效率指数 (U_1)、经济发展指数 (U_2)、环境水平指数 (U_3) 以及三系统耦合度 (C)、耦合协调度 (D),对相关结果进行分析。长江经济带各指标得分及变化趋势如表 4 及图 1 所示。

表 4 长江经济带各指标得分

Table 4 Index scores of the Yangtze River Economic Belt

年份	U_1	U_2	U_3	C	D
2008	0.231 2	0.142 0	0.389 1	0.732 2	0.515 0
2009	0.238 6	0.144 0	0.405 7	0.751 7	0.526 4
2010	0.250 5	0.175 4	0.411 8	0.783 1	0.549 4
2011	0.259 8	0.187 5	0.406 4	0.809 2	0.558 9
2012	0.244 4	0.203 6	0.420 6	0.838 3	0.572 1
2013	0.282 3	0.207 9	0.448 3	0.823 3	0.558 5
2014	0.285 4	0.226 5	0.444 1	0.839 3	0.561 8
2015	0.283 4	0.234 1	0.461 3	0.856 4	0.572 3
2016	0.281 8	0.245 7	0.512 3	0.849 0	0.576 7
2017	0.287 9	0.274 3	0.511 7	0.862 9	0.597 8
2018	0.317 8	0.309 5	0.535 6	0.866 1	0.614 5
2019	0.300 3	0.335 0	0.538 0	0.880 6	0.621 4

由表 4 可知,在研究期内长江经济带的各子系统都呈现波动增长的态势,其中经济发展指数增幅最大,达到 135.9%,环境水平指数与碳排放效率指数的增幅约分别为 38.3% 与 29.9%。这说明长江经济带 3 个子系统在 2008—2019 年间均有较大的发展。其中,环境系统处于绝对优势地位,这主要是绿色发展观念逐步强化,长江经济带探索出一条生态优先、绿色发展之路,同时推动了经济的良性发展,经济系统于 2019 年成功反超碳排放系统。总体来看,系统之间的发展逐渐平衡,但仍然存在差异化,在综合水平上呈现环境 > 经济 > 碳排放的总体态势。

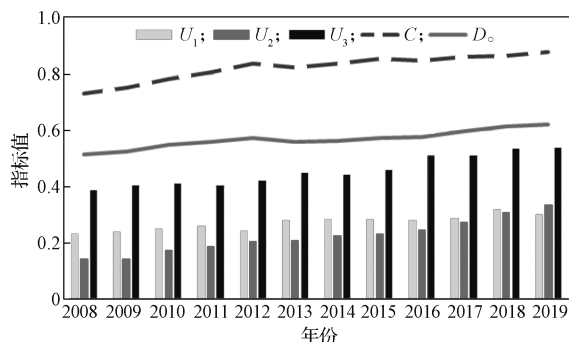


图 1 长江经济带各指标变化趋势图

Fig. 1 Trend chart of indicators in the Yangtze River Economic Belt

观察图 1 所示长江经济带各指标变化趋势图可知,2008—2019 年的三系统耦合度与耦合协调度均呈上升趋势,耦合度类型由磨合阶段转变为耦合阶段,耦合协调度类型由中度耦合协调转变为高度耦合

协调,表明长江经济带三系统间无论是相互影响程度还是协调发展程度都不断增强。由此可见,2010年12月国务院颁布的《全国主体功能区规划》对长江经济带系统之间协同发展起到了积极的推动作用,规划强调了长江流域在国土空间开发格局中占据重要地位,长江经济带不仅获得了更多的政策支持,也获得了更多的关注,随后《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》、《长江经济带发展规划纲要》等文件相继出台,为长江经济带的经济增长、绿色发展、碳排放效率的提高均提供了良好的环境。

为探析长江经济带各省市系统耦合度的差异情况,对各省市的耦合度进行分析,得到的耦合度及其变化趋势如表5和图2所示。从表5中可知,贵州省的耦合度均值为0.516,处于拮抗阶段;江西、云南的耦合度均值分别为0.759,0.660,处于磨合阶段;其余各省市的耦合度均值都大于0.8,都实现了耦合,其中,处于长江下游的江苏、上海、浙江以及安徽全部进入耦合阶段行列,这说明长江经济带下游地区在区域可持续发展过程中碳排放、经济、环境3个系统互为依托,相互之间存在密切的互动关系。

表5 长江经济带各省市耦合度

Table 5 Coupling degree of provinces and cities in the Yangtze River Economic Belt

省市	年 份												平均值
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
上海	0.913	0.893	0.915	0.925	0.924	0.922	0.934	0.940	0.950	0.963	0.974	0.975	0.936
江苏	0.892	0.899	0.901	0.915	0.931	0.946	0.951	0.972	0.989	0.972	0.967	0.968	0.942
浙江	0.878	0.882	0.887	0.877	0.915	0.891	0.898	0.901	0.911	0.923	0.939	0.952	0.905
安徽	0.725	0.762	0.794	0.814	0.852	0.877	0.897	0.922	0.921	0.928	0.945	0.944	0.865
江西	0.594	0.607	0.647	0.669	0.698	0.779	0.827	0.851	0.847	0.858	0.870	0.864	0.759
湖北	0.766	0.792	0.831	0.863	0.897	0.926	0.954	0.965	0.961	0.969	0.974	0.982	0.907
湖南	0.787	0.807	0.831	0.852	0.867	0.844	0.864	0.855	0.873	0.887	0.881	0.945	0.858
重庆	0.716	0.711	0.762	0.800	0.836	0.831	0.854	0.843	0.850	0.838	0.842	0.825	0.809
四川	0.849	0.870	0.896	0.922	0.939	0.897	0.907	0.931	0.903	0.943	0.963	0.918	0.911
云南	0.519	0.548	0.596	0.649	0.703	0.709	0.713	0.703	0.678	0.682	0.651	0.771	0.660
贵州	0.416	0.497	0.553	0.615	0.661	0.435	0.432	0.538	0.458	0.529	0.522	0.542	0.516

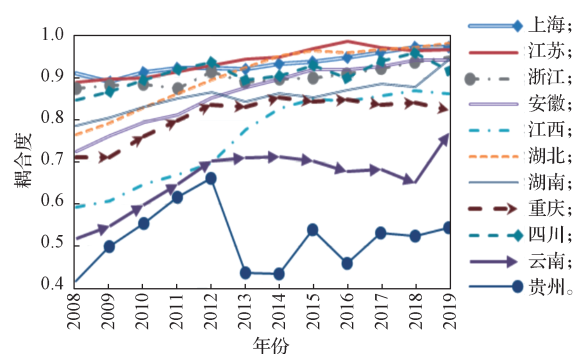


图2 长江经济带各省市耦合度变化趋势图

Fig. 2 Variation trend of coupling degree of provinces and cities in the Yangtze River Economic Belt

从图2中看出,长江经济带各省市在研究期内都呈现波动增长的态势,除了云南、江西、贵州3省,其余各省市于2019年均进入耦合阶段,同时,该3省的增幅处于领先地位,表明云南、江西、贵州的三系统之间虽然相互影响的程度较弱,但具有较大的成长性。长江经济带各省市耦合协调度结果如表6所示,趋势变化如图3所示。

由表6可看出,江苏的耦合协调度水平在长江经

济带各省市中数值最高,均值达到了0.801;上海、浙江的耦合协调度均值分别以0.778,0.773位列第二、第三;其余各省市耦合协调度均值主要分布在0.3~0.6之间,属于中度耦合协调水平;长江经济带各省市的耦合协调度区域差异化明显,呈现“东高西低、下游>中游>上游”的阶梯状地域分布特征。观察图3发现,长江经济带各省市的耦合协调度均实现了正向增长,其中,江苏最早在2013年就率先实现了从高度耦合协调向优质耦合协调的转变,上海与浙江分别于2016年、2019年完成优质耦合协调的转变,这是由于长三角区域是中国经济发展最活跃、创新能力最强的区域之一,在推进低碳发展,环境友好发展方面具有重要示范作用;截至2019年,湖北、湖南、安徽的耦合协调度分别为0.704,0.614,0.604,处于高度耦合协调水平;四川、江西、重庆、云南、贵州的耦合协调度均处于0.3~0.6之间,属于中度耦合协调水平。

处于长江上游地区的四川、重庆、云南、贵州均处于中度耦合协调水平,这表明中下游区域的带动效应并未很好地向上游省市蔓延。同时长江上游地区的

城市规模与等级结构的两极分化根深蒂固,承接成渝外溢和辐射能力有限,造成低碳高质量发展很难全范围推广。上游地区虽然发展迅速,但是受城市集聚和

规模制约,马太效应加强导致城市的两极化更加严重,不同层级城市之间资源要素流动受阻,绿色经济发展受限,造成上游地区协调耦合度不高。

表 6 长江经济带各省市耦合协调度

Table 6 Coupling coordination degree of provinces and cities in the Yangtze River Economic Belt

省市	年 份												平均值
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
上海	0.707	0.713	0.739	0.747	0.745	0.762	0.778	0.789	0.808	0.833	0.855	0.855	0.778
江苏	0.733	0.737	0.758	0.775	0.793	0.803	0.79	0.809	0.813	0.842	0.873	0.885	0.801
浙江	0.676	0.68	0.704	0.705	0.699	0.73	0.739	0.743	0.759	0.767	0.787	0.807	0.733
安徽	0.495	0.508	0.532	0.549	0.561	0.557	0.556	0.538	0.554	0.57	0.563	0.604	0.549
江西	0.478	0.489	0.521	0.534	0.548	0.517	0.503	0.495	0.502	0.521	0.526	0.508	0.512
湖北	0.497	0.515	0.538	0.537	0.555	0.574	0.592	0.619	0.62	0.666	0.692	0.704	0.592
湖南	0.476	0.486	0.51	0.526	0.545	0.576	0.578	0.591	0.592	0.612	0.641	0.614	0.562
重庆	0.453	0.468	0.493	0.506	0.519	0.479	0.484	0.495	0.503	0.501	0.51	0.496	0.492
四川	0.513	0.514	0.53	0.543	0.561	0.503	0.51	0.528	0.53	0.573	0.613	0.573	0.541
云南	0.373	0.379	0.398	0.406	0.427	0.385	0.386	0.384	0.375	0.379	0.379	0.451	0.394
贵州	0.263	0.301	0.32	0.321	0.339	0.258	0.265	0.305	0.287	0.312	0.322	0.338	0.303

长江经济带中游地区的江西、湖北、湖南的协调耦合度均与下游地区有不小差距,问题在于其3个内部城市组团的中心城市武汉、长沙、南昌都处于集聚发展初期,辐射带动能力不够强,尚未形成跨省域辐射带动的经济中心。同时也因为中部城市群的面积太大,跨越的省份过多,中心城市的辐射作用很难发挥作用,地域差异也会导致低碳政策实施过程有波折。但是总体来看,长江经济带各省市的耦合协调度在研究期内呈现稳中有升的发展趋势,说明系统间协调发展的程度表现为收敛性增长,长江经济带碳排放、经济与环境之间发展的协同性趋好。

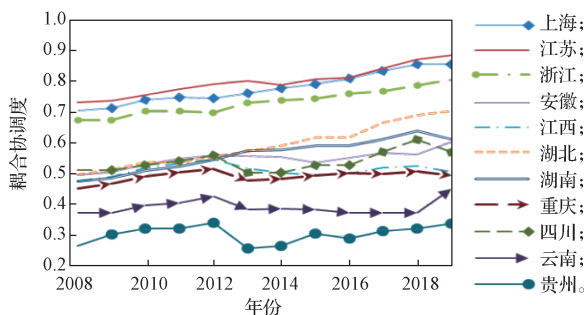


图 3 长江经济带各省市耦合协调度变化趋势图

Fig. 3 Variation trend of coupling coordination degree of provinces and cities in the Yangtze River Economic Belt

3.2 耦合协调度空间溢出效应分析

通过对长江经济带三系统的耦合协调度分析,发现各省市的三系统耦合协调度存在明显的地理差异,因此对耦合协调度进行空间溢出效应分析。

3.2.1 全局空间莫兰指数

采用 Geoda 软件对长江经济带的耦合协调度进行全局莫兰指数计算,结果见表 7。当置信度为 90%, $p < 0.1$, $Z > 1.65$ 或 $Z < -1.65$, 通过显著性检验,当 Moran's $I > 0$, 表示存在正相关;当 Moran's $I < 0$, 表示存在负相关; Moran's $I = 0$, 表示空间为随机分布。

表 7 长江经济带耦合协调度全局莫兰指数检验结果

Table 7 Global Moran index test results of coupling coordination degree of the Yangtze River Economic Belt

年份	Moran's I	Z 检验值	p 值	年份	Moran's I	Z 检验值	p 值
2008	0.471	3.114	0.001*	2014	0.460	3.046	0.001*
2009	0.492	3.202	0.001*	2015	0.413	2.746	0.003*
2010	0.503	3.265	0.001*	2016	0.432	2.863	0.002*
2011	0.496	3.249	0.001*	2017	0.397	2.659	0.004*
2012	0.473	3.152	0.001*	2018	0.333	2.306	0.011*
2013	0.478	3.163	0.001*	2019	0.418	2.748	0.003*

注: * 表示在 10% 的水平显著。

由表 7 看出, 2008—2019 年长江经济带间的全局莫兰指数均通过显著性检验, 表明长江经济带存在显著的空间集聚效应。从变化趋势看, 全局莫兰指数先增后减, 表明长江经济带各省市空间联系经历了一个先增后减的过程。因初期各省市在三系统协调发展方面存在互相依赖与效仿的现象, 随着全面协调可持续发展的深入与经验的积累, 各省市纷纷探索出适合本地发展的特色模式, 完成了模仿到创新的转变。

3.2.2 局部空间莫兰指数

为了探究长江经济带内部各省市间具体的空间

关联特征,利用局部莫兰指数对其耦合协调度空间异质性进行测算,限于篇幅,仅列出2008,2014,2019年的Lisa图。将各省市三系统间耦合协调度关联特征分为5类,即“高-高”聚集,即高值地区被高值地区包围;“高-低”聚集,即高值地区被低值地区包围;“低-高”聚集即低值地区被高值地区包围;“低-低”聚集即低值地区被低值地区包围;“不显著”则认为该区域与周围区域不存在空间相关性。

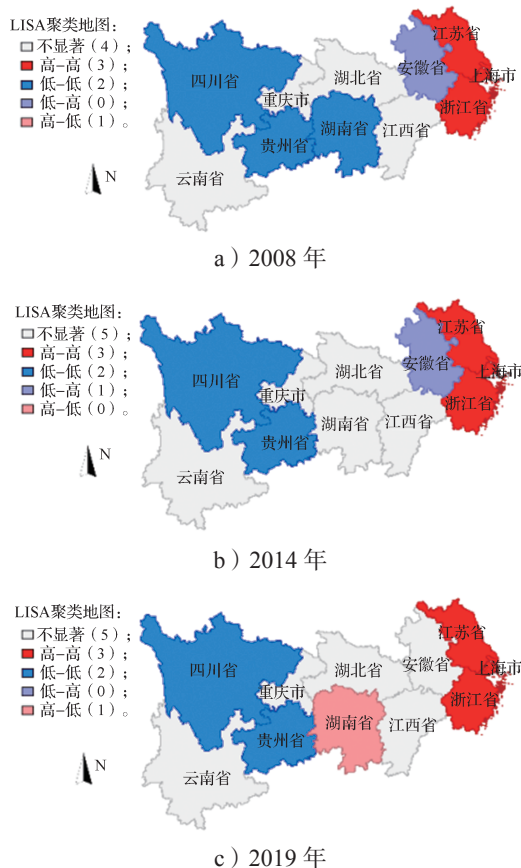


图4 2008、2014、2019年长江经济带各省市耦合协调度空间分异状况

Fig. 4 Spatial differentiation of coupling coordination degree of provinces and cities in the Yangtze River Economic Belt in 2008, 2014 and 2019

由图4可知,长江经济带省市间存在空间相关性的主要集中在上游与下游地区,表现出明显的区域特征;2008—2019年,安徽省由“低-高”聚集转变为不显著,湖南省由“低-低”聚集转变为“高-低”聚集;江苏省、上海市、浙江省保持着“高-高”聚集,这表明长三角地区作为我国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一,对周边省市的带动效果显著,长三角一体化发展取得成效;湖北省、江西省、重庆市、云南省表现为不显著,认为三系统耦合协调度在空间上呈随机分布。

4 结论与建议

4.1 结论

1)从总体来看,长江经济带各子系统在研究期内都呈现波动增长的态势,子系统发展水平趋于平衡。其中经济系统涨幅较大,并在2019年成功反超碳排放系统,最终形成了环境>经济>碳排放的总体态势。同时,在2008—2019年间,长江经济带三系统耦合度与耦合协调度都完成了升级,耦合度类型由磨合阶段转变为耦合阶段,耦合协调度类型由中度耦合协调转变为高度耦合协调。

2)位于长江经济带下游的长三角地区的耦合度较高,其余各省除贵州、云南均在2019年实现了耦合。耦合度均值列于末位的贵州、江西、云南的增幅却处于领先水平,并在2019年仍保持良好增长趋势,长江经济带所有省市全部进入耦合阶段指日可待。

3)长江经济带各省市的耦合协调度呈明显的区域异质性,主要表现为“东高西低、下游>中游>上游”的阶梯状地域分布特征。长江下游地区在耦合协调度的初始水平和发展进度上均处于领先地位,但下游区域的带动效应并未有效释放,中上游地区处于中度耦合协调水平。各省市的耦合协调度均有发展减速迹象,但中下游地区有较大发展空间与潜力。

4)长江经济带耦合协调度存在显著的空间集聚性,且这种相关性在样本期内表现为先增再减的变化趋势。从各省市间的空间相关性来看,长三角地区表现为稳定的“高-高”聚集,这些地区经济活动联系紧密,低碳经济、绿色创新方面空间溢出效应显著。

4.2 建议

从长江经济带发展现状出发,为促进该区域碳排放-经济-环境系统高水平协调发展,考虑碳排放作为独立子系统,完善区域发展战略,建议如下:

1)优化产业结构,促进经济转型。长江经济带耦合协调发展的水平还有较大的进步空间,国家应深度挖掘长江流域蕴藏的巨大内需潜力,推动经济要素跨区域流动,实现资源有效配置。要处理好生态与经济发展之间的不平衡,引导工业绿色发展,降低长江中上游工业二氧化碳排放强度。

2)促进上中下游深度合作,缩小区域差异。要充分发挥长江流域黄金航道的优势,打造长江立体交通走廊,由下游带动中上游腹地发展,努力构建全方位开放新格局、创新区域协调发展体制机制,引导下游地区资本和绿色产业优先在长江经济带中上游地区落地,推动长江经济带上中下游产业承接与转移。

3)制定特色战略,发挥区域优势。要以碳排放、

经济、环境多系统耦合协调理念为落脚点,根据城市的实际发展情况制定特色方案,依靠改革创新,实现重点突破。鼓励企业研发或引进先进的绿色生产技术,将其升格为与其他高新技术同等地位,提高企业生产能力和资源利用效率,为后续产业升级提供坚实基础。

参考文献:

- [1] 杨 雷, 毕云青, 郑 平, 等. 碳中和政策机制及社会共识的国际经验与启示 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(6): 101-107.
YANG Lei, BI Yunqing, ZHENG Ping, et al. The International Practices of Policy Mechanism and Social Consensus for Reaching Carbon Neutrality and Their Key Implications to China[J]. China Engineering Science, 2021, 23(6): 101-107.
- [2] 郭克莎. 中国经济发展进入新常态的理论根据: 中国特色社会主义政治经济学的分析视角 [J]. 经济研究, 2016, 51(9): 4-16.
GUO Keshu. Theoretical Basis for China's Economic Development to Enter the New Normal: From the Perspective of Socialism with Chinese Characteristics's Political Economy[J]. Economic Research Journal, 2016, 51(9): 4-16.
- [3] 李 焕, 黄贤金, 金雨泽, 等. 长江经济带水资源人口承载力研究 [J]. 经济地理, 2017, 37(1): 181-186.
LI Huan, HUANG Xianjin, JIN Yuze, et al. Study on Population Carrying Capacity of Water Resources in Yangtze River Economic Belt[J]. Economic Geography, 2017, 37(1): 181-186.
- [4] 文丰安. 长江经济带高质量发展的战略选择 [J]. 改革, 2018(6): 13-25.
WEN Feng'an. Strategic Choice of High Quality Development in the Yangtze Economic Belt[J]. Reform, 2018(6): 13-25.
- [5] 李建新, 梁 曼, 钟业喜. 长江经济带经济与环境协调发展的时空格局及问题区域识别 [J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(12): 2584-2596.
LI Jianxin, LIANG Man, ZHONG Yexi. Spatial-Temporal Pattern and Problem Area Identification of Coordinated Development of Economy and Environment in Yangtze River Economic Belt[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(12): 2584-2596.
- [6] 吴传清, 周西一敏, 黄 成. 长江经济带产业结构优化与生态文明建设的耦合协调关系研究 [J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2020, 54(4): 555-566.
WU Chuanqing, ZHOU Xiyimin, HUANG Cheng. Study on the Coupling and Coordination Relationship Between Industrial Structure Optimization and Ecological Civilization Construction in the Yangtze River Economic Belt[J]. Journal of Central China Normal University (Natural Sciences), 2020, 54(4): 555-566.
- [7] 李 强, 韦 薇. 长江经济带经济增长质量与生态环境优化耦合协调度研究 [J]. 软科学, 2019, 33(5): 117-122.
LI Qiang, WEI Wei. Study on the Coupling Coordination Degree Between Economic Growth Quality and Ecological Environment Optimization in the Yangtze River Economic Belt[J]. Soft Science, 2019, 33(5): 117-122.
- [8] 李雪松, 龙湘雪, 齐晓旭. 长江经济带城市经济-社会-环境耦合协调发展的动态演化与分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3): 505-516.
LI Xuesong, LONG Xiangxue, QI Xiaoxu. Dynamic Evolution and Analysis of Urban Economic-Social-Environmental Coupling and Coordinated Development in the Yangtze River Economic Belt[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(3): 505-516.
- [9] 肖沁霖, 肖黎明. 绿色创新效率与生态治理绩效耦合协调的时空分异及响应: 以长江经济带 108 个城市为例 [J]. 世界地理研究, 2022, 31(1): 96-106.
XIAO Qinlin, XIAO Liming. Spatio-Temporal Differentiation and Response of Coupling and Coordination Between Green Innovation Efficiency and Ecological Governance Performance: A Case of 108 Cities in the Yangtze River Economic Belt[J]. World Geography Research, 2022, 31(1): 96-106.
- [10] 田 云, 林子娟. 长江经济带农业碳排放与经济增长的时空耦合关系 [J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(1): 208-218.
TIAN Yun, LIN Zijuan. Spatial-Temporal Coupling Relationship Between Agricultural Carbon Emissions and Economic Growth in Yangtze River Economic Belt[J]. Journal of China Agricultural University, 2021, 26(1): 208-218.
- [11] 张翱翔, 邓荣荣. 中部六省碳排放效率与产业结构优化的耦合协调度及影响因素分析 [J]. 生态经济, 2021, 37(3): 31-37.
ZHANG Aoxiang, DENG Rongrong. Coupling Coordination Degree of Carbon Emission Efficiency and Industrial Structure Optimization in Six Provinces of Central China and Research on Its Influencing Factors[J]. Ecological Economy, 2021, 37(3): 31-37.
- [12] 李文启, 范晶晶. 河南省社会经济和生态环境系统协调发展的耦合分析 [J]. 创新科技, 2021, 21(8): 55-66.
LI Wenqi, FAN Jingjing. Coupling Analysis of Coordinated Development of Social Economy and Ecological Environment System in Henan Province[J]. Innovation Science and Technology, 2021, 21(8): 55-66.

(责任编辑: 申 剑)