

# 长江经济带绿色物流与绿色经济协调发展研究<sup>1</sup>

徐超毅 李 兰

(安徽理工大学 经济与管理学院, 安徽 淮南 232001)

**【摘要】**: 文章以 2010—2020 年长江经济带 11 个省市为研究对象, 运用耦合协调度模型、核密度估计和地理探测器模型分析了绿色物流与绿色经济协调发展的动态演进特征和驱动因素。结果表明: 2010—2020 年长江经济带绿色物流与绿色经济之间耦合协调度总体呈现稳步增长趋势, 实现了从勉强协调等级向初级协调等级的转变; 研究期内, 长江经济带下游地区的协调发展水平处于领先地位, 且各地区耦合协调度的空间分异特征显著, 整体上呈现“东高西低”“北高南低”的空间分布格局; 科技创新、城镇化水平和政府支持是影响两系统协调发展空间分异的主要驱动因子, 且多数因子在与其他因子叠加后会产生双因子增强作用。由此, 文章提出了推进长江经济带绿色物流与绿色经济协调发展的政策建议。

**【关键词】**: 绿色物流; 绿色经济; 耦合协调; 空间格局; 地理探测器

**【中图分类号】**: X322; F259.27; F124.5 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1007-5097 (2023) 07-0031-09

## 一、引言与文献回顾

近年来, 我国现代物流业发展迅猛, 对国民经济起到了巨大的推动作用, 但我国经济与物流业的绿色化发展与发达国家仍然存在一定差距。基于发展现状, 为实现“双碳”目标, 我国在经济发展过程中必须更加重视生态环境保护, 加快绿色物流与绿色经济发展进程<sup>[1]</sup>。

现有关于绿色经济的研究颇丰, 有较多文献对绿色经济的效率测度和协同发展进行了探讨。马志超等 (2022)<sup>[2]</sup>、汪彬等 (2022)<sup>[3]</sup>、赵敏等 (2022)<sup>[4]</sup>均使用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型来测算绿色经济效率; 周晓光和汤心萌 (2022)<sup>[5]</sup>采用非径向和非角松弛的 SSBM 方法计算各省份绿色经济效率; Wu 等 (2020)<sup>[6]</sup>基于新的数据包络分析模型, 发现绿色经济效率的地区差异显著, 加强绿色经济协同发展尤为重要; 胡士华等 (2022)<sup>[7]</sup>运用 Dagum 基尼系数及分解、Kernel 核密度估计和空间收敛模型对数字经济与绿色经济协同发展进行研究, 认为中国数字经济与绿色经济协同发展度将趋于稳态水平; 宋金昭等 (2022)<sup>[8]</sup>运用空间耦合模型和探索性数据分析 (ESDA) 模型, 探究新型城镇化—产业结构升级—绿色经济效率系统的耦合协调程度和空间关联效应。

就绿色物流与低碳经济、区域经济相互作用关系而言, Seroka-stolka 和 Ociepa-kubicka A (2019)<sup>[9]</sup>认为, 绿色物流是循环经济发展的内在条件和基本制度; 王浩澍 (2016)<sup>[10]</sup>发现, 西部地区绿色物流与低碳经济的匹配度较高; 徐超毅等 (2021)<sup>[11]</sup>基于熵权法和耦合协调模型, 认为长江经济带绿色物流与经济的发展还处于勉强协调阶段。

<sup>1</sup> **【收稿日期】**: 2022-10-20

**【基金项目】**: 国家自然科学基金项目“创新驱动下能源行业结构转型的效率评价、策略博弈及发展模式研究”(71973001); 安徽理工大学研究生创新基金项目“我国区域物流业绿色发展效率测度和影响因素分析”(2022CX2161)

**【作者简介】**: 徐超毅 (1980—), 男, 河南上蔡人, 副教授, 博士, 研究方向: 绿色物流; 李 兰 (1998—), 女, 安徽安庆人, 硕士研究生, 研究方向: 绿色物流。

针对绿色物流发展水平评价，当前学术界主要基于 DEA 模型、层次分析法、熵权 TOPSIS 等方法进行研究。从整体来看，朱芳阳和赖靓荣（2022）<sup>[12]</sup>通过构建我国区域绿色物流指标体系，发现我国绿色物流水平呈现上升趋势；张珺和邹乔（2022）<sup>[13]</sup>基于 DEA 模型测算物流业绿色转型指数，发现东部地区的物流绿色转型水平高于西部地区。从局部来看，何景师等（2021）<sup>[14]</sup>基于超效率 SBM 模型研究三大湾区城市群的绿色物流效率问题；谢泗薪等（2022）<sup>[15]</sup>应用熵权 TOPSIS，发现物流业绿色发展对长江经济带高质量发展水平的贡献度不高；也有学者基于层次分析法分析单个区域的绿色物流绩效<sup>[16]</sup>。

在已有研究基础上，本文以长江经济带 11 个省市（上海市、江苏省、浙江省、安徽省、江西省、湖北省、湖南省、重庆市、四川省、贵州省、云南省）为研究对象，从构建两者耦合协调度的评价指标体系出发，研究长江经济带绿色物流与绿色经济协调发展的空间格局，同时利用地理探测器模型识别其主要驱动因子。可能的边际贡献为：首先，现有研究多是对绿色物流、绿色经济各自的发展水平进行测度与评价，而针对绿色物流与绿色经济协调发展的作用机制与影响因素的研究少之又少；其次，从空间视角上揭示影响两系统协调发展时空差异因素的研究相对不足；最后，从既有文献的研究方法来看，对绿色物流和绿色经济的评价研究以指标体系构建法和数据包络分析（DEA）模型居多，但采用模型法难以反映绿色物流和绿色经济两系统的复杂性，而指标体系法可以紧跟时代发展要求从不同维度反映其综合发展水平。

## 二、绿色物流与绿色经济的协同耦合机理

绿色物流与绿色经济的耦合关系是指两系统通过相互作用达到优化全局的一种状态，其耦合作用机制如图 1 所示。

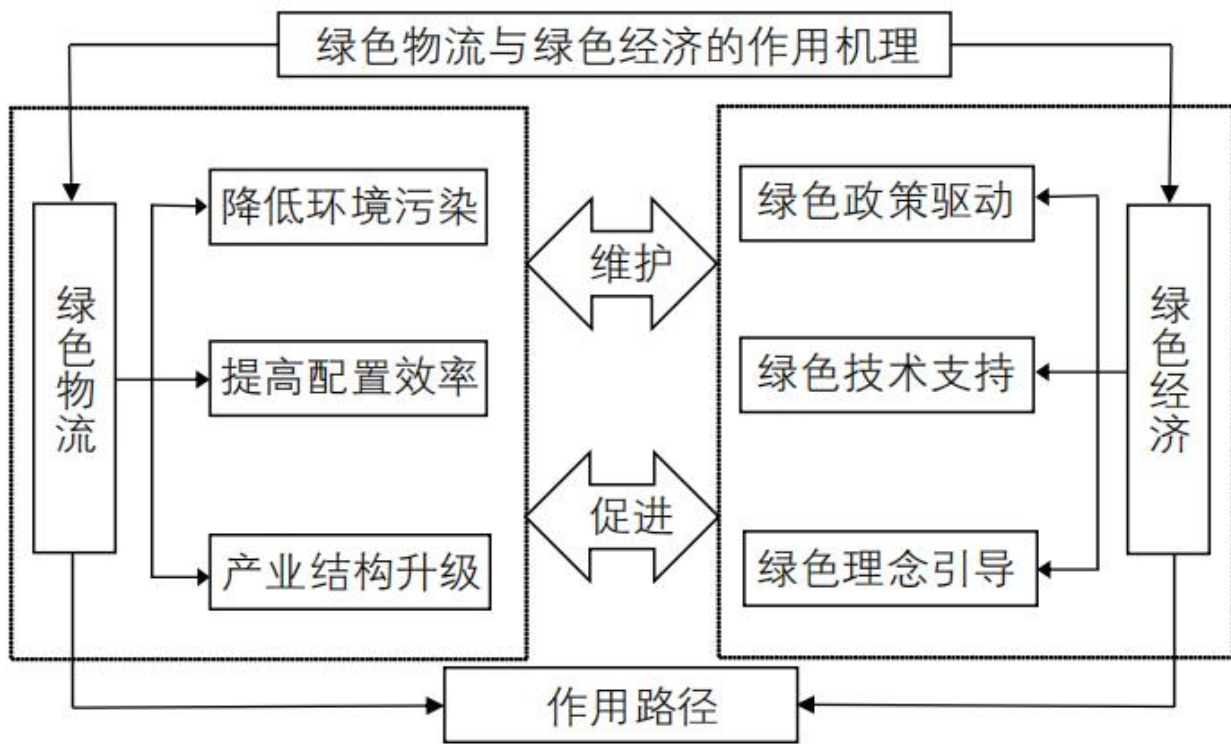


图1 绿色物流与绿色经济的作用机理

绿色经济离不开绿色物流<sup>[17]</sup>。一方面，绿色物流通过降低环境污染、提高资源配置效率以及促进产业结构升级来维护发展新的绿色经济。首先，以降低环境污染和减少资源消耗为导向的绿色物流，利于促进经济与环境和諧共生，从而助力绿色经济；其次，发展绿色物流加速了资源流通速度，提高了物流效率，有助于增强绿色经济效益<sup>[18]</sup>；最后，绿色物流对产业结构起到了升级调整的作用，使其趋向合理化、高级化发展，有利于经济可持续发展。另一方面，绿色经济通过政策驱动、技术支持以及

理念引导来促进绿色物流的发展<sup>[19]</sup>。首先，在绿色经济发展模式下催生了一系列行业绿色发展政策。如国务院印发的《“十四五”节能减排综合工作方案》明确要求全面推广绿色快递包装，政策的制定规范了物流业的发展方向和行为标准，促使物流业进行绿色转型。同时，绿色金融作为促进产业绿色发展的政策性产物，有效解决了物流企业绿色转型升级过程中巨大的融资需求。其次，发展绿色经济离不开科学技术的支持，在绿色经济模式的推动下，环保型高新技术逐渐应用到物流领域，促进了物流行业生产方式的变革，绿色包装、绿色运输等逐渐兴起。最后，绿色经济从发展理念上指导绿色物流发展，促进物流企业转型升级，制定企业绿色发展规划，将绿色发展意识落到实处。与此同时，绿色消费成为新的发展趋势，消费者更青睐具备社会责任感的环保型生产经营者和绿色产品，从需求端推动物流绿色转型。

### 三、研究方法

#### (一) 熵值法

本文使用客观赋权熵值法分别测算绿色物流与绿色经济综合发展水平，具体步骤如下：

第一步，指标选取。

设有  $h$  个年份， $m$  个省市， $n$  项指标，而  $x_{\lambda ij}$  为第  $\lambda$  个年份第  $i$  个省市的第  $j$  项指标的指标值。

第二步，对各项指标进行标准化处理。

正向指标：

$$Z_{\lambda ij} = \frac{x_{\lambda ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} + 0.0001 \quad (1)$$

负向指标：

$$Z_{\lambda ij} = \frac{x_{\max} - x_{\lambda ij}}{x_{\max} - x_{\min}} + 0.0001 \quad (2)$$

式 (1)、式 (2) 中，为消除对数影响，通常对该数列数据进行向右平移 0.0001 处理。

第三步，指标的归一化处理。

$$P_{\lambda ij} = \frac{Z_{\lambda ij}}{\sum_{\lambda=1}^h \sum_{i=1}^m Z_{\lambda ij}} \quad (3)$$

第四步，计算各指标的熵值。

$$E_j = -k \sum_{\lambda=1}^h \sum_{i=1}^m (p_{\lambda ij} \ln p_{\lambda ij}) \quad (4)$$

其中， $k=1/\ln(hm)$ 。

第五步，计算各项指标的权重。

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

第六步，计算各年份各省市的影响力指数。

$$C_{\lambda i} = \sum_{j=1}^n W_j Z_{\lambda ij} \quad (6)$$

## (二) 耦合协调度模型

参考已有研究<sup>[20]</sup>，运用耦合协调度模型对区域两系统的耦合协调度情况进行综合评价，在了解系统之间相互作用的程度上分析其协调发展水平。

$$C = \frac{2\sqrt{U_1U_2}}{U_1 + U_2}, \quad T = (\alpha U_1 + \beta U_2)$$

$$D = \sqrt{CT} \tag{7}$$

其中：C为耦合度，取值范围为[0, 1];U1和U2分别代表绿色物流和绿色经济系统得分；T为两系统的综合协调指数；α、β为相应权重，参考已有研究[16]，均取值为0.5;D为耦合协调度，取值范围为[0, 1]。

借鉴徐超毅等（2021）<sup>[11]</sup>、胡艳兴等（2015）<sup>[21]</sup>的研究，对耦合协调度进行划分，具体见表1所列。

表1 绿色物流与绿色经济耦合协调度类型划分

协调度区间	协调类型
(0, 0.1]	极度失调
(0.1, 0.2]	严重失调
(0.2, 0.3]	中度失调
(0.3, 0.4]	轻度失调
(0.4, 0.5]	濒临失调
(0.5, 0.6]	勉强协调
(0.6, 0.7]	初级协调
(0.7, 0.8]	中级协调
(0.8, 0.9]	良好协调
(0.9, 1]	优质协调

### （三）Kernel 密度估计

本文采用核密度估计来分析耦合协调度的分布态势、分布延展性及极化趋势<sup>[22]</sup>。常用的核估计函数式为：

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

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) \tag{9}$$

其中：n为观测点数目，表示省份数量；xi为独立同分布的观测值，表示每个省份的绿色物流与绿色经济的协调度； $\bar{x}$ 为

观测值的均值，表示长江经济带绿色物流与绿色经济协调度的平均值；K 为高斯核密度函数；h 为带宽。

#### （四）地理探测器模型

地理探测器是一种用于空间分析的统计模型，因其条件受限较少，被广泛应用于生态环境、旅游业、经济等多个领域，本文主要采用其中的因子探测和交互探测<sup>[23]</sup>。

（1）因子探测。通过计算各个因子的 q 值，定量分析其对两系统协调发展空间分异的解释力，模型计算公式为：

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (10)$$

其中：q 用于探测各因子在多大程度上解释了因变量的空间分异，值域为[0, 1], q 值越大表示该因子对绿色物流和绿色经济耦合协调度差异的影响越大；h 为因子分层数；N<sub>h</sub> 和 N 分别为层 h 省份数量和总省份数量；σ<sub>h</sub><sup>2</sup> 和 σ<sup>2</sup> 分别为层 h 的方差和全区的方差。

（2）交互探测。首先分别计算两个因子 X1 和 X2 对 Y 的 q 值：q(X1) 和 q(X2)，然后计算两个因子发生交互作用的 q 值：q(X1∩X2)，并将其与 q(X1) 和 q(X2) 对比，进而判断其交互作用，判断方式见表 2 所列。

表 2 双因子交互作用方式的判断依据

判断依据	交互作用
$q(X1 \cap X2) < \min[q(X1), q(X2)]$	非线性减弱
$\min[q(X1), q(X2)] < q(X1 \cap X2) < \max[q(X1), q(X2)]$	单因子非线性减弱
$q(X1 \cap X2) > \max[q(X1), q(X2)]$	双因子增强
$q(X1 \cap X2) = q(X1) + q(X2)$	独立
$q(X1 \cap X2) > q(X1) + q(X2)$	非线性增强

## 四、指标选取与数据来源

### （一）评价指标体系构建及权重确定

为响应党的二十大号召，积极稳妥推进碳达峰碳中和，需要绿色物流在减少能源消耗、降低环境污染的同时实现物流经济的可持续发展。朱芳阳和赖靓荣（2022）<sup>[12]</sup>肯定了绿色发展动力是绿色物流迈向循环经济的重要条件；徐超毅等（2021）<sup>[11]</sup>将相关物流指标与碳排放紧密结合，更真实地反映了我国绿色物流能力。参考已有研究成果，结合新时代对绿色物流发展的要求，本文从绿色能力和绿色动力两个方面构建绿色物流的评价指标体系。其中，绿色物流能力各指标反映物流运作过程中的低碳、环保水平，顺应了绿色发展中节能降碳和保护环境的要求；绿色物流动力从基础设施投入、政策支持和研发投入三个方面来衡量，为绿色物流迈向循环经济提供支持。

绿色经济作为一种新的经济形式，强调实现经济与环境的和谐发展。目前学界关于绿色经济发展水平的研究尚未形成统一的指标评价体系，已有学者构建的相关指标大多从“经济增长”“环境保护”“政策支持”等方面展开。王旭霞等（2022）<sup>[24]</sup>从绿色经济高质量发展的角度强调了绿色生态指标的重要性；徐军委和刘志华（2023）<sup>[25]</sup>综合考虑了绿色经济的生产、生态和生活三个方面。

借鉴已有研究，考虑政府的引导激励作用，本文从绿色生产、绿色生态、绿色投资三个维度衡量绿色经济发展水平，构建相关指标，结果见表3所列。各评价指标权重基于熵值法得到，其作为一种客观赋权方法，相较于层次分析法具有明显的可信度高、可操作性强等优势，可以有效规避主观随意性带来的误差，因此被广泛用于多层次指标评价体系的研究。

表3 长江经济带绿色物流与绿色经济发展水平评价指标体系

准则层	一级指标	二级指标	单位	指标性质	权重
绿色物流	绿色能力（H）	单位货运量碳排放（H1）	%	负	0.0359
		单位货物周转量碳排放（H2）	%	负	0.0433
		单位运输车辆氮氧化物排放量（H3）	万吨/辆	负	0.0316
		单位物流增加值碳排放（H4）	万吨/亿元	负	0.0311
		单位公路线路里程碳排放（H5）	万吨/公里	负	0.0338
		单位物流增加值能源消耗（H6）	万吨标准煤/亿元	负	0.0306
		单位事故货运量（H7）	万吨/起	正	0.2607
	绿色动力（K）	交通固定资产投资额（K1）	万元	正	0.1316
		交通运输财政支出占总财政支出比重（K2）	%	正	0.0841
		交通运输实验室和研究中心数量（K3）	个	正	0.3173
绿色经济	绿色生产（L）	环保产业市值（L1）	亿元	正	0.3675
		工业固体废物综合利用率（L2）	%	正	0.0965
		单位GDP二氧化硫排放量（L3）	万吨/亿元	负	0.0110
		单位GDP能耗（L4）	万吨标准煤/亿元	负	0.0070
	绿色生态（M）	人均碳排放（M1）	万吨/万人	负	0.0051
		人均公园绿色面积（M2）	平方米	正	0.0880
		森林覆盖率（M3）	%	正	0.1116
	绿色投资（N）	环境污染治理投资占GDP比重（N1）	%	正	0.1063
		节能环保财政支出占总财政支出比重（N2）	%	正	0.0551
人均林业投资（N3）		万元/万人	正	0.1519	

## （二）耦合协调度影响因素选取

基于上文协同机理的构建和相关文献，同时考虑数据可得性，选取以下6个因素对耦合协调度的驱动因素进行分析：①科技创新（X1）。朱芳阳和赖靓荣（2022）<sup>[12]</sup>认为，技术创新可以提高绿色技术和产品在物流企业的应用，逐渐替代高耗能技术，促进物流企业绿色转型，提高绿色经济发展水平。本文用专利申请授权数表示。②产业结构（X2）。柳键和涂建（2017）<sup>[26]</sup>认为，产业结构的优化可以提高低碳物流企业运作效率，且第三产业比重越高，环境效益和绿色经济效益越大。本文用第三产业增加值占GDP比重表示。③消费水平（X3）。消费能力提高和绿色消费观念转变能促使物流企业运营更加绿色化与高效化<sup>[19]</sup>。本文用社会消费品零售总额占GDP比重表示。④能源结构（X4）。能源结构不合理会导致过度浪费和利用效率低下等问题，进而致使绿色经济效率低下<sup>[27]</sup>。本文用物流业能源消耗与总能源消耗之比表示。⑤城镇化水平（X5）。城镇化水平的提升有利于资源

集约利用，同时也会由于人口规模剧增带来环境污染等问题，对绿色经济发展产生不利影响<sup>[27]</sup>。本文采用城市人口密度表示。⑥政府支持（X6）。虽然地方政府为了追求短期经济效益，可能倾向于基本建设投资而忽视环境治理投资，导致绿色经济效率下降<sup>[28]</sup>，但总体来说，政府财政支出为物流和经济的绿色协调发展提供了强有力的资金保障。本文用一般预算支出占 GDP 比重表示<sup>[29,30]</sup>。

### （三）数据来源

本文数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源年鉴》和 EPS 数据库，部分缺失数据采用均值替代法进行补充。

## 五、实证研究

### （一）长江经济带绿色物流与绿色经济耦合度和耦合协调度评价

本文基于各省市绿色物流与绿色经济耦合度和耦合协调度测算结果，绘制出长江经济带平均耦合度和平均耦合协调度时序变化图，如图 2 所示。从图 2 可以看出，2010—2020 年绿色物流与绿色经济两系统的耦合度均值处于 0.97~0.99 之间，从 2015 年开始呈现略微下降，但整体波动不大。绿色物流与绿色经济两系统的耦合协调度均值总体趋于稳步上升状态，在 2020 年达到最高值，为 0.617 2，由此表明，长江经济带绿色物流与绿色经济协调发展程度整体趋向良好。在样本期内，长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调度均值随时间变化大致分为以下两个阶段：2010—2017 年，耦合协调度均值位于勉强协调状态；2018—2020 年，耦合协调度均值处于初级协调状态。截至 2020 年，长江经济带平均耦合协调水平离良好协调和优质协调还有一定的差距，具有较大提升空间。



图2 长江经济带绿色物流与绿色经济耦合度和耦合协调度均值

### （二）长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调发展动态演进

本文选取 2010 年、2013 年、2017 年、2020 年绿色物流与绿色经济耦合协调度数据，绘制其核密度分布图，如图 3 所示。

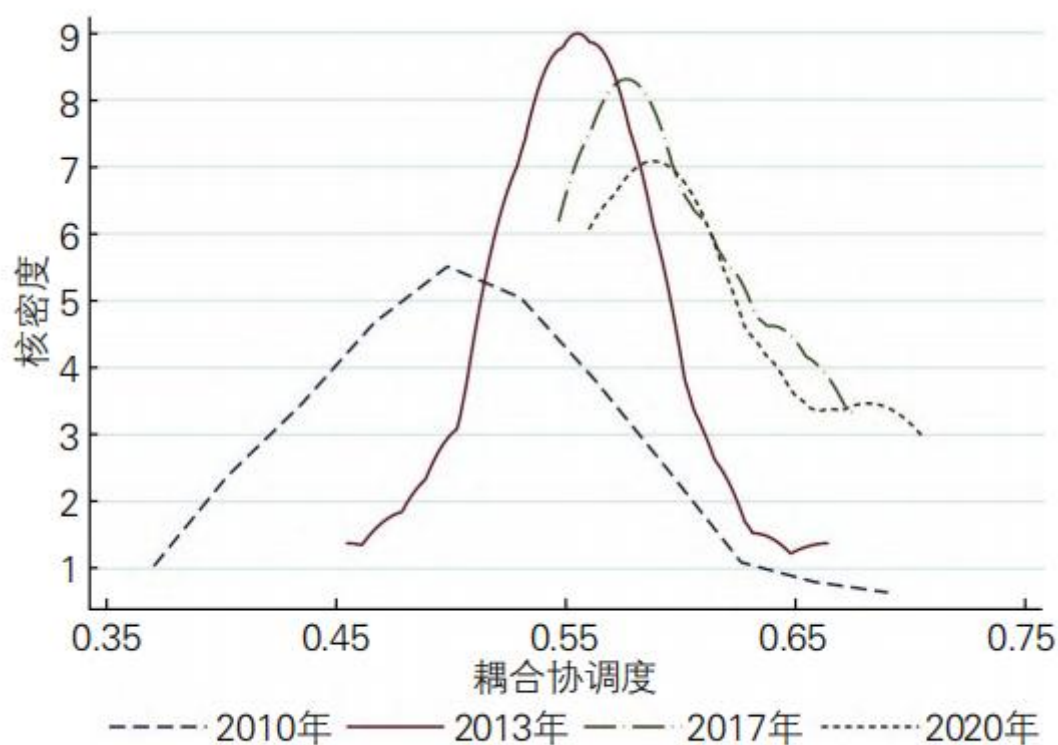


图3 长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调度核密度估计

从形状来看，2010年、2013年长江经济带的耦合协调度呈现“单峰”模式，2017年、2020年耦合协调度均出现“双峰”，且两个波峰之间的核密度值差距悬殊，说明2017年和2020年绿色物流与绿色经济耦合协调度的空间差异显著；从位置来看，绿色物流与绿色经济耦合协调度的核密度曲线随着年份增长逐渐右移，说明绿色物流与绿色经济耦合协调度逐渐向高协调水平发展，2010年耦合协调度集中在0.5左右，2020年耦合协调度集中在0.6左右。

### （三）长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调发展空间格局及空间分异分析

由上文分析可知，长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调度空间差异显著，具有明显的空间集聚特征。本文分别绘制出2010年、2013年、2017年和2020年绿色物流与绿色经济协调度分布图如图4所示，更直观地显示协调度的空间格局演变规律。

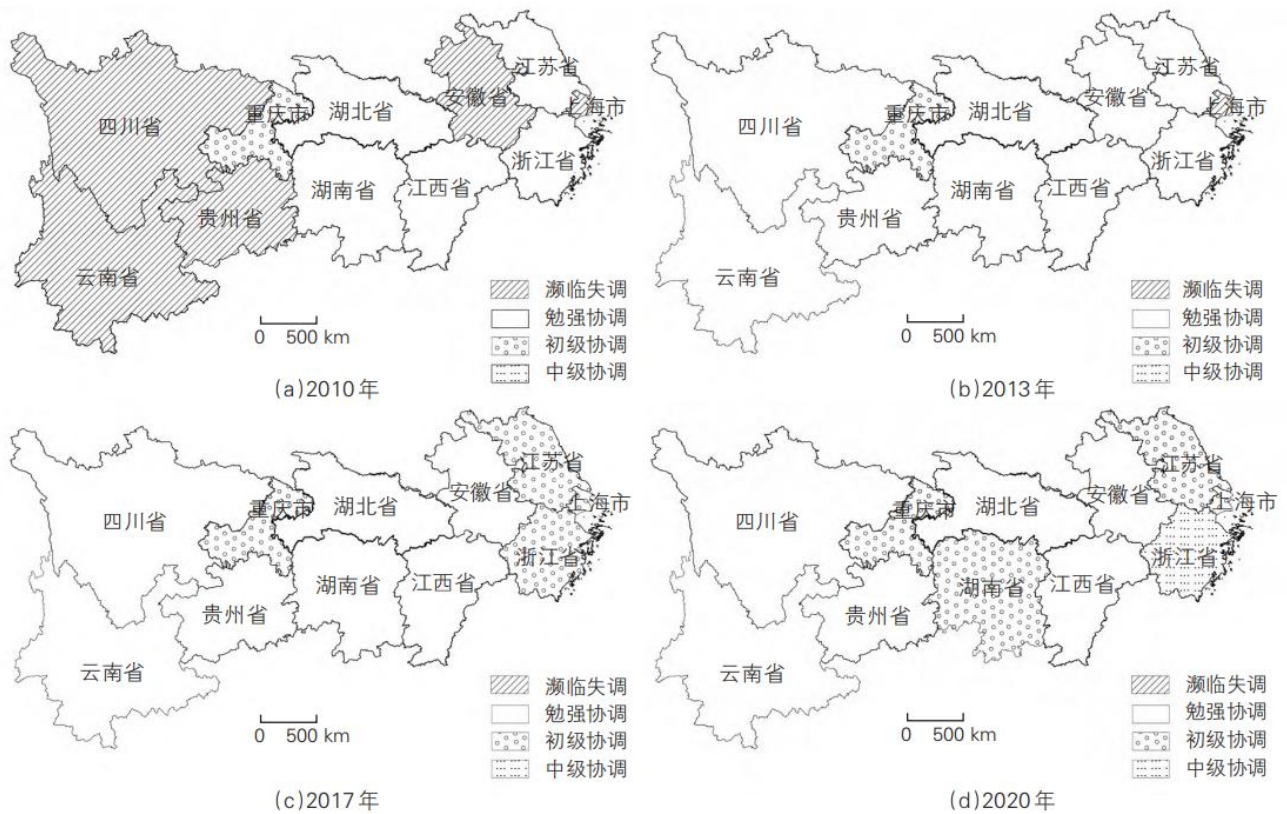


图4 长江经济带绿色物流与绿色经济的耦合协调度空间分布

注:基于审图号GS(2019)1825号底图制作

由图4可知,绿色物流与绿色经济协调度水平大致处于濒临失调与中级协调之间。从时间上来看,2010年,位于濒临失调和勉强协调阶段的地区各有5个,说明大部分地区都处于协调发展的较低水平,只有重庆达到了初级协调水平,接近初级协调状态。2013年长江经济带整体上实现了勉强协调发展,9个地区达到勉强协调水平。2017年少部分地区开始向初级协调迈进,分别为江苏、上海、浙江、重庆。到了2020年,浙江作为长江经济带协调发展较优的地区,率先进入中级协调阶段,但仍有6个地区处于勉强协调状态,说明长江经济带绿色物流与绿色经济协调发展水平还有待提高。从空间上来看,初期上游地区的协调发展较为领先,重庆为长江经济带其他地区的绿色物流与绿色经济协调发展起到示范带头作用,后期下游地区两系统协调发展较为迅猛,除安徽外均达到初级协调水平。

为进一步呈现耦合协调度的空间分异情况,运用Arcgis中的趋势分布工具对2010年、2013年、2017年、2020年的数据进行可视化分析,结果如图5所示。

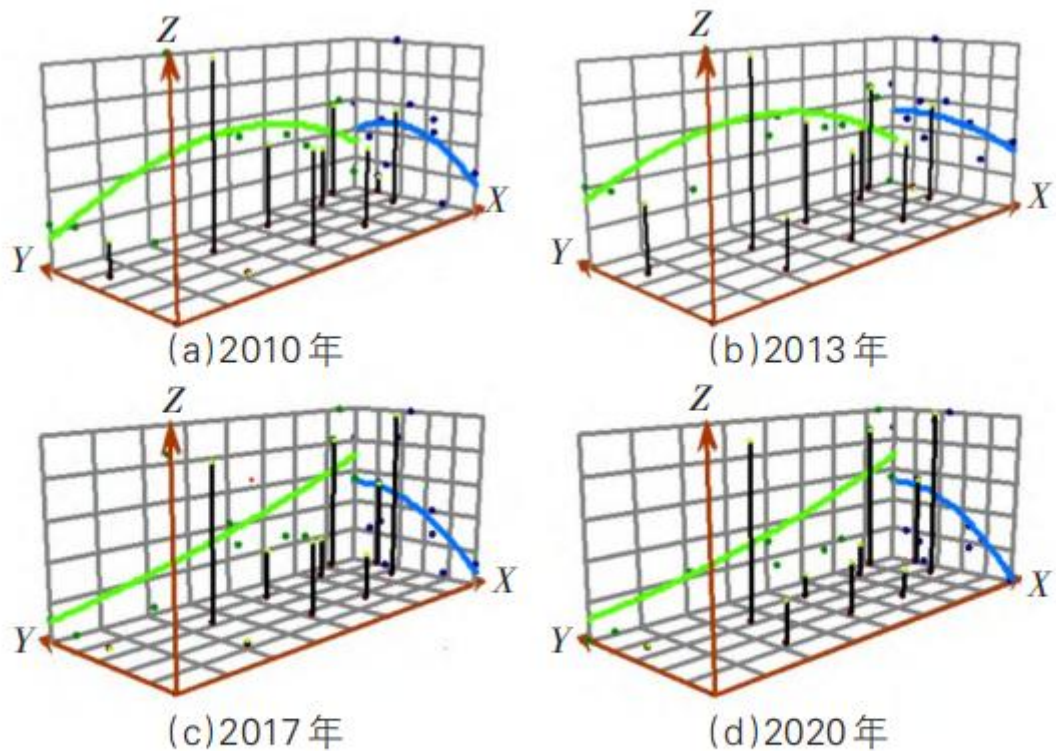


图5 长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调度空间分异情况

X轴表示从西往东方向，Y轴表示从南往北方向，Z轴表示绿色物流与绿色经济耦合协调度的大小。黑色竖线代表两系统协调度的综合情况，绿（浅色）点为XZ面投影点，蓝（深色）点为YZ面投影点，绿（浅色）线为XZ面趋势线，蓝（深色）线为YZ面趋势线。由图5可知，2010年，在东西方向上出现“倒U”型趋势，由西向东略呈上升趋势，表明长江经济带东部地区两者协调发展较好；在南北方向上，略呈“倒U”型曲线，由南向北呈现上升趋势，表明长江经济带北部地区两者协调水平优于南部。2013年在东西方向上变化趋势不大，南北方向上曲线更加平缓，说明各地区之间的差距逐渐缩小。2017年和2020年，在东西方向表现为“东部高西部低”的分布状态，南北方向上，北部地区的协调发展比南部好，协调水平在空间上存在一定差异。

#### （四）长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调发展空间分异的主导因素识别

本文借助ArcGIS的自然间断法对选取的6个影响因素进行离散化处理，利用地理探测器得到长江经济带2010年、2013年、2017年和2020年的q值，结果见表4所列。

表4 长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调空间分异因子探测

因子	2010年		2013年		2017年		2020年		均值	
	q	排序	q	排序	q	排序	q	排序	q	排序
X1	0.59***	3	0.56***	2	0.81***	2	0.74***	1	0.68	1
X2	0.07***	6	0.05**	6	0.14***	6	0.10***	6	0.09	6
X3	0.60***	2	0.50***	4	0.28***	5	0.38***	5	0.44	5

X4	0.14***	5	0.54***	3	0.63***	4	0.62***	3	0.49	4
X5	0.49***	4	0.64***	1	0.89***	1	0.61***	4	0.66	2
X6	0.74***	1	0.28***	5	0.80***	3	0.74***	2	0.64	3

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示 10%、5%、1%的显著性水平

随着时间推移，各个驱动因子对两系统耦合协调发展空间分异的影响均出现波动变化趋势：科技创新（X1）在样本期内解释力均值最高，为 0.68，更多的专利数量体现了技术创新能力，利于物流技术和设备的更新，在减少能耗的同时提高物流效率。其次是城镇化水平（X5）和政府支持（X6），前者 q 值从 2010 年 0.49 上升到 2020 年的 0.61，解释力取得了明显提高；后者在 2010 年和 2020 年的 q 值均为 0.74，基本保持平稳，但其解释力均值仍达到 0.64。表明城市人口密度的提高集聚了大量资源和需求，为物流业绿色化、专业化发展创造良好条件。一般预算支出占比的提高为物流业绿色发展提供了相应的资金支持，加快了物流业低碳发展进程。而消费水平（X3）、产业结构（X2）和能源结构（X4）的解释力较弱，消费水平从 2010 年的 0.6 下降到 2020 年的 0.38，产业结构的解释力最低，处于 0.15 以下。总体来说，社会消费品零售总额占比和第三产业增加值占比的变化在绿色物流与绿色经济耦合协调度空间分异中发挥的作用较小；能源结构从 2010 年的 0.14 上升到 2020 年的 0.62，说明能源结构对两系统耦合协调发展空间分异的影响逐渐增强。

此外，各因子解释力的排序变化也十分明显。其中，科技创新（X1）在选取的 4 年期间排名均位于前三，成为影响绿色物流与绿色经济协调发展空间分异的最主要因子，反映出我国技术创新水平对两者协调度空间分异的影响较大；城镇化水平（X5）在 2010 年和 2020 年排名均位于第四，较为平稳；能源结构（X4）解释力排序由 2010 年的第五上升到 2020 年的第三，仅次于科技创新和政府支持（X6）；消费水平（X3）排名由 2010 年的第二下降至 2020 年的第五，降幅较大；产业结构（X2）在整体上排名一直没变，居第六位，表明产业结构带来的变化对两系统协调的影响较小；而政府支持由 2010 年的排名第一下降到 2020 年的排名第二，意味着政府的一般预算支出占比对绿色物流与绿色经济协调发展空间分异的影响有所减弱。

#### （五）长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调发展空间分异的交互作用识别

不同驱动因子之间发生的交互作用对耦合协调度解释力的变化不同，以 2010 年、2013 年、2017 年、2020 年这 4 年的数据分析影响其空间分异的交互机制，结果见表 5 所列。

表 5 长江经济带绿色物流与绿色经济耦合协调空间分异交互探测结果

因子	2010 年		2013 年		2017 年		2020 年	
	q 值	类型	q 值	类型	q 值	类型	q 值	类型
X1∩X2	0.99	NE	0.90	NE	0.90	DE	0.96	NE
X1∩X3	0.84	DE	0.78	DE	0.88	DE	0.98	DE
X1∩X4	1.00	NE	0.97	DE	0.99	DE	0.98	DE
X1∩X5	0.79	DE	0.98	DE	0.98	DE	0.98	DE
X1∩X6	0.77	DE	0.90	NE	0.86	DE	0.82	DE
X2∩X3	0.97	NE	0.88	NE	0.59	NE	0.93	NE
X2∩X4	0.77	NE	0.72	NE	0.66	DE	0.62	DE
X2∩X5	0.97	NE	0.77	NE	0.91	DE	0.93	NE
X2∩X6	0.93	NE	0.92	NE	0.93	DE	0.95	NE

X3∩X4	1.00	NE	0.77	DE	0.97	NE	0.92	DE
X3∩X5	0.82	DE	0.98	DE	0.95	DE	0.93	DE
X3∩X6	0.83	DE	1.00	NE	0.86	DE	0.85	DE
X4∩X5	0.92	NE	0.77	DE	0.92	DE	0.92	DE
X4∩X6	1.00	NE	0.98	NE	0.98	DE	0.97	DE
X5∩X6	0.84	DE	0.94	NE	0.99	DE	0.99	DE

注：DE表示双因子增强（Double enhancement），NE表示非线性增强（Nonlinear enhancement）

由表5可知，在样本期内，各因子之间相互关联而非相互独立。两因子叠加后的q值均有所提高，即任何两种变量对绿色物流与绿色经济协调度的交互作用均大于单个变量的独自作用。样本期内各因子交互作用类型以双因子增强为主，且随着时间变化，非线性增强的类型有所减少。具体来看，科技创新与消费水平（X1∩X3）交互作用对两者协调发展程度的解释力随着时间推移呈现上升趋势；科技创新与城镇化水平（X1∩X5）交互作用的解释力不断提高，解释力由2010年的0.79提升到后期的0.98，说明其交互作用时对两系统协调发展空间分异的影响较为重要；产业结构和消费水平（X2∩X3）交互类型变化较为稳定，样本期内均表现为非线性增强。2010年，科技创新和能源结构（X1∩X4）、消费水平与能源结构（X3∩X4）以及能源结构与政府支持（X4∩X6）交互作用的q值均达到1，说明二者在叠加以后对协调度空间分布起到主导作用，其他因子交互作用的q值均大于0.7，对协调度的空间分布影响较大；2020年，除产业结构与能源结构（X2∩X4）以外，其余两因子的交互作用q值均位于0.8以上，交互作用较强，说明长江经济带耦合协调度的空间分异性是多个影响因素共同作用的结果。

## 六、结论与建议

### （一）结论

本文基于2010—2020年长江经济带11个省市面板数据分析，依据耦合协调模型对长江经济带绿色物流与绿色经济的耦合协调度进行测度，利用核密度估计和地理探测器模型分析其空间分异情况和驱动因子，得出以下主要结论：

第一，绿色物流与绿色经济两系统的耦合度均值呈现“U”型演变趋势，2010—2016年处于下降趋势，2016—2020年处于上升趋势。耦合协调度均值总体呈现稳步上升趋势，但距离良好协调和优质协调还有一定差距，具有较大的提升空间。

第二，核密度估计图显示大部分地区绿色物流与绿色经济的协调水平有所提升，逐渐向高协调区集聚，2010年集中在0.5左右，2020年集中在0.6左右。

第三，空间分布图结果显示，样本期内，长江经济带绿色物流与绿色经济协调度水平大致介于濒临失调与中级协调之间。从时间上来看，2020年各地区均已达到勉强协调水平，说明长江经济带绿色物流与绿色经济的协调发展水平取得了显著提升，总体趋势向好；从空间上来看，下游地区的协调发展较为领先，其中浙江省位居长江经济带协调发展水平前列，率先达到中级协调状态。

第四，趋势面分析表明，长江经济带两系统协调发展存在显著的空间分异特征。样本期内，在东西方向表现为“东高西低”的分布状态，南北方向上呈现出“北高南低”的分布状态。

第五，绿色物流与绿色经济协调发展的空间分异受到科技创新、产业结构、消费水平、能源结构、城镇化水平、政府支持六个因素的影响，且不同因子对两系统协调发展的影响存在显著差异。科技创新、城镇化水平和政府支持是影响空间分异的主导因子，其他因子的影响力较弱。两因子交互作用优于单因子，作用类型主要表现为双因子增强。

## （二）建议

第一，加强区域交流合作，推进绿色低碳技术创新。由于长江经济带经济发展程度不同，其产业环境和技术环境差距大，阻碍了各地区绿色物流与绿色经济协调发展的平衡发展。要缩小各地区之间的差异，必须加强各地区交流合作：长江下游发展水平较高的地区，如浙江省应积极向其他地区输送人才和经验，带动其他地区协调发展；长江上游发展水平较低的地区，在注重提高自身经济发展水平的基础上，积极吸取优质协调地区的长处，主动寻求区域合作，推动本地区向高协调地区迈进。同时，绿色物流与绿色经济的优质协调离不开科学技术的大力支持，通过引进消化与自主创新相结合的方式，加快新能源、新材料、节能以及循环利用等绿色低碳技术的发展，加强大数据、物联网、区块链等信息技术与绿色物流的深度结合，通过科技赋能进一步优化物流行业整体运行效率，驱动物流向绿色循环、低碳发展转型升级。

第二，加快新型城镇化进程，促进物流和经济绿色升级。当前，城镇化发展迅猛，伴随而来的资源环境压力较大，为最大化利用城镇化带来的积极效应，要以新型城镇化道路为导向，趋向智能化、绿色化、低碳化发展，从而为两系统的绿色转型推波助澜。长江经济带在加快新型城镇化进程中要以新发展理念引领服务业绿色转型，制定物流发展规划时，要重视物流业的可持续发展，从致力于绿色经济的全局角度展开绿色物流建设，追求环境与人类和谐共生。同时充分利用城镇化带来的集聚效应，加强物流与其他产业的生态耦合化，构建绿色物流与其他产业之间的物质循环、废物利用等经济链，逐步形成产业循环圈，在发展绿色经济的同时促进物流业绿色化建设。

第三，完善政府相关政策机制，充分发挥宏观调控功能。为加强绿色物流与绿色经济的协调互动关系，必须顺应绿色经济的发展要求，积极倡导发展绿色物流产业。首先，政府应制定绿色物流标准，从细则上规范我国绿色物流企业各项指标，使之与国际标准相接轨；其次，在税收、财政补贴和市场准许等方面，对践行绿色发展理念的物流企业实行政策倾斜，为绿色物流发展创造良好的竞争环境；最后，积极拓宽绿色物流环保企业投融资渠道，减少金融机构与绿色物流企业的信息不对称现象，实现绿色信贷对相关绿色物流企业的精准支持，缓解物流企业绿色转型的融资压力。

## 参考文献

- [1] 黄敬文. 中央经济工作会议在北京举行[N]. 人民日报, 2020-12-19(01).
- [2] 马志超, 贾丰源, 白宇航, 等. 兰州—西宁城市群绿色经济效率测度及影响因素研究[J]. 地域研究与开发, 2022, 41(4):89-93.
- [3] 汪彬, 阳镇, 陈洋毅, 等. 绿色经济效率影响机制[J]. 上海经济研究, 2022(6):62-77.
- [4] 赵敏, 辛沛祝, 白杨. 高质量发展背景下中国省域绿色经济效率与社会公平绩效耦合性研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2022, 24(3):39-49, 114.
- [5] 周晓光, 汤心萌. 时空一致视角下异质性环境规制与绿色经济效率[J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(8):2114-2128.
- [6] WU D D, WANG Y H, QIAN W Y. Efficiency Evaluation and Dynamic Evolution of China's Regional Green Economy: A Method Based on the Super-PEBM Model and DEA Window Analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 264:121630(2020-08-10) [2022-05-15]. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121630>.
- [7] 胡士华, 黄天鉴, 王楷. 数字经济与绿色经济协同发展: 时空分异、动态演进与收敛特征[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42(9):3-19.

- 
- [8] 宋金昭, 胡湘湘, 王晓平, 等. 黄河流域新型城镇化、产业结构升级与绿色经济效率的时空耦合研究[J]. 软科学, 2022, 36(10):101-108.
- [9] SEROKA-STOLKA O, OCIEPA-KUBICKA A. Green Logistics and Circular Economy[J]. Transportation Research Procedia, 2019, 39(6):471-479.
- [10] 王浩激. 西部地区绿色物流发展与低碳循环经济的匹配度研究[J]. 商业经济研究, 2016(11):80-82.
- [11] 徐超毅, 齐萌, 徐宏进. 长江经济带绿色物流与经济发展耦合协调研究[J]. 安徽理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(5):12-22.
- [12] 朱芳阳, 赖靓荣. 产业结构升级、技术创新与绿色物流[J]. 现代管理科学, 2022(3):40-50.
- [13] 张珺, 邹乔. “双碳”目标视角下物流业绿色转型对流通业高质量发展的影响[J]. 商业经济研究, 2022(5):113-116.
- [14] 何景师, 王术峰, 徐兰. 碳排放约束下我国三大湾区城市群绿色物流效率及影响因素研究[J]. 铁道运输与经济, 2021, 43(8):30-36.
- [15] 谢泗薪, 孙敏, 秦皓. 绿色物流引领长江经济带高质量发展的时空差异及引领战略构建——基于韧性经济视角[J]. 中国流通经济, 2022, 36(9):17-31.
- [16] KHAN S A R, ZHANG Y. Development of Green Logistics and Circular Economy Theory[C]. Beijing: Proceedings of the 2020 3rd International Seminar on Education Research and Social Science (ISERSS 2020), 2021:121-127 (2021-01-20) [2022-05-15]. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210120.024>.
- [17] QU Q, TANG M, LIU Q, et al. Empirical Research on the Core Factors of Green Logistics Development[J]. Academy of Strategic Management Journal, 2017, 16(2):1-10.
- [18] WANG Y, LIU D H, SUI X P, et al. Does Logistics Efficiency Matter? Evidence from Green Economic Efficiency Side[J]. Research in International Business and Finance, 2022, 61:101650 [2022-05-15]. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101650>.
- [19] 刘秀红. 绿色经济视角下物流产业融合模式探析[J]. 商业经济研究, 2019(8):98-100.
- [20] 王莹, 林孝松. 重庆市经济与环境耦合协调时空演变及影响因素[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2021, 38(5):55-65.
- [21] 胡艳兴, 潘竟虎, 陈蜒, 等. 基于ESDA和GWR的中国地级及以上城市四化协调发展时空分异格局[J]. 经济地理, 2015, 35(5):45-54.
- [22] 徐璐, 崔云霞, 仲钊强, 等. 环境与经济耦合协调度时空演变及影响因素研究——以扬子江城市群为例[J]. 现代城市研究, 2022(5):98-105.

- 
- [23] 田娟娟, 张金锁. 基于地理探测器的中国碳排放时空分布特征及驱动因素研究[J]. 生态经济, 2022, 38(7):13-20, 27.
- [24] 王旭霞, 雷汉云, 王珊珊. 环境规制、技术创新与绿色经济高质量发展[J]. 统计与决策, 2022, 38(15):118-122.
- [25] 徐军委, 刘志华. 我国省域数字经济与绿色经济测度及协同互动效应研究[J]. 生态经济, 2023, 39(3):57-62.
- [26] 柳键, 涂建. 中国产业结构调整对低碳物流效率的影响研究[J]. 价格理论与实践, 2017(12):130-133.
- [27] 汪彬, 刘晓阳, 古晨光, 等. 创新要素对绿色经济的影响及空间效应研究[J]. 华东经济管理, 2022, 36(8):1-12.
- [28] 万伦来, 刘翠, 郑睿, 等. 地方政府财政竞争的生态效率空间溢出效应[J]. 经济与管理评论, 2020, 36(1):148-160.
- [29] 蔡晓陈, 徐红霞. 经济政策不确定性与绿色经济效率[J]. 南京财经大学学报, 2022(1):54-63.
- [30] 李振新, 陈享光. 政策不确定性、财政扩张与区域商业银行风险——基于中国地方官员变更和银行业的证据[J]. 南方经济, 2020(4):1-14.