

长江经济带低碳物流与经济协调发展水平及政策效应分析

戴婕, 徐静, 张思佳

扬州大学商学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2025年3月14日; 录用日期: 2025年3月28日; 发布日期: 2025年4月28日

摘要

以长江经济带11个省市低碳物流与经济协调发展水平为研究对象, 运用耦合协调度模型、空间自相关分析及双重差分等方法, 基于2011~2020年相关时间序列数据, 实证分析了长江经济带低碳物流和经济协调发展的时空演化特征及其政策效应。结果表明: 从2011到2020的十年间, 长江经济带低碳物流和经济耦合协调发展水平从严重失调到优质协调, 实现了跨越式发展; 而空间分布上则存在随机性, 无显著分布特征。总体而言, “高-高”聚集地较少, 部分地区“低-高”聚集效应相对显著, 辐射带动作用仍需加强。低碳物流发展政策的提出对低碳物流和经济发展协调水平存在显著的促进作用, 说明政策有效。

关键词

长江经济带, 低碳物流, 协调发展, 时空演化, 政策效应

Analysis on Coordinated Development Level and Policy Effect of Low-Carbon Logistics and Economy in Yangtze River Economic Belt

Jie Dai, Jing Xu, Sijia Zhang

Business School, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: Mar. 14th, 2025; accepted: Mar. 28th, 2025; published: Apr. 28th, 2025

Abstract

This study takes the coordinated development level of low-carbon logistics and economy in the 11

文章引用: 戴婕, 徐静, 张思佳. 长江经济带低碳物流与经济协调发展水平及政策效应分析[J]. 电子商务评论, 2025, 14(4): 2220-2233. DOI: 10.12677/ecl.2025.1441128

provinces and cities along the Yangtze River Economic Belt as the research object. Using methods such as the coupling coordination degree model, spatial autocorrelation analysis, and difference-in-differences (DID), and based on time-series data from 2011 to 2020, it empirically analyzes the spatiotemporal evolution characteristics and policy effects of the coordinated development of low-carbon logistics and economy in the Yangtze River Economic Belt. The results show that over the decade from 2011 to 2020, the coupling coordination development level of low-carbon logistics and economy in the Yangtze River Economic Belt has made a leapfrog development, shifting from severe imbalance to high-quality coordination. However, in terms of spatial distribution, there is randomness without significant distribution patterns. Overall, there are few “high-high” agglomeration areas, while the “low-high” agglomeration effect in some regions is relatively significant, indicating that the radiating and driving role needs to be enhanced. The introduction of low-carbon logistics development policies has had a significant positive impact on the coordinated development level of low-carbon logistics and the economy, which demonstrates the effectiveness of the policies.

Keywords

Yangtze River Economic Belt, Low-Carbon Logistics, Coordinated Development, Spatiotemporal Evolution, Policy Effects

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

长江经济带作为我国重大国家战略发展区域，起到了促进东中西部地区互动合作、拉动经济增长的作用。2011年长江经济带GDP突破21万亿元，之后以年均增长率14.8%的速度实现快速增长¹。国家统计局数据显示，截至2021年底，长江经济带GDP达到53.02万亿元，同比增长8.7%，是我国地区生产总值增长速度最快的区域，对全国经济增长的贡献率从47.7%提高到50.5%²。2020年9月习近平总书记在第七十五届联合国大会上提出“双碳”目标，各行业纷纷寻求低碳化的发展途径。在此背景下，经济谋求快速发展的需求促使物流加快迈向低碳化的步伐[1]。低碳物流作为低碳经济的平台基础，衔接着社会生产、分配、交换等各环节，是社会经济运行和可持续发展的重要条件[2]。因此，对长江经济带低碳物流与经济协调发展水平进行实证研究，分析时空演化特征，探究我国政策对两者耦合协调发展的影响不仅具有促进低碳经济转型、形成协调发展和保护环境等现实意义，也对物流业和经济互动关系具有重要的政策启示。

2. 文献综述与研究假设

2.1. 长江经济带低碳物流与经济协调发展时空演化特征

长江经济带的发展方向是坚持绿色和协调发展，生态优先，以绿色发展推动长江经济带建设，以低碳循环作为未来的发展道路。低碳物流活动是包括环境、社会和经济三方面在内的可持续活动[3]，因此低碳物流的理念来源于低碳经济，其目的是为了实现在环境和经济双重效益，是旨在利用绿色能源和先进技术来减少碳排放的一种物流发展模式[2]。

¹长江经济带地区GDP及占全国GDP比重_皮书数据库.html。

²中华人民共和国2021年国民经济和社会发展统计公报-国家统计局.html。

关于物流与经济两者关系的界定,在早期的研究中,有学者指出物流业与区域经济之间呈现相互促进的协同关系[4][5],即区域经济一体化的发展促进了物流业的成长,而物流业的发展也提高了经济的发展效率[6]。区域物流的高速发展会推动区域经济的发展,两者是相互促进的关系。在低碳视角下,我国物流产业发展水平存在着较大增长空间[7]。为进一步探究物流业的绿色发展时间演化特征,徐超毅等[8]以长江经济带为研究对象,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,说明了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。对长江中游城市群的研究,构建物流系统和经济系统之间的耦合协调度模型,长江中游城市群内各城市的平均耦合协调程度属于轻度失调状态,部分中心城市耦合协调度较高,但其周边邻近城市的耦合协调度较低[9]。刘聪和李珍珍[10]以长三角地区作为研究对象,分析低碳物流对地区经济发展的影响,结果显示低碳物流能够有效改善区域经济发展水平,并且通过了稳健性检验。

从而对长江经济带区域物流与区域经济的动态耦合情况展开研究,综合评价空间差异也是很多学者的研究内容[11]。杨宏伟和郑洁[12]构建空间自相关耦合评价模型,分析了包括上海、江苏、浙江、安徽、湖北等在内的省份的物流业与经济协调发展的协调情况,结果显示两者的耦合协调度呈现显著空间聚集性,地区分化明显。伍宁杰等[13]以长江中游城市群为例,运用系统耦合理论计算三个城市物流产业与经济的耦合协调度,分析其时空变化趋势。徐超毅等[14]以长江经济带为研究对象,运用熵权法对其绿色物流与经济协调发展的耦合协调性进行综合分析,研讨其空间分布特征,结果显示其空间差异性较大。据此,本文提出以下假设:

H1: 长江经济带低碳物流与经济耦合协调发展水平实现了从严重失调到优质协调。

2.2. 低碳物流发展政策效应分析

科学合理的政策体系是物流业蓬勃发展的保障,在新发展格局下,对于物流业的高质量发展,绿色低碳是基本导向,碳税策略是有效措施[15]。但并非所有的政策规划都对物流低碳发展起到明显的积极作用,梁雯等[16]利用耦合度模型发现,我国城乡统筹发展的新型城镇化建设与物流业的发展存在不协调的状态,不利于促进物流业绿色转型发展。同样刘浩华等[17]研究发现,随着交通基础设施水平的提高,城乡一体化发展对物流业绿色全要素生产率存在门槛效应。

2014年9月发布的《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》,对长江经济带的战略定位进行了初步部署。2016年,《长江经济带发展规划纲要》提出了创新区域协调发展机制等多项主要任务,自此开启了全新的长江经济带战略发展阶段。与此同时,“十三五”规划从六个方面展开对绿色发展理念做了专项阐述,其中强调的第一个措施是低碳发展,在该规划的号召下,国家邮政局于2016年发布《邮政业发展“十三五”规划》,提出要注重物流行业的绿色发展,推动节能减排。这一系列政策的提出为长江经济带低碳物流的发展创造了新的机遇。据此,本文做出如下假设:

H2: 低碳物流政策的提出有效促进了长江经济带低碳物流和经济协调发展水平。

综上本文采用耦合协调度模型和空间自相关分析法,测算长江经济带11个省市2011~2020年低碳物流和经济发展的耦合协调水平,分析其时空演化特征。运用双重差分模型探究低碳物流政策对长江经济带低碳物流与经济协调发展水平的影响,对其结果进行稳健性检验,就结果对低碳物流和经济协调发展提出政策建议,以期为促进两者可持续发展提供现实指导。

3. 长江经济带低碳物流与经济协调发展水平评价指标体系构建

3.1. 低碳物流影响因素

从区域发展视角来看,一个地区的低碳物流能力,可以体现低碳物流发展实力,也关乎低碳物流未

来潜力, 更与低碳物流环境息息相关[18]。

(1) 低碳物流实力[19]。低碳物流的实力强弱表示现有竞争力情况, 主要从基础设施建设、物流产业规模等方面来进行描述, 包含货物周转量、等级公路里程、民用载货汽车数量、货运量等指标。

(2) 低碳物流潜力[19]。低碳物流潜力表示未来的竞争能力, 主要包括为要素投入增长能力、需求增长水平、产出增长能力, 具体则概括为物流业固定资产投资、从业人员数量、生产总值增速等。

(3) 低碳物流环境[19]。考虑外部环境因素, 主要分为经济和政策两方面, 经济总量越大, 对相关物流和其他服务的需求就越大, 另外也需要政策环境的支持。物流业固定资产投资可以表示政府对物流行业发展的重视程度, 二氧化碳排放量和森林覆盖率可以较大程度上表示一个地方的低碳物流环境。

3.2. 经济发展影响因素

经济的发展是一个地区发展水平的重要体现, 经济快速发展的同时也促生了极大的物流需求[20], 是促进二者协调发展的重要支撑。

(1) 经济规模[11]。经济规模的不断扩大是经济增长在“量”上的集中体现与结果, 即国民总产出的不断增加, 包含了地区生产总值、财政收入等方面, 反映了区域经济发展的基本情况。经济的进一步发展需要不断注入新力量, 结合价格波动、人口增加等情况, 对资金、人才、增长率进行衡量。

(2) 经济效益[21]。经济效益的提升表现为经济发展的可持续性与效率, 经济发展的可持续性与生态环保质量相关, 如能源消耗等情况。居民生活质量则是经济发展效率的体现, 借鉴已有研究考虑电信以及互联网等基础产业作为衡量指标。

基于上述分析和现有研究, 结合长江经济带各省市实际情况, 本文从两个维度——低碳物流系统(L)和经济发展系统(E)构建评价指标体系, 具体见下表 1。

Table 1. Low-carbon logistics & economy coordination indicators

表 1. 低碳物流与经济协调发展评价指标

一级指标	二级指标	具体指标	指标属性	参考文献
低碳物流(L)	低碳物流实力	等级公路里程/公里	+	[19] [22]
		民用载货汽车数量/万辆	+	[22]
		货物周转量/亿吨公里	+	[19]
		货运量/万吨	+	[19]
	低碳物流潜力	物流业生产总值/亿元	+	[19]
		物流业固定资产投资/亿元	+	[19]
		物流业从业人员数/万人	+	[7]
	低碳物流环境	二氧化碳排放量/万吨标准煤	-	[8]
		物流业碳排放强度/吨/亿元	-	[19] [23]
		森林覆盖率/%	+	[14]
区域经济(E)	经济规模	国内生产总值/亿元	+	[24]
		社会消费品零售总额/亿元	+	[19] [22]
		进出口总额/亿元	+	[24]
		第三产业增加值/亿元	+	[24]
		地方财政收入/亿元	+	[19]

续表

	电信业务总量/亿元	+	[22]
	互联网用户数/万户	+	[22] [24]
经济效益	人均国内生产总值/亿元	+	[19] [23]
	居民人均消费支出/亿元	+	[19] [24]
	能源消耗量/万吨标准煤	-	[7] [25]

3.3. 相关指标测算

物流业在实际中的主要表现形式为交通运输、仓储和邮政业等, 本文借鉴已有研究[26] [27], 采用交通运输、仓储和邮政业表示相关指标, 物流业的碳排放强度则是指物流业碳排放总量与其增加值的比值。借鉴于丽静[28]等学者的研究, 测算物流业的碳排放量, 相关公式如下:

$$A = \sum A_i = \sum_i E_i \times NCV_i \times CEF_i \times COF_i \quad (1)$$

其中, A 表示 i 种能源 CO_2 排放总量, E_i 为第 i 种能源的消耗量, NCV_i 第 i 种能源的平均低位发热量, CEF_i 为第 i 种能源的碳排放系数, COF_i 表示第 i 种能源的碳氧化率, 由于电力消耗的来源难以确定[28], 所以本文在计算碳排放时未将电力相关计算在内, 各种能源的碳排放系数见表 2。

Table 2. Reference coefficients of carbon emissions from related energy sources

表 2. 相关能源碳排放参考系数

能源名称	平均低位发热量 (KJ/kg)	单位热值含碳量 (吨碳/TJ)	碳氧化率 (%)	CO_2 排放系数 (kg- CO_2 /kg)
煤炭	20,908	26.37	0.94	1.9003
原油	41,816	20.08	0.98	3.0199
汽油	43,070	18.9	0.98	2.9251
煤油	43,070	19.6	0.98	3.0361
柴油	42,652	20.2	0.98	3.0959
燃料油	41,816	21.1	0.98	3.1733
天然气	38,391	15.32	0.99	2.167

注: 数据来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》。

4. 研究设计

4.1. 数据来源

本文选取 2011~2020 年长江经济带低碳物流和经济发展的相关数据, 数据主要来源于 11 个省市的统计年鉴和相关的国民经济和社会发展统计公报、相关环境状况公报、《中国能源统计年鉴》以及相关政府部门信息网站。在原始数据收集过程中, 存在部分数据缺失的情况, 所以采用均值插补法、回归分析法[7]进行相关处理。

4.2. 数据处理

4.2.1. 数据无量纲化处理

考虑选取的数据指标可能会存在量级上的区别, 本文对数据进行无量纲化处理, 采用极值法[29]对原

始数据进行标准化处理。

正向指标计算公式：

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} + 0.01 \quad (2)$$

负向指标计算公式：

$$Y_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}} + 0.01 \quad (3)$$

式中： Y_{ij} 和 X_{ij} 分别表示第 i 年第 j 项指标的标准化数值和原始数值； X_{\min} 表示第 j 项指标的最小值， X_{\max} 表示第 j 项指标的最大值， $i=1,2,\dots,m$ ， $j=1,2,\dots,n$ 。为防止标准化数值后出现 0 而导致计算无意义，统一将值增加 0.01。

4.2.2. 熵值法及权重计算

本文采用熵值法确定相关指标的权重，对各项指标进行赋权，计算确定第 j 项指标的信息熵 E_j ：

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m (P_{ij} * \ln P_{ij}) \quad (4)$$

其中 P_{ij} 表示指标 Y_{ij} 的比重， $P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}}$ ，常数 $k > 0$ ，与样本数 m 有关，一般令 $k = \frac{1}{\ln(m)}$ ，则 $0 \leq E_j \leq 1$ 。

$$G_j = 1 - E_j \quad (5)$$

$$\lambda_j = \frac{G_j}{n - \sum_{i=1}^m E_j}, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (6)$$

其中 G_j 表示第 j 项指标的差异系数， λ_j 表示第 j 项指标的权重。

$$A(a) = \sum_{i=1}^m \alpha_i Y_{ij} \quad (7)$$

$$B(b) = \sum_{j=1}^n \beta_j Y_{ij} \quad (8)$$

m 、 n 均为指标数量， $A(a)$ 和 $B(b)$ 表示两个子系统的总功效贡献， Y_{ij} 表示数据的标准化值， α_i 为经济系统第 i 个指标所占权重， β_j 为低碳物流系统第 j 个指标所占权重。由于标准化取值范围是 [0.01, 1.01]，对其加权之后的 $A(a)$ 和 $B(b)$ 取值范围同样在 [0.01, 1.01] 区间内。

4.3. 模型确立

4.3.1. 耦合度评价模型

参考地理学耦合度模型基础上，构建低碳物流 - 经济系统耦合度模型计算耦合度模型：

$$C = \sqrt{2 - \frac{2 \times [A(a)^2 + B(b)^2]}{[A(a) + B(b)]^2}} \quad (9)$$

C 值的取值范围 [0, 1]， C 值越大，研究对象之间耦合关系越好， C 值越小，研究对象的耦合度越不显著。

4.3.2. 耦合协调度模型

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (10)$$

$$T = \theta A(a) + \eta B(b) \quad (11)$$

其中, D 是耦合协调度, 取值范围 $[0, 1]$, D 值越大表示子系统之间的耦合协调度越高。 C 是耦合度, T 是低碳物流与经济综合协调指数, θ 、 η 为待定系数以反映两个子系统贡献度。本文参考学者的研究[14], 将经济发展与低碳物流的贡献系数分别设定为 0.6 和 0.4, 即 $\theta = 0.6$, $\eta = 0.4$ 。

为更好地评价研究对象之间的协调程度, 借鉴已有研究[7][8], 将协调发展类别划分为六种, 将耦合系统协调度划分为十种类型和九种 A 和 B 的对比关系(见表 3)。

Table 3. Classification for coordinated development of low-carbon logistics and economy

表 3. 低碳物流与经济协调发展类别划分

耦合状态	协调度状态	取值范围	对比关系类型
优质耦合	优质协调	$0.9 \leq D < 1.0$	$A > B$ 低碳物流滞后型
	良好协调	$0.8 \leq D < 0.9$	$0.8 < B/A < 1$ 低碳物流比较滞后型
	中级协调	$0.7 \leq D < 0.8$	$0.6 < B/A \leq 0.8$ 低碳物流严重滞后型
磨合耦合	初级协调	$0.6 \leq D < 0.7$	$0 < B/A < 0.6$ 低碳物流极度滞后型
	勉强协调	$0.5 \leq D < 0.6$	$A < B$ 经济发展滞后型
拮抗耦合	濒临失调	$0.4 \leq D < 0.5$	$0.8 < A/B < 1$ 经济发展比较滞后型
	轻度失调	$0.3 \leq D < 0.4$	$0.6 < A/B \leq 0.8$ 经济发展严重滞后型
	中度失调	$0.2 \leq D < 0.3$	$0 < A/B < 0.6$ 经济发展极度滞后型
低度耦合	严重失调	$0.1 \leq D < 0.2$	$A = B$ 两者同步型
	极度失调	$0 \leq D < 0.1$	

4.3.3. 全局 Moran's I 检验

全局 Moran's I 检验反映低碳物流和区域经济二者耦合协调度在空间上的集聚效应, 公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij}} \quad (12)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (13)$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1, j \neq i}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (14)$$

式中, x_i 表示第 i 个省市的耦合协调度, x_j 表示第 j 个省市的耦合协调度, 长江经济带共计 11 个省市, 所以 n 的数值为 11, w_{ij} 表示空间权重。 I 的取值范围为 $[-1, 1]$, 当 $0 < I \leq 1$ 时, 表明在空间层面上存在正相关关系, 越趋于 1, 相关程度越大, 空间相关性越明显。反之当 $-1 \leq I < 0$ 时, 表明在空间层面存在负相关关系。当 I 为 0 时, 空间的分布特征是随机的, 不存在集聚效应。

4.3.4. 局部 Moran's I 检验

局部 Moran's I 检验反映某省(市)低碳物流和区域经济二者耦合度与其周边其他省(市)的联系, 分析

局部各省(市)的空间集聚性, 公式如下:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s^2} \quad (15)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (16)$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1, j \neq i}^n (x_j - \bar{x})^2 \quad (17)$$

当 I_i 大于 0 时, 表示低碳物流与区域经济的耦合度与周围区域相似, 体现为“高-高”(H-H)或者“低-低”(L-L)集聚; 反之, 若 I_i 小于 0, 则表现为“高-低”(H-L)或“低-高”(L-H)集聚。如果 $I_i = 0$, 则表现为“不显著”, 表明空间相关性不强。

4.3.5. 双重差分模型

借鉴姜旭[30]等学者的研究, 设置的双重差分计量模型表达式如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 province_i + \beta_2 time_t + \beta_3 (province_i \times time_t) + \beta_4 \sum Controls_{it} + \lambda_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

其中, Y_{it} 表示被解释变量, 为评价长江经济带低碳物流和经济协调发展程度应选取的指标。 $province$ 表示地区虚拟变量, $time$ 表示时间虚拟变量, $province_i \times time_t$ 表示核心解释变量, 即双重差分的交互项, 用于估计政策效应的微观影响。 $Controls_{it}$ 为控制变量。 β 为相应估计系数, λ_i 表示地区个体固定效应, γ_t 对应时间效应, ε_{it} 表示随机误差项。

5. 实证分析

5.1. 低碳物流与经济发展耦合协调度评价

通过公式计算两个子系统的耦合协调度, 结合上文的耦合协调度划分标准, 判断长江经济带各个区域的耦合协调发展水平(见表 4)。

Table 4. Coupling coordination degree of low-carbon logistics and economic development in the whole Yangtze River Economic Belt and the upper, middle and lower reaches

表 4. 长江经济带整体及上、中和下游地区低碳物流与经济协调度的耦合协调度

年份	上游地区	中游地区	下游地区	整体
2011	0.13875	0.15735	0.15606	0.15012
2012	0.32518	0.33437	0.31626	0.32445
2013	0.43894	0.44243	0.40030	0.42584
2014	0.52201	0.53608	0.49800	0.51712
2015	0.58045	0.59790	0.55439	0.57573
2016	0.62810	0.65734	0.62538	0.63508
2017	0.71602	0.72717	0.70832	0.71626
2018	0.82888	0.80814	0.82058	0.82021
2019	0.87772	0.86672	0.89367	0.88052
2020	0.91912	0.90228	0.92470	0.91656

注: 上游地区为云、贵、川、渝四省市; 中游地区为湘、赣、鄂三省; 下游地区为苏、沪、浙、皖四省市。

表 4 可知, 在长江经济带发展一体化的趋势下, 2011~2020 年长江经济带 11 个省市低碳物流与区域经济的平均耦合协调度从 0.15012 增加至 0.91656, 两者的耦合协调水平在研究样本区间内逐步上升, 实现了由量变到质变的转换。

5.2. 低碳物流与经济耦合发展时序演化特征

根据相关公式, 计算得到长江经济带低碳物流与经济发展两个子系统的耦合协调度, 将 11 个省市部分年份的相关数据整理如图 1 所示, 以此来判断各省市的耦合协调发展水平。

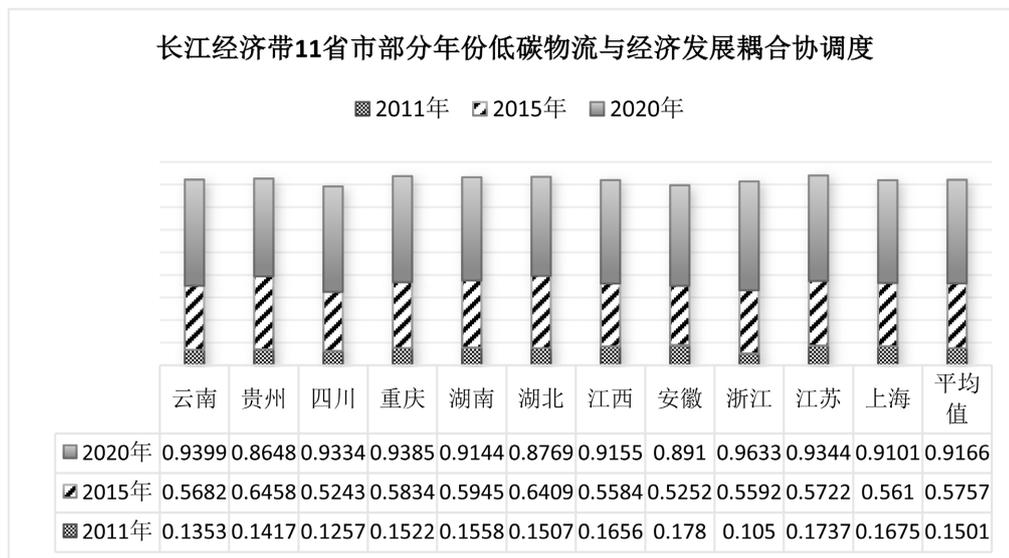


Figure 1. Coupling coordination degree of low-carbon logistics and economic development in 11 provinces and cities along the Yangtze River Economic Belt in some years

图 1. 长江经济带 11 省市部分年份低碳物流与经济发展耦合协调度

图 1 对不同年份下的耦合协调度进行了对比分析, 从时序发展来看, 长江经济带 11 个省市两个子系统的协调度均实现了良性跨越式发展, 协调性逐渐增强。结合表 3 对比关系类型划分, 2011 年长江经济带 11 个省市的耦合协调度数值均在 0.1~0.2 范围内, 低碳物流和经济发展处于同步状态但耦合度较低, 两者处于失调状态; 而后两个子系统的耦合协调度逐渐增长, 经历了经济发展滞后逐步过渡到低碳物流发展滞后的变化, 形成了低碳物流业与区域经济互相适应的稳定局面, 呈现良好的发展趋势。

整体来看, 无论是哪个年份, 长江经济带不同省市之间的发展依然存在差距, 但总体是实现了低碳物流与经济耦合协调发展的优化, H1 假设成立。

5.3. 低碳物流与经济耦合协调度空间演化特征

在进行空间自相关分析时, 定义空间矩阵为: 地理位置上相邻的地区定义为 1, 否则为 0 的 0~1 相邻矩阵。根据公式(12)~(14), 计算长江经济带 11 个省市低碳物流与区域经济两个子系统耦合协调度 Moran's I 值(见表 5), 对协调度的空间分布是否为聚类、离散或者随机模式进行探索。

从表 5 可以看出, 2011—2020 年 Moran's I 指数值围绕 0 上下波动且 P 值均大于 0.05, 未通过显著性检验, 说明长江经济带低碳物流与经济发展耦合协调度在空间上不存在显著的空间自相关性。结合分析 Z 值均在 -1.65~1.65 之间可知, 空间分布呈现随机性, 空间聚集现象不明显。

就具体年份分析来看, 2011~2013 年间, 长江经济带全局 Moran's I 值均为负数, 变化趋势呈现波动

增减。2014~2016 年间的全局 Moran's I 值总体呈现稳定上升发展态势,且 2016 年该值为正数,长江经济带 11 个省市低碳物流与经济的协调发展在空间集聚上有所增强,即耦合协调度高的省市与低的省市在一定程度上各自集中分布,空间异质性有所扩大,“马太效应”较为明显。而 2017~2020 年间,全局 Moran's I 值波动明显,均在 0 值上下浮动,在空间上的随机性较强,到 2020 年该值明显降低,空间集聚性呈下降态势。为进一步对比 11 个省市的情况,选取部分年份对各省市的空间分异情况进行分析(见表 6)。

Table 5. Global Moran's I value of the coupling coordination degree of low-carbon logistics and economic development in the Yangtze River Economic Belt

表 5. 长江经济带低碳物流与经济发展耦合协调度全局 Moran's I 值

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Moran's I	-0.151	-0.337	-0.053	-0.241	-0.100	0.023	-0.107	0.017	0.098	-0.226
E (I)	-0.100	-0.100	-0.100	-0.100	-0.100	-0.100	-0.100	-0.100	-0.100	-0.100
Z	-0.271	-1.369	0.267	-0.721	0.002	0.661	-0.038	0.645	0.956	-0.648
P	0.393	0.086	0.385	0.236	0.499	0.254	0.485	0.259	0.170	0.259

Table 6. Spatial differentiation of local Moran's I values in 11 provinces and cities along the Yangtze River Economic Belt

表 6. 长江经济带 11 个省市局部 Moran's I 值空间分异情况

类别	2011 年	2015 年	2020 年
高 - 高	湖北	湖南	无
高 - 低	无	无	无
低 - 低	无	无	无
低 - 高	浙江	无	上海
不显著	四川、贵州、重庆、云南、江西、湖南、江苏、安徽、上海	湖北、浙江、四川、贵州、重庆、云南、江西、江苏、安徽、上海	湖北、浙江、四川、贵州、重庆、云南、江西、湖南、江苏、安徽

从上表分析,2011 年,湖北省呈现“高 - 高”聚集,其周边虽不显著,但也不存在低耦合协调情况,说明长江经济带中游地区低碳物流和经济协调发展联系相对紧密。浙江省呈现“低 - 高”聚集,其位于长江经济带下游发达地区,但并没有受到带动作用,表明江浙沪一带的辐射扩散和联动发展亟需加强。2015 年,湖南省呈现“高 - 高”聚集,说明长江经济带中游地区三省呈现相互带动发展趋势。2020 年,上海市罕见出现“低 - 高”聚集,推测受疫情影响,经济发展受到了一定冲击,同时这也再次反映出长三角地区的区域联动作用较弱。

从动态视角来看,四川省、云南省、贵州省和重庆市始终未呈现显著的集聚状态,空间相关性较弱,表明长江经济带上游地区四省市的系统协调发展水平保持相对稳定,未能有效发挥集聚效应和辐射带动作用。湖北省和湖南省则经历了从“高 - 高”集聚向不显著状态的转变,说明长江经济带中游地区在低碳物流与经济发展两个子系统的协调发展水平未能持续提升,后期发展动力不足,逐渐丧失了区域内的领先地位。下游地区部分省市在某些年份呈现出“低 - 高”集聚特征,而其他省市则未表现出明显的空间相关性,反映出长三角经济体的整体协调发展水平仍有待进一步提升。

5.4. 低碳物流政策发展效应分析

5.4.1. 变量选取

(1) 被解释变量

为了衡量长江经济带低碳物流和经济协调发展程度,探究政策的综合效应,将长江经济带低碳物流

和经济发展的耦合协调度(*coordination*)作为被解释变量,进行实证研究。

(2) 核心解释变量

据上文模型设定,政策虚拟变量 *policy* 为核心解释变量,用 $province_i$ 与 $time_t$ 的交互项表示,表示由地区虚拟变量和时间虚拟变量的交乘项构成。

(3) 控制变量

为了科学评估政策效应,本文结合研究要求及目标,综合选择了控制变量,详见表 7。

Table 7. Relevant variables and their calculation methods

表 7. 相关变量及其计算方法

变量名称	变量含义	计算方法
<i>coordination</i>	低碳物流和经济发展协调度	耦合协调度模型
<i>policy</i>	相关政策发展规划	虚拟变量(0, 1)
<i>lnperGDP</i>	地区人均生产总值对数值	人均 GDP 取对数
<i>lncon</i>	社会消费水平	社会消费品零售总额取对数
<i>thirdindustry</i>	第三产业水平	(第三产业产值/GDP) × 100
<i>lnenergy</i>	能源消耗水平	能源消耗量取对数
<i>lnlogGDP</i>	物流业生产总值的对数值	物流业生产总值取对数
<i>lnlogfar</i>	物流业投资水平	物流业固定资产投资取对数
<i>forest</i>	低碳发展支持程度	森林覆盖率
<i>lnlogcarbon</i>	物流业碳排放水平	物流业碳排放强度取对数

5.4.2. 结果分析

将长江经济带低碳物流发展这一政策的提出看作一项“准自然实验”,2011 年为研究样本起始年份,研究时间确定为 2011~2020 年。政策的提出年份是 2016 年,结合“十三五”规划实施年份为 2016~2020 年,将其作为实验年份,为避免选择偏差,对照年份对应选取 2011~2015 年。

长江经济带共涵盖 11 个省市,结合长江经济带“一轴”发展战略,即通过重庆、武汉、上海三座核心城市进行带动发展,选取三座核心城市所在的省市(重庆市、湖北省、上海市)及与其相邻省(四川省、安徽省和江苏省)作为实验组,其余五省作为对照组(云南省、贵州省、湖南省、江西省和浙江省)。

根据双重差分法模型,将“耦合协调度(*coordination*)”作为被解释变量,控制地区和时间的固定效应,分析结果如下表 8 所示。从结果可以看出,核心解释变量 $c.treat\#c.time$ 在 1%的水平上显著为正,回归

Table 8. Test results of policy effect

表 8. 政策效应检验结果

变量	<i>c.treat#c.time</i>	<i>lnperGDP</i>	<i>lnfar</i>	Third industry	Revenue	<i>lnenergy</i>
<i>coordination</i>	0.076*** (2.85)	0.040 (0.70)	0.348*** (6.44)	0.020*** (5.33)	0.004 (1.21)	-0.098*** (-3.20)
变量	<i>lnlogGDP</i>	<i>lnlogfar</i>	<i>lnlogcarbon</i>	<i>forest</i>	Constant	R-squared
<i>coordination</i>	0.171*** (4.34)	0.027 (0.88)	-0.090** (-2.46)	0.003*** (3.42)	-2.269*** (-6.75)	0.869

注:***、**、*分别表示统计水平在 1%、5%、10%上显著。括号里为 t 值,标准误差。

系数值为 0.076, 表明政策的实施使得实验组的耦合协调度比对照组提高了 7.6%, 证明了政策的颁布和实施取得了正向的促进作用。R² 值为 0.869, 具备较强的模型解释力度, 假设 H2 成立。

5.4.3. 稳健性检验

借鉴相关学者的研究, 采用事件研究法(Event Study) [31] 进行反事实检验, 将耦合协调度(coordination) 作为被解释变量。检验趋势图如图 2 所示, 政策实施之前, 实验组和对照组之间没有明显的水平差异, 且数值较接近于 0; 政策发生之后, 第一年表现出了显著性, 证明政策对样本研究地区的协调发展起到了一定的促进作用, 产生的结果具有稳健性。

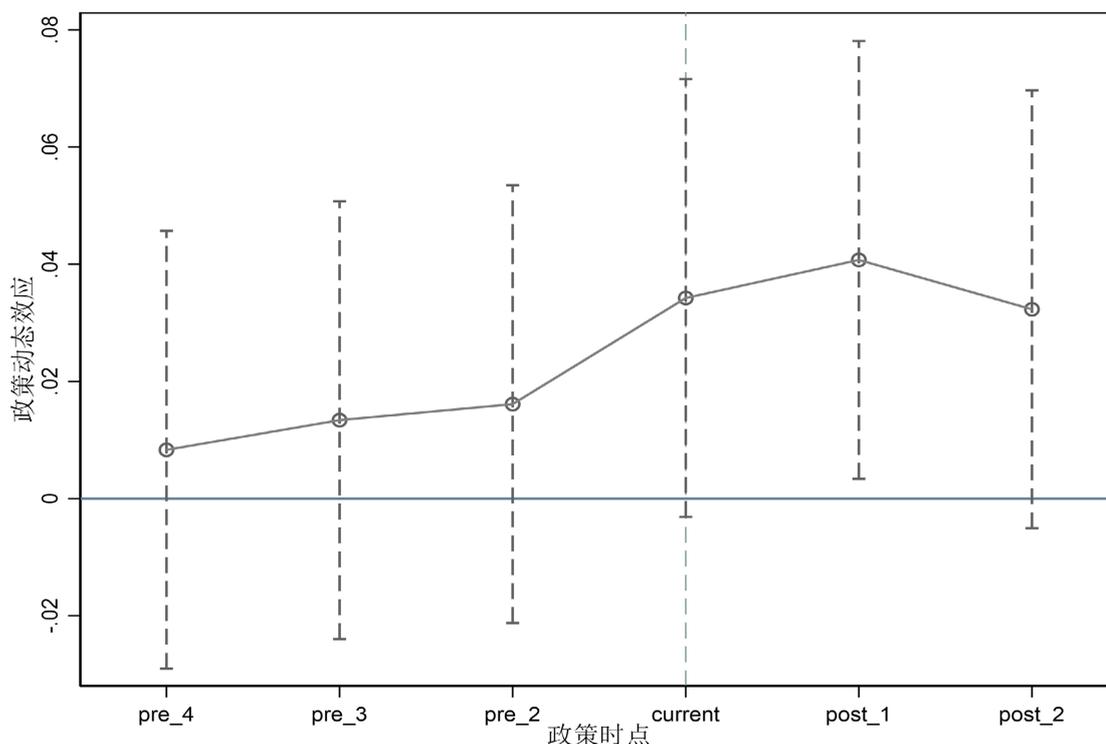


Figure 2. Results of parallel trend test
图 2. 平行趋势检验结果图

6. 结论和建议

6.1. 研究结论

本研究以长江经济带为研究对象, 对其低碳物流和经济协调发展问题进行研究。首先构建耦合协调度模型测算两个子系统的协调发展水平, 进行时空演化分析, 其次探究了政策对低碳物流与经济耦合的影响, 主要得出以下研究结论。

从时序演化特征来看, 随着长江经济带发展战略的提出, 其经济发展水平不断提升, 低碳物流和经济的综合发展水平呈现稳定上升的态势, 两个子系统互相支撑, 实现良性循环、共同发展。

从空间分布情况来看, 长江经济带 11 个省市耦合协调度的莫兰指数总体上呈现波动变化, 低碳物流和经济的耦合协调发展水平不存在显著的空间分布特征。就全局莫兰指数看, 2011~2013 年呈现一定的负相关性, 2014~2016 年空间集聚性有所增强, 2017~2020 年呈现随机分布状态。从局部分析, 长江经济带两个子系统耦合协调度的“高-高”集聚区较少, 上游地区发展相对落后, 无法发挥集聚效应, 中游

地区后期发展动力不足，失去区域领先发展地位，下游地区的“低-高”聚集效应相对显著，辐射带动作用需要加强。

从政策效应分析来看，长江经济带低碳物流发展政策的提出对低碳物流和经济的耦合协调发展水平存在显著的促进作用，这一结论通过了平行趋势检验。

6.2. 对策建议

依据实证分析结果，结合长江经济带的实际发展情况，就其低碳物流和经济的协调发展提出针对性的对策建议，以期优化发展现状，对问题的进一步解决提供启示思路。

优化空间布局，促进区域协调发展。加强上游地区的政策支持与基础设施建设，重点投资交通基础设施和物流枢纽建设，提升其物流效率和经济竞争力。推动中游地区的产业升级与创新驱动，推动传统制造业向绿色制造、智能制造转型，支持中游地区发展低碳物流技术，加强中游地区与上下游地区的产业链协同，形成区域联动效应。强化下游地区的辐射带动作用，进一步发挥下游地区的技术、资金和管理优势，通过共建产业园区、技术转移、人才交流等方式，带动中上游地区发展。

完善低碳物流政策体系，提升政策实施效果。制定差异化的区域低碳物流发展政策，加强政策实施的监督与评估，建立低碳物流政策实施的动态监测与评估机制，定期评估政策效果。加大财政与金融支持力度，设立专项基金，支持低碳物流技术的研发与应用。

提升公众与企业参与度，营造绿色发展氛围。加强低碳物流宣传与教育，通过媒体宣传、教育培训等方式，提高公众与企业对低碳物流的认知与参与度。鼓励、推动长江经济带企业参与全国碳交易市场，通过市场化手段激励企业减少碳排放。

基金项目

21SSL049-长三角一体化背景下江苏跨区域物流联动机制及发展路径研究；扬州大学商学院科研创新项目(SXYYJSKC202407)。

参考文献

- [1] 杨扬, 李燕. 低碳物流与区域经济耦合协调研究——以云南省为例[J]. 生态经济, 2023, 39(6): 86-92+142.
- [2] 姚冠新, 张冬梅, 徐静, 等. 低碳物流研究现状综述[J]. 物流科技, 2015, 38(7): 25-29.
- [3] Nowicka, K. (2014) Smart City Logistics on Cloud Computing Model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **151**, 266-281. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.025>
- [4] 张文杰. 区域经济发展与现代物流[J]. 中国流通经济, 2002, 16(1): 12-14.
- [5] 徐杰, 鞠颂东. 区域经济的发展对地区物流需求的影响——长江经济区发展对安徽地区物流需求影响的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2003(4): 130-133.
- [6] 张群, 程肖冰. 现代物流与区域经济发展[J]. 统计与决策, 2005(23): 97-98.
- [7] 杨传明. 低碳约束下江苏物流产业效率测度[J]. 华东经济管理, 2018, 32(1): 27-32.
- [8] 徐超毅, 李兰. 长江经济带绿色物流与绿色经济协调发展研究[J]. 华东经济管理, 2023, 37(7): 31-39.
- [9] 伍宁杰, 官翠铃, 邱映贵. 长江中游城市群物流产业与经济发展耦合协调性研究[J]. 中南财经政法大学学报, 2019(4): 89-99.
- [10] 刘聪, 李珍珍. 长三角低碳物流对区域经济发展的影响分析[J]. 华东经济管理, 2023, 37(1): 33-40.
- [11] 郭湖斌, 邓智团. 长江经济带区域物流与区域经济耦合协调发展研究[J]. 当代经济管理, 2019, 41(5): 41-48.
- [12] 杨宏伟, 郑洁. 丝绸之路经济带中道省区物流业与区域经济的耦合协调性研究[J]. 工业技术经济, 2017, 36(7): 56-62.
- [13] 伍宁杰, 官翠铃, 邱映贵. 长江中游城市群物流产业与经济发展耦合协调性研究[J]. 中南财经政法大学学报,

- 2019(4): 89-99.
- [14] 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.
- [15] 李利华, 王瑶, 邓亚军, 等. 碳税政策下绿色物流发展的三方演化博弈[J]. 铁道科学与工程学报, 2023, 20(10): 3715-3726.
- [16] 梁雯, 孙红, 刘宏伟. 中国新型城镇化与物流协同发展问题研究——以长江经济带为例[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2018, 38(8): 69-80.
- [17] 刘浩华, 陈秀玲, 王雪峰. 城镇化与物流绿色全要素生产率的门槛效应研究[J]. 经济与管理评论, 2020, 36(2): 123-132.
- [18] 李丽. 京津冀低碳物流能力评价指标体系构建——基于模糊物元法的研究[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2013, 33(2): 72-81.
- [19] 汪欣. 区域物流低碳发展能力评价及推进策略——基于长三角及中部地区 8 省 1 市的实证分析[J]. 河南社会科学, 2018, 26(11): 108-112.
- [20] 李宝库, 李销. 长三角区域物流与区域经济互动关系研究——基于苏、浙、皖、沪的实证[J]. 华东经济管理, 2020, 34(8): 26-32.
- [21] 崔宏凯, 张林, 王子健, 等. 物流产业发展和区域经济增长的关联效应研究——基于长江经济带三大都市圈的面板数据[J]. 经济问题, 2021(3): 78-85.
- [22] 李玉民, 刘旻哲, 郭利利. 基于投影寻踪法的区域物流低碳竞争力评价及实证研究[J]. 地域研究与开发, 2015, 34(2): 28-33.
- [23] 李丽. 京津冀低碳物流能力评价指标体系构建——基于模糊物元法的研究[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2013, 33(2): 72-81.
- [24] 郭湖斌, 齐源. 基于耦合模型的长三角区域物流与区域经济协调发展研究[J]. 工业技术经济, 2018, 37(10): 51-58.
- [25] 张雪青. “一带一路”区域物流协同发展分析[J]. 统计与决策, 2016(8): 108-110.
- [26] 包耀东, 李晏墅, 张世忠. 长三角区域物流业碳排放规模及其影响因素研究[J]. 生态经济, 2020, 36(11): 25-31+53.
- [27] 姚山季, 马琳, 来尧静. “一带一路”重点省份低碳物流效率测度[J]. 生态经济, 2020, 36(11): 18-24.
- [28] 于丽静, 陈忠全. 低碳视角下中国区域物流效率研究——基于 SFA 与 PP 的实证分析[J]. 生态经济, 2017, 33(4): 43-48+91.
- [29] 王鹏, 张茹琪, 李彦. 长三角区域物流高质量发展的测度与评价——兼论疫后时期的物流新体系建设[J]. 工业技术经济, 2021, 40(3): 21-29.
- [30] 姜旭, 侯娇, 卢新海. 低碳试点政策对城市土地绿色利用的影响——基于双重差分模型的实证研究[J]. 中国土地科学, 2023, 37(3): 80-89.
- [31] 罗鸣令, 范子英, 陈晨. 区域性税收优惠政策的再分配效应——来自西部大开发的证据[J]. 中国工业经济, 2019(2): 61-79.