

# 中部六省新质物流韧性空间关联特征及动态演进研究

方焱<sup>1</sup>, 梁毅<sup>1,2\*</sup>, 袁钊旭<sup>1</sup>, 刘涵<sup>1</sup>

<sup>1</sup>河北地质大学管理学院, 河北 石家庄

<sup>2</sup>河北省矿产资源战略与管理研究基地, 河北 石家庄

收稿日期: 2026年5月16日; 录用日期: 2026年6月17日; 发布日期: 2026年6月26日

## 摘要

中部六省在全国区域发展格局中具有举足轻重的地位,其合理且有序的空间布局是经济增长的重要动力。文章基于新质生产力和物流韧性的内涵,从物流经济韧性、物流动力韧性、物流压力韧性、物流环境韧性四个维度构建了中部六省的新质物流韧性水平评价指标体系,运用熵权法对2010年~2022年中部六省新质物流韧性发展水平进行测度,并采用社会网络分析、Markov模型分析中部六省新质物流韧性空间关联特征及动态演进趋势。研究发现:(1)中部六省的新质物流韧性水平总体呈上升趋势;(2)研究期内中部六省域的新质物流韧性水平存在空间差异;(3)中部六省的新质物流韧性空间关联整体网络的连通度较好,但紧密程度有待优化;(4)新质物流韧性水平存在空间溢出效应,邻近地区发展质量可助力低水平地区突破低端锁定。

## 关键词

中部六省新质物流韧性, 时空演变特征, 社会网络分析, 动态演进特征

# Study on the Spatial Correlation Characteristics and Dynamic Evolution of New Quality Logistics Toughness in Six Central Provinces

Yan Fang<sup>1</sup>, Yi Liang<sup>1,2\*</sup>, Zhaoxu Yuan<sup>1</sup>, Han Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Management, Hebei GEO University, Shijiazhuang Hebei

<sup>2</sup>Hebei Province Mineral Resources Strategy and Management Research Base, Shijiazhuang Hebei

\*通讯作者。

文章引用: 方焱, 梁毅, 袁钊旭, 刘涵. 中部六省新质物流韧性空间关联特征及动态演进研究[J]. 国际会计前沿, 2026, 15(3): 819-832. DOI: 10.12677/fia.2026.153085

## Abstract

The six central provinces play a pivotal role in the national regional development pattern, and their reasonable and orderly spatial layout is an important driving force for economic growth. Article based on the connotation of new quality productivity and logistics toughness, from logistics economic toughness, logistics dynamics, logistics pressure toughness, logistics environment toughness four dimensions to build the central six provinces of new quality logistics toughness index level evaluation system, using the entropy method in 2010~2022 central six provinces new quality logistics toughness development level, and adopts the social network analysis, Markov model analysis of central six provinces new quality logistics toughness space correlation characteristics and dynamic evolution trend. The study found that: (1) the resilience level of new quality logistics in the six central provinces is on the rise; (2) the spatial difference in the six provinces in the central region; (3) the overall network is good, but the tightness needs to be optimized; (4) the resilience level of new quality logistics, and the development quality of the neighboring areas can help the low-level areas to break through the low-level lock.

## Keywords

The Resilience of New Quality Logistics in Six Central Provinces, Space-Time Evolution Characteristics, Social Network Analysis, Dynamic Evolution Characteristics

Copyright © 2026 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

近年来,随着物流业日益精细化地服务于各行各业,部分学者着手对物流韧性展开了研究。在对物流韧性的测度方面,有学者以“绿色、物流韧性”为核心,选取单位物流业增加值碳排放量、物流业增加值增长率、环境污染治理力度等指标衡量物流业绿色韧性水平(2024) [1], (2023) [2]。也有学者从“数字新质生产力、物流产业链韧性”、“中国物流业高质量发展”等方面出发对数字新质生产力对物流产业链韧性的影响以及作用机制进行测度。在对测度方法的应用方面,已有研究使用熵权法、社会网络分析、中介效应模型、Dagum 基尼系数等探究了物流韧性水平的发展(2024) [1] [3] [4] [5]。

虽已有文献为本文提供了借鉴,但仍然存在不足:一是目前对于新质生产力与物流韧性的综合评价并未形成一套完整的指标体系来反应其发展水平。二是城市群已成为中国空间战略规划的重点,目前缺乏对城市群进行相关的研究。三是现有研究多集中于静态分析,缺乏对动态演进过程的深入探讨,难以全面揭示物流韧性的时空演变规律。

## 2. 中部六省新质物流韧性水平评价指标体系构建

现有学者(2026) [4]指出新质生产力与数字化、智能化无法剥离,并且从产业结构升级、产业绿色低碳转型两个维度,构建了产业高质量发展指标体系,最后提出相关政策优化建议,最终目标都是提高地区经济发展能力。据此,本研究融入新质生产力属性,将数字和科技综合为经济属性,设为物流韧性分析框架的一大核心维度,以精准体现以新质生产力为背景的物流韧性的特征(表 1)。因此,本文立足于新

质生产力,并参考李敏杰(2024) [1]以及高健飞(2024) [6]的指标组成,将其划分为抵抗力、恢复力、适应力、调整力和新质生产力五个方面来测度(具体指标见表 2),再与中部六省物流韧性水平的测度糅合,并借鉴现有众多学者的研究思路,从物流经济韧性、物流动力韧性、物流压力韧性、物流环境韧性四个方面构建新质物流韧性水平评价指标体系(具体指标见表 2) (2020)<sup>[5]</sup>。参考现有相关研究可知,环境的可持续性与韧性是有机统一的,并且主张在跨领域研究中采用整合型视角,尤其针对环境相关议题。据此,本研究以韧性理论为依托,融入可持续转型理论,将新质生产力增设为韧性分析框架的第五大核心维度,进而界定物流低碳韧性的内涵。

**Table 1.** Evaluation indicator system for new-quality productive forces in the six central provinces  
**表 1.** 中部六省新质生产力评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位	指标属性
新质生产力	数字化	居民互联网接入数量	万户	+
		物流业固定资产投资强度	万元	+
	科技化	物流业资本效率	%	+
		物流业低碳化强度	亿元/万吨标准煤	+
	环境化	物流业废水废液排放量	万吨	-
		可持续发展度	%	+

**Table 2.** Evaluation indicator system for the resilience of new-quality logistics in the six central provinces  
**表 2.** 中部六省新质物流韧性水平评价指标体系

一级指标	二级指标	二级指标值	三级指标	指标属性
新质物流韧性	更新力	0.1058	物流业固定资产投资强度	+
			物流业 GDP 贡献度	+
			物流从业人员数量	+
			民用载货汽车拥有量	+
	抵抗力	0.2255	物流业劳动力效率	+
			地区 GDP	+
			人均 GDP	+
			快递、货运需求量	+
	恢复力	0.1153	居民互联网接入数量	+
			物流业技术进步效率	+
	适应力	0.0539	能源消耗比率	-
			物流业低碳化强度	+
			物流业废水废液排放量	-
			可持续发展度	+
新质生产力	0.4995	碳排放量	-	

### 3. 中部六省新质物流韧性水平测度及空间演变分析

#### 3.1. 数据选取与测度方法

##### 3.1.1. 数据选取

本文以中国中部六个省份为研究样本，研究对象的时间跨度为 2010~2022 年，所用数据均来自历年各省域统计年鉴、《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》等各行业统计年鉴，极少数缺失值都已补齐。部分指标由原始数据计算得出，比如物流业资本强度、物流业低碳化强度等。

##### 3.1.2. 测度方法

在指标权重水平的计算中，除了要寻找并标定优质的指标，对于指标值的测算也需要更为客观。首先，熵权法完全依赖数据本身的特性来确定权重，所以避免了主观赋权方法中人为因素的干扰，使得结果更加客观和可靠；其次，熵权法能够真实反映各省份指标数据对应年份在综合评价中的重要程度，减少了主观偏见的影响，能够较大程度反映新质物流韧性水平的真实情况；最后，熵权法具有良好的稳定性和可操作性，在政策提出和改进方面更具优势(2024) [7]。由于原始数据含缺失值，影响计算，故采用修正后数据。新质物流韧性指标数据单位不同，采用标准化处理以确保可比性。具体步骤如下：

###### (1) 去除量纲化

$X_{ij}$  表示第  $i$  个方案在第  $j$  个指标下的初始值， $X'_{ij}$  表示经过标准化处理后的数值。

取出  $\max(X_{ij})$ 、 $\min(X_{ij})$ ，得到  $\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})$ ，进行以下处理：

正项指标：

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} + 0.01 \quad (1)$$

负项指标：

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

###### (2) 确定指标权重

计算第  $j$  项测评指标下第  $i$  个省占该项评价指标的比重。

计算第  $j$  项测评指标的熵值，其计算公式如式(4)所示：

$$F_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^m X'_{ij}} \quad (3)$$

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

###### (3) 计算熵值

其中， $k = \frac{1}{\ln m}$ ，且  $k > 0$ ，满足  $E_j \in [0,1]$ ，本文中  $m=15$ 。

###### (4) 计算各指标的权重

第  $j$  项测评指标的权值  $W_j$  的计算公式如式(5)所示

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

(5) 计算各省域新质物流韧性水平的综合值

中部六省各省域新质物流韧性水平指数  $S_j$  的计算公式如式(6)所示:

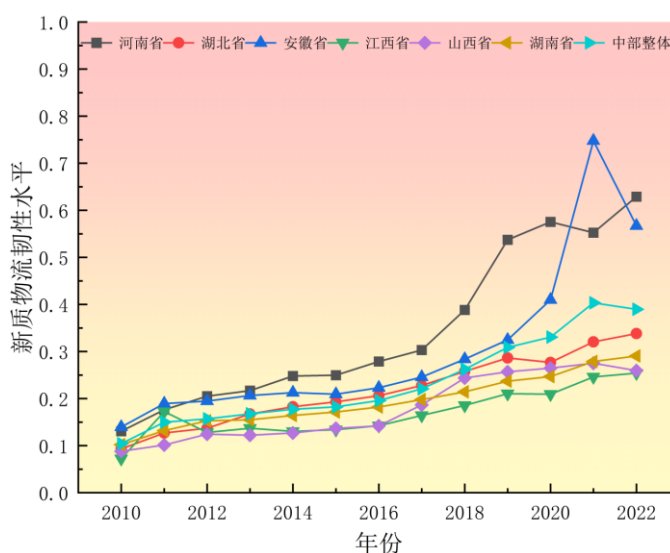
$$S = \sum_{j=1}^n W_j X'_{ij} \quad (6)$$

其中,  $S_j \in [0,1]$ , 于此, 各省市的新质物流韧性发展综合得分  $S$ 。在最后的的结果中,  $S$  的值越大, 说明评价该省份新质物流韧性水平就越高(2023) [2]。

根据中部六省新质物流韧性水平的测量结果, 更新能力、抵抗能力、恢复能力、适应能力和新质生产力的测度水平分别为 0.1058, 0.2255, 0.1153, 0.0539 和 0.4995。其中, 新质生产能力所占的权重最大, 相较而言, 适应能力在整个韧性水平的发展当中所占的权重最小。本研究以新质生产力为背景的物流韧性水平作为基础条件, 并不是说物流韧性使新质生产力提升, 而是说——在以新质生产力为背景的物流韧性水平偏低时, 与新质生产力相关因素的效果处于削弱状态。这是一种使能逻辑, 而非因果逻辑。此外, 更新能力、抵抗能力、恢复能力同样在构建的韧性测度框架中发挥着不可或缺的作用。它们各自从不同的角度和层面, 共同构成了以新质生产力为背景的物流韧性评估的完整框架。其中, 需要明确承认的是, 物流韧性与新质生产力之间的影响并非直接的、单向的因果机制。新质生产力是涵盖数字化、科技化与可持续化的复杂概念, 构成本研究物流韧性评估的背景。因此, 本研究不预设物流韧性提升必然推动新质生产力提升。

### 3.2. 时间演变趋势测度结果分析

根据作为研究对象的相关数据, 并依据之前所述的测度方法, 可以进一步得出 2010~2022 年中六省新质物流韧性水平指标权重综合值。在此基础上, 进一步探究中部六省新质物流韧性水平的演变趋势(图 1)。



**Figure 1.** Trends in the resilience of new-quality logistics in the six central provinces from 2010 to 2022  
**图 1.** 2010~2022 年中六省新质物流韧性水平时间演变趋势

总体上, 由图 1 可以看到, 整个中部六省整体的新质物流韧性水平呈显著上升趋势。在 2017 至 2019 年以及 2020 至 2021 年期间, 中部六省整体新质物流韧性水平的发展上升的尤为快速, 这背后离不开国家层面一系列强有力的政策的发布和推动。2019 年至 2020 年, 这对应于随着中国步入高质量发展阶段,

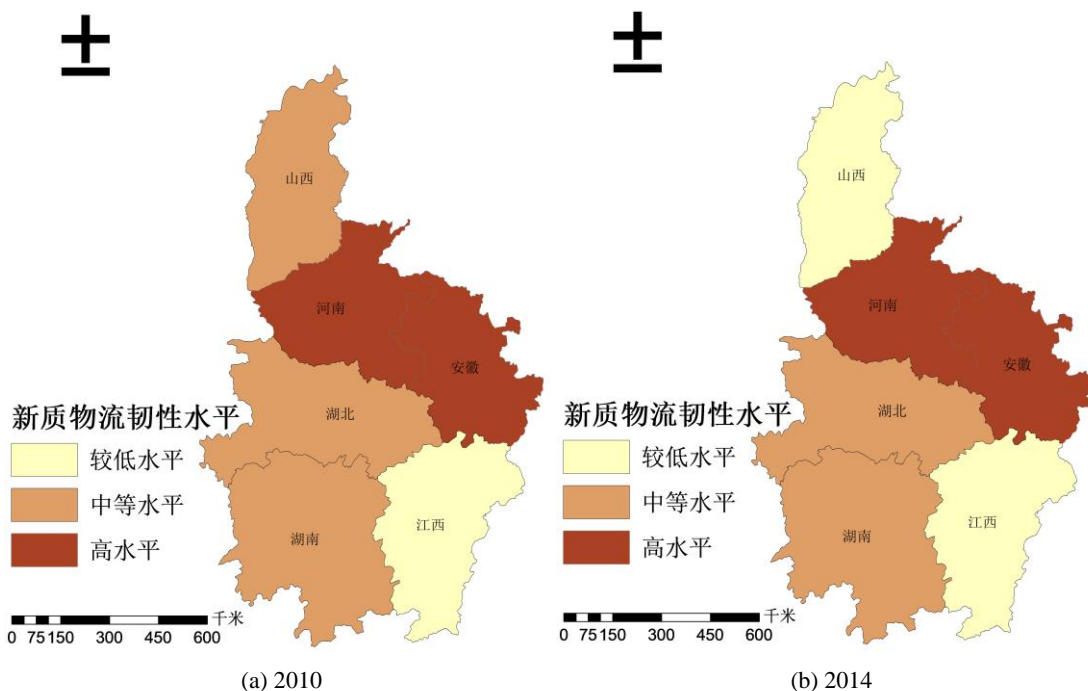
各项经济指标的增长速度有所放缓，并且由于当时的国际贸易摩擦、金融波动加大等，在此年间全球贸易的增长都呈现放缓的趋势，这一宏观经济环境的变化也新质物流韧性水平的发展带来了不利影响。

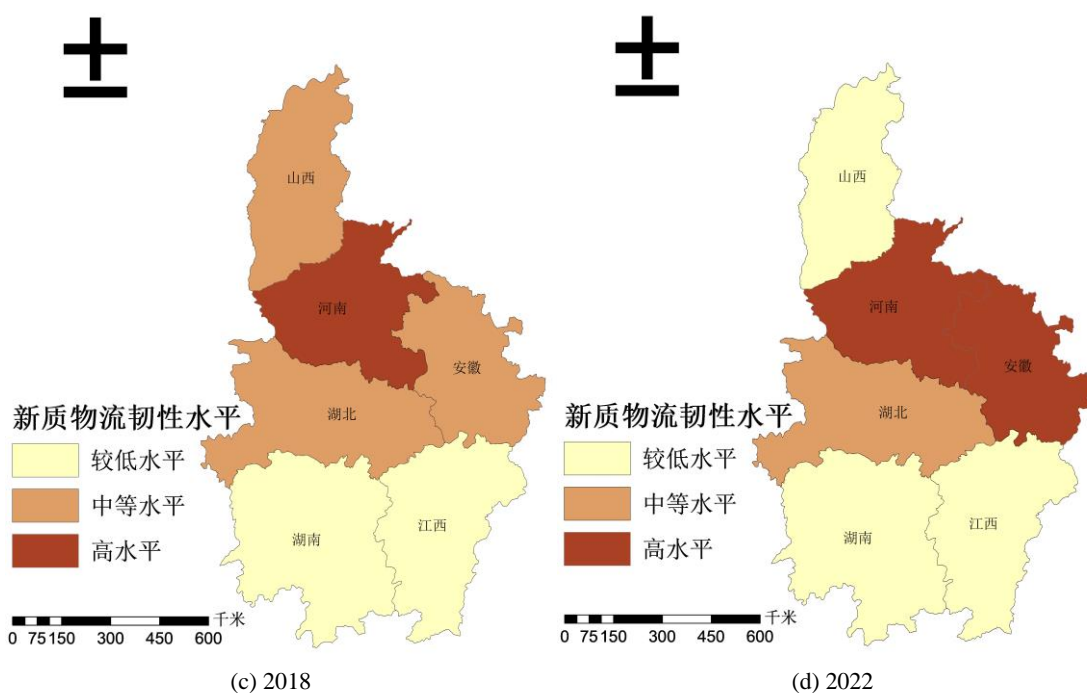
具体来看，中部六省新质物流韧性水平不协调状态较为突出。例如，安徽省和河南省的新质物流韧性水平一直高于中部整体水平，并且与中部整体水平的时序性变动有较高的一致性。江西省的新质物流韧性水平在 2010~2011 年间的增长非常迅速，这很可能是由于江西省积极响应国家号召、落实相关政策，使得江西省的物流业发展有了得力的保障和支持。从 2010~2018 年，湖北省的新质物流韧性水平的发展趋势与中部整体水平大致相当，但在 2018~2022 年间，落于中部整体水平之后，尤其是 2019~2020 年间有着明显的下降趋势。山西省的新质物流韧性水平在 2010~2022 年呈波动上升趋势，正在逐步撵近中部六省整体水平。湖南省 2010~2022 年的新质物流韧性水平一直呈稳步上升趋势。湖南省先后印发多个政策文件，响应国家号召，出台了简政放权、减税降费、补短强基、互联互通等一系列措施，引导实体经济降低物流成本水平，这也成为了湖南省新质物流韧性水平发展的基石。

总体而言，中部六省新质物流韧性水平的发展在国家政策的强力推动下，虽面临宏观经济环境变化的挑战，但仍展现出显著的上升趋势。各省在积极响应国家政策的同时，结合本地实际，出台了一系列有力措施，为新质物流韧性水平的提升注入了强劲动力。这也为后期中部六省新质物流韧性水平的进一步提升和区域经济的繁荣发展提供了坚实支撑。

### 3.3. 空间演变特征测度结果分析

为了展示中部六省物流业新质韧性水平随时间变化的空间分布格局，此处参考杜军、麦雪莲等人的做法(2025) [8]利用自然间断点分级法将 2010~2022 年中国中部 6 个省域的新质物流韧性水平科学地划分为较低水平、中等水平、和高水平 3 种类型(表 3)，将 2010~2022 年截取平均年份，采用 ArcGIS 软件对 2010 年、2014 年、2018 年和 2022 年中部六省物流业新质韧性水平进行可视化表达，直观地展示中部六个省份物流业新质韧性水平空间分布趋势情况，如图 2 所示。





**Figure 2.** Spatial distribution of new-quality logistics resilience levels in the six central provinces in 2010, 2014, 2018, and 2022

**图 2.** 2010 年、2014 年、2018 年和 2022 年中部六省新质物流韧性水平空间分布

**Table 3.** Classification of resilience levels in new-generation logistics

**表 3.** 新质物流韧性水平划分

等级/年份	较低水平	中等水平	高水平
2010 年	0.072	0.102	0.139
2014 年	0.130	0.1833	0.248
2018 年	0.214	0.284	0.388
2022 年	0.300	0.338	0.629

从空间层面来看(图 2), 中部六省的新质物流韧性水平从等级来看有显著差异。2010 年中国中部 6 省域中物流业新质韧性水平较低的省域只有江西省, 可能受到当地科教资源、产业结构形式等的制约; 湖北省、湖南省和山西省都处于中等发展水平, 河南省和安徽省位居高水平梯队, 其原因很可能是该地区在经济基础、人才政策、资源集聚等方面具备优势。2014 年, 物流业新质韧性水平位居高发展等级的省域依然是安徽省和河南省; 湖北省和湖南省仍旧处于中等水平层次; 原先位于中等水平梯队的山西省降低至较低水平梯队, 这可能是因为山西省主要以重工业、资源型产业等为主导的产业结构有关。2018 年, 物流业新质韧性水平处于高发展梯队的省域只有河南省, 而安徽省下滑至中等层级。由于湖南省当年的交通水平不及其他省份、城市群建设相对较晚紧急基础相对较弱, 导致其新质物流韧性水平下降至较低水平的层级。除此之外, 其余省份等级未发生变化。2022 年, 中部六省新质物流韧性高水平省域增至 2 个, 安徽省再次与河南省并列于高层次梯队, 同一时期, 山西省跌落至较低发展水平层次, 其他省域状态保持不变。总体而言, 物流业新质韧性高水平省域基本确定是中部靠近沿海省域的安徽省和河南省, 而较低水平省域和中等水平的省域处于波动状态。

## 4. 中部六省新质物流韧性空间关联特征分析

### 4.1. 修正引力模型和社会网络分析方法

#### 4.1.1. 修正引力模型

城市空间引力模型是一种重要的分析工具，它是基于物理学中的万有引力定律，用于研究和预测城市间的空间相互作用及其经济影响力，用于深入剖析城市内部地理空间中的活动集中区域及非均衡分布特性。将此模型与地理信息系统(GIS)相结合，将城市空间结构抽象为具有引力源与接收点的网格化空间体系，能够精确城市空间结构的变化规律和发展趋势，进而为城市相关方面的发展提供科学依据。

$$J = P_{ij} = S_{ij} \frac{\sqrt[3]{A_i G_i R_i} * \sqrt[3]{A_j G_j R_j}}{T_{ij}^2} \tag{7}$$

$$S_{ij} = \frac{R_i}{R_i + R_j} \tag{8}$$

$$T_{ij}^2 = \left( \frac{D_{ij}}{g_i - g_j} \right)^2 \tag{9}$$

$P_{ij}$ 是指城市关联强度(为方便标注特用  $J$  指代)， $A_i$ ， $A_j$ 表示人口规模， $R_i$ ， $R_j$ 是指城市  $i$  与城市  $j$  的新质物流韧性水平，在上文中已经将其使用熵权法测度出了对应年份 - 省份相关数据； $D_{ij}$  是城市  $i$  与城市  $j$  之间的地理距离， $G$  和  $g$  分别指实际 GDP 和实际人均 GDP。此处数据来自中国国家地理相关网站。其中对于阈值设定，我们采用全体数据均值化来构建二元矩阵，该方法以节点关联强度的行均值为判定阈值，在客观反映区域物流低碳韧性平均关联程度的基础上，可有效过滤弱关联干扰并留存关键韧性联系。该方法完全数据驱动且无主观参数，保证了结果稳健可靠、可重复验证，同时适配华中区域物流数据的强异质性，使识别的网络结构真实可信。

#### 4.1.2. 社会网络分析方法

本文从整体网络特征和个体网络特征的视角对中部六省的新质物流韧性水平空间关联网络特征进行探讨。其中，整体网络特征采用网络密度、网络关联强度、凝聚子群的刻画(2024) [9]；个体网络特征引入度数中心度、接近中心度和中介中心度分析，相关公式见表 4。这对于研究中部六省新质物流韧性水平的社会网络的结构、功能和动态变化都具有重要意义。

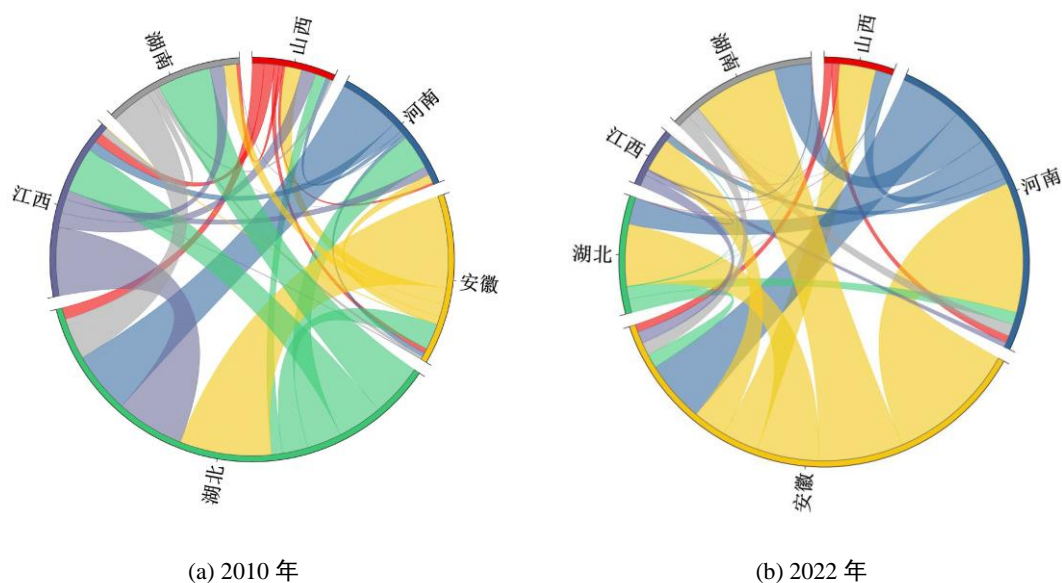
**Table 4.** Formulas for calculating social network metrics

**表 4.** 社会网络特征指标计算公式

网络特征	公式
网络密度	$D = L / [N \times (N - 1)]$
度数中心度	$C_D = n / (N - 1)$
接近中心度	$C_C = \sum_{j=1}^N d_{ij}$
中介中心度	$C_B = \frac{2 \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N b_{jk}(i)}{N^2 - 3N + 2}$

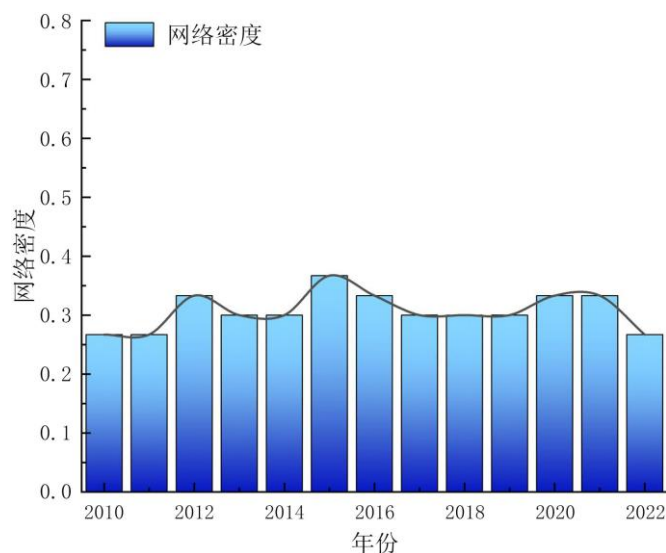
注： $L$  为实际拥有的关系数量， $N$  为节点数量， $K$  为网络中对称可达的节点对的数量， $d_{ij}$  为节点之间的捷径距离， $n$  为网络中与某节点直接相关联的节点数量， $b_{jk}(i)$  为节点  $i$  处于节点  $j$ 、 $k$  之间捷径上的概率。

## 4.2. 整体网络特征分析



**Figure 3.** Spatial correlation strength of new-quality logistics resilience in the six central provinces in 2010 and 2022  
**图 3.** 2010 年和 2022 年中部六省新质物流韧性空间关联强度

如图 3 所示, 2010 年安徽省与湖北省、湖北省与河南省, 这几个省域地区邻近, 交通贸易往来较为频繁。新质物流韧性空间关联表现出显著的地理邻近性特征, 即地理位置上的紧密相邻性可以更大化地促进双方之间的局部联系。2022 年, 这一状态发生了变化, 例如, 山西省与安徽省、河南省之间, 以及安徽省与其他各省之间, 均存在着密切的贸易往来。这一现象表明, 中部六省展现出显著的空间关联网络特性, 非邻近区域的互动已超越了传统的地域界限, 形成了跨地区的联动反应。这种跨区域的合作与交流不仅促进了各省之间的经济联系, 也为区域协调发展提供了重要支撑(2024) [1]。



**Figure 4.** Overall network characteristics of new-quality logistics resilience in the six central provinces, 2010~2022  
**图 4.** 2010~2022 年中部六省新质物流韧性的整体网络特征

对于网络密度, 其值越接近 1 则表示关联关系越多(2022) [9]。2010 年和 2022 年中部六省的新质物流韧性的网络密度值 = 0.267 (表 5 所示), 此网络较为紧密, 且节点间的信息传递效率较高。但是由于网络规模较小, 因此, 网络密度值只有少量变动, 由图 4 可以看到其整体呈现出波动状。并且从 2010~2022 年, 凝聚子群数量由 0 个上升到了 2 个, 分别是湖北 - 安徽 - 河南, 湖南 - 安徽 - 河南。这两个凝聚子群都涉及了安徽和河南两个地区, 说明这两个地区在凝聚子群的形成中扮演了重要角色, 也表明在这段时间内, 这些省域的合作性有所增强, 形成了更为紧密的子群体。总体来说, 尽管已处于中等紧密程度的网络中, 但面对时间演变和外界宏观环境变化, 仍有较大的提升空间。要维持或提升这一测度值, 仍需进一步促进相关产业发展, 完善相关技术水平研究。

**Table 5.** Overall network characteristics of the resilience levels of new-quality logistics in 2010 and 2022

**表 5.** 2010 年和 2022 年新质物流韧性水平的整体网络特征

年份/指标	2010 年	2022 年
凝聚子群数量	0 个	2 个 (湖北 安徽 河南) (湖南 安徽 河南)

### 4.3. 个体网络特征分析

选取 2010 年和 2022 年数据分析新质物流韧性空间关联的个体网络特征(表 6)。

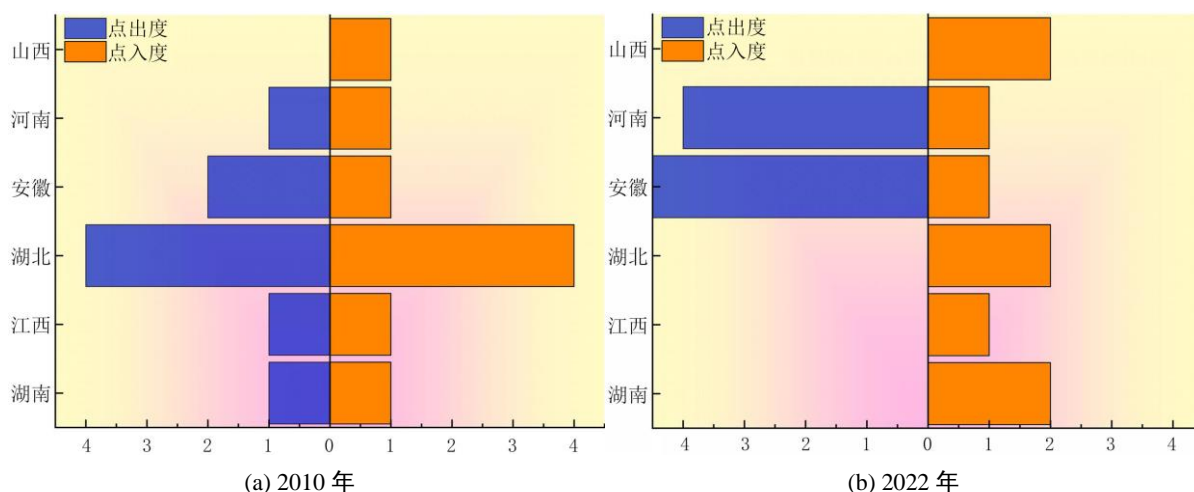
**Table 6.** Individual network characteristics of new-quality logistics resilience in the six central provinces in 2010 and 2022

**表 6.** 2010 年和 2022 年中部六省新质物流韧性的个体网络特征

省域	度数中心度		接近中心度		中介中心度	
	2010 年	2022 年	2010 年	2022 年	2010 年	2022 年
湖南	1.000	2.000	10.000	8.000	0.000	0.000
江西	1.000	1.000	10.000	9.000	0.000	0.000
湖北	4.000	2.000	7.000	8.000	6.000	0.000
安徽	1.000	5.000	10.000	5.000	0.000	7.500
河南	1.000	3.000	10.000	7.000	0.000	0.500
山西	0.000	1.000	15.000	9.000	0.000	0.000
平均值	1.333	2.333	10.333	7.667	1.000	1.333

(1) 度数中心度。2010 年和 2022 年中部六省新质物流韧性空间关联网络度数中心度均值分别为 1.333, 2.333, 2010 年的湖北省和 2022 年的河南省、安徽省度数中心度高于中部六省的均值, 说明当年该省域的地理环境较其他地区更为优越, 新质物流韧性水平高。其次, 度数中心度分为点出度和点入度, 分别表示某地区受其他地区影响的程度以及影响其他地区的能力。具体来看, 一方面, 图 5(a)中 2010 年中部六省各个省域的点出度和点入度基本相等, 这说明中部六省在网络互动中展现出均衡态势, 各个节点主动向其他节点建立连接的同时, 也积极接纳来自其他节点的连接请求。这种均衡性可能预示着该节点在网络架构中占据一个相对中立的位置, 既非过度主导亦非完全从属。同时说明各个省域与其他省域节点间的交互行为频繁且呈现显著的双向特征。另一方面, 图 5(b)所示 2022 年河南省、安徽省和湖南省的点出度大于点入度, 表现出较强的溢出效应(2024) [10], 说明其处于空间关联网络的关键位置, 同时说明这

些省份的自然资源、科教人才、技术创新能力等基本相对更加优越、可吸引更多的要素资源与人才，进一步推动中部六省新质物流韧性水平的提升，成为空间网络的关键节点(2024) [11]。



**Figure 5.** Out-degree and In-degree of each province in the Central Six Provinces in 2010 and 2022  
**图 5.** 2010 年和 2022 年中部六省各省域的点出度和点入度

(2) 接近中心度。2010 年的中部六省新质物流韧性空间关联网接近中心度均值为 10.333，湖北省的接近中心度排名较为靠后，在此次网络中充当了边缘角色。2022 年时，接近中心度均值有所下降，至 7.667，网络结构也发生了变化，湖南省、湖北省、江西省、山西省的接近中心度高于中部六省的均值，表明这些省份能够高效地与其他省份建立快速联系，在网络中处于专业化的中心节点(2025) [12]。

(3) 中介中心度。2010 年的中部六省新质物流韧性空间关联网中介中心度均值为 1.000，湖北省的中介中心度高于中部六省均值，表明湖北省对于资源要素的利用能力、分配能力较强，在空间关联网中发挥了连接作用，处全国经济发展的战略要冲，和国内几大经济板块的对接地带，使它成为了连接华东与华中地区的重要通道，也是南北交通的枢纽。2022 年的中部六省中介中心度均值为 1.333，高于均值的省域变动为安徽省。湖南省、江西省、河南省、山西省始终处于低于中部六省均值的水平，在空间关联网中还是处于被支配的地位(2024) [1] [10] [13]。

## 5. 中部六省新质物流韧性水平的动态演进研究

### 5.1. 分布动态演进的方法

马尔科夫链根植于一个简约而高效的概率模型之中，该模型精确刻画了系统随时间演进的动态过程，不依赖繁复的数学预设或对数据统计特性的特定假说。核心特征在于其“无记忆性”，即其未来状态的概率分布仅与当前状态紧密相连，而与过往的历史状态实现了解耦。这一独特性质赋予了马尔科夫链在预测分析中专注于当前态势的能力，有效屏蔽了冗长历史数据中可能潜藏的噪声与干扰，从而确保了预测过程的精准度与效率。为了深入分析样本在不同年份间各类型的转变模式，我们采用  $K \times K$  Spatial-Markov 链方法对其进行细致分类与考察(如表 8 所示)。该方法在传统 Markov 链模型的基础上，创新性地整合了空间滞后因素，从而将原始的 Markov 转移概率矩阵进一步细分为  $K$  个具体的  $K \times K$  条件转移概率矩阵(2022) [9]。此细分策略不仅增强了模型的分析精度，而且深刻揭示了邻近区域对本地样本类型转移概率的潜在且复杂的影响机制，这些影响通过高度精细化的 Markov 转移概率矩阵得到了直观且准确的展现(如表 8 所示)。

## 5.2. 分布动态演进结果分析

本文采用四分位数法,将中部六省的新质物流韧性水平划分为低(I)、中低(II)、中高(III)和高(IV)4个等级(2024) [14],传统 Markov 转移概率矩阵如表 7 所示。由表 7 可知,类型 I 维持原状态的概率达 65.0%,转向类型 II 的概率为 35.0%,转向类型 III 和类型 IV 的概率为 0。类型 II 保持当前状态的概率是 63.2%,转变为类型 I 的概率为 5.3%,转变为类型 III 的概率为 31.6%,转变为类型 IV 的概率为 0。对于类型 III,其维持原状态的概率高达 72.2%,转变为类型 II 和 I 的概率为 0,转变为类型 IV 的概率为 27.8%。至于类型 IV,其维持自身状态的概率为 93.3%,转变为类型 III 的概率为 6.7%。经过观察可以看到,传统 Markov 转移概率矩阵中,对角线元素值明显大于 0.6,且对角线的值远大于其他位置值,这说明,中部六省的新质物流韧性水平的发展趋势较为稳定,在较短的时间跨度内很难实现等级跃迁。除此之外,中部六省的新质物流韧性水平发展的转移概率通常发生在相邻的状态水平中,说明其更加倾向于维持当前的状态。

**Table 7.** Traditional Markov transition matrix

**表 7.** 传统 Markov 转移概率矩阵

类型	I	II	III	IV	观测值
I	0.650	0.350	0.000	0.000	20
II	0.053	0.632	0.316	0.000	19
III	0.000	0.000	0.722	0.278	18
IV	0.000	0.000	0.067	0.933	15

**Table 8.** Spatial Markov transition probability matrix

**表 8.** 空间 Markov 转移概率矩阵

空间滞后	类型	I	II	III	IV	观测值
I	I	0.5	0.5	0	0	4
	II	0.333	0.333	0.333	0	3
	III	0	0	0	0	0
	IV	0	0	0	0	0
II	I	0.667	0.333	0.000	0	6
	II	0.000	1.000	0.000	0	3
	III	0	0	0.667	0.333	3
	IV	0	0	0	1	1
III	I	0.000	0.000	0	0	0
	II	0.000	0.333	0.667	0	3
	III	0	0.000	1.000	0.000	1
	IV	0	0	0	1	2
IV	I	0.700	0.300	0	0	10
	II	0.000	0.700	0.300	0	10
	III	0.000	0.000	0.714	0.286	14
	IV	0.000	0	0.083	0.917	12

传统的 Markov 链模型未充分考量邻近地区对本地物流业高质量发展所产生的影响,因此,在转移概率的分析中引入了空间滞后因素,以实现更专业化的分析,得到的 Spatial-Markov 转移概率矩阵,结果如表 8 所示。可以看到,在空间滞后性呈现不同水平的情况下,邻近地区物流业高质量发展水平对本地区物流业高质量发展水平的影响是客观存在的。例如,类型 I 的省域如果分别为类型 I、类型 II、类型 III、类型 IV 等级的省域相邻,则其维持自身水平状态的概率分别为 50.00%、66.70%、0.00%、70.00%。但若类型 I 与类型 I、II 等级省份相邻,那么其向类型 II 转移的概率分别为 50.00%、33.33%。

这一现象表明,新质物流韧性水平的提升存在明显的空间溢出效应,邻近地区新质物流韧性水平的提升不仅影响本地区的发展质量,还可能促进低水平地区突破低端锁定的障碍(2025) [15]。这也进一步支持了区域间合作和资源共享的重要性,强调了提升区域整体物流业发展水平的战略必要性。

## 6. 结论与建议

本文基于经济、动力、压力、环境四个维度构建了新质物流韧性水平评价指标体系,从时间演变、空间演变、网络结构与动态演进四个角度分析中国中部六省 2010~2022 年新质物流韧性水平发展水平综合指数,得出下述结论:(1) 从时间演变结果来看,中部六省的新质物流韧性水平总体上呈明显的上升趋势,从二级维度来看新质物流环境韧性占比最大,新质物流经济韧性、新质物流动力韧性、新质物流压力韧性次之。(2) 从空间演变结果来看,中部六省的新质物流韧性发展水平总体上呈平稳趋势,高水平层次的省域基本固定为安徽省和河南省,湖北省始终处于中等水平,山西省、湖南省和江西省在中等水平梯队和较低水平梯队之间徘徊。由此可见,六个省域的新质物流韧性水平的发展不协调性显而易见。(3) 从网络结构来看,整体的网络紧密程度中等,存在上升空间。安徽省和河南省在整个网络中扮演着中心者的角色,其他省份与其都有一定程度上的联系。(4) 从动态演进结果来看,中部六省份维持自身等级的概率较大,现状较为稳固,但是其跨越等级进行转移的概率较小。

根据上述结论,现提出如下建议:(1) 政府应当积极引领物流业迈向可持续发展的道路,在确保新质生产力蓬勃发展的基础上,着力增强物流环境的韧性。通过大力倡导绿色消费与绿色出行,促进物流业绿色转型发展,提升生态碳汇能力,为城市群与都市圈的绿色发展注入强劲动力。在此过程中,政府需坚定不移地推进物流业的转型升级,确保每一步都踏在可持续发展的坚实基石之上,从而加速构建绿色、高效、韧性的现代物流体系。(2) 鉴于安徽省与河南省在新质物流韧性发展中占据高水平地位,建议构建以这两省为核心的区域物流协同发展平台,通过政策引导和技术支持,促进物流资源、信息及管理经验在区域内的共享与交流。同时,鼓励湖北省、山西省、湖南省和江西省积极参与,形成优势互补、协同发展的格局,逐步缩小省域间的发展差距。(3) 安徽省和河南省作为区域网络的中心,应进一步提升自身的经济实力和服务功能,通过政策引导和支持,加强基础设施建设(如高速公路网、高速铁路网、信息网络等),以更高效地连接并服务于周边省份。同时,鼓励两省在高新技术产业、现代服务业等领域深化合作,形成产业联动效应,促进技术交流与成果转化,带动整体网络的技术升级和产业协同发展。有力推动物流业在更广阔的地理空间内实现资源的高效配置与协同发展。(4) 面对中部六省份的稳固发展现状,亟需采取切实有效的政策措施。政府应积极推动区域合作机制的建设,促进各省份在基础设施建设、产业布局及市场开拓等领域的协同合作,以实现优势互补与资源共享。通过强化区域合作,可以有效打破行政壁垒,优化资源配置,进而推动中部地区的跨越式发展,助力实现更高水平的经济与社会进步。

## 基金项目

教育部人文社会科学青年基金项目(21YJC630072);河北省燕赵黄金台聚才计划骨干人才项目(HIYB202528);河北省高等学校人文社会科学青年拔尖人才项目(BJS2023003);河北地质大学博士科研启动基金项目(BQ2024087);河北地质大学二十一届学生科研重点项目(KAG202512)。

## 参考文献

- [1] 李敏杰, 陈毅辉. 中国物流业绿色韧性的时空演变及空间关联网络结构[J]. 地理与地理信息科学, 2024, 40(4): 48-56.
- [2] 金鑫, 黄菲. 绿色物流发展韧性测度及其耦合关系分析——以长江经济带为例[J]. 商业经济研究, 2023(6): 73-77.
- [3] 范闰翻. 数字新质生产力对物流产业链韧性的影响研究[J]. 商业经济研究, 2024(22): 86-89.
- [4] 王丽君, 刘强, 徐生霞. 数字创新赋能产业高质量发展: 基于新质生产力视角[J]. 统计与信息论坛, 2026, 41(3): 43-56.
- [5] 张海, 王震, 李秉远. 新质生产力发展水平、空间差异及动态演进[J]. 统计与决策, 2024, 40(24): 11-16.
- [6] 高健飞. 智慧物流发展对产业链供应链韧性的影响研究[J]. 商业经济研究, 2024(9): 73-77.
- [7] 杜军, 麦雪莲, 麦小妹, 等. 基于空间计量模型的新质生产力对海洋经济高质量发展影响研究[J]. 海洋通报, 2025, 44(1): 117-130.
- [8] 李云飞, 徐吉辉, 田文杰, 等. 基于社会网络分析和 CiteSpace 的航空应急文献研究[J]. 职业卫生与应急救援, 2024, 42(4): 515-521.
- [9] 王小华, 杨玉琪, 罗新雨, 等. 中国经济高质量发展的空间关联网络及其作用机制[J]. 地理学报, 2022, 77(8): 1920-1936.
- [10] 王梦宇, 马晓君, 刘明花, 等. 中国共同富裕水平的空间关联网络结构及演进特征[J]. 统计与决策, 2024, 40(18): 5-10.
- [11] 刘贺, 李雪铭, 宫一路. 长江中游城市群城市网络演化及影响因素——多元要素流视角[J]. 世界地理研究, 2024, 33(10): 100-115.
- [12] 李金昌, 徐琴一, 徐蔼婷. 中国高质量技术转移网络的演化与内生机制研究[J]. 科研管理, 2026, 47(4): 1-11.
- [13] 郑家喜, 赵妍, 卫增. 基于空间马尔科夫链的粮食生产韧性动态演进及趋势预测[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2024(3): 104-117.
- [14] 陈毅辉, 李敏杰. 中国农业绿色韧性的时空格局演化及影响因素研究[J]. 经济体制改革, 2024(5): 70-78.
- [15] 连樱洹, 林向义, 罗洪云. 中国能源高质量发展的空间溢出效应及驱动因素[J]. 环境科学, 2025, 46(6): 3569-3578.