doi:10.3969/j.issn.1001-4616.2026.05.003

中国绿色发展与经济韧性耦合协调时空分异及影响因素

陈　宇,王艺洁,梅大伟,王　梁

(临沂大学资源环境学院,山东 临沂 276000)

[摘要]　为推进绿色发展与经济韧性协同共赢,实现生态保护与经济增长有机统一,运用耦合协调度模型、空间计量模型分析 2013—2023 年中国 31 个省份绿色发展与经济韧性耦合协调的时空演变格局及影响因素. 结果表明:①绿色发展与经济韧性耦合协调度逐年提升,空间非均衡性显著,京、津与东南沿海地区展现出较高的耦合协调水平;耦合协调度空间正相关性显著,形成"同质特征为主、异质特征为辅"的空间关联模式. ②人口集聚与科学技术主要促进本地耦合协调度的提升;政府调控、产业结构与教育水平对本地与邻近地区的耦合协调度均具有显著正向作用;信息化水平能够促进本地耦合协调度提升,而对邻近地区产生明显的负向空间溢出效应. ③各影响因素对耦合协调度的作用存在显著区域异质性,东部地区主要表现为正向促进作用,中西部和东北地区则以负向抑制作用为主. 基于此,提出创新协同发展战略、聚焦关键影响因素及推行因地制宜发展模式等建议.

[关键词]　经济韧性,绿色发展,耦合协调,空间计量模型,影响因素
[中图分类号]F127;X22　[文献标志码]A　[文章编号]1001-4616(2026)05-0017-11

Spatiotemporal Differentiation and Influencing Factors of Coupling Coordination Between Green Development and Economic Resilience in China

Chen Yu, Wang Yijie, Mei Dawei, Wang Liang

(School of Resources and Environment, Linyi University, Linyi 276000, China)

Abstract: To promote the synergistic win-win of green development and economic resilience, and achieve the organic integration of ecological protection and economic growth, this paper analyzes the spatiotemporal evolution pattern and influencing factors of the coupling coordination between green development and economic resilience in 31 provinces in China from 2013 to 2023 using coupling coordination degree model and spatial econometric model. The results show that: ①The coupling coordination degree between green development and economic resilience has increased year by year, with significant spatial imbalance. The Beijing-Tianjin region and the southeast coastal areas exhibit relatively high levels of coupling coordination. There is significant positive spatial correlation in the coupling coordination degree, forming a spatial association pattern dominated by homogeneous characteristics and supplemented by heterogeneous ones. ②Population agglomeration and scientific and technological progress mainly promote the improvement of local coupling coordination degree. Government regulation, industrial structure, and education level have significant positive effects on both local and neighboring regions' coupling coordination degrees. Informatization level can promote the improvement of local coupling coordination degree, but generates obvious negative spatial spillover effects on neighboring regions. ③The influence of various factors on the coupling coordination degree exhibits significant regional heterogeneity. The eastern region mainly shows positive promoting effects, while the central, western, and northeastern regions are primarily characterized by negative inhibiting effects. Based on this, suggestions are proposed such as formulating an innovation-driven collaborative development strategy, focusing on key influencing factors, and promoting development models tailored to local conditions.

Key words: economic resilience, green development, coupling coordination, spatial econometric model, influencing factors

收稿日期:2025-12-10.
基金项目:山东省重点研发计划(软科学)重点项目(2026RZB0606)、国家自然科学基金项目(42201228).
通讯作者:梅大伟,博士,副教授,研究方向:经济地理与城乡融合. E-mail:meidawei@lyu.edu.cn

当前,我国经济已从高速增长阶段迈入高质量发展阶段,处于转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻坚期,面临的风险与挑战也随之增加[1]. 与此同时,随着全球气候治理体系的持续深化与“双碳”目标的稳步推进,以绿色技术、低碳产业与生态治理为核心内涵的绿色发展体系,重塑经济发展模式,培育新的增长点,为经济社会持续健康发展注入强劲动能[2]. 绿色发展与经济韧性之间存在深刻的内在联系,在全球环境治理持续深化与外部风险挑战日趋复杂的背景下,如何推进绿色发展与经济韧性协同共赢,成为我国全面建设社会主义现代化国家的核心任务[3].

目前学者们关于绿色发展与经济韧性研究主要包括以下几个方面:①绿色发展方面. 主要通过构建多维评价指标体系或投入产出指标对绿色发展水平[4]、效率[5]与绩效[6]进行量化评估,并运用核密度估计、空间自相关、Dagum 基尼系数等方法探究其时空演变规律[7],从内源因素与外部驱动两个角度,剖析经济发展、产业结构、科技创新、政府干预等因素对绿色发展的驱动效应[8],提出绿色发展的实践路径与推进措施[9]. ②经济韧性方面. 测度方式可分为两类. 第一类是核心变量法,相关研究利用三产产值、人口就业、外贸交易额等核心经济指标应对冲击时的变化情况来反映经济韧性水平[10]. 第二类是综合指标法,学者们从宏观经济稳定性、微观市场效率、经济治理与社会发展等方面[11]或从抵抗、恢复、调整及转型层面[12]构建评价指标体系量化分析经济韧性水平. 研究区域主要涉及城市群[13]、连片特困区[14]、粤港澳大湾区[15]、黄河流域[16]等重点地区. 在经济韧性影响因素上,从区域发展基础、劳动力状况、金融支持效能、政府管理能力等多个维度进行综合分析[17],并结合对外开放、市场联通、企业改革等举措,探索区域经济韧性提升路径[18]. ③绿色发展与经济韧性关系方面. 学界主要利用系统 GMM 模型、中介效应模型、多种面板回归模型等方法,探讨二者间的单向作用机制. 姚登宝等[19]认为绿色金融发展能够显著增强经济韧性. 管昌玲等[20]研究发现经济韧性能够通过提升人力资本、加强基础设施建设,促进绿色发展.

综上所述,现有绿色发展与经济韧性相关研究多聚焦于单一维度分析经济韧性与绿色发展,对二者间的相互作用关注较少,其耦合机理尚未得到深入阐释,耦合协调度的时空格局、区域差异及影响因素的作用机制仍需深入探索. 基于此,本研究运用耦合协调度模型、空间计量模型等方法,分析经济韧性与绿色发展耦合协调时空演变特征及影响因素的作用机制,以期为推进绿色发展与经济韧性协同互进提供参考.

1　绿色发展与经济韧性耦合协调机理分析

绿色发展与经济韧性之间存在紧密互动、相互依赖的耦合协调关系. 其耦合协调机理见图 1.

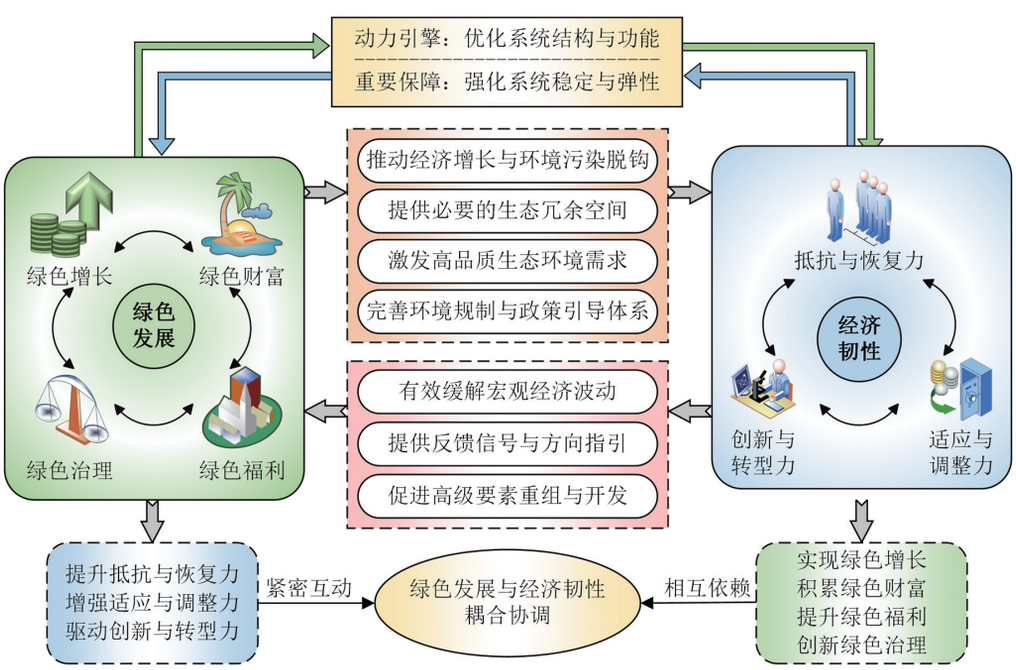


图 1　绿色发展与经济韧性耦合协调机理

Fig. 1　Mechanism of coupling coordination between green development and economic resilience

一方面,绿色发展是提升经济韧性的动力引擎. ①绿色发展推动经济增长与资源消耗、环境污染脱钩,促进产业结构向高级化、合理化演进,从而降低经济系统对传统高耗能、高污染路径的依赖,缓解由资源环境约束引发的系统性风险,提升经济系统应对外部冲击的缓冲能力与恢复速度. ②绿色财富作为区域自然资本存量的集中体现,是可持续发展的重要基础. 充裕的绿色财富意味着更大的环境容量与更完善的生态系统服务功能,能在外部环境变化时提供必要的生态冗余空间,支撑经济系统进行动态调整,增强其适应变化的能力. ③绿色福利能够激发公众对高品质生态环境的需求,形成持续的市场需求拉力. ④绿色治理则通过完善环境规制与政策引导体系,推动生产要素向绿色低碳领域集聚.

另一方面,经济韧性为绿色发展提供重要保障. ①具备强抵抗与恢复力的经济系统能有效缓解宏观经济波动,降低不确定性冲击的负面影响,从而为绿色投资、绿色技术研发等活动提供稳定环境,减少短期经济波动对绿色发展进程的干扰. ②经济系统在应对外部冲击并进行适应性调整的过程中,会暴露其在资源效率、环境承载等方面的短板,这些信息形成重要的反馈信号,为绿色治理政策的精准制定与绿色技术创新的重点突破提供方向指引,使绿色发展更契合经济系统转型升级的内在要求. ③创新与转型力促进知识、技术、人才等要素重组,催生符合绿色发展理念的新兴产业,并通过构建新型生产函数与组织模式,为绿色发展开辟技术更先进、模式更可持续、体系更健全的升级路径,形成“创新驱动—绿色升级”的互促循环.

2　研究方法与数据来源

2.1　指标体系构建

借鉴盖美等[21]、邓宗兵等[22]研究思路,构建绿色发展评价指标体系(表 1),涵盖绿色增长、绿色财富、绿色福利、绿色治理 4 个维度.

表 1　绿色发展评价指标体系

Table 1　Green development evaluation indicator system

准则层	指标	指标说明	方向	权重
绿色增长	经济增长	人均地方财政收入	+	0.133
		城乡收入差距比	−	0.023
	节能减排	单位 GDP 能耗	−	0.003
		单位 GDP 电耗	−	0.017
		单位 GDP 二氧化硫排放量	−	0.008
		单位 GDP 化学需氧量排放量	−	0.003
	绿色产业	第一产业劳动生产率	+	0.069
		第二产业劳动生产率	+	0.070
		第三产业劳动生产率	+	0.056
绿色财富	资源禀赋	人均水资源量	+	0.009
		人均耕地面积	+	0.015
		人均森林面积	+	0.009
	生态环境	省会城市空气质量好于二级的天数	+	0.031
		森林覆盖率	+	0.071
		湿地面积占辖区面积比例	+	0.013
绿色福利	人类发展	居民人均消费支出	+	0.051
		社会保障和就业支出占地方财政支出比重	+	0.032
		平均受教育年限	+	0.012
	生态宜居	人均公园绿地面积	+	0.022
		建成区绿化覆盖率	+	0.006
		每万人拥有公共厕所数	+	0.051
	绿色生活	人均生活用水量	−	0.009
		人均生活用电量	−	0.012
		人均私人汽车拥有量	−	0.026
		每万人公共汽电车辆数	+	0.027
绿色治理	绿色投资	环境保护支出占地方财政支出比重	+	0.043
		工业污染治理投资额占 GDP 比重	+	0.142
	环境治理	城市污水处理率	+	0.007
		生活垃圾无害化处理率	+	0.005
		一般工业固体废物综合利用率	+	0.025

参考相关文献[23-25],选取单位 GDP 能耗、单位 GDP 电耗等指标衡量绿色增长,选取人均水资源量、人均耕地面积等指标衡量绿色财富,选取人均生活用水量、人均生活用电量等指标衡量绿色福利,选取环境

保护支出占地方财政支出比重、工业污染治理投资额占 GDP 比重等指标衡量绿色治理.

基于 Martin[26]的韧性理论及陈勤昌等[27]的研究成果,从抵抗与恢复力、适应与调整力、创新与转型力 3 个维度,构建经济韧性评价指标体系(表 2). 参考相关文献[28-30],选取城镇化率、人均 GDP 等指标衡量抵抗与恢复力,选取全社会固定资产投资额占 GDP 比重、社会消费品零售总额占 GDP 比重等指标衡量适应与调整力,选取 R&D 经费占 GDP 比重、专利申请授权数等指标衡量创新与转型力.

表 2　经济韧性评价指标体系

Table 2　Economic resilience evaluation indicator system

准测层	指标	指标说明	方向	权重
抵抗与恢复力	人口城镇化	城镇化率	+	0.012
	经济规模	人均 GDP	+	0.050
	收入水平	居民人均可支配收入	+	0.042
	金融风险	金融机构贷存比	−	0.016
	失业风险	城镇登记失业率	−	0.006
	外贸依存度	进出口总额占 GDP 比重	−	0.006
适应与调整力	投资规模	全社会固定资产投资额占 GDP 比重	+	0.026
	消费能力	社会消费品零售总额占 GDP 比重	+	0.014
	财政自给水平	地方一般公共预算收入占地方一般公共预算支出比重	+	0.025
	产业升级	第三产业增加值占 GDP 比重	+	0.024
	社会保障	失业保险参保率	+	0.065
	人力投入	规模以上工业企业 R&D 人员全时当量	+	0.142
创新与转型力	互联网普及率	互联网普及率	+	0.031
	创新投入	R&D 经费占 GDP 比重	+	0.049
	创新产出	专利申请授权数	+	0.146
	创新潜力	每十万人口高等学校在校生数	+	0.026
	技术创新水平	技术市场成交额占 GDP 比重	+	0.153
	市场创新水平	规模以上工业企业新产品开发项目	+	0.167

2.2　研究方法

2.2.1　耦合协调度模型

耦合协调度模型由耦合度模型与协调度模型构成,可以反映不同系统间的多元耦合关系及协调发展水平. 参考孔芳霞等[3]的研究,构建绿色发展与经济韧性耦合协调度模型,模型如下:

$$C=2\times\sqrt{\frac{Q_1\times Q_2}{(Q_1+Q_2)^2}},$$

$$T=\alpha Q_1+\beta Q_2,$$

$$D=\sqrt{C\times T},$$

式中,C 为绿色发展与经济韧性的耦合度;Q_1、Q_2 分别代表绿色发展指数、经济韧性指数;T 为绿色发展与经济韧性的协调度;α、β 为待定系数,本文认为绿色发展与经济韧性同等重要,故取 $\alpha=\beta=0.5$;D 为绿色发展与经济韧性的耦合协调度,$D\in[0,1]$. 借鉴相关研究[29],将耦合协调度划分为极度失调[0.0,0.1)、严重失调[0.1,0.2)、中度失调[0.2,0.3)、轻度失调[0.3,0.4)、濒临失调[0.4,0.5)、勉强协调[0.5,0.6)、初级协调[0.6,0.7)、中级协调[0.7,0.8)、良好协调[0.8,0.9)、优质协调[0.9,1.0].

2.2.2　空间自相关模型

空间自相关模型是一种衡量地理要素空间关联性的重要方法,包括全局自相关与局部自相关. 其中,全局自相关用于检验绿色发展与经济韧性耦合协调度的空间相关性,局部自相关用来反映不同省份与其邻近省份的空间集聚类型.

2.2.3　空间计量模型

为进一步检验绿色发展与经济韧性耦合协调度的影响因素,将各影响因素作为解释变量,将耦合协调度作为被解释变量,进行回归分析. 考虑到绿色发展与经济韧性耦合协调度存在一定的空间性,使用双向固定效应的空间杜宾模型,模型构建如下:

$$D_{i,t}=\beta_0+\rho\boldsymbol{W}D+\sum\beta_iX_{i,t}+\sum\beta_i\boldsymbol{W}X_{i,t}+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t},$$

式中,$D_{i,t}$为第 i 个省份第 t 年的耦合协调度;$X_{i,t}$为耦合协调度影响因素的集合;ρ 为空间自回归系数;$\boldsymbol{W}$ 为空

间邻接矩阵;β_0 为常数项;β_i 为第 i 个变量的系数;u_i、v_t 分别为个体固定效应、时间固定效应;$\varepsilon_{i,t}$ 为随机误差项.

2.3　数据来源

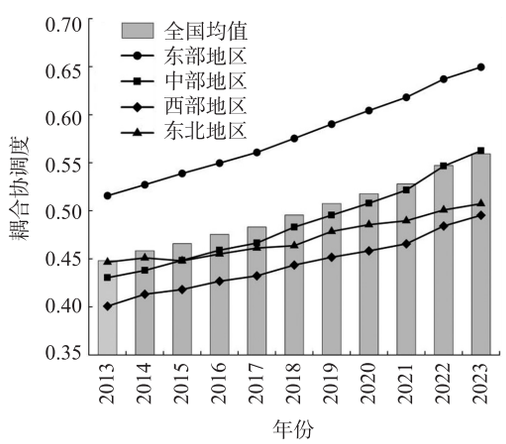
本文以中国 31 个省份(暂未包括台湾省、香港和澳门特别行政区)为研究对象,以 2013—2023 年为研究时段. 绿色发展与经济韧性评价指标体系所需数据来源于历年《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、各省份统计年鉴以及国民经济和社会发展统计公报、全国科技经费投入统计公报等,部分缺失数据用线性插值法补全.

3　结果与分析

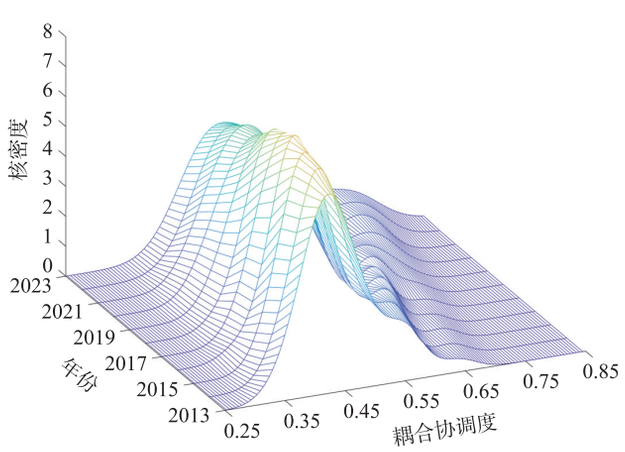
3.1　耦合协调时空分异特征

3.1.1　耦合协调时序演变特征

运用耦合协调度模型计算绿色发展与经济韧性的耦合协调度,并绘制其时序演变与核密度估计图. ①由图 2(a)可知,2013—2023 年绿色发展与经济韧性的耦合协调度逐年提升,年均增长率为 2.2%. 东部地区耦合协调度始终保持首位;中部地区耦合协调度起步虽低,但其凭借较高增速于 2015 年后反超东北地区;东北地区因传统重工业衰退与环保成本增加,而新兴产业尚未形成替代,其耦合协调度于 2015 年短暂下降,随后保持缓慢增长态势;西部地区受制于相对落后的经济基础、脆弱生态环境的保护约束及区位劣势,耦合协调度始终处于全国最低水平,增长相对滞后. ②图 2(b)直观反映了耦合协调度的分布演化及延展趋势. 从分布位置来看,核密度估计曲线中心位置逐渐右移,表明各地区耦合协调度不断提高. 在分布形态方面,波峰高度呈



(a) 时序演变



(b) 核密度估计

图 2　绿色发展与经济韧性耦合协调时序演变特征

Fig. 2　Temporal evolution characteristics of coupling coordination between green development and economic resilience

波动下降趋势,主峰宽度逐年拓宽,表明各地区耦合协调度趋于分散,样本内部差异有所增大. 就延展特性而言,曲线右侧拖尾比左侧更为明显,表明耦合协调度较高的地区增长潜力更大,部分区域正以较快速度领先发展. 在极化现象上,曲线呈现一主一次的双峰结构且次峰中心逐渐右移,表明耦合协调度在总体提升的同时,区域发展差距依然存在,较高水平地区逐渐形成次级集聚群体,呈现多极化发展态势.

3.1.2　耦合协调空间分布特征

为探究绿色发展与经济韧性耦合协调空间分布特征,根据耦合协调度等级划分标准,将 2013—2023 年的耦合协调度分为 5 个类型. 由表 3 可知,2013—2023 年轻度失调地区大幅缩减,勉强协调地区连片扩张,耦合协调度空间非均衡性显著,京、津与东南沿海地区展现出较高的耦合协调水平. 具体来看,2013 年,轻度失调地区集中分布于西部地区,濒临失调地区覆盖研究区的 51%,广泛分布于中部与东北地区. 天津、广东与长三角地区因市场化水平较高、环保投入力度大与创新能力突出,耦合协调发展态势良好. 北京凭借经济基础优势与政策资源集聚,展现出全国领先水平. 2018 年,在生态保护政策与区域协调战略推动下,除西藏外,原轻度失调地区基本转为濒临失调地区,濒临失调地区增至 19 处,占据主导地位,说明中西部地区绿色发展与经济韧性取得初步改善. 勉强协调地区零散分布于天津、山东、福建、陕西、湖北、重庆等地. 初级协调地区有所扩展,北京、广东与长三角地区形成协调“高地”. 2023 年,轻度失调地区清零,濒临失调地区分布于山西、黑龙江、吉林以及西部地区. 勉强协调地区占比达 35%,连片分布于华北与中部地区. 初级与中级协调地区以条带状分布于东南沿海地区,该区域在绿色经济转型方面走在前列.

表 3　绿色发展与经济韧性耦合协调空间分布特征

Table 3　Spatial distribution characteristics of coupling coordination between green development and economic resilience

耦合协调类型	2013 年	2018 年	2023 年
轻度失调	广西、甘肃、云南、新疆、贵州、青海、西藏	西藏	
濒临失调	福建、山东、陕西、辽宁、湖北、重庆、黑龙江、安徽、山西、吉林、内蒙古、海南、湖南、四川、河南、河北、江西、宁夏	安徽、四川、湖南、辽宁、江西、河南、河北、海南、吉林、内蒙古、山西、黑龙江、云南、贵州、广西、宁夏、青海、甘肃、新疆	吉林、山西、黑龙江、云南、宁夏、广西、贵州、甘肃、新疆、青海、西藏
勉强协调	江苏、浙江、广东、上海、天津	天津、福建、山东、湖北、重庆、陕西	湖北、湖南、陕西、安徽、江西、重庆、河北、四川、辽宁、河南、海南、内蒙古
初级协调	北京	北京、广东、浙江、上海、江苏	江苏、上海、天津、山东、福建
中级协调			北京、广东、浙江

3.1.3　耦合协调空间关联特征

运用 Stata 软件对绿色发展与经济韧性耦合协调度的空间关联性进行测度,分析其空间关联特征,结果见表 4. 2013—2023 年全局莫兰指数均为正值,且全部通过 1%显著性水平检验,表明绿色发展与经济韧性耦合协调度存在显著的空间正相关性. 从变化趋势来看,全局莫兰指数呈波动上升趋势,说明耦合协调度的空间集聚态势正逐渐增强,省份间的联系有所提高.

表 4　绿色发展与经济韧性耦合协调度的全局莫兰指数

Table 4　Global Moran's index of coupling coordination degree between green development and economic resilience

年份	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Moran's I	0.384	0.390	0.418	0.416	0.406	0.399	0.428	0.446	0.475	0.480	0.489
Z	3.575	3.637	3.862	3.845	3.763	3.686	3.915	4.057	4.285	4.315	4.386
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

为进一步考察绿色发展与经济韧性耦合协调度的局部空间集聚特征,绘制 2013 年、2018 年、2023 年耦合协调度的局部莫兰散点图. 由图 3 可知,2013—2023 年大部分散点落入第一、三象限,分别属于 H-H 促进型、L-L 落后型,落入第二、四象限(即 L-H 过渡型、H-L 辐射型)的散点较少,表明耦合协调度存在显著的局部空间正相关性,形成“同质特征为主、异质特征为辅”的空间关联模式. 研究期内 H-H 型主要分布于东部沿海地区,L-L 型主要分布于中西部内陆地区. 东部沿海地区如山东、江苏、浙江、上海、福建等,耦合协调度表现出较强的空间溢出效应,通过辐射、涓滴效应带动了周边地区耦合协调度的提升. 相比之下,中西部地区如西藏、青海、新疆、云南等,受要素资源约束与区域发展禀赋限制,耦合协调度始终处于较低水平,空间集聚效应不明显.

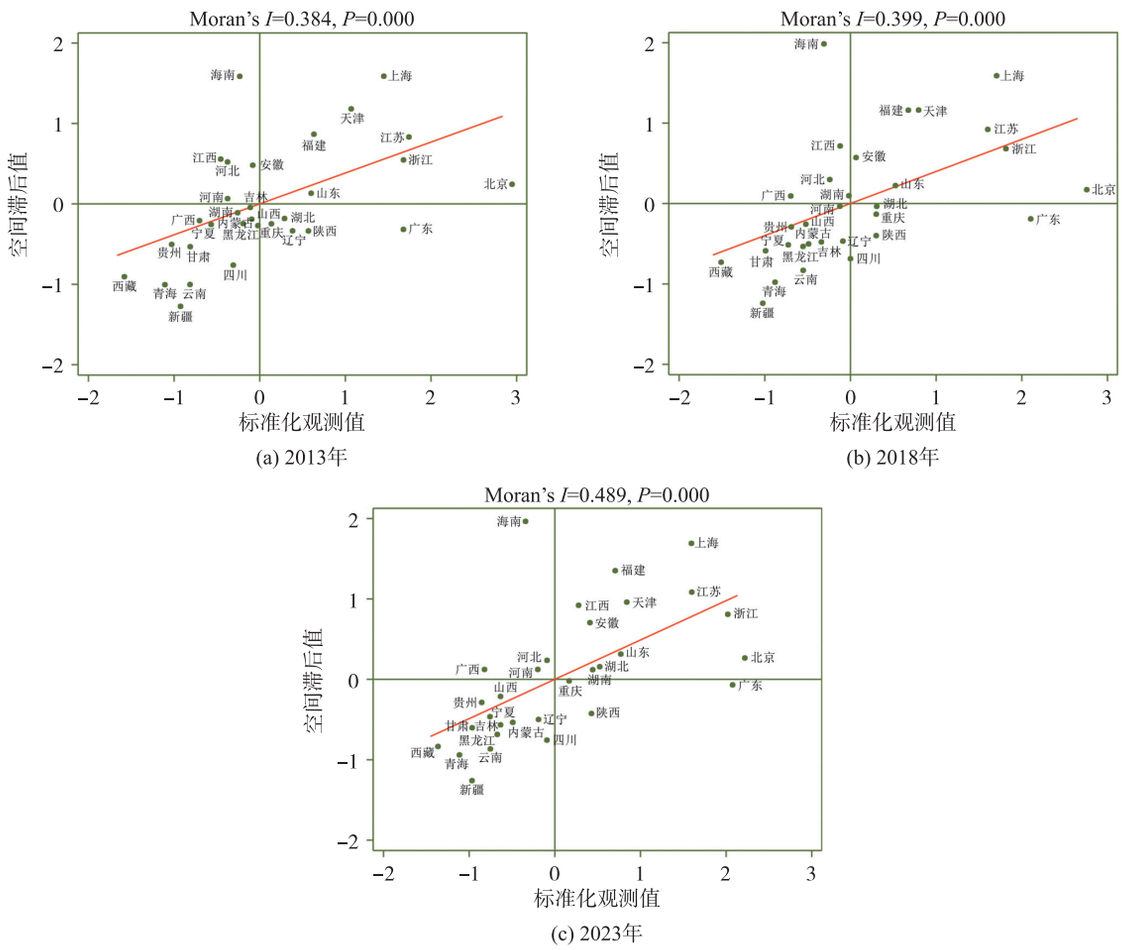


图 3　绿色发展与经济韧性耦合协调度的局部莫兰散点图

Fig. 3　Local Moran's scatter plot of coupling coordination degree between green development and economic resilience

3.2　影响因素分析

3.2.1　变量选取

本研究综合考虑人口、经济、社会等方面,结合现有研究[31-33],选取人口集聚、政府调控、产业结构、教育水平、科学技术、信息化水平 6 个影响因素进行分析(表 5). 为消除变量量纲与异方差影响,将解释变量进行 VIF 检验,结果显示变量间不存在明显的多重共线性.

表 5　影响因素变量选取

Table 5　Selection of influencing factor variables

变量名称	符号	变量说明	方差膨胀因子
人口集聚	Pop	常住人口密度	3.52
政府调控	Gov	地方一般公共预算支出占 GDP 比重	3.11
产业结构	Ind	第二、三产业增加值占第一产业增加值比重	5.74
教育水平	Edu	普通高等学校专任教师数量	3.83
科学技术	Tech	科教支出占地方财政支出比重	1.84
信息化水平	Inf	信息传输、软件和信息技术服务业就业人员占城镇单位就业人员比重	2.60

3.2.2　计量模型检验

为选择合适的空间计量模型,首先,在空间邻接矩阵下,对数据进行 LM 检验,检验结果显著,说明存在空间滞后效应与空间误差效应,拒绝使用 OLS 回归,初步选用空间杜宾模型并进行后续检验. 然后,进行 Wald 与 LR 检验,结果均通过了 1%水平的显著性检验,说明空间杜宾模型不会退化为空间滞后模型与空间误差模型. 最后,考虑区域因素与时间因素可能带来的估计偏误以及固定效应模型的适用性,进行 Hausman 检验与双向固定效应 LR 检验,检验结果显著,说明双向固定效应空间杜宾模型更优(表 6). 因此,本文选取基于时空固定效应的空间杜宾模型对绿色发展与经济韧性耦合协调的影响因素展开分析.

表 6 面板空间计量模型检验结果

Table 6 Results of panel spatial econometric model test

检验方法	统计值	检验方法	统计值
Moran's *I*	9.780***	LR-spatial lag	102.250***
LM-spatial lag	17.275**	LR-spatial error	122.050***
Robust LM-spatial lag	10.441**	Wald-spatial lag	114.950***
LM-spatial error	84.367***	Wald-spatial error	138.580***
Robust LM-spatial error	77.533***	LR-ind	88.920***
Hausman	123.230***	LR-time	755.170***

注:***、**、*分别表示在 1%、5%、10%水平上显著.

3.2.3 回归结果分析

由表 7 可知,所有解释变量的主效应系数均显著为正,说明人口集聚、政府调控、产业结构、教育水平、科学技术、信息化水平的发展,均对本地绿色发展与经济韧性的耦合协调度产生积极的促进作用. 然而,信息化水平的空间滞后项系数显著为负,表明本地信息化水平的提高会对邻近地区的耦合协调度产生抑制作用. 这可能是由于信息化发展存在明显的"虹吸效应",信息化水平较高、基础设施更为完善、资源更为集中的地区,会吸引周边地区的优质要素(如人才、资本、技术等)向本地区聚集,从而在一定程度上削弱了邻近地区的发展动力,抑制其绿色发展与经济韧性协调水平的提升.

表 7 空间杜宾模型回归结果

Table 7 Regression results of spatial Durbin model

变量	主效应	空间滞后项	直接效应	间接效应	总效应
Pop	0.020***(3.75)	−0.018(−1.17)	0.020***(3.59)	−0.017(−0.96)	0.003(0.13)
Gov	0.103***(4.76)	0.049(1.29)	0.104***(5.05)	0.070*(1.86)	0.174***(4.66)
Ind	0.022***(4.03)	0.086***(9.63)	0.025***(5.33)	0.100***(9.44)	0.125***(11.31)
Edu	0.020*(1.80)	0.042*(1.66)	0.021**(1.98)	0.049*(1.76)	0.070**(2.39)
Tech	0.300***(5.31)	0.042(0.35)	0.301***(5.45)	0.088(0.68)	0.389***(2.75)
Inf	0.374***(2.78)	−1.351***(−5.28)	0.331***(2.60)	−1.456***(−4.72)	−1.125***(−3.35)
Spatial rho			0.137**(2.08)		
σ^2			0.000***(13.05)		
log-likelihood			1 141.057		
R^2			0.622		
个体固定			Yes		
时间固定			Yes		

注:***、**、*分别表示在 1%、5%、10%水平上显著;括号内数值表示检测统计量.

将空间杜宾模型的回归结果进行效应分解发现:①人口集聚的直接效应在 1%水平上显著为正,而间接效应与总效应不显著,表明人口集聚主要促进本地耦合协调度的提升,对邻近地区的空间溢出效应尚不明显. ②政府调控的直接效应、间接效应与总效应均显著为正,说明政府调控能力增强不仅有助于提升本地耦合协调度,也对邻近地区产生积极的辐射带动效果. ③产业结构与教育水平对本地与邻近地区的耦合协调度均具有显著的促进作用. 二者每增长 1%,对邻近地区产生的溢出效应(分别为 0.100%与 0.049%)远大于对本地的直接效应(分别为 0.025%与 0.021%). 相较于有形的资本与资源,技术与人才要素具有强外部性与空间流动性. 本地产业升级带来的技术扩散和高素质劳动力的跨区域流动,使得先进生产要素能够跨越行政边界,在更广范围内实现优化配置与效率提升,从而对邻近地区产生超越本地直接效应的辐射带动作用. ④科学技术的直接效应与总效应在 1%水平上显著为正,而间接效应不显著,表明科技进步目前主要惠及本地耦合协调度的提升,对邻近地区的辐射带动作用有限. ⑤信息化水平的直接效应在 1%水平上显著为正,而间接效应与总效应均显著为负,说明信息化发展在推动本地耦合协调度提升的同时,对邻近地区产生了负向空间溢出效应.

3.2.4 空间异质性分析

进一步探究不同区域解释变量对耦合协调度的影响差异. 由表 8 可知:①东部地区政府调控、产业结

构、科学技术、信息化水平的回归系数均显著为正,表明东部地区通过合理的政策引导能有效促进资源优化配置;产业结构优化升级有助于提升产业竞争力;科技进步为绿色生产技术的研发与应用提供了支撑;信息化建设有助于信息流通与共享,优化生产流程并降低能耗. ②中部地区人口集聚、政府调控、信息化水平的回归系数显著为负,教育水平、科学技术的回归系数显著为正,说明中部地区人口过度集聚可能导致资源紧张与环境压力增大;政府调控与信息化建设未能与本地实际有效结合,抑制耦合协调度的提升;而教育水平的提升有助于提高劳动力素质,为经济发展与绿色技术创新提供智力支持;科技进步推动产业升级并提高资源利用效率,对耦合协调度起到积极的促进作用. ③西部地区人口集聚的回归系数显著为正,政府调控的回归系数显著为负,表明西部地区适度的人口集聚有助于形成规模效应,促进资源共享与产业协作,从而推动经济韧性与绿色发展协调提升;但政府调控若过于直接或与市场机制不协调,则可能干扰本地发展路径,不利于耦合协调水平提高. ④东北地区人口集聚的回归系数显著为正,产业结构、教育水平、信息化水平的回归系数显著为负,表明东北地区人口集聚一定程度上缓解了人口流出压力,有利于维持经济结构稳定;而产业结构仍偏重传统工业,教育产出与信息化建设未能有效转化为产业创新与绿色转型动力.

表 8　异质性分析

Table 8　Heterogeneity analysis

变量	东部地区	中部地区	西部地区	东北地区
Pop	0.002(0.35)	−0.230**(−2.26)	0.195*(2.11)	0.511***(3.88)
Gov	0.276***(2.68)	−0.162**(−1.77)	−0.052**(−2.04)	−0.019(−0.32)
Ind	0.024*(1.88)	−0.012(−0.83)	0.017(1.42)	−0.070***(−3.63)
Edu	0.012(0.39)	0.152***(5.54)	0.014(0.78)	−0.690***(−4.39)
Tech	0.431***(3.27)	0.556***(6.77)	−0.049(−0.47)	−0.027(−0.20)
Inf	0.718***(2.72)	−2.070***(−4.98)	0.303(0.68)	−1.248***(−2.64)

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;括号内数值表示检测统计量.

3.2.5　稳健性检验

为验证空间杜宾模型回归结果的稳定性,采用经济地理嵌套矩阵代替空间邻接矩阵进行效应分解. 由表9可知,各解释变量均对绿色发展与经济韧性的耦合协调度产生显著的正向直接效应,其中产业结构、科学技术对邻近地区具有明显的正向间接溢出效应,这一结果与在空间邻接矩阵下得出的结论一致,从而验证了研究结果的稳定性. 为剔除异常值对研究结果的影响,对所有解释变量进行上下各1%的缩尾处理,在空间邻接矩阵下进行效应分解. 结果显示,各变量对耦合协调度的影响与先前保持一致,证明前文结论稳健可靠.

表 9　稳健性检验

Table 9　Robustness tests

变量	经济地理嵌套矩阵			缩尾处理		
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
Pop	0.016**(2.50)	−0.050(−1.29)	−0.034(−0.83)	0.019***(3.36)	−0.018(−0.98)	0.001(0.06)
Gov	0.092***(4.48)	−0.016(−0.19)	0.076(0.81)	0.120***(5.32)	0.083**(2.00)	0.203***(5.04)
Ind	0.033***(6.26)	0.080***(3.66)	0.113***(5.09)	0.025***(5.35)	0.107***(9.69)	0.132***(11.20)
Edu	0.063***(5.82)	0.003(0.11)	0.066*(1.82)	0.032***(2.95)	0.048*(1.74)	0.080***(2.77)
Tech	0.325***(5.24)	0.531**(2.41)	0.856***(3.82)	0.260***(4.58)	0.147(1.11)	0.407***(2.80)
Inf	0.361**(2.46)	1.224*(1.85)	1.585**(2.30)	0.350**(2.52)	−1.685***(−4.95)	−1.335***(−3.52)

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;括号内数值表示检测统计量.

4　结论

本研究运用耦合协调度模型、空间计量模型等方法,分析2013—2023年中国31个省份绿色发展与经济韧性耦合协调度的时空演变特征及影响因素的作用机制. 研究结论如下:

(1)绿色发展与经济韧性的耦合协调度逐年提升. 研究期内轻度失调地区大幅缩减,勉强协调地区连片扩张,耦合协调度空间非均衡性显著,京、津与东南沿海地区展现出较高的耦合协调水平. 耦合协调度空间正相关性显著,形成“同质特征为主、异质特征为辅”的空间关联模式.

(2)人口集聚、政府调控、产业结构、教育水平、科学技术、信息化水平是影响经济韧性与绿色发展耦合协调的关键因素. 其中,人口集聚与科学技术主要促进本地耦合协调度的提升;政府调控、产业结构与教育水平对本地与邻近地区的耦合协调度均具有显著正向作用;信息化水平能够推动本地耦合协调度提升,而对邻近地区产生明显的负向空间溢出效应.

(3)各影响因素对耦合协调度的作用存在显著区域异质性. 东部地区受益于政府调控、科技创新、产业升级与信息化建设的协同驱动,中部与东北地区受政府调控、产业结构、信息化水平等因素的负向影响,西部地区受人口集聚驱动的同时也受到政府调控的抑制作用.

基于研究结论,提出绿色发展与经济韧性协调发展建议:

(1)创新协同发展战略,统筹经济韧性与绿色发展. 建立绿色发展合作机制,促进东、西部地区在绿色技术、绿色产业等方面的交流与合作,加大绿色技术创新投入,优化绿色产业布局. 同时,构建沿海—内陆经济韧性联动体系,培育多元化产业体系.

(2)聚焦关键影响因素,增强正向溢出效应,转化负向溢出效应. 优化人口集聚质量与科技创新能力,推动其从本地优势向区域辐射延伸;强化政府调控、产业结构与教育水平的区域共享,构建跨区域协调机制与统一标准体系;着力转化信息化水平的负向溢出效应,推进区域数字基础设施均衡布局与一体化平台建设,缩小“数字鸿沟”.

(3)立足区域特色,推行因地制宜发展模式. 东部地区应加强政府调控、科技创新与产业升级的协同作用,构建自主可控的绿色产业链与韧性供应链;中部与东北地区需重点破解信息化与产业结构制约,推动产业数字化、绿色化融合转型;西部地区可依托人口集聚与资源优势,建设清洁能源基地,实现生态保护与经济发展良性互动.

[参考文献]

[1] 李诗音,苏欣怡,符安平. 长江中游城市群经济韧性对高质量发展的影响[J]. 经济地理,2022,42(10):19-24.

[2] 魏丽莉,侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J]. 数量经济技术经济研究,2022,39(8):60-79.

[3] 孔芳霞,刘新智,周韩梅,等. 新型基础设施建设与城市绿色发展耦合协调的时空演变特征与影响因素[J]. 经济地理,2022,42(9):22-32.

[4] 张旭,魏福丽,袁旭梅. 中国省域高质量绿色发展水平评价与演化[J]. 经济地理,2020,40(2):108-116.

[5] Guo Y H,Tong L J,Mei L. The effect of industrial agglomeration on green development efficiency in Northeast China since the revitalization[J]. Journal of Cleaner Production,2020,258:120584.

[6] Li W W,Zhang Y Y,Yang C F,et al. Does producer services agglomeration improve urban green development performance of the Yangtze River Economic Belt in China[J]. Ecological Indicators,2022,145:109581.

[7] 郭付友,高思齐,佟连军,等. 黄河流域绿色发展效率的时空演变特征与影响因素[J]. 地理研究,2022,41(1):167-180.

[8] 郭付友,佟连军,仇方道,等. 黄河流域生态经济走廊绿色发展时空分异特征与影响因素识别[J]. 地理学报,2021,76(3):726-739.

[9] 何爱平,安梦天,李雪娇. 黄河流域绿色发展效率及其提升路径研究[J]. 人文杂志,2021(4):32-42.

[10] Zhang C T,Zhao L,Song X Y,et al. Spatial-temporal coupling characteristics and interaction effects of economic resilience and people's livelihoods and well-being:an analysis of 78 cities in the Yellow River Basin[J]. Sustainable Cities and Society,2024,112:105638.

[11] Briguglio L,Cordina G,Farrugia N,et al. Conceptualising and measuring economic resilience[M]//Briguglio L,Cordina G,Kisanga E J. Building the Economic Resilience of Small States. Blata I-Bajda:Formatek Ltd.,2006:265-287.

[12] 胡艳,陈雨琪,李彦. 数字经济对长三角地区城市经济韧性的影响研究[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版),2022,54(1):143-154.

[13] 冯苑,聂长飞,张东. 中国城市群经济韧性的测度与分析:基于经济韧性的 shift-share 分解[J]. 上海经济研究,2020(5):60-72.

[14] 丁建军,王璋,柳艳红,等. 中国连片特困区经济韧性测度及影响因素分析[J]. 地理科学进展,2020,39(6):924-937.

[15] 刘逸,纪捷韩,张一帆,等. 粤港澳大湾区经济韧性的特征与空间差异研究[J]. 地理研究,2020,39(9):2029-2043.

[16] 孙久文,陈超君,孙铮. 黄河流域城市经济韧性研究和影响因素分析:基于不同城市类型的视角[J]. 经济地理,2022,

42(5):1-10.
[17] 谭俊涛,赵宏波,刘文新,等. 中国区域经济韧性特征与影响因素分析[J]. 地理科学,2020,40(2):173-181.
[18] 关衷效,王钊. 中国区域经济韧性演进特征与路径选择[J]. 兰州大学学报(社会科学版),2022,50(5):13-26.
[19] 姚登宝,王晓曼,姚玉悦. 绿色金融发展对中国宏观经济韧性的影响研究[J]. 山东财经大学学报,2023,35(1):13-26.
[20] 管昌玲,张继彤. 经济韧性与经济高质量发展的关系研究:以长三角地区 26 个地级市为例[J]. 资源开发与市场,2022,38(2):194-201.
[21] 盖美,秦冰,郑秀霞. 经济增长动能转换与绿色发展耦合协调的时空格局演化分析[J]. 地理研究,2021,40(9):2572-2590.
[22] 邓宗兵,肖沁霖,王炬,等. 中国数字经济与绿色发展耦合协调的时空特征及驱动机制[J]. 地理学报,2024,79(4):971-990.
[23] 舒成,朱沛阳,许波. 江西省绿色发展水平测度与空间分异分析[J]. 经济地理,2021,41(6):180-186.
[24] 邓毛颖,韦晓莉,张国俊. 中国新型城镇化与绿色发展协调演进关系研究[J]. 自然资源学报,2024,39(7):1682-1697.
[25] 史利江,李永宁,李前锦,等. 资源型地区地级市绿色发展水平的时空演变及影响因素:以山西省为例[J]. 经济地理,2024,44(1):77-87.
[26] Martin R. Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks[J]. Journal of Economic Geography, 2012, 12(12):1-32.
[27] 陈勤昌,王兆峰. 武陵山片区国土开发强度与经济韧性时空耦合特征及互动效应[J]. 经济地理,2023,43(4):41-50.
[28] 宋玉茹,董小君,许诗源,等. 中国经济韧性水平测度与时空格局演变分析[J]. 统计与决策,2023,39(9):103-108.
[29] 王凯,何回,叶俊. 武陵山片区经济韧性与乡村振兴耦合协调时空演变研究[J]. 地理与地理信息科学,2024,40(3):135-142.
[30] 陈奕玮,丁关良. 中国地级市城市经济韧性的测度[J]. 统计与决策,2020,36(21):102-106.
[31] 赵林,张春霆,郭付友,等. 中国绿色发展与共同富裕协同演化及其驱动因素[J]. 自然资源学报,2025,40(8):2177-2194.
[32] 李连刚,张平宇,程钰,等. 黄河流域经济韧性时空演变与影响因素研究[J]. 地理科学,2022,42(4):557-567.
[33] 林瑒焱,徐昔保,王维. 长江经济带绿色发展水平时空分异特征与影响因素[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(9):1822-1833.

[责任编辑:丁　蓉]