

# 山西省城市生态韧性与新型城镇化 耦合协调及影响因素研究

王梦娉

(山西财经大学,太原 030006)

**【摘要】**城市生态韧性对资源型区域可持续发展具有重要意义。山西省作为资源型地区,加强本省城市生态韧性与新型城镇化耦合协调发展可以助推山西省生态环境的高水平保护与经济的高质量发展。本文结合山西省的实际情况,分别构建城市生态韧性与新型城镇化指标体系,通过熵权法、耦合协调度模型、探索性空间分析及地理探测器,定量测度2012—2024年山西省城市生态韧性与新型城镇化的时空耦合规律及其影响因素。研究表明:(1)山西省城市生态韧性与新型城镇化两者耦合协调度持续优化但尚未达到良好协调阶段,太原、晋中地区具有显著的空间正相关性;(2)山西省城市生态韧性与新型城镇化的时空耦合协调影响机制从“经济规模主导”发展到“产业-生态协同”,最终升级为“低碳-韧性融合”,体现政策目标与治理技术的迭代升级。据此,提出通过优化产业布局、改善区域生态等策略,推动区域内治理规范的跨尺度衔接,形成资源型地区生态环境保护与经济高质量发展的系统化路径。本研究为推动实现我国生态文明建设目标提供理论和实践参考。

**【关键词】**城市生态韧性;新型城镇化;耦合协调;地理探测器;资源型地区

中图分类号:X24

文献标识码:A

文章编号:1673-288X(2025)05-0055-09

DOI:10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202505055

山西省作为资源型经济发展省份,面临传统发展模式带来的产业结构失衡、城市空间功能失序等问题,导致城市生态环境脆弱、生态环境承载力下降,严重影响了城镇化的发展质量。党的二十大报告提出要深入推进污染防治,持续深入打好蓝天、碧水、净土保卫战,并对推进新型城镇化作出重要部署。基于山西省发展现状与国家政策导向,新型城镇化是山西省城市可持续发展的必由之路,对山西省城市生态韧性提出更高要求。本文以山西省11个地级市作为研究对象,构建起城市生态韧性与新型城镇化发展耦合并进的治理新范式。

关于生态韧性一词,国外学者研究起步较早,Holling(1973)首次将韧性引入生态学<sup>[1]</sup>,以表征生态系统内部的稳定结构与功能,其研究范畴不断扩展,其研究实质在于面对不确定

性扰动,主动探索适应性的调整方法与途径<sup>[2]</sup>。其他对于城市生态韧性的研究内容主要包括抵抗自然灾害的能力和城市规划领域<sup>[3-4]</sup>。近年来,生态韧性逐渐成为生态环境方面的新兴重点研究话题<sup>[5-6]</sup>,国内学者的研究主要集中在区域差异以及建设评价等方面<sup>[7-8]</sup>。新型城镇化方面,在国际上,城市规划建设理念中没有明确这一概念,而国内学者的相关研究体现在从不同视角寻找与新型城镇化的关系或协调程度<sup>[9-10]</sup>。从生态韧性与新型城镇化二者耦合协调的方向看,国内学者的研究针对特殊的地理区域,例如江河流域、三角洲等经济发展较好的城市聚集区域<sup>[11-12]</sup>。目前,对山西省城市生态韧性的研究主要集中于对汾河流域县域的探索以及对新型城镇化及产业结构耦合协调的探究,针对各地市生态韧性与新型

基金项目:2024年度山西省研究生科研创新项目“资源型地区新型城镇化与生态韧性的耦合协调分析与障碍因素识别——以山西省为例”(2024KY565)。

作者简介:王梦娉(2001—),女,硕士研究生,研究方向为区域环境管理,E-mail:emmmxzbbd@163.com。

城镇化的空间格局分析及影响因素的研究鲜见报道<sup>[13-14]</sup>。

2025年7月,习近平总书记在山西考察时强调,要一体推进治山治水治气治城,全面加强防沙治沙和流域水土流失治理,持续推进重点行业节能降碳,扎实开展矿山生态修复,切实维护生态安全。习近平总书记的重要指示为资源型地区生态与经济协调发展提供了科学指引与实践范式。本文对山西省城市生态韧性 with 新型城镇化耦合协调水平的时空格局开展研究,提

出对策建议,为资源型地区落实国家政策、实现经济与生态的双重可持续发展以及推动黄河流域生态保护和高质量发展贡献力量。

### 1 研究方法

#### 1.1 指标体系构建

遵循全面性、可操作性、前瞻性、可比性、低碳性原则,参考国内外相关学者的指标体系建设<sup>[2-13]</sup>,并结合山西省各地市的实际情况,详见表1。

表1 生态韧性与新型城镇化指标体系及指标权重

一级指标	二级指标	三级指标	权重	指标属性	序号
生态韧性	压力(0.1934)	单位GDP碳排放量(吨/万元)	0.0658	-	X <sub>1</sub>
		人均工业二氧化硫排放量(吨/人)	0.0587	-	X <sub>2</sub>
		人均工业废水排放量(万吨/人)	0.0688	-	X <sub>3</sub>
	状态(0.2957)	人均公园绿地面积(平方米/人)	0.0686	+	X <sub>4</sub>
		建成区绿化覆盖率(%)	0.0557	+	X <sub>5</sub>
		空气质量达标天数(天)	0.0636	+	X <sub>6</sub>
		人均日生活用水量(平方米/人)	0.1079	+	X <sub>7</sub>
	响应(0.5109)	生活垃圾无害化处理率(%)	0.0694	+	X <sub>8</sub>
		污水处理厂集中处理率(%)	0.0537	+	X <sub>9</sub>
		一般工业固体废物综合利用率(%)	0.1010	+	X <sub>10</sub>
		再生水生产能力(万平方米/天)	0.2869	+	X <sub>11</sub>
新型城镇化	人口城镇化(0.1851)	城镇常住人口(人)	0.1065	+	X <sub>12</sub>
		城镇化率(%)	0.0786	+	X <sub>13</sub>
	经济城镇化(0.2096)	人均GDP(元)	0.0988	+	X <sub>14</sub>
		第二、三产业占GDP比重(%)	0.0509	+	X <sub>15</sub>
		城镇居民家庭人均可支配收入(元/人)	0.0598	+	X <sub>16</sub>
		每万人拥有卫生机构床位数(张/万人)	0.0746	+	X <sub>17</sub>
	社会城镇化(0.3818)	每万人拥有公共汽(电)车营运辆数(辆/万人)	0.1198	+	X <sub>18</sub>
		每万人拥有中小学数量(个/万人)	0.0560	+	X <sub>19</sub>
		城镇社会消费品零售总额(万元)	0.1313	+	X <sub>20</sub>
	空间城镇化(0.2235)	人均道路面积(平方米/人)	0.0675	+	X <sub>21</sub>
		建成区面积(平方千米)	0.1560	+	X <sub>22</sub>

生态韧性指标基于“压力-状态-响应”模型(PSR),在一定程度上能够减弱因人为或自然灾害带来的影响,恢复和改善现有状态,从而

提升城市韧性;而新型城镇化指标则考虑到城镇化以人为本的理念,在此基础上融入精神文化、社会公平、生态环境等多个角度,基于人口

城镇化、经济城镇化、社会城镇化、空间城镇化四大要素进行构建。在指标体系构建过程中,新型城镇化通过人口增长、经济发展和空间扩张与生态韧性建立联系;人口城镇化和经济城镇化对生态韧性有直接影响,而空间城镇化则通过影响生态空间来间接影响生态韧性;生态韧性是城市城镇化可持续发展的助推器,生态韧性越高,城市能承接的风险与灾害能力越强,城市环境越好,其城镇化水平也会得到大幅度提升。综上所述,新型城镇化与生态韧性耦合度越高,区域城市发展越协调,对实现经济高质量发展,推动生态文明建设,切实提升环境可持续性越有积极作用。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 熵权法

熵值法作为一种客观赋权法,可以消除人为主观因素对于权重的影响。熵值越大,权重越小。本文利用熵值法计算山西省各地级市生态韧性与新型城镇化的指数。通过计算熵值大小,确定各指标的权重,具体步骤如下:

(1)数据标准化处理:

$$X_{ij}' = \frac{X_{ij} - \min\{X_{ij}\}}{\max\{X_{ij}\} - \min\{X_{ij}\}} \quad (\text{正向}) \quad (1)$$

$$X_{ij}' = \frac{\max\{X_{ij}\} - X_{ij}}{\max\{X_{ij}\} - \min\{X_{ij}\}} \quad (\text{负向}) \quad (2)$$

(2)第*i*年*j*项指标比重:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij}'}{\sum_{i=1}^m X_{ij}'} \quad (3)$$

(3)指标信息熵和信息熵冗余度:

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m (Y_{ij} \times \ln Y_{ij}) \quad (4)$$

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

(4)计算权重:

$$W_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad (6)$$

(5)计算综合水平得分:

$$s = \sum_{j=1}^n w_j \times x_{ij}' \quad (7)$$

式中: $X_{ij}$ 表示第*i*个年份*j*项指标的数值; $\min\{X_{ij}\}$ 与 $\max\{X_{ij}\}$ 分别表示研究所有年份中

*j*项评价指标的最大、最小值;*m*为计算指标的年数;*n*为总指标数。运用熵值法计算各指标权重,进而得到山西省各地级市生态韧性与新型城镇化的发展水平指数。

### 1.2.2 耦合协调度模型

结合目前已有研究,构建生态韧性与新型城镇化两个系统的耦合模型,公式如下:

$$W = \frac{2\sqrt{X_1 X_2}}{X_1 + X_2} \quad (8)$$

$$T = \alpha X_1 + \beta X_2 \quad (9)$$

$$S = \sqrt{W \times T} \quad (10)$$

其中,*W*为两系统间的耦合程度; $X_1$ 为新型城镇化值; $X_2$ 为生态韧性水平;*T*为两系统整体效益水平; $\alpha$ 和 $\beta$ 为系数且 $\alpha+\beta=1$ ,反映系统各自对整体效益水平的贡献度。本文假定生态韧性与新型城镇化拥有同等地位,故将 $\alpha$ 和 $\beta$ 均设定为0.5。*S*为两系统的耦合协调度,其值介于0到1之间,*S*越大说明生态韧性与新型城镇化耦合协调发展的状况越好。

采用等分法对耦合协调度进行等级划分,该标准辅助明晰系统中的耦合协调关系,以此根据不同等级的耦合程度采取相应的管理措施与对策战略。耦合协调度等级划分标准,如表2所示。

表2 协调度分级

耦合协调度	协调等级	分类代表
$0.8 \leq D \leq 1$	高度协调	A
$0.6 \leq D < 0.8$	中度协调	B
$0.4 \leq D < 0.6$	基本协调	C
$0.2 \leq D < 0.4$	中度失调	D
$0 \leq D < 0.2$	严重失调	E

### 1.2.3 探索性空间数据分析

探索性空间数据分析(ESDA)可以对空间数据进行识别与分辨。通过利用带有空间特性的属性数据,对其存在的空间关系进行分析,揭示各区域间是否存在空间的相互作用影响。一般情况下,需要研究全局相关与局部相关两部分,因山西省生态韧性与新型城镇化全局相关

结果与当前研究一致,本文仅使用冷热点分析方法对局部空间相关性进行论述。

局部空间自相关则用 Getis-Ord  $G_i^*$  (冷热点分析),通过分析数据在空间上的分布,找出低值集聚(冷点)和高值集聚(热点)的区域,检验局部地区的山西省各地级市生态韧性与新型城镇化耦合协调是否会出现空间聚集的现象,具体计算公式如下:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{\sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad (11)$$

其中  $x_j$  是要素  $j$  的属性值,  $w_{i,j}$  是要素  $i$  和  $j$  之间的空间权重,  $n$  为要素总数,且:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (12)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (13)$$

$G_i^*$  统计是  $z$  得分,  $z$  值应具有统计学显著意义,当  $z$  值得分为正,  $z$  得分越高,代表高值(热点)的聚类就越紧密;反之,当  $z$  值得分为负,  $z$  得分越低,低值(冷点)的聚类就越紧密。通常可以把局部区域的集聚类型划分为冷点区、次冷点区、过渡区、次热点区、热点区五种集聚的类型。

#### 1.2.4 地理探测器

地理探测器通过比较总区域和子区域的方差,来研究空间的异质性,揭示地理现象背后的主导因素。本文利用分异及因子探测器、交互探测器来判断识别山西省生态韧性与新型城镇化耦合协调的主要影响因素以及各因素之间的关系,模型公式为:

$$q = 1 - \left( \frac{1}{N\sigma^2} \right) \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2 \quad (14)$$

式中,  $q$  为探测因子对空间分异的解释程度,  $q$  值越大,表明该因子对空间分异的影响越大;  $N$ 、 $N_i$  分别代表总样本数量和分区的样本数量;  $\sigma^2$ 、 $\sigma_i^2$  分别指总方差和分区的方差;  $L$  为变

量或影响因子的分层个数。

## 2 结果与分析

### 2.1 山西省生态韧性与新型城镇化耦合协调度时序演变特征

基于耦合协调度模型对山西省城市生态韧性与新型城镇化系统协同发展态势展开计量分析,详见图1。研究结果显示:2012—2024年研究单元耦合协调度呈显著上升趋势,这与其他相关研究结论一致。其中,太原市作为区域中心城市,其耦合协调度在2024年提升为0.897,较其他10市存在明显数量级差异,较高数值体现系统间良性互动效应显著,揭示其在城镇化质量提升与生态系统适应能力建设领域已形成良性协同机制。次级城市受资源依赖型发展模式的持续影响,造成人口、经济、社会、空间等方面的“有增长,无发展”局面<sup>[14]</sup>,呈现子系统互动效率较低的区域性结构矛盾。伴随区域生态经济协同发展政策推进,研究期末各市耦合协调度普遍超过0.567阈值,但整体仍存在发展梯度差异,需警惕多维度“增长失序”现象的复现可能。就区域整体而言,系统协同发展指数保持稳定增速,证明双系统动态均衡机制正逐步形成。

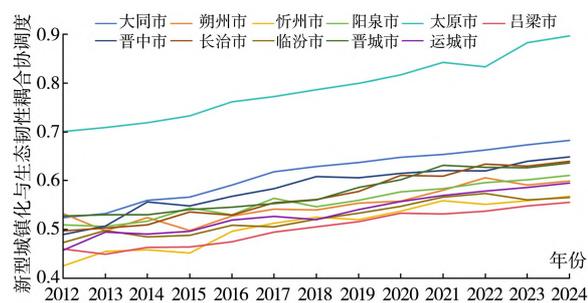


图1 2012—2024年山西省11个地级市生态韧性与新型城镇化耦合协调度

将山西省生态韧性与新型城镇化发展耦合协调度按照评价标准划分、整合,详见表3。通过对11个地级市两系统耦合协调度求均值,得出山西省整体的生态韧性与新型城镇化协调等级。从整体来看,山西省耦合协调度处于基本

表 3 2012—2024 年山西省 11 个地市生态韧性与新型城镇化耦合协调类型分布表

时间	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
地域	协调等级												
山西省均值	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B
大同市	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B
朔州市	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	C	C
忻州市	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
阳泉市	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B
太原市	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A
吕梁市	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
晋中市	C	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B
长治市	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B
临汾市	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
晋城市	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B
运城市	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

协调水平,尤其是近两年的协调度得到较大提升,呈现为中度协调,较能反映省内各城市综合水平。

## 2.2 山西省生态韧性与新型城镇化耦合协调度空间演变特征

为了更加清晰地观察 2012—2024 年山西省 11 个地级市生态韧性与新型城镇化耦合协调度的时序演变特征,运用 ArcGIS10.8 软件绘制出山西省 11 个地级市 2012 年、2018 年以及 2024 年的生态韧性与新型城镇化耦合协调度的时序演变图。利用等间隔分级法将两系统耦合后的发展水平划分为 5 个等级:低水平 [0.426076, 0.5202372)、较低水平 [0.5202372, 0.6143984)、中等水平 [0.6143984, 0.7085596)、较高水平 [0.7085596, 0.8027208)、高水平 [0.8027208, 0.896882]。

表 3 及图 2 显示,2012—2024 年太原市生态韧性与新型城镇化耦合协调度高于山西省平均值,呈现持续优化态势,空间异质性特征显著;晋中市、长治市等城市的生态韧性与新型城镇化耦合协调度由低水平到中等水平提升,具

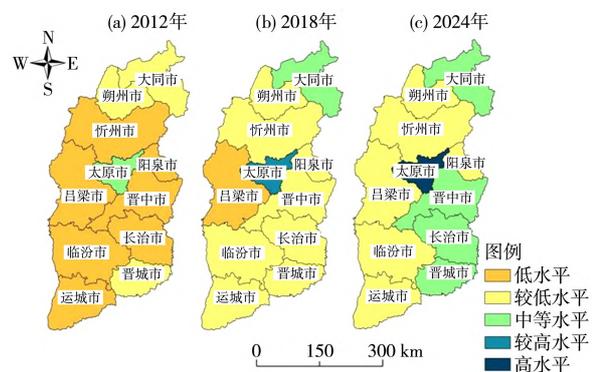


图 2 山西省 11 个地级市生态韧性与新型城镇化耦合协调水平空间格局

有典型后发优势;忻州市、吕梁市等城市研究期间内处于较低协调水平,反映出其面临经济发展滞后、产业结构升级阻滞等困境。空间分异格局显示“中心极化”现象突出,优质要素过度向太原市集聚,晋中市是次级增长极,其余区域协同发展动能不足。这一格局起因于地理禀赋差异、传统产业路径依赖及创新要素的分布失衡,区域间生态-经济系统转型速率存在梯度差异。虽然整体协调度维持上升,但区域内各城市间差距存在扩大风险,亟待通过建立差异化政策体系实现高质量协同发展。

### 2.3 山西省生态韧性与新型城镇化耦合协调度局部空间自相关

为使结果更加清晰呈现,本文对冷热点分析结果总分采用利用等间隔分级法,将山西省11个地级市两系统耦合发展的局部集聚水平划分为冷点区 $[-1.482942, -0.9146618)$ 、次冷点区 $[-0.9146618, -0.3463816)$ 、过渡区 $[-0.3463816, 0.2218986)$ 、次热点区 $[0.2218986, 0.7901788)$ 、热点区 $[0.7901788, 1.3584197]$ 。运用 ArcGIS 对山西省 2012 年、2018 年、2024 年间生态韧性与新型城镇化耦合协调发展水平进行局部空间自相关分析演示,用于表征二者耦合的空间单元聚集程度与邻近地区的空间关联程度,结果如图 3 所示。

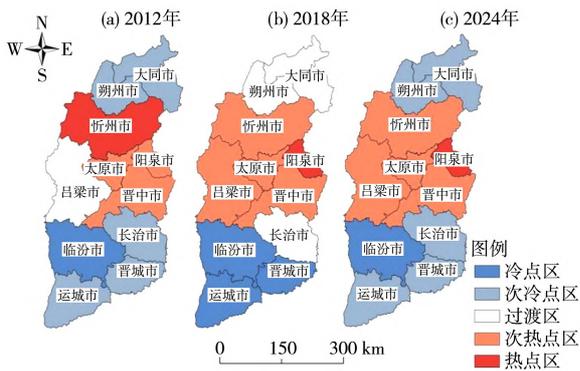


图 3 山西省 11 个地级市生态韧性与新型城镇化耦合发展水平冷热点分析图

图 3 所示,相较于其他城市,自 2012 年,太原市生态韧性与新型城镇化耦合协调度呈“领先式”水平,表现稳定。太原市作为核心增长极在观测期内持续处于次热点区,其空间优势体现在三个方面:一是政策资源集聚效应,省域优质资源与战略规划倾斜使基础设施完备性达到高位;二是地理禀赋优异,太原盆地平原地形支撑人口集聚与城乡协调发展;三是生态治理投入持续,构建起城镇化与生态修复协同机制。外围城市呈现梯度化分异特征:阳泉市、晋中市、忻州市承接太原市溢出的热点、次热点区,借助“太榆同城化”战略及装备制造集群发展推动产业绿色转型;而临汾市、朔州市等冷点、次冷点区受限于传统能源依赖与财政约束,面

临生态脆弱性加剧困境。研究表明,需要构建基于空间异质性的“核心-边缘”协同机制,通过政策供给差异化与产业梯度转移,实现区域生态韧性整体提升。该结论为统筹山西省国土空间治理与区域协调发展提供理论支撑。

### 2.4 山西省生态韧性与新型城镇化耦合协调影响因素分析

#### 2.4.1 影响因素

结果表明:山西省生态韧性与新型城镇化耦合协调水平有待提高,内部协调差异有待缩小。为此本文运用地理探测器对影响二者耦合协调度的关键因素展开探究。本文参照城镇化水平、产业结构、经济发展、社会保障、贸易水平、城市建设、生态环境、政策等因素,同时参考指标权重,将 22 个指标按照权重大小降序排列,先选取权重大的指标,后根据新型城镇化与生态韧性的一级类型分别进行调整,尽量覆盖两个系统的所有类型。最后经过综合考量,选取单位 GDP 碳排放量( $X_1$ )、人均公园绿地面积( $X_4$ )、一般工业固体废物综合利用率( $X_{10}$ )、再生水生产能力( $X_{11}$ )、城镇化率( $X_{13}$ )、第二、第三产业占 GDP 比重( $X_{15}$ )、城镇居民家庭人均可支配收入( $X_{16}$ )、每万人拥有公共汽(电)车营运辆数( $X_{18}$ )、城镇社会消费品零售总额( $X_{20}$ )、建成区面积( $X_{22}$ ),共计 10 项指标作为探测因子。使用 SPSS 软件对数据进行初步处理,通过 K-Means 聚类方法对上述探测因子数据进行离散化处理,将原有的数值量转化为类型量,进而计算各探测因子对新型城镇化与生态韧性耦合协调度的影响大小,结果见表 4。

#### 2.4.2 影响机制

城市生态韧性与新型城镇化的耦合协调程度空间分异不仅受到单一影响因子的作用,更是多种影响因子交互作用的结果。为了深入挖掘城镇化与生态韧性耦合协调发展双驱动因子间交互关系,采用地理探测器模型中交互探测来分析影响因子交互作用对山西省二者耦合发

展空间分异的影响程度,因文章篇幅有限,仅展示 2012 年、2018 年、2024 年地理探测器驱动因子探测结果,运用地理探测器模型中的因子探测来探测这三年影响因子对山西省生态韧性与

新型城镇化耦合协调发展空间分异的解释力  $q$  值与  $p$  值大小,若  $q$  值越大,则说明该影响因子对城镇化发展空间分异的影响贡献率越大, $p$  值 $<0.01$ ,说明数据存在显著影响。

表 4 山西省生态韧性与新型城镇化耦合协调度影响因素地理探测结果驱动因子探测结果

	2012 年		2018 年			2024 年		
	$X_{13}$	$X_{15}$	$X_4$	$X_{11}$	$X_{15}$	$X_1$	$X_4$	$X_{11}$
$q$	0.9654824	0.9958481	0.995005	0.995029	0.996684	0.99446	0.992835	0.99871
$p$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

从表 4 可以看出,山西省生态韧性与新型城镇化的驱动因子呈现显著的时空分异特征,反映政策调控、产业转型与生态治理的阶段性协同效应。2012 年,城镇化率( $X_{13}$ )与第二、第三产业占 GDP 比重( $X_{15}$ )为核心驱动因子,体现传统城镇化模式下经济规模扩张对生态系统的胁迫效应:粗放式工业发展加剧水土流失与碳排放,城镇化空间扩张侵占生态本底,二者叠加导致生态韧性阈值降低。至 2018 年,伴随国家生态文明建设的进一步推进,驱动重心转向第二、第三产业占 GDP 比重( $X_{15}$ )、人均公园绿地面积( $X_4$ )与再生水能力( $X_{11}$ ),标志着“产业绿色化”与“生态修复”的双重调控逻辑——通过限制高耗能产业、建设城市绿地及推广水资源循环技术,缓解城镇化进程的生态损耗。2024 年,国家“双碳”目标的确立深化驱动因子进一步演替为“低碳-绿地-再生水”协同模式,其中单位 GDP 碳排放量( $X_1$ )、绿地( $X_4$ )与再生水( $X_{11}$ )共同主导,反映区域发展从被动治理向主动适应转型:碳排放约束倒逼能源结构革新,绿地网络提升生态缓冲能力,再生水系统增强资源循环韧性,三者协同支撑城镇化与生态系统的动态平衡。

### 3 结论与建议

#### 3.1 结论

本文研究山西省城市生态韧性与新型城镇化发展水平,具体结论如下:

(1)从时序角度来看,太原市的生态韧性发展最为快速,波动幅度较大,呈阶段式上升,其生态韧性发展水平得分处于领先状态,这说明太原市着重推动经济与生态的双重高质量发展;而吕梁市、阳泉市等市的增长幅度较缓,生态韧性水平相对较低,主要是因为这些城市均为煤炭开采的重工业城市,而煤炭行业周期性较强,并且对环境的影响较大。2012—2024 年山西省生态韧性与新型城镇化耦合发展水平呈递增趋势,且存在城市差异。

(2)从空间演变特征来看,太原市等个别地市在不同时期的生态韧性方面呈现一定程度空间聚集特征;在山西省 11 个地级市生态韧性与新型城镇化耦合协调的空间局部自相关研究中,太原市的耦合协调水平明显高于其他地区,朔州市、忻州市相对来说耦合协调水平发展较差;各市生态韧性与新型城镇化的耦合协调在局部空间格局演化中基本显著,局部空间较为稳定,与其他相关研究结论保持一致性。

(3)运用地理探测器,测算影响山西省生态韧性与新型城镇化耦合协调的核心因子,呈现“经济主导-产业生态协同-低碳韧性融合”的演替规律,反映区域治理从规模扩张到低碳适应的范式转型。

#### 3.2 对策建议

经济与生态的绿色高质量发展是山西省转型发展的重要路径,也是资源型地区的可持续发展之基。基于研究结果,提出如下建议:

(1) 针对朔州市、忻州市等山西省城市生态韧性与新型城镇化发展均较为缓慢,协调度较低地区,建议以生态修复为核心,推进水土治理与植被恢复,构建生态安全屏障;优化城镇空间布局,发展低碳产业,强化资源集约利用;完善生态补偿机制与跨部门协同治理,推动韧性提升与城镇化高质量协同发展。阳泉市等新型城镇化水平较高,但韧性发展不足,针对这种资源型城市发展中存在的结构性失衡问题,即某一系统发展水平显著滞后导致双系统耦合协调度偏低的情形,建议采取差异化精准施策路径;以提升城市不足为核心,强化经济资源与生态建设的双向转化能力,最终实现经济与环境效益协同提升。

(2) 增强资源型地区生态韧性与新型城镇化的双重发展,减少区域差异。充分发挥空间效应带动区域产业发展,形成稳定、绿色的产业结构链条,促进生态韧性与新型城镇化耦合协调的区域协调发展,耦合协调低值加强与高值区域进行交流,结合局部空间结构,推动区域协调发展,加快能源变革,产业转型升级。山西省 11 个地级市作为资源型城市,一直以来是依靠资本和劳动要素投入驱动的经济增长模式,因此需要调整产业结构,减少对煤炭、铝土等矿产资源的依赖,提高产品质量和附加值,增强企业的市场竞争力和占有率。其次,加大对固定资产投入,重视第三产业发展,促进产业融合;推动煤炭企业延伸壮大煤基产业链,严格控制生产污水排放,积极推动市场运作。

(3) 建议各地级市依据发展实际,结合影响因素,走因地制宜、有特色的可持续发展之路。影响城市生态韧性最重要的指标是再生水生产能力( $X_{11}$ ),山西省作为黄河中游流经地区,要重点保护水资源,贯彻省政府《山西省黄河流域生态保护和高质量发展条例》,着力改善汾河流域生态环境,贯彻执行黄河流域生态保护和高质量发展战略,推动“一泓清水入黄河”工程全面落实,确保汾河流域基本实现“水

量丰起来、水质好起来、风光美起来”目标;不断优化汾河中上游能源化工和新能源产业布局,促进中下游产业绿色低碳循环发展,从而推动黄河流域中部发展,引导区域内传统制造业向绿色转型升级,引领战略性新兴产业合理布局。

(4) 山西省作为资源型经济转型试验区与生态脆弱区交织的典型区域,其生态韧性与新型城镇化的耦合协调机制对全国具有重要借鉴意义。研究表明,国家生态文明试验区制度框架还需要进一步完善,要构建多尺度生态韧性指标评价体系并纳入国土空间规划刚性约束。通过建立区域差异化考核机制,针对资源枯竭型、生态敏感型等特征城镇分类制定发展策略。建议在黄河流域生态保护和高质量发展战略框架下,将山西省试行的矿区生态修复 PPP 模式、分布式能源微网系统等技术包纳入国家推广目录,为全国生态脆弱地区城镇化提供可复制的技术集成方案。同时,强化央地数据共享机制,构建多源异构数据融合的国土空间治理平台,提升政策实施的精准性与实效性。

#### 参考文献:

- [1] HOLLING C S. Resilience and Stability of Ecological Systems [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4(1): 1-23.
- [2] 郭海红,刘新民.沿黄地区中心城市新型城镇化与生态韧性的耦合协调机制研究[J]. *华东经济管理*, 2023, 37(04): 101-109.
- [3] VILLAGRA P, HERRMANN M G, QUINTANA C, et al. Community resilience to tsunamis along the Southeastern Pacific: A multivariate approach incorporating physical, environmental, and social indicators[J]. *Natural Hazards*, 2017, 88(2): 1087-1111.
- [4] SAMUELSSON K, GIUSTI M, PETERSON G D, et al. Impact of environment on people's everyday experiences in Stockholm [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 171: 7-17.
- [5] 任洪杰,李辉尚.中国乡村生态韧性的时空演变特征及影响因素探究[J/OL]. *干旱区地理*, 2024, 47(11): 1915-1923.
- [6] 赵领娣,孙兆旭.海岸带城市经济发展质量与生态韧性协同发展演化及空间收敛特征[J]. *经济地理*, 2023, 43(07):

- 119-129+240.
- [7] 王松茂,牛金兰.黄河流域城市生态韧性时空演变及其影响因素[J].生态学报,2023,43(20):8309-8320.
- [8] 王立奇.中国城市生态韧性区域差异及影响因素研究[D].石家庄:河北地质大学,2024.
- [9] 许甜甜,虎陈霞,周立军,等.淮河生态经济带新型城镇化与绿色发展协调演进关系研究[J].环境工程技术学报,2025,15(05):1789-1799.
- [10] 李俊蓉,冯惠敏,林荣日,等.省域新型城镇化与共同富裕耦合协调水平的时空特征及其影响因素[J].经济地理,2024,44(05):86-95.
- [11] 王少剑,崔子恬,林靖杰,等.珠三角地区城镇化与生态韧性的耦合协调研究[J].地理学报,2021,76(04):973-991.
- [12] 贺小荣,石彩霞,彭坤杰.长江中游城市群生态韧性与新型城镇化的时空适配及互动响应[J].长江流域资源与环境,2024,33(04):699-714.
- [13] 刘海龙,王改艳,张鹏航,等.汾河流域生态韧性与新型城镇化耦合协调时空演变及协调影响力研究[J].自然资源学报,2024,39(03):640-667.
- [14] 李媛媛,张杏梅.山西省新型城镇化与产业结构耦合协调发展研究[J].山西师范大学学报(自然科学版),2024,38(01):83-91.

## Research on the Coupling Coordination and Influencing Factors of Urban Ecological Resilience and New Urbanization in Shanxi Province

WANG Mengyu

(Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China)

**Abstract:** Ecological resilience in resource-based cities plays a significant role in regional sustainable development. The coupled and coordinated development of ecological resilience and new urbanization can promote the high-quality development of both ecology and economy in Shanxi Province. Based on the actual situation of Shanxi, the index systems of ecological resilience and new urbanization were respectively constructed. Through the entropy weight method, the coupling coordination degree model, exploratory spatial analysis and the geographical detector, the spatio-temporal coupling laws and influencing factors of ecological resilience and new urbanization in Shanxi Province from 2012 to 2024 were quantitatively measured. The research shows that: (1) The coupling coordination degree between ecological resilience and new urbanization has been continuously optimized but has not yet broken through the good coordination stage. There is a significant positive spatial correlation between Taiyuan and Jinzhong regions. (2) The influencing mechanism has evolved from “dominated by economic scale” to “industry-ecology synergy”, and finally upgraded to “low-carbon-resilience integration”, reflecting the iterative upgrading of policy goals and governance technologies. Based on this, it is proposed to promote the cross-scale connection of governance norms within the region through strategies such as optimizing industrial layout and improving regional ecology, and form a systematic path for ecological protection and high-quality development in resource-based regions. The research provides theoretical and practical references for the implementation of the national ecological civilization strategy goals.

**Keywords:** urban ecological resilience; new urbanization; coupling coordination; geographical detector; resource-based regions

(责任编辑 安祺)