

DOI: 10.5846/stxb202106031470

冯俊华,张路路.陕西省新型城镇化与生态环境协调度研究.生态学报,2022,42(11):4617-4629.

Feng J H, Zhang L L. Coordination degree between new urbanization and ecological environment in Shaanxi Province. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(11): 4617-4629.

陕西省新型城镇化与生态环境协调度研究

冯俊华,张路路*

陕西科技大学经济与管理学院,西安 710021

摘要:城镇化与生态环境之间相互影响、相互促进,两系统间耦合协调状态对于区域绿色可持续发展意义重大。以陕西省 2005—2019 年数据为例,在构建新型城镇化与生态环境系统评价指标体系的基础上结合耦合协调度模型、相对发展模型及面板向量自回归(PVAR)模型分析新型城镇化系统与生态环境系统间的耦合协调时空规律及互动关系。结果表明:(1)陕西省耦合协调度总体呈现“基本不协调—基本协调—中度协调”的演变规律。(2)各市耦合协调发展状态空间差异明显,2005 年、2013 年、2019 年陕西省 10 个城市新型城镇化与生态环境耦合协调发展状态存在较大差异性,相对发展状态整体上由新型城镇化滞后状态发展为生态环境滞后状态。(3)脉冲响应图反映出新型城镇化与生态环境两系统间存在明显互动关系,前期生态环境受新型城镇化冲击的负向抑制作用,后期影响逐渐减小,受自身冲击较大,而新型城镇化发展前后期均主要受自身影响。本研究认为新型城镇化发展必须以生态为优先,在提高生态承载力的基础上,加速提升陕西省各区域空间人口等不同维度城镇化发展水平,从而实现高质量可持续发展的绿色发展目标。

关键词:新型城镇化;耦合协调;互动关系

Coordination degree between new urbanization and ecological environment in Shaanxi Province

FENG Junhua, ZHANG Lulu*

School of Economics and Management, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China

Abstract: Urbanization and the ecological environment influence and promote each other, and the coupling and coordination between the two systems is of great significance to regional green sustainable development. Based on the 2005—2019 data of Shaanxi Province as an example, this study combines the coupling coordination degree model, the relative development model and the Panel Vector Autoregression(PVAR) model on the basis of constructing a new urbanization and ecological environment system evaluation index system to analyze the temporal and spatial laws of coupling coordination between the new urbanization system and the ecological environmental system and interaction. The results show that: (1) the degree of coupling coordination in Shaanxi Province generally presents an evolutionary law of “basic incoordination-basic coordination-moderate coordination”. (2) The spatial difference of the coupled and coordinated development status of each city is obvious. In 2005, 2013, and 2019, there were big differences in the coordinated development status of new urbanization and ecological environment coupling in 10 cities of Shaanxi Province, and the relative development status was generally changed from the new urbanization. The lagging state has developed into a lagging state of the ecological environment. (3) The impulse response diagram reflects the obviously interactive relationship between the new urbanization and the ecological environment. The ecological environment was negatively restrained by the impact of the new urbanization

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(20XJC790015);陕西省科技厅软科学研究计划(2017KRM135)

收稿日期:2021-06-03; **网络出版日期:**2022-02-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 1546459421@qq.com

in the early stage, and the impact gradually decreased in the later period, and the impact was greater by itself, while the development of the new urbanization in the early and late stages was mainly affected by itself. This study indicates that the development of new-type urbanization must give priority to ecology. On the basis of improving ecological carrying capacity, the urbanization development level of different dimensions such as spatial population of various regions in Shaanxi province should be accelerated, so as to achieve the goal of high-quality sustainable green development.

Key Words: new urbanization; coupling and coordination; interaction

在提倡生态文明建设的背景下,城镇化建设与生态环境耦合协调发展是时代之要求,人民之愿景,我国城镇化率在经济高速发展的进程中经历了恢复-稳步-快速发展的阶段,由 1978 年的 17.92% 到 2011 年城镇化率首次突破 50%,再到 2019 年的 60.6%,实现了快速发展的目标。然而在城镇化快速推进过程中会带来水资源的过度消耗、大气的严重污染、生态的负荷加重等一系列环境问题,在一定程度上违背了以人为核心的新型城镇化绿色持续发展的理念,阻碍了新型城镇化的有序推进。《国家新型城镇化规划》指出了新型城镇化的核心所在:将生态环境保护重视起来是建成绿色循环低碳发展资源环境友好型城市的前提。因此协调好新型城镇化与生态环境之间的关系是推进城市新型城镇化发展的必要路径,是促进区域协调发展的重要渠道。

对相关文献进行梳理可知,国外学者主要集中于研究新型城镇化与生态环境之间的关系、耦合机制:比如 Vernon Henderson 分析生态环境与城市规模之间的关系^[1],Haider Mahmood 认为城市化会对生态环境造成阻碍^[2],以及环境库兹涅茨曲线^[3]、脱钩理论^[4]对城镇化与生态环境关系的论述等。国内学者在对两者关系探究的基础上,致力于研究两者关系的胁迫效应^[5]以及城镇化与生态环境更进一步的耦合问题^[6],主要集中在耦合机理的理论分析^[7]和耦合关系的实证研究。从研究方法来看,主要通过耦合协调模型、系统动力学模型、VAR 模型及回归分析等方法测评。有学者主要使用回归分析法研究了哪些因素对新型城镇化与生态环境耦合产生影响^[8-9];有学者通过 VAR 模型对城镇化进程与生态环境质量的关系进行讨论^[10]。从研究维度来看,有学者从时序发展的角度对某些省份城镇化与生态环境的耦合演变特征进行研究^[11-13];有学者从空间格局分布上研究两者的耦合协调演变发展特征^[14-16],得出东中西空间分异的规律普遍存在于我国新型城镇化与生态环境耦合度分布中等结论。

总的来说,新型城镇化与生态环境协调发展研究已经出现了诸多成果,有关城镇化与生态环境的研究内容已经非常丰富,研究方法也各式各样。但现有文献研究层面大都基于国家或某一区域,基于省际面板数据的研究相对较少,对陕西省新型城镇化与生态环境时空协调发展的研究同样较少。在研究内容方面,多数学者的研究止步于新型城镇化系统与生态环境系统间的耦合协调,没有进一步对耦合协调度影响机理进行探讨。在研究方法方面,大多采用耦合协调度模型,并没有系统分析两个子系统间存在何种相互作用关系和厘清相互影响的本质,或者仅通过单一 VAR 模型来研究城镇化进程对生态环境单方面的影响,没有研究两系统间的时空互动效应。由此可见分析陕西省新型城镇化与生态环境之间的耦合协调关系尤为重要。

基于以上分析,本文对陕西省 2005—2019 年 10 个市的面板数据进行分析,在构建新型城镇化与生态环境评价指标体系的基础上采用熵值法对城镇化子系统及生态环境子系统的综合水平进行评价。使用耦合协调模型及相对发展度模型测度陕西省整体耦合协调时序发展特征,并得出相对发展类型及其演变特征,运用 ArcGIS 10.0 软件对各市耦合协调发展时空格局演变特征及类型进行直观化分析,借助 PVAR 模型对两系统间的互动关系及作用机理进行分析,以期现阶段推进陕西省新型城镇化与生态环境系统协调发展建设提供参考建议。

1 研究方法

1.1 指标体系构建

在考虑到选取指标遵循的科学性、统一性及可取性原则的基础上,参考学者们现有构建评价指标体系的

文献研究成果^[17-18],文章将从经济、人口、社会及空间^[19]四个维度选取 19 个指标因子对新型城镇化系统进行描述,同时采用“压力—状态—响应”(PSR)模型^[20],从生态环境压力、生态环境禀赋及生态环境保护 3 个方面选取 11 个指标因子对生态环境系统进行表示。其中,经济城镇化指标由人均 GDP、二三产业产值占 GDP 比重、一般公共预算支出、人均社会消费品零售总额、居民可支配收入五个指标构成,分析地区产业结构发展、资本要素收入支出情况,可用于判断城市的经济发展水平高低,也能由此看出一个城市经济发展的潜力如何,产业结构调整越合理,对于城市高质量发展越有利^[21],城市发展的潜力也就越大。人口城镇化指标由城镇化率、城镇人口密度、二三产业就业人口比重三个指标构成,城镇化率由城镇人口占总人口比重进行计算,可用于判断城镇化发展水平,城镇人口密度由城镇人口占城镇区域面积计算得出,可用于判断城镇对于人口的承载能力及饱和程度,会对城市的生态环境水平有一定的影响。社会城镇化由每万人卫生技术人员数、每万人中学生人数、移动电话用户数、公路客运量等指标构成,可用于判断城市基础建设水平和公共服务设施状况。空间城镇化由城区建成区面积、人均城市道路面积、地均 GDP、建成区经济密度等指标构成,其中地均 GDP 由 GDP 与城市总占地面积比值得出,建成区经济密度由二三产业产值与建成区面积比值得出,可用于反映城市土地利用效率、城市规划的合理性,还可以对未来城市规划计划做出预判,预测城市发展方向,对于城市发展绿色产业链、提升环境绿化净化能力都有一定帮助。在构建新型城镇化指标体系过程中考虑到新型城镇化的本质内涵是人的城镇化^[22],不仅包括人口这一单一要素,还涉及就业、福利、教育、基建等方面,因此在构建指标时具体考虑了对社会上的主要群体进行需求满足进而提升人民生活幸福感。基于此,本文具体选取了人均社会消费品零售总额、每万人中学生人数、社会保障与就业支出、每万人卫生技术人员数、每万人卫生技术人员数等指标来诠释以人为本的新型城镇化的本质内涵,这也正是新型城镇化与一般意义的城镇化的区别所在。在生态环境系统中,生态环境压力选取工业二氧化硫排放量、工业固体废物产生量、工业废水排放量、人均日生活用水量四个指标,以此衡量新型城镇化过程中生态环境所遭受的压力和破坏。生态环境禀赋选取燃气普及率、建成区绿化覆盖率、人均公园绿地面积三个指标,以此衡量新型城镇化进程中资源利用情况、城市环境绿化情况及自然环境改善情况。生态环境保护选取工业固体废物综合利用率、生活垃圾无害化处理率、污水集中处理率、生活垃圾清运量指标来衡量城镇化进程中对于受到损害的生态环境现状做出的保护措施及取得的净化效果。基于以上分析,本文构建了 2 大系统层、7 个准则层,共 30 项指标的新型城镇化与生态环境评价指标体系,如表 1 所示:

1.2 数据来源及处理

本研究将陕西省作为研究对象,文中各项指标数据主要来源于 2005—2019 年的《中国城市建设统计年鉴》、《陕西统计年鉴》、《陕西区域统计年鉴》、各市的《国民经济和社会发展统计公报》和环境保护局、国家统计局等权威网站,可以确保数据来源的真实性,采取插值法处理个别市缺失的部分年份数据。

为消除因指标量纲和单位不同造成的差异影响,首先采用极差标准化方法对数据进行标准化处理,在确定权重时采用熵值法^[23],计算过程中可能出现无法取对数的情况,为避免这种情况需对极差标准化公式作出处理,具体处理形式如下:

$$\text{正向指标标准化: } X_i' = \frac{X_i - \min X_i}{\max X_i - \min X_i} \times 0.9 + 0.1 \quad (1)$$

负向指标标准化:

$$X_i' = \frac{\max X_i - X_i}{\max X_i - \min X_i} \times 0.9 + 0.1 \quad (2)$$

式中, X_i' 为新型城镇化系统评价指标体系中第 i 项指标的标准化数值, $\max X_i$ 和 $\min X_i$ 分别为第 i 项评价指标所在矩阵列的最大值和最小值。同理可得生态环境系统评价指标标准化数值 Y_j' ,且 $X_i', Y_j' \in [0, 1]$ 。

1.3 确定指标权重与计算综合评价得分

熵值法通过计算信息熵值使得某项指标的数值和有效性反映出来,使得权重更加客观准确,从而避免主

观性臆断,进行标准化处理消除量纲差异之后,确定各指标的信息熵,计算指标差异系数,最后确定指标权重,因篇幅限制,熵值法计算权重公式不在此展示。确定指标权重后使用综合评价模型对新型城镇化与生态环境两个子系统的综合评价进行计算,新型城镇化子系统 $U1$ 与生态环境子系统 $U2$ 的综合评价计算式如下:

表 1 新型城镇化与生态环境评价指标体系

Table 1 New-type urbanization and ecological environment evaluation index system

系统层 System layer	准则层 Criteria layer	指标层 Index layer	指标属性 Indicator attribute	指标符号 Index symbol
新型城镇化综合水平 Comprehensive level of new urbanization	经济城镇化	人均 GDP/元	正	X_1
		二三产业产值占 GDP 比重/%	正	X_2
		一般公共预算支出/亿元	正	X_3
		人均社会消费品零售总额/元	正	X_4
		居民可支配收入/元	正	X_5
	人口城镇化	城镇化率/%	正	X_6
		城镇人口密度/(人/km ²)	正	X_7
		二三产业就业人口比重/%	正	X_8
		每万人卫生技术人员数/人	正	X_9
	社会城镇化	每万人中学生人数/人	正	X_{10}
		移动电话用户数/万户	正	X_{11}
		公路客运量/万人	正	X_{12}
		每万人拥有汽车数/辆	正	X_{13}
		社会保障与就业支出/亿元	正	X_{14}
		城区建成区面积/km ²	正	X_{15}
	空间城镇化	人均城市道路面积/(m ² /人)	正	X_{16}
		地均 GDP/(万元/km ²)	正	X_{17}
		建成区经济密度/(亿元/km ²)	正	X_{18}
		每万人公路里程/(km/万人)	正	X_{19}
生态环境综合水平 Comprehensive level of eco-environment	生态环境压力	工业二氧化硫排放量/万 t	负	Y_1
		工业固体废物产生量/万 t	负	Y_2
		工业废水排放量/万 t	负	Y_3
		人均日生活用水量/升	负	Y_4
	生态环境禀赋	燃气普及率/%	正	Y_5
		建成区绿化覆盖率/%	正	Y_6
		人均公园绿地面积/(m ² /人)	正	Y_7
	生态环境保护	工业固体废物综合利用率/%	正	Y_8
		生活垃圾无害化处理率/%	正	Y_9
		污水集中处理率/%	正	Y_{10}
		生活垃圾清运量/万 t	正	Y_{11}

$$U1 = \sum_{i=1}^m w_i X_i' \quad (3)$$

$$U2 = \sum_{j=1}^n w_j X_j' \quad (4)$$

式中, w_i 与 w_j 分别为两个子系统评价指标体系中第 i 和第 j 个指标权重, n 和 m 分别为新型城镇化与生态环境两系统综合评价指标体系指标数量; $U1$ 、 $U2 \in [0, 1]$ 。

1.4 耦合协调度及相对发展度模型

耦合度模型的作用是反映系统间相互作用的强度大小,耦合度值越大,表明子系统之间的耦合情况越好

且整个系统结构越趋于有序;耦合度指数越小,表明子系统之间的耦合情况越不好且整个系统结构越趋于无序^[24]。计算公式为:

$$C = \left[\frac{(U1 \times U2)}{(U1 + U2)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

式中, C 为新型城镇化与生态环境系统间的耦合度, $U1$ 为新型城镇化综合评价价值, $U2$ 为生态环境综合评价价值。

耦合度只能衡量子系统之间相互作用程度的大小,无法衡量出系统协调水平的高低。为更加精确的反应各系统自身发展水平及系统间协调关系,在耦合度指数的基础上,进一步构建耦合协调度模型,公式如下:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad T = \alpha U1 + \beta U2 \quad (6)$$

D 为耦合协调度, T 为两系统综合评价指数,可以反映系统发展状况对耦合协调水平的整体贡献。考虑到新型城镇化与生态环境系统同等重要^[25],取 $\alpha = \beta = 1/2$ 。

新型城镇化和生态环境耦合协调发展水平通过耦合协调度模型能够评价,但对二者之间的相对发展状况无法评价。因此,引入相对发展指数模型,通过相对发展指数 K 反映二者之间的相对发展程度。计算公式如下:

$$K = \frac{U1}{U2} \quad (7)$$

并依据有关学者研究^[26-27]将耦合协调度分为以下几种类型,见表 2。

表 2 协调发展阶段及类型
Table 2 Stages and types of coordinated development

耦合协调度 Coupling and coordination	类别 Category	亚类别 Subcategory	相对发展度 Relative development	类别特征 Category characteristics	类别 Category
0.8 < D ≤ 1	协调发展	高度协调	1.1 < K	生态环境滞后	I a
			0.9 < K ≤ 1.1	同步发展	I b
			0 < K ≤ 0.9	城镇化滞后	I c
0.5 < D ≤ .8		中度协调	1.1 < K	生态环境滞后	II a
			0.9 < K ≤ 1.1	同步发展	II b
			0 < K ≤ 0.9	城镇化滞后	II c
0.3 < D ≤ 0.5	转型发展	基本协调	1.1 < K	生态环境滞后	III a
			0.9 < K ≤ 1.1	同步发展	III b
			0 < K ≤ 0.9	城镇化滞后	III c
0 < D ≤ 0.3	不协调发展	基本不协调	1.1 < K	生态环境滞后	IV a
			0.9 < K ≤ 1.1	同步发展	IV b
			0 < K ≤ 0.9	城镇化滞后	IV c

D:耦合协调度 Coupling and coordination;K:相对发展度 Relative development

1.5 PVAR 模型

为更加清晰分析新型城镇化与生态环境两个子系统间相互促进的动态互动关系,使用面板向量自回归(PVAR 模型)构建新型城镇化与生态环境子系统动态关系评价模型,该模型能够有效避免内生性问题^[28-29],具体模型设定如下:

$$Y_{it} = \theta_0 + \sum_{j=1}^n \theta_j Y_{it-j} + \alpha_i + \beta_i + u_{it} \quad (8)$$

式中, Y_{it} 表示新型城镇化与生态环境两系统的综合评价价值; θ_0 表示截距项; θ_j 表示滞后 j 项矩阵; α_i, β_i 分别表示个体效应和时间效应; u_{it} 表示随机扰动项。

2 实证结果分析

2.1 陕西省整体耦合协调时序发展特征

根据前文计算公式,分别计算出 2005—2019 年间陕西省新型城镇化指数、生态环境指数、陕西省新型城

城镇化与生态环境综合发展水平指数、两系统耦合协调度及相对发展指数(如表3、图1所示)。从新型城镇化与生态环境子系统来看,新型城镇化指数、生态环境指数整体均呈现上升趋势。从系统综合指数来看,其发展趋势和生态环境指数趋势保持一致,增长路径始终介于新型城镇化发展与生态环境发展之间,新型城镇化与生态环境对系统综合发展指数的影响力是相同的。

表3 2005—2019年陕西省新型城镇化与生态环境耦合协调测算结果

Table 3 Coordination calculation results of new urbanization and ecological environment coupling in Shaanxi Province during 2005—2019

年份 Year	U_1	U_2	T	D	K	协调类别 Coordination category	协调特征 Coordination characteristics
2005	0.0968	0.2375	0.1672	0.2754	0.4076	基本不协调	新型城镇化滞后
2006	0.1697	0.3144	0.2420	0.3398	0.5396	基本协调	新型城镇化滞后
2007	0.2194	0.2759	0.2477	0.3508	0.7953	基本协调	新型城镇化滞后
2008	0.2853	0.2965	0.2909	0.3814	0.9625	基本协调	同步发展
2009	0.3298	0.3581	0.3440	0.4145	0.9210	基本协调	同步发展
2010	0.3918	0.4883	0.4400	0.4676	0.8024	基本协调	新型城镇化滞后
2011	0.4646	0.5304	0.4975	0.4982	0.8759	基本协调	新型城镇化滞后
2012	0.5235	0.5248	0.5242	0.5119	0.9976	中度协调	同步发展
2013	0.5817	0.5852	0.5835	0.5401	0.9939	中度协调	同步发展
2014	0.5840	0.6520	0.6180	0.5555	0.8958	中度协调	新型城镇化滞后
2015	0.6093	0.6648	0.6371	0.5641	0.9165	中度协调	同步发展
2016	0.6538	0.7870	0.7204	0.5989	0.8308	中度协调	新型城镇化滞后
2017	0.7333	0.6238	0.6786	0.5815	1.1757	中度协调	生态环境滞后
2018	0.8019	0.7499	0.7759	0.6227	1.0694	中度协调	同步发展
2019	0.8541	0.7811	0.8176	0.6391	1.0935	中度协调	同步发展

U_1 :新型城镇化指数 New urbanization index; U_2 :生态环境指数 Ecological environment index; T :综合发展指数 Comprehensive development index

从新型城镇化与生态环境耦合协调发展状况来看,2005—2019年陕西省协调发展阶段实现了“基本不协调—基本协调—中度协调”的演变态势,协调度指数值由2005年的0.2754增长到2019年的0.6391,其中中度协调阶段历时最长,在2017年耦合协调度出现了微弱的下降,但并不影响整体较为良好的增长速度,后两年的增长验证了陕西省新型城镇化与生态环境协同发展有很大潜力。两系统的相对发展指数整体呈现先上升后下降的波动上升趋势,2005—2008年间呈现上升趋势,由新型城镇化滞后状态过渡为同步发展状态,2009—2016年处于新型城镇化滞后与同步发展互相转变的起伏阶段,2017年 K 值上升到最大值1.1757,此时协调特征为生态环境滞后,2018年又恢复为同步发展状态。陕西省在加快新型城镇化步伐的同时需要提升生态环境保护能力以及生态环境资源涵养能力,将生态环境建设紧密贯穿新型城镇化建设过程中。

2.2 陕西省各市耦合协调发展时空格局发展特征

2.2.1 耦合协调发展格局及类型分析

根据陕西省发展现状及参考有关学者研究成果^[30—31],选取2005年、2009年、2013年、2016年及2019年作为耦合协调度代表年份,按照模型公式计算出各市耦合度 C 、耦合协调度 D 以及相对发展度 K (表4),运用

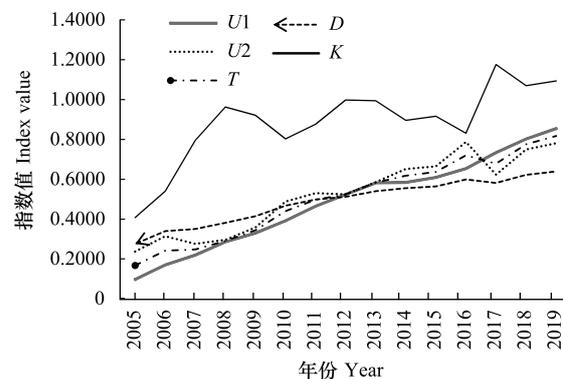


图1 2005—2019年陕西省新型城镇化与生态环境耦合协调时序发展特征

Fig.1 The development characteristics of the coordinated time series of new urbanization and ecological environment coupling in Shaanxi Province from 2005 to 2019

U_1 :新型城镇化指数 New urbanization index; U_2 :生态环境指数 Ecological environment index; T :综合发展指数 Comprehensive development index; D :耦合协调度 Coupling and coordination; K :相对发展度 Relative development

ArcGIS 10.2 软件进行可视化分析其时空格局演变及类型特征(图 2)。

2005 年陕西省各市耦合协调度值介于 0.261—0.363 之间,除西安、咸阳、铜川三市耦合协调阶段是处于基本协调状态,其余 7 市均处于基本不协调阶段,分析可知西安、咸阳、铜川市新型城镇化指数较高,良好的经济发展水平及生态环境使得其有条件在不破坏生态的前提条件下提升城镇化质量推进城镇化进程,处于基本不协调阶段的其他市协调发展水平较低是由于系统综合发展水平较低。

2009 年耦合协调度值介于 0.392—0.447 之间,与 2005 年比较,有了一定的提升,新型城镇化与生态环境耦合协调发展均处于基本协调状态,除西安、咸阳、铜川保持协调状态不变外,均由基本不协调转变为基本协调。

2013 年耦合协调度值介于 0.478—0.555 之间,两系统耦合协调发展阶段有基本协调和中度协调两种。延安、商洛、渭南和安康 4 市仍然处于基本协调状态,西安等其余 6 市由基本协调转变为中度协调阶段。

2016 年耦合协调度值介于 0.496—0.607 之间,新型城镇化与生态环境耦合协调发展阶段处于基本协调和中度协调两种状态。延安、商洛和渭南 3 市由基本协调状态转变为中度协调状态,安康仍然处于基本协调状态,其余各市保持中度协调状态不变。

2019 年耦合协调度值介于 0.528—0.661 之间,协调发展阶段均处于中度协调状态。其中西安市耦合协调度最高为 0.661,基于良好的经济发展水平及较高的城镇化率能够有序推进城镇化进程,很好地提升了系统协调发展水平。

表 4 陕西省各市新型城镇化与生态环境耦合协调发展指标测算结果

Table 4 Measurement results of the coordinated development index of new urbanization and ecological environment coupling in each city in Shaanxi Province

年份 Year		西安	宝鸡	铜川	咸阳	渭南	延安	汉中	榆林	安康	商洛
2005	<i>C</i>	0.448	0.387	0.397	0.378	0.442	0.479	0.409	0.418	0.316	0.455
	<i>D</i>	0.261	0.328	0.266	0.277	0.340	0.302	0.336	0.307	0.336	0.363
	<i>K</i>	0.387	0.225	0.244	0.209	0.364	0.557	0.270	0.291	0.126	0.415
	类型	IVc	IIIc	IVc	IVc	IIIc	IIIc	IIIc	IIIc	IIIc	IIIc
2009	<i>C</i>	0.497	0.494	0.494	0.497	0.496	0.498	0.462	0.495	0.439	0.500
	<i>D</i>	0.392	0.445	0.399	0.400	0.426	0.440	0.441	0.431	0.447	0.398
	<i>K</i>	0.794	0.725	0.739	0.803	0.771	0.844	0.447	0.749	0.353	0.945
	类型	IIIc	IIIb								
2013	<i>C</i>	0.499	0.497	0.499	0.500	0.495	0.500	0.499	0.494	0.498	0.480
	<i>D</i>	0.518	0.555	0.535	0.540	0.497	0.487	0.521	0.522	0.481	0.478
	<i>K</i>	0.913	0.810	0.867	0.985	1.339	1.019	1.107	1.359	1.203	1.781
	类型	IIb	IIc	IIc	IIb	IIIa	IIIb	IIa	IIa	IIIa	IIIa
2016	<i>C</i>	0.497	0.497	0.496	0.500	0.500	0.499	0.498	0.499	0.488	0.498
	<i>D</i>	0.607	0.564	0.577	0.595	0.561	0.529	0.537	0.565	0.496	0.548
	<i>K</i>	0.808	1.233	0.787	0.943	1.077	0.871	1.195	0.907	1.545	1.216
	类型	IIc	IIa	IIc	IIb	IIb	IIc	IIa	IIb	IIIa	IIa
2019	<i>C</i>	0.500	0.498	0.500	0.499	0.499	0.500	0.496	0.492	0.460	0.482
	<i>D</i>	0.661	0.644	0.591	0.633	0.617	0.630	0.615	0.569	0.528	0.571
	<i>K</i>	1.035	1.180	1.057	1.107	1.098	0.952	1.296	1.448	2.290	1.725
	类型	IIb	IIa	IIb	IIa	IIb	IIb	IIa	IIa	IIa	IIa

总的来看,陕西省的新型城镇化进程有序推进,生态环境发展水平持续提升,协调发展水平有了质的转变,整体发展趋势向好。但是通过分析可以发现各市之间仍然差异明显。西安市、铜川市、咸阳市作为陕西关中地区,总体经历了“基本不协调—基本协调—中度协调”的演变格局,这是因为自身拥有较高的城镇化水平

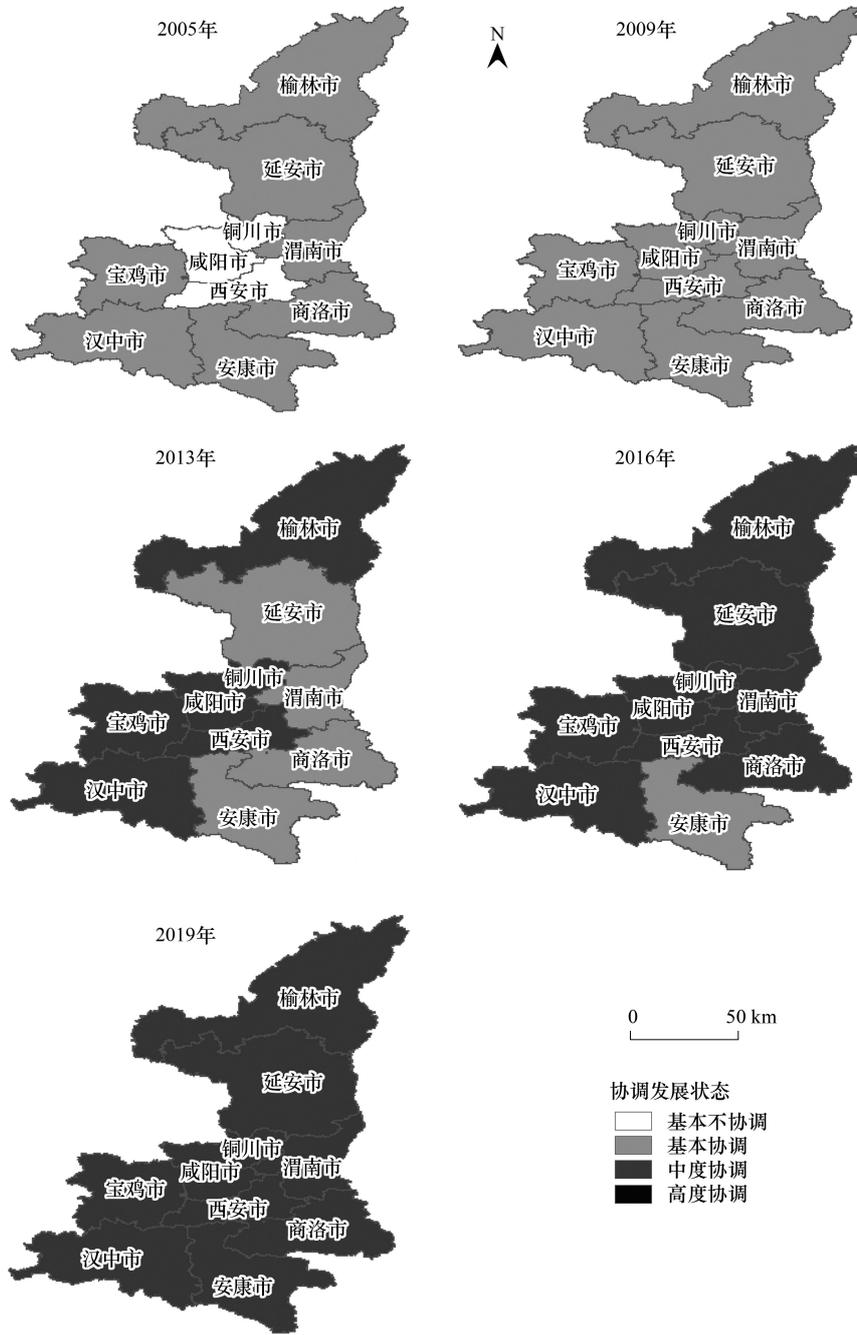


图 2 2005—2019 年陕西省各市新型城镇化与生态环境协调发展空间演变格局

Fig.2 The spatial evolution pattern of the coordinated development of new urbanization and ecological environment in various cities in Shaanxi Province from 2005 to 2019

和较为先进的生态环境管理保护理念,因此协调发展水平 2013 年开始便取得了中度协调的成绩。陕北地区的榆林市 2013 年之前产业发展模式为粗放型,高耗能高污染的产业对环境造成了破坏,使得生态环境综合水平较低,因此耦合协调发展状态为基本协调,2013 年之后随着生态文明理念越来越来被人们重视,逐渐进行产业转型升级化,改善了生态环境,耦合协调发展状态由基本协调提升为中度协调,延安市相比于榆林市较晚进入中度协调状态。陕南地区的安康、商洛将丰富的旅游资源做为契机,充分利用“生态+旅游”创收推动城市城镇化发展,协调状态逐步达到中度协调发展水平。

2.2.2 相对发展状态演变分析

根据相对发展指数计算公式,测算得出 2005、2009、2013、2016 和 2019 年五个节点各市的相对发展状态。根据相关学者研究^[32-33],新型城镇化与生态环境的相对发展状态可以分为新型城镇化滞后、同步发展、生态环境滞后三种类型,并且依据表 2 的耦合协调发展类型的判定依据,划分各市的耦合协调发展及相对发展类型(图 3)。

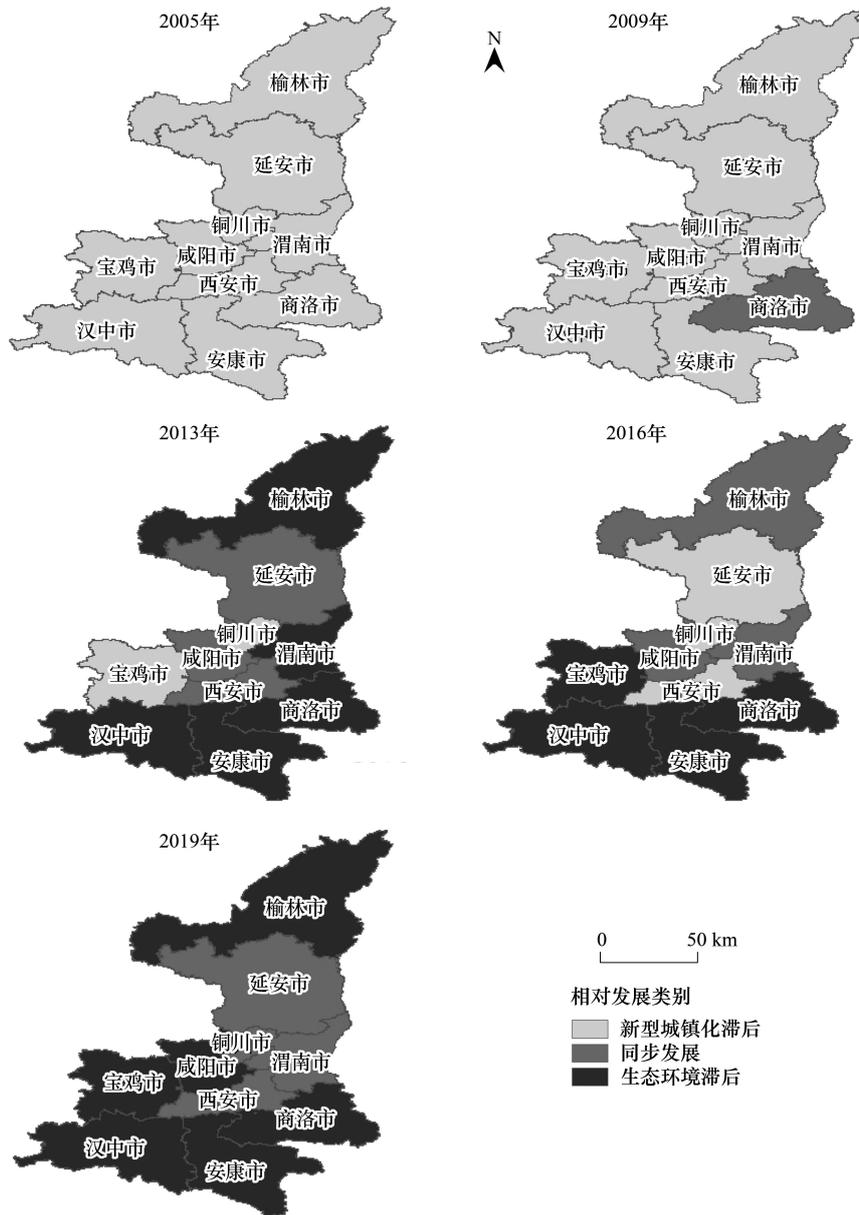


图 3 陕西省新型城镇化与生态环境相对发展状态演变格局

Fig.3 The evolution pattern of the relative development of new-type urbanization and ecological environment in Shaanxi Province

2008—2019 年陕西省新型城镇化滞后状态的城市逐渐减少,生态环境滞后的城市不断增加。具体来看: 2005 年 10 市均处于新型城镇化滞后状态,陕西省生态资源为其生态环境建设进行了良好的铺垫,新型城镇化正处于开始阶段,使得陕西省整体新型城镇化发展滞后于生态环境发展。此时陕西省新型城镇化与生态环境耦合协调发展存在 IVc、IIIc 两种类型,其中西安、铜川及咸阳处于 IVc 型,其余 7 市均处于 IIIc 状态。

2009 年,商洛市新型城镇化水平明显提升,由新型城镇化滞后状态转变为同步发展状态,其余各市发展

状态没有变化。此时陕西省新型城镇化与生态环境耦合协调发展存在 III c、III b 两种类型,只有商洛市处于 III b 型,即转型发展中的基本协调—同步发展状态。

2013 年,三种发展状态并存,宝鸡和铜川仍旧处于新型城镇化滞后状态,西安、咸阳及延安 3 市由新型城镇化滞后转变为同步发展状态。处于生态环境滞后状态的 5 市,其中安康、汉中、榆林及渭南市由新型城镇化滞后转变为生态环境滞后状态,商洛市是由同步发展转变为生态环境滞后状态。此时耦合协调发展存在 II b、II c、II a、III a、III b 五种类型,协调发展类型出现较大差异,其中西安、咸阳处于 II b 型,宝鸡、铜川处于 II c 型,汉中、榆林处于 II a 型,渭南、安康、商洛处于 III a 型,仅延安处于 III b 型。

2016 年与 2013 年相比,宝鸡市由同步发展转变为生态环境滞后状态,榆林和渭南由生态环境滞后转变为同步发展状态,西安、延安市由同步发展转变为新型城镇化滞后状态,由于西安市生态环境综合发展指数较高,即使新型城镇化发展处于中等水平,也会使得相对发展指数较小。除安康外均进入中度协调阶段,耦合协调发展三种状态均存在且分布较为均衡。

2019 年,西安、延安及铜川市由新型城镇化滞后又恢复到同步发展状态,将城镇化建设与生态环境建设提到了同样重要的发展地位。榆林和咸阳市由同步发展转变为生态环境滞后状态,说明这两市在推进城镇化建设、大力发展经济水平的同时,罔顾生态环境保护和生态资源利用,在一定程度上打破了原有的协调发展状态。此时陕西省新型城镇化与生态环境耦合协调发展存在 II b、II a 两种类型。

总的来说,新型城镇化滞后和生态环境滞后两种状态均不利于城市的协调发展,处于城镇化滞后的城市则要将重点放在提高城镇化质量上,处于生态环境滞后的城市,需要大力发展生态环境保护及修复措施,确保生态能够恢复到可以承载城镇化进程的发展力度,以促进新型城镇化与生态环境的有序协调发展。

2.3 新型城镇化与生态环境发展的互动关系分析

2.3.1 检验结果分析

单位根检验结果如表 5 所示,由结果可知,U2 变量显示不平稳,进行一阶差分后可知两者均通过了 1% 的显著性水平检验,即拒绝了存在单位根的原假设,变量均为平稳变量^[34]。

表 5 单位根检验结果
Table 5 Unit root test results

变量 Variable	LLC 检验	IPS 检验	ADF 检验	平稳性 Stationarity
U1	-2.7161 *** (0.0033)	-2.9391 *** (0.0016)	43.5589 *** (0.0040)	平稳
D(U1)	-3.5954 *** (0.0002)	-6.0370 *** (0.0000)	53.9072 *** (0.0002)	平稳
U2	-2.5049 *** (0.0060)	-2.1366 ** (0.0163)	25.8184 (0.2596)	非平稳
D(U2)	-4.1765 *** (0.0000)	-6.0211 *** (0.0000)	50.0111 *** (0.0006)	平稳

***、**、* 分别表示通过 1%、5%、10% 的显著性水平检验,括号内为 P 值;LLC:LLC 检验 Levin-Lin-Chu test;IPS:IPS 检验 Im-Pesaran and Shin test;ADF:ADF 检验 Augmented Dickey-Fuller test;D(U1):U1 的一阶差分 First difference of U1;D(U2):U2 的一阶差分 First difference of U2

Kao 检验在 1% 的水平下拒绝原假设。pedroni 检验在 5% 的水平下拒绝原假设,两种检验结果均说明新型城镇化与生态环境之间存在长期稳定的均衡关系。

最优滞后阶数确定具体结果如表 6,由此可知,模型的最优滞后阶数为滞后 1 期。

表 6 最优滞后阶数选择
Table 6 Selection of Optimal Lag Order

阶数 Order	AIC	BIC	HQIC
1	-5.1877 *	-4.6491 *	-4.9688 *
2	-4.6654	-4.0102	-4.3991
3	-4.1895	-3.4039	-3.8704

AIC:赤池信息准则 Akaike information criterion;BIC:贝叶斯信息准则 Bayesian information criterion;HQIC:汉南-奎因信息准则 Hannan-Quinn information criterion

2.3.2 脉冲响应与方差分解结果分析

脉冲响应与方差分解得出两系统的脉冲响应图具体结果如图 4 所示,其中,中间曲线表示 IFR 点估计值,上下两条虚线表示 95%的置信区间边界^[35]。

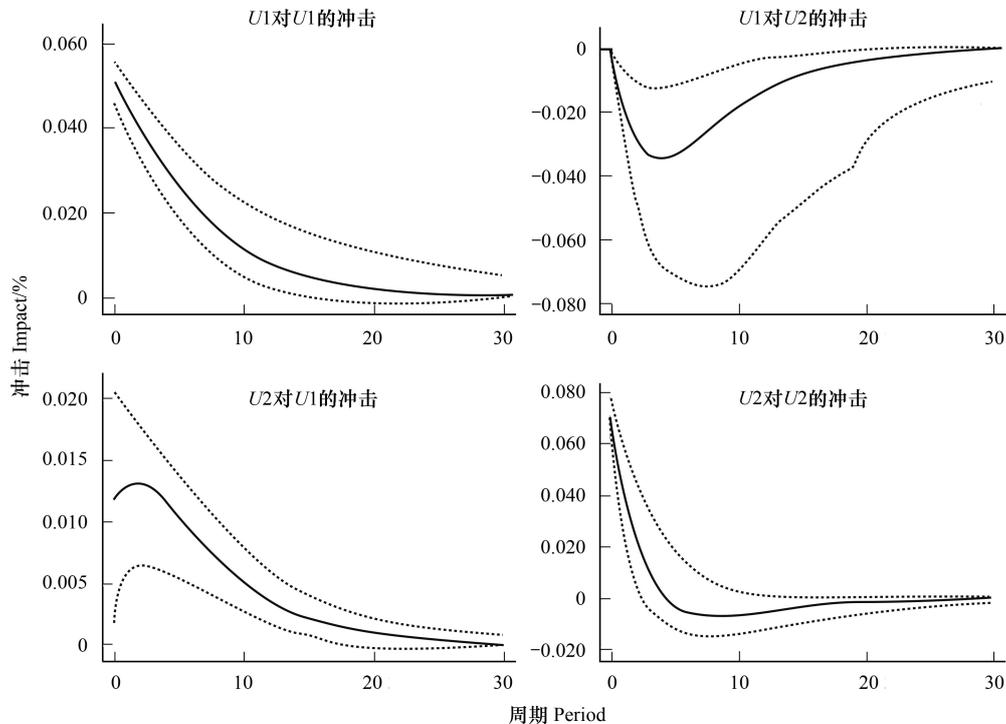


图 4 脉冲响应图

Fig.4 Impulse response diagram

由 $U1$ 对 $U1$ 的冲击可以看出,新型城镇化发展在自身的冲击下当期达到最大,随着时间增加,响应逐渐减弱,且这种减弱速度先快后慢,在 20 期左右达到平稳状态直至影响消失。这表明新型城镇化发展内向动力前期影响较为明显,后期内因影响较小。

由 $U1$ 对 $U2$ 的冲击可以看出,生态环境在第 1 期新型城镇化冲击下立即作出响应,在前 5 期的新型城镇化发展的冲击下,生态环境对新型城镇化发展的响应逐渐减小,响应速度由快变慢,第 5 期左右达到最小响应值-0.37,随后响应逐渐增大并趋于稳定,表明新型城镇化发展对生态环境的影响持续时间较长,前期城镇化发展会对生态环境造成一定的负向影响,并且这种影响随着期数的增加会逐渐减小,后期会逐渐趋于平稳。

由 $U2$ 对 $U1$ 的冲击可以看出,新型城镇化发展在第 1 期生态环境的冲击下迅速作出反应,在前 2 期生态环境的冲击下,城镇化发展对生态环境的响应逐渐增到 0.013,随后生态环境对城镇化发展的影响逐渐减小,这表明前期生态环境对城镇化发展影响较大,后期影响逐渐减小并趋于平稳。良好的生态环境基础是发展城镇化的必要前提。

由 $U2$ 对 $U2$ 的冲击可以看出,对于生态环境,在受到自身冲击时会在当期达到正向最大值,随后影响作用逐渐减小但仍然保持正向反应,在第 5 期时,响应转变为负响应,随着期数增加,响应逐渐增加,在 20 期左右,响应逐渐趋于平稳。

通过脉冲响应分析后再进行 25 期的方差分解,分析新型城镇化发展与生态环境之间的相互作用,具体结果见表 7:

由结果显示可知,方差分析 20 期以后结果基本保持一致,这表明在 20 个预测期之后系统基本已经达到稳定状态。新型城镇化发展受自身影响程度由第 1 期的 100%影响下降到第 20 期的 42%影响,受生态环境影

响程度由第 1 期的无影响上升到第 20 期的 58% 影响,说明新型城镇化发展前期受到自身影响较大,后期在一定程度上依赖生态环境的发展水平。生态环境受自身影响程度由第 1 期的 99.5% 下降到第 20 期的 95%,之后保持不变,受新型城镇化发展影响程度由第 1 期 0.5% 上升到第 20 期的 5%,这表明生态环境在整个发展期内主要受自身影响。与脉冲响应结果对比可知,生态环境在初期会受到新型城镇化发展的负向影响,随后影响消失,受到自身发展影响较大,新型城镇化对其发展的滞后影响效果有限。

表 7 方差分解结果

Table 7 Variance decomposition results

Decomposition of U1				Decomposition of U2			
阶段 Stage	DU1	DU2		阶段 Stage	DU1	DU2	
DU1	1	1.000	0.000	DU2	10	0.043	0.957
DU2	1	0.005	0.995	DU1	20	0.420	0.580
DU1	5	0.559	0.441	DU2	20	0.050	0.950
DU2	5	0.019	0.981	DU1	25	0.419	0.581
DU1	10	0.444	0.556	DU2	25	0.050	0.950

DU1; U1 的方差分解 Decomposition of U1; DU2; U2 的方差分解 Decomposition of U2

3 结论与启示

3.1 结论

(1) 2005—2019 年陕西省新型城镇化与生态环境综合发展水平及二者之间的协调水平呈现增速不一致的上升趋势,协调发展阶段呈现“基本不协调—中度协调”的演进态势,各市的协调发展水平实现了稳步式增长,但地区间发展步调差异较大,中西南区域发展速度较快,如西安、宝鸡及汉中市 2013 年首先进入中度协调阶段,延安,安康等市属于缓慢增长类型,2016 年进入中度协调阶段。

(2) 陕西省新型城镇化与生态环境相对发展状态呈现“新型城镇化滞后—同步发展—生态环境滞后”的动态演变态势。比如西安市发展阶段为“新型城镇化滞后—同步发展—新型城镇化滞后—生态环境滞后”。新型城镇化滞后与生态环境滞后类型的城市均属于不健康的相对发展状态,两者发展调整重点不同。整体上,关中地区相对发展状态比陕南陕北地区更好,更早达到了同步发展的协调状态。

(3) 在新型城镇化与生态环境互动关系中,新型城镇化发展受自身影响由第 1 期 100% 影响下降为 20 期 42% 影响可知,前期新型城镇化受自身冲击较为显著,后期受自身冲击与生态环境发展影响程度相差不大;生态环境受自身影响程度由第 1 期 99.5% 到第 20 期 95% 影响可知,自身冲击整体维持在较高比例,生态环境发展受自身冲击作用较大,受新型城镇化发展的滞后影响作用有限。总之,新型城镇化与生态环境发展之间的互动关系明显,两者会相互制衡。

3.2 启示

(1) 从新型城镇化与生态环境综合发展水平及二者之间的协调水平来看,各地区虽大体发展趋势均处于稳步式增长状态,但各市各地区间的差异不容忽视。发展较快的中心城市如西安、宝鸡应发挥辐射带动作用,缩小区域发展差异,实现互联互通。进一步缩小新型城镇化与生态环境系统中各子系统间差距,均衡推进城镇化进程,通过提高生态环境承载力提升生态环境保护能力,以经济社会城镇化为着力点,大力发展空间城镇化及人口城镇化,利用各种激励手段引进人才推动地区提升创新活力,发展地区间合作的交流共享平台。

(2) 从新型城镇化与生态环境相对发展状态来看,整体在向生态环境滞后的方向发展,必须引起当地发展政策及未来规划的注意。强化绿色生态发展能力、补齐生态短板尤为重要。榆林、延安要将生态创新作为经济价值发展的首要前提,加强农村环境整治、健全生态环境补偿机制,完善生态环境治理机制。在城镇化进程中将生态环境保护理念融入当中,大力保护绿色农产品生产流通区以及生态功能区,打造绿色食品猕猴桃、核桃等地方特色产业品牌,推行“生态文旅+健康养生”发展模式,确保城镇化发展与生态环境达到同步协调的状态。

(3)从新型城镇化与生态环境互动关系来看,新型城镇化发展初期并不依赖生态环境发展,而在后期很大程度上与生态环境发展息息相关,生态环境前期会受到城镇化发展的负向抑制,后期抑制作用逐渐减小。因此地区发展不能以牺牲生态为代价,应着眼未来全局规划、优化经济发展形式,实现经济与生态的协调高质量发展。陕西省作为西部大省,要转变经济发展方式,要摒弃重污染产业,大力发展绿色化升级产业,处理好两者之间的关系,减少对生态资源的消耗,对陕西省区域及总体实现以绿色发展为导向以生态优先为基础的高质量发展具有重要意义。

参考文献(References):

- [1] Henderson V. The urbanization process and economic growth: the so-what question. *Journal of Economic Growth*, 2003, 8(1): 47-71.
- [2] Mahmood H, Alkhateeb T T Y, Furqan M. Industrialization, urbanization and CO₂ emissions in Saudi Arabia: asymmetry analysis. *Energy Reports*, 2020, 6: 1553-1560.
- [3] Caviglia-Harris J L, Chambers D, Kahn J R. Taking the “U” out of Kuznets. *Ecological Economics*, 2009, 68(4): 1149-1159.
- [4] OECD. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. Paris: OECD, 2002.
- [5] 付丽娜, 彭真善, 张爱群. 新型城镇化与产业结构的交互影响——以环长株潭城市群为例. *经济地理*, 2020, 40(11): 95-104.
- [6] 周正柱, 王俊龙. 长江经济带生态环境压力、状态及响应耦合协调发展研究. *科技管理研究*, 2019, 39(17): 234-240.
- [7] 魏振香, 史相国. 生态可持续与经济高质量发展耦合关系分析——基于省际面板数据实证. *华东经济管理*, 2021, 35(4): 11-19.
- [8] 赵建吉, 刘岩, 朱亚坤, 秦胜利, 王艳华, 苗长虹. 黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素. *资源科学*, 2020, 42(1): 159-171.
- [9] 黄茂兴, 张建威. 生态文明建设与新型城镇化协调发展的时空格局及影响因素——以福建省为例. *福建师范大学学报: 哲学社会科学版*, 2021, (1): 40-54.
- [10] 黄桂林, 许如意, 苏义坤. FDI、技术创新与城镇化互动关系研究——基于省际面板数据的 PVAR 实证分析. *数学的实践与认识*, 2021, 51(10): 59-68.
- [11] 冯霞. 江苏省城镇化与生态环境协同发展的市际格局研究. *经济问题探索*, 2016, (12): 90-97.
- [12] 徐素波. 黑龙江省城市化与生态环境耦合协调发展研究. *林业经济*, 2019, 41(7): 94-100.
- [13] 谭俊涛, 张平宇, 李静, 刘世薇. 吉林省城镇化与生态环境协调发展的时空演变特征. *应用生态学报*, 2015, 26(12): 3827-3834.
- [14] 邢璐平, 方斌. 江苏省城镇化和生态环境的时空格局与协调发展研究. *南京师大学报: 自然科学版*, 2018, 41(3): 131-137.
- [15] 王杭芳. 中国省际城镇化与生态环境时空耦合分析. *世界农业*, 2017, (7): 205-209.
- [16] 翁异静, 周祥祥, 张思哲. 新型城市化与生态环境耦合协调时空特征研究——以长江经济带为例. *林业经济*, 2020, 42(11): 63-74.
- [17] 张欢, 成金华, 冯银, 陈丹, 倪琳, 孙涵. 特大型城市生态文明建设评价指标体系及应用——以武汉市为例. *生态学报*, 2015, 35(2): 547-556.
- [18] 杨惠珍. 我国新型城镇化形势下城镇化质量评价指标体系的构建. *经济研究导刊*, 2013, (20): 65-67, 78-78.
- [19] 杜霞, 孟彦如, 方创琳, 李聪. 山东半岛城市群城镇化与生态环境耦合协调发展的时空格局. *生态学报*, 2020, 40(16): 5546-5559.
- [20] 熊曦, 肖俊. 武陵山片区城镇化与生态环境耦合协调度时空分异——以六个中心城市为例. *生态学报*, 2021, 41(15): 5973-5987.
- [21] 田逸飘, 郭佳钦, 廖望科. 城镇化、生态环境与产业结构调整——基于省际面板数据的 PVAR 分析. *科技和产业*, 2021, 21(3): 1-8.
- [22] 黄丹, 肖翔. 云南省新型城镇化与生态环境协调度研究. *中国农业资源与区划*, 2021, 42(3): 190-198.
- [23] 孙成, 赵琛徽. 长江经济带科技人才创新能力与经济发展耦合协调性研究[J]. *统计与决策*, 2021, 37(10): 115-119.
- [24] 任祁荣, 于恩逸. 甘肃省生态环境与社会经济系统协调发展的耦合分析. *生态学报*, 2021, 41(8): 2944-2953.
- [25] 李红祥, 徐鹤, 赵立腾, 李天威, 葛察忠. 中国城镇化与资源环境耦合关系实证研究. *生态经济*, 2016, 32(2): 31-33.
- [26] 王少剑, 方创琳, 王洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度. *生态学报*, 2015, 35(7): 2244-2254.
- [27] 乔标, 方创琳, 黄金川. 干旱区城市化与生态环境交互耦合的规律性及其验证. *生态学报*, 2006, 26(7): 2183-2190.
- [28] 曾珍, 韩纪琴, 吴义根. 基于面板数据的 PVAR 模型分析安徽省城镇化对农业碳排放的影响. *中国农业大学学报*, 2021, 26(3): 176-187.
- [29] 赵伟, 姜长军, 李贻学. 基于 VAR 模型的城市土地承载力动态因子影响效应及耦合协调性研究. *河南农业大学学报*, 2019, 53(6): 926-933.
- [30] 马亚亚, 刘国彬, 张超, 王杰. 陕北安塞县生态与经济系统耦合协调发展. *生态学报*, 2019, 39(18): 6840-6849.
- [31] 蔡文静, 夏咏, 赵向豪. 西北 5 省区“生态环境—经济发展—城镇化”耦合协调发展及预测分析. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(12): 219-227.
- [32] 张佳田, 焦文献, 韩宝龙. 城镇化与生态系统服务的协调演化特征及空间耦合关系. *生态学报*, 2020, 40(10): 3271-3282.
- [33] 姜亚俊, 慈福义, 史佳璐, 唐永超. 山东省新型城镇化与生态环境耦合协调发展研究. *生态经济*, 2021, 37(5): 106-112.
- [34] 孙建国, 王亚杰, 张海艳. 黄河流域科技创新与生态经济研究——基于 Super-SBM 模型和 PVAR 模型[J]. *生态经济*, 2021, 37(09): 61-69.
- [35] 洪铮, 王林, 章成. 绿色发展背景下区域旅游生态效率影响因素——以西部地区为例[J]. *生态学报*, 2021, 41(09): 3512-3524.