

资源型城市产业结构与生态环境的 耦合协调模型构建与实证研究

张中华, 韩 霜

(西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710000)

摘要: 城市产业结构是社会经济可持续发展的关键, 经济活动能否持续开展取决于资源环境。因此, 探讨产业结构变化对生态环境的影响, 有益于社会经济健康发展。研究将延安市作为研究对象, 从结构水平、结构效益、环境压力、环境状态、环境响应 5 个层次选取 24 个指标构建综合评价体系, 基于熵权法和耦合协调度模型对延安市 2010—2020 年产业结构与生态环境的协调状态进行定量化判断。结果表明: (1) 延安市产业结构和生态环境耦合度保持高度相关水平; (2) 系统综合评价指数曲折上升, 产业结构系统综合评价指数增长缓慢, 平均增速慢于生态环境综合评价指数, 延安市实现产业绿色转型面临巨大挑战; (3) 两者耦合协调度总体呈上升趋势, 延安市产业结构和生态环境的协调水平从濒临失调转变为初级协调, 协调状态逐渐向好。

关键词: 产业结构; 生态环境; 耦合协调

中图分类号: TU984.114

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2022)06-0881-09

An empirical study on the construction of coupling coordination model of industrial structure and ecological environment in resource-based cities

ZHANG Zhonghua, HAN Shuang

(School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: Urban industrial structure is the key to sustainable socio-economic development, and the sustainability of economic activities depends on the resources and environment. Therefore, the synergy between industrial structure and ecological environment is of great significance for high-quality economic development. This study takes Yan'an City as the research object, selects 24 indicators from five levels of structural level, structural benefit, environmental pressure, environmental state and environmental response to construct a comprehensive evaluation system, and makes a quantitative judgment on the coordination status of industrial structure and ecological environment in Yan'an city from 2010 to 2020 based on entropy weight method and coupled coordination degree model. The results show that: (1) the coupling degree of industrial structure and ecological environment in Yan'an maintains a high level of correlation; (2) the comprehensive evaluation index of the system increases in a tortuous manner, and the composite index of industrial structure system grows slowly, with a slower average growth rate than the comprehensive evaluation index of ecological environment, indicating that Yan'an faces great challenges in realising industrial green transformation; (3) the overall trend of the coupling coordination degree between the two is on the rise, and the coordination level of industrial structure and ecological environment in Yan'an has changed from being on the verge of disorder to primary coordination, and the coordination status is gradually improving.

Key words: industrial structure; ecological environment; coordination of coupling

早在 1995 年的全国资源环境与经济发展研讨会上, 全会就可持续发展问题提出可持续发展的核心是经济社会与生态环境协调。在 2021 年第二届绿色经济论坛上生态环境部提出, 应对全球低

碳转型的首要任务是经济绿色转型和推动生态文明建设。经济发展规模、技术、结构对生态环境影响显著, 经济增长中的结构效益主要指产业结构对生态环境的改变^[1]。产业结构承担了经济社会

和资源环境之间的媒介角色,对协调两者之间矛盾具有重要作用^[2]。产业结构升级与生态环境保护一直是研究热点,其中两者耦合关系是研究的重要内容。研究多从综合效应、耦合协调关系、产业生态化等角度展开。在综合效应方面,姚韬、余元冠基于VAR模型对中国1990—2010年技术进步、产业结构和碳排放量的关联性测算,实证得出技术进步和产业结构的调整对碳排放有较显著作用^[3]。蔡玉蓉等^[4]则利用超效率SBM模型对我国30个省的生态效率测度,根据结果提出产业结构升级可有效促进区域生态效率。孟望生等^[5]在定量分析黄河流域环境规制和产业结构与绿色经济增长率关系中,发现环境规制与产业结构的不断高级化能提高黄河流域绿色经济增长率。陈青^[6]针对对北京市环境污染,从经济增长、产业结构层面进行测算,验证了产业结构的优化能抑制环境污染。黄纪强等^[7]从政策层面探讨环境税政策与产业结构机制,认为环境税政策可以有效促进产业结构优化升级。在耦合协调关系部分多是定量分析。温彦平等^[8]从城镇化视角对长江中游城市群产业结构与生态环境耦合协调关系展开定量分析。胡悦等^[9]从技术创新、产业结构与生态环境三个维度,对京津冀地区2006—2015年产业结构与生态环境耦合协调关系定量测算。李彦超^[10]结合山东省产业结构数据,从低碳化视角对生态环境进行检测与评价分析。还有学者从海洋、生态农业等更微观层面探讨与环境的耦合机理^[11-13]。李晟婷等^[14]从产业生态化视角,对2008—2018年陕西省产业高质量化和生态可持续化展开耦合协调性分析。陈长^[15]基于绿色经济内涵,定量测算产业生态化和生态产业化协调关系,并提出协同发展策略。余东华^[16]从产业生态化和生态产业化内涵切入,提出黄河流域高质量发展路径。傅京燕^[17]从金融角度提出绿色债券对于粤湾区产业转型的相应策略,为环境保护提供新思路。

学者们已对产业结构与生态环境的关系做了有益的探索,为本文提供了丰富理论基础。但研究范围多偏向区域尺度,地域类型相比关注较少。资源型城市是指依托当地资源消耗发展,产业结构以重工业主导的经济地域类型。延安市位于陕西省北部,黄河流域中部,是全国重要能源资源储备区。矿产资源种类丰富,品质高且集中分布,延安市依靠资源优势形成以石油煤炭为主导产业的发展模式。但重工业为主的产业结构体

系造成空气污染、水质恶化等生态问题,严重削弱城市生态承载力。城市化进入中后期过程后,城市发展面临生态承载力脆弱、产业结构僵化的窘境,长期下来会拖累区域经济的健康发展。因此对延安市产业结构与生态环境耦合协调性探讨,符合区域经济可持续高质量发展的迫切现实需求。本文通过构建综合评价指标体系,运用耦合协调模型分析延安市产业结构与生态环境耦合协调水平,以期能丰富产业结构与环境保护的案例实证,并为延安市产业结构调整与升级提供参考。

1 理论基础

1.1 耦合理论

《辞海》中耦合的定义是多个系统或运动形式间经过各种形式的动态交互作用而产生的现象^[18]。“耦合”最初来源于物理学领域,表示两个或两个以上电路或电波系统之间出现的一体化现象和规律^[19]。经过概念延伸,现已广泛应用到社会科学研究中。社会科学中耦合的内涵指多个系统间或者系统内部要素间在良性互动下形成相互作用、相互影响又相互协调的动态联系。根据耦合内涵的观点,当系统耦合作用发生在产业结构与生态环境系统中时,原有的系统发生变化,若系统间的要素交流促进各系统进步时,原有系统会进入更高层次水平的新系统,此时系统间的相互作用是正向的,两者的关系是协调的。反之,若系统间的相互作用会制约、阻碍彼此的发展时,此时系统间的耦合作用是非正向的,系统之间是不协调的(图1)。

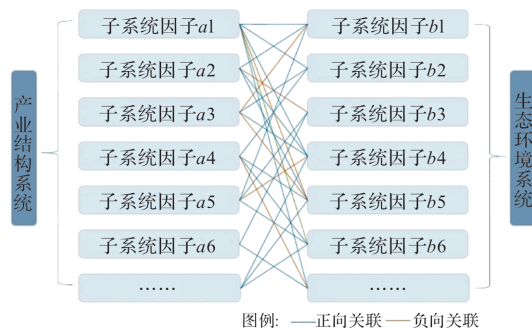


图1 产业结构与生态环境的系统耦合

Fig. 1 Systematic coupling of industrial structure and ecological environment

1.2 产业结构与生态环境的耦合关系

作为经济活动对自然环境作用的转换器,产业结构的调整往往也会影响生态环境。产业结构

本质上反映了劳动力,资本和技术等要素的分配比例,调整产业结构是为了使资源在整个系统中分配合理,进一步影响资源消耗量和污染物排放量。产业结构中对生态环境影响最大的是第一产业,由于其生产过程需要巨量资源,第二产业位居其次,影响最小的是第三产业。科学的产业结构,越完善,其在分配生态资源时就越高效,能够有效的避免资源的浪费,对提高资源利用率非常关键^[20]。反之,低级的产业结构污染物排放量大,利用率低,进而破坏生态环境。生态环境为经济活动的开展提供资源能源支撑,是经济社会

有序发展的保障。当经济活动对资源消耗程度或生产过程所排放的污染量大于生态环境承载力负荷时,环境品质会逐渐下降,到一定程度时会限制产业结构内部的调整,遏制经济的发展。反之,环境状态良好会促进经济可持续与产业结构升级。故产业结构与生态环境的相互影响主要表现在产业结构不合理对生态环境的威胁与环境承载力下降对产业结构的桎梏,两者之间存在相互制约或相互促进的现象。要维持经济稳定健康发展,就要协同发展,使系统间的要素流保持合理运行状态(图2)。

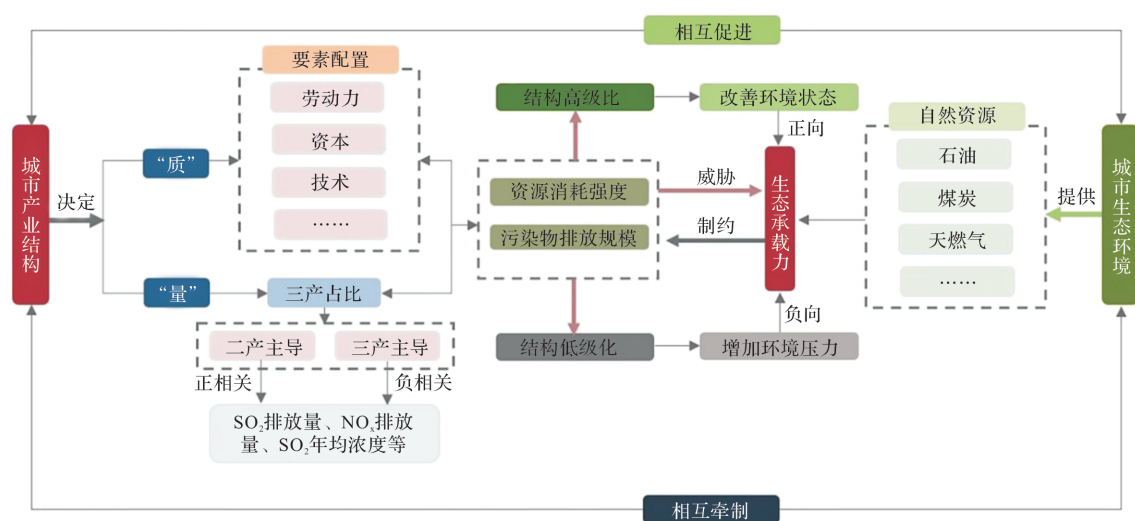


图2 资源型城市产业结构与生态环境的关系

Fig. 2 Relationship between industrial structure and ecological environment in resource-based cities

2 研究区概况与数据来源

2.1 研究区概况

延安市地处陕西省北部,黄河流域中部,延河、汾川河二水交汇之处。全市占地 3.7 万 km²,地势上西北高、东南低,以黄土高原和山地丘陵为主要地貌。气候变化受季风影响,属暖温带半湿润易旱气候区。生物多样性高,矿产资源丰富,煤炭地质储量 71 亿 t,石油储量 4.30 亿 t,探明储量 1.93 亿 t。延安市是红色革命圣地,首批列入国家历史文化名城。截止到 2021 年,全市常住人口共 226.93 万人,地区生产总值为 2 004.58 亿元,三次产业构成比重为 10.4 : 61.4 : 28.2,整体上仍是以工业为主发展。

陕西省“十四五”规划将延安市定位为黄河流域生态保护和高质量发展先行区、国家科技创新中心、陕北能源化工基地,进一步推进产业结构

与生态环境协调,有助于实现产业转型升级,促进延安市绿色经济发展。

2.2 数据来源

研究数据来源于 2011-2021 年《中国城市统计年鉴》、《陕西省统计年鉴》、《延安市统计年鉴》、《延安市国民经济与社会发展统计公报》和延安市各部门官网。为保证研究的可行性,数据采用时间区间为 2010—2020 年。部分缺失数据在根据已有数据使用均值法计算得到。

3 指标体系构建与研究方法

3.1 评价指标体系构建

耦合协调度评价包括评价指标体系构建和耦合协调度模型建立(图3)。构建评价指标体系有利于高效、精确的分析延安市产业结构,本研究通过借鉴相关研究成果并结合延安市产业结构特点,从结构水平和结构效益两个层面选

取 11 个指标, 构建产业结构综合评价指标体系(表 1)。

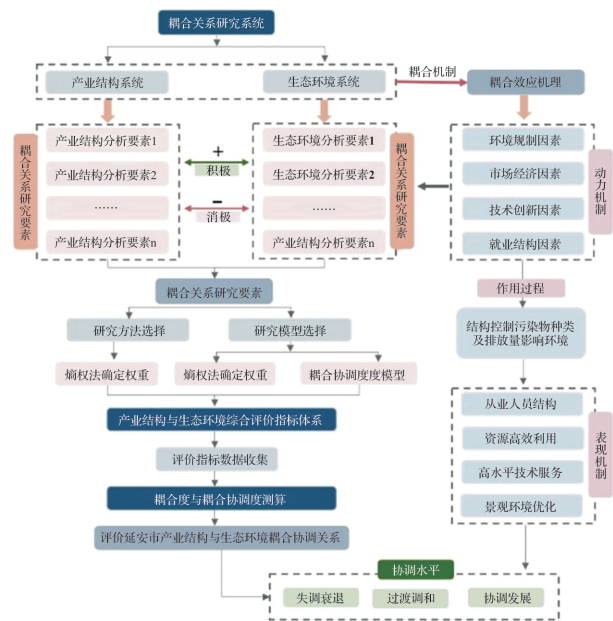


图 3 产业结构与生态环境耦合协调度评价及应用结构

Fig. 3 Evaluation of the coordination degree of coupling between industrial structure and ecological environment and the structure of application

表 1 延安市产业结构评价指标体系

Tab. 1 Industrial structure evaluation index system of Yan'an city

目标层 A	准则层 B	指标层 C	指标向性
A ₁ 产业结构	B ₁ 结构水平	C ₁ 第一产业增加值占 GDP 比重/%	—
		C ₂ 第二产业增加值占 GDP 比重/%	+
		C ₃ 第三产业增加值占 GDP 比重/%	+
		C ₄ 工业增加值占 GDP 比重/%	+
	B ₂ 效益	C ₅ 第一产业就业人数比重/%	—
		C ₆ 第二产业就业人数比重/%	+
		C ₇ 第三产业就业人数比重/%	+
A ₂ 生态环境	B ₄ 环境状态	C ₈ 人均 GDP/元	+
		C ₉ 农民人均纯收入/元	+
		C ₁₀ 人均社会消费品零售额/元	+
		C ₁₁ 全社会劳动生产率/元	+

生态环境评价指标体系构建的主要依据是 PSR 模型(Pressure-State-Response)^[21]。该模型广泛用于生态环境评价研究,能准确表示出生态环境和经济活动之间的作用关系。根据模型,环境压力反映经济社会发展对生态环境造成损害,环境压力越大时说明生态环境破坏程度就越高,环境质量越低,两者之间为负相关。环境状态意味

着社会活动和产业结构作用下的生态环境状况,最终结果表现出与环境是正相关关系。环境响应表示社会层面对生态环境的反馈,其值越大说明社会对环境越重视,社会环保意识越强,与生态环境正相关。在基于可操作性、系统性与可获取性原则上,研究从环境压力、环境状态及环境响应三方面共选取 13 项指标构建延安市生态环境综合评价体系(表 2)。

表 2 延安市生态环境评价指标体系

Tab. 2 Ecological environment evaluation index system of Yan'an city

目标层 A	准则层 B	指标层 C	指标向性
A ₂ 生态环境	B ₃ 环境压力	C ₁₂ 人均工业废水排放量/t	—
		C ₁₃ 人均每日生活用水量/m ³	—
		C ₁₄ 人均工业固体废弃物产生量/t	—
		C ₁₅ 工业二氧化硫排放量/t	—
		C ₁₆ 工业烟(粉)尘排放量/t	—
		C ₁₇ 人均公园绿地面积/m ²	+
	B ₅ 环境响应	C ₁₈ 建成区绿化覆盖率/%	+
		C ₁₉ 人均建设用地面积/m ²	+
		C ₂₀ 市区空气质量优良天数比例/%	+
		C ₂₁ 城市污水处理总量/万 t	+
		C ₂₂ 污水集中处理率/%	+
		C ₂₃ 生活垃圾无害化处理率/%	+
		C ₂₄ 一般工业固体废弃物综合利用比例/%	+

3.2 指标处理

(1)数据标准化

运用极值标准化法处理指标存在量纲不一致的情况,即无量纲化为

正向指标:

$$X_{ij} = \frac{y_{ij} - \min(y_{ij})}{\max(y_{ij}) - \min(y_{ij})} + 0.000\ 01 \quad (1)$$

负向指标:

$$X_{ij} = \frac{\max(y_{ij}) - y_{ij}}{\max(y_{ij}) - \min(y_{ij})} + 0.000\ 01 \quad (2)$$

式中: y_{ij} 表示第 i 年第 j 项指标; $\max(y_{ij})$ 即第 j 项指标中的最大值, $\min(y_{ij})$ 即最小值; X_{ij} 表示处理后得到的统一量纲的指标值,取值介于 0 到 1 之间。

(2)熵权法计算指标比重

熵权法在赋权法中可以克服主观赋权的臆断性,具有相对客观性,并且相对其他客观赋权法

更具广泛适用性，有助于提高评价结果的准确性。详细计算步骤如下：

①指标比重计算第 i 年第 j 项指标的比重为

$$p_{ij} = z_{ij} / \sum_{i=1}^n z_{ij}, n = 1, 2, 3 \cdots \quad (3)$$

②指标熵值计算

$$E_j = - \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (4)$$

式中： n 为年数； $0 \leq E_j < 1$ ；当 $p_{ij} = 0$ 时，令 $p_{ij} \ln(p_{ij}) = 0$ 。

③差异性系数计算

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

④指标权重计算

$$W_j = G_j / \sum_{j=1}^n G_j, j = 1, 2, 3 \cdots \quad (6)$$

(3)综合评价指数采用线性加权法计算

$$F_j = \sum_{k=1}^m W_j \times Z_j \quad (7)$$

3.3 耦合度与耦合协调度

耦合模型共有两种基本模型，即耦合度模型和耦合协调度模型。依据物理学中的容量耦合及系数模型进一步推导得到耦合度和耦合协调度模型^[22]，各系统之间或者每个要素流互动的强弱可以用耦合度反映。耦合协调度是反应各系统间相互作用的水平状态，可以衡量两个或多个系统之间和谐关系的程度。参考规范适用的耦合度模型公式^[23]，建立产业结构与生态环境的耦合度模型：

$$C = \frac{\sqrt{F_1 \times F_2}}{\sqrt{\left(\frac{F_1 + F_2}{2}\right)^2}} = \frac{2 \sqrt{F_1 \times F_2}}{F_1 + F_2} \quad (8)$$

式中： F_1 和 F_2 表示产业结构与生态环境综合评价指数； C 代表耦合度，取值在 0 到 1 之间。 C 值越大，表明两者之间的相互作用越强，反之越弱。

耦合度 C 可以反映出系统间相互作用的强度，但不能确定两者之间的联系是在较高水平上或是在较低水平上，使得分析结果具有一定的局限性^[24]。故引入耦合协调度模型，可以更科学地判断系统协调水平，公式如下。

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (9)$$

$$T = \alpha F_1 + \beta F_2 \quad (10)$$

式中： D 即耦合协调度，取值范围为 $[0, 1]$ 。 T 反映的是系统协调发展水平综合指数。 α 、 β 是程

度系数，取值待定。这里认为产业结构和生态环境在社会发展中同等重要，故取值 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

对产业结构和生态环境耦合协调状态评判标准是参考相关研究，耦合协调度共有三大区间，从高到低分成十个等级类型^[25]（表 3）。

表 3 耦合协调度水平评判标准区间

Tab. 3 Criteria interval for judging the level of coupling coordination

耦合协调度区间	耦合协调度划分	耦合协调度等级	$F_1 > F_2$	$F_1 < F_2$
失调衰退区 $0 \leq D < 0.4$	$[0, 0.1)$	极度失调	生态环境滞后	产业结构滞后
	$[0.1, 0.2)$	严重失调	生态环境滞后	产业结构滞后
	$[0.2, 0.3)$	中度失调	生态环境滞后	产业结构滞后
	$[0.3, 0.4)$	轻度失调	生态环境滞后	产业结构滞后
过渡调和区 $0.4 \leq D < 0.6$	$[0.4, 0.5)$	濒临失调	生态环境滞后	产业结构滞后
	$[0.5, 0.6)$	勉强协调	生态环境滞后	产业结构滞后
协调发展区 $0.6 \leq D \leq 1$	$[0.6, 0.7)$	初级协调	生态环境滞后	产业结构滞后
	$[0.7, 0.8)$	中级协调	生态环境滞后	产业结构滞后
	$[0.8, 0.9)$	良好协调	生态环境滞后	产业结构滞后
	$[0.9, 1]$	优质协调	生态环境滞后	产业结构滞后

4 实证结果分析

根据耦合度和耦合协调模型，对评价期内延安市产业结构和生态环境评价指标进行了科学测算，最终计算出耦合度和耦合协调度。从结果来看，延安市产业结构和生态环境的耦合度均处于 0.9 以上，这表明两者具有高度相关，也就是处在“良性共振”状态，但综合评价指数和耦合协调度变化较大。

4.1 评价指标权重

根据上文权重计算公式得到产业结构与生态环境评价体系中各指标权重（表 4）。

表4 延安市产业结构与生态环境评价指标权重

Tab. 4 Evaluation indicator weights of industrial structure and ecological environment in Yan'an City

系统	子系统	评价指标	权重
产业结构	结构水平	一产增加值占GDP比重/%	0.024 0
		二产增加值占GDP比重/%	0.046 2
		三产增加值占GDP比重/%	0.070 3
		工业增加值占GDP比重/%	0.047 4
		一产就业人数比重/%	0.033 1
		二产就业人数比重/%	0.069 3
		三产就业人数比重/%	0.044 6
		人均GDP/元	0.018 0
	结构	农民人均纯收入/元	0.029 1
	效益	人均社会消费品零售额/元	0.039 0
		全社会劳动生产率/元	0.034 4
生态环境	环境压力	人均工业废水排放量/t	0.042 23
		人均日生活用水量/m ³	0.044 1
		人均工业固体废弃物产生量/t	0.042 6
		工业二氧化硫排放量/t	0.051 1
		工业烟(粉)尘排放量/t	0.018 5
	环境状态	人均公园绿地面积/m ²	0.082 3
		建成区绿化覆盖率/%	0.034 7
		人均建设用地面积/m ²	0.076 8
		市区空气质量优良天数比例/%	0.021 7
	环境响应	城市污水处理总量/万t	0.047 3
		污水集中处理率/%	0.022 4
		生活垃圾无害化处理率/%	0.018 5
		一般工业固体废弃物综合利用比例/%	0.041 4

4.2 综合评价指标分析

产业结构系统评价指数整体缓慢增长,略有起伏。从2010—2020年,延安市产业结构综合评价指数总体处于上升趋势,从0.17上升至0.26(图4),虽增幅较小但也在一定程度上说明延安市产业结构经过调整与优化,这与该时期延安市响应国家政策调整城市发展战略具有紧密联系。延安市作为资源型发展城市,第二产业是其经济发展主要驱动力,据统计数据可知第二产业在产业结构占比最高达到将近70%,城市发展过度依赖工业,产业结构调整难度较大,其综合指数增长缓慢。2015—2016年产业结构综合指数下降,主要受该时期产业结构效益水平较低影响,资源过度开发带来负面效应,单一产业结构对产业效益的带动力不足,产业结构效益持续下降导致产业结构综合评价指数降低。根据评价期产业结构综合评价指数变化,可判断出延安市产业结构在不断调整优化,但仍没有扭转二产占比过高,一、三产

偏弱的局面,今后延安市产业结构转型也将处于长期阵痛,但仍要坚持转变原有发展模式,寻找新经济发展体,解决当前产业结构比例失调的问题。

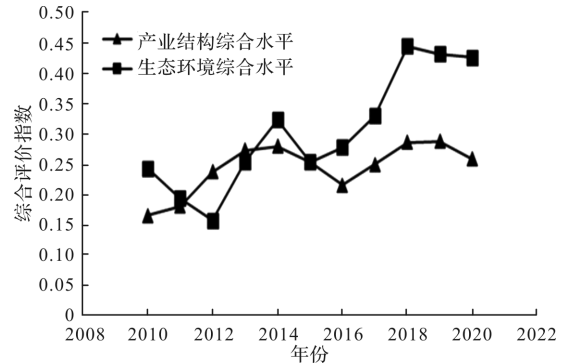


图4 产业结构与生态环境综合评价指数图

Fig. 4 Industrial structure and ecological environment integrated evaluation index

生态环境系统评价指数总体增长速度较快,幅度由剧烈起伏至逐渐平稳。从图4可看出生态环境综合评价指数变化幅度强于产业结构综合指数,2010—2012年,生态环境综合指数不断下降,2012年低于产业结构综合评价指数,滞后产业结构发展水平。该阶段处于经济快速发展时期,重化工业是延安市经济发展主动力,但这种粗放式发展对生态环境的破坏非常严重,导致环境承载力不断下降;2012—2014年,延安市生态环境综合指数剧烈式增长,最终高于产业结构综合指数。初期恶化的生态环境开始反噬产业对经济的带动效果,环境破坏带来的高额损耗成本使得政府必须重视环境治理,在环境保护上投入大量人力、物力和资金,改善城市生态环境。2014—2018年间,环境综合指数先下降后迅速上升并达到最高值,即使有下降阶段但总体均大于产业结构综合指数。2014年全国经济进入“新常态”,这要求延安市经济发展不能是单纯追求速度的外延式增长,而要转型为依靠产业结构升级、节能环保等健康发展路径。该阶段延安市产业结构调整,污染环境的工业比重下降,旅游业服务业兴起,各方面减少对生态环境的负作用。同时政府也从政策上转变对生态环境的态度,强化生态环境保护支持力度,促使延安市生态环境得到显著改善。2018—2020年,环境综合指数略有下降,趋于平稳。延安市城市化进程步入中后期,经济发展稳定,政策导向明确,生态环境受到的影响不大,

波动较小。

由于系统综合指数不稳定,所以产业结构综合评价指数增速时用平均值来表示,最终的增长率为9.44%,比生态环境综合评价指数(6.34%)略高。从整体来看,产业结构综合评价指数一直处于较平稳上升状态,而生态环境综合评价指数波动程度较大,这归结于生态环境政策的不断变化。因此,针对生态环境综合评价水平具有较高政策敏感度的特点,延安市未来城市发展中要将两者协同发展考虑进来,制定有关产业政策时应加强对环境友好型产业的关注度,促进产业生态化。

4.3 耦合度与耦合协调度分析

根据产业结构($F1$)和生态环境综合评价指数($F2$),按照公式(8)和公式(9)计算得到耦合度(C)及耦合协调度(D)。由图5可知,2010—2020年间,延安市产业结构和生态环境耦合度均超过0.9,表明两者高度相关。

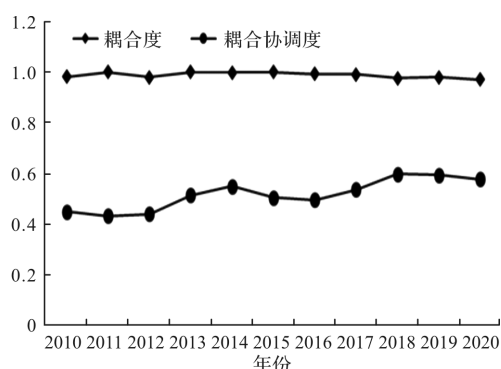


图5 产业结构与生态环境耦合协调度趋势图

Fig. 5 Trends in the degree of coordination between industrial structure and ecological coupling

2010—2014年间,耦合协调度增速逐渐加快,进入勉强协调区间。前期延安市处于工业化加速阶段,偏重工业经济发展,忽略环境对产业发展的长期效应,环境质量严重下降,协调度低于0.5,濒临失调。后期协调度上升较快,一方面说明政府注意到生态环境保护的重要性,有意识控制工业排放污染,提高工业废物利用率,调整产业结构比例;另一方面也说明社会环保意识在不断提高,采取措施维护环境。2014—2016年耦合协调度稍有降低,保持在勉强协调水平。由于延安市城镇化建设,环境状态指数下降,影响产业结构与生态环境的协调关系。2016—2020年耦合协调度先上升后进入平稳状态,转向初级协调。

表明该阶段产业结构与生态环境协同发展,互相促进。“十三五”期间政府鼓励第三产业发展,产业结构在二三一的基础上不断优化,就业人口结构中第三产业就业人口占主导地位。生态环境治理工作顺利展开,环境质量日趋向好。

5 结论与讨论

研究从5个层面探讨延安市产业结构与生态环境相互作用关系,并将两者耦合协调状态水平定量化分析,得出以下结论:

(1)评价期内延安市产业结构综合指数整体持续上升。这说明工业化进程的不断进步,技术水平不断提高,推动延安市产业结构优化,产业结构水平与产业效益水平也在上升,产业结构整体上朝着合理化前进。但产业结构指数增速较慢,综合指数不高,说明产业结构内部的调整还存在问题,产业转型发展动力有所不足;

(2)评价期内延安市生态环境综合指数波动程度较大,整体处于上升趋势。主要跟生态环境本身的脆弱性和其对政策的敏感度有关。从生态环境评价子系统中可知生态环境压力指数、状态指数和响应指数均处于增长状态,尤其生态环境状态指数在2013年后增长迅速,政府认识到可持续发展的重要性,重视对环境的保护与投资。但评价期内生态环境压力指数依然上涨,即产业结构处在不断优化的状态,生态环境仍然面临压力;

(3)整个评价期间,延安市产业结构和生态环境耦合协调关系发生重要的转变,从濒临失调到勉强协调,再从勉强协调到初级协调,整个产业结构在不断地优化和完善。这说明延安市在制定产业结构与生态环境相关政策中,积极推进落实稳定增长、调整结构、促进转型的战略方针与坚持“金山银山就是绿水青山”的发展理念。延安市产业结构与生态环境协调发展趋势朝着良好协调方面演进。

实证表明延安市产业结构与生态环境具有高度相关性,两者的协调程度影响经济的高质量发展。影响两者协调水平的驱动因素主要包括环境规制、市场经济、就业结构及创新水平等。因此促进两者之间的良性互动,宏观上要充分发挥政府公共政策导向职能,构建产业生态化长效机制,以实现产业与生态环境协调发展和良性互动为目标。政府运用行政手段适当干预,加强环境规制

对企业的约束,从而倒逼企业升级技术,提高产业生态化效率。同时政府要加强生态监管,扶持低能耗低污染企业,限制高能耗高污染工业体系。将生态治理由末端治理转向源头把控,才能构建产业发展与环境保护协调长效机制,促进经济可持续发展。贯彻低碳发展理念,推动产业结构生态化演进。以改善生态环境为前提,第一产业推行生态农业模式,投资生态产业园区建设;第二产业构建绿色循环经济体系,实现低投入高效循环生产;第三产业重点发展特色旅游,建设全国知名红色文化旅游区。微观上要强化创新能力,提高低碳环保意识。重视对清洁生态设备与环保技术研发的投资,加快产业结构绿色化,促进产业转型。提高群众生态安全意识,形成低碳生活方式,促进延安市经济迈向绿色发展路径。

参考文献 References

- [1] GROSSMAN G, KRUEGER A. Economic growth and the environment [J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.
- [2] 王莎,童磊,贺玉德.京津冀产业结构与生态环境交互耦合关系的定量测度[J]. 软科学, 2019, 33(3): 75-79.
WANG Sha, TONG Lei, HE Yude. Quantitative measurement of the interactive coupling relationship between industrial structure and ecological environment in Beijing, Tianjin and Hebei Province[J]. Soft Science, 2019, 33(3): 75-79.
- [3] 姚韬,余元冠.技术进步与产业结构演进对碳排放的动态影响[J]. 安徽师范大学学报(人文社会科学版), 2013, 41(4): 463-468.
YAO Tao, Yu Yuanguan. The dynamic impact of technological progress and industrial structure evolution on carbon emissions[J]. Journal of Anhui Normal University (Humanities and Social Sciences Edition), 2013, 41(4): 463-468.
- [4] 蔡玉蓉,汪慧玲.产业结构升级对区域生态效率影响的实证[J]. 统计与决策, 2020, 36(1): 110-113.
CAI Yurong, WANG Huiling. Empirical evidence on the impact of industrial structure upgrading on regional eco-efficiency [J]. Statistics and Decision Making, 2020, 36(1): 110-113.
- [5] 孟望生,邵芳琴.黄河流域环境规制和产业结构对绿色经济增长效率的影响[J]. 水资源保护, 2020, 36(6): 24-30.
MENG Wangsheng, SHAO Fangqin. Impact of environmental regulation and industrial structure on the efficiency of green economic growth in the Yellow River Basin[J]. Water Resources Conservation, 2020, 36(6): 24-30.
- [6] 陈青.经济增长、产业结构与环境污染关系研究--以北京市为例[J]. 经济界, 2021(3): 55-61.
CHEN Qing. Study on the relationship between economic growth, industrial structure and environmental pollution: the case of Beijing [J]. Economic Circles, 2021(3): 55-61.
- [7] 黄纪强,祁毓.环境税能否倒逼产业结构优化与升级? --基于环境"费改税"的准自然实验[J]. 产业经济研究, 2022(2): 1-13.
HUANG Jiqiang, QI Yu. Can environmental taxes force industrial structure optimization and upgrading? --A quasi-natural experiment based on environmental "fee-to-tax" [J]. Industrial Economics Research, 2022(2): 1-13.
- [8] 温彦平,王雪峰.长江中游城市群城镇化视角下产业结构与生态环境耦合协调关系研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2019, 53(2): 263-271.
WEN Yanping, WANG Xuefeng. Research on the coupled and coordinated relationship between industrial structure and ecological environment in the perspective of urbanization in the middle reaches of Yangtze River urban agglomeration[J]. Journal of Huazhong Normal University (Natural Science Edition), 2019, 53(2): 263-271.
- [9] 胡悦,刘群芳,陈国鹰.京津冀技术创新、产业结构与生态环境耦合研究[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(9): 1221-1228.
HU Yue, LIU Qunfang, CHEN Guoying. Study on the coupling of technological innovation, industrial structure and ecological environment in Beijing, Tianjin and Hebei [J]. Resource Development and Market, 2018, 34(9): 1221-1228.
- [10] 李彦超.生态环境的监测与评价研究:基于山东省产业结构低碳化转型视角[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2017, 33(15): 46-48.
LI Yanchao. Research on monitoring and evaluation of ecological environment: based on the perspective of low-carbon transformation of industrial structure in Shandong Province [J]. Journal of Chifeng College (Natural Science Edition), 2017, 33(15): 46-48.
- [11] 荀露峰,王海龙,汪艳涛.山东省海洋产业结构演变与生态环境系统耦合研究[J]. 华东经济管理, 2015, 29(4): 29-33.
GOU Lufeng, WANG Hailong, WANG Yantao. Coupling study on the evolution of marine industry structure and ecological environment system in Shandong Province [J]. East China Economic Management, 2015, 29(4): 29-33.
- [12] 谢明义,徐广才,张蕊.生态涵养区农业经济发展与生态环境保护耦合协调研究--以北京市怀柔区为例[J]. 生态经济, 2021, 37(5): 119-124.

- XIE Mingyi, XU Guangcai, ZHANG Rui. A study on the coupling and coordination of agricultural economic development and ecological environmental protection in ecological cultured areas; The case of Huairou District, Beijing[J]. Ecological Economy, 2021, 37(5): 119-124.
- [13] 石鑫. 海南自贸港建设背景下旅游生态耦合度测度与评价[J]. 中国商论, 2021(20): 40-42.
- SHI Xin. Measurement and evaluation of tourism ecological coupling in the context of the construction of the free trade port on Hainan Island[J]. China Business Journal, 2021(20): 40-42.
- [14] 李晟婷, 周晓唯, 武增海. 基于高质量发展的省域产业生态化质量测度与分析——以陕西省为例[J]. 华东经济管理, 2021, 35(11): 77-87.
- LI Shengting, ZHOU Xiaowei, WU Zenghai. Measurement and analysis of the quality of provincial industrial ecologization based on high-quality development; Shaanxi province as an example[J]. East China Economic Management, 2021, 35(11): 77-87.
- [15] 陈长. 省域生态产业化与产业生态化协同发展理论、实证——以贵州为例[J]. 贵州社会科学, 2019(8): 122-130.
- CHEN Chang. Theory and empirical evidence of the synergistic development of provincial eco-industrialization and industrial ecology; Guizhou as an example[J]. Guizhou Social Science, 2019(8): 122-130.
- [16] 余东华. 黄河流域产业生态化与生态产业化的战略方向和主要路径[J]. 山东师范大学学报(社会科学版), 2022, 67(1): 128-138.
- YU Donghua. Strategic directions and main paths of industrial ecology and eco-industrialization in the Yellow River Basin[J]. Journal of Shandong Normal University (Social Science Edition), 2022, 67(1): 128-138.
- [17] 傅京燕, 刘玉丽. 粤港澳大湾区绿色债券助推产业转型的实践探索[J]. 环境保护, 2020, 48(12): 24-29.
- FU Jinyan, LIU Yuli. Practical exploration of green bonds in the Guangdong-Hongkong-Macao Greater Bay Area to facilitate industrial transformation[J]. Environmental Protection, 2020, 48(12): 24-29.
- [18] 田雯婷. 特色小城镇的产业发展与城镇空间的耦合关系研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2018.
- TIAN Wenting. Research on the coupling relationship between industrial development and town space of featured small towns [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2018.
- [19] 王晓红, 张宝生. 知识流动视角下的组织制度与组织环境耦合度分析[J]. 工业技术经济, 2011(6): 89-93.
- WANG Xiaohong, ZHANG Baosheng. Analysis of the coupling degree between organizational system and organizational environment in the perspective of knowledge flow [J]. Industrial Technology Economics, 2011(6): 89-93.
- [20] 钟茂初. 产业绿色化内涵及其发展误区的理论阐释[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2015, 15(3): 1-8.
- ZHONG Maochu. Theoretical interpretation of the connotation of industrial greening and its development misconceptions [J]. Journal of China University of Geosciences (Social Science Edition), 2015, 15(3): 1-8.
- [21] 贾良清, 欧阳志云, 赵同谦, 等. 城市生态安全评价研究[J]. 生态环境, 2004(4): 592-596.
- JIA Liangqing, OUYANG Zhiyun, ZHAO Tongqian, et al. Evaluation of urban ecological safety[J]. Ecological Environment, 2004(4): 592-596.
- [22] 乔标, 方创琳, 李铭. 干旱区城市化与生态环境交互胁迫过程研究进展及展望[J]. 地理科学进展, 2005(6): 31-41.
- QIAO Biao, FANG Chuanglin, LI Ming. Progress and prospects of research on the interaction stress process between urbanization and ecological environment in arid areas[J]. Advances in Geographical Sciences, 2005(6): 31-41.
- [23] 王淑佳, 孔伟, 任亮, 等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. 自然资源学报, 2021, 36(3): 793-810.
- WANG Shujia, KONG Wei, REN Liang, et al. Misconceptions and corrections of domestic coupled coordination models[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(3): 793-810.
- [24] 朱江丽, 李子联. 长三角城市群产业-人口-空间耦合协调发展研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(2): 75-82.
- ZHU Jiangli, LI Zilian. Study on the coordinated industrial-population-spatial coupling development of the Yangtze River Delta urban agglomeration [J]. China Population-Resources and Environment, 2015, 25(2): 75-82.
- [25] 江激宇, 项升, 戴姗. 安徽省农业生态环境与经济耦合协调发展研究[J]. 沈阳大学学报(社会科学版), 2019(5): 531-536.
- JIANG Qiyu, XIANG Sheng, DAI Shan. Research on the coupled and coordinated development of agro-ecological environment and economy in Anhui Province [J]. Journal of Shenyang University (Social Science Edition), 2019(5): 531-536.

(编辑 吴海西 沈 波)