

资源型城市经济 - 环境 - 创新耦合协调发展研究

——以山西省为例

付婷婷, 关田田

黑龙江科技大学管理学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2022年12月24日; 录用日期: 2023年1月24日; 发布日期: 2023年1月31日

摘要

二十大报告指出高质量发展是中国式现代化的本质要求之一, 要坚持创新、协调、绿色发展, 要实施创新驱动发展战略、促进经济社会协调发展、打好污染防治攻坚战。本文以山西省为例, 构建经济、环境、创新耦合协调评价指标, 运用熵值法计算山西省2010~2020年各指标权重, 结合耦合协调度模型分析“三元系统”之间的关系, 并利用障碍度模型诊断其影响因素。研究表明: 山西省2010~2020年创新系统呈上升趋势且增长速度最快, 经济和环境系统出现先上升后下降的趋势, 三大系统的耦合协调度由2010年轻度失调向2020年初级协调转变, 协调发展水平有待提升。在研究期间内, 三大系统的主要障碍因子分别为: 第二产业占GDP比重、工业污染治理投资额和证券交易总额。根据结果, 本文从优化经济产业结构、提升生态环境治理能力、提高创新产出水平、促进“三元系统”协调发展方面提出了相应的对策, 从而为推动山西省协调发展做出贡献。

关键词

资源型城市, 三元系统, 耦合协调度, 障碍度

Study on the Coordinated Development of the Coupling of Economy, Environment and Innovation in Resource Based Cities: A Case Study of Shanxi Province

Pingping Fu, Tiantian Guan

School of Management, Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin Heilongjiang

Abstract

The Twenty Major reports pointed out that high-quality development is one of the essential requirements of Chinese modernization. We should adhere to innovative, coordinated and green development, implement the strategy of innovation-driven development, promote coordinated economic and social development, and fight the battle against pollution. In this paper, Shanxi Province is taken as an example to construct the evaluation index of the coupling coordination of economy, environment and innovation. The entropy method is used to calculate the weight of each index in Shanxi Province from 2010 to 2020. The relationship between the “ternary system” is analyzed by combining the coupling coordination degree model, and the obstacle degree model is used to diagnose its influencing factors. The research results show that the innovation system of Shanxi Province is on the rise and the growth rate is the fastest during 2010~2020. The economic and environmental system is on the rise and then on the decline. The coupling coordination degree of the three systems has changed from young dissonance in 2010 to primary coordination in 2020, and the coordination development level needs to be improved. During the study period, the main obstacle factors of the three systems were: the proportion of the secondary industry in GDP, the investment of industrial pollution control and the total amount of securities trading. According to the results, this paper puts forward the corresponding countermeasures from the aspects of optimizing the economic and industrial structure, improving the ability of ecological environment governance, improving the level of innovation output, and promoting the coordinated development of “three-way system”, so as to make contributions to promoting the coordinated development of Shanxi Province.

Keywords

Resource Based Cities, Ternary System, Coupling Coordination Degree, Obstacle Degree

Copyright © 2023 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

“经济、环境、创新”系统相互依赖，是经济高质量发展的关键内容。近年来我国陆续出台了一系列针对生态问题和科技需求的政策，引起了有关以创新技术为依托，将环境保护和经济发展有机结合的诸多研究，科学技术的发展会推动经济进步，但也会对生态环境造成威胁。资源型城市在前期发展过程中基于巨大的能源优势，经济得到了飞速的增长，但由于资源的不可再生性，逐渐出现经济下滑、产业结构失衡、创新能力不足、环境破坏严重等现象。同其他资源型城市一样，山西省的经济发展主要依靠煤炭产业，从2010年开始经济达到最高点后开始下降，2014年GDP增速排到全国末位，可以看出山西省经济发展较不稳定，煤炭资源的粗放式经营使得需要大量开采才能依靠产量来维持收益，发展过程中创新能力不足、设备落后，导致能源消耗和资源损耗较多，全省超过1/8的地下悬空，水流遭到严重污染，山西省依靠煤炭资源为GDP增长做出重大贡献，但随之带来的问题也急需解决。如何使经济、环境、创新发展相协调，直接关系到山西省资源型城市的协调可持续发展。目前，山西省在科技创新、环境保护、经济发展等方面已经取得一定成就，但经济、环境、创新“三元系统”之间发展关系尚不清楚，因此研究经济、环境、创新之间发展是否协调以及制约协调发展的障碍因素，对于推动山西省经济

发展具有重要意义。基于上述背景, 本文从协调发展角度构建指标体系, 运用耦合协调模型分析经济、环境、创新之间的协调关系, 通过障碍度模型明确城市发展存在的问题, 对山西省协调发展进行有益探索和补充, 有利于山西省依靠自然和政策优势加快经济高质量发展。

2. 文献综述

2.1. 资源型城市相关研究

20 世纪 30 年代国外已经开始研究资源型城市转型问题, 进入 21 世纪, 基于可持续发展理念, 学者们将研究扩展到能源、环境、创新等方面。Bradbury (1987) [1]认为关于可持续发展面临的经济和社会问题已有大量学者展开了研究, 但关于一些依赖资源发展的城市逐渐出现衰退现象的这一问题并未有文献进行深入研究。柴银彩(2021) [2]对山西省五个典型的资源型城市产业转型能力利用主成分分析法进行了评价和分析, 为山西省各市产业转型提供大体方向。聂雷等(2022) [3]基于可持续发展理论, 对中国 114 个资源型城市绿色转型绩效展开评价, 并用 Dagum 基尼系数分析了城市之间转型存在的差距, 结果表明资源型城市转型途径会影响转型效果。近年来, 国外专家将生态建设作为城市发展的关键路径。Tim Freytag (2019) [4]研究了生态城市的模式。Paula Filho (2020) [5]提出生态治理需要政府、民众和社会组织共同参与, 政府应当对民众采取激励措施, 民众和社会组织可以对政府的治理行为进行监督。关于国内资源型城市相关理论研究, 张记录(2022) [6]在双碳背景下分析了资源型城市转型发展过程中存在的问题, 在考量国内外环境后对不同资源型城市的转型对策进行了完善。李博(2022) [7]以我国 116 个资源型城市为研究对象, 分析产业转型升级与全要素生产率之间的关系, 认为要实现高质量发展就要促进产业升级、提升绿色全要素生产率。还有一些学者对城市转型问题展开了研究, 王晓楠、孙威(2020) [8]对黄河流域资源型城市转型效率用 DEA 模型进行评价, 并对影响因素做面板回归分析后发现 41 个城市转型效果并不理想且影响因素存在差异性。另一些学者对资源型城市转型路径进行了研究, 韩喜平(2020) [9]认为我国资源型城市转型仍处于较低水平, 要改变这种现状就要探索创新动能, 优化社会环境, 从而实现资源型城市可持续发展。

2.2. 经济、环境和创新之间的关系研究

国内外学者对生态环境与经济增长的相互作用关系进行了诸多研究。关于环境和经济的研究, Filimonova (2021) [10]等研究了国家经济、体制和环境因素对能源的影响, 发现国家的国内生产总值和制度因素对可再生能源的消费影响最大。Khan (2020) [11]发现环境可持续发展不仅能促进地区发展, 还能改善地区经济和人类健康。关于环境和创新之间的关系, Adebayo (2021) [12]等从时间和频率上证明了能源利用、经济增长、技术创新、碳排放之间相互作用。隋建利(2021) [13]等运用非线性马尔科夫区制转移因果模型研究环境与经济之间的关系, 认为要实施科教兴国、合理利用外资等缓解环境与经济增长的矛盾。刘传明(2021) [14]利用空间联立方程模型对环境和经济之间的关系进行研究, 发现环境规制对经济高质量发展的影响具有非线性特征。韩庆兰(2018) [15]等将我国 34 个工业行业 16 年面板数据分为两阶段进行研究, 探究环境规制、市场需求对不同行业技术创新影响的差异性, 认为环境规制对行业技术创新有显著影响。贾洪文(2021) [16]通过对 30 个省份 10 年面板数据利用面板联立方程模型研究发现, 科技创新会对产业结构和经济发展产生明显的促进作用。

通过梳理文献发现, 从耦合协调模型来说, 对经济、环境、创新两两系统之间的关系分析已有较多研究, 经济和环境系统的耦合协调计算最为普遍, 但将三个系统进行有机统计研究的成果有限, 特别是针对资源型城市。资源型城市环境与经济发展不协调问题十分突出, 因此本文以山西省为研究对象, 构建三大系统耦合评价指标体系, 基于 2010~2020 年数据运用熵值法、耦合协调模型研究系统耦合关系现

状, 用障碍度模型分析影响因素, 以期为山西省及同类资源型城市发展提供有益借鉴。

3. 山西省耦合协调及障碍度模型构建

3.1. 评价指标构建

本文立足于山西省发展的实际情况, 秉着科学性、系统性和数据的可获得性原则, 构建三个评价指标系统[17][18][19][20], 具体见表1。首先, 经济系统主要从经济效益水平、经济结构、国内外贸易、和社会发展水平方面选取11个二级指标, 环境系统中本文主要从环境压力、生态环境水平和环境保护三个方面构建指标体系。生态压力是指山西省在煤炭工业带来经济增长的同时对环境造成的伤害, 例如工业三废, 创新系统中从创新投入、创新产出和创新融资三方面构建指标。因此共选取28个指标组成“三元系统”评价指标体系, 对山西省2010~2020年进行耦合协调及影响因素分析, 数据来源于2011~2021年《山西省统计年鉴》《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》和生态环境局官方网站。

Table 1. Evaluation index system of “Economy-Environment-Innovation” coupling and coordination in Shanxi Province
表 1. 山西省“经济-环境-创新”耦合协调评价指标体系

一级指标	二级指标	指标属性
A: 经济	A1: 地区生产总值(万元)	+
	A2: 人均 GDP(元)	+
	A3: 地区生产总值增长率(%)	+
	A4: 固定资产投资额(亿元)	+
	A5: 第二产业占 GDP 比重(%)	+
	A6: 第三产业占 GDP 比重(%)	+
	A7: 实际利用外资额(万美元)	+
	A8: 全社会消费品零售总额(亿元)	+
	A9: 就业人数(万人)/总人口数	+
	A10: 城镇居民人均可支配收入(元)	+
	A11: 进出口总额(亿美元)	+
B: 环境	B1: 工业废水排放量(万吨)	-
	B2: 工业二氧化硫排放量(吨)	-
	B3: 一般工业固体废弃物产生量(万吨)	-
	B4: 城市人均公园绿地面积(平方米/人)	+
	B5: 公园面积(万公顷)	+
	B6: 建成区绿化覆盖率(%)	+
	B7: 工业污染治理完成投资额(亿元)	+
	B8: 生活垃圾无害化处理率(%)	+
	B9: 森林面积/总人口数(公顷)	+
C: 创新	C1: R&D 人员(人)	+
	C2: 研发机构数量(个)	+
	C3: 普通高等学校在校学生人数(万人)	+

Continued

C4: R&D 经费投入强度(%)	+
C5: 科学技术支出(万元)	+
C6: 专利申请量(件)	+
C7: 专利申请授权量(件)	+
C8: 证券交易总额(亿元)	+

3.2. 模型构建

本文旨在研究山西省经济、环境、创新之间的耦合关系, 运用熵权法确定指标权重, 根据计算出的权重计算各个系统的综合发展程度指数, 接着运用耦合协调模型测度系统之间的协同程度, 在此基础上, 对影响山西省三大系统协调发展的指标进行诊断, 找出排名前三的主要障碍因子, 具体计算过程如下。

3.2.1. 数据标准化处理

首先, 要对数据进行标准化处理, 采用极差法对指标进行处理, 消除数据因为指标不同单位和量纲的影响, $\min X_{ij}$ 为第 j 个指标的最小值, $\max X_{ij}$ 为第 j 个指标的最大值。

正向型指标:

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

负向型指标:

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

3.2.2. 确定指标权重

其次, 用熵值法计算出指标权重 W_j , P_{ij} 为第 i 年第 j 项指标的比重值。 d_j 为差异系数, 差异系数值越大, 则表明在综合评价中的重要越大, 相反则越小。

计算指标样本所占比重:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \quad (3)$$

计算指标熵值:

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

计算指标差异系数:

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

确定指标权重:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (6)$$

3.2.3. 综合发展程度指数计算

接着, 根据计算出的指标权重 W_j 得出经济、环境、创新三个系统第 i 年的综合发展程度指数 P_i , 其中 X_{ij} 为数据标准化后的值, P_i 越大, 说明发展水平越好, 相反则越差。

$$P_i = \sum_{j=1}^n w_j X_{ij} \quad (7)$$

3.2.4. 耦合协调模型构建

$$C = \frac{\sqrt{P_A \times P_B \times P_C}}{\sqrt{[(P_A + P_B + P_C)/3]^3}} \quad (8)$$

$$M = \alpha P_A + \beta P_B + \theta P_C \quad (9)$$

$$D = \sqrt{C \times M} \quad (10)$$

上述公式中, C 为经济、环境、创新三大系统耦合度, “三元系统” 之间的相互影响作用关系可以根据计算出的 C 值判断; D 为经济、环境、创新系统的耦合协调度, 协调性越高 D 值越大。 M 综合协调指数, P_A 、 P_B 、 P_C 分别为代表经济、环境、创新的综合评价指数, α 、 β 、 θ 为待定系数, 经济、环境、创新对山西省协调发展具有同样重要的地位, 因此将系数取 1/3 [21]。为了更清楚地显示 “三元系统” 的耦合协调程度, 将耦合协调度分为 10 个等级 [20], 如表 2 所示。

Table 2. Classification of coupling degree and coordination degree

表 2. 耦合度和协调度等级划分

阶段	等级	D 值	耦合度	耦合等级
衰退阶段	极度失调	[0~0.1]	[0~0.3]	低级耦合
	严重失调	(0.1~0.2)		
	中度失调	(0.2~0.3)		
过渡阶段	轻度失调	(0.3~0.4)	(0.3~0.5)	初级耦合
	濒临失调	(0.4~0.5)		
	勉强协调	(0.5~0.6)	(0.5~0.8)	中级耦合
	初级协调	(0.6~0.7)		
发展阶段	中级协调	(0.7~0.8)	(0.8~1.0]	高级耦合
	良好协调	(0.8~0.9)		
	优质协调	(0.9~1.0]		

3.2.5. 障碍度模型构建

障碍度为影响因素对经济、环境、创新耦合协调发展水平的影响值, 主要障碍因素可以根据计算得出再进行排序, 计算出的数值越大则表明影响协调发展程度越大, 公式为:

$$F_j = \frac{(1 - X_{ij}) \times W_{ij} \times 100\%}{\sum (1 - X_{ij}) \times W_{ij}} \quad (11)$$

其中, F_j 为障碍度, X_{ij} 为指标标准化值, W_{ij} 为权重。

4. 山西省耦合协调及影响因素实证分析

4.1. 耦合协调分析

依据上述公式(1)~(7), 计算出山西省 2010~2020 年经济、环境、创新三大系统综合发展程度指数、根据公式(8)~(10)计算耦合度和耦合协调度, 如表 3 所示:

Table 3. Comprehensive development index and coordinated development of Economy-Environment-Innovation system in Shanxi Province from 2010 to 2020

表 3. 山西省 2010~2020 年经济 - 环境 - 创新系统综合发展程度指数及协调发展情况

年份	经济系统综合 发展程度指数	环境系统综合 发展程度指数	创新系统综合 发展程度指数	耦合度(C)	综合协调 指数(M)	耦合 协调度(D)	等级
2010	0.282	0.114	0.092	0.883	0.147	0.360	轻度失调
2011	0.407	0.152	0.164	0.898	0.217	0.441	濒临失调
2012	0.452	0.190	0.226	0.929	0.260	0.492	濒临失调
2013	0.514	0.503	0.267	0.959	0.385	0.608	初级协调
2014	0.513	0.393	0.343	0.986	0.375	0.608	初级协调
2015	0.490	0.419	0.396	0.996	0.391	0.624	初级协调
2016	0.544	0.592	0.359	0.978	0.448	0.662	初级协调
2017	0.462	0.835	0.417	0.952	0.514	0.700	初级协调
2018	0.534	0.818	0.511	0.977	0.559	0.739	中级协调
2019	0.534	0.806	0.600	0.985	0.582	0.757	中级协调
2020	0.529	0.801	0.767	0.984	0.629	0.787	中级协调

运用三个系统的耦合协调度模型[22]测算了山西省 2010~2020 年经济、环境和创新三者的协调发展程度, 从三大系统综合发展程度指数变化可以看出, 经济系统的增长速度落后于环境和创新系统, 经济发展和环境发展水平近年来出现下降趋势。创新系统发展上升幅度最大, 数值由 0.092 上升到 0.767, 2010 年后国家对于中部崛起敲定了一系列实施细则, 山西位于我国中部地区, 这一阶段地区创新发展水平超越了经济和环境水平。2016 年山西省创新指标下降, R&D 经费投入强度和科学技术支出指标降低, 这反映出资金投入对创新系统发展影响较大。

环境系统发展水平也有较大提升, 说明山西省的生态环境质量总体上有了一定的提升。2010 年是山西省资源整合的第一阶段, 伴随着煤炭产能的释放, 工业废水、废气产量也不断增加, 环境系统发展指数较低。党的十八大以来, 习近平总书记对山西省的生态环境和经济发展十分关注, 曾三次进行实地考察, 在生态文明思想的指导下, 山西省植树造林接近 4165 万亩, 2020 年森林覆盖率已经达到 23.57%, 实施空气质量、水环境和土壤质量提升行动, 全方位推进生态环境综合治理。经济系统发展较慢, 山西省产业结构不合理、新兴产业起步较晚等原因造成经济发展水平较低。2010 年到 2011 年发展速度较快, GDP 有明显增长, 因为此期间山西省根据“十三五”规划, 认真全面推进各项工作, 经济发展良好。山西省的经济发展主要依靠煤炭产业, 但是随着国内经济下滑压力、国际经济复苏缓慢, 能源行业出现了明显的衰落, 对于山西省来说能源是经济支柱, 于是 2015 年山西省经济发展出现下滑, 所以这一阶段受内外环境的影响山西省经济发展水平出现上下波动现象。

从耦合度来看, 山西省 2010~2020 年耦合度值都在 0.8 以上, 通过表 2 可以判断出是高级耦合阶段,

表明山西省三大系统之间正向相互作用明显, 相互促进。根据三大系统耦合协调发展变化, 将山西省发展分为三个阶段: 2010年为衰退阶段, 2011~2017年为过渡阶段, 2018~2020为发展阶段。2010年山西省处于轻度失调, 创新发展综合程度指数低于经济和环境系统导致发展失调。在这个阶段由于创新对产业转型的驱动作用不高, 导致系统间不配合, 彼此间有一定制约作用; 过渡阶段是失调与协调共存转化, 2011~2012年三大系统相互作用力强, 但是发展并不协调, 山西省在加快工业发展步伐时忽视了工业废弃物对环境造成的污染, 导致环境发展水平低于经济和创新, 但这期间耦合协调度的上升可以说明三大系统的协调状况在转好。2013~2017年山西省转为初级协调, 三大系统相互影响且已具备初步的协调性; 第三阶段是发展阶段, 经济、环境、创新系统相互正向作用显著, 协调发展程度高, 形成了良好的协同性, 说明山西省作为典型资源型城市为达到经济、环境、创新系统的协调发展做出了巨大努力。

4.2. 障碍因素分析

在对山西省经济、环境、创新发展耦合协调关系研究的基础上, 引进障碍度模型[23], 识别影响三大系统协调的障碍因子, 根据障碍度模型公式(11), 计算各指标对经济、环境、创新协调发展的障碍度, 进行排序, 选出排名前三的显著障碍因子, 如表4所示。

Table 4. Obstacle factors of Economy-Environment-Innovation coordination in Shanxi Province from 2010 to 2020
表 4. 山西省 2010~2020 年经济 - 环境 - 创新协调关系障碍因素

年份	经济系统障碍因子			环境系统障碍因子			创新系统障碍因子		
	第一障碍因子	第二障碍因子	第三障碍因子	第一障碍因子	第二障碍因子	第三障碍因子	第一障碍因子	第二障碍因子	第三障碍因子
2010	A5	A6	A11	B7	B1	B2	C8	C7	C6
2011	A4	A6	A10	B7	B2	B1	C8	C7	C6
2012	A4	A6	A11	B7	B1	B9	C8	C7	C6
2013	A4	A6	A5	B9	B1	B2	C8	C7	C6
2014	A3	A5	A2	B7	B1	B2	C8	C7	C6
2015	A5	A3	A11	B7	B1	B2	C7	C6	C8
2016	A5	A3	A2	B7	B6	B1	C8	C7	C6
2017	A4	A5	A3	B6	B9	B3	C8	C7	C6
2018	A4	A5	A3	B7	B9	B6	C8	C3	C7
2019	A4	A5	A3	B7	B3	B9	C3	C7	C8
2020	A5	A4	A3	B7	B3	B4	C3	C2	C1

在经济方面, 排名靠前的障碍因子出现频率较高的是: 第二产业占 GDP 比重(A5)、地区生产总值增长率(A3)、固定资产投资额(A4)。第二产业占 GDP 比重出现次数最多, 出现次数为 9 次, 说明产业结构对山西省耦合协调发展具有较大影响。山西省应该积极调整产业结构, 不断提升第三产业的发展, 优化产业布局, 从而促进经济增长。

环境方面出现频率较高的障碍因子是: 工业污染治理完成投资额(B7)、工业废水排放量(B1), 说明工业废弃物排放和环境治理投资对资源型城市生态环境发展有着重要作用, 从指标障碍度可以看出山西省在污染治理投入方面还需加强, 可以利用科技创新手段解决城市所面临的环境问题。2017年之后, 工业废水排放量(B1)和工业二氧化硫排放量(B2)指标逐渐消失, 说明在山西省发展过程中, 废水废气排放得到

了很好地控制, 燃气在全国得到了推广普及, 山西省“双替代”使得电力和天然气的消费量快速增长, 改变了传统的燃煤模式, 降低了废气对空气的污染。

创新方面出现频率较高的是证券交易总额(C8)、专利申请授权量(C7)、专利申请量(C6), 表明科技创新成果产出对山西省创新发展有较大影响。山西省应积极引导企业、科研院所合作建立科研中心, 发挥自身优势提高科技创新产出能力; 地方政府为山西省协调发展创造良好的创新环境, 鼓励企业和国内外知名高校和科研院所交流合作, 提高创新产出水平。近年来山西省 R&D 投入经费不断增加, 但与全国相比还存在较大差距, 2019 年山西省科学技术支出与全国相差 4.34 个百分点, 专利申请数为 7397 件, 占全国 1.78%, 规模以上工业企业发明专利占全国比重为 0.28%。资源要素配置效率低, 导致科研活动投入与产出不匹配, 技术创新动力不足。

5. 研究结论与建议

5.1. 研究结论

本文通过构建经济、环境、创新“三元系统”综合评价指标体系, 利用熵值法、耦合协调度模型研究山西省 2010~2020 年三大系统的耦合协调关系, 并用障碍模型分析了制约系统间协调关系的障碍因子, 研究结果发现: 第一, 从发展程度指数来看, 创新成为山西省发展的第一动力, 综合发展程度指数上升明显, 专利申请授权量和证券交易总额对创新系统的综合得分贡献较大, 经济发展程度指数在 11 年中发展不稳定且总体水平较低, 经济发展程度指数呈先上升后下降的趋势, 因此山西省应积极调整产业结构, 加快经济转型, 促进高质量发展。环境发展程度指数近年来出现下降趋势, 工业污染治理完成投资额、工业废水排放量、工业二氧化硫排放量三者所占权重超过 0.5, 说明工业废弃物对环境系统发展水平影响较大, 必须要进一步注重生态环境保护, 及时遏制环境恶化, 实现经济、环境、创新协调发展。第二, 从耦合协调度看, 耦合协调度逐渐上升, 由 2010 年 0.360 上升到 2020 年 0.787, 实现轻度失调转为中级协调, 经济、环境、创新相互支撑作用显著, 具有明显的正向促进作用。第三, 从障碍因素来看, 第二产业占 GDP 比重对经济发展系统的影响较大, 山西省需要注重产业结构调整; 在环境发展方面控制废水排放和加大环保治理投资是关键, 最主要的障碍因子为工业污染治理完成投资额; 2010~2017 年创新方面障碍因素都保持不变, 可以看出山西省科技成果转化率低, 2018 年开始 R&D 人员、研发机构数量、普通高等学校在校学生人数逐渐成为创新系统的障碍因子, 说明山西省创新主体数量不足会制约创新发展, 因此山西省要加强财政支持科技创新投入力度, 培养创新型人才, 既要优化产业链, 还要大力培养创新主体, 提升创新环境。

5.2. 政策建议

5.2.1. 优化经济产业结构

要实现山西省经济高质量增长, 就要改变传统粗放依赖煤炭产业发展的模式, 要积极促进产业结构优化升级。2020 年山西省农业产值居于全国排名第 24 位, 为 1075.9 亿元, 可以看出山西省农业发展还有较大提升空间, 2020 年第一产业增加值为 946.68 亿元, 占地区生产总值比重为 5.4%, 可见第一产业占比不高, 而农业又是山西省的第一产业主要构成, 因此山西省可以根据政策发展趋势, 注重加强第一产业发展基础, 聚焦农业现代化、智能化发展; 加快传统产业改造升级助力经济快速发展。根据山西省现状, 传统产业已经开始走向绿色优化, 之后要坚持从低端走向高端的提升, 扭转“一煤独大”的局面, 走向“多元支撑”, 始终围绕绿色发展优化产业结构, 注重第二产业转型升级。第一, 要继续加大去产能力度, 调整或关闭污染严重的企业, 减少矿井个数, 整合资源, 提升产业集中化和集约化水平。积极探索新型煤炭利用模式, 促使煤炭向高端产品发展, 在煤炭高效清洁利用方面进行技术创新。第二, 延

长产业链, 利用高新技术既能提升产品附加值还能增强产业可持续发展能力。第三, 对节能环保产业加大投入力度, 使经济循环发展。山西省作为文化大省, 可以利用特色产业优势, 积极寻找符合自身特点的发展方式, 进行合理资源配置, 充分高效利用资源, 建立山西特色产业。特别是旅游业和信息产业, 对于旅游业的发展可以积极通过新媒体开发旅游资源, 信息产业的发展要充分利用互联网推进大数据的应用, 创造有竞争力的山西品牌。

5.2.2. 提升生态环境治理能力

山西省资源的过度开采对生态环境造成了严重的污染, 针对已经存在的生态问题, 要及时采取措施, 牢牢把握生态文明建设的机遇, 统筹推进生态环境治理, 把改善生态环境作为长久发展的重点事业, 生态问题关系着经济的可持续发展。第一, 要完善制度建设, 强化各级政府生态环境责任, 严格控制企业污染物的排放, 督促企业严格执行生态文明建设的规定, 提倡公民们为减轻生态环境压力尽量以绿色方式出行。第二, 推进生态治理, 重点解决好大气、水、土壤等方面的环境防治问题, 山西省诸多矿区存在煤矸石堆积问题, 可以通过发电、制作建材等方式恢复自然环境生态。第三, 利用创新技术减少资源消耗, 推动清洁生产、节能降耗等目标的实现。

5.2.3. 提高创新产出水平

由障碍度模型分析结果可以看出, 山西省创新产出水平较低, 因此山西省要提高技术创新产出能力, 技术创新的结果就是将成果转化为经济成果。政府应该加强创新机构的建设来平衡各方优势资源, 积极为产学研各方创造条件, 为创新成果转化为经济成果提供帮助并定期对创新成果进行评价, 激励创新成果产出, 政府的研发投入对创新环境的建设起着十分重要的作用。首先科技管理部门要制定工作方案, 在最短时间内使 R&D 投入达到全国水平, 优化经费投入结构, 重点支持战略性新兴产业研究。青年科技人才是推动山西创新发展的重要力量, 2018 年山西省 R&D 人员占全国比重为 1.15%, 2019 年新兴产业领军人才 332 人, 从事研发活动的优质人力资源匮乏, 使得山西省创新动力不足。山西省要坚持完善科技人才发现、培养、激励机制, 打造高水平创新团队。通过“万民高贤入晋”行动, 有效吸引人才留晋工作, 使得 R&D 人员同比增长幅度提升, 抓好人才培养计划的落实, 精准培育“高精尖缺”人才团队, 在重大项目中发挥青年科技人才作用。

5.2.4. 促进“三元系统”协调发展

在过去的发展中, 山西经济发展大多以高污染的煤炭及相关冶金、电力产业为主, 对环境造成了破坏, 习近平总书记强调需要处理好经济与生态环境的关系, 这为山西经济发展提供了政策引导和支持。绿色发展作为新动能, 可以促进产业结构优化, 为资源型城市转型发展提供新思路, 山西省协调发展要将绿色发展理念融入到每一行业当中, 推动经济与生态的双重保护, 经济转型可以运用绿色创新技术提高资源利用率, 降低重点产业污染物的排放, 对生产和消费过程中产生的可回收物, 采用“资源 - 产品 - 回收”的模式进行二次利用, 经济转型的成果又可以为生态建设提供保障。

基金项目

黑龙江省哲学社会科学规划项目“黑龙江省能源产业发展管理及转型对策研究”(项目编号: 16GLE03)研究成果。

参考文献

- [1] Bradbury, J. (1984) The Impact of Industrial Cycles in the Mining Sector: The Case of The Québec-Labrador Region in Canada. *International Journal of Urban and Regional Research*, 8, 311-331.

- <https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.1984.tb00613.x>
- [2] 柴银彩. 山西省资源型城市产业转型能力评价[J]. 经济研究导刊, 2021(12): 22-24.
- [3] 聂雷, 王圆圆, 张静, 张宇硕. 资源型城市绿色转型绩效评价——来自中国 114 个地级市的检验[J]. 技术经济, 2022, 41(4): 141-152.
- [4] Growe, A. and Freytag, T. (2019) Image and Implementation of Sustainable Urban Development: Showcase Projects and Other Projects in Freiburg, Heidelberg and Tiibingen, Germany. *Raumforschung und Raunordnung Spatial Research and Planning*, 77, 457-474. <https://doi.org/10.2478/rara-2019-0035>
- [5] Paula Filho, F.J., Marins, R.V., Chicharo, L., et al. (2020) Evaluation of Water Quality and Trophic State in the Paranaíba River Delta, Northeast Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 34, Article ID: 101025. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.101025>
- [6] 张纪录. 碳中和约束下资源型城市可持续转型的新策略[J]. 开发研究, 2022(1): 97-107.
- [7] 李博, 秦欢, 孙威. 产业转型升级与绿色全要素生产率提升的互动关系——基于中国 116 个地级资源型城市的实证研究[J]. 自然资源学报, 2022, 37(1): 186-199.
- [8] 王晓楠, 孙威. 黄河流域资源型城市转型效率及其影响因素[J]. 地理科学进展, 2020, 39(10): 1643-1655.
- [9] 韩喜平, 崔霞. 中国特色资源型城市转型发展的路径思考[J]. 西北工业大学学报(社会科学版), 2020(2): 1-7.
- [10] Filimonova, I.V., Nemov, V.Y., Komarova, A.V., Mishenin, M.V. and Kozhevnikov, V.D. (2021) Relationship of Renewable Energy Consumption to Economic, Environmental and Institutional Factors in Europe. *Energy Reports*, 7, 358-365. <https://doi.org/10.1016/j.egvr.2021.07.115>
- [11] Khan, S.A.R., Zhang, Y., Kumar, A., Zavadskas, E., Streimikiene, D. (2020) Measuring the Impact of Renewable Energy, Public Health Expenditure, Logistics, and Environmental Performance on Sustainable Economic Growth. *Sustainable Development*, 28, 833-843. <https://doi.org/10.1002/sd.2034>
- [12] Adebayo, T.S. and Kirikkaleli, D. (2021) Impact of Renewable Energy Consumption, Globalization, and Technological Innovation on Environmental Degradation in Japan: Application of Wavelet Tools. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 16057-16082. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01322-2>
- [13] 隋建利, 陈豪. 生态足迹视域下环境与经济增长协调发展路径研究[J]. 财贸经济, 2021, 42(6): 54-70.
- [14] 刘传明, 刘一丁, 马青山. 环境规制与经济高质量发展的双向反馈效应研究[J]. 经济与管理评论, 2021, 37(3): 111-122.
- [15] 韩庆兰, 廖佩君. 环境规制、市场需求与生态技术创新——基于 34 个工业行业的实证分析[J]. 科技管理研究, 2018, 38(24): 246-254.
- [16] 贾洪文, 张伍涛, 盘业哲. 科技创新、产业结构升级与经济高质量发展[J]. 上海经济研究, 2021(5): 50-60.
- [17] 李琳, 曾伟平. 中国科技创新与经济发展耦合协调的空间异质性研究[J]. 华东经济管理, 2019, 33(10): 12-19.
- [18] 华坚, 胡金听. 中国区域科技创新与经济高质量发展耦合关系评价[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(8): 19-27.
- [19] 胡彪, 苑凯. 京津冀地区科技创新与生态经济耦合协调度测评[J]. 统计与决策, 2020, 36(14): 119-123.
- [20] 谢永琴, 刘莉. 黄河流域经济发展-科技创新-生态环境耦合协调研究[J]. 科技促进发展, 2021, 17(7): 1311-1322.
- [21] 段新, 戴胜利, 廖凯诚. 区域科技创新、经济发展与生态环境的协调发展研究——基于省级面板数据的实证分析[J]. 科技管理研究, 2020, 40(1): 89-100.
- [22] 姚建建, 门金来. 中国区域经济-科技创新-科技人才耦合协调发展及时空演化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(5): 28-36
- [23] 王兆峰, 黄冬春. 环长株潭城市群旅游经济-交通运输-城镇化的耦合协调及影响因素分析[J/OL]. 湖南师范大学自然科学学报: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1542.n.20220919.0951.004.html>, 2022-12-08.