

基于熵权TOPSIS模型的油气资源型城市 绿色发展评价

——以榆林市为例

王 语, 付嘉妮, 许亚靖, 陈湘宁, 赵 璋, 周渝岚

西南石油大学经济管理学院, 四川 成都

收稿日期: 2025年3月26日; 录用日期: 2025年4月9日; 发布日期: 2025年5月16日

摘 要

为研究油气资源型城市过度依赖资源开发模式的突出问题, 本文以我国典型油气城市榆林市为研究对象, 利用熵权TOPSIS法构建DPSR四级指标测度绿色发展水平, 系统评价2011~2022年绿色发展水平演变特征。结果显示, 榆林市绿色发展指数呈现一定曲折变化, 整体发展态势良好, 但产业结构高碳化、生态环境治理压力大、环保意识与监管能力不足仍是绿色发展主要制约因素。本文提出聚焦产业链低碳化转型, 构建绿色发展战略体系、创新生态治理的体制机制, 形成协同治理体系、构建区域协同发展新格局, 深度融入“一带一路”能源合作体系等治理路径, 探索形成资源型城市绿色转型的榆林范式。研究成果为同类型城市破解“资源诅咒”、实现环境经济协同发展提供决策参考, 对推进新型能源体系建设具有重要价值。

关键词

TOPSIS, DPSR, 绿色发展, 油气资源型城市

Green Development Evaluation of Oil and Gas Resource-Based Cities Based on Entropy Weight TOPSIS Modeling

—Taking Yulin as an Example

Yu Wang, Jiani Fu, Yajing Xu, Xiangning Chen, Zhang Zhao, Yulan Zhou

Department of Economics and Management, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Received: Mar. 26th, 2025; accepted: Apr. 9th, 2025; published: May 16th, 2025

文章引用: 王语, 付嘉妮, 许亚靖, 陈湘宁, 赵璋, 周渝岚. 基于熵权 TOPSIS 模型的油气资源型城市绿色发展评价[J]. 现代管理, 2025, 15(5): 84-94. DOI: 10.12677/mm.2025.155131

Abstract

In order to study the outstanding problems of over-reliance on resource development mode in oil and gas resource cities, this paper takes Yulin City, a typical oil and gas city in China, as the research object, and utilizes the entropy weight TOPSIS method to construct a DPSR four-level index to measure the level of green development, and systematically evaluates the characteristics of the evolution of the level of green development in the period of 2011~2022. The results show that the green development index of Yulin City presents certain zigzag changes, but the overall development trend is good, but the high carbonization of industrial structure, high pressure on ecological and environmental governance, and insufficient environmental protection awareness and regulatory capacity are still the main constraints. This paper proposes focusing on the transformation of low-carbon industrial chain, building a green development strategy system, innovating the institutional mechanism of ecological governance, forming a coordinated governance system, building a new pattern of regional coordinated development, and deeply integrating into the "One Belt, One Road" energy cooperation system, etc., to explore the formation of the Yulin paradigm for the green transformation of the resource-based cities. The research results for the same type of cities to crack the "resource curse", to realize the synergistic development of the environment and economy to provide decision-making references, to promote the construction of a new energy system has an important value.

Keywords

TOPSIS, DPSR, Green Development, Oil and Gas Resource Cities

Copyright © 2025 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

油气资源是支撑现代经济体系的关键，对于推动区域发展战略具有不可或缺的作用。历史上，许多以油气资源为主导的城市在发展过程中，往往过度依赖于资源产业，导致环境和生态系统遭受诸多损害。随着时代的发展，绿色发展成为了新的发展方向，这些城市正积极地进行转型，朝着可持续的绿色发展道路迈进。这一转型不仅是对环境的保护，也是对经济结构的优化升级，以实现长远的可持续发展目标。在我国油气资源型城市绿色发展评价方法的选择上，多选用基于熵权优化的 TOPSIS 模型、影响度模型、改进型熵权法以及线性加权综合法等方法，意在通过方法改进提升评价的科学性和准确性[1]。

作为中国能源化工产业的心脏地带，榆林市被誉为中国的“科威特”。据榆林市人民政府公开数据显示，2023 年榆林市原油产量达到 1078.46 万吨，天然气产量为 229.15 亿立方米，分别占据国内总产量的 5.1%和 9.9%。其天然气和石油的开采量在全国占有重要地位，为国家能源供应做出了突出贡献。然而，在享受资源带来的红利的同时，榆林市也面临着油气资源型城市普遍的问题，如环境污染、生态破坏以及产业集中等。在“双碳”目标背景下，这些城市面临着更加严峻的碳排放减少任务，因此，经济结构调整和可持续发展转型尤为迫切和重要。

鉴于此，本文基于熵权 TOPSIS 模型分析框架，立足榆林市地域特点，结合其绿色发展现状，构造一套合理科学的评估体系，用以衡量油气资源型城市的绿色发展水平。通过结合熵权法和 TOPSIS 模型，对其绿色发展水平进行综合评估，并识别制约因素，针对性地提出建议与改进措施，有助于提升榆林市绿色发展水平，并为其类似城市提供转型发展的参考和借鉴。

油气资源型城市在全球经济发展中占据重要地位,但其过度依赖资源开采导致了一系列环境问题和社会经济挑战。近年来,国内外学者对油气资源型城市的绿色发展水平进行了广泛深刻的研究,探索了不同的发展路径和策略。国外学者的研究主要有两个主题。一是从产业绿色化出发,资源型城市应当通过发展非油气相关产业来降低对单一资源的依赖,并且通过国际合作引入先进的绿色技术和管理经验,推动产业绿色转型和城市的持续发展。Saether (2011) [2]等在对挪威的铝和石油产业进行研究后,指出创新是推动资源产业实现绿色和可持续发展的关键因素。同时,多位学者从不同视角构建评价体系,对煤炭矿区的可持续发展能力进行了评估。Petkova-Timmer(2009) [3]利用跨学科的分析工具,研究了采矿业对地区经济和社会的影响。Chapman 等(2015) [4]基于失业率、福利依赖和收入等指标,对西澳大利亚资源型城镇的社会经济表现进行了评价。Bui 等(2017) [5]则从经济、环境和社会三个维度,建立了一个评估矿业可持续性的方法框架。国内学者的研究方向与国际学者存在差异,他们更倾向于研究绿色发展的评价指标和影响绿色发展效率的因素。关于绿色发展评价指标,梳理相关文献可知,学者们已经从多个角度进行了探索。朱斌等(2016) [6]立足于城市的绿色发展,从环境、发展、资源、社会和管理入手提出了一套较为完善的评价指标体系;陈小卉等(2017) [7]以城镇化发展阶段为视角,构建了全面的评价体系,覆盖了经济可持续、社会进步、生态保护以及城市宜居四个关键领域。曾贤刚和段存儒(2018) [8]则从经济、社会和环境转型三个维度出发,创建了一套评价指标,并应用熵值法来评估城市在绿色转型方面的水平。对于绿色发展效率的影响因素而言,不同学者提出了不同的见解。岳书敬等(2015) [9]发现产业集中度与城市绿色发展效率之间存在非线性关系,科技创新和经济增长对提升效率有显著作用,而开放程度和环境政策的影响则较小。郭付友等(2020) [10]指出经济增长和财政资助可能对绿色发展效率产生负面影响,而外国直接投资则有正面促进效果,产业结构、科技水平和市场发展水平对效率的影响不明显。马丁等(2020) [11]则认为经济增长、开放度和环保投入与黄河沿岸城市的绿色发展效率正相关,而产业结构和研发投入则与其负相关。

本文聚焦于榆林市,探讨其绿色转型路径、技术创新等对其绿色发展的推动作用,以及构建适应地方特色的绿色发展模式,为资源型城市转型提供借鉴,实现经济、社会和环境共赢。

2. 研究城市概况

榆林市位于陕西省最北部,介于北纬 $36^{\circ}57' \sim 39^{\circ}35'$,东经 $107^{\circ}28' \sim 111^{\circ}15'$ 间,系陕、甘、宁、蒙、晋五省区交界地,是连接东西南北的重要交通枢纽,具有极其重要的战略意义。

矿产资源富集,是全国最大集“产、加、集、供、输”为一体的综合性能源枢纽(基地)。共发现煤炭、石油、天然气等 8 大类 48 种矿产资源。

2023 年,榆林市地区生产总值达到 7091.4 亿元,成为中西部首个迈入七千亿大关的非省会城市。产业结构以能源化工产业为主,同时积极发展新兴产业和现代服务业。煤炭、油气等传统产业继续巩固提升,煤制油、甲醇、聚氯乙烯等煤化工产品产量居全国前列。同时,榆林市还大力推进科技创新和产业升级,培育了一批高新技术企业和科技型中小企业。

但受自然环境、资源禀赋、经济区位、政策扶持等多种因素影响,榆林市面临水资源短缺与低效利用、产业结构高碳化、生态环境治理压力大、环保意识与监管能力不足等多方问题,全面实现城市绿色可持续发展任重道远。

3. 指标体系和研究方法

3.1. 模型介绍与指标体系构建

3.1.1. DPSR 模型

DPSR 模型包括驱动力(Driving Forces)、压力(Pressure)、状态(State)和响应(Responses)4 个模块。DPSR

模型是一种描述社会与环境相互作用的因果框架,用于分析和评估环境问题,并通过整合可持续发展来解决。此模型融合了 PSR 模型与驱动力-压力-状态-影响-响应(DPSIR)模型的优势[12],不仅揭示了生态环境与人类活动的相互关系[13],还突破了 PSR 模型在规划控制指标的数据局限。

驱动力是城市发展的动力源泉,主要从经济与社会两个维度驱动城市绿色发展。具体而言,经济发展作为绿色发展的源动力,旨在促进城市经济的可持续与高质量发展,并协调各产业均衡发展。而社会发展则是城市发展的重要推手,通过社会文化培育、公众参与提升、教育普及以及政策引导等多重途径,为城市绿色发展提供了强劲的社会动能。同时,与经济发展相辅相成,共同推动了城市向更加绿色、可持续发展的方向迈进。

压力主要是代表着油气资源型城市中人类在生活与生产过程中对环境造成的影响,主要包括社会压力、资源压力和环境压力。油气资源型城市要减少污染物的排放、优化能源结构、加强环保基础设施的建设,为城市居民的生活和城市的长久可持续发展打下良好的环境基础

状态主要代表油气资源型城市的生态环境、社会、资源等所处的状态或者可能的趋势。主要分为社会状态、环境状态、资源状态。状态不仅是过去发展和政策的结果积累,也是未来规划的重要依据。因此,状态是油气资源型城市绿色发展的重要表现形式。

响应,在油气资源型城市绿色发展的语境中,主要体现了人类在面对生态环境变化、产业结构调整、产业经济波动等复杂挑战时所展现出的高度主观能动性和灵活应变能力。这一过程不仅仅是被动地适应环境变化,更是主动地通过政策制定、措施实施和策略调整来引导城市走向更加绿色、可持续的发展道路。

3.1.2. 熵权法 TOPSIS 模型

熵权法根据数据的离散程度确定评价指标的权重,可有效避免主观因素引起的偏差。TOPSIS 模型是一种多属性决策分析方法,也称为优劣解距离算法,用于评估和选择最佳方案或决策,通过比较候选方案与正、负理想解之间的距离来确定最优解。熵权法 TOPSIS 模型综合了熵权法与 TOPSIS 模型的优点[14],采用熵权法,根据数据的变异程度自动确定各指标的客观权重,能够排除主观因素干扰[15]。随后结合 TOPSIS 法对评价对象进行评估,使结果更加全面客观。因此,在榆林市绿色发展评价中,采用熵权 TOPSIS 模型能够全面考虑经济、社会、环境等多个维度的指标,客观准确地评估榆林市的绿色发展水平。

其核心理念在于通过计算各指标与最优解和最劣解之间的距离,来评估各指标的优劣排序。这种方法充分利用了原始数据的信息,能够精准地揭示各指标之间的差异。

然而,该方法也存在一定的局限性。首先,相较于单一的熵权法或 TOPSIS 法,熵权 TOPSIS 法的计算过程更为复杂,需要投入更多的计算资源。其次,该方法对数据质量的要求较高,为了消除不同指标的量纲和数量级影响,通常需要对原始数据进行标准化处理[16]。

以下是熵权 TOPSIS 模型的主要计算过程:

(1) 规范化数据。对收集的数据采用极值法进行标准化处理,消除不同指标量纲的影响:

$$\text{正向指标: } X'_{ij} = (X_{ij} - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min})$$

$$\text{负向指标: } X'_{ij} = (X_{i\max} - X_{ij}) / (X_{i\max} - X_{i\min})$$

公式中的 $X_{i\max}$ 表示第 i 个指标中在所有研究年份的最大值; $X_{i\min}$ 表示第 i 个指标中在所有研究年份的最小值, X'_{ij} 表示 X_{ij} 经过标准化处理得到的数据。

(2) 确定指标权重: 采用熵值法确定指标权重 $W = (W_1, W_2, \dots, W_m)$, 建立加权的规范化矩阵为

$$V = X_{ij} \times W \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

(3) 确定最优解和最劣解：根据标准化后的数据和各指标的权重，求得指标的最优解和最劣解。

$$\text{最优解: } V^+ = \left\{ \max |V_{ij} | i = 1, 2, \dots, m \right\} = V_1^+, V_2^+, \dots, V_m^+$$

$$\text{最劣解: } V^- = \left\{ \min |V_{ij} | i = 1, 2, \dots, m \right\} = V_1^-, V_2^-, \dots, V_m^-$$

公式中： V_{ij} 为加权决策评价矩阵 V 中第 i 个指标第 j 年的值； V_i^+ 和 V_i^- 分别为第 i 个指标的最优解和最劣解。

(4) 计算距离：计算各个城市的指标到最优劣解的距离为：

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V^+)^2}$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V^-)^2}$$

公式中： D_j^+ 表示到正理想解的距离， D_j^+ 越小越接近正理想解； D_j^- 表示第 j 年到负理想解的距离， D_j^- 越小越接近负理想解。

(5) 计算相对贴近度：计算历年油气资源型城市绿色发展水平各个指标的相对贴近度(T_j)，其表达式如下：

$$T_j = \frac{D_j^-}{D_j^+ + D_j^-}$$

公式中： $T_j \in [0,1]$ 其数值越大，表明第 j 年绿色发展水平越接近最优水平。

3.1.3. 指标体系构建

本文在充分了解榆林市的实际情况上，结合其发展特征及国家发改委有关《推进资源型地区高质量发展“十四五”实施方案》要求，遵循数据的可操作性、典型性、全面性等原则，与 DPSR 模型相结合构建指标体系。综合借鉴解蕾(2022) [17]、余永琦(2022) [18]以及彭定洪(2023) [19]的研究成果，同时参考 Jabareen 等(2023) [20]提出的城市韧性评价角度，将指标体系分为 3 个层次，涵盖经济发展、社会进步、资源利用、环境质量和政策响应等关键领域，共计 33 个具体基础性指标(见表 1)，对榆林市绿色城市发展水平进行全面评价。

Table 1. Green development evaluation indicator system
表 1. 绿色发展评价指标体系

| 目标层 | 准则层 | 要素层 | 指标层 | 指标性质 | 指标变量 |
|------------|--------|------|--------------------|------|------|
| 绿色发展评价指标体系 | 驱动力(D) | 经济发展 | 人均 GDP (万元/人) | 极大型 | x1 |
| | | | 地区生产总值增长率(%) | 极大型 | x2 |
| | | | 固定资产投资占 CDP 的比重(%) | 极大型 | x3 |
| | | | 城镇居民可支配收入 | 极大型 | x4 |

续表

| | | | | | | |
|------------|------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|-----|-----|
| 绿色发展评价指标体系 | 驱动力(D) | 社会发展 | 在岗职工平均工资(元) | 极大型 | X5 | |
| | | | 人口自然增长率(‰) | 极大型 | X6 | |
| | | | 城镇化率(%) | 极大型 | X7 | |
| | | | 第三产业占 COP 比重(%) | 极大型 | X8 | |
| | 压力(P) | 环境压力 | 工业二氧化硫排放量(吨) | 极小型 | X9 | |
| | | | 工业废水排放量(万吨) | 极小型 | X10 | |
| | | | 工业烟(粉)尘排放量(吨) | 极小型 | X11 | |
| | | 单位 GDP 能耗(吨标准煤/万元) | 极小型 | X12 | | |
| | | 资源压力 | 单位 GDP 水耗(立方米/万元) | 极小型 | X13 | |
| | | | 单位 GDP 电耗(kV·h/元) | 极小型 | X14 | |
| | | 人均生活用水量(立方米/人) | 极小型 | X15 | | |
| | 技术创新 | R&D 经费内部支出占 GDP 比重(%) | 极大型 | X16 | | |
| | | R&D 人员(人) | 极大型 | X17 | | |
| | | 万人专利授权数量(项/万人) | 极大型 | X18 | | |
| | | 节能环保支出占财政支出比重 | 极大型 | X19 | | |
| | | 响应(R) | 政策响应 | 社会保障和就业支出占财政支出比减(%) | 极大型 | X20 |
| | | | | 科学技术支出占财政支出比取(%) | 极大型 | X21 |
| | | | 教育支出占财政支出比重(%) | 极大型 | X22 | |
| | 污水处理率(%) | | 极大型 | X23 | | |
| | 环境响应 | 生活垃圾无害化处理率(%) | 极大型 | X24 | | |
| | | 一般工业固体废物综合利用率(%) | 极大型 | X25 | | |
| | | 建成区绿化覆盖率(%) | 极大型 | X26 | | |
| | 环境状态 | 空气质量优良天数比例(%) | 极大型 | X27 | | |
| | | 人均造林面积(m ² /人) | 极大型 | X28 | | |
| | 状态(S) | 资源状态 | 人均公园绿地面积(m ² /人) | 极大型 | X29 | |
| | | | 人均水资源量(m ³ /人) | 极大型 | X30 | |
| | | 社会状态 | 每万人医院床位数(个/万人) | 极大型 | X31 | |
| | | | 每万人拥有公共交通工具(台/万人) | 极大型 | X32 | |
| | 城镇登记失业率(%) | 极小型 | X33 | | | |

3.2. 研究方法介绍

基于 DPSIR 模型,从驱动力-压力-状态-响应四个方面构建油气资源型城市的绿色发展评价指标体系;采用 TOPSIS 熵权法对 2011~2022 年榆林市进行绿色发展水平综合评价,进而对其 12 年间的绿色发展水平进行时间演变分析。

3.3. 数据来源

以榆林市作为研究区域,选择 2011~2022 年为研究年份,研究数据来源于《陕西统计年鉴》《榆林

统计年鉴》《榆林市国民经济和社会发展统计公报》及《榆林市生态环境公报》。

4. 评价结果与分析

4.1. 榆林市绿色发展综合水平分析

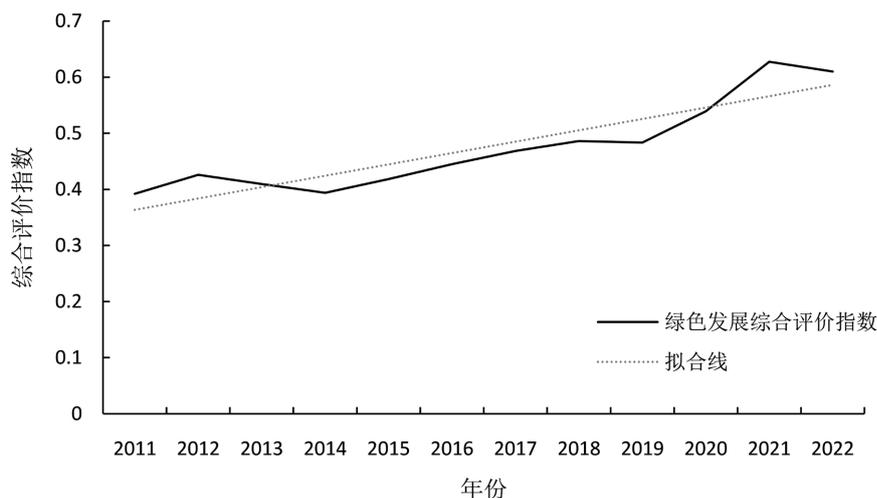


Figure 1. Comprehensive level of green development in Yulin City from 2011 to 2022

图 1. 榆林市 2011~2022 年绿色发展综合水平

如图 1 所示，由榆林市 2011 至 2022 年绿色发展综合水平变化曲线可知，榆林市绿色发展综合水平呈现以下特点：

(1) 榆林市绿色发展综合水平不断提高，总体上呈现上升趋势。榆林市的绿色发展综合水平集中于 0.39~0.63 之间，其相对接近度由 2011 年的 0.3922 提升至 2022 年的 0.6100，增长率达到 55.54%。12 年间，榆林市的绿色发展综合水平呈现不断上升趋势，反映了榆林市的绿色发展意识在不断提高，对经济的绿色增长予以重视，城市正在进行着绿色转型[21]。

(2) 榆林市绿色发展综合水平具有明显的波动性。中国煤炭市场网显示，2012 至 2014 年煤炭价格处于下行周期中。煤炭价格波动影响地方财政收入，进而迫使榆林压缩环保投入维持煤化工企业生存，一定程度上引起绿色发展综合评价指数在 2012 年至 2014 年由 0.4261 降至 0.3940。2015 年引进的以色列滴灌技术在 2000 亩试验田使单方水效益提升 40%，有力推动绿色发展。2016 年至 2021 年指数总体回升，但 2019 年指数略有下降，这与能源价格、政策推动和产业结构密不可分。2016 年后供给侧改革，煤价于 2016 至 2021 年上涨 85%，为生态补偿机制提供了资金支持；编制《榆林市国家森林城市建设总体规划(2017~2026 年)》，于 2019 年成功创建了国家森林城市；2017 年中央环保督察组进驻并关停整改企业 317 家，虽有利于指数提升，但存在衰减效应，2019 年 PM2.5 浓度反弹 12%暴露其长效机制缺失；同时 2019 年环保督察“回头看”期间关停 42 家产能占比较高的兰炭企业，而产业接续存在时滞，替代产业未能及时填补。2021 年全国碳市场启动后，企业适应期成本增加，部分企业选择减产保排，成为 2022 年指数回调的原因之一。虽然由于国内国际等多种因素导致榆林市绿色发展综合水平具有波动性，但就总体而言榆林市的生态环境质量得以改善，经济社会的可持续发展水平得以提升。

4.2. 榆林市 DPSIR 四层面绿色发展水平分析

为深入研究榆林市绿色发展水平现状，根据各指标权重，本文从驱动力、压力、状态和响应四个层

面分别计算了其绿色发展指数，结果如图 2 所示。

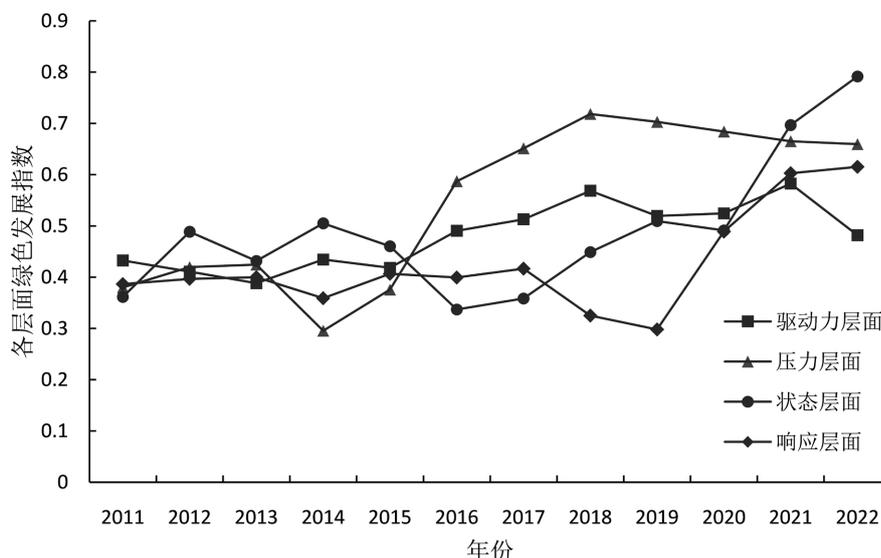


Figure 2. DPSIR four level green development level in Yulin City
图 2. 榆林市 DPSIR 四层面绿色发展水平

驱动力层面主要反映了榆林市的人均 GDP、城镇居民可支配收入、人口自然增长率、城市化水平、第三产业占 GDP 比重等方面的城市经济和社会发动力。从驱动力层面看，榆林市的绿色发展水平在 0.3882~0.5824 之间，整体而言呈现上升趋势。这反映了榆林市的经济在向好发展，产业结构在不断调整，人民幸福感在不断提升。人均 GDP 呈现逐年上升的趋势，尽管地区 GDP 增长率呈现下降趋势，经济增速有所放缓，但城镇居民可支配收入增加了约 1.95 倍，城市经济发展动力充足。2011 年至 2022 年，在岗职工平均工资已由 108302.15 元增至 108302.15 元，增加了约 2.4 倍；城镇化率由 48.56% 增至 62.3%，城镇化水平大幅提高，榆林市社会发展成果较为显著。整体而言，榆林市的经济社会发展处于良性发展阶段，对其绿色发展水平具有正向驱动作用。

压力层面反映了在城市发展过程中资源能源的消耗强度和污染物的排放强度。榆林市压力层面的绿色发展水平具有上升 - 下降 - 上升 - 下降的“M”型趋势特点，但整体来看，其压力层面的绿色发展水平得到了大幅提高。2014 年的压力指数最低，仅为 0.2954，说明其资源消耗和污染物排放强度大，这与孙菲[22]的研究结论一致。2015~2018 年，榆林市压力层面的绿色发展水平得到了大幅提升，单位 GDP 能耗、水耗、电耗均有所减少，工业二氧化硫排放量、工业废水排放量、工业烟(粉)尘排放量大幅下降，说明榆林市的节能减排等工作取得了较好的成效。2019~2022 年，榆林市压力层面的绿色发展水平出现小幅度反弹，生态环境治理仍有提升空间，产业结构转型依然任重道远。由此可见，作为成长型资源城市，榆林市还需要长期注意控制“三废”排放量与资源消耗量，减少环境污染，提高资源利用率，改善城市生态环境，避免陷入“资源诅咒”。

状态层面主要体现在城市的社会、环境和资源状态。榆林市状态层面的绿色发展水平呈现波动上升趋势。其最低点为 2016 年，值为 0.3369；其最高点为 2022 年，值为 0.7915。2011 年至 2022 年间，榆林市通过实施榆溪河生态长廊、东沙生态公园、沙河公园等多项绿化工程，有效地提高了城市的绿化覆盖率，建成区绿化覆盖率由 32.84% 上升至 38.812%，人均公园绿地面积由 7.69 m²/人扩大至 16.304 m²/人，空气质量优良天数比例由 79.889% 上升至 89.583%。而在社会状态方面，榆林市加大对基础设施建设的投

入, 扩充医疗资源、提高医疗质量, 每万人医院床位数由 37.85 个/万人增至 50.64 个/万人; 解决出行难、整治停车难, 每万人拥有公共交通工具由 13.23 辆/万人增至 25.652 辆/万人; 实施就业优先政策, 城镇登记失业率由 3.75% 降至 2.44%。综合状态层面的各指标数据来看, 榆林市在不断探索、不断尝试, 状态指数的波动式上升, 也符合榆林市作为成长型资源城市的成长特点。

响应层面主要包括政府和企业为减轻经济活动对资源生态环境破坏而进行的技术创新、政策制定和废物处理等效果[23]。榆林市响应层面的绿色发展水平见效时间较晚, 2020~2022 年才得到大幅提升。丰富的资源在为榆林市的经济发展带来机遇的同时, 也为榆林市的绿色发展带来了挑战。政策的制定和执行、项目的投入和产出均在一定程度上存在滞后与延迟, 榆林市的转型发展需要时间来调节。近年来, 榆林市积极将“碳达峰、碳中和”理念贯穿于经济社会发展的全方位, 坚定不移地推进高质量发展进程。这一战略导向成效显著, 污水处理率、生活垃圾无害化处理率以及一般工业固体废物综合利用率均得到了极为明显的提升, 在 2022 年分别达到 95.889%、99.56%、99.07%。据统计, “十三五”期间, 榆林创建了一批国家级、省级工程技术研究中心、创新中心和重点实验室, 出台支持科技创新 14 条举措[24]。万人专利授权量的增加, 体现了榆林市政府、企业和各高校对技术创新的重视和支持。但 R&D 人员和经费均存在减少, 政策响应各指标均在中间值上下波动。鉴于城市绿色发展转型的需求, 榆林市应继续贯彻绿色发展政策, 合理调整财政资源分配, 适当加大对城市建设和科学教育的资金支持, 从而为转型提供关键的动力支撑[21]。

5. 结论与建议

5.1. 结论

本文基于可持续发展理念, 利用熵权 TOPSIS 法构建 DPSR 四级指标测度榆林市绿色发展水平, 分析 2011~2022 年陕西省榆林市的经济环境的协调程度。主要结论如下:

(1) 从绿色发展水平的综合结果来看, 榆林市的绿色发展呈现一定曲折变化, 但整体发展态势良好。2011~2022 年榆林市绿色发展水平综合评价指数从 0.392 增长到 0.610, 特别在 2019~2021 年出现明显提高。表明榆林市近年来统筹规划城市可持续发展战略, 通过校企合作等形式突破清洁能源技术的研发瓶颈, 高效推进能源消费结构的转型, 加快产业结构的升级, 并且出台生态保护、环境治理等多项政策, 多措并举促进经济环境发展的协调程度不断提高。

(2) 从各子系统的结果来看, 驱动力、压力、状态、响应都有不同程度的提高, 但增速有所差异。驱动力增幅最小, 绿色发展指数介于 0.3882~0.5824 之间; 压力及状态层面的绿色发展指数呈现波动增长的特点; 响应层面的增幅最大, 但增长时间较晚, 2019~2022 年绿色发展指数由 0.2979 上升到 0.2153。这表明随着政府对绿色城市的重视程度加深与相关政策的完善, 4 个指标体系也逐步改善, 榆林市绿色城市的发展前景变得更为广阔, 但为了实现更高层次的绿色发展目标, 榆林市还需关注当下各方面的发展瓶颈。

(3) 本文基于 DPSR 模型构建的绿色发展水平指标体系对榆林市绿色发展水平进行了时空演变分析, 但仍有一些不足之处, 需要继续改进与研究。第一, 本文从经济、社会、生态等多个维度选取了绿色发展水平的影响因素, 指标尽量客观且全面。然而, 随着经济与社会的进步、生态观念的改变和环保法规的实施, 绿色发展水平的影响因素将变得更为复杂。因此, 在今后的研究中应对榆林市绿色发展水平的指标进行动态调整。第二, 基于数据的可得性, 本文测量的时间年度仅仅选择了 2011 年至 2022 年, 相对时间较短, 未能考虑“双碳”战略全面实施后的最新政策效应, 因此可能会在绿色发展水平的评价上有所偏差。

5.2. 建议

(1) 聚焦产业链低碳化转型, 构建绿色发展战略体系。针对榆林市驱动力子系统增幅较小的现状, 政府应当立足榆林市作为国家重要能源基地的战略定位, 将绿色发展深度融入城市转型全过程, 重点推动风光氢储等新兴产业与传统产业的融合发展, 在榆神工业区建设绿氢规模化制备基地, 推动能源消费结构向清洁低碳模式转型, 形成低碳能源对高碳产业的渐进式替代路径。

(2) 创新生态治理的体制机制, 形成协同治理体系。针对榆林市生态治理中存在的压力子系统波动较大与响应机制滞后问题, 建议以红碱淖湿地等重点生态功能区为载体, 创新生态资产的实现路径, 将生态修复过程中的生物多样性等指标转化为可交易的绿色资产, 鼓励企业履行生态责任, 引导社会资本参与生态修复。同时在生态脆弱区推行耐旱农作物的开发工程, 通过搭建政府主导、科研机构技术支持、市场主体参与的平台, 形成生态治理的良性循环。

(3) 构建区域协同发展新格局, 深度融入“一带一路”能源合作体系。基于榆林市在“一带一路”能源合作中的枢纽定位与黄河流域生态经济带建设的战略机遇, 需要以陕西能源交易所为载体, 升级现有能源交易平台功能, 推动本地能源技术标准向中亚、东南亚等沿线国家输出, 同时深化与粤港澳大湾区等区域的清洁能源产业协作, 通过能源基础设施的互联互通与生态交易平台共建, 形成具有国际影响力的区域性清洁能源中心, 带动榆林市的能源产业绿色发展。

基金项目

项目来源: 西南石油大学大学生创新创业训练计划; 项目名称: 油气资源型城市绿色发展水平评价及影响因素研究; 项目编号: S202410615210。

参考文献

- [1] 张琳, 贺家睿. 基于熵权-TOPSIS 法的绿色城市发展水平评价研究: 以济南市为例[J]. 工程管理学报, 2024, 38(1): 71-76.
- [2] Sæther, B., Isaksen, A. and Karlsen, A. (2011) Innovation by Co-Evolution in Natural Resource Industries: The Norwegian Experience. *Geoforum*, **42**, 373-381. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.01.008>
- [3] Petkova, V., Lockie, S., Rolfe, J. and Ivanova, G. (2009) Mining Developments and Social Impacts on Communities: Bowen Basin Case Studies. *Rural Society*, **19**, 211-228. <https://doi.org/10.5172/rsj.19.3.211>
- [4] Chapman, R., Plummer, P. and Tonts, M. (2015) The Resource Boom and Socio-Economic Well-Being in Australian Resource Towns: A Temporal and Spatial Analysis. *Urban Geography*, **36**, 629-653. <https://doi.org/10.1080/02723638.2015.1018032>
- [5] Bui, N.T., Kawamura, A., Kim, K.W., Prathumratana, L., Kim, T., Yoon, S., *et al.* (2017) Proposal of an Indicator-Based Sustainability Assessment Framework for the Mining Sector of APEC Economies. *Resources Policy*, **52**, 405-417. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.05.005>
- [6] 朱斌, 吴赐联. 福建省绿色城市发展评判与影响因素分析[J]. 地域研究与开发, 2016, 35(4): 74-78.
- [7] 陈小卉, 郑文含. 基于绿色发展的城市发展质量评价研究: 以江苏为例[J]. 城市规划学刊, 2017(3): 70-77.
- [8] 曾贤刚, 段存儒. 煤炭资源枯竭型城市绿色转型绩效评价与区域差异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(7): 127-135.
- [9] 岳书敬, 邹玉琳, 胡姚雨. 产业集聚对中国城市绿色发展效率的影响[J]. 城市问题, 2015(10): 49-54.
- [10] 郭付友, 陈才, 刘志刚. 城市绿色发展效率的空间分异及影响因素——基于山东省 17 地市面板数据[J]. 世界地理研究, 2020, 29(5): 1014-1048.
- [11] 马丁, 周新. 黄河沿岸城市绿色发展效率及影响因素分析[J]. 调研世界, 2020(12): 3-9.
- [12] 吴艳霞, 魏志斌, 王爱琼. 基于 DPSIR 模型的黄河流域生态安全评价及影响因素研究[J]. 水土保持通报, 2022, 42(6): 322-331.
- [13] 赵建鹏, 武江民, 贾腊春, 等. 基于驱动力-压力-状态-响应模型的黄河流域甘肃段生态系统健康评价[J]. 生态与

农村环境学报, 2024, 40(5): 602-611.

- [14] 李常亮, 雒天峰. 基于综合评分和熵权-TOPSIS 模型的甘肃省水资源紧缺程度研究[J]. 人民黄河, 2024, 46(7): 60-65.
- [15] 刘照润青. 脱贫摘帽县农户经济发展质量评估——以陕西省合阳县为例[J]. 山西农经, 2021(4): 73-77.
- [16] 马玉芳. 中国旅行社企业绩效评价研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 石家庄经济学院, 2008.
- [17] 解蕾, 姚扬, 但智钢, 等. 基于 DPSIR 模型的省域绿色发展绩效评价[J]. 环境工程技术学报, 2022, 12(5): 1681-1686.
- [18] 余永琦, 王长松, 彭柳林, 等. 基于熵权 TOPSIS 模型的农业绿色发展水平评价与障碍因素分析——以江西省为例[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(2): 187-196.
- [19] 彭定洪, 李旭锋. 资源型城市绿色转型成效评价研究——以云南省为例[J]. 城市问题, 2023(7): 21-32, 52.
- [20] Jabareen, Y. (2013) Planning the Resilient City: Concepts and Strategies for Coping with Climate Change and Environmental Risk. *Cities*, 31, 220-229. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.05.004>
- [21] 刘珊珊. 陕西省资源型城市绿色发展转型的测评与路径选择研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2018.
- [22] 孙菲, 孙崇亮. 中国油气资源型城市工业绿色发展评价研究[M]. 南昌: 江西人民出版社, 2023.
- [23] 陈英姿, 荣婧, 李晓巍. 东三省经济绿色增长水平评价及动力因素研究[J]. 生态经济, 2019, 35(8): 50-56.
- [24] 盛瑞, 袁映奇. 资源型城市经济绿色转型发展——以陕西省榆林市为例[J]. 青海金融, 2022(10): 47-51.