

# 资源型城市矿业经济与生态系统服务协同演变研究

王瑶<sup>1</sup> 刘震<sup>2</sup>

1 中国矿业大学 2 中国矿业大学 力学与土木工程学院

DOI:10.32629/gmsm.v9i1.2402

**[摘要]** 在全球资源依赖地区,怎样实现矿业经济同生态系统服务的协同发展,是普遍存在的、严峻的挑战。伴随着中国“双碳”战略的推进,资源型城市内部经济增长和生态可持续性之间的矛盾日益突出,但是对二者复杂的时空耦合关系以及驱动机制的解析还很欠缺。本研究选取中国山西省典型的煤炭资源型城市晋中市作为案例,用2006年到2022年的数据建立评价体系,对矿业经济和生态系统服务的发展水平进行量化,采用耦合协调度模型、灰色关联分析、偏最小二乘回归等方法,对二者协同演变的轨迹和主要驱动因素进行分析。经过研究发现,(1)整个时间段里两者的协调关系呈“失调-协调-再失调”式波动,矿业经济于2018年达到顶峰,生态系统服务于2022年达到最佳状态,存在明显的阶段性时滞效应。(2)居民生活环境需求、环境压力强度和产业转型水平属于主要的驱动要素。(3)第三产业占比和建成区绿化覆盖率对协调度有显著正向推动作用,能源消耗强度和工业污染排放有抑制作用。本文研究出资源型城市人地系统协同演变的内在规律,给同类城市绿色转型提供理论依据和政策路径。

**[关键词]** 资源型城市; 矿业经济; 生态系统服务; 耦合协调度; 灰色关联

中图分类号: F416.1 文献标识码: A

## Research on the Co-evolution of Mining Economy and Ecosystem Services in Resource-based Cities

Yao Wang<sup>1</sup> Zhen Liu<sup>2</sup>

1 China University of Mining and Technology

2 School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology

**[Abstract]** In regions globally dependent on resources, achieving coordinated development between mining economy and ecosystem services is a widespread and severe challenge. With the advancement of China's "dual carbon" strategy, the contradiction between economic growth and ecological sustainability in resource-based cities has become increasingly prominent, yet the analysis of their complex spatiotemporal coupling relationships and driving mechanisms remains insufficient. This study selects Jinzhong City, a typical coal resource-based city in Shanxi Province, China, as a case study. Using data from 2006 to 2022, an evaluation system was established to quantify the development levels of mining economy and ecosystem services. Methods such as the coupling coordination degree model, grey relational analysis, and partial least squares regression were employed to analyze the trajectories of their coordinated evolution and the main driving factors. The research reveals that: (1) The coordination relationship between the two exhibited a "discoordination-coordination-re-discoordination" fluctuation pattern throughout the period, with the mining economy peaking in 2018 and ecosystem services reaching their optimal state in 2022, demonstrating significant temporal lag effects. (2) Demographic living environment demands, environmental pressure intensity, and industrial transformation levels were identified as primary driving factors. (3) The proportion of the tertiary industry and the green coverage rate of built-up areas significantly positively influenced the coordination degree, while energy consumption intensity and industrial pollution emissions exerted inhibitory effects. This study elucidates the intrinsic laws of coordinated evolution in human-land systems of resource-based cities, providing theoretical foundations and policy pathways for green transformation in similar cities.

**[Key words]** resource-based city; mining economy; ecosystem services; coupling coordination degree; grey correlation

晋中市矿业经济评价指标体系构建			晋中市生态系统服务评价指标体系构建			
一级指标	二级指标	三级指标	一级指标	二级指标	三级指标	
绿色矿业经济评价	人均经济指标	矿区居民恩格尔系数/%	供给服务	食物生产	原料生产	
		第三产业增加值占GDP总量的比例/%				
		职工平均工资/元				
		城镇单位采矿业从业人数比总从业人数/%				
		GDP增长率/%				
	绿色经济指标	煤炭开采和洗选业总产值/万元	生态系统服务评价	调节服务	气体调节	气候调节
		煤炭工业产值占工业总产值比重/%				
		煤炭开采和洗选业能源消费总量/吨				
		煤炭工业增加值占工业增加值比重/%				
		煤炭工业投资占工业总投资比重/%				
	生态环境指标	第二产业就业率/%	支持服务	水文调节	土壤保持	维持养分循环
		工业固体废物综合利用率/%				
		工业废水排放量/万吨				
		工业二氧化硫排放量/吨				
		工业氮氧化物排放量/吨				
文化服务	美学景观					

图1 晋中市矿业经济评价与生态系统服务评价体系构建

晋中市矿业经济发展TOPSIS评价结果				
项	正理想解距离D+	负理想解距离D-	相对接近度C	排序结果
2022年	0.333	0.602	0.644	2
2018年	0.228	0.555	0.709	1
2014年	0.433	0.339	0.439	3
2010年	0.467	0.346	0.426	4
2006年	0.594	0.307	0.341	5

  

晋中市生态系统服务TOPSIS评价结果				
项	正理想解距离D+	负理想解距离D-	相对接近度C	排序结果
2022年	0.587	0.810	0.580	1
2018年	0.526	0.523	0.499	2
2014年	0.577	0.519	0.473	3
2010年	0.776	0.591	0.433	4
2006年	0.761	0.390	0.339	5

图2 晋中市矿业经济与生态系统服务TOPSIS评价结果

## 引言

推动经济社会发展全面绿色转型是实现高质量发展的关键。资源型城市的转型面临显著的体制与机制障碍<sup>[1]</sup>。在“十四五”规划及发展新质生产力等战略指引下，推动矿业经济绿色化、低碳化发展尤为迫切。

本研究以典型煤炭资源型城市晋中市为例，通过构建综合评价体系，基于2006-2022年数据，系统剖析二者协同演变过程。研究发现，两者协调关系呈现“失调-协调-再失调”的非线性波动特征，并识别出关键驱动因素及其影响机制。

本研究融合“资源诅咒”<sup>[2]</sup>与生态系统服务理论，丰富了可持续发展理论；在方法上综合运用耦合协调度模型与多元统计分析。实践上，为同类城市破解转型困境提供了理论支撑与策略路径。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

晋中市位局山西省中部偏东，地处太行山西麓，汾河东岸，与省会太原市北接壤，总面积1.64万平方公里，总人口353万。

### 1.2 数据来源

本研究评价经济社会发展的各项指标数据来源于相应年份

的《中国统计年鉴》、《晋中市统计年鉴》等。对于仍无法获取的数据，采取相近年份回归拟合合法进行补缺。

## 2 评价体系构建

在构建矿业经济评价指标体系的过程中，本文结合了广西省<sup>[3]</sup>、河南省<sup>[4]</sup>等地区在矿业可持续发展方面的经验和评价方法，同时借鉴了国外的先进做法，初步确立了矿业可持续发展的综合评价指标体系框架。同时生态系统服务评价体系构建基于谢高地等人的生态系统服务价值当量表。两评价体系如下。

## 3 矿业经济评价

本研究采用用AHP和熵权法组合赋权，用TOPSIS法对晋中市矿业经济进行综合评价。结果显示，2018年表现最好(C=0.709)，2022年次之(C=0.644)，2006年最低(C=0.341)。2018-2022年，晋中市矿业经济存在阶段性调整的特点，焦化行业产能压减造成产量与行业增加值下降，体现出去产能政策对于短期产出的压制作用。环保约束趋严与智能化改造虽利于长期转型，但短期提高了企业成本。总体而言，晋中市矿业经济正处在绿色转型的阵痛期，揭示了政策调控、环保约束与市场波动对资源型地区的复合影响。

#### 4 生态系统服务评价

生态系统服务评价结果表明,2022年C值最高(0.58),2006年最低(0.339),呈逐年上升趋势。2006年至2022年间,生态系统服务价值经历了初期低谷、中期回升、近期好转的过程。初期建设用地扩张侵占生态空间,价值降低;中期生态政策干预使其缓慢上升<sup>[5]</sup>;2022年随着专项资金投入和修复工程开展,价值显著提高。该治理模式对同类资源型城市的生态振兴具有借鉴意义。

#### 5 协调度测算

本文协调度类别划分标准参考现有学者对耦合协调发展水平等级划分标准<sup>[6]</sup>,根据耦合协调度模型可知,2006-2022年晋中市两系统协调关系呈现“失调-协调-再失调”的波动轨迹。2006年为轻度失调(D=0.301),2010年升至中级协调(D=0.789),2014和2018年维持初级协调(D=0.623、0.629),2022年回落至轻度失调(D=0.315)。2022年生态系统服务虽达最优,但矿业经济下行导致协调性下降,说明系统协同是复杂的,政策节奏的错位是造成失衡的原因之一。

表1 耦合协调度计算结果

项	耦合度C值	协调指数T值	耦合协调度D值	协调等级	耦合协调程度
2006	0.219	0.413	0.301	4	轻度失调
2010	0.902	0.691	0.789	8	中级协调
2014	0.939	0.413	0.623	7	初级协调
2018	0.881	0.448	0.629	7	初级协调
2022	0.199	0.500	0.315	4	轻度失调

#### 6 影响因素

本研究采用灰色关联法分析驱动因素。基于社会经济自然复合框架,选取经济发展、产业转型、社会投资、绿色产业、居民生活及环境压力六项因素,对应人均GDP、第三产业占比、固定资产投资、旅游总收入、建成区绿化覆盖率与生活污水排放量。

灰色关联分析显示,协调度影响最大的因素为建成区绿化覆盖率(0.788),其次为生活污水排放量(0.758)、第三产业占比(0.754)、人均GDP(0.631)、固定资产投资(0.609)和旅游总收入(0.526)。选取前四项关键指标,进一步采用偏最小二乘回归进行影响路径分析。结果显示:第三产业占比回归系数为1.18,建成区绿化覆盖率为0.78,均与协调度正相关;人均GDP与生活污水排放量系数分别为-0.07与-0.87,呈负相关。

#### 7 结论

晋中市2006至2022年其矿业经济与生态系统服务的协调关系呈现复杂的“失调-协调-再失调”阶段性波动,揭示了资源型城市绿色转型的系统性难题。

一个关键现象出现在2022年,即生态系统服务价值最高,但是系统协调度却降到轻度失调。悖论显示出了系统协同的深层复杂性,它不是两个子系统独立发展的简单相加,而是因为两者演进节奏不同,以及政策干预重点不同而产生的。2018年矿业经济的峰值给生态系统带来了压力,但是2022年强力生态修复虽然提高了环境质量,但是不能及时地对冲由于产能压减、环保约束造成的矿业经济波动,使系统整体协调性下降。

晋中市的案例印证,突破“资源诅咒”、实现高质量发展的核心,在于增强矿业绿色转型与生态保护政策在节奏与力度上的同步性与互补性。

#### 8 未来管理建议

为促进矿业与生态协调发展,需构建三位一体的治理体系:一是强化国土空间规划刚性约束,建立长效生态投入机制,保障系统治理;二是推动矿业全链条绿色转型,并积极培育替代产业,降低资源依赖;三是建立多主体政策协同与共治机制,整合各方力量,为实现高质量绿色发展提供制度保障。

#### 【参考文献】

- [1]尹牧.资源型城市经济转型问题研究[D].吉林大学,2012.
- [2]梁若皓.矿产资源开发与生态环境协调机制研究[D].中国地质大学(北京),2009.
- [3]白松涛.广西矿业可持续发展评价研究[J].求索,2010(12):32-33+55.
- [4]乌力雅苏,严良,张龙.资源型县域绿色矿业评价研究——以河南嵩县为例[J].科技管理研究,2015,35(04):238-243.
- [5]刘焕才,崔敏华,李园园,等.汾河流域中游地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].安徽农业大学学报,2021,48(04):635-640.
- [6]李康玮,曾贤刚.煤炭资源型城市煤炭开发与生态系统服务协调发展演变及驱动机制[J].水土保持研究,2023,30(3):460-469.

#### 作者简介:

王瑶(1999—),女,汉族,黑龙江省嫩江市人,单位/学校:中国矿业大学(北京),研究方向:生态规划。