



· 区域可持续发展 ·

资源型地区产业转型的创新驱动模型与多维效度评价: 以中国黄河几字弯地区为例

孙一方, 陈秋计

西安科技大学 测绘科学与技术学院, 陕西 西安 710054

摘要 资源型地区产业转型面临路径依赖、生态约束与创新协同不足等多重困境, 现有研究对该类型区域的动态跃迁机制与多维效度评价的关注亟待深化。该文以 2010—2022 年黄河几字弯地区为研究对象, 构建“要素—时序—主体”三维分析框架, 集成耗散结构理论与 DEA 的 Malmquist-BCC 混合模型开展动态—静态效度测度与时间—空间特征分析。研究发现: ① 几字弯地区创新水平呈现多维非均衡的梯度演进特征, 成长型城市依托资源再投资形成科技—金融双高模式, 但省会城市政策与技术创新脱节; ② 创新协同水平呈现时序增长与空间分异特征, 省会及再生型城市协同指数显著高于区域均值, 成长型城市协同指数年均增速达 5.8%~6.0%, 衰退型城市协同提升所需边际成本增加; ③ 产业转型能力时空分异显著, 黄河北部能源富集区因技术产业化占优, 南部生态脆弱区受路径锁定与规模经济不足制约, 产业转型能力可分为波动向好型、波动下滑型和波动回转型; ④ 地区产业转型全要素生产率年均下降 2.3%, 主要源于技术效率与规模效率双重衰减, 区域呈现“东高西低、北强南弱”的空间分异。通过阶段适配性干预、跨层级治理框架与动态反馈机制的有机融合, 提出驱动资源型地区产业系统“抑制熵增—延缓锁定—激发跃迁”的可持续发展路径, 为破解资源型地区转型陷阱、推进黄河流域创新协同发展提供理论依据与决策参考。

关键词 资源型地区; 产业转型; 创新协同; DEA-Malmquist-BCC; 黄河几字弯

中图分类号: K902 **DOI:** 10.16152/j.cnki.xdxbr.2026-04-018

An innovation-driven model and multi-dimensional evaluation of industrial transformation in resource-based regions:

A case study of the Yellow River π -shaped Curve Area

Sun Yifang, Chen Qiuji

College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China

Abstract Industrial transformation in resource-based regions is constrained by path dependence, ecological pressures, and insufficient collaborative innovation. Existing studies have paid insufficient attention to dynamic transition mechanism and multi-dimensional efficiency assessment in these regions. Using the Yellow River π -shaped Curve Area as a case study, this paper constructed a three-dimensional "factor-temporal-actor" analytical framework and integrated dissipative structure theory with a DEA-Malmquist-BCC hybrid model to examine

收稿日期: 2025-09-16 修回日期: 2025-11-15

基金项目: 国家自然科学基金(42301201); 陕西省教育厅重点科学研究计划项目(24JZ042)。

第一作者: 孙一方, 女, 博士, 副教授, 从事人文地理、生态经济研究, yfsun@xust.edu.cn。

dynamic and static efficiency as well as spatiotemporal differentiation from 2010 to 2022. Findings revealed: ①Innovation levels exhibited multi-dimensional and uneven gradient evolution across the region. Growing cities developed a technology-finance dual-driven pattern through resource reinvestment, whereas provincial capitals experienced a mismatch between policy support and technological innovation. ②Innovation synergy exhibited both temporal growth and spatial differentiation. The synergy index of provincial capitals and regeneration-oriented cities remained significantly above the regional average. Growing cities achieved annual increases of 5.8% ~ 6.0%, whereas declining cities faced rising marginal costs in improving innovation coordination. ③Industrial transformation capacity displayed significant spatiotemporal differentiation. The energy-rich northern region benefited from advantages in technological industrialization, whereas the ecologically fragile southern region was constrained by path lock-in and insufficient economies of scale. Industrial transformation trajectories could therefore be categorized into fluctuating-improving, fluctuating-declining, and fluctuation-rebound types. ④Industrial transformation total factor productivity (TFP) declined by an average of 2.3% annually, mainly due to the simultaneous decline in technical and scale efficiency. Spatially, the region exhibited a gradient pattern characterized by stronger performance in the east and north. By integrating stage-specific interventions, cross-scale governance frameworks, and dynamic feedback mechanisms, this study proposes a sustainable pathway for resource-based regions to suppress entropy growth, delay path lock-in, and stimulate industrial transition. The findings provide theoretical support and policy implications for overcoming transformation traps and promoting innovation-oriented coordinated development in the Yellow River Basin.

Keywords resource-based regions; industrial transformation; innovation synergy; DEA-Malmquist-BCC model; Yellow River π -shaped Curve Area

资源型地区正面临产业结构单一、创新动力不足、生态环境约束收紧以及要素协同低效等多重转型困境,其传统发展模式已难以为继。为破解这一系统性难题,党的十九大报告明确提出“支持资源型地区经济转型发展”,此后《关于新时代推动中部地区高质量发展的意见》等一系列政策文件相继出台,凸显了国家层面推动其可持续转型的战略决心。在此背景下,以创新驱动为核心推进全面结构重塑,已成为资源型地区迈向高质量发展的关键路径。

国外关于资源型地区的研究主要聚焦于资源枯竭后的社区适应、生态福祉与城市韧性等议题^[1-3],但是针对产业转型的直接探讨相对有限。国内学者关于资源型地区的研究经历了从产业结构调整^[4]到高质量转型^[5]的演进,并涌现出针对产业转型的动力、布局和方向的个案研究与对策分析^[6-8]。创新研究历经了从线性范式向系统范式的演进,从 Romer 强调技术创新的内生增长理论^[9],到 North 聚焦制度变迁的分析^[10],再到 Stiglitz 提出的“创新生态系统”的范式^[11],学界已普遍认识到政策、管理、金融等多元创新的重要性^[12-14]。尽管成果丰富,现有研究仍存在三方面局限:①多聚焦单一创新要素的孤立分析,缺乏对

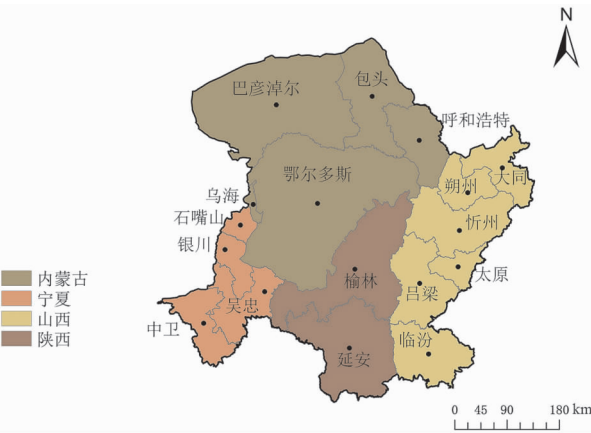
多要素协同机制的系统探讨;②较少从动态视角刻画创新要素与产业转型的互动演化路径;③对不同资源依赖程度地区的转型路径分异及政策适配性关注不足。

为弥补上述研究缺口,本文聚焦于黄河几字弯地区这一典型资源型区域。该区域是国家“两横三纵”城市化战略的关键节点,煤炭与油气资源储量丰富,兼具重度资源依赖与生态脆弱性双重特征,其转型成效关乎黄河流域高质量发展全局。本文旨在通过构建创新协同体系及“要素-时序-主体”分析框架揭示创新协同驱动产业发展的跃迁规律。具体而言:①通过解构科技创新、制度创新、管理创新、金融创新与政策创新的互动网络,揭示多要素协同演化的“技术突破-规则重构-效能转化-资本赋能-系统协调”正反馈机制,弥补现有研究对产业转型动态性的解释不足;②运用耗散结构理论阐释资源型城市转型的动态过程,建立“点-线-面-域”创新行为与产业转型能力的关联;③综合运用 DEA 模型从静态与动态维度定量评估几字弯地区产业转型效度;④提出基于资源依赖度分组的差异化政策组合工具。在实践层面,以中国几字弯地区为研究区域,提炼差异化政策组合与风险缓释策略,助力该地

区在“双碳”目标下的区域产业生态重构。

1 研究区域

2020 年 10 月,中共中央、国务院印发的《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》首次在国家战略层面明确提出构建黄河流域“一轴、两区、五极”的发展动力格局。作为“五极”之一,黄河几字弯地区涵盖 4 省区 17 个城市,地理上处于鄂尔多斯高原与黄土高原的过渡带,生态屏障功能突出但系统脆弱性显著。该区域不仅是我国重要的能源富集区,集聚了全国 13% 的煤炭储量和 8% 的油气资源,更兼具民族文化起源地、典型农牧交错区、边疆地区等多重特征,呈现“七区合一”的复杂地域类型。国务院及部委在此区域相继批复的《呼包银榆经济区发展规划》《晋陕豫黄河金三角区域合作规划》等一系列政策性文件,凸显了其在全国发展格局中的特殊战略地位(见图 1)。然而,该地区也面临着产能过剩、开发失衡、产业同质化竞争、创新水平滞后与行政壁垒牢固等深层矛盾。产业活动作为连通经济系统与生态系统的核心媒介,成为破解几字弯地区发展困境、落实国家战略的关键抓手。



注:该图基于自然资源部地图技术审查中心标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2020)4619 号的标准地图制作,底图无修改,下同。

图 1 研究区域
Fig. 1 Research area

本研究选取 2010—2022 年作为观测时段,主要基于政策连贯性与数据可获性考量。以 2010 年为起点,旨在呼应《全国主体功能区规划》(2010)及《呼包银榆经济区发展规划(2012)》等区域级政策的陆续出台,这些政策标志着几字弯

地区进入系统性转型阶段。截至 2022 年,则可获取最新官方统计数据,从而完整捕捉该关键转型期的动态过程。研究数据主要来源于同期 EPS 数据库、国泰安(CSMAR)数据平台,并系统整合了《中国城市统计年鉴》《中国林业统计年鉴》及晋陕蒙宁 4 省区与其 17 个地级市的统计年鉴。对个别缺失数据,采用线性插值法予以补全,以保障面板数据的连续性与完整性。

2 研究方法

2.1 研究框架

资源型地区的产业系统作为典型的开放耗散系统,其演化遵循成长、成熟、衰退、再生的多阶段生命周期规律。系统内部要素呈现显著的非均衡特征,子系统间的非线性相互作用导致持续性随机涨落现象。依据耗散结构理论,系统演化通过内外源因子引发的涨落实现相变跃迁^[15]。本文构建资源型地区产业转型的“要素-时序-主体”三维分析框架,以科技创新、制度创新、政策创新、管理创新、金融创新和创新行为协同组成核心外源驱动体系,通过技术突破、规则重构、效能转化、资本赋能与系统协调的协同机制推动产业转型,最终输出产业转型连续性、平稳性、调整性与开拓性。

2.1.1 驱动要素:创新行为与创新协同

科技创新通过技术赋能和需求触发成为产业转型的关键驱动力;制度创新通过规则重构和政策载体为产业转型提供底层架构;政策创新通过顶层设计、冲突调解与跨域治理为产业转型提供动态稳定锚点,是产业转型协调者;管理创新作为转型效能的转化器,通过组织变革、资源整合和技术落地提升系统协同效率;金融创新借助风险共担、资本配置、价值发现和政策联动加速创新要素流通,为产业转型供给血液。五维创新行为驱动体系通过非线性交互形成动态耦合系统,每一对创新要素的交互功能模块构成协同网络的基础单元(见表 1),系统协同效应基于超加性效应产生系统级涌现,最终驱动产业转型在连续性(发展轨迹稳定)、平稳性(波动幅度可控)、调整性(结构响应灵敏)、开拓性(新兴领域突破)4 个维度实现效度提升。

表 1 创新要素交互机理与作用路径

Tab. 1 Interaction mechanism and action path of innovation elements

创新交互	作用路径	驱动机制	实践案例
科技－制度	技术倒逼制度变革 制度激励技术扩散	突破路径依赖	山西运用 5G 技术倒逼安全监管制度迭代实现矿区智能化和生态化转型 ^[16]
科技－管理	技术赋能管理升级 管理优化技术应用	优化生产流程	宝武钢铁通过工业互联网驱动管理模式变革实现智能制造 ^[17]
科技－金融	技术吸引资本配置 金融加速技术扩散	催化创新扩散	粤港澳大湾区通过科技创新与金融创新耦合构建协同创新共同体 ^[18]
科技－政策	政策锚定技术方向 技术重构政策效能	化解锁定效应	德国鲁尔区通过氢能政策配套碳捕集技术降低碳排放 ^[19]
制度－管理	制度规范管理边界 管理倒逼制度优化	提升治理效能	德国通过共同决定模式构建激励相容的治理结构 ^[20]
制度－金融	制度保障金融稳定 金融强化制度效力	降低交易成本	区块链智能合约应用减少信息不对称和契约执行成本 ^[21]
制度－政策	政策设计制度框架 制度约束政策边界	构建规则体系	海南自贸港通过离岸金融政策推动外汇管理制度创新提升跨境结算效率 ^[22]
管理－金融	管理降低金融风险 金融驱动管理变革	重构要素配置	挪威设置主权基金将油气收益转化为科技投资组合 ^[23]
管理－政策	政策规范管理行为 管理反馈政策设计	增强执行韧性	欧盟 CSRD 指令与企业 ESG 管理协同提升政策落地效能 ^[24]
金融－政策	政策引导金融发育 金融对冲政策风险	风险缓释机制	智利铜业稳定基金通过期货套期保值减少价格波动损失 ^[25]

2. 1. 2 时序维度:生命周期相变机制

资源型城市产业转型呈现倒 U 型演化轨迹 (见图 2),其阶段性特征由内外源涨落因子共同塑造:成长期 (T1—T2 阶段),外源驱动主导,通过科技创新与制度创新的协同突破实现转型连续性积累,即技术突破制度解锁;成熟期 (T2—T3) 内源阻力显现,依赖管理创新与金融创新的要素

重构维持转型平稳性,即资本重构管理模式;再生期 (T4 以后)则需要政策创新激发的开拓性突破,通过新兴产业替代避免系统衰退,即政策锚定制度调试。特别地,当创新行为与创新协同达到临界阈值时,系统将触发相变跃迁,表现为产业调整性显著提升与开拓性突破。

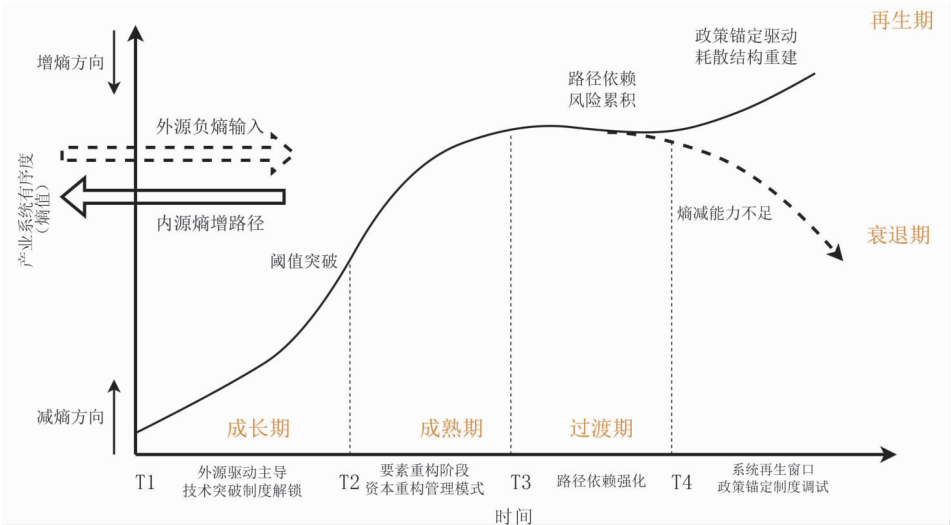


图 2 资源型城市产业转型生命周期

Fig. 2 Life cycle of industrial transformation in resource-based cities

2.1.3 主体维度:多层级效度传导

资源型城市产业转型遵循“点－线－面－域”四级创新协同机制。在“点”层级,企业通过技术赋能与管理迭代突破效率瓶颈,奠定转型连续性的微观基础;在“线”层级,产业链通过金融工具与制度保障的适配性提升要素配置平稳性;在“面”层级,产业集群通过政策锚定与跨域治理增强结构调整响应能力;在“域”层级,区域通过创新行为与行为协同驱动产业开拓性发展。各层级通过要素流动与自催化效应的嵌套式超循环架

构,实现“微观转型连续性奠基－中观转型平稳性重构－宏观转型开拓性引领”的多对象协同,为资源型产业发展逐级跃迁、破解“点状孤岛－线性断裂－面域锁定”困境提供了系统解决方案(见图 3)。即在特定的时空背景下,资源型地区通过政策创新构建目标框架、制度创新提供规则保障、金融创新注入资本动力、科技创新实现技术突破、管理创新提升运行效率的正反馈循环,形成要素流动－能力积累－结构重组的持续迭代驱动产业的内生性跃迁(见图 4)。

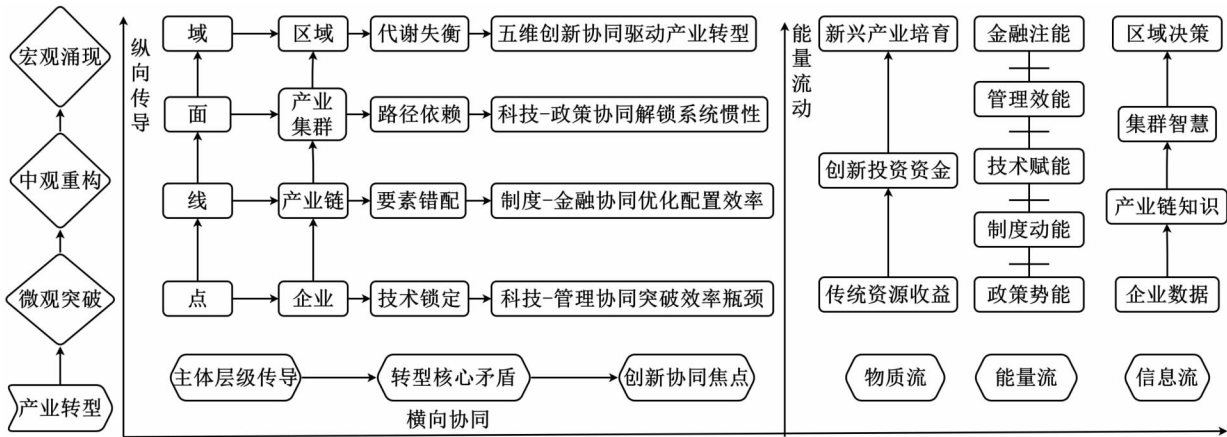


图 3 资源型城市产业转型“点－线－面－域”四级协同机制

Fig. 3 The four-level collaborative mechanism for industrial transformation in resource-based cities

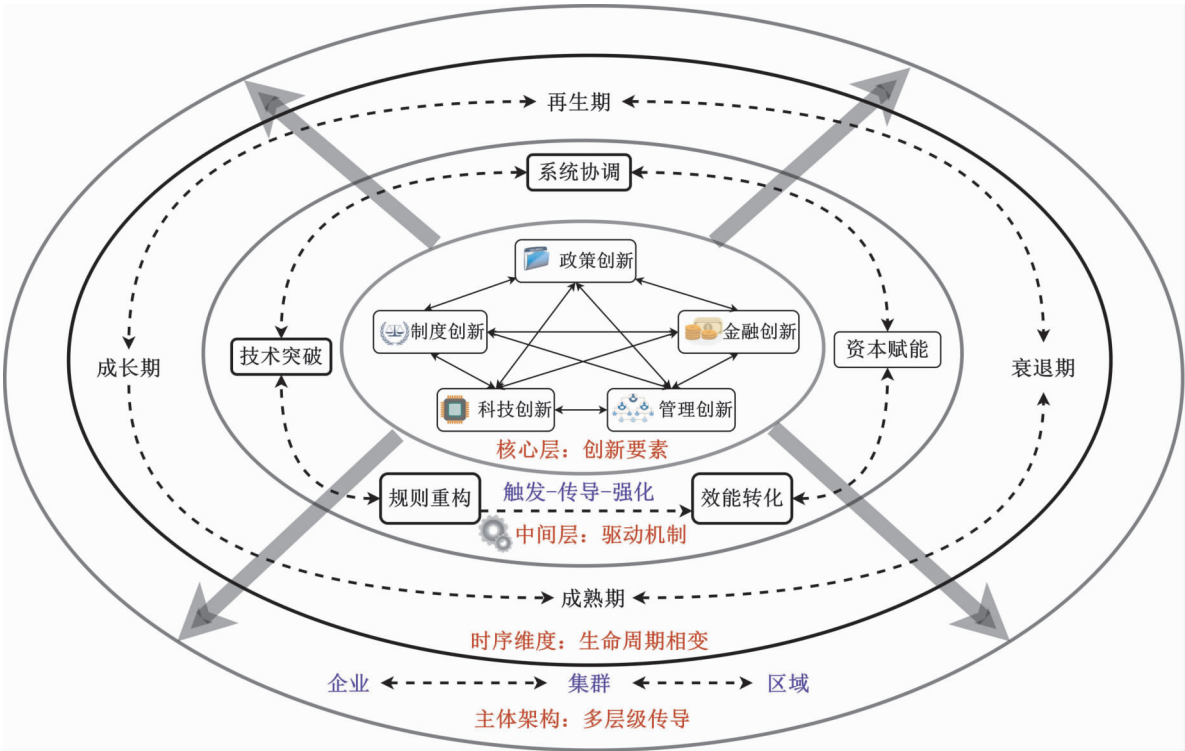


图 4 资源型地区基于创新协同的产业转型机制

Fig. 4 The industrial transformation mechanism based on innovation collaboration in resource-based regions

2.2 模型与指标

本文旨在实证检验创新驱动产业转型的多维效度,分别构建创新行为评价指标体系与产业转型水平评价指标体系,二者分别表征驱动产业转型的“投入”与转型结果“产出”,并采用数据包络分析(DEA)模型度量二者之间的投入产出效度。

2.2.1 创新行为评价指标体系(投入)

本文将科技创新、制度创新、管理创新、金融

创新与政策创新视为驱动系统演化的外源因子,在参考现有研究基础上,设计创新行为评价指标体系^[26-30](见表 2),并分别采用熵权 TOPSIS 模型和序参量模型测算创新行为的独立水平与整体协同度,以此捕捉多要素间的非线性交互与耦合关系,为分析其对产业转型的系统性影响提供投入变量。

表 2 创新行为评价指标体系
Tab.2 Evaluation index system for innovation behaviors

目标层	系统层	准则层	指标层
五大维度 创新行为	科技创新	科技创新投入	R&D 经费占 GDP 的比重
		科技创新产出	每十万人专利授权数
		科技创新环境	当年大学生毕业数
	制度创新	所有权制度	非国有资产比例
		市场化制度	实际利用外资占 GDP 比重
	政策创新	政策效应	社会固定资产投资总额 科技支出占财政拨款比例
		创新政策	人才引进安置数量
			企业研发补助额度
	管理创新	市场机制顺畅度	市场分配资源的比重(财政支出/GDP) 政府透明度指数
		科技金融融合度	科技孵化器当年获得的风险投资额 众创空间团队及企业当年获得的投资总额
	金融创新	金融市场创新	区域金融业固定资产投资占总固定资产投资的比重
		金融机构创新	区域金融机构贷款
		金融产品创新	人均委托贷款余额
		金融监管创新	各地级市金融办成立年数

2.2.2 产业转型能力评价指标体系(产出)

承接第 2.1 节中产业转型在连续性、平稳性、调整性与开拓性 4 个维度的理论内涵,设计产业转型水平评价指标体系(见表 3)。其中:产业转型连续性对应系统演化轨迹的稳定,由发展环境与要素保障;产业转型平稳性表征系统抵御内源阻力与外部冲击的能力;产业转型调整性反映系统通过组织重构实现动态适应的灵敏程度;产业转型开拓性则体现系统突破临界点、实现相变跃迁的潜力。该体系采用熵权 TOPSIS 模型进行综合评价,得出各维度的转型水平。

发展环境和发展要素奠定了产业转型的基础,是区域产业转型可持续性的保障。发展规模和发展质量分别从数量和质量 2 个维度表征了产业系统抵御冲击的能力,决定着产业转型的平稳性,其中,产业结构和产业布局水平综合反映了产

业系统的质量^[31]。产业系统的组织重构能力反映了系统内部的适应程度和恢复速度,本文从发展效率、集聚效益、扶持水平和转型动力 4 个准则来体现产业转型的调整性^[31]。产业系统的进化更新需要增强产业链和供应链的自主可控能力,题中之义是强链补链,所谓强链就是提高产业链的引领力,大力提高数字化、生态化、高端化的产业引领。另外,链条上的头部企业是产业链的链主,具备强大的领导权和控制力,提高链条控制力亦是增强产业系统引领的重要体现。结合资源型地区的特点,设计产业转型能力评价指标体系(见表 3),部分指标计算说明如下。①产业集聚效益包括“点-线-面”3 个层级。其中:“点”即企业层面的产业集聚效益,本文通过计算企业“地理-组织-技术”三维互信息予以表征^[32];“线”即产业链层面的产业集聚效益,本文采用

Lotka-Volterra 模型测评动静脉产业的共生集聚效益实现^[33];“面”即区域层面的产业集聚,通过计算产业区位度指数实现^[34]。②由于通过 Malmquist 指数方法得到的全要素生产率是变化量而非水平量,故参考王悦等^[35]的方法,将

Malmquist 指数计算的各变量对应的累计变动率作为全要素生产率,投入产出指标参考王晨曦和满江虹的研究成果^[36]。③参考 Sun 和 Wang 的研究方法测算产业生态化指数^[37]。④采用熵权 TOPSIS 模型进行产业转型能力的综合评价。

表3 产业转型水平评价指标体系

Tab.3 Evaluation index system for industrial transformation level					
目标层	系统层	次系统层	准则层	指标层	指标解释
产业转型水平	产业转型连续性	经济环境		经济增长波动率	经济稳定
				消费者价格指数	消费稳定
				城镇登记失业率	就业稳定
		产业发展环境		人均受教育年限	教育水平
				每万人中医疗人员	医疗水平
				人均公路里程数	基建水平
		社会环境		城乡居民收入比	城乡建设
				国内生产总值基尼系数	公平水平
		产业发展要素	要素环境	常住人口数量	人口要素
				固定资产投资	资金要素
				货物进出口总额	产品要素
	产业转型平稳性	产业发展基础	发展规模	互联网宽带接入数	信息要素
				人均 GDP	转型基础
				国内生产总值增长率	转型潜力
		产业发展质量	产业结构	三产与二产的比值	结构高级化
				泰尔指数	结构合理化
		产业布局		多样化指数	产业多样化
				区位熵指数	产业专业化
		产业发展效率	产业效率	单位从业人员生产 GDP	劳动生产率
				单位固定资产投资生产 GDP	资本产出率
				单位能源消耗生产 GDP	能源利用率
	产业转型调整性	产业集聚效益	集聚效益	Malmquist 指数	多要素生产率
				“地理-组织-技术”三维集聚度	“点”的集聚
				动静脉产业共生集聚度	“线”的集聚
				产业区位度指数	“面”的集聚
	产业转型调整性	产业扶持水平	政府调控 金融协同	人均财政支出	政府调控
				银行各项贷款余额	金融协同
		产业转型动力	创新能力	科研投入占 GDP 比重	技术创新
				非国有单位工资占总工资比	组织创新
	产业转型开拓性	数字引领	产业数字化	北京大学普惠金融指数	数字赋能
		高端引领	产业高端化	高技术产业业务收入占 GDP 比重	高端引领
		链条引领	产业链条化	上市公司企业数	链条领导
		生态引领	产业生态化	国有控股企业数	链条控制
				产业生态化指数	产业生态

2.3 评价方法

DEA 模型的优势在于无需预设函数形式,能有效处理多投入、多产出的复杂系统效率评价问题。

2.3.1 静态评价:DEA-BCC 模型

考虑创新要素投入的规模异质性,本研究采用 DEA 基于可变规模报酬的 BCC 模型测算转换效能。投入指标为地区创新综合能力指数与创新协同指数,产出指标为产业转型水平指数。本研究构造如下线性规划方程,如式(1)所示。

$$\min[\theta - \varepsilon(\sum_{j=1}^m s_j^- + \sum_{j=1}^r s_j^+)]$$
$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}, i = 1, 2, \cdots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} - s_k^+ = y_{k0}, k = 1, 2, \cdots, r \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j, s_i^-, s_k^+ \geq 0, j = 1, 2, \cdots, n \end{cases} \quad (1)$$

式中: θ 为综合效率值; ε 为无穷小量; x_{ij} 和 y_{kj} 分别为第 j 个决策单元的第 i 个投入和第 k 个产出; λ_j 为权重系数; s_i^- 和 s_k^+ 为松弛变量; n 、 m 、 r 分别为决策单元、投入指标、产出指标的个数。

2.3.2 动态评价:Malmquist 指数

为弥补 BCC 模型非连续性描述的不足,本研究引入 Malmquist 全要素生产率变化指数评价跨期各市循环经济发展效度动态变化特征,见式(2)。全要素生产率变化指数(TFPCH)通过式(3)可进一步分解为技术效率变化指数(EFFCH)和技术进步变化指数(TECH),前者可进一步分解为纯技术效率(PECH)和规模效率(SECH)。TFPCH 大于 1 表示全要素生产率提高;EFFCH 大于 1 表示技术效率提高,TECH 大于 1 表示技术和创新取得进步,生产边界外扩;PECH 大于 1 表示技术和管理优化导致效率提升。SECH 大于 1 表示规模效率提升。(TFPCH、EFFCH、TECH 在式中分别简记为 A 、 B 、 C)。

$$A(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) =$$
$$\left[\frac{d^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^t(x^t, y^t)} \times \frac{d^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$A = B \times C = \frac{d^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^t(x^t, y^t)} \times$$
$$\left[\frac{d^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{d^t(x^t, y^t)}{d^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中: x^t 、 y^t 分别表示第 t 期的投入向量和产出向量; x^{t+1} 、 y^{t+1} 分别表示第 $t + 1$ 期的投入向量和产出向量; $d^t(x^t, y^t)$ 是以第 t 期技术为参考的距离函数; $d^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 是以第 t 期技术为参考,评价第 $t + 1$ 期投入产出组合的距离函数; $d^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 是以第 $t + 1$ 期技术为参考的距离函数; $d^{t+1}(x^t, y^t)$ 是以第 $t + 1$ 期技术为参考,评价第 t 期投入产出组合的距离函数。

3 评价结果

3.1 黄河几字弯地区的创新与创新协同

对 2010—2022 年几字弯地区创新水平的测算结果表明,区域整体创新水平持续提升,但呈现出显著的多维非均衡演进特征。时序上,所有城市在科技创新、制度创新、政策创新、管理创新与金融创新 5 个维度上均呈增长趋势,其中科技创新增速领先,管理创新最为迟缓;空间上,则形成了以鄂尔多斯、榆林等黄河北部能源富集区为核心的创新高地,与黄河南部生态脆弱区及山西中部传统产业带等外围区域构成的梯度格局。省会城市在政策创新上优势突出,但科技与管理创新维度增速低于鄂尔多斯等成长型城市,政策与技术创新脱节问题凸显。成长型城市^①则在科技与金融创新维度表现更为强劲,揭示了资源禀赋、政策适配与制度弹性是塑造这一分异格局的三重关键机理。成熟型城市因高碳路径依赖导致制度创新与管理效能不足;衰退型城市受路径依赖与生态约束挤压,政策与金融创新指数长期低位运行;再生型城市包头实现了技术—制度创新双核突破,但管理创新增速滞后,暴露转型中的结构性短板。

几字弯地区创新协同水平在观测期内呈现持续的时序增长与鲜明的空间分异。从总体趋势看,所有城市的创新协同指数均稳步上升,表明创新要素间的相互作用不断增强,系统整体正逐步从松散走向协同。然而,协同水平的绝对值仍处

① 依据国务院关于印发全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020)的通知,几字弯地区的资源型城市包括如下:
1. 成长型城市为鄂尔多斯、朔州、延安、榆林;2. 成熟型城市为大同、忻州、临汾、吕梁;3. 衰退型城市为乌海、石嘴山;
4. 再生型城市为包头。

于中等水平,反映出资源型地区构建高效有序创新生态的长期性与艰巨性。创新协同的演进路径深刻受到城市生命周期的影响,成长型城市依托能源产业升级与技术创新投入,协同指数年均增速达 5.8%~6.0%;再生型城市包头通过产业多元化与技术倒逼制度变革的路径实现快速追赶,协同指数从 2010 年的 0.357 大幅提升至 2022 年的 0.769,年均增速领跑全区。相比之下,成熟型城市大同、临汾受制于传统产业路径依赖,导致其协同增速在 2020 年后明显放缓;衰退型城市乌海、石嘴山等则因传统产业收缩与接续产业培育不足,创新协同提升空间持续收窄,反映出资源衰竭背景下创新系统韧性不足的问题。从空间格局来看,创新协同水平呈现出“东北高、西南低”的显著核心-边缘分异特征(见图 5)。黄河流域中上游的呼和浩特-鄂尔多斯-榆林核心区得益于优越的资源基础与先发的政策红利,形成了高协同度集聚带,而黄河支流及边缘地带的朔州、忻州、吕梁等城市则构成了协同洼地。这一空间格局不仅受资源禀赋支配,也强烈受到地理区位对高端创新要素吸引与筛选效应的影响,省会城市作为政策与金融资源枢纽,其高位运行的协同指

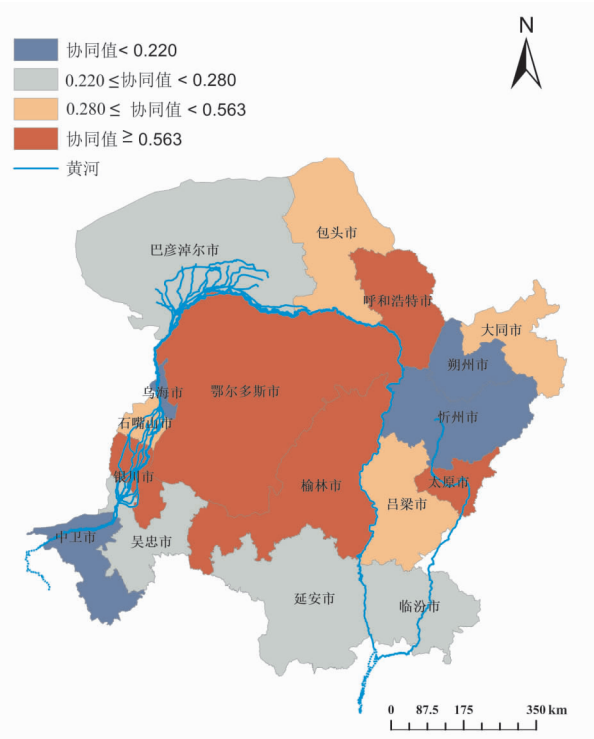


图 5 几字弯地区 2010—2022 年创新协同平均水平
Fig. 5 Average level of innovation collaboration in the π-shaped Curve Area from 2010 to 2022

数进一步强化了空间的非均衡性。综合而言,几字弯地区创新协同的时空演化是城市内在生命周期与外部地理经济格局共同作用的结果,为理解其产业转型的差异化驱动力提供了关键依据。

3.2 黄河几字弯地区产业转型能力水平

黄河几字弯地区产业转型能力呈现“北高南低”的稳定空间格局与显著的时序波动特征,且其演进路径与城市生命周期阶段深度关联。2010—2022 年的测算结果显示,区域产业转型能力在波动中实现增长,但内部差异悬殊。空间上,黄河北部能源富集区的整体转型能力持续高于南部生态脆弱区,其优势主要源于能源资本化与技术产业化的协同效应。与此同时,区域内部存在强烈的空间俱乐部收敛效应,表现为省会城市的“政策极化效应”异常突出,如太原 2022 年的产业转型能力综合得分高达中卫市的 9.6 倍,以及宁夏四市转型能力均值仅为山西省的 39%。

基于时间序列的聚类分析将 17 个城市划分为 3 类。波动向好型城市包括延安、榆林,其特征是尽管存在年度波动,但在整个考察期内整体转型能力呈现上升趋势,年均增速分别为 6.3% 与 4.2%,其成功转型主要依赖开拓性突破实现能力跃迁。波动下滑型城市包括巴彦淖尔、包头、鄂尔多斯、石嘴山、吴忠、中卫、吕梁等 7 市,其特征是末尾年份的产业转型能力值低于初始年份,其转型衰减多数源于产业系统进化更新能力不足,典型表现为产业系统刚性过强。波动回转型城市包括银川、乌海、临汾、朔州、呼和浩特、大同、忻州、太原 8 市,其特征是政策干预能够维持短期稳定但缺乏持续动能,转型稳定性较差反映了组织重构能力的滞后。这一实证分类清晰地揭示了不同生命周期城市转型的内在规律与核心挑战。

3.3 基于创新驱动的产业转型动态效度

基于创新驱动的产业转型动态效度评价显示,黄河几字弯地区产业转型全要素生产率年均下降 2.3% (见表 4),其核心矛盾并非创新供给不足,而是创新协同滞后制约了创新要素的效能转化。DEA-Malmquist 指数分析表明,全要素生产率下降主要源于技术效率变动与技术进步变动的双重制约。从时间趋势看,全要素生产率波动显著,2012 年与 2014 年技术进步驱动全要素生产率短暂回升,但多数年份技术进步贡献不足,尤其是 2015 年后,反映区域创新动能不足与技术扩散滞后。技术效率下降则与规模效率衰退密切相关,

表明部分城市在产业转型中未能实现资源优化配置,规模经济效应未充分释放。

表 4 几字弯地区及各城市 2010—2022 年基于创新驱动的产业转型动态效率及分解

Tab. 4 Dynamic effectiveness and decomposition of industrial transformation based on innovation-driven approach in the π -shaped Curve Area and cities from 2010 to 2022

年份	EFFCH	TECH	PECH	SECH	TFPCH	城市	EFFCH	TECH	PECH	SECH	TFPCH
2011—2010	0.984	0.965	0.991	0.994	0.950	巴彦淖尔	0.985	0.992	1.004	0.981	0.977
2012—2011	0.979	1.032	1.000	0.979	1.010	包头	1.000	0.979	1.000	1.000	0.979
2013—2012	1.095	0.872	1.021	1.073	0.955	大同	0.965	0.997	0.987	0.977	0.962
2014—2013	0.834	1.149	0.969	0.86	0.959	鄂尔多斯	0.979	0.988	0.986	0.993	0.967
2015—2014	0.978	0.998	0.989	0.989	0.976	呼和浩特	1.009	0.99	1.01	0.999	0.999
2016—2015	1.002	0.953	1.003	1.000	0.955	临汾	0.972	0.996	0.999	0.973	0.968
2017—2016	1.035	0.920	1.000	1.036	0.953	吕梁	0.945	0.998	0.981	0.963	0.943
2018—2017	0.933	1.044	0.981	0.951	0.975	石嘴山	0.985	0.984	0.994	0.991	0.969
2019—2018	0.996	0.991	1.006	0.99	0.986	朔州	0.979	0.991	0.998	0.981	0.97
2020—2019	0.989	1.004	1.000	0.989	0.992	太原	1.000	0.992	1.000	1.000	0.992
2021—2020	1.004	1.000	1.000	1.003	1.004	乌海	0.996	0.975	1.000	0.996	0.971
2022—2021	1.004	1.000	1.000	1.004	1.005	吴忠	0.988	0.988	1.000	0.987	0.975
平均	0.984	0.992	0.997	0.988	0.977	忻州	0.98	1.000	1.000	0.98	0.980
						延安	1.000	1.009	1.000	1.000	1.009
						银川	0.991	0.994	1.001	0.991	0.985
						榆林	0.982	1.008	0.984	0.999	0.99
						中卫	0.981	0.985	0.999	0.982	0.966
						平均	0.984	0.992	0.997	0.988	0.977

这一机制障碍在不同生命周期城市中呈现典型分异。成长型城市呈现技术追赶与生态转型并存的特征,延安作为第 2 批低碳试点城市,通过政策倾斜与创新投入实现技术进步持续提升并保持效率稳定,成为唯一全要素生产率正向增长城市;鄂尔多斯与榆林虽依托能源经济维持相对稳定的规模效率,但技术效率受传统产业路径锁定影响,显著低于均值。成熟型城市普遍面临技术效率下降与规模收缩压力,虽然技术进步水平接近区域平均,但创新成果向生产效率转化的能力相对不足,尤以吕梁为典型,其纯技术效率与规模效率同步下滑。衰退型城市受生态约束与结构性制约最深,全要素生产率位列末位;乌海作为高耗能工业密集区,技术进步水平明显低于区域平均;石嘴山则因接续产业培育滞后,陷入去产能、低效率的负向循环。再生型城市包头作为老工业基地转型代表,呈现技术效率保持稳定与创新功能不足并存的特征,揭示二次工业化过程中过度依赖既有技术路径的深层问题。

3.4 基于创新驱动的产业转型静态效率

基于投入导向的 DEA-BCC 模型的静态效率测度表明,黄河几字弯地区产业转型效率呈现显著的时空分异特征,整体空间格局表现为“东高西低、北强南弱”的分布态势(见表 5)。从时序演变来看,在成长型城市中,鄂尔多斯、榆林在研究前期总体保持较高效率水平,多数年份处于 0.8 以上,但后期受资源价格波动及产业结构调整滞后影响,效率值逐步下滑至 0.68 ~ 0.81 区间;延安则因能源产业政策红利与生态旅游创新融合,效率值在 2020 年后恢复至接近 DEA 有效状态,并于 2022 年再次达到 1,凸显政策引导对新兴产业的支撑作用。成熟型城市整体效率偏低,大同、吕梁等城市长期处于 0.55 ~ 0.75 区间,其制度创新与管理创新短板制约了传统产业升级。衰退型城市的转型效率值持续低位震荡,其中乌海 2017 年后金融创新投入增加推动效率小幅回落,表明区域性金融改革对衰退型城市具有一定的改善效应。再生型城市包头表现突出,效率值在 2012 年短暂下滑后通过科技创新与政策创新协

同,2020 年后稳定保持大 0.86 左右,验证了技术密集型产业对再生型城市转型的驱动作用。从空间维度分析:内蒙古的鄂尔多斯、包头依托能源经济基础与政策倾斜优势,在研究前期总体高于山西和宁夏多数同类型城市;山西省内太原作为省会与非资源型城市,通过制度创新与金融集聚实现效度值连续 13 年稳定在 0.9 以上,但忻州、临汾等成熟型城市受地理区位边缘化影响,创新要

素吸纳能力较弱;宁夏的银川、石嘴山受限于区域经济规模与创新资源禀赋,效度值整体偏低并在 2016 年后长期处于 0.7 以下,凸显西北地区产业转型对跨区域协同机制的迫切需求。创新协同度与产业转型格局的高度耦合特征表明,产业转型效度本质上受区域创新协同生态的制约,建立畅通的要素流动机制与精准的政策适配体系成为提升转型效度的关键路径。

表 5 几字弯地区及各城市 2010—2022 年基于创新驱动的产业转型静态效度

Tab.5 Static validity of industrial transformation based on innovation-driven approach in the π -shaped Curve Area and cities from 2010 to 2022

城市	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
巴彦淖尔	0.953	0.926	0.895	0.872	0.852	0.821	0.803	0.784	0.763	0.748	0.733	0.719	0.706
包头	1.000	1.000	0.963	0.827	1.000	0.949	0.887	0.899	0.848	0.846	0.862	0.862	0.864
大同	0.839	0.759	0.790	0.754	0.732	0.715	0.657	0.687	0.612	0.584	0.569	0.560	0.551
鄂尔多斯	1.000	0.943	0.848	0.826	0.799	0.776	0.778	0.752	0.716	0.691	0.693	0.686	0.679
呼和浩特	0.793	0.809	0.812	0.733	0.800	0.797	0.804	0.804	0.768	0.758	0.750	0.743	0.736
临汾	1.000	0.951	0.976	0.932	0.858	0.862	0.808	0.842	0.776	0.747	0.734	0.727	0.719
吕梁	0.894	1.000	0.951	0.821	0.704	0.700	0.676	0.703	0.631	0.603	0.590	0.580	0.570
石嘴山	0.834	0.787	0.757	0.753	0.766	0.716	0.668	0.666	0.635	0.613	0.598	0.590	0.582
朔州	1.000	0.960	1.000	0.989	0.863	0.862	0.825	0.848	0.801	0.753	0.737	0.733	0.730
太原	1.000	0.969	1.000	0.909	1.000	1.000	0.951	1.000	0.942	0.991	0.997	1.000	1.000
乌海	1.000	0.984	0.965	0.996	0.926	1.000	0.956	0.936	0.920	0.818	0.804	0.794	0.785
吴忠	0.960	0.918	0.922	0.924	0.880	0.855	0.781	0.766	0.747	0.743	0.726	0.716	0.706
忻州	1.000	1.000	0.971	0.991	0.911	0.871	0.850	0.892	0.838	0.788	0.770	0.758	0.750
延安	1.000	0.952	1.000	1.000	0.979	0.993	1.000	0.804	0.988	1.000	0.996	0.998	1.000
银川	0.760	0.699	0.688	0.672	0.693	0.668	0.674	0.645	0.632	0.615	0.604	0.596	0.588
榆林	0.906	0.848	0.852	0.839	0.822	0.801	0.818	0.627	0.775	0.806	0.792	0.786	0.787
中卫	0.987	0.956	0.931	0.992	0.864	0.827	0.804	0.784	0.761	0.743	0.725	0.710	0.694

4 结论与建议

4.1 研究结论

本文通过构建“要素 - 时序 - 主体”三维分析框架,综合运用序参量、TOPSIS、DEA-Malmquist 指数与 DEA-BCC 模型,揭示黄河几字弯地区创新行为驱动产业转型机制与时空效度特征。在理论层面上,深化了资源型地区创新协同行为与产业转型效度的映射机制,弥补传统研究对动态跃迁规律的解释不足;在方法层面上,创新性整合静态效率测度与动态生产率分解,揭示技术效率衰退与技术进步滞后的复合效应;在实践层面,为差异化政策设计提供实证依据。本文的主要结论包括以下几点。

- 1) 区域创新水平呈现多维非均衡的核心 - 边缘梯度演进特征,整体持续提升但城市类型分异显著,其演进逻辑与生命周期阶段、禀赋特征及政策适配性深度耦合。成长型城市依托资源再投资形成科技 - 金融双高模式,但省会城市政策与技术创新脱节。
- 2) 区域创新协同水平呈现时序增长与空间分异特征,省会及再生型城市协同指数显著高于区域均值。创新协同受资源禀赋、制度弹性与金融工具效能三重影响,衰退型城市协同提升边际成本递增。
- 3) 产业转型能力时空分异显著,黄河北部能源富集区因技术产业化占优,南部生态脆弱区受路径锁定与规模经济不足制约,产业转型能力可分为波动向好型、波动下滑型和波动回转型。

4) 产业转型效度面临多重挑战。动态效度分析显示,全要素生产率年均下降 2.3%,技术效率与规模效率双重衰减;静态效度则呈现“东高西低、北强南弱”的空间分异,区域不平衡问题突出。

4.2 研究展望

本研究存在以下 3 个方面局限:①数据时间跨度限于 2010—2022 年,未能涵盖更长周期的产业演进规律;②模型假设未能完全纳入生态约束与制度摩擦的非线性影响;③空间分析以地级市为单元,粒度相对较粗。

基于以上局限,未来研究可从 3 个方向深化:①结合微观企业数据,运用空间计量方法量化创新要素的耦合度与贡献率;②构建包含生态约束的动态模型,深入分析“双碳”目标下绿色创新协同机制;③拓展跨尺度比较研究,探索不同资源类型区域的转型路径差异。

4.3 政策建议

1) 针对成长型城市,应建立跨区域协同平台与资源税率动态调节机制,重点防范能源价格波动引发的技术效率衰竭。特别是鄂尔多斯、榆林等科技创新与金融创新双高增长的城市,需通过创新协同抑制资源依赖惯性。

2) 针对成熟型城市,需构建政策试错容错空间,在循环经济园区推行智能管理系统认证制度,配套产业链韧性基金覆盖技术替代风险。大同、临汾等受制度僵化制约显著的城市,应通过数字化改造补贴提升存量资源配置效率,延缓高碳锁定导致的规模效率衰退。

3) 针对再生型城市,应深化制度供给改革,建立新兴产业技术标准快速响应体系。包头作为转型代表,可通过设立技术转化特区赋予土地、环评等政策豁免权,借鉴绿电直供与供应链金融协同模式培育战略产业,重点破解科技创新指数与管理效能增速不匹配的结构矛盾。

4) 针对衰退型城市,需实施财政转移支付与生态补偿组合政策,构建“科创走廊”要素流通网络。乌海、石嘴山等资源枯竭城市应推动省会城市金融资源向低梯度区域辐射,通过风险分担机制弥补科技与制度创新协同缺口。

在治理体系方面,需建立“中央—地方—企业”三级协同网络:中央层面通过财政转移支付与专项补助提供转型框架;地方层面制定差异化标准与产业投资联动规则;企业层面依托技术对

标激励与管理数字化补贴实现微观适配。同时,开发以产业结构多元指数、绿色全要素生产率为核心的监测系统,配套动态补贴机制与城市群协同考核体系,实现从短期社会保障托底、中期技术标准互认到长期制度化创新的动态调适,最终形成“抑制熵增—延缓锁定—激发跃迁”的可持续发展路径。

参考文献

- [1] Rice K, Webster F. Care interrupted: Poverty, in-migration, and primary care in rural resource towns[J]. *Social Science & Medicine*, 2017, 191: 77-83.
- [2] Yang Y, Cheng D Y, Zhang B, et al. Coal resource-based cities at the crossroads: Towards a sustainable urban future[J]. *Cities*, 2023, 140: 104424.
- [3] Yang Y, Fang Y P, Xu Y, et al. Assessment of urban resilience based on the transformation of resource-based cities: A case study of Panzhihua, China[J]. *Ecology and Society*, 2021, 26(2): 20.
- [4] 裴耀琳, 郭淑芬. 资源禀赋约束下生产性服务业集聚的产业结构调整效应研究: 基于资源型城市与非资源型城市的对比分析[J]. *软科学*, 2021, 35(1): 62-67.
- Pei Y L, Guo S F. Research on the industrial structure adjustment effect of productive service industry agglomeration under the restriction of resource endowment: Comparative analysis based on resource-based cities and non-resource-based cities [J]. *Soft Science*, 2021, 35(1): 62-67.
- [5] 狄乾斌, 梁晨露, 陈小龙. 新质生产力赋能东北地区资源型城市高质量发展的机制与效应[J]. *地理科学进展*, 2025, 44(8): 1578-1595.
- Di Q B, Liang C L, Chen X L. Mechanism and effects of new quality productivity empowering the high-quality development of resource-based cities in Northeast China [J]. *Progress in Geography*, 2025, 44(8): 1578-1595.
- [6] 纪玉俊, 郑敏婕. 产业集聚: 赋能企业数字化转型的空间动力[J]. *西安交通大学学报(社会科学版)*, 2025, 45(3): 28-41.
- Ji Y J, Zheng M J. Industry agglomeration: Spatial force empowering enterprise digital transformation [J]. *Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences)*, 2025, 45(3): 28-41.
- [7] 金凤君, 马丽, 许堞, 等. 黄河流域产业绿色转型发展的科学问题与研究展望[J]. *中国科学基金*, 2021, 35(4): 537-543.

- Jin F J, Ma L, Xu D, et al. Scientific issues and research prospects of green industrial green transformation of the Yellow River Basin [J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2021, 35 (4): 537-543.
- [8] 黄庆华. 西部地区产业转型升级趋势及主攻方向[J]. 人民论坛, 2025(2): 62-67.
- Huang Q H. Trends and main focus of industrial transformation and upgrading in Western China [J]. People's Tribune, 2025(2): 62-67.
- [9] Romer P M. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(5): S71-S102.
- [10] North D C. Institutions[J]. Journal of Economic Perspectives, 1991, 5(1): 97-112.
- [11] Stiglitz J E. Intellectual property rights, the pool of knowledge, and innovation [R]. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2014.
- [12] 佟孟华, 李慧, 张国建. 区位导向性政策的创新驱动效应: 基于产业转型升级示范区的证据[J]. 经济管理, 2022, 44(4): 63-79.
- Tong M H, Li H, Zhang J G. The innovation-driven effect of place-based policies: Evidence from industrial transformation and upgrading demonstration zones [J]. Business and Management Journal, 2022, 44 (4): 63-79.
- [13] 俞立平, 张矿伟, 吴功兴. 数字化转型对企业创新的作用机制研究: 基于技术创新与管理创新的视角[J]. 中国软科学, 2024(1): 24-35.
- Yu L P, Zhang K W, Wu G X. Research on the mechanism of digital transformation on enterprise innovation: Based on the perspective of technological innovation and management innovation [J]. China Soft Science, 2024(1): 24-35.
- [14] 林木西, 肖宇博. 绿色金融对经济高质量发展的影响: 基于绿色金融改革创新试验区的准自然实验[J]. 改革, 2023(12): 78-94.
- Lin M X, Xiao Y B. The impact of green finance on high-quality economic development: A quasnatural experiment from the green finance reform and innovation pilot zone [J]. Reform, 2023(12): 78-94.
- [15] Prigogine I, Mayné F, George C, et al. Microscopic theory of irreversible processes[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1977, 74(10): 4152-4156.
- [16] 闫晓杰, 孔祥栋, 郭高川. 关于扎实推进煤矿智能化建设的思考与建议: 以山西省为例[J]. 中国信息化, 2024(9): 78-80.
- Yan X J, Kong X D, Guo G C. Thoughts and suggestions on solidly promoting the intelligent construction of coal mines: Taking Shanxi province as an example [J]. China Information Times, 2024(9): 78-80.
- [17] 胡艳平, 石禹. 深化管理创新, 助推钢铁行业培育新质生产力: 第二十一届(2023年)冶金企业管理现代化创新成果奖述评[J]. 冶金管理, 2024(5): 4-17.
- Hu Y P, Shi Y. Deepening management innovation, boosting the cultivation of new quality productive forces in the steel industry: A review of the 21st (2023) modernization innovation achievement award in metallurgical enterprise management [J]. China Steel Focus, 2024(5): 4-17.
- [18] 李合龙, 徐杰, 汪存华. 粤港澳大湾区科技创新与金融创新的耦合关系[J]. 科技管理研究, 2021, 41(14): 56-64.
- Li H L, Xu J, Wang C H. The coupling relationship between science and technological innovation and financial innovation of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area [J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(14): 56-64.
- [19] Baufumé S, Hake J F, Linssen J, et al. Carbon capture and storage: A possible bridge to a future hydrogen infrastructure for Germany? [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2011, 36(15): 8809-8821.
- [20] 张嘉昕. 德国共同决定模式的劳动者利益实现机制研究[J]. 社会科学家, 2018(3): 18-23.
- Zhang J X. Research on the realization mechanism of workers' interests in German co-determination model [J]. Social Scientist, 2018(3): 18-23.
- [21] Paech P. The governance of blockchain financial networks[J]. The Modern Law Review, 2017, 80(6): 1073-1110.
- [22] Zhang A S. Research on financial support strategy in the construction of Hainan free trade port [C]//Proceedings of the 2018 International Symposium on Social Science and Management Innovation (SSMI 2018). Xi'an: Atlantis Press, 2019: 746-750.
- [23] Akhambayeva N, Nurbatchanova A. The impact of oil price on national fund reserves: The case of Kazakhstan and Norway [D]. Astana: Maqsut Narikbayev University, 2020: 8-14.
- [24] Roguet M. Reflection of the Europeanisation of sustainable disclosure rules: The proactive adjustments of ESG reporting practices and financial returns by US companies in anticipation of the EU CSRD [D]. Utrecht: Utrecht University, 2024: 37.

- [25] Solimano A, Guajardo D C. The copper sector, fiscal rules, and stabilization funds in Chile: Scope and limits [M]//Extractive Industries. Oxford: Oxford University Press, 2018: 200-219.
- [26] 赵琨. 基于系统创新的产业转型及在资源型城市的应用研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2009: 16-35.
- [27] 张喜玲. 我国资源型城市创新研究的最新进展与前沿展望[J]. 中国名城, 2019, 33(3): 4-9.
Zhang X L. Review and outlook of the research on China's resource-based city innovation [J]. China Ancient City, 2019, 33(3): 4-9.
- [28] 赵鹏. 金融创新与经济高质量发展的耦合协调关系研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2023: 24-48.
- [29] 李永平, 苟成娟. 区域金融创新水平的测度研究: 以山东省为例[J]. 区域金融研究, 2015(6): 18-22.
Li Y P, Gou C J. An analysis of the measurement of regional financial innovation [J]. Journal of Regional Financial Research, 2015(6): 18-22.
- [30] 沈映春, 张书豪. 创新生态系统指标体系的构建与评价研究: 基于中国30个省区市的面板数据分析[J]. 广西财经学院学报, 2023, 36(3): 90-111.
Shen Y C, Zhang S H. Construction and evaluation of innovation ecosystem indicator system: Based on panel data analysis of 30 provinces in China [J]. Journal of Guangxi University of Finance and Economics, 2023, 36(3): 90-111.
- [31] Sun Y F, Wang N L. Evolution and obstacle factors of high-quality industrial development in the π -shaped Curve Area of the Yellow River Basin in China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2022, 32(12): 2430-2452.
- [32] Strand Ø, Leydesdorff L. Where is synergy indicated in the Norwegian innovation system? Triple-Helix relations among technology, organization, and geography [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2013, 80(3): 471-484.
- [33] 刘军, 钱宇, 段蓉蓉. 产业共生集聚: 一种循环型产业集聚的新形态[J]. 江苏社会科学, 2022(4): 152-162.
Liu J, Qian Y, Duan R R. Industrial symbiosis agglomeration: A new form of circular industrial agglomeration [J]. Jiangsu Social Sciences, 2022(4): 152-162.
- [34] 王海江, 苗长虹. 城市经济区位时空变异分析: 以河南省为例[J]. 城市问题, 2009(4): 39-45.
Wang H J, Miao C H. Spatio-temporal variation analysis of urban economic location: A case study of Henan Province [J]. Urban Problems, 2009(4): 39-45.
- [35] 王悦, 杨骁, 张伟科. 农业保险发展对农村全要素生产率的影响研究: 基于空间计量模型的实证分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2019(6): 70-77, 162-163.
Wang Y, Yang X, Zhang W K. Research on the impact of agricultural insurance development on rural total factor productivity: An empirical analysis based on spatial econometric modeling [J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Science Edition), 2019(6): 70-77, 162-163.
- [36] 王晨曦, 满江虹. 中国体育产业高质量发展评价指标体系的构建: 基于动力变革、效率变革、质量变革[J]. 首都体育学院学报, 2020, 32(3): 241-250.
Wang C X, Man J H. Construction of the evaluation index system for high-quality development of China's sports industry: Based on dynamic change, efficiency change and quality change [J]. Journal of Capital University of Physical Education and Sports, 2020, 32(3): 241-250.
- [37] Sun Y F, Wang N L. An evaluation framework for industrial ecology based on the symbiosis theory: Taking the π -shaped Curve Area in the Yellow River of China as an example [J]. Ecological Indicators, 2023, 154: 110468.

(编辑 李静)