

新质要素驱动资源型城市产业转型的 机制与路径研究

王琦^{1,2}, 马丽^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要: 作为新型生产要素、发展模式和效率提升的组合, 新质生产力的提出为破解资源型城市发展困境提供了新路径。运用考虑非期望产出的 Super-SBM 模型, 以绿色发展效率为核心指标, 测度了 2008—2023 年中国资源型城市产业转型水平, 通过面板回归模型探究了技术创新、高素质人才和智能装备等新质要素对资源型城市产业转型的作用机制。研究发现: (1) 新质要素可以通过激发产业活力与促进替代产业发展双路径推动产业转型, 且后者作用更强。(2) 要素赋能存在显著异质性, 煤炭型城市侧重人才驱动, 低收入城市更依赖技术创新等。(3) 污染案件处罚和科技资金支持均可调节新质要素间接影响产业转型的机制。基于此提出资源型城市利用新质要素推动转型的三种路径建议: 扩大高通用性要素渗透范围、打破高专用性要素壁垒、建立差异化的要素赋能。研究可为因地制宜利用新质要素推动资源型城市产业转型提供科学依据和参考。

关键词: 新质要素; 绿色发展效率; 产业转型; 作用机制; 资源型城市

资源型城市的可持续发展议题一直是学界与实践领域共同关注的焦点。自 2007 年《国务院关于促进资源型城市可持续发展的若干意见》和 2013 年《全国资源型城市可持续发展规划 (2013—2020 年)》实施以来, 中国的资源型城市转型已取得了显著成效, 但仍面临转型压力大、新要素集聚效应不足、创新能力有待提高和转型发展质量亟需提升等诸多挑战^[1]。党的“二十大”报告明确指出, 科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力。2023 年 9 月, 习近平总书记在黑龙江考察调研时指出要整合科技创新资源, 引领发展战略性新兴产业和未来产业, 加快形成新质生产力。在资源型城市面临资源枯竭、新要素集聚动力欠缺、创新能力有待提高等多重困境下, 新质生产力作为一种创新且高效的经济驱动力, 将为资源型城市的产业转型路径提供新的视角^[2]。探究如何通过培育创新等新质要素推动产业结构的优化升级和生态环境的持续改善, 不仅是当前发展的紧迫问题, 更是立足新发展阶段, 完整、准确、全面贯彻新发展理念^[3,4]的必然。

早期对于资源型城市转型的研究更为关注单一城市或者矿区, 主要聚焦其经济层面, 特别是产业结构的单一性和资源枯竭后的经济衰退问题, 强调摆脱资源依赖是实现转型的主要途径^[5]。随着高质量发展、多层次转型等理论深入, 目前学者多认为资源型城市转型是一个涉及经济、社会、环境等多个层面的综合变革过程^[6,7], 并运用单一指标评价^[8,9]、

收稿日期: 2025-04-29; 修订日期: 2025-09-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42471201, 72050001, 42071158)

作者简介: 王琦 (2001-), 女, 山东烟台人, 硕士, 研究方向为区域可持续发展。E-mail: wangqi0029@igsrr.ac.cn

通讯作者: 马丽 (1975-), 女, 山西祁县人, 博士, 副研究员, 研究方向为经济地理、区域可持续发展。

E-mail: mali@igsrr.ac.cn

综合评价^[10-12]及绿色效率评价^[13-15]等多种方法对资源型城市转型水平进行测度。在此基础上,国内外学者深入研究了影响资源型城市转型的主要因素,发现其主要受到政策实施、技术创新、环境规制、产业结构、财政预算、城市化规模、教育水平和生态创新等多方面影响,可采取发展替代产业、延伸产业链促进产业升级和优化产业布局提升城市功能等转型路径^[16-19]。但这些研究多强调已有发展路径和模式对转型过程的锁定作用,对于如何利用技术创新、高素质劳动者和新生产装备等各类新质要素整合提升本地发展动力与效率关注的相对较少。

作为先进生产力的代表,自新质生产力的概念提出以来,学者们从理论、历史、现实与全球的角度深入剖析并提出逻辑,从“新”与“质”及构成要素角度挖掘新质生产力的内涵,普遍认同科技创新为核心,强调其在产业创新、生产要素重组中的关键作用和区域上的差异^[20-23]。目前直接针对新质生产力对资源型城市转型作用的研究相对较少,但已有研究表明,新质生产力的新动力、新模式和新业态可以推动资源型城市转型^[14,18],且新质生产力通过构建动态升级的产业体系^[24]、优化资源配置和利用效率^[25]展现多重中介效应^[26,27]以及提升碳生产率和碳排放效率^[28,29]等机制,深刻影响了产业转型进程与经济发展路径,表明新质生产力对于驱动资源型城市产业结构转型和绿色效率提升的重要作用,但具体的动力机制与路径还需要深入研究。同时,新质生产力作为抽象的系统性概念,用传统的投入产出指标难以直接捕捉,运用各类要素的指标体系综合测度新质生产力水平也存在一定的差异和争议。因此,本文以新质要素作为切入点,以资源型城市为对象,从科技创新这一新质生产力的核心特质出发,综合考虑资源型城市产业转型的痛点,选择高素质人才、技术创新和设备自动化三种核心新质要素,探究不同资源型城市中新质要素与产业升级协同推动产业转型的机制,为因地制宜应用新质生产力推进产业转型提供科学依据和参考。

1 理论基础与研究框架

基于演化经济学理论,资源型城市产业转型的实质是通过“创造性破坏”打破原有的路径依赖,重构生产要素组合与产业生态系统的过程^[30],核心在于摆脱低效、高耗、高污染的传统发展模式,转向依靠创新驱动、高效集约、环境友好的高质量发展路径。资源型城市的初始发展模式依赖于“资源密集型劳动对象—专用性设备—低技能劳动力”的刚性要素组合,形成自我强化的路径依赖和锁定^[31]。这种锁定效应表现为三个方面:其一,要素组合僵化,生产要素过度集中于原始资源开采,阻碍产业链纵向延伸与横向拓展^[32];其二,技术资本固化导致粗放型技术扩张,抑制清洁技术创新^[3];其三,人力资本陷阱使得劳动者技能长期固化于采矿、选矿等初级生产环节,高等教育投入不足导致专业化人力资本的缺口难以弥合^[33]。打破该路径锁定需通过引入具有知识外溢性、技术通用性和环境友好型特征的新质要素促进生产要素的重组和效率转变^[2]。其中,受过高等教育的专业化新质劳动者有助于提升优化人力资本结构;技术资本迭代(如智能化设备、技术创新)则可替代传统高耗能设备,优化生产流程、重构生产函数的技术系数、降低资源错配与污染排放,最终表现为地区产业绿色生产效率的提升。在路径再生过程中,新质生产力不仅直接作用于生产效率的提升,也间接通过提高产业活力与促进产业更替的方式推动产业转型,如高端技术和人才进入可催生高端装备制造等战略性新兴产业,

促进生产要素从传统采掘业向知识密集型产业流动。这种要素再配置过程既体现为产业活力提升^[34],也表现为主导产业更替^[35,36]。当新质劳动者掌握数字化技能、智能化设备替代传统机械、绿色技术重塑工艺流程时,将同步实现产业链条重构和发展效率跃迁,形成“要素升级—结构转化—效率变革”的传导机制^[37],由此实现产业发展路径的再造。

在该过程中,环境规制、资金等政策手段会影响要素整合与转化的过程和效率^[38]。其中环境规制类政策通过严格的标准倒逼企业寻求清洁技术^[39];财政补贴、税收优惠等资金支持政策则通过降低新质要素的导入成本直接缓解产业转型预算约束^[19]。此外,不同类型、不同发展阶段、不同收入水平的资源型城市因产业基础、资源禀赋、要素配置能力等方面的差异,在新质要素整合优化既有生产要素、推动产业转型方面也存在一定差异^[12,14,19]。由此,本文建立如图1所示的分析框架,并提出四个假说:

假说1(H1):新质要素投入(高素质人才、技术资本、智能工具)能够有效推动资源型城市产业转型。

假说2(H2):新质要素可以通过提高产业活力与推动产业更替的方式推动资源型城市产业转型。

假说3(H3):规制政策和资金政策工具可以调节新质要素驱动产业转型的机制且不同政策工具之间存在异质性。

假说4(H4):新质要素对资源型城市产业转型的作用存在资源类型约束、发展阶段条件、收入水平差异和区域要素禀赋的多重异质性。

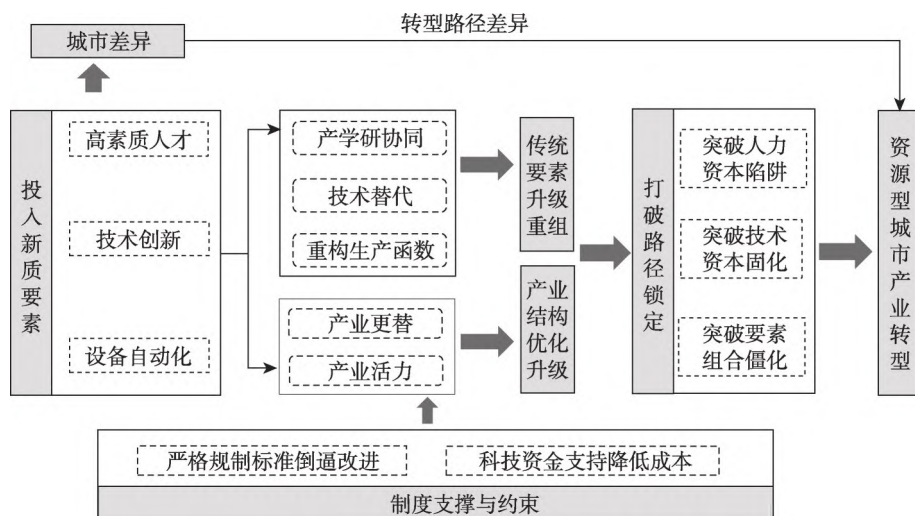


图1 新质要素促进资源型城市产业转型的作用机制

Fig. 1 Mechanism of new quality factors driving industrial transformation in resource-based cities

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法

2.1.1 资源型城市产业转型的测度

本文认为资源型城市产业转型是一个包含结构优化、要素升级、发展模式绿色化与高效化等多维度的复杂过程,其核心目标在于突破传统路径锁定,实现经济发展与环境

保护的协同。考虑到新质生产力以全要素生产率大幅提升为标志并内在地要求发展的绿色化与可持续性，而构建多维指标体系易受权重主观性干扰从而模糊新质要素对产业转型核心效能的驱动作用，因此为精准聚焦新质要素驱动产业转型的机制，有效整合新质生产力“质量、效率、动力”变革的内在逻辑和产业转型目标，科学测度其在提升资源配置效率与绿色发展方面的成效，参考相关文献^[15]，选择绿色发展效率（*GTFP*）作为资源型城市产业转型的核心表征指标。运用 Super-SBM 模型，对劳动、资本、能源的投入和经济与环境的产出进行测度（表1）。绿色发展效率的提升可视为资源型城市产业突破低效锁定、绿色高质量发展的关键体现。

表1 资源型城市绿色发展效率测度框架

Table 1 Measurement framework for industrial transformation *GTFP* of resource-based cities

	考虑因素	具体指标	单位
投入	劳动投入	年末从业人员总数	万人
	资本投入	固定资本存量	—
	能源投入	全社会用电量	kW·h
产出	经济产出（正向）	2008年为基期的地区生产总值	亿元
	环境产出（负向）	工业废物排放量综合指数	—

2.1.2 影响资源型城市产业转型的新质生产要素与其他因素

本文考虑的新质生产要素主要包括高素质人才、技术创新以及智能装备。其中高素质人才（*HEE*）采用高等教育规模即高等教育在校生数测度，可直接反映资源型城市知识型劳动力储备规模水平^[19]。技术创新（*PGPP*）采用万人专利授权数测度，便于控制人口规模差异并实现不同城市对比^[6]。考虑到资源型城市产业转型需覆盖从传统产业技术升级到新兴产业培育的全产业链创新，实用新型专利可反映设备工艺优化的“渐进式改进”，发明专利授权数可衡量原创性突破，两者分别支撑现有产业效率提升与新兴技术产业化，相比之下外观专利与资源型城市转型的核心技术突破关联度较低，因此采用剔除外观设计专利的万人专利授权数综合衡量区域技术创新能力。

智能装备主要考虑设备自动化水平（*IRD*），以工业机器人安装密度进行测度，直接反映资源型城市生产工具自动化对传统资源产业的替代强度。由于工业机器人安装数据尚未公开至地级市层面，参照 Acemoglu 等^[40]、王永钦等^[41]的研究，基于国际机器人联合会（*IFR*）发布的 2007—2020 年各国 6 大行业（农业、采矿业、制造业、燃气业、建筑业和教育业）机器人安装数量构造 Bartik 工具变量进行测算。假设各地区行业人均机器人应用一致，采用 2008 年经济普查确立的基准就业结构，以各城市行业就业人数占全国对应行业总就业人数的比例为静态权重，以避免劳动力市场动态变化引发的内生性问题，进而将行业级机器人密度分解至城市层面后汇总。

$$IRD_{it} = \sum_{j=1}^J \frac{employ_{ijt=2008}}{employ_{it=2008}} \times \frac{Robot_{jt}}{employ_{jt=2008}} \quad (1)$$

式中：*i*表示城市；*j*表示行业；*employ*是就业人数（万人）；*Robot_{jt}*指*j*行业*t*年机器人安装量（台）。

新质要素不仅可以直接作为生产要素投入作用于产出和效率，也可以通过提高地区产业活力和促进替代产业进入作用于资源型城市的产业结构变迁和功能提升。其中产业

活力采用万人新增企业数衡量，可直接反映市场进入活跃度^[24,34]。产业更替采用战略性新兴产业数量测度。在战略性新兴产业划分上，根据统计局发布的《战略性新兴产业分类（2018年）》，结合资源型城市产业更替需求和统计口径的准确性，选择新技术产业、高端装备制造业和新能源汽车三类作为本文中的战略性新兴产业。参考已有研究^[36]从天眼查平台（<https://www.tianyancha.com/login?type=1>）对相关行业的企业数据进行查询和收集，通过筛选行业代码和人工对比企业经营范围与相应的四级行业代码，识别并剔除不相关企业数据得到所需数据。

在政策工具选择上，基于前期的理论分析和相关学者研究^[16,19,42]，选择污染处罚案件数和财政支出中科技支出的比值作为规制政策和资金政策的衡量指标，并引入数字普惠金融指数、城镇化水平、资源依赖度、对外开放水平和固定资产投资额作为模型中控制变量，尽可能解决遗漏变量偏误。

2.1.3 研究方法

为减少宏观级别数据中非平稳性的影响，对所有变量均进行了 $\ln(1+x)$ 的处理，对于城镇化率、采矿业从业人员等百分数的数据，直接对百分号数据进行 $\ln(1+x)$ 处理（下同），描述性统计结果见表2。

表2 变量描述性统计值
Table 2 Descriptive statistics of variables

变量种类	变量名	MEAN	SD	MIN	MAX
被解释变量	<i>GTFP</i>	0.273	0.175	0.0327	0.931
	<i>HEE</i>	3.195	0.983	0.284	5.558
解释变量	<i>PGPP</i>	1.246	0.843	0.0145	4.195
	<i>IRD</i>	1.222	0.739	0	3.107
中介变量	<i>NEPP</i>	4.403	0.597	2.706	7.607
	<i>SEE</i>	3.663	1.535	0	7.855
调节变量	<i>EPPCN</i>	2.062	2.185	0	7.898
	<i>RDER</i>	0.673	0.368	0.0504	3.077
控制变量	<i>DFII</i>	4.913	0.710	3.103	5.837
	<i>FDI</i>	0.0140	0.0153	0	0.126
	<i>UR</i>	3.945	0.298	2.649	4.605
	<i>MEP</i>	2.040	1.018	0.00519	4.075
	<i>FI</i>	15.75	0.821	13.31	18.18

注：表中为取对数后的统计结果。

首先，构建面板固定效应模型检验新质要素对资源型城市产业转型的直接影响。

$$\ln GTFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln HEE_{it} + \beta_2 \ln PGPP_{it} + \beta_3 \ln IRD_{it} + \beta_4 \ln control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$
式中：*GTFP*表示资源型城市绿色发展效率；*HEE*表示高素质人才；*PGPP*表示技术创新水平；*IRD*表示设备自动化水平；*control*表示控制变量矩阵，代表一系列可能影响回归结果的控制变量； β_0 是常数项； β_n 是回归系数； μ_i 是城市固定效应； γ_t 是年份固定效应； ε_{it} 是随机误差项。

其次，为了检验产业活力和产业更替的机制作用，本文构建了模型2。

$$\ln M_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln HEE_{it} + \alpha_2 \ln PGPP_{it} + \alpha_3 \ln IRD_{it} + \alpha_4 \ln control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\ln GTFP_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln M_{it} + \varphi_2 \ln control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

(4)

$$\ln GTFP_{it} = \theta_0 + \theta_1 \ln HEE_{it} + \theta_2 \ln PGPP_{it} + \theta_3 \ln IRD_{it} + \theta_4 \ln control_{it} + \theta_5 \ln M_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

(5)

式中： M 表示机制变量，用产业活力（ $NEPP$ ）和产业更替（ SEE ）表示； α_0 、 φ_0 、 θ_0 表示截距项； $\alpha_1 \sim \alpha_4$ 、 $\varphi_1 \sim \varphi_2$ 、 $\theta_1 \sim \theta_5$ 是回归系数。如果 $\alpha_1 \sim \alpha_3$ 、 φ_1 和 θ_5 通过显著性检验，表示存在间接效应。

最后，为了检验政策工具在新质要素推动产业更替过程中的协同作用，构建了模型3。

$$\ln M_{it} = \delta_0 + \delta_1 \ln HEE_{it} + \delta_2 \ln PGPP_{it} + \delta_3 \ln IRD_{it} + \delta_4 \ln HEE_{it} \times \ln GOV_{it} + \delta_5 \ln PGPP_{it} \times \ln GOV_{it} + \delta_6 \ln IRD_{it} \times \ln GOV_{it} + \delta_7 \ln GOV_{it} + \delta_8 \ln control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

(6)

$$\ln GTFP_{it} = \omega_0 + \omega_1 \ln HEE_{it} + \omega_2 \ln PGPP_{it} + \omega_3 \ln IRD_{it} + \omega_4 \ln M_{it} \times \ln GOV_{it} + \omega_5 \ln M_{it} + \omega_6 \ln GOV_{it} + \omega_7 \ln control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

(7)

式中： GOV 是政府政策变量，结合理论框架采用规制政策工具（ $EPPCN$ ）和资金政策工具（ $RDER$ ）进行衡量； δ_0 、 ω_0 表示截距项； $\delta_1 \sim \delta_8$ 、 $\omega_1 \sim \omega_7$ 是回归系数。当交互项系数显著时，表明各类政府工具可有效调节新质要素通过机制变量影响资源型城市转型的过程。

2.2 研究区概况与数据来源

参考2013年中华人民共和国国务院颁布的《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）》，选取115个地级市层级的资源型城市作为研究对象，并参考文件中对生命周期的划分，研究对象中共有成熟型城市62个、成长型城市15个、衰退型城市23个、再生型城市15个。在研究时间上，考虑到2007年12月“资源型城市”概念被提出后，资源型城市加快转型发展，选择2008—2023年作为研究时段。本文变量定义、测度指标和数据来源见表3，部分缺失数据运用插值方法补齐。

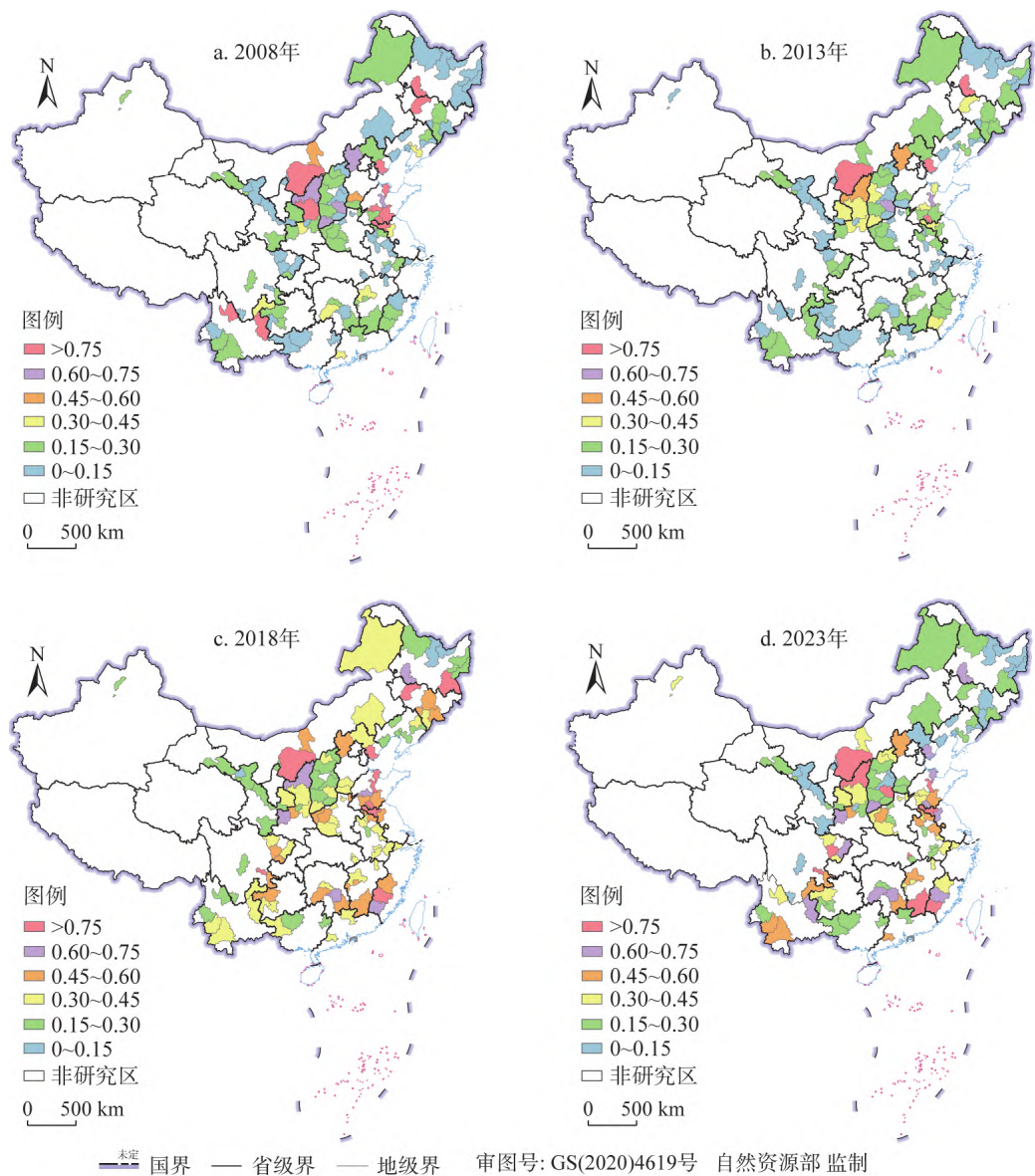
表3 变量定义与来源
Table 3 Variable definitions and sources

变量种类	变量名	定义	具体测度指标	数据来源
被解释变量	$GTFP$	绿色发展效率		指标测算
解释变量	HEE	高素质人才	高等学校在校生数/千人	中国城市统计年鉴、各地市统计年鉴
	$PGPP$	技术创新	万人专利授权数/(件/万人)	中国城市统计年鉴、国家知识产权局
	IRD	设备自动化	工业机器人安装密度/(台/万人)	IFR
中介变量	$NEPP$	产业活力	万人新增企业数/(个/万人)	天眼查
	SEE	产业更替	战略性新兴产业数量/个	天眼查
调节变量	$EPPCN$	规制政策工具	污染处罚案件数量/个	北大法宝（ https://www.pkulaw.com/ ）
	$RDER$	资金政策工具	科技支出占财政支出的比值	中国城市统计年鉴、各地市统计年鉴
控制变量	$DFII$	数字普惠金融指数	北京大学数字普惠金融指数	北京大学数字普惠金融指数，以2011年数据代替2008—2010年
	FDI	对外开放水平	实际使用外资/GDP	中国城市统计年鉴、各地市统计年鉴
	UR	城镇化率	城镇人口/总人口	中国城市统计年鉴、各地市统计年鉴
	MEP	资源依赖度	采矿业从业人员占比	中国城市统计年鉴、各地市统计年鉴
	FI	固定资产投资额	固定资产投资额/元	中国城市统计年鉴、各地市统计年鉴

3 结果分析

3.1 资源型城市产业转型水平的时空演变特征

选取2008年、2013年、2018年和2023年四个时间段的截面数据刻画115个资源型城市产业转型水平的时空演变特征（图2）。结果表明，资源型城市产业转型水平随时间推移显著提升，低效率（<0.30）的地级市数量从2008年的89个下降至2023年的40个；中效率（0.30~0.60）的城市数量实现跨越式增长，由9个增至57个；而高效率（>0.60）的城市数量则保持相对稳定，持续集中于鄂尔多斯、唐山、长治、徐州等产业多元化城市。



注：本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作，底图无修改。

图2 资源型城市产业转型水平的时空演变

Fig. 2 Spatio-temporal evolution of industrial transformation level in resource-based cities in China

在空间格局上呈现“东稳西进、东北稍缓”的特征。2008年前20强中，东部占10席（50%）、中西部占6席（含中部4席、西部2席）、东北部占4席（20%），且40%的城市集中于山东、河北两省；至2023年，西部地区资源型城市的清洁能源开发和相关产业发展促使其转型水平大幅提升，在排名前20的城市中，中西部城市增至12席（中部5席、西部7席），东北部地区缩减为0席，30%的城市集中在山东和四川两省。后20位城市的空间集聚性从2008年的相对分散分布（中部7席、西部6席、东北部7席）演变为2023年的高度集聚于东北地区（11席，55%）。除此之外，有6个资源型城市在四个时间截面始终位于后20位，东北老工业基地独占5席（阜新、葫芦岛、鹤岗、七台河、鸡西），占比高达83.3%，反映了东北老工业基地产业转型升级面临长期挑战。

3.2 新质要素对资源型城市产业转型的影响

为保证回归结果有效，对所有被解释变量和解释变量进行共线性检验（表4）。各变量的 *VIF* 值均小于5，表明各指标之间不存在共线性，模型估计结果稳定可靠。

应用线性回归模型研究各类新质要素对资源型城市产业转型的直接影响。在回归前进行 *F* 检验和 Hausman 检验确定选择模型（表5）。结果表明，不论模型是否包含控制变量，选择固定效应模型更合理。考虑不同城市和不同时间的差异，固定个体和时间效应进行回归。加入控制变量后模型核心解释变量的系数有所减小，表明控制变量吸收了一些不可观测的影响，模型估计结果更为稳健，故主要分析列（1）的估计结果。

基准回归结果表明，高素质人才、技术创新和设备自动化水平均对资源型城市产业转型具有显著促进作用，验证了假说1，但作用强度存在梯度差异。其中高素质人才在5%的显著水平上每扩大1%资源型城市产业转型水平提升0.02%，印证了资源型城市可以通过高等教育形成专业化人力资本池，但其效果受制于人才培养的长周期特性。技术创新和设备自动化的提升显示出更强的促进作用，在1%的显著水平上技术水平每提高1%资源型城市产业转型水平提高0.028%，在5%的显著水平上设备自动化水平提高1%带动转型水平提高0.041%，这一结果凸显了劳动资料智能化升级在资源型城市产业转型中的核心地位。智能制造和专利技术通过产业应用直接突破既有生产模式，重构生产函数，降低资源依赖，提升全要素生产率，其效果可能快于人力资本积累的长期过程^[32]。

在控制变量上，城镇化水平对资源型城市产业转型的负向作用可能源于“伪城镇化”陷阱——资源开发促进了相关产业和服务人员的集聚，城镇化水平通常较高。但由于缺乏其他产业的支撑，资源消耗并没有换来高效的技术和人才积累。固定资产投资的负向效应凸显了传统资源生产的路径依赖，这种投资固化通过挤出机制抑制新兴产业成长。资源依赖的负面影响也印证了“资源诅咒”——资源依赖程度较高地区的人力资本锁定会阻碍产业多元化转型^[16]。除此之外，对外开放水平对资源型城市产业转型的正向作用不显著，数字普惠金融指数呈现正向作用。这表明资源型城市可以通过优化市场环境，

表4 共线性检验结果

Table 4 Variance inflation factor (*VIF*) test results

变量	<i>VIF</i>	1/ <i>VIF</i>
<i>IRD</i>	3.06	0.327
<i>DFII</i>	2.84	0.352
<i>PGPP</i>	2.82	0.354
<i>FI</i>	1.93	0.517
<i>HEE</i>	1.92	0.521
<i>UR</i>	1.84	0.543
<i>MEP</i>	1.26	0.792
<i>FDI</i>	1.15	0.873
MEAN <i>VIF</i>	2.10	

表5 基准回归结果

Table 5 Baseline regression results

变量	固定效应控制个体和时间		固定效应控制个体	
	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln HEE$	0.020** (0.009)	0.021** (0.009)	0.053*** (0.010)	0.038*** (0.009)
$\ln PGPP$	0.028*** (0.010)	0.025** (0.010)	0.059*** (0.008)	0.041*** (0.007)
$\ln IRD$	0.041** (0.019)	0.032* (0.019)	0.063*** (0.010)	0.016*** (0.006)
$\ln DFII$	0.063* (0.037)	—	-0.055*** (0.012)	—
$\ln FDI$	0.093 (0.300)	—	0.226 (0.327)	—
$\ln UR$	-0.084** (0.03)	—	0.011 (0.113)	—
$\ln MEP$	-0.035*** (0.012)	—	-0.024** (0.012)	—
$\ln FI$	-0.025** (0.009)	—	-0.092*** (0.009)	—
_cons	0.608*** (0.194)	0.135*** (0.035)	1.568*** (0.161)	0.082*** (0.027)
个体	Yes	Yes	Yes	Yes
时间	Yes	Yes	No	No
Adj R^2	0.6946	0.6893	0.6369	0.6019
F	6.16***	6.54***	65.46***	100.92***
Hausman			106.415***	7.769*

注：***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著，下同。

突破传统金融抑制、赋能小微企业和数字技术扩散，为产业转型注入新动能^[42]。

3.3 稳健性检验

为确保回归结果有效，进行如下稳健性检验：

(1) 变量替换检验

为排除测量误差和主观性干扰，采用核心解释变量逐一替换法 [表6列(1)~列(5)]。首先，以平均受教育年限(AYS)和地区RD经费(RDE)分别替代原人才、创新指标。其次，针对工业机器人密度指标进行三重敏感性测试：其一，更改权重衡量指标，使用城市内部行业就业人员占比替换城市行业就业人员占全国该行业比例重新计算($IRDemp$)；其二，参考仲崇阳等^[43]研究，使用动态权重方法构建企业数量权重指标($IRDent$)；其三，相关研究表明工业机器人等智能制造可以提高劳动生产率^[44]，因此以第二产业劳动生产率($SI-LP$)作为替代变量。结果显示，所有替换变量及未替换变量的系数方向与显著性均未发生实质性变化，验证了测度框架的有效性。

(2) 时间敏感性验证

为了避免时间误差带来的影响，考虑到国际金融危机及2011年后中国进一步规范资源型城市发展的政策，同时也为了减少人工插值数据带来的误差，将时间缩短为2011—

表6 稳健性检验结果
Table 6 Robustness test results

变量	更换解释变量					缩短时间窗口
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
lnHEE	—	0.018** (0.009)	0.018** (0.009)	0.021** (0.009)	0.017* (0.009)	0.025*** (0.010)
lnAYS	0.074** (0.036)	—	—	—	—	—
lnPGPP	0.030*** (0.010)	—	0.032*** (0.009)	0.035*** (0.009)	0.025*** (0.010)	0.026** (0.014)
lnRDE	—	0.024*** (0.004)	—	—	—	—
lnIRD	0.041** (0.019)	0.053*** (0.018)	—	—	—	0.067** (0.029)
lnSI-LP	—	—	0.088*** (0.012)	—	—	—
lnIRDemp	—	—	—	0.031* (0.016)	—	—
lnIRDent	—	—	—	—	0.169*** (0.030)	—
_cons	0.632*** (0.193)	0.401** (0.196)	0.662*** (0.184)	0.517*** (0.208)	1.070*** (0.201)	0.734** (0.298)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
个体	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj R ²	0.694	0.723	0.712	0.695	0.700	0.713
N/个	1840	1840	1840	1840	1840	1380

2022年进行回归，结果见列（6），核心解释变量的回归系数及显著性与基准回归保持一致，结论稳健。

3.4 新质生产要素推动资源型城市产业转型的机制分析

3.4.1 新质要素推动产业转型的机制识别

新质生产要素投入不仅直接作用于转型结果，也通过推动产业结构优化升级作用于转型过程。为进一步探究新质生产要素投入影响资源型城市产业转型的机制，本文进行了中介效应的分析 [表7列（1）~列（6）]。为避免内生性问题，所有回归均控制了城市和时间变量。同时为确保结果稳健进行了Sobel检验 [列（7）~列（8）]，结果与基准回归结果一致，新质要素可以通过提高产业活力和促进产业更替推动转型，验证了假说2。

产业活力的中介作用仅在设备自动化水平的路径下呈现。列（1）表明，设备自动化水平能显著提高产业活力，其通过智能化设备降低技术准入门槛、催生配套服务企业并释放一定的劳动力，进而提高产业活力，推动产业体系新陈代谢。相比之下，高等教育规模和技术创新水平虽然也可以提升产业活力但并未通过显著性检验。这可能是因为高校培养的专业化人力资本需要长期适配产业需求，而专利转化的高成本与技术壁垒限制了中小企业的即时应用，导致中介效应传导断裂。

产业更替是三种新质要素推动产业转型的中介载体。列（2）表明高素质人才、技术

表7 影响机制的估计结果
Table 7 Estimation results of the influence mechanisms

变量	线性回归结果						Stoble 检验结果	
	lnNEPP (1)	lnSEE (2)	GTFP (3)	GTFP (4)	GTFP (5)	GTFP (6)	lnNEPP (7)	lnSEE (8)
lnHEE	0.035 (0.025)	0.120*** (0.031)	0.018** (0.009)	0.017* (0.009)	—	—	0.001 Z=1.346	0.002* Z=1.732
lnPGPP	0.025 (0.027)	0.211*** (0.026)	0.027*** (0.010)	0.024** (0.010)	—	—	0.001 Z=0.888	0.005** Z=2.335
lnIRD	0.107*** (0.036)	0.189*** (0.047)	0.036* (0.019)	0.037* (0.019)	—	—	0.005*** Z=2.603	0.003* Z=1.738
lnNEPP	—	—	0.048*** (0.009)	—	0.052*** (0.009)	—	—	—
lnSEE	—	—	—	0.020** (0.010)	—	0.032*** (0.008)	—	—
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
控制个体	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
控制时间	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N/个	1840	1840	1840	1840	1840	1840	1840	1840
_cons	0.039 (0468)	0.101 (0.589)	0.606*** (0.194)	0.606*** (0.193)	0.807*** (0.196)	0.859*** (0.196)	—	—
Adj R ²	0.837	0.976	0.699	0.718	0.696	0.693	—	—

创新和设备自动化等均可通过提高战略性新兴产业的数量推动转型的有效提升，中介效应分别为0.002、0.005和0.003，占比分别为10.0%、17.9%和7.3%。高等教育通过定向输送人工智能、新能源等领域人才，构建“高校—企业”创新闭环。一方面，高校在校生规模的扩大直接形成专业化人力资本池，为战略性新兴产业提供所需的人工智能、新能源技术等领域的核心研发人员，提高城市整体创新密度和产学研协同网络，促进知识成果转化；另一方面，高校实验室、技术转移中心等机构通过知识溢出效应，降低企业技术研发的固定成本，吸引更多高新技术企业落户资源型城市。专利技术则通过绿色工艺改造催生高端装备制造业和新技术产业企业等战略性新兴产业，进而推动产业转型。工业机器人可通过“效率碾压—要素重置”机制重构生产函数，直接淘汰落后产能，更通过数字化基础设施建设和高技能人才需求为新兴产业培育创造要素条件。

3.4.2 政策工具对新质要素推动产业转型作用的调节效应分析

在实际转型过程中，政府出台了一系列政策工具来促进新模式和新业态的产生，进而调节新质要素对资源型城市产业转型的作用机制。为此，本文进行了不同政策工具对转型机制的调节作用分析。考虑到政策实施存在迟滞性，所有变量均进行滞后一期的处理。结果表明不同政策工具与解释变量和机制变量的交互项系数显著且存在差异（图3），验证了假说3。

在设备自动化提升产业活力推动转型的过程中，以污染处罚案件数表征的环境规制通过成本约束效应削弱了中介推动效率转化的过程。这可能是因为规制政策的实施增加了企业的合规成本（如罚款、污染治理设备升级）从而挤占生产性投资与市场扩张的资源，导致新增企业面临高合规成本与低技术协同环境，抑制其效率提升潜力。同时现有

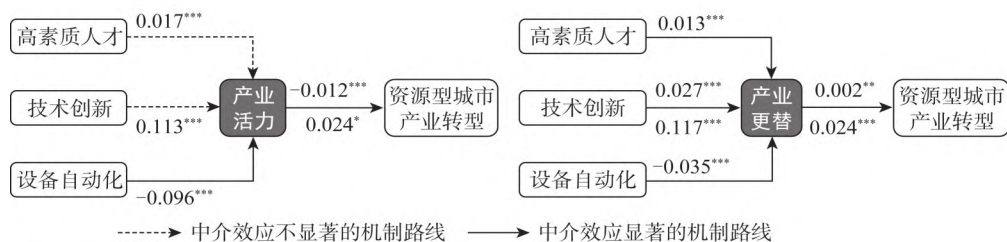


图3 政策工具调节作用示意图

Fig. 3 Schematic diagram of policy instrument moderating effect

的自动化设备多服务于传统生产流程，其改造升级需要突破技术体系的整体变革，单纯的环境规制难以解决设备专用性导致的“锁定效应”。而以科技支出占财政支出比例为表征的科技资金投入通过推动智能化生产、绿色技术研发等技术升级过程和知识扩散过程，帮助企业降低边际成本、开拓新市场，从而在规模增长中强化了产业活力推动效率转化提升。但由于科技支出过度集中于基础研究或头部企业，企业可能将自有资金优先用于满足研发配套的需求，中小企业可能因缺乏技术转化支持或资金被挤占难以通过工业机器人应用实现规模扩张，进而对前半段过程呈现削弱作用。值得注意的是，尽管高等教育规模和技术创新水平通过新增企业的中介作用推动转型未通过显著性检验，但高等教育规模与规制政策、技术创新水平与科技资金政策的交互项显著为正，表明规制政策通过环境合规成本的上升迫使企业调整生产结构，释放高素质劳动力资源，在一定程度上提高产业活力。科技资金政策通过补贴和税收优惠降低创新风险，激活专利储备价值和促进产学研对接，可有效避免创新泡沫并推动成果转化。

在各类新质要素通过产业更替推动转型的过程中，环境规制和科技资金两个政策工具均正向增强这一过程。具体而言，环境规制政策通过“效率筛选”，推动高污染企业退出市场或转型，释放出资源与市场空间，重构资源分配规则，迫使新增企业采用高效技术与管理模式，避免低水平重复建设。科技资金政策则通过“技术赋能”支持共性技术研发和基础设施共享，可以显著降低新兴企业的技术获取成本，促使数量增长的企业群体自发转向高技术路线。在新质要素推动产业更替的过程中，环境规制政策存在双重调节作用：一方面，通过倒逼绿色技术研发和扩大高校环境相关专业人才供给，强化了专利与人才对战略性新兴产业的拉动；另一方面，在污染治理案件的集中区域，企业因环保合规成本上升可能挤占工业机器人升级预算，导致自动化应用与新兴企业增长脱钩，因此对工业机器人安装密度提高战略性新兴产业的过程呈现负向削弱作用。科技资金政策显著增强了技术创新对战略性新兴产业数量提升的促进作用，它通过产学研合作加速专利产业化、通过智能制造补贴降低自动化升级成本，直接提升技术要素的市场转化率，强化了新兴企业的技术壁垒和市场竞争力。

3.5 新质要素驱动资源型城市产业转型的异质性分析

为探究新质要素驱动资源型城市产业转型的异质性，根据城市的主要矿产类型、《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）》对发展阶段的划分、收入水平高低和地理区位对资源型城市进行分组回归（表8）。研究发现，资源型城市产业转型路径因资源属性、发展阶段、经济水平与区域要素禀赋呈现显著分化，验证了假说4。

首先，煤炭型城市主要通过发展高等教育培养高素质人才，进而突破煤炭产业“低

表 8 异质性估计结果
Table 8 Heterogeneous estimation results

变量	煤炭	非煤炭	成长型 成熟型	衰退型 再生型	收入高	收入低	东部	东北部	中西部
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>HEE</i>	0.029*** (0.010)	0.009 (0.019)	0.025** (0.013)	0.000 (0.012)	0.036** (0.016)	0.008 (0.011)	0.008 (0.036)	0.044*** (0.016)	0.002 (0.012)
<i>PGPP</i>	0.006 (0.013)	0.044*** (0.014)	0.035** (0.015)	0.017 (0.012)	-0.004 (0.014)	0.051*** (0.014)	0.042 (0.031)	0.054 (0.035)	0.003 (0.011)
<i>IRD</i>	0.006 (0.031)	0.049** (0.024)	0.039 (0.025)	0.049* (0.026)	0.116*** (0.031)	0.020 (0.024)	0.109 (0.129)	-0.030 (0.020)	0.069*** (0.024)
<i>_cons</i>	0.536** (0.235)	0.126 (0.374)	0.860*** (0.282)	-0.135 (0.328)	0.760* (0.441)	0.529* (0.211)	1.017** (0.395)	-0.051 (0.510)	0.981*** (0.302)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
个体	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>N</i> /个	848	992	1232	608	720	1120	304	304	1232
Adj <i>R</i> ²	0.7122	0.6919	0.6466	0.7915	0.7583	0.5562	0.7381	0.7267	0.6351

技能人力资本锁定”，促进转型，但受制于传统采掘业要素重置成本高、市场化制度滞后及智能化基础设施薄弱，技术创新与设备自动化对转型的推动作用不显著。相较而言，非煤炭型城市产业链延伸空间大，资源加工具有技术升级的需求，且相对分布在产业基础较好的地区，因此容易实现技术创新成果向全要素生产率的快速转化，形成“技术创新和设备升级—效率跃迁”的闭环传导机制。

其次，在发展阶段维度上 [列（3）和列（4）]，成长/成熟型城市依托完整的内生要素积累（如产业基础和资本积累），通过产业链协同与产学研融合将技术创新快速转化为生产力，同时高等教育扩张通过本地化知识溢出形成“教育—创新”闭环，为转型提供持续动力。衰退/再生型城市因传统产业萎缩与转型紧迫性，更依赖自动化设备替代低效产能或重构生产流程以短期释放效率红利。

在经济水平层面，高收入地区凭借资本优势可以支撑高等教育体系扩张和自动化设备的大规模采购，同时劳动力成本也倒逼技术替代，因此主要依托高素质人才和设备自动化推动转型。低收入地区受限于资本约束，以技术创新利用后发优势吸收成熟技术，形成更具成本优势的跨越式发展 [列（5）和列（6）]。

最后，在不同区位上 [列（7）~列（9）]，东部地区因市场机制成熟，高等教育、技术创新与设备已形成较好的协同作用，削弱了单一变量的显著性，故而虽三个新质要素的作用都呈现正向影响但均未通过显著性检验。东北地区作为传统重工业基地，受路径依赖与人力资本集中锁定的双重制约，高端人力资本流失和人力集中采掘业的特点使得高等教育规模扩张成为破解路径依赖的核心抓手，技术创新对其推动作用也较强。中西部地区受限于人才外流、技术积累薄弱等地理条件制约，更依赖自动化设备快速替代突破生产效率的瓶颈。

3.6 新质要素推动资源型城市产业转型的路径讨论

基于上述分析，总结出目前中国资源型城市利用新质要素推动产业转型的主要机制（图4），进而讨论如下三种路径：

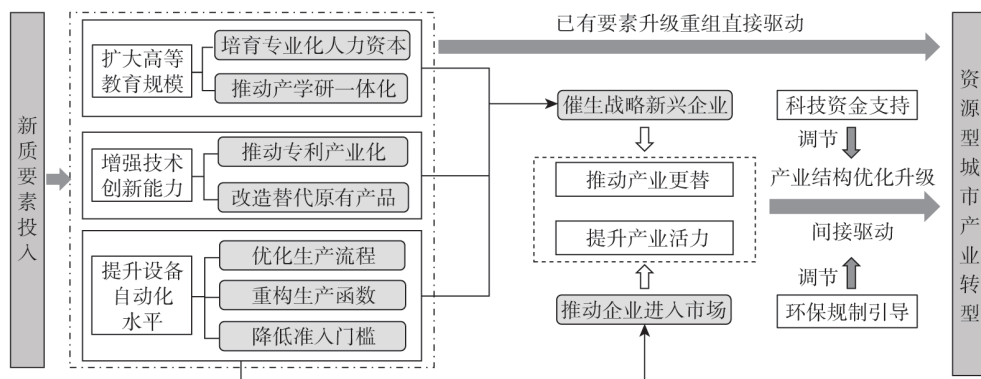


图4 中国资源型城市利用新质要素推动产业转型机制

Fig. 4 Operational mechanism for new quality factors facilitating industrial transformation in Chinese resource-based cities

技术创新引领产业接续替代路径：以技术创新能力为核心引擎，通过战略性新兴产业的数量增长，推动主导产业迭代升级。技术专利突破催生新能源装备、新能源汽车等替代性产业，同步压缩传统资源型产业的占比。科技资金支持政策重点强化“技术研发→产业孵化”传导，通过设立专项转化基金降低新技术市场化风险。非煤炭型城市可依托该路径实现产业链延伸，但中西部地区需避免因配套产业链缺失导致的专利转化断层。规制政策在此路径中需保持审慎，避免传统产业退出过快引发的就业冲击。

高等教育驱动要素优化升级路径：通过扩大高等教育规模突破人力资本储备瓶颈，驱动产业更替实现生产要素升级。通过新建专业院校以及扩招培育的地质工程、清洁能源等领域专业人才，定向输送至资源精深加工、矿山生态修复等新兴领域，破解资源型城市长期存在的“人力资本锁定”与“技术路径依赖”困境。科技资金政策通过校企联合实验室、技能重塑补贴等方式，放大“人力资本—产业升级”转化效率。该路径在煤炭型城市较为实用，呈现人才蓄水池和技术突围的良性循环，而在衰退型城市需配套人才回流激励，防止培养流失的恶性循环。

设备升级推动业态多元扩展路径：依托设备自动化提升采掘/加工效率，释放劳动力与资本向资源伴生产业（如矿渣建材、工业旅游及替代性服务业）横向延伸，通过以机换人降低对资源价格的敏感性，并利用矿区闲置土地或工业遗产发展新兴产业，培育新增长点，科技资金优先支持智能采选装备国产化，环境规制实施采区污染严控与非资源区准入放宽的“分区治理”，避免“一刀切”的全域限批误伤新兴业态。该路径在设备依赖型衰退城市成效显著，中西部需配套技术维护培训，防止设备低效使用。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文通过系统检验新质生产要素对资源型城市产业转型的驱动作用，得出以下结论：

(1) 资源型城市产业转型水平随时间推移显著提升，在空间分布上呈现“东稳西进、东北稍弱”的特征。中西部地区由于清洁能源发展转型水平大幅提升，东北部地区的资源型城市转型提升较缓。

(2) 提高人才素质、强化技术创新和设备自动化水平三种新质要素投入均可有效推

动资源型城市的产业转型,但作用强度存在梯度差异,设备升级对产业转型的推动作用更为明显。同时各类新质要素可通过推动产业更替和提升产业活力间接推动产业转型。其中产业更替作为普适性传导机制,普遍存在于技术创新、人才供给等要素的作用链条中;而产业活力的中介效应仅在设备自动化这一新质要素的作用下显现。

(3) 规制政策和资金政策均可有效调节新质要素间接影响产业转型的机制,相比之下资金支持的正向调节作用更为显著。环保规制政策通过倒逼低效产能退出释放要素资源对转型机制的正向调节作用更为明显,但若缺乏配套补偿机制,环保合规成本上升可能挤占企业技术升级预算,也会削弱部分过程。科技相关的资金支持通过技术普惠与知识扩散强化转型,但需避免资金过于集中基础研究或头部企业形成的技术垄断,进而抑制新质要素的普惠性驱动。

(4) 不同类型、不同发展阶段、不同收入水平和不同地区的资源型城市,利用新质要素推动产业转型的方式存在差异。煤炭型城市依赖高等教育突破人力资本瓶颈,非煤炭型城市以技术创新和设备自动化主导;成熟/成长型城市通过高阶要素(技术、教育)内生升级,衰退型依赖设备自动化短期破局;经济水平较高的高收入地区依托教育—资本协同深化转型,低收入地区以技术创新低成本突围;东北部地区依赖高素质人才与创新,中西部地区受限于禀赋短板而更依赖设备替代。

4.2 讨论

基于上述结论,本文总结出“技术创新引领产业接续替代”“高等教育驱动要素高阶段置换”和“设备升级推动业态横向衍生”三种路径,并提出如下政策建议:

首先,通过要素创新与策略协同驱动动能转换。优先引导高通用性要素(如智能装备)扩大技术渗透范围,打破高专用性要素的垄断壁垒,通过推动产业更替和提升产业活力的组合策略,实现“创造性破坏”与“包容性增长”的均衡,完成新旧动能转换。

其次,建立差异化的要素赋能路径,依据城市类型精准施策。对于煤炭型和衰退再生型城市定向扩产本地产业适配的高教专业,配套设备补贴和留才政策;对于非煤炭类型或者高收入的城市推动“专利—产能”直通机制,培养“技术+资源”复合人才;对于西部或者低收入城市可通过税收优惠吸引成熟技术本地化改造。同时建立跨区域技术调试服务站点,通过技术协作和人才循环网络实现东西部地区的技术流动和适配,解决技术本地化调试问题,激活西部地区在地化知识溢出。

最后,实现政策工具动态适配。建立环保规制“退出补偿—升级激励”闭环,将罚没收入定向补贴自动化设备,缓解合规成本压力;在科技支持高精尖创新的基础上,优化科技资金投向,优先支持本地禀赋协同技术,设立转化基金并搭建开源共享平台破解适配难题,同步实施设备补贴“技术认证+产出考核”机制,引导专利对接资源型需求、机器人聚焦传统场景,杜绝低端重复投资。通过科技重塑产业基础、环保优化生态约束、规制衔接新旧动能,打破“高污染路径依赖—低技术锁定”的循环,实现新质要素从规模扩张向效率跃迁的系统性跨越。

本文揭示了新质要素对资源型城市产业转型的差异化作用机理及政策工具的调节效应,但有关新质要素升级向生产力跃迁的具体实现路径及各类政策工具的适配规律有待进一步探索。除此之外,不同规模、不同矿产类型以及不同时间开发资源的城市在利用新质要素推动转型的路径上也可能存在差异,未来可进一步细化案例城市研究,结合每

个资源型城市的具体情境进行深度分析，确保转型策略与路径的精准适配，为资源型城市突破低端要素锁定、实现因地制宜“智”的产业转型提供理论支撑。

参考文献(References):

- [1] 张文忠. 资源型城市转型发展的重点和政策导向. 国家治理, 2022, (2): 40-43. [ZHANG W Z. Focus and policy orientation of transformational development of resource-based cities. Governance, 2022, (2): 40-43.]
- [2] 马广鹏, 张贵祥. 新质生产力培育与东北地区资源型城市转型: 协同性与互动发展策略. 经济发展研究, 2024, 43(2): 110-120. [MA G P, ZHANG G X. Cultivation of new productive forces and transformation of resource-based cities in Northeast China: Synergy and interactive development strategies. Economic Development Studies, 2024, 43(2): 110-120.]
- [3] 吴康, 张文忠, 张平宇, 等. 中国资源型城市的高质量发展: 困境与突破. 自然资源学报, 2023, 38(1): 1-21. [WU K, ZHANG W Z, ZHANG P Y, et al. High-quality development of resource-based cities in China: Dilemmas and breakthroughs. Journal of Natural Resources, 2023, 38(1): 1-21.]
- [4] 张文忠, 余建辉. 中国资源型城市转型发展的政策演变与效果分析. 自然资源学报, 2023, 38(1): 22-38. [ZHANG W Z, YU J H. Policy evolution and transformation effect analysis of sustainable development of resource-based cities in China. Journal of Natural Resources, 2023, 38(1): 22-38.]
- [5] 刘云刚. 大庆市资源型产业结构转型对策研究. 经济地理, 2000, 20(5): 26-29. [LIU Y G. Studies on the adjustment of the industrial structure of resource type cities in the northeast area: Daqing as an example. Economic Geography, 2000, 20(5): 26-29.]
- [6] 王珏, 李琳. 国家重大区域发展战略视角下资源型城市绿色转型绩效的地区差距及其政策启示. 自然资源学报, 2023, 38(12): 3041-3057. [WANG J, LI L. Regional disparity in green transformation performance of resource-based cities and its policy enlightenment. Journal of Natural Resources, 2023, 38(12): 3041-3057.]
- [7] LONG R Y, LI H F, WU M F, et al. Dynamic evaluation of the green development level of China's coal-resource-based cities using the TOPSIS method. Resources Policy, 2021, 74: 102415, Doi: 10.1016/j.resourpol.2021.102415.
- [8] 李虹, 邹庆. 环境规制、资源禀赋与城市产业转型研究: 基于资源型城市与非资源型城市的对比分析. 经济研究, 2018, 53(11): 182-198. [LI H, ZOU Q. Environmental regulations, resource endowments and urban industry transformation: Comparative analysis of resource-based and non-resource-based cities. Economic Research Journal, 2018, 53(11): 182-198.]
- [9] 姜海宁, 张俊, 余建辉, 等. 高铁开通对中国资源型城市经济转型的影响. 自然资源学报, 2023, 38(1): 58-72. [JIANG H N, ZHANG J, YU J H, et al. The influence of high-speed railway on the economic transformation of resource-based cities in China. Journal of Natural Resources, 2023, 38(1): 58-72.]
- [10] WANG Z R, FU H Q, ZHOU L. Multiple urban resilience evaluation of resource-based cities' sustainable transformation effect. Resources, Conservation and Recycling, 2023, 191: 106912, Doi: 10.1016/j.resconrec.2023.106912.
- [11] 徐维祥, 郑金辉, 周建平, 等. 资源型城市转型绩效特征及其碳减排效应. 自然资源学报, 2023, 38(1): 39-57. [XU W X, ZHENG J H, ZHOU J P, et al. Transformation performance characteristics of resource-based cities and their carbon emission reduction effects. Journal of Natural Resources, 2023, 38(1): 39-57.]
- [12] 谭俊涛, 张新林, 刘雷, 等. 中国资源型城市转型绩效测度与评价. 经济地理, 2020, 40(7): 57-64. [TAN J T, ZHANG X L, LIU L, et al. Research on the urban transformation performance of China's resource-based cities. Economic Geography, 2020, 40(7): 57-64.]
- [13] ZHU Y Y, LUO Y, CHEN J, et al. Industrial transformation efficiency and sustainable development of resource-exhausted cities: A case study of Daye city, Hubei province, China. Environment, Development and Sustainability, 2023, Doi: 10.1007/s10668-023-03269-y.
- [14] 王珏. 中国资源型城市绿色转型的动力源泉及其驱动因素. 经济地理, 2024, 44(4): 75-83, 99. [WANG J. Power source and driving factors of green transformation of resource-based cities in China. Economic Geography, 2024, 44(4): 75-83, 99.]
- [15] 窦睿音, 焦贝贝, 张文洁, 等. 西部资源型城市绿色发展效率时空分异与驱动力. 自然资源学报, 2023, 38(1): 238-

254. [DOU R Y, JIAO B B, ZHANG W J, et al. Research on spatiotemporal heterogeneity and driving forces of green development efficiency in resource-based cities of Western China. *Journal of Natural Resources*, 2023, 38(1): 238-254.]
- [16] 邓世成, 吴玉鸣. 低碳城市试点政策对中国资源型城市绿色转型发展的影响. *中国人口·资源与环境*, 2024, 34(6): 65-79. [DENG S C, WU Y M. Impact of low-carbon city pilot policy on the green transformation and development of China's resource-based cities. *China Population, Resources and Environment*, 2024, 34(6): 65-79.]
- [17] 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. *自然资源学报*, 2022, 37(1): 186-199. [LI B, QIN H, SUN W. Interaction mechanism between industrial transformation and upgrading and green total factor productivity improvement: An empirical study based on 116 China's prefecture-level resource-based cities. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(1): 186-199.]
- [18] 徐英启, 程钰, 王晶晶. 中国资源型城市碳排放效率时空演变与绿色技术创新影响. *地理研究*, 2023, 42(3): 878-894. [XU Y Q, CHENG Y, WANG J J. The impact of green technological innovation on the spatiotemporal evolution of carbon emission efficiency of resource-based cities in China. *Geographical Research*, 2023, 42(3): 878-894.]
- [19] 骆行, 刘子俊, 田云. 数字经济对资源型城市低碳转型的影响及作用路径. *中国人口·资源与环境*, 2024, 34(6): 56-64. [LUO H, LIU Z J, TIAN Y. Digital economy and low-carbon transformation of resource-based cities: Mechanisms and empirical evidence. *China Population, Resources and Environment*, 2024, 34(6): 56-64.]
- [20] 曾鹏, 覃意晗, 周联超. 中国城市新质生产力水平的测算及时空格局. *地理科学进展*, 2024, 43(6): 1102-1117. [ZENG P, QIN Y H, ZHOU L C. Measurement and spatiotemporal pattern of new quality productive forces level in Chinese cities. *Progress in Geography*, 2024, 43(6): 1102-1117.]
- [21] 李政, 廖晓东. 发展“新质生产力”的理论、历史和现实“三重”逻辑. *政治经济学评论*, 2023, 14(6): 146-159. [LI Z, LIAO X D. The theoretical, historical, and realistic "triple" logics of developing "new quality productivity". *China Review of Political Economy*, 2023, 14(6): 146-159.]
- [22] 金凤君, 叶志聪, 陈卓, 等. 新时期我国新质生产力的源—汇功能甄别与空间布局. *经济地理*, 2024, 44(8): 8-16. [JIN F J, YE Z C, CHEN Z, et al. Identification and spatial layout of the source-sink functions of new quality productive forces in the New Era of China. *Economic Geography*, 2024, 44(8): 8-16.]
- [23] 樊杰, 陈东, 李佳铭, 等. 新质生产力的地域性与布局规律研究: 因地制宜发展新质生产力的地理科学探讨. *地理科学*, 2025, 45(1): 47-60. [FAN J, CHEN D, LI J M, et al. Regional characteristics and layout laws of new quality productive forces: A study on developing new quality productive forces according to local conditions from a geographical perspective. *Geographical Science*, 2025, 45(1): 47-60.]
- [24] 王健. 新质生产力对中国式产业链现代化的影响研究. *工业技术经济*, 2024, 43(6): 3-11. [WANG J. Research on the influence of new quality productivity to enable the modernization of Chinese industrial chain. *Journal of Industrial Technology and Economy*, 2024, 43(6): 3-11.]
- [25] 刘欣欣. 新质生产力对现代化产业体系建设的影响. *技术经济与管理研究*, 2024, (10): 85-90. [LIU X X. The impact of new quality productivity on the construction of modern industrial system. *Journal of Technical Economics & Management*, 2024, (10): 85-90.]
- [26] LIU Y, HE Z C. Synergistic industrial agglomeration, new quality productive forces and high-quality development of the manufacturing industry. *International Review of Economics & Finance*, 2024, 94: 103373, Doi: 10.1016/j.iref.2024.103373.
- [27] 孙小婷, 李敏. 绿色技术创新、新质生产力与低碳经济高质量发展. *统计与决策*, 2024, 40(14): 29-34. [SUN X T, LI M. Green technology innovation, new quality productivity and high-quality development of low-carbon economy. *Statistics & Decision*, 2024, 40(14): 29-34.]
- [28] 岳明阳, 徐政, 刘穷志. 新质生产力与碳生产率: 效应与机制. *技术经济与管理研究*, 2024, (10): 91-96. [YUE M Y, XU Z, LIU Q Z. New quality productive forces and carbon productivity: Effect and mechanism. *Journal of Technical Economics & Management*, 2024, (10): 91-96.]
- [29] XU S, WANG J T, PENG Z S. Study on the promotional effect and mechanism of new quality productive forces on green development. *Sustainability*, 2024, 16(20): 8818, Doi: 10.3390/su16208818.
- [30] 李林倬, 赵南南. 熊彼特的遗产: 创新研究中颠覆式和组合式创新的思想溯源. *社会学研究*, 2024, 39(6): 154-175, 229-230. [LI L Z, ZHAO N N. Schumpeter's legacy: Tracing the origins of disruptive and combinatorial innovation in

- innovation research. *Sociological Studies*, 2024, 39(6): 154-175, 229-230.]
- [31] 苏伟洲, 雷高文, 王钰, 等. 资源型城市形成模式对产业结构升级的影响机制研究. *软科学*, 2024, 38(7): 71-79. [SU W Z, LEI G W, WANG Y, et al. Impact mechanism of resource-based city formation patterns on industrial structural upgrading. *Soft Science*, 2024, 38(7): 71-79.]
- [32] 郭爱君, 胡安军, 王祥兵. 资源型经济区产业路径依赖的形成机制、特性与破解. *经济问题探索*, 2017, (10): 73-79. [GUO A J, HU A J, WANG X B. Formation mechanism, characteristics and solution of industrial path dependence in resource-based economic zones. *Inquiry into Economic Issues*, 2017, (10): 73-79.]
- [33] 斯日吉模楞, 毛培. 资源型地区自然资源对经济增长影响的实证分析: 基于2000—2016年中国重点煤炭城市样本. *自然资源学报*, 2019, 34(12): 2491-2503. [SI R, MAO P. Empirical analysis of the influence of natural resources on regional economic growth: Based on the sample of key coal cities in China from 2000 to 2016. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(12): 2491-2503.]
- [34] 阳杨, 郭佳钦, 王少国. 新质生产力、创业活跃度与城市高质量发展. *科技进步与对策*, 2024, 41(22): 1-12. [YANG Y, GUO J Q, WANG S G. New quality productive forces, entrepreneurial activity and high-quality urban development. *Science & Technology Progress and Policy*, 2024, 41(22): 1-12.]
- [35] GAO Y, LI B, SUN W Z. Resource curse on innovation: A perspective on local mining industry monopolies in resource-based cities in China. *China Economic Review*, 2023, 81: 102036, Doi: 10.1016/j.chieco.2023.102036.
- [36] 叶堂林, 郭佳钦, 阳杨. 战略性新兴产业赋能长江经济带绿色转型: 理论分析与机制检验. *经济体制改革*, 2024, (3): 44-52. [YE T L, GUO J Q, YANG Y. Strategic emerging industries enabling green transformation of the Yangtze River Economic Belt: Theoretical analysis and mechanism testing. *Reform of Economic System*, 2024, (3): 44-52.]
- [37] 杜传忠, 疏爽, 李泽浩. 新质生产力促进经济高质量发展的机制分析与实现路径. *经济纵横*, 2023, (12): 20-28. [DU C Z, SHU S, LI Z H. Mechanism and path of new quality productivity in promoting high-quality economic development. *Economic Review Journal*, 2023, (12): 20-28.]
- [38] 熊亚超, 张长立, 祁慧. 基于“工具—目标—效力”的中国资源型城市转型政策量化研究. *干旱区资源与环境*, 2023, 37(7): 9-18. [XIONG Y C, ZHANG C L, QI H. Quantitative study on the policies for resource-based city transition in China based on "tool-target-effectiveness". *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2023, 37(7): 9-18.]
- [39] TANG K, QIU Y, ZHOU D. Does command-and-control regulation promote green innovation performance? Evidence from China's industrial enterprises. *Science of the Total Environment*, 2020, 712: 136362, Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136362.
- [40] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of Political Economy*, 2020, 128(6): 2188-2244.
- [41] 王永钦, 董雯. 机器人的兴起如何影响中国劳动力市场? 来自制造业上市公司的证据. *经济研究*, 2020, 55(10): 159-175. [WANG Y Q, DONG W. How the rise of robots has affected China's labor market: Evidence from China's listed manufacturing firms. *Economic Research Journal*, 2020, 55(10): 159-175.]
- [42] 严芝清, 杨子生, 钟文. 数字金融发展对城市绿色全要素生产率的影响: 效应与机制. *统计与决策*, 2024, 40(23): 138-143. [YAN Z Q, YANG Z S, ZHONG W. Impact of digital finance development on urban green TFP: Effects and mechanisms. *Statistics & Decision*, 2024, 40(23): 138-143.]
- [43] 仲崇阳, 张雨朦, 马新啸. 智能制造对中国城市低碳发展的赋能效应: 基于工业机器人应用视角. *资源科学*, 2024, 46(4): 728-743. [ZHONG C Y, ZHANG Y M, MA X X. The enabling effect of intelligent manufacturing on China's urban low-carbon development: From the perspective of industrial robots. *Resources Science*, 2024, 46(4): 728-743.]
- [44] 宋旭光, 左马华青. 工业机器人投入、劳动力供给与劳动生产率. *改革*, 2019, (9): 45-54. [SONG X G, ZUO M H Q. Industrial robot input, labor supply and labor productivity. *Reform*, 2019, (9): 45-54.]

Mechanisms and pathways of industrial transformation in resource-based cities driven by new quality factors

WANG Qi^{1,2}, MA Li^{1,2}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: New quality productive forces (NQPF), which integrates new factors, models, and efficiency gains, emerges as a new paradigm for resolving the developmental challenges faced by resource-based cities. This study employs a Super-SBM model incorporating undesirable outputs to measure the industrial transformation level of China's resource-based cities from 2008 to 2023, using green development efficiency as the core indicator. Utilizing a panel regression model, it investigates the mechanisms through which new quality factors—such as technological innovation, high-quality talent, and intelligent equipment—drive industrial transformation in these cities. The research findings reveal that: (1) New quality factors drive industrial transformation through dual pathways: revitalizing existing industries and fostering substitute industries, with the latter demonstrating a stronger effect. (2) Factor-driven empowerment exhibits significant heterogeneity: coal-dependent cities prioritize talent-driven strategies, while low-income cities rely more heavily on technological innovation. (3) Both pollution case penalties and technical funding support can regulate the mechanism by which new quality factors indirectly affect industrial transformation. Based on these findings, the study proposes three pathways for resource-based cities to leverage new quality factors: expanding the penetration scope of highly versatile factors, dismantling barriers to highly specialized factors, and establishing tailored factor empowerment strategies. This research provides a scientific foundation and policy references for tailoring new quality elements to local conditions to advance industrial transformation.

Keywords: new quality factors; green development efficiency; industrial transformation; influence mechanisms; resource-based cities