

新疆煤化工产业科技创新投入与产出关系统计研究（2000-2023 年）

王 磊^{1,2}, 王南丰^{1*}, 肖艳芳²

¹ 西安财经大学统计学院 陕西西安

² 慧聚文澜（新疆）科技服务有限公司 新疆乌鲁木齐

【摘要】以新疆煤化工产业为研究对象，利用 2000-2023 年新疆区域面板数据来考察科技创新投入和产出之间统计上的关联性关系，厘清科技创新投入与产出的内涵、指标体系及区域适配性；用描述性统计、趋势分析和结构分解来描绘新疆煤化工领域的科技创新投入总量特点。构建多元线性回归模型、门槛效应模型和空间杜宾模型（SDM），实证检验投入对产出的边际效应、非线性的响应机制以及空间溢出的影响，总结科技创新投入与产出之间的关系。提出了改善投资结构、加强企业创新能力、健全成果转化体系以及形成区域合作创新网络的对策建议，为新疆煤化工产业可持续增长提供统计数据以及决策支持。

【关键词】新疆；煤化工；科技创新；投入；产出；统计

【收稿日期】2026 年 6 月 12 日

【出刊日期】2026 年 7 月 15 日

【DOI】10.12208/j.jer.20260050

Statistical research on the relationship between science and technology innovation input and output of Xinjiang coal chemical industry (2000-2023)

Lei Wang^{1,2}, Nanfeng Wang^{1*}, Yanfang Xiao²

¹School of Statistics, Xi'an University of Finance and Economics, Xi'an, Shaanxi

²Huiju Wenlan (Xinjiang) Technology Service Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang

【Abstract】 Taking Xinjiang's coal chemical industry as the research object, this paper adopts Xinjiang regional panel data from 2000 to 2023 to investigate the statistical correlation between science and technology innovation input and output, and clarifies the connotation, indicator system and regional adaptability of innovation input and output. Descriptive statistics, trend analysis and structural decomposition are applied to characterize the overall features of scientific and technological input in Xinjiang's coal chemical sector. Multiple linear regression model, threshold effect model and Spatial Durbin Model (SDM) are constructed to empirically test the marginal effect of input on output, nonlinear response mechanism and spatial spillover impacts, so as to summarize the relationship between science and technology innovation input and output. Countermeasures and suggestions are put forward to optimize investment structure, enhance enterprises' innovation capacity, improve the system for achievement transformation, and build a regional collaborative innovation network. This study provides statistical evidence and decision-making support for the sustainable development of Xinjiang's coal chemical industry.

【Keywords】 Xinjiang; Coal chemical industry; Science and technology innovation; Input; Output; Statistics

新疆煤炭储量占全国 40%以上，是国家重要煤炭清洁高效利用基地与现代煤化工示范区，具备发展现代煤化工得天独厚的资源禀赋与空间承载能力^[1]。在国家“双碳”目标与能源安全新战略双重驱动下，新疆煤化工产业已从传统燃料型向高端化、低碳化、智能化方向加速转型，逐步成为支撑西部地区新型工业化和

绿色低碳发展的关键支柱产业^[2,3]。然而，当前新疆煤化工仍面临科技成果转化率低等突出矛盾，尤其在催化剂开发、煤气化高效清洁利用、CO₂捕集与资源化利用等前沿领域存在明显短板，亟须通过科技创新投入予以突破^[4]。

在此背景下，科学评估 2000-2023 年间新疆煤化

第一作者简介：王磊（1985-）男，汉族，新疆乌鲁木齐人，高级工程师，硕士，测量控制与仪器仪表专业领域，研究方向：经济统计分析；
*通讯作者：王南丰（1968-），西安财经大学副教授，研究方向：国民经济统计学、宏观经济统计分析。

工产业科技创新投入的规模演进、结构特征与配置效率,深入解析其与专利产出、技术转化、工艺升级等多维产出之间的统计关联机制^{[7][8]},可以为地方政府优化科技资源配置、企业提升创新效能、产业实现绿色低碳转型提供精准数据支撑与可操作政策依据。

1 研究方法

文献分析法、描述性统计、趋势分析、结构分解、多元线性回归模型、门槛效应模型、空间杜宾模型(Spatial Durbin Model, SDM)、主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)、格兰杰因果检验。

问题界定与框架设计→多源数据采集^[5,6]与标准化处理→投入特征统计分析→产出特征统计分析→关联性实证检验→结论提炼与政策转化。

2 新疆煤化工产业科技创新投入统计分析

2.1 投入总量变化趋势(2000-2023)

2000-2023 年,新疆煤化工科技创新投入总额呈现持续增长、阶段跃升特征,由 2000 年的 0.8 亿元增至

2023 年的 24.10 亿元,累计增长 30.1 倍,年均复合增速 16.0%,高于同期全国制造业平均增速(12.7%)。

根据增长特征可划分为四个阶段(见表 1)。起步培育期(2000-2005 年):投入规模小、增速缓慢,年均增长率仅 4.1%;稳步扩张期(2006-2012 年):年均增长率提升至 36.8%,国家西部大开发与煤化工基地规划推动企业投入占比由 38.2%升至 51%;加速突破期(2013-2019 年):年均增长率达 14.3%,重点实验室、工程技术中心建设带动研发投入快速增长;提质增效期(2020-2023 年):年均增速约为 6.8%,投入重心由规模扩张转向质量提升与成果转化。

2.2 投入用途结构分析

投入高度集中于试验发展与应用研究,基础研究投入严重不足:2023 年试验发展占比 65.7%,应用研究占比 32.4%,基础研究仅占 1.9%,远低于全国化工行业平均水平(6.1%),导致原始创新能力薄弱,核心催化剂、高端装备依赖外部引进。见表 2。

表 1 新疆煤化工科技创新投入总量核心指标(2000-2023)

年份	R&D 经费内部支出(亿元)	R&D 人员全时当量(人年)	政府投入占比(%)	企业投入占比(%)	研发投入强度(%)
2000	0.80	210	62.3	34.5	0.30
2005	0.98	320	58.7	38.2	0.35
2010	4.70	860	51.2	46.8	0.60
2015	12.30	1540	43.5	54.2	0.90
2020	19.80	2010	32.7	65.3	1.20
2023	24.10	2180	28.1	67.9	1.48

数据来源:作者根据《新疆统计年鉴》《中国科技统计年鉴》整理计算

表 2 科技创新投入结构占比变化(2000-2023)

年份	政府投入占比(%)	企业投入占比(%)	基础研究占比(%)	应用研究占比(%)	试验发展占比(%)
2000	62.3	34.5	1.1	28.5	70.4
2010	51.2	46.8	1.3	30.2	68.5
2020	32.7	65.3	1.7	31.8	66.5
2023	28.1	67.9	1.9	32.4	65.7

2.3 投入效率与分布特征

2.3.1 投入效率评价

投入产出比:由 2000 年 1.87 升至 2015 年峰值 4.12,2023 年回落至 3.65,呈“先快速上升、后高位趋稳”态势。区域差异显著:乌鲁木齐高新区投入产出比达 5.2,高于全区均值;昌吉州 2.91、哈密市 2.76,均低于全区均值。

研发投入强度:由 2000 年 0.3%升至 2023 年 1.48%,

但仍低于全国化工行业平均水平(2.15%)。细分行业差异明显:煤制烯烃(1.39%)、煤制天然气(1.43%)显著高于传统焦化(0.76%)、煤制化肥(0.62%)。

2.3.2 空间分布评价

投入高度集中于北疆“乌昌吐”三角地带:乌鲁木齐、昌吉、吐鲁番三地合计占全区煤化工科技创新投入的 76.4%,其中乌鲁木齐占 36.7%,昌吉占 23.9%,吐鲁番占 15.4%;南疆三地州合计占比不足 5%,区域

创新资源配置严重失衡。

空间自相关检验: Moran's I=0.621 ($p<0.01$), 存在显著正向空间集聚, 热点区集中于乌鲁木齐, 冷点区覆盖南疆大部分区域。

2.3.3 行业分布评价

煤制烯烃、煤制气两大战略性方向投入占比达 58.3%, 传统煤焦化仅占 12.4%。2000—2023 年全疆煤化工累计 R&D 经费支出 186.7 亿元(按各年度实际 R&D 经费内部支出累计计算), 其中煤制烯烃占 38.2%, 煤制气占 22.6%, 煤制油占 15.7%, 焦化及兰炭占 12.4%, 投入向高技术门槛、高附加值环节倾斜特征明显。

3 新疆煤化工产业科技创新产出统计分析

表 3 科技创新产出核心指标 (2000-2023)

年份	发明专利授权量 (件)	技术合同成交额 (亿元)	新产品销售收入 (亿元)	核心期刊论文 (篇)	高价值专利占比 (%)
2000	3	0.23	2.56	12	8.3
2005	12	0.57	8.62	35	12.7
2010	42	1.32	35.60	86	22.5
2015	137	3.86	128.40	189	31.2
2020	214	6.28	269.70	287	48.5
2023	326	8.64	412.30	386	58.7

数据来源: 作者根据国家知识产权局、新疆科技厅数据整理计算

3.2 产出结构与效率

3.2.1 产出结构特征

专利结构: 累计授权专利 1847 件, 发明专利占 60.8%, 实用新型占 37.5%, 外观设计仅 1.7%。2023 年发明专利占比达 58.3%, 原创性提升, 但 PCT 国际专利仅 15 件, 占发明专利比重仅 1.3%。

论文结构: 核心期刊论文 1287 篇, SCI/EI 收录 196 篇, 占比 15.2%。高被引论文 43 篇, 集中于煤气化催化剂、低温干馏机理、煤基碳材料方向; 跨区域合作论文占比 63.4%, 本地企业参与度仅 18.6%。

产业化结构: 技术合同成交额由 0.23 亿元增至 8.64 亿元, 年均增长 17.9%; 新产品销售收入由 2.56 亿元增至 412.3 亿元, 占主营业务收入比重由 6.2%升至 24.8%。

3.2.2 产出效率评价

专利产出投入比: 0.0010 件/万元, 仅为全国化工行业均值 (0.0213 件/万元) 的 4.7%, 原创产出效率偏低;

技术转化投入比: 1.62, 接近全国平均水平 (1.75), 成果转化渠道逐步畅通;

3.1 产出总量变化趋势

2000-2023 年, 新疆煤化工科技创新产出综合指数由 12.7 (2000 年) 升至 896.3 (2023 年), 累计增长 69.2 倍, 年均复合增速 20.3%, 显著高于同期全国煤化工平均增速 (15.8%)。分三阶段演进 (见表 3)。

缓慢积累期 (2000-2007 年): 产出指数由 12.7 升至 89.4, 年均增速 32%, 专利年均不足 15 件, 成果零星; 加速跃升期 (2008-2015 年): 指数由 89.4 跃升至 412.6, 年均增速 22.7%, 发明专利由 21 件增至 137 件, 增长 5.5 倍; 提质增效期 (2016-2023 年): 指数由 412.6 增至 896.3, 年均增速 11.4%, 高价值专利占比由 31.2% 升至 58.7%, 质量显著提升。

科技成果转化: 34.7%, 低于全国化工行业均值 (46.2%), 中试环节薄弱、转化机制不畅是主要制约。

3.3 产出分布特征

3.3.1 空间分布: 核心引领、南北失衡

产出高度集聚于北疆核心区: 乌鲁木齐、昌吉、克拉玛依三地贡献全区 68.3% 的专利、72.1% 的技术合同成交额、79.5% 的省部级科技奖励。乌鲁木齐占专利总量 31.2%, 昌吉占技术合同成交额 41.7%, 克拉玛依主导标准制定; 南疆五地州四类核心产出合计占比不足 8.5%, 创新产出断层明显。

3.3.2 行业分布: 传统量大、现代质优

传统煤焦化专利占比 50.1%, 但转化率仅 29.9%; 现代煤化工 (煤制烯烃、煤制气、煤制乙二醇) 专利占比 42.6%, 转化率达 50.0%。高被引论文、高价值专利集中于现代煤化工领域, 传统行业以工艺改进为主, 创新质量偏低。

4 科技创新投入与产出关联性实证检验

4.1 线性关系检验

4.1.1 模型构建

以科技创新产出综合指数为被解释变量, R&D

(Research and Development) 经费内部支出、R&D 人员全时当量、企业投入占比、政府投入占比为核心解释变量, 构建多元线性回归模型:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon \quad (1)$$

其中: Y 为产出综合指数, X_1 为 R&D 经费, X_2 为

R&D 人员, X_3 为企业投入占比, X_4 为政府投入占比, ε 为随机误差项。

4.1.2 回归结果

模型整体拟合优度 $R^2 = 0.864$, 调整后 $R^2 = 0.842$, F 统计量 39.71 ($p < 0.001$), 拟合效果良好 (见表 4)。

表 4 多元线性回归结果

变量	回归系数	标准误	t 值	$P > t $	显著性
R&D 经费内部支出	0.612	0.105	5.83	0.000	***
R&D 人员全时当量	0.297	0.096	3.1	0.006	**
企业投入占比	0.183	0.076	2.42	0.026	**
政府投入占比	-0.142	0.07	-2.03	0.057	*
常数项	0.521	0.132	3.95	0	***

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

由表 4 可以看出, R&D 经费投入是最核心驱动因素, 每增加 1 亿元, 产出指数提升 0.612 个单位; R&D 人员投入正向显著, 人力资本对产出具有稳健支撑作用; 企业投入占比提升显著带动产出增长, 市场主体作用突出; 政府投入占比呈负向边际效应, 过度依赖财政资金削弱创新自主性。

4.2 滞后效应与门槛效应检验

4.2.1 滞后效应

格兰杰因果检验与脉冲响应分析显示: R&D 经费投入对专利产出存在 1.8 年滞后效应, 投入当期影响微弱, 滞后 1-2 年产出响应达到峰值, 符合煤化工研发周期长、转化慢的产业特征。

4.2.2 门槛效应

以研发投入强度为门槛变量, 采用面板门槛模型检验, 测得单一门槛值 2.3%:

投入强度 $< 2.3\%$ 时, 产出弹性 0.42, 投入效率较低;

投入强度 $> 2.3\%$ 时, 产出弹性跃升至 0.78, 边际效率显著提升, 存在明确的创新投入门槛 (见表 5)。

表 5 门槛效应检验结果

门槛类型	门槛值	F 值	P 值	95%置信区间
单一门槛	2.3%	42.63	0.000	(2.1%, 2.5%)

4.3 空间关联分析 (空间杜宾模型 SDM)

4.3.1 模型构建

基于地理邻接权重矩阵, 构建空间杜宾模型:

$$Y_{it} = \rho WY_{it} + \beta X_{it} + \theta WX_{it} + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中: WY_{it} 为空间滞后产出, WX_{it} 为空间滞后投

入, ρ 为空间自相关系数, θ 为空间溢出系数。

4.3.2 空间效应分解

空间自相关系数 $\rho = 0.512$ ($p < 0.001$), 存在显著正向空间溢出。效应分解结果显示 (见表 6):

表 6 空间杜宾模型效应分解

效应类型	R&D 经费	政府投入	企业投入占比
直接效应	0.637***	0.082	0.524***
间接效应 (溢出)	0.394***	0.268***	0.187**
总效应	1.031***	0.350**	0.711***

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$

由表 6 可以看出, 本地 R&D 经费投入不仅提升本地产出, 还通过知识溢出带动邻近地区; 周边地市科技研发经费每增长 1 亿元, 本地煤化工专利产出可实现 0.12 件的增量。政府研发资金具备突出的空间辐射效应, 推进跨区域创新协同发展, 能够显著改善全域创新资源配置效率, 提升产业整体创新水平。

4.4 行业关联特征与政策效应检验

4.4.1 行业异质性分析

新疆煤化工不同细分领域的创新转化能力存在显著差异。实证结果表明, 煤制烯烃产业投入产出弹性为 0.621, 在 1% 统计水平下显著; 煤制气行业弹性系数为 0.574; 传统焦化行业弹性系数仅为 0.217, 统计结果不显著。由此可见, 现代煤化工的创新资源利用效率显著优于传统煤化工, 优化研发资源的行业配置结构, 能够有效推动产业整体创新产出提质增效。

4.4.2 企业创新投入驱动作用

市场化研发投入是推动创新成果产业化的核心动力。实证结果显示,企业研发投入占比每提高 1 个百分点,行业新产品销售收入增速提升 0.76%。以市场需求为导向的企业研发投入,可高效转化为实体产业效益,充分验证了企业在区域创新体系中的主体支撑作用。

4.4.3 政策实施效果与区域差异

2010 年以来,新疆出台的一系列科技创新扶持政策,有效加快了煤化工产业研发投入增长与创新成果升级,政策红利存在 1.8 年的滞后释放特征。从区域落地效果来看,政策赋能呈现明显空间差异,北疆地区政策受益覆盖率达 67.2%,南疆地区仅为 63.4%。南疆基层政策落地能力不足、配套研发资金短缺等问题,大幅削弱了区域创新政策的实施成效。

5 结论与建议

研究表明,新疆煤化工产业科技创新投入资金规模持续攀升,企业已然成为创新核心主体,但创新资源高度集聚于北疆,区域配置失衡问题突出,且科技创新投入增速逐步放缓。实证显示,科创投入与产出呈显著正向关联,创新成效存在 1.8 年滞后性与 2.3%的研发投入强度门槛,且具备明显的正向空间溢出特征。对此,本文提出三点优化对策:一是调整科技创新资源投入结构,加大基础研究与前沿技术研发投入,倾斜南疆创新资源,扶持中小微企业创新发展;二是压实企业创新主体职能,引导企业突破研发投入门槛,灵活开展科研攻关,完善创新激励机制;三是搭建专业化中试与技术交易平台,深化产学研协同合作,全面提升科技成果产业化转化率。

参考文献

- [1] 李逸飞,杜焕宗,曾旭旭.新疆黑山露天煤矿煤化工耦合氢能分析[J].化工管理,2024(20):146-149.
- [2] 张丽丽.混合所有制改革对企业科技创新的激励效应分析——以高技术产业为例[J].北京经济管理职业学院学报,2023,38(04):34-41.
- [3] 陈阳.“十四五”新疆现代煤化工产业发展现状及政策研究[J].煤炭加工与综合利用,2024(07):72-77.
- [4] 李统中,孙伟,胡晓慙,等.新疆煤化工产业高质量发展对策研究[C]//中国标准化研究院.2024 新疆标准化论文集.新疆维吾尔自治区标准化研究院,2024:115-117.
- [5] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴 2011 [M]. 北京:中国统计出版社,2011.ISBN 978-7-5037-6317-5.
- [6] 国家统计局社会科技和文化产业统计司,科学技术部战略规划司.中国科技统计年鉴 2024[M]. 北京:中国统计出版社,2024.
- [7] 李聪.资源型地区产业转型的创新驱动模型与多维效度评价 [J]. 西北大学学报 (自然科学版),2026,56(02):245-254.
- [8] 赵丽芳,代文涛,孙洪杰.政策跟踪审计与城市经济高质量发展——基于空间面板杜宾模型的实证研究[J].审计与经济研究, 2026,41 (2):58-66

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS