我国高技术产业技术创新效率的空间度量*

——基于八大经济区的对比实证分析

王　婧

摘要：精准测度我国八大经济区高技术产业的创新效率及其空间聚集效应具有重要现实意义。本文选取2012—2021年数据，通过三阶段DEA方法测度得出：党的十八大以来，我国高技术产业的技术效率和规模效率整体呈上升趋势，但受新冠疫情影响，2020年大部分地区高技术产业的两大效率值均出现较大幅度下降，2021年开始回升；东北地区和长江中游地区高技术产业的技术效率相较规模效率提升空间更大，而西南地区和大西北地区的规模效率相较技术效率提升空间更大。通过动态空间面板杜宾模型测度得出：第一，我国高技术产业的创新效率、外商投资、金融资本、人力资本等因素均具有空间集聚效应。第二，金融资本对创新效率有正向影响，空间集聚效应也为正；人力资本、外商投资对创新效率也有正向影响，但空间集聚效应为负。第三，经济发展水平较发达地区高技术产业的创新效率对外商投资因素最敏感，金融资本、人力资本次之；欠发达区域高技术产业的创新效率对金融资本最敏感，人力资本、外商投资次之。

关键词：高技术产业　技术创新效率　三阶段DEA模型　空间面板杜宾模型

作者简介：王婧，中国国际经济交流中心世界经济研究部助理研究员。

DOI:10.16845/j.cnki.ccieeqqh.2023.05.011

引　言

科技是国之利器，世界上的现代化强国无一不是科技创新强国。党的二十大报告提出，到2035年，我国要实现高水平科技自立自强，进入创新型国家前列。而高技术产业发展的核心是创新效率的改进和生产率的提高，因此，精准测度我国高技术产业的技术创新效率及其影响因素至关重要。诸多学者曾从不同视角对我国高技术产业的技术创新效率及其影响因素进行过深入探讨。

在高技术产业创新效率测度方面，程广斌等（2023）运用三阶段超效率SBM模型测度了我国28个省高技术行业在研发阶段和转化阶段的创新效率；吴和成等（2020）运用增强型罗素测量模型测度了2013—2017年我国各省高技术产业的技术创新效率；李培哲等（2019）采用DEA模型及Malmquist指数分解法，测算了我国东、中、西部高技术产业的技术效率；赵瑞静等（2019）基于三阶段DEA模型对河北省高新技术产业的创新效率进行测算等。

* 本文为国家社科基金项目“新型能源体系建设中的煤炭战略功能定位与测算”的部分研究成果。

在探讨高技术产业创新效率的影响因素方面，赵巧芝等（2023）利用马尔科夫链测度表明，中、低收入水平两种类型省份的高技术产业技术创新效率“状态锁定”概率较高，高收入水平状态省份相对来说更有利于高技术产业创新效率的提升；杜莉等（2022）构建空间 Tobit 模型，检验了 2011—2019 年我国数字金融发展对高技术产业技术创新效率的影响；范德成等（2018）通过随机前沿模型测算得出，企业规模与技术研发效率存在 U 型关系，但区域科技水平和区域经济水平则对高技术产业技术研发效率影响不显著。宋跃刚等（2022）运用 DEA－Malmquist 模型测算了 2009—2018 年我国高技术产业创新效率，得出的结论为：产业发展的不同阶段，拉动高技术产业创新效率增长的因素不同。在技术研发与技术转化阶段，技术因素占主导；在市场化阶段，规模因素占主导。

总体来看，已有研究存在如下缺憾。第一，在区域空间划分上，大部分文献以东、中、西部划分，已不太契合我国现实国情。第二，在数据分析方面，已有文献对数据的时间维度属性研究较多，对空间维度多有忽略。而创新的空间集群是区域创新一个较明显的特点。第三，鲜有研究可以精细化识别创新在区域间的溢出效应。以往研究主要使用集聚指标配合经典线性模型或经典泊松模型度量创新的集聚，但这些方法无法精准衡量区域创新集聚在空间的差异。本文的边际贡献在于，首先，以八大经济区①为空间划分单元进行实证对比测算；其次，度量政府投资、人力资本、外资投入等因素分别对八大经济区创新效率的不同影响，即对其空间属性进行测度；最后，运用空间面板杜宾模型，精准测度各区的创新空间集聚度以及环境影响因素的创新聚集效应。

一、高技术产业创新效率测度

考虑到高技术产业创新活动具有多投入、多产出的特点，为避免参数法单一模型设定的误差，同时有效剔除环境变量及随机因素的影响，选用三阶段 DEA 模型②测度党的十八大以来（2012—2021 年）八大经济区高技术产业的创新效率及其影响因素。

（一）模型方法

第一阶段：选用基于投入导向的规模报酬可变模型（BCC 模型）来测度综合效率、纯技术效率和规模效率。具体模型表达式如下：

$$min\theta-\varepsilon\left(e^{*T}S^{-}+e^{T}S^{+}\right)$$

$$s.\ \ t.\ \begin{cases}\sum_{j=1}^{n}X_j\gamma_j+S^{-}=\theta X_0\\ \sum_{j=1}^{n}Y_j\gamma_j-S^{+}=Y_0\\ \sum_{j=1}^{n}\gamma_j=1\\ \gamma_j\geqslant 0,\ S^{-}\geqslant 0,\ S^{+}\geqslant 0\end{cases}\tag{1}$$

①本文中八大经济区包括：东北地区、北部沿海、东部沿海、南部沿海、黄河中游、长江中游、西南地区和大西北地区。其中，东北地区包括辽宁省、吉林省和黑龙江省；北部沿海包括北京市、天津市、河北省和山东省；东部沿海包括上海市、江苏省和浙江省；南部沿海包括福建省、广东省和海南省；黄河中游包括山西省、内蒙古自治区、河南省和陕西省；长江中游包括安徽省、江西省、湖北省和湖南省；西南地区包括广西壮族自治区、重庆市、四川省、贵州省和云南省；大西北地区包括西藏自治区、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区和新疆维吾尔自治区。

②三阶段 DEA 模型最初由 Fried 等人于 2002 年提出。

式（1）中，j=1，2，…，n 表示决策单元，X，Y 分别是投入、产出向量。S^+ 为投入松弛量，S^- 为产出松弛量，γ_j 为权重变量，ε 为非阿基米德无穷小量。

第二阶段：类似 SFA 模型。该阶段主要目的是剔除随机误差和环境因素等对投入变量的干扰。模型公式如下：

$$S_{ni}=f(Z_i,\beta_n)+\delta_{ni}+\mu_{ni};\ i=1,2,\cdots,N \tag{2}$$

式（2）中，S_{ni}为第 i 个决策单元投入的松弛值；Z_i 为环境变量，β_n 为环境变量的系数；$\delta_{ni}+\mu_{ni}$ 为混合误差项。δ_{ni}为随机误差，μ_{ni}表示管理无效率。$\delta\sim N(0,\sigma_\delta^2)$ 为随机变量对松弛变量的影响；$\mu\sim N^+(0,\sigma_\mu^2)$ 为管理因素对松弛变量的影响，假设服从半正态分布。

投入变量的调整公式为：

$$\tilde{X_{ni}}=X_{ni}+[max(f(Z_i,\tilde{\beta_n}))-f(Z_i,\tilde{\beta_n})]+[max(\delta_{ni})-\delta_{ni}], \tag{3}$$

$$i=1,2,\cdots,I,\ n=1,2,\cdots,N$$

式（3）中，$\tilde{X_{ni}}$为调整后的投入；X_{ni}为调整前的投入，$max(f(Z_i,\tilde{\beta_n}))-f(Z_i,\tilde{\beta_n})$是将所有决策单元放到相同的外部环境中，$[max(\delta_{ni})-\delta_{ni}]$是剔除随机误差的干扰。通常假定$f(Z_i,\beta_n)=Z_i\beta_n$；$\delta_{ni}$，$\mu_{ni}$分别呈现正态分布和截断正态分布，两变量之间独立不相关。

第三阶段：调整后的 DEA 模型。

将调整后的投入变量值代替原始投入变量值，再次使用基于投入导向的规模报酬可变模型（BCC 模型）进行创新效率计算。

（二）指标构建及数据处理

1．投入产出指标

根据八大经济区高技术产业创新的现实情况，并结合数据可得性，分别构造投入产出指标和外部环境指标体系（见表 1、表 2）。

表 1　八大经济区高技术产业创新投入产出指标体系

类别	一级指标	二级指标	单位	变量说明
投入指标	劳动投入	R&D 人员折合全时当量	人年	按实际从事 R&D 活动时间计算的工作量
		R&D 人员	人	从事基础研究、应用研究和试验发展活动人员以及相关管理和直接服务人员
	资本投入	R&D 经费内部支出	万元	企业内部实施 R&D 活动而发生的全部费用
		新产品开发经费支出	万元	新产品开发过程中企业的资金支持额
		技术获取和技术改造费用支出	万元	包括引进技术经费支出、消化吸收经费支出、购买境内技术经费支出和技术改造经费支出
产出指标	知识产出	专利申请数	件	技术开发成果申请数
		有效发明专利数	件	获授权的发明成果数
	经济产出	利润总额	万元	反映高技术产业的生产经营利润额
		新产品销售收入	万元	反映创新产品在市场上的经济销售情况

2．外部环境指标

表 2　八大经济区高技术产业外部环境指标体系

一级指标	二级指标	单位	变量说明
政府支持	R&D 经费支出中政府资金 / 本地公共财政收入	%	用来自 R&D 经费中各级政府部门的资金与本地区公共财政收入的比值表示
劳动者素质	R&D 人员 / 本地区就业人员	%	表示为高新技术企业输送人才的支撑力度
本地区经济发展	本地区人均 GDP	万元/人	反映本地区经济发展水平的指标
引资能力	外商投资企业 R&D 经费支出	万元	在我国高技术产业中的外商投资企业用于 R&D 的经费支出

3．数据来源及处理

考虑到投入产出过程具有天然时滞，本文选取 2011—2020 年为投入指标数据年份，2012—2021 年为产出指标数据年份，滞后期为一年。所用指标数据来源为《中国高科技产业统计年鉴》（2012—2017）（2019—2022）和《中国统计年鉴》（2012—2022）。① 鉴于 DEA 模型多投入多产出的特性，而决策单元数量相对较少，故先对投入产出指标用 SPSS 22.0 进行因子分析做降维处理，然后再带入 DEA 模型进行计算。

（三）实证分析结果

本文使用 DEAP 2.1 软件，运用 BCC 模型对八大经济区 2012—2021 年高技术产业的创新技术效率进行测度，结果见表 3。

表 3　第一阶段 DEA 模型测算结果

	东北地区		北部沿海		东部沿海		南部沿海		黄河中游		长江中游		西南地区		大西北地区	
	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率
2012	0.34	0.51	0.78	0.69	0.85	0.88	0.80	0.79	0.54	0.61	0.61	0.69	0.70	0.78	0.45	0.39
2013	0.38	0.52	0.81	0.72	0.86	0.89	0.82	0.82	0.58	0.62	0.65	0.72	0.76	0.79	0.48	0.42
2014	0.40	0.58	0.83	0.76	0.88	0.91	0.84	0.85	0.60	0.68	0.68	0.76	0.78	0.81	0.52	0.45
2015	0.41	0.54	0.86	0.78	0.85	0.93	0.83	0.88	0.61	0.64	0.69	0.78	0.80	0.83	0.53	0.48
2016	0.40	0.56	0.84	0.79	0.86	0.92	0.85	0.83	0.60	0.66	0.74	0.79	0.81	0.82	0.55	0.53
2017	0.44	0.66	0.81	0.81	0.90	0.94	0.86	0.89	0.64	0.69	0.76	0.81	0.82	0.84	0.59	0.59
2018	0.48	0.54	0.83	0.82	0.91	0.91	0.85	0.91	0.68	0.67	0.78	0.82	0.84	0.81	0.61	0.61
2019	0.46	0.52	0.85	0.80	0.89	0.85	0.79	0.90	0.66	0.62	0.79	0.80	0.80	0.75	0.60	0.60
2020	0.35	0.39	0.71	0.73	0.79	0.80	0.75	0.83	0.53	0.59	0.71	0.73	0.75	0.70	0.55	0.53
2021	0.37	0.38	0.70	0.71	0.78	0.75	0.76	0.79	0.51	0.58	0.69	0.71	0.73	0.65	0.56	0.59

首先，从八大经济区纯技术效率和规模效率的均值来看，在不计随机误差和外部环境因素影响的情况下，由表 3 可知，2012—2021 年我国东北地区、北部沿海、东部沿海、南部沿海、黄河中游、长江中游、西南地区和大西北地区的纯技术效率的平均值分别为：0.40、0.80、0.86、0.82、0.60、

①由于《中国高科技产业统计年鉴》（2018）未出版，本文中 R&D 人员、高技术产业利润总额、R&D 经费中的政府资金三个指标 2017 年的数值采用均值法填补。

0.71、0.78 和0.54。可看出：北部沿海、东部沿海、南部沿海省份高技术产业的纯技术效率位于第一梯队，均值均在0.8 以上；黄河中游、长江中游和西南地区位于第二梯队均值在0.6 以上；位于第三梯队的是东北地区和大西北地区，分别有一半左右的效率损失。虽然东部沿海地区高技术产业的纯技术效率值最高（0.86），但距帕累托最优仍有一定差距。八大经济区规模效率的平均值分别为：0.52、0.76、0.88、0.85、0.64、0.76、0.78、0.52，排位顺序与纯技术效率基本一致。其中东北地区、东部沿海、南部沿海、黄河中游、长江中游地区的规模效率均值比纯技术效率均值高，说明若要提升这些地区高技术企业的创新效率，应优先考虑提升其管理效率和技术水平，而不是调整企业规模。但北部沿海地区、大西北地区则应首先考虑调整企业规模。而西南地区在2018 年前规模效率一直高于纯技术效率，2018 年规模效率值开始低于纯技术效率，说明当前西南地区应更加重视调整高技术企业的规模，才更利于该地区综合效率提高。其次，从纯技术效率和规模效率的走势来看，2012—2019 年各区域两大效率值基本处于递增趋势，2020 年八大区域效率值均出现一定程度下降，其中东北地区、北部沿海和东部沿海地区的两大效率值下降幅度较大。

以上分析未考虑随机误差和环境因素对效率值的影响，分析结果可能存在较大误差。接下来，将外部环境变量作为因变量，第一阶段各决策单元投入因子的松弛变量（即理想投入值与实际投入值之间的差值）作为自变量，借助 Frontier 4.1 软件进行相似 SFA 回归分析，以东北地区为例，结果见表4。

由表4 可知，2012—2021 年东北地区 SFA 回归模型的 LR 单边检验都通过了 5% 检验，说明模型的估计结果总体上可接受。从表中还可看出，东北地区高新技术产业创新投入松弛受环境因素影响较

表4　第二阶段东北地区外部环境影响模型结果

年度	常数项	政府支持	劳动力素质	经济发展水平	引资能力	σ^2	γ	单边似然比检验
2012	6.95E－04 （0.0380）	－1.81E－03** （0.0030）	－2.10E－02** （0.0492）	－2.86E－03 （0.4815）	6.86E－03 （0.4055）	1.46E－03 （1.0000）	1.00E＋00*** （0.00001）	2.34E＋01
2013	2.87E－03 （0.0301）	－2.86E－02** （0.0492）	－3.58E－02** （－0.0222）	－3.80E－02 （0.1558）	－5.13E－03 （0.3028）	3.87E－03 （1.0000）	1.06E＋00*** （0.000007）	2.30E＋01
2014	－3.61E－03 （0.0226）	－1.98E－03** （0.0292）	－3.73E－02* （0.0492）	－7.86E－03 （0.5025）	2.76E－02 （0.8681）	2.90E－04 （1.0000）	1.01E＋00** （0.000002）	2.86E＋01
2015	2.99E－02 （0.0745）	－1.69E－03** （0.0312）	－4.26E－02** （－0.0382）	－2.06E－02 （0.7501）	－1.97E－03 （0.3458）	7.81E－03 （1.0000）	1.00E＋00*** （0.00001）	2.14E＋01
2016	5.45E－04 （0.0226）	－1.64E－03** （0.0408）	－2.47E－02** （0.0912）	－7.09E－03 （0.3215）	2.86E－03 （0.3028）	3.55E－03 （1.0000）	1.03E＋00*** （0.000005）	2.06E＋01
2017	－6.31E－03 （0.0285）	－1.66E－02** （0.0413）	－2.16E－02* （0.0312）	－3.56E－03 （0.5008）	4.26E－03 （0.3458）	2.45E－03 （1.0000）	1.02E＋00** （0.000001）	2.14E＋01
2018	2.75E－02 （0.0255）	－1.35E－03** （0.0284）	－2.54E－02** （0.0433）	－4.53E－03 （0.4731）	1.81E－03 （0.8928）	3.86E－03 （1.0000）	1.03E＋00** （0.000008）	2.38E＋01
2019	－3.17E－03 （0.0314）	－1.44E－02** （0.0312）	－2.33E－02* （0.0892）	－2.26E－03 （0.6101）	－1.77E－03 （0.6420）	1.87E－03 （1.0000）	1.05E＋00** （0.0000007）	2.11E＋01
2020	5.25E－04 （0.0289）	－1.38E－03** （0.0337）	－3.16E－02** （0.0402）	－6.55E－02 （0.4779）	5.86E－03 （0.8132）	2.44E－03 （1.0000）	1.04E＋00** （0.0000002）	2.15E＋01
2021	－4.24E－02 （0.0345）	－1.86E－02** （－0.0109）	－2.46E－02** （0.0321）	－3.86E－03 （0.5001）	－3.06E－03 （0.7921）	2.39E－03 （1.0000）	1.02E＋00** （0.0000003）	2.46E＋01

注：表中***，**，*分别表示在1%，5%，10%统计意义上显著。

显著。其中，政府支持和劳动者素质均通过显著性检验，且 γ 值约为 1，也通过了 1% 水平下的显著性检验，说明投入松弛主要由管理无效率引起，故须剔除随机误差和环境因素干扰。分别对其他七个经济区进行同样的建模方法回归，可得类似结论。故结合前文提出的分离管理无效率和随机误差公式，可得到八大经济区调整后的投入值。再次用 DEAP2. 1 软件，运用 BCC 模型对八大经济区 2012—2021 年高技术产业的创新技术效率进行测度。结果见表 5。

表 5　第三阶段调整后的 DEA 测算效率值

	东北地区		北部沿海		东部沿海		南部沿海		黄河中游		长江中游		西南地区		大西北地区	
	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率	纯技术效率	规模效率
2012	0. 36	0. 53	0. 80	0. 71	0. 89	0. 90	0. 83	0. 81	0. 57	0. 64	0. 66	0. 73	0. 73	0. 82	0. 49	0. 45
2013	0. 40	0. 54	0. 83	0. 73	0. 88	0. 91	0. 85	0. 84	0. 59	0. 67	0. 69	0. 76	0. 79	0. 83	0. 52	0. 46
2014	0. 42	0. 57	0. 85	0. 78	0. 90	0. 93	0. 88	0. 87	0. 63	0. 69	0. 71	0. 78	0. 81	0. 85	0. 55	0. 47
2015	0. 45	0. 56	0. 87	0. 80	0. 86	0. 95	0. 85	0. 89	0. 64	0. 66	0. 73	0. 81	0. 83	0. 87	0. 56	0. 53
2016	0. 46	0. 56	0. 86	0. 81	0. 88	0. 94	0. 86	0. 85	0. 62	0. 68	0. 77	0. 83	0. 85	0. 86	0. 58	0. 55
2017	0. 50	0. 67	0. 83	0. 83	0. 92	0. 96	0. 88	0. 90	0. 65	0. 70	0. 81	0. 82	0. 87	0. 88	0. 61	0. 61
2018	0. 51	0. 56	0. 85	0. 85	0. 93	0. 93	0. 86	0. 93	0. 70	0. 68	0. 83	0. 84	0. 85	0. 85	0. 63	0. 65
2019	0. 48	0. 54	0. 87	0. 83	0. 90	0. 87	0. 83	0. 91	0. 68	0. 65	0. 81	0. 81	0. 82	0. 80	0. 61	0. 63
2020	0. 42	0. 42	0. 73	0. 75	0. 83	0. 83	0. 79	0. 86	0. 56	0. 61	0. 76	0. 75	0. 80	0. 75	0. 57	0. 59
2021	0. 43	0. 43	0. 75	0. 77	0. 80	0. 78	0. 80	0. 81	0. 53	0. 60	0. 73	0. 73	0. 78	0. 69	0. 58	0. 62

经过表 3 与表 5 对比，可看出，调整前后的效率值差异不大。总体来看，调整后的效率值均高于调整前的。2012—2021 年我国东北地区、北部沿海、东部沿海、南部沿海、黄河中游、长江中游、西南地区和大西北地区的纯技术效率的平均值分别为 0. 44、0. 82、0. 88、0. 84、0. 62、0. 75、0. 81 和 0. 57，规模效率的平均值分别为 0. 54、0. 79、0. 90、0. 87、0. 66、0. 79、0. 82 和 0. 56。

从纯技术效率看，整体上八大经济区调整后的纯技术效率均有所提高。其中，东北地区和长江中游地区增幅较大，表明这两个地区的纯技术效率受随机误差和环境因素影响较大，纯技术效率值被低估较多。即政府支持、劳动力素质、经济发展水平和引资能力因素对这两个地区的技术效率值影响高于其他地区，说明这两区可在以上方面多着力，增大政府支持力度，优化营商环境，提高外商引资水平，均会提高其高技术产业的创新效率。

从规模效率看，整体上八大经济区调整后的规模效率均有所提高。其中，西南地区和大西北地区增幅较大，表明这两个地区规模效率受随机误差和环境因素影响较大，规模效率值被低估较多。即政府支持、劳动力素质、经济发展水平和引资能力的扰动对这两个地区规模效率的影响高于其他地区，说明两区可在以上方面多着力，改进产业政策，提高当地经济发展水平和引资能力，以提高两地区高技术产业规模效率。

二、高技术产业创新集聚的空间度量

以上区域创新产出是否存在空间自相关？近年来我国高技术产业创新空间集聚有哪些新特点？如何利用区域间的知识溢出效应来优化区域布局，更好地发挥区域间的市场协同力？下文构建空间面板

计量模型来尝试探讨这些问题。

（一）变量选择与说明

在前文研究基础上，选取创新产品销售收入作为产出指标代表，用 I 表示，即因变量；R&D 经费内部支出与当地公共财政收入之比作为资金资本投入，用 F 表示；R&D 人员与本地就业人数之比作为人力资本投入，用 H 表示；外商投资企业 R&D 经费支出作为吸引的外资投入，用 D 表示。这里空间依赖性主要通过误差项来体现。为了从总体上把握投入和产出变量的特征，对其进行描述性统计，列表如下：

表 6　投入产出指标的描述性统计

变量	最大值	最小值	均值	标准差	偏度	峰度
创新产出 I	92556812.53	90094.40	17185665.00	21384433.00	1.86	5.97
资金投入 F	6.66	0.22	2.22	1.43	0.94	3.43
人力资本投入 H	1.15	0.04	0.42	0.24	0.74	2.92
外商投入 D	820833.20	30.60	171243.50	203715.00	1.16	3.40

从表 6 可知，I、D 的标准差很大，说明目前八大经济区的创新产出、外商投入存在较大差异，各个区域创新水平、引资能力迥异，尚未全面实现同步发展。F、H 的标准差相对较小，仅为 1.43 和 0.24，说明不同地区间的资金投入和人力资本投入的差异较小，各地区均十分注重研发资金投入和研发人员的配置，以促进高技术产业发展。I、F 和 D 的峰度均大于 3，表示创新产出、资金投入和外商投入总体上存在厚尾现象。从偏度指标可看出，四个变量的偏度均大于 0，表示其均呈右偏状态，数据右端有较多极端值，说明存在一些地区投入和产出明显高于其他地区的现象。

（二）模型测度

1．生成空间权重矩阵

经济发达程度和距离两个因素是确定空间权重矩阵的主要考虑因素。一般而言，经济发达地区对经济落后地区影响比较大，而经济落后地区对经济发达地区影响却较小；而空间相邻的经济区相较空间距离远的经济区影响也不同，即为空间影响的不对称性。据此，构造空间权重矩阵如下：

$$W = W_d * diag\left(\frac{Y_1}{Y}, \frac{Y_2}{Y}, \cdots, \frac{Y_8}{Y}\right) \tag{4}$$

其中，W_d 为空间距离权重矩阵；Y_i 为该经济区的 GDP 总量；Y 为全国的 GDP 总量。W_d 为一个 $8*8$的对称矩阵，相邻的两个地区取 1，不相邻的取 0。

2．空间自相关检验

墨兰指数用于检验变量是否存在空间自相关，用 Stata 16.0 计算，结果见表 7。

表 7　各变量的全局墨兰指数

变量	Moran I	E（I）	Sd（I）	z	p 值
创新产出 I	0.519	-0.006	0.032	12.643	0.000
资金投入 F	0.311	-0.004	0.030	10.303	0.008
人力资本投入 H	0.354	-0.006	0.031	8.321	0.000
外商投入 D	0.498	-0.006	0.031	8.654	0.000

从表 7 可看出，全局指标均存在空间自相关，且在 1% 水平上显著。再通过进一步计算局部区域墨兰指数可得，临近区域间均为空间正相关，即表示创新效率的高值与高值临近，低值与低值临近，进一步验证了创新具有集聚效应。

3．模型的建立与估计

首先进行非空间面板模型的回归，包括混合回归以及空间固定效应、时间固定效应、双固定效应、随机效应回归；然后根据 Hausman 检验、F 检验及 BP 检验在混合回归模型、固定效应模型和随机效应模型之间选择。检验结果见表 8。

表 8　非空间面板模型回归结果

变量	混合	空间固定	时间固定	双固定	随机效应
lnI	0.287 (0.96)	−0.335** (−2.05)	1.340** (8.05)	1.298*** (8.19)	−0.398*** (−3.88)
lnF	0.796*** (2.03)	1.314*** (10.81)	−0.610 (−0.91)	−0.162 (−0.37)	1.008*** (18.03)
lnH	0.142** (2.88)	0.258*** (4.07)	0.194*** (5.66)	0.143*** (5.08)	0.485*** (4.08)
lnD	0.129 (0.34)	−0.812 (−1.62)	−0.709*** (−2.92)	−0.196 (−0.28)	−0.082 (−0.31)
_ cons	−5.965*** (−9.97)	−9.160*** (−8.07)	−4.028 (−14.16)	−6.043*** (−15.40)	−8.281*** (−10.64)
R^2	0.914	0.876	0.909	0.907	
Lagl	−158.790	46.829	−99.634	−54.537	
LM − Lag	18.8687***	50.4468***	1.6668	2.8156*	
RLM − Lag	2.6815*	39.7009***	0.0267	3.2509*	
LM − Err	39.8846***	29.8189***	14.7547***	1.8070	
RLM − Err	24.1684***	4.9604**	13.1005***	2.4964	
F 检验		24.33***	12.79***	2.12***	
BP 检验					259.49***
Hausman 检验		32.64***	46.61***	79.83***	

注：表中***，**，*分别表示在 1%，5%，10% 统计意义上显著，括号内为 t 值。

根据 F 检验拒绝原假设的结果，应在混合模型和固定效应模型中，选择固定效应模型；同时，BP 检验也拒绝混合回归的原假设，应使用随机效应模型；而 Hausman 检验也拒绝原假设，因此应在固定效应和随机效应模型中，选择固定效应模型。综上，应选择固定效应模型。再根据 LM 检验和稳健 LM 检验结果，表明空间面板滞后模型与空间面板误差模型均成立，所以应在考虑空间固定效应下选用空间面板杜宾模型。考虑到被解释变量还受时间因素影响，所以应考虑建立空间固定效应下的动态空间面板杜宾模型。模型表达式如下：

$$lnI_{it}=\beta_0+\alpha lnI_{it-1}+\gamma W_i lnI_{it}+\eta W_i lnI_{it-1}+\beta_1 lnF_{it}+\beta_2 lnH_{it}+\beta_3 lnD_{it}+\theta_1 W_i lnF_{it}+\theta_2 W_i lnH_{it}+\theta_3 W_i lnD_{it}+u_i+\gamma_i+\varepsilon_{it} \quad (5)$$

式（5）中引入因变量的一阶滞后项及时空滞后项，α 为时间滞后项的回归系数，η 为空间滞后项的回归系数，将八大经济区各指标原始数据代入式（5），计算结果见表 9。

从表 9 可看出，八大区域的高技术产业创新效率的时间滞后项均在 1% 水平上显著为正，其空间滞后项也均在 1% 水平上显著为负，R^2 均值为 0.983，表明拟合效果均较好。同时，八大区域高技术

表9　动态空间面板杜宾模型回归结果

变量	lnF	lnH	lnD	lnI	WlnI	WlnF	WlnH	WlnD	rho	Sigma2_ e	R^2	Lagl
东北地区	0.539** (5.88)	0.845** (6.18)	0.109** (3.34)	0.029*** (2.09)	-0.019*** (-1.05)	0.082 (0.68)	-0.069 (-0.58)	-0.034 (-1.61)	0.421*** (5.89)	0.020*** (12.19)	0.985	181.324
北部沿海	0.317** (2.88)	0.389** (2.89)	0.659** (6.88)	0.059*** (3.29)	-0.028*** (-1.65)	0.062 (0.44)	-0.042 (-0.36)	-0.076 (-3.08)	0.591*** (8.11)	0.033*** (10.69)	0.982	190.114
东部沿海	0.306** (2.90)	0.339** (2.18)	0.684** (5.34)	0.062*** (3.48)	-0.035*** (-1.70)	0.065 (0.49)	-0.031 (-0.26)	-0.081 (-3.88)	0.488*** (6.19)	0.028*** (19.38)	0.975	188.491
南部沿海	0.332** (2.95)	0.359** (3.78)	0.539** (5.20)	0.060*** (3.44)	-0.030*** (-1.68)	0.070 (0.50)	-0.034 (-0.28)	-0.068 (-2.86)	0.468*** (6.07)	0.018*** (13.54)	0.980	250.304
黄河中游	0.339** (2.99)	0.609** (5.08)	0.436** (4.12)	0.049*** (2.99)	-0.020*** (-1.20)	0.078 (0.59)	-0.058 (-0.34)	-0.049 (-1.86)	0.506*** (7.03)	0.036*** (8.64)	0.989	261.128
长江中游	0.323** (2.94)	0.559** (4.98)	0.472** (4.66)	0.043*** (2.78)	-0.025*** (-1.16)	0.074 (0.53)	-0.055 (-0.32)	-0.056 (-1.93)	0.473*** (5.09)	0.037*** (9.25)	0.983	298.349
西南地区	0.468** (4.08)	0.719** (5.98)	0.339** (3.98)	0.039*** (2.49)	-0.018*** (-1.03)	0.080 (0.62)	-0.061 (-0.38)	-0.043 (-1.71)	0.561*** (6.93)	0.039*** (7.55)	0.987	341.348
大西北地区	0.498** (4.89)	0.769** (6.08)	0.269** (2.20)	0.032*** (2.66)	-0.011*** (-0.85)	0.081 (0.65)	-0.068 (-0.42)	-0.039 (-1.58)	0.494*** (5.93)	0.041*** (8.47)	0.979	164.328

注：表中***，**，*分别表示在1%，5%，10%统计意义上显著。

产业的资金投入（F）、人力资本投入（H）、外商投入（D）对创新效率的影响均为正，而资金投入空间变量的影响为正，人力资本和外商投资空间变量的影响均为负。其中，对资金要素的敏感程度由高至低依次为东北地区、大西北地区、西南地区、黄河中游、长江中游、南部沿海、北部沿海、东部沿海；对人力资本要素的敏感程度由高至低依次为东北地区、大西北地区、西南地区、黄河中游、长江中游、北部沿海、南部沿海、东部沿海；对吸引外资要素的敏感程度由高至低依次为东部沿海、北部沿海、南部沿海、长江中游、黄河中游、西南地区、大西北地区、东北地区。而相应资金、人力资本和吸引外资的空间变量对八大经济区的影响程度排序与资金、人力资本和吸引外资变量的影响排序一致。

（三）结论

动态空间面板固定效应杜宾模型结果说明，一个地区的科研经费支出越多，其创新效率越高，且对邻近地区有正的溢出效应；而人员投入、引资水平对邻近地区的创新水平有负的溢出效应，说明人力资本投入、外商直接投资具有推动本地区创新能力提升，但抑制邻近地区创新水平提升的作用。其中，经济发展水平相对较差区域相较于经济发展水平优势区域对于科研经费投入、人员投入指标更敏感，相应地空间负面溢出效应也大；而吸引外资因素却恰恰相反，经济发展水平越好的地区越敏感，相对较差区域则敏感度减弱。

三、政策启示

（一）克服技术创新短板，因地制宜提升科技创新效率

各经济区应精准把握导致本区高技术产业效率低下的具体环节与提升路径。对于研发水平弱、成

果转化率低的区域（东北地区、大西北地区、西南地区），需从加大技术研发投入和优化市场转化环境两方面入手。一方面加大高技术企业的资金、人力资本的投入力度；另一方面着力推进产学研合作，厚植利于高技术产业技术创新的土壤，全面提升企业管理水平和人才培养机制。对于研发水平较弱、成果转化率较低的区域（黄河中游、长江中游），应努力开拓市场，充分利用创新的空间溢出效应，协同推进跨区交流合作，注重吸收邻区先进的企业管理经验，提高优势资源的利用率；对于研发水平较强、成果转化率较高的区域（北部沿海、南部沿海、东部沿海），应在保持自身发展优势前提下，利用好国际国内两种资源，以全球视野谋求更大的发展，不断优化营商环境，吸引全球优势资源，建立广泛的国际合作交流平台。

（二）优化区域创新发展环境，全面激发创新主体积极性

各区应坚持问题导向，针对出现的研发投入不足、创新人才不多不强、研发体系不配套等问题，多措并举继续优化营商环境，构建利于创新的生态系统。政府应根据科技创新企业的发展实情，制定适宜的财政、税收政策，厚植鼓励重大创新的土壤，加大对高精尖、卡脖子项目的精准扶持，加强校企合作，培养用好人才，形成与高技术产业相匹配的人才评价机制和培养机制，畅通选人用人、人才晋升通道。

（三）加强区域间技术创新合作，提升区域科技创新水平

应充分利用高技术产业创新效率、资金、人才资本的空间集聚效应，加强区域间技术合作、协同发展，提高创新资源的共享效率。科学规划各区域的产业功能定位。对不同区域的创新资源进行优化整合，发挥龙头企业的带动引领作用，破除“单打独斗”、重复建设，合理引导人力资源、产业资源、应用场景共享，建立多区域各层次相互补充、协同一致的政策引导体系，同时配套制定产业链供应链优化、成果转化、经济指标共享等制度，加强区域合作共赢的顶层设计。

参考文献：

1. 程广斌、赵川、李祎：《中国高技术产业创新效率的地区差异及动态演进》，《统计与决策》，2023 年第 2 期。

2. 吴和成、李擘：《中国高技术产业技术创新效率动态演进》，《河海大学学报（哲学社会科学版）》，2020 年第 3 期。

3. 李培哲、菅利荣、刘勇：《基于 DEA 与 Malmquist 指数的区域高技术产业创新效率评价研究》，《工业技术经济》，2019 年第 1 期。

4. 赵瑞静、杨辉、李翠平：《基于三阶段 DEA 模型的河北省区域高新技术产业创新效率研究》，《统计与管理》，2019 年第 11 期。

5. 赵巧芝、刘倖璇、崔和瑞：《中国高新技术产业技术创新效率测度及空间收敛研究》，《统计与决策》，2023 年第 1 期。

6. 杜莉、王梓琦：《数字金融发展是否提升了中国高技术产业技术创新效率？——基于空间计量模型的分析》，《社会科学战线》，2022 年第 9 期。

7. 范德成、李盛楠：《考虑空间效应的高技术产业技术创新效率研究》，《科学学研究》，2018 年第 5 期。

8. 宋跃刚、张欣：《中国高技术产业创新效率测度》，《统计与决策》，2022 年第 10 期。

责任编辑：郭　霞

Building a high-quality agricultural power construction and even a strong agricultural province construction index system has become an important practical question that needs to be answered urgently, and it is also a basic requirement for promoting the high-quality development of agricultural power. To build an index system for the construction of an agricultural power or even an strong agricultural province with high quality, it is necessary to adhere to the goal-oriented, demand-oriented and problem-oriented, and scientifically distinguish the identification, description, evaluation, prediction and monitoring of the indicator system according to the different functions of the indicator system. It is necessary to pay attention to giving play to the positive role of the index system, but it is also necessary to prevent one-sided obsession, worship, and attachment to the index system, and prevent the process of building an agricultural power from being reduced to the process of "correcting" the practice of building an agricultural power mainly based on the results of the index assessment. At present, the index system for building an agricultural power and a strong agricultural province should be based on 2035 or before, and the longer-term goal should be coarse rather than detailed. The selection of specific evaluation indicators for the construction of an agricultural power should be based on national conditions and agricultural conditions, focusing on prominent problems and sensitive factors affecting the construction of China's agricultural power, and put forward opinions on the setting of some specific indicators.

(11) Research on high-quality development of characteristic industries based on the perspective of rural revitalization

Zhang Jin, Liu Ziyu, Li Li

The report of the 20th CPC National Congress proposed to comprehensively promote rural revitalization, develop rural characteristic industries, and broaden the channels for farmers to increase income and become prosperous. Implementing the spirit of General Secretary Xi Jinping's important instructions and studying the development mode and path of rural characteristic industries have important theoretical and practical significance for comprehensively promoting rural revitalization. The development of rural characteristic industries in the past ten years has achieved obvious results, the processing and circulation industry of characteristic agricultural products has accelerated its development, rural leisure tourism has developed steadily, new industries and new formats in rural areas have flourished, and the integrated development of rural industries has gradually become a trend. This paper constructs a framework for the high-quality development of rural characteristic industries, and through extensive research, it sorts out the practical experience of the development of characteristic industries that have achieved good results in China, and promote the integration of the innovation chain of rural characteristic industries, improve the financial system of the supply chain of characteristic industries, strengthen the construction of talent chains of rural characteristic industries, and innovate the mutually beneficial and win-win revenue linkage mechanism, put forward the realization path of high-quality development of rural characteristic industries.

(12) Spatial measurement of technological innovation efficiency in China's high-tech industry——Based on the comparative empirical analysis of the eight major economic zones

Wang Jing

It is of great practical significance to accurately measure the innovation efficiency and spatial agglomeration effect of high-tech industries in eight major economic zones in China. In this paper, the data from 2012 to 2021 are selected and measured by the three-stage DEA method: (1) Since the 18th National Congress of the CPC, the technical efficiency and scale efficiency of China's high-tech industries have shown an overall upward trend. However, due to the impact of the new crown epidemic, the two major efficiency values of high-tech industries in most regions decreased significantly in 2020, and began to recover in 2021. (2) The technical efficiency of high-tech industries in the northeast region and the middle reaches of the Yangtze River has more room for improvement of scale efficiency, while the scale efficiency of the southwest region and the greater northwest region has more room for improvement of technical efficiency. Measured by the Dynamic Space Panel Dubin Model: (1) The innovation efficiency, foreign investment, financial capital, human capital and other factors of China's high-tech industries all have spatial agglomeration effects. (2) Financial capital has a positive impact on innovation efficiency, and the spatial agglomeration effect is also positive; Human capital and foreign investment also have a positive impact on innovation efficiency, but the spatial agglomeration effect is negative. (3) The innovation efficiency of high-tech industries in areas with more developed economic development levels is the most sensitive to foreign investment factors, followed by financial capital and human capital; the innovation efficiency of high-tech industries in underdeveloped regions is the most sensitive to financial capital, followed by human capital and foreign investment.

Editor: Yang Yuge