

东部三大城市群国家高新区创新效率评价

——基于三阶段 DEA 模型

杨图南¹ 沈志刚² 杨青生³

(1 广东财经大学经济学院, 广州 510320;

2 江西科技师范大学经济管理学院, 南昌 330038;

3 广东财经大学文化旅游与地理学院, 广州 510320)

【摘要】:运用三阶段 DEA 模型对 2019 年我国东部三大城市群 35 个国家高新区的创新效率进行分析。实证结果表明:在剔除环境因素干扰后,东部三大城市群高新区综合效率有所下降,综合效率不高主要由较低的规模效率引起,大多数高新区处于规模报酬递增状态。其中珠三角城市群在调整后的平均综合效率最高,长三角次之,京津冀最低,规模因素成为制约京津冀和长三角创新效率提升的关键因素。环境因素中产业结构、文化教育环境和政策支持都有利于创新效率的提升,经济发展水平和基础设施环境抑制了创新效率的提升。

【关键词】:三大城市群 高新技术产业开发区 三阶段 DEA 模型 创新效率

DOI:10.14059/j.cnki.cn32-1276n.2022.05.006

引言

国家级高新技术产业开发区(以下简称“高新区”)是我国创新驱动发展的排头兵和领头羊。2019年,国家高新区高新技术企业和发明专利授权量分别占全国总量的35.9%和37.4%,每万名从业人员中R&D人员为全国平均水平的13.8倍。高新区作为科技与经济紧密结合的空间区域,在将科技创新成果转化为经济和社会效益方面发挥重要作用。2019年,国家高新区生产总值和上交税费分别占全国GDP和税收收入的12.3%和11.8%。然而,我国已进入高质量发展阶段,面临新旧动能转换和经济提质换挡的难题,高新区在生产过程中由于技术扩散及资源未能合理配置,导致引进大量设备和技术、投入大量资源却收效甚微^[1]。

京津冀、长三角和珠三角城市群在我国经济崛起最为迅速、发展相对成熟、规模较大,以不到全国4%的土地集聚了超过1/5的人口,创造了超过1/3的GDP^[2]。三大城市群作为区域发展的关键增长极,推动着创新驱动发展战略实施,创新要素最为集聚,也最具有创新潜力^[3]。2018年,三大城市群拥有42家国

¹作者简介:杨图南,广东财经大学经济学院硕士研究生,研究方向:人口、资源与环境经济学;沈志刚,江西科技师范大学经济管理学院硕士研究生,研究方向:企业组织与人力资源管理;杨青生,理学博士,广东财经大学文化旅游与地理学院教授、硕士生导师,研究方向:高新技术产业、地理信息系统理论与方法。

国家级高新区，占全国 169 家高新区总数的 24.9%。其中有 6 家综合排名前十，18 家综合排名前 50。创新效率反映了高新区创新发展质量，关系到投入能否有效转化为产出。分析三大城市群高新区的创新资源利用程度和创新效率差异特征，对优化不同城市创新资源配置、促进高新区高质量发展有重要意义。

1 文献回顾

国内学者在省区市、经济区域和城市群层面用 DEA 法和 SFA 法研究高新区创新效率。张路娜等利用 SFA 模型和 K-R 方差分解法分析国家高新区创新效率增长的空间差异，发现效率差异变化主要由规模效率引起，经济发展水平对效率增长具有负向影响，人力资本、产业结构、国际化水平正向影响显著^[4]；沙德春和胡鑫慧运用 DEA 法发现中部六省高新区整体创新效率偏低且高新区发展不平衡^[5]；姚盛祺基于 DEA 模型评价江西省高新区的创新效率，认为省内高新区发展不平衡且资源利用效率有待优化^[6]；张立峰等利用 SFA 模型发现，影响我国京津冀国家高新区创新效率的因素中，高新区规模、政府支持、盈利能力的促进作用显著^[7]。通过梳理文献，国内很少运用三阶段 DEA 法研究东部三大城市群高新区创新效率。DEA 法无须知道生产函数的具体形式，也可规避参数方法的多种限制^[8]，而 SFA 法能够消除随机因素对于实际产出的干扰，确保了被估计的效率有效且一致^[9]。三阶段 DEA 法则结合两种方法，同时剔除环境噪音与统计噪声差异性的影响^[10]，能反映企业的真实经营管理水平。并且由于东部三大城市群内部资源禀赋和宏观环境的差异性，导致创新效率不能被真实反映，因此本文基于三阶段 DEA 法来评价东部三大城市群国家高新区创新效率。

2 研究方法 with 数据选取

2.1 研究方法

本文以投入导向型的 DEA 模型为例来介绍三阶段 DEA 方法。

2.1.1 第一阶段：传统 DEA 模型(BCC 模型)

BCC 模型是规模报酬可变的 DEA 模型。运用 BCC 模型测算各决策单元(高新区)的综合效率、纯技术效率和规模效率以及投入松弛变量，其中综合效率等于纯技术效率和规模效率的乘积，投入松弛变量为原始投入与目标投入的差值。

2.1.2 第二阶段：SFA 模型

将第一阶段求得的投入松弛变量运用 SFA 法进行回归后，应保证每个决策单元都处于相同的外部环境和随机因素冲击，投入量调整如下：

$$x_{ij}^A = x_{ij} + [\max\{z_j\beta^j\} - z_j\beta^j] + [\max_i\{v_{ij}\} - v_{ij}]$$

x_{ij}^A 和 x_{ij} 分别表示原始投入和调整后的投入。第一个和第二个中括号分别表示在最差的环境标准和最大的随机干扰下需要增加的投入量。

2.1.3 第三阶段：调整后的 DEA 模型

第三阶段利用调整后的投入和原始产出数据，再次代入 DEA-BCC 模型评估效率。

2.2 数据选取

2.2.1 投入产出指标选取

创新效率测算涉及多项投入产出指标,本文借鉴前人研究^[11-12],分别选取科技活动人员、R&D 活动人员全时当量和 R&D 活动经费内部支出衡量人力和资本投入。同时,专利量体现高新区创新直接产出和知识创新能力,新产品销售收入则体现创新成果商业价值并代表科技成果转化带来的经济效益,这两个指标最能衡量高新区创新活动产出。但鉴于其获取难度较大,且技术性收入反映高新区的研发产出和技术转化效率^[9],产品销售收入反映高新区科技成果的应用和转换能力;出口创汇反映高新区国际竞争力。故高新区创新产出和经济产出分别采用技术性收入、产品销售收入和出口创汇来衡量。

2.2.2 环境变量选取

相同的投入在环境变量的影响下也会有不同效率^[13]。根据前人的研究^[1],环境因素不在样本主观可控范围内。结合高新区的发展特点,本文从地区经济发展水平、产业结构、文化教育环境、政策支持和基础设施环境方面选取环境变量。创新效率评价指标体系见表 1。

表 1 创新效率评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
创新效率	投入指标	科技活动人员/万人
		R&D 活动人员全时当量/万人年 R&D 活动经费内部支出/亿元
环境变量	产出指标	技术性收入/亿元 产品销售收入/亿元 出口创汇/亿美元
	经济发展水平	人均 GDP/万元
	产业结构	规模以上工业企业数/个
	文化教育环境	普通高等学校在校大学生数/万人
	政策支持	政府财政支出中科学技术支出/亿元
	基础设施环境	邮电业务收入占 GDP 比重/%

2.2.3 数据来源及说明

高新区投入产出和环境变量指标分别来源于《2020 中国火炬统计年鉴》和《2020 中国城市统计年鉴》,并根据各城市的统计年鉴和统计公报进行补充。本文研究对象为京津冀、长三角和珠三角城市群的 7 省 35 市截至 2018 年批复设立的所有国家级高新区。考虑同一城市的高新区经济环境相同、政策相似且联系密切,需要作为一个整体考虑。本文参考方大春和曾志彪的做法^[13],将同一城市两个或两个以上高新区的投入产出值相加合并成一家高新区,并采用其所在城市命名。

3 实证分析

3.1 第一阶段:传统 DEA 模型分析

运用 DEAP2.1 计算 35 家高新区的综合效率及分解值(见表 2)。平均纯技术效率低于规模效率,说明在高新区综合效率中规模因素起主导作用。同时需要进行第二阶段的研究以剔除影响创新效率的环境因素和

随机干扰项。

3.2 第二阶段:基于 SFA 的随机前沿分析

运用 Frontier4.1 软件, 通过 SFA 回归考察环境因素对投入冗余的影响。回归结果见表 3。

表 2 投入调整前后东部三大城市群国家高新区创新效率及分解值

DMU	第一阶段				第三阶段			
	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模收益
北京中关村	1	1	1	—	1	1	1	—
天津滨海	0.810	0.846	0.957	drs	0.820	0.888	0.924	irs
石家庄	0.763	0.765	0.999	irs	0.676	1	0.676	irs
唐山	0.275	0.433	0.636	irs	0.051	0.957	0.054	irs
保定	0.378	0.474	0.798	drs	0.518	0.835	0.621	irs
承德	1	1	1	—	0.070	0.983	0.071	irs
燕郊	0.685	0.710	0.965	irs	0.157	1	0.157	irs
上海	1	1	1	—	1	1	1	—
南京	0.350	0.601	0.583	drs	0.713	0.759	0.938	irs
无锡	0.819	1	0.819	drs	1	1	1	—
常州	0.807	0.925	0.873	drs	0.921	1	0.921	irs
苏州	0.625	1	0.625	drs	1	1	1	—
南通	1	1	1	—	0.943	1	0.943	irs
盐城	0.544	0.599	0.908	irs	0.154	0.952	0.162	irs
扬州	0.224	0.365	0.614	irs	0.152	0.946	0.161	irs
镇江	0.602	0.609	0.988	irs	0.267	1	0.267	irs
泰州	1	1	1	—	0.469	1	0.469	irs
杭州	0.783	0.975	0.803	drs	1	1	1	—
宁波	0.471	0.571	0.826	drs	0.651	0.713	0.912	irs
嘉兴	0.752	0.787	0.956	irs	0.254	0.883	0.288	irs
莫干山	0.444	0.520	0.852	irs	0.228	0.954	0.239	irs
绍兴	0.429	0.442	0.971	irs	0.276	0.879	0.314	irs
合肥	0.867	0.943	0.920	drs	0.939	0.996	0.942	irs
芜湖	0.231	0.236	0.979	irs	0.367	0.743	0.494	irs
马鞍山慈湖	1	1	1	—	0.558	1	0.558	irs
铜陵狮子山	0.842	1	0.842	irs	0.138	0.984	0.140	irs
广州	0.613	0.903	0.679	drs	0.956	0.987	0.968	drs
深圳	0.715	0.991	0.721	drs	0.939	0.960	0.977	drs
珠海	0.230	0.340	0.676	drs	0.736	0.790	0.931	irs
佛山	0.351	0.742	0.472	drs	0.785	0.876	0.897	irs
江门	0.275	0.278	0.988	irs	0.340	0.770	0.442	irs
肇庆	0.332	0.342	0.971	irs	0.202	0.868	0.232	irs
惠州	0.901	1	0.901	drs	0.732	0.998	0.734	irs

东莞	1	1	1	—	1	1	1	—
中山	1	1	1	—	0.650	1	0.650	irs

大多数投入冗余量的系数都通过了显著性检验，且单边 LR 的显著性水平为 1%，说明采用 SFA 回归是合理的，分析如下：

人均 GDP。投入冗余的影响系数为正，说明提高人均 GDP 会增加人力和资本投入冗余。这体现在我国东部经济实力雄厚的北京、南京、杭州、广州和深圳等城市，这些城市虽然创新资源丰富，但如果资源没有得到合理配置，就会阻碍效率提升。

规模以上工业企业数。该变量与投入冗余的回归系数均为负，规模以上工业企业越多，人力和资本的投入冗余就越少。这体现在高新区内产业集聚度越高，其内部创新资源越能被充分有效地利用越高，其内部创新资源越能被充分有效地利用。

表 3 东部三大城市群各国家高新区第二阶段 SFA 回归结果

	科技活动人员	R&D 活动人员全时当量	R&D 活动经费内部支出
常数项	-15766.68*** (1.000)	-16210.84*** (1.000)	-5704639.20*** (1.000)
人均 GDP	0.0916** (0.0460)	0.0836*** (0.0053)	17.6630*** (0.6625)
规模以上工业企业数	-0.8135 (0.8927)	-0.3443*** (0.0430)	-197.02*** (1.000)
在校大学生数	0.0160*** (0.0037)	0.0233*** (0.0002)	-6.0220*** (0.6960)
政府科学技术支出	-0.0031** (0.0012)	-0.0034*** (0.0003)	1.3318*** (0.2764)
基础设施环境	1977.34*** (1.000)	1347.89*** (1.000)	407676.73*** (1.000)
σ	1.58E+08 (1.000)	1.96E+08 (1.000)	4.75E+13 (1.000)
γ	1.000 (5.75E-06)	1.000 (6.06E-07)	1.000 (1.41E-05)
LR 值	16.13***	10.60***	72.18***

注：***表示系数在 1%的水平上显著，**表示在 5%的水平上显著，括号内为标准差。

普通高等学校在校大学生数。该变量与人力投入冗余的系数为正，与资本投入冗余的系数为负，说明较完善的文化教育环境造成人力投入的冗余，但人力投入在一定程度上替代了资本投入，提高了研发经费的使用效率。

政府科学技术支出。由人力和资本投入冗余的影响系数可以看出，政府增加科技支出、减少高新区人力投入的同时会增加资本冗余。由于高新区创新活动需要大量人力资源，政府支持高新区创新在一定程度上替代其创新活动中的人力投入，有利于提高人力资源的利用率，但科技资源未合理配置就会使研发经费溢出。

邮电业务收入占当地 GDP 的比重。该变量与投入冗余的回归系数均为正且显著，这表明基础设施完善

的地区如果科技资源没有合理配置也会造成创新投入冗余。

3.3 第三阶段:调整后的 DEA 模型分析

第三阶段高新区的效率值如表 2 所示。平均纯技术效率高于规模效率,说明调整后这些高新区综合效率低主要是由规模效率低引起。

3.3.1 综合效率分析

调整后高新区平均综合效率下降。在综合效率上升的高新区中,无锡、苏州和杭州调整为有效,天津、南京、杭州、宁波、广州和深圳这些经济较为发达的城市综合效率也有一定提升;综合效率下降的承德、南通、泰州、马鞍山慈湖和中山高新区变为无效,说明这些中小城市的创新效率存在虚高。

3.3.2 纯技术效率和规模效率分析

调整后,35 家高新区平均纯技术效率和规模效率分别出现上升和下降。在规模效率上升的高新区中,无锡、苏州和杭州高新区变为有效,南京、宁波、广州、深圳和佛山高新区也有所提升;规模效率下降的承德、南通、泰州、马鞍山慈湖和中山高新区变为无效。从规模收益来看,规模收益递增的高新区由 13 家增加到 27 家,大多数高新区仍能通过增加要素投入来提高创新效率。规模收益递减的广州和深圳两家高新区应走内涵式发展道路,而不是单纯依靠增加要素投入。

3.3.3 分区域高新区创新效率评价

为比较不同区域的高新区创新效率,本文利用各城市群高新区综合效率及分解效率的平均值进行分析,结果见表 4。京津冀和长三角城市群高新区综合效率均值有所下降,说明京津冀和长三角城市群高新区的创新效率存在虚高;珠三角地区上升 0.102,说明环境因素导致其创新效率被低估。调整后,珠三角综合效率和规模效率最高,纯技术效率最低且小于规模效率,说明珠三角城市群高新区规模效率主导综合效率提升,应提升投入转化技术和管理水平;京津冀和长三角规模效率有所下降且小于纯技术效率,说明这两个城市群高新区规模效率低是阻碍其创新效率提升的原因,应努力扩大生产规模来提升创新效率。

表 4 东部各城市群高新区综合效率及分解效率平均值

地区	调整前			调整后		
	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率
京津冀城市群	0.702	0.747	0.908	0.470	0.952	0.500
长三角城市群	0.673	0.767	0.872	0.581	0.937	0.618
珠三角城市群	0.602	0.733	0.823	0.704	0.917	0.759

3.3.4 高新区创新模式分析

为进一步分析东部城市群高新区的创新情况,本文参考刘满凤等的做法^[1],以调整后各高新区综合效率的均值 0.59 和根据因子分析法对投入指标进行降维处理得到各高新区投入综合得分的均值 2.57E-8 分别作为区分效率和投入高低的临界值。效率、投入大于和小于各自均值的分别为效率高和效率低、投入高和投入低的高新区。表 5 为基于临界值对东部城市群高新区创新模式的划分。北京、上海、南京、苏州、

杭州、合肥、广州和深圳高新区投入和效率都较高，且创新效率均在 0.7 以上，生产模式较为有效；天津、石家庄、无锡、常州、南通、宁波、珠海、佛山、惠州、东莞和中山高新区，相比前一类，它们以较低投入换来较高效率，政府部门应该大力发展这些高新区，依靠创新投入带来效率优势；唐山、保定、承德、燕郊、盐城、扬州等 16 家高新区，可能受到制度因素和自身管理水平的影响，投入低，效率也低。这类高新区数量最多，如何以有限资源提升效率成为其发展的重点和难点，国家应重点扶持这些地区的经济。

表 5 高新区创新模式划分

	创新投入低	创新投入高
效率高	天津、石家庄、无锡、常州南通、宁波、珠海、佛山惠州、东莞、中山	北京、上海、南京、苏州杭州、合肥、广州、深圳
效率低	唐山、保定、承德、燕郊盐城、扬州、镇江、泰州、嘉兴、莫干山、绍兴、芜湖马鞍山、铜陵、江门、肇庆	

4 结论

本文基于 2019 年我国东部三大城市群 35 家国家高新区的投入产出数据和环境变量，构建三阶段 DEA 模型研究高新区创新效率，得出以下结论。经济发达城市的高新区综合效率被低估，而一些中小城市存在虚高。东部三大城市群高新区创新效率不高主要是由规模效率不高引起，大部分高新区仍需扩大规模投入。

SFA 回归发现，在影响高新区创新效率的环境因素中，地区经济发展水平和基础设施环境对高新区创新效率影响为负，产业结构、文化教育环境和政府科学技术支出影响为正。东部城市群高新区的科技创新体系建设和市场化机制有待完善。

分区域来看，京津冀和长三角地区高新区综合效率的提升受制于规模效率，应增加要素投入，而珠三角应提高投入转化产出的技术水平和管理能力。投入和效率较低的高新区数量最多并集中在经济较为落后的中小城市，说明我国不少高新区处于低水平要素投入的发展阶段。

基于上述结论，本文提出以下建议。

我国东部城市群内部应加强合作与交流，打破空间壁垒，促进要素间自由流动；各城市群应发展特色产业，集聚创新要素，协调推进城市群之间及内部高新区的创新效率提升。

东部城市群国家高新区应致力于改善环境要素。绝大部分高新区提升空间较大，应加强财政科技投入力度，创新并完善科技成果转化机制，强化基础试验和研究。各地在努力发展二、三产业的同时也应当利用政府的技术创新补贴和金融机构宽松的信贷政策吸引高技术产业入驻高新区，发挥优势产业集群效应。

不同类型的高新区应因地制宜、互相借鉴、取长补短。投入和效率较低的高新区应该扩大人才、经费等科技要素投入，提高内部管理和资源配置水平。政府部门也应给予政策扶持，改善其发展环境，同时大力发展投入低、效率高的高新区。

参考文献

- [1] 刘满凤, 李圣宏. 基于三阶段 DEA 模型的我国高新技术开发区创新效率研究[J]. 管理评论, 2016,

28(1):42-52.

[2] 齐嘉. 中国三大城市群产业集聚比较研究——基于高新区高成长企业的证据[J]. 海南大学学报(人文社会科学版), 2018, 36(2):60-68.

[3] 叶堂林, 李璐, 王雪莹. 我国东部三大城市群创新效率及影响因素对比研究 [J]. 科技进步与对策, 2021, 38(11):36-45.

[4] 张路娜, 孙红军, 胡贝贝. 中国国家高新区创新效率增长的空间差异及影响因素研究 [J]. 技术经济, 2021, 40(6):1-8.

[5] 沙德春, 胡鑫慧. 中部六省国家级高新技术产业开发区创新效率研究 [J]. 河南科学, 2020, 38(1):119-127.

[6] 姚盛祺. 基于 DEA 的江西高新技术产业开发区创新效率测度 [J]. 品牌与标准化, 2021(1):44-47.

[7] 张立峰, 郭爱英, 董晓宏. 京津冀国家级高新区创新效率及影响因素——基于随机前沿模型的实证研究 [J]. 商业经济研究, 2018(16):153-155.

[8] 郭瑞, 文雁兵. 高新技术产业绿色创新研究:效率测算与 FDI 区位选择 [J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2019, 49(5):224-239.

[9] 周姣, 赵敏. 我国高新技术产业开发区创新效率及其影响因素的实证研究 [J]. 科技管理研究, 2014, 34(10):1-6.

[10] FRIED H O, LOVELL C A K, SCHMIDT S S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis [J]. Journal of Productivity Analysis, 2002, 17(1):157-174.

[11] 谢子远. 国家高新区技术创新效率影响因素研究 [J]. 科研管理, 2011, 32(11):52-58.

[12] 王淑英, 赵雅曼. 郑洛新国家自主创新示范区创新绩效评价及提升路径 [J]. 科技管理研究, 2021, 41(20):10-16.

[13] 方大春, 曾志彪. 长三角城市群国家高新区创新效率比较分析——基于三阶段 DEA 模型 [J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2021, 55(5):780-790.