

基于两阶段动态 DEA 模型的区域创新绩效分析

——以长江经济带为例

王雪莹

（重庆工商大学 长江上游经济研究中心， 重庆 400067）

【摘要】创新绩效的高低是区域经济发展能否得到竞争优势的重要因素。使用 DEAP2.1 软件，运用 DEA 模型，从科技成果研发和科技成果商业化两个阶段对长江经济带 9 省 2 市创新绩效进行测评。研究结果表明：长江经济带各省市第一阶段受纯技术效率的影响，综合技术效率有所下滑，第二阶段科技成果商业转化效率整体不高，且多个省市两阶段的转化效率不能匹配，容易造成资源浪费和创新效率低的问题。对此各省市应基于自身发展现状进行改进，不断提高创新绩效。

【关键词】长江经济带；区域创新；投入；产出；绩效

【中图分类号】F061.5 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1671-4806（2018）03-0076-06

自创新驱动发展战略实施以来，创新与发展密不可分，创新绩效快速提高，对经济发展和创新驱动的实现有着极大的意义。如今，我国科技创新发展的步伐不断加快，已基本形成了由沿海向内陆地区延伸的区域发展格局。长江经济带是聚集多个经济增长极的综合体，要实现高效率创新对促进该区域经济的增长以及中东西部协同发展都有着举足轻重的影响。本文对长江经济带 9 省 2 市的创新绩效进行实证分析和评价，为长江经济带创新绩效的提升和东中西部的协调发展提供参考。

一、文献综述

从本质上来看，区域创新系统是典型的投入产出过程^[1]，社会经济资源的不断投入才能实现价值。通过投入产出效应来评价创新绩效，具体是指在区域创新系统中投入必要的资源要素使生产效率和社会绩效得到提高。因此，测度创新绩效应重点考察投入和产出两方面。

区域创新绩效的测度主要是通过参数法或非参数法。参数法以随机前沿分析（SFA）为代表，如苏屹、陈永康等人分别运用随机前沿分析方法对全国各个省市的区域创新效率进行测算^[2-3]。参数法具有扎实的理论基础，但需要根据研究对象设定相应的生产函数，而函数的设置较为复杂，一旦设定错误，便会造成严重的结果误差；非参数法则以数据包络分析（DEA）为代表，运用运筹学中线性规划理论对投入和产出进行分析，进而计算创新绩效，该方法不需要设定具体函数，可避免主观函数的设定所带来的误差，且技术方法简便。许多学者运用数据包络分析法来评价区域的创新绩效，如周洪文等人运用网络 DEA 评价全国各个创新系统的创新绩效，认为各个地方创新能力均有很大提高^[4]；候睿利用 DEA-Malmquist 指数度量 28 个省市的创新绩效，并提出技术进步是提升创新的核心^[5]。目前用 DEA 对区域创新的评价侧重于单阶段，但创新资源从流动到产出应该是多层次、多路径的网络流动程序，多阶段的评价法更容易发现其低效率的深层原因。

收稿日期：2018-04-20

作者简介：王雪莹（1994 —），女，四川泸州人，硕士研究生，研究方向为区域经济理论与政策。

基于以上原因，本文借鉴张博榕等人的研究[6]，构建两阶段动态 DEA 模型对创新绩效进行分析。本文将创新过程分为两个阶段：第一阶段为科技成果研发，即知识投入和产出效率的分析；第二阶段为科技成果商业化转化效率的分析。两阶段并非是彼此独立的关系，第一阶段的产出作为第二阶段的投入要素，两阶段相互衔接和配合，才能使创新实现价值。

二、研究设计和数据处理

（一）模型构造和指标选取

基于指标选取的客观性和科学性，本文将 R&D 人员数量和 R&D 投入强度作为第一阶段的投入指标，专利授权数和论文发表数作为第一阶段的产出指标；第二阶段投入指标除第一阶段产出指标外，增加了技术合同成交额，以人均 GDP 和工业企业新产品销售收入为第二阶段的产出指标。用万人中研究人员数量表示 R&D 人员数量，代表创新人力资源的投入；R&D 投入强度为 R&D 研究经费对 GDP 的占比，代表创新财力资源的投入。为便于各省市间比较，参照张博榕等人的处理方法^[6]，专利授权量用专利数与 GDP 比值表示（单位：件/10 亿）；论文发表数用发文量与 GDP 比值表示（单位：篇/10 亿）；技术市场合同成交额表示区域的创新扩散能力，因此作为第二阶段的投入；人均 GDP 和工业企业新产品销售收入作为创新经济效率的代表，研究模型如图 1 所示。

（二）模型选取

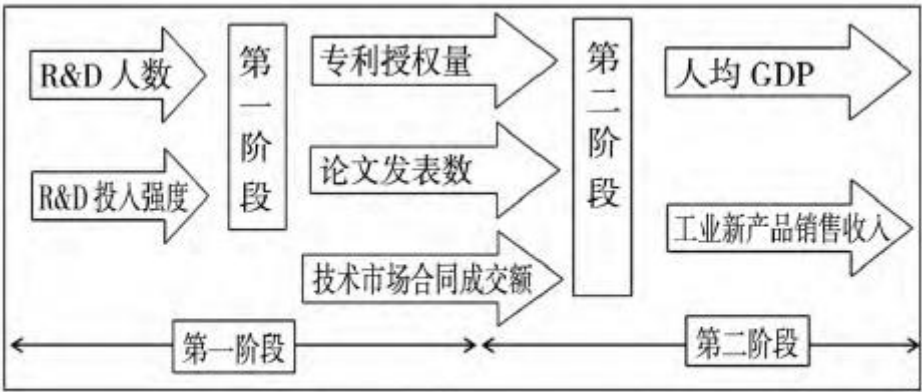


图 1 两阶段创新模型

数据包络分析法（Data Envelopment Analysis）是由美国运筹学家 Charnes、Cooper 和 Rhodes 提出的一种非参数统计方法。具体可分为 CCR 模型和 BBC 模型，其中 CCR 模型不考虑规模报酬因素，只能计算出综合效率；而 BCC 模型考虑了规模报酬的可变性，并将技术效率分解为纯技术效率和规模效率。纯技术效率代表现有技术下决策单元的产出水平；规模效率用于衡量决策单元的生产是否达到规模最优化。本文主要采用 BBC 模型对区域创新绩效进行评价。BBC 模型的基本公式如下：

$$\begin{aligned}
& \min \left[\theta - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right] \\
& S.T. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- = \theta x_{i0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - S_r^+ = y_{r0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \theta, \lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0, j \in (1, 2, \dots, N) \end{cases}
\end{aligned}$$

其中 x 和 y 代表决策单元的投入和产出集合, λ_j 代表通过线性组合构成有效决策单元时, 第 j 个决策单元的组合比例, θ 代表决策单元与有效前沿面的径向优化量, θ 越靠近 1 则越有效, S_i^- 和 S_r^+ 分别代表投入过剩量和产出不足量。若 $\theta=1$ 且 $S_i^-=S_r^+=0$, 则该决策单元为 DEA 有效; 若 $\theta=1$ 且 S_i^- 或 S_r^+ 不为 0, 则该决策单元为 DEA 弱有效; 若 θ 不为 1, 则表示该决策单元非 DEA 有效, 且 θ 越小, 越无效。

(三) 数据的来源和预处理

本文选取《中国统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》中有关数据, 测算长江经济带创新绩效, 考虑到创新从研发投入到成品产出需要一定的时间, 借鉴官建成、刘顺忠的做法^[7], 分别把两个阶段的投入和产出延迟 2 年, 即第一阶段的投入时间为 2009—2012 年, 产出时间为 2011—2014 年; 第二阶段的投入数据时间为 2011—2014 年, 产出数据时间为 2013—2016 年。

由表 1 可以看出, 各个省市对于创新投入逐年增加, 但仅上海、江苏和浙江 3 省市在考察期间内 R&D 投入强度高于全国平均水平, 且每万人中的 R&D 人员数量远超其他各省市。长三角地区经济较为发达, 可凭借自身雄厚的经济实力不断加大研发资金的投入, 吸引高层次创新人才集聚。很显然, 长三角 3 省市应属于高投入城市。同时, 长江中游的武汉、上游的四川以及重庆对创新所需的人力和财力都有较大的投入。

表 1 2009—2012 年长江经济带各省市第一阶段创新投入指标数据

	R&D 经费投入强度 (%)				每万人 R&D 人员数量			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
上海	2.81	2.81	3.11	3.37	88.76	77.08	84.65	87.74
江苏	2.04	2.07	2.17	2.38	47.82	51.62	57.62	69.34
浙江	1.73	1.78	1.85	2.08	46.15	52.65	59.35	68.89
安徽	1.35	1.32	1.40	1.64	14.30	15.88	20.55	26.10
江西	0.99	0.92	0.83	0.88	11.71	11.98	12.68	12.93
湖北	1.65	1.65	1.65	1.73	23.02	24.95	28.89	32.13
湖南	1.18	1.16	1.19	1.30	14.64	16.70	19.35	21.84
重庆	1.22	1.27	1.28	1.40	18.66	20.41	22.37	24.66
四川	1.52	1.54	1.40	1.47	15.28	16.21	16.66	19.23
贵州	0.68	0.65	0.64	0.61	5.26	6.74	7.17	8.60
云南	0.60	0.61	0.63	0.67	8.07	8.21	9.41	10.10
全国	1.66	1.71	1.78	1.91	23.85	26.42	29.82	34.10

注：数据来源于《中国科技统计年鉴》

由表 2 可以看出，仅有上海的科技论文发文量和专利授权数都超过全国平均水平，云南、贵州和江西三省的科技文章数量和专利授权量均远远低于全国平均水平，而其他城市与全国平均水平较为接近。值得关注的是，江苏和浙江作为创新的高投入省份，其科技产出却不尽如人意，虽然专利授权数高于全国水平，但授权量逐年递减，其可能为规模有效性递减，应适当缩减对创新的投入。上海、江苏和湖北的技术市场合同成交额较大，安徽、湖北、重庆和四川的成交额增长较为显著。

表 2 2011—2014 年长江经济带各省市第二阶段投入指标数据

	每 10 亿 GDP 科技文章篇数				每 10 亿 GDP 专利件数				技术合同成交额 (单位：亿元)			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
上海	14.42	14.17	15.83	15.76	24.98	25.52	22.53	21.42	443.22	465.23	466.11	505.72
江苏	5.69	5.66	6.48	6.74	40.69	49.94	40.51	30.73	305.02	357.46	459.75	463.20
浙江	5.00	5.06	5.34	5.58	40.28	54.37	53.86	46.93	65.69	72.69	71.22	74.68
安徽	4.98	4.94	5.59	5.92	21.36	25.17	25.66	23.21	59.71	77.33	114.66	146.51
江西	2.48	2.70	2.72	3.25	4.74	6.17	6.95	8.80	31.54	35.73	37.73	43.48
湖北	7.73	7.54	8.10	8.57	9.70	11.00	11.66	10.33	115.43	175.29	345.22	494.28
湖南	5.95	5.72	6.09	5.93	8.17	10.48	9.96	9.85	32.53	38.07	67.89	84.50
重庆	6.52	6.68	6.39	6.82	15.51	17.85	19.62	17.05	62.68	48.43	78.80	133.94
四川	5.76	5.80	6.36	6.81	13.53	17.68	17.58	16.51	62.43	99.89	129.78	171.13
贵州	1.35	1.17	1.41	1.34	5.94	8.84	9.89	10.91	12.62	8.71	16.16	17.19
云南	2.73	2.97	3.37	3.54	4.72	5.68	5.81	6.34	10.77	40.70	36.45	40.62
全国	6.20	6.13	6.64	6.94	16.36	19.54	19.54	24.72	4375.13	5762.35	6516.80	7336.83

注：数据来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》

由表 3 可以看出，上海、江苏、浙江和重庆在考察期间人均 GDP 大于全国人均 GDP，其中上海稳居榜首，贵州、云南与全国平均水平相差较大。就工业企业新产品销售收入而言，江苏、浙江、上海、湖南、湖北和安徽的销售收入较为可观，其他各省的销售收入较低，可能是创新过程中科技成果的转化出现了问题。

表 3 2013—2016 年长江经济带各省市产出指标数据

	人均 GDP(单位:元)				工业企业新产品销售收入(单位:亿元)			
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
上海	86738	91943	98287	105167	7558.53	8396.66	7727.83	9457.59
江苏	65549	71055	76952	82724	18180.67	22085.16	24082.33	28182.81
浙江	59805	64171	69048	73743	13967.74	15681.79	18564.74	21449.83
安徽	26968	29233	31484	33909	3842.93	4758.03	5644.14	7131.69
江西	26546	28988	31452	34094	1379.68	1472.29	1841.64	2846.06
湖北	35851	39185	42476	45662	4183.36	4817.79	5362.23	6405.13
湖南	31031	33730	36361	39016	5056.27	5664.25	6850.73	7632.52
重庆	38349	42184	46445	50904	2573.30	3505.91	4530.24	5080.07
四川	28617	30935	33163	35484	2258.11	2505.40	2772.63	2951.04
贵州	18555	20485	22595	24809	339.28	382.68	384.67	572.92
云南	21360	22962	24799	26783	407.77	487.35	508.54	638.05
全国	38261	40377	42391	44644				

注:数据来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》

三、实证分析

(一) 技术效率结果评价及分析

使用 DEAP2.1 软件对第一阶段投入产出数据进行分析,获得各单元的相对效率值(见表 4)。

由表 4 可以看出,2009—2011 年长江经济带综合效率逐年增加,但 2012 年较上年有所下降,若进一步分析综合效率降低的原因,可以看到纯技术效率下降是造成整体综合效率下降的首要原因,说明长江经济带创新资源的使用效率较低,应在加大创新资源投入的同时提升资源的利用率。具体来说,2009—2012 年综合技术效率高的省市在不断增加,其中浙江和重庆连续 4 年综合效率值均为 1,说明现阶段该省的创新资源投入及效率处于合理状态;而上海、江苏、安徽和湖南综合效率在降低,主要是受到规模效率的影响,这 4 个省份的规模有效性递减,应适量减少创新资源的投入;江西省综合效率不断提高,但总体偏低,其主要受到创新资源投入不足和资源利用度不高两方面的影响,应提高创新资源的投入以及利用率;其他省市均处于良好的发展态势,区域创新的技术效率获得较好成果。

表 4 第一阶段科技成果研发效率

	综合效率				纯技术效率				规模效率			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
上海	0.960	0.959	0.952	0.885	1.000	1.000	1.000	1.000	0.960 (drs)	0.959 (drs)	0.952 (drs)	0.885 (drs)
江苏	0.916	0.881	0.796	0.747	1.000	0.991	0.833	0.761	0.916 (drs)	0.889 (drs)	0.955 (drs)	0.981 (drs)
浙江	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
安徽	1.000	1.000	1.000	0.971	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.971 (drs)
江西	0.537	0.633	0.657	0.823	0.646	0.67	0.762	0.837	0.832 (irs)	0.944 (irs)	0.862 (irs)	0.983 (irs)
湖北	0.901	0.893	0.919	0.937	1.000	1.000	1.000	1.000	0.901 (drs)	0.893 (drs)	0.919 (drs)	0.937 (drs)
湖南	1.000	0.984	0.958	0.863	1.000	1.000	1.000	0.915	1.000 (drs)	0.984 (drs)	0.958 (drs)	0.943 (drs)
重庆	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
四川	0.980	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.980 (drs)	1.000	1.000	1.000
贵州	0.756	0.828	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.756 (irs)	0.828 (irs)	1.000	1.000
云南	0.883	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.883 (irs)	1.000	1.000	1.000
综合	0.903	0.925	0.935	0.930	0.968	0.969	0.963	0.956	0.930	0.954	0.968	0.973

（二）经济效率结果评价及分析

在第二阶段的实证分析中，使用“每 10 亿 GDP 科技文章篇数”“每 10 亿 GDP 专利件数”和“技术合同成交额”作为投入指标，使用“人均 GDP”和“工业新产品总产值”作为产出指标。运用 DEAP2.1 软件计算得出第二阶段投入产出技术效率值（见表 5）。

从表 5 可以看出，长江经济带技术创新第二阶段效率在不断提升，但科技成果转化效率不高。四川、安徽和重庆的转化效率小于 0.8，而经济较为落后的云贵两省效率却很高，这与平常的认知不符。但仔细思考后，本文认为并不矛盾。云南、贵州两省的经济水平决定其创新投入较少，较少的资源得到有效利用，获得较高的经济产出，这正是云南、贵州科技成果转化效率高的原因之一。安徽和四川转化效率不高主要受到纯技术效率和规模无效性两方面的双重作用，但纯技术效率的影响更为突出；重庆转化效率不高主要受到规模效率的影响，该市的规模有效性呈现递减的状态。

表 5 第二阶段科技成果商业化效率

	综合效率				纯技术效率				规模效率			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
上海	0.729	0.888	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.729 (drs)	0.888 (drs)	1.000	1.000
江苏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
浙江	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
安徽	0.518	0.583	0.541	0.547	0.577	0.635	0.607	0.629	0.897 (irs)	0.918 (irs)	0.892 (irs)	0.871 (irs)
江西	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
湖北	0.843	0.973	0.906	1.000	0.925	1.000	0.906	1.000	0.911 (drs)	0.973 (drs)	1.000	1.000
湖南	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
重庆	0.611	0.781	0.720	0.767	0.920	1.000	1.000	0.925	0.664 (drs)	0.781 (drs)	0.720 (drs)	0.829 (drs)
四川	0.513	0.488	0.466	0.538	0.522	0.489	0.466	0.542	0.983 (drs)	0.997 (irs)	1.000	0.993 (irs)
贵州	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
云南	1.000	0.860	0.944	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.860 (irs)	0.944 (irs)	1.000
综合	0.838	0.870	0.871	0.896	0.904	0.920	0.907	0.918	0.926	0.947	0.960	0.972

四、结论与对策

根据数据包络分析法把长江经济带创新绩效的测评分成两个阶段：第一阶段评价区域科技成果研发效率；第二阶段评价科技成果商业化效率。

第一阶段中，2009—2012 年的技术综合效率先增加后减少，主要是受到纯技术效率的影响，整个长江经济带的资源利用率应不断提升；第二阶段中，长江经济带整体的科技成果商业转化效率不到 0.9，并不算高，经济较为发达的安徽、四川和重庆的商业转化转换效率却不尽如人意。创新绩效的提高应该是两阶段的衔接和配合，从而最终产生经济效益。结合两阶段结果，不难发现很多省市的投入产出效率和科技成果转化效率不能匹配。上海、江苏科技成果研发效率较低，而较高的科技成果转化效率，使得区域创新不能长久保持有效性，并且较低的研发效率直接降低了最终的经济利益；安徽、四川和重庆成果研发效率较高而科技成果转换率较低，往往会导致创新资源的投入得不到理想的经济效益，从而造成经济浪费和创新效率低的后果。

提高地区的创新效率需要科技成果研发效率和科技成果商业化效率两手抓，各省市根据自身发展现状可以采取如下措施：

第一，投入适当的资源，提高利用率。虽然近年来长江经济带 9 省 2 市的经济迅速发展，不过省市间还存在不少差距，各省市对创新资源的投入受到经济发展的限制。江西、贵州、云南等省份资源规模有效性递增，应加大创新资源的投入；上海、江苏、安徽、湖南、湖北等省市资源规模递减，应重视创新资源的利用率，避免资源的浪费。第二，推动创新科技成果转化，大力发展高新技术产业。企业是确保创新资源从科技成果向经济收益转变的核心，高新技术产业属于知识密集型、技术密集型产业，已在创新活动中扮演着越来越重要的角色，应设立高新产业园区，整合优势资源，优化配置。第三，加大对落后地区的扶持，确保长江经济带的协同创新。相对而言，江西、安徽、云南、贵州等省份的综合创新能力比较落后，应该积极提升自身创新能力，加大创新资源的投入。长江中下游地区应利用自身区域优势，积极吸收“长三角”创新溢出效应，优化创新环境；长江上游地区位于内陆，受到地理区位限制，难以得到下游地区的创新辐射效应，需提高科技创新能力、培育创新人才，推进科技创新开放合作，积极培育科技创新发展极。

参考文献:

- [1]尹凡, 单莹洁, 苏传华, 等. 河北省区域创新绩效评价模型的构建[J]. 统计与决策, 2011 (14): 77-79.
- [2]苏屹, 李柏洲. 基于随机前沿的区域创新系统创新绩效分析[J]. 系统工程学报, 2013 (1): 125-133.
- [3]陈永康, 李凡, 刘章. 区域创新效率的参数估计: 基于空间随机前沿模型[J]. 内蒙古科技与经济, 2017 (10): 57-59.
- [4]周洪文, 宋丽萍, 刘玮. 区域创新系统绩效评价比较研究[J]. 工业技术经济, 2014 (9): 22-33.
- [5]侯睿. 基于 Malmquist 指数的我国区域技术创新效率提升与驱动差异研究[J]. 工业技术经济, 2016 (1): 122-129.
- [6]张博裕, 李春成. 基于两阶段动态 DEA 模型的区域创新绩效实证分析[J]. 科技管理研究, 2016 (12): 62-67.
- [7]官建成, 刘顺忠. 区域创新机构对创新绩效影响的研究[J]. 科学学研究, 2003 (2): 210-214.