文章编号:1671-1653(2024)01-0082-11

长江经济带高校科研创新效率及其影响因素

李尧华， 段鑫星

(中国矿业大学　公共管理学院，江苏 徐州　221116)

摘　要:基于长江经济带 2012—2020 年 11 个省(市)的面板数据,借助超效率 SBM 模型和 Malmquist 指数模型,结合 DEA 窗口分析方法测度长江经济带高校科研创新效率。结果显示:长江经济带高校科研创新效率呈平稳发展趋势,各地区之间存在明显差距;全要素生产率整体较高,上、中、下游效率依次呈“低—中—高”趋势。通过 Tobit 模型分析发现,地区经济禀赋、科研人力资源与科研效率呈显著正相关,地区政策环境、地区科研环境、对外交流程度与科研创新效率呈显著负相关。长江经济带高校应提高创新资源管理水平,加强府际合作与政产学研用协同创新,促进科研成果转化。

关键词:长江经济带;高校科研创新效率;全要素生产率;Tobit 模型

中图分类号:G644　**文献标识码**:A　**DOI**:10.7535/j.issn.1671-1653.2024.01.011

Scientific Research Innovation Efficiency and Influencing Factors for Universities in the Yangtze River Economic Belt

LI Yaohua, DUAN Xinxing

(School of Public Policy and Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: Based on the panel data of 11 provinces (cities) in the Yangtze River Economic Belt from 2012 to 2020, the research and innovation efficiency of universities in the Yangtze River Economic Belt was analyzed in depth with the utilization of the DEA window analysis method and super-efficiency SBM-Malmquist model. The results show that although the research and innovation efficiency of universities in the Yangtze River Economic Belt presents a steady development trend, there is an obvious gap between different regions. The total factor productivity of colleges and universities in the Yangtze River Economic Belt is high. The total factor productivity in the upper, middle, and lower reaches shows a trend of "low-medium-high" successively. By using the Tobit model analysis, it is found that regional economic endowment and human resources have a significant positive correlation to the research efficiency of universities, while the regional policy environment, the regional scientific research environment, and the relationship between the degree of foreign exchange are negatively correlated. In the future, universities along the Yangtze River Economic Belt

收稿日期:2023-07-21
基金项目:“学习贯彻党的二十大精神”研究专项课题一般课题(23ZXZB029);2023 年江苏省研究生科研创新计划(KYCX23_2632);中国矿业大学研究生创新计划项目(2023WLJCRCZL158)
作者简介:李尧华(1999-),女,江苏盐城人,中国矿业大学公共管理学院 2022 级教育经济与管理专业硕士研究生;段鑫星(1964-),女,山西平遥人,中国矿业大学公共管理学院教授,博士,博士生导师,主要从事高等教育管理研究。

should improve the management level of scientific innovation resources, strengthen intergovernmental cooperation and government-enterprise-university-research institution and application, and promote the transformation of scientific research achievements.

Keywords: Yangtze River Economic Belt; scientific research and innovation efficiency for universities; the total factor productivity; Tobit model

创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的重要支撑。习近平总书记在党的二十大报告中指出，必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，开辟发展新领域新赛道，不断塑造发展新动能新优势[1]。高校作为我国创新体系的重要组成部分，是国家重大科技创新成果的主要源泉。2019 年 2 月，中共中央、国务院印发的《中国教育现代化 2035》明确提出，到 2035 年我国高等教育竞争力要获得明显提升，总体实现教育现代化，迈入教育强国行列[2](P13-22)。为此，增速区域高等教育现代化，是加快建设教育强国和创新型国家的必经之路[3](P6-10)。

长江经济带作为中国经济社会发展最具活力和潜力的区域，覆盖九省二市，人口总数与经济总量占比超全国总量的 40%，并且积累了若干全国领先的先行先试模式与经验[4](P224-232)，却存在创新合作主体不均衡、科研创新要素分布不均和协同创新溢出不显著等问题，一定程度上阻碍了长江经济带科研创新活动的可持续发展。在此背景下，精准找出阻塞科研创新活动发展的症结所在，理清长江经济带高校在科研创新实践中的职责，才能针对性地解决发展中存在的问题。因此，本文重点分析长江经济带高校的科研创新情况，运用 DEA 窗口分析方法，并设置三年滞后期，对 2012—2020 年长江经济带高校的科研创新效率进行实证分析。

一、文献回顾与分析框架

（一）文献回顾

高校作为培养创新型人才的“主战场”，通过建设高水平科研平台，完成高层次科研任务，从而产出高质量科技创新成果。目前关于高校科研创新效率的研究主要集中于测度对象选择和影响因素探究两方面。

高校科研创新效率的测度对象主要集中于以下三类：一是微观层面上以不同类型高校为研究对象进行科研创新效率评价，如王杜春等[5](P63-70)、宗晓华等[6](P26-35)、杨敏等[7](P256-263)分别以我国 29 所农林高校、“双一流”建设高校和“一流大学”为研究对象，考察了高校科研创新现状。二是中观层面上针对特定功能区或某个省份高校科研创新效率的考察，如吴颖等[8](P104-117)、张蕾等[9](P38-44)、李璐[10](P44-53)分别研究了长三角 41 市、“一带一路”沿线重点省区和京津冀地区的高校科研创新效率。三是宏观层面上以全国不同省份高校为样本进行效率测度，如杨登才等[11](P943-955)采用数据包络分析法和回归分析法，分析不同省份高校科技成果转化效率及其影响因素。

高校科研创新效率的影响因素探究主要聚焦于以下两方面：一是影响因素的指标选取。外部因素通常包括经济、政策和科研环境等，如蔡文伯等[12](P62-70)探讨了经济水平、产业结构、政策环境等因素对我国高校科技创新效率的影响。内部因素通常考虑人力资源、对外交流程度等，如许晓东等[13](P50-57,78)将高校中参与科研的研究生人数、高级职称科研人员、举办学术会议次数等作为内部因素进行分析。二是考察影响因素的方法选择。多数学者倾向于使用回归模型考察高校科研创新效率的影响因素，如王海燕等[14](P37-43)选取我国 30 个省份 2013—2019 年的数据，研究高校科技创新与区域经济两系统协调发展的影响因素。

比较相关研究发现：一方面，少有学者将“长江经济带”作为研究对象，对其时空格局的相关分析有待进一步加强；另一方面，相关研究大多基于 DEA 传统模型展开研究，忽略了高校科研活动的时滞性。本研究以长江经济带 11 个省（市）的高校科研活动为数据样本，在 2012—2020 年长江经济带高校科研创新效率综合评价的基础上，进一步对全要素生产率及其分解进行测算，同时探索其时空演化趋势，并进一步分析相关影响因素。

(二)分析框架

本研究基于地区经济禀赋、地区政策环境、地区科研环境、科研人力资源、对外交流程度等五方面因素,对长江经济带高校科研创新效率的影响因素展开实证分析。首先,测度长江经济带高校科研创新效率及其全要素生产率。一是通过测度高校科研创新效率,分析高校科研创新效率现状,并刻画其时空演化趋势。二是考察长江经济带高校科研全要素生产率,明晰技术与管理因素对长江经济带高校科研创新效率产生的影响。其次,参照国内外的测度方法,对高校科研创新活动的影响因素进行探究。

二、研究数据与研究方法

(一)研究数据

基于知识生产函数模型,总结现有文献对高校科研创新效率研究的指标选取情况,结合数据的可获得性、科学性与合理性,从人、财、物三方面进行考量,构建由 4 个投入指标、3 个产出指标组成的高校科研创新效率评价体系(见表 1)。全部数据来自 2013—2021 年《高等学校科技统计资料汇编》。

表 1 高校科研创新效率评价体系

指标	一级指标	二级指标	变量符号
投入指标	人力投入	研究与发展全时人员/人	$X1$
		成果应用及科技服务全时人员/人	$X2$
	财力投入	科研事业费/千元	$X3$
	物力投入	固定资产购置费/千元	$X4$
产出指标	科研成果	科技论文数/篇	$Y1$
		专利授权数/项	$Y2$
	技术转让	当年转让实际收入/千元	$Y3$

为确保测量结果的准确性,运用 SPSS 21.0 对选取的投入与产出变量进行 Pearson 相关系数检验,结果见表 2。结果表明投入产出指标均通过了 5%的显著性检验,说明构建的高校科研创新效率指标体系可信度较高。

表 2 长江经济带高校科研创新投入产出变量的相关系数

指标	$X1$	$X2$	$X3$	$X4$	$Y1$	$Y2$	$Y3$
$X1$	1	0.786**	0.825**	0.792**	0.826**	0.658**	0.741**
$X2$	0.786**	1	0.712**	0.882**	0.882**	0.817**	0.702**
$X3$	0.825**	0.712**	1	0.827**	0.803**	0.748**	0.695**
$X4$	0.792**	0.882**	0.827**	1	0.885**	0.833**	0.776**
$Y1$	0.826**	0.882**	0.803**	0.885**	1	0.791**	0.762**
$Y2$	0.658**	0.817**	0.748**	0.833**	0.791**	1	0.719**
$Y3$	0.741**	0.702**	0.695**	0.776**	0.762**	0.719**	1

注:**表示在 5%水平下显著。

(二)研究方法

1.DEA 窗口分析方法。DEA 窗口分析法利用窗口移动后的平均值考察各 DMU 的变动趋势,将不同时期的 DMU 视为不同区间。因此,对于某一特定的 DMU 来说,横向上可以与同一年份其他的 DMU 进行比较,纵向上不同年份的 DMU 之间可以相互进行比较。参考以往大多数研究的做法,设置窗口宽度 $W=3$。由于样本期 $T=9$,DMU 数量为 $J=11$,可以得出窗口数量为 $T\text{-}W+1=7$,DMU 中样本个数为 $N=W\times J\times(T\text{-}W+1)=231$。由于篇幅限制,仅以上海市为例,高校科研创新效率在时期 $T=9$ 以内的 DEA 窗口模型分析结果见表 3。

表 3　上海市高校科研创新效率在时期 $T=9$ 以内的 DEA 窗口模型分析（$W=3$）

窗口	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
$W=1$	0.650	0.613	0.559	—	—	—	—	—	—
$W=2$	—	0.560	0.531	0.550	—	—	—	—	—
$W=3$	—	—	0.514	0.518	0.767	—	—	—	—
$W=4$	—	—	—	0.488	0.666	0.749	—	—	—
$W=5$	—	—	—	—	0.640	0.679	1.797	—	—
$W=6$	—	—	—	—	—	0.684	1.797	0.485	—
$W=7$	—	—	—	—	—	—	1.618	0.551	0.799
均值	0.650	0.587	0.535	0.519	0.691	0.704	1.737	0.518	0.799

2. 超效率 SBM 模型。传统的 DEA 基本模型有 C^2R 和 BC^2 模型，该方法能够充分考虑决策单元的最佳投入产出比，但在此模型中未体现出松弛改进部分[15](P23)。基于此，Tone Kaoru 提出了超效率 SBM 模型[16](P498-509)。

参考初旭新等[17](P119-123)的做法，假设有 m 种投入指标，q 种产出指标，建立模型如下：

$$E=\mathrm{Min}\theta=\frac{1+\dfrac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}s_i^-/x_{ik}}{1+\dfrac{1}{q}\sum_{r=1}^{q}s_i^+/y_{rk}},$$

$$s.t.\begin{cases}\sum\limits_{j=1,\neq k}^{n}\lambda_j x_{ij}-s_i^-\leqslant x_{ik},\\ \sum\limits_{j=1,\neq k}^{n}\lambda_j y_{rj}+s_r^+\geqslant y_{rk},\\ \lambda,s^+,s^-\geqslant 0,\\ i=1,2,\cdots,m;\quad r=1,2,\cdots,q;\\ j=1,2,\cdots,n,(j\neq k),\end{cases}\tag{1}$$

其中，E 表示整体效率，即高校科研创新效率；s_i^- 和 s_r^+ 分别表示投入松弛与产出松弛，x_{ik} 为第 k 个 DMU 的第 i 个投入变量，y_{rk} 为第 k 个 DMU 的第 r 个产出变量，λ 为各要素的权重。

3. Malmquist 指数方法。利用 Malmquist 指数分析法，可以考虑技术维度产生的影响。Malmquist 指数公式如下：

$$\mathrm{MI}_t^{t+1}=\left[\frac{\theta^t(x_0^{t+1},y_0^{t+1})}{\theta^{t+1}(x_0^{t+1},y_0^{t+1})}\times\frac{\theta^t(x_0^t,y_0^t)}{\theta^{t+1}(x_0^t,y_0^t)}\right]^{\frac{1}{2}}\times\frac{\theta^{t+1}(x_0^{t+1},y_0^{t+1})}{\theta^t(x_0^t,y_0^t)},\tag{2}$$

其中，$\theta^t(x_0^t,y_0^t)$，$\theta^t(x_0^{t+1},y_0^{t+1})$ 分别为 t 时段和 $t+1$ 时段投入与产出在 t 时段的效率值。

设定滞后期数为 $W=3$，采用规模报酬可变假设，对传统 Malmquist 指数公式进行分解，具体公式如下所示：

$$\mathrm{MI}'(a,b)=\frac{\theta'_{\mathrm{bwb}}}{\theta'_{\mathrm{awa}}}\times\left[\frac{\theta'_{\mathrm{awb}}}{\theta'_{\mathrm{bwb}}}\times\frac{\theta'_{\mathrm{awb}}}{\theta'_{\mathrm{bwa}}}\right]^{\frac{1}{2}}=\mathrm{EC}\times\mathrm{TC},\tag{3}$$

其中，W 表示窗口宽度，a、b 表示时期数。

三、高校科研创新效率现状

（一）高校科研创新效率测算结果

为保证实验可信度和效率测度稳定性之间的平衡，设定窗口为 $W=3$，借助 MAXDEA8.0 软件，导入指标数据，得出各省（市）高校科研创新效率值（见表 4），再将结果进一步处理，整理出变化趋势如图 1 所示。

表 4　2012—2020 年长江经济带高校科研创新效率值

地区	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	均值
上海	0.650	0.587	0.535	0.519	0.691	0.704	1.738	0.518	0.799	0.749
江苏	1.025	0.916	1.190	1.050	0.935	1.031	1.075	0.616	1.056	0.988
浙江	1.002	1.089	0.943	1.178	1.335	1.126	0.928	0.612	1.200	1.046
安徽	0.776	0.588	0.809	1.238	0.566	0.513	0.474	0.318	0.478	0.640
江西	0.816	1.006	1.032	1.048	0.963	1.109	0.862	0.523	0.616	0.886
湖北	1.048	0.798	0.961	0.861	1.042	1.060	1.017	0.508	1.067	0.929
湖南	0.556	1.248	0.563	0.649	0.641	0.693	0.969	0.593	1.070	0.776

续表

地区	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	均值
重庆	1.021	1.002	1.033	0.829	0.729	0.636	0.595	0.621	0.721	0.798
四川	1.004	0.769	0.823	1.060	1.020	1.174	1.069	1.095	1.084	1.011
贵州	1.160	1.402	1.052	1.516	1.163	1.895	1.104	0.744	1.209	1.250
云南	0.709	1.000	1.177	0.910	0.788	0.751	1.109	0.743	0.721	0.879
上游均值	0.973	1.043	1.021	1.079	0.925	1.114	0.969	0.801	0.934	0.984
中游均值	0.807	1.017	0.852	0.853	0.882	0.954	0.950	0.541	0.918	0.864
下游均值	0.863	0.795	0.869	0.996	0.882	0.844	1.053	0.516	0.883	0.856
全国均值	0.881	0.952	0.914	0.976	0.896	0.971	0.991	0.619	0.912	0.901

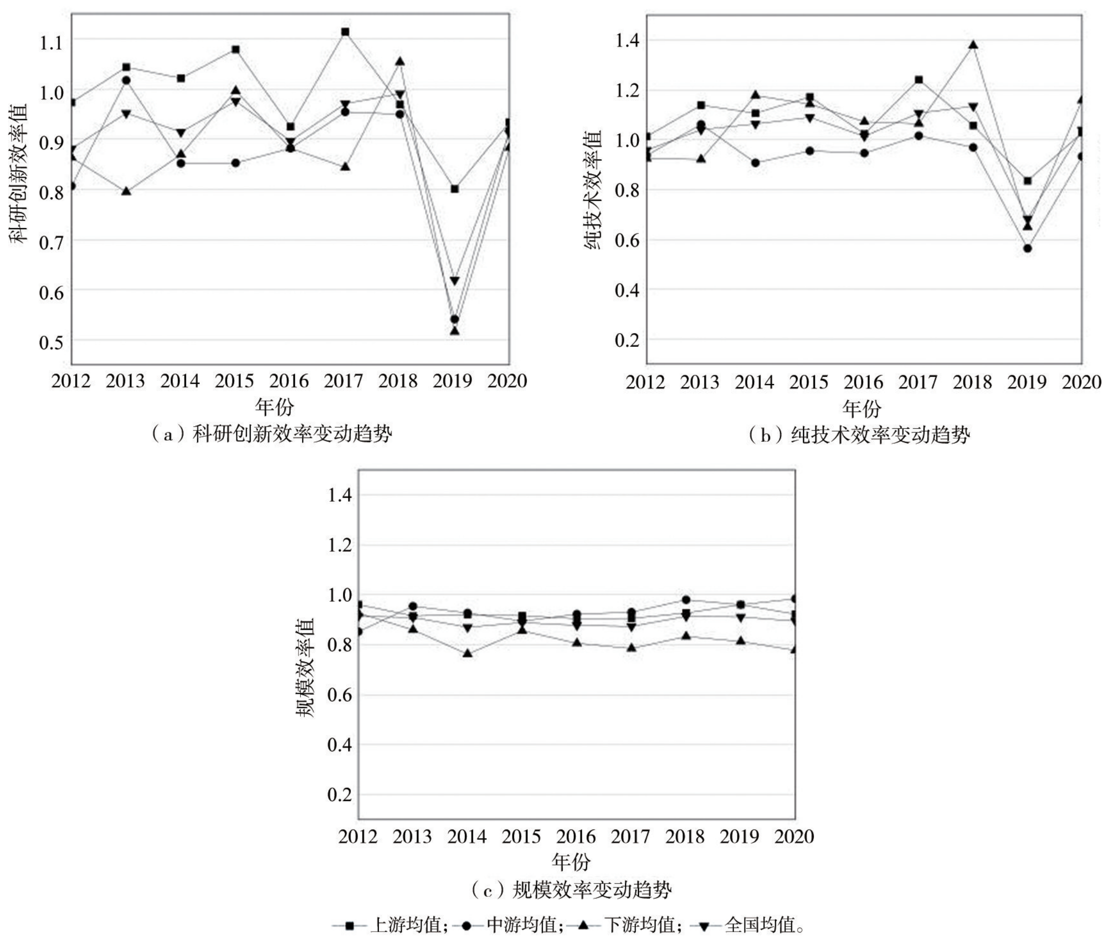


图 1 2012—2020 年长江经济带高校科研创新效率变化趋势图

长江经济带主要划分为以下 3 个区域:下游地区(上海、江苏、浙江、安徽)、中游地区(江西、湖北、湖南)、上游地区(重庆、四川、贵州、云南)。表 4 结果显示:2012—2020 年长江经济带上游高校科研创新效率值为 0.984,中游效率值为 0.864,下游效率值为 0.856,上游地区明显高于其他区域。

从图 1 可以看出,纯技术效率与长江经济带高校科研创新效率发展趋势基本相同。除 2019 年有明显下降之外,其余时间呈平稳发展状态,说明长江经济带高校科研创新效率变动主要由纯技术效率引起。具体到各地区而言,长江经济带各省(市)效率值在全国均值上下波动,2012—2020 年上游地区纯技术效率值高于其他地区,说明上游地区的高校科研技术与管理在提升创新效率方面发挥了巨大作用。高校科研创新规模效率呈平稳发展趋势,但整体效率值较低,说明了我国长江经济带高校创新投入不能完全适应科技发展需

要，应增加创新资源投入，优化高校创新资源配置，并且合理控制成本[18](P102-110)。

由表 4 可知，2019 年长江经济带高校科研创新效率呈明显下降趋势，效率值达有效状态的仅四川省。为进一步探究其余 10 个省（市）效率值波动的原因，借助 MAXDEA8.0 软件，将投入的松弛除以对应的投入指标量，可得出投入冗余率；将产出的松弛除以对应的产出指标量，可得出产出不足率，具体结果见表 5。由于选取了窗口分析法，每个决策单元都产生了 2 个产出冗余效率，故取其最大最小值作为效率的上下界。

表 5　2019 年高校科研创新效率无效省份投入冗余和产出不足效率

%

地区	$X1$	$X2$	$X3$	$X4$	$Y1$	$Y2$	$Y3$
上海	54.5～55.8	26.5～42.8	2.60～19.6	31.5～39.6	0	91.9～138.9	0
江苏	0～46.9	0～45.0	0～3.0	0～5.1	0～6.6	0～17.4	0～5.4
浙江	44.9～46.2	40.2～55.6	20.2～20.4	20.2～20.8	0～13.1	0	0～5.6
安徽	61.0～62.2	35.4～53.1	72.7～74.8	63.2～68.4	0	0～2.3	147.6～304.1
江西	36.8～42.7	81.1～84.8	4.9～21.1	43.7～61.2	0	0～5.8	0～6.2
湖北	37.1～43.0	55.0～76.8	33.0～45.8	22.4～34.9	0	0	0～22.2
湖南	42.4～44.8	66.4～72.4	22.1～38.0	9.3～27.0	0	0～5.6	0
重庆	20.8～22.4	65.1～65.6	33.9～34.2	23.9～25.7	0	0	0
贵州	24.4～25.3	9.90～53.7	0～7.50	20.9～27.6	0	0～23.4	125.0～350.7
云南	35.7～40.4	3.32～50.7	0～14.4	0～15.3	0	3.2～8.7	78.8～100.6

从投入冗余效率结果看，2019 年 10 个省（市）的投入指标均出现不同程度的冗余，导致 2019 年长江经济带高校科研创新效率呈明显下降趋势。其中出现投入冗余现象较为严重的指标是 $X1$ 和 $X2$，说明高校 R&D 人才投入过剩，需要进一步调整人力资源投入。从产出不足效率结果来看，出现产出不足现象较为严重的指标是 $Y2$ 和 $Y3$。尤其是安徽、贵州和云南三省的当年转让实际收入较预期差距较大，说明这三省高校的科研产出与市场的实际需求之间可能出现“错位”现象。2020 年，各省（市）相应调整了各项指标投入数量，以投入冗余较为严重的上海市为例，研究与发展全时人员投入较 2019 年下降 45.29%，R&D 成果应用及科技服务人员投入较 2019 年下降 47.07%，固定资产费用投入较 2019 年下降 19.11%。

（二）高校科研创新效率的时空演化分析

将长江经济带 11 个省（市）视为不同的决策单元，等距选取 2012 年、2016 年、2020 年的高校科研创新效率值，采取自然断裂法，将各省（市）的科研创新效率现状归结为四类：高水平创新区域、中高水平创新区域、中低水平创新区域、低水平创新区域。借助 ArcGIS10.4 软件，绘制长江经济带 11 个省市科研创新效率值分布图，颜色越深代表效率值越高，如图 2 所示。

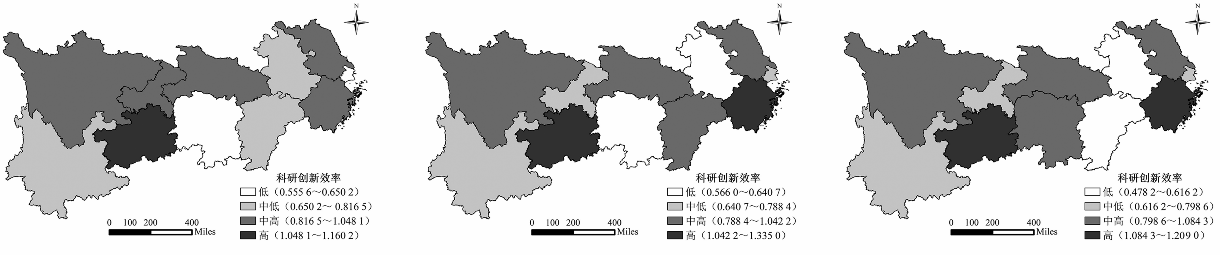


图 2　2012—2020 年高校科研创新效率时空演化进程

注：本图基于中华人民共和国自然资源部标准地图服务系统的标准地图（审图号：GS(2020)4619 号）绘制，底图无修改。下同。

浙江、江苏、上海等下游省（市）的高校科研创新效率值始终处于较高水平，安徽省高校科研创新效率发展却不尽人意，且整个长江经济带高校科研创新效率增速有所放缓。江浙沪地区作为高

等教育发达地区,研发人员、资金投入等较为充裕,但由于基础优良、各项基数较大,且近年来我国为促进区域平衡发展出台了多项政策,各地也纷纷加强了对高等教育资源的投入力度,一定程度上导致长江三角洲地区的高校科研创新效率增速减缓[19](P1-10)。除江西省呈下降趋势外,湖北省、湖南省等中游地区的高校科研创新效率虽然呈相对有效状态,但增速较为缓慢。湖南、湖北、江西等省作为我国的农业大省,产业结构亟待优化,对于高等教育投入尚有不足。此外,由于国家政策着力发展东西部地区教育,政策边缘化导致长江经济带中游地区的高等教育处于较为不利的地位[20](P1-9)。重庆市、云南省的高校科研创新效率值呈波动下降趋势,四川、贵州两省高校科研创新效率值处于相对有效状态。尤其是贵州省,近年来一直处于高水平相对有效状态,其可能原因是近些年贵州省积极推行高等教育突破工程,出台系列政策[21](P67-74),加大科研经费投入力度,同时将目光聚焦于科研成果转化工作。

(三)全要素生产率测算结果

由于 DEA 窗口分析法默认每个窗口内都不产生技术变化,为探究长江经济带高校科研创新效率的驱动机制,运用 MAXDEA 8.0 软件,测算长江经济带高校全要素生产率,并对其进一步分解。全要素生产率(MI)可以分解为综合技术变化指数(TEC)和技术进步指数(TC)。其中,TEC 表示综合技术变化指数,当该指数值大于 1 时,表明技术效率有所提高,在本研究中可反映科研资源管理效率;TC 表示技术进步指数,当该指数值大于 1 时,表明该决策单元技术创新效率处于有效状态,在本研究中可反映科研人员创新能力高低和科研设施变化[22](P9-16)。由于篇幅限制,仅展示部分年份区间的高校全要素生产率及其分解,具体结果见表 6。

表 6 部分年份高校全要素生产率及其分解

地区	2013—2014 年			2015—2016 年			2017—2018 年			2019—2020 年		
	MI	TEC	TC	MI	TEC	TC	MI	TEC	TC	MI	TEC	TC
上海	1.340	1.239	1.081	1.242	1.091	1.138	2.539	2.272	1.117	1.646	1.583	1.040
江苏	2.128	2.165	0.983	1.022	0.964	1.060	0.979	0.890	1.100	1.900	1.623	1.171
浙江	0.684	0.682	1.003	1.385	1.145	1.210	0.913	0.902	1.012	2.191	1.927	1.137
安徽	1.338	1.140	1.174	0.763	0.637	1.198	0.572	0.573	0.999	2.007	1.420	1.414
江西	1.029	1.016	1.013	0.987	0.928	1.063	0.678	0.676	1.002	1.242	1.146	1.084
湖北	1.072	1.070	1.002	1.188	1.036	1.147	0.937	0.935	1.002	1.935	1.859	1.041
湖南	0.390	0.265	1.469	0.805	0.781	1.030	1.227	1.190	1.030	1.817	1.949	0.933
重庆	1.043	1.028	1.014	1.090	1.000	1.090	0.964	0.961	1.003	1.381	1.197	1.153
四川	0.892	0.840	1.062	0.946	0.889	1.064	0.989	0.936	1.057	1.120	1.065	1.051
贵州	0.551	0.379	1.455	0.805	0.637	1.264	0.613	0.586	1.047	1.705	1.870	0.911
云南	1.226	1.104	1.111	0.842	0.839	1.004	1.314	1.112	1.181	1.128	0.980	1.151
均值	1.063	0.993	1.124	1.007	0.904	1.115	1.066	1.003	1.050	1.643	1.511	1.099

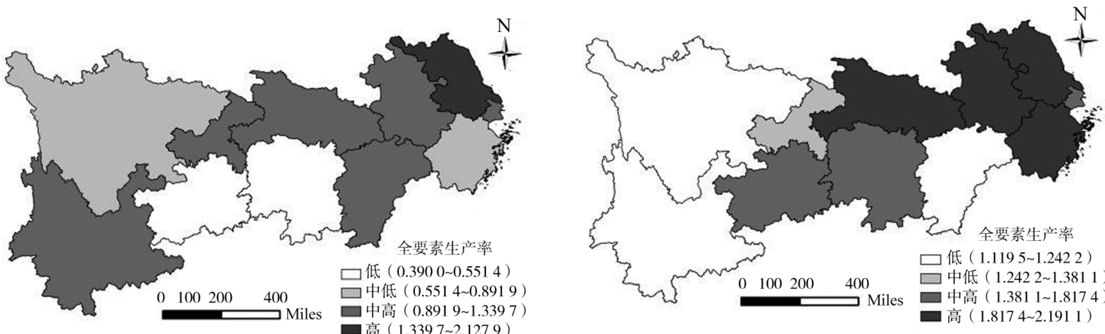
整体来看,4 个年份区间内长江经济带高校全要素生产率处于平稳上升趋势,全要素生产率均值从 1.063 增长到 1.643。具体来看,2013—2014 年,上海、江苏、安徽、江西、湖北、重庆、云南等 7 个省(市)高校全要素生产率增幅明显,湖南省则出现较大的下滑趋势。2015—2016 年,上海、浙江、湖北等 3 个省(市)效率值增速较快,增长幅度分别为 24.2%,38.5%,18.8%。2017—2018 年,上海、湖南、云南等 3 个省(市)的全要素生产率增长较快,其余省份则有不同程度的下降。2019—2020 年,长江经济带 11 个省(市)的高校全要素生产率均呈上升状态,表明各省份高校科研创新资源投入产出效率获得了较大的提升,加强了对高校科研创新活动的重视。

就综合技术变化指数而言,4 个年份区间内长江经济带高校综合技术变化效率总体处于上升状态,TEC 均值从 0.993 增长到 1.511,说明各省(市)高校对于科研资源的利用效率正不断提高,管理水平不断提升,且各省份全要素生产率的变化主要由综合技术变化指数引起。就技术进步指数而言,4 个年份区间内长江经济带高校技术进步指数均值都大于 1,整体处于平稳发展状态,且观测期间内仅有 4 个观测值小于 1,说明各省(市)高校科研人员的科研能力不断提升,科研设施亦不断完善。

(四)全要素生产率的时空演化分析

基于全要素生产率的分析结果,借助 ArcGIS 10.4 软件进行可视化处理,采取自然断裂法,按数值高低将各省(市)高校的全要素生产率分为 4 类,颜

色越深代表效率值越高，并绘制成空间分布图，如图 3 所示。为显示数据的明显变化，增强研究的对比性，本研究选择 2013—2014 年、2019—2020 年首尾两个年份区间进行分析。



（a）2013—2014年　　（b）2019—2020年

图 3　2012—2020 年高校全要素生产率时空演化进程

整体而言，长江经济带高校全要素生产率的空间聚集趋势较为明显，上、中、下游的全要素生产率依次呈“低—中—高”趋势，高效率地区逐渐向长三角地区聚集，并产生省份间的“连带效应”。具体而言，各省（市）高校全要素生产率发生了明显变化，部分省份全要素生产率有所提高，如浙江、安徽、贵州、湖北、湖南等；也有部分省（市）全要素生产率有所下降，如江西、重庆、四川、云南等。

四、高校科研创新效率影响因素探究

上述实证结果表明，长江经济带高校科研创新效率存在地区间的差异。基于已有数据，借鉴前人已有研究，从外部环境和内部环境两方面着手，探究显著影响科研创新效率的因素。

（一）Tobit 模型

Tobit 模型属于受限因变量回归的一种，标准的 Tobit 模型如下：

$$Y_{it} = \begin{cases} \beta^T X_{it} + \varepsilon_{it}, \\ 0, \quad \text{otherwise}, \end{cases} \tag{4}$$

其中，Y_{it} 为截断因变量；β 为回归系数；X_{it} 为解释变量；ε_{it} 为误差项。

（二）影响指标选取

根据已有文献普遍采取的变量进行影响因素研究，从地区经济禀赋、地区政策环境、地区科研环境、科研人力资源、对外交流程度等 5 个维度，选取地区人均生产总值（gdp）、当年科技经费中政府资金（gov）、科研与发展机构数（inst）、科研项目投入研究生人数（hr）、交流论文与特邀报告之和（comm）等作为自变量，具体定义见表 7。数据均来源于《中国统计年鉴》《高等学校科技统计资料汇编》。

表 7　高校科研创新效率影响因素

影响因素	具体指标	基本假设
地区经济禀赋	地区人均生产总值（gdp）	经济越发达，科研创新效率越高
地区政策环境	当年科技经费中政府资金（gov）	政府资金投入越多，科研创新效率越高
地区科研环境	科研与发展机构数（inst）	机构数越多，科研创新效率越高
科研人力资源	科研项目投入研究生人数（hr）	研究生人数越多，科研创新效率越高
对外交流程度	交流论文与特邀报告之和（comm）	篇数越多，科研创新效率越高

由于上文测算出的高校科研创新效率值为 0～2，效率值受到限制，因此采用 Tobit 模型对影响高校科研创新效率的因素进行回归分析，其表达式如式（5）。

$$Y_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \mathrm{gdp}_{it} + \gamma_2 \mathrm{gov}_{it} + \gamma_3 \mathrm{inst}_{it} + \gamma_4 \mathrm{hr}_{it} + \gamma_5 \mathrm{comm}_{it} 。 \tag{5}$$

（三）高校科研创新效率影响因素分析

借助 Stata17.0 软件，对数据进行标准化处理后，进行回归分析，实证结果见表 8。

由表 8 可知，模型的 Prob＞chi2 的结果小于 0.05，拟合优度较好，下面就长江经济带高校科研创新效率的影响因素进行讨论。

表 8 高校科研创新效率影响因素 Tobit 回归结果

解释变量	相关系数	标准误差	t 值	p 值
gdp	0.217	0.105	2.06*	0.051*
gov	−0.389	0.183	−2.12**	0.045**
inst	−0.250	0.100	−2.49**	0.021**
hr	0.398	0.189	2.10**	0.047**
comm	−0.065	0.035	−1.84*	0.079*
Prob>chi2	0.030	LR chi2(5)	12.41	

注:*,** 分别表示在 10%,5%水平下显著。

1. 地区人均生产总值与各地区高校科研创新效率在 5%水平上呈显著正相关。地区经济禀赋与高校科研创新效率有显著正相关性,符合前文的基本假设。地区经济发展离不开科技创新,同时地区经济发展水平反作用于科技创新[5](P63-70)。对于长江经济带沿线省(市)来说,经济发展水平越高的省(市),越能吸收引进高新技术和高科技人才,为高校提供充裕的科研资金支持和一流的科研环境,也就越有利于当地高校的科研创新发展,从而推动高校科研创新效率的提升。

2. 当年科技经费中政府资金与各地区高校科研创新效率在 5%水平上呈显著负相关。与其他经费来源相比,政府科技经费投入的规模和稳定性都更具优势。近年来,政府对于"双一流"高校的重视程度不断增强,而该类高校多集中于北京、上海、江苏等发达地区,科研经费投入自然也远超其他地区,但政府经费的过度投入可能会导致高校产生对资源的过度依赖,出现科研经费投入、支出的"挤出效应"[23](P107-118)。同时,为保证经费投入效果,政府可能会设置更多标准来考核相关高校,导致高校科研自主权被削弱,投入的科研经费未得到合理利用,妨碍大学自主创新能力提升,导致创新效率低下。

3. 科研与发展机构数与各地区高校科研创新效率在 5%水平上呈显著负相关。党的十八大以来,各地区科研与发展机构数增长迅速,但是机构数量的增长并未带来科研成果的显著增加。如上文研究:上海等长江经济带下游地区每年机构增长幅度较大,但其高校科研创新效率增幅却并不明显,而地处长江经济带上游的贵州等地区,虽然科研与发展机构数量较少且增幅缓慢,但是其高校科研创新效率值始终维持有效状态。究其原因,可能是由于下游地区高水平大学聚集,政府投入经费充裕,导致研究与发展机构存在"虚设"、"滥设"问题,"虚设"科研机构以占用科研经费,致使经费未落实于具体科研创新活动,导致产出质量降低。"滥设"科研机构会致使产出的重复性,使得科研院所的重复设置和经费的重复使用。此外,过多的科研机构也会令管理者无暇顾及发展质量,从而产生"僵尸"科研机构。

4. 科研项目投入研究生人数与各地区高校科研创新效率在 5%水平上呈显著正相关。这说明科研项目投入研究生人数是推动我国高校科研创新发展的主要因素,发挥着重要的促进作用。以往多数研究表明,我国高校科研创新活动普遍存在"人才稀缺"但物质资本较为充裕的情况,本文亦证明了这一观点。这说明科研项目投入研究生人数越多,一定程度上有助于高校科研创新效率的提高。例如,长三角地区拥有众多世界一流大学与研究中心,吸引了大批国内外顶尖学者,形成高水平人才聚集的"生态圈",并为其提供卓越的教育资源和创新环境,为人才高地建设做支撑。基于此,需要充分激发科研人才的积极性、主动性、创造性,释放创新活力,尽可能提升高校科研投入产出效率。

5. 对外交流程度与各地区高校科研创新效率在 10%水平上呈显著负相关。这说明进一步推进对外交流并不能提升高校科研创新效率。一方面,对外交流学习是一个长期过程,短期内效果可能并不明显,难以真正融入国外教学体系。另一方面,相较于 2019 年,2020 年各省(市)对外交流程度呈明显下降趋势,究其原因,可能是中国人均经济水平总体较低,人口基数较大,且对外交流的机会集中于"985 工程""211 工程"和"双一流"建设高校等高水平大学,从而使得多数高校国际交流合作人数总体较少,无法通过推进对外交流来改善高校科研创新活动质量[24](P1641-1652)。因此,长江经济带上、中游地区受地理位置、经济环境等因素影响,应该更加注重相关政策倾斜。

五、研究结论与对策建议

(一)研究结论

基于长江经济带 11 省(市)2012—2020 年的数据,利用超效率 SBM 模型、Malmquist 指数模型,分别测算高校科研创新效率和全要素生产率,最后借助 Tobit 模型分析影响效率的因素。

研究得出以下结论:第一,除 2019 年有明显下降之外,长江经济带高校科研创新效率呈

平稳发展状态，但整体效率值较低，且纯技术效率值对之影响较大，规模效率值有待提升。第二，各省(市)之间的高校科研创新效率存在明显的地区差异，部分省(市)高校科研创新发展仍然处于落后状态，且观测期间内差距并未显著缩小，区域之间的创新发展鸿沟制约了创新效率的进一步提升。第三，从时间维度上来看，全要素生产率虽反复波动，但总体处于平稳上升趋势，且全要素生产率发展主要由综合技术指数变化引起。第四，从空间聚集维度上来看，2012—2020 年间长江经济带全要素生产率空间集聚特征明显，上、中、下游的全要素生产率依次呈“低—中—高”趋势。第五，影响长江经济带高校科研创新效率的内外部因素中，地区经济禀赋、科研人力资源与科研效率呈显著正相关，地区政策环境、地区科研环境、对外交流程度与科研创新效率呈显著负相关。

（二）对策建议

1. 提高科研创新管理水平，完善资源管理制度。为突破规模效率限制，效率值较低的省份应提升创新资源管理水平，并结合现状，按自身所需优化校内外资源配置。优化高校外部资源配置主要从管理模式、评价机制、资源投入三方面着手。首先，高校的简政放权主体不应局限于行政部门。因此，需要扩大简政放权主体，出台权力清单、负面清单，减少对财务部门、人事部门等不必要的行政干预。其次，建立第三方评价机制，引入高水平教育评价机构，确保专业、高效的评价。优化内部资源配置应明确学院办学主体地位，人、财、物等资源应更多向学院层次倾斜，形成学校层次宏观决策、学院层次协调配合的整体运行机制。

2. 优化科研机构布局，减少低效机构设置，提升创新体系整体效能。前文研究发现，科研与发展机构数对长江经济带各地区高校科研效率具有显著负向作用，因此需要淘汰“僵尸”机构，聚焦于提升科研机构的“质”而非“量”，建立常态化校级科研机构监管部门，考核更注重机构的内涵发展、高质量发展。此外，在清理“僵尸”机构的同时，更应扶持具有发展潜力的科研机构，突出农林、地矿等高校的学科专业特色和服务行业发展能力，建设一批功能集约、资源共享、运行高效的专业类或跨专业类实验教学平台，加强各行各业学科交叉人才培养。

3. 完善长江经济带府际合作机制，开创高等教育对外交流合作新格局。长江经济带高校科研创新效率有较强的地理空间聚集态势，但省份间差异较大，高效率省份向发达地区聚集，易出现地区间的“马太效应”。因此，长三角地区在释放“人才虹吸”效应的同时，也要对相邻省份进行“反哺”，上海等中心城市应当“朝西看”，目光不仅要聚集在长三角地区，更要辐射到整个长江经济带，打破区域间壁垒，让更多的“智造力”变成“生产力”，增强地区间的科技创新活动交流。上、中游地区应破除人才落地之“藩篱”，营造良好的政策环境，推进人才引进政策进一步落实，防止人才流失。此外，高校要加强联合办学，着力打造国际教学联合体，保障对外交流学习质量，推动跨国教育长效机制有效衔接，坚持制度化、规范化，提升国际教育合作的质量。

4. 推动高校政产学研用协同创新，拓宽科研经费筹资渠道，摆脱对政府资源的过度依赖。依上文所述，政府科研经费的过度投入会导致高校产生资源依赖，削弱高校的自主创新能力。我国高校拥有着得天独厚的科研优势，但科研成果如何转化为生产力还有待深究。首先，应构建“政府—学校—企业”沟通桥梁，避免高校科研产出与市场需求出现“错位”现象。其次，技术进步是推动长江经济带高校科研创新发展的关键，各省份应更加注重投入资源的“质”而非“量”。最后，建立高校科技成果转化评价体系，引入第三方评价机制，并将评估结果作为世界一流大学和一流学科建设考核的重要依据之一。

参考文献：

[1]习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[N]. 人民日报，2022-10-26(01).

[2]袁利平，李君筱. 面向 2035 的中国高等教育现代化发展图景及其实现[J]. 大学教育科学，2021(3).

[3]张发旺. 区域高等教育协调发展：多维目标选择与战略统筹机制[J]. 中国高教研究，2020(8).

[4]陆菊春，王新怡. 长江经济带城市绿色创新效率的时空特征及影响因素[J]. 科技管理研究，2021(20).

[5]王杜春，时玉坤. 乡村振兴背景下我国农林高校的科研效率及影响因素[J]. 科技管理研究，2022(10).

[6]宗晓华，付呈祥. 我国研究型大学科研绩效及其影响因素——基于教育部直属高校相关数据的实证分析[J]. 高校教育管理，2019(5).

[7]杨敏，费锡玥，魏宇琪，等. 基于资源共享与子系统交互的两阶

段 DEA 评价方法——兼对我国“一流大学”科研绩效的评价[J]. 中国管理科学,2022(2).
[8]吴颖,崔玉平. 长三角高校科技创新效率及其时空演化——基于沪、苏、浙、皖41市的实证分析[J]. 重庆高教研究,2022(3).
[9]张蕾,马占新. 基于 Malmquist 指数的“一带一路”省区高校技术转移效率研究[J]. 科学管理研究,2021(1).
[10]李璐. 京津冀高校科技创新效率的实证研究——基于 DEA 分析的 SBM 模型和 Malmquist 生产率指数[J]. 教育学术月刊,2019(2).
[11]杨登才,刘畅,朱相宇. 中国高校科技成果转化效率及影响因素研究[J]. 科技促进发展,2019(9).
[12]蔡文伯,杨丽雪. 中国高校科技创新效率的区域差异及其收敛性分析——基于2000—2016年面板数据[J]. 现代教育管理,2020(2).
[13]许晓东,智耀徽. 双一流背景下高校科研效率的区域差异与影响因素研究[J]. 科学管理研究,2021(4).
[14]王海燕,苏博谦. 高校科技创新与区域经济耦合协调及影响因素研究——基于2013—2019年我国30省份相关数据[J]. 中国高校科技,2023(6).
[15]成刚. 数据包络分析方法与 MaxDEA 软件[M]. 北京:知识产权出版社,2014.
[16]TONE K. A Slacks-based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis[J]. European Journal of Operational Research,2001(3).
[17]初旭新,马昱. 创新价值链视角下中国高校科技创新效率评价[J]. 科技管理研究,2020(22).
[18]柯亮,姚聪莉. “双一流”建设高校科技创新效率及时空分布特征研究[J]. 自然辩证法通讯,2021(5).
[19]王新凤,罗启轩,钟秉林. 长三角地区高等教育协同发展的历史进程与发展态势[J]. 江苏高教,2021(9).
[20]张德祥,贾枭. 我国高等教育布局结构的优化路径——基于资源、能力、公平的视角[J]. 现代教育管理,2022(5).
[21]闪乐,李露. 长江经济带高等院校资源配置绩效评估[J]. 黑龙江高教研究,2022(4).
[22]查道林,陈思,杨茜. “双一流”建设高校科研效率及影响因素实证研究——基于超效率 SBM-Malmquist-Tobit 模型[J]. 教育与经济,2022(3).
[23]苏荟,刘奥运. “双一流”建设背景下我国省际高校科研效率及影响因素研究——基于 DEA-Tobit 模型[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2020(1).
[24]覃雄合,杜德斌,刘树峰,等. 中国省际高校科研成果转化效率时空格局与影响因素——基于网络 SBM 模型的评价[J]. 地理研究,2017(9).