

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2024.02.003

# 技术差异视角下中国区域绿色科技创新资源配置效率测度

张兴贤, 王盼盼, 王仁杰

(铜陵学院建筑工程学院, 安徽 铜陵 244061)

**摘要:**绿色科技创新(green technology innovation, GTI)是推动绿色发展的重要载体, GTI资源配置效率的提升是加快实现绿色发展的重要途径。基于非期望产出超效率SBM(slack-based measure)模型来评价中国各省(市、自治区)的绿色科技创新资源配置效率, 并结合Meta-frontier Malmquist指数分析法, 在区域技术差异视角下分析其在2010—2020年创新资源配置效率的动态变化情况。结果表明:中国GTI资源配置效率出现先缓慢上升再缓慢下降的变化趋势, 且仍具有较大提升空间; 同时, 由于区域技术差异性的影响, 中国东中西部地区的科技创新资源配置效率表现出不同的优势与不足。基于此, 分别对东中西部地区从政策制定、资源投入和人才引进等方面提出相应政策建议。

**关键词:**数据包络分析; 绿色科技创新; 资源配置; 技术差异性

中图分类号: F124.3 文献标志码: A 文章编号: 1673-1891(2024)02-0017-10

## Resource Allocation Efficiency Measurement of Regional Green Technology Innovation in China from the Perspective of Technological Differences

ZHANG Xingxian, WANG Panpan, WANG Renjie

(School of Architecture and Engineering, Tongling University, Tongling 244061, Anhui, China)

**Abstract:** Green technology innovation (GTI) is an important carrier to promote green development, and improving the resources allocation efficiency of GTI is an important way to accelerate the realization of green development. This paper evaluates the resources allocation efficiency of GTI in provinces (municipalities and autonomous regions) of China based on the SBM (slack-based measure) model of non-expected output super-efficiency, and applies the Meta-frontier Malmquist index analysis to analyze the dynamic change of innovation resource allocation efficiency from 2010 to 2020 from the perspective of regional technology differences. The results show that the resources allocation efficiency of GTI in China has a tendency of first rising slowly and then decreasing slowly, and there is still a large room for improvement. At the same time, due to the influence of regional technology differences, the resources allocation efficiency of GTI in the eastern, central and western regions of China shows different advantages and disadvantages. Therefore, the paper puts forward corresponding policy suggestions for the eastern, central and western regions of China from the aspects of policy formulation, resource investment and talent introduction.

**Keywords:** data envelopment analysis; green technology innovation; resource allocation; regional technological differences

收稿日期: 2024-03-06

基金项目: 安徽省哲学社会科学规划项目(AHSKQ2019D024)。

作者简介: 张兴贤(1984—), 男, 安徽铜陵人, 副教授, 博士, 研究方向: 决策理论与方法, e-mail: 307527397@qq.com。

## 0 引言

科技创新是推动区域经济高质量发展的重要推动因素,而提高要素禀赋条件和提升配置效率则成为提高区域科技创新效能的关键所在。自从党的十八大提出创新驱动发展战略以来,科技创新一直处于国家发展全局的核心地位。只有实现最佳的科技创新资源配置,才能充分释放科技第一生产力和激发创新第一驱动力,从而实现最大化的科技创新效益。目前,中国各省份存在着科技创新资源分布不均、合力不足、未尽其用、配置不当等问题,这些问题严重制约了我国创新能力的建设,并极大地阻碍了中国区域创新协同发展。因此,在当前形势下,如何有效配置资源并提升科技创新效率成为亟须解决的关键议题。

理论和实践都表明,提升科技创新效率是推动区域经济高质量发展的重要因素<sup>[1]</sup>。然而,地区间科技创新效率的差异并非完全由创新资源禀赋和资源配置组合决定,创新资源的配置效率也是其中一个主导要素<sup>[2]</sup>。近年来,学者们通过使用不同的效率评价方法和构建多样化的评价指标体系来衡量科技创新资源配置效率<sup>[3-4]</sup>,其中数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)因其优越的特性而被广泛应用于科技资源配置效率的评价研究。

目前,学者们分别从不同的视角,基于不同的DEA方法对科技创新资源配置效率展开研究,并取得了丰硕的研究成果。一些学者分别从我国区域、省(自治区、直辖市)和产业3个不同视域对科技资源配置效率进行探讨。韩爱华等<sup>[5]</sup>基于产学研合作视角,采用动态网络SBM(slack-based measure)模型评估了我国省域科技资源配置效率。罗珊等<sup>[6]</sup>基于SBM模型衡量珠三角9个城市的科技创新资源配置效率,并进一步使用Malmquist指数评估了效率的动态变化,同时提出了关于资源整合方面的建议。根据区域技术差异和创新投入共享的相关特征,钱丽

等<sup>[7]</sup>利用两阶段DEA模型评估了中国省级工业企业的绿色创新效率。

随着我国科技的迅猛发展,我国逐渐从“制造大国”变成“制造强国”。近年来,一些学者开始关注我国高技术产业和战略性新兴产业的科技资源配置问题。黄海霞等<sup>[8]</sup>聚焦我国战略性新兴产业,使用DEA模型对其科技资源配置效率进行了定量分析,发现不同产业之间存在着效率不均衡。朱钰等<sup>[9]</sup>结合高技术产业创新过程的特征,提出了考虑共享回馈DEA两阶段效率测度模型。而高校作为我国科技创新的主力军,高校的科技资源配置效率自然也引起了学者们的广泛关注。张海波等<sup>[10]</sup>采用DEA模型评价中国31个省(自治区、直辖市)的高校科技创新资源配置效率,并对各地产出不足量进行了测算。杨敏等<sup>[11]</sup>针对40所“一流大学”的科研系统绩效评价问题,提出了基于资源共享和子系统交互的两阶段DEA评价方法。

随着DEA方法的应用领域不断扩展,学者们将DEA方法与其他分析方法相结合对科技创新资源配置效率及其影响因素进行研究。张子珍等<sup>[12]</sup>采用DEA-Malmquist指数对我国科技创新资源配置效率进行测算,并借助DEA-Tobit法对科技资源配置效率的影响因素进行分析。陶富等<sup>[13]</sup>运用DEA-Malmquist指数来计算并分析京津冀地区科技资源配置的静态效率和动态效率,并着重研究了不同影响因素对科技资源配置效率的影响程度。李康等<sup>[14]</sup>等运用三阶段DEA模型测度国内32所一流高校的科研效率,并分析科研效率受到环境因素的影响程度及其原因。段忠贤等<sup>[15]</sup>选择中国30个省(自治区、直辖市)进行研究,从整体性视角分析科技资源配置效率的影响因素。赖一飞等<sup>[16]</sup>同样选择中国30个省(自治区、直辖市)作为研究对象,对其科技创新效率进行测算,并进一步通过Tobit模型对影响因素进行回归,研究结果显示,我国在科技创新发展中面临的资源配置和管理方面的问题较为严

重。袁荣等<sup>[17]</sup>采用超效率SBM模型并综合Malmquist指数等在内的多种指数分析方法,深入探讨了长三角41个地级及以上市在2007—2010年的科技创新效率的空间分异及其影响因素。

综上所述,现有文献为本文研究提供了重要参考,但仍有待完善之处:第一,尽管已有许多关于科技创新资源配置效率评价的研究成果,但大部分研究都没有考虑到科技创新活动对能源消耗和环境因素的影响,而在企业的实际生产活动中,难免会出现各种工业污染物等非期望产物,这会对自然环境产生严重的危害。因此,现有的科技创新资源配置效率评价结果无法准确反映中国在科技创新方面的真实表现。第二,现有文献大多使用传统的评价方法,难以处理涉及非期望产出情况下的创新资源配置效率问题。近年来,虽然有SBM模型、超效率SBM模型等一系列新的DEA模型被提出,但在科技创新资源配置效率评价研究中尚未得到普及,并且大多数效率评价模型侧重于创新资源配置静态效率的测算,少有研究考虑创新资源配置效率的动态关联性。第三,目前的研究大多基于中国各省(市、自治区)具有相同的技术前沿面这一假设,然而由于人文、地理、历史等因素的影响,不同区域之间可能存在技术差异性。如果仅以相同的技术水平为标准进行比较评价,则会导致评价结果失真。基于此,本文采用非期望产出超效率SBM模型,并结合Meta-frontier分析法和Malmquist指数分析法的优势构建一种全新的方法,即MFMI(Meta-frontier Malmquist index)分析法,运用该方法深入探讨2011—2020年中国区域绿色科技创新资源配置效率的动态变化及其区域技术差异性,客观地还原各省(市、自治区)的真实效率。然后在此基础上提出相应政策建议,以优化区域科技创新资源配置,并推动区域经济实现高质量发展。

## 1 研究设计

### 1.1 绿色科技创新资源配置效率

绿色科技创新资源配置效率是在现有科技创新活动产出有效的基础上,去除了科技创新活动对区域资源和环境带来的负面影响后得到的最终结果<sup>[18]</sup>。该效率既能反映出一个地区的科技创新资源分配与生态环境之间的协调程度,又能衡量该地区科技创新资源分配的合理程度,是一种全面客观评价科技创新资源配置的综合效率。然而,在测量绿色科技创新资源配置效率时,仍然存在一些问题:一方面,传统DEA模型未充分考虑非期望产出,导致投入和产出之间存在松弛性问题,并可能影响评价结果准确性;另一方面,现有DEA模型计算得到的效率值仅限于(0, 1]范围内,并且无法进一步区分有效DMU(decision-making unit)

### 1.2 指标选取与数据来源

本研究选择中国30个省(自治区、直辖市)为研究对象,评估其在2011—2020年的科技创新资源配置效率。根据地理位置可以将这些区域划分为东部、中部和西部<sup>①</sup>。目前,由于国内外学者对科技创新活动的关注点不同,导致选择的投入指标、期望产出指标和非期望产出指标存在差异。本文参考相关研究<sup>[19]</sup>,考虑科技创新活动过程中的能源消耗与环境约束,并结合非期望产出的危害性及其数据的可获取性,对投入和产出指标进行筛选。具体而言,投入指标选择研发人员全时当量和研发经费内部支出;期望产出指标选择专利申请数和新产品销售收入;非期望产出指标选择二氧化硫排放量和二氧化碳排放量。指标的描述统计如表1所示。考虑到科技活动的投入与产出之间存在一定的时滞性,本文将滞后期设定为1年,也就是说第 $t$ 年的科技活动所使用的产出数据是第 $t+1$ 年相应的数据。

### 1.3 非期望产出超效率SBM模型

为了解决含有非期望产出的效率评价问题,

表 1 指标的描述性统计

指标类型	指标	平均值	标准差	最小值	最大值	数据来源
投入指标	研发人员全时当量/万人	13.71	15.73	0.40	88.52	《中国科技统计年鉴》
	研发经费内部支出/亿元	562.02	669.32	10.37	4 002.18	《中国科技统计年鉴》
期望产出指标	专利申请数/万件	11.34	15.69	0.084	98.06	《中国科技统计年鉴》
	新产品销售收入/万亿元	0.17	0.35	0.00	2.46	《中国科技统计年鉴》
非期望产出指标	二氧化硫排放量/万 t	38.91	36.06	0.14	174.88	《中国能源统计年鉴》
	二氧化碳排放量/亿 t	3.44	2.21	0.37	9.47	中国碳核算数据库(CEADs)

Tone 提出了 SBM 模型<sup>[20]</sup>。在此基础上,Tone 进一步发展了超效率 SBM 模型和考虑非期望产出的 SBM 模型<sup>[21-22]</sup>用于解决 DMU 的完全排序问题。鉴于在某个年份中多个省份可能具有相同的创新资源配置效率值为 1,为了进一步比较有效 DMU,本文采用基于非径向、非角度的非期望产出超效率 SBM 模型对中国区域绿色科技创新资源配置效率进行测度。该模型<sup>[22]</sup>如式(1)所示:

$$\min \rho = \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i_0}}}{1 + \frac{1}{q_1 + q_2} \left( \sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{r_0}} + \sum_{r=1}^{q_2} \frac{s_t^{b^-}}{b_{t_0}} \right)}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq j_0}^n x_j \lambda_j - s^- \leq x_0 (i = 1, \dots, m) \\ \sum_{j=1, j \neq j_0}^n y_j \lambda_j + s^+ \geq y_0 (r = 1, \dots, q_1) \\ \sum_{j=1, j \neq j_0}^n b_j \lambda_j - s^{b^-} \leq b_0 (t = 1, \dots, q_2) \\ 1 - \frac{1}{q_1 + q_2} \left( \sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{r_0}} + \sum_{r=1}^{q_2} \frac{s_t^{b^-}}{b_{t_0}} \right) > 0 \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+, s_t^{b^-} \geq 0 (j = 1, \dots, n, j \neq j_0) \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\rho$ 为创新资源配置效率值; $j$ 为各个 DMU; $n$ 为 DMU 个数; $m, q_1, q_2$ 分别表示投入指标、期望产出指标和非期望产出指标的数目; $s_i^-, s_r^+, s_t^{b^-}$ 分别表示投入指标、期望产出指标和非期望产出指标的松弛量; $\lambda_j$ 表示强度变量; $x_j, y_j, b_j$ 分别表示 DMU<sub>j</sub>的投入指标、期望产出指标和非期望产出指标符号; $x_0, y_0, b_0$ 分别表示 DMU<sub>0</sub>的投入指标、期望产出指标和非期望产出指标符号。若 $\rho < 1$ ,则 DMU 非有效;否则,DMU 有效。

### 1.4 MFMI 分析法

MFMI 分析法是考虑技术差异性的动态效率指数,该方法根据不同前沿面之间的关系来测量和解释效率。首先将所有 DMU 进行分组,然后定义当期群组前沿面、跨期群组前沿面和全局前沿面<sup>[23]</sup>。 $P_q^c = \{(y^t, z^t) | x^t \text{ 可以生产 } (y^t, z^t)\}$ 表示当期群组前沿面,其中, $q = 1, \dots, Q$ ;其效率为 $D^c(x^t, y^t, z^t)$ ;  $P_q^l = \text{conv}\{P_1^l, \dots, P_q^l\}$ 表示跨期群组前沿面,其效率为 $D^l(x^t, y^t, z^t)$ ;  $P_q^g = \text{conv}\{P_1^g, \dots, P_q^g\}$ 表示全局前沿面,其效率为 $D^g(x^t, y^t, z^t)$ ;  $D^c, D^l, D^g$ 均可通过求解模型(1)来获取。此时, $E_{MFMI}$ 可定义为:

$$E_{MFMI} = \frac{D^g(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{D^c(x^t, y^t, z^t)} = \left[ \frac{D^c(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{D^c(x^t, y^t, z^t)} \right] \times \left[ \frac{D^l(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})/D^c(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{D^l(x^t, y^t, z^t)/D^c(x^t, y^t, z^t)} \right] \times \left[ \frac{D^g(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})/D^l(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{D^g(x^t, y^t, z^t)/D^l(x^t, y^t, z^t)} \right] = E_{EC} \times E_{BPC} \times E_{TGC} \quad (2)$$

式中: $E_{EC}$ 表示“追赶效应”,用于衡量每个 DMU 在  $t$  到  $t + 1$  时期与当期群组前沿面之间差距的变化程度; $E_{BPC}$ 表示“创新效应”,用于衡量当期群组前沿面与跨期群组前沿面之间的差距; $E_{TGC}$ 表示“领先效应”,用于衡量跨期群组前沿面与全局前沿面之间的差距。如果 $E_{MFMI}, E_{EC}, E_{BPC}$ 和 $E_{TGC}$ 的值任意一个大于或等于 1,则说明被评估 DMU 在  $t + 1$  时期优于或等于  $t$  时期;反之,则劣于  $t$  时期。

## 2 效率评价结果分析

### 2.1 中国区域绿色科技创新资源配置效率评价

通过模型(1)计算得到中国30个省(自治区、直辖市)2010—2020年的区域绿色科技创新资源配置

效率,结果如表2所示。

从表2可以看出,2010—2020年,大部分省(自治区、直辖市)的绿色科技创新资源配置效率有所提升。但是,少数省(自治区、直辖市)的效率值出现了波动或下降,例如天津、安徽、江苏、广西、重

表2 中国区域绿色科技创新资源配置效率

省(自治区、 直辖市)	各年份区域绿色科技创新资源配置效率										均值
	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	
北京	1.304	1.357	1.405	1.307	1.294	1.271	1.631	1.681	1.606	1.755	1.461
天津	0.520	1.018	0.712	0.680	0.637	0.380	0.470	0.451	1.009	0.605	0.648
河北	0.145	0.172	0.222	0.194	0.231	0.224	0.237	0.345	0.363	0.389	0.252
山西	0.125	0.140	0.149	0.108	0.118	0.208	0.212	0.317	0.349	0.332	0.206
内蒙古	0.047	0.069	0.053	0.085	0.126	0.138	0.205	0.129	0.162	0.248	0.126
辽宁	0.199	0.231	0.227	0.168	0.265	0.220	0.246	0.227	0.246	0.291	0.232
吉林	0.126	0.145	0.197	0.151	0.217	0.181	0.208	0.324	0.279	0.304	0.213
黑龙江	0.154	0.172	0.187	0.159	0.177	0.136	0.086	0.360	0.319	0.412	0.216
上海	0.294	0.310	0.382	0.454	0.400	0.763	0.630	1.008	1.041	1.031	0.631
江苏	1.150	1.103	1.062	1.008	0.741	0.574	0.530	0.608	0.685	0.690	0.815
浙江	0.597	1.017	1.034	1.066	1.063	1.015	1.014	1.001	1.020	1.015	0.984
安徽	0.431	0.448	0.535	0.650	1.015	1.009	1.013	1.006	0.559	0.560	0.722
福建	0.507	0.481	0.489	0.553	0.729	0.527	0.547	0.535	0.510	0.509	0.539
江西	0.217	0.299	0.438	0.422	0.736	1.005	0.575	0.689	0.620	0.610	0.561
山东	0.285	0.313	0.379	0.340	0.363	0.303	0.257	0.325	0.438	0.500	0.350
河南	0.146	0.566	0.573	0.584	0.481	0.484	0.517	0.494	0.504	0.471	0.482
湖北	0.229	0.233	0.322	0.281	0.325	0.317	0.350	0.432	0.401	0.440	0.333
湖南	0.219	0.313	0.367	0.348	0.376	0.337	0.287	0.340	0.360	0.332	0.328
广东	1.126	1.125	1.133	1.156	1.200	1.294	1.292	1.253	1.263	1.223	1.206
广西	0.163	0.269	0.377	0.274	1.076	1.056	0.305	0.353	0.308	0.439	0.462
海南	0.183	0.211	0.241	0.181	0.135	0.202	0.237	1.029	1.094	1.117	0.463
重庆	0.397	0.393	1.034	1.137	0.594	0.526	0.406	0.417	0.450	0.451	0.581
四川	0.366	0.434	0.590	0.484	0.644	1.010	0.367	0.401	0.407	0.422	0.512
贵州	0.361	1.006	1.089	0.353	0.524	1.007	1.055	1.033	0.484	0.370	0.728
云南	0.160	0.200	0.242	0.175	0.145	0.178	0.167	0.193	0.346	0.226	0.203
陕西	0.232	0.273	0.327	0.289	0.301	0.299	0.209	0.341	0.278	0.379	0.293
甘肃	0.161	0.175	0.224	0.181	0.222	0.268	0.283	0.503	0.269	0.365	0.265
青海	0.014	0.035	0.040	0.135	0.374	0.259	0.279	0.533	0.525	0.631	0.283
宁夏	0.138	0.199	0.261	0.242	0.365	0.375	0.404	0.409	0.434	0.501	0.333
新疆	0.003	0.028	0.024	0.186	0.215	0.175	0.218	0.110	0.116	0.119	0.119

庆、四川、贵州等。进一步分析发现,在近几年中,这些省(自治区、直辖市)在科技创新资源投入方面有显著增长,但相应的科技创新成果转化率较低,并且专利申请数量和新产品销售收入也出现了下滑。与此同时,非期望产出增长速度较快,导致绿色科技创新资源配置效率下降。这说明这些省(自治区、直辖市)在科技创新资源的投入方面尚未取得令人满意的结果,而且它们对科技资源利用和科技创新水平的提升还有待改善。从局部来看,2010—2020年,只有北京和广东2个省(直辖市)的绿色科技创新资源配置效率始终大于1,即资源配置属于DEA有效。这2个省(直辖市)均位于中国东部,并且属于中国经济发达地区,其科技创新水平较高且环境保护体系相对完善。而天津、上海、江苏、浙江、安徽和贵州这6个省(直辖市)的创新资源配置效率平均值介于0.600~1.000。东部地区的上海、江苏和浙江的经济相对发达,高等院校和科研院所数量相对较多,并且科技创新水平较高。而天津、安徽、贵州等省份则受到政府协调发展战略以及环境保护政策的影响。福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广西、海南、重庆、四川及宁夏这11个省(自治区、直辖市)的创新资源配置效率平均值介于0.300~0.600。这些省(自治区、直辖市)大多位于经济发展相对落后的中西部地区,高等院校和科研院所相对匮乏且科技创新水平较低,城市化和工业化水平较为落后,严重制约了创新资源配置效率的提升。需要注意的是,河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、云南、陕西、甘肃、青海和新疆这11个省(自治区)的创新资源配置效率平均值较低,均低于0.300。其中,陕西、山西、内蒙古和新疆具有丰富的煤炭资源;而黑龙江、吉林、辽宁和河北则是中国重要的石油生产大省和重工业基地。这些地区都是传统的资源生产和化石能源消耗地,通常采用以煤炭开采为主导、钢铁和水泥生产为核心的重工业经济发展模式,由此带来了严重的环境污染问题。相比之

下,云南、甘肃和青海位于经济欠发达地区,缺少高等院校、科研院所和创新型企业的支持,科技创新水平相对滞后且资源利用能力较低。

全国整体的绿色科技创新资源配置效率呈现出先缓慢上升再缓慢下降的趋势(图1)。具体而言,自2011年以来该效率从0.727增长至2017年的1.009,然后又下降至2020年的0.766,平均值为0.827。这表明中国持续多年在科技投入、环境保护、节能减排等方面所做的不懈努力已经开始取得一些成果,创新资源配置效率有所提高。然而近几年来这种改善趋势开始减弱,其原因可能是由于中西部地区科技创新活动投入增长较快,但相应产出增长速度较慢、科技成果转化率较低,并伴随工业污染增加,导致创新资源配置效率下降,同时也拉低了全国水平。目前中国绿色科技创新资源配置仍有较大提升空间。东部地区具有较高的创新资源配置效率,连续十年资源配置属于DEA有效;而中西部地区则相对较低。东部地区始终保持着高于中西部地区的创新资源配置效率,在2011—2020年一直稳定在1.300以上,并且其平均值为1.381。与全国水平相比,东部地区远超过了全国水平;而中西部地区在2011—2020年出现了大幅波动并交替领先,并自2017年起同时低于全国水平。由图1可清晰观察到中西部地区科技创新发展相对滞后,而东部地区仍然是推动中国科技创新发展的主要阵地。虽然东部地区保持着持续稳定的科技创新能力,但仍需关注中西部地区在科技创新资源管理水平和科技成果转化能力方面存在待改善之处。

## 2.2 基于MFMI分析法的区域绿色科技创新资源配置动态效率评价

在模型(1)的基础上,采用MFMI分析法对中国区域绿色科技创新资源配置效率进行进一步剖析,以更全面地评估各省份在不同时期的创新资源配置效率,并探究跨期省份之间的动态关联性及其区域技术差异性,结果如图2所示。

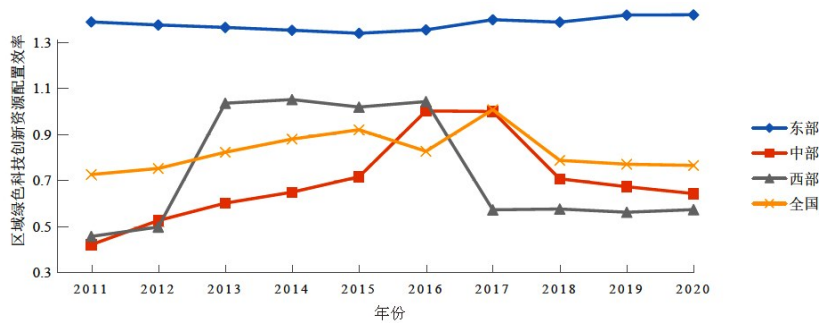
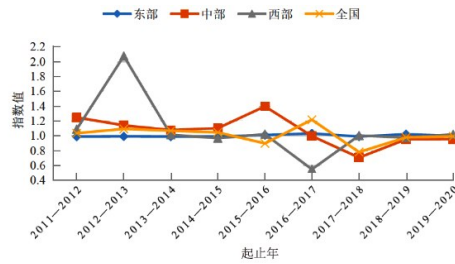
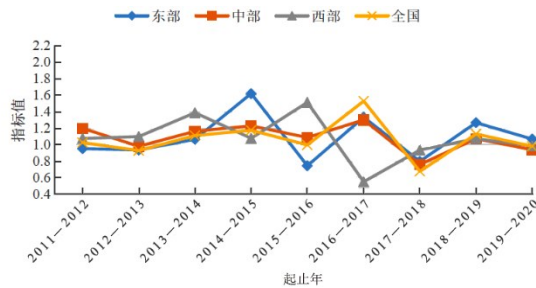


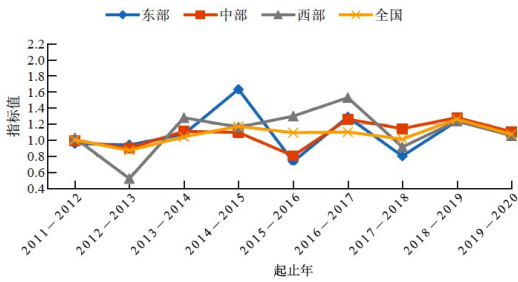
图 1 区域绿色科技创新资源配置效率



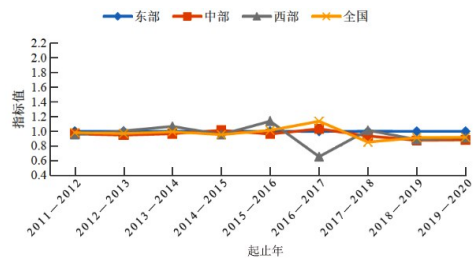
(a)  $E_{MFMI}$



(b)  $E_{EC}$



(c)  $E_{BPC}$



(d)  $E_{TGC}$

图 2 2011—2020年 MFMI 分析结果

在 2011—2020 年,大部分地区的  $E_{MFMI}$  值均超过了 1.000(图 2(a)),表明近 10 年来中国各省份在绿色科技创新资源配置效率总体上呈现出上升态势,并且科技创新资源配置得到不断优化。从局部来看,东、西部地区的绿色科技创新资源配置效率分别在 2014—2015 年和 2015—2016 年取得了显著进步,而近几年则表现出总体下降,且呈现波动趋

势(图 2(a))。这可能是因为国家“十二五”规划对科技创新资源进行了统筹安排并提高了科研成果转化率要求,从而推动了其创新资源配置效率的提升。中部地区的创新资源配置效率增长较为平缓,在近几年开始出现轻微下降,这说明该地区近些年的科技创新活动产出不足以支撑产业升级和生产力发展的稳定。

由图 2(b)、2(c)、2(d)可以看出,东部地区的  $E_{EC}$  值变化趋势相对稳定,基本保持在 1.000 以上,这说明该地区在过去十年间一直保持着良好的追赶态势。然而,总体来看创新效果并不明显,  $E_{BPC}$  值波动较大,平均值略微高于 1.000,这可能是由于东部地区科技创新体系已经较为完善,因此创新难度越来越大,加上近年来东部地区已经开始出现科技人才回流至中西部地区所致。此外,东部地区的  $E_{TGC}$  值保持在 1.000 左右,并且总体上高于中西部地区,但其领先效应并不明显。对于中部地区而言,  $E_{EC}$  的平均值略微高于 1.000,在最近的 4 年里追赶效应并不明显,然而其创新效应表现还算可观,  $E_{BPC}$  值变化趋势与东部基本一致但波动更小,这可能是由于中部地区通过吸纳东部回流的科技人才及技术溢出提升了自身的创新能力。西部地区近年来在追赶和创新效用方面取得了显著进展,但是  $E_{EC}$  值和  $E_{BPC}$  值的稳定性不足,容易受到政策导向的影响。总体而言,西部地区与东中部地区之间的差距正在逐步缩小。

图 3 表示的指标值为 2011—2020 年各省份的均值。根据  $E_{EC}$  值可以看出,除了江苏以外,东部地区其他省份都呈现出良好的追赶态势。中部地区的黑龙江表现良好,且  $E_{EC}$  均值高于东部地区,说明

该地区整体上具有比东部更好的追赶效应。对于西部地区而言,在重庆以外的其他省份也呈现出较好的追赶效应,并且其  $E_{EC}$  均值高于东中部地区,这表明西部具备较大的追赶潜力。相反,东中部地区经济相对发达,科技创新体系相对成熟稳定,因此其追赶潜力有限。根据  $E_{BPC}$  值的测算结果,海南和黑龙江在科技创新方面表现突出。此外,除了东部的浙江和福建以及中部的安徽和湖南外,其他省份的  $E_{BPC}$  值均超过 1.000。这主要归因于近年来国家对西部地区不断增加科技创新资源投入和科技政策支持力度,从而改善了西部地区的科技创新条件,同时也说明西部地区在科技创新发展潜力上超过东中部。通过对  $E_{TGC}$  值的观察可以发现,东部地区的海南保持着领先效应,而北京、江苏、浙江、福建和广东等省(市)的  $E_{TGC}$  值大致相等,约为 1.000。这些省(市)的科技水平代表了当前中国科技创新的整体前沿状况。此外,一些西部地区如内蒙古、青海和新疆也出现了一定程度的领先效应,究其原因在于其产业规模较小且科技创新活动相对集中。从  $E_{MFI}$  值来看,绝大多数省(自治区、直辖市)的指标值均超过 1.000,这与之前得出的总体区域创新资源配置效率逐渐提升的结论相一致。

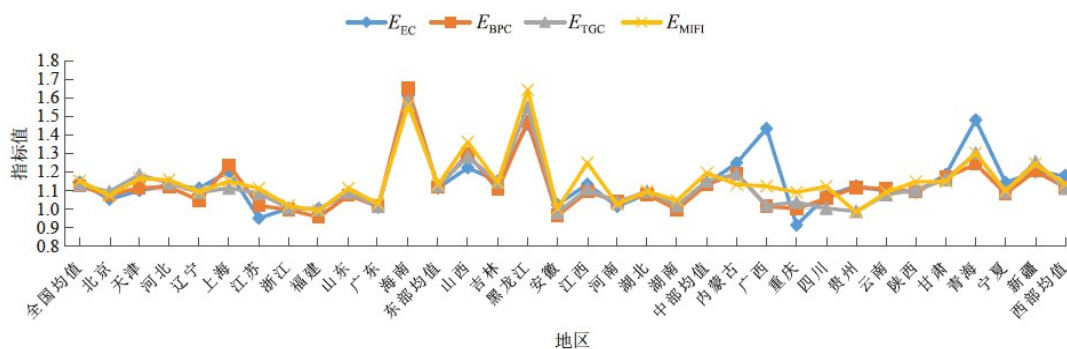


图 3 2011—2020 年 MFMI 均值

### 3 结论与建议

#### 3.1 研究结论

本文从区域技术差异视角出发,采用非期望产

出超效率 SBM 模型和 MFMI 分析法对 2010—2020 年中国各省(市、自治区)的绿色科技创新资源配置效率进行评价与分析,得出如下结论。

1) 总体而言,2010—2020 年中国大部分省份的



绿色科技创新资源配置效率呈上升态势;局部来看,只有北京和广东的资源配置达到了DEA有效水平,其他省份均属于DEA非有效。

2)全国整体的绿色科技创新资源配置效率出现先缓慢上升再缓慢下降的变化趋势,东部地区相较于中西部地区拥有更高的创新资源配置效率。然而,中国在绿色科技创新资源配置方面还有进一步提升的空间。

3)2011—2020年中国各省份绿色科技创新资源配置效率总体呈上升态势,但不同地区仍存在一些不足之处:东部地区未能显著表现出领先和创新效应;中部地区追赶效应并不明显,尽管其创新效应可观;西部地区则表现出较为明显的追赶和创新效应,但稳定性欠佳。总体而言,西部与东中部之间的差距正在逐步缩小。

### 3.2 政策建议

1)东部地区应适当增加科技创新资源投入,重视整体规划创新体系,以提高科技成果转化;加强科技人才培养和区域生态环境保护,以提高科技

人员和能源利用效率,并增强自身创新资源配置效率的创新效应;借鉴发达国家先进的科技创新资源管理经验,在巩固领先优势的同时探索绿色低碳、高效节能的可持续发展模式,推动全国科技创新事业全面发展。

2)中部地区在做好承接东部地区产业转移的同时应注重产业结构调整以及产业转型升级,进一步提升科技创新水平;同时加大对国内外优秀科技人才的引进力度,多措并举、多管齐下,重视引导科技人才回流,改善追赶效应不足的现状;适度加大环境保护力度,积极给予政策引导,激发本地区的追赶效应。推进本地区与东西部地区实现良性互动,促进区域经济协调发展。

3)西部地区应进一步加强对科技创新政策的支持,确保政策的连续性、有效性和可持续性。注重科技创新资源投入与产出之间的平衡,适度控制科技资源投入增长速度,以解决投入与产出不匹配的难题,推动本地区追赶效应和创新效应稳定持续发展,进而实现科技创新活动的可持续发展。

#### 注释:

① 东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南11个省(自治区、直辖市);中部地区包括:山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南8个省;西部地区包括:内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆11个省(自治区、直辖市)。

#### 参考文献:

- [1] 林毅夫. 中国改革开放40年经济发展态势与新时代转型升级展望[J]. 西部论坛, 2018, 28(6): 1-6.
- [2] SLEUWAEGEN L, BOIARDI P. Creativity and regional innovation: evidence from EU regions[J]. Research Policy, 2014, 43(9): 1508-1522.
- [3] 苗玉宁, 杨冬英. 基于综合评价方法的中部地区科技资源配置效率分析[J]. 中国软科学, 2020(3): 134-149.
- [4] 马玉林, 马运鹏. 中国科技资源配置效率的区域差异及收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(8): 83-103.
- [5] 韩爱华, 高子桓, 张虎. 我国科技资源配置的动态网络效率及空间优化研究[J]. 统计研究, 2023, 40(7): 17-32.
- [6] 罗珊, 孙熹寰. 区域科技创新资源配置效率测度——以珠三角为例[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2021, 53(4): 76-83.
- [7] 钱丽, 王文平, 肖仁桥. 技术异质下中国企业绿色创新效率及损失来源分析[J]. 科研管理, 2022, 43(9): 127-138.
- [8] 黄海霞, 张治河. 基于DEA模型的我国战略性新兴产业科技资源配置效率研究[J]. 中国软科学, 2015(1): 150-159.
- [9] 朱钰, 杨锋, 江利景, 等. 基于共享回馈DEA模型的中国省际高技术产业创新效率研究[J]. 控制与决策, 2020, 35(8): 1997-2005.

- [10] 张海波,郭大成,张海英.“双一流”背景下高校科技创新资源配置效率研究,2021,23(1):171-179.
- [11] 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,2022,30(2):256-263.
- [12] 张子珍,杜甜,于佳伟.科技资源配置效率影响因素测度及其优化分析[J].经济问题,2020(8):20-27.
- [13] 陶富,刘静.区域科技资源配置效率及影响因素研究——以京津冀城市群为例[J].技术经济与管理研究,2021(2):19-23.
- [14] 李康,范跃进.“双一流”目标下一流大学科研效率评价[J].科研管理,2022,43(9):41-47.
- [15] 段忠贤,吴鹏.科技资源配置效率影响因素组态与路径研究——基于中国内地30个省市的QCA分析[J].科技进步与对策,2021,38(22):11-18.
- [16] 赖一飞,谢潘佳,叶丽婷,等.我国区域科技创新效率测评及影响因素研究——基于超效率SBM-Malmquist-Tobit模型[J].科技进步与对策,2021,38(13):37-45.
- [17] 袁荣,曹贤忠,曾刚.长三角区域科技创新效率的空间分异及影响因素研究[J].世界地理研究,2023,32(11):155-166.
- [18] 付利苹.桂林市科技资源配置效率研究[D].武汉:武汉大学,2017.
- [19] 陈强,徐凯.中国区域可持续创新效率影响因素[J].同济大学学报(自然科学版),2023,51(3):452-461.
- [20] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3):498-509.
- [21] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1):32-41.
- [22] TONE K. Dealing with undesirable outputs in DEA: a slacks-based measure (SBM) approach[R]. Tokyo: National Graduate Institute for Policy Studies, 2003.
- [23] YAO X, GUO C, SHAO S, et al. Total-factor CO<sub>2</sub> emission performance of China's provincial industrial sector: a meta-frontier non-radial Malmquist index approach[J]. Applied Energy, 2016(184):1142-1153.