

# 中国高技术产业技术创新效率动态演进

吴和成,李 犇

(南京航空航天大学经济与管理学院,江苏南京 211106)

**摘要:**基于2013—2017年中国28个省(区、市)高技术产业的面板数据,在以增强型罗素测量模型测度高技术产业技术创新效率的基础上,运用核密度估计和泰尔指数对效率进行系统分析。结果表明:中国高技术产业技术创新活动的综合效率处于较低水平;纯技术效率呈东、中、西和东北阶梯下降,规模效率呈东北、西、中和东阶梯下降;综合效率总体分布密度曲线随时间右移且右拖尾特征明显;区域内部效率差异是造成地区间效率差异的主要原因;纯技术效率和规模效率在统计上显著负相关;样本期间,高技术产业技术创新活动整体规模报酬不佳,每年处于规模报酬递减的地区数超过50%。基于分析结果,给出相应政策建议。

**关键词:**高技术产业;技术创新效率;增强型罗素测量;核密度估计;泰尔指数

**中图分类号:**F276.44

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-4970(2020)03-0058-09

中国经济发展正处于转型的重要阶段,以加强创新驱动、提高生产要素配置效率为目标的供给侧结构性改革是必由之路。高技术产业具有知识密集和技术密集的特征,对助力传统制造业升级、优化产业结构具有重要作用,是我国实现创新驱动发展的前沿阵地。创新驱动要求能够在相对减少资源投入的基础上实现经济增长<sup>[1]</sup>。随着国家对高技术产业发展的重视,我国高技术产业投入产出规模不断扩大,高技术产业创新资源高效配置已是当前经济发展从要素驱动转向创新驱动的内在要求。因此,在国家实施创新驱动和区域协调发展战略的背景下,剖析我国高技术产业技术创新效率的动态演变

特征,厘清效率的时空差异,探究效率提升路径,对转变我国经济发展方式、促进区域高技术产业协调发展具有现实意义。

## 一、文献回顾

高技术产业已成为提高地区创新驱动能力的关键一环,提高其创新资源配置效率对构建有效的创新驱动发展体系具有重要作用<sup>[2]</sup>。目前,我国高技术产业技术创新效率的研究主要集中在以下几个方面:一是不同的效率测度模型,主流为数据包络分析方法(DEA)和随机前沿函数方法(SFA)。如:Zhang等采用改进后的网络DEA模型,同时测度了我国各

收稿日期:2019-11-14

基金项目:国家社会科学基金项目(16BGL033)

作者简介:吴和成(1963—),男,江苏启东人,教授,从事创新评价与管理研究。

地区高技术产业技术创新研发过程和商业化的效率<sup>[3]</sup>;吴和成运用超效率 DEA 模型,测度了中国“十五”期间 5 个高技术产业的 R & D 效率,并将 DEA 有效产业进行了排序<sup>[4]</sup>;易明等采用 SFA 方法对我国 27 个省和八大经济区域高新技术产业创新效率进行了测算分析<sup>[5]</sup>;姬中洋运用改进后的 SFA 方法测度了我国 28 个省的高技术产业的技术效率,并研究了税收对效率的影响<sup>[6]</sup>。二是效率的动态演进,如:陈伟等运用 DEA-Malmquist 指数法考察了各地区高技术产业不同时期专利创新效率的变化<sup>[7]</sup>;刘伟利用 Bootstrap-Malmquist 指数法分析了纠偏后的 15 个高技术行业创新效率演进趋势<sup>[8]</sup>;成力为等采用 Windows-DEA 方法考察了 13 个高技术行业的创新资源配置效率的动态演变<sup>[9]</sup>。三是区域差异,如:肖刚等采用变异系数和马尔可夫链法分析了区域高技术产业发展差异<sup>[10]</sup>;孟晓非通过平均值与标准差衡量了我国东部、中部和西部的高技术产业研发阶段与转化阶段的效率差异<sup>[11]</sup>。已有研究对分析我国高技术产业技术创新资源配置现状和相关政策制定有较好的意义,但仍有以下问题值得进一步探索:①效率测度模型导向问题。现有测度模型一般基于投入冗余假设或者产出不足假设,忽略了二者同时存在的情况,会造成测得的效率虚高。②高技术产业技术创新效率的动态演进问题。现有文献通常以 Malmquist 指数法、Windows-DEA 方法对效率的趋势变化进行考察,但这些方法仅能了解单一地区效率的变化趋势,无法对全部研究对象的整体效率演进趋势进行动态刻画。③高技术产业技术创新效率区域差异问题。现有文献虽有涉及,但无法识别差异主要来源于哪些地区,从而相关区域协调发展政策设计的支撑度略显不足。

基于此,笔者以中国各省(区、市)为样本,运用非导向模型进行分析,由此可以同时创新资源投入与创新产出进行双向调整。以省域视角对中国高技术产业技术创新效率分布进行动态表征,可以从总体上把握中国高技术产业技术创新效率时空分布特征,而基于泰尔指数的差异分解方法可以厘清效率差异的区域来源。

## 二、指标设计与样本选择

### 1. 指标设计

高技术产业具有研发密集的特点,R & D 活动

是其技术创新的前提,因此测度高技术产业技术创新效率可基于与 R & D 活动相关的投入和产出的角度。经费投入和劳动力投入常用来表征高技术产业 R & D 活动投入,参考文献[12]的做法,选择 R & D 人员折合全时当量来表征人员劳动的投入,选取 R & D 经费内部支出表征研发资金投入。新产品开发经费是衡量创新产品转化的重要变量,也作为投入指标。

以专利为主的技术创新成果是技术创新前期过程的直接产出,目前是衡量科技创新通用的产出指标。由于发明专利申请难度大,更能代表创新产出水平,所以采用发明专利申请数作为产出指标之一。采用申请数而不是授权数的原因,一是所要申请的发明专利也需要人力劳动和经费支持;二是最终没有得到授权的专利并不意味无价值;三是申请数与授权数存在很强的正相关性。作为高技术产业技术创新产出的代表性指标,新产品销售收入反映了创新成果的市场转化收益,是增加企业创新投入的动力,并形成投入与产出的良性循环,因此新产品销售收入理应作为度量技术创新产出绩效的指标。

投入变量和产出变量之间的对应关系是获得有价值效率测度值的前提,但想要获得完全匹配的投入变量和产出变量十分困难<sup>[13]</sup>。考虑高技术产业技术创新活动的特点,最终选取了如下创新效率测度指标:R & D 人员折合全时当量、R & D 经费内部支出和新产品开发经费支出作为投入指标,发明专利申请数和新产品销售收入作为产出指标。

### 2. 样本选择

指标数据均来源于《中国科技统计年鉴》(2014—2018 年),选取中国 2013—2017 年 28 个省(区、市)高技术产业相关数据进行分析(由于西藏数据缺失,故未选择;青海和新疆高技术产业技术创新投入产出规模与其他地区差异过大,为保证被评价单元的同质性与评价结果的客观性,也未纳入决策单元)。《中国科技统计年鉴》中的相关数据口径为规模以上工业企业,在此予以说明。

以考察期间的 5 个横截面数据为观测值,能够扩大决策单元数目,弥补单个横截面数据上出现较多有效单元而区分能力降低的不足,且保证效率值可以进行纵向和横向比较。同时,为消除价格变动的影响,以 2013 年为基期,采用消费者物价指数对 R & D 内部经费支出、新产品开发经费支出和新产

### 三、效率测度与分析模型

以增强型罗素测量模型测度各决策单元技术创新效率,技术效率演化以估计出的效率核密度函数曲线的形态变化予以描述,技术效率的地区差异则以泰尔指数这一变量表示。

#### 1. 效率测度模型

创新效率受多种因素影响,将创新系统视为黑箱,撇开其复杂的内部结构和生产技术函数形式是估计创新效率的有效途径<sup>[14]</sup>。相比 SFA 方法,DEA 模型不需要严格的假设前提,更适用于评价多投入多产出特点的高技术产业。传统径向 DEA 模型忽略了投入冗余、产出不足同时存在和评价指标非同比例变化的情况<sup>[15-16]</sup>,导致获得的效率与实际相比偏高,Pastor 对此进行了改进,提出了“增强型罗素测量”(ERM)模型<sup>[17]</sup>。

记 $(x_{ij}, y_{rj}) (i=1, 2, \dots, m; r=1, 2, \dots, s; j=1, 2, \dots, n)$ 为各地区指标数据的集合,其中, $m$ 为投入指标数, $s$ 为产出指标数, $n$ 为待评价的地区数,高技术产业技术创新的技术效率(TE)可由模型(1)求得。

不变规模报酬(CRS)下的 ERM 模型为:

$$TE = \min \left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i \right) / \left( \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \varphi_r \right) \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} (\theta_i x_{i0}, i=1, 2, \dots, m) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \varphi_r y_{r0}, r=1, 2, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0 (\forall j), 0 \leq \theta_i \leq 1 (\forall i), \varphi_r \geq 1 (\forall r) \end{cases}$$

式中: $\lambda_j$ 为结构变量, $\theta_i$ 与 $\varphi_r$ 分别为第*i*个投入指标的利用率与第*r*个产出指标产出的比例。模型(1)是基于最优的生产规模,在模型(1)下的有效(效率值等于1)满足技术和规模同时有效,所以技术效率也称综合效率。模型(1)在增加 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 的约束条件后,可分离规模效率(SE),计算出的效率值为纯技术效率(PTE)。为区别技术效率与纯技术效率,下文均用综合效率这一表述。综合效率、纯技术效率与规模效率的关系为 $TE = PTE \times SE$ 。如果SE为1,则该地区创新规模有效。在模型(1)求解出最优解的同时, $\sum_{j=1}^n \lambda_j < 1$ 、 $= 1$ 和 $> 1$ 分别代表该地区的规模报酬为递增、不变和递减状态。

#### 2. 技术效率分布核密度函数估计模型

核密度估计法是一种非参数估计方法,主要用于对随机变量的概率密度进行估计,用连续的密度曲线描述随机变量的分布形态<sup>[18]</sup>。设,高技术产业技术创新效率为随机变量*X*,其密度函数为*f(x)*, $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为一组样本观测值,则*f(x)*的核密度估计为:

$$\hat{f}_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K \left( \frac{x - x_i}{h} \right) \quad (2)$$

式中: $K \left( \frac{x - x_i}{h} \right)$ 为核函数, $n$ 为样本容量, $h$ 为带宽。选取常用的 Epanechnikov 核函数,带宽 $h = 1.06s_x n^{-\frac{1}{5}}$ , $s_x$ 为样本标准差<sup>[19]</sup>。此次考查的一个核心问题就是通过核密度估计结果的分布曲线对比,观察中国高技术产业技术创新效率的分布形态、位置和演进态势,弥补已有研究仅能识别单一地区的效率变动趋势。

#### 3. 度量区域差异的泰尔指数

度量区域差异的指标一般有标准差、变异系数、泰尔指数和基尼系数等,相比之下,泰尔指数具有可分解性,能够在“空间”意义上分解为区域间差异和区域内差异,并明确这两种差异对总差异的贡献率及影响大小<sup>[20]</sup>。计算公式如下:

$$T = T_W + T_B$$

$$T_p = \sum_{i=1}^{n_p} \frac{1}{n_p} \cdot \left( \frac{e_i}{\bar{e}_p} \right) \cdot \ln \left( \frac{e_i}{\bar{e}_p} \right)$$

$$T_W = \sum_{p=1}^m \left( \frac{n_p}{n} \cdot \frac{\bar{e}_p}{\bar{e}} \right) \cdot T_p$$

$$T_B = \sum_{p=1}^m \frac{n_p}{n} \cdot \left( \frac{\bar{e}_p}{\bar{e}} \right) \cdot \ln \left( \frac{\bar{e}_p}{\bar{e}} \right)$$

$$D_p = \frac{n_p}{n} \cdot \frac{\bar{e}_p}{\bar{e}} \cdot \frac{T_p}{T}, p=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

式中: $T_W$ 、 $T_B$ 和*T*分别表示区域内、区域间以及区域总高技术产业技术创新效率差异的泰尔指数; $T_p$ 表示各区域内高技术产业技术创新效率差异的泰尔指数; $m$ 为区域群组数; $n_p$ 为各区域所包含省区的个数; $n$ 为全国各地区省区数的总和; $e_i$ 、 $\bar{e}_p$ 和 $\bar{e}$ 分别为各区域内第*i*个省区的高技术产业技术创新效率、各区域高技术产业技术创新效率均值以及全国高技术产业技术创新效率均值;*T*的取值介于[0,1]之间,*T*值越大,表明效率差异越大; $D_p$ 表示各区域内泰尔指数对总泰尔指数*T*的贡献率。总区域内和

总区域间泰尔指数的贡献率可分别通过  $T_w$ 、 $T_p$  与  $T$  的比值求得。

## 四、实证分析

### 1. 高技术产业技术创新效率测度及分析

根据 2013—2017 年各省(区、市)高技术产业面板数据,利用上述模型计算得到各年各省份高技术产业技术创新活动的综合效率、纯技术效率和规模效率。限于篇幅,详细数据从略。表 1 是根据计算结果整理得到的全国及四大区域的效率均值情况,四大区域的划分标准来自《中国科技统计年鉴》。

表 1 中国四大区域高技术产业技术创新综合效率、纯技术效率和规模效率

效率类别	区域	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
TE	东部	0.410	0.419	0.368	0.377	0.392
	中部	0.405	0.415	0.448	0.384	0.545
	西部	0.341	0.316	0.330	0.339	0.351
	东北	0.279	0.249	0.255	0.306	0.289
	全国	0.377	0.374	0.369	0.362	0.414
PTE	东部	0.544	0.679	0.534	0.564	0.590
	中部	0.429	0.480	0.518	0.462	0.620
	西部	0.353	0.439	0.355	0.376	0.386
	东北	0.285	0.254	0.258	0.314	0.326
	全国	0.436	0.517	0.455	0.461	0.519
SE	东部	0.794	0.678	0.747	0.735	0.706
	中部	0.934	0.886	0.900	0.872	0.891
	西部	0.955	0.830	0.942	0.920	0.931
	东北	0.980	0.984	0.989	0.979	0.933
	全国	0.894	0.808	0.866	0.846	0.839

从四大区域的综合效率均值来看,研究期内中部地区综合效率均值高于全国平均水平。2016 年中部综合效率值有所下降,但总体保持递增态势,这表明中部地区高技术产业技术创新资源配置结构在不断优化。东部地区综合效率值在 2015、2017 年略低于全国平均水平,其中海南地区研究期内的综合效率均值仅为 0.150,与其他地区差异较大,这可能是导致东部地区综合效率均值略低于全国水平的原因。西部和东北地区高技术产业综合效率值始终低于全国均值,且低于东部和中部。

东部地区高技术产业技术创新纯技术效率均值始终高于全国平均水平,除 2017 年外,其余年份纯技术效率值均位于四大区域之首。较好的经济基础、相对完善的高技术产业技术创新人才培养引进机制、区位优势 and 改革开放先行等优势为东部地区高技术产业的发展创造了相对优越的条件。但东部

地区纯技术效率尚有较大提升空间的这一现实必须清楚。2015—2017 年,中部地区纯技术效率值得到了改善,均高于全国水平;东北与西部地区纯技术效率一直处于较低水平。

从规模效率的情况来看,东部地区高技术产业技术创新规模效率一直低于全国平均水平,且低于其他 3 个区域的规模效率均值。东部地区优越的条件能够聚集大量的高技术产业技术创新资源,然而,技术创新效率较低即技术创新资源的不充分利用现象则表现为规模效率较低。东北、西部和中部地区历年规模效率均高于全国水平,且呈东北最高,西部次之,中部最低的分布特点。

由表 1 可知,就中国高技术产业技术创新效率的全国均值而言,研究期内,中国高技术产业技术创新的综合效率始终处在较低水平,前 4 年一直处于下降状态,只在 2017 年上升并达到最大值 0.414,5 年平均的效率值仅为 0.379。样本期间,中国高技术产业技术创新规模效率始终优于综合效率和纯技术效率,5 年均值为 0.851,总体上有下降趋势。规模效率指当前 DMU 的生产规模与最优生产规模之间的距离,但是所处位置是在最优生产规模之上还是之下有待进一步研究。考察期间,纯技术效率水平不佳,均值仅为 0.478,这是制约中国高技术产业技术创新综合效率提升的关键因素。

### 2. 高技术产业技术创新效率分布演进

为揭示高技术产业技术创新效率及其分解指标的整体动态演进特点,利用核密度估计方法考察效率分布曲线位置、峰值和形态等方面的变化,进而表征效率的分布动态演进特征。研究期内中国高技术产业技术创新综合效率动态演进趋势如图 1 所示。从效率总体分布密度曲线位置来看,曲线整体有随

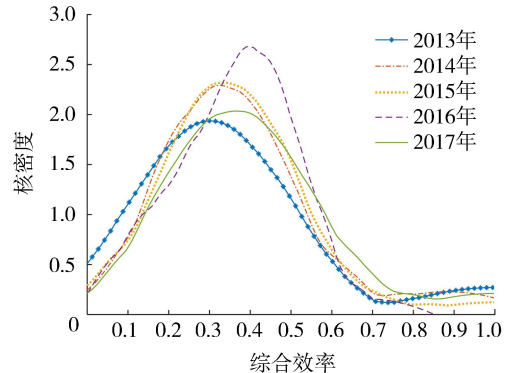


图 1 中国高技术产业技术创新综合效率动态演进

时间不断右移的趋势,但移动幅度较小,这一现象反映综合效率整体上处于一种缓慢增长的态势,与上文结论一致。从曲线形态来看,右拖尾特征明显,说明大部分省(区、市)高技术产业技术创新综合效率在低值聚集,小部分地区向高值靠拢,且这小部分高效率地区差异十分显著。从曲线的峰度变化来看,只有2016年的波峰宽度明显由扁平变为陡峭且波峰高度上升,意味着2016年的综合效率省际差异相对较小,效率趋同。

2013—2017年中国高技术产业技术创新纯技术效率动态演进趋势如图2所示。与技术总体分布密度曲线演进类似,纯技术效率总体分布密度曲线位置总体右移,移动幅度较小,这表明中国高技术产业纯技术效率整体有所改善,但改善有限,这与上文中国高技术产业技术创新纯技术效率均值变化趋势相同。从曲线形态来看,波峰并无显著变窄,但分布曲线的峰值有所下降,表明省际效率值差异未得到明显改善。效率两极分化现象仍然存在,但右尾逐年小幅抬高,这表明高效率地区逐渐增多。

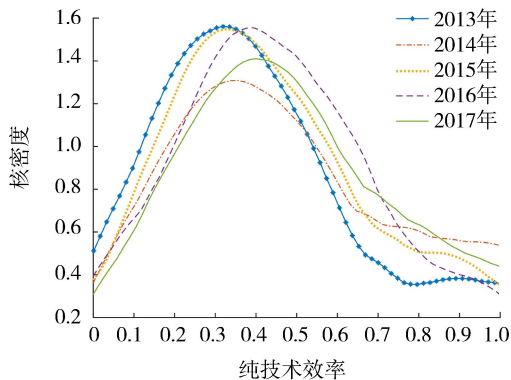


图2 中国高技术产业技术创新纯技术效率动态演进

样本期间,中国高技术产业技术创新规模效率动态演进趋势如图3所示。可以发现,规模效率总体分布密度曲线与纯技术效率、综合效率分布曲线迥然相异,从形状上看,具有明显的左拖尾和“单峰”现象。2013年波峰宽度最窄且最大,说明2013年省际规模效率差异最小,效率趋同。2014年左拖尾最长,且波峰最小,表明2014年效率省际差异最大,效率趋异。总体上说,规模效率分布曲线波峰高度呈下降趋势,且波峰位置有所左移,这表明规模效率整体上下降,效率省际差异有所增加。相对于综合效率、纯技术效率总体分布密度曲线,规模效率总体分布密度曲线较窄的波峰表示规模效率省际差异

相对较小。

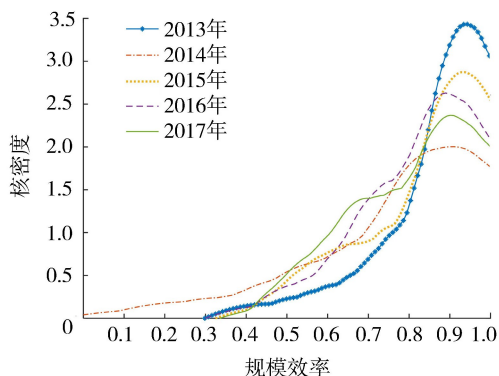


图3 中国高技术产业技术创新规模效率动态演进

对于效率分布曲线位置变动的分析能够补充效率整体水平演变的考察。此外,曲线的宽窄形态变化可以初步观察效率的省际差异程度变动情况,但这种差异观察略显粗糙,且曲线细微的变化很难准确解释差异的变动情况,因此将对效率的差异进行量化分析。

### 3. 高技术产业技术创新效率区域差异分解

泰尔指数可量化效率的区域差异程度,并采用基于泰尔指数的分解方法对效率的区域差异结构及差异来源进行有效分析。

从表2可知,中国高技术产业技术创新综合效率总差异有减小的趋势,表现为泰尔指数从2013年的0.171下降至2017年的0.109,下降了36.3%,这主要是因为高技术产业技术创新综合效率落后地区的效率提升速度相对于高效率地区更快,从整体上缩小了高技术产业技术创新综合效率的区域差异,尽管目前差异仍处于较高水平。综合效率的区域间泰尔指数总体上呈先增后减的变化趋势,最大值仅为0.022;区域内泰尔指数下降了38.4%,但是还是处于较高水平。从贡献率来看,区域内差异一直保持较高的贡献率,除2015年略低于80%外,其余年份均大于80%,其中有3年贡献率超过90%,这表明即使在同一区域内部,各省份高技术产业发展状况差异也较大,这也与现实情况相符。在区域的横向对比上,东北地区的贡献率始终最小,相比之下东部、中部和西部贡献率保持在相对较高的水平。研究期内,西部地区贡献率除2014年略低于20%外,其余年份均保持在20%之上,且在2017年达到了峰值39.4%。中部地区一直保持在24%以上的贡献率,东部地区总体上也保持较高的贡献率。

表 2 高技术产业技术创新综合效率泰尔指数及其分解

年份	总差异	区域间差异		区域内差异		贡献率/%			
		数值	贡献率/%	数值	贡献率/%	东部	中部	西部	东北
2013	0.171	0.009	5.1	0.162	94.9	27.9	24.0	36.2	6.8
2014	0.106	0.020	18.6	0.087	81.4	30.7	25.5	19.3	5.9
2015	0.105	0.022	20.6	0.083	79.4	19.3	27.6	26.7	5.9
2016	0.079	0.006	7.9	0.073	92.1	35.0	24.6	23.0	9.5
2017	0.109	0.009	8.1	0.100	91.9	12.8	30.8	39.4	8.8

从表 3 可以得知,中国高技术产业技术创新纯技术效率总差异呈显著的缩小趋势,且泰尔指数从 2013 年的 0.177 下降至 2017 年的 0.131,下降幅度达 26.4%。纯技术效率区域间差异呈倒 U 型态势,而区域内差异变化则相反,为先减再增。从贡献率来看,历年区域内差异的贡献率均超过 70%,可见区域内差异是制约中国高技术产业技术创新纯技术效率差异进一步缩小的关键因素。在区域的横向对比结果上,东北地区对于总差异的贡献率在四大地区中最小,而东部地区差异贡献率始终最高,表明东部地区内部各省域差异更为显著。

表 4 是中国高技术产业技术创新规模效率的差异分解情况。与综合效率、纯技术效率较高的区域差异不同,规模效率的泰尔指数相对较小,最大值为 0.039,最小值仅为 0.012,但总体上有上升趋势,与其分布曲线右移的结论吻合。区域内差异贡献率保持在 50% 之上,其中东部贡献率始终在四大地区中最高,东北地区区域内部差异始终最小。

#### 4. 效率的相关性检验

在对效率的动态演进与区域差异分析的基础

上,有必要进一步探明效率在空间分布上的特征,以便分析效率不佳以及效率差异的原因。由前文对地区效率均值的分析可以得知,纯技术效率分布呈东部、中部、西部、东北阶梯下降特征,规模效率则呈完全相反的阶梯分布,这表明在某种程度上,当前我国高技术产业存在生产规模越小,距离最优生产规模越近的现象。仅从效率均值分析缺少统计意义,因此对历年各效率间进行 spearman 相关系数检验(表 5)。

研究期内,高技术产业的综合效率与纯技术效率在 1% 的显著性水平下,存在显著的正相关,这表明纯技术效率与综合效率的排名显著一致,是决定高技术产业技术创新活动效率高低排序的关键指标。值得关注的是,纯技术效率与规模效率却呈现出显著负相关,除 2013 年外,其余年份均在 1% 水平下显著。这一结果证明中国高技术产业技术创新活动的制度和管理水平与其生产规模大小显著不协调,这也是综合效率总体上提升缓慢的原因。

究其原因,随着高技术产业的不断发展,部分较发达地区得天独厚的优势能够聚集大量高技术产业技术创新要素,从而欠发达地区的创新资源相对更

表 3 高技术产业技术创新纯技术效率泰尔指数及其分解

年份	总差异	区域间差异		区域内差异		贡献率/%			
		数值	贡献率/%	数值	贡献率/%	东部	中部	西部	东北
2013	0.177	0.023	13.2	0.154	86.8	33.1	19.1	28.8	5.7
2014	0.155	0.040	26.2	0.114	73.8	26.9	16.9	26.9	3.1
2015	0.146	0.037	25.2	0.109	74.8	31.5	21.8	17.9	3.6
2016	0.133	0.026	19.4	0.108	80.6	42.5	18.9	14.5	4.7
2017	0.131	0.015	11.2	0.116	88.8	27.0	26.1	26.8	9.0

表 4 高技术产业技术创新规模效率泰尔指数及其分解

年份	总差异	区域间差异		区域内差异		贡献率/%			
		数值	贡献率/%	数值	贡献率/%	东部	中部	西部	东北
2013	0.012	0.004	30.8	0.008	69.2	62.4	3.5	3.2	0.1
2014	0.039	0.009	22.1	0.030	77.9	46.1	6.3	25.5	0.0
2015	0.015	0.006	39.5	0.009	60.5	37.8	20.5	2.1	0.1
2016	0.015	0.006	42.7	0.008	57.3	44.6	6.1	6.5	0.1
2017	0.017	0.008	47.6	0.009	52.4	23.4	18.4	7.4	3.1

表5 中国高技术产业技术创新综合效率与纯技术效率、规模效率间的 spearman 相关系数检验

检验对象	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
TE-PTE	0.983(0.000)	0.770(0.000)	0.973(0.000)	0.930(0.000)	0.943(0.000)
TE-SE	-0.011(0.955)	-0.310(0.108)	-0.471(0.011)	-0.645(0.000)	-0.257(0.186)
PTE-SE	-0.129(0.512)	-0.731(0.000)	-0.593(0.001)	-0.840(0.000)	-0.485(0.009)

注:括号前的数字为 spearman 系数,括号内的数字表示相应的 P 值。

少,最终地区高技术产业技术创新资源投入规模演变成具有马太效应的空间格局。然而,创新要素聚集的地区目前还不具备完全消化这些资源的能力。以江浙沪地区为例,2017年,这3个地区R & D人员折合全时当量、R & D经费内部支出和新产品开发经费支出的总和分别占当年全国的27.9%、24.9%和25.0%;新产品销售收入和发明专利申请数分别占全国的25.1%和20.5%;而高技术产业纯技术效率值分别为0.750、0.529和0.548,均为DEA无效。与江浙沪地区总投入相当的广东地区3项投入指标值分别占全国的26.8%、30.9%和37.5%,产出指标分别占比34.9%和40.8%,纯技术效率值为1,表明广东在目前的技术水平上,其投入资源得以充分利用。由此可见,高技术产业技术创新成果不是由创新要素简单地叠加得到,而是通过创新要素的融合产生“1+1>2”的效果。如果该地区高技术产业的制度、管理等不能匹配其生产规模的扩展速度,则会造成投入要素的拥挤,最终导致无法获得相应比例的产出。而各区域内部各省份的要素聚集情况、产业制度以及产业管理水平也不尽相同,这也是区域内部效率差异显著的原因。

通过规模报酬状态的判断,有助于识别目前中国高技术产业技术创新资源投入拥挤状况。样本期内,中国高技术产业技术创新活动3种规模报酬状态情况如表6所示。考察期间,中国高技术产业技术创新活动规模报酬处于递减的地区比例始终高于50%,其中有3年均高于70%,这再一次表明产业规模规划不当,导致规模经济总体较差。广东、江苏、山东、浙江和上海等高新技术产业较发达地区创新活动历年均为规模报酬递减的状态。总体上处于规模报酬递增状态的地区主要是山西、内蒙古、黑龙江、广西、海南、云南、甘肃和宁夏等地,由于创新资源的匮乏,导致这些地区高技术产业技术创新产出无法较快增加。规模报酬递减并不意味着扩大规模就是不利的,该状态下扩大规模仍然能够扩大创新产出。与发达国家相比,我国在高技术产业上的投入仍有所不足,未来还应进一步加大资源投入规模,

但要注重资源的科学配置。

表6 2013—2017年中国高技术产业技术创新活动3种规模报酬状态样本数占总样本比例 %

报酬状态	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
报酬递减	57.1	71.4	67.9	75.0	71.4
报酬递增	32.1	28.6	28.6	25.0	21.4
报酬不变	10.8	0.0	3.5	0.0	7.2

## 五、结论与建议

利用非径向-非定向的增强型罗素测量模型,以中国28个省(区、市)为样本,测算了2013—2017年高技术产业技术创新的综合效率及其分解指标和规模报酬状态。在此基础上,利用核密度估计、泰尔指数以及spearman相关系数对效率进行了系统分析,得到如下结论:

①2013—2017年,中国高技术产业技术创新综合效率处于较低水平;纯技术效率呈东部、中部、西部、东北阶梯下降的分布,规模效率呈东北、西部、中部、东部阶梯下降的分布;纯技术效率与规模效率在统计上显著负相关。

②中国高技术产业技术创新综合效率总体上趋于递增态势,且大部分省份高新技术产业技术创新综合效率在低值聚集,仅有小部分地区向高值攀进,纯技术效率与综合效率的变化趋势一致。规模效率总体分布密度曲线右侧“单峰”和左侧拖尾态势显著,但曲线整体上有左移趋势,表明规模效率在综合效率提升的相对作用上呈总体渐弱趋势。

③中国高技术产业技术创新综合效率存在较为显著的地区差异,但呈缩小态势。其中,区域内差异是造成地区间差异的主要诱因,纯技术效率的情况和综合效率类似;规模效率地区差异较小,但有上升态势。

④较发达地区高新技术产业技术创新活动总体上处于规模报酬递减状态,规模报酬递增则集中在资源相对缺乏、生产规模较小的地区。

基于以上结论,笔者认为需要作出如下举措:

第一,深化高新技术产业管理体制改革,释放创新资源生产潜力。当前,我国高新技术产业创新活动的

相关制度安排(人才激励制度、财务制度等)不够成熟、管理水平不佳,多地区劳动、经费等创新要素边际收益递减。人是创新活动的实践者,创新驱动的实质是人才驱动,只有深化人才培养、人才激励等方面的人才管理体制变革,才能激发创新热情,充分释放人才创新潜能。与此同时,还应加强对创新经费的全过程监督管理,提高创新资金使用效率与收益。

第二,推进工业企业数字化转型,充分发挥大数据、“互联网+”和人工智能等新技术、新理论在资源配置中的重要作用。当前,制造业已呈现出智能化、数字化等趋势,推动企业数字化转型,加快产业创新发展已成为各国共识,我国高技术产业要增强新产品竞争力,提高新产品销售收入,必须把数字经济放在突出重要位置,充分发挥已有优势,加快发展步伐。数字化转型首先可以通过数据分析从内部优化生产过程中的工艺流程、成本管理等环节,降低生产成本,提高生产效率。此外,通过应用大数据等技术,从外部主动发现、充分收集并准确对接用户需求,以及为客户提供远程在线服务,促进企业向“产品+服务”的经营模式转变。

第三,加快跨区域协同创新平台建设,塑造区域协调发展新格局。研究期内,效率的区域内差异是造成地区间效率差异的显著原因。各地区由于要素禀赋,经济基础等不同,其高技术发展差异是必然存在的,对于缩小区域发展差异的战略不应再以模仿、复制为主,而应尊重客观经济规律,充分发挥不同地区的比较优势,而这需要一个以政府为主导的平台或组织进行协调。通过构建跨行政区域的创新平台,各地方政府能够引导创新主体积极参与跨区域的协同,并从中获得互补性的创新资源,从而有助于区域内与区域间协同关系的演进与耦合,推动区域创新体系的可持续发展,实现区域创新体系整体效益最大化。

## 参考文献:

[1] 洪银兴. 关于创新驱动和协同创新的若干重要概念[J]. 经济理论与经济管理, 2013(5): 5-12.

[2] 侯建, 陈建成, 陈恒. 处理环境效应和随机误差的创新驱动发展绩效时空异质研究——以高技术产业为例[J]. 系统管理学报, 2019, 28(6): 1143-1152.

[3] ZHANG B, LUO Y, CHIU Y H. Efficiency evaluation of China's high-tech industry with a multi-activity network data envelopment analysis approach[J]. Socio-Economic

Planning Sciences, 2019, 6(66): 2-9

[4] 吴和成. 高技术产业R & D效率分析[J]. 研究与发展管理, 2008, 20(5): 83-89.

[5] 易明, 彭甲超, 吴超. 基于SFA方法的中国高新技术产业创新效率研究[J]. 科研管理, 2019, 40(11): 22-31.

[6] 姬中洋. 税收优惠如何影响高技术产业技术效率——基于SFA与中介变量法的研究[J]. 中国软科学, 2019(7): 145-152.

[7] 陈伟, 沙蓉, 张永超, 等. 我国知识密集型产业专利创新绩效评价研究——基于DEA-Malmquist指数方法[J]. 管理评论, 2013, 25(8): 39-45.

[8] 刘伟. 基于Bootstrap-Malmquist指数的高新技术产业技术创新效率分析[J]. 经济学动态, 2013(3): 42-52.

[9] 成力为, 孙玮, 王九云. 要素市场不完全视角下的高新技术产业创新效率——基于三阶段DEA-Windows的内外资配置效率和规模效率比较[J]. 科学学研究, 2011, 29(6): 930-938.

[10] 肖刚, 杜德斌, 戴其文, 等. 中国区域高技术产业发展差异的时空演变[J]. 中国科技论坛, 2015(12): 94-100.

[11] 孟晓非. 中国专利政策绩效区域差异及影响因素分析——以高技术产业为例[J]. 中国科技论坛, 2017(1): 103-108.

[12] 乔元波, 王砚羽. 基于三阶段DEA-Windows分析的中国省域创新效率评价[J]. 科学学与科学技术管理, 2017, 38(1): 88-97.

[13] 左铠瑞, 宫建成. 中国区域R & D效率变化测度及其影响因素研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2016, 37(4): 79-88.

[14] 陈凯华, 宫建成, 寇明婷. 中国高技术产业“高产出、低效益”的症结与对策研究——基于技术创新效率角度的探索[J]. 管理评论, 2012, 24(4): 53-66.

[15] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.

[16] BANKER R D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 1984, 17(1): 35-44.

[17] PASTOR J T, RUIZ J L, SIRVENT I. An enhanced DEA Russell graph efficiency measure[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 115(3): 596-607.

[18] 李占风, 刘晓歌. 中国生产性服务业TFP的时空差异与影响因素分析[J]. 统计与信息论坛, 2016, 31(12): 54-60.

[19] 王晓珍, 蒋子浩, 郑颖. 我国高校创新效率评价研究: 八大区域视角[J]. 科研管理, 2019, 40(3): 114-125.

[20] 谭华云, 许春晓, 董雪旺. 旅游业碳排放效率地区差异分解与影响因素探究[J]. 统计与决策, 2018, 34(16): 51-55.

(责任编辑:高虹)