

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2021.13.003

# “十二五”以来中国创新政策效果评价与政策启示

张静雨, 张继彤

(南京师范大学商学院, 江苏南京 210023)

**摘要:** 构建过程导向的因子理想关联评价模型和结果导向的三阶段 DEA 效率评价模型, 对“十二五”以来的创新政策效果做评估, 发现 2010—2018 年科技创新政策整体是有效的, 但主要影响因子存在地区差距较大、有效性波动等问题; 政策效果出现东西差距缩小、南北差距拉大、东北明显落后、中西部依赖性强等特点; 创新效率由中心城市到经济圈再到其他地区递减。检验近年创新政策实施效果, 对制定“十四五”创新政策有重要的参考价值。

**关键词:** 双向政策评价体系; 创新政策效率; 因子分析法; 理想关联法; 三阶段 DEA

**中图分类号:** G301;G311

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-7695 (2021) 13-0017-08

## Evaluation on the Effectiveness of Science and Technology Innovation Policy: Review of Science and Technology Innovation Policy since the 12th Five-Year Plan

Zhang Jingyu, Zhang Jitong

(Business School, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** Innovation policy is an important driving force for the construction of an innovation-oriented country. This paper constructs a process-oriented factor ideal correlation evaluation model and a result-oriented three-stage DEA efficiency evaluation model, evaluates the effect of innovation policies since the "12th Five-Year Plan", and finds that the overall scientific and technological innovation policies from 2010 to 2018 are effective. However, there are some problems such as large regional gap and validity fluctuation of the main influencing factors. In the effect of these policies, the gap between the east and the west is narrowing, the gap between the north and the south is widening, the northeast is clearly lagging behind, and the central and western regions are heavily dependent. The efficiency of innovation decreases from the central city to the economic circle and then to other regions. Examining the effect of innovation policy implementation in recent years has important reference value to the formulation of innovation policy in the 14th Five-Year Plan.

**Key words:** policy evaluation; innovation efficiency; factor analysis; ideal correlation method; three-stage DEA

自《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》颁布以来,我国各级政府部门制定了大量创新政策,以提升我国的自主创新能力、推进创新型国家建设。2020年是《纲要》收官之年,也是编制“十四五”发展规划的元年,在此承前启后的关键时点,检验和重新审视“十二五”以来创新政策效果,发现既有政策的不足,可为制定“十四五”发展规划提供借鉴。

### 1 文献综述

科技创新政策是政府为鼓励科技研究发展而采取的公共措施<sup>[1]</sup>,主要依托财政投入的倾斜和人才引进等激励性工具刺激创新主体,调动其创新积极性,进而实现创新能力的提升<sup>[2]</sup>。

目前主要通过两个路径来评价创新政策的有效性。一是过程导向,以政策工具为核心,通过构建不同的指标体系来判断政策是否达到了预期目标,其关键是把握政策从制定到实施的内在逻辑。沿袭这一思路,Padilla-Pérez等<sup>[3]</sup>以政策工具为核心评价中美洲6国的创新政策;蔺洁等<sup>[4]</sup>从政策主体、政策工具、政策目标三方面构建创新政策分析框架比较了江苏和美国加州政府发布的创新政策;李政等<sup>[5]</sup>将质性数据分析法引入中美政策的比较,发现政策的部际分布差异较大;李凡等<sup>[6]</sup>在政策目标、工具和实施的三维视角下利用二元 Logistic 回归比较两国科技创新政策,发现中国偏向企业供给和知识的垂直增加,而印度则偏向对市场的保护和水平扩

收稿日期: 2020-10-25, 修回日期: 2020-12-30

散；肖美丹等<sup>[7]</sup>分别选择河南 96 份、广东 116 份创新政策，梳理出 2005—2015 年两省科技创新政策的侧重方向和转变路径，对比分析不同时期、部门和内容下的政策演进脉络。二是结果导向，依托创新的投入产出指标，建立结果导向模型，通过创新效率间接反映创新政策的有效性。Edurne 等<sup>[8]</sup>通过评价创新政策效果，明确政策效益是检验政策有效性的重要标准之一；Rugee 等<sup>[9]</sup>研究科技创新政策实施效果的评估方法，并对欧美国家进行了检验；Dye<sup>[10]</sup>计算所有目前和将来的政策目标群体和非目标群体成本和收益之间的差异来评估政策效果；王守文等<sup>[11]</sup>将产学研合作区域竞争政策划分为五类，将政策有效性的推动力量形象化为飞机模型，建立了多层次模糊综合模型，发现投入因素是政策有效性是最大源动力；蔺鹏等<sup>[12]</sup>在复杂适应理论基础上引入超越对数生产函数，建立随机前沿模型，运用河北省 60 家科技型中小企业数据实证测度 R&D 经费投入对技术创新效率的影响；阎东彬<sup>[13]</sup>应用两阶段数据包络分析法考察 2012—2017 年京津冀地区科技创新政策的实施效果等。这些研究都采用了结果导向路径，从创新效率出发，衡量科技创新政策的有效性。

过程导向从政策形成的理论框架、政策主体、中介工具和预期目标等方面评价政策的有效性，不强调对执行效果的考察；而结果导向则主要考虑创新政策带来的创新效率，二者各有自己的研究重点，也有自己的盲区，合理的研究闭环应该兼顾政策目标与政策效果，即将过程导向与结果导向结合起来，综合评价创新政策有效性。曲婉等<sup>[14]</sup>和康婕等<sup>[15]</sup>学者在这方面做了努力，提出从准备实施、

执行过程和效率全过程的创新政策评价体系，但现有的研究仅仅停留在理论层面。本文引入因子分析、TOPSIS 法、灰色关联和三阶段 DEA 的实证方法，将过程与结果导向两个路径结合起来，通过构建双向评价体系创建创新政策全过程评价体系，并用该方案对我国“十二五”以来的科技创新政策的有效性做实证检验。

## 2 科技创新政策评价体系构建

### 2.1 过程导向的因子理想关联评价模型

#### 2.1.1 方法介绍与指标选择

政策评估的目的是确定政策预期效果的实际落地情况，因此指标体系应根据评估对象确定，注意政策导向性和简单易操作性。目前对科技创新政策的过程评估一般从执行准备、成果和环境等方面确定二级指标。本文创新采用因子分析和 TOPSIS 与灰色关联分析相结合的方法，在衡量政策有效性的二级指标与代表政策分类单元的一级公因子指标之间建立起紧密联系，形成覆盖政策全链条的过程评价模型来解释科技创新政策的有效性。

科技部按照科技政策目标，将国家科技政策分为企业进步与高新技术产业化、科技人才、科技中介服务、科技奖励、科研机构改革、科技计划管理、科学技术普及、科研经费与财务、科技金融与税收、基础研究与科研基地、国际科技合作、农村科技与社会发展、科技条件与标准、科技成果与知识产权 14 个类别，每个分类单元的政策预期目标保持显著差异。

依照基于政策目标确定二级指标的标准，本文选择如表 1 所示指标体系来评价创新政策效果。

表 1 指标说明

| 变量  | 量化指标                     | 指标说明                |
|-----|--------------------------|---------------------|
| X1  | 有研发机构的企业数                | 科研机构企业化程度           |
| X2  | R&D 项目课题数                | 产、学、研三方 R&D 项目(课题)数 |
| X3  | 政府支持 /R&D 经费内部支出         | 科研经费对科研活动的支持程度      |
| X4  | 基础研究人员全时当量 /R&D 人员全时当量   | 基础研究的投入度            |
| X5  | 规上工业企业新产品销售收入            | 规上工业企业经济效益          |
| X6  | 高技术产品进出口贸易总额             | 高技术产品国际化效益          |
| X7  | 公有经济企事业单位农业与卫生技术人员占比     | 农村与社会科技政策落实率        |
| X8  | 技术产业投资新增固定资产             | 硬件设施固定投资的落地情况       |
| X9  | 地方部门属研究与开发机构科技形成国家、行业标准数 | 标准形成效率              |
| X10 | 日常性支出 /R&D 人员            | 对 R&D 人员的投入程度       |
| X11 | 规上工业企业专利有效发明数            | 科技成果的转化效率数          |
| X12 | 硕士毕业及以上学历高等学校 R&D 人员占比   | 引入科技人才落地情况          |
| X13 | 科技活动周科普专题活动次数            | 科技普及实施频次            |

#### 2.1.2 计算过程

构建评价对象为 31 个省份，评价指标为 13 个，评价时间维度为 9 年的因子分析模型，评价对象集

为  $N_i$  ( $i=1,2,3,\dots,31$ )，指标集  $M_j$  ( $j=1,2,\dots,13$ )， $t \in [2010, 2018]$ ，对  $N_i$  的横截面数据进行检验，论证因子分析的可行性，计算系数相关矩阵  $R$ ，对

R 进行主成分分析并依据累计方差贡献率确定相应特征根  $\lambda$ 。求  $m$  个公因子的载荷矩阵 A，并计算综合因子得分  $y_{im}$ ，再将  $y_{im}$  的 4 个因子综合得分指标标准化：

$$y_{im} = \frac{\lambda_1}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} f_1 + \frac{\lambda_2}{\sum_{i=2}^m \lambda_i} f_2 + \dots + \frac{\lambda_m}{\sum_{i=2}^m \lambda_i} f_m \quad (1)$$

利用处理后的数据得到矩阵中各列的最大、最小值分别构造矩阵最优向量  $X_+ = (X_{\max,1}, X_{\max,2}, \dots, X_{\max,m})$  和最劣向量  $X_- = (X_{\min,1}, X_{\min,2}, \dots, X_{\min,m})$ ，同时构成参考序列  $Y_0$

$$Y_0 = (y_{01}, y_{02}, \dots, y_{0n})$$

依据欧式距离计算第  $i$  个评价对象与最优、最劣方案的接近程度  $D_i^+$  和  $D_i^-$ ，计算第  $i$  个评价对象的接近程度  $C_i$ ；

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^l (X_{\max,j} - X_{ij})^2}; \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^l (X_{\min,j} - X_{ij})^2} \quad (2)$$

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (3)$$

再测算关联系数：求第  $i$  个评价单元在第  $m$  个公因子的最优指标上的关联系数：

$$\xi_{ij} = \frac{\min_i \min_j \Delta_{ij} + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}}{\Delta_{ij} + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}}; \quad (4)$$

$$\Delta_{ij} = |y_{0j} - y_{ij}| \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

$\rho$  是分辨系数，它的意义在于削弱参考数列对  $|y_{0j} - y_{ij}|$  失真的影响。一般来说， $\rho$  的取值在 0 到 1 之间， $\rho$  越小，则分辨力越大。通常情况下， $\rho$  取值为 0.5。

根据关联系数矩阵，计算出关联度 R：

$$R_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \xi_{ij} \quad (4)$$

## 2.2 结果导向的效率评价模型

### 2.2.1 方法介绍与指标选择

DEA 数据包络法侧重判断样本是否位于有效生产前沿面上，可以从投入和产出两方面考察创新效率，因此本文选择数据包络法计算各省技术创新效率。

本文参考 Jaffe<sup>[16]</sup> 生产函数建立投入产出指标体系，以研发资源和劳动资本投入表征科技创新的投入<sup>[17]</sup>。

由于 R&D 经费内部支出是流量，本文利用永续盘存法固定资本存量，参考 Hu 等<sup>[18]</sup>、吴延兵<sup>[19]</sup> 与白俊红等<sup>[20]</sup> 的计算方法，设定计算公式：

$$RDK_{it} = (1 - \delta_i) RDK_{i,t-1} + E_{it} \quad (5)$$

$RDK_{it}$  和  $RDK_{i,t-1}$  分别表示  $i$  省第  $t$  和  $t - 1$  期的 R&D 资本存量， $E_{it}$  表示  $i$  省第  $t$  期的不变价 R&D 投资， $\delta_i$  表示  $i$  省 R&D 资产的折旧率。在 R&D 内部经费的计算中，采用成本法构建 R&D 投资价格指数  $R^*$  进行平减， $R^* = 0.55 * \text{消费价格指数} + 0.45 * \text{固定资产投资价格指数}$ <sup>[20]</sup>，设定  $\delta_i$  为 15%<sup>[21]</sup>。实际 R&D 资本存量的平均增长率与实际 R&D 投资的平均增长率相等可以测算出基期（2010 年）的 R&D 资本存量<sup>[22]</sup>，计算公式：

$$RDK_{i0} = E_{i0} / (g + \delta) \quad (6)$$

$RDK_{i0}$  为  $i$  省的初始 R&D 资本存量， $E_{i0}$  为  $i$  省在 2010 年的不变价 R&D 投资， $g_i$  为几何平均法测算的不变价 R&D 投资的年平均增长率（2010—2018 年  $i$  省 R&D 实际支出的算术平均增长率）。

在产出指标方面，主要用新产品销售收入、专利授权和申请数以及技术市场成交额来表征<sup>[21-23]</sup>。考虑到专利申请存在时滞效应，最终选择专利授权数和技术市场成交额作为产出指标，并对三类专利按创新程度、技术创造价值和效益进行 0.5（发明专利）：0.3（实用新型）：0.2（外观设计）的赋值<sup>[24]</sup>。为确保投入产出指标选择的可靠性，进行了相关性检验，结果显示通过 1% 水平下的相关性检验（表 2、表 3）。

表 2 投入产出变量指标一览表

| 变量     | 指标           | 指标说明       |
|--------|--------------|------------|
| 科技创新投入 | 研发资本投入（投入 1） | R&D 经费内部支出 |
|        | 劳动资源投入（投入 2） | R&D 人员全时当量 |
| 科技创新产出 | 知识产出（中间产出能力） | 专利授权数      |
|        | 商业产出（最终产出能力） | 技术市场成交额    |

表 3 Person 相关性检验

| 变量     | 知识产出    | 商业产出    | 研发资本投入  | 劳动资源投入  |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| 知识产出   | 皮尔逊相关性  | 1       | 0.391** | 0.803** |
|        | 显著性（双尾） |         | 0.000   | 0.000   |
| 商业产出   | 皮尔逊相关性  | 0.391** | 1       | 0.548** |
|        | 显著性（双尾） | 0.000   |         | 0.000   |
| 研发资本投入 | 皮尔逊相关性  | 0.803** | 0.548** | 1       |
|        | 显著性（双尾） | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 劳动资源投入 | 皮尔逊相关性  | 0.952** | 0.399** | 0.822** |
|        | 显著性（双尾） | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

\*\*：在 0.01 级别（双尾），相关性显著

### 2.2.2 计算过程

在第一阶段，带入投入产出指标对各决策单元的初始效率进行评价：

$$\begin{aligned} \min \theta - \varepsilon (e^{-S^-} + e^{TS^+}) \\ \text{st} \left\{ \begin{aligned} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- &= \theta X_0; \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ &= Y_0; \\ \lambda_j \geq 0, S^-, S^+ &\geq 0 \end{aligned} \right. \end{aligned} \quad (7)$$

其中,  $j=1,2,3,\dots,n$ 表示评价单元,  $X, Y$ 是投入和产出指标向量。若 $\theta=1, S^+=S^-=0$ , 则决策单元 DEA 有效; 若 $\theta=1, S^+ \neq 0$ , 或 $S^- \neq 0$ , 则决策单元弱 DEA 有效; 若 $\theta < 1$ , 则决策单元非 DEA 有效。

在第二阶段, 采用成本函数的随机前沿回归, 把握投入变量的松弛变量, 引入环境变量, 分离管理无效率项 $\mu$ , 计算出随机扰动项 $\varepsilon$ 和混合误差项 $v$ , 最终得到调整后的投入值 $X^*$

$$X^* = X + C^* + \varepsilon^*; C^* = C_{\max} - C_n, \varepsilon^* = \varepsilon_{\max} - \varepsilon_n;$$

$X$ 是原始投入值,  $C^*$ 是环境变量调整值,  $C_{\max}$ 是环境变量最大值,  $C_n$ 是各评价单元环境值,  $\varepsilon^*$ 是随机扰动项调整,  $\varepsilon_{\max}$ 是随机扰动最大值,  $\varepsilon_n$ 是各评价单元随机干扰项。

$$C^* = c_1 \cdot C_1 + c_2 \cdot C_2 + c_3 \cdot C_3 + c_m \cdot C_n$$

$m$ 表示环境变量个数,  $c_m$ 表示第 $m$ 个环境变量的回归系数,  $C_n$ 表示 $n$ 个评价单元的环境变量值。

Fried首次分离出管理无效率值, 推导过程相对成熟完整, 本文参考它的分离公式计算 $E(\mu/\varepsilon)$ 值<sup>[25]</sup>:

$$E(\mu/\varepsilon) = \sigma_* \left[ \frac{\phi(\lambda \frac{\varepsilon}{\sigma})}{\frac{\lambda \varepsilon}{\sigma}} + \frac{\lambda \varepsilon}{\sigma} \right] \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v} (\sigma_u = \sqrt{\sigma^2 \cdot \gamma}; \sigma_v = \sqrt{\sigma^2 - \sigma_u^2}); \sigma_* = (\sigma_u \cdot \sigma_v) / \sigma;$$

$$\varepsilon = v - u$$

在第三阶段, 将调整后的投入指标代替初始投入值, 重新计算出剔除环境与随机扰动干扰的效率值。

### 3 实证分析

本文最终选取 13 个指标, 对 31 个省份的科技创新政策有效性进行过程评价, 选择 4 个投入产出指标对 30<sup>1)</sup> 个省份的创新效率进行结果评价, 各数据来自 2011—2019 年《中国科技统计年鉴》《中国统计年鉴》、各省市统计年鉴和笔者搜集计算整理。

#### 3.1 因子分析

使用 SPSS 23.0 对 2010—2018 年我国科技创新政策评价指标体系的截面数据分别进行因子分析<sup>2)</sup>。KMO 统计量大于 0.85, Bartlett 球度检验 Sig. 值为 0.000, 表示相关系数矩阵和单位矩阵之间有显著性差异, 适合进行因子分析, 如表 4 所示。

表 4 KMO 和 Bartlett 特检验结果

| KMO 取样适切性量数 |      | 0.862     |
|-------------|------|-----------|
| 巴特利特球形度检验   | 近似卡方 | 5 214.111 |
|             | 自由度  | 78        |
|             | 显著性  | 0.000     |

对 2010—2018 年各年截面数据初始因子载荷矩阵进行凯撒正态化最大方差法旋转, 尽管每年各指标的载荷值不同, 但是每年载荷量的不同并不影响各公因子的具体分类和解释<sup>3)</sup>。X1、X2、X5、X6、X8、X9、X11 和 X13 在 F1 上具有较大载荷, 因子多为科技政策的成果, 因此命名为执行成果因子; X3、X4 和 X7 在 F2 上具有较大载荷, 因子多为基础性支持, 因此命名为基础环境因子; X10 和 X12 反映对从事科技创新人才的激励情况, 在 F3 上具有较大载荷, 因此命名为人才支撑因子(表 5)。提取的 3 个公因子形成了逻辑闭环, 即政策的执行主体在执行环境中取得执行成果。

表 5 公因子提取与命名

| 公因子命名  | 变量     | 对应指标                     |
|--------|--------|--------------------------|
| 执行成果因子 | X1     | 有研发机构的企业数                |
|        | X2     | R&D 项目课题数                |
|        | X5     | 规上工业企业新产品销售收入            |
|        | X6     | 高技术产品进出口贸易总额             |
|        | X8     | 技术产业投资新增固定资产             |
|        | X9     | 地方部门属研究与开发机构科技形成国家或行业标准数 |
|        | X11    | 规上工业企业专利有效发明数            |
|        | X13    | 科技活动周科普专题活动次数            |
|        | 基础环境因子 | X3                       |
| X4     |        | 基础研究人员全时当量 /R&D 人员全时当量   |
| X7     |        | 公有经济企事业单位农业与卫生技术人员占比     |
| 人才支撑因子 | X10    | 日常性支出 /R&D 人员            |
|        | X12    | 硕士毕业及以上学历高等学校 R&D 人员占比   |

观测公因子贡献率的变化情况可以发现三大公因子与科技创新政策有效性是高度相关的: 横向看, F1 执行成果是影响政策效果的最大因素, 近年来一直保持 61% 的贡献率, 变化不大; F2 的贡献率先上升, 后微小幅度下降, 表明基础环境的政策一经推行即刻有效, 但在环境建设完备后贡献会变小; F3 波动上升, 说明政策加大了对科技软实力的偏向, 人才是一国科技创新源源不断的内生动力。整体来看, 3 个方面对科技创新政策有效性的解释高达 90%, 表明从执行成果、基础环境和人才支撑三

方面出发可以解释科技创新政策效果。

### 3.2 TOPSIS 与灰色关联评价模型

按公式计算各年份综合因子<sup>4)</sup>和公因子得分<sup>5)</sup>，将值作为 TOPSIS 和灰色关联度模型的变量代入计算过程，利用 Matlab2016a 得出各省科技创新政策有效性的相对贴进度，理想距离与贴进度结论基本一致，佐证测算结果，贴进度越大表示政策有效性越强，根据表6的测算结果，选择0.3为TOPSIS的Ci有效性点。

从有效性看，F1 波动性最大且有效性最低，表明 31 个省份在科技创新政策的执行成果方面有效性差距较大，发展不平衡和政策无效性问题突出；较其他因子而言，多个城市在 F1 和 F2 上 Ci 得分接近于临近线 0.3，由于研发基础投入较大，目前的科技创新政策的制定还是政府牵头，虽然创新成果稳步向好，但地区间存在的绝对差最大达到了 0.4 左右。基础环境因子与综合影响呈现同步变化，人才支撑因子整体位于较高水平，表明我国各省市在科技创新的人才支撑方面落实度较高；

表 6 关联度与有效性计算结果一览表

| 地区   | 省份   | F1   |      | F2   |      | F3   |      | 综合得分 |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      |      | Ci   | Ri   | Ci   | Ri   | Ci   | Ri   | Ci   | Ri   |
| 东部地区 | 北京   | 0.43 | 0.37 | 0.39 | 0.35 | 0.47 | 0.44 | 0.45 | 0.42 |
|      | 天津   | 0.43 | 0.32 | 0.35 | 0.30 | 0.46 | 0.40 | 0.40 | 0.24 |
|      | 上海   | 0.40 | 0.29 | 0.35 | 0.29 | 0.46 | 0.40 | 0.42 | 0.35 |
|      | 江苏   | 0.39 | 0.27 | 0.33 | 0.24 | 0.45 | 0.36 | 0.41 | 0.30 |
|      | 浙江   | 0.44 | 0.27 | 0.34 | 0.28 | 0.46 | 0.39 | 0.40 | 0.28 |
| 广东   | 0.46 | 0.35 | 0.39 | 0.36 | 0.47 | 0.44 | 0.44 | 0.39 |      |

表 6 (续)

| 地区   | 省份  | F1   |      | F2   |      | F3   |      | 综合得分 |      |
|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      |     | Ci   | Ri   | Ci   | Ri   | Ci   | Ri   | Ci   | Ri   |
| 中部地区 | 湖北  | 0.41 | 0.29 | 0.35 | 0.30 | 0.45 | 0.38 | 0.41 | 0.30 |
|      | 湖南  | 0.40 | 0.34 | 0.36 | 0.31 | 0.45 | 0.39 | 0.42 | 0.35 |
| 西部地区 | 重庆  | 0.33 | 0.26 | 0.29 | 0.15 | 0.46 | 0.41 | 0.41 | 0.31 |
|      | 四川  | 0.41 | 0.41 | 0.34 | 0.28 | 0.48 | 0.45 | 0.42 | 0.34 |
|      | 西藏  | 0.41 | 0.29 | 0.35 | 0.29 | 0.44 | 0.32 | 0.43 | 0.34 |
| 东北地区 | 辽宁  | 0.45 | 0.35 | 0.39 | 0.36 | 0.46 | 0.40 | 0.42 | 0.33 |
|      | 吉林  | 0.43 | 0.28 | 0.35 | 0.29 | 0.46 | 0.40 | 0.40 | 0.26 |
|      | 黑龙江 | 0.44 | 0.29 | 0.36 | 0.31 | 0.45 | 0.35 | 0.41 | 0.30 |

从过程有效性整体（图 1）看东部地区整体高于其他地区，中西部地区整体落后于其他地区，中部和东部（图 3）的 F3 关联度明显高于其他因素。根据关联性得分可知：31 个省份的关联度四个测度方面均呈不规则变化，其中北京、上海、江苏、广东和西藏是突出级，关联度较大且创新成果高位领先，进一步证实北京、上海、江苏、广东是全国科技创新的领军者，而西藏的情况是由于缺乏科技创新基础，几乎完全依赖国家科技创新政策的倾斜；从三大公因子的有效性和关联度看（图 2），三大公因子中，基础研究投入有效性明显不足，科技创新的基础环境亟待改善。

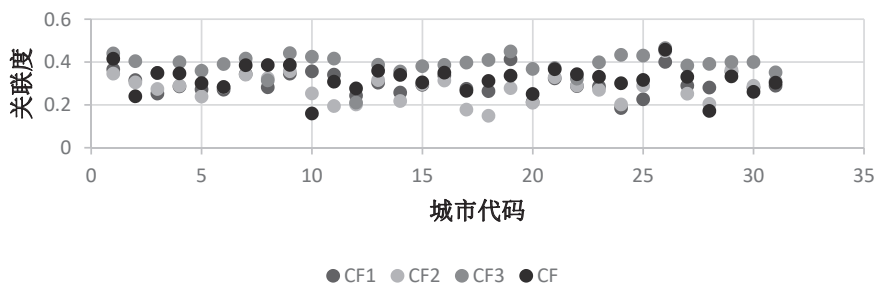


图 1 全国因子关联度分布散点图

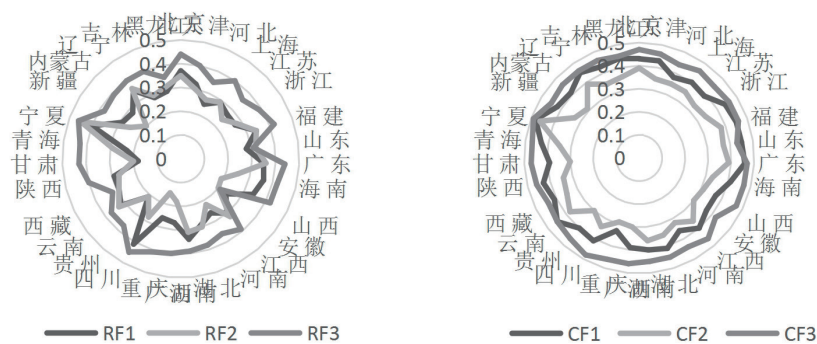


图 2 全国公因子有效性与关联度雷达图

分地区看：（1）中部地区的公因子关联度测算结果有鲜明特征，高位关联度集聚在人才支撑因子上，F3 关联度高度覆盖其他因子，说明中部地区在人才支撑上的有效性落实得最好，同时也说明其关联性最强，加强人才引入类型的科技创新政策成为中部地区当前和今后的政策重点。

（2）中部和西部省份的 F1、F2 和综合表现几乎呈现相同关联度趋势，西部地区的 F1、F2、F3 和 F 均呈现相同变化趋势且关联度相近，西部 12 个省份的基础环境因子接近评分的无效，缺乏成果转化平台，基础环境与服务政策难推进；西藏、四川和

陕西的 RF 关联度情况相对较好，反映了西部地区政策依赖性极强，政策支撑作用也不断增强，尤其是“一带一路”深入推进，给予西南的四川和西北的陕西纵深发展的机会，利用地缘优势，构成彼此相连的地带，追赶势头迅猛。

（3）辽宁和黑龙江 F2 的评价得分在整体评分中缺乏源动力，资源内耗严重，缺乏培育的吸引力，F1 成为辽宁省的一大掣肘，在促进创新成果本地转化方面亟待加强，但欣喜的是基础投入表现的问题已经浮出水面，存在相对变好的时机；东北部和中部地区一样，人才支撑 F3 因子也是关联度较大的因素。

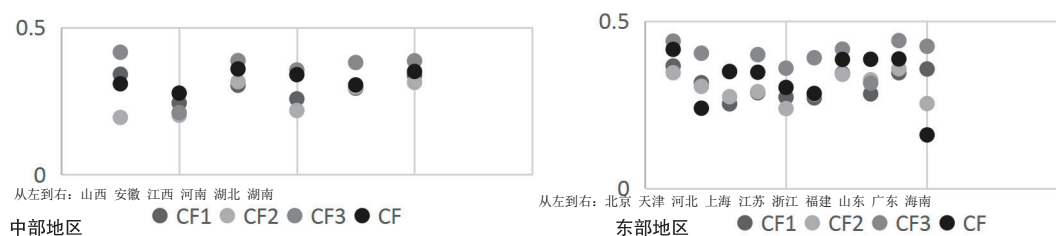


图 3 东部和中部地区组合关联度散点图

### 3.3 三阶段 DEA 效率评价模型

根据因子理想关联评价模型的结果，在科技创新政策的过程表现中，执行成果是最大影响单元，为进一步考察科技创新政策的实施效果，应用三阶段 DEA 评价模型，并建立同时考察过程与结果相关性的 SFA。本文使用 DEAP2.1 测算 2010—2018 年各省科技创新绩效，创新效率结果与理想距离和贴进度结论基本一致<sup>6)</sup>。三大公因子在不同程度上影响着政策的有效性，因此在评价科技创新政策的结果时，本文在 DEA 模型中引入人力资源水平、基础设

施建设水平、产业升级水平、城市化水平和经济发展水平 5 个环境变量<sup>7)</sup>，使用 FRONT41- $\alpha$ 1 进行 SFA，进一步解释三大公因子作为环境变量的影响程度，其中地区人力资源水平近似解释人才支撑因子，地区基础设施建设水平和城市化水平近似解释基础环境因子，产业升级水平和经济发展水平近似解释执行成果因子，试图以此剔除环境和随机噪声的冲击，更好探究政策的创新效率<sup>[26-27]</sup>，回归结果（表 7、表 8）显示适宜进行第二阶段回归。

表 7 2010 年和 2018 年投入 1 松弛变量 SFA 回归结果

| 变量         | 系数                   |                        | 标准差         |             | t 值（显著性水平）                    |                                 |
|------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------|
|            | 2010                 | 2018                   | 2010        | 2018        | 2010                          | 2018                            |
| 常数项        | -1 476 301.40        | 9 449 438.20           | 63.96       | 1.00        | -23 082.68<br>(***)           | 9 449 438.20<br>(***)           |
| 经济发展水平     | 547 468.30           | 3 519 392.60           | 71.37       | 1.00        | 7 670.93<br>(***)             | 3 519 392.50<br>(***)           |
| 基础设施建设     | -262 430.47          | -605 953.66            | 119.14      | 1.00        | -2 202.76<br>(***)            | -605 953.65<br>(***)            |
| 人力资源素质     | 232 240.77           | -2 233 862.30          | 518.90      | 1.00        | 447.57<br>(***)               | -2 233 862.30<br>(***)          |
| 城市化水平      | -39 273.11           | -198 405.90            | 2 639.04    | 1.00        | -14.88<br>(***)               | -198 405.88<br>(***)            |
| 产业升级水平     | -703 723.52          | -3 164 133.20          | 65.60       | 1.00        | -10 728.30<br>(***)           | -3 164 133.20<br>(***)          |
| $\sigma^2$ | 2 659 395 600 000.00 | 200 041 640 000 000.00 | 1.00        | 1.00        | 2 659 395 600 000.00<br>(***) | 200 041 640 000 000.00<br>(***) |
| $\gamma$   | 0.95                 | 0.90                   | 0.03        | 0.06        | 28.63 (***)                   | 15.46 (***)                     |
|            |                      | LR test of one-sided   | 5.16 (2010) | 4.84 (2018) |                               |                                 |

注：\*\*\*、\*\*、\* 分别表示 t 在 1%、5% 和 10% 的水平下显著，下同。

表 8 2010 年和 2018 年投入 2 松弛变量 SFA 回归结果

| 变量                   | 系数           |            | 标准差          |              | t 值 (显著性水平)        |                    |
|----------------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|
|                      | 2010         | 2018       | 2010         | 2018         | 2010               | 2018               |
| 常数项                  | 2 380.95     | 103.00     | 1.00         | 1.00         | 2 384.02 (***)     | 103.02 (***)       |
| 经济发展水平               | 330.40       | -51.93     | 0.99         | 1.00         | 332.19 (***)       | -51.81 (***)       |
| 基础设施建设               | -234.98      | -2.34      | 1.00         | 1.00         | -235.66 (***)      | -2.34 (*)          |
| 人力资源素质               | -221.76      | -138.93    | 0.96         | 0.99         | -231.50 (***)      | -140.62 (***)      |
| 城市化水平                | -37.56       | 14.11      | 0.88         | 0.16         | -42.46 (***)       | 88.51 (***)        |
| 产业升级水平               | 61.41        | 253.73     | 1.00         | 1.00         | 61.43 (***)        | 253.65 (***)       |
| $\sigma^2$           | 2 682 869.30 | 503 204.97 | 1.00         | 1.00         | 2 682 869.30 (***) | 503 204.97 (***)   |
| $\gamma$             | 1.00         | 1.00       | 0.00         | 0.00         | 342 949.14 (***)   | 2 238 944.20 (***) |
| LR test of one-sided |              |            | 23.26 (2010) | 18.46 (2018) |                    |                    |

根据效率回归结果(表 9)可以发现黑龙江、内蒙古的创新效率基本不受环境因素影响,政策的辐射难以落地,创新环境不佳;而北京和江苏受环境因素的影响程度在逐步减弱。北京和江苏高校集中,成为多数创新政策的试验田,大量的科研院所带来良好的创新氛围,始终保持创新强省地位,但缺乏科技转化的政策支持,在资本和人才等创新高级要

素集聚时,易造成膨胀和浪费,资源利用率反而较低,创新成果部分外流。云南和青海也受到环境因素的影响,表明其创新效率的提升主要依靠政策的倾斜,中部地区各省受到环境变量的影响相对较小,基础设施建设和人力资本对创新效率有显著影响,成高度相关关系。资本受环境的影响高于劳动,表明经费投入强于研发人员投入,政策应给予相应支持。

表 9 2018 年和 2010 年 DEA 创新绩效结果一览表

| 地区   | 省份 | 2018  |       | 2010  |       | 地区   | 省份   | 2018  |       | 2010  |       |
|------|----|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|      |    | 第一阶段  | 第三阶段  | 第一阶段  | 第三阶段  |      |      | 第一阶段  | 第三阶段  | 第一阶段  | 第三阶段  |
| 东部地区 | 北京 | 1     | 1     | 1     | 1     | 中部地区 | 四川   | 0.858 | 0.915 | 0.785 | 0.784 |
|      | 天津 | 0.879 | 0.943 | 0.573 | 0.569 |      | 贵州   | 1     | 0.945 | 0.672 | 0.498 |
|      | 上海 | 0.828 | 0.893 | 0.979 | 0.975 |      | 云南   | 0.701 | 0.674 | 0.593 | 0.415 |
|      | 江苏 | 0.865 | 0.91  | 0.85  | 0.85  |      | 青海   | 1     | 1     | 0.553 | 0.248 |
|      | 浙江 | 1     | 1     | 1     | 1     |      | 内蒙古  | 0.602 | 0.613 | 0.294 | 0.253 |
|      | 海南 | 0.672 | 0.651 | 0.788 | 0.351 |      | 东北地区 | 黑龙江   | 0.892 | 0.924 | 0.327 |

中部地区中,湖北省表现相对亮眼,但除了安徽、江西和湖北外,其他省份的创新绩效徘徊在 0.6 附近,虽然人才培育和环境建设稳步向好,但缺少实现转化的创新环境。北京和浙江的创新效率在 2010—2018 年间始终保持为 1,创新投入稳定在最优水平,而山西的执行成果始终较低,需要加大在执行成果转化上的基础投入,除了极端地区之外,青海、新疆、福建和广东等地近年来效率值也曾达到过最优值 1,且表现趋于稳定,这与我国西部开发战略的实施密不可分,表明创新政策落地效果良好,应该继续保持稳定的投入水平。“十二五”以来,辽宁的效率从 0.2 左右增长到 0.6 左右,黑龙江从 0.3 的创新效率爬升到趋于 0.9,可见,虽然转型发展压力较大,但创新仍有光明前景,缺乏人才的东北科技振兴依然需要人才政策的倾斜。

#### 4 主要结论与政策建议

本文提出一个因子分析理想灰色关联的过程导向模型,从贴进度和关联度出发,对各省政策制定过程的有效性与其关联度进行评价,随后建立三阶段 DEA 结果导向的效率评价模型,并引入 5 个环境变

量进一步探究过程导向中的公因子和创新效率的相关性和有效性。本文的重要发现是:

(1) 执行成果、基础环境和人才支撑三大公因子与科技创新政策有效性是高度相关的,公因子聚类结果表明科技创新政策的有效性是指人才在基础环境中的绩效完成度,明确了科技创新政策系统制定、形成与落地的逻辑架构。

(2) 从有效性得分差和创新效率结果看,有效性的综合评分均高于 0.3 的有效性得分,且保持稳定增长,表明 2010—2018 年科技创新政策整体是有效的。东西地区的差距在缩小,南北的差距在拉大,尤其是东北地区的落后明显,创新效率呈现中心城市领跑,经济圈辐射联动,其他地区发展波动的特点,科技创新政策的不平衡对之后政策的协调发展和因地制宜施策提出了更高要求。

(3) 目前,创新政策仍然以国家战略、政策为基础和依托,但基础研究投入有效性明显不足,缺乏市场竞争,对科技成果转化有影响;科技创新政策在一定程度上通过促进产业升级和城市化建设展开,当地区经济和相关产业发展表现出正向态势时,

将间接促进决策单元的创新表现，因此产业政策和地区全面发展政策的出台也是科技创新政策落地的必要准备。

(4) 人才是影响中西部地区科技创新政策的最大因素，也是中西部提升创新实力的关键；执行成果转化政策将成为东北地区提升政策有效性的突破口，东部地区的人才支撑型科技创新政策全面开花，在全国范围内具有借鉴意义。

“十四五”即将到来，各级政府正在紧锣密鼓制定“十四五”发展规划。本文的实证结果为制定“十四五”科技发展规划提供重点方向和经验支持：

(1) 制定科技创新政策要坚决解决不平衡问题，发挥科技创新政策集聚效应和辐射效应的联动作用，推进区域中心协同机制建设，强化政策落实。

(2) 科技创新转化政策要进一步激发市场机制的作用，可适度向产学研合作机制倾斜，优化创新环境，促进市场竞争。

(3) 加强科技创新政策与产业升级政策、区域发展政策之间的联系，将创新政策、产业政策和区域发展政策协同起来，发挥政策合力。

(4) 不同地区推行各有侧重的创新政策。东部地区要形成科技人才与平台的双向反哺；西部地区差异化明显，政策制定必须抓重点、补短板、强弱项，因地制宜；中西部地区都需加强人才支持力度和偏移度。

#### 注释：

- 1) 由于西藏地区投入产出数据大部分缺失，DEA 计算时删除西藏地区；
- 2) 为排除数据统计的单位影响，首先对数据进行了标准化处理，由于 X7 和 X8 在最新更新版的《2019 中国科技统计年鉴》中尚未公开，暂以 2017 年数据替代，数据缺失值以平均数法替换；
- 3) 旋转后的成分矩阵采用凯撒正态化最大方差法，在旋转在 4 次迭代后已收敛；
- 4) 根据 2010—2018 年运行结果，按提取载荷平方得出综合因子得分 = 55.748F1 + 14.450F2 + 10.610F3；
- 5) 2018 年 F1 公因子解释力度极高，得分出现 F1-1 与 F1-2，得分取两者平均值；
- 6) 限于篇幅，关联度、有效性、DEA-BBC 和 SFA 的分解数据和报告结果并未详细展开，其他年份结果如需要可向作者索取；
- 7) 地区基础设施水平以人均铁路营业里程代表，地区人力资源素质水平以平均受教育年限代表，地区经济发展水平以人均地区生产总值代表，地区产业升级水平以第二产业与第三产业比值代表，地区城市化水平用年末城镇人口与总人口之比来反映。

#### 参考文献：

- [1] LEMOLA T. Convergence of national science and technology policies: the case of Finland [J]. *Research Policy*, 2002(31):1481-1490.
- [2] 温兴琦. 创新政策还是产业政策: 区域创新政策悖论及启示 [J]. *科技进步与对策*, 2015, 32(23):103-106.
- [3] PADILLA-PÉREZ R, GAUDIN Y. Science, technology and innovation policies in small and developing economies: the case of Central America [J]. *Research Policy*, 2014, 43(4):749-759.
- [4] 蔺洁, 陈凯华, 秦海波, 等. 中美地方政府创新政策比较

- 研究: 以中国江苏省和美国加州为例 [J]. *科学学研究*, 2015, 33(7):999-1007.
- [5] 李政, 罗晖, 李正风, 等. 基于质性数据分析的中美创新政策比较研究: 以“中国双创”与“创业美国”为例 [J]. *中国软科学*, 2018(4):18-30.
  - [6] 李凡, 李娜, 刘沛罡. 中印技术创新政策演进比较研究: 基于目标、工具和执行的定量分析 [J]. *科学学与科学技术管理*, 2015, 36(10):23-31.
  - [7] 肖美丹, 张伟萍. 河南、广东两省科技创新政策演进比较 [J]. *科技管理研究*, 2016, 36(23):49-53.
  - [8] EDURNE M, JAMES R, WILSON L. Complex innovation policy systems: towards an evaluation mix [J]. *Research Policy*, 2013, 42(9):1647-1656.
  - [9] RUGEE R, JORDAN G. Overview of evaluation methods for R&D programs [R]. Washington: U.S. Department of Energy Office of Energy Efficient and Renewable Energy, 2007.
  - [10] 戴伊. 理解公共政策 [M]. 谢明, 译. 北京: 北京大学出版社, 2007.
  - [11] 王守文, 颜鹏. 基于多层次模糊综合的产学研合作区政策评价 [J]. *科技进步与对策*, 2014, 31(23):121-126.
  - [12] 蔺洁, 孟娜娜. 政府 R&D 经费投入与科技型中小企业技术创新效率: 基于河北省新三板上市企业的经验证据 [J]. *科技管理研究*, 2018, 38(6):150-156.
  - [13] 阎东彬. 京津冀城市群科技创新政策效果评估: 基于监测评估逻辑框架 [J]. *中国流通经济*, 2019, 33(4):10-19.
  - [14] 曲婉, 冯海红, 侯沁江. 创新政策评估方法及应用研究: 以高新技术企业税收优惠政策为例 [J]. *科研管理*, 2017, 38(1):1-11.
  - [15] 康捷, 袁永, 胡海鹏. 基于全过程的科技创新政策评价框架体系研究 [J]. *科技管理研究*, 2019, 39(2):25-30.
  - [16] JAFFE A B. Real effects of academic research [J]. *American Economic Review*, 1989, 79(5):957-970.
  - [17] 韩兆洲, 程学伟. 中国省域 R&D 投入及创新效率测度分析 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2020, 37(5):98-117.
  - [18] HU A G Z, JEFFERSON G H, QIAN J C. R&D and technology transfer: firm-level evidence from Chinese industry [J]. *Review of Economics and Statistics*, 2005, 87(4):780-786.
  - [19] 吴延兵. R&D 存量、知识函数与生产效率 [J]. *经济学*, 2006(3):1129-1156.
  - [20] 白俊红, 蒋伏心. 协同创新、空间关联与区域创新绩效 [J]. *经济研究*, 2015, 50(7):174-187.
  - [21] 龙跃, 顾新. 基于知识投入和转移演化的产业技术创新博弈研究 [J]. *软科学*, 2017, 31(1):24-28, 43.
  - [22] GRILICHES Z, MAIRESSE J. R&D and productivity growth, comparing Japanese and U.S. manufacturing firms [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1991.
  - [23] 卞元超, 吴利华, 白俊红. 财政科技支出竞争是否促进了区域创新绩效提升? : 基于研发要素流动的视角 [J]. *财政研究*, 2020(1):45-58.
  - [24] 李习保. 区域创新环境对创新活动效率影响的实证研究 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2007(8):13-24.
  - [25] 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(1/2):157-174.
  - [26] 白俊红, 江可申, 李婧. 中国地区研发创新的相对效率与全要素生产率增长分解 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2009, 26(3):139-151.
  - [27] 白俊红, 蒋伏心. 考虑环境因素的区域创新效率研究: 基于三阶段 DEA 方法 [J]. *财贸经济*, 2011(10):104-112, 136.

作者简介: 张继彤 (1972—), 男, 江苏灌云人, 主任, 博士, 南京师范大学商学院教授, 江苏创新经济研究基地研究人员, 主要研究方向为产业组织理论、财政学; 张静雨 (1997—), 通信作者, 女, 安徽滁州人, 硕士, 江苏创新经济研究基地研究人员, 主要研究方向为科技创新与全球价值链。