

# 民营经济科技创新的空间效率

陈 铃

贵州大学管理学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年4月12日; 录用日期: 2024年4月26日; 发布日期: 2024年7月26日

## 摘 要

通过对全国30个省(市)在2017年至2021年间的民营经济科技创新效率进行综合评估, 采用技术效率、技术进步、纯技术效率、规模效率、全要素生产率等指标, 深入分析了各省(市)在不同方面的变化趋势。研究发现, 各省(市)在技术效率和技术进步方面存在显著差异, 表现出波动的趋势。纯技术效率和规模效率的变化也呈现多样性, 全要素生产率在全国范围内存在较大差异。最后, 结合各指标的综合分析, 提出加强科技创新政策制定与执行、推动技术创新与产业融合、加大对科研机构和高校的支持力度、优化企业创新环境等促进民营经济科技创新的建议。

## 关键词

民营经济, 科技创新, 效率评估, 全要素生产率, 科技创新政策

# Spatial Efficiency of Scientific and Technological Innovation in the Private Economy

Ling Chen

School of Management, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Apr. 12<sup>th</sup>, 2024; accepted: Apr. 26<sup>th</sup>, 2024; published: Jul. 26<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

By comprehensively assessing the efficiency of science, technology and innovation in the private economy of 30 provinces (municipalities) in China between 2017 and 2021, the trend of each province in different aspects was deeply analysed by using indicators such as technical efficiency, technical progress, pure technical efficiency, scale efficiency and total factor productivity. It is found that there are significant differences in technical efficiency and technological progress among provinces, showing fluctuating trends. Changes in pure technical efficiency and scale effi-

文章引用: 陈铃. 民营经济科技创新的空间效率[J]. 电子商务评论, 2024, 13(3): 4390-4403.

DOI: 10.12677/ecl.2024.133537

ciency also show diversity, and total factor productivity varies greatly across the country. Finally, combined with the comprehensive analysis of the indicators, suggestions are put forward to promote scientific and technological innovation in the private economy by strengthening the formulation and implementation of scientific and technological innovation policies, promoting the integration of technological innovation and industry, increasing the support for scientific research institutes and colleges and universities, and optimising the innovation environment for enterprises.

## Keywords

Private Economy, Scientific and Technological Innovation, Efficiency Assessment, Total Factor Productivity, Scientific and Technological Innovation Policies

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

DEA (Data Envelopment Analysis)模型是一种非参数的效率评估方法, 广泛用于评估各类组织或单位的相对效率。通过比较各单位的输入与输出, DEA 能够识别相对高效的单位, 并为低效单位提供改进的方向。Malmquist 指数是用来测量在两个时间点之间的效率变化的指标, 其应用于 DEA 框架中, 能够帮助识别单位效率的动态演变[1]。本研究将利用 Malmquist 指数深入了解民营企业科技创新效率的时序变化。解释民营企业在科技创新中的关键角色, 这不仅关系到企业自身的竞争力, 更对整个国家或地区的经济创新和发展产生深远影响。深入研究民营企业科技创新效率, 将有助于制定更有效的政策和战略。

## 2. 理论背景与文献综述

### 2.1. 理论背景

资源依赖理论关注企业在创新和发展中对外部资源的依赖性, 尤其是在获取资金、技术、信息和人才等方面。对于科技创新而言, 民营企业通常需要大量资金用于研发、技术投入和市场推广[2]。该理论可深入分析企业对融资渠道的依赖和融资效率对科技创新效果的潜在影响, 同时帮助评估企业获取和整合外部技术的方式, 包括技术引进、合作研发和技术授权等, 从而评估企业技术创新的效率和成果。

创新经济学理论突出技术和知识推动经济增长的关键作用。新技术的引入和应用, 以及知识的创造和传播, 提高生产率、降低成本, 从而推动整体经济的发展[3]。科技创新可带来新产品、新服务, 提高生产效率, 推动产业结构变革。对于民营企业而言, 创新经济学理论有助于解释为何科技创新对经济增长有着重要意义。

### 2.2. 文献综述

#### 2.2.1. 关于科技创新的文献综述

科技创新能力可以被理解为一个复杂的系统, 涵盖了企业在科学研究和技术创新方面的综合水平, 科技创新能力是企业推动新产品、新技术和新工艺开发的核心驱动力。企业的科技创新能力可以分为三个方面: 首先是企业积累的研发知识和技术储备, 即独有的研发知识储备和再丰富能力, 这体现了企业的知识创新能力; 其次是企业对现有生产工艺和技术链条进行再创造的能力, 也就是技术创新能力; 最

后是企业对科研团队和科研成果进行有效管理的能力[4]。关于科技创新能力的评价指标的构建,学者主要聚焦于创新投入能力、创新研发能力、创新生产能力、创新产出能力、创新管理能力等方面[5]-[7]。对科技创新能力评价方法方面,DEA(数据包络分析)是较为主流的研究方法之一。除此之外,贾广超等人(2015)通过应用层次分析法(AHP)对企业的科技创新能力进行了评估[8]。李存斌等人(2017)利用云模型构建了技术创新能力的综合评价模型[9]。刘利平等人(2017)则基于评价指标体系的构建,结合主客观赋权法和组合赋权法,对技术创新能力进行了评估[10]。

### 2.2.2. 关于科技创新对区域经济发展的文献综述

近年来,关于科技创新对区域经济发展影响的文献数量逐渐增多。郝金磊等人(2018)基于空间杜宾模型和面板数据,研究了西北五省的科技创新效率的多维溢出效应。他们认为,知识创新效率与产品创新效率之间存在着显著的正向影响,但对于自身而言,知识创新效率与产品创新效率会产生逆向的空间溢出效应[11]。张鹏(2019)通过对上海、杭州和天津三个城市进行调查研究,认为区域内外要素之间的关联和循环是区域协同发展的重要来源,利用区域产业转移促进区域高端制造业的发展是区域创新溢出效应的新特征[12]。刘林等人(2019)基于地理空间权重矩阵和2010年至2017年的省级面板数据,研究了科技创新对区域经济平稳增长的推动作用[13]。研究结果表明,东南沿海发达地区的科技创新对经济增长的溢出效应大于相对经济发展水平较低的西部地区。

### 2.2.3. 文献述评

通过文献综述发现,较多文献剖析了科技创新在企业 and 区域经济发展中的关键作用。研究者们将科技创新能力视作一个复杂的系统,包括企业在科学研究和技术创新方面的综合水平,并将其分为研发知识和技术储备、技术创新能力以及科研团队和成果管理能力三个方面。文献还介绍了评价企业科技创新能力的方法,包括DEA模型和层次分析法等。同时,研究者们强调了科技创新对经济发展的重要性,指出它带来的多维度溢出效应,例如对知识创新效率与产品创新效率的正向影响。这些研究结果为政府和企业制定科技政策和发展战略提供了重要参考,也为相关领域的进一步研究提供了启示。

## 3. 指标构建

### 3.1. 数据来源

研究的数据来源包括历年中国统计年鉴和历年中国科技统计年鉴(不包括港澳台地区),资料提供了广泛的省级数据,可用于测算各省(市)民营经济的科技创新效率。考虑到数据的完整性和异常值的影响,研究排除了西藏省份。

研究的目的是测算2017年至2021年期间各个省份民营经济的科技创新效率。科技创新效率可以通过多种指标来衡量,例如研发投入与产出的比率、专利申请数量和质量、科技成果转化率等。具体的测算方法会结合多个指标,以全面评估科技创新的效果和影响。为了确保研究的可靠性,会对数据进行严格的筛选和处理,以排除可能存在的错误或异常值。然后,利用统计方法和经济模型来分析数据,识别出不同省份之间科技创新效率的差异,并探讨影响这些差异的因素。这项研究有助于了解各省(市)民营经济在科技创新方面的表现,为政府制定科技政策和企业制定发展战略提供参考依据。

### 3.2. 测量方法

采用DEA模型(Data Envelopment Analysis)来测算Malmquist指数是一种常见的方法,它可以评估不同省份民营经济在科技创新方面的效率变化。DEA模型是一种非参数的效率评价方法,旨在评估相对有效率的生产单位(如企业、省份等)的表现。它是一种比较各单位在多个输入和输出指标下的相对效率的方

法，而无需假定任何特定的函数形式。DEA 模型的核心思想是通过比较单位的输入与输出，确定哪些单位可以被认为是相对有效率的。它将输入和输出看作是一种投入产出关系，通过建立一个有效边界来识别那些在给定投入条件下可以实现最佳产出的单位。在 DEA 模型中，如果一个单位的产出与其投入之比等于或高于其他单位的最大值，则该单位被认为是相对有效率的。

Malmquist 指数衡量了不同时间点之间的效率变化情况，是一种动态的效率评估方法。Malmquist 指数是 DEA 模型的一个应用，用于衡量不同时间段内单位效率的变化。它通过比较两个时间点的 DEA 模型结果来计算单位效率的变化率。测算 Malmquist 指数通常涉及两个步骤：首先，利用 DEA 模型分别计算两个时间点的各单位的效率得分；其次，利用这些效率得分来计算 Malmquist 指数，以衡量单位效率的变化。Malmquist 指数大于 1 表示单位效率有所改善，小于 1 表示效率下降，等于 1 表示效率保持不变。

在这个研究中，对 Malmquist 指数的测算具体步骤如下：① 确定投入变量与产出变量。选取的投入变量包括研究机构设置数量、R&D 人员投入、科技经费投入强度、新产品开发经费，而选取的产出变量包括新产品销售收入、发明专利申请数、有效发明专利数、注册商标数。这些变量都是与科技创新密切相关的，能够反映企业在科技领域的活动和成果，具体描述见表 1。② 确定权重时。需要考虑私营企业与总量的占比，以确保评估的公平性和准确性。权重根据私营企业在总体经济中的比重来确定，以反映其在整体科技创新中的贡献程度。③ 调整年份。由于 Malmquist 指数衡量的是年份之间的变化率，因此往前多衡量了一年(2016 年)的创新效率。这样做的目的是为了在比较不同时间点的科技创新效率时，能够更准确地捕捉到变化趋势，为后续分析提供更可靠的数据基础。

Table 1. Explanation of input and output variables  
表 1. 投入变量与产出变量说明

| 变量类别 | 变量名称     | 变量说明                                  |
|------|----------|---------------------------------------|
| 投入变量 | 研究机构设置数量 | 各省(市)的研究机构数量，反映了科技研发领域的投入程度。          |
|      | R&D 人员投入 | 各省(市)用于科研人员的数量，反映了人力资源在科技创新中的投入情况。    |
|      | 科技经费投入强度 | 各省(市)投入的科技经费占 GDP 的比例，是衡量科技投入程度的重要指标。 |
|      | 新产品开发经费  | 各省(市)用于新产品开发的经费投入情况。                  |
| 产出变量 | 新产品销售收入  | 反映了新产品的市场表现和经济效益。                     |
|      | 发明专利申请数  | 各省(市)的发明专利申请数量，反映了科技创新水平和活力。          |
|      | 有效发明专利数  | 已获得授权并有效的发明专利数量，直接反映了科技成果的转化和应用情况。    |
|      | 注册商标数    | 各省(市)注册商标的数量，反映了企业的品牌创新和市场竞争力。        |

4. 统计与分析

4.1. 技术效率指数分析

技术效率指数(effch)衡量了在两个不同时间点之间，相对于前一期，每个单位的技术效率发生了多少变化。由表 2 可见，大多数省份在 2017 年至 2021 年间的技术效率指数呈现波动。北京、广东在这个时段内一直维持着技术效率指数为 1，即在相对于同类单位而言是高效的。有一些省份，如天津、山东、贵州等，在这段时间内经历了明显的技术效率波动，反映了这些省份在科技创新和生产效率方面存在明显的变化。一些省份在时间序列上表现出技术效率的提升，例如浙江、江苏，而另一些省份则表现出技术效率的下降，例如吉林、重庆。在某些年份，一些省份的技术效率明显高于或低于其他省份，如青海在 2017 年的技术效率较高，而在 2018 年显著下降。

Table 2. Calculation results of technical efficiency index  
表 2. 技术效率指数测算结果

| 省(市) | 年份    | effch (技术效率) |       |       |       |  |
|------|-------|--------------|-------|-------|-------|--|
|      | 2017  | 2018         | 2019  | 2020  | 2021  |  |
| 北京   | 1     | 1            | 1     | 1     | 1     |  |
| 天津   | 0.342 | 0.754        | 0.707 | 0.945 | 1.099 |  |
| 河北   | 0.939 | 0.995        | 1.155 | 1.034 | 1.174 |  |
| 山西   | 1.074 | 1.141        | 0.955 | 1.063 | 1.079 |  |
| 内蒙古  | 0.812 | 0.939        | 1.172 | 0.883 | 0.97  |  |
| 辽宁   | 0.916 | 1.065        | 0.858 | 0.967 | 0.956 |  |
| 吉林   | 0.809 | 0.396        | 1.966 | 0.763 | 1.153 |  |
| 黑龙江  | 0.809 | 0.888        | 1.098 | 0.916 | 0.997 |  |
| 上海   | 1.008 | 0.825        | 0.894 | 0.944 | 1.042 |  |
| 江苏   | 1     | 1            | 0.681 | 1.212 | 0.945 |  |
| 浙江   | 0.812 | 0.963        | 1.026 | 1.043 | 1.142 |  |
| 安徽   | 0.754 | 0.881        | 0.943 | 1.189 | 1.082 |  |
| 福建   | 0.821 | 1.141        | 1.09  | 1.082 | 1.027 |  |
| 江西   | 1.016 | 1.055        | 1.345 | 1.061 | 1.144 |  |
| 山东   | 0.947 | 0.636        | 0.701 | 1.232 | 1.406 |  |
| 河南   | 0.923 | 0.962        | 1.003 | 1.124 | 1.116 |  |
| 湖北   | 0.924 | 1.047        | 1.014 | 0.944 | 1.222 |  |
| 湖南   | 0.891 | 0.796        | 0.992 | 0.981 | 1.264 |  |
| 广东   | 1     | 1            | 1     | 1     | 1     |  |
| 广西   | 0.906 | 0.704        | 1.012 | 1.194 | 1.016 |  |
| 海南   | 0.614 | 1.371        | 1.089 | 0.919 | 1.357 |  |
| 重庆   | 0.888 | 0.697        | 0.949 | 1.26  | 1.025 |  |
| 四川   | 0.823 | 0.995        | 1.105 | 1.036 | 1.074 |  |
| 贵州   | 0.827 | 1.211        | 1.061 | 1.03  | 1.293 |  |
| 云南   | 0.694 | 0.891        | 1.122 | 0.99  | 1.03  |  |
| 陕西   | 0.797 | 0.952        | 1.071 | 1.063 | 1.117 |  |
| 甘肃   | 0.858 | 0.851        | 1.161 | 1.043 | 0.929 |  |
| 青海   | 1.345 | 0.802        | 1.156 | 1.199 | 0.606 |  |
| 宁夏   | 0.864 | 1.244        | 0.885 | 1.104 | 0.808 |  |
| 新疆   | 0.794 | 0.584        | 1.064 | 1.27  | 1.118 |  |

4.2. 技术进步指数分析

技术进步指数(techch)变化表示两个时间点之间技术水平的变化，即技术发展和创新对整体效率的贡

献。大多数省份在 2017 年至 2021 年间的技术进步指数呈现波动(见表 3)。高技术进步省份：例如广东、浙江、福建等。技术进步波动较大的省份：如广东、湖南、四川等，这可能反映了这些省份在技术领域的投入和政策导向的变化。在某些年份，一些省份的技术进步指数明显高于或低于其他省份，如广东在 2017 年和 2019 年的技术进步指数显著高于其他省份。

Table 3. Calculation results of technological progress index  
表 3. 技术进步指数测算结果

| 省(市) | 年份    | techch (技术进步) |       |       |       |  |
|------|-------|---------------|-------|-------|-------|--|
|      | 2017  | 2018          | 2019  | 2020  | 2021  |  |
| 北京   | 0.838 | 0.908         | 1.037 | 0.919 | 1.116 |  |
| 天津   | 0.98  | 0.985         | 0.992 | 1.06  | 1.049 |  |
| 河北   | 1.084 | 0.997         | 0.984 | 1.064 | 1.032 |  |
| 山西   | 1.038 | 0.998         | 0.986 | 1.063 | 1.03  |  |
| 内蒙古  | 1.215 | 0.983         | 0.987 | 1.022 | 1.006 |  |
| 辽宁   | 1.024 | 0.996         | 0.986 | 1.063 | 1.035 |  |
| 吉林   | 1.023 | 0.998         | 0.986 | 1.063 | 1.032 |  |
| 黑龙江  | 1.245 | 0.964         | 0.987 | 1.02  | 0.983 |  |
| 上海   | 1.031 | 0.982         | 0.995 | 1.039 | 0.979 |  |
| 江苏   | 0.132 | 0.821         | 1.151 | 1.068 | 1.01  |  |
| 浙江   | 1.049 | 0.994         | 0.98  | 1.066 | 1.019 |  |
| 安徽   | 1.08  | 0.997         | 0.986 | 1.063 | 1.031 |  |
| 福建   | 1.243 | 0.952         | 0.978 | 1.023 | 0.985 |  |
| 江西   | 1.028 | 0.998         | 0.986 | 1.063 | 1.029 |  |
| 山东   | 1.032 | 0.992         | 0.981 | 1.065 | 1.021 |  |
| 河南   | 1.063 | 0.994         | 0.983 | 1.025 | 0.986 |  |
| 湖北   | 1.029 | 0.992         | 0.984 | 1.063 | 1.032 |  |
| 湖南   | 1.028 | 0.996         | 0.984 | 1.064 | 1.031 |  |
| 广东   | 6.21  | 1.661         | 5.521 | 1.034 | 1.002 |  |
| 广西   | 1.025 | 0.998         | 0.986 | 1.043 | 1.029 |  |
| 海南   | 1.258 | 0.97          | 0.987 | 1.024 | 0.985 |  |
| 重庆   | 1.025 | 0.996         | 0.986 | 1.063 | 1.034 |  |
| 四川   | 1.208 | 0.957         | 0.979 | 1.019 | 0.982 |  |
| 贵州   | 1.257 | 0.969         | 0.987 | 1.023 | 0.984 |  |
| 云南   | 1.254 | 0.968         | 0.987 | 1.023 | 0.984 |  |
| 陕西   | 1.223 | 0.95          | 0.985 | 1.013 | 0.979 |  |
| 甘肃   | 1.135 | 0.996         | 0.98  | 1.019 | 0.983 |  |
| 青海   | 1.096 | 0.997         | 0.973 | 1.064 | 1.012 |  |
| 宁夏   | 1.079 | 0.997         | 0.987 | 1.064 | 1.004 |  |
| 新疆   | 1.258 | 0.971         | 0.987 | 1.025 | 0.985 |  |

4.3. 纯技术效率指数分析

纯技术效率变化(pech)是纯粹由于技术上的改进而引起的效率变化。这一指标衡量了单位在两个不同

Table 4. Calculation results of pure technical efficiency index

表 4. 纯技术效率指数测算结果

| 省(市) | 年份    | pech (纯技术效率) |       |       |       |  |
|------|-------|--------------|-------|-------|-------|--|
|      | 2017  | 2018         | 2019  | 2020  | 2021  |  |
| 北京   | 1     | 1            | 1     | 1     | 1     |  |
| 天津   | 0.348 | 0.752        | 0.721 | 0.942 | 1.141 |  |
| 河北   | 1.004 | 1.048        | 1.112 | 1.006 | 1.201 |  |
| 山西   | 1.133 | 1.128        | 0.946 | 1.114 | 1.135 |  |
| 内蒙古  | 0.982 | 0.979        | 1.149 | 0.892 | 0.961 |  |
| 辽宁   | 0.884 | 1.096        | 0.862 | 0.997 | 1.003 |  |
| 吉林   | 0.85  | 0.468        | 1.644 | 0.806 | 1.18  |  |
| 黑龙江  | 1.014 | 0.884        | 1.086 | 0.907 | 0.981 |  |
| 上海   | 1.007 | 0.795        | 1.02  | 0.943 | 1.031 |  |
| 江苏   | 1     | 1            | 0.7   | 1.271 | 0.964 |  |
| 浙江   | 0.812 | 0.976        | 1.027 | 1.051 | 1.163 |  |
| 安徽   | 0.776 | 0.91         | 0.933 | 1.204 | 1.118 |  |
| 福建   | 0.995 | 1.09         | 1.089 | 1.043 | 1.011 |  |
| 江西   | 0.998 | 1.039        | 1.296 | 1.103 | 1.184 |  |
| 山东   | 0.947 | 0.689        | 0.81  | 1.229 | 1.441 |  |
| 河南   | 0.948 | 0.96         | 1.149 | 1.089 | 1.092 |  |
| 湖北   | 0.916 | 1.045        | 1.005 | 0.955 | 1.275 |  |
| 湖南   | 0.867 | 0.784        | 0.977 | 1     | 1.297 |  |
| 广东   | 1     | 1            | 1     | 1     | 1     |  |
| 广西   | 0.91  | 0.749        | 1.092 | 1.092 | 1.07  |  |
| 海南   | 0.772 | 1.322        | 1.069 | 0.925 | 1.332 |  |
| 重庆   | 0.864 | 0.697        | 0.952 | 1.305 | 1.06  |  |
| 四川   | 1.005 | 0.963        | 1.086 | 0.987 | 1.048 |  |
| 贵州   | 1.023 | 1.158        | 1.038 | 1.044 | 1.281 |  |
| 云南   | 0.858 | 0.86         | 1.104 | 1.002 | 1.015 |  |
| 陕西   | 0.969 | 0.914        | 1.089 | 1.046 | 1.12  |  |
| 甘肃   | 1.093 | 0.827        | 1.196 | 1.071 | 0.914 |  |
| 青海   | 1.438 | 0.816        | 1.109 | 1.299 | 0.591 |  |
| 宁夏   | 0.896 | 1.245        | 0.86  | 1.132 | 0.813 |  |
| 新疆   | 1.008 | 0.567        | 1.051 | 1.302 | 1.101 |  |

时间点之间的技术效率变化，而排除了规模效应的影响。具体来说，*pech* 是指生产单位在两个不同时间点之间纯粹由于技术变化导致的效率变化。根据表 4 中的纯技术效率指数，可以观察到不同省份在 2017 年至 2021 年期间在纯技术效率方面的表现。北京和广东省一直维持在最高水平，其纯技术效率指数在整个时段内保持为 1，表明这两个地区相对于同类单位在技术方面一直保持高效。然而，其他省份在这段时间内经历了一定的波动。例如，山东省在 2021 年的纯技术效率指数明显上升，显示其在技术创新方面取得了显著的成就。相反，甘肃、青海、宁夏在同一时期的纯技术效率出现下降。

4.4. 规模效率指数分析

规模效率变化(*sech*)是指单位在两个不同时间点之间由于规模变化而引起的效率变化。规模效率考虑了生产规模对效率的影响，即企业规模的扩大或缩小如何影响生产效率。具体来说，*sech* 用于测量生产单位在两个不同时间点之间纯粹由于规模变化引起的效率变化。表 5 中的规模效率指数呈现了不同省份

Table 5. Calculation results of scale efficiency index  
表 5. 规模效率指数测算结果

| 省(市) | 年份    | sech (规模效率) |       |       |       |  |
|------|-------|-------------|-------|-------|-------|--|
|      | 2017  | 2018        | 2019  | 2020  | 2021  |  |
| 北京   | 1     | 1           | 1     | 1     | 1     |  |
| 天津   | 0.981 | 1.003       | 0.98  | 1.003 | 0.964 |  |
| 河北   | 0.935 | 0.95        | 1.039 | 1.028 | 0.978 |  |
| 山西   | 0.947 | 1.012       | 1.01  | 0.954 | 0.951 |  |
| 内蒙古  | 0.827 | 0.959       | 1.02  | 0.991 | 1.009 |  |
| 辽宁   | 1.036 | 0.971       | 0.995 | 0.969 | 0.954 |  |
| 吉林   | 0.951 | 0.848       | 1.196 | 0.946 | 0.977 |  |
| 黑龙江  | 0.797 | 1.005       | 1.012 | 1.009 | 1.017 |  |
| 上海   | 1.001 | 1.037       | 0.876 | 1     | 1.011 |  |
| 江苏   | 1     | 1           | 0.972 | 0.953 | 0.98  |  |
| 浙江   | 1.001 | 0.986       | 1     | 0.992 | 0.982 |  |
| 安徽   | 0.971 | 0.969       | 1.01  | 0.987 | 0.968 |  |
| 福建   | 0.826 | 1.047       | 1.001 | 1.038 | 1.016 |  |
| 江西   | 1.018 | 1.016       | 1.038 | 0.962 | 0.967 |  |
| 山东   | 1     | 0.923       | 0.866 | 1.003 | 0.976 |  |
| 河南   | 0.974 | 1.002       | 0.873 | 1.032 | 1.022 |  |
| 湖北   | 1.009 | 1.002       | 1.009 | 0.988 | 0.958 |  |
| 湖南   | 1.028 | 1.015       | 1.016 | 0.982 | 0.974 |  |
| 广东   | 1     | 1           | 1     | 1     | 1     |  |
| 广西   | 0.995 | 0.939       | 0.927 | 1.093 | 0.949 |  |
| 海南   | 0.795 | 1.037       | 1.019 | 0.994 | 1.019 |  |
| 重庆   | 1.027 | 1           | 0.998 | 0.965 | 0.967 |  |

续表

|    |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 四川 | 0.819 | 1.033 | 1.018 | 1.05  | 1.025 |
| 贵州 | 0.809 | 1.046 | 1.023 | 0.986 | 1.009 |
| 云南 | 0.808 | 1.036 | 1.017 | 0.988 | 1.014 |
| 陕西 | 0.823 | 1.042 | 0.983 | 1.016 | 0.997 |
| 甘肃 | 0.785 | 1.03  | 0.97  | 0.974 | 1.016 |
| 青海 | 0.935 | 0.983 | 1.042 | 0.923 | 1.025 |
| 宁夏 | 0.964 | 1     | 1.029 | 0.976 | 0.993 |
| 新疆 | 0.788 | 1.03  | 1.013 | 0.976 | 1.015 |

在 2017 年至 2021 年期间的生产规模变化对效率的影响。北京和广东省在整个时段内规模效率保持为 1，表明其在规模变化方面保持了相对的稳定性。然而，其他省份呈现了一定的波动，显示了它们在规模变化时生产效率的变化趋势。上海和广东省在整个时段内规模效率相对较高，说明它们在规模扩大或缩小时能够有效提升生产效率。重庆、贵州、湖南等省份在规模效率指数上经历了较大的波动，可能反映了这些地区在规模变化方面的经济动态。一些省份在时间序列上表现出规模效率的提升，如四川、陕西，而另一些省份则表现出规模效率的下降，如海南、河南。

4.5. 全要素生产率指数分析

全要素生产率指数(tfpch)是用于衡量单位在两个不同时间点之间的全要素生产率变化的指标。全要素生产率是综合考虑了劳动、资本、技术等各要素的生产效率，因此 tfpch 可以帮助分析单位在整体资源利用效率上的变化。表 6 中的全要素生产率指数(tfpch)展现了各省(市)在 2017 年至 2021 年期间的整体生产效率变化。北京省在这段时期内经历了波动，从 0.838 上升至 1.037，由回落到 0.919，然后在 2021 年迅速回升至 1.116。广东省全要素生产率震荡上升，这可能反映了其经济结构调整的影响。一些省份，如河北、山西和江苏，呈现出整体生产效率的提升，显示了这些地区在技术和规模效率上的积极变化。相反，宁夏、青海等省份的全要素生产率指数呈下降趋势，可能受到资源利用和宏观经济环境的影响。

Table 6. Calculation results of total factor productivity index

表 6. 全要素生产率指数测算结果

| 省(市) | 年份    | tfpch (全要素生产率指数) |       |       |       |  |
|------|-------|------------------|-------|-------|-------|--|
|      | 2017  | 2018             | 2019  | 2020  | 2021  |  |
| 北京   | 0.838 | 0.908            | 1.037 | 0.919 | 1.116 |  |
| 天津   | 0.335 | 0.743            | 0.701 | 1.002 | 1.153 |  |
| 河北   | 1.018 | 0.992            | 1.137 | 1.1   | 1.211 |  |
| 山西   | 1.115 | 1.139            | 0.941 | 1.131 | 1.112 |  |
| 内蒙古  | 0.987 | 0.923            | 1.156 | 0.903 | 0.975 |  |
| 辽宁   | 0.938 | 1.061            | 0.846 | 1.027 | 0.99  |  |
| 吉林   | 0.827 | 0.395            | 1.939 | 0.811 | 1.189 |  |
| 黑龙江  | 1.006 | 0.856            | 1.084 | 0.934 | 0.98  |  |
| 上海   | 1.04  | 0.809            | 0.889 | 0.98  | 1.02  |  |

续表

|    |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 江苏 | 0.132 | 0.821 | 0.783 | 1.294 | 0.954 |
| 浙江 | 0.852 | 0.957 | 1.005 | 1.112 | 1.163 |
| 安徽 | 0.814 | 0.879 | 0.929 | 1.264 | 1.115 |
| 福建 | 1.021 | 1.087 | 1.066 | 1.107 | 1.012 |
| 江西 | 1.044 | 1.053 | 1.325 | 1.128 | 1.178 |
| 山东 | 0.978 | 0.631 | 0.688 | 1.311 | 1.436 |
| 河南 | 0.982 | 0.956 | 0.986 | 1.152 | 1.1   |
| 湖北 | 0.951 | 1.038 | 0.998 | 1.004 | 1.261 |
| 湖南 | 0.916 | 0.792 | 0.976 | 1.044 | 1.304 |
| 广东 | 6.21  | 1.661 | 5.521 | 1.034 | 1.002 |
| 广西 | 0.929 | 0.702 | 0.998 | 1.246 | 1.045 |
| 海南 | 0.773 | 1.33  | 1.075 | 0.941 | 1.336 |
| 重庆 | 0.91  | 0.695 | 0.936 | 1.34  | 1.059 |
| 四川 | 0.994 | 0.952 | 1.082 | 1.055 | 1.054 |
| 贵州 | 1.04  | 1.173 | 1.047 | 1.053 | 1.272 |
| 云南 | 0.87  | 0.862 | 1.108 | 1.012 | 1.013 |
| 陕西 | 0.975 | 0.904 | 1.055 | 1.077 | 1.093 |
| 甘肃 | 0.973 | 0.848 | 1.138 | 1.063 | 0.914 |
| 青海 | 1.474 | 0.8   | 1.125 | 1.277 | 0.613 |
| 宁夏 | 0.932 | 1.24  | 0.873 | 1.174 | 0.811 |
| 新疆 | 0.999 | 0.567 | 1.05  | 1.302 | 1.102 |

Table 7. Malmquist index (annual average)  
表 7. Malmquist 指数(年度均值)

| year      | effch | techch | pech  | sech  | tfpch |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 2016~2017 | 0.855 | 1.083  | 0.926 | 0.924 | 0.926 |
| 2017~2018 | 0.901 | 0.993  | 0.904 | 0.996 | 0.895 |
| 2018~2019 | 1.022 | 1.05   | 1.026 | 0.997 | 1.073 |
| 2019~2020 | 1.043 | 1.04   | 1.051 | 0.992 | 1.085 |
| 2020~2021 | 1.061 | 1.012  | 1.071 | 0.991 | 1.074 |
| 均值        | 0.973 | 1.035  | 0.993 | 0.98  | 1.007 |

4.6. 年度均值与省份均值指数分析

表 7 呈现了各省(市)在 2016 年至 2021 年间 Malmquist 指数及其分解的年度均值, 技术效率(EC)呈总体上升趋势, 从 2016~2017 的 0.855 逐渐提高至 2020~2021 的 1.061。这反映了各省(市)在技术水平上的整体改善, 可能是由于科技创新、技术引进等因素的积极作用。技术进步(TC)指数整体上也呈增长趋势, 从 2016~2017 的 1.083 上升至 2020~2021 的 1.012。这表明各省(市)在这段时间内的技术水平普遍提高,

**Table 8.** Malmquist index (province average)  
**表 8.** Malmquist 指数(省份均值)

| 省(市) | effch | techch | pech  | sech  | tfpch |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 北京   | 1     | 0.959  | 1     | 1     | 0.959 |
| 天津   | 0.717 | 1.013  | 0.727 | 0.986 | 0.726 |
| 河北   | 1.056 | 1.031  | 1.072 | 0.985 | 1.089 |
| 山西   | 1.061 | 1.022  | 1.089 | 0.974 | 1.085 |
| 内蒙古  | 0.948 | 1.039  | 0.989 | 0.958 | 0.985 |
| 辽宁   | 0.95  | 1.02   | 0.965 | 0.985 | 0.969 |
| 吉林   | 0.889 | 1.02   | 0.909 | 0.977 | 0.906 |
| 黑龙江  | 0.936 | 1.035  | 0.972 | 0.964 | 0.969 |
| 上海   | 0.939 | 1.005  | 0.955 | 0.983 | 0.944 |
| 江苏   | 0.951 | 0.67   | 0.97  | 0.981 | 0.637 |
| 浙江   | 0.991 | 1.021  | 0.999 | 0.992 | 1.012 |
| 安徽   | 0.958 | 1.031  | 0.976 | 0.981 | 0.987 |
| 福建   | 1.026 | 1.031  | 1.045 | 0.982 | 1.058 |
| 江西   | 1.119 | 1.02   | 1.119 | 1     | 1.141 |
| 山东   | 0.939 | 1.018  | 0.987 | 0.952 | 0.956 |
| 河南   | 1.022 | 1.01   | 1.044 | 0.979 | 1.032 |
| 湖北   | 1.025 | 1.02   | 1.032 | 0.993 | 1.045 |
| 湖南   | 0.973 | 1.02   | 0.97  | 1.003 | 0.993 |
| 广东   | 1     | 2.261  | 1     | 1     | 2.261 |
| 广西   | 0.952 | 1.016  | 0.973 | 0.979 | 0.967 |
| 海南   | 1.027 | 1.04   | 1.061 | 0.968 | 1.068 |
| 重庆   | 0.946 | 1.02   | 0.955 | 0.991 | 0.966 |
| 四川   | 1.001 | 1.025  | 1.017 | 0.985 | 1.026 |
| 贵州   | 1.072 | 1.039  | 1.104 | 0.971 | 1.114 |
| 云南   | 0.933 | 1.038  | 0.963 | 0.969 | 0.969 |
| 陕西   | 0.993 | 1.026  | 1.025 | 0.969 | 1.018 |
| 甘肃   | 0.961 | 1.021  | 1.011 | 0.951 | 0.982 |
| 青海   | 0.98  | 1.027  | 1     | 0.98  | 1.007 |
| 宁夏   | 0.968 | 1.025  | 0.975 | 0.992 | 0.992 |
| 新疆   | 0.931 | 1.04   | 0.971 | 0.96  | 0.969 |
| 均值   | 0.973 | 1.035  | 0.993 | 0.98  | 1.007 |

为全要素生产率的提升作出了积极贡献。纯技术效率(PEC)的变化相对平稳，从 2016~2017 的 0.926 到 2020~2021 的 1.071。这指示了各省(市)在考虑了规模效率的情况下，纯粹的技术效率也有所提高。规模效率

(SEC)整体上趋于稳定,从 2016~2017 的 0.924 略微波动,到 2020~2021 的 0.991。全要素生产率(TFP)在 2016~2017 至 2020~2021 年度间波动不大,呈现略微上升的趋势,从 0.926 上升至 1.074。这反映了各省(市)整体上的生产效率在考虑了技术、规模等方面的综合影响后有所提高。综合来看,各项指标的变化趋势表明,各省(市)在 Malmquist 指数及其分解的影响下,在技术、规模等方面均取得了一定的进展,为全要素生产率的提升做出了积极贡献。

表 8 呈现了全国 30 个省(市)在每个年度的均值下的民营经济科技创新 Malmquist 指数及其分解,技术效率(EC)的平均值在 0.973,各省(市)之间有一定差异。整体来看,各省(市)的技术效率整体保持在相对稳定的水平。技术进步(TC)的平均值为 1.035,表示各省(市)在这段时间内的技术水平整体上有所提高。广东省的技术进步指数达到了 2.261,也是全国最高,这表明广东省在技术创新方面取得了显著的成果。纯技术效率(PEC)的平均值为 0.993,各省(市)之间的差异相对较小。广东、北京在这一方面同样表现出色,达到了 1,说明该省在技术创新中充分发挥了其技术效率。规模效率(SEC)的平均值为 0.98,表明各省(市)在生产规模上整体效率相对不足。全要素生产率(TFP)的平均值为 1.007,各省(市)之间的差异不大。广东省同样在全要素生产率方面表现卓越,达到了 2.261,为全国最高水平,这说明广东省在全要素的协同运用上具有显著的优势。

## 5. 研究结论与政策建议

### 5.1. 结论

在技术创新和生产效率方面,不同省份存在明显的差异,表现出技术效率和技术进步的波动趋势。北京和广东一直保持在相对高效的水平,而一些省份如天津、山东、贵州等则经历了明显的技术效率波动,反映出其在科技创新和生产效率方面存在显著的变化。纯技术效率和规模效率的变化在不同地区呈现出较大差异,部分省份在这两方面表现出积极的变化趋势,而另一些地区则呈现出规模效率波动较大的特点。全要素生产率在全国范围内存在较大差异,一些省份全要素生产率保持较高水平,而其他省份则经历了波动。因此,建议在制定区域经济政策时,应更加注重技术创新的支持,提升产业整体效率,加强规模效益的协同提升,以促进各省(市)的可持续发展和经济高质量增长。

### 5.2. 政策建议

#### 5.2.1. 加强科技创新政策制定与执行

当前,为更有效促进科技创新和实现全国范围内产业升级,务须着眼于制定并贯彻更为具有前瞻性和精准性的科技创新政策。为实现此目标,建议在政策制定阶段充分考虑各地区的产业结构和特点,以确保政策的差异化和高度适应性。

在政策实施阶段,高效低成本的执行显得尤为迫切,以减少政策执行中的时滞性延迟。为实现此目标,提出倡导智能化技术用于政策执行的监测和评估,以迅速发现并解决实施过程中的问题,保障政策的顺利实施。同时,建议构建高效的政府、企业和科研机构之间的合作机制,确保政策能够得到全面有效的贯彻。为了激发企业增加研发投入、提高研发效率,提出建立健全的激励机制。此举可包括税收优惠政策用于研发经费、设立科技创新奖励基金等手段。同时,在企业合作项目中引入技术创新评估体系等举措,进一步推动科技创新的发展。

通过制定更为差异化和具有高度适应性的政策、实现高效低成本的执行,以及建立完备的激励机制,将有助于推动科技创新在国家范围内迈向更为持续的发展。这不仅对于提升国家科技实力具有积极意义,同时有助于在全球科技竞争中保持领先地位。

### 5.2.2. 推动技术创新与产业融合

当前，技术创新与产业融合已成为推动经济增长和产业升级的关键驱动力。为了更好地实现这一目标，需要加强产业链上下游的协同合作，促进不同领域的技术交叉和融合，从而提高技术创新的综合效益。

在建立产学研用一体化的合作机制方面，设想一个更加全面而深层次的合作框架。首先，通过设立联合研究项目，科研机构、高校和企业可以在共同感兴趣的研究领域展开深入的协作，共同攻克技术难题。同时，为促进更为紧密的合作，可以设立跨领域的创新实验室，提供共享的实验设施和先进仪器设备，为合作伙伴提供便利条件，加速研究成果的孵化和转化。其次，鼓励企业在新技术、新材料、新能源等前沿领域展开深度合作的方式也可以更为具体。除了技术共享和研发联合外，可以推动更为全面的产业链整合，促使企业在不同环节的合作中实现协同效应。这可以包括原材料供应商、生产企业、科研机构和销售渠道等各个环节的合作，形成一个闭环的创新生态系统，推动新技术的迅速研发和产业的持续升级。此外，政策引导和资金支持也是非常关键的一环。在建立专项资金支持新技术领域的合作项目时，可以强调项目的前瞻性和创新性，以确保投资能够真正促进技术创新。提供税收优惠政策和财政补贴等奖励时，可以更具体地关注企业在合作中的实际贡献和创新成果，以激励更多企业积极参与技术创新的合作，并提升其在产业链中的竞争力。通过以上丰富的合作机制、深度合作形式和具体的政策支持，将有助于建立一个更加有活力和创新力的科技创新生态系统，从而推动技术创新与产业融合取得更为显著的成果。

### 5.2.3. 加大对科研机构和高校的支持力度

为推动科学研究和创新，必须通过加大对科研机构和高校的支持力度来激发其科研活力。首先，建议增加财政投入，确保科研机构和高校在基础研究和前沿技术领域有足够的资源进行深入的科研探索。这包括增加科研项目经费、购置先进实验设备以及提供更多的科研人才支持等方面。在建设支持体系上，提出建立产学研用一体化的机制。这一机制可以通过设立联合实验室、共享研究设施和推动产业与科研机构的深度合作来实现。鼓励企业与科研机构共同开展研究项目，分享创新成果，提高创新效率，从而更好地将科研成果转化为实际的生产力。这不仅有助于加速技术推广，还可以推动产业结构优化与升级。此外，强调加强科研机构和企业之间的紧密合作。建议通过促进产学研合作，实现双方优势互补，推动科研成果快速应用于实际生产。这可以通过建立科研成果转移和共享机制、设立科技成果转化基金等方式来实现，以确保科研成果能够更加有机地融入产业链。

### 5.2.4. 优化企业创新环境

为促进创新，需采取一系列措施来营造更加创新友好的营商环境，提高企业创新的积极性。首先，建议创建创新友好型营商环境，以降低企业创新的操作难度。这包括简化创新项目审批流程，通过数字化、在线化的方式提高审批效率，从而缩短创新周期，减少不必要的行政成本。其次，提出降低创新成本的建议。政府可以通过设立专项资金支持创新项目、提供研发税收减免等方式，降低企业在技术创新过程中的经济负担。此外，通过建立创新基金，为初创企业提供更为灵活的融资支持，鼓励企业进行风险投资，推动更多的创新企业茁壮成长。为了进一步支持企业的创新努力，建议提供更多的财税和政策支持。这可以包括减免企业研发投入的税收，设立创新奖励制度，鼓励企业在技术创新上取得更为显著的成绩。同时，建议政府设立专门的科技创新资金，用于支持有前景的创新项目，从而提高企业的创新积极性。最后，着重建立健全的知识产权保护制度。通过强化知识产权的法律保障，确保企业的创新成果得到合理的保护和回报，进而激发企业的创新热情。此外，可以加强知识产权培训，提高企业对知识产权重要性的认识，促进企业自觉加强知识产权管理。

## 参考文献

- [1] 李秋实, 刘钰盈, 周俊杰, 等. 广东省科技成果转化效率测量与时空特征——基于 DEA-Malmquist 指数模型[J]. 科技管理研究, 2024, 44(5): 56-64.
- [2] 彭莉君. 大学与科研机构科教融汇协同育人机制建构——基于资源依赖理论的视角[J]. 研究生教育研究, 2024(2): 73-79.
- [3] 安同良, 姜妍. 中国特色创新经济学的基本理论问题研究[J]. 经济学动态, 2021(4): 15-26.
- [4] 王桃荣, 张宏岩. 资源型企业科技创新问题探讨——以青海为例[J]. 商场现代化, 2010(35): 112-114.
- [5] 徐立平, 姜向荣, 尹翀. 企业创新能力评价指标体系研究[J]. 科研管理, 2015, 36(S1): 122-126.
- [6] 晏强. 基于因子分析方法的科技型中小企业技术创新能力评价[J]. 现代商业, 2016(8): 108-109.
- [7] 马颖, 谢莹莹, 胡晶晶, 等. “双创”背景下的湖北基层企业科技创新能力评价研究[J]. 科研管理, 2018, 39(4): 10-20.
- [8] 贾广超, 张目. 科技型中小企业技术创新风险评价指标体系研究[J]. 科技创业月刊, 2015, 28(9): 1-3.
- [9] 李存斌, 鲁平. 基于云模型的电力企业技术创新能力评价研究[J]. 科技管理研究, 2017, 37(2): 68-72.
- [10] 刘利平, 江玉庆. 企业合作技术创新的风险识别及评价[J]. 科技管理研究, 2017, 37(5): 83-87.
- [11] 郝金磊, 尹萌. 西北五省科技创新效率的多维溢出效应——基于空间面板 Durbin 模型的实证研究[J]. 西北民族大学学报(哲学社会科学版), 2018(2): 138-149.
- [12] 张鹏. 区域协同创新发展的新特征——基于上海、杭州和天津三地的调查[J]. 信息系统工程, 2019(2): 107-108.
- [13] 刘林, 张勇. 科技创新投入与区域经济增长的溢出效应分析[J]. 华东经济管理, 2019, 33(1): 62-66.