

我国医药制造业技术创新效率研究

张 坤¹, 黄 河^{1,2}

¹上海理工大学管理学院, 上海

²上海理工大学智慧应急管理学院, 上海

收稿日期: 2025年4月29日; 录用日期: 2025年6月4日; 发布日期: 2025年6月11日

摘 要

医药制造业是我国高技术产业之一, 技术创新效率对于医药制造业的发展具有重大意义。本文对我国医药制造业的技术创新效率进行测算分析, 为推动医药产业实现高质量、可持续创新发展提供思考和建议。研究借助2018~2022年《中国高技术产业统计年鉴》中的全国医药行业数据, 运用数据包络分析框架下的Malmquist指数方法进行测算剖析, 目的是为推动医药产业高质量、可持续创新发展出谋划策。研究发现: 2018~2022年间我国医药制造业技术创新效率整体呈缓慢下降趋势, 各省市之间的效率水平差别明显。为了促进医药制造业更好地发展, 就得合理安排经费投入、增强科研人员投入力度并提升其创新水平、扩大医药产业规模提高效益并推动结构优化升级。

关键词

Malmquist指数法, 医药制造业, 技术创新效率

Research on Technological Innovation Efficiency of China's Pharmaceutical Manufacturing Industry

Kun Zhang¹, He Huang^{1,2}

¹Business School, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai

²School of Intelligent Emergency Management, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai

Received: Apr. 29th, 2025; accepted: Jun. 4th, 2025; published: Jun. 11th, 2025

Abstract

The pharmaceutical manufacturing industry is one of China's high-tech industries, and the efficiency of

文章引用: 张坤, 黄河. 我国医药制造业技术创新效率研究[J]. 运筹与模糊学, 2025, 15(3): 293-303.

DOI: 10.12677/orf.2025.153161

technological innovation is of great significance to the development of the pharmaceutical manufacturing industry. This article calculates and analyzes the technological innovation efficiency of China's pharmaceutical manufacturing industry, providing thoughts and suggestions for promoting high-quality and sustainable innovation development of the pharmaceutical industry. The study utilizes the national pharmaceutical industry data from the 2018~2022 Statistical Yearbook of China's High-Tech Industry and uses the Malmquist index method under the Data Envelopment Analysis framework for measurement and analysis, with the aim of providing strategies for promoting high-quality and sustainable innovative development of the pharmaceutical industry. Research has found that from 2018 to 2022, the overall efficiency of technological innovation in China's pharmaceutical manufacturing industry has shown a slow downward trend, with significant differences in efficiency levels between provinces and cities. In order to promote the better development of the pharmaceutical manufacturing industry, it is necessary to reasonably arrange funds, strengthen the investment of scientific researchers and improve their innovation level, expand the scale of the pharmaceutical industry to improve efficiency and promote the structural optimization and upgrading.

Keywords

Malmquist Model, Pharmaceutical Manufacturing, Technological Innovation Efficiency

Copyright © 2025 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. 引言

具有基础与战略意义的高技术产业——医药制造业，和国家民生、经济发展密切相关，承担着推动国家科技进步和产业升级的重任。2024年7月国务院通过《全链条支持创新药发展实施方案》，将创新药提升至发展“新质生产力”的战略高度，重点支持差异化、国际化及高临床价值的创新项目。这一政策为医药制造业的技术创新注入了强大动力，也为相关研究提供了新的方向和契机。

在国家对医药制造业技术创新高度重视的背景下，众多学者对该领域的技术创新效率展开了研究，熊阿珍等(2019) [1]以2017年深沪交所营收前15位药企为样本，基于DEA方法，发现我国药企技术创新效率差异显著，纯技术效率不足是核心制约因素；企业规模越大规模效率往往越高；中药药企技术创新通常高于化学制药企业；西部药企创新整体比东部强。苏健等(2020) [2]采用2007~2016年我国医药制造业数据，基于数据包络分析模型的Malmquist指数进行分析，得出我国医药制造创新能力逐步提升，技术进步为主要驱动力，但多数省(区、市)创新效率呈下降趋势，且区域间差异显著。刘慧莉(2021) [3]通过Malmquist指数模型分析2012到2016年医药制造业数据，测算其全要素生产率发现，这五年间我国医药制造业创新潜力没有充分挖掘，创新资源利用不够合理，创新效率还有提升的空间。李缘等(2022) [4]用两阶段DEA-SBM模型分析全国28个省份医药制造业技术创新情况，研究显示，技术创新过程中，研发阶段工作进度通常比成果应用阶段更快，政府推出的支持政策能切实提升研发工作效率，加快技术突破速度。综上所述，众多学者基于不同视角和方法的实证研究表明，我国医药制造业技术创新效率存在显著差异，区域间、企业间以及不同发展阶段都呈现出不同的特点，且普遍存在创新资源配置不合理、创新效率有待提高等问题，这为本文进一步深入研究提供了重要的参考和方向。

一些学者的研究为我们揭示了医药制造业技术创新效率的现状和问题，随着我国经济稳步增长、老龄化程度持续加重，加上国家大力发展医药产业，医药市场规模不断扩大，这时候技术创新能力就成了

医药制造业高质量发展的关键所在。因此,通过最新数据对我国医药制造业技术创新效率进行评估分析,了解各地区创新状况并发现潜在问题,帮助我们有针对性地出台措施,把资源用在关键地方,提升医药领域的创新速度和质量。无论是从理论研究角度,还是实际发展需求来看,都有着重要意义。

本文对我国医药制造业技术创新效率展开剖析,深入挖掘医药制造领域技术创新的实际成效,为后续研究与决策提供有力依据,努力推动医药产业创新并实现可持续发展。鉴于数据包络分析与 Malmquist 指数相结合的方法能够全面、准确地评估技术创新效率及动态变化,运用该方法对 2018~2022 年我国 30 个省级行政区(香港、澳门、台湾、西藏由于数据缺失除外)医药制造业进行静态和动态分析,探讨医药制造业资源配置优化路径与创新效率提升办法。

2. 研究方法

2.1. 数据包络分析法

数据包络分析(DEA)是基于线性规划的非参数系统分析方法,用于评估同类型多输入多输出决策单元(DMU)相对有效性,属运筹学、管理科学和数理经济学交叉领域,评估时要求 DMU 输入输出指标、任务、目标及外部环境一致。它通过分析 DMU 观测数据、衡量其与生产前沿面偏离程度判定有效性,相比传统生产函数理论,DEA 分析同类型多输入多输出 DMU 时无需预先估计参数,有量纲无关、无需假设权重等特性,能规避主观因素、简化算法和降低误差,优越性显著。

在本研究中,当提及决策单元的投入和产出时,使用 X_j 和 Y_j 表示,其中下标 j 代表特定的 DMU。例如 $j = 0$ 时, X_0 是该 DMU 的投入向量,包含各种不同类型的投入要素数量; Y_0 是该决策单元的产出向量,涵盖各种不同类型的产出数量。本文将我国 30 个省级行政区视为 DMU ($j = 1, 2, \dots, 30$),并运用以下模型进行分析:

(1) DEA-CCR 模型:用于计算综合技术效率(TE),反映 DMU 在最优生产规模下的投入产出能力。公式如下:

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ & \text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^- = \theta X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_{j_0} \\ S^+, S^-, \lambda_j \geq 0 \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

其中, θ 表示效益值,它表示 DMU 的相对效率。若 $\theta = 1$,表明该 DMU 处于前沿面,为相对有效;若 $\theta < 1$,表明该 DMU 存在投入冗余或产出不足,为相对无效。

$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)T$ 为权重向量,用于确定各个决策单元在构建生产前沿面时的相对重要性。 X_j 为第 j 个 DMU 的投入向量,包含如 R&D 活动人员折合全时当量、R&D 内部活动经费等投入指标; Y_j 为第 j 个 DMU 的产出向量,包括专利申请量和新产品销售收入。 S_- 和 S_+ 分别为第 j 个 DMU 的投入与产出松弛变量,它们反映了实际投入产出生产前沿面之间的距离,约束 S_- 、 S_+ 和 λ 均大于等于 0。

(2) DEA-BCC 模型,在 CCR 模型基础上,增加凸性约束 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$,把综合技术效率分解为纯技术效率(PTE)与规模效率(SE),帮助学者识别效率损失是源于管理无效(纯技术效率 < 1)还是规模不经济(规模效率 < 1)。其模型公式为:

$$\min \theta$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^- = \theta X_{j0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_{j0} \\ S^-, S^+, \lambda_j \geq 0 \\ j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{cases} \quad (2)$$

2.2. Malmquist 指数法

Malmquist 指数可衡量不同时期生产单元的生产率变化, 它通过比较不同时期的距离函数来计算生产率的变化。在本研究中, 首先需确定好医药制造业创新投入和产出变量数据, 选取的 R&D 活动人员折合全时当量、R&D 内部活动经费等为投入数据, 专利申请量、新产品销售收入为产出数据。对于每个省级行政区在每个时期, 计算其相对于当期技术和前期技术的距离函数。距离函数借助 DEA 模型计算, 具体定义为:

$$d_0^t(x_i^t, y_i^t) = \min \{ \theta | (x_i^t / \theta, y_i^t) \in P^t \} \quad (3)$$

$$d_0^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}) = \min \{ \theta | (x_i^{t+1} / \theta, y_i^{t+1}) \in P^{t+1} \} \quad (4)$$

其中, x_i^t 和 x_i^{t+1} 分别为时期 t 和 $t+1$ 的投入向量; y_i^t 和 y_i^{t+1} 分别为时期 t 和 $t+1$ 的产出向量; P^t 和 P^{t+1} 分别为时期 t 和 $t+1$ 的生产可能集, 生产可能集包含了在特定技术水平和资源条件下, 所有可能的投入产出组合。

Malmquist 生产率指数定义为:

$$TFP = M_0(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

其中, $d_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1})$ 是以 t 时期的生产可能性边界为标准的 $t+1$ 时期的距离函数; $d_0^{t+1}(X_t, Y_t)$ 是以 $t+1$ 时期的生产可能性边界为标准计算的 t 时期的距离函数; TFP 即 Malmquist TFP 指数, 当 $TFP > 1$ 表示生产率提高, $TFP < 1$ 表示生产率下降, $TFP = 1$ 表示生产率保持不变。

Malmquist 指数可以进一步分解为技术进步(TC)和技术效率变化(EC), 公式如下:

$$TFP = EC \times TC \quad (6)$$

其中:

$$EC = \frac{d_0^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{d_0^t(x_i^t, y_i^t)} \quad (7)$$

$$TC = \left[\frac{d_0^t(x_i^t, y_i^t)}{d_0^{t+1}(x_i^t, y_i^t)} \times \frac{d_0^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{d_0^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})} \right]^{1/2} \quad (8)$$

当 $TC > 1$ 表示技术进步, 意味着生产技术水平得到提升; 反之 $TC < 1$ 意味着技术衰退; $EC > 1$ 意味着技术效率提升, 表明生产单元在投入产出转化过程中更有效率; 反之 $EC < 1$ 意味着技术效率衰退。此外 EC 指数又可以进一步分解为规模效率变化指数(SEC)和纯技术效率变化指数(PEC), 公式如下:

$$EC = SEC \times PEC \quad (9)$$

$$SEC = \frac{SEC_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{S_0^t(X_t, Y_t)} \quad (10)$$

$$PEC = \frac{d_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1}/v)}{d_0^t(X_t, Y/v)} \tag{11}$$

3. 指标选取与数据来源

3.1. 评价指标的选取

对于技术创新效率评估，各行业采用的指标存在差异，国内学者在考量投入要素时，主要聚焦于财力、物力与人力三大维度；而对于效益产出的评估，则着重关注知识成果与经济效益两个层面。霍艳飞等(2016)研究 2004~2013 年我国医药制造业技术创新效率时，以 R&D 人员折合全时当量、R&D 内部活动经费和技术改造等经费为创新投入指标；专利申请量和新产品销售收入为创新产出指标[5]。卜琳麟等(2021)研究 2014~2018 年我国医药制造业技术创新效率时，以 R&D 人员折合全时当量、R&D 内部活动经费和有研发机构的企业数为创新投入指标；专利申请量和新产品销售收入为创新产出指标[6]。根据以上两位学者的研究成果，综合考虑数据可获得性，遵循客观性、系统性、科学性等原则，本研究以 R&D 活动人员折合全时当量(X1)，R&D 内部活动经费(X2)，有研发机构的企业数(X3)为技术创新投入指标；以新产品销售收入(Y1)、专利申请量(Y2)为技术创新产出指标，如表 1 所示：

Table 1. Evaluation indicators for technological innovation efficiency in pharmaceutical manufacturing industry
表 1. 医药制造业技术创新效率评价指标

一级指标	二级指标	变量名称	单位	指标说明
技术创新投入	R&D 人员折合全时当量	X1	人/年	表示人力投入
	R&D 内部活动经费支出	X2	万元	表示经费投入
	有研发机构的企业数	X3	个	表示地区内企业研发活动组织化程度
技术创新产出	新产品销售收入	Y1	万元	表示经济效益
	专利申请量	Y2	件	表示知识成果

3.2. 数据来源与处理

本研究数据取自 2018~2023 年《中国高技术产业统计年鉴》，依据数据可获取性标准，对我国省级区域数据进行梳理。研究范围涵盖内地 30 个省级行政区，不含香港、澳门、台湾地区以及西藏自治区。技术创新活动中，从资源投入到成果形成存在一定时间跨度，很多学者测算医药制造业创新效率时，都会考虑这段时间差并进行滞后处理。赖木蓝等(2020) [7]采用 2006~2015 年我国各省份医药制造业研发投入数据，并将滞后一年的研发产出数据纳入样本进行分析。王婧(2023) [8]选取 2012~2021 年中国高技术产业数据进行技术创新效率度量，采取滞后 1 年处理。党子悦等(2024) [9]基于京津冀、长三角、粤港澳大湾区 3 个发展相对成熟的产业集群研究我国生物医药产业集群的技术创新效率，在技术研发阶段和成果转化阶段分别设置 1 年滞后期。本文选取 2018~2022 年全国医药制造业投入与 2019~2023 年产出数据，基于 Malmquist 指数法，用 Deap2.1 软件计算我国 30 个省级行政区医药制造业技术创新效率。

4. 结果与分析

4.1. 基于时间维度探讨医药制造业技术创新效率的变化

由表 2 可以看出：2018~2019 年，我国医药制造业全要素生产率数值为 1.056，技术效率和技术进步均大于 1，这表明行业整体生产效率有所提高。主要原因：“十三五”规划后期稳定的政策环境为医药制造业的发展提供了良好的外部条件，使得企业对未来发展预期较为乐观，从而有动力加大研发投入。在

研发投入增加的基础上, 企业不断优化内部管理流程, 提高了研发资源的利用效率, 使得技术效率得以提升。同时, 相关政策在一定范围内对技术交流合作起到推动作用, 进而促使技术实现阶段性提升。在这一时期, 技术效率提升对全要素生产率增长的贡献相对更大, 因为技术进步的幅度较小, 而技术效率的提升较为明显, 直接推动了整体生产效率的提高。

2019~2020 年, 全要素生产率增至 1.081。但同期技术效率降至 0.826, 而技术进步升至 1.308。新冠疫情的爆发是这一变化的关键因素。疫情使得疫苗研发和检测试剂生产需求急剧增加, 企业为满足市场需求, 迅速投入大量资源进行技术攻关, 如 mRNA 疫苗技术取得突破, 这极大地推动了技术进步。但在疫情初期, 全球供应链中断, 企业面临原材料供应不足、物流受阻等问题, 导致资源配置效率下降, 规模效率仅为 0.87, 进而拉低了技术效率。此阶段, 尽管技术效率有所降低, 但技术进步的提升幅度显著超过前者下滑带来的影响, 因而技术进步成为全要素生产率增长的主要驱动力。

2020~2021 年, 全要素生产率降至 0.891。技术效率达 1.317, 而技术进步仅为 0.677。随着疫情防控进入常态化, 企业通过优化生产流程、加强内部管理等方式, 提高了生产过程中的技术利用效率, 使得技术效率有所提升。然而, 由于疫情对经济的持续影响, 企业面临资金压力, 研发投入不足, 导致技术突破乏力, 部分领域如高端原料药面临技术瓶颈问题, 使得技术进步出现下滑[10]。此时, 技术进步的大幅下降对全要素生产率的负面影响远超技术效率提升的正面影响, 成为全要素生产率降低的关键因素。

2021~2022 年, 全要素生产率为 0.947, 生产效率处于低迷状态。技术效率与纯技术效率均出现下滑, 技术进步及规模效率亦未达预期水平。行业进入后疫情调整阶段, 政策重点转向创新药医保谈判、带量采购等, 这使得企业利润空间被压缩, 出于风险考虑, 企业研发投入趋于保守。研发投入的减少直接导致技术进步缓慢, 同时企业在生产规模的调整上也较为谨慎, 无法充分发挥规模经济效应, 规模效率难以提升, 进而影响了技术效率。在此阶段, 技术进步与规模效率的不理想表现共同限制了全要素生产率提升, 两者对生产效率低迷的影响程度相近。

从时间变化的角度来看, 我国医药制造业的全要素生产率在 2018~2022 年表现出一定的波动性。在 2019~2020 年, 技术进步表现突出, 全要素生产率达到峰值; 在 2020~2021 年, 技术进步显著回落, 带动全要素生产率明显降低; 在 2021~2022 年, 全要素生产率有所回升但仍然低于 2018~2020 年。总体来看, 医药制造业的生产效率在考察期间内基本保持稳定, 但需要关注技术进步和生产规模波动对行业发展的潜在影响。

Table 2. Total factor productivity and its decomposition in different periods of China’s pharmaceutical manufacturing industry
表 2. 我国医药制造业不同时期全要素生产率及其分解

Year 期间/年	Effch 技术效率	Techch 技术进步	Pech 纯技术效率	Sech 规模效率	Tfpch 全要素生产率
2018~2019	1.05	1.005	1.028	1.022	1.056
2019~2020	0.826	1.308	0.95	0.87	1.081
2020~2021	1.317	0.677	1.125	1.17	0.891
2021~2022	0.953	0.994	0.983	0.97	0.947
均值	1.022	0.97	1.019	1.002	0.991

4.2. 从地区角度分析医药制造业技术创新效率

从我国医药制造业创新资源配置情况和技术创新效率评价结果来看, 表 3 显示: 我国东部、中部、西部、东北各地区医药制造业技术创新效率均表现不错, 但各省市医药制造业技术创新效率存在较大差异。全国全要素生产率均值 0.991 小于 1, 表明行业整体创新效率未达理想水平。

结合表 3、表 4 可以看出：第一，上海、内蒙古、贵州、宁夏、新疆 5 地医药制造业技术创新效率提高，技术效率与技术进步指标跟着增长，说明：这些地区创新资源用得好、科研人员创新水平高。内蒙古、新疆、宁夏效率优势突出。其中如内蒙古依托甘草、黄芪种植基地等生物医药原料供应链优势，在原材料供应上具备成本和质量优势，使得企业在生产过程中资源配置更为合理，生产效率得以提高，进而促进技术效率(1.182)向全要素生产率转化；新疆则借力“一带一路”倡议区位优势，通过中哈医药产业园等跨国药企技术合作实现技术溢出效应，推动技术进步率远高于全国均值；宁夏虽医药制造业基础较弱，但善于利用特色医药资源。当地丰富的道地药材，如枸杞等，为医药企业深度研发提供原料。政府在土地、人才等方面的优惠政策，吸引了优秀人才和企业，带来先进技术与管理经验，促进技术效率提升和技术进步，推动医药制造业技术创新效率提高；上海科研机构、人才云集，一流的营商环境吸引众多国际药企合作，助力企业高效整合资源、优化流程；贵州借助大数据产业，企业得以精准把握市场方向，优化研发方向，同时在生产环节实现精细化管理，提高资源配置效率。

Table 3. 2018~2022 total factor productivity and its decomposition of pharmaceutical manufacturing industry in 30 provincial administrative regions of China

表 3. 2018~2022 我国 30 个省级行政区医药制造业全要素生产率及其分解

地区	Firm 省级行政区	Effch 技术效率	Techch 技术进步	Pech 纯技术效率	Sech 规模效率	Tfpch 全要素生产率
东部地区	北京	1.033	0.972	1.017	1.015	1.004
	天津	1.012	0.981	1.012	1.001	0.993
	河北	1	0.987	1	1	0.987
	上海	1	1.005	1	1	1.005
	江苏	1.023	0.987	1	1.023	1.010
	浙江	0.972	0.934	0.973	0.999	0.908
	福建	1.047	0.938	1.008	1.039	0.982
	山东	1.030	0.918	1	1.030	0.945
	广东	0.996	0.991	1	0.996	0.987
	海南	1.151	0.983	1.136	1.013	1.131
	东部地区均值	1.025	0.969	1.014	1.012	0.994
中部地区	山西	1.147	0.948	1.106	1.036	1.087
	安徽	0.987	0.956	1	0.987	0.944
	江西	0.995	0.932	1	0.995	0.928
	河南	0.969	0.977	1.035	0.937	0.948
	湖北	0.946	0.971	0.974	0.971	0.919
	湖南	0.958	0.943	0.990	0.967	0.903
	中部地区均值	1	1	1	1	1
西部地区	内蒙古	1.182	1.007	1.178	1.004	1.190
	广西	0.995	0.941	1	0.996	0.936
	重庆	0.943	0.994	0.942	1.001	0.938
	四川	1.005	0.980	1	1.005	0.984
	贵州	1.011	1.003	1.032	0.980	1.014
	云南	1.142	0.876	1.054	1.084	1.001

续表

	陕西	0.929	0.988	0.949	0.978	0.917
	甘肃	1.114	0.942	1.081	1.031	1.050
	青海	0.968	0.902	1	0.968	0.873
	宁夏	1.072	1.018	1.058	1.013	1.091
	新疆	1.007	1.101	1	1.007	1.108
	西部地区均值	1.031	0.976	1.025	1.006	1.005
东北地区	辽宁	1	0.965	1	1	0.965
	吉林	1.044	0.982	1.041	1.002	1.025
	黑龙江	1.028	0.994	1.023	1.005	1.023
	东北地区均值	1.024	0.980	1.021	1.002	1.004
	全国均值	1.022	0.970	1.019	1.002	0.991

Table 4. Evaluation results of technological innovation efficiency of pharmaceutical manufacturing industry in China’s provincial administrative regions

表 4. 我国各省级行政区医药制造业技术创新效率评价结果

序号	省级行政区分类	特点
1	上海、内蒙古、贵州、宁夏、新疆	5 省市的医药技术创新效率增加，且技术进步和技术效率(上海技术效率不变)都有不同程度提高。
2	北京、江苏、海南、山西、云南、甘肃、吉林、黑龙江	8 省市的医药技术创新效率增加，技术效率提高但技术进步下降。
3	天津、河北、福建、山东、四川、辽宁	6 省市医药技术创新效率下降，技术进步下降，技术效率增加(河北技术效率不变)。
4	浙江、广东、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、重庆、陕西、青海	11 省市的医药技术创新效率降低，技术进步和技术效率都降低。

第二，北京、江苏、海南、山西、云南、甘肃、吉林、黑龙江 8 个省区市的医药制造业技术创新效率增加，其分解指数技术效率增加、技术进步降低。说明：虽然创新资源得到有效利用，但技术有待于进一步提高，可以通过加强科研人员创新水平，促进技术水平提高。其中如海南自贸港医药政策通过税收豁免与国际标准接轨，推动技术效率与纯技术效率双提升，加速生物医药研发国际化进程；云南、甘肃通过扩大原料药供给产能提升规模效率；山西通过医药产业园区土地优惠与研发补贴政策，提升规模效率，弱化技术进步滞后对全要素生产率的负向影响；北京高校、科研院所密集，科研人才丰富，且政策支持力度大，专项基金、场地补贴等激励企业加大研发投入，优化内部管理，提升了技术效率；江苏制造业基础扎实，医药产业集群效应显著，企业间资源共享、协同创新，降低成本、提高生产效率，推动技术效率上升。同时，产学研合作紧密，加速科研成果转化应用，提升整体技术创新效率；黑龙江生物资源丰富，北药开发成效显著，人参、刺五加等特色药材为医药生产提供优质原料。政府的资金、税收优惠政策助力企业降本增效，优化生产管理，提高技术效率，促进医药制造业技术创新发展；吉林中药产业历史悠久、基础深厚，长白山的中药材资源得天独厚，企业积累了丰富的研发生产经验，技术应用和生产管理成熟，技术效率得以提升。此外，政府推动产业创新，搭建创新平台，整合资源，进一步提高技术创新效率。

第三，天津、河北、福建、山东、四川、辽宁 6 个省区市的医药技术创新效率降低，其分解指数技

术效率增加、技术进步降低。说明：企业可能过于注重短期效益，而忽视了长期的技术积累和创新能力提升。天津医药产业研发投入结构失衡，重短期项目，基础研究投入少，高端人才流失。虽然企业优化管理提升了技术效率，但技术进步缺乏动力，导致创新效率降低；河北以仿制药为主，创新意识较弱，研发投入少，成果转化差。企业仅在生产环节提升技术效率，技术进步滞后，无法推动创新效率提升；福建医药产业集聚度低，协同创新不足，技术进步慢，企业内部管理优化使技术效率增加，但仍难阻止创新效率下降；山东医药制造业规模较大，但产业结构有待优化，传统化学制药企业占比较高，这些企业在转型升级过程中面临诸多困难，对创新药研发投入不足；四川医药产业面临着区域发展不平衡的问题，成都等核心城市医药创新资源集中，而其他地区发展相对滞后，整体创新合力难以形成；辽宁作为老工业基地，医药制造业受传统产业思维影响，企业创新转型步伐较慢。在技术创新上，对外部先进技术的引进和吸收能力较弱，且内部研发投入增长缓慢。

第四，浙江、湖南、安徽等 11 个省区市医药技术创新效率出现下滑，从分解指标看，技术进步与技术效率均呈降低趋势。说明：通过提升纯技术效率和规模效率带动技术效率提升，同步引进国外先进技术，以促进医药技术创新效率的提高。其中浙江、湖南、湖北、陕西、青海呈现显著的效率洼地特征，其效率困境可归因于技术效率与技术进步的双重抑制效应，反映出这些省份创新资源未能得到合理利用，研发经费与人力投入未能产生预期的技术产出，自主研发产品占比低，仿制药和原料药生产占比过高等问题；河南、江西、安徽、青海、广西、重庆主要受规模效率影响，反映中西部许多省份中小药企技术工艺落后、以低附加值的产品为主。

5. 结论与建议

5.1. 结论

对我国 30 个省级行政区医药制造业计算得出 2018~2022 年我国各省市医药制造业 Malmquist 指数及其分解的变化情况。评价结果显示：基于近 5 年评价数据，我国医药技术创新效率呈下行趋势，技术进步层面的制约作用较为显著。北京、上海、江苏、海南、山西、内蒙古、贵州、云南、甘肃、宁夏、新疆、吉林、黑龙江 13 个省区市的技术创新效率增加；各省区市医药技术效率、技术进步等存在差异性，未来需因地制宜，聚焦技术突破，强化特色优势，推动产业协同，同时通过政策引导缩小区域差距，实现全国医药创新生态的均衡升级。总体而言，30 个省级行政区医药制造业在不同时期技术创新效率各方面波动明显，全要素生产率未能实现持续增长，主因是技术进步态势不稳。不过，技术效率、纯技术效率及规模效率仍有提升空间。未来发展中，在维持技术利用效率的基础上，需加大研发资源投入以推动技术进步，并合理调整生产规模，进而提升整体技术创新效能。

5.2. 建议

基于我国各省市医药制造业创新资源投入现状与技术创新效率分析成果，从科研经费与人员投入优化、创新能力培育、产业结构升级及规模效益提升等维度，系统提出医药产业发展战略与路径的政策性建议，为推动产业高质量发展提供决策参考。

5.2.1. 科学配置经费投入

加大基础研究投入比例。我国创新药物研发中基础研究经费占比仅约 15%，与美国、日本和欧盟在创新药物基础研究投入占研发总经费 60% 的水平差距显著^[11]。政府应发挥主导作用，设立专项基金，引导更多资金流向基础研究领域。例如，参考美国国立卫生研究院(NIH)的模式，NIH 通过稳定且大规模的资金投入，支持高校、科研机构开展基础医学研究，为美国医药产业的持续创新提供了坚实的理论基础。

我国可设立类似的国家级医药基础研究基金, 每年投入专项资金, 确保基础研究经费占比逐步提升至30%~40%。

优化经费投入管理机制。建立严格的科研经费监管与评估体系, 确保资金使用透明、高效。借鉴欧盟的科研项目资助模式, 在项目立项阶段进行严格的可行性评估, 项目执行过程中定期审查, 项目结束后全面验收。对于资金使用效率高、科研成果突出的项目团队给予后续资金支持和奖励; 对违规使用或未达预期目标的项目, 减少或暂停资助, 追回部分资金, 以此提升科研经费的使用效益。

5.2.2. 增强科研人员投入力度并提升其创新水平

加强人才培养体系建设。我国医药行业研发人员占比仅9%, 远低于美国(30%~35%)和欧盟(20%以上)[11]。充分发挥高校学科优势, 建立“产教融合”人才培养机制。在英国, 部分高校与医药企业开展深度合作, 企业深度参与高校课程开发, 并提供实习机会及实际科研项目。学生在学习阶段即可接触行业最新技术及实际难题, 毕业后能快速胜任工作岗位。我国可推广这种模式, 高校与企业联合开设“定制化”专业课程, 让学生在实践中提升专业技能, 为医药产业定向培育高素质专业人才。

完善激励机制。构建以创新价值为导向的考核评价体系, 对取得突破性成果的科研人员给予物质奖励与职业发展激励。参考以色列的做法, 以色列对在医药研发领域取得重大成果的科研人员, 除提供高额奖励外, 在职称评聘、科研项目申报等方面亦给予优先考量。我国企业和科研机构可设立创新成果奖, 奖金与成果的市场价值和创新性挂钩, 同时在晋升、岗位竞聘中, 将创新成果作为重要考核指标, 激发科研人员的创新积极性。

5.2.3. 扩大医药产业规模提高效益并推动结构优化升级

促进产业集聚与协同创新。我国医药制造业规模效率对技术创新效率提升作用有限, 部分省份甚至存在限制。可参考美国波士顿的生物医药产业集群模式, 当地集聚了众多高校、科研机构、生物医药企业以及风险投资机构, 形成了完整的产业生态系统。企业、高校和科研机构之间紧密合作, 共享资源、技术和人才, 加速科研成果转化和产业化进程。我国可在有条件的地区建设医药产业聚集区, 政府提供土地、税收等优惠政策, 引导企业、高校和科研机构入驻, 加强产学研协同创新, 提升产业整体竞争力。

推动产业高端化、智能化转型。依托我国在制造业、人工智能等领域的优势, 推动医药产业向高端化、智能化发展。德国在工业4.0战略推动下, 医药制造企业广泛应用智能化生产技术, 借助精准的生产过程管理与质量溯源机制, 全方位提升生产效率, 优化产品质量表现。我国医药企业可加大在智能化生产设备、大数据分析、人工智能辅助药物研发等方面的投入, 提升生产效率和创新能力。

完善政策支持与国际合作体系。完善创新药专利保护和数据保护制度, 开发具有自主知识产权的生物大数据和设计工具, 建设国内生命科学基础数据库[12]。同时, 积极开展国际合作, 参考新加坡的做法, 新加坡通过建设生物医药创新中心, 吸引全球顶尖药企设立研发中心, 与多个国家和地区建立科研合作关系, 推动生物医药产业外向型发展。我国可构建国际合作中心, 设立面向全球的生物医药科学研究基金, 建设开放创新的科研环境, 建立符合国际标准的药企管理和质量评价体系, 鼓励本土企业开拓国际市场, 提升我国医药产业在全球的竞争力和影响力[13]。

参考文献

- [1] 熊阿珍, 孟光兴. 基于 DEA 方法的制药企业技术创新效率研究——以深沪前 15 位上市公司为例[J]. 中国新药杂志, 2019, 28(14): 1675-1680.
- [2] 苏健, 邢丽, 赵临. 我国医药制造业创新效率评价研究——基于数据包络分析的马奎斯特指数[J]. 卫生软科学, 2020, 34(6): 24-27+36.
- [3] 刘慧莉. 医药制造业技术创新效率动态分析[J]. 中国集体经济, 2021(25): 62-63.

-
- [4] 李缘, 孟光兴. 政府激励政策视域下的医药制造业技术创新效率两阶段 DEA 评价[J]. 中国医药工业杂志, 2022(6): 912-918.
- [5] 霍艳飞, 石晟怡, 王广平, 等. 我国医药制造业技术创新效率研究——基于 DEA 模型的 Malmquist 指数分析[J]. 中国新药杂志, 2016, 25(7): 728-732+744.
- [6] 卜琳麟, 张琪琦, 苏红, 等. 我国医药制造业创新效率研究[J]. 中国新药杂志, 2021, 30(18): 1633-1637.
- [7] 赖木蓝, 徐娜, 葛夫莲, 等. 基于数据包络分析模型的我国 2007-2016 年医药制造业技术创新效率研究[J]. 医药导报, 2020, 39(11): 1576-1587.
- [8] 王婧. 我国高技术产业技术创新效率的空间度量——基于八大经济区的对比实证分析[J]. 全球化, 2023(5): 114-123+135.
- [9] 党子悦, 项彦琳, 谈维, 等. 基于产业集群视角的我国生物医药产业技术创新效率分析[J]. 中国医药工业杂志, 2024, 55(6): 879-886.
- [10] 方京玉. 产业链升级迈入高端特色赛道丽珠集团原料药业务实现跨越发展[J]. 区域治理, 2019(25): 17-21.
- [11] 伍琳, 陈永法. 我国创新药物研发能力的国际比较及成因分析[J]. 中国卫生政策研究, 2017, 10(8): 23-28.
- [12] 谭天伟. 生物制造助力加快培育新质生产力[J]. 人民论坛·学术前沿, 2024(16): 5-12.
- [13] 林毅夫, 王勇, 朱兰. 生物医药产业高质量发展战略与路径研究: 基于新结构经济学理论[J]. 当代财经, 2025(1): 3-16.