

湖南生物医药产业创新韧性的测度与提升研究

何孟洁, 范定祥

湖南工业大学经济与管理学院, 湖南 株洲

收稿日期: 2025年1月20日; 录用日期: 2025年5月8日; 发布日期: 2025年5月21日

摘要

生物医药产业是关乎国计民生的特殊高技术产业。基于创新韧性的核心要义和生物医药产业的特定属性, 构建了其创新韧性的评价指标体系, 并运用熵值法测算了2015~2023年间湖南生物医药产业的创新韧性水平。研究发现: 2015~2023年湖南生物医药产业规模快速扩大, 但其创新韧性的整体水平上升幅度较小。未来湖南省须紧抓全球生物医药产业跨越发展的机遇期, 持续增强该产业的创新活力和创新韧性, 并主要着力于优化生物医药产业的创新组织网络、聚焦生物医药产业关键核心技术的研发、完善科技人才的“引育留用”全链条、引领生物医药产业数字化转型升级等方面。

关键词

生物医药产业, 创新韧性, 测算评价, 提升方略

Measurement and Enhancement of Innovation Resilience in Hunan Biomedical Industry

Mengjie He, Dingxiang Fan

School of Economics and Management, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan

Received: Jan. 20th, 2025; accepted: May 8th, 2025; published: May 21st, 2025

Abstract

The biopharmaceutical industry is a special high-tech industry that concerns the national economy and people's livelihood. Based on the core essence of innovation resilience and the specific attributes of the biopharmaceutical industry, an evaluation index system for its innovation resilience was constructed, and the entropy method was used to measure the innovation resilience level of Hunan's biopharmaceutical industry from 2015 to 2023. Research has found that the overall level of

innovation resilience in Hunan's biopharmaceutical industry has improved between 2015 and 2023, but the increase is not significant. In the future, Hunan Province needs to seize the strategic development opportunities of the biopharmaceutical industry, and the key is to continuously enhance its innovation vitality. The paper concludes that the improvement of innovation resilience in Hunan's biopharmaceutical industry must focus on optimizing the innovation organizational network of biopharmaceutical enterprises, focusing on the research and development of key core technologies in the biopharmaceutical industry, improving the full chain of "attraction, training, retention and utilization" of scientific and technological talents, and leading the digital transformation and upgrading of the biopharmaceutical industry.

Keywords

Biomedical Industry, Innovation Resilience, Calculation and Evaluation, Enhancement Strategy

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

当前, 中国高科技产业链面临的外部环境挑战加剧, 提升产业链创新韧性已成为我国经济高质量发展的内在要求。生物医药产业作为我国重点发展的战略性新兴产业和高技术产业, 它对人民健康、经济发展和国家安全有深远影响。为此, 国家《“十四五”规划和 2035 远景目标纲要》已明确指出, 要“重点聚焦生物医药等重大创新领域, 做大做强生物经济”。同时, 生物医药产业作为湖南省 20 个新兴优势产业链之一, 也已成为该省着力打造的“千亿产业”。湖南省委《关于打造“三个高地”促进湖南高质量发展的实施方案(湘办发〔2021〕7 号)》强调, 要“实施医药创优工程, 加强创新药物研发及产业化”。可见, 面对复杂多变的国际形势, “持续推进技术创新, 增强创新韧性”是湖南生物医药产业亟待研究的焦点问题。

事实上, 生物医药业是一个高度依赖技术创新的产业, 技术创新能为该行业的高质量发展持续提供强大动力。然而, 在逆全球化、全球经济放缓等外部冲击下, 我国生物医药产业的创新发展还面临着诸多挑战。虽然近年来我国生物医药产业在新机制、新靶点药物的基础研究和转化应用方面取得了一定成果, 但医药制造业自主创新能力不足、产学研医协同创新机制亟待完善、高附加值产品国际竞争优势不强等问题仍然较为突出[1]。有鉴于此, 极有必要开展创新韧性问题研究, 以期提升该产业面对外部冲击干扰时的稳健发展能力。

近年来, 学界对于创新韧性的研讨可归结为以下三个层面: 一是创新韧性的内涵解读。认为创新韧性反映了创新系统面临外部冲击时保持自身稳定以及通过自我调整转型跃升到更高功能水平的能力[2], 主要强调稳定性和适应性或灵活性、连续性、创造性[3] [4]。创新韧性的高低直接关联着产业结构升级和经济的高质量发展[5]。二是创新韧性的影响因素分析。创新韧性依赖于组织的资源和能力, 并受内外部环境的影响。其中, 外部环境涵盖制度政策、经济结构、融资约束、教育文化[6]。内部因素则包括组织规模、创新投入结构、发展战略和管理者特征以及创新网络结构等[4]。三是创新韧性的测度。创新韧性的监测涵盖核心变量法和综合指标法。其中, 核心变量涉及新产品销售收入和全要素生产率[7]。而对于综合指标的确定, 唐承丽(2023) [8]基于韧性系统的外在表现, 从抵抗力、吸收力、恢复力和转型力 4 个维度构建了创新生态系统的韧性测度指标体系; 刘和东(2023) [5]和梁林(2020) [9]则基于韧性系统的内部

结构,从多样性、流动性、缓冲性、进化性等角度建立了相应的指标体系。此外,梁婧姝(2024) [4]还从创新投入、创新产出和创新效率三视角建构了企业创新韧性的测算指标体系。综合来看,既有研究尚存在以下不足:一方面,鲜有文献探讨产业层面的创新韧性,更缺乏针对特定地区生物医药产业创新韧性的具体考察;另一方面,创新韧性的测度以单一指标为主,采取多个指标进行综合测算的较少。本论文旨在弥补上述不足。

2. 研究方法 with 数据来源

2.1. 指标体系构建

韧性研究通常涉及系统的抵御、适应、恢复、进化等多方面的能力。基于创新韧性的核心要义以及生物医药产业的内在属性,本文从生物医药产业面对经济冲击时的抵御力(或应对力)、恢复力和更新力三个维度来综合刻画湖南省生物医药产业的创新韧性水平,并借鉴董晓旭等(2024) [10]的研究构建以下测度指标体系,详见表 1。一方面,鉴于在外表冲击下创新系统的抵抗水平(应对力)主要取决于资源丰裕度、投入多样性以及结构的复杂性,这些特征能够钝化、分散外部冲击带来的波动,从而对创新韧性起到积极作用[11];为此,本文选取产业的固定资产投资额、创新活动营业收入和利润总额等指标来表征。另一方面,创新系统在受到冲击后需要拥有整合资源、优化结构、适应环境的恢复力,显然,创新资源支撑能力越强,越能帮助创新系统从困境中恢复;这可利用产业总资产周转率、从业人员数及 R&D 人员数等指标加以刻画。此外,进化能力(更新力),可从产业专利申请总数和人均数 2 个维度来反映创新主体的创新活跃度和再次成长发展的潜力大小[8]。

Table 1. Evaluation index system for innovation resilience of biomedical industry

表 1. 生物医药产业创新韧性评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
生物医药产业 创新韧性	应对力	生物医药产业固定资产投资(亿元)	+
		生物医药产业创新活动利润总额(亿元)	+
		生物医药产业创新活动营业收入(亿元)	+
	恢复力	生物医药产业 R&D 人员(人)	+
		生物医药产业总资产周转率(%)	+
		生物医药产业从业人员平均人数(人)	+
	更新力	生物医药产业专利申请数(个)	+
		生物医药产业有效发明专利数/产业总就业人数(个/人)	+

2.2. 研究方法

现阶段学界多采取 Martin (2019) [7]所提出的研究范式,以实际值与预期值的偏差(即敏感系数)来衡量创新韧性水平。本文借鉴梁婧姝(2024) [4]和王娟(2024) [12]的做法,以企业的创新综合指数作为代理变量来间接表征创新韧性水平(创新的相对稳健性),并采用客观赋权的熵值法对在“应对力、恢复力、更新力”等方面反映企业创新韧性的各具体指标赋予权重,最后按此权重生成创新综合指数。具体测算过程如下:

第一,对数据进行标准化处理。当 X_{ij} 为对生物医药产业创新韧性有正向影响的指标时,计算公式如下:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (\text{公式 1})$$

若 X_{ij} 为对生物医药产业创新韧性有负向影响的指标时, 计算公式为:

$$Y_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (\text{公式 2})$$

式中, i 表示湖南省各生物医药企业, j 表示评价生物医药产业创新韧性的各具体指标, X_{ij} 表示初始值, Y_{ij} 表示经过标准化处理后的初始值, \max 为最大值, \min 为最小值。

第二, 计算第 j 项指标下第 i 个企业占的比重:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad (\text{公式 3})$$

第三, 计算各子指标的信息熵:

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m (Y_{ij} \ln X_{ij}) \quad (\text{公式 4})$$

其中, $K = \frac{1}{\ln(m)}$, m 为评价对象数。

第四, 计算信息熵冗余度:

$$d_j = 1 - e_j \quad (\text{公式 5})$$

第五, 计算第 j 项指标的权重:

$$W_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad (\text{公式 6})$$

第六, 计算第 i 个对象企业某年的创新综合指数 S_i :

$$S_i = \sum_{j=1}^8 W_j \times Y_{ij} \quad (\text{公式 7})$$

2.3. 数据来源与信效度检验

2.3.1. 数据来源

基于研究对象的典型代表性和数据可获得性, 本文选取湖南省生物医药上市公司 2015~2023 年的数据为研究样本, 所需数据均来源于国泰安数据库和湖南省统计年鉴。其中, 在表 1 创新韧性评价的 8 个三级指标中, 公开了相关数据的湖南生物医药上市公司共有 13 家(各年份数据相对齐全的企业仅 7 家), 且这 13 家样本企业(启迪药业、爱尔眼科、老百姓、圣湘生物、三诺生物、ST 景峰、ST 九芝堂、汉森制药、尔康制药、楚天科技、九典制药、千金药业、方盛制药)由于上市时间不同和退市等原因, 在 2015~2023 这 9 年间共公布相关年报数据 71 次。以上数据为非平衡面板数据, 数据处理软件采用 stata16.0 和 spss:

2.3.2. 信效度检验

由表 2 可知: 克隆巴赫 Alpha 信度系数值为 0.827, 大于 0.8, 这说明研究数据信度质量高, 可用于进一步分析。

Table 2. Reliability test (Cronbach's alpha analysis)**表 2.** 信度检验(Cronbach's alpha 信度分析)

克隆巴赫 Alpha	基于标准化项的克隆巴赫 Alpha	项数
0.827	0.827	8

另一方面, 因子分析作为一种常用的效度研究方法, 用于分析研究项是否具有研究意义。在进行因子分析时, 通常会使用 KMO 值、共同度、方差解释率和因子载荷系数等指标来评估数据的效度水平。这些指标能够帮助研究者确定哪些变量对于解释因子是必要的, 哪些变量可以被删除。通过因子分析的效度研究, 有利于确保研究结果具有统计学意义和实际意义。从表 3 显示的效度检验结果可看出, 所有研究项对应的共同度值均高于 0.7, 说明可以有效地提取研究项的信息。此外, KMO 值为 0.632 大于 0.6, 另外, 4 个因子的累计方差解释率达到 82.455%。以上表明本研究可以有效地提取研究项的信息量。

Table 3. Validity test**表 3.** 效度检验

名称	因子载荷系数				共同度(公因子方差)
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	
1	0.613	0.035	0.618	0.173	0.789
2	0.863	-0.066	0.128	0.049	0.767
3	0.932	0.080	0.071	-0.055	0.884
4	0.115	-0.075	0.825	-0.131	0.716
5	0.570	0.016	-0.525	-0.411	0.770
6	0.080	0.940	-0.072	-0.065	0.899
7	-0.058	0.927	-0.002	0.112	0.875
8	0.027	0.039	-0.052	0.944	0.897

累计方差解释率: 82.455%
KMO 值: 0.632
P 值: 0.000

3. 湖南省生物医药产业创新韧性水平评价

3.1. 湖南省生物医药产业概况

目前, 湖南省生物医药产业步入快速发展期, 综合实力不断提升。在产业规模方面, 2023 年湖南健康产业实现增加值近 3 千亿元, 增速高于全省规模以上企业均值。截至 2023 年底, 湖南省共有 20 家医药生物上市公司(根据国泰安数据库得出注册地在湖南的上市公司), 其中爱尔眼科、益丰药房、老百姓、圣湘生物、三诺生物 5 家上市医药生物公司市值超百亿。在区域分布方面, 湖南省的生物医药企业主要集中在长沙市、湘潭市和常德市(见表 4)。

Table 4. Regional distribution of Hunan biopharmaceutical enterprises (unit: individuals)**表 4.** 湖南生物医药企业的区域分布情况(单位: 个)

地区	合计	生产企业	研发企业
长沙	1577	1247	5

续表

株洲	100	77	0
湘潭	199	189	0
岳阳	125	100	0
常德	181	156	0

3.2. 描述性统计

由表 5 可知, 湖南省生物医药样本企业与创新活动相关的利润总额最小值为负, 这说明部分生物医药企业存在创新投入无法带来创新产出的情况。此外, 样本企业的专利申请数最小值为 0, 也表明部分生物医药企业的创新水平较低, 急待提升。

Table 5. Descriptive statistics of innovation resilience related indicators

表 5. 创新韧性相关指标描述性统计

	样本量	最小值	最大值	平均值	标准差
生物医药产业固定资产投资	71	1.31	38.64	10.07	7.51
生物医药产业创新活动利润总额	71	-10.44	45.51	5.86	9.24
生物医药产业创新活动营业收入	71	2.95	224.37	43.70	51.75
生物医药产业 R&D 人员(人)	71	69	2720	411.62	443.50
生物医药产业总资产周转率(%)	71	0	1	0.65	0.232
生物医药产业从业人员平均人数(人)	71	384	51746	6407.08	11876.950
生物医药产业专利申请数(件)	71	0	152	6.69	24.007
生物医药产业有效发明专利数/产业总就业人数(个/人)	71	0	0.019	0.001	0.003

3.3. 湖南生物医药产业创新韧性的测算

本节利用前文所述的指标体系和研究方法, 对 2015~2023 年间各指标数据较为完整(个别缺失数据采用插值法填补)的 7 家湖南生物医药上市公司(其中九典制药 300705 为行业内标杆企业)进行了创新韧性测度, 结果详见表 6 和图 1。从中不难发现: 2015~2023 年湖南省生物医药产业创新韧性的平均水平稳中有升, 但上升幅度不大。这主要源于随着我国新发展格局的加快形成, 生物医药产业步入了加快创新驱动发展、推动产业链现代化以及更高水平融入全球产业体系的高质量发展新阶段。湖南省该产业已闻风而动, 各地区开始着手推动生物医药产业转型升级, 不断强化科技创新, 推进产业集聚, 使得湖南省的生物医药产业规模持续壮大, 综合实力趋于增强。

Table 6. Innovation resilience level of typical biomedical enterprises in Hunan province

表 6. 湖南省生物医药典型企业的创新韧性水平

股票代码	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
300015	0.22	0.23	0.29	0.31	0.3	0.28	0.72	0.4	0.44
300267	0.35	0.28	0.44	0.13	0.18	0.14	0.1	0.32	0.48
300358	0.2	0.17	0.14	0.09	0.14	0.2	0.34	0.49	0.58

续表

300705	0.1	0.33	0.47	0.7	0.65	0.62	0.6	0.63	0.64
002412	0.17	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	-0.02
000908	0.2	0.17	0.15	0.28	0.32	0.32	0.22	0	-0.22
000989	0.74	0.7	0.65	0.61	0.57	0.54	0.1	0.3	0.35
平均水平	0.28	0.28	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.31	0.32

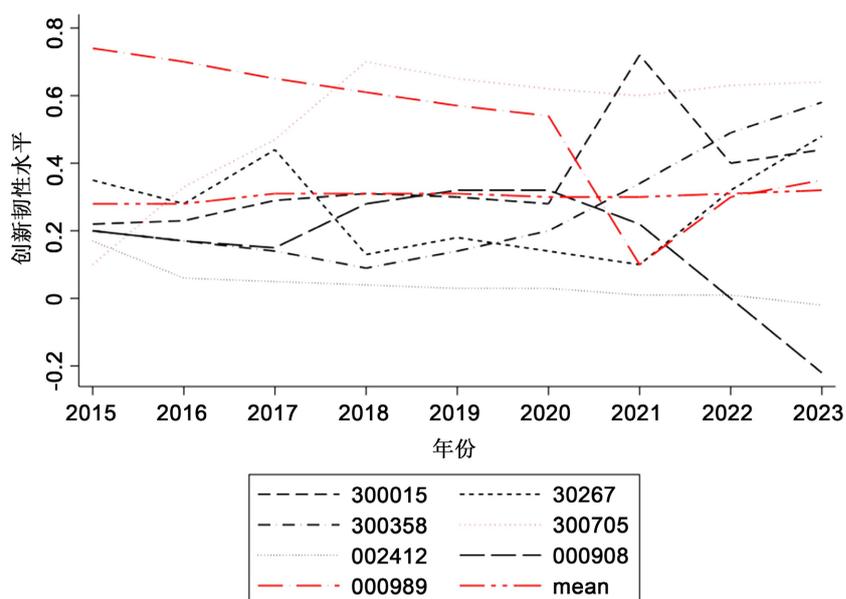


Figure 1. The changing trend of innovation resilience in typical biopharmaceutical enterprises in Hunan Province

图 1. 湖南省生物医药典型企业(用其股票代码表示)创新韧性的变化趋势

4. 湖南省生物医药产业创新韧性的提升方略

根据前文研究结论, 当前湖南省生物医药产业创新韧性的整体水平上升速度还较慢, 这将不利于实现生物医药产业成为该省“千亿产业”的目标。为此, 湖南生物医药产业应围绕创新韧性的影响因素, 多措并举, 持续增强该产业的创新活力。

1) 优化生物医药产业的创新组织网络

通过抓好“研发投入视同利润加回”、专利转化运用等政策落地, 不断改善湖南生物医药产业的创新环境, 激发企业这一创新主体的活力。要发挥龙头企业的引领支撑作用, 促进大型生物医药企业向产业链上下游开放创新资源, 推动大中小生物医药企业融通创新。特别是长沙地区的大型生物医药企业, 应充分发挥区位优势, 围绕产业链部署创新链, 促进“产学研医”网络的深度链接, 提升生物医药产业创新要素的利用效率。

2) 聚焦生物医药产业关键核心技术的研发和链式创新

创新韧性水平的提升离不开关键核心技术的突破与带动以及产业链整体的创新能力。由于关键核心技术攻关具有高投入、长周期、复杂性和战略性等特点, 湖南生物医药产业应着眼长远, 强化金融赋能, 加大研发投入, 致力于从基础研发到关键核心技术突破, 并通过技术驱动的链式创新, 全方面增加生物医药产业各环节的原创性、引领性技术供给。

3) 完善科技人才的“引育留用”全链条

基于“科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力”，湖南应结合实际，积极实施职务科技成果赋权改革等试点政策，持续完善科技创新和成果转化的激励保障体系。同时，各生物医药企业也应不断健全科技人才的引育体系和职业发展通道框架，既要重视结构性引进人才，也要加大自身人才培养，并切实调动在岗各层级科技人才的主动性和创造性，使湖南成为生物医药人才的聚集“洼地”，能够为该产业的创新发展提供强大的人才支撑。

4) 引领生物医药产业数字化转型升级

数字技术的有效应用不仅可以促进湖南生物医药产业的深度转型，而且可以引发一系列的创新活动和创新成果，从而提升生物医药产业的创新韧性水平[13]。此外，湖南生物医药产业还应立足“双循环”新发展格局，以高质量共建“一带一路”为契机，推动本地企业“走出去”，不断向全球产业链价值链的核心环节迈进，并通过价值结构和区域布局的协同优化，促使湖南生物医药产业能顺应外部变化，保持创新活力，实现韧性发展。

基金项目

湖南省社会科学成果评审委员会课题“高质量发展视角下湖南生物医药产业创新韧性的测度与提升研究”(XSP2023JJC022)。

参考文献

- [1] 万伦来, 曹景帆, 娜仁. 长三角生物医药产业高质量发展的时空特征[J]. 华东经济管理, 2022, 36(9): 19-23.
- [2] 胡甲滨, 俞立平. 创新韧性对高技术产业创新的影响机制与特征研究[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(2): 49-59.
- [3] Pinto, H., Uyarra, E., Bleda, M., Nogueira, C. and Almeida, H. (2018) Economic Crisis, Turbulence and the Resilience of Innovation: Insights from the Atlantic Maritime Cluster. In: Pinto, H., Noronha, T. and Vaz, E., Eds., *Resilience and Regional Dynamics*, Springer, 61-80. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95135-5_4
- [4] 梁婧姝, 刘涛雄. 企业创新韧性及风险投资的影响: 理论与实证[J]. 科学学研究, 2024, 42(1): 205-215.
- [5] 刘和东, 鲁晨曦. 创新生态系统韧性对经济高质量发展的影响[J]. 中国科技论坛, 2023, 39(1): 48-57.
- [6] Andergassen, R., Nardini, F. and Ricottilli, M. (2014) Emergence and Resilience in a Model of Innovation and Network Formation. *Networks and Spatial Economics*, **15**, 293-311. <https://doi.org/10.1007/s11067-014-9262-6>
- [7] Martin, R. and Gardiner, B. (2019) The Resilience of Cities to Economic Shocks: A Tale of Four Recessions (and the Challenge of Brexit). *Papers in Regional Science*, **98**, 1801-1833. <https://doi.org/10.1111/pirs.12430>
- [8] 唐承丽, 宋关东, 周国华, 等. 长沙高新技术产业开发区韧性测度及影响因素分析[J]. 地域研究与开发, 2023, 42(5): 69-74, 86.
- [9] 梁林, 赵玉帛, 刘兵. 国家级新区创新生态系统韧性监测与预警研究[J]. 中国软科学, 2020(7): 92-111.
- [10] 董晓旭, 陈锐. 数字化转型、创新驱动与高技术制造业创新韧性[J]. 统计与决策, 2024, 40(17): 167-171.
- [11] 胡甲滨, 俞立平. 企业规模对高技术产业创新韧性的影响效应检验[J]. 统计与决策, 2023, 39(22): 168-172.
- [12] 王娟, 张巍巍, 句芳, 等. 内蒙古现代化发展水平时空演变及障碍因子分析[J]. 干旱区资源与环境, 2025, 39(1): 71-83.
- [13] 侯光文, 刘青青. 数字化情境下如何激活企业创新韧性——稳定性与灵活性二元视角[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(17): 97-105.