

重庆市生命健康企业“质、量协同”的U型关系

——基于创新要素调节效应的微观实证研究

袁术平¹, 刘安^{2*}, 范守城³

¹重庆市科技资源统筹服务中心, 重庆

²重庆理工大学数学科学学院, 重庆

³重庆市科技特派员协会, 重庆

收稿日期: 2026年3月18日; 录用日期: 2026年4月15日; 发布日期: 2026年4月22日

摘要

基于重庆市1718家生命健康产业企业的微观数据, 构建综合实力评价体系, 采用非径向SBM (Slacks-Based Measure Model)模型测度企业资源配置效率, 并通过引入二次项的计量模型, 实证检验综合实力对效率的非线性影响及创新要素的调节作用。结果表明: 企业综合实力与资源配置效率之间呈现显著的“先降后升”U型关系, 拐点位于综合实力得分0.6729处; 当前高达98%的样本企业仍处于效率随实力提升而下降的“规模不经济”区间; 创新要素虽对效率提升具有直接促进作用, 但未对U型关系形态产生显著调节效应。研究发现, 生命健康企业须跨越特定的综合实力门槛方能实现效率回升, 小微型企业在这一过程中面临更为严峻的转型挑战。上述发现将资源基础观与规模经济理论的解释边界拓展至生命健康产业, 从微观层面揭示了企业“质”与“量”协同演进的非线性机制, 为理解产业由规模扩张向质量提升转型提供了新的分析视角, 同时提出运用动态监测平台识别临近拐点企业、通过共享型基础设施降低小微企业发展门槛、建立创新投入与短期效率平衡的辅导机制等政策建议。

关键词

生命健康产业, U型关系, 资源配置效率, 创新要素

The U-Shaped Relationship between “Quality and Quantity Synergy” in Chongqing’s Life and Health Enterprises

—A Micro-Empirical Study Based on the Moderating Effect of Innovation Factors

*通讯作者。

Shuping Yuan¹, An Liu^{2*}, Shoucheng Fan³

¹Chongqing Science and Technology Resources Coordination Service Center, Chongqing

²School of Mathematical Sciences, Chongqing University of Technology, Chongqing

³Chongqing Science and Technology Commissioner Association, Chongqing

Received: March 18, 2026; accepted: April 15, 2026; published: April 22, 2026

Abstract

Based on micro-level data from 1718 life and health industry enterprises in Chongqing, this study constructs a comprehensive strength evaluation system, employs a non-radial SBM (Slacks-Based Measure Model) to measure enterprise resource allocation efficiency, and empirically examines the nonlinear impact of comprehensive strength on efficiency as well as the moderating role of innovation factors through a quadratic-term econometric model. The results reveal a significant U-shaped relationship between comprehensive strength and resource allocation efficiency, characterized by an initial decline followed by a subsequent rise, with the inflection point located at a comprehensive strength score of 0.6729. Currently, up to 98% of the sample enterprises remain in the “diseconomies of scale” interval, where efficiency declines as strength increases. Although innovation factors directly promote efficiency improvement, they do not significantly moderate the U-shaped relationship. The findings indicate that life and health enterprises must surpass a specific comprehensive strength threshold to achieve efficiency recovery, with small and micro enterprises facing more severe transition challenges in this process. These findings extend the explanatory boundaries of the resource-based view and economies of scale theory to the life and health industry, reveal the nonlinear mechanism of the synergistic evolution between “quality” and “quantity” at the micro level, and provide a new analytical perspective for understanding the transition from scale expansion to quality improvement in the industry. Accordingly, this study proposes actionable policy recommendations, including the use of dynamic monitoring platforms to identify enterprises approaching the inflection point, the deployment of shared infrastructure to lower the development threshold for small and micro enterprises, and the establishment of guidance mechanisms to balance innovation investment with short-term efficiency.

Keywords

Life and Health Industry, U-Shaped Relationship, Resource Allocation Efficiency, Innovation Factors

Copyright © 2026 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

生命健康产业是培育新质生产力、推进“健康中国”战略的核心载体[1]。在《“健康中国 2030”规划纲要》等政策推动下，我国生命健康产业经历了快速的规模扩张与资本集聚。重庆市作为西部地区经济发展的重要支点，明确将生命健康产业列为重点发展的战略性新兴产业之一，并通过政策引导与市场机制相结合的方式加速集群化发展。然而，企业规模的扩张与综合实力的增强，是否必然同步带来资源配置效率的提升一直是学术界、产业界和政策制定者关注的重要问题[2]。

关于企业规模与配置效率关系的研究,最早源自于亚当斯密的分工理论,“规模经济”的概念由马歇尔提出,认为企业规模扩大意味着增加了专业化设备和生产能力,能够实施更为细致的劳动分工,有利于企业降低生产成本。熊彼特的“创新假说”提出,大企业是技术创新的主要来源,相对于小企业,大型企业在规模经济、风险分担和融资渠道等方面具有比较优势,保障了企业持续的研发投入。因此企业规模扩张通过影响企业创新活动,包括研发倾向和研发能力,进而作用于资源配置效率。如今主流研究多遵循资源基础观和动态能力理论,强调优势资源积累[3]与能力构建[4]对企业绩效的线性促进作用。

在企业规模与资源效率关系的实证研究领域,数据包络分析(DEA) [5]及松弛测度模型已被广泛应用于资源效率测度[6][7]。现有研究多将企业规模或综合实力设定为外生环境变量与控制变量,考察其对资源效率的影响路径,且多数实证结果支持企业规模对资源效率存在正向促进效应。与此同时,部分研究进一步聚焦企业规模与创新活动的交互作用,探析二者对效率的协同影响。Pagano 和 Schivardi (2003) [8]在对欧洲国家企业规模与效率增长关系的研究中发现,大规模企业可通过增加研发投入间接推动生产率提升。Nunes 等(2013) [9]采用引入 R&D 强度二次项的自选择模型开展研究,结果表明 R&D 强度与中小企业效率之间存在 U 型关系;毛德凤等(2013) [10]运用倾向得分匹配法(PSM)检验 R&D 支出的效率效应,证实研发支出对企业资源配置效率具有促进作用。亦有研究得出差异化结论,杜传忠和张丽(2015) [11]则提出,企业规模对资源配置效率未产生显著影响。

已有研究多聚焦于企业规模与资源配置效率的线性关系考察,鲜有关注二者之间可能存在的非线性动态演化特征。虽有少数文献提及企业规模与效率之间存在倒 U 型影响,如邵宜航等(2017) [12]在探讨空间集聚对企业效率的作用时发现二者呈非线性关联,但这一规律在高度异质性的生命健康企业中是否普遍成立,仍缺乏系统的实证检验。与此同时,关于创新要素在企业实力与效率关系中究竟扮演何种调节角色——是缓解规模扩张初期的效率损失,还是助力企业跨越“规模不经济”陷阱——现有文献尚缺乏系统探讨。

基于此,本研究立足生命健康企业的微观数据,旨在深入揭示企业综合实力与资源配置效率之间的内在关联。核心研究目标包括:构建多维度企业综合实力评价指标体系,实证检验其对资源配置效率的非线性影响,重点考察二者是否存在“先降后升”的 U 型演化轨迹[13],并精准识别效率由降转升的关键拐点;在此基础上,进一步分析创新要素在此非线性关系中的调节效应,厘清创新驱动与规模扩张的协同作用机制,以为生命健康产业实现“质、量协同”发展提供理论支撑与经验证据。

2. 理论分析与研究假说

企业成长过程中规模扩张与效率提升的关系,始终是产业组织理论的核心议题。依据规模经济理论与资源约束理论,企业在发展初期随着综合实力的提升,往往伴随组织架构复杂化、管理协调成本上升及决策链条延长等问题,可能诱发资源配置效率的阶段性损失。这一阶段,尽管企业在研发投入、市场拓展等方面的资源总量持续增加,但由于内部协同效率下降、创新成果转化时滞以及管理惯性等因素的制约,资源投入的增长未能有效转化为效率的提升,企业呈现出“规模不经济”特征。

然而,企业成长并非始终受制于规模扩张的负面效应。当企业持续发展并跨越特定实力门槛后,规模效应、学习效应与创新协同效应将逐步显现并占据主导地位,进而驱动资源配置效率回升。这一“先降后升”的动态演化轨迹表明,企业综合实力与资源配置效率之间并非简单的线性关系,而更可能遵循 U 型的非线性路径,存在明确的效率由降转升的结构拐点。据此,提出如下假设:

H₁: 生命健康企业综合实力与资源配置效率之间呈非线性的 U 型关系,且存在显著的效率拐点。

进一步地,考虑到生命健康产业的高度技术密集型特征,创新要素在企业发展进程中扮演着双重角

色。一方面，创新投入直接构成企业技术效率提升的源泉，通过新产品开发、工艺改进和技术迭代推动资源配置优化；另一方面，创新活动可能重塑企业组织能力与学习机制，影响规模扩张过程中的资源整合效率。理论上，高创新强度的企业更易在规模扩张阶段保持资源配置的灵活性与适应性，从而可能延缓效率下降的速度、降低 U 型拐点出现的门槛，或增强拐点之后的效率回升幅度。这种调节效应体现了创新驱动与规模效应的深层互动机制。基于此，提出：

H₂：创新要素对综合实力与资源配置效率的 U 型关系具有显著调节作用。

值得关注的是，U 型关系的存在意味着企业需跨越特定的实力门槛方能实现效率回升，而创新要素的调节作用是否能够帮助企业突破这一门槛、缓解“规模不经济”困境，是检验创新驱动战略有效性的关键。若创新要素的调节效应显著，则表明创新不仅直接提升效率，更能够优化企业成长路径，为产业实现“质、量协同”发展提供内部动力。据此，进一步细化假设：

H_{2a}：创新要素能够显著降低 U 型关系的拐点位置，即帮助企业在较低实力水平实现效率由降转升。

H_{2b}：创新要素能够显著增强拐点之后的效率回升幅度，即加速企业跨越“规模不经济”区间后的成长进程。

3. 数据预处理与模型设定

3.1. 数据来源

本文研究数据来源于重庆市科技资源统筹服务中心企业监测数据库，样本覆盖重庆市辖内生物医药、医疗器械、现代中药及健康服务等生命健康产业相关企业的微观经营数据，初始为 4600 家企业截至 2024 年 11 月的经营数据。经异常值剔除、逻辑纠错与缩尾处理后，最终得到 1718 家有效企业样本数据。

3.2. 特征提取

本研究从被解释变量、核心解释变量、调节变量与控制变量四个维度完成研究指标的界定与测度，各维度变量的选取依据、测度方法及指标体系如下：

3.2.1. 被解释变量

本文选取企业资源配置效率作为被解释变量，该指标能够反映企业将各类生产要素投入转化为产出的综合能力，是衡量企业运营质量与市场竞争力的核心指标。采用 Tone (2001) [14]提出的非径向、非导向 SBM 模型测度企业综合技术效率，其目标函数为：

$$\min \rho = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{r0}}} \quad (1)$$

这里 $x_{i0} = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^-$ ， $y_{r0} = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+$ ， $\lambda_j \geq 0$ ， $s_i^- \geq 0$ ， $s_r^+ \geq 0$ 。式中各变量含义明确且完整：

$\rho \in (0,1]$ 为企业综合技术效率值，越接近 1 表示资源配置效率越高； m 为投入指标总个数， s 为产出指标总个数， n 为决策单元数量； x_{i0} 为第 0 个决策单元的第 i 项投入实际观测值， y_{r0} 为第 0 个决策单元的第 r 项产出实际观测值； λ_j 为第 j 个决策单元的非负权重系数，用于构建生产前沿面，是 SBM 模型中测度效率的核心权重变量； s_i^- 为第 i 项投入指标的冗余松弛量， s_r^+ 为第 r 项产出指标的不足松弛量。投入产出指标体系依据柯布 - 道格拉斯生产函数构建(见表 1)。

Table 1. Input-output indicator system
表 1. 投入产出指标体系

类别	指标名称	变量标识	维度
投入指标	研发人员数	Labor	人力资本投入
	研发费用	Capital	创新资金投入
	资产总额	Assets	物质资本投入
产出指标	营业收入	Revenue	经济产出
	科技服务收入	Technology	创新产出
	纳税总额	Tax	社会贡献

3.2.2. 解释变量

本文选取企业综合实力作为核心解释变量，旨在全面衡量企业在创新、运营、财务及成果转化等多维度的综合发展水平，避免单一规模指标的局限性。

企业综合实力的测度分两步进行：首先采用组合赋权法确定指标权重，进而运用改进的 GRA-TOPSIS 模型计算综合得分。具体过程如下：

(1) 组合赋权法确定指标权重

构建包含 4 个一级指标、8 个二级指标的综合评价体系(见表 2)。为兼顾主客观信息，集成熵权法(w_1)与 CRITIC 法(w_2)进行组合赋权。通过最小化组合权重与两种基础权重向量之间的二范数偏差，求解最优组合系数 α_k^* ，得到综合权重向量 $W^* = \alpha_1^* w_1 + \alpha_2^* w_2$ ，其中 $\alpha_1^* = 0.6425$ ， $\alpha_2^* = 0.3575$ ，分别对应熵权法和 CRITIC 法的权重占比。该组合赋权法兼顾了两种方法的优势，使指标权重更为稳健。

(2) 改进 GRA-TOPSIS 模型计算综合得分

在获得综合权重 W^* 后，采用改进的 GRA-TOPSIS 模型对企业综合实力进行测度，主要步骤如下：

① 标准化与加权决策矩阵

对原始指标进行极差标准化处理，引入微小正数 ε 避免零值，结合综合权重构建加权决策矩阵

$$Z = (w_j^* \cdot z_{ij})_{n \times m}, \text{ 其中 } z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i(x_{ij})}{\max_i(x_{ij}) - \min_i(x_{ij})} + \varepsilon。$$

② 确定正负理想解

正理想解 Z^+ 负理想解 Z^- 分别由各指标加权最大和最小值构成：

$$Z^+ = (\max_i z_{i1}^w, \max_i z_{i2}^w, \dots, \max_i z_{im}^w), \quad Z^- = (\min_i z_{i1}^w, \min_i z_{i2}^w, \dots, \min_i z_{im}^w) \quad (2)$$

③ 计算欧氏距离与灰色关联度

分别计算各企业到正负理想解的欧氏距离 D_i^+ 、 D_i^- ，以及与正理想解的灰色关联度 R_i^+ ：

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij}^w - z_j^+)^2}, \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij}^w - z_j^-)^2} \quad (3)$$

$$\xi_{ij}^+ = \frac{\min_i \min_j \Delta_{ij} + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}}{\Delta_{ij} + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}}, \quad R_i^+ = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \xi_{ij}^+ \quad (4)$$

其中 $\Delta_{ij} = |z_j^+ - z_{ij}^w|$ ， $\rho = 0.5$ 为分辨系数。

④ 加权合成综合得分

将欧氏距离与灰色关联度加权融合，得到企业综合实力得分：

$$Score_i = \beta \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} + (1 - \beta) \frac{R_i^+}{\max R_i^+} \quad (5)$$

式中 $\beta = 0.5$ ，平衡距离与关联度的影响。

Table 2. Enterprise comprehensive strength evaluation indicator system

表 2. 企业综合实力评价指标体系

一级指标	二级指标	变量标识	权重(%)
创新投入	研发资金强度	X_1	20.04
	研发人员密度	X_2	7.64
成果转化	知识产权效率	X_3	19.95
	新产品贡献率	X_4	12.60
经济产出	销售净利率	X_5	5.66
	纳税贡献率	X_6	21.63
运营结构	资产周转率	X_7	9.91
	成本费用利润率	X_8	2.57

3.2.3. 调节变量

本文以创新人力、知识产出作为调节变量。在理论层面，创新要素能够直接提升资源配置效率，更有可能通过增强组织的学习能力、技术迭代速度与管理协同水平，强化企业跨越规模不经济阈值后的效率回报，即对综合实力和效率的 U 型曲线产生正向调节作用。在后续的计量分析中，将通过引入上述调节变量与核心解释变量的交互项对这一调节效应进行实证检验。

3.2.4. 控制变量

为缓解遗漏变量对研究结论的干扰，引入企业规模、创新人力、知识产出、盈利能力作为控制变量，同时控制不可观测的行业特征，模型加入基于《国民经济行业分类》的行业虚拟变量，捕捉行业异质性。其中，创新人力与知识产出亦作为调节变量 M_i 用于检验 H_3 。具体变量说明与描述性统计如表 3 所示。

Table 3. Variable description and descriptive statistical analysis

表 3. 变量说明与描述性统计分析

被解释变量	变量名称	定义与赋值	均值	标准差
被解释变量	TE	基于非径向 SBM 模型测算	0.586	0.478
解释变量	$Score$	基于赋权后 GRA-TOPSIS 模型测算	0.508	0.060
控制变量	企业规模	资产合计 + 1，取对数	7.972	2.414
	创新人力	(研发人员数/年末从业人员数) × 100	34.114	20.400
	知识产出	(I类 + II类知识产权总数/研发人员数) × 100	35.307	78.142
	盈利能力	(净利润/营业收入) × 100	-13.455	51.879

3.3. 计量模型设定

3.3.1. 回归模型

为探究企业综合实力对资源配置效率的非线性主效应，并为后续的调节机制检验提供对比参照，本

文首先构建包含解释变量二次项的计量经济模型以检验假设 H_1 。具体模型设定如下：

$$TE_i = \beta_0 + \beta_1 Score_{ci} + \beta_2 (Score_{ci})^2 + \sum_{k=1}^K \gamma_k Control_{ki} + \sum_{l=1}^L \delta_l Industry_{li} + \epsilon_i \quad (6)$$

式中， TE_i 为第 i 家企业的资源配置效率； $Control_{ki}$ 为各项控制变量； $Industry_{li}$ 为行业固定效应； ϵ_i 为随机扰动项。

考虑到 $Score_{ci}$ 与 $Score_{ci}^2$ 可能存在严重多重共线性，本研究依据 Aiken & West (1991) [15] 的经典做法，对解释变量进行了均值中心化处理。

$$Score_c_i = Score_{ci} - \overline{Score_{ci}} \quad (7)$$

$$TE_i1 = \beta_0 + \beta_1 Score_c_i + \beta_2 (Score_c_i)^2 + \sum_{k=1}^K \gamma_k Control_{ki} + \sum_{l=1}^L \delta_l Industry_{li} + \epsilon_i \quad (8)$$

遵循 Haans 等(2016) [13] 以及 Lind 和 Mehlum (2026) [16] 的严谨数理判定框架，若要证实 H_1 中所假设的 U 型关系成立，模型必须同时满足以下条件：

(1) 二次项系数必须显著为正，即 $\beta_2 > 0$ 。

(2) 曲线两端的斜率符号必须相反。即在解释变量的样本最小值 ($Score_{c_{min}}$) 处，曲线的一阶偏导斜率必显著为负，即 $\beta_1 + 2\beta_2 Score_{c_{min}} < 0$ ；在其样本最大值 $Score_{c_{max}}$ 处，斜率必显著为正，即 $\beta_1 + 2\beta_2 Score_{c_{max}} > 0$ 。

(3) 型曲线的拐点必须严格位于样本数据的有效取值范围内。该拐点位置测算公式如下：

$$Score^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2} \quad (9)$$

3.3.2. U 型关系的调节机制模型

为进一步检验创新要素在综合实力与配置效率 U 型关系中发挥的结构性调节作用，本文采用层级多元回归，在模型基础上引入调节变量 M_i 及其与解释变量一次项、二次项的交乘项，构建如下非线性调节效应模型：

$$TE_i2 = TE_i1 + \beta_3 M_i + \beta_4 (Score_c_i \times M_i) + \beta_5 [(Score_c_i)^2 \times M_i] \quad (10)$$

针对 U 型关系的调节机制，常规的单一交乘项检验法极易产生偏误。本文严格遵循 Haans 等(2016) [13] 提出的非线性调节数理判定框架。相较于线性调节，创新要素对 U 型关系的调节作用更为复杂，主要通过以下两个维度的统计量机制进行检验：

(1) 变量对 U 型曲线形态的检验

该维度旨在检验调节变量是否使曲线变得更加陡峭或平缓，其核心检验统计量为二次项交乘项的估计系数 β_5 及其对应的 t 统计量。若 β_5 显著为正，说明随着调节变量 M_i 水平的提高，U 型曲线的开口将收窄，曲线变得更加陡峭。在经济学上，这意味着高水平的创新要素能够显著增强企业跨越“规模不经济”区间后的效率回升幅度，从而验证假设 H_{2b} 。反之，若显著为负，则说明创新要素使得 U 型曲线趋于平缓。

(2) 调节变量对 U 型曲线拐点位置的平移检验

调节变量不仅影响形态，还可能改变 U 型关系底部的拐点位置。对非线性调节效应中的解释变量求一阶偏导并令其为零，可推导出加入调节变量后的新拐点位置为：

$$Score^{**} = -\frac{\beta_1 + \beta_4 M_i}{2(\beta_2 + \beta_5 M_i)} \quad (11)$$

根据 Haans 等(2016) [13] 的推导，对公式关于调节变量 M_i 求一阶偏导，可得出拐点平移的严格判定

标准。拐点位置的移动方向主要由分子表达式 $(\beta_1\beta_5 - \beta_2\beta_4)$ 的符号决定。具体而言,若检验统计量(包括 β_4 的显著性)表明该机制成立,且计算结果显示 $(\beta_1\beta_5 - \beta_2\beta_4) < 0$ 时,新拐点 $Score^{**}$ 的值将随着 M_i 的增加而显著减小(即拐点向左平移)。这表明创新要素能够帮助企业在较低的综合实力水平上提前实现效率由降转升,从而验证假设 H_{2a} 。

4. 实证结果分析

4.1. 模型诊断

为避免变量间可能存在的多重共线性对回归结果造成偏误,本文在回归前计算了方差膨胀因子(VIF)。原始数据的方差膨胀因子诊断显示,综合得分一次项与二次项之间存在严重共线性(VIF > 10)。为此,经中心化处理,再次进行多重共线性检验后(见表4),所有变量的VIF值均降至1.35以下,远低于临界值10,表明模型中不存在严重的多重共线性问题,模型设定合理。

Table 4. Multicollinearity test results (VIF)

表 4. 多重共线性检验结果(VIF)

变量	修正前	修正后
综合得分 $Score$	106.990	1.299
综合得分 $Score$ 平方项	109.490	1.211
企业规模	1.089	1.089
创新人力	1.111	1.111
知识产出	1.324	1.324
盈利能力	1.168	1.168

4.2. 回归结果分析

回归结果如表5,表6所示,模型(1)为未纳入任何控制变量的回归结果,综合实力一次项($Score_c_i$)系数显著为负,二次项($Score_c_i^2$)系数显著为正,初步验证了U型关系的存在。

模型(2)进一步引入了控制变量及行业固定效应,结果如下:

第一,综合实力对资源配置效率具有显著的非线性影响,呈现稳健的“先降后升”U型关联。综合实力一次项系数在1%水平上显著为负(-0.001 ($t = -0.031$, $p > 0.1$)),二次项系数在1%水平上显著为正($\beta_2 = 8.487$)进一步基于Lind和Mehlum(2010)[16]的边界斜率检验(U-test)结果显示:在最小取值处,曲线斜率显著为负($Slope = -5.3770$, $t = -9.674$, $p < 0.01$);在最大取值处,曲线斜率显著为正($Slope = 2.1055$, $t = 1.966$, $p < 0.05$)。结合前述“三步法”判定标准,由于二次项系数显著大于零,且两端斜率符号严格相反,证实了生命健康企业综合实力与配置效率之间呈显著的“先降后升”U型关系,假设 H_1 得以验证。

第二,拐点测算揭示了当前产业面临的结构性困境。依据拐点计算公式进行测算,并将其还原至原始得分分布,得出U型曲线的真实拐点位于 $Score = 0.6729$ 处。进一步比对样本企业分布特征发现,高达98%的样本企业(1683家)综合实力得分位于该拐点左侧。结合产业组织理论,这一极端的数据分布深刻反映了生命健康产业资产投入高、研发周期长及合规壁垒高的特征。在企业规模扩张初期,内部组织架构复杂化与外部合规成本上升带来的成本攀升,远快于技术创新转化的经济效益,导致绝大多数企业陷入了效率随实力提升而短期下降的“规模不经济”区间。

第三,控制变量的影响印证了创新驱动的核心作用。企业规模对效率呈现显著的负向影响,这在数据层面上印证了现阶段企业盲目扩张资产规模可能带来的效率折损弊端;而创新人力与知识产出(主效应)

均对效率具有显著的正向影响，凸显了创新驱动在要素配置中的核心作用。

Table 5. Baseline regression results
表 5. 基准回归结果

变量	模型(1)	模型(2)
$Score_c_i$	-2.316 (0.167)***	-2.807 (0.181)***
$Score_c_i^2$	7.887 (1.774)***	8.487 (1.794)***
企业规模		-0.060 (0.005)***
创新人力		0.001 (0.001)**
知识产出		0.001 (0.000)***
盈利能力		-0.001 (0.000)***
常数项	0.558 (0.013)***	0.974 (0.075)***
行业固定效应	否	是
F-statistic	104.212	60.873

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1% 的统计水平上显著。

Table 6. U-test results
表 6. U-test 结果

斜率两端检验	模型(1)	模型(2)
下界斜率	-4.7036 (-8.275)***	-5.3770 (-9.674)***
上界斜率	2.2500 (2.176)***	2.1055 (1.966)***

注：括号内为基于 HC3 的稳健标准误；*、**、***分别表示在 10%、5%、1% 的统计水平上显著。

4.3. 稳健性检验

考虑到大中型企业与小微企业在资源禀赋、组织架构及发展阶段存在系统性差异，可能对结论造成干扰。本文将样本按照企业规模中位数进行划分，分别进行回归(结果见表 7)。

结果显示，U 型关系在大中型企业($N = 212$)与小微企业($N = 1506$)子样本中均显著成立，再次验证了结论的普适性。值得注意的是：小微企业组计算所得的中心化 U 型拐点($Score_c^* = 0.184$)显著高于大中型企业组($Score_c^* = 0.066$)。这意味着小微企业由于初始抗风险能力弱、资源整合成本高，需要达到更高的综合实力门槛才能跨越效率低谷，其面临的转型挑战更为严峻。

Table 7. Robustness test: subsample regression by enterprise size
表 7. 稳健性检验：按企业规模分样本回归

变量	大中型企业组	小微企业组
$Score_c_i$	-2.351***	-2.880***
$Score_c_i^2$	17.694**	7.827***
U 型判定	显著 U 型	显著 U 型
U 型拐点(中心化)	0.066	0.184
企业规模	-0.025	-0.057***
N	212	1506

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1% 的统计水平上显著。

4.4. U 型关系的调节机制检验

为检验创新要素的调节作用,在回归模型中分别引入创新人力与知识产出作为调节变量及其交互项。根据前文 3.3.2 节设定的非线性调节效应检验框架,本文分别从 U 型曲线的形态变化(检验 β_5)和拐点平移(检验 β_4)两个维度对回归结果(见表 8)进行解析。

第一,创新要素的主效应显著,但形态调节效应(β_5)的 t 检验不显著。回归结果显示,创新人力与知识产出的主效应系数均显著为正(系数为 0.001, $p < 0.1$ 和 0.001, $p < 0.1$),表明两者作为关键创新要素,均能直接促进资源配置效率的提升。然而,在曲线形态检验上,创新人力与综合实力二次项的交乘项系数为 0.050 ($t = 0.716, p > 0.1$),知识产出与综合实力二次项的交乘项系数为 -0.001 ($t = -0.031, p > 0.1$),两者均未通过显著性检验。这说明创新要素未能使跨越拐点后的 U 型曲线变得更加陡峭,即未能显著增强“规模经济”阶段的效率回升幅度,假设 H_{2b} 被拒绝。

第二,拐点平移调节效应(β_4)未达到预期方向,且发生了显著的“向右平移”。在拐点平移检验上,创新人力对应的极值偏导平移统计量($\beta_1\beta_5 - \beta_2\beta_4$)为 -0.1016 ($p = 0.597$),并未促使新拐点发生显著平移。更为关键的是,知识产出的一次项交乘系数 β_4 在 10% 水平上显著($\beta_4 = -0.007, t = -1.833$),进一步基于 Delta 方法测算极值偏导统计量($\beta_1\beta_5 - \beta_2\beta_4$)显示,其数值为 0.0750 ($t = 1.750, p = 0.080$)。由于该统计量显著大于零,表明随着知识产出密度的增加,新拐点发生了显著的向右平移。这意味着高知识产出非但没有帮助企业提前跨越效率低谷,反而提高了企业达到规模经济所需的综合实力门槛,假设 H_{2a} 被拒绝。综合上述双维度的数理检验结果,本文拒绝了总假设 H_2 (即 H_{2a} 和 H_{2b} 均不成立)。

Table 8. Moderation effect test results

表 8. 调节效应检验结果

变量	创新人力调节	知识产出调节
Intercept	1.021 (14.044)***	1.031 (13.611)***
Score _{<i>c_i</i>}	-2.863 (-14.785)***	-2.854 (-14.030)***
Score _{<i>c_i</i>} ²	8.232 (4.142)***	11.047 (4.663)***
调节变量主效应	0.001 (1.906)*	0.001 (6.150)***
Score _{<i>c_i</i>} × 调节变量	-0.005 (-0.609)	-0.007 (-1.833)*
Score _{<i>c_i</i>} ² × 调节变量	0.050 (0.716)	-0.001 (-0.031)
极值偏导平移统计量	-0.1016 (-0.528)	0.0750 (1.750)*

注: 括号内为 t -value; *, **, *** 分别表示在 10%、5%、1% 的统计水平上显著。

实证结果拒绝了创新要素的结构性调节假设,特别揭示了知识产出导致 U 型拐点“向右平移”这一反常识现象。这一结果并非否定创新要素在生命健康企业发展中的核心地位,而是揭示了该产业中创新驱动与规模扩张协同演进的复杂逻辑。生命健康产业的创新活动天然具备高投入、长周期与高风险属性,大量的知识产出(如临床前专利申请)在短期内往往无法形成实质性的现金流。更为关键的是,在企业规模扩张的初期阶段,维持高密度的知识产出反而会对企业原本就紧张的生产性资源和管理精力产生一定的资源挤占效应。需要强调的是,由于本研究采用截面数据,无法完全排除反向因果或遗漏变量偏误,因此该结果的成因仍需通过面板数据或准实验设计进行更深入识别判断。

5. 主要结论与政策建议

基于重庆市 1718 家生命健康企业微观数据,本文实证检验了企业综合实力对资源配置效率的影响效

应及其非线性特征，主要结论与政策建议如下：

第一，生命健康企业“质”与“量”协同演进存在显著的 U 型非线性规律。无论是否纳入控制变量及行业固定效应，企业综合实力与资源配置效率之间均呈现稳健的 U 型关系。这表明，企业扩张初期因管理复杂度与协调成本上升导致效率下降，仅当综合实力得分跨越特定拐点(0.6729)后，规模经济效益才得以显现。

第二，U 型关系普遍存在，但小微型企业转型门槛显著更高。分样本检验显示，不同规模企业中 U 型关系均成立。然而，小微型企业组的效率拐点值(0.184)显著高于大中型企业组(0.066)，表明小微型企业需积累更高的综合实力才能摆脱“规模不经济”阶段，其效率低谷期更为持久。

第三，创新要素具有直接驱动作用，但知识产出结构性推高跨越门槛。调节效应分析发现，创新人力与知识产出均能直接提升资源配置效率。然而，创新人力未显著改变 U 型路径，而知识产出的增加反而导致拐点显著右移。这一初步发现表明，在生命健康产业中，长周期的技术转化壁垒可能在扩张初期对短期经营资源产生一定的资源挤占效应，但该机制仍需进一步研究加以验证，而非严格的因果推断。

基于上述研究结论，提出以下政策建议：

首先，基于“98%样本企业陷于拐点左侧”的现状。政府应联合产业协会、高校与研究机构，建立重庆市生命健康企业动态监测与诊断平台，依托企业财务与创新数据，选取全要素生产率及其年度变化率等作为核心指标。将综合实力得分位于拐点附近(如 0.60~0.70 区间)且近两年呈持续上升趋势的企业，初步界定为“临近拐点”的潜在扶持对象。针对此类企业，可优先提供管理优化咨询、产业链协同对接与高端人才引进服务，助力其尽快跨越效率低谷；对远离拐点、仍处扩张初期的企业，引导其理性控制扩张节奏，优先夯实技术、管理与市场基础，避免盲目投入导致的效率损失。

其次，基于“小微企业跨越拐点门槛显著更高”的异质性特征。着力降低中小企业的试错与转化成本。针对小微企业资源整合难度大、抗风险能力弱的痛点，政府应主导建设高水平的公共服务供给网络。建议在核心产业集聚区大规模布局共享型 GLP/GCP 临床试验中心、中试熟化平台与检验检测共享实验室。通过补贴等形式，大幅降低小微企业在前沿研发与临床测试环节的硬件投入与合规成本，实质性地拉低其跨越 U 型拐点所需的综合实力门槛。

最后，基于“创新人力未能显著调节 U 型关系，知识产出导致拐点向右平移”的初步发现。建议政策设计更加注重创新投入与短期经营效率的平衡。针对企业前期知识产出转化为实际效益慢、反而加剧规模不经济门槛的现象，建议探索设立“研发投入-效率平衡”专项辅导计划，为中小企业在研发项目筛选、阶段性成果转化路径设计提供专业咨询服务；完善知识产权质押融资、研发费用加计扣除等支持政策，并将政策支持力度与企业阶段性效率表现适度挂钩，引导企业在扩张初期注重研发投入的可持续性与转化效率，而非单纯追求知识产出数量的增长。

参考文献

- [1] 董微微. 京津冀生命健康产业发展的优势、挑战与对策[J]. 中国发展观察, 2023(5): 34-38.
- [2] 张铁群, 毛艳华. 粤港澳大湾区医药健康产业创新政策量化评价[J]. 深圳社会科学, 2025, 8(4): 25-34.
- [3] Barney, J. (1991) Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, **17**, 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- [4] Teece, D.J., Pisano, G. and Shuen, A. (1997) Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, **18**, 509-533. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0266\(199708\)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0266(199708)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z)
- [5] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, **2**, 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [6] Liu, P., Xu, H. and Xu, K. (2025) A New DEA Model for Slacks-Based Measure of Efficiency and Super-Efficiency with Strongly Efficient Projections. *International Transactions in Operational Research*, **32**, 1033-1063.

<https://doi.org/10.1111/itor.13342>

- [7] Bolos, V.J., Benitez, R. and Coll-Serrano, V. (2024) Continuous Models Combining Slacks-Based Measures of Efficiency and Super-Efficiency.
- [8] Pagano, P. and Schivardi, F. (2003) Firm Size Distribution and Growth. *The Scandinavian Journal of Economics*, **105**, 255-274. <https://doi.org/10.1111/1467-9442.t01-1-00008>
- [9] Nunes, P.M., Serrasqueiro, Z. and Leitão, J. (2013) Assessing the Nonlinear Nature of the Effects of R&D Intensity on Growth of SMEs: A Dynamic Panel Data Approach. *Journal of Evolutionary Economics*, **23**, 97-128. <https://doi.org/10.1007/s00191-011-0258-9>
- [10] 毛德凤, 李静, 彭飞, 等. 研发投入与企业全要素生产率——基于 PSM 和 GPS 的检验[J]. 财经研究, 2013, 39(4): 135-145.
- [11] 杜传忠, 张丽. 中国外资工业企业的全要素生产率测算及其影响因素分析[J]. 现代管理科学, 2015(5): 3-5.
- [12] 邵宜航, 李泽扬. 空间集聚、企业动态与经济增长: 基于中国制造业的分析[J]. 中国工业经济, 2017(2): 5-23.
- [13] Haans, R.F.J., Pieters, C. and He, Z. (2016) Thinking about U: Theorizing and Testing U- and Inverted U-Shaped Relationships in Strategy Research. *Strategic Management Journal*, **37**, 1177-1195. <https://doi.org/10.1002/smj.2399>
- [14] Tone, K. (2001) A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, **130**, 498-509. [https://doi.org/10.1016/s0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/s0377-2217(99)00407-5)
- [15] Aiken, L.S. and West, S.G. (1991) *Multiple Regression: Testing and Interpreting Interactions*. Sage Publications.
- [16] Lind, J.T. and Mehlum, H. (2026) With or without U? The Appropriate Test for a U-Shaped Relationship. Social Science Electronic Publishing.