

# 数智赋能如何驱动区域医药制造业创新？

## ——一个基于TOEP框架的研究

彭学兵<sup>1</sup>, 宿婧文<sup>1\*</sup>, 刘玥伶<sup>2</sup>

<sup>1</sup>浙江理工大学经济管理学院, 浙江 杭州

<sup>2</sup>浙江经贸职业技术学院工商管理学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2026年1月29日; 录用日期: 2026年2月10日; 发布日期: 2026年3月11日

### 摘要

医药制造业作为实现“制造强国”与“健康中国”战略的关键领域,其创新绩效提升亟需数智赋能驱动。然而,现有研究对数智赋能区域医药制造业的组态路径与多重因果机制缺乏深入探讨。本文基于技术-组织-环境-进程(TOEP)整合框架,采用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法,以我国31个省级区域为案例,实证检验数智赋能区域医药制造业创新绩效的多元驱动机制。研究发现:(1)区域医药制造业高创新绩效存在“技术-进程”二元驱动、“技术-组织-进程”三元协同、“技术-组织-环境-进程”四元并进三类组态路径,技术与进程是构成高创新绩效路径的普遍基础,但其效能最大化依赖于与组织、环境要素的系统协同;(2)数智赋能路径呈现显著的区域异质性,领先地区依托全要素协同构建创新生态,其他地区则可通过强化技术与进程等核心组合,并辅以组织规模或环境基建等差异化条件实现高性能,体现了基于禀赋的战略选择;(3)高水平创新绩效的实现存在“殊途同归”的演化路径,各地区可通过要素强化与组合优化,实现从低阶路径向高阶协同路径的动态跃迁。研究结论从组态视角揭示了数智赋能区域医药制造业创新的复杂机理与多元路径,为实施差异化、精准化的区域产业政策提供了理论依据与实践启示。

### 关键词

数智赋能, 医药制造业, 创新绩效, TOEP框架, 组态路径

# How Does Digital Intelligence Empowerment Drive Innovation in Regional Pharmaceutical Manufacturing?

## —A Study Based on the TOEP Framework

Xuebing Peng<sup>1</sup>, Jingwen Su<sup>1\*</sup>, Yueling Liu<sup>2</sup>

\*通讯作者。

## Abstract

As a pivotal sector for realizing the “Manufacturing Power” and “Healthy China” strategies, pharmaceutical manufacturing urgently requires digital-intelligence enablement to enhance innovation performance. However, existing research lacks in-depth exploration of the configurational pathways and multiple causal mechanisms through which digital-intelligence enablement drives regional pharmaceutical manufacturing innovation. Grounded in the integrated Technology-Organization-Environment-Process (TOEP) framework, this study employs fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis (fsQCA) and examines 31 provincial-level regions in China to empirically test the multiple driving mechanisms of digital-intelligence enablement for regional pharmaceutical manufacturing innovation performance. The findings reveal that: (1) High innovation performance in regional pharmaceutical manufacturing manifests through three configurational pathways: “Technology-Process” dual-driven, “Technology-Organization-Process” triadic synergy, and “Technology-Organization-Environment-Process” quadruple parallel advancement. Technology and Process constitute common foundations for high-performance pathways, yet their effectiveness maximizes only through systematic synergy with Organization and Environment elements; (2) Digital-intelligence enablement pathways exhibit significant regional heterogeneity—leading regions construct innovation ecosystems through comprehensive factor coordination, while other regions can achieve high performance by strengthening core combinations such as Technology-Process, supplemented by differentiated conditions like organizational scale or environmental infrastructure, reflecting strategic choices based on resource endowments; (3) The realization of high-level innovation performance demonstrates equifinality in evolutionary pathways, whereby various regions can achieve dynamic transitions from lower-order to higher-order synergistic pathways through element strengthening and combination optimization. These conclusions reveal the complex mechanisms and multiple pathways of digital-intelligence enabled innovation in regional pharmaceutical manufacturing from a configurational perspective, providing theoretical grounding and practical implications for implementing differentiated and precision-oriented regional industrial policies.

## Keywords

Digital-Intelligence Empowerment, Pharmaceutical Manufacturing, Innovation Performance, TOEP Framework, Configurational Pathways

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

医药制造业是关乎国计民生与国家安全的高技术战略性产业，也是“制造强国”与“健康中国”战略的关键交汇领域及经济高质量发展的重要引擎。近年来，在政策引导下，产业创新活力持续释放，但依然面临原始创新能力不足、关键核心技术自主性不高、数智技术与全链条业务融合不深等挑战[1][2]，影响区域产业韧性与国家医药战略安全[3]。针对医药制造业创新，现有研究已从技术创新[4]、知

识管理[5][6]、政府支持[7][8]等多角度展开探讨,论证了数智技术的积极影响[9][10]。然而,在医药这类高监管、长周期、知识密集型产业中[11],数智技术的价值实现深度依赖于与区域技术基础、组织形态、政策环境及具体流程的融合。本研究结合医药制造业数智化特征,在经典技术-组织-环境(TOE)框架基础上引入“进程”维度,构建 TOEP 整合框架,系统揭示数智赋能医药制造业创新绩效的复杂机理与多元组态路径。研究旨在回答:第一,是否存在驱动高水平区域创新绩效的单一必要条件?第二,技术、组织、环境、进程等条件如何通过多重并发组合形成差异化高效路径?第三,这些路径在不同资源禀赋区域有何表现,其背后机制为何?为此,本研究采用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法,基于我国 31 个省级行政区数据进行组态分析。fsQCA 能识别导致高绩效的多元等效前因组态,揭示“殊途同归”的因果机制[12]。本研究理论贡献在于拓展了 TOE 框架在数智时代的应用,强调了“进程”维度的核心价值;实践上则通过识别差异化路径及其适配区域,为不同发展阶段省市提供精准政策启示。

## 2. 文献综述与理论框架

### 2.1. 文献综述

#### 2.1.1. 医药制造业创新绩效的多元驱动

医药制造业作为技术密集型产业,关系国计民生与健康中国建设,其创新绩效的提升对经济高质量发展具有战略意义[13]。研究表明,医药制造业创新受多维度因素协同驱动,而非单一要素作用。朱旺旺等(2024)基于 TOE 框架的组态分析发现,高创新绩效需技术创新能力与研发经费投入联动,形成“技术-环境”二元或“技术-组织-环境”三元路径;技术积累不足地区则易陷入低创新陷阱[6]。赵君艳和王舒瑜(2023)指出,高人力资本结构可弥补研发投入短板,并与数字化转型协同激发创新[14]。鲁若愚等(2022)的组态研究进一步表明,政府资金与区域数字基础设施是关键条件,尤其在欠发达地区,政策扶持能够替代技术短板[15]。值得注意的是,驱动因素具有等效性,不同区域可通过差异化组态实现高创新绩效[16]。这种多元并发性凸显了医药制造业创新系统的复杂性,有必要采用组态视角进行分析[17]。

#### 2.1.2. 数智赋能背景下 TOE 框架的延展

在数智赋能背景下,拓展经典分析框架成为深化创新机理理解的重要理论需求。TOE 框架将影响企业创新的要素归纳为技术、组织与环境三个维度[18],已广泛应用于多个领域[19]-[21]。然而,随着数智技术与实体经济深度融合,传统 TOE 框架在解释医药制造业这类高监管、长周期、知识密集型产业的创新绩效时,逐渐显现出结构性局限。该框架精于识别静态的赋能条件,却难以刻画技术被采纳后如何通过创造价值的动态过程,即技术从拥有到深度应用的融合与实施水平,其本身即是驱动创新的核心机制。从理论渊源看,这一独立的“进程”维度根植于技术执行理论与动态能力理论视角:它既体现了数智技术在特定产业场域中被具体执行与情境化的集体模式,也反映了区域产业生态将技术潜力转化为合规产出与协同优势的一种关键集体动态能力。因此,本研究在 TOE 框架基础上,引入独立的“进程”维度,以系统揭示这一关键转化机制。事实上,在相似的技术、组织与环境基础上,不同区域医药制造业可能因数字化融合与实施进程的差异,最终呈现出显著不同的创新绩效。已有学者关注到进程差异的作用,如 Kottemann 等(2009)指出信息通信技术成熟度与区域绩效呈正相关[22]; McLeod 等(2012)基于社会技术视角,强调信息化是多维度互动的动态过程[23]。因此,在分析数智赋能医药制造业创新时,有必要在 TOE 框架基础上延伸出能够刻画数字化融合与实施进程的独立维度。

#### 2.1.3. 数智赋能与创新绩效的关系

数智赋能与创新绩效的关系呈现非线性特征。一方面,数智技术能降低研发不确定性,促进探索式

创新。钱海章等(2024)指出,数字化转型通过缓解信息不对称和优化人力资本结构,显著提升医药企业专利申请量,在高市场化地区效应尤其明显[13]。另一方面,赋能效果受具体情境与要素组合调节。黄奕宁(2024)指出,在民族医药产业中,数智技术需与产业链融合才能突破低端锁定,否则易导致资源浪费[10]。此外,赋能路径具有“殊途同归”特性。陈旭升等(2024)识别出多类组态[24],例如“环境-进程”路径依赖政策与数字应用,“技术-组织”路径侧重研发与规模经济,均可实现高创新绩效,表明其有效性依赖于区域资源禀赋与条件组合。

## 2.2. 理论框架

本研究借鉴 Aliahani 等(2017) [25]和陈旭升等(2024) [24]的思路,在经典 TOE 框架基础上拓展构建技术-组织-环境-进程(TOEP)整合分析框架。在技术层面,专业的研发人员与持续的经费投入是数智技术应用的基础,它们不仅能够整合分散的区域资源、促进数据驱动的协同创新,还能有效降低研发信息不对称,支撑技术持续迭代与价值链升级[26]。在组织层面,一定的组织规模为汇聚资源、开展复杂创新提供了基础,而良好的组织效益则提升了企业应对外部风险的韧性,并为适应数智转型所必需的组织变革与系统性学习提供了内在动力与保障[27]。在环境层面,移动互联网覆盖与固网接入规模共同构成了关键的数字基础设施,二者共同为医药产业的数字化转型提供底层网络支撑[28]。在进程层面,本研究聚焦于区域层面数智技术与产业核心活动融合的广度与基础深度,这不仅是更深层次智能应用的先导实践,更是区域形成协同创新网络、构建数字使能动态能力的直观体现[29],该维度旨在捕捉将静态的数智条件转化为实际创新产出的关键实施脉络。综上,这四个维度并非孤立存在,而是通过相互联动与组合,共同构成驱动医药制造业实现高水平创新绩效的系统性条件。本文结合演绎法与归纳法,梳理医药制造业创新绩效的影响因素,并整合为技术、组织、环境与进程四个维度的前因条件组态。基于此,研究构建如图 1 所示的理论框架。

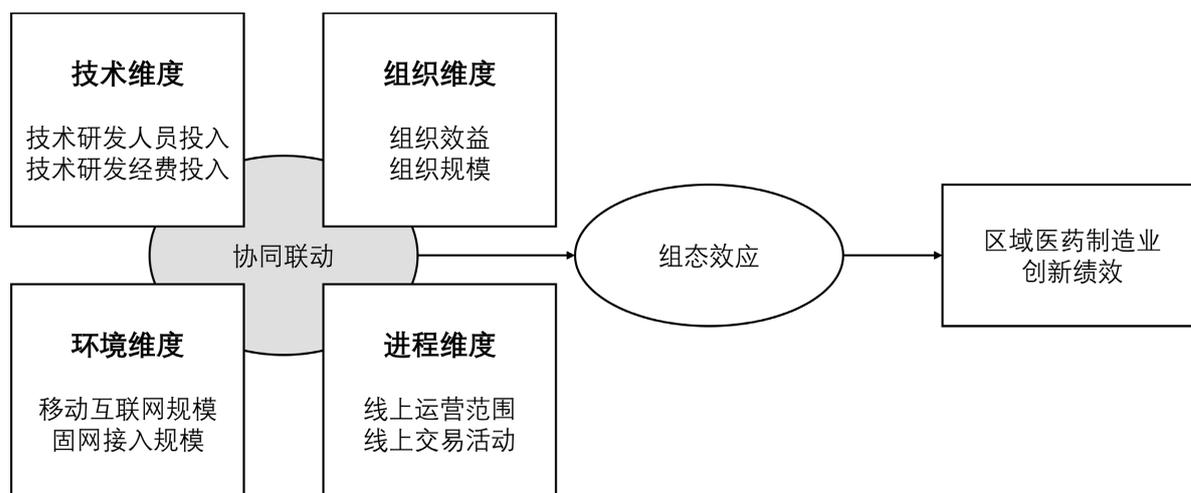


Figure 1. The theoretical model of this study

图 1. 本研究理论模型

## 3. 研究方法与数据来源

### 3.1. 研究方法

本研究采用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法。该方法能有效识别多重并发因果关系[30],同时,fsQCA 关注因果的非对称性[31],此外,该方法对中小规模样本具有良好的适用性[32]。

### 3.2. 指标选取与数据来源

本研究基于 TOEP 框架,结合医药制造业高研发强度与长周期特点[11],从技术、组织、环境与进程四个维度选取变量[24],如表 1 所示。技术维度选取研发经费与研发人员,衡量创新资源投入;组织维度以从业人员年均人数与主营业务收入,分别表征规模与效益;环境维度选取移动电话基站数与互联网宽带接入端口数,反映网络覆盖与数据传输能力;进程维度选用开展电子商务交易活动的企业比重及企业网站数,衡量数智技术在运营与交易环节的应用深度。创新绩效评价基于投入产出框架[33][34],选取新产品开发经费与 R&D 人员全时当量作为投入指标,发明专利申请数与新产品销售收入作为产出指标,并采用效用值法进行综合测算[35],系统反映区域产业创新整体水平的绩效。研究数据来源于《中国统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》《中国电子信息产业统计年鉴》及 CSMAR 数据库。

### 3.3. 变量校准

本文以 75% 的完全隶属点(上四分位数)、50% 交叉隶属点(中位数)以及 25% 的完全不隶属点(下四分位数)作为隶属阈值,运用 fsQCA3.0 软件将数据转换为隶属度在 0~1 之间的值。具体变量校准如表 2 所示。

**Table 1.** Innovation performance indicator system for digital and intelligent empowerment in the pharmaceutical manufacturing industry

**表 1.** 数智赋能医药制造业创新绩效指标体系

变量	维度	要素	统计指标
条件变量	技术维度	技术研发人员投入	研发人员
		技术研发经费投入	研发经费
	组织维度	组织效益	营业收入
		组织规模	从业人员年平均人数
	环境维度	移动互联网规模	移动电话基站数
		固网接入规模	互联网宽带接入端口数
	进程维度	线上运营范围	企业拥有的网站数
		线上交易活动	有电子商务交易活动企业比重
结果变量	医药制造业创新绩效	创新人员投入	R&D 人员折合全时当量
		新产品开发投入	新产品开发经费支出
		新产品收益	新产品销售收入
		技术突破	发明专利

**Table 2.** Calibration of fuzzy-set variables

**表 2.** 变量的模糊集校准

变量类型	条件变量	模糊集校准		
		完全隶属	交叉点	完全不隶属
创新绩效	医药制造业创新绩效	23.77	11.31	4.30
技术层面	技术研发人员投入	19.9	7.29	2.61
	技术研发经费投入	26.38	11.42	3.36

续表

组织层面	组织效益	26.64	16.56	8.44
	组织规模	22.05	11.95	5.95
环境层面	移动互联网规模	39.23	30.28	17.53
	固网接入规模	42.17	25.02	17.09
进程层面	线上运营范围	25.88	11.88	3.75
	线上交易活动	41.96	35.29	16.84

## 4. 数据分析与实证结果

### 4.1. 单个条件的必要性分析

对前因条件进行一致性分析,未发现任一前因变量一致性水平达到 0.9。由此表明,不存在必要前因变量,医药制造业创新是技术、组织、环境、进程等多维度因素协同作用的结果,如表 3 所示。

**Table 3.** Necessary condition analysis of single conditions in QCA

**表 3.** QCA 方法单个条件的必要性检验

变量类型	条件变量	高水平创新绩效		非高水平创新绩效	
		一致性	覆盖度	一致性	覆盖度
技术层面	技术研发人员投入	0.877	0.914	0.404	0.544
	~技术研发人员投入	0.562	0.421	0.835	0.908
	技术研发经费投入	0.888	0.916	0.395	0.527
	~技术研发经费投入	0.541	0.409	0.837	0.915
组织层面	组织效益	0.882	0.862	0.452	0.571
	~组织效益	0.562	0.442	0.891	0.907
	组织规模	0.853	0.854	0.440	0.569
	~组织规模	0.570	0.440	0.887	0.886
环境层面	移动互联网规模	0.849	0.774	0.486	0.573
	~移动互联网规模	0.531	0.444	0.808	0.873
	固网接入规模	0.883	0.743	0.537	0.584
	~固网接入规模	0.506	0.458	0.764	0.894
进程层面	线上运营范围	0.814	0.914	0.396	0.512
	~线上运营范围	0.513	0.396	0.834	0.933
	线上交易活动	0.717	0.698	0.489	0.616
	~线上交易活动	0.605	0.478	0.682	0.704

### 4.2. 条件组态的充分性分析

本文将案例频数阈值设置为 1,将原始一致性阈值设置为 0.80,将 PRI 门槛值设置为 0.70。依照已

有研究, 本文对中间解和简单解进行分析, 31 个省级区域数智赋能医药制造业创新的前因组态如表 4 所示(由于数据可得性原因, 本文研究不包含中国港澳台地区的样本数据)。

**Table 4.** High-innovation-performance configurations

**表 4.** 产生高创新绩效的组态构型

条件变量	“技术 - 进程” 二元驱动型		“技术 - 组织 - 进程” 三元协同型	“技术 - 组织 - 环境 - 进程” 四元并进型
	H1	H2	H3	H4
技术研发人员投入	●	⊙	●	●
技术研发经费投入	●	●	●	●
组织效益	⊙	⊙	●	●
组织规模	⊙	⊙	●	●
移动互联网规模	⊙	⊙	⊙	●
固网接入规模	⊗	⊗	⊗	●
线上运营范围	⊙	●	●	●
线上交易活动	●	●	●	
一致性	0.856	0.837	0.869	0.915
覆盖度	0.197	0.109	0.129	0.695
唯一覆盖度	0.020	0.043	0.035	0.615
解的一致性			0.922	
解的覆盖度			0.787	

注: “●”表示核心条件存在, “⊗”表示核心条件缺失不存在, “●”表示边缘条件存在, “⊙”表示边缘条件缺失, 空白处代表该条件既可存在也可不存在。

#### 4.2.1. “技术 - 进程” 二元驱动型

组态 H1 显示, 其核心条件为技术研发经费投入存在、固网接入规模缺乏, 边缘条件包括技术研发人员投入与线上交易活动存在。这表明, 即使环境维度的固网基础存在短板, 但以高研发经费投入为主导, 并辅以关键研发人员与线上交易活动, 仍能驱动高水平创新绩效。该组态一致性为 0.856, 覆盖度为 0.197, 唯一覆盖度为 0.020。典型区域如江苏省和浙江省。江苏省研发经费投入强度高, 并依托“互联网 + 医药”平台强化线上交易, 通过移动技术替代弥补了局部固网覆盖不足, 实现了新产品收益的持续增长。浙江省则以“数字药监”平台推动研发经费向 AI 辅助药物筛选倾斜, 结合跨境电商与线上供应链金融, 形成了“以软补硬”的创新格局。

组态 H2 显示, 其核心条件为技术研发经费投入存在、线上运营范围存在、固网接入规模缺乏, 边缘条件为线上交易活动存在。该路径在 H1 基础上, 特别强调了企业线上运营范围的拓展与深化, 通过数字化运营优化全链条环节。组态一致性为 0.837, 覆盖度为 0.109, 唯一覆盖度为 0.043。广东省和福建省的实践印证了此路径。广东省通过“智慧医药”试点扩大线上运营范围, 并与高研发经费联动, 在部分园区固网未全覆盖的情况下, 依托 5G 专网支持远程临床试验, 加速了创新药械上市。福建省则发挥数字枢

组优势,拓展跨境线上运营场景,辅以研发税收优惠,使企业在高固网成本区域仍能通过云端工具维持高效创新产出。这表明,“技术投入+运营数字化”的双轮驱动,能在数字环境不突出的条件下实现效率变革。

#### 4.2.2. “技术-组织-进程”三元协同型

该组态的核心条件为技术研发经费投入存在、线上运营范围存在、固网接入规模缺失,边缘条件包括技术研发人员投入、组织效益、组织规模、线上交易活动的存在。这表明,即使在固网基础设施不足的环境约束下,通过核心的技术投入与数字化运营,并协同组织层面的规模与效益优势,依然能驱动高水平创新绩效。该组态的一致性为0.869,覆盖度为0.129,唯一覆盖度为0.035。山东省和四川省是典型代表。山东省依托大型医药集团,通过集中研发投入与组织规模优势,搭建企业级数字化研发平台,在提升组织效益的同时,拓展线上GMP认证等运营场景,有效抵消了局部固网短板。四川省则以成都生物医药集群为基础,通过“研发共享平台+龙头企业联盟”模式,整合研发资源、发挥组织规模效应,并结合线上协同生产管理,显著缩短了创新药物上市周期。

#### 4.2.3. “技术-组织-环境-进程”四元并进型

该组态以技术研发经费投入、移动互联网规模、线上运营范围为核心条件,以技术研发人员投入、组织效益、组织规模、固网接入规模为辅助条件,线上交易活动则呈现不确定状态。这表明,在核心维度条件充分满足的基础上,辅以其他维度的协同支持,能显著提升医药制造业创新绩效。该组态一致性为0.915,覆盖度为0.695,唯一覆盖度为0.615,表明其能解释约69.5%的高水平创新绩效案例,且其中61.5%的案例仅能被该路径解释。北京市和上海市是典型案例。北京市依托中关村生命科学园与国家数字医疗创新中心,在研发经费、移动互联网覆盖、组织效益与线上运营上形成闭环,并通过固网与移动网络的双重保障,实现了多领域原研药的突破。上海市则以张江药谷的“数字孪生实验室”为载体,深度融合移动互联网与云端算力,辅以线上跨境交易创新,使组织规模效应与技术突破形成正向循环。

通过对比组态H1、H2、H3与H4,可以发现高水平医药制造业创新绩效的实现存在多条等效路径,其核心在于不同维度条件间形成了有效的替代与互补机制。首先,对比同属“技术-进程”二元驱动型的H1与H2,其核心区别在于技术研发人员投入与线上运营范围之间存在替代关系。H1以强技术资本、强人力资本与关键交易数字化的组合驱动创新,而H2则以深度的全链条数字化运营,部分替代了对顶尖研发人力规模的绝对依赖。这揭示了在二元驱动框架下,人力要素与运营广度之间存在战略权衡。其次,对比二元驱动型(H1/H2)与三元协同型(H3),关键差异在于组织维度的引入能够系统性地弥补环境短板。H1与H2在固网缺乏的条件下取得成功,而H3在同样环境约束下,通过同时激活技术投入、线上运营及组织规模与效益,构建起内聚性强的创新系统,实现了组织能力对环境基础的战略性替代与补偿。最后,对比H3与H4,二者清晰展现了从“约束下突破”到“优势下引领”的路径演进。H4作为最全面的驱动形态,其核心包含了移动互联网规模与线上运营范围,凸显了优越的泛在数字环境与深化的业务流程数字化之间强大的互补与增强效应。在此坚实基础之上,技术投入与组织能力得以充分释放效能。H4高达0.695的覆盖度表明,这种环境与进程深度互锁,并牵引技术与组织全面协同的模式,是覆盖最多高水平案例的高阶路径。

### 4.3. 稳健性检验

张明和杜运周(2019)[36]指出,可采用调高一致性阈值、提高PRI一致性、新增其他条件、增加或删除案例的方式进行QCA稳健性检验。本文选择调高一致性阈值的方式,将原始一致性阈值从0.8提高至0.85[37],新组态结果见表5。稳健性检验结果与表4保持一致,故本文分析结果具有良好的稳健性。

**Table 5.** Results of robustness tests following threshold adjustment  
**表 5.** 阈值调整后的稳健性检验结果

条件变量	组态 1	组态 2	组态 3	组态 4
技术研发人员投入	●	●	⊗	●
技术研发经费投入	●	●	●	●
组织效益	●	⊗	⊗	●
组织规模	●	⊗	⊗	●
移动互联网规模	●	⊗	⊗	⊗
固网接入规模	●	⊗	⊗	⊗
线上运营范围	●	⊗	●	●
线上交易活动		●	●	●
一致性	0.915	0.856	0.837	0.869
覆盖度	0.695	0.197	0.255	0.129
唯一覆盖度	0.615	0.002	0.046	0.048
解的一致性		0.920		
解的覆盖度		0.744		

注：“●”表示核心条件存在，“⊗”表示核心条件缺失不存在，“●”表示边缘条件存在，“⊗”表示边缘条件缺失，空白处代表该条件既可存在也可不存在。

## 5. 研究结论与政策建议

### 5.1. 研究结论

首先，高水平创新绩效由多重要素联动的组态路径驱动，而非单一条件所致。研究发现存在三类驱动模式：一是“技术-进程”二元驱动型，以技术研发经费投入为核心，结合线上交易或运营活动，可在固网接入不足时提升绩效；二是“技术-组织-进程”三元协同型，在技术与线上运营基础上融入组织效益与规模，通过集群协作克服环境约束；三是“技术-组织-环境-进程”四元并进型，强调移动互联网规模与线上运营的深度互补，并依托技术与组织支撑构建高韧性创新生态。研究表明，技术与进程维度是绝大多数高绩效路径中的共同基础，但其效能最大化始终依赖于与其他维度的系统协同。其次，数智赋能路径呈现显著的区域异质性。北京、上海等领先地区通过全要素协同构建了创新生态系统；而江苏、浙江、山东、广东等地则通过强化技术投入与数字化进程，或借助组织规模优势，有效弥补了环境基础设施的相对短板，体现了基于资源禀赋的战略选择与创新实践。最后，高水平创新绩效的实现存在“殊途同归”的多元路径。尽管四元协同是覆盖最广的高阶路径，但二元或三元路径同样能导向高绩效。表明医药制造业的数智赋能允许差异化路径选择，各地区可依据自身基础，通过要素配置与能力建设达成创新目标。

### 5.2. 政策建议

(1) 实施差异化区域策略推动路径适配。各地区应避免“一刀切”，依据自身禀赋选择匹配赋能路径。具备“技术-进程”二元驱动特征的地区，应巩固研发投入与线上应用优势，支持医药电商与数字供应链平台建设，引导资本投向数字化营销与精准研发等短周期创新，并利用新型设施弥补传统网络短板。

具备“技术-组织-进程”三元协同特征的地区，应发挥龙头企业与集群优势，支持构建行业级工业互联网平台，推动集群内数据、技术与产能协同，降低中小企业转型成本。少数具备“四元并进”潜力的领先地区，则应推动数字设施、研发机构、产业组织与全链条数字化场景深度融合，打造全国医药数智创新策源地。

(2) 塑造基于比较优势的差异化区域格局。发达省份可依托综合优势构建“四元并进”的高阶生态，但其模式因资源门槛高而难以简单复制。其他地区应避免盲目模仿，可依托本地特色，优先强化一至两个维度的优势，走特色化发展道路。例如，资源集中于特定环节的地区，可采用“技术-进程”或“组织-进程”等双维度协同模式，在研发外包、智能化生产或地道药材数字化溯源等领域形成全国性竞争力。地方政府应科学评估自身核心资源，推动政策与优势结合，实现错位发展与弯道超车。

(3) 以“进程”创新催生医药制造业新业态、新模式。为充分发挥进程维度的关键作用，政策应积极引导培育由此催生的新业态，如支持个性化连续制造、基于区块链的药品全域追溯、“互联网+医药健康”融合服务等。这些业态不仅能提升产业附加值，还能推动技术迭代、组织变革与环境升级，形成良性循环。监管体系也需同步创新，探索建立适应智能制造、远程服务等新业态的智慧监管与审评审批模式，在确保安全与质量的前提下为新业态开辟空间，推动产业向高价值服务与解决方案提供商转型。

### 5.3. 不足与展望

本研究主要基于省级宏观数据进行静态组态分析，未来研究可进一步收集企业层面的微观数据，以更细致地揭示组织内部数智化进程的作用机制。同时，采用纵向时序 QCA 或案例追踪方法，探究不同驱动路径的动态演化过程及其背后的触发机制，将是一个富有价值的研究方向。此外，随着人工智能、大数据等技术的深入应用，“进程”维度的内涵将不断拓展，其与创新的关系也值得持续关注。

### 基金项目

浙江省自然科学基金，探索项目“数智化战略创业对新企业可持续成长作用机理研究”(LMS25G020005)。

### 参考文献

- [1] 王学恭. 加快生物医药创新升级促进生物经济高质量发展[J]. 中国生物工程杂志, 2022, 42(5): 8-9.
- [2] 郭朝先, 石博涵. 中国医药产业国际竞争力评估与“十四五”时期高质量发展对策[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2021, 21(3): 65-79.
- [3] 孟维福, 韩克勇, 陈阳. 自主创新、结构优化与经济高质量发展[J]. 北京工商大学学报(社会科学版), 2024, 39(1): 114-126.
- [4] 曾德明, 罗侦, 文金艳, 等. 权变视角下知识重组对技术创新质量的影响——基于中国医药制造业企业的实证研究[J]. 管理评论, 2022, 34(9): 87-97.
- [5] Chatzifoti, N., Didaskalou, E.A., Chountalas, P.T., Agoraki, K.K. and Georgakellos, D.A. (2024) The Role of Information Technology and Employee Engagement in Enhancing Knowledge Management in the Pharmaceutical Research and Development Process: Insights from Dynamic Capabilities Theory. *Businesses*, **4**, 315-330. <https://doi.org/10.3390/businesses4030020>
- [6] 朱旺旺, 陶群山, 陶世奇, 等. 技术-组织-环境框架下知识优势对医药制造业创新绩效的组态分析[J]. 中国新药杂志, 2024, 33(10): 961-970.
- [7] Gao, X. and Chen, Y. (2022) Research on the Function of Government Fund Support in Pharmaceutical Industry Technology Innovation. *Pharmacology & Pharmacy*, **13**, 471-482. <https://doi.org/10.4236/pp.2022.1311035>
- [8] Gu, Y. and Zhuang, Q. (2024) Research on the Impact of China's Reform to Delegate Power, Streamline Administration, and Optimize Government Services on the Technology Innovation Efficiency of the Pharmaceutical Manufacturing Industry. *Frontiers in Public Health*, **12**, Article 1325298. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1325298>
- [9] 欧春尧, 邵业, 曹阳春, 等. 数智赋能下海上风电产业创新生态系统演化过程研究——基于明阳智能的扎根分

- 析[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(15): 128-137.
- [10] 黄奕宁. 数智时代下民族医药产业创新发展: 现实困境、内在逻辑与实现路径[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2024, 26(7): 1735-1741.
- [11] Soni, S.J. and Patel, A.N. (2024) Digital Transformation and Industry 4.0 in Pharma Manufacturing: The Role of IoT, AI, and Big Data. *Journal of Integral Sciences*, **7**, 1-8. <https://doi.org/10.37022/jis.v7i4.92>
- [12] 谭海波, 范梓腾, 杜运周. 技术管理能力、注意力分配与地方政府网站建设——一项基于 TOE 框架的组态分析[J]. 管理世界, 2019, 35(9): 81-94.
- [13] 钱海章, 肖婧舒, 李思成, 等. 数字化转型与企业创新——来自中国生物医药行业的证据[J]. 产业经济研究, 2024(5): 114-127.
- [14] 赵君艳, 王舒瑜. 我国医药制造业创新能力评价及提升对策——基于模糊集定性比较分析(fs-QCA) [J]. 市场周刊, 2023, 36(9): 146-149.
- [15] 鲁若愚, 张立锴, 陈雪琳, 等. 基于科学的产业发展影响因素组态与路径研究——对中国内地 31 省份医药制造业的 QCA 分析[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(16): 20-28.
- [16] 姚山季, 舒成峰, 马琳. 我国医药制造业创新效率提升的组态路径研究——基于 DEA 模型与模糊集的定性比较分析[J]. 价格理论与实践, 2021(10): 160-163, 195.
- [17] 杜运周, 贾良定. 组态视角与定性比较分析(QCA): 管理学研究的一条新道路[J]. 管理世界, 2017(6): 155-167.
- [18] Tornatzky, L.G. and Fleischer, M. (1990) *The Processes of Technological Innovation*. Lexington Books.
- [19] 古安伟, 蒋慧慧, 鲁喜凤, 等. 数字化情境下用户参与产品创新组态效应研究——基于 TOE 框架的 fsQCA 分析[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(22): 72-81.
- [20] Ullah, F., Qayyum, S., Thaheem, M.J., Al-Turjman, F. and Sepasgozar, S.M.E. (2021) Risk Management in Sustainable Smart Cities Governance: A TOE Framework. *Technological Forecasting and Social Change*, **167**, Article ID: 120743. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120743>
- [21] Liu, L., Wang, L. and Rong, D. (2025) Coupling Mechanisms in Digital Transformation Systems: A Toe-Based Multi-Level Study of MNE Subsidiary Performance. *Systems*, **13**, Article 763. <https://doi.org/10.3390/systems13090763>
- [22] Kottemann, J.E. and Boyer-Wright, K.M. (2009) Human Resource Development, Domains of Information Technology Use, and Levels of Economic Prosperity. *Information Technology for Development*, **15**, 32-42. <https://doi.org/10.1002/itdj.20114>
- [23] McLeod, L. and Doolin, B. (2012) Information Systems Development as Situated Socio-Technical Change: A Process Approach. *European Journal of Information Systems*, **21**, 176-191. <https://doi.org/10.1057/ejis.2011.43>
- [24] 陈旭升, 汪鹏飞, 张旭东. 数智赋能区域传统工业企业创新路径研究——基于 TOEP 理论框架[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(2): 68-78.
- [25] Ahani, A., Rahim, N.Z.A. and Nilashi, M. (2017) Forecasting Social CRM Adoption in SMEs: A Combined Sem-Neural Network Method. *Computers in Human Behavior*, **75**, 560-578. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.05.032>
- [26] Porter, M.E. and Heppelmann, J.E. (2014) How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Review*, **92**, 64-88.
- [27] Henderson, R.M. and Clark, K.B. (1990) Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly*, **35**, 9-30. <https://doi.org/10.2307/2393549>
- [28] Fosso Wamba, S. and Mishra, D. (2017) Big Data Integration with Business Processes: A Literature Review. *Business Process Management Journal*, **23**, 477-492. <https://doi.org/10.1108/bpmj-02-2017-0047>
- [29] 方磊, 赵静, 罗文华, 等. 产业创新生态系统的建设策略: 基于浙江生物医药产业的案例研究[J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(22): 3014-3023.
- [30] Woodside, A.G. (2011) Responding to the Severe Limitations of Cross-Sectional Surveys: Commenting on Rong and Wilkinson's Perspectives. *Australasian Marketing Journal*, **19**, 153-156. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2011.04.004>
- [31] Greckhamer, T., Furnari, S., Fiss, P.C. and Aguilera, R.V. (2018) Studying Configurations with Qualitative Comparative Analysis: Best Practices in Strategy and Organization Research. *Strategic Organization*, **16**, 482-495. <https://doi.org/10.1177/1476127018786487>
- [32] 张明, 蓝海林, 陈伟宏, 等. 殊途同归不同效: 战略变革前因组态及其绩效研究[J]. 管理世界, 2020, 36(9): 168-186.
- [33] 张永安, 鲁明明. 高技术制造业创新效率评价及要素投入差异性研究[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(16): 51-57.

- [34] 曾卓骐, 王跃. 战略性新兴产业上市公司动态创新效率测度及其影响因素研究——基于两阶段 DSBM 模型与 Tobit 模型[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(21): 65-74.
- [35] 李志军. 我国城市营商环境的评价指标体系构建及其南北差异分析[J]. 改革, 2022(2): 36-47.
- [36] 张明, 杜运周. 组织与管理研究中 QCA 方法的应用: 定位、策略和方向[J]. 管理学报, 2019, 16(9): 1312-1323.
- [37] 谢智敏, 王霞, 杜运周, 等. 制度复杂性、创业导向与创新型创业——一个基于跨国案例的组态分析[J]. 科学学研究, 2022, 40(5): 863-873.