

# 新能源汽车企业技术创新效率的组态效应研究

## THE CONFIGURATIONAL EFFECTS OF TECHNOLOGICAL INNOVATION EFFICIENCY IN NEW ENERGY VEHICLE ENTERPRISES

柏婧\*

Jing Bai\*

泰国博仁大学国际学院

International College, Dhurakij Pundit University, Thailand

Received: June 19, 2024 / Revised: September 25, 2024 / Accepted: October 2, 2024

### 摘要

培育新能源汽车产业是应对能源危机、环境污染等问题的重要举措，企业的技术创新愈发关键。本文以 139 个新能源汽车企业为研究对象，结合创新理论构建产业政策、创新网络与企业技术创新效率分析框架，运用 NCA 与 QCA 方法，从组态视角探究不同因素及组态对企业技术创新效率的作用机制与驱动路径，挖掘产业政策与创新网络两个层面因素交互形成的企业技术创新效率核心条件及联动效应。研究发现：1) 产业政策与创新网络单个因素并不构成高技术技术创新效率的必要条件；2) 创新网络因素对企业技术创新效率具有普适性作用，随着产业发展，合作创新是企业取得竞争优势战略的重要环节；3) 产业政策与创新网络两个层面因素对新能源汽车企业技术创新效率的驱动效应存在差异。

**关键词：**新能源汽车企业 技术创新效率 QCA NCA

### Abstract

Cultivating the New Energy Vehicle (NEV) industry is a pivotal strategy in addressing energy crises and environmental pollution, with technological innovation by enterprises becoming increasingly crucial. Focusing on a sample of 139 NEV enterprises, this study constructed an analytical framework for examining industrial policy, innovation networks, and corporate technological innovation efficiency, grounded in innovation theory. By employing Qualitative Comparative Analysis (QCA) and Necessary

\*Corresponding Author: Jing Bai  
E-mail: 157413492@qq.com

Condition Analysis (NCA), it investigates from a configurational perspective the mechanisms and driving paths through which various factors and configurations influence the efficiency of technological innovation. The research further uncovers the core conditions and synergistic effects underlying the innovation efficiency of NEV enterprises, resulting from the interaction between policy and network factors. The key findings included the following. First, neither industrial policies nor innovation networks alone were found to be necessary conditions for achieving high levels of technological innovation efficiency. Second, the factors related to innovation networks exert a universal impact on corporate technological innovation efficiency. As the industry matures, collaborative innovation emerges as a vital component in an enterprise's strategy for gaining a competitive advantage. Finally, there exists a differential driving effect of industrial policies and innovation networks on the technological innovation efficiency of NEV enterprises, highlighting the intricate interplay and varying significance of these two layers of factors.

**Keywords:** New Energy Vehicle Enterprises, Technological Innovation Efficiency, QCA, NCA

## 引言

2010 年, 新能源汽车产业纳入中国战略性新兴产业规划。在一系列政策支持和推动下, 中国新能源汽车产业保持快速发展态势, 整车产品续航里程、能耗、电池比能量等关键指标大幅提高, 并基本建立了结构完整、自主可控的产业体系, 2022 年中国新能源汽车销量为 566.7 万辆, 超过全球总交付量的一半, 经过十多年的发展, 中国已成为全球最大的新能源汽车生产国和消费者之一, 已经成为世界新能源汽车产业发展中心。中国新能源汽车产业发展之所以实现换道超车, 关键内核就在于以科技创新实现动力变革和动能转换, 如今产业已经进入一个周期性的调整阶段, 这意味着产业内的竞争将更加激烈, 企业需要不断提升自身的技术水平和市场竞争力, 受传统产业集群转型过程中“产业链局部创新”影响, 中国新能源汽车产业存在结构固化、产业集群的发展粘滞性较大、速度缓慢、协同效率低下等一系列问题, 产业发展对技术创新的广度与深度, 集中在创新效率提升提出更多要求。

## 研究目的

新能源汽车产业从经济学角度来看是指从事新能源汽车生产以及新能源汽车应用的行业。新能源汽车产业从产业链的角度来看涵盖了从矿产资源开发、核心零部件研发制造、整车制造以及基础配套设施建设及后市场服务等不同环节。本文基于产业政策与创新网络两个研究视角, 深入挖掘政府补贴、税收优惠、信贷机制、准入制度、网络中心度、结构洞、网络关系强度 7 个因素对新能源汽车产业链中涉及企业的技术创新效率的组态效应, 开展效率提升路径研究。

## 文献综述

根据学者们的研究,技术创新效率的影响因素主要可以分为内部影响因素和外部影响因素。内部影响因素是指企业自身的因素,主要包括研发强度、企业的规模、员工的素质、股权的集中程度、资本的结构等。外部影响因素主要包括经济发展水平、政府补贴、对外开放程度等。

在企业内部因素层面,企业规模是企业综合实力的一种体现,Pavitt et al. (1987) 的调查揭示,企业的技术效率与其规模之间存在 U 型曲线关系,亦即规模偏小或偏大的企业在技术创新效率上优于规模中等的企业。Scherer 和 Ross (1990) 认为大型企业易形成僵化的组织架构,这限制了技术创新效率的提高。Liao (2020) 研究表明规模大的企业可以凭借自身优势在市场上抢占先机,强大的规模效应有助于降低成本,从而提升技术创新效率。Ouyang (2020) 研究表明扩大企业规模有利于提高技术创新效率。根据以往学者的研究,企业的研发强度也是影响技术创新效率的一大因素。Maroto et al. (2016) 研究表明研发投入对于效率产生显著影响。Wang et al. (2021) 研究表明创新资金和人力资源对技术创新效率具有促进作用。企业研发投入固然重要,研发投入的合理性也具有重要影响。Fan 和 Wang (2021) 研究科研投入对创新效率的影响,研究表明要注重资源合理配置,不仅是提高数量,更要提高质量。Liu et al. (2020) 探究影响因素,研究表明企业应该注重投入和产出的平衡,内部研发、合作研发能够对技术创新效率产生显著影响,但同时也需要控制好内部平衡。技术创新活动作为一项知识密集型活动,企业员工的素质对于技术创新活动的顺利进行有着一定的影响。Zhu et al. (2021) 研究表明员工教育质量对技术创新整体效率具有显著的正向影响。Wang (2024) 认为在企业技术研发阶段,研发经费投入强度、研发人员投入强度、企业规模都显著正向影响企业技术研发阶段创新效率;在企业成果转化阶段,企业专利申请水平、企业规模、企业资产收益率显著正向影响企业成果转化阶段创新效率。企业的股权集中度方面,Zhu 和 Zhou (2016) 认为股权制衡度有利于企业技术创新效率的提升,存在着显著的非线性关系。一般而言,企业进行技术创新活动较为持久,所以可能存在一定的风险,而外部融资有助于企业创新活动的顺利进行,资本结构在一定程度上影响着企业的外部融资能力。Wu 和 Shen (2020) 研究表明会因企业的规模、发展水平以及所处阶段的不同,资本结构与技术创新效率之间的关系存在差异。

在企业外部影响因素层面,首先,企业的技术创新活动需要大量的资金和人力来支持,由于中国各个地区的经济发展水平不同,导致资源的分配也不尽相同。所以,地区的经济发展水平与企业技术创新效率有着一定的影响关系。一般来说,地区的经济发展水平越好,越容易聚集较好的物力和人力,从而能够更好的进行技术创新活动。Fan 和 Gu (2022) 研究表明经济发展水平是技术创新效率的关键影响因素。Xue et al. (2021) 研究表明经济发展水平较高的地区更具有创新活力,并且对于创新政策的执行以及实施情况也更好。各国往往会通过政府补贴

的形式来激励企业进行技术创新,从而促进社会发展。有的学者认为政府补贴能够促进企业的创新。Edquist 和 Zabala (2015) 研究认为政府通过促进公共需求来促使创新效率的提升。Xu 和 Chen (2021) 研究表明政府补助与企业的技术创新效率呈现显著的正相关。但是也有学者具有不同的结论。Lu 和 Meng (2022) 研究表明政府补贴不利于创新效率显著提升。Qin (2017) 研究表明政府补贴的影响不显著,并且过高的补贴会不利于企业创新。Jiang 和 Xu (2023) 研究表明政府补贴不能有效提高创新效率。Hu et al. (2022) 研究表明政府补贴对企业创新效率存在着双门槛效应,在一定区间时的效果最好。Yang 和 Li (2022) 研究认为政府补贴在一定程度上有助于提高企业的技术创新效率,并且在时间上存在滞后效应和持续效应。

综上所述,目前已有的关于技术创新效率影响因素方面的研究,虽然研究角度有所不同,但是影响因素的划分维度不够明确,而且对于影响因素的作用机理分析不够深入,没有将复杂的技术创新过程纳入到一个综合的框架之内进行分析。

## 研究方法

### 定性比较分析法 (QCA)

本文采用定性比较分析方法 (QCA),将研究对象视为多个条件(变量)不同组态方式,深入揭示形成不同类型新能源汽车企业技术效率提升路径的前因组态。定性比较分析 (QCA) 方法起源于 20 世纪 80 年代的社会科学研究领域,其初衷是为了应对并克服传统定性研究与定量研究方法所固有的局限性。该方法融合了定性与定量研究的优势,目标是通过系统性的案例对比分析,揭示复杂社会现象背后的因果机制。QCA 方法的核心特征在于运用布尔代数与集合理论对案例数据进行深入分析,它着重考察案例间的相似性和差异性,并通过构建配置的方式,识别出导致特定结果产生的条件组合。

### 变量设计与数据来源

#### 1. 变量设计

##### 1.1 产业政策与技术创新效率

产业政策是影响新能源汽车企业技术创新的重要因素,学界在国内外针对产业政策以及相应的政策手段和执行策略是否有利于或限制企业的技术创新展开了激烈讨论。Moreno-Brieva 和 Merino (2020) 提出为了更好地应对汽车产业新变化,各国应纷纷出台相应的新能源汽车产业扶持政策和相应的智能网络化汽车政策指引。在国外新能源汽车方面, Maljkovic et al. (2019) 认为现金补贴、税收补贴和积分制已成为各国促进行业发展的主要政策支持方式, Vulusala 和 Madichetty (2018) 提出其中最为优惠的政策是财政政策,在世界范围内也得到了广泛应用。Rzepka et al. (2018) 提出对技术补贴和研发补助的重视程度也不尽相同。美国和德国明确规定了发展新能源汽车的目标。在政策导向上, Williams et al. (2018) 考虑到智能化政策可以



极大地促进和鼓励相关产业的快速发展,实现本土化和替代,形成独立可控的体系。Whitt et al. (2020) 分析了中、法、德和印度国家等等有关加强加快新能源汽车产业发展方面的政治举措,认为政策制定者在降低城市空气污染、气候的保护、加强能源安全保障和完善国家汽车工业以及新能源汽车的电池和公共充电基础设施投资等不同发展目标间取得平衡。Murray et al. (2019) 认为与传统汽车相比,激励措施不仅可以有效降低新能源汽车的总体拥有成本,加快新能源汽车完善过程,还能够降低消费者购买、使用新能源汽车的风险。Sovacool et al. (2020) 分析了12个国家插电式新能源汽车的政策中的不同,包括基础设施投资、研发补贴和销售激励。分析认为,汽车生产国侧重于技术开发,却并不是汽车生产国侧重于技术扩散。Boudina et al. (2020) 研究了有效政策促进新能源汽车的发展,如免税、购车补贴等政策。他们研究发现,不存在统一有效的政策工具来适应不同国家的国情,并认为为促进新能源汽车的普及,应结合各国的实际情况,实行切实可行的政治结合。产业政策是影响新能源汽车企业技术创新的重要因素,国内外学者对产业政策及其政策工具、实施方式是否能够促进或抑制企业技术创新也一直争论不休。不同类型的产业政策对技术创新的影响存在着路径和效果上的差异,微观主体往往会受到多种产业政策共同作用,不同政府支持方式组合与企业创新之间关系,不同的政府政策支持方式组合如何影响企业技术创新的内在原因,不同的政策组合方式一起是否相互会有影响,都可能是影响到最终技术创新的因素。本研究从信贷融资、财政补贴、税收优惠、准入制度四个政策工具维度来衡量产业政策对技术创新效率的作用。

### 1) 信贷融资

充裕的资金流量是新能源汽车企业进行科技创新的先决条件,然而,与普通投资相比,其高水平的信息非对称性,以及中国目前尚不完善的资本市场制度,使得企业外部性融资途径受到阻碍,同时,企业研发投入的知识外溢会导致其最优投资回报与投资人最大回报间的“缺口”,以及企业自身运营状况的不确定,使得其在实施科技创新过程中所面对的融资约束问题更为严重。有关资料表明,中国现有的科技成果90%未实现成果产业化,其中50%以上是由于经费不足造成的。信贷机制主要通过作用于企业可获得的贷款规模影响企业的生产经营决策。参考 Yu et al. (2021),企业长期贷款占总资产比重的对数作为“信贷机制”的衡量指标。指标越大,说明信贷机制越宽松。

### 2) 财政补贴

财政补贴是各国激励企业进行技术创新最为常见的一种方式,其作用机制主要体现在以下两方面:第一,解决新能源企业在科技创新中面临的资金瓶颈问题。政府补助是中国企业进行创新融资的一个主要途径。第二,减少新能源企业在研发过程中所面临的风险与费用。政府补助的资源性质会让企业获得更多的收益,从而为其提供更多的投资。同时,它还能有效地减少公司的技术创新行为的边界费用,还能将公司的一些技术创新行为承担起来,从而让公

司的科技创新投资收益率得到提升,从而促使公司不断地进行技术创新。借鉴 Yu et al. (2021) 的做法,用企业获得的政府补贴总额的对数来表示“财政补贴”。

### 3) 税收优惠

通常情况下,产业政策支持的目标也就是税收鼓励的目标,一是直接型,即减税、免税等;二是间接型,如研发费用抵扣等,它们的核心功能都在于减少公司的运营成本,提高公司的利润,从而刺激公司的科技创新,获得更高的平衡的 R&D 投入。税收政策主要通过直接减免等方式扩大企业现金流,刺激企业生产经营,选取企业实际税率(所得税费用除以息税前利润)的对数作为税收优惠政策的度量指标。该指标为反向指标,越小说明税收优惠政策越强。

### 4) 准入制度

准入制度是一种制约调控机制。竞争效果是指国家通过放松行业的进入条件、降低强制的行政控制等手段,来提高行业内部的企业规模,从而增强内部的竞争能力,同时也促进了该领域的企业的 R&D 创新作为先导性高科技产业的典型,新能源汽车行业有着自己的独特之处,在较为宽松的市场条件下,可以让那些拥有高科技、高产出的企业展开竞争,激活市场,同时,由于规模效应和聚集效应,这些具备产业引领力的企业之间可以互相拉动,互相推动,进而提升自身的运营与创新效率。参考 Yu et al. (2021),用行业竞争程度来反映和衡量准入水平,行业准入限制越宽松,市场竞争程度越高;准入限制越严格,市场竞争程度越低。此处进一步采用赫芬达尔指数反映准入制度。该指标是一个反向指标,越小对应越宽松的准入制度。

## 1.2 创新网络与技术创新效率

创新网络最早由 Freeman 提出,强调企业之间创新联结关系。产业链企业被嵌入在由供应链、价值链以及空间链交织而成的复杂网络之中,主动或被动地影响网络中其他企业。当前,学者们一方面,针对合作创新网络的关系属性对技术创新的影响来展开研究。Pan 和 Cai (2010) 的研究发现创新网络关系强度的提高更加有利于渐进创新。Liu et al. (2016) 以中国 278 家制造业企业为样本进行实证研究,发现创新网络关系强度对企业创新绩效有显著的正向促进作用, Lv et al. (2017) 以中国制造类企业进行研究,发现企业间关系强度对企业知识创造存在显著的正向作用, Huang et al. (2017) 以科技型中小企业为研究对象发现关系强度会对创新网络中的隐性知识与显性知识转移产生不同的影响,最终使关系强度通过促进合作网络中隐性知识的转移而对企业创新绩效具有显著正向影响。另一方面,有学者针对合作创新网络的结构属性来展开研究,重点关注网络中心性与结构洞。合作创新网络的中心性度量的是企业与其他企业建立的直接联系,合作网络中心性反映行动者的权力,中心性越高,企业在创新网络中的地位越高,体现其他主体对占据中心位置主体的依赖性,会极大地影响企业结合外部知识与资源利用自身知识的能力。Liu et al. (2006) 对江浙沪闽四地的创新企业进行实证研究,结果表明企业在创新网络中心位置可以促进企业获取外部创新资源, Zhang 和 Lang (2013) 的研究得到网络中心性与知识创新正相关。

### 1) 结构洞

企业的技术创新效能取决于企业是否具备一定的社交关系和社交关系。要想激发创新,就必须建立一个遍布创业机遇的关系网。结构性洞要起作用,必须具备一定的前提:必须具备足够的构造洞深性和冗余性,以促使第三方紧张的产生。如果组织自治程度太高,企业就很少有犯错的余地,也就难以创造出更多的创新。结构洞是用来表示非冗余的联系,Feng et al. (2014) 在探究创新网络结构洞的非均衡演进特征对技术创新产出的影响时,使用有效规模对结构洞进行测度。

### 2) 网络中心度

企业社交网络的中心性划分为点度中心性、邻近性中心性、以及中间性与整体性之间的平衡度。点度中心性是指社交网络上有多少个与公司有直接联系的结点。点度中心化是指企业具有较强的社交网络优势,能够更好地获得更多的资源与资讯。度数中心性是测量网络中节点中心性的最直接指标,度数中心性越高的节点,代表其获取信息和资源的能力越强。度数中心性可以分为绝对中心度和相对中心度,其中相对中心度综合考虑了网络规模,使数据间更具有可比性。因此,采用相对中心度来衡量企业的网络中心度。

### 3) 合作强度

科研协作网络对企业的科技进步速率有显著的作用,随着科研协作网络的扩展,企业之间的协作程度也会随之提高。协同网络中,关联程度愈高,成员之间的沟通和合作程度愈高,则愈利于使用型创新;适度的关联程度可在保持组织结构多样化的前提下,促使异质的知识交换,进而推动企业的探索型创新。参考 Tang et al. (2018),以网络节点之间共同参与合作专利申请的次数来衡量网络主体间的关系强度。两个节点之间专利合作申请频数越高,意味着双方在合作关系上的沟通频率、人力、物力资本的投入越高,即网络关系强度越高。

## 1.3 企业技术创新效率

数据包络分析 (Data Envelopment Analysis, DEA) 方法,用以评价多项投入与产出指标的同类决策单元,包括两类模型,CCR 模型与 BCC 模型,用来评价投入产出的相对效率,不需要任何权重假设,以决策单元输入输出的实际数据求得最优权重。BCC 模型将技术效率进一步分解为纯技术效率和规模效率,目前 BCC 模型已经成为技术效率研究中的主流方法。Fried (2002) 在不考虑随意误差以及环境等不确定因素对效率影响的前提下认为,可将效率分为三个阶段进行测度。Chen et al. (2018) 等采用 DEA 方法以中国的高技术产业为研究对象,具体测度了其创新效率。Raab 和 Kotamraju (2006) 运用 DEA 的方法分别对美国的高技术企业以及中国台湾的高技术企业创新效率进行了测度,认为适当地提高产业研发投入能够提高企业的创新能力。在国内研究中,采用 DEA 方法对高技术产业创新效率进行测度的研究较 SFA 方法的研究则更多。如 Zhu 和 Yang (2022) 在分析制造业创新效率时,将创新效率分为两阶段,采用 DEA

的方法分别对两阶段的创新效率进行了测度。Xu et al. (2023) 在实证分析过程中, 对于解释变量高技术产业创新效率就采用了 DEA 的方法进行了测度, Liu et al. (2015) 同样以战略性新兴产业为研究对象展开研究, 采用 DEA 的方法分别对产业的综合效率、纯技术效率以及规模效率进行了测度。

本研究遵循建立评价指标体系的目标性、系统性、代表性和可操作性原则, 在实际操作中根据研究对象的特征选取 (技术创新投入能力、技术创新环境支撑能力、技术创新管理能力、技术创新产出能力), 同时也要考虑数据来源的可靠性和数据收集的可行性。运用 DEA 方法 CCR 和 BCC 模型测度企业技术创新效率, 计算得到纯技术效率 (PTE) 作为结果变量。

## 2. 数据来源

产业技术创新源于企业技术创新的集合, 为确保技术创新效率多元因素效果涵盖范围上的全面性, 借鉴多数学者的选择, 以证券交易所公开上市的汽车企业作为研究对象, 本文选择了中国新能源汽车产业链体系中公开上市的企业公布数据作为数据来源, 其原因包括上市企业的信息披露较为完整以及经营模式相对规范等, 具体涉及专利信息、财务信息等。

鉴于样本企业的代表性以及数据的完整性和可能偏误等方面的考虑, 由于产业补贴逐步减少政策从 2016 年延续至今, 本文选取 2016-2020 年披露的相关数据, 并取 5 年的平均值作为截面数据进行分析。综上所述, 共计有效样本企业 139 家。

本文对大部分“条件”企业数据搜集综合使用同花顺财经、搜狐财经网站披露的企业数据以及企业年报数据、CSMAR、CCER 等主流数据库, 专利相关数据通过中国国家知识产权局向社会公开提供的专利检索与分析数据库、马克数据库取得, 关键词为“电动汽车、纯电动汽车、插电式混合动力汽车、燃料电池汽车、混合动力汽车、新能源汽车”, 检索范围为“标题、摘要和权利要求”。本文使用的企业员工总数来自 Wind 经济数据库整理得到。

## 3. 变量校准

因此, 本文为了使数据转化为软件需要的取值, 在必要性分析与充分性分析前, 对数据进行了校准。当存在基于相对水平测量的变量时, 应根据相对位置对数据进行校准 (Whitt et al., 2020)。目前, 所有变量未以集合的形式存在, 因此需要对变量进行校准, 赋予集合隶属关系, 校准后的隶属度在 0-1 之间。为使所有变量的取值校准到 0-1 之间, 需要结合数据实际取值分布来选取能够体现变量中间程度的取值, 以此来确定定性锚点。

具体操作过程中, 将较大奇异点排除后的各项变量数据的最大值 (包括奇异点) 设定为“完全隶属”, 每项变量数据的最小值设定为“完全不隶属”, 交叉点则按照具体变量取最大值 (排除奇异点) 和最小值之间的平均值, 并适当根据变量的实际情况来调整。以上变量的校准通过 fsqca 3.0 软件来完成, 将结果变量与前因条件变量描述性统计结果的 95%、50%、5% 分别设定为完全隶属、交叉点、完全不隶属 3 个校准点。



表 1 变量选择和校准

变量类型	变量名称	完全隶属	交叉点	完全不隶属
被解释变量	企业技术创新效率 (PTE)	20.61	15.780	0
条件变量	政府补贴 (lnsub)	4.05	0.700	0
	税收优惠 (lnetr)	0.22	0.020	0
	信贷机制 (lnlgra)	0.60	0.140	0.020
	准入制度 (hhi)	0.08	0.003	0
	网络中心度 (CRD)	1.13	0.500	0.020
	结构洞 (SH)	3.63	0.006	0.001
	网络关系强度 (RS)	1	0.940	0

数据分析

1. 单一因素必要性分析

在 QCA 中，必要条件分析主要关注于探究当某个结果出现时，是否存在一些条件总是存在的情况。因此，本文在组态分析之前开展了必要条件分析，检验每一个解释变量与结果变量之间的关系，分析各变量是否为企业技术创新效率水平的必要条件。因此，本文利用 fsqca 3.0 软件分析各解释变量的一致性和覆盖度，如表 2 所示。

表 2 必要条件分析

变量名称	一致性	覆盖度
政府补贴 (lnsub)	0.630253	0.760422
税收优惠 (lnetr)	0.550577	0.800264
信贷机制 (lnlgra)	0.492609	0.712946
准入制度 (hhi)	0.610476	0.809983
网络中心度 (CRD)	0.569331	0.827661
结构洞 (SH)	0.631162	0.631162
网络关系强度 (RS)	0.485903	0.832684

表 2 中所有条件变量中，所有条件变量的一致性都没超过 0.8，表明没有对结果变量有较强的解释力度的充分条件。而所有条件变量的一致性均低于 0.9，表明其均无法构成影响结果变量的必要条件。该结果表明了较高的企业技术创新效率受到多个因素的共同影响而非单一因素造成。因此，提升企业技术创新效率水平需要进一步分析产业政策、创新网络两个方面的联动作用，探讨各解释变量之间的协同效应。

2. 条件组态分析

因此，本文随后进行了高企业技术创新效率组态条件分析，得到了复杂解、中间解和简单解。结合具体的数据分析结果和各种解的特点，选取了复杂解进行分析，复杂解是三种解中最谨慎的处理方法。它不接受任何针对逻辑余项的假设，对于没有案例对应的条件组态，它不纳入分析范围。以保证结论的严谨性和启示性，分析结果见表 3。如表 3 所示，高水平的企业技术创新效率条件组态共有 10 种，总覆盖度达 0.71。这意味着，这 10 种特定的条件组态能够解释 71% 的案例，显示出它们在解释企业技术创新效率的强大解释力。这一发现表明，企业技术创新效率的形成是多因素共同作用的结果，不同的条件组态可能导致不同的组态类型。进一步观察这 10 种条件组态，并结合实际情况进行深入分析，本文可以明确地识别出两种主要的组态类型，它们共同决定了高企业技术创新效率的生成，包括创新网络驱动型和政策——网络双轮驱动型。

表 3 高企业技术创新效率条件组态

条件	组态 1	组态 2	组态 3	组态 4	组态 5	组态 6	组态 7	组态 8	组态 9	组态 10
政府补贴 (lnsub)	○					●	●	○		●
税收优惠 (lnetr)			○	●	●		●	○		
信贷机制 (lnlgra)		●							●	●
准入制度 (hhi)			○	●	●	●		○	○	
网络中心度 (CRD)	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●
结构洞 (SH)	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
网络关系强度 (RS)	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●
原覆盖率	0.5006	0.3433	0.4292	0.3314	0.2785	0.4065	0.3435	0.3370	0.3093	0.3363
净覆盖率	0.0219	0.0114	0.0078	0.0013	0.0033	0.0115	0.0017	0.0058	0.0001	0.0000
一致性	0.9030	0.8324	0.9185	0.9367	0.8666	0.8588	0.8818	0.9383	0.8538	0.8305
解的一致性	0.8202									
解的覆盖度	0.7138									

注：● 表示条件存在，○ 表示该条件不出现，空白表示该条件变量对结果无关紧要。

第一种组态类型是创新网络驱动型，它对应于组态 1、组态 3、组态 8 和组态 9。在这种组态中，关键因素主要集中在创新网络的各个方面。网络中心度、结构洞和关系强度等变量在创新过程中起着至关重要的作用。

网络中心度是一个衡量企业在创新网络中位置的关键变量。一个处于中心位置的企业更容易获取到其他企业的资源和信息,从而加速技术创新的进程。具体来说,网络中心度高的企业能够更快地获取市场信息和技术知识,更好地把握创新机会,并通过合作和资源共享降低创新风险。此外,中心度高的企业还能更好地协调和整合创新网络中的资源,提高创新效率。结构洞则指的是网络中非冗余的信息和资源通道,为企业提供了获取新颖、非冗余信息和资源的途径,避免信息冗余和重复。一个企业在创新网络中占据结构洞位置时,能够获取到网络中其他企业无法获得的信息和资源,从而在技术创新上获得竞争优势。结构洞的存在有助于企业发现新的创新机会,突破传统的思维模式和技术框架,实现颠覆性的技术创新。关系强度反映了企业与其他企业之间的紧密程度和信任程度,强关系可以促进知识共享和合作创新的实施,提升技术创新效率。在创新网络中,企业之间的关系强度越高,越容易实现知识、技术和资源的共享和传递。这种共享和传递过程能够激发创新灵感、降低创新成本、加速创新进程,从而提高企业的技术创新效率。

第二种组态类型是政策——网络双轮驱动型。这种组态对应于除组态 1、组态 3、组态 8 和组态 9 之外的其他组态。除了创新网络的相关变量外,第二种组态类型是政策——网络双轮驱动型。在这种组态中,除了创新网络的相关变量外,产业政策的作用尤为重要。政策——网络双轮驱动型强调了政府政策和创新网络之间的协同作用,这种组态类型的特点在于企业不仅在创新网络中占据了有利的地位,而且充分利用了政府提供的产业政策支持。政府通过提供补贴、税收优惠、信贷机制和准入制度等政策手段,为企业提供了必要的支持和激励。

在政策——网络双轮驱动型中,产业政策和创新网络的良好结合产生了协同效应。这种协同效应主要体现在以下几个方面:1) 资源整合:政策为企业提供了外部资源,如资金、技术、人才等,而创新网络则帮助企业更好地整合和利用这些资源,实现资源的最大化利用。2) 风险降低:政策为企业提供了风险保障,降低了因创新带来的不确定性;而创新网络则通过知识共享和合作创新,帮助企业更好地应对和分散风险。3) 市场扩张:政策为企业打开了新的市场机会,而创新网络则帮助企业快速占领这些市场,实现市场份额的扩大。4) 技术升级:政策引导企业进行技术升级和创新,而创新网络则提供了技术交流和学习的平台,加速了企业技术进步的步伐。

通过这种协同效应,政策——网络双轮驱动型的企业不仅在技术创新上取得了显著的成绩,还实现了自身的可持续发展和市场竞争力提升。这种组态类型为企业提供了一种有效的路径,使得在技术创新过程中能够更好地利用外部资源和政策支持,实现技术创新效率的最大化发挥。

在良好的政府补贴的激励下,企业有更多的资源可以投入到技术研发和创新活动中,提高技术创新的投入产出比。税收优惠可以降低企业的税负,增加企业的利润空间,使得企业有更多的资金可以用于技术创新。信贷机制为企业必要的融资支持,解决技术创新过程中的资金瓶颈问题。准入制度则通过规范市场秩序,为企业创造一个公平竞争的环境,降低市场壁垒,促进企业之间的良性竞争和技术创新。

值得注意的是，这两种组态类型并不是相互独立的。实际上，它们在某些情况下是相互补充的。政策——网络双轮驱动型在很大程度上依赖于良好的创新网络来实现其效果，而创新网络驱动型则从政策支持中获得了额外的推动力。这两种类型的结合使得企业在技术创新方面更具活力和适应性。

除了对高企业技术创新效率的组态类型进行分析外，本文还进行了非高企业技术创新效率组态条件的分析。通过比较不同解的优缺点，本文选择了复杂解作为主要分析对象。通过与高企业技术创新效率的组态类型的的对比，本文可以更好地理解哪些条件组态导致了非高企业技术创新效率的状态，从而为企业和技术创新政策的制定提供有价值的启示，分析结果见表 4。

如表 4 所示，非高企业技术创新效率条件组态共有 4 种，总覆盖度达 0.70，表明这些条件组态能覆盖 70% 案例。观察结论中的这 4 种条件组态，我们可以深入了解生成非高企业技术创新效率的组态所具备的特征。这些组态的共同特点是存在大面积的条件缺失。具体来说，这些企业在创新过程中缺乏必要的产业政策支持和良好的创新网络。在这样的情况下，企业很难获得足够的资源和支持，无法有效地整合内外部资源，从而难以形成良好的企业技术创新结果。

产业政策的缺失使得企业在技术创新过程中缺乏必要的引导和支持。没有政府的补贴、税收优惠、信贷机制和准入制度的支持，企业难以承担高昂的技术研发成本和面临较大的市场风险。这限制了企业的技术创新效率，使其难以实现突破性的技术创新。另一方面，创新网络的缺失也严重制约了企业的技术创新。在缺乏与其他企业和机构的合作与交流的情况下，企业难以获取最新的技术知识和市场信息，无法充分利用外部资源来实现技术创新的突破。同时，没有形成强关系和结构洞的优势，企业难以与其他企业建立互利共赢的合作关系，进一步限制了技术创新效率的提升。

总之，生成非高企业技术创新效率的组态中往往缺乏产业政策支持和创新网络的构建。这些限制因素导致企业难以获得必要的资源和支持，无法有效地整合内外部资源，从而影响了技术创新效率的提升。因此，为了提高企业的技术创新效率，需要政府和企业共同努力，提供必要的产业政策支持和完善创新网络建设。

表 4 非高企业技术创新效率条件组态

条件	组态 1	组态 2	组态 3	组态 4
政府补贴 (lnsub)	●			●
税收优惠 (lnetr)		●	●	
信贷机制 (lnlgra)	●	●	●	●
准入制度 (hhi)				○
网络中心度 (CRD)	○	○	●	●



表 4 非高企业技术创新效率条件组态（续表）

条件	组态 1	组态 2	组态 3	组态 4
结构洞 (SH)	●	●	○	○
网络关系强度 (RS)	○	○	●	●
原覆盖率	0.4808	0.3869	0.4267	0.4575
净覆盖率	0.0727	0.0112	0.0225	0.0329
一致性	0.7400	0.7413	0.7701	0.7615
解的一致性		0.6348		
解的覆盖度		0.6985		

注：● 表示条件存在，○ 表示该条件不出现，空白表示该条件变量对结果无关紧要。

3. 稳健性检验

QCA（定性比较分析）的稳健性检验的意义在于评估研究结果的可靠性和稳定性。通过进行稳健性检验，可以确定研究结果是否受到一些特殊因素的影响，例如样本选择、测量误差、模型假设等。QCA 稳健性检验的一般思路是，改变参数或做出某种改变，观察研究结果是否会随之改变。如果结果在不同参数或改变下仍然保持稳定，那么可以认为该结果具有稳健性。

具体地，本文对一致性阈值进行调整，以对结果进行稳健性检验。具体方法为适当上调因变量阈值，由原来的 0.935 上调至 0.938，其他步骤和处理过程不变，运行软件后结果显示了与上述分析基本一致的结果。调整后的必要条件分析分析情况见表 5，组态分析见表 6。表 5 可以看到，调整后的必要条件的一致性和覆盖度基本与表 2 相同，仅准入制度和政府补贴的一致性略微上升，结构洞的覆盖度略微上升，同样没有发现必要条件和充分条件，结论无实质性变化。

表 6 在更严格的校准条件下，新的组态结果的一致性略微上升，从 0.8202 上升至 0.8211，覆盖度略微下降，从 0.7138 下降至 0.7131，结论无实质性变化。组态与原结果基本保持一致，80% 组态内容与原有结果一致，其余组态是是原有组态的子集，结论无实质性变化。以上分析表明，稳健性检验中的结果没有发生实质性改变，可以认为本研究的结论具备一定稳健性。

表 5 必要条件稳健性检验

变量名称	一致性	覆盖度
政府补贴 (Insub)	0.629579	0.761245
税收优惠 (Inctr)	0.550414	0.801751

表 5 必要条件稳健性检验（续表）

变量名称	一致性	覆盖度
信贷机制 (lnlgra)	0.492004	0.713604
准入制度 (hhi)	0.609845	0.810888
网络中心度 (CRD)	0.568561	0.828322
结构洞 (SH)	0.630373	0.790387
网络关系强度 (RS)	0.485199	0.833269

表 6 组态条件稳健性检验

条件	组态 1	组态 2	组态 3	组态 4	组态 5	组态 6	组态 7	组态 8	组态 9	组态 10
政府补贴 (lnsub)	○				●		●	○		●
税收优惠 (lnetr)			○	●	●	●		○		
信贷机制 (lnlgra)		●				●	●		●	●
准入制度 (hhi)			○	●				○	○	
网络中心度 (CRD)	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●
结构洞 (SH)	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
网络关系强度 (RS)	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●
原覆盖率	0.4999	0.3427	0.4285	0.3310	0.3429	0.2780	0.4058	0.3365	0.3088	0.3358
净覆盖率	0.0219	0.0113	0.0078	0.0012	0.0017	0.0033	0.0115	0.0059	0.0001	0.0000
一致性	0.9038	0.8330	0.9190	0.9374	0.8821	0.8670	0.8593	0.9389	0.8544	0.8310
解的一致性	0.8211									
解的覆盖度	0.7131									

注：● 表示条件存在，○ 表示该条件不出现，空白表示该条件变量对结果无关紧要。

研究结果

本文从组态视角探究不同因素及组态对企业技术创新效率的作用机制与驱动路径。研究发现：

1. 产业政策与创新网络两个层面的 7 个因素政府补贴、税收优惠、信贷机制、准入制度、网络中心度、结构洞、网络关系强度，均不是高技术创新效率实现的必要条件。
2. 多重因素不同组态对企业技术创新效率的驱动作用殊途同归，创新网络因素对企业技术创新效率具有普适性作用。高企业技术创新效率存在 10 条驱动路径，不同路径代表不同企业多种高技术创新效率实现方式，随着产业发展，合作创新是企业取得竞争优势战略的重要环节。

3. 产业政策与创新网络两个层面因素对新能源汽车企业技术创新效率的驱动效应存在差异。中国新能源汽车产业创新网络主要表现为单核心产业链型,即技术网络中存在“核心——边缘”的现象,也就是形成了以某一项技术为主导的技术路线,创新网络中占据结构洞的中间人多以产业链上下游的龙头企业为主。“门槛性”政策和“扶持性”政策,两者之间存在互补关系;其政策协同比单一类型政策对企业技术创新效应更佳。

## 讨论

1. 本文以新能源汽车产业企业技术创新效率的视角,分别从企业内部视角和企业外部视角来展开提升路径研究。以上结果充分表达了企业开放式创新的必要性和可行性,但是企业技术创新的影响因素众多,比如企业规模、政府支持、技术人员投入强度和股权集中度以及企业商业模式、组织学习等其他内部因素并未纳入本研究范围。

2. 本研究的数据收集与筛选工作截至 2020 年,鉴于当前中国新能源汽车产业正处于补贴退坡的环境,对于最新实施的“双积分”政策效应的研究尚显不足,这可能导致对企业技术创新效率效应的研究结果存在一定的缺失。值得注意的是,不同政策工具的作用机制并非完全独立,它们之间可能存在相互关联和重叠的部分,往往作为一个政策组态或“一揽子政策”共同发挥作用。需要进一步展开研究。

3. 考虑到数据的可得性和可比性,本研究选取新能源汽车板块的上市公司作为分析对象,旨在探讨产业发展对企业技术创新活动的影响。然而,必须指出的是,中小微企业在技术创新活动中同样扮演着至关重要的角色,并且它们往往面临着更为严峻和多样的创新资源约束问题。因此,为了更全面地理解这一现象,未来研究有必要进一步扩大研究范围,延长样本窗口期间,以便在更大的样本基础上验证实证结论的有效性和稳健性。

## 总结

本研究以 139 个新能源汽车企业为研究对象,涵盖整车制造、上游原材料与中游零部件、基础配套设施建设及后市场服务等多个环节,从企业技术创新内外部影响因素角度,对中国新能源汽车企业的技术创新效率提升路径进行了深入探究。采用 QCA 方法,以克服传统研究方法在复杂因果关系处理上的局限性。数据来源于企业年报、财经网站、主流数据库及专利检索与分析数据库等。基于文献归纳法,确定了七个前因条件政府补贴、税收优惠、信贷机制、准入制度、网络中心度、结构洞、网络关系强度通过 QCA 组态分析,本文识别出 2 类“创新网络驱动型”、“政策——网络双轮驱动型”,共 10 种导致高企业技术创新效率的条件组态,本文的实证分析表明,中国新能源汽车企业技术创新效率的提升是多因素共同作用的结果。这两种组态类型并不是相互独立的。实际上,它们在某些情况下是相互补充的。政策——网络双轮驱动

型在很大程度上依赖于良好的创新网络来实现其效果，而创新网络驱动型则从政策支持中获得了额外的推动力。这两种类型的结合使得企业在技术创新方面更具活力和适应性。

## 建议

### 1. 统筹协同产业政策与扶持规划，及时调整政策的实施效果

新能源汽车产业作为绿色转型的关键领域，其健康发展离不开科学、合理的政策引导。在中国，新能源汽车产业已经进入了全面市场化拓展期，此时，产业政策的制定与执行显得尤为重要。

### 2. 优化政策工具配置结构，选择恰当的政策工具“精准发力”

在现实的产业发展实践中，政府补贴仍然是促进战略性新兴产业发展的重要政策工具。同时，除了直接的政府补贴，还有金融支持、税收优惠、信贷政策、目标规划、政策工具、市场准入、税收政策、产权保护等可有助于新能源汽车企业的发展。

### 3. 突破网络外部合作限制，激发各创新主体协调和配合

在“产、学、研、用”背景下，新能源汽车企业还应加强与高校、科研中心的交流与互动，进一步强化信息协同、资源协同、技术协作、方法互补，通过协同效应的有效发挥从而进一步提升自身的技术创新质效。

### 4. 重视支持产业链核心企业，龙头企业带动产业集群聚势

对于核心企业来说，真正的开放创新意味着不再局限于内部研发，而是积极寻求与外部的先进技术主体合作。这种合作不仅仅是简单的技术引进，更是共同开发主关键组件，培育自己的核心供应商。这些核心供应商不仅仅是供应链的一环，更是核心创新团队的成员，需要承担创新任务及其相应的创新成本。

## 研究不足

受制于各种主客观的因素，本研究也存在一些研究局限，第一是产业政策的研究模型构建上，此项实证分析研究数据收集筛选到 2018 年，对于当前中国新能源汽车产业补贴退坡环境下，最新的“双积分”政策的效应研究不足，可能会导致一定对企业技术创新效率效应研究结果的缺失；第二是在创新网络构建上，测度不够全面。例如，在网络关系维度，仅测度了网络关系强度，未能将网络互惠性等指标纳入其中，网络结构中的集聚系数因素未列入假设检验，由于结构洞优势过于明显而导致对企业技术创新效率的负向影响，需要进一步验证。第三是企业技术创新效率的影响因素较多，本研究选取了产业政策、创新网络两项外部因素，对于企业商业模式、组织学习等内部因素并没有纳入研究。



## References

- Boudina, R., Wang, J., & Benbouzid, M. (2020). Impact evaluation of large scale integration of electric vehicles on power grid. *Frontiers in Energy*, 14(2), 337-346.
- Chen, X., Liu, Z., & Zhu, Q. (2018). Performance evaluation of China's hightech innovation process: Analysis based on the innovation valuechain. *Technovation*, 94(74), 42-53. [in Chinese]
- Edquist, C., & Zabala, J. (2015). Pre-commercial procurement: A demand or supply instrument in relation to innovation. *R&D Management*, 45(2), 85-94.
- Fan, D. C., & Gu, X. M. (2022). An analysis of the key influencing factors of technological innovation efficiency in high-tech industries: An empirical study based on the DEA-Malmquist and Bayesian model averaging approach. *Science Research Management*, 43(1), 70-78. [in Chinese]
- Fan, Y. H., & Wang, J. M. (2021). Research on influencing factors of technological innovation efficiency in Beijing-Tianjin-Hebei region. *Journal of Anhui University of Science and Technology (Social Sciences)*, 23(4), 41-46. [in Chinese]
- Feng, K., Zeng, D. M., & Zhou, X. (2014). The influence of disequilibrium evolution of structural holes in inovation networks to technological innovation. *Systems Engineering*, 32(8), 110-116. [in Chinese]
- Fried, O. (2002). Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 17(2), 157-174.
- Hu, L. H., Chen, Y. Y., & Fan, T. (2022). The influence of government subsidies on the efficiency of technological innovation: A panel threshold regression approach. *Sustainability*, 15(1), 534. [in Chinese]
- Huang, Y., Tao, Q. Y., & Zhu, F. L. (2017). Tie strength, knowledge transfer and innovation performance of technology-based SMEs. *Enterprise Economy*, 36(12), 88-94. [in Chinese]
- Jiang, Z. S., & Xu, C. H. (2023). Policy incentives, government subsidies, and technological innovation in new energy vehicle enterprises: Evidence from China. *Energy Policy*, 177, 113527. [in Chinese]
- Liao, Z. P. (2020). *Research on the evaluation and influencing factors of technological innovation efficiency of new energy vehicle enterprises in China* [Doctoral dissertation]. Harbin Engineering University. [in Chinese]
- Liu, H., Liu, Y. F., Qiao, H., & Hu, Y. (2015). Research on technological innovation efficiency of strategic emerging industries in China. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 35(9), 2296-2303. [in Chinese]
- Liu, X. Y., Ding, W. J., & Zhao, X. D. (2016). Firm's strength of ties within innovation network, absorptive capacity, and innovation performance in the Chinese manufacturing industries. *Nankai Business Review*, 19(1), 30-42. [in Chinese]
- Liu, Y. F., Chen, Y. T., & Yu, J. X. (2006). Analysis of the relationship between innovation network and innovation performance in technology alliance of Chinese enterprise: Empirical study on enterprises in Jiang-Zhe-Hu-Min. *Science of Science and Management of S&T*, (8), 72-79. [in Chinese]

- Liu, Y. S., Wang, W. Y., & Yu, D. P. P. (2020). Research on the evaluation and the influencing factors of technological innovation efficiency of China's high-tech enterprises. *Journal of Yunnan University of Finance and Economics*, 36(11), 100-112. [in Chinese]
- Lu, Z. G., & Meng, F. (2022). Measurement of technological innovation efficiency of strategic emerging industries based on three-stage DEA model. *Statistics & Decision*, 38(8), 158-162. [in Chinese]
- Lv, C. C., Yang, J. J., & Zhang, F. (2017). Knowledge creation of enterprises under the era of sharing: The roles of tie strength and cooperative modes. *Science of Science and Management of S&T*, 38(8), 17-28. [in Chinese]
- Maljkovic, M., Stamenkovic, D., & Blagojevic, I. (2019). The analysis of available data on energy efficiency of electric vehicles to be used for ECO-driving project development. *Science & Technique*, 18(6), 504-508.
- Maroto, A., Gallego, J., & Rubalcaba, L. (2016). Publicly funded R&D for public sector performance and efficiency: Evidence from Europe. *R&D Management*, 46(S2), 564-578.
- Moreno-Brieva, F., & Merino, C. (2020). African international trade in the global value chain of lithium batteries. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(6), 1031-1052.
- Murray, V., Hall, D. S., & Dahn, J. R. (2019). A guide to full coin cell making for academic researchers. *Journal of the Electrochemical Society*, 166(2), A329-A333.
- Ouyang, Q. (2020). *The research on the factors influencing the technological innovation efficiency of China's electronic information manufacturing enterprises—Based on innovation value chain perspective* [Doctoral dissertation]. Hunan University. [in Chinese]
- Pan, S. T., & Cai, N. (2010). The tie strength of network and organizational learning: The adjustment role of environmental dynamism. *Scientific Decision Making*, (4), 48-54. [in Chinese]
- Pavitt, K., Robson, M., & Townsend, J. (1987). The size distribution of innovating firms in the UK: 1945-1983. *Journal of Industrial Economics*, 35(3), 297-316.
- Qin, Z. X. (2017). Analysis of subsidy strategies against strategic emerging industries characterized by innovation driving mode. *Operations Research and Management Science*, 26(10), 173-180. [in Chinese]
- Rabb, R. L., & Kotamraju, P. (2006). The efficiency of the high-tech economy: Conventional development indexes versus a performance index. *Journal of Regional Science*, 46(3), 545-562.
- Rzepka, S., Otto, A., & Vogel, D., & Dudek, R. (2018). Application-driven reliability research of next generation for automotive electronics: Challenges and approaches. *Journal of Electronic Packaging*, 140(1), 010903.
- Scherer, F. M., & Ross, D. (1990). *Industrial market structure and economic performance*. Houghton Mifflin Company.
- Sovacool, B. K., Turnheim, B., Martiskainen, M., Brown, D., & Kirimaa, P. (2020). Guides or gatekeepers? Incumbent-oriented transition intermediaries in a low-carbon era. *Energy Research & Social Science*, 66, 101490.

- Tang, Y. L., Cao, X. Y., & Hu, X. Y. (2018). Research on diversified industry-university-research institution knowledge interactions: Based on factor analysis. *Science and Technology Management Research*, 38(16), 102-108. [in Chinese]
- Vulusala, V. S. G., & Madichetty, S. (2018). Application of superconducting magnetic energy storage in electrical power and energy systems: A review. *International Journal of Energy Research*, 42(2), 358-368.
- Wang, C. D., Li, G. B., & Cai, Y. Y. (2021). Research on the stability and influencing factors of independent technological innovation efficiency of China's high-end equipment manufacturing industry. *Science & Technology Progress and Policy*, 38(22), 58-67. [in Chinese]
- Wang, J. L. (2024). Research on measurement and influencing factors of technological innovation efficiency of advanced manufacturing enterprises: Based on the perspective of innovation value chain. *Inner Mongolia Science, Technology & Economy*, (3), 38-42. [in Chinese]
- Whitt, C., Pearlman, J., Polagye, B., Caimi, F., Muller-Karger, F., Copping, A., Spence, H., Madhusudhana, S., Kirkwood, W., Grosjean, L., Fiaz, B. M., Singh, S., Singh, S., Manalang, D., Gupta, A. S., Maguer, A., Buck, J. J. H., Marouchos, A., Atmanand, M. A., . . . Khalsa, S. J. (2020). Future vision for autonomous ocean observations. *Frontiers in Marine Science*, 7, 697.
- Williams, P. J., Reeder, M., & Pekney, N. J. (2018). Atmospheric impacts of a natural gas development within the urban context of Morgantown, West Virginia. *Science of the Total Environment*, 639, 406-416.
- Wu, Y., & Shen, K. R. (2020). How does capital structure influence enterprise innovation: Evidence from listed companies in China. *Industrial Economics Research*, (3), 57-71. [in Chinese]
- Xu, J. H., & Chen, Z. (2021). An empirical study on technical innovation efficiency of agricultural-related listed companies. *Journal of South China Agricultural University*, 20(5), 59-69. [in Chinese]
- Xu, Y., Li, J., & Liu, Y. W. (2023). High-tech industry innovation efficiency, enterprise scale quality and government subsidies: An empirical analysis based on the threshold model. *Science and Technology Management Research*, 43(3), 132-138. [in Chinese]
- Xue, X. S., Fang, H., & Yang, Z. (2021). Research on the impact of new energy vehicle promotion policy on enterprise technological innovation: Based on PSM-DID method. *Science of Science and Management of S&T*, 42(5), 63-84. [in Chinese]
- Yang, H., & Li, X. J. (2022). Research on the effect and mechanism identification of government innovation subsidy on enterprise innovation efficiency. *Chinese Journal of Management*, 20(4), 558-567.
- Yu, C. L., Yang, G. G., & Du, M. Y. (2021). Industrial policy and technological innovation of China's digital economy industries. *Statistical Research*, 38(1), 51-64. [in Chinese]
- Zhang, H., & Lang, C. G. (2013). The impact of past performance and network heterogeneity on knowledge creation—A Centra network position isn't enough. *Studies in Science of Science*, 31(10), 1581-1589. [in Chinese]

- Zhu, D. S., & Zhou, X. P. (2016). Equity restriction, managerial ownership and enterprise innovation efficiency. *Nankai Business Review*, 19(3), 136-144. [in Chinese]
- Zhu, H. H., & Yang, S. Q. (2022). Intellectual property protection, technology R&D investment and two-stage innovation efficiency in manufacturing industry: A comparative analysis based on patent-intensive and non-patent-intensive. *Modern Management Science*, (2), 50-59. [in Chinese]
- Zhu, H. M., Zhang, Z. Q. Y., Wu, H., & Zou, K. (2021). An evaluation of technological innovation efficiency and influencing factors of Chinese manufacturing industry from the perspective of innovation value chain. *Journal of Anhui University of Science and Technology (Social Sciences)*, 35(6), 37-45. [in Chinese]



**Name and Surname:** Jing Bai

**Highest Education:** Doctoral Candidate

**Affiliation:** International College, Dhurakij Pundit University, Thailand

**Field of Expertise:** Business Administration