基于微创新的新能源汽车供应链生态系统演化动力研究

方 刚，沈方云

（杭州电子科技大学管理学院，杭州 310018）

摘要：在全球能源转型与汽车产业变革的背景下，新能源汽车产业的快速发展对供应链生态系统的构建与优化提出了新要求。为此，基于动力学的新能源汽车供应链生态系统模型，分析推动系统演化的核心驱动因素及其作用机制，着重探究微创新如何驱动系统优化与升级。结果表明，系统各要素经复杂反馈机制影响系统演化，其中微创新作为系统优化升级的关键动力需动态调控以防止资源浪费，而企业需求识别能力通过强化创新平台成熟度、用户参与度，协同技术适配速度加速知识流动与技术转化，降低研发成本并推动创新水平，共同增强系统对市场变化的响应能力。

关键词：新能源汽车；供应链生态系统；系统动力学；微创新

中图分类号：F273.7；F426；N941.3 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)01－0114－13

在能源转型与数字技术融合背景下，新能源汽车供应链正经历从“链式整合”向“生态共生”的形态跃迁[1]。在新能源产业加速转型的关键阶段，单一企业的技术突破已难以满足市场需求，构建开放、协同的智能生态圈成为行业共识。但传统的产业分析视角难以全面把握新能源汽车供应链的复杂性和动态性[2]，急需构建更高效、灵活且具有竞争力的新型汽车供应链战略[3]，而供应链生态系统理论为此提供了全新的分析框架。

供应链生态系统作为由多元主体构成的复杂动态系统，涵盖供应商、制造商、分销商、最终用户等，通过物质、信息和资金的流动实现紧密关联与相互影响，且具有动态性、开放性和自适应性，能够基于市场需求和技术革新进行持续优化[4]。其核心理念在于促进供应链成员间的动态协同与价值共创，通过资源共享机制、知识流动路径以及利益协调策略，共同推动整体竞争力的提升[5]。借鉴该理论，新能源汽车供应链生态系统本质是以整车企业为核心，涵盖零部件供应商、经销商、服务商、用户等在内的复杂网络系统，各主体通过多维要素流动共同驱动产业可持续发展。该理论不仅关注单个企业的行为，更注重整个系统的协同效应和演化规律。

值得关注的是，供应链生态系统的演化是多重内外部动力共同作用的结果。其中，创新是推动系统演化的重要动力。传统研究多从外部驱动因素，如政策激励[6]、市场需求变迁[7]，或内部驱动因素，如企业技术创新[8]、组织协同能力[9]、企业间合作与竞争动态[10]等单一维度去解析系统演化的动力机制。近期研究开始倾向于综合视角，如赵天一等[11]构建的制度、技术、市场情境的特色驱动机制，试图提供更为全面的分析框架。然而，面对快速变化的市场环境和技术迭代，单一的大规模创新模式因其高投入、长周期、高风险的特征难以及时响应市场需求。微创新范式为新能源汽车供应链生态系统提供了更契合的创新路径。在新能源汽车供应链生态系统的动态演化过程中，微创新作为一种微观微小、局部性、持续迭代的创新模式，可以发挥关键驱动作用。与传统的大规模技术突破不同，微创新强调在现有技术、产品或服务基础上进行小幅改进，通过快速试错与反馈机制[12]，推动系统内部知识流动与资源重组，从而实现系统整体性能的持续优化。在复杂适应系统理论视角下，微创新可视为系统内部的“遗传-变异-选择”机制，有助于系统在不确定环境中保持适应性、韧性与演化能力。在数

收稿日期：2025-07-02

基金项目：国家自然科学基金(72272047)

作者简介：方刚(1970—)，男，浙江金华人，博士，教授，研究方向为创新管理与知识管理；沈方云(2000—)，女，浙江嘉兴人，硕士研究生，研究方向为供应链管理。

字经济时代,微创新的重要性尤为突出,因为它使企业能够迅速适应环境的不确定性和市场需求的动态变化[13]。例如,特斯拉通过持续优化电池管理系统的充放电策略、温控算法和故障诊断机制,不仅实现了电池性能的显著提升,更倒逼供应链上下游进行材料改良和设备升级,推动整个生态系统在电池技术和充电基础设施领域实现协同进化。这种创新模式通过高频次的小步改进积累技术势能,同时整合生态系统内外部创新资源[14],形成用户需求驱动的正向反馈循环[15]。

现有研究虽关注到新能源汽车产业生态系统的演化问题[16],但多集中于从政策引导和需求拉动等宏观维度分析其演进动力[17]。同时,虽然认识到技术创新对新能源汽车生态系统演化的作用[18],但基于供应链生态系统的视角对新能源汽车产业演化及其内部微观驱动机制的研究仍相对匮乏。在当前创新范式转型背景下,微小的、持续的创新在驱动系统演化过程中所起到的作用同样值得深入探究。因此,现基于供应链生态系统理论,构建新能源汽车供应链生态系统的动力学模型,探讨微创新如何驱动系统演化。通过识别核心子系统及其交互规律,揭示微创新在新能源汽车供应链生态系统演化中的关键作用,为产业实践提供理论支撑和策略参考。

1　新能源汽车供应链生态系统分析

依据生态系统理论和新能源汽车的发展现状,构建涵盖新能源汽车供应链上游、中游、下游的概念结构模型,以反映新能源汽车供应链生态系统的结构特性,如图 1 所示。在供应链生态系统内,处于供应链中游的整车制造商是核心企业,负责将原材料与零部件整合为最终产品,占据核心枢纽。而上游的一、二、三级供应商,以及下游的零售商、用户为供应链协作方,与核心企业进行产品及服务交易并提供相关数据,通过资源价值传递实现利益最大化与系统平衡。其中,三级供应商供应正负极材料、电解液等基础原材料;一级供应商和二级供应商供应电池、电机等关键零部件;零售商负责销售及售后服务;用户购买并使用产品。政府、金融机构、行业协会等组织机构,为企业提供支持与监管。咨询服务机构、市场营销与品牌推广机构则为企业提供增值服务和智力支持。新能源汽车供应链生态系统的发展演化还会受到市场、资源、科技、政策、文化和基础设施等外部环境的影响[19]。

创新生态位理论进一步揭示了不同创新主体在供应链生态系统中所占据的功能位置与资源空间[20]。各主体通过微创新活动可以在系统中形成差异化、互补性的创新角色。以吉利为例,其作为核心企业占据“平台主导型生态位”,主导整车架构与系统集成创新。一级供应商通过材料与工艺微创新占据“技术支撑型生态位”;用户则通过反馈与共创机制形成“需求驱动型生态位”。这种生态位分化模式维持了系统的多样性与稳定性,增强了系

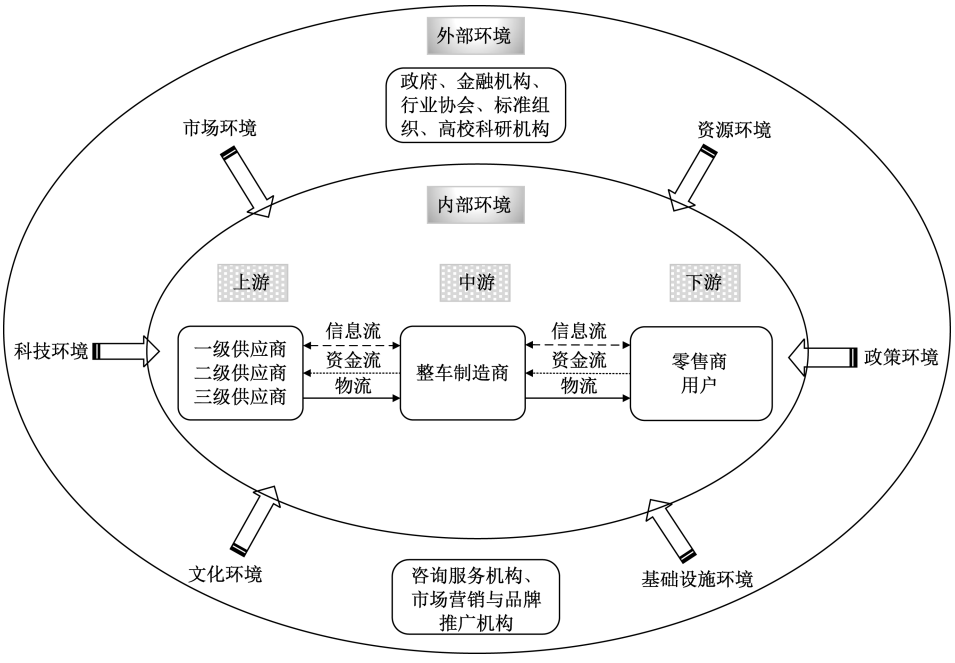


图 1　新能源汽车供应链生态系统概念结构模型

统对外部扰动的抵御能力。

在新能源汽车供应链生态系统中，核心企业的微创新策略呈现显著的生态协同效应。例如，比亚迪依托垂直整合优势实现“内部创新-关联企业适配-全链效率提升”。比亚迪对刀片电池结构实施的微创新，借助内部电池与整车工厂的协同合作降低适配成本，无须依赖外部供应商的技术突破；同时，在电机和电控领域的微创新推动了上游绝缘材料和硅钢片供应商改进材料性能，形成“内部技术积累-配套企业同步升级”的稳健协同模式[21]。这种垂直整合下的微创新减少了对外部供应商的技术依赖，在 2022 年全球电池原材料涨价周期中，通过电极材料配比微调整降低原材料成本 12%，增强了供应链生态的抗风险能力与成本控制能力。与此不同，长城汽车以品类创新为战略核心，其微创新专注于特定使用场景下的产品体验优化，呈现出场景驱动和细分市场突破的特点。生态协同主要侧重于细分领域的供应链深度开发。坦克系列通过四驱系统扭矩分配算法的适应性改进，构建了越野场景全地形轮胎纹路微调方案；欧拉系列则基于女性用户需求，开发了座椅材质与儿童安全接口的模块化改进方案。长城汽车围绕这些细分场景构建了“核心技术＋场景配套”的供应链网络，实现了从需求识别到产品创新的快速响应。综上所述，尽管不同企业的微创新策略各有侧重，但微创新均是供应链生态系统演化的关键动力。其共性在于通过持续迭代打破技术瓶颈、激活生态协同；而差异化路径则体现了不同企业基于自身生态位的策略选择。由此可见，微创新并非孤立的技术改进，而是需与企业生态定位深度绑定，通过供应链协同放大创新价值。当前，众多整车企业均已认识到微创新策略的重要性，并在其各自的优势领域实施了一系列微创新举措。这些微创新不仅增强了企业的市场竞争力，还促进了整个新能源汽车供应链生态系统的优化升级与良性发展。

基于上述新能源汽车供应链生态系统概念结构模型，进一步将其划分为组件供应子系统、整车制造子系统、协同创新子系统、用户参与子系统和环境支持子系统，如图 2 所示。组件供应子系统的主体主要为一级、二级和三级供应商企业，负责提供高质量的零部件和原材料。整车制造子系统包括整车制造商以及电池和电控等企业，主要负责新能源汽车的生产与组装。该子系统通过需求反馈与组件供应子系统互动，并与协同创新子系统合作，推动技术改进和产品升级。协同创新子系统涵盖企业自身研发部门、科研机构、高等院校，以及技术孵化平台。该子系统通过技术创新需求和用户反馈，推动新材料、新工艺和新技术方案的开发，并通过技术转移支持制造子系统。用户参与子系统由终端用户和领先用户组成，通过用户需求反馈和共创机制，为协同创新子系统提供方向性指导，并通过用户反馈推动整车产品优化。环境支持子系统的主体包括政府、标准组织和充电设施服务商，主要为整个生态系统提供政策支持、标准制定和基础设施建设。该子系统通过引导支持机制，以增强各子系统间的协同性。5 个子系统之间通过信息流和物质流的交互，形成一个动态的、协同的新能源汽车供应链生态系统。其中，用户反馈和技术创新需求贯穿整个系统，推动新能源汽车的持续优化和产业升级。

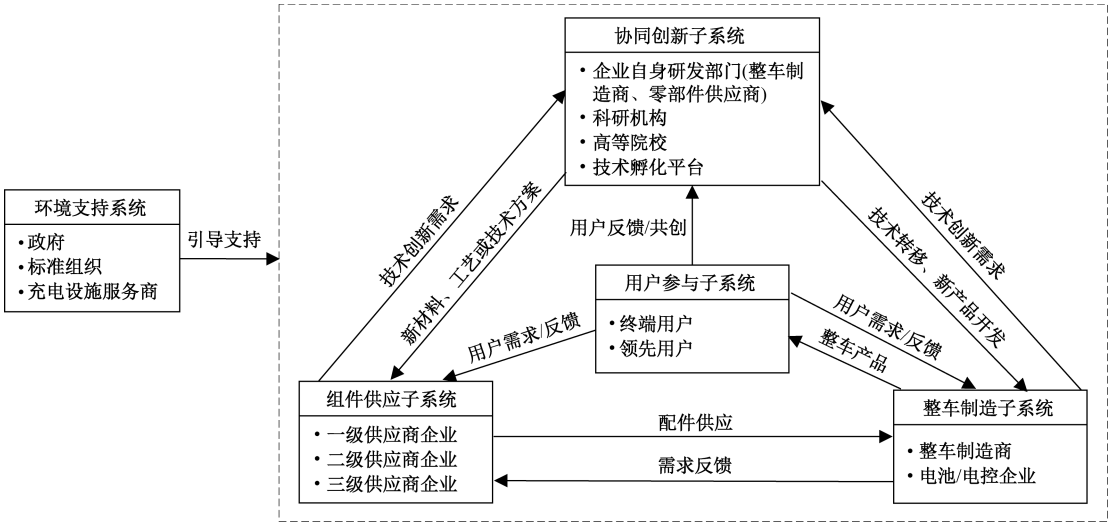


图 2　理论模型

2　系统动力学模型构建

2.1　方法适用性分析

新能源汽车供应链生态系统是一个复杂的动态系统,包含整车制造商、供应商、用户等多主体,各主体间存在非线性动态交互和多重反馈机制。在该领域,技术更新换代迅速,系统受技术创新、市场需求、政策变化等多因素驱动,呈现高度动态性。而微创新作为推动供应链生态系统演化的关键动力要素,其作用机制涉及多个层面的因果关系。新能源汽车供应链生态系统的演化过程具备“动态性”和“反馈性”两大特征,契合系统动力学注重结构关系、时间维度等对系统行为影响的特点[22]。系统动力学方法能够通过构建因果回路图和存量流量图,清晰地展示微创新与其他要素之间的因果关联,从而深入分析微创新如何通过不同的路径和机制影响供应链生态系统的演化。该方法强调系统的动态性和反馈性,引入延迟和反馈回路,有效模拟技术迭代等动态过程。因而,利用系统动力学方法能够全面揭示新能源汽车供应链生态系统的演化动力机制,为研究微创新如何驱动供应链优化与升级提供了可靠的建模工具和分析框架。

2.2　系统演化因果关系分析

新能源汽车供应链生态系统由组件供应、整车制造、协同创新、用户参与和环境支持 5 个子系统构成,分别对应产业链的关键环节。各子系统通过功能分层与协作,解决资源整合、生产优化、技术突破、需求适配和外部保障等问题,形成闭环协同网络,驱动产业全链条的价值增值与可持续发展。各子系统分工如下。

(1)组件供应子系统主要供应原材料和关键零部件,确保锂、钴、镍等关键原材料的稳定供应,并将原材料转化为高品质的零部件,如电池模组、驱动电机和电控单元,为整车制造提供关键组件。供应商通过生产流程优化与规模效应实现成本控制,以产品合格率与交付准时率作为质量管控核心指标。因此,组件供应子系统通过成本控制、产品质量、交付能力和合作稳定性等关键变量来展示系统活动。

(2)整车制造子系统以整车制造商为核心,整合电池、电控等企业,实现零部件至整车的规模化生产。该子系统注重模块化平台设计、柔性制造、数字化管理,借助工艺优化降低成本,并依托协同创新子系统的技术支持提升产品竞争力。在此子系统中,研发总投入是驱动技术创新和产品升级的核心要素,成熟创新平台可加速技术转化与产品开发,提升研发效率与产品质量。产能利用率体现生产效率与资源利用程度,新产品开发周期的缩短对提升产品市场化进程、提高市场响应能力至关重要。此外,企业需具备市场需求识别与理解能力。新能源汽车销量直观反映市场接受度和企业竞争力。整车制造子系统通过企业利润、研发总投入、创新平台成熟度、新能源汽车销量、开发支出、产能利用率、新产品研发周期及需求识别能力等关键变量,展现系统的运行效率与持续创新能力。

(3)作为连接技术和市场的桥梁,协同创新子系统构建了产学研深度融合的技术研发网络,整合高校、科研院所等外部资源,推进新材料、新工艺及技术方案的创新开发与成果转化。企业进行微创新的次数越高,创新成果产出量越大。并且,企业缩短方案快速验证周期可以加速创新进程,提高市场响应能力。同样,新技术的快速适配与应用则能加快产品上市时间。因此,协同创新子系统通过产学研协同水平、微创新频率、微创新收益、方案快速验证周期、创新成果产出量、技术创新水平、技术适配速度和试错频率等关键变量,来展示各主体之间的协同创新活动。

(4)用户参与子系统在市场竞争加剧与消费需求多样化的背景下愈发重要。该系统通过用户反馈数据的采集与分析,助力企业精准把握市场需求,优化产品设计与服务流程。具体而言,以终端消费者与领先用户为核心,终端用户数据驱动定制化生产,领先用户则参与原型测试,推动功能改进与场景适配,形成“需求-供给”双向迭代机制。然而,为了充分发挥这一优势,企业必须建立起完善的用户服务体系和数据管理系统,以便及时响应用户诉求并提供个性化解决方案。因此,用户参与子系统通过领先用户参与创新活跃度、用户接受度、领先用户建议采纳率和响应领先用户反馈速度等关键变量,来展示用户参与企业创新和研发的过程。

(5)环境支持子系统虽然不直接参与产品的生产和销售活动,但其提供的政策法规、行业标准以及基础设施等服务能够保障新能源汽车供应链的正常运转。政府通过财政补贴、产业规划和碳排放政策驱动行业转型;标准组织建立技术认证与安全规范;充电设施服务商构建能源补给网络。因此,环境支持子系统通过政府财政收入、政府补贴、税率、生态环境压力和新能源汽车保有量等关键变量,以反映新能源汽车供应链生态系统受到的的政

策保障和市场动力。

运用 Vensim PLE 软件，整合上述 5 个子系统并剔除冗余因果关系链后，最终绘制出新能源汽车供应链生态系统因果关系图，如图 3 所示。

2.3　系统演化流图

2.3.1　系统流图构建

基于新能源汽车供应链生态系统的因果关系分析，进一步引入主要的存量、流量、辅助变量及常量，依据数据可得性原则，对因果关系图进行简化，最终构建了系统动力学流图，如图 4 所示。该流图涵盖 3 个状态变量、3 个速率变量、27 个辅助变量以及 1 个常量，其中选定企业利润、创新成果产出量、新能源汽车销量作为系统的状态变量。

2.3.2　结构方程设计及说明

状态变量初值来源于浙江吉利控股集团有限公司官网、企业年报、中国汽车工业协会、华经产业研究院及国家知识产权局政务服务平台数据。2015 年企业利润为 34 049.81 万元，企业创新成果

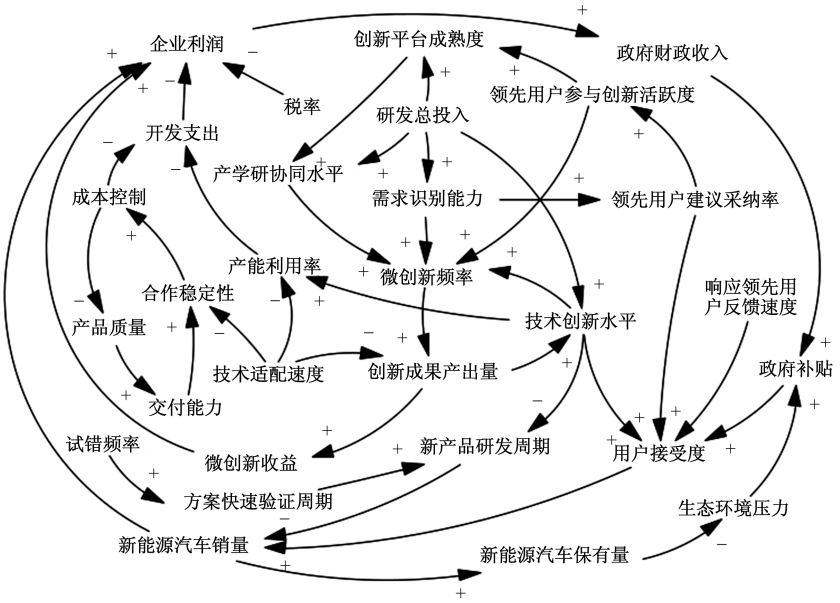


图 3　新能源汽车供应链生态系统因果关系图

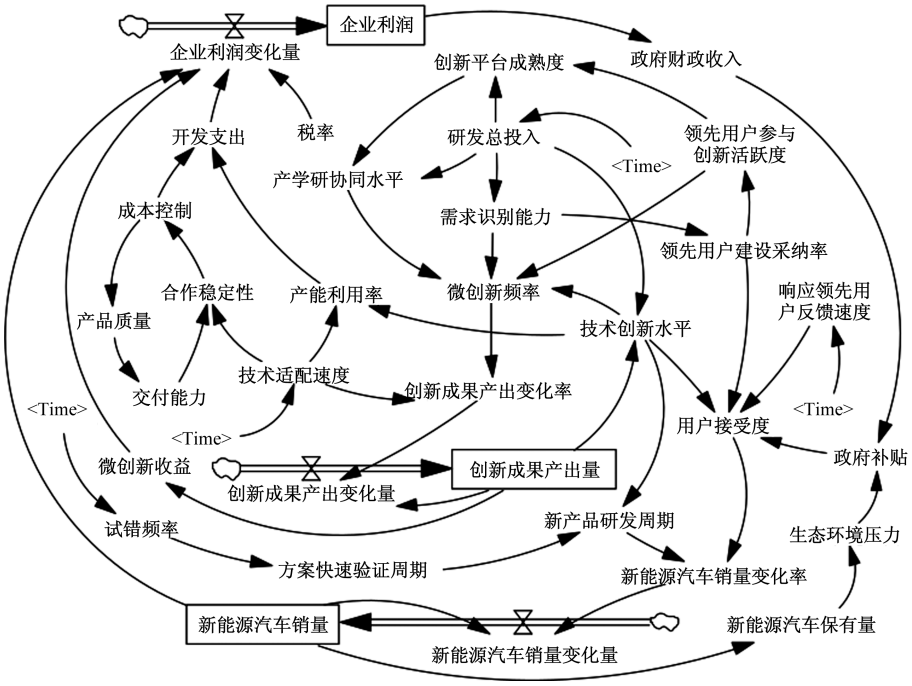


图 4　新能源汽车供应链生态系统流图

产出量为748件,企业新能源汽车销量为5.013 5万辆。系统变量的初始值、常数值及表函数等参数,主要基于相关文献查阅与总结、数据拟合以及变量间的内在关联性分析确定。部分变量函数关系式参考了李勇建等[23]、梁霄[24]、黄嘉松等[25]、樊洁和严广乐[26]的研究设计,关键参数的设定遵循数据可得性与实证校验原则。以技术适配速度这一辅助变量为例,该函数的设定以吉利汽车2015—2024年的核心技术实际适配周期为实证基础。通过梳理该时段的企业年报、公开技术路演资料、产品迭代公告、品牌技术白皮书及专利数据,选取其在智能驾驶、动力系统、芯片及电池安全等关键领域的典型技术,统计其应用这些核心技术创新的平均周期。例如,领航辅助驾驶(navigate on autopilot,NOA)智能领航功能适配周期为3.2个月;AVP自动代客泊车系统适配周期为1.8个月;雷神电8848智能混动系统适配周期仅为0.5个月。通过计算上述多项前沿技术在吉利汽车实际应用中的平均适配时间,构建时间序列表函数。其他变量参数设定亦遵循类似原则,综合参考了企业公开数据、行业报告及学术文献的研究成果。系统模型主要变量及说明见表1。

表1　模型变量及其说明

变量类型	变量名称	函数关系式	单位
状态变量	企业利润	INTEG(企业利润变化量,34 049.81)	万元
状态变量	创新成果产出量	INTEG(创新成果产出量变化量,748)	件
状态变量	新能源汽车销量	INTEG(新能源汽车销量变化量,5.013 5)	万辆
速率变量	企业利润变化量	(微创新收益+10.7×新能源汽车销量-开发支出)×(1-税率)	万元/年
速率变量	创新成果产出量变化量	创新成果产出量×创新成果产出量变化率	件/年
速率变量	新能源汽车销量变化量	新能源汽车销量×新能源汽车销量变化率	万辆/年
辅助变量	创新成果产出量变化率	微创新频率×EXP(-0.5×技术适配速度)	—
辅助变量	新能源汽车销量变化率	0.7×用户接受度+0.3×[0.049×(新产品研发周期)^2-2.45×新产品研发周期+30]	—
辅助变量	合作稳定性	0.5×交付能力-0.02×技术适配速度+0.5	—
辅助变量	研发总投入	WITH LOOKUP(Time,{[(2015,0.35)-(2024,3.5)],(2015,0.35),(2016,0.35),(2017,0.35),(2018,1),(2019,1.59),(2020,1.438 5),(2021,0.95),(2022,2.55),(2023,3.33)})	万元/年
辅助变量	创新平台的成熟度	0.4×研发总投入/3+0.6×领先用户参与创新活跃度	—
辅助变量	开发支出	-500×ln(1/(2.5×成本控制-1.5/{1+EXP[10×(产能利用率-1)]})-1)+1 000	万元
辅助变量	产能利用率	技术创新水平^2-0.02×技术适配速度^2-1.15×技术创新水平+0.1×技术适配速度-0.02×技术创新水平×技术适配速度+0.88	—
辅助变量	新产品研发周期	IF THEN ELSE[方案快速验证周期≤10,36-0.5×方案快速验证周期-8×技术创新水平,28-0.3×(方案快速验证周期-10)-12×(技术创新水平-0.4)]	月
辅助变量	需求识别能力	0.2×研发总投入	—
辅助变量	微创新频率	0.2×需求识别能力+0.3×产学研协同水平+0.4×技术创新水平+0.5×领先用户参与创新活跃度	百次/年
辅助变量	技术创新水平	DALAY1(0.5×研发总投入/3+0.5×创新成果产出量/5 000,1)	—
辅助变量	技术适配速度	WITH LOOKUP(Time,{[(2015,0.9)-(2024,5.7)],(2015,5.7),(2016,5.33),(2017,3.7),(2018,5.2),(2019,3.19),(2020,5.5),(2021,2.69),(2022,1.7),(2023,1.61),(2024,0.9)})	月
辅助变量	试错频率	WITH LOOKUP (Time,{[(2015,0.1)-(2024,2.5)],(2015,0.183 7),(2016,1.176 1),(2017,0.6480),(2018,0.837 6),(2019,2.071 3),(2020,1.959 1),(2021,2.163 3),(2022,2.210 5),(2023,1.609 7),(2024,2.451 5)})	万次/年
辅助变量	领先用户参与创新活跃度	0.572+0.286×领先用户建议采纳率	—
辅助变量	用户接受度	0.3×技术创新水平+0.5×领先用户建议采纳率+0.1×政府补贴/8+0.1×响应领先用户反馈速度/7	—
辅助变量	响应领先用户反馈速度	WITHLOOKUP(Time,{[(2015,0)-(2024,7)],(2015,7),(2016,6.573),(2017,6.302),(2018,4.094),(2019,4.036),(2020,3.541),(2021,3.451),(2022,2.604),(2023,0.741),(2024,0.007)})	d
辅助变量	新能源汽车保有量	(1-0.066 7)×新能源汽车销量/276.158	万辆
常量	税率	0.15	—

3　模型仿真与分析

3.1　案例选取

鉴于浙江吉利控股集团有限公司(以下简称吉利)在新能源汽车领域的技术创新、供应链优化以及微创新实践等方面的突出表现,故选定其为深入剖析新能源汽车供应链生态系统的演化特征的典型案例。作为行业领军者,吉利通过垂直整合与生态协同构建了复杂动态的供应链系统,其模块化架构(如 CMA、SPA、BMA 等)还实现了零部件的高度通用性和成本优化。通过构建以自身为核心的供应链生态系统,吉利与供应商、合作伙伴紧密协作,推动供应链各环节的微创新,如联合研发中心、共享技术平台和供应链金融等举措,促进了技术交流与资源共享,形成“研发-供应-服务”闭环生态,提升了供应链整体效率。此外,吉利作为上市公司,其公开的年报、ESG 报告及专利数据为研究提供了可靠的数据支撑。综上,吉利在供应链生态系统中的核心地位和创新实践,使其成为观察系统级演化规律和验证微创新作用机制的理想载体,为构建具有解释力和预测力的系统动力学模型提供了典型样本。

3.2　模型初始数据选取及有效性检验

利用 Vensim PLE 软件进行仿真模拟运算,系统模拟的时间范围确定为 2015—2024 年,仿真步长为 1 年。以 2016—2023 年的数据作为模型有效性检验的依据。模型的历史数据有效性检验结果见表 2。将 2015 年的数据设定为初始值,运用 Vensim PLE 软件对 2016—2023 年吉利公司的利润、创新成果产出量与新能源汽车销量进行仿真模拟,得到的模拟值与企业官网、企业年报、中国汽车工业协会、国家知识产权局政务服务平台公布的实际数据做对比。企业利润、创新成果产出量与新能源汽车销量这 3 个指标的各年数据的相对误差均在−5%～5%的范围内,一般来说,数据的相对误差在−5%～5%内认为该模型拟合度良好[27],因此可以判断所建立的模型是有效的。

表 2　2016—2023 年数据检验结果

指标	年份	实际值	模拟值	相对误差/%
企业利润/万元	2016	31 192.37	30 985.47	−0.66
	2017	47 520.05	48 027.52	1.07
	2018	26 002.50	24 974.34	−3.95
	2019	28 311.84	28 720.52	1.44
	2020	70 533.43	72 088.38	2.20
	2021	91 961.69	95 156.63	3.47
	2022	81 132.72	79 931.64	−1.48
	2023	102 317.72	107 108.01	4.68
创新成果产出量/件	2016	1 221.00	1 271.60	4.14
	2017	1 241.00	1 258.88	1.44
	2018	2 378.00	2 391.88	0.58
	2019	2 424.00	2 463.64	1.64
	2020	2 447.00	2 439.00	−0.33
	2021	2 858.00	2 878.02	0.70
	2022	4 734.00	4 835.07	2.13
	2023	5 798.00	5 657.04	−2.43
新能源汽车销量/万辆	2016	3.92	3.81	−2.78
	2017	2.16	2.06	−4.95
	2018	6.85	6.98	1.75
	2019	11.31	11.30	−0.06
	2020	6.81	6.55	−3.82
	2021	10.01	10.49	4.73
	2022	32.87	33.66	2.40
	2023	48.75	51.16	4.96

3.3　模拟仿真结果分析

通过 Vensim PLE 软件生成仿真图表,可以对企业利润、创新成果产出量、新能源汽车销量等关键指标的模拟结果进行深入分析。

从图 5 中可以看出,吉利公司的收入在 2015—2024 年虽有波动,但总体呈上升趋势,显示其发展态势良好且长期增长潜力强劲。2015—2017 年,吉利在传统燃油车市场表现稳健,并初步布局新能源汽车领域。通过收购沃尔沃等业务加速全球化战略和技术升级,推出博越、帝豪 GS 等爆款车型,推动销量增长。尤其是 2017 年高价车型占比提升叠加全球化研发网络布局,驱动营收显著增长。2018—2019 年为战略调整期,吉利收购戴姆勒股份虽带来短期财务压力,但 2019 年推出几何品牌布局新能源市场后,利润恢复增长。2020—2021 年,营业收入继续增长,发布极氪品牌,标志着全面电动化转型,显示出吉利在新能源汽车市场的竞争力逐渐增强。2022 年由于受全球芯片短缺、原材料价格攀升等复合的冲击,收入略有下降。然而,2023—2024 年复苏增长,得益于极氪 001 热销、海外市场扩张及智能驾驶技术的差异化优势。总体而言,吉利在近 10 年展现了较强的市场适应能力和战略调整能力,其收入增长反映了其在新能源汽车产业上的持续投入和成功转型。

从图 6 中可以看出,吉利公司的创新成果产出量在 2015—2024 年整体显著增长,尤其在 2021 年后增速加快。2015—2017 年,处于新能源转型初期,技术积累和研发活动较少。2015 年,受新能源汽车政策驱动,吉利加大电池、电控研发,专利申报集中。2016—2017 年,技术整合与资源调整使部分成果未及时转化为专利,致创新成果产出量微有回

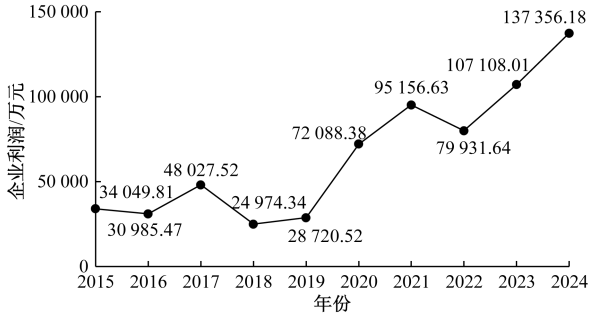


图 5　2015—2024 年企业利润

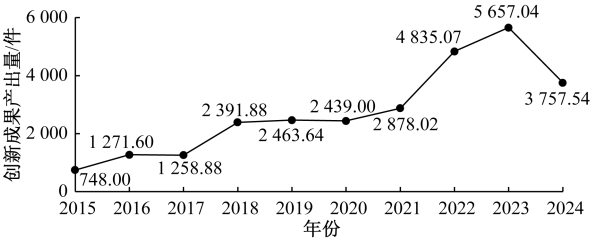


图 6　2015—2024 年吉利公司创新成果产出量

落。2018—2020 年,随着新能源、智能化研发投入增加,技术积累显现,但受疫情和全球市场低迷影响,2019—2020 年研发投入收缩,创新成果产出量未增加。2021 年,吉利发布“智能吉利 2025”规划,构建全域 AI 智能化平台,促进创新和专利增长。此后,电动化、智能化、全球化战略驱动创新成果爆发式增长,专利数持续攀升。至 2024 年,吉利形成“电动化+智能化+全球化”三驾马车,创新成果显著。

从图 7 中可以看出,吉利公司的新能源汽车销量在 2015—2024 年波动增长。2015—2017 年,“蓝色吉利行动”战略启动后,首款纯电车型帝豪 EV 实现全球销量 1.7 万辆突破,但受技术储备不足及市场认知局限,新能源车型渗透率不足 5%,与同期燃油车爆款博越等形成显著销量反差。2018 年推出智擎新能源动力系统,覆盖醇电、氢燃料等多路径。2019 年,吉利推出几何品牌,专注于新能源汽车市场,助力销量回升。2020 年疫情导致全球车市整体萎缩,吉利新能源汽车销量短暂下降。2021 年吉利发布极氪品牌,全面转向电动化,推动了销量的恢复和增长。2022 年,极氪品牌逐渐获得市场认可,吉利在新能源汽车市场的竞争力显著增强,销量进入快速增长轨道。同年,吉利银河系列切入中高端新能源市场。2023 年,L7 车型上市 9 个月销量达 11 万辆,领克品牌新能源占比达 55%,08 EM-P 成高端插混 SUV(sport utility vehicle,运动型多用途

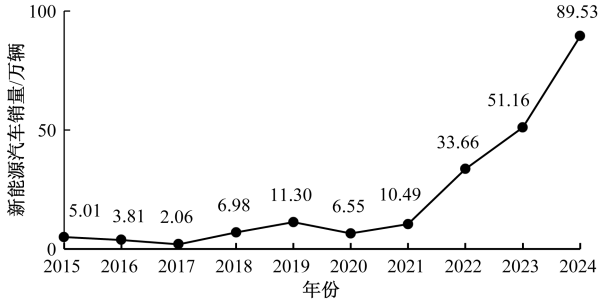


图 7　2015—2024 吉利公司新能源汽车销量仿真图

车)标杆。全域 AI 技术生态与电动化架构深度融合,驱动 2024 年销量峰值。

3.4　模型灵敏度分析

3.4.1　微创新频率对各因素的灵敏度分析

考察微创新频率对各因素的影响,控制其他变量不变,调整微创新频率,进而观测其对创新成果产出量、用户接受度、产能利用率、新产品研发周期的具体影响。如图 8～图 11 所示,将微创新频率分别增加 10%、20%和减少 10%,观察到创新成果产出量、用户接受度、产能利用率、新产品研发周期相应发生了变化。标注为“current”的曲线刻画了吉利企业在目前的微创新频率水平下,其供应链生态系统相应指标的实际数据轨迹。微创新阈值是指在特定系统结构与资源约束下,单位时间内微创新频率达到某一临界值后,其对系统绩效的边际效益开始递减的临界点。该阈值反映了系统对创新输入的承载能力,超过该阈值,系统可能因资源分散、管理复杂性上升或用户认知疲劳而出现“过度创新”现象,从而抑制整体效能。由于微创新频率影响技术创新水平,而技术创新水平存在时滞效应,因此 2016 年用户接受度、产能利用率、新产品研发周期的数据未发生变化。2016—2019 年,微创新频率提高 10%或 20%,显著提升创新成果产出量,这得益于当时快速增长的市场需求和政策支持。然而,2020—2024 年,创新成果产出量整体大幅下降,这一时期微创新频率增加可能加剧了对研发、人力和财务资源的需求,资源分配不当或不足会导致创新效率降低,同时市场饱和与竞争加剧等外部因素也产生了影响,表明增加微创新频率无法长期维持高水平的创新产出。2017—2022 年,增加 20%微创新频率的创新成果产出量都不如增加 10%,这可能是由于高频率微创新在市场较为饱和的状态下边际效益会减小,表明系统已接近微创新阈值,过度创新可能引发负反馈。2023—2024 年,微创新频率增加 10%和 20%均导致创新成果产出量低于基准

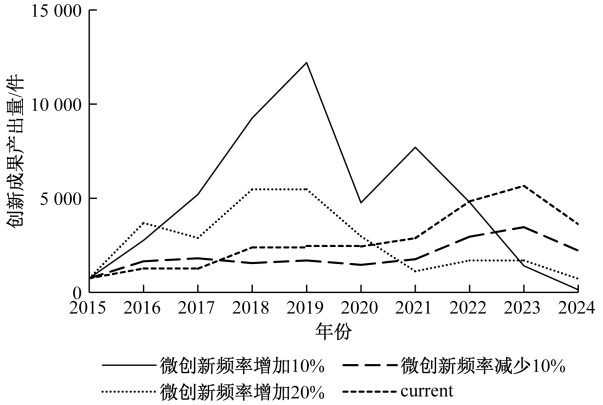


图 8　微创新频率对创新成果产出量的影响

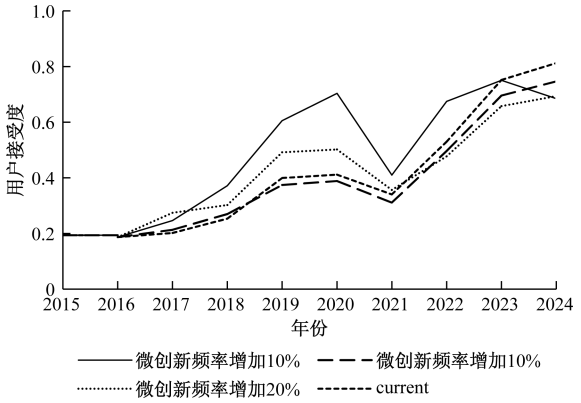


图 9　微创新频率对用户接受度的影响

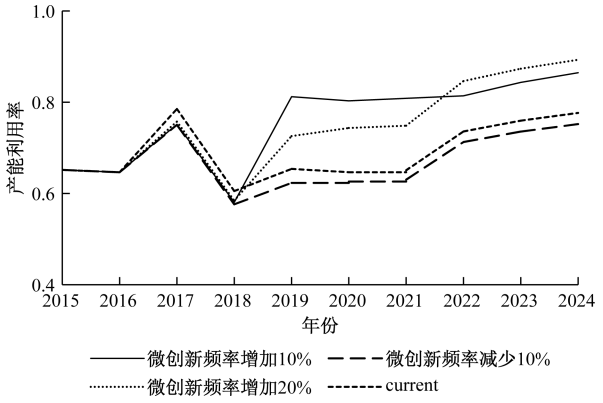


图 10　微创新频率对产能利用率的影响

水平，表明在企业生命周期成熟阶段，面临市场竞争加剧、技术更新换代等因素，过高微创新频率还可能引发资源分散、管理复杂性和技术瓶颈等问题，从而降低创新成果产出量。整体来看，微创新频率减少 10%的创新成果产出量低于当前水平。

纵观 2017—2024 年，多数年份显示，微创新频率提高 10%普遍提升了用户接受度，尤其在 2018—2020 年效果显著。这表明适度增加微创新频率能有效增强用户接受度。尽管微创新频率提高 20%

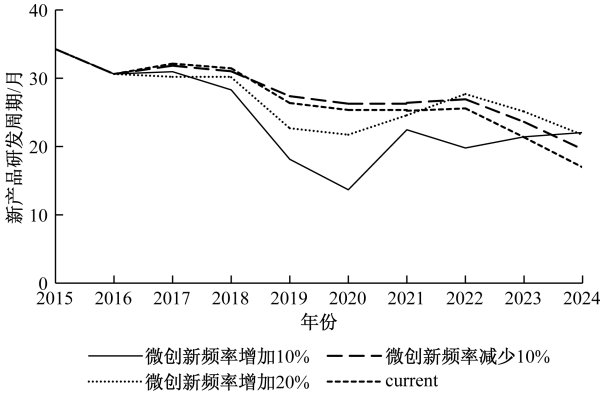


图 11　微创新频率对新产品研发周期的影响

时用户接受度仍高于基准值，但相较于提升 10%，其增幅有所减小，这表明过高的微创新频率可能导致用户接受度的边际效应递减。此外，微创新频率降低 10%时，用户接受度普遍低于基准水平，凸显了微创新对维持用户黏性的关键作用。然而，2023 年与 2024 年数据显示，微创新频率提升 10%和 20%后的用户接受度反而低于基准值，表明在技术成熟阶段，过高频率可能导致用户疲劳或产品稳定性问题。

2017—2024 年，微创新频率降低 10%导致产能利用率普遍下降，而增加 10%则显著提升了产能利用率，特别是在 2019—2021 年，产能利用率远高于当前数据。这表明微创新频率的增加对产能利用率的提升有显著的正向影响，其能提高生产效率、优化生产流程。微创新频率增加 20%的情境下，产能利用率进一步提升。但在 2019—2021 年，微创新频率增加 20%的提升效果略低于增加 10%，可能是因为在该时期，受疫情等外在因素影响，当微创新频率超过系统承载阈值，过度投入反而导致资源浪费，抑制效率提升。

2017—2024 年，在多数年份，微创新频率的增加显著缩短了吉利公司的新产品研发周期。这反映了吉利通过持续的技术创新、流程优化和管理改进，提高了研发效率。微创新频率增加 10%，显著缩短研发周期，微创新频率增加 20%，增幅略低于 10%。但在 2021—2024 年，增加微创新频率并未持续缩短研发周期，甚至有所延长。在这一时期，随着微创新频率的增加，吉利面临更复杂的技术挑战，需要更多时间进行研发和测试。随着新能源汽车市场的竞争加剧，吉利需要投入更多资源进行市场调研、产品设计和营销策略制定，以应对竞争对手的挑战。在多数年份，微创新频率的减少则导致

研发周期延长,说明微创新对维持研发效率至关重要。

综上,微创新频率的调整对新能源汽车供应链生态系统的各个关键指标具有显著影响。企业在成长期应适度增加微创新频率以促进创新和市场响应,但在成熟期需谨慎调整,避免因资源分散或管理复杂性导致效率下降。同时,企业应根据市场和技术环境动态优化微创新策略,以达到创新效能的最佳化。

3.4.2　需求识别能力对各因素的灵敏度分析

考察需求识别能力对各因素的影响,控制其他变量不变,调整需求识别能力大小,进而观测其对微创新频率、创新平台成熟度、领先用户参与创新活跃度的具体影响。如图 12～图 14 所示,将需求识别能力分别增加 10%、20%和减少 10%,观察到微创新频率、创新平台成熟度、领先用户参与创新活跃度相应发生了变化。在 2018 年之前,尽管需求识别能力发生了变化,但微创新频率、创新平台成熟度、领先用户参与创新活跃度保持基线水平,具有明显的门槛效应。2018—2024 年数据显示,需求识别能力提升 10%,微创新频率持续高于当前水平。需求识别能力提升 20%,微创新频率增幅进一步扩大,这表明需求识别能力在促进企业进行微创新方面发挥了重要作用。而需求识别能力降低 10%,微创新频率始终低于当前值。需求识别能力提升使吉利能够精准捕捉市场痛点,减少无效创新投入,聚焦高价值改进方向,如针对充电效率低的用户反馈快速优化电池管理系统,推动高频微创新。

2018—2024 年,需求识别能力提升 10%后,创新平台成熟度持续高于当前水平,表明精准识别用户需求对提升平台技术水平和稳定性的重要性。并且,需求识别能力提升 20%后,创新平台成熟度进一步升高。而需求识别能力的降低则导致创新平台成熟度下降,进一步证实了需求识别在平台优化中的关键作用。高效的需求识别能力能够完善企业知识库,并推动领先用户深度参与生态创新建设,促进平台功能迭代,助力企业从“功能集成”向“生态引领”战略升级。

2018—2024 年,需求识别能力提升 10%,领先用户参与活跃度持续高于基准水平,表明用户需求的精准识别是驱动用户参与创新过程的关键因素。需求识别能力提升 20%时,增幅进一步扩大,吉利就曾通过建立“用户共创实验室”纳入用户提案来提高需求识别能力,效果显著,表明需求识别能力的提升有助于企业更好地整合用户资源,推动创新。反之,需求识别能力降低 10%,用户参与活跃度始终低于基准值,进一步证实了需求识别在用户创新参与中的关键作用。

综上,需求识别能力是推动微创新频率提升、创新平台成熟度提高以及领先用户参与创新活跃度增强的核心动力。企业应优先提升需求识别能力,以吸引领先用户参与创新,优化供应链生态系统,从而实现持续的创新和市场竞争力提升。

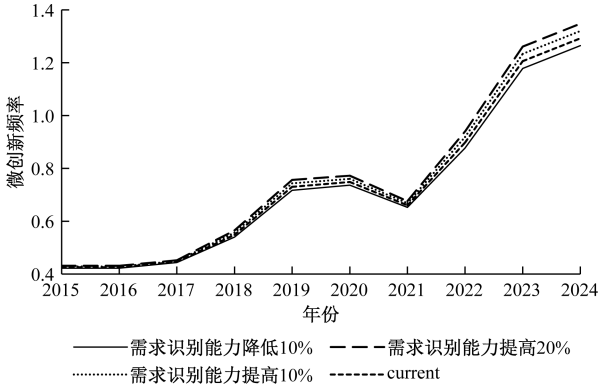


图 12　需求识别能力对微创新频率的影响

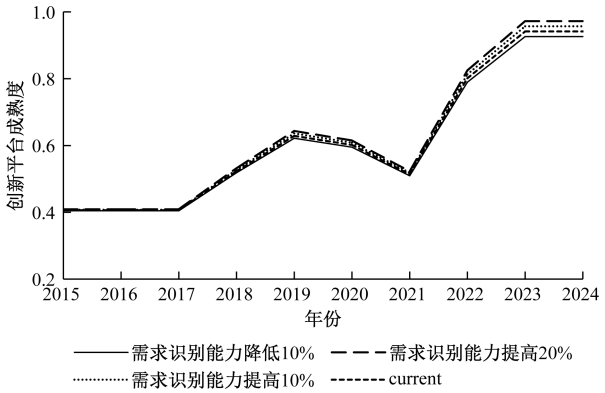


图 13　需求识别能力对创新平台成熟度的影响

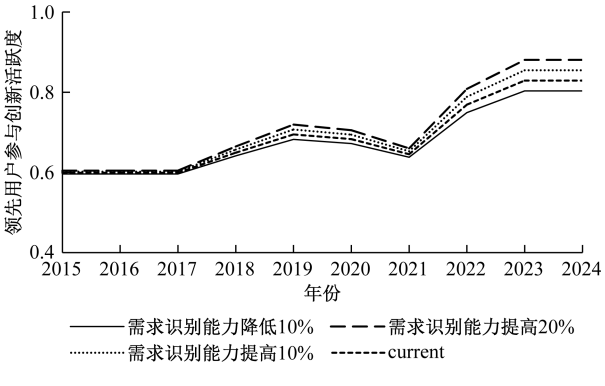


图 14　需求识别能力对领先用户参与创新活跃度的影响

3.4.3　技术适配速度对各因素的灵敏度分析

考察技术适配速度对各因素的影响，控制其他变量不变，调整技术适配速度，进而观测其对开发支出、技术创新水平、合作稳定性的具体影响。如图 15～图 17 所示，将技术适配速度分别加快 10%、20%和减慢 10%，观察到开发支出、技术创新水平、合作稳定性相应发生了变化。在大多数年份，技术适配速度的加快显著降低了吉利公司的开发支出。这反映了吉利通过加快技术适配速度，提高了开发效率，优化了开发流程，从而减少了不必要的开发成本。吉利公司近 10 年来在研发投入上累计远超千亿元，形成“高投入-快适配-降成本”的正向循环。当技术适配速度减慢时，吉利公司的开发支出普遍增加。这表明技术适配速度是控制开发支出的重要因素。值得注意的是，2020—2021 年适配加速带来的成本降幅更为显著，但 2022 年后边际效应递减，可能与技术复杂度上升及固态电池等突破性技术研发需求相关。

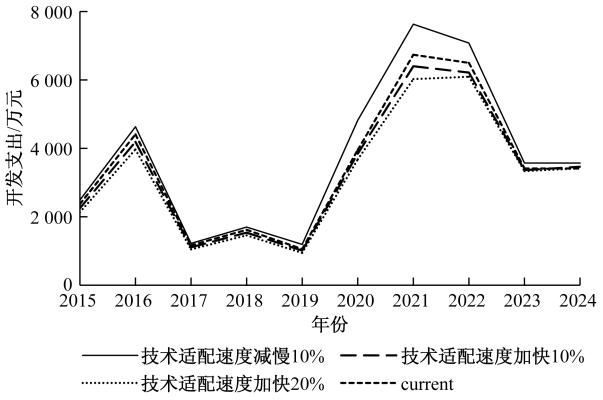


图 15　技术适配速度对开发支出的影响

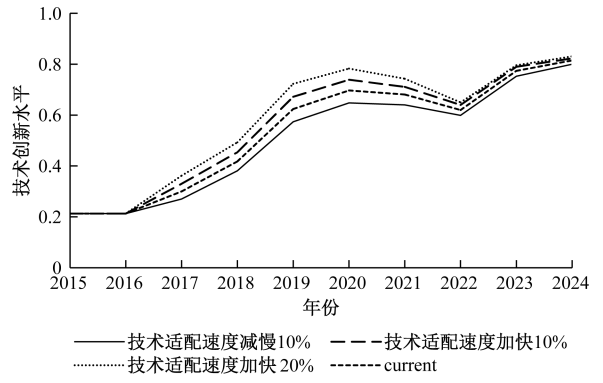


图 16　技术适配速度对技术创新水平的影响

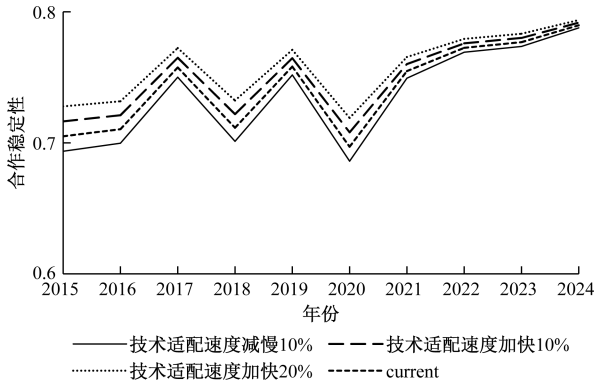


图 17　技术适配速度对合作稳定性的影响

2015—2024 年，在大多数年份，当技术适配速度减慢时，吉利公司的技术创新水平普遍下降。技术适配速度的减慢会延缓新技术的应用，影响技术创新的进度。2017—2020 年技术适配加速显著提升创新水平，因基础技术尚未定型，适配优化空间大，2022 年后，技术适配速度加快对技术创新水平提升效果有限，该时期企业技术水平已经较高，一些核心技术创新，如固态电池依赖突破性研发，单纯提升适配速度难以突破技术阈值。

2015—2024 年，在大多数年份，技术适配速度的加快显著提升了吉利公司与供应商的合作稳定性。这反映了吉利通过加快技术适配速度，提高了与供应商的协同效率，提高生产效率，减少合作中的不确定性从而增强了合作稳定性。例如，吉利公司对电池技术的改进和 AI 技术的应用，促进了与供应商的技术对接和协同开发，进一步增强了合作稳定性。当技术适配速度减慢时，吉利公司与供应商的合作稳定性普遍下降。这表明技术适配速度是维持合作稳定性的重要因素。

因此，技术适配速度作为动态能力核心要素，其战略价值呈现阶段性特征。在技术追赶期，适配加速是降本增效的关键驱动；进入技术前沿区后，需构建“速度-深度”的协同机制，警惕路径依赖风险。

4　结论与建议

4.1　研究结论

(1)将新能源汽车供应链生态系统结构划分为内部环境和外部环境两个方面，识别出了影响新能源汽车供应链生态系统发展的 29 个关键因素，将其分为宏观层因素包括政府补贴、税率、生态环境压力等和微观层因素包括微创新频率、领先用户参与创新活跃度、需求识别能力等，强调微观行为对系统的涌现效应。研究发现新能源汽车供应链生态系统中的各个要素间存在相互关联与交互作用。微创新频率、需求识别能力、技术适配速度等核心要素的变化会通过复杂的反馈机制影响整个系统的演化。

(2)采用微创新策略成为促进新能源汽车供应链生态系统优化与升级的关键动力要素。适度增加微创新频率能够显著提升创新成果产出量、用户接受度、产能利用率，从而促进整个供应链生态系统的良性演化。微创新频率提升可通过快速迭代满足市场需求，但长期高频创新或超过某个阈值后会导致资源分散，边际效应递减，企业需通过动态调控平衡效率与稳定性，避免过度创新或资源浪费，以实现系统最优性能。

(3)需求识别能力对新能源汽车供应链生态系统的运行和优化具有重要影响。增强需求识别能力有助于提高创新平台成熟度、微创新频率和领先用户参与创新活跃度，使企业能够更好地满足市场需求，提升市场竞争力。同时也验证了领先用户共同参与创新对供应链生态系统演化的重要作用。

(4)技术适配速度加快可使开发支出降低，显著推动技术创新水平。快速的技术适配有助于缩短创新成果从研发到应用的周期，加速知识和技术在供应链生态系统中的流动与共享，强化整个系统的创新效率和运营效能，实现系统对市场波动的快速响应。

4.2　管理启示

(1)企业应将微创新作为核心战略能力，认识到微创新在提升竞争力、驱动增长和适应市场变化中的关键作用，将其融入企业文化和战略规划。建立鼓励微创新的机制和文化，通过持续的小幅度改进和快速迭代，提升产品质量和技术水平，增强市场竞争力。但需根据自身技术成熟度、市场需求和竞争环境，动态调整微创新频率和投入水平，避免盲目追求高频率或高投入。通过市场反馈和数据分析，寻找最优的微创新策略。

(2)企业需加强市场调研和用户反馈机制，精准识别用户需求，将其融入产品开发和创新平台建设中，以提高用户满意度和参与度。避免过度创新导致用户疲劳或产品质量问题。在技术成熟阶段，更应注重提升产品可靠性和服务质量。建立动态需求监测体系，将市场需求精准转化为创新方向。

(3)构建具有韧性和效率的供应链生态系统，加强供应链内部的协同创新和技术共享。鼓励和促进供应链上下游企业之间的紧密合作、信息共享与联合研发。建立协同创新平台和机制，加速创新成果在生态系统内的扩散和应用，形成协同效应。通过微创新优化供应链流程、提升技术水平和加强企业间协同，增强供应链的抗风险能力和运营效率。关注关键环节的微创新，增强供应链整体竞争力。

参考文献

[1] 国务院办公厅关于印发新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报，2020(31)：16-23.

[2] 柳卸林，杨培培，丁雪辰. 央地产业政策协同与新能源汽车产业发展：基于创新生态系统视角[J]. 中国软科学，2023(11)：38-53.

[3] 刘钊. 汽车产业加速构建智能网联新生态[N]. 证券日报，2025-03-10(A04).

[4] 欧忠辉，朱祖平，夏敏，等. 创新生态系统共生演化模型及仿真研究[J]. 科研管理，2017，38(12)：49-57.

[5] 白雪洁，朱泽原. 中国新能源汽车产业的创新发展模式与未来方向[J]. China Economist，2024，19(6)：31-57.

[6] SONG R，SHI W，QIN W，et al. Exploring the interplay of new energy vehicle enterprises，consumers，and government in the context of the“dual carbon” target：an evolutionary game and simulation analysis[J]. PLoS One，2023，18(9)：e0291175.

[7] 胡登峰，冯楠，黄紫微，等. 新能源汽车产业创新生态系统演进及企业竞争优势构建：以江淮和比亚迪汽车为例[J]. 中国软科学，2021(11)：150-160.

[8] 王静. 碳达峰碳中和目标下现代能源供应链生态系统高质量发展研究[J]. 社会科学研究，2023(4)：65-73.

[9] 王宏起，汪英华，武建龙，等. 新能源汽车创新生态系统演进机理：基于比亚迪新能源汽车的案例研究[J]. 中国软科学，2016(4)：81-94.

[10] 赵巧芝，陈昊，张力晖. 中国新能源汽车产业技术创新的竞合关系研究：基于Lotka-Volterra种群竞争模型分析[J]. 技术经济，2024，43(12)：47-59.

[11] 赵天一，王宏起，李玥，等. 新兴产业创新生态系统综合优势形成机理：以新能源汽车产业为例[J]. 科学学研究，2023，41(12)：2267-2278.

[12] 方刚，何子聪. 数字时代专精特新企业微创新动力机制模型及其阶段性影响因素[J]. 科技管理研究，2024，44(21)：20-29.

[13] 喻登科，吴文君，费伦林，等. 大型工程项目品质工程建设场景中的微创新研究[J]. 科技进步与对策，2024，41(6)：21-29.

[14] 曲霏，张慧颖. 创新生态系统如何驱动企业微创新：一个组态视角的fsQCA分析[J]. 科技进步与对策，2022，39(15)：58-66.

[15] 华晔，孙菁，董毓芬. 异质用户参与度下新产品开发策略的演化分析[J]. 管理科学学报，2024，27(1)：17-27.

[16] 张锦程，方卫华. 政策变迁视角下创新生态系统演化研究：以新能源汽车产业为例[J]. 科技管理研究，2022，42(11)：173-182.

[17] 罗丽莎，庄越. 驱动新能源汽车产业发展的地方性政策比较分析[J]. 科技和产业，2024，24(20)：7-14.

[18] 周全，程梦婷，吴绍波，等. 新能源汽车企业创新生态

系统协同构建研究[J]. 科研管理，2024，45(4)：32-41.
[19] JAGANI S，MARSILLAC E，HONG P. The electric vehicle supply chain ecosystem：changing roles of automotive suppliers[J]. Sustainability，2024，16(4)：1570.
[20] XIAO J，LIAO Y，HOU R，et al. Evaluation and prediction of regional innovation ecosystem from the perspective of ecological niche：nine cities in Hubei Province，China as the cases[J]. Sustainability，2024，16(11)：4489.
[21] LU C H. Research on the development of global new-energy vehicle industry under the goal of carbon neutrality [J]. Journal of Electronic Research and Application，2023，7(4)：20-30.
[22] 王冲，易魁. 创造与创新的融合：新基建对文化创意产业的涌现作用[J]. 企业经济，2024，43(3)：50-59.
[23] 李勇建，李佳佳，孙晓晨，等. 基于系统动力学的“制造链＋平台”双模式价值共创实现动因研究[J]. 系统工程理论与实践，2023，43(12)：3549-3569.
[24] 梁霄. 基于 SD 的中国新能源汽车产业技术创新生态系统研究[D]. 广州：广东工业大学，2020.
[25] 黄嘉松，万昆，郑旭东，等. 教育政务数据开放风险识别与仿真研究：基于系统动力学的演化分析[J]. 现代教育技术，2025，35(3)：118-128.
[26] 樊洁，严广乐. 基于系统动力学的北京市私家车总量仿真与控制[J]. 公路交通科技，2009，26(12)：120-125.
[27] 李媛媛，陈文静. 基于系统动力学的区域金融生态系统稳定性研究：以河北省为例[J]. 系统科学学报，2022，30(3)：125-130.

Research on Evolutionary Dynamics of New Energy Vehicle Supply Chain Ecosystem Based on Micro-innovation

FANG Gang，SHEN Fangyun
(School of Management，Hangzhou Dianzi University，Hangzhou 310018，China)

Abstract：Under the backdrop of global energy transition and automotive industry transformation，the rapid development of the new energy vehicle industry puts forward new requirements for the construction and optimization of the supply chain ecosystem. Therefore，based on the dynamics of the new energy vehicle supply chain ecosystem model，analyzes the core driving factors that promote system evolution and their mechanisms of action，and focuses on exploring how micro-innovations drive system optimization and upgrading. The results indicate that the complex feedback mechanism among the various elements of the system affects system evolution. Among them，micro-innovations，as the key driving force for system optimization and upgrading，need to be dynamically regulated to prevent resource waste. Meanwhile，the ability of enterprises to identify demands enhances the maturity of the innovation platform and user participation，and accelerates the speed of technology adaptation，knowledge flow and technology transformation，reduces R&D costs and promotes the level of innovation，jointly enhancing the system's response ability to market changes.

Keywords：new energy vehicles；supply chain ecosystem；system dynamics；micro-innovation