

文章编号:1003-207(2025)01-0297-14

DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2024.1097

# 产品创新的制造供应链运营管理研究： 新进展与展望

肖勇波<sup>1</sup>, 赵翠<sup>2</sup>, 林群庚<sup>1</sup>, 张继红<sup>3</sup>

(1. 清华大学经济管理学院, 北京 100084; 2. 北京交通大学经济管理学院, 北京 100044;  
3. 北京外国语大学国际商学院, 北京 100089)

**摘要:**随着数智技术的快速发展,制造业的数字化和智能化转型加速推进,数智赋能下制造企业的产品创新已成为推动实体经济发展的核心驱动力。企业不仅聚焦于技术革新,还逐步将环境、社会与治理(ESG)标准融入产品创新与供应链管理,以实现经济效益与可持续发展的双重目标。这一转型不仅催生了新的商业模式和供应链结构,也带来了诸多新的管理挑战,如数智赋能下的产品创新、供应链韧性中的产品创新,以及产品创新与企业ESG绩效的有机协同等。这些挑战为信息系统与信息管理、运营与供应链管理等领域的学者提供了广阔的研究空间,涵盖了供应链横向企业的产品创新,供应链上下游企业的纵向产品创新,供应链外部成员的产品创新,以及基于产品创新的供应链协调机制等。本文在深入分析数智时代供应链产品创新管理面临的核心挑战基础上,系统回顾了上述相关研究成果,并展望了未来值得深入探索的研究方向,特别是如何将ESG因素与产品创新深度融合,以推动可持续发展与产品创新实践的协同发展。

**关键词:**产品创新;数智化;ESG;运营与供应链管理;竞争策略

**中图分类号:**C93 **文献标识码:**A

## 1 引言

制造业作为国民经济的物质基础和重要支柱,不仅是实体经济发展的关键引擎,更是国家综合竞争力的集中体现。因此,推动我国制造业转型升级,建设制造强国,已成为实现经济高质量发展的关键。习近平总书记强调指出“必须始终高度重视发展壮大实体经济,抓实体经济一定要抓好制造业”。国家统计局数据显示,2023年,在制造企业盈利稳步改善和转型升级加快的推动下,制造业投资持续企稳向好。2023年制造业投资同比增长6.5%,高于全社会固定资产投资增速3.5个百分点。其中,电气机械与器材制造业投资增长32.2%,汽车制造业投资增长19.4%。近年来,伴随着新一代信息技术的迅速崛起,推动现代制造业创新,已成为国家和企业实现高质量发展的重要战略。通过产品创新,制造企业不仅能够提升产品质量和附加值,还能通过技术和设计革新,不断优化产品功能、提升品质水平,进

而更精准地满足消费者日益多样化的高品质需求。

近年来,随着个性化需求的不断增长,制造业面对的是一个充满变化和不确定性的市场环境。现代制造业的核心特征在于能够快速响应市场需求,并满足用户的个性化需求。然而,传统的产品创新往往依赖经验和直觉,在这种动态变化的环境下,传统的创新方式面临较高的失败风险。随着数智技术的不断发展与应用,数智赋能的产品创新已成为新时代制造业创新的典型特征,并成为企业成功创新的关键因素。借助物联网等技术,企业能够实时收集和分析海量数据,从而深入洞察市场需求,优化产品策略与市场定位,这种数智赋能的产品创新不仅提高了效率,还显著降低了风险。同时,数智技术的广泛应用为企业内部提供了数据驱动的创新机会,也推动了多个跨地域的产品创新平台的形成。通过这些平台,不同地区的企业可以实现实时协作,共同完成产品设计和开发,促进供应链中的资源共享与集成创新。然而,这种信息平台的广泛使用也带来了数据安全隐患,信息泄露的风险可能对企业造成严重影响。在这一背景下,企业如何平衡创新与数据安全,如何在推动技术进步的同时履行环境、社会与治理(ESG)责任,成为了新的挑战。企业不仅需要通过数智技术提升产品创新能力,还必须确保其创新活动在符合ESG标准的前提

收稿日期:2024-06-30; 修订日期:2024-12-05

基金项目:国家自然科学基金项目(72125002,72293561)

通讯作者简介:肖勇波(1978—),男(汉族),湖北天门人,清华大学经济管理学院,教授,博士,研究方向:运营与供应链管理、定价与收益管理等, E-mail: xiaoyb@sem.tsinghua.edu.cn.

下,保障数据安全并推动可持续发展,从而在提升经济效益的同时,增强社会责任感和长期竞争力。

随着信息与数智技术的飞速发展,以及全球制造业格局的变革,制造企业之间的相互依赖性日益增强,供应链管理已成为整合内外部资源、实现竞争优势与可持续发展的关键。制造供应链管理涵盖从原材料采购、产品创新与制造,到最终消费者的全过程,涉及多个环节的协调与优化。在当前高度竞争和不确定性的市场环境下,制造企业的产品创新竞争正逐步转向基于供应链的竞争。传统商业模式下,制造企业往往独立进行产品研发与生产,产品创新未能完全对接消费者需求,导致市场风险较大。数智技术的发展为制造企业创造了基于供应链的创新模式和管理策略。以产品众筹为例,消费者不仅能参与预购,还能参与产品设计和决策,这种互动提高了产品质量和创新度,增强了品牌忠诚度和口碑传播效应,为企业带来长期盈利。与此同时,数智技术和经营理念的转变催生了生态链这一新型供应链模式。生态链通过核心企业整合上游供应商、线上线下平台及下游销售网络,形成综合性系统。与传统供应链相比,生态链中的竞合关系更为复杂,带来了新的供应链结构,同时,也给企业的产品创新管理带来了新的挑战,尤其在资源共享、风险管控与创新协同方面。在此背景下,企业不仅要推动创新,还需在遵循 ESG 标准的基础上确保可持续发展,提升品牌价值并增强社会责任感,以在全球竞争中脱颖而出。

如上所述,数智技术的兴起推动了数智赋能的产品创新模式。然而,数智时代制造企业在产品创新管理中面临的挑战与问题,特别是在 ESG 框架下,主要体现在如下四个层面:

(1) 产品创新的信息挖掘与知识发现。随着数智技术的发展与成熟,企业的产品创新环境发生了深刻变化。物联网等前沿技术的广泛应用,为获取产品性能相关的深层次数据提供了便捷通道。如何运用文本挖掘、机器学习等科学方法对海量数据进行深入分析,成为关键问题。通过实时收集与分析相关数据,企业能够迅速发现产品使用中的异常与改进空间,并挖掘隐藏在数据背后的宝贵知识,帮助精准制定产品创新策略<sup>[1-4]</sup>。在 ESG 框架下,这种数智赋能的创新不仅提升了产品质量,还能识别与环境相关的问题,推动绿色设计和可持续创新<sup>[5]</sup>。除了产品数据,数字技术和信息平台的应用使制造企业能够轻松获取消费者需求、合作伙伴与竞争对手的相关信息。这些信息的收集与分析不仅有助于市场细分和消费者偏好的识别,还能在社会责任和环境保护的背景下调整产品策略,促进资

源共享和创新决策的透明度,从而为企业的创新提供更全面的支持。

(2) 基于产品创新的供应链企业运营管理。针对特定业务场景,结合产品创新对消费者需求的影响,优化供应链中各企业的运营管理决策。在此过程中,企业不仅需要关注产品创新对市场需求的预测,还需考虑如何通过创新满足环境可持续性、社会责任和治理透明度的要求<sup>[6]</sup>。通过分析产品创新对需求的影响,可以构建基于产品创新的需求预测模型,并以此为基础,优化供应链中的定价、产能等关键决策<sup>[7]</sup>。例如,如何运用数学建模方法,动态优化产品创新与定价的联合决策,以提升企业绩效,并同时确保创新过程符合 ESG 标准? 如何根据消费者偏好以及环境和社会责任等需求,制定符合可持续发展的产品创新策略? 此外,从信息平台的角度来看,如何基于产品数据信息实现供应链资源共享,并制定能够推动社会价值和环境效益的产品集成创新策略,以促进整体创新、协同效应和可持续发展目标达成?

(3) 供应链成员之间的产品协同创新。在现实中,大多数制造企业的产品创新并非独立完成,而是通过与其他供应链成员紧密合作实现的<sup>[8,9]</sup>。面对不同供应链结构、领导力差异和议价权不均等<sup>[10]</sup>,如何在确保环境可持续性、社会责任和治理透明度的前提下,促进供应链企业之间的产品协同创新? 在这一过程中,协同创新如何影响定价、营销、产能分配等关键运营决策,并确保这些决策符合 ESG 标准,特别是在资源优化、社会影响和企业治理方面? 除了内部协作,制造企业的产品创新往往还受到供应链外部机构和组织的支持,尤其是在外部资助的帮助下,创新得以顺利推进。供应链外部成员的参与,如何推动企业遵守社会责任,并影响其产品创新策略的选择? 此外,随着数智技术的迅猛发展和企业经营理念的转变,新兴商业模式和供应链模式(如产品众筹、生态链等)不断涌现。如何构建数学优化模型,以揭示这些新兴模式的特征,并研究供应链成员如何在 ESG 框架下,进行高效的产品协同创新?

(4) 基于产品创新的供应链机制设计。随着产品创新竞争与协同创新的推进,供应链企业之间往往存在复杂的竞争与合作关系,这可能导致目标不一致和利益冲突。如何设计有效的产品创新协调机制<sup>[11]</sup>,确保供应链各方主体在 ESG 框架下实现协同共赢<sup>[12]</sup>? 尤其是在这些关系随时间变化的背景下,如何构建动态的供应链协调机制,确保创新与 ESG 原则的统一? 当外部成员加入供应链时,如何建立有效的创新监管机制<sup>[5]</sup>,以保证外部参与方遵



些学者还探讨了供应链横向竞争企业在多品类产品创新投资决策中的问题<sup>[25]</sup>。Kim等<sup>[26]</sup>研究了企业推迟发布创新产品的影响,发现产品召回概率的增加在某些条件下会促进产品创新。制造商通常既是产品的生产者,也是创新者。考虑到技术市场的存在(即产品创新由第三方投资),De Bettignies等<sup>[27]</sup>发现,产品竞争强度与技术市场创新之间呈现U型关系。除了供应链原有成员的产品创新竞争,市场入侵也是供应链横向企业竞争创新的重要场景之一。已有学者从不同主体视角研究了市场入侵下的产品创新管理问题。李春雨等<sup>[28]</sup>从在位者角度探讨了产品创新策略。Dawid等<sup>[29]</sup>进一步研究了在位者的产品动态创新投资策略,而Jiang等<sup>[30]</sup>则从消费者角度分析了消费者预期后悔对市场在位者和入侵者利润以及产品创新水平的影响。部分学者还研究了供应链横向竞争企业的产品创新对供应链下游市场的溢出效应。例如,Cetin和Zaccour<sup>[31]</sup>研究了竞争市场下考虑产品创新的再制造策略对企业环境绩效和消费者剩余的影响。随着数字技术的快速发展,制造企业与消费者之间的互动变得更为频繁和便捷,从而为企业提供了大量数据,帮助它们更加精准地了解消费者需求。Li<sup>[32]</sup>指出通过顾客类型识别,企业可以利用购买记录提高产品创新水平,但可能会损害企业的整体利润。

### (2) 供应链横向企业的竞合创新

供应链横向企业之间可能通过产品创新合作实现互利共赢。Liu等<sup>[33]</sup>研究了在位者向入侵者提供技术许可下的产品创新合作,发现在一定条件下,这种合作能够促进供应链横向企业及消费者的三方共赢。曲薪池等<sup>[34]</sup>研究表明,尽管供应链横向企业之间的竞合关系有助于提高企业利润,但也可能限制产品创新活动,并减少创新产品的产能。Giovannetti和Piga<sup>[35]</sup>的实证研究则发现,竞争对手的积极创新合作反而会降低双方的产品创新率,并间接降低产品的生产率。Hafezi等<sup>[36]</sup>对比分析了投资分担与创新共享策略,结果表明,创新共享策略更有利于促进产品的绿色创新。

### 2.2.2 供应链上下游企业的纵向产品创新

根据实施产品创新主体的不同,供应链上下游企业的产品创新研究主要可分为两类:一类是供应链上游企业的独立创新,另一类是供应链上下游企业的协同创新。

#### (1) 供应链上游企业的独立创新

针对传统制造场景,温小琴<sup>[37]</sup>研究了消费者质量意识对制造商产品创新的影响,发现消费者质量意识的提升能够推动供应链实现更高质量和产量。刘靛晨<sup>[38]</sup>针对策略型消费者,探讨了制造商的最优

产品创新策略,并指出该策略受到创新提升程度、成本差异和策略性程度的共同影响。Ni等<sup>[39]</sup>研究表明,供应商和制造商之间的信息不对称往往导致产品创新投资不足,但在获得更多私有信息的情况下,这一问题能够得到缓解。Wang和Shin<sup>[40]</sup>考虑了供应商创新对下游市场竞争的溢出效应,研究发现只有当供应商和下游市场在议价能力和竞争强度上存在明显差异时,供应商才应增加产品创新投资。随着ESG理念的普及,绿色和低碳产品创新逐渐成为学者关注的重点。例如,赵晓敏和孟潇潇<sup>[41]</sup>在专利授权模式下研究了制造商的产品绿色创新决策与第三方再制造商再制造决策的博弈过程。然而,过度重视可持续发展目标可能导致企业出现绿色乐观主义,进而高估消费者的支付意愿,从而损害利益相关者甚至阻碍绿色创新<sup>[42]</sup>。在工业4.0广泛应用的背景下,Biswas等<sup>[43]</sup>研究了制造商在传统产品基础上引入工业4.0的创新问题,发现当制造商高估零售商成本时,工业4.0产品的创新水平更高,并且线性两部收费合同(Linear Two-part Tariff Contract)比批发价格合同更有助于提升产品创新水平。

#### (2) 供应链上下游企业的协同创新

在实际中,很多制造企业与供应链上下游企业合作进行产品创新。通过协同创新,企业可以分担创新成本并提升创新水平,但这并不总能直接带来利润增加<sup>[44-46]</sup>。Song等<sup>[47]</sup>针对分散式和集中式供应链结构,研究了上下游企业在动态协同产品创新中的问题。在一些复杂的创新场景下,供应链上下游企业可能需要多次协作才能达成产品创新目标,此时需要设定明确的终止条件。Rahmani和Ramachandran<sup>[48]</sup>对比了两种创新项目委托策略:承诺策略和灵活终止策略。研究表明,灵活终止策略不总是对委托方有利,而承诺策略则有助于减少被委托方推迟创新的倾向。Beer和Qi<sup>[49]</sup>探讨了协同产品创新时,企业是否应告知合作者自身创新进度。部分学者还关注多企业间协作中的产品创新管理。例如,Chen等<sup>[50]</sup>研究了企业如何选择采购策略(整体投标或分散采购)来激励和识别产品创新。Gupta等<sup>[51]</sup>发现,在特定条件下,企业可以通过引入效率低于关键供应商的次要供应商来优化协同创新。随着大数据分析和人工智能等数字技术的广泛应用,越来越多学者开始关注数智赋能的协同创新。Wei等<sup>[52]</sup>提出了一种基于关键零部件、数字技术成熟度及其匹配度的协同创新策略选择方法,认为数字技术能有效降低创新失败的风险并提高创新效率。

### 2.2.3 供应链外部成员的产品创新策略

在现实中,大多数制造企业的产品创新并非独立完成,而是与外部成员共同协作实现的。现有的相关研究主要集中在两类情境下的供应链产品创新管理:一是政府参与的创新管理,二是消费者参与的创新管理。

#### (1)政府参与的创新管理

关于政府参与下的供应链产品创新,相关研究主要聚焦于基于产品绿色创新的政府补贴策略,如创新努力补贴策略<sup>[53]</sup>。冯颖等<sup>[54]</sup>进一步研究了绿色度补贴和绿色研发创新成本补贴对产品绿色创新的影响。除了从供给侧通过补贴制造商推动创新的研究外,还有部分文献探讨了通过补贴消费者(需求侧)来促进产品创新的问题<sup>[55,56]</sup>。汪明月等<sup>[57]</sup>分析了价格型与竞争型政府市场规制策略对企业绿色创新的影响。此外,部分研究将视角扩展至工业4.0背景下的产品创新管理<sup>[58]</sup>。

#### (2)消费者参与的创新管理

将消费者纳入产品创新过程已成为制造企业新产品设计和研发的重要途径<sup>[59]</sup>。部分学者研究了在竞争与非竞争市场环境下,制造企业应如何选择消费者参与创新的程度以提升利润<sup>[60,61]</sup>。另有研究通过演化博弈方法探讨了异质用户参与度下的企业新产品开发策略<sup>[62]</sup>。随着电子商务和社交媒体的迅猛发展,消费者在线上购物市场中通过发表评论间接参与产品创新。对此,Candoğan等<sup>[7]</sup>分析了产品创新水平对消费者评论行为的影响,并探讨了企业是否应持续改进产品以响应消费者反馈。此外,消费者参与产品创新有助于其在正式购买前更准确地评估产品价值,从而使企业能够实施更加精准的价格歧视。Yang等<sup>[6]</sup>研究了消费者参与的协同创新对竞争企业利润和社会福利的影响。

### 2.2.4 基于产品创新的供应链协调机制

如前所述,制造企业的产品创新往往会影响到供应链中的其他成员,进而导致目标不一致和利益冲突问题。近年来,基于产品创新的供应链协调机制设计已成为学者们的研究重点。例如,Lambertini<sup>[63]</sup>研究了两部收费合同在供应链产品创新中的协调作用。针对绿色产品协同创新,Yu等<sup>[64]</sup>分析了纵向研发、收益共享、固定支付和共同研发四种创新合同对供应链协调的影响。Yan等<sup>[65]</sup>通过实证分析,研究了如何设计基于收益共享的多因素合同来激励供应商进行产品协同创新。成本分担合同是另一种常用的激励合作伙伴进行产品创新并实现供应链协调的契约形式<sup>[10]</sup>。例如,Wang等<sup>[10]</sup>研究了考虑公平关切的绿色产品创新供应链中的成本分担合同。此外,部分学者还研究了棒球

仲裁、买断合同和回购合同等对基于产品创新的供应链协调的影响<sup>[66]</sup>。

### 2.3 现有研究的局限性

上述文献分析表明,近十年来,学者们围绕基于产品创新的供应链运营管理进行了大量创新性研究,取得了丰硕的成果。然而,随着数智技术的快速发展,供应链成员之间的竞合关系和互动方式愈加复杂,新的商业模式和供应链模式也不断涌现,带来了诸多新的产品创新管理问题。现有文献尚未完全解决这些问题,主要包括以下四个方面的挑战。

第一,在供应链横向企业的产品创新方面,现有研究大多采用数学建模方法探讨企业间的产品创新竞争与合作,而采用实证分析来研究企业间决策交互关系的文献较少。随着数智技术的进步,产品创新管理实践中产生了大量关于消费者需求、产品性能和企业互动的信息。通过文本挖掘、机器学习等技术实时收集与分析这些数据,挖掘有价值的知识,可以帮助企业更精准地制定产品创新策略。例如,面对日益多样化和个性化的消费者需求,如何通过机器学习等方法分析网络评论、社交媒体等平台上的产品体验或消费需求信息,从供应链角度优化产品创新决策,已成为亟待解决的课题<sup>[67,68]</sup>。此外,一些新兴智能制造技术(如3D打印等)的成熟应用,为供应链横向企业间的创新竞争、产品定制等提供了新的研究机会<sup>[69,70]</sup>。

第二,在供应链上下游企业的纵向产品创新方面,现有研究主要集中于供应链上下游企业的独立研发和协同创新,通常基于稳定的供应链结构研究制造企业的产品创新策略,较少关注产品创新失败的风险。然而,近年来国际形势动荡给供应链带来了持续的风险与冲击,尤其是“卡脖子”产品的创新,成为企业提升供应链韧性的关键手段<sup>[71]</sup>。然而,产品创新本身可能加剧供应链中断风险,如金融危机等因素可能导致企业破产,从而影响产品创新的可持续性<sup>[72-74]</sup>。这些风险可能通过涟漪效应影响供应链上下游其他企业的运营。因此,在考虑供应链韧性的背景下,制造企业应如何选择合适的产品创新策略?在不同潜在冲击和中断风险下,供应链上下游企业应如何进行产品创新,并调整定价等运营管理决策?

第三,在供应链外部成员的产品创新策略方面,现有研究主要集中于政府支持和消费者参与下的产品创新。然而,随着数智技术的进步,信息平台和信息系统在产品创新中的广泛应用促生了很多创新平台。快速传播的数据和信息虽然有助于加速创新,但也可能导致信息泄露,给企业带来数

据安全隐患,这是一个亟待深入研究的问题<sup>[75, 76]</sup>。例如,考虑到企业与消费者的数据隐私保护,在多主体协同创新的供应链中,是否需要引入隐私计算技术(如联邦学习等)以确保产品创新成果的安全,值得进一步探讨。

第四,针对基于产品创新的供应链协调机制,现有研究已提出了一系列契约机制,旨在解决供应链成员之间的目标不一致和利益冲突,从而实现协作共赢。大量实证研究表明,供应链网络结构和能力对企业的产品创新能力和决策具有重要影响<sup>[77-79]</sup>。然而,现有文献尚未针对不同供应链网络结构设计协调机制,特别是在产品创新管理中。例如,当消费者试用创新产品时,产品创新信息会在消费者网络中扩散<sup>[80]</sup>,此时供应链企业应如何进行

协同创新并设计协调机制以实现共赢? 在一些新兴供应链模式(如生态链)中,如何考虑生态链链主与生态链企业之间复杂的互动关系,并设计激励相容的协调机制? 这些问题目前尚未得到足够的关注。

### 3 供应链产品创新值得进一步关注的研究问题

未来值得关注的基于产品创新的供应链运营管理研究主要集中在以下五个方面:(1) 数智赋能产品创新的信息挖掘与知识发现;(2) 基于产品创新的企业运营管理;(3) 供应链企业的产品创新横向竞争;(4) 供应链上下游企业的产品创新纵向竞争;(5) 基于产品创新的供应链机制设计;如图 2 所示。

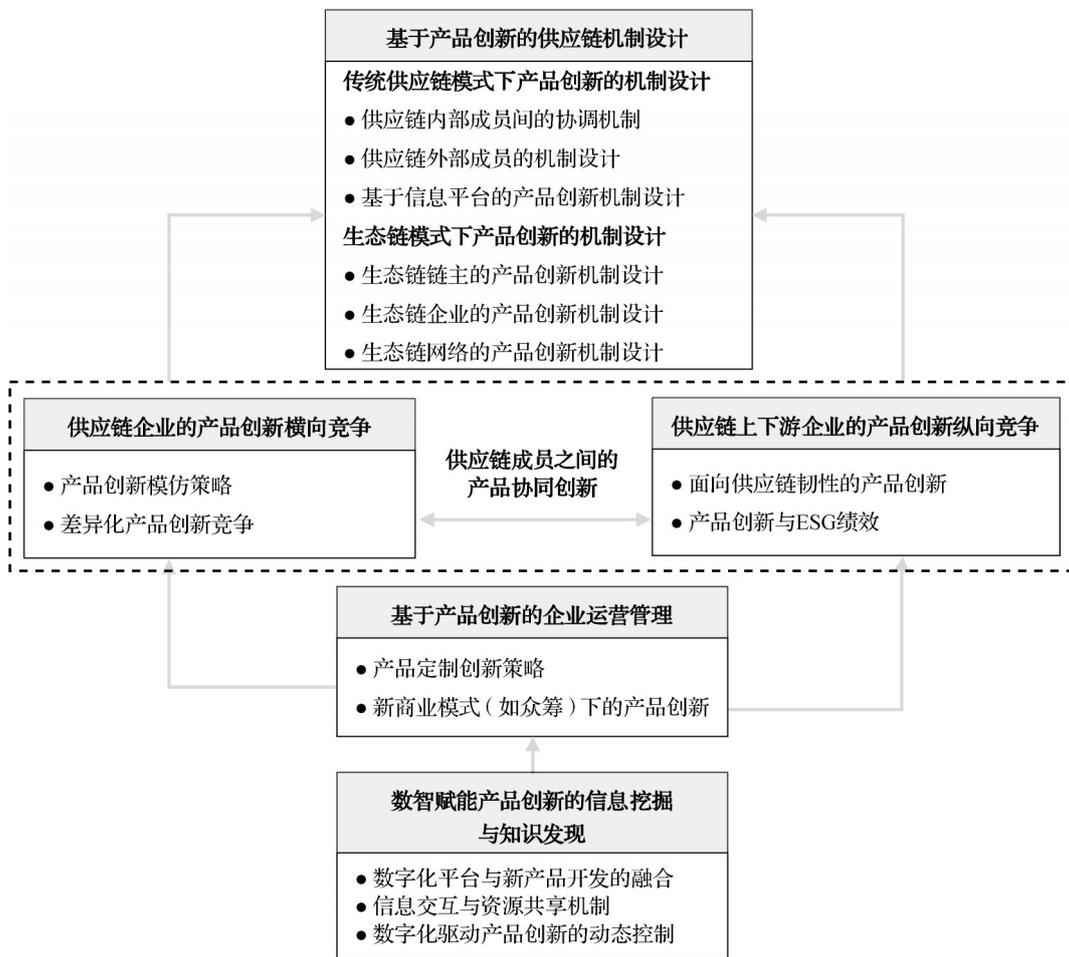


图 2 基于产品创新的制造业供应链运营管理领域的未来热点研究问题

#### 3.1 数智赋能产品创新的信息挖掘与知识发现

近年来,数智化转型深刻影响着制造企业的业务创新与转型,数智赋能的新产品开发已成为业界与学界的焦点。数字化技术的应用,尤其是在大数据和云计算方面,已大幅改变了企业新产品开发的环境。以 Choerodon 数字化平台为例,该平台集成了先进的数字化技术,帮助开发者实现产品设计和

创新模式的数字化管理。这为学者提供了新的研究视角,探索数字化平台与新产品开发的融合,以及信息交互与资源共享的机制。在制造业中,智能化技术,如物联网的应用,已成为提升产品创新质量的重要工具。通过在产品中嵌入传感器,企业能实时收集并分析数据,深入了解产品性能。基于这些数据,企业可以及时发现问题并优化产品,从而

制定更精准的创新策略<sup>[4]</sup>,并灵活应对市场变化。未来研究可借助物联网技术实时收集产品性能数据,结合大数据分析提出产品创新策略。此外,在综合考虑消费者偏好、产品性能演变趋势等因素的基础上,采用带约束的最优控制方法开发针对产品创新的动态控制策略,推动企业在可持续发展和创新上的双赢。

### 3.2 基于产品创新的企业运营管理

随着数智化技术和新兴商业模式的发展,从单一企业在供应链中的角度来看,以下两方面的产品创新管理问题亟待进一步探讨:

(1)产品定制创新策略。随着数智化技术的发展与个性化需求的增长,现代制造业已步入一个充满变化和多样化需求的市场环境。为了满足消费者日益个性化的需求,企业必须具备快速响应市场的能力。在这一背景下,大规模定制成为企业保持竞争优势的必然选择<sup>[3]</sup>。以中国为例,汽车消费市场已经成为全球第二大市场,个性化需求呈现出快速增长的趋势。特别是在车身产品的研发中,生产模具的设计与制造已成为关键领域。此外,在机电制造业中,3D打印等先进技术帮助企业灵活地生产高质量的定制产品,并缩短生产周期<sup>[69,70]</sup>。未来可以进一步研究如何在供应链中推动定制化产品的创新开发,分析消费者的定制价值,提出消费者定制程度的量化方案及最优定制程度的确定方法。进一步地,兼顾企业与消费者的价值,设计启发式算法来确定产品族定制的最优策略。特别是在ESG框架下,定制创新不仅要考虑消费者的个性化需求,还要兼顾环境和社会效益,设计符合可持续发展目标的创新策略。

(2)新商业模式下的产品创新。传统商业模式下,企业往往独立研发和生产产品,这可能无法完全满足消费者需求,并给企业带来较大的市场风险。随着新一代信息技术的发展,新兴商业模式如产品众筹开始崭露头角。在产品众筹模式中,企业通过众筹平台发布产品信息,吸引消费者参与,从而实现“消费者参与”的核心理念,激发创新意识和热情。消费者不仅可以参与产品预购,还能直接参与产品设计和决策。这种深入的参与不仅提升了产品的质量和创新度,还增强了消费者的品牌忠诚度和口碑传播,从而为企业带来长期的盈利。在数字经济的背景下,产品众筹中的大量互动数据为企业提供了宝贵的决策支持。通过数据分析和机器学习,企业可以从消费者的反馈中提取关键信息<sup>[7,62]</sup>,优化产品创新策略和平台资源分配。在考虑环境、社会责任和治理标准的基础上,企业可以进一步探索如何在众筹平台上推动更具社会价值

的创新,并为可持续发展贡献力量。

### 3.3 供应链企业的产品创新横向竞争

将研究对象从单一企业扩展至相互竞争的供应链横向企业之间,值得进一步关注的研究问题如下:

(1)产品创新模仿策略。并非所有企业都选择率先进行产品创新。有些企业更倾向于等待市场领导者推出创新产品后,再模仿跟进。对于创新的先行者而言,模仿式创新往往导致产品同质化,激化市场竞争,从而影响利润。在数智化时代,信息技术的应用一方面增加了数据泄露的风险,另一方面也增加了创新模仿的难度。在数智化赋能的创新环境中,企业是否应该选择先行创新?当其他企业模仿其创新时,如何调整策略以保持竞争优势?对于模仿者而言,创新并非单纯地复刻领先者的产品,而应在选材、工艺、技术等方面借鉴,并在品牌、风格及商业模式上进行差异化创新。如何在多个维度上制定模仿策略,并在定价、营销等运营决策中与被模仿者形成有效竞争,是值得进一步探讨的课题。在ESG框架下,企业还应考虑如何通过可持续的创新来应对环境和社会责任带来的挑战。

(2)差异化产品创新竞争。随着市场竞争的加剧,产品同质化现象日益严重。为了在激烈的市场中占据一席之地,企业必须实施差异化创新战略,以便在某些维度上突出产品特色<sup>[33,35]</sup>。有效的差异化创新依赖于精准获取产品竞争信息。数字化技术与社交媒体的结合催生了多样化的网络评论形式,使得评论信息挖掘成为企业低成本、高效获取竞争信息的重要途径。然而,基于网络评论的竞争信息挖掘与差异化创新策略仍是一个亟待深入研究的问题。例如,通过文本挖掘和情感分析技术,企业可以分析不同产品的正负面评价,识别其竞争优势与劣势,并提取消费者关注的产品特征及其态度。结合这些数据,企业能够分析评论的演变趋势,从而制定差异化创新策略。特别是在分析评论动态变化的基础上,研究者可以运用机器学习与复杂网络理论,构建动态优化模型并设计算法,进一步细化差异化产品创新策略。在这一过程中,企业还应遵循ESG标准,确保产品创新不仅关注市场需求,还应注重社会责任与环境可持续性。

### 3.4 供应链上下游企业的产品创新纵向竞争

面向供应链上下游企业之间的纵向竞争,值得进一步探索的主要研究问题如下:

(1)面向供应链韧性的产品创新。近年来,国际形势的复杂变化,如中美贸易战、俄乌冲突以及美国、欧洲、日印澳等国推出的“去全球化”政策,给我国制造业供应链带来了前所未有的冲击,暴露了供应链的脆弱性。这些不确定性因素对制造业构

成了严重风险。为应对这些挑战,越来越多的制造企业开始加大“卡脖子”产品的研发力度,以提升供应链的韧性。然而,产品创新本身也伴随着风险,如创新失败或金融危机等,这些次生风险可能通过涟漪效应扩散至整个供应链,影响上下游企业的运营。因此,在提升供应链韧性的背景下,制造企业应如何进行产品创新?考虑到创新可能带来的次生风险,供应链上下游企业又应如何调整产品创新与运营决策?这些问题值得未来在数据分析和鲁棒优化模型的框架下进行深入研究。

(2)产品创新与ESG绩效。随着“双碳”目标的提出,我国将持续推动绿色低碳高质量发展。在这一背景下,企业的绩效目标发生了变化,社会、市场和政府对企业的ESG表现愈加关注,可持续发展成为社会的焦点。制造企业的ESG绩效主要体现在绿色产品创新上,但这一过程通常会增加企业的研发与生产成本。因此,如何平衡绿色创新与经济效益,尤其是如何通过绿色产品创新提升企业的ESG表现与经济效益,是学界和业界关注的热点问题<sup>[53, 54]</sup>。另一方面,一些以经济效益为主的企业可能会虚假或夸大产品的绿色认证,这种虚假“绿标”现象如何应对也是企业面临的挑战。为了确保绿色标签的真实性,从社会、市场和政府的角度来看,如何通过区块链等技术建立有效的“绿标”监管与认证机制,是一个亟待解决的管理问题。

### 3.5 基于产品创新的供应链机制设计

将关注主体扩展至整个供应链,考虑供应链不同主体之间的协调合作,值得进一步关注的主要研究问题如下。

#### 3.5.1 传统供应链模式下产品创新的机制设计

(1)供应链内部成员间的协调机制。供应链中的横向企业与上下游企业常常存在复杂的竞争与合作关系,这些关系常导致目标不一致和利益冲突。产品创新本身具有不确定性,创新失败或产品召回不仅会给制造企业带来巨大的经济损失,还可能对整个供应链产生连锁反应,影响其他企业的运营。在这种情况下,如何使具有不同风险态度的供应链企业在产品创新过程中有效调整运营管理决策,是一个值得关注的问题<sup>[10, 64]</sup>。此外,随着数智化技术的发展,企业能够更高效地获取与产品创新相关的数据。因此,如何基于数据驱动设计一个适应动态变化的供应链产品创新协调机制,以实现各方共赢,已成为当前研究的一个重要课题。特别是在面临全球化风险和ESG要求的背景下,企业如何在保障社会和环境利益的同时,进行有效的竞争与合作,将直接影响供应链的可持续发展。

(2)供应链外部成员的机制设计。产品创新通

常涉及较长的周期和较高的研发成本,给制造企业带来了较大风险。许多企业的产品创新并非孤立进行,而是在政府、金融机构及其他外部成员的支持下共同完成<sup>[55, 57]</sup>。例如,新能源汽车充电模式和设备的创新研发得到了国家及地方政府的补贴和税收优惠,银行也为创新型企业提供了贷款支持。这些外部成员的加入,不仅重塑了供应链的结构,还引入了新的竞争与合作关系。在此背景下,如何建立有效的产品创新监管机制,尤其在考虑到金融风险 and 道德风险时,如何平衡各方利益,是亟需解决的课题。此外,如何设计一个能够实现多方共赢的供应链创新协调机制,也是未来研究的重点,尤其是在ESG的框架下,如何确保创新过程中的社会责任和环境可持续性,进一步提升创新的长期价值。

(3)基于信息平台的产品创新机制设计。信息平台和信息系统的广泛应用,使得供应链各主体之间的协作从有形空间扩展到虚拟空间,促进了全球化产品创新合作。信息平台不仅有助于打破供应链中的信息不对称问题,降低道德风险,还通过实时数据交换和资源共享,提升了供应链的整体创新效率。然而,平台上的数据流通也可能引发信息泄露和数据安全问题,给企业带来潜在的风险。因此,如何设计基于信息平台的创新监管机制,以确保数据安全和隐私保护,是一个值得进一步探讨的研究方向。此外,基于信息平台,供应链各方可以实现资源的整合与共享,通过集成创新模式降低创新风险<sup>[67, 68]</sup>。利用信息技术,企业能够将产品的核心功能与其他供应链成员的互补产品进行整合,共同推动产品设计和开发。因此,如何利用数据分析和数学建模方法,设计适应多方合作、共赢的供应链协调机制,将是未来研究的重要方向,尤其是在ESG框架下,如何平衡创新效益与可持续发展,值得深入探索。

#### 3.5.2 生态链模式下产品创新的机制设计

随着数字智能技术的发展和企业经营理念的转变,供应链正逐步向生态链转型。与传统供应链相比,生态链中的企业竞合关系更为复杂,给相关企业的产品创新管理带来了新的挑战。在此背景下,聚焦于生态链,产品创新管理领域值得进一步探讨的关键研究问题包括:

(1)生态链链主的产品创新机制设计。随着数智技术的快速发展,越来越多的大型企业如小米、京东等构建了以自身为核心的生态链系统。作为生态链中的核心主体,链主在技术、资源等方面占据主导地位,通常通过股权投资、深度孵化和合作运营等方式引导生态链企业的产品创新。为了实现生态链的长期稳定发展,链主需要设计一个高效

的协调机制,以平衡资源分配、风险承担和利益共享。在不同的投资模式下,链主如何选择支持哪些生态链企业的产品创新?如何设计激励相容的机制以促进链主与生态链企业的协作而非过度竞争?尤其在涉及ESG目标时,如何确保资源配置既支持创新又符合可持续发展标准,是设计协调机制时必须重点考虑的问题。

(2)生态链企业的产品创新机制设计。生态链企业通常与链主协作进行产品研发,尤其在生态链的早期阶段,企业对链主的依赖较大。为了有效开展协同创新,生态链企业需要设计灵活的合作机制,在充分利用链主资源的同时,保持独立性和创新能力。这种协作关系不仅影响产品创新的效率,也关系到企业的长远发展。在此过程中,如何建立一个动态的协调机制,确保产品创新过程中信息流、资金流、决策流的高效对接,并兼顾企业的自主创新与链主的支持?此外,如何通过协调机制管理生态链企业与链主之间的竞争与合作,尤其是在绿色创新和ESG目标下,平衡环保责任与经济效益,是值得深入探讨的课题。

(3)生态链网络的产品创新机制设计。当前主要有两类生态链模式:以股权投资为主的生态链模式和以运营合作为主的生态链模式。在不同的生态链模式中,链主承担的角色有所差异,其与生态链企业的合作与博弈关系也不同。链主、生态链企业之间可能同时存在持股关系、产品竞争与合作、产品互补关系等,还可能面临复杂的利益冲突,如何设计一个有效的协调机制,以确保各方在竞争与合作之间找到最佳平衡,成为生态链产品创新中的关键问题。特别是随着区块链等技术的引入,如何利用去中心化的技术架构设计一个激励相容的协调机制,使生态链中各方能够在充分共享资源的同时,避免信息不对称和道德风险的发生,提升协作效率,是未来研究的重点。此外,生态链之间的跨链竞争与合作关系也是产品创新协调机制设计中不可忽视的方面。如何促进跨链的资源整合与共享,推动多方合作共赢,是未来生态链协调机制研究的重要方向。

#### 4 结语

产品创新是制造企业获得核心竞争优势的关键。近年来,随着数字化和智能化技术的广泛应用,数智赋能制造企业的产品创新,已成为推动实体经济发展的关键引擎。数智技术不仅为供应链企业的产品创新带来了新机遇,也引发了很多新的基于产品创新的供应链运营管理挑战。结合供应链产品创新实践,本文首先梳理了数智化背景下制

造业供应链产品创新的新特点,并从企业运营管理与供应链主体间的交互决策视角分析了所面临的管理难题。然后,本文综述了现有关于制造业供应链产品创新的研究,并在此基础上提出了未来值得关注的研究课题,涵盖信息系统与信息管理、运营与供应链管理等领域。

通过分析数智化背景下制造业供应链产品创新面临的管理问题,本文系统总结并凝练了这些问题背后的科学挑战。结合现有研究成果,本文从以下五个维度提出了该领域亟待探索的研究方向:数智赋能产品创新的信息挖掘与知识发现、基于产品创新的企业运营管理、供应链企业的产品创新横向竞争、供应链上下游企业的产品创新纵向竞争,以及基于产品创新的供应链机制设计。针对这些问题,需要在具体的供应链产品创新实践中,运用数据挖掘、机器学习、实证分析、建模优化、机制设计等方法展开系统深入的研究。研究成果将为制造业供应链的产品创新管理提供有益的管理启示,提升我国制造业整体竞争力,并为国家实现2035年远景规划中的“以创新驱动、高质量供给引领和创造新需求”的供给侧改革目标提供有力支撑。此外,跨学科的科学问题解决也有望产出一些具有创新性的理论成果,推动我国管理科学理论的发展。

#### 参考文献:

- [1] 肖静华,胡杨颂,吴瑶.成长品:数据驱动的企业与用户互动创新案例研究[J].管理世界,2020,36(3):183-204.  
Xiao J H, Hu Y S, Wu Y. Evolving product: A case study of data-driven enterprise and user-interactive innovation[J]. Journal of Management World, 2020, 36(3): 183-204.
- [2] 崔静波,张学立,庄子银,等.企业出口与创新驱动——来自中关村企业自主创新数据的证据[J].管理世界,2021,37(1):76-87.  
Cui J B, Zhang X L, Zhuang Z Y, et al. Firm exports and innovation: Evidence from zhongguancun firm-level innovation data [J]. Journal of Management World, 2021, 37(1): 76-87.
- [3] 解学梅,朱琪玮.企业绿色创新实践如何破解“和谐共生”难题?[J].管理世界,2021,37(1):128-149.  
Xie X M, Zhu Q W. How can green innovation solve the dilemmas of “harmonious coexistence” [J]. Journal of Management World, 2021, 37(1): 128-149.
- [4] 解学梅,韩宇航.本土制造业企业如何在绿色创新中实现“华丽转型”?——基于注意力基础观的多案例研究[J].管理世界,2022,38(3):76-106.  
Xie X M, Han Y H. How can local manufacturing enterprises achieve luxuriant transformation in green innova-

- tion? A multi—case study based on attention—based view[J]. *Journal of Management World*, 2022, 38(3): 76—106.
- [5] Jin W, Yang J, Wang C. Cost subsidy or environmental regulation? The effects of government interventions on environmental quality and 3bl performance[J]. *International Journal of Production Economics*, 2024, 270(4): 109180.
- [6] Yang R, Tang W, Dou M, et al. Pricing and investing in co—creation with customers for a duopoly[J]. *International Journal of Production Economics*, 2021, 237(7): 108145.
- [7] Candoğan S T, Cornelius P B, Gokpinar B, et al. Product development in crowdfunding: Theoretical and empirical analysis[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2024, 26(2): 701—721.
- [8] Shen B, Xu X, Chan H L, et al. Collaborative innovation in supply chain systems: Value creation and leadership structure [J]. *International Journal of Production Economics*, 2021, 235(5): 108068.
- [9] Zou F, Dong Y, Song S, et al. Product recalls and supply base innovation[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2023, 25(5): 1931—1946.
- [10] Wang J, Shin H, Zhou Q. The optimal investment decision for an innovative supplier in a supply chain [J]. *European Journal of Operational Research*, 2021, 292(3): 967—979.
- [11] Yang J, Zhang W, Zhao X. How can suppliers strategically involve downstream manufacturers in research and development collaboration? A knowledge spillover perspective [J]. *European Journal of Operational Research*, 2024, 314(1): 122—135.
- [12] Wang Y, Fan R, Shen L, et al. Decisions and coordination of green e—commerce supply chain considering green manufacturer's fairness concerns [J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 58(24): 7471—7489.
- [13] Galasso A, Luo H. Risk—mitigating technologies: The case of radiation diagnostic devices [J]. *Management Science*, 2021, 67(5): 3022—3040.
- [14] Chan T H, Lim S Y. The emergence of novel product uses: An investigation of exaptations in IKEA hacks [J]. *Management Science*, 2023, 69(5): 2870—2892.
- [15] 吴小龙, 肖静华, 吴记. 当创意遇到智能: 人与 AI 协同的产品创新案例研究[J]. *管理世界*, 2023, 39(5): 112—126.
- Wu X L, Xiao J H, Wu J. When creativity meets intelligence: A case study of human—AI collaboration in product innovation[J]. *Journal of Management World*, 2023, 39(5): 112—126.
- [16] 余传鹏, 黎展锋, 林春培, 等. 数字创新网络嵌入对制造企业新产品开发绩效的影响研究[J]. *管理世界*, 2024, 40(5): 154—176.
- Yu C P, Li Z F, Lin C P, et al. The impact of digital innovation network embeddedness on new product development performance of manufacturing enterprises [J]. *Journal of Management World*, 2024, 40(5): 154—176.
- [17] 张同斌, 陈婷玉. 中国制造业需求驱动研发模式及创新效应研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2020, 40(6): 1596—1612.
- Zhang T B, Chen T Y. Research on the demand—driven R&D model and its innovative effect in China's manufacturing industry [J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2020, 40(6): 1596—1612.
- [18] 吴鹏, 万广华, 常远, 等. 共同富裕目标下技术创新对工资收入差距的影响: 来自研发与应用的证据[J]. *系统工程理论与实践*, 2024, 44(4): 1181—1197.
- Wu P, Wan G H, Chang Y, et al. The effect of technology innovation on wage—income gap under the goal of common prosperity: Evidence from R&D and adoption [J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2024, 44(4): 1181—1197.
- [19] 巩天啸, 王玮, 陈丽华, 等. 面对策略型消费者的产品创新换代策略[J]. *管理科学学报*, 2015, 18(9): 1—11.
- Gong T X, Wang W, Chen L H, et al. Optimal product rollover strategy in presence of strategies consumers [J]. *Journal of Management Science in China*, 2015, 18(9): 1—11.
- [20] 杨光勇, 计国君. 碳排放规制与顾客环境意识对绿色创新的影响[J]. *系统工程理论与实践*, 2021, 41(3): 702—712.
- Yang G Y, Ji G J. Impacts of carbon emission regulation and consumer environmental consciousness on green innovation[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2021, 41(3): 702—712.
- [21] Chen C, Dasgupta S, Huynh T D, et al. Product market competition and corporate relocations: Evidence from the supply chain[J]. *Management Science*, 2023, 69(9): 5147—5173.
- [22] Wu C H. Price competition and technology licensing in a dynamic duopoly[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 267(2): 570—584.
- [23] Xin M, Choudhary V. IT investment under competition: The role of implementation failure [J]. *Management Science*, 2019, 65(4): 1909—1925.
- [24] Marshall G, Parra Á. Announcing high prices to deter innovation [J]. *Management Science*, 2021, 67(4): 2448—2465.
- [25] Gao P, Fan X, Haung Y, et al. Resource allocation among competing innovators[J]. *Management Science*,

- 2022, 68(8): 6059—6074.
- [26] Kim B, Koengsberg O, Ofek E. I don't "recall": The decision to delay innovation launch to avoid costly product failure [J]. *Management Science*, 2022, 68(12): 8889—8908.
- [27] De Bettignies J E, Liu H F, Robinson D T, et al. Competition and innovation in markets for technology [J]. *Management Science*, 2023, 69(8): 4753—4773.
- [28] 李春雨, 张翠华, 李艳婷. 差异化创新能力下考虑跟随产品入侵的制造商创新研发策略研究[J]. *中国管理科学*, 2023, 31(11): 67—79.
- Li C Y, Zhang C H, Li Y T. Research on innovation R&D strategy of manufacturers considering following product encroachment under differentiated innovation capability[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2023, 31(11): 67—79.
- [29] Dawid H, Keoula M Y, Kopel M, et al. Dynamic investment strategies and leadership in product innovation [J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 306(1): 431—447.
- [30] Jiang B J, Narasimhan C, Turut Ö. Anticipated regret and product innovation [J]. *Management Science*, 2017, 63(12): 4308—4323.
- [31] Cetin C B, Zaccour G. Remanufacturing with innovative features: A strategic analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 310(2): 655—669.
- [32] Li K J. Product and service innovation with customer recognition [J]. *Decision Sciences*, 2024, 55(1): 17—32.
- [33] Liu Y, Li M, Feng H, et al. Technological cooperation or competition? Optimal strategies of incumbent and entrant in ICT markets [J]. *Omega*, 2024, 125(6): 103037.
- [34] 曲薪池, 侯贵生, 孙向彦. 消费者异质偏好结构下动态创新竞合系统定价与创新策略研究[J]. *中国管理科学*, 2022, 30(1): 88—99.
- Qu X C, Hou G S, Sun X Y. Pricing and innovation strategies of dynamic innovative competition—cooperation system under the framework of consumers' heterogeneous preference[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2022, 30(1): 88—99.
- [35] Giovannetti E, Piga C A. The contrasting effects of active and passive cooperation on innovation and productivity: Evidence from British local innovation networks [J]. *International Journal of Production Economics*, 2017, 187(5): 102—112.
- [36] Hafezi M, Zhao X, Zolfagharinia H. Together we stand? Co-opetition for the development of green products [J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 306(3): 1417—1438.
- [37] 温小琴, 胡奇英. 基于质量意识和工艺创新的供应链质量决策[J]. *管理科学学报*, 2018, 21(2): 80—90.
- Wen X Q, Hu Q Y. Quality choice in a supply chain based on quality consciousness and process innovation [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2018, 21(2): 80—90.
- [38] 刘靛晨, 翟昕. 面对策略型消费者的企业最优创新与定价策略[J]. *中国管理科学*, 2023, 31(4): 56—65.
- Liu L C, Zhai X. Optimal product innovation and pricing strategies in the presence of strategic consumers[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2023, 31(4): 56—65.
- [39] Ni J, Xu Y, Shi J, et al. Product innovation in a supply chain with information asymmetry: Is more private information always worse? [J]. *European Journal of Operational Research*, 2024, 314(1): 229—240.
- [40] Wang J, Shin H. The impact of contracts and competition on upstream innovation in a supply chain [J]. *Production and Operations Management*, 2015, 24(1): 134—146.
- [41] 赵晓敏, 孟潇潇. 授权模式下制造商与再制造商的演化博弈决策[J]. *中国管理科学*, 2021, 29(2): 129—136.
- Zhao X M, Meng X X. Evolutionary game decision between manufacturer and remanufacturer in the authorization mode [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2021, 29(2): 129—136.
- [42] Jin M, Zhang X, Xiong Y, et al. Implications of green optimism upon sustainable supply chain management [J]. *European Journal of Operational Research*, 2021, 295(1): 131—139.
- [43] Biswas I, Singh G, Tiwari S, et al. Managing industry 4.0 supply chains with innovative and traditional products: Contract cessation points and value of information [J]. *European Journal of Operational Research*, 2024, 316(2): 539—555.
- [44] Yoo S H, Shin H, Park M S. New product development and the effect of supplier involvement [J]. *Omega*, 2015, 51(3): 107—120.
- [45] Mantovani A, Ruiz-aliseda F. Equilibrium innovation ecosystems: The dark side of collaborating with complementors [J]. *Management Science*, 2016, 62(2): 534—549.
- [46] 于辉, 李亚勋. 供应链视角下供应商的产品创新策略选择: 融资 VS 不融资[J]. *管理工程学报*, 2021, 35(3): 172—180.
- Yu H, Li Y X. Supplier's product innovation strategy choice from the perspective of supply chain: Financing vs not financing [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2021, 35(3): 172—180.
- [47] Song J, Chutani A, Dolgui A, et al. Dynamic innovation and pricing decisions in a supply-chain [J].

- Omega, 2021, 103(9): 102423.
- [48] Rahmani M, Ramachandran K. Delegating innovation projects with deadline: Committed vs. flexible stopping [J]. *Management Science*, 2021, 67 (10) : 6317—6332.
- [49] Beer R, Qi A. To communicate or not? Interfirm communication in collaborative projects [J]. *Management Science*, 2024, 70(5): 3225—3244.
- [50] Chen Z, Mihm J, Schalapp J. Sourcing innovation: Integrated system or individual components?[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2022, 24 (2): 1056—1073.
- [51] Gupta S, Roy A, Kuamr S, et al. When worse is better: Strategic choice of vendors with differentiated capabilities in a complex cocreation environment [J]. *Management Science*, 2023, 69(5): 2833—2851.
- [52] Wei S, Liu W, Choi T M, et al. The influence of key components and digital technologies on manufacturer's choice of innovation strategy [J]. *European Journal of Operational Research*, 2024, 315(3): 1210—1220.
- [53] Chen J Y, Dimitrov S, Pun H. The impact of government subsidy on supply chains' sustainability innovation [J]. *Omega*, 2019, 86(7): 42—58.
- [54] 冯颖, 汪梦园, 张炎治, 等. 制造商承担社会责任的绿色供应链政府补贴机制[J]. *管理工程学报*, 2022, 36 (6): 156—167.
- Feng Y, Wang M Y, Zhang Y Z, et al. The government subsidy mechanism in a green supply chain with the manufacturer assuming social responsibility [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2022, 36(6): 156—167.
- [55] 杨晓辉, 游达明. 考虑消费者环保意识与政府补贴的企业绿色技术创新决策研究[J]. *中国管理科学*, 2022, 30(9): 263—274.
- Yang X H, You D M. Research on enterprises green technology innovation decisions—under the perceptiveness of consumer environmental awareness and government subsidies[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2022, 30(9): 263—274.
- [56] Chuang H, Ahn H S, Lee M, et al. Optimal subsidy policy for innovation: Technology push and demand pull [J]. *Production and Operations Management*, 2024, 33 (3): 817—831.
- [57] 汪明月, 李颖明, 管开轩. 政府市场规制对企业绿色技术创新决策与绩效的影响[J]. *系统工程理论与实践*, 2020, 40(5): 1158—1177.
- Wang M Y, Li Y M, Guan K X. Impact of market regulations on decision-making and performance of enterprises' green technological innovation [J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2020, 40 (5) : 1158—1177.
- [58] 李秀峰, 李波, 李勇建. 智能产品创新中物联网平台转移支付与政府补贴策略研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2024, 44(1): 356—373.
- Li X F, Li B, Li Y J. Research on transfer payment of internet of things platform and government subsidy strategies in smart product innovation [J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2024, 44(1): 356—373.
- [59] Yan T, Azadegan A. Comparing inter-organizational new product development strategies: Buy or ally; supply-chain or non-supply-chain partners? [J]. *International Journal of Production Economics*, 2017, 183(1): 21—38.
- [60] Gambardella A, Raasch C, Von Hippel E. The user innovation paradigm: Impacts on markets and welfare [J]. *Management Science*, 2017, 63 (5) : 1450—1468.
- [61] 丁志慧, 刘伟, 黄紫微. 企业纳入客户参与产品创新过程最优策略研究[J]. *管理工程学报*, 2017, 31(4): 78—84.
- Ding Z H, Liu W, Huang Z W. Research on optimal decision of customer participation in product innovation [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2017, 31(4): 78—84.
- [62] 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.
- Hua Y, Sun J, Dong Y F. Evolutionary game analysis on strategy for new product development with heterogeneous user participation [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2024, 27(1): 17—27.
- [63] Lambertini L. Coordinating research and development efforts for quality improvement along a supply chain [J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 270 (2): 599—605.
- [64] Yu X, Lan Y, Zhao R. Strategic green technology innovation in a two-stage alliance: Vertical collaboration or co-development? [J]. *Omega*, 2021, 98(1): 102116.
- [65] Yan T, Ribbink D, Pun H. Incentivizing supplier participation in buyer innovation: Experimental evidence of non-optimal contractual behaviors [J]. *Journal of Operations Management*, 2018, 57(1): 36—53.
- [66] Taneri N, Crama P. Turning the tables in research and development licensing contracts [J]. *Management Science*, 2021, 67(9): 5838—5856.
- [67] Zhang Z, Yang K, Zhang J Z, et al. Uncovering synergy and dysergy in consumer reviews: A machine learning approach [J]. *Management Science*, 2023, 69(4): 2339—2360.
- [68] Zhang Y, Peng X, Zhao X, et al. An empirical investigation of manufacturers' operations innovations in new product development enabled by E-commerce platforms

- [J]. *Production and Operations Management*, 2024, DOI: <https://doi.org/10.1177/10591478231224958>.
- [69] Chen L, Cui Y, Lees H L. Retailing with 3d printing [J]. *Production and Operations Management*, 2021, 30 (7): 1986–2007.
- [70] Sethuraman N, Parlaktürk A K, Swaminathan J M. Personal fabrication as an operational strategy: Value of delegating production to customer using 3d printing [J]. *Production and Operations Management*, 2023, 32(7): 2362–2375.
- [71] Bogetoft P, Kerstens P J. Distinguishing useful and wasteful slack [J]. *Operations Research*, 2024, 72(4): 1556–1573.
- [72] Kim D Y, Zhu P. Supplier dependence and R&D intensity: The moderating role of network centrality and interconnectedness [J]. *Journal of Operations Management*, 2018, 64: 7–18.
- [73] Yan T, Yang Y, Dooley K, et al. Trading—off innovation novelty and information protection in supplier selection for a new product development project: Supplier ties as signals [J]. *Journal of Operations Management*, 2020, 66(7–8): 933–957.
- [74] Krieger J L, Li X, Thakor R T. Find and replace: R&D investment following the erosion of existing products [J]. *Management Science*, 2022, 68(9): 6552–6571.
- [75] Massimino B, Gray J V, Boyer K K. The effects of agglomeration and national property rights on digital confidentiality performance [J]. *Production and Operations Management*, 2017, 26(1): 162–179.
- [76] Massimino B, Gray J V, Lan Y. On the inattention to digital confidentiality in operations and supply chain research [J]. *Production and Operations Management*, 2018, 27(8): 1492–1515.
- [77] Gao G Y, Xie E, Zhou K Z. How does technological diversity in supplier network drive buyer innovation? Relational process and contingencies [J]. *Journal of Operations Management*, 2015, 36: 165–177.
- [78] Potter A, Wilhelm M. Exploring supplier—supplier innovations within the toyota supply network: A supply network perspective [J]. *Journal of Operations Management*, 2020, 66(7–8): 797–819.
- [79] Mackelprang A W, Bernaraes E, Burke G J, et al. Supplier innovation strategy and performance: A matter of supply chain market positioning [J]. *Decision Sciences*, 2018, 49(4): 660–689.
- [80] Sunar N, Birge J R, Virabasiri S. Optimal dynamic product development and launch for a network of customers [J]. *Operations Research*, 2019, 67 (3) : 770–790.

## Supply Chain Management Based on Product Innovation: Literature Review and Prospects

Xiao Yongbo<sup>1</sup>, Zhao Cui<sup>2</sup>, Lin Qungeng<sup>1</sup>, Zhang Jihong<sup>3</sup>

(1. School of Economics & Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

3. International Business School, Beijing Foreign Studies University, Beijing 100089, China)

**Abstract:** With the rapid development of digital and intelligent technologies, the digitalization and smart transformation of the manufacturing industry are accelerating, and product innovation empowered by these technologies has become a core driver of real economic growth. By leveraging technologies such as AI, big data, and IoT, companies can quickly respond to market demands, optimize product designs, and improve production efficiency, thereby enhancing innovation capabilities and competitiveness. However, modern product innovation is no longer solely driven by technological advancements; companies are increasingly integrating Environmental, Social, and Governance (ESG) standards into their product innovation and supply chain management strategies. Supported by digital technologies, businesses can not only improve production efficiency but also implement green supply chain practices, reduce carbon emissions, and ensure the environmental sustainability of products throughout their lifecycle. Meanwhile, intelligent technologies enable companies to enhance supply chain transparency, focus on social responsibility and fair trade, and further strengthen brand value and societal trust. This approach, which combines technological innovation with ESG standards, achieves both economic benefits and sustainable development, driving long-term growth for companies. In today's highly competitive and uncertain market environment, the focus of product innovation competition in manufacturing enterprises is gradually shifting towards supply chain-based competition. Under traditional business models, manufacturers often conduct product R&D and production independently, resulting in product innovations that may not fully align with consumer demands, leading to greater market risks. The

development of digital and intelligent technologies has enabled manufacturing companies to create innovation models and management strategies based on the supply chain. For example, in product crowdfunding, consumers not only participate in pre-ordering but also in product design and decision-making, fostering greater interaction. This process enhances product quality and innovation, while strengthening brand loyalty and word-of-mouth promotion, ultimately driving long-term profits. At the same time, the shift in digital technologies and business philosophies has given rise to the new supply chain model of the ecological chain. The ecological chain integrates upstream suppliers, online and offline platforms, and downstream sales networks through core enterprises, forming a comprehensive system. Compared with traditional supply chains, the competitive and collaborative relationships in an ecological chain are more complex, bringing about new business models and supply chain structures, while also presenting new challenges in product innovation management, particularly in resource sharing, risk control, and innovation collaboration. In this context, companies must not only drive innovation but also ensure sustainable development based on ESG standards, enhancing brand value and social responsibility to stand out in the global competition. This transformation has not only created new business models and supply chain structures but has also brought about numerous new management challenges, including the mining of information and knowledge for product innovation, supply chain management based on product innovation, collaborative product innovation among supply chain members, and the design of supply chain mechanisms that are rooted in product innovation. These challenges provide scholars in fields such as information systems, information management, operations, and supply chain management with vast research opportunities. They encompass product innovation within horizontal supply chain enterprises, vertical product innovation between upstream and downstream supply chain companies, product innovation among external supply chain members, and the coordination mechanisms of supply chains based on product innovation. Based on a thorough analysis of the core challenges in managing product innovation in supply chains during the digital and intelligent era, relevant research findings and looks ahead to future research directions are systematically reviewed. In particular, it explores how to deeply integrate ESG factors with product innovation to promote the synergistic development of sustainable practices and product innovation. Specifically, five key research directions are identified that urgently need exploration in the field; information mining and knowledge discovery for product innovation empowered by digital and intelligent technologies, enterprise operations management based on product innovation, horizontal competition in product innovation among supply chain enterprises, vertical competition in product innovation between upstream and downstream supply chain companies, and the design of supply chain mechanisms based on product innovation. These five dimensions encompass various aspects, ranging from information and technology-driven innovation discovery to the design of collaborative mechanisms both within and outside the supply chain, involving not only technological applications but also in-depth discussions at the management and strategic levels. Addressing these challenges requires the application of methods such as data mining, machine learning, empirical analysis, modeling optimization, and mechanism design in specific supply chain product innovation practices. Integrating these five dimensions with data analysis, ESG standards, and the ecological chain concept will help drive innovation within supply chains, promote sustainable development, enhance coordination among supply chain partners, and provide theoretical support for more resilient and socially responsible business models.

**Key words:** product innovation; digitalization and intelligence; ESG; operations and supply chain management; collaboration and competition