

数字化转型赋能波司登价值创造动因、路径及效果研究

万 颖

南京林业大学经济管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2026年3月8日; 录用日期: 2026年3月18日; 发布日期: 2026年5月21日

摘 要

在第四次工业革命浪潮的推动下,数字经济凭借数字技术这一媒介正迅速崛起。国家积极推动人工智能、大数据、云计算等前沿技术与实体经济的深度融合,并出台一系列政策,为我国的数字化进程发展提供有力支持。面对数字经济的蓬勃发展,传统制造企业正置身于一个全新的发展环境,既迎来了前所未有的机遇,也面临着诸多挑战。在此背景下,推进数字化转型成为企业实现可持续发展的必由之路。企业数字化转型的核心目标在于实现价值的最大化。然而,当前行业面临的关键问题是,如何有效挖掘并释放数字化转型的潜在价值。因此,深入剖析数字化转型的价值创造路径及其内在逻辑,对于促进传统制造企业的转型升级、增强其市场竞争力具有至关重要的意义。本文选择服装零售行业的佼佼者波司登作为案例研究对象。研究过程中,首先对国内外学者关于数字化转型价值创造的相关文献进行系统梳理,并借鉴相关理论展开深入研究;其次,介绍波司登企业的基本情况,结合TOE理论深入分析其进行数字化转型的动因;最后,依据数字化供应链、数字化营销等理论,详细剖析波司登数字化转型的价值创造路径以及对其效果进行分析。

关键词

数字化战略转型, 数字化供应链, 数字化营销, 价值创造

Research on the Motivations, Paths, and Effects of Digital Transformation Empowering Value Creation at Bosideng

Ying Wan

College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: March 8, 2026; accepted: March 18, 2026; published: May 21, 2026

Abstract

Driven by the wave of the Fourth Industrial Revolution, the digital economy is rapidly emerging,

facilitated by digital technologies. The state is actively promoting the deep integration of cutting-edge technologies such as artificial intelligence, big data, and cloud computing with the real economy, and has introduced a series of policies to provide strong support for the development of China's digitalization process. Faced with the vigorous development of the digital economy, traditional manufacturing enterprises find themselves in a completely new development environment, encountering unprecedented opportunities as well as numerous challenges. In this context, advancing digital transformation has become an inevitable path for enterprises to achieve sustainable development. The core objective of digital transformation in enterprises is to maximize value. However, the key issue currently facing the industry is how to effectively mine and unleash the potential value of digital transformation. Therefore, conducting an in-depth analysis of the value creation paths and underlying logic of digital transformation is of paramount importance for promoting the transformation and upgrading of traditional manufacturing enterprises and enhancing their market competitiveness. This paper selects Bosideng, a leader in the apparel retail industry, as the case study object. During the research process, we first systematically review relevant literature from domestic and foreign scholars on value creation through digital transformation and draw on relevant theories for in-depth research. Next, we introduce the basic situation of Bosideng and analyze the motivations for its digital transformation in depth using the TOE (Technology-Organization-Environment) theory. Finally, based on theories such as digital supply chain and digital marketing, we provide a detailed analysis of the value creation paths of Bosideng's digital transformation and analyze its performance.

Keywords

Digital Strategic Transformation, Digital Supply Chain, Digital Marketing, Value Creation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在当下的市场环境中，传统纺织服装企业正将战略变革的核心聚焦于以消费者为核心、以客户需求为导向，它们期望借助激活消费来提升自身效益。与此同时，数字技术正逐渐成为服装行业发展的主流趋势，它能够对服装从研发、生产直至销售各环节的信息进行全流程处理与应用[1]。如今，数字化转型已成为各行业提升竞争力、降低成本以及优化资源配置的关键手段[2]。众多企业都在密切关注，能否通过数字化转型实现价值创造、获取竞争优势。随着线上平台快速崛起，消费者购物习惯也在逐步改变，传统商业模式的弊端日益凸显，比如生产效率不高、库存管理不合理，对消费者需求的把握不够精准等。面对这些愈发严峻的挑战，服装行业若想谋求发展，数字化转型已然是必由之路[3]。在中国纺织服装行业里，波司登处于领军地位。该公司积极投身到数字化转型实践中，将人工智能、智能制造等前沿新兴技术深度融合，并全面应用于企业价值链的各个环节。通过这些举措，波司登成功重塑了自身竞争力，为行业智能化发展树立了典范，持续推动着价值的创造与增值。

2. 理论基础

2.1. TOE 理论

技术 - 组织 - 环境(Technology-Organization-Environment, 简称 TOE)理论分析框架由 Tornatzky 等[4]于 1990 年提出，是一个具有高度概括性的技术应用情境模型，该理论认为影响组织创新实施的因素包括

技术层面、组织层面和环境层面三类，三层因素产生协同作用共同影响企业是否采纳新技术等决策，可以更为全面且条理清晰地剖析波司登数字化转型动因。

技术层面，泛指企业现有技术及尚未引进的新技术，重点关注新技术的多样性、适应性和潜在价值与优势等，是企业实现数字化转型的技术保障和推动力，有助于企业建立数字化思维，其影响因素主要有数字化平台、数据资源等[5]。

组织层面，指企业组织内部的结构、特征及关系，是企业发展尤其是数字化转型的制度保障，组织变革和创新是实现数字化转型的重要步骤，其影响因素主要有以下几方面：数字战略[6]、高层管理者[7]。

环境层面：主要指企业面临的国家宏观经济与社会发展形势，根据学者们的现有研究，环境层面数字化转型的驱动因素主要可以从政策支持、市场竞争加剧[8]进行分析。

2.2. 价值链理论

价值链理论(Value Chain)的提出者是哈佛商学院知名战略学者波特。他构建了一个综合性的价值链框架，将企业内外部的业务环节系统性地纳入其中。基于这一框架，波特将企业价值链明确划分为内部与外部两大类。内部价值链主要由主要活动与支持活动两大板块构成。主要活动涉及一系列关键环节，从物料进料起始，历经生产制造、产品配送、销售实现，直至售后维护，这一连贯流程完整覆盖了产品从生产者转移至消费者的全周期。而支持活动则聚焦于为主要活动提供不可或缺的辅助管理职能，具体涵盖采购、企业基础设施搭建以及研发创新等多个方面。外部价值链则聚焦于与企业关系紧密的外部实体所开展的价值创造活动。企业的内外部价值链并非孤立存在，而是通过协同作用，共同构建起一个全面且完整的价值链系统。

2.3. 数字化供应链

数字化供应链依托信息基础设施构建平台生态系统，立足流通供应链全流程，围绕人、货、场深度采集数据，形成涵盖消费者、营销、产品、渠道等多方面的全方位数字化体系，实现流通供应链生态数据全面打通。实现消费者需求、营销推广、支付、物流运营及个性化服务信息的深度融合，形成消费者画像、营销、支付、配送、场景及体验的无缝衔接[9]。

供应链管理可推行模块化策略，借助集成供应链工程，灵活适配不同市场需求。供应链流程上，实现组装化，将产品与流程凝聚于模块，模块可任意组合，如合作补货组合优化。同时，构建数字化供应链体系十分关键，它能深度融合企业供应链与业务，提供寻源代采、仓储运营、增值加工、多场景运输配送等全链路服务，打通产品源头、企业与终端消费者的联系，快速响应客户需求。实践表明，成熟运行的数字化协同平台可使供应链综合运营成本降低，需求预测准确率提升，加快异常事件响应速度，为现代商贸流通体系构建韧性供应链提供核心支撑[10]。

2.4. 数字化营销

数字化营销，作为一种依托数字化媒体交互特性与数字化信息传播的新型市场营销手段，旨在助力企业达成营销目标。相较于传统营销模式，数字化营销在效率、成本及渠道拓展上展现出显著优势，能够更高效地整合与利用企业资源。通过营销数字化，可以提升企业用户转化、精准营销和社交互动三大能力：

第一，用户转化能力——“人”的转化：面对多渠道汇聚的消费者流量，如何有效转化为忠实用户，是各行业共同面临的挑战。通过大数据技术的深度应用，企业能够对各渠道数据进行精准匹配，从而构建出更为全面、立体的用户画像。这一过程中，潜在用户的识别与会员信息的深度融合分析，为精准推送个性化内容、实现用户转化提供了有力支撑。

第二，精准营销能力——“货”的定位：精准营销的核心在于，针对每个独立用户或具有共同特征的用户群体，实施定制化营销策略，以最大化用户生命周期价值。数字化技术的运用，不仅推动了渠道模式的创新与渠道生态系统的重构，还实现了创意与内容的自动化生产与智能匹配。这一变革，极大地提升了企业的精准营销效能，使得营销活动更加有的放矢。

第三，社交互动能力——“场”的营造：数字化营销强调与消费者的深度互动与消费者自发性参与，构建了一种全新的营销理念。借助 VR、AR、游戏、展览、影音表演等多元形式与智能终端的深度融合，实现了真实与虚拟世界信息的无缝对接，为用户带来了沉浸式的情感体验。企业借此能够实时追踪用户行为轨迹，深入分析用户数据，精准捕捉商机，进而在社交互动中深度挖掘用户需求。通过精心设计的“消费者体验”旅程，企业能够实现对流量的高效分配与转化，进一步巩固与用户的关系。

2.5. 数字化战略转型

最初，数字化转型被普遍视为一场由数字技术变革引发的创新活动[11]，以大数据、云计算、人工智能等新兴技术为驱动，为企业运营、产品服务及商业生态带来变革契机。随着转型深入，其范畴不再局限企业内部，而是扩展至上下游企业、合作伙伴、供应商及终端客户等构成的复杂生态网络，企业间协作更紧密，共同推动产业链数字化转型。其核心是利用现代技术全面深入改进优化业务流程，以提升运营效率，为客户提供优质便捷服务，增强竞争优势[12]。

数字化转型并非单纯的信息技术工具应用，它本质上是一种商业模式的深度重构，也是提升企业竞争力的系统性战略框架。这要求我们以战略思维重新审视企业数字转型的实践路径，既要厘清数字化转型影响企业绩效的内在战略逻辑，也要解析其作用过程，同时需明确不同转型场景下的具体影响机制[13]。

3. 数字化转型赋能服装零售行业价值创造的动因

首先，在技术层面，近年来，我国加速科技成果转化，为波司登利用数字技术带来机遇。一方面，波司登推进数字化转型时重视数据资源开发利用，构建坚实数据基础，支撑数字技术创新；另一方面，加大数字技术研发投入，组建专业团队、推动产学研合作，强化技术研发与迭代能力。这些为其研发高品质、安全可靠的技术产品奠定基础。当下数字经济蓬勃发展，在服装零售领域，仅靠价格和规模难稳市场地位。波司登需增强技术创新、提升服务质量、构建稳固前瞻商业模式，通过创新突破同质化困境，实现产品差异化，塑造独特核心竞争优势。

其次，在组织层面，一方面，高管人员能够及时意识到服装零售行业数字化转型是必然趋势，快速推进波司登的数字化转型进程。可以说，波司登全面数字化转型战略的开展离不开管理者对数字化发展的清晰认知以及推进数字化转型的积极态度。另一方面，在尚未开展数字化转型的阶段，波司登的供应链存在明显短板，对市场变化的反应存在时滞，难以与市场动态保持同步。具体表现为信息搜集与处理效率低下，面对市场需求无法迅速做出响应。与此同时，其推行的四季化战略遭遇挫折，由于投入过多资源，致使主营业务——羽绒服的市场地位受到冲击。这一战略失误导致企业大量产品不符合消费者需求，纷纷积压在仓库中，库存高企的现象频繁出现且愈发严重。受此影响，波司登的业绩出现断崖式下滑，企业盈利能力也逐年降低。因此，波司登有必要及时做出调整，推进战略变革，着手筹备数字化转型，以此降低发展过程中的阻力。

最后，在环境层面，一方面，当前新一轮科技革命正蓄势待发，新技术的不断涌现正深刻重塑着社会与企业的发展模式，数字经济已然成为全球竞争的关键领域。在我国，传统企业正面临向高质量发展转型的迫切需求，为此国家发布了一系列政策文件，大力鼓励企业进行数字化改造，为其转型提供了坚实的政策支撑。另一方面，传统服装行业目前正面临着“高能耗、高污染、高库存”等困境，在此情形下，为了突破困境，行业必须积极探索新的发展方式与路径，而在众多转型手段中，数字化转型无疑是

必要选择之一。波司登作为服装零售行业的领跑者，除了需要响应国家政策，肩负着引领行业发展的重任，还需要对新时代的数字化经营战略进行及时调整，通过实现转型，推动数字化方案从无到有的演进，进而解决数字化方案在推广应用过程中的问题。

4. 数字化转型赋能服装零售行业价值创造的路径

在推进数字化转型的探索过程中，波司登将重点放在了全方位价值链转型框架的搭建上。该框架以数字化产品研发作为核心环节，以智能化生产制造作为坚实基础，以智慧营销服务作为发展引擎，同时依托现代化物流体系提供有力支撑。通过这一系列举措，可以明显看到，波司登依靠自身不懈努力，成功打造出一套完整且高效的全链条数字化运营体系。这一体系并非局限于某个单一环节，而是全面覆盖了企业运营的各个关键部分，从直接面向消费者的前端业务，到企业内部核心运作的中端环节，再到负责产品交付与售后等服务的后端领域，均实现了全方位、深层次的数字化升级，有力推动了企业的现代化发展进程。

4.1. 前端：数字化 + 营销矩阵与门店运营

波司登积极把握社交平台的影响力，实行全社交平台营销的策略。在流量转化层面，企业通过签约流量明星制造品牌效应，联动 KOL 在社交平台发起话题传播，同时依托大数据技术对视频播放量、用户评论等数据进行深度分析，形成数字化消费群体画像。这种数据驱动的洞察方式既能精准划分用户层级，又能通过定制化内容提升客户粘性。在决策优化层面，企业通过系统记录用户行为轨迹并完成数据化建模，全面掌握消费习惯、兴趣偏好及情感倾向。基于这些洞察成果，企业可针对性地制定产品设计方案、选择适配销售渠道、优化促销策略，并实施差异化的用户价值运营，最终实现精准获客与高效转化。在互动升级层面，以叠变三合一冲锋衣的营销实践为例，企业根据产品传播周期在各大社交平台设置阶梯式话题矩阵：通过小红书发起互动话题收获超百万浏览量，同步在微博策划话题挑战赛，在抖音开展创意短视频征集。这种分阶段、多平台的互动设计，有效构建了社交传播裂变效应，最终推动产品热度持续攀升。

此外，波司登还注重线上线下运营的协同配合，高效精准地收集消费数据，为个性化推荐和渠道创新管理奠定坚实基础。通过数字化手段，波司登建立了私域社群，以便快速了解并收集用户的产品反馈。具体而言，波司登推出小程序商城+，顾客只需通过微信或支付宝扫描小程序二维码，即可注册会员信息，完成小程序下单、线上领券、线下核销的全流程。借助全国门店的统一推广，波司登迅速积累了大量数字化会员数据，形成了庞大的私域流量。根据这些搜集来的会员数据，波司登能够判断顾客的消费属性及行为属性，并运用数字技术实现对每位顾客的精准推送¹，系统会根据顾客的购买喜好，为其提供产品优惠券，从而维护顾客关系，增加产品复购率。

4.2. 中端：数字化 + 创新与协同研发

产品研发始终将用户置于核心地位，依托平台与用户展开深度交互。在此过程中，企业能够获取用户需求、体验等多方面的数据，随后对这些数据进行细致分类、严格筛选、深度挖掘以及科学管理。依据多数用户的需求和优先级情况，企业进行统筹规划，精准确定每一次产品迭代升级的具体需求，进而准确地对产品进行定义。波司登借助数字化平台进行创新与研发，通过数据分析不同区域消费者的购买偏好，波司登能够针对不同消费者群体，推出极具针对性的产品以及市场推广活动²。例如，在南方潮湿地区门店，系统会自动增加轻薄透气款占比；针对年轻客群集中的商圈，则优先陈列潮流联名系列。

¹资料来源：2020 年波司登年报。

²资料来源：<https://finance.sina.com.cn/stock/relnews/hk/2023-10-09/doc-imzqpkmf4566543.shtml>。

在当下，协同研发已然成为企业开展研发活动的常规模式。借助与用户建立的直接连接，协同的范围不再局限于企业内部，而是进一步拓展到了外部领域。面对这一变化，企业迫切需要构建数字化协同研发体系，并建立一套行之有效的产品开发过程协同管理机制。波司登通过人工智能、物联网等技术对产品的市场反馈形成各区域客户画像，有针对性地利用大数据分析结果，使用“BSD.AI 美学大脑”，快速推出创新产品，迎合顾客的品味，在产品上新上维持高频率。达成了开发人员项目协同、全生命周期产品开发协同以及产品开发过程信息协同，最终实现了精准且高效的研发协同。

4.3. 后端：数字化 + 供应链体系

供应链管理是服装零售产业变革的机遇下的有力支撑，优质高效的供应链是提高产品质量、提升产品标准、降本增效的核心，是品牌增长引擎和核心竞争力。广义上来讲，供应链包含多个流程，从产品研发开始，需要链接上游供应商采购原材料，通过产品生产，再通过物流仓配中心进行配货送到门店，最终消费者买单，即采购 - 生产 - 仓储物流 - 销售³。

首先，在采购环节，波司登供货商主要分为原材料供货商、外包生产商、其他供货商三类。为优化供货商资源，完善供应链管理机制，企业持续夯实供货商评审准入标准、三方协同评审和监察标准，开展战略供货商培育、供货商考核与评审、供应商培训等工作。制定供货商手册、供货商评价标准、供货商关键绩效考评标准等管理制度，定期通报考核结果，汇总并落实奖惩规定，督促和鼓励供货商履行质量责任并持续改进，带动供应链合作伙伴共同成长。

其次，在生产环节，研发了 GiMS 系统，波司登在内部着重于数字化系统的应用，智能装备的迭代升级，通过自动化生产替代人工操作，推进生产数字化、流程智能化，以此实现生产流程的全面数字化。旨在不断优化生产流程，减少单位生产成本，提升人均产出效率，进而达到提高生产效率、削减生产总成本的目的。

接着，在仓储物流这一关键环节，波司登积极与专业智能仓储设备供应商展开深度合作，引入并应用一系列先进的仓储管理系统。在此基础上，持续投入资源，不断对仓储设施进行智能化改造升级。同时，建立智能配送中心 CDC，精心打造专属的数据中台，整合各类物流数据资源。通过这一系列举措，成功建成波司登现代化物流体系，有效提升了存货周转能力，进一步强化了整体物流管理能力。

最后，在销售环节，波司登明确采用了“线上 + 线下双轮驱动”的核心策略。一方面，企业持续深耕线下销售领域，不断优化实体门店的服务体验与运营效率，稳固传统销售阵地；另一方面，积极且大力拓展线上销售渠道，通过入驻各大主流电商平台、搭建自有线上商城等多种方式，全方位扩展营销新渠道。同时，波司登还着力打造创新的营销新模式，以适应数字化时代的消费需求。通过精心布局线上业务板块，波司登成功提升了线上收入在整体营收中的比重，进一步完善了企业整体的营销体系。最终，实现了以消费者为中心，线上与线下双渠道深度融合的场景，为消费者带来更加便捷、个性化的购物体验。

5. 波司登数字化转型的价值创造的效果分析

5.1. 线上营收提升

自波司登在新零售与数字化运营领域展开探索，尤其着重布局直播渠道以来，其销售效率得到了显著提升，线上收入增幅尤为突出。如表 1 及相关标注所示，凭借数字化手段驱动精准营销，波司登得以通过私域的多个触点，精准触达目标消费群体。从 2017 年至 2024 年，波司登的线上销售额呈现出显著

³资料来源：<http://www.xinhuanet.com/fashion/20241230/c5d4e4530d254952a7a6263b56e40ead/c.html>。

增长态势，线上销售占比亦持续攀升。至 2024 年，其线上销售额已高达 75.75 亿元，约占整体销售额的三分之一，与 2017 年相比实现了大幅增长，成效十分显著。

Table 1. Bosideng 2017~2024 online revenue and online share

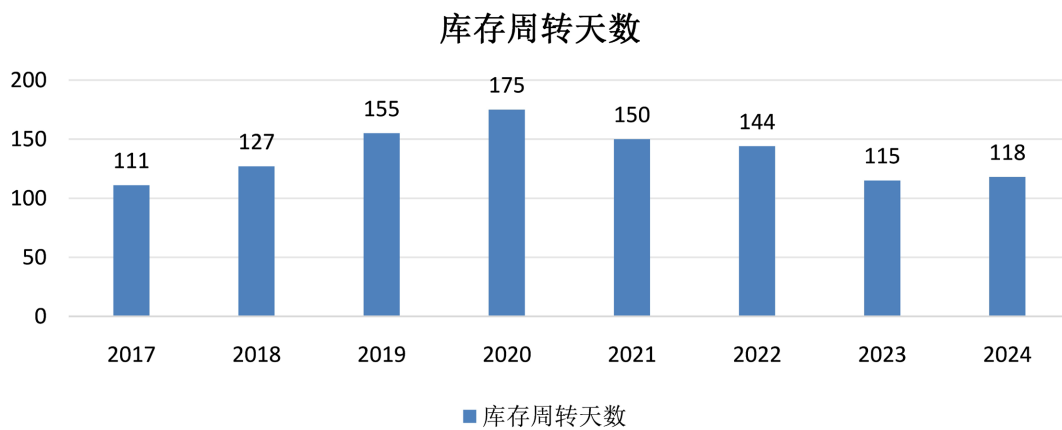
表 1. 波司登 2017~2024 年线上营收及线上占比

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
线上营收	20.11	18.5	23.45	35.83	40.25	49.29	69.31	75.75
总收入	68.17	88.81	103.83	121.91	135.17	162.14	167.74	232.14
线上占比(%)	29.50%	20.83%	22.58%	29.39%	29.78%	30.40%	41.32%	32.63%

数据来源：2017~2024 波司登企业年报。

5.2. 库存周转天数下降

企业管理效率与企业资产周转速度呈正相关关系，如果企业具有较好的管理效率，就意味着具有较高的企业资产周转速度。作为波司登主业的羽绒服具有季节性销售特征，具有较长的存货周转周期，存货周转天数是衡量库存风险的重要指标。图 1 为 2017~2024 年企业库存周转天数。



数据来源：2017~2024 企业年报。

Figure 1. Bosideng inventory turnover days from 2017 to 2024

图 1. 波司登 2017~2024 年库存周转天数

从 2017 到 2024 年，波司登的库存周转天数呈现出先波动上升、后持续下降的特征。受到行业周期、公共卫生事件冲击等影响，波司登从 2017 到 2020 年间库存周转天数从 111 天波动上升至 175 天，随着数字化转型的深入进行，库存周转天数从 2020 年的 175 天快速下降至 115 天，降幅达 34%，是数字化转型成效最显著的阶段。虽然在 2024 年小幅回升至 118 天，但仍远低于转型前水平。这一过程不仅验证了数字化转型对库存管理的积极作用，也为传统行业转型升级提供了可复制的实践路径。

6. 启示和借鉴

数字化战略作为企业数字化转型的顶层战略，是企业于数字化浪潮中抢占发展先机、赢得竞争优势的关键驱动力，能够有力加速企业变革进程。其制定要以技术革新与数据深度应用为坚实基础，借助数字化手段对企业各业务板块进行全面升级改造，精准挖掘具有差异化、独特性的战略定位。这一过程，

既能提升组织架构的运营效能，让企业内部运转更高效流畅，又能实现供需两端的战略协同优化，使供应与需求精准匹配。进而强化企业在行业中的核心竞争力，稳固市场地位。构建数字化运营体系需达成全链条覆盖，纵向深度贯穿企业决策、生产、营销等核心环节，横向广泛延伸至内外部关键价值节点。通过数字化赋能，推动企业决策模式从依赖经验判断向数据驱动转变，最终实现决策精准度与科学性质的飞跃提升。

参考文献

- [1] 于佐君, 潘力, 王军. 基于数字化技术的服装人才培养教学体系研究[J]. 纺织导报, 2016(9): 116-118.
- [2] 陈梓杰. 产业集群降本增效视角下广东服装行业数字化设计转型现状与挑战[J]. 鞋类工艺与设计, 2025, 5(23): 15-17.
- [3] 杨聃. 数字化技术在服装设计中的应用[J]. 上海包装, 2024(1): 32-34.
- [4] Tornatzky, L.G. and Fleischer, M. (1990) *The Processes of Technological Innovation*. Lexington Books.
- [5] 王轩, 周卫红. 基于 TOE 理论的中小企业数字化转型问题研究[J]. 全国流通经济, 2025(19): 165-168.
- [6] 陈冬梅, 王俐珍, 陈安霓. 数字化与战略管理理论——回顾、挑战与展望[J]. 管理世界, 2020, 36(5): 220-236+20.
- [7] 张新, 徐瑶玉, 马良. 中小企业数字化转型影响因素的组态效应研究[J]. 经济与管理评论, 2022, 38(1): 92-102.
- [8] 李春梅. 中国制造业发展质量的评价及其影响因素分析——来自制造业行业面板数据的实证[J]. 经济问题, 2019(8): 44-53.
- [9] 张建军, 赵启兰. 新零售驱动下流通供应链商业模式转型升级研究[J]. 商业经济与管理, 2018(11): 5-15.
- [10] 刘浩. 现代商贸流通体系下供应链管理优化策略探讨[J]. 商业经济研究, 2025(22): 169-171.
- [11] Yoo, Y. (2010) Computing in Everyday Life: A Call for Research on Experiential Computing. *MIS Quarterly*, 34, 213-231. <https://doi.org/10.2307/20721425>
- [12] 陈爱贞, 陈凤兰, 何诚颖. 产业链关联与企业创新[J]. 中国工业经济, 2021(9): 80-98.
- [13] 胡元林, 庄永耀. 企业数字化转型的影响因素及其绩效研究进展[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2023, 48(1): 160-169.