

C2M电子商务模式下绿色制造资源配置的理论与方法研究

范毅¹, 张人龙^{1,2}, 刘小红^{1,2}

¹贵州大学管理学院, 贵州 贵阳

²数字化转型与治理协同创新实验室, 贵州 贵阳

收稿日期: 2025年9月6日; 录用日期: 2025年9月23日; 发布日期: 2025年10月20日

摘要

在“双碳”目标与消费升级背景下, 制造业面临“个性化定制”与“绿色可持续”发展的双重挑战。传统大规模生产模式因其固有的资源错配与环境问题, 难以有效应对, 制约了产业的高质量发展。C2M(用户直连制造)电子商务模式以需求驱动生产, 为破解此“二元困境”提供了新的解决范式。本文采用理论推演方法, 系统研究了C2M电子商务模式, 探讨其如何破解这一困境并赋能绿色制造资源配置。研究发现, C2M通过“信息-流程-生态”重构资源配置逻辑: 信息赋能以数字精准替代物理冗余, 流程赋能以动态柔性实现过程增效, 生态赋能以网络协同优化全链价值。最后, 提出了C2M模式下绿色制造资源配置的实现路径, 为制造企业践行绿色发展理念、实现数字化与绿色化协同转型提供了理论参考与战略指引。

关键词

C2M, 绿色制造, 资源配置

A Study on the Theory and Methods of Green Manufacturing Resource Allocation under the C2M E-Commerce Model

Yi Fan¹, Renlong Zhang^{1,2}, Xiaohong Liu^{1,2}

¹School of Management, Guizhou University, Guiyang Guizhou

²Digital Transformation and Governance Collaborative Innovation Lab, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: September 6, 2025; accepted: September 23, 2025; published: October 20, 2025

文章引用: 范毅, 张人龙, 刘小红. C2M 电子商务模式下绿色制造资源配置的理论与方法研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(10): 1495-1502. DOI: 10.12677/eci.2025.14103295

Abstract

Against the backdrop of China's "dual carbon" targets and ongoing consumption upgrading, the manufacturing industry confronts a dual challenge: achieving both "personalized customization" and "green sustainable" development. Traditional mass production models, with their inherent resource mismatch and environmental issues, struggle to address this challenge effectively, thus constraining high-quality industrial development. The Customer-to-Manufacturer (C2M) e-commerce model, which is driven by demand, offers a new paradigm for resolving this binary dilemma. Using a theoretical deduction approach, this paper systematically investigates the C2M model, exploring how it resolves this dilemma and empowers green manufacturing resource allocation. The study finds that C2M reshapes the logic of resource allocation through an "Information-Process-Ecosystem" framework. Information empowerment replaces physical redundancy with digital precision; process empowerment enhances operational efficiency through dynamic flexibility, and ecosystem empowerment optimizes full-chain value via network collaboration. Finally, the paper proposes implementation pathways for green manufacturing resource allocation under the C2M model, providing theoretical references and strategic guidance for manufacturing enterprises to practice green development concepts and achieve a synergistic digital and green transformation.

Keywords

C2M, Green Manufacturing, Resource Allocation

Copyright © 2025 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

在全球制造业迈向高质量发展的时代背景下，一方面，“工业 4.0”与数字经济浪潮将数据提升为核心生产要素，驱动产业向智能制造深度转型；另一方面，“双碳”目标将可持续发展议程从企业社会责任的“软约束”转变为关乎生存与竞争力的“硬指标”；与此同时，消费升级催生了对个性化、高品质产品的庞大需求，使满足消费者独特价值主张成为市场竞争的焦点。因此，对传统制造业形成了系统性挑战，迫使其必须在智能、绿色与定制三个维度上寻求协同突破[1]。传统大规模刚性生产模式虽曾提升效率，却在新环境下暴露显著弊端：其一，预测型生产导致资源错配，市场需求信息失真引发“牛鞭效应”，造成库存冗余与资源浪费；其二，环境负外部性持续累积，成本导向的生产逻辑忽视能源消耗与污染排放，与国家绿色发展战略相悖；其三，供需响应严重滞后，刚性供应链难以适配碎片化、动态化的定制需求，削弱企业竞争力。

用户直连制造(Customer-to-Manufacturer, C2M)电子商务模式为破解上述困境提供了可行路径。C2M 模式依托工业互联网、大数据等数字技术，实现了从消费者到工厂的端到端直连，其核心在于将生产流程由“以产定销”转变为“以需定产”，从源头上消除了信息不对称[2]。典型案例表明，海尔 COSMOPlat 平台通过需求聚合实现绿色定制，必要商城以预售模式压缩库存与碳足迹，共同验证 C2M 对资源配置的优化潜力。然而，现有研究多聚焦 C2M 的效率提升，对其赋能绿色制造资源配置的内在机理缺乏系统性阐释。本文旨在揭示 C2M 模式通过需求驱动优化绿色制造资源配置的内在逻辑，构建“需求-资源”动态匹配的理论框架，并探索其实践路径。通过解析 C2M 在降低环境负外部性、促进绿色技术渗透中的作用机制，为制造业绿色数字化转型提供理论支撑。

2. 概念界定与理论基础

2.1. C2M 电子商务模式的核心内涵

C2M 模式并非简单的渠道缩略，而是一种由市场需求数据驱动的、对传统工业产销逻辑的颠覆性重构，如图 1 所示。其核心内涵可从三个层面理解。

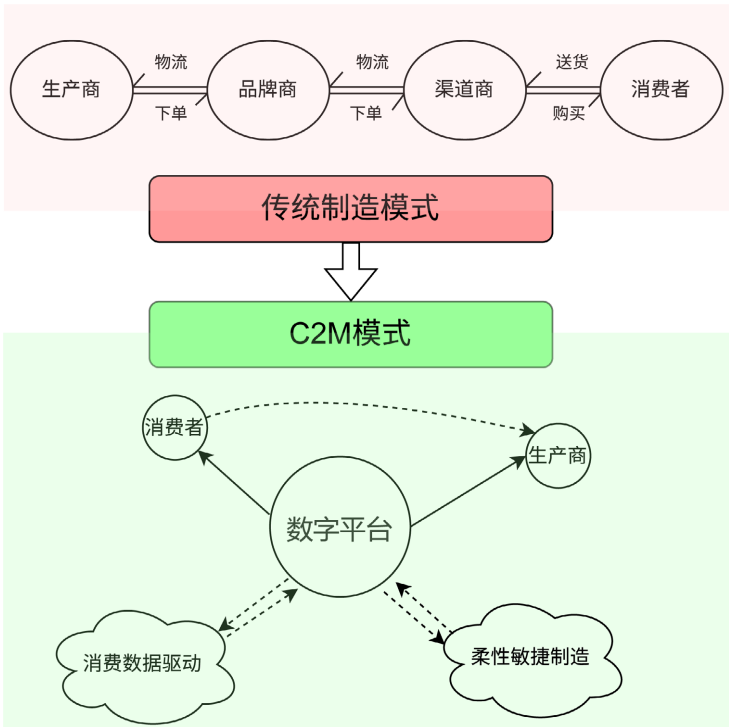


Figure 1. Comparison between traditional manufacturing model and C2M model
图 1. 传统制造模式与 C2M 模式对比图

2.1.1. 从中心化层级到去中心化直连

传统价值链呈现以品牌商为中心的层级结构，各中间环节既是价值传递的节点，也是信息流动的壁垒。C2M 模式依托数字平台，实现了消费者与制造商之间点对点的价值与信息直连，打破了原有的中心化结构[3]。这不仅是渠道的“去中介化”，更是生产关系的深刻变革。消费者的个性化需求从被动满足的对象，转变为驱动生产的始端信号，生产决策权从企业内生预测，转向了市场外生驱动，从而构建了更为敏捷、平等的产销协同网络。

2.1.2. 从物质资本主导到数据要素驱动

工业经济时代，资源配置的起点是资本、劳动力等物质生产要素。在 C2M 模式所处的数字经济时代，源于消费端的、海量的动态需求数据，已成为一种先导性的战略资源[4]。这些数据通过大数据与人工智能技术，被转化为指导产品研发、物料采购、柔性生产及精准交付的可执行指令。因此，C2M 从根本上改变了资源配置的起点，实现了由“基于预测的资源储备”向“基于数据的资源响应”的范式迁移，数据成为撬动后续所有物质资源高效配置的首要杠杆[5]。

2.1.3. 从刚性生产到柔性敏捷制造

C2M 前端的“按需定制”逻辑，必然要求后端制造体系具备高度的柔性与敏捷性。柔性指制造系统

在成本可控下响应产品多样化(范围经济)的能力,敏捷则指其快速响应市场需求变化(时间效率)的能力。拉动式生产模式要求工厂必须从固化的生产机器,进化为能够快速重组、模块化生产、多品类、小批量无缝切换的“智慧有机体”。这构成了对企业数字孪生、物联网(IoT)及自动化集成等系统性能力的刚性要求。

2.2. 绿色制造资源配置

绿色制造并非静态概念,其内涵随着环境问题认知和技术进步的深化而不断演进,其资源配置的关注点也随之从局部走向全局,从被动走向主动。绿色制造的认知经历了三个主要阶段。初期是“末端治理”,即将环境问题视为生产的副产品,在生产流程结束后通过增加治污设备来控制污染排放,这是一种被动的、成本高昂的模式。随后发展为“过程控制”,即清洁生产,强调在生产过程中通过改进工艺、提升能效等方式,减少资源消耗和污染物产生,变被动处理为主动预防[6]。当前,绿色制造已迈向“源头设计”,它将环境考量融入产品生命周期的最前端——设计阶段。通过绿色设计和循环经济理念的导入,力求在设计时就减少材料使用、选用环保材料、便于维修、易于回收和再利用,从而在根本上消除浪费和污染[7]。

“绿色制造资源配置”的内涵也必须被广义化,它不再局限于传统的物质资源(如原材料、水、电、煤、油等)的节约,而是拓展为一个多维度的资源体系[8]。该体系同样包含信息资源,即前文所述的用户需求数据、生产过程数据和供应链数据,有效利用这些数据可以从源头避免不必要的物质资源消耗。此外,更应纳入能力资源的维度,即企业所拥有的、难以量化但至关重要的组织能力,例如柔性制造能力、供应链协同能力、绿色技术创新能力等。这些能力本身就是一种稀缺资源,企业如何培育、投资和调配这些能力资源,直接决定了其绿色制造的最终成效。

3. C2M 模式下绿色制造面临的困境与挑战

3.1. 生产模式的适应性问题

传统制造业依赖预测驱动的推式生产模式,通过MRP/ERP系统来优化规模化生产的成本效率,其运作逻辑建立在固定提前期与批量生产的确定性假设之上。然而,C2M模式所要求的拉式生产以碎片化订单为触发点,导致两大结构性冲突:其一,系统适配失效,高频次、小批量的订单流与传统生产系统的刚性参数(如最小经济批量、固定换线时间)产生根本性矛盾,致使计划调度功能瘫痪;其二,出现“绿色效率悖论”,为满足定制化需求而进行的产线频繁切换使单位产品能耗显著提高,部分抵消按需生产减少库存所带来的环境效益,并形成新的资源消耗峰值。

3.2. 绿色制造的成本与效益平衡

传统规模经济模式下,环境成本常被视为外部性因素排除于企业决策框架。C2M则需同时实现三重价值整合:经济价值(小批量定制成本控制)、体验价值(个性化满足)与环境价值(绿色制造),因此面临以下问题:首先,绿色价值量化困难,消费者对绿色属性的支付意愿存在高度主观性与不确定性,难以纳入精准定价模型;其次,成本叠加效应,绿色材料采购溢价与环保工艺增量成本在小批量生产中无法通过规模效应摊薄;最后,多维核算缺失,现行成本收益分析框架缺乏对长期环境效益(如碳减排)与品牌声誉等无形资产的计量能力,阻碍企业绿色投资决策。

3.3. 线性控制与生态协同的博弈

传统线性供应链通过核心企业主导实现成本管控,其信息单向传递机制难以支撑C2M的生态化协同

需求，主要矛盾体现为：第一，敏捷－绿色认证悖论，供应商动态响应时效要求与绿色资质审核的长期性存在不可调和冲突；第二，风险转嫁隐性化，制造商通过订单波动将库存压力转移至上游，导致原材料冗余从下游向上游迁移，实质违背绿色制造全链减耗原则；第三，协同成本激增，供应链全节点数据共享需求推高系统集成投入与数据安全风险，且收益分配机制缺失削弱企业参与意愿。

3.4. 企业组织文化与敏捷生产的矛盾

科层制组织通过职能分工保障运营稳定性，但其固有缺陷在 C2M 场景下被显著放大：流程层面，研发、生产、销售部门的职能壁垒阻碍以订单为纽带的端到端协作，延长定制化响应周期；激励层面，基于部门 KPI 的考核体系忽视跨职能协作效能(如客户满意度、资源周转率)，抑制团队协同动力；文化层面，强调服从与规避风险的传统组织文化，与敏捷化转型所需的试错容错、自主决策理念形成根本性对抗，成为模式落地的深层阻力。

4. C2M 赋能绿色制造资源配置的机理分析

C2M 模式对绿色制造的赋能并非依赖某项单一技术的应用，而是通过一套由信息层、流程层再到生态层逐级递进、环环相扣的赋能机理，系统性地化解前述挑战。该机理的核心在于利用数字化手段引发生产要素、生产方式乃至产业组织形态的根本性变革，为构建更加高效、精准、可持续的资源配置范式奠定基础。C2M 赋能绿色制造资源配置的机制框架见图 2。

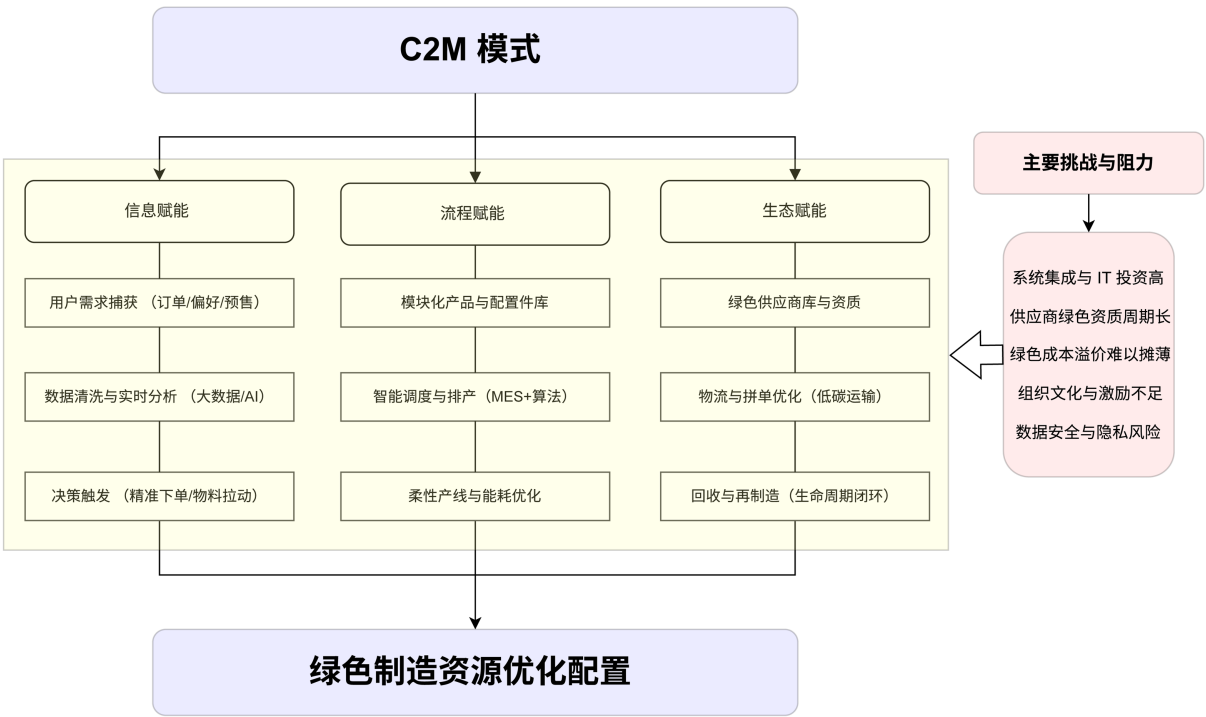


Figure 2. A C2M empowerment framework for green manufacturing resource allocation
图 2. C2M 赋能绿色制造资源配置机制框架

4.1. 信息赋能

传统制造业资源配置效率低下的首要根源，在于贯穿供应链的信息失真与延迟。需求信息在层级传递中被扭曲放大，形成“牛鞭效应”，最终物化为生产过剩与无效库存——这是对原材料、能源、劳动力

等实体资源最直接的浪费，构成制造业沉重的“绿色负债”。

C2M 通过构建端到端的数字化信道，从根本上消弭供需双方的信息鸿沟[9]。所谓“信息赋能”，本质在于用“数字精准”系统性地替代“物理冗余”。具体而言，C2M 平台捕获的是海量、细颗粒度且包含丰富情境的真实用户需求，而非经过层层过滤的聚合预测。这种高保真数据使企业能够用信息资产取代物理资产。当生产的唯一触发点是已支付的真实订单时，“零库存”便从管理学的理想转变为可操作的目标，这意味着生产线上的每一份资源都将被精准地投入到创造有效价值的过程中。

4.2. 流程赋能

“信息赋能”解决了生产什么的精准性问题，而“流程赋能”则以绿色、高效的方式完成物理转化。C2M 前端需求的高度不确定性形成一种强大的“倒逼机制”，迫使后端生产流程具备极致的柔性 with 敏捷性。该机理的核心在于以“动态最优”取代传统生产所追求的“静态最优”。

具体而言，C2M 驱动的流程再造表现为生产系统的全面数字化、模块化、智能化。在实践中，为实现生产数据的实时采集，企业运用物联网(IoT)技术；采用模块化设计，使不同功能模块能够自由组合，以满足多样化需求。在此基础上，构建出一个以数字孪生为“大脑”的智能制造系统，将各类生产资源(设备、能源、人力等)抽象为可实时调用、动态组合的“能力服务模块”。当个性化订单进入系统时，智能调度算法会即时计算出一条兼顾时间、成本与能耗的全局最优生产路径，并“唤醒”所需的资源模块[10]。这种“即插即用”式的资源调度，彻底打破了传统流水线因追求设备利用率而产生的巨大“空转”和“等待”浪费，实现生产全流程在动态变化中的持续绿色高效。

4.3. 生态赋能

C2M 模式的独特之处在于，它超越单一企业的边界，对整个产业价值网络进行系统性重构。“生态赋能”的基础是 C2M 模式所具备的平台属性，这使其成为能够整合设计师、供应商、物流商、回收企业等多元利益相关者的“产业操作系统”[11]。在这种生态中，数据透明化与信任机制是关键基石。平台通过部署联盟链、智能合约等技术，为生态伙伴提供统一且可信的数据环境，从而使网络化的协同资源配置成为可能[12]。一个包含“使用可回收材料”“要求低碳物流”等要求的订单能被平台算法即时分解，并向整个生态系统广播需求。算法能够自动匹配并触发具备相应绿色资质的供应商，同时将物流需求与其他订单智能拼单，规划出碳排放最低的运输方案。将回收企业纳入后，就构建出从产品销售到废弃回收的产业闭环，真正践行循环经济理念。

从理论层面看，这是一种典型的基于“平台生态系统理论”的资源配置范式。它从根本上改变了资源配置的主体、边界和决策模式。配置主体由单一且边界清晰的企业转变为由平台治理、边界模糊的商业生态系统。决策模式由企业内部集权式的计划转变为生态内分布式、由算法和规则引导的自下而上涌现。在此模式下，企业的竞争优势不再仅取决于内部资源，更取决于其网络位置、连接能力、协同效率。通过生态赋能，C2M 将绿色制造资源配置的优化从企业级提升到系统级的全新维度。

5. C2M 模式下绿色制造资源配置的实现路径

5.1. 构建贯穿全链条的数据驱动体系

在国家“双碳”战略和数字化转型背景下，战略的有效落地需要依托扎实的数字化基础设施。企业应将投资重点从传统物理资产向数字资产倾斜，利用工业互联网平台和新一代信息技术，构建贯穿产品全生命周期的数据驱动体系，彻底打破企业内部长期存在的“数据孤岛”。具体而言，需要实现面向消费者的客户关系管理系统或 C2M 平台与产品生命周期管理、制造执行系统、供应链管理以及企业资源计

划系统在数据层面的无缝集成与实时交互。唯有当消费端的个性化、低碳需求数据能够顺畅流向设计、采购、生产、物流等各环节,并被各系统精准确解与执行,信息赋能才真正成为可能。此外,企业还应建立完善的数据治理体系,以确保数据质量、安全与合规。

5.2. 打造敏捷组织与柔性制造能力

在落实“双碳”目标和高质量发展要求的背景下,任何先进的战略和数字化基础设施,只有依靠组织的执行力才能最终转化为现实价值。这要求企业在“硬”的制造系统和“软”的组织结构两个层面进行同步且深入的能力重塑,构建柔性敏捷并存的协同模式。

在制造层面,打造高度柔性化与智能化的生产能力,对生产线进行系统性改造,包括以下几个方面:一、大力推行产品与零部件的模块化、标准化设计,实现产品配置灵活性与生产效率的统一;二、引入自动化生产单元、协作机器人与视觉检测系统,提升产线快速切换和混线生产的能力;三、深度应用数字孪生技术,在物理生产开始前对不同生产方案的能耗、物耗与效率进行模拟仿真与优化,确保制造过程本身的绿色高效。

在组织层面,核心是打破科层制壁垒,构建敏捷高效的执行团队。企业应果断推进组织变革,建立以客户订单或项目为中心、跨职能且充分赋能的敏捷团队,使团队对订单的端到端交付承担全权责任。在此基础上,绩效考核指标也应由单一的部门目标转变为以客户满意度、交付周期、资源利用效率等综合指标为导向,从而激发组织内生的协作与创新活力。

5.3. 培育开放、协同的绿色产业生态

在 C2M 模式下,企业的竞争优势越来越多地来源于其所在生态系统的整体效率和韧性。因此,企业必须从传统的、以自我为中心的“链主”思维转向开放、协同的“生态构建者”思维,积极培育一个共生共赢的绿色产业生态。

具体来说,企业应该重塑供应链关系,改变与供应商之间单纯的价格博弈方式,与核心绿色供应商建立长期战略合作伙伴关系,通过联合研发、数据共享、风险共担等方式,共同投入绿色新材料和新工艺的创新。建立生态激励机制,利用自身平台和大数据优势,构建透明、公正、动态的供应商绿色认证与分级体系,并将其作为订单分配、付款周期等商业决策的重要依据,以此正向激励整个供应链的绿色转型。推动产业价值闭环,积极与领先的环保科技公司、第三方回收企业、科研院所等建立合作网络,共同探索产品回收、再制造和资源循环利用的创新商业模式,构建经济价值与环境价值闭环的绿色产业生态。

5.4. 树立“绿色 C2M”为核心的企业战略

任何成功的转型,其起点必然是顶层设计的战略决断。企业决策层需深刻认识到,C2M 并非仅是一个用来提升效率的运营工具,“绿色”也不只是为应对监管所做的合规性投入。企业应将两者的结合确立为获取未来长期可持续竞争优势的核心战略。企业必须完成从“成本-效益”的短期财务视角向“责任-价值”的长期战略视角的根本性跃迁,将绿色发展目标与 C2M 商业模式深度绑定,并内化到企业的使命、愿景与价值观之中。

在治理层面,将关键绿色绩效指标与企业高管及核心团队的绩效考核和薪酬激励机制紧密挂钩,形成自上而下的绿色发展驱动机制。投资决策层面,建立“绿色投资审查机制”,在进行重大项目的决策时,要充分考虑碳排放、资源利用和可持续等因素。在品牌与市场层面,应主动发布 ESG 报告和可持续发展白皮书等,系统地向投资者、消费者以及其他利益相关方传达企业践行绿色 C2M 战略的举措和成效,打造负责任、可信赖的品牌形象,从而赢得日益注重可持续价值的市场认可和消费者信任。

6. 结语

在全球制造业面临数字化转型与绿色发展双重挑战的背景下,本文系统研究了 C2M 电子商务模式在破解“个性化定制”与“可持续发展”二元困境中的作用。研究揭示,C2M 并非仅是生产或营销方式的局部创新,而是通过一个“信息-流程-生态”的递阶赋能框架,系统性地重构了制造业的资源配置逻辑。该框架以数字精准消弭物理冗余,以动态柔性提升过程效率,以网络协同实现全局优化。本文构建的理论机理与实现路径,为制造业践行“双碳”目标提供了理论支撑,也为企业实现数字化与绿色化协同转型指明方向。

基金项目

基金项目:国家自然科学基金项目(72261005);贵州省省级科技计划项目(黔科合基础-ZK[2022]一般080);贵州省高校哲学社会科学实验室试点建设资助项目(GDJD202407);贵州省哲学社会科学规划课题项目(21GZYZB09, 21GZYZB10)。

参考文献

- [1] 李勃,段晗思,李随成.传统制造企业如何提高供应链绿色协同创新效能——价值共创期望差异化的作用[J].软科学,2025,39(6): 109-117.
- [2] 张闯,王震,夏春玉.C2M 电商平台数据赋能制造企业大规模定制:基于动态能力理论视角[J].商业经济与管理,2025(1): 5-18.
- [3] Wang, S. and Ma, S. (2023) Is Product Customization Always Beneficial in the Context of C2M Platforms? A Signaling Theory Perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, **197**, Article 122877. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122877>
- [4] 王伟,于吉萍,张善良.“互联网+”情境下商业模式研究演进及 C2M 模型构建[J].当代经济管理,2018,40(8): 19-24.
- [5] Chen, X., Li, B. and Wang, M. (2024) Information Sharing Strategy in Supply Chains: The Role of C2M. *Expert Systems with Applications*, **247**, Article 123294. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123294>
- [6] 郭朝先,李治鸿.我国制造业模式与业态创新进展以及“十五五”展望[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2025,46(5): 18-29.
- [7] 郭克莎,田潇潇.绿色技术与产业发展方式绿色转型[J].天津社会科学,2024(2): 99-107.
- [8] 邵帅,徐娟.“绿色+智造”赋能先进制造业高质量发展[J].人民论坛·学术前沿,2023(17): 25-36.
- [9] 张明超,孙新波,钱雨.数据赋能驱动智能制造企业 C2M 反向定制模式创新实现机理[J].管理学报,2021,18(8): 1175-1186.
- [10] Shan, H., Shan, X., Zhang, L., Qin, M., Peng, P. and Meng, Z. (2024) A Case Study of Whale Optimization Algorithm for Scheduling in C2M Model. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, **15**, 387-414. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2024.2.002>
- [11] 徐剑,吴国秋.基于体系工程与物流均衡的 C2M 服务制造物流体系结构模型[J].运筹与管理,2020,29(8): 128-136.
- [12] 邱华清,赵林度.考虑资产专用性的 C2M 模式下平台供应链合作策略研究[J].管理学报,2024,21(11): 1678-1687.