

数智驱动重庆工业绿色低碳转型的内在机理与实践路径研究

凌星元, 蒲杰方

(重庆电子科技职业大学数字经济与管理学院, 重庆 401331)

[摘要] 工业绿色低碳转型已成为推动经济社会高质量发展的关键, 而数智技术正成为推动工业绿色低碳转型的关键力量。重庆作为长江上游重要生态屏障和国家重要制造业基地, 其工业绿色低碳转型不仅是破解资源环境约束的当务之急, 更是筑牢长江上游生态安全屏障的战略选择。因此, 本文以重庆工业为研究对象, 综合运用归纳与演绎等方法, 在分析其绿色转型现状的基础之上, 从技术赋能、要素重构、治理优化和结构升级等维度, 阐释数智驱动工业绿色低碳转型的内在机理, 并从夯实数智基础、优化要素配置、强化治理协同、优化产业结构等方面提出相应的实践路径。

[关键词] 数智驱动; 绿色低碳; 重庆工业; 实践路径

[作者简介] 凌星元(1987—), 男, 河南固始人, 重庆电子科技职业大学数字经济与管理学院副教授, 管理学博士, 研究方向: 动态博弈、环境规制等。蒲杰方(1995—), 女, 四川南部人, 重庆电子科技职业大学数字经济与管理学院讲师, 在读博士, 研究方向: 职业教育、经济统计等。

[基金项目] 本文系重庆市教育委员会科学技术研究计划项目(项目编号: KJQN202403130); 重庆市教育委员会人文社会科学研究项目(项目编号: 25SKGH277); 重庆市社会科学规划年度项目(项目编号: 2025NDYB077)。

[DOI] <https://doi.org/10.62662/kjxk0204003>

[中图分类号] X322

[本刊网址] www.oacj.net

[投稿邮箱] kjxk999@163.com

引言

绿色低碳发展已成为经济社会转型的重要方向。2020年9月, 我国提出碳达峰、碳中和战略目标, 明确提出推动经济社会发展全面绿色转型。党的二十届三中全会强调: 支持企业用数智技术、绿色技术改造提升传统产业。工业作为国民经济的重要支柱, 是能源资源消耗和碳排放的重点领域, 其绿色低碳转型成效关系到“双碳”目标的实现。随着《制造业绿色低碳发展行动方案(2025—2027年)》《关于更高水平更高质量做好节能降碳工作的意见》等政策的实施, 工业领域环境规制不断强化, 使得绿色低碳发展已成为必然选择。当前, 以大数据、人工智能、云计算等为代表的数智技术正在深刻重塑工业生产方式、资源配置模式和治理运行体系等, 实现实时感知、智能控制和优化决策等, 为工业绿色低碳转型提供新的技术支撑。为此, 在长江经济带“共抓大保护、不搞大开发”背景下, 重庆作为长江上游重要生态屏障和国家重要制造业基地,

面临更为严格的资源环境约束与绿色发展要求, 促使工业绿色低碳转型成为推动区域高质量发展的现实选择。环境规制的外部压力与数智技术的内生驱动, 共同构成重庆工业绿色低碳转型的重要推动力量。鉴于此, 本文基于数智时代背景, 以重庆工业为研究对象, 围绕“现状刻画—机理分析—实践路径”的逻辑主线展开研究, 旨在为各地区优化环境治理及推动工业绿色低碳转型提供参考。

一、数智时代重庆工业绿色低碳转型的现状分析

党的二十大报告明确提出“推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”。在“双碳”目标持续推进和数字经济加快发展的双重驱动下, 重庆工业绿色低碳转型呈现出由政策推动向数智赋能、由局部改造向系统演进加快转变的趋势。

(一) 工业数字化基础持续夯实, 仍存在区域结构失衡制约

随着数字经济的快速发展, 重庆工业数字化基础不断夯实, 为工业绿色低碳转型提供更强的连

接、感知与计算能力。截至2025年,重庆累计建成智能工厂211个、数字化车间1231个,较2020年分别增长2.1和2.4倍。根据《重庆市加快推动“5G+工业互联网”升级发展实施方案》,重庆持续丰富产业供给,到2027年,再新建30个市级5G工厂,全市每万人拥有5G基站数达36.74个。但从整体上看,数字基础设施、数字应用能力等方面仍存在差异。例如,不同区域、不同园区之间数字基础设施供给水平并不完全均衡,中心城区、重点产业园区等区域的网络覆盖、平台接入和算力支撑能力相对较强,而部分区县、传统工业园区和中小企业集聚区域在数字基础设施完备度、数据采集能力和系统集成能力等方面仍存在短板。

(二)工业绿色发展体系加速构建,仍面临系统协同不足限制

随着绿色制造体系的持续建设,重庆工业绿色发展已由单点改造逐步转向系统推进,不断完善绿色制造动态管理和梯度培育机制,强化企业分级认定、动态调整和精准扶持,推动绿色发展由政策倡导走向制度化运行。截至2025年6月,重庆累计建成170个国家级绿色工厂、16个国家级绿色园区、18个国家级绿色供应链管理企业,且各项数据年均增量连续3年保持西部领先。其中,国家级绿色工厂产值占重庆市规上工业总产值的29.5%,高于全国平均9.5个百分点,反映出绿色制造正在成为重庆工业高质量发展的重要支撑。但是,当前重庆绿色制造体系建设在一定程度上存在整体覆盖不足的特点,一些龙头企业和重点园区绿色转型走在前列,而中小企业和一般产业园区的绿色制造水平仍有待提升,同时绿色工厂、绿色园区和绿色供应链之间的协同联动机制尚需深化。

(三)数智化应用场景不断丰富,仍受到深度集成不足影响

随着数智技术的深度应用,重庆工业数智化应用逐渐拓展到智能决策、绿色治理和产业链赋能等多元场景,由局部嵌入走向系统集成、由单点应用走向协同赋能。例如,重庆在全国率先上线工业“绿效码”应用,被视为推动工业绿色转型的“最强大脑”,集成企业赋码评级、绿色诊断等功能,重构绿色生产方式。截至2025年,重庆的人工智能核心产业规模同比增长23.6%,AI赋能带动全市工业技改投资增长19.2%、增速居全国第五。可是,重庆工业绿色低碳转型中仍存在应用深度不充分、应用场景有待拓展等困境,同时数智技术与绿色制造、

绿色供应链、绿色金融和绿色治理之间的深层耦合仍然不足,尚未形成贯穿研发设计、生产制造、物流运输等环节的完整闭环,亟需从“局部技术嵌入”加快迈向“系统场景集成”和“生态协同赋能”。

(四)产业结构优化持续推进,仍面临存量转型压力约束

随着工业转型升级的持续推动,重庆工业结构正加快向高端化、智能化、低碳化方向演进。截至2025年,重庆战略性新兴产业增加值占规上工业比重提高到约36%,而六大高耗能行业增加值占比压减至约25%,呈现出“含新量”提升与“含碳量”下降同步推进的特征。同时,重庆持续推进重点行业节能降碳改造,34家钢铁、水泥、铝冶炼企业被纳入全国碳市场,新能源装机占发电装机比重提高至21.1%。显然,重庆工业结构优化已不再局限于产业替代,而是逐步形成“新兴产业培育、传统产业改造、能源结构优化”协同推进的绿色低碳转型格局。然而,受到能源结构、资源配置等多重因素影响,产业结构绿色低碳升级仍面临较大压力,诸如钢铁、化工等能源消耗大、碳排放强度高的传统产业仍在工业体系中占据重要位置,对整体绿色低碳转型形成较强约束;战略性新兴产业虽发展较快,但其规模支撑、链条韧性和协同带动能力仍需进一步增强。

二、数智驱动重庆工业绿色低碳转型的内在机理

重庆工业绿色低碳转型面临诸多约束,是生产控制能力、资源配置效率、治理协同水平和产业结构层次共同作用的结果。数智技术通过重塑生产方式、优化资源配置、变革治理模式和推动产业升级,深刻影响工业绿色低碳转型的运行机制。具体而言,技术赋能是起点,解决“如何精准降耗减排”;要素重构是支撑,解决“资源如何向绿色高效领域流动”;治理优化是保障,解决“绿色转型如何形成制度协同”;结构升级是目标,解决“工业体系如何实现整体绿色跃迁”。四者层层递进、相互支撑,共同构成数智驱动重庆工业绿色低碳转型的内在机理。

(一)技术赋能:推动生产过程由粗放运行转向精准控制

数智技术是新一代科技革命和产业变革的核心驱动力。数智技术支撑实时感知、动态分析和智能决策,增强工业系统的“感知—分析—响应—优化”能力,推动生产过程由粗放运行转向精准控制。一方面,数智技术的广泛应用,实现对能源消耗、物料流动、设备状态等方面全过程的数据采集与实时

监测,及时识别高能耗、高排放等环节;另一方面,依托算法模型和智能控制系统,实现对工艺参数、生产节奏等的动态优化,降低单位产出能耗和污染排放强度。可见,数智技术不仅提升生产效率,而且改变绿色治理的技术实现方式,推动节能降碳转向“数据驱动”,从“末端治理”转向“全流程优化”。正如重庆持续推进“5G+工业互联网”深度应用,持续建成智能工厂、数字化车间,推动关键设备、关键工序实现数据可视化和实时监控。生产过程的精准控制仅是转型的技术起点,即数智技术在改变生产方式的同时,也在深刻重塑工业系统中各类要素的配置逻辑。

(二)要素重构:推动资源配置由传统投入依赖转向数据驱动优化

数字经济作为一种新型经济形态,能够以数据生产要素推动生产方式低碳转型。工业绿色低碳转型不仅是技术变革过程,也是生产要素配置深度调整过程。当前,数据逐渐成为新的关键生产要素,并与土地、劳动力、资本、技术等要素相互耦合,推动工业资源配置发生深刻变化。一方面,数智技术能够突破信息壁垒,提高企业内部和产业链上下游之间的信息透明度。另一方面,数据要素的持续嵌入,不断强化资本、技术等向绿色低碳领域集聚,使更多资源转向高效率、低排放领域。随着重庆加快推进“33618”现代制造业集群体系建设,数据要素正在加速向新能源汽车、智能装备、电子信息等产业集聚,推动资本、技术和人才等生产要素向高效率、低排放领域流动。因此,数智驱动重庆工业绿色低碳转型,本质上是通过重塑要素配置,推动工业发展方式由传统要素投入型向数据驱动型和绿色导向型转变。但要素配置的优化,需要治理体系作为制度保障。

(三)治理优化:推动环境治理由事后约束转向协同治理

工业绿色低碳转型的推进,离不开治理体系和治理方式的同步变革。数智技术的深入应用,则为环境治理创新提供重要支撑。具体来看,数智技术通过构建能源管理系统、碳排放监测平台等工具,打通企业、园区等主体间的信息流通渠道,使绿色评价、绿色监管等逐步实现数字化、动态化和精准化。例如,重庆在全国率先上线的工业“绿效码”,集成企业赋码评级、绿色诊断等功能,正是这一治理逻辑的典型体现:对政府而言,数字化治理手段提升过程监管和效果评估能力,使环境规制能够更

加精准地嵌入企业生产过程;对企业而言,数智平台降低绿色管理和绿色改造的成本,使其更容易将合规要求转化为发展动力。由此,数智技术不仅改变企业生产方式,而且重构绿色治理关系,推动工业绿色低碳转型走向协同治理的新格局,而环境治理的协同共治,需要与产业结构的深层变革相结合,才能实现从“局部改善”到“系统重构”的质变。

(四)结构升级:推动产业体系由高耗能依赖转向绿色低碳演进

数字经济通过催生绿色新兴产业,如新能源等行业的快速发展,不断优化产业结构。一是数智技术赋能传统产业,降低钢铁、化工、建材等行业的能耗强度和排放强度,使其在保留产业基础功能的同时实现绿色化升级。诸如重庆将钢铁、水泥、铝冶炼企业纳入全国碳市场,通过碳约束机制倒逼企业强化数智应用,正是数智赋能传统产业绿色升级的制度性体现。二是数智技术与新能源、高端装备、电子信息等战略性新兴产业高度耦合,推动这些产业成为绿色增长的重要引擎。从重庆实践来看,战略性新兴产业增加值占规上工业比重逐渐提升,印证数智技术在推动重庆工业结构绿色演进中的关键作用。由此表明,数智驱动不仅体现在微观企业层面的降本增效,更体现在中观产业体系和区域工业结构层面的整体重塑,这构成重庆工业绿色低碳转型持续推进的深层逻辑。

三、数智驱动重庆工业绿色低碳转型的实现路径

数智驱动重庆工业绿色低碳转型不是单一技术应用或局部环节改进的过程,而是涉及数智基础夯实、要素配置优化、治理协同创新和产业结构升级的系统工程。因此,须立足重庆工业发展实际,围绕制约因素和关键环节,统筹推进数智技术赋能与绿色低碳发展深度融合,持续深入推进重庆工业绿色低碳转型。

(一)强化技术赋能基础,夯实工业绿色转型的数智支撑

技术赋能是数智驱动工业绿色低碳转型的起点,而技术赋能功能的有效发挥,有赖于完备的数字基础设施和稳定的技术支撑体系作为前提。因此,将继续将新型基础设施建设作为数智驱动绿色转型的重要先导,围绕5G网络、工业互联网、数据中心等关键环节,完善工业数字化底座,提升工业系统的联接能力、感知能力和协同能力。一方面,推动数字基础设施布局由重点园区、重点企业

向更多区县、更多产业园区和更多中小企业延伸,缩小区域间、行业间和企业间的数字化基础差距,增强数智赋能的普惠性。另一方面,强化工业数据采集、传输、治理和应用能力建设,推动企业实现关键设备、关键工序和关键能源节点的数据可视化、可追踪和可分析,为能耗监测、碳排放核算和绿色调度提供更加精准的数据基础。只有不断夯实数智基础底座,才能为重庆工业绿色低碳转型提供稳定、持续和可扩展的底层支撑。

(二)优化要素配置机制,推动资源向绿色低碳领域高效流动

要素重构是数智驱动工业绿色低碳转型的核心支撑,其实质是推动土地、能源、资本等传统要素向数据驱动型和绿色导向型配置转变。实现这一转变,需要从数据要素培育、要素流动引导和绿色要素集聚三个层面协同发力。一是加快培育数据要素市场,推动工业数据的采集标准化、流通规范化和应用价值化,使数据真正成为驱动资源绿色配置的新型生产要素。支持重点企业和工业园区建立数据资产管理体系,推动能源数据、碳排放数据等实现可采集、可确权和可流通,为要素优化配置提供数据基础。二是强化绿色导向的要素配置政策,综合运用碳价机制、绿色信贷等政策工具,引导资本、技术和人才要素向新能源、电子信息等绿色低碳领域集聚,加快推动资源向高技术、低排放领域转移。三是依托重庆“33618”现代制造业集群体系,围绕产业链关键环节推动数据要素与实体要素深度融合,以数据赋能产业链上下游要素协同,提升工业绿色全要素生产率,逐步形成数据驱动、绿色导向的新型要素配置格局。

(三)深化治理协同创新,构建数字化绿色治理体系

治理优化是数智驱动工业绿色低碳转型的制度保障,而治理保障的形成,需要推动制度供给、平台支撑和多方协同的同步深化。工业绿色低碳转型不仅是技术创新过程,更是治理体系的重塑过程,有必要进一步推动绿色治理体系与数智技术应用深度融合。首先,完善绿色制造、节能降碳、碳排放管理和数字治理相关政策之间的衔接机制,将数字化改造、绿色改造和产业升级纳入统一政策框架,提升政策体系的协同性和连续性。其次,进一步完善平台赋能机制,支持工业互联网平台从设备连接、生产管控等基础功能,向能耗监测、绿色供应链协同、绿色诊断评估等高阶场景延伸,形成更具

复合功能的绿色服务平台。最后,推动数智化应用由企业内部向园区治理、产业链协同和区域绿色治理拓展,逐步构建覆盖企业、园区、平台和政府的多层次治理场景体系。

(四)加快产业结构升级,推动工业体系整体绿色跃迁

结构升级是数智驱动工业绿色低碳转型的最终目标,而技术积累、要素优化和治理协同,最终都体现为工业产业体系的整体绿色跃迁。当前,重庆工业绿色低碳转型的关键在于构建以战略性新兴产业为引领、以传统产业绿色升级为支撑、以清洁能源体系为保障的现代产业体系,有必要将数智赋能与产业结构调整紧密结合,加快形成“增量更绿、存量更优、体系更强”的产业发展新格局。加大战略性新兴产业和未来产业培育力度,持续塑造工业绿色增长新动能。通过数智化、绿色化和高端化改造实现提质增效,在钢铁、建材、化工等行业持续推进节能降碳的改造升级,加快降低高耗能行业的能耗强度和碳排放强度。统筹推进清洁低碳能源体系建设,以能源结构优化助推产业结构绿色升级。总之,通过推动新兴产业壮大、传统产业提质和能源体系协同优化,逐步形成符合重庆资源禀赋、产业基础和绿色发展要求的现代工业体系。

四、结论

本文以重庆工业为研究对象,系统分析数智时代重庆工业绿色低碳转型的现状特征、内在机理与实践路径。研究表明,近年来重庆工业绿色低碳转型已经取得阶段性进展,同时也看到,重庆工业绿色低碳转型仍面临数字化发展不均衡、绿色体系协同不足等现实约束。进一步分析表明,数智驱动重庆工业绿色低碳转型并不是简单的技术叠加,而是涉及技术赋能、要素重构、治理优化和结构升级的系统演进过程。基于此,推动重庆工业绿色低碳转型,需要坚持数智赋能,围绕“数智基础—要素配置—治理协同—结构升级”构建系统化的实践路径。

参考文献:

- [1]郭波武,成琼文,王梦莹.工业互联网平台如何助力制造企业绿色转型?——数字技术可供性视角的案例研究[J].研究与发展管理,2025,37(1):98-112.
- [2]邵帅,范美婷,杨莉莉.经济结构调整、绿色技术进步与中国低碳转型发展——基于总体技术前沿和空间溢出效应视角的经验考察[J].管理世界,2022,38(2):46-69,4-10.
- [3]曹裕,李想,胡韩莉,等.数字化如何推动制造企业绿

色转型?——资源编排理论视角下的探索性案例研究[J]. 管理世界,2023,39(3):96-112,126,113.

[4]权小锋,李静蕾. 人工智能与企业协同创新——基于国家新一代人工智能创新发展试验区的准自然实验[J]. 经济研究,2025,60(8):72-93.

[5]冯子洋,宋冬林,谢文帅. 数字经济助力实现“双碳”目标:基本途径、内在机理与行动策略[J]. 北京师范大学学报(社会科学版),2023(1):52-61.

[6]陈福中,蒋国海,董康银. 数字经济对制造业绿色转

型的空间溢出效应[J]. 中国人口·资源与环境,2024,34(5):114-125.

[7]韩先锋,肖坚. 数智赋能还是数智陷阱:来自“两高”制造业企业绿色转型的证据[J]. 山西财经大学学报,2026,48(3):89-101.

[8]弓媛媛,邓枫婷,曾顺利. 数字经济对绿色全要素生产率的影响研究——基于中介效应和门槛效应的双重审视[J]. 生态经济,2026,42(4):60-68.

Digital Intelligence-driven Green and Low-carbon Transformation of Chongqing's Industry: Intrinsic Mechanisms and Practical Pathways

LING Xing-yuan, PU Jie-fang

(School of Digital Economy and Management, Chongqing Polytechnic University of Electronic Technology,
Chongqing 401331, China)

Abstract: The green and low-carbon transformation of industry has become pivotal to promoting high-quality economic and social development, and digital intelligence technologies are emerging as a key driving force in this process. As an important ecological barrier in the upper reaches of the Yangtze River and a major national manufacturing base, Chongqing's industrial green and low-carbon transformation is not only an urgent necessity to address resource and environmental constraints, but also a strategic choice for consolidating the ecological security barrier of the upper Yangtze River. Therefore, this paper takes Chongqing's industry as the research subject, comprehensively employs methods such as induction and deduction, and on the basis of analyzing the current status of its green transformation, elucidates the intrinsic mechanisms of digital intelligence-driven industrial green and low-carbon transformation from the dimensions of technological empowerment, factor restructuring, governance optimization, and structural upgrading. Corresponding practical pathways are proposed in terms of consolidating the digital foundation, optimizing factor allocation, strengthening governance synergy, and improving industrial structure.

Key words: digital intelligence-driven; green and low-carbon; Chongqing's industry; practical pathways