

“数据要素×”背景下数智化赋能工业绿色发展转型的机制、路径与政策研究

朱东波,杨志丽

(厦门大学马克思主义学院,福建厦门 361005)

摘要:针对当前中国工业绿色发展转型过程面临的资源配置不合理、绿色生产技术落后以及能源利用率较低等现实困境,要积极推进工业数智基础设施建设,着力推动传统工业绿色化改造升级,加快培育发展绿色新产业、新业态、新模式,精准把握绿色新需求引导工业绿色发展转型。为更好发挥数智化绿色发展效应,在分析数智化促进工业绿色发展转型理论机制基础上,探究“数据要素×”背景下数智化赋能工业绿色发展转型的实践路径与政策保障。研究发现,以“数字化发展+智能化升级”为核心的数智化转型,加速数据、资本、劳动等要素运动、融合、集聚,通过不断优化资源要素配置、推动绿色融合创新、促进绿色供需有效衔接以及全场景绿色智慧运营等机制,助推工业绿色发展转型。研究表明,从政策层面发挥数据要素乘数效应助力数智化更好赋能工业绿色发展转型,应以加快建立跨区域、跨领域、跨行业大数据中心为基础,以深化经济体制机制市场化绿色化改革为核心,以加强工信、互联网、环境等跨部门协同合作为保障,以建立多层次、全方位、立体化数据安全体系为底线。

关键词:“数据要素×”;数智化;工业绿色发展;乘数效应;数据安全;工业大数据

中图分类号:F426;F403.3

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2024)03-0032-15

收稿日期:2024-02-10

基金项目:教育部人文社会科学基金青年项目(22YJC790169);福建省习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心年度项目(FJ2023XZB001)

作者简介:朱东波(1989-),男,河南开封人,副教授,经济学博士。

Research on the mechanisms, paths and policies of digital intelligence empowering industrial green development transformation in the context of “data element ×”

ZHU Dongbo, YANG Zhili

(School of Marxism, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China)

Abstract: Given the practical challenges confronting China’s industrial green development transformation, including inefficient resource allocation, outdated green production technologies, and suboptimal energy utilization, there is a pressing need to actively advance the construction of industrial digital intelligence infrastructure, facilitate the green transformation and upgrading of traditional industries, expedite the cultivation and development of new green industries, business formats, and models, and precisely understand emerging green demands to steer the trajectory of industrial green development. To harness the green development potential of digital intelligence, this paper delves into the theoretical mechanisms underlying how digital intelligence fosters industrial green development transformation, and explores practical paths and policy frameworks to empower this transformation in the context of “data element ×”. The study reveals that digital and intelligent transformation, anchored in “digital development + intelligent upgrading”, accelerates the flow, integration, and clustering of data, capital, labor, and other elements. It propels industrial green development transformation through mechanisms such as constantly optimizing resource allocation, driving green integration innovation, facilitating effective connections between green supply and demand, and enabling comprehensive green smart operations in all scenarios. Research underscores that leveraging the multiplier effect of data elements to enhance digital intelligence’s role in industrial green development transformation in the policy level requires prioritizing the establishment of cross-regional, cross-sector, and cross-industry big data centers, focusing on deepening the marketization and green reforms of economic systems and mechanisms, enhancing interdepartmental collaboration among industry, information technology, the Internet, and environmental sectors as institutional backing, and establishing a multi-tiered, comprehensive, and robust data security system as a foundational imperative.

Key words: “data element ×”; digital intelligence; industrial green development; multiplier effect; data security; industrial big data

新中国仅用 70 余年时间走完了发达国家 200 多年工业化进程,成为世界第二大经济体、第一大工业国、第一大货物贸易国,创造了世界工业化历史的“中国奇迹”。然而长期以来,中国特色工业化进程以扩张规模和投入资源为主要特征,也导致能源资源浪费、环境污染以及生态系统破坏等一系列问题。2023 年全国生态环境保护大会做出重要论断,即“我国生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力尚未根本缓解”^[1]。工业绿色发展转型有助于加快形成新业态、新模式、新产业,实现供需更高层次动态平衡,并显著减少化石能源消耗与污染排放,因而是实现经济社会发展与生态环境保护协调均衡的关键路径^[2-3]。

近年来,云计算、区块链、人工智能、物联网、大数据等数字技术群落交互、融合发展并加速崛起,在全球范围内不断进行迭代升级和广泛应用,人类社会发展进入数字化时代。数字空间在经济、政治、社会、文化以及生态等诸多领域渗透和扩散的同时,与智能化发展相交织,推动数智化成为数字化时代的新方向与新趋势^[4]。作为数字化与智能化的全面升级,数智化转型基于数据的遍历性渗透、重组和引领等方式,驱动资本、技术、劳动、资源等传统生产要素的重组、配置与融合,提高绿色全要素生产率,为推动工业绿色发展转型提供了新动力^[5-6]。具体来说,数智化赋能工业绿色发展转型,一方面通过广泛运用大数据等数字技术,实现对资源能源的精细化管理和要素优化配置,从源头减少资源能源浪费;另一方面,借助人工智能、云

计算等智能技术,实现对工业生产全过程的智能优化,提升能源资源使用效率,减少能源资源消耗以及环境污染排放。2023 年 12 月 31 日,国家数据局等部门印发的《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026 年)》,就是为了培育基于数据要素的新产品和服务,选取了 12 个行业和领域,明确发挥数据要素价值的典型场景,在数据要素×工业制造方面,提出要创新研发模式、推动协同制造、提升服务能力、强化区域联动、开发使能技术等要求,为充分发挥数据要素乘数效应,推动工业绿色发展转型提供了积极指引。

伴随以数智技术为主要特征的新一轮科技革命和产业变革深化发展,数智经济与绿色发展转型之间的关系成为学术界关注的热点话题。已有文献从数字经济与人工智能同绿色发展转型之间的关系进行了分析。关于数字经济与绿色发展转型之间的关系,相关研究强调数字化有助于推动不同类型要素优化组合,引导资源要素绿色运转,提升资源绿色配置效率,从而促进绿色低碳发展^[7-9]。如魏丽莉等认为数字经济通过提高信息交互效率、创新水平以及加强区域互动合作等途径对城市绿色发展具有显著促进作用^[10];曹裕等通过采用纵向单案例研究法,发现数字化发展能够助力制造业企业实现从绿色结构化到绿色能力化再到绿色杠杆化的绿色转型发展^[11];WANG et al. 基于中国省级面板数据,证实数字经济对绿色低碳发展的促进作用具有显著空间溢出效应^[12]。另有研究聚焦人工智能与绿色低碳发展之间的关系,强调人工智能能够持续不断提高全要素生产

率,从而激发各类要素资源活力、整合集成不同产业链价值链,从而推动绿色低碳转型^[13-14]。如 SRIVASTAVA et al. 认为人工智能技术通过推动技术进步、增强节能减排意识、促进社会转型等方式,加快绿色低碳发展^[15];吕越等以工业机器人应用为研究对象,实证研究发现人工智能的减排效应主要通过促进技术创新、增加减排设备投资以及替代低技能劳动力 3 条渠道实现^[16];FENG et al. 则认为人工智能主要通过提高资源配置效率促进中国绿色发展,而技术进步效应和规模扩张效应的影响不大^[17]。

综上梳理,既有研究侧重分析数字经济、人工智能与绿色发展转型两两之间关系,为后续研究提供了重要参考与借鉴。但在以下方面仍然有待进一步拓展:一是少有文献考察以数字技术与智能技术融合发展为特征的数智化如何影响绿色发展转型;二是工业绿色发展转型的分析相对匮乏,而工业作为实体经济的核心,其绿色发展转型恰恰是实现绿色发展转型的关键所在。作为新一轮科技革命的新趋势与未来方向,数智化为工业绿色发展转型提供了新动力。因此,数智化如何赋能工业绿色发展转型成为亟待探究的新课题。为丰富学界对于数智化赋能工业绿色发展转型新课题的认识,本研究基于“数据要素×”这一国家大的政策背景,从数智化本质出发,在厘清数智化赋能工业绿色发展转型机制基础上,结合当前工业绿色发展转型困境,阐明数智化赋能工业绿色发展转型的实践路径与政策保障。尤其是在当前中国生态文明建设处于压力叠加负重前行的关键

期、满足人民优美生态环境需要的攻坚期以及有条件并有能力解决生态环境突出问题的窗口期等“三期叠加”阶段,探究数智化赋能工业绿色转型的机制、路径与政策,对于发挥数据要素乘数效应,实现绿色低碳高质量发展,加快建设美丽中国,实现中国式现代化,具有重要的现实意义。

一、数智化赋能工业绿色发展转型的理论机制

工业绿色发展转型是指工业发展方式由污染密集型向清洁生产型转变,从而实现工业发展的绿色化、低碳化、可持续化的过程。其实质是劳动力、资本、技术、数据等生产要素由污染密集型工业行业向清洁生产型工业行业转移的过程。以“数字化发展+智能化升级”为核心的数智化转型,通过加速数据、资本、技术、劳动等不同要素流转、运动、融合,优化资源要素配置,对于发挥数据要素乘数效应,促进产业链、价值链高效协同,是促进工业绿色发展转型的重要路径。概括来说,数智化主要通过优化资源要素绿色配置、推动绿色融合创新、促进绿色供需有效衔接以及全场景绿色智慧运营等机制,促进工业绿色发展转型。

(一) 优化资源要素绿色配置

数智化赋能工业绿色发展转型的资源要素绿色配置机制,是指在“数据+算力+算法+网络”等数智技术支持下,可以加速数据、资本、劳动力、技术等要素跨区域跨时间流转,并优化资源要素结构,从而提升资源要

素绿色配置效率,促进工业绿色发展转型。具体来说,数智化赋能工业绿色发展转型的资源要素绿色配置机制主要体现在以下方面。

1. 数智化转型有助于提升资源要素流转速度

囿于传统产业发​​展的“路径依赖”与“低端锁定”,部分资金、人才、资源、技术等要素向带有“高耗能、高污染、高投入、低产出、低效率”(下文简写为“三高两低”)等特征的污染密集型工业行业集中,降低了资源要素绿色配置效率,导致大量能源消耗与污染排放,不利于工业绿色化发展转型。依托大数据、互联网、云计算、数字孪生等数智技术发展,企业可以通过连接工业大数据中心,通过工业互联网等实现实时操控与自动化运作,并科学引导数据、资金、资源、人才等要素流向带有“低耗能、低污染、低投入、高产出、高效率”(下文简写为“三低两高”)等特征的清洁生产型工业行业,从而促进工业结构绿色发展转型。

2. 数智化转型显著促进资源要素跨时空运动周转

工业绿色发展转型客观要求数据、资金、技术、知识、人才、资源能源等要素向清洁生产型工业行业集中运动周转,从而带动绿色新兴产业发展。不同行业之间门槛、不同区域之间制度“藩篱”以及不同生产环节之间衔接迟滞不利于资源要素自由流动,从而制约了工业绿色发展转型。而依托大数据、物联网、移动互联网、人工智能、云计算等数智技术发展起来的数智化转型,以数据

流、信息流带动技术流、资金流、人才流、资源流、物资流等,打破了不同区域、行业以及生产环节等维度门槛限制,引导资源要素流向清洁生产型工业行业,从而促进工业绿色发展转型。

3. 数智化转型有助于优化资源要素结构

一般来说,资源要素投入结构反映了生产过程特征,构成了不同产业发展模式的微观基础。如以煤、石油等化石能源为主的要素投入结构不可避免导致工业生产过程中资源浪费、能源消耗以及污染大量排放等问题;而以技术、人才等为主的要素投入结构对应的是绿色低碳生产过程。数智化转型凭借大数据、云计算、物联网等数智技术发展,在引导数据、资金、技术、人才等要素资源向清洁生产型工业行业集中的同时,也显著提高数据要素在整个要素资源中占比,而数据要素具有低成本、无污染、渗透性强、边际收益高、可重复使用等特征,从而优化了资源要素结构,提升绿色生产效率,并引致数字化产业发展以及产业数字化转型,促进工业绿色发展转型。

(二) 推动绿色化融合创新

技术创新尤其是绿色技术创新为推动工业绿色发展转型提供了技术基础与物质支撑。数智化赋能工业绿色发展转型的绿色融合创新机制,是指数智化转型能够加快促进绿色融合创新,从而促进工业绿色转型。具体来说,人工智能、云计算、物联网等数智技术发展及其广泛应用有助于打破工业各区域、各行业、各领域之间壁垒,推动绿色技术

创新,重塑并加快形成创新链、价值链、产业链,从而带动工业“个性化、智慧化、绿色化”转型。概言之,数智化赋能工业绿色发展转型的绿色融合创新机制主要体现在以下方面。

1. 数智化转型有助于降低知识、信息、技术等资源要素获取成本

绿色技术创新建立在已有知识、技术、信息等技术基础之上。而知识、信息、技术等获取的高成本,严格限制并约束绿色技术创新,进而不利于工业绿色发展转型。大数据中心、5G基站等数智新型基础设施建设与完善,有助于打破知识、技术、数据等资源要素获取壁垒,减少企业内部与外部传播知识障碍,降低信息采集、吸纳知识、共享与集成资源等过程额外成本,提升知识与技术传播效率,产生技术与知识的共享和溢出效应,为企业整合与获取绿色生产和节能减排等相关技术创造了有利条件,从而激励企业绿色技术研发创新^[18]。

2. 数智化转型有助于分散化绿色研发创新风险

绿色技术研发具有前期投入较多、市场前景未知、研发风险较大以及成本回流缓慢等特征,导致企业市场主体进行绿色创新的内生动力不足。数智化赋能工业转型发展,一方面利用大数据和云计算等数字技术充分挖掘客户信息,建立信贷风险防控系统,减少借贷双方信息不对称问题,缓解企业研发资金短缺难题;另一方面,将企业海量数据纳入风险评估体系,从而科学预测绿色研发活动前景及其盈利空间,分散化绿色研发风险,激

励企业绿色研发投入,促进绿色技术创新^[19]。

3. 数智化转型显著促进不同领域融合协同创新

数智化赋能工业转型升级,有助于企业等市场主体克服进行技术、知识、信息、数据等交流和流动时的地理空间与时间限制,使得企业、高校、科研院所等不同绿色创新主体之间交流与沟通便利化,并降低不同主体之间交流与沟通成本,从而加快技术、知识、数据、资本等资源要素的聚合与融通,产生技术、知识、数据、资本等要素溢出和集成效应,加快绿色技术创新进程^[20]。技术创新尤其是绿色技术创新,一方面,能够加快新产品研发,进而推动绿色新兴产业形成与发展;另一方面,为污染型产业绿色化改造升级提供必要技术条件与物质基础,从而促进工业绿色升级转型。因此,数智化赋能有助于激励绿色融合创新,进而带动工业绿色化发展转型。

(三) 促进绿色供给与需求有效衔接

数智化赋能工业绿色发展转型的绿色供需衔接机制,是指依托大数据、物联网、移动互联网、人工智能等数智技术发展,可以有效缓解供给与需求双方之间的信息不对称问题,实现绿色需求与绿色供给的精准衔接,进而形成以绿色低碳产品与服务需求为中心的高水平供需动态平衡,进而引导工业绿色发展转型。具体来说,数智化赋能工业绿色发展转型的绿色供需衔接机制主要体现在以下方面。

1. 数智化转型有助于缓解供需双方信息不对称,进而引导工业绿色发展转型

伴随居民收入水平提高,绿色低碳已经成为当前市场消费的新方向与新趋势,其市场需求日益增长。但是传统意义上规模化、标准化、一致化生产模式难以满足并适应因居民收入增长而明显转型升级的绿色低碳消费结构,亟待推动传统生产方式绿色低碳转型。将市场消费大数据引入企业生产车间与投资决策中心,并借助于人工智能、云计算、物联网等数智技术,将设计、生产、销售、消费、售后等不同生产环节纳入统一工业互联网平台,充分把握绿色低碳消费需求升级趋势,有助于推动生产朝向“智能化、个性化、绿色化”转型升级。

2. 数智化转型有助于畅通绿色产品循环流动,促进生产服务化、绿色化发展

长期以来,绿色产品需求与供给存在一定程度的跨区域之间错配,加之物流、交通运输成本高以及市场需求信息闭塞等问题,制约了绿色低碳产业发展以及工业绿色发展转型。大数据、物联网、移动互联网等数智技术发展,为解决绿色产品供需错配问题提供了有效方案:借助于数智技术,绿色产品需求能够被供给端实时掌握,即绿色产品供给方通过海量消费数据库,精准把握跨区域需求侧的新特征与新偏好,据此设计、生产和提供相应的绿色低碳产品与服务,从而将线上与线下、网络世界与现实世界、本地区与他地区的绿色需求与绿色供给有效匹配,带动了区域性产业绿色发展转型。同时,绿色产品跨区域流转需求增加,将带动仓储业、运输业、直

接电商、物流业等带有“低能耗、低污染、高盈利”特征的生产性服务业发展,进而促进产业服务化、绿色化发展转型。

3. 数智化转型有助于加快培育绿色低碳生活方式,引导企业生产绿色低碳转型

依托物联网、移动互联网、云计算等数智技术,绿色发展与生态文明建设等理念深度融合入社会生活各领域,有助于改变居民传统消费理念,加快培育居民绿色消费、低碳节能出行等生活方式^[21];同时,数智技术深度嵌入社会生活领域,使得消费方式的“在线化、网络化”,将减少交通工具使用频次,从而降低能源消耗与污染排放。而绿色生活需求是生产供给的重要导向。因此,数智化赋能绿色低碳生活方式形成有助于引导工业绿色发展转型。

(四) 实现全场景绿色化智慧化运营

数智化赋能工业绿色发展转型的全场景绿色智慧运营机制,是指依托工业互联网、数据挖掘、模拟分析、智能学习以及数字孪生等数智技术发展,可以推动工业设计、生产、销售、消费等全场景、各环节的绿色化、智能化运行,从而有效进行经营决策、科学预测、客观评估、全程监测,提升生产绿色化营运效率^[22]。具体来说,数智化赋能工业绿色发展转型的全场景绿色智慧运营机制主要体现在以下方面。

1. 数智化转型通过推动企业绿色经营科学决策,加快生产绿色发展转型

利用大数据、人工智能、云计算等数智技术,企业等市场主体将绿色低碳理念贯穿

于产品研发、工业制造、智慧物流、风险控制、收益管理、精确营销、派送调度等科学智能决策的全过程,并融合运用数据挖掘技术与智能算法技术等,避免因个人主观误判导致的决策失误,从而提升资源要素绿色配置与绿色生产效率,实现企业绿色化发展转型^[23]。

2. 数智化转型有助于客观评估绿色生产问题与现状,为靶向推动生产绿色化发展提供依据

客观把握工业绿色生产现状是推动工业绿色发展转型的基本要求与前提。依托数字孪生、大数据、物联网等数智技术发展,可以对包括能源投入、原材料消费、产品生产过程以及尾端处理等在内的企业生产运营进行实时可视化模拟,从而准确反映工业绿色生产过程中高耗能、高污染等问题,为推动工业绿色发展转型提供靶向着力点与参考依据。

3. 数智化转型推动全过程监督生产运营,最小化其对生态环境负面影响

工业绿色发展转型涉及产品设计、制造生产、销售维护、物流仓储、尾端处理乃至产品消费等过程,是生产方式与生活方式的全方位、系统性深刻转变。通过推动制造业数智化转型,可以实现产业数字化、数字智能化、智能绿色化,将“产业”“数字”“智能”“绿色”等相融合,即首先对产业运营全场景予以“数据化”表达,进而借助云计算、数据挖掘、人工智能等技术赋予生产“智慧化”运营,最终将绿色低碳原则贯穿于生产智能运行全过程,从而通过创新产品、优化产能、变

革模式,加快推动生产制造“数字化、智能化、绿色化”转型升级。

二、数智化赋能工业绿色发展转型的实践路径

绿色低碳作为新一轮科技革命与产业变革深化发展趋势,也是中国经济社会发展的重要方向。为此,党的二十大明确指出,要“推动经济社会发展绿色化、低碳化”,“加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构调整优化”^[24]。然而,当前中国工业绿色发展转型过程中仍然面临部分资源配置不合理、绿色生产技术落后、绿色研发投入不足以及能源利用率不高等困境与现实问题。数智化转型依托大数据、物联网、人工智能、云计算、区块链等数智技术快速发展,通过优化资源要素配置、重点支持绿色技术研发、提升能源利用率等方式,推动工业绿色发展转型。因此,为加快中国工业绿色发展转型,应积极推进工业数智基础设施建设,大力推动传统污染型工业绿色化改造升级,着力培育发展新产业、新业态、新模式,精准把握绿色新需求引领工业绿色发展转型。

(一) 积极推进工业数智基础设施建设

数智基础设施建设是数智化赋能工业绿色发展转型的重要支撑与基础。然而,当前中国工业数智硬件、软件基础设施不完善,数智化平台建设投入不足,工业数智化人才培养不够以及数智化生态体系建设不成熟等,制约了数智化赋能绿色发展转型的乘数效

应。应该通过推动建设工业数智新型基础设施,改造升级传统基础设施,并优化数智人才培养机制,加速数据、信息、技术以及其他要素流动,从而提高资源要素绿色配置效率。

一是建设并完善数智新型基础设施与绿色化基础设施。加快工业互联网、物联网等通信网络基础设施、云计算等新技术基础设施以及智能计算与大数据中心等算力基础设施建设,尤其加强对于具有强接入性、密连接性以及高扩展性特征的数智基础设施的投资,重点促进5G、云计算、大数据等新型数智技术换代,为数智化转型赋能工业绿色发展转型提供技术支持和硬件支撑^[25]。同时,要抑制和避免数智基础设施水平在地区之间以及城乡之间差距,注意破解数智化时代已经凸显的“数据鸿沟”与“数据孤岛”问题,从而实现数智基础设施建设的协调化、均衡化,推动区域产业数智化、绿色化、共享化发展。二是对传统工业基础设施进行数智化改造升级。将人工智能、物联网、数字孪生等数智技术同工业用水用电、污染减排等传统基础设施相融合,推动传统基础设施运行的智能化、集约化、绿色化运行,从而助力工业企业绿色低碳发展。三是加快培育工业数智化人才。将“外引”与“自培”相结合,从提高薪资待遇、改善生活环境、优化教育医疗条件等方面,从外部吸引数智化高技能人才;强化本地培育,即围绕“数字”“绿色”“智能”“产业”等多个主题,设计相关课程体系,培育既有数智技术素养,又熟知生态治理领域知识,也深刻理解产业发展运行等的技术型、管理型、复合型人才,助力数智化赋能绿色发展转型。

(二) 推动传统制造业绿色化改造升级

以“三高两低”为主要特征的传统制造业比重大、转型成本高、节能减排投入多是中国当前推动工业绿色发展转型工作的难点所在。大数据、人工智能、数字孪生等数智技术引入传统制造业发展,着力对其生产运行过程中“高耗能、高污染、高投入”环节进行绿色化改造升级,是加快推动工业绿色发展转型的重要路径。

一是构建数智技术与工业大数据共享平台,通过推动传统制造业与大数据、人工智能等数智技术相融合,积极发展绿色制造与智能制造,推动传统制造业智能化、绿色化发展转型。充分发挥数据要素的放大、倍增、叠加等乘数效应,以数据流牵引资金流、技术流、人才流,强化数据、资金、技术、人才等要素流向节能环保、清洁生产等绿色低碳工业产业,从而加快推动生产方式由“高能耗、高投入、附加值低”的传统粗放模式转变为“低能耗、低投入、附加值高”的现代集约模式。二是大力推动能源结构绿色低碳转型。将云计算、机器学习、人工智能、大数据等数智技术引入采掘业、能源产业等发展之中,通过对煤、石油等传统化石能源开采、运输、消费等全流程的智能化监督运转,实现有效控制总量与节能开发利用;利用人工智能、物联网、移动互联网等全天候泛在优势,安全开发核能、地热能、太阳能、风能等清洁能源,从而促进能源结构绿色低碳转型。另外,通过将绿色计算、数字技术、数字孪生等数智技术应用于传统工业转型发展之中,赋予传统工业生

产以“智慧大脑”,从而实时完成复杂节能减排决策与操控任务,形成数智化与自动化融合发展的新模式,引领生产智慧化、绿色化发展转型。

(三)着力培育发展新产业新业态新模式

数智化转型通过将数据要素与资本、技术、人才、资源、能源等传统要素进行重组、配置与融合,引导工业企业聚焦、专注新产品与新业态,从而加速绿色低碳新兴产业的形成与发展,是推动工业绿色发展转型的重要方向与驱动性力量。然而当前数据要素同资本、技术、人才等传统资源要素的融合度不够、流入新产业迟疑以及关键核心技术研发投入不足等问题严重制约了绿色低碳新业态与新产业形成。为此,进一步推动工业绿色发展转型,应促进不同资源要素集聚与融合,引导要素流向新产业,并强化绿色技术研发创新。

一是促进数据要素同资本、技术、人才、资源、能源等传统要素集聚、融合。围绕数据流,布局技术流、资金流、人才流,统筹不同要素流结合与配置,并利用大数据、工业互联网、人工智能等技术,优化要素投入结构以及生产过程与生产流程,实现生产要素跨行业、跨区域、跨领域汇聚,从而加快形成以数据作为核心要素的工业生产新业态、新模式。二是引导数据要素流向清洁生产型工业行业。通过构建工业生产大数据平台,重点将市场消费数据、技术创新数据、原材料市场数据、劳动力市场数据等汇总并服务于清洁生产型工业行业发展,从而利用数据要素的高带动

性、高渗透性、高融合性等特征,实现绿色产业数字化与数字产业绿色化协同发展,从而带动工业绿色发展转型。三是继续加强绿色技术研发投资。综合运用金融政策、产业政策、财税政策以及环境规制等多类政策,激励机制与倒逼机制相结合,瞄准人工智能、大数据、物联网等数智前沿技术,引导经济社会资源流向绿色新兴技术领域或行业,重点支持绿色低碳企业研发创新,尽快实现技术颠覆性、革命性突破,尽快形成现代制造业产业集群,推动产业经济数智化、绿色化集聚发展。另外,通过数智化赋能产业转型升级,重点研发、攻关人工智能、物联网、云计算、芯片等关键核心技术并将之用于完善产业链,重点突出补链、延链、强链,从而促进产业链智能化、高端化、绿色化发展。

(四)精准把握绿色新需求引导工业绿色转型

需求牵引供给,需求结构升级为产业绿色转型提供了方向和动力。然而,当前绿色消费市场建设过程中的供需不平衡、信息获取成本高等问题突出,限制了绿色需求对于促进工业绿色发展转型的牵引效能。而数智经济与工业经济融合发展,将加快工业产业发展由“供给创造需求模式”向“需求牵引供给模式”转型。同时,依托数智技术的精准识别优势,产业数智化转型将引导、激活、释放绿色化产品与服务需求活力,催生潜在绿色需求市场,并由此迭代开发绿色新产品、新服务、新业态,从而引领产业转型升级^[26]。为此,加快建设绿色消费数据中心,缓解绿色供需不平衡,成为当前推动工业绿色发展转

型的迫切任务。

一是政府主导构建绿色消费大数据中心,并借助数据挖掘、机器学习、人工智能等数智技术,对海量消费数据背后的绿色消费数量、特征、属类以及趋势等进行模拟、预测、分析,将之以低成本、普惠化广泛推广至供给端,从而缓解绿色供需双方信息不对称以及供需不平衡不协调问题,实现绿色供需更高层次匹配与衔接,加快形成工业绿色发展方式。二是将数智经济与传统消费结合,打造绿色低碳消费的新模式、新场景、新类型,如将数智技术应用于冰箱、空调、洗衣机等传统家电,从而提升其节能减排水平,创造符合消费需求的绿色低碳新场景,以此培育消费者绿色低碳消费方式与习惯,进而以绿色消费新需求逆向引领工业绿色发展转型。另外,为更好实现绿色供需的有效衔接,应深化推动交通、运输、物流、仓储、快递等生产性服务业与数智经济相融合,并将绿色低碳理念贯彻生产性服务业数智化转型全过程,这将带动经济结构服务化、智能化、绿色化转型升级。

三、数智化赋能工业绿色发展转型的政策保障

推动数智化赋能工业绿色发展转型,应继续深化经济体制改革,充分发挥市场在资源配置中决定性作用,更好发挥政府导向性作用,重点引导数据、资金、技术、人才等不同资源要素向清洁生产型工业行业集聚发展。具体来说,应以加快建立跨区域跨领域

跨行业大数据中心为基础,以深化经济体制市场化绿色化改革为核心,以加强工信、互联网、环境等跨部门协同合作为保障,以构建多层次、全方位、立体化数据安全体系为底线。

(一) 加快建立完善跨区域跨领域跨行业大数据中心

作为数智化时代的核心生产要素,数据也是实现数智经济迭代升级的关键支撑。为推动数智化充分赋能工业绿色发展转型,应以建立跨区域、跨领域、跨行业,并涵盖原材料市场、消费市场、劳动力市场以及生产车间等多维度多场景的数据中心为基础,打破不同区域、领域以及行业之间的“数据壁垒”,畅通数据要素循环运转,尤其是注意克服中西部、偏远乡村、弱势群体可能面临的“数据孤岛”问题。具体来说,鉴于数据安全性、保密性等原则,建议由不同层次政府或部门牵头,搭建工业企业生命全周期绿色数据平台,并借助人工智能、云计算、移动互联网、物联网等数智技术,智能收集不同群体、不同维度数据,并据此分门别类构建不同主题与类型的数据库,如“企业绿色环境责任数据库”“工业绿色创新技术数据库”“数智新型技术专利数据库”“绿色低碳消费数据库”“企业绿色治理政策数据库”等,以满足政府部门、工业企业、高校、科研院所等不同单位或机构决策、应用与研究需要。尽可能吸纳不同领域不同类型工业企业深度嵌入包括设计、生产、营销、消费等在内的工业互联网平台,以对大样本企业生产绿色化程度进行实时分析、监测与评估,并定期公布各个企业绿色低

碳发展的测评分析报告,为企业制定个性化、数智化、绿色化发展战略提供参考依据。统一制定不同类型数据的标准,持续推动数据端口与数据采集的标准一致化,优化数据流通或数据准入的规则标准,建设和完善数据测评质量标准化规则体系,并积极对接国际先进数据规则,以免陷入国际市场“数据孤立”的窘境。

(二) 继续深化经济体制机制市场化绿色化改革

要素自由流动是实现产业转型升级的微观基础。区域分割、地方保护以及行业壁垒等经济体制机制限制,一定程度制约了数据、资本、技术、劳动、人才等要素流动,从而不利于工业绿色发展转型。为此,应继续深化市场化绿色化经济体制机制改革,即将有效市场的资源配置机制与有为政府的绿色导向机制相结合,在激化工业数智化转型活力的同时,引导数据、资本等各类要素流向绿色低碳工业行业,从而促进工业绿色发展转型。一是将中央顶层设计与地方多措并举相结合,协同推动全国统一大市场构建,推动要素市场化、一体化、标准化改革,破除数据、技术、劳动、资本等要素流动的各种隐性或显性壁垒,强化对于关键技术环节、绿色低碳领域的制度创新力度,充分发挥市场在资源配置中决定性作用,促进要素尤其是数据要素自由流动,加快工业产业数智化转型升级^[27]。二是发挥政府对于数据、资本、技术、劳动、人才等要素的绿色引导作用,利用数智技术精准识别市场绿色新需求优势,优先支持绿色低碳领域或产业,重点培育绿色低碳新产品、新

业态、新模式,发展绿色低碳新兴产业,并对污染密集型产业进行绿色化改造,从而推动工业绿色发展转型。三是加强国内准入、对外投资等相关规则、标准、规制、管理等制度型开放,以高质量制度要素吸引人才、技术、资本、数据等高质量要素流入国内,进而带动产业绿色发展转型。还要依法规范和引导资本健康稳定发展,防止资本利用数智技术的隐蔽、高效与智能特征控制劳动者的创造性与活力,破坏市场有序竞争,扰乱市场平稳运行等。

(三) 强化工信、互联网、规划、环境等跨部门政策协同

工业绿色发展转型不仅是社会生产方式与生活方式的重大转变,也是能源结构、区域结构、空间结构等深刻转型,涉及社会生产与生活的各个方面,客观需要工信、互联网、规划、环境、资源等不同部门协同、配合。一是加强中央与地方以及不同地方之间政策协同,根据不同地区经济发展水平、工业结构特征、资源禀赋特征、生态环境状况等现实情况,有选择地发展特色工业产业,或者聚焦培育大数据、人工智能、新能源、航天航空等新兴产业,或者着力对传统污染型工业产业进行绿色改造升级,从而形成以特色产业集聚带动区域绿色协调均衡发展,避免走不同地区“同质化”产业发展的老路子^[28]。二是强化地区内部工信、互联网、规划、金融、环境等多部门协商,围绕“数智化赋能工业绿色发展转型”主题,从数智化基础设施建设、绿色技术研发创新、工业绿色生产、清洁能源利用、尾端污染治理等不同环节着手,综合发挥

产业政策、环境政策、金融政策、财税政策等政策合力,重点引导数据、资金、技术、人才等要素服务于绿色低碳转型全过程,从而推动产业绿色发展转型。在进行跨区域、跨部门等配合过程中,应充分利用大数据、物联网、移动互联网、云计算、人工智能等数智技术,以建立跨地区、跨部门数据中枢为连接点,畅通不同地区、不同部门关于助推工业绿色发展转型的资源、政策与优势等信息,缓解地区之间、部门之间的信息不对称,降低其协商成本与沟通成本,并基于不同政策,实施成本与绩效等的大数据云计算与精准分析,推动产业、财税、金融、环境等不同政策协同发力,实现数据、资金、技术、人才等要素跨地区、跨产业的衔接与互补,为加快推动工业绿色发展转型提供要素支撑。

(四) 推动构建多层次、全方位、立体化数据安全监管体系

伴随数智化进程的深化发展,工业企业的网络依赖性与数据依赖性均明显增强,数据价值密度也大大提升。企业数据资产价值已经成为其实现稳定经营、提质增效以及生产发展的关键所在。因此,如何保障企业数据安全、规避可能存在的系统性风险,成为数智化时代企业转型发展升级的重要战略问题。党的二十大将“数据安全”纳入国家安全层面,明确提出“强化经济、重大基础设施、金融、网络、数据、生物、资源、核、太空、海洋等安全保障体系建设”^[24]。为推动数智化更好赋能工业绿色发展转型,更好统筹协调数据使用效率与数据安全之间关系,应加快构建多层次、立体化、全方位数据安全监管体

系,强化对于企业数据质量、数据价值变现、安全隐患、评估方法、交换流通等方面的精细化、审慎化、系统化管理与运作,尤其注意数据安全、隐私、泄露、滥用等问题。加强国家在数据尤其在关键、核心以及关系国计民生等重要领域数据的主体性作用。在当前百年未有之大变局以及大国竞争背景下,数据安全已经成为保障国家安全的重要组成部分与关键实现路径。应由政府主导、支持、培育保障和维护数据安全的国有龙头企业与部分骨干企业,集中资金、人才以及相关高校、科研院所等不同力量,加强攻关数据脱敏、访问控制、密码传输等关键核心技术,在保障国家数据安全的同时,也推动数据安全产业高质量发展^[29]。围绕数智化提升产业链供应链韧性的各场景全周期,根据数据所属具体行业与关键核心领域的不同,及其被破坏、泄露、篡改、窃取等可能的危害与风险等级,构建分级分类分层数据保护制度体系,建立并完善数据风险识别与紧急处理机制,在充分保障数据安全的基础上,加速数据、信息等资源要素逐级、稳步流动,不断优化数字生态系统。

四、结语

本文在诠释数智化赋能工业绿色发展转型的理论机制基础上,结合当前中国数智化转型以及工业绿色发展面临困境,明晰推动数智化更好赋能工业绿色转型的实践路径与政策保障,为发挥数据要素乘数效应,加快转变经济发展方式以及推动绿色低碳高质量发展等提供了新思路。然而,对于数智化如何

赋能工业绿色发展转型这一新议题,本研究仅进行了理论性探讨与规范性考察,实证性分析有待进一步加强。尤其是作为目前经济社会发展的最新趋势与未来方向,数智化转型的丰富内涵仍有待结合大数据、人工智能、物联网等数智技术在政府治理、经济发展、生态保护等一系列实践中广泛应用及其具体表征来进一步深化认识。同时,结合微观、中观、宏观等不同层面数据,实证探究数智化如何影响企业绿色发展转型、提升产业链价值链韧性、促进经济高质量发展等,也是亟待分析并深入思考的主题。另外,数据作为数智化时代的核心生产要素,如何进一步充分发挥数据要素乘数效应,且兼顾数据要素配置效率提升与数据安全性运用,对于统筹发展与安全具有重大的现实意义,值得进一步探究与前瞻性分析,也是另文撰写的主题。

参考文献:

- [1] 习近平. 全面推进美丽中国建设 加快推进人与自然和谐共生的现代化[N]. 人民日报, 2023-07-19(1).
- [2] 朱东波,任力. 环境规制、外商直接投资与中国工业绿色转型[J]. 国际贸易问题, 2017(11):70-81.
- [3] 王磊,李吉,王兴启. 数字经济对城市经济绿色转型的影响研究——基于集聚经济的实证分析[J]. 城市问题, 2023(4):76-86.
- [4] 张建锋,肖利华,许诗军. 数智化:数字政府、数字经济与数字社会大融合[M]. 北京:电子工业出版社, 2022.
- [5] 朱东波,张相伟. 数字金融通过技术创新促进产业结构升级了吗?[J]. 科研管理, 2023(7):73-82.
- [6] 刘华珂,李旭超,聂禾,等. AI时代:城市数智化转型与企业创新[J]. 中国软科学, 2024(2):38-54.
- [7] 戴翔,杨双至. 数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型[J]. 中国工业经济, 2022(9):83-101.
- [8] 周茜. 数字经济对制造业绿色发展的影响与机制研究[J]. 南京社会科学, 2023(11):67-78.
- [9] DI K, CHEN W, SHI Q, et al. Digital empowerment and win-win co-operation for green and low-carbon industrial development: analysis of regional differences based on GMM-ANN intelligence models[J]. Journal of cleaner production, 2024(12):1-20.
- [10] 魏丽莉,侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022(8):60-79.
- [11] 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(3):96-112, 126.
- [12] WANG X, QIN C, LIU Y, et al. Emerging enablers of green low-carbon development: do digital economy and open innovation matter? [J]. Energy economics, 2023(11):1-11.
- [13] 金祥义,张文菲. 人工智能与企业污染减排:智能治理的环境效应[J]. 中国人口·资源与环境, 2023(8):138-145.
- [14] ZHOU W, ZHUANG Y, CHEN Y. How does artificial intelligence affect pollutant emissions by improving energy efficiency and developing green technology[J]. Energy economics, 2024(3):1-13.
- [15] SRIVASTAVA P R, MANGLA S K, EACHEMPATI P, et al. An explainable artificial intelligence approach to understanding drivers of eco-

- conomic energy consumption and sustainability [J]. *Energy economics*, 2023(9):1-21.
- [16] 吕越,马明会,陈泳昌,等. 人工智能赋能绿色发展[J]. *中国人口·资源与环境*, 2023(10):100-111.
- [17] FENG C, LI X Y, YANG J. How does artificial intelligence affect the transformation of China's green economic growth? an analysis from internal-structure perspective[J]. *Journal of environmental management*, 2024(3):1-18.
- [18] YIN S, YU Y. An adoption-implementation framework of digital green knowledge to improve the performance of digital green innovation practices for industry 5.0[J]. *Journal of cleaner production*, 2022(34):1-24.
- [19] DEMERTZIS M, MERLER S, WOLFF G B. Capital markets union and the fintech opportunity [J]. *Journal of financial regulation*, 2018(1):157-165.
- [20] 朱东波,张相伟. 数字金融通过技术创新促进产业结构升级了吗? [J]. *科研管理*, 2023(7):73-82.
- [21] 白雪洁,孙献贞. 互联网发展影响全要素碳生产率:成本、创新还是需求引致[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021(10):105-117.
- [22] 林宇豪,陈英葵. 数字经济与产业结构升级——基于要素流动视角下的空间计量检验[J]. *商业经济研究*, 2020(9):172-175.
- [23] 姚璐,王书华,王小腾. 数字赋能中国经济绿色转型研究——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J]. *中南财经政法大学学报*, 2023(2):131-145.
- [24] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[M]. 北京:人民出版社, 2022.
- [25] 李政,张怡,赵哲. 数字经济与工业绿色转型——基于科技创新的中介效应和门槛效应[J]. *工业技术经济*, 2023(10):3-16.
- [26] 冯曦明,龙彦霖. 数字经济能否助推工业绿色转型? ——基于 PSDM 及 PTR 模型的实证研究[J]. *财会研究*, 2022(8):72-80.
- [27] 李军林,陆树檀,路嘉明. 推动数据流通交易:要素市场细分和基础制度建设[J]. *学术研究*, 2023(11):81-89, 177.
- [28] 曹长帅,郑琼. 数字经济对工业绿色转型的驱动效应[J]. *中国流通经济*, 2023(9):34-50.
- [29] 陈毅,华蕊. 国家安全体系和能力现代化视域下数据安全治理的困境及突围路径[J]. *学习与探索*, 2023(12):41-47.

(责任编辑:杨南熙)