

# 数字经济时代我国制造业的绿色转型发展

周珺<sup>1</sup>, 周明生<sup>2\*</sup>, 卓娜<sup>1</sup>

1. 首都经济贸易大学经济学院, 北京 100070

2. 北京财贸职业学院, 北京 101101

**摘要** 数字经济已成为构建国家竞争力、助推经济绿色发展的先导力量。制造业作为国民经济的主导产业, 绿色转型是其经济高质量发展的重要途径。论述了数字经济作为一种新型经济形态在赋能传统产业和促进各产业之间深度融合的重要作用; 总结了美国、英国、日本等国数字经济发展态势及战略布局; 结合中国制造业数字化转型与绿色发展的实践展开思考并提出建议。

**关键词** 制造强国; 制造业; 先进制造技术

人类的生产活动, 如燃烧化石燃料、大规模的森林砍伐和工业活动, 已经导致地球的碳平衡发生重大的变化, 对全球气候产生了深远的影响。作为世界上最大的发展中国家, 中国已经向世界宣布力争 2030 年前实现二氧化碳排放达到峰值、2060 年前实现碳中和。相关数据显示: 我国排放的二氧化碳 70% 以上来自工业生产或生成性排放, 工业领域特别是制造业长期以来是碳排放的大户, 成为我国减少碳排放的主战场和实现“双碳”目标的关键<sup>[1]</sup>。党的二十大报告明确要求, 建设现代化产业体系, 坚持把发展经济的着力点放在实体经济上, 推进新型工业化<sup>[2]</sup>。绿色制造作为一种低消耗、低排放、高效率、高效益的现代化制造模式, 已经成为

新型工业化和制造业发展的重要抓手和“双碳”工作的重要着力点。近年来, 大数据、云计算、人工智能为代表的数字技术以渗透性、替代性、协同性和创造性 4 个技术特性, 与制造业融合成为驱动绿色发展的新引擎。因此, 借助数字科技, 建立起信息、资源协同高效的绿色技术生态系统, 探索一条满足“双碳”目标和“稳增长”协同推进绿色发展道路成为学界研究的重点问题。

## 1 数字经济成为全球经济复苏的重要支撑

数字经济<sup>[3]</sup>是使用数字化的知识和信息为关键

收稿日期: 2023-06-04; 修回日期: 2023-09-02

作者简介: 周珺, 博士研究生, 研究方向为国民经济、制造业转型与技术创新等, 电子信箱: zhoujun\_bj@outlook.com; 周明生(通信作者), 教授, 研究方向为国民经济、制造业转型、产业集聚等, 电子信箱: zhou7299@163.com

引用格式: 周珺, 周明生, 卓娜. 数字经济时代我国制造业的绿色转型发展[J]. 科技导报, 2023, 41(22): 77-82; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.22.010

生产要素,以现代信息网络为重要载体,以信息通信技术的有效使用为效率提升和经济结构优化重要推动力的一系列经济活动。数字经济作为一种新型经济形态,日益成为全球经济社会发展的重要推动力。根据中国信息通信研究院对全球47个国家的数据统计:2018年,全球数字经济价值总量达30.2万亿美元,2019年和2020年上涨到31.8万亿美元和32.6万亿美元。到2021年,全球数字经济增加值规模达到了38.1万亿美元,占GDP比重为45%,德国、美国、英国等发达国家的数字经济占GDP的比重超过65%<sup>[4]</sup>。

一方面,数字技术赋能传统产业,催生新产业与模式。在互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等新一代信息技术加速推动下,数据成为新的生产要素推动全球经济加速增长,数字生产力作为先进的科技生产力而存在,是工业社会阶段性发展的标志<sup>[5]</sup>。很多研究也表明数据不仅成为新的生产要素,且与劳动、资本、技术等传统生产要素相融合形成新的要素结构,产生乘数效应、释放数据生产力,发挥倍增作用<sup>[5-10]</sup>。数字技术的融合应用能够促进制造业实现智能化生产,优化制造业的内部结构,优化资源配置方式,并提高资源的利用效率,进一步激发市场与政府在资源配置中的耦合效应和双轮驱动作用。

另一方面,数字技术促进各产业之间的深度融合,推动全球价值链重构。数字技术创新是全球战略重点。发达国家已经将发展重点转向数字经济,2021年发达国家数字经济占GDP比重为55.7%;从规模来看,美国数字经济蝉联世界第一,达15.3万亿美元。美国从实施“信息高速公路”战略到“先进制造业”战略,以及《国家网络战略》《国家网络安全战略》<sup>[11-12]</sup>,均构建了以开放创新为基础,以促进传统产业转型为主旨的政策体系,有效促进了数字化转型的发展进程。发展中国家在这一过程中,通过国际产能合作、绿地投资、跨国并购等模式,加强和优化企业全球的布局,在关键领域和关键分工环节争取有利位置,推动产业中高端化发展,进而不断提升全球价值链参与度,以在开放中获得更大的收益<sup>[13-14]</sup>。

## 2 全球数字经济快速发展与战略布局

各国加速数字经济发展战略政策出台与落地实施,进一步推动数字经济发展。随着部分发达国家受益于数字经济的红利,更多国家纷纷开启数字化革命,大力发展数字经济争夺云计算、大数据、人工智能等高新技术前端领域。近年来,主要经济体均陆续出台了国家级别的数字经济发展战略,并且持续在数字经济的细分领域推出各种支持政策。

### 2.1 美国

美国从20世纪90年代末即开始大力支持和鼓励数字经济发展。1998年1月,美国副总统阿尔·戈尔首次提出“数字地球”的概念,是较早发展数字经济技术和产业的发达经济体;特朗普政府颁布的《国家网络战略》等,都明确了美国对未来数字经济发展的政策导向;2023年3月,美国政府全文公布了《总统经济报告》,再次强调了数字资产的重要价值;同月,美国发布近5年来的首份《国家网络安全战略》<sup>[12]</sup>,围绕保卫关键基础设施、打击和摧毁威胁行为体、塑造市场力量以推动安全发展、以投资打造富有弹性的未来、建立国际伙伴关系以实现共同目标5大支柱展开。除此之外,美国政府设立相关政府组织机构来引导和推进政策细化和落地实施。例如,人工智能国家安全委员会、白宫科技政策办公室、国家科学与技术委员会等机构,以此落实数字经济发展相关政策的推进,确保政策实施主体与对象的明确和政策的可实施性。

### 2.2 英国

英国早在2009年即推出了“数字大不列颠”行动计划,致力于实现英国主导的世界数字经济时代,并将数字化转型作为应对气候危机的重点导向,出台能源、工业、交通等行业数字化转型战略计划,以推动经济低碳增长。《迈向净零排放的能源系统数字化:2021年战略和行动计划》提出了包括能源系统数据建设、能源系统数字化监管和政策激励、开发能源数字工具和能源基础设施等能源系统数字化的愿景和具体行动。《绿色工业革命十点计划》强调将人工智能助力能源发展等作为颠覆性技

术发展的优先事项,以大力推进人工智能脱碳应用<sup>[15]</sup>。2022年7月,英国科技和数字经济部更新并发布了《英国数字战略》<sup>[16]</sup>,将重点关注数字基础、创意和知识产权、数字技能和人才、为数字增长畅通融资渠道、高效应用和扩大影响力、提升英国的国际地位6个关键领域的发展。通过数字化转型建立更具包容性、竞争力和创新性的数字经济,英国成为世界上开启和发展科技业务的最佳地点,提升英国在数字标准治理领域的全球领导地位。

### 2.3 日本

日本在21世纪初制定“IT立国”战略,并通过《e-Japan战略》《u-Japan》《i-Japan》等政策指引,促使日本数字经济逐步向信息化、网络化与智能化方向发展。依托制造业基础提出“互联工业”战略<sup>[17]</sup>,积极推动人工智能、物联网、云计算等科技手段应用到生产制造领域,突破人口老龄化、劳动力短缺、产业竞争力不足等发展瓶颈,凭借第二次互联网的技术积累,在电子信息产品生产制造、关键零部件、机器人等领域长期保持竞争优势。长期以来,日本虽然在产业机床、零部件制造等制造业领域有其雄厚的基础,但其传统制造业也同样面临着产业升级和数字化转型的难题。因此,日本政府积极运用财政资金、税收制度、绿色金融等手段,实施一系列绿色产业政策,引导企业转变商业经营模式,扩大绿色领域投资支持绿色制造技术研发,加快资源循环技术开发,推动绿色能源技术实现新突破。

### 2.4 发展中国家

发展中国家经济体的数字经济战略布局起步较晚,但近年来也纷纷出台了相关政策。其中,印度在2015年推出“数字印度”计划,普及宽带上网、建立全国数据中心、促进电子政务发展,2023年3月,印度政府发布了一份数字化转型战略,旨在加速印度数字化经济的发展和 innovation;巴西在2016年才颁布《国家科技创新战略(2016—2019年)》,将数字经济与数字社会列为其优先发展的11个领域之一。2023年,新任总统卢拉提出要扭转去工业化的进程,促进广泛和全新行业的再工业化,推动巴西向数字经济和绿色经济的过渡转型;俄罗斯在2017年将数字经济列入《俄罗斯联邦2018—2025年主

要战略发展方向目录》,并将其编制成为《俄罗斯联邦数字经济规划》。

## 3 中国重视数字化与制造业绿色发展的战略地位

### 3.1 制造业绿色低碳转型任务紧迫

制造业作为我国立国之本、强国之基,经过几十年的持续快速发展,已经建成了门类齐全、独立完整、实力雄厚的制造体系,成为我国经济乃至世界经济发展的重要支撑力量。相比发达国家,我国工业化、城镇化等进程目前尚未结束,制造业仍然是工业的主要组成部分,制造业的“稳增长”成为我国经济高质量发展的前提,对于我国经济发展具有不可替代的作用<sup>[18]</sup>。2021年工业增加值拉动经济增长3个百分点,其中制造业增加值同比增长9.8%,占GDP比重为27.4%。2022年,工业对经济增长的贡献率达到36%,拉动经济增长1.1个百分点,制造业增加值占GDP的比重达27.7%<sup>[19]</sup>。数据作为生产要素的内容和广度不断丰富和扩展,地位也逐步得到明确。2021年我国电子信息制造、软件和信息技术服务业多个核心产业增速超过20%,部省协同共建的25个先进制造业集群中,以数字产业为主导方向的占40%,数字经济领域上市企业总市值达14.5万亿元,环比增长19.8%<sup>[5]</sup>。中国2020年数字经济达7.1万亿美元、位居全球第2。即使在新冠肺炎疫情冲击下,我国立足于产业基础,充分发挥市场优势,有效市场和有为政府相互促进使得中国数字经济依然保持持续增长的态势。面对日益趋紧的资源环境约束,高能耗、高排放仍然是制约我国制造业发展的严峻挑战,碳排放总量将逐渐成为未来制造业发展的关键制约因素。因此,推动制造业的绿色转型促进国民经济良性循环的关键,也是制造业高质量发展的重要标志。

### 3.2 大数据、工业互联网助力制造业绿色生产

绿色制造是指产品在整个生命周期(设计、制造、包装、运输、使用等)中利用最优、对环境影响最小的一种生产方式,重在降低能耗,强调高科技含量、资源消耗少,是提高可持续发展水平的关键。

能源资源效率系统提升是制造业迈向绿色生产的重要推动力。利用5G(第5代移动通信)、工业互联网、云计算、大数据等新一代信息技术,深刻把握产品的全生命周期,深挖数字技术在节能减排方面的潜力。生产的精细化管理有望提高制造业的资源利用率,减少各环节中的资源浪费。为鼓励企业加快绿色制造升级,各地纷纷出台了相关政策措施,在资金上给予支持。在数字技术的加持下,我国制造业的产能利用率不断提高,能耗比有所下降,工信部数据显示,2021年全国工业产能利用率达到了77.5%,是近年来较高水平;规模以上工业单位增加值的能耗同比下降5.6%<sup>[20]</sup>。

### 3.3 数字技术的广泛应用促进制造业实现绿色发展

数字技术成为推动产业基础高端化和产业链现代化的重要力量。更好发挥数字技术在制造业中的优势,着力优化制造业数字技术供给,加强制造业数据要素效能,准确把握制造业数字化转型方向,从而推动制造业生产链条、产品全生命周期、商业生态等全方位数字化转型,打通生产、流通、分配、消费等各环节的堵点,推动制造业绿色可持续发展。主要表现在以下几个方面。(1) 促进产业结构调整。数字技术可以通过影响市场资源配置,促进产业结构调整。例如,引导资本、劳动力、技术、创新等优势要素向高效绿色的制造业企业聚集,从而减少高污染和能源密集型的传统产业,增加绿色低碳的新兴产业比例。(2) 有利于降低能耗。数字技术可以优化制造业的流程,提高能源利用效率,降低单位产品的能耗。例如,通过大数据、云计算等技术对生产过程进行实时监控和优化,可以减少能源消耗和排放。(3) 促进绿色产品设计。数字技术可以帮助制造业企业进行绿色产品设计。例如,利用人工智能和大数据分析,可以预测产品的环境影响,并设计出更环保、更可持续的产品。(4) 促进循环经济的发展。通过物联网和大数据技术可以追踪和管理产品的生命周期,实现资源的再利用和回收,减少浪费和环境污染。(5) 可以实现智能制造,提高生产效率和资源利用率。例如,通过自动化和智能化设备,可以减少人工干预,降低生产过

程中的错误和浪费,同时提高生产效率和资源利用率。

### 3.4 碳中和目标对制造业绿色发展的影响

碳中和目标对制造业绿色发展具有积极影响。首先,碳中和的实施将倒逼能源企业加快绿色生产模式的形成,有助于企业在新的政策环境下获得更多样的政策支持,实现可持续发展。其次,在不断深化的低碳流程改造中,能源使用效率将获得进一步提升,反哺企业的产出和营收。此外,低碳技术的充分运用将帮助企业形成独属于自己的绿色技术资产,在碳中和推进的大趋势中,企业可以通过出售或购买专利、引进氢能或CCUS(碳捕集、利用与存储)等新技术建立起更强大的核心竞争优势、更广泛的赢利渠道,并借此获得更优质的社会影响力和群众口碑,甚至跃升成为行业龙头或标杆。同时,随着欧盟、中国、日本、韩国、美国等国家和地区先后提出碳达峰、碳中和目标,全球制造业产业链将进行新的国际分工与合作,形成新产业格局,这也为我国制造业的绿色发展提供了新的机遇。

## 4 结论

进入新发展阶段以来,我国制造业绿色发展成为国民经济迈上新台阶、践行创新发展理念的重要环节。理论界对制造业的碳中和问题的理解主要体现在以下几个方面<sup>[18, 21-22]</sup>。(1) 阐述绿色制造是可持续发展的客观要求,中国制造业在迅猛发展的同时带来了严重的环境污染问题,必须转变其发展方式,积极发展绿色制造业。(2) 探讨实现碳中和目标的主要路径,认为必须加快调整优化产业结构、能源结构和产品结构,持续深入推进节能降耗减碳治污。(3) 研究具体产业的发展路径,特别是我国制造业绿色发展的路径。因此,深入推进制造业数字化转型与绿色发展的融合协调发展是中国制造业转型升级和高质量发展的保障,也是实现“双碳”目标的重要途径。

结合中国制造业数字化转型与绿色发展的实践,提出以下建议。

第一,加强数字技术供给和绿色技术创新。推

动数字技术应用于“绿色化”过程,加快构建基于市场主体的绿色技术创新体系,实现数字技术与绿色创新融合,合力推动制造业在数字化转型中实现绿色化、智能化发展<sup>[23]</sup>。(1) 智能制造技术。应用物联网、云计算、大数据、人工智能等技术,实现设备连接、数据采集、自动化决策等,提高生产效率、降低成本、提高产品质量。例如,通过物联网技术实现设备的连接和数据采集,通过人工智能技术实现自动化决策和生产控制。(2) 3D 打印技术。应用 3D 打印技术实现快速原型制作、定制化生产、零部件快速制造等,提高生产效率和降低成本。例如,利用 3D 打印技术制作出零部件的原型,进行设计和验证,然后进行批量生产。(3) 虚拟现实技术。应用虚拟现实技术实现产品设计、生产模拟、培训教育等,提高生产效率和产品质量。例如,利用虚拟现实技术进行产品的设计和模拟,发现设计中的问题并及时修正,提高产品的质量和性能。(4) 区块链技术。应用区块链技术实现供应链透明化、数据安全保障、信任机制建立等,提高生产效率和产品质量。例如,利用区块链技术实现供应链的透明化,追溯原材料的来源和产品的流向,提高产品质量和安全性。

第二,加快新型基础设施建设。加快 5G 通信、数据中心等数字化基础设施建设,深化数字化技术在制造业绿色转型中的引领作用。以“产业大脑+未来工厂”为核心架构,加快制造业与信息化深度融合,贯通生产、分配、流通、消费等环节,积极引导大数据、人工智能等数字技术与传统产业融合发展,将数据要素应用到企业生产与开发的核心环节,促进数据要素市场流通,从而实现生产数据、生产设备和生产网络之间的关联与互通,形成各环节、各技术互联互通无障碍的新业态和新模式。加快构建安全、高效、灵活的工业互联网设施和平台<sup>[23]</sup>。

第三,提供鼓励和支持制造业进行数字化转型与绿色发展的政策支持。建议政府出台制定财政资金补贴、税收优惠、贷款利率减免等相关政策,对制造业数字化转型与绿色发展提供支持和引导,鼓励企业进行数字化转型和绿色发展。制定数字化

制造、绿色制造等标准和规范,引导企业按照标准进行生产和经营数字化转型和绿色发展的相关标准和规范,推动制造业的标准化建设。建立数字化技术服务平台、绿色制造技术服务中心等数字化转型与绿色发展的公共服务平台,为企业提供技术咨询、人才培养、测试验证等服务。

第四,加强合作,推广清洁能源,实施循环经济。应该积极推广清洁能源,如太阳能、风能等,减少对传统能源的依赖,降低碳排放量。例如,企业可以安装太阳能电池板,利用太阳能发电,减少对传统能源的消耗,从而降低碳排放量。在制造业中实施循环经济模式,实现资源的再利用和废弃物的减量化、资源化、无害化,减少对环境的污染。例如,企业可以推广工业废物分类处理技术,将废弃物分为可回收和不可回收 2 类,实现资源的再利用,减少对环境的污染。

第五,鼓励和引导高校、科研机构与企业加快产学研融合与合作。深度挖掘专精特新、科技型企业 and 垄断性龙头企业等的数字化应用技术的创新发展潜力,畅通技术成果转移转化渠道,强化数字化技术在制造业发展中的资源优化配置效应,引领制造业数字化、智能化、网络化转型<sup>[23]</sup>。此外,推进国际合作,积极参与国际绿色制造合作,引进先进技术和管理经验,提高中国制造业的绿色发展水平和国际竞争力。

## 参考文献 (References)

- [1] 工信部节能司. 把绿色制造作为工业“双碳”着力点[EB/OL]. [2023-05-20]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1763570542672773052&wfr=spider&for=pc>.
- [2] 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[EB/OL]. [2023-03-14]. [https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content\\_5721685.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm).
- [3] “数字经济倡议”是 G20 杭州峰会具有开创意义的重大成果[EB/OL]. [2023-05-30]. [http://news.youth.cn/gn/201610/t20161008\\_8722776.htm](http://news.youth.cn/gn/201610/t20161008_8722776.htm).
- [4] 中国信息通信研究院. 全球数字经济白皮书[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2022.
- [5] 周明生, 周珺. 我国数据要素研究的热点与演进趋势

- [J]. 河南大学学报(社会科学版), 2023, 63(4): 13-19.
- [6] 王姝楠, 陈江生. 数字经济的技术——经济范式[J]. 上海经济研究, 2019(12): 80-94.
- [7] 李辉. 大数据推动我国经济高质量发展的理论机理、实践基础与政策选择[J]. 经济学家, 2019(3): 52-59.
- [8] 王胜利, 樊悦. 论数据生产要素对经济增长的贡献[J]. 上海经济研究, 2020(7): 32-117.
- [9] 谢康, 夏正豪, 肖静华. 大数据成为现实生产要素的企业实现机制[J]. 中国工业经济, 2020(5): 42-60.
- [10] 贾利军, 陈恒焜. 数字技术助力中国技术赶超: 理论逻辑与政策取向[J]. 政治经济学评论, 2021(6): 135-157.
- [11] 美 15 年来首份网络战略出炉[EB/OL]. [2023-02-15]. <http://military.people.com.cn/n1/2018/0928/c1011-30318360.html>.
- [12] 2023 版美国国防部《网络空间战略》[EB/OL]. [2023-06-15]. [https://mil.sohu.com/a/685192421\\_121690575](https://mil.sohu.com/a/685192421_121690575).
- [13] 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.
- [14] 江小涓, 孟丽君. 内循环为主、外循环赋能与更高水平双循环——国际经验与中国实践[J]. 管理世界, 2021(1): 1-19.
- [15] 英国政府投入 400 万英镑加速人工智能工业脱碳[EB/OL]. [2023-08-16]. [https://www.sohu.com/a/712604217\\_121695294](https://www.sohu.com/a/712604217_121695294).
- [16] 英国更新《英国数字战略》发展数字经济的 6 个关键领域[EB/OL]. [2023-04-14]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1740069755476234164&wfr=spider&for=pc>.
- [17] 日本互联工业战略的启示[EB/OL]. [2023-04-15]. <http://magazine.caijing.com.cn/20210414/4755630.shtml>.
- [18] 乔岳. 碳中和目标下中国制造业绿色发展之路[J]. 人民论坛·学术前沿, 2023(5): 59-70.
- [19] 工信部发布 2022 年工业成绩单: 拉动经济增长 1.1% 对经济增长贡献率达 36%[EB/OL]. [2023-04-20]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1755365948914355720&wfr=spider&for=pc>.
- [20] 国家统计局: 2021 年四季度全国工业产能利用率为 77.4%[EB/OL]. [2023-03-15]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1722169539918491077&wfr=spider&for=pc>.
- [21] 李健旋. 中国制造业 70 年: 从简易加工到智能制造[J/OL]. [2023-04-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1805.G3.20221102.1750.014.html>.
- [22] 薛贺香. “双碳”背景下制造业数字化转型与绿色发展耦合协调研究[J]. 区域经济评论, 2023(3): 101-110.
- [23] 吴传清, 孟晓倩. 长江经济带数字化转型对制造业绿色发展影响研究[J]. 南通大学学报(社会科学版), 2022(6): 43-53.

## The green development path of manufacturing industry in the background of digital economy in China

ZHOU Jun<sup>1</sup>, ZHOU Mingsheng<sup>2\*</sup>, ZHUO Na<sup>1</sup>

1. School of Economics, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China

2. Beijing College of Finance and Commerce, Beijing 101101, China

**Abstract** The digital economy has become a leading force in building national competitiveness and promoting green economic development. As the leading industry of the national economy, the manufacturing industry undergoes green transformation, which is an important way for high-quality economic development. This paper systematically discusses the important role of digital economy as a new economic form in empowering traditional industries and promoting deep integration among various industries, and it summarizes the development trend and strategic layout of digital economy in countries such as the United States, the United Kingdom, and Japan. Finally, it proposes thoughts and suggestions based on the practice of digital transformation and green development in China's manufacturing industry.

**Keywords** manufacturing powerhouse; manufacturing; advanced manufacturing technology ●



(责任编辑 卫夏雯)