

# 智能化、绿色化驱动制造业范式迁移 与能级跃升

山栋明<sup>①</sup>

**【摘要】**随着世界主要经济体进入工业化中后期，智能化、绿色化已成为全球制造业范式迁移与能级跃升的重要方向。当前，我国制造业转型升级还面临“新要素”赋能作用有待激活、“新技术”研发应用有待加强、“新主体”转型动力有待提升、“新平台”基础支撑有待增强等瓶颈问题，迫切需要通过促进数字和绿色技术协同创新、搭建智能工厂网络和产业互联网平台、促进垂类大模型应用、夯实基础设施底座、打造示范标杆场景、深化国际合作交流，进一步推动制造业向智能化、绿色化发展，培育形成新质生产力，加快构建以先进制造业为支撑的现代化产业体系。

**关键词：**智能化；绿色化；范式迁移

## 一 智能化、绿色化驱动制造业升级的主要趋势

当前，智能化和数字化不仅是全球新一轮工业革命和科技竞争的焦点议题，也正在重塑全球制造业竞争格局。一方面，数字经济成为全球经济新引擎，各国通过制造业智能化发展在新的历史变局中抢占国际竞争中的优势地位；另一方面，“碳达峰、碳中和”成为全球政治认同，绿色低碳技术加速兴起，碳关税等新型贸易壁垒不断增加。在此背景下，全球制造业智能化、绿色化发展主要呈现以下四大方面趋势。

### （一）智能化和绿色化重塑全球制造业竞争格局

近年来，世界各国竞相制定智能化和绿色化发展战略，加快推动传统制造业转型升级，力求在高端制造业和新兴制造业领域构筑新的竞争优势。从国外来看，欧盟《2022年战略展望报告》提出，聚焦“绿色化和数字化双重转型”以应对地缘政治变化，谋求正向溢出效应，实现碳中和与数字化目标；美国高度重视低碳化、智能化齐头并进，在《国家先进制造业战略》中提出加强清洁和可持续生产制造、引领智能制造未来发展等目标。从国内来看，党的二十届三中全会审议通过的《中共中央关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定》强调，加快推进新型工业化，培育壮大先进制造业集群，推动制造业高端化、智能化、

---

### 【作者简介】

山栋明 上海市信息投资股份有限公司副总裁。研究方向为数字经济、人工智能、大数据及工业互联网。

绿色化发展。近年来，我国外贸“新三样”出口增长迅速，2023年合计出口额首次突破万亿元大关，其中新能源汽车产销连续9年位居全球第一、光伏组件产量连续16年位居全球首位，全球动力电池装机量市场份额超过60%。<sup>①</sup>国家层面先后发布《关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见》《中共中央国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》等引领性文件，明确提出加快数字化绿色化协同转型发展；中央网信办、国家发展改革委等五部门联合开展数字化绿色化协同转型发展综合试点。各地也纷纷制定出台相关政策，例如上海发布《上海市推动制造业数字化和绿色化协同转型发展行动方案(2024-2027年)》，北京、安徽、河南等省市也出台了相关政策文件。可以预见，未来世界各国围绕制造业智能化和绿色化在技术创新、生产效率、产品质量和对外贸易等方面的竞争将更趋激烈，并有望重构国际分工格局，我国制造业数字化绿色化转型发展也将进一步深化。

## （二）智能化与绿色化关键技术加速走向融合创新

数字技术和绿色技术从各自平行发展走向协同创新，智能化和绿色化相互赋能、交叉融合，成为制造业转型升级的关键驱动力。一方面，数字技术对制造业绿色赋能不断深化。数字技术有力促进产品设计、工厂生产、供应链及终端产品回收等绿色化发展。例如，法国达索公司开发的3DEXPERIENCE平台，利用数字孪生技术为企业降低25%的资源浪费；上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂借助上海电气数科“星云智汇”能碳双控平台，每年可节省电费600万元，减排二氧化碳超过6000吨。同时，数字技术降碳赋能作用日益显著，据中国信息通信研究院预测，到2030年数字技术将助力我国高耗能产业减少碳排放量12%~22%。另一方面，智能和绿色技术加速创新突破。近年来，人工智能能源管理、人工智能储能技术、绿色智能交通、智能清洁发电、高转化率光伏发电、新一代可控核聚变、智能电网等融合技术加速落地，为企业工艺流程改进、技术改造、绿色产品创新提供了新空间。例如，纬景储能在上海杨浦滨江打造的锌铁液流电池储能示范项目“零碳智慧综合能源中心”，被国家能源局列为新型储能试点示范项目，通过集成光伏、智慧能源管控、新型储能、碳足迹分析等技术，为周边设施提供稳定的绿色电力，实现“多能互补”。<sup>②</sup>

## （三）智能化和绿色化赋能供应链整体转型

制造业转型升级正从单个工厂智能化和绿色化改造，向整个供应链的网络化、智能化、绿色化升级转变。一是向网络化拓展。美国工业互联网联盟发起智能工厂网络，实现工业市场智能搜索、基于国际标准的工厂间互操作、跨工厂资源共享和产能调度，目前已吸引全球

<sup>①</sup> 央视网.外贸“新三样”、造船业、创新能力……多重优势蕴藏中国经济腾飞巨大力量[EB/OL]. (2024-01-18) [2024-05-18]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1788431264846156502&wfr=spider&for=pc>.

<sup>②</sup> 胡幸阳.新型储能项目落地杨浦滨江[N].解放日报, 2024-06-28(02).

30 个国家的 91 家工厂参与；宝武集团旗下宝信软件基于宝联登 xIn3Plat 工业互联网平台开展创新双碳应用，链接设备 524 万台，服务企业用户超过 55 万家；致景科技的“飞梭智纺”平台已接入全国 9000 多家纺织企业、70 多万台织机，实现产能与需求精准匹配，将行业织机开机率提升至 70%。<sup>①</sup> 二是向智能化演进。上汽集团 AI+工业互联网平台通过打造数据湖、大数据计算中台、工业大数据智能中台、工业微服务功能库等，实现供应链库存下降 40%，制造成本损失减少 5%，生产效率提升 3%。2024 年 7 月，上海市经济和信息化委员会等六部门联合印发《关于促进工业服务业赋能产业升级的若干措施》，提出支持在集成电路、汽车等重点产业领域打造数字供应链，对实现全链条改造的数字供应链项目给予资金支持。三是向绿色化转型。越来越多的跨国公司将产品碳足迹纳入可持续供应链管理要求，西门子推出用于产品碳足迹信息记录、精准计算、可信共享及查询的解决方案 SiGREEN，以实现贯穿供应链全程的碳排放数据可信交换。上海市 2024 年 3 月出台《上海市加快建立产品碳足迹管理体系 打造绿色低碳供应链的行动方案》，明确提升产品碳足迹标准计量、数据采集、评价认证和专业服务，拓展产品碳足迹应用场景，打造绿色低碳供应链。

#### （四）智能化和绿色化驱动企业发展模式升级

当前，全球制造业龙头企业均高度重视通过智能化、绿色化转型发展，提升自身生存能力、盈利能力和可持续发展能力。一方面，环境、社会和治理（ESG）成为企业价值评价重要标准。企业对 ESG 的认知，正从理念层面加速向运用数字技术和绿色技术，提升智能化和绿色化管理能力的实践转变。据彭博社预测结果，2025 年全球 ESG 资产规模将超过 53 万亿美元，占资产管理总额的 1/3 以上。另一方面，企业智能化和绿色化步伐加快。根据世界经济论坛发布的《全球灯塔网络：快速、大规模地采用人工智能》报告，截至 2023 年 12 月，全球“灯塔工厂”数量共 153 家，覆盖汽车制造、化工、食品加工、电子产品制造等诸多领域，其中中国有“灯塔工厂”62 家，排名全球第一。例如，特斯拉上海超级工厂作为智能制造标杆和国家级“绿色工厂”，自动化率达到 95%，生产过程中 90% 的废物被回收利用，单车制造中温室气体排放减少 30%、用水量减少 15%。<sup>②</sup>

综合来看，推动制造业智能化、绿色化发展既是顺应全球技术发展潮流和国际产业体系重塑的必然选择，也是我国推动传统产业转型升级，加快发展新质生产力的必然要求。特别是在西方发达国家密集出台数字产品护照、碳关税等政策之后，数字技术和绿色贸易两方面

<sup>①</sup> 光明网.品“质”焕新 发展见“力” [EB/OL]. (2024-03-05) [2024-05-18]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1792649962090045912&wfr=spider&for=pc>.

<sup>②</sup> 界面新闻.全领域低碳布局，特斯拉“不仅仅是一家汽车企业” [EB/OL]. (2023-06-22) [2024-05-18]. <https://www.jiemian.com/article/9599979.htm>.

给我国带来了新的挑战，促使制造业智能化、绿色化发展更加紧迫。

## 二 我国制造业智能化、绿色化发展面临的瓶颈问题

近年来，我国制造业高端化、智能化、绿色化步伐明显加快，制造业数字化转型持续推进，重点工业企业数字化研发设计工具普及率达 80.1%，关键工序数控化率达 62.9%；人工智能正深层次赋能新型工业化，培育 421 家国家智能制造示范工厂；绿色制造加快推进，2021 年和 2022 年规模以上工业单位增加值能耗累计下降 6.8%。<sup>①</sup>但与此同时，也要看到我国在制造业智能化和绿色化发展方面面临不少瓶颈问题：

### （一）“新要素”驱动赋能作用有待激活

随着人工智能大模型的快速发展，未来智能制造极有可能发生“范式转移”或“范式迁移”，而数据、算力、算法等新生产要素的支撑作用将更加凸显。从数据要素来看，大部分工业数据处于“睡眠”状态；因设备不互联、通信协议不兼容等问题造成数据不匹配、不互认，数据资源化、产品化、资产化路径尚未有效打通。从算力设施来看，工业元宇宙、生成式人工智能、区块链等广泛应用，蛋白质结构预测、生物医药靶点发现、新能源、新材料等技术创新对算力的需求将呈几何级数增长，而我国高性能算力仍面临较大结构性缺口。从模型算法来看，大模型在工业领域应用还处于起步阶段，支撑垂类模型训练的基础理论、工艺技术、运营管理和行业知识体系尚未构建，大模型赋能制造业的可靠性、稳定性、安全性也有待检验。

### （二）“新技术”攻关和应用推广有待加强

面对抢占未来制造发展制高点的目标，我国在数字技术与绿色技术两方面仍有较大短板。一方面，关键技术与国际先进水平仍有差距，高端工业传感、实时数据库、底层大模型训练框架、智能算力芯片等“卡脖子”风险突出；资料显示，在联合国开发计划署研究公布的为达到“双碳”目标所需的 62 种关键技术中，我国尚有 43 种核心技术未掌握。<sup>②</sup>另一方面，数字技术赋能工业降碳应用仍需加强，据中国信通院对 1 000 多个工业互联网应用案例的调查分析，当前数字技术赋能工业节能主要侧重于生产过程控制，占比近 64%；而对于运用 5G、大数据、人工智能、区块链、工业软件等技术赋能节能降碳，不少产品和解决方案仍处于实验室研发阶段，如何通过示范应用推动数字技术和绿色技术普惠化的需求较为迫切。

<sup>①</sup> 国务院新闻办网站.国新办举行 2024 年一季度工业和信息化发展情况新闻发布会[EB/OL]. (2024-04-18) [2024-05-18]. <http://www.scio.gov.cn/live/2024/33778/index.html>.

<sup>②</sup> 尚勇敏.区域协同 | 依靠创新联合体，长三角绿色低碳技术如何攻关[EB/OL]. (2023-05-05) [2024-05-18]. [https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward\\_22951142](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_22951142).

### （三）“新主体”转型动力能力有待提升

与大企业自发推进智能化、绿色化转型不同，中小企业转型步伐相对较慢，叠加近年来的经济下行压力，存在“传统路径依赖不想转、市场前景不明不敢转、自身能力不足不会转”等共性问题。一方面，中小企业对智能化和绿色化转型的认知水平和重视程度存在较大差异，尤其缺少既懂数字技术又懂节能减排的复合型人才，系统化运用新理念、新技术、新产品和新工具的水平较低；另一方面，高质量解决方案供应商较为缺乏，部分智能化或绿色化技术服务企业业务相对单一，从单领域设备运维到整体系统托管和全生命周期运维的综合能力不强，面向中小企业的低代码开发平台、基础赋能工具等仍较缺乏。

### （四）“新平台”基础支撑能力有待增强

工业互联网与低碳、零碳、负碳技术的深度融合发展成熟度不够，技术系统集成难度大，成本较高。绿电绿证交易市场供需对接不畅，部分企业反映购买绿电缺乏渠道、跨省绿电交易成本较高。碳排放权交易市场活跃度较低，石化、钢铁、有色、造纸、化工、建材等领域暂未纳入全国碳市场，大量企业和排放未被纳入履约考核，市场主体缺乏参与碳市场自愿交易的途径。碳足迹核算基础平台有待完善，国外主流碳因子库对我国碳足迹核算不够科学准确，迫切需要建立符合我国国情的重点产品碳排放核算方法和相关数据库，为政府制定行业政策和企业应对碳关税挑战提供支撑。

## 三 推动我国制造业智能化、绿色化发展的对策建议

推动制造业高端化、智能化、绿色化发展是我国紧紧抓住战略机遇、主动化解风险挑战，不断开创推进新型工业化新局面的必然选择。下一步，我们应当认真学习贯彻党的二十届三中全会精神和习近平总书记关于新质生产力和新型工业化的重要论述，更好推动数字技术和绿色技术对传统产业的全方位、全链条改造，不断增强我国产业链供应链韧性、安全水平和国际竞争力。

### （一）实施数字技术和绿色技术协同创新行动

建议实施新一轮的“工业强基”计划，面向数字技术强基，重点聚焦制造业大模型技术的研发与应用，重点突破智能传感器件与终端、高质量工业语料数据、高效率大模型算法、高效能智能算力芯片与算力集群等核心技术。面向制造技术强基，聚焦制造业本身的提质升级，突破重点领域设计工具、先进材料、先进工艺、卓越运营等相关理论与技术研究。面向绿色基础强基，加快布局“减碳去碳”基础零部件、基础工艺和关键基础材料等研发，推动数字技术与智能电网、绿色材料、碳采集、碳封存、环境污染治理等深度融合。设立科技支

撑“双化协同”市级重大专项，采用“揭榜挂帅”等机制引导各类主体参与共性技术研发。

## （二）大力发展智能工厂网络和产业互联网平台

支持制造业“链主企业”牵头构建智能工厂网络和行业数据空间，整合供应链上下游企业和生态服务商，牵头组建开放式行业生态联盟，借助工业 4.0 平台和工业物联网技术，提高资源配置效率和节能减排质效，提升供应链韧性，降低潜在断链风险，增强我国企业全球运营能力。面向制造业智能化、绿色化发展需求，支持产业互联网平台进一步集成数字技术和绿色技术资源，提升研发、采销、仓储等环节的智能化能力和绿色化水平，建设“分领域、全品类、全链路”的产业互联网平台集群，打造“平台运营+制造输出”发展模式。

## （三）加快垂类大模型在工业领域的应用

发挥央企和行业龙头企业作用，支持科研院所、上下游企业共同提炼行业工艺技术、运营管理、行业知识与模型等，打造全国工业机理“语料库”，开展工业大模型研发，助力无人制造、柔性制造、韧性制造、虚拟制造、零碳制造等制造业范式创新。引导和支持人工智能领军企业加强与工业企业合作，通过在实际场景的探索应用，沉淀更多行业 know-how（技术诀窍），扩展专业领域数据训练集，加快推动大模型在工业领域的应用落地，为各行各业的技术突破、产品创新、生产变革等提供低成本解决方案。

## （四）完善智能化、绿色化基础底座

针对制造业智能化、绿色化对新型基础设施的共性需求，建议统筹推动建设一批赋能未来制造的关键基础设施。在网络基础设施方面，进一步加强 5G、TSN（时间敏感网络）、工业 PON（无源光网络）、窄带物联网（NB-IOT）等新型网络技术应用；在算力基础设施方面，统筹推动基础算力、人工智能算力、超算算力等枢纽体系建设，加强区域算力调度；在数据基础设施方面，统筹建设国家工业大数据平台，依托国家工业基础大数据库，研制产业链图谱和供应链地图，支撑产业监测分析，赋能企业创新发展，提升行业安全运行水平；在碳计量基础设施方面，加快研究制定统一规范的碳排放计量标准，建设国家产品碳因子库，打造产品碳足迹公共服务平台，引导重点领域企业开展产品碳足迹评价。

## （五）支持示范标杆场景复制推广

加强典型案例和标杆场景的示范推广，是放大制造业智能化、绿色化转型规模效应，提升政策效能的重要举措。建议行业主管部门等定期征集各地利用数字技术和绿色技术对传统产业进行全方位、全链条改造的典型做法和解决方案，选取一批标杆智能工厂打造成为未来制造新范式与新技术应用验证的实验场，形成“链式”转型的可复制、可推广经验，因地制宜、循序渐进地予以示范推广，通过“看样学样”引导和推动企业加快智能化、绿色化转型。

## （六）深化智能化、绿色化国际合作

依托中国制造在全球产业链中的优势，努力营造智能化、绿色化国际协同和创新生态。支持本土企业打造涵盖研发、制造、供应链、服务等环节的国际协同管理平台，加强跨国研发数据共享，增强企业全球化供应链管理能力。持续深化与国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）和国际电信联盟（ITU）等交流合作，引导龙头企业、科研院所、行业协会等积极参与智能化、绿色化重点领域国际标准研制，推动国内外标准化协同发展。

### 【作者简介】

山栋明，博士，上海市信息投资股份有限公司副总裁，上海市信息标准化技术委员会副主任委员，长期从事信息化领域的研究和管理工作，曾参与上海市信息化发展多个五年规划的编制和相关重大课题的研究，以及上海数据交易所和国际数据港等机构工作的顶层设计，在国内核心期刊发表专业文章 10 多篇，是《上海市推进新一代信息基础设施建设 助力提升城市能级和核心竞争力三年行动计划（2018-2020 年）》《推动工业互联网创新升级 实施“工赋上海”三年行动计划（2020-2022 年）》《推进上海经济数字化转型赋能高质量发展行动方案（2021-2023 年）》《立足数字经济新赛道推动数据要素产业创新发展行动方案（2023-2025 年）》《新型城域物联专网建设导则（2020 版）》等文件的主要起草人。