

以智能制造为主攻方向推进制造强国建设*

汪红驹 李 原

摘要：在第四次工业革命的推动下，智能制造已成为我国实现制造强国战略的重要抓手和决胜关键，从根本上变革了传统的生产方式、管理范式和产业形态，通过推动制造业高端化、智能化和绿色化发展，引领我国制造强国建设持续迈上新高度。从整体发展态势而言，我国智能制造在应用水平与产业规模方面，于全球范围内处于领先地位，但仍然面临诸多挑战，如关键技术与装备的对外依存度高、应用场景开发不充分、基础设施建设滞后、行业智能化水平存在差异以及产业生态体系不完善等问题。未来，需围绕智能制造高质量发展的核心需求和创新发展趋势，着力突破关键核心技术瓶颈，深化应用场景创新，优化基础设施布局，推进体制机制改革，以智能制造高质量发展为主攻方向推进制造强国建设。

关键词：智能制造 制造强国 智能化 数字化

作者简介：汪红驹，中国社会科学院财经战略研究院研究员、博士生导师；

李 原，北京市社会科学院助理研究员。

DOI:10.16845/j.cnki.ccieeqqh.2025.03.005

当前，智能制造已经成为新一轮科技革命与产业变革的核心驱动力，它不仅能够显著促进技术升级、提升生产效率，更能加速全球产业链的优化和全球竞争力的重塑。发展智能制造对于我国建设制造强国具有极为深远的战略意义和关键支撑作用。2015 年，国务院印发《中国制造 2025》，提出实施“制造强国”战略，并将智能制造确定为中国制造的主攻方向。此后，党的十九大、二十大都反复强调“加快建设制造强国”，“十三五”和“十四五”规划纲要均单独设立章节对制造强国战略的实施以及智能制造的高质量发展明确了路线图。2023 年 5 月 5 日，习近平总书记在二十届中央财经委员会第一次会议上强调，“要把握人工智能等新科技革命浪潮”“推进产业智能化、绿色化、融合化，建设具有完整性、先进性、安全性的现代化产业体系”。

发展智能制造是我国突破“大而不强”困局、实现制造强国的重要抓手和必由之路。智能制造的价值不仅在于生产效率的量变，更在于通过数据要素重构制造业底层逻辑、推动中国从“世界工厂”向“全球智造创新中心”跃迁、重塑我国制造业竞争新优势的质变。我们不仅要深刻认识智能制造在制造强国建设过程中的重要地位，更要理解智能制造带来的产业体系变革与生产关系重构，深入分析以智能制造支撑引领制造强国建设的理论逻辑与发展策略，为中国实现从制造大国到制造强国的跨越提供智力支持。

一、智能制造的缘起

制造业的转型历程与科技革命紧密相连，已经历了 4 个重要的转型阶段。在工业革命前，生产活

* 本文受中国社会科学院重大项目“中国宏观经济季度分析（2025—2027）”（项目编号：2024YZDJ019）的资助。

动主要依靠手工操作（查尔斯·辛格，2004）。此阶段不仅产量有限，生产效率也相对低下。18 世纪中期，蒸汽机的发明与应用开启了第一次工业革命，机械化生产新纪元来临，各制造领域的生产效率得到了极大提升。19 世纪末至 20 世纪初，电力和电机的应用推动了第二次工业革命，制造业进入大规模机器生产时代。20 世纪 60 年代，计算机和互联网技术的兴起标志着第三次工业革命的到来，制造业自此转向更为灵活的柔性制造模式。这种模式结合了手工制造的灵活性和大规模制造的高效性，有效解决了手工制造的成本高以及大规模制造产品单一性问题。

20 世纪后期，随着人工智能、大数据、物联网及云计算等智能技术的迅猛发展，第四次工业革命浪潮兴起。这些技术的广泛应用促使制造业向智能制造的高级形态转变。1986 年，G·H·谢弗（G. H. Schaffer）指出，人工智能等新技术为制造业注入了新活力，凭借其自主学习和适应能力，制造企业能够优化生产流程、降低成本并提高效率。1988 年，保罗·肯尼斯·怀特（Paul Kenneth Wright）和大卫·亚兰·博恩（David Alan Bourne）在《制造智能》（Manufacturing Intelligence）一书中首次提出了“智能制造”的概念，将其描述为一种无需人工干预，借助软件和机器人控制实现小规模生产的制造方式。随着数字技术的进步，发达国家开始从国家战略层面推动智能制造的发展。尤其是 21 世纪以来，在“工业 4.0”浪潮下，德国、美国等国家将智能制造作为制造业发展的核心方向。中国工业和信息化部对“智能制造”的定义为：“一种基于先进制造技术与新一代信息技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等产品全生命周期，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式。”^① 简而言之，“智能制造”以智能化生产流程为核心，依托端到端的数据流动，借助工业互联网、智能制造装备和工业软件，以智能工厂为实施平台，对传统制造业的技术、生产和管理模式进行根本性革新。

二、智能制造推动制造强国建设的作用机理

习近平总书记关于制造强国建设的重要论述指出，制造强国建设的核心在于创新，抓手是建设现代化产业体系，具体方向是推动制造业高端化、智能化和绿色化。智能制造作为融合了新一代信息技术与先进制造技术的一种先进制造业业态，是新一轮科技革命和产业变革的重要交汇点，已然成为我国加快制造强国建设的核心驱动力和迈向全球产业链价值链高端的关键支撑。具体来说，智能制造通过推动制造业实现高端化、智能化和绿色化，引领制造强国建设不断迈上新台阶，改变我国制造业“大而不强”局面。

（一）智能制造催生生产方式升级

以人工智能为代表的新技术革命使人类智力“物质化”，将智能制造系统应用于制造业领域，成为提升全要素生产率的关键要素（Wang J. et al., 2022）。智能制造通过高度集成机器智能与人类智能，实现制造过程自主感知、自我适应、自我诊断、自主决策和自我修复。智能制造体系实现了人机深度融合，其生产过程体现为智能设备与操作人员的紧密协作，以及信息的实时交互与共享。一方面，智能技术作为制造系统的核心驱动力（Li B. et al., 2017.），通过与实时生产数据和业务运营的深度融合，推动动态数据系统和工业软件在制造全流程中的广泛应用。另一方面，数据要素在智能制造中的战略地位日益凸显（Fhorey R., 2014），它深度融入制造过程的各个环节，成为关键生产要素。

^①工业和信息化部、国家标准化管理委员会：《国家智能制造标准体系建设指南（2021 版）》，中国政府网，2021 年 11 月 17 日，<http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/09/5659548/files/>。

智能制造建立在横向与纵向两个维度的数据链基础之上 (Chen B. et al., 2017)。横向维度聚焦于产业链上下游企业间的数据整合, 涵盖研发创新、原料采购、生产制造及售后服务等环节的信息共享 (Wan J. et al., 2014); 纵向维度则强调企业内部的数据贯通, 实现从底层设备到云端平台的全方位集成。基于此, 智能装备系统凭借其环境感知、知识学习、智能决策和主动交互等核心能力, 持续优化生产工艺流程, 显著提升了创新能力和生产效能。

(二) 智能制造引领管理范式变革

智能制造借助人工智能技术实现了对人类智能的部分替代, 这一转变不仅体现了技术层面的重大突破, 更推动了制造业组织模式的根本性变革。该制造范式对传统生产体系进行了系统性重构, 其变革路径从局部智能设备的应用延伸至全产业链的智能化升级, 实现了制造系统从传统的“人—物”二元结构 (HPS) 向“人—信息—物理”三元系统 (HOPS) 的演进。传统制造体系以工厂为核心生产单元, 其组织结构呈现出刚性化、等级化和规范化特征, 劳动者需严格遵循既定的作业程序、操作方法和工艺流程。相较而言, 智能制造依托数字平台这一新型组织载体, 突破了传统生产在时空维度上的限制, 实现了生产要素的全球化调配和劳动力的弹性化组织。这种变革不仅降低了人力资本投入, 还显著优化了人力资源配置效能。劳动者通过“数字在场”的方式, 能够突破物理空间的限制, 实现随时随地的任务执行 (蓝江, 2019)。具体而言, 借助云计算平台、远程协同系统和物联网技术, 分布在不同地域的设计人员、技术专家和生产线工人可以实时协作, 共同参与产品研发、制造和检测等环节。这种以网络协同为特征的虚拟化生产组织模式, 相较于传统的地理集聚型工业组织形式, 有效降低了跨区域、跨行业的生产要素流动成本, 同时大幅提升了整体运营效率。

(三) 智能制造主导产业结构重塑

智能制造正在系统性重构传统产业格局, 构建全新的产业链生态体系。这一体系涵盖了上游的基础硬件设施、感知层设备、智能装备及工业软件, 中游的智能装备供应商、解决方案提供商和系统集成服务商, 下游的交通装备、物流仓储、电子信息、生物医药等多个领域的应用终端。凭借数字技术对实体经济的赋能, 智能制造推动了实体与数字经济的深度协同, 为制造业的未来发展指明了方向, 不仅带动了产业整体升级, 还为商业模式创新注入了新动能。从企业转型的角度看, 生产过程的深度数字化加速了传统制造业的革新。“智能化改造、数字化转型、网络化协同”已成为制造企业提升竞争力、抢占市场先机的战略选择。数字孪生等前沿技术的应用, 使企业能够在虚拟空间构建精准的产品和产线模型, 优化从研发设计到市场投放的全流程, 有效解决了传统制造中的决策滞后、精度不足、设备利用率低等问题。在我国传统要素成本优势逐渐减弱的背景下, 智能制造为制造业开拓了工业设计创新、品牌价值提升、个性化服务等新的竞争优势。从产业业态更新维度看, 科技创新催生了智能制造的新模式和新业态。智能制造的广泛应用推动了工业互联网、工业软件、工业大数据和工业机器人等技术的快速发展, 孕育出具有跨界融合特征的软件和信息技术服务业等新兴业态 (宋旭光等, 2022)。这种变革不仅重塑了产业组织形式, 还将传统的线性创新模式升级为全产业链的网状协同创新, 有助于打破企业和行业边界, 推动制造业朝着多元化、综合化方向发展。在企业层面, 智能制造促进了跨部门的数据共享与整合, 增强了企业吸收和利用外部知识技术的能力, 加速了创新成果的转化应用。在产业层面, 基于数据开放共享, 互联网、物联网、大数据、5G 和人工智能等技术深度融入先进制造业和现代服务业的各个环节。智能制造为跨学科、跨行业的信息交互提供了平台支撑, 其融合集成特性推动了产业间的深度协同。通过智能制造系统, 实现了产业间的业务联动、链条延伸、技术渗透和要素整合, 培育出服务型制造和制造型服务等新业态, 有力地推动了先进制造业与

现代服务业的深度融合。

（四）智能制造促进绿色低碳发展

智能制造通过深度融合新一代信息技术、新型材料和清洁能源等创新要素，显著提升了制造企业的能源利用效能和资源配置效率，有力推动了生产模式向绿色低碳方向转型。人工智能的生产要素配置决策系统，相较于传统人工决策方式，展现出更强的科学性和精准性，能够有效降低冗余要素投入，从而实现节能减排和可持续发展目标。从技术应用层面看，智能制造系统借助虚拟仿真为能耗优化决策提供有力支撑。数字孪生技术构建的虚拟生产环境，能够预先评估产品全生命周期的成本与能耗，为企业制定最优能耗方案提供科学依据（Sachs J D. et al.，2019）。以德国西门子公司为例，其开发的“数字孪生综合方案”实现了产品绿色性能的量化评估与持续改进（聂飞等，2022）。从系统优化层面看，智能制造有助于降低能源损耗、提高资源使用效能。随着智能供应链和智慧工厂能源管理系统的不断完善，能源消耗和资源使用情况得以实现实时监控、智能分析和动态优化。系统能够根据能源价格波动和供应状况，自主调整能源结构或生产计划，实现精准调控和动态平衡，从而最大程度地减少能源浪费（Iqbal et al.，2018）。例如，智能电网通过整合大规模可再生能源发电、分布式发电和微电网技术，有效降低了对传统化石能源的依赖；同时，采用超高压输电等先进技术，显著提升了能源传输效率，实现了输配电环节的低碳化转型。

三、我国智能制造推进制造强国建设的现状

从整体发展态势而言，我国智能制造在应用水平与产业规模方面，于全球范围内处于领先地位，有力支撑了制造强国战略的推进。工业和信息化部数据显示，2023 年我国智能制造装备行业市场规模已经超过 3.2 万亿元，相较于 2017 年增长了 1.5 倍，占全球智能制造总产值的比例超过 38%。《中国工业软件产业发展研究报告（2024）》显示，2023 年中国工业软件市场规模为 2414 亿元，同比增长 12.3%，占全球市场规模的比例为 6.8%，工业软件企业关键工序数控化率达到了 62.2%，数字化研发设计工具普及率达 79.6%。

（一）智能制造应用场景丰富，为制造强国建设注入新活力

据工业和信息化部统计数据，在汽车制造、专用设备制造、电气设备制造、化工冶金、生物医药、物流运输、纺织服装等多个重点领域，对数字化车间规划、智能工厂建设、产品研发创新、工艺流程优化、生产作业管理、仓储物流配送、设备维护保养、安全环保管控、能源管理以及企业运营等智能制造整体解决方案存在强劲需求，这为我国智能制造产业构建了万亿级的市场空间。根据中研普华产业研究院发布的《2024—2029 年智能制造产业现状及未来发展趋势分析报告》，自 2019 年以来，智能制造系统解决方案市场保持年均 50% 的高速增长态势；预计到 2027 年，我国智能制造产业市场规模有望突破 6.6 万亿元。这一蓬勃发展的市场前景，为推进制造强国战略提供了强劲动力（见图 1）。

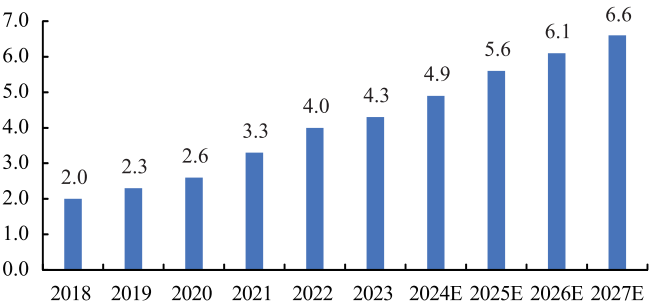


图 1 2018—2027 年中国智能制造行业
市场规模及预测（万亿元）

建设制造强国需要有一流制造企业，智能制造的发展培育了一批先进智能制造企业。参照中国电子技术标准化研究院设计的智能制造能力成熟度模型，当前我国企业智能成熟度逐步提升，部分企业已实现了高度智能化。依据该模型，企业智能制造水平可划分为五级：一级为规划级，二级为规范级，三级为集成级，四级为优化级，五级为引领级。^① 等级越高，智能化成熟度越高。2024 年达到《智能制造能力成熟度模型》（GB/T 39116-2020）国家标准二级及以上的智能工厂占比为 42%，比 2020 年提高 17 个百分点，呈逐年上升趋势；成熟度为二级的制造业企业占比为 25%，这些企业将数字化、网络化贯穿于核心生产环节；11% 的制造业企业成熟度为三级，实现了网络化集成及单点智能；6% 的制造业企业达到四级及以上的高成熟度，迈入深度智能化阶段，成为中国式智能制造创新发展的领军者。

（二）高技术制造业智能化水平提高，成为制造强国建设的支柱产业

根据智能制造评估评价公共服务平台数据，计算机电子设备制造业、汽车制造、医药制造、电子机械和器材制造、交通运输设备制造、化学原料和化学制品制造业以及食品制造业等行业，在企业智能化进程方面走在前列。装备制造、电子信息、消费品和原材料四大核心产业，在智能制造应用方面处于领先地位，构成了支撑制造强国战略的关键产业群。装备制造行业因其技术研发门槛高、产品定制化程度高、售后服务需求大、产业链协同性强以及应用场景多样化等特点，广泛应用研发设计类工业软件。数据显示，^② 68% 的样本企业采用此类软件进行产品开发和工艺设计；34% 的企业运用三维仿真技术，在产品的设计阶段即可识别加工方法和工艺流程中的潜在问题，有效保障产品质量与生产周期；7% 的企业实现了产品远程监控、故障预警和预防性维护等智能服务功能。电子信息产业呈现设备自动化水平高、质量管控体系严格、信息系统集成度高、运营管理效率突出等特征。该领域数字化装备应用比例达 72%，设备联网率近 50%，生产制造类工业软件使用率达 60%，各项指标远超行业平均水平。消费品制造业对产品质量控制要求严格，对数字化营销需求迫切，在质量管理和营销创新方面成效显著。该行业电子商务平台应用比例为 12%，产品质量全流程追溯系统覆盖率达 16%，数字化营销手段采用率为 27%。原材料行业面临生产环境复杂、能耗总量大、设备资产密集等挑战，数字化转型需求尤为突出。超过 20% 的企业达到智能制造能力成熟度三级以上水平，能源管理平台应用率为 27%，装备数字化率为 60%，12% 的企业实现了设备预测性维护功能。

（三）智能制造试点示范行动有序开展，持续助力制造强国建设

自 2015 年以来，工业和信息化部等部门每年遴选一批智能制造优秀场景，推进智能化示范工厂建设，培育网络协同制造、大规模个性化定制、远程运维服务等新模式新业态，充分调动地方、行业和企业推动制造业数字化、网络化、智能化升级的积极性。各地立足地区实际制定了各有侧重的实施方案，成效显著。东部省市以“技术引领+生态构建”模式为主：长三角地区侧重跨区域场景协同，建立“G60 科创走廊智能制造场景联合评选机制”；京津冀推动“场景互认”，“北京研发—河北转化”成为重点构建场景。中西部省市聚焦特色产业搭建智能制造试点：河南省围绕食品加工、矿山机械领域评选“专精特新”场景；四川省针对电子信息、白酒酿造行业开发专用解决方案，如五粮液智

^①评估系统包含：4 个能力要素，人员、技术、资源、制造；12 个能力域，组织战略、人员技能、数据、集成、信息安全、装备、网络、设计、生产、物流、销售、服务；20 个能力子域，组织战略、人员技能、数据、集成、信息安全、装备、网络、产品设计、工艺设计、采购、计划与调度、生产作业、设备管理、安全环境、仓储配送、能源管理、物流、销售、客户服务、产品服务。

^②数据来源：智能制造评估评价公共服务平台，<https://www.c3mep.cn/home>。

能勾调系统。东北地区着力推动老工业基地智能化转型：辽宁省重点评选装备制造“智能化改造”场景，如沈阳机床 i5 智能车间；吉林省推动汽车产业链“黑灯工厂”试点，通过场景评选盘活存量产能。

根据世界经济论坛（WEF）发布的最新“灯塔工厂”名单显示，截至 2023 年，中国已建成 62 座“灯塔工厂”，占全球总数的 40.5%，居全球首位。^① 据工业和信息化部统计，截至 2024 年，全国已建成 2421 家国家级智能制造示范工厂，以及万余家省级数字化车间和智能工厂。这些智能工厂显著提升了生产效能，平均缩短产品研发周期 20.7%，提高生产效率 34.8%，降低产品不良品率 27.4%，并减少碳排放约 21.2%。在机械装备制造、汽车制造、航空航天等高成熟度智能制造领域，企业通过优化生产效率、降低运营成本，提升了市场竞争力，发挥了显著的示范引领作用。智能化转型通过产业链传导，带动上下游企业及其他行业协同发展，形成了良好的产业联动效应。

四、智能制造推进制造强国建设中的困境

在推进智能制造助力制造强国战略的进程中，我国仍面临多重发展瓶颈，主要体现在核心技术装备对外依存度较高、智能化应用场景拓展有限、基础设施建设滞后以及产业生态系统尚未完善等。

（一）智能制造领域核心技术自主化程度不高

我国智能制造行业很多关键技术尚未实现自立自强，自主创新能力亟待提升。首先，基础理论研究与技术创新之间存在结构性失衡。与国际先进水平相比，我国在人工智能等前沿技术领域的差距尚未显著缩小，精密传感器、高端数控系统、测控装置等关键基础部件，仍高度依赖进口。基础研究的深度和广度不足，致使完整的智能制造技术体系尚未构建完成。核心技术面临“卡脖子”困境，特别是在单点技术突破和系统集成能力方面，国产化替代水平较低，难以满足多样化应用场景需求。以工业机器人和中高端工业控制芯片为例，国产产品的稳定性和可靠性仍有较大提升空间，制约了核心技术的迭代升级。其次，技术集成能力存在明显短板。国内半导体企业普遍采取技术跟随策略，原始创新动力不足，研发投入相对有限，缺乏具备国际竞争力的龙头企业。在产业链整合方面，能够高效协同硬件、软件和应用服务的企业较为稀缺。“缺芯”问题依然严峻，光刻机、高端离子注入机、光刻胶等关键设备的自主研发面临重大挑战，短期内难以实现技术突破。同时，系统集成技术面临标准协议不统一的难题，不同系统和数据端口之间的兼容性及适配性较差，严重制约了整体解决方案的推广应用。

（二）智能工厂建设支撑作用不足

智能工厂的建设需要整合智能装备、传感设备、工业软件及系统解决方案等多方资源，技术复杂度高且系统集成难度大。从全球范围看，灯塔工厂主要集中于离散制造领域，美国和德国的灯塔工厂多布局于生物技术、半导体等高端产业，而我国则主要分布在产业链下游的家电、电子产品制造等领域，智能工厂对制造业整体升级的引领作用有待进一步加强。一方面，智能工厂建设中普遍存在“数据壁垒”现象。部分企业过度关注高端设备的采购，却忽视设备间的数据互联互通，导致信息难以共享；同时，许多企业的数据采集自动化水平和车间联网率较低，无法实现生产设备的实时监控和预测性维护，这不仅未能降低资源消耗，反而可能因生产中断而增加能源和设备的损耗。另一方面，工业

^①数据来源：World Economic Forum, <https://www.weforum.org/>。

软件配套能力不足制约了智能工厂的发展。我国工业软件产业基础较为薄弱,产品以标准化通用型为主,在定制化开发和创新产品研发方面能力不足,难以适应工业生产的多样化需求。国产工业软件主要集中在企业资源计划、供应链管理等中低端领域,在研发设计类、生产控制类等高端软件方面仍依赖进口,缺乏具有核心竞争力的本土供应商。此外,支持智能工厂数据中心建设的软件平台发展滞后,缺乏能够快速开发工业 APP 的敏捷开发框架,一定程度限制了智能工厂的效能提升。

(三) 智能制造基础设施建设存在短板

目前我国在信息网络联通、智能算法、智能传感和智能处理等方面发展仍然滞后,基础设施建设无法有效支撑智能制造高度网络集成的生产模式(夏妍娜、赵胜,2015),进而导致制造强国建设缺乏坚实基础。首先,工业互联网发展基础较为薄弱。与国际先进水平相比,我国工业互联网存在行业分割明显、标准化程度不足、底层技术开发深度不够等问题。德国通过构建“管理壳”信息描述模型,实现了制造过程中各类设备与部件的互联互通;日本则依托工业价值链参考架构(IVRA)将多个智能制造单元高效整合,构建了完整的工业互联体系。相比之下,我国工业互联网面临信息技术与运营技术融合不足的“工具陷阱”问题,实际应用适配性较差,难以构建起支撑智能制造高质量发展的“神经系统”。其次,工业大数据的应用面临多重制约。在工业大数据平台和整体数字化解决方案等新兴领域,我国尚未形成系统的战略规划和精准布局,工业数据“空心化”现象较为突出,智能制造大数据的应用层次普遍偏低。数据显示,“十三五”期间,我国企业设备联网率和数据采集率仅为23%,^①严重影响了数据的完整性和有效性。此外,部分企业对数据价值的开发重视不足,导致大量工业数据未能得到有效利用和转化。

(四) 传统制造业智能化改造面临转型难题

推动传统制造业转型升级是建设制造强国的关键任务之一。从智能制造能力成熟度评估结果来看,江苏省、广东省、河南省达到二级及以上水平的企业占比分别为43.7%、37%和25%。尽管这些地区智能化水平较高的企业数量相对较多,但由于制造业企业基数庞大,仍有大量传统企业尚未启动智能化改造,整体转型任务依然艰巨。当前,我国传统制造业正处于“2.0补课”“3.0普及”“4.0示范”的多阶段并行发展状态,其转型升级不仅涉及生产设备的更新换代,更需要对生产组织模式和管理体系进行系统性变革。在这一过程中,传统制造业企业在智能化转型时面临多重挑战。一方面,结构性失业风险使得许多企业对转型持观望态度,普遍存在“不敢转、不会转”现象。转型目标模糊、效益不显著,技术应用与管理实践脱节,数字化思维滞后等问题突出。另一方面,数据孤岛、人才短缺、技术落后等瓶颈使企业陷入“转与不转”的两难境地。具体而言,离散制造领域受制于设备结构刚性、标准化程度低、数据贯通性差等问题,制约了柔性制造能力和产业链协同效率的提升;流程制造领域则面临供应链协同不足、管理粗放、供需匹配度低等挑战,影响了生产过程的连续性和稳定性。这些问题亟待通过系统性解决方案实现突破。

(五) 智能制造产业发展生态建设不完善

健全的产业生态系统是支撑制造强国战略的重要基础。但当前我国智能制造产业发展生态尚不完善,在一定程度上制约了制造强国的建设进程。首先,政策与标准体系的协同性不足。尽管近年来国

^①中国电子技术标准化研究院:《智能制造发展指数报告(2020)》,工业和信息化部网站,2021年1月20日, https://wap.miit.gov.cn/ztlz/rdzt/znzxxggz/xwdt/art/2021/art_b27314309a8f4c0c8e52eff56f9016eb.html。

家出台了一系列促进智能制造高质量发展的政策措施，并取得一定成效，但仍存在改进空间。在中央层面，国家发展改革委、工业和信息化部、科技部、商务部等多个部门均参与智能制造领域的管理工作，但由于各部门关注重点不同，尚未形成统一市场下协调的政策框架。在地方和企业层面，存在“重形式轻内容”的现象，过度关注融资规模和企业数量等指标，忽视了基础技术研发、初创企业扶持和配套服务体系建设等内容。其次，标准体系建设滞后制约了产业发展。在国际层面，我国在智能制造标准制定方面的话语权和影响力有待提升；在国内层面，标准体系的不完善导致企业在对标和评估时面临“水土不服”问题，特别是物联网应用标准缺失导致生产设备兼容性差，企业内部信息系统难以集成，严重影响了跨平台、跨系统的协同能力。

五、智能制造支撑制造强国建设的发展策略

智能制造已成为我国抢占全球制造业科技竞争制高点、加速建设制造强国的核心支撑和重要驱动力。未来一段时期是智能制造发展的战略机遇期和攻坚突破期，应以培育新质生产力为导向，以推动制造业向高端化、智能化、绿色化转型升级为主线，紧密围绕国内外智能制造市场需求变化和创新发展趋势，系统性地补短板、强优势、挖潜力，全面提升智能制造发展质量，为制造强国建设注入新动能。

（一）加紧关键核心技术攻关，实现国产替代

突破关键核心技术是实现智能制造高质量发展的首要前提。我国应坚持“自主创新与国际合作并重”的策略，着力降低对高端智能装备、核心零部件、工业软件及系统解决方案的进口依赖。首先，深化基础理论研究。支持科研机构在智能制造基础理论、核心算法和模型构建等领域开展攻关；同时推进高等教育改革，优化专业设置，培养跨学科复合型人才，以满足产业发展的需求。其次，加速推进智能制造“五基”（基础材料、基础零部件、基础工艺、基础装备、基础软件）的自主研发。聚焦信息通信、人工智能、自动化、数据分析和物联网等前沿技术，发挥集中力量办大事的制度优势，实现从单点技术突破到多领域协同创新的跨越。通过组建“龙头企业+科研院所”的联合研发团队，针对人工智能、高端芯片、智能装备、工业软件、控制系统和智能传感器等薄弱环节，整合产业链资源，强化集成创新能力，推动国内制造系统向芯片化、硬件化和平台化方向发展。鼓励企业构建开源工业互联网平台，加快智能设备和工业软件的自主研发与国产化替代。培育本土智能制造系统解决方案供应商，搭建产学研合作桥梁。围绕多元化的应用场景，在细分领域形成一批具有中国特色、可复制推广的智能制造解决方案。

（二）聚焦产业发展需求，广泛拓展应用场景

应以企业实际需求为导向，推动智能制造生产模式的规模化应用。鉴于我国各地区、各行业的产业基础、发展水平和智能化程度差异显著，需因地制宜制定差异化的推广策略，分阶段、分步骤实施智能化场景应用。首先，加速智能工厂的普及与横向集成。在总结国家级智能工厂示范项目经验的基础上，提炼细分领域的典型应用场景，通过工厂智能化升级、企业间协同和产业链整合，实现快速复制推广。对于新建工厂，根据产业发展需求建设灯塔工厂、无人化工厂和智能工厂；对于现有工厂，针对传统制造企业实施定制化改造。通过升级基础硬件、提升使能技术和加速系统集成，部署高性能网络设备，构建云计算、边缘计算和物联网平台，实现智能工厂的人机协同与具身智能。以龙头企业为核心，横向整合多个工厂，实现设备间、工厂间的数据互联互通，打破技术和数据壁垒，优化供应

链协同。最终以智能工厂为节点构建区域产业生态协同系统，将更多智能工厂纳入更广泛的产业链网络，实现资源的智能化配置与集成，持续优化智能制造生态体系。其次，推动传统制造企业的数字化转型。不同细分领域的传统制造企业因行业特性和产业链地位不同，数字化转型路径各异。应引导企业从单纯技术导向或业务导向，转向以数字化价值创造为核心，聚焦以数字化手段提升价值增量。通过提高设备联网率和关键工序数控化率，构建灵活响应、动态调整的生产网络，拓展企业增值空间。在软件层面，鼓励企业根据自身特点搭建工业互联网平台，实现资源整合和生产协同；在硬件层面，部署物联网设备和智能传感器，挖掘数据价值，提升生产效率，实现生产技术、业务流程、管理思维、商业模式的全面数字化转型。

（三）夯实智能制造基石，加强基础设施体系建设

首先，规范和优化智能制造基础设施的总体布局。加强顶层设计，从效率提升、效益优化、安全保障、需求导向和区域均衡等维度，统筹规划全国范围内的骨干网络设施、区域性算力基础设施以及人工智能和区块链等新型基础设施。着力弥补发展短板，消除区域间数字鸿沟和城乡新型基础设施差距，改善当前新型基础设施建设区域发展不均衡的现状。其次，加大智能制造基础设施的建设力度。加快推进信息基础设施和数字基础设施的普及应用，利用新一代信息技术推动传统基础设施的数字化、智能化升级。在算力基础设施领域，强化跨网络协同发展，实现信息基础设施体系内各专业设施的互联互通与协调建设。探索构建算力互联网，推动云、网、边、端等算力设施的泛在互联。在行业融合领域，促进信息基础设施与其他基础设施的跨行业共建共享、协同发展，打造车联网、城市物联网感知终端管理平台等融合型智能化基础设施。

（四）完善智能制造就业政策，促进劳动力市场动态均衡

首先，充分发挥岗位“替代补偿”与“新增创造”效应，拓展就业空间。设立智能制造产业专项基金，通过壮大智能制造产业链，创造更多研发、生产、安装、运维等相关岗位。其次，加快推进职业教育与培训体系改革。一方面，强化职业培训和再就业支持。针对因智能化转型而失业的劳动者，开展智能制造领域专项技能培训，制定“精准化培训”课程计划，确保培训内容与新岗位需求紧密衔接，帮助劳动者在新兴领域就业。另一方面，深化高等教育和职业教育改革。构建“智能制造+”专业体系，优化师资配置，重构课程框架，形成以智能制造为核心的跨学科课程体系。根据企业需求开设智能工厂建设、工业机器人编程、智能制造大数据分析等特色课程，系统培养掌握智能制造关键技术的高端复合型人才。最后，完善社会保障制度。加强失业保障体系建设，通过税收优惠和财政补贴等手段扩大失业保险覆盖面，缓解因技术性失业带来的短期就业压力。政策向弱势劳动群体倾斜，特别是对易受智能化影响的中低技能劳动者，提供专项帮扶和免费职业咨询服务。进一步优化收入分配结构，如降低劳动所得税、提高资本利得税、探索机器人征税等，改善劳资关系，适应智能制造带来的生产关系变革。

（五）加强体制机制改革，优化产业发展生态

加强央地政策协调统一，推动中央、地方与企业协同发力，因地制宜布局区域智能制造发展路径，构建覆盖产业链全生命周期的系统性政策支持体系。首先，加快完善标准体系建设。重点推进智能制造体系架构设计、技术路径规划和应用场景布局等方面的标准制定。鼓励智能装备制造、工业自动化企业、工业软件开发商及系统集成商等核心主体，联合科研院所和高校共同参与标准研制。建立动态调整的标准更新机制，确保标准体系与技术创新和产业需求同步发展，提升其先进性和实用

性。同时,积极参与国际标准制定,增强话语权,推动“智能制造中国标准”走向全球。其次,健全智能制造技术和产业创新激励机制。智能化技术在生产模式、交易成本、价值创造、产业边界和供需匹配等方面带来深刻变革,其创新广度和深度远超传统制造业。应优化激励机制,重点加大对人工智能基础技术突破、应用场景开发和智能化模式构建等研发活动的支持力度。建立科学的容错纠错机制,制定创新容错清单,支持国有企业与民营企业协同创新。最后,实施“大数据驱动”战略。为满足制造业智能化升级对数据采集、处理、存储和分析的需求,优化数据统计方法、分析模型和追溯机制,构建覆盖生产全流程的大数据管理体系。鼓励从事大数据开发、运营和经纪服务的机构发展,为制造业数据价值实现提供咨询、评估和交易等专业服务。完善大数据相关法律法规,明确数据确权和维权责任,为利用工业大数据开展智能制造提供法律保障和安全支撑。

参考文献:

1. [英] 查尔斯·辛格,王前等译:《技术史:第1卷》,上海科技教育出版社,2004年。
2. 蓝江:《5G、数字在场与万物互联——通信技术变革的哲学效应》,《探索与争鸣》,2019年第9期。
3. 宋旭光、何佳佳、左马华青:《数字产业化赋能实体经济发展:机制与路径》,《改革》,2022年第6期。
4. 聂飞、胡华璐、李磊:《工业机器人何以促进绿色生产?——来自中国微观企业的证据》,《产业经济研究》,2022年第4期。
5. 夏妍娜、赵胜:《工业4.0:正在发生的未来》,机械工业出版社,2015年。
6. [德] 卡尔·马克思、弗里德里希·恩格斯,中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局译:《马克思恩格斯全集:第4卷》,人民出版社,1958年。
7. 林碧涓:《智能制造生态体系不断发展 制造业转型正当时》,《通信信息报》,2022年11月30日。
8. Schaffer G. H. Artificial Intelligence: A Tool for Smart Manufacturing, American Machinist and Automated Manufacturing, 1986, 130 (8).
9. Wright P K., Bourne D. A. Manufacturing Intelligence, Boston: Addison - Wesley, 1988.
10. Wang J., Xu C., Zhang J., et al. Big Data Analytic for Intelligent Manufacturing Systems: A Review, Journal of Manufacturing Systems, 2022, 62.
11. Li B., Hou B., Yu W., et al. Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review, Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2017, Vol. 18.
12. Fhorey R. Emerging trends in vehicular communications, IEEE New York Presentation, 2014, Vol. 8.
13. Chen B., Wan J., Shu L., et al. Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges, Ieee Access, 2017, Vol. 6.
14. Wan J., Zhang D., Sun Y., et al. VCMIA: A novel architecture for integrating vehicular cyber - physical systems and mobile cloud computing, Mobile Networks and Applications, 2014, Vol. 19.
15. Sachs J D., Schmidt - Traub G., Mazzucato M., et al. Six Transformations to Achieve the Sustainable Development Coals, Nature Sustainability, 2019, 2 (9).
16. Iqbal J., Khan M., Talha M., et al. A generic Internet of things architecture for controlling electrical energy consumption in smart homes, Sustainable cities and society, 2018, Vol. 43.

责任编辑:李蕊

(8) Promoting the construction of a manufacturing power with intelligent manufacturing as the main direction

Wang Hongju, Li Yuan

Driven by the fourth industrial revolution, intelligent manufacturing has become an important starting point and the key to China's strategy of realizing a manufacturing power, fundamentally changing the traditional mode of production, management paradigm and industrial form, and leading the construction of China's manufacturing power to a new height by promoting the development of the manufacturing industry in the direction of high-end, intelligent and green. From the perspective of the overall development trend, China's intelligent manufacturing is in a leading position in the world in terms of application level and industrial scale, but it still faces many challenges, such as high dependence on foreign key technologies and equipment, insufficient development of application scenarios, lagging infrastructure construction, differences in the level of industry intelligence, and imperfect industrial ecosystem. In the future, it is necessary to focus on the core needs and innovation development trends of high-quality development of intelligent manufacturing, strive to break through the bottlenecks of key core technologies, deepen the innovation of application scenarios, optimize the layout of infrastructure, promote the reform of systems and mechanisms, and promote the construction of a manufacturing power with the high-quality development of intelligent manufacturing as the main direction.

(9) Research on the mechanism of fiscal policy to expand domestic demand

Dai Jia

This paper mainly uses theoretical analysis methods to discuss the mechanism and operation logic of fiscal policy to expand domestic demand from short-term and long-term perspectives, so as to provide a theoretical reference for the formulation and implementation of fiscal policy to expand domestic demand. This paper argues that from a short-term perspective, in the face of insufficient aggregate demand, fiscal policy mainly promotes more money to participate in commodity circulation by adjusting the distribution of money among and within the three departments of households, enterprises and governments, so as to improve the velocity and liquidity of money, so as to maximize domestic demand under the current level of allocation of production factors. From a long-term perspective, fiscal policy mainly optimizes the internal structure of fiscal expenditure, rationally arranges the proportion between government consumption and government investment, and invests more expenditure in the cultivation of production factors such as technology and human capital on the basis of promoting government investment to the optimal steady-state level, so as to optimize the quality and allocation level of production factors, thereby promoting the growth rate of long-term potential domestic demand.

(10) The more data the better for macroeconomic forecasting——Empirical research based on machine learning methods

Wu Qiong

With the improvement of data availability, the amount of information contained in prediction models such as factor mixing has increased significantly, and a large amount of inefficient or even invalid information has entered the model, resulting in a decrease in the prediction effect of the model. In order to solve this problem, the machine learning method was used to filter the dataset, and the filtered dataset was applied to the factor mixing data sampling model, so as to improve the factor mixing data sampling model. The results show that although the full-sample model without variable screening contains the most abundant information, due to the low correlation between some indicators and the dependent variables, there are differences in the driving factors between the extracted potential factors and the dependent variables, which reduces the accuracy of the model's prediction. The feature subset obtained by appropriate indicator screening methods can not only improve the validity of the dataset, but also help to improve the prediction effect of the model.

(11) The impact of e-commerce on the high-quality development of agricultural industrial clusters

Zhou Pengsheng, Xiong Lei, Li Tengfei

E-commerce of agricultural products is a new form of digital economy and agricultural economy. With the development of e-commerce of agricultural products, agricultural industry clusters have been formed in many regions of China. This not only enhances the regional competitiveness of industrial clusters, but also has a significant positive impact on the competitiveness of producers in the clusters. The mechanism of e-commerce on agricultural industrial clusters is mainly through data empowerment, platform carriers and technology guidance, optimizing the supply chain of industrial clusters, improving the value chain, and achieving high-quality development. However, the development of agricultural industrial clusters faces problems and shortcomings that affect the high-quality development of agricultural product e-commerce, such as the imperfect agricultural product system in the cluster, the lack of producers paying attention to the development of e-commerce, the lack of a mature e-commerce system in the cluster, the imperfect supporting facilities of e-commerce and the imperfect policy system for cluster development. In view of the above problems existing in the current agricultural industrial clusters, relevant countermeasures and suggestions to solve the problems of agricultural industrial clusters are put forward from the perspective of e-commerce, so as to promote the high-quality development of agricultural industrial clusters: the first is to strengthen the construction of the e-commerce product system, the second is to strengthen the guidance and management of industrial clusters, the third is to improve the awareness of e-commerce among producers in the industrial cluster, the fourth is to improve the e-commerce related supporting facilities, and the fifth is to further strengthen the government support for e-commerce.

Editor: Yang Yuge