智能制造赋能新型工业体系建设：机理、场景与路径研究

朱 莹[1,2]

（1. 苏州职业技术大学，苏州 215104；2. 北京大学长沙计算与数字经济研究院，长沙 410205）

摘要：推进新型工业化、建设现代化产业体系是中国应对新一轮科技革命和产业变革的核心战略部署，智能制造作为核心引擎与关键抓手，对筑牢实体经济根基、加快实现新型工业化意义重大。遵循“机理剖析-场景验证-实践路径”的研究逻辑，系统探究智能制造对新型工业体系的重塑作用与演进规律。研究表明，智能制造通过重构生产要素供给、优化产业链协同、推动“技术-组织-制度”递进式演化，全方位激发了工业体系的内生动力与系统韧性。通过以装备制造业场景为典型剖面，深入解构了智能制造在研发设计、生产制造与运维服务全生命周期中的场景赋能机制，并基于理论与实践的结合，从创新驱动、资源配置、模式转型、基础设施四大维度提出了协同施策的宏观实践路径。研究结论以期为加快现代化产业体系建设、制造强国战略落地提供理论支撑与决策参考。

关键词：智能制造；新型工业化；现代化产业体系；产业升级

中图分类号：F424.3 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)14－0118－06

进入 21 世纪以来，全球科技创新进入空前密集活跃的时期，新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构[1]。以人工智能、大数据、云计算、工业互联网、数字孪生和先进制造装备等为代表的新兴技术迅猛发展，推动制造业向智能化、网络化、绿色化深度转型。在此背景下，智能制造已成为全球各国提升产业竞争力、重构全球价值链分工地位及保障产业链安全与韧性的战略必争点。德国“工业 4.0”、美国“工业互联网”、日本“社会 5.0”等战略无不围绕智能制造布局产业结构升级与未来竞争优势，中国于 2015 年推出的“中国制造 2025”战略，同样将智能制造置于关键位置。与此同时，地缘政治冲突、供应链重构、科技封锁与绿色规制加强等因素，进一步加剧全球制造业的不确定性，产业链供应链安全性、韧性与自主性成为各国政策制定的关键考量。

对中国而言，新型工业化是面向新一轮科技革命和产业变革的前瞻部署，也是具有中国特色的现代化创新实践[2]。当前，中国正处于由制造大国向制造强国跃升、由传统工业化向新型工业化跨越的关键阶段。制造业总体规模已连续 15 年保持全球第一，工业体系门类齐全、产业链配套能力完备；但在关键核心技术、产业链高端环节、系统韧性、绿色转型等方面仍存在结构性短板。构建新型工业体系，不仅关乎产业结构优化，更涉及技术体系、要素配置、组织形态与制度环境的系统性重塑。在这一进程中，智能制造作为关键引擎，其意义不仅限于提升企业生产效率，更在于推动形成数据驱动、网络协同、智能决策与生态融合的现代工业新范式。

加快推进以智能制造为引擎的新型工业体系建设，既是中国坚定不移走特色自主创新道路的必然要求，也是把握新一轮科技革命和产业变革历史机遇、在新发展阶段构筑国家竞争新优势的战略选择。这一进程不仅关乎我国制造业的转型升级，更关系到中国在未来全球产业格局中的战略地位和核心竞争力。在全球主要工业国纷纷推进新型工业化战略、强化科技与产业优势的背景下，中国虽已取得显著进展，但仍面临工业现代化起步较晚、基础尚不牢固、关键环节受制于人等多重挑战。加之国际环境不确定性增强，中国在发挥后发优势、建设制造强国的过程中仍存在诸多瓶颈。因此，系

收稿日期：2026-03-19

基金项目：湖南省哲学社会科学基金 2024 年青年项目（24YBQ161）；上海生产力学会 2025 年青年学者研究项目（2025QN003）；苏州职业技术大学校级科研项目（KY2026R031W）

作者简介：朱莹（1994—），女，湖南娄底人，博士，讲师，研究方向为智能制造、科技创新、数字经济。

统阐释智能制造在新型工业体系建设中的核心作用与内在机制,具有重要的理论价值与现实紧迫性。基于此,本文遵循“机理剖析-场景验证-实践路径”的研究脉络,在系统阐释智能制造三大赋能机理的基础上,以装备制造业为典型剖面进行微观案例印证,并据此提出构建现代化产业体系的宏观实践路径。以期为中国构建现代化产业体系、实现从制造大国向制造强国的跨越提供理论支撑与实践参考。

1　智能制造推动新型工业体系建设的理论机理

智能制造作为新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合的新型生产范式,贯穿设计、生产、管理、服务等制造全生命周期,具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等核心特征。其对新型工业体系建设的推动作用,本质是对工业运行逻辑、价值创造方式与产业协同机制的系统性重塑。具体而言,智能制造通过重构生产要素供给体系、优化资源配置与网络协同、驱动“技术-组织-制度”递进式协同演化,从底层逻辑上为新型工业体系注入持续的内生动力。

1.1　重构生产要素供给体系,激发数据要素乘数效应与可持续增长

当前,技术、数据等生产要素对经济增长的贡献率显著提升[2],已成为驱动工业高质量发展的核心动能。智能制造依托感知互联、大规模计算与数字孪生等技术,推动数据从传统生产过程的“副产品”转变为驱动价值创造的“核心资产”,促使生产要素供给结构从“物质资本主导”向“数据与知识驱动”跃迁。通过对设备状态、工艺流程、资源消耗等海量数据的实时采集与精准预测,企业能够摆脱基于经验判断与物理产能扩张的粗放模式,实现生产排产与资源调度的动态极优配置。更为重要的是,人工智能等技术对生产流程的重塑显著提升了全要素生产率[3];同时,数据要素具备的非排他性、边际效益递增与边际成本递减特征,有效突破了传统物质要素的报酬递减约束,在更广阔的空间内释放出规模经济与范围经济效应[4]。这种以数据为核心的扩张性增长机制,为新型工业体系筑牢了可持续、可迭代的要素底座。

1.2　优化资源配置与产业链协同方式,打破信息壁垒与提升网络韧性

在传统线性工业模式下,产业链上下游极易受制于信息孤岛与产供销脱节,导致产能结构性错配与系统韧性不足。智能制造通过纵向打通产业链、横向融合跨界生态的双重机制,构建网络化、智能化的现代产业协同体系,极大提升了资源配置的精准度与产业链协同效能。在纵向协同维度,基于工业互联网平台的智能供应链整合了大数据与人工智能模块,打造了全链路可视化的动态优化系统。这一机制大幅度降低了交易成本,有效缓解了因信息不对称引发的“牛鞭效应”[5],化解了库存冗余与产能错配风险,推动产业链结构由“单向线性传导”向“多维网络协同”演进。在横向融合维度,智能制造的强技术溢出效应加速了其与先进材料、清洁能源、生物医药等领域的跨界渗透,催生出众多技术融合型新业态。这种专业化分工与生态化协作并存的模式,显著降低了跨产业的协同创新成本,提升了综合价值创造能力。通过纵向深耕与横向拓展的双轮驱动,智能制造促使工业体系从“错配纠偏”走向“前置优化”,大幅度增强了产业体系的抗风险能力与整体运行效率。

1.3　推动“技术-组织-制度”递进式协同创新,构筑产业演化的长效内生动力

智能制造的赋能效应并非局限于纯粹的技术应用,而是通过技术革新的乘数效应,倒逼企业组织形态与宏观管理制度的深度重构,最终形成“技术-组织-制度”层层递进、互促共进的协同演化机制。首先,在技术向组织传导的层面,智能制造的高技能偏向性特征重塑了企业的人力资本结构,催生了对复合型数字人才的强劲需求;同时,数字技术击穿了科层制组织内部的部门壁垒,推动管理架构从垂直的层级式向扁平化、平台化转型,依托数据的实时共享实现了管理决策的科学化与敏捷化[6]。其次,在组织向制度倒逼的层面,随着生产模式向大规模柔性定制跨越、供应链向智能治理升级、产业组织向生态网络演变,原有的质量标准、数据治理、安全规制与绿色发展等体系面临全新挑战,从而推动了宏观与中观层面制度供给的同步创新。这种由技术突破引发、经组织再造放大、最终由制度重塑固化的递进式协同效应,促使工业体系的升级路径从“外源性投入驱动”彻底转向“内生性创新驱动”,构建起了自我强化、持续演化的长效动力机制,为加速培育新质生产力、推动新型工业体系建设注入稳定创新动能。

2　智能制造推动新型工业体系建设的典型场景:以装备制造业为例

上文的机理剖析表明,智能制造通过要素重

构、全链协同、制度革新等方面为新型工业体系注入了内生动力。在此基础上，进一步结合行业场景实践，选取作为工业体系基石的“装备制造业”，从全流程深入剖析其驱动过程，为传统制造产业的体系化升级提供实践范本。

2.1 研发设计环节：数字孪生驱动的要素供给重构与先导创新

在研发端，智能制造打破了传统装备制造依赖高昂物理试错成本的路径依赖，印证了生产要素向“数据与知识驱动”跃迁的机理[7]。依托三维建模、虚拟样机与数字孪生技术构建数字化设计体系，企业能够将产品概念设计、方案验证与工艺优化完全置于虚拟环境中完成，实现研发流程的去物理化重构，这与数字孪生技术在工业领域全生命周期应用的核心逻辑高度契合[8]。以高档数控机床等技术密集型高端装备制造为例，这种以数字建模替代物理原型的研发模式，不仅有效缩短了研发周期、提升了设计精度，更在底层实现了研发流程的数字化重构与先导创新。通过研发数据的持续沉淀与自我学习，技术知识以代码和算法的形式固化于工业软件中，完成了数据要素对传统物质要素的重构与价值倍增，生动检验了数据要素释放规模效应的底层逻辑，这也是智能制造发展中“新生成要素”赋能的核心体现[7]。

2.2 生产制造环节：柔性加工与多链协同破解产能结构性错配

在制造端，智能制造通过工业互联网等打通了从设备层到车间层的信息壁垒，有效化解了装备制造业长期面临的产能错配难题，验证了智能制造优化资源配置与产业链协同的核心机理。通过部署智能制造单元与柔性加工装备，企业实现了关键工序的实时数据采集与加工过程精准控制，提升了生产过程的灵活性与可控性。在此基础上，这种内部要素调配能力进一步向产业链上下游外溢，推动形成协同共生的产业生态。以三一重工等行业龙头企业为例[9]，其在推进智能制造技术标准竞争与系统应用的过程中，不仅实现了内部制造体系的升级，还带动了整个供应链网络的协同演化。这种基于数据贯通的网络化协作，推动了生产流程从局部调整向全链路优化转变，有效缓解了信息不对称引发的“牛鞭效应”，与智能制造缓解产业链供需错配的实践结论相契合。本质上是在中观层面优化了资源配置，释放了边际成本递减的经济红利，显著提升了产业链的协同效率与系统韧性。

2.3 运维服务环节：预测性维护赋能服务转型，推动协同创新与价值链攀升

在服务端，智能制造通过技术赋能推动了企业组织边界的延伸和商业模式的根本性变革，契合了服务型制造理论“制造与服务深度融合”的核心要义，推动现代装备制造业从单一的设备生产商向“产品＋服务”一体化解决方案提供商转型。企业通过整合人工智能、大数据、物联网等数智技术，构建设备远程监测与故障诊断平台，依托深度学习模型实现故障精准识别与预警，进而实现对售出装备全生命周期的健康管理与预测性维护，这与数据驱动型预测性维护的技术路径高度契合[10]。将价值创造过程延伸至持续性的后端服务环节。同时，将数智技术深度嵌入产品服务全流程，构建全时段响应、智能化互动的服务网络，从而完成从被动式售后维护到主动式全生命周期服务的战略转型，有效破解传统运维“响应滞后、效率低下”的痛点。以中联重科为例，其搭建的全球智慧服务平台可支撑全球170多个国家、180多万台设备的运维服务，通过智能系统实现故障诊断、服务调度与客户需求响应的智能化升级，形成闭环运维机制[11]。这一实践不仅助力装备制造业摆脱低端服务锁定、向高附加值服务环节延伸，更为新型工业体系“制造＋服务”融合发展提供了典型实践样本，进一步印证了智能制造驱动新型工业体系建设的核心逻辑。

3 智能制造推动新型工业体系建设的实践路径

智能制造是实现经济发展方式由要素驱动向创新驱动根本性跨越的核心引擎。以装备制造业为典型代表的微观场景实践充分印证了智能制造对产业升级的系统性重塑。然而，要将这种微观维度的驱动效应转化为宏观层面新型工业体系的整体优势，仍需在顶层设计与产业规划上协同发力。基于前文的机理剖析与场景启示，从创新驱动、资源配置、发展模式与基础设施四大维度，提出智能制造赋能新型工业体系建设的系统路径。

3.1 强化创新驱动，提升产业技术供给能力

3.1.1 突破关键核心技术约束

制造业的核心竞争力源于持续创新与关键核心技术的自主掌控。创新驱动不仅依赖对前沿技术的消化吸收，更在于强化原始创新能力，通过缔造“人无我有”的独到价值，实现产业的高质量跃升[6]。在技术供给侧，聚焦工业软件、高精度智能控制系统与高端数控装备等关键断点，坚持自主创新

与开放创新相统一,推动原始创新、集成创新与二次创新的有机衔接,构建跨学科、跨领域的产学研用协同创新网络,为新型工业体系奠定坚实的技术底座。

3.1.2　深化前沿技术场景赋能

智能制造的核心要义在于人工智能技术与先进制造技术的深度融合及演进升华[12]。积极推进大模型、数字孪生与机器视觉等前沿技术在制造现场的深度应用。充分发挥工业大模型的泛化能力,依托 AI 技术优化知识图谱、工艺参数与质量控制,加快实现制造过程的精准感知、实时分析与自主决策,从而推动生产函数向以全要素生产率跃升为标志的新质生产力阶段演进。

3.1.3　构建开放协同创新生态

高标准建设智能制造标准应用试点项目、工业互联网大数据中心及测试验证平台,完善共性技术供给与科技成果转化机制。充分发挥开源社区与行业平台的网络外部性优势,打通“技术攻关-应用验证-产业推广”的创新闭环,形成知识共享、技术外溢与产业升级的良性循环机制,持续培育制造业创新发展新动能。

3.2　优化资源配置,提升产业链供应链协同效率

3.2.1　构建数据驱动的供应链协同体系

依托工业互联网平台打通计划、库存、物流等环节的“端到端”数据贯通,构建全链路可视化管理平台。基于实时数据采集与智能分析,实现供需信息的精准匹配与资源的动态极优配置[13],有效平抑信息不对称引发的“牛鞭效应”,降低库存波动与资源错配风险,全面提升产业链协同效率与系统稳定性。

3.2.2　推动共享制造等先进组织模式

共享制造作为新一代信息技术与制造业深度融合衍生的产物,通过应用共享经济理念,将供给方资源模块化、智能化、弹性化地配置给需求方,代表了一种新型社会化制造范式[14]。重点探索激励相容的共享契约与收益分配机制,在深化共享制造模式普及、提升供应链整体绩效与韧性的同时,有效保障各参与主体的利益诉求与合作积极性。

3.2.3　构筑安全可控的产业防御体系

运用大数据分析和人工智能技术,构建覆盖供应链全周期的风险监测预警平台。通过实时感知关键节点的运行状态并结合外部宏观数据,实现供应链断链风险的早期识别与智能预警。同时,建立多源供应、弹性调度与快速响应的智能决策机制,增强产业链应对地缘波动与突发冲击的抗毁性与恢复力,切实筑牢新型工业化的安全底座。

3.3　创新发展模式,推动价值链攀升与绿色低碳转型

3.3.1　驱动价值链向高端服务延伸

引导制造企业由单一的产品提供商向“产品+服务”一体化解决方案供应商转型。依托工业互联网与智能传感技术,构建覆盖产品全生命周期的数字化服务体系,通过远程运维、预测性维护和场景化增值服务延伸价值创造链条,实现从传统一次性交易模式向持续性服务订阅与价值共创的商业范式革新,提升产业附加值与客户黏性。

3.3.2　数字化赋能绿色低碳转型

绿色低碳是新型工业化与传统工业化的根本分野所在[15]。深入贯彻落实关于加快推动制造业绿色化发展的政策导向[16],充分释放数字技术资源利用、环境治理、绿色管理等方面的赋能作用。以数字化作为工业低碳转型的核心引擎[17],部署智能能源管理系统与 AI 节能算法,重构高能耗工艺流程,实现源头减排与过程精益。创新引入区块链等技术构建可信碳足迹追踪与交易体系,通过环境外部性的内部化机制设计,助力企业突破国际贸易绿色壁垒,实现经济效益与生态效益的协同提升。

3.3.3　推动供需模式的柔性化变革

加快大规模个性化定制模式创新推广,通过打通消费互联网与工业互联网的数据闭环,构建需求精准感知、快速响应的产销协同体系,推动生产组织方式从“以产定销”向“以销定产”深刻转变。此举不仅能从供给侧有效化解结构性产能过剩矛盾,提升资源配置效率,更能精准对接市场日益多样的个性化需求,实现需求牵引供给、供给创造需求的更高水平动态平衡。

3.4　夯实基础支撑,完善制度与设施供给,优化产业生态

3.4.1　适度超前布局数字基础设施

推进工业互联网、5G、物联网与千兆光网等新型网络基础设施的规模化部署与融合应用,精准满足工业现场对高可靠、低时延与广连接的网络需求。统筹布局行业级工业大数据中心与智能计算中心,构建开放共享、普惠高效的公共算力服务体系,切实降低中小企业数字化转型的技术门槛与运营成本。

3.4.2　推进工业数据要素市场化配置

针对工业数据治理中标准不一、互联不畅等核

心难题，加快建立统一的数据字典与信息模型，打破设备异构与系统孤岛带来的集成壁垒。完善数据分级分类管理机制，探索数据确权、定价与流通交易制度创新，有效降低数据要素市场化配置的制度性交易成本，充分激发数据作为新型生产要素对资本、技术、劳动力的放大、叠加与倍增作用。

3.4.3　构筑复合型数字化人才梯队

深化产教融合与校企协同育人，定向培养具备工程实践能力的复合型技术人才。健全技能人才评价与激励机制，通过终身职业技能培训，推动现有产业工人向数字化、智能化操作方向转型升级。此外，加大高精尖缺人才引进力度，靶向吸引海外顶尖技术专家与领军人才，完善人才落户、科研支持、薪酬福利等配套政策，形成“培养＋引进＋留存”的全链条人才保障体系，为智能制造发展提供坚实的智力支撑。

4　结论

智能制造是新一轮科技革命和产业变革的核心驱动力，更是中国推进新型工业化、构建现代化产业体系的关键抓手，其对工业生产逻辑、产业协同模式与价值创造方式的重塑作用愈发凸显。本文以机理剖析-场景验证-实践路径为研究脉络，系统阐释了智能制造推动新型工业体系建设的内在逻辑，以装备制造业为典型场景进行了深度剖析与微观印证，从创新驱动、资源配置、模式转型与基础设施四大维度提出了具有普适性的实践路径。

当前，面对全球制造业格局重构与科技竞争加剧的复杂环境，中国正处于向制造强国跨越的关键期。以智能制造赋能新型工业体系建设，必须突破单一的技术改造思维，转向全局性的系统谋划：既要坚持自主创新核心地位，提升产业链的自主可控性与系统韧性；又要持续优化产业生态，夯实数字底座与要素支撑。立足新发展阶段，坚持自主创新与开放合作相融合、技术突破与制度创新相协同、产业升级与绿色转型相同步。唯有不断深化前沿技术与工业场景的融合，持续释放智能制造的驱动价值，加快培育新质生产力，方能在全球产业变革的历史机遇中占据主动，为筑牢中国特色现代化产业体系、实现经济高质量发展注入持久动力。

参考文献

[1] 习近平. 努力成为世界主要科学中心和创新高地[J]. 求是，2021(6)：4-12.

[2] 刘泉红，徐建伟. 把握新型工业化内涵外延和推进路径[N]. 经济日报，2025-04-16(10).

[3] 韩文龙，唐湘. 人工智能赋能现代化产业体系：理论机制与实践路径[J]. 东北财经大学学报，2025(2)：31-43.

[4] 江鹃，刘建江，许调蓉. 数实融合促进企业高质量发展了吗[J]. 宏观经济研究，2024(10)：72-89.

[5] 张伯伟，马凡慧. 智能制造如何提升产业链供应链韧性：理论机制与实证检验[J]. 经济学动态，2024(11)：20-37.

[6] 黄卓，陶云清，刘兆达，等. 智能制造如何提升企业产能利用率——基于产消合一的视角[J]. 管理世界，2024，40(5)：40-59.

[7] 张宏博，吴璇，马冬妍. 新型工业化背景下我国智能制造发展模式研究[J]. 制造业自动化，2024，46(11)：1-8.

[8] ZHANG H，LI Y，ZHANG S，et al. Artificial intelligence-enhanced digital twin systems engineering towards the industrial metaverse in the era of industry 5.0[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering，2025，38(1)：40-62.

[9] 成琼文，郭波武，张延平. 后发企业智能制造技术标准竞争的动态过程机制——基于三一重工的纵向案例研究[J]. 管理世界，2023，39(4)：119-140.

[10] 刘强，朱建新，崔瑜源. 基于数据驱动的液压马达预测性维护研究[J]. 工程设计学报，2024，31(6)：793-800.

[11] 中联重科多台智能塔机助力非洲高等学府建设[EB/OL]. (2025-07-14)[2026-04-11]. http://www.cncma.org/article/21477.

[12] 周济. 以智能制造为主攻方向推动制造业高质量发展[EB/OL]. (2024-12-31)[2025-11-14]. http://finance.people.com.cn/n1/2024/1231/c1004-40393330.html.

[13] 郭宁宁，茆阜蒙. 实体经济和数字经济深度融合的内涵、机制与路径[J]. 科技和产业，2026，26(5)：95-99.

[14] 肖勇波，林群庚，张继红. 面向供应链韧性的共享制造模式[J]. 清华管理评论，2024(9)：52-60.

[15] 史丹，张瑾，史可寒，等. 新型工业化的典型特征及其对能源消费的影响[J]. 中国人口·资源与环境，2025，35(1)：1-16.

[16] 工业和信息化部，国家发展和改革委员会，财政部，等. 工业和信息化部等七部门关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见[EB/OL]. (2024-02-05)[2025-11-14]. https://www.miit.gov.cn/xxgk/zcwj/gyfz/art/2024/art_693568417ad24820b5bdf73710277dfe.html.

[17] 黄瑾，李军军. 数字化转型与企业绿色全要素生产率研究[J]. 科技和产业，2026，26(6)：216-225.

Intelligent Manufacturing Empowers the Construction of a New Industrial System: Mechanism, Scenario and Path

ZHU Ying[1,2]

(1. Suzhou Polytechnic University, Suzhou 215104, China;
2. Peking University Changsha Institute of Computing and Digital Economy, Changsha 410205, China)

Abstract: Promoting new-type industrialization and building a modern industrial system is China's core strategic response to the new round of scientific and technological and industrial transformation. As the core engine and key grasp, intelligent manufacturing is of great significance for consolidating the foundation of the real economy and accelerating new-type industrialization. Following the research logic of "mechanism analysis-scenario verification-implementation path", the reshaping role and evolutionary laws of intelligent manufacturing on the new industrial system were systematically explored. The result shows that intelligent manufacturing comprehensively stimulates the endogenous driving force and system resilience of the industrial system by restructuring the supply of production factors, optimizing industrial chain coordination, and driving the progressive evolution of "technology-organization-institution". Taking the equipment manufacturing scenario as a typical profile, the scenario empowerment mechanism of intelligent manufacturing was deeply deconstructed throughout the entire life cycle of R&D and design, production and manufacturing, and operation and maintenance services. Furthermore, based on the combination of theory and practice, a macro implementation path of coordinated measures is proposed from four dimensions including innovation-driven development, resource allocation, model transformation and infrastructure. The conclusions are expected to provide theoretical support and decision-making reference for accelerating the construction of a modern industrial system and advancing the strategy of a manufacturing powerhouse.

Keywords: intelligent manufacturing; new-type industrialization; modern industrial system; industrial upgrading