“人工智能+制造”须从工具改良走向全体系智能化

■ 王兵

当今世界，人工智能浪潮正从消费互联网的数字空间加速涌入车间产线的物理世界，驱动我国机械工业与装备制造业步入从局部数字化改造向全体系智能化跃升的关键转型期，在催生智能工业母机、具身智能等新动能的同时，也面临物理机理耦合难、产业链上下游转型温差大等成长阵痛。这就要求装备制造行业锚定新型工业化主攻方向，扎实推进“人工智能+制造”走深走实，在产业转型深水区锻造制造强国的硬核脊梁。

从工具改良到制造体系重构的演进逻辑

装备制造业是为国民经济各部门提供技术装备的母机产业，始终处于历次产业革命的风暴眼。马克思在《资本论》第一卷“机器和大工业”一章中深刻阐明了现代工业自立的底层密码：“大工业必须掌握它特有的生产资料，即机器本身，必须用机器来生产机器。这样，大工业才建立起与自己相适应的技术基础，才得以自立。”从蒸汽锤、莫兹利刀架的诞生，到数控系统与工业机器人的普及，每一次制造范式的代际跃迁，本质上都是“制造机器的机器”实现生产力重构的过程。

实践表明，新兴通用技术对工业生产的重塑，遵循着从外围“工具改良”走向全链条“生产过程重构”的动态演进逻辑。在《资本论》的分析视野中，以孤立工具和工匠个人手艺为中心的局部改良，与把整个生产过程按客观科学原理分解并由机器体系重新连接起来的大工业变革，具有本质区别。映射到今天的人工智能浪潮，如果仅在办公环节部署问答助手，或在产线末端加装单点视觉质检相机，仍停留在局部“工具改良”阶段；真正的产业质变，在于工业智能体、内嵌人工智能的工业软件、智能工业母机与具身智能机器人将研发设计、工艺规划、精密加工、装配调试与全生命周期运维重新贯通，同步改写车间的工序边界、质控链条与人机权责。同时，马克思提醒要严格区分机器本身的技术潜能与其组织应用方式：把资深工匠的工艺经验训练进工业系统，究竟会导致一线技能空心化，还是促成更高水平的人机协同，完全取决于制造系统的制度与工程设计。因此，装备制造业数智转型的核心要义，绝非将通用大模型简单“嫁接”到传统机床之上，而是以智能技术全面重塑装备制造的技术基座、工艺流程与产业分工生态。

机械工业数智转型深水区的现实考题

从装备制造技术攻坚与车间产线变革来看，我国机械工业拥有极为深厚的转型底盘。中国机械工业联合会发布的数据显示，2025年我国机械工业实现营业收入33.2万亿元，规上企业增加值同比增长8.2%，工业机器人产量增长28%，全球201家“灯塔工厂”中我国占据85家，占比超四成，展现出超大规模全产业链场景优势。然而步入数智融合深水区，产业一线正直面三重硬骨头。

第一，通用大模型的统计概率逻辑与精密制造的刚性物理定律尚存“水土不服”。不同于容错率较高的互联网图文生成，高档数控机床微米级热误差补偿、大型铸锻件组织调控及重载装备极端工况运行，严格受制于力学、热学与材料本构规律，加之车间多源异构数控系统与传感器协议易形成数据孤岛，缺乏物理机理约束的纯数据驱动模型极易产生“工业幻觉”；目前我国装备制造企业在核心研发设计环节的人工智能渗透率不足三成，高端CAE仿真等研发设计类工业软件自主供给能力仍待强化。第二，智能母机与具身智能从实验室走向规模化产线仍需跨越工程化鸿沟。尽管世界首台嵌入AI芯片的“华中9型”智能数控系统已实现自主感知与工艺自优化，但在2025年，我国厂商实现了全球约74%的人形机器人出货量，并在2026年开启汽车总装攻丝、精密分拣等进厂实训。受制于车间油污反光干扰、毫米级虚实迁移对齐以及高精度六维力传感器等瓶颈，实现连续稳定节拍作业仍需持续迭代。第三，隐性工艺经验沉淀伴生车间技能结构断层。随着老技师“听声辨刀、观屑调参”的独门诀窍被编码进工艺知识库，传统单一操作岗位需求趋减，而既精通机械切削机理、又善用算法调优与异常仲裁的“紫领”复合型人才存在显著缺口。

就机械工业全产业链协同生态而言，“头部标杆领跑”与“配套企业承压”之间的转型温差尤为突出。我国机械工业既集聚了超500家制造业单项冠军和超5000家专精特新“小巨人”企业，更依托着数以十万计的铸造、锻压、焊接、热处理、模具及基础零部件中小企业。世界贸易组织与国际商会联合报告显示，全球中小微企业人工智能采用率为41%，明显低于大型企业的62%；中国信通院专项调研亦表明，约两成受访样本企业上年未新增数字化投入，四成企业年度投入不足百万元。在下游整机价格竞争激烈、定制化部署复杂度高以及担忧软硬件过快“精神磨损”的多重压力下，不少零部件企业陷入恩格斯所揭示的竞争性两难：不转型怕被淘汰出链、盲目投入又怕拖累现金流。一旦海量配套环节在数据互通与智能质控上掉队，主机企业的全链条敏捷制造也将独木难支。

走深走实“人工智能+制造”的攻坚路径

根据现代工业“用机器制造机器”的技术自立规律与全链条协同逻辑，跨越装备制造业转型期的深水区，必须坚持工程机理与智能算法双向奔赴、龙头引领与中小配套梯次联动。工业和信息化部等八部门联合印发的《“人工智能+制造”专项行动实施意见》，明确提出到2027年推出1000个高水平工业智能体、打造100个工业领域高质量数据集、推广500个典型应用场景，并单列工业母机与装备制造转型指引，为我国由制造大国迈向制造强国绘就了清晰的施工图。

一是筑牢“物理机理+工业AI”融合创新底座。聚焦工业母机、高端仪器与研发设计类工业软件关键短板，推动刚体动力学、热力耦合方程、数字孪生仿真与行业大模型深度内嵌，深入开展“模数共振”联合攻关，以可解释、零幻觉、高可靠的工程级智能技术锻造“用智能机器制造智能机器”的自主母机体系。

二是推动应用重心从单点炫技转向全流程智能体协同。围绕工程机械、重型机械、高端机床、轨道交通与汽车装备等重点领域，高标准建设高质量行业工艺数据集，部署贯通生成式结构设计、智能工艺规划、自适应切削控制与预测性维护的工业智能体工作流，将孤立工具升级为全生命周期协同体系。

三是依靠“链式赋能”弥合大中小企业转型温差。充分发挥主机“链主”企业与国家级工业互联网平台辐射带动作用，面向广大铸锻焊热及零部件配套企业供给低成本、模块化、轻部署的“小快轻准”人工智能工具箱，结合“百城”中小企业数字化试点与公共算力补贴，切实摊薄中小企业改造成本与技术贬值风险。

四是锻造车间现场“人机共智”的新型工匠队伍。坚持人类专家在环的智能制造方向，建立大国工匠与资深技师隐性工艺知识数字化确权、共享与激励机制，依托产教融合大规模培养贯通机械制造工艺与人工智能算法的复合型技能人才，让一线产业工人从繁重重复操作中解放出来、跃升为智能产线的主导者。

五是守牢核心软硬件自主可控与工业安全底线。加快突破智能数控内核、工业级端侧算力芯片、高精度工业传感器等关键基础部件，健全工业人工智能功能安全标准、极端工况验证规范与核心工艺数据分级防护体系，确保我国装备制造业在智能化转型浪潮中底盘更稳、韧性更强、动能更足。

（作者单位：中国航空油料有限责任公司）

智库观“新”

含绿量要变含金量 绿色转型成败不在技术突破

■ 代兴莉

绿色发展是高质量发展的底色，新质生产力本身就是绿色生产力。“十五五”时期是实现碳达峰目标的决胜期，要把新质生产力的绿色潜能充分释放出来，既要在成绩中坚定信心，也要在转化中看清梗阻。

绿色是新质生产力的内在属性

理解新质生产力的绿色属性，需要回到马克思主义生产力理论。马克思把自然界看作人的“无机的身体”，把劳动理解为人与自然之间的物质变换过程。任何生产活动都离不开自然界提供的资源、空间与能量，自然规律同时划定了生产力发展的边界；一旦突破生态承载能力，生产力就会由“生产的力量”异化为“破坏的力量”。新质生产力以科技创新为核心驱动，摆脱高资源消耗、高排放的传统路径，

其要义正在于把这种物质变换重新置于自然可承载的范围之内。

更重要的是，绿色发展在新质生产力中不再只是外部约束。传统生产力以产出增长为尺度，环境被当作可以无限索取的资源库和免费的废弃物容纳场；新质生产力则把资源利用效率、生态环境质量和绿色低碳水平纳入自身的评价体系，追求经济效益、社会效益、生态效益的统一。这意味着绿色价值已从外部约束内化为生产力运行的逻辑。从实践看，绿色科技创新与先进绿色技术推广应用、绿色制造业与绿色服务业的壮大、绿色低碳产业和供应链的构建，正使“含绿量”成为衡量发展质量的重要指标。可以说，绿色不是附加在新质生产力之上的装饰，而是其区别于传统生产力的显著标志。

清醒看待绿色效能转化的三重落差

绿色属性并不自动等于绿色成效。近年来，我国绿色转型成绩显著，但转化过程仍存在三处值得警惕的落差：一是装机扩张快而消纳能力弱；二是专利数量多而核心技术受制于人；三是生产转型快而生活转型慢，生产端的绿色供给尚未充分转化为生活端的绿色需求。

三重落差指向同一个深层问题。马克思主义认为，生产力决定生产关系，生产关系反作用于生产力。绿色生产力跃迁越快，越要求产权界定、价格机制、利益分配、消费观念等制度安排与社会基础及时跟进；一旦适配滞后，先进的生产力就会被旧的关系所束缚。当前绿色转型的症结，正在于绿色生产力的发展速度快于生产关系和社会基础的调整速度。还要看到，绿色低碳已是国际竞争的前沿领域，欧盟碳边境调节机制（CBAM）等规则加速落地，转化效率的差距最终会体现为产业竞争力和发展主动权的差距。

在协同发力中释放绿色效能

破解三重落差，不能寄望于单点突破，而须在生产力、生产关系与社会基础三个层面协同推进。

在生产力层面，强化绿色科技创新并夯实产业载体。一方面，聚焦新型储能、氢能、碳捕集、利用与封存（CCUS）、循环经济等领域集中攻关，同时健全从基础研究、技术研发到成果转化、产业应用的全链条体系，推动创新链、产业链、资金链深度融合，打通从单个企业碳绩效改善到供应链整体减排的传导链条。另一方面，以产业体系承载技术扩散。“十五五”规划纲要明确，到2030年非化石能源占能源消费总量比重达到25%，单位国内生产总值二氧化碳排放五年累计比2025年降低17%；2026年政府工作报告首次将“绿色燃料”写入，并首次宣布设立国家低碳转型基金，培育氢能、绿色燃料等新增长点。为此，应抓住机遇壮大新能源、新材料、绿色环保等产业，并用数字技术、绿色技术改造传统产业。企业实践已证明其可行性：宁德时代宜宾工厂依托80%以上的水电供给和自主研发的CFMS智慧厂房管理系统，成为全球首家获得国际权威认证机构SGS碳中和认证的电池“零碳工厂”。

在生产关系层面，以制度创新重塑激励结构。2026年3月，十四届全国人大四次会议表决通过《中华人民共和国生态环境法典》，自2026年8月15日起施行，为绿色转型提供了系统性法治保障。要以此为契机，加快构建以碳排放双控为核心的治理体系，完善碳排放统计核算、监测评估与责任考核；稳步扩大全国碳排放权交易市场覆盖范围，探索免费分配与有偿分配相结合的配额分配方式，让碳价真正引导投资与创新；深化生态产品价值实现机制，完善跨区域生态补偿和绿色财税政策，使“谁保护、谁受益”落到实处。绿色金融的作用不止于资金供给，更在于通过风险定价和重塑投资偏好，引导资本从高碳领域向低碳领域系统性迁移。

在社会基础层面，培育绿色生产生活方式，统筹公正转型。应通过规模效应摊薄绿色溢价，以严格可信的认证消除信息不对称，让绿色产品做到价格可承受、供给可信赖进而使绿色消费成为自觉选择；把绿色发展理念融入国民教育、社会治理和公共服务全过程，推动价值认同转化为行为自觉。同时也要看到，转型是有成本的，资源型地区和高碳行业的劳动者承担了较多代价，需要通过技能培训、岗位转换支持和社会保障托底，使成本分担更公平，避免“绿色鸿沟”固化为新的社会分化。

面向“十五五”，只有把生产力的绿色跃迁、生产关系的绿色适配与社会基础的绿色塑造统筹起来，新质生产力才能持续为高质量发展厚植绿色底色，为人与自然和谐共生的现代化注入不竭动能。

（作者单位：华中师范大学马克思主义学院）

【基金项目】本文系华中师范大学马克思主义学院研究生科研基金项目“数字资本主义时代人的尊严问题研究”（编号：23HSMY014）的阶段性成果。

向“绿”图强：新质生产力驱动工业绿色低碳变革

■ 张宇

在“碳达峰、碳中和”目标推进的背景下，工业作为我国能源消耗与碳排放的主要领域，其转型进程直接关系国家高质量发展的质量与成效。新质生产力以创新为引领，具有高科技、高效能、高质量特征，蕴含着人与自然和谐共生的生态底色，是推动工业绿色低碳转型的核心动力。以新质生产力赋能工业绿色低碳转型，不仅是破解资源环境约束、重塑传统工业生产方式的必由之路，更是提升我国工业竞争力的关键战略支点，具有重要的理论与实践意义。

以新质生产力驱动工业绿色低碳发展的内在逻辑

第一，技术迭代赋能，实现能源利用与资源配置的精准化。新质生产力以数字化、网络化、智能化为技术底座，通过工业互联网、大数据与大模型的深度应用，企业能够实现生产全流程的实时感知、智能调度与优化决策。这种技术变革能够精准识别工业生产中的高能耗节点，利用“数字孪生”技术模拟最优工艺路径，推动传统高载能工业向精益化、柔性化生产演进，从而在源头上减少能源浪费，显著提升单位产出的能源效率。

第二，产业协同赋能，构建闭环式绿色制造生态系统。新质生产力推动产业形态由碎片化、粗放型向链式、集约型转变。通过发展循环经济与再制造产业，将生产废弃物转化为次级原料，实现物质的循环闭环。新质生产力支持企业突破行业壁垒，构建以资源利用效率最大化为目标的供应链协同机制，加快培育绿色工厂、绿色工业园区与绿色供应链，有效降低全产业链的碳足迹，使“绿色”成为产业竞争力的新基准。

第三，要素赋能创新，激发绿色转型的内生性动力。传统发展模式依靠要素大量投入驱动，新质生产力则强调创新人才、数据资本与绿色技术的有机结合。数据要素作为新质生产力的关键变量，能够打破信息不对称，加速绿色低碳技术的研究、开发与商业化落地，实现全要素生产率的跃升。当科技创新与产业创新深度融合，绿色低碳发展便不再是企业的被动负担，而是转化为主动追求的创新机遇与市场优势。

以新质生产力驱动工业绿色低碳发展的深层困境

第一，技术创新“断层”，绿色关键核心技术攻关亟待突破。当前，我国虽然在部分新能源装备领域处于领先，但在工业绿色低碳领域，如高性能工业膜材料、低碳冶金工艺、工业余能回收系统等关键“卡脖子”技术方面，仍存在创新动能不足、研发与产业化脱节的问题。基础研究周期长、中试熟化平台缺失，使得前沿绿色技术难以快速转化为现实生产力，许多中小企业绿色技术改造缺乏底层技术支撑，转型难免“心有余而力不足”。

第二，要素配置“梗阻”，高质量转型要素供给不充分。新质生产力要求人才、资金、数据等要素向绿色低碳领域集聚。目前，绿色金融产品与实体转型需求的对接仍不够精准，风险定价机制不完善，针对高碳行业低碳转型的长周期资本供给不足，抑制了企业对高投入绿色技术的研发热情；同时，复合型绿色工业人才供给严重匮乏，既懂先进制造工艺又精通低碳核算与技术管理的跨界人才更是紧缺。

第三，数据应用“隔离”，工业数字化与绿色化协同度不高。工业数字化转型与绿色低碳转型往往被视为两个独立系统。由于数据标准不统一、接口不开放，工业生产数据未能有效转化为碳排放评价指标，上下游企业之间存在明显的“数据孤岛”。数据资源的壁垒使得企业难以通过数据驱动实现降本增效与降碳的“双重同步”，导致数字化投入与绿色绩效未能实现最优匹配，削弱了整体赋能效能。

以新质生产力驱动工业绿色低碳发展的路径

第一，强化创新驱动，构建以“绿色低碳”为导向的技术攻关体系。聚焦工业领域重大绿色技术需求，支持龙头企业联合高校和科研院所，建立“政产学研用”协同的绿色技术创新联合体；重点攻关低碳工艺流程、资源高效循环利用、工业能源互联等前沿领域，布局建设一批国家级绿色技术概念验证中心与中试转化基地，通过突破一批重大绿色关键核心技术，夯实工业转型的技术根基；利用国家重点研发计划，引导创新资源向绿色低碳前沿领域集聚，推动一批高技术含量、高附加值的绿色制造装备实现示范应用。

第二，优化要素配置，激活高质量绿色发展的内生动力。完善绿色金融政策体系，鼓励金融机构创新碳信用贷款、绿色转型债券等工具，精准支持企业技术升级；建立健全碳排放核算与评价标准体系，将碳绩效指标纳入企业信用评价体系，充分发挥碳排放权交易市场的价格发现与激励约束功能，推动企业主动进行绿色改造；加大人才培育力度，支持高校设置绿色制造、智能制造与碳管理跨学科专业，打造一批既懂技术又懂管理的复合型工业人才队伍，为新质生产力落地提供智力支撑。

第三，推动数智赋能，构建“数字化+绿色化”协同治理平台。制定全国统一的工业能耗与碳排放数据采集标准，推动工业企业建立统一的能耗管理与碳监测数字平台；鼓励工业互联网平台向绿色制造延伸，开发针对不同细分行业的绿色低碳服务模块；通过数据互联互通，实现对企业生产全过程的能耗监测、碳足迹追踪与异常诊断，推动工业数字化与绿色化在路径规划、技术应用、管理流程上的深层融合，最终实现从“被动减排”到“主动提效”的根本性转变，为加快推进新型工业化、建设制造强国注入强劲的绿色动能。

（作者单位：黑龙江工商学院）

生成式人工智能训练不应落入复制权规制范围

■ 林侍音

生成式人工智能（GenAI）的快速发展引发了使用受保护作品进行模型训练是否侵害作品复制权的争议。现有研究多以“形式侵权+例外豁免”为分析框架，却未充分考量复制权的权利边界与规范目的。要厘清这一争议，应当回归复制权本身，考察GenAI训练行为是否落入其规制范畴，从而在激励创新与保护创作之间寻求合理平衡。

从历史源流与立法目的看，复制权的核心在于控制作品传播、维护著作权人的市场收益，而非管控所有物理、数字层面的存储与再现行为，其规制对象是能够再现作品表达、向外传播并产生市场替代效果的行为，不能仅凭读取、存储等技术操作认定侵权。从技术层面看，GenAI训练涵盖数据收集、处理与模型参数优化等环节，其核心是通过处理大规模数据、不断调整模型参数，捕捉输入内容的统计特征与关联关系，训练所得模型参数与具体作品表达之间不存在一一对应关系。

由此，GenAI训练中的所谓复制，更应被理解为对信息内核的功能性、非表达性使用，而非对作品表达的再利用。该过程主要发生于机器学习系统内部，既不向公众传播，也不具备训练过程之外的作品价值。若将其生硬地纳入复制权控制范围，再试图通过合理使用完成合法性证成，则是一种法律上的误判与逻辑上的迂回。同时，将应用阶段可能出现的侵权后果反向归责于训练阶段的机器学习行为，属于典型的“倒果为因”，模糊了不同行为在法律评价上的独立性。

此外，将训练行为认定为复制权意义上的侵权行为，还会产生授权失灵与举证困难的双重现实障碍，阻碍技术创新与行业发展。一方面，网络文学作者、插画师等权利主体数量多且分散，逐一授权难以实现，现有著作权集体管理组织也尚未适配AI训练的授权计费模式；另一方面，训练属于技术黑箱，数据集不予公开，权利人难以证明作品被实际用于训练，维权举证难度较高。因此，GenAI训练行为本身不应落入复制权的规制范围，但这并非赋予人工智能以数据攫取特权，而是重新厘清规制边界、校准保护重心。当AI生成物的侵权认定与责任追究机制得到严格落实，创作者的市场利益将获得充分保障。这种“抓末端、放前端”的方式，既为技术创新松绑赋能，又守住创作保护的核心底线，最终服务于著作权法实现权利动态平衡、促进文化科学繁荣的核心目标。

（作者单位：兰州理工大学法学院）

【基金项目】本文系甘肃省社科规划项目“市场价值导向下知识产权侵权损害许可费赔偿方式研究”（编号：2023YB121）阶段性成果。