中国工业报
责任编辑：邢丹 版式设计：杜春芳 审读：丁琳
电话：(010)67410666 E-mail：zggybzk@cinn.cn
2025年10月13日 星期一

数绿协同驱动制造业企业开放式创新

■ 侯一凡 崔子婵 李小勇

当前，全球气候变化挑战与数字技术革命浪潮交织，制造业企业面临前所未有的转型升级变局。一方面，以大数据、人工智能、云计算为代表的数字技术迅猛发展，正在深刻重塑产业组织形态与价值创造逻辑，驱动生产方式向智能化、网络化、服务化跃迁。另一方面，以“双碳”目标为引领的全球绿色低碳发展浪潮，对制造业的资源消耗与环境影响形成刚性约束，倒逼发展模式向高效、清洁、循环方向转型。在此背景下，我国制造业亟需通过开放式创新破解转型困局。数字化与绿色化协同发展（以下简称“数绿协同”）正成为推动制造业高质量发展的核心引擎。所谓数绿协同，即以数字技术赋能绿色发展全链条，并通过构建开放式创新生态，整合跨越组织、领域、地域的多元化知识、技术与能力资源，驱动数字化转型与绿色低碳转型在战略与实践层面的深度融合与相互强化，为实现“制造强国”与“双碳”目标、发展新质生产力、推进新型工业化注入强劲动能。

数绿协同赋能制造业开放式创新的核心机制

在推动制造业绿色化与数字化转型的进程中，数绿协同通过以下三大核心机制驱动开放式创新生态的构建与升级。

一是资源整合与共享机制，打破创新边界。“数绿协同”的核心在于打通传统创新壁垒，构建跨域资源整合与共享网络。首先，工业互联网平台作为关键载体，通过实现供应链全链条数据的互联互通，为开放式创新奠定数据基石。例如，浪潮云洲工业互联网平台通过整合能耗数据、设备运行状态与碳排放信息，构建跨企业的数据共享网络，构建覆盖设计、生产、物流的碳排放管理体系，实现供应链碳足迹动态监测，显著消除绿色技术应用的信息壁垒，实现碳数据透明共享与协同优化。其次，绿色技术的开放共享显著降低创新门槛，依托政策牵引，行业联盟积极构建低碳专利池与开源社区，促进低碳技术扩散，加速行业绿色转型进程。例如中关村储能产业技术联盟建立了共性技术平台，降低中小企业绿色创新门槛，形成技术普惠生态。

二是协同共创与生态构建机制，汇聚多元主体。数绿协同驱动的开放式创新本质是构建多主体深度联动的创新生态。首先，通过数字化平台整合“政产学研金介用”多元力量，实现知识、技术、资本、政策的系统耦合。以温州“产业大脑”为例，“产业大脑”通过整合浙江大学、浙江理工大学等高校的科研资源库，动态匹配企业绿色技术改造需求，为企业绿色工艺研发提供精准智力支持。其次，在跨境协同层面，数字平台进一步打破地理边界。宁波依托“科创中国”国家级平台，积极拓展国际科技合作网络。通过汇聚来自中东欧等国家和地区的顶尖科学家和创新资源，有效促进了多主体资源的跨境互补，加速国际前沿绿色技术的本土化吸收与再创新，为制造业绿色转型提供了可持续的智力与系统支撑。

三是敏捷创新与模式变革机制，重塑研发流程。数绿协同重构制造业创新范式，驱动研发流程向动态化、并行化、协同化演进。首先，数字孪生、人工智能仿真、云端协同开发等技术赋能研发全流程敏捷化，压缩绿色产品设计、验证、迭代周期。如淮北矿业集团应用数字孪生平台实现装备状态实时映射与远程调试、能效模拟分析，有效压缩了研发周期并提升迭代效率。其次，开放式创新平台催生众包、竞赛、开源协作等模式，整合分布式社会智力资源，将碎片化技术创意转化为可工程化的绿色解决方案。如浙江“工业碳效码”平台归集多部门数据构建企业精准碳排放画像，实现碳效水平“一码了然”，提升企业减碳响应速度与落地效率，推动碎片化需求向可量化成效转化。这一机制促进了多部门协同治理与企业主动减碳的互动，加速了制造业绿色创新从线性流程向动态协同网络的转变，为绿色技术与商业模式突破奠定数据与机制基础。

制造业企业数绿协同开放式创新的实践路径

强化顶层设计与战略协同引领。一是制造业企业应将数绿协同纳入企业核心发展战略，通过制定数字化转型与绿色低碳发展深度融合的专项规划，明确开放式创新的目标架构与资源投入优先级。二是重点构建技术、产业、制度协同框架，技术上确定工业互联网、人工智能等数字技术与清洁能源、循环材料的融合创新方向，产业上规划供应链的全链条绿色化与数字化升级路线，制度上建立跨部门协同治理机制。同步响应国家政策导向，确保战略导向性与政策适配性，为制造业企业系统性创新提供顶层动能。

构建赋能平台与全域数据基座。打造跨边界数绿融合基础设施是支撑开放创新的关键。一是以工业互联网平台为核心，整合物联感知、区块链溯源、云计算算力等，构建覆盖研发、生产、供应链的“数绿一体化”基座，实现碳排放等数据实时采集与可信追溯，并推动全生命周期碳足迹数据互认共享。二是通过开放平台接口吸引生态伙伴共享数据资源，如新能源车企向电池回收商开放电池健康度数据，促进循环再利用技术联合开发。

创新组织模式与多主体协作机制。打破封闭式研发边界，构建开放式研发生态网络，配套建立价值共享与风险共担的契约化协作制度。一是构建跨企业创新联盟，组织供应链企业协同攻关绿色工艺。如建材行业龙头企业牵头成立“绿色低碳建材创新联合体”，共享低碳专利池并联合攻关碳捕集工艺。二是与高校院所共建联合实验室，探索基础研究共担机制。三是探索“用户共创”模式，通过众包平台、开发者社区等开放通道，吸纳社会智力解决特定瓶颈问题。四是借力公共服务平台降低生态协作成本，利用政策红利，积极参与地方政府主导的“产业大脑”建设。

完善评价体系与全链条价值实现。首先，应构建贯通数绿协同创新全周期的价值衡量体系，核心在于破解传统财务框架难以量化绿色创新综合效益的治理困境，实现经济价值、环境效益与创新效能的融合，应覆盖过程、结果、价值三个维度。其次，应打通评价结果向治理体系的内外双循环。对内将多维绩效融入组织激励机制，驱动资源配置与战略调适。对外联动碳关税抵扣、绿色债券发行等政策工具，激活碳资产交易、技术许可收益等市场化价值实现通道。最终形成可持续的价值循环，为制造业绿色转型构建兼具韧性保障与发展动能的制度基础设施。

综上所述，通过深度应用数字孪生、区块链等关键技术，制造业正加速构建起平台赋能、数据驱动、生态协同的开放式创新范式。这不仅显著压缩了绿色技术创新周期，更驱动了商业模式的迭代升级。在政策引导、技术融合、生态协同的立体化推进下，我国制造业必将构建起数字化与绿色化深度融合的新型创新体系。这一体系不仅将有效提升产业链供应链韧性与安全水平，更将为全球制造业绿色低碳转型贡献中国智慧与中国方案。最终，依托数绿协同这一核心引擎，通过技术、模式、生态的深度融合与相互强化，制造业将成功突破转型瓶颈，锻造以新质生产力为核心的国际竞争新优势，有力支撑“制造强国”与“双碳”战略目标的高质量实现。

（作者单位：北京林业大学经济管理学院）

【基金项目】教育部人文社会科学研究青年基金项目“开放式创新网络中‘数字悖论’现象研究：形成机理、作用机制和优化路径”（编号：24YJC630072）；中国博士后科学基金第18批特别资助项目“数字化转型对中国企业开放式绿色创新网络的复杂影响及优化路径研究”（编号：24YJC630072）；中国博士后科学基金第76批面上资助项目“‘双化协同’背景下中国企业开放式绿色创新网络：数字赋能、数字悖论与优化路径”（编号：2024M760222）。

工业知识底座：重构智能制造范式 驱动制造业新质生产力跃升

■ 陈子朕 陈泽权 任昱衡

全球制造业正经历数字技术驱动的深刻变革，中国制造业正迈向以智能化、绿色化、服务化为核心的高质量发展新阶段。2025年8月，国务院在《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》中明确要求推动工业全要素智能联动，加快人工智能在设计、中试、生产、服务、运营全环节应用。至此，人工智能从“辅助工具”升级为“创新引擎”。基于“人工智能+工业”的工业智能模式，能够有效破解制造业“高成本、低效率”难题；结合工业知识底座，可沉淀工业机理与业务规则，将隐形的知识、经验和规则转化为人工智能可学习的结构化知识，实现从数据堆砌到智能决策的跨越，助力企业精准研发、释放知识红利，推动智能制造全面升级。

工业智能化应用面临的突出问题

在工业场景中，通用大模型因缺乏领域数据与知识关联，难以满足工业制造的高要求，“幻觉”“片面”“黑盒”三类问题尤为突出。

人工智能“幻觉”导致决策不可靠。因缺少知识约束，人工智能易输出违背工业机理与数据的“幻觉”结论：在设备诊断中，若未嵌入相关知识原理可能导致误判；在工艺优化中，若未结合安全规范可能生成违规参数，严重影响决策可靠性。

人工智能“片面”思考致知识难协同。人工智能应用多聚焦单一任务，缺乏多环节知识串联能力，难以满足全流程需求。例如，生产中的工艺优化人工智能仅能提供参数建议，却无法关联上下游环节；订单交付人工智能仅计算周期，不能结合设备运维调整与经营侧的订单变更要求，无法实现实际场景的系统性适配。

人工智能“黑盒”特性致纠错难溯源。人工智能输出错误时难以追溯根源，导致知识库优化无从下手。一方面，人工智能“黑盒特性”使决策过程不透明，难以辨别错误源于数据偏差还是知识滞后；另一方面，知识库与人工智能联动性弱，错误排查需人工梳理海量数据，耗时耗力，制约人工智能应用效果的提升。

知识底座：破解困境的新范式

“知识-数据”双约束有助于解决人工智能“幻觉”问题。知识底座将工业知识转化为结构化图谱，与实时数据形成“双约束”机制。通过嵌入设备原理、工艺规则、国家标准等规则库，实时比对人工智能决策与知识、数据的匹配度，实现冲突预警与自动修正，显著提升决策可靠性。

全链条知识关联推动思考由“点”及“面”。知识底座横向打通研发、生产、运维、销售等环节的知识壁垒，构建覆盖全链条的知识图谱；纵向实现企业、车间、设备三级知识的分级管理，使人工智能能够从整体需求出发输出系统性解决方案，避免“单点优化、整体失衡”的局面。

溯源链路打开决策“黑盒”。知识底座通过“决策日志+知识版本管理”体系，完整记录人工智能决策链路，便于快速定位错误根源；同时，对知识进行全生命周期管理，支持版本追溯与一键更新，大幅缩短错误排查时间，提升知识库迭代效率，实现数据与知识“源”与“流”的双重优化。此外，依托知识底座，智能体引擎可通过知识转化、智能决策、生产动作落地，实现从“辅助决策”向“自主执行”的升级。

知识底座赋能工业智能化的实践案例

在实践中，人工智能结合工业知识底座的实践已在汽车、家居等众多领域落地，成效显著，知识底座已然成为驱动智能制造的“核心引擎”。

例如，江淮集团尊界超级工厂的全流程智能标杆。江淮集团尊界超级工厂依据《智能制造能力成熟度模型》（GB/T 39116-2020）4级标准打造，是行业领先的智能制造标杆工厂。工厂构建“一云一网一平台”统一知识底座，实现从研发到销售全链条的知识协同与实时校验；结合数字孪生、机器视觉等技术，对生产过程进行实时优化与精准管控，有效避免“单点优化、整体失衡”问题。自2025年投产以来，工厂在提升生产效率、降低运营成本、推动绿色低碳制造等方面成效显著。

又如鲲鹭人工智能研究院打造的家居“设计-制造”全闭环。鲲鹭人工智能研究院研发的飞流AI专注于全屋空间智能设计，提供布局、风格与预算方案。作为建潘集团泛家居互联的关键入口，该系统直接服务C端用户，数据交互频繁，场景智能化能力要求高。为实现设计到生产的无缝衔接，达成“所想即所见，所见即所得”的目标，飞流AI依托泛家居知识底座，将设计规则等工业知识转化为结构化图谱，与实时设计数据联动校验，避免偏离生产要求；同时，整合设计、户型、资产与预算等多环节知识，基于“设计-制造”全流程输出方案，兼顾用户个性化需求与生产工艺可行性，有效解决单点设计与整体制造脱节的问题。此外，知识底座完整记录了人工智能的设计决策依据，优化时可快速定位问题源自规则漏洞还是数据偏差，显著提升方案适配效率，支撑“设计-制造”闭环真正落地。

知识底座作为工业智能化转型的“核心枢纽”，实现了数据高效流动与价值深度挖掘，推动企业从“经验驱动”向“数据+知识双驱动”转型，是制造业降本增效、提升核心竞争力的关键支撑。通过工业知识底座实现智能技术与业务的深度融合，让数据在研发、生产、销售各环节自由流动并转化为生产效率提升与经济效益增长，这正是智能制造的本质所在。

（陈子朕单位：苏州科技大学商学院；陈泽权、任昱衡单位：厦门鲲鹭人工智能研究院有限公司）

国内外人工智能在工业转型领域的研究热点比较

■ 白 杨

工业是一个国家经济发展的根基所在。近年来，随着人工智能（AI）的不断发展，“AI+”已经成为轻重工业、制造业以及传统产业转型升级的主要焦点。通过文献计量学基本方法对近十年国内外人工智能在工业数智化转型方面的研究热点进行对比，根据“AI+工业”结合应用演化趋势，得知国内外人工智能在工业企业应用中的差别主要集中在重点领域与发展阶段、技术路径与核心驱动力、生态构建与平台助推几个方面。

重点领域与发展阶段。目前，国内人工智能赋能传统工业的数智转型聚焦于智能检测、绿色制造及供应链优化等方面。例如，海尔卡奥斯平台等通过集成人工智能算法在供需统计、用户数据回传、数字孪生系统模型以及预测性维护方面实现规模化复制并大大提升智能监管能效和能源利用效率。在能源生产及排放方面，宁德时代等企业通过AI驱动能源管理实现数智化转型，提升产能减少碳排放。放眼国际市场，以欧美为首的发达国家将研究与应用热点放在通用大模型与工程建模深化、边缘智能、跨产业融合与标准化推进上。例如，西门子智慧能碳管理平台Smart ECX通过边缘计算与AI技术的结合，显著提高了工业链路的韧性与安全性水平。目前，欧美主要经济体已实现工业现场的低延时自主决策，同时推动AI技术从专用领域向通用领域延伸，逐步广泛融入工业各细分领域。

技术路径与核心驱动力。国内“AI+工业”发展模式突出绿色供应链构建与全链路赋能，聚焦将AI技术深度嵌入工业生产全流程，更注重场景化应用与应用层创新，核心目标是提升产业链协同效率与韧性，整体发展强调政策驱动与精准落地。其核心驱动力主要来自三方面：国家战略的明确引导、庞大的制造业产业基数，以及持续增长的市场需求。国外“AI+工业”则依托跨国公司的技术输出能力，结合市场机制主导的联合牵引模式，重点突破通用大模型构建、工程建模强度强化等基础与关键技术，追求技术研发深度与行业标准化建设。

生态构建与平台助推。我国人工智能全链条赋能轻重工业的发展格局已初步形成，由政府主导的国家级平台建设，以及中央与地方协同推进的顶层战略部署愈发清晰。在市场生态层面，大模型与企业场景的合作模式成效显著，不仅在设备整合、设备连接、数据分析及智能决策等方面实现突破，助力大型工业企业发展，更为中小型企业数智化转型创造了有利条件。而海外主要经济体的工业AI生态构建，更多依赖企业主导的开放生态系统与跨国经济联盟，呈现出明显的“自主化”发展趋向。例如，德国“国家工业战略2030”明确强调构建高度互联的生产系统，通过技术创新驱动工业体系升级。

（作者单位：中国政法大学商学院）

发展新质生产力是一场深邃的系统性变革

■ 李浩东

新质生产力作为推动中国迈向高质量发展阶段的核心驱动力，本质是一场深刻的生产力理论扬弃与实践创新。它并非无差别、标准化的工业模板，而是蕴含着生命力的有机体，其生根、发芽、茁壮必然深深植根于不同地域的独特土壤之中。这一特点决定了，“因地制宜”不仅是方法论，更是贯穿新质生产力发展全过程的根本遵循与内在逻辑。它要求我们超越表象的模仿与同质化的竞争，回归到对事物本质的深刻洞察和对发展规律的自觉运用。

辨质：深刻洞察区域禀赋的独特基因

因地制宜的第一要义在于“辨质”。必须从科学的角度出发，深刻洞察一个区域最本源、最独特的资源禀赋与比较优势。这是一种战略上的清醒与自觉，是避免机械僵化发展的根本前提。

这种“辨质”，超越了对自然资源的浅层盘点，而深入到区域历史文脉、产业积淀、科研生态与社会结构的综合考量。例如，一个拥有深厚工业基础和熟练产业工人队伍的老工业基地，其发展新质生产力的“基因”，可能就蕴藏在推动传统制造业与人工智能、工业互联网深度融合的“智改数转”之中，而非盲目追逐金融科技或生物医药的风口。其优势在于强大的工程实现能力和丰富的应用场景，这本身就是新质生产力落地的宝贵土壤。同样，一个拥有丰富清洁能源和广袤土地的地区，其“基因”则天然地指向了构建新型能源体系、发展绿色算力等能够将生态优势转化为发展优势的未来产业，这是大自然赋予的、不可复制的资源禀赋。

因此，每个区域在落子新质生产力之前，都必须回答一个根本性问题：“我们是谁？我们从哪里来？我们的独特价值是什么？”只有对自身“禀赋基因”有了精准画像，才能在纷繁复杂的产业赛道中找到那条最适合自己、最能为国家发展大局贡献独特价值的道路。这是一种“有所为、有所不为”的战略智慧，是高质量发展的应有之义。

塑形：构建形态各异的现代化产业体系

在精准“辨质”的基础上，因地制宜的第二重境界在于“塑形”——围绕区域独特基因，构建起形态各异、优势互补、有机联动的现代化产业体系。这绝非简单的产业拼凑，而是一个动态的、有机的“生态营造”过程，是战略蓝图向现实生产力的转化。

“塑形”的要义，在于处理好“新”与“旧”的辩证关系。发展新质生产力，不是要将传统产业连根拔起，而是要通过技术赋能，使其“老树发新芽”。这意味着，要用新技术改造提升传统产业，促进产业高端化、智能化、绿色化。例如，将合成生物学技术应用于传统农业，可以催生出高附加值的未来农业；将新材料技术应用于传统建筑业，可以孕育出绿色低碳的智能建造产业。这种“新旧融合”，是新质生产力在大多数地区落地的最现实、最有效的路径。它保护了存量、激活了增量，实现了发展的连续性与跃升性的统一。

“塑形”的关键，在于培育独具标识度的“产业地标”。一个地区不可能在所有领域都齐头并进，必须有所聚焦，形成“拳头”。每个区域都应力求在1-2个关键领域形成具有全国乃至全球影响力的产业集群，即所谓的“产业地标”。这需要集中最优质的资源，包括人才、资本、政策，进行“非对称”投入，形成局部领域的“高峰”。这些“高峰”不仅是区域经济的增长极，更是其参与国内国际大循环的“金字招牌”。

铸魂：涵养激励创新的区域文化精神

如果说“辨质”是基础、“塑形”是骨架，那么因地制宜的最高层次则是“铸魂”——涵养和塑造一种能够持续激励创新、包容探索、追求卓越的区域文化精神。这是新质生产力得以生生不息、持续迭代的内在灵魂，是比政策和资本更持久的驱动力。

“铸魂”，意味着要塑造一种“鼓励冒险、宽容失败”的创新文化。新质生产力的探索之路，必然充满未知与不确定性。一个地区能否涌现出颠覆性的创新，很大程度上取决于其社会文化能否为那些敢于挑战权威、勇于进入“无人区”的创新者提供最坚实的心理支持和制度保障。政府的治理模式需要从“管制”转向“服务”，以包容审慎的监管，为新技术、新业态、新模式的成长留足空间，营造出“试错有底、创新无忧”的良好氛围。

“铸魂”，还意味着要弘扬工匠精神。新质生产力不仅体现在前端的原创突破，更体现在后端精良的制造工艺和可靠的产品质量上。无论是最前沿的量子计算，还是改造升级的智能制造，都离不开严谨细致、追求极致的工匠精神。这种精神有利于对浮躁风气进行纠偏，是确保科技成果能够真正转化为高质量、高可靠性产品的根本保证。将这种精神融入区域的血脉，是确保新质生产力从“样品”到“产品”再到“精品”的关键一跃。

总而言之，因地制宜发展新质生产力是一场深邃的系统性变革。它要求我们既要有“仰望星空”的战略远见，又要有“脚踏实地”的实践品格。当中国大地上的每一个区域都能立足自身禀赋，谱写出独具特色的创新篇章，那么汇聚而成的必将是推动中国式现代化行稳致远的磅礴交响，是一幅千帆竞发、万木争春的壮丽时代画卷。

（作者单位：河南省社会科学院、京衡律所）