具身智能涌现的三重逻辑

■ 程玉璐

具身智能是以物理实体为载体，通过感知、决策与行动的完整闭环，实现机器在真实物理世界中动态交互的智能系统，其形态涵盖人形机器人、工业机器人（机械臂、灵巧手）、自动驾驶车辆等。具身智能是新一轮科技革命和产业变革的重要产物，也是驱动其加速演进的核心力量，更是科技竞争的新高地。党和国家高度重视具身智能的发展与应用。2025年3月，我国首次将“具身智能”写入政府工作报告，将其列为要重点部署的未来产业；2026年政府工作报告中，“具身智能”被明确列为我国要重点培育壮大的未来产业之一。目前，具身智能已应用于工业制造、医疗健康、家庭服务、物流仓储、农业生产及极端环境作业等多个场景，发展潜力大、应用前景广。因而，必须深入追问：具身智能的“智能”究竟是如何涌现的？

“身体”是具身智能涌现智能的物理实体

“身体”是具身智能相较于离身智能的根本特征，具身智能正是在“身体”各系统的整体运行中涌现智能的。

首先，“身体”聚焦“大脑、小脑和肢体”三大核心模块。具身智能语境下的“脑”隐喻借助机械肢体实现与现实世界的交互。其中，“大脑”是承载高级算法的中心模块，具有信息整合、语义理解、任务拆解、长期规划等高阶认知功能；“小脑”是执行控制系统，承担即时状态估计、姿态与运动控制、快速反馈调节等功能；“肢体”是感知器、执行器等各类核心硬件设施，为智能落地提供基础硬件支撑。

其次，“身体”是在物理空间中直接感知现实环境，并根据环境变化实时调整自身行为的前提。身体是人类感知世界的基础和中介，人类通过实践获得的认知、经验都是基于身体对所处环境的感知形成的。与人类理解世界的模式相似，具身智能依赖“身体”，通过视觉、听觉、触觉、力觉等多感知通道实时捕捉并整合来自物理环境的复杂信息，并通过“身体”反馈至环境，在完全未知的开放场景中作出响应与调整，从而实现动态化、场景化智能。

再次，具身智能的“身体”始终受到物理规律与社会情境的双重约束。“具身”指的是通过“身体”与外部环境进行深度交互的存在方式，这会受到物理规律和社会情境的双重约束。从物理规律看，“身体”的自由度、精度、姿态等指标，无一不受物理规律的制约。在实际运行中，具身智能每一次“智能”的输出都必须转化为真实的力与精准的位移，这会受到“身体”位置、姿态、感官分辨率、作用力阈值的规定。从社会情境看，“身体”使感知具有情境性。具身智能通过多模态传感器的协同运作，将外部环境的物理刺激转化为可被认知系统处理的经验素材，从而在物质层面建立与世界的联系。在不同的社会情境中，如何感知，感知到什么，如何处理感知，“身体”会产生差异化的反馈与应对机制。

“感知－决策－行动”是具身智能涌现智能的技术架构

对于人类来说，感知、决策与行动是高度统一、相辅相成的。与人类主体相类似，具身智能能够感知物理环境、理解和拆解复杂任务、自主规划行动并通过物理实体执行操作。在行动过程中，它还会依靠外界反馈来动态调整行为，实现闭环式智能迭代升级。

感知是具身智能以“身体”为媒介与世界展开的原初互动。感觉不同于耳朵，视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉每一种感官都各有其对象，人类通过多样化的感官通道与环境建立不同的关系。与人类相似，在感知层，具身智能不再依赖单一传感器，而是通过全覆盖的多类型感知设备处理和整合来自物理世界的环境数据，构建起多模态感知网络，形成对外在环境的某种程度的“理解”。这一感知过程是动态的，具身智能通过感知构建的不是客观世界的镜像，而是在身体与世界的持续纠缠中生成的动态认知结构。具身智能通过感知将数据转化为可用于推理和决策的经验，新获取的感知经验与既有认知图式碰撞融合，有利于进一步优化推理规则，实现持续认知迭代。

决策是具身智能根据感知经验做出的实时判断和规划。在决策层，具身智能持续感知环境变化，根据对特定情境与主体交互需求的感知，实时调整行为参数，规划下一步动作。在这一过程中，算法将特定的价值导向转化为固定的权重分配规则，具身智能对备选行动方案进行偏好排序，确保作出与实际场景需求高度契合的决策，推动静态的权重分配规则发生动态变化以适配复杂多变的场景。

行动是具身智能将决策对象化到物理世界的活动。在行动层，决策阶段生成的指令被发送至执行器，通过动作捕捉传感器、实时反馈算法等技术的协同运作，具身智能实现编码后的感知信号与行动之间的联动，在物理世界中完成相应动作。面对目标移动、位置变化或外部干扰等动态情境，具身智能并非被动执行预设程序，而是在与环境的持续交互中不断修正、优化运动策略，精准高效完成各项任务。

“感知－决策－行动”不是线性推进的单向链条，而是一个循环互动的闭环过程，每一次循环都使具身智能表现出更强的适应性与智能性。在这一闭环中，感知为决策提供情境依据，决策为行动设定目标与策略，行动则将决策外化于物理世界，改变环境状态，而变化后的环境随即被新一轮感知所捕获，成为下一轮决策的出发点。在这一循环中，每一环节都同时是前一环节的结果与后一环节的条件，不存在绝对的起点或终点。更重要的是，反馈机制使行动能够逆向校准感知与决策，从而形成持续的实时调节。正是这种可逆的、动态的互动结构，赋予了具身智能在不确定性环境中保持行为连贯性与适应性的核心能力。

具身交互是具身智能涌现智能的特有方式

生成式人工智能等离身智能的智能活动是脱离物理世界的，它们无法与环境实时交互，只能依赖预训练模型与预置数据的符号运算实现智能，因而可以与智能原先所属的载体和平台相剥离。具身智能的“身体”是其涌现智能的物理实体，具身交互是具身智能区别于传统智能、实现自主涌现智能的特有核心方式。

“具身交互”指的是具身智能的“身体”与环境之间的耦合交互。具身智能不是模型与“身体”的简单叠加，“身体”也不是自动执行指令的机器，具身智能通过与环境的持续交互获取感知经验与决策规划，并在行动中及时检验与纠错。具身智能能否实现智能，关键在于其是否具备主动感知、交互运动和灵活适应的能力，能够把感知转化为有效的行动并在行动中获得反馈以实现持续自我改进。

具身交互贯穿具身智能“感知－决策－行动”技术全链条。在感知中，具身智能以身体为载体，通过与环境动态交互不断获取新信息并将其转化为感知经验，填补认知盲区。具身智能生成的感知经验不是同质化的，在学习人类知识并与人类偏好对齐后，它也会表现出自己的特定偏好，以便更好地适应复杂环境。在决策中，针对环境变化或任务变更，具身智能通过持续的环境反馈机制，可以迅速决策、持续调整策略，对自身行为进行动态调适。在行动中，具身智能能够在真实或仿真场景中对因果关系进行试验，在出现偏差时进行自我修正与策略更新，极大提升环境适应性与任务执行精度。

具身智能实现了从离身计算到具身交互的智能跃迁，通过“感知－决策－行动”的闭环耦合，第一次使智能系统具备了在真实物理世界中“自主”作业和适应性进化的能力。从工业场景中灵巧手与机械臂的精密操作，到医疗康复中外骨骼与手术机器人的协同配合，再到家庭服务与特种作业中人形机器人的逐步落地，具身智能正在把“智能”从符号运算转化为生产效率的提升、服务边界的拓展与新业态的催生。立足现在，具身智能已经成为智能经济新引擎；展望未来，具身智能将会深刻推动社会生产力的跃升与人类生活方式的深刻变革。

（作者单位：中国社会科学院大学马克思主义学院）

【基金项目】本文系中国社会科学院大学研究生科研创新支持计划项目“具身智能‘类主体性’的意识形态风险识别及其本质透视与防范策略研究”（编号：2026-KY-017）的阶段性成果。

智库观“新”

数字技术驱动制造企业创新转型的路径与优化策略

■ 许元涛

数字技术正全方位重塑制造业发展模式，推动制造企业开展创新转型已成为我国推进制造强国建设的关键抓手。当前，国内制造企业资源禀赋差异明显，大企业与中小企业在技术储备、组织能力方面差距较大，部分企业面临技术选型盲目、内部保障不足、外部支撑缺失等现实难题。鉴于此，本文从技术、组织、外部生态三个维度，梳理制造企业差异化创新转型的路径与优化策略，以期为不同类型制造企业开展数字化创新转型提供实践参考。

开发适配企业禀赋的创新转型技术方案

制造企业数字化创新转型必须立足自身资源禀赋，差异化选择数字技术类型，开发符合自身发展条件的创新转型技术方案。对于资源基础薄弱、资金和人才缺乏的企业，可选用通用应用型技术，即企业资源计划、简易生产制造执行系统等无需大规模自主研发、适配中小制造企业的云端软件服务工具。将系统的运维、开发业务外包至第三方服务商，依托云原生、低代码开发架构的第三方开发平台，由内部业务人员自主完成简易的数字化程序搭建，以较少投入实现生产、营销、管理环节的数字化升级，快速补齐数字化短板。对于具有一定信息化基础的企业，可采取谨慎尝试型模式，直接对接市场成熟的通用应用型技术，利用现有信息底座完成技术对接，无需开展大规模自主研发，以低成本、快落地的方式实现数字能力跃升。对于高数字化程度的企业，应重点布局垂直应用型技术，即面向制造细分行业，针对特定生产工艺流程、工序场景开发的专用工业数字化工具；并结合自身行业业务经验，打磨适配细分领域的定制化技术工具，破解行业特有的业务痛点，摆脱同质化竞争困境。具体而言，中小制造企业可采取合作开发模式，龙头企业可自主研发垂直应用型技术，构建专属领域的核心竞争优势。对于资金、人才、信息化基础均完备的行业领军企业，可攻关支持型技术，即面向自身全产业链自主研发工业底层平台、技术底座等核心技术，走自主突破型转型之路，独立完成代码编写、系统迭代和漏洞修复，牢牢掌控核心技术主导权。同时，企业需锚定降本、提效、价值增值三大实际经营目标，分别部署智能替代工具、产线物联网监控系统、智能化产品改造工具等，坚决杜绝盲目采购设备、“为数字化而数字化”的错误做法，让数字技术真正服务于制造企业的创新发展。

夯实数字技术创新转型内部保障体系

制造企业要不断优化内部各类组织要素配置，从管理制度、人才、资金等各方面入手，筑牢数字技术推动创新转型的内部支撑体系。在管理制度建设层面，企业管理层需树立科学系统的数字化战略认知，摒弃“数字化等同于软硬件采购”的片面认知，制订分阶段可执行的转型规划，冲破部门壁垒，削减组织冗余，形成数据支撑的科学决策机制；同步改良绩效考核体系，将人员数字化工作成果纳入考核范围，重点考核车间工艺优化、生产降本增效等制造业务数字化成效纳。在人才建设层面，企业需构建常态化的内部培训体系，重点培养既懂业务流程又精通数字技术的复合型人才，并与高校开展产学研合作，定向引进数字化专业技术人才，落实专项人才激励措施，保障数字化改革团队履职权限，解决数字化人才短缺的现实问题。大型集团企业还需打通内部人才发展通道，集聚数字人才为数字化创新提供智力支持。在资金管理层面，设立数字化转型专项预算，实行专款专用管理制度；积极开拓多元化融资渠道，对接信贷资源和各种专项扶持资金，引入社会资本参与转型建设。

拓展制造企业创新转型外部支撑力量

制造企业要充分利用政策红利、产业链协同等各方面的力量，全方位强化创新转型的外部支撑。在政策赋能方面，政府应创建分层匹配的数字化扶持政策体系，对大型企业和中小制造企业实行差异化的扶持措施，适当降低中小企业申请补贴、专项信贷的门槛，完善融资担保和风险补偿机制；强化政策宣传和解读工作，提供转型咨询公益服务，消除中小企业获得政策红利的信息障碍；设立产业专项引导基金，以财政资金撬动股权、债券等多元社会资金投入企业的数字化转型领域。在服务商治理方面，健全数字化服务商行业管理，创建服务商分级评价准则，促使服务商研发轻量级、标准化的制造业数字化解决方案。同时，企业需建立科学的服务商遴选机制，从业务、技术、经济效益三个方面综合考量，重点考察服务商对车间生产工艺、生产流程的理解能力，挑选符合自身情况的服务商，切实提升数字化方案的落实效果。在产业生态方面，充分发挥链主龙头企业的带动作用，开放自有工业互联网平台，对外输出数字技术服务，赋能上下游中小制造企业融入数字化生态。鼓励成立行业企业联盟，促进企业之间交流转型实践，推动形成统一的行业数据、接口标准，解决全产业链普遍存在的数据孤岛问题；政府需统筹建设公共工业互联网平台，开放公共算力、数据分析工具等，鼓励行业龙头企业有偿输出成熟的数字化技术，完善工业领域网络安全公共防护体系，降低广大制造企业数字化创新的试错成本，营造良好的外部转型环境。

制造企业的创新转型是一项涉及技术应用、组织建设、外部生态协同的系统性工程。企业需依据自身资源状况合理挑选数字技术，并完善人才、资金、制度等内部组织保障，还要充分借助政策、产业链、服务商的力量获取外部支持。在数字技术持续迭代的背景下，制造企业需持续跟踪技术演进趋势，动态优化转型模式，推动制造业实现高质量创新发展。

（作者单位：河南省社会科学院商业经济研究所）

数字物流赋能产业链、供应链韧性建设的新路径

■ 陈建鑫

工厂生产的每一件商品，都要经过多次转运，才能从原材料变为消费者手中的商品。近年来，外部贸易变动与各类突发事件频繁扰乱货物流转，企业往往等到下游停产，才发现上游已出现问题。数字技术应用于物流领域后，企业能够实时查询货物所在的位置，按照需要调配运力。产业链如何借助数字物流在冲击中维持运转，是企业与研究者共同关注的问题。

以物流数据共享打通产业链信息堵点。产业链承受冲击的能力，建立在链上企业能否清楚掌握货物流向的基础上。货物已经到站而相关单据还在路上的情况时有发生，原因在于枢纽之间、不同运输方式之间的信息交换仍存在阻隔。上下游之间同样缺乏透明度：核心企业无法掌握二级、三级供应商的存货量，中小企业也难以判断核心企业下一阶段的订货安排。打破信息阻隔需要物流企业牵头建设数据平台，将各环节产生的货物数据和行车记录集中起来。车辆和仓库加装物联网传感器后，剩余原材料量、运输车辆位置都能在平台上实时查询。为打消企业对商业机密外泄的顾虑，平台先对敏感内容做脱敏处理，再按权限向不同企业开放，数据来源则由区块链存证。

以智能调度提升物流网络的应急响应能力。看清风险后，产业链还要面对另一个难题，也就是冲击发生时运输计划能否及时调整。过去的调度安排多依赖调度员的经验，某条关键线路被切断后，企业往往要花很长时间寻找替代线路。运输路线规划可交由人工智能完成，系统会随路况和订单变化重新计算行车方案。铁路与公路的信息系统互联互通后，公路受阻的货物能较快换装上火车，运输过程不至于中断。上下游企业手中分散的资源通过数据共享可统一调配，让链上企业在需求变化时协同调整资源安排。

以物流嵌入上下游增强产业链协作。运输计划能够灵活调整后，产业链是否稳固，还取决于物流企业与上下游企业之间的合作紧密度。工厂的生产系统接入物流企业的仓储和运输系统后，备料何时到位、成品何时发出，双方可协同安排。产业链下游的稳定同样离不开物流企业与商贸企业的配合。甘肃省张掖市甘州区的农产品在运输途中能够保持新鲜，线上销售也有了稳定渠道，原因在于当地一边建设冷链物流，一边发展电商平台，乡村振兴由此获得了产业支撑。

物流数据能够在产业链上顺畅流动，是数字物流提升供应链韧性的关键所在。数据共享让风险变得可见，智能调度让运输安排能够及时改变，物流与上下游的融合则让链上企业的合作更加稳固。物流企业今后还需要把数字物流服务推向更多中小企业，让产业链末端的企业同样具备抵御冲击的能力。

（作者单位：江苏商贸职业学院数智供应链学院）

低空经济监管制度的体系化建构

■ 武晓红

发展低空经济是培育新质生产力、壮大新兴产业的重要抓手，已成为国家战略重要组成部分。2026年政府工作报告将低空经济列为“新兴支柱产业”，明确提出“打造集成电路、航空航天、生物医药、低空经济等新兴支柱产业”；《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》则部署“推进低空经济健康有序发展”。2026年7月1日，新修订的《中华人民共和国民用航空法》正式施行，首次在国家法律层面写入“低空经济”表述，并增设“发展促进”专章。当前，我国低空经济正从试点探索迈向规模化发展关键阶段，安全与发展统筹推进尤为重要。低空经济具有高风险、广覆盖、快迭代特点，安全监管与规则供给亟待完善，必须坚持安全为基、发展为要，健全空域管理、航空器监管、人员资质等法规制度，以系统法治保障护航低空经济安全有序、高质量发展。

低空安全风险带来传统监管挑战。低空经济快速发展，使低空安全风险呈现传统风险与新型风险交织叠加的态势，对现有监管体系构成严峻挑战。低空安全风险既包含无人机“黑飞”、非法侵入、碰撞坠毁等物理空间安全隐患，也涵盖网络安全、频谱安全、数据安全、设备安全等新型信息领域风险，风险类型更复杂、传导链条更长。航空飞行具有高危险性、高致害性，而低空飞行“低、小、慢”的特点，进一步放大了监管难度。与传统民航运输不同，低空飞行器种类多、应用场景广、起降灵活、保障需求分散，监管对象小型化、活动碎片化、运行常态化，使传统监管模式难以精准覆盖。当前，我国低空安全防控体系仍面临技术、机制、手段三方面突出短板。技术上，低空安防核心装备与关键技术存在薄弱环节，侦测反制、自主避障、故障诊断等能力不足，传感器、通信链路、核心元器件等基础支撑保障水平有待提升。机制上，军地民协同监管格局尚未完全形成，部门间权责交叉、衔接不畅、协调不足等问题较为突出，运动式、碎片化监管模式难以适应产业发展需要。手段上，低空智能监管体系建设相对滞后，现有雷达、光电、无线电侦测等技术受环境、成本与覆盖范围制约，对“低、小、慢”飞行器精准识别、有效管控能力不足，“黑飞”等违规现象仍有发生。

筑牢低空经济安全发展的法治根基，必须加快构建系统完备、科学规范、运行有效的法律规则体系，以良法善治统筹发展和安全、平衡活力与秩序，持续推动低空经济立法从偏重安全管控向安全与发展并重转型，围绕空域、航空器、操控人员、飞行活动四大核心环节完善制度供给，为低空经济规模化、规范化发展提供法治保障。

完善低空空域管理规则。空域作为低空经济的核心资源，管理体制直接影响产业发展空间。我国现行低空空域管理以统一管制为基础，仍存在条块分割、审批严苛、协同不足等问题，军地民协同机制尚不健全。为此，要深入落实低空空域管理改革部署，加快推进低空经济专项立法，出台空域管理条例，清晰界定低空飞行的定义与范围，明确管理主体、权责划分，以立法形式理顺管理体制、明晰权责边界；优化空域使用审批流程，简化申报程序，压缩办理时限，健全决策沟通、信息共享、联合监管机制，在严守空防安全底线的前提下，最大限度释放空域资源效能，为低空经济发展创造良好空间条件。

健全航空器全链条监管规则。无人机作为低空经济的核心载体，其监管事关公共安全与产业发展。为此，要完善无人机分类管理制度，扩大民用航空器国籍登记覆盖范围，将各类无人驾驶航空器依法纳入登记管理体系；强化技术赋能监管，推动区块链、大数据、电子围栏等技术深度应用，构建生产、登记、运行、处置全流程闭环监管，提升探测、反制、溯源能力；完善航空器适航标准与产品质量规范，支持核心零部件、关键材料与电动垂直起降飞行器等高端装备研发制造，以法治引领技术创新与产业升级。

夯实操控员规范与运营主体监管规则。针对当前监管制度不够细化、市场秩序有待完善等问题，要健全运营合格证与操控员资质管理制度，明确不同类型无人机运营主体、操控人员的准入条件与行为规范；要加强飞行培训体系建设，规范培训机构资质，优化考核评价机制，提升从业人员专业能力与安全素养；加快构建低空经济统一大市场，完善市场准入、公平竞争、权益保护等制度，建立市场化的在线竞标空域许可使用权平台，推动形成主体规范、竞争有序、活力充沛的产业发展生态。

优化飞行活动监管规则。为适应低空经济快速发展需要，需加快推进监管模式转型，实施分类监管、精准监管、柔性监管。具体而言，要按照空域类型、飞行器等级、飞行场景实行差异化管理，除敏感区域外，坚持“放开为常态、管制为例外”，最大限度激发市场活力；建设民用低空飞行和应用相关监管服务平台，建立健全适应低空经济发展要求的适航审定、飞行管理等制度和标准；健全飞行安全技术标准体系，强化实时监测、风险预警、应急处置能力建设；推进监管信息公开，完善飞行服务保障，统筹通用机场、起降点、服务站等基础设施布局，提升通信、导航、气象、维修等配套服务水平，以法治化、智能化、精细化监管实现安全保障与飞行自由的有机统一，推动低空经济在法治轨道上行稳致远。

安全是低空经济发展的前提和底线，法治是筑牢低空安全防线、推动产业高质量发展的根本保障。低空经济作为“十五五”时期重点培育的新兴支柱产业，其规模化发展离不开法治护航。只有坚持以法治引领高质量发展，将法治思维和法治方式贯穿低空经济发展全过程，才能有效统筹安全与发展、规范秩序与激发活力，推动我国低空经济实现从追赶者到领跑者的跨越，为全面建设社会主义现代化国家注入强劲动能。

（作者单位：甘肃政法大学法学院）

【课题名称】本文系甘肃省人才重点项目“生成式人工智能技术滥用风险治理与数据要素发展的刑法保障研究”（编号：2026RCXM027）的阶段性成果。