

人工智能赋能制造企业数字化转型的实现路径

高明远

辽宁科技学院, 辽宁 本溪 117004

[摘要] 人工智能正在推动制造企业数字化转型由信息连接转向智能分析与自主优化。其价值集中于研发辅助、生产调度、质量检测、预测性维护和供应链协同。文章分析人工智能赋能制造企业转型的作用机理及现实制约, 提出以高价值场景为牵引, 完善数据基础和工业平台, 推进模型嵌入、流程再造与组织协同, 并建立安全治理和成效评价体系。研究认为, 制造企业需要形成技术、数据、业务和管理相互协调的实施机制, 逐步释放人工智能的转型价值。

[关键词] 人工智能; 制造企业; 数字化转型; 智能制造; 实现路径

DOI: 10.64635/ja.2026.1438

中图分类号: F272.7

文献标识码: A

Implementation Paths for Artificial Intelligence-Empowered Digital Transformation of Manufacturing Enterprises

Gao Mingyuan

Liaoning Institute of Science and Technology, Benxi, Liaoning 117004, China

Abstract: Artificial intelligence is driving the digital transformation of manufacturing enterprises from information connectivity toward intelligent analysis and autonomous optimization. Its value is mainly reflected in research and development assistance, production scheduling, quality inspection, predictive maintenance, and supply chain collaboration. This paper analyzes the mechanisms and practical constraints of artificial intelligence in empowering the transformation of manufacturing enterprises, and proposes implementation paths that take high-value scenarios as the guide, improve the data foundation and industrial platforms, promote model embedding, process reengineering, and organizational collaboration, and establish a safety governance and effectiveness evaluation system. The study suggests that manufacturing enterprises need to form an implementation mechanism in which technology, data, business, and management are coordinated with one another, so as to gradually release the transformation value of artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence; manufacturing enterprise; digital transformation; intelligent manufacturing; implementation path

引言

制造企业数字化转型是利用数字技术重构研发、生产、经营和服务活动的系统过程。早期信息化建设主要解决业务记录、设备连接和流程在线化问题, 人工智能进一步承担数据识别、趋势预测、方案生成和动态决策任务。生产现场中的设备参数、质量图像、工艺记录、订单信息和能源数据能够经过算法处理转化为可执行的业务建议, 数字系统因而由信息载体发展为生产决策工具。

我国制造业智能化建设已形成较大规模。国家发展改革委公开资料显示, 2024 年我国工业增加值达到 40.5 万亿元, 制造业总体规模连续 15 年居世界第一。2025 年工业企业应用大模型及智能体的比例较 2024 年明显提高, 智能工厂梯度培育也形成基础级、先进级和卓越级三个主要层次^[4]。快速扩大的应用规

模并不等于转型质量同步提升。部分企业仍存在数据口径不统一、系统彼此隔离、模型与工艺脱节、组织协同不足等问题。人工智能赋能需要从局部技术部署转向数据、流程、人员和治理的整体重构。

1 人工智能赋能数字化转型的作用机理

1.1 数据资源向决策能力转化

制造企业在设备运行、工艺控制、质量检验、仓储物流和客户服务中持续产生数据。传统系统按照业务环节分别保存数据, 能够完成查询和统计, 却难以识别跨环节关系。人工智能通过机器学习、计算机视觉、知识图谱和大模型技术, 提取设备状态、产品缺陷、需求变化及工艺参数之间的关联, 形成预测、分类、优化和生成能力。

数据价值的形成包含采集、治理、建模和反馈四个环节。传感器及业务系统记录生产事实, 数据治理

统一对象编码、指标口径和时间基准，模型根据历史样本建立输入与结果之间的映射，业务执行结果再回流至数据平台。连续反馈能够修正模型偏差，也能沉淀工艺知识。人工智能的作用不只表现为提高计算效率，还体现在将隐含于生产记录和人员经验中的规律转化为可复用的决策资源。

1.2 技术嵌入与组织能力重构

人工智能嵌入制造活动会改变任务分工和决策方式。质量检测由人工抽检转向机器视觉全量识别后，质检人员的工作重点转为异常复核、缺陷分析和规则调整。预测性维护模型给出设备风险后，维修计划需要与生产排程、备件库存和安全管理协同。技术应用因而会带动岗位职责、绩效指标与业务流程变化。

陈燕萍等对制造企业智能化转型的研究表明，人工智能驱动的转型可经历自动化、融合化和自主化阶段，企业的资源编排方式也由既有能力利用逐渐发展为探索和动态调整^[1]。这说明转型并非一次性建设项目，而是技术能力与组织认知共同演进的过程。管理层需要明确人工智能的业务角色，业务部门提供工艺规则和问题定义，技术部门负责数据与模型，生产人员承担验证和反馈，形成跨职能协作结构。

2 人工智能在制造企业中的应用场景

2.1 研发设计智能化

研发阶段可利用人工智能开展需求分析、参数优化、结构生成和仿真辅助。算法根据历史设计、材料性能和试验结果筛选方案，工程人员在约束条件下进行复核与修正。生成式人工智能还能辅助整理技术文档、检索标准条款和归纳失效案例，减少重复性知识查询。

研发智能化依赖产品数据、工艺数据和仿真数据的贯通。产品生命周期管理系统保存设计版本，计算机辅助设计和仿真平台提供结构及性能数据，试验系统记录验证结果。统一数据关联后，模型才能追踪设计参数对制造质量和产品性能的影响。核心技术参数仍需经过工程计算、样机试验和专业人员确认，模型生成内容不能直接替代设计责任。

2.2 生产过程优化

生产环节的人工智能应用包括排产优化、工艺参数推荐、物料配送和能源调节。排产模型综合订单优先级、设备能力、换线时间和物料状态生成计划，并根据设备停机或订单变化动态调整。过程模型分析温度、压力、速度和能耗等变量，识别偏离稳定区间的运行趋势，向控制系统或操作人员提供参数建议。

人工智能需要与制造执行系统、设备控制系统和仓储系统建立稳定接口。模型接收实时状态，形成优化方案，经业务规则检查后写入生产计划或操作任务。高风险工艺保留人工确认和参数边界，成熟且可回滚的环节可逐步提高自动执行比例。生产优化的评价不能只观察设备利用率，还需同步考察交付周期、在制品数量、能耗和质量波动。

2.3 质量、设备与供应链协同

机器视觉能够识别表面划痕、尺寸偏差和装配缺陷，并将缺陷结果关联到设备、批次、工位和工艺参数。质量数据回传工艺环节后，企业可从末端检验转向过程预防。设备运维模型利用振动、温度、电流和维修记录预测异常，维修任务与生产计划协调安排，减少无计划停机。

供应链场景可利用需求预测、库存优化和风险识别模型。销售变化传递到生产计划，生产需求再连接采购与物流，形成跨部门数据链。供应商交付异常、原材料价格变化和运输延迟可被纳入风险评价。人工智能提供的预测结果具有不确定性，采购和生产决策需要设置安全库存、替代供应商及应急排产等缓冲机制。

国家发展改革委公开数据反映了我国制造业智能化应用的扩展情况，见表 1。

表 1 我国制造业智能化转型部分公开数据

指标	时间	公开数据
工业企业应用大模型及智能体比例	2024 年	9.6%
工业企业应用大模型及智能体比例	2025 年	47.5%
工业机器人产量	2015 年	3.3 万套
工业机器人产量	2024 年	55.6 万套
基础级智能工厂	截至 2025 年 8 月公开信息	3 万余家
先进级智能工厂	截至 2025 年 8 月公开信息	1200 余家
卓越级智能工厂	截至 2025 年 8 月公开信息	230 余家
智能工厂覆盖制造业行业大类比例	截至 2025 年 8 月公开信息	超过 80%
智能工厂产品研发周期平均变化	截至 2025 年 8 月公开信息	缩短 28.4%

注：数据引自文献^[4]。大模型应用比例来源于该文转引的 IDC 调研。不同指标的统计时间、对象和口径不完全一致，数据用于描述总体发展态势，不用于推断单个企业的转型成效。

表 1 显示，人工智能与智能装备正在加快向制造场景扩展。应用比例和工厂数量反映建设范围，研发周期变化反映部分已建智能工厂的运行效果。企业制定转型目标时仍需以自身基准值开展前后对比，不能直接把行业汇总数据设定为项目验收指标。

3 制造企业智能化转型的主要制约

3.1 数据与系统基础薄弱

人工智能模型依赖连续、准确且具有业务含义的数据。制造企业中常见设备协议不一致、历史系统接口封闭、物料编码重复和质量记录缺失等问题。老旧设备缺少数据采集能力，新增传感器又可能改变设备安全条件。数据虽已汇集到平台，缺少工艺语义和对象关系时，仍难以支撑模型训练。

系统建设还容易形成新的孤立应用。视觉质检、预测性维护和智能排产分别由不同项目团队建设，数据结构、模型接口及权限体系缺少统一设计，模型结果难以跨业务调用。数字化底座需要解决主数据、设备模型、接口标准和数据质量问题，为人工智能场景提供共享基础。

3.2 投入、人才和组织协同不足

人工智能项目包含数据治理、算力平台、软件开发、模型训练和运行维护等投入。中小制造企业业务规模有限，难以承担大平台和大模型的持续成本。场景选择缺少价值测算时，企业可能追求技术展示，形成投入较高而生产改进有限的项目。模型部署还需要工艺人员、自动化人员、数据人员和安全人员长期配合，单纯依赖外部供应商难以沉淀内部能力。

组织阻力来自职责和利益调整。自动化决策改变原有审批链条，数据共享打破部门边界，岗位评价也需要由操作数量转向异常处理和改进贡献。杨雅程等基于资源编排视角指出，加工制造企业数字化转型涉及资源获取、组合和利用的连续调整^[2]。企业需要通过项目组织、人员培训和激励机制协调不同部门，而不能把转型责任集中在信息技术部门。

4 人工智能赋能数字化转型的实现路径

4.1 建立场景牵引的转型规划

制造企业需要从经营目标 and 生产问题出发选择人工智能场景。场景评价可包含价值贡献、数据基础、技术成熟度、实施难度和风险等级。质量缺陷识别、

设备异常预警和知识检索通常具有边界清晰、结果可验证等特点，适合作为起步项目。跨工厂排产、自主工艺优化等任务涉及较多系统和决策权限，可在基础能力稳定后推进。

转型规划采用由点到线、由线到面的实施顺序。单点项目先验证数据链和业务价值，同一流程中的多个场景再形成协同，最终连接研发、生产、供应链和服务。李晓飞等对制造企业长期转型实践的研究表明，企业会依据成长阶段和资源条件调整技术创新及产业链整合路径^[3]。规划需要保留阶段修正空间，避免按照固定技术清单平均投入。

4.2 构建数据、平台与模型体系

数据体系以主数据、设备数据和业务事件为核心。企业统一产品、物料、设备、工序和客户编码，建立数据采集、质量校验、权限管理及生命周期规则。工业数据平台连接设备控制、制造执行、企业资源计划和产品生命周期管理系统，提供实时数据、历史数据和知识文档的统一访问能力。

模型体系可以由专用小模型、行业模型和通用大模型组成。视觉检测、时序预测和排产优化采用针对任务训练的模型，工业知识问答及复杂信息归纳可采用检索增强的大模型。模型服务通过标准接口向业务系统提供结果，并记录模型版本、输入数据、输出建议和实际执行效果。涉及核心工艺与商业秘密的数据优先在受控环境处理，外部模型调用经过脱敏和权限审查。

4.3 推动流程再造与组织变革

人工智能输出需要嵌入业务流程才能形成转型价值。缺陷识别结果连接返工、追溯和工艺改进，设备预警连接检修计划与备件管理，需求预测连接采购、排产和库存。每个场景需要明确模型建议的接收岗位、处理时限、复核条件和责任记录。

企业可建立由业务负责人牵头的跨职能团队。工艺专家定义业务规则，数据团队治理数据，算法团队训练模型，自动化团队连接设备，安全人员控制权限。生产人员的反馈纳入模型迭代和绩效评价。组织能力建设还包括人工智能基础培训、岗位技能更新和供应商知识转移，逐步形成企业自身的场景开发与运行维护能力。

5 转型保障与成效评价

5.1 安全治理和风险控制

制造数据涉及工艺参数、设备状态、产品设计和供应链信息。企业需要按照数据敏感程度设置采集、

存储、调用和共享权限。模型训练数据保留来源与版本,模型输出标注依据和适用条件。生产控制相关场景建立参数上限、动作白名单、人工确认和紧急停止机制。

模型风险包括识别错误、分布变化、提示攻击和接口异常。企业通过离线测试、仿真验证、小范围试运行和持续监控识别风险。模型性能下降时切换到原有规则或人工流程,生产系统不依赖单一算法维持安全运行。第三方模型和软件还需审查数据留存、更新方式和服务连续性。

5.2 分阶段评价与持续改进

转型评价需要区分建设结果、应用效果和经营价值。建设结果包括设备联网率、数据完整率、系统接口覆盖率和模型上线数量。应用效果包括识别准确率、预警提前量、排产计算时间和建议采纳率。经营价值包括产品研发周期、一次合格率、设备综合效率、单位能耗、库存周转和订单交付周期。

评价采用项目实施前的基准值与上线后的同口径数据进行比较,并排除订单结构、原料质量和设备更新等外部因素。短期评价关注系统稳定和流程采用,中期评价关注质量、效率与成本,长期评价关注组织能力和商业模式变化。评价结果回流场景组合,保留价值稳定的应用,修正数据不足或投入产出偏低的项目,形成持续改进机制。

6 结语

人工智能赋能制造企业数字化转型,本质上是以数据和算法重新组织生产知识、业务流程及决策关系。研发设计、生产调度、质量检测、设备维护和供应链协同为主要应用领域,价值实现依赖统一的数据基础、适配的模型体系和清晰的业务接口。制造企业需要根据自身规模、行业特征和数字化基础选择高价值场景,按照单点验证、流程协同和系统重构的顺序推进。技术部署同步配套流程再造、人才培养、安全治理和绩效评价,才能避免模型孤立运行与重复建设。人工智能的应用深度不取决于模型规模,而取决于数据质量、业务融合程度和组织持续改进能力。

【参考文献】

- [1] 陈燕萍,邵云飞,陈劲.人工智能驱动企业智能制造转型的过程研究[J].科研管理,2025,46(6):1-9.
- [2] 杨雅程,雷家骕,陈浩,等.加工制造企业数字化转型的机理——基于资源编排视角的案例研究[J].管理案例研究与评论,2022,15(2):198-220.
- [3] 李晓飞,陈煜波,黄鹤,等.数字产业制造企业数字化转型路径——基于亨通集团的案例研究[J].管理科学学报,2023,26(11):22-38.
- [4] 胡国栋.人工智能赋能制造强国建设大有可为[EB/OL].国家发展和改革委员会,2025-08-29.