

人工智能在智能制造典型场景的应用研究

李 湘, 韩 丽, 李瑞琪

(中国电子技术标准化研究院, 北京 100007)

摘要: 当前, 新一轮科技革命和产业变革孕育兴起, 大数据的积聚、理论算法的革新、计算能力的提升及网络设施的演进, 驱动人工智能发展进入新阶段, 智能化成为技术和产业发展的重要方向。随着人工智能技术在智能制造典型场景的应用赋能, 与其他技术相互融合正引发产业深刻变革, 引领新型生产力发展。本文通过对 300 余家制造企业问卷调研, 研究我国人工智能技术在智能制造典型场景中的应用现状、存在的问题, 提出相应对策建议。

关键词: 人工智能; 智能制造; 典型场景

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A

1 发展现状

1.1 人工智能产业生态基本形成

我国人工智能产业加速发展, 硬件计算能力、软件算法和解决方案实现快速进步并不断成熟, 初步形成了从基础支撑、核心技术到上层应用的完整产业链条。

软硬件基础设施方面, 涵盖 CPU、GPU、专用 AI 芯片、存储设备等硬件基础设施, 以景嘉微、寒武纪、紫光国微、大族激光和科大讯飞等企业为代表, 提供大规模计算和数据处理所需的基础能力。软件设施包括 AI 开发框架 (如 TensorFlow、PyTorch)、编程语言 (如 Python)、开发工具包 (如 CUDA)、数据处理工具 (如 Spark) 和平台, 以美林数据、美亚柏科、用友科技等数据服务企业为主, 主要为 AI 提供数据及算力支撑。

核心技术方面, 形成涵盖机器学习、计算机视觉、算法理论、智能语音和自然语言处理等通用技术提供商、算法模型提供商和开发平台提供商, 如海天瑞声、格林

深瞳、赛为智能、佳都科技、百度集团和阿里巴巴等, 以模拟人的智能相关特征为出发点, 构建技术路径。

应用和服务生态方面, 由解决方案供应商、标准制定与检测相关机构、云平台和安全工具提供企业及有关高校等构成, 通过集成一类或多类 AI 技术, 面向特定应用场景提供成套解决方案。目前, 已涌现包括 AI+ 视觉检测、AI+ 分拣配送、AI+ 预测维护等解决方案供应商, 如华为、凌云光、阿丘科技等^[1]。

1.2 AI 在制造企业应用的驱动因素较为理性

调研企业拟通过 AI 技术解决的问题如图 1 所示, 企业拟通过 AI 解决的问题主要为提升产品质量、降低成本、缩短交货周期、支持产品开发、提升计划效率和提高生产柔性等。此外, 发展新业务模式也是其中一项重要驱动因素。获取政府支持、提升人气、追逐热门话题、了解新趋势等非理性因素占比均较少, 反映出当前企业主要着眼自身需求推进 AI 技术的应用。

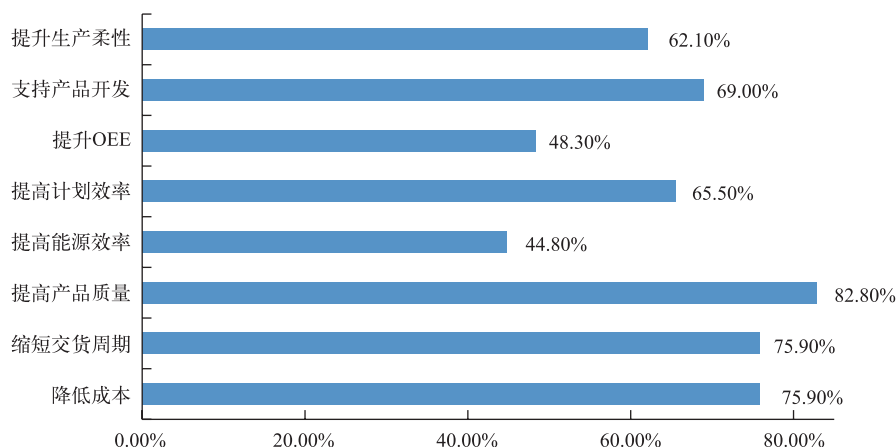


图1 调研企业拟通过 AI 技术解决的问题

1.3 企业在产品生命周期各环节应用 AI 的程度存在明显差异

AI 技术在调研企业应用比例分析如图 2 所示，人工智能技术集中应用在交互、设计及生产环节，采购、销售、物流和服务等环节应用较少。其中，计算机视觉、机器学习、分布式问题解决、智能机器人、知识表示、获取和推理等技术应用较多，计算机视觉技术应用比例高达

82.8%。从产品生命周期各环节应用情况来看，约有 40% 的企业在交互环节应用了计算机视觉技术，40%~50% 的企业在设计环节应用计算机视觉，机器学习，知识表示、获取与推理以及计划与调度等技术，40%~50% 或以上企业，在生产环节应用了计算机视觉、机器学习、智能机器人等 AI 技术。

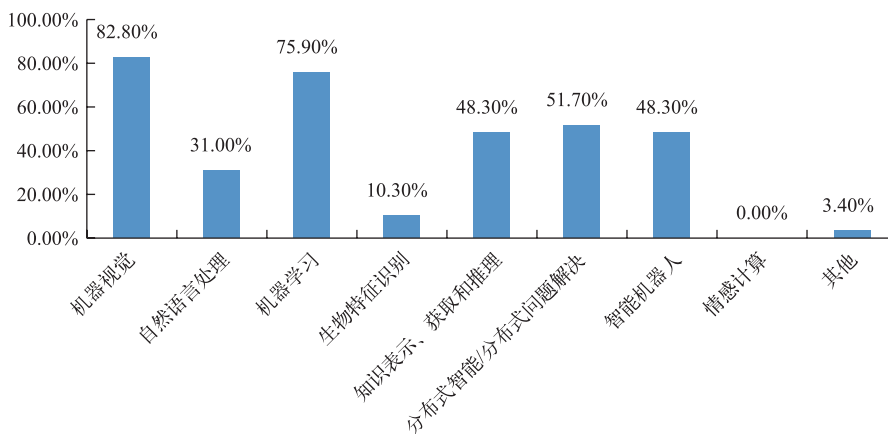


图2 AI 技术在调研企业应用比例分析

2 人工智能在智能制造典型场景的应用情况

目前，全球主要国家和地区都在加紧布局人工智能，试图抢占未来产业竞争制高点。在智能制造领域，AI 应用已覆盖研发、生产、物流和营销等各环节，驱动智能制造向数据和知识驱动的更高水平迈进。

2.1 研发设计环节，AI 辅助设计和 AI 仿真技术正逐渐替代传统的研发模式

通过应用大数据和机器学习技术，基于海量数据建

模分析，快速生成设计方案，提高设计效率和质量。应用 AI 仿真技术在虚拟环境中模拟产品的制造过程，预测加工缺陷并改进工艺方案和参数，从而在产品投放市场前发现并修正潜在问题，形成数据驱动产品设计优化、可制造设计、虚拟试验与调试等典型场景。

1) 生成式设计。如硅谷公司 Atomwise 研发的 AtomNet 虚拟药物发现平台，通过使用强大的深度学习算法和计算能力，分析数以百万计的潜在新药数据，数

数字化模拟药品研发过程。目前, AtomNet 已学会识别氢键、芳香度和单键碳等重要的化学基团, 并通过分析化合物的构效关系, 识别医药化学中的基础模块, 用于新药发现和评估新药风险^[2]。

2) 可制造设计。如上海及瑞公司通过应用创成式设计、铸造工艺模拟仿真形成设计和工艺的正向设计, 利用机器深度学习的算法, 形成以目标驱动研发的正向设计研发流程, 帮助北汽福田设计了前防护、转向支架等零部件, 一次性通过台架测试。零部件从最初的 4 个零件变为 1 个, 重量减轻 70%, 强度增强 18.8%, 成本、制造工艺和装配效率、性能等都实现极大优化^[3]。

3) 虚拟试验与调试。如京信通针对产品调试工序复杂, 调试成本占总生产成本比重达到 30%~40%, 单个产品平均耗时超过 1h 的痛点, 打通生产关键环节数据, 以测试/检测数据为主题, 利用数据模型进行制程能力的综合分析、评估、优化, 最终将检测指标项从平均 300 个点降低至 200 个, 产品整体调试效率优化 35%。

2.2 生产环节, AI 大模型、机器视觉相关技术应用, 推动复杂工业场景下的工艺优化和流程重塑, 掀起质检革命

AI 大模型与计算机视觉技术如同智能制造的“大脑”和“眼睛”, 具备强大的数据处理和分析能力, 通过对海量数据的学习和训练, 赋予生产线全新的感知与决策能力, 为复杂工业场景下的工艺流程优化、生产过程控制、能源智能管控等带来了前所未有的变革。AI 机器视觉技术应用, 用于自动识别产品缺陷、预测产品性能, 并在生产过程中进行实时反馈和调整, 掀起了质检革命的新篇章。

1) 精准过程控制。如天合光能作为太阳能电池片生产企业, 通过把从车间实时采集到的上千个生产参数传输至控制系统, 基于 AI 算法对所有关联参数进行深度学习计算, 精准分析出与生产质量最相关的 30 个关键参数, 搭建参数曲线模型, 在生产过程中实时监测和调控变量, 最终将最优参数在大规模生产中精准落地, 电池片生产 A 品率提升 7%。

2) 工艺自动调优。如在光伏基材生长, 金属冶炼成型, 食品粉末干燥/液体蒸脱等工艺环节中, 西门子基于原有自动化机理模型编写的控制逻辑基础上, 结合 AI 技术增加了质量趋势的动态预测, 可以针对不同参数进行动态寻优, 并回馈指令。通过优化控制将成分控制精度提升

到新台阶, 能够有效减少废料产生, 实现单位时间单位资源下的产能最大化。

3) 设备智能诊断及系统智能运维。如盾安集团作为风电企业, 利用物联网与算法模型提前预测风机故障。通过温度传感器对整个风机的温度测点进行实时监控, 并对海量温度数据进行深度学习, 构建风机故障检测与感知预测模型, 最终做到提前 1~2 周预测风机微小故障并预警, 大幅降低单台风机单次重大事件维护成本^[4]。

4) 实时智能质检。如山东能源集团依托华为盘古大模型建设了集团人工智能训练中心, 通过盘古矿山大模型和 AI 应用的视觉识别能力, 将原恶劣作业环境下每天巡检改为每周巡检一次。联通打造的 5G+AI 智能质检解决方案, 让“东方红”拖拉机上智能新引擎, 助力其质检实现全程无人化作业和自学习模式, 检测效率提升 500%。

5) 能源在线管控。如化纤行业作为高耗能行业, 每年仅煤炭消耗即达到几亿元人民币。恒逸石化以提升燃煤发电效率为主要目标, 利用喷煤到产出蒸汽整个流程中采集到的数据, 基于构建的算法优化模型, 准确实时预测蒸汽量, 并向燃煤工程师推荐最优燃煤工艺参数指导实际生产, 进而降低总体燃煤消耗, 通过人工智能技术提升燃煤效率 2.6%, 为企业每年节省千万元左右的燃煤成本。

2.3 物流环节, AI 算法与机器人集成应用, 打造基于环境感知、多机协同的智能物流系统, 改变传统物流模式

智能物流系统核心是 AI 算法和物流机器人的集成应用。通过利用先进的机器学习、深度学习等技术, 实现对环境感知和理解, 使物流机器人具备自主导航、智能搬运、协同作业等能力, 构建了一个高效、智能、自动化的物流系统, 彻底改变了传统的物流模式^[5]。

1) 仓储自主优化。如牧星智能以世界领先的 AI 算法为核心, 以稳定高效的智能物流机器人作为执行载体, 形成一套智能物流整体解决方案。一是使用智慧存储算法, 通过大数据自动分析, 商品 ABC 自动分类并优化位置, 依托动态热度算法实现货架布局的实时优化, 实时动态智慧存储; 二是采取高低密度混合存储, 针对热销商品使用低密度存储方式, 提升拣选效率, 对于长尾或滞销商品则采用高密度存储方式, 减少 20% 的仓储面积占用; 三是独创流程拣选算法, 拣选效率提升 100%; 四

是利用 AlphaGo 的蒙特卡洛树算法，确保每次任务都分配给合适的机器人，通过路径实时协调算法实现任意通道双向通行。

2) 柔性物流运输。如旷视科技打造的 3A 智慧物流解决方案，依托其 AI 算法优势，赋能 AS/RS 智能立体仓储物流设备，如托盘四向车、人工智能堆垛机等，使其能够灵活应对节点物流的流量峰值，并能自适应场景变化，满足顾客对于运输、交付和服务的需求，推动物流向数智化、柔性化、低碳化升级。帮助国药控股广州公司的物流中心实现智能化改造，整体效率提升 25%，作业完成时间提前 2h，未来五年将节约上千万元成本。

2.4 销售环节，AI 机器学习推动形成以用户导向的营销变革，重塑企业与客户间的互动模式

通过收集整合各个渠道的消费者信息，描绘消费者画像，应用 AI 机器学习对大量用户数据进行分析，更深入地了解客户的偏好、需求和行为模式，进而制定个性化的营销策略。推动以用户导向的营销变革，重塑企业与客户之间的互动模式，推动营销环节向更加个性化、智能化的方向发展。

市场快速分析预测：如美国的 Automotive Mastermind 公司通过搜集社会人口学特征、社交网络、市场数据和产品生命周期等大数据，并利用机器学习预测模型发现隐藏于消费者行为背后对于产品、性能、价位等的需求，利用自有的行为预测评分算法对超 1 000 个数据点进行清洗和分析，对消费者进行排名，筛选出目标消费者，销售收入提升了 30%，客户留存率提高了 16.7%。

3 人工智能在智能制造典型场景应用的问题

3.1 智能制造领域数据质量不高

智能制造需要依托大量的数据来驱动 AI 系统的运行和优化，在大规模的数据模型训练前提下人工智能技术才能够落地应用。但在实际生产过程中，仍存在数据难以有效获取和利用、数据质量不高、数据标注不准等问题，导致 AI 系统运行性能下降，甚至产生误导性结果。数据质量和标注精度不高问题成为制约 AI 在智能制造中应用的重要因素。

3.2 系统解决方案供给仍显不足

西门子、ABB、基恩士等国际巨头逐步由技术输出商向解决方案提供商转变，基于深度学习、知识图谱、

计算机视觉等技术对现有和未来产品体系进行了整体规划，形成基于新一代人工智能的软硬件产品体系，开展“软件+硬件+平台+解决方案”的全方位产品布局。但国内相关供应商由于场景体系性不足且创新性不足，导致解决方案定制化程度高，多数企业尚未形成以“平台+工具”为核心的生态化整体解决方案，限制了先进技术在智能制造的全面复制推广。

3.3 融合应用标准仍不够完备

目前，全球范围内关于人工智能在智能制造领域的相关标准制定相对较少，我国在该领域具备先发优势。机器视觉、知识图谱等相关技术标准已经研制发布，但部署指南、安全与保护、算法结构等人工智能应用部署及算法相关标准仍然欠缺。其中，与人工智能在智能制造中应用部署相关的标准化需求包括安全与保护、计算能力、存储能力、数字基础设施、实施指南和性能评估等。

4 推动 AI 在智能制造领域融合应用建议

4.1 加强面向智能制造的 AI 产品和解决方案供给

引导阿里巴巴、腾讯、商汤、依图 and 科大讯飞等 AI 技术供应商面向各行业智能制造广泛应用需求加大研发投入力度，聚焦智能制造关键环节和典型场景，鼓励支持视觉检测、机器学、工业知识图谱等 AI 技术产品研制及产业化，推动实现大规模应用。依托智能制造系统解决方案供应商联盟，分行业、分区域总结培育、示范推广智能制造场景下 AI 典型应用模式，结合行业智能制造发展特点，加强面向智能制造应用的 AI 技术解决方案能力培养，总结提炼典型应用示范案例，在全国范围内复制推广。

4.2 开展适用于智能制造的 AI 技术攻关

针对当前市场应用亟须的关键基础技术和核心软硬件，系统梳理产业短板和技术短板，研究形成技术、产品清单。采取“揭榜挂帅”等形式推动 AI 技术的突破和产业化进程。

经研究，主要技术短板梳理如下：

1) 硬件和产品短板。突破 AI 芯片和传感器等硬件制约，加快核心计算架构、超高性能 SOC 芯片、高性能 3D 视觉计算芯片等关键技术演进；鼓励支持新型生物、视觉、力觉和射频识别等智能工业级传感器的研发及产业化应用。

2) 基础软件短板。加快补齐开源平台、基础工具等

软件短板，研发培育国内自主开发软件框架，加快工业级应用推广；打造公益性智能制造领域开发基础知识库，构建机器视觉、NLP 等技术面向工业场景共性数据集，引导企业建立自身内部知识图谱。

3) 关键技术短板。加大 NLP、计算机视觉等关键技术研发投入力度，强化基础理论、高端人才等方面技术实力，拓宽技术应用场景，推动技术应用迭代突破。

4) 解决方案供给短板。立足于“软件+硬件+平台+解决方案”的全方位产品布局，结合智能制造系统解决方案供应商工作，培育一批面向智能制造融合应用的 AI 解决方案供应商，提供成套软硬件设备及解决方案。

4.3 加快研制适用于智能制造的 AI 融合应用标准

加大面向智能制造应用的 AI 标准制定力度，优先开展智能装备、智能工厂等相关标准制定，丰富完善计算机视觉、自然语言处理、知识图谱等领域测评标准等。重点关注如下：

1) 智能装备标准。重点关注基于 AI 的人机交互系统、工业机器人、智能工艺装备等智能装备相关标准。

2) 智能工厂标准。重点关注基于 AI 的智能设计、智能生产、智能物流和智能管理等智能工厂相关标准。

3) 智能赋能技术标准。重点关注基于 AI 的工业大数据、工业软件、工业云和边缘计算等智能赋能技术相关标准。

4) 智能服务标准。重点关注基于 AI 的大规模个性化定制、远程运维、网络协同制造智能服务标准。

5) 基础和测试评估标准。重点关注深度学习、计算机视觉、NLP 和知识图谱等领域基准测试评估。

4.4 推动智能制造 AI 应用与试点示范工作相结合

结合智能制造示范工厂和优秀场景遴选工作，选择一批具有代表性和创新性的 AI 应用案例，总结创新成果，形成可复制、可推广的经验和模式。鼓励北京、上海、深圳和南京等国家人工智能创新应用先导区，将人工智能与智能制造融合应用作为重点内容主动布局和打造，借助产业集聚优势，推动 AI 技术向产业化应用有效转化。



参考文献

- [1] 郭冀川. 人工智能核心产业蓬勃发展系列政策出台保驾护航 [N]. 证券日报, 2024-09-10 (A02).
- [2] 罗仕鉴, 于慧伶, 易珮琦. 数智时代工业设计知识生产新范式 [J]. 机械设计, 2024, 41 (8): 6-10.
- [3] 陈泽. 人工智能在医疗系统中的应用与前景 [C]// 天津市电子学会. 第三十八届中国 (天津) 2024'IT、网络、信息技术、电子、仪器仪表创新学术会议论文集. 天津市滨海新区大港中医医院, 2024: 4.
- [4] 温晓东. 人工智能在机械制造设备故障诊断与维修中的应用 [J]. 机械管理开发, 2024, 39 (9): 310-313.
- [5] 刘政鑫. 珞石机器人: 以协作机器人推进智能制造 [J]. 机器人产业, 2023 (2): 58-60.

收稿日期: 2024-06-25