

AI 在非标装备行业的应用与展望

吴鹏

(天津赛象科技股份有限公司, 天津 300384)

摘要: 随着工业 4.0 浪潮的推进, 人工智能技术正在深刻重塑机械加工行业的全产业链。非标机械装备作为工业领域的“定制化解决方案”, 其设计复杂、生产柔性要求高的特点正与 AI 技术形成深度耦合。2023 年全球工业 AI 市场规模突破 400 亿美元, 其中非标装备领域占比达 27%, 标志着 AI 技术在该行业已从辅助工具升级为核心驱动力。本文系统探讨了 AI 在非标机械装备从产品设计到运维服务的全流程应用, 重点分析了智能设计、智能工艺规划、智能加工与质量控制、供应链智能优化、仓储物流革命、智能装配与调试、预测性维护、智能化与物联网融合等核心环节的技术突破与产业价值。

关键词: 智能设计; 仓储物流革命; 智能装配与调试; 预测性维护; 智能化与物联网融合

引用论文: 吴鹏. AI 在非标装备行业的应用与展望 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(6):01-04.

中图分类号: TQ330.493

文章编号: 1009-797X(2026)06-0001-04

文献标识码: B

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2026.06.001

机械行业作为现代工业体系的基石, 其国际意义首先体现在对全球产业链的深度重构。作为资本密集型与技术密集型产业, 机械装备制造直接关联着能源、交通、建筑等国民经济命脉, 德国工业 4.0 与中国制造 2025 等国家战略均将其列为优先发展领域。在全球化生产网络加速重构的背景下, 机械行业的国际意义更体现在其对全球产业安全的战略支撑作用。非标机械通过定制化解决方案推动制造业从标准化生产向柔性化、智能化转型, 而 AI 技术正在重构非标装备行业的价值链条, 体现了其在智能设计、智能工艺规划、加工与质量控制、供应链智能优化、仓储物流革命、智能装配与调试、预测性维护、智能化与物联网融合等核心环节的技术突破与产业价值。

1 智能设计

在理论基础应用上, AI 可同时处理机械工程、材料科学、热力学等多学科数据, 比人工更系统更全面的优化设计。通过知识图谱重构机械设计理论体系, 北航《机械原理与机械设计》AI 课程通过 190 个核心知识点图谱, 实现理论教学与工程实践的智能关联^[1]。

通过智能算法优化设计流程, 使非标设备的开发周期缩短 30% 以上, 在 3C 电子、新能源等快速迭代领域, AI 驱动模块化设计系统 (如米思米 meviy 平台) 已实现产线切换效率提升 40%。

AI 通过拓扑优化算法和跨学科知识融合, 在保证强度的前提下将材料利用率提升 15%~30%, 例如某机器人手臂设计案例中, AI 生成 10 种创新结构方案使产品市场占有率超竞品 15%。结合视觉 / 力觉传感器与自然语言处理, 实现实时环境调整动作路径, 避免结构干涉和设备运行碰撞并提升效率。AI 可基于材料性能数据库, 综合力学特性、耐腐蚀性、成本等参数推荐最优组合。传统材料选择依赖工程师经验, 容易忽略新型材料的应用可能。AI 技术通过整合跨领域数据库, 建立了材料性能-加工工艺-成本效益的多维关联模型。美国 Materials Project 平台已收录超过 15 万种材料的电子结构数据, 支持智能筛选。同时生成式 AI 正在推动材料设计的逆向创新, AI 通过学习分析材料物理性能测试数据, 实现可靠性和耐久性评估的自动化, 比如随机森林和 XGBoost 算法能有效处理材料选择中的多目标优化问题。通过设定目标性能参数, 可反向推导出满足要求的材料成分。

AI 结合有限元分析, 可快速预测机械结构在复杂载荷下的应力分布, 如涡轮叶片设计中同步评估空气动力学与材料特性。通过流体力学模拟和振动分析, 提前识别潜在疲劳失效风险。

AI 可根据系统数据自动完成标准件选型、尺寸标

作者简介: 吴鹏 (1991-), 男, 本科, 中级工程师, 主要从事橡胶机械设计方面的工作。

注等流程化工作，缩短标准零部件的设计周期，并通过实时干涉检查降低图纸错误率。其参数优化能力可同时处理数百个设计变量，快速找到性能、成本、可靠性等目标的最优平衡点。通过强化学习算法，AI能同时平衡强度、成本、可制造性等冲突目标，提升复杂结构件的材料利用率。当前AI已形成从概念生成到验证的闭环设计流程，其核心价值在于突破人类经验局限，实现设计效率与精度的双重跃升。例如橡胶装备企业赛象科技在智能辅助设计上，应用三维设计软件的受力分析结合模型材料和力学性能参数，自动快速分析结构模型优化设计，拓扑优化算法可自动生成比人工设计轻量化的机械结构。同时通过标准化、模块化设计缩短产品设计周期，减少方案修改次数。

2 智能工艺规划、加工与质量控制

AI通过六西格玛过程管理方法分析机械制造数据，实现工艺参数的动态优化。在CNC加工领域，AI驱动的质量控制系统可将缺陷率降低50%，通过实时分析传感器数据检测人眼难以识别的偏差^[2]。AI算法自动生成最优刀具路径，生产效率提升20%，机床可用性管理更高效。深度强化学习控制的数控系统能根据刀具磨损状态自动补偿参数，某模具企业使加工效率提升40%，并通过控制器实时调整切削参数，延长刀具寿命。AI同时分析机床参数、加工参数和工件质量数据，建立精确的数学模型，实现加工参数自动调整和机床自动控制，提升工艺稳定性。生产中通过AI精准控制反应条件，降低能源消耗。

基于计算机视觉的表面缺陷检测系统（如Cognex ViDi）可实现微米级精度实时检测，某轴承企业因此将废品率从1.2%降至0.15%。Foxconn智能质检系统通过图像分析实现产品表面缺陷检测，准确率超99%。智能制造系统可自动调整生产线参数，实现生产过程的智能优化。

3 供应链智能优化、仓储物流革命

AI通过深度学习算法分析历史销售数据、市场趋势和季节性波动，实现精准需求预测。例如赛象科技依据数字化项目管理平台，动态监测所有项目状态，及时分析数据模型可提前数月预测商品需求量，指导采购和生产计划。这种技术可减少原材料库存积压，同时降低缺货风险，使呆滞料减少。同时基于多维度的供应商评估体系，提升采购决策效率。构建的产能

模型可实时分析设备状态和订单变化，通过智能排产系统提高交付达成率。

国内某轮胎厂通过MES系统的智能排产功能，提升设备利用率，缩短订单交付周期。MES系统集成SPC控制模块，有效降低产品不良率。MES系统可无缝集成AGV物流小车，实现从原材料入库到成品下线的全流程自动化。同时数字孪生工厂通过AI优化能源使用模式，减少能源相关排放。

AI智能体可生成兼顾成本与时效的“公铁水仓”多式联运方案，降低物流、仓储成本。通过区块链+物联网技术实现供应链全链路透明化，AI可在地缘政治或自然灾害下分钟级切换备用供应商。

4 智能装配与调试

赛象科技通过虚拟装配技术（见图1），在设计阶段将现场装配问题减少了50%，基于数据构建设备数字孪生模型，AI在虚拟环境中模拟安装流程，提前发现机械干涉、电气冲突等问题，通过虚拟调试将物理调试周期从20天压缩至15天。

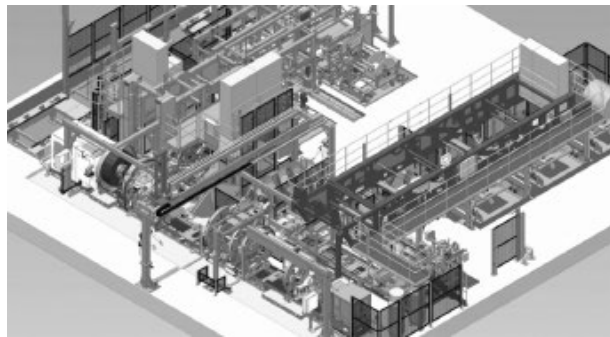


图1 虚拟装配

某车企在装配线部署传感器网络（如扭矩传感器、视觉检测设备），实时采集螺栓拧紧力矩、零部件定位精度等数据，并通过5G/TSN网络传输至云端，在总装线安装2000+传感器，每秒处理数据量达GB级，确保虚拟模型与物理产线同步更新。

某机器人公司通过3D扫描与CAD建模还原机械臂、AGV等设备的几何与运动逻辑，精度达±0.1mm。同时虚拟模型通过AI算法预测装配异常（如螺栓漏拧准确率92%），并自动下发调整指令至物理设备，形成“感知-分析-执行”闭环。

5 预测性维护

AI整合振动、温度、电流等传感器数据，通过时

序分析（如 LSTM 模型）识别轴承磨损、齿轮裂纹等早期故障特征。基于自编码器的无监督学习模型可自动检测数据异常，通过 AI 预警系统可降低维护成本并减少计划外停机时间。同时 AI 算法（如随机森林）分析历史维护数据，动态调整维护周期。例如轮胎厂通过赛象科技开发的物联网平台，根据监测到的设备参数（见图 2）和传感器报警信息（见图 3），及时判断设备运行状态，直接对症维护保养，缩短设备排查故障和停机时间。

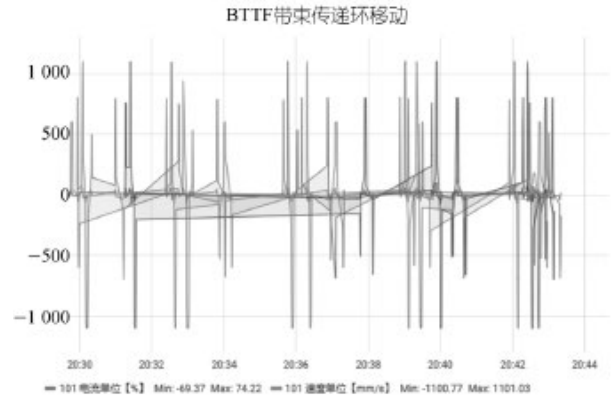


图 2 设备参数

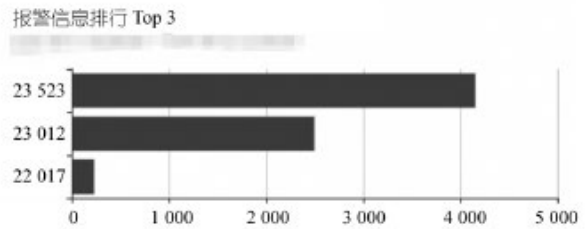
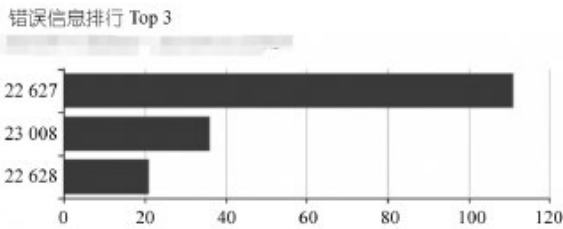


图 3 设备报警信息

6 智能化与物联网融合

AI 与物联网结合催生新业态，使工业互联网平台实现设备互联互通，赋予设备自主决策能力，如：在柔性生产线中，AI 综合多个变量，智能调控设备运转状态，降低设备运行和生产成本。通过机器视觉自动检测产品缺陷，提升良品率。例如赛象科技通过物联网平台模拟多设备协同（见图 4），优化节拍（见图 5）。整合物流、能源等信息，通过物联网平台检测库存动态与能耗波动。

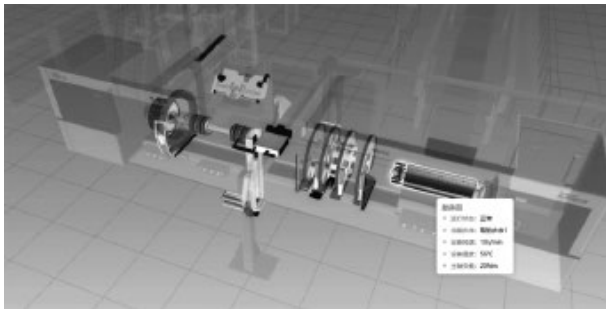


图 4 设备协同



图 5 设备运行节拍

智慧工厂通过 AI 全局优化管理，替代传统单点智能设备。AI 在节能减碳方面表现突出，例如钢铁企业通过 AI 优化高炉炼铁过程，能耗降低 10%，碳排放减少 15%^[3]。

但是，AI 在非标行业还是存在一定的局限性，比如，AI 还存在小样本学习困境，非标设备单件 / 小批量生产特性导致训练数据不足，AI 模型在罕见缺陷检测中误报率高。同时 AI 难以处理非标设备特有的工艺耦合关系，在传统工艺上，参数调整依赖工人经验，这类知识难以通过数据建模传承，AI 系统在某些特定领域装配中无法替代老师傅的“手感判断”，如装配中依赖工人直觉的精度调整，这类隐性知识难以被算法量化。以及虽然 AI 可生成拓扑优化方案，但缺乏对美学、人机工程等主观要素的把握。生成式设计在 3C 电子领域表现优异，但在重工业场景中易出现“过

度优化"导致可制造性下降。同时在设备管理要求与末端执行机构的数据断层问题仍未解决,这些都是AI暂时无法在非标准装备行业大范围广泛应用的原因。

6 总结

AI技术正在重构非标机械装备的价值链,从单点智能向系统智能演进。未来需重点突破小样本学习、因果推理等关键技术,构建“设计-制造-服务”全

链条智能生态。AI驱动的非标装备将逐步占据高端市场份额,成为智能制造的核心载体。

参考文献:

- [1] 李德毅,王飞跃.人工智能赋能教育新范式:认知引擎与知识图谱融合[J].中国工程科学,26(3):1-10.
- [2] 张素姣,田霞,冯珍.6σDMAIC方法在产品质量改进中的应用[J].科技管理研究,2010(6):176-179.
- [3] 张福明.面向未来的低碳绿色高炉炼铁技术发展方向[J].炼铁,2016(01):1-6.

Application and prospect of AI in the non-standard equipment industry

Wu Peng

(Tianjin Saixiang Technology Co. LTD., Tianjin 300384, China)

Abstract: With the advancement of the Industry 4.0 wave, artificial intelligence (AI) technology is profoundly reshaping the entire industrial chain of the machining industry. As "customized solutions" in the industrial field, non-standard mechanical equipment, characterized by complex design and high production flexibility requirements, is deeply coupled with AI technology. In 2023, the global industrial AI market size exceeded \$40 billion, with the non-standard equipment sector accounting for 27%, marking that AI technology has evolved from an auxiliary tool to a core driving force in this industry. This article systematically explores the full-process application of AI in non-standard mechanical equipment, from product design to operation and maintenance services, focusing on analyzing technological breakthroughs and industrial value in core aspects such as intelligent design, intelligent process planning, intelligent machining and quality control, intelligent supply chain optimization, warehouse logistics revolution, intelligent assembly and debugging, predictive maintenance, and the integration of intelligence and the Internet of Things.

Key words: intelligent design; revolution in warehousing and logistics; intelligent assembly and debugging; predictive maintenance; integration of intelligence and the Internet of Things

(R-03)

《橡塑技术与装备》投稿邮箱: crte@chinarp.com

欢迎投稿, 欢迎订阅, 欢迎惠登广告