人工智能在机械设计制造及自动化中的应用

张世帆
山西北方铜业有限公司铜矿峪矿　山西　运城　043700

摘　要：人工智能作为多学科融合的前沿技术，具备学习、推理与感知等智能能力，现已广泛应用于机械设计制造及自动化领域。在设计环节可实现方案智能生成、参数寻优与缺陷预判，制造阶段能够完成工艺规划、质量检测与误差补偿，同时依托智能调度、机器人协作、仓储管控及远程运维等技术，全面优化自动化生产流程。有效提升机械生产精度与效率，降低生产成本与设备故障风险，推动传统机械制造向智能化、高精度、高效能方向转型升级。

关键词：人工智能；机械设计制造；自动化应用

引言：传统机械设计制造与自动化模式存在设计周期长、工艺固化、生产调控滞后、运维被动等诸多短板，难以适配现代工业高精度、柔性化与高效率的生产发展需求。随着智能技术不断迭代升级，人工智能逐步渗透机械制造全产业链，为行业革新提供全新技术支撑。通过将智能算法、感知技术与自动化设备深度融合，能够有效弥补传统制造模式的不足，破解生产管控难题，助力机械制造行业摆脱传统生产局限，加速实现产业智能化升级与现代化转型。

1 人工智能的基本概念

人工智能是一门极具前沿性和挑战性的学科，旨在研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统。它是计算机科学的一个重要分支，融合了计算机科学、数学、心理学、语言学等多学科知识，致力于让机器具备类似人类的智能行为。人工智能的核心目标是使机器能够模拟人类的智能，包括学习、推理、解决问题、感知、语言理解等能力。它通过计算机程序和算法来实现这些智能行为，让机器能够从数据中学习规律，做出决策，并适应不同的环境和任务。人工智能可以按照不同的标准进行分类，从智能水平上，可分为弱人工智能、通用人工智能和强人工智能[1]。弱人工智能专注于特定领域的任务，如语音识别、图像识别等；通用人工智能则具有广泛的认知和学习能力，能在多个领域表现出智能；强人工智能目前还停留在理论阶段，指的是机器具有与人类相当甚至超越人类的意识和思维能力。从技术类型方面，常见的有人工智能技术包括机器学习、深度学习、计算机视觉等。机器学习让机器通过对大量数据的学习和分析，实现对未知数据的预测和分类；深度学习利用神经网络模型对数据进行深度挖掘和特征提取；计算机视觉则通过对图像和视频的处理，实现目标物体的识别和跟踪。

2 人工智能在机械设计制造中的应用

2.1 智能设计方案生成与优化

智能设计方案生成与优化是人工智能重塑机械设计制造流程的核心起点，必须通过数据驱动与算法迭代实现设计效率与产品性能的双重飞跃。（1）历史设计数据深度挖掘：利用机器学习算法对海量过往图纸与工程参数库进行特征提取与模式识别，帮助设计人员快速匹配相似工况下的成熟结构方案，大幅缩短前期概念设计周期。（2）生成式拓扑优化应用：依据受力载荷与边界约束条件运用人工智能自动计算材料最佳分布形态，生成兼具轻量化与高强度特性的非传统零部件构型，突破人类设计思维局限与经验盲区。（3）多学科参数协同寻优：建立融合结构力学与流体动力学等多物理场耦合仿真模型，通过智能算法对尺寸与材料等设计变量进行全局同步寻优，确保机械产品综合性能达到全局最优解。（4）设计缺陷智能预测评估：基于深度神经网络构建产品失效模式识别模型，在设计阶段自动预判应力集中与共振风险等潜在隐患，提前指导结构改进以降低后期样机制造与物理测试成本。（5）人机协同迭代设计闭环：将设计师的创新直觉与人工智能的高效算力深度结合，机器负责快速生成与初筛海量方案，人类聚焦于审美评判与功能决策，形成高速迭代的设计演进闭环。

2.2 制造工艺智能规划与决策

制造工艺智能规划与决策是衔接机械设计与车间加工的关键桥梁，必须依托智能算法实现工艺路线的科学编排与制造资源的最优配置。（1）加工特征智能识别：利用深度学习模型对三维模型进行自动解析与特征提取，精准识别孔槽及型面等加工要素，替代传统人工识图并为后续工序匹配奠定数字化基础。（2）工艺路线自适应生成：基于知识图谱与启发式算法融合历史优秀工艺案例，针对零件材质与精度要求自动推荐最优加工工

序序列与装夹方案，显著缩短工艺编制周期并保障合理性。（3）切削参数动态优化：结合机床性能与刀具磨损状态构建切削动力学模型，运用智能算法实时计算主轴转速与进给量等最佳切削参数，在保证加工质量的同时最大化生产效率。（4）制造资源智能匹配：统筹调度车间内机床设备与刀具夹具等资源状态，通过算法自动匹配最适宜的加工装备与物流路径，有效提升设备利用率并降低闲置等待与物流周转时间。（5）加工缺陷预测与补偿：在加工前通过数字孪生仿真预测受力变形与振动误差，并在加工中依据实时传感数据调整刀具轨迹，实现从被动检验向主动控制的质量跨越。

2.3 生产过程实时监测与调控

在机械设计制造中，人工智能助力的生产过程实时监测与调控意义重大。借助传感器网络，人工智能能实时收集生产线上设备的运行参数，如温度、压力、转速等，还能获取物料的流动状态和加工进度等数据。通过机器学习算法对这些数据深度分析，可精准判断设备运行状态和生产流程是否正常[2]。一旦发现异常，系统会迅速预警，通知工作人员及时处理，避免故障扩大化。同时，人工智能可根据实时监测结果自动调控生产过程。例如，当设备运行参数偏离最佳值，系统能自动调整设备的运行状态；若物料供应出现问题，可及时调整物料输送速度和路径，保障生产的连续性和稳定性。这种实时监测与调控，能提高生产效率、降低次品率，还能延长设备使用寿命，增强机械设计制造的智能化水平。

2.4 产品质量智能检测与控制

人工智能技术彻底革新传统机械产品质量检测模式，打破人工抽检精度不足、效率偏低、主观误差较大的行业局限，实现机械零部件生产全流程的质量动态监测与精准管控。依托机器视觉、深度学习算法搭建智能检测系统，可对机械构件的尺寸偏差、表面裂纹、变形缺陷、装配误差等多类质量问题进行全方位识别，能够精准捕捉人工难以察觉的细微瑕疵，大幅提升产品缺陷检出精度与检测覆盖面[3]。结合生产设备运行数据、加工工艺参数、原材料性能数据开展多维度数据分析，智能系统可实时研判生产过程中的质量波动规律，提前预判加工偏差产生趋势，摆脱传统事后检测、返工整改的被动管控模式。同时，智能控制系统可依据质量监测结果自动微调机床切削参数、加工转速、进给速度等核心工艺指标，动态修正生产偏差，从加工源头把控产品精度，有效降低残次品产出率，保障批量机械产品的质量稳定性与一致性，助力机械设计制造行业实现高精度、标准化、智能化质量管控。

3 人工智能在机械自动化中的应用

3.1 自动化生产线智能调度

自动化生产线智能调度是提升机械制造系统运行效率与应变能力的指挥枢纽，必须依托深度学习与全局寻优算法实现生产资源的动态配置与无缝衔接。（1）生产任务智能分解：依据订单交期与工艺约束，利用智能算法将总生产计划拆解为可执行工序单元并分配至各工位，实现产能负荷均衡并大幅缩短排产规划周期。（2）设备状态动态评估：采集机床运行参数与振动信号构建健康预测模型，实时评估加工设备可用度与维保需求，为调度系统提供精准的产能约束依据以规避故障停机风险。（3）物料协同准时配送：结合工位实时消耗速率与调度指令动态规划自动导引车路径，实现物料从仓储到线边的精准按时配送，消除缺料等待时间并降低在线库存积压成本。（4）突发干扰自适应重构：在遇到设备故障或紧急插单等扰动事件时，调度模型能在毫秒级内重新计算并生成最优替代排产方案，保障生产流程快速恢复并减少空窗损失。（5）多目标全局最优求解：建立涵盖完工时间与能耗成本及设备利用率的多目标函数，通过启发式算法在复杂约束空间内寻优，实现经济效益与绿色制造的综合平衡调度。

3.2 智能机器人操作与协作

智能机器人作为机械自动化体系的核心执行载体，依托人工智能算法实现了传统机械设备无法达成的柔性化、精细化作业模式，彻底突破了传统自动化设备单一、固定的作业局限。在工业机械加工、装配、搬运等核心场景中，智能机器人可通过机器视觉、力觉感知系统实时采集作业环境数据，自主调整作业轨迹与操作力度，精准适配不同规格、不同形态的工件加工需求，有效降低机械作业的误差率与废品率[4]。现代化机械生产场景中，人机协同作业模式逐步普及，智能机器人可精准承接高强度、高风险、重复性机械作业任务，人工专注于工艺调试、质量检测、设备运维等技术性工作，形成人机功能互补的高效作业体系。同时，多机器人集群协作技术的落地，让多台智能设备可依托智能调度算法完成分工配合，同步完成流水线多工序衔接作业，大幅提升机械自动化生产线的整体运行效率与生产柔性，适配多元化、小批量的现代工业生产需求。

3.3 自动化系统自适应控制

自动化系统自适应控制是赋予机械设备感知变化与自主调整能力的核心大脑，必须通过实时反馈与智能算法实现对外部干扰与内部波动的精准抑制与最优响应。（1）环境变化实时感知：在机械系统关键部位部署多维

传感器网络，持续采集温度与负载及振动等运行参数，为控制系统提供高精度的环境状态输入，奠定自适应调节的数据基础。（2）动态模型在线辨识：运用神经网络构建随工况变化的时变数学模型，自动跟踪机械系统参数漂移与非线性特性，确保控制器始终依据最贴近真实状态的模型进行决策运算。（3）控制参数智能整定：结合模糊控制与强化学习算法，根据当前偏差与变化趋势自主寻优调节比例积分微分等控制器参数，打破固定参数难以适应宽工况的局限并提升控制精度。（4）误差前馈主动补偿：基于传感器信息预测未来时刻的轨迹偏差与受力变形，在加工指令中提前叠加反向补偿量，实现从事后被动纠偏向事前主动干预的转变与精度跃升。（5）异常工况自愈调节：建立故障特征库与自适应容错机制，当检测到局部部件性能退化时自动切换备用回路或降级运行策略，保障机械系统在异常状态下维持基本功能并安全停机。

3.4 物流仓储智能管理

人工智能技术深度融入机械自动化仓储体系，革新了传统工业物流仓储粗放式、人工主导的管理模式，构建起全流程智能化、自动化的仓储运维体系。工业生产配套的物流仓储环节涵盖物料入库、分类存储、库存盘点、物料调拨及成品出库等多个流程，依托AI数据分析与智能调度系统，可联动自动化仓储机械、分拣设备、输送机械完成一体化作业。系统能够实时抓取仓储物料信息，结合生产车间的作业进度自动匹配物料供需，智能规划物料存放位置与调取顺序，规避人工管理带来的物料堆积、存放混乱、库存数据偏差等问题[5]。智能仓储管理模式可自主完成全天候库存动态监测，精准统计物料损耗与存量数据，同时联动自动化搬运机械完成物料的精准转运，打通仓储与生产环节的衔接壁垒，有效提升工业物流仓储的运转速率，降低仓储管理成本与物料损耗，为机械自动化生产线的连续稳定运行提供坚实的物资保障。

3.5 远程监控与故障预测性维护

人工智能赋能机械自动化设备实现了跨空间远程监控与预判式运维管理，彻底改变传统设备定期检修、故障报修的被动维护模式。各类自动化机械设备搭载的传感器可实时采集设备运行温度、振动频率、运行负荷、转速参数等多维运行数据，通过人工智能云端平台完成数据汇总与实时分析，管理人员无需亲临生产现场即可全方位掌握设备工作状态。AI算法能够深度挖掘设备运行数据的潜在规律，对比正常运行参数阈值，精准识别设备零部件磨损、性能衰减等隐性异常隐患，提前预判故障发生概率与故障时间段。依托预测性维护机制，企业可合理统筹设备检修时间，在设备性能出现衰退但未停机故障前完成针对性维保，有效规避突发停机、设备损坏、生产中断等问题，大幅延长机械设备使用寿命，降低运维成本，保障机械自动化生产线长期平稳、高效、安全运行。

结语

未来，人工智能将持续深度赋能机械设计制造与自动化领域，推动行业向着高度智能化、无人化与精准化方向纵深发展。随着算法模型、机器视觉与数字孪生技术的不断成熟，机械产品设计、工艺生产与设备运维将实现全流程自主迭代与智能优化。各类智能装备的协同适配性将持续提升，彻底打破传统制造的技术壁垒。依托人工智能的技术优势，机械制造行业将逐步实现高效节能、柔性生产与精准质控，为高端智能制造产业的长效发展注入全新动能。

参考文献

[1]吴宗科.人工智能在机械设计制造及自动化中的应用[J].中国科技纵横,2026,(5):69-71.

[2]张可心,孟胜涛,朱北洋.试论人工智能在机械设计制造及自动化中的应用[J].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2023,(11):027-030.

[3]刘天一.智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用研究[J].现代制造技术与装备,2026,62(2):185-187.

[4]程振东,邱召春,刘伟龙.机械设计制造自动化中人工智能技术创新[J].中国科技期刊数据库工业A,2026,(5):213-216.

[5]鲁斌.信息化时代人工智能技术在机械设计制造中的应用策略研究[J].消费电子,2026,(8):41-43.