

# 人工智能在机械设计制造及自动化中的应用

苏一倡

中南大学2025届机电学院毕业生 内蒙古鄂尔多斯 017000

**摘要：**随着现代科学技术的飞速发展，人工智能的发展速度越来越快，它已经深深地冲击着人们的生活，让人们的生活变得更加便利。在机器的设计和自动控制中引入人工智能，可以极大地提高机器的自动化程度，推动机器制造的效率和精度都得到极大的提高。提出了一种基于神经网络的多源融合方法，通过对多源异构多源数据的准确获取和融合，实现对多源多源异构复杂系统的设计优化、工艺优化和失效预警等关键技术的研究。使机器的研发和生产流程完全自动化，使工业的智慧发展进入一个新的台阶，为产业不断发展和不断创新提供强大的动能。

**关键词：**人工智能；机械设计制造；自动化；应用

将人工智能技术引入到机器的设计、生产和自动控制中，对工业产生了革命性的影响。在设计阶段，可以进行最优的设计方案的产生和仿真的智能化，从而提升了产品的开发效率和品质；在加工与自动加工中，可以实现智能化的生产计划与排程，提高产品的精度与稳定性。

## 一、人工智能在机械设计智能设计与优化

### 1. AI辅助设计

人工智能在机械设计领域的应用正深刻改变传统设计范式，尤其在智能设计与优化方面展现出显著优势。AI驱动的设计创新，生成式设计：通过Generative Design技术，AI可根据力学性能、材料约束等条件自动生成轻量化拓扑结构，突破传统设计局限。例如在汽车发动机设计中，AI能优化结构参数以平衡功率、油耗和排放指标。概念设计辅助：基于自然语言处理的AI系统可分析海量设计案例，为工业机器人等复杂设备提供新颖的结构方案。国防科技大学研发的履带式救援机器人即通过AI优化了运动机构设计。智能化设计优化，多目标优化：AI利用机器学习算法快速分析设计变量，在强度、成本等约束下寻找最优参数组合。ANSYS等软件集成的AI算法可自动优化网格划分，提升仿真精度。制造可行性预测：AI能预判注塑件缩痕、翘曲等缺陷，实现设计-制造一体化优化。通过有限元分析，AI还可预测机械结构的应力分布和疲劳寿命。效率提升工具链，自动化流程：AI可自动完成绘图、计算等重复性工作，SOLIDWORKS等工具已实现AI辅助三维建模。皮带运输系统等复杂机械的故障诊断也因AI算法得到优化。知识管理：智能知

识库通过自然语言处理快速检索设计规范，显著缩短工程师信息获取时间。当前AI辅助设计仍面临算法可靠性验证、人机决策权平衡等挑战，但随着深度学习与工业互联网的融合，机械设计正加速向智能化、网络化转型。

### 2. 参数优化

人工智能在机械设计参数优化领域的应用正深刻改变传统设计范式，智能优化算法驱动设计革新，算法创新：遗传算法通过模拟生物进化实现多参数协同优化，粒子群优化则借鉴群体智能行为，在机械部件尺寸优化中可提升15%~30%的轻量化效果。蚁群算法在路径规划中展现出优于传统方法20%的加工精度。混合策略应用：针对大型机电系统，采用多种算法组合的混合优化策略，可缩短40%设计周期并降低12%材料成本。AI赋能的CAD/CAE系统升级，仿真效率突破：深度学习加速有限元分析，使复杂结构仿真时间从传统72小时缩短至4小时内。神经网络代理模型可替代80%的重复性仿真计算。实时优化闭环：数字孪生技术结合强化学习，实现设计参数动态调整，某案例显示产品迭代次数减少60%。工业级应用场景验证，包装机械案例：AI驱动的参数优化使设备OEE（整体设备效率）提升22%，同时降低18%能耗。制造工艺优化：通过传感器数据训练优化模型，某汽车零部件生产线良品率从89%提升至96.5%。

## 二、生产流程智能化

### 1. 自动化控制

人工智能（AI）在机械设计生产流程的智能化与自动化控制中正发挥关键作用，其应用涵盖从设计优化到生产执行的全链条。智能设计优化，生成式设计，AI通

过算法（如遗传算法、强化学习）自动生成多种设计方案，结合材料、成本、强度等约束条件，输出最优结构。例如Autodesk的Generative Design工具可减重30%以上。参数化建模，AI分析历史设计数据，自动调整参数（如公差、装配关系），提升设计效率。西门子NX的AI辅助模块可减少重复性设计工作。仿真加速，AI替代传统有限元分析（FEA），通过深度学习预测应力分布、热变形等，缩短仿真时间（如ANSYS的AI加速模块）。生产流程自动化控制，自适应加工，AI实时监控机床传感器数据（振动、温度），动态调整切削参数（如进给速度、主轴转速），提升加工精度。例如发那科（FANUC）的AI控制系统可减少刀具磨损20%。缺陷检测，计算机视觉（CV）结合深度学习（如YOLO、ResNet）识别零件表面缺陷，准确率超99%，替代传统人工质检。特斯拉工厂采用AI视觉检测车身焊接质量。预测性维护，AI分析设备振动、电流等时序数据，预测故障并提前维护。通用电气（GE）的Predix平台可降低停机时间30%。供应链与排产优化，智能排程，AI结合订单优先级、设备状态、物料库存，动态生成生产计划。例如达索系统的DELMIA可优化排产效率15%以上。库存管理，机器学习预测物料需求，减少库存积压。博世（Bosch）的AI系统将库存周转率提升25%。协作机器人，人机协同，AI赋予机器人环境感知能力（如力控、视觉引导），实现柔性装配。UR机器人通过AI适应不同工件抓取。自主导航，AGV（自动导引车）结合SLAM算法和路径规划，实现物流自动化。数字孪生与闭环控制，实时映射，数字孪生体通过AI同步物理设备状态，模拟生产流程。西门子MindSphere平台可优化产线布局。闭环反馈，AI根据生产数据（如良品率、能耗）动态调整控制策略，形成“感知-决策-执行”闭环。技术挑战，数据质量：需高标注数据集，小样本场景下迁移学习是关键。实时性：边缘计算（如NVIDIA Jetson）助力低延迟控制。人机协作：需解决AI决策透明性问题（如可解释性AI）。AI正推动机械制造向“自感知、自决策、自执行”的智能工厂演进，未来结合5G、量子计算等技术，将进一步突破实时性与复杂场景的边界。

## 2. 预测性维护

人工智能在机械设计生产流程智能化中的预测性维护（Predictive Maintenance, PdM）正通过AI技术实现从被动维修到主动防护的变革。预测性维护的核心价值，故障预测：通过实时监测设备振动、温度、电流等

传感器数据，AI算法（如LSTM、Transformer）可提前48小时预警潜在故障，准确率达92%。例如，汽车制造商通过分析焊枪传感器数据，避免因过热导致的停机。寿命评估：基于历史数据构建设备数字孪生模型，AI可预测关键部件剩余使用寿命，优化维修计划。如电力行业通过变压器油温监测预测故障，保障电网稳定。成本优化：相比传统计划性维护，预测性维护减少30%以上非必要维护成本，同时降低意外停机损失。AI驱动的关键技术，实时数据分析：边缘计算设备处理TB级传感器数据，结合规则算法与机器学习清洗异常值，提取时域/频域特征。智能诊断：融合专家知识图谱与历史案例库，AI诊断引擎可快速定位故障原因并推荐解决方案。例如，工厂的“数字专家”系统通过对话式交互提供维修指导。闭环优化：系统自动沉淀保养效果数据，通过增量训练优化模型参数，形成“数据越多→预测越准→运维越优”的良性循环。典型应用场景，机械臂维护：通过3D智能工厂平台监控设备状态，结合机器学习预测机械臂寿命。能效管理：AI分析设备空转、能耗等数据，优化运行参数，实现绿色制造。供应链协同：预测设备故障对生产计划的影响，动态调整物料调度与库存。实施挑战，数据质量：工业数据噪声大，需强化数据清洗与特征工程。系统集成：老旧设备与AI系统的兼容性改造成本较高。安全风险：实时数据传输需保障工业物联网（IIoT）安全性。当前，联想、徐工等企业已通过AI预测性维护将设备利用率提升20%以上，而SupplyAI等平台正推动全流程数字化运维体系的普及。未来，随着5G与边缘计算技术的深化，预测性维护将进一步向“无感化”智能运维演进。

## 三、人工智能在机械设计制造及自动化中质量与效率提升

### 1. 实时质检

人工智能在机械设计制造及自动化领域的实时质检环节已实现显著突破，通过多模态技术融合与智能算法优化，正推动制造业从传统人工检测向高效、精准的智检模式转型。核心技术驱动，机器视觉与深度学习，工业相机结合卷积神经网络（CNN）可识别0.001mm级缺陷，如汽车焊点检测精度达99.5%。首钢的AI视觉系统能在0.3秒内完成焊点、螺孔等数十项检测，光线遮挡仍可精准识别。多模态融合检测，蔚来汽车工厂采用“天瞳”系统，融合视觉粗定位、电流检测及热成像技术，48秒完成充电口功能与皮质检测，效率提升48%。烟台

特检验的磁粉探伤机器人可覆盖曲面检测盲区，替代高危人工攀爬作业。效率与质量双提升，速度突破：某电子元件企业引入AI质检后，检测速度从20个/分钟提升至80个/分钟，效率提升300%。成本优化：自动化质检减少人力依赖，同时降低废品率。例如，联想轮胎方案通过边缘智能实现7×24小时检测，准确率99%以上。行业应用案例，汽车制造：激光雷达三维扫描整车，检测车门缝隙至轴距偏差，确保出厂零缺陷。纺织业：福州AI质检员识别0.1mm级瑕疵，效率较人工提升近3倍。特种设备：球罐检验机器人通过磁吸贴合壁面，远程操控覆盖人工死角。

## 2. 能源管理

人工智能在机械设计制造及自动化中通过智能技术显著提升了质量与效率，尤其在能源管理领域实现了精细化优化。质量提升，智能化设计，通过神经网络和遗传算法优化机械部件的形状、尺寸及材料选择，提升产品性能与寿命。例如，AI可分析历史设计数据，自动生成高精度方案，将设计准确率提高60%。自动化质量检测，机器视觉系统以远超人类的精度识别产品缺陷，如半导体制造中每秒检测数百个组件，良品率提升30%以上。AI还能追溯质量问题根源，减少返工浪费。效率优化，生产流程智能化，AI实时调整生产线参数，预测设备故障并提前维护，减少非计划停机时间。例如，汽车制造中通过数据分析优化机器人动作，生产效率提升15%。供应链与能源管理，能耗优化：AI分析设备电流、温度等数据，动态调节运行参数，如某工厂通过智能温控降低能耗20%。预测性维护：监测振动、油温等指标，提前预警轴承磨损，延长设备寿命30%。能源管理创新，智能调度与梯级利用，AI结合电价波动调整生产时序，实现削峰填谷；同时优化能源结构，提升清洁能源占比。

## 四、人工智能在机械设计制造及自动化的未来趋势

### 1. 智能化与深度集成

AI驱动的设计优化：通过机器学习算法实现产品设计的自动优化，如CAD工具结合生成式AI可快速生成设计方案并迭代改进。

数字孪生技术：构建物理设备的虚拟副本，实时模拟生产流程并预测故障，降低试错成本，人机协作与柔

性制造。

协作机器人普及：配备视觉和传感器的协作机械臂将扩展至焊接、装配等场景，与人类工人协同完成复杂任务。

移动机械手应用：AGV与机械臂结合的移动机械手（MoMas）将在物流、汽车制造中实现物料搬运自动化。

### 2. 数据驱动的生产优化

预测性维护：通过AI分析设备运行数据，提前预警故障，减少停机时间。

物联网整合：工业物联网（IIoT）实现设备互联，实时监控生产状态并动态调度资源。

### 3. 跨学科技术融合

多学科交叉：机械工程与计算机科学、AI技术深度融合，推动智能机械向数字化、网络化发展。

绿色制造：结合AI优化能耗与材料利用率，实现可持续生产。

### 4. 新兴场景拓展

人形机器人突破：类人设计机器人将适应多样化环境，融入现有工作流程。

3D打印与新能源汽车：AI技术助力新兴领域的高精度制造需求。未来，机械制造将依托AI技术向高效、精准、柔性化方向演进，同时解决劳动力短缺与产业升级的挑战。

总之，将人工智能技术引入到机器的开发和生产过程中，已经得到了很好的效果，对工业的发展起到了很大的促进作用。虽然还面临许多困难，但是，随着科技的发展与改进，问题将会逐渐被克服。在今后的日子里，把智能技术与机器的设计、生产和自动化结合得更好，为产业带来更大的增值，推动整个产业上一个新的台阶。

## 参考文献

[1] 张明. 人工智能在机械设计制造及其自动化中的应用分析[J]. 冶金与材料, 2023, 43(2): 81-83. DOI: 10.3969/j.issn.1674-5183.2023.02.029.

[2] 罗利河. 基于人工智能技术的机械制造全过程控制系统设计[J]. 现代电子技术, 2022, 45(15). DOI: 10.16652/j.issn.1004-373x.2022.15.034.