

# 机械设计制造及自动化技术智能化发展趋势研究

王忆多

陕西中烟工业有限责任公司汉中卷烟厂 陕西汉中 723000

**摘要:** 在新一轮科技革命与产业变革背景下, 机械设计制造及自动化技术向智能化转型成为推动制造业高质量发展的关键路径。本文系统分析自动化技术在机械设计制造行业中的应用特征与优势, 深入探讨智能化技术在机械设计制造中的多维度应用, 并从技术融合、模式创新等层面展望未来发展趋势。智能化技术通过数据驱动、自主决策等方式, 重塑机械设计制造的生产流程与管理模式, 为行业突破发展瓶颈、提升核心竞争力提供新动能, 对推动制造业向高端化、智能化、绿色化迈进具有重要意义。

**关键词:** 机械设计制造; 自动化技术; 智能化

## 引言

随着人工智能、大数据、数字孪生和物联网等新兴技术的飞速发展, 机械设计制造及自动化技术正朝着智能化方向快速转型。这一变革不仅推动了传统制造模式向高效、精准、柔性生产的转变, 还为制造业带来了前所未有的发展机遇。传统的制造模式已难以满足现代工业的复杂需求, 而智能化技术的应用则为制造业带来了新的机遇。智能化技术不仅使生产过程更加精准、柔性且高效, 还显著加快了产业升级的步伐。深入研究自动化技术的应用特征与优势, 探索智能化技术在机械设计制造中的实践路径, 分析未来发展趋势, 对推动机械设计制造行业转型升级、实现可持续发展具有重要的现实意义。

## 一、自动化技术在机械设计制造行业中的应用特征及优势

### (一) 自动化技术特征

在机械设计制造行业, 自动化技术呈现出高度集成化、柔性可重构与智能自适应的显著特征。集成化体现在其打破传统机械、电子、控制等技术的壁垒, 通过模块化设计将传动系统、传感装置、信息处理单元深度融合, 构建起功能复合的自动化装备体系。这种集成并非简单的物理叠加, 而是基于工业总线与通信协议实现数据的无缝交互与协同控制, 使设备具备复杂任务的处理能力。柔性可重构特性赋予自动化系统应对产品迭代的敏捷性, 通过标准化接口与参数化编程, 可快速切换生产任务, 从单一品种大规模生产转向多品种小批量定制,

有效缩短产品换型周期。智能自适应则依托传感器网络与嵌入式算法, 实时感知生产环境变化, 如温度波动、载荷变化等, 并自动调整运行参数, 确保设备在复杂工况下保持稳定运行。

### (二) 优势特征

自动化技术为机械设计制造行业带来生产效能、质量管控与成本优化的多维优势。在生产效能层面, 自动化生产线凭借连续不间断作业能力与高速执行效率, 将设备利用率提升至90%以上, 较人工操作效率提高数倍, 有效缓解产能瓶颈。其精准的时序控制与高速数据处理能力, 实现复杂工艺的快速切换与协同, 满足产品多样化需求。质量管控方面, 自动化系统通过精密传感器与高精度执行机构, 将加工误差控制在微米级, 消除人为操作导致的质量波动, 使产品合格率提升20%以上。基于预设工艺参数的严格执行与实时监控, 可确保产品质量的一致性与稳定性。在成本优化上, 自动化技术通过减少人工干预, 降低人力成本支出; 依托智能调度算法优化资源配置, 实现能源、物料的精准利用, 使单位产品能耗降低15%。同时, 自动化设备的长周期稳定运行减少维护频次, 结合预测性维护技术延长设备使用寿命, 综合降低全生命周期成本。

## 二、智能化技术在机械设计制造中的应用

### (一) 智能设计优化

智能化技术深度重塑机械设计流程, 推动其向数据驱动、模型引导的智能范式转变。基于深度学习的生成式设计算法打破传统经验束缚, 通过解析功能需求、材料属性与制造约束, 自动生成海量差异化设计方案, 并

利用拓扑优化技术实现结构轻量化与性能最优化。知识图谱技术整合行业标准、专利文献与工程案例，构建动态知识库，为设计师提供精准知识推送与智能决策支持<sup>[1]</sup>。数字孪生技术贯穿设计全周期，通过虚拟仿真与物理实体的实时映射，实现设计方案的多场景验证与动态优化；设计师借助虚拟现实（VR）与增强现实（AR）技术，可沉浸式模拟产品运行工况，在真实环境中直观验证设计可行性，大幅缩短设计迭代周期。此外，基于强化学习的协同设计平台支持跨地域团队实时协作，通过智能冲突检测与方案融合算法，提升设计效率与创新性，使机械产品在满足功能需求的同时，实现结构创新与性能突破。

## （二）智能生产控制

智能生产控制系统以工业互联网为基础，构建“感知—分析—决策—执行”的闭环智能体系。边缘计算与5G通信技术实现生产设备的全域互联，使温度、压力、振动等生产数据得以毫秒级采集与传输。深度学习算法对多维生产数据进行特征提取与模式识别，建立工艺参数与产品质量的非线性关联模型，当监测到参数偏离最优区间时，系统自动触发自适应调节机制，通过强化学习动态优化切削速度、进给量等关键参数，确保加工精度稳定在微米级。数字线程技术贯穿生产全流程，实时追踪产品制造轨迹，结合数字孪生体的虚拟仿真结果，提前预判生产风险并制定应对策略。智能排产系统基于混合整数规划与遗传算法，综合考虑设备产能、物料供应、订单优先级等因素，生成动态最优生产计划，使设备利用率提升25%以上，推动机械制造向柔性化、精益化、自适应的智能生产模式演进。

## （三）智能质量检测

智能质量检测依托先进传感技术与人工智能算法，构建全要素、全流程的质量管控体系。高光谱成像与三维激光扫描技术结合Transformer视觉模型，实现产品表面缺陷与内部结构损伤的微米级检测；系统通过迁移学习快速适配不同产品类型，自动建立质量检测标准模型，对检测数据进行实时语义分割与缺陷分类，识别准确率达99%以上。区块链技术应用于质量数据管理，确保检测结果的不可篡改与全程可追溯，形成产品质量数字档案。质量大数据分析平台整合设计、生产、检测等全生命周期数据，运用因果推断算法挖掘质量问题根源，建立“检测—分析—改进”的质量闭环。数字孪生质量检测系统通过虚拟仿真复现生产过程，预测潜在质量风险，

为工艺优化提供数据支撑，使产品不合格率降低50%，显著提升机械产品质量稳定性与市场竞争力<sup>[2]</sup>。

## （四）智能运维管理

智能运维管理通过构建设备健康管理数字孪生体，实现从被动维修向主动运维的根本性转变。基于声发射监测、油液光谱分析等多源感知技术，结合长短期记忆网络（LSTM）与注意力机制，对设备运行状态进行实时健康评估与故障预测；系统建立设备故障特征图谱库，通过模式识别技术提前3—6个月预判轴承磨损、齿轮箱故障等潜在问题，制定最优维修策略。数字孪生运维平台实时映射设备运行状态，运维人员借助增强现实（AR）技术远程指导现场维修，实现“专家资源—现场设备”的精准对接。智能能源管理系统结合设备运行数据与生产计划，运用强化学习算法动态优化设备启停策略，使能耗降低15%以上<sup>[3]</sup>。基于区块链的设备运维联盟链实现跨企业运维资源共享，通过智能合约自动匹配维修需求与服务供给，降低企业运维成本30%，推动机械制造设备运维向智能化、社会化方向发展。

## 三、机械制造智能化技术未来发展趋势

### （一）多技术深度融合

未来机械制造智能化技术将呈现多技术深度融合趋势，这种融合不再局限于传统信息技术与制造技术的叠加，而是向跨学科、跨领域的生态化融合演进。人工智能领域，大模型技术的突破将为机械系统运行规律的模拟带来质变，通过海量工业数据训练，实现对复杂生产任务的自主决策与智能调度；物联网与5G/6G通信技术的协同，将构建低时延、高可靠的工业网络，支撑设备间的实时数据交互与边缘计算，使生产系统具备毫秒级响应能力。同时，生物技术与纳米技术的渗透将开辟新的制造路径，例如仿生制造技术借鉴生物结构原理优化机械部件设计，纳米级加工技术实现微观尺度的精密制造。此外，量子计算技术的成熟应用将大幅提升复杂工程问题的求解效率，加速产品研发进程。这些技术的交叉融合将催生全新的制造范式，推动机械制造向超精密、超智能方向发展，重塑行业竞争格局。

### （二）自主化与自适应能力提升

机械制造智能化设备的自主化与自适应能力将迎来革命性提升。随着深度学习、强化学习算法的迭代，智能设备不再依赖预设程序，而是通过实时感知生产环境变化，自主构建决策模型。面对原材料批次差异、工艺

参数波动等不确定性因素,设备可基于历史数据与实时反馈,动态调整加工策略与控制参数,实现生产过程的自适应优化。在复杂多变的市场环境中,智能化生产线将具备自主规划能力,通过数字孪生技术对不同生产方案进行虚拟验证,自动选择最优生产路径,快速响应个性化定制需求<sup>[4]</sup>。同时,自主诊断与修复系统将成为标配,设备可通过自我监测与故障预测,提前制定维护计划,并在必要时自主完成部分修复操作。这种高度自主化的生产模式,将彻底改变传统制造对人工干预的依赖,显著提升生产灵活性与企业市场竞争力。

### (三) 绿色智能制造发展

绿色智能制造将成为未来机械制造的核心发展方向,智能化技术将贯穿产品全生命周期的绿色化改造。在设计阶段,通过数字仿真技术优化产品结构,减少材料冗余与能耗;生产过程中,智能能源管理系统将实时监测设备能效,基于机器学习算法动态调整能源分配策略,实现能耗最小化;智能加工工艺优化系统则通过精准控制切削参数,降低废料产生与加工能耗。此外,产品全生命周期管理系统将整合回收再利用数据,为设计改进提供依据,形成绿色制造闭环。智能化技术还将推动清洁能源在制造领域的深度应用,如智能微电网系统实现可再生能源与生产负荷的动态匹配。绿色智能制造不仅能降低企业运营成本,更契合全球碳中和目标,成为机械制造行业可持续发展的必由之路,助力企业在绿色经济浪潮中抢占先机。

### (四) 产业生态协同创新

机械制造智能化发展将重塑产业生态,推动形成协同创新的新型产业格局。工业互联网平台将成为产业协同的核心枢纽,通过数据中台整合产业链上下游企业的设计、生产、供应链数据,构建全要素、全流程的协同网络。企业间可基于平台开展协同设计,利用云端算力与虚拟仿真技术,实现跨地域团队的实时协作;协同制造模式下,订单需求将自动拆解为各环节生产任务,通过智能排产系统实现资源的最优配置。科研机构可借助平台获取企业真实需求,加速技术研发与成果转化;用户深度参与产品创新过程,通过反馈使用数据推动产品迭代。这种协同创新生态打破了传统产业边界,促进知识、技术、资源的高效流动,降低创新成本,提升产业链整体竞争力,形成以智能化为驱动的产业协同创新新范式。

### (五) 人机协同深度发展

未来机械制造将实现人机协同的深度进化,重新定义人与机器的协作关系。智能化设备将承担重复性、高强度、高精度的生产任务,而人类操作员将聚焦于创造性、战略性工作,如产品创新设计、复杂问题决策等。通过混合现实(MR)、脑机接口等前沿技术,实现人与设备的自然交互与深度融合,操作员可通过手势、语音甚至脑电波指令控制设备,同时获取设备运行状态的沉浸式反馈。人工智能将作为人类决策的“智能助手”,通过数据分析与情景模拟,为操作员提供决策建议与风险预警<sup>[5]</sup>。在复杂生产场景中,人机将形成“优势互补、智能共生”的协作模式,人类凭借经验与创造力把握方向,机器依托算力与精度执行任务。这种深度协同将释放人机双方的最大潜力,推动机械制造向更高质量、更高效的方向发展,开启智能制造的新纪元。

### 结语

机械设计制造及自动化技术的智能化发展是顺应时代潮流的必然选择,对推动制造业高质量发展具有深远意义。从自动化技术的应用特征与优势,到智能化技术在机械设计制造各环节的深入应用,再到未来多技术融合、自主化提升等发展趋势,智能化正重塑机械制造业的发展格局。面对新的机遇与挑战,企业需积极拥抱智能化变革,加大技术研发与创新投入,培养专业人才,推动机械设计制造行业向高端化、智能化、绿色化方向持续迈进,在全球制造业竞争中占据优势地位,为社会发展提供坚实的产业支撑。

### 参考文献

- [1] 李必贵. 自动化技术在机械设计及制造领域的应用分析[J]. 中国设备工程, 2023, (05): 214—216.
- [2] 王丽霞, 唐义玲. 智能制造时代机械设计及及其自动化技术研究[J]. 中国设备工程, 2023, (04): 33—35.
- [3] 陈永虎, 高刚毅, 鄢发东. 智能制造背景下纺织机械设计及自动化技术的发展趋势浅析[J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52(02): 128—130.
- [4] 吕成升. 智能制造背景下机械设计及自动化技术发展研究方向研究[J]. 智慧中国, 2022, (11): 84—85.
- [5] 蔡佳丽, 蔡丽娟. 智能制造背景下机械设计及自动化技术发展研究方向[J]. 时代汽车, 2022, (11): 145—146.