

智能制造背景下机械设计制造及自动化技术发展趋势分析

郭中辉

风神轮胎股份有限公司 河南 焦作 454000

摘要: 在智能制造技术迅猛发展的背景下,机械设计制造及自动化技术迎来转型革新机遇。本文围绕智能制造与机械制造技术的关联,分析传统制造转型痛点及智能制造的影响,探讨数字化制造、柔性制造等技术革新方向,阐述机械自动化与智能制造的融合路径,最终总结出智能化与自主化、集成化与协同化、绿色化与低碳化三大核心发展趋势。研究可为机械制造行业把握技术变革方向、推进智能化转型提供理论参考与实践指引。

关键词: 智能制造;机械设计制造;自动化技术;发展趋势

引言:当前,全球制造业正加速向智能制造转型升级,以数据驱动、智能决策为核心的智能制造技术,深刻改变着机械设计制造及自动化行业的发展格局。传统机械制造模式面临效率瓶颈、资源浪费等诸多痛点,已难以适配新时代产业发展需求。在此背景下,探究智能制造驱动下机械制造技术的革新方向与融合路径,明确行业核心发展趋势,对推动机械制造行业高质量发展、提升产业核心竞争力具有重要的现实意义与战略价值。

1 智能制造的内涵特征与机械制造技术转型需求

1.1 智能制造的核心要素

智能制造以数据为核心生产要素,构建“数据驱动、智能决策、柔性生产”的闭环体系。数据驱动是其基础,通过工业互联网、传感器等技术采集设计、制造、运维全流程数据,为精准分析与优化提供支撑;智能决策依托人工智能、大数据分析技术,实现生产过程的自主感知、判断与调控,替代传统人工决策的滞后与偏差;柔性生产则聚焦多品种、小批量生产需求,通过智能装备与模块化生产线,快速响应市场需求变化,打破传统规模化生产的刚性约束。

1.2 传统机械制造向智能化转型的痛点分析

传统机械制造模式面临多重痛点,成为转型的核心桎梏。效率瓶颈尤为突出,依赖人工操作的生产环节精度有限、容错率低,生产节拍难以提升,且设备运维依赖经验,故障排查耗时久;资源浪费问题显著,原材料利用率低、能源消耗大,生产计划缺乏精准数据支撑,易造成库存积压与产能闲置;响应滞后严重制约市场竞争力,传统模式下产品设计周期长、生产调整不灵活,难以快速匹配个性化、多元化的市场需求。

1.3 智能制造对机械设计制造的影响

智能制造最核心的影响,是推动机械设计制造从“经验依赖”转向“模型驱动”。传统模式下,设计与

制造多依赖工程师的经验积累,试错成本高、周期长;而在智能制造背景下,通过构建数字孪生模型,可实现产品全生命周期的虚拟仿真与优化,设计方案的可行性、制造过程的合理性可提前预判。模型驱动模式打破了设计与制造的信息壁垒,实现数据实时共享与协同,推动设计、制造、运维环节的深度融合,从根本上提升产品质量与生产效率^[1]。

2 智能制造驱动下机械制造技术的革新方向

2.1 数字化制造技术的深度应用与升级

数字化制造是智能制造的基础载体,其深度应用核心在于实现制造全流程的数字孪生与智能管控。当前,越来越多制造企业推动CAD/CAM/CAE等设计与生产执行系统(MES)、企业资源计划(ERP)系统的深度融合,构建从产品设计、工艺规划到生产加工的全流程数字链路。例如,汽车零部件制造企业通过数字化建模,将产品三维模型直接导入数控加工设备,实现加工参数的自动匹配与精准调控,加工精度误差可控制在0.001mm以内,生产效率提升30%以上。数字化检测技术的升级尤为关键,三坐标测量仪、视觉检测系统与数字孪生模型实时联动,可实现产品缺陷的在线精准识别与数据追溯,大幅降低不良品率,为批量生产的质量管控提供可靠保障。

2.2 柔性制造系统的构建与优化

柔性制造系统的核心目标是适配多品种、小批量的市场需求,其构建与优化需依托智能装备协同与流程模块化设计。在实际应用中,柔性制造系统通过工业机器人、智能输送设备与可重构生产线的有机组合,搭配智能调度系统,实现不同规格产品的快速换产与高效生产。以家电制造行业为例,某冰箱生产企业搭建的柔性生产线,可通过系统指令自动切换压缩机、箱体等核心部件的装配流程,换产时间从传统的2-3小时缩短至15分

钟以内,既能满足个性化定制订单需求,又能保障规模化生产效率。此外,柔性制造系统的优化还体现在资源动态调配能力上,通过实时采集生产数据,智能调度设备、物料与人力资源,避免生产瓶颈,使生产线利用率提升至85%以上,显著降低生产运营成本。

2.3 增材制造(3D打印)技术的工业化应用拓展

增材制造技术凭借“分层制造、逐层叠加”的独特优势,正从原型制作向工业化批量生产加速拓展,成为智能制造背景下机械制造的重要革新方向。在航空航天领域,钛合金、高温合金等难加工材料的复杂零部件制造中,3D打印技术可直接成型一体化结构件,不仅减少了传统切削加工的材料浪费(材料利用率从30%左右提升至90%以上),还能优化零部件的力学性能,降低产品重量。在汽车制造领域,部分企业已实现3D打印定制化内饰件、轻量化结构件的批量生产,通过数字建模直接对接客户需求,大幅缩短产品研发与交付周期。当前,增材制造的工业化突破重点在于提升打印速度、优化材料性能与降低设备成本,随着金属基、陶瓷基打印材料的成熟与大型打印设备的普及,其将在更多高端制造领域实现规模化应用^[2]。

3 机械自动化技术与智能制造的融合发展路径

3.1 智能传感与检测技术在自动化系统中的集成应用

智能传感与检测技术是自动化系统对接智能制造的“感知神经”,其集成应用核心在于实现生产全流程的精准数据采集与实时反馈。在汽车焊接自动化生产线中,激光传感、视觉传感技术与焊接机器人深度集成,可实时检测焊缝位置偏差、焊接温度与熔深,通过数据联动自动调整焊接参数,将焊接不良品率降低40%以上。在高端装备制造领域,压电式传感器、光纤传感器被广泛应用于自动化加工设备,可精准监测主轴振动、刀具磨损等关键参数,结合数据分析实现设备故障预警,将设备停机维护时间缩短30%。当前,传感技术正朝着微型化、智能化、多维度融合方向发展,为自动化系统的精准控制与智能优化提供了坚实的数据支撑。

3.2 工业机器人与自动化生产线的协同优化

工业机器人与自动化生产线的协同优化是融合发展的核心场景,重点解决多设备协同效率低、柔性适配不足等问题。在电子制造行业,某智能手机组装工厂通过搭建机器人协同调度系统,实现6轴工业机器人、SCARA机器人与输送线的精准联动,完成零部件抓取、装配、检测等工序的无缝衔接,生产线产能提升50%,人均效率提高2倍。在工程机械制造领域,通过数字孪生技术构建机器人与生产线的虚拟仿真模型,可提前优化机器人运动轨迹与工序

节拍,避免设备干涉,将生产线调试周期从传统的15天缩短至3天。协作机器人的普及进一步拓展了协同边界,其与人工的安全协同作业模式,有效适配了小批量、定制化生产需求,提升了生产线的柔性化水平。

3.3 自动化控制技术的智能化升级

自动化控制技术的智能化升级是实现智能制造决策闭环的核心支撑,模糊控制、神经网络控制等智能算法的应用,打破了传统PID控制对固定工况的依赖。在化工生产自动化系统中,模糊控制技术可根据原料成分波动、环境温度变化等不确定因素,动态调整反应釜的压力、温度控制参数,确保产品质量稳定性提升35%以上。在智能仓储自动化系统中,神经网络控制算法应用于AGV小车调度,可实时优化路径规划,应对仓储环境中物料堆放变化、人员流动等动态干扰,将物资周转效率提升25%。当前,控制技术正朝着多算法融合、云边协同控制方向发展,通过工业互联网平台实现控制策略的远程优化与迭代,进一步提升了自动化系统的智能决策能力^[3]。

4 智能制造背景下机械设计制造及自动化技术的核心发展趋势

4.1 智能化与自主化

智能化与自主化是机械设计制造及自动化技术适配智能制造发展的核心方向,核心在于推动技术体系从“被动响应”向“主动感知-自主决策-精准执行”的全链条智能转型,是提升制造效率、降低运营成本的关键路径。(1)设计环节的智能化升级,表现为智能设计系统的深度发展与广泛应用,依托深度学习、知识图谱等人工智能技术与海量行业数据资源,实现对复杂设计需求的智能解析、多方案的自主生成与迭代优化,同时深度结合数字孪生技术构建高保真虚拟设计环境,可对产品结构性能、装配可行性、制造工艺兼容性进行全流程智能化预判与动态调整,大幅提升设计方案的精准性与高效性,显著缩短产品研发周期。(2)制造装备的自主化突破,聚焦自主决策型智能装备的研发与规模化应用,通过集成高精度视觉、力觉、声觉等多维度传感技术与先进智能控制算法,实现装备对生产工况微小变化的实时精准感知、加工参数的动态自适应调整,以及设备潜在故障的提前预警与初步自愈,最大限度降低对人工干预的依赖,提升生产过程的稳定性与可靠性。(3)全生命周期管理的智能化延伸,全面覆盖产品从设计、制造、运维到报废回收的全生命周期,通过构建贯通各环节的全周期数据链路,整合生产运行、质量检测、设备状态等多维度数据,实现生产过程的智能化精准管控、运维服务的预测性调度与主动上门服务,以及产品服役

性能的持续监测与迭代优化,形成“设计-制造-运维-改进”的闭环式智能管理体系。

4.2 集成化与协同化

集成化与协同化趋势旨在打破传统机械制造领域的技术壁垒、流程割裂与信息孤岛,实现技术资源的高效配置、流程环节的无缝衔接与跨主体的深度协同,提升产业整体运行效能。(1)全流程集成技术的深化发展,推动产品设计、工艺规划、生产制造、质量检测、运维服务等核心环节的深度衔接与一体化管控,通过工业互联网平台实现CAD、CAM、CAE、MES、ERP等信息系统的互联互通与数据实时共享,构建覆盖产品全价值链的一体化技术体系,彻底消除各环节信息壁垒,实现生产资源的精准调度与流程的协同优化,大幅提升整体生产效率。(2)跨领域技术的协同融合,强化机械工程与电子信息、新材料、人工智能、物联网等多领域的技术交叉融合,推动机电一体化、智能材料与结构、工业软件与硬件协同等新兴技术的创新发展,不断丰富机械设计制造及自动化技术的内涵边界,拓展其在高端装备、智能终端、新能源等多元场景的应用范围。(3)供应链层面的协同化升级,依托工业互联网平台构建全产业链智能制造协同网络,打通产业链上下游企业的信息通道,实现企业间在技术联合研发、生产计划协同调度、原材料与零部件精准配送、资源互补共享等方面的高效联动,提升产业整体响应市场需求的速度与弹性,增强产业链供应链的整体竞争力与抗风险能力。

4.3 绿色化与低碳化

在“双碳”战略全面推进的时代背景下,绿色化与低碳化已成为机械设计制造及自动化技术转型的必然要求与重要发展方向,贯穿于技术研发、产品设计、生产制造到报废回收的技术应用全流程。(1)绿色设计理念的深度融入,将环保性、节能性、可拆解性、可回收性作为核心指标纳入产品设计的初始环节,通过拓扑优化技术优化产品结构以减少材料消耗,优先选用可降解、

可再生、低污染的环保材料,简化制造工艺以降低能耗与污染物排放,从源头构建产品绿色属性,降低产品全生命周期的环境影响。(2)低碳制造技术的创新应用,聚焦生产过程的能耗控制与污染减排核心目标,大力推动高效节能电机、变频调速、余热回收等高效节能装备的研发与推广应用,积极推进光伏、风电等清洁能源在生产环节的替代应用,同时开展传统制造工艺的低碳化改造,推广轻量化制造、精密成型等低耗高效工艺,全面提升能源利用效率,减少碳排放与污染物排放。(3)智能回收与再制造技术的发展,依托智能检测、自动化拆解等先进技术实现对废旧机械产品的精准性能评估、高效分类拆解与核心零部件的无损检测,通过再制造工艺的优化升级与智能修复技术的应用,实现废旧零部件的性能恢复与再利用,有效提升资源循环利用效率,降低对原生资源的依赖,减少资源消耗与环境负担,助力构建“资源-产品-废旧产品-再生资源”的循环经济发展模式^[4]。

结束语:智能制造为机械设计制造及自动化技术的发展注入了强劲动力,推动行业从传统模式向智能化、集成化、绿色化转型。本文梳理的技术革新方向与融合路径,揭示了行业发展的核心逻辑,而三大核心趋势则指明了未来发展方向。随着技术的持续迭代,机械制造业需持续深化技术创新与跨领域融合。

参考文献

- [1]李洋.智能制造背景下机械设计制造及自动化技术发展趋势分析[J].科技资讯,2022,20(18):57-59.
- [2]刘果.智能制造背景下机械自动化技术的发展趋势[J].石河子科技,2025(3):45-46.
- [3]刘鹏.智能制造背景下机械设计制造及其自动化技术发展趋势[J].时代汽车,2025(20):123-125.
- [4]张子彪.智能制造背景下机械设计制造及其自动化技术发展趋势分析[J].大众标准化,2023(11):140-142.