

机械工程

智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用研究

杨宝林

国能准能集团 内蒙古鄂尔多斯 010300

【摘要】机械设计是机械产品生命周期的起点，其设计质量直接决定产品的性能、成本与市场竞争力。机械制造过程是将设计方案转化为实体产品的关键环节，其精度、效率与稳定性直接影响产品质量。智能化技术通过对制造过程的实时感知、智能决策与精准控制，实现制造过程的精益化与自适应优化。本文从智能化技术的核心内涵出发，系统分析其在机械设计环节的创新应用、在制造过程中的效能优化作用，以及在自动化系统中的升级价值，旨在为机械设计制造及其自动化领域的智能化转型提供理论参考。

【关键词】智能化技术；机械设计；机械制造；自动化；智能制造

【中图分类号】TH122 **【文献标识码】**A

Research on the Application of Intelligent Technology in Mechanical Design, Manufacturing and Automation

Yang Baolin

Guoneng Zhuneng Group Ordos City, Inner Mongolia 010300

【Abstract】Mechanical design serves as the starting point of a mechanical product's lifecycle, where design quality directly determines product performance, cost, and market competitiveness. The manufacturing process is the critical phase that transforms design concepts into physical products, where precision, efficiency, and stability directly impact product quality. Intelligent technology achieves lean manufacturing and adaptive optimization through real-time perception, smart decision-making, and precise control throughout the production process. This paper begins with the core concepts of intelligent technology, systematically analyzes its innovative applications in mechanical design, efficiency optimization in manufacturing processes, and upgrade value in automation systems, aiming to provide theoretical references for intelligent transformation in mechanical design, manufacturing, and automation.

【Key words】intelligent technology; mechanical design; mechanical manufacturing; automation; intelligent manufacturing

引言

传统模式下，机械设计依赖经验积累，制造过程存在精度不足、效率低下等问题，自动化系统也多局限于固定流程的重复操作，难以适应多品种、小批量的市场需求以及柔性生产的发展方向。而智能化技术通过融合人工智能、大数据、物联网、数字孪生等先进技术，能够赋予机械设计制造全流程感知、决策、执行、优化的能力，实现设计过程的参数化与协同化、制造过程的自适应与精益化、自动化系统的柔性化与集成化，从根本上提升机械产品的质量、缩短生产周期、降低资源消耗，推动机械行业向高质量、高附加值方向发展。因此，深入研究智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用，具有重要的理论意义与实践价值。

1 智能化技术在机械设计中的应用

1.1 参数化与模块化设计的智能化升级

传统参数化设计虽能通过调整参数生成相似产品模型，但参数之间的关联逻辑与优化方向仍需人工设定，效率较低。智能化技术通过引入遗传算法、粒子群优化算法等智能优化算法，可实现设计参数的自动寻优。例如，在机械零部件设计中，系统可基于产品的性能要求构建多目标优化函数，通过智能算法对材料选型、结构尺寸等参数进行迭代计算，快速筛选出最优设计方案，避免人工试错带来的时间成本。同时，智能化技术推动模块化设计向智能模块库方向发展，模块库不仅存储标准模块的三维模型与参数，还能通过机器学习记录不同模块的组合规律与应用场景，当设计新产品时，系统可根据需求自动推荐模块组合方案，并验证组合后的兼容性与性能匹配度，大幅提升设计效率与标准化水平。

1.2 协同设计与虚拟仿真的深度融合

机械产品的复杂性使得单一设计团队难以完成全部工

作,跨部门、跨地域的协同设计成为趋势,而智能化技术为协同设计提供了高效的技术支撑。基于云计算与物联网技术构建的智能协同设计平台,可实现设计数据的实时共享与同步更新,设计人员无需面对面沟通,即可通过平台对同一模型进行在线编辑、批注与审核,系统还能自动追踪设计版本的变更记录,避免版本混乱与信息丢失。此外,虚拟仿真技术与人工智能的结合,进一步提升了设计验证的准确性与全面性。传统虚拟仿真多局限于静态性能分析,而智能化虚拟仿真可引入实时工况数据,通过数字孪生技术构建产品的虚拟映射模型,模拟产品在不同工作环境下的动态运行状态,如振动、磨损、温度变化等,并利用人工智能算法预测产品的使用寿命与潜在故障风险,提前对设计方案进行修正,减少物理样机的制作次数,降低设计成本。

1.3 知识驱动的设计创新与复用

机械设计蕴含大量的专业知识与经验规则,传统设计中这些知识多以文档形式存储,难以高效复用,且易随人员流动而流失。智能化技术通过知识图谱与专家系统,将分散的设计知识进行结构化整理,构建机械设计知识库。在设计过程中,系统可通过自然语言处理技术理解设计需求,从知识库中调取相关知识与案例,为设计人员提供决策支持。例如,当设计一款新型齿轮传动系统时,系统可自动检索相似传动系统的设计参数、失效模式及改进方案,帮助设计人员规避常见问题。同时,机器学习算法可对设计过程中产生的新数据与新经验进行分析与学习,不断更新知识库,实现设计知识的循环复用与创新。

2 智能化技术在机械制造过程中的应用

2.1 智能制造装备的普及与升级

智能制造装备是智能化制造过程的核心载体,其通过集成传感器、控制器、执行器与人工智能算法,具备自主感知、自主决策与自主执行的能力。传统制造装备多为被动执行设备,需人工设定加工参数并监控运行状态,而智能化制造装备可实现主动优化。例如,智能数控机床通过安装振动传感器、温度传感器与视觉传感器,可实时采集加工过程中的振动幅度、切削温度、工件尺寸等数据,利用人工智能算法对数据进行分析,判断加工过程是否稳定,若发现振动过大或尺寸偏差,可自动调整切削速度、进给量等参数,确保加工精度。此外,智能工业机器人的应用范围不断扩大,其通过视觉识别技术与力传感器,可实现工件的自动抓取、定位与装配,即使工件位置存在微小偏差,也能通过实时调整动作轨迹完成操作,大幅提升装配精度与效率。同时,智能制造装备之间可通过工业以太网实现数据交互,形成协同工作的装备集群,适应多品种、小批量的柔性生产需求。

2.2 制造过程的实时监控与质量追溯

传统制造过程的质量监控多采用事后检测模式,即产品加工完成后进行抽样检测,难以实时发现加工缺陷,且当出现质量问题时,难以快速追溯问题根源。智能化技术通过物联网与大数据分析,构建制造过程的实时监控与质量追溯体系。在制造过程中,每个工件都可赋予唯一的数字身份证,通过分布在生产线上的传感器与数据采集终端,实时采集工件的加工参数、设备状态与质量检测数据,并将数据上传至云端大数据平台。平台通过数据挖掘算法对数据进行分析,实时识别异常数据,若发现某道工序的加工参数超出正常范围,可立即发出预警信号,提醒工作人员及时处理,实现事中干预。当产品出现质量问题时,通过数字身份证可快速追溯该产品的全部加工过程数据,包括使用的设备、操作人员、加工时间与参数等,精准定位问题根源,为质量改进提供数据支持,同时也能保障产品的质量安全,满足消费者对产品溯源的需求。

2.3 生产调度与资源配置的智能优化

机械制造车间的生产调度涉及设备、人员、物料等多种资源的协调,传统调度方式多依赖人工经验制定计划,难以应对生产任务的动态变化,易导致资源浪费与生产延误。智能化技术通过引入智能调度算法与实时数据感知,实现生产调度的动态优化。智能调度系统可实时获取车间的设备状态、物料库存、订单进度等数据,基于生产目标构建调度模型,通过智能算法计算出最优的生产任务分配方案与设备运行计划。例如,当某台设备突发故障时,系统可自动识别故障影响范围,快速调整其他设备的生产任务,将故障设备的订单转移至空闲设备,避免生产中断。同时,智能化技术还能实现资源配置的精准优化,通过分析设备的能耗数据与生产效率,合理安排高能耗设备的运行时间,减少能源浪费;通过预测物料需求,实现物料的精准采购与配送,降低库存成本,提升车间的整体生产效率与资源利用率。

2.4 绿色制造的智能化推进

在“双碳”目标背景下,绿色制造已成为机械制造行业的重要发展方向,而智能化技术为绿色制造提供了有效的技术路径。通过智能化技术可实现制造过程的能耗监测与优化,在车间安装智能电表、水表、气表等能耗监测设备,实时采集各设备与工序的能耗数据,利用大数据分析算法识别能耗异常环节,找出高能耗原因,并制定针对性的节能方案。例如,通过分析机床的能耗数据,发现机床在待机状态下能耗较高,可通过智能控制系统设置机床的自动待机休眠模式,减少待机能耗。此外,智能化技术还能推动废弃物的回收与再利用,通过视觉识别技术对生产过程中产生的废料进行分类识别,引导机器人将废料输送至对应的回收装置,提高废料的回收利用率。同时,智能算法可优化加工工艺,减

少材料的浪费,例如通过优化零件的切削路径,减少切削余量,降低材料消耗,实现机械制造过程的绿色化与可持续发展。

3 智能化技术在机械自动化系统中的应用

3.1 自动化系统的柔性化与自适应控制

传统自动化系统的控制逻辑多为固定程序与人工调整,当生产任务或工件型号发生变化时,需重新编写控制程序并调整设备参数,耗时较长。智能化技术通过引入模糊控制、神经网络控制等智能控制算法,实现自动化系统的柔性化与自适应控制。智能控制算法可根据系统的实时运行状态与外部环境变化,自动调整控制参数,无需人工干预。例如,在自动化装配线上,当工件的尺寸因材料热胀冷缩出现微小偏差时,智能控制系统可通过视觉传感器感知偏差信息,利用模糊控制算法实时调整机械手的动作参数,确保装配过程的顺利进行,无需重新编写装配程序。此外,智能化自动化系统还支持一键切换生产模式,当需要生产不同型号的产品时,系统可自动调用对应的生产程序与参数,快速完成生产线的调整,大幅提升自动化系统的柔性及响应速度,适应多品种、小批量的生产需求。

3.2 自动化系统的集成化与智能化管理

传统机械自动化系统多为孤岛式运行,不同环节的自动化设备之间缺乏数据交互与协同工作,难以实现全流程的自动化管理。智能化技术通过工业互联网与MES的融合,推动自动化系统向集成化与智能化管理方向发展。基于工业互联网构建的自动化系统集成平台,可将车间内的所有自动化设备、传感器、数据采集终端连接起来,实现数据的实时共享与设备的协同控制。MES系统作为智能化管理的核心,可实时获取自动化系统的生产数据,通过大数据分析与人智能算法,对生产过程进行全面监控与管理。例如,MES系统可根据订单需求制定生产计划,并将计划自动分解为各自动化设备的生产任务,实时跟踪任务完成进度;当某台自动化设备出现故障时,MES系统可自动发出故障警报,并推送故障处理方案,同时调整其他设备的生产任务,确保生产计划的顺利推进。此外,MES系统还能对自动化系统的

运行数据进行统计分析,生成生产报表、设备维护报表等,为企业管理层提供决策支持,实现自动化系统的智能化管理与高效运行。

3.3 远程监控与故障诊断的智能化实现

传统机械自动化系统的故障诊断多依赖技术人员到现场排查,不仅耗时较长,还可能因技术人员经验不足导致故障误判,影响系统的正常运行。智能化技术通过物联网与远程监控平台,实现自动化系统的远程监控与智能化故障诊断。在自动化设备上安装远程监控模块与传感器,可将设备的运行参数与状态信息实时上传至远程监控平台,技术人员无需到现场,即可通过电脑或手机端查看设备的运行状态。当设备出现异常时,远程监控平台可通过人工智能故障诊断算法对异常数据进行分析,对比故障知识库中的案例,快速定位故障原因,并生成故障处理方案,推送至现场工作人员或直接远程控制设备进行简单的故障修复。例如,当自动化输送线的电机出现过热故障时,远程监控平台可通过分析电机的温度数据与电流数据,判断故障原因可能是电机轴承磨损,进而推送轴承更换的步骤与注意事项,指导现场工作人员快速修复故障。远程监控与智能化故障诊断不仅缩短了故障处理时间,降低了维护成本,还能实现设备的预测性维护,通过分析设备的运行数据预测设备的潜在故障风险,提前安排维护计划,避免突发故障导致的生产中断。

4 结束语

综上所述,在工业4.0与中国制造2025的战略背景下,智能化技术已不再是机械行业发展的可选项,而是推动行业从自动化向智能化深度转型的核心支撑。它不仅通过数据驱动优化了产品全生命周期的运行效率,更助力机械制造实现柔性化生产、绿色化发展与高附加值创造,为应对多品种小批量的市场需求、达成“双碳”目标提供了切实可行的技术路径。当前,智能化技术与机械设计制造及其自动化的融合仍处于深化阶段,技术应用的场景将随算法迭代、硬件升级进一步拓展。本文的研究旨在为行业提供理论参考,助力企业更清晰地把握技术应用方向,从而在新一轮产业变革中找准定位,推动我国机械制造业实现高质量、可持续发展。

参考文献

- [1]李江. 机械设计制造中的数字化与智能化技术分析[J].集成电路应用, 2024, 41(01): 180-181.
- [2]孙占涛, 杜立红, 关爱如, 等. 机械设计制造的数字化与智能化发展思考[J].现代工业经济和信息化, 2023, 13(02): 41-43.
- [3]段明艳. 浅析机械设计制造的数字化与智能化[J].中国设备工程, 2022, (18): 29-31.
- [4]谢士根, 李剑峰. 自动化技术在机械设计制造中的应用[J].冶金管理, 2022, (17): 21-23.
- [5]沈喜丰. 浅谈人工智能技术在机械设计制造中的应用[J].中国设备工程, 2022, (09): 32-34.