

智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用研究

袁海滨

新乡市长城机械有限公司 河南 新乡 453600

摘要: 机械设计制造及其自动化是现代工业体系的重要支撑,智能化技术的引入为其转型升级提供了关键路径。本文围绕智能化技术在机械设计、制造及自动化三大环节中的应用展开分析,探讨其在设计方案优化、加工工艺调控、自动化控制及设备协同等方面的具体实践逻辑。针对当前技术融合深度不足、应用碎片化等问题,从技术完善、应用优化及人才支撑三个维度提出发展路径,为推动机械设计制造领域的智能化深入渗透提供系统性参考与理论支撑。

关键词: 智能化技术;机械设计制造;自动化控制;数字孪生;系统集成

引言: 随着工业生产向高效化、柔性化方向持续演进,机械设计制造及其自动化面临着设计周期压缩、工艺精度提升及系统协同增强等多重需求。传统技术手段在应对复杂工况与多变订单时已显现出明显瓶颈,智能化技术凭借自学习、自适应与自决策能力,为突破上述局限提供了可行方案。深入分析智能化技术在设计优化、制造管控及自动化集成中的应用机理,梳理这类技术的嵌入逻辑与实施路径,对推动机械制造产业向高质量方向转型具有重要的理论价值与实践意义。

1 智能化技术在机械设计环节的应用

1.1 智能化技术在设计方案优化中的应用

智能化技术通过嵌入遗传算法、粒子群算法等优化模块,实现机械设计方案的全局搜索与多目标重构,摆脱传统模块化设计对人工经验的过度依赖^[1]。在实际工程场景中,复杂零部件往往涉及多个性能指标的综合平衡,单一目标的优化手段难以兼顾轻量化与高强度的矛盾要求。智能算法通过种群迭代与交叉变异操作,在高维设计空间中快速搜索帕累托最优解集,帮助工程师直观比较不同方案的性能差异。深度学习模型还能从海量历史案例中提取设计规律,为新产品的概念设计阶段提供有价值的参考方向,显著缩短方案论证周期。智能系统可调用历史设计数据构建优化基础,结合设计约束条件自动生成多个候选方案,通过多物理场仿真模拟完成方案适配性评估,筛选出性能、成本与可制造性最优的设计方案。生成式设计工具的融入进一步推动设计模式升级,能够基于设定的性能目标自主构建结构模型,实现从模块拼装向智能生成的跨越,提升设计方案的创新性与合理性。

1.2 智能化技术在设计流程简化中的应用

智能化技术通过构建统一的数据接口标准与产品数据管理平台,打通传统机械设计中建模、仿真、工艺评

估等环节的割裂状态,实现设计数据的全流程流转与共享。借助CAD/CAE集成平台与自动参数化建模工具,将传统串联式设计流程转化为并行式作业,设计人员可同步开展多轮方案生成与仿真验证,大幅压缩设计周期。智能设计助手通过自然语言处理与语义识别技术捕捉设计意图,实时提供标准参考与风险提示,减少人工重复建模与调试工作,推动设计流程向高效化、集约化转型。

1.3 智能化技术在设计参数调整中的应用

智能化技术依托高算力平台与机器学习算法,实现机械设计参数的精准调控与动态优化,解决传统参数调整中误差大、效率低的问题。智能系统可基于历史设计数据与性能反馈信息,构建参数与性能之间的关联模型,实时捕捉参数调整对产品性能的影响。通过实时仿真反馈与参数驱动机制,能够自动修正参数偏差,实现尺寸、公差、材料特性等关键参数的最优匹配,同时兼顾产品性能稳定性与可制造性,降低参数调整过程中的人工干预成本,提升参数调整的精准度与效率。

2 智能化技术在机械制造环节的应用

2.1 智能化技术在加工工艺优化中的应用

智能化技术通过整合自适应控制、数字孪生等先进技术,可对机械加工工艺进行动态优化与精准调控,破解传统加工工艺中参数设置不合理、工艺适配性差的难题。智能加工系统能够实时采集加工过程中的切削力、温度、刀具磨损等关键数据,通过大数据分析 with 智能算法运算,精准识别工艺短板并自动调整加工参数,优化切削路径与加工节奏^[2]。依托数字孪生技术构建的虚拟加工环境,可提前模拟加工全过程,预判工艺实施过程中的潜在问题并提前优化,减少加工过程中的误差与返工,提升加工精度与工艺稳定性。这种工艺优化模式能够适配不同规格、不同类型的加工需求,推动加工工艺从固定化、经验化向动态化、精准化转型,有效降低加工成

本,提升加工效率与产品加工质量。对于薄壁件加工中因切削热引起的热变形问题,智能系统结合温度场仿真数据动态调整进给策略,在保证表面质量的前提下有效控制变形量。面对多品种混线生产场景,算法可根据工件材质与几何特征自动匹配最优刀具组合与切削参数,避免频繁换刀造成的节拍损失,使产线柔性化水平显著提高。

2.2 智能化技术在生产流程管控中的应用

智能化技术通过搭建智能生产管控平台,整合智能传感、物联网、数据挖掘等技术,实现机械制造生产流程的全流程可视化、精准化管控。智能管控系统可实时采集生产过程中的设备运行状态、生产进度、质量检测等各类数据,通过数据整合分析,精准把控生产各环节的运行态势,及时发现生产过程中的异常情况并发出预警,快速联动相关环节完成调整。智能管控平台可实现生产任务的智能分配与动态调度,根据生产负荷、设备状态灵活调整生产计划,避免生产资源浪费与流程拥堵。同时,智能质量管控模块可对加工过程中的产品质量进行实时检测与分析,精准识别质量缺陷并追溯问题源头,减少不合格产品产出,推动生产流程管控从被动应对向主动预判、精准管控转型,提升生产流程的有序性与可控性。

2.3 智能化技术在制造过程协同中的应用

智能化技术通过构建统一的协同管理平台与数据交互体系,打破机械制造过程中设计、加工、检测、仓储等各环节的信息壁垒,实现各环节的高效协同与数据无缝流转。协同管理平台可整合各环节的工作任务与数据信息,实现任务分配、进度同步、信息共享的一体化管理,确保各环节工作衔接顺畅,减少因信息不对称导致的工作脱节与效率损耗。依托智能协同技术,可实现跨部门、跨岗位的高效协作,工作人员可实时获取相关环节的工作信息与数据支持,快速响应工作需求,优化工作衔接流程。智能协同系统还可根据制造过程中的动态变化,灵活调整各环节的工作节奏与协作模式,适配生产需求的动态调整,提升制造过程的协同效率与灵活性,推动制造过程从分散式作业向协同化、一体化作业转型,为机械制造全流程高效运转提供保障。

3 智能化技术在机械自动化环节的应用

3.1 智能化技术在自动化控制中的应用

智能化技术依托模糊控制、神经网络、自适应控制等先进控制算法,可构建高精度、高响应的自动化控制体系,破解传统自动化控制中参数固定、抗干扰能力弱、控制精度不足的难题。智能控制系统能够实时采集自动

化运行过程中的各类运行数据,通过智能算法快速分析数据偏差,自动调整控制参数,实现对机械自动化设备运行状态的精准调控。智能控制体系可根据运行环境的变化、负载的波动灵活调整控制策略,有效抵御外部干扰,确保自动化设备始终保持稳定运行状态^[3]。通过智能控制技术的应用,可实现自动化控制从固定模式向动态自适应模式转型,提升自动化控制的精准度与可靠性,为机械自动化系统的高效运行奠定基础。在多轴同步运动控制中,智能算法根据各轴实际跟随误差动态分配伺服增益,消除因机械传动间隙导致的相位滞后。对于温度变化引起的导轨热伸长问题,控制系统结合光栅尺反馈实时补偿定位偏差,保证长行程运动中的重复定位精度始终满足工艺要求,避免传统开环控制难以应对的累积误差问题。

3.2 智能化技术在设备联动中的应用

智能化技术通过搭建统一的设备联动管控平台,整合物联网、数据通信、智能调度等技术,打破传统机械自动化设备各自独立运行的格局,实现多设备、多工序的无缝联动与协同运转。在柔性生产线中,不同品牌、不同年代的设备通信协议各不相同,设备之间的信息交互往往需要人工编写中间程序来桥接,维护成本高且响应速度慢。智能联动平台通过部署边缘计算网关,将各异构协议统一转换为标准数据格式,各设备之间的指令传递延迟控制在毫秒级别。当上游工序的出料速度因故障降低时,下游设备自动进入待料状态,避免了物料堆积或空跑造成的能源浪费与设备损伤。智能联动系统可实现各自动化设备之间的数据实时交互与指令精准传递,协调各设备的运行节奏,避免设备运行脱节与流程卡顿。依托智能调度算法,可根据生产任务的变化灵活调整各设备的运行参数与联动模式,优化设备运行效率,减少设备闲置与资源浪费。智能联动技术还可实现设备运行状态的实时监测与异常预警,当某一设备出现运行异常时,可快速联动相关设备调整运行状态,降低故障对整体自动化系统运行的影响,提升设备联动的协调性与稳定性。

3.3 智能化技术在自动化系统调试中的应用

智能化技术借助数字孪生、虚拟仿真、智能诊断等技术,可大幅优化机械自动化系统的调试流程,破解传统调试工作耗时久、难度大、误差率高的行业痛点。智能调试系统可构建自动化系统的虚拟仿真模型,提前模拟系统运行全过程,精准识别调试过程中可能出现的参数偏差、链路异常等问题,提前完成优化调整,减少现场调试的返工次数。依托智能诊断算法,可实时采集调

试过程中的各类数据,快速定位调试过程中的故障点与问题根源,为调试人员提供精准的调整建议,简化调试操作流程,缩短调试周期。智能调试技术可实现调试过程的智能化、精准化,推动自动化系统调试从经验试错向数据精准调试转型,提升调试效率与调试质量,确保自动化系统快速达到稳定运行状态。

4 智能化技术的发展路径

4.1 技术层面的完善路径

技术层面的完善需聚焦核心技术突破与技术体系整合,强化自主创新能力,破解关键技术卡脖子问题。需加大对智能算法、数字孪生、工业互联网等核心技术的研发投入,推动算法模型的迭代升级,提升技术的精准度与适配性,打破传统技术局限^[4]。加强技术融合创新,推动智能化技术与机械工程领域的核心技术深度融合,完善技术标准体系,规范技术应用流程,提升技术应用的规范性与统一性。搭建技术研发共享平台,促进产学研协同创新,推动技术成果转化,让先进技术快速落地应用,填补技术应用与研发之间的差距,逐步构建完善的智能化技术体系,为机械领域智能化发展提供技术支撑。在边缘计算层面,需重点突破轻量化推理模型的部署难题,使复杂神经网络能够在算力受限的工业控制器上实时运行。数据安全与隐私保护也应纳入技术研发议程,建立从采集、传输到存储的全链路加密机制,防止工业数据在开放网络环境中被窃取或篡改,为智能化技术的大规模推广消除后顾之忧。

4.2 应用层面的优化路径

应用层面的优化需立足机械工程各环节实际需求,深化智能化技术应用深度,破解应用碎片化、同质化问题。需结合机械设计、制造、自动化等各环节的核心痛点,针对性优化智能化技术应用方案,提升技术应用的针对性与实效性,避免技术应用与实际需求脱节。推动智能化技术应用从单一环节向全流程延伸,实现各环节智能化应用的无缝衔接,构建全流程智能化应用体系,提升整体应用效能。加强应用反馈机制建设,及时收集技术应用过程中的问题与建议,持续优化应用方案,推动智

能化技术应用从基础层面向高端层面升级,实现应用质量与效率的双重提升。

4.3 人才层面的支撑路径

人才层面的支撑需聚焦专业人才培养与人才队伍建设,破解人才供需失衡、专业能力不足等问题。构建多元化人才培养体系,优化高校相关专业课程设置,将智能化技术与机械工程专业知识深度融合,培养兼具理论知识与实践能力的复合型人才^[5]。加强企业与高校、科研机构的合作,开展定向培养与在职培训,提升现有从业人员的专业技能与创新能力,适配智能化技术应用需求。完善人才激励机制,吸引高端智能化技术人才与机械工程专业人才投身行业发展,优化人才队伍结构,打造一支高素质、专业化的人才队伍,为智能化技术在机械领域的持续应用提供坚实人才保障。

结束语

智能化技术已深度嵌入机械设计、制造与自动化的核心环节,从设计方案的智能生成到加工工艺的动态调控,再到自动化系统的协同联动,技术应用的广度与深度持续拓展。面对技术融合不足、应用碎片化及人才短缺等现实挑战,需从核心技术攻关、全流程应用贯通与复合人才培养三个层面协同发力,构建技术研发与产业应用良性互动的发展格局。持续深化智能化技术与机械工程的有机融合,将为制造产业的提质增效与高质量发展注入持久动力。

参考文献

- [1]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.
- [2]王勇.智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用研究[J].时代汽车,2025(13):23-25.
- [3]徐一凡.智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用研究[J].模具制造,2025,25(2):23-25.
- [4]杜佳昱.智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用研究[J].百科论坛电子杂志,2025(17):310-312.
- [5]彭希禹.探析智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用[J].数字化用户,2025(29):109-111.