

提高机械设计制造及其自动化的有效途径

夏 羿

浙江亿日气动科技有限公司 浙江 慈溪 315300

摘 要：机械设计制造及其自动化以安全可靠、流程简化与效率提升、多技术融合性为主要特点。通过创新体系构建与工艺优化，加强核心技术研发与生产工艺革新；引入智能化、精密化等先进制造技术；推进数字化与虚拟仿真应用，实现全流程精准管控；升级自动化装备，提升设备性能与柔性生产能力。这些途径可有效推动机械制造向智能化、高效化转型，降低成本、提高质量，增强产业竞争力，为制造业高质量发展提供有力支撑。

关键词：机械设计制造；自动化；提升途径

引言：随着工业4.0与智能制造的深入推进，机械设计制造及其自动化已成为衡量国家工业实力的核心指标。当前，我国机械制造业面临传统工艺与智能化需求的矛盾，存在核心技术对外依存度高、生产效率与精度不足等问题。在此背景下，探索提高机械设计制造及其自动化水平的有效途径，对推动产业转型升级、增强国际竞争力具有重要意义。通过技术创新、工艺优化与装备升级，可实现机械制造向高效化、智能化、绿色化发展，为制造强国建设奠定坚实基础。

1 提高机械设计制造及其自动化的积极意义

提高机械设计制造及其自动化水平对推动工业现代化和经济高质量发展具有重要意义。这一技术通过融合机械制造基础理论与自动化控制、信息技术，实现了生产方式的革命性变革，显著提升了生产效率与质量。自动化生产线能突破人工局限，实现24小时连续稳定运行，通过计算机辅助设计、3D模拟仿真等技术优化流程，将产品研发周期缩短30%以上，生产精度控制在微米级，产品合格率提升至99.5%以上。同时，减少60%以上人工投入，通过智能化管理降低15%-20%资源浪费，为企业创造显著经济效益。在产业升级方面，推动制造业从劳动密集型向技术密集型转型，促进新材料、新工艺、新设备涌现，如工业机器人与柔性生产线实现多品种产品快速切换，数字化孪生技术优化生产参数^[1]。此外，在资源节约与环境保护上作用关键，降低20%-30%能源消耗，减少40%以上污染物排放，替代人工在危险环境作业，降低工伤事故率。作为国民经济支柱产业，还带动就业结构优化，催生新兴职业，提升劳动者技能水平，为经济增长注入持久动力，推动社会生产力进步与国家综合竞争力提升。

2 机械设计制造及其自动化的主要特点

2.1 安全与可靠性

2.1.1 自动化故障诊断与实时监控保障安全可靠

机械设计制造及其自动化系统通过集成智能传感与数据处理技术，构建全时段安全监控网络。设备运行中，温度、压力、振动等关键参数实时上传至控制系统，当检测值超出预设安全阈值（如轴承温度 $> 85^{\circ}\text{C}$ 、振动幅值 $> 4.5\text{mm/s}$ ），系统立即触发分级预警，自动切断危险回路并推送维修指令。同时，结合历史故障数据库与AI算法，可提前7-15天预判潜在失效风险（如齿轮箱油液污染度趋势分析），实现从“被动维修”到“主动防护”的转变，使设备安全事故率降低60%以上，核心工序连续运行可靠性达99.8%。

2.1.2 结构与控制设计强化安全可靠

系统在机械结构与控制逻辑层面双重保障安全可靠。关键执行部件采用“主备冗余”设计，如伺服电机配置双编码器校验，当主编码器故障时0.3秒内切换备用信号；压力管道设置三级泄压保护（安全阀+爆破片+紧急切断阀），确保超压工况下压力泄放速度 $> 0.5\text{MPa/s}$ 。控制程序植入“故障-安全”逻辑，任何传感器信号丢失或执行器卡涩时，系统自动切换至安全停机模式，配合物理防护装置（如安全光幕、联锁门），实现“软硬件双重防护”，满足GB/T20818机械安全标准要求。

2.1.3 环境适应性设计提升长期安全可靠

针对工业复杂环境，系统通过材料选型与防护技术确保长期安全可靠运行。高温环境设备采用陶瓷纤维隔热层与水冷夹套，使核心部件工作温度控制在 $-40\sim 200^{\circ}\text{C}$ ；腐蚀工况下传感器探头采用哈氏合金C276材质，电气接口采用防爆密封结构（ExdIIBT4）。通过1000小时盐雾试验、500万次机械振动测试验证耐久性，关键部件（如滚珠丝杠、减速器）设计寿命 ≥ 8 万小时，平均无故障工作时间（MTBF）突破6000小时，在粉尘、潮湿、电磁干扰等恶劣条件下仍保持稳定性能，保

障生产全周期安全可靠。

2.2 流程简化与效率提升

机械设计制造及其自动化通过技术集成与智能控制,实现了生产流程的深度简化与效率跃升。在设计阶段,计算机辅助设计(CAD)与三维仿真技术替代传统人工制图,设计周期缩短40%~60%,如汽车零部件从图纸设计到原型验证可压缩至72小时内;模块化设计使零件通用化率提升至80%以上,减少重复开发成本。生产环节中,自动化生产线通过PLC控制系统与工业机器人协同作业,将传统分散的“单机操作-人工转运-重复检验”流程整合为连续流生产,工序衔接时间缩短80%,如电子元件贴片生产线节拍时间从3秒/件降至0.8秒/件。同时,智能化管理系统实时优化生产调度,通过大数据分析动态调整设备负载与物料配送,设备利用率提升30%~50%,在机械加工领域,数控加工中心配合自动上下料系统,实现24小时无人化生产,单班产能提高2~3倍^[2]。此外,自动化技术简化了人工干预环节,操作人员仅需通过人机界面监控与参数调整,人均管理设备数量从传统的3~5台增至20~30台,劳动生产率提升150%以上,推动生产模式从“粗放式”向“精益化”转型。

2.3 多技术融合性

机械设计制造及其自动化的核心特征在于多学科技术的深度交叉与集成,通过融合机械工程、电子信息技术、计算机科学、材料科学等领域成果,构建智能化、系统化的制造体系。在技术架构上,以机械设计为基础,集成传感器、PLC控制器、工业总线等电子技术,实现设备状态的实时感知与精准控制,例如智能机床通过光栅尺与伺服驱动系统的闭环反馈,加工精度达 $\pm 0.001\text{mm}$ 。同时,计算机技术的深度渗透推动设计与制造环节的数字化转型,CAD/CAM软件实现从三维建模到数控代码生成的无缝衔接,数字孪生技术则通过虚拟仿真优化生产流程,减少物理试错成本60%以上。物联网与大数据技术的引入打破信息孤岛,生产设备通过5G或工业以太网互联,形成“感知-分析-决策-执行”的智能闭环,如汽车焊接车间利用机器视觉与AI算法,实现焊接质量的100%在线检测。材料科学的进步也为技术融合提供支撑,碳纤维复合材料与3D打印技术结合,使复杂构件制造周期缩短50%,而纳米涂层技术提升刀具寿命3~5倍。这种多技术融合不仅拓展了机械制造的应用边界,更催生了智能制造、柔性生产等新模式,推动传统制造业向“技术密集型”转型升级,成为工业4.0时代的核心驱动力。

3 机械设计制造及其自动化水平提升途径

3.1 创新体系构建与工艺优化

3.1.1 加强核心技术自主研发

创新体系构建需以核心技术突破为根基,聚焦机械制造领域“卡脖子”问题,加大研发投入与人才培养力度。企业应联合高校、科研院所建立产学研协同创新平台,针对高端数控系统、精密减速器、智能传感器等关键部件开展攻关,通过专利布局形成技术壁垒。例如,通过逆向工程与正向设计结合,突破航空发动机叶片五轴联动加工技术,将加工效率提升40%;同时,建立研发成果转化机制,鼓励工程师参与技术创新,对成功落地项目给予股权激励,推动科技成果从实验室向生产线快速转化,提升产品核心竞争力。

3.1.2 推动生产工艺智能化革新

工艺优化需依托智能化技术重构生产流程,通过引入工业机器人、自动化物流系统与数字孪生技术,实现制造过程的柔性化与精密化。在机械加工环节,采用高速切削、激光焊接等先进工艺替代传统加工方法,使零件表面粗糙度从Ra3.2降至Ra0.8;装配阶段应用机器视觉引导与力控技术,实现发动机缸体与活塞的全自动精准对接,装配误差控制在 $\pm 0.01\text{mm}$ 以内。此外,通过工艺参数数据库与AI算法实时优化切削速度、进给量等参数,使材料利用率提升15%,能耗降低20%,推动工艺模式从“经验驱动”向“数据驱动”转型。

3.1.3 自动化设备升级与模块化设计

设备升级需兼顾传统产线改造与新型智能装备引进,通过加装传感器、伺服系统与工业软件,将老旧机床改造为“智能单元”,实现加工数据实时采集与远程监控,改造后设备OEE(设备综合效率)提升至85%以上。同时,推广模块化设计理念,将产品划分为标准化功能模块(如动力模块、传动模块),通过模块组合快速响应市场需求,新产品研发周期缩短50%。例如,工程机械企业采用模块化底盘设计,可兼容不同吨位挖掘机的装配需求,生产切换时间从4小时压缩至30分钟,大幅提升制造灵活性与市场适应性。

3.2 先进制造技术引入

先进制造技术的引入是突破传统生产模式、提升核心竞争力的关键路径,需结合行业需求精准布局。

(1) 智能化技术深度渗透生产全流程。通过引入工业机器人、AGV无人小车及机器视觉系统,实现上下料、装配、检测等工序自动化,如汽车焊接生产线采用多机器人协同作业,焊接效率提升50%,不良率降至0.1%以下;AI算法实时优化加工参数,使数控机床切削效率提高30%。(2) 数字化设计与仿真技术革新研发模式。应用CAD/CAM/CAE一体化软件,构建产品数字模型并进

行虚拟测试,如航空发动机叶片通过有限元仿真优化结构强度,研发周期缩短40%;数字孪生技术实现生产过程虚实映射,提前发现产线瓶颈,设备调试时间减少60%。

(3)精密制造技术突破质量瓶颈。推广超精密加工、激光微纳加工等技术,零件加工精度达微米级,如半导体设备导轨平面度控制在 $0.5\mu\text{m}/\text{m}$;增材制造技术实现复杂构件一体化成型,材料利用率从传统工艺的30%提升至90%以上。(4)绿色制造技术推动可持续发展。采用低温切削、干式磨削等清洁工艺,减少切削液使用量80%;引入能源管理系统实时监控设备能耗,通过余热回收技术使车间能源利用率提高25%,助力实现“双碳”目标。

(5)网络协同制造技术优化资源配置。基于工业互联网平台实现跨厂区、跨企业数据共享,如汽车零部件供应商通过云端协同设计,响应主机厂订单周期缩短30%;区块链技术保障供应链数据可信交互,零部件追溯效率提升50%。

3.3 数字化与虚拟仿真

数字化与虚拟仿真技术通过构建“设计-生产-运维”全流程数字孪生体,实现机械制造过程的精准管控与效能跃升。设计阶段,采用三维参数化建模与多物理场仿真(如结构强度、热力学分析),将产品性能验证从物理试制转向虚拟测试,例如风电齿轮箱通过动力学仿真优化齿形参数,疲劳寿命提升30%,研发周期缩短50%;虚拟装配技术可提前识别零部件干涉问题,减少物理样机迭代次数70%以上。生产环节中,数字孪生产线实时映射设备运行状态,通过大数据分析预测刀具磨损、设备故障等风险,如航空发动机机匣加工通过虚拟切削仿真优化进给速度与切削深度,材料去除率提高25%,加工误差控制在 $\pm 0.003\text{mm}$;基于数字模型的工艺规划自动生成数控代码,避免人工编程失误,首件合格率从65%提升至98%^[3]。此外,数字化运维平台整合设备传感器数据与虚拟模型,实现远程故障诊断与维护方案模拟,售后服务响应时间缩短60%,推动机械制造向“虚实协同、数据驱

动”的智能化转型。

3.4 自动化装备升级

自动化装备升级通过智能化改造与新型设备引进,全面提升机械制造的自动化水平与生产效能。针对传统设备,采用“加装传感器+升级控制系统”的改造方案,如老旧车床配备伺服驱动与PLC控制器,实现进给精度从 0.01mm 提升至 0.001mm ,加工效率提高40%;冲压设备加装光幕传感器与自动送料机构,实现无人化生产,工伤事故率降低90%。同时,引进工业机器人、智能加工中心等高端装备,构建柔性生产线。例如,汽车零部件生产线采用6轴协作机器人完成焊接、搬运等工序,节拍时间缩短至20秒/件,产能提升1.5倍;五轴联动加工中心实现复杂曲面一次成型,替代传统多工序加工,生产周期压缩60%。此外,推广自动化物流系统,AGV小车与立体仓库配合实现物料智能配送,库存周转率提高50%,设备综合效率(OEE)从60%提升至85%以上,推动制造模式从“半自动化”向“全流程智能化”跨越。

结语

未来,机械设计制造及其自动化将深化多技术融合,加强核心技术自主研发,推动产业向智能化、绿色化、服务化转型。通过融合人工智能、物联网、大数据等先进技术,实现生产过程的智能优化与控制,提升效率和质量。同时,加大绿色制造技术的研发,推广使用清洁能源和环保材料,构建低碳循环的生产体系。此外,通过提供定制化、智能化的服务解决方案,满足客户需求,提升服务价值。

参考文献

- [1]周新刚.自动化技术在机械设计中的应用探讨[J].科技风,2020(25):110-111.
- [2]刘松涛,陆思杰.机械设计制造的智能化发展趋势综述[J].内燃机与配件,2019(24):239-240.
- [3]刘伟强.浅析机械设计制造中机电一体化的应用[J].内燃机与配件,2019(24):215-216.