

机械设计制造与自动化技术研究

张宏博 贺炎超 孙志博

格力电器(郑州)有限公司 河南 郑州 450001

摘要：随着制造业智能化浪潮的迅猛推进，机械设计制造与自动化技术作为现代工业的核心驱动力，正经历着从传统制造向智能集成、精密高效方向的历史性变革。本文聚焦机械设计制造与自动化技术展开研究。首先概述机械设计制造与自动化技术的基本内涵，接着深入分析计算机辅助设计与制造、自动化控制、传感器、机器人等关键技术。详细阐述该技术在汽车制造、电子信息、航空航天等工业生产领域的广泛应用。最后探讨其发展趋势，涵盖智能化、绿色化、网络化与柔性化方向。旨在全面呈现该技术的现状、应用及未来走向，为相关领域研究与实践提供参考。

关键词：机械设计；制造；自动化；技术

引言：在科技飞速发展的当下，机械设计制造与自动化技术已成为推动工业进步的核心力量。它融合了机械、电子、控制等多学科知识，改变了传统制造业的生产模式，极大提升了生产效率与产品质量。从日常生活的各类产品，到高端复杂的工业装备，都离不开这一技术的支撑。随着人工智能、物联网等新兴技术的崛起，机械设计制造与自动化技术迎来新的发展契机与挑战。深入研究该技术，不仅有助于把握工业发展趋势，更能为我国制造业转型升级、提升国际竞争力提供关键指引。

1 机械设计制造与自动化技术概述

机械设计制造与自动化技术是融合机械工程、电子技术、计算机科学、自动化控制等多学科知识的综合性技术体系，其核心在于通过智能化手段实现机械产品的全生命周期优化。该技术以机械设计制造为基础，通过引入计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）等数字化工具，将传统制造流程升级为精密化、柔性化的生产模式。例如，在汽车发动机设计中，工程师可利用三维建模软件精确规划气缸布局与曲轴连杆结构，结合有限元分析优化散热性能，使设计效率提升60%以上。自动化技术的融入是该领域的革命性突破。通过传感器网络实时采集设备运行数据，结合可编程逻辑控制器（PLC）与工业机器人，实现从物料搬运到装配焊接的全流程无人化操作。以航空发动机叶片制造为例，自动化生产线通过激光扫描与自适应加工技术，将制造精度控制在微米级，较传统工艺良品率提高40%。同时，物联网与大数据技术的渗透，使制造系统具备自我诊断与预测性维护能力，某数控机床厂商通过部署设备健康管理系统，将停机时间减少75%。该技术体系已形成“设计-制造-控制-管理”的闭环生态，其应用范围覆盖

汽车制造、航空航天、电子信息等高端领域^[1]。

2 机械设计制造与自动化关键技术分析

2.1 计算机辅助设计与制造技术（CAD/CAM）

计算机辅助设计（CAD）与制造（CAM）技术是机械设计制造自动化的核心支撑。CAD通过三维建模、参数化设计等功能，使工程师可快速构建高精度数字模型，如SolidWorks、AutoCAD等软件可实现齿轮、发动机等复杂零部件的精确设计，并通过干涉检查、装配模拟优化设计细节。CAM技术则将CAD模型转化为数控指令，驱动数控机床、激光切割等设备完成自动化加工。例如，MasterCAM软件可生成G代码控制五轴联动加工中心，实现航空发动机叶片的微米级精度制造。CAD/CAM集成技术进一步打通了设计-制造数据链，通过PDM系统实现产品全生命周期数据管理，避免人工转换误差。当前，CAD/CAM正与AI深度融合，如基于机器学习的智能设计系统可自动生成优化方案，缩短研发周期30%以上，成为高端装备制造的关键技术。

2.2 自动化控制技术

自动化控制技术通过PLC、DCS等系统实现生产过程的精准调控。在汽车制造领域，自动化生产线集成传感器、执行器与控制算法，可实时监测焊接温度、涂装厚度等参数，并通过闭环反馈调整设备运行状态，确保产品一致性。例如，北京现代汽车工厂采用分布式控制系统，将车身焊接误差控制在±0.1mm以内。控制技术的智能化升级体现在故障预测与自适应调节方面，如西门子S7-1500控制器可分析设备振动、电流等数据，提前预警轴承磨损等故障，减少非计划停机时间。此外，工业互联网平台使控制技术突破地域限制，通过5G网络实现远程监控与参数优化，如三一重工的“根云”平台已连接

全球超170万台设备，实时调度产能并降低运维成本。

2.3 传感器技术

传感器是机械系统感知环境的“神经末梢”，其精度与可靠性直接影响自动化水平。在数控机床中，温度传感器可监测主轴热变形，通过补偿算法将加工误差从 $\pm 0.05\text{mm}$ 降至 $\pm 0.01\text{mm}$ ；压力传感器则用于液压系统泄漏检测，提前30分钟预警故障。航空航天领域对传感器性能要求极高，如C919客机采用光纤光栅传感器网络，实时监测机翼应力分布，数据采集频率达 10kHz ，为结构安全提供关键支撑。当前，传感器技术向微型化、智能化发展，MEMS传感器已实现温度、压力、加速度等多参数集成，尺寸缩小至毫米级；而智能传感器内置边缘计算模块，可直接处理数据并触发控制指令，如库卡机器人的力觉传感器可实时感知碰撞风险，0.1秒内停止运动，保障人机协作安全。

2.4 机器人技术

工业机器人是机械制造自动化的“执行终端”，其应用覆盖焊接、装配、搬运等全流程。在汽车行业，库卡、发那科等品牌的机器人已实现车门密封条自动涂胶，精度达 $\pm 0.1\text{mm}$ ，效率较人工提升5倍；在3C电子领域，协作机器人（Cobot）与人类共享工作空间，如优傲机器人可精准完成手机摄像头模组组装，重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm}$ 。机器人技术的突破体现在智能化与柔性化方面，如ABB的YuMi机器人搭载视觉引导系统，可自主识别不同型号零件并调整抓取策略；波士顿动力的Spot机器人则具备环境感知能力，可在复杂地形中完成设备巡检。

3 机械设计制造与自动化技术在工业生产中的应用

3.1 汽车制造行业

机械设计制造与自动化技术深度重塑了汽车制造流程。在冲压车间，自动化压机与机械手协同作业，实现车身覆盖件的快速成型与精准抓取，如一汽-大众佛山工厂采用6000吨高速自动化冲压线，每分钟可生产12个大型冲压件，效率较传统设备提升40%。焊接环节，激光焊接机器人与视觉引导系统结合，可自动识别焊缝位置并调整焊接参数，确保车身结构强度一致性，宝马铁西工厂的激光焊接技术使焊缝强度提升30%，同时减少焊接变形。总装线上，AGV小车与柔性装配系统配合，实现仪表盘、座椅等部件的精准配送与自动安装，上汽通用凯迪拉克工厂的柔性总装线可兼容6种车型混流生产，换型时间缩短至15分钟^[2]。

3.2 电子信息行业

在电子信息领域，机械设计制造与自动化技术支撑

了高精度、微尺寸产品的规模化生产。以智能手机制造为例，自动化贴片机采用视觉定位与飞拍技术，可在0.1秒内完成0201尺寸（ $0.6\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ ）元件的精准贴装，联想武汉基地的SMT生产线每小时可处理3万片电路板，贴装精度达 $\pm 0.03\text{mm}$ 。半导体封装环节，高精度运动控制平台与力反馈系统结合，实现芯片与基板的亚微米级对准，长电科技的先进封装线可将芯片封装厚度控制在0.2mm以内，满足5G通信对小型化的需求。此外，3D打印技术用于定制化电子外壳生产，通过光固化或选择性激光熔化工艺，可快速制造复杂结构的外壳，华为采用金属3D打印技术生产5G基站散热器，较传统机加工周期缩短70%，热导率提升15%。

3.3 航空航天行业

航空航天领域对机械设计制造与自动化技术提出极端要求。在发动机制造中，五轴联动加工中心与自适应控制技术结合，可实现涡轮叶片的复杂曲面精密加工，中国航发商发的数控机床采用力反馈系统，根据材料硬度自动调整切削参数，将叶片表面粗糙度控制在 $\text{Ra}0.4\mu\text{m}$ 以内，较传统工艺效率提升3倍。飞机装配环节，激光跟踪仪与柔性工装系统配合，实现蒙皮、翼梁等大型部件的精准定位与自动铆接，空客A350的自动化钻铆系统可同时完成6个铆钉的同步安装，单架机装配时间减少2000工时。此外，增材制造技术用于轻量化结构件生产，如GE航空的LEAP发动机燃油喷嘴通过3D打印一体成型，将零件数量从20个减少至1个，重量减轻25%且耐高温性能提升。

4 机械设计制造与自动化技术的发展趋势

4.1 智能化发展趋势

智能化是机械设计制造与自动化技术演进的核心方向，其本质是通过模拟人类智能实现系统自主决策与优化。未来，机械系统将深度融合人工智能、大数据与物联网技术，形成“感知-分析-决策-执行”的闭环。例如，智能机床可通过内置传感器实时捕捉加工状态，结合机器学习模型动态调整切削参数，实现从“经验驱动”到“数据驱动”的转变。同时，数字孪生技术将构建物理设备的虚拟镜像，通过仿真推演优化工艺流程，降低试错成本。此外，人机协作模式将进一步升级，协作机器人搭载视觉与力觉反馈系统，可自主识别操作意图并调整动作幅度，在精密装配、医疗手术等场景中实现“人机共融”。随着大模型技术的突破，机械系统的认知能力将从单一任务扩展至复杂场景理解，例如智能物流机器人可自主规划路径并应对突发障碍，推动生产流程向全自动化、自适应化演进。

4.2 绿色化发展趋势

绿色化是行业可持续发展的必然选择，其核心在于通过技术创新实现资源高效利用与环境影响最小化。在材料领域，生物基复合材料、可降解塑料等环保材料将逐步替代传统金属与化工材料，降低产品全生命周期碳排放。设计阶段，轻量化结构设计与拓扑优化技术相结合，可在保证强度的同时减少材料用量，例如航空发动机叶片通过仿生设计减轻重量并提升燃油效率。制造环节，增材制造技术通过“逐层堆积”替代减材加工，显著降低废料产生；低温焊接、无电解镀等清洁工艺则减少能源消耗与有害物质排放。此外，循环经济模式将推动废旧机械的再制造与再利用，通过模块化设计与标准化接口实现零部件快速更换与升级，延长产品使用寿命。未来，绿色化将贯穿机械全产业链，形成从材料选择、生产制造到回收利用的闭环生态。

4.3 网络化发展趋势

网络化正推动机械制造向“万物互联”的协同模式转型。5G与工业互联网的融合，使设备间实现毫秒级通信，支持远程操控、实时监控与预测性维护。例如，工厂中的数控机床、AGV小车与机械臂通过低时延网络同步协作，完成跨工序的柔性生产。边缘计算与云计算的协同，将数据处理能力下沉至生产现场，使设备具备本地决策能力，同时通过云端共享工艺参数与优化模型，提升整体效率。供应链层面，区块链技术构建可信数据链，实现原材料溯源、生产进度追踪与物流信息透明化，增强产业链韧性。未来，随着6G与卫星互联网的普及，网络覆盖范围将扩展至偏远地区与极端环境，支持跨地域、跨行业的全球协同制造，例如跨国企业可通过数字平台实时调度全球工厂产能，动态响应市场需求变化。

4.4 柔性化发展趋势

柔性化是应对个性化生产与快速迭代需求的关键。模块化设计成为主流，通过标准化接口与可替换组件，

使生产线快速重构以适应不同产品。例如，汽车工厂的柔性装配线可在不更换设备的情况下，通过调整夹具与程序实现轿车、SUV等多车型混流生产。人机协作模式进一步突破传统分工，协作机器人搭载力控传感器与视觉引导系统，可与工人共享工作空间，在3C电子装配中完成精密操作，同时根据人类动作实时调整速度与力度。自适应控制技术使设备具备“学习”能力，例如五轴加工中心通过分析材料特性自动优化刀具路径，在多品种小批量生产中保持高精度与高效率。此外，生成式设计结合AI算法，可根据功能需求自动生成多种结构方案，设计师通过交互式筛选快速确定最优解，大幅缩短研发周期，推动制造模式向“按需定制”转型^[3]。

结束语

机械设计制造与自动化技术作为工业现代化的核心驱动力，正通过智能化、绿色化、网络化与柔性的深度融合，重塑全球制造业格局。从AI赋能的自主决策系统到低碳环保的增材制造工艺，从5G支撑的全球协同生产到模块化设计的快速响应能力，技术创新持续突破物理与数字边界。未来，随着数字孪生、人形机器人等前沿技术的产业化落地，该领域将进一步推动生产效率跃升与资源利用优化，助力“双碳”目标实现与产业链价值重构。唯有坚持技术迭代与场景创新并重，方能在全球工业竞争中占据制高点，为人类社会可持续发展注入强劲动能。

参考文献

- [1]庄宛睿.浅谈自动化技术在机械设计制造中的应用[J].南方农机,2021,50(5):118-118+120.
- [2]于守澎.自动化技术在机械设计制造中的应用探讨[J].黑龙江科学,2022,7(1):38-38+67.
- [3]李昊.自动化技术在机械设计制造中的应用研究[J].信息化建设,2021(7):276-277.