

# 机械设计制造及其自动化的应用分析

薛之广

河北赛格机电有限公司 河北 沧州 061500

**摘要:**当前制造业向智能化、高精度方向转型,机械设计制造及其自动化技术成为核心驱动力。本文围绕机械设计制造及其自动化技术展开研究,剖析了其核心原理与多系统协同机制,阐述数字化设计、精密加工、自动化控制及智能制造集成等关键技术。随后结合航空航天、汽车、电子、新能源装备制造及智能制造领域,分析机械设计制造及其自动化技术在各领域的具体应用场景,包括结构设计、部件加工、装配检测等环节。研究表明,该技术能提升生产精度与效率,推动多行业升级。

**关键词:**机械设计制造;自动化技术;应用

引言:机械设计制造及其自动化技术融合了机械设计、制造工艺与自动化控制,突破传统生产局限。国内外对该技术的研究虽有进展,但在多领域深度应用与协同优化上仍需探索。本文系统分析技术原理、关键技术及多领域应用,旨在为企业技术应用与行业发展提供理论支撑,助力制造业高质量发展。

## 1 机械设计制造及其自动化技术概述

### 1.1 核心技术原理

机械设计制造及其自动化技术的核心原理围绕以下机械设计、制造工艺与自动化控制三大模块展开,各模块既具备独立技术逻辑,又共同支撑技术体系的运行。

(1)在机械设计环节,核心原理基于力学分析与结构优化,通过建立数学模型对机械结构的强度、刚度及稳定性进行计算,确保设计方案满足功能需求与使用寿命标准,同时融入模块化设计理念,实现零部件的通用性与可扩展性。(2)制造工艺原理则聚焦于材料加工与成型规律,涵盖金属切削、铸造、焊接等传统工艺的参数优化,以及增材制造等先进工艺的分层制造逻辑,核心在于通过对加工过程中温度、压力、速度等关键参数的精准控制,保障工件的精度与质量。(3)自动化控制原理以控制论、信息论为理论基础,通过传感器采集生产过程中的实时数据,经控制器按照预设算法进行数据处理与逻辑判断,再由执行机构完成相应操作,形成“感知-决策-执行”的闭环控制,其中PID控制、PLC编程等技术是实现自动化控制的关键手段,确保生产过程的连续性与稳定性。

### 1.2 多系统协同工作机制

机械设计、制造工艺与自动化控制三大系统并非独立运行,而是通过数据交互与功能衔接形成协同工作机制,共同保障技术体系的高效运转。在协同逻辑上,

机械设计系统为制造工艺与自动化控制提供基础框架,其设计参数直接决定制造工艺的选择范围与自动化控制的精度要求,例如机械结构的复杂度会影响加工工艺路线的规划,而零部件的精度标准则为自动化检测系统设定阈值。制造工艺系统作为衔接环节,将机械设计方案转化为实际产品,同时向自动化控制系统反馈加工过程中的实时数据,如切削力变化、工件温度波动等,为控制算法的动态调整提供依据。自动化控制系统则通过对制造工艺过程的实时调控,确保机械设计目标的精准实现,例如通过调整机床运动轨迹修正加工偏差,或通过控制生产线节拍匹配设计方案中的生产效率要求。此外,三大系统通过统一的数据接口实现信息共享,形成“设计-制造-控制”的双向反馈机制,当制造过程中出现异常时,自动化控制系统可及时将数据反馈至设计与工艺系统,推动设计方案优化或工艺参数调整,从而实现整个技术体系的自适应与自优化<sup>[1]</sup>。

## 2 机械设计制造及其自动化关键技术

### 2.1 数字化与参数化设计技术

数字化与参数化设计技术,通过将机械结构转化为可量化的数字模型,实现设计过程的精准化与高效化。其核心在于建立基于数学关系的参数化模型,将零部件的尺寸、结构特征等转化为可调控参数,当核心参数发生变更时,模型可自动更新关联特征,大幅减少重复设计工作量。该技术融合三维建模与仿真分析功能,能在设计阶段对机械结构的力学性能、运动轨迹等进行虚拟验证,提前发现结构干涉、强度不足等问题。依托统一的数据接口,设计模型可直接对接后续制造环节,实现设计信息的无损传递,打破“设计-制造”的数据壁垒。

### 2.2 精密成型与特种加工技术

精密成型与特种加工技术适配了现代制造业对高精

度、复杂结构零部件的需求。精密成型技术以材料成型规律为基础,通过对成型温度、压力、时间等参数的精准控制,实现零部件的近净形制造,减少后续加工余量,常见技术包括精密铸造、粉末冶金等。特种加工技术则突破了传统切削加工对材料硬度、结构复杂度的限制,借助电、热、光等物理化学能量实现材料去除或成型,可处理超硬材料、复杂曲面及微小结构。

### 2.3 自动化控制与检测技术

自动化控制与检测技术构建了“感知-决策-执行”的闭环控制体系。自动化控制技术以PLC、DCS等控制系统为核心,结合传感器、执行器等硬件设备,按照预设程序对生产设备的运行状态进行精准调控,实现加工过程的连续化、无人化操作。其中,PID控制、伺服驱动等技术确保了设备运动的稳定性与定位精度,而柔性控制技术则支持多品种生产的快速切换。自动化检测技术通过视觉检测、激光测量等手段,实时采集工件尺寸、表面质量等数据,经数据处理后与标准参数比对,实现缺陷的自动识别与分类,并将检测结果反馈至控制系统,驱动加工参数动态调整,形成“加工-检测-修正”的闭环优化,是保障产品质量与生产效率的核心技术。

### 2.4 智能制造系统集成技术

智能制造系统集成技术通过融合信息技术与制造技术,打破生产环节的信息孤岛。该技术以工业互联网为基础,实现设计、制造、管理等环节的数据互联互通,构建全流程数字化生产体系。核心在于通过MES(制造执行系统)实现生产过程的实时调度与资源优化,结合ERP(企业资源计划)系统实现生产计划与企业资源的协同匹配。集成技术支持设备联网与数据采集,通过对生产数据的分析挖掘,实现设备故障预警、生产效率优化等智能决策。该技术还推动了柔性制造系统(FMS)的落地,通过自动化物流、智能机器人与加工设备的集成,实现多品种、小批量生产的高效组织<sup>[2]</sup>。

## 3 机械设计制造及其自动化在多领域的应用

### 3.1 在航空航天领域的应用

(1) 飞行器结构与成型环节,机械设计制造及其自动化技术用于构建复杂曲面与薄壁结构的数字化模型,通过参数化设计工具对飞行器机身、机翼的力学性能进行模拟分析,确定最优结构参数。采用自动化成型设备,按照预设程序完成复合材料的铺层、固化作业,实现飞行器大型构件的一体化成型,减少传统拼接工艺中的误差隐患,保障结构完整性。(2) 核心动力部件加工环节,依托高精度自动化机床,对航空发动机涡轮叶片、燃烧室等部件进行多轴联动切削加工,通过实时

监测系统采集切削过程中的转速、进给量、切削力等数据,动态调整加工参数,确保部件尺寸精度与表面粗糙度符合航空航天领域的严苛标准。采用自动化焊接设备完成发动机机匣等部件的焊接作业,通过激光跟踪技术保证焊接轨迹的准确性,提升焊接接头的强度与密封性。(3) 飞行器装配与检测环节,运用自动化导引车(AGV)实现零部件的精准转运,配合机械臂完成飞行器各部件的自动化装配,通过视觉定位系统确认部件安装位置,避免人工装配中的偏差。在检测阶段,采用自动化无损检测设备,如超声检测、射线检测装置,对飞行器关键部件的内部结构进行全面扫描,自动识别内部缺陷并生成检测报告,保障飞行器的安全性能。

### 3.2 在汽车制造行业的应用

(1) 汽车零部件生产环节,机械设计制造及其自动化技术支撑零部件的规模化、标准化生产。在冲压车间,自动化冲压生产线通过机械臂完成板材的上料、冲压、下料流程,按照设定的冲压频次与压力参数连续作业,实现汽车车身覆盖件的批量生产。在发动机零部件加工车间,数控车床、加工中心等自动化设备按照预设程序完成曲轴、凸轮轴等部件的车削、铣削、钻孔加工,确保零部件尺寸的一致性。(2) 汽车整车装配环节,采用柔性自动化装配生产线,通过可切换的夹具与输送系统,适配不同车型的装配需求。机械臂在装配线上完成车门安装、轮胎拧紧、玻璃粘贴等作业,通过力矩传感器控制拧紧力度,通过视觉系统校准安装位置,提升装配精度。生产线配备自动化涂胶设备,按照预设轨迹在车身接缝处涂胶,保证密封性能,减少人工涂胶的不均匀问题。(3) 汽车生产过程监控环节,依托工业物联网技术,将生产设备、检测仪器等连接至统一平台,实时采集设备运行参数、零部件加工数据、装配进度等信息。通过数据可视化系统展示生产状态,当设备出现异常或生产进度滞后时,系统自动发出预警信号,提醒工作人员及时处理。自动化检测设备在生产线末端对整车进行外观检测、性能测试,自动记录检测结果,筛选出不合格产品<sup>[3]</sup>。

### 3.3 在电子设备制造中的应用

(1) 电子元器件加工环节,机械设计制造及其自动化技术用于实现元器件的微型化、精密化生产。在芯片制造过程中,采用自动化光刻机按照设计图案在晶圆上进行光刻作业,通过高精度运动控制系统控制光刻机的工作台运动,确保光刻图案的精准定位。在电子元件封装环节,自动化封装设备完成芯片的引线键合、塑封作业,通过视觉识别系统确认芯片位置,保证键合精度,

提升封装效率。(2) 电子设备组装环节,运用自动化贴片机将电阻、电容、芯片等元器件精准贴装在印刷电路板(PCB)上,通过激光定位系统校准贴装位置,控制贴装压力与速度,确保元器件与PCB板的可靠连接。在组装过程中,自动化焊接设备完成元器件的焊接作业,通过温度控制系统精准控制焊接温度与时间,避免高温对元器件造成损坏,同时保证焊接质量。(3) 电子设备质量检测环节,采用自动化检测设备对电子设备的性能与外观进行检测。在PCB板检测中,自动化光学检测(AOI)设备通过高清相机拍摄PCB板图像,与标准图像对比,自动识别元器件缺失、错装、焊接不良等问题。在电子设备功能检测中,自动化测试设备(ATE)按照预设程序对设备的电路性能、信号传输等进行测试,自动记录测试数据,判断设备是否符合质量标准。

### 3.4 在智能制造领域的融合

(1) 智能生产调度环节,该技术与工业软件融合构建调度系统,通过分析订单、设备产能、原料库存自动制定生产计划并分配任务。若出现设备故障、原料短缺,系统可自动调整计划、重分配任务,保障生产连续,降低人工调度滞后性与主观性。(2) 设备智能运维环节,依托传感器与数据分析技术实时监测设备运行状态,采集振动、温度、电流等数据,通过故障预测模型分析数据,提前预判故障类型与时间以提示预防性维护;自动化维护设备可完成自动润滑、零件更换等作业,减少人工维护工作量与风险。(3) 产品全生命周期管理环节,该技术与物联网、大数据融合,实现产品全周期管理:设计阶段用数字化模型记录参数,生产阶段实时采集数据形成生产档案,销售使用阶段通过识别标签跟踪流向与状态,报废阶段依档案制定回收拆解方案,提升资源利用率并实现全周期可追溯。

### 3.5 在新能源装备制造领域的应用

(1) 新能源装备核心部件加工环节,机械设计制造及其自动化技术用于实现风电、光伏等装备关键部件的高精度加工。针对风电主轴,采用大型数控车床与磨床组成的自动化加工线,按照预设程序完成主轴的粗车、

精车及磨削作业,通过在线测量系统实时采集主轴直径、圆度等数据,动态修正加工参数,确保主轴表面精度与同轴度符合高速运转要求。在光伏硅片加工中,依托自动化切片设备,通过金刚石线锯的精准运动控制,实现硅锭的超薄切片,同时通过除尘与冷却系统的自动化协同,减少切片过程中的硅料损耗与表面损伤。(2) 新能源装备系统集成装配环节,运用模块化自动化装配技术,实现风电整机、光伏逆变器等装备的高效组装。在风电整机装配中,通过大型机械臂与AGV协同作业,完成机舱、轮毂与叶片的精准对接,借助激光定位系统校准各部件安装角度,确保整机传动系统的同轴度。针对光伏逆变器,采用自动化插件与焊接生产线,将电容、电感等元器件按设计布局自动插入电路板并完成焊接,通过视觉检测确认插件位置与焊接质量,提升逆变器电路集成的稳定性。(3) 新能源装备性能检测环节,采用自动化检测系统对装备的运行性能与可靠性进行全面测试。在风电装备检测中,通过模拟风场环境的自动化测试平台,对风机的发电效率、变桨系统响应速度等参数进行动态监测,自动生成性能曲线与故障分析报告<sup>[4]</sup>。

结束语:本文系统梳理了机械设计制造及其自动化技术的原理、关键技术与多领域应用,明确其在提升生产效率、保障产品质量上的核心作用,且在航空航天、新能源等领域的应用成效显著。未来可围绕技术与新兴技术的深度融合、极端场景适配展开研究,进一步推动该技术创新,为制造业智能化、绿色化发展注入更多动力。

### 参考文献

- [1]何秀颖.机械设计制造及其自动化的应用分析[J].智能建筑与工程机械,2024,6(5):43-45.
- [2]夏彬.机械设计制造及自动化中人工智能的应用分析[J].中国科技纵横,2025(10):64-66.
- [3]夏逸凡.浅谈机械设计制造及其自动化的应用[J].仪器仪表用户,2025,32(2):154-156.
- [4]刘伟龙,程振东,邱召春.智能制造时代的机械设计制造自动化技术分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(4):021-024.