

机械设计制造及其自动化的发展趋势研究

安金明 郑先云

杭州新松机器人自动化有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：机械设计制造及其自动化正朝着智能化、网络化、绿色化、柔性化及集成化方向深度发展。智能化方面，人工智能与机械设计深度融合，提升设计效率与制造精度；网络化依托工业互联网，实现设备互联与远程运维；绿色化注重节能减排与环保材料应用；柔性化适应多品种、小批量生产需求；集成化则通过信息技术整合设计、生产等环节，提升企业整体运营效率。这些趋势共同推动机械制造业向高端化、智能化、国际化转型。

关键词：机械设计制造；自动化；发展趋势

引言：在科技飞速发展的当下，机械设计制造及其自动化作为工业领域的核心支柱，正经历着深刻变革。它融合了机械、电子、计算机等多学科知识，极大提升了生产效率与产品质量。随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的崛起，传统机械制造模式面临挑战与机遇。深入研究其发展趋势，有助于企业把握方向、提升竞争力，推动行业向智能化、绿色化、服务化转型，对国家制造业升级与经济高质量发展意义重大。

1 机械设计制造及其自动化的技术基础

自动化层级	核心特点	应用目标
单机自动化	单一加工设备自主运行(适合多品规, 小批量生产)	减少人工直接操作, 提升单设备效率
生产线自动化	多台自动化设备联动协同(适合少品规, 大批量生产)	实现工序连贯, 提升生产线整体产能
智能工厂	多技术融合, 全流程自主管控(适合单品规, 大批量生产)	实现生产自主决策、动态优化

1.2 关键技术组成

(1) 计算机辅助设计 (CAD/CAE/CAM)：三者协同构成设计制造一体化基础，CAD负责产品三维建模与方案优化，CAE用于仿真分析验证产品性能，CAM将设计模型转化为加工指令，大幅提升设计效率与制造精度。(2) 数控技术 (CNC) 与机器人技术：CNC技术是设备自动化的核心，通过程序控制实现精准加工；工业机器人可替代人工完成重复、高危工序，二者结合提升生产稳定性与效率。(3) 传感器与物联网 (IoT) 技术：采集板卡负责采集生产过程中的各类数据，物联网技术实现设备、产品与系统的互联互通，为自动化控制提供数据支撑。(4) 工业大数据与人工智能应用：依托工业MES系统对生产全流程数据进行分析挖掘，结合人工智能技术实现故障预警、工艺优化等功能，推动自动化向智能化升级^[1]。

1.3 传统发展模式与瓶颈

(1) 资源消耗高：传统模式依赖粗放式生产，原材料利用率低，能源消耗量大，不仅增加生产成本，还造

1.1 核心概念与内涵

(1) 机械设计制造的定义与范畴：机械设计制造是融合设计、加工、装配等多环节的综合性技术，核心是根据使用需求完成机械产品的方案设计、结构设计、工艺规划，并通过各类加工设备将设计方案转化为实体产品，范畴涵盖机械零件设计、模具制造、机械设备装配及后期调试维护等，是工业生产的核心支撑环节。(2) 自动化的技术层级：自动化技术遵循由浅入深、逐步升级的发展路径，分为三个核心层级，具体如下表所示：

成资源浪费与环境污染，不符合绿色发展理念。(2) 柔性不足：生产设备与工艺固化，难以快速适配产品规格、型号的调整，面对多品种、小批量的市场需求，响应滞后，竞争力不足。(3) 响应速度慢：设计、加工、调试等环节衔接不畅，依赖人工经验，缺乏高效的数据支撑与协同管控，导致生产周期长，难以快速响应市场变化。

2 机械设计制造及其自动化的技术发展趋势

2.1 智能化趋势

(1) 人工智能在机械设计优化中的应用：随着deepseek等深度思考大模型的出现，人工智能技术与机械设计深度融合，打破传统设计的经验局限，生成式设计成为核心应用方向。设计师只需输入产品性能要求、材料参数、制造成本等约束条件，人工智能算法便可自主迭代生成多种优化设计方案，筛选出兼顾性能、成本与效率的最优解。这种设计模式不仅大幅缩短设计周期，还能突破人工思维边界，在复杂结构件、精密零部件设计中发挥优势，比如在航空航天零部件设计中，可实现

轻量化与高强度的精准平衡,提升产品核心竞争力^[2]。(2)智能装备与自主决策系统:智能装备是制造业智能化转型的核心载体,其搭载的自主决策系统,是集成数据处理、逻辑分析、指令生成的智能核心,可基于实时数据自主完成判断与执行。装备通过集成多类传感器、控制器与该决策算法,实现自感知、自诊断、自修复的全流程自主运行,可实时感知自身运行状态、加工精度及周边环境变化,自主识别故障隐患并诊断原因,轻微故障自修复避免停产,复杂故障预警并推送维修方案,大幅降低人工运维成本,提升生产连续性,推动生产从“被动控制”向“主动决策”转型。

2.2 数字化与网络化趋势

(1)数字孪生技术(DigitalTwin)驱动的产品全生命周期管理:数字孪生技术通过构建物理产品、生产设备、生产环境的虚拟镜像,实现虚拟与物理世界的实时映射、双向交互,贯穿产品设计、加工制造、运维服务、报废回收全生命周期。在设计阶段,可通过虚拟仿真验证产品性能,提前规避设计缺陷;在制造阶段,可实时同步生产数据,优化加工工艺与生产调度;在运维阶段,可通过虚拟镜像监测产品运行状态,实现精准运维,大幅提升产品全生命周期的管理效率与质量,降低全流程成本。(2)5G+工业互联网实现设备互联与远程运维:5G技术的低延迟、高带宽、广连接特性,与工业互联网深度融合,打破了传统制造的空间局限,实现全车间、全工厂乃至跨区域的设备互联互通。生产设备可实时传输加工数据、运行参数,实现多设备协同作业与生产调度的动态优化;同时,依托5G+工业互联网,技术人员可远程监测设备运行状态、排查故障、调试参数,无需现场值守,尤其适用于大型制造基地、偏远地区生产设备的运维管理,大幅提升运维效率,降低运维成本,推动制造模式向分布式、协同化转型^[3]。

2.3 绿色化与可持续发展趋势

(1)轻量化设计与节能技术:绿色低碳成为制造业发展的核心导向,轻量化设计与节能技术广泛应用于机械产品设计与制造全过程。轻量化设计通过采用高强度、轻量化新材料,优化产品结构,在保证产品性能的前提下,减少材料用量与产品重量,比如汽车零部件、工程机械的轻量化设计,可有效降低能源消耗;增材制造(3D打印)技术采用“逐层累加”的加工方式,相较于传统切削加工,可减少70%以上的材料浪费,同时降低加工过程中的能源消耗,实现“按需制造”,从源头践行绿色制造理念。(2)循环经济模式下的再制造技术:在循环经济理念引导下,再制造技术成为机械制造行业实现可

持续发展的重要路径。通过对废旧机械产品、零部件进行检测、修复、升级,使其恢复原有性能甚至提升性能,重新投入使用,实现资源的循环利用。再制造技术不仅可减少废旧产品的填埋、报废带来的环境污染,还能降低原材料开采、加工的资源消耗,降低制造成本,形成“制造—使用—报废—再制造”的循环产业链,推动机械制造行业向绿色、低碳、可持续方向发展。

2.4 柔性化与个性化趋势

(1)模块化设计支持快速定制生产:面对市场多样化、个性化的需求,模块化设计成为实现柔性生产的核心技术。将机械产品拆解为多个标准化、通用化的模块,每个模块可根据需求进行灵活组合、替换,无需重新设计整个产品结构与生产工艺。这种设计模式可快速响应不同客户的个性化需求,缩短产品研发与生产周期,降低定制生产成本,适用于家电、工程机械、智能制造装备等多品种、小批量的生产场景,提升企业的市场响应能力与竞争力。(2)协作机器人(Cobot)与人机协同制造:协作机器人打破了传统工业机器人与人工操作的隔离壁垒,具备安全、灵活、易操作的特点,可与操作人员近距离协同作业,承担重复、繁琐、高强度的工序,而操作人员则专注于复杂、精准的操作环节。人机协同制造模式既保留了人工操作的灵活性与判断力,又发挥了协作机器人的高效性与稳定性,实现“人机优势互补”,不仅提升生产效率与产品质量,还能改善操作人员的工作环境,降低人工劳动强度,适配个性化、柔性化的生产需求。

2.5 服务化与全产业链整合趋势

机械制造行业正逐步摆脱“重制造、轻服务”的传统模式,向“产品+服务”的一体化转型,实现全产业链价值提升。企业不再仅仅销售机械产品,还依托物联网、大数据、人工智能等技术,为客户提供全生命周期的增值服务,其中预测性维护服务最为典型。通过实时采集产品运行数据,结合算法分析,提前预判产品故障隐患,推送维护方案与时间节点,实现“事前维护”,避免故障停机带来的损失,同时延长产品使用寿命,提升客户体验,实现企业与客户的双赢,推动行业从“规模竞争”向“价值竞争”转型。

3 机械设计制造及其自动化发展的挑战与对策研究

3.1 技术层面挑战

(1)高端装备核心部件“卡脖子”问题:我国机械制造行业中低端领域已实现规模化发展,但高端装备核心部件仍依赖进口,尤其是高精度伺服系统、高端数控系统等关键部件,技术被少数发达国家垄断。这不仅导

致高端装备制造成本居高不下,还存在供应链安全隐患,限制了我国智能装备、高端工程机械等领域的自主可控发展,制约行业向高端化转型。(2)数据安全与工业控制系统(ICS)防护:随着数字化、网络化转型推进,工业控制系统与互联网深度融合,生产全流程产生的大量核心数据成为行业发展的关键资产。但目前工业控制系统防护体系不完善,数据采集、传输、存储过程中存在泄露、篡改、攻击等安全风险,一旦ICS系统被入侵,可能导致生产中断、核心技术泄露,严重威胁产业安全。

3.2 产业层面挑战

(1)中小企业数字化转型成本高、技术人才短缺:数字化、智能化转型需要投入大量资金用于设备更新、系统搭建,而中小企业资金实力薄弱,难以承担高额转型成本。同时,行业缺乏兼具机械专业知识、数字化技术与实践经验的复合型人才,中小企业吸引力不足,人才短缺问题突出,严重阻碍了中小企业的转型进程,导致产业发展不均衡。(2)标准体系不完善与跨领域协同困难:机械设计制造及其自动化融合了机械、电子、信息技术等多个领域,但目前行业标准体系尚未完善,不同领域、不同企业的技术标准不统一,导致设备互联互通、数据共享困难。跨领域协同创新机制不健全,高校、科研机构与企业之间的技术转化衔接不畅,难以形成创新合力,制约了技术的规模化应用。

3.3 政策与社会层面挑战

随着“双碳”目标推进,绿色制造相关法规日趋严格,对机械制造行业的节能降耗、污染物排放提出了更高要求。同时,碳交易机制的逐步完善,增加了高耗能、高排放机械制造企业的生产成本,传统粗放式生产企业面临淘汰压力,而绿色技术升级需要大量投入,进一步加剧了企业发展负担。

3.4 对策建议

(1)加强基础研究与技术攻关:加大国家层面基础

研究投入,聚焦高端装备核心部件、芯片、传感器等“卡脖子”领域,组建专项攻关团队,鼓励企业牵头开展技术创新,突破关键核心技术,提升核心部件自主可控水平,降低对外依赖度,保障供应链安全。(2)构建产学研用协同创新平台:整合高校、科研机构的技术优势与企业的市场、生产优势,搭建产学研用协同创新平台,推动技术成果快速转化为实际生产力。完善协同创新激励机制,明确各方权责与利益分配,促进跨领域、跨企业协同发展,破解标准不统一、协同困难的问题。(3)完善人才培养体系与职业资格认证:优化高校专业设置,增设机械与数字化、智能化融合的相关专业,培养复合型技术人才。加强企业与高校的校企合作,开展订单式培养、实习实训,提升人才实践能力。完善职业资格认证体系,规范行业人才评价标准,吸引更多人才投身行业,缓解人才短缺压力。

结束语

机械设计制造及其自动化的发展趋势,彰显了技术创新与产业升级的强大动力。智能化、数字化、绿色化、柔性化及集成化等趋势,正引领行业迈向更高水平。面对未来,我们需紧跟技术前沿,强化自主研发,突破关键技术瓶颈。同时,注重人才培养与跨领域协同,推动产业链上下游紧密合作。唯有如此,才能在全球制造业竞争中占据先机,实现机械设计制造及其自动化的持续、健康、高质量发展。

参考文献

- [1]刘鹏.智能制造背景下机械设计制造及其自动化技术发展趋势[J].时代汽车,2025,(20):123-125.
- [2]滕保健.智能制造时代机械设计制造及其自动化技术研究[J].造纸装备及材料,2025,54(07):82-84.
- [3]汪洋,王鹏.基于人工智能的机械设计制造自动化系统优化研究[J].装备维修技术,2025,(03):86-89.