

机械设计制造及自动化专业在工业4.0时代的发展趋势及对策

谢惠斌

黑龙江建龙钢铁有限公司 黑龙江 双鸭山 155100

摘要: 随着我国科学技术水平的不断创新,社会发展水平也得到了很大的提高,在当今新时代,机械工程行业提出了更为具体和先进的要求,既是机遇,也是挑战。在此背景下,在对机械设计制造自动化设计和发展的认识的基础上,介绍了机械设计制造自动化的主要特点和应用优势,为相关研究提供参考价值,同时也为各行业的未来发展提出建议。

关键词: 机械设计制造; 自动化; 优势; 发展趋势

机械工程是许多领域发展的基础,是国家进步和社会繁荣的重要支撑,是衡量一个国家综合实力的重要指标。机器的广泛应用,不仅给人们的日常生活带来了极大的便利,提高了生活质量,也为社会的快速发展提供了极大的帮助^[1]。

1 机械设计制造及自动化专业发展现状

在工业4.0背景下,机械设计制造及自动化专业呈现出以下发展趋势:

1.1 技术发展方向。智能制造与数字化融合,人工智能、物联网和大数据技术与传统机械制造深度融合,推动智能工厂建设。数字孪生技术实现物理系统的虚拟映射,优化生产流程和产品质量控制。基于云平台的协同设计成为主流,缩短产品研发周期。跨学科技术集成,专业边界逐渐模糊,与计算机科学、材料科学、生物工程等学科交叉融合。例如嵌入式系统开发能力成为工程师必备技能,增材制造技术突破传统加工限制。

1.2 核心能力转型。技术能力,工程师需掌握工业机器人编程(PLC/DCS系统)、智能传感器集成、MES系统运维等新型技能,传统机械设计转向基于AI的拓扑优化设计。知识结构,课程体系强化数据科学(Python/R语言)、工业互联网协议(OPC UA/MQTT)、机电一体化控制等模块,形成"机械+信息+控制"三位一体知识架构。实践模式,虚拟仿真实验平台覆盖70%以上实践环节,AR/VR技术实现远程设备调试培训,校企共建数字孪生实验室成为新常态。

1.3 新兴应用领域。工业机器人领域,协作机器人精密装配应用,力反馈控制+视觉识别特征。智能装备领域,数字孪生机床自适应加工应用,实时数据闭环优化特征。新能源装备领域,氢能压缩机核心部件制造应用,超

精密加工+耐腐蚀材料特征。医疗机械领域,手术机器人关节传动系统开发应用,微纳米级运动控制特征。

1.4 职业发展路径。技术研发类,智能装备系统架构师(需掌握SysML建模),工业大数据分析师(熟悉TensorFlow/PyTorch)。生产管理类,数字化工厂运营总监(具备MES/ERP实施经验),供应链智能优化工程师(掌握遗传算法应用)。该专业正从传统机械制造向"智能+"方向演进,复合型人才需兼具机械设计能力、信息技术素养和系统工程思维,以适应工业4.0时代全价值链的数字化转型需求。

2 工业4.0对机械设计制造及自动化的影响

2.1 生产模式全面转型。智能工厂普及,工业4.0通过物联网(IoT)、工业互联网(IIoT)和工控机等技术,构建智能化生产系统,实现设备互联、数据实时交互与自动化控制。例如,传感器嵌入生产线后,设备可自主调整工艺参数,生产效率提升30%以上。应用场景:半导体制造中,工控机实时采集数据并优化工艺,良品率显著提升。柔性化与个性化生产,传统大规模标准化生产转向小批量定制化模式,机械制造需支持快速换型与灵活产线设计。例如,通过RFID标签实现产品与生产设备的通信,精准满足个性化需求。

2.2 技术体系深度重构。信息物理融合系统(CPS),机械设计与制造需深度融合虚拟仿真(如数字孪生)和物理系统,形成闭环优化。例如,CPS使生产设备自主协作,资源利用率提高25%以上。数字化工具全面渗透,CAD/CAE/CAM等软件与人工智能结合,实现设计优化自动化。机器学习算法可快速生成结构轻量化方案,研发周期缩短40%。

2.3 人才需求与技能升级。复合型技术人才紧缺,岗

位重心从传统机械工程师转向“机械+IT”复合型人才，需掌握PLC编程、数据分析（如Python）、工业机器人集成等技能。新兴岗位：智能生产排程员、设备布局工程师、首件调试技术员等。产教融合加速，校企合作建立智能工厂实训基地，强化工业机器人调试、智能制造系统集成等实践能力，企业要求应届生具备3个月以上产线经验。

2.4 产品设计与制造优化。高精度与可靠性提升，工业4.0推动精密制造技术发展，如微米级零件加工和纳米级表面处理。智能检测系统可实现产品质量全流程追溯，次品率降低50%。绿色制造技术深化，能耗监控与低碳工艺成为设计核心，例如通过大数据优化设备能效，碳排放降低20%以上。

2.5 行业生态链协同变革。供应链智能化，从原材料采购到产品交付，物联网实现全链条数据互通。例如，车企通过智能仓储系统将零部件库存周转率提升35%。服务化延伸，机械企业从设备供应商转向解决方案服务商，提供远程运维、预测性维护等增值服务，利润率提高10%–15%。

2.6 挑战与应对。技术瓶颈：传统设备数字化改造成本高，中小企业面临转型压力。安全风险：设备互联加剧数据泄露和网络攻击隐患，需强化工业信息安全防护。工业4.0通过技术融合与模式创新，重构了机械设计制造及自动化的价值链条，推动行业向智能化、绿色化、服务化方向跃迁^[2]。

3 工业 4.0 背景下机械设计制造及自动化的绿色转型趋势

3.1 绿色材料与工艺革新。环保材料替代，机械制造领域加速采用可再生材料（如再生橡胶、生物可降解塑料）和轻量化合金，替代传统高污染金属材料，降低全生命周期碳排放。例如，汽车制造中碳纤维复合材料的应用使整车重量减少30%，显著提升能效。节能生产工艺，通过高温高压干熄焦、高效精馏系统等工艺优化技术，实现钢铁、水泥等高耗能行业能耗降低20%–30%，推动传统制造向低碳模式转型。

3.2 电动化与清洁能源渗透。电动设备普及：工程机械领域电动化趋势显著，电动挖掘机、装载机等产品通过优化液压系统和电池技术，能耗降低40%以上，市场份额快速提升。清洁能源装备：风能、太阳能设备制造技术突破，如大型风力发电机叶片采用碳纤维增强技术，发电效率提升15%。

3.3 循环经济与再制造技术。资源循环利用，推广再制造技术，对废旧机械设备进行拆解、修复和升级，

实现核心零部件重复利用率达70%以上，减少原材料开采压力。废弃物处理创新，开发机械加工废料的回收工艺（如金属粉末3D打印再利用），推动“生产–消费–再生”闭环模式落地^[3]。

3.4 数字化驱动的绿色优化。智能能耗管理：通过物联网传感器实时监测设备能耗，结合AI算法动态调整生产参数，实现工厂整体能效提升25%。数字孪生技术：虚拟仿真优化产品设计流程，减少物理样机制作次数，降低材料浪费和试验成本。

3.5 政策与行业标准推动。强制标准落地：各国推行机械产品碳足迹认证制度，倒逼企业改进环保工艺，例如欧盟《循环经济行动计划》要求2030年机械设备回收率达90%。绿色金融支持：政府通过税收减免、低息贷款等方式激励企业研发绿色技术，如中国“双碳”专项资金覆盖智能节能装备研发项目。绿色转型已成为机械设计制造及自动化领域的核心战略方向，通过技术革新、政策引导和产业协同，推动行业从“高耗能”向“可持续”跨越^[4]。

4 机械设计制造及自动化技术革新与应用

机械设计制造及自动化领域的技术革新与应用在工业4.0背景下呈现多维突破，其核心发展路径可概括为以下方向：

4.1 设计智能化升级。AI驱动设计优化，机器学习与深度学习算法实现海量设计数据快速分析，通过拓扑优化自动生成轻量化、高性能机械结构，使传统设计周期缩短40%以上。虚拟仿真技术结合数字孪生模型，在设计阶段完成80%以上的故障预测与性能验证。跨平台协同设计，基于云计算的协同设计平台支持全球团队实时交互，SolidWorks、CATIA等工具集成AI插件，实现多参数动态优化与设计冲突自动检测^[5]。

4.2 制造自动化深化。数控机床领域，五轴联动加工精度提升至0.001mm级技术突破，航空发动机叶片加工合格率突破99%。工业机器人领域，力反馈+视觉引导实现亚毫米级装配技术突破，汽车生产线效率提升3倍。智能检测领域，深度学习视觉系统缺陷识别率达99.97%技术突破，电子元件质检成本降低60%。

4.3 绿色制造技术突破。节能工艺革新：干切削技术减少90%冷却液使用，环保型机床市场渗透率突破35%。循环制造体系：基于LCA（生命周期评价）的再制造技术，使设备材料回收利用率达85%。低碳生产控制：碳排放监测系统集成MES平台，实现能耗动态优化与碳足迹追溯。

4.4 系统集成化发展。数字孪生工厂，物理工厂与虚

拟模型实时映射,通过OPC UA协议实现设备状态监控与工艺参数动态调整,停机时间减少70%。边缘计算应用,5G+边缘计算节点部署于数控设备,实现加工参数毫秒级响应,重型装备远程操控定位误差 $\leq 2\text{cm}$ 。该领域正加速构建“智能设计-精准制造-绿色循环”的全链条技术体系,未来将进一步融合量子计算、脑机接口等前沿技术,推动制造业向自主决策与自适应生产演进^[6]。

5 机械设计制造及自动化职业发展与就业趋势

5.1 核心岗位需求与行业分布。主流就业方向,机械设计工程师:从事汽车零件、工业机器人等设备设计,需掌握SolidWorks等工具,薪酬中位数达1.2万/月。自动化系统工程师:主导智能产线开发,涉及PLC编程、工业机器人调试(ABB/FANUC系统),年薪20-40万。设备维护工程师:保障生产设备运行,熟悉液压/电气系统维护,月薪8000-1.5万。智能制造工程师:负责数字孪生建模与MES系统运维,复合型人才缺口达48%,岗位需求年增25%。新兴行业渗透,新能源装备:氢能压缩机、光伏组件精密制造需求激增,需掌握超精密加工技术。医疗机械:手术机器人关节传动系统开发,要求微纳米级运动控制能力。工业互联网:华为FusionPlant等平台推动设备联网监控,催生工业大数据分析岗位^[7]。

5.2 技能要求与认证体系。硬技能矩阵,基础能力:机械制图(AutoCAD)、数控编程(UG)、电气控制(PLC/DCS)。进阶能力:工业软件开发(Python/C++)、数字孪生建模(ANSYS)。前沿技术:工业机器人操作(库卡/发那科)、智能检测系统部署。高含金量认证,工业机器人操作证(ABB/FANUC认证),HCIE(工业互联网方向),PMP项目管理认证(制造领域)。

5.3 职业发展路径。技术深耕路线,初级工程师→技术主管→智能制造系统架构师(需掌握SysML建模)。管理转型路线,生产调度员→数字化工厂运营总监(主导MES/ERP实施)。跨界拓展方向,碳足迹评估工程师(ISO14067标准),工业元宇宙场景设计师(Unity/UE5

开发)。

5.4 行业趋势与建议。技术迭代:工业4.0推动设备智能化升级,掌握边缘计算、机器视觉技术者更具竞争力。就业策略:优先选择参与国家级智能制造基地(如苏州工业园)的企业,积累实战经验。持续学习:每年投入20%时间学习新技术(如量子计算在精密制造中的应用)。该专业呈现“技术复合化+行业多元化”特征,建议结合个人兴趣深耕细分领域,同时拓展跨学科视野以应对产业变革^[8]。

综上所述,机械设计和制造与我国的社会进步和经济发展密不可分。因此,在当前的信息技术时代,机械设计行业必须与时俱进,加大投入,注重信息技术的发展,加强信息技术与机械设计制造的融合,注重技术创新的振兴,促进各类生产设备的功能提升,同时确保其绿色环保发展更加智能化,小型化,虚拟化发展,促进各行各业的发展进步。

参考文献

- [1]陈敬.机械设计制造及其自动化的设计及发展探讨[J].冶金与材料,2022,4.
- [2]彭凌.机械设计制造及其自动化的优势、特点与发展趋势[J].造纸装备及材料,2022,7.
- [3]李海.机械设计制造及其自动化的特点与优势探讨[J].中国金属通报,2021,11.
- [4]白源.机械设计制造及其自动化的节能设计思想探讨[J].时代汽车,2022,9.
- [5]周瑞.智能制造时代机械设计制造及其自动化技术研究[J].内燃机与配件,2022,5.
- [6]段涛.机械设计制造及其自动化的发展方向分析[J].内燃机与配件,2021,17.
- [7]付昂.制造业产业升级的研究回顾与展望[J].科学管理研究,2022(2).
- [8]钟男.渐进式改革背景下的制造业产业升级与市场规范化问题研究[J].信息系统工程,2022(8).