

Exploring the Current Development and Future Trends of Mechanical Manufacturing Specialization

Leying Jiang Tingting Guo

Shandong Lutong Heavy Industry Machinery Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

Mechanical manufacturing plays a pivotal supporting role in China's industrial system, where the enhancement of professional capabilities is closely linked to the overall competitiveness of the manufacturing sector. While China has made significant progress in numerical control technology, automated production lines, and high-precision machining, it still faces practical challenges including rapid technological updates, a shortage of high-level talent, and insufficient multidisciplinary collaboration. This paper, grounded in industry practices, explores integration pathways for key technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, digital twins, and green design, with a focus on intelligentization and green transformation. It analyzes major factors influencing professional development from three perspectives: innovative technologies, market demands, and policy environments. Finally, the paper proposes countermeasures and recommendations for strengthening core technology breakthroughs, deepening industry-education integration, and improving green manufacturing standards, aiming to provide references for the sustainable development and industrial upgrading of mechanical manufacturing specialization.

Keywords

mechanical manufacturing; professional development; intelligent manufacturing; green manufacturing; talent cultivation; development trends

机械制造专业的发展现状与未来趋势探究

姜乐营 郭婷婷

山东路通重工机械有限公司, 中国 · 山东 济南 250000

摘要

机械制造在我国工业体系中扮演着支撑性角色, 其专业能力的提升与制造业整体竞争力密切相关。目前, 我国在数控技术、自动化产线、高精度加工等方面已取得了明显进步, 但同时也面临着技术更新节奏快、高层次人才不足、多学科协作不够深入等现实问题。本文结合行业实践, 以智能化与绿色化为主线, 探讨人工智能、物联网、数字孪生、绿色设计等关键技术的整合路径。并从创新技术、市场需求和政策环境三方面分析专业发展的主要因素, 最后, 就加强关键核心技术攻关、深化产教融合、完善绿色制造标准体系等方面提出对策建议, 希望为机械制造专业的持续发展与产业升级提供参考。

关键词

机械制造; 专业发展; 智能制造; 绿色制造; 人才培养; 发展趋势

1 引言

机械制造作为国家工业化水平的重要标志, 在全球制造业数字化、智能化转型浪潮中占据战略地位。从德国“工业 4.0”到我国的“中国制造 2025”, 各国都将机械制造的升级视为抢占未来竞争制高点的关键。因此, 分析该专业的发展现状与趋势, 对优化学科局部、推动产业迭代具有重要意义。

然而, 我们必须正视当前仍存在的突出问题: 部分核心技术尚未完全自主、高端设备依赖进口、人才培养与行业实际需求存在偏差、绿色转型压力重重。为此, 本文旨在通

过梳理发展逻辑、辨明主要方向, 为政策制定、教学改革与产业实践提供参考。

2 机械制造专业发展现状分析

2.1 技术发展水平与主要特点

整体来看, 我国机械制造技术已逐步从跟跑转向并跑, 在若干重点方向实现了重要突破。

数控技术与高端装备: 多轴联动数控机床、大型复合材料铺丝机等国产化高端装备已在航空航天、能源装备等批量应用。与此同时, 依托物联网架构的机床远程监测与能效优化系统开始推广, 提升了设备综合效率(OEE)。

增材制造技术: 正从样件制作转向直接零部件制造, 激光选区熔化(SLM)、电子束熔化(EBM)等工艺日益成熟, 在航空发动机部件、医疗植入体等领域实现工业化应用。

【作者简介】姜乐营(1973-), 男, 中国山东泰安人, 本科, 中级, 从事机械设计研究。

智能制造系统：以柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造系统（CIMS）为代表的产线形态持续向智能方向升级。工业机器人应用密度逐年上升，协作与移动机器人在装配、检测、物料流转等环节广泛应用。

精密与超精密加工：纳米尺度加工技术在一些关键领域获得实质性进展，应用于光学元件、超精密模具等。测量技术也从传统接触方式向非接触、在线化发展，机器视觉的智能监测系统开始试用。

尽管如此，但短板依然突出：高端数控系统、精密伺服电机、减速装置等核心部件仍依赖进口；用于产品设计、仿真与工艺规划的CAD/CAE/CAM等工业软件自主化水平低，制约了产业向高端迈进。

2.2 人才培养体系与挑战

目前，我国已基本形成覆盖中职、高职、本科及研究生阶段的机械制造人才培养体系，但对照产业快速转型的要求仍不匹配。

课程体系与教学内容：多数院校仍以机械设计基础、制造工艺学、机床概论等传统课程为主干，尽管逐步加入了智能制造、机器人技术等新内容，但常呈现知识点零散、与实际工程场景衔接不紧的状况。工业大数据、数字孪生建模、可持续产品设计等前沿课程开设不足且与实际场景衔接弱。

实践教学条件：尽管国家和省级实验教学示范中心、虚拟仿真项目持续建设，但不少院校的实验设备更新滞后，先进制造装备缺乏，教学环境与企业真实产线差距较大。校企合作大多仍停留在认知实习层面，深度协作项目较少。

师资队伍构成：具备企业实战经验的教师比例偏低，“双师型”教师的培养机制不健全。在工业互联网、人工智能等交叉领域师资短缺。

人才供给结构性失衡：传统岗位竞争激烈，而智能装备研发、数字化运维等高技能岗位却人才难求，反应出毕业生工程实践能力弱、跨学科整合不足、系统创新思维欠缺等问题。

3 机械制造专业未来发展趋势

3.1 智能化：从自动化迈向自主化

智能化正成为机械制造演进的主线，其内涵将逐步从单机设备智能延伸到系统级智能，并最终向制造生态智能发展。

智能装备与加工单元：新一代数控机床将具备工艺参数自适应调节、加工过程自优化、故障提前预警与诊断等能力。机器人则向更强环境感知、自主路径规划与人机自然协作方向演进。

智能工厂与生产系统：基于数字孪生模型，实现物理工厂全要素、全过程与实时交互，支持生产状态的透明监控、故障预测与动态排产。5G与工业互联网的融合将构建高可靠、低延迟的厂内网络，为大规模定制化生产提供支撑。

智能设计与管理：人工智能技术将进一步渗透至产品概念生成、工艺设计、供应链优化等环节。生成式设计、拓扑优化等方法在轻量化、性能最优化方面发挥更大作用。基于分布式账本技术的质量追溯与供应链可信管理成为可能选项。

智能服务新模式：装备企业向“产品+服务”模式转型，提供远程操作、能效服务、产能共享等增值业务。预测性维护避免非计划停机，提升用户资产运营效率。

3.2 绿色化：全生命周期可持续制造

在环保政策的指引下，绿色制造正从理念层面全面转向实施层面，成为机械制造发展的硬约束与核心价值导向。

绿色设计：面向全生命周期的生态设计（DFE）理念日益普及，设计阶段即综合考虑材料环境属性、能耗水平、易于拆解回收等因素。通过结构轻量化、功能集成化设计降低资源消耗。

绿色工艺与装备：干式切削、微量润滑、冷喷涂等环境友好型工艺逐步替代传统高耗能工艺。激光、超声加工等非传统加工技术因其精度高、耗材少的特点，应用范围持续扩大。制造装备能效标准不断提升，余热回收、能源管理系统成为标配。

绿色工厂与供应链：工厂能源结构中光伏、风电等可再生能源占比逐步增加，屋顶光伏、分布式储能设施应用增多。循环经济模式推动废旧机电产品再制造产业走向规模化。绿色供应链管理要求供应商符合环保标准，实现碳足迹跟踪与减排。

新材料与结构创新：生物基材料、可降解复合材料逐步替代部分金属材料。多功能复合材料、超材料等新型材料为结构减重与性能提升提供新路径。

4 影响机械制造专业发展的关键因素

4.1 科技创新的驱动

新一代信息技术、先进材料、生物技术等多领域交叉融合，正重构机械制造的技术体系。

智能技术集群：人工智能、物联网、大数据、云计算等构成智能制造的关键技术基础。其中，边缘计算侧重于高实时性控制任务，云计算则支撑大规模数据分析与模型训练。

材料创新突破：高性能合金、陶瓷基复合材料、形状记忆合金等新材料持续推动极端制造能力提升。材料基因组等新范式有望大幅缩短新材料研发周期。

工艺原理革新：超快激光加工、电场辅助成形、生物制造等新原理工艺不断涌现，拓展制造可能性边界。

4.2 市场需求拉动

国内国际双循环新格局、产业升级与消费结构变化共同催生新需求。

产业升级需求：航空航天、新能源汽车、高端医疗装

备等战略性新兴产业对高精度、高可靠、高性能装备需求持续增长。传统产业智能化改造也带来大量设备更新与系统集成需求。

消费模式变化：个性化、定制化消费趋势推动制造系统向柔性化、可重构方向演进。产品生命周期缩短要求研发与制造周期高度压缩、紧密协同。

全球化竞争态势：发达国家推动制造业回流，新兴经济体凭借成本优势承接中低端环节转移。我国制造业必须向价值链高端攀升，从成本竞争向质量、品牌与服务的综合竞争。

4.3 政策与标准支撑

国家战略、产业政策与标准体系共同营造了机械制造专业发展的宏观环境。

国家战略引导：“制造强国”“数字中国”“双碳目标”等国家顶层设计明确了发展方向与重点。重大科技专项、产业基础再造工程等提供了资源支持。

标准体系建设：智能制造、绿色制造标准体系持续完善，为企业转型升级提供规范引导。提升国际标准制定参与度与话语权，有助于中国装备与服务更好走向世界。

产教融合政策：现代产业学院、卓越工程师培养计划等政策推动教育链、人才链与产业链、创新链衔接融合。

5 推进机械制造专业发展建议

5.1 构建协同创新网络，攻克关键核心技术

夯实基础研究，布局前沿方向：布局智能制造、极端制造、生物制造等前沿领域，鼓励学科交叉研究。持续加大对核心基础件、关键材料、先进工艺及产业技术基础（“工业四基”）的研发投入。

健全“产学研用”合作机制：支持行业骨干企业牵头组建创新联合体，承担国家重大科技任务。布局建设一批国家级制造业创新中心、产业技术研究院等公共平台，加速成果中试与产业化。

培育“专精特新”企业群体：营造有利于中小企业在细分领域深耕、掌握特色技术的生态环境，构建大中小企业融通发展、协同共生的产业生态。

5.2 深化教育教学改革，培育复合型工程人才

重构课程体系，更新教学内容：打破学科界限，建立“机械+信息+材料+管理”相互渗透的模块化课程体系。及时将新技术、新工艺、新标准纳入教学。加强工程伦理与可持续发展理念教育。

创新实践教学形式：建设一批虚实结合的实验实训平台，模拟真实工程环境。推广基于项目的学习、CDIO（构思-设计-实现-运行）等教学模式。深化校企联合培养，引进企业导师与真实课题。

强化师资队伍建设：完善教师赴企业实践制度，探索

设置“产业教授”岗位。积极引进具有国际视野与产业经验的优秀人才。建立健全教师工程能力持续提升机制。

构建终身学习体系：面向行业从业人员开展智能制造、绿色制造等专题培训和微认证项目。利用在线开放课程与虚拟仿真资源，提供灵活、便捷的学习支持。

5.3 推动绿色智能转型，增强产业核心竞争力

制定分类分级实施路线图：分行业、分区域制定智能制造与绿色制造发展路径，明确阶段性目标与重点任务。开展标杆企业评选与典型经验交流推广。

强化标准引领与认证推广：加快研制智能工厂、绿色工厂评价标准。推动产品碳足迹认证与绿色产品标识制度实施。鼓励企业参与国际标准制定。

优化政策支持与金融供给：落实研发费用加计扣除、首台（套）装备保险补偿等政策。创新绿色信贷、绿色债券等金融产品，引导社会资本投向绿色技术研发与改造。

营造开放协同的产业生态：主动融入全球智能制造与绿色制造创新网络。在引进吸收国际先进技术与管理经验的同时，推动中国技术、标准与服务国际化。

6 结语

机械制造专业正处在智能化和绿色化转型的关键阶段。面对核心能力不足、高端人才短缺等挑战，我们应把握科技与产业变革的窗口期，打破学科壁垒，深化产教融合，构建开放协同的创新生态。坚持创新驱动、强化人才支撑、践行绿色理念，是推动机械制造专业持续发展、支撑制造强国建设的必由之路。未来的画卷，期待业界、学界与政策制定者共同绘就。

参考文献

- [1] 周济. 智能制造——“中国制造2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2280.
- [2] 李培根, 周艳红. 数字孪生车间：一种未来车间运行新模式[J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(1): 1-9.
- [3] 谭建荣, 刘振宇. 智能制造与机器人应用：关键技术与发展趋势[J]. 中国工程科学, 2017, 19(3): 61-70.
- [4] 国家制造强国建设战略咨询委员会. 中国制造2025蓝皮书（2023）[M]. 北京：电子工业出版社, 2023.
- [5] 王柏村, 黄思, 丁汉. 面向2035的智能制造技术预见和路线图研究[J]. 中国工程科学, 2020, 22(3): 10-18.
- [6] 刘飞, 李聪波, 曹华军. 绿色制造理论体系与技术框架[J]. 机械工程学报, 2019, 55(17): 168-178.
- [7] 杨华勇, 傅建中, 贺永. 智能制造中的工业互联网与数字孪生[J]. 浙江大学学报(工学版), 2021, 55(6): 1009-1021.
- [8] 赵继, 张雷, 刘志峰. 机械工程学科前沿与未来发展[J]. 机械工程学报, 2021, 57(11): 1-31.
- [9] 李翠. 我国机械制造行业发展现状与未来发展趋势探讨[J]. 理论观察, 2020(9): 87-89.