

Research on the Innovative Application of Mechanical Manufacturing and Automation Technology under the Background of Intelligent Manufacturing

Jiang Zang

Yantai Vocational College of Tourism and Culture, Yantai, Shandong, 264003, China

Abstract

Against the backdrop of rapid advancements in intelligent manufacturing, mechanical manufacturing and automation technologies are undergoing profound transformations from traditional models to digitalization, networking, and intelligentization. This paper explores innovative pathways and practical applications of mechanical manufacturing technology through the lens of intelligent manufacturing. By analyzing the synergistic effects of key technologies such as information integration, intelligent control, and flexible production, it reveals how emerging technologies enhance efficiency, quality, and industrial upgrading. The study demonstrates that driven by artificial intelligence, big data, the Internet of Things, and digital twins, mechanical manufacturing is evolving from standalone automation to system intelligence. Through case studies, it illustrates innovative applications of mechanical automation systems in precision machining, intelligent inspection, and equipment interconnection within intelligent manufacturing environments. The paper proposes strategies for building an open technical ecosystem and cultivating interdisciplinary talent systems, providing references for high-quality development in the manufacturing sector.

Keywords

intelligent manufacturing; mechanical manufacturing; automation technology; digital twin; industrial upgrading

智能制造背景下机械制造及自动化技术的创新应用研究

臧江

烟台文化旅游职业学院, 中国·山东 烟台 264003

摘 要

在智能制造快速发展的背景下,机械制造及自动化技术正由传统模式向数字化、网络化与智能化深度转型。本文以智能制造为视角,探讨机械制造技术的创新路径与应用实践。通过分析信息融合、智能控制与柔性生产等关键技术的协同作用,揭示新技术对效率、质量与产业升级的促进作用。研究表明,在人工智能、大数据、物联网与数字孪生的驱动下,机械制造正由单机自动化迈向系统智能化。结合典型案例,论证了智能制造环境下机械自动化系统在精密加工、智能检测与设备互联方面的创新应用,并提出构建开放型技术生态与复合型人才体系的策略,为制造业高质量发展提供参考。

关键词

智能制造;机械制造;自动化技术;数字孪生;产业升级

1 引言

随着全球制造业进入智能化与数字化深度融合的新阶段,机械制造业成为产业升级的重要支撑。智能制造作为以信息物理融合系统(CPS)为基础的先进生产模式,强调数据驱动、智能决策与系统自组织能力,对传统机械制造提出了新的变革要求。机械制造及自动化技术作为制造体系的核心,其创新与融合程度直接决定了制造业的竞争力与可持续发展水平。过去的机械制造主要依赖经验与人工控制,生产模式以规模化与成本控制为主。而当前,面对多品种、小批

量、柔性化的市场需求,传统制造方式已难以满足高精度与高效率的要求。通过引入人工智能算法、物联网系统及数字孪生仿真技术,机械制造过程正在实现由“经验驱动”向“数据驱动”的转变。本文旨在从系统创新的角度,探讨智能制造背景下机械制造及自动化技术的技术革新、产业融合与应用实践,提出面向未来的优化方向,为企业实现数字化转型提供战略支撑。

2 智能制造时代下机械制造技术的演进趋势

2.1 从自动化生产到智能化系统的转变

机械制造自动化的早期形态主要表现为流水线与程序控制系统的引入,通过机械装置与PLC控制实现单点自动化。然而,在智能制造背景下,制造过程已由“设备控制”

【作者简介】臧江(1986-),男,中国山东诸城人,本科,讲师,从事机械制造及自动化研究。

拓展为“系统智能”。现代机械制造系统融合传感器技术、边缘计算与人工智能算法,使设备具备自感知、自学习与自决策能力。系统可通过实时采集温度、振动、压力等多维数据,利用机器学习模型进行设备健康预测与自适应调整,实现设备间的协同与能耗优化。此种智能化控制不仅提升了生产线的稳定性与柔性,还实现了人机协同生产的动态优化。

2.2 数据驱动的机械制造优化模式

在智能制造体系中,数据成为机械制造的核心资源。通过工业互联网平台,企业可实现生产数据的跨系统融合,打通设计、加工、检测、物流等环节的信息壁垒,形成实时可视化的生产决策体系。数据驱动的制造模式通过工艺参数优化、异常预测与质量反馈,实现闭环控制与精准管理。例如,在数控加工中,基于数据挖掘的刀具磨损预测模型可延长设备寿命,减少停机损耗,提高整体产能利用率。数据智能化不仅重塑了制造管理模式,也促进了机械制造过程的自主演化与优化升级。

2.3 智能制造体系中的机械柔性化发展

柔性化制造是机械制造向智能制造转型的关键。智能生产系统通过模块化设计与可重构架构,使生产线能够快速响应产品变化与市场需求。自动化机器人、柔性夹具与自适应控制系统的应用,使得复杂零部件的定制化加工成为可能。通过数字孪生技术建立虚拟模型,可在仿真环境中验证生产方案并预测潜在风险,实现从虚拟验证到物理执行的无缝对接。柔性制造体系的构建,使机械制造具备了应对复杂环境与个性化需求的能力,为智能化生产提供了坚实基础。

3 自动化技术的智能化创新路径

3.1 智能感知技术的集成与优化

智能感知技术是实现机械制造自动化系统自适应控制与高精度运行的关键支撑。随着传感器精度、响应速度和微型化水平的提升,机械设备能够在生产过程中实现多维信息的实时采集与分析。通过红外检测、超声测量、机器视觉和多传感融合等技术手段,系统可全面监控加工状态、环境变化及设备健康状况,并实时识别加工误差、表面缺陷及定位偏差,实现闭环反馈与自动修正。例如,在智能装配系统中,基于深度学习的视觉识别算法能够进行工件识别、姿态判断和路径优化,显著提升装配精度与稳定性。智能感知的集成不仅提高了生产的自动化程度与检测效率,还为系统的自学习、自适应与预测维护提供了数据基础,推动机械制造由“感知驱动”向“认知驱动”迈进,形成高可靠性的智能控制体系。

3.2 人工智能在控制系统中的应用

人工智能的引入使机械制造控制系统实现了从静态逻辑向动态决策的跨越。传统控制系统依赖人工参数设定与固定算法,而基于人工智能的控制架构可通过数据训练与反馈学习实现自我优化。神经网络模型能够对非线性、多变量的复杂系统进行精确建模,强化学习算法通过试错机制不断修

正控制策略,从而实现最优路径与能效控制。在数控机床、工业机器人及自动检测设备中,AI控制技术能够在噪声干扰和环境不确定条件下维持高精度运行。例如,利用卷积神经网络实现图像特征提取与缺陷识别,可自动调整加工参数以确保工艺质量。AI的应用显著增强了控制系统的自主性与鲁棒性,使机械制造从“被动执行”转变为“主

3.3 人机协同与智能决策系统的构建

人机协同是智能制造环境中实现高效决策与柔性生产的重要方向。现代机械制造系统通过融合增强现实(AR)、虚拟现实(VR)与数字孪生技术,构建人机交互与协同决策平台,使操作人员能够在虚拟环境中对生产过程进行监控与远程干预,实现“可视—可控—可演化”的生产管理。人机协同系统集成语音识别、自然语言处理与知识图谱技术,能够将专家经验与操作知识结构化、数字化存储,为智能系统提供持续学习的知识源泉。员工从机械操作者转变为智能系统的“决策协同者”,在生产环节中承担监督、优化与创新角色。该模式实现了“人机共智”的组织形态,使决策更加灵活、生产更具弹性,为机械制造业实现智能化转型和可持续创新提供了核心动力与战略支撑。

4 智能制造环境下的核心技术融合应用

4.1 物联网技术在机械制造中的集成应用

物联网技术的引入为机械制造系统提供了实时感知、精准监控与高效协同的基础支撑。通过在设备中集成RFID标签、智能传感器、网络通信模块及边缘计算单元,制造过程中的各类数据得以即时采集与互联,实现“设备—设备—系统—云端”的全链条融合。工业物联网平台可对机床状态、生产环境及工艺参数进行动态监测,并通过云端分析实现智能诊断与预测性维护,使设备管理从被动响应向主动优化转变。例如,在风电机组及数控机床的智能运维中,通过数据采集与健康预测算法,企业可提前识别故障趋势,制定精准维护策略,显著降低停机率与维护成本。物联网技术的广泛应用不仅实现了制造过程的透明化与可追溯性,还促进了多设备协同与资源共享,推动机械制造体系向智能化、柔性化和绿色化方向持续发展。

4.2 数字孪生与虚拟制造技术的融合

数字孪生技术是智能制造的重要核心,通过构建与物理实体相对应的虚拟模型,实现从设计、生产到维护的全生命周期映射与智能管控。在机械制造领域,数字孪生系统可利用多源数据实时更新虚拟模型,对设备运行状态、工艺参数与生产质量进行同步仿真与预测。通过这一机制,工程师能够在虚拟空间中验证生产方案、评估风险并优化流程。例如,在汽车零部件加工与装配中,数字孪生可对结构应力分布、能耗变化及工序衔接进行虚拟推演,提前识别潜在瓶颈,指导工艺优化与资源配置。虚拟制造技术与数字孪生的融合,使制造系统具备自学习与自优化能力,形成“虚实互动—

智能演化—闭环优化”的运行机制。该技术的推广应用显著提升了制造过程的灵活性、精度与可靠性，为实现高端装备制造的智能化变革奠定了坚实基础。

4.3 大数据驱动的制造决策优化

大数据技术在机械制造中的应用，使决策管理从经验判断走向数据驱动的科学决策。生产过程中产生的设备运行数据、工艺参数、物流数据及质量检测数据经过清洗、融合与挖掘，可形成精准的制造知识体系，为企业提供优化依据。通过大数据建模与智能分析，系统可识别生产瓶颈、预测故障模式并提出改进策略，实现过程控制的动态优化。例如，利用聚类分析与机器学习算法，可从历史加工数据中提取影响质量的关键变量，实现工艺参数的自适应调节。管理层通过数据可视化平台能够直观掌握设备状态与资源分布，制定更科学的生产计划与供应链策略。大数据决策优化不仅提升了生产效率与产品一致性，也为企业构建数字化竞争优势提供了支撑，推动机械制造由“经验制造”向“智能制造”迈进。

5 机械制造自动化创新的产业实践与发展路径

5.1 智能生产线的建设与应用

智能生产线作为智能制造体系的重要落地形态，承载着生产过程数字化、自动化与信息化的核心任务。通过引入工业机器人、智能传感技术及MES（制造执行系统），企业能够实现从原材料输入到成品输出的全过程可视化与动态优化管理。系统可依据实时数据进行工序调度与质量控制，形成“自感知—自决策—自执行”的生产闭环。以精密机床制造为例，自动上料、检测与装配模块的集成，使生产效率提升30%以上，产品一致性显著增强。智能生产线的模块化设计与网络化互联，使企业能够灵活应对市场需求波动，实现小批量定制与柔性生产。该模式不仅提升了制造精度与资源利用率，也为传统制造业的数字化转型提供了可复制的路径，为实现制造系统的高效协同奠定了技术基础。

5.2 绿色制造与能源管理的融合创新

在全球能源转型与“双碳”战略目标的推动下，绿色制造成为机械制造业创新的重要方向。传统制造过程往往存在能耗高、排放多等问题，而智能制造技术的融入为其提供了解决方案。通过部署能耗监测系统、物联网传感设备及AI能效优化算法，企业能够实现对设备能耗、工艺能效及碳排放的实时感知与调度优化。数据平台可动态分析能源利用结构，指导设备在不同负载下自动调整功率与运行节奏，

从而实现能效最优。部分企业已通过数字孪生仿真预测生产环节中的碳排放量，并制定低碳工艺方案。绿色制造的核心在于实现经济与生态的平衡，其创新不仅体现在节能降耗技术上，更在于构建循环利用与清洁生产的系统机制，从而实现机械制造业的可持续、高效与低碳发展。

5.3 人才与创新体系的建设

智能制造的发展离不开创新型、复合型人才的支撑。机械制造业正由传统工程型人才需求转向融合技术、信息与管理多元型人才结构。企业需建立多层次的人才培养体系，推动工程实践与数字技术教育的结合，强化从业人员的数据分析、系统思维与智能控制能力。通过构建产学研协同创新平台，可实现高校科研成果的工程化转化与企业应用验证，形成技术创新的持续循环。同时，应建立激励机制与创新生态，鼓励员工在实践中开展技术改进与流程优化。数字化转型不仅是技术变革，更是人才结构升级的过程。拥有高素质的创新团队，是机械制造企业实现技术迭代、工艺升级与国际竞争力提升的根本保障，也是推动智能制造体系持续演进的核心驱动力。

6 结语

智能制造推动了机械制造及自动化技术的深度变革，促使传统制造体系从经验依赖走向智能驱动。从技术角度看，人工智能、物联网与数字孪生的深度融合，使机械制造实现了数据化、网络化与自适应化的系统创新；从产业角度看，智能制造正重塑产业结构与竞争格局，形成“数据+技术+人才”三位一体的创新体系。未来，机械制造企业需持续完善数字化基础设施，深化智能技术的协同应用，并构建开放共享的创新生态，以实现制造业的高质量、可持续发展。

参考文献

- [1] 张雨东,潘福江,余春贤.机械设计制造及其自动化技术在智能制造领域的应用研究[J].当代农机,2025,(11):22-23.
- [2] 申文戎,黄广鹏.机电一体化系统集成优化在工程机械智能化制造中的关键技术研究[J].仪器仪表用户,2025,32(11):54-56.
- [3] 王昊.视觉识别技术在机械工程自动化产线中的应用[J].造纸装备及材料,2025,54(10):71-73.
- [4] 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.
- [5] 孙瑞雪.智能制造技术在汽车制造中的应用与机械工艺优化[J].汽车维修技师,2025,(18):112-113.