

工业 4.0 背景下机械设计制造的智能化发展趋势探究

张鹏程¹, 李文超²

1. 山东瑞邦智能装备股份有限公司, 山东 淄博 255000

2. 青岛海尔空调器有限总公司, 山东 青岛 266100

DOI: 10.61369/TACS.2025060050

摘 要 : 工业 4.0 作为新一轮工业革命的核心, 以智能化、数字化、网络化为显著特征, 深刻改变了传统机械设计制造行业的生产模式与发展路径。本文首先阐述工业 4.0 的内涵、核心技术及对机械设计制造行业的影响, 进而分析在此背景下机械设计制造在设计流程、生产过程、产品服务等多维度的智能化发展趋势, 随后从技术创新、人才培养、管理优化三方面提出针对性的智能化应用策略, 最后总结工业 4.0 背景下机械设计制造智能化发展的意义与未来方向, 为行业转型升级提供理论参考与实践思路。

关 键 词 : 工业 4.0; 机械设计制造; 智能化; 发展趋势; 应用策略

Exploration on the Intelligent Development Trend of Mechanical Design and Manufacturing under the Background of Industry 4.0

Zhang Pengcheng¹, Li Wenchao²

1. Shandong Ruibang Intelligent Equipment Co., Ltd., Zibo, Shandong 255000

2. Qingdao Haier Air Conditioner Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266100

Abstract : As the core of the new round of industrial revolution, Industry 4.0 is characterized by intelligence, digitalization and networking, which has profoundly changed the production mode and development path of the traditional mechanical design and manufacturing industry. This paper first expounds the connotation, core technologies of Industry 4.0 and its impact on the mechanical design and manufacturing industry, then analyzes the intelligent development trends of mechanical design and manufacturing in dimensions such as design process, production process and product service under this background, and subsequently puts forward targeted intelligent application strategies from three aspects: technological innovation, talent cultivation and management optimization. Finally, it summarizes the significance and future direction of the intelligent development of mechanical design and manufacturing under the background of Industry 4.0, providing theoretical reference and practical ideas for the transformation and upgrading of the industry.

Keywords : industry 4.0; mechanical design and manufacturing; intelligence; development trend; application strategy

引言

随着信息技术与制造业的深度融合, 工业 4.0 应运而生, 推动全球制造业进入“智能化”变革时代。传统机械设计制造行业长期依赖人工经验, 存在设计周期长、生产效率低、产品质量稳定性不足等问题, 已难以满足当前市场对个性化、高精度、高效率产品的需求。在此背景下, 机械设计制造向智能化转型成为必然趋势, 不仅能提升生产效率与产品质量, 还能增强企业核心竞争力, 实现行业可持续发展^[1]。因此, 深入探究工业 4.0 背景下机械设计制造的智能化发展趋势与应用策略, 具有重要的理论价值与现实意义。

一、工业 4.0 概述

“工业 4.0”概念起源于德国, 在 2013 年汉诺威工业博览会中正式提出, 核心指向“智能工厂”与“智能生产”, 通过物联网、大数据、人工智能、云计算等新一代信息技术, 推动制造全

系统向数字化、网络化、智能化转型。工业 4.0 是以“一切皆互联”为主题, 要求生产工具、产品、员工、管理系统之间实现紧密、灵活、高效的智能生产制造, 从而打破传统生产的生产信息孤岛, 达到对生产资料的优化和精细管理^[2]。

工业 4.0 的落地依赖一系列核心技术支撑, 具体可分为以下四

作者简介:

张鹏程 (1988.07—), 男, 汉族, 山东淄博人, 大学本科, 中级工程师, 机械设计制造及自动化;

李文超 (1987.11—), 男, 汉族, 甘肃张掖人, 大学本科, 中级工程师, 机械设计制造及自动化。

类：第一，物联网技术，通过如传感器、射频识别(RFID)等将生产设备、产品以及原料等信息进行采集并进行共享，为实现智能化管理和控制提供信息支持；第二，大数据分析以及云技术，可以对大量生产过程中产生的数据进行有效的存储、分析和挖掘，最终通过加工得到有助于制造企业产品设计方案完善、计划安排以及品控等方面所作的决策；第三，人工智能技术，如机器学习与深度学习，可以在如生产相关产品的参数选择、设备的维护故障预测、自动调整生产等方面发挥一定的作用，提高制造企业的智能化程度；最后，数字孪生技术，以构建实物物体虚拟模型的方式，实现实物物体运行状态以及产品制造过程的实时模拟和监视，可以有效地实现问题的快速查找和生产步骤的快速调整。

在制造业领域，工业4.0既为企业带来转型机遇，也提出了新要求。生产方面，从“大生产”转向“定制”使得企业可以按照消费者的需求随时更新其生产方案以满足消费者各种需要；另一方面，随着加入智能机械和系统，工人手工作业减少，且降低了人为主观性的失误，并在全自动化和一体化生产下提高了生产效率；另外，利用实时监控数据和智能分析软件对全生产阶段进行统筹管理，可以帮助企业及时发现潜在缺陷从而保持产品质量的稳定^[3]；此外，利用精密资源分配以及能源使用和预先告警故障等能够显著降低原料浪费和维护设备费用，提高企业的盈利情况。

二、工业4.0背景下机械设计制造的智能化发展趋势

（一）设计流程智能化：从“经验驱动”到“数据驱动”

传统的机械设计通常是通过工程师的直接经验完成的，机械设计各环节（参数的确定、方案的改动等）通常是依赖个人的直觉经验作出抉择，这势必使设计周期过长、设计过程中策略更改速度低、设计结果精度受限。但是随着工业4.0的到来，机械设计正逐渐向着“数据驱动型智能”的方向发展。首先是通过智能化的设计工具（例如参数化设计系统、模拟分析软件），可根据设计目标与约束条件，自动生成多套设计方案，并对方案的力学性能、运动特性等进行全维度仿真分析，快速筛选最优方案。其次是通过大量的过去的设计数据、产品性能数据、客户反馈等数据应用机器学习找出它们之间的关系，作为改进设计参数、设计新结构的数据支撑^[4]。例如，在汽车零件设计中，可以将以前很多实验结果的数据进行分析，改进零件的结构参数，提升零件的实际运用效果，并能很大程度上节约设计时间。

（二）生产过程智能化：从“自动化”到“自主化”

尽管在工业4.0时代之前，机械制造业就已经具备一定的自动化生产条件，但其在生产过程中所采用的自动化生产工具大部分是针对特定对象、特定程序而设计的，因此无法适应当代多元化的产品、小规模的生产需求。而随著工业4.0相关技术影响力的渗透，机械制造行业正逐步从“自动化”向“自主化”升级，主要体现为智能生产线的广泛应用与柔性制造系统的推广^[5]。智能生产系统依靠物联网让设备相互交流联系，并且借助于人工智能算法来调控生产流程，能够根据生产的指令或者是原材料的变化，自动改变生产设备的设置、生产顺序，无需人工干预。柔性生产系

统是以“模块化”理论为基础，它能够通过对不同加工类别的模块进行替换的方式完成转变而获得新的生产形态，以适应当代的个性化定制生产需求。除此之外，工业机器人在智能化方向的发展也是生产过程的智能化体现之一，因为新一代工业机器人具备如视觉识别、力敏感、自主导航等方面的能力，能够完成复杂工件的装配、焊接、检测等工作，与人配合工作，提升生产效率和安全性。

（三）产品服务智能化：从“单一产品”到“产品+服务”

智能制造将工业4.0时代的产品功能模式由原有的“产品购买”逐步向“产品+服务”的智慧商业模式转变。一是产品中搭载不同类型的智能设备，比如传感技术、物联网技术等，使产品具备数据实时监测与互联互通反馈能力。例如工厂设备产生速度、温度、震动等多种数据进行上传，由云端数据库进行计算并发送潜在隐患、风险到厂商、用户，维修方案建议，即“预测性维护”；二是结合产品工作状态，为用户进行定制化服务提供，比如优化产品工作效率，优化生产线相关建议等，使我们角色由产品提供商向方案提供商转变，从而提升客户忠诚度增加企业价值^[6]。

三、工业4.0背景下机械设计制造智能化应用策略

（一）加强核心技术研发，突破智能化技术瓶颈

作为迈向机械制造智能化的第一大基石，当下中国部分机械制造企业对于如智能传感器、工业软件、高端工业机器人等核心技术仍“受制于人”，需从两方面发力突破^[7]。第一，企业加大研发投入力度，专注于自身主营业务领域，联合高校及科研院所建立起“产学研用”协同创新模式，破解智能化生产中的关键技术难题，如高精度数据采集技术、复杂生产场景下的人工智能算法优化等。第二，政府层面加强对相关政策支持力度及指引，包括科研资金专款拨付、税收激励补贴等，激励企业研发智能技术、加强知识产权保护力度，创造有利于创新的环境，培育、推进核心技术发展及市场化普及。

（二）重视复合型人才培养，构建智能化人才体系

通过推动机械设计智能化发展，我们需要在企业中寻找一批不仅是机械设计、制造方面的行家，也是对物联网、大数据、人工智能等相关技术有一定的掌握程度的复合型专家。此种人才是当前市场的稀缺产品，需从高校培养与企业培训两方面构建复合型人才体系。首先，从高等教育方面看，调整机械设计制造及其自动化学科设置并增设新学科，譬如物联网技术、工业数据、智能生产线等科目，以增强学生实践能力^[8]。其次，加强实验性学习阶段，譬如与企业联合设置实训基地，让学生亲历智能生产线等实践活动，提升学生实践能力。而在企业方面，对现有的劳动者实施智能化技术培训课程，譬如对生产人员开展工业机器人操作、维护与维修等技能培训，再譬如教导工人对智能生产线的运行等的管理等内容。“以自我培训+外部人员培训”的形式，提升工人的智能化技术水平，也可通过组织开展有关领域技能比赛、实施职业技能等级评价等方法，鼓励从业者积极主动学习，从而

培养更多优秀的智能化技术技能人才^[9]。

（三）优化企业管理模式，适应智能化生产需求

传统制造业的管理模式是以“金字塔式”管理模式为基础，决策链条长、信息传递慢，难以满足生产智能化的即时性和灵活性，需要改进管理理念和流程。一方面企业高层需要建立以“数据为导向决策”的原则，把制造过程中所产生的数据作为重要的决策依据，运用大数据优化制造排产、库存控制、品质管控等方面，提高管理精细化水平。另一方面打破各职能部门的信息壁垒，建立“扁平化”组织架构，搭建一体化数字化管理平台，实现设计、生产、销售、服务各环节的信息共享与协同作业^[10]。例如设计师可实时地将设计方案发至制造部门，制造部门可实时更新调整其生产进度和检查质检结果，实现有效的产品设计生产和协同工作。

四、结语

综上所述，工业4.0为机械设计制造行业带来了前所未有的发展机遇，智能化已成为行业转型升级的核心方向。通过设计流程从“经验驱动”到“数据驱动”、生产过程从“自动化”到“自主化”、产品服务从“单一产品”到“产品+服务”的转型，机械设计制造行业正逐步实现生产效率提升、产品质量优化、企业竞争力增强的目标。然而，在智能化发展过程中，行业仍面临核心技术瓶颈、复合型人才短缺、管理模式滞后等挑战。未来，需通过加强核心技术研发、重视复合型人才培养、优化企业管理模式等策略，推动机械设计制造智能化向更深层次发展，助力我国从“制造大国”向“制造强国”迈进。

参考文献

[1] 许云, 周丽, 许峰. "工业4.0"对机械制造及自动化行业的影响分析[J]. 中国设备工程, 2021, (20): 21-22.

[2] 赵传生. "工业4.0"对机械设计制造及自动化行业的影响分析[J]. 设备管理与维修, 2019, (20): 26-28.

[3] 邓耀肯. 浅谈4.0背景下我国机械制造业存在的问题与发展趋势[J]. 时代农机, 2018, 45(11): 44.

[4] 杨博文, 曹彬. 机械制造智能化技术与机电一体化的融合研究[J]. 自动化应用, 2024, 65(S1): 116-118.

[5] 冯德章, 沈小明, 张成材. 机械设计制造的数字化与智能化探析[A] 全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(四)[C]. 中国电力设备管理协会, 中国电力设备管理协会, 2024: 3.

[6] 王丰海. 机械制造智能化技术的发展及运用研究[J]. 中国战略新兴产业, 2024, (14): 157-159.

[7] 黎昌龙. 浅析机械设计制造的数字化与智能化发展[J]. 中国设备工程, 2024, (08): 28-30.

[8] 薛梅. 机电一体化与机械制造智能化技术融合研究[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(04): 92-94.

[9] 李嘉, 周国梁. 人工智能技术在机械设计制造中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(03): 101-103.

[10] 侯新亮. 基于人工智能的机械设计制造和自动化实践[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(12): 64-66.