

智能制造背景下机械设计制造技术应用研究

靳志鹏

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 054000

[摘要]伴随着工业 4.0 的发展、“中国制造 2025”战略的不断推进, 智能制造已经成为推动制造业转型升级的主要力量。文中对智能制造背景下的机械设计制造技术在数字化设计、智能加工、柔性制造、智能检测等方面的应用进行了系统的梳理, 分析了目前存在的数字化协同设计水平低、系统集成难、核心装备自主化不足、数据安全、复合型人才等五个主要问题, 在此基础上提出完善数字化设计与协同研发体系、推进智能制造装备集成应用、建设工业互联网和数据共享平台、提高智能检测和预测性维护能力、健全智能制造人才培养和技术创新机制等途径。经过研究发现, 技术创新同体系协同的有机结合才是机械设计制造技术高质量发展的主要途径。

[关键词]智能制造; 机械设计制造; 数字化协同; 系统集成; 工业互联网

DOI: 10.33142/sca.v9i7.20020

中图分类号: TH12

文献标识码: A

Research on the Application of Mechanical Design and Manufacturing Technology in the Context of Intelligent Manufacturing

JIN Zhipeng

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: With the development of Industry 4.0 and the continuous promotion of the "Made in China 2025" strategy, intelligent manufacturing has become the main force driving the transformation and upgrading of the manufacturing industry. This paper systematically combs the application of mechanical design and manufacturing technology in digital design, intelligent processing, flexible manufacturing, intelligent detection and other aspects under the background of intelligent manufacturing, analyzes the five main problems existing at present, including low level of digital collaborative design, difficult system integration, insufficient autonomy of core equipment, data security, and composite talents. On this basis, it proposes ways to improve the digital design and collaborative research and development system, promote the integrated application of intelligent manufacturing equipment, build industrial Internet and data sharing platform, improve the ability of intelligent detection and predictive maintenance, and improve the talent training and technology innovation mechanism of intelligent manufacturing. After research, it has been found that the organic combination of technological innovation and system collaboration is the main way for the high-quality development of mechanical design and manufacturing technology.

Keywords: intelligent manufacturing; mechanical design and manufacturing; digital collaboration; system integration; industrial Internet

引言

随着工业 4.0 的发展和“中国制造 2025”的不断推进, 我国已经步入了智能制造的时代。智能制造技术影响到许多领域, 其中对机械设计制造领域的影响最为明显。智能制造推动计算机信息技术和制造产业的深度融合, 使机械设计阶段更加前瞻化, 机械制造阶段更加流程化、自动化, 大幅度提高生产效率。根据工业和信息部数据, 2025 年上半年我国装备制造业增加值同比增长 10.2%, 智能制造

装备产业规模达到 5 万亿元以上。工信部等八部门联合发布了机械工业数字化转型实施方案(2025—2030 年), 到 2030 年机械工业规模以上企业基本完成一轮数字化改造, 骨干企业深度应用人工智能技术。在此情况下, 机械设计制造技术的应用逻辑正在发生深刻的改变, 由原来的依靠经验、人工操作转变为依靠数据、智能决策。怎样准确把握智能制造技术方向, 怎样应对转型过程中出现的现实问题, 怎样科学规划优化路径, 已经成为学界和业界共同关

注的问题。

1 智能制造背景下机械设计制造技术的应用

智能制造技术在机械设计制造中有着广泛的、深入的应用。从产品设计角度来说,数字化设计和制造一体化技术把机械产品的设计、分析、工艺规划、制造这些环节联系起来,达成信息的高效传递和共享,冲破传统流程的限制。CAD/CAE/CAM 一体化平台、虚拟仿真验证、PLM 系统等技术慢慢成了开发流程的主要支撑手段。智能自动化技术对机械设计的全过程进行重新塑造,使传统的依靠经验的设计模式向以数据为驱动、智能优化的方向转变。智能工厂模式正在快速推广,集成高端数控机床、工业机器人、智能焊接设备、柔性工装夹具、智能物流系统,用 ERP/MES 搭建模块化的柔性生产线。2025 年上半年我国工业机器人产量增长 35.6%, 智能传感器市场规模达到 1600 亿元。从检测和运维角度来说,故障检测技术可以对设备的状态进行实时监测,在出现故障的时候能够及时地发现并做出响应,从而减少由于设备停机造成的生产损失。故障预测技术依靠历史数据以及趋势分析,可以提前察觉潜在的故障风险。从系统管理的角度来看,基于微服务架构的 MES 系统集成很好地解决了信息孤岛、资源管理混乱和生产排序低效等问题。这些应用范围的不断扩展,说明机械设计制造技术由原来的单点突破走向系统集成。

2 机械设计制造技术应用存在的问题

2.1 数字化协同设计水平有待提高

目前机械设计制造领域数字化协同设计水平同行业高质量发展需求存在较大差距。传统的机械设计和制造方式存在着信息传递不畅、设计与制造环节相脱离的现象,不能满足市场的需求。就设计工具而言,各个部门、各个企业的 CAD/CAE 软件版本不一样、数据格式也不同,造成设计数据不能顺畅地流转和共享。由于设计工具异构、数据格式不兼容、协作流程不统一造成沟通成本高、版本混乱、设计周期长等现象十分严重。协同机制上,跨企业、跨地域协同设计模式还不成熟,缺少统一的协同设计平台和标准规范。传统的机械零部件开发流程已经暴露出效率低、协同差、迭代慢的问题。制造业数字化转型当中对于跨企业、跨地域协同设计模式的迫切需求愈发明显。

2.2 智能制造系统集成难度较大

智能制造系统集成属于机械设计制造技术升级的关键部分,但是目前存在诸多技术难题。机电制造系统集成依靠硬件平台、网络通信、数据库、工具平台和应用软件的协同工作,把分散的机械结构、传感器、PLC 程序、工业软件等模块整合成有机的整体。但是目前的集成过程

存在着三个主要的问题,即设备接口协议不统一造成兼容性差、核心部件国产化率低加大了适配风险、机械电气控制子系统协同控制能力弱^[1]。制造业数字化最大的难题就是 IT (信息技术) 和 OT (运营技术) 相脱离。数据孤岛、柔性生产两难,故障诊断靠人工经验,维护跟不上。

2.3 核心装备及关键技术自主化能力不足

核心装备和关键技术的自主化水平,同机械设计制造产业的供应链安全以及竞争力密切相关。我国工业母机产业规模虽然连续多年位居全球第一,但是还存在着高端市场竞争激烈、核心部件被卡脖子等难题。高端装备如大型数控机床、焊接机器人等产线关键设备大多采用国外进口,厂家不提供数据接口,设备通信协议也无公开标准。智能制造装备在精密减速器、高性能伺服驱动系统、智能控制器等关键技术及部件上虽然取得了一些进步,但是关键核心部件的完全国产化仍然是行业努力的方向。感知、控制、执行等短板亟待突破,高速动态感知、特征提取等智能感知技术以及自主学习、优化控制策略等智能控制技术还需要加强研究。核心装备自主化能力的缺乏,使产业链在关键环节存在着“卡脖子”的风险,阻碍了智能制造向纵深发展。

2.4 数据安全与网络安全风险增加

智能制造背景之下,机械设计制造系统数据安全和网络安全风险也越来越大。相比于传统的工业来说,智能制造中数据的“泛在连接”和“深度融合”给安全防护带来了新的问题,比如设备异构化、边界模糊化、攻击链变长等等。工业设备层面上,工业机器人、传感器等设备没有严格的认证机制,攻击者可以伪造设备接入生产线,发送虚假的数据或者控制指令。控制系统上 PLC、DCS 等工业控制设备的固件存在漏洞,攻击者可以通过远程控制的方式对生产设备进行参数的改变。生产线产生的工艺参数、质量检测数据、设备运行状态等敏感数据在传输或者存储的时候会被窃取。目前仅有 41% 的关键设备实现了联网,由于不同的厂家设备的协议存在差异,所以需要不同的厂家设备进行定制化的开发接口,从而造成成本提高 30% 以上。《机械工业数字化转型实施方案》提出要加强网络与数据安全治理,实行工业互联网安全分类分级管理。但是目前的安全防护体系还很完善,风险防控能力还有待提高。

2.5 复合型智能制造人才储备不足

复合型智能制造人才短缺成了机械设计制造技术发展中的主要阻碍。智能制造牵涉到机械工程、控制科学、计算机技术以及人工智能等诸多学科领域,对于从业者所

要具备的知识架构和综合能力有着很高的标准。但是传统的单一专业人才培养模式已经不能满足智能制造时代对复合型创新人才的要求了。就培养体系来说,课程体系衔接不到位、实践教学管理难、师资队伍建设慢等现象比较普遍。高校人才同实践需求之间存在着断层,缺少既懂机械制造又懂信息技术的复合型人才。机械工业数字化转型实施方案中提到,到2027年智能制造能力成熟度二级及以上企业比例达到50%,到2030年达到60%,这就对人才供给提出了更高的要求。培育出一批既懂行业又会使用数字技术的系统解决方案供应商,需要大量的复合型人才的支持^[2]。人才培养滞后造成新技术、新装备的推广应用缺少足够的人才支持。

3 智能制造背景下机械设计制造技术优化路径

3.1 完善数字化设计与协同研发体系

提高数字化协同设计水平要从平台、标准、机制三个方面着手。平台创建方面应该建立基于PDM系统的产品设计数据集中化、跨部门共享平台。数字化设计和制造一体化技术融合了各种先进的技术,把机械产品的设计、分析、工艺规划、制造等环节紧密地结合在一起。从标准规范的角度来说,应该积极推行网络协同设计有关标准的落实应用,从而有效地解决由于设计工具不同、数据格式不一致、协作流程不统一所造成的沟通成本高、版本混乱、设计周期长等问题。从研发模式上来说,应该促使研发由传统的经验型向数据型转变,加快设计迭代速度,提高产品的性能以及设计的速度。到2027年,数智技术被机械企业研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等各个环节广泛使用,机械企业数字化智能化水平不断提高。

3.2 推进智能制造装备集成应用

解决系统集成难题的关键就是推进智能制造装备系统化集成应用。从技术架构上讲应该使用模块化、分层控制的架构,把感知层、控制层和执行层很好地融合起来,实现IT和OT的深度融合。从装备集成的角度来说,应该把高端数控机床、工业机器人、智能焊接设备、柔性工装夹具和智能物流系统等进行集成。从产线建设角度来说,应该创建起一个包含自动识别、加工、输送、检测以及数

据分析全流程的智能工厂。实施方案提出要突破一批工业母机、工业机器人、智能仪器仪表、智能检测装备等智能装备^[3]。到2027年建成不少于200家卓越级智能工厂,到2030年建成不少于500家,这就需要系统化地推进智能制造装备的集成应用。

3.3 构建工业互联网与数据共享平台

工业互联网以及数据共享平台属于解决数据互通问题的关键性基础设施。《机械工业数字化转型实施方案》明确提出,到2030年重点企业之间形成数据互联、共享协同的产业链供应链。从平台建设的角度来说,应该解决制造业设备协议杂、数据标准乱、系统架构繁等难题,用统一的平台代替多套异构系统。中国信通院于2025年工业互联网大会上宣布启动“工业数据质量提升行动”,从工业数据标准化、数据质量加工、数据标注等主要方面着手,提高工业数据跨系统、跨平台的互操作性。从数据治理的角度来说,要创建起标准的、高质量的工业数据应用环境。利用汽车物模型库统一数据语义,用工业协议软网关键建立覆盖主流设备的数据标准。采用统一的数据标准和接口规范来打破数据孤岛,使整个流程的各个数据之间可以贯通。表1对工业互联网和数据共享平台的建设内容以及关键技术进行了梳理。

3.4 强化智能检测与预测性维护能力

提高智能检测和预测性维护水平,是保证设备可靠运转,削减运维开支的重要途径。从检测技术角度来讲,需要依靠多种数据采集方式,对设备进行实时的状态监测,并且借助智能算法来对检测结果加以分析,从而达到设备故障的提前预知以及维护改进的目的。根据振动机理以及数学模型的设备诊断与预测性维护系统,可以达到对设备进行全天候在线监测的目的。从预测技术角度来讲,利用微弱的故障信号来提前一个星期发出故障风险预警,把被动维修转为主动超前运维。从安全防护角度出发,要创建设备身份可信认证体系,实行工业互联网安全分类分级管理。对感知、控制、执行等各方面的不足进行突破,发展出高速动态感知、特征提取等智能检测技术,不断提高智能检测的准确度和及时性。

表1 工业互联网与数据共享平台建设核心要点

建设层面	核心内容	关键技术/要点	预期目标
平台架构	统一工业互联网平台建设	设备连接、数据建模、应用开发全流程覆盖	取代多套异构系统,实现IT与OT深度融合
数据标准	制定统一数据标准与接口规范	统一设备协议、数据格式,开展工业数据质量提升行动	提升数据跨系统、跨平台互操作能力
数据治理	构建标准化、高质量工业数据环境	数据清洗、标注、质量管理	打通数据孤岛,实现全流程数据贯通
安全防护	强化数据安全与网络安全	设备身份可信认证、数据分类分级管理	构建从采集、存储到传输的全生命周期防护链
产业协同	推动产业链供应链数据互联	上下游企业数据共享协同	到2030年重点企业实现数据互联、共享协同

3.5 健全智能制造人才培养与技术创新机制

破解人才短缺的困境要从教育体系、产教融合和制度保障这三个方面共同推进。从培养体系上看,应该创建起多学科融合、重视实践和创新的教育模式,造就出有 AI 知识背景并具备跨学科创新才能的高素质人才。应使机械工程、控制科学、计算机技术、人工智能有机地结合起来,造就出能够设计智能装备并进行工业系统集成的复合型人才^[4]。从产教融合角度来说,应该以企业真实的工程问题为方向,联合行业领军企业创建产学研基地。培养一批既懂行业又会数字的系统解决方案供应商。从课程体系上来说,应该开设人工智能、工业机器人、工业物联网技术、智能制造系统建模与仿真、数字孪生技术、云计算和大数据分析等前沿课程。经过不断尝试机械类专业的人才培养模式,为智能制造产业领域培养出更多的应用型、复合型、创新型技术技能人才。

4 结语

在智能制造的背景下,机械设计制造技术正处在深刻的变革期。面对数字化协同设计、系统集成、核心装备自主化、数据安全、人才培养等多重挑战,必须坚持技术创新和体系协同双轮驱动。完善数字化设计与协同研发体系、推进智能制造装备集成应用、建设工业互联网和数据共享

平台、提高智能检测和预测性维护水平、建立智能制造人才培育和技术创新体系,使机械设计制造技术能够在智能制造的大潮中实现高质量发展。根据上述内容可知,国家对机械工业的数字化转型有明确的目标,即把智能制造作为主要方向,提质降本增效、价值创造重塑是根本目的。未来随着人工智能、数字孪生、工业互联网等新技术不断渗透到机械设计制造当中,机械设计制造将会向着更加智能、高效、安全的方向发展,给制造强国建设提供强大的技术保障。

[参考文献]

- [1]赵学任.智能制造技术在现代机械加工中的应用分析[J].现代制造技术与装备,2026,62(4):217-219.
- [2]李行,张晋.智能制造技术在现代机械工程中的应用[J].凿岩机械气动工具,2026,52(1):223-225.
- [3]刘耀辉.智能制造技术在机械制造中的应用研究[J].造纸装备及材料,2025,54(9):85-87.
- [4]徐浩峰.智能制造技术在机械设计中的创新应用[J].数字通信世界,2025(8):118-120.

作者简介:靳志鹏(2001—),男,河北邢台市人,2023年7月毕业于燕山大学机械设计制造及其自动化专业,本科,研究方向为根据需求进行锂电辊压设备的非标设计。