

智能制造时代机械设计制造及自动化深度应用研究

朱 影 张礼祥

杭州山立净化设备股份有限公司 浙江 杭州 311107

摘要: 在智能制造浪潮推动下,机械设计制造及自动化与物联网、大数据等技术深度融合,成为制造业转型升级的核心支撑。本文阐述二者融合的理论基础,分析当前智能设计、制造、检测等环节的应用现状与技术、人才等层面的突出问题,探究问题根源,提出针对性深度应用路径与保障体系,为推动机械设计制造及自动化智能化升级、提升制造业核心竞争力提供理论参考与实践指引。

关键词: 智能制造时代;机械设计制造;自动化;深度应用

引言:当前,智能制造已成为全球制造业发展的主流趋势,其与机械设计制造及自动化的深度融合,打破了传统制造的刚性局限,推动生产模式向柔性化、智能化转型。面对核心技术自主不足、复合型人才短缺等现实困境,深入研究二者深度应用路径,破解应用瓶颈,对于推动传统机械制造业提质增效、实现产业转型升级,助力制造强国建设具有重要的现实意义与研究价值。

1 相关理论基础

1.1 智能制造核心内涵与技术体系

(1) 智能制造的定义与特征:智能制造是物联网、大数据等技术与制造过程深度融合的新型制造模式,核心是构建“感知-分析-决策-执行”的闭环系统,以数据驱动生产效率提升。其特征体现为柔性生产、智能决策、协同互联,打破传统制造的刚性局限,实现多品种、小批量的高效生产,同时具备自感知、自优化的自适应能力。(2) 智能制造核心技术体系:核心包括物联网,实现设备、物料的互联互通与数据实时采集;大数据技术,对生产全流程数据进行分析挖掘,支撑决策优化;人工智能,应用于故障预警、生产调度等场景,替代人工繁琐决策;此外还涵盖数字孪生、云计算等技术,共同构成智能制造的技术支撑。(3) 智能制造对制造业的变革影响:推动制造业从“批量生产”向“个性化定制”转型,提升生产效率与产品质量,降低非计划停机概率;打破部门与设备间的数据孤岛,实现供应链、生产链协同;推动生产模式绿色化,通过智能调度优化能耗,减少资源浪费^[1]。

1.2 机械设计制造及自动化的核心内容

(1) 机械设计制造的核心流程:遵循“需求分析-方案设计-详细设计-工艺规划-加工制造-检测验收”的闭环流程,从用户需求出发,完成机械结构、部件设计,制定合理加工工艺,通过精准加工与严格检测,确保产品

符合设计标准。(2) 机械自动化技术的核心范畴:涵盖自动控制、传感器检测、PLC编程等核心技术,包括自动化生产线、工业机器人应用、智能夹具等,核心是实现加工、装配、检测等环节的无人化、自动化操作,减少人工干预。(3) 机械设计制造及自动化的发展现状:目前已实现基础自动化升级,CAD、CAM等技术广泛应用,但部分企业仍存在技术集成不足、设备兼容性差等问题,正逐步向智能化、集成化方向转型,与新兴技术的融合日益紧密。

1.3 智能制造与机械设计制造及自动化的融合逻辑

(1) 融合的核心前提:二者核心目标一致,均以提升生产效率、优化产品质量为导向;机械设计制造及自动化为融合提供硬件与工艺基础,智能制造为其提供技术赋能,具备天然融合条件。(2) 融合的内在机制:通过技术集成,将智能制造的数据分析、智能决策能力融入机械设计制造全流程,实现设计优化、工艺升级、生产管控的智能化,形成“设计-制造-管控”的智能闭环。(3) 融合的核心价值体现:破解机械制造自动化的刚性局限,提升生产柔性 with 自适应能力;缩短产品设计与生产周期,降低生产成本;推动传统机械制造产业转型升级,增强行业核心竞争力。

2 智能制造时代机械设计制造及自动化深度应用现状与问题

2.1 深度应用现状

(1) 智能设计环节的应用现状:当前机械设计领域已逐步摆脱传统二维设计模式,三维设计、数字化样机技术得到广泛推广,多数企业采用CAD、CAE等设计软件,实现产品结构设计、性能仿真与虚拟装配,有效缩短了设计周期。部分大中型企业引入参数化设计、模块化设计理念,结合数字化样机开展多方案对比优化,但中小企业仍以基础三维设计为主,高端智能设计技术应

用不足。(2)智能制造环节的应用现状:自动化生产线、工业机器人已成为机械制造企业转型的重要载体,汽车、工程机械等行业实现了加工、装配环节的自动化升级,部分企业搭建了柔性生产线,提升了生产灵活性。但应用水平差异较大,多数企业仍处于“自动化替代人工”的初级阶段,机器人与生产系统的协同联动、数据互通能力不足,智能化水平有待提升^[2]。(3)智能检测与运维环节的应用现状:智能检测技术逐步替代传统人工检测,机器视觉、传感器检测等技术在产品尺寸、外观检测中广泛应用,提升了检测精度与效率。部分企业依托物联网技术搭建设备运维平台,实现设备运行状态实时监测,但全流程、全生命周期的智能检测与运维体系尚未全面建立,中小企业仍依赖人工运维。

2.2 应用过程中存在的核心问题

(1)技术层面:核心技术自主化不足,高端工业机器人、智能检测设备、数字孪生软件等核心软硬件仍依赖进口,关键技术受制于人;技术融合不深入,智能制造技术与传统机械制造工艺衔接不畅,数据孤岛现象突出,未能形成协同发力的智能化体系。(2)产业层面:部分企业尤其是中小企业,智能化转型投入大、回报周期长,转型动力不足,仍沿用传统生产模式;产业链协同性差,上下游企业之间技术标准不统一,数据共享不畅,难以形成规模化、集约化的智能制造产业生态。(3)人才层面:复合型人才短缺,既掌握机械设计制造核心技术,又熟悉物联网、大数据等智能化技术的人才供给不足;人才培养与市场需求脱节,高校人才培养侧重理论知识,企业实操培训不足,导致人才适配度不高。(4)管理层面:智能化管理体系不完善,多数企业未建立适配智能制造的管理制度与流程,生产、设计、检测等环节管理脱节;行业标准不统一,设备接口、数据格式缺乏统一规范,阻碍了设备互联互通与技术集成。

2.3 问题产生的根源分析

(1)技术研发投入不足:企业研发投入占比偏低,尤其是中小企业缺乏足够资金支撑核心技术研发,且科研机构与企业协同研发机制不健全,技术成果转化效率低,难以突破核心技术瓶颈。(2)产业政策引导与扶持力度不够:针对机械制造企业智能化转型的扶持政策针对性不足,对中小企业的资金补贴、技术指导力度不够;行业标准制定滞后,未能及时适配智能制造发展需求,难以规范产业发展。(3)人才培养体系滞后:高校人才培养方案更新不及时,课程设置未能充分结合智能制造发展需求,缺乏实践教学环节;企业内部培训体系不完善,对现有员工的智能化技术培训不足,复合型人才

培养速度跟不上产业发展步伐。

3 智能制造时代机械设计制造及自动化深度应用路径

3.1 智能设计环节的深度应用路径

(1)参数化与模块化智能设计的推广:摒弃传统单一设计模式,全面推广参数化设计技术,通过设定核心参数关联产品整体结构,实现设计参数的快速调整与方案迭代,提升设计灵活性。搭建模块化设计库,整合通用零部件、标准化模块,实现模块的快速调用、组合与复用,缩短设计周期、降低设计成本。针对中小企业,提供轻量化参数化设计工具与模块化模板,降低应用门槛,推动全行业设计效率提升。(2)数字孪生技术在设计中的深度融合:将数字孪生技术全面融入机械设计全流程,构建产品、工艺、设备的数字孪生模型,实现设计方案的虚拟仿真、装配模拟与性能测试。通过虚拟仿真提前发现设计缺陷、装配干涉等问题,减少物理样机试制次数,降低研发成本。依托数字孪生模型,实现设计方案与生产工艺的协同优化,确保设计方案适配后续制造环节,提升设计与制造的衔接效率^[3]。(3)基于大数据的设计优化与创新:搭建机械设计大数据平台,整合历史设计数据、产品运行数据、市场需求数据,通过大数据分析挖掘设计规律、用户需求痛点与产品性能短板。基于数据分析结果,优化产品结构、材料选择与工艺参数,提升产品性能与可靠性。依托大数据技术开展创新设计,结合用户个性化需求,实现定制化设计与新产品研发,增强产品市场竞争力。

3.2 智能制造环节的深度应用路径

(1)自动化生产线的智能化升级与改造:针对现有自动化生产线,开展智能化升级改造,引入智能传感器、工业控制器等设备,实现生产数据实时采集、分析与反馈。搭建生产线智能调度系统,实现工序衔接、物料配送的自动化与智能化,提升生产线柔性生产效率。推动生产线与MES、ERP等系统对接,实现生产计划、进度管控、质量监测的一体化管理,打破生产环节的数据孤岛。(2)机器人与智能制造系统的协同应用:扩大工业机器人应用范围,在复杂加工、精密装配、危险作业等环节推广专用机器人,实现人机协同作业。推动机器人与智能制造系统深度协同,优化机器人运动路径、作业流程,实现多机器人协同、机器人与设备的联动作业,提升生产稳定性与产品一致性。搭建机器人运维管理平台,实现机器人运行状态实时监测、故障预警与远程维护,降低运维成本。(3)增材制造技术的规模化应用:推动增材制造(3D打印)技术与机械制造深度融合,针对复杂结构、个性化定制产品,

采用增材制造技术实现快速成型,缩短生产周期、降低复杂结构加工难度。建立增材制造工艺标准,优化材料性能与打印精度,扩大增材制造在航空航天、精密机械等高端领域的应用。推动增材制造与传统加工技术协同,形成“增材+减材”复合制造模式,提升产品加工质量与效率^[4]。

3.3 智能检测与运维环节的深度应用路径

(1) 智能检测技术的集成应用:整合机器视觉、激光检测、传感器检测等多种智能检测技术,构建全方位、全流程检测体系,覆盖产品设计验证、加工过程检测、成品检测等各个环节。推动检测设备与生产系统、设计系统对接,实现检测数据实时共享,及时反馈产品质量问题,指导设计优化与工艺改进。推广在线检测、无损检测技术,减少人工检测干预,提升检测效率、精度与可靠性。(2) 基于物联网的设备智能运维体系构建:依托物联网技术,为生产设备、检测设备配备智能传感器,实现设备运行参数、工况状态的实时采集与传输。搭建设备智能运维平台,通过大数据分析实现设备故障预警、故障诊断与远程运维,降低设备故障率与非计划停机时间。建立设备运维知识库,整合故障处理经验,实现运维流程标准化、智能化,提升运维效率。

(3) 质量追溯与全生命周期运维管理:构建产品全生命周期质量追溯体系,整合设计、制造、检测、运维等环节的数据,实现产品从研发到报废的全程可追溯,及时定位质量问题根源。建立产品全生命周期运维管理模式,结合设备运行数据、产品使用数据,优化运维方案,延长产品使用寿命、降低运维成本。推动质量追溯系统与产业链上下游对接,实现产业链质量协同管控^[5]。

3.4 保障体系的构建与完善

(1) 技术保障:加大核心技术研发投入,重点突破高端工业机器人、智能检测设备、数字孪生软件等核心软硬件技术,提升技术自主化水平。建立科研机构与企业协同研发机制,推动技术成果转化,将实验室技术快速应用于实际生产,形成“研发-转化-应用-迭代”的良性循环。加强技术交流与合作,引进先进技术理念,推

动技术融合创新。(2) 政策保障:完善产业扶持政策,加大对中小企业智能化转型的资金补贴、税收优惠力度,降低企业转型成本。加快制定机械制造智能化行业标准,统一设备接口、数据格式、技术规范,推动设备互联互通与数据共享。加强政策引导,推动产业链协同发展,培育一批智能化标杆企业,发挥示范引领作用。

(3) 人才保障:构建复合型人才培养体系,高校优化课程设置,增加物联网、大数据、数字孪生等相关课程,加强实践教学,与企业共建实训基地,提升学生实践能力。企业完善内部培训体系,开展智能化技术培训,提升现有员工专业素养,培养兼具机械制造与智能制造技能的复合型人才。加大高端人才引进力度,出台人才引进优惠政策,吸引行业领军人才与核心技术人才,补齐人才短板。

结束语

智能制造时代,机械设计制造及自动化的深度应用是产业高质量发展的必然选择。本文通过系统研究,明确了二者融合的逻辑与应用现状,提出的应用路径与保障体系,可有效破解当前应用困境。未来,需持续强化核心技术研发、完善人才培养与产业协同机制,推动技术融合迭代,助力机械制造业实现智能化、绿色化发展,彰显其在制造强国建设中的核心价值。

参考文献

- [1]李维国.机械设计制造及其自动化技术在现代企业中的发展[J].汽车博览,2021,11(4):73-76.
- [2]张轩铭,宋潇,李新科,等.浅析机械设计制造及其自动化的特点、趋势和发展前景[J].品牌与标准化,2023,8(1):65-67.
- [3]拓轩.机械设计制造及其自动化在现代企业中的发展探讨[J].内燃机与配件,2021,23(5):152-153.
- [4]吴长锋.信息技术背景下机械设计制造及其自动化的应用[J].车时代,2024,5(2):63-66.
- [5]夏付欣.人工智能技术在机械设计制造及其自动化中的应用[J].造纸装备及材料,2022,51(4):111-113.