

# 智能制造背景下机械设计制造自动化体系构建研究

景天钰

中交第三公路工程局建筑工程分公司 北京 222200

**摘要：**在智能制造与先进制造技术深度融合的背景下，机械设计制造自动化迎来转型升级机遇，也面临体系不完善、技术融合不足等问题。本文基于智能制造与机械设计制造自动化的融合逻辑，分析当前体系发展现状与核心痛点，遵循系统性、实用性等原则，构建“核心层-支撑层-管理层”的体系架构，明确各模块构建路径与运行机制，为推动机械制造业向智能化、集成化转型提供理论参考与实践指引，助力制造业实现提质增效与高质量发展。

**关键词：**智能制造背景；机械设计制造；自动化体系构建

引言：随着《中国制造2025》战略推进，智能制造已成为制造业转型的核心方向，推动机械设计制造领域从传统自动化向智能集成化跨越。当前，机械设计制造自动化体系仍存在信息孤岛、智能化不均衡、人才短缺等瓶颈，制约行业发展。基于此，本文聚焦智能制造背景下自动化体系的构建，梳理相关理论，剖析现存问题，探索科学可行的构建方案，对破解行业发展困境、提升企业核心竞争力具有重要的现实意义与研究价值。

## 1 相关理论基础

### 1.1 智能制造相关理论

(1) 智能制造的定义与核心特征：智能制造是基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿设计、生产、管理、服务全环节，具备自感知、自学习等功能的新型生产方式。其核心特征体现为自动化、智能化、柔性化、协同化、绿色化，自动化减少人工干预，智能化实现自主决策，柔性化适配多品种生产，协同化打破流程壁垒，绿色化实现节能降耗。它对机械设计制造领域具有变革性影响，推动生产模式从批量复制向个性化定制转变，重塑生产要素与价值链。(2) 智能制造的核心技术体系：涵盖人工智能、大数据、物联网、数字孪生、工业互联网等关键技术。人工智能用于优化设计与生产决策；大数据实现生产数据挖掘与质量管控；物联网实现设备互联互通；数字孪生构建虚实映射，助力虚拟调试；工业互联网打通全产业链信息壁垒，各技术协同应用于机械设计制造自动化全流程，提升生产智能化水平<sup>[1]</sup>。

### 1.2 机械设计制造自动化相关理论

(1) 机械设计制造自动化的内涵与发展阶段：其是融合机械设计、制造与自动化技术，实现产品设计、加工、检测等环节自动化的综合性技术体系。发展历程从传统自动化（单机自动化、流水线生产），到综合自

动化（计算机集成制造），再到智能自动化，各阶段依次实现“机械替代人工”“流程集成”“智能自主”的技术突破，技术特征从单一自动化向集成化、智能化演进。(2) 机械设计制造自动化的核心要素：包括智能设计、自动化生产、智能监测与运维、柔性制造。智能设计提升设计效率与精度，自动化生产保障产能与质量，智能监测与运维实现故障预判，柔性制造适配市场多变需求，各要素相互关联、协同发力，构成完整的自动化制造体系。

### 1.3 智能制造与机械设计制造自动化的融合逻辑

(1) 融合的必要性：智能制造对机械设计制造自动化提出更高要求，传统自动化存在信息孤岛、柔性不足等瓶颈，二者融合是破解瓶颈、提升制造效率与产品质量，推动制造业转型升级的关键路径。(2) 融合的核心逻辑：以数据为核心纽带，打通智能设计、自动化生产、智能管理、智能服务全流程，实现各环节协同联动，构建“设计-生产-监测-维护”一体化体系，实现生产全生命周期优化。(3) 融合的技术支撑：CAD/CAE/CAM打通设计与制造数据链，工业机器人承担高精度作业，PLC实现现场控制，传感器实现数据采集，这些技术为二者融合提供核心支撑，重点推动设计智能化、生产自动化、运维精准化的深度融合。

## 2 智能制造背景下机械设计制造自动化体系现状及存在问题

### 2.1 机械设计制造自动化体系发展现状

(1) 行业发展整体态势：我国机械设计制造自动化行业规模持续扩大，已成为制造业转型升级的核心支撑，自动化技术在机械加工、装备制造等领域普及程度不断提升。在智能制造战略推动下，行业正从单一自动化向智能集成化转型，呈现出“智能化、集成化、绿色化”的发展趋势，逐步向高端制造领域迈进，助力制造

业实现提质增效。(2)典型企业应用现状:选取大型装备制造企业、中小型零部件企业及新能源装备企业为代表,大型企业已构建较为完善的自动化生产体系,引入工业机器人、数字孪生等技术,实现生产流程智能化管控,应用成效显著;中小型企业多实现单机自动化或局部流程自动化,模式相对简单;新能源装备企业则聚焦柔性自动化,适配多品种、小批量生产需求。(3)技术应用现状:智能设计、自动化生产、智能监测等核心技术应用水平稳步提升,CAD/CAE等智能设计软件、工业机器人、智能传感器等设备普及范围不断扩大。但整体来看,技术应用仍处于中低端水平,高端工业软件、精密自动化设备的应用比例有待提高,部分企业仍依赖传统自动化技术。

## 2.2 体系构建存在的核心问题

(1)体系架构不完善:多数企业的自动化体系缺乏系统性设计,设计、生产、监测、维护各环节相互脱节,未形成闭环管理,各模块协同性不足,导致生产流程衔接不畅,无法实现全生命周期优化。(2)技术融合不足:智能制造技术与传统机械自动化技术融合不够深入,各系统、各设备间存在“信息孤岛”,数据接口不统一,导致生产数据无法实现全流程互通共享,制约了智能化水平的提升。(3)智能化水平不均衡:大型企业凭借资金、技术优势,智能化改造较为彻底,而中小企业受资金、人才限制,智能化改造滞后,部分生产环节仍依赖人工操作,难以充分发挥智能制造的技术优势,行业整体发展不均衡。(4)人才支撑不足:行业普遍缺乏复合型人才,现有从业人员多擅长单一的机械设计或自动化控制,缺乏对大数据、人工智能等新兴技术的掌握,人才缺口直接制约了自动化体系的落地、运行与优化升级。

## 2.3 问题产生的原因分析

(1)技术层面:核心技术自主研发能力不足,高端工业软件、精密自动化设备等核心产品依赖进口,技术自主可控性差;同时,不同技术体系的集成难度较大,缺乏成熟的集成方案,影响融合效果。(2)企业层面:部分企业对智能制造与机械自动化融合的认知不足,重视程度不够,在技术改造、人才培养等方面投入资金有限;且缺乏系统性的体系规划与可落地的实施方案,导致改造工作流于表面<sup>[2]</sup>。(3)环境层面:行业内缺乏统一的技术标准与规范,各企业技术路线不统一,阻碍了数据互通与协同发展;同时,完善的政策支持与协同创新生态尚未形成,人才培养体系与市场实际需求脱节,难以培育出符合行业需求的复合型人才。

## 3 智能制造背景下机械设计制造自动化体系构建

### 3.1 体系构建的原则与目标

(1)构建原则:体系构建需严格遵循六大核心原则,确保科学性与实用性。系统性原则要求统筹设计各环节、各模块,实现整体协同;实用性原则立足企业实际需求,避免盲目追求高端技术,确保方案可落地、有实效;柔性化原则适配市场多品种、小批量生产需求,提升体系适配能力;协同化原则打破各环节壁垒,实现设计、生产、监测等全流程联动;绿色化原则融入节能降耗理念,推动低碳制造;分层推进原则兼顾大型企业与中小企业差异,依据企业规模、资金实力逐步推进改造,确保体系适配不同企业发展需求。(2)构建目标:明确短期与长期双重目标,分步推进体系落地。短期目标聚焦解决现有体系突出问题,实现核心生产环节的自动化、数据化改造,打通关键环节数据壁垒,缓解智能化水平不均衡、技术融合不足等问题,提升基础生产效率与产品合格率。长期目标是构建全流程智能自动化体系,实现设计、生产、监测、维护、管理全链条智能化,全面提升生产效率、产品质量与资源利用率,降低生产成本与能耗,推动企业彻底向智能制造转型,增强企业核心竞争力,适配制造业高质量发展需求。

### 3.2 体系的整体架构设计

(1)核心层:作为体系的核心支撑,涵盖四大关键模块,各模块分工明确、协同发力。智能设计模块负责产品参数化设计、仿真分析与协同研发;自动化生产模块承担加工、装配、检测等工序的自动化作业;智能监测与运维模块实现设备运行状态监测、故障预警与维护;柔性制造模块适配个性化生产需求,实现生产流程动态调整,四大模块共同构成体系运行的核心骨架,明确各模块功能与核心任务,确保流程衔接顺畅<sup>[3]</sup>。(2)支撑层:为体系稳定运行提供全方位保障,分为三大支撑维度。技术支撑涵盖人工智能、大数据、物联网、数字孪生等核心技术,为各模块提供技术赋能;设备支撑包括工业机器人、数控机床、智能传感器、自动化生产线等硬件设备,是自动化作业的基础载体;数据支撑搭建统一的数据采集、存储与分析平台,实现全流程数据的集中管理与深度挖掘,为决策优化提供数据支撑。(3)管理层:负责体系运行的全程管控与优化,包含四大子模块。生产管理实现生产计划、工序调度的智能化管控;质量管理实时监测产品质量,及时发现并解决质量隐患;设备管理统筹设备运维、检修与更新,保障设备正常运行;成本管理实现生产全流程成本核算与管控,降低制造成本,通过各子模块协同,确保体系高

效、有序运行。

### 3.3 各核心模块的具体构建

(1) 智能设计模块构建：以CAD/CAE/CAM技术为核心，搭建一体化智能设计平台。整合参数化建模、三维仿真分析、协同设计等功能，实现产品设计的数字化、智能化，设计过程中可进行多场景仿真模拟，提前规避设计缺陷；同时打通设计与生产数据链路，实现设计方案、工艺参数直接同步至生产环节，缩短设计周期、降低设计成本，提升设计方案的可行性与适配性。

(2) 自动化生产模块构建：集成数控机床、工业机器人、自动化装配线等核心设备，构建自动化生产单元。采用PLC、DCS控制系统，实现加工、装配、检测、包装等全工序的自动化、无人化作业，减少人工干预；通过设备互联互通，实现生产流程的智能化调度，优化生产节拍，提升生产效率与产品一致性，降低人为操作误差。(3) 智能监测与运维模块构建：在生产设备、关键工序部署多维度智能传感器，实时采集设备运行参数、生产环境数据；搭建云端监测与运维平台，利用大数据、人工智能技术对数据进行分析处理，实现设备异常预警、故障精准诊断与预测性维护，提前排查潜在故障，减少设备停机时间，保障生产线稳定、连续运行，降低运维成本<sup>[4]</sup>。(4) 柔性制造模块构建：采用模块化设计理念，搭建柔性生产单元，实现生产设备、工艺路线的灵活切换；通过工业机器人柔性适配不同规格产品的生产需求，结合智能调度系统，实现生产计划的动态调整，快速响应市场多品种、小批量的个性化生产需求，提升企业市场竞争力。

### 3.4 体系的运行机制设计

(1) 数据协同机制：建立统一的数据标准与接口规范，规范各模块、各环节的数据格式，实现设计、生产、监测、管理等全流程数据互通共享，破除“信息孤岛”；搭建数据共享平台，实现数据实时传输、集中存

储与高效调用，为各模块协同运行与决策优化提供数据支撑。(2) 协同管控机制：建立跨部门、跨环节的协同管控体系，明确各部门、各岗位的职责分工，实现设计、生产、监测、维护等环节的高效协同；搭建协同管控平台，实时同步各环节运行状态，及时协调解决运行过程中的各类问题，提升体系运行效率<sup>[5]</sup>。(3) 动态优化机制：基于体系运行过程中产生的各类数据，定期开展体系运行效果评估，分析存在的不足与改进空间；结合市场需求变化、技术发展趋势，动态调整体系架构、模块功能与运行参数，持续优化体系性能，确保体系始终适配企业发展需求，实现长期稳定提升。

### 结束语

本文围绕智能制造背景下机械设计制造自动化体系构建展开研究，明确了体系构建的原则、目标与整体架构，提出了各核心模块的具体构建方法及运行机制，有效回应了行业现存的突出问题。后续研究可聚焦核心技术自主研发与中小企业智能化改造，进一步优化体系适配性。相信通过体系的落地与持续优化，能够推动机械制造行业实现智能化升级，为制造业高质量发展注入持久动力。

### 参考文献

- [1] 华瑶. 多元化分析视角下机械设计制造及自动化应用[J]. 内燃机与配件, 2021, 11(17): 173-176.
- [2] 徐斌. 新时期机械设计制造及自动化专业特色分析[J]. 冶金与材料, 2022, 26(1): 141-142.
- [3] 欧振议. 机械设计制造的数字化与智能化发展研究[J]. 中国设备工程, 2022, 6(4): 26-27.
- [4] 李东涛. 农业机械自动化发展的制约因素及改进举措研究[J]. 现代化农业, 2022, 10(6): 85-87.
- [5] 郭永凤. 浅谈自动化技术在机械制造中的应用[J]. 南方农机, 2021, 52(19): 133-136.