

智能化机电制造系统集成技术的应用

汪龙 范琦琪

云南京建轨道交通投资建设有限公司, 云南昆明, 650000;

摘要: 智能化机电制造系统集成技术应用推动了行业智能生产转型, 通过融合电子技术、信息技术、智能算法和机械工程, 密切机电制造中数据、设备和工艺流程之间的联系, 实现有机协同, 提高机电制造质量与效率。本文首先分析了机电制造系统集成目标, 探究了智能化机电制造系统集成技术的四个层级和应用的关键技术, 以及该技术的未来发展趋势, 以期为行业数字化转型和智能制造提供参考。

关键词: 智能制造; 机电制造系统; 集成技术; 数据互通

DOI: 10.69979/3041-0673.26.03.015

机电制造业系统集成在提升生产效率和产品质量方面起到了重要作用。通过智能化技术的积极引进, 推动了生产模式转型升级, 基于技术赋能提高制造系统的集成性与灵活性, 更好地满足机电产品制造要求。智能化机电制造系统集成技术整合了多技术、多设备, 促进了多流程深度融合, 可形成闭环制造体系, 通过协同运作实现智能化、自动化生产制造, 增强制造系统的自适应、自诊断能力。因此, 加强对该技术的深入研究, 实现相关技术的有效应用, 对提升机电制造系统集成效率和推动企业创新发展有着重要意义。

1 机电制造系统集成的目标与挑战

机电制造业系统集成是将多种技术、设备整合在一起, 实现资源的优化配置, 通过协同作用, 提升产品质量、生产效率与制造精度, 高质高效完成生产任务, 还能减少成本投入, 这也是机电制造行业发展的必然趋势。尤其在人工智能技术推广应用背景下, 基于智能技术优化系统, 将多种先进技术、设备和智能算法融入其中, 可进一步提升机电制造水平。但随着集成系统愈加复杂, 技术、设备之间如何有效协同与融合是需要重点研究内容, 应注重跨学科协作, 实现多种数据信息的共享利用, 这对提升系统集成水平以及集成技术应用有效性有着积极影响。要注重技术的持续创新, 充分发挥智能化技术效能, 为机电制造系统转型升级提供技术支撑。

2 智能化机电制造业系统集成技术架构

2.1 感知执行层

智能化机电制造系统集成技术主要由四个核心层级组成, 各层级之间实现分层递进, 通过标准化接口和协议互通互联。感知执行层为基础层级, 具有采集信息、执行操作等功能, 主要依赖智能传感器、执行器、工业

机器人、数控机床和智能监测设备等实现。利用智能传感器采集产品制造过程中各类设备的运行情况、物料状态、制造进度、环境数据等, 为生产决策制定提供全面、多维信息; 智能执行器和工业机器人会根据相关指令完成各项操作, 如加工、搬运、检测等, 实现高效高精度执行, 为高质量生产制造奠定基础。

2.2 网络传输层

网络传输层是负责传输信息数据的层级, 在整个系统中发挥着通信作用, 为各层级之间的数据传输和互联互通搭建桥梁。该层级中整合了多种通信技术, 如工业以太网、5G工业专网等, 再通过多标准化通信协议促进不同设备和不同系统之间的有效衔接, 解决不兼容问题。5G工业专网的应用优势明显, 可靠性和安全性高, 且具有更低的延迟和更大的带宽, 为智能化机电制造系统的远程操控、加工控制和现场检测等层面的实时传输提供了技术支持。而OPC UA协议的应用则方便了不同平台、系统的数据共享, 为系统集成提供了标准化接口。

2.3 数据处理层

数据处理层是该系统中的重要层级, 主要是对智能化机电制造系统运行期间产生的各类数据进行整理、分析、清洗等处理, 并建立数据模型, 为生产制造决策提供数据支撑。该层级运用了多种数据处理技术, 如大数据技术、云计算技术和人工智能算法等, 实现多数据的协同处理。对于制造过程中的设备故障数据和生产参数等本地数据, 可进行边缘计算处理, 降低数据传输延迟; 而对于云端存储的海量数据, 则能利用先进技术进行深度分析和快速处理, 并为产品制造方案优化、生产计划调度和供应链协同等提供可靠数据。在机器学习算法的作用下, 能深挖不同数据之间的关联性, 找到数据之间

的隐藏规律,构建数据模型,如设备故障预测模型和生产质量预测模型等,便于应用服务层准确决策,保证系统稳定运行。

2.4 应用服务层

应用服务层主要根据不同需求提供对应服务,属于系统的功能载体,在生产制造过程中,结合每个环节的制造需求,提供个性化、模块化应用服务。该层级会基于数据处理层的各项数据以及制造需求,利用数字化技术进行智能设计,做好工艺规划和生产调度等工作,并能实现对制造质量进行智能控制,也可实现智能运维,保障机电制造系统高效生产,提高集成效率。该层级主要借助可视化管理平台、数字孪生系统、MES和ERP等工具完成各项操作,将数据处理结果转化为制造决策和管理指令,从而实现对制造全流程的监控管理,为生产调度、资源分配、工艺改进等提供支持。

3 智能化机电制造系统集成的关键技术

3.1 机械-电子-信息深度融合技术

机械、电子、信息三者的深度融合是系统集成的基础与前提,作为机电制造中的关键要素,机械结构、电子控制模块和信息处理系统的有机融合,可实现协同作业,提高机电制造业效率和智能制造水平。在智能化技术的支持下,应建立统一系统架构,更新技术体系,对机械结构进行模块化和轻量化设计,积极引入智能材料和自适应结构,使产品生产制造过程更加可靠,提升设备柔性性能;在电子控制模块中增加集成嵌入式系统、可编程逻辑控制器和运动控制器等,实现对机械系统的精准控制;还可通过多种先进软件与上位机系统的协同作用,提高信息处理能力,能根据采集到的信息形成操作指令,并控制机械设备运动,达到系统集成目的。例如,智能工业机器人实现了三者的深度融合,机械臂可根据作业需求灵活组合,电子控制模块则能对机械臂关节进行高精度控制,保证运动路径准确,信息处理系统则能采集机器运行参数,计算机械臂的运行方向,快速完成复杂装配作业,实现智能生产制造。

3.2 智能传感与检测技术

智能传感技术和检测技术在机电制造系统集成中起到了关键作用,是智能制造中实现自我感知的前提,所用技术性能关系到系统集成精度。智能传感器不但具备传统传感器的数据采集功能,也能完成信号处理、无线通信和数据存储等操作,实时采集机电制造全流程数

据参数,且数据信息的可靠性高。温度、压力、振动、视觉和位移传感器是智能化机电制造系统中较为常用的智能传感器,在设备状态监测、产品质量监测和环境状况识别等方面应用效果良好。智能检测技术则能精准检测产品质量问题,如表面缺陷、尺寸偏差等,主要利用机器视觉检测技术和激光检测技术进行高精度检测,与传统人工检测方法相比精度、效率显著提升。激光检测技术具有高分辨率和非接触性特点,即使在较为复杂的工况环境下也能得到准确结果。通过智能传感技术与检测技术的集成应用,能实时掌握产品生产全过程,动态调整生产计划,保证决策准确。

3.3 工业互联网与数据通信技术

工业互联网为该系统的信息传输搭建了良好网络环境,促进了多领域之间的互联互通,便于多维度信息数据的整合利用。工业互联网构建了多层次级互联的传输网络,可促进信息数据共享传输,打破以往信息孤岛现象。工业互联网技术持续更新,多种新型通信技术也得到了普及应用,为多源数据的实时传输提供了支持与保障。数据通信过程中,不同厂商设备间的协议不兼容,而OPC UA、MQTT、Profinet等标准化协议的应用可以解决这一问题,这类标准化通信协议支持多设备、多系统、多平台数据交互和全链路数据传输,在远程监控、设备运维等方面起到了关键作用。在工业互联网与数据通信技术的协同作用下,机电制造系统能实现多环节数据的实时共享,也为多部门的协同生产提供了有力支撑。

3.4 人工智能与大数据分析技术

人工智能技术和大数据分析技术是智能化机电制造系统中的关键技术,为系统运行决策提供了可靠支持,能深入挖掘海量数据中有价值的信息,为系统自主、正确决策提供准确依据。机电制造过程中人工智能技术得到了广泛应用,例如在生产参数优化、设备故障诊断、实时监测制造进度等场景中的应用效果良好,主要依靠机器学习、深度学习和自然语言处理等技术。大数据分析技术则能对机电制造中产生的各类数据进行分析处理,全面整合多种类型数据,如生产数据、设备参数、质量数据等,通过清洗、整合、分析与处理,可发现数据之间存在的规律,例如,通过整合历史生产数据和当前产品生产期间的各项参数,基于机器学习算法搭建生产参数优化模型,可根据生产制造需要,自动优化和调整切削深度、速度和进给量等,在提高加工效率和产品质量的同时减少能耗。还能通过深度学习算法建立故障

诊断模型,快速识别设备异常并预警,降低故障发生率,减少停机损失。

3.5 数字孪生技术

数字孪生技术则能通过构建虚拟模型的方式,将机电制造过程进行可视化呈现,实现仿真分析和优化调整,并能实时监控生产制造过程,发现异常情况并及时处理。该技术在智能化机电制造系统集成中的应用主要体现在设计阶段、生产阶段和运维阶段。在设计阶段,通过数字孪生模型,可模拟生产过程和装配过程,能及时发现设计缺陷,便于科学调整,减少返工问题,有效缩短生产周期。在生产阶段,可基于运行数据建立虚拟模型,实现对生产过程的可视化管理,及时掌握产品生产制造情况,了解系统运行状态;在运维阶段,利用该技术可模拟设备运行,分析设备故障规律,根据磨损情况,提前制定针对性强的维护保养计划,减轻磨损,降低故障的发生率。如果设备出现异常,还能通过虚拟模型进行故障溯源,并模拟各维修方案的实施效果,便于快速选择最佳方案,提高维修效率。

4 智能化机电制造系统集成技术的发展趋势

4.1 技术融合更加深入

智能化机电制造系统集成中,技术融合具有复杂性,且各学科技术体系和标准规范存在差异。在未来发展中,技术融合的深度化和标准化是必然趋势,能进一步模糊不同领域与技术的边界,形成一体化技术体系。人工智能技术在快速发展过程中,也能实现与机电制造工艺的深度融合,在智能算法和先进技术水平不断提升的影响下,机电制造系统的决策、管理、交互能力将得到显著提升。与此同时,在行业标准化发展中,多种设备接口、通信协议和数据格式的标准也逐渐统一,解决不同类型设备不兼容的问题,系统集成成本得到进一步压缩。在各项标准不断完善的过程中,企业也能实现智能化转型,提升机电制造水平和整体发展质量。

4.2 人才培养更加多元

智能化机电制造系统集成技术的应用,需要掌握传统制造技术、熟悉人工智能、大数据等多种新兴技术的复合型人才,应加强行业内部人才队伍建设,企业应紧跟行业发展步伐,及时更新员工技能,建立完善的内部培训体系,为工作人员提供学习先进技术知识的机会,

使他们可以熟练运用智能化技术和操作集成系统,持续完善人才的知识结构,确保满足企业智能制造要求,为多技术的集成应用和协同运用提供人力支持。另外,应完善评价体系,建立人才评价标准,激发人才创新活力,使企业员工能主动学习新知识,并积极参与智能化机电制造系统建设。

4.3 绿色智能化协同发展

绿色智能化协同发展也是行业发展的必然趋势,将绿色制造与智能化深度融合,在多个阶段融入绿色理念,可在提升机电制造效率的同时,节约生产能耗、减轻对周边环境的影响,这对行业整体绿色可持续发展有着重要意义。设计阶段,选择节能材料和优化结构设计,可提升产品效能;生产阶段,可通过智能传感器实时监测能耗与污染物的排放情况,便于及时优化调整生产方案,减少能耗和控制污染排放;设备运维阶段,则能通过搭建预测性维护模型的方式,优化调整设备参数,降低能耗和维修成本,实现生产过程的绿色化转型。

5 结语

智能化机电制造系统集成技术为智能制造提供了强有力支撑,可更好地满足现代产品制造需求,提高制造精度,保障产品质量和使用性能。技术集成可实现生产过程的高效协同,根据制造情况动态优化和自主决策,在多领域中的应用前景广阔。针对目前该技术应用中融合不充分的问题,需进行持续深入研究,强化数据安全管理,使其向着绿色、高效、安全方向发展,切实提高智能制造水平,更好地为产业升级与可持续发展提供动力。

参考文献

- [1]张烁.先进制造车间机电控制系统智能化升级应用研究[J].今日制造与升级,2025(7):113-115.
- [2]黄忠仕,农应斌.智能制造单元系统集成应用实训平台设计研究[J].产业科技创新,2025,7(1):88-92.
- [3]周宗乐,闫坤鹏.机电一体化技术在五金工具智能化设计与制造中的应用研究[J].五金科技,2025,53(2):91-94.
- [4]胡黎明.机电制造系统集成中的自动化控制技术研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(1):183-186.