

工业 4.0 背景下机械电子系统的 信息化与智能化发展

李 冲, 李 迅, 李 峰

(青岛众和建筑机械租赁有限公司, 山东 青岛 266000)

摘 要 机械电子系统向信息化与智能化迈进成为制造业转型升级的必由之路。信息化为系统筑牢数据根基, 赋予高效信息处理能力; 智能化则为系统注入自主决策与优化运行的智慧。物联网、大数据、人工智能等关键技术深度融合, 驱动机械电子系统革新, 其应用领域持续拓展, 从工业制造延伸至医疗、交通等多领域, 为经济社会发展带来深刻变革, 助力全球制造业迈向更高质量发展阶段。本文阐述了工业 4.0 的内涵及对机械电子系统的影响, 分析了机械电子系统信息化和智能化的发展现状、关键技术, 探讨了机械电子系统信息化与智能化的融合发展模式, 旨在为机械电子系统创新发展提供理论支持与实践参考。

关键词 工业 4.0; 机械电子系统; 信息化; 智能化

中图分类号: TH16; TP3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.024

0 引言

工业 4.0 作为第四次工业革命的核心概念, 以智能制造为主导, 融合了物联网、大数据、人工智能等先进技术, 致力于实现生产过程的数字化、网络化和智能化。机械电子系统作为工业生产的重要组成部分, 在工业 4.0 的推动下, 正朝着信息化与智能化方向加速发展。信息化使机械电子系统实时采集、传输和处理大量数据, 为智能化决策提供依据; 智能化则赋予机械电子系统自主学习、自适应控制和优化运行的能力, 提升其性能和效率。深入研究机械电子系统的信息化与智能化发展, 对于推动工业 4.0 的全面实现、促进制造业转型升级具有重要的现实意义。

1 工业 4.0 内涵及对机械电子系统的影响

1.1 生产模式变革

工业 4.0 推动机械电子系统的生产模式从传统的大规模、标准化生产向定制化、个性化生产转变。通过信息化技术, 企业能够实时获取客户需求, 利用智能化生产设备和系统, 实现产品的快速定制和生产。在汽车制造中, 客户借助网络平台定制自己心仪的汽车配置, 机械电子系统根据客户订单信息, 自动调整生产流程和工艺参数, 实现个性化汽车的高效生产^[1]。

1.2 系统集成度提升

工业 4.0 促进了机械电子系统各组成部分之间以及与外部系统之间的高度集成。从设计、生产到销售、服务的全生命周期中, 不同环节的信息无缝对接和共享。机械电子系统内部的传感器、控制器、执行器等

部件通过网络连接, 实现协同工作; 同时, 机械电子系统与企业的管理信息系统、供应链系统等进行集成, 提高企业的整体运营效率。在智能工厂中, 机械电子设备能够实时与企业资源计划(ERP)系统进行数据交互, 根据生产计划自动调整生产任务, 实现生产过程的优化管理^[2]。

1.3 智能化水平提高

在工业 4.0 的推动下, 机械电子系统的智能化水平显著提高。引入人工智能、机器学习等技术, 机械电子系统实现自主故障诊断、预测性维护、自适应控制等功能。例如: 智能机床能够通过加工过程中的数据监测和分析, 自动调整加工参数, 优化加工工艺, 提高加工精度和效率; 同时, 对设备运行数据进行实时分析, 预测设备故障发生的可能性, 提前进行维护, 减少设备停机时间。

2 机械电子系统信息化的关键技术

2.1 物联网技术

物联网技术是机械电子系统信息化的基础, 利用物联网, 机械电子设备实现互联互通, 形成一个庞大的智能感知网络。在工业生产中, 物联网技术使设备之间实时交换信息, 协同工作。例如: 在智能工厂中, 利用物联网技术将生产线上的各种设备连接起来, 实现设备之间的自动协作, 提高生产效率和质量。同时, 物联网技术还能实现设备的远程监控和管理, 企业管理人员可以通过手机、电脑等终端设备随时随地了解设备的运行状态, 进行远程操作和控制^[3]。

2.2 大数据与云计算技术

大数据技术为机械电子系统的数据处理提供了强大的工具,对海量数据进行分析,使企业深入了解生产过程中的各种规律和趋势,优化生产决策。云计算技术则为大数据处理提供了强大的计算能力和存储资源。企业将数据存储于云端,利用云计算平台的计算资源进行数据处理和分析,降低企业的硬件投资成本和数据处理难度。一些企业利用云计算平台搭建了工业大数据分析系统,对生产过程中的数据进行实时分析和挖掘,为企业的生产管理提供决策支持。

3 机械电子系统智能化发展

3.1 发展现状

1. 自动化控制水平提升。目前,机械电子系统的自动化控制水平不断提高,采用先进的控制器和控制算法,机械电子设备能够实现精确的运动控制、过程控制和逻辑控制。在数控机床中,利用数字控制系统(CNC)能够实现对刀具的精确控制,完成复杂的加工任务;在自动化生产线中,利用可编程逻辑控制器(PLC)实现对设备的自动化控制,提高生产效率和产品质量。

2. 智能决策与优化。机械电子系统开始应用人工智能、机器学习等技术实现智能决策和优化。对大量数据的学习和分析,系统能够自动识别生产过程中的问题和优化机会,并做出相应的决策。在智能仓储系统中,利用机器学习算法对货物的存储和搬运数据进行分析,优化货物的存储布局和搬运路径,提高仓储空间利用率和物流效率;在智能能源管理系统中,对能源消耗数据进行分析,能预测能源需求,优化能源分配,降低能源消耗成本^[4]。

3.2 关键技术

1. 人工智能技术。人工智能技术是机械电子系统智能化的核心。机器学习、深度学习等人工智能算法能够使机械电子系统具备自主学习和智能决策的能力。在机械电子系统中,人工智能技术可用于故障诊断、预测性维护、质量控制等方面。对设备运行数据的学习,可建立故障预测模型,提前预测设备故障,为设备维护提供依据;在产品质量检测中,利用深度学习算法对产品图像进行分析,自动识别产品缺陷,提高检测精度和效率。

2. 传感器技术。随着传感器技术的不断发展,传感器的精度、可靠性和智能化程度不断提高。新型传感器如智能传感器、微机电系统(MEMS)传感器等能够实时采集设备的各种状态信息,并对数据进行预处理和分析。智能压力传感器不仅能够测量压力值,还对压力数据进行分析,判断设备是否存在异常运行情

况;MEMS 加速度传感器体积小、功耗低,广泛应用于机械电子设备的振动监测和姿态控制等领域^[5]。

4 机械电子系统信息化与智能化融合发展

4.1 融合的必要性

1. 提升系统性能。信息化为智能化提供了丰富的数据资源和强大的数据处理能力,智能化则基于信息化的数据和处理结果,实现对机械电子系统的优化控制和智能决策。二者融合可提升系统的性能和效率,实现生产过程的智能化、自动化和高效化。结合信息化系统采集设备的运行数据,利用智能化的数据分析算法进行处理,可实现设备的智能故障诊断和预测性维护,提高设备的可靠性和运行效率。

2. 满足市场需求。随着市场竞争的加剧,客户对产品的个性化、定制化需求日益增长。信息化与智能化的融合使机械电子系统更好地满足市场需求。通过信息化系统获取客户需求信息,利用智能化的生产设备和系统,实现产品的快速定制和生产,提高企业的市场响应能力和竞争力。在智能家居领域,通过信息化技术将家居设备连接起来,利用智能化的控制算法实现对家居设备的个性化控制,满足用户对舒适、便捷生活的需求。

4.2 融合模式

1. 技术融合。技术融合是信息化与智能化融合的基础,将物联网、大数据、云计算等信息化技术与人工智能、机器学习、传感器等智能化技术进行有机结合,形成新的技术体系。利用物联网技术采集设备数据,通过云计算平台进行存储和处理,再运用人工智能算法对数据进行分析 and 挖掘,实现设备的智能控制和优化。在智能工厂中,将信息化的生产管理系统与智能化的生产设备进行技术融合,实现生产过程的自动化、智能化和信息化管理。

2. 产业融合。产业融合是信息化与智能化融合的重要体现。机械电子行业与信息技术产业、人工智能产业等进行深度融合,形成新的产业形态。传统的机械制造企业引入信息化和智能化技术,向智能制造企业转型,实现产业升级;信息技术企业和人工智能企业与机械电子企业合作,共同开发智能化的机械电子产品和解决方案,拓展市场空间。产业融合促进资源的优化配置和创新能力的提升,推动机械电子系统信息化与智能化的协同发展。

4.3 应用融合

应用融合是信息化与智能化融合的最终目标。将信息化与智能化技术应用于机械电子系统的各个领域,实现生产、管理、服务等环节的智能化和信息化。在工业生产中,信息化与智能化的应用融合,可实现生

产过程的智能化控制、质量的智能化检测、设备的智能化维护等；在企业管理中，利用信息化与智能化技术可实现企业资源的优化配置、决策的智能化支持等；在售后服务中，结合信息化与智能化手段可实现产品的远程监控、故障诊断和维修服务。

5 工业 4.0 背景下机械电子系统信息化与智能化发展趋势

5.1 技术创新推动

随着科技的不断进步，物联网、大数据、人工智能、传感器等技术将不断创新和发展，为机械电子系统的信息化与智能化提供更强大的技术支持。5G 通信技术的应用将进一步提高数据传输速度和可靠性，促进机械电子系统的实时控制和远程操作；量子计算技术的发展可能为大数据处理和人工智能算法优化带来突破，提升机械电子系统的智能决策能力；新型传感器技术的研发将使机械电子系统能够获取更丰富、更准确的信息，推动系统的智能化发展。

5.2 应用领域拓展

机械电子系统的信息化与智能化将在更多领域得到应用和推广。除工业制造领域，其还将在医疗、交通、能源、农业等领域发挥重要作用。在医疗领域，智能化的医疗设备和信息化的医疗管理系统将提高医疗诊断的准确性和效率，改善医疗服务质量；在交通领域，智能交通系统将实现车辆的自动驾驶、智能调度和交通拥堵缓解；在能源领域，信息化与智能化技术将优化能源生产、传输和消费过程，提高能源利用效率；在农业领域，智能农业装备和信息化的农业管理平台将实现精准农业生产，提高农业生产效率和农产品质量。

5.3 产业生态构建

在工业 4.0 背景下，机械电子系统信息化与智能化的发展将促进产业生态的构建。企业、高校、科研机构、供应商等各方将加强合作，形成产学研用协同创新的产业生态体系。企业作为创新主体，将加大研发投入，推动信息化与智能化技术在机械电子系统中的应用；高校和科研机构将开展基础研究和技术创新，为产业发展提供技术支撑；供应商将提供高质量的设备、零部件和技术服务，保障产业供应链的稳定。产业生态的构建，将促进资源共享和知识流动，加速技术创新和成果转化，推动机械电子系统信息化与智能化的可持续发展。企业间通过合作研发、共享技术平台等方式，共同攻克技术难题，拓展市场空间；高校和科研机构与企业紧密合作，根据企业实际需求开展针对性研究，培养适应产业发展的专业人才；供应商则依据市场趋势和企业需求，不断创新产品和服务，提升产业供应链的韧性及竞争力。这种协同创新的产

业生态体系将为机械电子系统在工业 4.0 时代的蓬勃发展营造良好环境。

5.4 标准化与规范化建设

随着机械电子系统信息化与智能化的深入发展，标准化与规范化建设愈发重要。统一的标准和规范有助于解决系统集成难度大、信息孤岛等问题，促进不同企业、不同设备和系统之间的互联互通与协同工作。在数据格式、接口标准、通信协议、安全规范等方面，行业组织和相关机构将加快制定统一标准，推动机械电子系统信息化与智能化的标准化进程。例如：制定统一的数据接口标准，可使不同品牌的传感器和控制器能够无缝对接，实现数据的顺畅流通；规范通信协议，能确保设备间通信的稳定性和可靠性。标准化与规范化建设将为机械电子系统的大规模应用和产业发展提供坚实的保障。

6 结束语

在工业 4.0 背景下，机械电子系统的信息化与智能化发展是制造业转型升级的必然趋势。信息化为机械电子系统提供了数据基础和高效的信息处理能力，智能化赋予系统自主决策和优化运行的智慧。尽管在机械电子系统的发展过程中面临数据安全、系统集成、技术研发、人才短缺等诸多挑战，但随着各项关键技术的不断创新突破，信息化与智能化的深度融合，以及产业生态的逐步构建，机械电子系统将在工业 4.0 时代展现出强大的生命力。机械电子系统应用领域将不断拓展，在推动工业制造效率提升、产品质量优化的同时，还将在医疗、交通、能源、农业等多个领域发挥重要作用，为社会经济发展带来巨大变革。未来，机械电子系统的信息化与智能化发展需要企业、高校、科研机构等各方共同努力，加强技术研发、人才培养，积极参与标准化建设，践行绿色发展理念，以实现机械电子系统在工业 4.0 时代的持续创新与发展，助力全球制造业迈向更高水平。

参考文献：

- [1] 刘家念. 基于智能控制的机械电子系统设计研究[J]. 自动化应用, 2024, 65(15): 291-293, 296.
- [2] 王振. 电子机械制动系统控制策略设计与仿真研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2023.
- [3] 张昊. 电子机械制动系统建模与控制策略研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2023.
- [4] 赵逸云, 林辉, 李兵强. 电子机械制动系统无压力传感器控制策略[J]. 北京航空航天大学学报, 2023, 49(10): 2711-2720.
- [5] 邱宇杰. 微电子技术在机械加工系统中运用分析[J]. 大众标准化, 2023(19): 62-64.