

智能控制背景下的工业过程控制自动化研究

迟武哲

辽宁科技大学

DOI:10.32629/acair.v3i4.17885

[摘要] 随着工业4.0以及智能制造理念的不断推进,各个行业都在积极探寻运用智能控制技术来提升生产效率、优化产品质量、降低生产成本,提高自身核心竞争力的途径,融合了计算机技术、人工智能、控制理论等多学科知识的智能控制技术,可有效应对复杂多变的工业生产环境,为工业过程控制提供更为高效、精准且智能的解决方案。基于此背景,本文从智能控制出发,剖析工业过程控制自动化过程中的关键技术与应用,以及所面临的挑战与对策,期望能为工业过程控制自动化的优化提供一定参考。

[关键词] 智能控制; 工业过程; 控制自动化

中图分类号: F4 文献标识码: A

Research on Industrial Process Control Automation under the Background of Intelligent Control

Wuzhe Chi

University of Science and Technology Liaoning

[Abstract] With the continuous advancement of Industry 4.0 and the concept of intelligent manufacturing, all industries are actively exploring ways to apply intelligent control technology to enhance production efficiency, optimize product quality, reduce production costs, and improve their core competitiveness. Intelligent control technology, which integrates knowledge from multiple disciplines such as computer technology, artificial intelligence, and control theory, It can effectively cope with the complex and ever-changing industrial production environment, providing more efficient, precise and intelligent solutions for industrial process control. Based on this background, this paper starts from intelligent control, analyzes the key technologies and applications in the process of industrial process control automation, as well as the challenges and countermeasures faced, hoping to provide certain references for the optimization of industrial process control automation.

[Key words] Intelligent control; industrial process; Control automation

从实际应用方面来看,智能控制技术在工业过程控制自动化中已经取得了一些成果。在化工生产领域,借助智能控制算法对反应过程进行实时监测与优化控制,可有效提升产品质量、提高生产效率、降低能耗并减少污染物排放,在电力系统中,智能控制技术可以实现对电网的智能调度与故障诊断,保障电力供应的稳定性和可靠性^[1],然而目前智能控制技术在工业过程控制中的应用依然面临一些问题与挑战,比如智能控制算法的复杂性、系统的可靠性与稳定性、数据安全和隐私保护等。深入研究智能控制背景下的工业过程控制自动化有关键的现实意义。

1 智能控制与工业过程控制自动化概述

1.1 智能控制技术剖析

智能控制是融合多学科知识、用于解决传统控制难以应对的复杂系统控制问题、具备智能信息处理反馈及决策能力的控

制理论高级阶段的新兴交叉学科。其研究对象拥有不确定性数学模型、高度非线性和复杂任务要求等特点。从定义来看,智能控制是让智能机器自主实现目标或无需人直接干预驱动智能机器达成目标的自动控制,其理论基础涵盖人工智能、控制论、运筹学和信息论等多学科理论。提供模拟人类智能方法使系统具备学习推理和决策能力的人工智能,提供基本控制原理和方法确保系统稳定运行的控制论,提供优化方法帮助系统寻找最优控制策略的运筹学,以及提供信息处理和传输理论基础的信息论,共同构成智能控制的理论支撑。人工智能和机器学习技术在智能控制领域发挥核心作用。专家系统作为利用专家知识解决专门或困难问题的控制系统,将专家经验和知识存储于知识库,在遇到问题时根据输入信息进行推理判断并得出解决方案,在化工生产故障诊断和优化控制等方面具有重要应用价值。机器学习通过数据驱动方式让系统从大量数据中自动学习模式和规

律以实现控制优化,包含监督学习、无监督学习和强化学习等类型^[2]。其中,用于产品质量检测的监督学习,用于分析生产数据、发现潜在模式的无监督学习,以及在机器人控制和自动化生产等领域广泛应用、可优化自动化仓储系统中机器人路径规划和货物搬运策略的强化学习,各自在不同场景中发挥作用。

1.2 工业过程控制自动化的发展历程

工业过程控制自动化是不不断演进、经历多阶段推动工业生产向高效高质方向发展的技术体系。最初的手动控制阶段依赖人工操作控制生产参数,存在劳动强度大、控制精度低、生产效率低等问题,难以满足大规模工业化生产需求。随后出现的模拟控制阶段采用模拟仪表控制,将物理量转化为模拟信号处理运算后输出控制信号,相比手动控制在精度和响应速度上有提高,但存在抗干扰能力弱、控制功能单一的不足。电子和计算机技术发展催生的数字控制阶段采用数字计算机作为控制器,能精确控制生产过程,具备控制精度高、抗干扰能力强等优点,还出现了PLC和DCS等先进控制系统。计算机网络技术兴起带来的网络化控制阶段通过网络实现设备信息交换和远程控制,提高了生产灵活性和协同性,但也面临网络安全和数据传输延迟等问题。近年来伴随新兴技术发展的工业过程控制正迈向智能化控制阶段,该阶段将人工智能应用于系统,使系统具备自学习、自适应和自决策能力,可优化控制生产过程,能实现预测设备故障、进行图像识别和质量检测等功能。

1.3 智能控制对工业过程控制自动化的变革作用

智能控制给工业过程控制自动化带来了全面的变革,在生产效率层面,智能控制可对生产过程调度以及资源合理配置进行优化,依据生产数据来安排生产流程并优化设备参数,同时还可实现设备的自动化操作以及协同工作,以此减少人工干预。在控制精度方面,智能控制借助先进算法和模型对工业生产过程进行精确控制,依靠建模、仿真以及实时监测来调整控制策略,精准地控制参数,减少能源和原材料的消耗。智能控制赋予工业过程控制更高的灵活性和适应性,有自学习和自适应能力的系统可依据生产环境和任务的变化来调整控制策略,适应新的需求实现产品定制化生产,并且还可以推动不同设备之间的互联互通与协同工作^[3]。

2 智能控制背景下工业过程控制自动化的关键技术与应用

2.1 智能传感器技术在工业过程控制中的应用

智能传感器是工业过程控制自动化的关键部件,能感知、分析和处理信息以提升工业生产效率与质量。集成微处理器等元件的智能传感器在传统传感器基础上,可精确感知物理量并对采集数据进行实时分析、处理与传输。借助内置微处理器处理原始数据的智能传感器能去除噪声干扰,且具备自诊断功能以保障系统稳定运行。智能传感器在化工生产中应用广泛,用于温度控制的智能温度传感器可监测温度变化并传输数据,供控制系统据此调整装置使温度恢复正常;用于石油化工精馏塔的智能传感器可优化操作参数。用于压力控制的智能压力传感器能

监测压力,在压力超阈值时报警,供控制系统采取措施确保压力安全。某化工企业安装的智能传感器避免了多起潜在安全事故,保障了生产。

2.2 机器学习算法在工业过程优化中的应用

机器学习算法在工业过程参数优化以及故障预测等方面有着较大优势,可有力地推动工业生产朝着智能化与高效化方向发展,在参数优化方面,机器学习算法可以对大量生产数据展开分析,构建起描述参数与质量、效率之间关系的数学模型,帮助企业借助虚拟实验来筛选出最优生产参数。就像在钢铁生产场景中,运用该算法可对参数进行优化,以此提升产品质量以及生产效率,在故障预测领域,机器学习算法可监测设备运行数据,提前对设备故障做出预测,减少设备停机时间以及维护成本,某汽车制造生产线运用该算法预测设备故障并提前发出维修预警,成功避免了生产停机问题。另外机器学习算法还可以对生产流程进行优化,通过分析生产数据找出流程瓶颈以及优化点,然后调整生产计划并合理分配资源,例如通过分析焊接机器人运行数据来调整相关参数,实现生产线效率的提高^[4]。

2.3 工业互联网与工业过程控制的融合应用

工业互联网是新一代信息技术与工业深度融合且能实现工业过程互联互通与协同控制的产物。它将生产要素连接成可实现数据采集、传输和共享并打破信息孤岛的网络,推动各环节高效协同。生产线设备传输数据,控制系统远程监控调整设备,实现工业自动化和智能化。在智能工厂中,工业互联网的应用让生产更透明可控,管理人员可远程了解设备状态等信息并调整控制方式。新一代信息技术与工业的融合还体现在生产计划优化和供应链协同管理方面,企业获取相关信息制定生产计划、配置资源,与供应商共享信息确保生产连续。某智能工厂实现与供应商的信息共享,按需调整生产计划。此外,新一代信息技术与工业的融合促进生产创新和企业服务化转型,企业分析数据发现市场需求和发展机会,开发个性化产品和服务,提供增值服务,向服务型制造业转型。

3 智能控制背景下工业过程控制自动化面临的挑战与对策

3.1 技术挑战与应对策略

智能控制背景下工业过程控制自动化面临一系列技术挑战。其一为涉及众多变量、复杂物理化学反应且变量间因果关系难准确界定的工业过程复杂系统建模难题,这类系统导致传统建模方法难以适用,尤其化工生产中受温度、压力、原料成分等多因素相互作用制约的反应过程更难建立精确数学模型描述。其二为适应复杂多变工业生产环境与设备运行状态变化的控制系统自学习及自优化技术挑战,当前智能控制系统依据实时数据自动学习优化控制策略以适配不同生产工况的能力不足,难快速准确适应生产环境变化^[5]。

采用新建模方法与技术可以应对上述挑战。收集大量生产数据并运用机器学习、深度学习等算法分析挖掘的数据驱动建模方法为复杂系统建模提供新思路,能建立描述系统行为的数

据驱动模型,在化工生产中可利用深度学习算法学习反应过程温度、压力、流量等数据,建立反应过程预测模型以实现优化控制;结合机理分析与数据驱动的方法可充分利用领域知识与数据信息,提升建模准确性与可靠性。

3.2 人才需求与培养策略

智能控制背景下工业过程控制自动化的智能化转型对人才提出新要求,首先需具备控制理论、计算机科学、人工智能、通信技术等多学科交叉知识结构且能综合运用各学科知识解决实际问题的复合型人才;其次需及时掌握机器学习算法、工业互联网平台、智能传感器等不断涌现的智能控制新技术方法且能为工业过程控制自动化提供技术支持的专业人才;还需能提出新思路新方法解决实际问题且具备创新与实践能力的人才。

满足上述人才需求需制定对应培养策略,教育层面高校与职业院校应加强相关专业建设,优化含控制理论与工程、人工智能原理与应用、工业通信技术等课程的课程设置,增加跨学科课程与实践教学环节,开设智能制造工程、工业互联网等专业,并通过校企合作建立实习实训基地,培养学生在实践中掌握先进技术与解决问题能力的综合能力及创新能力。企业层面应加强员工培训与继续教育,鼓励员工参加各类培训课程与学术交流,联合高校、科研机构开展定制化培训为员工提供针对性学习机会,不断提升员工技术水平与综合素质,同时营造良好创新氛围鼓励员工创新实践,为员工提供创新平台与资源支持。

3.3 系统集成与安全保障

智能控制背景下工业过程控制自动化涉及多设备与系统集成,不同厂家生产且采用不同通信协议与接口标准的智能传感器、执行器、控制器等设备及不同工业软件系统间的兼容性问题成为一大挑战,此类问题导致设备难互联互通且影响系统集成运行。随着工业互联网发展与互联网连接愈发紧密的工业过程控制自动化系统面临网络攻击、数据泄露等安全威胁,系统遭攻击可能导致生产中断、设备损坏、数据丢失等严重后果,网络安全问题日益突出^[6]。

解决系统兼容性问题要强化标准化建设,组织企业和科研机构一起制定并推动实施工业自动化领域统一通信协议与接口标准,以此促进设备与系统互联互通,在系统集成过程中要充分

考虑设备与系统兼容性,还要开展严格的兼容性测试,保证系统稳定运行,网络安全保障方面要采取多层次安全防护措施,借助部署防火墙、入侵检测系统等设备来加强网络边界防护,以此阻止外部非法访问与攻击。并且要加强数据加密与身份认证,保证数据传输存储的安全性,防止数据泄露篡改,还要建立安全审计与监控机制,实时监测系统运行状态,及时发现处理安全事件,同时加强员工网络安全意识培训,提升员工安全防范意识与应急处理能力。

4 结语

智能控制作为工业4.0与智能制造的核心支撑,深刻革新了工业过程控制自动化的发展范式。它借助赋能智能传感器、机器学习算法及工业互联网等关键技术,解决了传统控制难以应对的复杂生产难题,提高了生产效率、控制精度与系统适应性,虽然当前依然面临复杂系统建模难、复合型人才缺口大及系统安全风险等挑战,但是数据驱动建模、跨学科人才培养与多层次安全防护等突破瓶颈的策略,已经给出了明确路径。未来持续深入推进智能控制与工业过程的融合创新,将推动工业朝着高效、智能、安全的方向升级,为制造业智能化转型注入持久动力,帮助工业领域实现高质量发展目标。

参考文献

- [1]张欣.智能控制在工业电气自动化中的应用——评《智能控制》[J].有色金属(冶炼部分),2021,(12):I0032.
- [2]丁健,史仲平.学科交叉背景下的《发酵过程智能控制技术》课程建设[J].食品与发酵工业,2023,49(02):347-352.
- [3]章新宇,任文锦,余正伟,等.工业烟气SCR脱硝过程智能控制模型的研究进展[J].烧结球团,2024,49(06):53-67.
- [4]冯炎光.基于人工智能的电气自动化过程控制优化研究[J].消费电子,2025,(17):194-196.
- [5]岳腾达.人工智能在冶金自动化生产中的应用——评《复杂冶金过程智能控制》[J].中国有色冶金,2024,53(4):161-162.
- [6]韩玉麟.智能控制技术在工业自动化系统中的发展与应用研究[J].中国设备工程,2025,(16):47-49.

作者简介:

迟武哲(2006--),男,汉族,辽宁省营口市人,本科,学生,从事的研究方向或工作领域:自动化。