

化工智能化生产技术及其应用进展

尹代强

青海盐湖蓝科锂业股份有限公司 青海 格尔木 816000

摘要：随着全球工业4.0浪潮的推进与“双碳”目标的深化，中国化工行业正经历从传统制造向智能化、绿色化转型的关键跃迁。本文聚焦化工智能化生产技术及其应用进展。首先阐述化工智能化生产的核心技术，涵盖传感器、自动化控制、工业互联网、人工智能、大数据及数字孪生技术等。接着介绍其在生产过程优化、设备管理、安全监控、供应链管理等方面的应用。最后探讨发展趋势，包括技术创新推动升级、工业互联网与人工智能融合、绿色可持续发展驱动转型以及智能化生产标准体系完善，为化工行业智能化发展提供参考。

关键词：化工智能；化生产技术；应用进展

引言：化工行业作为国民经济重要支柱产业，传统生产模式面临效率、安全、环保等诸多挑战。随着信息技术飞速发展，智能化生产成为化工行业转型升级的必然趋势。化工智能化生产融合多种先进技术，旨在实现生产过程的高效、精准、安全与可持续。通过引入智能化技术，化工企业能够优化生产流程、提升设备管理水平、强化安全保障以及优化供应链运作。深入探究化工智能化生产技术及其应用进展，有助于把握行业发展趋势，推动化工行业向智能化、绿色化、高端化迈进，提升我国化工产业的整体竞争力。

1 化工智能化生产的核心技术

1.1 传感器技术

在化工智能化生产中，传感器如同敏锐的感知触角，发挥着不可或缺的作用。压力传感器、温度传感器、流量传感器、成分传感器等多种类型的传感器，被广泛部署于化工生产的各个关键环节。它们能够实时、精准地采集温度、压力、流量、物料成分等关键数据。例如，在反应釜中，温度传感器可精确监测反应温度，为反应进程的调控提供关键依据；成分传感器能实时分析物料成分，确保反应原料的比例精准无误。随着技术的不断进步，传感器正朝着高精度、高可靠性、微型化和智能化的方向发展。

1.2 自动化控制技术

自动化控制技术是化工智能化生产的核心支撑。先进控制系统如分布式控制系统（DCS）、可编程逻辑控制器（PLC）等，在化工生产中构建起高效的控制网络。DCS系统通过对生产过程的集中管理和分散控制，实现对复杂化工流程的精准操控。操作人员在控制室内，借助DCS系统的人机界面，能够实时监控生产线上各种参数，并根据实际情况灵活调整控制策略。PLC则在逻辑控制

方面表现出色，常用于顺序控制和设备的启停控制。以化工物料输送系统为例，PLC可依据预设的逻辑程序，精准控制阀门的开关和泵的启停，确保物料输送的顺畅与准确。模型预测控制（MPC）、自适应控制等先进控制算法的应用，进一步提升了自动化控制的水平。

1.3 工业互联网技术

工业互联网技术为化工智能化生产搭建起信息互通的桥梁。通过构建工业互联网平台，化工企业能够将生产设备、控制系统、管理系统等进行全面连接，实现数据的实时传输与共享。在这个平台上，设备运行数据、生产工艺数据、管理数据等各类信息汇聚融合，为企业的决策提供了丰富的数据支持。同时，工业互联网技术还促进了企业与供应商、客户之间的协同合作。企业能够与供应商实时共享原材料库存信息，实现精准采购；与客户及时沟通产品需求和生产进度，提升客户满意度。

1.4 人工智能技术

人工智能技术在化工智能化生产中展现出巨大的潜力。机器学习算法能够对海量的化工生产数据进行深度挖掘和分析，从而建立起精准的生产模型。这些模型可以用于预测产品质量、优化生产工艺以及进行故障诊断等。例如，通过对历史生产数据的学习，机器学习模型能够准确预测不同工艺条件下产品的质量指标，帮助企业提前调整生产参数，确保产品质量的稳定。深度学习在图像识别和语音识别方面的优势，也为化工生产带来了诸多便利。在化工设备巡检中，利用深度学习算法的图像识别技术，能够快速准确地识别设备表面的缺陷和异常情况，语音识别技术则可实现操作人员与控制系统的自然交互，提高操作的便捷性和效率。

1.5 大数据技术

大数据技术为化工智能化生产提供了强大的数据处

理能力。在化工生产过程中，会产生海量的多源异构数据，包括设备运行数据、工艺参数数据、质量检测数据等。大数据技术能够对这些数据进行高效的采集、存储、管理和分析。通过数据挖掘和分析技术，企业可以从海量数据中提取有价值的信息，如发现生产过程中的潜在规律、识别影响产品质量的关键因素等。例如，通过对大量设备运行数据的分析，企业可以建立设备故障预测模型，提前预测设备可能出现的故障，安排预防性维护，避免设备突发故障对生产造成的影响。大数据技术还能助力企业进行生产优化决策。

1.6 数字孪生技术

数字孪生技术为化工生产构建了虚拟与现实高度融合的新模式。它通过对化工生产系统进行数字化建模，创建与实际物理系统相对应的虚拟模型。这个虚拟模型能够实时反映实际生产系统的运行状态，包括设备的运行参数、工艺过程的变化等。在化工设备的设计和调试阶段，数字孪生技术发挥着重要作用。通过虚拟模型，工程师可以在实际建造设备之前，对设备的性能进行模拟和优化，提前发现设计中存在的问题并进行改进，大大缩短了设备的研发周期和成本。在生产运行阶段，数字孪生模型可以根据实时采集的生产数据进行动态更新，实现对生产过程的实时监测和预测^[1]。

2 化工智能化生产技术的应用

2.1 生产过程优化

2.1.1 反应过程的智能调控

在化工反应过程中，智能调控借助传感器实时采集温度、压力、浓度等关键参数，通过人工智能算法快速分析数据并建立反应模型。依据模型预测反应趋势，自动调整反应条件，如投料速度、反应温度等，确保反应始终处于最佳状态。这不仅提高了反应转化率和选择性，减少副产物生成，还能实现对危险反应的精准控制，降低安全风险，保障生产稳定运行。

2.1.2 分离提纯过程的优化

分离提纯是化工生产获取高纯度产品的重要步骤。智能化技术通过在线分析仪器实时监测物料组成，结合大数据分析和数字孪生技术，精准模拟分离过程。依据模拟结果优化操作参数，如蒸馏塔的回流比、萃取剂的用量等，提高分离效率和产品纯度。同时，智能系统可实时监测设备运行状态，提前发现潜在问题并调整操作，避免非计划停机，降低生产成本，提升整体经济效益。

2.2 设备管理

2.2.1 设备故障预测与维护

在化工生产里，设备故障预测与维护借助智能化技

术实现重大突破。通过在设备关键部位安装高精度传感器，持续收集振动、温度、压力等数据。利用大数据分析技术，对这些海量数据进行深度挖掘，结合设备历史故障记录和运行规律，构建故障预测模型。借助人工智能算法，模型能精准预测设备可能出现的故障类型、时间和部位。基于此，企业可提前安排维护计划，准备部件，将传统的被动维修转变为主动预防，大幅减少设备突发故障导致的非计划停机，降低维修成本，延长设备使用寿命，保障生产的连续稳定运行。

2.2.2 设备运行状态监测

设备运行状态监测是化工智能化设备管理的基础。借助先进的传感器网络，全方位实时采集设备运行时的各项参数，如电机的电流、转速，泵的流量、扬程等。这些数据通过工业互联网技术实时传输至监控中心。在监控中心，利用数字孪生技术创建设备的虚拟模型，将实时数据与虚拟模型进行对比分析，直观呈现设备实际运行状态。一旦数据出现异常偏差，系统立即发出警报，提醒工作人员及时检查处理。通过这种实时、精准的监测，能及时发现设备潜在问题，避免小故障演变成大事故，确保设备始终处于良好运行状态。

2.3 安全监控

2.3.1 实时安全监测与预警

化工生产环境复杂，安全风险高，实时安全监测与预警至关重要。借助分布在生产区域各处的传感器，如气体传感器、温度传感器、压力传感器等，持续采集环境参数和设备运行数据。通过工业互联网将数据实时传输至安全监控平台，利用大数据分析和人工智能算法对数据进行快速处理与分析。一旦数据超出安全阈值，系统立即发出警报，精确指出风险位置和类型。同时，结合数字孪生技术，在虚拟模型中模拟风险扩散情况，为人员疏散和应急处置提供参考。

2.3.2 应急响应与决策支持

当化工生产发生安全事故时，快速有效的应急响应和科学合理的决策是降低损失的关键。智能化安全监控系统在发出预警后，能迅速启动应急预案，根据事故类型和严重程度，自动调配应急资源，如消防设备、救援人员等。同时，利用大数据和人工智能技术，结合历史事故案例和实时数据，为应急指挥人员提供多种决策方案，并分析各方案的优劣和可能产生的后果。通过虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术，还能为救援人员提供直观的事故现场模拟和操作指导，提高应急响应效率和决策的科学性，最大程度减少事故损失。

2.4 供应链管理

2.4.1 需求预测与库存管理

在化工供应链管理中，精准的需求预测与高效的库存管理是关键。借助大数据技术，收集历史销售数据、市场动态、行业趋势等多源信息，运用人工智能算法构建需求预测模型。该模型能综合考虑多种因素，准确预测不同产品在不同时间段的需求量，为企业生产计划提供可靠依据。基于需求预测结果，结合实时库存数据，通过智能化库存管理系统自动生成补货策略，优化库存水平。既能避免库存积压占用资金和仓储空间，又能防止缺货影响生产和销售，实现库存成本的最低化和供应链的稳定运行。

2.4.2 物流运输优化

化工产品的物流运输具有特殊性，对安全性和时效性要求极高。智能化技术为物流运输优化提供了有力支持。利用工业互联网和全球定位系统（GPS），实时追踪运输车辆的位置、状态和货物信息，实现对物流过程的全程可视化监控。通过大数据分析运输路线、交通状况、天气等因素，结合人工智能算法规划最优运输路线，减少运输时间和成本。同时，智能调度系统可根据货物紧急程度、车辆运力等情况，合理分配运输任务，提高车辆利用率。此外，还能对运输过程中的安全风险进行实时预警，确保化工产品安全、高效送达目的地^[2]。

3 化工智能化生产的发展趋势

3.1 技术创新持续推动智能化升级

化工智能化生产领域，技术创新是核心驱动力。传感器技术不断革新，精度与灵敏度大幅提升，能捕捉更细微的生产数据。自动化控制技术向智能化、自适应方向发展，可依据实时数据自动调整生产参数。新的算法和模型不断涌现，让人工智能和大数据分析更精准高效。这些技术创新持续赋能，推动化工生产向更高程度的智能化迈进，实现更高效、优质、稳定的生产。

3.2 工业互联网与人工智能深度融合

工业互联网与人工智能的深度融合是化工智能化生产的必然趋势。工业互联网构建起设备、系统、人员之间的广泛连接，实现数据的海量汇聚与高效传输。人工智能则凭借强大的数据分析与处理能力，挖掘这些数据背后的价值。二者融合可实现生产过程的智能决策、设备的自主运维和供应链的智能协同，打破信息孤岛，提升化

工生产全流程的智能化水平，增强企业的核心竞争力。

3.3 绿色可持续发展驱动智能化转型

在环保要求日益严格的当下，绿色可持续发展成为化工行业的重要目标，驱动着智能化转型。智能化技术可助力化工生产实现节能减排，通过精准控制反应条件和优化生产流程，降低能源消耗和污染物排放。同时，利用大数据和人工智能对资源进行合理配置和循环利用，提高资源利用率。智能化转型还能帮助企业更好地应对环保政策变化，实现经济效益与环境效益的双赢，推动化工行业可持续发展。

3.4 智能化生产标准体系逐步完善

随着化工智能化生产的快速发展，建立完善的标准体系迫在眉睫。标准化有助于统一行业规范，保障产品质量和生产安全，促进不同企业间的技术交流与合作。目前，相关部门和企业正积极制定涵盖数据采集、传输、存储、分析以及设备接口、安全防护等方面的标准。未来，智能化生产标准体系将逐步完善，为化工智能化生产的健康、有序发展提供坚实的制度保障，推动行业整体水平提升^[3]。

结语

化工智能化生产技术作为推动行业变革的关键力量，正以前所未有的速度重塑化工产业格局。从生产过程优化、设备智能管理，到安全高效监控、供应链协同运作，其应用成效显著，为企业带来了降本增效、安全提升与绿色发展的多重红利。展望未来，技术创新将持续发力，工业互联网与人工智能深度融合、绿色理念深度融入、标准体系日益完善等趋势，将引领化工智能化迈向更高阶段。化工企业应积极拥抱智能化变革，加大技术投入与应用探索，以适应时代发展潮流，在全球化工竞争中占据有利地位，实现可持续发展。

参考文献

- [1] 张志棟.化工智能化生产技术及其应用进展[J].化工进展,2021,24(10):1088-1093.
- [2] 常大胜.石油化工智能化生产技术及其应用[J].化工管理,2021(1):187-187.
- [3] 陈强.化工智能化生产技术及其在化学工业中的应用与进展[J].科技创业家,2021(12).199-210