

化学工程与工艺自动化发展趋势

王红旺

内蒙古正信安康技术服务有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 本文探讨化学工程与工艺自动化发展趋势。先阐述其自动化水平高、节能效果好、生产效率高、安全性能提升等特点,接着介绍自动化技术中的关键技术、传感器技术、控制算法和通信技术。最后从智能化与无人化、数字化与信息化等多方面分析其发展趋势,强调新技术应用与跨学科研究对推动化工行业现代化发展的重要性。

关键词: 化学工程与工艺; 自动化技术; 发展趋势; 智能化; 绿色化

引言: 随着科技飞速发展, 化学工程与工艺领域正经历深刻变革。自动化技术的广泛应用, 为化工生产带来前所未有的机遇与挑战。它不仅改变了传统生产模式, 还对生产效率、产品质量、能源消耗和安全保障等方面产生深远影响。了解化学工程与工艺自动化特点、技术及发展趋势, 对推动化工行业转型升级、实现可持续发展具有重要意义。

1 化学工程与工艺自动化特点

1.1 自动化水平高

化学工程与工艺的自动化贯穿生产全流程。原料输送阶段, 自动化设备依预设程序精准控制配比与输送速度; 反应过程中, 自动化控制系统实时监测温度、压力、流量等参数, 根据化学反应特性自动调节条件。如石油化工裂解反应, 系统能随原料成分变化, 及时调整裂解温度与时间, 保障反应稳定, 避免人工操作导致的产品质量波动。自动化系统具备自我调节与优化能力。内置控制算法可修正生产过程中的细微偏差, 当反应釜温度偏离设定值, 系统即刻启动冷却或加热装置进行调节。这种自动化控制大幅减少人工干预, 降低操作失误风险, 保障生产连续性与稳定性。自动化设备与系统协同采集、传输生产数据, 管理人员通过监控平台远程掌握动态, 为生产决策提供依据, 提升管理智能化水平。

1.2 节能效果好

自动化技术助力化工生产实现节能减排。在流程优化上, 自动化系统模拟分析生产全过程, 找出高能耗环节, 规划物料输送路径, 优化设备启停顺序, 减少输送距离与设备空转能耗。以蒸馏分离环节为例, 系统依物料特性与分离要求, 精准控制蒸馏塔操作参数, 在保证分离效果的同时降低蒸汽消耗。精确的参数控制是节能关键^[1]。自动化设备高精度控制温度、压力、流量等参数, 避免波动造成的能源浪费。合成氨生产中, 自动化控制系统严格把控合成反应条件, 提高反应转化率, 减

少能源消耗。自动化技术还可实现能源回收再利用, 收集生产过程中的余热、余压, 重新应用于生产, 提高能源利用效率, 降低对外依赖, 推动化工行业绿色发展。

1.3 生产效率高

自动化技术革新化工生产模式, 显著提升效率。连续生产模式下, 自动化设备可无人值守持续运行, 不间断完成原料加工、反应与产品产出。如化肥自动化生产线能24小时作业, 大幅提高产量。同时自动化系统可快速切换生产批次, 通过自动调整设备参数、更换模具, 减少转产时间, 提升设备利用率。自动化设备响应迅速, 能高效处理复杂生产任务。在精细化工产品生产中, 系统可快速精准调配原料, 保证产品质量一致, 缩短生产周期。而且, 自动化技术能实时监控生产过程, 及时发现并解决潜在问题, 避免设备故障或生产异常导致的停机, 确保生产高效有序, 为企业创造更多效益。

1.4 安全性能提升

自动化技术为化工生产安全提供坚实保障。实时监测是安全保障的基础, 生产现场的各类传感器持续采集温度、压力、浓度等参数, 一旦异常, 即刻将信号传输至控制系统。储存易燃易爆化学品的罐区, 传感器实时监测罐体状态, 压力异常升高或温度骤变时, 系统迅速预警。自动化系统具备完善的预警与处理机制, 检测到异常后, 不仅发出警报, 还自动启动应急程序。有毒气体泄漏时, 系统立即启动通风设备、关闭相关阀门, 防止泄漏扩大。自动化技术通过分析历史与当前生产数据, 对生产过程进行风险评估与预测, 提前制定防范措施, 消除安全隐患。自动化设备减少人员与危险化学品、环境的接触, 降低操作人员安全风险, 营造安全作业环境。

2 化学工程与工艺自动化技术

2.1 关键技术

化学工程与工艺自动化依赖于一系列先进技术的协

同应用，这些技术构成了整个系统运行的基础。其中，传感器技术、控制算法和通信技术是实现化工过程自动化的三大核心支撑要素。这些技术相互配合，确保生产过程中各项参数能够被实时感知、准确分析并高效调控。随着信息技术的不断进步，这些关键技术正朝着高精度、智能化和集成化方向发展，为化工生产的稳定运行和高效管理提供了有力保障。

2.2 传感器技术

传感器是化工自动化系统中获取现场信息的关键设备，承担着将物理量、化学量等转化为可测量信号的重要任务。在实际应用中，各类传感器广泛分布于反应装置、管道系统及储罐等关键部位，用于监测温度、压力、流量、液位、浓度等多种参数。例如，温度传感器用于实时检测反应器内部或输送管道中的温度变化，为热控系统提供反馈数据；压力传感器则用于监控设备运行时的压力状态，防止因超压或失压导致的异常情况；流量传感器则对物料输送速度进行精确计量，保证各环节供料均衡。通过这些传感器采集到的数据，控制系统可以全面掌握当前运行状况，并据此做出相应的调节决策，从而提升整体控制精度和运行效率。

2.3 控制算法

控制算法是实现自动化调节的核心工具，决定了系统如何根据传感器反馈的信息对生产过程进行干预。目前，最广泛应用的是PID控制算法，该算法通过对误差的比例、积分和微分三个部分进行计算，能够有效维持参数在设定值附近的稳定运行，适用于大多数常规化工过程的控制需求^[2]。除了PID控制之外，模型预测控制（MPC）算法也逐渐受到重视，它基于系统的数学模型对未来一段时间内的运行状态进行预测，并提前调整控制策略，以应对可能出现的波动或干扰。这种控制方式特别适用于具有复杂耦合关系或多变量影响的化工过程，能够在更大程度上提升系统的响应能力和稳定性。此外，模糊控制、神经网络控制等智能控制方法也在逐步应用于特定场景中，为解决非线性、不确定性强的问题提供了新的思路。

2.4 通信技术

在现代化工自动化系统中，通信技术发挥着连接各个子系统、实现信息共享与远程控制的重要作用。高效的通信网络确保了从传感器采集数据到控制器执行命令之间的信息流通畅通无阻。当前，工业以太网、现场总线以及无线通信等多种通信方式在化工领域得到广泛应用，它们各自具备不同的传输速率、抗干扰能力和部署灵活性，可根据具体应用场景进行选择。通过构建统一

的通信平台，不仅可以实现现场设备之间的高速互联，还能将生产数据上传至中央控制系统，使操作人员可以在控制室内对整个生产流程进行集中监控和远程操作。随着工业互联网的发展，通信技术还支持跨厂区、跨地域的数据交互，进一步提升了企业对生产全局的掌控能力。借助通信技术的进步，化工自动化系统实现了更高层次的集成化与智能化，推动了管理模式由分散控制向集中调度的转变。

3 化学工程与工艺自动化发展趋势

3.1 智能化与无人化

AI技术深度融合为化工自动化带来新变革。机器学习算法凭借强大的数据处理能力，对化工生产过程中产生的大量数据进行分析。通过挖掘历史生产数据中的规律，能够建立复杂化工过程的智能模型，精准模拟反应进程与设备运行状态。这些模型应用于优化控制环节，可根据实时工况调整生产参数，使反应朝着预期方向进行。故障诊断方面，机器学习算法通过分析设备运行参数的异常波动，预测设备故障发生时间，提前规划维护计划，减少非计划停机时间，保障生产连续性。深度学习技术则在图像识别与复杂决策场景中发挥优势。在化工生产现场，深度学习模型可对监控图像进行分析，识别设备泄漏、管道裂缝等安全隐患。面对复杂多变的生产工况，深度学习算法能够综合考虑多个变量，做出更优的控制决策，提升化工生产的智能化水平。机器人技术在化工生产中的应用前景广阔。物料搬运机器人可替代人工完成危险物料的搬运工作。在涉及有毒、易燃、易爆物料的操作中，机器人无惧恶劣环境与危险物质，精准完成物料转运、装卸任务，降低操作人员安全风险。设备巡检机器人按照预设路线和程序，定期对生产设备进行检查。通过搭载的各类传感器，检测设备温度、振动、压力等参数，及时发现设备故障和安全隐患，并将异常信息实时反馈给控制系统，实现少人化甚至无人化生产，提高生产安全性与效率。

3.2 数字化与信息化

大数据技术在化工生产中扮演重要角色。海量生产数据涵盖原料属性、反应参数、设备状态等多方面信息。通过对这些数据的采集、存储和深度分析，能够挖掘出数据背后的潜在价值。在生产优化领域，分析数据可发现生产流程中的瓶颈环节，提出针对性改进方案；质量控制方面，通过建立质量与生产参数的关联模型，实现产品质量的精准预测与控制；设备维护上，利用数据预测设备故障，制定合理维护策略，降低维护成本。云计算技术为化工企业提供强大计算资源与数据存储能

力。企业无需投入大量资金建设和维护本地数据中心，可借助云计算平台灵活获取计算资源，快速处理和分析大规模生产数据。云计算的分布式存储特性，保障数据安全可靠，同时方便企业员工随时随地访问数据，提升数据共享与协同办公效率，助力企业实现数字化转型。工业互联网与物联网技术构建起化工智能化生产网络。物联网技术使化工生产设备具备感知与通信能力，设备运行数据如温度、压力、流量等实时上传至系统平台。操作人员通过移动终端，无论身处何地都能监控生产状态，及时掌握设备异常情况并做出响应。工业互联网则实现化工生产设备、系统和人员的全面互联，打通企业内部各部门、各生产环节之间的数据壁垒，促进信息共享与协同，推动化工生产向智能化、柔性化方向发展。

3.3 集成化与协同化

系统集成水平的提高实现化工生产全流程自动化。从原料处理、化学反应到产品出产，各个生产环节的自动化系统被整合为一个有机整体。通过统一的控制平台，实现原料的自动配料，根据生产需求精确计量各种原料；反应过程的自动控制，实时调节反应温度、压力等参数；产品的自动包装，完成产品的计量、封装等工序。这种集成化打破了以往各装置之间的“信息孤岛”，实现全厂集中控制、操作和管理，提高生产效率，降低人工干预带来的误差与风险。产业协同创新加强推动化工自动化发展。化工企业与自动化设备供应商合作，定制符合化工生产特殊需求的自动化设备，提高设备适用性与可靠性^[1]。与软件开发商合作，开发适合化工生产的自动化管理软件，实现生产数据的高效管理与分析、生产流程的优化调度。与科研机构合作开展新型自动化控制算法研究，将前沿科研成果转化为实际生产力，共同攻克化工自动化领域的技术难题，形成产业协同创新的良好局面，促进化工行业技术进步。

3.4 绿色化与可持续化

清洁生产技术在化工自动化发展中得到广泛推广。化工企业采用新型催化剂和反应工艺，提高反应的选择性和转化率，减少副产物生成，从源头上降低污染物产生和排放。新型催化技术能够在温和条件下实现高效反应，减少能源消耗与废弃物产生；绿色反应工艺避免使用有毒有害原料和溶剂，降低对环境的危害，实现生产过程的绿色化，推动化工行业可持续发展。能源管理与

优化成为化工生产重要环节。能源管理系统实时监控化工生产过程中的能源消耗情况，分析能源使用效率。根据生产负荷变化，系统自动调整设备运行参数，如在生产低谷期降低设备功率，在负荷增加时合理分配能源，实现能源的优化配置和高效利用。通过对能源数据的分析，企业还能发现能源浪费环节，采取针对性节能措施，降低能源成本，减少碳排放，履行企业环保责任。

3.5 创新化与现代化

新技术不断应用于化工自动化生产。分离工艺的创新改进了化工产品的分离和提纯过程。膜分离技术凭借能耗低、效率高的特点，在化工领域广泛应用。其利用特殊膜材料的选择透过性，实现混合物中不同组分的分离，可应用于液体分离、气体分离等场景，提高产品纯度，降低生产成本。其他创新技术如新型传热技术、高效搅拌技术等，也从不同方面优化生产流程和生产设备，提高化工生产效率。化学工程与工艺探索现代化发展路径。加强跨学科研究，将生物学、材料科学等学科知识应用于化工生产。借鉴生物学中的酶催化原理开发新型催化材料，利用材料科学成果研制高性能化工设备材料。融合先进科技成果，如人工智能、大数据、物联网等技术，推动化工生产向智能化、数字化转型。不断创新技术手段，改进生产工艺，提高生产效率、安全性与水平，满足化学工程与工艺现代化、精细化的发展目标，使化工行业在新时代保持竞争力。

结束语

化学工程与工艺自动化的发展趋势清晰且多元，智能化、数字化、集成化、绿色化与创新化相互交织，共同推动化工行业迈向新高度。未来，化工企业应紧跟技术潮流，积极引入新技术，加强产业协同创新，推动化工生产向更高效、更安全、更环保、更智能的方向发展，以适应市场变化，实现可持续发展。

参考文献

- [1]吴健东.化学工程与工艺自动化发展趋势[J].天津化工,2022,36(05):13-15.
- [2]金飞.基于自动化发展的化学工程与工艺探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(10):125-127.
- [3]赵波.化学工程与工艺中的自动化发展趋势[J].化工管理,2022,(15):162-164.