

化工行业生产智能化的实施方向探讨

杜素杰 白伟业

内蒙古鄂尔多斯电力冶金集团股份有限公司氯碱化工分公司 内蒙古 鄂尔多斯 016064

摘 要：本文围绕化工行业生产智能化实施方向展开研究，从基础支撑体系、核心环节实施路径、保障体系及发展趋势四方面系统阐述。基础支撑涵盖基础设施建设与设备智能化升级；核心路径涉及生产流程、安全环保、供应链与能耗的智能化管控；保障体系包含技术人才、管理机制及系统运维；发展趋势聚焦技术融合与绿色高效协同。通过梳理各环节技术要点与实施逻辑，为化工生产智能化实践提供参考。

关键词：化工生产智能化；基础支撑体系；核心实施路径；保障体系；绿色协同

引言：化工生产具有高温、高压、多腐蚀的特性，传统生产模式在效率、安全、环保等方面面临挑战。随着智能化技术发展，将其融入化工生产成为行业转型关键。智能化能实现生产参数精准调控、安全风险提前预警、资源能耗优化配置，助力化工行业突破传统瓶颈。本文从基础支撑、核心实施、保障机制及发展方向入手，探索化工生产智能化的可行路径，推动行业高质量发展。

1 化工生产智能化的基础支撑体系构建

1.1 智能化基础设施建设

生产现场感知网络搭建需结合化工流程特点，在原料储罐区、反应装置等关键区域部署实时采集设备。温度采集设备安装于反应釜内壁、管道外壁，覆盖全流程温度变化；压力采集设备部署在高压反应容器、管道阀门处；流量采集设备安装在原料输入、产品输出及循环管路。同时选用耐腐蚀性、防爆型设备，适配酸碱与易燃易爆环境，设备安装位置需避开物料直接冲刷区域，减少机械损伤影响^[1]。工业通信网络优化需提升数据传输速率，满足实时调控需求。采用冗余设计设置备用链路保障稳定性，统一通信协议实现感知设备、控制单元、管理平台数据互通，避免数据孤岛，同时在网络节点加装抗干扰模块，减少化工生产中电磁环境对信号传输的影响。数据存储与计算平台采用分层存储架构，分类存储实时与历史数据提升调用效率。按数据处理需求配置计算资源，按岗位职能划分数据访问权限，防止数据泄露或误操作，平台需定期进行数据备份，避免硬件故障导致数据丢失。

1.2 核心生产设备智能化升级

生产设备数字化改造需针对传统设备特性制定方案，在老旧反应釜、离心机加装振动、温度、转速传感器，传感器安装需与设备运行部件保持安全距离，避免

运转部件摩擦损坏。改造数据接口统一输出格式，确保与通信网络、管理平台对接，实现运行数据实时上传与远程监控。改造完成后需多轮调试验证，模拟不同工况下数据采集与传输效果，保障数据准确稳定，避免出现数据断层或误差。智能设备选型需结合生产工艺要求，智能反应器关注温度控制精度、压力调节范围，智能分离设备结合物料粘度、分离效率确定方向，同时评估设备兼容性，保障与原有流程、辅助设备协同。需注意，智能化工业装备是多种技术整合的自动化装备，可解决特定场景的智能自动化运行，多用于离散单元环节，如液碱自动装车、袋装自动装车等，但其缺点是集成解决方案成本较高。选型时还需考虑后期维护便捷性，优先选择备件易获取、维护流程简便的设备，降低长期运维成本，此外需预留功能扩展接口，便于后续结合工艺升级增加监测或控制模块。设备健康管理系统依托运行数据搭建分析模型，识别异常特征；结合历史故障数据与工艺参数构建故障预警模型，定期根据新增案例优化算法，提升预警准确性。根据设备状态、预警结果及维护周期自动生成维护方案，明确内容、时间与资源，方案预留调整空间以适配实际工况变化。

2 化工生产核心环节的智能化实施路径

2.1 生产流程智能化管控

生产工艺参数智能优化可借助APC系统，通过模型控制解决复杂控制的不确定性、非线性等难题，有平稳指标、降本、提产效果且投资较小，缺点是对生产装置稳定性、仪表可靠性要求高；同时依托实时采集的温度、压力、流量数据及历史数据构建分析模型，识别参数关联规律，原料波动或设备变化时自动计算最优参数并动态调整，避免人工滞后，实现精准控制。此外，通过APC、操作导航等技术可实现生产操作智能自主运行，达成减员增效，不过该模式投资高、对原料及生产

平稳性要求高,落地项目及厂商较少。生产调度智能化需针对多装置协同设计调度算法,整合生产能力、原料供应、产品订单信息,自动分配任务、优化输送路径与设备启停顺序,某环节异常时快速重规划,减少对整体进度影响。生产过程可视化监控借助三维建模构建生产场景立体模型,映射实时设备数据、物料状态;数字孪生模拟不同工况,通过虚实对比发现偏差,管理人员凭可视化界面直观掌握全流程,实现透明化管理。

2.2 安全环保智能化管控

安全风险智能预警需在危险区域部署气体检测、火焰探测等设备,实时采集环境参数。系统通过分析参数变化趋势,识别异常工况特征,如有毒气体浓度超标、温度骤升等,结合设备历史故障数据预判事故风险,提前发出预警信号,为人员处置争取时间。应急处置智能化需预设不同事故类型的应急响应流程,当预警信号触发后,系统自动启动对应流程,明确各部门职责与处置步骤。根据事故发生位置、规模,智能调配附近的应急物资与救援力量,通过模拟分析预测事故扩散路径与后果,为救援决策提供参考,降低事故损失^[2]。环保指标智能监控需在污染物排放口安装在线监测设备,实时采集废气、废水的污染物浓度数据。系统对数据进行处理分析,判断是否符合排放标准,若出现超标则自动追溯至对应的生产环节,并依据追溯结果智能调控环保治理设备的运行参数,如调整污水处理药剂投加量,确保环保指标稳定达标。

2.3 供应链与能耗智能化管理

供应链智能协同需基于生产计划与历史消耗数据预测原材料采购需求,避免库存积压或短缺。系统实时监控原材料库存水平,当库存低于预警值时自动触发采购流程,同时跟踪物流运输状态,优化运输路线以缩短到货时间,确保原料及时供应。能耗智能优化需在生产各环节安装能耗监测设备,实时采集设备、车间的能耗数据。系统分析数据识别能耗大户,如高耗能反应釜、压缩机组,通过对比历史最优能耗数据,自动生成节能方案,如调整设备运行参数、优化生产班次,方案实施后持续监测能耗变化,评估节能效果。废弃物智能处理需通过图像识别、成分检测技术对废弃物进行分类,根据废弃物类型规划回收利用路径,如可回收的包装材料定向输送至回收车间,危险废弃物则按规范流程转运至处理区域。系统实时监控处理过程,确保废弃物处理符合环保要求,提升资源回收利用率。

3 化工生产智能化实施的保障体系

3.1 技术与人才保障

智能化技术研发与应用需聚焦化工行业高温、高压、多腐蚀的生产特性,针对工艺参数优化、设备故障预警等核心需求开展技术攻关。重点突破适用于复杂工况的数据采集精度提升技术、高可靠性的工业通信抗干扰技术,同时将成熟的智能化技术进行本土化转化,结合企业生产实际调整技术参数与应用场景,确保技术落地后能有效适配现有生产体系。复合型人才培养需明确跨领域能力需求,围绕化工工艺知识、信息技术应用、数据分析方法三大核心维度设计培养方向。搭建分层培训体系,针对一线操作人员开展智能设备基础操作与数据读取培训,针对技术人员强化智能化系统运维与问题诊断培训,针对管理人员侧重数据驱动的生产决策能力培训。通过理论授课与现场实操结合的方式,提升培训效果,确保人才能力与智能化生产需求匹配。技术合作与交流需建立企业与科研机构、技术服务商的长期合作机制。企业可联合科研机构共建研发平台,共同攻克智能化技术难题;与技术服务商签订合作协议,获取系统升级、技术咨询等持续支持。定期组织技术交流活动,邀请行业技术人员分享实践经验,推动技术资源共享,促进企业间协同创新,加速智能化技术在化工行业的整体应用进程。

3.2 管理与机制保障

智能化转型组织架构调整需打破传统部门界限,设置适配智能化生产的专项部门,如智能系统运维部、数据管理部,明确各部门在智能化实施中的职责。建立跨部门协同机制,规定生产、技术、管理等部门在数据共享、问题处置中的协作流程,避免因部门分割导致智能化推进受阻,确保各环节工作衔接顺畅。管理制度优化需结合智能化生产特点修订现有规程,在操作规程中补充智能设备操作步骤与数据记录要求,在质量标准中纳入智能化检测数据的判定依据,在安全管理制度中明确智能监控系统的预警处置流程。通过制度修订,使管理要求与智能化生产模式相匹配,为智能化实施提供制度支撑。考核与激励机制建立需设计针对性的考核指标,将智能设备利用率、数据采集完整性、智能化系统故障处置效率等纳入考核范围,客观评价智能化实施效果。同时设置员工激励措施,对在智能化技术应用、系统优化中表现突出的团队或个人给予奖励,激发员工参与智能化转型的积极性,推动智能化工作持续深入开展。

3.3 智能化系统运维与迭代保障

智能化系统日常运维需建立常态化巡检机制,定期检查感知设备、通信网络、数据平台状态。感知设备重点核查采集精度、密封性与抗腐蚀性,及时更换老化

部件；通信网络检测传输速率与稳定性，排查干扰或断点；数据平台检查存储、算力与安全性，清理冗余数据并更新防护策略，避免卡顿或数据泄露。系统故障应急处置需制定分级响应机制，按影响范围明确流程与责任主体。建立故障快速诊断库，整合现象、排查步骤与方案以缩短定位时间；储备关键备件与应急设备，确保快速修复减少生产影响，同时记录处理过程与结果，更新故障库与手册提升后续效率。智能化系统迭代优化需建立动态评估机制，定期分析数据评估各模块应用效果，识别功能短板^[3]。结合工艺升级、环保要求等新需求制定迭代方案，补充感知维度、优化算法或拓展模块。迭代中需分阶段测试，先局部试点再推广，确保系统贴合生产需求，持续提升智能化价值。

4 化工生产智能化的发展趋势与优化方向

4.1 技术融合深化

人工智能与化工工艺深度结合需推动算法在核心场景的进阶应用。在工艺优化中，通过深度学习算法挖掘多维度生产数据关联，精准定位最优工艺参数组合，适配不同原料成分与产品规格需求；故障诊断环节，依托机器学习模型分析设备运行数据，识别细微异常特征，实现早期故障精准预判；需求预测方面，结合市场数据与生产历史，通过时序预测算法提前判断产品需求变化，为生产计划调整提供依据。数字孪生全生命周期应用需拓展模型覆盖范围。设计阶段构建虚拟模型模拟不同工艺方案的实施效果，辅助方案优化；生产阶段将实时数据映射至虚拟模型，动态模拟生产过程，及时发现参数偏差；运维阶段通过模型模拟设备老化趋势，预判维护需求，规划维护时机。同时完善模型迭代机制，结合实际生产数据持续优化模型精度，提升全流程应用价值。边缘计算与云端协同需优化数据处理分工。边缘节点部署在生产现场，优先处理实时性要求高的数据，如设备控制指令生成、紧急故障预警，减少数据传输延迟；云端平台负责海量历史数据存储与深度分析，如工艺优化模型训练、长期生产趋势研判。建立高效数据交互机制，边缘节点将处理后的关键数据上传云端，云端将优化后的模型与策略下发边缘节点，形成协同闭环。

4.2 绿色与高效协同

智能化技术赋能绿色生产需拓展管控维度。通过实时监测各环节能耗数据，智能调控设备运行参数，如优化反应温度与压力，降低单位产品能耗；在污染物处理环节，依托智能系统动态调整治理药剂投加量，提升污染物去除效率，减少药剂浪费与二次污染。同时构建能耗与排放联动分析模型，识别高能耗、高排放环节，针对性制定优化方案。循环经济导向的智能化优化需完善资源利用体系。通过智能识别技术分类生产废弃物，结合成分分析数据规划回收路径，如将可回收的溶剂定向输送至提纯装置，重新用于生产；建立资源循环数据库，跟踪资源流过程，评估循环利用效益，优化循环方案。同时联动供应链上下游，共享资源循环信息，推动原料与废弃物的跨企业协同利用。高效生产与可持续发展平衡需建立协同机制。在制定生产计划时，将生态保护要求纳入考量，如避开环境敏感时段开展高排放工序；通过智能调度优化生产节奏，在提升效率的同时避免资源过度消耗。构建多目标评价体系，综合评估生产效率、能耗、排放等指标，确保智能化实施既提升生产效益，又符合可持续发展要求。

结束语

化工生产智能化是行业提升效率、保障安全、实现绿色发展的重要方向。本文阐述的基础支撑体系构建、核心环节实施路径、多维度保障机制及未来发展趋势，形成了较为完整的智能化实施框架。后续需结合化工生产实际持续优化技术应用，强化人才培养与管理创新，推动智能化与生产深度融合，助力化工行业在提升效益的同时，实现可持续发展目标。

参考文献

- [1]高昶,李子木,慈立芳.关于化工智能化与大数据技术在行业转型升级过程中克服现有局限性的思考[J].山东化工,2021,50(16):2.
- [2]韩笑,刘毅,张晓明,等.设备智能化管理系统在化工行业智能工厂建设中的应用[J].化工管理,2022(31):114-116.
- [3]吴世顺.智能化安全生产管理平台在化工行业中的应用分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(8):3.