

化工工程领域化工生产过程自动化水平提升策略

周景余 李银军 王自凤

河北安俱达化工科技有限公司宁夏分公司 宁夏 银川 750000

摘要：化工生产过程自动化是现代化工产业关键支撑技术，能减少人工干预，提升生产稳定性、精准性与协同性，在提高生产效率和保障生产安全方面意义重大。当前，其水平提升受技术瓶颈、管理模式短板和人才队伍缺口制约。为此，需从技术升级与系统优化、管理模式创新完善、人才队伍培养建设三方面采取策略，同时做好资金保障与投入、安全与风险防控、考核与激励等保障措施，以推动化工生产自动化水平提升，实现化工产业高质量发展。

关键词：化工生产；自动化水平；提升策略

引言：在化工产业竞争日益激烈、安全环保要求愈发严苛的当下，化工生产过程自动化已成为推动行业高质量发展的核心驱动力。它融合多领域先进技术，构建起全方位生产管理体系，能减少人工干预，提升生产稳定性与精准性，在提高生产效率、保障生产安全等方面发挥着不可替代的作用。然而，当前化工生产自动化水平的提升仍面临诸多挑战，技术层面存在设备精度不足、算法应用受限等瓶颈；管理模式上存在系统性认识欠缺、数据割裂等短板；人才队伍方面复合型人才匮乏、人员技能更新滞后。为突破困境，需从技术升级、管理模式创新、人才培养建设等多维度发力，并辅以完善的保障措施，以实现化工生产自动化的跨越式发展。

1 化工生产过程自动化的内涵与重要性

化工生产过程自动化作为现代化工产业的关键支撑技术，是融合仪器仪表、控制系统、信息网络等多领域先进技术于一体的综合性应用体系。它借助高精度的传感器、智能控制器以及高效的信息传输网络，对化工生产过程中的原料配比、反应温度、压力、流量等核心工艺参数进行自动且精准的采集、深入分析与动态调控。同时，实现对生产设备的自动化运行管理、物流传输的智能化调度以及质量检测环节的精准把控，构建起一个全方位、多层次的自动化生产管理体系。其核心目标在于最大程度减少人工干预，全面提升生产过程的稳定性、精准性与协同性，推动化工生产向高效、安全、绿色、智能的方向发展^[1]。

自动化技术在化工生产中占据着举足轻重的地位，其重要性体现在多个关键维度。在生产效率方面，自动化系统能够依据实时采集的数据，迅速优化反应参数，精准调整生产流程，有效缩短生产调整周期，使生产装置持续稳定运行在最优工况，显著提升单位时间内的产品产量，增强企业的市场竞争力。

生产安全是化工生产的重中之重，自动化技术通过实时、全方位监测有毒有害气体浓度、设备压力等关键风险参数，一旦参数超出安全阈值，系统能立即自动触发报警机制，并迅速启动紧急停车程序，及时切断危险源，将事故隐患扼杀在萌芽状态，大幅降低事故发生的概率，保障人员生命安全和企业财产安全。

2 化工生产过程自动化水平提升的制约因素

2.1 技术层面的瓶颈

技术瓶颈是制约自动化水平提升的核心因素。部分老旧生产装置的传感器、执行器精度不足，难以满足高精度调控需求，且与新型控制系统兼容性差，改造难度大；复杂反应过程（如聚合反应、催化反应）的机理复杂，变量耦合性强，传统PID控制难以实现精准调控，先进控制算法（如模型预测控制MPC）的应用受限于机理模型构建难度；数据孤岛现象突出，生产设备、检测系统、管理平台的数据格式不统一，难以实现全流程数据共享与深度分析；工业软件国产化率低，核心控制系统（如DCS、SCADA）与优化软件依赖进口，存在“卡脖子”风险，且定制化适配性不足。此外，化工生产环境恶劣（高温、高压、强腐蚀），对自动化设备的耐候性、可靠性要求极高，部分特殊场景下的专用传感器（如高温熔体流量传感器）研发滞后，制约了自动化覆盖范围。

2.2 管理模式的短板

管理模式滞后影响自动化技术的落地效果。部分企业对自动化改造的系统性认识不足，存在“重硬件采购、轻软件优化”的现象，购置先进控制系统后未进行针对性参数调试与流程适配，导致功能利用率低；自动化运维体系不完善，缺乏专业团队对控制系统、传感器进行定期校准与维护，设备故障时响应滞后，影响自动化系统的稳定运行；生产与管理数据割裂，管理层难以

通过自动化系统实时掌握生产状态,决策仍依赖滞后的报表数据,未能形成“数据驱动决策”的闭环。同时,部分企业的生产流程固化,部门间协同壁垒严重,自动化系统的跨环节调控需求与传统分工模式冲突,难以实现全流程优化。

2.3 人才队伍的缺口

人才缺口已然成为化工自动化技术应用进程中的关键阻碍。(1)既精通化工工艺又熟练掌握自动化控制的复合型人才极度匮乏,这一状况严重制约了自动化技术在化工生产中的深度应用。(2)操作人员对DCS、PLC等控制系统的高级功能,如参数自整定、故障诊断等,掌握程度严重不足,大多仅能进行简单的基础操作,无法充分发挥控制系统的先进性能。自动化工程师虽具备自动化专业知识,但对化工反应机理的理解不够深入,导致难以针对特定工艺精准优化控制算法,影响生产过程的稳定性和效率。基层运维人员则缺乏传感器校准、系统组态等关键专业技能,在设备出现故障时,往往过度依赖外部技术支持,使得故障处理时间大幅延长,增加生产成本。(3)随着人工智能、工业互联网等新兴技术不断融入自动化系统,对人才的数字技能提出了更高要求,而现有人员知识结构更新滞后,难以满足智能化升级的迫切需求^[2]。

3 化工生产过程自动化水平提升的具体策略

3.1 技术升级与系统优化

技术升级作为提升化工生产效能与竞争力的关键举措,需从设备改造、算法优化与数据融合三个核心维度协同推进。(1)在设备改造方面,针对老旧装置,应制定科学合理的分阶段替换计划,逐步引入高精度传感器与智能执行器,如智能调节阀、变频泵等。同时,采用模块化接口设计,增强新设备与现有控制系统的兼容性,降低集成难度与成本,确保设备升级后能无缝融入生产流程,稳定高效运行。(2)算法优化上,积极推广先进控制算法在复杂工艺场景中的应用。通过机理分析与数据驱动建模相结合的方式,针对特定化学反应构建模型预测控制(MPC)模型。以合成氨装置为例,利用MPC模型精准优化氢氮比、反应温度与压力之间的耦合关系,实现多变量的协同调控,有效提升原料转化率,降低生产成本。(3)数据融合层面,搭建工业互联网平台,统一数据采集标准,打破设备与系统间的数据壁垒,实现原料采购、生产运行、产品销售全链条数据的深度贯通,为后续的数据分析与生产优化提供全面、准确的数据支撑。

3.2 管理模式创新与完善

管理模式创新要着力构建“全流程协同、数据驱动”的新型体系。(1)建立自动化改造的全生命周期管理机制。在前期,深入开展工艺梳理与需求分析,精准定位自动化改造的方向与重点;中期,严格进行系统选型,结合生产实际挑选适配系统,并精心调试优化,确保系统性能稳定可靠;后期,建立科学的运维评估体系,对整个改造过程进行全面复盘,形成标准化流程,保障技术与工艺深度适配。(2)组建专业自动化运维团队,制定传感器校准周期、控制系统冗余设计、故障应急处理等标准化规程。运用预测性维护技术,通过分析设备振动、温度等数据,提前预判故障,实现精准维护,提升运维效率。(3)推动管理决策数字化,将自动化系统实时数据与ERP、MES等管理系统对接,构建生产Dashboard,让管理层实时掌握能耗、产量、质量等关键指标,实现动态决策。同时,打破部门壁垒,成立跨部门自动化推进小组,明确各环节职责与协同机制,确保全流程优化目标顺利落地。

3.3 人才队伍的培养与建设

人才队伍建设是化工生产自动化持续发展的核心驱动力,需构建多层次、全方位的培养体系。(1)对于操作人员,开展“工艺+自动化”复合培训至关重要。借助先进的仿真系统,模拟各类异常工况下控制系统的操作场景,让操作人员在虚拟环境中反复练习,切实提升参数精准调整与故障快速排查能力,确保在实际生产中能够迅速应对突发状况。(2)针对自动化工程师,强化化工工艺知识培训,鼓励其深度参与工艺优化项目。促使他们将自动化专业知识与反应机理紧密结合,设计出更具针对性和有效性的控制策略,提升生产过程的自动化水平。积极引进具备工业互联网、人工智能背景的专业人才,充分发挥其在数据建模、算法优化等高端领域的专业优势,弥补企业在数字技能方面的短板。(3)建立校企合作机制,与高校共建“化工自动化”实习基地,定向培养契合企业需求的复合型人才。推行“师带徒”制度,由资深技术人员传授现场调试与问题解决实战经验。定期组织行业交流与技术培训,紧跟自动化领域前沿技术,如数字孪生、边缘计算等,推动人才知识持续更新^[3]。

4 化工生产过程自动化水平提升的保障措施

4.1 资金保障与投入机制

在化工生产自动化进程中,企业需构建科学合理的资金保障与投入机制。要合理规划资金投入方向与规模,专门设立专项自动化升级基金,为自动化改造提供稳定的资金源。在资金分配上,遵循轻重缓急原则,优

先保障关键生产装置以及高风险环节的自动化改造,以此提升生产的安全性与稳定性。采用“试点-推广”模式,先选取小范围进行自动化改造试点,验证技术可行性与实际效果,待取得成功后,再在全厂全面铺开,有效降低投资风险。此外,积极探索多元化融资渠道,借助设备租赁、技术入股等创新方式,与自动化解决方案提供商展开深度合作,共同分担前期高额投入,提高资金使用效率,保障资金投入的可持续性。行业协会也应发挥积极作用,推动建立化工自动化技术交流平台,促进企业间分享成功案例与成本控制经验,助力企业优化资金投入方案,提升自动化改造的性价比。

4.2 安全与风险防控

安全与风险防控是化工生产自动化升级得以顺利推进并稳定运行的关键前提。(1)在自动化改造实施前,必须开展全面且深入的风险评估工作,细致排查可能存在的风险点,尤其要高度关注因不同系统间兼容性问题而引发的控制失效风险,提前制定应对策略。(2)为增强系统的可靠性,要广泛采用冗余设计理念。例如,运用双机热备的DCS系统,当主系统出现故障时,备用系统能够迅速接管控制任务;对关键传感器实施双重校验机制,避免因单个传感器故障而导致数据失真。同时,强化工业信息安全防护至关重要,对自动化系统的通信接口进行加密处理,部署先进的防火墙与入侵检测系统,构建多层次的网络安全防护体系,防止恶意攻击造成生产中断。(3)制定完善的自动化系统故障应急预案,并定期组织模拟演练,确保在突发状况下,操作人员能够快速、准确地将控制模式切换至手动控制或启用备用系统,全力保障生产安全^[4]。

4.3 考核与激励机制

科学合理的考核与激励机制是激发全员参与化工生产自动化升级热情的关键。(1)要将自动化系统的稳定运行率、功能利用率等关键指标,精准纳入部门绩效考核体系,并与部门及个人的奖惩紧密挂钩。通过明确的

目标导向,促使各部门和员工高度重视自动化系统的运行与维护。设立“自动化创新奖”,广泛鼓励员工积极提出技术改进建议,无论是控制参数优化方案,还是数据应用场景创新,只要经评估具有可行性和潜在效益,都给予充分肯定。对于采纳后产生显著效益的建议,要给予丰厚奖励,充分调动员工的创新积极性。(2)针对在自动化运维工作中表现突出、在技能竞赛中成绩优异的员工,优先提供培训深造和晋升机会,营造“学技术、用技术”的浓厚氛围。同时,建立自动化水平评估体系,定期从覆盖范围、调控精度、数据利用率等维度进行自评,对标行业标杆查找差距,持续优化提升自动化升级策略。

结束语

化工生产过程自动化是行业迈向高效、安全、绿色、智能发展的必由之路。提升其水平虽面临技术瓶颈、管理模式短板、人才缺口等制约因素,但通过技术升级与系统优化、管理模式创新完善、人才培养建设等具体策略,并辅以资金保障、安全防护、考核激励等保障措施,可逐步突破困境。企业需以长远眼光规划,将自动化融入生产全流程,持续投入资源,加强协同合作。行业协会也应发挥桥梁纽带作用,推动技术交流与经验共享。唯有如此,才能不断提升化工生产自动化水平,增强企业核心竞争力,推动整个化工行业实现高质量发展,在全球产业竞争中占据有利地位。

参考文献

- [1]曹京.机械自动化技术在化工安全生产中的应用探讨[J].中国设备工程,2024,(08):55-57.
- [2]熊峰.基于PLC的精细化工生产过程压力转料自动控制技术研究[J].化工设计通讯,2023,49(04):139-141.
- [3]田质棚.自动化控制在化工安全生产中的应用及优化措施[J].化工管理,2020(12):100-101.
- [4]郭安勇.自动化控制在化工安全生产中的应用及优化[J].工程技术研究,2020,5(07):44-45.