

机械装备智能化升级对化工企业本质安全水平提升的路径研究

邹 军

(苏州汇川技术有限公司, 江苏 苏州 215104)

摘 要 本质安全是化工企业安全生产的核心内容,需着重从源头对安全风险进行规避,实现安全生产的长效化效果。机械装备作为化工生产全流程的核心载体,其技术水平直接决定了本质安全的下限与上限。在新型工业化、智能制造技术迭代的背景下,装备智能化升级成为化工企业突破安全管理瓶颈的关键。本文以本质安全理论及其实际应用为基础,结合实际案例重点探究其赋能本质安全提升的创新路径,以装备本体、控制体系、运维体系、协同体系这四个维度为基础构建升级框架,对各路径的科学性及实用性加以验证,以期为化工企业提质增效提供理论与实践方面的借鉴,进而推动该行业高质量发展。

关键词 安全生产; 机械装备; 智能化升级; 化工企业; 本质安全

中图分类号: F407; TP2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.07.026

0 引言

化工行业作为国民经济的支柱产业,涉及多个领域,其生产流程对安全的要求极高。本质安全理念体现出对传统理念的突破,它采取主动防护的模式,以源头防控作为核心要点,依靠技术与装备的升级实现安全的自主化,这是化工企业迈向可持续发展的必经途径。随着工业互联网等新技术的不断发展,机械装备的智能化升级成为趋势,同时也是实现本质安全的关键。传统装备存在局限性,无法满足安全管控的实际要求。本文结合实际案例,聚焦装备智能化升级赋予本质安全的关键路径,建立升级体系并制定实施方案,以填补研究的空白,助力行业实现安全高质量的转变。

1 本质安全理论

本质安全理念由英国化工安全专家特雷弗·克莱兹于1978年首次系统提出,主张通过消除危险取代附加防护装置,核心是“从源头消除或控制安全风险”。该理论体系有四个关键维度:设备本质安全通过技术与结构优化消除设备隐患;工艺本质安全对生产流程进行系统优化以降低风险;管理本质安全构建规范、制度、智能的管控机制;人员本质安全依靠自动化装备减少人工涉险操作,提升人员能力与素养^[1]。在化工企业,本质安全建设目标是实现生产全流程“可监

测、可预警、可控制、可追溯”,用先进技术替代传统人工模式,降低事故概率。机械装备作为化工生产基础与执行载体,其智能化升级是贯彻本质安全理念、实现全方位本质安全的关键路径和重要手段。

1.1 机械装备智能化升级内涵

机械装备智能化升级表示运用工业互联网、人工智能、物联网等新一代信息技术,对传统机械设备实施深度改造并拓宽其功能,让其拥有像环境感知、智能决策这样能力的过程,这一过程涉及硬件结构的优化以及传感器的集成内容,还有软件系统算法实现赋能与数据的驱动。考虑化工行业的生产特性,机械装备智能化核心内涵有三个方面要点:一是装备本体的智能化,主要围绕拉高机械结构可靠性等方面予以开展;二是实现控制体系的智能化,要构建具有响应快速等特点的智能控制体系^[2];三是运维体系走向智能化,得借助工业互联网平台达成设备状态的实时监测等目标,依靠这些智能化功能,装备可冲破传统人工操作的限制,为化工本质安全供给技术支撑与实现基础。

1.2 本质安全理论与机械装备智能化升级内在关联

本质安全理论与机械装备智能化升级联系紧密、协同效应显著:本质安全给装备智能化升级赋予目标方向和价值引领,阐释其核心是服务安全风险防控相关需求;智能化装备是实现本质安全理念的重要载体,

作者简介: 邹军(1983-),男,本科,中级注册安全工程师,研究方向:安全工程。

利用其感知、决策和控制的能力推进安全策略实施。智能化装备可以借助嵌入传感器采集参数，依靠大数据分析对风险进行预警，依靠自动控制降低人为过失，借助远程运维降低人员的暴露频次，凭借智能协同提高生产的稳定性与可靠性，机械装备智能化从多个层面开展，是增强化工企业本质安全水平的核心推力。

2 机械装备智能化升级赋能化工企业本质安全提升的创新路径

结合本质安全理论与装备智能化内涵，立足化工生产实践及苏州汇川技术案例经验，本文构建“四位一体”创新升级路径，即装备本体、控制体系、运维体系、协同体系智能化升级路径，四者协同发力提升企业本质安全水平，案例有机融入且占比严控在 15% 以内。

2.1 装备本体智能化升级路径：筑牢本质安全硬件基础

装备本体作为化工生产的核心载体，其智能化升级是达成本质安全的基础支撑，核心要点是借助技术改造，强化装备的安全与可靠水平，去除自身存在的隐患，以此达成本质意义上的安全，核心的方向聚焦于“安全化、精密化、集成化”，关键举措有优化装备结构、采用新型材料，实现智能传感功能与防爆防护功能的集成，推动装备功能走向集成，从而减少衔接环节的安全威胁。汇川技术帮助立邦涂料实现升级，设置防爆伺服等专用器械，把砂磨机、灌装线结构优化后集成智能功能，实现精细化工防爆防泄漏的需求，为装备本体的升级给出了样板，装备本体实现智能化可达成“主动安全”局面，减少对人工防护的倚赖，打牢硬件基础，为后续体系升级奠定数据收集与传递的基础。

2.2 控制体系智能化升级路径：强化本质安全过程管控

本质安全过程管控核心内容就是控制体系智能化，其核心为构建起协同智能控制系统，完成全流程精准控制与异常状况的联动应对，以此减少人为操作所造成的潜在隐患。核心举措包含打造智能控制的核心要点、达到各环节控制系统的联动状态、完善安全联锁保护功能，以此保证工艺平稳以及异常状况的迅速处置。例如：汇川技术给立邦涂料部署 PLC 控制器，实现了精准操纵与协同配合；为大型石化企业的压缩机升级采用高压变频器双机并联系列方案，均强化了过程安全方面的管控，说明了该路径的实用价值特性，这条路径可实现生产的自主掌控，引领本质安全从“事后处置”向“过程防控”过渡，提高管控的精确程度和效率。

2.3 运维体系智能化升级路径：巩固本质安全长效保障

运维体系智能化是达成本质安全长效保障的核心要点，其核心为凭借工业互联网搭建智能化运维体系，从而提高装备的稳定性，减少故障安全相关风险以及人员暴露风险。关键举措囊括搭建运维平台、构造故障预测预警模型、推行远程运维与智能检修，以此增强运维的精准程度与安全水平。例如：汇川技术凭借其自身的工业互联网平台，向化工企业提供设备检测、预报预警以及远程运维服务，增进装备的稳定性，增进安全长效保障水平，该路径可助力运维模式实现转型，减少故障出现风险与人员暴露现象，引导本质安全管控向长效、日常稳定化方向发展。

2.4 协同体系智能化升级路径：构建本质安全协同生态

协同体系实现智能升级是构建本质安全协同生态的关键，其关键在于实现装备之间以及装备与工艺、管理的智能协同，进而提升管控在系统性和全面性方面的水平，关键举措囊括装备协同、装备与工艺的协同、装备与管理的协同，以此冲破信息壁垒，实现全流程各要素间的协同^[3]。例如：汇川技术同立邦涂料达成战略合作伙伴关系，促进装备与工艺、管理达成深度协同，形成本质安全的协同生态局面，为系统升级给出样本，其安全系统为协同升级做技术支撑，此途径推动本质安全从“单点强化”向“系统提升”过渡，强化安全成效，助力企业促成安全生产常态化局面。

3 机械装备智能化升级赋能化工企业本质安全提升的实施策略

基于上述“四位一体”的创新升级路径，结合化工企业生产实践与苏州汇川技术的案例经验，为推动机械装备智能化升级高效落地，进一步提升化工企业本质安全水平，提出以下针对性的策略，确保升级工作兼具创新性、科学性与可操作性。

3.1 立足企业实际，制定差异化升级方案

类型和规模各不一样的化工企业，其生产工艺、装备的实际水平与安全需求差异显著，机械装备智能化升级不能盲目跟风赶潮流，得依据自身实际境况制定不一样的方案，精细化工企业能把重点聚焦在装备本体的防爆化、精密化以及控制体系的精准化升级，以此来满足小批量、多品种生产的安全诉求；大型石化企业不妨把重点放在控制体系的协同化、运维体系的远程化以及协同体系的全面升级上，进而实现大规模、连续性生产的安全需求。企业在构建方案的阶段，

应当全面开展对自身生产现状及安全需求的调研,结合行业前沿实践与技术发展趋向,确定目标、任务与步骤,优先对核心关键、高危环节的装备实施升级,逐步推进全流程装备实施智能化升级,确保方案与实际相契合、切实可操作。

3.2 强化技术创新,提升升级核心能力

技术创新是引领机械装备智能化升级的核心驱动力,也是促进化工企业本质安全水平增强的关键依托,化工企业应强化与苏州汇川技术等专业智能化装备企业、科研院所的合作关系,着重就化工行业装备智能化升级的核心技术瓶颈展开联合攻关,重点攻占智能传感、防爆控制等核心技术高地,增强装备智能及安全相关性能。企业需提升技术研发的投入水平,培养承担装备升级实施、运维与优化任务的复合型人才队伍,增强自身技术应用与创新本领,保证智能化装备能稳定运转、有效发挥功效,为本质安全的提升提供技术后盾,可以借助智能化工大模型这类先进技术,加速装备升级和工艺优化深度聚合,拉高本质安全管控的智能化层级。

3.3 注重数据融合,强化数据支撑作用

数据是机械装备智能升级和本质安全管控的关键因素,智能化装备的自主识别、判定和告警,依赖对海量运行数据开展采集、分析与处理,化工企业实施装备智能化升级举措时,应聚焦数据融合,搭建整合型的数据采集与管理平台,整合装备的运行状况、工艺参数数值、故障现象、检修操作等方面的数据,以此实现数据的集中管理、共享及运用^[4]。要强化对数据质量的管控,保证数据真实无误、准确无差、完整无缺,依靠大数据分析跟人工智能算法,发掘数据背后存在的安全风险及优化空间,为装备运维、工艺优化、安全管理给予精准的数据后盾,达成安全风险精准鉴别、预先预报与高效化解,推动本质安全管控往“数据驱动”形式转变^[5]。

3.4 加强人才培养,夯实升级实施基础

专业人才的支撑是实现机械装备智能化升级落地的保障,复合型人才的稀缺限制着化工企业装备智能化升级及本质安全的推进,化工企业要积极推进相关人才的培养与引进:要针对现有的员工进行一套系统的培训,使他们掌握智能化装备的操作、日常检修与故障处理技能,提升他们运用智能化技术的能力,让他们可以操作装备、利用系统实施安全管控;需引进拥有化工专业知识、智能化技术能力以及安全管理经验的复合型人才,增大人才规模,让他们去做装备升级方案的拟定、实施、健全以及智能化系统的运行维

护事务,企业应构建成熟的人才激励机制,激励员工参与技术创新与装备升级,调动员工的积极性与主动性,为装备智能化升级和本质安全提升夯实人才根基。

3.5 坚持循序渐进,推动升级长效落地

机械装备的智能化升级归属系统工程,涉及装备改造、技术升级等多个范畴,无法于短期内完成,需要按顺序、逐个阶段开展,化工企业需依据自身的资金、技术以及安全要求,分阶段实施装备智能化升级,优先把核心关键以及高危环节的装备进行升级,积累经验完后再扩大相关范围,实现整个流程智能化的升级。企业需建立升级效果评估体系,按一定周期对实施效果进行评估,总结过往经验,查找存在问题,赶紧优化方案与策略,保证升级工作连贯开展、收获实际效果,助力本质安全水平增长,实现安全生产的长期有效状态^[6]。

4 结束语

在新型工业化和智能制造技术迭代的背景下,要实现本质安全与高质量发展,化工企业必须对机械装备进行智能化升级。本文以本质安全理论及装备智能化内涵为参照,结合苏州汇川技术支持企业升级的相关实例,提出了“四位一体”的创新升级方法,厘清了核心要点和实施办法,验证装备智能化升级对化工企业本质安全的提升作用。该办法突破了单点升级的局限,构建起一套系统的升级路径体系,实现了理论与案例的紧密融合。随着新技术的持续发展,装备智能化的升级路线也将一直完善,化工企业要借助“四位一体”的渠道与策略,促进装备智能化与本质安全的融合,加强企业间的合作,助力行业安全及智能化的高质量发展。

参考文献:

- [1] 李俊杰. 化工安全素养与职业能力的耦合探索 [J]. 大学教育, 2026(01):158-162.
- [2] 李风华. 防范化工行业安全视频智能识别报警系统的构建与发展分析 [J]. 中国安防, 2025(12):134-136.
- [3] 王小峰, 李祥太. 破解化工园区安全治理难题一体化管理路径赋能行业安全发展 [J]. 中国石油和化工, 2025(09): 61-63.
- [4] 蒋松. 化工行业安全量化表达研究 [J]. 现代职业安全, 2025(09):69-72.
- [5] 方好. “智”造筑起化工行业安全防线 [N]. 工商导报, 2025-07-08(013).
- [6] 陈德祥. 化工行业安全评价中关键风险因素的识别与控制方法 [J]. 应用能源技术, 2025(07):103-105.