

化工自控仪表智能化改造与精准控制技术研究

陈罗兵

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘要:在化工行业智能化发展趋势下,自控仪表智能化改造与精准控制技术成为提升生产效能的关键。本文聚焦仪表硬件升级、数据采集传输、边缘计算、智能传感等改造技术,以及多变量耦合、过程优化、异常工况识别等精准控制技术,探讨二者融合路径,从技术融合体系构建、系统集成协同运行、技术适配性优化等方面展开研究,并提出技术运维体系、标准化路径、迭代优化机制等应用保障措施,为化工自控仪表智能化与精准控制发展提供理论支撑与实践参考。

关键词:化工自控仪表;智能化改造;精准控制技术;技术融合;应用保障

引言:化工行业作为国民经济重要支柱产业,其生产过程具有工艺复杂、参数关联性强、工况多变等特点。传统自控仪表在数据采集精度、响应速度、抗干扰能力等方面存在局限,难以满足化工生产精细化、智能化管控需求。随着微电子技术、工业物联网、人工智能等技术的快速发展,自控仪表智能化改造成为必然趋势。通过硬件升级、数据智能处理、边缘计算等技术应用,可提升仪表性能与智能化水平;结合多变量耦合控制、过程优化等精准控制技术,能实现化工生产全流程的精准调控。研究二者融合路径与应用保障,对推动化工行业高质量发展具有重要意义。

1 化工自控仪表智能化改造关键技术研究

1.1 仪表硬件智能化升级技术

仪表硬件智能化升级技术是化工自控仪表智能化改造的基础支撑,聚焦传统仪表硬件的性能提升与功能拓展,依托微电子技术、精密制造技术及智能硬件集成技术的发展,实现硬件层面的智能化转型^[1]。升级过程中重点优化仪表核心元器件性能,选用高精度、高稳定性的智能芯片替代传统模拟元器件,提升仪表信号处理精度与响应速度。优化硬件接口设计,采用标准化、模块化接口架构,实现与各类智能设备及控制系统的无缝衔接,打破传统仪表硬件的兼容性局限。同时强化硬件的抗干扰能力,通过电磁屏蔽设计、隔离技术应用,适应化工生产现场高温、高压、强腐蚀的复杂环境,保障仪表硬件长期稳定运行,为后续智能化功能实现提供可靠的硬件载体。

1.2 数据采集与传输智能化技术

数据采集与传输智能化技术是实现化工自控仪表精准调控的核心环节,基于工业物联网技术与数据通信技术的创新应用,构建高效、可靠的智能化数据采集与传

输体系。数据采集环节采用自适应采集算法,根据化工生产工艺参数的变化动态调整采集频率与采集精度,精准捕捉温度、压力、流量等关键生产参数,避免冗余数据产生,同时减少数据采集过程中的误差。数据传输环节采用无线通信与有线通信相结合的混合传输模式,选用LoRa、5G等工业级通信技术,实现数据的实时传输与双向交互,解决传统数据传输中延迟高、稳定性差、抗干扰能力弱等问题。通过数据加密技术应用,保障采集数据在传输过程中的安全性与完整性,防止数据丢失或篡改,为精准控制提供高质量的数据支撑。

1.3 边缘计算与本地处理技术

边缘计算与本地处理技术是提升化工自控仪表智能化水平的关键支撑,依托边缘计算架构的分布式处理优势,实现数据处理的本地化与实时化,弥补传统云端处理模式的延迟缺陷。将边缘计算节点部署于仪表终端及生产现场,对采集到的实时数据进行本地快速处理、分析与筛选,提取关键数据特征,及时生成控制指令,缩短控制响应时间,满足化工生产对实时调控的需求。通过本地数据缓存技术,实现离线状态下的数据存储与处理,避免因网络中断导致的控制失效问题。结合嵌入式技术与智能算法优化,提升边缘计算节点的运算效率与数据处理能力,降低对云端服务器的依赖,同时减少数据传输带宽压力,实现数据处理与控制决策的协同高效,进一步提升仪表智能化调控的自主性与可靠性。

1.4 智能传感与数据融合技术

智能传感与数据融合技术是提升化工自控仪表精准控制能力的核心技术,整合多类型智能传感器资源,结合数据融合算法,实现对化工生产参数的全面、精准感知与数据优化。智能传感技术通过新型传感材料与传感结构设计,提升传感器的检测精度、响应速度与环境适

应性,实现对多维度生产参数的同步采集,突破传统单一传感器的检测局限。数据融合技术通过对不同类型传感器采集的多源数据进行分析、关联与融合,剔除冗余信息与异常数据,修正数据检测误差,提升数据的准确性与可靠性^[2]。依托多源数据融合模型,实现对化工生产工况的综合判断,精准识别生产过程中的细微变化,为仪表精准控制提供全面、可靠的数据依据,推动化工自控仪表从单一检测向综合感知、精准调控转型,适配化工生产精细化、智能化发展需求。

2 化工精准控制核心技术体系构建

2.1 多变量耦合控制技术

多变量耦合控制是化工精准控制体系的核心组成,针对化工生产过程中多参数相互关联、相互影响的耦合特性,依托先进控制理论与矩阵解耦技术,实现多变量之间的精准解耦与协同控制。通过建立多变量耦合数学模型,精准描述各工艺参数间的耦合关系,突破传统单变量控制模式的局限,避免参数调控过程中相互干扰导致的控制偏差。结合鲁棒控制算法优化,提升耦合系统的抗干扰能力与控制稳定性,确保各工艺参数在设定范围内稳定波动,适配化工生产多变量、强耦合的工艺特点,为精准控制提供核心技术支持。

2.2 过程优化与参数自适应调节技术

过程优化与参数自适应调节技术聚焦化工生产全流程的精准管控,基于化工工艺机理与智能优化算法,实现生产过程的动态优化与参数的自适应调整。通过实时捕捉生产过程中的工艺变化,动态优化控制参数设置,摒弃固定参数控制的局限性,确保控制策略与生产工况精准匹配。依托自适应控制算法,自动识别工况变化趋势,实时调整调节参数,减少人工干预,提升参数调节的及时性与准确性,实现化工生产过程的动态优化,保障生产工艺的稳定性与精准性。

2.3 异常工况识别与智能决策技术

异常工况识别与智能决策技术是化工精准控制的安全保障,整合数据挖掘技术与智能诊断算法,构建异常工况识别与决策体系。通过对生产过程中的实时数据进行深度分析,捕捉异常工况的特征信号,实现异常工况的早期识别与精准定位,避免异常工况扩大导致的生产波动。基于预设的控制逻辑与工艺规范,针对不同类型的异常工况自动生成科学的控制决策,快速触发对应调控指令,实现异常工况的快速处置,保障化工生产的安全稳定运行,完善精准控制体系的安全保障能力。

2.4 控制策略与执行联动技术

控制策略与执行联动技术是实现精准控制的关键衔

接,依托工业控制总线技术与联动控制逻辑,构建控制策略与执行机构的高效联动机制。优化控制策略的设计与部署,确保控制指令的科学性与合理性,同时强化控制指令与执行机构的协同衔接,减少指令传输与执行过程中的延迟,提升控制指令的执行效率^[3]。通过联动逻辑优化,实现各执行机构的协同运作,确保控制策略落地见效,推动精准控制从指令生成到执行落地的全流程高效衔接,完善化工精准控制核心技术体系的完整性与实用性。

3 智能化改造与精准控制技术融合路径

3.1 技术融合体系构建

技术融合体系构建是智能化改造与精准控制技术深度融合的核心前提,立足化工自控仪表智能化改造关键技术,依托系统工程理论与工业智能化技术规范,搭建层次清晰、功能协同的技术融合体系。明确融合体系的核心架构,划分技术层、应用层与支撑层,实现智能化改造技术与精准控制技术的分层融合、协同发力。技术层聚焦核心技术的互补适配,将智能传感、边缘计算等改造技术与多变量耦合、自适应调节等控制技术深度衔接,打通技术间的数据交互壁垒;应用层聚焦生产场景的实际需求,推动融合技术在仪表调控、流程管控中的落地应用;支撑层依托数据传输、安全防护等技术,保障融合体系稳定运行,为技术融合提供全方位保障。

3.2 系统集成与协同运行机制

系统集成与协同运行机制是推动技术融合落地的关键支撑,基于工业互联网平台架构,实现智能化改造相关系统与精准控制系统的一体化集成。整合仪表硬件升级系统、数据采集传输系统与精准控制系统,打破不同系统间的信息孤岛,构建统一的数据交互与管控平台,实现数据资源的共享共用与高效流转。建立协同运行机制,明确各技术模块、各系统的职责边界与协作流程,实现智能化改造过程与精准控制过程的动态协同。优化系统运行调度逻辑,根据生产工况的变化,动态调配技术资源与系统算力,确保融合技术高效运转,实现智能化改造效果与精准控制效能的协同提升,适配化工生产精细化管控需求。

3.3 技术适配性与兼容性优化

技术适配性与兼容性优化是保障技术融合稳定性的重要环节,针对智能化改造技术与精准控制在融合过程中可能出现的适配偏差、兼容冲突等问题,依托兼容性测试技术与参数优化方法,开展全方位优化工作。聚焦硬件层面适配,优化智能仪表硬件与精准控制执行

机构的接口适配,确保硬件设备间的无缝衔接与稳定通信^[4]。强化软件层面兼容,优化数据采集传输软件、边缘计算软件与精准控制算法软件的协同运行,解决软件间的数据格式不兼容、指令交互不畅等问题。结合化工生产现场环境特点,优化融合技术的环境适配能力,提升技术在高温、高压、强腐蚀环境下的适配性,保障融合体系长期稳定运行,推动智能化改造与精准控制技术深度融合、高效应用。

4 智能化改造与精准控制技术应用保障

4.1 技术运维体系构建

技术运维体系构建是保障智能化改造与精准控制技术长期稳定运行的核心框架,依托工业运维管理理论与智能运维技术发展成果,建立覆盖技术全生命周期的专业化运维体系。体系构建聚焦运维组织架构完善,明确运维管理主体与职责分工,搭建层级清晰、权责统一的运维管理网络,实现运维工作的系统化推进。强化运维技术体系建设,整合硬件维护、数据处理、算法优化等专业技术资源,构建复合型运维技术团队,提升运维工作的专业水平与技术支撑能力。完善运维管理流程设计,规范设备巡检、故障排查、系统维护等关键运维环节,建立标准化的运维操作规范,提升运维工作的效率与质量。优化运维管理工具与平台建设,引入智能监测、远程诊断等数字化运维手段,实现运维状态的实时感知与问题的快速响应,为技术应用提供持续稳定的运维保障。

4.2 技术标准化与规范化路径

技术标准化与规范化路径是推动智能化改造与精准控制技术规模化应用的重要基础,基于工业技术标准体系建设要求,结合化工行业技术规范,探索技术标准化与规范化的实现路径。推进技术标准体系构建,围绕仪表智能化改造、精准控制技术应用等关键环节,制定统一的技术标准、接口标准与数据标准,明确技术参数、性能指标与实施要求,消除技术应用中的标准壁垒。加强技术规范建设,梳理技术应用流程与操作准则,形成覆盖技术选型、系统部署、运行维护等全流程的技术规范体系,引导技术应用的规范化开展^[5]。强化标准规范的落地执行,建立标准规范的监督与评估机制,推动各参与主体严格遵循标准要求开展技术应用,提升技术应用的一致性与可靠性,为技术的规模化推广与深度应用提

供规范保障。

4.3 技术迭代与持续优化机制

技术迭代与持续优化机制,是保障智能化改造与精准控制技术适应化工生产发展需求的关键支撑,依托技术创新理论与工业技术迭代发展规律,构建动态高效的技术迭代优化机制。建立技术需求动态捕捉机制,结合化工生产工艺升级、工况变化等实际需求,持续收集技术应用过程中的反馈信息,精准识别技术优化方向与改进重点。推进技术迭代优化路径,整合技术研发资源与行业创新成果,对现有技术进行持续优化升级,完善技术功能、提升技术性能,适配生产发展的新需求。构建技术持续优化管理体系,明确技术迭代的组织架构、实施流程与资源保障,建立技术优化的评估与推广机制,加快技术优化成果的转化应用,实现技术应用水平的持续提升,推动智能化改造与精准控制技术不断适应化工行业高质量发展需求。

结束语

化工自控仪表智能化改造与精准控制技术的融合应用,是提升化工生产效能、保障安全稳定运行的重要途径。通过构建技术融合体系、实现系统集成协同运行、优化技术适配性,可推动智能化改造技术与精准控制技术的深度融合。同时,建立完善的技术运维体系、推进技术标准化与规范化、构建技术迭代优化机制,能为技术应用提供全方位保障。随着技术的不断进步与应用实践的深入,化工自控仪表将朝着更加智能化、精准化的方向发展,为化工行业的转型升级注入强大动力。

参考文献

- [1]陈欢,员一彬.基于智能化算法的化工过程自控仪表设计与优化研究[J].仪器仪表用户,2024,31(10):2729+32.
- [2]员一彬,陈欢.生物化工生产过程中的自控仪表设计与智能化优化策略探索[J].仪器仪表用户,2024,31(09):1012+15.
- [3]张智庆.化工自动化仪表与智能化控制系统的设计[J].自动化应用,2023,64(09):212-214.
- [4]陈连和.化工自动化仪表及控制系统智能化分析[J].云南化工,2023,50(01):116-118.
- [5]王浩华,王伟.化工自动化仪表及在生产中的应用[J].化工管理,2024,(20):109-111.