

化工行业 APC 先进控制系统的合理选用及实施评估探讨

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: 化工行业合理选用及评估APC先进控制系统至关重要。选用方面,其必要性体现在提升生产效率、保障产品质量、降低能耗等。选型需综合考量技术、功能与成本等因素,评估标准涉及技术先进性、功能适用性等。决策流程包括需求分析、市场调研、技术评估等环节。实施评估时,构建涵盖技术、经济、环境等的指标体系,选用对比分析、层次分析等方法,对比实施前后效果,最后将评估结果反馈并据此改进系统,以实现化工生产的高效与稳定。

关键词: 化工行业; APC先进控制系统; 合理选用; 实施评估

引言: 在化工行业,生产过程的复杂性、多变量耦合性以及产品质量和生产效率的高要求,使得先进的过程控制至关重要。传统控制方式在应对复杂工况时往往力不从心,难以满足日益严格的生产标准和环保要求。APC先进控制系统凭借其多变量模型预测控制等先进技术,能有效提升生产稳定性、降低能耗、提高产品质量。然而,如何在众多系统中挑选合适的APC系统,以及如何确保其在化工生产中发挥最大效用,成为化工企业亟待解决的问题。对相关内容进行探讨具有重要的现实意义。

1 化工行业APC先进控制系统概述

化工行业生产过程复杂,具有不确定性、非线性、强耦合性等特点,常规控制技术难以满足生产需求,APC先进控制系统应运而生。APC即先进过程控制是一门融合工艺过程知识、过程控制理论、仪表及计算机等多领域技术的综合性学科,旨在解决复杂工业过程中的控制难题,实现生产过程的优化。从产生背景来看,化工生产面临诸多挑战。环境结构和参数的未知性、时变性、随机性和突变性等,使得精确数学模型难以建立。同时,过程的机理复杂性、变量间的关联性以及信息的不完全性和大纯滞后性,让传统基于定量数学模型的控制理论和技术力不从心。尽管化工企业普遍采用了分散控制系统(DCS),但占统治地位的常规PID控制在处理复杂过程时存在局限性^[1]。因此,开发先进的过程控制系统成为必然。APC先进控制系统的原理基于多变量模型预测控制技术,它实时监测生产过程中的各种参数,考虑变量间的相互影响,提前预测过程变化并产生调节作用。与传统控制方式不同,APC系统能在复杂工况下提前发现潜在问题,如温度、压力异常或能耗上升等,并及时施加控制,使生产要素保持稳定。其特点在于能够同时处理多个相互关联的变量,基于数学模型对复杂问题进行有效处理,从而提高过程的稳定性、安全性和经济效益。

在化工行业,APC先进控制系统具有重要作用和显著效益。它能提高生产效率,通过优化操作条件,减少过程波动,提升装置的生产能力。在降低能耗方面,精确控制可避免不必要的能源消耗。产品质量也能得到改善,在保证安全的前提下,更好地满足产品规格要求。

2 化工行业APC先进控制系统的合理选用

2.1 选用APC系统的必要性分析

在化工行业,合理选用APC先进控制系统十分必要,具体体现在以下方面。(1)提升生产效率。化工生产流程复杂,传统控制方式难以精准应对多变量、强耦合的情况。APC系统能实时监测和调整生产参数,优化操作条件,减少生产波动,从而提高设备的运行效率,增加产品产量。(2)保障产品质量。化工产品对质量要求严格,APC系统基于多变量模型预测控制技术,能提前预测产品质量变化趋势,及时调整控制策略,确保产品质量稳定,满足市场需求。(3)降低能源消耗。化工行业是能源消耗大户,APC系统可精确控制生产过程中的能源使用,避免能源浪费,根据生产实际需求合理分配能源,降低生产成本,提高企业经济效益。(4)增强生产安全性。化工生产存在一定风险,APC系统能实时监控关键参数,提前发现潜在安全隐患,如温度、压力异常等,并迅速采取措施进行调整,保障生产过程的安全稳定运行。(5)适应市场变化。市场对化工产品的需求不断变化,APC系统具有较强的适应性和灵活性,能快速调整生产策略,满足不同产品的生产要求,使企业在市场竞争中占据优势。

2.2 APC系统的选型方法

在化工行业,APC先进控制系统是提升生产效率、降低成本、保障安全的重要工具。合理选用APC系统,需深入了解其自身特性及适用范围。APC系统的核心在于其先进的控制算法,能够处理复杂的多变量过程,实

现对多个相互关联的变量进行协同控制。它通过建立过程模型,预测未来的系统行为,提前调整控制策略,从而优化生产过程。这种系统对模型的精度要求相对较低,即使在模型存在一定偏差的情况下,也能通过自适应调整保持良好的控制效果。同时,APC系统具有高度的可靠性和稳定性,能够在复杂的工业环境中长时间稳定运行,减少因控制系统故障导致的生产中断。在适用范围方面,APC系统几乎涵盖了化工生产的各个环节。在大型化工装置中,如裂解炉、精馏塔等关键设备,APC系统可以有效优化操作参数,提高产品质量和收率。例如,在裂解炉中,通过APC系统可以精确控制温度、压力等关键参数,确保裂解反应的高效进行,同时降低能耗和设备损耗。在精馏塔操作中,APC系统能够根据塔内物料的实时状态,动态调整回流比、塔顶温度等参数,提高分离效率,减少物料损失。

2.3 选用APC系统的评估标准

在化工行业选用APC先进控制系统时,需遵循以下评估标准。(1)技术先进性。考察系统所采用的控制算法和模型是否先进,能否有效处理化工生产中的多变量、非线性、强耦合等复杂问题。先进的技术能确保系统具备高精度的控制能力和快速的响应速度,以适应不断变化的生产工况。(2)功能适用性。评估系统功能是否与化工生产的具体需求相匹配。例如,是否具备多变量控制、预测控制、约束控制等功能,能否实现对关键工艺参数的精确控制,保障产品质量和生产安全。(3)兼容性与集成性。确认系统能否与现有的生产设备、控制系统(如DCS)等实现良好的兼容和集成。无缝的集成可避免信息孤岛,提高生产管理的协同性和效率,降低系统建设和维护成本。(4)可靠性与稳定性。化工生产连续性强,系统的可靠性和稳定性至关重要。评估系统在长期运行过程中的故障发生率、容错能力和恢复能力,确保其能在复杂环境下稳定运行,减少因系统故障导致的生产损失。(5)供应商服务能力。考察供应商的技术支持团队是否专业、响应是否及时,能否提供全面的培训、维护和升级服务。优质的供应商服务能保障系统的正常运行和持续优化,为企业的生产提供有力保障。

2.4 选用APC系统的决策流程

化工行业选用APC先进控制系统,需遵循严谨的决策流程。第一步是需求诊断,组织化工工艺专家、工程师等人员,分析生产流程中诸如多变量耦合、非线性、大滞后等控制难题,明确对系统控制精度、响应速度、稳定性等性能指标的要求,以及在提高产品质量、降低能耗等方面的期望。第二步是市场摸底,通过行业展会、

技术论坛、供应商推荐等途径,收集不同APC系统的信息,如功能特点、技术架构、应用案例等,初步筛选出几家实力较强、口碑较好的供应商^[2]。第三步是深度评估,邀请专业机构或专家,对候选系统进行技术测试和评估,对比其在处理复杂工况、兼容性、可扩展性等方面的表现,同时考量供应商的技术支持能力、售后服务水平和项目实施经验。第四步是成本测算,综合考虑系统采购成本、实施成本、培训成本、维护成本等,结合预计带来的效益,进行成本效益分析。最后一步是决策拍板,根据评估和分析结果,权衡各系统的优劣,选择最契合企业需求和发展战略的APC系统。

3 化工行业APC先进控制系统的实施评估

3.1 评估指标体系构建

构建化工行业APC先进控制系统实施评估的指标体系,可从以下方面着手。(1)技术性能指标。衡量系统控制精度,如对温度、压力、流量等关键参数的控制误差范围;考察系统响应速度,即面对工况变化时系统调整至稳定状态的时间;评估系统稳定性,包括长时间运行的可靠性和抗干扰能力。(2)经济效益指标。计算系统实施后带来的成本降低,如原材料消耗减少、能源节约等;统计生产效率提升,如产品产量增加、生产周期缩短;分析产品质量改进带来的收益,如次品率降低、优质品率提高。(3)环境影响指标。监测系统运行过程中的污染物排放变化,如废气、废水、废渣的排放量减少情况;评估资源利用效率提高程度,如水资源、土地资源等的更合理利用。(4)操作便捷性指标。评估操作人员对系统操作界面的友好性评价,如界面是否简洁易懂、操作流程是否简便;统计操作人员培训时间和难度,反映系统的易上手程度。(5)系统兼容性指标。考察APC系统与现有生产设备、控制系统的集成度,是否能实现数据的顺畅交互;评估系统的可扩展性,能否适应企业未来生产规模扩大和工艺改进的需求。通过构建全面的评估指标体系,能科学、客观地评价化工行业APC先进控制系统的实施效果。

3.2 评估方法选择与应用

在化工行业APC先进控制系统的实施评估中,合理选择与应用评估方法至关重要。(1)对比分析法。将实施APC系统前后的生产数据进行对比,如产品质量、生产效率、能源消耗等指标。通过直观的数据对比,能清晰看出系统实施带来的效果,明确改进的方向和程度。(2)层次分析法。把评估指标分解成多个层次,构建层次结构模型。对各指标的重要性进行两两比较,确定权重。该方法能综合考虑多个因素,使评估结果更具科学性和

客观性。(3) 模糊综合评价法。对于一些难以精确量化的指标,如操作便捷性、系统兼容性等,采用模糊数学的方法进行评价。通过建立模糊评价集和隶属函数,对指标进行综合评价,减少主观因素的影响。(4) 数据包络分析法。以相对效率概念为基础,通过数学规划模型,评价具有多个输入和多个输出的决策单元的相对有效性。可用于评估APC系统在资源利用和产出方面的效率。(5) 专家评价法。邀请化工行业的专家、工程师等,根据他们的经验和专业知识,对系统的实施效果进行评价。专家评价能考虑到一些难以用数据衡量的因素,为评估提供有价值的参考意见。在实际应用中,可根据评估的目的和重点,综合运用多种评估方法,以获得更全面、准确的评估结果。

3.3 实施效果对比分析

对化工行业APC先进控制系统实施效果进行对比分析,能直观展现其价值。在生产效率方面,实施前生产过程受人工操作和传统控制方式限制,反应釜进料速度不稳定、设备启停时间长,生产周期长且产量波动大。实施后,APC系统精准控制各环节参数,进料速度稳定,设备自动调节,生产周期显著缩短,产量大幅提升。产品质量上,实施前因参数控制不精准,产品纯度、粒度等指标波动大,次品率高。实施后,系统实时监测和调整,产品质量稳定性增强,次品率明显降低。能源消耗方面,实施前设备运行缺乏智能调控,能源浪费严重。实施后,系统根据生产需求动态调整设备功率,能源利用率提高,能耗显著降低。综合来看,APC先进控制系统的实施在生产效率、产品质量和能源消耗等方面带来了显著的积极变化。

3.4 评估结果反馈与改进

评估化工行业APC先进控制系统的实施效果,关键在于将评估结果有效反馈并推动改进。评估结束后,应迅速整理结果,形成详细报告,涵盖技术性能、经济效

益、环境影响等多方面内容。将报告及时反馈给相关部门和人员,包括生产部门、技术研发团队和管理层。生产部门可依据结果优化操作流程,技术团队针对技术短板开展研发改进,管理层则从战略层面调整资源分配和决策方向。对于评估中发现的问题,要深入分析原因,制定切实可行的改进方案^[3]。若系统控制精度不足,可优化控制算法;若经济效益未达预期,需重新评估成本结构。同时,建立改进效果跟踪机制,定期检查改进措施的执行情况和成效,根据反馈动态调整方案,形成评估、反馈、改进的良性循环,持续提升APC先进控制系统的性能和应用效果,为化工生产的高效、稳定运行提供有力支撑。

结语:

未来,随着技术的持续迭代,APC系统必将迎来深度优化。人工智能、大数据等新兴技术与APC系统的融合,将使其具备更强大的数据分析和决策能力,能更精准地应对化工生产中的复杂情况。化工企业应敏锐捕捉这一趋势,积极引入先进的APC系统,利用其在提升生产效率、保障产品质量、降低能耗等方面的显著优势,实现生产过程的智能化管理。同时,借助APC系统对环境影响的精准控制,减少污染物排放,提高资源利用效率,推动化工行业朝着智能化、绿色化方向大步迈进,在激烈的市场竞争中占据有利地位。

参考文献:

- [1]曹阔.化工自动化控制及化工仪表的应用研究[J].科学与信息化,2025(10):108-110.
- [2]古红星,陈文利,杨光伟,王正英,杜新明.APC先进控制系统在丙烯精馏塔中的应用[J].乙烯工业,2020,32(2):60-64+I0002.
- [3]郑尚磊.APC先进控制系统的设计与应用[J].自动化应用,2022(10):169-172.