

煤化工制醋酸自动控制适用性研究及改造

张斌 赵红强 吴雅波

恒力石化(大连)炼化有限公司 辽宁 大连 116000

摘要: 醋酸作为一种重要的有机化工原料,其生产工艺在不断优化。煤化工制醋酸自动控制系统的研究与改造,旨在解决仪控装置腐蚀泄漏、仪器测量偏差大等问题。通过选择合理安全的检测仪表、实施适应性技术改造及先进控制策略,实现了工艺流程参数的自动检测、监控与优化,显著提高了生产效率、产品质量及智能化程度,降低了原料损耗和操作强度,具有重要应用价值。

关键词: 煤化工制醋酸;自动控制适用性;改造

引言: 煤化工制醋酸作为现代化学工业的关键环节,其生产效率和产品质量直接影响到下游产业的竞争力。随着技术的不断进步,自动控制系统的引入成为提升煤化工制醋酸生产效率的重要手段。本研究聚焦于煤化工制醋酸自动控制的适用性研究及改造,旨在探索更高效、稳定的控制系统,以应对现有系统的挑战,优化生产过程,为煤化工行业的可持续发展提供技术支持和解决方案。

1 煤化工制醋酸技术概述

1.1 醋酸生产工艺的发展历史

醋酸的生产工艺经历了漫长的发展过程,从传统的粮食发酵法,到电石乙炔法,再到现代的乙烯乙醛法和甲醇羰基合成法,每一种工艺的诞生都标志着醋酸生产技术的重大突破。①粮食发酵法:这是醋酸最早的生产方法之一,主要利用粮食中的糖类物质,通过微生物的发酵作用产生醋酸。这种方法虽然历史悠久,但由于生产效率低下、原料成本高昂,逐渐被淘汰。②电石乙炔法:该方法通过电石与水反应产生乙炔,再将乙炔氧化制得醋酸。然而,电石乙炔法生产过程中能耗高、污染严重,因此也逐渐被其他更环保、高效的方法所取代。③乙烯乙醛法:该工艺以乙烯为原料,先氧化生成乙醛,再将乙醛氧化制得醋酸。这种方法在20世纪70年代以前占据主导地位,但随着甲醇羰基合成法的兴起,其市场份额逐渐下降。④甲醇羰基合成法:该方法以甲醇为原料,在催化剂的作用下与一氧化碳反应,生成醋酸。由于原料丰富、生产效率高、污染小等优点,甲醇羰基合成法已成为当前醋酸生产的主流工艺。

1.2 煤化工制醋酸的主要工艺方法

①当前主流工艺的优缺点分析。甲醇羰基合成法作为当前醋酸生产的主流工艺,具有原料易得、转化率高、选择性好、污染小等优点。然而,该工艺对催化剂

的要求较高,且反应条件较为苛刻,需要精确控制温度、压力和催化剂浓度等参数。②甲醇低压羰基合成醋酸工艺。甲醇低压羰基合成醋酸工艺由美国Monsanto公司首创,并历经多年的发展和改进。该工艺采用铑催化剂和碘甲烷助催化剂,在较低的压力和温度下,甲醇与一氧化碳反应生成醋酸。反应后的产物经过闪蒸、脱水和蒸馏提纯等步骤,最终得到高纯度的醋酸产品。甲醇低压羰基合成醋酸工艺具有反应条件温和、催化剂活性高、选择性好、副反应少等优点。同时,该工艺还可以实现对催化剂的循环利用,降低了生产成本。然而,该工艺对催化剂的稳定性和反应条件的控制要求较高,需要精确的操作和管理。

2 煤化工制醋酸自动控制现状及问题

2.1 现有自动控制系统的结构与功能

①仪表自动化系统的基本构成。煤化工制醋酸的仪表自动化系统主要包括传感器、控制器、执行器及人机界面等关键组件。传感器负责实时检测生产过程中的温度、压力、流量、液位和成分等关键参数,并将这些数据传至控制器。控制器根据预设的工艺要求和算法,对这些数据进行分析处理,并发出相应的控制指令。执行器则负责接收控制器的指令,通过调节阀门、泵等设备的运行状态,实现对生产过程的精确控制。人机界面则为操作人员提供了直观的系统状态和工艺参数的显示,便于他们进行监控和操作。②现有系统的控制策略及效果。煤化工制醋酸的自动控制系统通常采用先进的控制策略,如模型预测控制、自适应控制和优化控制等,以提高系统的稳定性和控制精度。通过精确控制反应温度、压力和催化剂浓度等参数,系统能够实现醋酸生产的高效、稳定和连续。同时,自动控制系统还具备故障报警和自我保护功能,能够在检测到异常情况时及时发出警报,并采取相应的保护措施,确保生产安全^[1]。

2.2 存在的问题与挑战

①仪控装置腐蚀泄漏。煤化工制醋酸的生产过程中,由于原料和产物的强腐蚀性,仪控装置容易受到腐蚀,导致密封性能下降,甚至发生泄漏。这不仅会影响仪表的测量精度和稳定性,还会对生产环境和人员安全构成威胁。②仪器测量偏差大。受生产工艺复杂性和环境干扰等因素的影响,煤化工制醋酸自动控制系统的仪器测量偏差往往较大。这主要是由于传感器在恶劣环境中性能下降,以及测量过程中的噪声、气温、震动干扰导致的。测量偏差大会影响控制系统的精确性和稳定性,从而降低生产效率和产品质量。③操作周期较短。煤化工制醋酸的生产过程需要连续运行,而自动控制系统的操作周期往往较短。这主要是由于生产过程中需要频繁调整工艺参数和监控设备状态,导致操作人员的工作负担较重。同时,短操作周期也会增加设备故障和维修的风险。④其他自动控制相关问题。除了以上问题,煤化工制醋酸的自动控制系统还面临着其他挑战。例如,系统设计的合理性、控制算法的适应性、网络安全防护的严密性等都需要不断优化和改进。此外,随着煤化工技术的不断发展,自动控制系统也需要不断升级和更新,以适应新的生产工艺和市场需求。

3 煤化工制醋酸自动控制适用性研究

3.1 自动控制系统的选择与设计

①合理安全的检测仪表选型。煤化工制醋酸过程中,温度、压力、流量、液位和组分浓度等参数是生产控制的关键。选择合理且安全的检测仪表,对于保障生产过程的稳定性和安全性至关重要。温度传感器方面,由于醋酸生产过程中涉及高温环境,应选择耐高温、响应速度快、精度高的热电偶或热电阻。压力传感器则需具备高稳定性和耐腐蚀性,以适应高压和腐蚀性介质的环境。流量传感器应能够准确测量不同介质的流量,且对流体特性变化敏感,常见的如电磁流量计、涡街流量计等。液位传感器则需具备高可靠性,能准确反映储罐或反应釜内的液位变化,磁翻板液位计或雷达液位计是较为合适的选择^[2]。此外,对于组分浓度的监测,应选择高精度、响应迅速的过程分析仪,如气相色谱仪或红外光谱仪。在选择检测仪表时,还需考虑其防爆性能,确保在易燃易爆环境中安全运行。同时,仪表的安装位置和维护便利性也是选型时需要考虑的重要因素。②过程分析仪与调节阀的适应性技术改造。过程分析仪在煤化工制醋酸过程中用于实时监测关键组分的浓度,对于控制产品质量至关重要。由于醋酸生产过程中涉及多种腐蚀性介质,过程分析仪需进行适应性技术改造,如采用

耐腐蚀材料、增加防护层等,以提高其使用寿命和测量准确性。此外,分析仪的校准和维护也需定期进行,以确保测量数据的可靠性。调节阀作为自动控制系统的执行元件,其性能直接影响到控制系统的调节精度和稳定性。在煤化工制醋酸过程中,调节阀需承受高温、高压和腐蚀性介质的影响。因此,需对调节阀进行适应性技术改造,如采用耐高温、耐腐蚀材料,优化阀体结构以提高密封性能,以及引入智能调节阀以实现远程监控和故障预警等功能。

3.2 先进控制策略的实施

①自动检测、监控、优化、调整、管理与决策功能的实现。煤化工制醋酸自动控制系统应集成自动检测、监控、优化、调整、管理与决策等多种功能,以实现生产过程的全面自动化和智能化。自动检测系统负责实时采集生产过程中的关键参数,并将其传输至控制器进行分析和处理。监控系统则通过可视化界面展示生产过程中的实时数据和历史趋势,便于操作人员监控生产状态并及时发现潜在问题。优化系统根据实时数据和预设的优化算法,自动调整工艺参数以提高生产效率和产品质量。调整系统则根据控制策略自动调整设备的运行状态,如调节阀的开度、泵的转速等。管理系统则负责整合生产数据,为生产决策提供科学依据。决策系统则基于数据分析结果,自动或半自动地做出生产决策,如调整生产计划、优化资源配置等^[3]。②提高智能化程度、安全性与稳定性的措施。为提升煤化工制醋酸自动控制系统的智能化程度、安全性与稳定性,可采取以下措施:一是引入人工智能和机器学习技术,对生产数据进行深度挖掘和分析,实现更精准的过程预测和优化;二是加强网络安全防护,如采用加密通信、防火墙隔离、定期漏洞扫描等措施,确保系统免受外部攻击和内部泄露的风险;三是建立冗余备份和故障切换机制,确保在主系统出现故障时,备用系统能够迅速接管,保障生产连续性和稳定性。此外,还应加强人员培训和管理,提高操作人员的技能和意识,减少人为因素导致的故障和事故。

4 煤化工制醋酸自动控制改造案例分析

4.1 改造案例概述

4.1.1 选择具有代表性的煤化工制醋酸企业

本案例选取陕西延长石油榆林煤化有限公司作为研究对象。该公司成立于2008年,主要从事甲醇、醋酸及其系列产品的生产,是陕西省重点煤化工项目之一。榆林煤化有限公司的醋酸装置采用先进的甲醇低压液相羰基合成法技术,具有高转化率、高选择性和低副产物排放的特点。然而,随着生产规模的扩大和市场需求的提

升,原有自动控制系统的性能和稳定性逐渐无法满足生产要求,因此公司决定对醋酸装置的自动控制系统进行全面改造。

4.1.2 改造前后的对比分析

改造前,榆林煤化有限公司的醋酸装置自动控制系统存在诸多不足。首先,仪表自动化系统老化,检测精度和稳定性下降,导致工艺参数波动大,影响产品质量和产量。其次,控制系统设计不合理,调节阀和过程分析仪等关键设备存在腐蚀泄漏和测量偏差大的问题,增加了安全隐患。此外,操作界面复杂,操作人员劳动强度大,且系统缺乏智能化管理和决策功能,难以适应现代煤化工生产的高效、安全和环保要求。

改造后,公司引入了先进的自动控制系统,包括高精度检测仪表、智能化控制器和优化的控制算法。新系统实现了对醋酸生产过程的全面监控和优化,显著提高了工艺参数的稳定性和产品质量。同时,通过智能化管理平台,公司能够实时掌握生产状态,优化生产计划,降低运营成本。此外,新系统还具备故障预警和自我保护功能,有效降低了安全事故的风险。

4.2 改造效果评估

4.2.1 工艺流程参数的改善情况

改造后,醋酸装置的工艺流程参数得到了显著改善。通过引入高精度检测仪表和智能化控制器,系统能够实时、准确地监测和调节反应温度、压力、流量和液位等关键参数。这不仅提高了生产过程的稳定性,还降低了能耗和物耗,提升了整体生产效率。例如,反应温度的波动范围从改造前的 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 降低到 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,有效提高了醋酸的选择性和转化率。

4.2.2 产品质量与产量的提升效果

改造后的自动控制系统显著提升了醋酸的产品质量和产量。通过优化控制算法和加强过程监控,系统能够精确控制反应条件和催化剂投加量,从而生产出更符合市场需求的优质醋酸产品^[4]。同时,系统还能根据生产需求灵活调整生产负荷,确保在满负荷运转时仍能保持高质量的产品输出。据统计,改造后醋酸装置的产能从20万吨/年提升至30万吨/年,产品质量合格率达到了100%,优等品率也显著提高。

4.2.3 操作人员劳动强度与原料损耗的降低情况

新自动控制系统的引入大大降低了操作人员的劳动强度。通过智能化管理平台,操作人员可以远程监控生产状态,及时调整工艺参数,避免了频繁现场巡检和手动调节的繁琐工作。此外,系统还能自动记录和分析生产数据,为操作人员提供科学的决策支持,减少了人为误操作的风险。同时,通过优化生产流程和加强过程控制,系统有效降低了原料损耗,提高了资源利用率。

4.2.4 仪表控制回路自投率与完好率的提高情况

改造后,醋酸装置的仪表控制回路自投率和完好率得到了显著提升。新系统采用了先进的检测仪表和智能化控制器,提高了仪表的测量精度和稳定性。同时,系统还具备故障预警和自我保护功能,能够及时发现并处理仪表故障,避免了因仪表失效导致的生产中断。据统计,改造后仪表控制回路的自投率从原来的60%提高到了90%以上,完好率也保持在较高水平。这不仅提高了生产过程的自动化程度,还降低了仪表维护成本和生产安全风险。

结束语

煤化工制醋酸自动控制系统的适用性研究及改造项目,经过系统性的分析与实践,成功实现了生产流程的高效自动化控制。此次改造不仅显著提升了生产效率与产品质量,还有效降低了能耗与操作成本,强化了生产安全。未来,我们将持续优化控制技术,紧跟煤化工行业智能化发展步伐,力求在节能减排、绿色生产等方面取得更多突破,为推动煤化工产业的转型升级与可持续发展作出更大贡献。

参考文献

- [1]刘洋.煤制醋酸工艺中DCS系统的应用与优化[J].自动化技术与应用2021,(03),45-46.
- [2]张华,王磊.煤化工醋酸生产过程中智能控制技术的应用研究[J].化工进展2022,(08),71-72.
- [3]李娜,陈晓.煤制醋酸工艺中自动控制系统的改造与实施[J].自动化与仪器仪表,2021,(04),32-33.
- [4]赵强,刘伟.基于模型预测控制的煤制醋酸过程优化研究[J].控制工程2023,(09),78-80.