

化工自动化仪器仪表控制技术

孙宏焯¹ 杨贵光²

1. 海洋石油工程股份有限公司 天津 300451

2. 中海石油(中国)有限公司海南分公司 海南 海口 570312

摘要: 化工自动化仪器仪表控制技术,融合计算机与自动化技术,显著提升化工生产精度与效率。该技术利用高精度仪器仪表,结合可编程控制器、传感器等,实现对生产过程的实时监测与智能调控。通过自动采集、处理数据并反馈控制,确保生产稳定性与安全性,减少人为误差,推动化工生产向智能化、自动化方向发展,是现代化工产业不可或缺的关键技术。

关键词: 化工自动化仪器仪表;控制技术;应用实例

引言: 随着现代化工行业的快速发展,对生产过程的自动化、智能化需求日益增强。化工自动化仪器仪表控制技术作为实现这一目标的关键手段,在保障生产安全、提高生产效率、优化资源配置等方面发挥着至关重要的作用。本文旨在深入探讨化工自动化仪器仪表的控制技术,分析其在化工生产中的应用实例,以期为推动化工行业的持续健康发展提供理论支持和技术参考。

1 化工自动化仪器仪表概述

1.1 化工仪器仪表的含义与分类

(1) 仪表的分类标准。化工仪器仪表按能源、组合形式、安装形式等有多种分类方式。按能源类型,仪表可分为气动仪表、电动仪表和液动仪表。气动仪表利用压缩空气为动力,结构简单,但精度有限;电动仪表使用电能,具有高精度和多功能特点;液动仪表则多用于特殊环境下的测量。按组合形式,仪表可分为基地式、单元组合式和综合控制装置。基地式仪表集成了测量、显示、控制和报警等功能,适用于小型化工生产;单元组合式仪表则将各部分功能分开,通过信号传输连接,具有更高的灵活性和扩展性;综合控制装置则是集测量、控制、管理于一体的复杂系统,适用于大型化工生产。按安装形式,仪表可分为现场仪表、盘装仪表和架装仪表。现场仪表直接安装在生产现场,便于实时测量;盘装仪表则安装在控制室内,通过电缆与现场仪表相连,实现集中显示和控制;架装仪表则通常安装在仪表架上,用于特殊环境下的测量。(2) 各类仪表的特点与应用场景。各类仪表因其特点和功能的不同,适用于不同的化工生产场景。例如,温度仪表用于测量反应釜、蒸馏塔等设备的温度,确保生产过程中的温度控制;压力仪表则用于监测设备的压力状态,防止超压带来的安全隐患;流量仪表用于测量管道内流体的流量,

确保物料平衡;液位仪表则用于监控储罐、反应器等设备的液位,防止溢出或干涸。

1.2 化工仪器仪表的发展历程

(1) 从手工操作到自动化控制的发展演变。早期的化工生产主要依赖手工操作来监测和控制生产过程。然而,随着生产规模的扩大和生产要求的提高,手工操作的效率和准确性逐渐无法满足需求。因此,人们开始探索自动化控制技术,通过引入气动仪表、电动仪表等自动化仪表设备,实现了对化工过程的精确测量和控制。

(2) 关键时间节点与技术进步。化工仪器仪表的发展过程中,有几个关键的时间节点和技术进步值得关注。例如,20世纪50年代,随着电子技术的发展,人们开始将电子技术应用于化工仪器仪表中,实现了仪表的数字化和智能化。这一时期的代表产品有数字式仪表和可编程逻辑控制器(PLC)等。随着计算机技术和网络通信技术的发展,化工仪器仪表逐渐实现了网络化、集成化和智能化,为化工生产的自动化、信息化提供了有力的支持。

1.3 化工仪器仪表在化工生产中的重要性

(1) 提高生产效率与质量。化工仪器仪表能够实时监测和控制生产过程中的各种参数,确保生产流程的稳定运行和产品质量。通过精确测量和调节工艺参数,可以显著提高生产效率和产品质量,减少废品率和返工率。(2) 降低生产成本与劳动强度。自动化仪表的应用减少了人工干预和劳动强度,降低了生产成本。同时,通过精确测量和记录生产数据,可以优化生产流程和控制策略,进一步降低生产成本和提高经济效益。(3) 保障生产安全与设备寿命。化工仪器仪表能够及时发现和处理生产过程中的异常情况,如超温、超压、泄漏等安全隐患。通过及时采取措施进行处理,可以有效保障生产安全和设备寿命。此外,仪表的精确测量还可以避免

因设备过度磨损或损坏而导致的生产中断和安全事故。

2 化工自动化仪表的关键控制技术

2.1 测量与检测技术

(1) 测量过程与测量误差分析。测量是化工生产中的基础环节,通过测量可以获取生产过程中的各种物理量,如温度、压力、流量等。测量过程包括测量对象的确定、测量方法的选择、测量设备的校准和使用等。在测量过程中,由于设备精度、环境因素、人为操作等多种原因,会产生测量误差。因此,进行误差分析,了解误差的来源和大小,对于提高测量准确性至关重要。通过合理选择测量设备、优化测量方法、加强设备校准等措施,可以有效减小测量误差。(2) 检测仪表的品质指标与选用原则。检测仪表的品质指标包括精度、稳定性、灵敏度、响应时间等。精度是衡量仪表测量准确度的关键指标,稳定性则反映了仪表在长期工作中的可靠性。灵敏度决定了仪表对微小变化的响应能力,响应时间则反映了仪表从接收到信号到输出响应的速度。在选用仪表时,应根据生产需求、测量范围和精度要求等因素进行综合考虑,选择品质优良、性能稳定的仪表^[1]。

(3) 常见检测仪表的工作原理与应用。化工生产中常用的检测仪表包括压力仪表、流量仪表和温度仪表等。压力仪表如压力变送器,通过测量流体压力并将其转换为标准电信号输出,用于监测和控制生产过程中的压力变化。流量仪表如电磁流量计,利用电磁感应原理测量流体流量,适用于液体和气体的流量监测。温度仪表如热电偶和热电阻,通过测量物体与参考物体之间的温度差来反映物体的温度,广泛应用于化工生产中的温度测量和控制。

2.2 信号传输与处理技术

(1) 信号的传递形式与转换。在化工自动化系统中,信号的传递形式主要有模拟信号和数字信号两种。模拟信号是连续变化的物理量,如电压、电流等;数字信号则是离散的数字量,如二进制代码。信号的转换是指将模拟信号转换为数字信号(模数转换)或将数字信号转换为模拟信号(数模转换)。随着科技的发展,数字信号因其抗干扰能力强、易于处理和传输等优点,在化工自动化系统中得到了广泛应用。(2) 数据采集与处理系统。数据采集与处理系统是化工自动化系统的重要组成部分。它通过传感器网络收集来自生产过程的各种数据,如温度、压力、流量、浓度等,然后将这些原始数据转换为可供分析和控制的数字信号。数据采集系统通常包括传感器接口、信号调理电路、数据采集卡和数据处理软件等部分。传感器接口负责接收传感器的模拟

信号,并将其转换为适合数据采集卡处理的数字信号。信号调理电路则用于放大、滤波和隔离信号,以提高数据采集的准确性和可靠性。数据采集卡则将调理后的信号转换为计算机可识别的格式,并传输给数据处理软件进行进一步的分析和处理^[2]。(3) 自动化检测系统中的敏感元件与传感器。敏感元件与传感器是自动化检测系统的核心部件,它们负责将生产过程中的各种物理、化学参数转换为电信号,以供数据采集与处理系统使用。敏感元件通常具有高度的灵敏度和选择性,能够准确响应目标参数的变化。传感器则是将敏感元件的输出信号转换为标准的电信号(如电压、电流或数字信号),以便于信号的传输和处理。

2.3 自动控制系统与控制策略

(1) 自动控制系统的组成与功能。自动控制系统是化工自动化仪表的核心组成部分,它根据设定的目标值和实际测量值的偏差,通过执行机构对生产过程进行自动调节,以实现预定的控制目标。自动控制系统通常由传感器、控制器、执行机构和反馈环节等部分组成。传感器负责监测生产过程中的各种参数,并将监测结果转换为电信号传输给控制器。控制器则根据接收到的信号和预设的控制策略,计算出调节量,并发送给执行机构。执行机构则根据控制器的指令,调节生产过程的相关参数,如温度、压力、流量等。反馈环节则将执行机构的实际调节结果反馈给控制器,形成闭环控制,以提高控制系统的准确性和稳定性。(2) 控制策略的选择与优化。控制策略是自动控制系统的核心,它决定了控制系统如何根据实际情况对生产过程进行调节。在化工生产中,常用的控制策略包括PID控制、模糊控制、神经网络控制等。1) PID控制是一种经典的控制策略,它通过比例、积分和微分三个环节的组合,实现对生产过程的精确控制。PID控制具有结构简单、易于实现和调试等优点,因此在化工生产中得到了广泛应用。然而,对于非线性、时变性和不确定性较强的生产过程,PID控制的性能可能会受到影响。2) 模糊控制是一种基于模糊集合论和模糊逻辑推理的控制策略。它不需要建立精确的数学模型,而是根据操作经验和知识,制定模糊控制规则,实现对生产过程的调节。模糊控制具有鲁棒性强、适应性好等优点,特别适用于那些难以建立精确数学模型的生产过程。3) 神经网络控制则是一种基于神经网络理论的控制策略。它通过对大量数据的学习和训练,建立起生产过程输入输出之间的映射关系,从而实现对生产过程的智能控制。神经网络控制具有自适应能力强、容错性好等优点,适用于那些具有复杂动态特性的生产

过程^[3]。(3)典型的控制系统在化工中的应用。在化工生产中,典型的控制系统包括温度控制系统、压力控制系统、流量控制系统等。这些控制系统根据生产过程中的实际需求,实现对相关参数的精确调节和控制。1)温度控制系统在化工生产中至关重要。在化学反应、蒸馏、萃取等生产过程中,温度是影响反应速率、产物选择性和产品质量的关键因素。因此,采用温度控制系统对生产过程进行精确的温度调节至关重要。温度控制系统通常由温度传感器、温度控制器、加热或冷却设备等部分组成。2)压力控制系统则用于调节生产过程中管道或容器的压力。在化工生产中,许多化学反应需要在特定的压力条件下进行。如果压力过高或过低,可能会影响反应速率、产物选择性和设备的安全性。因此,采用压力控制系统对生产过程进行精确的压力调节具有重要意义。

3 化工自动化仪器仪表的应用实例分析

3.1 化工生产过程中的自动化控制应用

在化工生产过程中,自动化控制系统的应用极大地提高了生产效率和安全性。以反应釜和蒸馏塔为例,这些设备通常需要精确控制温度、压力和反应时间等参数,以确保产品质量和生产过程的稳定性。(1)自动化控制系统在反应釜中的应用,使得操作人员能够通过人机界面实时监控反应过程中的各项参数,并根据需要自动调整加热、冷却、搅拌等工艺条件。这不仅提高了反应的选择性和收率,还有效避免了因人为操作失误而引发的安全事故。(2)在蒸馏塔中,自动化控制系统通过实时监测塔顶和塔底的温度、压力以及回流比等参数,精确控制蒸馏过程。这不仅可以优化分离效果,提高产品纯度,还能降低能耗和生产成本。

3.2 在线过程分析仪的应用

在线过程分析仪在化工生产中发挥着至关重要的作用。它们能够实时监测生产过程中的物料成分和性质变化,为操作人员提供及时准确的反馈信息。(1)在线分析仪的工作原理通常包括采样、预处理、分析和数据输出等环节。通过先进的检测技术,如气相色谱、液相

色谱等,能够实现对物料中各组分的精确分离和定量。

(2)以气相色谱仪为例,它广泛应用于石化、制药等行业,用于检测原料和产品中的挥发性组分。液相色谱仪则常用于分析复杂混合物中的非挥发性组分,如有机物、药物和生物大分子等。这些在线分析仪的应用,不仅提高了产品质量和生产效率,还为研发新产品提供了有力的技术支持。

3.3 物料仪表与液位测量的自动化

物料仪表是化工生产中不可或缺的监测工具。它们能够实时反映生产过程中的物料状态,如重量、体积和流量等。(1)物料仪表的种类繁多,包括电子秤、流量计、液位计等。这些仪表的工作原理各异,但都能准确测量物料的物理参数,为操作人员提供可靠的数据支持。(2)在液位测量的自动化控制中,通常采用液位计实时监测储罐或反应釜中的液位变化。当液位达到预设值时,控制系统会自动开启或关闭相关设备,如进料阀、出料阀或搅拌器等,以保持液位在安全范围内。这种自动化控制不仅提高了生产效率,还有效避免了因液位过高或过低而引发的安全事故。

结束语

综上所述,化工自动化仪器仪表控制技术是现代化工生产不可或缺的重要组成部分,其精准、高效、安全的特性为化工行业的快速发展提供了坚实的技术支撑。随着科技的不断进步,我们有理由相信,化工自动化仪器仪表控制技术将会更加智能化、集成化,为化工生产带来更大的变革和提升。未来,我们应继续加强技术研发和应用,推动化工自动化仪器仪表控制技术迈向新的高度,为化工行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]杨进超,陆文涛,李宇辉,王翔.智能仪器仪表控制技术在化工生产中的应用研究[J].控制工程,2021,(07):67-68.
- [2]张昌华,吴芳进,李建飞,代林东.化工自动化中的仪器仪表控制策略研究[J].自动化仪表,2020,(12):115-116.
- [3]金宇行,王耀,车元杰.大规模化工设备中的仪器仪表优化控制研究[J].控制理论与应用,2022,(20):202-203.