

仪表自动化在化工工业方面的应用

刘佳林 龙江山

东华能源(宁波)新材料有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 仪表自动化在化工工业中应用广泛且意义重大。它利用自动化仪表与设备,对生产参数进行自动检测、控制等,实现生产自动化与优化管理。其关键技术涵盖检测、控制与通信技术,系统架构由现场仪表、控制设备和上位机监控系统组成。在化工生产中,仪表自动化在过程控制、安全监测、能源管理与环保监控等方面发挥核心作用,但也面临环境适应性、数据集成与共享、维护与故障诊断等挑战,需通过智能升级等路径解决。

关键词: 仪表自动化;化工工业;生产效率

1 仪表自动化技术基础

1.1 仪表自动化的定义

仪表自动化是指利用各种自动化仪表和设备,对工业生产过程中的各种参数(如温度、压力、流量、液位等)进行自动检测、显示、记录、控制和调节,以实现生产过程的自动化运行和优化管理。在化工生产中,仪表自动化系统能够实时监测生产过程中的各项关键参数,并根据预设的控制策略自动调整生产设备的运行状态,确保生产过程的稳定、高效和安全进行。

1.2 关键技术原理

检测技术是仪表自动化的基础,通过各种传感器将物理量(如温度、压力等)转换为电信号或其他可测量的信号。这些传感器具有高精度、高可靠性和快速响应等特点,能够准确地获取生产过程中的各种参数信息。控制技术是仪表自动化的核心,主要包括PID控制、模糊控制、神经网络控制等算法。PID控制是一种经典的控制算法,通过比例、积分和微分三个环节对误差进行调节,使被控参数稳定在设定值附近。模糊控制则基于模糊数学理论,能够处理不确定性和非线性的控制问题^[1]。神经网络控制模仿人类神经系统的结构和功能,具有自适应、自学习和容错能力,适用于复杂工业过程的控制。通信技术实现了仪表与控制系统之间、控制系统与上位机之间的数据传输。常见的通信协议有HART、PROFIBUS、Modbus等。这些协议规定数据传输的格式、速率和通信规则,确保数据传输的准确性和可靠性。

1.3 仪表自动化系统架构

仪表自动化系统通常由现场仪表、控制设备和上位机监控系统三部分组成。现场仪表包括各种传感器和执行器,负责采集生产过程中的参数信息并执行控制指令。控制设备如PLC(可编程逻辑控制器)、DCS(分布式控制系统)等,对现场仪表采集的数据进行处理和分

析,根据预设的控制策略生成控制信号,驱动执行器动作。上位机监控系统则提供人机交互界面,操作人员可以通过上位机实时监控生产过程的运行状态,进行参数设置、历史数据查询和报表生成等操作。整个系统通过通信网络将现场仪表、控制设备和上位机监控系统连接起来,形成一个有机的整体,实现对化工生产过程的自动化控制和优化管理。

2 仪表自动化在化工生产中的核心应用场景

2.1 过程控制与优化

在化工生产中,许多反应过程对温度、压力、流量等参数的控制要求非常严格。仪表自动化系统能够实时、准确地监测这些参数,并通过自动调节阀门开度、加热功率等手段,使生产过程始终保持在最佳工艺条件下运行。仪表自动化系统可以收集和分析生产过程中的大量数据,通过对这些数据的挖掘和分析,发现生产流程中存在的问题和潜在的优化空间。同时还可以根据市场需求和原材料供应情况,动态调整生产计划,实现生产过程的柔性化。

2.2 安全监测与预警

化工生产过程中存在许多安全隐患,如易燃易爆、有毒有害物质的泄漏等。仪表自动化系统通过安装各种安全监测仪表,如可燃气体检测仪、有毒气体检测仪、压力传感器等,对生产现场的安全状况进行实时监测。一旦检测到异常情况,系统会立即发出警报,提醒操作人员采取相应的措施。除了实时监测外,仪表自动化系统还可以根据历史数据和预设的安全阈值,对可能发生的安全事故进行预警。例如,当压力传感器检测到压力超过设定值时,系统会提前发出预警信号,并自动启动相应的应急处理程序,如关闭阀门、启动泄压装置等,以避免事故的发生或减轻事故的危害程度。

2.3 能源管理与环保监控

化工生产是能源消耗大户,仪表自动化系统可以对能源的消耗进行实时监测和分析。通过安装能源计量仪表,如电能表、蒸汽流量计等,准确统计各种能源的消耗量,并结合生产计划和设备运行状态,制定合理的能源使用策略。还可以通过对能源数据的分析,发现能源利用过程中的薄弱环节,采取针对性的节能措施,提高能源利用效率。随着环保要求的日益严格,化工企业需要加强对生产过程中污染物排放的监控。仪表自动化系统可以安装各种环保监测仪表,如烟气分析仪、水质监测仪等,对废气、废水的排放指标进行实时监测。一旦发现污染物排放超标,系统会及时发出警报,并采取相应的措施进行处理,确保企业的生产活动符合环保要求^[2]。

3 化工仪表自动化系统的关键技术挑战

3.1 环境适应性挑战

在化工生产领域,仪表自动化设备面临极为恶劣的工业环境。化工生产现场常常处于高温状态,部分反应釜、加热炉等设备周边温度极高,仪表的电子元件在这样的高温环境下,其性能会受到严重影响。电子元件的电阻、电容等参数会因温度变化而发生改变,导致测量精度下降,甚至可能因过热而损坏,使仪表无法正常工作。高压环境也是一大挑战,高压会对仪表的结构和密封性能提出极高要求,一旦密封失效,仪表内部元件可能受到压力冲击而损坏。化工生产中存在大量的腐蚀性物质,如酸、碱、盐等,这些物质会对仪表的外壳和传感器造成腐蚀。腐蚀不仅会破坏仪表的外观,还会影响其测量精度,缩短使用寿命。粉尘环境同样不容忽视,粉尘可能进入仪表内部,附着在电子元件和传感器表面,干扰信号传输,影响仪表的正常运行,进而影响整个化工生产过程的稳定性和安全性。

3.2 数据集成与共享难题

在化工企业中,数据集成与共享面临着严峻的难题,数据孤岛问题尤为突出。化工企业通常拥有多个不同的自动化系统和信息管理系统,如生产控制系统负责实时监控和调节生产设备的运行参数,质量管理体系专注于产品质量检测和分析,设备管理系统则对设备的运行状态、维护记录等进行管理。然而这些系统往往各自独立运行,缺乏有效的数据集成和共享机制。生产控制系统中的生产数据无法及时传递给质量管理体系,导致质量管理人员无法根据实时生产情况及时调整质量检测策略;设备管理系统的设备维护信息也无法与生产控制系统共享,使得生产调度人员难以根据设备维护计划合理安排生产任务。

3.3 维护与故障诊断

化工仪表自动化设备的维护与故障诊断面临着诸多困难。化工企业中的仪表自动化设备数量众多,分布范围广泛,从生产车间的各个角落到偏远的储罐区都有分布。部分设备安装在高温、高压、易燃易爆等危险区域,如反应釜附近、高温管道上等,这给设备的维护和检修带来极大的安全隐患。维护人员需要穿戴特殊的防护装备,在复杂的环境中进行操作,不仅增加维护难度,还延长维护时间。同时,随着仪表自动化技术的不断发展,设备的复杂度越来越高,涉及多种先进的技术和算法,如智能控制算法、传感器融合技术等^[3]。这对维护人员的专业技能提出了更高的要求,需要他们具备深厚的电子、自动化、计算机等多学科知识。然而目前化工企业中具备这样专业技能的维护人员相对匮乏,导致设备出现故障时,难以快速准确地诊断和修复,影响了生产的连续性和稳定性。

4 仪表自动化优化与智能化升级路径

4.1 智能仪表与传感器升级

智能仪表相较于传统仪表,具备诸多显著优势。其自诊断功能如同一位贴心的“健康管家”,能够实时监控自身的运行状态,一旦发现内部元件出现异常,如传感器漂移、电路故障等,会及时发出警报,提醒维护人员进行处理,避免因仪表故障导致生产数据失真。自校准功能则能自动调整测量参数,确保测量结果的准确性和可靠性,无需人工频繁校准,大大提高了工作效率。自适应功能使智能仪表能够根据生产环境的变化自动调整工作模式。智能仪表配备的通信接口,如以太网接口、无线通信模块等,可方便地与控制系统进行数据交互,实现远程监控和数据共享,让操作人员能够实时掌握生产现场的各项参数,及时做出决策。在化工生产领域,对智能仪表与传感器进行升级是必然趋势。应逐步淘汰传统的模拟仪表,因其精度低、功能单一,已难以满足现代化工生产的需求。采用智能仪表进行升级换代,如选用具有高精度、高稳定性的智能温度传感器,其测量精度可达 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$,能够精确感知化工生产过程中的细微温度变化,为反应控制提供准确依据。压力传感器则应具备高灵敏度和抗干扰能力,确保在复杂环境下也能准确测量压力。还可以研发具有特殊功能的智能仪表,如无线智能仪表,它无需复杂的布线,减少安装成本和时间,同时提高系统的灵活性和可扩展性,方便在化工装置的不同位置进行灵活部署,实现全方位的监测。

4.2 系统集成与数据融合

在化工企业中,系统集成具有至关重要的意义。化工生产涉及多个环节和系统,如生产控制系统负责实时

监控和调节生产设备的运行,确保生产过程的稳定;质量管理体系对产品质量进行严格把控,从原材料检验到成品出厂全程跟踪;设备管理系统则关注设备的运行状态、维护保养等。通过系统集成,将这些分散的自动化系统和信息管理系统进行整合,打破信息壁垒,实现数据的集中管理和共享。在这个平台上,各部门人员可以实时获取全面的生产管理信息,生产人员可以根据设备状态和质量数据调整生产参数,管理人员能够基于综合信息进行科学决策,从而提高企业的整体运营效率和竞争力。数据融合技术是挖掘数据价值的关键手段,在化工生产中,来自不同传感器和系统的数据往往具有不同的特征和意义。数据融合技术能够将这些分散的数据进行综合处理和分析,提取出更有价值的信息。在化学反应过程中,温度、压力和流量的变化相互关联,单独分析其中一个参数可能无法准确判断反应的进程和状态,而数据融合技术可以将这些参数进行综合分析,建立更准确的反应模型,为生产优化和故障诊断提供更可靠的依据。

4.3 智能算法应用

智能算法,如机器学习、深度学习等,在化工仪表自动化系统中具备强大的数据处理与分析能力。机器学习算法无需人工设定复杂规则,能从海量生产历史数据中自动学习规律与模式,构建预测模型。借助该模型,可提前预测产品质量和产量,为生产计划制定提供科学依据,助力合理安排原材料采购与生产排期,进而提升生产效率与经济效益。深度学习算法非线性建模能力更为强大,能处理复杂的化工生产过程。它能自动提取数据中的深层次特征,对生产过程中的异常情况进行精准识别与判断。在化工仪表自动化系统里,智能算法应用场景广泛。在过程控制方面,面对复杂的非线性系统,传统控制算法效果欠佳,而智能控制算法可根据系统实时状态自动调整控制参数,实现对生产过程的精确控制。在故障诊断中,深度学习算法可综合分析设备的振动、温度、压力等多源数据,对设备故障模式进行识别与分类^[4]。通过学习大量故障样本,它能准确判断故障类型与严重程度,提高故障诊断的准确性与效率,为设备及时维修提供有力支撑。在能源管理方面,智能算法可根据生产负荷和能源价格变化,优化能源分配方案,有

效降低能源消耗与成本。

4.4 数字孪生与虚拟调试

数字孪生是一种新兴的技术理念,它通过建立物理实体的数字化模型,实现对物理实体的实时监测、仿真和优化。在化工生产中,可以建立化工装置的数字孪生模型,该模型不仅包含化工装置的几何结构,还涵盖了其物理特性、运行参数等信息。将仪表自动化系统与数字孪生模型进行集成,可以实现对生产过程的虚拟仿真和优化。在虚拟环境中,可以模拟不同的生产工况和操作条件,观察化工装置和仪表自动化系统的运行状态,提前发现潜在的问题。虚拟调试在化工仪表自动化系统的建设和优化中具有重要作用,在实际设备安装和调试之前,可以在数字孪生模型中对仪表自动化系统进行调试和优化。通过模拟不同的控制策略和操作流程,提前发现和解决潜在的问题,如控制逻辑错误、仪表选型不当等,减少实际调试时间和成本。同时还可以利用数字孪生模型对生产过程进行优化模拟。在实际生产过程中,数字孪生模型也可以实时监测生产状态,与实际生产数据进行对比分析,及时发现偏差并进行调整,实现生产过程的持续优化。

结束语

仪表自动化在化工工业的应用,极大地提升了生产效率、保障了生产安全与产品质量,推动化工行业的现代化发展。实际应用中仍存在诸多挑战。通过智能仪表与传感器升级、系统集成与数据融合、智能算法应用以及数字孪生与虚拟调试等优化与智能化升级路径,有望进一步发挥仪表自动化的优势,克服现存问题,助力化工工业实现更高效、安全、绿色的发展。

参考文献

- [1]黄绪山.化工自动化仪表的检修与维护措施[J].化工管理,2022(4):99-100.
- [2]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,2022,(20):109-111.
- [3]官红.仪表自动化在化工工业方面的应用研究[J].科技创新导报,2020,17(08):148-149.
- [4]刘泽华,韩安英.在化工工业方面仪表自动化的运用研究[J].化工管理,2020(01):165-166+168.