

化工仪表自动化控制技术分析

任 明

国家能源集团宁夏煤业有限公司甲醇分公司 宁夏 银川 751400

摘 要：化工仪表自动化控制技术在化工生产领域起着至关重要的作用。本文先是详细介绍了化工仪表的主要类型，涵盖压力仪表、温度仪表、流量仪表以及液位仪表等，并阐述了各自的工作原理。接着深入剖析了自动化控制中的关键技术，像分散式控制技术、现场总线控制系统等人机界面与操作模式及自动化检测与修复技术等内容。同时指出该技术面临的系统可靠性、网络安全、维护管理等挑战，并提出相应应对策略，旨在提升化工仪表自动化控制水平，保障化工生产高效安全进行。

关键词：化工仪表；自动化；控制技术；分析

引言：在现代化工生产过程中，化工仪表自动化控制技术已成为不可或缺的关键要素。随着化工产业规模的不断扩大以及生产工艺日益复杂，对于生产过程的精准控制、高效监测等要求愈发严格。化工仪表作为获取生产数据、反馈运行状态的重要工具，其自动化控制技术关乎整个化工生产系统能否稳定、安全、高效运行。从各类仪表的原理应用，到自动化控制的关键技术，再到面临的诸多挑战及应对策略，都值得深入探讨与分析，以更好地推动化工行业持续发展。

1 化工仪表的类型与原理

1.1 压力仪表

压力仪表是化工生产中常用的仪表类型，主要用于测量流体或气体的压力大小。常见的压力仪表有弹簧管式压力表、压力传感器等。弹簧管式压力表依据弹性元件的变形原理工作，当压力作用于弹簧管时，其会产生弹性变形，变形程度与压力成正比，通过传动机构带动指针指示压力数值。压力传感器则利用压阻效应、压电效应等物理特性，将压力变化转换为电信号输出，便于远传和自动化控制。压力仪表能实时监测化工设备内压力情况，对保障设备安全运行、控制生产工艺具有重要意义，例如在高压反应釜中，压力仪表可防止超压引发危险。

1.2 温度仪表

温度仪表在化工领域用于精确测量生产过程中的温度参数。主要包括热电偶温度计、热电阻温度计等。热电偶温度计基于热电效应原理，由两种不同材质的导体组成闭合回路，当两端存在温度差时，回路中会产生热电势，其大小与温度差相关，从而可推算出测量点温度。热电阻温度计是利用金属或半导体材料的电阻随温度变化的特性，通过测量电阻值来确定温度。在化工合

成反应中，温度仪表可精准控制反应温度，确保反应按照预定的速率和方向进行，提高产品质量和生产效率，避免因温度失控导致反应失败或安全事故。

1.3 流量仪表

流量仪表用于测量化工管道中流体的流量。常见的有差压式流量计、电磁流量计等。差压式流量计依据伯努利方程，在管道中设置节流装置，使流体流经时产生压力差，通过测量压力差并根据特定公式计算出流量。电磁流量计则是利用电磁感应原理，当导电液体在磁场中流动时，会产生感应电动势，其大小与流速成正比，进而得出流量。在化工生产的物料输送环节，流量仪表能够准确控制原料和产品的流量，保证各生产工序的物料平衡，实现连续稳定生产，例如在液体化学品的调配过程中，流量仪表可精确控制各种成分的加入量^[1]。

1.4 四液位仪表

液位仪表主要用于监测化工容器内液体的液位高度。如浮筒液位计、超声波液位计等。浮筒液位计利用浮筒所受浮力随液位变化而改变的原理，通过检测浮筒的位移或浮力变化转化为电信号来显示液位。超声波液位计则是通过发射超声波脉冲，超声波在液体表面反射后被接收，根据发射与接收的时间差以及超声波在介质中的传播速度计算出液位高度。在化工储存罐管理中，液位仪表可实时掌握液位信息，防止液位过高溢出或过低影响生产供应，确保化工生产过程中液体储存和使用环节的安全与稳定，为自动化控制提供关键数据支持。

2 化工仪表自动化控制中的关键技术

2.1 分散式控制技术

分散式控制技术是化工仪表自动化控制的重要手段。它将控制系统的功能分散到多个控制单元中，每个单元独立完成特定的控制任务，如数据采集、运算处

理、控制输出等。这些单元通过网络连接,实现信息共享与协同工作。在大型化工生产装置中,不同区域或工艺环节的仪表设备分别连接到对应的分散控制单元,例如反应区、分离区等各自有独立的控制模块。这一技术提高了系统的灵活性与可靠性,当某个单元出现故障时,仅影响局部功能,不会导致整个系统瘫痪,分散式控制便于系统的扩展与升级,新的仪表设备或控制功能可方便地接入相应的控制单元,降低了对整个系统架构的改动,保障化工生产过程的稳定高效运行,有效提升了生产的安全性及可控性。

2.2 现场总线控制系统

现场总线控制系统是一种数字化、双向传输的通信网络技术应用。它打破了传统控制系统中一对一的连接方式,实现了多台仪表设备与控制系统之间的多点连接。现场总线如Profibus、FF等,能够在一条总线上连接压力、温度、流量等多种仪表,仪表之间可直接进行数据交互与协同工作,减少了大量的布线成本与信号转换环节。在化工生产现场,现场总线使得仪表设备的安装与调试更加便捷,数据传输的实时性与准确性大幅提高。操作人员可通过控制系统对现场仪表进行远程配置、校准等操作^[2]。

2.3 人机界面与操作模式

人机界面是化工仪表自动化控制中操作人员与控制系统交互的桥梁。它以直观的图形、图表、数据显示等形式呈现化工生产过程中的各种信息,如实时的温度、压力、流量数据,设备的运行状态等。操作人员通过键盘、鼠标、触摸屏等输入设备向控制系统发送指令,实现对生产过程的远程监控与操作。例如在化工中控室的人机界面上,以工艺流程模拟图展示整个生产流程,当某个环节出现异常时,对应的图标会变色或闪烁报警,操作人员可迅速定位并采取相应措施。操作模式方面,除了常规的手动控制模式,还具备自动控制模式和半自动控制模式。自动控制模式可根据预设的工艺参数自动调节仪表设备;半自动控制模式则是在某些关键环节需要人工确认后再执行自动控制动作,这种多样化的操作模式适应了不同生产场景和需求,提高了生产效率与操作的便捷性与安全性。

2.4 自动化检测与修复技术

自动化检测与修复技术为化工仪表自动化控制系统的稳定运行提供了有力保障。在检测方面,系统能够实时对仪表设备的性能、工作状态进行监测,通过内置的传感器和智能算法,对压力仪表的测量精度、温度仪表的响应特性、流量仪表的线性度等进行评估。例如,定

期对压力传感器进行零点漂移检测,对流量计进行流量系数校准。一旦检测到异常,自动化修复技术会尝试进行自我修复。对于一些软件故障,如程序错误或数据异常,系统可自动重启相关服务或恢复备份数据。对于部分硬件故障,如备用电源切换、冗余模块的启用等。若故障超出自动修复能力范围,则会及时发出警报并提供详细的故障信息,以便维修人员快速定位和解决问题,大大减少了因仪表故障导致的生产中断时间,提高了化工生产的连续性和可靠性。

3 化工仪表自动化控制技术面临的挑战与应对策略

3.1 挑战

3.1.1 系统可靠性与稳定性

化工生产环境复杂恶劣,高温、高压、强腐蚀以及易燃易爆等因素普遍存在,这对仪表设备的耐受性提出极高要求。长时间在这样的环境下运行,仪表容易出现部件老化、性能衰退等问题,从而影响整个系统的可靠性。例如,压力仪表的传感器可能因腐蚀而导致测量误差增大甚至失效。再者,化工生产过程具有连续性和长周期的特点,系统需要长时间不间断运行,一旦某个关键仪表或控制环节出现故障,可能引发连锁反应,导致整个生产系统的不稳定甚至停车。

3.1.2 网络安全问题

首先,化工生产系统越来越多地接入互联网或企业内部网络,这使得仪表控制系统面临来自外部网络的攻击威胁,如黑客可能试图入侵系统,篡改控制参数、窃取生产数据等,严重影响化工生产的正常秩序和产品质量。其次,现场总线技术和工业以太网在化工仪表控制中的广泛应用,虽然提高了数据传输效率和系统灵活性,但也增加了网络攻击面。网络病毒可能通过网络接口在仪表设备之间传播,导致设备故障或数据丢失。再者,由于化工生产的特殊性,一些控制指令和数据的安全性至关重要,一旦网络安全防护措施不到位,恶意攻击者可能利用漏洞发起拒绝服务攻击,使控制系统瘫痪,引发化工生产过程中的安全事故,如化工原料泄漏、爆炸等,对人员生命财产和环境造成巨大损失^[3]。

3.1.3 维护与管理难度

化工仪表自动化控制技术的维护与管理难度较大。一方面,化工仪表种类繁多,涵盖压力、温度、流量、液位等多种类型,且不同品牌、型号的仪表在技术原理、操作方法和维护要求上存在差异,这使得维护人员需要具备广泛的知识和技能,增加了维护工作的复杂性。另一方面,随着自动化控制技术的不断更新换代,新的仪表设备和控制系统不断涌现,如智能仪表、分布

式控制系统等,对维护人员的专业培训和知识更新提出了更高要求。在管理方面,化工生产装置规模庞大,仪表设备分布广泛,难以实现对所有仪表的实时、全面监控和有效管理。而且,化工生产过程中对仪表的精度和可靠性要求极高,需要定期对仪表进行校准、检测和维护,但由于生产任务紧张,很难安排足够的时间进行全面的维护工作,容易导致仪表设备“带病运行”,增加了生产风险,一旦出现故障,故障排查和修复的时间也较长,影响生产效率。

3.2 应对策略

3.2.1 提高系统可靠性与稳定性

化工生产环境复杂恶劣,高温、高压、强腐蚀以及易燃易爆等因素普遍存在,这对仪表设备的耐受性提出极高要求。长时间在这样的环境下运行,仪表容易出现部件老化、性能衰退等问题,从而影响整个系统的可靠性。例如,压力仪表的传感器可能因腐蚀而导致测量误差增大甚至失效。再者,化工生产过程具有连续性和长周期的特点,系统需要长时间不间断运行,一旦某个关键仪表或控制环节出现故障,可能引发连锁反应,导致整个生产系统的不稳定甚至停车。此外,随着自动化控制技术的发展,系统复杂度不断提高,各仪表设备之间的协同工作和数据交互更加频繁,任何一个微小的兼容性问题或软件漏洞都可能威胁到系统的稳定运行,增加了系统故障的潜在风险。

3.2.2 加强网络安全防护

在化工仪表自动化控制领域,网络安全问题日益严峻。首先,化工生产系统越来越多地接入互联网或企业内部网络,这使得仪表控制系统面临来自外部网络的攻击威胁,如黑客可能试图入侵系统,篡改控制参数、窃取生产数据等,严重影响化工生产的正常秩序和产品质量。其次,现场总线技术和工业以太网在化工仪表控制中的广泛应用,虽然提高了数据传输效率和系统灵活性,但也增加了网络攻击面。网络病毒可能通过网络接口在仪表设备之间传播,导致设备故障或数据丢失。再者,由于化工生产的特殊性,一些控制指令和数据的安全性至关重要,一旦网络安全防护措施不到位,恶意攻击者可能利用漏洞发起拒绝服务攻击,使控制系统瘫痪,引发化工生产过程中的安全事故,如化工原料泄

漏、爆炸等,对人员生命财产和环境造成巨大损失。

3.2.3 优化维护与管理

化工仪表自动化控制技术的维护与管理难度较大。一方面,化工仪表种类繁多,涵盖压力、温度、流量、液位等多种类型,且不同品牌、型号的仪表在技术原理、操作方法和维护要求上存在差异,这使得维护人员需要具备广泛的知识和技能,增加了维护工作的复杂性。另一方面,随着自动化控制技术的不断更新换代,新的仪表设备和控制系统不断涌现,如智能仪表、分布式控制系统等,对维护人员的专业培训和知识更新提出了更高要求。在管理方面,化工生产装置规模庞大,仪表设备分布广泛,难以实现对所有仪表的实时、全面监控和有效管理。而且,化工生产过程中对仪表的精度和可靠性要求极高,需要定期对仪表进行校准、检测和维护,但由于生产任务紧张,很难安排足够的时间进行全面的维护工作,容易导致仪表设备“带病运行”,增加了生产风险,一旦出现故障,故障排查和修复的时间也较长,影响生产效率^[4]。

结束语

在化工领域的蓬勃发展进程中,化工仪表自动化控制技术无疑是核心驱动力之一。它贯穿于化工生产的各个环节,从原材料的精准配比到复杂化学反应的过程监控,从产品质量的严格把关到生产环境的安全保障,都离不开其高效运作。尽管仍有难题待解,但持续的技术探索与创新必将攻克难关。相信在不久的将来,化工仪表自动化控制技术会以更卓越的性能、更强的适应性和更高的智能化水平,助力化工产业实现转型升级,在全球工业舞台上绽放更为耀眼的光芒。

参考文献

- [1]宋佳.化工仪表中的自动化控制技术研究[J].化工设计通讯,2019,45(10):48-49.
- [2]林建波.化工仪表中自动化控制技术的研究[J].石化技术,2019,26(10):37-38.
- [3]许文军.化工仪表中的自动化控制技术研究[J].科技创新导报,2019,16(26):65+68.
- [4]胡维杰.化工仪表中的自动化控制技术探讨[J].石化技术,2019,26(08):222+227.