

流程工业自动化控制系统优化策略与实施路径

张秋爽 金张勇 陈燎原

中控技术股份有限公司

DOI:10.12238/acair.v3i2.13546

[摘要] 作为支撑国民经济的重要产业类型,流程工业涵盖了石油炼化、化工生产、电力供应以及金属冶炼等多个具体领域。在这些工业生产场景中,自动化控制设备发挥着关键作用,也就是通过自动调整生产参数、持续监测设备运行状态等方式,保证整个生产流程的平稳、安全与高效。不过随着企业产能规模持续扩大、市场对产品质量要求逐渐提高,再加上行业竞争日益激烈,现有的自动化技术体系也面临着不少现实问题。控制参数调整不够精准、设备能耗长期偏高,或者是出现故障时难以快速定位问题根源等情况。因此如何优化现有的自动化控制系统,可以说是当前工业领域的重要课题。

[关键词] 流程工业; 自动化控制; 优化策略; 实施路径

中图分类号: P415.1+3 **文献标识码:** A

Optimization strategy and implementation path of process industry automation control system

Qiushuang Zhang Zhangyong Jin Liaoyuan Chen

China Control Technology Co., LTD.

[Abstract] As a crucial industry supporting the national economy, process industries encompass multiple specific sectors such as oil refining, chemical production, power supply, and metal smelting. In these industrial settings, automated control equipment plays a vital role by automatically adjusting production parameters and continuously monitoring the operational status of devices to ensure the smoothness, safety, and efficiency of the entire production process. However, with the continuous expansion of corporate capacity, increasing market demands for product quality, and intensifying industry competition, existing automation technology systems face numerous practical challenges. Issues include imprecise parameter adjustments, persistently high energy consumption, and difficulties in quickly identifying the root causes of faults. Therefore, optimizing the current automation control systems is a significant challenge in today's industrial sector.

[Key words] process industry; automatic control; optimization strategy; implementation path

现阶段在工厂实际运营中最常见的控制方案当属自动化控制系统,这种系统在提升生产效率和产品质量方面具有显著优势。值得注意的是,随着信息技术的发展,越来越多的数字化解决方案被整合到控制系统中,比如数据处理软件或者网络通信模块。从实际应用效果来看,只有合理运用这些计算机技术,在设备端部署智能传感器或者建立远程运维平台,才能真正提升系统运行效率,进而推动整个工业制造领域的转型升级。

1 流程工业自动化概述

流程工业自动化(如图1)是利用自动化技术、计算机技术、通信技术等,对流程工业生产过程进行监测、控制、优化和管理的综合技术体系。对像炼油厂、发电厂这类需要连续生产的工业流程进行监控与管理的技术组合。这类工业覆盖的范围很广,像石油加工、发电这些需要24小时运转的,还有制药厂里那些流

水线作业,它们的生产过程最大的特点就是设备不停机、生产规模大、原材料始终在管道或传送带上流动。具体实施的时候,需要在生产线上装很多传感器,也就是能测温度压力的那些探头,它们会把实时数据传到中控室。控制系统的电脑根据事先设定好的方案,比如PID调节这种算法,然后指挥阀门开大、关小或者电机调速,这样整个流程就能自动保持稳定,既安全又高效。借助先进的自动化技术,流程工业能够显著提高生产效率、降低能耗、提升产品质量、增强生产安全性,同时减轻人工劳动强度^[1]。

2 流程工业自动化控制系统的优化策略

2.1 先进控制算法的应用

先进控制算法通过引入模型预测控制(MPC)、自适应控制、模糊控制和神经网络等智能算法,能够显著提升系统的控制精度和动态响应能力。例如,模型预测控制通过建立过程的动态数

学模型, 结合滚动优化和反馈校正, 实现对多变量系统的协调控制, 特别适用于具有大滞后、强耦合特点的工业过程, 如石化、冶金等。自适应控制则能够根据工况变化实时调整控制器参数, 确保系统在不确定环境下的稳定性。此外, 基于深度学习的智能控制算法可以通过历史数据训练模型, 实现对复杂非线性过程的精准预测和优化控制^[12]。



图1 流程工业自动化

2.2能源管理优化

在能源管理优化方面, 现在主要依靠智能化能源管理系统。这种系统通过采集生产过程中各种能耗数据, 像是电、气、水这些资源的使用情况, 再结合现在流行的大数据分析手段, 找出哪些环节存在浪费问题, 然后制定具体改进方案。通过调整设备使用时间避开用电高峰这种办法, 可以有效降低电费支出。再比如有些工厂会安装余热回收装置, 把生产过程中产生的废热重新利用起来。现在还有数字孪生技术这种新方法, 可以在虚拟环境中模拟各种能源配置方案的效果。建立工厂的数字化双胞胎模型, 就能直观看到不同方案下能耗的变化情况, 帮助管理者做出更明智的选择。这种能源管理优化不仅能帮助企业达成碳中和碳达峰这些环保目标, 还可以提高生产效益和可持续性^[3]。

2.3故障诊断与容错控制

通过在设备上布置传感器网络来实时采集设备运行参数, 配合故障特征的抓取和分析模型(比如波形分解、关键参数筛选这些方法), 能够及时发现设备异常情况并找到问题发生位置。可以训练分类器模型或者多层神经网络, 就像教电脑区分不同机器声音那样, 对振动波形、温度曲线这些数据进行分类判断, 提前发现肉眼可见的故障隐患。另外像数字孪生这种虚拟克隆技术, 也就是在电脑里建立设备的虚拟模型, 可以用来模拟各种故障场景测试应对方案。这些技术手段的应用有效缩短了停机检修的时间跨度, 在降低维护费用的同时提升了设备运行的稳定系数, 为工厂的连续生产提供了基础保障。故障诊断与容错控制流程如表1所示。

2.4系统集成与信息化

表1 故障诊断与容错控制流程

技术/方法	描述	应用与效果
支持向量机(SVM)	一种分类算法	用于振动、温度等信号的分类, 辅助故障诊断
卷积神经网络(CNN)	一种深度学习算法	同样用于信号分类, 提高故障诊断的准确性和效率
数字孪生技术	模拟故障场景, 辅助制定应急方案	提高故障应对的效率和准确性, 降低非计划停机时间

系统集成与信息化建设可以看作是工厂自动化升级的整体解决方案, 核心思路就是把那些分散运行的数据孤岛连接起来。具体来说就是让车间里的生产设备、中控室的监控系统和管理层的计划软件能够互相传递信息。用工业物联网技术把PLC控制器、DCS系统这些硬件设备, 与负责排产的MES软件、管库存的ERP系统进行对接, 这样就能在统一的数据平台上看到整个生产链条的情况。举个例子的话, 就像是用标准通信协议让不同厂家的机器能互相理解指令, 或者把实时数据和历史记录分别交给本地服务器和云平台来处理^[4]。

3 流程工业自动化控制系统优化的实施路径

3.1系统评估与规划

在着手优化流程工业的自动化控制系统时, 首先要做的就是对现有设备运行情况进行整体摸底。也就是要搞清楚哪些地方需要改进以及怎么改进, 这时候需要重点评估比如硬件设备的运行情况、软件系统的功能完整性, 还有网络结构布局是否合理这些基础要素。有些工厂可能需要特别关注数据采集模块的覆盖范围, 或者是现有控制算法在实际生产中的效果验证。

3.2技术选型与设备升级

在确定优化方案后, 需要选定具体的技术路径和设备类型。简单来说就是需要同时考虑技术成熟度、运行稳定性还有成本效益, 可以把老式的DCS系统换成开放架构的智能控制平台, 或者增加边缘计算模块来处理产线实时数据。硬件改造方面可能需要更新测量更准的传感器、运算速度快的可编程逻辑控制器(比如汽车组装线上常见的型号), 以及支持高速传输的工业网络交换机这些设备, 这样可以让数据抓取得更快, 整个系统反应更及时。软件部署可以加载智能控制算法(类似天气预报用的预测模型)、机器学习模块, 或者增加能耗监控系统, 通过这种方式来优化加工步骤的衔接效率^[5]。

3.3实施与调试

在具体实施过程中需要按照预定方案逐步推进, 可以理解成包含硬件装配、软件设置、网络调试以及整体系统对接这几个关键步骤。在设备安装环节, 需要特别关注线路排布是否符合规范要求, 注意做好电磁干扰防护措施, 以及根据使用环境选择适配的材料(灰尘比较大的车间要加防尘罩)。软件部分主要需要完成控制流程编写、操作界面优化调整以及数据存储结构的搭建, 简单来说就是让设备操作更直观, 历史数据能随时追溯。系统整合完毕后, 需要进行分阶段测试, 先单独调试各个子系统,

确认没问题后再进行整体联调,重点检查信号传输稳定性与安全保护机制是否正常。例如:工厂温度控制系统调试时,需要通过调整加热时长参数来观察温度曲线是否符合预期;或者故意触发过载状态来验证报警装置能不能及时响应。

3.4 运行与维护

系统开始正式运行之后,需要构建持续性的维护体系来保障系统稳定性。在日常运转过程中,需要通过监控系统持续追踪温度、压力这些关键指标,每季度统计能耗和设备运转状况这些数据,这样可以及时发现问题。设备保养方面主要包含定期校正测量元件、清理器械表面堆积的灰尘、保存程序运行记录和系统参数,还有更新软件版本这些基础工作。针对那些涉及多参数协调的优化策略,也就是需要持续积累运行数据并调整算法模型,这样才能适应生产条件的变化。另外建议引入振动监测、热成像检查这类预测性保养手段,通过人工智能算法预判设备可能发生的故障,有效减少意外停机的情况^[6]。

4 结论

在制造业生产流程优化过程中,自动化控制系统的改进可以说是提升企业运营效率的关键抓手。通过应用先进控制算法、优化能源管理、加强故障诊断与容错控制和实现系统集成与信息化等优化策略,并按照系统评估与规划、技术选型与设备升级、系统开发与测试、实施与调试以及运行与维护等实施路径进行优化,可以有效地解决现有自动化控制系统存在的问题,提

高系统的性能和可靠性。

[参考文献]

- [1]张克润.基于电工电子技术的自动控制系统发展综述[J].集成电路应用,2024,41(12):430-432.
- [2]梁金夏,潘天赐.工业自动化对象仿真在流程自动化控制系统中的应用[J].自动化技术与应用,2022,41(02):92-97.
- [3]马志新.可编程控制器在流程工业生产中的使用情况探索[J].电子元器件与信息技术,2021,5(06):162-163+169.
- [4]姜涛.PLC在工业自动化控制领域中的应用及发展[J].房地产世界,2020,(19):97-98.
- [5]邵惠鹤.流程工业自动化发展趋势与先进控制技术[J].自动化博览,2002,(02):30-35.
- [6]王朝辉,苏宏业,荣冈,等.先进控制是流程工业自动化的关键[J].电气时代,2002,(01):9-12.

作者简介:

张秋爽(1990--),女,汉族,吉林省长春市人,本科,专业:自动化,研究方向:信息技术(系统集成),方向:流程工业自动化控制领域,DCS控制系统设计。

金张勇(1983--),男,汉族,杭州市人,本科,电气工程及自动化,研究方向:信息技术(系统集成)。

陈燎原(1983--),男,汉族,湖南省澧县人,本科,自动化,研究方向:信息技术(系统集成)。