化工过程控制系统运维管理：仪表选型与 PLC/DCS 编程的协同优化

刘宇豪

上海中企人力事务服务有限公司成都分公司，四川 成都 610000

DOI:10.61369/ERA.2025080017

摘要： 化工过程控制系统作为现代化工生产的核心技术，其自动化监控与优化管理功能对提高生产效率、降低能耗及保障生产安全具有重要意义。本文系统分析了化工过程控制系统的组成与功能，探讨了运维管理中的挑战，并重点研究了过程仪表选型与 PLC/DCS 编程的协同优化策略，通过优化选型与编程逻辑，显著提升了系统的可靠性与运行效率，降低了生产成本与安全风险，为化工过程控制系统的可持续发展提供了理论依据和实践指导。

关键词： 化工过程控制系统；仪表选型；PLC/DCS 编程

Operation and Maintenance Management of Chemical Process Control Systems: Collaborative Optimization of Instrument Selection and PLC/DCS Programming

Liu Yuhao

Shanghai Zhongqi Human Resources Service Co., Ltd. Chengdu Branch, Chengdu, Sichuan 610000

Abstract: As the core technology of modern chemical production, the automation monitoring and optimization management functions of chemical process control systems are of great significance for improving production efficiency, reducing energy consumption, and ensuring production safety. This article systematically analyzes the composition and functions of chemical process control systems, explores the challenges in operation and maintenance management, and focuses on the collaborative optimization strategy of process instrument selection and PLC/DCS programming. By optimizing the selection and programming logic, the reliability and operational efficiency of the system are significantly improved, production costs and safety risks are reduced, and theoretical basis and practical guidance are provided for the intelligence and sustainable development of chemical process control systems.

Keywords: chemical process control system; instrument selection; PLC/DCS programming

引言

化工过程控制系统作为现代化工生产的核心组成部分，其自动化监控与优化管理功能对提高生产效率、降低能耗及保障生产安全具有重要意义。在此背景下，仪表选型与 PLC/DCS 编程的协同优化成为推动化工过程控制系统高效运行的关键路径。通过优化选型与编程逻辑，能够有效提升系统的可靠性与运行效率，降低生产成本与安全风险。同时，最新政策如《河北省绿色化工产业高质量发展 2025 年工作要点》明确提出，通过强化园区规范化建设，推动化工产业绿色转型。这些政策为化工过程控制系统的协同优化提供了战略指导与实践方向，进一步凸显了其在化工行业可持续发展中的重要性。

一、化工过程控制系统概述

(一) 化工过程控制系统的组成与功能

化工过程控制系统是现代化工生产中不可或缺的核心组成部分，其主要功能是实现对化工生产过程的自动化监控与优化管理。该系统通常由以下几个关键部分构成：过程仪表（如传感器、变送器、执行器等），用于实时采集和传输生产过程中的物

理参数（如温度、压力、流量等）；控制器（如 PLC、DCS 等），负责根据预设的控制逻辑对采集到的数据进行处理，并发出相应的控制指令；以及人机界面（HMI），用于操作人员与系统之间的交互，实现对生产过程的监控与调整^[1]。此外，化工过程控制系统还集成了数据采集与分析模块、报警与安全保护模块等功能组件，以确保生产过程的稳定性和安全性。通过这些组成部分的协同工作，化工过程控制系统能够实现了对复杂化工工艺的精确控

制,提高生产效率,降低能源消耗,并减少人为操作失误带来的风险。

(二) 化工过程控制系统的运维管理现状与挑战

化工过程控制系统的运维管理是确保化工生产安全、高效运行的关键环节。然而,当前的运维管理仍面临诸多挑战。一方面,随着化工生产规模的扩大和工艺复杂性的增加,控制系统的技术更新速度加快,对运维人员的专业技能要求不断提高。许多企业仍存在运维人员技能不足、经验欠缺的问题,导致系统故障排查和维护效率低下^[2]。另一方面,化工过程控制系统中的设备老化问题日益突出,部分老旧设备难以适应现代化工生产的高精度、高可靠性要求。大量实时数据未能得到有效利用,难以实现对生产过程的深度优化和预测性维护^[3]。这些问题不仅影响了生产效率,还增加了企业的运营成本和安全风险。因此,如何通过技术创新和管理优化,提升化工过程控制系统的运维管理水平,已成为化工行业亟待解决的重要课题。

二、过程仪表选型原则与难点

(一) 过程仪表选型的基本原则

过程仪表选型是化工过程控制系统设计与运维的关键环节,其合理性直接影响系统的稳定性和生产效率。准确性是选型的首要原则,仪表的测量精度需满足工艺要求,确保采集数据的可靠性,为控制系统提供精确的反馈信息。可靠性紧随其后,仪表需具备高稳定性和抗干扰能力,以适应复杂的化工环境,减少故障停机时间。适应性亦至关重要,仪表应与工艺介质、温度、压力等工况相匹配,避免因环境不兼容导致测量偏差或设备损坏。经济性同样不可忽视,在满足性能要求的前提下,需综合考虑购置成本、安装费用及长期维护成本,以实现系统的性价比最大化^[4]。此外,仪表的标准化和兼容性也是选型时的重要考量,标准化产品便于集成与维护,而良好的兼容性可确保仪表与现有控制系统无缝对接,降低技术风险与运维难度。

(二) 过程仪表选型中的难点分析

尽管过程仪表选型有明确原则,但在实际应用中仍面临诸多难点。复杂工况的适应性评估是首要难题,化工生产中多变的温度、压力及腐蚀性介质对仪表性能提出严苛要求,而现有选型标准难以全面覆盖这些极端条件,导致选型时需依赖经验判断,增加了决策风险。信号干扰问题亦不容小觑,化工现场的强电磁干扰易影响仪表信号传输的准确性,尤其在长距离布线或高噪声环境下,如何确保信号的完整性和稳定性成为选型时的棘手问题^[5]。维护成本控制同样是选型中的难点之一,高精度仪表虽能满足工艺需求,但其高昂的维护费用可能超出企业预算,而低成本仪表又可能因性能不足导致系统故障频发,如何在性能与成本间找到平衡点是选型时需权衡的核心矛盾。此外,随着工业自动化技术的快速发展,新型仪表不断涌现,其技术特性与传统选型经验存在差异,运维人员的知识更新速度往往滞后于技术迭代,这使得新仪表的选型与应用面临更大的技术挑战,增加了选型决策的不确定性。

三、PLC/DCS 编程优化策略

(一) PLC/DCS 编程的基本原理与方法

1. PLC/DCS 编程语言的选择与应用

PLC/DCS 编程语言的选择需综合考虑系统的复杂性、开发效率及维护成本。梯形图(LD)因其直观性和与继电器逻辑的相似性,广泛应用于简单的顺序控制,特别适合于逻辑清晰、控制流程简单的化工过程^[6]。功能块图(FBD)则在处理复杂逻辑和循环控制时表现出色,其模块化设计便于重复使用和维护,适用于需要频繁调整的工艺段。结构化文本(ST)作为一种高级编程语言,提供了强大的数据处理和复杂算法实现能力,适用于需要精确控制和数据处理的场合。选择合适的编程语言不仅能够提高开发效率,还能降低系统的维护难度,确保化工过程控制的稳定性和可靠性。

2. PLC/DCS 编程逻辑的设计与优化

PLC/DCS 编程逻辑的设计需遵循模块化、标准化和可维护性原则。模块化设计通过将复杂系统分解为独立的功能模块,提高代码的可读性和复用性,便于后续的扩展和维护。标准化则确保不同模块间的接口一致,减少因接口不匹配导致的错误。在逻辑优化方面,需注重减少冗余代码和提高执行效率,避免因逻辑复杂度过高导致的系统延迟。此外,引入故障诊断逻辑能够实时监测系统状态,及时发现并处理异常情况,确保化工过程的安全性和连续性。通过合理的逻辑设计与优化,PLC/DCS 系统能够在复杂的化工环境中实现高效、稳定的运行^[7]。

(二) PLC/DCS 编程在化工过程控制中的应用

1. 典型化工过程的 PLC/DCS 编程案例分析

在化工生产中,PLC/DCS 编程广泛应用于温度控制、液位调节及流量管理等关键环节。以温度控制为例,通过 PID 算法实现精确的温度调节,确保反应釜内的温度稳定在设定范围内。液位调节则通过实时监测液位传感器数据,自动调整阀门开度,避免液位过高或过低导致的生产事故^[8]。流量管理方面,PLC 通过脉冲信号控制流量计,确保物料按设定流量输送。这些应用不仅提高了生产效率,还减少了人为操作失误,提升了化工过程的整体稳定性。

2. PLC/DCS 编程在故障诊断与处理中的应用

PLC/DCS 编程在故障诊断与处理中发挥着重要作用。通过预设的诊断逻辑,系统能够实时监测关键参数的异常变化,如温度骤升、压力突降等,并及时触发报警机制。例如,在反应釜温度异常升高时,PLC 能够迅速关闭加热装置并启动冷却系统,防止事故发生。此外,PLC 可通过数据记录功能追溯故障原因,为后续的系统优化提供依据。这种实时监控与快速响应能力显著提升了化工过程的安全性,减少了停机时间,确保生产过程的连续性和稳定性。

四、仪表选型与 PLC/DCS 编程的协同优化

(一) 协同优化的理论基础与框架

1. 协同优化的理论模型构建

仪表选型与 PLC/DCS 编程的协同优化基于系统集成与动态反

馈的理论模型。该模型通过数据驱动选型评估与编程优化相结合,实现对化工过程控制系统的全面优化。仪表选型需综合考虑测量精度、可靠性、适应性及经济性,而 PLCDCS 编程则需根据工艺需求设计高效的控制逻辑^[9]。两者通过数据接口实现信息交互,形成闭环优化系统。模型中引入多目标优化算法,权衡不同指标间的冲突,确保系统在复杂工况下的稳定性和高效性。通过建立数学模型,将仪表性能参数与 PLCDCS 控制逻辑的执行效率量化,为协同优化提供理论依据。

2. 协同优化的实施步骤与方法

协同优化的实施需遵循系统分析、选型优化、编程优化及系统集成流程。系统分析阶段,需全面评估化工过程的工艺需求与技术指标,明确优化目标。选型优化阶段,通过多维度评估仪表的性能与成本,筛选出最优选型方案。编程优化阶段,基于选型结果设计高效的控制逻辑,确保 PLCDCS 编程与仪表性能相匹配^[10]。系统集成阶段,通过接口标准化与兼容性测试,实现仪表与 PLCDCS 的无缝对接。整个过程需持续监测系统性能,通过动态调整选型与编程参数,确保系统的最佳运行状态。

(二) 协同优化在化工过程控制中的应用实践

1. 协同优化在提高系统可靠性方面的应用

协同优化通过仪表选型与 PLCDCS 编程的深度结合,显著提升化工过程控制系统的可靠性。在仪表选型阶段,通过评估仪表的抗干扰能力和稳定性,确保其在复杂工况下的可靠运行。PLCDCS 编程则通过引入冗余设计与故障诊断逻辑,增强系统的容错能力。例如,在反应釜温度控制中,高精度温度传感器与 PID 控制算法的协同作用,确保温度始终稳定在设定范围内。即使传感器出现故障,冗余设计也能及时切换至备用设备,避免生产事

故。这种协同机制有效减少了系统停机时间,提高了化工过程的连续性与安全性。

2. 协同优化在提升系统效率方面的应用

协同优化通过实时监控与动态调整,显著提升化工过程控制系统的运行效率。在仪表选型阶段,选择高精度、快速响应的仪表,确保数据采集的及时性与准确性。PLCDCS 编程则通过优化控制逻辑,实现对生产过程的精确调控。例如,在物料输送过程中,高精度流量计与 PLC 的脉冲控制功能协同工作,确保物料按设定流量精准输送,减少物料浪费。同时,通过实时监测生产数据,PLC 能够动态调整控制参数,优化生产流程。这种协同机制不仅提高了生产效率,还降低了能源消耗,实现化工过程的高效运行。

五、总结

本研究围绕化工过程控制系统中仪表选型与 PLCDCS 编程的协同优化展开,系统分析了仪表选型的原则与难点,提出了基于多维度评估的选型优化方法。同时,深入探讨了 PLCDCS 编程的基本原理与优化策略,构建了模块化、标准化的编程框架,并通过典型化工过程的案例分析验证了其有效性。研究还建立了仪表选型与 PLCDCS 编程的协同优化理论模型,提出了多目标优化算法,通过动态反馈机制实现系统的高效运行。在应用实践中,协同优化显著提高了系统的可靠性和运行效率,降低了生产成本和安全风险。这些成果为化工过程控制系统的优化提供了理论依据和实践指导,推动了化工自动化技术的发展。

参考文献

- [1] 张路明. 化工企业过程控制系统的运行维护措施分析 [J]. 化工中间体, 2021, 000(007): 18-19.
- [2] 吴刚, 宋江涛, 董兴明. 安全仪表系统与过程控制系统间的共用性及联系 [J]. 石油化工自动化, 2015, 51(6): 3.
- [3] 寇腾. 关于 PLC 控制系统与 DCS 控制系统对比分析 [J]. 应用能源技术, 2018, 000(008): 46-48.
- [4] 王海群, 笪可静, 刘天虎, 等. 基于工业以太网与 Modbus 的多台西门子 PLC 与 DCS 的通信系统 [J]. 化工自动化及仪表, 2014, 41(8): 4.
- [5] 全瑞宁, 刘吉浩, 赵金堂. 基于自动化过程控制系统的化工安全生产应用及优化 [J]. 中国化工贸易, 2018, 10(7): 149.
- [6] 张学峰. 浅谈石油化工生产中复杂过程控制系统中控制方案的选择 [J]. 中国科技博览, 2013(18): 1.
- [7] 毛家琪. 关于 PLC 控制系统与 DCS 控制系统对比分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2018, 000(030): 3791.
- [8] 陆璇琪. 以 PLC 与 DCS 技术为基础的过程控制系统设计 [J]. 今日自动化, 2021(11): 30-31.
- [9] 吴佳峻. 浅析 PLC 和 DCS 在化工生产自动化中的发展 [J]. 百科论坛电子杂志, 2020(3): 953-954.
- [10] 俞金寿, 孙自强. 过程控制系统 (第二版) [M]. 机械工业出版社, 2015.