

复杂过程多 PLC 协同控制策略研究

杨泽

辽宁科技大学

DOI:10.32629/etd.v7i6.20997

[摘要] 随着工业自动化水平不断提升,复杂过程控制系统呈现出多设备协同、数据交互频繁以及控制逻辑多样化的特征。传统单PLC控制模式在处理多环节、多变量系统时已难以满足高精度与高可靠性的要求。基于此,本文围绕多PLC协同控制策略展开研究,从系统架构设计、通信机制与控制策略优化等方面进行分析,并结合典型应用场景探讨其实现路径。研究表明,通过构建分布式控制结构与优化协同机制,可以显著提升系统运行效率与稳定性,为复杂工业过程控制提供有效支撑。

[关键词] 多PLC协同; 分布式控制; 工业自动化; 通信协议; 控制策略

中图分类号: TH86 **文献标识码:** A

Research on Cooperative Control Strategy of Multiple PLCs for Complex Processes

Ze Yang

University of Science and Technology Liaoning

[Abstract] With the continuous improvement of industrial automation, complex process control systems are characterized by multi-equipment coordination, frequent data interaction and diverse control logic. The traditional single-PLC control mode has difficulty meeting the requirements of high precision and high reliability when dealing with multi-link and multi-variable systems. Accordingly, this paper focuses on the research of multiple-PLC cooperative control strategies, analyzing the system architecture design, communication mechanism and control strategy optimization. The implementation approach is discussed combined with typical application scenarios. Research results show that constructing a distributed control structure and optimizing the coordination mechanism can significantly improve system operation efficiency and stability, providing effective support for complex industrial process control.

[Key words] multi-PLC cooperation; distributed control; industrial automation; communication protocol; control strategy

引言

在现代工业生产体系里,自动化控制技术已经成为提高生产效率和产品质量的重要方式。跟着生产规模变大、工艺复杂程度变高,控制系统要面对多变量耦合、对实时性要求高还有系统可靠性要求严格这些挑战。传统以单PLC为核心的控制模式,放在复杂生产环境里常常有响应慢、扩展性不够还有不好维护这些问题。多PLC协同控制的模式慢慢变成解决复杂过程控制的重要技术方向,把控制任务分到多个PLC单元里,做到模块化和分布式管理,有效提高了系统的灵活性和稳定性,但是,放到实际用的时候,多PLC系统在通信协调、数据一致性和控制策略匹配这些方面,还是有不少问题,所以,对多PLC协同控制策略做系统的研究,对提高工业控制水平有很重要的意义。

1 多PLC协同控制系统的结构与特点

1.1 多PLC协同控制系统的结构

多PLC协同控制系统一般会用分布式架构,把复杂的控制任务拆成多个子模块,交给不同的PLC分别执行。各个PLC依靠工业通信网络完成数据交换和协同控制。结构设计上,系统可以拆成现场控制层、通信网络层和监控管理层三个部分。现场控制层管设备运行和信号采集,通信网络层负责数据传输和指令交互,监控管理层则用来做系统调度和状态监测,这种分层结构能有效降低系统的复杂程度,提高运行效率。而且靠着模块化设计,系统在扩展和维护上都有比较强的灵活性。再往下分析,这种结构还可以支持多级控制和分区管理,让系统面对复杂工艺流程的时候,有更强的适应能力。实际工程里,可以用标准化接口做到不同设备之间的互联互通,提高系统集成的效率,另外,监控层一般会搭配上位机或者工业组态软件,做到对系统运行状态的可视化管理,给操作人员给出直观的控制界面,同时,靠着数据采集和历史记录功能,能给之后的优化和故障分析提供支撑,

整体来看,这套结构不光提高了系统的运行效率,也给之后的功能扩展和升级打下了不错的基础。

1.2 多PLC系统的运行特点

系统运行过程里,多PLC系统体现出分布性和协同性同时存在的特点。每个控制单元都能单独运行,还能借助通信完成协同控制,这种模式能降低单点故障给系统带来的影响,提高整体运行的可靠性,除此之外,多PLC系统处理复杂逻辑和多任务并行工作时优势很明显,能结合实际需求做灵活的配置。更进一步说,各个PLC之间靠周期性数据交换和事件触发机制做到信息共享,让系统可以在不同的工作条件下都维持稳定运行,同时处理多任务的时候,可以通过划分任务优先级、搭配资源调度机制,提高系统的运行效率。另外,这套系统本身还有不错的扩展性,要是生产规模变大或者工艺有调整,只需要添加或者改动对应的控制单元就能做好系统升级。

1.3 多PLC协同控制的优势与局限

多PLC协同控制在提高系统可靠性和扩展性上有很明显的好处。它用分布式结构,能有效分散控制压力,让系统运行更稳,同时,这种模式也方便各个功能模块单独开发升级,给系统维护带来方便。实际使用的时候,这种结构还允许接入不同品牌的设备,利用开放式通信协议做到多系统融合,以此提高系统的灵活程度,另外,多PLC协同控制还能把局部优化和整体协调结合起来,就算工况复杂,系统也能一直保持高效运行。但是,它的缺点也不能忽略,比如通信延迟会导致控制出偏差、系统协调变复杂,还有刚开始建设的时候成本比较高这些问题。

2 多PLC协同控制中的关键技术分析

2.1 通信机制与协议选择

通信是多个PLC协同控制的核心部分。常用的通信协议有Modbus、Profibus与Ethernet/IP等,不同协议在实时性、可靠性上各有不同特点,做系统设计的时候,得根据控制需求挑合适的协议,还可以优化网络结构来减少通信延迟,同时,也得搭数据优先级机制,保证关键数据能优先传,以此提高系统响应速度。如果是复杂系统,还能用混合通信的模式,把不同协议结合起来用,满足不同层级的通信需求。比如现场层就用实时性比较好的工业总线协议,管理层就用以太网通信,这样就能平衡性能和成本。

2.2 数据同步与一致性控制

在多PLC系统里,各个控制单元之间的数据同步非常关键。要是数据对不上,就会直接影响控制的效果。为处理这个问题,能用时间同步机制加上数据校验技术,利用统一时钟还有校验算法来保证数据一致,同时也要设计合适的数据更新方案,防止频繁通信让系统负载太高,还可以用主从同步机制或者分布式时间同步协议,做到各个PLC之间的时间统一,以此提高系统的协调性。在数据传输的时候,要加上错误检测和纠正机制,保证数据在传输途中保持完整。

3 多PLC协同控制策略设计与实现

3.1 分布式控制策略构建

在复杂的过程控制里,要按照工艺流程给各个PLC单元分配对应的控制任务,划分功能模块之后,每个PLC只负责特定的任务,这样就能降低系统的耦合程度,设计控制策略的时候,要多注意各个模块之间的配合关系,建立统一的调度机制,达成整体的优化控制。往更深一步说,搭建分布式控制策略不只是简单拆分任务,更要结合工艺逻辑和设备本身的特性做系统性设计。举个例子,连续生产过程里,可以把关键工艺段分成独立的控制单元,再由主控PLC来做协调调度,让各个子系统既能独立运行,又能做到整体联动,同时还要搭好层级式的控制结构,用上位调度加下位执行结合的方式,提高系统响应速度和控制的精准程度。系统运行过程中,要靠实时的数据采集和反馈机制,动态调整控制策略,让系统能适应复杂的工况变化,除此之外,得把通信接口和数据交换方式设计合理,防止信息传递变慢影响最终的控制效果。对分布式控制策略做深入优化之后,能在保证系统稳定性的基础上,提高整体运行效率和灵活程度,给复杂工业过程提供靠谱的控制支撑。

3.2 协同控制算法优化

想要提高系统性能,可以引入优化算法来改进控制策略,比如,利用模糊控制搭配预测控制的方法,能提高系统对动态变化的适应能力,同时,要结合实际运行的工况来调整控制参数,让系统在不同运行状态下都能保持稳定。实际应用里,优化协同控制算法得综合考虑系统的非线性特性,还有多变量之间的耦合关系,用建立数学模型加数据模型结合的办法,做到对系统运行状态的精准描述。还可以引入自适应控制算法,让系统能跟着运行数据自动调整控制参数,进而提高控制精度和响应速度。在复杂场景里,还能搭配机器学习方法,分析和预测历史数据,做出更智能化的控制决策,同时,也要在意算法的实时性和稳定性,在保证计算效率的前提下做到控制效果最优。利用多种算法融合应用,能有效提高多PLC系统的协同控制能力,让它在复杂工况里也能保持高效稳定运行,另外,在算法落地实施的过程中,要通过仿真测试加上现场调试结合的方式,不断完善参数设置,保证控制策略在实际环境里的可行性和可靠性。

3.3 故障检测与容错机制

在多PLC系统里,故障检测和容错机制是保障系统稳定运行的重要办法。利用建立好的故障监测模型,能够及时发现异常情况,并且采取应对手段,同时,需要设计冗余机制,让系统在部分设备出故障的时候,依旧可以正常运行,以此提高整体的可靠性。具体实施过程中,要搭建多层次的故障检测体系,其中包含硬件层监测和软件层诊断,依靠多维度数据分析来识别潜在的故障风险,另外,可以使用状态监测跟趋势分析的方法,对关键设备的运行状态做持续跟踪,做到故障提前预警,另外,设计容错机制的时候,要利用热备份跟冷备份结合的方式,提高系统的抗风险能力。比如在关键控制单元里设置冗余PLC,要是主控单元出了故障,就能快速切换到备用系统,保证生产过程不会中断,同时,需要建立完整的故障处理流程,用自动化恢复加上人工干预结合的方式,提高系统恢复的效率。在信息这一层,要依靠日

志记录 and 数据分析,对故障原因做追溯和分析,给后续的优化提供参考。通过搭建完善的故障检测与容错机制,能够大幅提高多PLC系统的稳定性和可靠性,降低生产过程中的风险。

4 多PLC协同控制的应用与优化方向

4.1 典型应用场景分析

多PLC协同控制如今已经广泛用到制造业、能源管理还有智能生产线等领域里,复杂生产过程里,这套模式能很好协调各个环节的运作,提高生产效率。举个例子,自动化生产线上,利用多PLC协同控制,可以做到设备之间高效联动和数据共享,以此优化整个生产流程。在离散制造领域,多PLC系统能用来完成多工位的协同控制,让各个工序之间做到无缝衔接,提高生产节拍还有产品的一致性。在能源管理系统里,多PLC协同控制能做到对多个能源设备的统一调度,利用数据采集和分析优化能源利用效率,减少运行要花的成本,同时,大型基础设施控制里,比如水处理系统还有交通控制系统,多PLC协同方式能提高系统的可靠性还有扩展性,让它可以适配复杂的运行环境。实际应用的时候,要根据不同场景的特点设计对应的控制策略,合理配置硬件还有软件资源,做到系统性能的最优匹配,另外,要做好系统集成还有调试工作,保证各个控制单元之间能协调运行,这样才能把多PLC协同控制的优势充分发挥出来。

4.2 未来优化与发展方向

伴随着工业互联网和智能制造发展,多PLC协同控制会朝着智能化、网络化方向往前走,引入云计算跟大数据技术后,能做到远程监控和智能决策,让控制系统的数据处理、分析能力变得更强,同时也要对系统安全性做更多研究,避免网络攻击破坏控制系统,保证工业生产能安全稳定进行,另外,标准化和模块化设计会变成未来发展的重点方向,能帮助提高系统兼容性和应用效率。往后发展过程里,还要多关注边缘计算技术的应用,在现场设备端直接处理数据,这样能降低网络负载,还能提高响应速度,同时还可以搭配数字孪生技术,给实际系统做虚拟建模,达成运行状态的实时映射和预测分析,给系统优化提供相应支持。除此以外,还要促进控制系统和人工智能技术深度结合,做到更智能的控制决策和故障诊断。在产业这一层面,要把标准体

系建设做得更好,促进不同厂商设备之间的连通互动,提高系统集成的效率。靠着不断推进技术创新,多PLC协同控制会在工业自动化领域发挥更重要的作用。

5 结语

复杂过程的多PLC协同控制技术,在现在的工业系统里有很重要的应用价值,利用构建分布式控制结构并优化协同机制,能有效提高系统的运行效率和稳定性,研究提到,合理设计通信机制和控制策略,是做到多PLC协同控制的关键。在实际应用里,优化控制算法并且完善故障处理机制,可以进一步提高系统可靠性和运行效率。今后,跟着信息技术不断发展,多PLC系统会进一步朝着智能化与集成化方向发展,给工业自动化给出更高效的解决方案,同时,要把技术研究和工程实践结合起来,不断完善系统设计方法和实施路径,来适应不断变化的工业需求。应用层面上,要在意系统的可扩展性和可维护性,让它能在长期运行里保持不错的性能,另外,要加强人才培养和技术交流,促进多PLC协同控制技术的不断发展。通过不断探索和实践,这项技术会在复杂工业过程控制里起到更重要的作用,给做到高效、安全和智能化生产提供扎实的保障。

[参考文献]

- [1]刘强强,王冬林,范炜杰,等.基于复合自适应控制算法的数控系统不确定因素调节研究[J].电子设计工程,2026,34(06):84-89.
- [2]黄艳,何龙,佟灵茹,等.基于PLC控制的废旧变压器自动化拆解平台设计与实现[J].工程机械文摘,2026,(02):40-48+54.
- [3]潘安琪,陈磊,沈波,等.融合纺织工程项目的过程控制系统实验教学探索[J/OL].实验室研究与探索,1-6[2026-03-20].
- [4]程继余,陶林,白江涛.基于智能控制的空压机批量制造气密性检测技术研究[J].机械管理开发,2026,41(02):236-239.
- [5]杨艳男.某复杂大空间场景的温度控制方法应用研究[J].建筑电气,2026,45(02):14-18.

作者简介:

杨泽(2006—),男,汉族,河北邢台人,大学本科,研究方向:自动化。