

基于 PLC 的自动化生产线效率提升关键技术分析

杨鹏泰

阿克苏纺织工业城（开发区）应急管理局 新疆阿克苏

【摘要】在现代制造业中，提升自动化生产线的效率已成为企业增强竞争力的重要手段。可编程逻辑控制器（PLC）作为自动化控制的核心设备，其性能和应用策略直接影响整条生产线的运行效率。本文围绕基于 PLC 的自动化生产线效率提升的关键技术展开研究，重点分析了 PLC 控制系统优化、数据采集与处理、故障诊断与维护以及人机交互界面设计等方面的技术路径与实现方法。通过实际案例验证，这些关键技术能够有效提高生产节拍、降低故障停机时间并提升整体系统稳定性。结合先进控制算法与信息化集成，是推动 PLC 在自动化领域进一步发展的关键方向。

【关键词】PLC；自动化生产线；效率提升；控制系统；故障诊断

【收稿日期】2025 年 5 月 15 日

【出刊日期】2025 年 6 月 6 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250291

Analysis of key technologies for efficiency improvement of plc-based automated production lines

Pengtai Yang

Emergency Management Bureau of Aksu Textile Industry City (Development Zone), Aksu, Xinjiang

【Abstract】In modern manufacturing, improving the efficiency of automated production lines has become an important means for enterprises to enhance their competitiveness. As the core device of automated control, the performance and application strategies of Programmable Logic Controllers (PLCs) directly affect the operational efficiency of the entire production line. This paper focuses on the research of key technologies for improving the efficiency of PLC-based automated production lines, with emphasis on analyzing the technical paths and implementation methods of PLC control system optimization, data collection and processing, fault diagnosis and maintenance, as well as human-machine interface design. Verified by practical cases, these key technologies can effectively improve production cycle time, reduce fault downtime, and enhance overall system stability. Integrating advanced control algorithms with informatization integration represents a key direction for promoting the further development of PLCs in the field of automation.

【Keywords】PLC; Automated production line; Efficiency improvement; Control system; Fault diagnosis

引言

在智能制造与工业 4.0 快速发展的背景下，传统生产线已难以满足日益增长的产能与质量要求。如何通过技术创新提升生产线的整体效率，成为制造企业亟需解决的问题。PLC 作为自动化系统的核心控制单元，其响应速度、稳定性和集成能力对生产效率具有决定性影响。近年来，随着工业通信技术、大数据分析和智能控制算法的发展，PLC 的功能已从单一逻辑控制向多任务协同与智能化管理转变。然而，在实际应用中仍存在控制策略不合理、信息孤岛严重、故障响应滞后等问题，制约了自动化生产线效能的最大化发挥。深入研究基于 PLC 的效率提升关键技术，不仅具有重要的理论价值，也对推动制造业转型升级具有现实意义。

1 PLC 在自动化生产线中的核心作用与挑战

PLC（可编程逻辑控制器）作为自动化生产线的核心控制单元，广泛应用于各类工业控制系统中，承担着逻辑运算、顺序控制、数据处理及实时反馈调节等关键任务。其高稳定性、强抗干扰能力以及灵活的编程特性，使其在现代制造业中发挥着不可替代的作用^[1]。在自动化生产线上，PLC 通过对传感器信号的采集与执行机构的控制，实现对整个生产流程的精确调度与协调运行，从而提升设备利用率和生产节拍。随着工业以太网、现场总线技术的发展，PLC 在多机协同、远程监控和分布式控制方面的能力不断增强，为构建高效、智能的生产系统提供了坚实基础。

在实际应用过程中，PLC 控制系统也面临诸多挑

战。一方面,传统 PLC 在处理复杂算法、大数据量通信及多任务并行处理方面存在一定局限,影响了系统的响应速度和控制精度;另一方面,由于不同厂商设备之间的协议差异,导致系统集成度不高,信息交互存在壁垒,形成“信息孤岛”,制约了整体效率的提升。PLC 程序设计依赖工程师的经验水平,若逻辑结构不合理或冗余设置不当,易造成资源浪费或控制瓶颈,进而影响整条生产线的连续性和稳定性。

为应对上述问题,当前研究正逐步将先进控制策略如模糊控制、PID 优化算法引入 PLC 系统,并结合边缘计算与工业物联网技术,实现数据本地化处理与云端协同分析,提高系统的智能化水平。采用模块化编程思想和标准化接口设计,有助于提升 PLC 控制系统的可维护性与扩展性。通过这些手段,不仅能够增强 PLC 在复杂工况下的适应能力,也为自动化生产线的高效运行提供了有力支撑,进一步推动制造企业向智能制造方向转型升级。

2 控制系统优化与高效逻辑设计方法

在自动化生产线的实际运行中,控制系统的设计与优化直接关系到生产效率的高低,而 PLC 作为控制核心,其逻辑设计的合理性与执行效率尤为关键。传统的 PLC 控制程序多采用经验编程方式,容易造成代码冗余、执行周期长以及系统响应滞后等问题,难以满足高节拍、连续化生产的实际需求。必须从控制逻辑结构、任务调度机制以及程序模块化等方面入手,进行系统性优化。通过引入结构化文本(ST)语言和功能块图(FBD)等高级编程方式,可以提升程序的可读性和执行效率,同时利用多任务并发处理机制,使不同控制任务按优先级合理分配 CPU 资源,缩短响应时间,提高系统的实时性和稳定性。

在工程实践中,基于模型驱动开发(MDD)理念对 PLC 控制系统进行前期建模与仿真,已成为提升控制效率的重要手段。借助如 IEC61131-3 标准下的统一开发平台,工程师可以在设计阶段构建控制逻辑模型,并通过虚拟调试技术在计算机环境中模拟系统运行状态,提前发现潜在问题并优化控制策略。这种方式不仅降低了现场调试成本,还显著提升了系统上线后的运行效率。将先进的控制算法如模糊 PID、自适应控制等嵌入 PLC 程序中,使其具备一定的动态调节能力,有助于应对复杂工况变化,实现更加精准的工艺控制,从而提高整条生产线的运行效能。

为进一步提升控制系统的智能化水平,当前越来越多企业开始融合工业物联网(IIoT)与边缘计算技术,

实现 PLC 控制层与上位信息系统的高效协同。通过对设备运行数据的实时采集与本地分析,PLC 可在边缘端完成部分决策任务,减少对中央服务器的依赖,加快控制反馈速度^[2]。结合 MES、SCADA 等信息系统进行数据联动,形成闭环控制体系,使整个自动化系统具备更强的自感知与自调整能力。这种以数据为驱动的控制系统优化方法,不仅提高了逻辑设计的科学性与灵活性,也为智能制造背景下的效率提升提供了坚实的技术支撑。

3 数据驱动下的故障诊断与实时监控技术

在自动化生产线日益复杂化的背景下,PLC 控制系统所承担的任务愈加繁重,设备运行状态的实时监控与故障预警能力成为保障生产连续性和提升效率的关键环节。传统的故障诊断方式多依赖人工巡检或事后维修,难以及时发现潜在隐患,容易导致非计划停机,影响整体生产节奏。随着工业大数据、边缘计算和人工智能技术的发展,基于数据驱动的故障诊断与实时监控逐步成为主流解决方案。通过 PLC 采集设备运行参数,如温度、压力、转速、电流等关键指标,并结合上位监控系统进行趋势分析,可实现对异常状态的早期识别与快速响应,从而有效降低故障率,提升系统可用性。

现代故障诊断技术已从单一阈值报警发展为多维度数据分析模式,其中统计过程控制(SPC)、主成分分析(PCA)以及支持向量机(SVM)等算法被广泛应用于异常检测与分类识别中。PLC 作为数据采集与执行终端,可通过 OPCUA 协议与 MES、SCADA 等系统实现高效通信,将现场数据上传至中央服务器或云端平台进行深度挖掘。通过对历史数据建模并构建设备健康评估体系,系统可自动判断设备是否处于劣化状态,并预测可能发生的故障类型。在某汽车装配线的实际应用中,利用 PLC 集成振动传感器与电流信号采集模块,结合 FFT 频谱分析技术,成功实现了对电机轴承早期磨损的识别,显著减少了突发性停机事件的发生。

实时监控系统的可视化与智能联动功能也在不断提升其在生产管理中的价值。借助 HMI 人机界面与三维组态图,操作人员可直观掌握各工位运行状态,并通过颜色变化、声光报警等方式迅速定位异常点。PLC 可与安全控制系统(如 SIS)协同工作,在检测到严重故障时自动触发联锁保护机制,避免事故扩大^[3-7]。更为先进的是,部分企业已开始引入数字孪生(Digital Twin)技术,构建虚拟产线模型,实现物理设备与数字镜像之

间的数据同步，从而在模拟环境中提前测试故障应对策略。这种融合了数据驱动与智能控制的新型监控方式，不仅提升了 PLC 系统的自诊断能力，也为自动化生产线的高效率、高稳定性运行提供了坚实保障。

4 人机交互与信息化集成提升操作效率

在自动化生产线的高效运行过程中，人机交互（HMI）系统与信息化集成水平对操作效率和管理决策具有重要影响。PLC 作为控制系统的核心，不仅承担着底层设备的逻辑控制任务，还通过与上位系统的数据交互，实现生产信息的可视化与集中管理。现代工业场景中，基于触摸屏或工控机的人机界面已广泛应用于各类产线操作终端，使操作人员能够实时掌握设备状态、工艺参数及报警信息。借助 OPCUA、MQTT 等通信协议，PLC 可将采集到的数据上传至 MES、ERP 等管理系统，打通从现场层到企业层的信息通道，显著提升生产调度的响应速度与准确性。

HMI 的设计理念也在不断向智能化、模块化方向发展。传统的人机界面功能较为单一，主要以数据显示与手动操作为主，而当前基于 Web 技术和移动端架构的远程监控系统，使操作人员可以通过 PC 端或移动终端随时查看生产线运行情况，并进行远程干预。在某家电制造企业的装配线上，PLC 通过 Profinet 总线连接分布式 I/O 模块，并与 SCADA 系统集成，构建了统一的监控平台，实现了多站点数据同步显示与历史趋势回溯。这种高度集成的交互方式不仅减少了人工干预频率，也提高了故障处理效率，为生产线的连续稳定运行提供了有力支撑。

信息化集成的深化应用进一步推动了智能制造体系的构建。PLC 与 MES 系统的深度对接，使得生产计划、质量追溯、设备维护等信息能够在控制层直接体现并执行，从而实现“从订单到交付”的全流程闭环管理^[8]。通过采用标准化的数据接口和工业通信协议，不同品牌设备之间的信息壁垒逐步被打破，形成了更为灵活的系统架构。在此基础上，结合大数据分析 with 云计算技术，企业可以实现对生产过程的全面优化，提升资源利用率与市场响应能力。这种以 PLC 为基础、融合人机交互与信息系统的技术路径，已成为提升自动化生产线整体效率的重要手段。

5 结语

基于 PLC 的自动化生产线效率提升涉及控制系统优化、数据驱动的故障诊断、人机交互改进及信息化集成等多个关键技术环节。通过优化逻辑设计提升响应速度，结合智能算法增强控制精度，利用实时监控实现预防性维护，并通过高效人机界面与信息系统协同提升操作便捷性，能够有效推动生产线向高效、稳定、智能化方向发展。未来，随着工业互联网与边缘计算技术的深度融合，PLC 在智能制造中的核心作用将进一步凸显，为制造业转型升级提供更加强劲的技术支撑。

参考文献

- [1] 伏丽娟.电气自动化技术在轻工产品生产线中的应用[J].上海轻工业,2025,(03):130-132.
- [2] 张进年.工业机器人在自动化生产线中的应用案例分析[J].石河子科技,2025,(03):43-44.
- [3] 王珊珊.自动化物流生产线故障诊断虚拟仿真教学研究[J].自动化与仪器仪表,2025,(05):211-217.
- [4] 罗颖飞,罗云丽.电机端盖自动化生产线数字孪生仿真技术研究[J].自动化应用,2025,66(10):162-164.
- [5] 刘雅,何良涛,常硕,等.基于数字孪生的汽车自动化生产线故障诊断研究[J].河北水利电力学院学报,2024,34(04):44-49.
- [6] 王宇,渠世行,邵帅,等.浅谈工业机械手在自动化生产线中的运用[J].中国设备工程,2024,(24):103-105.
- [7] 何冬康,夏雨,赵云俊.基于工业互联网的自动化生产线监控系统设计[J].自动化应用,2024,65(24):149-152.
- [8] 宋术丰,李家健,沈国江,等.激光智能切割下料生产线的工厂自动化应用[J].锻压装备与制造技术,2023,58(06):42-46.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

