

PLC 与变频器在传送带调速控制中的配合应用

骆 超

重庆川仪自动化股份有限公司智能控制系统分公司 重庆 400700

【摘 要】：本文针对传统工频驱动传送带能耗高、调速精度差的问题，研究 PLC 与变频器配合的传送带调速控制系统。采用西门子 S7-1200PLC 与 G120C 变频器，通过 PROFINET 工业以太网实现通信对接，设计分层控制架构与模块化控制程序，集成多段速调速、系统保护与故障诊断功能。经实际运行验证，系统调速精度达 $\pm 2\%$ ，半载工况节能率 24.3%，空载工况节能率 36.5%，有效提升传送带运行效率与节能水平，为工业输送系统自动化升级提供可行方案。

【关键词】：可编程逻辑控制器；变频器；传送带调速控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.016

随着工业自动化水平不断提升，传送带作为物料输送的核心设备，其调速控制精度与运行效率直接影响生产线整体性能。传统工频驱动方式存在能耗高、启停冲击大、无法动态调速等缺陷，已难以满足现代智能制造的精细化控制需求。PLC 与变频器的配合应用为传送带调速控制提供了高效解决方案，本文从系统设计、通信实现、程序开发与效果验证等方面展开研究，旨在为工业输送系统的节能化与智能化升级提供技术参考。

1 PLC 与变频器在传送带调速控制中的应用背景与技术基础

传送带承担工业生产全过程物料连续输送工作，调速控制精度直接影响生产线运行效率，也会影响设备后期运维成本。工频恒速驱动模式无法适配生产线动态变化的物料负载，设备空载与轻载工况下存在大量无效能耗，频繁直接启停还会加剧滚筒、轴承等机械部件磨损，缩短设备整体使用寿命。PLC 凭借优异的逻辑运算能力与工业现场抗干扰性能，早已成为自动化生产线核心控制设备。工控网 2024 年市场调研数据显示，西门子工控产品国内 PLC 市场占有率达到 32.1%，该系列控制器大量应用于各类输送线自动化改造项目^[1]。变频器依靠改变电机供电频率实现无级平滑调速，可跟随负载变化实时调整电机运行转速。《中国电机工程学报》2021 年相关研究证实，工业输送设备加装变频装置后，整体能耗可降低 15%-30%。PLC 负责现场信号采集、逻辑运算与控制指令下发，变频器接收指令完成电机调速与动力驱动，二者协同配合，既满足传送带工艺连锁控制需求，又实现电机精准调速与节能运行，是当下工业输送系统主流的自动化控制方案。

2 PLC 与变频器配合控制的系统设计与实现方案

2.1 控制系统整体方案与硬件选型设计

本次设计的传送带调速控制系统分为四层架构，包含人机

交互层、逻辑控制层、驱动执行层与现场检测层。人机交互层搭载触摸屏，用于设备参数设置与运行状态实时监测；逻辑控制层以 PLC 为核心，完成现场信号汇总与控制逻辑运算；驱动执行层由变频器与三相异步电机构成，负责执行调速指令；现场检测层依靠光电传感器与接近开关，采集物料位置及设备运行状态信号。

系统主控单元选用西门子 S7-1200 1214C DC/DC/DC 型 PLC，该型号自带 14 路数字量输入、10 路数字量输出接口，原生兼容 PROFINET 通信协议，运算处理速度能够满足传送带实时控制需求。变频器配套选用同系列 G120C 紧凑型变频器，额定功率 0.75kW，内置滤波器件，可弱化现场电磁干扰对控制信号的影响。动力电机选用常规 Y 系列三相异步电机，额定电压 380V，额定电流 1.8A，额定转速 1440r/min，功率参数匹配传送带常规负载工况。检测器件选用 E3Z 对射光电传感器，5m 检测距离、1ms 响应速度的参数指标，可满足生产线物料检测需求。

系统统一规划 IO 端口地址，启停、急停等手动操作信号接入 I0.0-I0.2，现场检测传感器信号接入 I0.3-I0.6，变频器运行与多段速控制信号由 Q0.0-Q0.3 输出。主回路采用 380V 三相市电供电，经断路器、接触器接入变频器输入端，控制回路单独采用 24V 直流供电，强弱电回路完全分离，提升复杂工业现场下系统运行稳定性。

2.2 PLC 与变频器通讯对接及调速控制逻辑设计

PLC 与变频器的协同控制依赖可靠的数据通信链路，二者通过内部高速通道建立双向数据交互，借助存储映射机制实现控制指令下发与运行状态回传，其通信基本原理如图 1 所示。

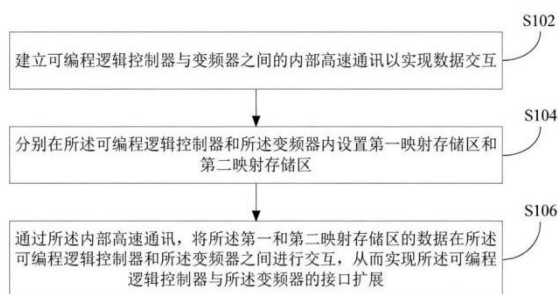


图1 PLC与变频器高速通信数据交互流程

系统借助 PROFINET 工业以太网完成 PLC 和变频器的数据交互,全部通信组态工作在 TIAPortal 软件中完成。在软件网络视图内添加两款硬件设备并划分同一网段,PLC 以太网 IP 地址设置为 192.168.0.1,变频器 IP 地址设置为 192.168.0.2,子网掩码均设定为 255.255.255.0。变频器参数 P8920 设备名称必须与组态软件保持一致,参数设置不一致将直接导致通信链路建立失败。系统选用 PZD2/2 标准报文 1,通过控制字下发启停与速度指令,依靠状态字回传变频器运行转速与故障信息^[2]。

变频器参数依托 BOP 面板完成调试,修改 P0010 为 1 进入快速调试模式,依次录入电机铭牌额定电压、电流、功率、频率及转速参数,参数录入后设置 P3900 为 1,设备自动完成电机参数辨识与优化。系统结合连续调速与多段速调速两种模式,日常生产采用 0-50Hz 连续频率调速,对应电机 0-1440r/min 转速,特殊工况可切换固定档位调速。程序内置 5s 加减速斜坡时间,避免转速突变带来的机械冲击与电流波动。行业相关测试数据表明,采用 PROFINET 通信的调速系统响应时间可控制在 10ms 以内,动态响应性能明显优于传统模拟量控制方案。

2.3 PLC 程序编写、系统保护与故障诊断设计

PLC 程序采用模块化梯形图编程,OB1 主循环块持续调用各功能子程序,OB100 初始化块完成设备上电自检与参数初始化。整体程序分为运行控制、速度调节、故障处理三大模块,分工完成整套设备的自动化控制工作。运行控制模块实现传送带启停与正反转控制,正反转控制回路设置电气、程序双重互锁,避免电机换向时出现短路故障。速度调节模块结合现场物料检测信号换算对应运行频率,完成工程量与通信报文格

式转换,多段速模式设置 20Hz、35Hz、50Hz 三档固定转速,档位切换过程自带平滑调速过渡,保证传送带运行平稳无抖动。

系统保护分为电气保护与工况保护两类,变频器自带硬件保护功能,可自主监测过流、过压、过载、欠压等电气故障并紧急停机。传送带跑偏、物料堵塞、紧急停机等现场工况异常信号直接接入 PLC 高速输入点,系统可快速切断变频器运行指令并启动制动流程。故障诊断模块实时读取变频器故障代码与运行状态,在触摸屏界面同步展示故障信息与检修建议,针对现场高发的 F0001、F0002、F0011 三类故障预设复位流程,故障排除后操作人员可按下复位按键,恢复设备正常运行状态。

3 应用效果验证与工程实践优化

系统调试遵循先空载后负载、先低速后高速的原则,调试前期逐一核对硬件接线与设备参数,通信链路稳定后开展电机空载试运行,观察电机运转状态、运行噪音与温升变化,确认无异常后逐步提升至额定运行频率。空载调试合格后开展带载测试,通过改变物料负载重量测试系统动态调速性能,现场实测速度控制误差稳定在 $\pm 2\%$ 以内,符合工业输送设备控制精度要求。现场能效测试结果显示,设备半载工况节能率可达 24.3%,空载工况节能率提升至 36.5%,变频运行模式下电机温升相比工频运行降低 8℃,节能与设备温控效果表现优异。工业现场电磁干扰会影响通信及检测信号稳定性,工程应用中需规范布线,动力线缆与信号线缆间距保持 20cm 以上,屏蔽线缆采用单端接地方式。规范布线与屏蔽接地处理能够有效削弱现场辐射干扰,保障通信传输与传感器信号采集精度,保障整套控制系统长期稳定运行^[3]。

4 结语

本文设计的 PLC 与变频器配合传送带调速控制系统,通过 PROFINET 通信实现了逻辑控制与速度调节的有机结合,系统运行稳定可靠,调速精度与节能效果显著。该方案不仅降低了传送带运行能耗,还提升了设备自动化水平与故障诊断能力,具有较强的工程实用价值。未来可进一步结合工业互联网与智能算法,实现传送带系统的自适应优化与远程监控,推动工业输送设备向更高层次的智能化方向发展。

参考文献:

- [1] 王思卓.基于可编程逻辑控制器的变频器自动控制方法研究[J].电器工业,2022(4):35-39.
- [2] 李超.基于 PLC 和变频器的传送带多电机同步控制系统设计与运维管理[J].造纸装备及材料,2025,54(11):64-66.
- [3] 谢李洋,陈荷燕,王坤,刘树青.基于物联网和 PLC 的变频器远程调速控制系统设计[J].自动化应用,2025,66(21):1-5.