

Profibus-DP 总线在印染拉幅定形机 电气控制系统上的应用

周振环

邵阳纺织机械有限责任公司 技术中心, 湖南 邵阳 422000

摘要:对印染拉幅定形机的电气控制系统进行概述。该系统采用先进的西门子 Profibus-DP 总线通信技术, 配备丹佛斯 FC302 变频器构成速度闭环控制方式。通过信号级联输出方式, 实现各传动单元之间的速度同步, 提高速度信号的实时性和精确度。此外, 介绍了风机变频器和温控表所采用的 Modbus 总线通信方式, 该通信方式实现了更好的设备数据整合与数据交换。

关键词: 印染拉幅定形机; Profibus-DP 总线; 速度闭环; 触摸屏; Modbus 总线; 变频器; 信号级联; 可编程逻辑控制器

中图分类号: TS 195.3

文献标志码: A

文章编号: 1004-7093(2024)02-0048-05

Application of Profibus-DP fieldbus in electric control system of printing and dyeing stenter machine

Zhou Zhenhuan

Technical Center, Shaoyang Textile Machinery Co., Ltd., Shaoyang 422000, Hunan, China

Abstract: The electrical control system of printing and dyeing stenter machine was summarized. The system adopted advanced Siemens Profibus-DP fieldbus communication technology which equipped with Danfoss FC302 frequency converter to form a speed closed-loop control mode. By using the signal cascade output mode, the speed synchronization between the transmission units was realized, and the real-time performance and accuracy of the speed signal were improved. In addition, the Modbus fieldbus communication mode adopted by fan frequency converter and temperature control meter is also introduced, which realized better equipment data integration and data exchange.

Keywords: printing and dyeing stenter machine; Profibus-DP fieldbus; speed closed-loop; touch panel; Modbus fieldbus; frequency converter; signal cascade; programmable logic controller

1 概述

1.1 印染拉幅定形机系统

印染拉幅定形机是一种能够实现连续加工的染整后处理设备, 用于各类纺织品如服装面料、家纺面

料、医疗卫生用非织造布、工业用砂布、汽车内饰织物等的染整加工。

印染拉幅定形机的主要流程如下: 轧车辊→下超喂辊→上超喂辊→毛刷轮→主链条(烘房 5~10 节)→出布辊→落布辊。

收稿日期: 2024-01-10

作者简介: 周振环, 男, 1980 年生, 本科, 工程师, 研究方向为印染设备电气自动化控制, 876018309@qq.com

印染拉幅定形机主要由进布上针系统、轨道系统、调幅系统、热风循环系统、出布系统及电气控制系统等子系统组成,其中,电气控制系统起着至关重要的作用。电气控制系统采用交流变频调速,链条作为全机主令机,采用变频电机驱动,各子系统协同工作,实现布料的顺畅进出、幅宽的精准控制、热风能量的循环传递,以及温度的精确调节。

1.2 Profibus-DP 总线

传统的印染拉幅定形机电气控制系统通常采用模拟量信号输出方式在各传动单元之间实现速度信号的传递,其速度响应慢,抗干扰能力差,动态过程不平滑。在电气控制系统中采用 Profibus-DP 总线通信技术,可以解决上述问题。Profibus-DP 总线是目前工业控制系统中最成功的现场总线之一,它采用全数字化通信,可实现双向、多变量、多点多站的通信。Profibus-DP 总线是不依赖于生产厂家的开放式现场总线,不同厂家的不同产品,只要采用统一的通信协议即可实现互联。它允许高速周期性的小批量数据通信,适用于对时间要求苛刻的自动化系统。Profibus-DP 总线尤其适合相对独立的分散设备之间的数据通信,适用于构建分布式控制系统,尤其是印染行业的中大型设备。基于此,邵阳纺织机械有限责任公司顺应发展需求,针对中高端客户的定形机电气控制系统,采用 Profibus-DP 总线通信技术进行了改进^[1]。

1.3 丹佛斯变频器速度闭环控制方式

在定形机电气控制系统中,传统的变频器开环控制异步电机调速又称 V/F 控制方式,这种控制方式的电路简单、可靠,但调速范围(转速可以调至电机额定转速的比率)低,在 1:10 以内,且无法控制电机的实际转速,因此调速精度低(2.0%~5.0%),并且低速性能不理想,扭矩不够,只能应用于要求不高的纺织机械上。无速度传感器矢量控制方式具有优良的低速特性,电路结构简单、可靠性高,同时还具有良好的加减特性和力矩特性,以及电流限制特性等。该控制方式的调速精度可达 0.5%~1.0%,调速范围达 1:20,构成的调速系统性能较好。若采用速度闭环矢量控制方式,变频器控制精度还可提高 1 个等级,调速范围可达 1:100,适用于对调速性能要求高且对恒张力、恒线速度等有要求的控制

系统^[2]。

在改进的印染拉幅定形机电气控制系统中,采用丹佛斯 FC302 变频器。丹佛斯 FC302 系列变频器是一种高性能矢量变频器,具有动态响应速度快等特点,其采用增量型编码器进行速度信号反馈。通过丹佛斯 FC302 变频器和增量型编码器构成速度闭环矢量控制方式,为提高电气控制系统的抗干扰性、稳定性和实时性,输入输出的速度信号采用高速脉冲信号,并采用速度信号各级级联方式。所有丹佛斯 FC302 变频器均采用 Profibus-DP 总线通信方式进行数据的读写。变频器设置成速度闭环矢量控制方式后,可以长时间稳定运行在 0.3 Hz 的低频段,并且输出 100% 的力矩,从而确保了改进后印染拉幅定形机启动时的平稳性。

1.4 Modbus 通信协议

Modbus 通信协议是一种在普通 RS485 通信协议基础上开发的工业级通信协议,具有通信速率可调、通信距离远、抗干扰能力强等特点。Modbus 通信协议分为 RTU 和 ASCII 协议,其中,RTU 协议的通信速度比 ASCII 协议的快得多。RTU 通信属于一种单向的通信,即便如此,其仍因设置简单和兼容性良好,目前已得以广泛应用,并已成为低成本、小局域网、工业通信连接的通用工业协议标准^[3]。改进后印染拉幅定形机的循环风机变频器、温控表和可编程逻辑控制器(PLC)间即采用 Modbus RTU 总线通信方式^[3]。

2 电气控制系统

2.1 硬件系统

改进的印染拉幅定形机电气控制系统中,PLC 采用的是西门子 S7-314C-2DP,该 PLC 内置 2 个通信端口,分别是 MPI 端口和 Profibus-DP 端口。其中,MPI 端口用于连接施耐德 HMIGTO6310 触摸屏,通信速度(传输速率)可达 187.5 kbit/s,通信距离约为 50 m;Profibus-DP 端口用于连接丹佛斯变频器和西门子 KTP700 触摸屏,组成 Profibus-DP 总线通信网络,通信速度可达 1.5 Mbit/s,通信距离约为 80 m。机械传动单元变频器共 7 个,分别控制下超喂辊、上超喂辊、左毛刷、右毛刷、主链条、出布辊和落布辊的起停及速度给定,所有传动单元的变频器

都采用丹佛斯 FC302 变频器,并附带 Profibus-DP 总线通信卡和编码器反馈脉冲发生器(PG 卡),提供 Profibus-DP 总线和速度闭环控制方式的硬件接口。PLC 作为 Profibus-DP 的主站,通信地址定义为 2,7 个变频器作为 Profibus-DP 总线网络的从站,通信

地址依次定义为 4~10。PLC 硬件系统组成如图 1 所示,程序编制软件采用西门子的 STEP7 V5.5 版。程序编写过程中,PLC 主站和所有从站变频器的数据读写都通过调用软件集成的功能块 SFC15 进行^[4]。

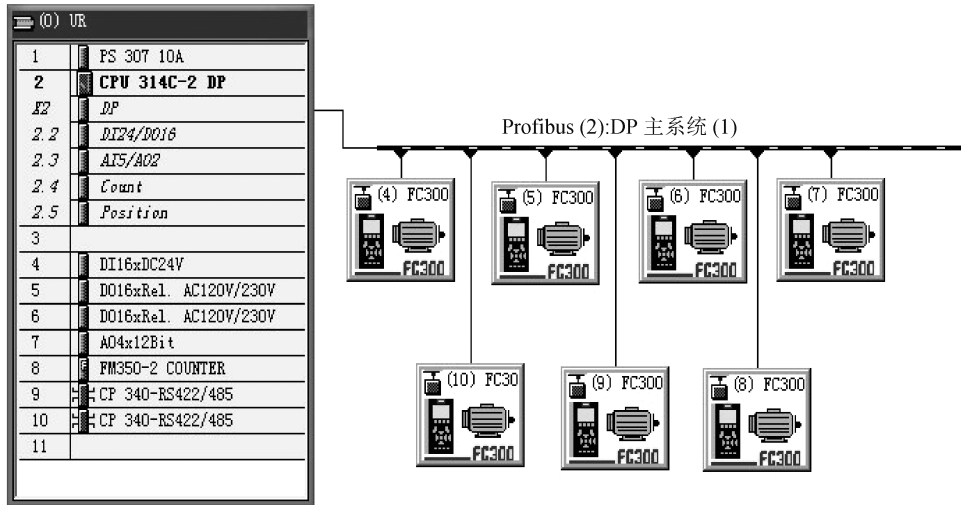


图 1 PLC 硬件系统组成

Fig. 1 Composition of PLC hardware system

PLC 硬件系统组成中还用到数字量输入输出 SM321 和 SM322、模拟量输出 SM332 等模块。为精确采集织物的实际门幅值,系统采用高速计数模块 FM350-2。循环风机变频器速度信号、温控表设置值通过 CP340 模块进行通信给定。该模块采用的是 RS485 底层通信协议,可以通过系统块调用

Modbus 通信程序,也可以根据 Modbus 的协议规则自行编写程序。ATV31 变频器和温控表采用的通信协议为 Modbus RTU^[5]。

以 5 节烘房为例,整个电气控制系统组成框图如图 2 所示。

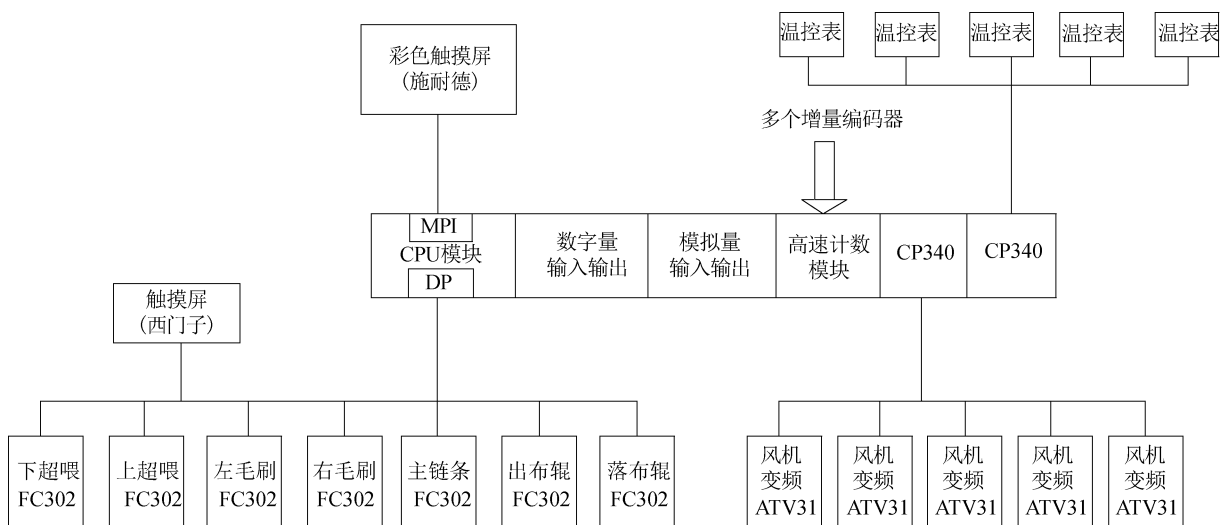


图 2 整个电气控制系统组成框图

Fig. 2 Block diagram of the whole electrical control system

2.2 系统控制方式

在改进的印染拉幅定形机电气控制系统中, PLC 作为 Profibus-DP 总线网络中的主站, 同时向 Profibus-DP 总线内的每个从站发送信号。整个定形机电气控制系统中, 主链条的速度信号通过 PLC 的 Profibus-DP 总线给定。变频器接收到速度信号后, 会将编码器反馈回来的实际速度与给定速度进行对比, 通过速度闭环方式调节后输出实时频率信号。主链条的实际速度通过变频器的脉冲输出传送给上超喂变频器和出布辊变频器, 上超喂变频器的实际速度信号再传送给下超喂和毛刷轮变频器, 出布辊变频器的实际速度信号再传送给落布辊变频器, 每个变频器都有自己独立的速度闭环控制方式。传动单元中的轧车辊变频器采用丹佛斯变频器特有的扩展速度闭环 PID 方式, 结合德国 EL 公司的张力传感器构成张力反馈系统, 确保布料的低张力平稳输送。调试该速度闭环方式时, 需不断修改变频器参数, 力求在动态和静态过程中达到最佳状态, 尤其是如下几个参数: PID 比例增益、速度 PID 积分时间、速度 PID 微分时间、速度 PID 低通滤波时间^[6]。变频器速度闭环方式中各传动单元的速度级联结构图如图 3 所示。

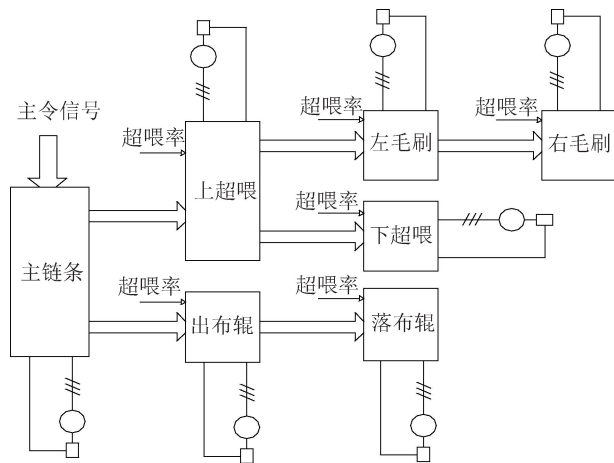


图 3 各传动单元的速度级联结构图

Fig. 3 Speed cascade diagram of each transmission unit

2.3 其他

印染拉幅定形机各传动单元的速度同步方式为硬同步, 在触摸屏 (HMI) 上可以进行超喂率设定, 触摸屏的主要操作界面如图 4 所示。超喂率的给定通过 Profibus-DP 总线通信传送到丹佛斯变频器, 变频器通过参数设定将上一级脉冲频率信

号与 Profibus-DP 总线通信传送来的超喂率信号进行叠加, 再演算出实际频率后输出给各传动单元变频器。各传动单元的工艺速度满足式 (1) ~ 式 (5) 的关系。

$$v_{上} = v_{主} \times (1 + K_1) \quad (1)$$

$$v_{下} = v_{上} \times (1 + K_2) \quad (2)$$

$$v_{毛刷轮} = v_{上} \times (1 + K_3) \quad (3)$$

$$v_{出布} = v_{主} \times (1 + K_4) \quad (4)$$

$$v_{落布/卷布} = v_{出布} \times (1 + K_5) \quad (5)$$

式中: $v_{上}$ 为上超喂速度; $v_{主}$ 为链条速度; K_1 为上超喂率; $v_{下}$ 为下超喂速度; K_2 为下超喂率; $v_{毛刷轮}$ 为毛刷轮速度; K_3 为毛刷轮超喂率; $v_{出布}$ 为出布超喂速度; K_4 为出布超喂率; $v_{落布/卷布}$ 为落布/卷布超喂速度; K_5 为落布/卷布超喂率。

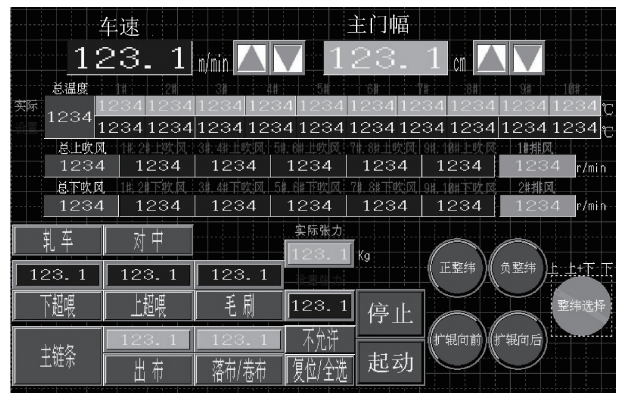


图 4 触摸屏的主要操作界面

Fig. 4 Main operating interface of touch panel

2.3.1 循环热风系统

印染拉幅定形机以空气为载热体, 通过循环风机实现载热体在烘房内部的循环, 从而确保织物在烘房内均匀受热。每节烘房配备 2 台功率为 7.5 kW 的电机, 循环风机采用交流变频调速, 每节烘房还配置 1 台 15 kW 的 ATV31 系列变频器。将 8 路 PT100 铂热电阻提供的采样数据传送到温控表中, 进行高精度的 PID 调节, 并在触摸屏的 HMI 上显示各烘房的实际温度和设定温度。整个机器的控制通过 2 个触摸屏进行操作, 用户可以选择、调整各单元的超喂率, 显示和调节各段门幅, 调节各区风速, 以及更改各区温度的实际值和设定值^[7]。

2.3.2 抗干扰措施

印染拉幅定形机电气控制系统中尤其值得关注

的问题是抗干扰问题,特别是 PLC 和变频器的抗干扰问题。尽管 Profibus-DP 总线的抗干扰性能良好,在改进的电气控制系统中,仍采取下述抗干扰措施以进一步提高抗干扰能力。

(1)在 PLC 的交流电源输入端增加带屏蔽隔离的变压器和带低通率的滤波器。

(2)PLC 与强电设备使用不同的接地装置,确保接地面积不小于 6 mm^2 ,且屏蔽层地、保护地和电源地分开。信号线中间有接头时,屏蔽层做绝缘处理,以避免多点接地。

(3)装有变频器的控制柜尽量远离大容量变压器和电机,其控制电缆线路也尽量避开漏磁通大的设备。

3 结束语

采用 Profibus-DP 总线通信技术对传统印染拉幅定形机的电气控制系统进行改进,配备丹佛斯 FC302 变频器构成速度闭环控制方式,结合西门子 PLC 与触摸屏控制方式,以及变频器脉冲信号输出级联方式,实现各传动单元之间的速度同步,提高速度信号的实时性和精确性。此外,循环风机变频器和温度控制部分采用了 Modbus 总线通信技术。在印染行业引入该改进的电气控制系统,不仅可以降低拉幅定形机的设备成本,还能够提高生产工艺的精确性与效率,满足印染行业的需求,为产业用纺织品品质的进一步提升和市场竞争力的提高提供强有

力的支持。目前,该电气控制系统已在市场上得以应用,为用户带来了显著的经济效益和社会效益。未来,随着技术的进一步发展,该电气控制系统在印染行业的应用前景将更加广阔。



期刊采编平台



中国知网下载

参考文献

- [1] 邵鹤. 基于 Profibus-DP 的丹佛斯变频器在条烟输送系统上的应用[J]. 自动化应用, 2011(11):30-31.
- [2] 魏戴宁. 西门子 PLC 与变频器在脱硫系统中的 DP 通信应用[J]. 机电设备, 2021,38(5):89-92.
- [3] 袁亮,陶肖,曾小波. Modbus 通信在 HOLLiAS MACS 控制系统中的应用[J]. 工业控制计算机, 2023, 36(9):92-94.
- [4] 安磊. PROFIBUS-DP 网络下变频器的应用[J]. 企业技术开发(下旬刊), 2016, 35(1):72-73.
- [5] 秦忠凯,王伟,刘宝友. 基于多总线的 PLC 与变频器通信系统的应用[J]. 电气传动自动化, 2023, 45(1):23-26.
- [6] 花永紧,孙正威. 基于 S71500 系统的 Profibus-DP 通信在称重系统中的应用实例[J]. 仪器仪表用户, 2023, 30(8):36-39.
- [7] 伍晓泉,胡春潮,尤毅,等. 基于 SM 算法的电力监控系统安全接入网关[J]. 自动化技术与应用, 2023, 42(1):108-112.

