

基于 Compactlogix5000 的大型串联密炼机控制系统的设计

蔡翔, 张志强, 蔡超, 杨凡

(益阳橡胶塑料机械集团有限公司, 湖南 益阳 413000)

摘要: 大型串联式密炼机具有节约厂房及设备投资、降低炼胶段数、减少用工数量, 降低能源损耗、提高炼胶品质等优点。本文介绍了串联密炼机的基本结构组成、炼胶特点、基于罗克韦尔 PLC 使用智能网关实现高压变频器通讯控制的电气控制系统设计。

关键词: 串联式密炼机; 罗克韦尔 PLC; 智能网关

中图分类号: TQ330.493

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)07-0065-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.07.015

炼胶是轮胎及橡胶制品加工制造中的首道重要工序, 也是决定轮胎及橡胶制品质量的关键工序。密炼机炼胶具有均匀、稳定、环保等优点, 是橡胶混合过程中的关键设备, 也是轮胎企业能耗最大的设备, 其能耗占到轮胎生产过程总能耗的 30%~40%。密炼胶作为轮胎及橡胶制品的主要成分材料, 胶料品质的好坏对轮胎及橡胶制品的质量起着决定性的作用。

1 串联密炼机的组成

目前传统密炼胶的生产工艺以多段式炼胶为主, 多段式炼胶需要多次搬运母炼胶料, 以及需要较大的胶料存放场地和占用较长的存放时间。而且多段式炼胶在胶料冷却停放及再次加热密炼过程中会产生较多的能源浪费。在轮胎胎面胶的加工过程中通过添加白炭黑, 可以有效的降低胶料的潘恩效应, 降低轮胎滚动阻力、减少燃油消耗, 提高轮胎的干、湿路面的抓着力与安全性能, 因此增加白炭黑的用量是高性能轮胎的发展趋势。但是, 白炭黑在胶料密炼过程中对炼胶的温度非常敏感, 而且还会产生大量的水汽, 为解决这一问题, 国内外普遍采用串联炼胶技术, 因此串联密炼技术是密炼机未来发展的一个重要方向^[1-2]。

大型串联密炼机是由 1 台带有液压上顶栓的 GE580 或 GE420 密炼机作为上密炼机, 和 1 台处于下方位置不带上顶栓的 GE1000T 或 GE800T 密炼机

组成的一套串联式联合炼胶装置(见图 1)。上下密炼机通过接料斗连接起来, 上密炼机完成胶料母炼后, 直接将母炼胶排入下方接料斗内, 胶料经接料斗进入下方的串联的 GE1000T 或 GE800T 密炼机内进行补充混炼或终炼, 当下方的 GE1000T 或 GE800T 密炼机对前 1 车母炼胶进行恒温终炼时, 上方的 GE580 或 GE420E 正在进行新 1 车的胶料的混炼, 由下密炼机完成的终炼胶卸到下辅机双螺杆挤出机内出片。区别于传统密炼胶工艺, 生胶料先由 GK400N 密炼机进行高速混炼, 最后由 GN300 密炼机进行低速度终炼, 串联密炼技术是胶料从 GE580 或 GE420 上密炼机内完成母炼后不经过停放, 直接排放到下方无液压上顶栓装置的 GE1000T 或 GE800T 密炼机内进行终炼, 所有胶料混炼过程一次完成, 减少了多段混炼胶料升温过程中的能源损失, 节约了多段炼胶胶料存放的场地。常规密炼工艺和串联密炼工艺对比见图 2^[3]。

大型串联式密炼机是我公司为了满足绿色轮胎的炼胶工艺, 以及胎面胶加白炭黑的混炼而研发的大型炼胶设备。相较于以往的 GE320_GE590T 串联密炼机, GE420_GE800T 串联密炼机产能提高了 40%, 而 GE580_GE1000T 串联密炼机产能提高了 75%, 极大

作者简介: 蔡翔 (1986-), 男, 工程师, 工学硕士, 主要从事橡胶机械控制系统的研究工作。

收稿日期: 2024-01-18

的提高了炼胶效率。

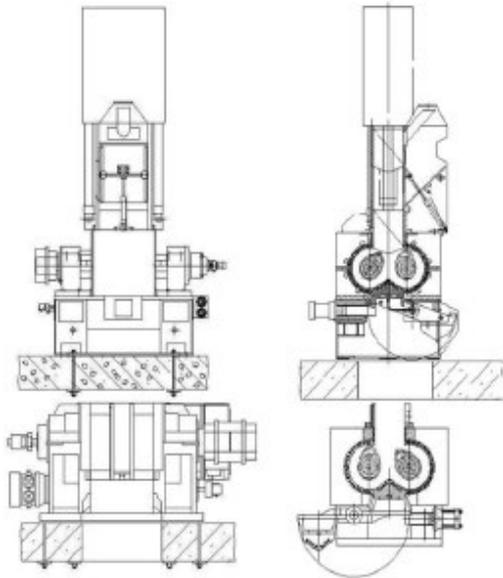


图1 串联式密炼机结构

2 CompactLogix5000 集成架构简介

CompactLogix5000 是罗克韦尔公司为中型应用提供了一个从单机到分布式应用系统的 Logix 解决方案。采用无机架设计，配合模块化设计的 CompactLogix I/O 较传统 ControlLogix5000 可以节省 30% 的安装空间。CompactLogix5000 控制器与所有 Logix 控制器使用相同的编程软件、网络协议和信息功能，为实现所有控制策略提供一个通用的开发环境。

3 电气控制系统架构

大型串联密炼机控制系统主要包括罗克韦尔 CompactLogix(1769) 可编程控制器 (PLC)、一个扩展本地 IO 工作站、上下两个温度控制单元 (TCU)、上下两个液压站远程 IO 工作站，上下 4 台工艺、润滑油泵变频器，上下两台高压变频器、触摸屏和罗克韦尔 Stratix5700 管理型交换机，控制系统架构如图 3 所示。

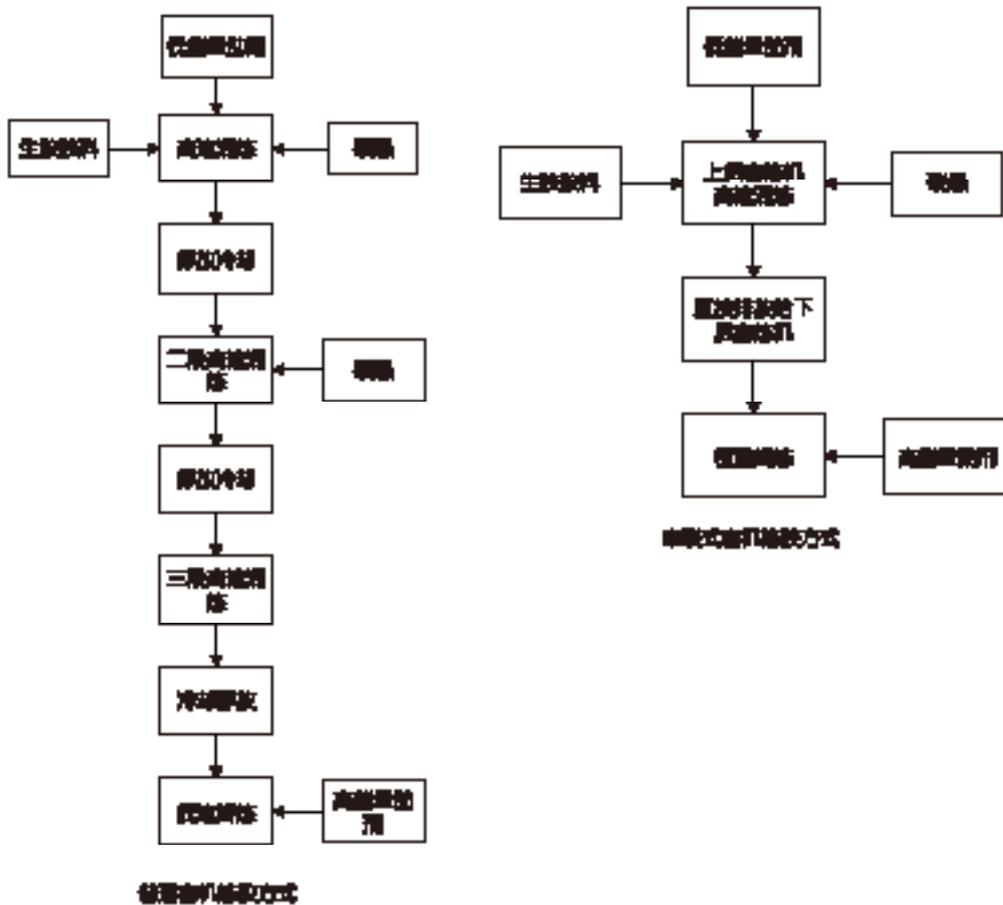


图2 常规密炼工艺与串联密炼工艺对比

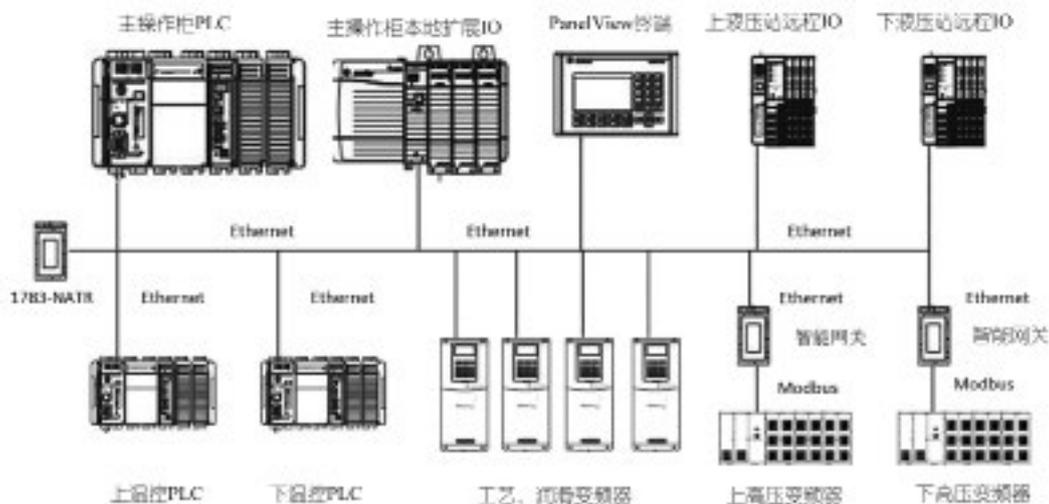


图3 大型串联密炼机控制系统架构图

交换机负责中转和传输系统所有 Ethernet 通讯数据，上下辅机与密炼机的通讯数据。密炼机控制系统中留有与上辅机的接口，从而获得密炼机上辅机的生产计划。4 台工艺、润滑油变频器通过 Ethernet 通讯根据炼胶过程中负荷的变化调整油量的注入，高压变频器通过 EthernetIP 转 modbus 实现通讯控制。所有网线均采用标准工业以太网 cat6 屏蔽网线，系统通讯稳定可靠。

4 硬件选型

主控制系统 PLC 型号为 CompactLogix 1769-L33ER，具有 2 个 EtherNet/IP 端口，1 个 USB 端口，可以扩展 16 个本地 1769 模块，具有 32 个以太网节点。串联密炼机基本 IO 点比较多，如上下密炼机机体光电磁性开关、上下润滑中心检测报警信号、上下主电机检测报警信号、上下减速机检测报警信号、密炼机主机及减速机和主电机测温等，因此主操作柜中还需要扩展一个 1769-AENTR 本地 IO 工作站。

上下液站远程 IO 工作站的接口模块 1734-AENT（标准型带一个 EtherNet/IP 端口）。触摸屏采用 PanelView Plus 7 Performance 12 寸触摸屏，触摸屏分辨率高，画面监控质量好，主要显示密炼机主机运行状态画面及各辅助设备状态和设备报警信息显示。操作方便，显示清晰，触摸屏与 PLC 通过 EtherNet 通讯协议通讯。采用 4 台 PowerFlex 525 实现上密炼机工艺油、润滑油及下密炼机的工艺油、润滑油的实时变量供油，在满足设备正常润滑和密封要求的情况

下最大限度的减少进入混炼室中的油量，不会影响炼胶品质。

两台高压变频器通 modbus 转 EthernetIP 智能网关实现变频器与主控制系统的以太网通讯，PLC 可以实时读取变频器的状态数据，并将控制命令及速度给定实时无损耗的传给变频器。

上下温度控制单元分别采用 CompactLogix 1769-L30ER PLC 单独控制，具有 2 个 EtherNet/IP 端口，可以扩展 8 个本地 1769 模块。独立 PLC 控制使得温度控制单元不仅独立运行，而且还可以和主控制系统联动控制，提高了设备的抗故障能力，以确保在各种情况下都能够正常运行。

交换机采用 Stratix5700（1783-BMS10CGL）管理型交换机，具有 10 个 RJ45 口，采用 10/100 Mb/s 自适应以太网收发器，24 V 直流电压（VDC）供电。相较于非管理型交换机，管理型交换机具有十分强大的防御能力，能够有效防止和抵御各种网络冲突，保障密炼机控制系统的通讯安全。

1783-NATR 通讯模块可以实现设备的物理 IP 地址与控制网络隔离，使控制网络更加稳定可靠。

5 温度控制单元的设计参数

在密炼机混炼过程中，由于胶料在密炼机转子棱间，以及转子与混炼室内壁之间受到强烈剪切、拉伸、撕裂和摩擦的作用，会产生大量的热量。为了达到对胶料温度的有效控制，保证胶料的混合分散效果，避免因胶料升温过快导致焦烧现象，一般在转子、混炼

室、上下顶栓内壁钻孔通冷却水来降温。但冷却水温度过低容易导致胶料打滑,降低混炼效果,使得炼胶时间延长而降低生产效率。目前密炼机常用三区恒温水冷却系统来控制密炼机热量的排放,为了更好的控制水温在串联密炼机中采用五区水温控制,即前、后混炼室,转子,上下顶栓(卸料门),圆耐磨板,其大型串联密炼机水温柜的具体参数配置如表 1 所示。

表 1 大型串联温度控制单元配置参数

项目	内容	上温控参数配置	下温控参数配置
前混炼室	循环冷却水泵大小 /kW	4	4
	加热水温能力 /kW	30	30
	热交换器面积 /m ²	10	10
后混炼室	循环冷却水泵大小 /kW	4	4
	加热水温能力 /kW	30	30
	热交换器面积 /m ²	10	10
转子	循环冷却水泵大小 /kW	5.5	7.5
	加热水温能力 /kW	45	45
	热交换器面积 /m ²	14	14
上下顶栓	循环冷却水泵大小 /kW	4	4
	加热水温能力 /kW	30	30
	热交换器面积 /m ²	10	10
圆耐磨环	循环冷却水泵大小 /kW	2.2	2.2
	加热水温能力 /kW	15	15
	热交换器面积 /m ²	6	6

6 基于智能网关的高压变频器 Ethernet 网络通讯

传统密炼机控制系统和高压变频器的控制及数据采集采用点对点硬接线的方式,但是通过硬接线方式的模拟量信号,由于控制器和变频器的数据采集和变送模块之间往往存在误差,以及线路上的信号衰减等

因数导致工艺的给定转速和变频器的实际转速有偏差使得控制系统的可靠性下降,从而影响密炼胶的品质。而且在控制系统中 PLC 需要增加相应的模拟量模块,经济性较差。

而随着网络技术的发展通过智能网关能够快捷而可靠地实现 PLC 与高压变频器之间状态数据和控制参数的传输交换,使系统更简便、安全、可靠。

6.1 智能网关的选择

高压变频器带有 modbus RTU 接口,通过智能网关(EtherNet/IP to Modbus RTU)可以实现高压变频器也罗克韦尔 PLC 的 Ethernet 通讯。

6.2 通讯功能实现

智能网关,用于实现高压变频器与 PLC 之间的 Ethernet 总线通讯。可通过同样挂载于网络中的人机界面对高压变频器进行控制,同时监视其运转反馈状况。以下内容将对实现通讯调速方面作部分说明。

(1) 打开智能网关设软件,将网关 IP 地址设置为主控制系统及电脑同一网段。点击 NETWORK SCAN,搜索到设备,点击 Configure,进入设置页面,第一页为通讯基础参数设置,第二页为通讯映射设置。映射设置如图 4 所示,用功能代码 FC6 来写入第一个字控制字,在写入第二个字目标频率。用功能代码 FC4 读取前 9 个字,其中第一个字为状态位,其余为状态字。点击 ADD,DELETE 来编辑映射表。设置完成点击 update 下载。

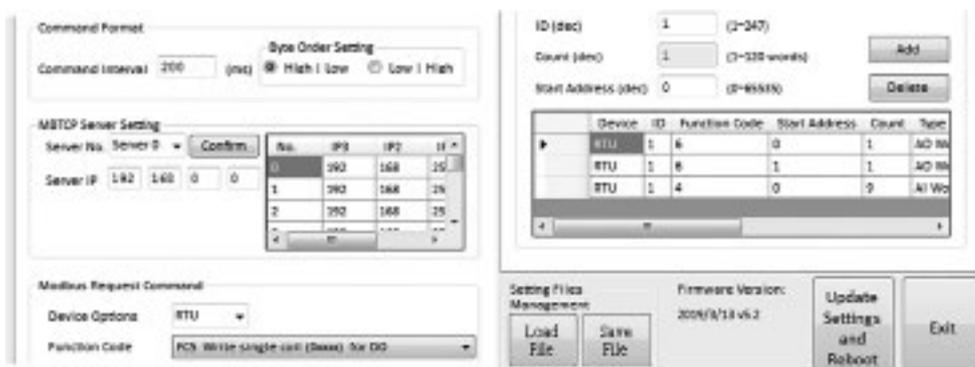


图 4 智能网关映射设置

(2) 智能网关的 modbus 接线 485A 接高压变频器主控板 D+, 485B 接高压变频器主控板 D-, 变频器主控板 485 接线柱旁两个拨码开关都拨 on。高压变频器中需要将远程通道参数值设为 2 (modbus), 需注意高压变频器中的 modbus 通讯的波特率需要和智能

网关中的波特率参数设成一样。

(3) 罗克韦尔 PLC 与智能网关的连接。在 PLC 硬件组态栏添加新硬件组态模块 ETHERNET-MODULE, 并设置网关通讯参数, 如图 5 所示。此时在 PLC 程序的控制器标签中关于智能网关将自动生成

9 个字的输入标签数据缓冲区, 2 个字的输出标签数据缓冲区, 如图 6 所示, 其具体功能含义见表 2。

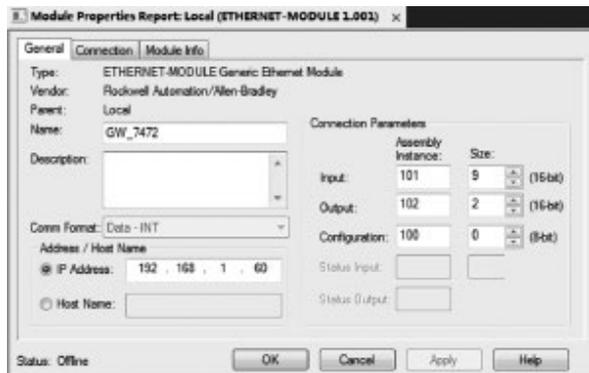


图 5 PLC 软件中智能网关参数的设置

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	
LocalI1	[--]	[--]	[--]	AB5769_D02180		
LocalI2	[--]	[--]	[--]	AB5769_D02180		
GW_7472.O	[--]	[--]	[--]	ABETHERNET_M...		
GW_7472.O.Data	[--]	[--]	[--]	Decimal	307[2]	
GW_7472.O.Data[0]	0			Decimal	307	控制字
GW_7472.O.Data[1]	-3071			Decimal	307	频率给定 (0-5040对应0-3000)
GW_7472.I	[--]	[--]	[--]	ABETHERNET_M...		
GW_7472.I.Data	[--]	[--]	[--]	Decimal	307[9]	
GW_7472.I.Data[0]	28671			Decimal	307	状态字
GW_7472.I.Data[1]	0			Decimal	307	
GW_7472.I.Data[2]	0			Decimal	307	转速反馈
GW_7472.I.Data[3]	0			Decimal	307	频率反馈
GW_7472.I.Data[4]	0			Decimal	307	输出电压反馈
GW_7472.I.Data[5]	0			Decimal	307	输出电流反馈
GW_7472.I.Data[6]	32038			Decimal	307	输入电压
GW_7472.I.Data[7]	3204			Decimal	307	输入电流
GW_7472.I.Data[8]	0			Decimal	307	输出功率反馈
GW_7472.C	[--]	[--]	[--]	ABETHERNET_M...		

图 6 PLC 软件中智能网关的数据缓冲区

7 结论

本文设计了一套基于罗克韦尔 Compactlogix5000

表 2 数据标签功能表

标签类型	标签名	功能
状态字标签	GW_7472:I.Data[0]	变频器运行状态反馈
	GW_7472:I.Data[1]	系统保留字
	GW_7472:I.Data[2]	转速反馈
	GW_7472:I.Data[3]	频率反馈
	GW_7472:I.Data[4]	输出电压反馈
	GW_7472:I.Data[5]	输出电流反馈
	GW_7472:I.Data[6]	输入电压反馈
	GW_7472:I.Data[7]	输入电流反馈
	GW_7472:I.Data[8]	输出功率反馈
控制字标签	GW_7472:O.Data[0]	变频器控制字
	GW_7472:O.Data[1]	频率给定

的高压永磁串联密炼机控制系统。该控制系统上下辅机通过以太网通讯, 系统主控 CompactLogix(1769) PLC 与上下温控单元及液压站 1734 远程 IO 工作站采用 Ethernet/IP 通讯协议通讯, 系统主控与上下高压变频器通过智能网关实现 Ethernet/IP 通讯协议通讯。整个控制系统通讯稳定, 运行可靠, 操作简便, 工作效率高, 劳动强度低, 已经在山东多个大型轮胎企业的多条串联密炼生产线中稳定投产运行。

参考文献:

- [1] 刘华龙, 崔晓, 宫璐, 等. IM550E/IM1000ET 重型串联密炼机在全钢载重子午线轮胎生产线中的应用 [J]. 轮胎工业, 2021,41(11):707-710.
- [2] 李伟, 汪传生, 边慧光. 串联式连续混炼与传统混炼的胶料性能和能耗研究 [J]. 橡胶工业, 2020,67(5):384-387.
- [3] 吴剑铭, 刘雪云. 浅析串联式密炼机 [J]. 橡塑技术与装备, 2013,39(1):42-46.

Design of control system for large series mixer based on compactlogix5000

Cai Xiang, Zhang Zhiqiang, Cai Chao, Yang Fan

(Yiyang Rubber & Plastics Machinery Group Co. LTD., Yiyang 413000, Hunan, China)

Abstract: Large series internal mixers have the advantages of saving factory and equipment investment, reducing the frequency of rubber refining, reducing labor costs, reducing energy consumption, and improving rubber refining quality. This article introduces the basic structural composition and rubber mixing characteristics of a series mixer. This mixer is based on Rockwell PLC intelligent gateway to achieve communication control of high-voltage frequency converters.

Key words: series internal mixer; Rockwell PLC; intelligent gateway

(R-03)

