

汇川控制系统在冷喂料挤出机上的应用

魏茂勇

(双钱集团(新疆)昆仑轮胎有限公司, 新疆 乌鲁木齐 831400)

摘要: 主要介绍了在橡胶加工设备 $\Phi 250$ 销钉式冷喂料挤出机上以汇川 AM400 系列中型 PLC 系统为核心, 以嵌入式一体化 IT7000 系列触摸屏人机界面实现人机交互, 通过工业现场总线 Ethernet/IP 控制汇川 MD500 系类变频器来带动交流变频电机实现供料和螺杆转速自动控制并通过 485 总线控制螺杆温控系统的电气设计方案。

关键词: 冷喂料挤出机; 汇川 AM400PLC; Ethernet/IP; 温控系统

中图分类号: TQ330.493

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)08-0065-06

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.08.014

0 引言

销钉式冷喂料橡胶挤出机是橡胶混炼并挤出成型的设备一种, 橡胶行业有着广泛的应

用。在轮胎生产中, 销钉式冷喂料橡胶挤出机主要用于生产胎面、胎侧、三角胶、内衬层等。橡胶挤出机属于连续作业的机器, 可单独使用, 也可与其他机器联动, 组成流水作业线。在轮胎半制品制备中, 转速、温度、压力往往决定着产品的质量, 其中电控系统的性能尤为重要。随着近些年来国产控制系统的快速发展, 相关电气控制产品在橡胶生产行业中的应用越来越广泛。汇川(Inovance)品牌作为国产控制系统的佼佼者, 其控制系统具有 PLC 逻辑控制, 变频器矢量控制等功能, 能够满足制备符合工艺要求半制品的实际控制要求。下面结合胶料半制品制备生产现场实际应用情况, 对我公司的销钉式冷喂料挤出机中汇川控制系统的 PLC、变频器、人机界面等的应用进行简要介绍。

1 销钉式冷喂料挤出机介绍

销钉式冷喂料挤出机将销钉从机筒圆周方向径向插入螺杆螺纹槽中, 将流动的胶料进行剪切和搅拌。胶料变成熔体以低剪切速率在螺杆螺纹中流动, 逐渐形成连续的黏流体, 这样便破坏了胶料在挤出过程中的层流和结块现象, 打破了胶块, 达到了胶料塑化好、胶温低和节能的效果。销钉式冷喂料挤出机的出现, 使冷喂料挤出机技术得到了很大的发展和提高。这种挤出机不仅在螺杆结构上有了较大改进, 而且由于在

机筒上增加了销钉, 使其对胶料的塑化性能、挤出制品的致密性、挤出量都有很大的提高, 并且排胶温度较低, 可满足多种生产工艺的挤出要求, 同时由于改进了螺杆结构, 使其驱动功率下降, 单位能耗明显降低。由于其具有塑化性能好、排胶温度低、挤出量大的特点, 在橡胶工业生产中得到了越来越广泛的应用。整套设备主要由机头、螺杆、机筒、喂料段、直流电机、减速机、底座、温控系统、电气控制系统及供料输送带等部分组成。

1.1 $\Phi 250$ 销钉式冷喂料挤出机主要技术特征

螺杆直径: $\Phi 250$ mm ;
螺杆长径比: 14:1 (包括喂料段);
螺杆转速: 2.6~26 r/min ;
销钉排数: 10 排 ;
每排销钉数: 12 个 ;
主电机功率: 500 kW ;
转速: 988 r/min ;
电压: AC380V ;
减速机速比: 38.5:1 ;
最大产量 3 600 kg/h。

1.2 机头装置

机头是橡胶挤出机主要的工作部件之一, 也是挤出机的成型部件。它的作用是使胶料

作者简介: 魏茂勇 (1987-), 男, 本科, 工程师, 主要从事工业自动化方面研究。

收稿日期: 2024-04-02

螺旋运动状态转变为直线运动状态。同时形成必要的压力和一定形状的半成品。机头的材料具备：耐磨损、耐腐蚀；在内压作用下有足够的刚度和强度；在较高的温度下不变形等特性。机头按用途分有多种结构，本机的机头是切胶机头。由机罩、切刀、轴承体、盖板等部分组成。

1.3 挤出部分

挤出部分主要由螺杆、销钉机筒、销钉、喂料装置、料斗、减速机、联轴器、电机等部分组成。结构概述：本机采用交流变频电机驱动，通过弹性联轴器传递动力，经过减速机降速，带动一端安装在减速机空心轴内的螺杆旋转，螺杆与空心轴采用花键联接。电机与减速机均独立安装在整体底座上。销钉按照排列安装在销钉机筒上，插入螺杆的销钉槽中，加强对胶料的剪切和搅拌。胶料由加料斗进入喂料装置，安装在喂料装置上的旁压辊由减速机上的套齿轮带动，与螺杆相对旋转，把胶料挤到螺杆的螺槽中，由于螺杆的旋转作用，推动胶料向机头方向移动。由于胶料与螺杆表面和销钉机筒表面之间产生摩擦，使胶料产生压缩变形和剪切变形，从而引起温升，随着胶料向机头方向不断推移，胶料的塑性逐渐增加，温度逐渐升高，胶料逐渐由高弹态向黏流态过渡，在切胶机头中通过4把切刀，将胶料切割成块。

1.4 减速器及其润滑系统

减速器是将主电机的动力传递给螺杆，并实现速度的调整和输出扭矩的放大，以保证螺杆在工作过程中具有足够的动力。减速器的箱体为铸铁件，耐磨，抗压强度大，吸震能力强。减速器采用单出轴结构，主电机连接减速器的输入轴带动齿轮相互转动，经过减速，动力传到输出轴。减速器输入、输出轴的轴端均有骨架油封密封，箱体各接触面均涂密封胶，使箱体具有良好的密封性。

减速器润滑系统是专为减速器设置的稀油集中润滑装置，每次开动橡胶挤出机之前必须先启动润滑电机，流量信号检测正常后方可开机。减速器润滑系统由齿轮泵、滤油器、油冷却器、压力表及相关附件组成，齿轮泵通过电机拖动将润滑油经油冷却器向各个润滑点供油（减速器中的齿轮、喂料辊驱动齿轮和减速器中的轴承）。减速器润滑系统设有压力报警装置，低压时油泵可能损坏，高压时油路可能堵塞。报警后设备立即自动停机，排除故障后才能开机。

1.5 供料机

基本结构：料机主要由运输带装置、摆动架、金属探测器、压辊及气缸等组成。

工作原理：运输带由变频调速电机通过减速机和链条传动机构驱动，运输带的速度与挤出机的速度通过安装在摆动架的摆动轴上的角度传感器检测并控制。摆动架由气缸支撑，进气压力通过精密减压阀手动调节。调试时，需要找出合适的进气压力，运输带与挤出机的速度就可以由PLC自动匹配了。运输带进料端安装有断料检测辊，胶料不前进时会报警。压辊装置防止了胶料在运输带上打滑。金属探测器可在线检测混在胶料里的金属颗粒，检测精度为大小为3MM的钢球。一旦检测到金属，运输带与挤出机均停止运转，运输带上的打标机构会对含有金属的胶料打上标记，设备故障报警。运输带运转有正反功能。

1.6 温控装置

温控装置主要组成部分有：循环泵、电加热器、压力表、温度开关、排气阀、液位开关、安全阀、列管式换热器、排气泄压阀、冷却电磁阀、单向截止阀、手动阀、管路、机架及电气控制系统。循环介质在循环泵作用下经控温对象（橡塑生产机械某一段）不断循环，通过温度检测元件检测到实际温度的变化，送调节仪表进行PID运算并输出控制信号，再由驱动电路驱动终端执行元件（冷却阀、排气泄压阀、电加热器），实现循环介质温度自动控制。橡塑生产机械内部胶料温度的变化将引起循环介质温度变化，胶料温度高了，将由循环介质经冷却换热器将热量带走；胶料温度低了，将由电加热器给循环介质补充热量，从而控制循环介质的温度，间接控制了生产机械内胶料的温度，满足工艺要求。

2 销钉式冷喂料挤出机控制系统构成

2.1 汇川电控系统介绍

我公司销钉式冷喂料挤出机电控系统主要使用汇川AM400系列PLC及相应的I/O模块、MD500PLUS系列变频器、IT7000系列HMI。

2.1.1 汇川AM400系列PLC

汇川AM400系列PLC是基于CoDeSys研发的中型PLC如图1所示，其功能强大，主要特点如下：

(1) 简单易用采用IEC61131-3标准编程规范，全球通用。

(2) 具有丰富的总线网络：支持EtherCAT、

EtherNet/IP、CANopen、CANlink、Modbus TCP 主从协议、FreeTCP、Modbus RTU 主从协议。

(3) 具有 10M 程序容量, 8M 数据容量, 支持 TF 卡 扩展存储容量。

(4) 丰富的扩展方案: 本地可扩展 16 个本地 IO, 可同时扩展远程分布式 IO。

(5) 高速 IO: 本机自带 16 路高速输入, 4 路高速输出。可在需要的场合控制步进电机或伺服驱动器。

(6) 强大的运动控制: 基于 EtherCAT 的总线运动控制, 可选 (AM403)16 轴, (AM402)8 轴、(AM401)4 轴, 1 ms 同步可带 2 轴。

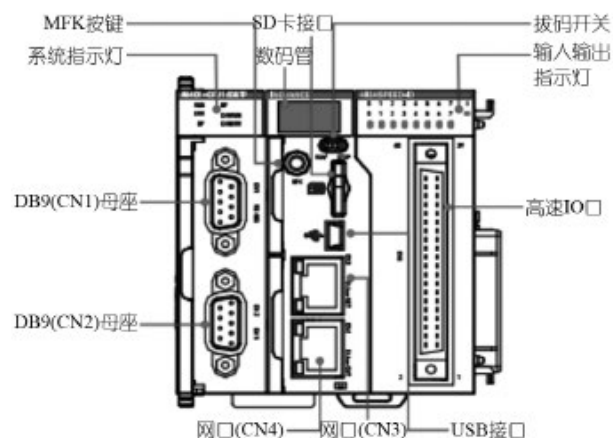


图 1 AM400-CPU1608TP/TN 接口示意图

2.1.2 汇川 MD520 系列高性能矢量变频器

汇川 MD520 系列高性能矢量变频器, 是汇川技术开发的一款高性能通用型变频器。已在空压机、纺织、线缆、橡塑、陶瓷、机床、食品饮料等多个应用场景上批量稳定应用主要功能如下:

(1) 不仅支持普通异步电机驱动, 还支持多种高效电机的驱动算法, 满足设备节能升级需求。

(2) 同时速度控制范围, 扭矩输出精度等性能指标达到行业先进水平, 提升系统调试及运行效率。

(3) 内置多种故障检测功能和停机机制, 搭配 SIL3 等级 STO 安全功能, 满足生产过程中的人身和设备安全; 符合 CE、UL、EAC、UKCA、安全认证等认证标准, 覆盖全球应用范围。

(4) 具有丰富的通讯板卡扩展功能, 通过选用相应通讯板卡, 可支持 Modbus (Modbus-RTU、Modbus-ASCII、Modbus-TCP/IP)、Profibus-DP、CANlink、CANopen、Profinet、EtherCAT、Ethernet/IP 等六大通讯方式。

2.1.3 IT7000 系列 HMI

IT7000 是汇川基于工控 HMI 发展趋势研发的新一代触摸屏, 在显示效果上有显著提升, 与传统 HMI 相比, IT7000 通信更加丰富, 功能更加全面, 具有更强大的数据处理能力和更快的响应速度。支持以太网、串口的通信组网方案, 支持西门子、欧姆龙、三菱、松下、安川、基恩士、台达、永宏、信捷等主流厂家协议。

2.2 设备控制系统开发流程

2.2.1 硬件配置与组态

销钉式冷喂料挤出机硬件配置如表 1 所示。

表 1 电气控制系统配置表

名称	型号	备注
电源模块	GL10-PS2	
PLC (汇川)	AM401-CPU1608TP/TN	PLC
DI	GL10-1600END	16 点 DI
DI	GL10-1600END	16 点 DI
DI	GL10-1600END	16 点 DI
DO	GL10-0016ER	16 点继电器 DO
AD	GL10-4AD	4 通道模拟输入
DA	GL10_4DA	4 通道模拟输出
变频 (汇川)	MD520-4T500	500 kW
供胶运输带	MD520-4T2.2B	2.2 kW
输送带	MD520-4T2.2B	2.2 kW
HMI	人机界面 IT7100E	

编程软件使用汇川基于 CoDeSys 二次开发的 InoProShop 软件, 这里我们通过 InoProshop 完成设备项目的管理, 为 AM400 系列 PLC 提供配置方案和程序的编程、调试、下载等功能。

本系统涉及通讯协议有: ① PLC 与变频器通讯采用 Ethernet/IP 协议; ② PLC 与温控表及能源计量表通讯采用 Modbus-RTU, 接口见图 1 DB9(CN1) 母座; ③ PLC 与 HMI 通讯交互采用 Modbus-TCP/IP 协议, 与 Ethernet/IP 协议共用物理网口, 见图 1 网口 (CN3、CN4)。详细通讯配置如图 2 所示。



图 2 通讯配置图

本系统采用 3 个 16 点 DI 模块, 1 个 16 点继电器型 DO 模块, 1 块 4 通道模拟量输入, 1 块 4 通道模拟量输出模块, 所用模块均组态到 PLC 主机架上。

2.2.2 控制系统网络图

我公司冷喂料挤出机控制系统以汇川中型经济型 PLC AM401-CPU1608TP/TN 为控制核心 (见图 1),

通过实时工业以太网 Ethernet/IP 与汇川 MD500PLUS 系列变频器实现主站通讯控制，通过编程控制主电机与两台供料电机的运行。CPU 模块自带的 LAN 网口，通过 EtherNET 和汇川 10" 触摸屏 IT7100E 通讯，实现数据实时交互；通过 CPU 模块自带的 485 通讯口与智能温控仪表进行 modbus 协议通讯，从而控制温控装置，实现挤出机各段的温度控制。控制系统网路配置如图 3 所示。

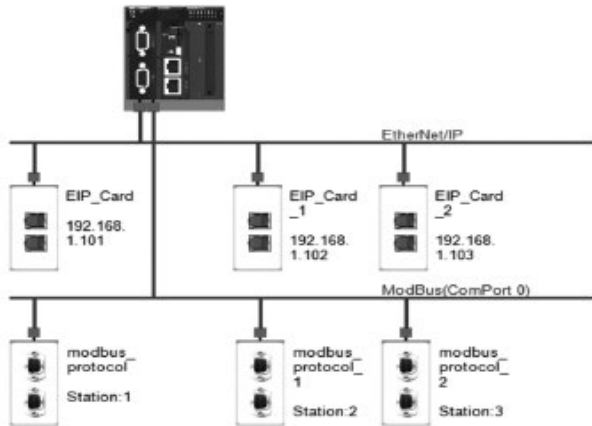


图 3 冷喂料挤出机控制系统网络图

2.2.3 变频器从站配置

本系统变频器控制采用 Ethernet/IP 通讯协议，EtherNet/IP 支持的拓扑结构包括总线型、星型、树型等，通过合理的利用交换机，可以实现多种多样的组

网。图 3 中的 EIP_Card 代表设备所用变频器，组态前需要提前导入名为“MD500P_EIP_V1.00.eds”EDS 文件。MD500 系列 Ethernet/IP 通信扩展卡是 Ethernet/IP 现场总线适配卡，符合国际通用 Ethernet/IP 总线标准，具备高效，拓扑灵活和易操作等优点。该卡安装到 MD 系列变频器上，提高通信效率，便于实现变频器组网功能，使变频器成为现场总线的从站，接受现场总线主站控制。本系统需为变频器选配支持 Ethernet/IP 通讯协议的通讯卡，如图 4 所示。

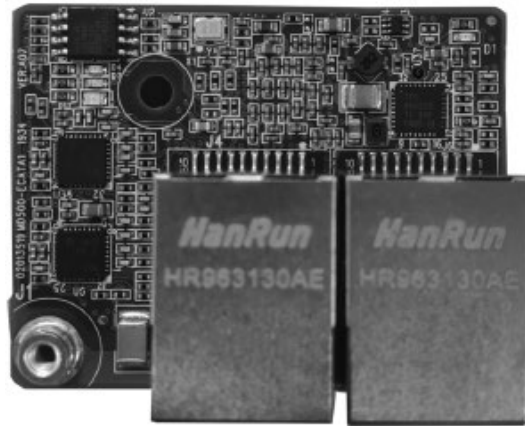


图 4 MD500-EN1 外形图 (Ethernet/IP 通讯卡)

I/O Messages 数据主要完成主站与变频器之间周期性数据交互，交互数据见表 2。

本系统变频器需要实现以下交互功能：

表 2 主从控制数据交互表

主站发送 I/O Messages (O→T)		
变频器命令 Output I/O Messages[0]	变频器目标频率 Output I/O Messages[1]	变频器功能参数实时更改 Output I/O Messages[2-11]
变频器响应 I/O Messages (T→O)		
变频器状态 Input I/O Messages[0]	变频器运行频率 Input I/O Messages[1]	变频器功能参数实时读取 Input I/O Messages[2-11]

(1) 变频器当前状态、运行频率、电压、电流、功率、转矩实时读取。

(2) 变频器控制命令、目标频率实时给定。

要完成以上交互内容需在 InoProShop 软件中配置从站设备隐式消息映射关系，从站数据配置图 5 标注所示。同时需要在变频器内设置对应的参数：

(1) 读取 I/O Messages0 默认映射为 U0-68，I/O Messages1 默认映射为 U0-69，可以在变频器上查看参数 FE-20 为 U0-68 (十进制地址 28 740)，FE-21 为 U0-69。之后设置参数 FE-22 为 U0-03，

FE-22 为 U0-04，FE-23 为 U0-05，FE-24 为 U0-06。

(2) 写入的 I/O Messages0 默认映射为 U3-17，可以在变频器上查看 FE-00 为 U3-17，FE-01 是否为 U3-16。

想要通讯正常还需设定对应的通讯参数：F0-02=2(命令源通讯控制)、F0-03=9(速度源，通讯给定)、FD-00=000 9(通讯速率 115 200)、FD-01=3(无奇偶检验)、IP 地址相关参数等。

参数	值	单位	数据类型	最小	最大	默认	帮助字符串
目标配置数据							
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E1	28740		LEINT	0	65535	28740	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E1	28741		LEINT	0	65535	28741	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E2	28675		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E3	28676		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E4	28677		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E5	28678		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E6	61440		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E7	61440		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E8	61440		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E9	61440		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E10	61440		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Input_LIO_Messages_Mapping(T->O)E11	61440		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String
Output_LIO_Messages_Mapping(O->T)E1	29457		LEINT	0	65535	29457	Hex/Help String
Output_LIO_Messages_Mapping(O->T)E2	29456		LEINT	0	65535	29456	Hex/Help String
Output_LIO_Messages_Mapping(O->T)E3	61440		LEINT	0	65535	61440	Hex/Help String

图 5 从站数据配置

2.2.4 程序的编程思路及方法

本系统使用梯形图方式编程如图 6，根据设备的主要装置和工艺流程可将程序设置为 4 个程序块：主循环程序、报警块、模拟量处理块、自动供料块。主循环块包括：润滑油泵控制、稀油泵控制、主机风机控制、主机启停控制、主机速度控制、主机信号读取、供料电机控制、运输电机控制等。报警块包括：各安全装置报警、各变频器报警、各装置状态监测报警、断胶报警、金属检测打标报警等。模拟量处理块包括：三组温控装置的温度设定与反馈显示计算，机组功率信号显示处理，电机电流、频率、电压、功率、转矩等的设定与显示计算，螺杆转速的显示计算。自动供料块包括：供料摆架控制，角位移信号控制供料速度等。

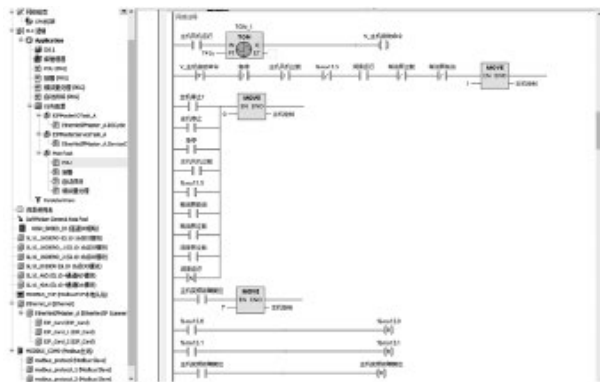


图 6 程序结构及主电机控制程序

2.2.5 触摸屏界面设计

触摸屏设计采用 InoTouchPad 软件，此软件功能设置类似于西门子 WINCC，包括画面、通讯、数据服务、报警管理、配方、历史数据、报表等功能。通讯协议设置：依次选择通讯—连接—网口，在网窗口里新建连接，选择 AM600 Qlink TCP 协议。在设备块里设置：站号、读个数、写个数、IP 地址等参数。触摸屏界面作为一种人机交互平台，承担了操作者与设备之间沟通的任务，大大降低了设备的操作难

度。本系统画面主要包括：主画面、温度设置、报警、自动供料、手动 1、手动 2 等操作界面，如图 7 所示。上电后，等待触摸屏出现主界面。点击各界面按钮，就会自动跳到相应的界面。各个界面可完成对装置各部位的操作控制、参数设置、数据显示、报警显示等。



图 7 触摸屏界面

3 结语

目前在橡胶轮胎设备领域，控制系统普遍采用西门子、罗克韦尔 (AB)、三菱等国外品牌。近年来，国产控制系统无论从技术还是品质都得到飞快发展，而美国目前“单边贸易主义”在抬头，对中国而言，从国家到企业层面，彼此都形成了较强的“文化共识”，从供应渠道安全角度出发，更加刺激核心产品实现“国产替代”。汇川技术作为当前工业自动化控制产品国产替代的主力军，目前其技术已经和全球主流厂商接近。在 PLC、伺服、变频器、HMI 等领域，汇川技术的产品质量和性能以完全可满足橡胶轮胎设备自控控制需求。本系统以 AM400 系类 PLC 为核心，通过 Ethernet/IP 总线控制、modbus、Modbus-TCP 等协议与变频器、温控仪表、HMI 等实现交互控制。使用上文控制系统设计可完美实现本设备销钉式冷喂料挤出机的工艺控制，同时可实现节约采购成本，提高供应渠道安全，减小采购周期的目的。

参考文献：

- [1] 袁跃梅,徐新宇.基于 PLC 的叠焊机运带抓取控制系统设计[J].新技术应用, 2021 年 8 月下:156-159.
- [2] 于吉生,张盛开,程彭勃,等.基于 PLC 的制桶生产线控制系统设计[J].制造业自动化, 2023,45(12):150-153+167.
- [3] 申家盛,李凯凯,吴明明,等.双复合生产线电气控制系统的

- 升级 [J]. 轮胎工业, 2023,43(8):494-498。
- [4] 刘英. 汇川伺服系统在环保塑料热成型机上的应用 [J]. 橡塑技术与装备, 2023,49(9):63-66.
- [5] 黄一师. 汇川 PLC-AM600 控制德士 ATC 换刀机构 [J]. 今日制造与升级, 2023,3:156-158.
- [6] 范磊亭, 傅强, 孙友萍, 王怀国. 汇川控制系统在输送带成型机上的应用 [J]. 橡塑技术与装备, 2020,46(5):25-28.

Application of Huichuan control system in cold feed extruder

Wei Maoyong

(Double Coin Group (Xinjiang) Kunlun Tire Co. LTD., Urumqi 831400, Xinjiang, China)

Abstract: This article mainly introduces the use of the Huichuan AM400 series medium-sized PLC system as the core and the embedded integrated IT7000 series touch screen human-machine interface to achieve human-machine interaction on the rubber processing equipment with a Φ 250 pin type cold feed extruder. The Huichuan system controls the MD500 frequency converter through the industrial fieldbus Ethernet/IP to drive the AC variable frequency motor for automatic feeding and screw speed control, and controls the screw temperature control system through the 485 bus.

Key words: cold feed extruder; Huichuan AM400PLC; Ethernet/IP; temperature control system

(R-03)

重磅！国有轮胎企业换帅

Breaking news! State owned tire enterprises change leadership

2024 年 7 月 18 日，风神轮胎发布了关于更换公司董事长的公告。

公告称，董事会近日收到公司董事长王锋先生的书面辞职报告，王锋先生因工作变动原因申请辞去公司董事、董事长职务，同时辞去公司董事会战略委员会主任及董事会提名委员会、董事会薪酬与考核委员会委员职务，辞职后不再担任公司任何职务。

根据《公司法》《公司章程》等有关规定，公司董事会现选举王建军先生（候选人履历详见附件）担任公司董事长，同时接替王锋先生担任公司董事会战略委员会主任及董事会提名委员会、董事会薪酬与考核委员会委员职务。

7 月 16 日，中化国际（控股）股份有限公司，召开第九届董事会第二十二次会议决议。大会通过了《关于公司董事变更的议案》。秦晋克因工作调整，申请辞去公司董事职务。辞职后，他不再担任中化国际任何职务。根据控股股东中国中化提名，中化国际董事会同意，提名王锋为非独立董事候选人。

王锋的任期，自公司股东大会审议通过之日起，至第九届董事会任期届满之日止。

公开资料显示，王锋曾任中国化工橡胶有限公司执行董事、党委书记，Prometeon Tyre Group S.r.l. 首席整合管理官、董事长，风神股份党委书记、总经理等职。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)

