

双捻机控制系统设计

陈晓军^{1,2}

(1.江南大学 通信与控制工程学院,江苏 无锡 214122;

2.南通市广播电视大学 机械工程系,江苏 南通 226006)

摘要: 钢帘线是轮胎的重要组成部分,其质量直接影响着轮胎质量。双捻机是钢帘线捻制的主要设备,其控制系统的设计采用可编程序控制器(PLC)作电气控制系统的主控制器,变频器(VVVF)驱动各电机实现同步控制。采用触摸屏(HMI)技术不但实现了人机操作界面友好,而且机器运行状态监控及时全面、方便调试与维护。该系统成本低、运行稳定、生产率高。

关键词: PLC;变频器;触摸屏;双捻机;控制系统;同步控制

中图分类号: TP273

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)20-0090-04

Design of control system for double twisting strander

CHEN Xiao Jun^{1,2}

(1.School of Communication and Control Engineering, Jiangnan University, Wuxi 2141221, China;

2.Department of Mechanical Engineering, Nantong Radio & TV University, Nantong 226006, China)

Abstract: The steel type cord forms the essential part of tire, the quality of which has a direct impact on the quality of tire. And the principal equipment of twisting the steel type cord is double twisting strander, the design of control system for which adopts PLC as the host controller in electrical control system and VVVF to drive the motors to achieve the synchronization. Application of HMI helps in the achievement of friendly interface, timely and comprehensive monitoring and convenient adjustment and maintenance. Therefore, the system is low in cost, stable in operation and efficient in production.

Key words: PLC; frequency converter; touch panel; double twisting strander; control system; synchronization control

钢帘线是用优质高碳钢制成的表面镀有黄铜且具有特殊用途的细规格钢丝绳或绳,主要用于各种车辆轮胎和飞机轮胎及其他橡胶制品的骨架材料^[1]。钢帘线的生产主要包括拉丝和捻制两个工艺过程,双捻机将拉成的多股钢丝捻制成钢帘线绳。双捻机根据放线工字轮位置分为两种基本类型,一种是放线工字轮在主机飞轮的里边,而收线工字轮在飞轮的外面,即“内放外收”型;另一种是放线工字轮在主机飞轮的外面,而收线工字轮在飞轮的里边即“外放内收型”^[2]。本文研究的是用于钢帘线生产的“内放外收”型双捻机控制系统设计。

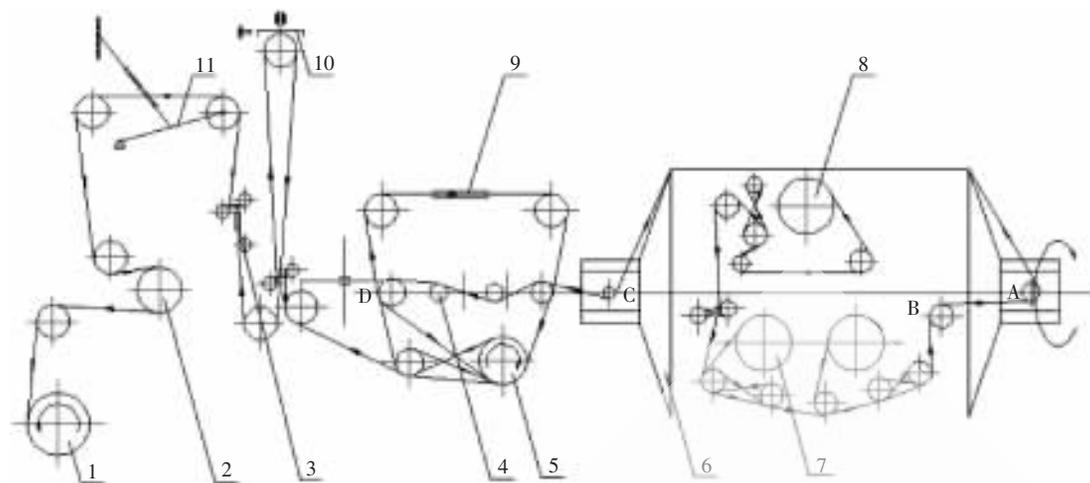
1 双捻机工作原理

双捻机的基本原理是机身旋转一周,捻出两个捻距的股或绳的钢丝绳。其结构以及工作原理如图1所示。

图1中,收线工字轮位于旋转体的外部,7个放线工字轮(1个芯线轮和6个丝轮)分两面安装在飞轮内部的摇篮上。钢丝和芯线从内部放线工字轮引出,通过若

干过线导轮汇集到固定在摇篮上的过线轴B,再经过固定在飞轮轴右端的过线轮A后,到达固定在左端飞轮轴上的过线轮C,继而到达过捻器。再经过若干导轮和相关检测装置到达收线工字轮。在BA段和CD段分别实现了主捻和过捻,捻出了两个捻距^[3]。

根据双捻机的工作原理分析,其生产工艺主要包括主捻、过捻和收排线三道工序。其中,捻股部分由主电机驱动飞轮旋转体实现主捻和扭转伺服电机驱动过捻器实现过捻(即完成双捻);收线部分由电机驱动收线轮和排线电机控制排线;此外还有摇篮电机控制摇篮翻转;吸风、排风电机对机器内部进行冷却。根据工艺要求,整个设备的运转速度能够根据需要进行调整,而且要求主捻电机、过捻电机和收线电机转速之间保持一定的比例,即各电机同步运转。所以,双捻机控制系统的核心功能就是控制设备中各个电机根据工艺要求转速间始终保持一定比例的同步运行。同时系统还要求具有运行控



1-收线工字轮;2-计米导轮;3-断丝检测装置;4-牵引轮组;5-过捻器;6-飞轮盘;7-放线工字轮(两面设置);8-芯线工字轮;9-校直器;10-扭转检测装置;11-张力检测装置

图1 双捻机工作原理图

制、工艺参数设置、系统调试、成品长度计算、设备状态监测、故障报警处理等功能。

2 控制系统硬件设计

通过工作原理和控制需求分析,确定本双捻机的控制方案。运用 PLC 作为系统的控制核心,对主捻电机、过捻电机、收线电机和排线电机均采用交流变频器进行同步控制。采用触摸屏技术提供友好的操作和监控画面。由于系统电机数目少,且分布比较集中,因此决定采用通过控制 PLC 设定运行参数,然后通过 D/A 转换模块发出信号控制变频器的速度指令,使各个变频器驱动电机按给定的速度运转。控制系统原理图如图 2 所示。

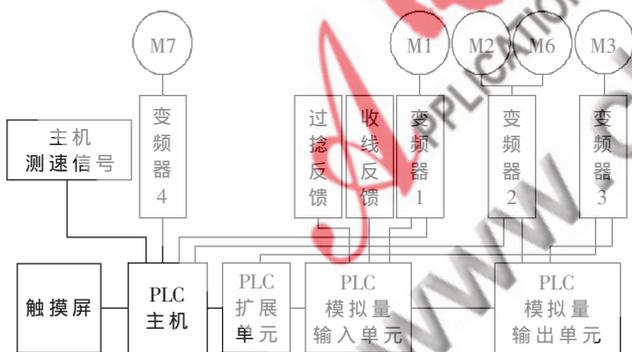


图2 控制系统原理图

控制系统主要包括主捻控制、过捻控制、收线控制和排线控制等子系统。

2.1 主捻控制

主捻电机 M1 根据负荷选用 Y160M-4 11 KW 型电机,变频器 1 选择台达 VFD185B43A 18.5 KW 型变频器,主电机速度检测选用台达 ES3-0CCN6942 型编码器。主捻控制在触摸屏中设定主捻电机的升降速度值给 PLC,PLC 通过编码器反馈主捻电机的转速来控制变频器的加减速运行,主捻在工作过程中决定了钢帘线捻距。

92

2.2 过捻控制

过捻控制是整个控制的核心。其起停运行必须与主捻电机同步,钢丝绳的捻制合格与否主要取决于过捻电机的工作状况。选用台达 ASD-A1521MA 伺服驱动器+ECMA-E31315ES 1.5 KW 伺服电机,就是台达伺服的 ASD-A 的驱动器驱动和 ASD-B 的电机的 A+B 的配置。这种控制回路采用高速数字信号处理器(DSP),可以高速、高精度地完成各种复杂控制的运算。采用强健性控制技术,使得伺服马达的低速特性更佳,配合增益自动调整、指令平滑功能的设计、软件分析与监控,使得 ASD 系列交流伺服真正做到高性能、高响应、高精度、高可靠^[3]。采用兰宝公司的 LR18BF08LUM 型电感接近传感器,通过检测扭转轮轴由扭转力引起旋转角度来调整过捻电机的转速,实现闭环控制,提高控制精度。

2.3 收线控制

收线电机的控制直接影响成品线在后道工序的质量。随着收线卷径不断扩大,收线电机的转速随之逐步减小,以保证线速恒定。选用 Y90S-4 1.1 KW 的电机并采用台达 VFD015B43W 1.5 KW 变频器控制,通过卷径计算(变频器内部处理),张力反馈装置来调节收线电机速度,以实现线速度恒定^[4]。

控制方案用张力闭环控制的速度模式为:

$$v = v_1 \times (D_0/D) + \Delta v$$

由带(线)材的线速度和卷筒的卷径实时计算出同步速度 $v_1 \times (D_0/D)$, 然后通过张力检测装置反馈的张力信号与张力设定值构成 PID 闭环,调整变频器的频率指令。 v 为卷曲给定速度; v_1 为主机实际输出的线速度,利用主驱动变频器 VF1 的模拟输出 AO₃ 按空卷时对应的比例取得; D_0 为空筒卷径; D 为实际卷径; Δv 为过程 PID 的输出量,由变频器内置 PID 实现,反馈信号为张力摆杆(电位器)的输出 AO₂,张力的变化会导致摆杆上下摆动^[5]。

技术与方法 Technique and Method

2.4 排线控制

对于成品丝来说,排线的质量很关键。采用 VFD007E43A 0.75 KW 变频器控制排线电机的换向。排线控制分为恒排距和恒排速两种方案。恒排距即排线速度会随着收线速度的变化而变化,保证工字轮上卷绕丝之间的排距恒定不变;恒排速即在整个过程中排线速度不变,工字轮上卷绕丝之间的排距不断变化,随着收线速度减小,排距增大^[6]。本系统在程序中采用的是恒排速控制。

3 PLC 控制设计

3.1 控制要求

根据双捻机的工作要求,控制系统需具备以下功能:

(1)电机的控制:7台电机的启动、停止、正转、反转以及速度的动态调节都由 PLC 对变频器进行控制,从而实现电机的控制。电机的同步控制由 PLC 程序根据工艺参数计算,而后分别控制相应的变频器实现。

(2)逻辑控制:系统的逻辑控制由 PLC 检测设备的各种开关信号、传感器信号实现,把这些信号作为 PLC 程序中关于启动、停止、各种故障和工作状态的条件触点,用这些触点设置梯形图的触发条件来实现逻辑控制。

(3)工艺参数设置:各种工艺参数的设定、显示都通过触摸屏完成。

(4)设备状态监测和故障显示:在触摸屏上显示各种状态参数,包括电机飞轮的实时转速、收线、芯线、单丝的实时长度以及当设备出现故障时系统的故障信息等^[7]。

3.2 PLC 选型及 I/O 分配

根据控制要求,PLC 选用西门子公司的 S7-200 EM226CN 型,根据系统的实际配置,共增加了3个扩展模块:6ES7 223-1PL22-0XA8 的 16 点输入输出模块,6ES7 231-0CH22-0XA8 的 AI 4×12 bit 模拟量输入模块,6ES7 232-0HB22-0XA8 的 AO 2×12 bit 模拟量输出模块。I/O 分配表如表 1 所示。

3.3 控制程序设计

系统控制软件采用模块化设计。控制程序的编制可以通过在 PC 机上用 STEP7-Micro/WIN32 软件创建、测试、仿真和修改 PLC 控制程序,然后通过专用电缆将程序下载到 PLC 中。其主要功能模块如表 2 所示。

程序由主程序 OB1 和各功能模块组成,在主程序中对各个模块进行调用。程序运行时,先判断系统的状态,然后根据不同的状态执行不同的动作。对电机控制时,首先根据状态计算各个电机的给定速度,通过数据转换把速度转换成频率形式,然后调用相关功能模块完成对各电机的控制。

双捻机控制系统 PLC 程序流程如图 3 所示。

4 触摸屏设计

触摸屏是触摸式工业图形显示器的简称,是一种人机界面,也称为 HMI (Human Machine Interface)^[8]。本系

表 1 PLC 的 I/O 分配表

输入信号		输出信号	
地址	功能	地址	功能
I0.0	主编码器	Q0.0	主机运行
I0.2	全车点动	Q0.1	收线运行
I0.3	主机刹车	Q0.2	主机升速
I0.4	收线刹车	Q0.3	主机降速
I0.5	摇篮安全开关	Q0.4	主机快停
I0.6	摇篮左翻转	Q0.5	收线反转
I0.7	摇篮右翻转	Q0.6	排线正转
I1.0	主机安全罩开	Q0.7	主机反转
I1.1	变频器故障	Q1.3	整机运行
I1.2	伺服使能	Q1.4	记米到
I1.3	风机热保护	Q1.5	停止指示
I1.4	扭转速度到达	Q1.6	收线顶针
I1.5	计米前	Q2.0	主机刹车
I1.6	计米后	Q2.1	收线刹车
I1.7	主机安全罩关	Q2.2	主机电机离合
I2.0	主机罩汽缸开到位	Q2.3	照明灯
I2.1	主机罩汽缸关到位	Q2.4	罩壳汽缸
I2.2	顶针开关	Q2.5	主机安全罩限位
I2.3	全车启动	Q2.6	收线电机离合
I2.4	全车停止	Q2.7	变频器故障复位
I2.5	安全稍到位检测	Q3.0	底部风机
I2.6	摇篮侧断丝检测	Q3.1	排线反转
I2.7	牵引侧断丝检测	Q3.2	排线电机
I3.0	收线侧断丝检测	Q3.3	翻转电机
I3.1	安全罩限位到位	Q3.4	伺服反转
I3.2	放线侧断丝检测	Q3.5	伺服正转
I3.3	扭转钢丝断检测	Q3.6	伺服启动
I3.5	钢丝断丝检测	Q3.7	伺服复位
I3.6	排线正限位		
I3.7	排线反限位		

表 2 系统主要功能模块

序号	模块代号	模块功能
1	OB1	主程序
2	SBR0	初始化
3	SBR1	故障检测判别
4	SBR2	运行方式选择
5	SBR3	主电机速度调整
6	SBR4	计米长度计算
7	SBR5	过捻控制
8	SBR6	收线控制
9	SBR7	报警信息处理
10	SBR8	主电机速度设置
11	SBR13	HSC0_INIT
12	SBR14	收卷速比计算
13	SBR16	排线控制
14	INT0	计米到中断程序

统从性价比的角度选用了台达 DOP-A57BSTD 型触摸屏,使用 Screen Editor Version : 1.05.82 软件进行设计。

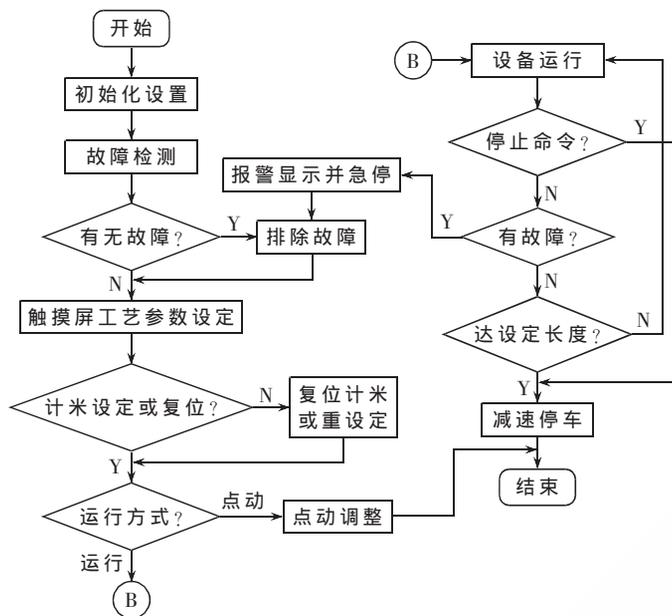


图3 控制程序流程图

在人机界面中,设计了12幅画面,包括开始、机床运行、计米复位、工艺设置、计米设定、计米系数、方向选择、监视、调试、收线、速度设置和故障查询。故障显示使用指示器,给出位元件即可实现闪动效果,让操作者很方便地知道故障部位,整体感强。

本系统采用PLC+VVVF控制模式,其中用PLC作为控制平台的控制核心,具有集成度高、抗干扰能力强等

特点;采用变频器实现对电机实时同步控制,收线张力恒定;采用触摸屏(HMI)技术实现了人机操作界面友好,机器运行状态监控及时全面,方便调试与维护。通过实际生产运行,控制精度得到很大提高,成本大大降低,系统运行稳定,极大地提高了生产效率。

参考文献

- [1] 陈晓军.钢帘线拉丝机控制系统设计[J].微电机,2009,38(11):74.
- [2] 韩铁继.对双捻机捻制过程的分析[J].金属制品,1995,24(22):35.
- [3] 中达电通公司.ASD-A交流伺服系统说明书[M],2008.
- [4] 顾洪仁.SGW195新型双捻机[J].金属制品,2002,31(6):48-49.
- [5] 梁森,黄杭美.自动检测与转换技术[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [6] 朱伟红,韩钦汉.收线机排线不整齐问题的解决[J].金属制品,2005,34(4):35-36.
- [7] 周俊峰,黎鑫溢,谭建平.双捻机数字式控制系统[J].金属制品,2006,35(3):46-48.
- [8] 吉敬华,赵文祥,杨东.可编程控制器使用指南[M].北京:化学工业出版社,2008.

(收稿日期:2010-04-29)

作者简介:

陈晓军,男,1972年生,在读硕士研究生,讲师,主要研究方向:机电控制。