

基于多电机传动的倍捻机控制系统设计及试验

吕明来, 袁嫣红, 张建业

(浙江理工大学教育部现代纺织装备技术工程研发中心, 杭州 310018)

摘 要: 在分析倍捻机控制系统总体框架的基础上, 设计了以 ARM 为控制核心的多电机传动的倍捻机新型控制系统。研究交流电机、步进电机和伺服电机的控制方式, 并设计硬件电路以实现它们之间的协调工作, 使倍捻机达到工艺要求。设计倍捻机防叠防凸控制算法, 使纱线卷绕达到了良好的成型效果。测试结果表明: 该控制系统操作简单、控制精度高、实时性好, 达到了设计要求。

关键词: 多电机传动; 倍捻机; ARM; 控制系统

中图分类号: TS103.234

文献标志码: A

0 引言

随着人们对服装面料质感要求的不断提高, 一些传统的捻线机生产的纱线已不能满足布面风格及质量要求^[1]。倍捻机作为一种加捻设备, 实现一转两捻, 效率比传统捻线机成倍提高, 卷装容量增大, 加捻质量大幅度提高^[2]。

目前市场上倍捻机的主流品牌主要出自欧美、日本等国家, 如德国的苏拉-福克曼、日本的村田, 意大利的 RPR, 韩国的利华, 意大利的萨维奥等。近几年来, 我国纺织工业有了较大的发展, 不少纺织厂在技术改造时, 引进了一些先进的倍捻机。随着市场需求上升, 国内纺机厂也纷纷生产短纤维倍捻机供应市场, 估计有近 5~6 家国内纺机厂生产短纤维倍捻机^[3]。针对目前国内市场上一些传统倍捻机存在的一些缺点, 本研究小组研制了一种以多电机传动的新型倍捻机控制系统。

1 倍捻机控制系统总体构架

传统倍捻机由一台主电机, 通过齿轮箱传动来实现锭子高速旋转、卷绕辊转动、横动移纱杆往复运动这 3 部分运动^[4]。为了替代倍捻机复杂的齿轮箱

传动装置, 简化捻度调整操作和增大捻度适应性, 本研究小组设计了多电机传动的倍捻机传动系统。

图 1 是倍捻机控制系统硬件组成框图。

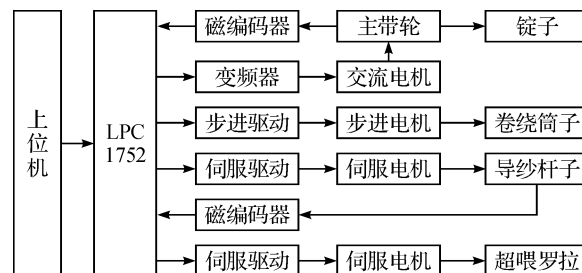


图 1 倍捻机控制系统硬件组成

该系统通过人机界面, 可对倍捻机的各类参数, 包括捻度、防叠防凸、张力等工艺参数进行设置, 以及实现转速、停止、启动等基本操作。可替代机械式倍捻机需更换齿轮等复杂工序, 不仅方便操作, 提高工作效率, 且可扩大倍捻机的捻度可加工范围。

2 倍捻机控制系统的模块化设计

倍捻机控制系统是以交流电机带动的主带轮为基准, 根据编码器采集的信息, 通过控制步进电机及伺服电机的运转来实现工艺要求。下面将主要介绍伺服电机、步进电机控制模块, 编码器模块, 以及防

收稿日期: 2012-11-14

基金项目: 浙江省现代纺织装备技术创新团队(2009R50018); 浙江省自然科学基金(Z1110750)

作者简介: 吕明来(1987-), 男, 浙江温州人, 硕士研究生, 主要从事嵌入式控制系统方面的研究。

通信作者: 袁嫣红, E-mail: yyh@zstu.edu.cn

叠防凸等工艺处理过程。

2.1 步进电机、伺服电机、编码器控制模块及其控制流程

对于倍捻机控制系统而言,最后卷绕成型纱筒质量的好坏是衡量整个控制系统好坏的基本标准,而对于本控制系统而言,系统的实时性及导纱杆的算法和控制将关乎成型纱筒的品质。因此,基于编码器的速度检测及位置定位就成为了本控制系统的核心部分,也是此控制系统创新部分。

本控制系统是通过交流电机的转速来控制卷绕筒卷取及导纱杆的横向运动的。由于交流电机本身的特性及外界的一些影响,其转速不可能维持在一个恒定不变的情况下,而且交流电机在启动和停止时期速度并不是突变的,而是缓慢增速或减速的一个过程,因此,交流电机的速度监测就尤为重要。本文设计了一个性价比高的相对式编码器,将其安装在同步带轮上以检测其速度,从而得到锭子的转速,见图2。

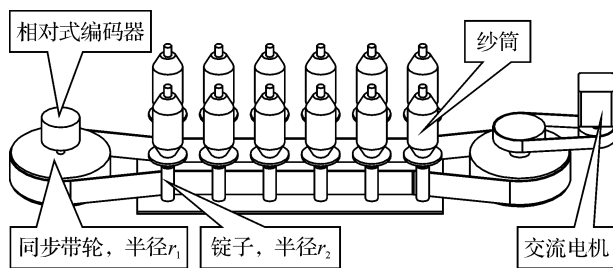


图2 倍捻机锭子速度反馈设计

如图2所示,通过固定在同步带轮上编码器在 t_1 秒时间内读回的脉冲个数 n_1 ,并设此编码器的精度为一圈 N_1 个脉冲,可得到同步带轮转速 N_{GPB} ,

$$N_{GPB} = \frac{60 \times n_1}{t_1 \times N_1} \quad (1)$$

通过同步带轮的半径 r_1 及锭子的半径 r_2 可得到锭子转速 N_{Sp} ,

$$N_{Sp} = \frac{r_1}{r_2} \times N_{GPB} \quad (2)$$

再由公式

$$T = \frac{2n}{V} \quad (3)$$

可得卷绕筒子的线速度 V_w ,

$$V_w = \frac{2 \times N_{Sp}}{T} \quad (4)$$

再根据式(1)、式(2)、式(4)可得,

$$V_w = \frac{120 \times r_1 \times n_1}{N_1 \times r_2 \times T \times t_1} \quad (5)$$

设卷绕筒的半径为 r_w ,则可得卷绕筒转速 N_w ,

$$N_w = \frac{60 \times V_w}{2 \times \pi \times r_w} \quad (6)$$

由于卷绕筒子是通过步进电机带动的,假设步进电机与卷绕筒的传动系数为 K_{St} ,步进电机分辨率为 P_{St} ,即转1周需要 P_{St} 个脉冲,则可得CPU所提供的脉冲频率 F_{St} ,

$$N_{St} = N_w \times K_{St} \quad (7)$$

$$F_{St} = \frac{P_{St} \times N_{St}}{60} = \frac{P_{St} \times N_w \times K_{St}}{60} \quad (8)$$

由式(6)、式(7)、式(8)可得,

$$F_{St} = P_{St} \times K_{St} \times \frac{60 \times r_1 \times n_1}{N_1 \times r_2 \times T \times t_1 \times \pi \times r_w} \quad (9)$$

由式(9)可以得到所需的脉冲频率 F_{St} 。

这样,实现了交流电机对步进电机的实时监控,通过改变 t_1 的值,就能对系统的控制精度进行控制。

在导纱杆的控制上,其速度控制是根据纱线在卷绕过程中的卷绕角来确定的。为了确定导纱杆的确切位置,以此来控制伺服电机的换向运动,选择了一个绝对式编码器(图3为倍捻机导纱机构的控制图),通过 t_2 时间的定时中断,检测导纱杆的位置。

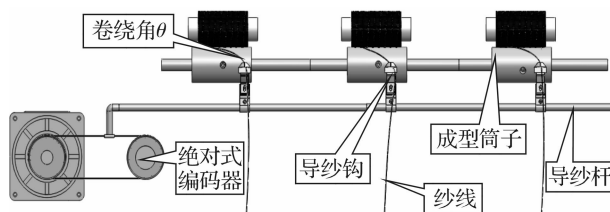


图3 导纱机构的控制

由式(4)可知卷绕筒的线速度为 V_w ,通过转绕角 θ ,可得导纱杆线速度 V_G ,

$$V_G = V_w \times \tan\theta \quad (10)$$

伺服电机线速度 V_{Sc} ,

$$V_{Sc} = K_{Sc} \times V_G \quad (11)$$

再根据公式

$$N = \frac{60 \times V}{2 \times \pi \times r} \quad (12)$$

得伺服电机转速为 N_{Sc} ,

$$N_{Sc} = \frac{60 \times V_{Sc}}{2 \times \pi \times r_{Sc}} \quad (13)$$

假设伺服电机分辨率为 P_{Sc} ,即伺服电机旋转1周需要 P_{Sc} 个脉冲,则得,

$$F_{Sc} = \frac{N_{Sc} \times P_{Sc}}{60} \quad (14)$$

根据式(11)、式(12)、式(13)和式(14)得CPU需供给伺服电机的脉冲频率 F_{Sc} ,

$$F_{Sc} = K_{Sc} \times P_{Sc} \times \frac{V_w \times \tan\theta}{2 \times \pi \times r_{Sc}} \quad (15)$$

再根据式(4) 便可得 F_{sc} 。

在编码器对伺服电机位置信息的采集上,如何确定 CPU 中断采集时间 t_2 是影响纱线成型好坏的关键点,根据式(4)、式(10) 得在 t_2 时间内,导纱杆移动的距离 S ,

$$S = \frac{2 \times N_{sp} \times \tan\theta}{60 \times T} \times t_2 \quad (16)$$

根据实际测试的数据,在 $T = 2000 \text{ t/m}$, $N_{sp} = 10000 \text{ r/min}$, $\theta = 15^\circ$ 得

$$S = \frac{2 \times N_{st} \times \tan\theta}{60 \times T} \times t_2 = 0.4466 t_2 (\text{m}) \quad (17)$$

结合实际情况,本项目设置了 t_2 为 2 ms 定时检测,可得 $S = 0.8932 \text{ mm}$,即在检测范围内,导纱杆所运动的距离仅为 0.8932 mm ,在此精度下,有效地解决了纱线在纱筒两头的塌边现象。

在张力控制上,其原理与控制伺服电机及步进电机相似,本文将不再详细介绍。

2.2 倍捻机防叠处理

在纱筒的卷取过程中,由于导纱杆的横动速度是恒定不变的,因此经过一段时间的卷绕后,在卷取纱筒上将会出现一个或者多个位置的纱线重叠,即叠纱现象。其形成原因如图4所示。

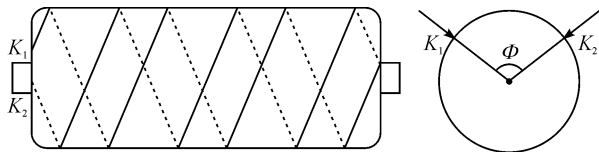


图4 成型纱筒卷取示意

如图4左图所示为纱筒在卷绕导纱1次来回后的示意图。 K_1 为导纱方向从左到右时的起点位置, K_2 为导纱从右到左时的终点位置。图4右图为纱筒垂直方向的切面图,其中 K_1 、 K_2 为图4左图上的两点, Φ 为两次折返点的夹角,假设经过 N 次导纱后其折返点为 K_N ,则 K_N 点与 K_1 的夹角为 ψ ,则

$$\psi = N \times \Phi - M \times 180^\circ$$

$$(N, M \text{ 为整数}, N > M, \text{ 且 } 0 \leq \psi \leq 180^\circ) \quad (18)$$

在式(18)中,取值 N 、 M 使 $0 \leq \psi \leq 180^\circ$,当 ψ 为 0 时, K_N 点回到了 K_1 位置,即纱线发生了叠纱。纱筒的叠纱现象不仅会使卷绕筒表面出现不平而影响纱筒在卷绕过程中的平稳性,使卷取时纱线出现紊乱,而且会在下一工序染色时使筒子纱染色不匀。在此,通过一定周期内改变导纱杆的横动速度来实现防叠处理。

如图5所示, V 为所需要的速度增加值, N 为导纱的次数,且 N 为整数,可得每 N_x 次导纱后需要增

加的速度 V_{Add} 。

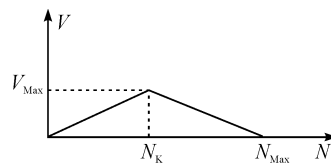


图5 防叠处理示意

$V_{Add} =$

$$\begin{cases} N_x \times \frac{V_{\max}}{N_K}, & N_x < N_K \\ V_{\max} \times \left(\frac{2 \times N_K - N_x}{N_K} \right), & N_{\max} \geq N_x, N_{\max} = 2N_K \end{cases} \quad (19)$$

其中 V_{\max} 及 N_{\max} 为通过试验测试所得。图6为实验测试得到的纱筒卷绕情况。

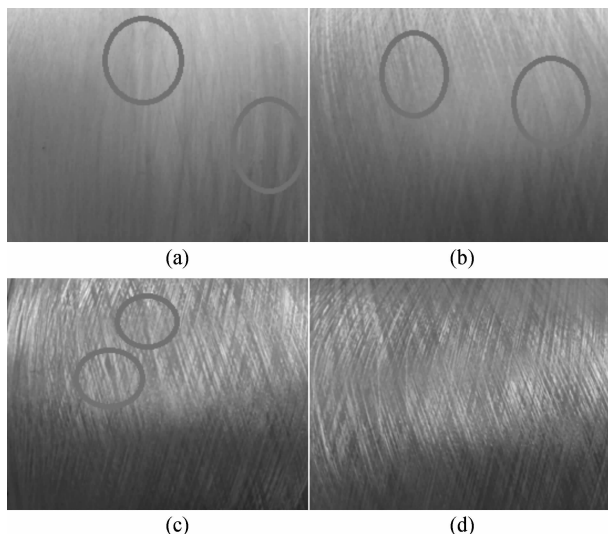


图6 防叠实验测试结果

注:(a)为未经防叠处理所卷绕的纱筒,(b),(c),(d)为经过防叠处理后所卷绕的纱筒。

由图6可知,图(a)中纱线纹路紊乱无序,而且在标注的圆圈处有明显的凸起;图(b),(c)中的纱筒在经过不同防叠参数的处理后,纹路较图(a)有一定的改善,但其表面仍有不同程度的凸纱出现;图(d)中的纱筒纱线纹路较为清晰,且表面较为平整,并无明显的叠纱现象,此纱筒已基本符合倍捻机的工艺要求。

通过多组试验的测试,测得最佳的防叠参数:

$$N_{\max} = 500,$$

$$V_{\max} = V_{\text{横动}} \times 30\%。$$

在此情况下,导纱防叠效果最好,其中 N_{\max} 为横动周期,即在每 500 次横动后重新开始图5中的速度改变, $V_{\text{横动}}$ 为导纱杆的基准速度,即导纱杆的初始速度。

试验结果显示,此防叠处理方式很好地解决了叠纱的问题。

2.3 倍捻机防凸防塌处理

倍捻机在卷绕过程中纱筒两端会卷取了过多的纱线而导致纱纹凸起,且凸出位置硬度过高等现象,叫做凸边硬边现象。本文通过减少导纱杆到达两端的次数来减少纱线在两端的叠加,实施防凸处理。其示意如图7所示。

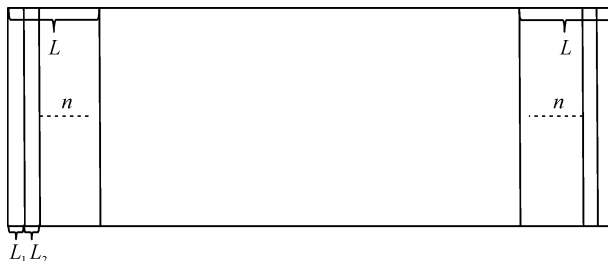


图7 防凸处理示意

图7为纱筒的正视图,长为 L 的范围所示为图8中纱筒两端凸起部位,此长度可在实际测量中获得。在此范围内,将此段分为 n 段,分别为 L_1, L_2, \dots, L_n ,为了计算方便,令

$$L_1 = L_2 = \dots = L_{n-1},$$

其中 n 可经过实验测试获得最佳值。

现在假设在 T 次导纱横动周期内,导纱嘴到达 L_1 点后反向(即导纱最边上)的次数为 T_1 ($T_1 < T$),到达 L_2 点后反向的次数为 T_2 ,依此类推, L_n 的次数为 T_n 次,其中

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_n \quad (T, T_1, T_2, \dots, T_n > 0)$$

这样,就减少了纱线到达两边的次数,可以解决凸边的现象。 T, T_1, T_2, \dots, T_n 均由实际测试过程中得到。

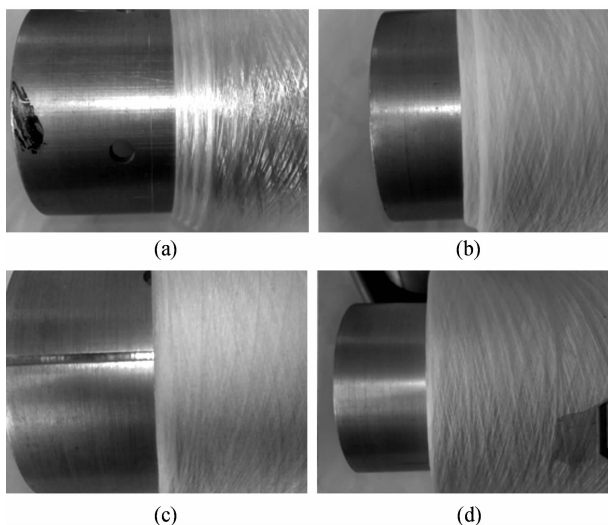


图8 防凸试验测试

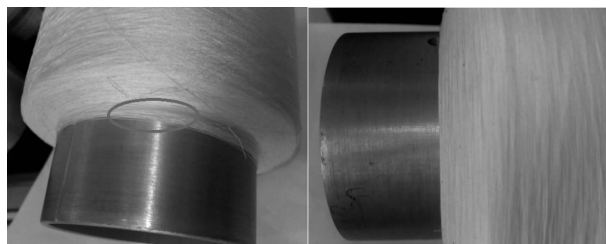
如图8所示,在测试过程中,由于防凸参数的设置不同,得到的成型纱筒会有较大的差距。经过多组纱筒卷绕测试,得到图8(d)中所示纱筒,基本上符合倍捻机工艺上的要求,其参数设置如下。

$$n = 7;$$

$$L_1 = L_2 = \dots = L_6 = 1 \text{ mm};$$

$$T_1 = 85; T_2 = 23; T_3 = 10; T_4 = 5; T_5 = 3; T_6 = 3; T_7 = 3 \text{ 次}.$$

经过以上防凸处理后,虽然有效地解决了凸边硬边的产生,但由于机械震动及机构误差等原因,难免会有纱线脱落,从而形成了塌边现象。因此,本文通过纱筒收边来解决此问题,收边量的大小可通过实际情况确定,图9为收边后的纱筒。



(a) 未经过收边处理

(b) 经过收边处理

图9 收边纱筒

如图9(b)所示,经过收边处理后的纱筒塌边现象基本解决,有良好的成型效果。

试验测试结果显示此方法可有效解决纱筒凸边塌边的问题。

3 结束语

基于多电机传动的新型倍捻机控制系统不仅实现了纱线倍捻等功能,简化倍捻机的机械结构,实现了倍捻机人性化的操作方式,有效的解决了倍捻机在更换纱线材料及更改工艺参数时需要撤换齿轮的复杂工序,而且在防叠防凸的处理上均达到了良好的成型效果。

参考文献:

- [1] 孔宪生, 陆锡滨, 陈卫红, 等. HY742 型倍捻机的使用体会[J]. 棉纺织技术, 2005(6), 33(6): 369-371.
- [2] 杨丽丽, 从顺章, 杨培学. 基于台达机电技术的倍捻机自动化设计[J]. 纺织机械, 2007(4): 35-36.
- [3] 罗兆恒. 近期倍捻机发展情况[J]. 纺织机械, 2003(5): 35-36.
- [4] 徐巧. 新型捻线机传动与控制系统的研究与实现[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.

(下转第 143 页)

Preparation of Carbon Nanofiber-Loaded Cu_2O Photocatalytic Materials with Solvothermal Method

WANG Yuan-qian, LIU Lin, YAO Ju-ming

(Zhejiang Sci-Tech University, a. School of Materials and Textiles; b. The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

Abstract: This paper prepares carbon nanofiber-loaded cuprous oxide ($\text{Cu}_2\text{O}/\text{CNFs}$) photocatalytic materials with solvothermal method with cupric acetate as the raw material and carbon nanofiber as base material; compares the reducing capacity and dispersing performance of three different reaction solvents—glycerin, glycol and diglycol to Cu_2O generated; and studies photocatalytic degradation property of $\text{Cu}_2\text{O}/\text{CNFs}$ composite materials exposed to visible light with methyl orange as simulated organic pollutant. The experimental result shows that, when glycerin and glycol are used as solvents, the product is mixture of Cu_2O and Cu in cube shape; when diglycol is used as the solvent, the product is pure Cu_2O nano particle with homodisperse. After exposed to visible light for 5 h, $\text{Cu}_2\text{O}/\text{CNFs}$ composite materials prepared by glycerin, glycol and diglycol respectively have a methyl orange degradation rate of 73.5%, 85% and 92.5%.

Key words: cuprous oxide; carbon nanofiber; solvothermal method; photocatalysis

(责任编辑: 许惠儿)

(上接第 138 页)

Design and Test of New Control System of Two-For-One Twister Based on Multi-Motor Drive

LÜ Ming-lai, YUAN Yan-hong, ZHANG Jian-yi

(Modern Textile Equipment and Technology Engineering Research Center, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: This paper designs a new control system of two-for-one twister in multi-motor drive mode with ARM as control core based on the analysis on the general framework of two-for-one twister; studies the control mode of AC motor, stepping motor and servo motor and designs hardware circuit to realize their cooperation and making the two-for-one twister reach the work requirement of process design; and designs an algorithm of fold and protrusion prevention of two-for-one twister, making yarns have good forming effects. The experimental result shows that this control system has a simple operation, high control accuracy and good real-time performance, reaches the design requirement and has a good work performance.

Key words: multi-motor drive; two-for-one twister; ARM; control system

(责任编辑: 张祖尧)