

伺服系统在纺织机械中的应用

张嘉胜, 曹继鹏*^①

(辽东学院服装与纺织学院, 辽宁 丹东 118003)

摘要: 伺服系统具有控制精度高、运行平稳、可靠、响应快、过载能力强等特点, 被广泛应用于机械运动控制领域, 使机械控制技术水平有了大幅度提高。本文就伺服系统在纺纱、织造、非织造机械等方面的应用情况进行了综述, 从伺服系统在纺织机械上的具体应用情况和解决的具体问题等方面阐述了其在实现纺织机械高产、高质量生产方面的贡献。

关键词: 纺织机械; 伺服系统; 纺纱; 织造; 针织

中图分类号: TS103 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4939 (2015) 03-0190-05

伺服系统 (Servo mechanism) 又称随动系统, 是用来精确地跟随或复现某个过程的反馈控制系统。“伺服”一词源于希腊语, 本意是“奴隶”, 意指人们要把“伺服机构”当做奴隶一样能够很好地控制的工具^[1]。伺服系统经历了从液压到气动再到电气化的发展历程, 如今已经趋于成熟。它能使输出的被控量 (如物体的位置、状态、方位等) 能够准确地跟随给定值 (或输入目标) 的任意变化。现代交流伺服系统具有精度高、运行平稳、可靠、响应快, 过载能力强等特点, 它逐渐从机电控制的大家族中脱颖而出, 由最早应用的军事和宇航领域逐渐进入到工业和民用领域, 目前国内纺织工业中纺织机械伺服应用约占国内伺服应用总量的8%左右, 下面就伺服系统在纺织机械中的应用进行论述。

1 伺服系统在纺纱工序机械中的应用

1.1 在梳理领域的应用

文献 [2] 介绍了分离罗拉数控伺服电机驱动技术在 JSFA388、JSFA588 型精梳机上的应用, 经过纺纱试验表明: 该技术的应用使 JSFA388 型精梳机的精梳条条干 CV 值达到 2.15%, 短绒含量为 2.9%, 棉结清除率为 69%, 提高了纺纱质量水

平, 同时利于节能降耗和提高机器的运转稳定性; JSFA588 型精梳机采用了完全具有自主知识产权的数控伺服电机驱动系统, 简化了分离罗拉传动机构, 提高了分离罗拉的运动精度, 大大减轻了机器的振动和噪声, 还可以根据纤维长度调整分离罗拉顺转定时及有效输出长度, 进一步提高精梳机对纤维长度的适纺性。

目前, 清梳联生产线设备, 在外观形态和内在质量上, 都已有了长足的发展, 具备了精细抓棉能力, 设计更加人性化, 有着友好的人机界面, 操作维护也更加简便。声、光、电、气、变频传动技术、先进的伺服系统等新技术以及新工艺、新的梳棉理论被大量采用^[3], 体现在清梳联生产线的设计制造中, 促使清梳联生产线向高产、高速、节能、优质的方向发展, 提高了生产的稳定性、可靠性, 保证了整个生产流程能够同步、连续、平稳地运行, 把棉条长短片段的不匀率、棉结含量、生条含杂率都稳定控制在一定的范围内, 保证了后部生产工序的原料质量。

1.2 在并条机上的应用

随着纺纱生产要求的不断提高, 在并条机上应用自调匀整技术已显得十分重要, 这能自动有效地检测喂入纱条长短片段条干的不匀, 可实时调节牵

① 收稿日期: 2015-03-03

作者简介: 张嘉胜 (1988—), 男, 河南濮阳人, 本科生。

* 通讯作者: 曹继鹏 (1975—), 男, 辽宁盖州人, 博士, 副教授, 研究方向: 梳理理论及工艺。

伸倍数,从而有效地控制输出纱条的质量,但这种控制系统尚有较大的提升空间。

FA387型并条机通过伺服电机及数字化闭环控制技术^[4],实现了主牵伸无级调节和动态监控,最小牵伸倍数可在 ± 0.01 倍范围内调节,重量控制精度可达 $0.05\text{ g}/(5\text{ m})$,纱条质量稳定,运转可靠。其先进的电子控制和自动化技术有效地降低了并条机的功耗和运转噪声,操作维护方便,每万锭运转班修机工可减少 $4\sim 8$ 人,每年可节约资金约20万元。

FA398A型并条机采用了计算机控制、伺服驱动、变频调速以及传感器检测等先进电子技术,实现了开环控制短片段的全过程自调匀整和对纱条的实时控制,对于不同品种在不同速度等条件下试验时,均能达到稳定控制、匀整效果好,出条质量明显改善的效果,该机运开环控制的自调匀整系统控制原理图如下^[5]。

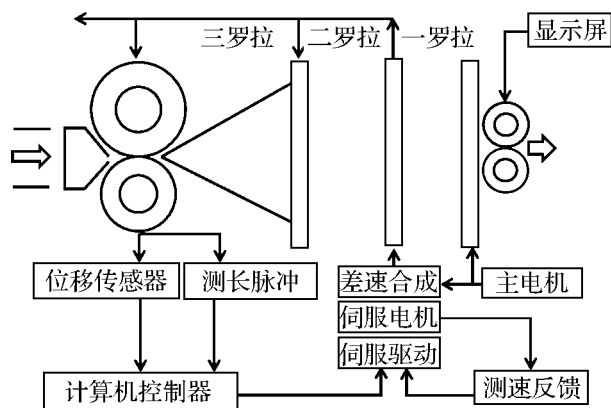


图1 自调匀整系统控制原理图

1.3 在粗纱、细纱机上的应用

1.3.1 粗纱机

在多电动机传动系统的粗纱机中,牵伸罗拉、锭翼、筒管和龙筋分别由独立的伺服电动机传动,多电机的同步协调由一个高精度控制系统完成。采用了伺服控制系统进行数字化控制,能有效地解决起动、点动、停车过程中多电动机同步控制问题,消除粗纱机在开关车过程中纱线易产生的细节疵点^[6],同时取消龙筋平衡重锤和差微齿轮,简化保养维修工作,并有利于节约能源、降低噪声及振动^[7]。

文献[8]研究了基于伺服控制系统的高速粗纱机新型翼导卷绕,管导卷绕方式已经发展成熟,但由于其自身的局限性,导致难以进一步提高纺纱

速度和成纱质量。而在现在的科技条件下,翼导的缺点能被克服,其优点可以显现,从而为粗纱机的发展提供新的思路。

毕丽蕴等^[9]设计了全新的粗纱机自动落纱机器人,并对自动落纱机器人的控制系统进行了分析,提出了相应的实现技术和方法,而且可以在不改变粗纱机结构的前提下,实现与已装机运行的粗纱机的配套使用,达到节约人工成本,提高生产效率的目的。

1.3.2 细纱机

伺服系统由控制器、驱动器、执行电动机和传感器构成,主要运用在细纱机的集体落纱系统^[10],传统的细纱机的锭子、罗拉及钢领板的升降都靠主电机传动,主电机多使用双速电机,慢速仅用于启动,高速为正常工作,在纺纱过程中断头率高^[11]。随着微电子及计算机技术的发展,可编程序控制器及交流伺服控制器和网络等技术在细纱机控制上的应用,简化了机构,提高了精度,利于稳定纺纱张力、减少断头和毛羽,大大提高了纺织细纱机的生产效率^[12]。

环锭纺纱系统相比转杯纺等新型纺纱技术具有成纱质量好、可纺高支纱的优势,但是它的生产效率低,纺纱界提出了超大牵伸纺纱技术的构想来解决这个问题。文献[13]介绍了超大牵伸细纱机的牵伸传动型式,利用西门子S7-200系列可编程控制器(PLC)控制交流伺服驱动器,实现牵伸机构的数字化控制。这个系统主要包括触摸屏、PLC、变频器以及伺服系统,数字牵伸传动相对传统传动方式有质的飞跃,它抗干扰能力强,实现了罗拉转速的精确控制,有利于牵伸倍数和成纱品质的提高。

2 伺服系统在织造工序机械中的应用

2.1 络筒机

范伟鹏等^[14]研究出了一种适用于现代新型精密络筒机的分级精密卷绕,设计了一种以单片机控制的伺服电机做导丝机构,并对分级精密卷绕工艺的参数进行了理论计算和对单锭控制系统的总体设计,它具有成本低、退绕性能好、密度均匀无重叠现象等优点,具有较高的市场价值和潜力,分级精密卷绕机构图如图2。

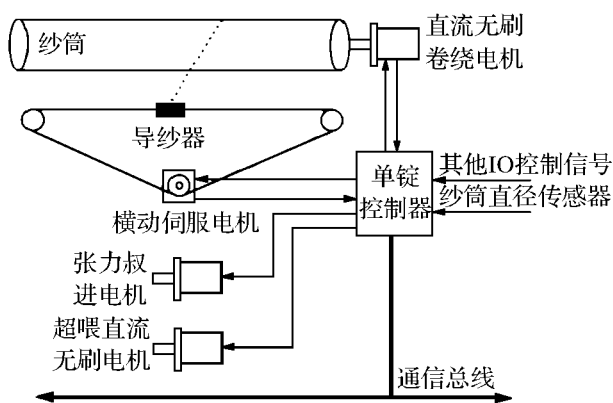
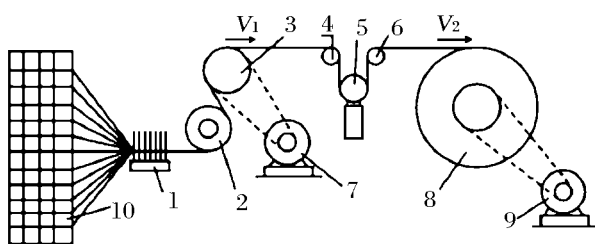


图2 分级精密卷绕机构图

2.2 整经机

文献 [15] 介绍了 PLC 在分条整经机中的应用、变频调速下的恒张力控制和伺服系统的精确定位, 并且讨论了整经机自动控制的数学模型, PLC 控制、变频调速、伺服及步进电机在整经机中的应用, 克服了传统整经机控制系统的种种缺陷, 提高了系统的自动化程度, 减少了不必要的人为因素影响, 减少了工人的劳动量。

刘林阴等^[16] 针对整经系统存在不稳定和精度差的问题, 分析了聚酯单丝整经机控制系统的组成及其工作原理, 采用 PLC 控制的伺服系统来实现整经机“三均匀”的要求, 使得经纱张力精度达到 1%, 工业应用结果表明, 卷绕密度的均匀性好、染色质量高、生产效率较高、能方便地设定和监控各个工艺参数, 提高了整经机的生产效率, 具有良好的经济效益和实用价值, 单丝整经机工艺简图如图 3。



1-伸缩箱; 2,4,6-导轮; 3-牵引辊;
5-张力传感器; 7,9-伺服电机; 8-经轴; 10-筒子架

图3 单丝整经机工艺简图

2.3 浆纱机

文献 [17] 介绍了国内纺织业最新的双浆槽七单元浆纱机变频伺服驱动控制系统, 分析了浆纱的工艺特点和相应采用的控制方法、软硬件设计和基本原理。浆纱实验结果表明, 该控制系统的控制

精度高、工艺参数协调性好、可靠性高、可维护性好、能够满足多品种经纱的上浆要求, 使上浆质量及生产效率得到了大幅度提高。

2.4 织机

伺服系统主要用于喷气织机和剑杆织机^[18], 文献 [19] 介绍了伺服控制系统在 FGA732 型剑杆织机上的应用, 高档剑杆织机电控送经卷取系统结构简单、操作方便、品种适应范围广, 以单片机为设计核心的电子送经卷取系统, 采用交流伺服系统作为执行部分, 可以精确地控制送经和卷取的速度, 实现纬密及张力的动态控制和连续无级调节^[20]。

经纬纺机股份有限公司和美国 Danaher Motion 公司合作开发的一种新型国产喷气织机电控系统采用当前最先进的 DSP、FPGA 及伺服技术, 使 JWD0432 喷气织机电控系统实现了电子送经、电子卷取、多色任意选纬、数字探纬等功能, 它精度高, 强弱电分离减少了电磁干扰, 闭环的伺服控制效果明显好于传统的开环变频控制^[21]。

此外, 织制具有三维交织结构的整体机织物已经成为现代织造的研究热点, 尤其是研发数字化立体织机以实现三维机织物的规模化生产成为纤维增强复合材料领域的重要课题。目前已开发出的电子开口机构的综框运动由单独伺服电机控制, 满足了织造较为复杂织物的要求^[22,23], 这种电子开口系统已成功应用于立体织造设备中。

3 伺服系统在针织机械上的应用

文献 [24] 在已开发并应用于圆纬机中的 PC104 为主控制系统的基础上, 选用交流伺服电机作为主传动电机, 通过皮带传动带动机头运动, 采用嵌入式系统原理对电子选针的数据准备、控制系统信号发送、控制软件设计等方面开展研究, 取得了良好的效果。

高速经编机因其生产效率高、产品适用领域广而在所有经编装备中占据重要地位, 我国拥有全球 85% 的经编机台, 国外采用通用伺服电动机研发的电子横移高速经编机机速已达 1400 r/min, 而我国还无成熟的同类产品, 开展对高动态经编机电子横移系统的研究十分重要^[25]。欧瑞 SD10 伺服驱动系统已取代传统控制方式作为主动力源应用在无缝针织内衣机上, 解决了传统传动系统带来的噪音、震动等问题, 同时有效地提高了针织机的系统响应

性、位置控制精度以及加工效率, 得到了用户的好评^[26]。

4 伺服系统在非织造机械中的应用

非织造布生产线上由于铺网机的不理想, 存在着棉网均匀度差、两边厚中间薄等问题, 而利用先进的运动控制总线 SERCOS 和高性能的数字伺服系统对 W 1251 型交叉铺网机的铺网控制可以达到令人满意的效果^[27]。

文献 [28] 介绍了核子皮带秤的基本结构和工作原理以及它在铺网机中的作用, 指出进料系统在流量控制中采用 PID 调节, 运用 PLC 和伺服电机控制以确保输料系统的精确控制, 有效地解决了铺网机中存在的均匀度低、产品厚度不稳定等问题, 极大地提高了非织造布工艺的自动化过程控制水平, 系统 PID 调节图如下。

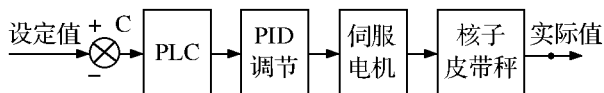


图4 系统PID调节图

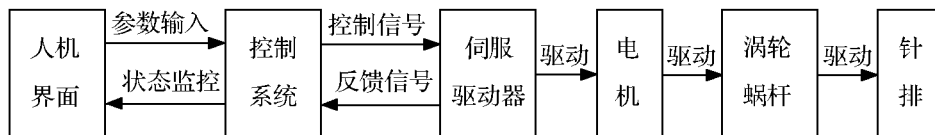


图5 电气控制系统图

此外, 伺服系统在码布机、电脑绣花机等织物后加工处理机械和实验室用数字化小样机中也有少量的应用。

6 结语

伺服系统是实现纺织机械自动化、数字化控制系统的重要组成部分, 当前我国无论是在技术上还是在产业化应用上都与国外先进水平有着不小的差距, 这对于我们来说谋求先进的伺服控制技术意义重大, 因此创新产学研结合模式, 大力推动企业、高校和科研院所建立紧密的合作关系, 促进伺服控制系统更好地应用于纺织机械, 提高纺织机械的性能显得十分必要和紧迫。我们有理由相信在未来的几年, 必定会出现一些强势的国产品牌, 能够为客户提供优质服务, 并推动整个纺织机械行业走向成熟, 进一步提升纺织设备的国际竞争力。

5 伺服系统在其它纺织类机械上的应用

针对当前毛针织产品需求量不断增大, 而我国的毛针织产品整体质量较差, 缝纫设备仍然十分落后的现状, 孙国栋等^[29]提出了一种基于视觉伺服的羊毛衫自动对边方法, 通过大量实验验证, 该自动对边方法生产的羊毛衫缝纫质量好, 且生产效率高。

浮纹形成关键是依靠针综、导纱箱和花纹纱送经之间的配合, 并与经纬纱交织同时进行, 系统按照外部输入的花型参数和运行指令向驱动器发出控制信号, 控制交流伺服电机的位置移动而织成新的花纹^[30], 电气控制系统如下图 5 所示。

参考文献:

- [1] 王健. 现代交流伺服系统技术和市场发展综述 [J]. 伺服控制, 2007 (1): 16 - 21.
- [2] 刘锦海, 窦国平, 苏延奇. JSFA388、JSFA588 型精梳机的技术创新 [C]. 2009 全国高效能精梳机工艺技术开发与创新研讨会: 53 - 57.
- [3] 石庚尧. 清梳联设备的特点和发展趋势 [J]. 纺织导报, 2009 (3): 24 - 39.
- [4] 姜正俊, 袁显政. FA387 型并条机性能分析与应用 [J]. 棉纺织技术, 2013, 41 (2): 29 - 32.
- [5] 邱会欣, 张向辉, 高虹, 等. FA398A 型并条机性能特点及应用 [J]. 棉纺织技术, 2012, 40 (8): 505 - 508.
- [6] 刘敦平. 棉纺悬锭粗纱机在半精纺工艺中的作用 [J]. 毛纺科技, 2009, 37 (9): 60 - 63.
- [7] 刘荣清, 徐佐良. 精梳、粗纱和细纱设备的发展 [J]. 纺织器材, 2010, 37 (S1): 247 - 250.
- [8] 史振起, 姚新河, 王峰, 等. 新型翼导粗纱机项目探

- 讨与可行性分析 [J]. 河北纺织, 2009, 137 (2): 88-93.
- [9] 毕丽蕴, 刘广喜. 一种粗纱机自动落纱机器人 [J]. 纺织机械, 2014, 9 (9): 90-94.
- [10] 张伟昂. 交流伺服系统在细纱机电子凸轮上的运用 [J]. 伺服控制, 2010 (4): 124-127.
- [11] 王恩鸿. 变频器、交流伺服系统在细纱机中的应用 [J]. 天津纺织科技, 2004, 42 (4): 57-59.
- [12] 王宪生, 李先祥. 高速启停纺织专用细纱机伺服控制系统设计 [J]. 控制工程, 2003, 10 (2): 176-178.
- [13] 郑莹莹, 徐伯俊, 王晓岚, 等. 超大牵伸数控细纱机牵伸传动系统设计 [J]. 纺织导报, 2013, (11): 60-62.
- [14] 范伟鹏, 胡旭东. 精密络筒机新型卷绕技术的研究 [J]. 现代纺织技术, 2013 (4): 19-22.
- [15] 胡赤兵, 滕舟波, 鲁智康, 等. 伺服系统在分条整经机中的应用 [J]. 机械与电子, 2006 (4) 29-31.
- [16] 刘林阴, 杨涛, 高殿斌, 等. 聚酯单丝整经机结构与控制设计 [J]. 机械设计与制造, 2011 (5): 38-40.
- [17] 撒继铭, 黄焯, 董明, 等. 变频伺服驱动七单元浆纱机控制系统 [J]. 纺织机械, 2001 (6): 19-22.
- [18] 陈先锋. 伺服控制技术自学手册 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [19] 徐立权. 基于伺服控制的剑杆织机送经及卷取机构的研究 [D]. 浙江: 浙江工业大学硕士学位论文, 2001: 8-32.
- [20] 周骏彦, 肖强, 何勇, 等. 基于单片机的电子送经卷取控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2005, 13 (7): 698-700.
- [21] 蔺建旺, 张卫东, 朱香娟, 等. 新型国产喷气织机电控系统的研究和开发 [J]. 纺织机械, 2008 (3): 26-30.
- [22] 钱永明, 闫红霞, 闫江, 等. 三维织机电子开口系统的研制 [J]. 纺织学报, 2014, 35 (12): 115-120.
- [23] 祖林均. 立体织机电子开口和电子引纬控制系统的设计 [D]. 上海: 东华大学硕士学位论文, 2014: 18-40.
- [24] 刘玲. 基于 ARM9 提花控制系统研究与实现 [D]. 湖北: 武汉科技学院硕士学位论文, 2009: 4-33.
- [25] 张琦. 高动态响应的经编机电-子横移系统研究 [D]. 江苏: 江南大学博士学位论文, 2013: 8-63.
- [26] 赵炫弟. 欧瑞传动 SD10 系列伺服系统在无缝针织内衣机上的应用解决方案 [J]. 纺织导报, 2014, (9): 58-59.
- [27] 孔汉, 邹琳, 杨小亮. SERCOS 总线在多轴伺服传动系统中的应用 [J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2007, 22 (4): 46-48.
- [28] 李南, 吕晓煜, 艾宏玲. 基于 PLC 控制的核子皮带秤在铺网机中的应用 [J]. 纺织器材, 2008, 3 (32): 81-83.
- [29] 孙国栋, 徐威, 宋丽萍. 基于视觉伺服的羊毛衫自动对边方法研究 [J]. 毛纺科技, 2014, 42 (2): 51-53.
- [30] 缪行外, 高飞. 浮纹织机针综的智能控制系统 [J]. 电气自动化, 2008, 30 (1): 57-58.

(责任编辑: 鞠衍清)

Application of Servo System in Textile Machinery

ZHANG Jia - sheng, CAO Ji - peng

(College of Clothing and Textile, Eastern Liaoning University, Dandong 118003, China)

Abstract: With characteristics such as high precision, stable and reliable operation, fast response and strong overload capacity, servo control system is widely used in the field of mechanical motion control. In this paper, the application of servo system in spinning, weaving, nonwoven machinery is reviewed. The contribution of servo system to improving the production and quality of textile machinery is displayed.

Key words: textile machinery; servo system; spinning; weaving; knitting