

圆柱坐标机器人在针织圆纬机中的应用

陈永明¹, 刘德滨¹, 李炳超¹, 林清助², 刘明举², 邓才参²

(1.厦门大学 航空航天学院, 福建 厦门 361102;

2.泉州威廉针织技术研究院股份有限公司, 福建 泉州 362712)

摘要:基于机器人与互联网的智能化新时代背景, 针对传统针织圆纬机编织过程中断纱必须依靠人工操作接纱而一直无法用机器替代的问题, 研发一种用于针织圆纬机的圆柱坐标机器人, 以实现智能检测纱疵、自动清纱接纱以及多模态除絮工作。介绍圆柱坐标机器人的基本结构、工作原理、控制系统及应用优势。使用该圆柱坐标机器人可以自动清纱并复接, 代替人工接纱操作和除絮步骤, 有效降低运营成本, 大幅度提高生产效率及织物品质, 提升圆纬机智能化程度, 推动圆纬机装备行业向智能化技术转型升级, 为实现智能工厂、无人车间奠定基础。

关键词:智能化; 圆柱坐标机器人; 圆纬机; 纱疵检测; 自动清纱; 多模态除絮; 控制系统

中图分类号: TS 183.92 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-4033(2018)09-0015-04

Application of Cylindrical Coordinate Robot in Circular Weft Knitting Machine

Chen Yongming¹, Liu Debin¹, Li Bingchao¹, Lin Qingzhu², Liu Mingju², Deng Caican²

(1.College of Aeronautics and Astronautics, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361102, China;

2.Quanzhou William Knitting Technology Research Institute Co., Ltd., Quanzhou, Fujian 362712, China)

Abstract:Based on the intelligent and new era background of robot and internet, and aiming at the problem that the broken yarn in the knitting process of traditional circular weft knitting machine can not be replaced by the machine but only by manual operation, this paper designs and develops a kind of cylindrical coordinate robot to achieve intelligent detection of yarn defects, automatic yarn cleaning and joining and multimodal lint removal. It introduces the basic structure, working principle and control system of and application advantages of cylindrical coordinate robot. The cylindrical coordinate robot can be used in circular weft knitting machine to realize automatic yarn cleaning and yarn reconnecting, and replace the operation of artificial yarn joining and the process of lint removal, which can effectively reduce the operation cost and greatly improve the production efficiency and fabric quality, and improve the intelligentization of circular weft knitting machine. This research can promote the transformation and upgrading of circular weft knitting machine equipment industry to intelligent technology, which is a crucial step for the realization of intelligent factory and unmanned workshop.

Key words:Intelligent; Cylindrical Coordinate Robot; Circular Weft Knitting Machine; Yarn Defect Detection; Automatic Yarn Cleaning; Multi-modal Lint Removing; Control System

针织圆纬机是针织行业的常用装备, 20世纪80年代之前, 针织装备主要是由机械控制而非电气控制, 20世纪90年代开始, 针织行业有了新的发展, 变频调速、自动加油等新技术逐步得到了广泛应用。近年来, 自动化技术发展迅速, 针织圆纬机的自动化水平也显著提升, 出现了多路提花大圆机、无

专利名称: 一种针织圆纬机智能供纱及纱线自动除疵装置(ZL 201711471759.8); 一种针织圆纬机的纱线检测除疵智能控制系统及控制方法(ZL 201711193666.3)。

获奖情况: “第四届(2018年)全国针织纬编技术研讨会”优秀论文。

作者简介: 陈永明(1962—), 男, 副教授。主要从事数控系统、机电一体化方面的研究工作。

缝内衣机、丝袜机等先进装备。目前,针织圆纬机的高端技术主要被意大利、德国和日本等国家掌握,如德国迈耶·西公司生产的纺纱编织一体机尤为突出^[1]。

随着现代控制技术的快速发展,Industrial Personal Computer(工业控制计算机,简称IPC)性能不断提升,基于EtherCAT(以太网控制自动化技术)的网络总线控制技术^[2]的成熟,以及互联网等技术的发展,促进了机器人、工业自动化的迅猛发展,世界正在向智能化、信息化方向迈进,机器人和互联网+将是新时代的主题^[3]。将机器人、互联网+、人工智能等应用于针织行业,推进传统针织行业向智能化、信息化方向转型发展至关重要,这也是针织行业发展的必经之路,具有非常重要的意义^[4]。

经过大量市场调研和用户反馈情况分析,断纱是目前影响针织圆纬机智能化转型的主要障碍之一。由于纱线不可避免地带有纱疵,导致针织圆纬机在工作过程中断纱频繁,断纱后停机,需要依靠人工将纱线重新捻接才能恢复运行^[5],使得机器对人工的依赖程度极高,而且人工捻接后的纱线易造成面料表面疵点,不仅影响效率还增加了生产成本^[6]。目前,国内外现有针织圆纬机还没有出现断纱捻接的机器装置,无法解决断纱后依赖人工操作复接的问题^[7]。针对这一问题,本文研发一种圆柱坐标机器人,可以实现纱疵智能检测和自动清纱复接,同时实现全方位智能清洁除絮,该机器人的使用能有效去除纱疵,使断纱频率降低70%,代替人工接纱和除絮操作,实现所生产的面料无结头、无瑕疵,并将大幅度提高针织圆纬机的生产效率及织物品质,此外,该机器人的

使用可以大大提升针织圆纬机的自动化水平,推动针织圆纬机装备行业向智能化技术转型升级,具有显著的社会效益和经济效益。

1 圆柱坐标机器人基本结构

圆柱坐标机器人主要由伺服电动机、电磁阀、模组、分度盘、探纱传感器、接纱机构、捻接器、工业相机、棉絮传感器、除尘风扇、回丝袋等部件组成,主要结构如图1所示。圆柱坐标机器人安装于针织圆纬机中部顶圈位置,由针织圆纬机支架支撑;中间分度盘由伺服电动机驱动绕Z轴自由旋转,实现360°精确定位;模组由伺服电动机驱动,实现沿Y轴前后移动,驱动接纱机构到达各个接纱位置;接纱机构末端由电动机驱动实现绕Y轴旋转以及绕Z轴旋转;探纱传感器用于检测纱疵,包括棉结、双纱、细纱、粗纱等各类型纱疵。

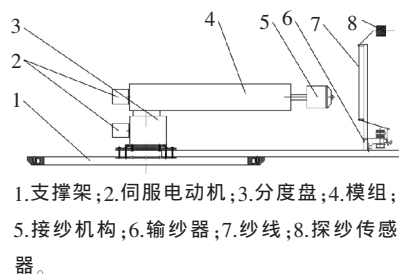


图1 圆柱坐标机器人结构简图

该圆柱坐标机器人可以实现全方位精确控制,完成各个位置自动清纱以及接纱动作。此外,圆柱坐标机器人的接纱机构末端安装有除絮装置,并在针织圆纬机编织区、送纱区、探纱传感器检测区等部位安装有棉絮传感器和工业相机,实时监控各个区域的棉絮状况,配合除絮装置实现圆纬机多模态智能除絮清洁。其中棉絮传感器和工业相机有多种工作方式,可结合系统运行状态不断变化控制方式,可以根据系统的实际运行状态,实时选用最合适的控制算法,

通过在不同运行条件下执行不同的控制算法,调整参数并选择恰当时机进行切换,实现系统稳定性、准确性和快速性等性能指标之间的最优结合,具有通信、数据采集分析、自感知、自适应、自诊断等智能化功能。

2 圆柱坐标机器人工作原理

圆柱坐标机器人的工作原理如图2所示。

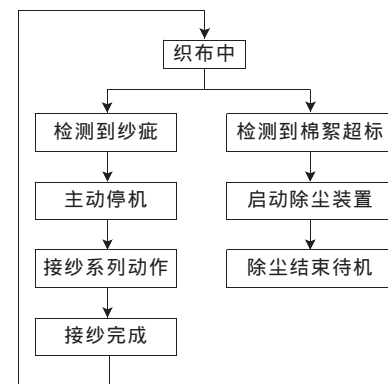


图2 圆柱坐标机器人工作原理

针织圆纬机开始编织时,圆柱坐标机器人一直处于待机状态,探纱传感器实时监测纱疵,一旦检测发现纱疵,立即反馈给控制系统,开始做清纱和接纱准备,通过系统运算指令控制主机停止,使纱线疵点精确到达指定位置,同时圆柱坐标机器人立即停止除絮等其他工作并开始运动到指定接纱位置,纱疵点到位后,机器人开始进行清纱和捻接等系列动作,剪除纱疵并重新捻接后,针织圆纬机自动进入编织状态,同时机器人运动到指定位置并将残留线头吸入回丝袋。

针织圆纬机正常编织时,棉絮传感器和工业相机一直处于监测状态,监测指定区域的棉絮密度,当某个区域棉絮超过设定指标时,立即向控制系统发出指令,圆柱坐标机器人开始运动到棉絮超标位置并进行除絮清洁工作,当棉絮传感器检测棉絮密度达标或开始清纱捻线工作时,停止除絮工作。

3 圆柱坐标机器人控制系统

紧密围绕清纱接纱这一关键环节,针对信息技术和制造装备融合的集成创新和针织圆纬机应用,通过产学研用联合攻关,紧扣关键工序智能化,开发自主可控的装置。本文设计的控制系统采用基于IPC的纯软件专用运动控制系统,该系统是在IPC的基础上融合了Field-programmable Gate Array(可现场编程门阵列,简称FPGA)技术,它是一种能够实现实时伺服控制操作的开放式运动控制系统。该系统可在通用的计算机及操作系统上运行,采用EtherCAT总线连接^[2],通过专用的伺服IO通讯平台与伺服系统及IO设备进行连接,可以控制多个机器人、伺服步进驱动及IO等设备,设备间运用EtherCAT协议通讯连接,扩展性好,传输速度快,并且工业IPC具有在粉尘、烟雾、高低温、潮湿、震动和腐蚀等恶劣环境下运行的性能,具备快速诊断和可维护性,可完全满足针织圆纬机的工况要求,该系统能够对编织生产过程进行实时在线检测与控制,并对工作状态的变化给予快速响应,及时进行采集和输出调节,遇险自复位,保证系统正常运行。

上述系统应用于本文设计的圆柱坐标机器人可以实现高精度和高实时性控制,同时,该系统可以自由扩展,便于下一步针织圆纬机周边装备的智能化升级,如自动上下纱筒的桁架机械手、自动落布Automated Guided Vehicle(自动导引车,简称AGV)运输车等组合。本文设计的圆柱坐标机器人控制系统的各个电动机之间采用EtherCAT总线与工控机进行通讯连接,各电磁阀、限位开关、声光警示和传感器等多个IO信号通过转换模

块转换为EtherCAT协议,再通过总线与工控机进行通讯连接,具体连接方式如图3所示。

控制系统软件运用Microsoft Visual Studio(简称VS)平台进行编写,主界面主要包括功能菜单栏、实时动态显示状态、示教对话状态等。软件操作简单方便,只需要通过简单培训即可使用本软件控制该圆柱坐标机器人。该控制软件设计时充分考虑了各种实际情况,通过简单操作即可修改各项参数以配合不同型号机台、不同生产工艺要求;同时充分考虑了各种安全性要求,某些重要参数的修改会弹出警示并需要管理员权限才能进行修改,避免发生设备损坏或其他安全事故;此外,对该软件的操作进行了详细说明以及对可能出现的故障给出了相应解决方案的帮助信息,以便及时处理各种问题。

4 圆柱坐标机器人应用优势

通过圆柱坐标机器人可以实现智能检测、自动清纱、自动接纱以及多模态除絮。目前,针织圆纬机存在操作者劳动强度高、织物品质不稳定等多种问题,例如频繁清洁棉絮工作、输纱器机械式清纱刀片处接头断头接驳工作等占据了操作者的大量时间,并且由于人为操作的不定性因素,不可避免地产生了由于清洁工作引起的织物质质量问题,如飞花棉絮除絮不当被织入织物引起疵点,或者由于清洁不及时或不充分,不可避免地引起输

纱器的机械式清纱刀片因纱线摩擦累积的棉结而扯断纱线次数增多,此外,因手工接驳纱线难免造成接头大小不一,编织时会难以避免地造成织物条块状疵点、破损性疵点,甚至因接头粗节使织针断裂而形成漏针的线状疵点等织疵。相比于传统的针织圆纬机,圆柱坐标机器人的应用具有以下优势。

4.1 降低损耗

圆柱坐标机器人的自动清纱及多模态除絮有效降低了断纱频率,代替了人工接纱操作和除絮步骤,减少了织物品质问题。依据GB/T 22846—2009《针织布》(4分制)外观检验的质量标准,可以解决由于人工操作造成的损失,如条块状疵点和破损性疵点(线状疵点的出现会造成漏针断针损耗)。由于疵点的损失包含纱线、织造、染整以及成衣裁缝等方面,此外由于接头粗节造成织针针钩变形断裂等,容易忽视潜在的损耗,对织物品质的影响则难以统计,因此可以认定原料的综合利用率大幅度提升。

4.2 减少用工

传统针织圆纬机断纱后,操作者发现报警后查找断纱位置,清纱并复接,中间等待和人工接线操作都需要相对较长的时间,经常因操作者正在除絮或正在处理另外一台设备问题而造成等待时间,难以计算停机时长。采用圆柱坐标机器人自动检测接纱,无须人工处理,

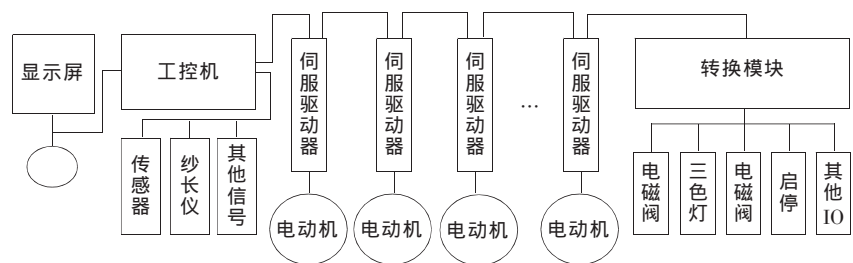


图3 圆柱坐标机器人控制系统设备间连接方式

节省了大量时间,从而降低了操作者的劳动强度,增加看台率,能够有效降低用工成本。

4.3 提升品质

采用圆柱坐标机器人自动清纱和接纱,清除纱线的棉结、双纱、细纱、粗结以及人工接头等纱疵,并且接近原纱自络无结头的质量,织出无瑕疵织物,同时结合多模态智能除絮,代替人工接纱和除絮操作,实时保持机器清洁,织物品质得以控制和提升,产品的不良率大幅度下降。

4.4 提高效率

采用圆柱坐标机器人代替人工完成繁杂的除絮步骤和接纱动作,由于取消传统输纱器的机械式清纱片,使得在输纱器位置的断纱频率降低90%以上,多模态智能除絮使得编织区域的导纱器瓷眼堵塞问题的出现频率降低80%以上,机器人暂不能处理的断纱状况将很少出现,大大提高了针织圆纬机的运转效率。

5 结束语

圆柱坐标机器人的应用可以实现对原纱的再次复检以及对影响织物品质的纱疵的清除及复接,而且复接纱线接近原纱自络无结头的质量,同时多模态除絮有效减少了针织圆纬机编织过程中额外的断纱现象,解决了针织物品质控制难题。本文设计的圆柱坐标机器人可以实现实时监测纱线、自动清纱、自动接纱以及智能除絮功能,减少70%以上的人工操作,提升针织圆纬机的自动化程度,提高生产效率及织物品质,具有显著的社会效益和经济效益。自国家十二五规划纲要实施以来,目前智能制造新模式已涵盖了纺织机械制造的6大领域,本系统的集成技术研发和应用推动了针织圆纬机装备行业

向智能化、自动化技术转型升级迈出至关重要的一步,推进针织行业向中国制造2025转型,加快进入机器人和互联网+的智能化新时代。

参考文献

- [1]马海鹏.针织圆纬机自动化和信息化关键技术研究[D].杭州:浙江理工大学,2017.
- [2]林思引.基于EtherCAT工业以太网的伺服运动控制系统设计[D].广州:华南理工大学,2013.
- [3]刘默,张田.工业互联网产业发展综

述[J].电信网技术,2017(11):26-29.

- [4]王喜文.“互联网+”应与“机器人+”结合成“软硬叠加”[J].物联网技术,2015,5(12):3.
- [5]龙海如.针织圆纬机技术与产品发展动态[J].针织工业,2016(2):1-4.
- [6]徐英杰.线疵在线检测控制系统的设计与实现[D].杭州:杭州电子科技大学,2014.
- [7]马磊.针织设备[J].纺织导报,2016(1):50-53.

收稿日期 2018年5月2日