

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2020.02.010

基于 STM32F207 主控芯片的棉袜机控制系统

唐迪¹, 彭来湖^{1,2*}, 汝欣^{1,2}, 史伟民¹

(1. 浙江理工大学 现代纺织装备技术教育部工程研究中心, 浙江 杭州 310018;
2. 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 湖北 武汉 430001)

摘要:针对国内棉袜机控制系统存在稳定性、实时性不高导致袜品有脱边、松散等现象,课题组设计了一种基于 STM32F207 主控芯片的控制系统。基于棉袜机结构和工艺的研究,通过对袜机关键工艺尤其是各步段走针轨迹的分析,提出了总体分层式控制结构;设计了基于 STM32F207 主控芯片的主控板硬件系统;设计了基于飞思卡尔 KE06 芯片的选针器、气阀和电机板控制系统;设计了基于 CAN 总线协议的主控与驱动板之间的数据传输形式;依据外接编码器脉冲计数获得当前针数和针位信号,设计了零位检测电路;结合 RUMI WELLKNIT 的 AOTU RSD 机型的棉袜机,进行了功能测试。研究表明:设计出的控制系统可精准控制执行器,各执行器配合良好,针位位置捕获准确,实时性高;编织的袜品花型图案连接完好,袜品没有脱边和松散等现象。

关键词:棉袜机;分层式控制;走针轨迹;针位信号;CAN 总线

中图分类号:TS183.5;TP273

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2020)02-0058-07

Control System of Cotton Socks Machine Based on STM32F207 Main Control Chip

TANG Di¹, PENG Laihu^{1,2*}, RU Xin^{1,2}, SHI Weimin¹

(1. The Center for Engineering Technology of Modern Textile Machinery & Technology of Ministry of Education, Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Hubei key laboratory of digital textile equipment, Wuhan 430001, China)

Abstract: In order to solve the problem of loose hosiery products that caused by the poor stability and low real-time performance of the domestic cotton socks machine control system, a control system based on STM32F207 main control chip was proposed. Based on the research of the structure and technology of the cotton socks machine, through the analysis of the key process of the socks machine, especially the trajectory of each step, the overall hierarchical control structure was proposed, and the hardware system of main control chip based on STM32F207 was designed. The control system of the needle selector, air valve and motor board based on Freescale KE06 chip was designed. The data transmission form between the main control and the drive board was designed based on CAN bus protocol. According to the external encoder pulse count, the current needle number and needle position signal were obtained and the zero-detection circuit was designed. The function test was carried out in combination with RUMI WELLKNIT's AOTU RSD model cotton socks machine. The research results show that the designed control system can precisely control the actuator with good coordination, and the accurate needle position capture and the high real-time performance is achieved. The pattern of woven socks is well connected and socks has no detachment or loose.

Keywords: cotton socks machine; hierarchical control; step trajectory; needle position signal; CAN bus

收稿日期:2019-10-16;修回日期:2020-01-06

基金项目:湖北省数字化纺织装备重点实验室开放课题资助(DTL2018005);湖北省数字化纺织装备重点实验室开放课题(DTL2017013)。

第一作者简介:唐迪(1994),男,浙江舟山人,硕士研究生,主要研究方向为纺织机械电气控制。通信作者:彭来湖(1980),男,浙江温州人,博士,硕士生导师,主要研究方向为智能装备控制技术。E-mail: laiup@zstu.edu.cn

全自动电脑棉袜机正在向多功能、自动化、高速化和智能化的方向发展。国外的电脑袜机主要有意大利的圣东尼、罗纳地和胜歌等公司的产品^[1];国内通过对国外技术的吸收消化,取得了一些研究成果。浙江理工大学王红^[2]通过对袜机整机运动分析、功能映射和关联分析等手段,将现代分析方法融入到电脑袜机与性能分析研究中;并深入分析了收放针成型机构原理与成形编织工艺技术,首次提出了运用 NURBS 曲线进行袜跟模型的建模。浙江理工大学方圆等^[3]基于 UG NX/Motions 建模仿真技术研究袜机成圈机件的瞬态力学模型,通过建模与实验相结合的思想做出有限元分析,为电脑横机的设计与优化提供了一定的理论参考。尽管有些成果,但还是比较缺乏对现场袜机编织工艺的研究分析,同时机器精度、稳定性及故障率等方面和国外设备还存在差距。

课题组通过对棉袜机结构、原理和工艺理论进行了研究,深入分析了棉袜机各主要层级的原理和编织技术,着重分析袜子各步段走针轨迹。采用 CAN 总线

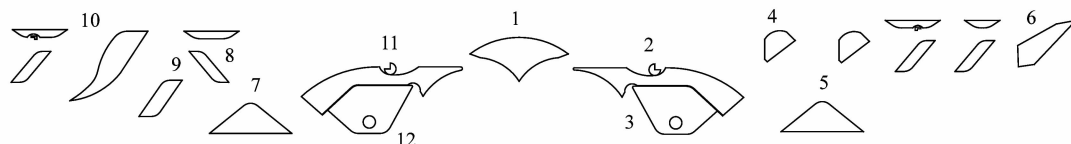
技术,嵌入式控制技术等,设计了一种棉袜机控制系统。

1 机械结构

1.1 编织层

成圈编织机件是参与袜品编织的主要组件,从上到下依次为织针、沉降片、中间针和提花片。织针分长脚针和短脚针 2 种,长脚针与短脚针各 72 枚插在针筒针槽中,长脚针 72 枚连续排布,短脚针 72 枚连续排布,主要负责勾取纱线编织成圈;沉降片共 144 枚,插入沉降片槽内,与针筒片槽 1 隔 1 排列,配合袜针成圈;中间针与织针直接接触,辅助织针向上或向下移动;提花片位于中间片下,8 个针踵对应 8 刀选针器的 8 把刀,片齿呈“/”形,用于选针提花。

三角提供织针走针的轨道,通过气阀控制三角的进出(部分三角分为一级打进、打出或二级打进、打出,是为了针对长脚针和短脚针 2 种类型的织针)。三角与织针针踵直接接触并确定其走位,图 1 为此棉袜机三角的排布图。



1—中棱角;2—右棱角;3—右活络镶板;4—第 6 色口降针三角;5—右活络三角;6—第 2 色口降针三角;7—左活络三角;8—后跟起针三角;9—橡筋三角;10—后跟降针三角;11—左棱角;12—左活络镶板。

图 1 棉袜机三角排布

Figure 1 Cotton socks machine cam arrangement

1.2 选针器层

此棉袜机采用 8 路喂纱系统,对应 8 路选针器,分别为 1 路主纱选针器,6 路色纱选针器,1 路橡筋选针器。选针刀头打下时即选针器进入工作,此时提花片齿打进针槽,织针勾取色纱,达到提花的目的。选针器如图 2 所示,其中,X1 为橡筋选针器,C1 为主纱选针器,S2~S7 为 6 路色纱选针器。

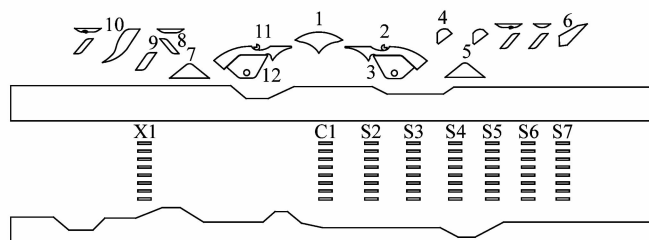


图 2 棉袜机选针器

Figure 2 Cotton socks machine needle selector

2 关键编织工艺分析

传统的袜品按照编织顺序分为袜口、袜筒、加固圈、袜跟、袜脚(分为袜面和袜底)和袜头等几个主要部分。其中袜口、袜头和袜跟的编织工艺较为复杂,而袜跟与袜头的编织工艺类似,归为同类考虑,其他部分的编织较为简单。

2.1 袜口编织工艺

袜口编织主要可以分为起口和扎口 2 部分,图 3 所示为带有哈夫针的扎口装置。扎口装置主要由哈夫针圆盘、哈夫三角和哈夫针组成。

在当前编织的袜品中,袜子的起口过程为编织的开始,主纱选针器选针,保证到达成圈位置的织针被勾起;同时袜口部分需要橡筋的编织,使袜口更具弹性,所有橡筋选针器一隔一打动,即奇数的选针刀头打上,偶数的刀头打下,相应的一半提花片针踵被顶进针槽,对应的织针一隔一的升起勾取橡筋纱。

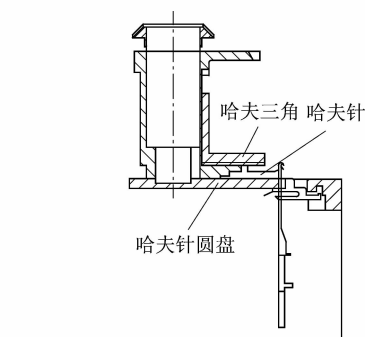


图3 扎口装置
Figure 3 Tie device

袜口编织到一定长度之后,扎口针上的线圈转移到袜针针钩内,将所织袜口长度对折成双层,这个过程称为扎口。此时,哈夫针经过拦进三角向里缩回,哈夫针上的线圈转移到织针上。奇数针旧线圈退圈形成正常的线圈,偶数针除了套有原来的旧线圈,还有从哈夫针上转移过来的悬弧,在编织过程中,线圈和悬弧一起脱落到新线圈上,将袜口对折连接形成扎口^[4]。袜口关键织针针踵轨迹如图4所示。

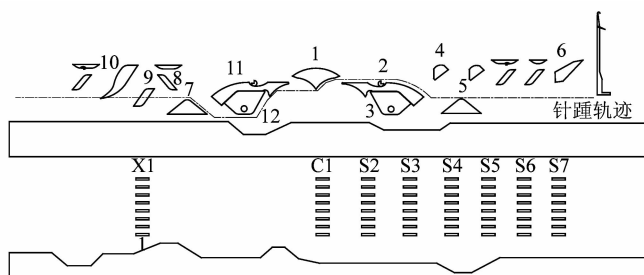


图4 袜口编织针踵轨迹
Figure 4 Buffet knitting butt track

2.2 袜筒及袜面袜脚编织工艺

袜面关键织针针踵轨迹如图5所示。

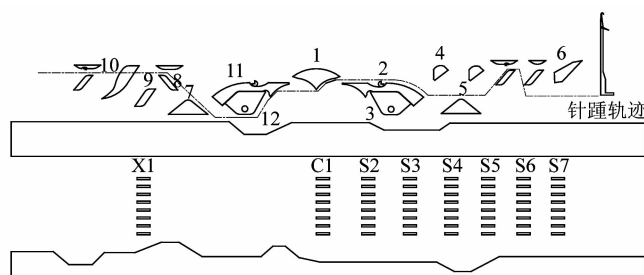


图5 袜筒及袜面袜脚针踵轨迹
Figure 5 Stocking boot and foot butt track

当袜口阶段结束时,哈夫盘停止工作,橡筋选针器停止工作即不再输送橡筋纱,主纱选针器依旧保持选

针状态,提起经过主口沙嘴的织针勾取主纱。此外,由于袜筒袜面都会添加图案,选针会进入提花状态,色纱选针器对应勾取设计提花图案需要的色纱成圈。

2.3 袜跟编织工艺

袜跟的编织相较于其他部分的编织更为复杂,其特点如下:

- 1) 色纱选针器全部停止工作,即退出提花编织;
- 2) 针筒由顺转切换为正反转;
- 3) 前半袜跟挑针器工作,后半袜跟挑针器与撒针器一起工作;
- 4) 针筒转动速度下降约50%。

袜跟应该编织成袋状,尺寸需符合人脚的大小才能穿着舒适。从织针角度看,编织袜跟只需要一部分织针参与工作,这部分织针进行握持线圈收放针,当袜跟编织完毕,其余织针下降继续参与编织。袜跟又分为前半袜跟($g-a-b-d-c-h$)和后半袜跟($i-e-b-d-f-j$),如图6所示。

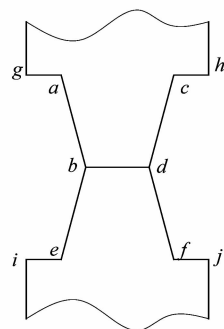


图6 袜跟形状
Figure 6 Heel shape

如图6所示, g, h 以上步段为编织袜面。进入袜跟前半袜跟编织阶段, ga, ch 的织针由于起针三角打进,这部分织针沿背部上升到最高位置退出编织即无法勾取到主纱。参与编织的织针每倒转一次,尾针被挑针器挑起,退出编织;顺转一次,头针被挑起,退出编织,直至只有 bd 长度的织针参与编织,前半袜跟编织结束。

后半袜跟的编织需要挑针器与撒针器同时作用,撒针器把连续2枚退出编织的织针下拉,使其进入编织勾取主纱,在此同时,挑针器把另一边的1枚织针挑起退出编织,即收2放1的方式进行后半袜跟的编织,如图中 $b-d-f-e$ 。袜跟针踵轨迹如图7所示。

3 控制方案总体设计

总结上述的工艺编织要求,得到棉袜机控制系统的控制要求表,如表1所示。

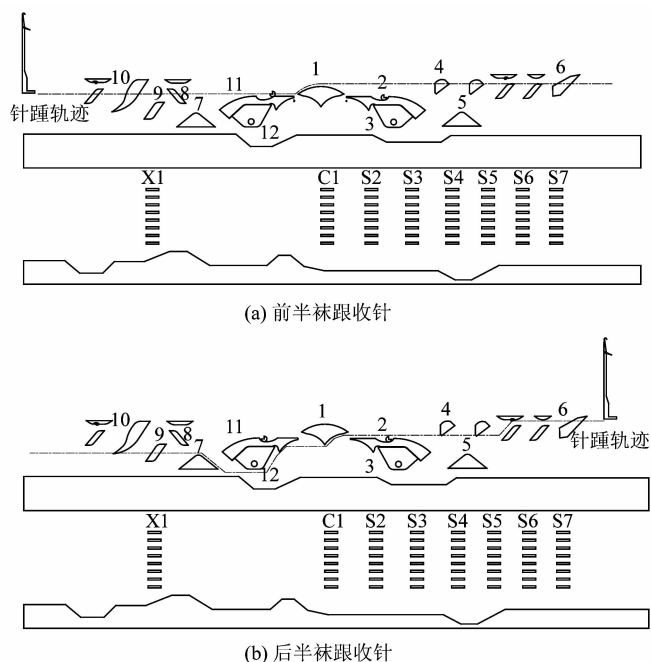


图7 袜跟针踵轨迹

Figure 7 Heel butt track

表1 棉袜机控制要求

Table 1 Cotton socks machine control requirements

序号	执行机构	数量	工作特点	控制算法
1	选针器	8	选针控制	按针控制
2	纱嘴	27	气阀控制	按圈控制
3	三角	若干	气阀控制	按圈控制
4	哈夫盘电机	1	交流伺服控制	按圈控制
5	盘式电机	1	交流伺服控制	按圈控制
6	风门电机	1	步进控制	按圈控制
7	橡筋电机	1	步进控制	按圈控制
8	生克电机	1	步进控制	按圈控制
9	主口电机	1	步进控制	按圈控制
10	后跟电机	1	步进控制	按圈控制

根据棉袜机的控制要求,基于模块化的设计思想,提出一种基于 ARM 微控制器的分层式棉袜机控制系统方案,此控制系统主要实现对气阀、电机和选针器的控制,如图 8 所示。

控制系统分为 3 层,分别为人机交互层、控制单元层和执行层。主控制单元为该系统的核心,向上与人机交互模块传输数据,向下接收发送处理执行器板的数据。主控制模块上集成了双口 RAM、花型存储器、编码器接口、伺服电机接口以及 CAN 通信接口等。双口 RAM 的作用是当人机交互模块有花型数据下发时,读取到该花型数据并存储,等待主控函数解析。外接编码器发送脉冲(一圈约 6 000 脉冲),主控的编码器采集端口捕捉脉冲数变化,由此针筒每一针对应若干脉冲,通过对脉冲的捕捉确定当前的针位,主控函数

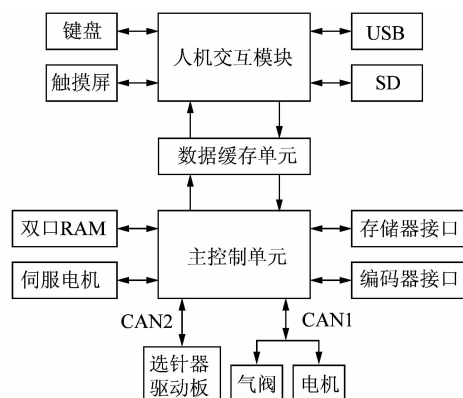


图8 棉袜机控制系统方案

Figure 8 Cotton socks machine control system

提取花型数据和动作信息。

驱动模块执行层包括了气阀、电机和选针器 3 部分。气阀控制纱嘴和三角等;5 路步进电机如表 1 所示;8 路选针器分别为 1 路主纱选针器,1 路橡筋选针器和 6 路色纱选针器。主控制单元采用 CAN 总线的形式与执行器驱动板进行通信,有利于驱动板的统一化设计^[5]。选针器对信号接收稳定性要求高,故单独用 1 路 CAN2 总线,气阀和电机共用 CAN1 总线。

4 系统核心硬件设计

4.1 主控模块电路设计

主控模块电路如图 9 所示。

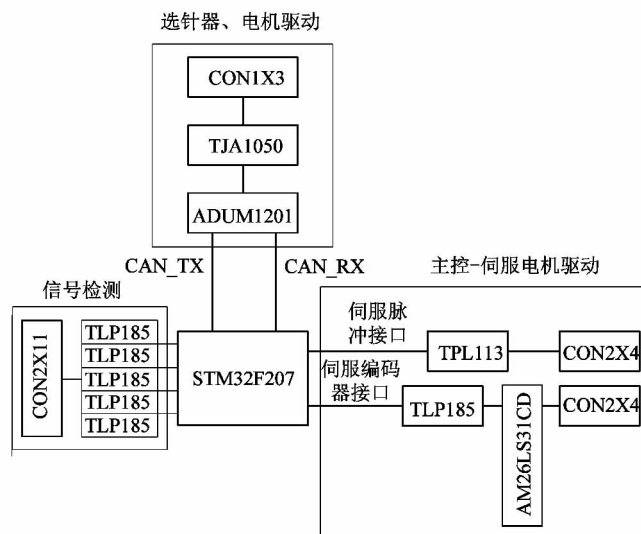


图9 主控模块电路

Figure 9 Main control circuit

主控模块采用 STM32F207Z 作为核心处理器,处理器依靠工作频率高达 120 MHz 的高性能 ARM Coetex-M3 32 位 RISC 内核。Flash 存储器为 1 MiB,系统 SRAM 容量为 128 KiB^[6],程序可以实现相当于零

等待的运行性能,综上可以满足棉袜机的实时性控制要求。

STM32F207 作为系统的主控制器,分别完成系统花型数据存储解析与实时发送、系统信号的检测与实时处理(系统信号主要包括系统启停、各种报警等),主伺服及哈夫盘电机的控制以及 2 路 CAN 总线与驱动电路板的数据通信。

系统以 STM32F207 为核心,采用分布式架构和 CAN 总线与下位机进行通信传输数据,其高达 1 Mbit/s 的传输能力可以保证通信高速稳定。伺服电机驱动则在主控制器内集成伺服编码器接口及伺服脉冲接口,接收外接编码器的脉冲数,经过计算得到当前的针位,以及需要电机转动的角度。信号均采用光耦隔离的设计方式,目的是为了提高系统的抗干扰能力。

4.2 驱动电路设计

如上所述,执行器驱动板分为 3 类,包括 8 块选针器板,6 块气阀板和 2 块电机板。主控模块通过 2 路 CAN 通信总线对执行器板进行实时控制。3 类选针器板的 ARM 处理器均采用 Freescale 的 KE06 芯片,该芯片有 64 根引脚,内部具有 64 KiB 的 Flash 存储器及 8 KiB 的 SRAM。

针筒旋转由盘式电机(主电机)驱动,盘式电机的驱动主要由 3 部分组成:外接编码器、外接驱动器及对应驱动电路。编码器发送伺服脉冲信号,信号采集电路捕获编码信号,主控模块根据此信号计算出针筒的转速以及位置。当前机器中,编码器发送 6 000 个脉冲,盘式电机及针筒转动一圈。

5 路步进电机采用 DRV8818PWPR 驱动芯片,芯片功能包括确定步进模式,在此设计中,步进模式设定为 8 细分;步进方向选择,对应方向引脚高电平保持,低电平反向;时钟信号,上升沿触发分度器走一步;芯片 2 组引脚对应外接步进电机的 AB 相,规定正向和反向电流方向。

8 刀选针器驱动输出方式基于 CMOS 反相器的原理^[7]。设计将选针器线圈分为奇偶 2 组,以“控制端+信号端+奇偶公共端”的形式进行驱动控制。控制端根据解析控制端口的高低电平,当线圈 2 端的信号端与公共端构成电势差,即产生电流,决定了刀头的打上打下状态。如橡筋选针器,在袜头编织的时候一直处于工作状态,选针器对应刀头打下从而将对应的织针顶起勾取橡筋完成编织。

气阀是单电控型的电磁阀,气流通过阀门促使纱嘴、三角等装置运动到指定的位置。采用达林顿管

(采用 ULN2803 芯片)作为驱动气阀芯片在其公共端串联采样电阻,选用 LM358N 放大芯片用于采样电压信号放大,保证采样精度。ULN2308 每一路能提供的驱动电流最大为 500 mA,驱动电压为 50 V,可以满足气阀驱动需求。

5 控制系统软件设计

5.1 主控程序设计

主控程序由初始化函数和一个无限循环函数组成。初始化函数包括 I/O 口配置、定时器配置、CAN 初始化配置及系统功能参数配置等。循环体首先包括获取人机指令状态的函数,用来获取人机指令,其包括提花、参数设置、机器测试和程序升级等,编织时进入提花程序。主控提花程序设计思路如图 10 所示。

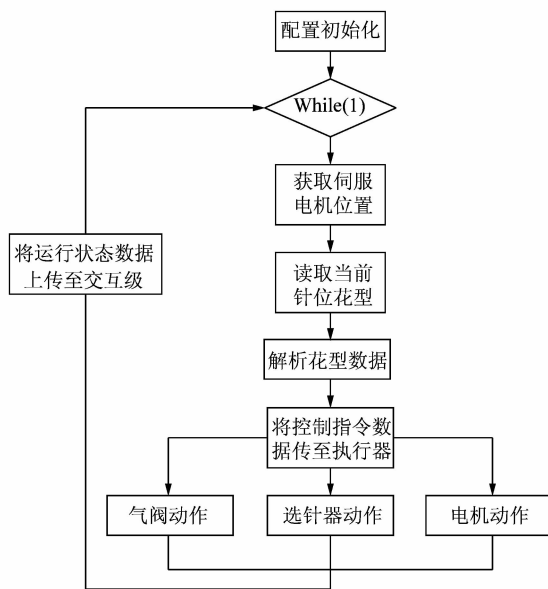


图 10 主控程序设计方案

Figure 10 Main program design

主控程序通过搭建外接增量式编码器信号采集电路计算当前针位,增量型编码器有 AB 两相,电路上分为 A+,A- 和 B+,B- 的 2 对电平,采用 M611 高速光耦对差分脉冲信号进行电平转换,采用 TLP352 对零位信号进行电平转换。

根据当前针位,从 Flash 中获取花型数据进行解析和转化,当数据解析完毕后,将最终的控制指令通过 CAN 总线传给执行器驱动板接收,根据协议执行对应的动作。传输完毕之后,将针筒转速、针位、当前圈数和步段信息传输到上位机^[8]。

5.2 花型文件传输程序设计

执行器的执行指令由主控解析下发,其最初原型为花型文件。花型文件中主要包括文件名、机器参数、

速度指令、循环指令、电机纱嘴以及气阀的动作指令、报警功能、归零指令和选针指令等。花型文件拷入上位机,同时向主控发送 CO 文件传输请求,主控扫描双口 RAM 上的地址信息,提取文件信息,主控解析完文件信息之后向上位机发送数据传递请求,接收数据存入 NAND FLASH^[9]。双口 RAM 上的数据与 Flash 中的数据需要进行数据匹配校验,当匹配不成功,主控申请上位机重新下发数据,直到所有袜机文件信息传输完毕。花型文件传输程序如图 11 所示。

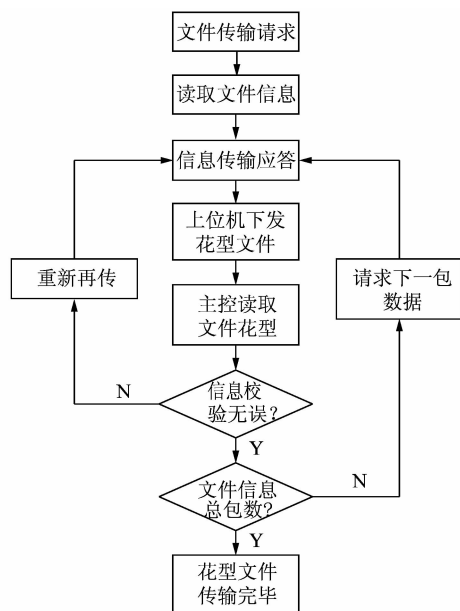


图 11 花型文件传输程序

Figure 11 Pattern file transmission program

5.3 袜跟正反转程序设计

根据上文的编织工艺描述,编织袜跟需要盘式伺服电机进行正反转,以达到收放针的目的。主控读取当前步数和编织圈数,如在此机器中第 65 步开始进行袜跟的编织;主控读取参数,结合读取到编码器累计的脉冲值,计算出当前的针位。定义伺服电机的方向改变函数 void Servo Motorx Dir(MtrDirection eDirection)。正反转程序如图 12 所示。

6 系统测试

以 RUMI WELLKNIT 的 AOTU RSD 机型为机械本体,针筒内共计 144 枚织针(连续 72 枚短脚针和 72 枚长脚针),分布于针筒零位点 2 侧,筒径为 255.6 mm。以正常编织 15 r/min 的转速下进行袜品的编织,CAN 控制系统总线采用 1 M 的波特率。

实验结果表明:控制系统实时性满足预期要求,机器运行基本稳定,袜品表面花型连接顺畅,无错花和松散等现象。现场调试及袜子成品如图 13 所示。

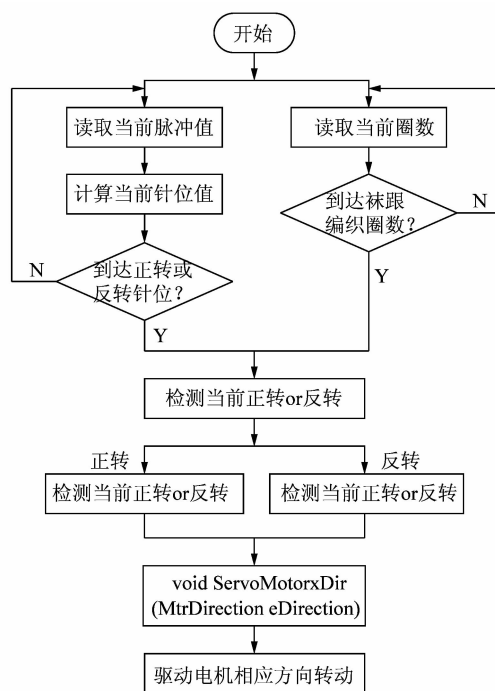


图 12 袜跟编织伺服电机正反转程序

Figure 12 Heel weaving servo motor forward and reverse program

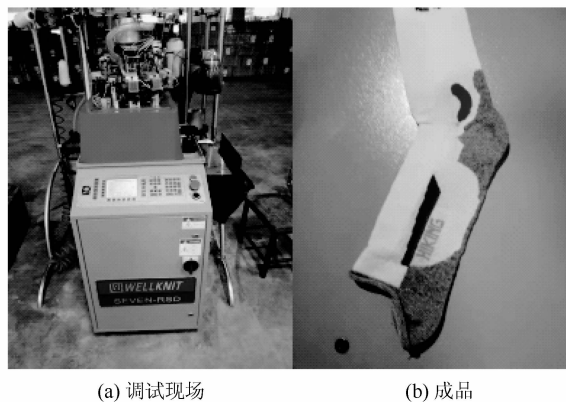


图 13 调试现场及袜子成品

Figure 13 Commissioning and sock

7 结语

现场生产实践表明,基于 STM32F207 的分层式主控制系统采用高性能的 ARM 处理器,在 CAN 总线协议下,高精度的编码器可以捕获到针位的实时位置,加上高动态响应的伺服电机、选针器和气阀的配合,工作精准,可以满足棉袜机织袜时的实时性和稳定性要求。RUMI WELLKNIT 的 AOTU RSD 机型棉袜机安装此系统后工作稳定,袜品花型图案连接错乱、袜品脱边和松散等现象的概率从原来的 8% 降低到 1%。

(下转第 68 页)