

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.12.015

多总线结构提花毛皮机控制系统设计*

颜瑛晟, 胡旭东*, 彭来湖

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对提花毛皮机选针器及梳理头路数较多、传统控制电路复杂且驱动线路易相互干扰等问题,对毛皮机的工作原理与控制要求进行了研究,提出了一种多总线结构提花毛皮机控制系统的设计方案。阐述了控制系统中关键硬件设计和软件开发,重点论述了喂毛、选针和花型数据的处理方案,提出了一种选针数据和喂毛数据的提取方法,以满足提花毛皮的编织要求,通过对梳理头机构的工作原理分析,阐述了一种梳理头步进电机的喂毛提前量的计算方法。研究结果表明,该系统工作稳定、通讯可靠、抗干扰性强,具有良好的扩展性。

关键词:多总线结构;提花毛皮;选针喂毛数据处理;喂毛提前量

中图分类号:TH39;TS103.7

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2015)12-1595-06

Design of control system for jacquard pile knitting machine based on multi-bus structure

YAN Ying-sheng, HU Xu-dong, PENG Lai-hu

(School of mechanical and automatic control, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the problem of multi actuators and carding devices of jacquard pile knitting machine, complexity of the traditional control circuit and mutual interference in drive circuit, a design project of control system for jacquard pile knitting machine based on multi-bus structure was proposed through the research of working principle and control requirements of pile knitting machine. The key hardware design and software development of control system, and a plan used to deal with feed, needle selection and pattern data were discussed. The extraction method of data of needle selection and feed was put forward to satisfy with jacquard fur's weave requirement. A calculation for the feed with certain lead of carding device's stepping motor was stated through analysis of working principle of carding device's mechanism. The results indicate that the control system is stable in operation, and it has a reliable communication, strong anti-jamming ability and good extension.

Key words: multi-bus structure; jacquard fur; deal with data of needle selection; feed with lead

0 引 言

人造毛皮机是一种特殊的纺织机械,由毛条喂入系统、纱线喂入和编织系统两部分组成^[1]。两者在控制系统的作用下,将毛条编入织物正面,生成广泛应用于玩具服装面料、毛毯及家用装饰品的人造毛皮。国外人造提花毛皮机的传统控制技术已趋于成熟,但存在价格昂贵、维护困难等问题^[2]。国产毛皮机控制系统大部分采用集中式控制方式,导致系统结构庞大,移

植性和兼容性不好,不利于设备的更新与扩展。

单一总线会随着总线上生产设备增多而使数据传输的延时增加,多总线结构能使得各个模块间的通讯数据进行高效传输,简化了系统结构且能便捷地增加设备数量,使得系统的扩展性和更新性良好,并实现了高速精确的控制编织。

本研究采用多总线结构和嵌入式控制系统模块化设计方法,研发具有海量花型数据传输和通讯实时可靠性能的提花毛皮机控制系统。

收稿日期:2015-08-03

基金项目:国家科技支撑计划项目(2013BAF05B00)

作者简介:颜瑛晟(1990-),男,浙江永康人,主要从事纺织装备自动化和机电一体化技术方面的研究。E-mail:lanbeilu@163.com

通信联系人:胡旭东,男,教授,博士生导师。E-mail:xdhu@zstu.edu.cn

1 毛皮机工作原理及控制要求

提花毛皮机主要由针筒电机、喂纱编织部、18 路梳理头喂毛机构、传动箱部件、卷布架、给毛监控轮、故障检测装置、编织机构和提花毛皮机控制系统组成,提花毛皮机机构示意图如图 1 所示。

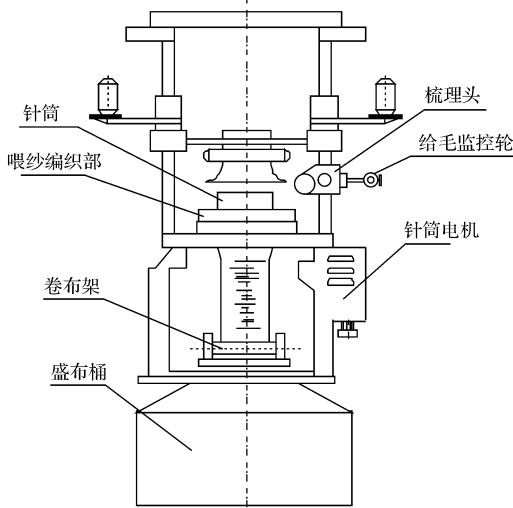


图 1 提花毛皮机机构示意图

在整个编织过程中,首先由针筒电机来驱动针筒转动,从而使编织机构和传动箱部件运转起来。梳理头喂毛机构主要由喂毛轮、锡林和道夫组成,通过步进电机驱动来完成毛条的梳理和拉伸。提花编织开始,步进电机与针筒转速相同步,按照花型图案将毛条送入梳理头喂毛机构;选针机构按照花型参数要求来确定是否出针勾取对应的毛条。纱线在喂纱编织部进行编织底布,毛条通过给毛监控轮由梳理头喂毛机构喂入底布编织成毛皮,然后由卷布架送入盛布桶。毛皮机运行时,给毛监控轮和故障检测装置对系统的状态进行实时监控,在发现故障的情况下可以立即停机保证编织安全。

2 控制系统整体结构设计

提花毛皮机控制系统采用模块化设计方法,将系统分为人机交互管理层、实时主控层和机构执行层。为了确保整个系统各个层次之间的通讯数据的快速可靠性,本研究采用多总线的控制方式。

多总线结构提花控制系统结构框图如图 2 所示。

人机交互管理层主要功能是显示提花毛皮机控制系统的状态信息及解析花型文件,通过文件解析得到对应的梳理头喂毛信息和选针器选针信息。为了将解析后的大量信息数据快速地从人机交互管理层传送到

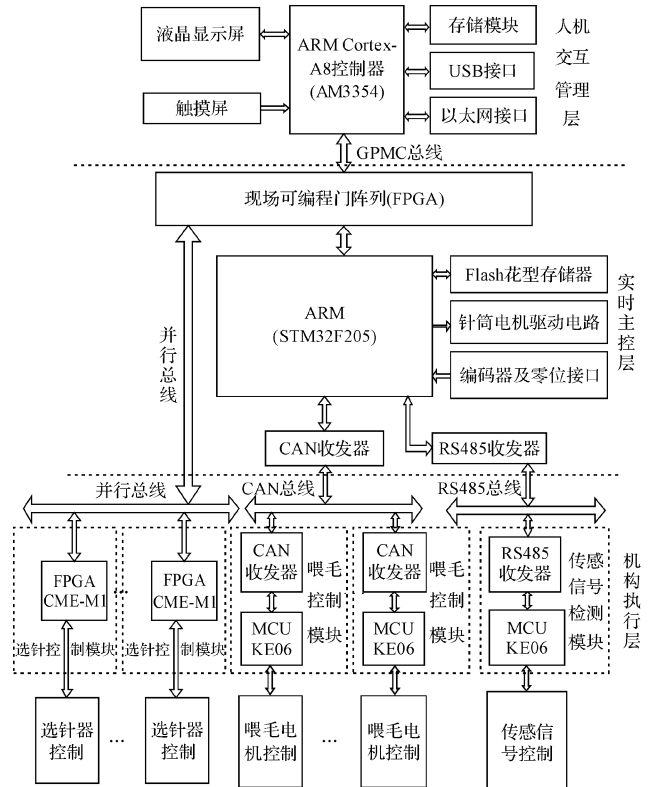


图 2 多总线结构提花控制系统结构框图

实时主控层,本研究使用 GPMC 总线来满足数据传输的实时性。

实时主控层是本控制系统的核心部分,不仅需要选针信息和喂毛信息传输给对应执行机构的控制模块,还要接收传感器信号检测模块发送各种故障报警信息。为了执行稳定准确的选针动作,本研究利用 FPGA 具有的强大的时序控制能力,采用并行总线方式实现高速的选针数据信号的稳定输出。为了对多路数的梳理头喂毛动作进行控制,本研究采用 CAN 总线来满足喂毛数据的分布式要求。当毛皮机出现故障需要及时地将报警信号传输给实时主控层,并发出停机命令保障工作安全,因此本研究采用高速的 RS485 总线将信号准确快速地进行传输。利用不同的总线处理不同的通讯任务,系统能够控制多个模块进行同步工作,满足实时多任务的工作需求来实现资源的充分利用。此外,系统还需控制针筒电机转动、接收编码器信号和零位信号。

机构执行层包括 18 路梳理头步进电机、18 路选针器及各类传感器信号检测。喂毛控制模块共有 5 个,每个模块可驱动 4 个步进电机,其中一个喂毛控制模块仅控制 2 个步进电机,实现 18 路梳理头步进电机控制;选针控制模块共有 5 个,每个模块可驱动 4 个选针器。各个模块都有独立的 MCU 控制,可以极易扩展和维护,并提高了实时性。

3 控制系统核心硬件电路设计

3.1 针信号检测电路

根据当前的针位信息,毛皮机的提花机构进行相应的动作。其针信号包括在旋转编码器信号基础上产生出零位信号和针同步信号,整个系统在针信号电路输出时序信号的作用下运转。

编码器输出变化的信号脉冲分为两相,分别从 QEPA_IN 和 QEPB_IN 输入,经过高速光耦 TLP113 到实时主控层芯片 STM32F205,二极管起保护作用防止光耦因反向电压过高而被击穿,其针信号检测电路如图 3 所示。

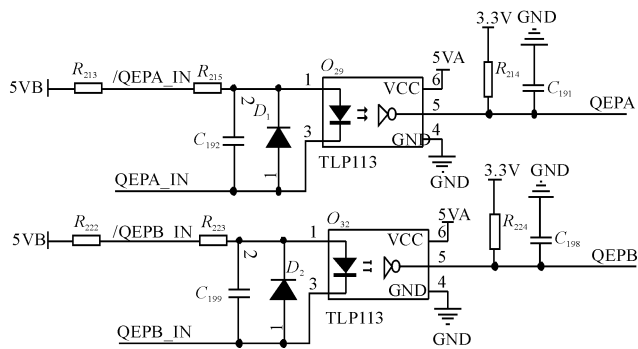


图 3 针信号检测电路

3.2 针筒电机驱动电路

变频器通过采用电压控制的方式进行驱动,从而带动变频电机传动至针筒。系统根据对变频器输入不同的模拟电压来控制变频电机的转速,从而实现编织速度的调节。变频器驱动主要由使能信号和速度信号控制。为了保证使能信号的可靠性,本研究使用光耦 TLP185 进行信号控制,前端信号电压为 3.3 V,后端电压为 12 V,并且有 MOS 管和二极管作为电压保护以保障信号的正确传输。STM32F205 输出特定占空比的 PWM 波,经光耦隔离和二阶滤波后,使得后面 LM358 构成的跟随电路中的运放正向输入端输入与占空比成正比例的稳定模拟电压,实现速度信号的控制。

3.3 选针驱动电路

选针器选用 200 V 的 WAC 型压电陶瓷选针器来控制毛条的勾取与否。本研究采用并行总线的驱动方式,选针器驱动电路接收从实时主控层的 FPGA 传送来的 8 个并行信号和 1 个时钟信号。该电路选用 CME-M1 FPGA 作为选针器控制核心,用双光耦并联的方式切换 200 V 和 200 V GND 两个电压来实现压电陶瓷片的打上打下状态^[3]。本研究选用驱动电压最大值为 300 V 的光耦 LTV-352T 来满足压电陶瓷片驱

动要求与选针器动作频率,光耦前端电阻要满足 3.3 V 时最低的通断电流以减低功耗,输出端电阻需保证满足压电陶瓷片正常工作状态。

3.4 梳理头电机驱动电路

梳理头电机用来控制毛条的喂入和梳理。本研究选用两相四线混合式步进电机作为梳理头电机,控制芯片为飞思卡尔的 KE06,采用 TB6600HG 作为步进电机驱动芯片。步进电机控制信号(ENABLE、RESET、TQ、CLK、CW/CCW)通过光耦分别与 TB6600HG 的对应引脚相连接,实现数字电平 3.3 V ~ 5 V 的转换,并对信号进行隔离。根据 TB6600HG 的数据手册的计算公式,设置驱动芯片的参考电压为 1.5 V,其驱动电流为 2.5 A,满足梳理头大电流步进电机要求。通过焊接电阻的方式来确定 8 细分的电机细分模式,其拥有自动的混合衰减模式可以降低电路调试的复杂度。

3.5 总线接口电路

人机交互管理层的 AM3354 处理器与实时主控层的 FPGA 之间是以 GPMC 总线的方式连接,STM32F205 通过并行总线读取 FPGA 存储数据,从而形成在一个 SRAM 存储器上具有两套完全独立的数据线、地址线和读写控制线的双口 RAM,并允许两个独立的系统对该存储器进行同时异步地访问^[4]。

双口 RAM 的硬件连接方式如图 4 所示。

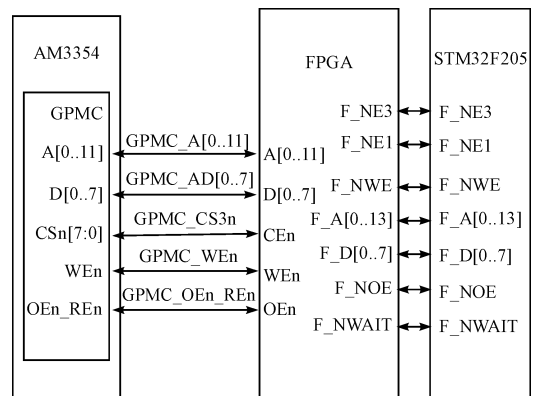


图 4 双口 RAM 硬件连接方式

GPMC 是 AM3354 芯片上的一种总线,全称为通用存储控制器。它是一个 16 位的外部存储控制器,可以为 NOR Flash、NAND Flash、pSRAM 等传统存储器件提供读写接口^[5]。GPMC 采用地址和数据非复用的连接方式,GPMC_A[0..11]为地址线,双口 RAM 空间为 4 KB 大小;GPMC_AD[0..7]为位宽 8 Bit 的数据线;GPMC_CS3n 表示采用 CS3n 片选线控制外部读写;GPMC_WEn 表示写使能;GPMC_OEn_REn 表示读使能。实时主控层中 F_A[0..13]是 14 位地址总线,F_D[0..7]是 8 位数据总线,它们与片选信号 F_NE1

和 F_NE2、写信号 F_NWE、读信号 F_NOE、等待信号 F_NWAIT使得 FPGA 与 STM32F205 相连。

实时控制层与机构执行层的选针器采用并行总线的方式进行通讯。实时控制层的 FPGA 输出 8 个并行总线信号 AD0 ~ AD7 和 1 个时钟信号 ADCLK1 来实现对选针器的驱动控制。用 LVXC3245 实现选针信号 AD0 ~ AD7 从 3.3 V ~ 5 V 的电压转换,74AHC1G14 采用电位触发方式利用反相缓冲功能输出稳定选针时钟信号 SACLK1,并行总线接口电路如图 5 所示。

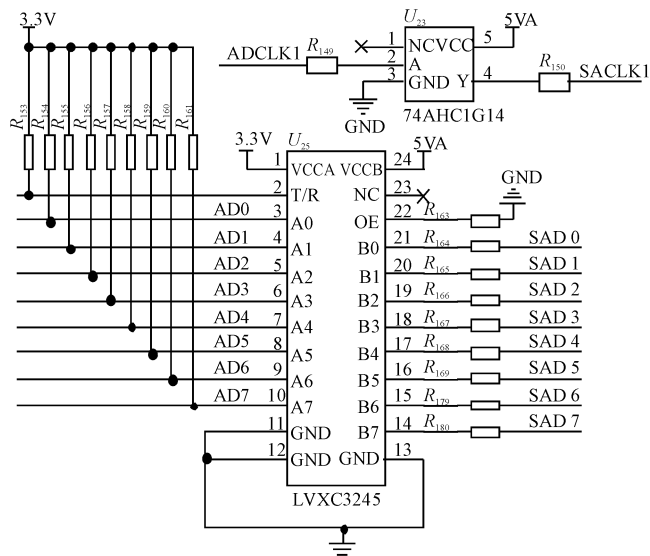


图 5 并行总线接口电路

实时控制层与机构执行层的梳理头步进电机采用 CAN 总线进行信息通讯。通过采用 1 Mbps 的 CAN 通讯波特率,可以满足对喂毛数据的实时传输以完成编织^[6]。笔者在设计中采用 TJA1050 芯片作为 CAN 收发器,高速光耦 TLP113 可以提高信号的抗干扰能力并且减少信号在高速传播时的波形失真,同时实现 3.3 V ~ 5 V 的电压转换。光耦前端的限流电阻为光耦提供合适的驱动电流;输出端电阻保证 TLP113 中的光敏三极管导通时输出低电平,截止时输出高电平,符合 CAN 总线要求。TJA1050 末端的 CANH 与 CANL 管脚之间有 120 Ω 的终端电阻,起阻抗匹配的作用。

CAN 总线接口电路如图 6 所示。

在编织过程中,需要对毛皮机的断条、断纱、坏针、缺油、破门等故障进行检测^[7]。针对较多的传感器信号检测,本研究采用单板的方式将所有的传感器检测接口集中在一起,使用 RS485 总线与实时主控板进行报警通讯。实时主控层无需在每次动作的循环中检测各种故障,能更好地集中资源处理动作信息,提高实时性。设计中笔者采用 SP490E 芯片作为 RS485 收发器,其数据传输速率可达到 10 Mbps,可以实现数据差分高速传

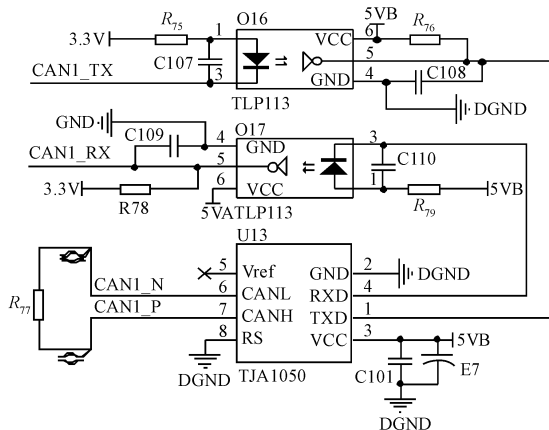


图 6 CAN 总线接口电路

输,提高 RS485 抗干扰能力,保证通讯稳定可靠。

RS485 总线接口电路如图 7 所示。

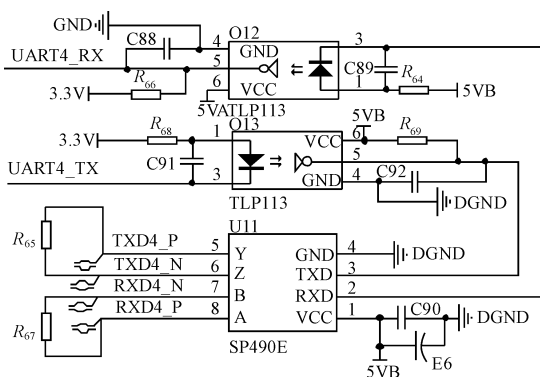


图 7 RS485 总线接口电路

4 控制系统关键程序设计与实现

4.1 选针控制程序

选针器选用 8 刀头 WAC 型选针器,当针同步脉冲到来时,STM32F205 从 Flash 花型存储器中取出这一针对应的 3 Byte 选针数据。3 Byte 的数据中前 18 位是有效位,从低到高依次存储在字节内,18 位数据分别控制 18 路选针器。

1 184 针的提花毛皮机系统每转一圈会产生 1 184 个针同步和一个零同步。选针数据在一圈中有 1 184 × 3 Byte,存放在数组 Cir 里。按照公式(1)的花型解析算法提取出每个选针器的执行数据:

$$\begin{cases} NeedleByte[x] = x/8 + 1 \\ Needlebit[x] = x\%8 \end{cases} \quad (1)$$

通过公式(1)可以很容易地读取第 x 个选针器在第 n 圈的第 y 针的数据,即其位置在 Cir_n 数组中第 X_y 针的第(x/8 + 1)字节的第 x%8 位。并行总线时序为:当 ADCLK1 从 0 ~ 1 上升沿触发时,AD0 ~ AD7 输出地址数据;当 ADCLK1 从 1 ~ 0 下降沿触发时,AD0 ~ AD7 输出选针数据。

选针控制流程图如图 8 所示。

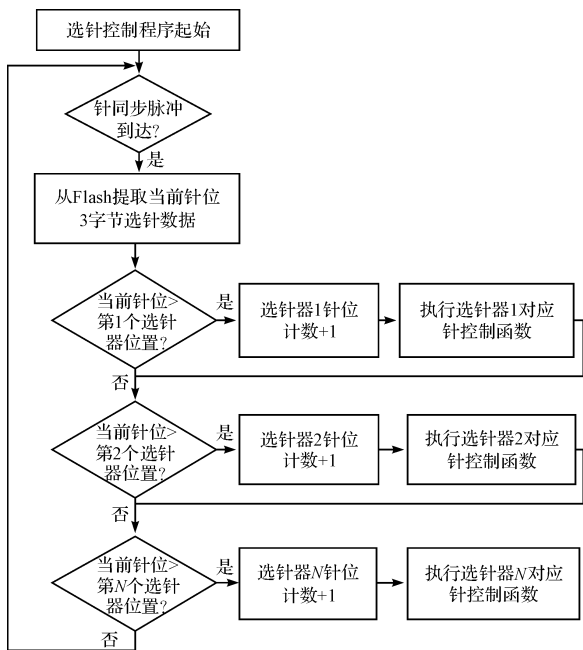


图 8 选针控制流程图

4.2 喂毛控制程序

喂毛数据的提取方法与选针数据提取原理相同。提花前要先根据花型颜色数的多少将梳理头和选针器分组,每组中的一个梳理头负责一种颜色毛条的馈送,相应的选针器则负责对该颜色钩毛的控制^[8-10]。

提花毛皮机的梳理头结构图如图 9 所示,从图 9 可以看出,毛条进入喂毛轮后,经过锡林梳理传送到道夫处的钩针处,由钩针勾走。因此,从毛条喂入到钩针勾取需要经过一段时间,喂毛信号必须比选针信号提前发出才可以使钩针处有毛可钩。同时在不勾毛时,要求梳理头停止喂毛,否则会由于钩针未钩毛而致使多余的毛条堆积在道夫上造成对后续编织的影响,甚至卡死道夫和锡林^[11]。

梳理头结构图如图 9 所示。

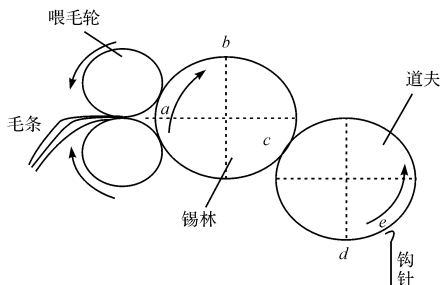


图 9 梳理头结构图

从上面分析可知,梳理头的喂毛数据既需要受到花型数据变化的控制,还需要以一定的提前量优先于选针数据,才能保证两者得到一致的处理。喂毛提前量为:

$$T = \frac{L_{abc}}{V_1} + \frac{L_{cde}}{V_2} \quad (2)$$

式中: V_1 —锡林的线速度; V_2 —道夫的线速度; L_{abc} , L_{cde} —如图 9 所示的弧长。

用喂毛提前量时间除以单个针脉冲信号所用的时间,就可以得出需要提前喂毛的脉冲个数。经实际的现场调试,一般喂毛数据比选针数据提前 90 ~ 120 个同步脉冲,一个针同步脉冲步进电机可以根据需求设定为走 2 ~ 4 步。

喂毛控制流程图如图 10 所示。

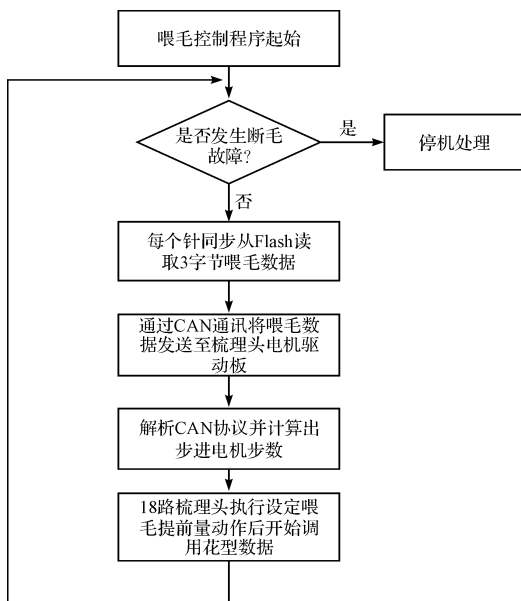


图 10 喂毛控制流程图

5 系统测试

笔者以某台 18 路毛皮机为机械本体,用本研究的提花控制系统进行重复性的毛皮编织测试。72 h 内,毛皮机在转速为 30 r/min 的情况下进行编织毛皮。为了保证系统的可靠性和实时性,本研究对实时主控层发出的选针并行信号和梳理头 CAN 总线进行测试。测试结果显示,选针器的并行总线信号工作频率为 10 MHz,300 ms 内选针器打上打下的逻辑控制输出完

(下转第 1605 页)

本文引用格式:

颜瑛晟,胡旭东,彭来湖. 多总线结构提花毛皮机控制系统设计[J]. 机电工程,2015,32(12):1595-1599,1605.

YAN Ying-sheng, HU Xu-dong, PENG Lai-hu. Design of control system for jacquard pile knitting machine based on multi-bus structure[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2015,32(12):1595-1599,1605.