制袋机的定长与恒张力走膜控制系统

韩 凌，陆荣鑑
（南京林业大学，南京 210037）

摘要：选用了源代码开放的实时嵌入式操作系统 Windows CE 作为应用平台，设计了以 32 位 ARM 处理器为控制核心的制袋机走膜控制系统，控制系统采用“查询-工作”方式。开发了双伺服定长牵引系统，选用了能够安全带载运行的变频驱动器。运行结果表明，基于 ARM 嵌入式的控制系统有效地提高了适时性和控制精度，实现了主电机转速、袋长、牵引速度之间的协调和多电机条件下定长牵引与恒张力走膜功能。

关键词：ARM；双伺服；定长牵引；恒张力
中图分类号：TB486^{+}.3 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2013)17-0076-05

Fixed-length and Constant Tension Feeding Control System of Bag-making Machine

HAN Ling, *LU Rong-jian*
(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Feeding control system of bag-making machine was designed using 32 bit ARM CPU as control core and embedded operating system Windows-CE as application platform. The control system used "working-inquiring" mode. Dual-servo system was developed for the bag-making machine and frequency conversion driver capable of safe working with loading was selected. The operation result showed that the control system based on ARM Core CPU improves timeliness and control precision, and realizes constant tension feeding and the constant tension hauling and the coordinating among the rotational speed of the main motor, the length of bag, and the hauling speed.

Key words: ARM; dual-servo; fixed-length traction; constant tension

制袋机可以实现牵引与送料、烫压热封、切割等加工工艺，最终将印刷好的薄膜制成包装袋。食品、轻化工等生产领域为便于运输、储存和销售，需要对产品进行计量分装、密封包装，因此制袋机得以广泛应用。目前国产制袋机功能多样，已基本实现过程自动化[1]。行业内不断引进先进技术，提高制袋机生产效率和加工质量。笔者选用了性能卓越且具有高代码密度的 ARM9 处理器 AT91SAM9263[2]，并以核心源代码开放的实时嵌入式操作系统 Windows CE 作为应用平台[3-4]，设计了以 AT91SAM9263 处理器为控制核心的制袋机走膜控制系统。运行结果表明，基于 ARM 嵌入式的控制系统有效地提高了适时性和控制精度，生产线获得更好的运动稳定性以及更高的运行速度。

1 制袋机走膜系统的工作原理及控制要求

制袋机可以实现不同的封口形式，制成不同形状的包装袋，生产中要实现对走膜和制袋的运动控制，就必须实现对薄膜张力、烫封温度等工艺参数的控制[5-6]。整机控制系统由主电机控制系统、定长牵引与恒张力供送走膜系统、温度控制系统、光电检测纠偏系统、触摸屏控制系统等组成。文中讨论的走膜控制系统包括主电机控制系统、定长牵引系统和恒张力放料系统，由主电机和前后伺服电机配合封切工艺，实现整机定长拖动与热封制袋，另由一个变频调速的直流电机完成恒张力薄膜供送。制袋机要实现主电机转速、袋长、牵引速度之间的协调以及整机的恒张

收稿日期：2013-03-15
基金项目：南京科技支撑计划项目“气调保鲜包装研究”(200701069)
作者简介：韩凌(1981-)，男，江苏南京人，南京林业大学博士生，主要研究方向为机电一体化。

力牵引与放料。

1.1　主电机系统的控制要求

主电机控制系统由变频器控制的主电机、切刀、烫封刀的连杆运动控制和电子凸轮组成。根据制袋封口形式选用不同的烫封刀,得到定长牵引完成的信号后,主电机控制连杆机构完成烫封、切制动作[6]。制袋机通过调整参数可加工不同长度规格的袋子,主轴控制系统要和牵引系统协调。

1.2　定长牵引系统的控制要求

牵引运动是反复起动制动的,为消除间歇运动带来的张力波动,实现定长牵引与准确定位,采用双伺服牵引系统,伺服控制采用位置模式,系统通过袋长预置设定包装袋的规格。根据不同的袋长确定不同的脉冲数,由执行系统的机械参数决定脉冲当量 δ,以确定运动控制芯片每个制袋周期需发送脉冲的数量。为了增加运动平稳性,要根据电机升、降频特性规划好牵引伺服电机的运动规律,确定运动控制芯片发送脉冲的频率变化。定长牵引系统与主电机系统应同步。

1.3　恒张力供送的控制要求

整机间歇拖动会引起放料系统运动初期的张力上升和运动末期的过度放料。料卷卷径的变化会导致料卷的转动惯量变化,使张力逐步减小。供送系统的控制要求是平抑膜张力的急剧波动[8]。该系统中放料变频直流电机与定长牵引系统的走膜速度同步,并依据放料压辊位置传感器的信号进行张力调节,提高走膜运动的平稳性。

2　基于 ARM 的制袋机定长牵引控制系统的硬件设计

2.1　定长牵引系统的总体控制电路

选择 ARM9 处理器(AT91SAM926)为主控制器。ARM9 采用了 5 级流水线[9],能够将指令分配到 5 个时钟周期内,每个时钟周期内同时有 5 个指令在执行,具有高代码密度和执行效率,有效提高了控制系统的实时性。主电机系统包括主电机及其变频控制器,定长牵引系统包括前、后牵引电机及其伺服驱动器。系统采用总线方式进行数据的传输和指令的控制。系统控制原理见图 1。

2.2　主电机控制系统

主电机控制系统实现整机速度控制并带动热封刀和裁切刀作上下往返运动,对薄膜进行热封和裁切,完成制袋。

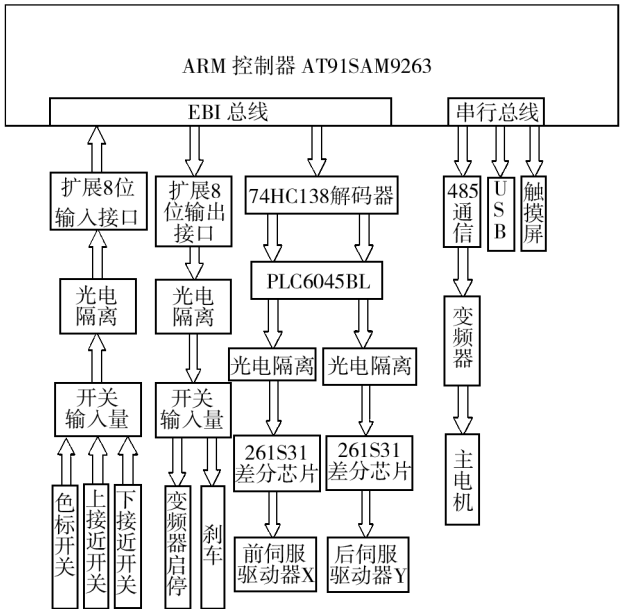

图 1　定长牵引控制系统的硬件结构

Fig. 1 The structure of the fixed-length traction control system

主电机为三相异步交流电机,通过变频器按照一定的规律改变供电频率 f,平滑地改变电动机的同步转速。由 ARM 通过 RS485 控制变频器对主电机进行调速。选用的 COMBIVERT-F5 系列变频器,具有电子齿轮的速比传动功能,主从角同步控制功能,启动和停机的等加速等减速运动曲线,使系统安全带载运行。

主电机的转速是通过设置制袋速度(个数)完成的。设定制袋速度参数时,应该要考虑主电机转速的限制,要考虑刀架机构运动的行程系数,还要保证热封所需要的最少时间。由主电机系统控制的封烫裁切运动和定长牵引运动互锁,只有当封烫刀和切制刀离开工作位置的时候,前后伺服电机才能进行定长牵引运动。

2.3　定长、定位牵引控制系统

2.3.1　定长牵引

选用运动控制芯片 PCL6045BL 作为双伺服定长牵引系统的控制器,PCL 系列芯片是 NPM 公司推出的一种通过总线接受命令并产生脉冲,控制步进电机或伺服电机的 CMOS 运动处理器[10]。作为专业的运动控制芯片,其具有接口简单,编程方便,功能强大,其高性能的插补修正功能等特点,使伺服电机的运转流畅、精确。芯片能实现外部中断处理。根据运动控制要求对运动控制芯片发出读写指令,不需对伺服电机的控制另行进行驱动研发。

AT91SAM9263 与 PCL6045BL 总线连接方式见图

2,总线连接通过对 IF0 和 IF1 引脚的设置 IF1 ∶ IF0 = 0∶1 完成,只可进行字(16 位)存取。PCL6045BL 与 ARM 处理器之间采用解码电路对其进行片选,选用了专用译码器 74HC138。

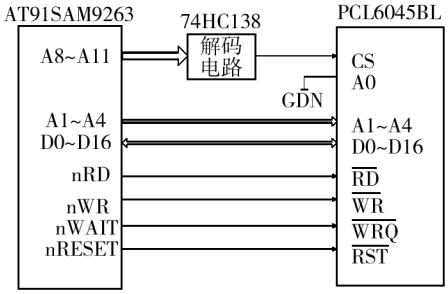

图 2 AT91SAM9263 与 PCL6045BL 的连接

Fig. 2 The connection between AT91SAM9263 and PCL6045BL

制袋机的定长牵引通过前后 2 伺服电机同步动作来完成,选择运动控制芯片 PCL6045BL 的 x 轴和 y 轴分别对 2 伺服电机进行控制。由于运动控制芯片 PCL6045BL 输出的脉冲指令(OUT)和脉冲方向(DIR)信号为单端信号,采用 26ls31 芯片将运动控制芯片输出的脉冲信号分别作差分处理,以满足伺服驱动器的脉冲指令(PULS)和脉冲方向(SIGN)信号的差分输入要求,同时提高线路抗干扰能力。

输出脉冲指令和脉冲方向指令都是两路信号,伺服驱动器接受运动控制芯片脉冲控制信号的控制,同时将编码器的脉冲信号反馈给控制芯片,形成一个全闭环系统。伺服驱动器反馈的编码器信号也是差分信号,含有干扰毛刺,需经简单的滤波、整形处理。滤波后的编码器信号由芯片 26ls32 整合,再经过光电隔离进入到运动控制芯片 PCL6045BL 的引脚,见图 3。

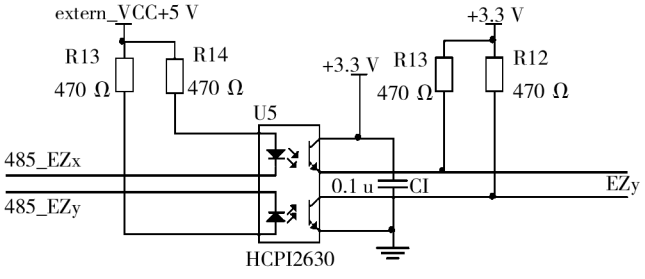

图 3 光电隔离电路

Fig. 3 The optoelectronic isolator circuit

PCL6045BL 的脉冲频率可以高达 5 MHz,输出接口电路采用高速光电耦合器 HCPL2630,为了适应工业现场的恶劣环境,运动控制芯片的所有输入输出信号都必须进行光电隔离。一路信号的光电隔离控制原理见图 3。

2.3.2 定位控制

制袋机的定位控制是通过光电传感器的跟踪追色来控制伺服电机的停机。当反射式开关量光电传感器检测到薄膜色标信号时,输出低电平,向控制器发出控制信号,伺服电机立刻停机。由于牵引过程的结束由色标信号决定,因而避免了误差累计。

2.4 恒张力放料控制系统

恒张力放料系统包括变频直流电机、MCU 控制器、电位器、磁粉制动器、量程开关等。在放料压辊前方设一浮动辊,薄膜张力变化时,浮动辊上下运动。将浮动辊位置的变化转化为电信号,并反馈至 MCU,通过变频驱动器控制电机调速,对放料阶段的薄膜张力进行有差调节。

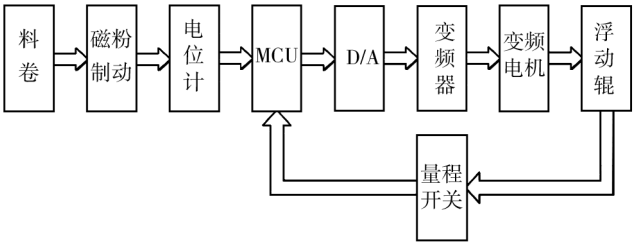

图 4 恒张力放料控制的控制原理

Fig. 4 The control principle of constant tension feeding

浮动辊位置触发量程开关时,制袋机停止送料,控制器将热封刀和裁切刀置高位后停机。为减少料卷半径尺寸对薄膜平均张力的影响,通过外接电位计将料卷的半径变化量转化为电信号,改变磁粉制动器的励磁线圈电流,调节磁粉控制器的制动力矩。

3 基于 Windows CE 的制袋机定长牵引控制系统的软件设计

ARM 控制芯片要识别走膜长度、定位图标、薄膜张力、封切刀架位置等 4 路信号,并据此对定长牵引电机的当前状态做出相应调整。为满足系统的实时性和多任务调动功能,控制芯片需加载嵌入式操作系统。文中选用 Windows CE 作为嵌入式实时操作系统,它具有优良的线程响应能力,能保证更高优先级别首先得到响应,具有用户熟悉的 Windows 图形界面,操作方便。将 Windows CE 移植到 ARM 中进行应用时,根据实际需求作了裁剪,使系统的体积非常小。

工作中,ARM 必须不断向 HMI(人机交互界面)发出查询信号,以查询输入值有没有改变。为保证生

产过程的连续性,不得在一个制袋周期内对 HMI 进行查询,否则当原先设定的参数和刚刚查询得到的参数不一致时,会引起电机动作混乱。只有当一个制袋周期完成后,切刀完成裁切并抬起,控制器才可以查询 HMI,获得新的参数。

3.1　现场参数的判断

在一个制袋周期开始时,ARM 控制器应该首先检查现场状态,以判断设备是否能够正常生产。当定长牵引部分的薄膜张力过大或过小,定长牵引压辊即将或已经被卡死;送料部分的薄膜张力过大或过小,放料压辊即将或已经被卡死,分别发出各自的量程开关信号,机器不能启动运行。必须立即高位停机并检修,调整电机状态进行薄膜张力补偿,使压力浮动辊重新处于默认位置。主电机处于停机位,封烫和切割刀架处于高位,机器启动运行,发送伺服电机和放料电机启动信号。

3.2　定长牵引与定位封切过程

软件指令设计是保证一个制袋周期的顺序动作:双伺服定长牵引电机完成一定的送料长度时减速→打开光电眼 2,找到 2 个袋子之间的色标→光电眼 1 检测到切刀的信号送至 ARM,令伺服牵引电机停机→封烫、裁切→封烫、裁切完成,刀架抬起并再次触发光电眼 1,将信号传送至 ARM,启动牵引电机,进入下一个过程。

根据机械运动设计运动控制芯片的控制方案,设计流程见图 5。

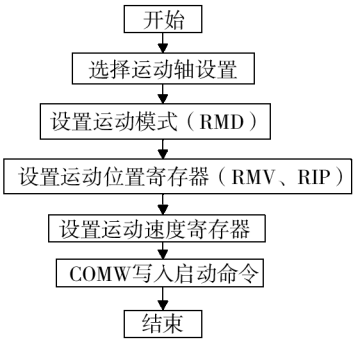

图 5　运动控制模式设定流程

Fig. 5 The flow-process diagram of setting up the movement control mode

首先选择运动轴,文中选了 x 轴和 y 轴分别控制前后伺服牵引电机。设置轴的运动模式和运动的位置模式,定长控制采用运动控制芯片的位置模式,选择“方向+脉冲”作为伺服驱动器的控制指令方式。通过在操作模式寄存器 RM(DPRMD)的第 0 ~ 6 位(MOD 区域)中选择相对定长运动模式,因此,运动模式寄存器 MOD 设置为 41H,以指令位置计数器 COUNTER1 为参考置顶绝对位置,通过在目标位置寄存器(PRMV)设置带符号的值,数值表示运动距离,符号位表示运动方向。

设定电机转速控制的相关寄存器。依次对初速度、运动速度、加减速度、S 曲线加减速范围等寄存器进行设置。制袋机的定位控制是通过色标传感器对色标的跟踪检测来控制伺服电机的停机,当光电眼 2 被触发后,说明色标已经接近光电眼,牵引电机降速。光电眼找到定位色标,牵引电机定位停机。为防止检测到假色标而引起错误停机,设定在运动控制芯片发送脉冲数在 N-ΔN 时色标信号有效。将色标信号的输出接入到芯片的外部中断的引脚,在发送脉冲数有效时,使能外部中断,其他时间关闭外部中断。中断程序流程见图 6。

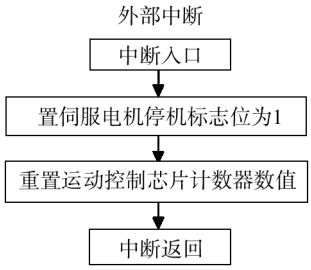

图 6　中断程序流程

Fig. 6 The interrupt program flow-process diagram

伺服电机停止,主电机控制烫封刀和裁切刀对工位上的薄膜进行封烫和裁切。热封结束后,函数将自己挂起,交出 CPU 的控制权,开始下一次对 HMI 的查询。

3.3　主界面的设计

走膜控制系统完成硬件设计和运动控制芯片设置后,系统控制可以选择运行模式和工艺模式。开机前要作运行控制参数设定。运行控制参数主要有:主电机的转速,设为速度预置,用每分钟制袋个数表示;一个制袋周斯中运动控制芯片发送脉冲的数量,设为袋长预置;色标信号作用的有效范围,设为光电范围;最后是计数预置,满一定数量另行打包,该栏可实时显示制袋数量。主界面设计见图 7。

将触摸屏作为控制参数的输入设备,完成设定制袋控制参数、实时显示制袋机的工作状态。采用 VS2005 设计制袋机控制系统总人机界面,进而在嵌

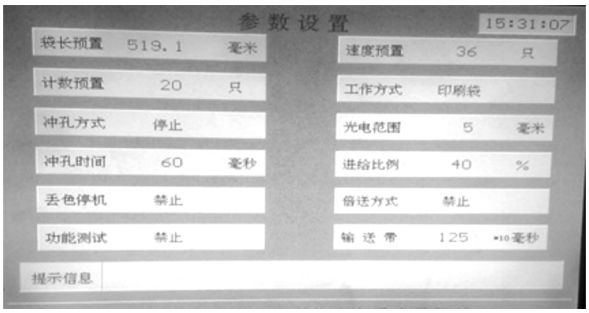

图7 触摸屏主界面

Fig. 7 The main interface on touch screen

入式 Wince 6.0 系统里调试和运行,嵌入式 Wince 6.0带有 AT91SAM9263 的 SDK,将嵌入式操作系统的引导程序镜像文件(firstboot. nb0)和内核镜像文件(nk. nb0)烧写到核心板内,嵌入式操作系统就可以自主运行,并控制使用外围模块。

4 结语

基于 ARM 嵌入式技术的制袋机定长与恒张力走膜控制系统的开发,是在原有机械装备上进行技术升级改造,与原来基于 PLC 和基于工控机的控制系统相比较,该系统具有以下特点。

1) 以 ARM9 内核处理器为主控制芯片,选用运动控制芯片 PCL6045BL 开发了双伺服定长牵引系统,这种双轴运动控制器精度高、控制灵活、速度快,运行结果表明,制袋长度精准到±0.2 mm。

2) PCL 运动控制芯片支持预置运动数据功能,使运动控制更具连贯性、流畅性,提高指令的执行效率。在制袋长度为 400 mm 时,产量接近 100 个/分。当制袋长度为 100 mm 时,制袋速度达到 150 个/分左右。目前国外制袋机单列式的包装速度一般在 30~80 个/分,提高制袋速度的主要途径是多列式并行制袋。

3) 选用 Windows CE 作为嵌入式的实时操作系统,以触摸屏输入参数,使操作界面更人性化,参数设置简便,能实时显示当前产量、速度等数据。

4) 现场参数的实时监控,在制袋过程中会出现诸多的意外故障,如断电停机、人为原因等,导致停机,重新启动时要保证制袋机封切刀处于高位,牵引部分和供料部分的薄膜张力正常,图标处于初始位置。

5) 该控制系统的制造价格低于基于工控机的制袋机控制系统。

参考文献:

[1] 郭祖卿. 国产制袋机与进口制袋机的比较[J]. 中国包装工业, 2005(7):50-53.
GUO Zu-qing. Chinese Bag-maker Vs Bag-maker in Foreign Countries[J]. China Packaging Industry,2005(7):50-53.

[2] 张淞钦. 嵌入式 Linux 的驱动程序设计与 GUI 界面开发[D]. 武汉:华中科技大学,2011.
ZHANG Song-qin. Embedded Linux Driver Design and GUI Interface Development[D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology,2011.

[3] We-hjb 的 BLOG . Windows Embedded CE 6.0 实时性分析[DB/OL]. (2009-11-29)
http://www. cnblogs. com/we - hjb/archive/2009/11/29/1613245. html

[4] Windows CE6.0 正式发布源代码 100% 开放[DB/OL]. (2006-11-03)
http://www. cnd8. com/news/news/6670. htm

[5] 韩凌,陆荣鑑. 制袋机的检测与控制技术发展概述[J]. 包装工程,2010,31(6):135-139.
HAN Ling, LU Rong-jian. Profile of Bag-making Machine Detection and Development of Control Technique[J]. Packaging Engineering,2010,31(6):135-139.

[6] 李瑞平,冯济缨,黄明琪. 包装机械设计中的控制技术[J]. 包装工程,2005,26(1):19-21.
LI Rui-ping,FENG Ji-ying,HUANG Ming-qi. Control Technology in Design of Packaging Machine[J]. Packaging Engineering,2005,26(1):19-21.

[7] 段龙. 热封切制袋机控制系统设计[D]. 厦门:厦门大学,2007.
DUAN Long. The Design of Control System for Machine Making Bags by Hot-sealing and Cutting[D]. Xiamen:Xiamen University,2007.

[8] 丁金华,王学俊,李明颖,等. 基于混合信号微处理器的制袋机控制系统[J]. 包装工程,2007,28(12):23-25.
DING Jin-hua, WANG Xue-jun, LI Ming-ying, et al. Bag-making Controller Based on Mixed-signal System-on-a-chip MCU[J]. Packaging Engineering,2007,28(12):23-25.

[9] SLOSS Andrew N,SYMES Dominic. ARM 嵌入式系统开发[M]. 沈建华,译. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.
SLOSS Andrew N,SYMES Dominic. ARM System Developer's Guide: Designing and Optimizing System Software[M]. SHEN Jian-hua,Translate. Beijing:Beihang University Press, 2005.

[10] 罗继合,刘建群,余孝伟,等. PCL6143 运动控制器的原理及应用[J]. 国外电子元器件,2008(1):48-51.
LUO Ji-he,LIU Jian-qun,YU Xiao-wei,et al. Principle and Application of PCL 6143 Motion Control Chip[J]. International Electronic Elements,2008(1):48-51.