

一种新颖的化纤丝饼裹膜机供膜控制方法

杨红亮, 徐国宝, 徐志刚, 石卓栋

(北京航天斯达科技有限公司, 北京 100076)

摘要:目的 研究裹膜机供膜控制算法,解决卷绕物变径恒量问题。方法 设计了一种新颖的伺服控制驱动送膜系统,其张力可自由调整和切换,并提出了一种供膜控制方法,随卷绕物半径变化自动整定送膜速度,从而保证送膜长度,实现送膜张力与速度控制。结果 张力可调整且能自由切换,送膜速度和送膜量均能达到要求。结论 该设备经实际应用,工作可靠,有效地提高了生产效率,降低了劳动强度。

关键词: 张力控制; 裹膜机; 化纤丝饼; 纺织; PLC

中图分类号: TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)03-0138-04

A Novel Film Control Method for Silk Cake Wrapping Machine

YANG Hong-liang, XU Guo-bao, XU Zhi-gang, SHI Zhuo-dong

(Beijing Areostandard New Technology Company, Beijing 100076, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to study the algorithm of film control method for wrapping machine, in order to solve the control problem of constant on variable diameter. A novel servo driven film feeding system was designed, the tension of which could be adjusted and switched freely, and a novel film control method was proposed, which tuned film feeding speed automatically with the variable diameter, so as to ensure the film feeding amount and realize control of feeding tension and speed. As a result, tension could be adjusted and switched freely, and both the film feeding speed and amount could meet the requirements. The practical application showed that the equipment was reliable. It effectively improved the production efficiency and reduced labor intensity.

KEY WORDS: tension control; wrapping machine; fiber cake; textile; PLC

化纤丝饼是纺织制造的原料,为防止在包装、储存、运输环节造成丝饼相互碰撞摩擦,损伤丝卷表面造成毛丝而影响产品质量,对丝饼进行包装防护是一个必不可少的环节,丝饼防护主要采用在诸如加弹丝(DTY)、牵伸丝(FDY)、预取向丝(POY)等上套装PE袋。目前大部分工厂仍采用人工套袋,劳动强度很大且占用很多劳动力资源,随着化纤机械的自动化、智能化的普及,自动裹膜包装生产线应运而生^[1-3]。目前自动裹膜送膜装置大部分采用电机驱动方式实现卷绕物的供给,卷绕物缠绕在空心纸筒上,通过电机旋转按生产要求提供特定长度的卷绕物^[6-9]。由于在使

用过程中薄膜存在着外径不断变小的问题,在保证张力稳定的情况下实现精确、快速供膜较为困难,而张力控制关系到裹膜质量,如果张力过大,会造成卷绕物变形甚至断裂,如张力过小,会造成卷绕物松弛及层间应力变形^[10-16]。

文中介绍了一种通过伺服电机驱动卷绕物供给实现精确供给,通过减压阀+真空发生器驱动气缸实现张力恒定,在供给精度和张力恒定的基础上,提出了一种新颖的控制方法,以实现系统定量、快速送膜。经现场测试,在满卷、半卷及接近空卷等各种情况下皆送膜良好,未出现断裂、松弛情况。

收稿日期: 2015-05-21

作者简介: 杨红亮(1983—),男,北京人,硕士,北京航天斯达科技有限公司工程师,主要研究方向为工业自动化、灌装包装及机器人应用设计。

1 裹膜机送膜系统结构

自动裹膜包装生产线主要由丝饼输送装置、送膜装置、横向夹膜装置、切膜融膜装置和包膜装置组成,其三维视图见图1。

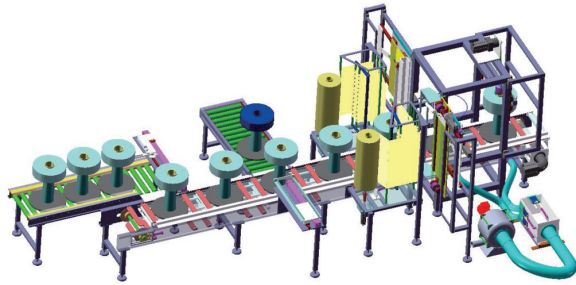
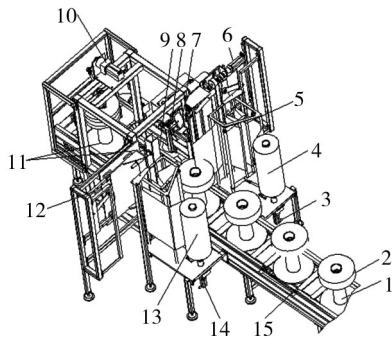


图1 裹膜机三维视图

Fig.1 Three-dimensional view of the wrapping machine

丝饼经输送辊道输送至线体末端,经横向推丝饼气缸推送至裹膜机拨链,裹膜机拨链为步进,高速、间歇式工作方式。初始时两边的膜融合在一起,丝饼经输送拨链运送至切膜工位,同时送膜装置送一定量的膜,横向夹膜装置将两边的膜夹住,此时切膜融膜装置开始动作,将两边的膜融合在一起并在中间断开,形成两边都融合的PE膜,这样就相当于在丝饼外外套上一PE口袋。待横向切膜装置恢复原位后,丝饼输送至包膜工位,经包膜装置上下运动,在负压风机的作用下完成上下封口动作,将膜完整地覆在丝饼上,完成一个丝饼的裹膜过程,依次循环。系统还具有在线称重复检功能,将不合格产品剔除至剔除辊道,裹膜机各部分功能及送膜装置张力控制结构见图2。



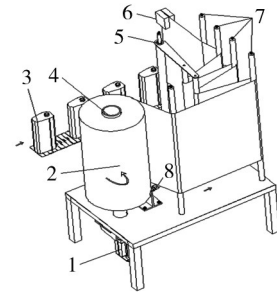
1.丝饼托 2.丝饼 3,14.送膜伺服电机 4,13.PE薄膜 5.往复引导组 6,12.横向驱动 7.切膜装置 8.夹持装置 9.密封垫 10.包膜驱动 11.负压 15.输送驱动

图2 张力控制结构

Fig.2 Structure diagram of winding tension control

送膜装置主要为裹膜机实时、快速、定量送膜,送

膜质量直接关系到裹膜效果,是裹膜机中的关键部件,其系统结构主要包括送膜驱动伺服电机、薄膜固定装置、往复引导组及固定架几部分。伺服电机实现PE薄膜的输送,其特有的纸筒内涨紧机构可方便地实现PE薄膜更换和纸筒固定,往复引导组由张力可调气缸、旋转架及卷绕物储存杆组成,实现卷绕物的张力控制及定量输出,其PE薄膜张力控制原理见图3。



1.伺服电机 2.PE薄膜 3.丝饼 4.纸筒 5.旋转架 6.切膜融膜装置 7.固定辊轴 8.张力可调气缸

图3 PE薄膜张力控制原理

Fig.3 Tension control principle of PE film

由于裹膜机为高速、定长、间歇式工作方式,每次行程为一个工位,输送速度为760 mm/s,从输送开始到裹膜完成大概需要4 s,在该段时间内,送膜装置应供给一定长度的膜,且送膜速度应与拨链速度相匹配同步运动,如送膜过快则会断裂,过慢则会松弛,同时供膜系统应保持一定的张力。

2 送膜控制方法

2.1 张力控制算法

基于以上分析,提出一种随卷绕物半径变化自动整定送膜速度的二次送膜控制方法,在气缸上加装位置检测,第1次是在输送运动至该位置时送膜,送膜速度 v ,送膜时间 $t_1=1.5$ s固定,送膜量为 L_1 ;第2次是在切膜完成横向夹膜装置回位时送膜,速度与第1次相同,送膜量为 L_2 ,保证总送膜量 L_1+L_2 恒定(为一次裹膜量),计算送膜时间 t_2 ,保证 t_2 控制在0.3 s左右,比例调整送膜速度 v ,其状态方程如式(1)所示,其中 k 为比例系数。

$$\begin{cases} v_1 = 2000 \text{ m/s} \\ t_1 = 1.5 \text{ s} \\ v_n(t_1 + t_2) = L(\text{恒定}) \\ v_{n+1} = k \times v_n \end{cases} \quad (1)$$

k 的系数的获取根据第2次送膜时间反馈 t_2 值调

整,当 $t_2 \in [0, 0.05]$ 时, k 取 1.2; 当 $t_2 \in [0.05, 0.15]$ 时, k 取 1.1, 当 $t_2 \in [0.15, 0.25]$ 时, k 取 1.05; 当 $t_2 \in [0.25, 0.35]$ 时, 认为是最佳状态, k 取 1; 当 $t_2 \in [0.35, 0.45]$ 时, k 取 0.95; 当 $t_2 \in [0.45, 0.55]$ 时, k 取 0.9; 如果 $t_2 \in [0.55, +\infty)$, k 取 0.8。

送膜速度可根据上一次的送膜速度按式 1 自动调整, 其中第一次的速度应由系统给定, 并且送膜速度应限制在一定的范围内。已知往复引导组存储膜量为 1200 mm, 经测试一个工位需要的送膜量 L 为 1500 mm, 系统为两边同时送膜, 从而得出 t_1 时间内送膜量 L_1 至少应大于 150 mm 防止膜断裂, 且必须小于 750 mm 防止膜松懈。

送膜伺服电机选用模拟量控制, 为保证送膜速度 v 小于输送速度 v_1 , 从而使膜受张力而产生弹性形变, 且不造成膜受张力过大而造成膜断裂, 模拟量输出数值 Q 根据薄膜半径实时调整。已知卷材厚度 d 为 0.012 mm, 卷材外径 D_1 为 275 mm, 空卷内径 D_2 为 95 mm, 伺服电机额定转速为 6000 r/min, 减速比 $i=35$ 。卷材周长 C 与卷材直径 D 的关系为:

$$C = \pi D \tag{2}$$

进一步推导出卷材的送膜速度 v 与送膜卷辊转速 n 之间的关系为:

$$v = \frac{\pi n D}{60} \tag{3}$$

由已知及式(1)和式(2)得送膜速度 v 与模拟量输出数值 Q 、卷筒直径 D 及减速比 i 之间的关系为:

$$v = 3.125 \times 10^{-3} \frac{\pi D(AQ)}{i} \tag{4}$$

π 近似取 3.14, 由已知及式(4)可推导出模拟量输出量 Q 与 t_1 时间内送膜量 L_1 及卷筒直径 D 之间的关系为:

$$Q = 2377 \frac{L_1}{D} \tag{5}$$

卷材的总长度 $C_{总}$ 与卷材外径 D_1 、卷材内径 D_2 、卷材厚度 d 之间的关系为:

$$C_{总} = \pi \frac{D_1 + D_2}{2} \times \frac{D_1 - D_2}{2d} \tag{6}$$

由已知条件可算出 $C_{总}=4.36 \times 10^6$ mm, 经测试一个工位需要的送膜量 L 为 750 mm, 一整卷膜可包装产品数量 N 为 5800 个左右, 通过产品个数将卷材形状模糊分为 7 档, 通过包装数量 N 来判断空卷还是满卷, $L_1 \in [150, 750]$, 由式(6)近似求得 Q 的取值范围, 见表 1。

Q 的取值通过式(1)自动整定, 且其范围控制在表 1 的范围内, 经测试, 选用初始速度 $v_{初始}=2000$ m/s 时性能最好。

表 1 Q 取值与包装数量 N 的关系
Tab.1 The relationship between Q and N

N	D/mm	Q 下限	Q 上限
<830	262	1361	6805
830~1660	236	1511	7555
1660~2490	210	1698	8490
2490~3320	184	1938	9690
3320~4150	159	2242	11 210
4150~4980	133	2681	13 405
>4980	107	3332	16 660

2.2 张力调整机构原理

第一次送膜是在丝饼输送装置高速输送时进行, 速度快, 为防止膜断裂, 往复引导组张力在大于零的情况下越小越好, 第二次送膜是在切膜完成横向夹膜装置回位时送膜, 实现膜快速回位, 往复引导组张力在保证膜不断裂的情况下越大越好, 这就造成一种张力矛盾, 且由于薄膜厚度为 0.012 mm, 因此张力控制极为关键。往复引导组用来实现张力控制, 实现张力的自由调节及切换, 其气动原理见图 4。在电磁阀的 A 口径减压阀 1 接至气缸 A 口, 电磁阀的 B 口径减压阀 2 通过真空发生器接至气缸 B 口, 这样可以自由调节减压阀 1 和 2 来自由调整气缸张力, 并能实现两种张力之间的自由切换。

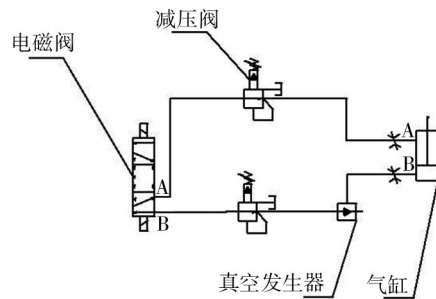


图 4 往复引导组张力控制原理

Fig.4 Tension control principle of reciprocating guide group

3 控制系统实现

系统采用西门子 S7-1200 PLC 作为主控制单元, 采用 SM1232 作为模拟量输出模块, 发送模拟量至施耐德 LXM32 伺服驱动控制系统驱动伺服电机送膜, 通过 2 组监测单元实现位置检测及薄膜定量输出, 将控制算法在 PLC 上编程实现, 利用 CPU 集成的时间控制单元自动跟踪送膜时间 t_2 及包装数量 N , 采用比较指

令将其模糊化到语言变量的论域,根据式1自动调整模拟量输出值 Q 匹配送膜速度实现系统定量送膜,且具有断膜、缺膜监测等功能,其控制流程见图5。

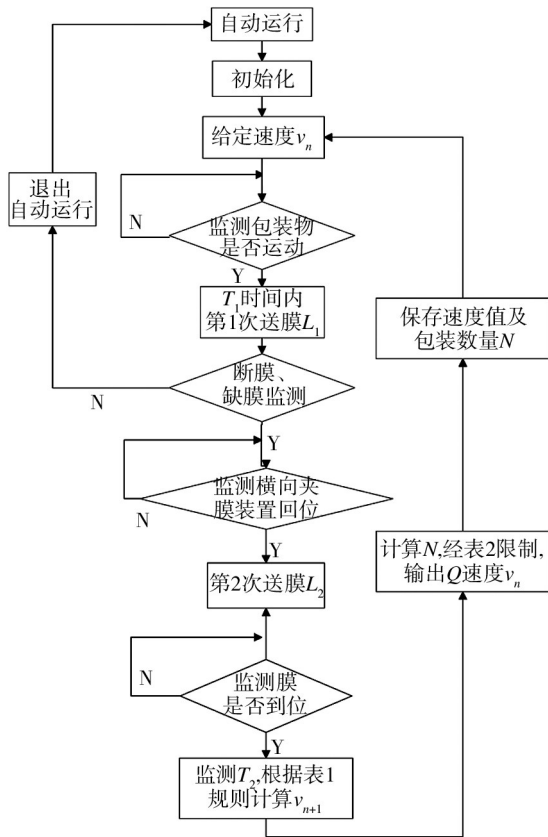


图5 控制算法实现流程

Fig.5 Flowchart of the control algorithm

系统自动运行后,监测包装物是否正在输送,在输送到指定位置时触发 t_1 时间内的送膜运动 L_1 ,运动时间固定;同时监测膜是否断裂,如未断则监测横向夹膜装置回位信号,否则退出自动运行;监测到横向夹膜装置回位时进行第二次送膜,膜到位后自动计算送膜时间 t_2 ,同时根据式(1)自动计算下一次的送膜速度 v_{n+1} ,经表(1)限制后输出至下一个节拍,等待下一次的包装输送工作。采用本方法后,经现场测试,未出现膜断及膜松的情况,系统工作稳定,送膜快速,且送膜张力可调可切换,自适应卷径且无需张力传感器,张力与速度协调性能良好。

4 结语

该设备目前已申请发明专利,并应用在纺织行业自动包装生产线上,满足客户要求,在提高生产效率的同时,大大的降低了劳动强度。经现场测试实践检验,该控制方法运行可靠,能够自动适应卷径变化而

整定送膜速度,并保持一定张力,且张力能自由调整和切换,在满卷、半卷及空卷等各种工况下供膜稳定,从未出现膜断裂、松弛情况,且其特有的纸筒内涨紧机构可方便地实现卷绕物更换和纸筒固定。本方法也可用于类似的卷绕物控制系统及其他项目和产品研发,具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 韩凌,陆荣鑑. 制袋机的定长与恒张力走膜控制系统[J]. 包装工程, 2013, 34(17): 76—80.
HAN Ling, LU Rong-jian. Fixed-length and Constant Tension Feeding Control System of Bag-making Machine[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(17): 76—80.
- [2] 李伟,王友权,董继先,等. 自调整PID控制在卷取张力中的设计与仿真[J]. 包装工程, 2014, 35(11): 67—69.
LI Wei, WANG You-quan, DONG Ji-xian, et al. Design and Simulation of Self-adaptive PID Control System in Tension Control[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(11): 67—69.
- [3] 孙智慧,肖玮,林晶,等. 卷绕式磁控溅射镀膜机张力控制系统分析与优化[J]. 包装工程, 2013, 34(23): 72—76.
SUN Zhi-hui, XIAO Wei, LIN Jing. Analysis and Optimization of Tension Control System of Winding Magnetron Sputtering Coating Machine[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(23): 72—76.
- [4] 申志强,邹继涛,陈韬,等. 张力控制数学模型应用研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(12): 65—67.
SHEN Zhi-qiang, ZHOU Ji-tao, CHEN Tao, et al. Applied Research of the Mathematic Model for Tension Control[J]. Huazhong University of Science & Technology (Nature Science Edition), 2007, 35(12): 65—67.
- [5] 韩佳,何芳. 带调整因子的张力模糊控制器的设计与实现[J]. 济南大学学报, 2014, 28(3): 189—193.
HAN Jia, HE Fang. Design and Implementation of the Tension Fuzzy Controller with Adjustable Factors[J]. Journal of University of Jinan(Sci & Tech), 2014, 28(3): 189—193.
- [6] 孙珺如,刘慧康,吴远航. 卷取系统的张力模糊控制优化研究[J]. 机械设计与制造, 2013(12): 192—197.
SUN Jun-ru, LIU Hui-kang, WU Yuan-hang. Optimal Design for Winding Tension Control System Based on Fuzzy Control[J]. Machinery Design & Manufacture, 2013(12): 192—197.
- [7] 赵庆海,贾中华. 模糊自适应PID控制在张力控制中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 87—89.
ZHAO Qing-hai, JIA Zhong-hua. Application of Self-adaptive Fuzzy-PID in the Tension Control[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 87—89.
- [8] 肖志坚,王保升. 模型参考自适应恒张力控制系统研究[J].

- production Based on Personal Histogram Transformation[J]. Consumer Electronics IEEE Transactions, 2009, 55(2): 855—863.
- [12] 蒋崛, 张小宁, 梁志虎, 等. HSV空间中具有调整因子的肤色增强方法[J]. 真空科学与技术学报, 2011, 31(5): 515—520.
- JIANG Jie, ZHANG Xiao-ning, LIANG Zhi-hu, et al. Skin Color Enhancement Based on Favorite Skin Color in HSV Color Space[J]. Chinese Journal of Vacuum Science and Technology, 2011, 31(5): 515—520.
- [13] PARK D, KWAK Y, OK H, et al. Preferred Skin Color Reproduction on the Display[J]. Journal of Electronic Imaging, 2006, 15(4): 041203.
- [14] HYUNHWA O, PARK D, KIM J B, et al. Preferred Skin Color Reproduction Based on Adaptive Affine Transform[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2005, 51(1): 191—197.
- [15] 田欣. 基于不同色彩空间的肤色模型[J]. 西安科技学院学报, 2001, 21(4): 369—371.
- TIAN Xin. Skin Models on Different Color Spaces[J]. Journal of Xi'an Institute of Technology, 2001, 21(4): 369—371.
- [16] XUE S, TAN M, MCNAMARA A, et al. Exploring the Use of Memory Colors for Image Enhancement[J]. Proceedings of the Spie, 2014, 9014(1): 4—9.
- [17] 徐战武, 朱森良. 肤色检测最优空间[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006(9): 1350—1356.
- XU Zhan-wu, ZHU Miao-liang. Optimum Color Space of Skin-tone Detection[J]. Journal of Computer-aided Design & Computer Graphics, 2006(9): 1350—1356.
- [18] ZENG H, LUO R. Color and Tolerance of Preferred Skin Color on Digital Photographic Images[J]. Color Research & Application, 2013, 38(1): 30—45.

(上接第141页)

- 包装工程, 2009, 30(12): 21—23.
- XIAO Zhi-jian, WANG Bao-sheng. Study on Model Reference Adaptive Constant Tension Control System[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12): 21—23.
- [9] 杜汉强, 张广文. 基于模糊自适应PID控制器的张力控制系统[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 90—92.
- DU Han-qiang, ZHANG Guang-wen. Tension Control System Based on Fuzzy Self-adaptive PID[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 90—92.
- [10] 刘东升, 王守芳. 基于PLC与变频器的恒张力卷绕控制系统[J]. 制造业自动化, 2011, 33(8): 131—133.
- LIU Dong-sheng, WANG Shou-fang. Control System of Constant Tension Winding Based on PLC and Transducer[J]. Manufacturing Automation, 2011, 33(8): 131—133.
- [11] 刘哲, 杨建成, 等. 基于模糊PID的多功能卷绕机张力控制仿真[J]. 天津工业大学学报, 2008, 27(6): 55—61.
- LIU Zhe, YANG Jian-cheng, et al. Simulation of Tension Control of Multi-function Winding Machine Based on Fuzzy-PID[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2008, 27(6): 55—61.
- [12] 陈德传, 程志林. 力矩伺服式卷绕张力与速度协调控制系统[J]. 纺织学报, 2009, 30(6): 118—121.
- CHEN De-chuan, CHENG Zhi-lin. Winding Tension and Velocity Coordinated System with Torque Servo Control Mode[J]. Journal of Textile Research, 2009, 30(6): 118—121.
- [13] 何金保, 郭帅. 基于改进遗传算法的模糊张力控制[J]. 工业仪表与自动化装置, 2009(1): 11—15.
- HE Jin-bao, GUO Shuai. Fuzzy Tension Control Based on Improved Genetic Algorithm[J]. Industrial Instrumentation and Automation, 2009(1): 11—15.
- [14] 沈瑜. 基于模糊PID的恒张力控制系统设计[J]. 液压气动与密封, 2009(2): 48—50.
- SHEN Yu. Simulation of Tension Control of Multi-function Winding Machine Based on Fuzzy-PID[J]. Hydraulics Pneumatics and Seals, 2009(2): 48—50.
- [15] 李实永, 王钦若. 模糊控制在薄膜张力控制系统中的应用[J]. 电气传动自动化, 2001, 23(5): 33—35.
- LI Shi-yong, WANG Qin-ruo. Research and Application of Fuzzy Control in Film Tension Control System[J]. Electric Drive Automation, 2001, 23(5): 33—35.
- [16] 尹章伟. 包装机械[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- YIN Zhang-wei. Packaging Machine[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.