全自动封口旋盖机控制系统的设计

蔡锦达，秦绪祥，王 亮，王 英
（上海理工大学，上海 200093）

摘要：针对软管封口旋盖机的工作流程及响应快、精度高的控制要求，设计了以 PLC 为核心的控制系统，结合交流伺服及其他硬件，对软管封口旋盖的生产流程进行了较好的控制。详细介绍了封口旋盖机的工作流程和控制时序方案，给出了程序流程图、工作时序图。最后提出了旋盖转矩的控制方法以及控制系统的设计方案。该控制系统性能稳定，控制精度高，生产速度快。

关键词：封口旋盖机；PLC；交流伺服；触摸屏；自动控制
中图分类号：TB486$^+$.3；TB486$^+$.03　**文献标识码**：A　**文章编号**：1001-3563(2012)03-0005-05

Design of Control System of Automatic Sealing Capping Machine

CAI Jin-da, *QIN Xu-xiang*, *WANG Liang*, *WANG Ying*
(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: According to the workflow and fast response and high accuracy control requirements of tube sealing capping machine, the control system was designed, which was based on PLC, combined with the AC servo and other hardware. Practice showed that the control system can work better on production process of tube sealing capping machine. The work process and the sequence control scheme of sealing capping machine were introduced. The work timing sequence and program flow chart of sealing capping machine was put forward. The capping torque control method and control system design was put forward. The control system is stable, fast speed, high precision.

Key words: sealing capping machine; PLC; AC servo; touch screen; automatic control

我国传统的包装机械产量、速度和自动化程度都相对落后，功能单一，故障率高，维护困难，严重制约着生产的稳定运行，不利于生产线高度自动化的实现，致使生产效率低[1]。

为了适应现代包装机高速、高效和高可靠性生产的需要，在广泛吸收国内外先进机型的基础上，设计了一种回转型封口旋盖机。采用多工位回转式结构，机电一体化，具有速度、转矩可调、定位准确、旋盖可靠、运行平稳等优点[2]，单机生产能力可达 80 支/分钟。

基于本控制系统的全自动封口旋盖机及其自动化生产线已在实际中成功应用，并出口俄罗斯等国市场，这对国内包装机械行业是一个巨大的推动和鼓舞。

1　控制结构分析

封口旋盖机的主转台是加工工件的载体，主转台通过凸轮分度器实现间歇转动，凸轮分度器为间歇运动机构，其输入轴每旋转一周，主转台转动一工位。在凸轮分度器输入轴旋转一周的过程中，要求主转台约有 1/6 的时间在运动，而另 5/6 的时间处于静止状态[3]。主转台转动到位后，通过接近开关与信号盘配合发出同步信号，各工位在同步信号到来之后开始动作。

本机采用十工位循环系统：从 1 号工位开始上管，经过封口、二次封口、冷却、旋盖、二次旋盖等工序，在 9 号工位下管，10 号工位对下管效果进行检测。本封口旋盖机的工作流程见图 1，各个工位介绍如下。

收稿日期：2011-12-01

作者简介：蔡锦达(1963－)，男，上海人，硕士，上海理工大学教授，主要从事包装机械自动化设计、嵌入式系统开发、运动控制研究以及生物医疗设备控制系统开发。

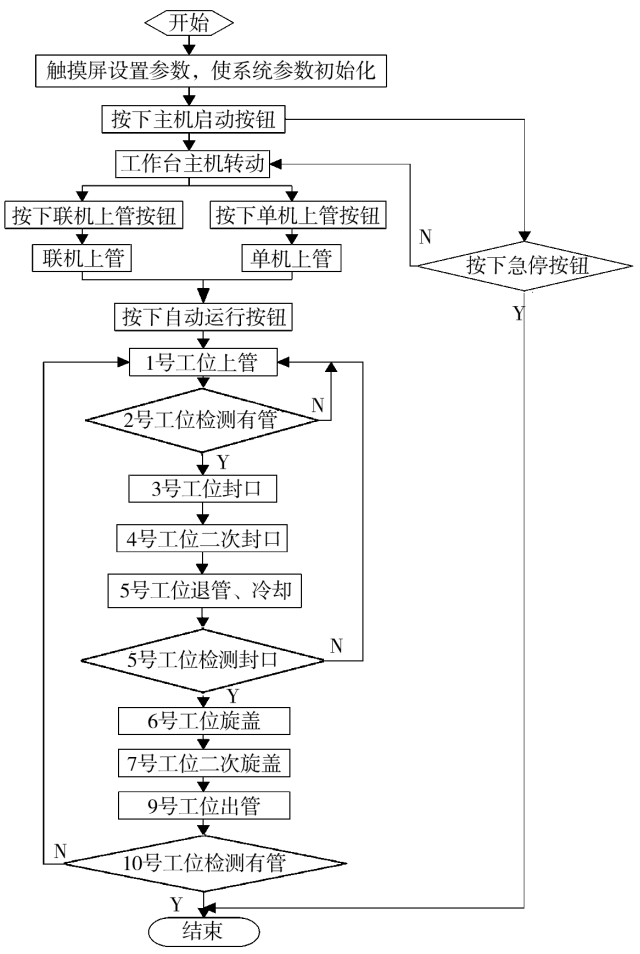

图 1 封口旋盖机的工作流程

Fig. 1 Working flow of sealing capping machine

1 号工位:自动上管工位。本工位的工作方式是由触摸屏进行设置的。选择单机上管时,在上管电机的动作下,软管进入滑槽中,同步信号到来时,拨管气缸动作,压住软管,然后上管气缸工作,软管在上管气缸的推动下套在芯轴上;选择连机上管时,本工位可以直接接收由生产线上管气缸推送过来的软管。

2 号工位:检测工位。检测在该工位芯轴上是否已有软管。本工位的检测是采用一个光电开关,检测到的结果作为该芯轴后续到达工位是否工作的依据,若有管,则该芯轴后续到达工位正常工作,若无管,则该芯轴后续到达工位不工作。

3 号工位:封口工位。当软管到达本工位时,封口气缸推动加热装置前进,铝箔在封口气缸的推动下,压紧在软管口上,依靠加热装置的热量粘贴在软管上。

4 号工位:二次封口工位。在 3 号工位封口结束后,为防止封口不牢固,要进行二次封口。当软管到达本工位时,二次封口气缸推动加热装置前进到达软管口,将铝箔进行二次加热。

5 号工位:退管工位。本工位有 2 个作用:一是冷却作用,冷却电磁阀动作时,对前面工位已经加热的铝箔进行吹气冷却,使软管的状态满足下个工位的加工要求;二是检测作用,封口检测电眼用来检测上个工位封口是否成功,若成功,则该芯轴到达后续工位时继续工作,若不成功,则该芯轴到达后续工位时不工作。

6 号工位:一次旋盖工位。到达本工位的软管在芯轴的带动下做旋转运动,软管到达本工位时,挡盖气缸瞬时挡住盖子,旋盖气缸将盖子推出,抓盖气缸将盖子抓紧,3 个气缸协同作用,将盖子旋到软管上。

7 号工位:二次旋盖工位。经过 6 号工位旋盖后,由于旋盖动作速度快、时间短,旋盖松紧不一,所以在本工位进行二次旋盖,使旋盖牢固、松紧一致。

8 号工位:空工位,无任何动作。

9 号工位:出管工位。在完成旋盖动作后的软管到达本工位时,出管气缸带动出管吹气前移,将软管吹出。

10 号工位:出管成功检测工位。检测芯轴上的软管是否被吹出去,为下一个工作循环做准备。若无管,则继续正常运行;若有管,则主机停止转动。

2 控制时序方案分析

2.1 同步信号

主转台通过间歇转动由各个工位完成对软管的加工,实现循环工作。主工作台由凸轮分度器驱动,设加工一个软管的时间为 t,约有 1/6 的时间旋转工作台在运动,而另 5/6 的时间处于静止状态。

由于凸轮分度器输入轴是快速、连续运转的,所有的加工工作必须要在工作台静止时完成,机器工作速度越高,静止时间就越短,因此转台到达停止位置就必须立即加工,在转台启动前必须完成所有的加工工作,否则有可能损坏机械构件,这就需要一个控制整机的同步信号来控制机器各工位起停状态[4]。控制系统中,设计 2 个信号盘作为同步信号使用,称之为大信号盘和小信号盘,信号盘被安装在工作台的主轴上。在一个工作周期里,大信号盘信号约 270/360 为 ON,90/360 为 OFF;小信号盘信号约 90/360 为 ON,270/360 为 OFF。大、小信号盘交叉安装,具体信号周期在安装时根据需要调节,信号盘见图 2。

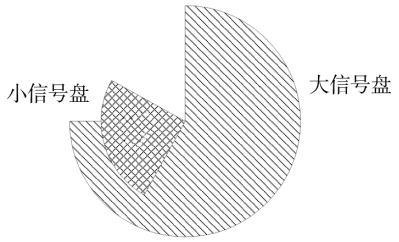

图 2　信号盘示意图

Fig. 2 Sketch map of signal dish

2.2　工位停止与运行标志信号

如果任何工位有一个工件加工失误,这个工件将成为废品,要求后续的所有工位不再对其进行加工以免浪费原料、能源。在时序控制中规定:当同步信号到来时,检测本工序加工是否正常,如果不正常,后续各工位不再对该工件进行加工。

为了实现上述的控制要求,在 PLC 中设定一个内部字,每次同步信号到来的时候,各个工作位与同步位作“与”操作,若该工位完成工作,则状态位为 1,若加工失败,则状态位为 0,然后再移位就可以达到目的[5]。例如,见图 3,假设第 3 个周期完成后工

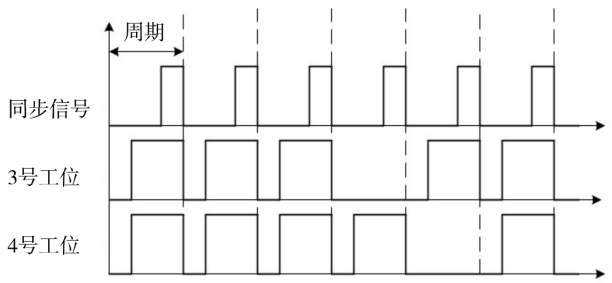

图 3　工位工作原理时序图

Fig. 3 Working principle sequence chart of station

位加工状态字是 1111111011111111;第 4 个周期时,3 号工位加工失败,4 号工位加工成功,假设其它工位完成工作,则同步信号到达后,进行“与”操作,加工状态字变为 1111111011111011,然后移位变为 1111110111110111;在下一个周期各工位读取状态字,第 4 号工位状态位为 0,则第 4 号工位不工作。由此该状态会依次向下传递,直到该工件走过所有工位为止。

每次同步信号到达时,各工位首先对工位停止与运行标志进行判断;然后执行各工位的运行程序;运行程序执行完后再对本工位状态进行检测,检测结果作为下一工位的运行标志。按照这样的思路,可以实现当某一工位故障,后续工位皆不动作的功能,具体实现程序见图 4。

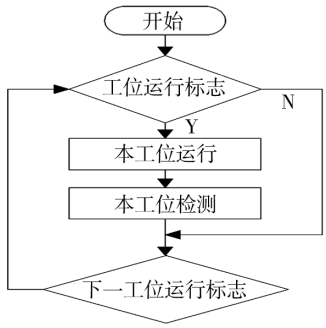

图 4　工位工作流程

Fig. 4 Flow chart of station

3　控制系统设计

3.1　控制系统组成

封口旋盖机的控制系统主要是以松下 FP-X-C38AT 型 PLC 为核心,运用触摸屏作为人机界面。现场设备发出的各种反馈信号(光电开关等传感器),通过 I/O 输入 PLC;触摸屏将封口旋盖机各工位机构的速度、扭矩等设定参数值通过通信端口传递给 PLC;PLC 内部再进行运算或者逻辑处理,将控制信号输出到伺服驱动器、变频器、继电器、电磁阀等,使相应的机构动作。

3.2　变频电机控制系统

由主电机驱动凸轮分度器,然后带动主转台进行工件加工,在本控制系统中,采用了松下 VF100 系列的变频器驱动主电机,用 PWM 控制其频率。在 PLC 中,将高速脉冲输出通道 CH2 作为 PWM 信号的输出通道,其对应的 PWM 输出端子为 Y4。设置 VF100 变频器的参数 P087,将其设为 1(有 PWM 频率信号选择),此时多功能输出端子 SW4(端子 No. 7),SW5(端子 No. 8)的功能强制性成为 PWM 控制专用[6-7],PWM 信号和频率指令值的关系见图 5。

若本机器处于单机状态,则变频器的 PWM 信号来自本机器的主控制器(PLC);若本机器处于连机状态,则变频器的 PWM 信号来自处于生产线控制器发出的同步频率信号,使本机器与生产线上其他机器速度保持一致。

3.3　运动控制模块

运动控制模块由伺服电机和气缸进行控制。

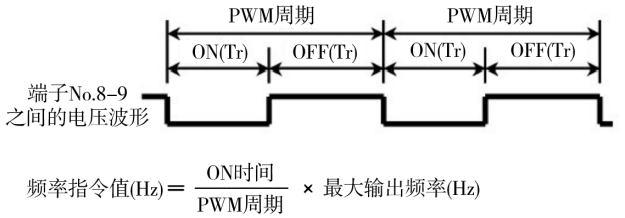

图 5 PWM 信号和频率的关系

Fig. 5 Relation between PWM signal and frequency

封口旋盖生产工艺要求传动系统响应快、控制精度较高。封口旋盖机的伺服系统选用两套松下 400 W 交流伺服电机[8],分别用来控制铝箔节距、铝箔速度和旋盖扭矩、旋盖速度。

3.3.1 铝箔节距和速度的控制

铝箔进给是由送料伺服电机进行控制的。当铝箔被封口气缸推出并由模具落料,软管完成铝箔封口后,伺服电机带动铝箔迅速进给一个节距,等待下一个软管的到来。

通过触摸屏设置铝箔速度和铝箔节距。在检测到软管到达工位并在同步信号到来时,封口气缸动作,在设定的封口时间结束后,伺服电机开始动作,以设定的铝箔速度和铝箔节距进给一个节距。

3.3.2 旋盖控制

在 6 号工位中选用一个 YN90-60 电机,带动 6 号工位的软管芯轴转动。当软管到达本工位时,软管在摩擦力作用下,会随芯轴一起转动,而盖子在气缸的推动下与软管接触后,处于静止状态,所以,转动的软管会与盖子旋到一起。

旋盖气缸用于将盖子推出与软管接触;抓盖气缸用于抓紧盖子,以便于盖子旋到软管上;挡盖气缸用于将进盖槽中的盖子挡住,便于盖子按顺序被推出进盖槽。6 号工位正常工作时序图见图 6。

在图 6 中,大信号 X0 到来时,旋盖气缸 Y30A 动作,大信号结束时,旋盖气缸 Y30A 复位。旋盖回位接近传感器 X8 有信号时,挡盖气缸 Y309 动作,0.3 s 后复位。挡盖气缸复位的同时,抓盖气缸 Y308 动作,小信号 X1 到来时,抓盖气缸 Y308 复位。

本控制系统中要求 7 号工位二次旋盖的旋盖速度和旋盖扭矩可调。本系统中,选择伺服驱动器的控制模式为转矩控制。PLC 通过模拟量输出通道将电压值输给伺服驱动器,PLC 的模拟量输出通道 CH0 用来控制旋盖速度,CH1 用来控制旋盖扭矩。

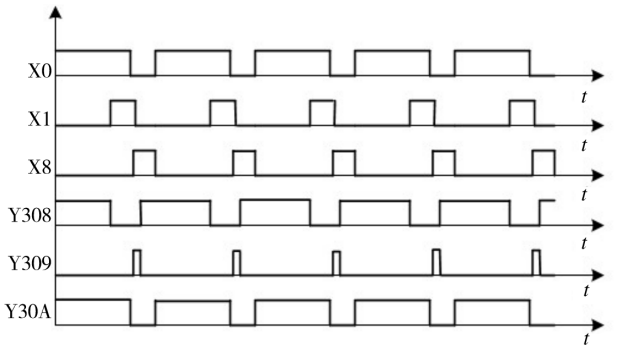

图 6 旋盖工位工作时序图

Fig. 6 Timing sequence of capping work station

在触摸屏上设定速度、转矩指令并传送到 PLC,经过 PLC 的计算,通过模拟量输出通道形成 0～10 V 的模拟信号,传送给伺服系统,伺服系统接收信号后再经过内部单元转换成电机的速度、转矩控制信号,从而控制电机精确运转[9]。

在检测到软管到达工位后,旋盖气缸动作,气缸到位后,旋盖伺服电机以设定的旋盖速度和旋盖扭矩进行旋盖动作控制。在旋盖扭矩达到设定值后,旋盖伺服停止旋盖,并且旋盖气缸回复原位,结束二次旋盖动作。

4 结语

针对封口旋盖机的机械结构及其生产流程的特点,设计了基于松下 FP-X-C38AT 型 PLC 的封口旋盖机控制系统,用 PLC 分别控制各工位的气缸、伺服电机和变频电机等设备,可以达到生产要求,保证封口旋盖生产的质量。从很大程度上减轻了操作者的劳动强度,提高了控制系统的可靠性及生产效率。该控制系统性能稳定,控制精度高,生产速度快,基于本控制系统的封口旋盖机,在实际生产中产品废品率小于 0.5%。

参考文献:

[1] 蔡锦达,刘菁冉,崔守祥. 可编程序控制器在铝塑管数控切割生产线上的应用[J]. 自动化与仪器仪表,2001(5):36－38.

CAI Jin-da,LIU Jing-ran,CUI Shou-xiang. The Application of PLC to the Numerical Control Cutting Production

Line of the Aluminum Plastics Pipe[J]. Automation & Instrumentation,2001(5):36－38.

[2] 李诗龙. FX12 型旋盖机的设计[J]. 包装工程,2000,21(3):24－26.
LI Shi-long. Design of Screw-closure Capper of Model FX12[J]. Packaging Engineering,2000,21 (3):24－26.

[3] 储茂兵,石恩琪,蔡锦达. 高速注肩机自动控制系统的设计[J]. 包装工程,2006,27(2):113－115.
CHU Mao-bing,SHI En-qi,CAI Jin-da. Design of Autocontrol System of High-speed Tube Heading Machine [J]. Packaging Engineering,2006,27(2):113－115.

[4] 王挺. 全自动高速注肩机控制系统的研制[D]. 上海:上海理工大学,2005.
WANG Ting. Research of Autocontrol System of High-speed Tube Heading Machine [D]. Shanghai: University of Shanghai for Science and Technology,2005.

[5] 付翔. 制肩机控制系统关键技术的研究[D]. 上海:上海理工大学,2010.
FU Xiang. The Research of the Key Technology of Automatic Shoulder-Injecting Machine [D]. Shanghai: University of Shanghai for Science and Technology,2010.

[6] Panasonic Electric Works China Co.,Ltd. FP-X User's Manual (added edition)[K]. Shanghai: Panascnic Electric Works China Co., Ltd,2009.

[7] Panasonic Electric Works China Co.,Ltd. VF100 Instrucion Manual[K]. Shanghai: Panascnic Electric Works China Co., Ltd,2010.

[8] 松下电工(中国)有限公司. 交流伺服马达-驱动器 MINAS A5 系列使用说明书(综合篇)[K]. 上海:松下电工(中国)有限公司,2010.
Panasonic Electric Works China Co., Ltd. Minas-A5 Manual [K]. Shanghai: Panascnic Electric Works China Co., Ltd,2010.

[9] 梁铁军. 基于伺服及 PLC 的收卷张力控制系统[J]. 伺服控制,2010(4):114－117.
LIANG Tie-jun. Winding Tension Control System Based on Servo and PLC[J]. Servo Control, 2010(4): 114－117.

(上接第 4 页)

了更为准确的边界条件。

参考文献:

[1] 余节约,刘真. 胶印机串墨性能的仿真研究[J]. 包装工程,2009,30(11):66－68.
YU Jie-yue,LIU Zhen. Simulation the Effects of Vibrator Oscillation of Offset Printing [J]. Packaging Engineering,2009,30(11):66－68.

[2] 危银涛,杨挺青,杜星文. 橡胶类材料大变形本构关系及其有限元方法[J]. 固体力学学报,1999,20(4):281－289.
WEI Yin-tao, YANG Ting-qing, DU Xing-wen. On the Large Deformation Rubber Link Marterials: Con-structive Laws and Finite Element Method[J]. Acta Mechanica Solida Sinica,1999,20(4):281－289.

[3] 特雷劳尔 L R G. 橡胶弹性物理力学[M]. 王梦蛟,王培国,薛广智,译. 北京:化学工业出版社,1982.
TRELOAR L R G. Elastic Physical Mechanics[M]. WANG Meng-jiao, WANG Pei-guo, XUE Guang-zhi, Translate. Beijing: Chemical Industry Press,1982.

[4] 弗雷克利 K,佩恩 P K. 橡胶在工程中应用的理论与实践[M]. 杜成泽,唐宝华,罗东山,等,译. 北京:化学工业出版社,1985.
FRED C K,PENN P K. The Theory and Practice about the Applying of Rubber in Engineering [M]. DU Cheng-ze,TANG Bao-hua,LUO Dong-shan, Translate. Beijing: Chemical Industry Press,1985.

[5] 郑明军,王文静,陈政南,等. 橡胶 Mooney-Rivlin 模型力学性能常数的确定[J]. 橡胶工业,2003,50(8):462－465.
ZHENG Ming-jun,WANG Wen-jing,CHEN Zheng-nan, et al. Determination for Mechanical Constants of Rubber Mooney-Rivlin Model[J]. Rubber Industry,2003,50(8): 462－465.

[6] 高耀东,刘学杰,周可璋. ANSYS 机械工程应用精华 30 例[M]. 第 2 版. 北京:电子工业出版社,2010.
GAO Yao-dong,LIU Xue-jie,ZHOU Ke-zhang. The 30 Applied Cases of ANSYS in Mechanical Engineering [M]. Second Edition. Beijing: Publishing House of Electronics Industry,2010.

[7] 王忠于,成刚虎,代春英. 胶印机串墨辊轴向速度的分析[J]. 轻工机械,2007,25(4):41－43.
WANG Zhong-yu,CHENG Gang-hu,DAI Chun-ying. Analysis of Offset Vibrating Rolling Axial Velocity[J]. Light Industry Machinery,2007,25(4):41－43.

[8] 胡国良,任继文. ANSYS11.0 有限元分析入门与提高[M]. 北京:国防工业出版社,2009.
HU Guo-liang, REN Ji-wen. ANSYS11.0 Introduction and Improvement of Finit-element Analysis[M]. Beijing: National Defense Industry Press,2009.