

# 基于西门子 V90 的片剂装盒机用智能输送系统设计

姚顺

(杭州娃哈哈集团有限公司 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 装盒机是一种广泛用于食品药品包装的机械,其供料部分多以机械方式为主。随着自动化技术的发展,实现更灵活、更方便的供料方式已成为可能。通过对片剂自动输送系统新的设计思路和设计方法的研究,充分利用西门子 V90 伺服的强大控制性能,实现了片剂装盒前的自动计数、堆叠和转运的高度自动化、高度柔性化且运行可靠的智能输送带供料系统。

**关键词:** 片剂装盒机; 自动化; 智能; 柔性; 西门子 V90 系统; 输送系统

## 0 引言

片剂装盒机广泛应用于药品和食品行业,是将药瓶、药板、药膏等和说明书自动装入折叠纸盒中,并完成盖盒动作,部分带有贴封口标签或进行热收缩裹包等附加功能的机械。

西门子 V90 伺服系统作为西门子全球发布的一款标准型产品,将多种控制模式集于一体,支持外部脉冲位置控制、内部设定值位置控制、速度和转矩控制,适用于多样化的应用场合<sup>[1]</sup>。同时,全功率驱动器(0.4 ~ 7kW)还标配内置制动电阻。V90 丰富且高度集成的模式,使其具有很高的性价比。

装盒机的供料方式有多种形式,本文采用西门子 V90 控制的多轴系统构建了一个高度柔性的、智能化的,能够适应多种装盒片剂数量和速度的入口供料系统。

## 1 系统概述

智能输送带(图 1),该系统主要由供料输送带 D、接料输送带 A、接料输送带 B、推料模块 E 和装盒机主输送带 C 构成(图 2)。

供料输送带 D 主要起到快速输送及拉开片剂物料间距的作用。输送带中间安装有吹料装置,当后续装置存在短暂故障时,吹走片剂,起到保障供料输送带连续运行、避免前道设备频繁开停机的作用<sup>[2]</sup>。

接料输送带 A 和 B 均由安装在各自同步带上的 5 节链板组成,每节链板的间隔和宽度均可调,适合生产不同规格的产品。A 和 B 均按照接料—同步—跟随—接料的步骤进行循环。

推料模块 E 由安装在同步带上

的挡板气缸和推料气缸组成<sup>[3]</sup>。

主输送带 C 由安装在同一根链条上的间隔均匀的链板组成,将装入的物料运送至后部进行下一步包装处理。

片剂物料以均匀的、较小的间距进入供料输送带,在供料输送带内进行加速,相邻的间隔拉大,以便给接料输送带留出足够的接料及移位时间,然后落入接料输送带的链板内。供料输送带的出口装有计数感应器,控制掉入接料输送带空档的片剂数量。在掉入数量达到设定时,接料输送带 A 迅速移位到下一空档位置<sup>[4]</sup>。当 5 个空档全部接满后,接料输送带 A 和推料装置立即开始

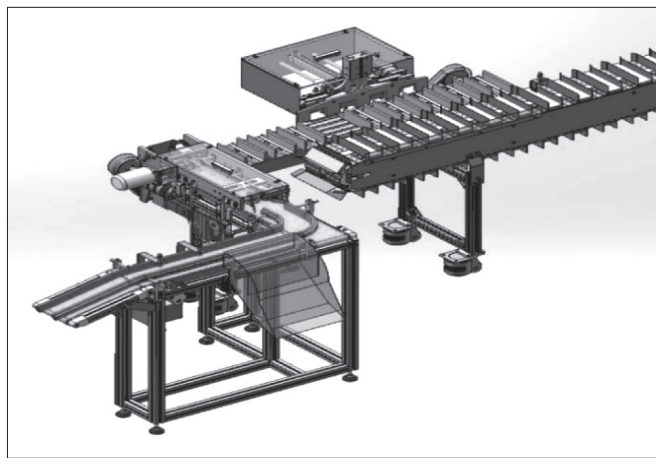


图 1 智能输送带三维图

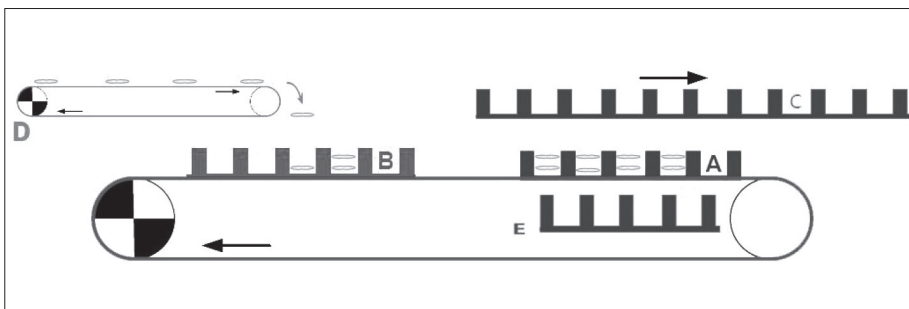


图 2 智能输送带简化示意图

加速,在同步位置达到同步运行状态,然后推料装置的挡板气缸和推料气缸动作,将片剂推入主输送带。完成后,推料装置回到初始位置等待,接料输送带 A 则快速向前跟进到接料输送带 B 的尾部。在接料输送带 A 做同步及推料动作的同时,接料输送带 B 继续进行装填的动作。如此接料输送带 A 和 B 循环往复,持续不断地将片剂装入主输送带<sup>[5]</sup>。

## 2 系统硬件设计

控制系统硬件主要由 PLC 控制器(带运动控制功能)、人机界面、伺服控制器、执行元件及其他传感器元件构成。硬件设备网络架构见图 3。

其中,PLC 选择西门子的 S7-1511T,其具备增强型运动控制功能,具有多轴控制及凸轮功能,可以轻松控制高度动态化的线性电动机,满足复杂系统的运动控制;触摸屏采用西门子的精智系列 TP900,主输送带、接料输送带 AB、推料模块采用西门子 V90 系列,伺服控制器选 V90PN 6SL3 210-5FE11-5UFx,伺服电动机选 1FL 系列低惯量型 1FL6042-1AF61-2AA1,供料和拉距输送带采用变频调速器进行调速。这些模块之间均采用西门子 profinet 网络进行通讯和处理数据,其余辅助传感器直接接入到 PLC 的 I/O 模块单元<sup>[6]</sup>。

## 3 系统软件设计

系统软件主要由输入输出控制、通讯、自动手动控制、寻找零位、预走位和自动循环等部分构成,其中寻找零位程序、预走位程序和自动循环程序是关键的部分。

寻找零位程序的主要功能是在系统首次通电或需要时,对接料输送带 A、B 和推料模块的位置进行区分和确定<sup>[7]</sup>。因为系统使用的伺服电动机编码器是增量式编码器,

接料输送带 A 和 B 也需要区分,所以寻找零位是必须的。

如果运行过程中出现人为或意外停止,有可能会造成接料输送带 A 和 B 的位置与运行步骤不相符,那么在继续投入自动运行前,需由预定位程序自动按照其实际位置和自动运行步骤,将其校正到合适位置及步骤,以避免发生碰撞和混乱<sup>[8]</sup>。

自动循环程序负责在自动运行状态下,控制接料输送带、推料模块及相关执行元件按规定的速度步骤运行。

### 3.1 寻找零位程序

其具体步骤如下:

(1) 开启伺服电动机转矩检测功能,该功能能够检测碰撞,并确保接触力度不超过设定值;

(2) 接料输送带 A 向前运动直至接触,并回退一定距离;

(3) 接料输送带 A 和 B 进入速度同步模式,并开始一起向前运动;

(4) 零位感应器感应到时,先假定是 A 到达零位,并将 A 置零,同时解除同步模式;

(5) 接料输送带 A 向前运动一段距离,如果零位感应器失去感应,则确认 A 到达零位,否则将 B 置零;

(6) 重新将接料输送带 A 和 B 进入速度同步模式,并开始一起向前运动;

(7) 零位感应器再次感应到时,将另一个归零;

(8) 由此,A 和 B 得到区分,位置均得以确定;

(9) 推料模块轴向前运动一段距离;

(10) 往回运动直到推料原点感应器检测到,停止并对推料模块轴位置置零;

(11) 寻找零位程序结束。

### 3.2 预走位程序

如果运行过程中出现意外停止,在自动运行前,接

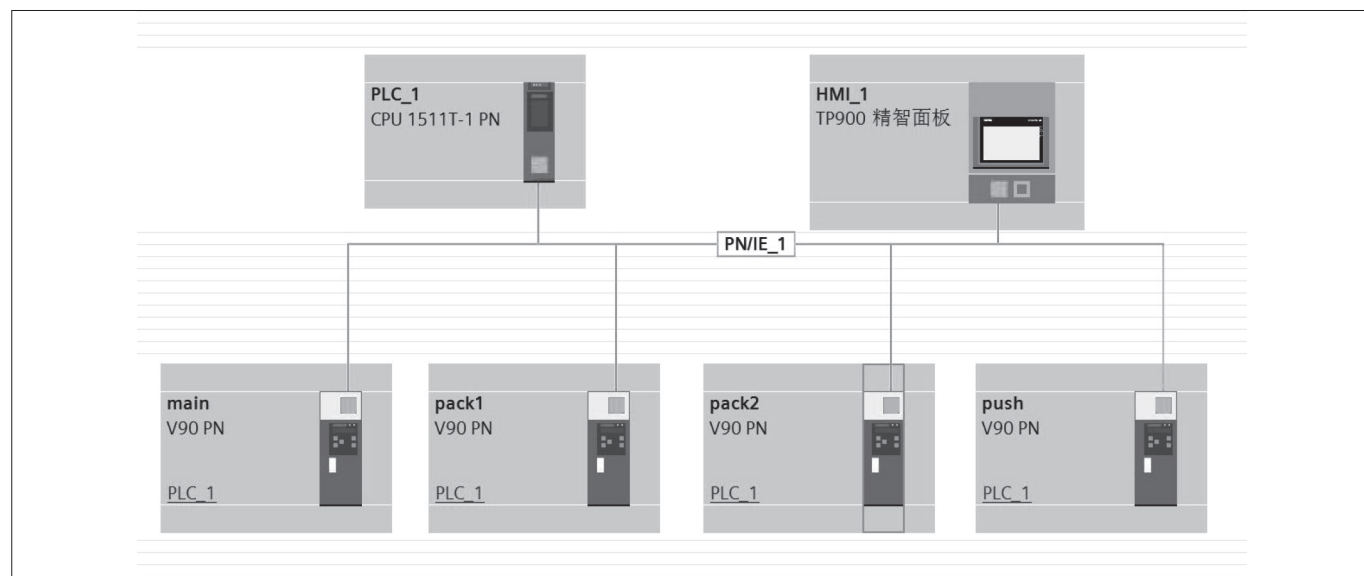


图 3 硬件设备网络架构

料输送带 A 和 B 需根据自身位置调整到合适位置及步骤,其主要步骤如下:

- (1) 推料装置各气缸回到初始状态,推料轴回零点;
- (2) 检查接料输送带 A 和 B 的位置并计算 AB 之间的距离;
- (3) 如果 A 在卸料区间,且只能 A 先动,那么将 A 向前移动到追赶区的中间位置,再向前移动 B 到合适位置(如果 B 在装料区,需要将 B 移动到就近的装填位置,如果 B 在追赶区,则需要将 B 移动到零点位置),最后移动 A 到紧跟 B 的位置(不超过零点);
- (4) 根据移动后的位置,校正接料输送带 A、B 和推料装置的步序;
- (5) 其他三种情况同理;
- (6) 预走位程序结束。

### 3.3 接料输送带自动循环程序

自动状态下,接料输送带 A 或 B 关键位置点(以 A 举例)见图 4。

自动循环程序的主要步骤如下:

- (1) 接料输送带 A 到达接料区 1 号位,同时位置归零(之所以不用模态轴是因为随着同步带拉长,会引起零点漂移),等待送料输送带送过来的片剂物料;
- (2) 落入槽中的物料计数值满足后,快速移动到接

料区 2 号位等待;

- (3) 重复步骤 2,直到在接料区 5 号位上接料完成;
- (4) 等待卸料区没有另一个输送带后,与主输送带和推料装置一起进入位置同步模式,开始启动同步运动;
- (5) 三者达成同步运动状态后,推料装置开始降下推料板,推料气缸向前动作将片剂物料推入主输送带,完成后升起推料板,推料气缸后退;
- (6) 推料动作完成后,三者解除同步状态,推料装置返回原点,接料输送带 A 进入追赶区跟随接料输送带 B,接料输送带 B 则重复开始步骤 1 的循环;
- (7) 如果在卸料点(unloading position)之前不能达成同步状态或者未完成推料动作,则结束同步动作,推料装置返回原点,接料输送带 A 进入追赶区跟随接料输送带 B,接料输送带 B 则重复开始步骤 1 的循环。

## 4 伺服实际性能

接料输送带的各个运动动作中,在接料区进行的移位动作对伺服动态性能要求是最高的。根据主输送带速度计算,此时接料输送带需要在 0.25s 内移动 128mm,最大加速度达到  $8\text{m/s}^2$ ,并且保证较高的位置精度<sup>[9]</sup>。

通过西门子博途软件的 trace 功能(图 5),可以看到接料输送带在 0.25s 内完成移位 128mm,伺服电动机

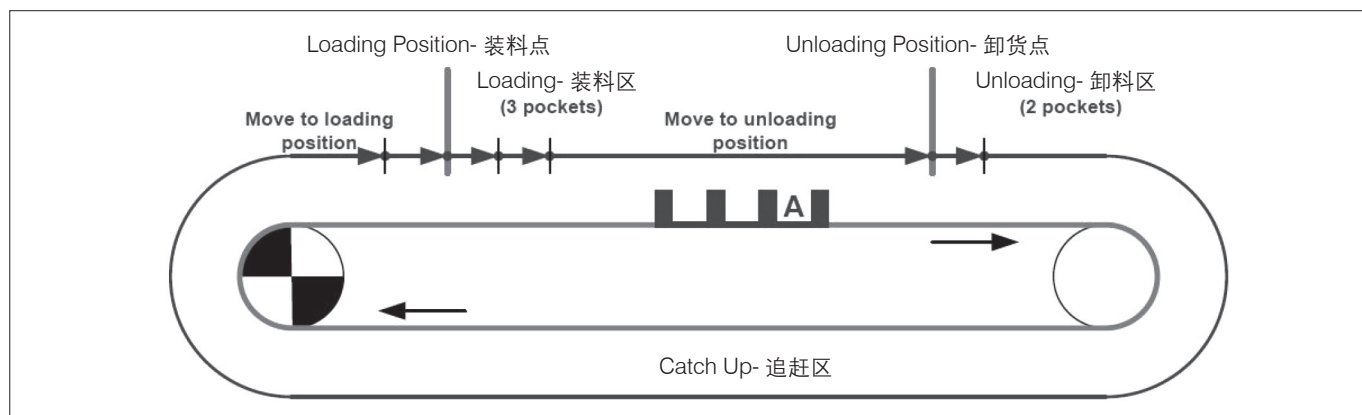


图 4 接料输送带 A 关键位置点

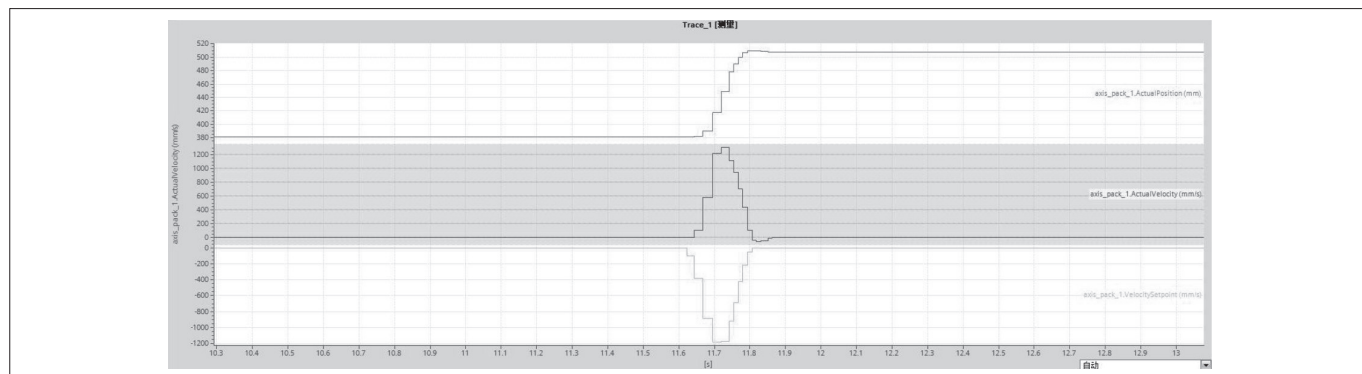


图 5 伺服实际性能

(下转第 27 页)



图 10 改进后后退方向判断

击哪个按钮, 小车都不会后退, 此时小车将无法移动, 只能停在溢出位置。

为了弥补这一紧急情况, 对程序采取如图 10 所示的修改。

从程序中可以看出, E 点并没有与比较指令串联在一起, 无论小车在什么位置, 小车都会后退, 这将解决小车越过 1 号工位后退的问题。但是问题来了, 为什么在前进方向判断时不这么写程序呢? 那是因为小车在后退过程中不会出现溢出的情况, 即使小车越过 5 号工位, 小车的位移值也不会溢出, 仍然会大于前方的任意工位对应的位移值, 此时若点击某个工位, 小车会正常向前行驶。

对程序进行优化改造, 伸缩头小车到达 1 号工位后, 对伸缩头小车向前行驶的条件进行限制, 当编码器出现溢出时, 伸缩头小车不会向前行走。当流程启动时, 小车须停在 1 号工位; 当现场工人清料或者检查衬板时, 小车须移动至其他工位。由于现场几乎每天都会进行清料和检查衬板, 伸缩头小车使用非常频繁, 所以必须从设备的源头出发, 消除设备隐患, 保证小车运行的稳定可靠。

(上接第 23 页)

的实际动态性能完全满足设计要求。

## 5 结语

本文介绍了一种高度柔性化的智能输送系统, 利用西门子 V90 系统强大的伺服控制性能, 实现了系统自动原点定位和物料高速准确地传递, 能够适应多种规格的产品, 具有较高的生产效率。

### 参考文献:

- [1] 向晓汉. 西门子 SINAMICS V90 伺服驱动系统从入门到精通 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2022.
- [2] 黄宋魏, 邹金慧. 电气控制与 PLC 应用技术: 第 2 版 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [3] 韩芮, 李光, 韩宇扬. 可再封袋集合包装生产线的设计与研究 [J]. 包装与食品机械, 2019, 37(5): 27-32.

## 4 结语

目前, 伸缩头小车的程序改造已经全部完成, 并在矿石码头一期工程 BQ 头部转接机房中投入使用。投入使用后, 技术人员分别在空载和重载的情况下进行了多次实验, 皮带停机后, 对伸缩头小车进行操作, 小车均能正常向指定方向运动, 再未出现小车向前窜动的情况, 小车运动非常平稳有效, 现场作业和清料的效率大大提高, 并且通过此项改造, 小车的动作更加可信可靠, 消除了设备隐患, 从根本上杜绝了安全事故的发生。此次项目改造效果明显, 达到实际预期的效果。

### 参考文献:

- [1] 曹彦斌, 王友军. 多工位伸缩头装置构造设计 [J]. 起重运输机械, 2017(08): 86-88.
- [2] 季洪博. 五工位伸缩头的设计计算 [J]. 中国新技术新产品, 2014(19): 14-15.

**作者简介:** 李静泽 (1987.08-), 女, 汉族, 河北石家庄人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 卸船机管理与维护。

- [4] 刘翘楚. 浅析带式输送机智能控制系统设计 [J]. 科技创新导报, 2020, 17(5): 89-90.
- [5] 刘奎武. 自动药品装盒机盒片药瓶双形态供给装置 [J]. 河北农机, 2018(8): 29-30.
- [6] 刘奎武, 李兵. 药品装盒机双功能供料机构的设计 [J]. 机电技术, 2018(6): 23-24.
- [7] 董伟, 李克天, 李啟定. 自动装盒机推料机构设计与仿真 [J]. 包装工程, 2015(10): 89-92.
- [8] 边娟娟, 陈婵娟, 田卫明, 等. 基于 PLC 的全自动药板装盒机控制系统设计 [J]. 包装与食品机械, 2008(08): 13-16.
- [9] 倪敏, 堵俊, 吴晓, 等. 基于伺服精密驱动的滤棒装盒控制系统 [J]. 烟草科技, 2017(01): 87-91+97.

**作者简介:** 姚顺 (1978.05-), 男, 汉族, 湖北宜昌人, 本科, 工程师, 研究方向: 电气设计。