

机械与过程控制

全自动泡罩药品包装生产线的设计与实现

涂明玉¹, 葛斌¹, 华昌彪², 王卓¹

(1.上海理工大学 医疗器械与食品学院, 上海 200093;

2.上海龙腾科技股份有限公司, 上海 200093)

摘要: **目的** 设计一种全自动泡罩药品包装生产线。**方法** 通过分析泡罩药品包装的生产流程, 采用 SolidWorks 软件对各个结构进行三维建模及装配, 以施耐德公司的 LMC058LF42 型号的 PLC 为控制核心, 配合其他硬件设备控制整个生产线的协调运作, 以实现药品泡罩包装的自动化生产。**结果** 该泡罩包装生产线实际运行稳定, 成品质量合格, 能够满足公司要求。**结论** 该包装生产线实现了多种形态的药片和胶囊泡罩包装的自动化生产, 降低了生产成本, 提高了药品包装生产效率。

关键词: 药品; 泡罩包装; 生产线; 三维建模; PLC

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)23-0143-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.23.021

Design and Realization for Automatic Production Line of Blister Medicine Packaging

TU Ming-yu¹, GE Bin¹, HUA Chang-biao², WANG Zhuo¹

(1.School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Shanghai Longteng Technology Company Limited, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: The work aims to design an automatic blister medicine packaging production line. By analyzing the production process of blister medicine packaging, the three-dimensional modeling and assembly of each structure was carried out with Solidworks software. With Schneider's LMC058LF42 PLC as the control core, the coordinated operation of the entire production line was controlled in collaboration with other hardware devices, in order to realize the automatic production of medicine blister packaging. The actual operation of the blister packaging production line was stable, and the finished products were qualified to meet the company's requirements. The proposed packaging production line has achieved the automatic production of various forms of tablets and capsule blister packages, which reduces production costs and increases the efficiency of pharmaceutical packaging production.

KEY WORDS: medicine; blister packaging; production line; three-dimensional modeling; PLC

药品包装为药品提供了质量和安全保障,是制药环节不可或缺的步骤之一^[1]。目前,常见的药品包装方式有颗粒袋装、液体瓶装以及铝塑泡罩的外包装等。其中铝塑泡罩包装以其安全简易、阻氧和防潮性强等优势,成为制药行业应用最广泛的软包装形式^[2-3]。

随着药品种类的增加以及用药需求量的提升,国内医药企业对于药品包装自动化的要求也不断提高^[4],因此,研制一种全自动药品泡罩包装生产线,对于提高制药企业的生产效率,满足供药需求,具有重要意义^[5-6]。

收稿日期: 2019-04-29

基金项目: 上海市高新技术成果转化项目(201412640)

作者简介: 涂明玉(1991—),女,硕士生,主攻机械自动化技术。

通信作者: 葛斌(1960—),男,上海理工大学副教授、硕导,主要研究方向为医疗器械结构设计。

1 泡罩包装生产线方案设计

文中采用模块化设计思路对该生产线进行过程分析,在综合对产品形态、设备功能、生产要求等诸多因素的情况下,对该药品(药片或胶囊)泡罩包装机进行模块式分解再合并,将其分为支撑装置、输送装置、预热装置、成型装置、加料装置、热封装置、批号、冲裁装置和成品输出装置等九大主要功能装置。当药品尺寸发生变化时,只需改变和设计相应的模块即可实现当前药品的包装^[7-9]。其中,塑片(Polyvinyl chloride, PVC)卷筒材料放置在支撑装置的承料芯轴上;输送装置的功能是将塑片从卷筒上拉出然后输送至各工位;预热装置主要作用是将塑片加热软化,为塑片成型做准备;成型装置将预热好的塑片进行拉伸成型;药品加料装置主要功能是将药品准确放入成型的塑片泡眼中;热封装置对装有药品的塑片和铝箔进行加热封合,完成药品的密封包装;批号、冲裁装置则是将密封好的整版药板压制批号并冲裁成成品;成品输出装置将废品剔除并将合格品输出至后道工序。

1.1 主要技术参数

公司要求该生产线能同时满足不同尺寸药品的铝塑泡罩包装,最大生产速度为每分钟450块板,最大的冲裁速度为每分钟150次,塑片拉伸成型的最大成型面积为285 mm×240 mm,最大成型深度为14 mm,基本可以满足市场上不同尺寸药片或胶囊的铝塑泡罩包装要求。

1.2 生产线工作流程

铝塑泡罩药品包装生产线的生产流程:放置塑片卷筒材料→输送塑片→预热→泡罩成型→药粒填充→缺陷检测→热封→压印批号→冲裁→废品剔除→

成品输出^[10],见图1。

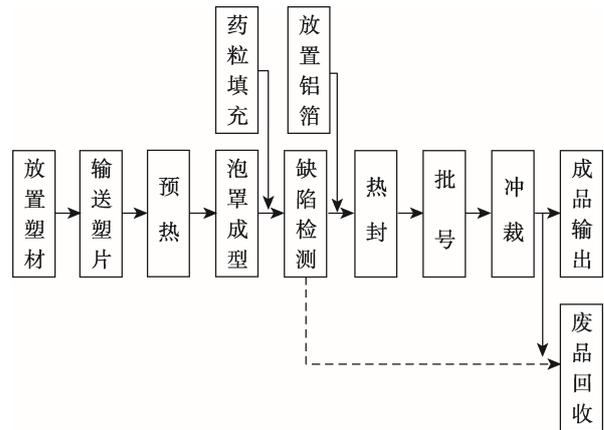


图1 全自动泡罩包装生产线生产流程
Fig.1 Production process of automatic blister packaging production line

2 泡罩包装生产线机械结构设计

文中设计的包装机为辊板式包装机,它结合了板式包装机的成型装置和辊式包装机的热封装置,具有原材料耗材少、工作效率高等优点。包装机总体结构见图2。

2.1 塑片支撑装置

塑片支撑装置的作用是放置塑片卷筒材料,将塑片从卷筒上拉出进入各个工位,其装置结构见图3。在安装包装材料时,须确保卷筒材料的涂胶面朝上,将卷筒材料安装在承料芯轴上,采用压板以及定位圈将卷筒固紧,以防止卷筒材料工作中出现松动。

2.2 输送装置

输送装置是送料装置,实现塑片的输送^[11],其结构见图4。塑片经过输送辊时由偏心压辊压住,然后绕过重力辊、转折辊及塑片调节器,靠摩擦力将塑片

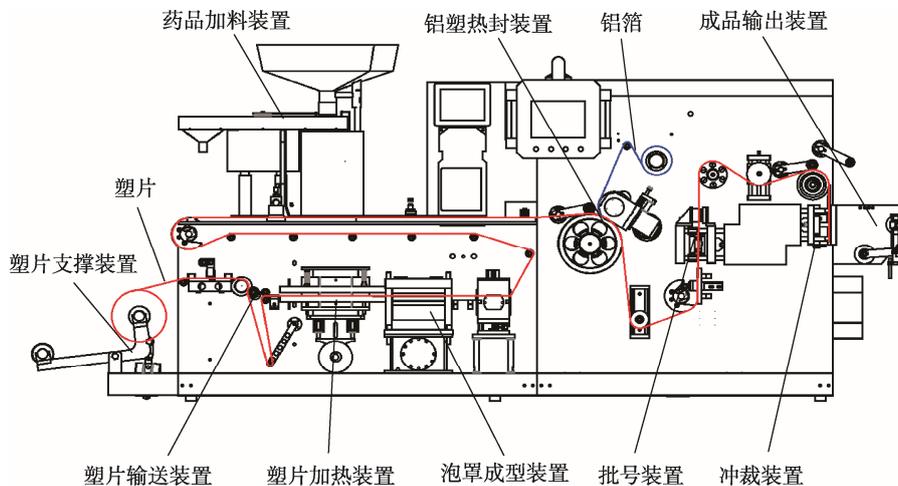


图2 铝塑泡罩包装机总体结构
Fig.2 Main structure of aluminum-plastic blister packaging machine

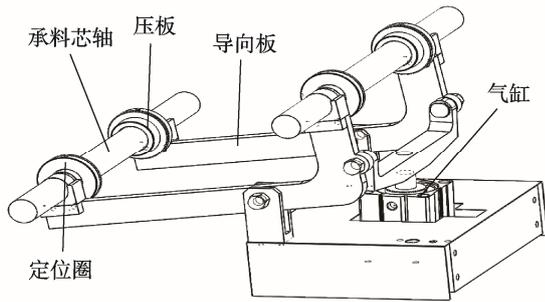


图 3 支撑装置结构
Fig.3 Support device structure

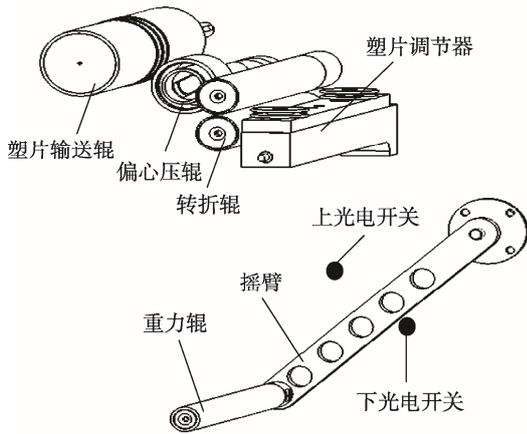


图 4 输送装置结构
Fig.4 Conveying device structure

送出。当摆臂下降接触到下光电开关时，塑片输送辊的驱动电机停止运行，当塑片被向前拉动时，摆臂上升与上光电开关接触，塑片输送辊转动输出塑片，如此周而复始不断输送塑片。其中塑片调节器可对塑片的内外方向进行调节，防止塑片在输送过程中发生走偏现象，调节器上装有定位气缸，用来控制锁紧或松开塑片。

2.3 预热装置

预热装置能加热软化塑片，使塑片在进入成型工位后，可以被压缩空气拉伸成型为泡罩板。该装置采用接触式对版加热，降低了加热功率和温度，节约能源，提高了塑片的稳定性，装置结构见图 4。其工作原理：首先，通过控制面板设定加热板的工作温度，不同性质的成型材料、塑片厚度的差异及成型形状、大小、深度等不同，需要不同的工作温度，普通厚度 0.25 mm 的塑片加热板工作温度一般设置在 130~160 °C。当设备运转时，气缸将导柱往下拉，使上加热板下降至工作位置，在升降偏心轮的驱动下顶动下加热板上下运动，使上下加热板重复做闭合、脱开动作。当上下加热板闭合时塑片受热软化，脱开时塑片被牵引至成型工位，停机时气缸将上加热板升起。

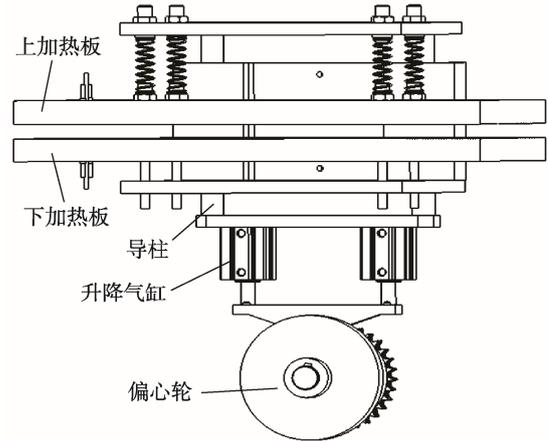


图 5 加热装置结构
Fig.5 Heating device structure

2.4 成型装置

成型装置的功能是将加热后的塑片吹塑成型为带有泡眼的泡罩板^[12]，其结构见图 6。其工作原理为：当加热的塑片达到成型工位时，成型上下模闭合，压缩空气通过吹气孔灌入成型上模，使加热软化后的塑片在模具型腔吹塑成型。成型模板采用卡槽式快速定位方式，可实现模具的快速更换，模板结构见图 7。药板形态不同，则相应的成型模板不同，最终导致成型行程长度也会不同，行程长度计算公式为：

$$L = (A + 1) \times \frac{n}{m} \quad (1)$$

式中：A 为牵引方向药板尺寸；n 为成型一次药板板数；m 为冲裁一次药板板数。以药板尺寸 57 mm×80 mm 为例，牵引方向尺寸为 57 mm，一次成型 12 板药，一次冲裁 3 板药，加 1 mm 是因为药板件的废边余量一般是 1mm，成型的行程长度则应设定 L = 232 mm。

当经过成型工位的泡罩未达到设计效果时，一般由于上下模之间的压力不够，上下模具闭合时存在漏

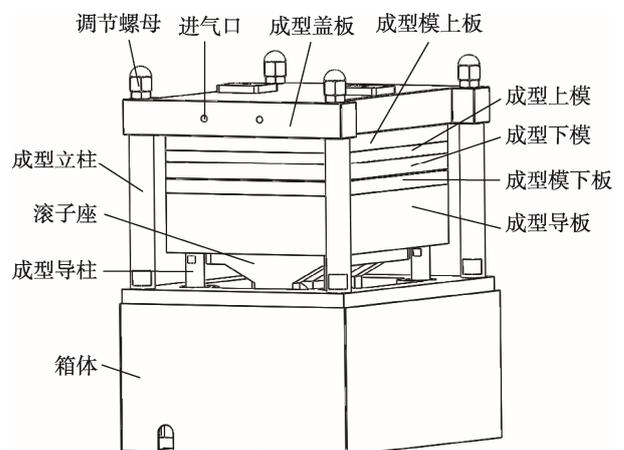


图 6 成型装置结构
Fig.6 Forming device structure

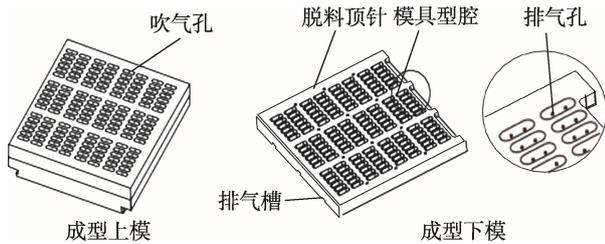


图7 成型模板结构

Fig.7 Molding template structure

气现象造成,此时工作人员需点动机器使成型下模处于止位,然后旋转调节螺母对上下模进行调压,调节时注意4个调节螺母要保持水平以保证压力均匀^[13]。

2.5 加料装置

加料装置功能是将药粒精确放置于泡罩板的泡眼中^[14],装置结构见图8。其工作原理为:在机器各装置调试完毕,成型及热封效果达到要求后,将药品(片剂或胶囊)倒入下料斗,药品经过下料管到达振动盘,振动盘的振动使药品进入导料板,然后经导轨通过下料板进入泡罩板的泡眼中,实现精准下料,加料装置结构见图8。其中探头支架上装有一个超声波探料光电传感器,以达到理想的加料率。当振动盘中的药品比较少时控制下料斗下料,当振动盘中的药品过多时则停止下料,防止药品堆积过多而相互挤压磨碎,产生废料。振动盘的振动会产生部分药品碎屑,这些碎屑会通过废料斗进行回收。调位紧定手柄有两大作用:调节下料板的位置,使下料板上的导轨槽分别对应导料板及台面轨道板上的导轨槽;调节松紧,方便拆卸更换,避免下料板在工作时因松动而产生抖动和移位的现象。

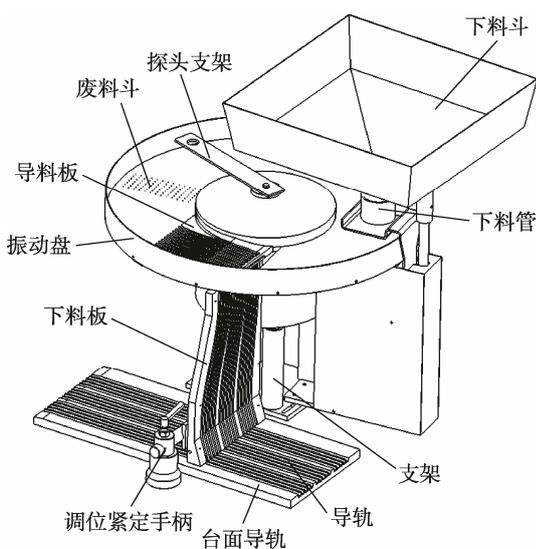


图8 加料装置结构

Fig.8 Feeding device structure

2.6 热封装置

热封装置的功能是将药品密封在泡罩板与铝箔

之间,其结构见图9。其工作原理为:设备正常运行时,通过控制面板将网纹辊的气缸压力调为0.4~0.6 MPa,工作温度约200~260 °C^[15-16],网纹辊在气缸的作用下处于下止点,装有药品的泡罩板与热封铝箔同时被热封模轮拉入热封工位,泡罩板的泡眼嵌入热封模轮相应的模腔内,压杆将泡罩板压紧使泡眼在模腔中紧密贴合,网纹辊的热传递使热封铝箔背面胶层融化,并在压力作用下与泡罩板完全紧密密封,药品被密封在泡眼内并不断向后段工位输送。当机器停止运行时,网纹辊在气缸的作用下会被摇臂推至上止位,有效防止了由于热辐射造成的泡罩变形,便于网纹板的清理,同时具有缓冲压力的作用,有利于延长机器的使用寿命。该装置采用网纹式加热辊,耐高温轴承并配有水冷系统,保证了热封工位的长时间稳定运行。

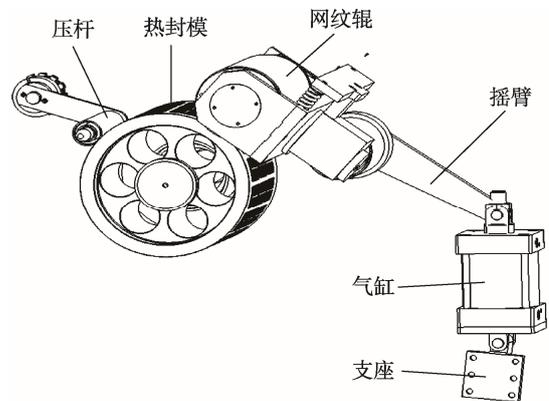


图9 热封装置结构

Fig.9 Heat sealing device structure

2.7 批号、冲裁装置

批号、冲裁装置的功能是将密封药板压印出批号,然后将其冲裁为成品^[17]。工作流程见图10。其工作原理:批号装置首先需要通过控制面板设置加热板的温度,从热封工位输出的密封药板经自动调节装置调节准确定位,然后经批号导轨牵引至批号装置压制批号,带有批号的药板经过导向机构跟随转盘转动,调节导轮压紧药板,使药板嵌入牵引模轮的槽孔内,处于压紧状态,保证了药板有一定的张紧度并且不会向左右跑偏,最后通过牵引模轮的旋转带动药板准确进入冲裁装置,冲切出成品输出。不同尺寸药板的冲裁,牵引模轮旋转的角度不同,旋转角度计算公式为:

$$\theta = 360^\circ / n \tag{2}$$

式中: n 为冲裁模轮上的排列板数。

批号、冲裁装置结构图分别见图11和12。其中,批号压制工位采用快卡式安装,可以快速取用,方便进行钢字的更换。批号及冲裁装置的导向轴套和直线轴承均采用专用导套组件,保证了长效稳定性。

2.8 成品输出装置

成品输出装置的功能是实现废品剔除和合格品输出，装置结构见图 11。工作流程：加料后的泡罩板会经过摄像检测工位进行缺陷检测，当泡罩板内出现缺粒的情况时，系统会发出信号，控制程序接收到缺粒信号后会将会缺粒药板在冲裁后剔除，即成品输出

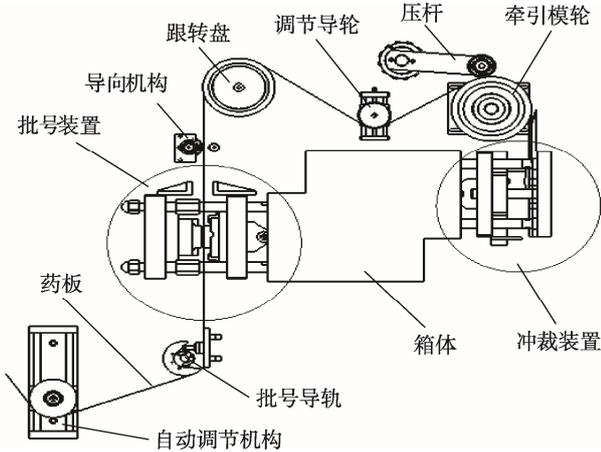


图 10 批号、冲裁工作示意

Fig.10 Schematic diagram of batching number and punching cut

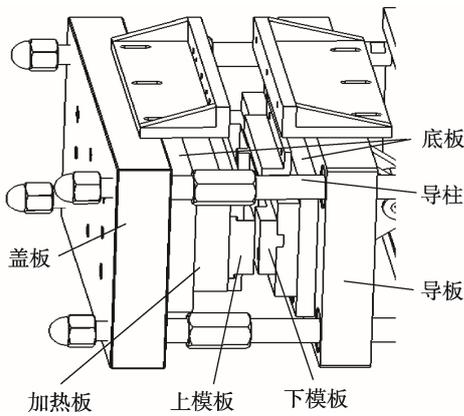


图 11 批号装置结构

Fig.11 Batching number device structure

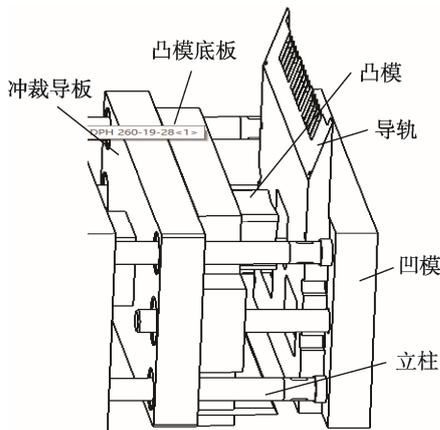


图 12 冲裁装置结构

Fig.12 Punching cut device structure

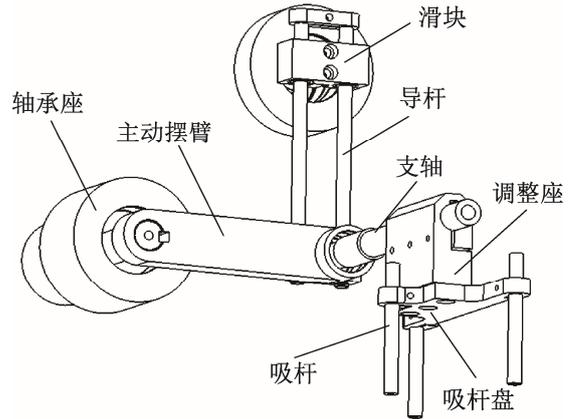


图 13 成品输出装置结构

Fig.13 Finished product output device

装置会通过吸盘将不合格药板放入废品箱内，把合格药板放到成品输送带^[18-19]。

3 控制系统硬件设计

该生产线的控制系统采用模块化结构，由 PLC 控制器、触摸屏、温度模块和动力驱动装置组成^[20-21]。该泡罩药品包装机的控制系统硬件结构见图 14。

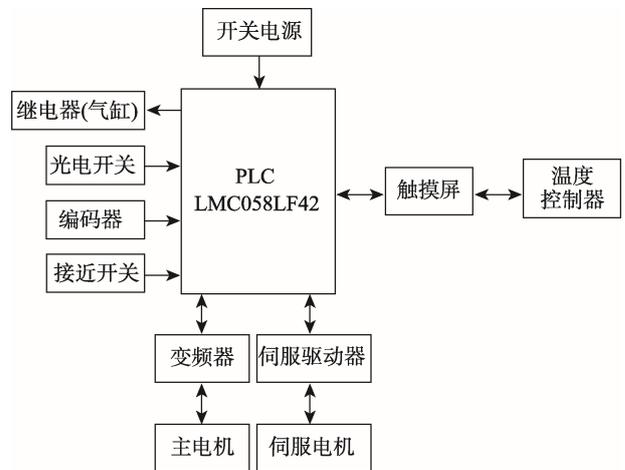


图 14 控制系统硬件结构

Fig.14 Hardware structure of control system

1) PLC。综合该生产线包装工艺流程和应用控制要求，PLC 采用的是施耐德公司的 LMC058LF42，该 PLC 的 CPU 微处理器运算速度快、存储容量大。其中，开关电源选型为施耐德公司 ABL2REM24150H，可将交流电压转变为不同的直流电压，供给其他模块，该电源模块需要电压为 110-240VAC±(10~15)%，并具有短路保护、过载保护和过压保护。PLC 模块可完成系统的各种功能，含有 1 个 485 通讯接口，1 个 CANopen 通讯接口，1 个 CANmotion 通讯接口，1 个编码器接口，2 个以太网接口，1 个 USB 接口，1

个 USBMINI 接口。CPU 自带有 26 路输入、16 路输出。扩展包含 12 路输入、24 路输出和 2 个电源模块。

2) 触摸屏。与 PLC 控制单元由一根通讯电缆连接。其主要功能是用来显示和监控设备当前的运行状态。根据该生产线的生产环境及工作要求,选择触摸屏型号为施耐德 HMIGXU5512,设定的工作内容主要有功能按钮、指示灯、快捷菜单、主操作、参数设置、生产信息显示、剔除操作及手动调试等。

3) 动力驱动装置。该生产线的主传动采用施耐德的交流变频系统 ATV320U30N4C,性能可靠,调速范围广,带负载能力强,满足泡罩成型工艺要求。各工位采用独立的伺服电机带动工作,所选伺服电机及伺服驱动器,均为施耐德中高档类型,保证控制精度,伺服电机减速机选用行星减速机。各工位运行通过 PLC 进行同步控制,保证了设备长时间运行的稳定性、可靠性,方便后期的进一步改造升级。其中,批号、冲裁送膜、热封工位、成型送膜、批号、冲裁工位均采用伺服电机,无传动误差。

4 软件设计

该系统采用的 PLC 编程软件是施耐德 SOMACHINE4.1 SP2,实现了用户程序的建立、编辑、检查、调试和监控等功能,方便了程序的灵活开发和系统的及时更新维护。该系统总体程序流程见图 15。

5 结果

根据上述设计方案对生产线进行设备组装测试调试^[22],首先检查设备总体及主要部件,确认无误后试运行 10 min,记录运行情况。主电机、伺服电机、加料器等均运行正常,各加温点加温正常,各转动体温升正常。以尺寸 57 mm × 80 mm 的药板为例,根据成型长度计算式(1)将成型模板更换为成型行程长度为 232 mm 的模板,根据旋转角度计算式(2)将牵引模轮的角度设置为 40°,进行泡罩药品包装测试,成型一次 12 板,冲裁一次 3 板药板,最终统计出该生产线 1 h 的总生产量为 21 600 板。其中,被剔除缺粒药板有 237 板,经随机抽查 2000 板药,其批号压印不清晰药板有 14 板,冲裁不完整药板有 7 板,无缺粒漏检药板,合格率可基本满足产品生产要求。通过后续实验探究,提高设备的安装及调节的精度,可进一步提高产品的合格率,例如:加料装置的下料板槽口与导轨槽口相互对应更加准确;批号装置与水平面垂直度更高;冲裁牵引模轮起始位置设置更加精准。此外,设备在运行过程中会产生一定的噪音,噪音主要来源于:塑片输送过程中的摩擦;输送装置、预热装置、成型装置和热封装置处气缸的运行。通过实验测试,采用润滑剂以及在底座增加缓冲垫等方

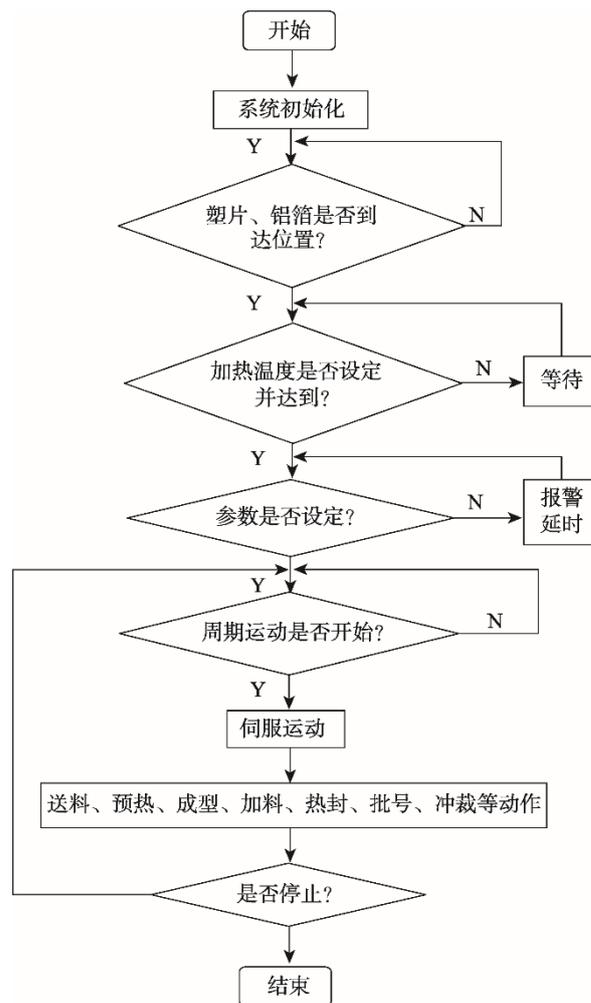


图 15 主程序流程

Fig.15 Main program flowchart

式,可有效减少噪音。

6 结语

为了实现多种形态药品能在同一条生产线上进行泡罩包装,研制了全自动药品泡罩包装生产线。该生产线采用施耐德 PLC 作为控制核心,控制泡罩包装机实现铝塑泡罩药品包装,经过实际生产测试,整条生产线运行稳定、可靠,成品质量满足要求。

参考文献:

- [1] 刘祎,李虹,李瑞琴,等.现代包装机械设计质量综合评价体系研究[J].包装工程,2015,36(21):75—79. LIU Yi, LI Hong, LI Rui-qin, et al. Comprehensive Evaluation System for the Design Quality of Modern-Packaging Machinery[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(21): 75—79.
- [2] 杨忠敏.解读药品的铝塑泡罩包装的应用与发展[J].机电信息,2015(5):56—59. YANG Zhong-min. Interpretation of the Application

- and Development of Aluminum-plastic Blister Packaging for Pharmaceuticals[J]. Electromechanical Information, 2015(5): 56—59.
- [3] 宋夏义. 全球医药包装八大趋势[J]. 中国自动识别技术, 2018, 72(3): 75—76.
SONG Xia-yi. Eight Trends in Global Pharmaceutical Packaging[J]. China Automatic Identification Technology, 2018, 72(3): 75—76.
- [4] 杜巧连, 陈旭辉, 舒柏和. 自动化包装机械控制系统的设计方法研究[J]. 机械管理开发, 2015, 30(6): 27—32.
DU Qiao-lian, CHEN Xu-hui, SHU Bai-he. Study on the Design Method of Packaging Machinery Automation Control System[J]. Mechanical Management and Development, 2015, 30(6): 27—32.
- [5] 李子昀. 基于 PLC 的自动生产线实验平台的研究[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
LI Zi-yun. Study on the Experimental Platform of an Automatic production Line Based on PLC[D]. Changsha: Central South University, 2010.
- [6] 林利彬, 张昱, 陆英, 等. 一指甲油自动包装生产线的设计与实现[J]. 包装工程, 2017, 38(21): 143—148.
LIN Li-bin, ZHANG Yu, LU Ying, et al. Design and Realization of an Automatic Nail Polish Packaging Production Line[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(21): 143—148.
- [7] 童时中. 模块化原理、设计方法及应用[M]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
TONG Shi-zhong. Modular Principle, Design Method and Application[M]. Beijing: China Standard Press, 2000.
- [8] WANG Y L, WANG G Y. Study on Modular Design of Trimming Die Structure for Automotive Panels[J]. Advanced Materials Research, 2014, 945/949: 73—76.
- [9] LIU Z L Z, LI M L M, CHEN Z C Z, et al. The Automatic Packaging Machine Design Based on Reconfigurable Theory[C]// International Conference on Consumer Electronics. IEEE, 2011.
- [10] 洪亮, 程利伟. 泡罩包装技术分析[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 73—75.
HONG Liang, CHENG Li-wei. Analysis of the Blister Packaging Technology[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 73—75.
- [11] 郭琳. 立式包装机包装材料恒速供送控制[J]. 包装工程, 2018, 39(1): 141—145.
GUO Lin. Constant Speed Feeding Control of Vertical Packaging Machine Packaging Material[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(1): 141—145.
- [12] 陈香利, 张锁怀, 韩庆红. 医用泡罩包装容器热成型仿真及工艺参数优化[J]. 包装工程, 2016, 37(11): 127—132.
CHEN Xiang-li, ZHANG Suo-huai, HAN Qing-hong. Simulation Study on Thermoforming of a Blister Packaging Container for Medical Use and Process Parameter Optimization[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(11): 127—132.
- [13] HUYNH B P. Numerical Investigation of Non-isothermal Extrusion through Annular Dies[J]. International Journal of Engineering Science, 1998, 36(2): 171—188.
- [14] 王丹. SL 型通用泡罩包装上料机的研制[J]. 农产品加工, 2008(6): 70—71.
WANG Dan. Development of SL Type Universal Blister Packing Feeder[J]. Agricultural Product Processing, 2008(6): 70—71.
- [15] 马晓宇. 自动包装机热封温度自适应控制系统设计[J]. 包装工程, 2016, 37(21): 173—178.
MA Xiao-yu. Design of Temperature Adaptive Control System for Heating Sealing Mechanism of Automatic Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(21): 173—178.
- [16] HA Q, NGUYEN Q, RYE D. Fuzzy Sliding-mode Controllers with Applications[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2001, 48(1): 38—46.
- [17] 刘雄心. 泡罩包装机械中的冲切装置[J]. 包装与食品机械, 2010, 28(1): 30—34.
LIU Xiong-xin. Punching Shear Device in Blister Packing Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2010, 28(1): 30—34.
- [18] 程芳, 赵美宁. 自动装箱机械式抓手机构的设计[J]. 包装工程, 2016, 37(9): 94—95.
CHENG Fang, ZHAO Mei-ning. Design of Mechanical Manipulator of the Automatic Packing Machine[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(9): 94—95.
- [19] AL-GALLAF E A. Multi-fingered Robot Hand Optimal Task Force Distribution Neural Inverse Kinematics Approach[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2006, 54(1): 34—51.
- [20] 苏红卫, 支强. 基于 PLC 和触摸屏的果蔬自动包装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2018, 39(5): 163—167.
SU Hong-wei, ZHI Qiang. Design of Control System for Automatic Fruit and Vegetable Packaging Machine Based on PLC and Touch Screen[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(5): 163—167.
- [21] 杜柳青, 罗辑, 余永维, 等. PLC 在泡罩药品包装机控制系统改造中的应用[J]. 包装工程, 2006, 27(1): 106—108.
DU Liu-qing, LUO Ji, YU Yong-wei, et al. Application of PLC in Retrofit of the Control System for Bubble-cap Packing Machine of Medicine[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1): 106—108.
- [22] JAYARAM S, CONNACHER H, LYONS K. Virtual Assembly Using Virtual Reality Techniques[J]. Computer-aided Design, 2015, 29(8): 575—584.
- [23] 何用辉. 自动化生产线安装与调试[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
HE Yong-hui. Automatic Production Line Installation and Debugging[M]. Beijing: China Machine Press, 2015.