

小型粘性物料混合输送机构设计

冯砚博, 宋晓倩, 于瑞凤, 曲爱静, 孙雨

(哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028)

摘要: **目的** 为了实现 2 种管装粘性物料的均匀混合、计量和输送, 设计一种混拌输送机械装置。**方法** 利用滚动螺旋中螺杆和螺母的配合, 以及直线导轨来控制螺母的运动方向, 以进行运动传递, 实现推盘的直线运动, 从而对管装粘性物料进行推送。利用搅拌杆的转动带动挤出头内的搅拌桨对物料进行搅拌。将混合的物料精确计量后, 推送并注入终端容器中。控制系统以 AT89S52 单片机为核心, 对推送电机和搅拌电机进行直流 PWM 调速。**结果** 对管装 2 种粘稠物料进行推送、搅拌, 实现了均匀混合并推送灌输的功能。针对不同物料性质, 混拌和灌装速度易于控制、灵活可调。**结论** 小型粘性物料混合搅拌机构结构紧凑、工作稳定、调节方便、适应能力强, 丰富了混合灌装机产品。

关键词: 物料混合; 粘性物料; 推送; 搅拌

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)21-0126-05

Design of Small Viscous Material Mixing and Conveying Mechanism

FENG Yan-bo, SONG Xiao-qian, YU Rui-feng, QU Ai-jing, SUN Yu
(Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

ABSTRACT: The work aims to design a mixing and conveying machine to achieve the uniform mixing, measurement and conveying of two kinds of viscous materials in tubes. The motion direction of nuts was controlled based on the coordination of screws and nuts in the rolling screw and linear guide, so as to carry out motion transmission and achieve the rectilinear motion of push plate. By doing so, the viscous materials in tubes were pushed. The materials were stirred by the stirring paddle in the extrusion head driven by the rotation of the stirring rod. After accurately measured, the mixed materials were pushed and injected into the terminal container. With AT89S52 MCU as the core of control system, the pushing motor and stirring motor were subject to DC PWM speed regulation. Two kinds of viscous materials in tubes were pushed and mixed, which achieved the function of uniform mixing, conveying and infusion. For different material properties, the mixing and filling speeds were easy to be controlled and flexibly adjusted. The small viscous material mixing mechanism has the advantages of compact structure, stable operation, convenient adjustment and strong adaptability, which enriches the mixing and filling machine product.

KEY WORDS: material mixing; viscous material; push; stir

近年来, 市场上对于混合物料的充填注入机构的需求越来越高, 尤其在塑料、化工、医药、矿冶、食品、日化、农药、电缆、石油、造纸、化纤、生物、环保等多个行业, 常常需要将 2 种物质混合在一起, 进行反应、加工及制造来实现物质的混合、物质的转化后输出, 这使得混拌输送机构成为开发潜能较大的机器设备^[1-3]。现有灌装机构多是利用机械力和重力

等, 将单一物料直接推送, 功能单一^[4-6]。出料后的产品形状有要求的情况, 难于直接处理^[7-8]。对于需要 2 种物料在限定时间内直接混合进行物理反应或化学反应后输出的情况, 也不易进一步处理。文中主要针对 2 种粘性物料的混合、搅拌并推出注入要求, 设计一种小型的物料混合推送装置。对管装物料实现推送、搅拌、混合和输出的功能。其工作稳定、调节

收稿日期: 2017-04-25

基金项目: 哈尔滨商业大学博士科研启动基金 (92508623); 国家创新创业训练项目 (2014230)

作者简介: 冯砚博 (1980—), 女, 博士, 哈尔滨商业大学讲师, 主要研究方向为包装与食品机械。

工作中,将料筒安放在筒腔里,料筒底部对准推送盘,料筒前端卡在筒腔上。当在料筒前端装上专用挤出头时,搅拌杆正好插入挤出头内部的搅拌桨中心轴中。物料混合在搅拌头内进行,见图5。具体来说,料筒的2个筒内分别装有的2种物料被2个推盘从2个双筒的出口推出。筒腔的2个出口插入搅拌头的2个接口中,物料推送到专用搅拌头内并在此混合搅拌。搅拌桨轴的中心为凹进去的内六角六棱柱,搅拌杆前端加工成内六角板手的六棱柱形。搅拌杆轴向插

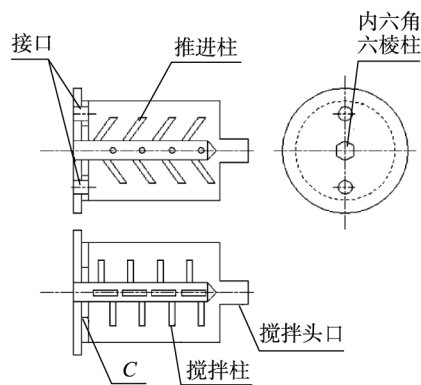


图 5 搅拌桨结构

Fig.5 Stirring paddle structure

入搅拌桨后,就可带动搅拌桨的圆周转动。搅拌桨中心轴上带有若干与之垂直的搅拌柱和倾斜的推进柱,搅拌柱的转动使 2 种物料在搅拌头腔体内充分搅拌和混合。推进柱有前进方向的斜面,既对 2 种物料有搅拌、混合的功能,又有对物料有向前推进的功能。搅拌桨安装在搅拌头中,依靠 C 处轴向卡住。搅拌桨的形体是注塑成型的,装配在搅拌头的壳体内。后端物料的向前挤出加上搅拌桨桨叶向前推进作用使物料充分搅拌,混合效果均匀、充分。最终,混合物按搅拌头口的形状挤出,灌装到既定的容器里。

物料筒是专用双筒形式,可以装有需要混合搅拌的 2 种粘性物料。根据两筒体管的容量比例,决定了 2 种物料和配合比例。若有更换需要,改变两筒体的直径,即可以改变 2 种物料的配合比例。在设备安装和调配中,丝杠轴、导轨、搅拌杆、机架上筒腔以及料筒的轴线要有较高的平行度,保证物料推送过程中的顺利推进,防止出现筒底部粘性物料的渗漏或更严重的情况。搅拌头和承装混合物的容器嘴对准并贴合精准,保证粘性液体的精准灌注,防止泄露。

3 控制系统设计

3.1 控制系统硬件组成

针对混合机构功能原理和物料性质等因素的要求,控制系统采用单片机控制。硬件系统组成有 4 个部分:控制器、推送电机和搅拌电机、信息监测采集部分、辅助部分。控制系统总体框图见图 6。AT89S52 单片机为控制系统的核心,实时监测并发送运算指令控制电机等执行元件^[9-11]。操作参数设置后,执行元件根据控制算法的指令完成电机转动、数据采集、数据传输、参数显示等终端任务,机器各个系统协调配合,保证整机可靠、稳定地工作^[12]。

推送电机和搅拌电机通过直流 PWM 方式调速,实现电机的加速、减速、正转、反转、急停和调整电机转速。AT89S52 单片机产生的脉宽可调的脉冲信号输入到 L298 驱动芯片来控制电机工作。推送电机由

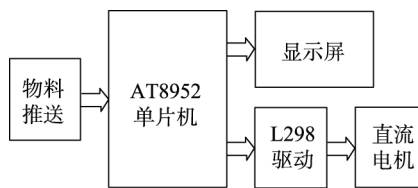


图 6 控制系统

Fig.6 Control system

L298N 芯片实现驱动和调速,速度有 3 档,触摸屏按键可在有级每一档速度设定后进行无级增速和减速。搅拌电机也由 L298N 芯片实现驱动、调速和高速旋转,速度有 3 档,触摸屏按钮可在有级每一档速度设定后进行无级增速和减速。

3.1.1 被控对象及电控要求

AT89S52 单片机在程序控制下,利用定时计数器不断给 L298 电机驱动芯片发送 PWM 方波,H 型驱动电路完成电机正、反转和急停控制。定时计数器中断一次,使接口产生一个高、低电平的脉冲。利用单片机的定时计数器加延时的方式来实现脉宽的调整,通过软件程序调整 PWM 调速系统占空比 D ,从而改变电机电枢端电压的平均值,从而实现直流电机的调速。电机的平均速度等于在一定的占空比下电机的最大速度乘以占空比。改变占空比时,就可以得到不同的电机平均速度,从而达到调速的目的。占空比越大,加在电机两端的电压越大,电机转动越快^[13-14]。

推送电机是机器的主令部分,工作过程中进行正、反转,从而实现推动机构的向前推送和退回复位,根据物料的性质,转速平稳、可调。搅拌电机的转动带动搅拌杆和搅拌桨混合物料,搅拌电机高速转动,转速可调。推送电机和搅拌电机的转速根据物料的性质进行设定,从而保证推送工作的时间要求,2 种物料的搅拌混合效果和工作效率,也要防止速度过快在挤出头形成空腔而影响灌注的计量和定量的准确性。当物料粘性较大时,物料推送阻力较大,推送电机选择相对低档速度,搅拌电机选择相对低档速度。当物料粘性较小时,物料推送阻力小,为了物料混拌均匀,推送电机选择相对高档速度,搅拌电机选择相对高档速度。

推送电机和搅拌电机协调工作。工作开关闭后,推送电机和搅拌电机同时启动。工作开关断开后,一方面,推送电机停止转动,延时 5 s 后,快速反转 3 s,目的是为了将推盘退回一段距离,防止挤出头内的残留物料由于粘性和惯性继续向前挤出。一旦推送盘后退,对料筒底部的压力减小,使物料的前进挤出得以削弱。另一方面,延时 5 s 后,搅拌电机停止转动,目的是利用搅拌桨上推进柱前进方向的斜面将挤出头内部的残留物料继续向前推送,尽量排空挤出头内的物料。

3.1.2 物料的定量和计量

通过推送电机的速度和物料的推送行程设定推出时间,用定时器倒计时,并在显示屏显示。通过对料筒内物料容积进行计量,计算出终端粘性混合物的输出量,从而对最终粘液在容器里灌注量进行计量、定量以及定时控制。对料筒内物料进行计量,每次挤出工作前,推送电机正转,将推盘推出遇到料筒底部位置,压力传感器有信号时,计量并显示此料筒内物料还有多长,显示屏显示工作时料筒里物料的剩余量,并为具体挤出工作时间的运算提供数据。具体来说,物料向前推送距离为:

$$l = P \cdot \frac{n_d}{i} \cdot t \tag{1}$$

式中: l 为物料推送长度 (mm); P 为螺杆螺距 (mm); n_d 为电机转速 (r/min); i 为总传动比; t 为推送时间 (min)。

物料推出量为:

$$V = P \cdot \frac{n_d}{i} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot t \tag{2}$$

式中: V 为物料推出量 (mL); d 为料筒内径 (mm)。

料筒内物料剩余量为:

$$V_s = \frac{\pi d^2}{4} (L - l) = \frac{\pi d^2}{4} (L - P \cdot \frac{n_d}{i} \cdot t) \tag{3}$$

式中: V_s 为料筒内物料剩余量 (mL); L 为料筒内部总长度 (mm)。

根据式 (1—3) 可以对粘性物料混合输送工作过程中的物料输送量和工作时间进行定量和计量。电机的转速通过码盘测量计数。编制相应程序,储存在控制器中,进行数据计算并显示在显示屏上。

3.1.3 保护系统要求

根据推送行程,在丝杠的两端分别设置光电限位开关。工作的初始位置时,螺母通过推杆带动的推送盘停止在后端极限位置处。工作开始后,推送过程中推送机构如果遇到前端限位开关,推送电机和搅拌电机都停止转动,表示推送机构已到达物料推送的前端极限位置。延时 10 s 后,推送电机自动反转,快速反转退回。退回遇到后端限位,推送电机停止,表示推送机构退回到初始位置。

机架上放置料筒的筒腔里配有接触传感器,承装混合物容器处配有光电传感器。有压力信号时,表示有料筒放入,同时,有光电信号,表示终端承接容器安装后,推送电机和搅拌电机才能启动转动,否则不能启动。接触传感器无压力信号时,表示没有料筒放入;光电传感器无信号,表示承装容器没有对准挤出头,推送电机和搅拌电机不能启动。若要拔出已装上的料筒,更换新料筒时,需推送电机反转遇到行程后端限位,表示推盘从料筒中退出来。液晶屏上的菜单还显示前进、后退等操

作参数。

3.2 控制系统软件组成

控制系统软件程序主要包括主程序、中断子程序、控制键盘子程序、显示屏显示子程序。控制系统软件程序采用模块化结构设计方法,整个任务中各个小模块用子程序的方法实现,通过主程序调用各子程序模块来完成实时控制功能。软件任务程序流程见图 7。

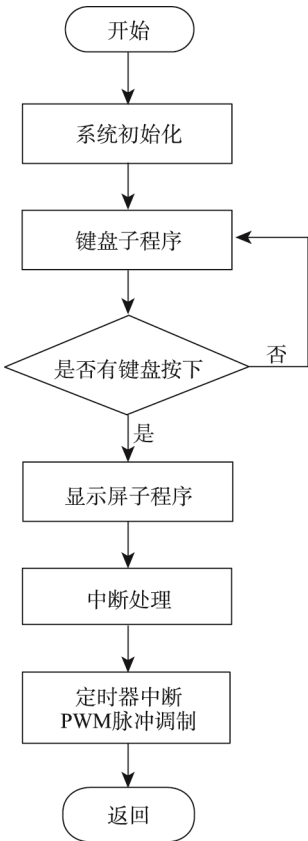


图 7 主程序流程
Fig.7 Main program flow chart

4 结语

针对 2 种粘性物料的均匀混合和灌注,研制了小型粘性管装物料混合搅拌灌装机。机构主要由物料推送机构和物料搅拌输送机构组成。滚珠丝杠机构带动推盘将筒腔内的 2 种物料推送到搅拌头中。搅拌杆带动搅拌桨转动,在搅拌头中将 2 种物料搅拌均匀,最终灌装到指定容器中。AT89S52 单片机产生脉宽可调的脉冲信号发送给 L298 驱动芯片,控制推送电机和搅拌电机速度。搅拌机结构简单,调节方便,适应能力强,成本低,搅拌混合灌注效果稳定可靠。该机器已投入市场,具有良好的应用前景。

参考文献:

[1] 韩东海. 日本混合、搅拌、乳化机械的最新动态[J].

- 中外食品工业信息, 2000, 35(5): 41—42.
- HAN Dong-hai. Recent Developments of Mxing, Stirring and Homogenizing Machinery in Japan[J]. Gloral Food Industry Information, 2000, 35(5): 41—42.
- [2] 梁瑛娜, 高殿荣, 拜亮. 双层桨搅拌槽内层流流场与混合时间的数值模拟[J]. 机械工程学报, 2015, 51(16): 185—195.
- LIANG Ying-na, GAO Dian-rong, BAI Liang. Simulation of the Laminar Flow Field and Mixing Time in Stirred Tank with Double Layer Impeller[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2015, 51(16): 185—195.
- [3] 庆波, 李东波, 何非. 双列旋转式灌装机设计[J]. 包装工程, 2014, 35(19): 69—72.
- QING Bo, LI Dong-bo, HE Fei. Design of Double-row Rotary Filling Machine[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(19): 69—72.
- [4] 谭凤训, 高吉云, 武道吉. 搅拌混合机理与设计研究[J]. 山东建筑大学学报, 2007, 22(3): 214—217.
- TAN Feng-xun, GAO Ji-yun, WU Dao-ji. Study on Mechanism and Design of Stirring Mixing[J]. Journal of Shandong Jianzhu University, 2007, 22(3): 214—217.
- [5] 周杰敏, 余新旸, 朱德泉. 新型多功能搅拌混合机的设计[J]. 包装与食品机械, 2005, 23(6): 23—25.
- ZHOU Jie-min, YU Xin-yang, ZHU De-quan. The Design of the New Type Multifunction Stirring Mixer[J]. Packaging and Food Machinery, 2005, 23(6): 23—25.
- [6] MALINOWSKI A, YU H. Comparison of Embedded System Design for Industrial Applications[J]. Industrial Informatics, 2011, 7(2): 244—254.
- [7] QIU N, DAI G Y. Design and Implement of Online Intelligent Form Filling System[J]. Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2012(1): 2652—2655.
- [8] MOHSEN F, SIMA S, AMIR R, et al. Wavelet based OFTM for Learning Stirring Food by Imitation[J]. Advanced Robotics, 2015, 9(10): 27—31.
- [9] SHIM H M, HONG J P, CHUNG S B. A Powered Wheelchair Controller Based on Master-slave Control Architecture Industrial Electronics[C]// IEEE International Symposium, 2001(3): 1553—1556.
- [10] PEREZ-PINAI F, CALADERON G, ARAUJO I. Relative Coupling Strategy[J]. IEEE, IEMDC'03, Madison Wisconsin USA, 2003, 2(6): 1162—1166.
- [11] 卫宏, 周国平, 申东琴. 凹印机电子轴传动多电机同步控制策略[J]. 包装工程, 2015, 36(3): 134—139.
- WEI Hong, ZHOU Guo-ping, SHEN Dong-qin. Gravure Press Electronic Shaft Driving Motor Synchronization Control Strategy[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(3): 134—139.
- [12] 高振新, 孙建红. 多电机无轴传动同步控制策略[J]. 包装工程, 2016, 37(15): 144—149.
- GAO Zhen-xin, SUN Jian-hong. Multi-motor Synchronization Control Strategy with Shaftless Drive[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(15): 144—149.
- [13] LIU Z W, LIU C, XU Z, et al. Numerical Simulation of Filling in Micro-channel Injection Molding[J]. Chinese Journal of Computational Mechanics, 2010, 27(6): 1085—1089.
- [14] HAN X H, LEI L H, YANG Y B. Design of the Stepper Motor Control System Based on FPGA[J]. Advanced Materials Research, 2014(7): 1077—1080.
- [15] MCLNTYRE I, SULLIVAN M, RIORDAN D. Monitoring the Progression of Calcium and Protein Solubilisation as Affected by Calcium Chelators During Small-Scale Manufacture of Casein-Based Food Matrices[J]. Food Chemistry, 2017, 237(15): 597—604.