

半自动单种粒料分装机的设计

Design of semi-automatic pellet racking machine

张亚玲 朱望纯 程浩

ZHANG Ya-ling ZHU Wang-chun CHENG Hao

(桂林电子科技大学, 广西 桂林 541000)

(Guilin University of Electronic Science and Technology, Guilin, Guangxi 451000, China)

摘要:针对现有物料分装技术的不足,设计一种半自动单种粒料分装机,该分装机通过控制系统对整个分装过程进行多重控制,将双边不对称振荡结构和由步进电机提供动力的传送带相结合,对粒料进行 2 次排布,使粒料呈单排间隔分布;运用红外计数结构和集料仓,实现将粒料按照一定数量进行分装、出仓的功能,同时对粒料总数和分装次数分别进行计数。该装置结构简洁、巧妙,红外计数和粒料出仓计数精准,多重控制方案使整个分装过程的精度和效率得到保证,不仅可以避免人工分装的安全卫生方面的不足,也可以满足用户对粒状物料分装精度的要求。

关键词:分装机;电磁振荡;步进电机;红外计数

Abstract: Aiming at overcoming the shortcomings of the existing material dispensing technology, a semi-automatic pellet racking machine was designed, which multiply controlled the entire packaging process by the controlling system. Combining the bilateral asymmetric oscillating structure with the conveyor belt powered by the stepper motor, the racking machine distributed the pellets apart by taking two steps. The infrared count structure and aggregate silo were used to make the pellets discharged in accordance with a certain number of packaging, while the total number of pellets and the number of times were recorded. The device was concise, ingenious and could ensure the accuracy and efficiency of the entire packaging process through the multi-control program. With this device, not only the shortage of the manual packaging in the safety and health aspects could be avoided, but also the user requirements on the granular material dispensing accuracy could be met.

Keywords: racking machine; electromagnetic vibration; stepper motor; infrared count

现有的分装机大多按重量对物料进行分装,而且所分装

的物料仅限于粉末类或细颗粒类物料等^[1-2]。赵庆荣^[3]提出的电磁振动定量给料系统,是对散状物料进行连续称量给料的理想设备,可进行连续给料、计量;朱鹏飞等^[4]研究了组合秤下料机构参数缓慢时变导致下料量偏差大的自适应控制方法;陈富安等^[5]提出了粗、精两级定量并行工作,流水式分装的设计思想,设计了颗粒食品定量分装机控制系统等。

而对粒状物料来讲,目前市面上的数粒机只能对物料的总数进行计数,不能按数量对物料进行分装及记录分装次数,其中绝大多数的市场份额被国外厂商占据^[6-7]。因此,当分装需要对物料(如糖果、片剂药品、珍珠等)的数量进行严格限制时,必须采用人工分装,不仅效率低,而且难以保证分装精度和分装过程的卫生。针对上述问题,本研究拟设计开发一种简洁高效的半自动单种粒料分装机。

1 整体结构和工作原理

1.1 整体结构

半自动单种粒料分装机主要由料斗、料斗支架、U 型送料斗、U 型送料斗支架滚轮结构、双边不对称电磁振荡结构、步进电机传送结构、红外计数器、集料仓、多重控制电路、显示屏和按键结构组成,见图 1。U 型送料斗支架滚轮结构由送料斗支架、滚轮和滚轮导轨组成,用于支撑送料斗的运动;双边不对称电磁振荡结构由活动支架、活动支架吸附铁片、弹簧、强磁性电磁铁、弱磁性电磁铁和固定支架组成,为送料斗的振荡运动提供动力;步进电机传送结构由传送带支架、步进电机、传送带转轮和传送带组成,用于将粒料从送料斗移至集料仓中。

1.2 工作原理

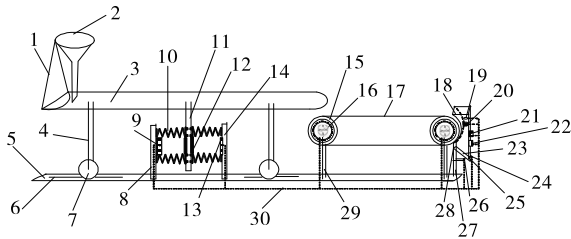
在使用此分装机时,首先将料斗下端斜切面旋转至与 U 型送料斗相重合的位置,然后将粒料倒入料斗中,打开电源开关,通过按键设置分装次数和单次分装数量并启动系统,此时,整个系统处于振荡传输状态。根据粒料特性和对出料速度的要求旋转漏斗,从而调整粒料从料斗下落到 U 型送料斗中的速度。粒料传送斗采用 U 型设计,可以使粒料在

作者简介:张亚玲,女,桂林电子科技大学在读硕士研究生。

通信作者:朱望纯(1976—),男,桂林电子科技大学研究员,硕士。

E-mail: zhwhc@guet.edu.cn

收稿日期:2017-07-20



1. 料斗支架 2. 料斗 3. U型送料斗 4. U型送料斗支架 5. 底座 6. 滚轮导轨 7. 滚轮 8. 不对称振荡结构固定支架 9. 强磁性电磁铁 10. 弹簧 11. 不对称振荡结构活动支架 12. 不对称振荡结构活动支架吸附铁片 13. 弱磁性电磁铁 14. 不对称振荡结构固定支架(弱电磁铁固定架) 15. 传动带转轮 16. 步进电机 17. 传送带 18. 集料仓 19. 红外线发射管 20. 红外线接收管 21. 显示屏 22. 矩形键盘 23. 隔板 24. 集料仓仓口上端电磁铁 25. 隔板吸附铁片 26. 集料仓仓口底端电磁铁 27. 集料仓支架 28. 隔板转轴 29. 传送带支架 30. 控制电路

图1 半自动单种粒料分装机概图

Figure 1 Overview of semi-automatic pellet racking machine

自身重力的作用下,在振荡的料斗中呈单排分布。由于双边不对称电磁振荡结构可以产生大小不同的电磁吸引力,从而使U型送料斗具有前后不同的加速度,当向后的加速度大于向前的加速度时,粒料在惯性的作用下向前方移动。而后粒料落到传送带上,运动的传送带可以使不同时间落下的粒料分布在传送带的不同位置,因此相邻粒料之间便存在一定的间距。当粒料下落进入集料仓时,红外计数器捕捉到粒料信号,从而实现红外计数和反馈功能。当本次计数值达到设定单次分装数值时,控制系统通过对集料仓电磁结构的控制,使仓口自动打开,粒料从集料仓落入外部容器中;粒料出仓后,仓口自动闭合并进行下次计数。待分装次数达到设定值时,系统停止工作。控制系统通过对显示屏、按键电路、双边不对称振荡结构、传送电机、红外计数等部分进行多重控制,使整个粒料分装过程精准、高效地进行。

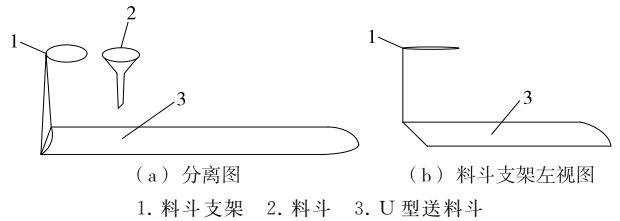
2 功能设计

2.1 料斗单向自重控制给料

由于不同种类粒料的大小和形状存在差异,在对粒料进行分装时,需要对物料的下料速度和分装速度做出相应的调整。针对这一问题,设计了料斗自重控制给料结构,以实现根据具体的分装情况对粒料的下料速度进行控制,见图2。料斗采用漏斗状,料斗底部呈斜切面设计,切面方向可以根据粒料大小和下料速度要求等情况进行调整,当切面与U型送料斗底端斜面相背时,下料速度最快,当切面与U型送料斗底端斜面相合时,下料口被封,停止下料。

2.2 粒料单排分布与移动

为防止粒料无规律下落造成红外计数器的计数误差,在粒料通过送料斗向传送带移动的过程中,需要完成粒料的单排分布,从而保证粒料下落到传送带上时,可以呈规律性间隔分布。根据设计要求,粒料分装机送料斗采用U型设计,配合双边不对称电磁振荡结构,使粒料在自重和送料斗振荡的作用下呈单排分布,并向前移动。双边不对称振荡结构,

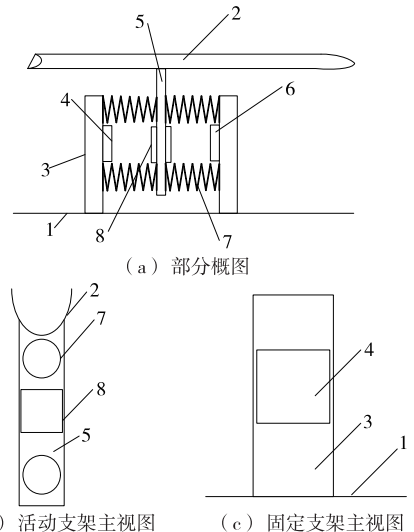


(a) 分离图 (b) 料斗支架左视图
1. 料斗支架 2. 料斗 3. U型送料斗

图2 料斗和料斗支架结构图

Figure 2 Hopper and hopper bracket structure diagram

见图3。在单片机的控制下,强磁性电磁铁和弱磁性电磁铁进行交替通电,由于磁性的不同,对铁片产生不同的吸引力。在吸引力的作用下,U型送料斗在滚轮和滚轮支架的支撑下,沿滚轮导轨做不同加速度的振荡运动。由于惯性的作用,粒料在振荡中向传送带方向运动。弹簧结构的设计可以避免U型送料斗在运动的过程中,活动支架和固定支架发生碰撞、铁片与强磁性电磁铁和弱磁性电磁铁发生碰撞,从而使得振荡过程平滑进行。滚轮采用凹形设计,与底座轮轨的凸型设计相契合,保证送料斗的运动方向和运动的稳定性,见图4。



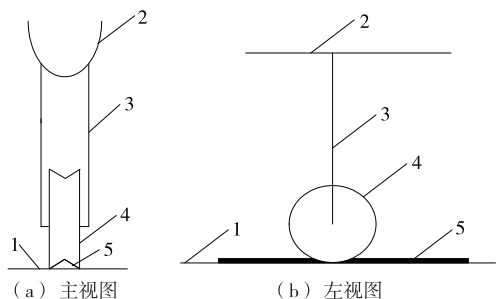
(a) 部分概图

(b) 活动支架主视图 (c) 固定支架主视图

1. 底座 2. U型送料斗 3. 不对称振荡结构固定支架 4. 强磁性电磁铁 5. 不对称振荡结构活动支架 6. 弱磁性电磁铁 7. 弹簧 8. 不对称振荡结构活动支架吸附铁片

图3 不对称振荡结构图

Figure 3 Asymmetric oscillation structure diagram



(a) 主视图 (b) 左视图

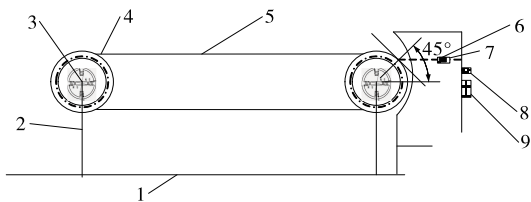
1. 底座 2. U型送料斗 3. U型送料斗支架 4. 滚轮 5. 滚轮导轨

图4 滚轮和导轨结构图

Figure 4 Roller and guide rails structure diagram

2.3 红外计数和反馈

为了实现对粒料进行精准计数并及时反馈数据的功能,将红外计数器安装在与传送带平面夹角呈 45° 的位置,其中红外发射管和红外接收管分别安装在与传送带相邻集料仓的两面,且位置相对,见图 5、6。粒料在传送带的带动下移动到传送带顶端,当粒料到达与传送带平面夹角呈 45° 的位置时,可以判断粒料在自重的作用下落入集料仓,此时红外线发射管发出的信号被粒料遮挡,红外接收管接收的信号被阻挡,计数器对下落的粒料进行计数。并通过单片机系统对数据进行处理,来控制双边不对称电磁振荡结构、传送带中步进电机和集料仓口的状态,达到精准快速的控制效果。



1. 底座 2. 传送带支架 3. 步进电机 4. 传动带转轮 5. 传送带
6. 红外线发射管 7. 红外线接收管 8. 显示屏 9. 矩形键盘

图 5 传送带和红外计数结构示意图

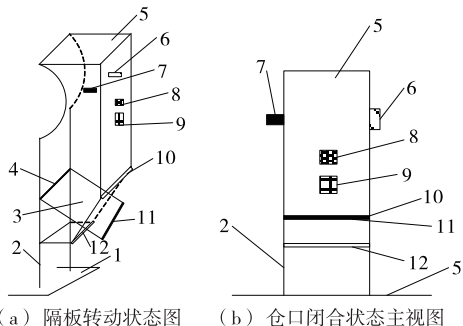
Figure 5 Conveyor belt and infrared count structure diagram

2.4 自动出仓

由于传统的集料仓仅有暂时集料的功能,在出料的时候需要人工打开和关闭仓口,过程繁琐、工作量大、耗时长。针对这一问题,分装机的集料仓仓口采用电磁结构设计,以实现粒料在达到规定数量后自动出仓的功能,见图 6。在与转轴对面的仓壁最低端和舱底面最边缘部分分别固定一个电磁铁,当两个电磁铁交替通电时,电磁铁吸引隔板上的铁片,隔板在铁片的带动下绕隔板转轴转动,便可实现集料仓的自动开仓、闭仓。

3 控制系统设计及原理

根据该粒料分装机控制系统设计要求,整个控制系统可



(a) 隔板转动状态图 (b) 仓口闭合状态主视图

1. 底座 2. 集料仓支架 3. 隔板 4. 隔板转轴 5. 集料仓 6. 红外线接收管 7. 红外线发射管 8. 显示屏 9. 矩形键盘 10. 集料仓仓口上端电磁铁 11. 隔板吸附铁片 12. 集料仓仓口底端电磁铁

图 6 集料仓部分结构图

Figure 6 Aggregate silo structure diagram

以分为显示屏模块、按键电路模块、双边不对称振荡结构模块、传送带控制模块、红外计数器模块、集料仓电磁控制模块等,各模块结构关系见图 7。显示屏模块用于显示粒料计数总数、粒料分装次数、本次分装的当前计数,按键电路模块用于设置单次分装数量,双边不对称振荡结构模块通过通断电来控制 U 型送料斗的运动状态,红外计数器模块用于分装计数,集料仓电路模块用于控制粒料的存储和出仓。控制系统通过对各部分多重统一控制,使粒料分装精准高效进行,其系统流程见图 8。

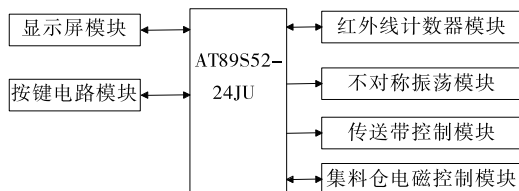


图 7 各模块结构关系框图

Figure 7 Structure of each module diagram

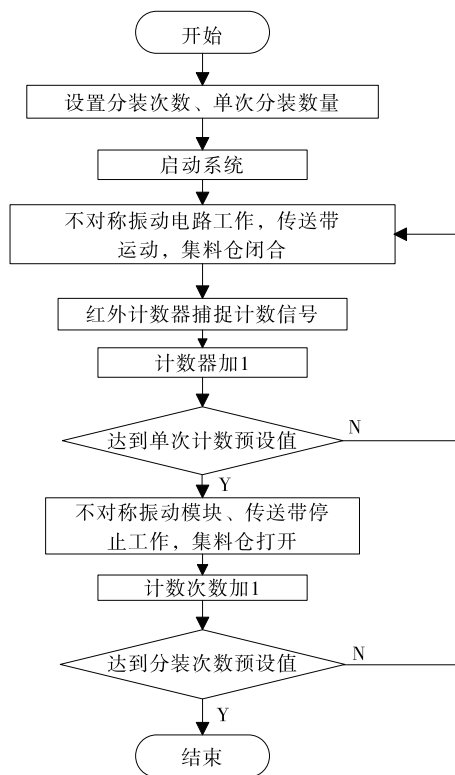


图 8 系统流程图

Figure 8 System flowchart

最小控制系统模块以 AT89S52 作为主控芯片^[8-10],并采用 11.059 2 MHz 晶振来构造最小控制系统。传送带步进电机模块以四相五线步进电机 28BYJ-48 作为系统的动力源^[11],步进电机主要技术参数见表 1,并搭配以 L298N 为核心的驱动电路,在 AT89S52 的时序控制下实现动力传输。

显示屏模块部分电路选用 JLX12864G-086 作为系统的显示界面,主要显示设置参数、计数数据等数据信息。控制键盘模块采用 4×4 矩阵键盘,与 AT89S52 的 P0 端口相连,并外接上拉电阻。控制键盘主要用于系统数据的设置以及

表1 步进电机主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of stepper motor

电机型号	电压/ V	相数	相电阻 ($\pm 10\%$)/ Ω	步距角 度/($^{\circ}$)	减速比	起动转矩(100 Hz)/ (N·m)	启动频 率/Hz	定位转矩/ (N·m)	摩擦转矩/ (N·m)	噪声/ dB	绝缘介 电强度
28BYJ-48	5	4	300	5.625/64	1:64	≥ 0.0294	≥ 550	≥ 0.0294	—	≤ 35	600VAC1S

相关控制操作。

在不对称振荡结构模块中,不对称振荡结构由对称的两个电磁铁 E1 和 E2 构成,E1 的磁性强于 E2 的。E1 和 E2 分别由 NPN 和 PNP 达林顿管驱动^[12-13],2 个达林顿管的基极共联,由 AT89S52 的 P3.1 口输出的 PWM 波共同控制。该电路结构使得电磁铁 E1 和 E2 在同一时刻只能单一启动,在 PWM 波的控制下表现为电磁振荡结构“来回”伸缩。

红外计数器模块由红外发射管和红外接收管组成,安装在集料仓与传送带平面夹角呈 45° 的位置上。系统运行时,红外发射管发射红外线,在无粒料滑落通道时,红外接收管可正常接收到红外线,并且输出高电平;若有粒料滑落时,红外线被阻断,红外线接收管无法接收红外线,输出低电平^[14]。基于此原理,单片机计数模块对红外接收管输出的下降沿进行计数,便可得到粒料的数量,以实现计数的功能。

集料仓电磁控制模块由对称的电磁铁 E3 和 E4 组成,其分别由 NPN 和 PNP 达林顿管驱动,2 个达林顿管的基极共联,由 AT89S52 的 P1.4 口控制。当 P1.4 输出高电平时,E3 启动,E4 停止,隔板移向 E3,仓口打开;当 P1.4 输出低电平时,E3 停止,E4 启动,隔板移向 E4,仓口关闭。

4 结论

针对粒状物料按数量进行分装的设计要求,结合粒状物料的运动学原理和电磁振荡结构的电磁动力学原理,设计了一种半自动单种粒料分装机。该装置将 U 型送料斗和双边不对称电磁振荡结构相结合,通过对强、弱电磁铁交替通电,使送料斗沿滚轮导轨做不同加速度的振荡运动,从而实现粒料在振荡中呈单排分布并向前移动的功能。将红外计数器安装在与传送带平面夹角呈 45° 的位置,保证粒料计数的准确性和反馈的及时性。此外,集料仓仓口采用了电磁结构的设计,当 2 个电磁铁交替通电时,电磁吸引力作为仓口开、关的动力,可以实现自动开仓和闭仓的功能。该分装机通过控制系统对整个分装过程进行多重控制,使粒料分装过程更加精准高效,不仅节省人力物力,而且满足人们对粒状物料按数量进行分装的速度和精度的要求。

参考文献

[1] 张莹. 颗粒食品自动定量分装控制技术研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2010: 6-8.
[2] 冯颖. 电磁振动式颗粒食品定量分装机的改进[J]. 食品与机械,

2016, 32(2): 84-87, 159.

[3] 赵庆荣. 电磁振动定量给料系统的设计与研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2012: 11-16.
[4] 朱鹏飞, 黄松和, 冷东. 组合秤下料机构自适应控制[J]. 包装工程, 2015(9): 90-94.
[5] 陈富安, 李攀峰, 苏宝平. 颗粒食品定量分装机控制系统设计[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2010(5): 81-85.
[6] 谢学建. 单剂量药品分装机在门诊药房应用的实践和探讨[C]// 中国药学会医院药学专业委员会. 2012 年全国医院药学学术年会暨第 72 届世界药学会卫星会论文集. [出版地不详]: 中国药学会, 2012: 56-59.
[7] 隋修武, 齐晓光, 李大鹏. 基于双路线阵 CCD 的自动电子数粒机[J]. 传感器与微系统, 2012(5): 122-125.
[8] 姜书政, 王桂海. 基于 AT89S52 单片机的电机控制系统设计[J]. 现代电子技术, 2010(7): 138-140.
[9] 张瑞卿. 基于 AT89S52 单片机的灌溉控制器的设计与实现[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2014: 30-32.
[10] 张宝珍, 樊军庆. 基于 AT89S52 对啤酒巴氏灭菌机温度控制系统的设计[J]. 食品与机械, 2010, 26(1): 118-120.
[11] 古志坚. 基于单片机的步进电机控制系统研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013: 17-18.
[12] 吴建飞. 集成电路 LDO 稳压器的电磁兼容敏感度机理研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2013: 47-49.
[13] 吴越. 基于双极型工艺的带隙基准电路的研究与设计[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016: 5-11.
[14] 易金桥, 黄勇, 廖红华, 等. 热释电红外传感器及其在人员计数系统中的应用[J]. 红外与激光工程, 2015(4): 1186-1192.