

数粒机小料门高速可拆卸式气缸工艺关键技术研究及应用

钱谷全 芮建丽 李实才 包以祥 张雪宾

云南白药集团大理药业有限责任公司，云南大理，671000；

摘要：随着工业自动化的快速发展，高速气缸作为自动化生产线上的关键部件，其性能、可靠性和使用寿命直接影响到生产效率和产品质量，容易维护的高速气缸需求日益增长，为实现智能制造和绿色制造，企业迫切需要引进或研发新型工艺技术，以提升设备性能，降低生产成本，增强市场竞争力。

数粒机的功能是片剂、丸剂、软硬胶囊及其它固体制剂的计数罐装，广泛应用于制药、保健品、食品、农药、化工等行业，特别适用于特别适用高速生产需求。数粒机处理素片时，药粒产生的粉尘会损坏腐蚀料门气缸，气缸前端伸缩杆容易折断。出现数粒不准及气缸损坏，都是直接更换气缸，更换后效果得到改善，所以气缸更换频繁，一般气缸只能坚持一致两个月部分气缸只能使用一两周就需要更换。数粒机小料门伸缩气缸寿命短需要频繁更换，气缸杆前端经常出现折断，气缸动作不一致及动作慢造成数粒不准确，药粒粉尘较大，容易形成堆积影响数粒传感器，所以希望把小料门气缸改为伺服驱动的结构。

关键词：伺服驱动技术；标准伺服电缸效率；40 伺服电机做执行机构；齿轮齿条带动伸缩杆伸缩；伺服驱动器及伺服电机；PLC、电源模块；控制气缸动作的信号

DOI: 10. 69979/3041-0673. 24. 9. 007

引言

数粒机运行全过程通过界面操控，由单片机控制执行机构完成计数、装瓶、监测，计数准确、快速，并且能对各种异型片及透明胶囊进行准确计数。数粒机小料门伸缩气缸寿命短需要频繁更换，气缸杆前端经常出现折断，气缸动作不一致及动作慢造成数粒不准确，药粒粉尘较大，容易形成堆积影响数粒传感器。

制剂的计数罐装；广泛应用于制药、保健品、食品、农药、化工等行业应，云南白药大理白药厂对数粒机小料门气驱动改伺服驱动的技术进行调研，现就设备情况进行说明。

数粒机作为数粒包装线中的核心，其性能对于整线的稳定运行起着至关重要的作用。该型号数粒机由单片机控制执行机构完成计数、装瓶、监测，计数准确、快速，并且能对各种异型片及透明胶囊进行准确计数。

1 技术背景

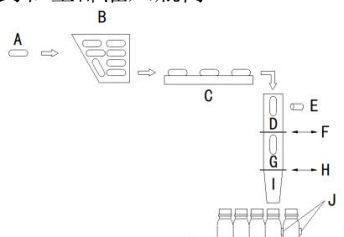
数粒机的功能是片剂、丸剂、软硬胶囊及其它固体

1.1 数粒机技术参数

项目	具体参数	备注
最高生产速度	12000 粒/分钟	与包材和药粒的规格有关数值按Φ8mm 药粒测试
单瓶装量	1--1000 粒	
药品规格	厚:3~10mm 直径:3~13mm 长:3~21mm	丸剂、片剂、软硬胶囊及其它固体颗粒
瓶体直径	20~100mm	
瓶体高度	40~240mm	
电源	AC220V 50/60HZ	
功率	2KW	
气压	0.45~0.7Mpa	
耗气量	约 150L/min 清洁空气	
外形尺寸	长 x 宽 x 高 1980×1580×1740mm	
重量	约 800kg	

1.2 数粒机工作原理

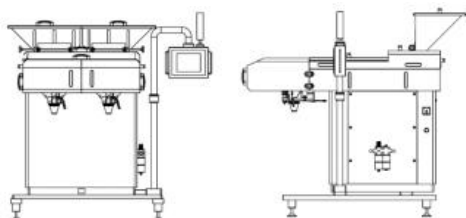
设备工作时把药粒倒入顶部料斗，通过适当调整振动送料器，使料斗内堆状的药粒逐渐沿着振动槽板变成连续不断的条状直线下滑至落料口。接着逐粒跌落检测通道，采用光电效应的原理将药粒下落时通过红外线动态扫描传感器产生的工作信号输入到高速微处理器（MCU），通过电子和机械的配合实现计数功能。每 12 轨道药粒落入同一下料口，两个震动下料口分别同时装瓶，将设定数量药粒全部灌入瓶内。



1.3 数粒机设备结构

该型号数片机由机柜、二级震动送料机构、光电计数装置、气缸电磁阀系统、控制箱、输送带、光电检测装置等几个部分组成。

设备主要部件均采用高端进口配置，每个套斗上游的料仓、送料槽板、光电计数通道、气缸阀板和药粒汇集斗都是独立组合，运行时互不相干。送料槽板可通过界面进行开锁操作，由电磁阀控制气缸对送料槽板锁紧或松开，各配件无须工具拆卸。



a. 二级震动送料机构

二级震动送料，使每一颗药粒保持一定间距，同时，每一级振动强度都可在触摸屏上调节，从而保障药粒在运行下坠过程中保持稳定均匀，消除叠片或滞缓现象。

b. 光电计数装置

采用 MTS-6 超精度数粒头，实现高精度扫描运算。



c. 气缸定位机构

采用德国 FESTO 双气缸定位，定位准确、可靠；调整方便，适用多种规格瓶。



d. 光电检测装置

当检测到每瓶药品计数不准时，能自动地整瓶剔除收。



e. 控制系统

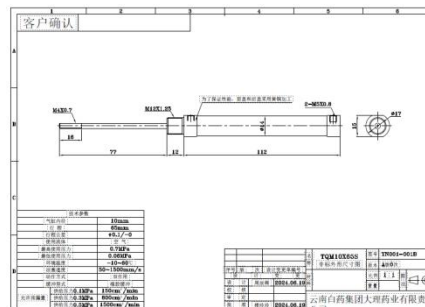
定制 CPU SYSTEM32（ARM 中央处理器），让智能更流畅。

1.4 数粒机小料门存在的问题

1. 小料门伸缩气缸寿命短需要频繁更换，气缸杆前端经常出现折断。2、气缸动作不一致及动作慢造成数粒不准确；3、药粒粉尘较大，容易形成堆积影响数粒传感器；

2 改造内容

和药厂领导沟通交流，需要改造的主要原因是，一、数粒不准确，造成数粒不准确的主要原因是气缸动作慢，速度节拍不一致。药厂尝试调高气压，有存在把药粒切碎的情况出现；二、气缸前端伸缩杆容易折断。出现数粒不准及气缸损坏，都是直接更换气缸，更换后效果得到改善，所以气缸更换频繁，一般气缸只能坚持一致两个月部分气缸只能使用一两周就需要更换。所以希望把小料门气缸改为伺服驱动的结构。





3 方案说明

3.1 机械结构及方案说明

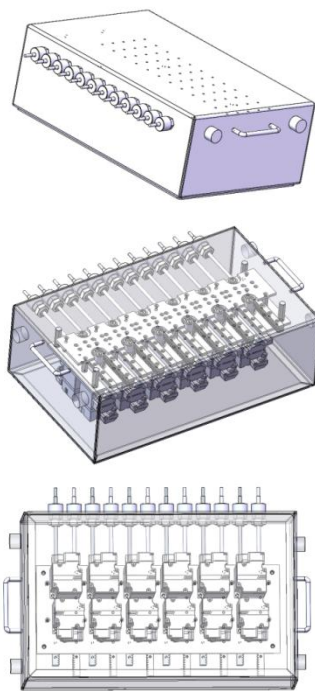
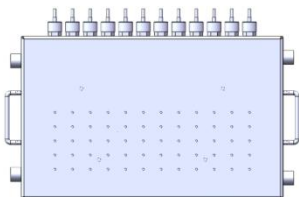
3.1.1 技术参数

数粒小料门关闭行程 65mm（现有气缸行程）；
动作执行时间 20ms（未做过相关项目，
具体速度多少能保证数粒准确，没有实验数据支撑，只
能测试做数据记录）；



3.1.2 方案说明

保持原有安装位置与原有气缸安装尺寸保持一致，
采用标准伺服电机效率、速度及安装空间均不能满足要求，
所以方案采用 40 伺服电机做执行机构，通过齿轮
齿条带动伸缩杆伸缩，每组驱动独立执行，一台共 12
组，方案如下图所示。电机驱动器设备内部安装空间不
够，需要外置驱动器，从找空间安装驱动器电柜。



3.2 电控方案说明

3.2.1 原控制信号说明

目前小料门分别由单个电磁阀控制气缸进行驱动，
拟更换气缸驱动为伺服电机驱动，并沿用原来的控制气
缸动作的信号。

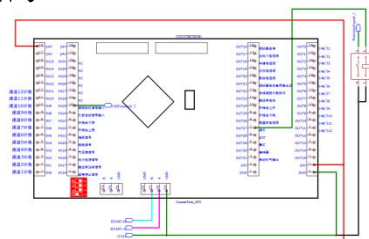


Figure 3- 1 小料门控制信号输出模块

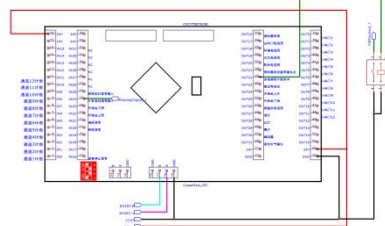
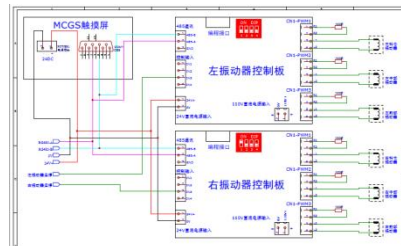


Figure 3- 2 小料门控制输出信号与电磁阀连接图



从 Figure 3-1 和 Figure 3-2 可知，每个小料门只
有一个控制输出信号，分别为 0 和 1 两个状态，即输出

信号为 1 时，小料门关闭（或打开），输出信号为 0 时，小料门打开（或关闭）。

可以理解为：如当输出信号为 1 时，小料门关闭，此时输出信号一直为 1 保持，直到需要打开小料门时才将输出信号变为 0。同理，如当输出信号为 0 时，小料门打开，此时输出信号一直为 0 保持，直到需要关闭小料门时才将输出信号变为 1。

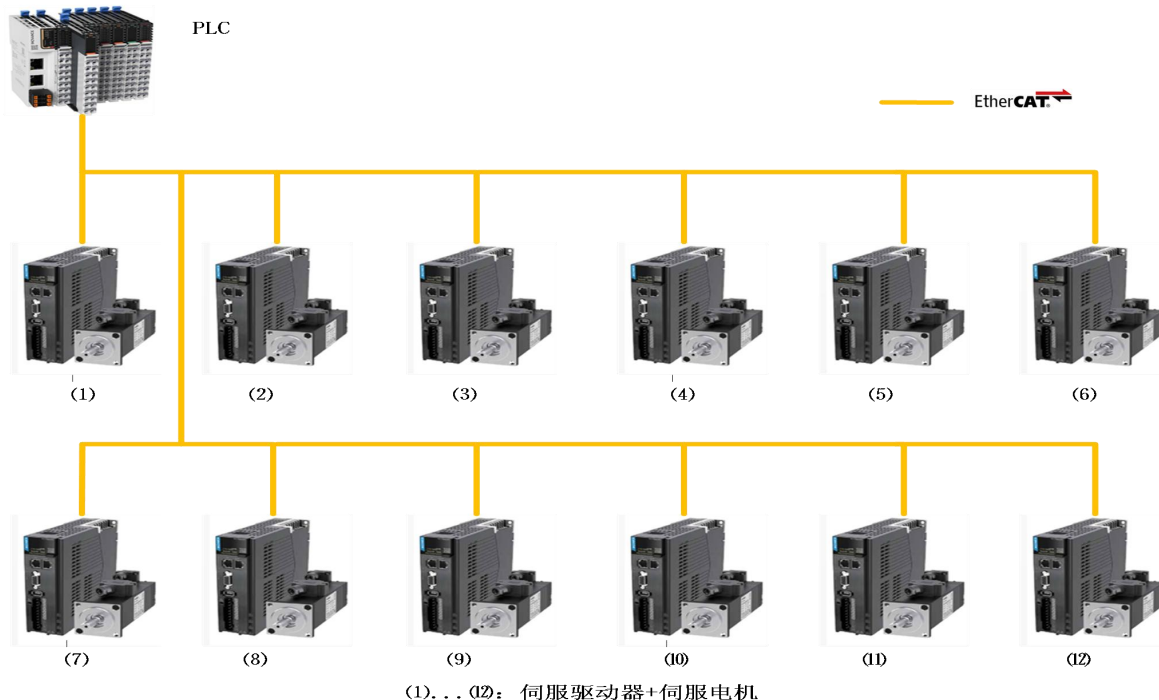


Figure 3- 3 控制系统架构

由于原气缸式料门安装箱内安装空间不足，故需要配置一个控制箱，用于安装 PLC、电源模块、伺服驱动器、供电和线路保护开关、光电耦合器、接线端子等相关器件。

3.2.3 性能特点

通过伺服系统保证各运动单元完全同步工作，从而保证连续式同时进行 2 组装瓶工作，速度更快、精度更高、工作更稳定：

(1) 可实现数粒罐装的不间断连续动作，设备效率高，剔除系统一一对应，动作连续精准；

(2) 相对于传统的正位气缸间歇式进瓶装药方式，连续式进瓶速度更快，工作更平稳，完全避免传统的正位气缸间歇式进瓶可能对药瓶的冲击碰伤问

(3) 振动器由音圈直流电机驱动，自带反馈功能，能更好保证下料的均衡性，平稳输送药粒，排列均匀；

(4) 采用伺服电机旋转下料，在较低噪音同时避免了关门时打药及小药粒从料门末端漏出的毛病，可轻松

3.2.2 配置说明

搭建一个独立的控制系统，配置 PLC、电源模块、伺服驱动器、检测传感器等，通过 EtherCAT 总线网络构建控制系统，如 Figure 3-3 所示。12 轨电子数粒机包含 12 个小料门，每个小料门均由一个单独的伺服电机进行驱动控制。另外，为每个小料门伺服电机回零原点分别配置一接近开关。

应对直径 2-3mm 的小药粒；

(5) 采用高频低幅高端振动技术，振动频率高、振幅小，药粒进给速度快而不会跳动，保证落料速度的同时也提高数粒精度，数粒速度比传统的数粒机提高 50%。

(6) 代替传统的电磁驱动弹簧钢板振动，实现智能化控制，振动频率设置更方便，稳定性更好、振动噪音更小，使用寿命更长；自带反馈功能，能更好地保证下料的均衡性；振动幅度可调，可使药粒（包括不规则片）平稳下移；

伺服系统控制的总料门和小料门，速度更快，精度更高，工作寿命更长，更易清洁保养；且最大程度降低噪音，完全符合 cGMP 要求。

引进国外知名厂家成熟高速电子数片技术，基于 MCU 高速微处理器技术配以全中文动态图形显示的操作系统，参数均可在触摸屏的设置界面进行设置。

故障自动诊断和实时监控报警显示系统，并能储存 100 组产品参数，更换产品时直接调用即可。

3.2.4 信号接口

如 Figure 3- 4, 将原小料门控制信号从输出模块接到 T0 XT1:29~XT1:40, 再通过电缆连接到控制箱接线端子, 经过光电耦合器进行电气隔离后接入到 PLC 输入模块。

4 项目存在的风险

1、由于项目组从未接触过数粒机, 从短时间的观看无法判断更换为伺服后能否解决数粒计数不准的问题。原因是, 项目组认为影响数粒不准的原因有:

- a. 振动送料机构, 前端震动的震动频率;
- b. 光电计数装置, 数粒传感器的精确度, 通信速度;
- c. 料门的反应速度, 料门动作的执行精确度;
- d. 系统响应速度老旧设备系统反应时间及反应效率未知;

e 灰尘, 药末对设备的影响。

2、更换伺服驱动后, 控制伺服驱动动作的频率、运行速度等能否与原设备的“料门开关间隔”、“料门最小间隔”以及“料门提前打开时间”等时间和逻辑完

美的匹配, 需要且只能实地测试验证。

料门开关间隔: 小料门相邻两次开关最小间隔时间, 小于该值时剔除动作产生, 连续剔除两瓶;

料门最小间隔: 小料门关门时, 两相邻颗粒最小间隔, 小于该值时, 剔除动作产生, 剔除当前瓶。

3、更换伺服驱动以后, 药尘, 药末等污染物对设备寿命的影响是否能解决设备寿命问题需要实验验证。

4、公司从未接触相关设备, 很多经验没有, 所以此项目需要做很多的实验验证, 在老设备上更改, 能否完美解决药厂问题, 风险性较高。

参考文献

- [1]刘丰恺, 辛志强, 徐子浩、基于 STC89c52 单片机的监控系统与设计电子制作, 2023,31 (10); 44-47。
- [2]陈彦, 单片机技术原理及其在电子技术中的应用黑龙江科学, 2023,14 (6):145-147。
- 作者简介:钱谷全, 男, 汉, 大理, 电气设备工程师, 云南白药集团大理药业有限责任公司。