

# 粉针剂连续振动充填装置的仿真设计

肖 玮, 孙智慧, 晏祖根

(哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028)

**摘要:** 针对粉针剂粘性大、流动性差的特点, 深入分析了以压电双晶片为驱动元件的振动送料器的工作原理, 设计了连续振动充填装置, 建立了虚拟样机模型, 并采用 COSMOS Motion 进行了仿真分析, 优化了装置的工作参数, 在保证精度与稳定性的前提下, 实现了医药粉料的快速充填。

**关键词:** 粉针剂; 振动充填; 参数优化; 仿真分析

**中图分类号:** TB486<sup>+</sup>.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)03-0063-04

## Simulation Design of Continuous Vibration Filling Machine of Injectable Powder

XIAO Wei, SUN Zhi-hui, YAN Zu-gen

(Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

**Abstract:** The injectable powder had the characteristics of high viscosity and slow flowability. A continuous vibration filling machine was designed and the virtual prototype model was established through analysis of the working principle of vibration feeder machine with bimorph drive component. Simulation analysis of the machine was carried out using COSMOS Motion and the parameters were optimized. Fast filling of injectable powder was realized on the premise of precision and stability assurance.

**Key words:** injectable powder; vibration filling; optimized parameter; simulation analysis

医药粉针剂粘性大、流动性差、易堆料、易结块, 一般采用振动方式实现医药粉料的均匀输送。传统的粉料振动送料器以电磁式激振器为主, 可实现稳定的供料, 但存在结构体积大、工作噪音大、电磁铁间隙调整不便、电磁铁对物料有磁化效应、浪费能源等缺陷<sup>[1]</sup>。压电双晶片是一种压电陶瓷元件, 其最大优点是通过改变输入电信号的幅值与频率, 就可产生所需的机械运动, 已广泛应用在超声马达、微型机器人、精密位置控制、声学检测等场合。

针对粉针剂供送的特点, 设计一种基于压电双晶片驱动的粉针剂连续振动充填装置, 深入分析压电双晶片振动送料器的工作特性, 并采用 COSMOS Motion 进行仿真优化。

## 1 粉针剂自动分装机工作原理

粉针剂自动分装机主要由自动供料部件、粉料螺

杆计量部件、粉料振动连续充填部件和西林瓶供送部件以及控制系统、基座等部分组成, 其工作原理见图 1, 工作流程见图 2<sup>[2]</sup>。由精密计量螺杆精确计量的

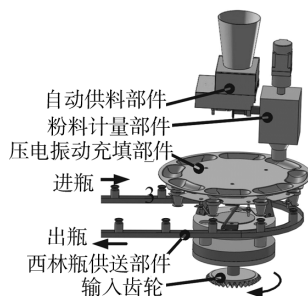


图 1 粉针剂自动分装机工作原理

Fig. 1 The working principle of injectable powder automatic packaging machine

粉针剂在重力作用下, 依次落入匀速旋转的输送料盘上的溜槽中, 再依靠压电振动装置, 快速充填到西林瓶, 整个计量充填过程无停歇, 实现粉针剂的间歇计

收稿日期: 2011-12-16

基金项目: 黑龙江省科技攻关项目(GC04A604)

作者简介: 肖玮(1986—), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 哈尔滨商业大学硕士生, 主攻包装机械设计理论及智能化。

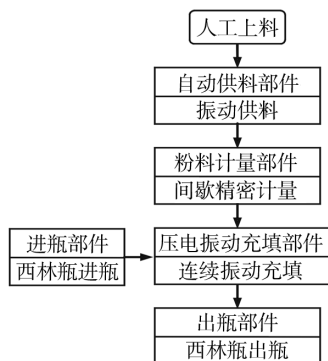


图2 粉针剂分装工作流程

Fig. 2 The packaging workflow of injectable powder

量、连续充填<sup>[3]</sup>。

自动供料部件主要包括料斗、电磁振动器、输送管道等,人工上料后,通过料斗下面的电磁激振器实现自动供料,可有效防止粉针剂在料斗中结块,并加快送料速度。

粉料计量部件由精密计量螺杆、伺服电机、粉料搅拌杆等组成,根据控制系统指令,伺服电机间歇转动,驱动精密计量螺杆旋转指定转角,实现医药粉料的精确计量。

粉料振动充填部件由压电双晶片、料盘、引导斗、板弹簧等组成,输入齿轮带动粉料振动充填部件连续回转,同时,压电双晶片上下振动,带动由板弹簧支承的输送料盘作高频微幅振动,促使粉针剂沿着料盘作快速平稳的相对运动,加快粉针剂的充填速度。

西林瓶供送部件由输送链条、分瓶拨轮等组成,通过传动机构,实现与振动充填部件的同向等速运动,达到西林瓶供瓶与粉针剂同步自动充填的目的。

## 2 压电振动充填装置设计

粉针剂的流动特性决定了粉针剂的充填速度,松装密度决定充填精度。为实现粉针剂的快速充填,同时使粉针剂密度在充填前达到稳定状态、保证充填精度,研发了基于压电双晶片驱动的粉针剂连续振动充填装置,见图3,装置简化模型见图4。

3根板弹簧(长68 mm、宽16.5 mm、厚2 mm)以120°的间隔均布在料盘与底座间,板弹簧与底座间成60°的倾斜安装角度。

振动驱动元件采用压电双晶片,振动模式采用上下振动,这种方式振幅较大。当给压电双晶片通以交

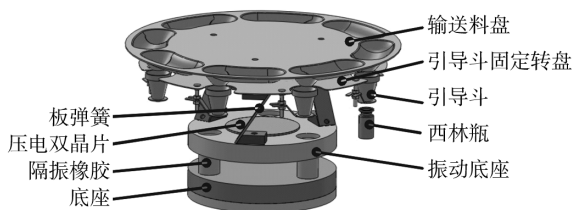


图3 压电振动充填部件的模型

Fig. 3 The model of piezoelectricity vibration filling components

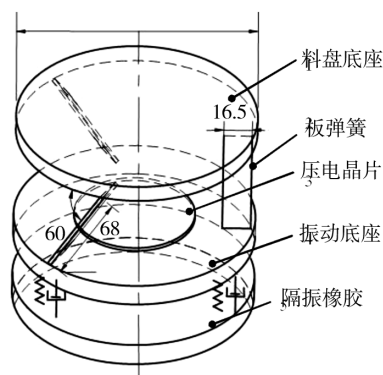


图4 压电振动装置的简化模型

Fig. 4 The predigestion model of piezoelectricity vibration machine

变电流后,会产生较小的轴向伸缩变形,这是由逆压电效应产生的,通过振动底座带动板弹簧产生弹性变形,图4中的结构可实现输送料盘在上下振动的同时,绕中心轴线作同步扭转运动。改变交变电流的输入频率和电压幅值,就可实现压电双晶片的振动控制。

当压电双晶片收缩时,板弹簧积攒的弹性势能突然释放,迫使输送料盘急剧改变运动方向,并超越原来的平衡位置达到某一个上限。此时,粉针剂受到惯性力作用而脱离输送料盘,作瞬时的微小跳跃,从而实现粉针剂在料盘溜槽上的快速平稳运动,加快粉针剂的充填速度<sup>[4]</sup>。

## 3 输送料盘设计

粉针剂自动分装机的药量充填计量范围是1~10 mg。根据整机的结构特点,分装机的输送料盘选择旋转式圆形料盘,同时这种方式可节省安装空间,

以方便其它部件的安装(见图3)。

粉针剂粘性大,具有一定的容积量,由料盘充填至西林瓶需要较长时间,为保证连续振动输送充填的效果,在圆形输送料盘上设计了8个均布的溜槽,溜槽的结构尺寸见图5。

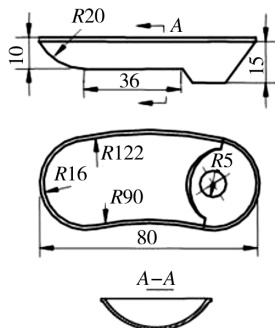


图5 料盘溜槽的结构尺寸(mm)

Fig. 5 The dimension of the plate's trough

#### 4 振动充填的边界条件设定

为保证振动装置产生的激振力能够将料盘上的粉针剂抛起,综合考虑粉针剂自身重力及其它因素的影响,需对装置的参数设定边界条件,以优化设计振动装置的结构参数<sup>[5]</sup>。

对图4所示压电振动充填装置,给压电晶片施加正弦交流电压,压电双晶片作简谐振动,相应的输送料盘沿 $y$ 方向也作简谐振动<sup>[6]</sup>,其运动方程为:

$$S=A(1-\cos(2\pi ft)) \quad (1)$$

式中: $A$ 为槽体沿着 $y$ 方向的振幅(mm); $f$ 为振动频率(Hz); $t$ 为时间(s)。

在粉针剂随输送料盘一同运动的阶段,物料的位置、速度及加速度与料盘是一致的,料盘对粉针剂的作用力为:

$$N=\frac{G}{g}\alpha=\frac{G}{g}4\pi^2 f^2 A\cos(2\pi ft) \quad (2)$$

式中: $G$ 为粉针剂所受重力。

物料产生抛掷运动的条件为: $N-G>0$ ,即:

$$\frac{G}{g}4\pi^2 f^2 A\cos(2\pi ft)-G>0 \quad (3)$$

令 $C=\frac{4\pi^2 f^2 A}{g}$ ,则式(3)可简化为:

$$GC\cos(2\pi ft)-G>0 \quad (4)$$

当且仅当 $C>1$ 时, $GC\cos(2\pi ft)-G>0$ 得到满足,物料可以被连续抛掷。

由式(4)也可看出,粉针剂能否被连续抛掷,主要取决于振动频率与振动幅值。为提高振动装置的输送效率,降低能耗,一般将压电双晶片的工作频率设定在临界近共振区<sup>[7]</sup>。

#### 5 仿真分析

压电振动充填装置的板弹簧选用E玻璃纤维材料,其密度为 $\rho=2.77\text{ g/cm}^3$ 。给定相应的结构参数与材料参数,可求得压电振动装置的固有频率为10 Hz,其频率特性曲线见图6。

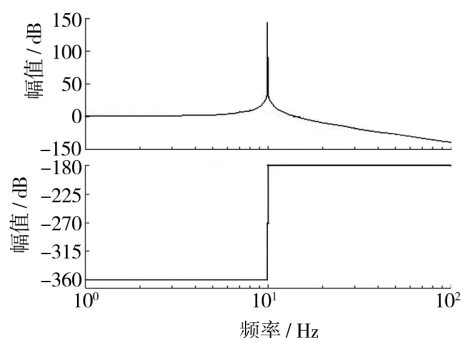


图6 频率特性曲线

Fig. 6 The curve of frequency characteristics

采用SolidWorks建立压电振动充填装置的虚拟样机,利用COSMOS Motion,给相应零件添加摩擦力、阻尼、马达、重力等参数<sup>[8]</sup>,通过计算运动算例,输出相应的运动曲线,见图7-9。各图的纵坐标为料

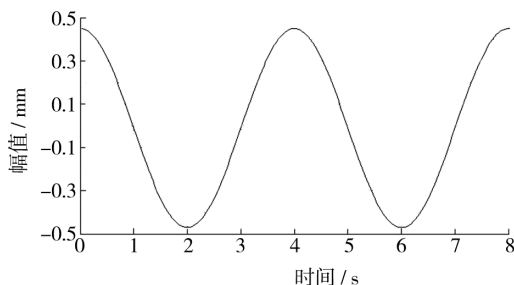


图7 幅值仿真结果

Fig. 7 The simulation curve of amplitude

盘底座 $Y$ 方向上的位移、速度和加速度。振动装置的底座以15 r/min的角速度旋转,压电双晶片以10 Hz的频率激振。由图7-9可看出,各种曲线平滑,运动平稳,没有异常点。

当且仅当 $C>1$ 时,粉针剂才能被连续抛掷。将理论分析与仿真结果代入,激振频率 $f=10\text{ Hz}$ 、幅值

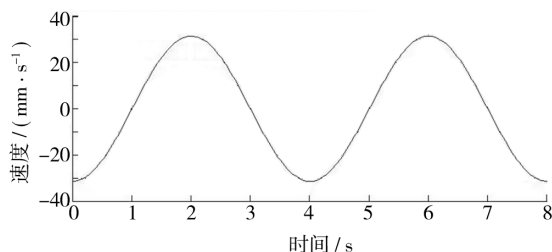


图8 速度仿真结果

Fig. 8 The simulation curve of velocity

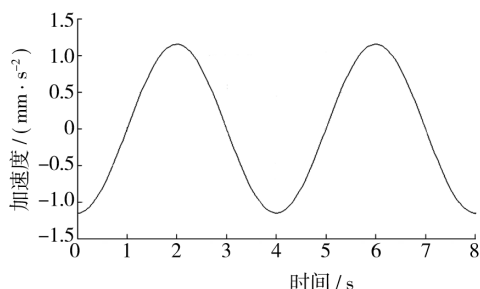


图9 加速度仿真曲线

Fig. 9 The simulation curve of acceleration

$A=0.45\text{ mm}$ , 可求得:

$$C = \frac{4\pi^2 f^2 A}{g} = 181 \gg 1$$

满足抛掷条件, 振动装置的结构参数设计合理。

## 6 结论

针对粉针剂的物性特点, 设计了一种基于压电双晶片驱动的粉针剂连续振动充填装置, 深入分析了装置的工作特性, 确定了物料连续振动充填的边界条件, 并采用 COSMOS Motion 进行仿真优化设计。

研究表明, 粉针剂能否连续振动充填, 主要取决于装置的振动频率与振动幅值, 当且仅当  $C > 1$  时, 粉针剂能被连续振动输送。通过理论分析与仿真研究, 确定了装置的关键结构参数, 以实现粉针剂的连续快速充填。

### 参考文献:

[1] 张长健. 垂直驱动式压电直线振动给料器的机理分析及实验研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.

ZHANG Chang-jian. Mechanism Analysis and Experimental Research of the Vertical-drive Type Piezo Inline Feeder[D]. Changchun: Jilin University, 2007.

- [2] 宋毅. KD-IVB 型高速双头螺杆分装机在医药粉针剂生产中的应用[J]. 中国医药工业杂志, 2007, 28(11): 801—804.
- SONG Yi. Application of KD-IVB Twin-screw High Speed Filling Machine in Production of Medicinal Injection Powder[J]. Chinese Journal of Pharmaceuticals, 2007, 28(11): 801—804.
- [3] 孙智慧, 戴梦德, 徐克非. 基于 ADAMS 的粉体振动给料系统的建模和仿真[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 33—35.
- SUN Zhi-hui, DAI Meng-de, XU Ke-fei. Modeling and Simulation of Powder Vibration Feeder System Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 33—35.
- [4] 孙智慧, 高德. 包装机械[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010.
- SUN Zhi-hui, GAO De. Packaging Machinery[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2010.
- [5] NORIYAKI Y, TERUMASA K. Vibratory Characteristics of Newly Designed Fork-type Piezoactuator[J]. Japanese Journal of Applied Physics, 1993(9): 4202—4204.
- [6] 王绍侠, 高刚华. 种子定量电子称电磁振动变速给料的原理与应用[J]. 农业机械学报, 1998, 29: 139—145.
- WANG Shao-xia, GAO Gang-hua. The Principle and Test of Variable Feeds by Electromagnetic Vibration for The Seed Electron Balance[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 1998, 29: 139—145.
- [7] 张西良, 路欣. 电磁振动给料器工作特性分析及应用[J]. 农业机械学报, 2003, 34(5): 92—95.
- ZHANG Xi-liang, LU Xin. Characteristics of an Electromagnetic Vibration Feeder and Its Application[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 2003, 34(5): 92—95.
- [8] 李大磊, 赵玉奇, 张志林. SolidWorks 高级功能与工程应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2009.
- LI Da-lei, ZHAO Yu-qi, ZHANG Zhi-lin. Advanced Features and Engineering Application of SolidWorks[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2009.