

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.06.015

新型粉末包装机往复式横封机构设计

邢亚飞, 金晓怡*, 季春云

(上海工程技术大学 机械工程学院, 上海 201620)

摘要:传统的往复式横封机构有凸轮式和气缸式。针对凸轮式横封机构凸轮轮廓不合理容易引起震动和噪声,气缸式横封机构速度改变时存在较大冲击以及气缸密封性等问题,课题组提出了一种新型粉末包装机往复式横封机构。课题组采用解析法与三维软件相结合的方法对该机构进行研究,建立了粉末包装机往复式横封机构的数学模型,对横封机构的执行末端横封头进行了受力分析和运动学分析。通过 SolidWorks 软件进行三维建模,并运用 SolidWorks Motion 对横封机构的横封头进行了运动学模拟仿真。结果表明该横封机构具有平稳、噪声小等优点,可方便地进行调速,适应多种包装袋长的横封要求。

关键词:包装机;横封机构;运动仿真;SolidWorks Motion 软件

中图分类号:TB486.1 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2017)06-0068-05

Design of Reciprocating Transverse Sealing Mechanism for New Powder Packaging Machine

XING Yafei, JIN Xiaoyi*, JI Chunyun

(School of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: The traditional reciprocating transverse seal mechanism has cam and cylinder type. Cam type suffered vibration and noise caused by unreasonable cam profile, cylinder type was largely impacted and easily caused sealing problems when the cylinder speed was changed. A new type of powder packaging machine for reciprocating transverse sealing mechanism was presented. By combination of the analytical method and the three-dimensional software, the research on the agency was carried out. The mathematical model of the reciprocating transverse sealing mechanism of the powder packaging machine was established to carry out the stress analysis and kinematic analysis of the transverse head of the transverse sealing mechanism. The three-dimensional modeling through SolidWorks software was established to simulate the kinematics of cross-head. The results show that the transverse seal mechanism has the advantages of smooth, lower noise, and it can be easily adjusted the speed to meet the requirements of transverse seals for variety length of bags.

Keywords: packaging machine; transverse seal mechanism; motion simulation; SolidWorks Motion software

粉末包装机是一种采用自动化手段,使用包装纸将咖啡粉、豆粉和奶粉等粉末颗粒进行小袋包装的包装机器^[1]。机器人浪潮已经席卷全球,而包装机械作为包装行业的关键一环,正朝向高速化、精密化和自动化方向发展^[2]。横封切机构通常位于包装机械中的纵封工序之后,起到了横向密封并切断包装袋的作

用^[3]。连续型横封机构做定轴回转运动,要求横封机构的线速度与纵封机构所牵引的薄膜的线速度同步^[4-5]。传统的往复式横封机构有凸轮式和气缸式^[6]。凸轮式横封机构受凸轮轮廓影响较大,而气缸式横封机构速度改变时存在较大冲击,且要求较好的气缸密封性^[7]。课题组设计了一种新型往复式横封

收稿日期:2017-04-25;修回日期:2017-09-06

基金项目:上海工程技术大学研究生科研创新项目(E3-0903-16-01163)。

第一作者简介:邢亚飞(1991),男,河南三门峡人,硕士研究生,主要研究方向为机构学。通信作者:金晓怡(1966),女,江苏常州人,教授,硕士生导师,主要研究方向为仿生机器人、机构学及摩擦学。E-mail:teacherjxy@126.com

机构,该机构由电机驱动,通过机械传动装置减速,最终带动横封头沿机架导轨做往复式运动。该机构相比传统的往复式横封机构有许多优点:①执行装置无气压或者液压元件,故无密封性和污染问题。②通过调节电机转速来控制横封周期,理论上可满足任意袋长的横封包装要求。③两侧执行机构由同一驱动电机驱动,中间经由相同的传动装置传动,故横封时包装袋两侧受力相同,包装效果更好。

1 往复式横封机构的工作原理

粉末包装机主要组成部分包括料盘装置、料卷装置、走袋装置、纵封机构、横封机构和机架等,其主要工作原理如图1所示。

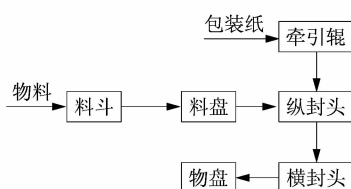


图1 粉末包装机工作原理图

Figure 1 Working principle diagram of powder packaging machine

包装机的横封机构按照运动形式,分为连续型和间歇型2种形式^[8-9]。连续型横封机构做定轴回转运动。横封机构在横封时,要求其线速度与纵封机构所牵引的薄膜的线速度同步。如果横封的线速度大于薄膜送进的线速度,薄膜就有可能被拉断;如果横封的线速度小于薄膜送进的线速度,就可能影响封口的质量^[10]。在实际生产中,一台包装机需要完成不止一种袋形尺寸的包装,其袋长的改变通常是通过改变纵封机构的转速来实现^[11]。粉末包装机的工艺流程如图2所示。

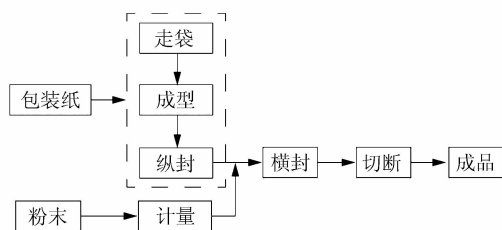


图2 粉末包装机工艺流程图

Figure 2 Process flow chart of powder packaging machine

课题组设计的往复式横封机构关于主导轨横截面左右对称,每一侧均由电机驱动,通过传动装置与减速装置带动主动轴转动。在以主动轴为圆心平行于底

板的水平面上,偏置一平行于主动轴的从动轴滚子,偏心距决定了横封头沿导轨方向的极限位移。在机架导轨的约束下,从动轴滚子在垂直于机架导轨的副导轨中同时做滚动和滑动的复合运动,带动横封头沿机架导轨做水平往复运动,配合纵封头上的加热块和横封切刀,实现对包装袋的横封及切断。其结构如图3所示。

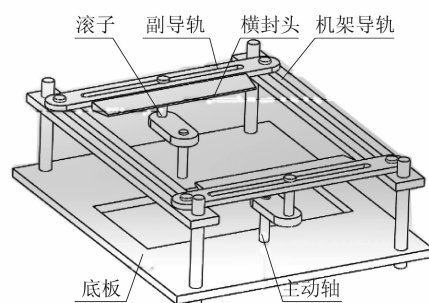


图3 往复式横封机构三维模型

Figure 3 Three-dimensional model of reciprocating transverse seal mechanism

2 往复式横封机构的运动学和力学分析

以横封头距机架导轨最远处为起始位置,记为 t_0 时刻。滚子去程和回程运动刚好相反,故分析在主轴转动前半周过程中从动轴滚子和横封头的运动情况。由于横封头只做沿机架导轨的水平平动,所以课题组具体分析横封头沿机架导轨方向的线位移、线速度、线加速度以及副导轨与从动轴滚子之间摩擦力和接触力的变化情况。

将主动轴、偏心件以及从动轴滚子简化为图4所示的原理简图,从动轴滚子沿以主动轴所在轴线投影 O 点为圆心,以偏心距为半径做圆周运动。假设电机始终做匀速转动,所以主动轴经过传动装置和减速装置之后也做匀速运动。

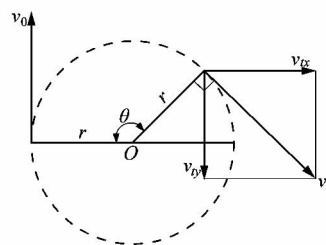


图4 从动轴滚子一般位置时速度分析

Figure 4 Speed analysis of normal position of driven roller

滚子的线速度为:

$$v_i = \omega \times r。$$

式中: v_t 是从动轴滚子的线速度; ω 是从动轴滚子的角速度; r 是偏心距。沿机架导轨方向的分量

$$v_{tx} = v_t \times \sin(\pi - \theta)。$$

式中: v_{tx} 是从动轴滚子线速度沿机架导轨方向的分量; θ 是从动轴滚子从起始位置开始到当前位置所转过的角度。即横封头的线速度

$$v_{tx} = \omega \times r \times \sin(\omega t)。$$

因此,横封头的线加速

$$\alpha = v'_{tx} = \frac{dv_{tx}}{dt} = \omega^2 \times r \times \cos(\omega t)。$$

式中: α 是从动轴滚子沿机架导轨方向的线加速度,即横封头的线加速度。

在初始位置处,即 $t_0 = 0$ 时刻,横封头位于距主导轨最远端,此时从动轴滚子的瞬时速度沿副导轨方向,垂直机架导轨的瞬时速度为 0,副导轨内外两侧平面均不受滚子施加的外力,此时的滚子和副导轨之间为静摩擦力。横封头初始时刻速度方向如图 5 所示。

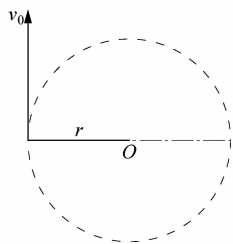


图 5 初始时刻速度分析

Figure 5 Velocity analysis of initial time

当主动轴转过 1/4 周,即主动轴、滚子和副导轨重合的位置时,滚子的瞬时速度沿机架导轨方向,副导轨内侧平面受滚子正压力,外侧平面则不受滚子压力。从动轴滚子速度最大时刻速度方向如图 6 所示。

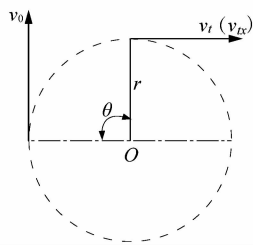


图 6 从动轴滚子速度最大时刻

Figure 6 Maximum speed of driven roller

在主动轴转过 1/2 周,横封头到达最近端时,滚子的瞬时速度沿副导轨方向,垂直机架导轨的瞬时速度为 0,副导轨内外两侧平面均不受滚子外力,此时的滚子和副导轨之间为静摩擦力。从动轴滚子速度为零时

刻速度方向如图 7 所示。

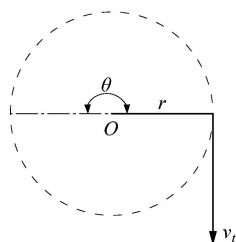


图 7 从动轴滚子速度为零时刻

Figure 7 Speed of driven roller when zero moment

3 横封机构的建模仿真及分析

3.1 三维实体建模

在 SolidWorks 三维建模软件中将建好的各零部件模型按照装配关系组装成如图 8 所示的三维模型。

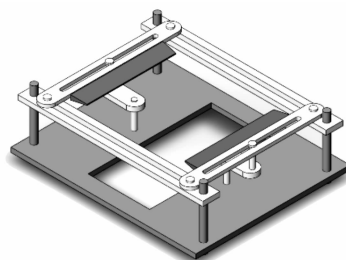


图 8 往复式横封机构三维模型

Figure 8 Three-dimensional model of reciprocating transverse seal mechanism

3.2 运动仿真

课题组采用 SolidWorks 软件集成的运动仿真插件 SolidWorks Motion 来进行横封机构的模拟仿真^[12-13]。图 9 所示为横封头的线位移、线速度和线加速度仿真图。图 10 所示为从动轴滚子和副导轨内侧接触力大小的变化情况。图 11 所示为从动轴滚子和副导轨外侧接触力大小的变化情况。可以看出,图 10 和图 11 均是在 1/4 和 3/4 周时呈现剧变,并且两图在同一时刻的力方向大体相反。图 12 所示为从动轴滚子和副导轨内侧摩擦力大小的变化情况。图 13 所示为从动轴滚子和副导轨外侧摩擦力大小的变化情况。从图 10 和图 11 可以看出,摩擦力产生剧变也发生在整个运动周期的 1/4 和 3/4 处。

3.3 仿真结果分析

从运动的仿真结果来看,课题组设计的往复式横封机构横封头运动的线位移和线速度都呈现正弦规律,而加速度是在 1/4 周时出现剧变,此时正是主动

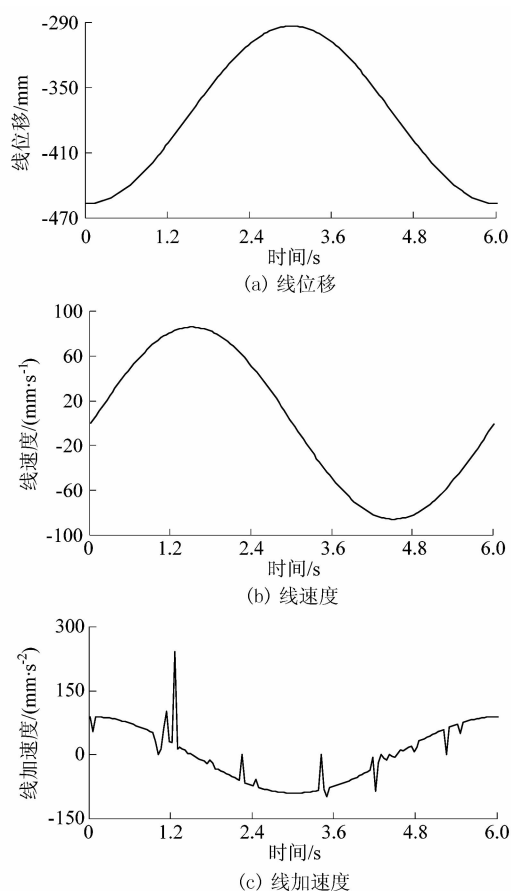


图9 横封头线位移、线速度、线加速度图
Figure 9 Line displacement, line speed, line acceleration of horizontal head

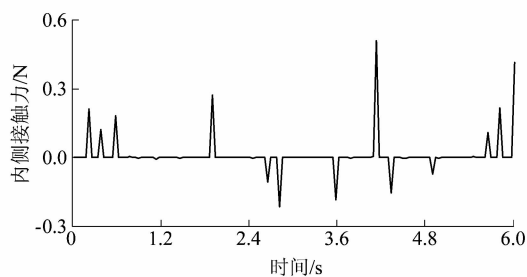


图10 从动轴滚子和副导轨内侧接触力
Figure 10 Contact force between driven shaft roller and auxiliary rail

轴、滚子和副导轨重合的位置,这些结果充分验证了文中横封机构数学模型的正确性。而接触力和摩擦力的绝对值也是在1/4周和3/4周处出现剧增,这是因为滑动摩擦力与正压力成正相关,而这两处滚子的线速度均是垂直于副导轨轨道,这与文中的数学模型也吻合。无论是速度与加速度还是接触力和摩擦力的剧增都出现在非横封工作过程中,并且其极值也在正常范围内,所以本机构可行。

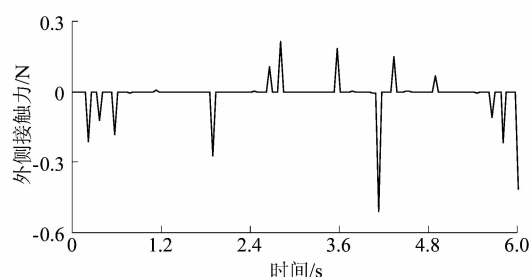


图11 从动轴滚子和副导轨外侧接触力
Figure 11 Contact force between driven shaft roller and secondary rail

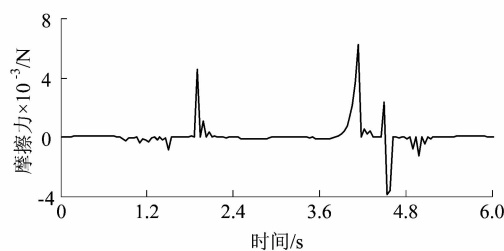


图12 从动轴滚子和副导轨内侧摩擦力
Figure 12 Friction between driven shaft roller and secondary rail

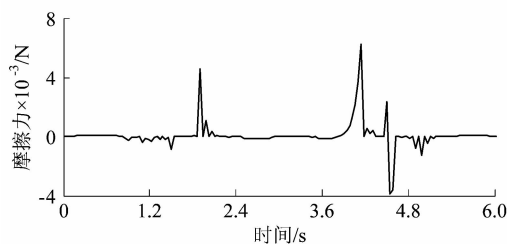


图13 从动轴滚子和副导轨外侧摩擦力
Figure 13 Friction between driven shaft roller and auxiliary rail

4 结论

课题组提出了一种新型粉末包装机往复横封机构,采用解析法与三维软件相结合的方法从数学角度建立模型对机构进行力学和运动学分析和研究,并通过计算机辅助方法对横封机构进行仿真模拟,得到横封头运动的各项参数。新型粉末包装机往复横封机构的设计克服了传统往复横封机构的弊端,可仅通过调节电机转速来达到任意袋长的横封包装目的。机构呈完全对称式设计,使得横封口处包装袋两侧受力相同,且冲击和噪声小,包装效果好。由仿真结果可以得出:横封头运动加速度发生剧变和所受摩擦力、接触力产生剧变均发生在整个运动周期的1/4处和3/4处,

(下转第76页)