

自动装袋机连续供袋运动轨迹的分析

陈营¹, 陆佳平^{1,2}, 陈永清¹, 蔡和平^{1,2}

(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 无锡 214122)

摘要: **目的** 为了提高预制袋包装机的生产效率。**方法** 基于回转式充填结构, 研究并提出一套预制袋在连续自动充填形式下的供送技术方案, 实现连续式给袋送袋及连续性充填。**结果** 针对选定的预制袋研究对象, 设计出了预制袋连续供送的轨迹路线。**结论** 省去了预制袋充填的间歇等待时间, 提高了生产效率。

关键词: 预制袋; 连续充填; 运动轨迹; 技术方案; 机构分析

中图分类号: TS04; TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)07-0092-04

Transportation Trajectory of Continuous Filling Machine for Supplying Bags

CHEN Ying¹, LU Jia-ping^{1,2}, CHEN Yong-qing¹, CAI He-ping^{1,2}

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology (Jiangnan University), Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: This experiment aimed to solve the problem of low efficiency in bag filling by packing machine. Based on the rotary filling structure, a technical solution that can fill the plastic bags in the form of continuous automatic was proposed to realize continuous supplying of bags and continuous filling. Taking one kind of plastic bags as the research subject, the tracking route of the plastic bag to realize the automatic continuous filling was designed. In this way, it can save the waiting time and improve the efficiency.

KEY WORDS: prefabricated bag; continuous filling; movement track; technical proposal; organization analysis

塑料预制袋平整美观、方便快捷, 在化妆品、药品、食品等行业有着广泛的应用^[1]。市场上的预制袋充填机大多为间歇式多工位作业, 即取袋、开袋、封口多工位分置进行, 将这些动作进行时间中的最大值作为整台机器预制袋输送链的停顿时间, 这些停顿时间相对较长, 会造成设备生产效率低下^[2-4]。借鉴啤酒灌装生产线的运作模式, 致力于实现预制袋连续无间歇式充填, 通过缩短充填周期来提高生产效率。由此, 根据预制袋的特性, 研究适合预制袋连续无间歇充填的取袋、给袋、开袋充填技术将具有生产实践的价值和意义。

1 取袋、接袋、开袋充填工艺

根据现有回转式预制袋供送方式, 预制袋的取袋、开袋动作过程如下所述。

1) 将预制袋从袋库中取出, 并交至主转盘(充填转盘)上的接袋袋夹。

2) 主转盘(充填转盘)带动预制袋旋转, 在此过程中完成开袋充填的动作。

完成预制袋取袋、接袋、开袋的动作过程见图1。

基于自动取袋、开袋的方法要点, 要完成自动连续的取袋、开袋动作, 需要着重考虑以下几个要素^[5-8]。

收稿日期: 2015-07-19

基金项目: 江苏省产学研联合创新资金(BY2014023-38)

作者简介: 陈营(1991—), 男, 河北沧州人, 江南大学硕士生, 主攻包装工艺与包装机械。

通讯作者: 陆佳平(1964—), 男, 江苏苏州人, 江南大学副教授, 主要研究方向为包装工艺与包装机械。

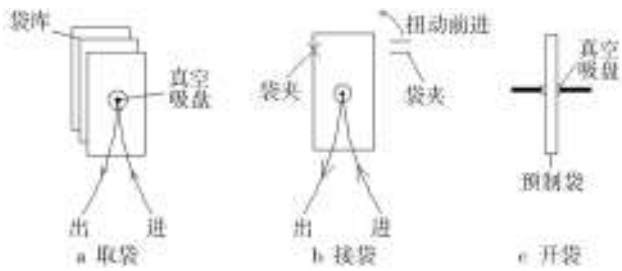


图1 取袋、接袋、开袋动作过程

Fig.1 Action process diagram of bag picking, bag changeover and bag opening

1) 预制袋的输送轨迹。输送轨迹是指机器工作过程中预制袋从袋库到完成充填所经过点的一条连线。整条轨迹贯穿预制袋在包装过程中取袋、接袋、开袋的动作,非正确的轨迹会造成动作失效,或者各动作衔接失效;非合适的轨迹会造成机器结构复杂,或者机器整体尺寸庞大。进行机械化设计时,需要根据实际预制袋规格特性和交接配合的形式来确定轨迹的形状。

2) 取袋、接袋形式。取袋形式是指将预制袋从袋库中取出来所使用的方法。接袋形式是指将预制袋从取袋机构转移到主转盘(充填转盘)接袋袋夹上所使用的方法。预制袋放在袋库中是静止的。充填结构随主转盘(充填转盘)连续旋转,是动态的。取袋、接袋两个动作需要解决从静态到动态的矛盾,两个动作之间的配合显得尤为重要。若采用的取袋形式不能配合接袋形式,则预制袋不能顺利地进入充填工位。由此可见,确定合适且相配合的取袋、接袋形式是机械设计中非常重要的环节。

3) 开袋方式。开袋方式是指将预制袋闭合的袋口打开所使用的方法。预制袋在灌装前需要完成开口的动作,不然会造成灌装失效。主转盘(充填转盘)是连续转动的,开袋的动作需要在动态的过程中完成。由此可见,开袋结构也会处于连续的动态旋转中。

2 预制袋的连续供送原理

2.1 输送轨迹分析

通过分析完成预制袋充填所需要的动作和顺序,确定预制袋的输送轨迹,然后根据各工艺动作对执行机构的要求,初步确定执行机构的模型。为了便于分析及设计,现将预制袋设定为点,对其输送轨迹做出预想。选用外行星轮机构来实现,满足连续输送的运动轨迹,且在 $R=3r$ 时效果最好。初步确定的预制袋输

送轨迹见图2。

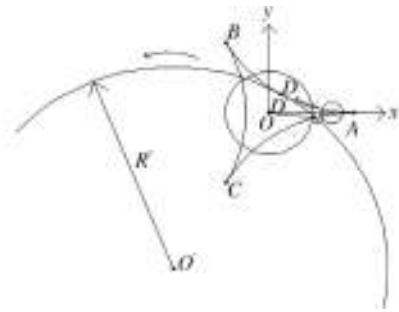


图2 预制袋输送轨迹的预设计

Fig.2 Pre-design of bag delivery trajectory

轨迹 ABC 是取袋送袋轨迹,此轨迹是双重外啮合行星轮形成的旋轮线^[9],见图2。 A 点为取袋点, D 点为取袋机构与主转盘(充填转盘)的预制袋交接点,从 A 点到 D 点实现预制袋从静态到动态的转变,箭头方向为预制袋的输送方向。圆 O' 表示主转盘(充填转盘)接袋机构接袋点所运行的轨迹,接袋袋夹随着主轴做连续匀速旋转运动。圆 O' 与送袋轨迹圆弧 AB 相切,相切点为 D' (与圆弧 AB 上的 D 点对应),在此点实现预制袋的交接。从 D 点到 D' 点实现预制袋从变速圆周运动到匀速圆周运动的转变,箭头方向为预制袋的输送方向。以 O 点为原点建立 xOy 坐标系。圆 O 为太阳轮,圆 M 为转向轮,圆 N 为行星轮, NA 为行星轮中心到真空吸盘中心的距离,见图3。

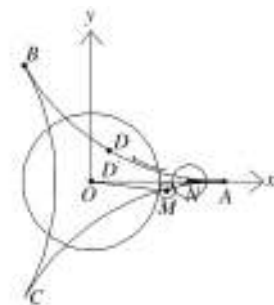


图3 双重外啮合行星轮机构

Fig.3 Mechanism diagram of double external gear planetary wheel

设太阳轮的半径为 R ,行星轮的半径为 r ,太阳轮中心到行星轮中心的距离为 R' ,行星轮中心到真空吸盘中心的距离为 l 。连杆 OM 与连杆 MN 刚性连接, $\angle OMN$ 的大小恒定不变,即 R' 大小恒定不变。经验证,当 $R=3r$ 时,所采用的行星轮机构最适合^[10],此时,吸盘将袋子从袋库中拉出时,速度方向与袋表面所形成的角度最大,吸盘接近于垂直袋面,能够达到平稳取袋的技术要求。当太阳轮以角速度 ω 匀速转动,且

转过的角度为 θ 时,真空吸盘中点的速度(即预制袋的速度)公式为:

$$\frac{dx}{dt} = -R' \omega \sin \theta - 4l \omega \sin(4 \theta)$$

$$\frac{dy}{dt} = R' \omega \cos \theta + 4l \omega \cos(4 \theta)$$

当处于A点时,角度为0,此时的速度为:

$$\frac{dx}{dt} = 0$$

$$\frac{dy}{dt} = R' \omega + 4l \omega$$

当到达D点时,角度 θ 为 $\pi/3$,此时的速度沿圆周的切线方向,大小为:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\sqrt{3}}{2} \omega (4l - R')$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{2} \omega (R' - 4l)$$

在D点(D'点)实现预制袋送袋机构和主转盘(充填转盘)接袋袋夹的交接。故D'点的速度与D点速度相同。由此可得知D'点的线速度,结合圆O'的半径R'(即主转盘的中心到接袋袋夹的距离),可得主轴转速 ω' 。同理,B,C同样装上行星轮机构,则取袋供袋速度会提升为原来的3倍。由此轨迹得出的逻辑关系,可为预制袋输送轨迹的最终确定提供参考。

2.2 输送轨迹的确定

由于涉及到参数的计算,故取小包茶叶预制袋为研究对象。现实中,预制袋的尺寸不容忽视,小包茶叶预制袋的长度一般为100~130 mm、宽度为50~60 mm,封边宽度为6~10 mm,小袋即为运动单元。基于参数设计的要求,以长108 mm、宽60 mm的袋子作为研究对象,预制袋具有一定的挺度要求^[1]。在此基础上进行其输送轨迹的最终确定,达到稳定连续的要求。不再将预制袋理想化为点的概念,而是真实再现其形状和大小,并综合考虑其各种性能特点。确定的输送轨迹见图4。

假设充填转盘有6个接袋位,即有6对接袋袋夹,见图4。当然,主转盘(充填转盘)的旋转周期要与送袋机构的送袋周期相匹配。设主转盘(充填转盘)的旋转周期为T',送袋机构周期为T。一次送袋完成时间占整个送袋时间周期的1/3,即T/3。而主转盘(充填转盘)上有6对接袋袋夹,即一个预制袋完成充填的时间为T/6。则有:T/6=T/3,即T'=2T。在B,C点同样装上行星轮机构,当A点到达D点,接袋位1完成接袋。当A点到达B点时,接袋位6到达原来接袋位1的位置,

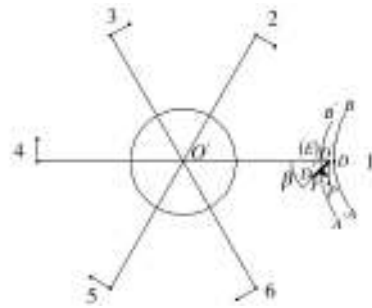


图4 预制袋输送轨迹的终设计

Fig.4 The final design of bag delivery trajectory

C点到达原来A点的位置,开始接袋位6的接袋动作。以此循环,当A点再次到达D点时,完成接袋位1,6,5的供袋动作。当A点第3次到达D点时,主转盘(充填转盘)正好旋转1周,完成全部接袋位的供袋动作。

由于前面将预制袋理想化为点,故真实的预制袋交接点会有一定程度上的偏移。D'点为实际的交接点,E点表示前夹袋手,P点表示后夹袋手,EF为预制袋的横向宽度,设为d。beta为预制袋到达交接点后与竖直平面形成的夹角为pi/4见图4。主转盘(充填转盘)保持位置不变,则需要调整取袋机构的位置。设e1为D'点与预制袋轨迹的左偏差,e2为D'点与预制袋轨迹的下偏差。则有:

$$e_1 = \frac{1}{2} d \cos \beta$$

$$e_2 = \frac{1}{2} d \sin \beta$$

由此轨迹得出的逻辑关系,可为后面取袋送袋、开袋充填机构的设计提供依据。

2.3 后续轨迹的设计分析

1) 充填工序。在主转盘(充填转盘)上涉及4个动作,即接袋、开袋、充填、输出封口,总分配弧度为2pi。其中封口采用输出封口的形式以简化机构,在下文中进行分析。1个周期内有4个动作间歇,分别分配pi/6的弧度,作为稳定调整时间。4个动作中,接袋和输出封口为瞬时动作,分配弧度为0。对于开袋和充填等2个动作,分别分配2pi/3的弧度。当然,具体弧度的分配还要针对真实的机构进行调节,见图5。

2) 封口工序。充填完毕后,将其导出到直线皮带导轨输送轨道上,皮带以速度v带进行匀速运动。可将此机构放置于接袋位6处后的z点处,给开袋和充填动作足够的调节时间。在z点实现交接,实现由匀速圆周运动到匀速直线运动的转变,见图6。设Z点的

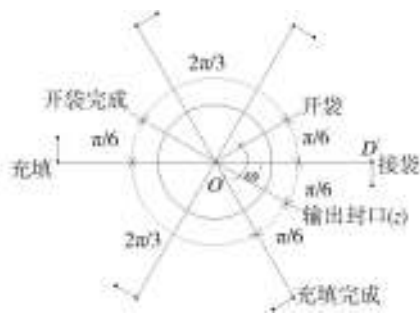


图5 主转盘动作循环

Fig.5 The main rotary motion cycle chart

线速度为 v_z , 则有 $v_{带} = v_z = v_{D'}$ 。在皮带的输出末端设置卡板,以3袋为一个单位进行集中封口,然后输出。采用集体封口的形式,可节省时间,提高生产效率。

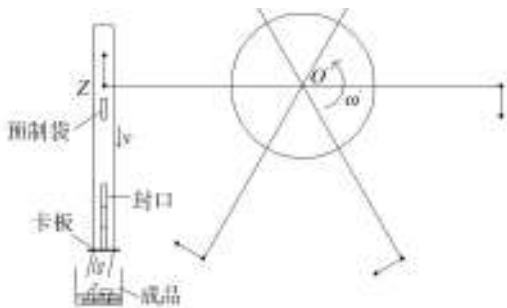


图6 预制袋封口工序

Fig.6 The bag sealing process

2.4 机构设计的基本分析及要求

前面给出了实现预制袋连续式充填的运动轨迹,但是动作实现尚且需要具体的机构来完成。分别对取袋机构、接袋机构、开袋充填机构作出机构设计的基本分析及要求。

1) 取袋机构。取袋机构的动作要求:由双重外啮合行星轮带动真空吸盘,真空吸盘吸袋与预制袋接触需要贴合一定的时间,待成功吸住后将其取出^[12-13]。预制袋竖直放置在袋库中,在取袋时会产生推力将其推开一定的距离,故需要设计能够保证取袋后剩余预制袋能够恢复到原位的装置。

2) 接袋机构。接袋机构的动作要求:接袋机构和取袋机构在交接点(即 D' , D 点)实现预制袋的交接,当预制袋到达 D 点时,预制袋与前、后夹袋手所在的竖直平面有一定的角度。前夹袋手夹住其一侧边缘后,送袋真空吸盘放袋,预制袋在其挺度作用下,恢复其挺直的状态,后夹袋手扭转前进,将其夹住。此后,预制袋随着主转盘进行匀速旋转运动,而取袋机构进

入下一个取袋循环^[14]。

3) 开袋充填机构。开袋机构的动作要求:在预制袋连续无间歇转动过程中将闭合的预制袋打开,并且具有一定的周期性,能够满足较快的上袋速度。开袋装置随转盘同速转动,在气缸的带动下,一对真空吸盘同时下降到吸袋位置,吸持开袋。同过程中,撑袋手随着真空吸盘一起下降,完成袋口的打开操作^[15-16]。

3 结语

详细分析预制袋连续充填的工艺要求及技术方案,确定实现预制袋连续性输送的轨迹。在此基础上,对实现取袋、接袋、开袋动作的机构设计要求进行基本分析,保证预制袋能够按照预定轨迹实现连续性输送。当以真实的预制袋进行连续输送轨迹的预想比较困难时,可以暂时将预制袋理想化为点,设计出理想化的输送轨迹,再将袋型大小展开,对轨迹位置进行调整。基于上述预制袋输送轨迹,提出能够满足动作要求的机构,并进行了分析,为类似相关机构的设计与研发提供参考和依据。

参考文献:

- [1] 潘松年. 包装工艺学[M]. 北京:印刷工业出版社,2010.
PAN Song-nian. Packaging Technology[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2010.
- [2] 许林成. 包装机械原理与设计[M]. 上海:上海科学技术出版社,1988.
XU Lin-cheng. Packaging Machinery Theory and Design[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House, 1988.
- [3] 孙嵘,凌世杰. 一种预制袋包装机的分袋移袋装置:中国,202244216U[P]. 2012-05-30.
SUN Rong, LING Shi-Jie. A Bag Packaging Machine Move Points Bag Bag Device: China, 202244216U[P]. 2012-05-30.
- [4] 程亮,郭爱华,孔晨曲. 自动重袋包装机设计[J]. 盐业与化工,2011,40(6):15-18.
CHENG Liang, GUO Ai-hua, KONG Chen-qu. Heavy Bag Packaging Machine Design[J]. Journal of Salt Industry and Chemical Industry, 2011, 40(6): 15-18.
- [5] 李龙,曹巨江. 四头取盒机构的研究与设计[J]. 包装与食品机械,2011,29(6):31-34.
LI Long, CAO Ju-jiang. Four Take the Box Body's Research and Design[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(6): 31-34.
- [6] 李龙,曹巨江,田晓鸿. 行星轮式取盒机构的研究与分析

- 2009,47(6):788—797.
- [8] ZHANG X W, SU H, YU T X. Energy Absorption of an Axially Crushed Square Tube with a Buckling Initiator[J]. International Journal of Impact Engineering, 2009, 36(3):402—417.
- [9] 朱文波, 杨黎明, 余同希. 薄壁圆管轴向冲击下的动态特性研究[J]. 宁波大学学报, 2014, 27(2):92—96.
ZHU Wen-bo, YANG Li-ming, YU Tong-xi. Study on Dynamic Properties of Thin-Walled Circular Tubes under Axial Compression[J]. Journal of Ningbo University, 2014, 27(2):92—96.
- [10] 谭丽辉, 谭洪武, 刘巍. 具有圆弧形诱导凹槽薄壁圆管抗撞性分析[J]. 吉林化工学院学报, 2014, 31(9):46—49.
TAN Li-hui, TAN Hong-wu, LIU Wei. The Analysis of Crashworthiness of Thin-Walled Cylinders with Induced Indentations[J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2014, 31(9):46—49.
- [11] 谭丽辉, 谭洪武. 不同诱导结构轴向抗撞性分析[J]. 长春工业大学学报, 2014, 35(6):731—734.
TAN Li-hui, TAN Hong-wu. Analysis of Axial Crashworthiness under Different Inducing Structure[J]. Journal of Changchun University of Technology, 2014, 35(6):731—734.
- [12] HAN H P, TAHERI F, PEGG N. Quasi-Static and Dynamic Crushing Behaviors of Aluminum and Steel Tubes with a Cut-out[J]. Thin-Walled Structures, 2007, 45(3):283—300.
- [13] 余同希, 卢国兴. 材料与结构的能量吸收[M]. 华云龙, 译. 北京: 化学工业出版社, 2006.
YU Tong-xi, LU Guo-xing. Energy Absorption of Structures and Materials[M]. HUA Yun-long, Translated. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [14] YAMASHITA M, GOTOH M, SAWAIRI Y. Axial Crush of Hollow Cylindrical Structures with Various Polygonal Cross-sections Numerical Simulation and Experiment[J]. Materials Processing Technology, 2003(1):59—64.
- [15] HOSSEINIPOUR S J. Mathematical Model for Thin-Walled Grooved Tubes under Axial Compression[J]. Materials and Design, 2003, 24(24):463—469.
- [16] 陈淑琴, 周利强. 材料特性参数对金属薄壁元件耐撞性的影响[J]. 机械研究与应用, 2015, 28(1):69—73.
CHEN Shu-qin, ZHOU Li-qiang. Influence of Material Parameters to the Crashworthiness of Metal Thin-Walled Components[J]. Mechanical Research and Application, 2015, 28(1):69—73.

(上接第95页)

- [J]. 机械传动, 2011, 35(12):60—62.
LI Long, CAO Ju-jiang, TIAN Xiao-hong. Planetary Wheel Box of Institutional Research and Analysis[J]. Mechanical Transmission, 2011, 35(12):60—62.
- [7] 李龙, 田晓鸿, 曹巨江. 高速取盒机构运动轨迹设计与研究[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(3):28—30.
LI Long, TIAN Xiao-hong, CAO Ju-jiang. The Box of Trajectory Design and Research Institutions[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(3):28—30.
- [8] 吴德孚. 介绍一种自动取袋机构[J]. 包装与食品机械, 1986(3):55—59.
WU De-fu. This Paper Introduces an Automatic Picking Bag Mechanism[J]. Packaging Engineering, 1986(3):55—59.
- [9] 王文博, 阎敏. 行星轮系的旋轮线和图案设计[J]. 北京服装学院学报, 1994, 14(1):80—85.
WANG Wen-bo, YAN Min. The Cycloid Planetary Gear Train and Pattern Design[J]. Journal of Beijing institute of fashion technology, 1994, 14(1):80—85.
- [10] 张竹青, 陆佳平. 实现旋轮线轨迹的取袋机构设计与参数分析[J]. 机械设计, 2015, 32(3):82—85
ZHANG Zhu-qing, LU Jia-ping. Achieve the Cycloid Trajectory Taking Bag Mechanism Design and Parameter Analysis [J]. Journal of Mechanical Design, 2015, 32(3):82—85.
- [11] 孙平. 简析塑料袋的质量要求[J]. 印刷技术, 2006(26):52—53.
SUN Ping. Analysis the Quality Requirements of Plastic Bags [J]. Journal of Printing Technology, 2006(26):52—53.
- [12] 司振鹏, 曹西京. 真空吸附式机械手系统设计[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(6):26—30.
SI Zhen-peng, CAO Xi-jing. Vacuum Adsorption Manipulator System Design[J]. Journal of Packaging and Food Machinery, 2009, 27(6):26—30.
- [13] 腾红华. 真空吸盘吸持物体的动力学分析[J]. 包装工程, 2004, 25(2):68—69.
TENG Hong-hua. Vacuum Suction Cup Holding Dynamics Analysis of the Object[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2):68—69.
- [14] 朱建萍, 王鹏. 包装机械设计方法研究[J]. 包装工程, 2007, 28(7):89—91.
ZHU Jian-ping, WANG Peng. Packaging Machinery Design Method Research[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(7):89—91.
- [15] 刘守谦. 改进包装机械设计方法的新思路[J]. 轻工机械, 2005, 23(4):1—3.
LIU Shou-qian. Improve the Packaging Machinery Design Method of New Thinking[J]. Journal of Light Industrial Machinery, 2005, 23(4):1—3.
- [16] 熊永刚, 朱小东. 现代设计理论和方法在包装机械中的应用[J]. 包装工程, 2002, 23(3):69—70.
XIONG Yong-gang, ZHU Xiao-dong. Modern Design Theory and Method of Application in the Packaging Machinery[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(3):69—70.