

## 结构设计制造

## 医用胶带装盒机的设计与试验

娄海峰, 朱赢鹏, 童俊华, 李振, 唐曲曲, 孙良

(浙江理工大学, 杭州 310018)

**摘要:** **目的** 以不同长度尺寸的医用胶带和包装纸盒为对象, 设计一种由取盒机构、推料机构、传送机构、封盒机构及机架组成的自动装盒机, 实现对不同长度盒型的包装作业。**方法** 以圆柱齿轮行星轮系旋转式取盒机构为基础, 设计优化一种圆-椭圆齿轮行星轮系取盒机构; 设计具有可调节功能的推料机构、封盒机构及传送机构; 通过试制并调试样机, 进行 2 种规格胶带和纸盒的试包装。**结果** 新型取盒机构在取放盒点的加速度比原机构减少了 14.3%, 在纸盒与阻挡物碰撞点的速度也比原机构减少了 14.3%, 样机可进行不同长度规格物料包装作业。**结论** 圆-椭圆齿轮行星轮系取盒机构增加了装盒机取放盒的可靠性, 装盒机设计合理, 能适应不同长度尺寸盒型的装盒需求, 为包装行业同类应用提供参照。

**关键词:** 取盒机构; 行星轮系; 圆-椭圆齿轮; 装盒机

中图分类号: TB486; TS206.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)07-0118-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.07.018

## Design and Experiment of Medical Tape Cartoning Machine

LOU Hai-feng, ZHU Ying-peng, TONG Jun-hua, LI Zhen, TANG Qu-qu, SUN Liang

(Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**ABSTRACT:** Taking different length sizes of medical tapes and packaging cartons as the object, the work aims to design an automatic cartoning machine which consists of box-taking mechanism, pushing mechanism, delivery mechanism, box-sealing mechanism and framework to package cartons with different lengths. On the basis of studying the traditional box-taking mechanism of planetary gear train with cylindrical gears, the box-taking mechanism of planetary gear train with cylindrical-elliptical gears was designed and optimized. Several mechanisms with regulating function to push medical tap, seal the carton and deliver the medical tap, were designed. The prototype was manufactured and adjustment of each packaging process was carried out to package two kinds of specifications tapes and cartons experimentally. The acceleration of the new box-taking mechanism was 14.3% less than that of the traditional mechanism at the point to taking or putting the carton. The velocity of the new mechanism is also reduced by 14.3% at the point of collision point between carton and obstacle. The prototype could be used for packaging materials with different length specifications. The box-taking mechanism of planetary gear train with cylindrical-elliptical gears increases the reliability of the cartoning machine. The design is reasonable and suitable for packing demand to cartons with different length sizes. It can provide reference for similar applications in packaging industry.

**KEY WORDS:** box-taking mechanism; planetary gear train; cylindrical-elliptical gears; cartoning machine

纸盒包装在包装机械中占有较大比重, 广泛应用于化妆品、制药和食品加工等行业。目前国内中小型

包装企业仍采用手工作业, 究其原因主要是由于目前自动装盒机大多只适用于单一盒型, 中小企业单一盒

收稿日期: 2018-10-14

基金项目: 浙江省公益技术研究项目 (LGG18E050020); 浙江理工大学科研启动基金 (16022015-Y)

作者简介: 娄海峰 (1976—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为非标机械的设计与应用。

型产量小，针对不同长度盒型的包装自动化生产面临着投资过大的困境。

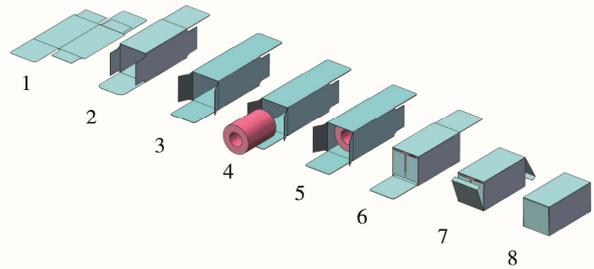
一般纸盒包装的工艺主要有：取盒、推料、传送及封盒等工艺步骤，其中，取盒工艺是众多工艺中的关键<sup>[1-2]</sup>。装盒速度 60~80 盒/min 的为中低速型装盒机，取盒工艺一般采用间隙往复摆杆机构实现；装盒速度 80~120 盒/min 的为中高速型装盒机，取盒工艺一般采用连续圆柱齿轮行星轮系机构实现<sup>[3]</sup>，在高速纸盒包装机的研究中更关注行星轮系吸盒机构。2006 年，Sirkett<sup>[4]</sup>分析了影响圆柱齿轮行星轮系吸盒机构成功率的因素，但我国对纸盒装盒机高速化的研究起步较晚。2011 年，李龙、曹巨江等<sup>[5]</sup>对圆柱齿轮行星轮系取盒机构进行了研究，通过对取盒、开盒与放盒的工艺动作分析，确定了吸头的三尖瓣内摆线运动轨迹，从而确定了行星轮系各结构参数，并利用三维软件对吸盒机构建模与运动分析，验证了机构的可行性；在此基础上，又进一步对行星轮系的结构进行了优化，使其取盒效率提高了 1 倍<sup>[6]</sup>。2014 年，余先杰等<sup>[7]</sup>对化妆品装盒机固定太阳轮与中间轮、从动轮传动比为 3:1:1 的圆柱齿轮行星轮系取盒机构进行了研究，指出此机构不仅能使吸头形成三尖瓣内摆线运动轨迹，而且吸头的运动曲线连续平滑无冲击，可达到使用要求。

文中以不同长度尺寸的医用胶带和纸盒为包装对象，在圆柱齿轮行星轮系取盒机构传动原理的基础上采用圆-椭圆齿轮行星轮系对取盒机构运动参数进行优化，以提高取、放盒的可靠性；对装盒机在物料（医用胶带）的存放、传送、推料及封盒等工艺环节进行可调性设计，以探索装盒机针对不同长度盒型的适用性；试制样机进行试验，验证其可行性。

## 1 装盒机的工作原理

医用胶带纸盒装盒机主要由取盒机构、传送机构、推料机构、封盒机构及机架等部分组成<sup>[8]</sup>。取盒机构主要实现取盒与放盒 2 个功能，封盒机构实现折侧舌、预折大舌和推大舌等功能，为增加物料推入盒的可靠性，该研究特别在推料工序前增加一道在胶带入盒一端预开侧舌工序。装盒机的工作流程见图 1。

医用胶带与包装纸盒是装盒机作业对象，研究试验中，胶带直径一定而长度可在一定范围内变化，包装纸盒的长度尺寸也可在一定范围内变化以适应不同的胶带规格。装盒机机架上设立盒支架，初始状态的纸盒呈平板状层叠于盒支架内，取盒机构将纸盒从盒支架上取下并准确地打开，放于传送机构，在传送机构运动的同时，封盒机构先对纸盒侧舌预打开，推料机构把胶带推入后再由封盒机构进行折侧舌、预折大舌与推大舌等动作完成装盒全过程。装盒机各机构功能路线见图 2。



1.纸盒原状 2.取盒、放盒 3.预开侧舌 4.推料前 5.推料 6.折侧舌 7.预折大舌 8.推大舌

图 1 医用胶带装盒机工作流程  
Fig.1 Workflow of medical tape cartoning machine

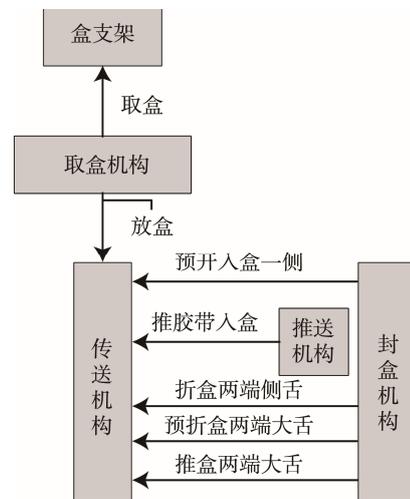


图 2 装盒机各机构功能路线  
Fig.2 Function roadmap of each mechanism in cartoning machine

## 2 取盒机构的设计

装盒机的设计采用行星轮系吸盒机构，在取盒机构上安装多个均布的吸盘组可成倍地提高装盒速度<sup>[9]</sup>；取盒机构需要快速可靠地完成从盒支架上取盒与放盒于传送带上的动作，其间还要能充分地使纸盒由平叠状态打开至长方体状态。在对常用的圆柱齿轮行星轮系取盒机构分析的基础上，提出采用圆-椭圆齿轮行星轮系取盒机构提高取放盒可靠性的优化方案。

### 2.1 取盒工艺流程

连续取放盒工艺要经过取盒、预开盒和放盒等步骤，见图 3。吸盘垂直直面进入盒支架吸住纸盒，在吸盘旋转过程中，支架拉扯阻挡纸盒分离使纸盒松散预开，随着吸盘的进一步旋转，纸盒逐步接近传送机构，在纸盒与传送机构两侧挡板的作用下纸盒被完全打开并被垂直放入两挡板之间，吸盘在放好纸盒后断气垂直离去。吸盘的轨迹以三尖瓣内摆线最为合理，在取盒与放盒位置，吸盘均以垂直的姿态接近，轨迹

圆弧半径可调，利于避免旋转结构与其他部位的碰撞，见图3。

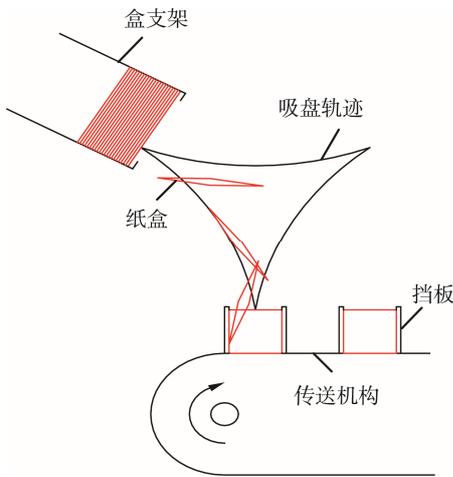
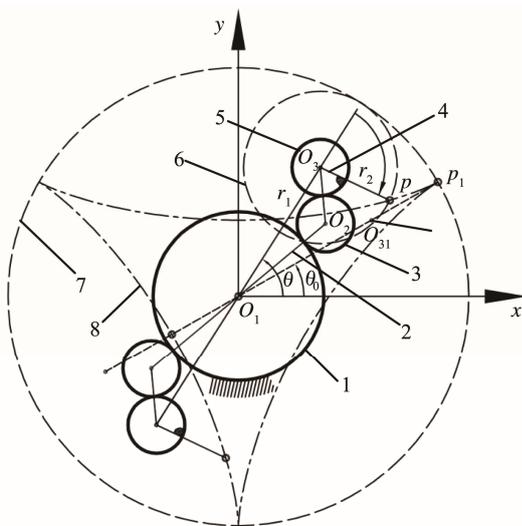


图3 取盒工艺流程  
Fig.3 Flow chart of box-taking process

### 2.2 常用圆柱齿轮行星轮系取盒机构

图4中  $O_{31}$  与  $P_1$  是行星轮轮心  $O_3$  与吸盘杆端点  $P$  的初始位置，并且  $O_1, O_{31}, P_1$  3点共线， $O_1O_3$  与  $x$  轴的初始夹角为  $\theta_0$ 。由图4可知，转臂在带动行星轮围绕着固定太阳轮做公转的同时，行星轮还做着与公转转向相反的自转。由于吸盘杆与行星轮固结，所以吸盘杆的运动可以看成是以吸盘杆长  $r_2$  为半径的假想轮A在半径为  $r_1+r_2$  的假想轮B内表面做纯滚动， $P$  点所形成的轨迹即为内摆线。根据设计要求，转臂旋转1周， $P$  点要形成图4中所示的三尖瓣内摆线轨



1.固定太阳轮 2.转臂 3.中间轮 4.吸盘杆 5.行星轮 6.假想轮 A  
7.假想轮 B 8.吸盘轨迹线 (R 轨迹)

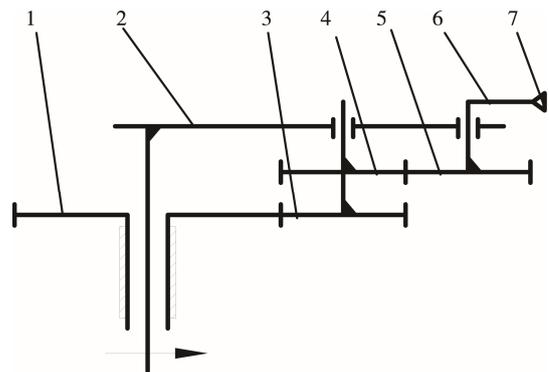
图4 圆柱齿轮行星轮系吸盒机构的运动示意  
Fig.4 Motion diagram for box-taking mechanism of planetary gear train with cylindrical gears

迹(文中简称  $R$  轨迹)，即吸盘完成一次取放盒的动作(实际在转臂上对称安装2组吸盘，最终的生产效率为120盒/min)。假想轮A在绕自身中心点  $O_3$  自转1圈的同时绕  $O_1$  点公转  $1/3$  圈，由此可以得出： $r_2 : (r_1+r_2)=1 : 3$ ， $r_1=2r_2$ ，也可以得出固定太阳轮、中间轮、行星轮的齿数比为  $3 : 1 : 1$ 。当转臂逆时针转过  $(\theta-\theta_0)$  时，行星轮顺时针转过  $3(\theta-\theta_0)$ 。

### 2.3 新型圆-椭圆齿轮行星轮系取盒机构的设计与参数优化

#### 2.3.1 新型取盒机构的设计

椭圆齿轮传动是非圆齿轮传动中常用的传动方式，它可通过调节椭圆齿轮的偏心率来获得不同的传动比变化规律，可用于调节机构的速度与加速度<sup>[10-13]</sup>。根据这一原理，在常用圆柱齿轮行星轮系的基础上设计了新型圆-椭圆行星轮系取盒机构，其结构简图见图5(由于转臂上2组行星机构对称布置，故图5中只表示了一侧的结构)



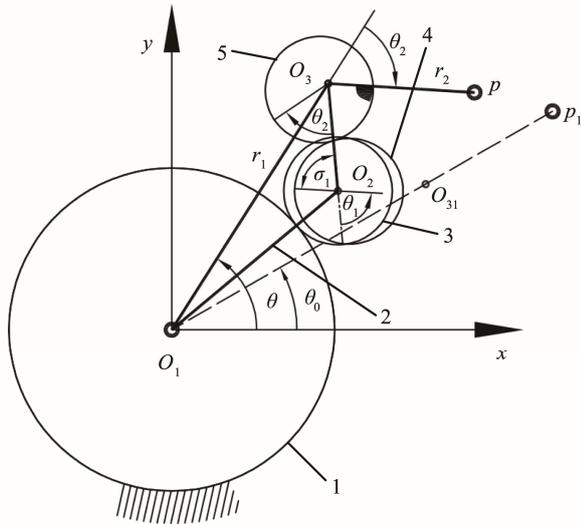
1.固定太阳轮 2.转臂 3.圆形中间轮 4.椭圆中间轮 5.椭圆行星轮  
6.吸盘杆 7.吸盘

图5 圆-椭圆行星轮系取盒机构结构  
Fig.5 Structure diagram for box-taking mechanism of planetary gear train with cylindrical-elliptical gears

新型取盒机构的运动简图见图6。

比较图6与图4可以看出，常用机构圆形中间轮的轮轴上固定添加了一个椭圆中间轮，用一个椭圆行星轮来代替原机构的圆形行星轮，两椭圆轮完全相同并啮合传动。转臂转过  $(\theta-\theta_0)$  角度时，椭圆中间轮转过角度为  $\theta_1$ ，这时椭圆行星轮也转过相应的角度  $\theta_2$ ， $\sigma_1$  为椭圆中间轮在初始位置时节曲线最短半径与  $O_2O_3$  的夹角。

新型机构也取固定太阳轮与圆形中间轮齿数比为  $3 : 1$ 。根据  $R$  轨迹每段弧线的对称性特点，每当转臂转过  $\pi/3$  时，吸盒杆就转过角度  $\pi$ ，与  $O_1O_3$  共线。要使新型机构上  $P$  点的运动轨迹(文中简称  $E$  轨迹)也为对称结构，只有当椭圆中间轮随着圆形中间轮转过半圈时，椭圆行星轮反向也转过半圈，因此当椭圆中间轮的初始位置  $\sigma_1=0^\circ$  时才能满足这一要求。



1.固定太阳轮 2.转臂 3.圆形中间轮 4.椭圆中间轮 5.椭圆行星轮

图 6 圆-椭圆行星轮系取盒机构运动简图

Fig.6 Motion diagram for box-taking mechanism of planetary gear train with cylindrical-elliptical gears

### 2.3.2 新型取盒机构运动参数的确定与优化

文献[14]对 2 种取盒机构作了详细的运动学分析与对比,并通过对新型取盒机构进行建模与运动仿真得出,常用圆柱齿轮行星轮系取盒机构只有当  $\theta_0=30^\circ$  时  $R$  轨迹才符合使用要求;当  $\theta=30^\circ, 150^\circ, 270^\circ$  时,即吸盘处于  $R$  轨迹三尖点(取放盒位)时速度为 0 但加速度最大,并且在尖点附近速度曲线较陡,速度变化快,这增加了纸盒在取盒时由于与盒支架拉扯,在放盒时与传送带挡板碰撞而从吸盘上脱落的风险。

新型圆-椭圆行星轮系取盒机构,当取椭圆偏心率  $e=0.05$  (椭圆焦距  $c=1$ ),  $r_1=85.3, r_2=49.7$  时,  $E$  轨迹更接近于三尖瓣内摆线轨迹,与常用机构的  $R$  轨迹相比,  $E$  轨迹在放盒前纸盒与挡板碰撞时的运动速度比  $R$  轨迹要减少 14.3%,取放盒时的加速度减少 14.3%。这说明新机构纸盒与盒支架、挡板拉扯碰撞时所受到的冲击力减小,在取放盒时纸盒由速度变化而产生的惯性力也相应减小,这都使纸盒能够更加牢固地吸附于吸盘之上。不仅如此,整个运行周期  $E$  轨迹的最大加速度要比  $R$  轨迹减少 9.9%,这意味着机构各运动副所受额外惯性力减小,机构的使用寿命得到提高。

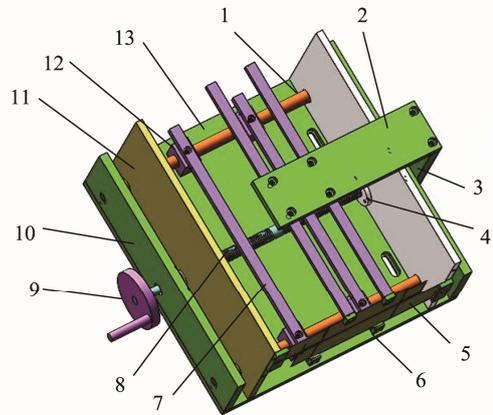
综上所述,对于取放盒动作的实现,  $E$  轨迹要比  $R$  轨迹有更高的可靠性,新型取盒机构理论上可行。

### 2.4 可调盒支架的设计

盒支架用来存放原始平板状纸盒,作为取盒机构机架的一部分,要适应不同长度盒型的存放要求,因此要做可调性设计。文中可调盒支架的设计见图 7。

图 7 中纸盒 5 限制在上下 4 根挡杆 7 和左右两调节板 11 组成的空间里,下挡杆与各挡杆端部的端块

6 一起承受纸盒的重量。当转动手轮 9 时,双头丝杆 8 可带动两调节板同时相向运动以适应不同长度的纸盒,并可保证纸盒的中心不变。



1.光轴 2.平板 3.竖板 4.螺母 5.纸盒 6.端块 7.挡杆 8.双头丝杆 9.手轮 10.侧固定板 11.调节板 12.小支座 13.底板

图 7 可调盒支架

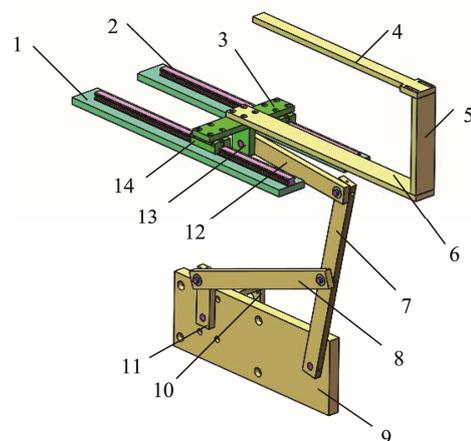
Fig.7 Adjustable carton bracket

## 3 可调推料机构、封盒机构及传送机构的设计

除了取盒机构,推料机构、封盒机构与传送机构也是纸盒装盒机的重要组成部分,也要对这几部分进行可调性设计与运动分析。

### 3.1 推料机构的设计与运动学分析

由于被包装物仅为医用胶带,经过多番比较,文中采用了曲柄摇杆式直线推料机构<sup>[15]</sup>,结构紧凑,运行平稳,具有急回特性。推料机构的结构见图 8。



1.导轨底板 2.导轨 3.导靴连接板 4.推板 5.支撑竖板 6.支撑横板 7.摆杆 8.连杆 9.底座 10.电机板 11.曲柄 12.推杆 13.侧连接板 14.导靴

图 8 推料机构

Fig.8 Pushing mechanism

推料机构是由曲柄摇杆机构与摆杆滑块机构串联而成,由曲柄 11 带动推板 4 往复运动,此机构运动简图见图 9。

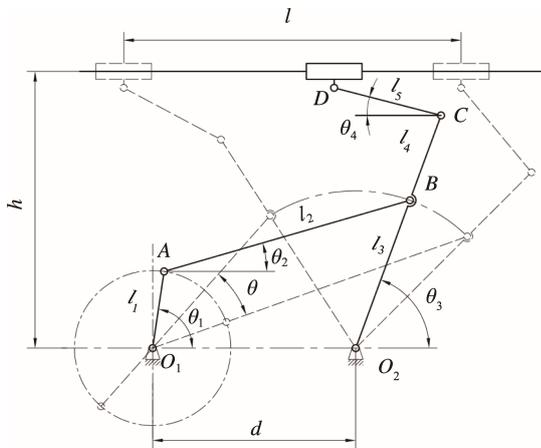


图 9 推料机构运动简图  
Fig.9 Motion diagram of pushing mechanism

根据设计,图 9 中各构件尺寸如下:  $l_1=70\text{ mm}$ ,  $l_2=300\text{ mm}$ ,  $l_3+l_4=340\text{ mm}$ (其中  $l_3=l_4=170\text{ mm}$ )  $l_5=210\text{ mm}$ ,  $h=351\text{ mm}$ ,  $d=250\text{ mm}$ , 对其建立杆矢量方程运用解析法进行运动分析,得图 9 中极位夹角  $\theta=18.38^\circ$ , 由此可得行程速比系数  $k\approx 1.23$ 。当曲柄逆时针旋转时,推板推程慢而回程快,具有明显的急回特性,符合使用要求。

把图 8 的虚拟装配模型调入 SolidWorks 运动仿真模块,设置曲柄驱动马达转速为  $120\text{ r/min}$ ,通过对推板上取点可得曲柄一个周期内此点加速度时间数据,经 Origin 软件的 B-spline 曲线拟合,得推板加速度时间光滑曲线见图 10。

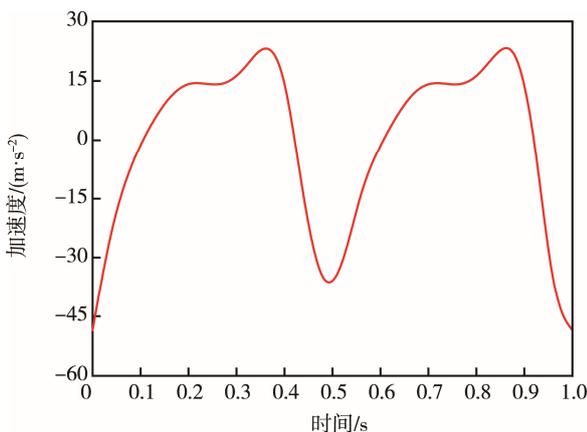


图 10 推板加速度时间曲线  
Fig.10 Acceleration-time curve of push bar

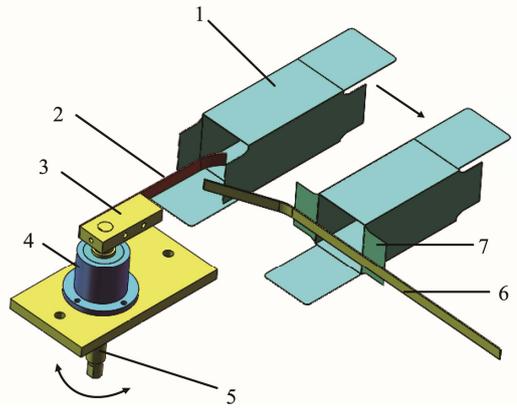
图 10 中推板加速度曲线光滑连续,可见其运动时不会产生冲击,符合运动平稳性的要求。

与此同时,为了适应不同长度的纸盒,特别在推板上设计了可调安装长孔以调节推板的初始位置。

### 3.2 封盒机构的设计

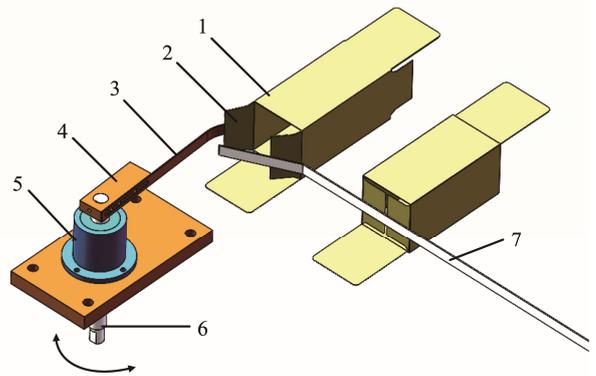
封盒机构包括预开侧舌、折侧舌、折大舌推大舌 3 个子机构。

1) 预开侧舌与折侧舌子机构,见图 11—12,两子机构结构类似,不同的是,预开侧舌子机构中拨杆拨动的是纸盒推料端右边的侧舌,使其预打开,以便导条顺利压制两边侧舌至完全打开状态;折侧舌子机构中拨杆拨动的是纸盒两端左边的侧舌(图 12 只表示了一端的结构),使其向内关闭,以便随着纸盒的行进,导条可顺利压制两边侧舌至完全关闭。



1.纸盒 2.拨杆 3.连接块 4.轴座 5.转轴 6.导条 7.侧舌

图 11 预开侧舌子机构  
Fig.11 Sub-mechanism to pre-open side tongue

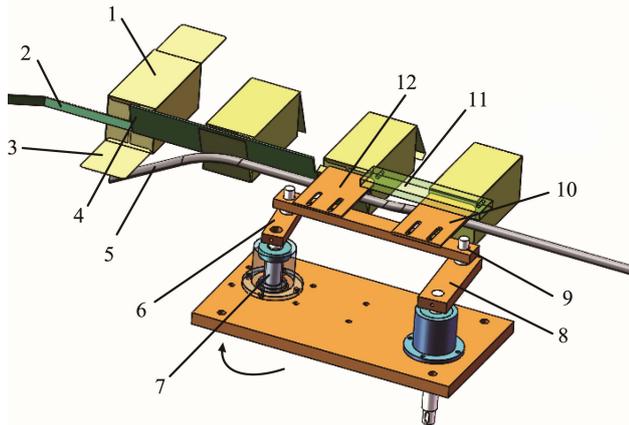


1.纸盒 2.侧舌 3.拨杆 4.连接块 5.轴座 6.转轴 7.导条

图 12 折侧舌子机构  
Fig.12 Sub-mechanism to bend side tongue

2) 折大舌推大舌子机构。此子机构由一曲柄摆杆机构和导杆等组成,见图 13。(纸盒另一端大舌也需同时关闭,两端机构相同,图 13 只表示一端的机构)

纸盒在完成折侧舌后随输送带继续前行,大舌在导棒与斜挡板的共同作用下向上翻起,接着折舌板利用斜挡板上沿的空缺把大舌头部顶弯,后由推舌板把大舌推入盒体完成封盒,见图 13。



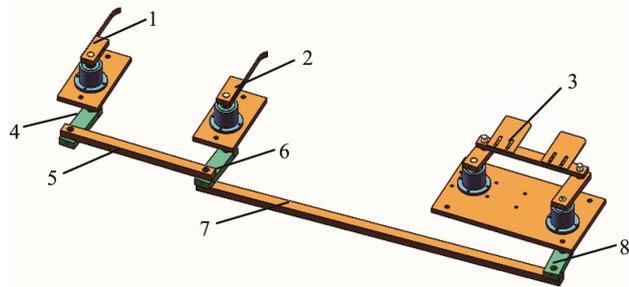
1.纸盒 2.导条 3.大舌 4.斜挡板 5.导棒 6.曲柄 7.驱动轴 8.摇杆 9.连杆 10.推舌板 11.压舌条 12.折舌板

图 13 折大舌推大舌子机构

Fig.13 Sub-mechanism to bend and push chief tongue

把上述 3 种子机构串连，形成了封盒机构的整体，推料端的封盒机构整体示意图见图 14。在另一端，由于不需要预开侧舌，所以去除了图 14 中的 1，4，5 这 3 部分。

需要特别指出的是，为了适应不同长度的盒形，在图 11，12 中的拨杆和图 13 中的推舌板、折舌板上也都开有调节安装的长孔。



1.预开侧舌子机构 2.折侧舌子机构 3.折大舌推大舌子机构 4.摇臂 1 5.连杆 1 6.摇臂 2 7.连杆 2 8.摇臂 3

图 14 推料端封盒机构整体示意

Fig.14 Overall schematic diagram for box-sealing mechanism at pushing end

### 3.3 传送机构的设计

传送机构的动力由电机经凸轮分割器机构<sup>[16]</sup>传递给传送带，实现了间歇式传动。传送带采用了圆弧齿同步带传动，并且在通用的圆弧齿同步带上焊接挡板来满足放盒时打开原始纸盒和推料时形成滑道的要求。传送机构的设计见图 15。

## 4 整机设计与样机试验

根据上述关键机构的优化设计，进一步对整机进行三维装配设计并试制出样机，见图 16。

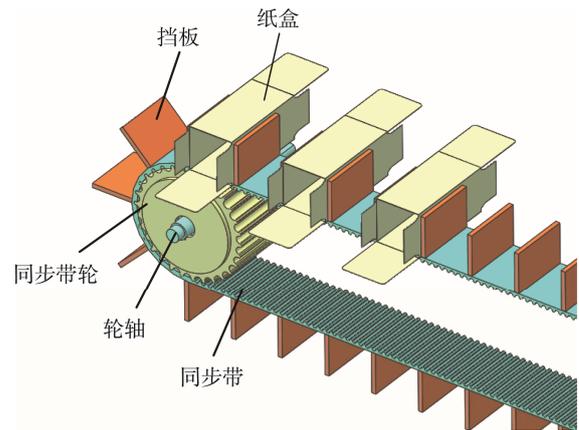


图 15 传送机构

Fig.15 Delivery mechanism



图 16 医用胶带装盒机样机

Fig.16 Prototype for medical tape cartoning machine

装盒机整机装配调试完成后，对取盒、推料、封盒等机构的功能与多盒型的适应性进行了测试。在对取盒机构的测试中，协调传送带与其同步，顺利地实现了取盒、开盒与放盒的功能；通过控制器调节推料机构的推送频率，使其在传送带运行的间歇中顺利地将胶带推入盒中；通过精调封盒机构中预开侧舌、折侧舌位拨杆相对纸盒的位置，实现了对侧舌与大舌的预定动作，顺利地完成了封盒的任务；最后通过调节盒支架和推料机构中推杆的长度，同时也对封盒机构中的拨杆、折舌板及推舌板的长度进行调节，取长度极值分别为 50 mm 及 70 mm 的医用胶带与各自对应的长度分别为 70 mm 及 100 mm 纸盒分 2 批进行各项包装功能测试，均顺利通过，从而验证了该机器具有针对不同长度盒型可适性的自动化包装功能。

## 5 结语

文中在对国内外纸盒装盒机现状研究的基础上，提出了对取盒机构取放盒动作可靠性与整机盒长可变性进行提升的研究目标。通过对常用圆柱齿轮行星轮系取盒机构运动性能的分析优化，得到文中提出的圆-椭圆齿行星轮系取盒机构；对装盒机的盒支

架、推料机构、封盒机构及传送机构进行了创新设计,在满足使用要求的前提下增加了可变性设计;最后进行了整机三维模型设计和样机制作,通过对2种不同长度尺寸的医用胶带与包装纸盒的包装测试,证明该装盒机取放盒可靠,可满足不同长度尺寸盒型的包装需求。

#### 参考文献:

- [1] 王宏祥, 赵凯凤, 王仁蛟. 药品纸盒包装机取盒机构优化设计[J]. 机械设计与制造, 2015(5): 69—71.  
WANG Hong-xiang, ZHAO Kai-feng, WANG Ren-jiao. The Optimum Design of Box-Taking Mechanism for Medicine Cartoning Machine[J]. Machinery Design & Manufacture, 2015(5): 69—71.
- [2] 韩庆红. 药品包装线高速开盒机运动学研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2016.  
HANG Qing-hong. Kinematics Research on Pharmaceutical Packaging Line High Speed Open Box Machine[D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2016.
- [3] COLES R, KIRWAN M J. Food and Beverage Packaging Technology[M]. New York: John Wiley & Sons, 2011.
- [4] SIRKETT D M, HICKS B J, BERRY C, et al. Simulating the Behaviour of Folded Cartons during Complex Packing Operations[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2006, 220(12): 1797—1811.
- [5] 李龙, 曹巨江, 田晓鸿. 行星轮式取盒机构的研究与分析[J]. 机械传动, 2011, 35(12): 60—62.  
LI long, CAO Ju-jiang, TIAN Xiao-hong. Research and Analysis of Planet Gear Style Box Taking Mechanism[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2011, 35(12): 60—62.
- [6] 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. Design and Research of Motion Path for High-speed Box-taking Mechanism[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(3): 28—30.
- [7] 余杰先, 李克天, 向飞. 化妆品自动装盒机取盒-开盒机构的设计与仿真[J]. 机电工程技术, 2014(8): 90—93.  
YU Jie-xian, LI Ke-tian, XIANG Fei. Design and Simulation of Boxing Taking Mechanism in a Automatic Cartonier for Comestics[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2014(8): 90—93.
- [8] 孙怀远, 廖跃华. 药品装盒机械的典型结构及其发展趋势[J]. 机电信息, 2009(5): 30—33.  
SUN Huai-yuan, LIAO Yue-hua. Typical Structure and Development Trend of Drug Packaging Machinery[J]. Mechanical and Electrical Information, 2009(5): 30—33.
- [9] 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. Research and Design of Four-head Box-taking Mechanism[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(6): 31—34.
- [10] 王英, 陈建能, 赵雄, 等. 非圆齿轮行星轮系传动的栽植机构参数优化与试验[J]. 农业机械学报, 2015(9): 85—93.  
WANG Ying, CHEN Jian-neng, ZHAO Xiong, et al. Parameter Optimization and Experiment of Planting Mechanism Driven by Planetary Non-circular Gears[J]. Transactions of the Chinese So-ciety of Agricultural Machinery, 2015(9): 85—93.
- [11] 陈建能, 黄前泽, 王英, 等. 钵苗移栽机非圆齿轮行星轮系栽植机构参数分析与反求[J]. 农业工程学报, 2013(8): 18—26.  
CHEN Jian-neng, HUAN Qian-ze, WANG Ying, et al. Parametric Analysis and Inversion of Transplanting Mechanism With Planetary Non-circular Gears for Potted-seedling Transplanter[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013(8): 18—26.
- [12] 于文翠, 赵凤芹. 基于 Pro/E 的椭圆齿轮三维参数化造型方法的研究[J]. 机械设计与制造, 2006(3): 54—56.  
YU Wen-cui, ZHAO Feng-qin. Studied on the Ellipse Gear Three-dimensional Parameter Modeling with Pro/E[J]. Machinery Design & Manufacture, 2006(3): 54—56.
- [13] 周梅芳, 俞高红, 赵匀, 等. 椭圆齿轮行星轮系蔬菜钵苗取苗机构的参数优化与试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(18): 13—21.  
ZHOU Mei-fang, YU Gao-hong, ZHAO Yun, et al. Parameter Optimization and Test on Pick-up Mechanism of Planetary Gear Train with Ellipse Gears for Vegetable Plug Seedling[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(18): 13—21.
- [14] 童俊华, 唐曲曲, 武传宇, 等. 自动装盒机椭圆-圆齿轮行星轮系取盒机构轨迹分析与设计[J]. 机械工程学报, 2018, 54(11): 172—179.  
TONG Jun-hua, TANG Qu-qu, WU Chuan-yu, et al. Elliptical-circular Planetary Gear Train Box-taking Mechanism Design and Trajectory Analysis for Auto-

- matic Cartoning Machines[J]. *Journal of Mechanical Engineering*, 2018, 54(11): 172—179.
- [15] 董伟, 李克天, 李啟定. 自动装盒机推料机构设计与仿真[J]. *包装工程*, 2015, 36(19): 89—92.  
DONG Wei, LI Ke-tian, LI Qi-ding. Designing and Simulation of Pusher Mechanism for Automatic Cartoning Machine[J]. *Packaging Engineering*, 2015, 36(19): 89—92.
- [16] 张宁宁, 张振国, 李昊坤, 等. 穴盘苗移栽机凸轮间歇式取苗机构的设计[J]. *新疆农垦科技*, 2016, 39(4): 37—41.  
ZHANG Ning-ning, ZHANG Zhen-guo, LI Hao-kun, et al. Design of Cam Intermittent Picking Seedling Mechanism for Plug Seedling Transplanter Machine[J]. *Xinjiang Farmland Reclamation Science & Technology*, 2016, 39(4): 37—41.