



天津科技大学学报

Journal of Tianjin University of Science & Technology

ISSN 1672-6510, CN 12-1355/N

《天津科技大学学报》网络首发论文

题目：香烟硬质条盒装填机模块化设计
作者：汪月琪，李光
DOI：10.13364/j.issn.1672-6510.20230206
收稿日期：2023-11-02
网络首发日期：2024-06-21
引用格式：汪月琪，李光. 香烟硬质条盒装填机模块化设计[J/OL]. 天津科技大学学报.
<https://doi.org/10.13364/j.issn.1672-6510.20230206>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。



DOI: 10.13364/j.issn.1672-6510.20230206

香烟硬质条盒装填机模块化设计

汪月琪, 李 光

(天津科技大学轻工科学与工程学院, 天津 300457)

摘要: 目前香烟硬质条盒装填机只能适用一种硬质香烟条盒盒型, 但市面上使用的硬质条盒种类繁多, 缺少一款可以满足大部分硬质条盒装填需求的装填机。本文基于模块化的概念, 根据硬质条盒装填工艺流程将香烟硬质条盒装填机划分为多个模块; 在进行模块设计时, 根据硬质条盒结构特点进行个性化设计, 实现了在适配不同硬质条盒时, 可通过对各模块的重新设计布置满足新的需求。通过工作循环图合理规划每个工序的循环时间, 并通过 Adams 对部分机构进行运动学仿真分析。设计了满足 4 种条盒装填需求的香烟硬质条盒装填机, 生产效率为 15 条/min。该装填机实现了条盒的开盒、开纸、装填、闭纸、闭盒等工序, 降低工作强度, 提高了生产效率, 满足多种香烟硬质条盒自动化装填需求。

关键词: 模块化设计; 硬质条盒; 装填机; 运动学仿真

中图分类号: TB486

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510 (2024)00-0000-00

Modular Design of Cigarette Rigid Crate Filling Machine

WANG Yueqi, LI Guang

(College of Light Industry Science and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: At present, the cigarette hard strip box filling machine can only be used for one type of hard cigarette strip box, but there are many types of hard strip boxes used on the market, and there is a lack of a filling machine that can meet most of the hard strip box filling needs. This article is based on the concept of modularization and divides the cigarette hard strip box filling machine into multiple modules according to the process flow of hard strip box filling; When designing modules, personalized design was carried out based on the structural characteristics of hard strip boxes, achieving the ability to meet new requirements by redesigning and arranging each module when adapting to different hard strip boxes. Reasonably plan the cycle time of each process through a work cycle diagram, and conduct kinematic simulation analysis on some mechanisms through Adams. As a result, a cigarette hard strip box filling machine was designed to meet four types of box filling requirements, with a production efficiency of 15 bags/minute. The filling machine has achieved the processes of opening, paper opening, filling, paper closing, and box closing of strip boxes, reducing work intensity, improving production efficiency, and achieving automation of the strip box filling process.

Key words: modular design; hard strip box; filling machine; kinematics simulation

随着中国经济的快速发展, 消费者对高档品牌香烟的需求不断增长, 卷烟生产企业逐渐增加高档品牌香烟的生产规模^[1]。与普通香烟不同, 高档品牌

香烟的条盒一般是硬质条盒^[2], 将香烟包装入条盒的工序更多、操作更复杂。

关于硬质条盒装填机的设计, 李铁等^[3]发明了一

收稿日期: 2023-11-02; 修回日期: 2024-04-10

作者简介: 汪月琪(2002—), 女, 天津人, 硕士研究生; 通信作者: 李 光, 副教授, guangl@tust.edu.cn

种礼品盒香烟的条盒装填包装机及装填方法。该包装机采用自动化流水线作业，实现了礼品盒自动装填烟包，提高了作业效率，实用性强。高贤杰等^[4]发明了一种操纵烟包自动装入双层条盒的系统，该系统不仅自动化程度高，而且各个操纵环节准确、到位、及时，极大提高了包装质量，降低工人劳动强度。韩国栋等^[5]对 FOCKE350S 香烟包装机进行模块化升级改造，满足客户对新产品要求，对一些机构传动进行一定的优化，让设备运行更加稳定，提高了设备运行效率。吕小波等^[6]对原装 YB65 香烟包装机进行改造，原条盒运输系统被拆除，增加了香烟包装填充机构、烟盒送料、烟盒的出料机构和进料机构，可有效稳定地完成侧开口预制纸箱卷烟包装填充，实现侧开口条盒的自动生产。

目前的香烟硬质条盒装填机只能适用一种硬质香烟条盒盒型，但市场上使用的硬质条盒的盒型种类繁多，还没有一款装填机可以满足大部分硬质条盒的装填需求，因此部分硬质条盒包装是通过手动进行的，这明显影响了烟草包装的生产效率和成本。随着高端卷烟的市场份额和产量的增加^[3]，烟草行业对硬质条盒包装机的需求越来越迫切。为解决上述问题，本文将结合模块化设计的思想^[7]，设计一款自动化硬质条盒装填机，通过模块的变换，满足多种硬质条盒需求，提供一种结构简单、操作方便、工作效率高的硬质条盒装填机。

1 基于功能流的硬质条盒装填机总体设计

功能流是指将产品的整体功能分为若干子功能，将每一个子功能分为若干功能要素，形成功能树自顶向下的建模方法^[8-10]。本文将运用功能分析系统技术，从关键工序以及 4 款书型盒的特点出发，详细分析硬质条盒装填机的组成机构。

硬质条盒装填机模块可以划分为条盒盒型、条盒输送喂料机构、装填工作台、烟包整理机构。装填工作台模块包含开盖、开盒维持机构、开纸、闭纸、闭盒、贴标、条盒覆膜、输送和接口。烟包整理机构包含二五平包机构和双排平包机构。详细划分结果如图 1 所示。

2 硬质条盒装填机主要机构设计

2.1 条盒盒型

对市面上使用的条盒盒型进行分析，本研究选取了适用范围最广的 4 种盒型即常规书型盒、对开

书型盒、对开双层书型盒和双层书型盒作为研究对象。4 种盒型尺寸及打开效果如图 2 所示。

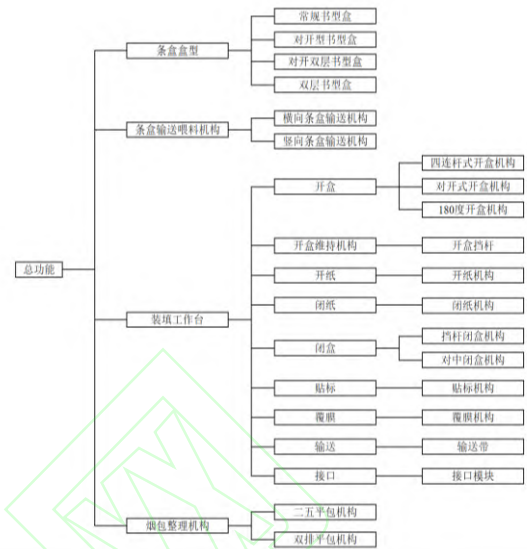
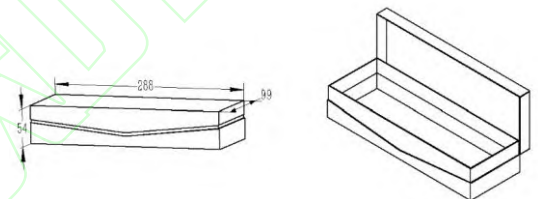
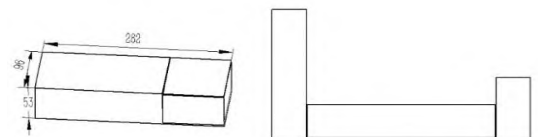


图 1 硬质条盒装填机模块划分

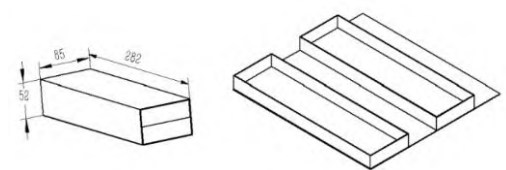
Fig. 1 Module division of cardboard box filling machine



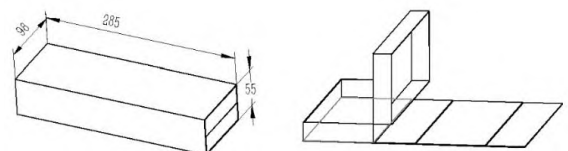
(a) 常规书型盒尺寸图和打开效果图



(b) 对开书型盒尺寸图和打开效果图



(c) 对开双层书型盒尺寸图和打开效果图



(d) 双层书型盒尺寸图和打开效果图

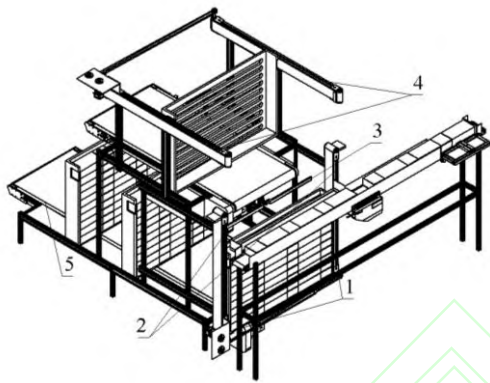
图 2 盒型

Fig. 2 Box type

2.2 条盒输送喂料机构

2.2.1 横向条盒输送喂料机构

横向条盒输送喂料机构如图 3 所示。装满条盒的转运箱通过上料机构被输送到上升机构工位,在此工位上烟盘被烟盘阻挡装置 1 阻挡,停止前进,此时转运箱上升机构 2 保持在初始位置,抬升板位于转运箱下方。随着上升机构的运行,转运箱到达条盒推板工位,最上面一排条盒和条盒推板 3 平行,此时推板机构通过转运箱背部镂空位置向前推出,将最上面一排条盒推到前方输送带,随后推板缩回,以此循环直至转运箱里的条盒全部被推到条盒输送带上。然后,转运箱被抬升到转运箱下料机构 4,下料机构上的拉板卡在转运箱的卡口,使转运箱向后运动,直至转运箱沿着下料输送带水平向后移动。



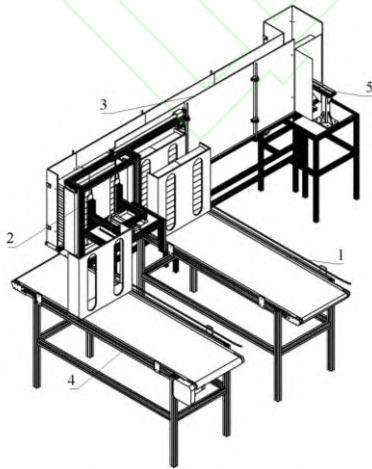
1. 烟盘阻挡装置; 2. 转运箱上升机构; 3. 条盒推板; 4. 转运箱下料机构; 5. 条盒转运箱上料输送带。

图 3 横向条盒输送喂料机构

Fig. 3 Horizontal strip box conveying feeding mechanism

2.2.2 竖向条盒输送喂料机构

竖向条盒输送喂料机构如图 4 所示。



1. 转运箱上料机构; 2. 推盒入仓机构; 3. 条盒输送仓; 4. 转运箱下料机构; 5. 条盒推板。

图 4 竖向条盒输送喂料机构

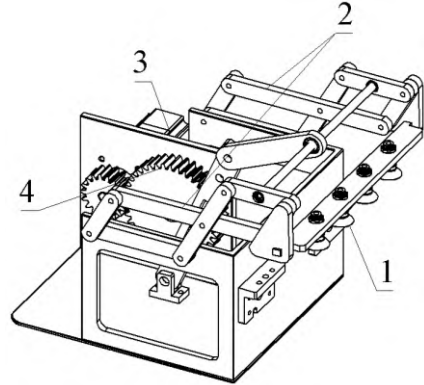
Fig. 4 Vertical strip box conveying feeding mechanism

装满条盒的转运箱放在上料机构 1 的输送带上,输送带把转运箱运输到推盒入仓机构 2 的横向推板处,横向推板此时启动,带动转运箱到条盒推板前的钣金处,然后返回原始位置,条盒推板向前推动将条盒推入条盒输送仓 3,当下一个转运箱被推板推向钣金处时,后一个转运箱顶替上一个转运箱的位置,同时把上一个转运箱顶到下料机构 4 上。当条盒被推入料仓后,会被输送带向条盒推板处输送,上方的气缸先将一系列条盒推入下方气缸的前面,同时气缸上的条盒推板 5 对后面的条盒也可以起到限位作用。下方的气缸在料仓壁的辅助下,将条盒逐个推出料仓,当一系列条盒推送完毕,上方的气缸再继续向前推进下一列。

2.3 装填工作台

2.3.1 四连杆式开盒机构

四连杆式开盒机构如图 5 所示。开盒机构依靠吸盘 1 吸附在盒盖表面,通过四连杆 2 固定吸盘杆带动吸盘逆时针旋转 90° ,从而完成开盒过程。四连杆式开盒机构采用伺服电机 3 带动齿轮 4 提供动力,而曲柄摇杆机构可以将旋转运动转变为左右摆动运动。齿轮加上曲柄摇杆机构使四连杆开盒机构具有急回特性,提高了工作效率。



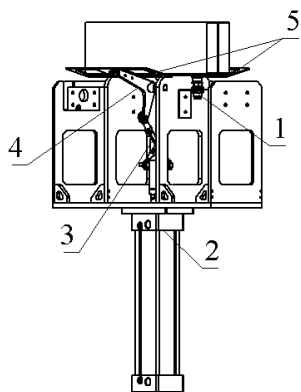
1. 吸盘; 2. 四连杆机构; 3. 伺服电机; 4. 传动齿轮。

图 5 四连杆式开盒机构

Fig. 5 Four link box opening mechanism

2.3.2 对中闭盒机构

对中闭盒机构如图 6 所示。当传感器检测到条盒被输送到闭盒机构处时,机构上的吸盘 1 固定住条盒后板,气缸 2 的活塞杆向上运动,带动两根连接棒 3 同时运动。肘形连接杆 4 分别与连接棒 3 和拨板 5 连接,拐角处铰接固定到拨板 5 上,使两侧拨板向内反转。此时,条盒的盒盖和底板同时向内转动 90° 完成闭盒动作。最后,吸盘 1 断负压,输送带将条盒继续向下一工位输送。



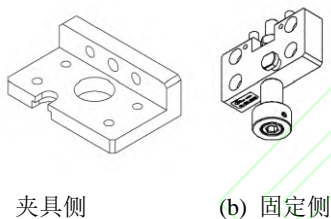
1. 吸盘; 2. 气缸; 3. 连接棒; 4. 肘形连接杆; 5. 拨板。

图 6 对中闭盒机构

Fig. 6 Centering and tightening box closing mechanic

2.3.3 接口模块

快速转换接口如图 7 所示。接口模块使用的是 eins 品牌的快速转换模块, 型号是 OA-SSI-SUS, 用于快速转换夹具。只需要转动一颗螺丝就可以完成夹具交换, 该模块使用超硬铝材, 质量轻、刚性优良。



(a) 夹具侧 (b) 固定侧

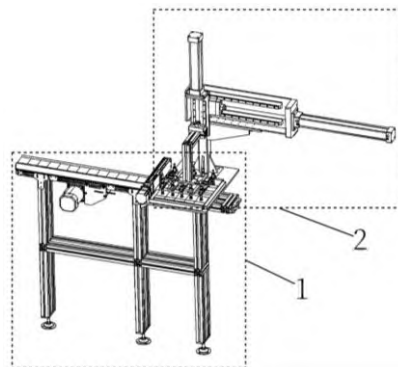
图 7 快速转换接口

Fig. 7 Quick conversion interface

2.3.4 烟包整理机构

双排十包整理装填机构如图 8 所示。烟包整理机构 1 将包装好的烟包通过单轴驱动器下面的通道送到烟盒分拨底板进行排列。当烟包进入分拨工位时, 单轴驱动器带动拨杆将中间通道的烟包推向上侧, 然后等待后面 5 包烟包到达分拨工位后, 将烟包向下推入, 此时 10 包烟包被排列成两排。

吸盘式装填机构 2 上的吸盘通过吸盘架固定, 吸盘架可通过两个气缸配合运动, 从而沿竖直和水平方向移动。吸盘架与竖直固定的气缸连接, 竖直气缸的固定底板与水平气缸连接。吸盘在负压作用下吸住双排 10 包烟包, 并在竖直气缸的作用下使吸盘架上升, 然后在水平气缸的带动下, 使气缸架水平运动到条盒上方。最后气缸向下运动, 直至烟包被装填到条盒中。

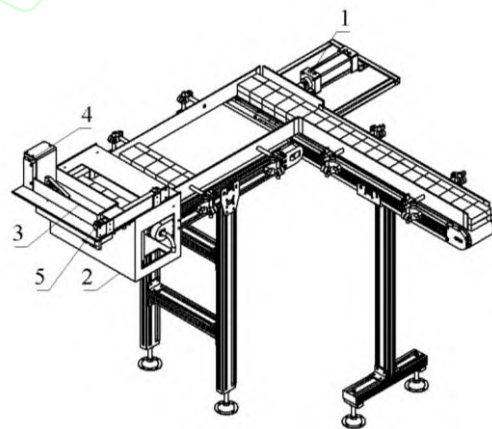


1. 烟包整理机构; 2. 吸盘式装填机构

图 8 双排十包整理装填机构

Fig. 8 Double row ten pack sorting and filling mechanism

二五平包整理装填机构如图 9 所示。二五平包整理装填机构由两条输送带组成, 在输送带拐角处固定安装一个无杆气缸 1, 气缸每次可向前方输送带推入一组双层 10 包香烟。当香烟被输送带输送到固定框 2 处, 导向框 3 内部的常规气缸 5 将双层 10 包香烟向上顶出到导向框 3 的位置, 然后导向框架通过无杆气缸 1 带动烟包到达下料口位置。下料口位置设有弹簧蝶形铰链固定的左右两片挡板, 当双杆气缸带动压板 4 向下运动时, 挡片垂直打开, 配合前后挡片, 精准地将烟包压入条盒。



1. 无杆气缸; 2. 固定框; 3. 导向框; 4. 压板; 5. 常规气缸

图 9 二五平包整理装填机构

Fig. 9 Two five flat packaging sorting and filling mechanism

3 硬质条盒装填机工作循环及仿真

3.1 工作循环

经考察, 将硬质条盒装填机的生产效率定为 15 条/min。根据工艺要求, 试取条盒推送和开盒时间为 4 s, 开纸、压烟和扫纸时间为 2.5 s。由于实际因素的影响, 按时间顺序的极限情况设计工作循环图不

准确, 所以需要在同步点增加错移量^[11], 试取错移量为 0.5 s。经过计算, 各机构的分配轴转角见工作循环图(图 10)。

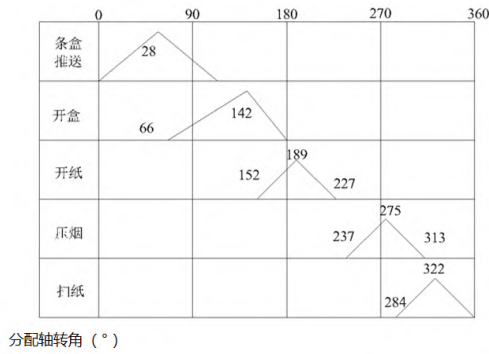


图 10 工作循环图

Fig. 10 Working cycle diagram

3.2 部分机构 Adams 运动仿真分析

3.2.1 开盒机构仿真模型的建立

将 Solidworks 建立的开盒机构三维实体模型简化, 保存为 parasolid 文件, 导入 Adams 软件后添加重力和材料属性, 连杆固定板材料属性为钢, 吸盘材料属性为橡胶, 最后将有相对运动关系的各个构件之间添加约束, 确定连接关系^[12-13]。

3.2.2 四连杆开盒机构仿真分析

首先在建立的四连杆开盒机构仿真模型中加入驱动, 即添加伺服电机, 转速设置为 800 r/min; 然后设置仿真类型为运动学仿真, 仿真时间为 30 s, 仿真步数为 1500 步, 利用后处理模块绘制运动曲线图^[14-15]。在 Adams 中建立的三维模型图如图 11 所示。

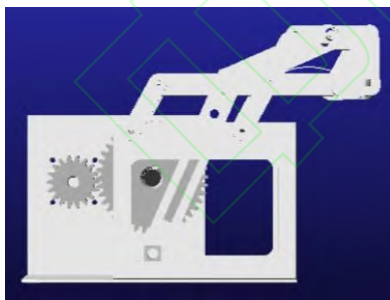
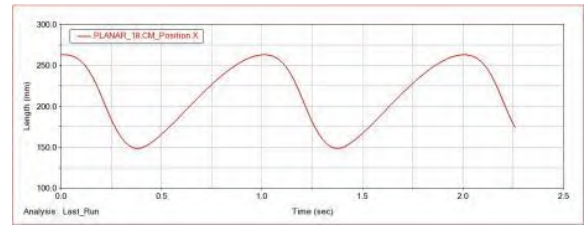


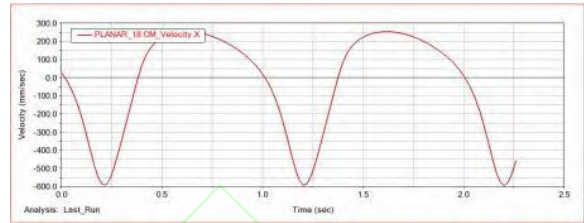
图 11 在 Adams 中建立的三维模型图

Fig. 11 3D model diagram built in Adams

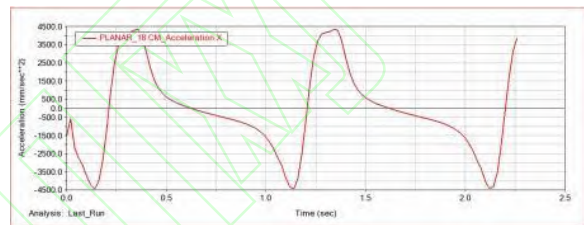
仿真完成后, 选择吸盘质心点创建运动轨迹。仿真结果包括运动轨迹、运动位移、运动速度和运动加速度。吸盘位移变化、速度变化和吸盘加速度变化曲线图如图 12 所示。对仿真曲线进行分析可知, 四连杆开盒机构的吸盘行程为 100 mm, 条盒宽度为 99 mm, 且速度、加速度的变化比较缓和, 满足开盒需求。



(a) 吸盘位移变化曲线



(b) 吸盘速度变化曲线



(c) 吸盘加速度变化曲线

图 12 吸盘位移变化、速度变化和吸盘架速度变化曲线

Fig. 12 Curves of sucker displacement change, velocity change, and sucker acceleration change

4 结 语

本文以香烟硬质条盒包装工序的包装工艺和包装机为研究对象, 运用模块化设计, 论述装填机的总体设计方案, 设计出一款可通过对各模块重新设计布置进而满足不同硬盒包装需求的硬质条盒装填机。同时, 该项研究设计方案可为装填机的设计提供参考依据, 并为装填机提供了有效的技术支撑。对装填机工作循环时间合理规划, 并且把部分机构放在 Adams 中进行仿真, 观察其运动轨迹, 将规划前后的位移、速度及加速度变化曲线进行对比, 验证了规划的合理性, 提升了机构的稳定性。

参考文献:

- [1] 梁亮. 高端卷烟市场优化布局战略研究[C]//广西壮族自治区烟草公司柳州市公司. 广西壮族自治区烟草公司柳州市公司 2022 年学术论文汇编. 柳州:广西壮族自治区烟草公司柳州市公司, 2022.
- [2] 谢凝, 段宁东, 王海娟. 中国高端卷烟消费特性的经济

- 学探析[C]//中国软科学研究会, 中国科学技术信息研究所. 第八届中国软科学学术年会论文集:上. 北京:中国软科学杂志社, 2011.
- [3] 李铁, 薄洋, 陈自健, 等. 礼品盒香烟的条盒装填包装机及装填方法:201910786227. 6[P]. 2022-03-18.
- [4] 高贤杰, 黄伟. 操纵烟包自动装入双层条盒的系统:201811271773. 8[P]. 2021-02-19.
- [5] 韩国栋, 付韵哲, 李志刚, 等. FOCKE350S 硬盒包装机模块化设计的研究和应用[J]. 装备维修技术, 2019(4):15.
- [6] 吕小波, 马立, 桑丛, 等. 基于侧开式预制条盒卷烟装填设备的开发与应用[J]. 包装工程, 2022, 43(17):282-288.
- [7] 赵京, 张晓丹, 张自强, 等. 模块化机械装备及其设计方法研究综述 [J]. 华中科技大学学报 (自然科学版), 2021, 49(10):19-29.
- [8] 胡光忠, 柳忠彬, 肖守讷. 机械产品快速设计理论与方法研究现状[J]. 现代制造工程, 2014(12):110-117.
- [9] 郑晓伟. 模块化设计在包装机械设计中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(1):14-16.
- [10] 李光. 包装机械成套设备模块化设计系统的研究[J]. 包装工程, 2004, 25 (3):169-170.
- [11] XIE H L, ZHAO X F, SUN Q C, et al. A new virtual-real gravity compensated inverted pendulum model and ADAMS simulation for biped robot with heterogeneous legs[J]. Journal of mechanical science and technology, 2020, 34(1): 401-412.
- [12] QIAO J B, YAN H J, WANG Z Y. The simulation analysis of lifting type tractor's ride comfort based on ADAMS/view[J]. Mathematical models in engineering, 2018, 4(3): 138-144.
- [13] ZANG H Y, YU Z P, XIONG L. The influences of the subframe flexibility on handling and stability simulation when using ADAMS/Car[EB/OL].[2023-10-10]. <https://doi.org/10.4271/2016-01-1637>.
- [14] 李增刚. ADAMS 入门详解与实例[M]. 北京: 北京国防工业出版社, 2006.
- [15] SI G M, LIU J W, ZHANG J, et al. Kinematics simulation and design of work elements of demolition robot based on virtual prototype[J]. Advanced materials research, 2012, 479: 1565-1569.