



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20230206

数字出版日期: 2024-06-21; 数字出版网址: <http://link.cnki.net/urlid/12.1355.N.20240620.1540.007>

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,降低了工作强度,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)06-0075-06

Modular Design of Cigarette Hard Strip Box 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 many types of hard strip boxes are used on the market, and there is a lack of a filling machine that can meet most of the hard strip box filling needs. Based on the concept of modularization, in this article we divide the cigarette hard strip box filling machine into multiple modules according to the process flow of hard strip box filling; when designing modules, we carried on personalized design 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. Moreover, we also reasonably planned the cycle time of each process through a work cycle diagram, and conducted kinematic simulation analysis on some mechanisms through Adams. Finally, we designed a cigarette hard strip box filling machine 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

引文格式:

汪月琪, 李光. 香烟硬质条盒装填机模块化设计[J]. 天津科技大学学报, 2024, 39(6): 75-80.

WANG Y Q, LI G. Modular design of cigarette hard strip box filling machine[J]. Journal of Tianjin university of science & technology, 2024, 39(6): 75-80.

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

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

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,满足客户对新产品的要求,对一些机构传动进行一定的优化,让设备的运行更加稳定,提高了设备的运行效率。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的总体设计

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款书形盒的特点出发,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。

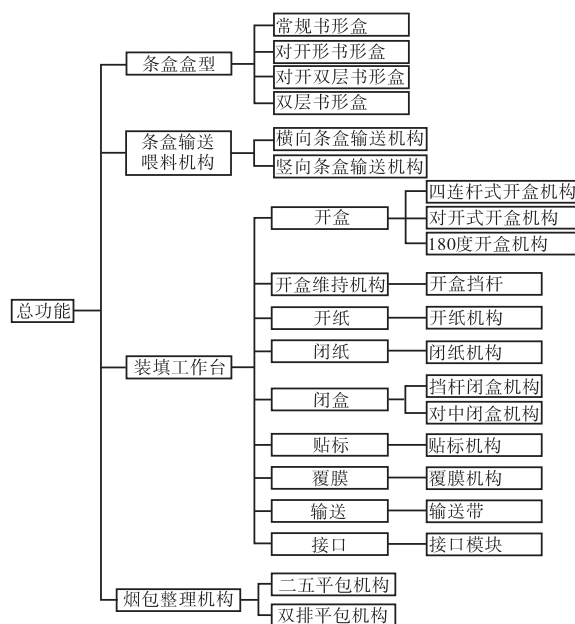


图1 硬质条盒装填机模块划分

Fig. 1 Module division of hard strip box filling machine

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种盒型即常规书形盒、对开书形盒、对开双层书形盒和双层书形盒作为研究对象。4种盒型尺寸及打开效果如图2所示(长度单位为mm)。

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。随后,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。

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。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

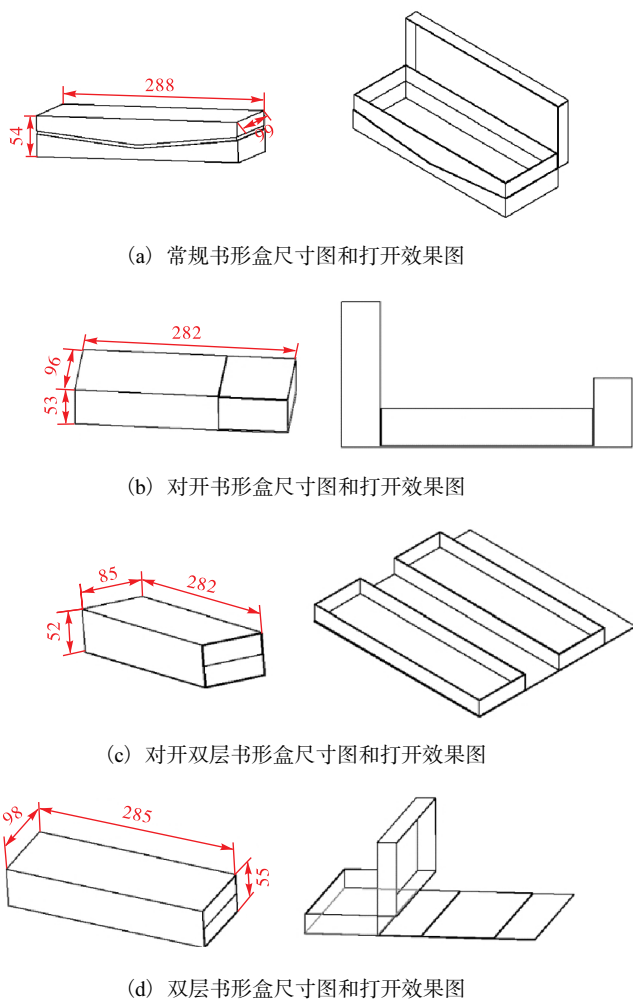
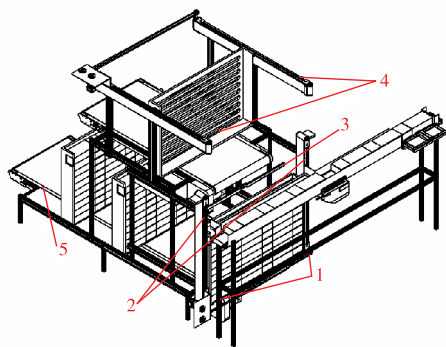


图 2 盒型

Fig. 2 Box type



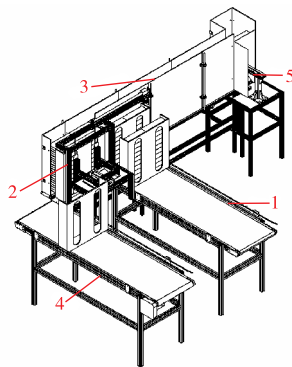
1. 烟盘阻挡装置; 2. 转运箱上升机构; 3. 条盒推板; 4. 转运箱下料机构; 5. 条盒转运箱上料输送带。

图 3 横向条盒输送喂料机构

Fig. 3 Horizontal strip box conveying feeding mechanism

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。



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。

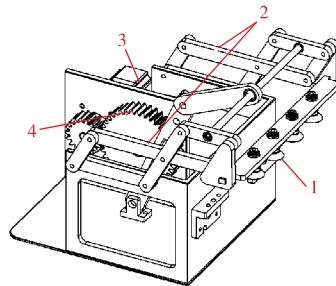
图 4 竖向条盒输送喂料机构

Fig. 4 Vertical strip box conveying feeding mechanism

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, 通过四连杆机构 2 固定吸盘杆带动吸盘逆时针旋转 90° , 从而完成开盒过程。四连杆式开盒机构通过伺服电机 3 带动传动齿轮 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。

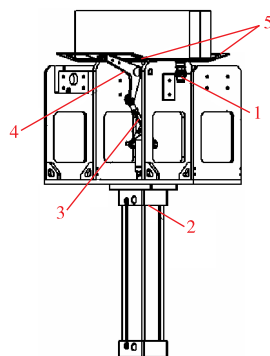
图 5 四连杆式开盒机构

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 mechanism

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。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。

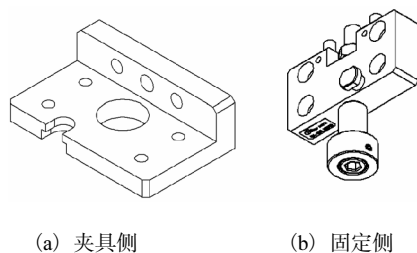


图7 快速转换接口

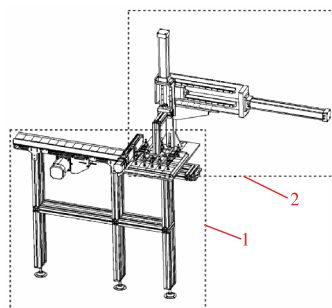
Fig. 7 Quick conversion interface

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。

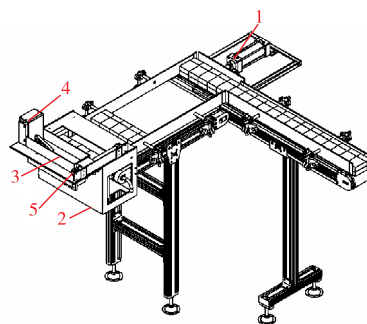


1. 烟包整理机构; 2. 吸盘式装填机构。

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-package 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4s,开纸、压烟和扫纸时间为2.5s。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)。

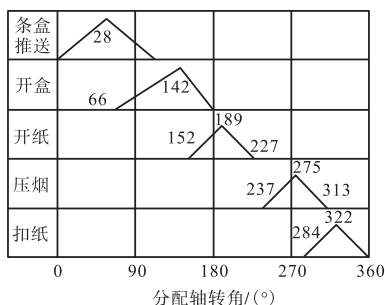


图 10 工作循环图

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

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 1 500 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。

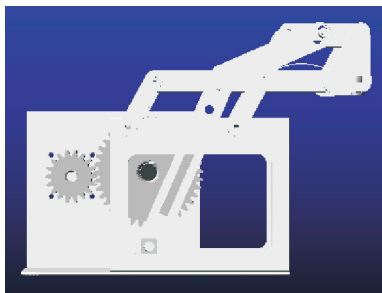
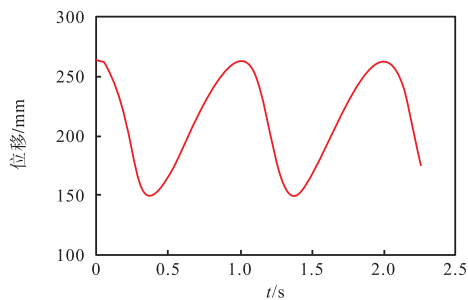


图 11 在 Adams 中建立的三维模型图

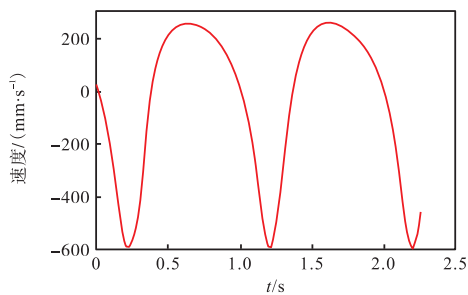
Fig. 11 3D model diagram built in Adams

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,且速度的变化与加速度的变化均比较缓和,满足开盒

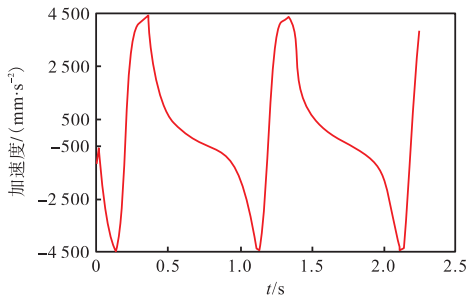
需求。



(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、速度变化和加速度变化曲线

Fig. 12 Curves of sucker displacement change, velocity change, and 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,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 硬盒包装机组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.

责任编辑: 周建军