

锁底式纸盒底部自动折叠装置

骆开荣, 胡仲勋

(湖南大学, 长沙 410082)

摘要: **目的** 以锁底式纸盒为研究对象, 研究其底部机械化折叠的实现方式。**方法** 通过分析锁底式纸盒底部折叠动作的工艺要求和技术原理, 探讨自动折叠装置关键执行机构的设计与布局, 利用 adams 对重要机构进行优化。**结果** 通过各执行机构的协调动作实现了纸盒底部的折叠成形, 优化后的机构增大了纸盒的尺寸折叠柔性。**结论** 基于传统人工折叠工艺, 依据机械设计理论, 制定出合理的机械折叠工艺, 完成了自动折叠装置的设计。

关键词: 纸盒折叠; 机构设计; 结构优化

中图分类号: TB486⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)21-0162-07

Automatic Folding Device at the Bottom of Bottom-locked Carton

LUO Kai-rong, HU Zhong-xun

(Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: The work aims to study the mechanized folding of the carton bottom with the bottom-locked carton as the study object. By analyzing the process requirements and technical principles of the bottom folding of bottom-locked carton, and discussing the key actuator's design and layout of automatic folding device, the important mechanism was optimized with adams. The bottom folding of carton was achieved through the coordinated action of each actuator. The optimized mechanism greatly improved the dimensional folding flexibility of the carton. A reasonable mechanical folding process is formulated based on the traditional manual folding process and mechanical design theory, with which the automatic folding device is designed.

KEY WORDS: carton folding; mechanism design; structure optimization

锁底式纸盒由于其环保、可回收等优点, 被越来越多小盒包装的企业所青睐, 而大多数锁底式纸盒包装环节仍然依靠人工, 人工折叠的方式带来了成本高、熟练度要求高、阶段性生产力不足、存在卫生隐患等诸多问题^[1-2]。锁底式纸盒自动包装机的发展成为必然, 而底部自动折叠装置是自动包装机实现全自动化的一个重要独立模块^[2], 对锁底式纸盒包装的生产效率起着关键作用, 因此该装置的研发具有重要应用价值。王宏祥^[3]、唐书喜^[4]等根

据取盒工艺设计并优化了取盒机构, 解决了机械化取盒难题; 刘天植^[5-6]等分析了多种纸盒的折叠成形机构与折叠生产的过程, 指导了多种纸盒成形机械的设计。文中继续对取盒工艺后的纸盒底部折叠工艺方法和技术原理进行探索, 依据纸盒成形机械的原理和方法设计出纸盒底部自动折叠装置, 装置内各机构的协调动作可实现锁底式纸盒底部的折叠工艺动作^[7-11]。

收稿日期: 2016-04-22

作者简介: 骆开荣 (1994—), 男, 贵州惠水人, 湖南大学硕士生, 主攻机械 CAD 设计。

通讯作者: 胡仲勋 (1964—), 男, 湖南新邵人, 湖南大学副教授, 主要研究方向为机械制造工艺。

1 纸盒底部折叠工艺及机构设计

锁底式纸盒盒坯片见图 1, 糊头与侧面粘接压成盒坯。纸盒底部折叠流程见图 2, 盒坯 (图 2a) 经取盒机构作用变为图 2b 中的姿态^[3-4]。文中研究的机械折叠工艺始于图 2b 姿态终于图 2h 的姿态。根据纸盒底部结构特征和折叠工艺要求将总工艺分为: 撑开工艺、内折工艺、自锁工艺等^[5-11], 由各工艺设计出对应的执行机构^[12-15], 整合各执行机构形成自动折叠装置 (简称装置)。

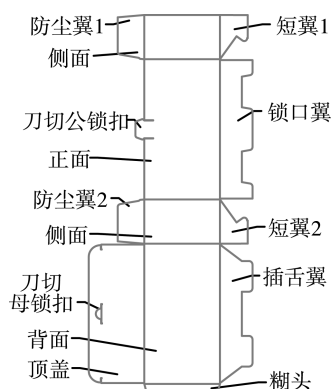


图 1 盒坯片介绍

Fig.1 Introduction of carton sheet

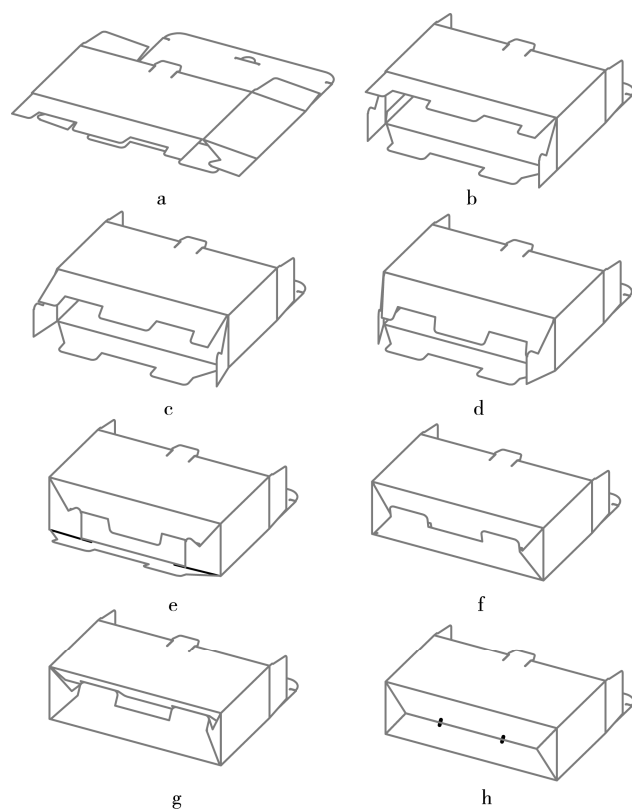


图 2 纸盒底部折叠流程

Fig.2 The folding process of carton bottom

1.1 外撑工艺及中部机构设计

实际生产中, 短翼的姿态与理想的图 2b 中的姿态有所出入, 短翼偏离的理想姿态均在内外 5° 范围内, 而向内偏离的短翼干扰了锁口翼的内折; 向外偏离的短翼不影响锁口翼的折叠。同理, 实际生产中的插舌翼偏离理想姿态也均在内外 5° 范围内, 而向内偏离的插舌翼干扰了短翼的内折。外撑工艺就是将向内偏离的短翼、插舌翼撑开至预设位置, 排除锁口翼和短翼内折的干扰。底部各翼偏离的情况见图 3。

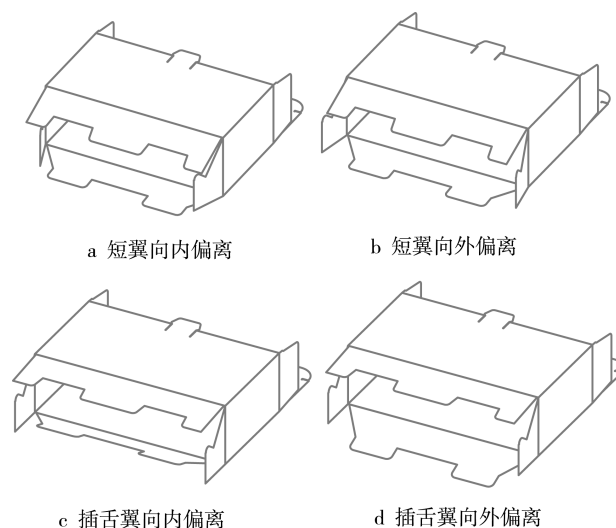


图 3 底部各翼偏离

Fig.3 The deflected figure of carton bottom wings

根据外撑工艺, 向内偏离的短翼对锁口翼的内折过程有干扰, 故将短翼外撑至预设位置, 该运动过程见图 4 (短翼撑杆外撑, 将向内偏离的两侧短翼外撑至预设位置)。曲柄 O_1A 转动至 O_1A' , 滑块 B 运动至 B' , 最后带动短翼撑杆端部 D 运动至 D' ,

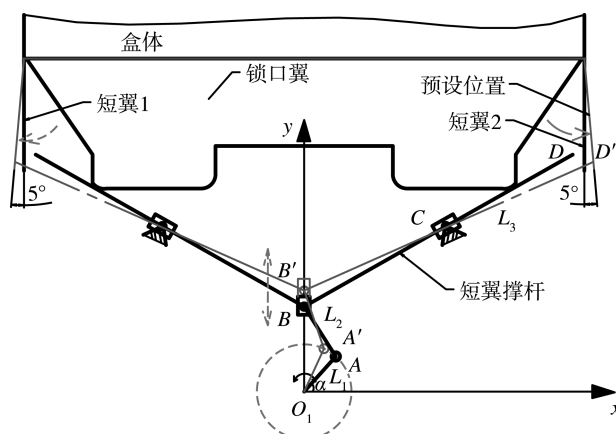


图 4 短翼撑杆坐标系

Fig.4 The coordinate system of short wing jackstay

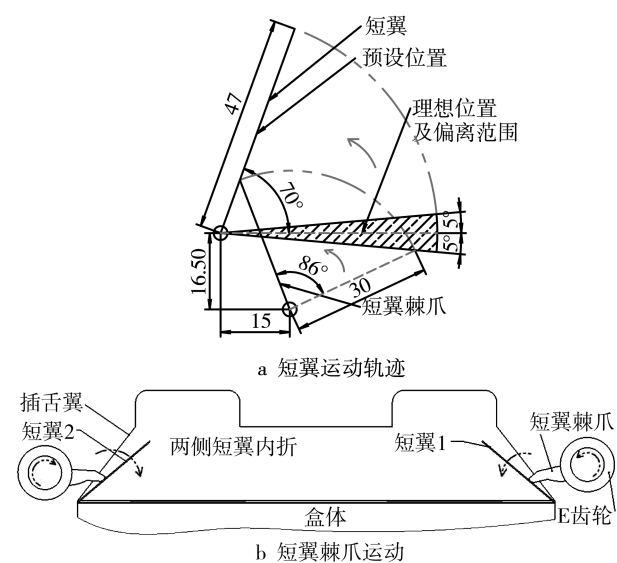


图 8 短翼轨迹和棘爪运动

Fig.8 The trajectory of short wing & schematic diagram of pawl motion

根据内折工艺要求和机械原理理论，结合上部

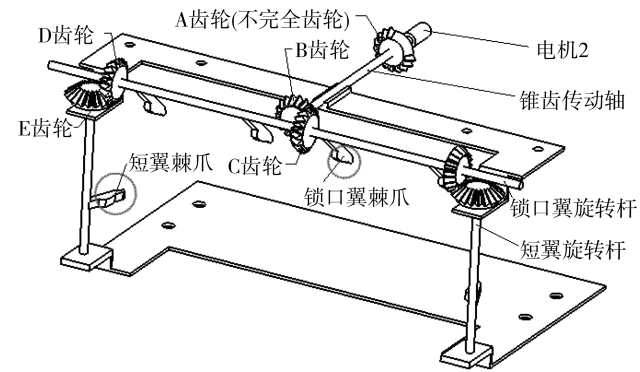


图 9 上部及两侧机构组成

Fig.9 The upper and two sides of the mechanism composition

及两侧机构中各锥齿轮的关联性求解，得出各锥齿轮和锥齿曲轴的参数见表 1。其中 m 为模数，这里为 1.5； h_f 为齿根高； h_a^* 为齿顶高系数，这里取 1.0； c^* 为顶隙系数，这里取 0.2； δ 为分度圆锥角； z 为齿数。求出各齿根高 $h_f=(h_a^*+c^*)m=1.8$ ，空间轴交角 $\Sigma=90^\circ$ 。

表 1 上部及两侧机构中各锥齿轮参数

Tab.1 Parameters of bevel gears in the upper and two sides of the mechanism

名称	分度圆直径/mm	齿数	锥距/mm	分锥角/(°)
A 齿轮（不完全齿轮）	31.5	17（切去 4 齿后）	20.75(与锥齿曲轴)	49.4
B 齿轮	31.5	21	22.27（与 C 齿轮）	45
C 齿轮	31.5	21	22.27	45
D 齿轮	31.5	21	20.75（与 E 齿轮）	49.4
E 齿轮	27	18	20.75	40.6
锥齿曲轴	27	18	20.75	40.6

1.3 自锁工艺及下部机构设计

自锁工艺是指将外撑工艺后的插舌翼压着内折工艺后的短翼、锁口翼向内折 118°，到达极限位置 K 线后插舌插入锁口，纸盒底部完成自锁。极限位置 K 线为图 10a 中的预设位置，该位置是插舌翼上的插舌插入锁口翼上锁口的临界位置，见图 10b。

插舌翼轨迹和插舌翼棘爪动作见图 10，插舌翼旋转杆内折带动插舌翼棘爪运动，将插舌翼压着短翼、锁口翼向内外折直到纸盒底部自锁。根据自锁工艺要求和插舌翼棘爪动作要求设计出下部机构，见图 11。结合图 10b 和图 11，下部机构的作用有以下两方面：不完全齿轮与摆动杆直齿轮啮合，经滑块 4 传递到插舌翼棘爪，棘爪拨动插舌翼内折完成自锁；通过不完全齿轮和齿条正向与反向的啮合，带动装置前进至工作位置和后退至初始位置。

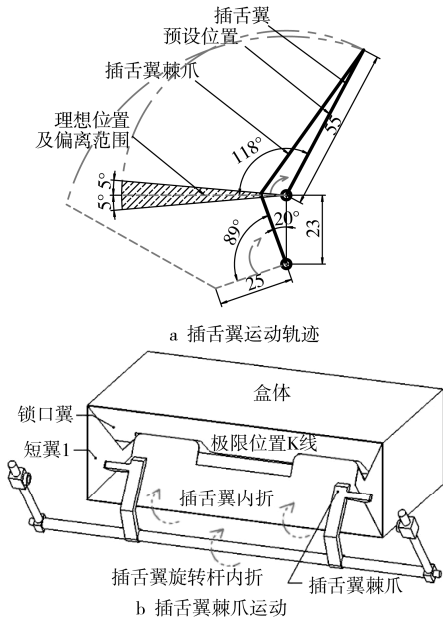


图 10 插舌翼轨迹和棘爪运动

Fig.10 The trajectory of tongue wing & schematic diagram of pawl motion

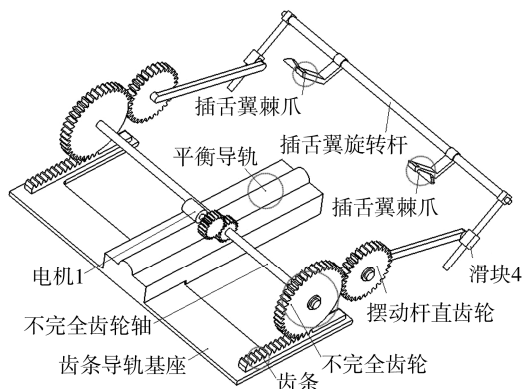


图 11 下部机构组成

Fig.11 The lower mechanism composition

插舌翼长度为 55 mm, 留出合理间隙, 预设装置的初始位置与纸盒的横向距离为 60 mm, 不完全齿轮与齿条的啮合传动 1/4 周长带动装置前进 60 mm 后空啮合, 装置停在工作位置; 随后不完全齿轮与摆动杆直齿轮正常啮合 1/4 周长内带动摆动杆转动 60° (由摆动杆与插舌翼转动角度求得), 使得插舌翼棘爪转动 124°, 压着插舌翼插入锁口翼的锁口中完成自锁工艺。根据自锁工艺要求, 取不完全齿轮的 1/4 周长, 即 60 mm, 另外 1/4 周长上无齿, 故可求出 $R=38.2$ mm, 为计算方便取整, $R=R_1=40$ mm。根据各齿轮齿条关联性采用反推法求出下部机构各齿轮齿条参数, 不完全齿轮的分度圆直径为 80 mm, 齿数为 40, 摆动杆直齿轮的分度圆直径为 60 mm, 齿数为 30, 齿条齿数为 40。并求出不完全齿轮和摆动杆直齿轮的压力角为 20°, 齿条的啮合角为 20°, 装置实际初始位置 $L=2\pi R_1/4=62.8$ mm, 齿条与不完全齿轮中心距

$$a=m(z_1+z_2)/2=70 \text{ mm}。$$

2 中部机构撑杆结构优化

为了使装置具有较大尺寸范围纸盒底部的折叠柔性, 对短翼撑杆结构进行优化。取其对称模型的一半作为研究对象, 在 adams 中建立简化模型 (如图 4 中 OA , AB , BD), 将铰点 A , B , C , D 在简化模型坐标系中沿 x 和 y 方向的变化量 DV_AX , DV_AY , DV_BY , DV_CX , DV_CY , DV_DX , DV_DY 作为设计变量, 满足外撑要求以及中部机构中各构件运动不干涉的前提下, 合理约束设计变量变化范围。将对称的短翼撑杆夹角的一半为研究目标, 使其优化后尽量小, 即设目标函数为 θ 。优化前后 θ 变化的曲线对比见图 12, 设计变量的初始值和优化值对比见表 2。比较表 2 中的数据可知, 优化后的 θ 减小了 3.35°, 满足短翼的撑开要求且增大了对一定尺寸范围纸盒的折叠柔性。

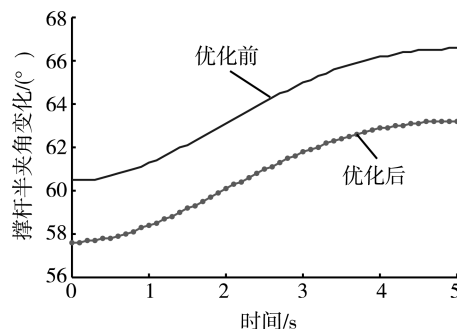


图 12 曲线对比

Fig.12 Curve comparison

表 2 设计变量初始值和优化值

Tab.2 The initial and optimal values of design variables

目标函数 $\theta/(^{\circ})$	A		B	C		D	
	DV_AX	DV_AY	DV_BY	DV_CX	DV_CY	DV_DX	DV_DY
优化前	66.56	13.37	14.88	36	60	70	113.97
优化后	63.21	12.03	13.39	32	58	68	112

3 自动折叠装置的设计及验证

结合短翼撑杆的优化, 合理布局上述各部机构为一体, 即自动折叠装置, 见图 13, 其控制流程见图 14。装置动作由 2 个电机驱动。折叠过程: 电机 1 驱动不完全齿轮在 1/4 周长与齿条啮合, 带动装置由初始位置前进至工作位置; 电机 2 驱动锥

齿传动轴, A 齿轮与锥齿曲轴啮合带动中部机构中的撑杆撑开短翼和插舌翼; B 齿轮与 C 齿轮的啮合驱动上部及两侧机构内折锁口翼和短翼到达各自的预设位置 (A, B, C 齿轮见图 9); 电机 1 驱动不完全齿轮在 1/4 周长内与摆杆直齿轮啮合使摆杆转动 60° 带动棘爪拨动插舌翼, 使插舌翼压着预设位置上的短翼和锁口翼往极限位置 K 线内折完成

自锁。纸盒底部自锁完成后,电机 1 反转,使插舌翼棘爪回收,装置由工作位置返回至初始位置;装置返回的同时电机 2 反转,使中部机构和上部及两侧机构返回原位。

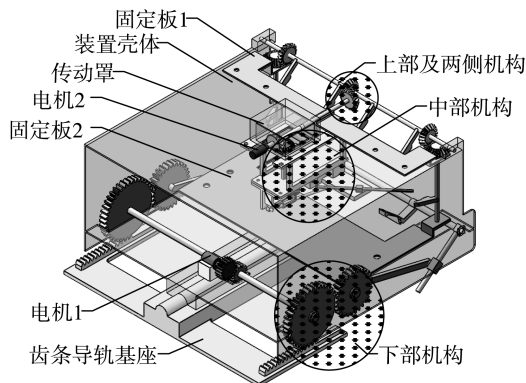


图 13 自动折叠装置

Fig.13 Automatic folding device

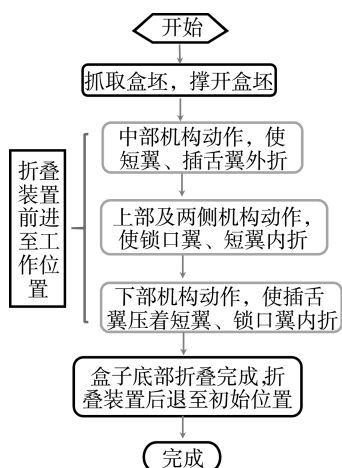


图 14 折叠控制流程

Fig.14 Control flowchart for folding

根据设计参数,建立并装配自动折叠装置的三维模型,经动态仿真验证后,装置平稳高效地实现了纸盒底部的折叠工艺,说明该装置具有一定的稳定性和可靠性。

4 结语

通过分析锁底式纸盒底部的折叠工艺和技术原理,设计出底部自动折叠装置。通过合理的机构设计将多个工艺动作以 2 个电机实现驱动;采用锥齿曲轴实现短翼和插舌翼不同方向上的撑开动作;优化撑杆结构和更换固定板 1 和 2,增大了一定尺寸范围纸盒的折叠柔性;各部机构合理布局、协调动作,提高了自动折叠装置工作的平稳性和可靠性。

研究表明,该装置能实现锁底式纸盒底部的自动折叠,具有一定实用价值,可推广到类似锁底式纸盒折叠的包装机上,提高包装机的自动化程度。

参考文献:

- [1] 李晓璇. 浅谈绿色包装设计的重要性[J]. 艺术科技, 2014(2): 244.
LI Xiao-xuan. Discuss the Importance of Green Packaging Design[J]. Art Science and Technology, 2014(2): 244.
- [2] 唐唤清, 吕建华. 我国包装机械的现状与发展趋势[J]. 中国包装工业, 2015(18): 81—82.
TANG Huan-qing, LYU Jian-hua. Present Situation and the Development Trend of Packaging Machinery in Our Country[J]. China's Packaging Industry, 2015(18): 81—82.
- [3] 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.
- [4] 唐书喜, 赵有斌, 马季威, 等. 自动装盒机开盒成型装置的研究与设计[J]. 包装与食品机械, 2015(4): 30—33.
TANG Shu-xi, ZHAO You-bin, MA Ji-wei, et al. Research and Design of Open-carton Former Device in Automatic Cartoning Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2015(4): 30—33.
- [5] 刘天植. 纸盒的折叠过程及其折叠轨迹线研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
LIU Tian-zhi. Research on Process of Carton Folding and the Trajectory[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.
- [6] 刘天植, 张新昌. 纸盒的高速自动折叠机构及其原理[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 41—43.
LIU Tian-zhi, ZHANG Xin-chang. High Speed Carton Automatic Folding Mechanism and Its Principle[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 41—43.
- [7] MULLINEUX G, MATTHEWS J. Constraint-based Simulation of Carton Folding Operations[J]. Computer-Aided Design, 2010, 42(3): 257—265.
- [8] 陈营, 陆佳平, 陈永清, 等. 自动装袋机连续供袋运动轨迹的分析[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 92—95.
CHEN Ying, LU Jia-ping, CHEN Yong-qing, et al. Transportation Trajectory of Continuous Filling Machine for Supplying Bags[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 92—95.
- [9] 季月明, 陆佳平, 王淑慧, 等. 粽子自动折叠裹包集成机构研究[J]. 包装工程, 2015, 36(19): 79—83.
JI Yue-ming, LU Jia-ping, WANG Shu-hui, et al. Automatic Folding and Wrapping Integrated Mechanism for Rice Dumplings[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(19): 79—83.
- [10] MULLINEUX G, FELDMAN J. Using Constraints at

- the Conceptual Stage of the Design of Carton Erection [J]. Mechanism and Machine Theory, 2010, 45(12): 1897—1908.
- [11] YAO W, CANNELLA F, DAI J. Automatic Folding of Cartons Using a Reconfigurable Robotic System[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2011, 27(3): 604—613.
- [12] 董伟, 李克天, 李启定. 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 Carton-ing Machine[J]. Packaging Engineering, 2015, 36 (19): 89—92.
- [13] 陆新宇, 王利强, 廉晓根. 标签裹包折标机构设计 [J]. 包装工程, 2015, 36(17): 76—79.
- LU Xin-yu, WANG Li-qiang, LIAN Xiao-gen. Design of Label Folding Wrap[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(17): 76—79.
- [14] 江山, 何卫锋, 利建华. 新型旋转式分盖装置的设计与分析[J]. 包装工程, 2015, 36(7): 40—43.
JIANG Shan, HE Wei-feng, LI Jian-hua. Design and Analysis of a New Type of Rotary Covers Separation Device[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(7): 40—43.
- [15] 刘海江, 张志云. 卧卷防锈纸自动包装机的研究与实现[J]. 包装工程, 2016, 37(5): 120—123.
LIU Hai-jiang, ZHANG Zhi-yun. Research and Im-plementation of Automatic Packaging Machine for An-ti-tarnish Paper of Steel Coil[J]. Packaging Engineer-ing, 2016, 37(5): 120—123.