标签裹包折标机构设计

陆新宇[1]，王利强[1,2]，廉晓根[1]
（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 设计一套标签裹包折标机构。**方法** 基于机构设计理论与方法，将解析法与AutoCAD辅助作图法相结合，对裹包折标执行机构进行参数设计；利用SolidWorks软件的建模工具，对裹包折标机构进行局部结构建模设计。**结果** 针对矩形纸板标签及特定裹包要求，设计提出了标签裹包折标的系统机构原理，以最小传动角理论对关键折标机构完成了参数化设计，并设计了结构模型，理论上验证了设计的标签裹包折标机构的可行性。**结论** 设计的标签裹包折标机构适用于刚性或柔性物体包装，为标签裹包系统设计及技术应用提供了理论参考。

关键词： 标签裹包；折标机构；参数分析
中图分类号： TB486+.03 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2015)17-0076-04

Design of Label Folding Wrap Mechanism

LU Xin-yu[1], *WANG Li-qiang*[1,2], *LIAN Xiao-gen*[1]
(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China;
2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: The aim of this study was to design a mechanism of label folding wrap. The parameters of the major execution module were designed based on the theory and the methods of the four-bar linkage design in combination with the AutoCAD assisted mapping. The structural model for the label folding wrapping mechanism was carried out using modeling module which was based on the software of SolidWorks. Aiming at rectangular paper label and specific requirement of wrapping, the design put forward the principle of label folding wrapping system. The parametric design of the key mechanism of label folding wrap was completed according to the minimum transmission angle theory. The structural model was accomplished to verify the feasibility of the mechanism. The mechanism of label folding wrap could be used to pack both rigid and flexible objects. This study provides a reliable theoretical guarantee for applying the label folding wrapping mechanism to the manufacturing.

KEY WORDS: label wrapping; folding device; parameter analysis

产品通过标签裹包是包装行业常见的包装形式。目前采用标签进行包装裹包基本仍以手工为主，需要大量劳动力投入，包装生产效率低下，质量也难以保证，设计机械化包装操作十分必要。标签裹包操作涉及多个步骤，可以通过集成的自动操作系统完成，其中标签的裹包折标操作是关键技术之一。为此，针对矩形纸板标签及特定裹包要求，基于四杆机构设计原理，采用气缸驱动实现快速方便的裹包操作，设计的标签裹包折标机构适用于各种刚性或柔性物品，可应用于工业化包装生产领域。

1 系统原理与要求

1.1 标签与系统设计要求

标签自动裹包是基于常用的纸板标签进行研究

收稿日期： 2015-01-26
作者简介： 陆新宇(1989—)，男，江苏无锡人，江南大学硕士生，主攻机械工程。
通讯作者： 王利强(1977—)，男，甘肃武都人，博士，江南大学副教授，主要研究方向为食品包装技术。

设计的,标签具备预压痕线方便折标,封合方式有多种。为方便研究和设计,以通用的矩形标签为例,两端采用嵌入卡合,其结构尺寸见图1。

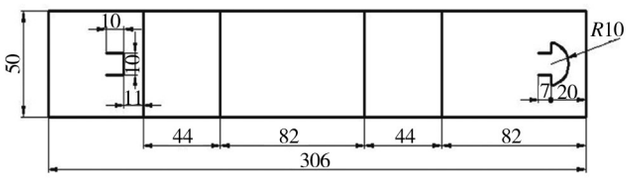


图1　标签结构尺寸

Fig.1 Label dimensions

研究的标签裹包系统需满足如下设计要求。

1）自动化。实现对腰标的自动供送、折叠裹包和封合操作,提高生产效率和包装质量。

2）操作性。操作简单,维护方便。

3）适应性。适应一定的标签尺寸范围,以及各种需裹包的刚性或柔性物品的包装。

4）生产能力。系统作为包装生产线的一部分,需配合整个包装生产线的生产能力,进行系统集成化的装置设计,生产线可实施多系统并行工作[1]。

1.2　裹包工艺流程

基于对矩形纸板标签及系统自动化裹包操作要求的分析,拟定物品裹包工艺流程见图2。

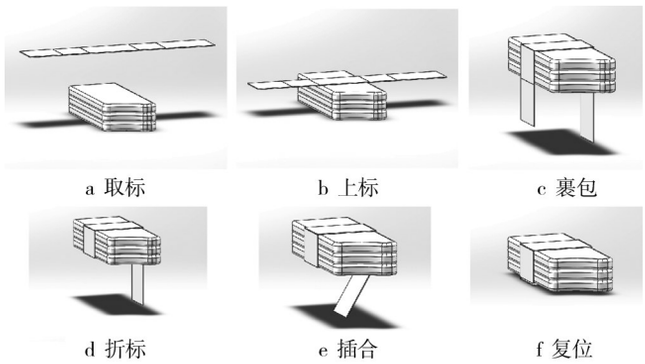


图2　裹包流程

Fig.2 Wrapping flow diagram

1）取标。取标机构采用真空吸附吸取标签。

2）上标。标签跟随取标机构下降,直至标签与物品上表面紧贴,在物品的作用力下停止下降,取标机构两侧的压板压住物品,以固定其位置。

3）裹包。两侧折板驱动分别压住标签的两端,迫使标签向下弯折90°,标签成倒"U"形状。

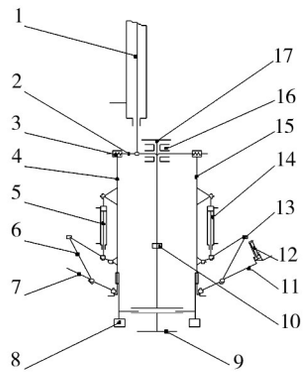
4）折标。驱动左侧执行机构动作,左部下折板逆时针旋转,标签左端与物品下表面贴合。接着驱动右侧执行机构动作,右部下折板顺时针旋转,标签右端与物品下表面贴合,完成裹包动作[2]。

5）插合。插标头将标签右端的插舌插进左端折痕处的切槽中。

6）复位。系统各执行机构恢复原位,物品标签裹包完成。

1.3　系统机构原理

为了实现系统操作工艺过程,对该系统进行集成机构原理设计,见图3。



1.主气缸　2.横梁　3.调节装置　4.左折板　5.左辅助气缸　6.左四杆机构　7.左部下折板　8.真空吸头　9.压板　10.限位件　11.右部下折板　12.微型气缸　13.右四杆机构　14.右辅助气缸　15.右折板　13.左右折板连接座　17.导向轨

图3　系统机构原理

Fig.3 Mechanism schematic

该标签裹包系统包含取标上标系统、裹包折标系统、插合固定系统等3部分。

取标上标系统是一个带有导向轨的真空吸附装置[3],由构件8,9,10,16,17组成,用于吸附标签,并将其供送到物品上表面,同时下压物品,对物品保持一定的压力。取标上标系统可以自由上下运动;裹包折标系统包括构件1,2~7,11,13~15。主气缸主要用于传送集成系统,左、右辅助气缸用于驱动左、右四杆机构,左、右四杆机构的从动杆为左、右部的下折板,用于折叠标签的两端;插合固定系统为一个活塞杆端带有圆角戳头的微型气缸构成,用于将标签右端的插舌插进左端折痕处的切槽中,从而封合固定标签,最终将标签围绕物品折叠成矩形裹包。

2　折标机构设计与分析

标签裹包折标系统是完成标签的折叠裹包动作,主要执行机构是折标机构,其以气缸为原动件,通过

四杆机构实现折标执行机构的摆动运动，四杆机构是折标机构设计与分析的重点[4—6]。折标系统包含了左、右执行机构，具有原理共性。现以左执行机构为例，其折标机构简图见图4。

为了进行机构参数设计与分析，建立直角坐标系，见图5。通过解析法与AutoCAD辅助作图法相结合的设计方法，对四杆机构的尺寸、初末位置等参数进行分析和设计[7—8]，并综合考虑最小传动角和杆长比等设计条件，以保证求得合理可靠的机构[9]。

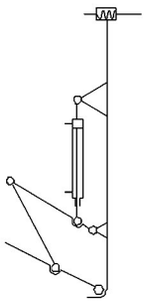


图4 左折标机构

Fig.4 Left-folding mechanism

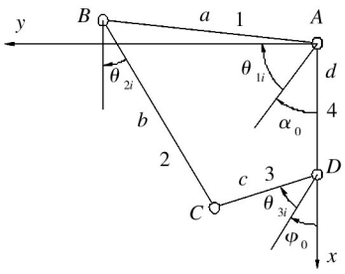


图5 参数分析

Fig.5 Parameter analysis

在图5中，从动件3和主动件1的转角之间满足一系列对应关系：

$\theta_{3i}=f(\theta_{1i}), i=1,2,\cdots,n$

式中：θ_{3i}，θ_{1i}分别为从动件3和主动件1相对于初始位置顺时针转过的角度。

设四杆机构待定杆长分别为$AB=a$，$BC=b$，$CD=c$，$AD=d$，主动件和从动件的初始角分别为α_0和φ_0。令杆长比$a/a=1$，$b/a=m$，$c/a=n$，$d/a=l$。则由x，y轴投影得：

$$\begin{cases} a\cos(\theta_{1i}+\alpha_0)+b\cos\theta_{2i}=d+c\cos(\theta_{3i}+\varphi_0) \\ a\sin(\theta_{1i}+\alpha_0)+b\sin\theta_{2i}=c\sin(\theta_{3i}+\varphi_0) \end{cases} \tag{1}$$

将杆长比代入式(1)，经整理得：

$$\cos(\theta_{1i}+\alpha_0)=n\cos(\theta_{3i}+\varphi_0)-(n/l)\cdot\cos(\theta_{3i}+\varphi_0-\theta_{1i}-\alpha_0)+(l^2+n^2+1-m^2)/(2l) \tag{2}$$

令$P_0=n$，$P_1=-(n/l)$，$P_2=(l^2+n^2+1-m^2)/(2l)$，则有：

$$\cos(\theta_{1i}+\alpha_0)=P_0\cos(\theta_{3i}+\varphi_0)+P_1\cos(\theta_{3i}+\varphi_0-\theta_{1i}-\alpha_0)+P_2 \tag{3}$$

四杆机构运动轨迹见图6。为了设计求解，根据机构布局设计将四杆机构恰好完成折叠动作的位置设为起始位置，即AB_1C_1D；将四杆机构完全退回的位置设为结束位置，即AB_2C_2D。

在四杆机构极限位置条件下，应满足对应关系：$\theta_{11}=30°$，$\theta_{31}=-90°$，$\theta_{12}=120°$，$\theta_{32}=110°$，再取$\alpha_0=\varphi_0=0°$，代入式(3)得：

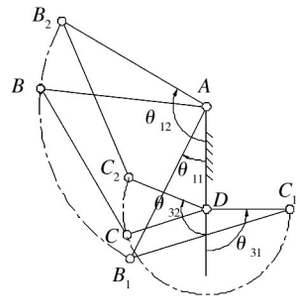


图6 四杆机构运动轨迹

Fig.6 Trajectory of four-bar linkage

$$\begin{cases} \cos 30° = P_0\cos(-90°)+P_1\cos(-90°-30°)+P_2 \\ \cos 120° = P_0\cos 110°+P_1\cos(110°-120°)+P_2 \end{cases} \tag{4}$$

借助AutoCAD辅助作图技术进行分析，若按照最小传动角大于40° 进行设计，机构尺寸会过大，影响系统装置的整体设计，而且设计的四杆机构负载较小[10]，因此综合考虑可取$\gamma_{min}\geqslant 15°$。另外，从起始到结束位置，传动角的大小是先增大再减小的[11]，因此四杆机构处于起始或结束位置时有最小传动角，即有：

$$\begin{cases} \gamma_{min1}=\arccos\dfrac{m^2+n^2-(1+l^2-2l\cos\theta_{11})}{2mn}\geqslant 15° \\ \gamma_{min2}=180°-\arccos\dfrac{m^2+n^2-(1+l^2-2l\cos\theta_{12})}{2mn}\geqslant 15° \end{cases} \tag{5}$$

式中：γ_{min1}，γ_{min2}分别为四连杆机构处于起始和结束位置时的最小传动角；θ_{11}，θ_{12}分别为从动件和主动件的初始角度。

考虑到控制机构尺寸，令最长杆l_{max}与最短杆l_{min}的杆长比约束条件应满足：$l_{max}/l_{min}\leqslant[p]=2$。

在满足机构设计要求的前提下，如要缩小机构所占空间，应取较小杆长约束，机构在起始位置的传动角会比较小。此时，增大杆长a或者减小杆长c都可以有效增大起始位置的传动角，即2杆长度的比值越大，传动角越大，故取$a/c=[p]=2$。当设计杆长取$a=50$ mm，则有$b=50$ mm，$c=25$ mm，$d=30$ mm，此时有：$\gamma_{min1}=16.82°\geqslant 15°$，$\gamma_{min2}=44.77°\geqslant 15°$，$l_{max}/l_{min}=50/25=2\leqslant[p]$。

机构设计符合相应要求。

3 折标系统结构建模

借助SolidWorks软件的建模工具建立各个零件，并在组件模块下完成对标签裹包折标系统的装配[12—15]。

标签裹包折标系统包括左、右折叠系统,具有共性结构特征,现以左折标系统为例建模,结构见图7。

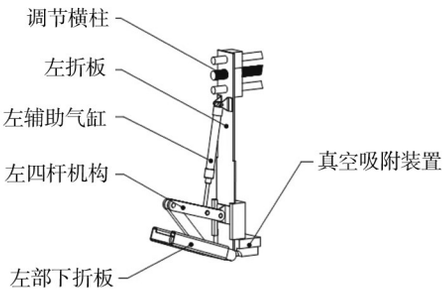


图7　左折标系统结构

Fig.7 Left-folding mechanism

在图7中,上、下横柱起导向作用,中间的调节横柱表面有左、右2部分旋向相反的螺纹,用来调节左、右折板的间距,以适应不同尺寸的物品裹包。左折板上固定有左辅助气缸和左四杆机构,左辅助气缸的活塞杆和左四杆机构的主动杆之间依靠Y型接头连接。左部下折板套在从动杆上,可相对滑动,依靠定位螺钉固定位置。左折板和真空吸附装置之间可以相对移动,当真空吸附装置吸附标签后,贴紧物品上表面,左折板即向下探出折叠标签。折标机构在系统主气缸驱动下运动到预定位置后,左辅助气缸驱动左四杆机构折叠标签左端。

4　结语

针对矩形纸板标签及特定裹包要求,研究设计了标签裹包折标的系统机构原理。基于四杆机构设计原理与方法,借助解析法与AutoCAD辅助作图法,对其中的裹包折标执行机构进行了机构设计与分析,研究探讨了执行机构的杆长关系,并基于最小传动角理论对执行机构进行了参数设计,理论上验证了折标机构参数设计的合理可行。同时,利用SolidWorks软件的建模工具,对标签裹包折标机构进行了结构建模设计,在气缸的驱动下可以实现快速方便的裹包折标操作,适用于需裹包的刚性或柔性物品包装。

参考文献:

[1] 黄颖为. 包装机械结构与设计[M]. 北京:化工工业出版社,2007.
HUANG Ying-wei. Packaging Machinery Structure and Design[M]. Beijing: Chemical Industry Press,2007.

[2] 高德,卢富德. 包装机械中曲柄摇杆机构给定两相对位移的解析法设计[J]. 包装工程,2008,29(10):136—138.
GAO De, LU Fu-de. Packaging Machinery Design Crank Rocker Mechanism Given the Relative Displacement of the Two Analytical Method[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10):136—138.

[3] 刘黎阳,李超. 真空发生器在自动化设备上的应用[J]. 机械工程师,2009(1):142—143.
LIU Li-yang, LI Chao. Application of Vacuum Ejector in Automatic Equipment[J]. Mechanical Engineer, 2009 (1): 142—143.

[4] 陈杰,梁爱锋,吴淑芳. 裹包机中的曲柄-摇杆机构优化设计[J]. 包装工程,2012,33(3):75—76.
CHEN Jie, LIANG Ai-feng, WU Shu-fang. Optimization Design of Crank-rocker Mechanism of Packaging Machine[J]. Packaging Engineering,2012,33(3):75—76.

[5] 许林成. 包装机械原理与设计[M].上海:上海科技出版社,1988.
XU Lin-cheng. Principle and Design of Packaging Machinery [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press,1988.

[6] 许笼. 包装机械中曲柄摇杆机构设计分析及仿真[J]. 包装工程,2014,35(9):76—79.
XU Long. Design Analysis and Simulation of Crank-rocker Mechanism in Packaging Machinery[J]. Packaging Engineering,2014,35(9):76—79.

[7] 曹惟庆,徐曾荫. 机构设计[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
CAO Wei-qing, XU Zeng-yin. Mechanism Design[M]. Beijing: China Machine Press,2005.

[8] 李旭. CAD辅助图解法与解析法设计平面四杆机构的精度对比[J]. 现代机械,2011(4):36—37.
LI Xu. Comparing the Precision of Plane Four Bar Mechanism Designed with Graphic Method and Analytic Method Aided by CAD[J]. Modern Machinery,2011(4):36—37.

[9] 熊滨生. 现代连杆结构设计[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
XIONG Bin-sheng. Link Structure of Modern Design[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2006.

[10] 张静,王占英,刘春东,等. 按最小传动角设计曲柄摇杆机构的解析方法[J]. 机械设计,2008,25(10):63—65.
ZHANG Jing, WANG Zhan-ying, LIU Chun-dong, et al. Minimum Transmission Angle Crank Rocker Mechanism Design Analysis Method[J]. Mechanical Design, 2008, 25(10): 63—65.

[11] LUN Ming, LE Yong-hou. Design of Crank-rocker Mechanisms with Optimum Transmission Angle Over Working Stroke[J]. Mechanism and Machine Theory, 1996, 31(4): 501—511.

[12] 贺小明,曾钕钋. Pro/E行为建模技术在机械设计中的应用

(下转第111页)

of Locating Printed Image and Recognizing Dots of Being Tested Images[D]. Xi′an: Xi′an University of Technology, 2002.

[4] WANG Chun-mei, LI Tian-yi. An Improved Adaptive Median Filter for Image Denoising[A]. IACSIT Proceedings of 2010 3rd International Conference on Computer and Electrical Engineering(ICCEE2010no.2)[C]. IACSIT, 2012:5.

[5] VILLE D V D. Noise Reduction by Fuzzy Image Filtering[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2003, 4(11): 429—431.

[6] 朱志恩. 中值滤波技术在图像处理中的应用研究[D]. 沈阳:东北大学,2008.
ZHU Zhi-en. Application Research on Median Filtering Technique in Image Processing[D]. Shenyang: Northeastern University, 2008.

[7] 陈丽丽. 基于Canny理论的自适应边缘检测方法研究[J]. 科技创业家,2014(2):216.
CHEN Li-li. Study of Adaptive Edge Detection Method Based on Canny Theory[J]. Technological Pioneers, 2014(2):216.

[8] 张玲艳. 基于Canny理论的自适应边缘检测方法研究[D]. 西安:西北大学,2009.
ZHANG Ling-yan. Study of Adaptive Edge Detection Method Based on Canny Theory[D]. Xi′an: Northwest University, 2009.

[9] 邓仕超. 光学显微镜图像处理技术及应用研究[D]. 天津:天津大学,2010.
DENG Shi-chao. Application Research on Technology of Image Processing for Optical Microscope[D]. Tianjing: Tianjing University, 2010.

[10] 许亚利. 光学显微镜机械结构设计探讨[J]. 科技与企业,2013(22):321.
XU Ya-li. Study on Optical Microscope Mechanical Structure Design[J]. Technology and Company, 2013(22):321.

[11] 孙锦辉,白宗奇,王爽,等. 光学显微镜下钢中非金属夹杂物检验的探讨[J]. 安徽冶金,2014(1):25—28.
SUN Jin-hui, BAI Zong-qi, WANG Shuang, et al. A Discussion on Detection of Non-metallic Inclusions with Optical Microscope[J]. Anhui Metallurgy, 2014(1):25—28.

[12] 李露,马艺馨,吴华伟. 一种基于二值形态学原理的肺部轮廓提取算法[J]. 中国医疗器械杂志,2010(6):413—417.
LI Lu, MA Yi-xing, WU Ha-wei. Lung Boundary Detection Method Based on Binary Morphology Theory[J]. Chinese Journal of Medical Instrumentation, 2010(6):413—417.

[13] 董长虹. Matlab图像处理与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
DONG Chang-hong. Matlab Image Processing and Application [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004.

[14] MAINI R, HIMANSHU A. Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques[J]. International Journal of Image Processing, 2009(8):2—7.

[15] KITE T D, EVANS B L. Modeling and of Half-toning by Error Diffusion[J]. IEEE Trans Image Processing, 2000(9): 909—922.

(上接第79页)

[J]. 机械设计与制造,2005(5):48—40.
HE Xiao-ming, ZENG N ü -po. Design of Machine Based on Pro/E Behavioral Modeling[J]. Machinery Design & Manufacture, 2005(5):48—40.

[13] 白晶,陶春生,马松柏. 基于Pro/E的食品包装机械四杆机构优化设计[J]. 北京工商大学学报,2011,29(4):58—60.
BAI Xiao, TAO Chun-sheng, MA Song-bai. Optimal Design of Linkage Mechanism in Food Packaging Machinery Based on Pro/E[J]. Journal of Beijing Technology and Business University, 2011, 29(4):58—60.

[14] 曾文忠. 基于SolidWorks对机械零件结构的设计与应用[J]. 制造业自动化,2012(4):135—137.
ZENG Wen-zhong. SolidWorks Based on the Mechanical Parts of Structure Design and Application[J]. Manufacturing Automation, 2012(4):135—137.

[15] 刘鹏辉,杜启祥,储火. 裹包机机构动力学分析[J]. 包装工程,2012,33(7):99—100.
LIU Peng-hui, DU Qi-xiang, CHU Huo. Mechanical Analysis of Wrapping Machine[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(7):99—100.