

# 热塑性管对折贴标机设计与研究

刘静, 张艳霞, 刘雪松  
(西南技术研究所, 重庆 400039)

**摘要:** **目的** 研制一种适应于热塑性管的对折贴标机, 以提高热塑性管贴标效率和贴标质量。**方法** 结合机械动力学设计基础理论, 运用 SolidWorks 三维设计软件等现代机械设计方法, 并根据客户提供的设计要求、功能参数, 以及生产现场手工贴标工艺流程, 进行贴标机结构设计。最后加工物理样机进行实际测试研究。**结果** 贴标机能够对直径为 5~20 mm 内的不同热塑性管进行贴标, 据统计该贴标机的贴标速度可达 1200 pcs/h, 同时每一个贴好的标签基本一致, 且表面没有划伤和污染现象, 贴标精度和效率明显高于人工贴标。**结论** 该贴标机满足热塑性管的实际生产需求。

**关键词:** 对折贴标机; 结构设计; 热塑性管; 贴标效率

中图分类号: TH122 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)15-0194-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.15.031

## Design and Research of Folding Labelling Machine for Thermoplastic Pipes

LIU Jing, ZHANG Yan-xia, LIU Xue-song

(Southwest Technology and Engineering Research Institute, Chongqing 400039, China)

**ABSTRACT:** The work aims to develop a folding labeling machine suitable for thermoplastic pipes, so as to improve the labeling efficiency and quality of thermoplastic pipes. Combined with the basic theory of mechanical dynamics design, with application of the SolidWorks 3D design software and other modern mechanical design methods, and according to the design requirements and functional parameters provided by the customers as well as the technological process of production site manual labeling, the labeling machine structure was designed. Finally, the machining physical prototype was actually tested and researched. The labeling machine could label different thermoplastic pipes with diameters ranging from 5 mm to 20 mm. According to statistics, the labeling speed of the machine could reach 1,200 pcs/h. In the meantime, each label was basically the same, and there was no scratch or contamination on the surface. The labeling precision and efficiency were significantly higher than manual labeling. The labeling machine meets the actual production demand of thermoplastic pipe.

**KEY WORDS:** folding and labeling machine; structure design; thermoplastic pipe; labeling efficiency

随着近几年国内智能仓储和智能货架的快速发展, 标签在产品的智能化管理上起着关键性的作用, 贴标质量直接决定着产品在储存时是否能够获得准确的产品信息, 也就是说贴标质量的好坏直接影响着产品的合格率<sup>[1-2]</sup>。贴标一般在产品生产过程的最后工序进行, 标签不仅可以详细地说明产品的生产日

期、主要参数、使用步骤等相关特性, 同时有利于产品的销售和智能化储存, 是现代生产制造业不可缺少的重要组成部分。一方面, 当今社会基础人工成本不断升高, 许多生产制造类企业为了降低人工成本, 开始寻求相应的自动化设备来代替手工作业; 另一方面为有效避免人工贴标所带来的低效率、低精度、低质

收稿日期: 2019-04-09

作者简介: 刘静(1983—), 女, 西南技术研究所工程师, 主要研究方向为包装机械结构设计与优化。

量、贴标外观不确定等一系列问题,贴标机应运而生。

考虑到汽车行业管路种类繁多、生产要求严格,在这方面热塑性管对折贴标机相对于人工具有很大的优势,能够替代该工艺步骤中的手工操作,避免由人为原因造成的标签污染和产品质量波动等问题,提高了产品的可靠性。热塑性管对折贴标机实现了对不同种类、不同直径的热塑性软管进行贴标,当产品类型更换时,不需要停机修改操作系统的参数或更换设备结构,即可实现贴标,这样既节省了贴标准备时间,也提高了工作的效率,从而降低了产品成本,在同一产品生产行业中实现了超越,取得了较大的行业优势,促进了汽车管路生产制造业的快速发展。在生产的过程中,可以随时调节取标贴标机构和产品定位机构的相对位置,改善贴标质量,降低生产过程中不必要的产品浪费<sup>[3-6]</sup>。根据客户现场条件,供标轴上的卷料标签不要求缠绕质量,即不需要在打印标签或安装标签时过多注意卷料标签的整齐度。这样不仅满足了各种类型及尺寸形状的产品贴标,而且节省了劳动力,提高了工作效率,对汽车行业中热塑性气压软管和液压软管的生产 and 智能化管理有着重要的支撑作用。

## 1 系统功能需求分析

热塑性管对折贴标机可将不干胶标签用于汽车

管路中各类热塑性气压软管和液压软管的对折贴标,以实现热塑性管产品标准化生产和智能化管理的基本需求,满足现代经济发展情况对贴标技术的更高要求。

热塑性管对折贴标机应满足以下功能要求。

1) 热塑性管种类较多,且每种产品的外径各不相同。在生产过程中不同种类产品所贴的标签宽度也有所改变,同时现场工人在打印标签时备用卷筒内径大小不一致,容易导致缠绕标签不整齐。由此可见,热塑性软管对折贴标机不仅要适应不同宽度和不同内径的标签卷,也要针对标签卷不整齐的情况进行自我调整,实现对不同直径的热塑性软管进行贴标。

2) 产品到位后,贴标机可以通过控制系统自动完成精确送标,标签和基纸自动分离,取标和贴标过程动作协调且互不干涉。每完成 1 个循环后,贴标机自动进入下次准备状态,实现贴标过程的连续循环。

3) 深入分析贴标工艺中的关键技术,应用 SolidWorks 等软件对各组件关键结构进行优化仿真,在提高贴标机稳定性的同时,降低整体贴标机的研发时间和后续批量制造成本,使其具有较好的社会效益。

4) 根据生产环境条件和客户要求,合理设计整体方案和结构布局,简化各部分机构,使贴标机的机械结构更加紧凑,占用空间小,使用方便,安全性高。

在满足贴标机基本功能需求的同时,需要满足具体的性能指标,热塑性管对折贴标机技术参数见表 1。

表 1 热塑性管对折贴标机技术参数

Tab.1 Technical parameters of folding labeling machine for thermoplastic pipes

功能	技术参数	功能	技术参数
贴标速度	900~1200 pcs/h	工作气压	0.4~0.6 MPa
标签宽度	30~60 mm	出标速度	2500 Hz
标签长度	90~120 mm	工作电压	220 V
标签类型	不干胶标签卷	边缘误差	±1 mm
标签卷最大外径	240 mm	产品直径	5~20 mm
标签卷内径	25~70 mm	贴标方式	对折贴标

## 2 贴标机功能单元设计

### 2.1 供标系统结构设计

供标系统是影响贴标机工作稳定性和贴标质量的主要机构,也是自动贴标设备所占比重最大的部分。供标系统在自动贴标过程中,一方面要能够使标签带连续不断地输送标带;另一方面可以顺利地完 成标签与标签带底材料的自动剥离,若发生标签带断裂或剥离不稳定,都无法完成自动贴标过程。由此可见,要实现完美的供标系统,首先必须分析贴标机供标机构中所应用的关键技术,并给出合理的技术参数,为

后期相关结构设计提供有力参考依据。

整个供标系统的工作过程可描述如下,在控制系统发出供标指令后,盘卷机构上的标签卷在牵引装置的作用下,以恒定的速度不断地向剥离装置输送标签,标签在输送过程中依次经过导向辊 1、摩擦辊、导向辊 2、标签传感器以及导向辊 3,在剥离装置处标签从标签带上被强行剥离,而标签带基纸继续经过导向辊 4 和牵引装置,最后由标签基纸回收装置回收,从而完成一次供标过程,见图 1。其中,导向辊的主要作用是改变标签带输送过程中的运动方向,以便标签带能够在有限的空间内完成输送,并确保标签带在经过每个工作装置时不会发生偏移等问题。供标机构向取标贴标机构输送完 1 张标签后,由标签传感

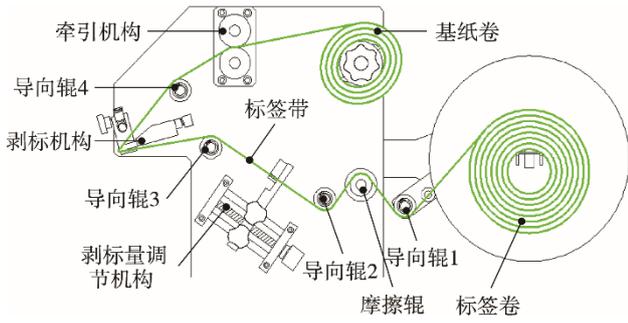


图1 标签带路线示意

Fig.1 Schematic diagram of label taperoute

器向控制系统 PLC 反馈等待信号，等待该次贴标完成并复位后，再由供标机构输送下一张标签，依次循环完成批量产品的贴标工作。

供标系统整体布局是供标机构设计中的最后一步，也是最关键的一步，合理的布局安排使各个零部件之间相互传递更加稳定，不合理的布局设计会导致整个供标系统无法正常工作。根据以上标签输送方案和具体零部件的设计和分析，对供标机构的整体结构进行布置和装配，见图2。供标机构主要包括底板、支撑板、盘卷机构、标签基纸回收机构、牵引机构、剥标机构、剥标量调节机构、左右位置调节机构，以及步进电机和3个导向辊组成。各主要零部件根据功能依次固定在支撑板上，相互配合，相互制约，共同完成供标机构的基本功能。在剥标装置前，设有剥标量调节机构，通过标签传感器对标签带上的每个间隙位置进行感应。一方面完成间歇式供标，为取标和贴标过程提供相应的时间，另一方面通过调节标签传感器的位置实现对剥标量的精确控制。

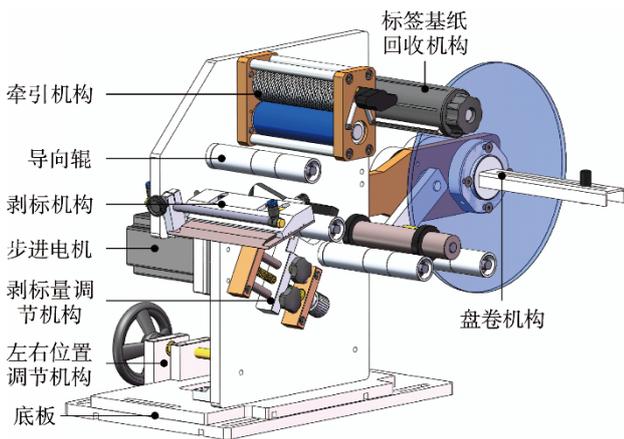


图2 供标系统整体布局

Fig.2 Overall layout of label delivering system

## 2.2 取标过程分析及结构设计

取标过程是连接供标机构和贴标机构的关键，当标签带在剥标装置作用下，标签受到各种因素的影响，与基纸自动分离，并产生一定的变形，即标签剥

离过程中受到自身重力、黏着力和保持力的作用，使刚脱离基纸的标签向上弯曲，见图3。为了使标签在剥离过程中能够沿吸标板方向输送，确保标签整体在吸标板的真空吸附范围内，需要在标签剥离出口的上方增加克服标签弯曲的作用力。由于标签上表面粘性较强，且不能直接接触，因此该系统利用压缩空气层增大标签表面空气压力的方式，使标签在气流的冲击力作用下会保持原来的运动状态，以此满足取标过程所需的要求<sup>[7-9]</sup>。

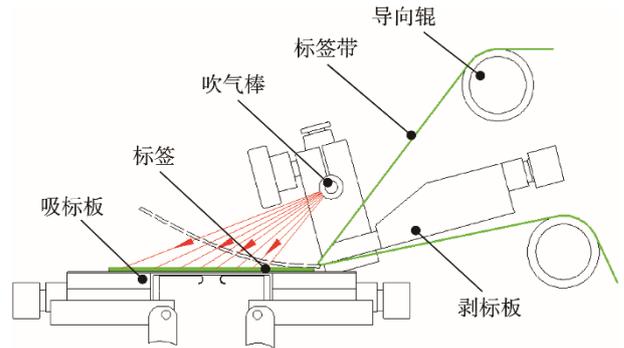


图3 气流式辅助取标示意

Fig.3 Schematic diagram of air flow assisted label pick-up

如图3所示，通过取标辅助装置吹气棒喷射的压缩气体，从而对弯曲标签产生一定的作用力。设吹气棒上的出气孔半径为  $r$ ，气管中的总气压为  $p$  ( $p$  不等于贴标机系统的工作压力，可以通过单独的气压阀进行调节)，出气孔个数为  $n$ ，则每个出气孔承受的气压为  $p/n$ ，吹气辅助取标装置提供的的作用力  $F$  为：

$$F = \frac{p \cdot \pi \cdot r^2}{n} \tag{1}$$

气管表面气孔的安装角度为  $a-a'$ ，以气管为原点建立坐标系，见图4。由于气管与吸标板的距离较近，可以假设气流量恒定，气体从小孔喷射后会产生分散效果，因此在气孔角度范围内，气流覆盖范围至少为1个标签的长度。

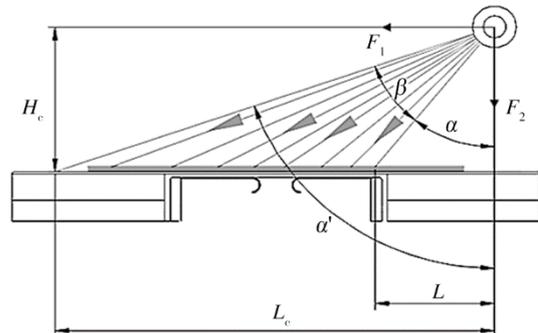


图4 气流式辅助取标受力分析

Fig.4 Force analysis of air flow assisted label pick-up

气流喷射至吸标板表面的气压  $p'$ ：  
 $p' = (p \cdot s) / s'$

气流接触吸标板表面的单位长度作用力  $F_0$ ：

$$F_0 = p' \cdot w = \frac{w \cdot p \cdot s}{s'}$$

式中  $s'$  为吸标板表面气流覆盖面积。

由于气流作用力斜向下，即水平分量与标签输送方向一致，因此在标签水平方向上施加一个向前的推送力  $F_l$ 。在标签末端与基纸完全分离前，该推力对标签的前进速度无影响，当标签与基纸完全分离后，推力给标签一个向前的加速度，减少了标签在间距  $L$  内的运动时间。

气流作用力沿吸标板方向的分力  $F_1$  为：

$$F_1 = F_0 \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

$$L = \frac{F_1}{2m} T_{102}^2 + v \cdot \cos \theta \cdot T_1 \quad (3)$$

$$T_1 = \frac{\sqrt{m^2 \cdot v^2 \cdot \cos^2 \theta + 2mLF_1}}{F_1} \quad (4)$$

$$\frac{\sqrt{m^2 \cdot v^2 \cdot \cos^2 \theta + 2mLF_0 \cos \alpha}}{F_0 \cos \alpha} + \frac{1}{v \cos \theta} = T_1 \quad (5)$$

从图 4 可以看出吹气棒的气流覆盖位置，2 个排气孔间的夹角决定了气流对吸标板表面的覆盖面积，则：

$$\alpha = \arctan\left(\frac{H_c}{L_c}\right) \quad (6)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{L_c}{H_c}\right) - \arctan\left(\frac{L}{H_c}\right) \quad (7)$$

可以得出，当气孔间夹角增大时，增大气流对吸标板的覆盖面积，以提高气流对标签的支撑力，更有利于使剥离后的标签处于吸标版的真空吸附范围内，以提高取标过程的稳定性。

粘接力对标签产生的弯曲角度受到标签自身重力和保持力的影响，为了达到取标最佳效果，气流在竖直方向的作用力  $F_2$  需平衡标签保持力和自身重力的作用，使得标签能紧贴吸标板表面输送至吸标板可吸附范围<sup>[10]</sup>，则：

$$F_0 \cdot \sin \alpha = F_2 = \frac{F_q - G}{L} \quad (8)$$

$$\sin \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + H_c^2}} \quad (9)$$

$$\int_{l_1}^{l_2} F_0 \frac{x}{\sqrt{x^2 + H_c^2}} \cdot w dx = F_q - G \quad (10)$$

$$F_0 = \frac{F_q - G}{2w\sqrt{l_2^2 + H_c^2} - \sqrt{l_1^2 + H_c^2}} \quad (11)$$

由此可以求得取标辅助装置最小的气流压力  $p$  为：

$$p = \frac{(F_q - G)s'}{2w^2s(\sqrt{l_2^2 + H_c^2} - \sqrt{l_1^2 + H_c^2})} \quad (12)$$

贴标机构主要由合标气缸、导轨、吸标板、连动杆、手轮、气管接头和支架等相关部件组成，见图 5。将吸标板安装在带有刻度的调节滑槽上，调节滑槽一方面与支架构成转动副，另一方面通过转轴与连动杆构成转动以及滑动连接，以此实现吸标板的对折与分离<sup>[11-13]</sup>。在安装过程中，要保证连接精度，使其在运动中不会发生脱离和晃动现象；连动杆与支撑架之间采用导轨滑块的方式进行连接，保证连动杆在合标气缸的带动过程中能够精确地沿竖直方向上下滑动；在滑块的两端安装限位块，能够调节连动杆的运动距离，以此实现吸标板具有不同的开合角度，同时防止连动杆运动到极限时继续向前运动，确保滑块不会因此而脱离导轨，以及减小合标气缸往复运动过程中对其他重要零部件造成损伤，延长贴标机构的工作寿命。

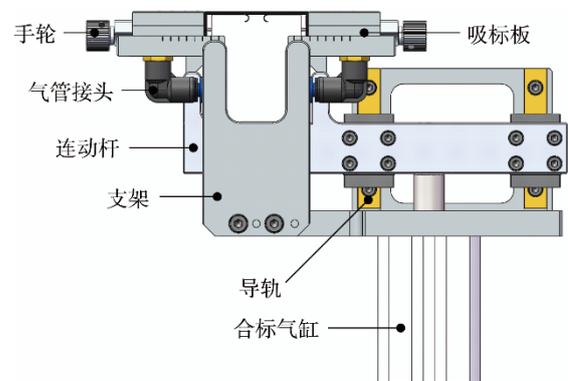


图 5 对折贴标机构

Fig.5 Schematic diagram of the folding labeling mechanism

### 2.3 整体系统布局

贴标机能够自动将标签贴在热塑性管外围，是各个机构相互配合共同完成。合理地安排每个机构的相对位置，不仅能够使贴标系统发挥最大的工作效益，而且能够降低装配难度，提高空间利用率，使贴标系统更加紧凑<sup>[14-18]</sup>。根据前面对每部分机构的设计，将贴标机机构整体进行布置。该贴标机主要由以下部分组成：防护罩、触摸屏、控制面板、供标机构、定位机构、取标贴标机构，以及传感器和 PLC 控制系统等，见图 6。整体机构通过底板连接在一起，供标机构提供标签，并在传递给取标贴标机构后移动到定位机构进行贴标。在工作过程中，采用防护罩将各部分的机械运动组件与外界隔绝，以提高贴标系统的安全性。传感器和 PLC 控制系统是信号检测和发出的核心控制部分，由软件和硬件等 2 个部分组成，它主要完成标签和热塑性管位置检测，供标机构的步进电机启动，使触摸屏上显示当前贴标数量，显示瓶子的数量，协调步进电机和气缸之间的速度关系和安全报警等功能。

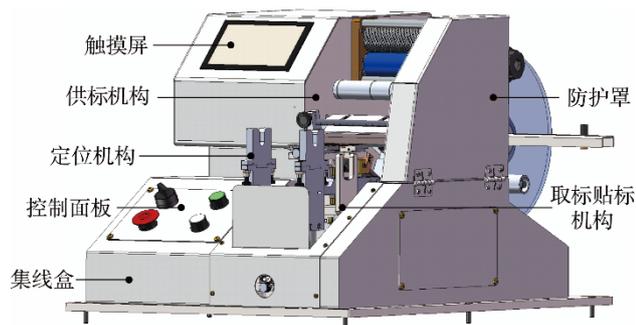


图6 贴标机整体外观

Fig.6 Overall appearance of labeling machine

2个定位支架之间的宽度决定了所能贴标的管件直管段的最小长度,该设计中支架之间的宽度为11 cm,见图6。当管件直管段长度大于11 cm时,可以直接贴标。当直管段长度小于11 cm时,需要根据管段的形态设计专用仿形工装后,才可以进行贴标。

### 3 性能测试分析

将初步组装完成的贴标样机进行测试,测试对象为管径为8, 10, 12, 14, 16 mm的热塑性管,采用宽度为60, 30 mm的不干胶标签卷进行连续贴标测试,相关测试数据见表2。

表2 贴标样机测试结果  
Tab.2 Test results of labeling prototype

产品管径/mm	贴标数量	标签宽度/mm	需要时间/min	正标率/%
8	2000	60	113	98.6%
10	2000	60	115	97.2%
12	2000	60	116	97.5%
14	2000	30	115	98.4%
16	2000	30	105	99.0%

通过分析记录数据得出,外径范围在15~18 mm内的热塑性管,其贴标机的正标率均可达到97.6% (标签边缘误差小于 $\pm 1.0$  mm为正标),同时测试过程中适当地调节步进电机的转速,能够使自动循环贴标速度达到1200 pcs/h。宽度为30 mm的标签对直径为16 mm热塑性管的贴标效果见图7,标签宽度为60 mm对直径为10 mm热塑性管的贴标效果见图8。



图7 标签宽度30 mm的贴标效果

Fig.7 Labeling effect of labels with a width of 30 mm



图8 标签宽度60 mm的贴标效果

Fig.8 Labeling effect of labels with a width of 60 mm

综上所述,热塑性管对折贴标机能够稳定持续地对热塑性管进行贴标工作,可满足性能指标。

### 4 结语

针对热塑性管对折贴标机的系统功能需求进行分析得出,该贴标机主要包含了不干胶标签卷存储功能、标签输送功能、剥标功能、基纸回收功能、取标贴标功能和热塑性管定位功能,在对每种功能进行说明的基础上,并对贴标机的机械结构进行了设计。当取标辅助装置上的气孔间夹角增大时,可以增大对吸标版的覆盖面积,提高了气流对标签的支撑面积,更有利于剥离后的标签处于吸标版的真空吸附范围内,增加了取标过程的稳定性,最后完成了性能测试。结果表明,该贴标机具有操作简单、结构紧凑、适应性强等优点,可以满足汽车管路生产行业特殊需求,具有较高的工程应用价值。

#### 参考文献:

- [1] DAE-HYUN Cho, BHARAT Bhushan. Friction and Wear of Various Polymer Pairs Used for Label and Wiper in Labeling Machine[J]. Tribology International, 2016, 98: 10—15.
- [2] 智晋宁, 张洪. 三维建模技术在机械产品设计中的应用研究[J]. 机械管理开发, 2004(4): 71—72. ZHI Ji-ning, ZHANG Hong. Application Study on Three Dimensional Modeling Technology in Products Design[J]. Mechanical Management and Development, 2004(4): 71—72.
- [3] 伍志祥, 陆佳平, 林淼. 贴标机自动取标贴标的研究与分析[J]. 机械设计, 2013, 30(12): 62—64. WU Zhi-xiang, LU Jia-ping, LIN Miao. Research and Analysis of Auto-taking and Pasting Label of Sticker Labeling Machine[J]. Journal of Machine Design, 2013, 30(12): 62—64.
- [4] LIN K C, TSAI M C, CHEN K Y. Web Tension Control of a Start-up Process Using Observer Techniques with Friction and Inertia Compensation[C]// The 27th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2001: 529—534.
- [5] QIAN Jing. Mathematical Models for Insulating

- Packages and Insulating Packaging Solutions[D]. TN: University of Memphis, 2010.
- [6] 刘亮. 提高贴标机贴标效果的改进研究[J]. 现代制造技术与装备, 2016(7): 25—26.  
LIU Liang. Improvement of Labeling Effect of Labeling Machine[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2016(7): 25—26.
- [7] 郭钟华, 李小宁, 香川利春. 气动真空发生器系统背压与抽吸性能关系分析[J]. 农业机械学报, 2015, 46(2): 312—315.  
GUO Zhong-hua, LI Xiao-ning, KAGAWA Toshiharu. Relationship between Back Pressure and Suction Ability of Pneumatic Ejector System[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(2): 312—315.
- [8] 毛乾晖, 路波, 郑智剑, 等. 真空发生器关键性能检测台设计与实验[J]. 液压气动与密封, 2015, 35(2): 1—4.  
MAO Qian-hui, LU Bo, ZHENG Zhi-jian, et al. Design and Experiment of Vacuum Generator Key Performance Testing Platform[J]. Hydraulics Pneumatics & Seals, 2015, 35(2): 1—4.
- [9] 杨绮云, 李为涛. 贴标机供标系统的动力学分析及控制系统设计[J]. 包装工程, 2006, 27(5): 45—47.  
YANG Qi-yun, LI Wei-tao. Dynamic Analysis and Control System Design of Labeling Machine Labeling System[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(5): 45—47.
- [10] 匡俊杰, 游华燕, 池晓明, 等. 固化工艺参数对胶粘剂 180° 剥离强度的影响[J]. 中国胶黏剂, 2012, 21(12): 8—10.  
KUANG Jun-jie, YOU Hua-yan, CHI Xiao-ming, et al. Influence of Curing Process Parameters on Adhesive 180° Peel Strength[J]. China adhesive, 2012, 21(12): 8—10.
- [11] 湛华. 提高自动贴标机出标精度的设计探讨[J]. 科技创新与应用, 2014(31): 62—63.  
ZHAN Hua. Design Discussion on Improving the Marking Accuracy of Automatic Labeling Machine[J]. Science and Technology Innovation and Application, 2014(31): 62—63.
- [12] LI Zhang, ZANG Xi-zhe, SUO Lai-chun, et al. Static Analysis and Modal Analysis of Heavy-load Manipulator Based on Ansys[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 556/5562: 1059—1064.
- [13] 郑庆元, 任志军, 李亚, 等. 自动贴标机系统设计[J]. 数字技术与应用, 2015(8): 157.  
ZHENG Qing-yuan, REN Zhi-jun, LI Ya et al. Design of Automatic Labeling Machine System[J]. Digital Technology and Application, 2015(8): 157.
- [14] 罗序平. 综合型直线式不干胶自动贴标机设计及研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2017.  
LUO Xu-ping. Design and Research of Integrated Linear Self-adhesive Automatic Labeling Machine[D]. Guangdong University of Technology, 2017.
- [15] 江帮星. TI 公司汽车管路产品发展战略研究[D]. 长春: 吉林大学, 2008.  
JIANG Bang-xing. Research on Automotive Pipeline Product Development Strategy of TI Company[D]. Changchun: Jilin University, 2008.
- [16] 赵大庆, 陈鹿民. 卷轴式贴标签机剥离机构的优化设计[J]. 包装工程, 1995, 16(3): 41—43.  
ZHAO Da-qing, CHEN Lu-min. Optimal Design of Stripping Mechanism of Reel Type Labeling Machine[J]. Packaging Engineering, 1995, 16(3): 41—43.
- [17] 蒋卓, 张春林, 冯显富, 等. 超高速轮转式贴标机的关键技术[J]. 包装工程, 2017, 38(21): 131—134.  
JIANG Zhuo, ZHANG Chun-lin, FENG Xian-fu, et al. Key Technologies of Ultra-high-speed Rotary Labeling Machine[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(21): 131—134.
- [18] 李凌, 呼咏, 梁宁, 等. 自动试管贴标机的设计与研究[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 85—87.  
LI Ling, HU Yong, LIANG Ning, et al. Design and Research of Automatic Tube Labeling Machine[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 85—87.