

# EMS 输送小车定位系统自动清洁装置的设计

孙成顺<sup>1</sup>, 蔡培良<sup>1</sup>, 何邦贵<sup>2</sup>, 范猛士<sup>1</sup>, 罗勇<sup>1</sup>, 朱勋亮<sup>1</sup>

(1.红云红河烟草(集团)有限责任公司曲靖卷烟厂, 曲靖 655000; 2.昆明理工大学, 昆明 650500)

**摘要:** **目的** 解决 EMS 输送小车在运行中定位故障频发的问题。**方法** 设计一种 EMS 输送小车定位系统自动清洁装置, 该装置由定位条码清洁机构和读码头清洁机构等部分组成, 通过对其关键技术的研究, 进行定位条码自动清洁机构、电推杆、读码头自动清洁机构、自动清洁控制系统等的设计及相关控制参数的调整, 实现定位系统及读码头的自动定时清洁。**结果** 该自动清洁装置能够使 EMS 输送小车定位系统保持清洁, 消除了定位故障造成的停机, 停车定位准确率达到 100%。**结论** 实现了 EMS 输送小车系统无人值守运行, 降低了 EMS 输送系统的运行成本, 该装置还可应用于环形穿梭车、堆垛机、移动式翻箱机、条形码移动车等设备的清洁装置。

**关键词:** EMS 输送小车系统; 定位系统; 读码头; 自动清洁

**中图分类号:** TB486<sup>+</sup>.02; TS4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)21-0148-06

## Design of Automatic Cleaning Device for EMS Transport Trolley Positioning System

SUN Cheng-shun<sup>1</sup>, CAI Pei-liang<sup>1</sup>, HE Bang-gui<sup>2</sup>, FAN Meng-shi<sup>1</sup>, LUO Yong<sup>1</sup>, ZHU Xun-liang<sup>1</sup>

(1. Qujing Cigarette Factory, HongyunHonghe (Group) Co., Ltd., Qujing 655000, China;

2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

**ABSTRACT:** The work aims to solve the frequent positioning failure of EMS transport trolley in operation. An automatic cleaning device of EMS transport trolley positioning system was designed. Such device was composed of the cleaning mechanisms for positioning barcode and code reading head. Through the study on their key technologies, the design and relevant control parameters of the automatic cleaning mechanism of positioning barcode, electric push rod, ic cleaning mechanism of code reading head and automatic cleaning control system, etc. were adjusted, so as to achieve the automatic regular cleaning of the positioning system and the code reading head. The automatic cleaning device could keep clean the EMS transport trolley positioning system. With such device, the shutdown caused by the positioning failure was eliminated, and the parking positioning accuracy reached 100%. The unattended operation of the EMS transport trolley system has been realized, which reduces the operation cost of EMS transport system. The device can also be used for the cleaning devices of such equipment as circular shuttle bus, stacker, movable turnover machine and barcode mover, etc.

**KEY WORDS:** EMS transport trolley system; positioning system; code reading head; automatic cleaning

在现代卷烟制造企业中成品烟丝库是衔接制丝和卷包工序的纽带和桥梁, 制丝生产出来的成品烟丝经过装箱进入成品烟丝库暂存, 由 EMS 输送小车(电动自行车输送小车)系统根据生产调度自动地分配到各喂料仓, 经风力送丝向卷包机组供给烟丝。EMS 输送小车系统是成品烟丝库实现柔性化生产关键输送设备。卷烟企业成品烟丝库的 EMS 输送系统一般配备多套 EMS 输送小车, EMS 输送小车系统运行在环

形轨道上, 按照中央控制系统的命令完成产品烟丝箱的输送、空箱返库、箱盖返库任务。在生产过程中, 据统计 EMS 小车的故障 90%以上是由于定位系统不清洁导致。为了保证 EMS 输送小车系统的正常运行, 必须由人工完成 EMS 输送小车定位系统的清洁工作, 且定位系统的清洁必须在 EMS 输送小车系统停机状态下才能进行, 人工清洁效率低且存在一定的危险性。近年来, 针对环形穿梭车<sup>[1-6]</sup>和自动清洁装置

收稿日期: 2017-05-03

作者简介: 孙成顺(1973—), 男, 工程师, 主要研究方向为烟草制丝、物流、卷包设备电气研究、维修及培训。

的问题已进行了许多研究，关利东等<sup>[7]</sup>设计的环形穿梭车沿轨道单向运行，该环形轨道上可以同时运行数台环形穿梭车来满足出入库量，使物流行业出入库量得到不断提高。李海山<sup>[8]</sup>A181 型梳棉机剥棉胶圈自动清洁装置的实践，利于提高生条质量及生产效率。目前尚未有针对 EMS 输送小车及清洁装置的相关研究报告。笔者对 EMS 输送小车控制系统进行优化，但对生产中出现的定位系统不清洁现象仍不能有效杜绝，因此，文中针对 EMS 输送小车定位系统开发一套专用的基于 EMS 输送小车定位系统清洁装置，旨在实现定位系统的自动清洁，提升 EMS 输送小车运行效率。

### 1 EMS 输送小车存在问题

EMS 输送小车控制系统主要由 EMS 输送小车系统由中央控制系统、小车系统、供电系统 3 部分构成。EMS 输送小车系统运行在环形轨道上，按照中央控制系统的命令完成产品烟丝箱的输送、空箱返库、箱盖返库任务，见图 1。EMS 输送小车的定位系统由读码头和条码组成，依靠车身上的读码头实时读取轨道上的定位条码实现位置反馈，EMS 输送小车运行环境中粉尘监测值为 0.63 mg/m<sup>3</sup>，空气中的粉尘不可避免地会附着在条形码表面<sup>[9-11]</sup>和读码头上，定位系统不清洁后会导致读取位置错误。EMS 输送小车的位置是任务下发、任务执行、小车运行控制的依据，小车的位置反馈错误时，会出现小车急刹车、定位不准、无法定位<sup>[12-13]</sup>、无规律加减速、小车追尾等问题，导致 EMS 输送小车系统的取电器、整流器、变频器等屡次损坏。

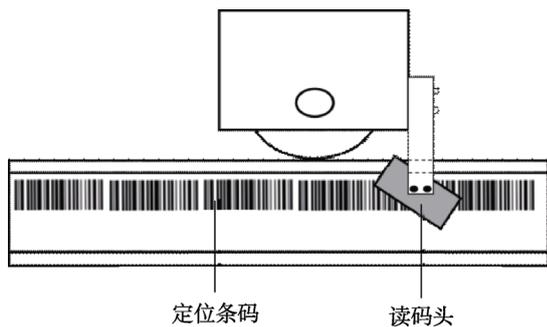


图 1 EMS 输送小车定位系统  
Fig.1 EMS transport trolley positioning system

#### 1.1 定位系统不清洁导致的各台 EMS 小车定位故障统计

EMS 系统共有 9 台输送小车，按工班对 9 台 EMS 小车的定位故障次数进行为期 1 个月的统计，由于定位系统不清洁，使得运行在轨道上的 9 台 EMS 输送小车均会出现定位故障，且各台 EMS 输送小车日定

位故障次数大体相等。证明因定位系统不清洁导致的定位故障在系统运行期间普遍存在。

#### 1.2 定位系统不清洁导致的各时间段 EMS 小车定位故障统计

统计每天各时间段 EMS 系统定位故障次数，统计时间为 1 周（5 个工作日）。开始时间为每天保养完之后（即 9:00），每间隔 1 小时统计 1 次，见图 2。

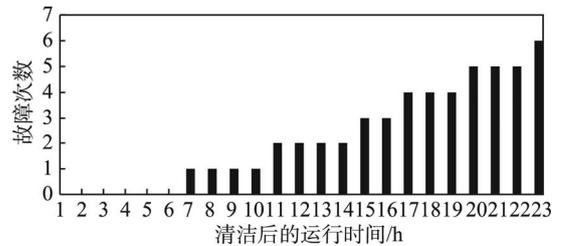


图 2 各时间段 EMS 小车的定位故障次数统计  
Fig.2 The statistics of the number of positioning faults of EMS trolley in each time period

整个 EMS 输送小车系统由于定位系统不清洁导致的定位故障次数达到约 50 次/d。定位故障出现的规律：每天日保养经过人工清洁处理后，EMS 输送小车系统可连续运行 1~6 h 而无定位故障出现，在 EMS 系统连续运行 6 h 后，定位故障次数随运行时间快速增加。

### 2 EMS 输送小车定位系统自动清洁装置原理设计

根据 EMS 输送小车定位故障出现的规律，所设计的自动清洁装置必须定时对定位系统进行清洁，才能保证 EMS 输送小车定位系统的准确性。由于 EMS 输送小车定位系统由定位条码和读码头 2 部分组成，故自动清洁装置由定位条码自动清洁机构和读码头自动清洁机构 2 部分构成。如图 3 所示，EMS 主控 PLC<sup>[14-19]</sup>通过 Profinet 网络与 9 台 EMS 输送小车站 PLC 通讯，传输介质为无线网络 IWLAN，主控 PLC 读取系统时间与设定清洁时间相比较，若二者相等则

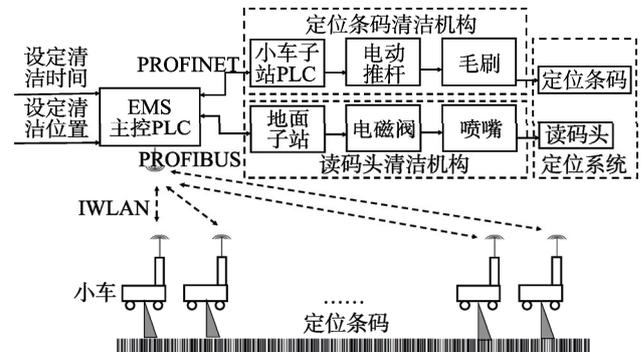


图 3 自动清洁装置原理  
Fig.3 The schematic diagram of automatic cleaning device

发出清洁指令, 装有定位条码清洁装置的小车执行清洁程序, 电动推杆将毛刷推出, 对定位条码进行清洁。EMS 主控 PLC 通过 Profibus<sup>[20]</sup>网络与地面子站 (ET20 0S) 通讯, 主控 PLC 读取 9 台小车位置与设定喷嘴的位置相比较, 若二者相等则发出清洁指令, 地面子站打开电磁阀, 压缩空气喷嘴对读码头进行清洁。

### 3 EMS 输送小车定位系统自动清洁装置的关键技术与实现

#### 3.1 定位条码自动清洁的实现

EMS 小车在环形系统轨道运行, 只需将条码清洁系统安装于一台 EMS 小车上, 在小车自动运行的同时, 即可对条码进行清洁, 小车在轨道上运行 1 圈, 即可完成整个轨道条码的清洁。定位条码自动清洁机构主要由支架、电动推杆、毛刷装置等构成, 定位条码自动清洁机构定时驱动毛刷伸出完成定位条码的清洁, 见图 4。

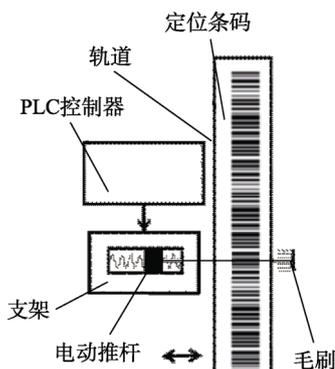


图 4 定位条码自动清洁部分构成  
Fig.4 Composition of automatic cleaning parts of positioning barcode

##### 3.1.1 定位条码自动清洁机构安装位置的确定

定位条码自动清洁机构借助 EMS 输送小车运动而完成条码清洁工作, 需考虑小车处于弯道位置时自动清洁机构的工作状态, 见图 5。弯道的曲率半径  $R$  为 2500 mm, 前、后导间距为 1000 mm, 导向轮轮距

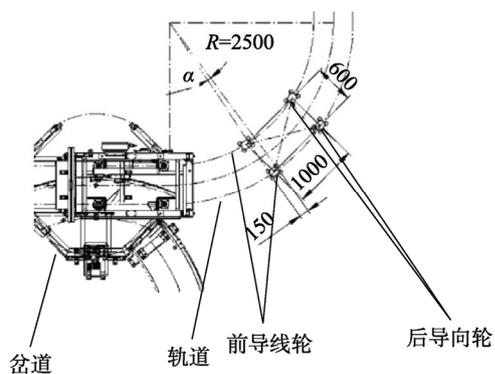


图 5 轨道弯道  
Fig.5 Track bend

为 150 mm, 导向轮在静止状态下, 条码侧的导向轮与弯道中心的夹角为  $\alpha$ 。

$$\alpha = \arcsin \frac{150}{2(2500+300)} \quad (1)$$

由式(1)得  $\alpha=3.07^\circ$ , 该夹角之间弯道的长度与直道处的长度是相等的, 小车在弯道处, 毛刷与条码的间距与直道处是一样的。故安装位置需设定在可转向的行走轮支架上, 以便清洁装置能与行走轮同步转向。

##### 3.1.2 推杆的尺寸的确定

条码清洁装置的设计尺寸和安装位置需受岔道处直轨和弧形轨之间间距的制约, 为避免发生碰撞, 该装置伸出小车轨道外的长度不得超过 158 mm。推杆行程  $\delta$  的约束条件为: 将清洁装置工作时推杆的位置设为零位。从安全角度出发, 推杆行程  $\delta$  应大于导向轮补偿器的最大补偿值为 27 mm; 在非工作状态, 清洁装置末端应小于旋转道岔直轨和弯轨的距离, 即  $27 \text{ mm} < \delta < 110 \text{ mm}$ 。

##### 3.1.3 电推杆安全性改进

为了规避电动推杆检测失效造成损坏定位条码的风险, 在螺旋推杆两端加装机限位挡块, 当微动开关检测失效时, 机械限位挡块可以有效阻止螺旋推杆继续动作, 从而解决电推杆检测失效风险的问题, 见图 6。

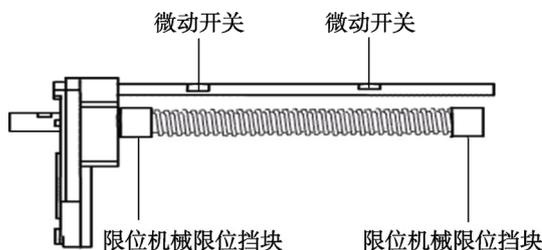


图 6 电推杆安全性改进  
Fig.6 The safety improvement of electric push rod

##### 3.1.4 毛刷尺寸与安装角度的确定

为了保证清洁的效果, 需将毛刷在安装时与水平面有一个倾角  $\theta$ , 见图 7。其好处是当条码顶部的粉尘下落时, 不会落到毛刷下端, 造成毛刷污染。

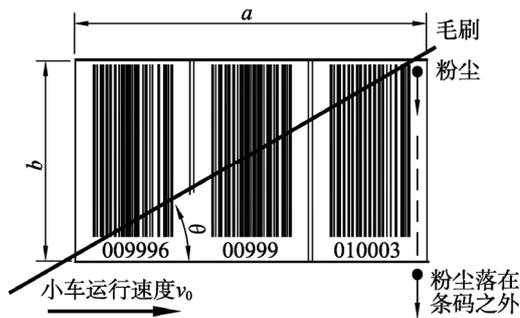


图 7 毛刷尺寸与安装角度  
Fig.7 Brush size and installation angle

假设在时间  $t$  内，粉尘从高处落下时的高度为  $b$ ，小车运行的速度为  $v_0$ ，运行的距离为  $S$ ，则

$$\begin{cases} b = \frac{1}{2}gt^2 \\ S = v_0t \\ S \leq b \\ \theta = \arccos \frac{b}{S} \end{cases} \quad (2)$$

式中： $v_0=54 \text{ m/min}$ （小车设定的速度值）。

由式（2）可知： $S \leq 72 \text{ mm}$ ， $\theta=22.62^\circ$ 。那么，毛刷的长度  $L \geq 78 \text{ mm}$ 。考虑到每个条码的尺寸为  $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$  和读码头的读码范围为  $90 \text{ mm}$ ，取毛刷的长度  $L$  为  $100 \text{ mm}$ （粉尘从条码的上端落到下端条码外，所需时间是  $0.08 \text{ s}$ ）。

### 3.1.5 控制电路设计

设计电动推杆控制电路见图 8，通过中间继电器 K1（电动推杆伸出控制继电器），K2（电动推杆缩回控制继电器）互锁控制电动推杆电机 M1 的伸缩，其中 K1, K2 的控制端接入 EMS 输送小车控制子站的数字输出 DO 模块。

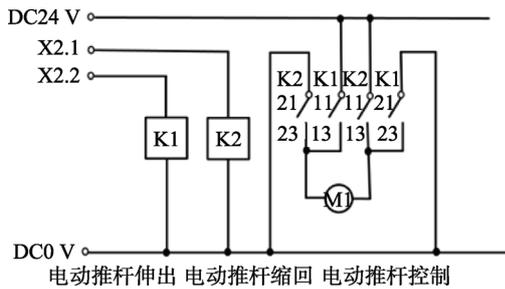


图 8 电推杆控制电路

Fig.8 The control circuit of electric push rod

### 3.1.6 控制程序设计

PLC 控制程序控制流程见图 9，PLC 控制程序按照设定的时间定时发出清洁指令，电动推杆接收到清洁指令后缩回毛刷对条码进行清洁，同时记忆清洁起点位置，毛刷沿 EMS 输送小车的运行轨道对条码清扫 1 周后，系统发出清洁完毕信号，电动推杆带动毛刷伸出。由于定位在每个班都能得到自动清洁，定位条码随时保持清洁状态。

## 3.2 读码头自动清洁的实现

### 3.2.1 读码头自动清洁机构的设计

根据 EMS 输送小车系统在环形轨道上运行的特点，在环形轨道上任意取一个点，安装压缩空气喷嘴，调整喷嘴的喷射角度对准 EMS 小车读码头，由压缩空气完成读码头的清洁。读码头自动清洁机构主要由 PLC 输出模块、电磁阀、喷嘴、调压阀、压缩空气过滤器等构成，见图 10。

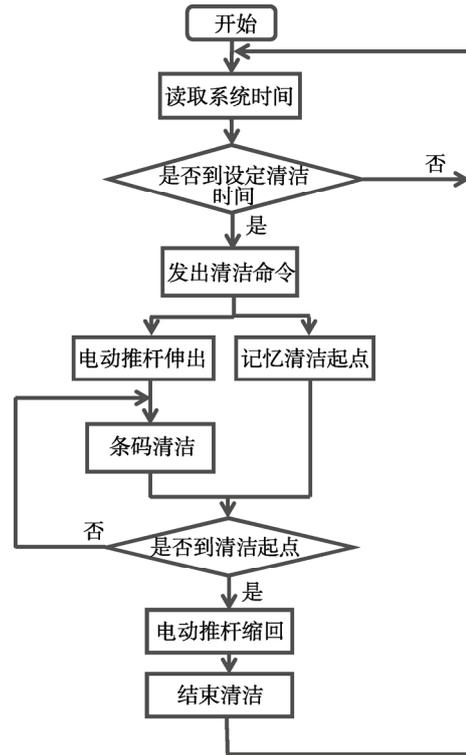


图 9 PLC 程序控制流程

Fig.9 PLC program control flow chart

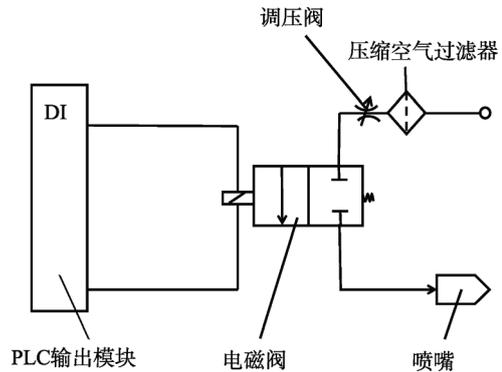


图 10 读码头自动清洁机构

Fig.10 Automatic cleaning mechanism of code reading head

### 3.2.2 读码头自动清洁程序设计

读码头自动清洁机构喷嘴的气源由电磁阀控制，见图 11。通过 EMS 输送小车系统主控制 PLC 读取所有 EMS 输送小车的位置，当 EMS 小车到达自清洁装置喷嘴位置时，PLC 控制系统控制电磁阀打开，通过压缩空气对读码头进行吹扫，把落在读码头镜面上的灰尘吹落，当 EMS 输送小车驶离自清洁装置喷嘴位置时，电磁阀关闭，切断压缩空气，完成 EMS 小车读码头的清洁。

## 3.3 EMS 输送小车定位系统自动清洁装置安装实施

### 3.3.1 EMS 输送小车定位条码自动清洁机构的安装实施

将以上所述的电动推杆、毛刷、支架等按照设计尺寸安装于 EMS 输送小车的后转向轮上，见图 12。

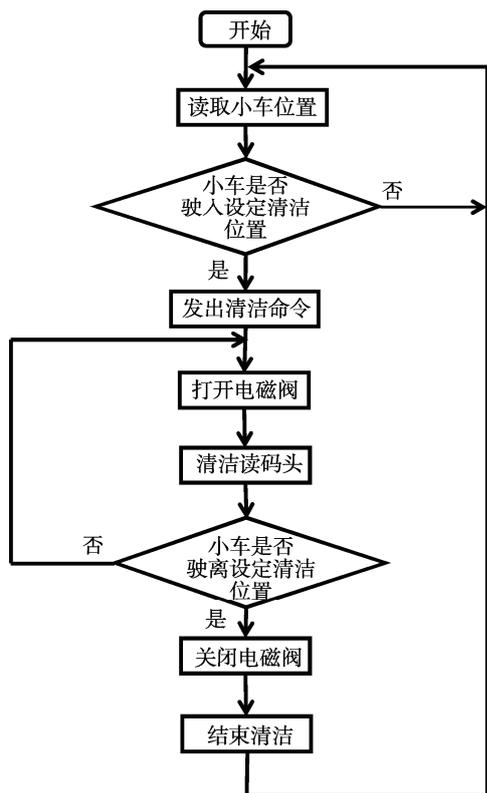


图 11 读码头自动清洁程序流程

Fig.11 Automatic cleaning process flow of code reading head

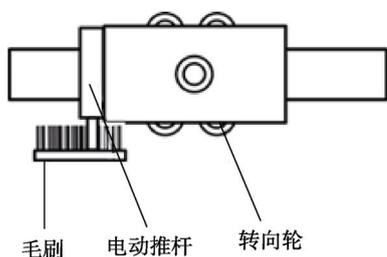


图 12 定位条码自动清洁机构

Fig.12 Automatic cleaning mechanism for positioning barcode

### 3.3.2 EMS 输送小车读码头自动清洁机构的安装实施

在 EMS 轨道上选取一个方便安装的位置，将喷嘴固定在 EMS 轨道上，把喷嘴位置写入程序。电磁阀接入地面子站控制柜，接通气源完成实施。

## 4 实际应用效果

针对 EMS 输送小车定位系统自动清洁装置的开发前后效果进行验证，统计了 2015 年 3 月与 2016 年 3 月 EMS 系统定位故障次数见表 1，通过统计分析发现安装定位系统自动清洁装置后，未出现由于条码不清洁导致的定位故障，定位停车准确率达到 100%。EMS 输送小车系统的稳定性、可靠性有了大幅度提升，取得了良好的运行效果。改造后实现无人值守自动运行，实现自动清洁保养功能，降低了员工的劳动强度。

表 1 应用前后 EMS 输送小车系统的定位故障次数统计  
Tab.1 The statistics of the number of positioning failures before and after the application of the EMS transport trolley system  
次/周

序号	清洁装置安装前				清洁装置安装后			
	早班	午班	晚班	夜班	早班	午班	晚班	夜班
1	3	4	4	6	0	0	0	0
2	4	4	5	5	0	0	0	0
3	2	5	4	6	0	0	0	0
4	3	3	6	6	0	0	0	0
合计	12	16	19	23	0	0	0	0

注：设备每天 24 h 连续运转，每班生产 6 h，早班为 6:00—12:00，午班为 12:00—18:00，晚班为 18:00—23:45，夜班为 23:45—6:00

## 5 结语

EMS 输送小车定位系统自动清洁装置采用机、电、气一体化设计，实现了定位条码、读码头的定时自动清洁，保证了 EMS 输送小车运行稳定性和停车准确性。试验结果表明，定位系统自动清洁装置改进后，EMS 输送小车由于消除了定位故障造成的停机，定位停车准确率达到 100%，实现了 EMS 输送小车系统的无人值守运行，降低了 EMS 输送系统的运行成本。该装置还可应用于环形穿梭车、堆垛机、移动式翻箱机、条形码移动车等设备的清洁装置。

### 参考文献：

- [1] 胡建伟, 李东波, 何非, 等. 环形穿梭车调度系统设计与开发[J]. 物流技术, 2015(9): 266—268.  
HU Jian-wei, LI Dong-bo, HE Fei, et al. Design and Development of Dispatching System for Circular Shuttles[J]. Logistics Technology, 2015(9): 266—268.
- [2] 朱从民, 王卫青, 俞汉生, 等. 自动穿梭板的设计及应用[J]. 物流技术, 2007, 26(7): 96—98.  
ZHU Cong-min, WANG Wei-qing, YU Han-sheng, et al. Design and Application of Automated Electrical Shuttle[J]. Logistics Technology, 2007, 26(7): 96—98.
- [3] 杨忠文, 徐仲兴. 往复穿梭车输送能力计算[J]. 物流技术, 2001(6): 3—4.  
YANG Zhong-wen, XU Zhong-xing. Calculation for Conveying Ability of Reciprocal Vehicles[J]. Logistics Technology, 2001(6): 3—4.
- [4] 许剑梅, 楼冬梅, 王洁芳, 等. 穿梭车在自动化物流系统中的应用[J]. 物流技术与应用, 2009, 14(7): 95—99.  
XU Jian-mei, LOU Dong-mei, WANG Jie-fang, et al. Application of RGV to Automated Logistics System[J]. Logistics & Material Handling, 2009, 14(7): 95—99.
- [5] 于永江, 曲雅楠, 刘俏. 穿梭车系统设计及其在物流

- 系统中的应用[J]. 物流技术与应用, 2007, 12(8): 86—89.
- YU Yong-jiang, QU Ya-nan, LIU Qiao. Design and application of RGV in logistics system[J]. Logistics & Material Handling, 2007, 12(8): 86—89.
- [6] 楼冬梅, 杨晓代. 穿梭车在自动化物流系统中的控制及应用[J]. 烟草科技, 2002(10): 23—25.
- LOU Dong-mei, YANG Xiao-dai. Control and Application of Shuttle Vehicle in Automatic Material Handling System[J]. Tobacco Science & Technology, 2002(10): 23—25.
- [7] 关利东, 张莹莹. 环形穿梭车设计[J]. 机械工程师, 2016(4): 161—163.
- GUAN Li-dong, ZHANG Ying-ying. Sorting Transfer Vehicle Design[J]. Mechanical Engineer, 2016(4): 161—163.
- [8] 李海山. A181 型梳棉机剥棉胶圈自动清洁装置的应用[J]. 纺织器材, 2010, 37(5): 53—53.
- LI Hai-shan. The Auto Cleaning Device Modified from the Stripping Apron on the Card A181[J]. Textile Accessories, 2010, 37(5): 53—53.
- [9] 王颢. 复杂背景中条码图像的定位与识别方法研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.
- WANG Hao. Barcode Localization and Recognition in Complex Scenes[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2015.
- [10] 张万鹏, 谢松云, 姜官祥, 等. 复杂背景中模糊条形码的定位[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(3): 75—79.
- ZHANG Wan-peng, XIE Song-yun, JIANG Guan-xiang, et al. Blurry Barcode Locating in Complex Background[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2013, 32(3): 75—79.
- [11] 梁锋. 汽车货运条码技术在现代物流业中的应用[J]. 辽宁省交通高等专科学校学报, 2011, 13(2): 37—39.
- LIANG Feng. Study on the Application of Bar Code Technology in the Trucking Freight of Modern Logistics[J]. Journal of Liaoning Provincial College of Communications, 2011, 13(2): 37—39.
- [12] 张彬. PASSIM 烟条烙铁定位装置的改进[J]. 机械工程师, 2011(1): 132—133.
- ZHANG Bin. Improvement of Positioning Device for PASSIM Cigarette Bar Heater[J]. Mechanical Engineer, 2011(1): 132—133.
- [13] 阙明. 接触网定位装置冗余设计探索[J]. 电气化铁道, 2011, 22(4): 8—9.
- QUE Ming. Discussion on Redundancy Design of Registration Device for Overhead Contact Line[J]. Electric Railway, 2011, 22(4): 8—9.
- [14] 刘学海, 韩东, 王斌, 等. 基于 IPC-PLC 的 PASSIM 卷接机组电控系统设计[J]. 烟草科技, 2010(11): 25—28.
- LIU Xue-hai, HAN Dong, WANG Bin, et al. Design of Electric Control System in PASSIM Filter Cigarette Maker Based on IPC-PLC[J]. Tobacco Science & Technology, 2010(11): 25—28.
- [15] 王兴国. 基于 IPC 和 PLC 的纸币塑封包装机自动控制系统[J]. 电气自动化, 2014(4): 96—98.
- WANG Xing-guo. IPC/PLC-based Automatic Control System for Paper Money Plastic Packaging Machine[J]. Electrical Automation, 2014(4): 96—98.
- [16] 叶建美, 胡敏. 基于 PLC 与触摸屏技术的瓦楞单机控制系统设计[J]. 包装工程版, 2015, 36(3): 70—73.
- YE Jian-mei, HU Min. Design of Control System for Corrugated Single Facer Based on PLC and Touch Screen Technology[J]. Package Engineering, 2015, 36(3): 70—73.
- [17] 张志锋, 肖世德, 赵阳, 等. 一种 PLC 控制 L 型大板块包装机的设计[J]. 包装工程, 2016, 37(11): 122—126.
- ZHANG Zhi-feng, XIAO Shi-de, ZHAO Yang, et al. Design of Large L-shaped Plate Packaging Machine Based on PLC[J]. Package Engineering, 2016, 37(11): 122—126.
- [18] 吕品. PLC 和触摸屏组合控制系统的应用[J]. 自动化仪表, 2010, 31(8): 45—47.
- LYU Pin. Application of Control System Composed of PLC and Touch Screen[J]. Process Automation Instrumentation, 2010, 31(8): 45—47.
- [19] 陈东青. 基于 PLC 与触摸屏的码垛工业机器人操作系统设计[J]. 包装工程, 2014, 35(23): 84—88.
- CHEN Dong-qing. Design of Stacker Industrial Robot Operating System Based on PLC and Touch Screen[J]. Package Engineering, 2014, 35(23): 84—88.
- [20] 杨绍胜. S7-300 PLC 和 PROFIBUS-DP 现场总线在 KDF2 滤棒成型机上的应用[J]. 烟草科技, 2007, 48(7): 20—23.
- YANG Shao-sheng. Application of S7-300 PLC and PROFIBUS-DP in KDF2 Filter Rod Maker[J]. Tobacco Science & Technology, 2007, 48(7): 20—23.