

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2020179

# 单板旋切生产线分级码垛装置的设计

赵静, 高志阳, 沈毅松, 宋钰

(青岛理工大学机械与汽车工程学院, 山东青岛 266520)



**摘要:** 为解决单板旋切生产线中人工分级码垛工作量大、效率低下的问题, 设计一种自动分级、码垛的一体化装置。通过分析相邻单板传送特点, 设计单板图像全覆盖的采集方法, 依据图像中单板覆盖传送带面积大小确定分级依据; 结合动作时间确定机械响应距离, 以平面四杆机构作为执行端来实现生产线分级、码垛一体化作业, 根据旋切原木产生单板的规律确定分级架全部动作次序, Adams运动学仿真结果验证了四杆机构的可行性。

**关键词:** 单板分级; 图像识别; 曲柄摇杆机构; 动作次序

中图分类号: S776.3; TS642; TS653.2 文献标识码: B 文章编号: 2096-9694 (2021) 05-0066-06

## Automatic Grading and Stacking System for Rotary Veneer Manufacturing

ZHAO Jing, GAO Zhi-yang, SHEN Yi-song, SONG Yu

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Qingdao University of Technological, Qingdao 266520, Shandong, China)

**Abstract:** In order to solve the issues of heavy workload and low efficiency of manual grading and palletizing processes in the rotary peeling production line, an integrated device of automatic grading and palletizing was designed. Through analyzing the transmitting specification of adjacent veneers, image acquisition methods were designed to ensure full-coverage images of veneers. The classification rules were determined by the area of conveyor belt covered by the veneer in the image. The mechanical response distance was determined based on the action time, and the planar four-bar mechanism was used as the execution end to achieve integrated grading and palletizing processes in the production line. The whole action sequence of the grading frame was determined according to veneer manufacturing principles through peeling logs. The results of Adams kinematics simulation verify the feasibility of the four-bar mechanism.

**Key words:** veneer grading; image recognition; crank and rocker mechanism; sequence of actions

单板作为胶合板的构成单元, 其质量对胶合板质量起决定性作用<sup>[1]</sup>。旋切是单板制造的主要方法, 通过旋切机将一定长度和直径的木段加工成连续的单板带, 再剪切成一定宽度的单板通过码

垛机堆放。随着胶合板生产技术与装备水平的提升, 旋切机旋切速度得到了大幅度提升, 但目前单板质量分级工作主要依靠人工完成, 人工分级、码垛的方式落后, 成为旋切生产线自动化的一大障碍。

针对单板分级、码垛方式与效率问题, 部分企业通过增加人工或安装码垛机来提升速度。但人工增加的同时提高了生产成本, 码垛机虽带有

收稿日期: 2020-12-15; 修改日期: 2021-03-06

基金项目: 企业横向项目“单板无卡轴智能无人化旋切车间研发”(B2-2017-0117)。

作者简介: 赵静 (1985—), 女, 讲师。Email: sdfxzjing@163.com

红外感应功能却只能判断单板有无,不具有分级功能,不同质量的单板堆摞在一起,仍需人工分级<sup>[2]</sup>。单板厚度一定时,板面面积是衡量单板质量的重要依据,板面面积越大、缺失面积越小,等级越高。红外感应的分级技术难以依托板面面积进行精确分级。目前常采用人机结合的分级、码垛方式<sup>[3]</sup>只能对最优等级单板进行传送、码垛,其他等级单板依靠人工进行分级和码垛,依然存在人工成本高、分拣不精确等问题,且并未实现单板的高效率、自动化生产。

本研究将图像识别技术应用于单板的分级设计中,通过识别板面覆盖传送带面积大小确定单板等级<sup>[4]</sup>;设计单板的机械传送机构,结合码垛机

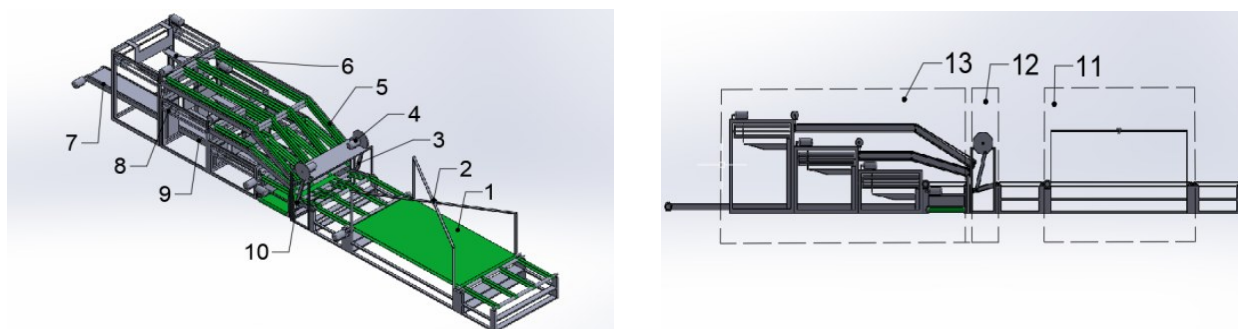
实现自动分级、码垛功能,旨在提升单板旋切生产线的效率,降低单板生产成本,实现单板生产线的全自动化作业。

## 1 整体布局及设计要求

### 1.1 整体布局

分级码垛装置由识别系统和分级、码垛机构联合动作来实现相应工作。其中,识别系统可识别单板图像并区分等级;分级、码垛机构中的分级结构根据单板等级执行动作,将不同等级单板传送至对应等级的码垛机,实现单板分级码垛的自动化作业。

其结构如图1所示,主要参数列于表1。



1 视觉识别传送带;2 视觉识别相机;3 摇杆;4 电机;5 传送带;6 接皮托板;7 满垛传送链;8 接皮滚筒;  
9 满垛传送架;10 分级架;11 图像采集识别区域;12 分级区域;13 码垛区域。

图1 分级码垛装置结构图

Fig.1 Structure diagram of grading and palletizing system

表1 单板有关主要参数

Tab.1 Main parameters of veneer

| 参数                                    | 数值      |
|---------------------------------------|---------|
| 板宽 $w/\text{mm}$                      | 870     |
| 板长 $l/\text{mm}$                      | 1 270   |
| 板厚 $d/\text{mm}$                      | 0.8~3.2 |
| 旋切机出板速度 $V/(\text{m}/\text{min})$     | 38~47   |
| 旋切机传输架传送带速度 $v/(\text{m}/\text{min})$ | 42~50   |
| 传送带与单板摩擦系数 $\rho$                     | 0.8     |

### 1.2 设计要求

由于原木外形的不确定性,通常情况下多数原木旋切的单板等级由劣逐渐到优,部分原木存在死节、干疤、蛀虫侵蚀等缺陷<sup>[5]</sup>,不同等级的单板会交叉出现。

自动分级、码垛装置对不同等级的单板进行

精确识别、分级、传送、码垛,需满足以下要求:

- 1) 识别系统对每个单板进行精确识别;
- 2) 分级结构依特定的标准进行分级;
- 3) 不同等级的单板被传送至相应的码垛机上;码垛时不同等级的单板互不干涉,同一等级的单板堆放成一垛。

## 2 识别系统设计

单板等级划分主要依靠识别系统来完成,识别系统包括图像采集、图像识别两部分。

### 2.1 图像采集

每张单板能够完全出现在一个图像中且不受其他单板的干扰是完成等级判别的重要前提<sup>[6]</sup>。利用单板依次、连续、间隔传送的特点,设计每张

单板的采集方法:

1) 视觉采集相机布置在单板传送带上方。调整相机的高度,使其拍摄长度刚好覆盖单板长度且不超传送带宽度,拍摄宽度略大于单板宽度。

2) 采集符合标准的图像标本。由于传送带一直处于运动状态,采用连续多次拍摄的采集方式。图像可能出现三种情况,如图2所示,图2 a 图像包含了下一张单板,而b图单板所在的图像包含了上一张单板,c图符合标准的采集标本。

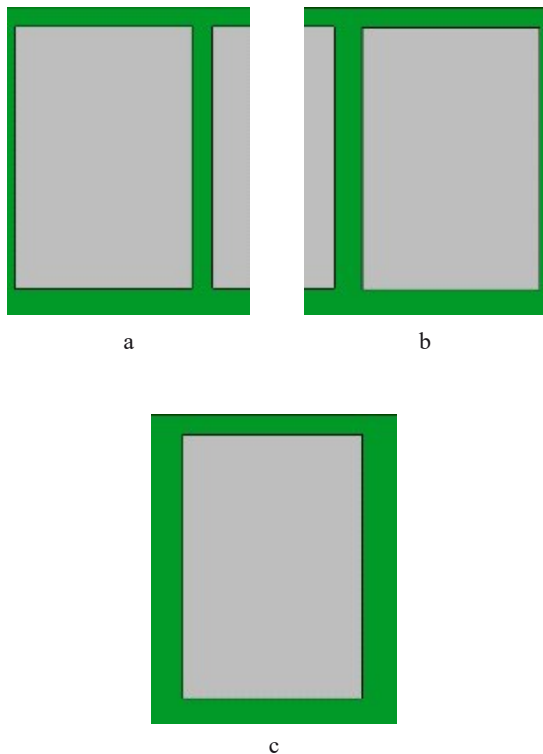


图2 采集图像

Fig. 2 Images by visual acquisition

通过系统筛选出符合“中间有单板覆盖、四周为颜色一致的传送带”的图像作为采集标本<sup>[7]</sup>。

## 2.2 图像识别

图像识别是将采集好的单板图像依据单板板面面积 $A$ 分成不同的等级, $A$ 越大,等级越高。单板宽度 $w$ 和长度 $l$ 一定,故单板板面最大面积为定值(记为 $A_0$ ,  $A_0=w \cdot l$ )。 $A$ 为100%  $A_0$ 的单板,即为最高等级;不足100%  $A_0$ ,则说明单板上存在洞或缺口。依据板面面积 $A$ 占最大板面面积 $A_0$ 的比例,将单板分为四个等级:一级单板为 $A_0$ ,二级为0.8~1  $A_0$ ,三级为0.5~0.8  $A_0$ ,四级为0~0.5  $A_0$ 。单板等级的依据也可根据工厂实际需要自行确定<sup>[8]</sup>。

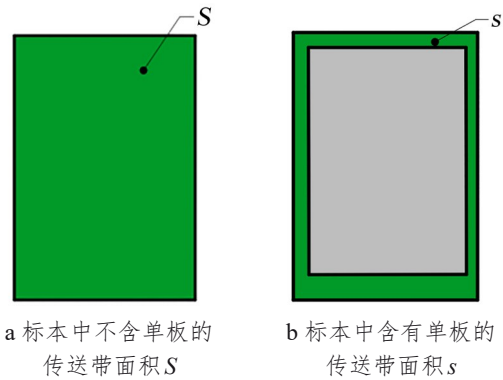


图3 采集标本中传送带的面积

Fig. 3 The areas of the conveyor belt in the image acquisition

采集相机高度固定,每次采集的标本面积相同。当传送带上没有单板时(图3a),相机采集的传送带标本面积记为定值 $S$ ;含有单板的标本(图3b),传送带面积记为 $s$ , $s$ 随单板面积大小而改变。

单板传送带为纯绿色,而单板一般为淡白色,部分夹杂深色条纹,由于单板颜色不固定,直接识别单板板面面积误差较大,因此从传送带与单板的颜色色差出发,将相机采集的图像调整为灰度图(RGB)且仅提取绿色,即 $\text{Gray}=\text{G}$ ,RGB为(0, 255, 0)时,图像中相机采集区的传送带为白色。当传送带带动单板经过相机采集区域时,相机仅提取单板以外的绿色传送带,被单板覆盖的绿色区域被过滤掉,此时单板的识别标准转化为板面未覆盖传送带的面积 $s$ 的范围,如表2所示。根据图像内未被覆盖的传送带面积 $s$ 实现对单板的识别工作。由于不同等级的单板价格相差较大,考虑盈利大小,分级方法采取右侧闭区间的方法。

表2 图像识别单板标准

Tab. 2 Image recognition rules

| 等级 | 单板面积 $A$            | $s$ 面积范围                               |
|----|---------------------|----------------------------------------|
| 一级 | 100% $A_0$          | $S - w \cdot l$                        |
| 二级 | $(100\%, 80\%] A_0$ | $(S - w \cdot l, S - 0.8w \cdot l]$    |
| 三级 | $(80\%, 50\%] A_0$  | $(S - 0.8w \cdot l, S - 0.5w \cdot l]$ |
| 四级 | $(50\%, 0\%] A_0$   | $(S - 0.5w \cdot l, S]$                |

## 2.3 识别系统工作流程

识别系统工作流程如图4所示:采集相机先采集图像信息,然后判断采集的图像是否满足“中间有单板覆盖、四周为颜色一致的传送带”的色差要求,对图像识别并确定单板等级。

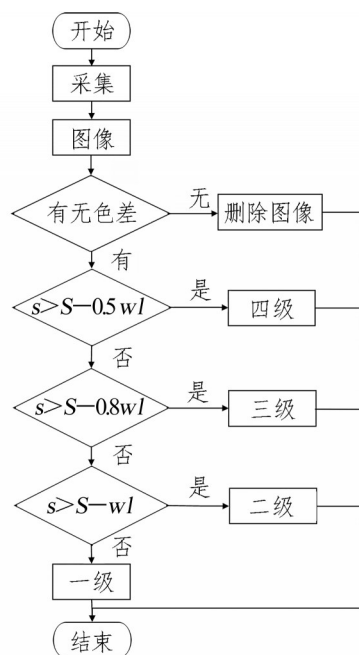


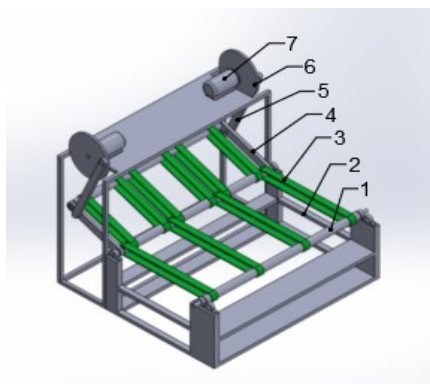
图4 识别系统工作流程图

Fig.4 The work flow chart of identification system

### 3 分级、码垛机构设计

#### 3.1 机械结构设计

不同等级的单板进入相应自动码垛机是完成分级码垛的关键步骤<sup>[9]</sup>, 因此设计如图5所示的分级结构。



1 滚轴; 2 底架; 3 传送带; 4 分级架; 5 摇杆; 6 转盘; 7 电机。

图5 分级结构示意图

Fig.5 The structure diagram

分级结构的工作原理: 两个电机为同步的伺服电机, 在接收到视觉识别系统发出的分级指令时, 两伺服电机同步动作, 带动转盘旋转相应的角度。转盘转动, 摇杆动作带动分级架抬起或下落相应的角度, 从而促使单板通过分级架进入码垛机完成码垛<sup>[10]</sup>。

识别后单板通过分级结构传送至不同的码垛机上, 码垛机采用层次布置, 如图6所示。

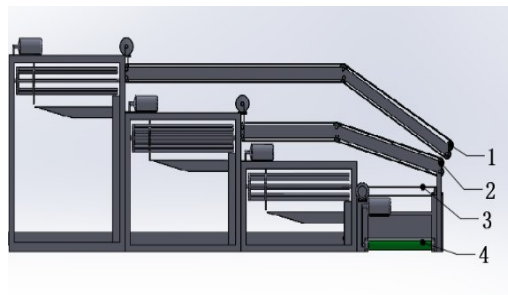
1 一级单板传送架; 2 二级单板传送架;  
3 三级单板传送架; 4 四级单板传送架。

图6 码垛机布置图

Fig.6 Layout of the palletizer

码垛机布置的层次角度分别为 $-15^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 。四级单板为最先加工出的旋切废料, 布置在 $-15^\circ$ 位置, 直接进入传送带; 分级架传输完四级单板抬升至 $0^\circ$ 位置, 三级单板进入码垛机; 同样依次传送二级、一级单板。借助此种布置方式, 利用单板质量由低到高、数量由少到多的规律, 保证单板以最少的距离传送, 优化单板传输、分级、码垛的运动方式。

#### 3.2 分级结构尺寸确定

记分级架长度为 $2a$ , 摇杆安装在分级架的 $0.9$ 倍处, 转盘中心在分级架的中线上。分级架需在四个不同的位置动作, 四个位置所对应转盘转过的角度越大越容易控制, 因此设计分级架在一级和四级的位置为转盘和摇杆的死点位置<sup>[11]</sup>, 即相对应于转盘旋转 $180^\circ$ , 结构简图如图7所示。

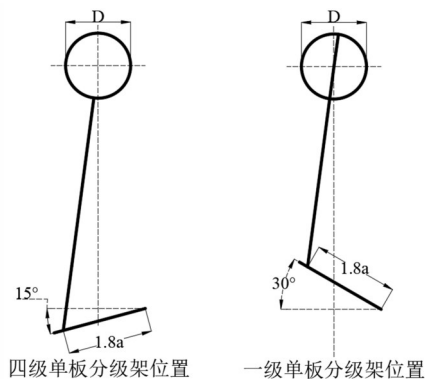


图7 转盘摇杆死点位置示意

Fig.7 Schematic diagram of the dead center position of the turntable arms

通过四级单板分级架和一架单板分级架的位置可知,转盘的直径 $D$ 为分级架旋转 $45^\circ$ 所对应的弦长,即可表示为:

$$D^2 = (1.8a)^2 + (1.8a)^2 - \cos \frac{\pi}{4} * 2 * 1.8a * 1.8a$$

当分级架在四级单板传送架的位置时,如图8所示,根据三角形几何关系可求出连杆及转盘中心和分级架中心的距离。

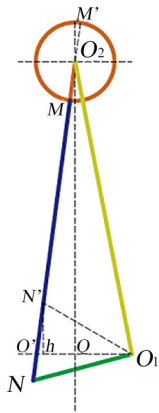


图8 三角形几何关系简图

Fig. 8 Schematic diagram of triangle geometric relationship

$O_1N'M'$ 为分级架在一级单板传送架的位置, $O_1NM$ 为分级架在四级单板传送架的位置,由几何关系可得:

$$O_1O_2 = 5.226a$$

$$O_2M = 0.689a$$

$$O_1N = 1.8a$$

$$MN = 4.720a$$

由 $5.226a + 0.689a \leq 1.8a + 4.720a$ 得:

$O_1O_2, O_2M, O_1N, MN$ 满足杆长条件组成平面四杆机构,最短杆 $0.689a$ 为连架杆,该四杆机构为曲柄摇杆机构。当分级架在一级位置和四级位置时,转盘、摇杆处在死点位置,此时转盘不再受扭转作用力;当分级架长度一定时,借助两个死点设计时,转盘安装位置即可确定,摇杆长度亦可确定<sup>[12]</sup>。按长度比例绘制一定长度的分级架架构,通过Adams进行仿真实验,研究分级架质心运动位置,如图9所示。

由图9可知,该分级架在伺服电机的驱动下运动具有连续性,可以实现四级到一级之间的任何位置,满足设计要求<sup>[13]</sup>。

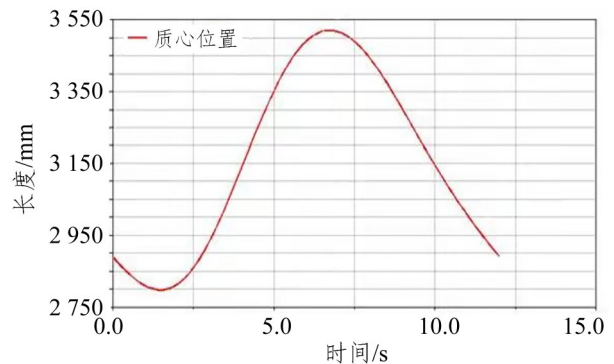


图9 分级架质心运动位置仿真图

Fig. 9 Simulation diagram of the movement position of the centroid of the grading frame

### 3.3 机械响应时间设置

识别系统与分级、码垛机构为一个整体,完成一次单板图像识别就对应执行一次分级码垛。在进行图像识别时,旋切机仍在不停工作,需确保每张单板都可以快速通过分级架并进入相应的码垛传送架。设图像识别、指令传送、分级架动作的时间分别为 $t_1, t_2, t_3$ ,则单板自采集后到分级架所传送的距离为定值 $d$ ,如图10所示。

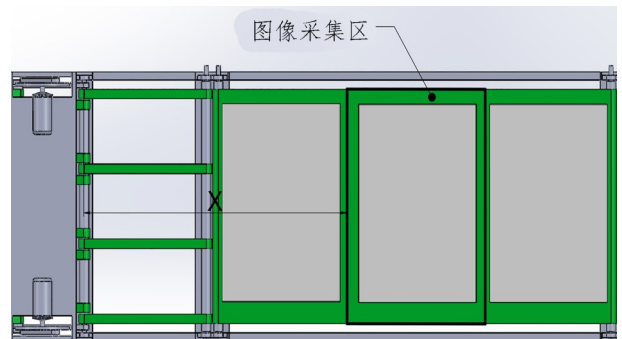


图10 定值距离 $d$ 示意图

Fig. 10 Schematic diagram of fixed distance of  $d$

$$d = (t_1 + t_2 + t_3) * v$$

当单板传送至分级架时,分级架动作;当其他等级的下一张单板进入分级架时,分级架再次动作。分级架长度 $2a$ 应满足: $t_3 * v < 2a$ ,此时即可保证相邻连续不同质量单板经过分级架时,分级结构可以完成相应动作。

### 3.4 分级结构动作顺序

分级架收到分级指令而动作,由于单板质量不一,分级架动作不同。一般情况下分级架由四级到一级逐级或跳级动作,但部分原木旋切的单

板质量存在倒序出现的情况(即前优后劣),因此需要考虑分级架的连续动作顺序<sup>[14]</sup>。依本文考虑单板分四级为例,则分级架动作顺序如表3所示。

表3 分级架动作顺序表

Tab. 3 Action sequence table of the grading frame

| 分级架分级 | 四级    | 三级    | 二级    | 一级    |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 四级    | ×     | (四,三) | (四,二) | (四,一) |
| 三级    | (三,四) | ×     | (三,二) | (三,一) |
| 二级    | (二,四) | (二,三) | ×     | (二,一) |
| 一级    | (一,四) | (一,三) | (一,二) | ×     |

分级架动作顺序共有  $A_2^4 - 4$  种,涵盖了所有质量单板分级的顺序。对于分级种类的多少,分级架的动作顺序都可确定,即当分  $n$  级时,分级架动作顺序有  $A_2^n - n$  种。

#### 4 结语

本研究设计了一种自动分级、码垛的一体化装置,提出基于图像识别技术的单板分级方法,解决人工分级主观性的问题,为单板旋切生产线提供一种更高效的工作方式。该装置适用于加工长度小于 1 300 mm 原木的单板旋切生产线,其应用建议如下:

1) 识别系统以相机采集单板图像面积作为分级依据,通过识别色差来计算单板覆盖传送带面积从而判断单板等级,严格按照面积大小分级。在图像采集时应注意光照因素,图像采集识别区域外装壳体内部最好给予稳定单一光源,以确保相机采集图像的精度。

2) 码垛区域为层次布置的码垛机,分级架的精确定位是完成单板分类的保障,伺服电机带动转盘采用大传动比的连接方式更容易控制分级架位置。

3) 单板旋切生产线中采用该系统的关键是速度匹配,码垛速度和拍摄识别速度要大于旋切速

度,拍摄识别速度略大于旋切速度即可满足要求又可降低图像失真,提高单板分级精确程度。

#### 参考文献:

- [1] 朱典想. 胶合板生产技术[M]. 北京:中国林业出版社, 1999.
- [2] 霍孟显, 刘宏勋, 梁君宁. 基于功能设计的木板分拣码垛机概念设计[J]. 科技创新与应用, 2017(22): 96-97.
- [3] 李辉, 施卫保, 虎鹏. 智能识别分拣码垛工业机器人工作站系统的设计与应用[J]. 机械工程师, 2019(12): 110-112.  
LI H, SHI W B, HU P. Design and application of industrial robot integration system for intelligent identification, sorting and stacking [J]. Mechanical Engineer, 2019(12): 110-112.
- [4] 刘丽君. 基于区域面积的步态识别研究[D]. 武汉: 中南民族大学, 2010.
- [5] 程伟. 基于机器视觉的旋切单板检测系统研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [6] 孙建波. 基于机器视觉的涂胶单板搬运机器人系统研究[D]. 济南: 济南大学, 2020.
- [7] 郑欣雨. 基于机器视觉的单板外观质量在线检测系统开发[D]. 北京: 北京林业大学, 2019.
- [8] 付虎. 木材旋切关键技术的分析与生产线优化[D]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [9] 吴静. 单板自动堆垛机的设计与研究[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2019.
- [10] 丛兰强, 辛红. 一种自动堆垛式码垛机构的设计[J]. 科技与创新, 2020(20): 91-92, 97.
- [11] 王鑫铝. 浅析平面四杆机构死点位置及应用[J]. 内江科技, 2013, 34(12): 72-73.
- [12] 郭平. 四杆机构“死点”位置及其应用的再探讨[J]. 锻压装备与制造技术, 2013, 48(5): 33-35.  
GUO P. Exploration of “dead point” position of four-bar linkage and its application[J]. China Metal forming Equipment & Manufacturing Technology, 2013, 48(5): 33-35.
- [13] 马东晓, 周前. 给定杆长的平面四杆机构简易设计方法[J]. 煤矿机械, 2003, 24(10): 13-15.  
MA D X, ZHOU Q. Design of a simple and a easy method for the definite length planar four-bar linkages[J]. Coal Mine Machinery, 2003, 24(10): 13-15.
- [14] 白琼. 一种液压系统电磁铁动作顺序表的快速填写方法[J]. 装备制造技术, 2017(3): 126-127.  
BAI Q. A kind of hydraulic system of electromagnet action sequence table fast fill method[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2017(3): 126-127.
- [15] 马东晓, 周前. 给定杆长的平面四杆机构简易设计方法[J]. 煤矿机械, 2003, 24(10): 13-15.  
MA D X, ZHOU Q. Design of a simple and a easy method for the definite length planar four-bar linkages[J]. Coal Mine Machinery, 2003, 24(10): 13-15.

(本文编校 张 鹏、向 琴)