

[新材料·新设备·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2022.01.016

瓦楞纸板定向卸垛机设计

朱旭阳, 唐正宁*

(江南大学机械工程学院, 江苏无锡 214122)

摘要:不同朝向堆叠的瓦楞纸板在进行卸垛时,存在人工劳动强度大以及机械无法定向卸垛等问题,课题组设计了一种瓦楞纸板定向卸垛机。提出了基于堆垛特征的卸垛机结构及工作流程;为实现相机采样位置的调整,视觉检测装置中包含了直线滑台和同步带组件;采用丝杠螺母副和直线导轨设计了推纸板装置,实现对瓦楞纸板堆的推挤;采用齿轮齿条机构和直线导轨设计了托纸板装置,实现对瓦楞纸板堆的托起;压纸板装置和吸纸板装置采用气缸驱动,实现对瓦楞纸板堆的按压和吸取。结果表明:该设计能够提升生产效率,减少人力并降低劳动强度。该设备能对以不同朝向堆叠的瓦楞纸板进行定向卸垛,满足了生产需求,为瓦楞纸板的定向卸垛提供了新思路。

关键词:瓦楞纸板;定向卸垛机;三维模型;堆垛特征;卸垛方法

中图分类号:TH244

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2022)01-0095-05

Design of Corrugated Cardboard Directional Depalletizer

ZHU Xuyang, TANG Zhengning*

(School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: Aiming at the problems such as high manual labor intensity and mechanical inability to directional depalletizing in depalletizing process of corrugated cardboard stacked in different directions, a corrugated cardboard directional depalletizer was designed. A depalletizer structure and workflow based on stacking characteristics was proposed. The visual inspection device was designed with electric sliding table and synchronous belt to adjust the sampling position of the camera. The corrugated cardboard pushing device was designed with screw-nut pairs and linear guides to realize the pushing of corrugated cardboard stack. The corrugated cardboard supporting device was designed with gear-rack pairs and linear guides to realize the supporting of corrugated cardboard stack. The cylinder was adopted in the corrugated cardboard pressing device and the corrugated cardboard suction device to realize the pressing and suction of corrugated cardboard stack. The results show that the design can reduce manpower and labor intensity, and improve production efficiency, which provides a new idea for the directional depalletizing operation of corrugated cardboard.

Keywords: corrugated cardboard; directional depalletizer; 3D model; stacking characteristic; depalletizing method

瓦楞纸箱因其具有价格低廉、抗压性好且易于折叠运输等优点,常被用于食品、药品和其他物品的包装。瓦楞纸箱来料基本以瓦楞纸板堆的形式被运送至包装生产线上,后由人工或机械卸垛并运送至成型机中成型为瓦楞纸箱。因瓦楞纸板生产厂家的码垛工艺等原因,来料经常存在一垛瓦楞纸板堆中夹杂不同朝

向的瓦楞纸板,而瓦楞纸板多需以固定的朝向进入成型机,因此需要调整纸板方向。

目前,针对瓦楞纸板等板类物品的码垛卸垛作业,工业领域多采用吸盘进行吸取并利用搬运输送装置将其转移至目标位置。吸盘能最大程度地降低物品损伤且能保证瓦楞纸板卸垛时的朝向,但其每次只能吸取

收稿日期:2021-07-27;修回日期:2021-11-26

第一作者简介:朱旭阳(1996),男,河南郑州人,硕士研究生,主要研究方向为包装机械与视觉识别。**通信作者:**唐正宁(1963),男,江苏无锡人,硕士,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向为包装机械设计、印刷技术及设备。E-mail: tangzhengning@sina.com

单张箱板,因而卸垛效率较低^[1-3]。除此之外,工业领域常用的卸垛末端执行器还有夹爪式、夹板式和铲式等,但都不能确保每次卸垛时抓取的瓦楞纸板朝向一致^[4-8]。因而,简单的机械搬运卸垛不能满足生产需求,生产中基本采用人工卸垛作业,劳动强度大且效率较低。随着机器视觉技术的发展,工业领域也已出现码垛卸垛与视觉检测相结合的技术,这给瓦楞纸板的定向卸垛作业提供了新的思路^[9-11]。

为降低定向卸垛作业的劳动强度及提高生产线的生产效率,针对瓦楞纸板来料以不同朝向堆叠的状况,课题组提出一种瓦楞纸板定向卸垛机的设计方案及其工作流程。

1 设计要求与设计参数

瓦楞纸箱垛如图1所示,其由4垛瓦楞纸箱物料错综堆叠而成并放置于托盘之上,每垛瓦楞纸板侧面有颜色相间,并以颜色分隔为分界线将瓦楞纸板垛分为多份目标瓦楞纸板垛。瓦楞纸板定向卸垛机每次抓取瓦楞纸板数量为一个目标厚度且不超过40张。被抓取的瓦楞纸板长度为440~520 mm,宽度为910~1 270 mm。

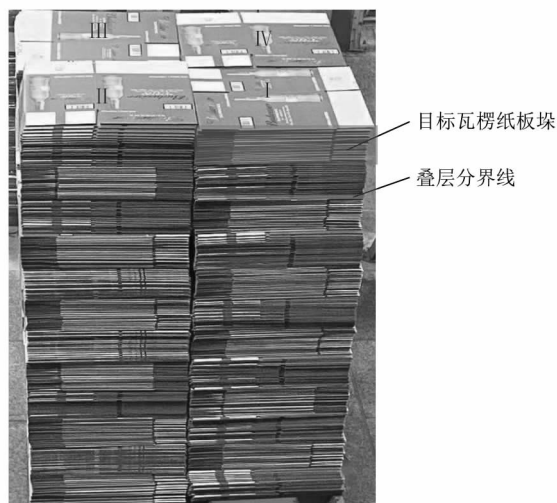


图1 瓦楞纸板堆垛方式

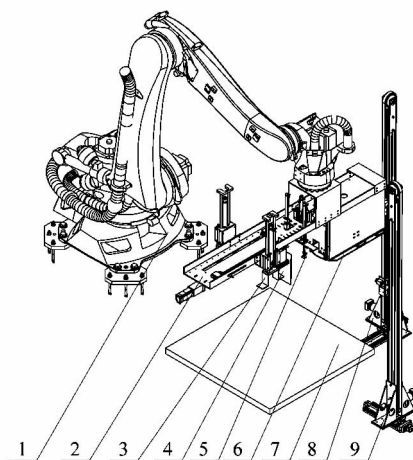
Figure 1 Stacking method of corrugated cardboard stack

2 机械结构设计

2.1 整机结构及工作流程

瓦楞纸板定向卸垛机如图2所示,主要由推纸板

装置、托纸板装置、压纸板装置、吸纸板装置、视觉检测装置、机器人、转盘和机架等组成。



1—机器人;2—机架;3—压纸板装置;4—推纸板装置;5—吸纸板装置;6—托纸板装置;7—转盘;8—第2视觉检测装置;9—第1视觉检测装置。

图2 瓦楞纸板定向卸垛机整体设计

Figure 2 Overall design of corrugated cardboard directional depalletizer

工作流程如下:

- 1) 载有瓦楞纸板垛的托盘被运送至转盘之上;
- 2) 第1视觉检测装置采集第I垛瓦楞纸板的侧面图像并判断其叠层分界线,机器人根据图像判断的信号进行相应动作;
- 3) 推纸板装置挤压第I瓦楞纸板垛的上层目标瓦楞纸板垛,使其呈向上倾斜状态;
- 4) 托纸板装置托起目标瓦楞纸板垛,使得第I瓦楞纸板垛上下层分离;
- 5) 第2视觉检测装置检测上层目标是否存在瓦楞纸板未被托起而遗留在下层,若存在遗留,则托纸板装置放下目标瓦楞纸板垛,重复一次步骤3)和4)操作;
- 6) 压纸板装置压紧目标瓦楞纸板垛,使得目标瓦楞纸板垛在压纸板装置和托纸板装置之间被固定;
- 7) 目标瓦楞纸板垛被机器人运送至传送线上,解除压纸板装置和托纸板装置对其的固定并等待进入下一工位,由此完成第I垛瓦楞纸板上层目标的卸垛作业;
- 8) 转盘逆时针转动90°并使得第II垛瓦楞纸板对准第1视觉检测装置,重复2)~7)以完成此垛的卸垛

作业;

9) 转盘逆时针转动 90° 并使得第Ⅲ垛瓦楞纸板对准第1视觉检测装置,重复步骤2)~7)以完成此垛的卸垛作业;

10) 转盘逆时针转动 90° 并使得第Ⅳ垛瓦楞纸板对准第1视觉检测装置,压纸板装置下压第Ⅰ瓦楞纸板垛,重复步骤2)~7)以完成第Ⅳ垛瓦楞纸板卸垛作业;

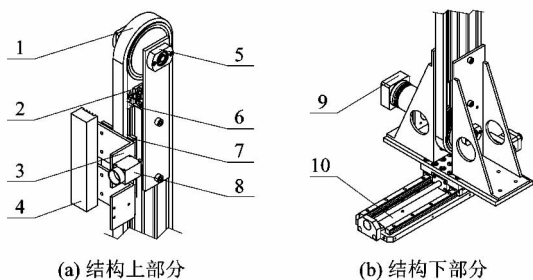
11) 吸纸板装置吸取上述流程中可能遗留的瓦楞纸板,机器人将其运送至传送线;

12) 重复以上流程以完成剩余目标瓦楞纸板垛的卸垛作业。

2.2 视觉检测装置

为准确对目标瓦楞纸板垛进行卸垛搬运,需先判断其侧面的叠层分界线,并检测目标瓦楞纸板垛是否被完整取出。

视觉检测装置用于检测叠层分界线及目标的取出情况,主要由相机、光源、轴承座、同步带组件、同步带连接板组件、直线导轨组件、电机组件、直线滑台组件和相机机架等构成。如图3所示,直线导轨安装在相机机架立柱上,同步带轮通过轴承座固定在相机机架上并与电机连接,同步带连接板下板与直线导轨滑块相连接,相机和光源安装在同步带连接板上板上,相机机架通过支架与直线滑台组相连。



1—同步带组件;2—相机机架;3—同步带连接板上板;4—光源;
5—轴承座;6—直线导轨组件;7—同步带连接板下板;8—相机;
9—电机组件;10—直线滑台组件。

图3 视觉检测装置的结构

Figure 3 Structure of visual inspection device

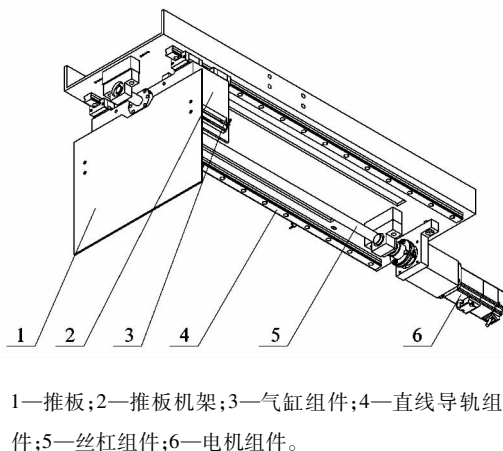
由于相机的拍摄视野有限,故需相应地改变相机的位置,使其能对各个分界线处进行准确采相。此时,工控机根据设定的参数向电机发出信号,电机转动带

动同步带轮转动,使得相机跟随同步带上下运动,以便到达合适位置进行采相。直线滑台则根据激光传感器的信号进行前后移动,以保证相机在采相时对焦准确。为使得相机能够清晰地对分界线处进行采相,可根据工作场地的实际情况添加光源器件,从而改善拍摄条件。

2.3 推纸板装置

推纸板装置用于挤压上层目标瓦楞纸板垛,主要由推板、丝杠组件、直线导轨组件、气缸组件、电机组件和推板机架等构成,如图4所示。

卸垛作业时,机器人动作,使得推板的底端与目标瓦楞纸板垛的叠层分界线处于平齐状态,以保证上层目标瓦楞纸板垛被准确挤压。根据工控机信号,电机转动并带动丝杠转动,丝杠螺母从而带动推板机架在直线导轨上运动,直至推板将要接触瓦楞纸板垛处;接着气缸带动推板继续朝纸板垛方向动作,让推板轻微挤压瓦楞纸板垛,使目标瓦楞纸板垛上层为倾斜状态便于被托起。因瓦楞纸板垛物料尺寸多样,为满足不同尺寸物料的卸垛需求,丝杠行程的选取需考虑瓦楞纸板垛的最大尺寸;同时安装行程开关,保证运动不超出行程。为保证瓦楞纸板被推板挤压时不受损伤,气缸行程选取不应过大,30~50 mm即可。



1—推板;2—推板机架;3—气缸组件;4—直线导轨组件;5—丝杠组件;6—电机组件。

图4 推纸板装置的结构

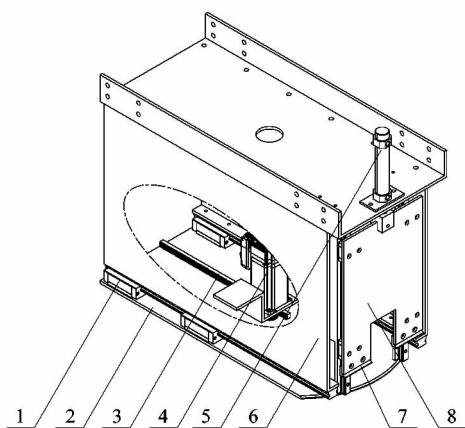
Figure 4 Structure of corrugated cardboard pushing device

2.4 托纸板装置

托纸板装置用于托起上层目标瓦楞纸板垛,主要由升降挡板、钩条、托板、齿轮齿条组件、直线导轨组件、气缸组件、电机组件和托板机架等构成。如图5所

示,电机与齿轮相连接,齿条固定于托板上,托板通过直线导轨组件与托板机架相连,钩条位于升降挡板底端,升降挡板则垂直安装在气缸末端且通过直线导轨组件与托板机架相连。

为托起上层目标瓦楞纸板垛,气缸带动升降挡板和钩条向上运动。由于上层瓦楞纸板垛在升降挡板与推板之间被轻微挤压为倾斜状态,使得上层与下层瓦楞纸板垛之间产生间隙,钩条在上升过程中于间隙处勾起上层瓦楞纸板垛,继而电机转动带动齿轮齿条组件运动,托板则在齿轮齿条组件的作用下向间隙方向伸出并插入上层与下层的间隙之中,使得上层与下层瓦楞纸板垛分离。当需将目标瓦楞纸板垛运送至传送线上时,电机反转带动托板回退,目标下落至传送线上。因需判断被托起的瓦楞纸板垛是否被完全抓取,因此升降挡板的底端中央采用开口设计,以便视觉检测装置进行采相。为保证钩条能够顺利勾起瓦楞纸板垛,在升降挡板上上升到行程顶端时,钩条底端相比于推板底端应高出 3~5 mm。



1—直线导轨组件;2—托板;3—齿轮齿条组件;4—电机组件;5—气缸组件;6—托板机架;7—钩条;8—升降挡板。

图5 托纸板装置的结构

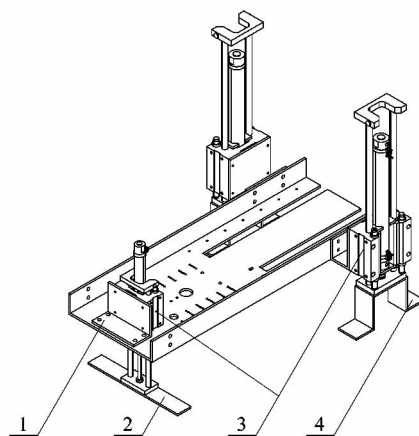
Figure 5 Structure of corrugated cardboard supporting device

2.5 压纸板装置

被托起的上层目标瓦楞纸板垛需被压紧固定,以防止在卸垛过程中发生散落。在第Ⅳ垛进行卸垛作业时,因其后侧第Ⅰ瓦楞纸板垛已取走上层目标,故第Ⅰ瓦楞纸板垛中下层瓦楞纸板垛会向上回弹并对前侧瓦楞纸板垛的目标分界线产生遮挡,使得推板不能对齐

第Ⅳ瓦楞纸板垛的目标分界线而进行挤压作业,因此需对第Ⅰ瓦楞纸板垛进行按压,以便推纸板装置对第Ⅳ垛进行作业。

压纸板装置用于对瓦楞纸板垛进行按压,主要由前侧压纸板、后侧压纸板、气缸组件和压板机架等构成,如图6所示。前侧压纸板和后侧压纸板分别与气缸进行连接。当前侧气缸活塞伸出时,带动前侧压纸板下移,使其轻轻压在被托起的目标瓦楞纸板垛上,目标瓦楞纸板垛就被固定在前侧压纸板和托板之间,然后转移至传送线上。对第Ⅳ垛进行卸垛作业时,后侧气缸活塞伸出从而带动后侧压纸板下移,后侧压纸板按压第Ⅰ瓦楞纸板垛的下层,使得推板能够对齐第Ⅳ垛瓦楞纸板垛的目标分界线,方便卸垛作业。由于推板需经过第Ⅰ瓦楞纸板上层方并对第Ⅳ垛瓦楞纸板垛进行挤压,因此后侧压纸板需设计在推板的两侧,以防对推板动作产生干涉。因压纸板采用不锈钢材料,其底端光滑且较为锋利,为增大摩擦力并防止压纸板对瓦楞纸板产生损伤,故在其底端粘贴硅胶垫。



1—压板机架;2—前侧压纸板;3—气缸组件;4—后侧压纸板。

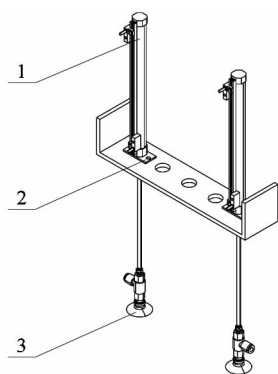
图6 压纸板装置的结构

Figure 6 Structure of corrugated cardboard pressing device

2.6 吸纸板装置

在卸垛作业中,为应对目标瓦楞纸板垛存在单张遗留未取的情况,需对单张瓦楞纸板进行拾取转移。

吸纸板装置用于吸取转移瓦楞纸板,主要由吸盘、气缸组件和吸纸机架等构成。如图7所示,吸盘安装于气缸的末端。



1—气缸组件;2—吸纸板机架;3—吸盘。

图7 吸纸板装置的结构

Figure 7 Structure of corrugated cardboard suction device

当对瓦楞纸板进行吸取时,机器人下移,气缸活塞杆伸出并将吸盘降至瓦楞纸板上,对瓦楞纸板进行吸取并由机器人转移至输送线。为减小吸盘下降到瓦楞纸板的距离,设计时选用较小行程的气缸。在吸取单张遗留瓦楞纸板时,应在4垛瓦楞纸板垛的同一层完成目标瓦楞纸板垛卸垛作业后进行吸取,吸盘到瓦楞纸板之间的距离则由机器人进行补偿。

3 结论

课题组提出了一种瓦楞纸板定向卸垛机的设计方案及卸垛方法。在瓦楞纸板以不同朝向堆叠的情况下,该设计方案能够实现对不同目标厚度的瓦楞纸板垛进行抓取,并使每垛的瓦楞纸板都以相同的朝向进入下一工位。相比目前的瓦楞纸板卸垛设备,该设备

因加入了视觉检测装置,故能准确识别瓦楞纸板垛的叠层分界线,使其对作业时的卸垛位置能够做出准确判断。面对目前饮料行业中存在的瓦楞纸板定向卸垛需求,本设计能够应对不同规格的瓦楞纸板来料,满足了企业的生产需求,提高了生产效率和经济效益。而如何对设备进行优化,减小其占地面积,使其更适合旧的包装生产线的改造,可进一步研究。

参考文献:

- [1] 熊彬州. 液晶显示器光学薄板自动抓取设备设计[D]. 云南:昆明理工大学,2020:12-21.
- [2] 高颖超,王好臣,孙荣婧,等. 瓷板码垛机器人吸盘手爪的设计分析[J]. 机械工程与自动化,2017(6):79-80.
- [3] 王悦,张惠忠,智明丹,等. 基于真空吸盘提升技术实现瓦楞纸箱自动码垛[J]. 包装工程,2016,37(23):111.
- [4] 韩权一. 橡胶板自动称量码垛关键技术研究[D]. 天津:河北工业大学,2017:32-36.
- [5] 余亮. 纸箱码垛机器人及其成套装备设计与开发[D]. 马鞍山:安徽工业大学,2016:30-33.
- [6] 李丽阁,张有良,段移丽,等. 纸箱包装机纸板取送机构的设计与研究[J]. 包装与食品机械,2014,32(4):28-30.
- [7] 杨传民,田少龙,杨猛,等. 码垛机器人末端执行器的设计[J]. 包装工程,2014,35(3):61.
- [8] 宁媛松,石峰,郭鑫,等. 基于MATLAB及Creo的码垛开合机构仿真优化研究[J]. 机电工程,2021,38(1):103-107.
- [9] 陈贤,夏建春. 基于机器视觉的瓦楞纸压制送料机器人的控制[J]. 中国造纸,2021,40(4):59-64.
- [10] 黄丹平,廖世鹏,于少东,等. 基于机器视觉瓦楞纸板自动计数系统研究[J]. 机械工程学,2017,53(10):79-86.
- [11] 徐培. 双目视觉定位的机械臂卸垛装置的初步研究[D]. 广州:华南理工大学,2017:67-76.

(上接第94页)

机节省了企业用工成本,提高了经济效益。笔者所提出的贴膜机设计仅适用于不锈钢板材的单层薄膜贴附,未考虑到双层或多层薄膜贴附的情况,后续将对此作深入研究,推动不锈钢板材贴膜行业的发展。

参考文献:

- [1] 于爱群,张玉书. 不锈钢板表面保护工艺[J]. 机械工艺师,1988(1):30.
- [2] 陈强,武建新,邱毅清,等. 板材轧制贴膜机的设计[J]. 机械研究与应用,2018,31(1):97-98.
- [3] 张镐,李明辉,李艳. 高效贴膜机构的分析与设计[J]. 陕西科技大学学报,2013,31(2):123-126.

- [4] 马岩,黄鹏,蒋兴桥,等. 某贴膜机设计[J]. 装备制造技术,2019(12):66-68.
- [5] 马岩,黄鹏,李兆钢. 贴膜机气动装置参数设计[J]. 装备制造技术,2017(12):21-23.
- [6] 陆敏智,王志伟,王巍. 基于机器视觉定位的自动贴膜机控制系统设计[J]. 机床与液压,2017,45(11):59-63.
- [7] 郭紫贵,李海波,陈立. 一种偏摆型贴膜机构的运动学建模与误差分析[J]. 机械设计,2019,36(9):108-112.
- [8] 魏东,翁海珊,陈立周. 机构创新设计支撑系统(MCDSS)的研究:机构创新设计系统研究之一[J]. 机械设计,2001,8(4):6-8.
- [9] 汪琪,李钧. 机械设计计算[M]. 北京:中国致公出版社,1998:27-28.
- [10] 陈立德,姜小菁. 机械设计基础[M]. 北京:高等教育出版社,2014:18.