

# 一种纸包装箱码垛工作站的设计与实现

李 阳<sup>1</sup>, 李 占<sup>1</sup>, 顾 欢<sup>2</sup>, 王成龙<sup>2</sup>

(1. 中船智能科技(上海)有限公司, 上海 200000;

2. 江苏杰瑞信息科技有限公司, 江苏 连云港 222061)

**摘要:**为了实现某公司燃气表纸包装箱的安全、高效码垛,设计了一种基于 PLC + 码垛机器人的纸包装箱码垛工作站。详细介绍了码垛工作站的总体布局及工作流程,研究了两种托盘载体的码垛方法和工业视觉系统阈值设定方法,基于 S7-1200 PLC 和人机界面搭建了码垛工作站的控制系统,并在客户现场完成了实施。生产结果表明,该码垛工作站安全可靠、运行稳定,满足了客户的预期要求,可在纸箱码垛行业内进行推广应用。

**关键词:**燃气表;纸包装箱;码垛工作站;PLC;工业视觉系统

**中图分类号:**TP242;TP29

**文章编号:**1000-0682(2024)06-0039-05

**文献标识码:**A

**DOI:**10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.06.008

## Design and implementation of stacking workstation for paper packing box

LI Yang<sup>1</sup>, LI Zhan<sup>1</sup>, GU Huan<sup>2</sup>, WANG Chenglong<sup>2</sup>

(1. CSSC Intelligent Technology (Shanghai) Co., LTD., Shanghai 200000, China)

(2. Jiangsu JARI Information And Technology Co., LTD., Jiangsu Lianyungang 222061, China)

**Abstract:** In order to realize the safe and efficient stacking of gas meter paper packing box for a company, a paper packing box stacking workstation based on PLC and stacking robot was designed. Firstly, the general layout and working process of the stacking workstation were introduced in detail. The stacking methods of two pallet carriers and the threshold setting method of industrial vision system were studied then. Based on S7-1200 PLC and HMI, the control system of the stacking workstation was built also. The stacking workstation was implemented in the customer company and the production shows that the workstation is safe, reliable and stable, which meets the expected requirements of customer and can be promoted and applied in paper packing box stacking industry.

**Keywords:** gas meter; paper packing box; stacking workstation; PLC; industrial vision system

## 0 引言

家用燃气表在发货前需要进行装箱、打包、码垛、缠绕膜等操作,通常码垛工作由人工完成,工人劳动强度很大。即使少部分生产厂家已经使用机器人或桁架机械手进行燃气表箱码垛工作,但由于纸箱自身变形或人工装箱时造成纸箱变形等原因,机器人或桁架机械手码垛时容易出现撞机现象,不利于安全生产,同时导致码垛效率不高。

鉴于此,针对某公司燃气表箱的码垛需求,通过认真分析码垛形式、产品规格、码垛节拍、场地尺寸等现场因素,设计了一种纸包装箱码垛工作站。主要由托盘输送台、码垛机器人系统、辊筒输送线、推料装置、工业视觉系统、安全围栏等组成,实现了十余种产品纸包装箱在两种托盘载体上的高效、安全、自动码垛,降低了工人工作强度,解放劳动力。

## 1 码垛需求描述

码垛托盘分为木托盘和胶托盘两种。其中,木托盘尺寸为 1480 mm × 1180 mm × 140 mm,每层码 9 箱,每托盘最多码 8 层,顺序码垛,码满后直接缠膜入库,木托盘随车发货;胶托盘尺寸为 1200 mm × 800 mm × 140 mm,每层码 6 箱,每托盘最多码 8 层,

收稿日期:2024-07-04

第一作者:李阳(1986—),男,江苏邳州人,工学硕士,高级工程师,研究方向为智能制造、机器人系统集成应用。

E-mail:lycunt2004@163.com

交叉码垛,胶托盘循环利用。

表 1 给出了生产现场几种典型的燃气表纸包装箱的规格尺寸及码垛载体,每箱产品的最大重量不超过 10 kg,且单次码垛任务下产品不混线。

表 1 产品规格及码垛形式

产品名称	长/mm	宽/mm	高/mm	码垛载体
产品 1	452	357	264	胶托盘
产品 2	435	365	248	
产品 3	455	357	245	
产品 4	435	295	248	
产品 5	440	393	243	
产品 6	453	357	255	木托盘
产品 7	445	350	250	

根据前端输送线来料、人工装箱、机器自动打包、输送线传输等各个工序所需时间进行计算,确定机器人码垛节拍需 $\leq 15$  s/箱。

## 2 码垛工作站组成及工作流程

根据上述码垛需求,所设计的燃气表纸包装箱码垛工作站的三维示意图如图 1 所示。主要包括第一托盘输送台 1、第二托盘输送台 2、码垛机器人系统 3、第一辊筒线 4、第二辊筒线 5、推料装置 6、工业视觉系统 7、安全围栏 8 以及控制单元 9。

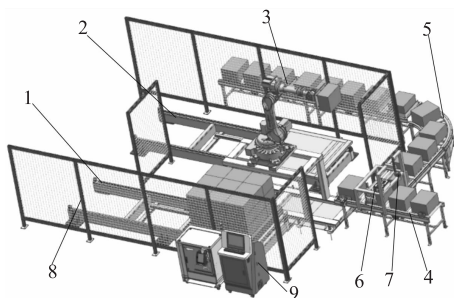


图 1 码垛工作站三维示意图

其中,第一托盘输送台和第二托盘输送台交替使用,其台面上设置有木托盘和胶托盘的定位装置;码垛机器人系统选用杰瑞 60 kg 工业机器人,其最大工作半径为 2 078 mm,机器人手爪采用真空发生器+组合式吸盘手爪,可兼容多种规格尺寸纸箱的自动码垛工作;第一辊筒线设置在码垛机器人正前方,主要由辊筒线本体、驱动电机、检测传感器、限位板、控制按钮盒、定位机构及挡停器组成,用于对接现场的打包输送线;工业视觉系统安装在推料装置上,由工业 2D 相机和工控机组成,用于检测、判断纸箱是否可以机器人码垛;推料装置安装在第一辊筒线上,由安装支架、无杆气缸和推板组成,用

于将工业视觉系统检测到的超过一定变形量的纸包装箱从第一辊筒线推至第二辊筒线;第二辊筒线与第一辊筒线侧边相连,由辊筒线本体、驱动电机、检测传感器和限位板组成,用于将变形纸箱输送至人工处理工位,避免了机器人码垛时的撞机事故;控制单元保证了码垛工作站的安全、高效运行。

码垛工作站的工作流程如下:

(1)人工根据当前码垛任务信息,在托盘输送台上放置相应的托盘载体;

(2)人工在触摸屏上选择待码垛产品的产品型号和码垛载体,设置码垛层数及批次码垛数量,并按下控制柜上的“双手启动”按钮,系统开始工作;

(3)第一辊筒线接收前端打包完成的产品纸包装箱,并向前输送;

(4)工业视觉系统采集纸包装箱上表面轮廓信息,并进行拟合、计算,得到纸包装箱上表面任意两条临边的夹角值,若夹角值满足设定值则判定可以进行码垛操作,反之则判定不可以进行码垛操作;

(5)若纸包装箱不可以进行码垛操作,则第一辊筒线的挡停器升起阻止纸包装箱前进,同时推料装置的无杆气缸带动推板将纸包装箱推至第二辊筒线,由第二辊筒线输送至人工处理工位;

(6)若纸包装箱可以进行码垛操作,则第一辊筒线将其输送至待抓取位置,由第一辊筒线的定位机构将其定位;

(7)码垛机器人运行至待抓取位置进行纸包装箱抓取,并通过检测传感器判断是否抓取成功,若检测抓取失败则重新进行抓取(若连续两次抓取失败,则码垛机器人暂停,同时控制单元声光报警提示人工检查处理);

(8)若检测抓取成功,则码垛机器人运行至托盘载体上方,按照相应的码垛形式进行纸包装箱码垛,然后返回初始点,等待下一次码垛操作;

(9)码垛过程中,当两个托盘输送台码到设定层数或达到待码垛产品总数量时,则控制单元控制托盘输送台自动返回,同时声光报警提示人工进行托盘下料处理。

## 3 控制系统设计

### 3.1 电气设计

码垛工作站 PLC 选用西门子 CPU 1214C DC/DC/DC,其自带 14 路数字量输入和 10 路数字量输出,扩展模块选用 1 个 SM1223 DI8×24 VDC、DQ8×24 VDC 数字量直流输入/输出模块和 1 个



托盘码垛时码垛机器人仅需示教 1、3、9 三个位置,胶托盘码垛时码垛机器人仅需示教 1/2 位置(奇数层)、7/8 位置(偶数层),其余码垛位置均可由相对位置运算关系推导而出。考虑到码垛机器人的定位精度以及纸包装箱的变形因素,机器人码垛编程运算时,每个纸包装箱之间均留有一定间隙  $M$  值。图 6 所示为码垛机器人执行程序流程图。

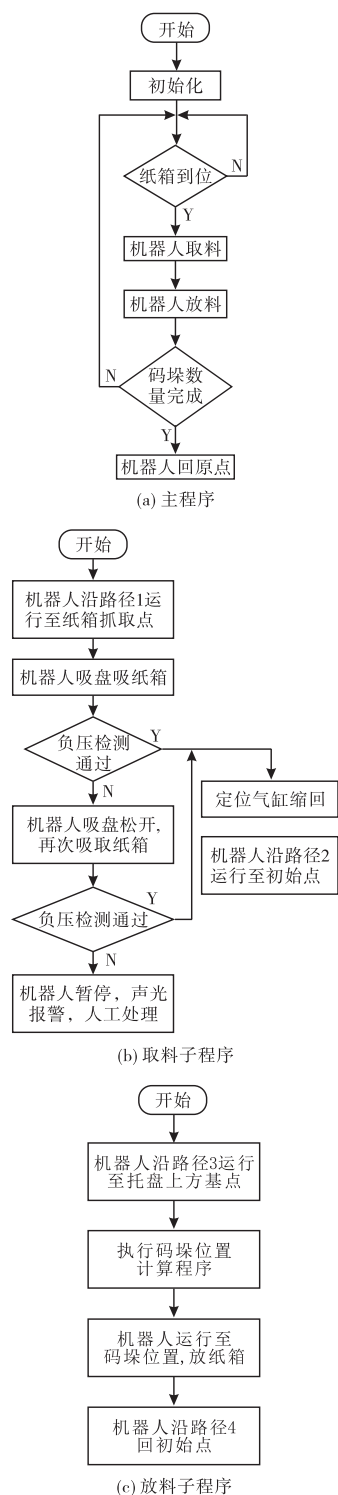


图 6 码垛机器人执行程序流程图

### 3.4 工业视觉系统阈值设定

通过现场跟产调研情况得知,燃气表纸包装箱变形后为平行四边形,且沿纸包装箱的长边变形,如图 7 所示。图中,蓝色、红色虚线组成的平行四边形代表变形后的纸包装箱。

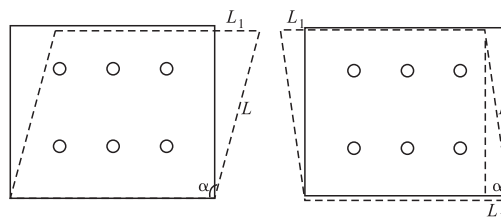


图 7 纸包装箱变形示意图

工业视觉系统对纸包装箱的上表面进行拍照,采集其上表面轮廓信息,并进行拟合、计算,得到纸箱上表面任意两条临边的夹角值,如图 7 中的  $\alpha$  角。根据图 7 中的角度关系可知:

$$\alpha = 90 + \arcsin(L_1/L) \quad (1)$$

$$\alpha = \arccos(L_1/L) \quad (2)$$

式(1)(2)中, $L$ 为纸包装箱的宽度, $L_1$ 为纸包装箱变形后超出纸箱正常码垛部分的长度, $L_1$ 这里取码垛预留间隙  $M$  值的一半,即  $M/2$ ,则工业视觉系统的判定阈值设定为:

$$\arccos(M/2L) \leq \alpha \leq 90 + \arcsin(M/2L) \quad (3)$$

码垛工作站正常运行时,若工业视觉系统计算得到某个纸包装箱的  $\alpha$  值超出式(3)中  $\alpha$  值的范围,则判定该纸包装箱不可以进行码垛操作,由推料装置将该纸包装箱推至第二辊筒线。

### 3.5 安全设计

为了确保码垛工作站的安全、可靠运行,除了设置安全围栏和机械限位外,控制系统还设置了多重安全防护措施,如托盘输送台的电气限位开关、第一辊筒线急停按钮、控制柜急停按钮、急停复位按钮、双手启动按钮、触摸屏“托盘无料确认”按键、控制逻辑互锁等。多路急停按钮信号串接后,一路通过安全继电器接至码垛机器人的急停回路,一路接至 PLC,一旦急停按钮被触发,码垛机器人及所有动作执行机构立即停止。码垛机器人在抓取、搬运纸包装箱过程中,气体压力检测传感器一旦检测到气体压力过低,码垛机器人立即暂停,声光报警器发出报警,同时触摸屏界面显示报警提示信息,提醒人工检查干预。此外,为防止操作人员误操作,触摸屏界面上的按键输入信号均设置长按 1 s 有效。

## 4 工作站实现

按照设计规划,最终实现了码垛工作站的安装



