

基于视觉引导的自动码放生产线设计

王吉岱, 王明鹏

(山东科技大学, 青岛 266590)

摘要: **目的** 针对现代包装加工企业产品多样化发展趋势, 实现包装码垛自动生产线上不同型号产品的分类码放, 有效提高生产效率、降低生产成本、改善工作环境。**方法** 对 PE 粒子、PVC、粮食等颗粒状物料的包装码放要求进行系统分析, 采用视觉引导方法对自动分类码垛系统进行研究。**结果** 根据不同生产线的实际状况对码放流程进行优化设计, 提出了以 PLC 为主控制器控制工作流程、机器人控制搬运轨迹的组合码放方式, 并完成了相应的硬件及软件系统设计; 经检测, 生产线的平均无故障运行时间为 960 h, 满足实际生产需求。**结论** 生产实践表明, 该系统结构严谨、运行稳定、生产效率高, 能很好满足企业生产要求。

关键词: 图像处理; 工业机器人; PLC; 人机界面

中图分类号: TB486; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0148-05

Design of Automatic Stacking of Production Line Based on Visual Guidance

WANG Ji-dai, WANG Ming-peng

(Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

ABSTRACT: The work aims to achieve the stacking of products of different models on the automatic production line for package stacking by classification, so as to effectively improve the production efficiency, reduce production costs and improve the working environment, in view of the development tendency of modern package processing enterprises' product diversification. Through the systematic analysis on the package stacking requirements of PE particles, PVC, rice and other granular materials, the automatic classification-based stacking system was studied in the method of visual guidance. According to the actual situation of different production lines, the design of stacking process was optimized, and a combination stacking method with PLC as main controller to control working process and the robot controlling the handling trajectory was put forward; and the design of corresponding hardware and software systems was completed. After testing, the mean time between failures of the production line was 960 h, which met the actual production needs. Production practice shows that the system, featured by a rigorous structure, stable running and high production efficiency, can properly meet the production requirements of enterprises.

KEY WORDS: image processing; industrial robot; PLC; HMI

工业机器人在包装流水线具有广泛的应用, 主要进行分拣、码垛等作业。在此应用领域中, PLC 较工业机器人具有更好的数据分析及逻辑判断功能, 能提高工业机器人的智能化水平^[1-3]。随着小批量、高效率的柔性生产模式的推广, 对其应用技术提出了智能化、低成本、高可靠性和易于集成控制等要求^[4]。目前, 大多数自动包装码垛流水线都实现了同一类包装物的顺序码放。其中张业鹏^[5]以 PLC 与库卡机器人设

计了一套化肥企业的自动码垛生产线系统。柳国光^[6]以欧姆龙 PLC 与安川机器人实现对饲料的顺序码放。对在基于视觉引导的工业分拣技术上焦恩璋^[7]等进行了实验层面的论证。蒋书贤^[8]实现了对不同形状工件的自动分拣, 但均没有实际应用于生产中。在现在企业多品种、小批量生产发展潮流之下, 实现同一生产流水线上不同产品类型的分类码放显得十分必要。文中在对包装码垛生产线进行研究的基础之上,

收稿日期: 2016-11-04

作者简介: 王吉岱 (1961—), 男, 山东科技大学教授、硕导, 主要研究方向为过程装备控制及机电一体化技术。

设计了一套基于视觉引导的、以 PLC 和工业机器人为主要控制系统的自动化分类码放生产线,实现了对同一生产线上不同类型产品的分类码放。

1 系统总体设计及工作流程分析

1.1 系统整体构成

系统主要功能为实现同一流水线上不同类型物料的在线监控与分类码放。整个系统主要分为输送部分与码放部分。输送电机的启停主要靠 PLC 控制，而最后的码放主要靠机器人来实现，他们之间存在信息交换以实现协调运作。在实现码放前首先需要对触摸屏进行相关参数设置以及通过机器人示教器在线示教^[9]，系统整体布局见图 1。

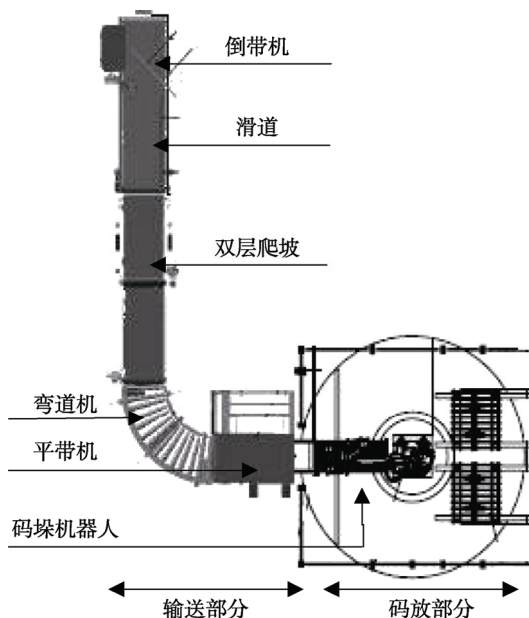


图 1 码垛流水线布局
Fig.1 Palletizing line layout

1.2 工作流程分析

整个系统经倒带机将封装好的袋体推倒,经滑道过渡到双层爬坡实现袋体的展平,然后经过弯道机滚筒舒缓,最后运送到平带机;经平带机上方的智能相机进行图像采集与处理后,得到袋型的位姿信息,通过建立 PLC 与机器人的通讯,将数字化信息发送给机器人,机器人经数据分析与坐标转化后按照事先规划的路径以及设定的垛型进行分类码放。

2 系统关键技术分析

2.1 相机拍摄触发程序

要实现整条输送线的分类码放,首先要保证相机每次都能拍摄到物料的关键特征信息并且尽量避免重复拍摄。在图像去重复算法方面,张策^[10]提出了通过传送带上安装编码器定距离地触发相机拍照,以这

一确定的位移变化作为判别依据对相邻 2 帧图像的工件进行对比,即为从检测到待码放物开始前进一定的距离进入到待识别袋型的关键特征部分进行拍摄。该方式大大提高了识别的正确率,为顺利分类码放奠定了基础。

在现场生产过程中,由于人为因素或者生产实际变化情况可能致使相邻 2 个待码放袋体的间距不同,所以当前后 2 袋间隔距离较大时,如果一直原速等待下一袋型的到来会影响码放效率。为了改善这种状况,该系统以整平机末端光电上升沿信号为依据进行判断调节平带机运行速度;每当相邻两物体间隔距离较大时通知 PLC 控制交流伺服电机提速,相反当摆放过于密集的时候可以适当降速从而保证系统的总体码放效率和正确率。脉冲输出运算部分代码见图 2,图 2 中括号中的字符代表操作指令,括号外字母代表操作的寄存器地址,数字代表寄存器中运算的具体数字。

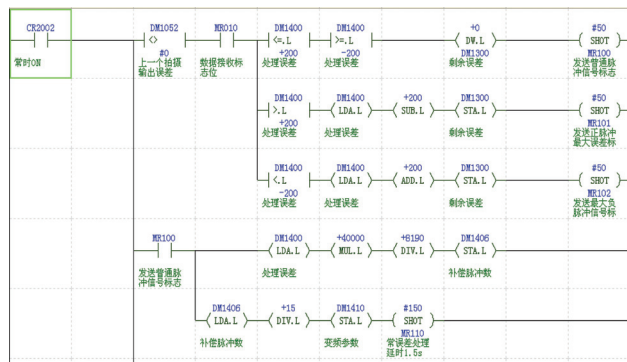


图 2 脉冲输出计算部分代码
Fig.2 Pulse output calculation with some code

2.2 图像处理算法研究与实现

在拍摄到袋型的特征信息后,图像处理器首先会对来自 CCD 摄像机^[11]的图像模拟量信号执行各种算术转换,如颜色、形状、位置等。最后根据预设的容差极限输出微分结果^[12]。总体流程包括捕获图像、传输图像数据、测量处理图像数据、判断比对输出结果等 4 部分组成。

图像处理程序是能否实现该系统自主运行的关键,根据系统功能要求软件中应用的图像处理算法主要包括灰度处理、彩色浓淡级别处理、色彩萃取、图像平滑、边缘检测、轮廓搜索等部分,经过算法处理后主控制器便可以得到袋体位姿信息,将结果与预先设定的图像数据库信息进行比较,若相似度超过系统设定的标准图案则执行抓取指令。如需更改袋型则只需在图像处理器中新增该图像编号,系统会自动检测所改变型号的袋型数据,无需复杂的图像处理算法编程。系统图像处理程序的流程见图3。

2.3 智能抓取的实现方式

为保证在混装生产线上物体识别的正确率,该系

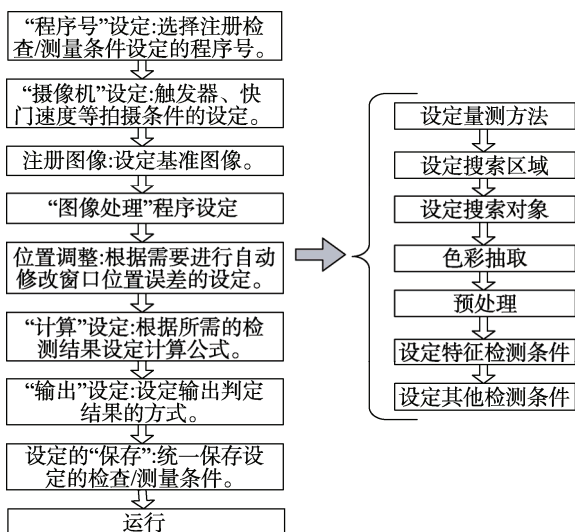


图3 图像处理程序设定流程

Fig.3 Image processing program flow chart

统首先在摄像机安装时保证其视野能覆盖整个输送带宽度,既能对各个位姿的袋体均能拍摄到。其次在弯道机、平带机首部安装光电传感器,从而先借助弯道光电升降沿先获得袋体大小,再借助平带机光电检测到袋体后前进袋体总长度一半距离后触发拍摄并处理所获图像。通过输送带配合光电调整确保平带机上只有一个袋体正在识别码放从而保证系统稳定性。

因为输送带上袋体的摆放角度不固定,所以对于位姿状态不同的袋体要控制机械手执行不同的抓取角度。对于大小不同的袋体则需要调整抓手大小,该系统采用末端机械抓手安装步进电机的方式来实现抓手大小的调节。对于抓取角度采用设置角度分量序列号的方式来解决,即将顺逆时针的角度均分为以 15° 为单位的计量角度,将获得的位姿信息进行相邻角度比对实现抓取。

3 控制系统设计

为了实现整条流水线的高效稳定运行,生产线控制系统采用管理级、协调级和执行级的三级递阶控制模式。此类控制结构优点在于全局与局部控制性能都很高,灵活性和可靠性好,任何子过程变化对决策的影响都是局部性的^[13]。

1) 管理级。管理级负责整个流水线控制系统的监控、管理、修正参数等行为。其中触摸屏主要包括主控、自动、手动、报警显示等界面;示教器则主要对设计完成后的码垛系统进行关键位置点的示教及调整,实现机器人分类码垛动作。显示器主要接收图像采集单元实时拍摄的视频信号,以便操作人员对图案的采集有比较直观的监视,显示器通过图像处理器自带的 VGA 视频接口获得 CCD 摄像机的视频信息。

在该系统图像监控界面上(见图4)能实现监视物料运动视频信息、图像采集次数、图像处理时间、捕捉图像与模板相似度等参数。

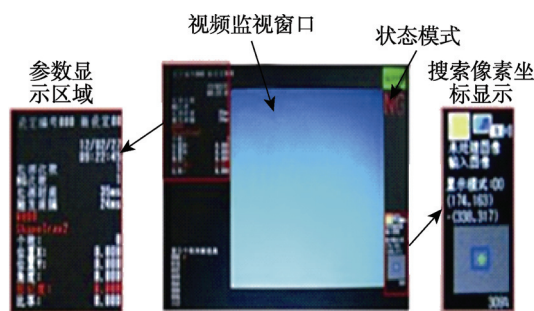


图4 图像处理监视界面

Fig.4 Image processing monitoring interface

2) 协调级。以 PLC 为控制核心,发送外部脉冲信号触发图像采集,通过图像处理流程后辨认出不同目标物体数据信息传给 PLC,然后通过建立 PLC 与机器人的通讯^[14-15],PLC 将得到的位姿数据信息传给机器人,机器人根据不同的信号实现分类码放。其次,PLC 需要负责接收和采集外部传感器的信号完成对外部环境的监测作用,并且需要与触摸屏、图像处理器进行数据交换,即解析管理级发送的指令,并向执行级发送解析后相应的指令。

3) 执行级。以传感器、摄像头、电机、电磁阀、气缸、机械抓手等构建执行级。负责接收从协调级发送的指令,执行相应动作,同时将传感器和摄像头采集到的信息实时反馈到协调级,给高层提供相关决策依据。整个系统电气系统结构见图5。

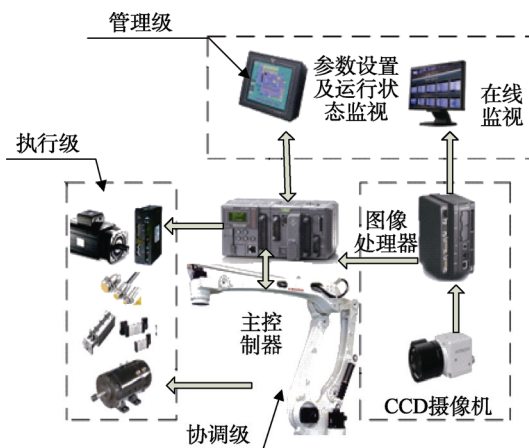


图5 电气系统结构

Fig.5 Electrical system structure

整个系统通过工业以太网总线将码垛机器人、主控 PLC、触摸屏、视觉系统、编程开发计算机等连接起来。智能相机选用基恩士 CV-5501 型号,与主控 PLC 之间采用 Ethernet/IP 协议通讯,PLC 以客户机的身份读取智能相机的数据,通信数据以字节为单位在寄存器中存储,以字为单位传输,以位为单位寻址^[14]。

码垛机器人与主控 PLC 之间也是采用 Ethernet/IP 通信协议，其中工业机器人是服务端而 PLC 是客户端，系统网络拓扑结构见图 6。

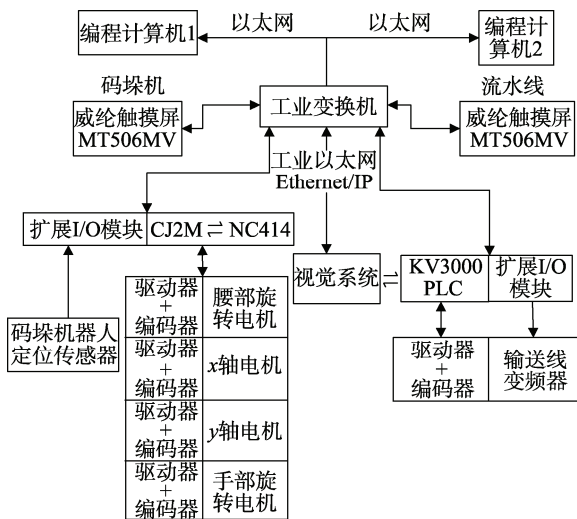


图 6 系统网络拓扑结构
Fig.6 System network topology

4 流水线图像处理运行测试

在生产运行过程中对不同袋型关键信息的获取与辨别是决定最终分类码放成功与否的关键，现对传送带相同运行速度下，图像相同大小不同的 1, 2 号袋体，以及图像不同大小相同的 3, 4 号袋体进行抓取码放实验结果见表 1。由表 1 可知对于不同类型混装码放生产该系统识别精度较高，能够满足生产要求。

表 1 分类识别抓取结果
Tab.1 Results grabbed by category identification

类型	传送速度/ (m·s ⁻¹)	抓取数量	匹配 成功率	识别精度/%	处理时间/s
1	0.8	500	498	99.6	0.16
2	0.8	500	496	99.2	0.19
3	0.8	500	497	99.4	0.15
4	0.8	500	498	99.6	0.17

在不同传送带速度下对物料分类抓取码放的测试结果见表 2。经测试可知，该系统基本不会出现误抓情况，漏抓的原因主要是出现连袋时发生，系统自动放弃抓取。由统计数据可知平均抓取率为 99.79%，证明了该系统在不同速度抓取状态下的稳定性与可靠性。

表 2 不同速度抓取结果
Tab.2 Results grabbed at different speeds

传送带速度/(m·s ⁻¹)	抓取数	漏抓数	误抓数	合格率/%
0.5	1599	1	0	99.94
0.8	1597	3	1	99.75
1.1	1596	4	1	99.69

5 结语

设计了一种基于视觉引导的 PLC 与工业机器人的全自动化码垛系统，最快码垛生产节拍达到 1800 次/h 循环，实现日产 450 t，达到实际产能 3 倍。同时可以实现混装生产的分类码放，并且成功率很高。通过对机器人程序和夹具的简单调整，可实现袋装、箱装等各种包装类型的码垛作业，具备极好的制造柔性，能满足产品多样化的码放需求。该系统自动化水平高、运行稳定可靠，人机交互性能突出，大大减少工人劳动强度及企业运营成本，适应国内大多数同类企业的实际需求，具有广阔市场前景。

参考文献：

[1] YI Lun-han, ZHENG Guang-jiao, YAN Fang-tian, et al. De-sign of Loading Robot Control System Based on PLC[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 441: 792—795.

[2] DUN Chen-lan. The Application of Intelligent Industrial Robotic Control System Based on PLC in Mechanical Automation[J]. Advanced Materials Research, 2013, 738: 272—275.

[3] WEI Da-wang, YU Jin-fan, TENG Han, et al. Application of Economic CNC System Based on PLC and Touch Screen[J]. Advanced Materials Research, 2013, 816/817: 971—975.

[4] 王田苗, 陶永. 我国工业机器人技术现状与产业化发展战略[J]. 机械工程学报, 2014, 50(9): 1—13.

WANG Tian-miao, TAO Yong. Present Situation and Industrialization Development Strategy of Industrial Robots in China[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2014, 50(9): 1—13.

[5] 张业鹏, 张明. 基于 PLC 与工业机器人的全自动化码垛系统设计[J]. 制造业自动化, 2015, 11(37): 108—110.

ZHANG Ye-peng, ZHANG Ming. The Design of Automatic Palletizing System and Industrial Robot Based on PLC[J]. Manufacturing Automation, 2015, 11(37): 108—110.

[6] 柳国光. 基于 Motoman-Mp1100 全自动饲料码垛系统研究[J]. 机电工程, 2014, 31(2): 222—223.

LIU Guo-guang. Based on Motoman-Mp1100 Automatic Feed Palletizing System[J]. Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(2): 222—223.

[7] 焦恩璋, 杜荣. 工业机器人分拣技术的实现[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2010(2): 84—87.

JIAO En-zhang, DU Rong. Realization of Industrial Robot Sorting Technology[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2010(2): 84—87.

[8] 蒋书贤. 基于机器视觉的工业机器人分拣系统研究

- [D]. 成都: 西南交通大学, 2015.
- JIANG Shu-xian. Research on Industrial Robot Sorting System Based on Machine Vision[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.
- [9] 张爱红, 张秋菊. 机器人示教编程方法[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2003(4): 48.
- ZHANG Ai-hong, ZHANG Qiu-ju. Robot Teaching Programming Method[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2003(4): 48.
- [10] 张策. 高速包装机械手视觉控制系统研究与开发[D]. 天津: 天津大学, 2008.
- ZHANG Ce. High-speed Packaging Robot Visual Control System Research and Development[D]. Tianjin: Tianjin University, 2008.
- [11] TIAN Yuan-yuan, TAN Qing-chang. Study of CCD Laser Range Finder Based on Static Image[J]. Micro-computer Information, 2007(31): 98—99.
- [12] GONZALEZ R C, RUAN Qiu-qi. Digital Image Processing[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.
- [13] 王吉岱, 李栋. 基于 PLC 的挂式除湿袋包装控制系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2015, 9(9): 78.
- WANG Ji-dai, LI Dong. Design of Control System for Hanging Type Dehumidification Bag Based on PLC[J]. Instrument Technique and Sensor, 2015, 9(9): 78.
- [14] 王鸿博, 李建东. 基于工业机器人分拣生产线群控通信系统设计[J]. 制造技术与机床, 2016(3): 93—97.
- WANG Hong-bo, LI Jian-dong. Design of Group Control Communication System Based on Industrial Robot Sorting Production Line[J]. Manufacturing Technology and Machine Tool, 2016(3): 93—97.
- [15] 彭频, 邓亚伟. 如何确定生产节拍[J]. 企业管理, 2007(11): 83—84.
- PENG Pin, DENG Ya-wei. How to Determine the Production Cycle[J]. Enterprise Management, 2007 (11): 83—84.

《智能包装与活性包装》特色栏目征稿函

智能包装与活性包装是包装工程技术领域的发展趋势,也是全球包装行业研发和应用的焦点。智能包装新技术与活性包装新材料的应用,能改善包装物条件的体系(通过释放物质、排除或抑制 SU),延长包装物使用寿命;提高卫生安全性;改善气味和口感特性的同时保证其品质不变。利用新型的包装材料、结构与形式对商品的质量和流通安全性进行积极干预与保障,通过信息收集、管理、控制与处理技术完成对运输包装系统的优化管理等。

鉴于此,本刊拟围绕“智能包装与活性包装”这一主线,作系列专项报道。本刊编辑部特邀请相关专家为该栏目撰写稿件,以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主,也可为综述性研究,请通过网站投稿,编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话: 023-68792294 网址: www.packjour.com

《包装工程》编辑部