

基于 PLC 与触摸屏的码垛工业机器人操作系统设计

焦玉成, 俞娟, 杜逸鸣

(三江学院 机械与电气工程学院, 南京 210012)

摘要: **目的** 对工业机器人码垛操作系统进行改进, 使用三菱 GS2110-WTBD 触摸屏实现工业机器人便捷的操作控制与工作状态的直观监视。**方法** 三菱 GS2110-WTBD 触摸屏与 PLC 使用串口通讯, PLC 与工业机器人使用以太网通讯, 实现信息交互。外接控制按钮及传感器与 QX40 模块连接, QY10 模块与工业机器人控制器 I/O 接口连接, 三菱 Q 系列 PLC 控制三菱 QD75P1N 定位模块驱动供料进给。**结果** 编写 PLC 程序和机器人程序使得机器人与物料盘供料驱动相互配合, 能实现对动态物体的精准抓取或放置。触摸屏设计可以实现不同码垛功能的选择和工作状态的监视。**结论** 该操作系统可使单台工业机器人灵活运用在变化的控制线上, 可广泛应用在码垛工业机器人控制中。

关键词: 工业机器人; PLC; 触摸屏; 码垛

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)23-0174-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.23.026

Design of Industrial Robot Operating System for Stacking Based on PLC and Touch Screen

JIAO Yu-cheng, YU Juan, DU Yi-ming

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Sanjiang University, Nanjing 210012, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the stacking operating system of the industrial robot and achieve the convenient operation control and visual monitoring of the working state of the industrial robot with the touch screen of Mitsubishi GS2110-WTBD. Mitsubishi GS2110-WTBD touch screen and PLC used serial communication. PLC and industrial robots used Ethernet communication to achieve information interaction. The external control button and sensor were connected to the QX40 module, the QY10 module was connected to the industrial robot controller I/O interface, and the Mitsubishi Q series PLC controlled the Mitsubishi QD75P1N positioning module to drive the feeding. The programming of PLC and robot made the robot cooperate with the material supply driver, and could realize the precise capture or placement of dynamic objects. Touch-screen design could achieve the selection of different stacking functions and the monitoring of working state. The operating system can make a single industrial robot flexibly applied to the changing control line, and it can be widely used in the control of the stacking industrial robot.

KEY WORDS: industrial Robot; PLC; touch screen; stacking

机器人产业已被普遍认为是继汽车、计算机之后又一个能够改变人类工作和生活的重大高新技术产业, 已成为世界主要发达国家的战略必争之地^[1]。码垛机器人作为高效率的货物搬运和码垛工具, 得到了

大家的一致认可, 在智能制造成为国家重大科技发展方向的时间点上, 提升码垛机器人的智能化, 使其能够更高效便捷地提高生产力水平, 服务于社会发展, 成为了非常急迫的任务^[2]。目前 PLC 与触摸屏技术作

收稿日期: 2019-06-17

作者简介: 焦玉成 (1979—), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向为电气工程及其自动化、工业机器人、实验室管理。

为设备控制及人机交互的方法,被广泛运用^[3-6]。触摸屏可以使工业机器人操作更加便捷^[7]。操作系统作为一个控制工业机器人的重要核心^[8],主要完成现场信息的获取、处理、编程作业、控制、规划和整个机器人系统的统筹管理等功能。技术融合可以提供高性能的新技术或是颠覆性技术^[9]。基于 PLC 与触摸屏的码垛工业机器人操作系统,在配套了 PLC 以及触摸屏的辅助后,使得工业机器人的易用性与稳定性继续提升,同时有着向模块化、简便化、智能化和系统化方向发展的趋势,对今后研究新型智能机器人有着十分重要的意义。

1 系统设计的目的

工业机器人在包装流水线上主要负责产品的分拣、堆垛,在码垛情况下,产品改变以及码垛位置对工业机器人的运行会产生影响,这对一般码垛工业机器人程序的要求为:不同大小的物件工业机器人执行器的行进距离不同;不同物件的放置位置不同^[10]。机器人控制器只使用操作按钮启动时,每次只能执行一个程序,一旦行进距离、码垛方式等要求发生改变,则要求重新编写、下载、调试满足要求的程序,程序的重新调试需要中断运行。中小企业中,为提高机器人利用率,在要求灵活控制的生产线上,希望有效地提高生产效率。文献^[11-13]研究了 PLC 作为控制器的码垛机器人,PLC 在机器人控制中得到了广泛应用。该系统引入 PLC、触摸屏与机器人控制器相互通信,PLC 定位模块驱动送料系统的伺服电机,相当于机器人附加七轴,PLC 程序与机器人程序信息交互双系统协作,形成新的操作系统,针对不同码垛要求启动不同的机器人程序,灵活调用,可以大大提高系统的工作效率。

2 码垛工业机器人控制方式

基于三菱 Q 系列 PLC,与 RV-F 系列的机器人配合,实现对静止物体的精确抓取与码垛放置,以及运动过程中的精准抓取与放置,系统配置有工业机器人及其示教仪和按钮盒、控制器、气泵及真空发生器、PLC(含定位模块或运动控制 CPU)、伺服放大器、触摸屏。Q02U CPU 负责处理输入 QX40 模块中的信号以及触摸屏的操作指令信号,输入信号包括外部启动、复位、停止的操作信号和目标盘与工件库盘上的物料信息,经 CPU 处理后可以反馈给触摸屏的人机交互界面显示物料盘中状态,也传输信号给定位模块 QD75P1N,定位模块发出指令信号控制伺服放大器 MR-J4-20A,控制伺服电机的旋转速度及角度,急停按钮可直接给信号于伺服放大器。输出模块 QY10 输出经过运算后的信号,通过执行机构机器人完成所需

要的码垛任务要求。

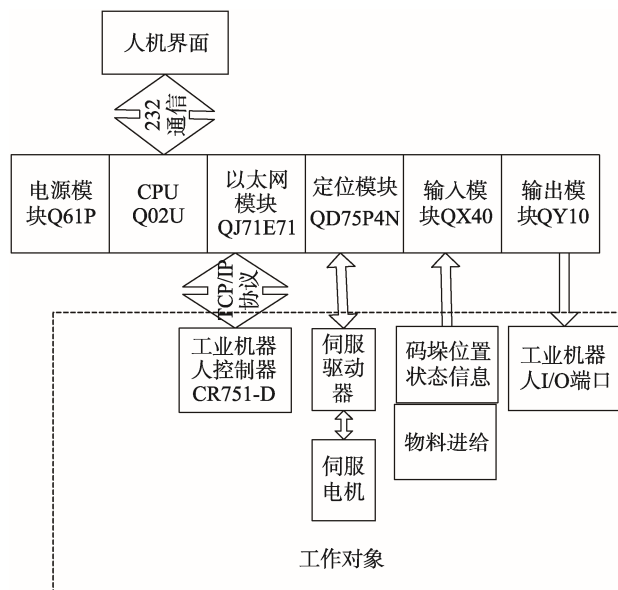


图 1 控制系统各模块的关系

Fig.1 Relationship between the modules of the control system

3 触摸屏人机交互界面设计

触摸屏可通过屏幕的触觉反馈系统,判断人手指接触的屏幕上的人机交互图形按钮,然后令预先编程的程式驱动各种连接装置。该操作系统中使用的是三菱 GS2110-WTBD 触摸屏。该设计中,触摸屏首页左边按钮“码垛操作”,右边按钮“物料进给”,可以分别进入控制界面。物料进给界面,主要有启动、停止、复位、原点回归 4 个按钮和速度监视区域。码垛操作界面主要有启动、停止、复位、转动放物、转动复位、静态监视、动态监视等 7 个按钮。以此通过触摸屏来控制码垛机器人相关操作,并显示工作台相关状况。

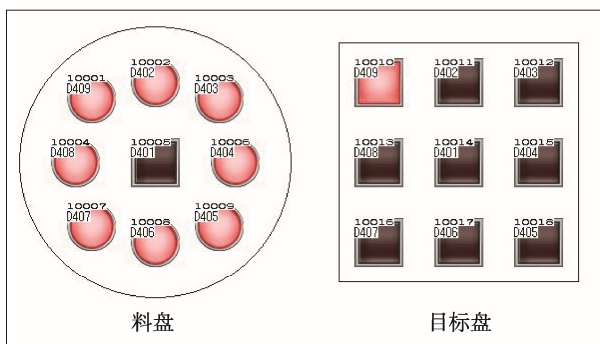
4 RV-F 系列工业机器人码垛指令使用示例

机器人编程语言 MELFA-BASIC V 指令,是在各种工业场合中最常见、使用较多的工业机器人语言,其中可供用户选择的词汇十分丰富,而且不同的编程指令和其中包含的大量函数可以有效提高在不同工业场合中机器人的作业精度。工业机器人控制设备外围接口的多个安全开关和示教单元,都设置了控制信号,可以对机器人进行各种运动控制,以共同满足安全成功运作的要求。

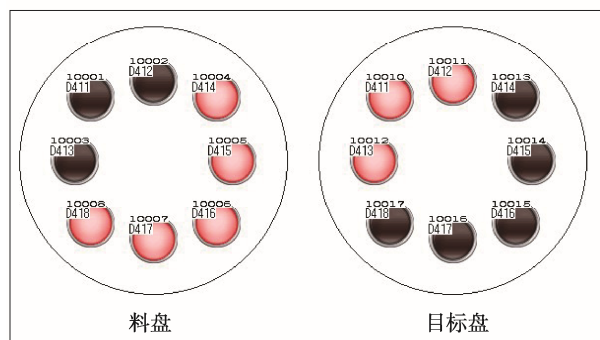
码垛指令 Plt(Pallet),指令格式:Def Plt <托盘号> <起点> <终点 A> <终点 B> [<对角点>] <列数 A> <行数 B> <托盘类型>。托盘的定义及类型见



a 码垛操作界面



b 监视画面1



c 监视画面2

图 2 触摸屏的部分设计界面

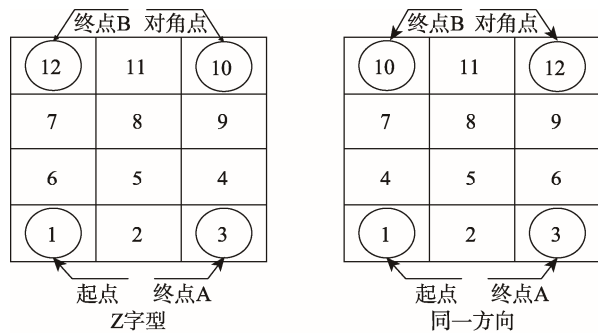
Fig.2 Part of the design interface for the touch screen

图 3。实际应用时，可根据码垛需求选择合适的托盘类型。

如要求完成图 4 的码垛过程，机器人参考程序见表 1。

5 机器人的码垛功能操作系统分析

该系统通过触摸屏、PLC 与工业机器人控制器同时实现。工业机器人控制器 CR751-D 可存储 200 多个机器人程序，但每次实时启动的只能是一个。如果启动另外一个程序，需要重新读写程序。PLC 与工业机器人 I/O 口的连接见图 6，编写相应的程序，程序流程见图 7，可以实现机器人的启停控制以及伺服速度的参数设置，物料空盘信号可通过传感器输入至 PLC 控制器。PLC 与机器人控制器利用以太网通讯连



托盘模型=1(Z字型)

(姿势均分)

托盘模型=11(Z字型)

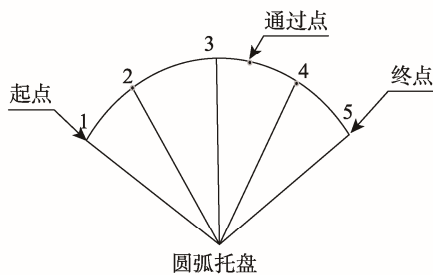
(姿势固定)

托盘模型=2(同一方向)

(姿势均分)

托盘模型=12(同一方向)

(姿势固定)



托盘类型=3(圆弧托盘)

(姿势均分)

托盘类型=13(圆弧托盘)

(姿势固定)

图 3 托盘的定义及类型

Fig.3 Definition and type of tray

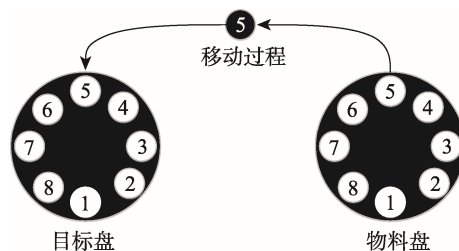


图 4 某码垛工作示意

Fig.4 Schematic diagram of certain stacking work

接^[14]，通过文件传输的方式，根据供料变化以及码垛工作要求的变化，启动相应预先设定的工业机器人码垛分支程序。为了提高系统的精度，供料盘运行一个周期后，其位置信息就进行一次刷新，然后传送给机器人，使机器人更加准确地进行运动。

码垛机器人在实现码垛工作时，还要保证 PLC 与机器人准确通信，防止出现位置误差，机器人在向 PLC 发送工程状态信号的同时，接收 PLC 给出的信号。通过分析目标运动方式，调整机器人与 PLC 之间的程序配合与传输，再通过速度参数的微调，从而提高了其重复定位精度，验证了该码垛工业机器人操作系统的可行性。

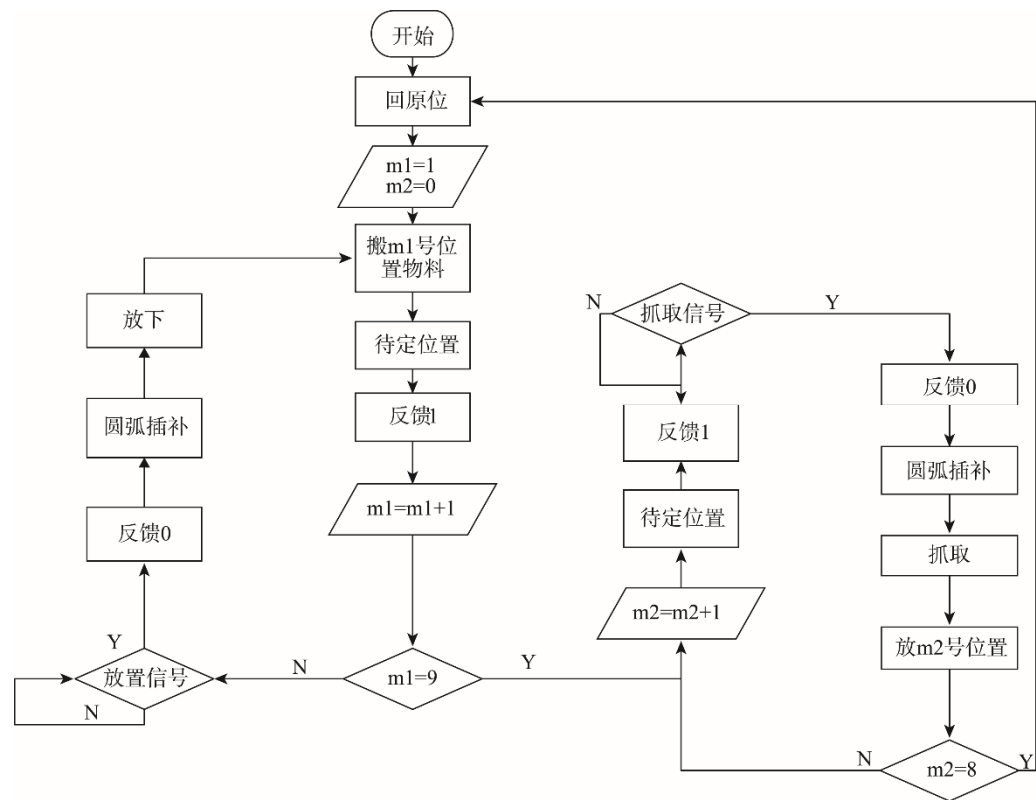


图 5 机器人程序流程
Fig.5 Robot program flow

表 1 参考程序
Tab.1 Reference procedure

行号	操作码	说明
1	Def Plt 1,p11,p12,p13, ,8,1,3	定义物料圆盘 1
2	Def Plt 2,p21,p22,p23, ,8,1,3	定义目标圆盘 2
3	Mov p20	关节插补至 P20 点，回原位
4	m1=1	定义抓取位置变量初始值
5	m2=1	定义放置位置变量初始值
6	*loop1	循环开始
7	P14=(Plt 1,m1)	定义初始抓取位置
8	P24=(Plt 2,m2)	定义初始放置位置
9	Mvs p14,-20	直线插补至抓取位置 z 轴方向 20 mm 处
10	M_Out(10)=1	输出驱动（抓取）
11	Mvs,-20	直线插补
12	Dly 1	延时
13	Mvs,-20	直线插补 20 mm
14	Mov p20	关节插补至位置 P20
15	Mov p24,-20	关节插补至位置 P20 上方 20 mm 处
16	mvs,10	直线插补 10 mm
17	M_Out(10)=0	输出复位
18	dly 1	延时 1 s
19	Mvs p24,-20	
20	Mov p20	
21	m1=m1+1	位置变量变化
22	m2=m2+1	
23	If m1<=8 Then *loop1	判断运行次数，此处 8 为该程序中的实际码垛数量
24	Mov p20	
25	End	

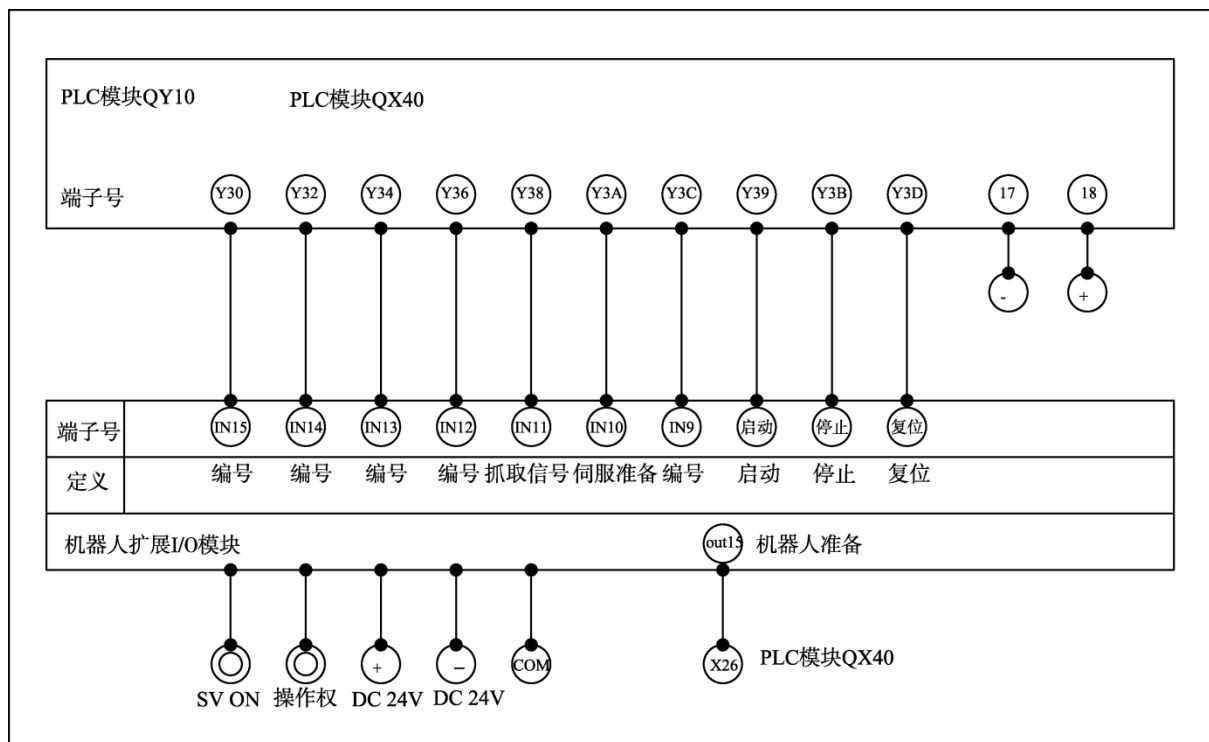


图 6 PLC 与机器人的扩展 I/O 接线 (部分)

Fig.6 Extension I/O wiring of PLC and robot (part)

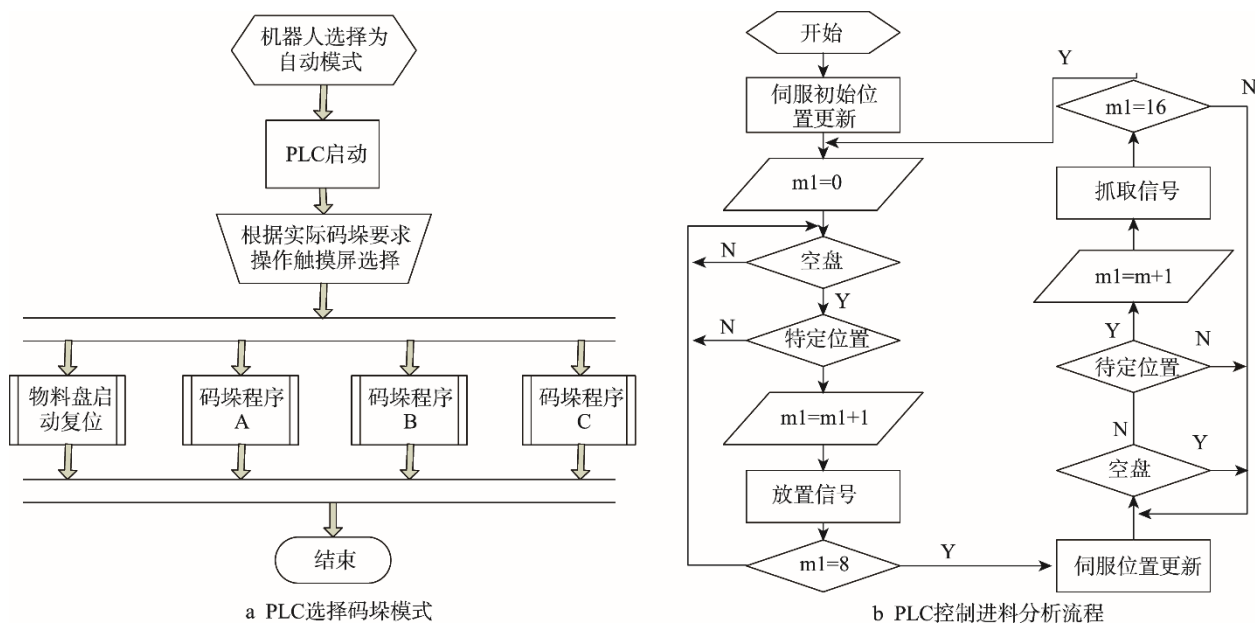


图 7 PLC 程序流程

Fig.7 PLC program flow

6 结语

码垛工业机器人在提高生产力的工业自动化背景下被广泛应用^[15],但同时对码垛工业机器人在生产效率进一步提升、产品质量的保证、作业布局的优化等方面的要求也更加提高,因此,如何通过更加完善的码垛机器人操作系统提高码垛工程的智能化、直观化、简便化的研究非常有必要。该系统设计基于 PLC

与触摸屏的码垛操作系统,确定了 PLC 与触摸屏及工业机器人之间的 I/O 设备及相互通信连接,实现了码垛操作的灵活性。该系统的操作控制方式可推广应用于其他机器人与 PLC。

参考文献:

- [1] 杨桂林. 工业机器人运用技术[J]. 中国科学院院刊, 2015, 30(6): 785—792.

- YANG Gui-lin. Industrial Robot Application Technology[J]. Journal of the Chinese Academy of Sciences, 2015, 30(6): 785—792.
- [2] 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. The Status Quo of Industrial Robot Technology in China and The Industrialization Development Strategy[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2014, 50(9): 1—13.
- [3] 周亮, 李珍. 基于 PLC 的液体袋装包装机控制系统的设计[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 88—91.
ZHOU Liang, LI Zhen. Design of the Control System of Liquid Bagging Machine Based on PLC[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 88—91.
- [4] 李晓娜, 刘宝顺, 刘瑞昌. 基于 PLC 触摸屏技术的制袋设备控制系统及界面设计[J]. 包装工程, 2014, 35(5): 50—53.
LI Xiao-na, LIU Bao-shun, LIU Rui-chang. Design of Bag-making Equipment Control System and Interface Based on PLC and Touch Screen Technique[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 50—53.
- [5] 周国平, 申冬琴. 基于 PLC 的壁纸包装控制系统设计[J]. 包装工程, 2012, 33(9): 108—110.
ZHOU Guo-ping, SHEN Dong-qin. Design of Wallpaper Packaging Control System Based on PLC[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9): 108—110.
- [6] 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.
- [7] Injection Molding Group. Touch Screen Control Simplifies More Than Robot Operation[J]. Injection Molding, 2005, 13(6): 41.
- [8] 郝英华, 王瑞, 李晓娟. Nuttx 操作系统进程切换调度实时性的形式化验证[J]. 计算机应用与软件, 2018, 35(7): 15—20.
HAO Ying-hua, WANG Rui, LI Xiao-juan. Nuttx Operating System Process Switching Scheduling Real Time Formal Verification[J]. Computer Applications and Software, 2018, 35(7): 15—20.
- [9] 陈悦, 谭建国, 王智琦, 等. 专利视角下工业机器人领域的技术机会分析[J]. 科研管理, 2018, 39(4): 144—156.
- CHEN Yue, TAN Jian-guo, WANG Zhi-qi, et al. Analysis of Technical Opportunities in The Field of Industrial Robotics from The Perspective of Patents[J]. Scientific Research Management, 2018, 39(4): 144—156.
- [10] 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 Industrial Robot Operating System for Stacking Based on PLC and Touch Screen[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(23): 84—88.
- [11] 向应军. 一种基于 PLC 的码垛机器人设计与研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2017.
XIANG Ying-jun. Design and Research of A Stacking Robot Based on PLC[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2017.
- [12] 李太胜. 基于 PLC 控制的工业机器人系统的研究与实现[J]. 中国高新技术企业, 2014(15): 26—27.
LI Tai-sheng. Research and Implementation of Industrial Robotic System Based on PLC Control[J]. Chinese High-tech Enterprise, 2014(15): 26—27.
- [13] 王晓磊. 基于 PLC 的自动包装码垛生产线控制系统设计[D]. 西安: 西安工程大学, 2013.
WANG Xiao-lei. Control System Design of Automatic Packaging Stack Production Line Based on PLC[D]. Xi'an: Xi'an Engineering University, 2013.
- [14] 赵玲. 一触即控的指尖革命——记 2017 年度北京市科学技术奖一等奖获奖项目“高性能内嵌式显示一体化技术研发与产业化”[J]. 中国科技奖励, 2018(3): 39—40.
ZHAO Ling. A Touch-and-Control Fingertip Revolution-Remember The First Prize Winning Project of The 2017 Beijing Science and Technology Award "High Performance Embedded Display Integration Technology R&D and Industrialization"[J]. China Science and Technology Award, 2018(3): 39—40.
- [15] 李宇庭. 6R 机器人柔体动力学建模及模态分析[C]// 2015 年第五届全国地方机械工程学会学术年会暨中国制造 2025 发展论坛论文集, 2015.
LI Yu-ting. 6R Robot Flexible Dynamics Modeling and Modal Analysis[C]// The 5th National Annual Academic Conference of the National Institute of Local Mechanical Engineering in 2015 and the Proceedings of the China Manufacturing 2025 Development Forum.