

四自由度包装搬运机械手控制系统设计

刘慧¹, 杨炙坤²

(1. 包头职业技术学院, 包头 014030; 2. 内蒙古第一机械有限公司, 包头 014030)

摘要: **目的** 提高包装生产线的自动化程度。**方法** 基于 S7-200 PLC 和维纶 TK6050ip 触摸屏, 设计一种全自动包装搬运气动机械手控制系统, 对控制系统硬件结构进行设计, 并在硬件结构基础上进行软件编程。最后进行测试和应用研究。**结果** 由实验数据可知, 该控制系统能够保证气动机械手运行的平稳性、准确性、快速性, 具有操作方便、工作效率高、运行可靠等优点。**结论** 基于 PLC 和触摸屏控制的气动机械手能够提高包装生产线的自动化程度, 可满足包装控制要求和生产需求。

关键词: 气动机械手; PLC; 触摸屏; 包装生产线

中图分类号: TH138 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)05-0030-04

Design of Control System for Four-DOF (Degree of Freedom) Packaging Handling Manipulator

LIU Hui¹, YANG Zhi-kun²

(1. Baotou Vocational & Technical College, Baotou 014030, China;

2. Inner Mongolia First Machinery Group Co., Ltd., Baotou 014030, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the automation of packaging production line. Based on S7-200 PLC and vinylon TK6050ip touch screen, an automatic pneumatic manipulator control system for packaging handling was designed. The hardware structure of control system was designed, and the software programming was done based on the hardware structure. Finally, tests and application researches were carried out. The experimental data showed that this control system could ensure smoothness, accuracy and rapidity, and had such advantages as convenient operation, high efficiency and reliable running. The pneumatic manipulator based on PLC and touch screen control can improve the automation degree of packaging production line, which can meet the requirements of packaging control and production.

KEY WORDS: pneumatic manipulator; PLC; touch-screen; packaging production line

目前, 智能控制技术和机电一体化技术已广泛应用于包装行业, 包装工艺和相关机械设备均出现了很大变化, 包装行业发展趋向智能化、自动化、全面机械化^[1-3]。我国自主设计的包装生产线及包装机械设备中高新技术比较欠缺, 尤其在连续真空包装、自动分检、定量称重、自动充填、高精度包装等方面^[4]。包装生产线中, 机械手的应用日趋广泛, 机械手运动灵活、运行平稳、操作简单。在某种意义上能够完全代替人类工作, 可以满足特殊场合生产自动化的要求^[5-6]。通常情况下, 机械手的驱动方式包括电机、液压、气压等^[7]。近几十年来, 气动技术飞速发展, 气动技术与可编程控制技术相结合可以提高系统的自动化程度; 现代控制理论和微电子技

术的发展, 改变了气动技术的控制方式——由开关控制升级为闭环伺服控制, 控制精度大幅度提高, 使气动技术在工业生产中的应用进一步扩大^[8-11]。另外, 气动设备以空气作为传动介质, 具有成本低、环保无污染等特点^[12]。融合可编程控制技术、伺服驱动技术和传感器技术, 能够实现定位精确、控制灵活、运动可调等功能, 同时, 利用触摸屏可以实现实时监控、参数修改、故障提醒等功能。PLC 与触摸屏联合使用, 便于提高机械手操作控制的简易性、安全性和可视化程度^[13]。

气动机械手作为一种典型的包装生产线用设备, 包含气动、机械、电气、PLC 和触摸屏等元件^[14]。国外的多轴机械手通常采用专用计算机、专用机器人语

言、专用操作系统、专用微处理器的垄断控制系统，这种控制系统不利于该机械手的推广应用，开发周期长，升级换代难，使用成本较高。文中提出了一种基于 PLC 的控制系统，该系统具有高度的可移植性，对于机械手的广泛应用具有积极的推动作用。

1 气动机械手

文中研究的包装搬运机械手拥有 4 个自由度，该直角坐标机器人能够带动特定的机械抓手，在三维空间中沿着 x 轴、 y 轴以及 z 轴进行水平和垂直移动， z 轴上的抓手可以围绕 z 轴进行旋转。该直角坐标机器人本体结构模型见图 1。气动机械手的工作过程大体可以描述为：初始时刻，机械手位于原点位置并处于气爪松开、机械手臂转回、缩回、上升的状态；按下启动按钮，机械手臂伸出并下降到包装生产线中，由气爪抓取包装物品；抓稳工件后，机械手臂上升并缩回；机械手臂经缩回、下降等动作到指定目标点，手爪松开包装物品；机械手臂上升并伸出，转回到原点位置，进入下一个周期^[15—16]。

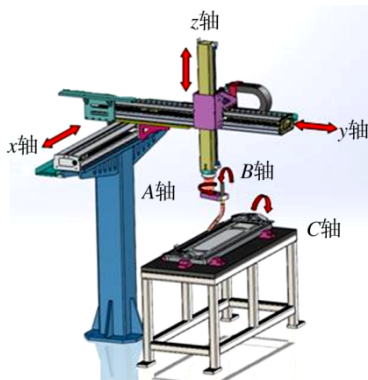


图 1 气动机械手结构
Fig.1 Structure of pneumatic manipulator

2 控制系统硬件设计

气动机械手控制系统主要由 PLC、触摸屏、气缸、电磁阀和传感器组成，系统结构见图 2。



图 2 气动机械手控制系统结构原理
Fig.2 The structure and principle of pneumatic manipulator control system

该机械手控制系统中，其硬件主要包括维纶 TK6050ip 触摸屏、S7-200PLC、传感器、电磁阀以及限位开关等。经过对机械手运动过程分析可知，该系统主要包括 7 个传感器以及启动、停止、急停以及复位等按钮；输出包括气缸电磁阀以及启动指示灯、停止指示灯、复位指示等。控制系统配线见图 3。控制系统设计了 2 个通信接口 Communication 0 和 Communication 1，其中 Communication 0 通过 PPI 电缆与计算机(PC)相连，主要负责程序编写与下载；Communication 1 通过 RS485 接口与触摸屏相连。选用 TK6050ip 触摸屏作为上位机实现参数设置、设备控制、设备监控、故障报警输出等功能。

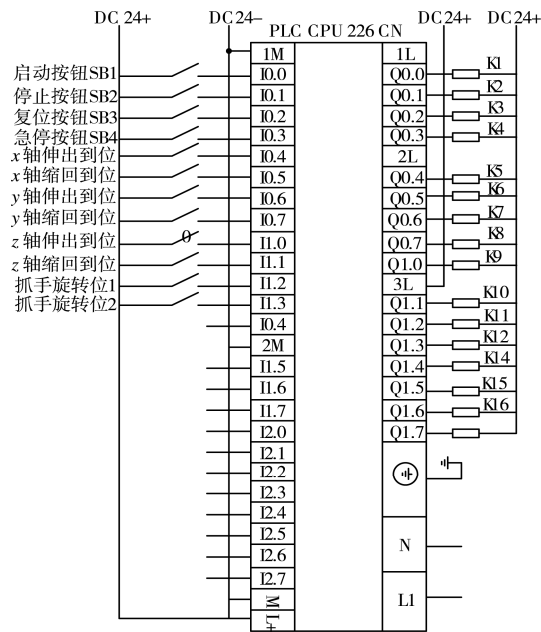


图 3 接线图
Fig.3 Wiring diagram

3 控制系统软件设计

3.1 PLC 编程

PLC 编程主要包括手动运行程序设计、自动运行程序设计、急停和停止功能程序设计等。

手动运行程序设计，为满足气动机械手的调试、示教、设备维护等需求，有必要对各个气缸进行单独控制、单步运行控制，同时在触摸屏中设置相应手动控制界面。急停和停止功能程序设计，如果出现紧急情况，按下急停按钮 SB4，系统会立即停车，终止一切操作，具有一定的保护作用，可以避免较大事故发生。对于停止操作，即使按下停止按钮 SB2，系统也不会立即停车，要等到当前工作周期结束后才会停止；具体来讲，机械手要将物品从 A 点搬到 B 点，然后回到原点位置才算一个工作周期自动运行程序设计，即连续工作过程控制。按下启动按钮，发出运行指令后，机械手依次完成抓取物品、搬运、松开物

品、回归原点等操作, 程序流程见图 4。除上述基本运行控制外, PLC 编程还应包括故障报警与诊断、示教、复位、原点追踪等相关程序设计。

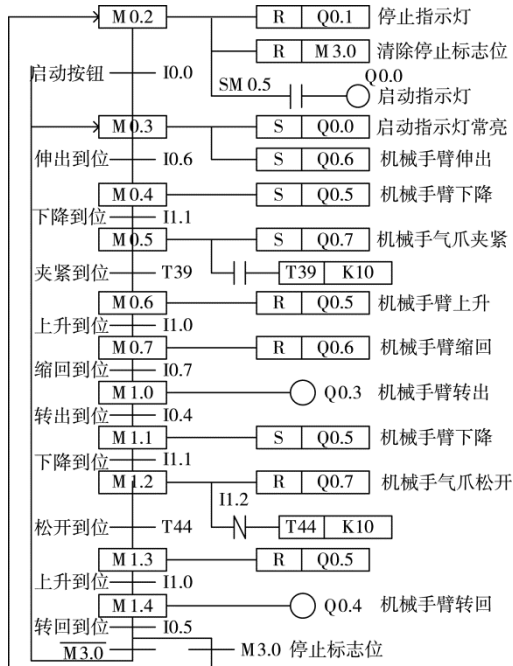


图 4 自动运行程序流程
Fig.4 Automatic program flow

3.2 触摸屏编程

触摸屏是人与机器进行信息交换的窗口, 操作者可以通过触摸屏给机器人发送控制命令, 同时可以监控机器人的运行状态, 为更好运用机器人提供了良好的条件。系统设计的气动机械手人机界面见图 5, 主

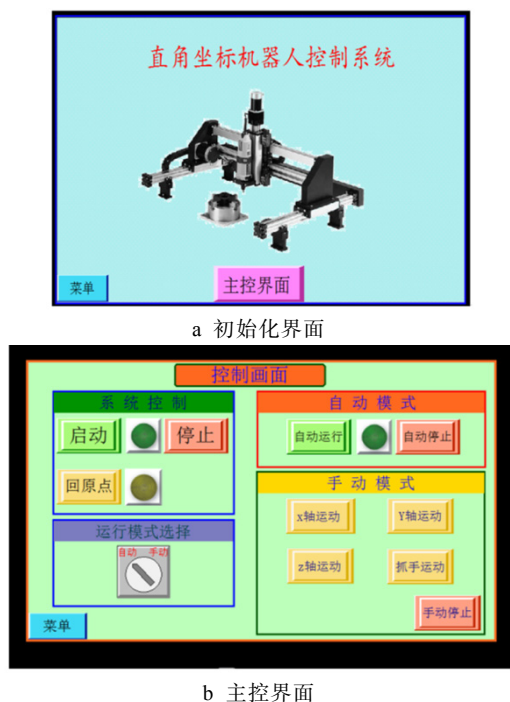


图 5 人机界面
Fig.5 Man-machine interface

要包括初始化界面、主操作界面和各个功能窗口子界面等, 主要完成系统初始化、机器人示教、参数设置和系统监控等功能。主控界面包含了对机器人操作的主要的命令按钮, 有初始化操作、单轴操作、四轴联动、示教界面选择和状态查询等, 点击不同的按钮, 机器人会进行对应命令的动作或进入相应的人机子界面。

4 实验分析

为了验证设计的包装搬运机械手控制器的可行性以及在实际应用中的具体效果, 进行了具体实验验证, 主要包括原点搜索精度实验和重复定位精度实验。机械手原点是作为机器人定位的一个坐标参考物, 如果在原点搜索过程中存在较大误差, 则机器人在最后码放物体的过程中便会将此误差带到目标点的定位中去, 严重影响定位精度。金属块位置与机器人原点传感器位置存在以下 3 种关系 (见图 6): 超前、重合、滞后。试验中在不同速度情况下, 随机测量间距 ΔL 的数值, 部分数据见表 1。由表 1 可知, 机械手在原点搜索过程中 ΔL 的平均误差在 0.16 mm 左右, 由此可看出, 该控制系统下的包装搬运机械手能够实现原点精确搜索任务, 保证后期物品的高精度码放。

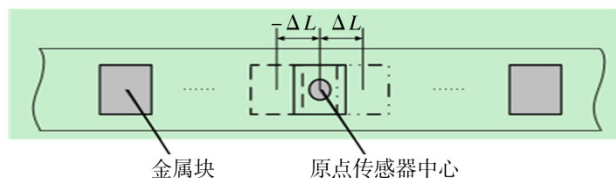


图 6 金属块与原点传感器位置关系
Fig.6 Relationship of the metal block and the origin sensor location

表 1 原点定位精度
Tab.1 The positioning accuracy of origin

序号	轴1	轴2	轴3	轴4
1	0.12	0.2	0.12	0.20
2	0.15	0.15	0.21	0.19
3	-0.11	0.16	0.14	0.22
4	0.13	-0.13	0.17	0.19
5	-0.11	-0.16	0.10	0.15
6	-0.14	0.13	0.18	0.16

重复定位是指搬运机械手再次到达上一次曾经到达过的位置的能力。为了测试包装搬运机械手重复定位的精度, 利用激光跟踪仪对搬运机械手末端执行器重复定位精度进行测量, 重复定位测量结果见表 2。由表 2 可知, 该控制系统下的包装搬运机械手重复定位精度在 0.5 mm 左右进行浮动, 完全满足了设计要求。

表 2 重复定位精度实验数据
Tab.2 The experimental data of repeated positioning accuracy

序号	测量值/mm	序号	测量值/mm	序号	测量值/mm
1	0.7	7	0.4	13	0.6
2	0.5	8	0.6	14	0.6
3	0.5	9	0.7	15	0.4
4	0.3	10	0.6	16	0.5
5	0.6	11	0.5	17	0.6
6	0.5	12	0.5	18	0.5

5 结语

以包装生产线常用气动机械手为研究对象，提出了一种基于 PLC 的四自由度包装搬运码垛机械手控制系统。以 S7-200 和威纶 TK6050ip 触摸屏为核心，通过分析机械手运动过程，对控制系统硬件进行了设计，并在硬件结构基础上对 PLC 和触摸屏进行了编程。实践表明，该系统操作方便、工作效率高、运行可靠，所涉及控制方法同样适用于化工、冶金、机械等行业，具有十分广阔的应用前景。

参考文献：

[1] 韩占华, 郭飞. 自动化在包装机械中的应用和展望[J]. 包装与食品机械, 2011(3): 49—52.
HAN Zhan-hua, GUO Fei. The Automation and Forecasts Application in the Packing Machinery[J]. Packing and Food Machinery, 2011(3): 49—52.

[2] 孔凡真. 智能包装在未来食品包装上的应用[J]. 中国包装, 2011(1): 38—39.
KONG Fan-zhen. Intelligent Packing on Future Food Packing Application[J]. China Packs, 2011(1): 38—39.

[3] 杨阳. 现代包装产业发展向智能化迈进[J]. 中国包装工业, 2012(16): 18—20.
YANG Yang. The Modern Packing Industry Development Makes Great Strides Forward to the Intellectualization[J]. China Packs the Industry, 2012(16): 18—20.

[4] 苗辉, 戴庆辉, 孙敬敬. 双秤定量包装机控制系统分析[J]. 包装与食品机械, 2012(1): 34—36.
MIAO Hui, DAI Qing-hui, SUN Jing-jing. The Double Scale Quota Packaging Machine Control System Analyzes[J]. Packing and Food Machinery, 2012(1): 34—36.

[5] 王小娟, 胡兵. PLC 和触摸屏在多自由度气动机械手系统中的应用[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2016, 3(3): 58—60.
WANG Xiao-juan, HU Bing. Application of PLC and Touch-screen in the Multi-DOF Pneumatic Manipulator[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2016, 3(3): 58—60.

[6] 胡志刚. 基于 S7-200 PLC 的气动机械手控制系统设计[J]. 机械工程师, 2014(3): 120—121.
HU Zhi-gang. Control System Design of the Pneumatic Manipulator Based on S7-200 PLC[J]. Mechanical En-

gineer, 2014(3): 120—121.

[7] 齐继阳, 吴倩, 何文灿. 基于 PLC 和触摸屏的气动机械手控制系统的设计[J]. 液压与气动, 2013(4): 19—22.
QI Ji-yang, WU Qian, HE Wen-can. Design of Control System of Pneumatic Manipulator with PLC and Touch Screen[J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2013(4): 19—22.

[8] 袁清珂, 赵冲, 林立仁. 基于 PLC 气动式机械手控制系统的设计与开发[J]. 仪器仪表与传感器, 2015(11): 59—61.
YUAN Qing-ke, ZHAO Chong, LIN Li-ren. Design and Development of Control System for Pneumatic Manipulator Based on PLC[J]. Instrument Technique and Sensor, 2015(11): 59—61.

[9] 师亚娟, 刘欣. 基于 PLC 的自动化生产线三自由度机械手控制系统设计[J]. 工业控制计算机, 2013, 26(6): 112—113.
SHI Ya-juan, LIU Xin. Control System of 3-Dof Mechanical Arm of Automatic Production Line Based on PLC[J]. Industrial Control Computer, 2013, 26(6): 112—113.

[10] 李景魁. 基于 PLC 的机械手控制系统设计[J]. 煤矿机械, 2012, 33(10): 147—148.
LI Jing-kui. Based on PLC Control System Design of Manipulator[J]. Coal Mine Machinery, 2012, 33(10): 147—148.

[11] 刘其洪, 郭建. 基于触摸屏与 PLC 的脚轮支架冲压自动线控制系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2014(11): 82—84.
LIU Qi-hong, GUO Jian. Control System of Automatic Production Line Design for Bracket of Caster Based on PLC and Touch Panel[J]. Instrument Technique and Sensor, 2014(11): 82—84.

[12] 李海标, 宁雄, 赖显渺. 自动生产线精确传输机械手控制系统设计[J]. 液压与气动, 2013(2): 17—19.
LI Hai-biao, NING Xiong, LAI Xian-miao. The Design of Precise Transmittal Manipulator for Automatic Production Line[J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2013(2): 17—19.

[13] 于殿勇, 刘兴义. 基于 PLC 与触摸屏控制的搬运机械手的应用[J]. 制造业自动化, 2009, 31(8): 121—123.
YU Dian-yong, LIU Xing-yi. Application of a Handling Robot Based on the Control of PLC and Touch-screen [J]. Manufacturing Automation, 2009, 31(8): 121—123.

[14] 董晨晨. 基于 PLC 控制的机械手组态环境研究[J]. 轻工机械, 2013, 31(3): 51—53.
DONG Chen-chen. Study of PLC-based Manipulator in Configuration Environment[J]. Light Industry Machinery, 2013, 31(3): 51—53.

[15] 丛明, 刘冬, 杜宇, 等. PLC 伺服控制在太阳能电池组件搬运机械手中的应用[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2011(9): 66—69.
CONG Ming, LIU Dong, DU Yu, et al. Application of PLC Servo Control in the Transport Manipulator for Solar Cell Module[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2011(9): 66—69.

[16] 陈宝江, 葛田子, 王建治. 一种包装机械手及其控制系统研究[J]. 包装工程, 2014, 35(7): 90—94.
CHEN Bao-jiang, GE Tian-zi, WANG Jian-zhi. Control Methods and the Manipulator Used for Packaging the Filiform Type Materials[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(7): 90—94.