

基于 PLC 的气动搬运机械手自动控制系统设计

杨 睿

(西安职业技术学院, 陕西 西安 710077)

摘要:为提高气动搬运机械手在复杂工厂流水线中的运行效率, 该文设计了一套基于 PLC 的气动搬运机械手自动控制系统。在分析通用气动机械手将物品在不同位点之间搬运的运动流程的基础上, 设计了自动控制系统的硬件架构。其中包含了可编程逻辑控制器(PLC)、伺服电机、传感器和交互屏等器件, 并根据气动搬运机械手的运动流程, 设计了相应的软件控制程序及界面。仿真实验结果证明, 所提出的气动搬运机械手自动控制系统可以稳定地完成实验预设的功能需求, 自动化程度较高。

关键词:可编程逻辑控制器(PLC); 搬运机械手; 自动控制系统; 气压传动

中图分类号:TP273; TP241

文章编号:1000-0682(2024)04-0013-04

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.04.003

Design of automatic control system of pneumatic handling manipulator based on PLC

YANG Rui

(Xi'an Vocational and Technical College, Shaanxi Xi'an 710077, China)

Abstract: To improve the operational efficiency of pneumatic handling robots in complex factory assembly lines, a PLC based automatic control system for pneumatic handling robots is designed in this paper. On the basis of analyzing the motion process of a universal pneumatic manipulator moving objects between different positions, a hardware architecture of an automatic control system was designed, which includes programmable logic controllers (PLC), servo motors, sensors, and interactive screens. Based on the motion process of the pneumatic manipulator, corresponding software control programs and interfaces were designed. The simulation experiment results demonstrate that the proposed automatic control system for pneumatic conveying robotic arms can stably meet the preset functional requirements of the experiment, with a high degree of automation.

Keywords: programmable logic controller; handling manipulator; automatic control system; pneumatic drive

0 引言

在现代化的生产流水线中, 搬运机械手因为可以适应复杂、恶劣的作业环境, 并能够实现工厂无人化和自动化管理而被广泛应用。例如, 油管机械手解决了人工油田作业高风险以及效率低下等问题^[1]; 环锭纺绕纱与接头机械手, 实现了锭纺纱机

的自动接线与绕纱^[2], 提高了绕纱质量; 而智能草莓采摘机械手, 则可以大幅度提高工作效率^[3]。在工业应用中, 通常使用气动搬运机械手, 其相较于传统的电机驱动、机械传动具有更稳定的性能和更低的成本^[4-5]。

可编程逻辑控制系统(Programmable Logic Controller, PLC)是工业自动化不可缺少的智慧中枢^[6-7], 负责整个工厂的流水线安全运行、工艺优化以及产品质量保证等关键环节。PLC系统的引入可以实现气动机械手的智能化操控, 其具有可编程性, 可以使气动机械手适应不同的复杂作业环境, 且还可实现智能化与通用化的设计。

收稿日期: 2024-03-07

基金项目: 陕西省职业技术教育学会规划课题(2021SZXGH09)。

第一作者: 杨睿(1974—), 女, 汉族, 陕西西安人, 硕士, 副教授, 研究方向为经济学、机械制造。

同时,优化后的 PLC 系统还能够提升机械手的工作效率。近年来,已有众多学者研究了如何优化自动控制系统以提升机械手的运行效率。例如,文献[8]将单片机引入气动机械手中,实现了可配置的智能化机械手;文献[9]通过仿真软件优化将 PLC 控制系统嵌入到了机械手整体设计中,以实现机械手的自适应、柔性特征;文献[10]则是利用 PLC 实现了可组合、配置的气动机械手设计。该文在气动搬运机械手的基础上设计了一套带有 PLC 的自动控制系统,以达到更高的生产效率、实现全自动化的流水线作业。

1 机械手运动流程分析

常用气动机械手的结构如图 1 所示,通常包括基座、机械臂、抓手与伺服电机等,其可以实现物体抓取、伺服电机转动以及机械臂传动等动作。当气动机械手进行作业时,大部分机械运动由结构中的气缸来完成,例如伸缩气缸实现机械手的伸缩;升降气缸实现机械臂的上下摆动;抓手气缸实现物体的夹放动作等。在以往的设计中,金属材质的机械抓手在夹取物品时,与抓取对象的接触面积较小,因此会给被抓物体造成损伤。而新型抓手采用了柔性材料,并利用仿生原理有效保护了被抓取的物品^[11-12]。

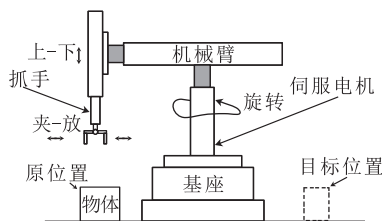


图 1 气动机械手结构示意图

气动机械手在自动化生产线上的主要工作是进行物体的位移,具体的控制流程为:

(1)启动自动控制系统,将整个系统进行通电与复位,机械手通过复位回到搬运原点 O ;

(2)机械手从原点 O 移动到点位 X ,同时传感器检测点位 X 中是否有待转移的物品;

(3)若有待转移物品,则抓取该物品将其移动到点位 Y ;

(4)检测点位 Y 有无位置可以放置待转移物品,若有则将物体放下,完成该物体的转移;若没有,则发出系统提示,等待指令修正;

(5)根据系统设定的待转移物品数量,循环重复步骤(2)~(4);

(6)当完成所有物件的搬运后操作将自动停

止,机械手回到初始位点。

根据图 1 将机械手实际的操控动作进行拆解:

(1)伺服电机做旋转机械动作。基座中的伺服电机在系统限位开关和各传感器的控制^[13-14]下进行旋转运动,同时还将产生的控制信号传递给机械手的各个气缸;

(2)气缸伸缩机械动作。气动机械手中包含了多个气缸,先由伺服电机的传感器和自动控制系统共同触发各气缸使其开始运转,之后命令气缸执行对物体的抓取和放置任务;

(3)抓手夹放机械动作。自动控制系统通过压力传感器将指令传送给抓手,并控制其完成对物品的夹取和放置。

2 自动控制系统的软硬件协同设计

为了实现气动机械手的负载运行,需要先完成其核心自动控制系统的软硬件协同设计。

2.1 硬件设计

此次所设计的基于 PLC 的气动搬运机械手自动控制系统硬件架构,如图 2 所示。具体结构包括:伺服电机、伺服电机驱动器、光电传感器、交互屏、气缸和核心 PLC 控制器等。其中,伺服电机的转动由电机驱动器进行控制^[15-16],驱动器与 PLC 之间通过预警信号、反馈信号完成交互;PLC 控制器通过简单的接口通讯和交互屏进行数据传输,工程人员可以利用交互屏与气动机械手进行人机交互;光电传感器用于采集传感数据^[17],并及时反馈给 PLC 控制器;气缸中集成了各类传感器,其与 PLC 之间通过传感器信号与控制指令进行交互。

图 3 为气动机械手在 PLC 控制下完成的气缸活动硬件示意图。其硬件运转流程为:用户先在交互屏上设置需要搬运的物品目标,接着 PLC 核心控制器通过指令来控制气缸的传动控制器进行机械臂上下运动、机械手抓取和放下等动作,然后气缸传感器将收集到的数据同步反馈给 PLC 控制器。本次设计采用三菱 FX3U^[18]系列作为 PLC 控制器。

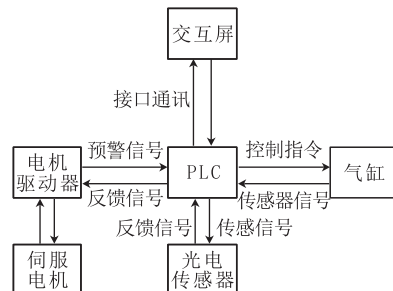


图 2 机械手自动控制系统硬件架构

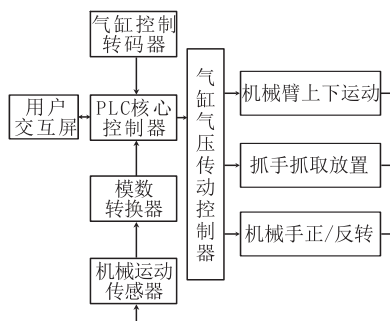


图3 气动机械手自动化系统控制气缸硬件示意图

2.2 程序设计

该文所提出的气动搬运机械手自动控制系统的程序结构,如图4所示。该程序主要是对系统的启停以及机械运动过程的步进两部分进行控制。其中,启停控制包括了系统的初始化,即数据初始化和机械手复位,故障检测和报警装置的自检、内建机械手当前所处状态的显示与检测、运行状态的监测和启停操控。而系统机械运动过程的步进控制是为了保证抓手的抓取、放置以及系统中所包含电机与气缸的正常运行。

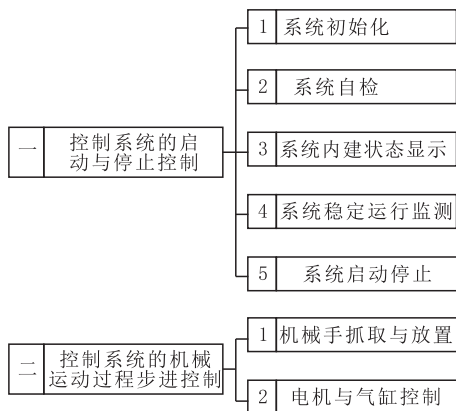


图4 控制系统的程序结构图

自动控制系统对于气动机械手的基本控制流程,如图5所示。程序将气动机械手的运动分为6个状态:初始化、移动1、抓取、移动2、放置和复位。控制的基本流程如下:

(1)将系统通电进入初始状态,检测自动控制系统的硬件部件是否存在异常,若无异常则将机械手复位至原点;

(2)系统开始运转,完成移动1状态,机械手从原点移动至点位X,自动控制可以是系统内部自主触发,也可以通过交互屏启动开关进行步进控制;

(3)气动搬运机械手检测点位X是否有待搬运物品,若存在物品,执行伸出-下降-夹紧-上升-缩回步骤,完成抓取状态;

(4)气动搬运机械手将物品从点位X移动至点位Y上方;

(5)执行伸出-下降-松开-上升-缩回步骤,完成放置状态;

(6)通过系统设定搬运物品的数量,循环进行步骤(1)~(5),最终触发复位指令回归初始状态,等待下一轮命令。

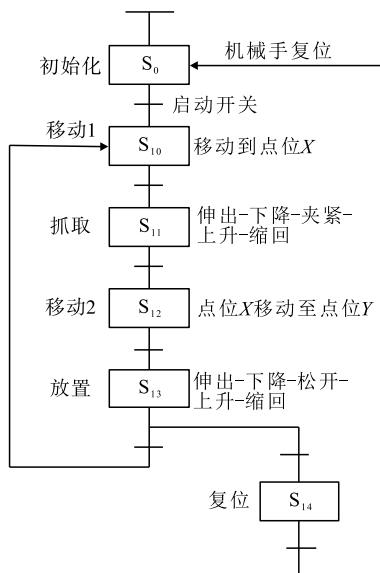


图5 机械手的基本控制流程

气动搬运机械手的自动控制系统交互屏简易界面,如图6所示。系统对于机械手的操控提供了手动和自动两种控制模式,以满足不同场景下的需求。

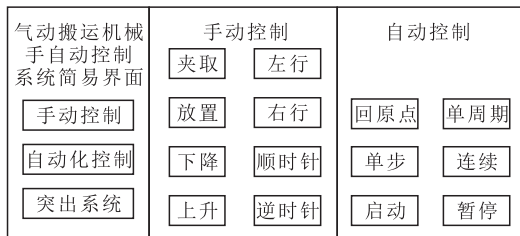


图6 自动控制系统的交互屏简易界面示意图

3 仿真实验与结果

实验首先用 PLC 仿真软件 FindSIM - P 模拟气动搬运机械手自动控制系统的运行,然后实际搭建了一个典型的简化工业实验平台,该平台包括控制柜、PLC 控制器、触摸互动屏以及多机械部件构成的启动机械手等。功能验证的仿真实验结果表明,气动搬运机械手能够准确完成自动控制系统软硬件协同设计中既定的 6 个状态。此外,该文还设定了目标搬运件数作为限制条件,统计结果如表 1 所示。由表中结果可知,所设计的系统在面对较多目标搬运件数的情况下,丢件率仍稳定在 3% 以内,能够满足部分工业流水线的需求。

表 1 气动机械手搬运件数统计

目标搬运件/件	实际搬运件/件	丢件率
100	100	0%
200	200	0%
300	300	0%
400	398	0.5%
500	490	2.0%
600	584	2.7%
700	680	2.9%

4 结束语

为了提高气动搬运机械手在复杂工业流水线中的运行效率,该文设计了一套基于 PLC 的气动搬运机械手自动控制系统。在对气动搬运机械手的实际搬运流程进行分析的基础上,设计了自动控制系统的硬件架构,并根据机械手运动流程,设计了相应的软件控制程序及交互界面。通过仿真实验验证了所提系统的可行性。由实验统计结果可知,基于所设计系统运行的气动机械手的搬运丢包率在 3% 以内,效率较高且稳定可靠,能够满足实际工业生产流水线的应用需求,实现无人化的智能生产管理。

参考文献:

- [1] 胡延平,崔凯. 移运油管机械手设计及其轨迹规划[J]. 机床与液压,2022,50(3):26-30.
- [2] 曾凡超,何勇,张国辉,等. 环锭纺绕纱与接头机械手结构设计[J]. 制造业自动化,2022,44(5):61-64.
- [3] 宁彤,张燕,梁栋,等. 基于机器视觉的草莓采摘机械手设计[J]. 海南大学学报(自然科学版),2022,40(3):287-293.
- [4] 陶鑫瑞,高春艳,陈璇,等. 气动机械手稳定运动的控制策略综述[J]. 液压与气动,2021,45(12):27-37.
- [5] 赵秀菊. 基于 PLC 和 MCGSE 触摸屏控制的气动机械手实训教具设计[J]. 内燃机与配件,2023(19):125-127.
- [6] 田有益,沈勇,王赢娇. 基于 PLC 的两轴同步及补偿控制系统[J]. 电子设计工程,2023,31(8):58-61.
- [7] 陈大伟,徐茹枝. 工控系统中 PLC 安全漏洞及控制流完整性研究[J]. 电子科技,2021,34(2):33-37.
- [8] 赵忠玉,王得宏. 基于单片机控制的气动机械手设计与研究[J]. 现代制造技术与装备,2020(5):179-184.
- [9] 郭联金,黎俊杰. 气动机械手控制系统设计与多软件联合仿真[J]. 机床与液压,2021,49(19):94-99.
- [10] 崔慧娟,朱建雷. 基于 PLC 的气动机械手多向耦合运动控制方法研究[J]. 液压气动与密封,2022,42(8):103-106.
- [11] 徐光宇,汤卿,王丽霞. 腱绳驱动机械手的设计及其柔性抓取控制[J]. 机电工程,2023,40(10):1550-1557.
- [12] 韩泽光,徐向鑫,郝瑞琴,等. 新型柔性抓取机械手的设计方法[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版),2022,38(6):1121-1128.
- [13] 师浩昊,吴波,李煜,等. 精密伺服电机制造过程控制系统[J]. 微电机,2023,56(9):65-68.
- [14] 韩文超. 基于特征模型算法的机器人关节伺服电机控制系统研究[D]. 上海:上海应用技术大学,2023.
- [15] 杨双义,许洋洋,耿志伟. 采用电机驱动机械手自适应模糊控制研究[J]. 中国工程机械学报,2023,21(1):56-60.
- [16] 鲁文杰. 基于软件细分的两相步进电机驱动器设计[J]. 桂林航天工业学院学报,2022,27(3):349-353.
- [17] 黄安琪,林建平,吴骥胤,等. 一种高效率的光电传感器装置设计[J]. 中国科技信息,2022(16):130-134.
- [18] 蒋玮. 基于三菱 FX3U PLC 切线机控制系统设计[J]. 内燃机与配件,2021(22):222-226.