

基于 PLC 的悬挂链中上料控制系统设计

王希宁

(斐科腾智能科技(青岛)有限公司 山东 青岛 266515)

摘要: 悬挂链用于工件的运输, 工件由人工或者人工操纵机械臂进行上料的现象很普遍, 随着自动化技术的发展, 更智能的上料方式已成为可能。本文以工业机器人为主要控制对象, 以 PLC 为控制器, 设计了硬件电路和控制系统, 通过视觉系统, 编码器反馈, 确认工件和悬挂链的位置信息, 准确实现了工件从料车到悬挂链托盘中的自动上料。

关键词: PLC; 悬挂链; 上料控制系统

0 引言

悬挂链是悬挂输送链的简称, 用于工件物品的流水连续输送, 在输送过程中, 可以进行对工件的各种顺序工艺作业, 如素材上线、表面处理、喷漆、烘干、冷却、成品下线等。因悬挂链在不停地移动, 有些质量大的工件如副车架、板簧、桥壳等, 可能需要多人进行上料操作, 且人容易疲劳, 出错。目前, 工业机器人、视觉检测技术在工程中越来越受到重视, 应用越来越广泛, 其提高了生产自动化水平, 降低了人工劳动强度, 提高了生产安全性。

1 上料控制系统概述

上料控制系统主要由 4 部分组成, 分别为工业机器人、料框传送机构、视觉检测机构、安全防护装置。

工业机器人为执行机构, 带有吸盘/抓手, 从料框中拾取工件, 放置到移动的悬挂链上; 料框传送机构, 是由三相异步电机带动的一个托盘小车, 在行程的两端, 有人工装料位和机器人卸料位 2 个位置; 视觉检测机构采用 3D 相机, 机器人卸料位的正上方, 用于拍照, 告知机器人料车内工件的坐标位置, 指引机器人去抓件; 安全防护装置, 使用安全光幕/安全门, 防止人进入设备工作区域及机器人对人造成伤害。

2 上料控制系统硬件设计

上料控制系统硬件主要由 PLC、人机界面、工业机器人、执行元件及其他传感器元件构成。其中 PLC 选择西门子的 S7-1212C, 是一款紧凑型、模块化的 PLC, 可完成复杂的逻辑控制、HMI 和网络通

信等任务的控制器; 机器人使用 ABB, 核心领域在于其优秀的控制系统。上料控制系统硬件设计包括主电路、控制电路和安全电路设计^[1]。

2.1 主电路

强电主电路: 使用三相交流电, 经过总断路器 QF1 后, 分为 4 条支路, 分别经过 4 个小型断路器, 其中 QF2 控制机器人电源, QF3 控制料车电机电源, QF4 控制视觉系统工控机电源, QF5 控制 24V 开关电源。位于料车电机电源之后又有热继电器, 对电机进行保护。强电主电路如图 1 所示。

弱电主电路: 为 24V 电路, 分别控制 PLC 电源、交换机电源、触摸屏电源、输入输出电源和安全回路电源。输入输出电源分配给接近开关、光电开关、相机光源、继电器等。弱电主电路如图 2 所示。

2.2 控制电路

控制电路如图 3 所示。

PLC 与机器人之间采用 Profinet 总线连接, 用于调用机器人程序, 让机器人进行料框取料, 以及跟随悬挂输送链放料, 传输同步启动信号、安全区信号、手爪信号、拍照结果信号等。

PLC 的 IO 信号。主要用于控制设备启停的按钮, 显示设备状态的指示灯, 控制电机运行的继电器, 检测料车位置的接近开关, 检测同步开始的信号, 检测同步超出行程的光电信号^[2,3]。

本系统 3D 相机, 采用面扫条纹光栅结构光成像, 扫描时间 0.6 ~ 1s, 生成点云, 点云处理时间小于 5s, 识别精度约 $\pm 1\text{mm}$, 相机与机器人之间采用网线连接, 使用 UDP 通信方式。

本系统选用的是欧姆龙 E6C2 系列编码器, 直连到机器人的板卡上。由于编码器和机器人板块间距

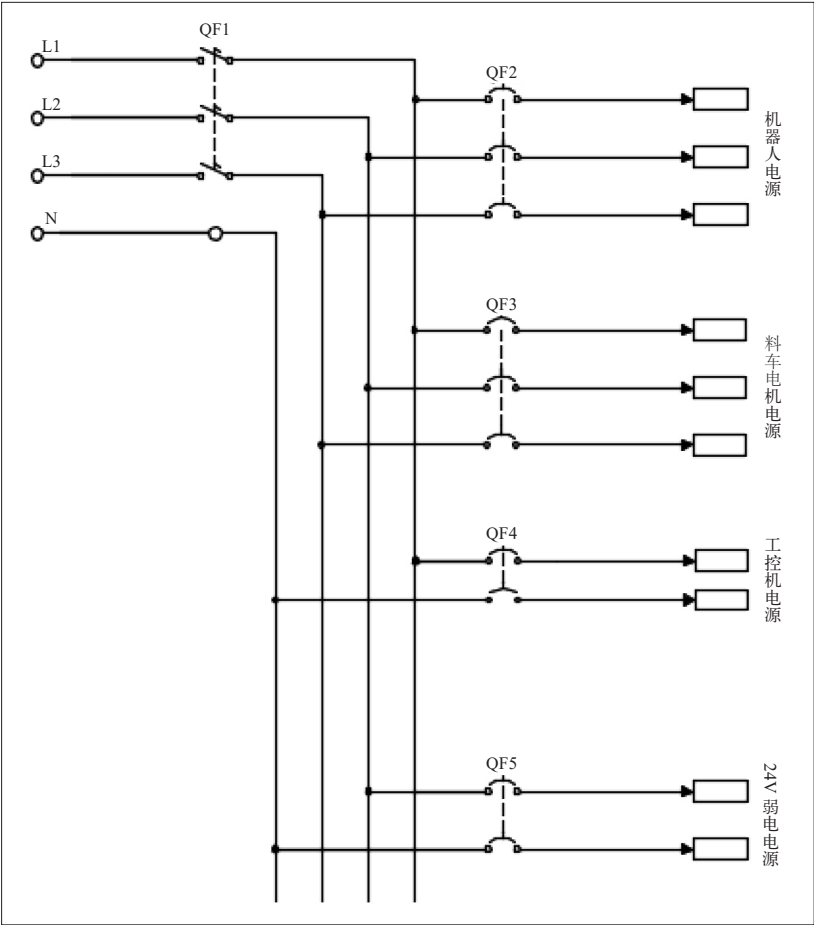


图 1 强电主电路

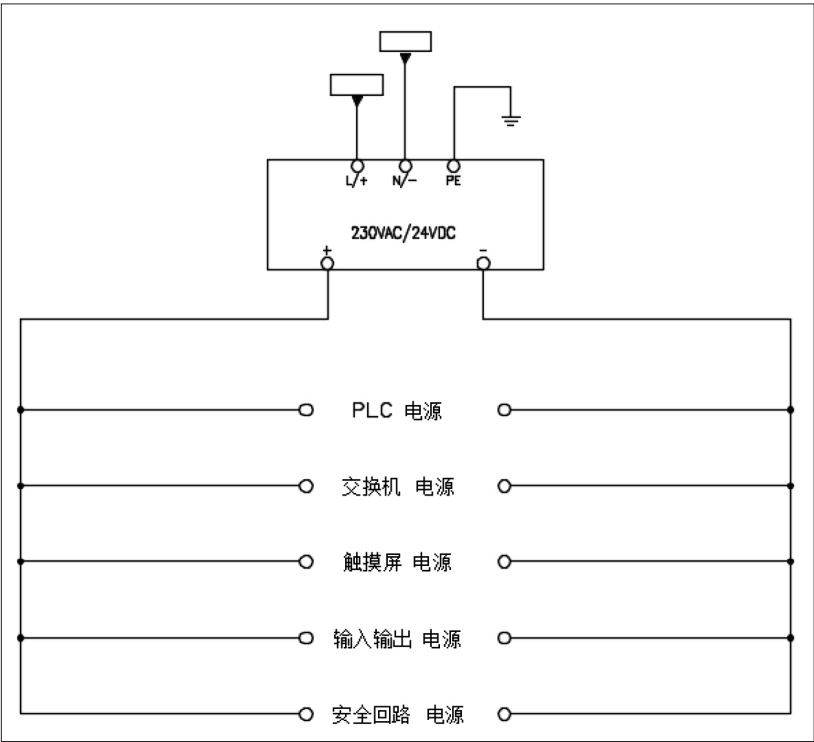


图 2 弱电主电路

离较长，选用 8 线线性驱动输出模式的编码器，最长可达 100m。

2.3 安全电路

采用 Pilz 可编程安全继电器，将机器人的急停信号、悬挂链的急停信号、安全光幕信号连接至安全继电器的输入端，安全继电器的输出控制机器人的急停回路、悬挂链的急停回路、料车电机电源、安全回路，其都采用双回路，提高生产安全性。

3 上料控制系统软件设计

上料控制系统程序集中在 PLC 与机器人中，PLC 中为控制逻辑的程序，机器人中为路径动作的程序和相机交互信息的程序。

3.1 PLC 程序

PLC 程序是使用 FB/FC 块编写，将程序分成一个个模块，便于程序的编写调试，维护人员查找问题等。主要分为整线的模式选择程序、机器人控制程序、机构自动运行程序、机构手动控制程序、报警程序。

(1) 模式选择程序：设备分为 5 种模式：手动模式、自动模式、空运行模式、屏蔽模式、维修模式。其中，空运行模式指不检测物料有无，不检测部分气缸等的动作到位信息，靠时间延时控制，模拟完整的动作流程运行，用于调试检查设备逻辑；屏蔽模式，屏蔽整条生产线的此工序；维修模式指可解除部分干涉信号，拆除部分结构，手动控制机械机构的动作，需输入密码才可以进入。设备又分为 3 种状态：运行状态、待机状态、报警状态。

(2) 机器人控制程序：与机器人交互的信号，包括机器人的上电，上使能，启动、停止的控制，手爪到位信号，工件检测信号，以及机器人反馈给 PLC 的当前状态信息。

(3) 机构自动运行程序：包含设备自动运行的逻辑，当机器人、手爪、料

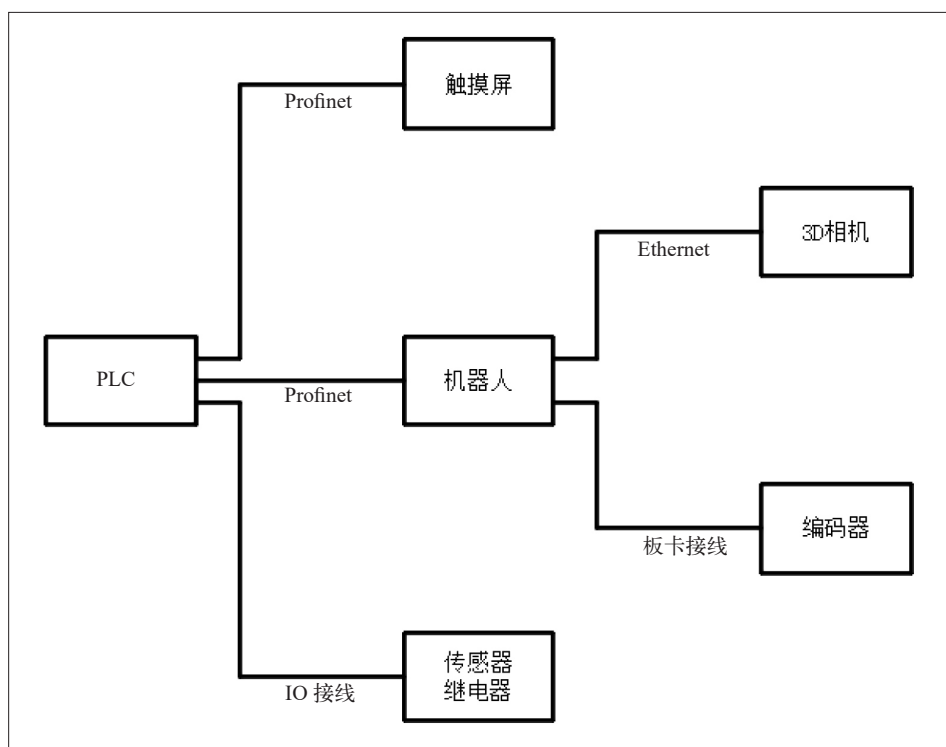


图3 控制电路

车位置处于原点位置时，按启动按钮，可启动自动程序。PLC控制机器人先执行拍照程序，拍照完成后，控制机器人执行从料框中取件的程序，然后控制机器人去悬挂输送链跟随放件的程序，最后机器人回原点，一个动作流程结束。当料车内工件为空时，PLC控制料车前往人工装料位，人工装料完成后，按完成按钮，PLC再控制料车前往机器人卸料位^[4,5]。

(4) 机构手动控制程序：设备处于待机且手动状态时，可通过触摸屏，控制料车电机的正反转，机器人手爪的动作。

(5) 报警程序：通过料车电机热继电器异常信号，机器人报警信号，自动运行中动作超时信号，反馈至PLC，PLC再控制三色灯的报警指示灯，发出报警信号，报警信息亦传到触摸屏上，可以通过触摸屏查看当前报警和历史报警信息。

3.2 机器人程序

机器人程序是RAPID语言编写，是ABB机器人专用的程序，支持分层编程方案，对任务和模块进行模块化编程类型定义。此应用中，机器人程序被分为5个部分：主程序Main、去料框的程序PickUp、去同步带跟踪的程序DropOff、拍照结果处理程序Camera、空间位置程序Workzone。为确认机器人执

行程序的正确性，每进入一个子程序，都使用程序回显位与PLC发送的控制位进行比较，确认一致后才能执行机器人动作^[6]。

(1) 主程序Main：首先与3D相机建立通信，输出相机拍照信号，之后进入循环的条件判断，使用TEST...CASE语句，根据PLC传送过来的不同条件信号，调用不同的子程序。

(2) 去料框的程序PickUp：机器人收到PLC的“去料车的条件”信号，机器人调用此子程序。机器人等待拍照完成信号，获取Camera程序处理完成的工件位置坐标，机器人从原点位置移动至料车中心正上方，之后移动至工件位置

上方100mm处，手爪姿态垂直于工件平面，再移动至工件位置，手爪抓取工件，完成后依次按原路返回至工件上方、料车中心正上方、原点位置，之后输出拍照信号，跳出子程序。

(3) 去同步带跟踪的程序DropOff：机器人收到PLC的“去输送链的条件”信号，机器人调用此子程序。机器人开启同步功能，开始跟踪输送链上的托盘，跟踪托盘到达特定位置后，手爪松开工件，然后机器人离开托盘区域，关闭同步功能，跳出子程序。当托盘触发入口检测开关时，编码器开始托盘位置，机器人根据实时的位置进行同步跟踪，当托盘触发超程检测开关时，机器人若还未开启同步，则放弃此托盘，防止机器人超出同步区域报警。机器人跟随功能布局如图4所示^[7]。

(4) 拍照结果处理程序Camera：这是与主程序Main并行的子程序，使用了ABB机器人的多任务功能，机器人要有623-1 Multitasking选项，由于相机拍照处理的时间小于机器人执行一次完整跟随放料动作时间，在机器人进行跟随过程同时进行拍照处理，等机器人结束一次循环动作时，相机已处理完图像数据，可使机器人无间隔进行下次料框取料程序。程序中首先确认机器人与相机建立通信，等待Main或PickUp程序中的拍照启动信号后，通

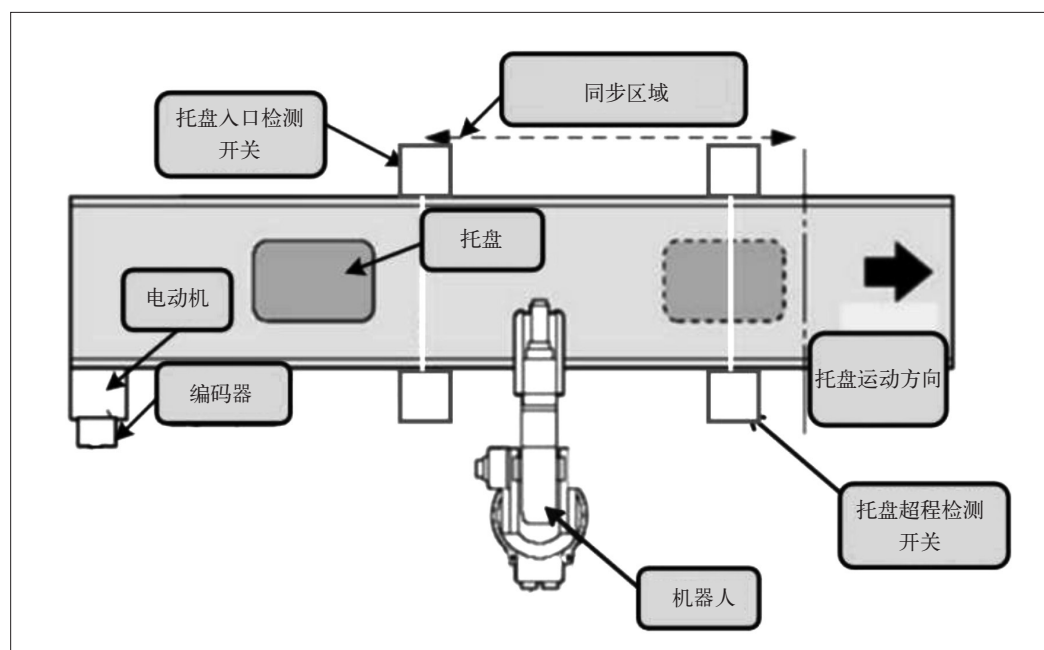


图4 机器人跟随功能布局

过 UDP 通信向相机发送字符串, 触发相机拍照, 接收相机拍照完成处理后的字符串信息, 分割成 6 组数值 (x,y,z,Rx,Ry,Rz) , 放置到位置寄存器中, 等待 PickUp 程序中读取。

(5) 空间位置程序 Workzone: 开机自启动程序, 使用了 ABB 机器人的 Event Routine 功能。程序中设置了很多空间区域, 防止机器人进入会发生碰撞的区域, 同时机器人处于某些空间区域中时, 会输出信号, 如原点位置、料车正上方位置等, 用于给 PLC 反馈机器人的当前位置, 用于 PLC 的自动逻辑判断。

4 结语

本文介绍了悬挂链中上料控制系统的设计过程, 利用西门子 PLC 逻辑信号处理功能, ABB 机器人跟随功能, 实现了悬挂链准确跟随。3D 相机的高密度

点云成像, 通过训练学习, 能够兼容多种不同产品, 使机器人能够准确抓取工件。设备使用中, 人员只需定时将带有工件的托盘放置到料车上即可, 通过操作触摸屏, 即可控制设备自动上料, 大副减小了人员的工作强度。

参考文献:

[1] 崔坚. TIA 博图软件——STEP7 V11 编程指南 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012:10-20.

[2] 叶晖. 工业机器人实操与应用技巧 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010:1-30.

[3] 温毅, 李哲宇, 康文凯, 等. 一种基于 PLC 的机械手控制系统设计 [J]. 科技视界, 2020(15):100-102.

[4] 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, 37(22):108-110.

[5] 柴钰, 许继科. 基于机器视觉的目标识别与定位系统 [J]. 计算机工程与设计, 2019, 40(12):3557-3562.

[6] 叶晖. 工业机器人典型应用案例精析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013:108-120.

[7] 王功亮, 王好臣, 李振雨, 等. 基于 RobotStudio 的工业机器人输送链跟踪仿真 [J]. 机械设计与制造, 2019(11):231-234.

作者简介: 王希宁 (1995.09-), 男, 汉族, 山东青岛人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 机械电气。