

# 基于 PLC 的工业机器人抗扰动控制系统设计与应用分析

郭淳芳

长沙民政职业技术学院, 湖南 长沙 410004

**摘要:**控制系统的控制能力决定了工业机器人作业的灵活性,传统的工业机器人控制系统存在机械臂跟踪轨迹误差大、扰动大、控制不精确等问题。为解决这些问题,以 PLC 为基础,对工业机器人的抗扰动控制系统进行了设计。在对其进行运动学分析的基础上,研究了 PLC 控制系统的硬件结构、信号分配、通信系统,设计了抗扰控制器的,以增强其对干扰的抵抗能力。

**关键词:**工业机器人; PLC; 软件设计; 硬件设计; 抗扰动控制

**中图分类号:** TP242.2

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-065X.2023.11.037

## 0 前言

PLC 适用于对工业现场的物质进行自动分选和控制。使用 PLC 的自动控制分拣设备在实际业务中得到广泛应用,比如用机器人进行操作,用传感器、位置控制技术进行分类等。工业机器人控制系统中采用 PLC,可以改善工业机器人的功能,实现自动分拣、分类、控制。本文基于 PLC,对工业机器人抗扰动控制系统设计与应用进行了分析。

## 1 基于 PLC 控制的工业机器人系统概述

### 1.1 工业机器人系统的发展历史

世界上最早的工业机器人是 20 世纪 60 年代在美国出现的。这个工业机器人的出现标志着由代码控制器控制的第一代工业机器人已经进入实际生产阶段<sup>[1]</sup>。之后的二十多年里,欧美等发达国家相继开始使用工业机器人,并在制造业上取得了长足的进步,工人的工作效率和工作品质都有了很大的提升。近几年来,在科技发展的推动下,工业机器人正逐步向以 PLC 为基础的第三代代码控制器发展。

### 1.2 基于 PLC 控制的工业机器人系统作用

当前,在工业自动化中,PLC 控制技术、工业机器人技术和 CAD 技术是最为核心的技术。这些技术的发展和进步,极大促进了工业自动化技术的成熟。近年来,随着科技的进步,基于 PLC 的工业机器人系统开始出现并得到发展,成为影响 PLC 行业发展的一个关键因素。基于 PLC 控制的工业机器人系统可以在 PLC 系统的控制下,完成工业生产各种类型的作业任务,实现高效的机电一体化制造。

### 1.3 基于 PLC 控制的工业机器人系统的发展趋势

当前,以 PLC 为基础的新型工业机器人具有高度的智能化特征,将来会朝以下几个方向发展。

(1)在工业机器人系统的具体操作上,利用 PLC 系统进行仿真设计和模拟分析,优化工业机器人,使其运行能力得到极大提高。

(2)对 PLC 控制技术进行改进,包括对 PLC 控制系统控制特性的增强,通过对其进行更加精细的操作,使其在 PLC 的控制下工作效率提高 3%~5%<sup>[2]</sup>。

(3)增强 PLC 控制的工业机器人的通信能力,将工业机器人和其他公司实现网络连接,这对于在世界范围内,建立起一个统一、规范化的网络通信系统具有重要意义。

## 2 工业机器人抗扰动控制系统设计

### 2.1 总体架构

本研究对机器人控制系统采取了一主多从的控制方式,主站与伺服从站、伺服从站与伺服从站之间都使用以太网进行通信,其系统结构如图 1 所示。

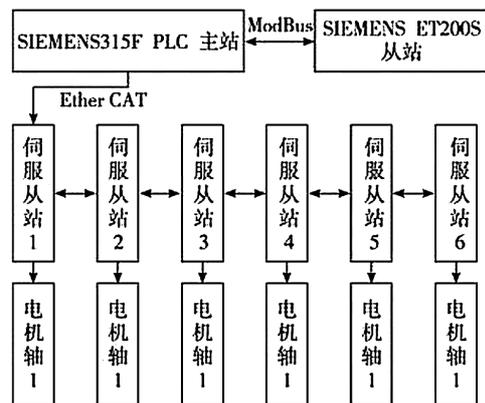


图 1 系统结构图

## 2.2 工业机器人抗扰动控制硬件设计

### 2.2.1 硬件组态设计

研究以 SIEMENS315F PLC 为主要站,以 SIE-MENSET200S 和 6 个随动工作装置的机器人端为从站(与主站连接)。在工控箱中利用 SIE-MENSET200S 实现了紧急停止信号、外部安全信号和重置起动信号的设置。为保证各作业单位的安全,以及作业人员的正常操作,防止出现意外,在各防盗门上方安装感应装置(与防盗门控制装置相连),仅限作业者通过。生产过程中,检测到安全阀开启时,工业机器人立即停止<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 信号分配

将上位控制器与外操作界面相结合,对工业机械装置的操作进行控制。PROFINRT 是必需的过程信号回路,用于与 PLC 通信,并将运行许可、启动等信号经外部操作界面传递。在工业机器人的操纵下,传动装置的待机信号和动作信号等信息都可以传递到上层<sup>[4]</sup>。这样,在 PLC 和工业机器人之间的信息交换过程中,就可以得到 2 个不同的信息。

### 2.3 工业机器人抗扰动控制软件设计

工业机器人程序可分成复位程序、自动执行程序 and 手工执行程序。其中,手工执行程序可通过修改梯形图、电磁阀动作、驱动输出线圈等操作按键来完成。工作过程中,上下限位都会关闭。工作开始后,将操作手向下转动,直到感应灯发光,工作结束;牵引件会持续进行抓取对象的动作,并将所抓取的对象转换为一个新的程序,在探测压力信号后,再释放抓取的对象,从而完成工业机器人的动作。工业机器人的动态 PLC 阶梯曲线如图 2 所示。

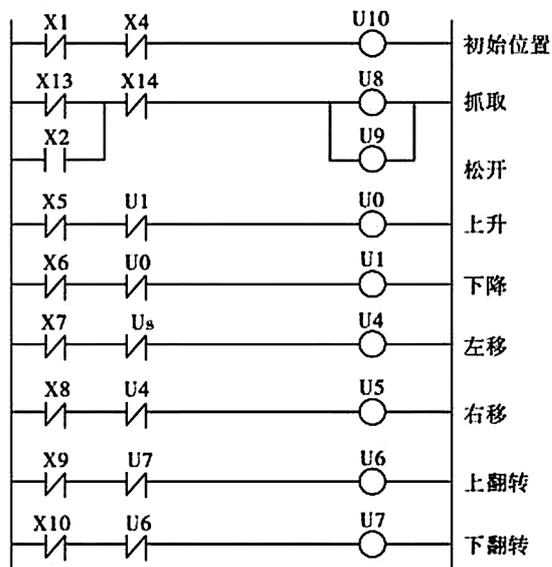


图 1 工业机器人活动的 PLC 梯形图

出于安全性考虑,左右运动时,需要在最大值的

情况下,设定左右运动互锁,以此类推,对其进行上下翻、上升和下降,以及抓取和释放的互锁保护<sup>[5]</sup>。工业机器人的具体工作过程如下:①启动开始按钮,移动工业机器人的机械手,上升至目的位置,U0 加电,打开电磁阀;②U2 加载电源,使工业机器人的机械手上升到顶端;③X2 为工业机器人供电,把操作手臂向移动到最右边;④U5 加载电源,使其向下移动;⑤给 U1 加电,并释放电磁阀;⑥U3 加载电源,工业机器人的机械手向左方移动,并返回初始位置;⑦U4 加满电源,点击完成键,完成对对象的采集。

## 3 PLC 技术在工业机器人控制系统的应用

### 3.1 通信控制

要想更好地保证通信的安全和稳定,就必须对通信的协定进行合理的规划和实施,并对通信过程中的信息进行有效处理,从而提升通信品质。

通信标准是一种通信规则<sup>[6]</sup>。基于通信与信息传递,基于 PLC 技术的工业机器人能辨识和判定互联网上的消息,并对消息和数据进行同步处理。当出现一些不正确的消息时,能快速修改消息,保证消息的真实性和完整性。

企业专用的通信系统包括物理层、链路层和应用层,信号传输非常快。具体的通信采用 USS、点对点的通信协定等多种通信方法。资讯体系运作中,该系统应具有相位检测功能和纠错功能。通信控制包括对错误代码的控制,因此,通信系统应具有测试准则,以便在数据传送过程中能对信息进行正确的识别和基本的处理。通过对错误信息的辨识,可以对其进行修正和消除。传统的通信控制模式以检测为主体,采用奇偶校验、政策码等方法进行检测。较高级别的通信控制使用 CRC 模式进行检测,该模式具有较高的自动化程度,以及可靠、准确性强、错误率低等优点<sup>[7]</sup>。通信系统具有开放性,现场总线的布局具有集中的特点,因此,在实际使用过程中,必须利用程序设计控制器和数据传输传感器来进行针对性的管理,以提升 PLC 技术的运营收益。

### 3.2 运动编程控制

运动控制是工业机器人最重要的功能之一,它的主体部分是 A-BPLCCControlLogix 控制系统。

RSLogix5555 微机具有非常多的动作指令,不但可用连续运动的方式实现对台阶的控制,而且可以对动作的控制进行编程和调试,还可以利用 1756-MO8SE 模块与光缆联结,实现与 SERCOS 系统和 ControlLogix 系统的通信,并为其提供了一个可

移动的系统。该系统不仅可进行单轴线的运动,而且可以进行双轴线、多轴线的协同运动,满足不同运动轨迹的需要。对调节系统时间的主装置而言,RSLogix5555 控制器能用于控制移动轴线,但必须限定相位上的支架装置,并且这个支架装置是调节系统时间的主装置<sup>[8]</sup>。可以使机柜内的全部伺服模组和控制器都使用同一时钟,实现对操作的控制,而每个机柜内只能有 1 个 CST 主机。移动模组能够通过 I/O 环路的信号来进行操控,还能完成转速环和位置环的闭环操控。将移动控制整合进处理器后,其性能得到较大提高,还能更好完成多种的移动指令和移动路径的规划。

SERCOS 是一种开放性控制器,能连接数字驱动器界面,并通过特殊的通信系统实现高速、串行和实时的通信,保证整体通信的高传送速度和高抗干扰能力。通过 SERCOS 的界面,可以实现多个坐标系下的一体化移动控制器与平台的无缝对接,并通过该界面与系统界面的协同工作实现系统与系统的光纤通信<sup>[9]</sup>。整体的控制方法具有很好的抗干扰能力和快速传递信息能力,通过与驱动器的结合能完成系统的数据更新,对系统的移动进行高效控制。该系统最多能支撑 8 个伺服驱动轴,达到分散和便利的驱动要求,具有很大的适应性。

### 3.3 精度分析

精度分析是一个非常关键的功能,其决定了工业机器人的生产功能与工作效率。决定定位精度的因素有很多,比如机械部分振动、机电精度、温度与运动惯性、安装精度等。ControlLogix 的完全数字 AC 伺服驱动系统提高工业机器人工作精度措施如下。

Y 系列交流伺服电机的控制精度主要由电机轴的后端旋转编码器决定。在电动机无负荷的一端安装增量型的光刻板,通过光刻板反馈信号,形成一个完整的闭环。电动机采用 2000 线路的编码,驱动器采用四倍频率的技术,将脉冲等量设为  $0.045^\circ$ ,分辨力设为  $0.18^\circ$ ,保证无载荷的轴侧总体的定位精度,避免机械装置的振动和变形影响定位的准确性。采用全数字化的伺服驱动可以最大限度保证电路的稳定性,避免温度对参数的影响,增强工作的稳定性。该系统利用一个小的转动惯量使 24 V 直流抱闸器维持松开状态,来完成对工业机器人的操作。采用伺服马达进行自动控制,最大限度地降低整体的

转动惯量,使工业机器人的运行不受影响<sup>[10]</sup>。

## 4 结语

基于 PLC 的工业机器人抗扰动控制仍然会出现干扰,因此,本文以 PLC 为基础,对工业机器人进行抗干扰控制设计。首先,以 PLC 为基础,对工业机器人的硬件和软件进行设计,然后,将抗干扰控制器与抗干扰控制器相融合,给该系统添加抗干扰功能,从而更好地解决信号干扰的问题。该体系仍存在一些缺陷,运行速度还需进一步提升,运行方式还需进一步优化。使用基于 PLC 的工业机器人可以极大提升企业的生产效率和生产质量,促进整个企业的稳定快速发展。

### 参考文献:

- [1] 左国玉,张成威,刘洪星,等.低质量渲染图像的目标物体 6D 姿态估计[J].控制与决策,2022,37(1):135-141.
- [2] 孙典奇,段慧仙,裴浩东,等.基于 TOF 相机的空间非合作目标位姿测量方法[J].光学学报,2021,41(22):2012003.
- [3] 于连栋,曹家铭,赵会宁,等.关节臂式坐标测量机的运动学建模[J].光学精密工程,2021,29(11):2603-2612.
- [4] 崔海华,姜涛,杜坤鹏,等.基于深度学习位姿估计的多视结构光三维成像方法[J].光学学报,2021,41(17):17120001.
- [5] 高嵩,白礼卓.基于单目相机的三点式激光器测距及位姿估计方法研究[J].光学学报,2021,41(9):0915001.
- [6] 杨利伟,鲍赫,樊延超,等.利用正交位移测量系统进行六自由度并联机构参数标定[J].光学精密工程,2021,29(2):316-328.
- [7] 谭久彬.精密测量:支撑高端装备制造质量的基石[J].张江科技评论,2020(5):13-15.
- [8] 范斌,季青松,李明飞,等.iGPS 测量系统与激光跟踪仪在某飞机大部件数字化装配中的对比应用[J].航空制造技术,2019,62(5):57-62.
- [9] 陈慎金,成龙,王鹏江,等.基于掘进机位姿测量系统的自主标定方法误差分析[J].煤炭学报,2018,43(9):2647-2652.
- [10] 梅江平,孙思嘉,罗振军,等.基于单维拉线测量系统的码垛机器人定位误差分析及运动学标定[J].天津大学学报(自然科学与工程技术版),2018,51(7):748-754.

作者简介:郭淳芳,女,1976 年生,硕士,副教授。研究方向为控制系统与仿真。