

# 工业机器人控制系统中的 PLC 编程技术研究

刘大帅

河北金士顿科技有限公司

DOI: 10.12238/ems.v5i8.7439

**[摘要]** 对于工业机器人控制系统, 依靠 PLC 编程可以实现高效运行。本文探讨了工业机器人控制系统中的 PLC 编程技术, 强调了它在提高自动化效率和精度方面的关键应用, 重点研究了 PLC 与工业机器人的集成、运动控制编程、传感器集成和错误处理。此外, 它还探讨了工业 4.0 集成, 以及将人工智能和机器学习纳入 PLC 编程等未来趋势, 揭示了工业自动化不断发展的前景。

**[关键词]** 工业机器人控制系统; PLC 编程技术; 应用

## Research on PLC programming technology in industrial robot control systems

Liu Dashuai

Hebei Kingston Technology Co., Ltd

**[Abstract]** For industrial robot control systems, efficient operation can be achieved through PLC programming. This article explores PLC programming technology in industrial robot control systems, emphasizing its key applications in improving automation efficiency and accuracy. The focus is on the integration of PLC and industrial robots, motion control programming, sensor integration, and error handling. In addition, it also explores the integration of Industry 4.0 and future trends such as incorporating artificial intelligence and machine learning into PLC programming, revealing the prospects for the continuous development of industrial automation.

**[Key words]** Industrial robot control system; PLC programming technology; application

### 引言

大力发展工业机器人技术, 是推动我国智能制造业发展的核心要素, 其中优化工业机器人控制系统是核心任务。因此, 本文重点阐述了 PLC 编程在工业机器人控制系统中的重要应用, 通过了解这些技术方面, 有助于优化其自动化生产流程, 确保对工业机器人的平稳和精确控制, 推动工业机器人技术的发展。

### 1 基本概述

#### 1.1 工业机器人控制系统

工业机器人控制系统是现代制造工艺的支柱, 可实现汽车、电子、航空航天等各个行业的自动化、精确性和效率。工业机器人控制系统由复杂的硬件和软件组件组成, 旨在操纵工业机器人准确可靠地执行特定任务。系统的核心是控制器, 它充当机器人的大脑, 解释命令并执行精确的运动。控制器与伺服电机、传感器、执行器和人机界面等各种外围设备进行通信, 从而协调机器人的动作。

工业机器人通常根据其自由度和配置进行分类, 例如铰

接式机器人、笛卡尔机器人和协作机器人, 每种类型都具有独特的优势, 适合从拾放操作到焊接、喷漆、装配等特定应用。此外, 工业机器人控制系统还具有安全功能, 紧急停止按钮、安全围栏、光幕和协作操作模式等安全措施, 使机器人能够与人类工人一起安全工作。

#### 1.2 PLC 编程在工业机器人中的重要性

PLC (可编程逻辑控制器) 编程, 通过提供灵活且可扩展的平台, 可以控制和协调机器人运动、任务以及与环境的交互。PLC 是配备有输入和输出模块的可编程电子设备, 可监视和控制各种工业过程。PLC 编程在工业机器人中的重要性主要体现在: PLC 允许实施根据特定制造要求定制控制逻辑和排序, 这种灵活性使得机器人能够无缝集成到现有生产线中, 并有助于适应不断变化的生产需求; PLC 提供实时监控和控制功能, 确保机器人运动的精确同步, 以及与生产车间其他设备的协调, 这种实时响应能力提高了生产力、效率和整体系统性能; PLC 编程可以实施诊断例程和错误处理机制, 及时识别和纠正机器人系统中的故障, 通过检测异常并触发

适当的响应,可以最大限度地减少停机时间,并优化生产正常运行时间;基于PLC的控制系统具有高度可扩展性,可以根据生产需求的变化集成更多机器人、传感器、执行器和外围设备,这种可扩展性有利于未来的扩展和升级,无需对基础设施进行重大更改<sup>[1]</sup>。

## 2 工业机器人控制系统中PLC编程技术的应用

### 2.1 PLC与工业机器人的集成

PLC与工业机器人的集成,是在制造环境中实现机器人操作的无缝控制和协调的基础。PLC作为中央控制中心,与机器人控制器和其他外围设备进行通信,从而高效地协同执行任务,从而在制造环境中实现精确控制、高效运行和无缝通信。具体采用多种技术实现有效集成:PLC使用各种协议与工业机器人进行通信,有利于PLC和机器人控制器之间的数据交换,实现命令传输、状态监控和参数调整;PLC通过输入和输出(I/O)模块与机器人连接,这些模块将来自传感器、执行器和其他设备的信号映射到PLC程序中相应的内存地址,通过有效映射I/O点,可以向机器人发送控制信号并接收反馈数据,从而进行监控和决策;PLC程序可以用于对机器人操作进行排序、处理运动控制命令,以及管理与外围设备的交互,PLC程序中实现的逻辑决定了机器人行为,包括运动轨迹、轨迹规划、错误处理和安全协议;人机界面为操作员提供直观的控制面板,以便与PLC和机器人进行交互,PLC编程包括开发屏幕和界面,用于监控机器人状态、设置参数、启动命令和可视化生产数据<sup>[2]</sup>。

### 2.2 运动控制编程

运动控制编程是工业机器人控制PLC编程的核心部分,可以精确操纵机器人的运动状况和轨迹。

(1) PLC与伺服驱动器的连接。伺服驱动器是工业机器人控制系统中的重要组成部分,负责驱动和控制伺服电机的运动。PLC通过数字或模拟信号与伺服驱动器连接,发出命令来调整电机速度、方向和位置。具体而言:PLC向伺服驱动器发送数字信号来控制基本运动参数,例如启动/停止命令、方向控制和紧急制动。PLC数字输出触发伺服驱动器内的继电器开关,从而相应地激活或停用电机功能;PLC利用模拟输出模块生成精确的电压或电流信号,发送到伺服驱动器,从而控制电机速度和位置。模拟信号可实现平滑的加速和减速曲线,以及机器人末端执行器的精确定位。另外,PLC与伺服驱动器的连接,需要仔细配置通信协议、信号类型和参数设置,确保精确的运动控制,以及与机器人轨迹的同步。

(2) 运动轨迹规划。运动轨迹规划是运动控制编程的重要方面,决定了机器人在操作过程中运动的路径和速度,PLC根据预定义的轨迹、速度生成运动曲线,可以实现平稳、高效的运动。具体而言:PLC根据机器人工作空间的运动学模型计算轨迹点,并考虑关节角度、末端执行器位置和避障约

束等因素。轨迹规划算法生成一系列路径点,机器人遵循这些路径点来完成任务,同时避免碰撞并优化路径效率;PLC调整机器人的速度和加速度曲线,确保整个轨迹的运动平稳且受控,速度控制算法根据所需速度和加速或减速率调节电机速度,最大限度地减少运动过程中的急动和振动。最终,通过微调运动轨迹和轨迹规划参数,PLC可以优化机器人性能、最大限度地缩短周期时间并提高工业应用中的整体生产率<sup>[3]</sup>。

### 2.3 传感器集成和反馈控制

传感器集成和反馈控制,在工业机器人控制系统中发挥着至关重要的作用,为监控、错误检测和闭环控制提供实时数据。PLC编程技术用于连接传感器、处理输入信号,并实施反馈控制回路,从而调节优化机器人行为。

(1) 输入处理和信号调节。PLC可与各种传感器连接,包括接近传感器、编码器、视觉系统、力/扭矩传感器等,获取有关机器人环境和性能的数据。对于来自传感器的输入信号,会在PLC程序中进行处理和调节,提取相关信息并触发有关操作,确保能够准确解释传感器数据、检测机器人环境的变化,并对动态操作条件做出适当响应。具体而言:PLC程序采用信号过滤算法,消除传感器信号中的噪声和干扰,确保数据采集准确可靠。数字滤波器、移动平均值和低通滤波器,通常用于平滑传感器读数并提高信号质量;使用PLC内的模拟输入模块,将模拟传感器信号转换为数字格式,模数转换技术用于以离散时间间隔对传感器电压或电流进行采样,生成传感器数据的数字表示形式,以供处理和分析;PLC实施阈值检测逻辑,分析传感器读数,并检测预定义的条件或事件。阈值是根据预定义的限制或阈值设置的,当传感器值超过或低于可接受的范围时,触发警报或启动纠正措施。

(2) 闭环控制系统。闭环控制系统利用传感器的反馈,实时调节和调整机器人的行为,确保精确的运动控制和性能优化。PLC编程技术可以用于实现机器人操作各个方面的闭环控制回路,增强工业机器人控制系统的鲁棒性、准确性和适应性。具体而言:闭环位置控制系统将位置传感器(例如编码器)的反馈,与所需的设定值进行比较,从而调整电机输出,并保持机器人末端执行器的精确定位。比例积分微分控制算法,通常用于根据误差反馈和整定参数计算控制信号;力/扭矩传感器,测量操作过程中施加在机器人末端执行器上的相互作用力和力矩。闭环力/扭矩控制系统利用这些传感器的反馈,调整机器人运动并施加校正力,从而维持所需的力水平或与外部物体的顺应性;闭环速度控制系统根据速度传感器(例如转速计)的反馈调节电机速度,实现一致且准确的运动轨迹。速度控制环动态调整电机输出,补偿负载、摩擦和其他影响运动性能因素的变化<sup>[4]</sup>。

### 2.4 错误处理和容错

错误处理和容错机制,对于确保工业机器人控制系统的可靠性和安全性至关重要。PLC编程技术可以用于实施错误检测、恢复和缓解策略。

(1)报警管理。PLC监控系统状态和传感器输入,检测可能影响机器人操作的异常情况或故障。实施报警管理,是为了根据严重性级别对警报进行分类和优先排序,触发适当的响应,并通知操作人员或维护人员,最大限度地减少停机时间,优化生产率,并确保工业环境中人员和设备的安全。具体而言:PLC程序根据严重程度和对系统性能的影响,将报警分为不同的类别(例如警告、错误、紧急情况),每个报警类别都与PLC采取的预定义操作或响应相关联,例如记录事件、在界面显示消息或启动关闭程序;PLC根据报警的重要性,以及对生产、安全或设备完整性的潜在影响,确定报警的优先级。需要立即关注的严重警报,将升级到更高的优先级,从而触发操作人员或监管人员的紧急响应干预;PLC执行预定义响应操作以响应检测到的警报,例如激活安全连锁、停止机器人运动或启动错误恢复程序。警报响应经过编程,可以减轻故障的影响,并确保生产制造过程的安全性和完整性。

(2)错误恢复策略。在PLC程序中实施错误恢复策略,可以恢复正常操作,并从机器人操作期间遇到的故障或错误中恢复。PLC编程技术用于分析错误情况、识别根本原因,并执行纠正措施来解决问题,这增强了工业机器人控制系统的容错能力和弹性,使其能够从意外事件中恢复,保持稳定运行。具体而言:PLC执行诊断程序,分析错误情况,并确定故障或故障的根本原因。诊断算法评估传感器数据、系统状态和环境条件,识别潜在的错误来源,以及与预期行为的偏差;PLC程序执行纠错程序,解决已识别的故障,并将系统恢复到稳定的运行状态。纠错策略可能涉及调整控制参数、重新启动故障组件,或实施替代控制策略;PLC执行恢复程序,确保在错误检测和纠正后恢复正常运行。恢复策略可能包括重置组件、清除故障代码、重新校准传感器或启动手动干预程序,从而恢复系统功能,最大限度地减少生产中断。

### 3 发展趋势

#### 3.1 工业4.0集成

工业4.0,通常被称为第四次工业革命,代表了制造业的范式转变,其特点是数字技术和自动化的集成,创建“智能工厂”。PLC编程通过实现制造生态系统内各个组件之间的连接、数据交换和互操作性,在促进工业4.0集成方面发挥着至关重要的作用。具体包括:(1)无缝连接。PLC充当通信中心,连接工业机器人、传感器、执行器和其他设备,在制造环境中形成互连网络。通过支持以太网/IP、MQTT等通信协议,实现不同设备和系统之间的无缝连接,从而促进整

个工厂的数据交换和协作。(2)预测性维护。PLC编程通过分析传感器数据,识别设备退化或故障的早期迹象,从而实现预测性维护策略。通过监控振动、温度和润滑水平等关键参数,可以预测维护需求并安排主动维护活动,防止意外停机并优化设备利用率。(3)远程监控。PLC支持远程监控功能,允许操作人员和维护人员远程访问实时生产数据、监控设备状态并排除问题。PLC编程技术促进了基于网络的仪表盘、移动应用程序和远程访问协议的开发,从而确保随时随地做出明智决策并采取纠正措施<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 人工智能和机器学习

将人工智能和机器学习技术集成到PLC编程中,使工业机器人和控制系统能够提高制造运营的性能、效率和灵活性。以下是人工智能和机器学习如何改变PLC编程:(1)自适应控制。机器学习算法使PLC能够根据实时传感器反馈和环境条件,动态调整控制策略。通过学习历史数据,并根据不断变化的操作条件调整控制参数,可以优化制造应用中的过程性能、提高能源效率并提高产品质量。(2)优化和调度。机器学习算法优化生产计划、资源分配和 workflow 协调,最大限度地提高吞吐量、缩短周期时间并优化资源利用率。通过分析历史数据、需求预测和生产限制,可以生成最佳生产计划、排序任务并动态分配资源,从而满足生产目标和客户需求。(3)人机协作。支持人工智能的PLC,通过实施先进的控制算法来促进人机协作,从而实现人类工人和工业机器人之间安全高效的交互。通过集成计算机视觉、自然语言处理和传感器融合技术,可以使机器人感知、解释和响应人类手势、命令和意图,从而实现共享工作空间中的无缝协作。

#### 结语

总之,随着工业自动化的不断发展,PLC编程仍然处于创新的前沿。通过持续探索技术进步,PLC使工业机器人控制系统能够在动态制造环境中适应、学习和优化性能,这确保了企业在不断发展的工业自动化领域中保持效率、生产力和竞争力。

#### [参考文献]

- [1]沈灿钢.基于PLC控制的中板分厂除磷系统节能优化[J].价值工程,2020(07):156-158.
- [2]李满.PLC技术在工业机器人控制系统中的应用研究[J].产业与科技论坛,2020(18):38-39.
- [3]季文超.PLC技术在工业机器人控制系统中的应用分析[J].大众标准化,2020(18):190-191.
- [4]丁姝慧.基于PLC的汽车焊接机器人控制研究[J].现代信息科技,2021(06):28-29.
- [5]王安定.PLC技术在工业机器人中的应用分析[J].科学技术创新,2020(33):157-158.