

# Research on Real Property and Stability of Industrial Robot Control System

Yonghua Fang<sup>1</sup> Fenghua Ye<sup>2</sup>

1. Zhejiang Xusheng Electronics Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324300, China  
2. Zhejiang Huasheng Mold Technology Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324300, China

## Abstract

As a high-tech product integrating multi-disciplines and multi-technologies, the robot can carry out specific operations repeatedly according to the requirements of the designers. In addition, it can also use artificial intelligence, big data and Internet of Things technology to collect relevant data in real time, analyze environmental conditions, and then realize relevant work, playing a key role in production and service in various industries. With the continuous progress of industrialization, the use of industrial robots in the field of production is becoming more and more common, which can significantly improve the production efficiency and quality. In order to make the robot operation more flexible and can simultaneously meet the diversified production needs, the real-time performance and stability of the robot control system is an important consideration factor.

## Keywords

industrial robot; control system; real-time performance; stability

## 工业机器人控制系统的实时性与稳定性研究

方勇华<sup>1</sup> 叶丰华<sup>2</sup>

1. 浙江旭盛电子有限公司, 中国·浙江 衢州 324300  
2. 浙江华盛模具科技有限公司, 中国·浙江 衢州 324300

## 摘要

机器人作为一种集多学科、多技术于一体的高科技产物,能够根据设计人员的要求,反复地进行特定的操作。此外,还能够利用人工智能、大数据及物联网技术,实时地收集相关数据,对环境状况进行分析,进而实现相关工作,在各个产业中发挥着关键的生产和服务作用。随着工业化的持续进步,工业机器人在生产领域的运用越来越普遍,它能显著提升生产效率和质量。而为了使机器人操作更加灵活且能够同时满足多样化的生产需求,机器人控制系统的实时性与稳定性是重要的考量因素。

## 关键词

工业机器人; 控制系统; 实时性; 稳定性

## 1 引言

作为一种智能化的自动设备工具,工业机器人代表了制造业的技术发展成果。其具备自主完成作业流程及命令指示的能力,从而能显著提升制造过程中的效力和质量标准。通过人类控制下的运作方式,该装置可按照事前设定的步骤来达成人们的意图需求。如今,这种先进科技已经在诸如车辆制作、资讯通讯、太空飞行与制药行业等多种产业场景里得到普遍运用。

## 2 工业机器人控制系统概述

### 2.1 工业机器人控制系统主要特点

基于传统操作技术的工业机器人控制系统,虽然它们

之间有许多相似之处,但也存在其特殊性,主要体现在以下几个方面:

①工业机器人(如图1所示)拥有多个关节,一般为5~6个可活动的部分。每个部分都配备了一套伺服控制系统,这些系统能够协同运作以支持不同部位的同步移动。

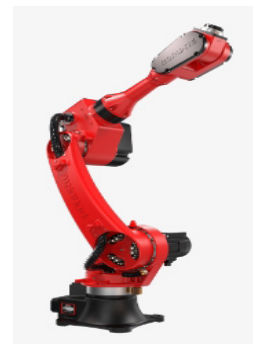


图1 工业机器人

【作者简介】方勇华(1978-),男,中国浙江开化人,本科,高级技师,从事机械设计制造及其自动化研究。

②两个工业机器人主要依靠手部的空间移动或者位移来完成操作任务。在执行运动控制的过程中，主要涉及复杂的坐标转换计算，还有矩阵函数的转换等。

③工业机器人要使工业机器人控制系统正常运行，需要依靠许多复杂多变、非线性的数学模型，而且这些模型中的变量之间还有相互关联的情况。因此，工业机器人控制技术主要包括反馈、补偿、解耦和自调节等技术。

## 2.2 机器人控制系统的核心技术

机器人控制系统是机器人的大脑，其主要作用在于确定并调控该装置的功能与表现水平。机器人控制系统的核心技术如下：

①采用了分散式的 CPU 电脑架构构建了灵活性的模块化控制系统框架：该系统包括机器人控制单元（RC）、运动控制单元（MC）、光学隔离 IO 控制面板、传感器处理面板及编程教学箱等等。机器人控制单元与编程教学箱之间使用串行接口或 CAN 网络来实现通信。机器人控制器的中央电脑负责执行机器人的移动计划、计算轨迹并实施位置伺服操作，同时还承担着主要的控制逻辑、数字 IO、传感器处理等工作；而编程教学箱则用于展示信息并在按钮上接收用户输入。

②构建于工业机器人 Linux 工业机器人之上且具有高度可扩展性的软体架构：此种体系是通过使用一种实时的多线程作业调度平台来设计的，并采用了模组式与阶级式的构造方式以便增强其灵活性和易用度；这个整体框架被划为三部分——底部的硬设备驱策部份（hardware 工业机器人 driver 工业机器人 layer）、核心的处理中心工业机器人（core 工业机器人 processing 工业机器人 section）工业机器人和顶端的使用者接口界面（user 工业机器人 interface 工业机器人 level），它们彼此合作才能完成本单位应尽的责任<sup>[1]</sup>。

③对于机器人的故障诊断和安全保养技术来说，利用各类信息进行故障识别并实施必要的维护是确保其安全性的核心技术。

④控制系统具备了串行接口、现场总线与以太网等连接特性，可以实现机器人控制单元之间的通信，并能方便地实现对整条机器人生产线的监测、故障排查与管理。

## 3 工业机器人控制系统的实时性与稳定性

首先，实时性是衡量机器人运动响应能力的重要指标。机器人操作常被分为真线运动和旋转运动等，这些运动的复杂性和难度导致机器人在操作中需要快速响应，尤其是在工业生产中，某些任务的响应时间要求更为苛刻。另外，工业机器人操作的稳定性也是柔性控制中需要重视的问题之一。现代机器人操作需要考虑诸多因素，如负载、环境、力学、力矩缓冲等等。这些因素都可能对机器人的操作产生影响，进而导致机器人失稳。因此，为了提高工业机器人控制系统的实时性与稳定性，论文提出工业机器人控制系统架构和软

件实现，具体方面如下：

### 3.1 Windows 内嵌实时系统

工业机器人目前已经出现了一系列采用 Windows 平台来拓展或集成实时核心技术的实时系统。比如德国 Beckhoff 公司推出的 TwinCAT 系统就是一个例子，该系统是通过在 Windows 环境中融入实时内核的方式实现的，使每台电脑都能够变成具备强劲计算能力的多台 PLC 组合物，并且还提供了优秀的开发及编码环境。此外，TwinCAT 系统在软件层面也包含了全面的故障检测、稳健的安全保障措施，特别是针对各个子设备信号同步问题上，采取的是分布式的计时方式和震荡监控技术，确保信号的一致性，增强了整个系统的可靠度和实时性。

### 3.2 基于工业以太网的高速通讯总线技术

一旦所有的线上命令被立即解析完毕之后，移动管理指示必须经过移位至动力设备之中。然而，对电子扰动的敏感性和杂音却成为了一种严重的挑战。所以，如果用模仿的方式去发送动作指导的话，那么要在实际环境下保持稳定的运转并保证远端的信息接收就变得非常困难并且通常不可能实施远程操作。目前有一种名为“EtherCAT”，它是由来自 Germany 工业机器人 Beckhoff 公司及 EtherCAT 技术集团共同推出的高效率的数据通道网络方案，“EtherCAT”采用了“Master-Slave”（主人奴隶制）架构设计。这套高效率的大规模数字接口就是把某些优秀于行动指挥的相关线路连接在一起的一种方法（例如工业机器人 Sercos 工业机器人和工业机器人 CAN），同时还能够充分调配好工业机器人 Ethernet 以获得更高的速度特性。这一系列的过程都是在一个工业机器人 ECU 工业机器人中借助固态电路得以顺利实行的，因而在某种程度上来说跟那个相关的程序代码或者是 CPU 的工作效力并没有直接的关系，这样一来就能有效的提升信息的及时响应能力<sup>[2]</sup>。

### 3.3 机器人控制系统的软件实现

整个控管器的全部代码可视为一种高级别的状况转换机制：它会依据现行操作的结果或是外部的环境因素来调整自身的运作模式，同时也会引述来自部件集成的相应执行能力。机械臂的部分是由一系列的功能单元构成，其中包含了轨迹生成与移动计划部分——这基于动作策划技术构建出预先设定好的行动路线，并且会在每次主要程式周期的开始阶段重新评估一下机器人的正逆解运算。伺服控制模块通过状态机的方式实现对机器人各轴进行控制，电机轴的运动状态可以通过示教盒或自身内部改变；编码器及传感器读取模块用于读取机器人电机轴的编码器数据及各传感器数据，用于进行反馈控制；上位机通讯网络模块，用于在示教状态下和外部输入设备交互，调用机器人系统的功能；机器人运动学及动力学组件库建立机器人运动学及动力学算法，在每个主程序循环周期内进行计算，通过高速总线将前馈补偿值传递给驱动器。安全模块对整个机器人系统提供安全保障。在

软件系统中每个功能模块都以一个任务的形式存在，系统软件流程简图如图2所示。

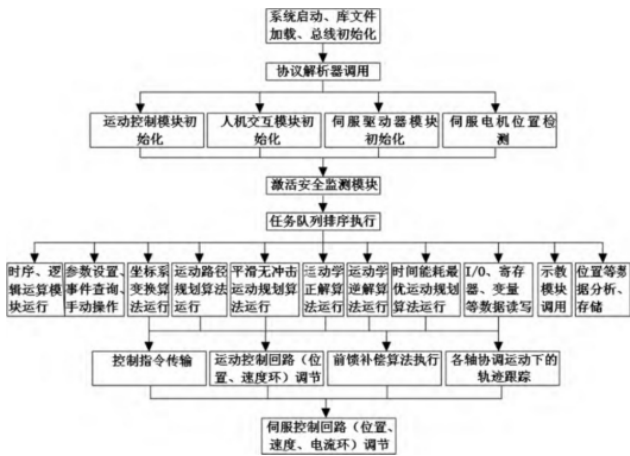


图2 系统软件流程简图

### 4 提高工业机器人控制系统的实施性和稳定性的必要性

要提升工业机器人控制系统的整体水平，使其更有效地运用到制造流程中，从而对社会的进化产生更大的影响，首先需要深入探讨和评估工业机器人控制系统研究的主要内容及其价值所在。从广义的角度看，工业机器人的迅猛增长是实现自动化的重要步骤，同时也是推进各行各业自动化进程的关键手段。通过实施自动化生产的策略，特别是在生产线上的自动化投放原料，能显著减少开支。与人工劳动力相比，工业机器人的费用相对低廉。尽管初期开发及运营可能需支付大量资金，但若保持稳定的运作状态，则可带来良好的经济收益。对比于持续聘请员工或面临相应的人为风险，工业机器人无疑具有极高的优先级，它能在削减支出方面发挥出巨大的实际作用<sup>[3]</sup>。

此外，由于其连续的工作能力及无休止的劳动力，工业机器人能在工厂中全天候运作，这使得它比人类工人更高效和高质量。它们在各行各业都起到了关键的作用。然而，

最重要的是，它的安全特性使之适合于那些高度危险并且有潜在危害性的岗位，如操作复杂设备或处理特殊任务。这种类型的工作仅凭人力很难胜任，可能会带来生命安全的威胁，而且还会产生许多隐患，这对流水线的生产是不利的。采用工业机器人能显著降低这类问题的出现几率，也能有效避免可能的风险，有助于提升生产效能，确保产品品质，促进了流水线生产的优质化进程。在具体的实施过程中，我们必须深入了解工业机器人控制系统的本质，因为它是整机机器人的心脏。只有通过优秀的控制策略才能让软件与硬件紧密配合，这是保障工业机器人顺利运行并在生产线上投入使用的必经之路。为了设计出理想的控制系统，我们需要对算法进行优化，也需要借助软件和硬件之间的互动，运用通讯技术、控制技巧和人工智能原理去解决问题。所以，从这个角度来看，深度挖掘工业机器人及其控制系统的潜力，提高工业机器人控制系统的实施性和稳定性对其进行进一步的研究有着极大的实践价值。

### 5 结语

通过对工业机器人控制系统的结构与软件实施，我们可以显著提升其动态反应性能，同时有效减小动态追踪偏差。这种技术适用于各种物流自动化的任务如运输及分类等，有着巨大的发展潜力。然而，目前的设计方案仍然面临着实时性和稳定性不足等问题。为了推动未来的进步，我们还需要继续优化算法、升级设备，并且积极参与到同业领先企业的合作研发之中，以持续增强工业机器人在实际运用上的表现。

### 参考文献

- [1] 张俊,刘天宋,陈义伟,等.基于PLC与工业机器人的码垛工作站控制系统设计[J].机电工程技术,2023(11):130-133.
- [2] 牛利松,刘婷婷.工业机器人在自动化控制中的应用[J].集成电路应用,2023,40(7):206-207.
- [3] 郭庆.基于CMC的工业机器人控制系统设计与实现[D].桂林:桂林电子科技大学,2023.