DOI:10.20033/j.1003-7241.(2025)07-0071-04

切削加工智能制造系统中工业机器人的应用

李 媛[1]，蒋 鹏[2]

（1.广东松山职业技术学院 机械工程学院，广东 韶关 512126；
2.广州应用科技学院 人工智能与电气工程学院，广东 广州 511370）

摘 要：自随着工业4.0时代的到来，切削加工制造单元向着智能化转型升级，而工业机器人在切削加工智能制造系统中的应用得到了迅猛的发展。以实现智能制造为目标，研究工业机器人如何与MES、PLC、机床等外围设备进行通信，同时研究其控制功能。工业机器人与外围设备实时通信，协同完成料仓的取放料、数控车床及加工中心的上下料工作。大大降低工人的劳动强度、降低生产成本、提高生产效率。

关键词：智能制造；工业机器人；切削加工
中图分类号：TP242.2 **文献标识码：**A **文章编号：**1003-7241(2025)07-0071-04

Applications of Industrial Robot in Cutting Intelligent Manufacturing System

LI Yuan[1], JIANG Peng[2]

(1. School of Mechanical Engineering, Guangdong Songshan Polytechnic College, Shaoguan 512126, China;
2. School of Artificial Intelligence and Electrical Engineering, Guangzhou College of Applied Science and Technology, Guangzhou 511370, China)

Abstract: With the advent of the era of industry 4.0, the cutting manufacturing unit is to intelligent transformation and upgrading, and industrial robots in the cutting intelligent manufacturing system is rapid development. In order to realize intelligent manufacturing, this paper studies how industrial robots communicate with MES, PLC, machine tools and other peripheral equipment, and studies their control function at the same time. Industrial robots communicate with peripheral equipment in real time, cooperate to complete the loading and unloading of silos, CNC lathes and machining centers, greatly reduce the labor intensity of workers, reduce production costs, improve production efficiency.

Keywords: intelligent manufacturing; industrial robot; machining cutting

0 引言

伴随着我国综合国力的增强，制造业正向着智能化转型升级[1]。生产线智能化程度影响产品的生产质量、效率和成本。随着“工业4.0”和“中国制造2025”等的提出，智能制造产业快速发展，是目前制造业领域研究和应用的热点之一[1]。工业机器人是智能制造业发展的核心装置[2]，为智能制造的可持续发展提供了坚实的动力[3-4]。为适应市场的需求，越来越多的企业组建智能制造生产线[1]。本文主要研究如何让工业机器人在切削加工智能制造系统中代替人工完成料仓取放料、数控车床及加工中心上下料的工作[5-8]，从而提高产品生产过程的自动化程度，适用于大批量的零件加工生产，大大降低工人的劳动强度，节约生产成本，提高产量、质量及生产效率[9-10]。

1 切削加工智能制造系统的工作流程

本系统选用华中数HSR-JR612六轴工业机器人，系统布局如图1所示，工业机器人安装在七轴（外轴）导轨上，数控车床和加工中心位于导轨的同一侧，机器人控制柜、总控PLC、编程平台、立体仓库位于机器人导轨的另一侧。工业机器人可以在导轨上行走，完成料仓的取放料、数控车床和加工中心的上下料工作。

以先车削加工再铣削加工的工件工作流程为例，工作流程如图2所示。准备就绪后开始工作，先进行料仓初始化，总控下发订单后，工业机器人完成料仓取放料、数控机床上下料的工作。

该系统中需要完成不同形状工件的加工，因此需要根据工件形状设计工业机器人手爪，工业机器人工作前要先判断选择所需手爪，然后开始工作。

*基金项目：2021年度韶关市科技计划项目（210720204530338）；广东省教育厅特色创新类项目（自然科学类）（2019GKTSCX042）；广东省高职院校产教融合创新平台（2022CJPT008）
收稿日期：2024-01-12

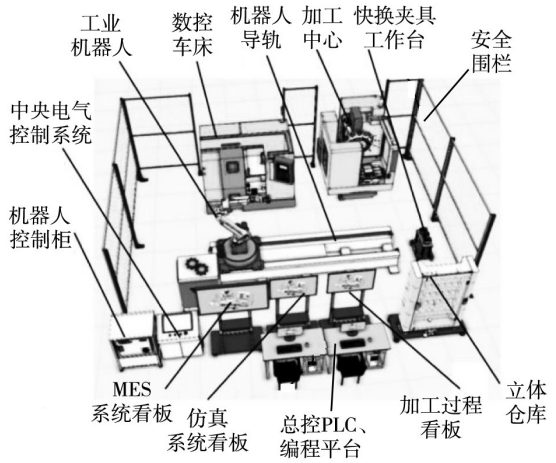


图1 切削加工智能制造系统布局

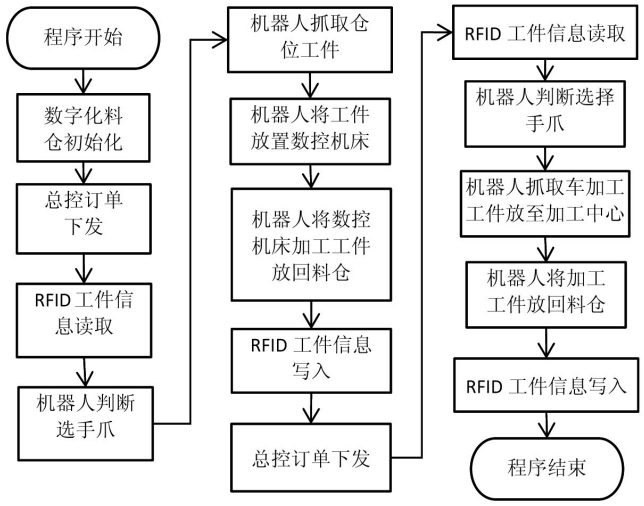


图2 切削加工智能制造系统工作流程

2 工业机器人通信

2.1 工业机器人信号分配

华中数 HSR-JR612 工业机器人选用 HIO-1100 总线式 I/O 单元，该 I/O 单元具有高稳定性、高可靠性的特点，配置清单如表 1 所示。

表1 输入输出分配表

机器人信号接口	机器人编程信号	注释
X0.1	D_IN2	夹爪夹紧到位
X0.2	D_IN3	夹爪松开到位
X0.3	D_IN3	快换夹紧到位
X0.4	D_IN4	快换松开到位
Y0.1	D_OUT2	夹爪夹紧
Y0.2	D_OUT3	夹爪松开
Y0.3	D_OUT4	快换夹紧
Y0.4	D_OUT5	快换松开

HIO-1161 通信为子模块，符合 EtherCAT 总线规范；HIO-1111 为开关量输入子模块，可提供 16 路开关量输入；HIO-1121 为开关量输出子模块，可提供 16 路开关量输出。

为完成通信，开关量数字输入输出信号连接的是机器人手爪及手爪快换装置。EtherCAT 总线通信主要完成机器人与 PLC 的数据传输。信号分配如图 3 所示。

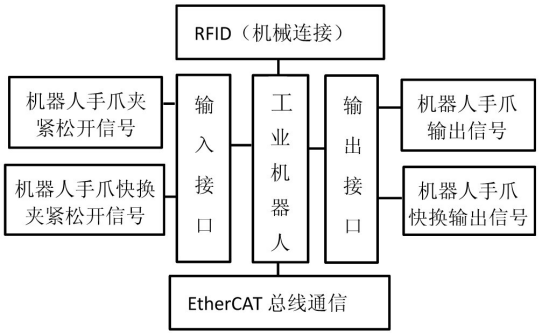


图3 机器人通信信号分配

2.2 工业机器人与 PLC 的 MODBUS 通信

本系统采用华数Ⅱ型系统工业机器人，系统中含有四类 MODBUS 寄存器，如表 2 所示。

表2 MODBUS 寄存器种类

寄存器名称	对应示教器中名称	PLC 地址范围
线圈状态寄存器	COIL_STAT[N]	00001-09999
输入状态寄存器	IN_STAT[N]	10001-19999
保持寄存器	HOLD_REG[N]	40001-49999
输入寄存器	IN_REG[N]	30001-39999

在本智能制造系统中，机器人作为 MODBUS 服务端。因此，线圈状态寄存器 COIL_STAT[N] 和保持寄存器 HOLD_REG[N] 只读，输入状态寄存器 IN_STAT[N] 和输入寄存器 IN_REG[N] 只写。

机器人写给 PLC 的数据，编程时通过 IR 寄存器写入到输入寄存器 IN_REG[N]。PLC 从输入寄存器 IN_REG[N] 中读取。如表 3 所示。

表3 机器人写入 PLC

MODBUS 寄存器	IR 寄存器	作用
IN_REG[1]	A1.PFB	机器人七个轴
IN_REG[7]	A7.PFB	运动位置数据
IN_REG[12]	IR[11]	取料位置响应
IN_REG[13]	IR[12]	放料位置响应
IN_REG[14]	IR[13]	设备号响应
IN_REG[15]	IR[14]	RFID 位置
IN_REG[16]	IR[24]	反馈信号
IN_REG[11]	IR[90]	机器人运行状态

PLC 发给机器人的数据保存在保持寄存器 HOLD_REG[N] 中，机器人读出后保存到 IR 寄存器中。如表 4 所示。

表4 机器人读PLC数据

MODBUS寄存器	IR寄存器	作用
HOLD_REG[1]	IR[15]	取料位
HOLD_REG[2]	IR[16]	放料位
HOLD_REG[3]	IR[17]	设备号
HOLD_REG[4]	IR[18]	RFID读写完成
HOLD_REG[5]	IR[19]	车床安全门状态
HOLD_REG[6]	IR[20]	铣床安全门状态
HOLD_REG[7]	IR[21]	复位
HOLD_REG[8]	IR[23]	RFID开始读写
HOLD_REG[9]	IR[25]	确认信号
HOLD_REG[10]	IR[26]	车床卡盘信号
HOLD_REG[11]	IR[27]	铣床卡盘信号
HOLD_REG[12]	IR[28]	取料产品型号
HOLD_REG[13]	IR[29]	放料产品型号
HOLD_REG[14]	IR[31]	HMI信号

3 工业机器人控制

在本智能制造系统中需要完成料仓的取放料、数控车床和加工中心的上下料工作。

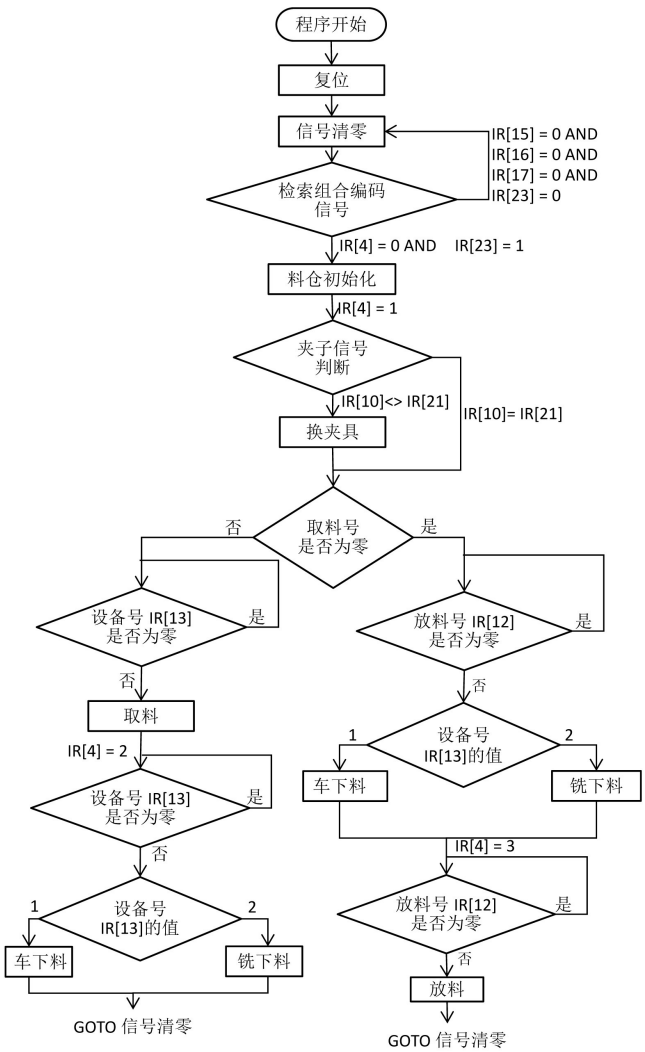


图4 逻辑控制流程图

为使机器人程序结构清晰，建立1个主程序，10个子程序。子程序分别有：复位程序、料仓初始化程序、料仓取料、料仓放料、车床上料、车床下料、铣床上料、铣床下料、放夹具、取夹具。为方便编程，设IR[4]为步骤号，信号清零时将IR[4]赋值为0，料仓初始化后将IR[4]赋值为1，料仓取料完成后将IR[4]赋值为2，车床下料或铣床下料完成后将IR[4]赋值为3，逻辑控制流程如图4所示。

4 系统运行效果

工业机器人在切削加工智能制造系统的应用代替了人工上下料。与人工上下料相比，在一个工作时段内，上下料的效率提高至少50%，因工业机器人的重定位精度较高，所以能消除每次安装位置误差，工件安装掉落率为0%。由此可见，将工业机器人作为切削加工智能制造系统中上下料的设备，大大提高了智能制造中加工生产效率，同时避免了人工上下料误差较大的情况，极大地提高了企业的经济效益[11]。

5 结束语

工业机器人已经广泛应用到智能制造的各个领域[12-13]，是智能制造业发展的核心装置。本文基于工业机器人在切削加工智能制造系统中的应用研究，实际运行效果验证了该智能制造系统的有效性。经过对实际运行效果的分析，得出了该智能制造系统可以提高生产运行效率，同时也为该行业中基于工业机器人的自动上下料智能制造相关系统设计提供有效参考[14-17]。系统照片如图5所示。



图5 实际系统

参考文献：

[1] 吴斌. 基于工业机器人的智能制造生产线设计[J]. 机床与液压，2020，48(23)：55-59.

[2] 霍淑珍，何志超. 协作机器人在智能制造中的应用[J]. 机床与液压，2021，49(9)：62-66.

[3] 黄信兵，刘小娟. 智能制造切削加工系统PLC控制结构设计[J]. 机床与液压，2021，49(13)：118-122.

（下转第98页）