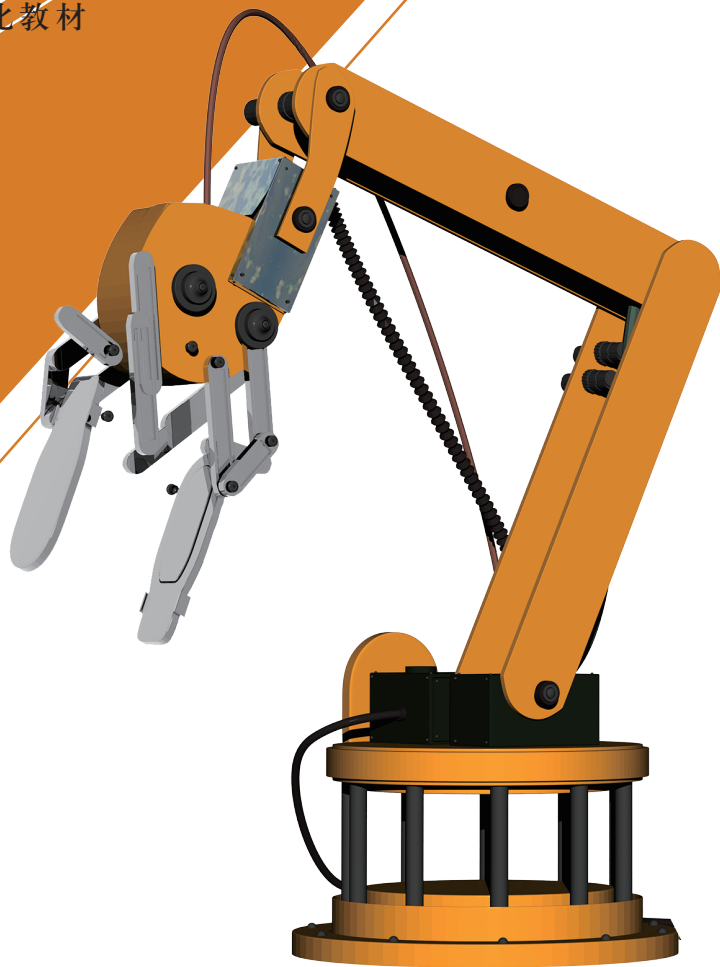


工业机器人技术人才培养系列教材  
“互联网+”新形态一体化教材



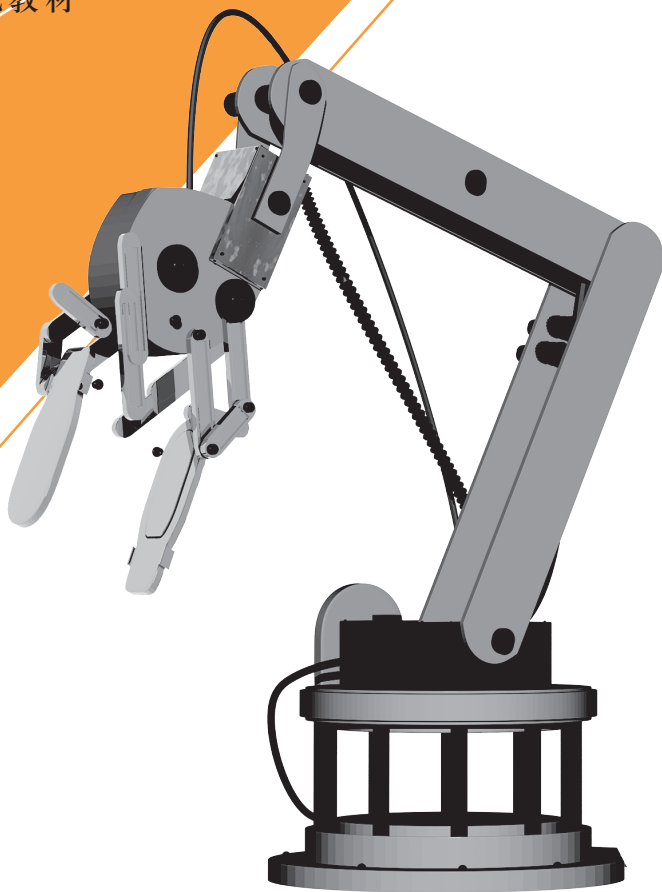
# 工业机器人 应用编程 ( ABB )

主 审◎王振华

主 编◎何国荣 朱亮亮

航空工业出版社

工业机器人技术人才培养系列教材  
“互联网+”新形态一体化教材



# 工业机器人 应用编程 (ABB)

主 审◎王振华

主 编◎何国荣 朱亮亮

航空工业出版社

北 京

## 内 容 提 要

本书基于 ABB IRB120 工业机器人，以基础知识学习、基本技能练习、综合应用能力培养为主线，通过项目化的形式将教学内容安排为 8 个项目：项目 1 为工业机器人概述、项目 2 为工业机器人基本操作、项目 3 为工业机器人的 I/O 通信、项目 4 为工业机器人的程序数据、项目 5 为工业机器人的 RAPID 程序指令、项目 6 为工业机器人现场编程实战、项目 7 为工业机器人离线编程实战、项目 8 为工业机器人应用编程 1+X 考核实战。通过 8 个项目的学习，读者可以逐步掌握工业机器人的现场编程技术和离线编程技术，达到工业机器人应用编程 1+X 职业技能等级证书的考核要求。本书可作为工业机器人、机电一体化、电气自动化等相关专业的教材使用，也可供从事工业机器人操作、编程的工程技术人员参考。

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

工业机器人应用编程：ABB / 何国荣，朱亮亮主编  
—北京：航空工业出版社，2024.3  
ISBN 978-7-5165-3706-0

I. ①工… II. ①何… ②朱… III. ①工业机器人—  
程序设计 IV. ① TP242.2

中国国家版本馆 CIP 数据核字 ( 2024 ) 第 057078 号

## 工业机器人应用编程 ( ABB ) Gongye Jiqiren Yingyong Biancheng ( ABB )

航空工业出版社出版发行  
( 北京市朝阳区京顺路 5 号曙光大厦 C 座四层 100028 )  
发行部电话：010-85672666 010-85672683

北京荣玉印刷有限公司印刷  
2024 年 3 月第 1 版  
开本：787×1092 1/16  
印张：18

全国各地新华书店经售  
2024 年 3 月第 1 次印刷  
字数：405 千字  
定价：56.00 元

# 在线课程学习指南

本书的配套在线开放课程是“工业机器人应用编程职业技能等级认证”，读者可在学银在线平台进行线上学习。

## 一、搜索课程

进入学银在线平台（<https://www.xueyinonline.com>），搜索“工业机器人应用编程职业技能等级认证”，选择杨凌职业技术学院何国荣主讲的“工业机器人应用编程职业技能等级认证”课程。



## 二、在线学习

选择对应课程后进入课程界面，选择对应开课期次，单击“加入课程”即可开始学习（需要手机号注册或使用学习通 App 扫码）。



## 前言

工业机器人是 20 世纪 60 年代逐步发展起来的一种功能强大、可适应多种操作环境、可以实现多种操作的现代自动化设备。工业机器人在工厂自动化和柔性生产系统中起着关键的作用，并已经广泛应用到工农业生产、航空航天和军事技术等各个领域。ABB 机器人作为世界领先的机器人代表，掌握其应用、编程操作对促进工业发展有着极其重要的作用。

本书落实立德树人根本任务，根据《高等学校课程思政建设指导纲要》和党的二十大精神，结合工业机器人技术专业特点，将人民至上、自信自立、守正创新、问题导向、系统观念、胸怀天下的思想融入知识技能编写中，培养学生胸怀祖国、服务人民的爱国精神，勇攀高峰、敢为人先的创新精神，引导学生努力把科技自立自强信念自觉融入人生追求之中，努力把自我发展融入推动全面建成社会主义现代化强国、实现第二个百年奋斗目标、以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的实践中。本书遵循“项目任务驱动、知识传授和能力培养融合、价值塑造和工匠精神培育”的教材编写原则，依据任务复杂度，按照“由浅入深”的原则设置相关项目和任务，在嵌入职业核心能力知识点的同时，还提供了丰富的课程思政内容，在为学生提供完成工作任务过程中学习相关知识、发展综合职业能力的学习工具的同时，努力培养塑造“工匠精神”。

本书以 ABB 工业机器人的基本操作与编程作为项目主线，采用项目教学法开展教学，帮助学生展开自主学习，掌握工业机器人的知识与技能，同时本书的学习还可以为考取“工业机器人应用编程职业技能等级证书（1+X）”做好准备。

本书配套的在线开放课程“工业机器人应用编程职业技能等级认证”（学银在线）可供参考。此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教

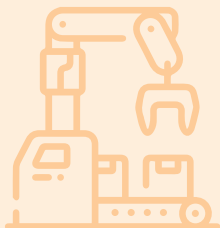
学资源库，有需要者可致电教学助手 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

本书是杨凌职业技术学院“双高”建设成果之一，由杨凌职业技术学院何国荣、朱亮亮担任主编，李培东、余娜、卿笛担任副主编，苏州大学王振华教授担任主审。项目 1 任务 1.1 和任务 1.2 由朱亮亮编写；项目 1 任务 1.3 和任务 1.4、项目 2、项目 5 由何国荣编写；项目 3、项目 6 由余娜编写；项目 4、项目 7 由卿笛编写；项目 8 由李培东编写。

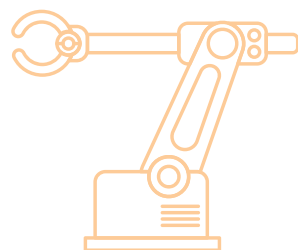
因编者水平有限，书中存在的错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2023 年 10 月



# 目录



## 项目 1 工业机器人概述

001

项目概述 001

学习目标 002

知识目标 002

能力目标 002

素质目标 002

知识导图 002

### ► 任务 1.1 了解工业机器人发展历史 003

知识准备 003

1.1.1 机器人的发展概述 003

1.1.2 工业机器人的发展概述 006

任务实施 010

### ► 任务 1.2 了解工业机器人的行业应用 011

知识准备 011

1.2.1 工业机器人在汽车制造行业的应用 011

1.2.2 工业机器人在 3C 行业的应用 012

1.2.3 工业机器人在物流行业的应用 013

1.2.4 工业机器人在加工制造行业的应用 014

1.2.5 工业机器人在食品加工行业的应用 016

任务实施 018

### ► 任务 1.3 认识工业机器人的组成和分类 019

知识准备 019

1.3.1 工业机器人的组成 019

1.3.2 工业机器人的分类 021

任务实施 023

### ► 任务 1.4 了解工业机器人的常用术语与参数 024

知识准备 024

1.4.1 工业机器人常用术语 024

1.4.2 工业机器人主要参数 027

任务实施 028

思考与练习 030

## 项目 2 工业机器人基本操作

032

项目概述 032

学习目标 033

知识目标 033

能力目标 033

素质目标 033

知识导图 033

### ► 任务 2.1 了解工业机器人的操作前准备 034

知识准备 034

2.1.1 认识常用安全护具 034

2.1.2 认识工业机器人控制柜 034

2.1.3 工业机器人的开机和关机操作 036

2.1.4 认识示教器 037

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 任务实施                     | 041 |
| ► 任务 2.2 认识示教器的基本操作与设定方法 | 042 |
| 知识准备                     | 042 |
| 2.2.1 设置示教器显示语言          | 042 |
| 2.2.2 设置系统时间             | 043 |
| 2.2.3 工业机器人数据的备份与恢复      | 043 |
| 2.2.4 查看事件日志             | 045 |
| 任务实施                     | 045 |
| ► 任务 2.3 认识工业机器人的手动操作方法  | 046 |
| 知识准备                     | 046 |
| 2.3.1 单轴运动               | 046 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 2.3.2 线性运动                | 048 |
| 2.3.3 重定位运动               | 050 |
| 任务实施                      | 051 |
| ► 任务 2.4 了解工业机器人转数计数器更新方法 | 052 |
| 知识准备                      | 052 |
| 2.4.1 转数计数器更新的前提          | 052 |
| 2.4.2 转数计数器更新操作步骤         | 052 |
| 任务实施                      | 058 |
| 思考与练习                     | 059 |

## 项目 3 工业机器人的 I/O 通信

061

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 项目概述                              | 061 |
| 学习目标                              | 062 |
| 知识目标                              | 062 |
| 能力目标                              | 062 |
| 素质目标                              | 062 |
| 知识导图                              | 062 |
| ► 任务 3.1 认识工业机器人 I/O 通信与 I/O 板    | 063 |
| 知识准备                              | 063 |
| 3.1.1 ABB 机器人 I/O 通信种类            | 063 |
| 3.1.2 ABB 标准 I/O 板介绍              | 064 |
| 任务实施                              | 067 |
| ► 任务 3.2 了解 ABB 标准板 DSQC651 的配置方法 | 068 |
| 知识准备                              | 068 |
| 3.2.1 定义 DSQC651 板的总线连接           | 068 |
| 3.2.2 定义数字输入信号 di1                | 072 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 3.2.3 定义数字输出信号 do1           | 074 |
| 3.2.4 定义模拟输出信号 ao1           | 075 |
| 任务实施                         | 077 |
| ► 任务 3.3 认识 I/O 信号的监控与操作方法   | 077 |
| 知识准备                         | 077 |
| 3.3.1 打开输入输出界面               | 077 |
| 3.3.2 对 I/O 信号进行仿真和强制操作      | 079 |
| 任务实施                         | 081 |
| ► 任务 3.4 认识系统输入输出与 I/O 信号的关联 | 082 |
| 知识准备                         | 082 |
| 3.4.1 系统输入输出与 I/O 信号的关联      | 082 |
| 3.4.2 ProgKeys 与 I/O 信号的关联   | 087 |
| 任务实施                         | 089 |
| 思考与练习                        | 091 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 项目概述                       | 093 |
| 学习目标                       | 094 |
| 知识目标                       | 094 |
| 能力目标                       | 094 |
| 素质目标                       | 094 |
| 知识导图                       | 094 |
| ► 任务 4.1 认识 ABB 工业机器人的程序数据 | 095 |
| 知识准备                       | 095 |
| 4.1.1 认识程序数据               | 095 |
| 4.1.2 程序数据的分类              | 095 |
| 4.1.3 常用的程序数据              | 096 |
| 任务实施                       | 098 |
| ► 任务 4.2 认识程序数据的类型和建立方法    | 099 |
| 知识准备                       | 099 |
| 4.2.1 程序数据的类型              | 099 |
| 4.2.2 程序数据的建立方法            | 101 |
| 任务实施                       | 103 |
| ► 任务 4.3 认识三个关键程序数据——工具数据  | 104 |
| 知识准备                       | 104 |
| 4.3.1 工具数据的定义              | 104 |
| 4.3.2 工具数据的组成              | 104 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 4.3.3 工具数据的设定方法             | 105 |
| 任务实施                        | 113 |
| ► 任务 4.4 认识三个关键程序数据——工件坐标数据 | 114 |
| 知识准备                        | 114 |
| 4.4.1 工件坐标数据的定义             | 114 |
| 4.4.2 工件坐标数据的设定意义           | 114 |
| 4.4.3 工件坐标数据的设定方法           | 115 |
| 任务实施                        | 119 |
| ► 任务 4.5 认识三个关键程序数据——有效载荷数据 | 120 |
| 知识准备                        | 120 |
| 4.5.1 有效载荷数据的定义             | 120 |
| 4.5.2 有效载荷数据的组成             | 120 |
| 4.5.3 有效载荷数据的设定方法           | 120 |
| 任务实施                        | 122 |
| ► 任务 4.6 认识 RAPID 程序        | 122 |
| 知识准备                        | 122 |
| 4.6.1 RAPID 程序的组成与基本结构      | 122 |
| 4.6.2 创建 RAPID 程序模块         | 123 |
| 4.6.3 创建例行程序                | 124 |
| 任务实施                        | 126 |
| 思考与练习                       | 128 |

|      |     |
|------|-----|
| 项目概述 | 129 |
| 学习目标 | 130 |
| 知识目标 | 130 |
| 能力目标 | 130 |
| 素质目标 | 130 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 知识导图                             | 130 |
| ► 任务 5.1 认识基本运动指令                | 131 |
| 知识准备                             | 131 |
| 5.1.1 关节运动指令 MoveJ 和线性运动指令 MoveL | 131 |

|                                       |     |                             |     |
|---------------------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 5.1.2 圆弧运动指令 MoveC 和绝对位置运动指令 MoveAbsJ | 133 | ► 任务 5.5 了解程序控制指令           | 153 |
| 任务实施                                  | 136 | 知识准备                        | 153 |
| ► 任务 5.2 认识赋值指令                       | 137 | 5.5.1 调用例行程序指令 ProcCall     | 153 |
| 知识准备                                  | 137 | 5.5.2 返回例行程序指令 RETURN       | 153 |
| 任务实施                                  | 141 | 5.5.3 时间等待指令 WaitTime       | 153 |
| ► 任务 5.3 认识条件判断指令                     | 142 | 任务实施                        | 154 |
| 知识准备                                  | 142 | ► 任务 5.6 认识特殊指令             | 155 |
| 5.3.1 紧凑型条件判断指令 Compact IF            | 142 | 知识准备                        | 155 |
| 5.3.2 条件判断指令 IF                       | 142 | 5.6.1 取绝对值指令 Abs            | 155 |
| 5.3.3 重复执行判断指令 FOR                    | 146 | 5.6.2 偏移指令 Offs             | 157 |
| 5.3.4 条件判断指令 WHILE                    | 148 | 5.6.3 分支循环指令 TEST-CASE      | 160 |
| 任务实施                                  | 149 | 5.6.4 指令 GOTO               | 162 |
| ► 任务 5.4 认识 I/O 控制指令                  | 150 | 任务实施                        | 164 |
| 知识准备                                  | 150 | ► 任务 5.7 创建一个可以运行的 RAPID 程序 | 165 |
| 5.4.1 数字信号置位指令 Set                    | 150 | 知识准备                        | 165 |
| 5.4.2 数字信号复位指令 Reset                  | 150 | 5.7.1 编写 RAPID 程序           | 165 |
| 5.4.3 数字输入信号判断指令 WaitDI               | 151 | 5.7.2 调试、运行 RAPID 程序        | 170 |
| 5.4.4 数字输出信号判断指令 WaitDO               | 151 | 任务实施                        | 172 |
| 5.4.5 信号判断指令 WaitUntil                | 151 | 思考与练习                       | 174 |
| 任务实施                                  | 152 |                             |     |

## 项目 6 工业机器人现场编程实战

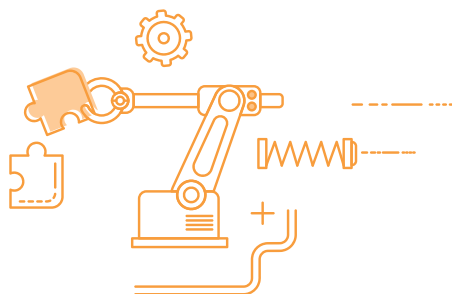
175

|                      |     |                      |     |
|----------------------|-----|----------------------|-----|
| 项目概述                 | 175 | 6.1.2 设计搬运程序流程       | 178 |
| 学习目标                 | 176 | 6.1.3 设定搬运示教点        | 178 |
| 知识目标                 | 176 | 6.1.4 设定输出信号         | 179 |
| 能力目标                 | 176 | 6.1.5 编写机器人搬运程序      | 179 |
| 素质目标                 | 176 | 任务实施                 | 180 |
| 知识导图                 | 176 | ► 任务 6.2 认识工业机器人装配程序 | 181 |
| ► 任务 6.1 认识工业机器人搬运程序 | 177 | 知识准备                 | 181 |
| 知识准备                 | 177 | 6.2.1 设计装配程序流程       | 182 |
| 6.1.1 FOR 指令介绍       | 177 | 6.2.2 装配工作过程         | 182 |
|                      |     | 6.2.3 设定装配程序示教点      | 182 |

|                      |     |                 |     |
|----------------------|-----|-----------------|-----|
| 6.2.4 设定装配输出信号       | 184 | 6.3.1 设计码垛程序流程  | 188 |
| 6.2.5 编写机器人装配程序      | 184 | 6.3.2 设定码垛示教点   | 189 |
| 任务实施                 | 187 | 6.3.3 编写机器人码垛程序 | 189 |
| ▶ 任务 6.3 认识工业机器人码垛程序 | 188 | 任务实施            | 191 |
| 知识准备                 | 188 | 思考与练习           | 192 |

## 项目 7 工业机器人离线编程实战 194

|                               |     |                              |     |
|-------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 项目概述                          | 194 | 任务实施                         | 205 |
| 学习目标                          | 195 | ▶ 任务 7.3 仿真运行与优化写字路径         | 206 |
| 知识目标                          | 195 | 知识准备                         | 206 |
| 能力目标                          | 195 | 7.3.1 目标点姿态调整                | 206 |
| 素质目标                          | 195 | 7.3.2 写字路径与程序优化              | 209 |
| 知识导图                          | 195 | 7.3.3 写字应用仿真运行               | 211 |
| ▶ 任务 7.1 认识离线编程软件 RobotStudio | 196 | 任务实施                         | 212 |
| 知识准备                          | 196 | ▶ 任务 7.4 验证调试工业机器人写字路径       | 212 |
| 7.1.1 认识 RobotStudio 软件       | 196 | 知识准备                         | 212 |
| 7.1.2 认识 RobotStudio 的开发环境    | 197 | 7.4.1 RobotStudio 软件与工业机器人连接 | 212 |
| 任务实施                          | 199 | 7.4.2 程序的导出与导入               | 213 |
| ▶ 任务 7.2 编制工业机器人写字路径          | 200 | 7.4.3 写字工具与工件坐标系标定           | 213 |
| 知识准备                          | 200 | 7.4.4 写字程序运行与调试              | 217 |
| 7.2.1 创建写字工作站                 | 200 | 任务实施                         | 218 |
| 7.2.2 创建写字工件坐标系               | 201 | 思考与练习                        | 219 |
| 7.2.3 自动生成写字路径                | 202 |                              |     |



## 项目概述 221

## 学习目标 222

知识目标 222

能力目标 222

素质目标 222

## 知识导图 222

## ► 任务 8.1 了解工业机器人应用编程 (1+X) 证书考核要求 223

知识准备 223

8.1.1 工业机器人应用编程 (1+X) 证书考核项目 223

8.1.2 工业机器人应用编程 (1+X) 证书实操考核平台 224

8.1.3 工业机器人应用编程 (1+X) 证书实操考核任务 227

任务实施 231

## ► 任务 8.2 实战离线编程及验证 (实操考核模块 1) 232

知识准备 232

8.2.1 搭建斜面绘图工作站 232

8.2.2 创建工件坐标系 235

8.2.3 生成自动路径及仿真 236

8.2.4 真机验证 239

任务实施 242

## ► 任务 8.3 实战综合应用编程 (实操考核模块 2) 242

知识准备 242

8.3.1 编写装配准备前取放工具子程序 242

8.3.2 编写装配准备子程序 246

任务实施 248

## ► 任务 8.4 编写关节底座装配程序 249

知识准备 249

8.4.1 工业机器人 RFID 控制与应用 249

8.4.2 关节底座装配程序编写与调试 252

任务实施 255

## ► 任务 8.5 编写电机装配程序 256

知识准备 256

8.5.1 旋转供料单元控制与应用 256

8.5.2 电机装配程序编写与调试 259

任务实施 261

## ► 任务 8.6 编写输出法兰装配程序 262

知识准备 262

8.6.1 变位机控制与应用 262

8.6.2 输出法兰装配程序编写与调试 264

任务实施 268

## ► 任务 8.7 编写成品入库程序 269

知识准备 269

任务实施 272

## 思考与练习 273

## 参考文献

## 项目 6

# 工业机器人现场编程实战



### 项目概述

ABB 工业机器人在装备制造、食品生产、药品制造、汽车生产和金属产品加工等领域应用十分广泛，涉及生产、包装、物流运输、周转和仓储等众多环节。使用工业机器人可以极大地提高劳动生产率、节省人力成本开支、提高定位精度并降低搬运过程中的产品损坏率，有效降低生产成本、提高生产效率。本项目主要介绍工业机器人的搬运、装配、码垛程序的编制与调试方法。通过本项目的学习，可帮助读者掌握工业机器人的现场编程方法，学会工业机器人的程序编制技巧。



## 学习目标

### 知识目标

1. 掌握机器人 Offs 指令在程序中的应用。
2. 掌握机器人 FOR 指令在程序中的应用。
3. 掌握 I/O 信号的配置方法。
4. 掌握机器人搬运、装配、码垛程序的编写技巧。

### 能力目标

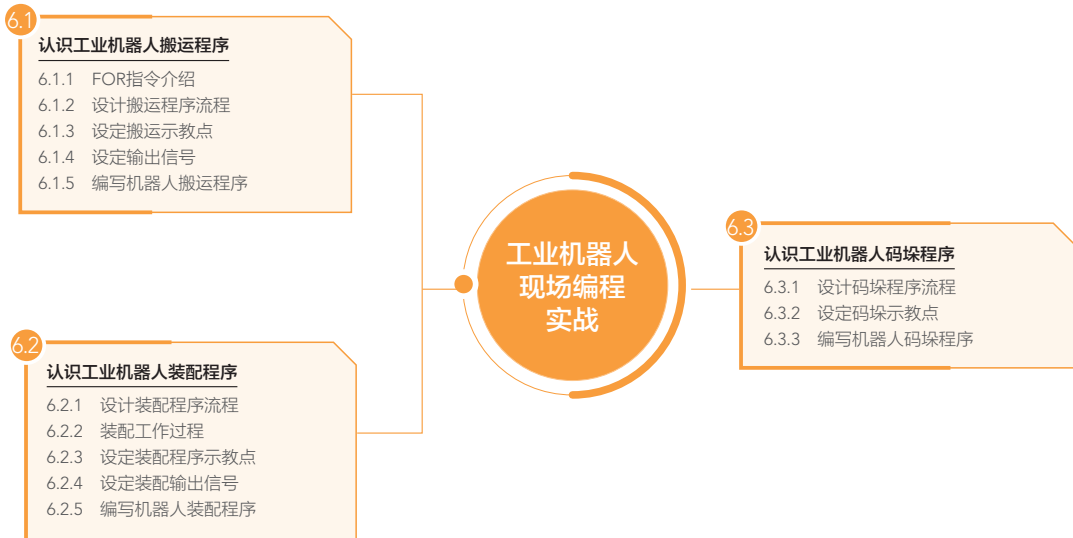
1. 能熟练使用 Offs 指令。
2. 能熟练使用 FOR 指令。
3. 能熟练配置 I/O 信号。
4. 能熟练编写机器人搬运、装配、码垛模块程序。

### 素质目标

1. 培养独立思考能力。
2. 培养创新思维。



## 知识导图



## 任务 6.1

## 认识工业机器人搬运程序



## 知识准备

在工业生产中，机器人在搬运作业中应用较多。搬运作业是机器人通过安装末端执行器，从一个加工位置将物品或工件移动到另一个加工位置的工作过程。搬运机器人可通过安装使用不同的末端执行器来执行各种不同形状和状态的工件搬运任务，这种搬运任务既包括水平位置的搬运（即将工件从一个位置搬运到另一个位置），也包括立体位置的搬运（即将工件搬运到高于或低于工件所在的位置）。

本任务是在工业机器人搬运模块上，对工业机器人进行现场综合应用编程。如图 6-1 所示，机器人搬运模块由 9 个标有数字 1～9、大小一致的红色三角塑料块和一个倾角为 30° 的安装板组成。通过编程，使机器人将左侧标有数字 1～3 的图块搬运至安装板右侧对应位置，完成搬运任务。



搬运前



搬运后

图 6-1 机器人搬运模块

## 6.1.1 FOR 指令介绍

FOR 是编程语言中常用的循环指令，是有限次数的循环指令。

指令格式示例：

```
FOR <ID> FROM <EXP> TO <EXP> STEP <EXP> DO  
<SMT>  
ENDFOR
```

在 ABB 机器人系统中，FOR 指令具有 4 个参数。

第 1 个参数 <ID>，FOR 后面的 ID 是计数变量，是系统自动生成的临时变量，只需要输入名称，它可以被其他运算指令调用，但只能读不能写，也就是不能出现在赋值指令左侧。

第 2 个参数 <EXP>，FROM 后面的 EXP 是循环开始变量，可以直接输入数值，也可以使用已定义的数值变量。

第 3 个参数 <EXP>，TO 后面的 EXP 是循环结束变量，可以直接输入数值，也可以

使用已定义的数值变量。

第 4 个参数 <EXP>, STEP 后面的 EXP 是步进值, 可以直接输入数值, 也可以使用已定义的数值变量, 如果不使用 STEP, 则根据循环开始变量和结束变量间的大小关系为默认的“1”或“-1”。

<SMT> 是循环结构体, 也就是需要循环的程序内容。

FOR 指令的循环运行次数: (循环开始变量 - 循环结束变量) / 步进值, 如果不能整除则取整数部分。

### 6.1.2 设计搬运程序流程

根据工作任务要求, 首先机器人去工具库取吸盘工具, 然后机器人移动至搬运模块左侧图块 1 的上方吸取图块 1, 最后将其搬运、放置在搬运模块右侧标有 1 的凹槽内, 图块 1 搬运完成。按同样的方法使用 FOR 指令将左侧图块 2 和 3 依次搬运至右侧对应凹槽 2 和凹槽 3 内。在编写程序的过程中需要注意的是, 由于底座是一块倾角为  $30^\circ$  的金属板, 需建立新的搬运工件坐标。此外, 还需避免机器人发生碰撞, 做好机器人姿态调整。搬运程序流程图如图 6-2 所示。

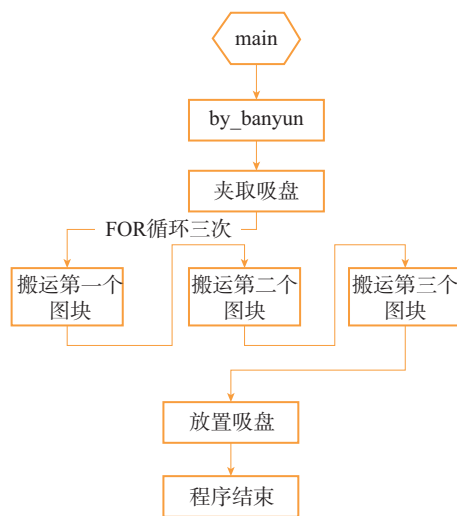


图 6-2 搬运程序工作流程图

### 6.1.3 设定搬运示教点

图 6-3 所示是搬运模块的工件坐标系方向及工件偏移, 工件坐标系定义为“banyun\_wobj”, 带编号的图块之间的偏移量是 30 mm, 取工件位置到放工件位置的偏移量是 120 mm。

根据机器人的运行轨迹可确定其运动所需的示教点如表 6-1 所示。

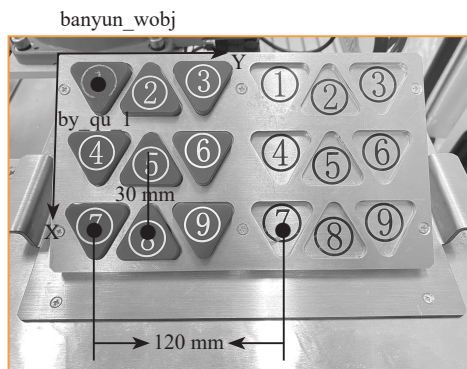


图 6-3 搬运模块的工件坐标系方向及工件偏移

表 6-1 机器人运动示教点

| 序号 | 位置点和坐标系     | 功能说明        | 备注  |
|----|-------------|-------------|-----|
| 1  | home        | 机器人的初始位置点   | 需示教 |
| 2  | xipan_tool  | 吸盘工具的 TCP   | 需建立 |
| 3  | banyun_wobj | 工件坐标系       | 需建立 |
| 4  | by_qu_1     | 吸取第一个图块的位置点 | 需示教 |

6.1.4 设定输出信号

根据机器人搬运过程中使用的工具设定输出信号，搬运输出信号如表 6-2 所示。

表 6-2 搬运输出信号

| 输出信号        | 功能说明       |
|-------------|------------|
| D652_10_DO2 | 吸盘工具开闭     |
| D652_10_DO3 | 机器人手爪气缸电磁阀 |

6.1.5 编写机器人搬运程序

根据工作任务的要求和程序流程图，搬运单元的程序由一个主程序 main() 和若干个子程序组成，子程序分别为“by\_banyun()”、“by\_sankuai()”，搬运子程序建立如图 6-4 所示。

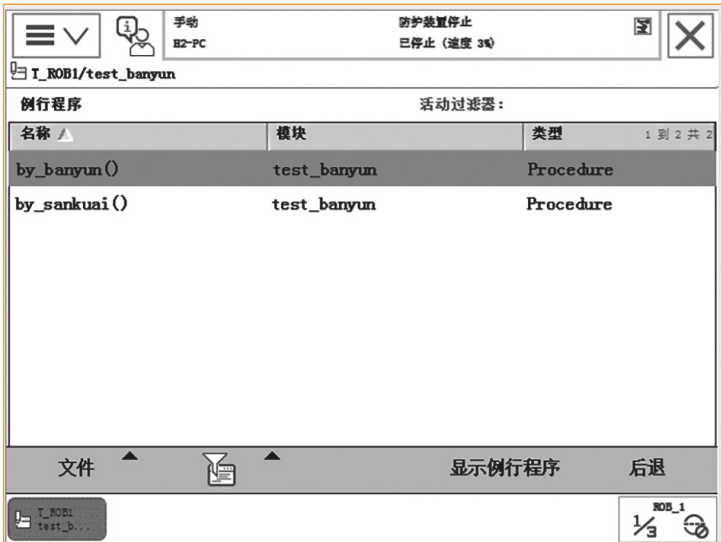


图 6-4 搬运子程序

1. 编写主程序 main()

在编写“main()”主程序时，我们只需要调用“by\_banyun()”子程序即可，参考程序如下：

```
PROC main()  
    by_banyun;           // 调用 "by_banyun()" 子程序  
ENDPROC
```

2. 编写搬运程序 by\_banyun()

在编写“by\_banyun()”搬运程序时，按照机器人的运动过程依次调用 3 个子程序，

参考程序如下:

```
PROC by_banyun()
  xipan_qu;           // 调用 "xipan_qu()" 子程序, 夹取吸盘工具
  by_sankuai;         // 调用 "by_sankuai()" 子程序, 搬运三个图块
  xipan_fang;         // 调用 "xipan_fang()" 子程序, 放置吸盘工具
ENDPROC
```

### 3. 编写搬运三个图块程序 by\_sankuai()

在编写搬运三个图块程序时, 使用 FOR 循环指令, 经过三次循环, 就可依次搬运三个图块 (图块 1、2、3 或图块 4、5、6 或图块 7、8、9)。变量  $i$  作为计数循环的次数, 每执行一次 FOR 循环,  $i$  的值加 1, 第  $i$  个图块搬运点的偏移量算法为 “Offs (by\_qu\_1, 0, (i-1)\*30, 0)” (相邻两个图块之间 Y 方向的偏移量为 30 mm)。下面以取放 1 号图块的过程为例, 说明 FOR 循环程序的编写思路。当  $i$  的值为 1 时, 在工件坐标系 “banyun\_wobj” 下, 1 号图块吸取点的坐标即为 “by\_qu\_1” 点的坐标。因为从吸取点到放置点 Y 方向的偏移量为 120 mm, 所以 1 号图块放置点坐标是在 “by\_qu\_1” 点的 Y 轴方向偏移 120 mm, 则放置点的算法为 “Offs (by\_qu\_1, 0, (i-1)\*30+120, 0)”。当  $i$  的值为 2 时, 则搬运 2 号图块; 当  $i$  的值为 3 时, 则搬运 3 号图块。参考程序如下:

```
PROC by_sankuai()
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
  FOR i FROM 1 TO 3                      // FOR 循环三次, 搬运三个图块
    MoveJ Offs(by_qu_1, 0, (i-1)*30, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=banyun_wobj;
                                          // 机器人移动至吸取第 i 块图块正上方 50 mm 处
    MoveL Offs(by_qu_1, 0, (i-1)*30, 0), v200, fine, xipan_tool\wobj:=banyun_wobj;
                                          // 机器人移动至吸取第 i 块图块的位置
    Set D652_10_DO2;                     // 打开吸盘, 吸取图块
    WaitTime 0.5s;                        // 等待 0.5 s
    MoveL Offs(by_qu_1, 0, (i-1)*30, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=banyun_wobj;
                                          // 机器人移动至吸取第 i 块图块正上方 50 mm 处
    MoveJ Offs(by_qu_1, 0, (i-1)*30+120, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=banyun_wobj;
                                          // 机器人移动至放置第 i 块图块正上方 50 mm 处
    MoveL Offs(by_qu_1, 0, (i-1)*30+120, 0), v200, fine, xipan_tool\wobj:=banyun_wobj;
                                          // 机器人移动至放置第 i 块图块的位置
    Reset D652_10_DO2;                    // 关闭吸盘, 放置图块
    WaitTime 0.5s;                        // 等待 0.5 s
    MoveL Offs(by_qu_1, 0, (i-1)*30+120, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=banyun_wobj;
                                          // 机器人移动至放置第 i 块图块正上方 50 mm 处
  ENDFOR
ENDPROC
```



## 任务实施

请根据任务 6.1 的学习内容, 完成表 6-3 所示的任务书。

表 6-3 任务书 – 工业机器人搬运程序编制与调试

|                                                |                                                                                       |      |       |        |        |        |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|--------|--------|--------|
| 任务名称                                           | 工业机器人搬运程序编制与调试                                                                        |      |       |        |        |        |
| 小组成员                                           |                                                                                       |      |       |        |        |        |
| 指导教师                                           |                                                                                       | 实施时间 |       |        |        |        |
| 任务内容                                           |                                                                                       |      |       |        |        |        |
| 将左侧标有数字 1 ～ 9 的图块搬运至安装板右侧对应位置，然后从右侧再逐个搬回左侧对应位置 |                                                                                       |      |       |        |        |        |
| 考核要求                                           |                                                                                       |      |       |        |        |        |
| 评价项目                                           | 任务准备                                                                                  | 完成质量 | 参与主动性 | 展示汇报效果 | 团队合作意识 | 6S管理意识 |
| 学生自评                                           |                                                                                       |      |       |        |        |        |
| 小组互评                                           |                                                                                       |      |       |        |        |        |
| 教师评价                                           |                                                                                       |      |       |        |        |        |
| 任务准备                                           |                                                                                       |      |       |        |        |        |
| 学习资料                                           | 1. 工业机器人实训考核平台操作说明书；<br>2. 工业机器人实训室安全操作规范；<br>3. 在线开放课程“工业机器人应用编程职业技能等级认证”(学银在线) 相关内容 |      |       |        |        |        |
| 设备名称                                           | 工业机器人实训考核平台（ABB-IRB120）                                                               |      |       |        |        |        |

## 任务 6.2

## 认识工业机器人装配程序



## 知识准备

本任务通过对装配模块的编程熟悉机器人程序编制及 I/O 指令的使用，在工业机器人装配模块上，对工业机器人进行现场综合应用编程。装配模块由一个黄色图块，一个蓝色图块、一个红色图块和一个盒子组成，如图 6-5 所示，通过编程，由机器人将黄、蓝、红三色的图块依次放进盒子里，最后将盖子装配好，实现完整的装配流程。

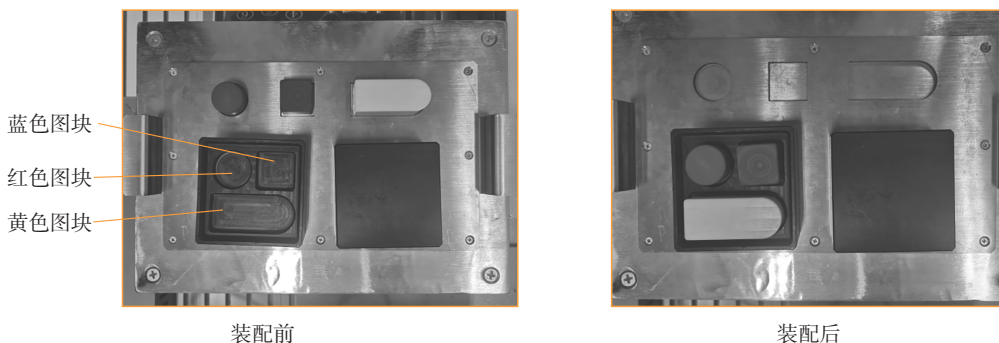


图 6-5 装配模块

### 6.2.1 设计装配程序流程

根据机器人装配任务的要求设计机器人装配程序流程,如图 6-6 所示。

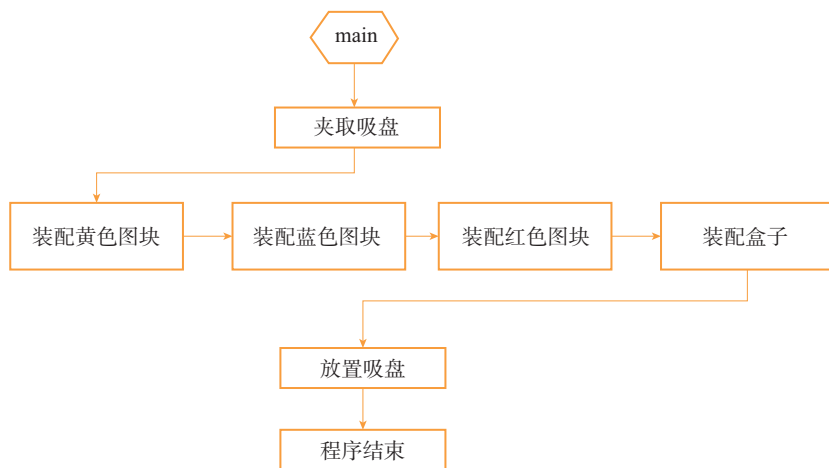


图 6-6 机器人装配程序流程

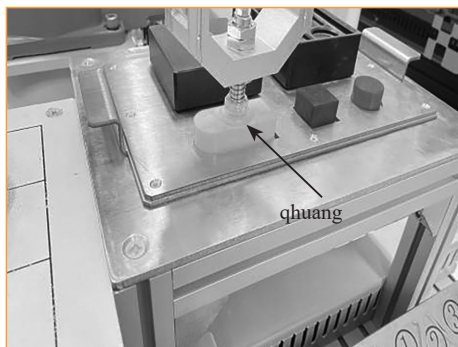
### 6.2.2 装配工作过程

装配模块的工作任务是将工件搬运到盒子里。首先将黄、蓝、红三个图块搬运到盒体的对应位置,然后再把盒盖盖在盒体上,完成装配,这个过程可以分为 4 个步骤。

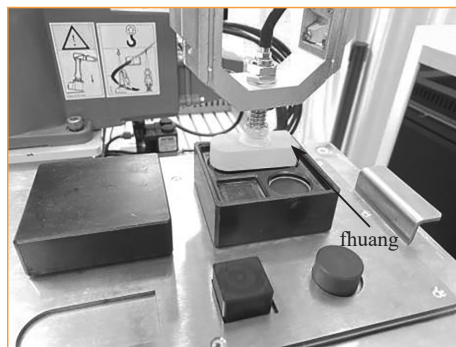
- (1) 系统手动复位:手动操作示教器将工业机器人返回至工作原点。
- (2) 夹取吸盘工具:将示教器切换到自动运行模式,工业机器人从工作原点自动夹取吸盘工具,完成后机器人返回工作原点。
- (3) 黄、蓝、红色图块装配:工业机器人先吸取黄色图块,再将图块放置在盒体长方形槽内,之后机器人回到原点。接着,再依次参照装配黄色图块的程序将蓝色和红色图块放在对应位置,最后,再把盒盖装配到盒体。(注意:吸取和放置图块时都需要设置过渡点,可用“Offs”指令实现。)
- (4) 放置吸盘工具:实现完整的装配流程后,机器人自动将吸盘工具放入工具快换装置并返回工作原点位置。

### 6.2.3 设定装配程序示教点

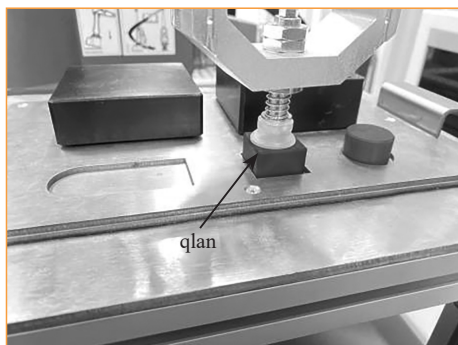
根据机器人的运行轨迹可确定其运动所需的示教点,如图 6-7 所示,图中黄色图块、蓝色图块、红色图块、盒子这四个部件,都各自有 2 个点需要示教,分别是取示教点和放示教点。



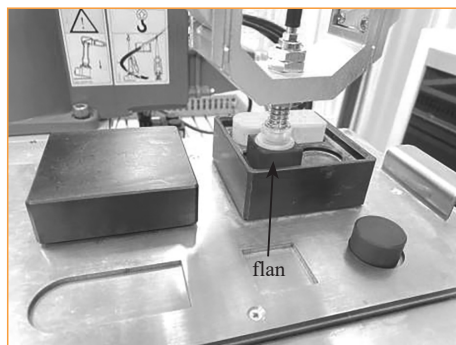
取黄件示教点



放黄件示教点



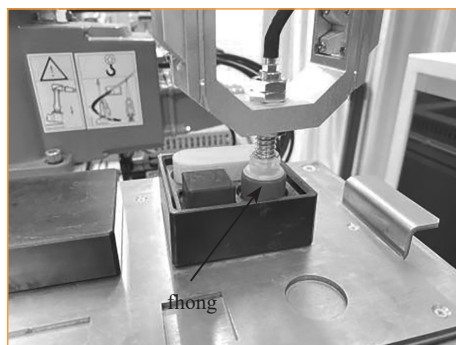
取蓝件示教点



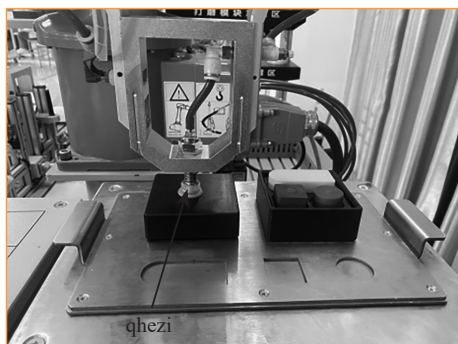
放蓝件示教点



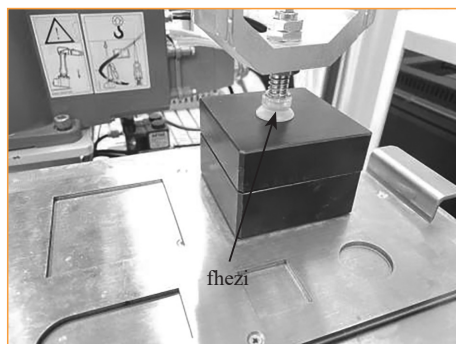
取红件示教点



放红件示教点



取盒子示教点



放盒子示教点

图 6-7 装配示教点图

通过图 6-7 梳理出装配示教点，如表 6-4 所示。

表 6-4 装配示教点

| 序号 | 位置点和坐标系    | 功能说明       | 备注  |
|----|------------|------------|-----|
| 1  | home       | 机器人装配初始位置点 | 需示教 |
| 2  | xipan_tool | 吸盘夹具的 TCP  | 需建立 |
| 3  | zp_wobj    | 装配的工件坐标系   | 需建立 |
| 4  | qhuang     | 黄色图块吸取位置点  | 需示教 |
| 5  | fhuang     | 黄色图块放置位置点  | 需示教 |
| 6  | qlan       | 蓝色图块吸取位置点  | 需示教 |
| 7  | flan       | 蓝色图块放置位置点  | 需示教 |
| 8  | qhong      | 红色图块吸取位置点  | 需示教 |
| 9  | fhong      | 红色图块放置位置点  | 需示教 |
| 10 | qhezi      | 盒子吸取位置点    | 需示教 |
| 11 | fhezi      | 盒子放置位置点    | 需示教 |

## 6.2.4 设定装配输出信号

根据机器人装配过程中使用的工具设定输出信号，装配输出信号如表 6-5 所示。

表 6-5 装配输出信号

| 输出信号        | 功能说明       |
|-------------|------------|
| D652_10_DO2 | 吸盘工具开闭     |
| D652_10_DO3 | 机器人手爪气缸电磁阀 |

## 6.2.5 编写机器人装配程序

根据工作任务的要求和程序流程图，装配单元的程序由一个主程序（main）和若干个子程序组成，子程序分别为“xipan\_qu”“xipan\_fang”“zp\_huangkuai”“zp\_lankuai”“zp\_hongkuai”“zp\_hezi”，程序建立如图 6-8 所示。

### 1. 编写主程序

编写主程序，在“main”程序中，只需调用各个子程序即可，参考程序如下：

```
PROC main()
  xipan_qu;           // 调用 "xipan_qu" 子程序，夹取吸盘
  zp_huangkuai;       // 调用 "zp_huangkuai" 子程序，装配黄色图块
  zp_lankuai;         // 调用 "zp_lankuai" 子程序，装配蓝色图块
  zp_hongkuai;        // 调用 "zp_hongkuai" 子程序，装配红色图块
  zp_hezi;            // 调用 "zp_hezi" 子程序，装配盒子
  xipan_fang;         // 调用 "xipan_fang" 子程序，放置吸盘
ENDPROC
```

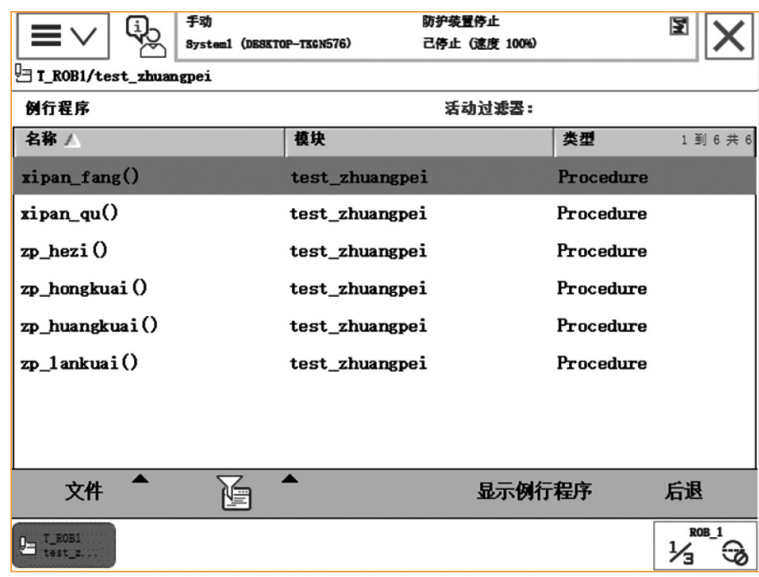


图 6-8 装配程序组成

## 2. 编写装配黄色图块程序

编写装配黄色图块程序（zp\_huangkuai），根据示教点图片，在工具坐标 zp\_wobj 下，按照机器人运动示教点的顺序编写程序，先吸取黄色图块，再放置图块，最后机器人回到 home 点，参考程序如下：

```
PROC zp_huangkuai()
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
  MoveJ Offs(qhuang, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
  // 机器人移动至吸取黄色图块正上方 50 mm 处
  MoveLqhuang, v200, fine, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
  // 机器人移动至吸取黄色图块的位置
  Set D652_10_DO2; // 打开吸盘，吸取图块
  WaitTime 0.5s; // 等待 0.5 s
  MoveL Offs(qhuang, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
  // 机器人移动至吸取黄色图块正上方 50 mm 处
  MoveJ Offs(fhuang, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
  // 机器人移动至放置黄色图块正上方 50 mm 处
  MoveLfhuang, v200, fine, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
  // 机器人移动至放置黄色图块的位置
  Reset D652_10_DO2; // 关闭吸盘，放置图块
  WaitTime 0.5s; // 等待 0.5 s
  MoveL Offs(fhuang, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
  // 机器人移动至放置黄色图块正上方 50 mm 处
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
ENDPROC
```

## 3. 编写装配蓝色图块程序

参照装配黄色图块的程序编写装配蓝色图块程序（zp\_lankuai），参考程序如下：

```

PROC zp_lankuai()
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
  MoveJ Offs(qlan, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至吸取蓝色图块正上方 50 mm 处
  MoveLqlan, v200, fine, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至吸取蓝色图块的位置
  Set D652_10_DO2;                  // 打开吸盘, 吸取图块
  WaitTime 0.5s;                    // 等待 0.5 s
  MoveL Offs(qlan, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至吸取蓝色图块正上方 50 mm 处
  MoveJ Offs(flan, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至放置蓝色图块正上方 50 mm 处
  MoveL flan, v200, fine, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至放置蓝色图块的位置
  Reset D652_10_DO2;                // 关闭吸盘, 放置图块
  WaitTime 0.5s;                    // 等待 0.5 s
  MoveL Offs(flan, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至放置蓝色图块正上方 50 mm 处
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
ENDPROC

```

#### 4. 编写装配红色图块程序

参照装配黄色图块的程序编写装配红色图块程序 (zp\_hongkuai), 参考程序如下:

```

PROC zp_hongkuai()
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
  MoveJ Offs(qhong, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至吸取红色图块正上方 50 mm 处
  MoveLqhong, v200, fine, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至吸取红色图块的位置
  Set D652_10_DO2;                  // 打开吸盘, 吸取图块
  WaitTime 0.5s;                    // 等待 0.5 s
  MoveL Offs(qhong, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至吸取红色图块正上方 50 mm 处
  MoveJ Offs(fhong, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至放置红色图块正上方 50 mm 处
  MoveLfhong, v200, fine, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至放置红色图块的位置
  Reset D652_10_DO2;                // 关闭吸盘, 放置图块
  WaitTime 0.5s;                    // 等待 0.5 s
  MoveL Offs(fhong, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
                                     // 机器人移动至放置红色图块正上方 50 mm 处
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
ENDPROC

```

#### 5. 编写装配盒子程序

参照装配黄色图块的程序编写装配盒子程序 (zp\_hezi), 参考程序如下:

```

PROC zp_hezi()
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点;

```

```

MoveJ Offs(qhezi, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
// 机器人移动至吸取盒子正上方 50 mm 处
MoveLqhezi, v200, fine, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
// 机器人移动至吸取盒子的位置
Set D652_10_DO2;
// 打开吸盘, 吸取图块
WaitTime 0.5s;
// 等待 0.5 s
MoveL Offs(qhezi, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
// 机器人移动至吸取盒子正上方 50 mm 处
MoveJ Offs(fhezi, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
// 机器人移动至放置盒子正上方 50 mm 处
MoveLfhezi, v200, fine, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
// 机器人移动至放置盒子的位置
Reset D652_10_DO2;
// 关闭吸盘, 放置图块
WaitTime 0.5s;
// 等待 0.5 s
MoveL Offs(fhezi, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=zp_wobj;
// 机器人移动至放置盒子正上方 50 mm 处
MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
ENDPROC

```



## 任务实施

请根据任务 6.2 的学习内容, 完成表 6-6 所示的任务书。

表 6-6 任务书 – 工业机器人装配程序编制与调试

|                                          |                                                                                      |      |       |        |        |        |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|--------|--------|--------|
| 任务名称                                     | 工业机器人装配程序编制与调试                                                                       |      |       |        |        |        |
| 小组成员                                     |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 指导教师                                     |                                                                                      | 实施时间 |       |        |        |        |
| 任务内容                                     |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 机器人将黄、蓝、红三色的图块依次放进盒子里，最后将盖子装配好，实现完整的装配流程 |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 考核要求                                     |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 评价项目                                     | 任务准备                                                                                 | 完成质量 | 参与主动性 | 展示汇报效果 | 团队合作意识 | 6S管理意识 |
| 学生自评                                     |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 小组互评                                     |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 教师评价                                     |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 任务准备                                     |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 学习资料                                     | 1. 工业机器人实训考核平台操作说明书；<br>2. 工业机器人实训室安全操作规范；<br>3. 在线开放课程“工业机器人应用编程职业技能等级认证”（学银在线）相关内容 |      |       |        |        |        |
| 设备名称                                     | 工业机器人实训考核平台（ABB-IRB120）                                                              |      |       |        |        |        |

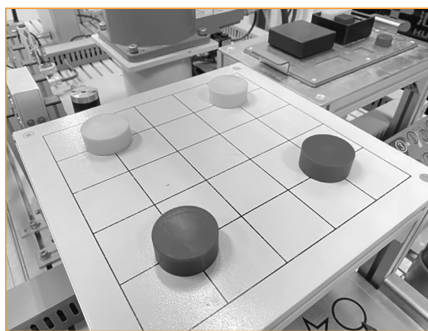
## 任务 6.3

## 认识工业机器人码垛程序



## 知识准备

工业机器人在码垛行业有着相当广泛的应用。在码垛行业具有运作灵活精准、快速高效、稳定性高，作业效率高等特点，大大节省了劳动力和节省空间。本任务是过编制工业机器人码垛程序与调试，掌握码垛编程的技巧。图 6-9 为码垛模块。在码垛盘四个角上分别放有两个黄色和两个红色的图块，通过编程使机器人将四个角上的图块依次搬运至码垛盘中心位置，完成码垛任务。



码垛前的工件位置



码垛后的工件位置

图 6-9 码垛模块

## 6.3.1 设计码垛程序流程

根据机器人码垛任务的要求设计机器人码垛程序流程图，如图 6-10 所示。

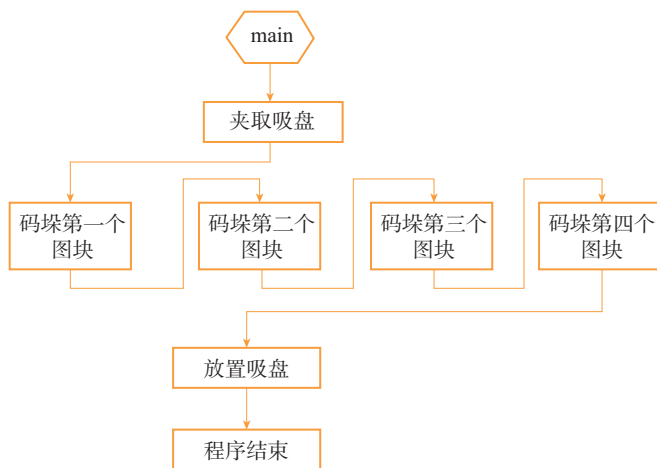


图 6-10 机器人码垛程序流程图

### 6.3.2 设定码垛示教点

根据机器人的运行轨迹可确定其运动所需的示教点，图 6-11 为取图块示教点和放图块示教点。

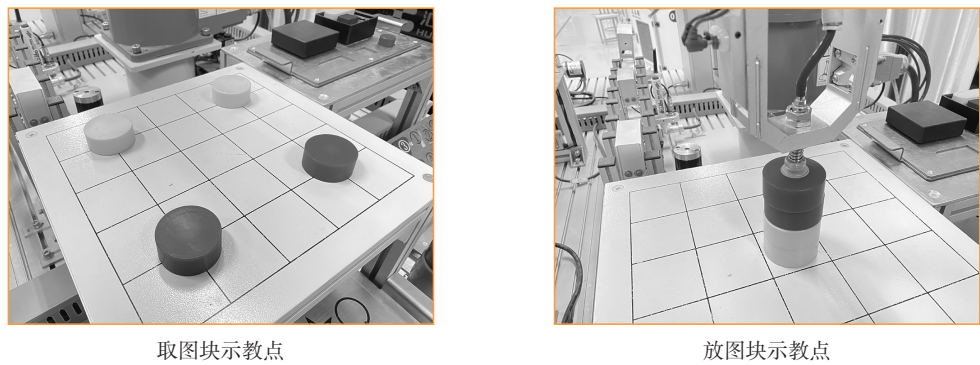


图 6-11 机器人码垛示教点

通过图 6-11 梳理出码垛示教点，如表 6-7 所示。

表 6-7 机器人码垛示教点

| 序号 | 位置名称       | 功能说明       | 备注  |
|----|------------|------------|-----|
| 1  | home       | 机器人码垛初始位置点 | 需示教 |
| 2  | xipan_tool | 吸盘工具的 TCP  | 需建立 |
| 3  | maduo_wobj | 码垛的工件坐标系   | 需建立 |
| 4  | qu_1       | 吸取第一个图块位置点 | 需示教 |
| 5  | qu_2       | 吸取第二个图块位置点 | 需示教 |
| 6  | qu_3       | 吸取第三个图块位置点 | 需示教 |
| 7  | qu_4       | 吸取第四个图块位置点 | 需示教 |
| 8  | fang_1     | 放置第一个图块位置点 | 需示教 |

### 6.3.3 编写机器人码垛程序

根据码垛工作任务的要求和程序流程图，码垛单元的程序由一个主程序（main）和若干个子程序组成，程序清单如表 6-8 所示。

表 6-8 码垛程序清单

| 序号 | 程序名称     | 程序功能    | 序号 | 程序名称       | 程序功能    |
|----|----------|---------|----|------------|---------|
| 1  | main     | 主程序     | 5  | md_di_3    | 码垛第三个图块 |
| 2  | xipan_qu | 夹取吸盘工具  | 6  | md_di_4    | 码垛第四个图块 |
| 3  | md_di_1  | 码垛第一个图块 | 7  | xipan_fang | 放置吸盘工具  |
| 4  | md_di_2  | 码垛第二个图块 |    |            |         |

### 1. 编写主程序

编写主程序，在“main”程序中，只需调用各个子程序即可，参考程序如下：

```
PROC main()
  xipan_qu;           // 调用 "xipan_qu" 子程序，夹取吸盘
  md_di_1;            // 调用 "md_di_1" 子程序，码垛第一个图块
  md_di_2;            // 调用 "md_di_2" 子程序，码垛第二个图块
  md_di_3;            // 调用 "md_di_3" 子程序，码垛第三个图块
  md_di_4;            // 调用 "md_di_4" 子程序，码垛第四个图块
  xipan_fang;         // 调用 "xipan_fang" 子程序，放置吸盘
ENDPROC
```

### 2. 编写码垛第一个图块程序

编写码垛第一个图块程序 (md\_di\_1)，需要在工具坐标“mado\_wobj”下，把第一个图块码垛移动至第一点码垛的位置，参考程序如下：

```
PROC md_di_1()
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
  MoveJ Offs(qu_1, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=mado_wobj;
  // 机器人移动至吸取第 1 块图块正上方 50 mm 处
  MoveL qu_1, v200, fine, xipan_tool\wobj:=mado_wobj;
  // 机器人移动至吸取第 1 块图块的位置
  Set D652_10_DO2; // 打开吸盘，吸取图块
  WaitTime 0.5s; // 等待 0.5 s
  MoveL Offs(qu_1, 0, 0, 50), v200, z0, xipan_tool\wobj:=mado_wobj;
  // 机器人移动至吸取第 1 块图块正上方 50 mm 处
  MoveJ Offs(fang_1, 0, 0, 120), v200, z0, xipan_tool\wobj:=mado_wobj;
  // 机器人移动至放置第 1 块图块正上方 120 mm 处
  MoveL fang_1, v200, fine, xipan_tool\wobj:=mado_wobj;
  // 机器人移动至放置第 1 块图块的位置
  Reset D652_10_DO2; // 关闭吸盘，放置图块
  WaitTime 0.5s; // 等待 0.5 s
  MoveL Offs(fang_1, 0, 0, 120), v200, z0, xipan_tool\wobj:=mado_wobj;
  // 机器人移动至放置第 1 块图块正上方 120 mm 处
  MoveAbsJ home, v200, fine, xipan_tool; // 机器人回到 home 点
ENDPROC
```

### 3. 编写码垛第二、第三、第四个图块程序

第二个图块吸取点位置为 qu\_2，放置点位置相对点“fang\_1”只在 Z 轴平移了 20 mm 的距离。

第三个图块吸取点位置为 qu\_3，放置点位置相对点“fang\_1”只在 Z 轴平移了 40 mm 的距离。

第四个图块吸取点位置为 qu\_4，放置点位置相对点“fang\_1”只在 Z 轴平移了 60 mm 的距离。

程序格式参考 md\_di\_1()，此处不再赘述。



任务实施

请根据任务 6.2 的学习内容，完成表 6-9 所示的任务书。

表 6-9 任务书 – 工业机器人码垛程序编制与调试

|                                       |                                                                                      |      |       |        |        |        |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|--------|--------|--------|
| 任务名称                                  | 工业机器人码垛程序编制与调试                                                                       |      |       |        |        |        |
| 小组成员                                  |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 指导教师                                  |                                                                                      | 实施时间 |       |        |        |        |
| 任务内容                                  |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 编程使机器人将码垛模块四个角上的图块依次搬运至码垛盘中心位置，完成码垛流程 |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 考核要求                                  |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 评价项目                                  | 任务准备                                                                                 | 完成质量 | 参与主动性 | 展示汇报效果 | 团队合作意识 | 6S管理意识 |
| 学生自评                                  |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 小组互评                                  |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 教师评价                                  |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 任务准备                                  |                                                                                      |      |       |        |        |        |
| 学习资料                                  | 1. 工业机器人实训考核平台操作说明书；<br>2. 工业机器人实训室安全操作规范；<br>3. 在线开放课程“工业机器人应用编程职业技能等级认证”（学银在线）相关内容 |      |       |        |        |        |
| 设备名称                                  | 工业机器人实训考核平台（ABB-IRB120）                                                              |      |       |        |        |        |

拓展阅读

大国工匠方文墨：打磨“飞鲨”零件的“80后”

方文墨的工作是为歼-15 舰载机加工高精度零件，加工精度挑战着世界级水平。在工业化时代，尽管大多数零件都可以自动化生产了，但是有的战机零件因为数量少、加工精度高、难度大，还是需要手工打磨。所以精湛的锉磨手艺是钳工的必备功夫。教科书上，手工锉削精度极限是千分之十毫米。而方文墨加工的精度达到了千分之三毫米，相当于头发丝的二十五分之一，这是数控机床都很难达到的精度。中航工业将这一精度命名为——“文墨精度”。歼-15 舰载机一些高精度的细小零件加工尤为烦琐。一个看起来并不起眼的电缆铜接头，需要打出一个 1.4 毫米的小孔，但加工时产生的铜屑总有飞溅残留的概率，这就可能引发电路短路，甚至导致机毁人亡。

如何消除铜屑残留，成了关系工作成败的大事。方文墨反复研究后发现，徒弟们的加工方法没错，出现铜屑残留是模具的设计和工艺存在问题。他一遍遍

琢磨，对铜接头的工艺流程和生产模具进行深度改进，不仅解决了铜屑残留的麻烦，工作效率也提高了四倍。几天之后，方文墨班组按时按量交出了百分之百合格的铜接头零件。方文墨整个工作历程都是在不间断、不懈怠的自我超越中走过的。在参加工作不到 13 年的时间里，方文墨改进工艺方法 60 多项，自制新型工具 100 多件，整理了 20 多万字的钳工技术资料。这是方文墨自身技术进步的最佳实证，是人生境界的扎实跨进。

今天，歼-15 舰载机上，有近 70% 的标准件是方文墨所在的工厂生产的，那些担当大任的小零件，是方文墨和工友们的智慧与汗水的结晶。他们助力中国战机一飞冲天，惊艳世界。在全球军机发展背景下看待中国歼-15 舰载战机，都堪称奇迹。

(内容来源：央视系列节目《大国工匠》，有删改)



## 思考与练习

### 一、选择题

- 在示教器的 ( ) 可以定义工件坐标系。
  - 系统信息窗口
  - 手动操纵窗口
  - 程序编辑器窗口
  - 控制面板窗口
- 使用 ABB 机器人编程过程中，模块列表中的 BASE 是 ( ) 类型。
  - 系统参数
  - 系统模块
  - 程序模块
  - 程序参数
- 在调试程序时，先应该进行 ( ) 调试，然后再进行连续运行调试。
  - 自动运行
  - 循环运行
  - 单步运行
  - 单程序完整运行
- 在 ( ) 中可以创建 I/O 信号。
  - Signal
  - System Output
  - System Input
  - DeviceNet Device
- 在码垛模块中，第四个图块吸取点位置为 qu\_4，放置点位置相对点 fang\_1 只在 Z 轴平移了 ( ) 的距离。
  - 20 mm
  - 40 mm
  - 60 mm
  - 80 mm

6. 开闭吸盘工具时使用的数字输出信号是 ( )。

A. D652\_10\_DO1

B. D652\_10\_DO2

C. D652\_10\_DO3

D. D652\_10\_DO4

## 二、判断题

1. 在装配模块中, 编写机器人装配程序时, 吸取图块和放置图块前都需要设置过渡点。( )

2. 在搬运模块中, 打开吸盘吸取图块和关闭吸盘放置图块后都需要设置等待时间。( )

3. FOR 是编程语言中常用的循环指令, 是无限次数的循环。( )

## 三、实操题

1. 将搬运模块中左侧标有数字 1 ~ 3 的图块由机器人搬运至安装板右侧对应位置, 完成搬运任务。

2. 将装配模块中黄、蓝、红三色的工件由机器人依次放进盒子里, 最后将盖子装配好, 完成装配任务。

3. 将码垛模块中放置在四个角的图块依次搬运至码垛盘中心位置, 完成码垛任务。