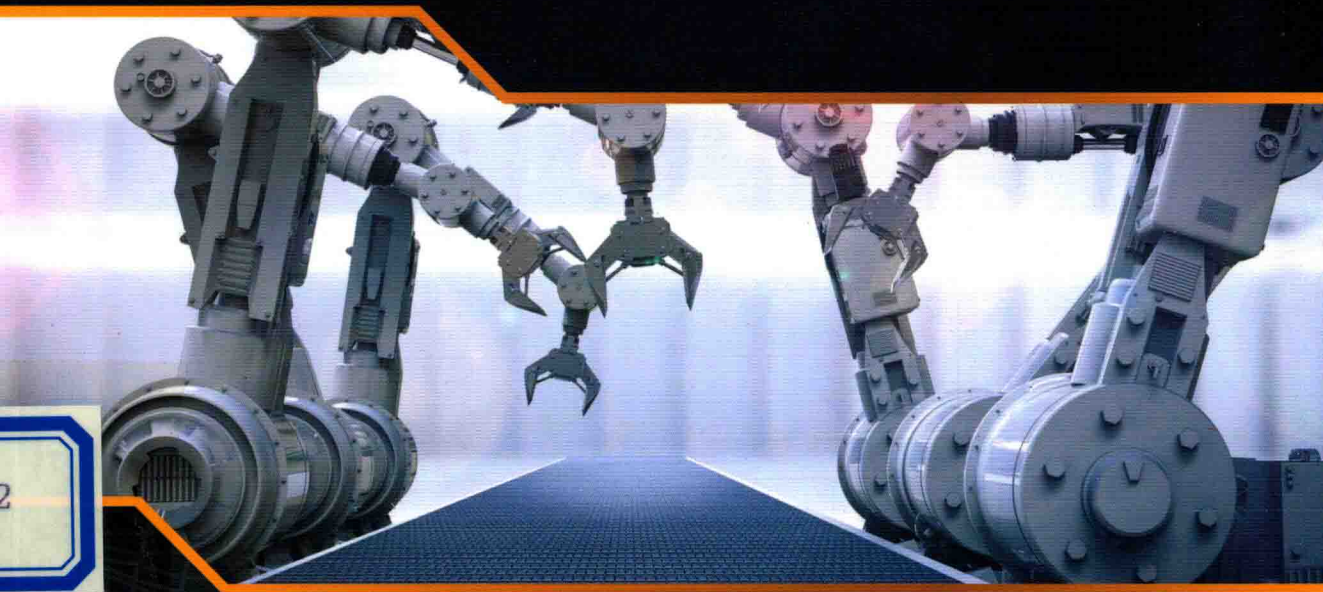


▶ 高等职业教育“十三五”规划教材 ◀

(工业机器人技术专业)

# 工业机器人 技术应用 (ABB)

主 编 ◆ 卢玉锋 胡月霞  
副主编 ◆ 张丽娟 刘艳春 张晓燕



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

高等职业教育“十三五”规划教材（工业机器人技术专业）

# 工业机器人技术应用（ABB）

主 编 卢玉锋 胡月霞

副主编 张丽娟 刘艳春 张晓燕



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书以 ABB 六自由度工业机器人为载体,以西门子 S7-1200 和 MCGS 触摸屏为控制系统,通过搬运码垛、激光雕刻和机器人焊接三个体现企业真实场景和工作过程的生产实训项目,将机器人技术应用的学习融入到典型应用的实训项目中实现,激发学生学习机器人应用技术的兴趣,培养学生工业机器人技术应用方面的实践能力和创新能力。

本书内容由易到难、由浅入深、图文并茂、实操性强,可作为中高等职业技术学院工业机器人技术、机电一体化技术、电气自动化技术、数控技术等相关专业的教学用书,也可作为从事工业机器人技术应用相关工作工程技术人员的培训和自学用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

工业机器人技术应用: ABB / 卢玉锋, 胡月霞主编  
— 北京: 中国水利水电出版社, 2019.3  
高等职业教育“十三五”规划教材. 工业机器人技术专业  
ISBN 978-7-5170-7575-2

I. ①工… II. ①卢… ②胡… III. ①工业机器人—  
高等职业教育—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第056758号

策划编辑: 陈红华 责任编辑: 张玉玲 封面设计: 梁 燕

书 名	高等职业教育“十三五”规划教材(工业机器人技术专业) 工业机器人技术应用(ABB) GONGYE JIQIREN JISHU YINGYONG(ABB)
作 者	主 编 卢玉锋 胡月霞 副主编 张丽娟 刘艳春 张晓燕
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658(营销中心)、82562819(万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河航远印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.75印张 314千字
版 次	2019年3月第1版 2019年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	35.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 前 言

当前,随着我国劳动力成本快速上涨,人口红利逐渐消失,生产方式向柔性、智能、精细转变,构建以智能制造为根本特征的新型制造体系迫在眉睫,对工业机器人的需求将呈现大幅增长。工业机器人技术应用是实现智能制造、工业自动化的关键所在。目前,工业机器人技术应用已经成为新时代工业机器人技术、机电一体化技术、电气自动化技术、数控技术等专业的核心课程。

本书以 ABB 六自由度工业机器人为载体,以西门子 S7-1200 和 MCGS 触摸屏为控制系统,设计了 3 个体现企业真实场景和工作过程的典型生产实训项目。项目 1 工业机器人搬运实训系统应用,主要介绍工业机器人搬运工作站的整体认知和 ABB 六自由度工业机器人 IRB120 的使用、信号配置、程序设计和运行调试,通过编写 S7-1200PLC 控制程序和 MCGS 组态软件编程,操作人机界面 MCGS 触摸屏上的按钮,工业机器人实现对 3 种不同材质的工件进行分类搬运入库;项目 2 工业机器人雕刻实训系统应用,主要介绍工业机器人雕刻实训系统的整体认知,ABB 六自由度工业机器人 IRB1410 的使用、信号配置、程序设计和运行调试,激光雕刻软件的使用,通过编写 S7-1200PLC 控制程序和 MCGS 组态软件编程,操作人机界面 MCGS 触摸屏上的按钮,工业机器人完成在金属薄片上对文字、图形图像的激光雕刻;项目 3 工业机器人焊接实训系统应用,主要介绍工业机器人焊接工作站的整体认知、工业机器人焊接系统、机器人焊接基础知识、焊接工作站仿真、机器人焊接程序设计等,通过对焊机的参数设置与调试,工业机器人完成对不同材质、不同厚度钢板的焊接实训。

本书中的每个项目由不同的任务构成,每个任务由任务描述、任务分析、任务目标、相关知识、任务示范、技能实训、知识拓展和思考与练习 8 个部分组成。学生需要明确任务目标,通过任务描述对任务进行分析讨论,掌握完成任务的相关知识。教师通过引导学生在课堂上完成任务来进行教学,体现一体化教学中的“做中学”,以达到学习和掌握知识技能的目的,技能实训则是对学生“学中做”的技能测评。拓展提高部分是为学习能力强的学生进一步掌握更高技能而设计的,思考与练习是平时实训过程中常见的问题,巩固所学技能。

本书的任务示范均已经过实践验证。

本书由包头轻工职业技术学院的卢玉锋、胡月霞任主编,包头轻工职业技术学院的张丽娟、刘艳春、张晓燕任副主编。具体编写分工如下:张丽娟编写项目 1;卢玉锋编写项目 2 中的任务 2 至任务 4 和项目 3 中的任务 4,并对全书项目进行设计、统稿等;胡月霞编写项目 3 中的任务 2 和任务 3;刘艳春编写项目 3 中的任务 1;张晓燕编写项目 2 中的任务 1;包头轻工职业技术学院的卢尚工、包钢钢管公司的王志彬参与了本书的部分编写工作。本书由张云龙教授主审,他对教材的编写提出了宝贵建议和意见。在本书编写过程中,上海 ABB 工程有限公司、天津博诺机器人有限公司和江苏汇博机器人技术有限公司的工程师们提供了有关技术数据和资料,中国水利水电出版社对本书的出版提供大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

限于编者的经验和水平以及编写时间的限制,书中难免存在疏漏甚至错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2019 年 2 月

# 目 录

## 前言

项目 1 工业机器人搬运实训系统应用 .....	1	【相关知识】 .....	49
任务 1 工业机器人搬运工作站整体认知 .....	2	【任务示范】 .....	49
【任务描述】 .....	2	【技能实训】 .....	50
【任务分析】 .....	2	【知识拓展】 .....	50
【任务目标】 .....	3	【思考与练习】 .....	51
【相关知识】 .....	3	项目 2 工业机器人雕刻实训系统应用 .....	52
【任务示范】 .....	5	任务 1 工业机器人雕刻工作站整体认知 .....	53
【技能实训】 .....	5	【任务描述】 .....	53
【知识拓展】 .....	6	【任务分析】 .....	53
【思考与练习】 .....	8	【任务目标】 .....	53
任务 2 搬运工作站机器人系统程序设计 .....	8	【相关知识】 .....	53
【任务描述】 .....	8	【任务示范】 .....	58
【任务分析】 .....	8	【技能实训】 .....	61
【任务目标】 .....	8	【知识拓展】 .....	61
【相关知识】 .....	8	【思考与练习】 .....	62
【任务示范】 .....	17	任务 2 雕刻工作站机器人系统程序设计 .....	63
【技能实训】 .....	28	【任务描述】 .....	63
【知识拓展】 .....	28	【任务分析】 .....	63
【思考与练习】 .....	29	【任务目标】 .....	64
任务 3 搬运工作站 PLC 与触摸屏控制程序设计 .....	29	【相关知识】 .....	65
【任务描述】 .....	29	【任务示范】 .....	66
【任务分析】 .....	29	【技能实训】 .....	83
【任务目标】 .....	29	【知识拓展】 .....	84
【相关知识】 .....	30	【思考与练习】 .....	84
【任务示范】 .....	36	任务 3 雕刻工作站雕刻软件程序设计 .....	85
【技能实训】 .....	46	【任务描述】 .....	85
【知识拓展】 .....	46	【任务分析】 .....	85
【思考与练习】 .....	48	【任务目标】 .....	85
任务 4 工业机器人搬运工作站系统运行调试 .....	49	【相关知识】 .....	85
【任务描述】 .....	49	【任务示范】 .....	89
【任务分析】 .....	49	【技能实训】 .....	94
【任务目标】 .....	49	【知识拓展】 .....	94
		【思考与练习】 .....	95

任务 4 工业机器人雕刻工作站系统运行	【任务示范】	148
调试	【技能实训】	166
【任务描述】	【知识拓展】	166
【任务分析】	【思考与练习】	167
【任务目标】	任务 3 焊接工作站机器人仿真程序设计	167
【相关知识】	【任务描述】	167
【任务示范】	【任务分析】	167
【技能实训】	【任务目标】	168
【知识拓展】	【相关知识】	168
【思考与练习】	【任务示范】	169
项目 3 工业机器人焊接实训系统应用	【技能实训】	186
任务 1 工业机器人焊接工作站整体认知	【知识拓展】	186
【任务描述】	【思考与练习】	187
【任务分析】	任务 4 工业机器人焊接工作站系统运行	
【任务目标】	调试	187
【相关知识】	【任务描述】	187
【任务示范】	【任务分析】	187
【技能实训】	【任务目标】	187
【知识拓展】	【相关知识】	187
【思考与练习】	【任务示范】	192
任务 2 焊接工作站机器人系统程序设计	【技能实训】	195
【任务描述】	【知识拓展】	195
【任务分析】	【思考与练习】	197
【任务目标】	参考文献	198
【相关知识】		

# 项目1 工业机器人搬运实训系统应用



## 项目导读

工业机器人搬运系统项目,采用 ABB 工业机器人、西门子 1200PLC、MM420 变频器、昆仑通态触摸屏为实训系统的重要组成部分,具有集成度高、使用普遍、平稳、可靠、节能和不污染环境等优点,从而被广泛应用。本项目作为教学和实践的辅助工具,包含了工业机器人、供料单元、分拣单元、加工单元、仓储单元和中转单元,可以对每个单元进行了解,进行单独编程,又可以连续起来进行动作,这样可以逐渐使学生了解整个实训系统的内容,可满足中高等职业院校自动化和机电专业相关课程设计、毕业设计及生产实训的需要。在本项目中就给大家详细介绍有关工业机器人搬运系统的具体过程。



## 教学目标

### 知识目标

- 了解工业机器人搬运工作站系统的整体设备组成。
- 掌握搬运工作站系统的工艺过程。
- 掌握搬运工作站西门子 1200PLC 程序编写。
- 掌握搬运工作站触摸屏编程应用。
- 掌握搬运工作站工业机器人程序编写。
- 掌握搬运工作站系统调试与运行的基本方法和步骤。
- 掌握搬运工作站系统的安全操作与注意事项。

### 技能目标

- 能够概述工业机器人搬运工作站系统的整体设备组成。
- 能够对搬运工作站系统的工艺过程进行分析。
- 能够完成搬运工作站西门子 1200PLC 程序编写。
- 能够完成搬运工作站触摸屏编程应用。
- 能够完成搬运工作站工业机器人系统程序编写。
- 能够完成搬运工作站系统的调试与运行。
- 能够遵守搬运工作站系统的安全操作规程。

### 素质目标

- 在实训过程中,学生养成良好的职业习惯。

- 在学习和技能实践过程中,培养学生吃苦耐劳、爱岗敬业的精神。
- 培养学生整理实训设备、工具,使桌椅等摆放整齐(企业6S管理之一——整理)。
- 培养学生整顿实训设备,使之取用快捷(企业6S管理之二——整顿)。

## 任务1 工业机器人搬运工作站整体认知

### 【任务描述】

工业机器人搬运工作站包括触摸屏、放料单元、颜色检测单元、传送单元、冲压单元、IRB120工业机器人、中转单元、仓储单元,如图1-1所示。



图1-1 工业机器人搬运工作站

触摸屏上的相应按钮可以对设备进行启动停止控制,并进行信号的监控和参数的修改。放料单元对需要加工的物料进行存放,等待加工。传送单元可以把物料送到可以检测的地方。颜色检测单元可对颜色数据进行提取并对其进行数据传送。冲压单元完成物料的一次冲压。IRB120工业机器人可以把物料搬运到需要的地方并且按顺序码放到仓储单元。中转单元存放仓储单元超出存放的物料以及识别不了的物料。仓储单元对物料进行按规律放置。

### 【任务分析】

该任务需要学生认识工作站中每个单元的设备并了解其功能,清楚整个工作站的工艺流程及操作。

## 【任务目标】

- 了解工业机器人搬运工作站系统的整体结构。
- 掌握 IRB120 工业机器人单元的机械结构及工艺。
- 掌握触摸屏单元的作用及操作方法。
- 掌握工作站其他单元的功能及工作原理。

## 【相关知识】

### 1. 搬运工作站机械结构

搬运工作站的机械结构如图 1-2 所示。

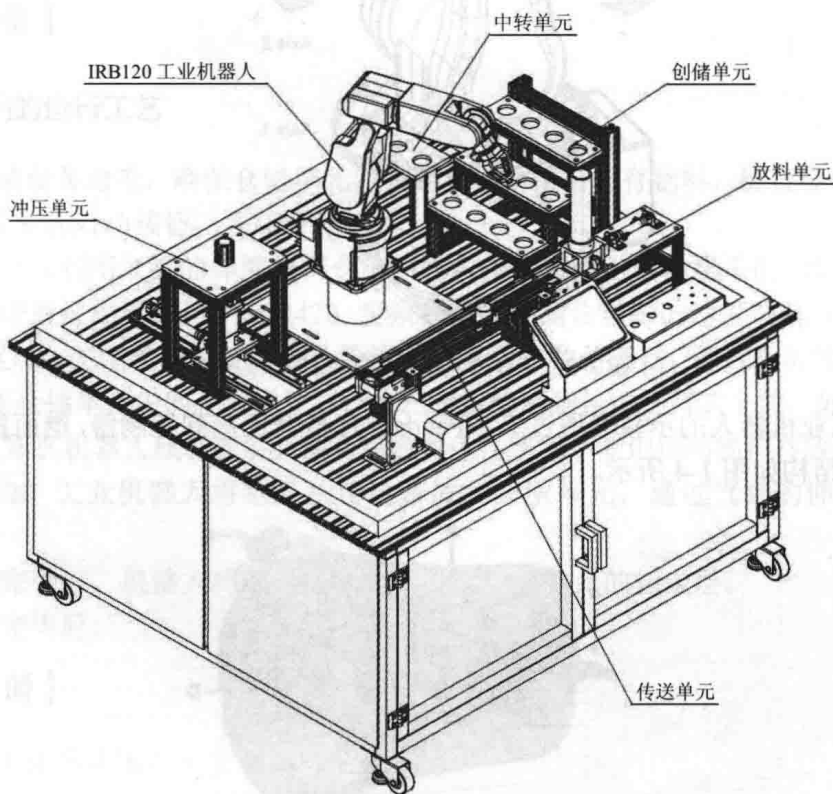


图 1-2 搬运工作站的机械结构

机器人搬运工作站包括放料单元、传送单元、IRB120 工业机器人、仓储单元、中转单元和冲压单元，这 6 个单元相互配合共同完成搬运工作。

### 2. IRB120 工业机器人单元的机械结构

机器人单元由工业机器人、底座、末端工具、机器人控制系统和示教器组成。ABB 公司生产的 IRB120 六轴工业机器人最高荷重 3kg（手腕（五轴）垂直向下时为 4kg），工作范围达 580mm，具有敏捷、紧凑、轻量的特点，控制精度与路径精度俱佳，是物料搬运与装配应用的理想选择。

机器人末端初始采用气动手爪和真空吸附两种工具, 安装在同一支架上, 分别用于吸附码垛圆柱工件和装配工件。

IRB120 工业机器人的机械结构如图 1-3 所示。

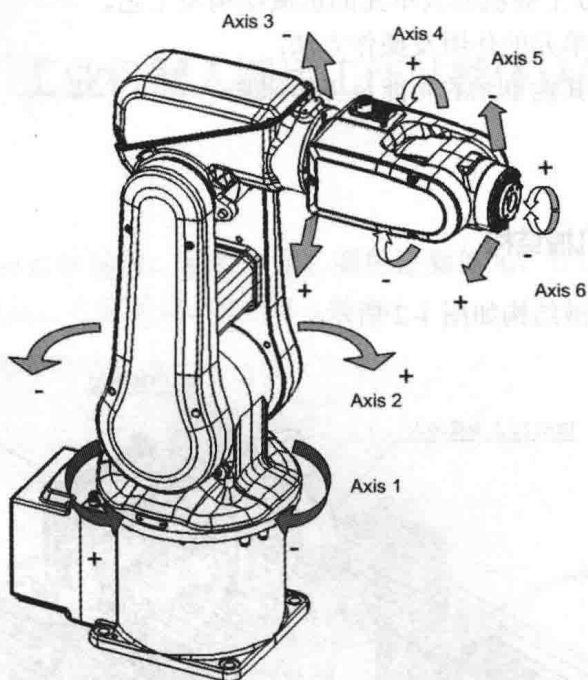


图 1-3 IRB120 工业机器人的机械结构

IRB120 工业机器人的示教器通过 FlexPendant 连接器连接到控制器, 继而控制机器人的动作。示教器的结构如图 1-4 所示。

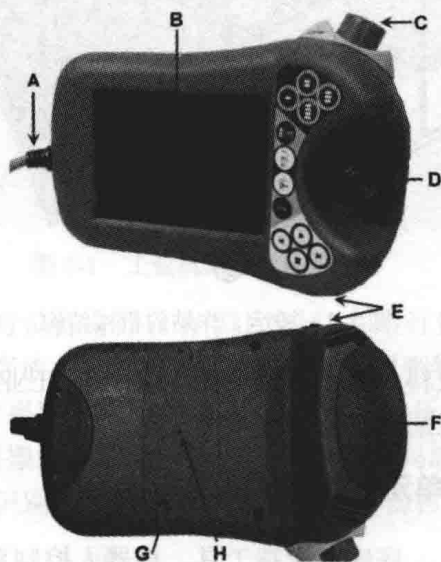


图 1-4 示教器结构示意图

A—连接器, B—触摸屏, C—紧急停止按钮, D—控制杆  
E—USB 端口, F—使动装置, G—触摸笔, H—重置按钮

### 3. 触摸屏单元

本单元采用昆仑通态触摸屏，可以对系统进行启动、停止操作，并进行信号的监控和参数的修改。本单元通过 MCGS 组态软件实现与 PLC 的通信。

### 4. 其他基本单元

放料单元是一个气推出库装置，单杆气缸驱动尼龙推块作为动力，逐次推出有机玻璃料仓管内的工件，送至皮带输送机构上。

传送单元由铝型材支架、光电传感器、调速阀、磁性开关、单控电磁阀等组成。

冲压单元是一个伸缩气缸，模拟冲压工艺。

仓储单元的存储数量是 3 列 3 层共 9 个仓位，每个仓位承重 2kg。

### 【任务示范】

#### 搬运工作站的运行工艺

(1) 工作站设备通电，确保仓储单元没有物料，放料单元有物料，检查设备的初始状态。然后按下触摸屏上的启动按钮，系统开始工作。

(2) 放料单元利用气缸的伸缩将料仓中的物料推出，推出到传送带的起始位置。

(3) 传送带通过电机驱动，MM420 变频器可以控制传送带的速度，从而将物料运送到机器人的抓取区域。在传送带上装有颜色检测传感器和计数传感器，通过检测物料不同的颜色从而指定物料在仓储单元中的存放位置，计数传感器检测到传送物料的个数，如果超过仓储单元存放的个数，那么机器人就会把多余的物料或颜色传感器不能识别的物料存放在中转单元中。

(4) IRB120 工业机器人将物料从传送带放到冲压单元，通过气缸的伸缩来模拟冲压工艺。

(5) 冲压完毕后，机器人将物料根据颜色放到仓储单元的指定层。

(6) 搬运完毕后。

### 【技能实训】

ABB 搬运工作站认知。

任务考核评分表

序号	考核内容	考核方式	考核标准	权重	成绩
1	机器人工作站的整体结构	理论	能现场介绍工作站的组成	40%	
2	工作站的工艺流程	理论	清楚工作站所要完成的工作，各单元的衔接	30%	
3	IRB120 工业机器人的结构	理论	介绍机器人的组成及各部分的功能	30%	

## 【知识拓展】

紧急安全处理系统。

### (1) 停止系统。

概述：出现操纵器运行时，机器人操纵器区域内有工作人员；操纵器伤害了工作人员或损伤了机器设备时请立即按下任意紧急停止按钮。

示教器紧急停止按钮如图 1-5 所示。



图 1-5 示教器结构图 (A—紧急停止按钮)

控制器紧急停止按钮如图 1-6 所示。

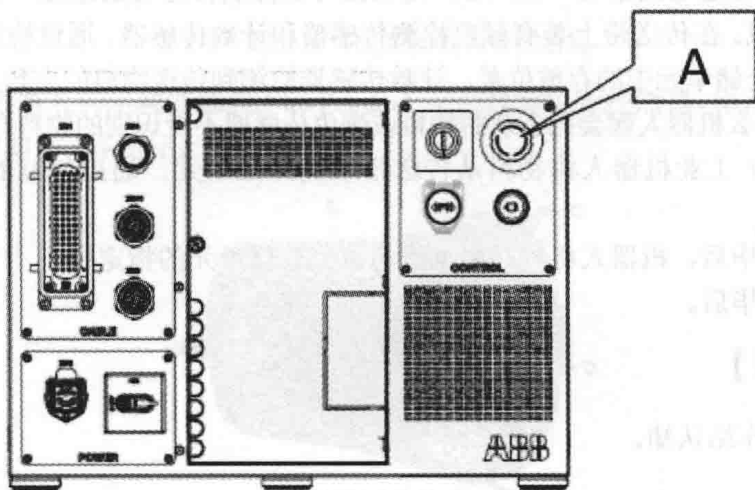


图 1-6 控制器结构图 (A—紧急停止按钮)

### (2) 灭火。

注意：如果操纵器系统（操纵器或控制器）发生火灾，请使用二氧化碳（CO<sub>2</sub>）灭火器。

### (3) 关闭控制器的所有电源。

概述：控制器的每个模块上均有一个主电源开关，为确保控制器完全断电，所有模块上的主电源开关都必须关闭。

注意：工厂或车间可能还有其他需要切断电源的设备，有关这些电源开关的摆放位置请参阅工厂或车间的说明文档。

关闭电源的步骤如表 1-1 所示。

表 1-1 关闭电源的步骤

步骤	操作	参考信息
1	关闭控制模块上的主电源开关	如果您的系统使用 Single Cabinet Controller、Modular Controller 或 IRC5 Compact 控制器，则只需执行步骤 1
2	关闭所有相连的驱动模块和其他模块（如点焊机柜等）上的主电源开关	

#### （4）解救受困于机器人手臂的工作人员。

概述：如果工作人员受困于机器人手臂，则必须解救该人员以免其进一步受伤。

释放机器人制动闸后将可能手动移动机器人，但仅足够轻的小型机器人方可被人力移动，移动大型机器人可能需要使用高架起重机或类似设备。释放制动闸前请确定已准备好适合的设备。

警告：在释放制动闸前，要确保手臂重量不会增加对受困人员的压力进而增加任何受伤风险。

解救受困人员的操作如表 1-2 所示。

表 1-2 解救受困人员

序号	操作
1	按下任意紧急停止按钮
2	确保受困人员不会因解救操作进一步受伤
3	移动机器人以解救受困人员
4	解救受困人员并给予医疗
5	确保机器人工作车间已清空，不会出现人员受伤风险

#### （5）从紧急停止状态中恢复。

概述：从紧急停止状态中恢复是一个简单却非常重要的步骤。此步骤可确保操纵器系统只有在危险完全排除后才会恢复运行。

重置紧急停止按钮的“锁”：所有按键形式的紧急停止设备都有“上锁”功能。这个“锁”必须打开才能结束设备的紧急停止状态。许多情况下，需要旋转按键。而有些设备则需要拉起按键才能打开“锁”。

重置自动紧急停止设备：自动紧急停止设备也需要打开“锁”。请参阅工厂或车间的说明文档了解操纵器系统的配置方法。

从紧急停止状态中恢复：确保已经排除所有危险；复位并重置引起紧急停止状态的设备；按下电机的“开”按钮，从紧急停止状态中恢复正常操作。

## 【思考与练习】

### 理论题

1. 工作站中诸多信号是通过什么进行控制的?
2. MM420 变频器的作用是什么?
3. 触摸屏的工作原理是什么?

### 实训题

设备上电, 检查系统的初始状态, 并在 PLC 上找到信号的输入点。

## 任务 2 搬运工作站机器人系统程序设计

### 【任务描述】

IRB120 工业机器人的任务是将传送带末端的工件抓取后放在冲压单元, 等待冲压完成后再将工件存放在仓储单元, 将超出存储范围或检测不到的工件放到中转单元中。

### 【任务分析】

本任务实际就是机器人走这几个抓取、放置点的过程: 抓取点 1 (传送带末端) —— 放置点 1 (冲压区) —— 抓取点 2 (放置点 1) —— 放置点 2 (存储区) / 放置点 3 (中转区)。

### 【任务目标】

- 了解机器人的工作路径。
- 掌握机器人的常用运动指令。
- 掌握机器人示教器的使用方法。

### 【相关知识】

#### 1. ABB 示教器的使用

ABB 机器人主要有两种模式: 手动和自动。

手动: 在手动模式下, 可以进行系统参数设置、程序编辑、手动控制机器人运动。

自动: 机器人调试好后投入运行的模式, 此模式下示教器大部分功能被禁用。

ABB 机器人示教器显示屏功能图如图 1-7 所示。

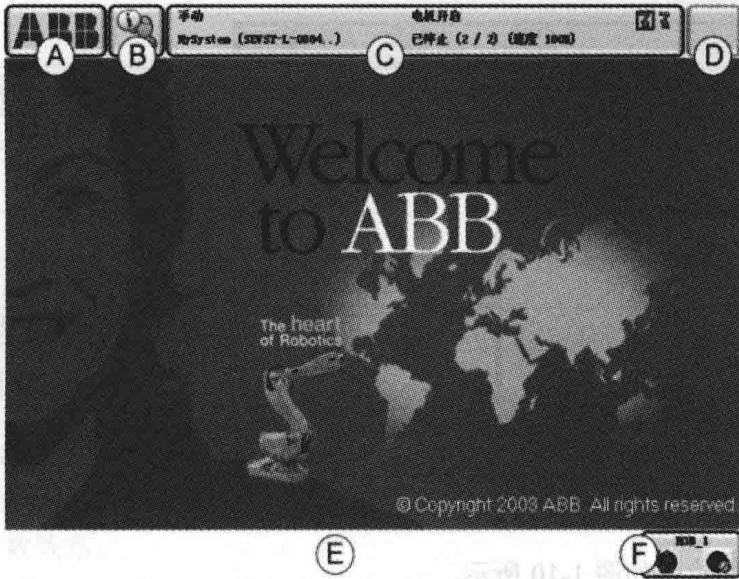


图 1-7 示教器显示屏功能图

A—ABB 主菜单，B—操作员窗口，C—状态栏，D—关闭按钮，E—任务栏，F—“快速设置”菜单

操作员窗口显示来自机器人程序的消息。程序需要操作员作出某种响应以便继续时往往会  
出现消息提醒。

状态栏显示与系统状态有关的重要信息，如操作模式、电机开启/关闭、程序状态灯。  
单击关闭按钮将关闭当前的视图或应用程序。

通过 ABB 菜单可以打开多个视图，但一次只能操作一个。任务栏显示所有打开的视图，  
并可用于视图切换。

“快速设置”菜单包含微动控制和程序执行的设置。

ABB 主菜单（如图 1-8 所示）下面的“手动操纵”菜单（如图 1-9 所示）可以进行手动  
设置。



图 1-8 ABB 主菜单

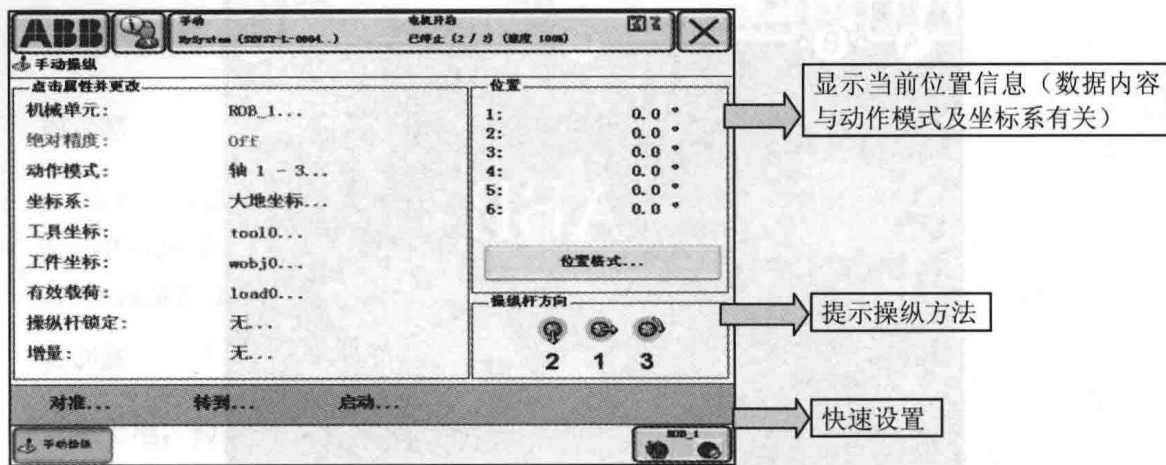


图 1-9 “手动操纵” 菜单

外部进行坐标切换，如图 1-10 所示。

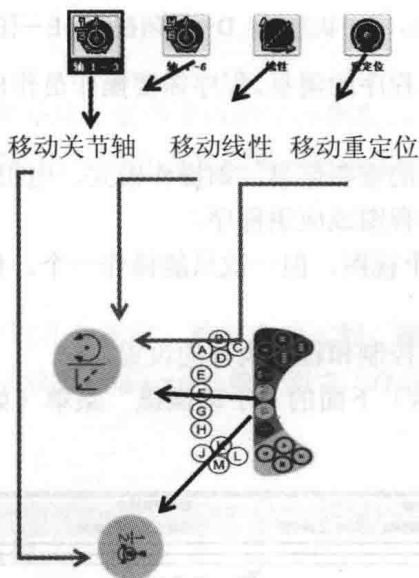


图 1-10 开关切换

操纵杆每位移一次，机器人就移动一步。选择不同的增量（如图 1-11 和表 1-3 所示），每一步运动的距离也有所不同。如果操纵杆持续一秒或数秒，机器人就会持续移动。

如果对使用操纵杆通过位移幅度来控制机器人运动的速度不熟练的话，则可以使用增量模式来控制机器人的运动。



图 1-11 增量种类

表 1-3 增量大小

增量种类	移动距离/mm	角度/°
小	0.05	0.05
中	1	0.02
大	5	0.2
用户	自定义	自定义

## 2. 坐标及模式的设置

### (1) 工具坐标。

工具坐标数据 (tooldata) 用于描述安装在机器人第 6 轴上的工具的 TCP、质量 (Mass)、重心 (Cog) 等参数数据。

默认工具坐标系 (tool0) 的工具中心点 (Tool Center Point) 位于机器人安装法兰盘的中心, 如图 1-12 所示。



图 1-12 默认工具坐标系 tool0

所有机器人在手腕处都有一个预定义工具坐标系, 该坐标系被称为 tool0。这样就能将一个或多个新工具坐标系定义为 tool0 的偏移值。

工具坐标数据的设定方法有 3 种, 分别是 4 点法、5 点法和 6 点法。

4 点法: 不改变 tool0 的坐标方向。

5 点法: 改变 tool0 的 Z 方向。

6 点法: 改变 tool0 的 X 和 Z 方向。

前三个点的姿态相差尽量大些, 这样有利于 TCP 精度的提高。

### (2) 工件坐标。

工件坐标定义工件相对于大地坐标系 (或其他坐标系) 的位置。机器人可以拥有若干工件坐标系, 或者表示不同工件, 或者表示同一工件在不同位置的若干副本。

重新定位工作站中的工件时, 您只需更改工件坐标系的位置, 所有路径将即刻随之更新。

允许操作以外轴或传送导轨移动的工件, 因为整个工件可连同其路径一起移动。

在对象的平面上, 只需要定义 3 个点就可以建立一个工件坐标, 如图 1-13 所示。