



智能制造专业群“十三五”规划教材

工业机器人 操作与编程

主 编 陈永平 李 莉

副主编 何燕妮 余思涵 郝 淼



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

智能制造专业群“十三五”规划教材

工业机器人 操作与编程

主 编 陈永平 李 莉
副主编 何燕妮 余思涵 郝 淼



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书分为4篇:认知篇、基础操作篇、编程篇和初级应用篇。认知篇主要通过认识典型的机床上下料、搬运码垛等机器人工作站,了解工业机器人的结构组成,并详细地介绍了ABB公司的IRB120机器人、IRC5控制柜、示教器以及安全操作要求;基础篇部分结合RobotStudio仿真软件循序渐进、图文并茂地讲解了ABB工业机器人的具体操作过程;编程篇主要介绍了ABB工业机器人工具坐标、工件坐标等程序数据建立和编辑方法以及RAPID程序编写的基本方法和操作;初级应用篇介绍了机器人在轨迹和搬运码垛中应用,从目标点示教、IO信号设置、工具坐标设置、工件坐标设置、程序编写调试等方面介绍了机器人的开发应用过程。

本书适合从事ABB工业机器人应用的操作与编程人员以及职业院校制造大类和电子信息大类等相关专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人操作与编程 / 陈永平, 李莉主编. — 上海: 上海交通大学出版社, 2018
ISBN 978 - 7 - 313 - 19847 - 1

I. ①工… II. ①陈… ②李… III. ①工业机器人—操作—教材②工业机器人—程序设计—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第173877号

工业机器人操作与编程

主 编: 陈永平 李 莉

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 谈 毅

印 制: 上海盛通时代印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 408千字

版 次: 2018年9月第1版

书 号: ISBN 978 - 7 - 313 - 19847 - 1/ TP

定 价: 48.00元

地 址: 上海市番禺路951号

电 话: 021 - 64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 17.75

印 次: 2018年9月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021 - 61453770

智能制造专业群“十三五”规划教材 编委会名单

委 员 （按姓氏首写字母排序）

- | | |
|-----|-----------------|
| 蔡金堂 | 上海新南洋教育科技有限公司 |
| 常韶伟 | 上海新南洋股份有限公司 |
| 陈永平 | 上海信息职业技术学院 |
| 成建生 | 淮安信息职业技术学院 |
| 崔建国 | 上海智能制造功能平台 |
| 高功臣 | 河南工业职业技术学院 |
| 郭 琼 | 常州机电职业技术学院 |
| 黄 麟 | 无锡职业技术学院 |
| 江可万 | 上海东海职业技术学院 |
| 蒋庆斌 | 常州机电职业技术学院 |
| 那 莉 | 上海交大教育集团 |
| 秦 威 | 上海交通大学机械与动力工程学院 |
| 邵 璞 | 上海信息职业技术学院 |
| 薛苏云 | 常州信息职业技术学院 |
| 王维理 | 上海交大教育集团 |
| 徐智江 | 上海豪洋智能科技有限公司 |
| 杨 萍 | 上海东海职业技术学院 |
| 杨 帅 | 淮安信息职业技术学院 |
| 杨晓光 | 上海新南洋合鸣教育科技有限公司 |
| 张季萌 | 河南工业职业技术学院 |
| 赵海峰 | 南京信息职业技术学院 |

前言



p e r f a c e

工业机器人技术自从问世以来,就以前所未有的速度得到了高速的发展。机器人以其稳定、高效、低故障率等众多优势正越来越多地代替人工劳动,在汽车行业、电子电器行业、工程机械等行业得到了广泛的应用,成为未来加工制造业的重要技术和自动化装备。

2015年,国务院印发了《中国制造2025》,《中国制造2025》被称为中国版的工业4.0。《中国制造2025》明确了未来十年制造业发展方向,实现我国制造业由大到强的转型目标。在这一过程中,企业将进行智能化与工业化相结合的改进升级,实现智能工厂、智能生产、智能物流,以机器人为引领的智能装备将会面临井喷式发展。

机器人井喷发展的背后是一个巨大而急切的工业机器人应用人员的人才缺口。为适应市场对技术、技能型人才的需求,本书以ABB工业机器人为例详细讲解了工业机器人的基本操作及编程,每一个内容都通过详细的实例进行了讲解操作。本书分为4篇:认知篇、基础操作篇、编程篇和初级应用篇。认知篇主要通过认识典型的机床上下料、搬运码垛等机器人工作站,了解工业机器人的结构组成,并详细地介绍了ABB公司的IRB120机器人、IRC5控制柜、示教器以及安全操作要求;基础篇部分结合RobotStudio仿真软件循序渐进、图文并茂地讲解了ABB工业机器人的具体操作过程;编程篇主要介绍了ABB工业机器人工具坐标、工件坐标等程序数据建立和编辑方法以及RAPID程序编写的基本方法和操作;初级应用篇介绍了机器人在轨迹和搬运码垛中应用,从目标点示教、IO信号设置、工具坐标设置、工件坐标设置、程序编写调试等方面介绍了机器人的开发应用过程。

本书由上海电子信息职业技术学院陈永平、上海材料工程学校李莉担任主编。具体编写分工如下:项目一由王长国编写,项目二至项目四由李莉编写,项目五和项目七由上海电子信息职业技术学院余思涵编写,项目六由杨志红编写,项目八和项目十由何燕妮负责编写,项目九由郝淼负责编写,项目十一和项目十二由陈永平编写。本书项目中的FST实训台三维模型由高苏启负责建模。

在本书编写过程中,得到了ABB(中国)有限公司、浙江亚龙教育装备股份有限公司和上海福赛特机器人有限公司等单位有关领导、工程技术人员和教师的支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中存在的不足和缺漏,敬请专家、广大读者批评指正。

目录



c o n t e n t s

第一篇 认 知

项目一 认识机器人工作站	003
任务目标	003
任务描述	003
学习与实践	003
1. 认识机器人工作站	003
2. 认识工业机器人	006
3. ABB IRB120 工业机器人连接	011
4. ABB 工业机器人开关机基本操作	012
5. 操作安全注意事项	019
习题	022
项目二 建立虚拟机器人工作站	023
任务目标	023
任务描述	023
学习与实践	023
1. 创建最小机器人系统	023
2. 导入模型库和几何体	039
项目实践	049
FST 机器人工作台及系统搭建	049
习题	054

第二篇 基础操作

项目三 ABB 机器人示教器	057
任务目标	057

任务描述	057
学习与实践	057
1. 认识 ABB 示教器	057
2. 认识示教器菜单	058
3. 认识控制面板	065
4. 认识使能按钮	066
5. 认识控制杆	068
项目实践	069
习题	071
项目四 ABB 机器人示教器操作	073
任务目标	073
任务描述	073
学习与实践	073
1. 语言的设置	073
2. 时间的设置	076
3. 查看事件日志	076
4. 数据备份与恢复	078
5. 输入/输出查看	080
6. 资源管理器	082
7. 机器人的手动操纵	082
8. 计数器更新	086
项目实践	092
1. 项目要求	092
2. 操作过程	092
习题	096
项目五 机器人 I/O 信号的建立	098
任务目标	098
任务描述	098
学习与实践	098
1. 认识 ABB 机器人通信总线类型	098
2. 认识常用的 DeviceNet 硬件	101
3. DeviceNet 通信板设置及信号创建	105
4. 系统输入/输出信号连接	114
5. 配置可编程按键	116
项目实践	118
1. 项目要求	118

2. 操作过程	119
习题	121

第三篇 编 程

项目六 程序数据建立及管理	125
任务目标	125
任务描述	125
学习与实践	125
1. 认识程序数据	125
2. 建立程序数据	126
3. 认识程序数据的存储类型	128
4. 常见程序数据	129
5. 数据的编辑	134
项目实践	135
1. 项目要求	135
2. 操作过程	135
习题	139
项目七 建立机器人坐标系	141
任务目标	141
任务描述	141
学习与实践	141
1. 机器人坐标系统介绍	141
2. 机器人坐标系统创建	144
项目实践	157
1. 项目要求	157
2. 操作过程	157
习题	159
项目八 建立程序框架及编写简单程序	160
任务目标	160
任务描述	160
学习与实践	160
1. 认识 RAPID 程序结构	160
2. 创建管理程序模块	161
3. 例行程序的创建及管理	164
4. 常用的 RAPID 指令	167

项目实践	180
习题	184
项目九 功能及中断程序的使用	186
任务目标	186
任务描述	186
学习与实践	186
1. 功能的使用介绍	186
2. 中断的使用介绍	202
项目实践	207
习题	210
项目十 程序编写实例	211
任务目标	211
任务描述	211
任务要求	211
操作过程	212
1. 搭建机器人工作站	212
2. 创建程序模块	212
3. 创建例行程序	213
4. 六点法建立工具坐标系 Tool1、三点法建立工件坐标系 Wobj1	213
5. 完成例行程序 rHome 的编写	214
6. 完成初始化例行程序 rInitAll 的编写	217
7. 完成例行程序 rMove 的编写	218
8. 配置 I\O 板卡 651,设置数字输入信号 di1	220
9. 编写主程序 main	220
10. 手动调试程序	224
11. 自动运行程序	225
习题	228

第四篇 初级应用

项目十一 机器人轨迹操作与编程	231
任务目标	231
任务描述	231
学习与实践	232
1. 准备工作	232
2. 标准 I/O 板配置	232

3. 创建工具数据	234
4. 创建工作件坐标系数据	242
5. 创建载荷数据	242
6. 创建程序模块和例行程序	242
7. 程序编写与调试	243
拓展训练	249
习题	251
项目十二 搬运工作站操作与编程	252
任务目标	252
任务描述	252
项目实践	253
1. 知识准备	253
2. 准备工作	253
3. 标准 I/O 板配置	254
4. 创建工具数据	254
5. 创建工作件坐标系数据	256
6. 创建载荷数据	256
7. 创建标志	258
8. 关键目标点示教	259
9. 放置位置的处理可变量 pPlace 设置	261
10. 程序编写与调试	262
习题	267
参考文献	268
后记	269



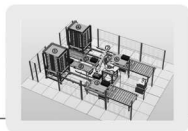
第一篇

认 知

本篇通过认识典型的机床上下料、搬运码垛等机器人工作站,了解工业机器人的结构组成,并详细介绍了 ABB 公司的 IRB120 机器人、IRC5 控制柜、示教器以及安全操作要求。通过使用 RobotStudio 软件建立虚拟机器人硬件和控制系统进一步深入认识机器人工作站并掌握 RobotStudio 软件的基本操作。读者在此基础上可利用提供的素材搭建 FST 机器人工作台。

项目一

认识机器人工作站



任务目标

- (1) 认识机器人工作站。
- (2) 认识工业机器人。
- (3) ABB IRB120 工业机器人连接。
- (4) ABB 工业机器人开关机基本操作。
- (5) 操作安全注意事项。



任务描述

通过认识上下料、码垛和搬运等典型的机器人工作站,认识工业机器人组成。以 ABB 的 IRB120 机器人为例,了解、熟悉 IRB120 机器人本体与控制柜连接,能正确地进行机器人开关机操作,并熟悉工业机器人操作安全注意事项。



学习与实践

1. 认识机器人工作站

机器人工作站是指使用一台或者多台工业机器人,配以相应的周边设备,能够进行简单作业,可以完成某一特定工序作业的独立生产系统,又称作机器人工作单元。一个基本的工业机器人工作站包含工业机器人及其工作对象,下面介绍几种典型的机器人工作站。

1) CNC 机床上下料工作站

CNC 机床上下料的过程比较简单,适合机器人的大量使用。使用机器人进行上下料,能够满足快速、大批量加工节拍的生产要求,可以大大提高工厂的生产效率。

图 1-1 所示的 CNC 机床上下料工作站是由 CNC 机床、入料输送线、出料输送线以及 IRB2600 机器人组成。该工作站中上下料流程如下。

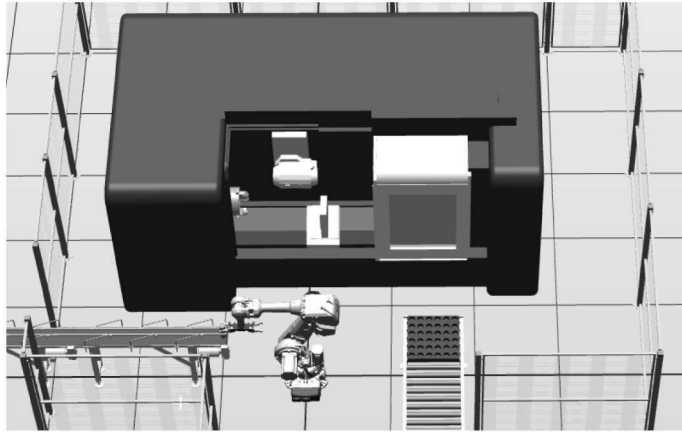


图 1-1 CNC 机床上下料工作站

- (1) IRB2600 机器人在左侧入料输送流水线上取料。
- (2) 将零件放置在 CNC 机床内由机床夹具加紧。
- (3) 待机床加工工序完成后从机床夹具中取出。
- (4) IRB2600 机器人最后将零件放置于右侧出料输送线上的盘中。

2) 码垛工作站

工业机器人在流水线上广泛应用于各类原料的包装码垛,码垛是指将形状基本一致的产品按照规定的工艺要求堆叠起来。码垛机器人除了完成搬运的任务,还要将工件(料袋、料箱等)有规律的一层一层的摆放在托盘上。图 1-2 是常见码垛工作场景,图 1-3 为码垛工作站。



图 1-2 码 垛 场 景

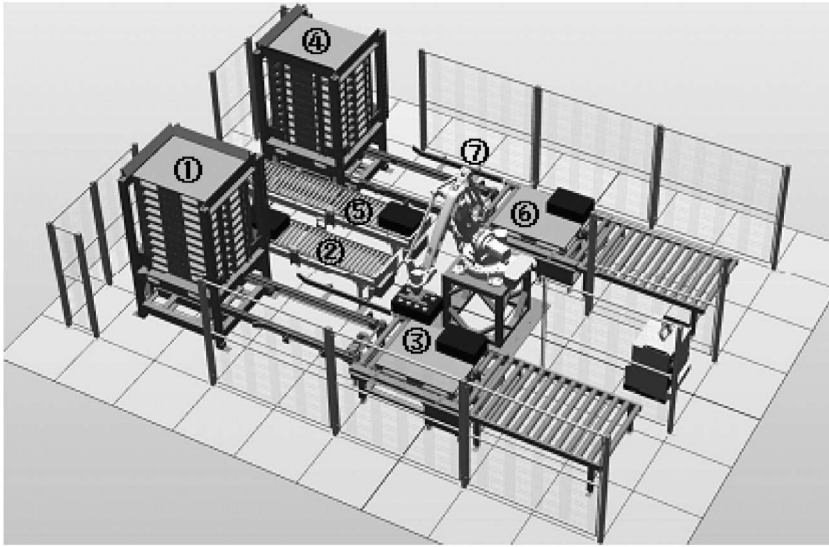


图 1-3 码垛工作站

① 为 1 号托盘库;② 为 1 号产品线体;③ 为 1 号托盘线体;④ 为 2 号托盘库;⑤ 为 2 号产品线体;⑥ 为 2 号托盘线体;⑦ 为 IRB460 机器人

3) 搬运工作站

图 1-4 为太阳能薄板搬运工作站,使用 IRB120 机器人在流水线上拾取太阳能薄板工件,将其搬运到暂存盒中,以便周转到下一个工位进行处理。

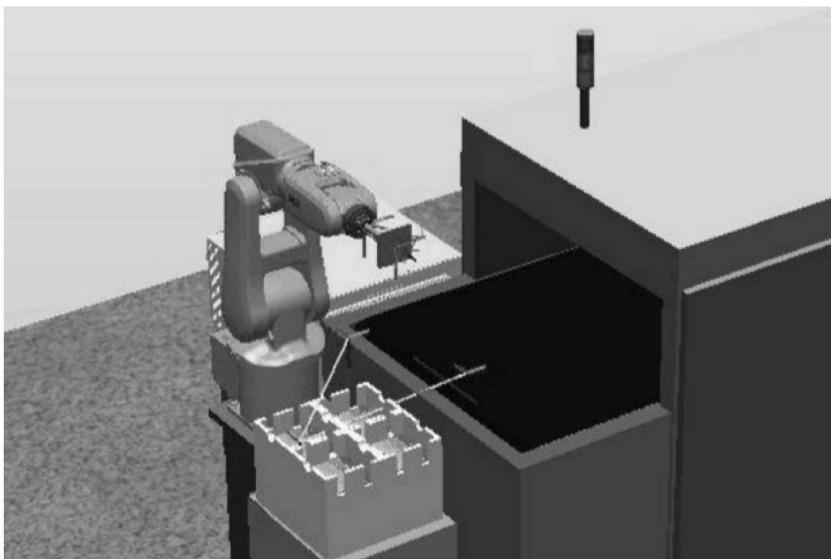


图 1-4 搬运工作站

4) 激光切割工作站

激光切割工作站可以完成许多异形材料的切割加工,相对于等离子切割、超高压水切割和线切割而言,具有许多优点而被大量应用。目前主要的应用形式为平面机床、切管机及五

轴机床等。大量的板材、管材被高精度、高效率地源源不断接受剪裁,激光切割站是制造企业的第一道工序——下料环节。

激光切割工作站主要包括:机器人、末端执行器、机器人控制系统、夹具和变位机、机器人架座、配套及安全装置、动力源、工件储运设备、检查、监视和控制系统等。图 1-5 所示为激光切割工作站。

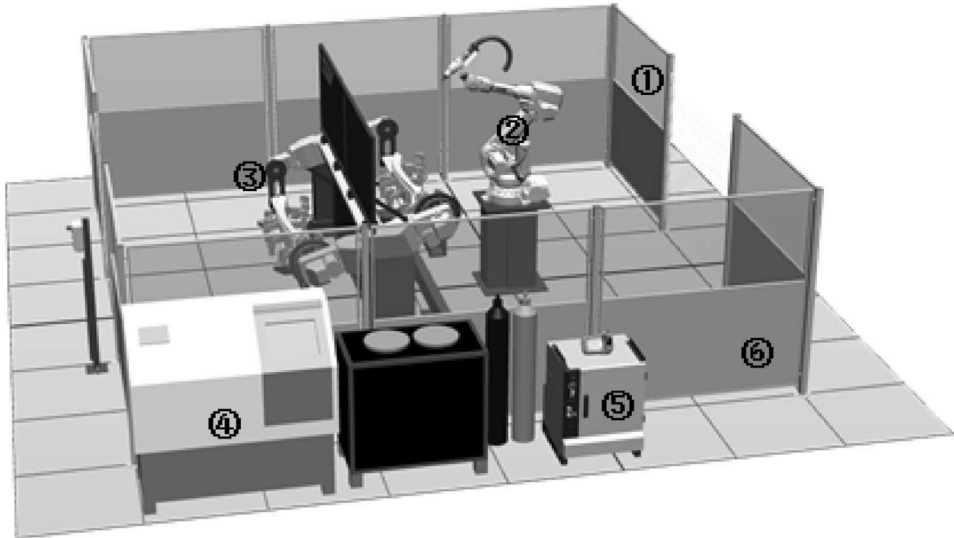


图 1-5 激光切割工作站

① 为安全光栅;② 为六轴机器人;③ 为变位机;④ 为集控柜;⑤ 为机器人控制柜;⑥ 为安全围栏

在机器人工作站中,工业机器人是主要的核心设备,下面我们来认识工业机器人。

2. 认识工业机器人

工业机器人的结构是由机械系统、驱动系统和控制系统 3 个基本部分组成。

机械系统即执行机构,包括基座、臂部和腕部,大多数工业机器人有 3~6 个自由度。

驱动系统主要是指机械系统的驱动装置,用来执行机构产生相应的动作。根据驱动源的不同,驱动系统分为电气、液压、气压 3 种以及它们结合起来应用的综合系统。其中,电气驱动系统在工业机器人中应用最为普遍,可以分为步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机 3 种驱动形式。目前主流为交流伺服电动机驱动形式。

控制系统是机器人的大脑,控制系统的任务是根据机器人的作业指令程序以及传感器反馈回来的信号,控制机器人的执行机构,使其完成规定的运动和功能。

根据机器人机械结构的不同,工业机器人可以分为:直角坐标机器人、平面型机器人、并联机器人、多关节机器人,图 1-6 为常见的工业机器人。

工业机器人基本单元包括:机器人本体、控制柜和示教器 3 个部分。

1) 机器人本体

机器人本体是一个机械结构,用于移动末端工具执行相关工艺过程的机械单元。常见的 ABB 机器人本体,如图 1-7 所示。

图 1-8 为 ABB 六轴工业机器人,其 6 个关节都能单独驱动。

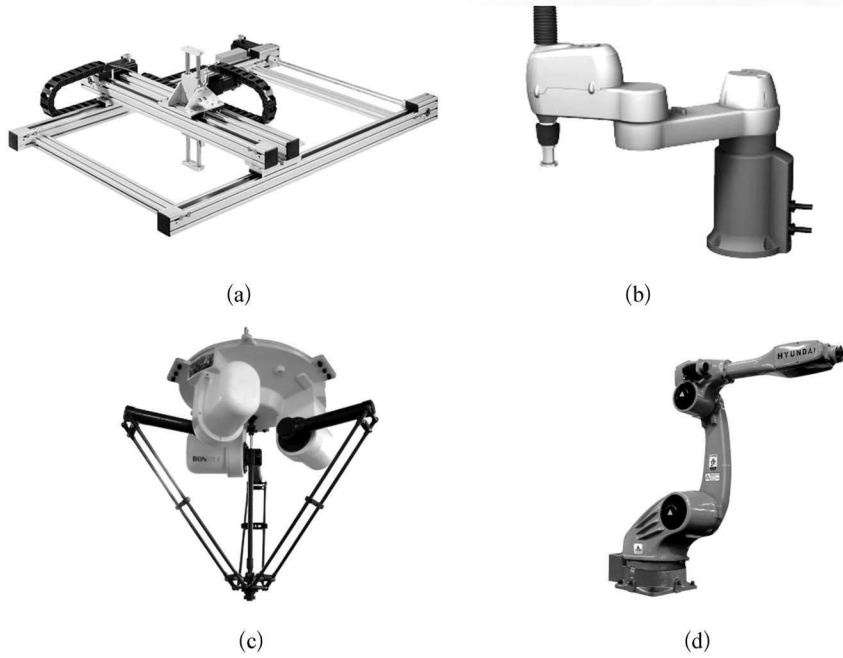


图 1-6 常见工业机器人

(a) 直角坐标机器人; (b) 平面型机器人; (c) 并联机器人; (d) 多关节机器人

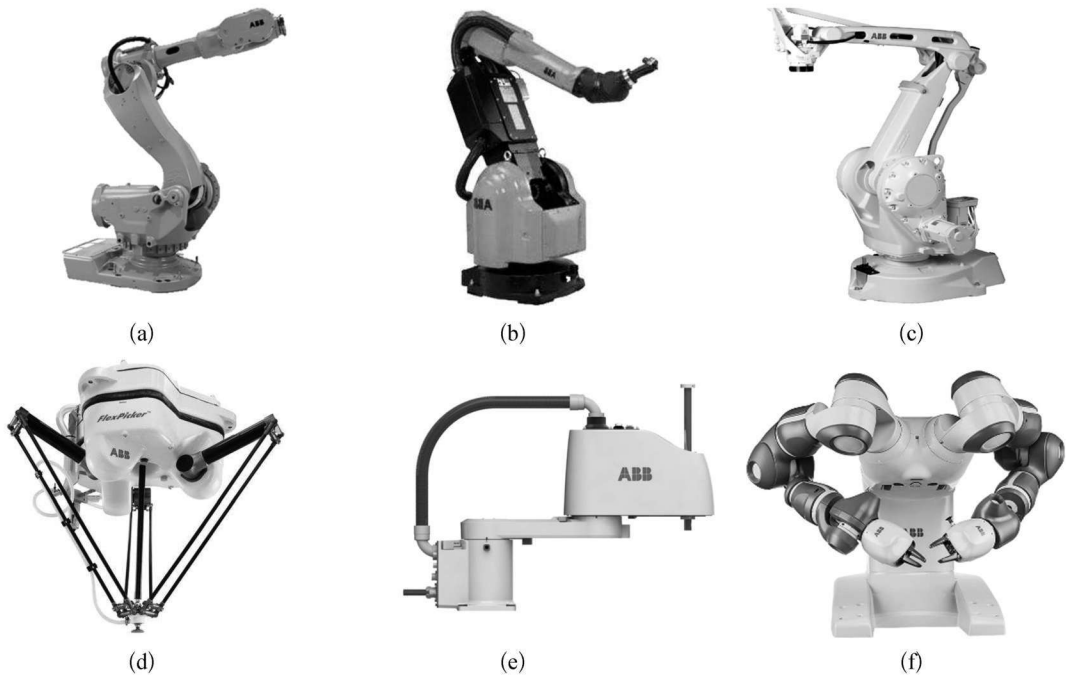


图 1-7 ABB 机器人本体类型

(a) 通用六轴机器人; (b) 喷涂机器人; (c) 搬运机器人; (d) DELTA 并联机器人; (e) SCARA 机器人; (f) 协作机器人