

责任编辑：王建兰

封面设计：唐韵设计



工业机器人技术人才培养系列教材

工业机器人技术基础
工业机器人机械系统
工业机器人应用技术
工业机器人应用系统集成
工业机器人应用编程（ABB）
工业机器人现场编程
工业机器人离线编程与仿真
机器人焊接技术及应用
嵌入式技术与机器人操作系统应用
协作机器人技术应用

□ 工业机器人应用与编程

中航出版传媒有限责任公司

CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO., LTD.
www.aviationnow.com.cn

ISBN 978-7-5165-4009-1



9 787516 540091 >

定价：56.00元

工业机器人技术人才培养系列教材

工业机器人应用与编程

主编◎邓建云 熊焕义 帅国勇

航空工业出版社

工业机器人技术人才培养系列教材
江西省职业教育一流核心课程配套教材
江西省职业院校精品在线开放课程配套教材



扫一扫
学习资源库

微课视频
教学课件
习题答案

工业机器人 应用与编程

主审◎詹华群

主编◎邓建云 熊焕义 帅国勇

航空工业出版社

内 容 提 要

本教材是专为学习工业机器人技术的人员设计的一本实操性极强的教程。本教材分为四大模块，分别为基础篇、操作篇、编程篇和应用篇，结合了最新的工业机器人技术发展趋势，通过系统的理论讲解与丰富的实操案例，旨在帮助学生全面掌握工业机器人的编程及应用技能。教材采用任务驱动教学法，引导学生通过完成具体任务来逐步深入学习，提高学习的针对性和实效性。本教材适用于职业院校工业机器人技术及相关专业的学生，以及从事工业机器人研发、生产、维护等工作的工程技术人员。

图书在版编目（CIP）数据

工业机器人应用与编程 / 邓建云, 熊焕义, 帅国勇
主编. -- 北京 : 航空工业出版社, 2024. 12. -- ISBN
978-7-5165-4009-1

I. TP242.2

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024TN9420 号

工业机器人应用与编程 Gongye Jiqiren Yingyong yu Biancheng

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 读者服务热线: 010-85672635

中煤(北京)印务有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2024 年 12 月第 1 版

2024 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

字数: 382 千字

印张: 18

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“工业机器人基础编程与调试”，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，搜索“工业机器人基础编程与调试”，选择南昌汽车机电学校邓建云主讲的“工业机器人基础编程与调试”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

在当今科技日新月异的时代，工业机器人已经成为推动制造业智能化、自动化转型的重要力量。随着《“十四五”智能制造发展规划》和《“十四五”机器人产业发展规划》等一系列国家政策的出台，机器人产业被赋予了前所未有的战略高度和发展机遇。在此背景下，工业机器人技术的学习与实践显得尤为重要。

党的二十大报告中也明确指出，要“坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国”。这一战略目标的提出，不仅为工业机器人产业的发展指明了方向，也为广大科技工作者和青年学生提供了广阔的施展才华的舞台。

本教材在编写过程中，不仅注重理论知识的讲解，而且更注重实践能力的培养。通过实训项目、任务拓展等方式，不断提高学生的创新思维和实际操作能力。此外，还积极关注行业动态和技术发展趋势，紧跟时代步伐，融入新技术、新工艺、新标准，提升学生的核心竞争力。同时，教材注重立德树人，增加启智润德环节，提高学生的职业素养和职业道德。

本教材篇章设置合理、逻辑性强，由浅入深、循序渐进地引导学生掌握知识。材料内容共分为四大篇：从介绍工业机器人基础知识的基础篇到讲解工业机器人基础编程的操作篇，再到进一步讲解工业机器人综合编程的编程篇，最后到介绍多设备联调技术的工业机器人典型应用案例的应用篇，每个篇章之间既有独立性又相互关联，便于学生构建完整的知识体系，层层递进，符合学生学习工业机器人的特点。

本教材具有以下特点。

（1）理论与实践相结合：本教材注重理论与实践相结合，不仅详细阐述了理论知识，还配备了丰富的案例分析、实验操作或项目实践内容，帮助学生将所学知识应用于实际问题的解决中，提升学生的动手能力和创新思维。

(2) 任务驱动教学：引入真实的或模拟的任务为载体，以学生为中心，使学生能够在实践中学习和应用知识，提高学习的针对性和实效性。

(3) 引入多设备联调技术：加入视觉、触摸屏及 PLC（可编程逻辑控制器）知识点，突出工业机器人与周边设备的联调技术，满足现代制造业对智能化、自动化生产线的需求。

(4) 体现教、学、做一体化的理念：教材以学生学到实用技能、提高职业能力为出发点，以“实做”为中心，使学生在学中做，在做中学，从而完成学习知识、训练技能和提高职业素养的目标。

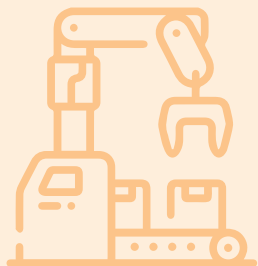
(5) 重视对学生综合能力的培养：包括解决问题的能力、创新思维能力、团队协作能力、安全操作能力等，为未来的学习和发展奠定坚实的基础。

(6) 具有良好的可操作性：教材中讲解内容所对应的工作站环境贴近各院校的机器人基本工作站结构，所介绍的虚拟工作站环境，在没有实际设备的情况下，也可以使用 RobotStudio 软件进行虚拟仿真学习，方便学生课后使用计算机进行复习和练习。

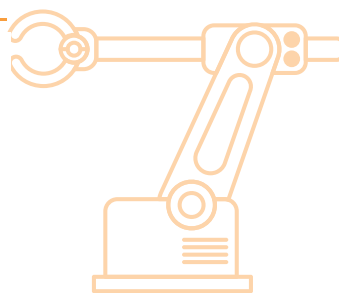
本教材主要针对 ABB IRB 120 型工业机器人的应用与编程进行编写，使用的离线编程软件是 RobotStudio 2023.2 版本。本教材既可以作为教材使用，帮助学生掌握工业机器人编程技能，也可以作为技术参考书使用，为工程技术人员提供实用的编程指导和解决方案。

此外，本教材配有授课 PPT、案例素材、习题答案等丰富的学习资源，有需要者可致电 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com 领取。

由于编者水平有限，书中可能存在的不足之处，敬请读者批评指正。



目录



基础篇

项目 1 工业机器人基础知识 002

► 任务 1.1 了解工业机器人系统	004	► 任务 1.2 认识示教器	010
1. 工业机器人的发展概述	004	1. 示教器基础知识	010
2. 工业机器人的分类	006	2. 示教器快捷按键	012
3. 机器人安全操作规程	008		

操作篇

项目 2 工业机器人基础编程 020

► 任务 2.1 创建程序数据	022	► 任务 2.3 掌握基本运动控制指令	033
1. 程序数据	022	1. 运动控制指令	033
2. 程序数据建立的步骤	023	2. 程序运行	039
3. 程序数据存储类型	026	3. 运动指令应用	042
► 任务 2.2 编辑 RAPID 程序	028	► 任务 2.4 掌握常用 I/O 控制指令	045
1. RAPID 程序概述	028	1. Set 指令	046
2. 创建程序模块的步骤	029	2. Reset 指令	046
3. 创建例行程序	031	3. SetDO 指令	047
		4. WaitDI 指令	048

编程篇

项目 3 工业机器人综合编程 ————— 054

▶ 任务 3.1 认识 Offs 指令及 ProcCall 指令	056	2. 指令应用	084
1. Offs 指令	056	▶ 任务 3.5 认识 GOTO 指令	090
2. ProcCall 指令	059	1. 指令介绍	090
3. 综合练习	060	2. 指令应用	092
▶ 任务 3.2 认识 FOR 指令	065	▶ 任务 3.6 认识 TEST 指令	094
1. 指令介绍	066	1. 指令介绍	095
2. 指令应用	069	2. 指令应用	095
3. 数组的介绍	070	▶ 任务 3.7 编辑带参数例行程序	100
▶ 任务 3.3 认识 WHILE 指令	074	1. 带参数例行程序的概念	100
1. 指令介绍	075	2. 带参数例行程序的添加	101
2. 指令应用	078	3. 带参数例行程序的实际应用	106
▶ 任务 3.4 认识 IF 指令	082		
1. 指令介绍	082		

应用篇

项目 4 认识西门子 S7-200 SMART 系列 PLC ————— 114

▶ 任务 4.1 了解西门子 S7-200 SMART 系列 PLC	116	▶ 任务 4.3 掌握 PLC 与机器人网络通信方法	134
1. 认识 PLC	116	1. 西门子 S7-200 SMART PLC 与 ABB 机器人以太网通信的硬件配置	135
2. 认识西门子 S7-200 SMART PLC	117	2. 西门子 S7-200 SMART PLC 与 ABB 机器人以太网通信的软件配置	135
3. 西门子 S7-200 SMART PLC 扩展模块	119	▶ 任务 4.4 掌握气缸手动与自动控制	139
▶ 任务 4.2 配置西门子 S7-200 SMART 系列 PLC	120	1. PLC 的 I/O 地址分配	139
1. 认识西门子 S7-200 SMART PLC 的编程软件	121	2. 气缸伸出和缩回动作	140
2. 西门子 S7-200 SMART 系列 PLC 的配置	126		

► 任务 4.5 项目实战：工作台手动控制与自动控制	142	2. 工作台单元的手动控制	143
1. PLC 的 I/O 地址分配	143	3. 工作台单元的自动控制	144

项目 5 认识威纶通触摸屏软件 151

► 任务 5.1 了解威纶通触摸屏	153	2. 系统参数设置	161
1. 触摸屏分类	153	3. EasyBuilder Pro 软件的使用方法	163
2. 威纶通触摸屏特点	153	► 任务 5.3 项目实战：设计威纶通触摸屏组态界面	169
3. 威纶通触摸屏型号	154	1. 触摸屏画面设计	169
4. 威纶通触摸屏选型主要参考点	155	2. EBPro 软件的其他常用使用方法	178
5. TK8071iP 型触摸屏简介	156		
► 任务 5.2 掌握威纶通触摸屏组态软件 EBPro 基本操作	158		
1. EasyBuilder Pro 软件的安装步骤	159		

项目 6 认识欧姆龙视觉系统 183

► 任务 6.1 掌握网络设定连接方法	185	3. 对标签进行设置	192
1. 欧姆龙视觉概述	185	4. 对数据输出进行设置	195
2. 欧姆龙视觉的网络连接	186	► 任务 6.3 项目实战：基于欧姆龙视觉的芯片分拣案例	196
► 任务 6.2 设置欧姆龙视觉	189	1. 编写与视觉进行 TCP/IP 通信的程序	197
1. 对图形输入单元进行设置	190	2. 分拣程序编写	199
2. 对形状搜索进行设置	190		

项目 7 综合能力训练 204

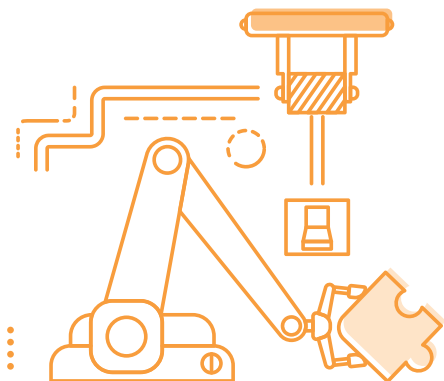
► 任务 7.1 综合实践：定制涂胶	206	► 任务 7.2 综合实践：定制码垛	229
1. 触摸屏	206	1. 触摸屏	230
2. 可编程逻辑控制器	212	2. 可编程逻辑控制器	231
3. 机器人程序	214	3. 机器人程序	233
4. 系统联调	226	4. 系统联调	235

▶ 任务 7.3 综合实践：视觉分拣	238	2. 机器人程序	239
1. 视觉模块	239	3. 系统联调	241

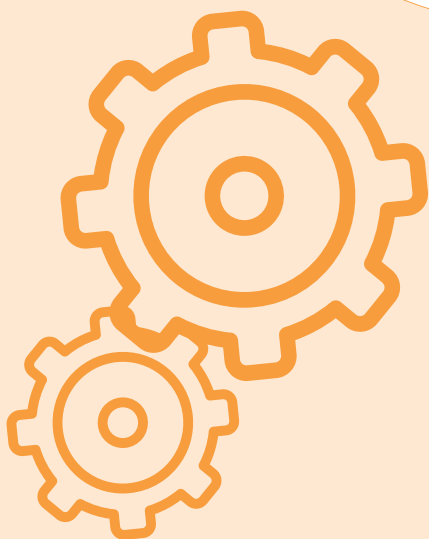
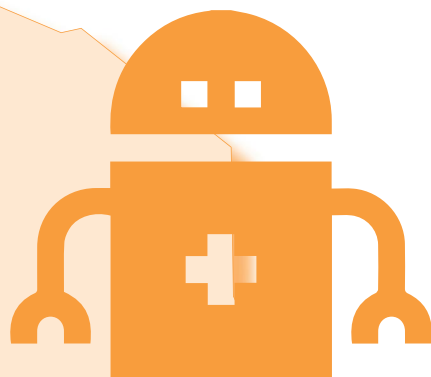
项目 8 RobotStudio 仿真软件综合应用 ————— 246

▶ 任务 8.1 了解 RobotStudio 仿真软件	248	2. RobotStudio 的快捷键	255
1. RobotStudio 特征功能介绍	248	3. 机器人系统的创建	255
2. RobotStudio 软件的获取及安装	248	▶ 任务 8.3 搭建基础模型	261
▶ 任务 8.2 创建机器人系统	253	▶ 任务 8.4 项目实战：编程实例	268
1. RobotStudio 的界面	253		

参考文献	278
------	-----



基础篇



项目 1

工业机器人基础知识



项目概述

随着制造业的快速发展，工业机器人在生产线上的应用日益广泛，它们不仅能够提高产品的生产效率，还能确保产品质量的一致性和安全性。越来越多的企业开始采用工业机器人来替代传统的人工操作，社会对工业机器人人才的需求正在持续增加。工业机器人的发展离不开国家的支持和推动。作为新时代的青年学子，我们应该认识到掌握和应用工业机器人技术的重要性。这不仅是为了个人的职业发展，更是为了国家的繁荣富强。同时，我们也要时刻保持良好的职业操守和诚信敬业的精神，为工业机器人的发展贡献自己的力量。本项目主要介绍工业机器人的发展历程、分类和安全操作规程，并讲解示教器的构造，以及如何正确使用示教器。



学习目标

知识目标

- (1) 了解工业机器人的发展历程。
- (2) 掌握工业机器人的分类方式。
- (3) 掌握按照机械结构分类时工业机器人的类型特点。
- (4) 掌握工业机器人安全操作规程。
- (5) 掌握示教器快捷按键界面各部分的作用。

能力目标

- (1) 能够正确对可编程按键进行设置。
- (2) 能够熟练使用快捷按键进行操作。
- (3) 能够正确使用增量。

素质目标

- (1) 培养安全意识，养成安全文明生产的良好职业素养。
- (2) 培养发现问题、解决问题的能力，同时具有良好的团队合作能力。
- (3) 培养职业操守和爱国情怀。



思维导图



任务1.1

了解工业机器人系统



任务导入

随着智能制造的快速发展，工业机器人已经成为现代工业生产中不可或缺的重要工具。它们能够高效、精确地完成各种生产任务，提高生产效率、降低人力成本。然而，不同种类的工业机器人具有不同的特点和应用场景。对于多种形态不一样的机器人，你知道它们分别是什么类别吗？它们是按照什么进行分类的呢？下面让我们一起来了解一下工业机器人。



知识链接

1. 工业机器人的发展概述

工业机器人被誉为“制造业皇冠上的明珠”，是自动定位控制、可重复编程、多功能、多自由度的操作机，主要用于代替人工从事柔性生产环节，如搬运材料、零件或操持工具，以完成各种作业。以下是对工业机器人发展的详细分析。

1) 发展历程

(1) 工业机器人在全球的发展历程。

萌芽期（20 世纪中叶之前）：有早期机械装置探索，如日本机械娃娃等。1920 年，“机器人”一词被提出。

诞生期（20 世纪 50 年代至 20 世纪 60 年代）：1954 年美国申请具有记忆和重复操作功能的机器人专利，并于 1958 年研制出样机；1959 年，第一台工业机器人“Unimate”问世；1961 年，首台工业机器人安装、运行于通用汽车生产线。

发展期（20 世纪 70 年代至 20 世纪 90 年代）：这一时期技术不断进步，如 1970 年日本日立公司发明基于视觉的全自动智能机器人；1973 年德国库卡公司推出多关节臂设计的机器人“Famulus”，此后许多公司采用该设计；1996 年德国库卡公司开发出基于个人计算机的机器人控制系统。

快速发展期（2000 年至今）：重点从硬件转向软件，智能化与协作化发展，应用领域扩大至电子、医疗、物流等，全球市场竞争加剧，中国等新兴市场快速崛起。

(2) 工业机器人在中国的发展历程。

起步阶段（20 世纪 70 年代至 20 世纪 80 年代初期）：1972 年我国开始研制工业机器人；1982 年，中国科学院沈阳自动化研究所研制出国内第一台工业机器人，拉开中国机器人产

业化序幕，但这一时期仍处于产业化摸索和科研阶段。

发展阶段（20 世纪 80 年代后期至 20 世纪 90 年代）：在国家“七五”期间及“863 计划”支持下，我国研制出喷涂、点焊、弧焊和搬运等多种机器人；20 世纪 90 年代，我国工业机器人在实践中取得进步，研制出多种用途机器人，并实施了一批应用工程，形成了一些产业化基地。

快速发展阶段（21 世纪初期至今）：2006 年起，国家政策支持力度加大，工业机器人企业大量涌现，国内企业从低端市场突破，不断提升技术水平，国产化率逐渐提高；近年来，我国机器人市场高速增长，连续多年成为全球第一大应用市场和最大的机器人消费国。

2) 发展趋势

（1）智能化：工业机器人的智能化分为外部和内部两个层面。外部智能化指的是通过外置设备进行智能决策；内部智能化指的是零部件单个智能及整体协调、运行的智能化。

（2）柔性化：传统工业机器人，往往工作地点固定、场景固定、生产要求固定。但数字时代的机器人除了传统机器人，还有复合、协作机器人，它们可以在非固定的场景中进行多方配合，生产的产品也因生产线和要求的不同而不同，更加个性化，能够满足生产需求。

（3）平台化（通用化）：未来，工业机器人将逐渐趋于平台化，变得更高效、更便捷、更灵活，同时价格也较低廉。

（4）精细化：对于现有场景，工业机器人更加精细化和标准化，用更小的成本实现更大的效益。对于潜在场景，该产业也将逐步挖掘和拓展。

3) 市场现状

（1）市场规模：中国工业机器人市场规模连续多年位居全球首位。2024 年数据显示，工业机器人的市场份额达到了 47%，占比远高于家用机器人、公共服务机器人和特种机器人。

（2）销量增长：据 MIR 数据显示，2024 年上半年中国工业机器人销量为 14 万台，同比增长约 5%。

（3）产量增长：国家统计局最新数据显示，2024 年 7 月工业机器人产量为 45528 套，比去年同期增长 19.7%；2024 年 1 月至 2024 年 7 月累计产量为 311391 套，比去年同期增长 7.9%。

（4）企业竞争：在工业机器人领域，仅按照 2024 年上半年营收来看，机器人整机上市公司中排行前六名的分别是汇川技术、埃斯顿、机器人、新时达、爱仕达及埃夫特。其中，埃斯顿 2024 年上半年工业机器人市场出货量同比增长约 10%，高于行业市场 5.1% 的平均增速。

4) 应用领域

（1）码垛：自动化高的工业机器人广泛应用于各类工厂。人工码垛强度大、效率低，

而搬运机器人可高效分类搬运，使装箱设备每小时完成数百块码垛的任务，在生产线上下料和集装箱搬运等方面作用重大。

（2）焊接：不同的工业需求有不同的焊接机器人，如点焊、弧焊、激光机器人等。汽车制造行业是焊接机器人应用最广泛的领域，其在焊接难度、数量和质量上有人工无法比拟的优势。

（3）装配：工业生产中零件装配工程量大，人力装配出错率高、效率低，逐渐被工业机器人代替。装配机器人结合多种技术，按流程编写程序用于装配工作时，具有安装精度高、灵活性大、耐用程度高的特点，适用于电子零件和汽车精细部件安装。

（4）检测：工业机器人有多维度附加功能，可代替工作人员在特殊岗位工作，如高危、未知区域探测，病人患病部位、工业瑕疵探测，以及地震救灾现场生命探测等。

5) 产业链环节

工业机器人产业可分为上游机器人核心零部件、中游机器人整机制造和下游机器人系统集成应用三大产业链环节。

（1）上游：主要是构成机器人的主要核心零部件，包括伺服系统、减速器、控制器等核心零部件，以及本体结构、传感器等。这些零部件直接决定工业机器人的性能，如可靠性和负荷能力等。

（2）中游：工业机器人整机制造，主要技术体现在整机结构设计和加工工艺、运动学和动力学控制算法的开发，以及针对行业和应用场景的编程环境和工艺包的开发。

（3）下游：主要面向终端用户及市场应用，包括系统集成、销售代理、本地合作、工业机器人租赁、工业机器人培训等第三方服务。

2. 工业机器人的分类

工业机器人对现有新兴产业的发展和传统产业的转型都起着至关重要的作用。目前工业机器人市场火爆，其种类也是多种多样。对于工业机器人的分类，国际上并没有统一的标准，有的按机械结构分，有的按执行机构运动的控制机能分，有的按驱动方式分。

1) 工业机器人按机械结构分类

工业机器人按机械结构进行分类，可分为多关节机器人、平面多关节机器人、并联机器人、直角坐标机器人、圆柱坐标机器人、协作机器人，下面对这些机器人进行简要介绍。

（1）多关节机器人（Articulated robots）：机械结构类似于人的手臂，如图 1-1 所示，通过扭转接头连接到底座，具有多个旋转关节（通常为六个），可实现三维空间内的复杂动作。该机器人广泛应用于汽车制造、焊接、涂装等领域。末端执行器（如焊枪、抓手）可根据任务需求进行更换。

(2) 平面多关节机器人 (SCARA robots): 具有圆形工作范围, 由两个平行关节组成, 如图 1-2 所示, 可以在选定的平面上提供高度的适应性。通常呈现为水平放置的“L”形结构, 两个关节平行布置, 末端执行器在水平面上移动。该机器人主要用于电子元件组装和轻负载搬运。



图 1-1 多关节机器人



图 1-2 平面多关节机器人

(3) 并联机器人 (Delta robots): 因其三角形结构而得名, 如图 1-3 所示。该机器人具有高速、高灵活性的特点, 通常用于快速取放或产品转移。通常呈现为倒置的三角形结构, 三个或更多机械臂从顶部汇聚到底部的末端执行器。该机器人主要用于食品包装、药品分拣等。

(4) 直角坐标机器人 (Cartesian robots): 也称为直线机器人或龙门机器人, 具有三个棱柱形关节, 如图 1-4 所示, 通过在其三个垂直轴 (X 、 Y 、 Z) 上滑动来提供线性运动。通常呈现为矩形框架结构, 三个轴分别沿 X 、 Y 、 Z 方向移动, 末端执行器安装在框架的一端。该机器人主要用于搬运、装配、检测等作业。



图 1-3 并联机器人



图 1-4 直角坐标机器人

(5) 圆柱坐标机器人 (Cylindrical robots): 在底座处具有至少一个旋转关节和一个棱柱形关节, 如图 1-5 所示, 提供垂直和水平线性运动及绕垂直轴的旋转运动。通常呈现为圆柱形结构, 底部有旋转基座, 中间是可伸缩的臂, 末端执行器安装在臂的末端。该机器人主要用于有限范围内物品的搬运、装配和喷涂。

(6) 协作机器人 (Cobots): 旨在在共享空间中与人类互动或在附近安全工作的机器人, 通常具有柔性机壳和传感器以确保安全, 如图 1-6 所示。外观较为圆润, 体积适中, 常与

人类在同一工作区域内协同作业，配备有传感器以监测周围环境。该机器人主要用于自动化重复的、不符合人体工程学的任务，如重型零件取放、机器进给和最终组装。



图 1-5 圆柱坐标机器人



图 1-6 协作机器人

2) 工业机器人按执行机构运动的控制机能分类

工业机器人按执行机构运动的控制机能进行分类，可分为点位型工业机器人和连续轨迹型工业机器人，下面对这些机器人进行简要介绍。

(1) 点位型工业机器人只控制执行机构由一个点到另一个点的准确定位，适用于机床上下料、点焊和一般搬运、装卸等作业。

(2) 连续轨迹型工业机器人可控制执行机构按给定轨迹运动，适用于连续焊接和涂装等作业。

3) 工业机器人按驱动方式分类

工业机器人按驱动方式进行分类，可分为电力驱动工业机器人、液压驱动工业机器人和气压驱动工业机器人，下面对这些机器人进行简要介绍。

(1) 电力驱动工业机器人：电力驱动是指使用电力作为能源来驱动设备或机器运转的一种方式。在机器人领域，电力驱动是最常用的驱动方式之一。驱动元件可以是步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。目前交流伺服电动机是应用的主流。

(2) 液压驱动工业机器人：液压驱动是一种基于流体力学原理的动力传输方式，广泛应用于各种工程和机械系统中。有很大的抓取能力（抓取力可高达上千牛顿），液压力可达 7 兆帕，液压传动平稳、防爆性好，动作也较灵敏，但对密封性要求高，对温度敏感。

(3) 气压驱动工业机器人：气压驱动是一种利用压缩空气的传递来实现机械设备运动的技术。结构简单、动作迅速、价格低，但由于空气可压缩而使工作速度稳定性差，气压一般为 0.7 兆帕，抓取力小（几十牛顿至一百牛顿）。

3. 机器人安全操作规程

(1) 机器人周围区域必须清洁，无油、水及杂质等。禁止强制扳动、悬吊、骑坐机器

- 人，以免造成人员伤亡或者设备损坏。
- （2）禁止倚在机器人或控制器上，禁止随意按动开关或按钮，以免造成人员伤亡或者设备损坏。
- （3）未经许可，非操作人员不能擅自进入机器人工作区域。操作人员进入机器人工作区域时，需随身携带示教器，以防他人误操作。
- （4）不要戴着手套操作示教器和操作盘。
- （5）在需要手动控制机器人时，应确保机器人动作范围内无任何人员或障碍物，将速度由慢到快逐渐调整，避免速度突变造成伤害或损失。
- （6）机器人动作速度较快存在危险性，操作人员应负责维护工作站正常运转秩序，严禁非工作人员进入工作区域。
- （7）在机器人运行过程中严禁操作者离开现场，以确保对意外情况能够及时处理。因故离开设备工作区域前应按下急停键，避免突然断电或者关机零位丢失，并将示教器放置在安全位置。
- （8）在察觉到有危险时，立即按下急停键，停止机器人运转。
- （9）严禁在控制柜内随便放置配件、工具、杂物、安全帽等，以免影响到部分线路，造成设备的异常。
- （10）严格遵守并执行机器人的日常维护。当电气设备（如机器人）起火时，使用二氧化碳灭火器，不得使用水或泡沫灭火器。



任务评价表

根据任务 1.1 的学习内容进行评分，并将评分结果填入表 1-1 中。

表1-1 工业机器人实训任务评价表

实训项目		学生姓名		实训日期	
评价项目	配分	评价要素	自我评价	小组评价	教师评价
职业素养	40 分	具有职业操守、诚信敬业（10 分）			
		遵守课堂纪律（10 分）			
		进行工位整理，设备完好并记录（10 分）			
		具备文明安全素养（10 分）			
职业技能	60 分	能够正确说出工业机器人按驱动方式分类的类型（12 分）			
		了解工业机器人发展历程（12 分）			

续表

评价项目	配分	评价要素	自我评价	小组评价	教师评价
职业技能	60 分	能够正确说出工业机器人按机械结构分类类型及特点（12 分）			
		能够理解机器人安全操作规程（12 分）			
		能够对安全案例进行分析（12 分）			
合计					
个人小结					

任务1.2

认识示教器



任务导入

在工业机器人的操作与编程中，示教器是至关重要的工具。它就像是机器人的“遥控器”和“编程终端”，能够让我们直观地与机器人进行交互，实现各种复杂的动作和任务。随着工业自动化的不断发展，熟练掌握工业机器人示教器的使用成了现代制造业中不可或缺的技能。本任务旨在引导读者深入了解工业机器人示教器的快捷按键和增量等功能，掌握其使用方法，为高效的机器人操作与编程打下坚实的基础。



知识链接

1. 示教器基础知识

示教器是进行机器人的手动操纵、程序编写、参数配置及监控用的手持装置，也是操作人员最常打交道的控制装置。

1) 构造介绍

ABB 工业机器人的示教器（FlexPendant 设备）由硬件与软件组成，其本身就是一台完整的计算机，如图 1-7 所示。FlexPendant 可在恶劣的工业环境下持续运行，其触摸屏易于清洁，且防水、防油、防尘。



图 1-7 ABB 工业机器人示教器

2) 示教器界面介绍

ABB 机器人示教器的操作界面包含了机器人参数设置、机器人编程及系统相关设置等功能。比较常用的选项包括输入输出、手动操纵、程序编辑器、程序数据、校准等，示教器界面如图 1-8 所示，ABB 工业机器人主菜单详细介绍如表 1-2 所示。



图 1-8 示教器界面

表1-2 ABB工业机器人主菜单详细介绍

选项	说明	选项	说明
HotEdit 补偿	程序模块下轨迹点位置的补偿设置窗口	Backup and Restore 备份与恢复	用于对系统进行备份与恢复
Inputs and Outputs 输入输出	设置及查看 I/O 视图窗口	Calibration 校准	进行转数计数和电机校准的窗口
Jogging 手动操纵	动作模式设置、坐标系选择等更改窗口	Control Panel 控制面板	用于对系统参数进行配置

续表

选项	说明	选项	说明
 Production Window 自动生产窗口	在自动模式下，可直接调试程序并运行	 Event Log 事件日志	查看系统所有事件
 Program Editor 程序编辑器	可以对机器人进行编程调试	 FlexPendant Explorer 资源管理器	对系统资源、备份文件等进行管理
 Program Data 程序数据	选择编程时所需程序数据的窗口	 System Info 系统信息	查看系统控制器属性及硬件和软件信息

2. 示教器快捷按键

ABB 工业机器人示教器配备了多个可编程快捷按键，用户可以根据实际需求自定义这些快捷按键的功能，从而简化操作流程，提高生产效率。示教器快捷按键可以实现机器人轴 / 外轴的切换，线性运动 / 重定位运动的切换，1-3/4-6 轴运动的切换，增量开关的切换等功能。了解并掌握这些快捷按键的配置方法，对于熟练操作 ABB 工业机器人至关重要。

1) 可配置快捷按键的设置

可以将示教器上的可编程按键与 I/O 信号绑定，以便快捷地对 I/O 信号进行仿真或强制操作。为可编程按键 1 配置数字输出信号夹爪 grip 的操作步骤如下。

(1) 在“控制面板”中选择“配置可编程按键”选项，如图 1-9 所示。

(2) 选择想要设置的按键（假设选中按键 1），然后在“类型”中选择“输出”选项，单击“grip”按钮，在“按下按键”中选择“切换”选项，也可以根据实际需要选择按键的动作特性，单击“确定”按钮完成设定。图 1-10 所示为通过可编程“按键 1”在手动状态下对 grip 进行强制操作。



图 1-9 选择“配置可编程按键”选项

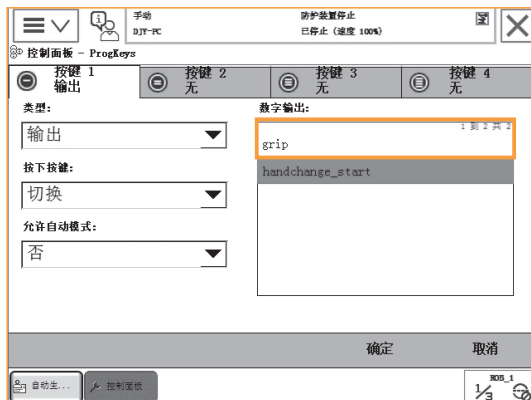
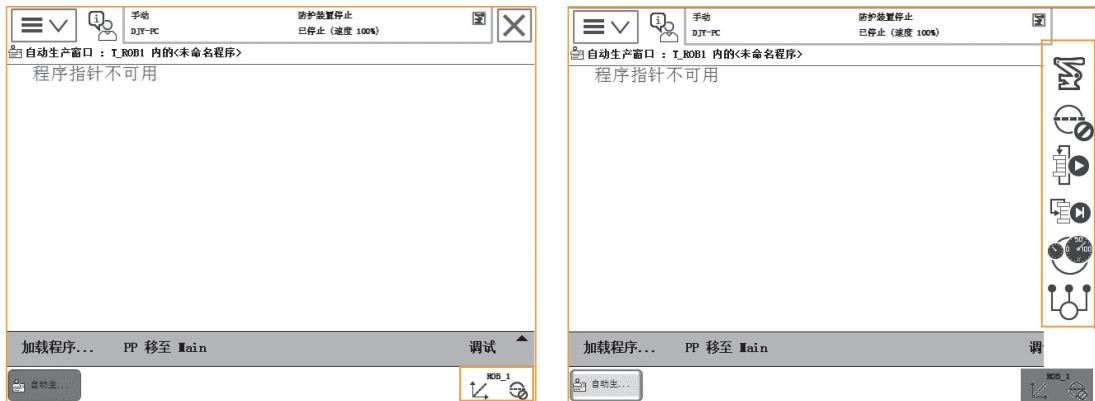


图 1-10 对“按键 1”进行设置

2) 快捷菜单按键的功能介绍

(1) 单击“快捷菜单”按钮，出现快捷菜单界面，如图 1-11 所示。

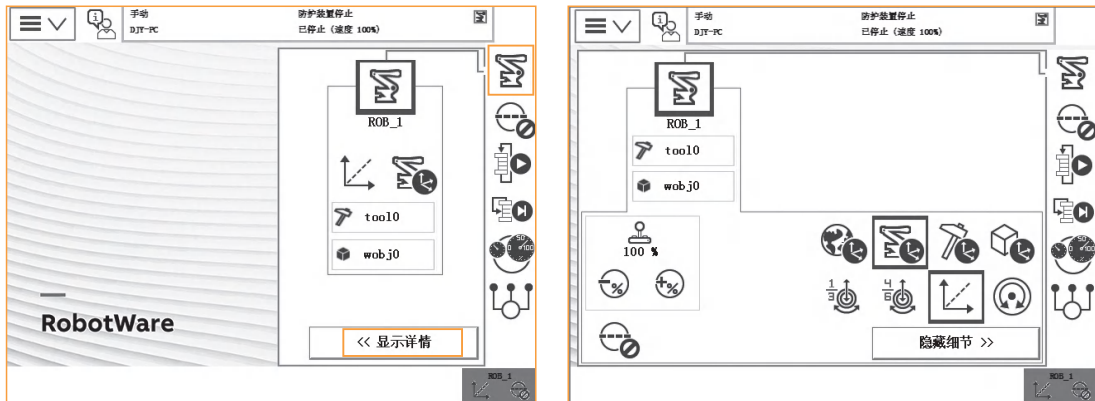


(a) 单击“快捷菜单”按钮

(b) 快捷菜单界面

图 1-11 “快捷菜单”按钮功能

(2) 单击“手动操作”按钮，再单击“显示详情”按钮，如图 1-12 (a) 所示，就可以对当前的“工具数据”“工件坐标”“操纵杆速度”“增量开/关”“坐标系选择”“动作模式选择”进行设置，如图 1-12 (b) 所示。图中“100%”调节的是操纵杆的速率，可以通过“-%”或“+%”进行速率的调整。



(a) 单击“手动操作”按钮和“显示详情”按钮

(b) 设置各种功能

图 1-12 “手动操作”按钮功能

3) 增量的使用方法

“增量”模式用来控制机器人的运动。在增量模式下，操纵杆每位移一次，机器人就移动一步。如果操纵杆位移持续一秒或数秒钟，机器人就会持续移动，操作步骤如下。

(1) 单击“快捷按键”按钮，再单击“增量”按钮，如图 1-13 所示；也可以在示教器右边快捷按键中单击“增量”按钮，如图 1-14 所示。

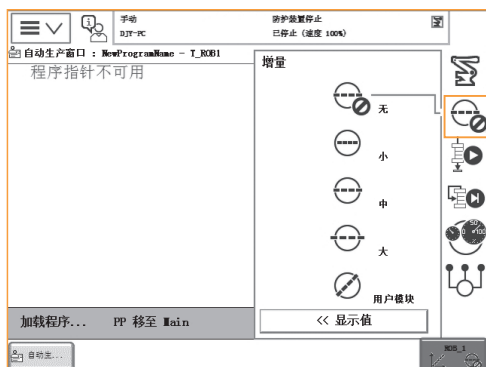


图 1-13 单击“增量”按钮



图 1-14 使用快捷按键单击“增量”按钮

(2) 在选择增量模式的界面，根据需求去选择增量的移动距离，如图 1-15 所示，然后再单击“确定”按钮。

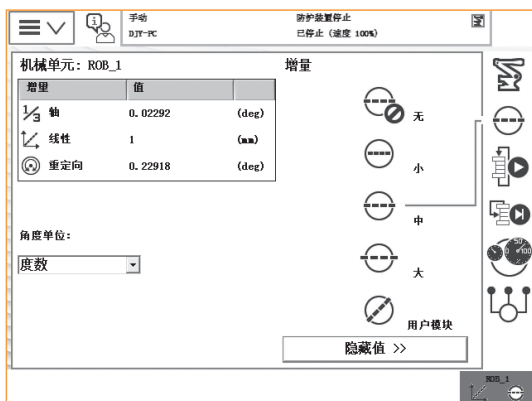


图 1-15 选择“增量所需模式”

增量对应位移及角度的大小如表 1-3 所示。

表 1-3 增量对应位移及角度

序号	增量	移动距离/ mm	角度/ °
1	小	0.05	0.005
2	中	1	0.02
3	大	5	0.14
4	自定义		



运动模式：用于选择程序的运行模式，可以在“单周”和“连续”之间切换。



步进模式：用于选择逐步执行程序的方式。



速度模式：用于设置当前模式下的执行速度，显示相对于最大运行速度的百分比。



任务模式：用于启用 / 停用任务，安装 Multitasking 后可以包含多个任务，否则仅包含一个任务。



任务评价表

根据任务 1.2 的学习内容进行评分，并将评分结果填入表 1-4 中。

表 1-4 工业机器人实训任务评价表

实训项目			学生姓名		实训日期	
评价项目	配分	评价要素		自我评价	小组评价	教师评价
职业素养	40 分	操作规范，合理使用设备（10 分）				
		分工明确，具有团队协作意识（10 分）				
		勤于练习、精益求精（10 分）				
		遵守课堂纪律（10 分）				
职业技能	60 分	能够正确开启示教器（12 分）				
		能够正确说出示教器界面功能（12 分）				
		能够正确设置增量（12 分）				
		能够熟练操作快捷键（12 分）				
		能够熟练设置可编程按键（12 分）				
合计						
个人小结						



项目小结

（1）工业机器人的发展概述。①工业机器人在全球的发展历程：萌芽期（20 世纪中叶之前）、诞生期（20 世纪 50 年代至 20 世纪 60 年代）、发展期（20 世纪 70 年代至 20 世纪 90 年代）、快速发展期（2000 年至今），工业机器人在中国的发展历程：起步阶段（20 世纪 70 年代至 20 世纪 80 年代初期）、发展阶段（20 世纪 80 年代后期至 20 世纪 90 年代）、快速发展阶段（21 世纪初期至今）；②发展趋势：智能化、柔性化、平台化、精细化；③市场现状：市场规模、销量增长、产量增长、企业竞争；④应用领域：码垛、焊接、装配、检测；⑤产业链环节：上游机器人核心零部件、中游机器人整机制造、下游机器人系统集成应用。

（2）工业机器人的分类。工业机器人按照机械结构可分为多关节机器人、平面多关节机器人、并联机器人、直角坐标机器人、圆柱坐标机器人、协作机器人；按执行机构运动的控制机能可分为点位型工业机器人和连续轨迹型工业机器人；按驱动方式可分为电力驱

动工业机器人、液压驱动工业机器人、气压驱动工业机器人。

(3) ABB 机器人的示教器 (FlexPendant 设备) 由硬件与软件组成, 其本身就是一台完整的计算机。正面有急停按键、快捷按键、操纵杆、USB 插口、触摸屏、电缆线, 背面有使能键、复位键、触摸笔。

(4) 手动操作按钮的介绍。快捷菜单按键在手动模式下显示机器人当前的机械单元、动作模式和增量大小, 熟练使用快捷菜单可以更为高效地操控机器人运动。

(5) 介绍了机器人安全操作规程。



思考与练习

- (1) 工业机器人按照机械结构可以分为几类?
- (2) 工业机器人按执行机构运动的控制机能可以分为几类?
- (3) 工业机器人按驱动方式可以分为几类?
- (4) 说一说示教器按键名称。
- (5) 可编程按键如何设置?
- (6) 增量如何使用?



任务拓展

(1) 2024 年 1 月 6 日 8 时 35 分, 位于集美区后溪镇的厦门和丰利干冰除污设备有限公司的 1 名工人在生产过程中发生一起机械伤害事故, 经抢救无效死亡。事故发生过程: 该工人发现码垛机器人机械手抓取的整组干冰掉落, 他跨越滚筒线进入码垛机器人作业区, 站在滚筒线上捡拾未被夹取的干冰块放入干冰保温箱内, 正在运行的码垛机器人机械手将他压入干冰保温箱内。请你分析这名操作人员的行为存在哪些错误?

(2) 课后查阅资料了解: 随着技术的不断进步, 工业机器人在哪些方面会有新的发展? 在未来, 工业机器人将如何与人类共同协作, 完成更加复杂和精细的生产任务? 工业机器人的广泛应用会对社会产生哪些影响? 我们应该如何看待和处理这些影响?

启智润德

创新能手 技能报国

“我能改进什么？我能创新什么？我能贡献什么？”这是痴迷发明创造的赵达经常问自己的三个问题，因此，身边的同事都笑称他为“赵三问”。虽然入职一汽红旗制造中心长青厂区涂装车间只有7年，赵达已经在平凡的岗位创造了非凡的业绩：申请发明专利12项，完成创新项目120余项，节约成本2300万元，累计降低停台返修工时5万分钟……

2020年年初，赵达入职才2年，就遇到一个大难题：外国专家把新型喷涂机器人运到车间来，只留下500页的英文说明书后就回国了，但是在实际运维的过程中，机器人的弹夹频繁脱落，导致出现弹夹损坏、车身报废等问题，这严重影响了生产效率，一度出现生产停滞现象。“当时，我们是全国第一家引进这14台新型喷涂机器人的车间，没有人使用过，自然也没有人遇到过这样的问题，若请外国技术人员来，费用不小的同时，至少还要等上半个月！我们必须自己解决！”赵达主动请缨担当该项目的负责人。这个难题事关整个生产流程是否能够正常运行，但同时又没有前车之鉴可供参考，既着急又棘手。怎么办？先从最基础的查阅、翻译外文资料开始，他尝试从控制原理中找到解决方案，失败了就再重来。在高温高湿的环境下，他戴着安全帽进出机器人工作区百余次，十分钟下来浑身都湿透了，眼镜都被汗水打湿了。那些日子，他吃住都在生产线，不间断修改程序测试，最终找到了问题的关键点——长春冬天的气温过低，压缩了空气中的水分，在设备空隙中出现结露现象，降低了弹夹的摩擦力，从而引发弹夹掉落。发现问题后，他很快就想到了利用真空注射器的原理进行改良。这种创新性的解决方案，得到了国外厂商的一致认可和高度赞扬：“中国小伙儿，很棒！”赵达也初次品尝到“把核心技术牢牢掌握在自己手里”的滋味。

虽然机器人胶枪的维护与保养是一项日常工作，但是由于产能不断提升，目前工厂面临每月检修时长由32小时压缩成12小时的现实问题，即需要提升约三倍的速度才能完成检修工作。通过详细分解保养胶枪的步骤，赵达发现，胶枪保养测试需要安装到机器人上进行验证，整体验证流程需要50分钟，车间共有12把胶枪，需要验证工时共计600分钟，这无疑是制约效率提升的最大“痛点”。

比发现问题更难的是解决问题。那段时间，他像着了魔一样，不管是吃饭还是走路，满脑子都是胶枪拆装、测试……直到有一天，因为手机落在车里，他突然闪过一个灵感：胶枪测试可不可以像蓝牙耳机一样远程自助控制呢？赵达打趣说：“那次手机忘在车里好像是老天给痴迷的自己一个巨大的奖赏。”激动过后赶紧操练：查找相关资料，尝试用无线的方式控制胶枪……过程仍然很曲折，但赵达从来没有想过放弃，因为他坚信思路的正确性。

终于，又经过13个日夜，胶枪测试工具完成了！再经过6个月现场测试，用这台远程控制的胶枪，安装到机器人上都可以正常工作！从那以后，检修工时由原来的每次50分钟降低为零，每年可节约7200分钟工时，相当于每天多生产5辆红旗车。赵达初次品尝到“智能制造新技术提高生产效率数十倍”的滋味。

（资料来源：人民日报，2023年8月4日）