



浙江省高职院校“十四五”重点立项建设教材

工业机器人操作与编程

尤光辉 祝洲杰 主 编
汪林俊 蒋立正 胡冬生 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书由长期从事工业机器人教学的一线教师编撰而成，以 ABB 工业机器人为载体，按照“项目导入、任务驱动”的理念，充分结合工业机器人的典型应用场景，讲解工业机器人操作及程序编写方面的知识。本书内容全面、实操性强，每个项目被分解为若干任务，每个任务通过“知识目标—任务描述—知识准备—任务实施—任务评价”的层级进行递进式编写，并配备了丰富的微课、动画、课件和习题等数字教学资源。本书紧跟工业机器人技术的最新发展趋势，注重理论与实践的结合，培养学生掌握工业机器人编程与操作、系统集成等相关基础知识的能力，使得学生能够针对具体的应用任务进行分析和解决问题，提高在工业自动化领域的应用水平。

本书适用于高等院校工业机器人技术专业、智能制造装备技术专业、机电一体化专业、电气自动化专业、机械设计及自动化专业、数控技术专业，以及其他相关专业的教师和学生使用，也可作为相关行业的培训教材，还可供相关行业人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989，beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人操作与编程 / 尤光辉, 祝洲杰主编.

北京: 清华大学出版社, 2025. 7. -- ISBN 978-7-302-69657-5

I. TP242.2

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025WU4098 号

责任编辑: 刘金喜

封面设计: 范惠英

版式设计: 思创景点

责任校对: 成凤进

责任印制: 沈 露

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <https://www.tup.com.cn>, <https://www.wqxuetang.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

社 总 机: 010-83470000

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 三河市铭诚印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 18

字 数: 427 千字

版 次: 2025 年 8 月第 1 版

印 次: 2025 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 59.80 元

产品编号: 098152-01

前 言

随着我国经济结构转型、产业结构升级的新常态，制造业正加速从“制造”向“智造”的模式转变。党的二十大报告提出，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。工业机器人产业是衡量一个国家制造业水平和科技水平的重要标志，是加快我国工业转型升级的务实之选，是实现自动化生产、提高社会生产效率、推动企业发展的有效手段。编者通过前期广泛调研，针对现阶段机电类专业人才培养的社会需求，编写了满足岗位任务要求、符合行业发展需要且可共享的教材，为专业人才的培养做出自己的努力。

本书以工业机器人的基本操作以及典型应用案例为研究对象，按项目任务导向进行教材开发，具备典型的校企二元教材特色，充分结合典型工业机器人应用场景，可操作性强；采用信息化和项目式案例方式，通过“知识目标—任务描述—知识准备—任务实施—任务评价”的层级进行编写，并配备可视化资料及习题；将每个知识点都嵌入任务中，确保教学过程实现理论与实践的结合，使学生掌握工业机器人操作、编程、调试及应用方法，全面培养学生解决实际问题的能力。

本书适用于高等院校智能制造工程技术、装备智能化技术、工业机器人技术、智能制造装备技术、机电一体化、电气自动化、机械设计及自动化、数控技术专业以及其他相关专业教师和学生使用，也可供相关行业人员参考。

本书针对工业机器人编程应用知识要点，一共分为六个项目，项目一介绍工业机器人基本操作，包括工业机器人的认知、简单操作示教器和基本运动手动操作；项目二介绍工业机器人重要数据设定，主要对工具数据 `tooldata`、工件数据 `wobjdata`、有效载荷 `loaddata` 进行设定；项目三介绍工业机器人 I/O 通信配置，包括对工业机器人通信总线及 I/O 板、I/O 信号，以及其关联、仿真及测试的配置设定；项目四介绍工业机器人绘图项目编程与操作；项目五介绍工业机器人搬运项目编程与操作；项目六介绍工业机器人码垛项目编程与操作。

本书内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂，适合从事工业机器人操作的人员使用。全书由浙江机电职业技术大学尤光辉、祝洲杰主编，汪林俊、蒋立正、胡冬生副主编，赵彦微、周首臻、陈宇杰参与编著。

本书教学课件、补充习题和扩展试卷可通过扫描右侧二维码下载，微课视频可通过扫描书中二维码观看。

在此感谢为本书的撰写提供宝贵意见的专家老师，由于编者学术水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者提出宝贵的意见和建议。

服务邮箱：476371891@qq.com



教学资源

编 者
2025 年 1 月

目 录

项目一 工业机器人基本操作	1	任务二 工件数据 wobjdata	
任务一 认识工业机器人	1	设定	65
知识目标	1	知识目标	65
任务描述	1	任务描述	66
知识准备	1	知识准备	66
任务实施	9	任务实施	68
任务评价	9	任务评价	75
习题	10	习题	75
任务二 简单操作示教器	11	任务三 有效载荷 loaddata	
知识目标	11	设定	76
任务描述	11	知识目标	76
知识准备	11	任务描述	76
任务实施	20	知识准备	77
任务评价	24	任务实施	79
习题	24	任务评价	80
任务三 基本运动手动操作	25	习题	81
知识目标	25	项目三 工业机器人 I/O 通信配置	82
任务描述	25	任务一 通信总线及 I/O 板配置	82
知识准备	26	知识目标	82
任务实施	33	任务描述	82
任务评价	43	知识准备	82
习题	44	任务实施	86
项目二 工业机器人重要数据设定	45	任务评价	92
任务一 工具数据 tooldata		习题	92
设定	45	任务二 I/O 信号配置及测试	93
知识目标	45	知识目标	93
任务描述	45	任务描述	93
知识准备	46	知识准备	93
任务评价	64	任务实施	95
习题	64	任务评价	101
		习题	101

任务三 I/O 信号关联及仿真 ·····	102	任务描述 ·····	169
知识目标 ·····	102	知识准备 ·····	170
任务描述 ·····	102	任务实施 ·····	172
知识准备 ·····	102	任务评价 ·····	183
任务实施 ·····	105	习题 ·····	184
任务评价 ·····	112	任务二 多个圆形物品搬运编程	
习题 ·····	112	与操作 ·····	184
项目四 工业机器人绘图项目编程与		知识目标 ·····	184
操作 ·····	114	任务描述 ·····	185
任务一 创建程序模块及例行		知识准备 ·····	185
程序 ·····	114	任务实施 ·····	188
知识目标 ·····	114	任务评价 ·····	200
任务描述 ·····	114	习题 ·····	201
知识准备 ·····	115	任务三 多个方形物品搬运编程	
任务实施 ·····	119	与操作 ·····	202
任务评价 ·····	122	知识目标 ·····	202
习题 ·····	122	任务描述 ·····	202
任务二 绘图轨迹基础编程与		知识准备 ·····	203
操作 ·····	123	任务实施 ·····	206
知识目标 ·····	123	任务评价 ·····	217
任务描述 ·····	123	习题 ·····	218
知识准备 ·····	123	项目六 工业机器人码垛项目编程	
任务实施 ·····	128	与操作 ·····	219
任务评价 ·····	148	任务一 重叠式码垛工作站编程	
习题 ·····	148	与操作 ·····	219
任务三 绘图轨迹进阶编程与		知识目标 ·····	219
操作 ·····	149	任务描述 ·····	219
知识目标 ·····	149	知识准备 ·····	220
任务描述 ·····	149	任务实施 ·····	224
知识准备 ·····	150	任务评价 ·····	236
任务实施 ·····	152	习题 ·····	237
任务评价 ·····	166	任务二 正反交错式码垛工作站	
习题 ·····	166	编程与操作 ·····	238
项目五 工业机器人搬运项目编程与		知识目标 ·····	238
操作 ·····	169	任务描述 ·····	238
任务一 单个圆形物品搬运编程		知识准备 ·····	238
与操作 ·····	169	任务实施 ·····	244
知识目标 ·····	169	任务评价 ·····	258

习题	259	知识准备	260
任务三 重叠式码垛工作站编程		任务实施	263
优化与操作	260	任务评价	278
知识目标	260	习题	279
任务描述	260		

项目一

工业机器人基本操作

任务一 认识工业机器人

知识目标

- 了解工业机器人的发展概况及概念；
- 了解工业机器人的主要类型及技术参数；
- 了解工业机器人的应用场景。

任务描述

本任务的主要内容是通过查阅文献资料、现场参观等方式了解工业机器人的定义、发展概况、主要类型、基本参数及应用场合，为后续对工业机器人应用技术的学习打下坚实的基础。



任务描述

知识准备

一、工业机器人的发展概况及概念

工业现场的机器人最早出现在 1959 年，美国发明家乔治·德沃尔(George Devol)与约瑟夫·英格伯格(Joseph F·Engelberger)联合发明了世界上第一台工业机器人——尤尼梅特(UNIMATE)，它是一种由液压驱动的机器手臂，如图 1-1 和图 1-2 所示。随后，他们成立了世界上第一个机器人制造工厂——Unimation 公司，由于英格伯格对工业机器人的研发和宣传，他也被称为“工业机器人之父”。

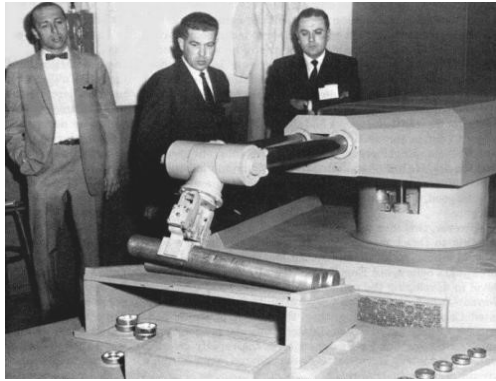


图 1-1 德沃尔与英格伯格

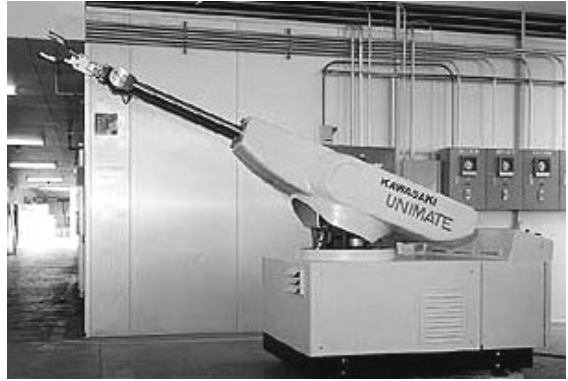


图 1-2 尤尼梅特

1962年,美国机械与铸造公司也制造了工业机器人,称为“沃尔萨特兰(VERSTRAN)”,意为“万能搬动”。“尤尼梅特”和“沃尔萨特兰”成为世界上较早的、至今仍在使用的工业机器人。1973年,ABB公司生产的IRB-6工业机器人是第一个革命性的系列机器人产品,它采用纯电气驱动,由微型计算机编程和控制,配有视觉和触觉传感器,是当时技术较为先进的机器人。同年,日本山梨大学的牧野洋教授研制成具有平面关节的SCARA型机器人,如图1-3所示。

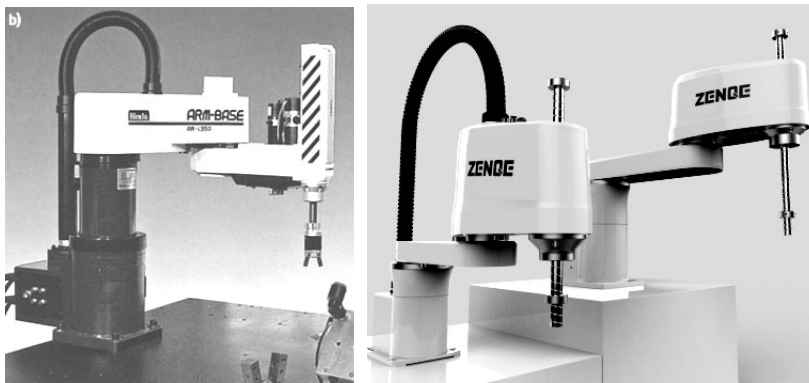


图 1-3 SCARA 型机器人

20世纪七八十年代,这一时期的技术相较于此前有很大进步,工业机器人开始具备一定的感知功能和自适应能力,能够进行离线编程,并根据作业对象的状况改变作业内容。随着技术的快速发展,这一时期的工业机器人还突出表现为商业化运用迅猛发展的特点,工业机器人的“四大家族”——库卡、ABB、安川、FANUC公司分别在1974年、1976年、1978年和1979年开始在全球范围内布局。

工业机器人是一种面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置,它能够自动执行工作,靠自身动力和控制能力来实现各种功能。1987年,国际标准化组织对工业机器人进行了定义:工业机器人是一种具有自动控制的操作与移动功能,能完成各种作业的可编程操作机。工业机器人由操作机(机械本体)、控制器、伺服驱动系统和检测传感装置构成,是一种仿人操作、自动控制、可重复编程、能在三维空间完成各种作业的机电一体化的自动化生产设备。

二、工业机器人的基本分类

工业机器人的分类方式有很多种，国际上关于机器人的分类目前也没有统一的标准，有的按照负载重量划分，有的按照控制方式划分，有的按照应用领域划分，有的按照坐标系形式划分。

本书将介绍不同坐标系形式的工业机器人，如直角坐标型机器人、圆柱坐标型机器人、球坐标型机器人、关节坐标型机器人和并联机器人。



工业机器人的基本
分类微课视频

1. 直角坐标型机器人

直角坐标型机器人是最简单的机器人。该型机器人由 3 个互相垂直的直线移动关节组成，可沿着 X 、 Y 、 Z 轴运动，是一种三自由度的机器人。直角坐标型机器人虽然结构简单、控制容易，可达到较高的位置精度，但其操作范围小、灵活性差。直角坐标机器人的示意图及实物图如图 1-4 和图 1-5 所示。

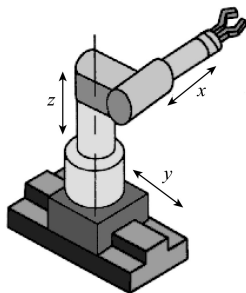


图 1-4 直角坐标型机器人示意图



图 1-5 直角坐标型机器人实物图

2. 圆柱坐标型机器人

圆柱坐标型机器人是一种能在圆柱坐标系内运动的机器人，该型机器人有两个直线移动关节和一个转动关节，其工作范围呈圆柱形状，由 z 、 ϕ 和 x 三个坐标组成坐标系，其中 x 为手臂的径向长度， ϕ 是手臂的角位置， z 是垂直方向上手臂的位置。如果机器人手臂的径向坐标 x 保持不变，那么机器人手臂的运动将形成一个圆柱表面。它的立柱安装在回转机座上，水平臂可以自由伸缩，并可沿立柱上下移动。圆柱坐标型机器人具有较大的工作范围和较高的运动速度，但随着水平臂沿水平方向伸长，线位移分辨率逐渐降低。它的手臂至少有一个反转关节和一个棱柱关节，运动学模型简单直观，适用于开口较大的作业场景。圆柱坐标型机器人的示意图及实物图如图 1-6 和图 1-7 所示。

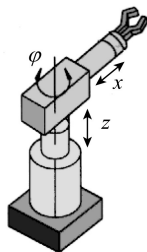


图 1-6 圆柱坐标型机器人示意图

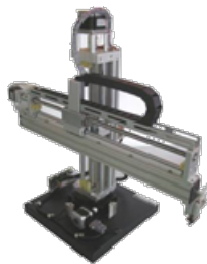


图 1-7 圆柱坐标型机器人实物图

3. 球坐标型机器人

球坐标型机器人又称为极坐标型机器人，采用球坐标系。球坐标型机器人手臂的运动由一个直线运动和两个转动组成。球坐标型机器人占地面积小、覆盖工作空间较大、结构紧凑、位置精度尚可，但避障性差、有平衡问题，而且坐标系复杂，难于控制。世界上第一台工业机器人尤尼梅特(UNIMATE)就是球坐标型机器人。球坐标型机器人的示意图及实物图如图 1-8 和图 1-9 所示。

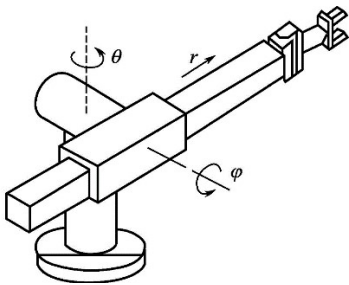


图 1-8 球坐标型机器人示意图

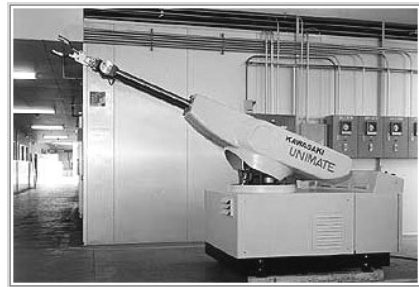


图 1-9 球坐标型机器人实物图

4. 关节坐标型机器人

关节坐标型机器人也称为关节手臂机器人或关节机械手臂，是当今工业领域比较常见的工业机器人形态之一。关节坐标型机器人具有很高的自由度，适用于几乎任何轨迹或角度的工作，操作灵活性好，运动速度快，操作范围大，但精度受机器人本体手臂位姿的影响，实现高精度运动较困难。

关节坐标型机器人的关节可以是回转关节，也可以是移动关节。六自由度工业机器人(见图 1-10)的关节全都是旋转的，类似于人的手臂。



图 1-10 六自由度工业机器人

SCARA 机器人(见图 1-11)则是由一个移动关节和两个回转关节组成的，这类机器人的结构轻便，响应快，非常适用于平面定位和垂直方向的装配作业。



图 1-11 SCARA 机器人

5. 并联机器人

并联机器人是一种具有并行棱柱或旋转关节的机器人，由平行四边形连接构成，主要用于食品、制药和电子行业。该机器人末端可以精确且快速地移动，因此非常适用于进行拾取和放置操作。图 1-12 所示是一种 ABB 公司生产的四自由度的 IRB 360 并联机器人。



图 1-12 IRB 360 并联机器人

三、工业机器人的主要技术参数

工业机器人的技术参数是各个工业机器人制造商在生产和产品供货时所提供的技术参数，是工业机器人性能和特征的主要体现。通常描述工业机器人特征的技术参数有很多，主要的技术参数包括自由度、工作空间、工作速度、工作载荷、定位精度及重复定位精度等。



工业机器人的主要
技术参数微课视频

1. 自由度

自由度是指机器人末端所能达到的自由度数目，反映了机器人整体的灵活性，通常用机器人的关节数目来表示。工业机器人上的每一个关节都由一个单独的伺服机构控制，可以精准控制每个关节的运动量。六自由度工业机器人 PUMA 的自由度示意图如图 1-13 所示。

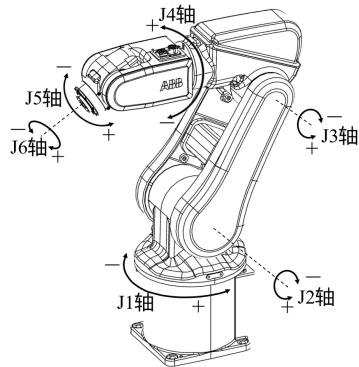


图 1-13 六自由度工业机器人 PUMA 的自由度示意图

2. 工作空间

工作空间是指机器人手臂或手部安装点所能达到的所有空间区域，不包括手部本身所能达到的区域。机器人所具有的自由度数目及其组合方式不同，导致其工作空间也不相同。人们在操作工业机器人时常用到自由度的变化量(即直线运动的距离和回转角度的大小)，自由度的变化量决定了工作空间的大小。工作空间一般由平面示意图表示，图 1-14 为 ABB 机器人 IRB120 的工作空间示意图。

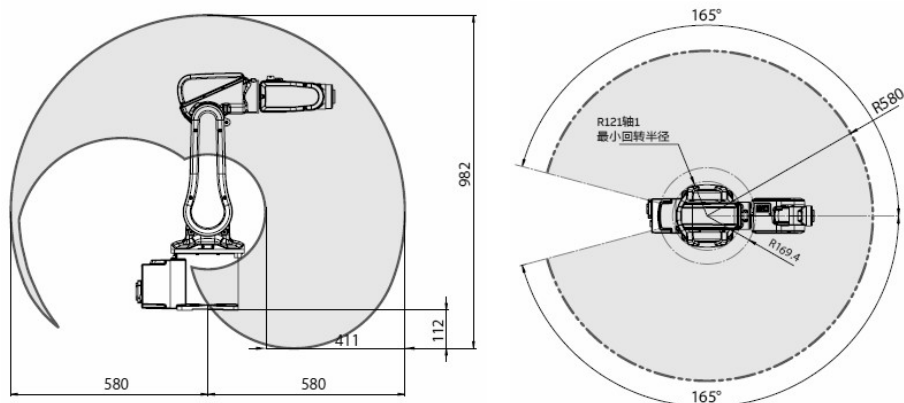


图 1-14 ABB 机器人 IRB120 的工作空间示意图

3. 工作速度

工作速度是指机器人在工作载荷条件和匀速运动过程中，机械接口中心或工具中心点在单位时间内所移动的距离或转动的角度。一般来说，运动速度是指机器人在运动过程中的最大运动速度。机器人的工作速度反映了机器人的作业水平和运动速度的快慢。机器人的运动速度与它的驱动方式、定位方式、抓取物体的质量和行程距离有关系。目前，工业机器人的最大直线速度为 1000mm/s 左右，最大回转速度为 120°/s 左右。

4. 工作载荷

工作载荷是指机器人在规定的性能范围内，机械接口处(包括手部)能承受的最大载荷。机器人载荷不仅与负载的质量有关，还受到机器人的运行速度、加速度的大小和方向的影响。此外，机器人载荷还要考虑末端操作器的质量。一般情况下，机器人在低速运行时的

承载能力大。为了安全考虑，将机器人在高速运行时所能抓取的工件重量作为其承载能力的指标。机器人的有效负载大小不仅受驱动器功率的限制，还受杆件材料极限应力的限制，因而它又与环境条件、运动参数(运动速度、加速度，以及它们的运动方向)有关。

5. 定位精度及重复定位精度

工业机器人的精度可分为定位精度和重复定位精度。定位精度是指工业机器人在执行特定任务时，其末端执行器(如夹爪、焊枪等)能够精确地定位到指定位置的能力，它描述的是末端参考点实际到达的位置与所需要到达的理想位置之间的差距。重复定位精度是指在同一条件下，工业机器人使用相同方法重复执行定位任务，到达同一位置的误差度量。工业机器人的定位精度和重复定位精度都是评估其性能的重要指标。定位精度关注的是单次定位的准确性，而重复定位精度则更侧重于多次定位的一致性。

四、工业机器人的应用

工业机器人的应用非常广泛，主要应用在装备制造行业、汽车制造行业、电子电气行业、金属制品行业、橡胶及塑料行业和视频行业等领域，其中应用最广泛的领域是汽车制造业。

1. 工业机器人搬运应用

搬运机器人在实际应用过程中最为常见，机器人搬运可以大大减轻工人繁重的体力劳动，通过编程控制可以实现多台机器人配合不同工序进行工作。搬运机器人具有定位准确、工作节拍可调、工作空间大、运行平稳等特点，广泛应用在机器人机床自动上下料、自动装配流水线、码垛搬运等众多需要自动搬运的场景中。工业机器人搬运应用如图 1-15 和图 1-16 所示。



图 1-15 机床上下料机器人的应用



图 1-16 码垛机器人的应用

2. 工业机器人装配应用

装配机器人是柔性自动化装配系统的核心设备，适用于大件、多品种、小批量的产品装配作业。装配机器人主要从事零部件的安装、拆卸及修复等工作。近年来，机器人传感器技术的飞速发展，使得机器人应用越来越多样化。装配机器人应用如图 1-17 所示。



图 1-17 装配机器人应用

3. 工业机器人焊接应用

焊接机器人是在机器人终端轴的法兰上装接焊钳或焊(割)枪,用于进行焊接(包括切割与喷涂)等工业作业的机器人。焊接机器人的出现代替了人的手工焊接,减轻了焊工的劳动强度,同时也可以保证焊接质量,提高焊接效率。

机器人焊接应用的最大特点是柔性,即可通过编程随时改变焊接轨迹和焊接顺序,因此最适用于焊接被焊工件品种变化大、焊缝短而多、形状复杂的产品。弧焊机器人应用如图 1-18 所示。点焊机器人应用如图 1-19 所示。



图 1-18 弧焊机器人应用

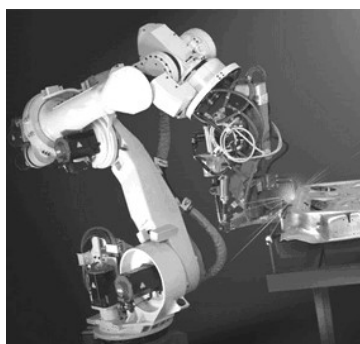


图 1-19 点焊机器人应用

4. 工业机器人喷涂应用

工业机器人喷涂应用是指利用机器人灵活、稳定、高效的特点,代替人工进行喷涂,适用于生产量大、产品型号多、表面形状不规则的工件外表面涂装。喷涂机器人的广泛应用极大地解放了在危险环境下工作的劳动力,也极大地提高了汽车制造企业的生产效率,带来了稳定的喷涂质量,降低了成品返修率,提高了油漆利用率,减少了废油漆、废溶剂的排放,有助于构建环保的绿色工厂。喷涂机器人应用如图 1-20 所示。

5. 工业机器人打磨应用

抛光打磨是制造业中一道不可或缺的基础工序,工业机器人在这一制造工序中,有着极为广泛的应用。无论是打磨、抛光,还是去毛刺,如今都可以看到工业机器人忙碌的身影。打磨机器人主要用于进行工件的表面打磨、棱角去毛刺、焊缝打磨、内腔内孔去毛刺等工作。使用打磨机器人对于提高打磨质量和产品光洁度、保证其一致性、提高生产率、改善工人劳动条件等起到了良好的作用。打磨机器人应用如图 1-21 所示。



图 1-20 喷涂机器人应用

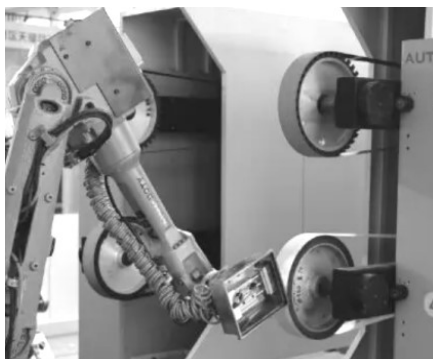


图 1-21 打磨机器人应用

任务实施

要求：通过学习、查找资料，以下面内容为要点，归纳并写一份 2000 字的调研报告。

项目	内容
国内外工业机器人发展对比	
工业机器人分类及基本参数	
国内工业机器人相关岗位	
国内工业机器人主要分布区域	
工业机器人应用领域	

任务评价

任务内容：认识工业机器人

测评人：

考核内容		标准分	实际得分
参观实验室	实验室的机器人品牌类型能否记录正确	10	
观看视频	视频中出现的机器人品牌类型能否记录正确	10	
调研报告	结合本地区调研，内容是否完整	70	
安全文明操作	进入实验室是否遵守安全规程	10	
总计		100	

习 题

一、填空题

1. 工业机器人的基本参数中, _____是指机器人手臂或手部安装点所能达到的所有空间区域。
2. 按照坐标形式划分, 工业机器人有_____, 圆柱坐标型、_____, 关节坐标型和_____等工业机器人。
3. 工业机器人的精度可分为_____精度和_____精度。
4. 定位精度是指机器人末端参考点_____与_____之间的差距。
5. ABB IRB 460-110/2.4 工业机器人的手腕持重为_____kg, 最大臂展半径为 2.4m。

二、选择题

1. 工业机器人按用途可分为()。

①装配机器人 ②焊接机器人 ③搬运机器人 ④智能机器人 ⑤喷涂机器人

A. ①②③④ B. ①②③⑤ C. ①③④⑤ D. ②③④⑤
2. 重复定位精度参数的单位通常是()。

A. $\pm 0.02\text{mm}$ B. $10\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

C. 1500rpm D. 20~80kHz
3. 哪种类型的 ABB 工业机器人最适合用于高速、高精度的定位与抓取任务? ()

A. 直角坐标型 B. 圆柱坐标型 C. 关节坐标型 D. 并联型
4. 哪种类型的工业机器人的手部空间位置变化是通过三个互相垂直的直线移动来实现的? ()

A. 直角坐标型 B. 关节坐标型 C. 圆柱坐标型 D. 并联型
5. 在以下哪个领域, ABB 工业机器人的应用最为普遍? ()

A. 农业耕作 B. 航空航天 C. 汽车制造 D. 餐饮服务

三、简答题

1. 工业机器人主要应用在哪些领域? 请举例说明这些领域中的应用情况。
2. 工业机器人通常包括哪些技术参数? 请解释这些参数对工业机器人性能的重要性。
3. 请在网络上搜索一款具体的工业机器人(如 ABB 的 IRB 1200), 列举出该机器人的主要技术参数, 并简要说明这些参数在实际应用中的意义。

任务二 简单操作示教器

知识目标

- 了解示教器的结构及界面功能;
- 掌握示教器的基本参数配置;
- 掌握系统备份与恢复操作。

任务描述

通过查阅工业机器人相关资料,观看相关视频,熟悉示教器的结构及按钮功能,掌握示教器的操作方法,能够配置示教器的基本操作环境。利用工业机器人基础应用平台(见图 1-22),简单操作示教器,主要任务包括以下内容:

- (1) 通过操作示教器将工业机器人从手动模式切换到自动模式,并启动工业机器人程序;
- (2) 通过操作示教器将工业机器人全局运行速度设为 35%,并将增量设置为“小”。

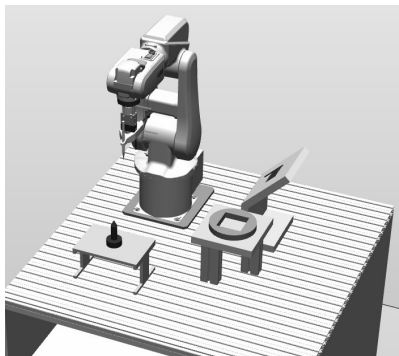


图 1-22 工业机器人基础应用平台



任务描述

知识准备

一、认识示教器

示教器也称为示教编程器,主要由触摸屏和操作键组成,可由操作者手持移动,是机器人与操作者的人机交互接口。示教器是实现用户管理,进行工业机器人手动操作、程序编写、参数配置及监控的装置,具有工业机器人操作和编程所需的各种操作和显示功能。

ABB 机器人示教器 Flex Pendant 由硬件和软件组成,其本身就是一套完整的计算机。Flex Pendant 设备用于处理与机器人系统操作相关的许多功能,如运行程序、微动控制操作器、修改机器人程序等。示教-再现型机器人的所有操作均可通过示教器上的触摸屏来完成,所以掌握各个按钮的功能和操作方法是使用示教器操作机器人的前提。



示教器界面介绍
微课视频

1. 示教器外部结构

ABB 机器人示教器外观如图 1-23 所示。

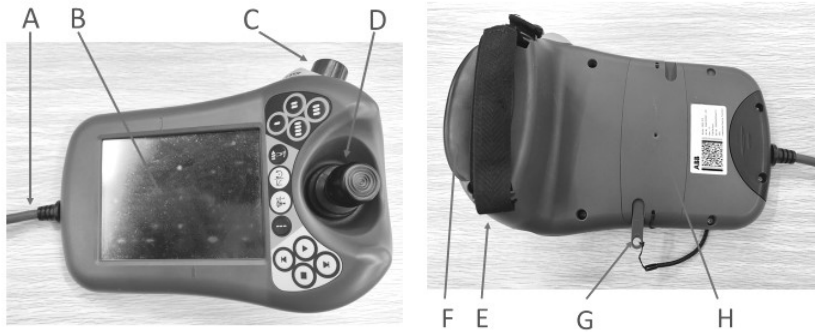


图 1-23 ABB 机器人示教器外观

图 1-23 中各字母的注释如表 1-1 所示。

表 1-1 ABB 机器人示教器外观图中的字母及注释

字母	注释	字母	注释
A	连接电缆	E	数据备份的 USB 接口
B	触摸屏	F	使能按钮
C	急停开关	G	触摸屏用笔
D	手动操作摇杆	H	示教器复位按钮

2. 示教器按钮

示教器上有 12 个专用按钮，各按钮的功能如表 1-2 所示。

表 1-2 示教器按钮功能

		可编程按钮
		选择机械单元
		切换移动模式(重定位或线性)
		切换移动模式(轴 1~3 或 4~6)
		切换增量
		启动按钮(开始执行程序)
		步退按钮(使程序后退一步)
		步进按钮(使程序前进一步)
		停止按钮(停止程序执行)

3. 手持示教器的方法

示教器按照人体工程学设计，左手握住示教器，右手操作，如图 1-24 所示。如果是左撇子，可以用右手握住示教器，左手操作。



图 1-24 手持示教器的方法

4. 正确使用使能按钮及操纵杆

使能按钮分为两挡，在手动状态下，按下第一挡工业机器人将处于电机开启状态，按下第二挡工业机器人处于防护装置停止状态，示教器使能按钮如图 1-25 所示。

(1) 使能按钮的作用。

- ① 使能按钮是工业机器人为保证操作人员人身安全而设置的按钮。
- ② 按下使能按钮，保持在“电机开启”的状态，才可以对工业机器人进行手动操作及程序编写与调试。
- ③ 当发生危险时，人本能地将使能按钮松开或按紧，则工业机器人会停止以保证安全。

(2) 操纵杆的使用。

示教器的操纵杆(摇杆)用于进行上下左右及斜角、旋转操作，共 10 个方向，如图 1-26 所示。斜角操作相当于相邻的两个方向同时动作。在操作摇杆时，要注意观察工业机器人的动作。



图 1-25 示教器使能按钮

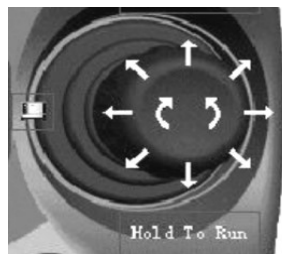


图 1-26 操纵杆

摇杆的操纵幅度与工业机器人的运动速度相关，幅度越小则工业机器人运动速度越慢，幅度越大则工业机器人运动速度越快。因此，在操作不熟练的时候尽量以小幅度操纵工业机器人运动。

严格来说，摇杆只具备上下、左右和顺逆时针 3 个自由度的动作。控制工业机器人动作时也对应 3 个自由度。轴动作时对应 1~3 轴或 4~6 轴，插补动作时对应 3 个位置自由度或 3 个旋转自由度。

5. 示教器主界面

示教器主界面如图 1-27 所示。

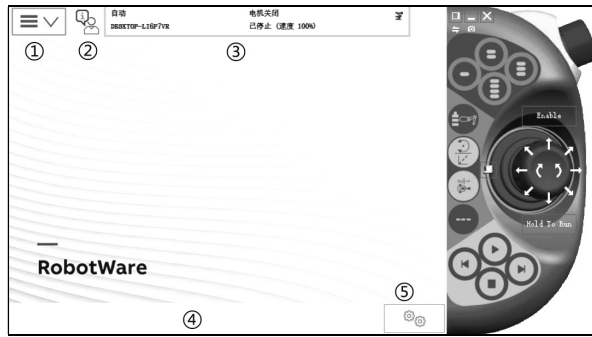


图 1-27 示教器主界面

① ABB 菜单；② 操作员窗口；③ 状态栏；④ 任务栏；⑤ “快速设置”菜单

(1) ABB 菜单。

ABB 菜单如图 1-28 所示。



图 1-28 ABB 菜单

(2) 操作员窗口。

操作员窗口显示来自机器人程序的消息。程序需要操作员做出某种响应，以应对继续工作时可能出现的情况。

(3) 状态栏。

状态栏显示机器人的状态(手动、全速手动、自动)、机器人的系统信息、机器人电机的运动状态、当前机器人或外轴的使用状态。

(4) 任务栏。

通过 ABB 菜单，可以打开多个视图，最多可以打开 6 个视图，但一次只能操作一个。任务栏显示所有打开的视图，并可以切换视图。

(5) “快速设置”菜单。

“快速设置”菜单显示手动操纵模式、程序执行的设置。

二、机器人系统的基本操作

1. 启动与关闭机器人

开机：在确认输入电压正常后，打开电源开关。

关机：在示教器的“重新启动”菜单中选择“关机”，然后再关闭控



机器人的关机与
启动微课视频

制柜上的电源开关。

注意：关机后需要等 2 分钟才能再次开启电源。

ABB 工业机器人系统的电源总开关、急停按钮、通电/复位按钮、机器人状态开关都位于控制柜上，如图 1-29 所示。



图 1-29 机器人控制开关

- ① 电源总开关；② 急停按钮；③ 通电/复位按钮；④ 机器人状态开关

单击示教器左上角的“主菜单”按钮，选择“重新启动”，再单击“重启”按钮，即可重新启动示教器，如图 1-30 所示。

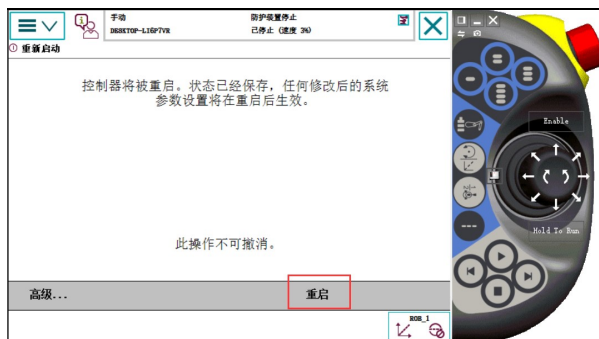


图 1-30 重启示教器

如果在选择“重新启动”后，单击“高级...”按钮，则进入如图 1-31 所示的界面，在该界面中可根据自己的需要选择对应的重启方式。

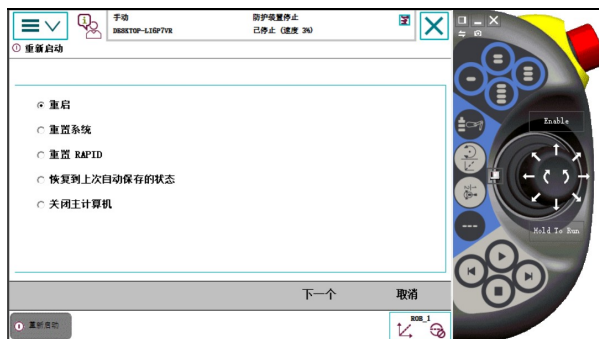


图 1-31 利用示教器重启机器人

工业机器人重新启动的类型分为 5 种，分别为重启、重置系统、重置 RAPID、恢复到上次自动保存的状态和关闭主计算机，如表 1-3 所示。

表 1-3 重新启动类型及说明

重新启动类型	说明
重启(热启动)	使用当前的设置重新启动当前系统
重置系统(I 启动)	重启并将清除当前的系统参数设置和 RAPID 程序
重置 RAPID(P 启动)	重启并将清除当前的 RAPID 程序和数据，但会保留系统参数设置
恢复到上次自动保存的状态(B 启动)	重启系统之后将使用上次成功关机的映像文件的备份，这意味着在该次成功关机之后对系统所做的全部更改都将丢失
关闭主计算机	关闭机器人控制系统，并保存系统当前状态到映像文件中

2. 切换机器人运行模式

ABB 工业机器人有 3 种运行模式：自动模式、手动模式、手动全速模式。若要在示教器上进行编程、示教点位等操作，则必须切换为手动模式。机器人手动/自动运行开关如图 1-32 所示。



图 1-32 机器人手动/自动运行开关

① 自动模式；② 手动模式；③ 手动全速模式



快捷操作
微课视频

自动模式：用于正式生产，此模式下编辑程序功能被锁定。在自动模式下，能够自主移动，无需人工实时干预，通过使用 I/O 信号等方式远程控制机器人，同时有附加保护机制，可以确保安全。

手动模式：也称手动减速模式，该模式用于创建和调试工业机器人系统程序。在手动模式下，需要按下使能键才能启动工业机器人，用示教器手动运行工业机器人时，运行速度最高限制为 250mm/s。

手动全速模式：在此模式下，工业机器人可全速运行，常用于程序测试。手动全速模式只能用于所有人员都位于安全保护空间之外时且操作人员必须经过训练。

工业机器人状态开关位于控制柜上，在 RobotStudio 的虚拟示教器中，状态开关位于摇杆右侧，如图 1-33 所示。



图 1-33 示教器的状态开关

外部启动模式：在自动模式基础上使用外部输入信号启动工业机器人程序，需要将外部输入信号绑定到系统的启动信号实现此功能。将工业机器人设置为自动运行模式，通过工作台操作面板上的外部启动按钮(绿色带灯按钮)启动工业机器人程序。

3. 设置机器人运行速度

工业机器人运行速度设置包括速度倍率设置和增量模式设置。速度倍率决定了机器人运行的最大速度百分比，而增量模式是用户根据任务需求微调工业机器人的运动速度和位置。速度倍率是工业机器人手动或自动运行时，相对于最大运行速度的百分比。通过合理设置速度倍率和增量值，可以确保工业机器人在运行过程中既安全又高效。在示教器状态栏可以查看当前速度，如图 1-34 所示。



图 1-34 全局运动速度

在速度设置功能界面按照需要设定速度值，如图 1-35 所示。

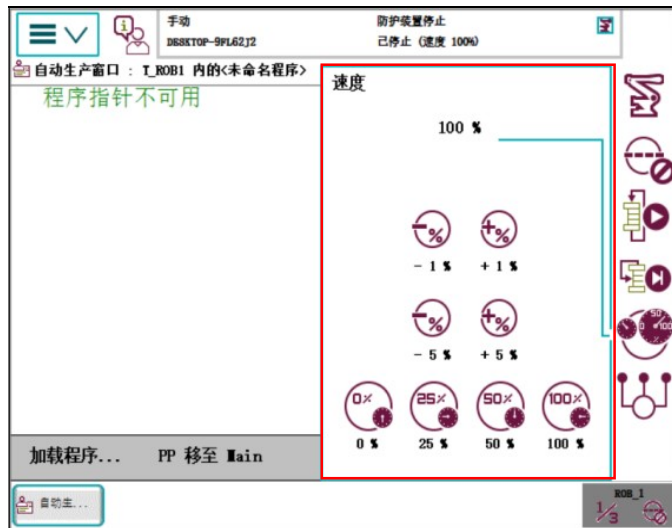


图 1-35 速度设置功能界面

- 1%和+1%：以 1%为单位变化量增减速度值；
- 5%和+5%：以 5%为单位变化量增减速度值；
- 0%、25%、50%和 100%：直接将速度设置为对应值。

增量模式是一种用于控制工业机器人运动的特殊模式，其参数有无、小、中、大、用户模块，如图 1-36 所示。如果设置为无，则表示无增量。

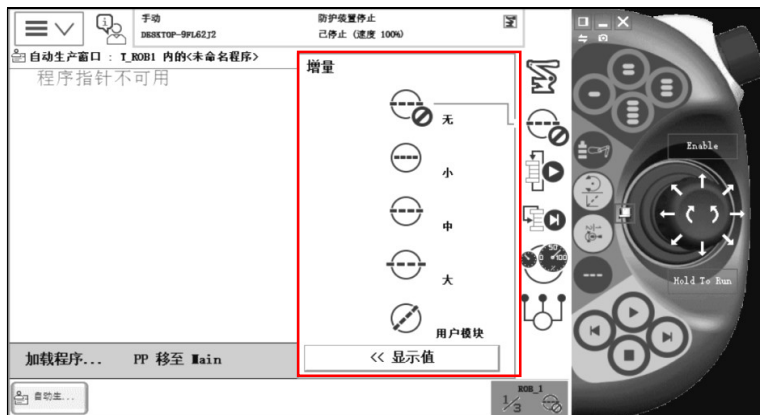


图 1-36 增量设置功能界面

4. 工业机器人机械单元切换

常见的工业机器人一般为 6 轴，也就是单个本体。而在实际应用场景中，根据需要可对工业机器人附加额外轴，从而实现能够操作更大范围的工件或工作区域，这种附加轴称为外部轴。机器人的外部轴有很多种，运动类型可以为直线型、旋转型等，数量可以从 1 轴到 6 轴甚至更多。不同的轴数及运动类型组合可以形成多种结构各异的外部轴系统，这样的情况对于解决实际应用问题帮助巨大，但对使用者提出了更高的要求。

对于单机器人系统来说，仅有一个机械单元，也就是机器人本体，在状态栏右上角可以看到机器人的图标，如图 1-37 所示。



图 1-37 单机器人系统

而在多轴系统中，机械单元不止一个。如图 1-38 所示，工业机器人与一维轨道构成最简单的多轴系统。其中工业机器人安装在轨道的滑动平台上，可以实现工业机器人在轨道上移动，从而扩大了工业机器人的工作范围。在这样的系统中，操作工业机器人与轨道动作必然会涉及机构的切换。

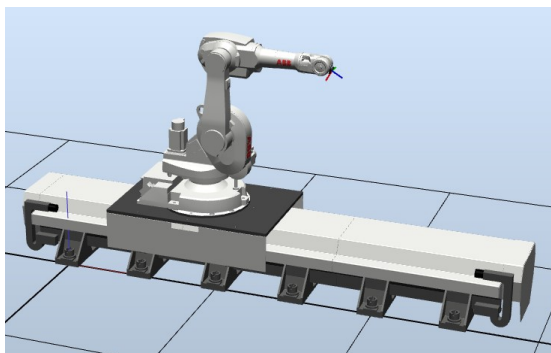


图 1-38 机器人外部轴

打开“快速设置”菜单，单击“机械单元设置”按钮，此时窗口中显示的是机器人本体与外部轴，根据需要选择对应的图标即可切换系统当前可操作的机械单元，而在状态栏与快速设置按钮的显示也会相应变更，如图 1-39 所示。

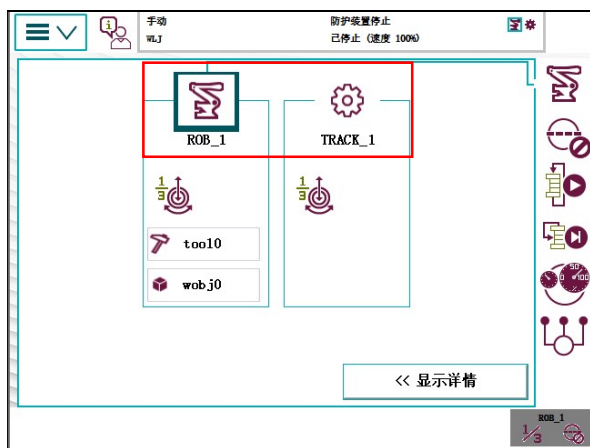


图 1-39 多机器人系统

除了使用“快速设置”的功能菜单可以切换，使用“机械单元切换”按钮(见图 1-40)也可实现相同功能。



图 1-40 “机械单元切换”按钮

5. 机器人系统的备份与恢复

机器人数据备份是对所有正在系统内存运行的 RAPID 程序和系统参数进行保存。当机器人出现数据错乱或重新安装系统后，可快速将备份好的数据恢复到机器人系统中，通过备份数据可以在短时间内让机器人恢复到备份前的工作状态。



机器人系统备份与恢复微课视频

(1) 备份。

单击“主菜单”按钮，选择“备份与恢复”，单击“备份当前系统”按钮。默认名称构成为机器人系统编号+Backup+备份日期。图 1-41 中所示的“System1_Backup_20230930”表示“System1”的机器人在 2023 年 9 月 30 日的系统备份。通常使用默认名称保存备份即可，如果在单日需要多次备份，可以额外增加其他注释以便区别。



图 1-41 备份机器人数据

确定备份文件夹和备份路径后，单击“备份”按钮完成备份。备份文件如需保存在外部存储设备中，需要先将 USB 设备连接到示教器的 USB 接口。

(2) 恢复。

单击“主菜单”按钮，选择“备份与恢复”，单击“恢复系统”按钮，进入恢复界面，如图 1-42 所示。

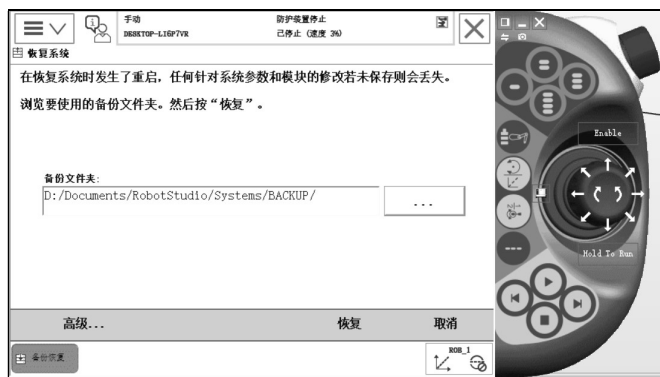


图 1-42 恢复机器人数据





选择要使用的备份文件夹后，单击“恢复”按钮即可恢复机器人系统。

任务实施

一、手动模式设定

通过操作示教器将工业机器人的启动模式从自动模式切换到手动模式，具体操作步骤及说明如表 1-4 所示。

表 1-4 手动模式设定的具体操作步骤及说明

操作步骤	操作说明	示意图
1	工业机器人运行模式可通过控制柜上的“模式选择开关”切换	 <p>A photograph of the ABB industrial robot control cabinet. The cabinet is light grey with various ports and controls on the front panel. The ABB logo is visible in the bottom right corner.</p>
2	将“模式选择开关”顺时针旋转到右侧	 <p>A close-up photograph of the mode selector switch on the control cabinet. The switch is a rotary knob with a lightning bolt symbol. A red box highlights the switch, and an arrow indicates it should be rotated clockwise to the right.</p>
3	通过示教器查看机器人当前的运行模式，“手动运行模式”显示在示教器状态栏左上方	 <p>A screenshot of the robot control software interface. The top status bar shows the mode as "手动" (Manual) in a red box. Below it, the text "程序指针不可用" (Program pointer not available) is displayed. The bottom of the screen shows a control bar with buttons for "加载程序..." (Load program...), "PP 移至 Main" (PP move to Main), and "调试" (Debug).</p>
4	手动使能后，单击示教器的“启动”按钮，即启动工业机器人程序	 <p>A close-up photograph of the robot controller joystick. The joystick is black with several buttons. A red box highlights the "启动" (Start) button, which is a square button with a lightning bolt symbol.</p>

二、自动模式设定

通过操作示教器将工业机器人的启动模式从手动模式切换到自动模式，具体操作步骤及说明如表 1-5 所示。

表 1-5 自动模式设定的具体操作步骤及说明

操作步骤	操作说明	示意图
1	将“模式选择开关”逆时针旋转到左侧	
2	通过示教器查看机器人的当前运行模式，“自动运行模式”显示在示教器状态栏左上方	
3	手动使能后，单击示教器的“启动”按钮，即启动工业机器人程序	



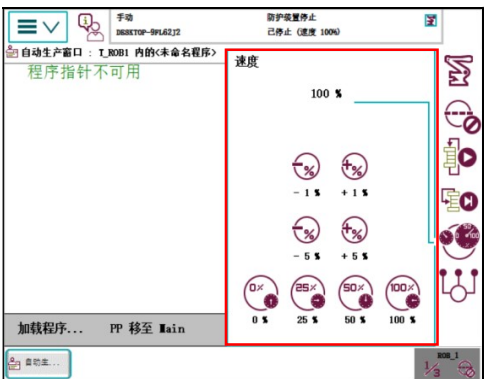
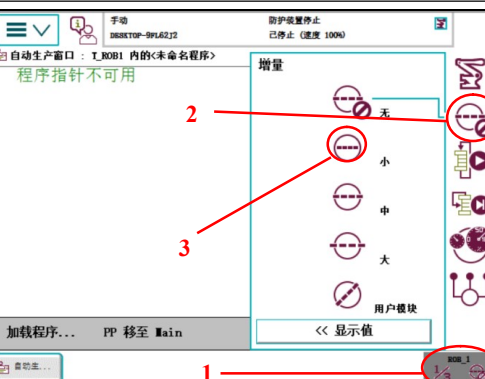
三、设定运行速度及增量

通过操作示教器将工业机器人运行速度设为 35%，并将增量设置为“小”，具体操作步骤及说明见表 1-6 所示。



运行速度设定及
增量操作视频

表 1-6 运行速度及增量设定的具体操作步骤及说明

操作步骤	操作说明	示意图
1	打开“快速设置”菜单	 <p>The screenshot shows the robot control software interface. At the bottom right, there is a '快速设置' (Quick Settings) button, which is circled in red. The interface also shows '加载程序...' (Load Program...) and 'PP 移至 Main' (PP Move to Main) buttons.</p>
2	单击“速度设置”按钮	 <p>The screenshot shows the robot control software interface. On the right sidebar, there is a '速度设置' (Speed Settings) button, which is circled in red. The interface also shows '加载程序...' (Load Program...) and 'PP 移至 Main' (PP Move to Main) buttons.</p>
3	将速度值设定为 35% (单击“25%”按钮 1 次, 再单击“5%”按钮 2 次)	 <p>The screenshot shows the robot control software interface with the '速度' (Speed) settings panel open. The panel displays '100%' at the top and several buttons for speed adjustments: '-1%', '+1%', '-5%', '+5%', '0%', '25%', '50%', and '100%'. The '25%' and '5%' buttons are highlighted in red. The interface also shows '加载程序...' (Load Program...) and 'PP 移至 Main' (PP Move to Main) buttons.</p>
4	打开“快速设置”菜单, 单击“增量”按钮, 选择“小”增量选项, 即完成设置	 <p>The screenshot shows the robot control software interface with the '增量' (Increment) settings panel open. The panel displays '无' (None) at the top and several buttons for increment adjustments: '小' (Small), '中' (Medium), '大' (Large), and '用户模块' (User Module). The '小' (Small) button is highlighted in red. The interface also shows '加载程序...' (Load Program...) and 'PP 移至 Main' (PP Move to Main) buttons. Red arrows and numbers 1, 2, and 3 indicate the sequence of actions: 1 points to the '快速设置' button, 2 points to the '增量' button, and 3 points to the '小' button.</p>

任务评价

任务内容：简单操作示教器

测评人：

	考核内容	标准分	实际得分
工业机器人启动模式切换	手动模式切换为自动模式	10	
	自动模式切换为手动模式并启动程序	20	
工业机器人速度及增量设定	工业机器人速度设定为 42%	20	
	增量设定为用户值 1.5	10	
工业机器人系统备份及恢复	工业机器人系统备份	15	
	工业机器人系统恢复	15	
安全文明操作	是否遵守操作规程	10	
总计		100	

习 题

一、填空题

1. 工业机器人有 3 种运行模式，分别是_____、_____和手动全速模式。
2. 工业机器人的 I 启动的含义是_____，P 启动的含义是_____。
3. 根据实际应用对工业机器人增设附加轴来实现更大范围操作，此附加轴称为_____。
4. 工业机器人的增量模式包含了多个参数设置，有_____、小、中、大和_____。
5. 工业机器人在发生意外或运行不正常等情况下，均可使用_____键使其停止运行。

二、选择题

1. ABB 工业机器人在手动限速状态下，运动速度最高限制在()。
 - A. 100mm/s
 - B. 150mm/s
 - C. 200mm/s
 - D. 250mm/s
2. 工业机器人在()状态下可编辑程序。
 - A. 自动
 - B. 手动限速
 - C. 手动全速
 - D. 手动限速和手动全速
3. 重新启动当前系统后重装 RAPID 是()启动。
 - A. 热启动
 - B. B 启动
 - C. I 启动
 - D. P 启动
4. 关于 ABB 工业机器人的增量模式，以下说法正确的是()。
 - A. 增量模式有“无、小、中、大”四种方式
 - B. 增量模式下工业机器人将始终以最大速度运行
 - C. 增量模式仅适用于线性运动
 - D. 增量模式下可通过微调实现工业机器人的运动速度和位置

5. 当工业机器人因为某种原因进入紧急停止状态时, 应()以恢复操作。
- A. 立即启动
B. 释放紧急停止按钮并尝试重新启动
C. 重置 RAPID
D. 重置系统

三、判断题

1. 工业机器人备份当前系统选项用于保存机器人当前的系统状态。 ()
2. 在自动模式下, 工业机器人示教器上的使能器无效。 ()
3. 工业机器人示教器摇杆的操纵幅度决定了工业机器人的运动速度, 幅度越大则工业机器人运动越快, 反之越慢。 ()
4. 在工业机器人示教器中, 无法查看机器人的实时位置信息。 ()
5. ABB 工业机器人开机后, 必须先设置运行速度才能进行操作。 ()

任务三 基本运动手动操作

知识目标

- 掌握单轴运动的含义及操作;
- 掌握线性运动的含义及操作;
- 掌握重定位运动的含义及操作;
- 掌握转数计数器的更新操作。

任务描述

利用工业机器人基础应用平台完成以下任务, 如图 1-43 所示。

- (1) 通过单轴运动完成 IRB120 工业机器人系统的转数计数器更新, 将第 5 轴设为 90° ;
- (2) 通过线性运动使得 IRB120 工业机器人沿“p10—p20—p30—p40”轨迹运动一圈;
- (3) 通过重定位运动完成 IRB120 工业机器人在 p40 位置的定点转动。



任务描述

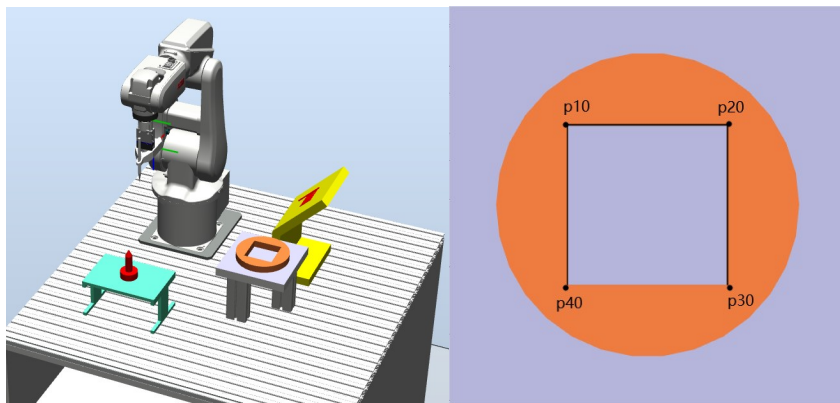


图 1-43 工业机器人基础应用平台及任务对象

知识准备

一、工业机器人的手动操作模式

工业机器人手动操作有 3 种模式：单轴运动、线性运动和重定位运动。下面介绍这 3 种模式的含义及操作。

1. 单轴运动

ABB 工业机器人由 6 个伺服电动机分别驱动其 6 个关节轴，每次手动操纵一个关节轴的运动，称为单轴运动，如图 1-44 所示。该运动简单，易于控制和维护，定位精度高，适用范围广。



单轴运动
微课视频

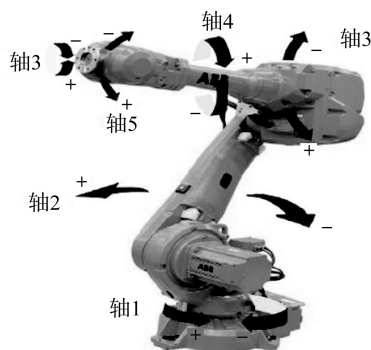


图 1-44 ABB 工业机器人关节轴 1~轴 6

在特定场合下，使用单轴运动控制显得尤为重要。这些应用场合包括但不限于以下几种。

(1) 工业机器人的运动过程出现“奇异点”，即在该点处机器人的某些轴无法进行线性移动，此时需要利用单轴运动使工业机器人能绕过奇异点，继续完成后续动作。

(2) 在工业机器人示教过程中，为了更精确地定位目标位置，经常需要对机器人的各个轴进行微调。

(3) 为实现转数计数器的更新，需通过单轴运动使得工业机器人各个轴回到零点位置。打开示教器界面，将“机械钥匙开关”旋转到“手动限速模式”，如图 1-45 所示。



图 1-45 切换为“手动限速模式”

单击“主菜单”按钮，在示教器主界面中，选择“手动操纵”，如图 1-46 所示。



图 1-46 选择“手动操纵”

在“动作模式”选项中，选择“轴 1—3”，然后单击“确定”按钮，如图 1-47 和图 1-48 所示。

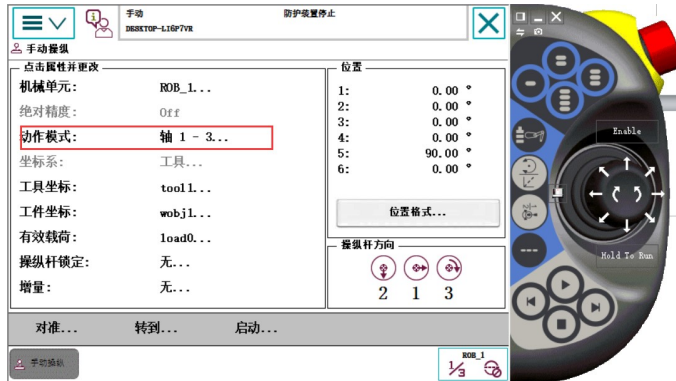


图 1-47 选择“动作模式”



图 1-48 选择“轴 1—轴 3”

如果选择“轴 4—6”，则可以操纵轴 4~轴 6。

在示教器的右下角显示“1-2-3 及箭头方向”对应操纵杆上左右、前后和旋转，分别对应轴 1、轴 2 和轴 3 的运动，如图 1-49 所示。

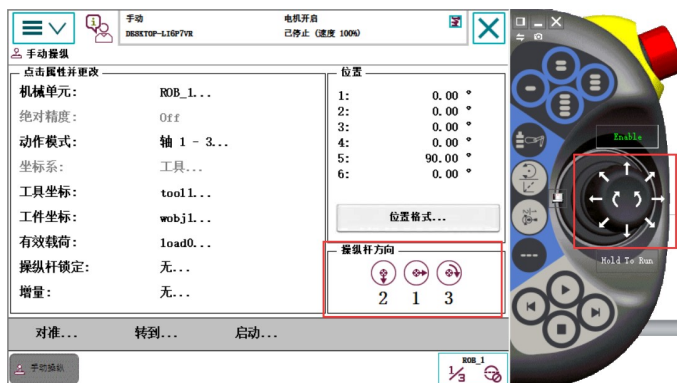


图 1-49 操作杆代表“轴 1—3”运动

可以通过快捷键来切换“轴 1—3”和“轴 4—6”，右下角会显示当前处于“轴 1—3”还是“轴 4—6”，如图 1-50 所示。

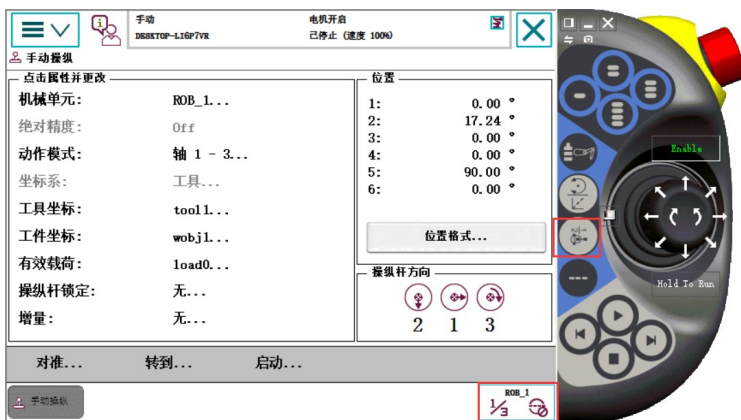


图 1-50 单轴运动快捷切换

如果通过控制操纵杆向下，轴 2 的角度位置数值会增大，即轴 2 姿态会发生变化，如图 1-51 所示。如果控制操纵杆向其他方向移动，其他轴也会发生变化。

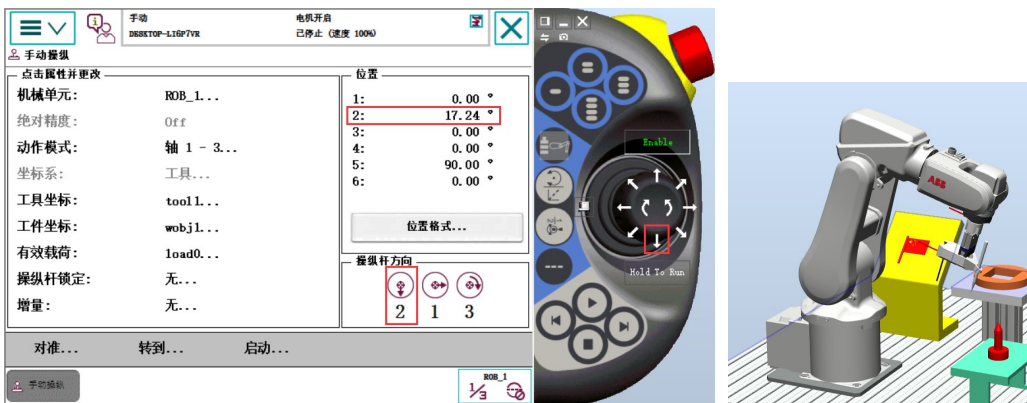
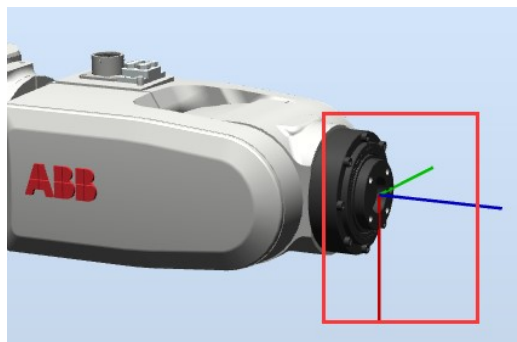


图 1-51 操纵杆实现单轴运动

2. 线性运动

工业机器人的线性运动是指安装在第六轴法兰盘上末端执行器的 TCP 在空间中做直线

运动。TCP 是工具中心点(tool center point)的简称,工业机器人有一个默认的工具中心点,它位于第六轴安装法兰的中心,如图 1-52 所示。



线性运动
微课视频

图 1-52 工具中心点 TCP

工业机器人的线性运动在多个领域具有广泛的应用,包括但不限于搬运、加工、焊接等,通过精确控制 TCP 的位置和移动轨迹,工业机器人能够高效、准确地完成任务,提高生产效率和产品质量。

在示教器主界面中,选择“手动操纵”,如图 1-53 所示。



图 1-53 选择“手动操纵”

在“动作模式”选项中,选择“线性”,然后单击“确定”按钮,如图 1-54 和图 1-55 所示。

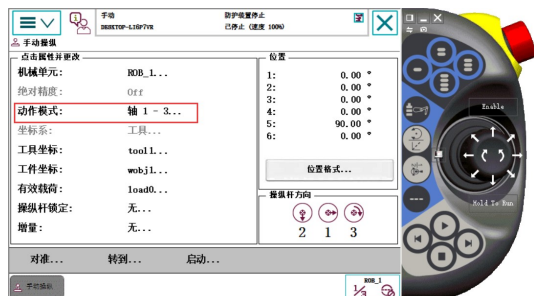


图 1-54 选择“动作模式”



图 1-55 选择“线性”

按下使能按钮,使得状态栏中出现“电机开启”状态,如图 1-56 所示。



图 1-56 按下使能按钮

如图 1-57 所示，右下角显示操纵杆方向，箭头代表正方向。

操控操纵杆向下，往 X 轴正方向移动，如图 1-58 所示。如果控制操纵杆 Y 轴和 Z 轴，Y、Z 轴位置也会发生变化。

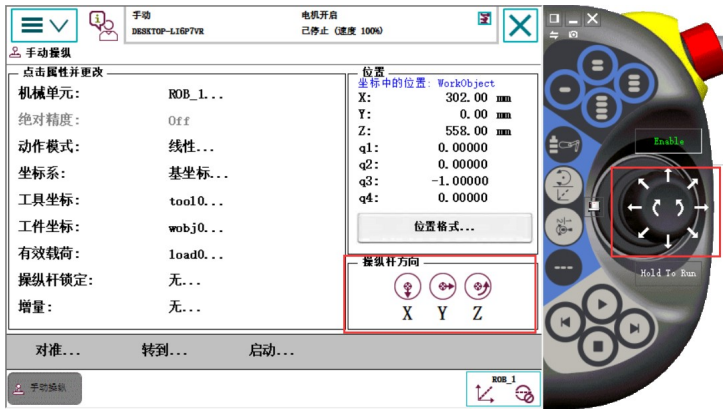


图 1-57 操作杆代表 X、Y、Z 轴的直线运动



图 1-58 操纵杆实现线性运动

3. 重定位运动

工业机器人的重定位运动是指工业机器人第六轴法兰盘上的工具中心点在空间中做旋转运动，该运动主要用于调整工业机器人的姿态，但工具中心点的位置保持不变，即工业

机器人绕着工具中心点做姿态调整的运动，如图 1-59 所示。

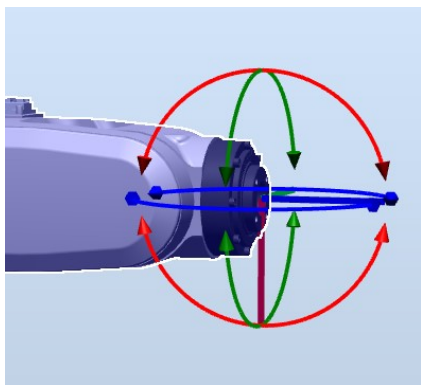


图 1-59 重定位运动姿态

工业机器人的重定位运动是一种灵活、高效的方式，用于在不改变工具 TCP 位置的情况下调整工业机器人的姿态。通过合理的编程和手动操作，可以实现精确的重定位运动，提高机器人的工作效率和灵活性。

在示教器主界面中，选择“手动操纵”，如图 1-60 所示。



图 1-60 选择“手动操纵”

在“动作模式”选项中，选择“重定位”，然后单击“确定”按钮，如图 1-61 和图 1-62 所示。



图 1-61 选择“动作模式”



图 1-62 选择“重定位”

工业机器人重定位运动需要选择对应的坐标系，选择“工具”坐标系，如图 1-63 所示。



图 1-63 选择“工具”坐标系

在进行重定位运动之前，需要在“工具坐标”中指定对应的工具，单击“工具坐标”，确定选择工具“tool1”，如图 1-64 所示。



图 1-64 选择工具“tool1”

右下角显示操纵杆方向，箭头代表正方向，X、Y、Z 分别表示工业机器人工具绕着 X、Y、Z 轴旋转，如图 1-65 所示。

工具 tool1 的 TCP 在空间中做重定位运动，如图 1-66 所示。

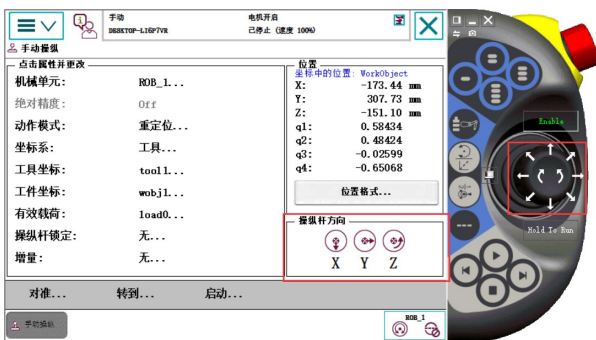


图 1-65 操作杆代表绕 X、Y、Z 轴旋转运动

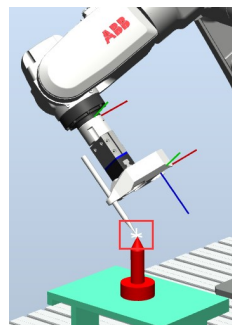


图 1-66 操纵杆实现重定位运动

二、更新转数计数器

转数计数器是工业机器人中的一个重要组件，它用于记录工业机器人各个关节轴的转动数据，以确保机器人的精确运动和定位。工业机器人六个关节轴都有一个机械原点的位置。

工业机器人零位是指工业机器人各轴在初始化或校准后的起始位置或参考点。这个零位是工业机器人所有后续运动、定位和编程的基础，对于工业机器人每一个轴(如旋转轴、平移轴等)，都有一个与之对应的零位，零点刻度的位置分别在机器人本体的关节位置处，有明显的标志。

在以下几种情况中，需要对机械原点的位置进行转数计数器更新操作。

- (1) 更换伺服电机转数计数器电池后。
- (2) 转数计数器发生故障并修复后。
- (3) 转数计数器与测量板之间断开过。
- (4) 在断电状态下，工业机器人关节轴发生移动。
- (5) 系统报警提示“10036 转数计数器未更新”时。
- (6) 首次安装工业机器人及控制器，并进行线缆连接之后。

使用手动操纵模式，按照顺序(4—5—6—1—2—3)将工业机器人各关节轴运动到机械原点刻度位置。

任务实施





转数计数器更新
演示视频

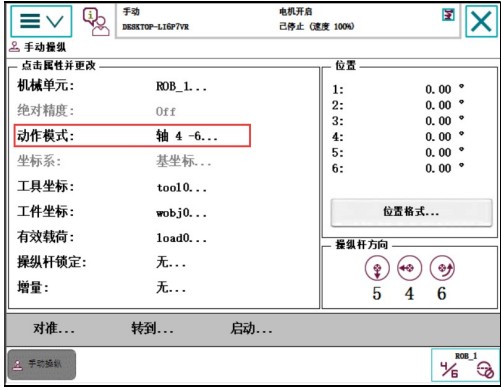

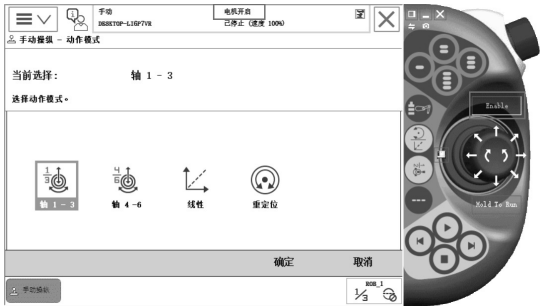
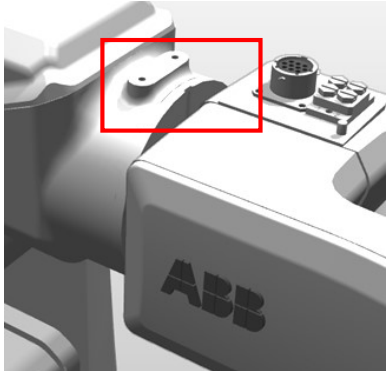
一、转数计数器更新

通过单轴运动完成 IRB120 工业机器人系统的转数计数器更新，并将第 5 轴设为 90°，具体操作步骤及说明如表 1-7 所示。

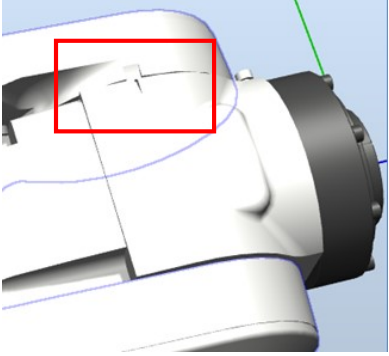
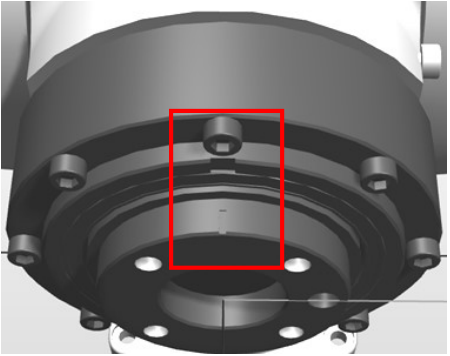
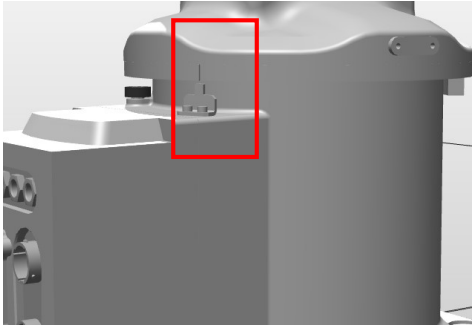
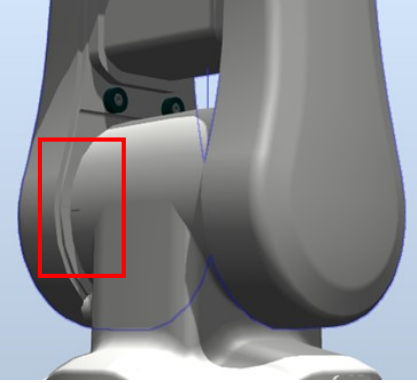
表 1-7 转数计数器更新的具体操作步骤及说明

操作步骤	操作说明	示意图
1	打开示教器界面后，将“自动模式”改为“手动模式”	
2	单击“主菜单”按钮，选择“手动操纵”	

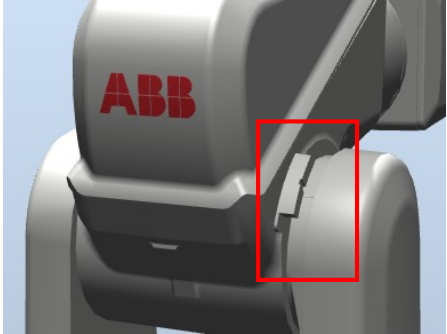

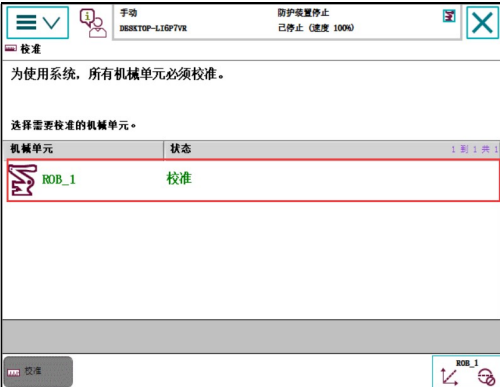
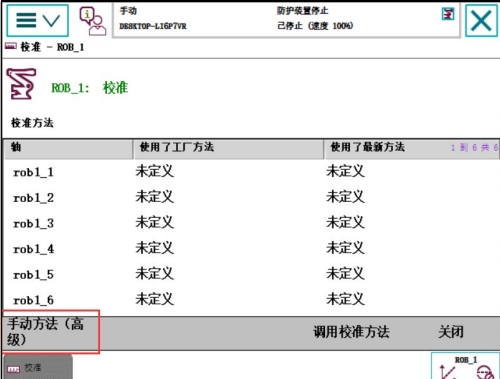
(续表)

操作步骤	操作说明	示意图
3	选择“动作模式”	
4	选择“轴 4-6”，再单击“确定”按钮，进行运动模式的切换	
5	单击“Enable”按钮，使能上电，上方状态栏显示电机开启	
6	通过操作杆将关节轴 4 移动到机械原点的刻度位置	

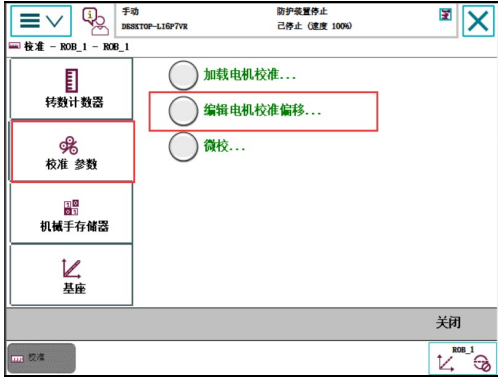
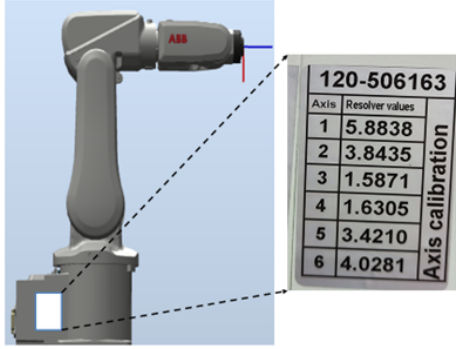

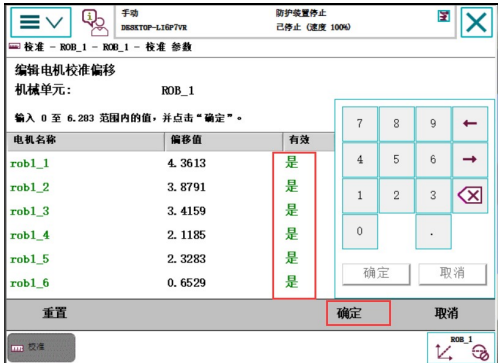
(续表)

操作步骤	操作说明	示意图
7	通过操作杆将关节轴5移动到机械原点的刻度位置	 A 3D CAD model of a robotic joint. A red rectangular box highlights a specific adjustment mechanism on the side of the joint. A blue line indicates the axis of rotation, and a green line points to a specific feature on the mechanism.
8	通过操作杆将关节轴6移动到机械原点的刻度位置	 A 3D CAD model of a robotic joint, viewed from a top-down perspective. A red rectangular box highlights a central adjustment mechanism. The joint is shown in a dark grey color.
9	在手动操纵菜单中，动作模式选择“轴 1-3”，通过操作杆将关节轴 1 移动到机械原点的刻度位置	 A 3D CAD model of a robotic joint, viewed from a side perspective. A red rectangular box highlights a specific adjustment mechanism on the top surface of the joint.
10	通过操作杆将关节轴2移动到机械原点的刻度位置	 A 3D CAD model of a robotic joint, viewed from a side perspective. A red rectangular box highlights a specific adjustment mechanism on the side of the joint.

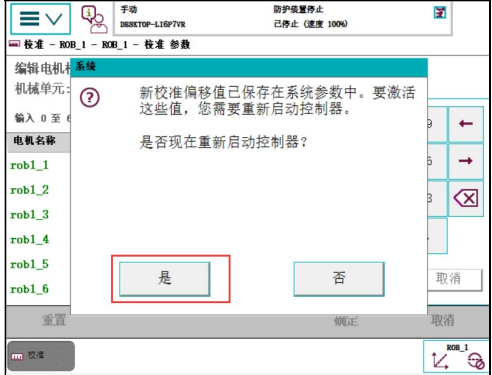


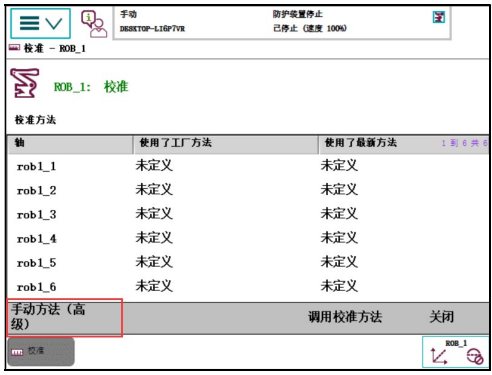
(续表)

操作步骤	操作说明	示意图
11	通过操作杆将关节轴3 移动到机械原点的刻度位置	
12	单击“主菜单”按钮，再单击“校准”	
13	单击“ROB_1”	
14	单击“手动方法(高级)”	



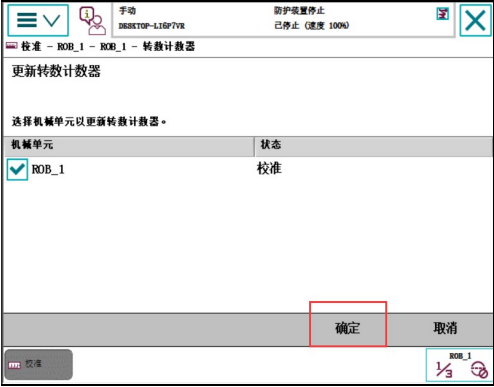

(续表)

操作步骤	操作说明	示意图																					
15	单击“校准参数”，再单击“编辑电机校准偏移”																						
16	将工业机器人本体上电机校准偏移值记录下来	 <table border="1" data-bbox="1045 727 1212 963"> <thead> <tr> <th>Axis</th> <th>Resolver values</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5.8838</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3.8435</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.5871</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1.6305</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3.4210</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>4.0281</td> </tr> </tbody> </table>	Axis	Resolver values	1	5.8838	2	3.8435	3	1.5871	4	1.6305	5	3.4210	6	4.0281							
Axis	Resolver values																						
1	5.8838																						
2	3.8435																						
3	1.5871																						
4	1.6305																						
5	3.4210																						
6	4.0281																						
17	单击“是”按钮																						
18	输入记录的电机校准偏移数据，单击“确定”按钮。如果示教器中显示的数值与机器人本体上的标签数值一致，则无需修改，直接单击“取消”按钮退出	 <table border="1" data-bbox="744 1588 1057 1755"> <thead> <tr> <th>电机名称</th> <th>偏移值</th> <th>有效</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>rob1_1</td> <td>4.3613</td> <td>是</td> </tr> <tr> <td>rob1_2</td> <td>3.8791</td> <td>是</td> </tr> <tr> <td>rob1_3</td> <td>3.4159</td> <td>是</td> </tr> <tr> <td>rob1_4</td> <td>2.1185</td> <td>是</td> </tr> <tr> <td>rob1_5</td> <td>2.3283</td> <td>是</td> </tr> <tr> <td>rob1_6</td> <td>0.6529</td> <td>是</td> </tr> </tbody> </table>	电机名称	偏移值	有效	rob1_1	4.3613	是	rob1_2	3.8791	是	rob1_3	3.4159	是	rob1_4	2.1185	是	rob1_5	2.3283	是	rob1_6	0.6529	是
电机名称	偏移值	有效																					
rob1_1	4.3613	是																					
rob1_2	3.8791	是																					
rob1_3	3.4159	是																					
rob1_4	2.1185	是																					
rob1_5	2.3283	是																					
rob1_6	0.6529	是																					

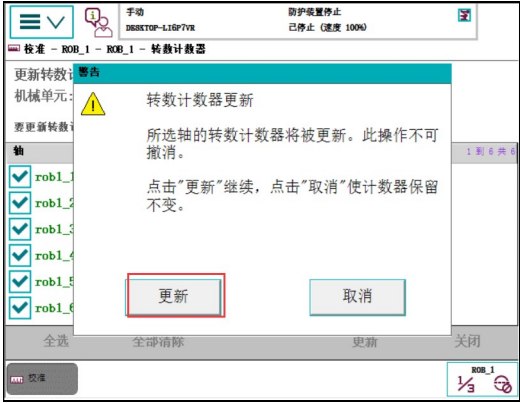

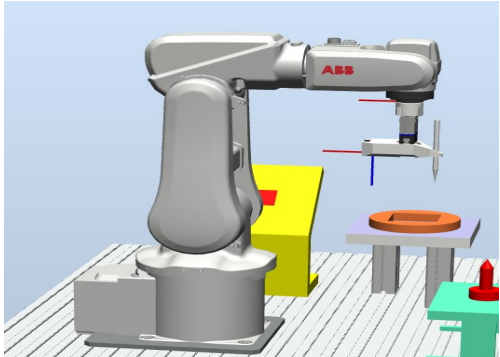
(续表)

操作步骤	操作说明	示意图
19	单击“是”按钮，重新启动示教器	
20	重启后，单击“主菜单”按钮，再单击“校准”	
21	单击“ROB_1”	
22	单击“手动方法(高级)”	

(续表)

操作步骤	操作说明	示意图														
23	单击“转数计数器”，再单击“更新转数计数器”															
24	单击“是”按钮															
25	单击“确定”按钮	 <table border="1" data-bbox="744 1191 1241 1393"> <thead> <tr> <th>机械单元</th> <th>状态</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> ROB_1</td> <td>校准</td> </tr> </tbody> </table>	机械单元	状态	<input checked="" type="checkbox"/> ROB_1	校准										
机械单元	状态															
<input checked="" type="checkbox"/> ROB_1	校准															
26	单击“全选”按钮，再单击“更新”按钮。如果工业机器人由于安装位置的关系，无法让六个轴同时到达机械原点刻度位置，则可以逐一对关节轴进行转数计数器更新	 <table border="1" data-bbox="744 1584 1241 1766"> <thead> <tr> <th>轴</th> <th>状态</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> rob1.1</td><td>转数计数器已更新</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> rob1.2</td><td>转数计数器已更新</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> rob1.3</td><td>转数计数器已更新</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> rob1.4</td><td>转数计数器已更新</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> rob1.5</td><td>转数计数器已更新</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> rob1.6</td><td>转数计数器已更新</td></tr> </tbody> </table>	轴	状态	<input checked="" type="checkbox"/> rob1.1	转数计数器已更新	<input checked="" type="checkbox"/> rob1.2	转数计数器已更新	<input checked="" type="checkbox"/> rob1.3	转数计数器已更新	<input checked="" type="checkbox"/> rob1.4	转数计数器已更新	<input checked="" type="checkbox"/> rob1.5	转数计数器已更新	<input checked="" type="checkbox"/> rob1.6	转数计数器已更新
轴	状态															
<input checked="" type="checkbox"/> rob1.1	转数计数器已更新															
<input checked="" type="checkbox"/> rob1.2	转数计数器已更新															
<input checked="" type="checkbox"/> rob1.3	转数计数器已更新															
<input checked="" type="checkbox"/> rob1.4	转数计数器已更新															
<input checked="" type="checkbox"/> rob1.5	转数计数器已更新															
<input checked="" type="checkbox"/> rob1.6	转数计数器已更新															

(续表)

操作步骤	操作说明	示意图
27	单击“更新”按钮，转数计数器更新完成	
28	选择“手动操纵-动作模式”，再选择“轴 4-6”，单击“确定”按钮	
29	通过操作杆将 5 轴调为 90° 的姿势	


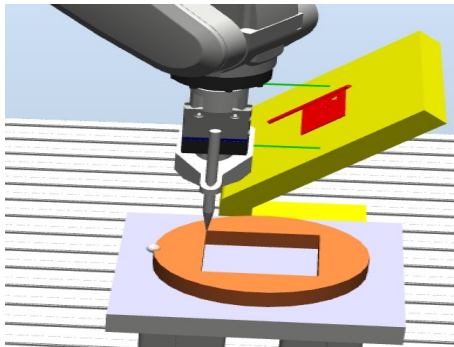
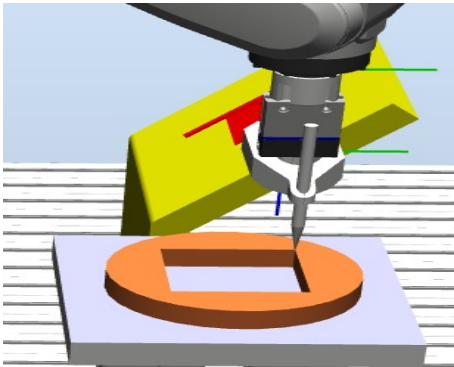
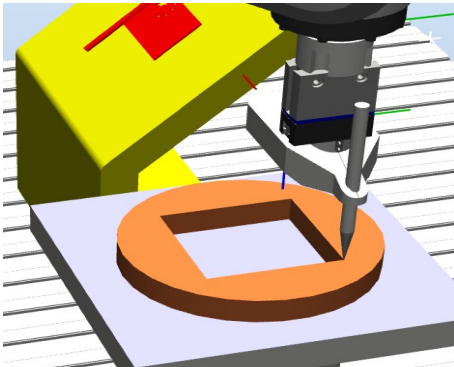
二、线性运动

通过线性运动使得 IRB120 工业机器人沿“p10—p20—p30—p40”轨迹运动一圈，具体操作步骤及说明如表 1-8 所示。

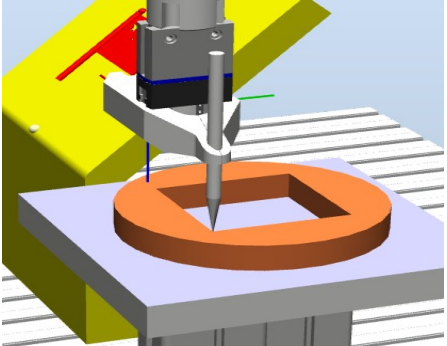


线性运动演示视频

表 1-8 线性运动的具体操作步骤及说明

操作步骤	操作说明	示意图
1	选择“手动操纵-动作模式”，再选择“线性”选项，单击“确定”按钮	
2	通过操作杆将工业机器人末端移动到 p10 点	
3	通过操作杆将工业机器人末端移动到 p20 点	
4	通过操作杆将工业机器人末端移动到 p30 点	

(续表)

操作步骤	操作说明	示意图
5	通过操作杆将工业机器人末端移动到 p40 点	


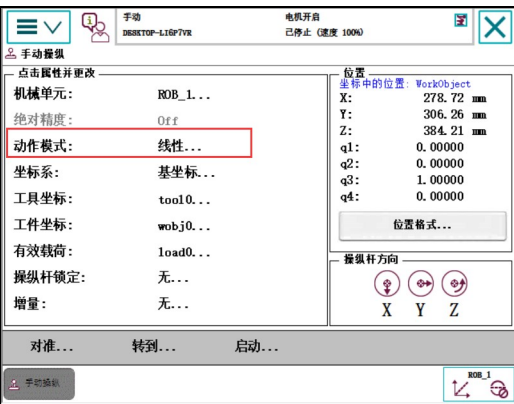
三、重定位运动

完成 IRB120 工业机器人在 p40 位置的重定位运动，具体操作步骤及说明如表 1-9 所示。



重定位运动
微课视频

表 1-9 重定位运动的具体操作步骤及说明

操作步骤	操作说明	示意图
1	单击“主菜单”按钮，再选择“手动操纵”	
2	选择“动作模式”	

(续表)

操作步骤	操作说明	示意图
3	选择“重定位”，再单击“确定”按钮	
4	单击“工具坐标”，选择“tool1” (tool1 为工具笔尖尖点)，再单击“确定”按钮	
5	通过操纵杆使工业机器人停在 p40 点，进行重定位运动	

任务评价

任务内容：工业机器人基本运动操作

测评人：

	考核内容	标准分	实际得分
转数计数器更新操作	转数计数器更新操作是否正确	25	
	六轴机械原点校准顺序是否正确	10	

(续表)

考核内容		标准分	实际得分
工业机器人手动操作	单轴运动操作以及方向是否正确	20	
	线性运动操作以及方向是否正确	20	
	重定位运动操作以及方向是否正确	15	
安全文明操作	是否遵守操作规程	10	
总计		100	

习 题

一、填空题

1. 工业机器人“更新转数计数器”时, 关节轴按_____的顺序移动到机械原点位置。
2. 工业机器人手动操纵时, 主要有_____、_____和_____三种运动模式。
3. 安装在机器人第 6 轴法兰盘上的工具在空间做直线运动, 称为_____运动。
4. 当工业机器人在手动模式下运动到极限位置时, 通常需要切换到_____模式, 使其返回安全区域。
5. 工业机器人的转数计数器用于记录各轴的_____信息。

二、选择题

1. 当 ABB 工业机器人更换电机后, 以下哪项操作是必需的? ()
A. 更改程序 B. 更新转数计数器 C. 更换示教器 D. 重启机器人
2. ABB 工业机器人的哪种运动模式主要用于调整单个轴的运动? ()
A. 单轴运动 B. 线性运动 C. 重定位运动 D. 圆弧运动
3. 当工业机器人的转数计数器出现问题时, 可能会导致什么后果? ()
A. 机器人无法启动 B. 机器人运动不精确
C. 机器人无法编程 D. 机器人断电
4. 重定位运动的特点是什么? ()
A. 机器人的位置和姿态都发生改变 B. 仅机器人的位置发生改变
C. 仅机器人的姿态发生改变 D. 机器人的位置和姿态都不发生改变
5. 在执行线性运动时, 工业机器人的哪些轴会协同工作? ()
A. 仅一个轴 B. 两个指定的轴
C. 所有可移动轴 D. 用户选择的轴

三、判断题

1. 在工业机器人运动模式中, 单轴运动总是比线性运动更快。 ()
2. 工业机器人的转数计数器在每次机器人开机时都会自动更新。 ()
3. 工业机器人的机械原点是固定的, 不会随机器人的运动而改变。 ()
4. 工业机器人的转数计数器在更换电池后不需要更新。 ()
5. 当工业机器人转数计数器失效时, 只有重定位运动模式将受到影响。 ()