

★ 服务热线: 400-615-1233
 ★ 配套精品教学资料包
 ★ www.huatengedu.com.cn

工业机器人编程与操作

GONGYE JIQIREN BIANCHENG YU CAOZUO

工业机器人编程与操作

主编 张婧

北京邮电大学出版社



工业机器人技术专业人才培养精品教材

▶ “互联网+”创新型教材

GONGYE JIQIREN BIANCHENG YU CAOZUO

工业机器人编程与操作

主编 张婧

将“互联网+”思维融入教材

纸质教材与数字资源有机整合

配套任务工单

工作项目为引导，工作任务进行驱动

ISBN 978-7-5635-7103-1



9 787563 571031 >

定价: 55.00元

策划编辑: 朱婉茜
 责任编辑: 高宇
 封面设计: 许胜文

北京邮电大学出版社
 www.buptpress.com

工业机器人技术专业人才培养精品教材
“互联网+”创新型教材

工业机器人编程与操作

主编 张 婧



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书内容由浅入深,符合从业者职业技能习得规律,主要包括工业机器人的手动操作、工业机器人搬运工作站编程与操作、工业机器人电机装配工作站编程与操作、工业机器人焊接工作站编程与操作、工业机器人绘图编程与操作、码垛工业机器人编程与调试、工业机器人激光雕刻编程与操作。

本书参照国家职业技能标准和行业职业技能鉴定规范,结合高等职业教育教学实际编写,适合作为高等职业院校工业机器人技术专业以及装备制造大类相关专业的教材,也可做为1+X工业机器人应用编程的考证的实训指导书,同时也可作为工程技术人员的参考资料和培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

策划编辑:朱婉茜 责任编辑:高宇 封面设计:许胜文

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号

邮政编码:100876

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.25 插页1

字 数:378千字

版 次:2024年 月第1版

印 次:2024年 月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-7103-1

定 价:55.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233



前言

PREFACE

本书深入贯彻习近平总书记关于职业教育的重要指示,全面落实全国职业教育大会精神,实践《国家职业教育改革实施方案》中关于教材建设的要求,以教材建设助力“三教”改革。本书以工作过程为导向,选取企业真实案例,以典型工作任务为内容,结合工业机器人应用编程职业技能等级要求,将考证知识点融入教材,同时更加强调知识和任务操作之间的匹配性,以工业机器人编程与操作中典型工作任务为主线,以项目化、任务化整理教学内容,使学生可以根据岗位需求掌握对应的知识和任务实施技能。

“工业机器人编程与操作”是高等职业学校工业机器人技术、机电一体化技术、数控技术、机械制造及自动化等专业的核心课程,它与后续综合性课程以及一线教学有着紧密的联系,是一门实用性很强的核心技能训练课程。

通过本课程的学习,学生可具备以下操作技能:能够安全操作工业机器人,对工业机器人进行参数设定,熟练手动操作工业机器人;根据工业机器人实际应用场景,能够熟练地使用基本指令对工业机器人进行示教编程;能够运用示教编程的方法,根据现场给定的工艺要求,自主完成相关场景的编程。本书在编写上贯彻了以技能训练为主线,相关知识为支撑的思路,较好地处理了理论教学和技能训练的关系,切实落实了“实用、够用”的指导思想,紧密联系生产实际和工业机器人应用编程职业技能等级要求的要求,充分体现了科学性、实用性和先进性。

本书具有以下特点。

(1) 本书遵循“工作项目为引导,工作任务进行驱动,行动体系为框架”的教材体系,紧紧围绕着学生关键能力的培养组织教材的内容,结合工业机器人应用编程职业技能等级初级、中级标准,充分体现以学生为中心,配有任务工单,以及微课程,学生通过扫描可以获取视频学习内容,方便学生自学。

(2)在项目的选取上以生产实际的工业机器人工作站的操作进行设计,任务围绕项目,由易到难,层层分解,帮助学生掌握和理解项目实施中的核心知识点,注重“做、学、教”的密切结合和学生在技能训练方面的能力培养。

(3)为便于学生学习,本书配以大量的图示与表格,充分体现了“加强针对性,注重实用性,拓宽知识面”的原则,针对学生的实际情况,对不同水平的学生要求不同,力求达到因材施教、分层教学的目的。

本书共七大教学项目,31个教学任务,参考学时为64学时,各项目参考学时如下所示。

项目编号	课程内容	参考学时
项目一	工业机器人的手动操作	6
项目二	工业机器人搬运工作站编程与操作	8
项目三	工业机器人电机装配工作站编程与操作	12
项目四	工业机器人焊接工作站编程与操作	12
项目五	工业机器人绘图编程与操作	8
项目六	工业机器人码垛编程与操作	10
项目七	工业机器人激光雕刻编程与操作	8

本书由许昌职业技术学院张婧任主编,许昌职业技术学院孙朋、刘煜辉、闫铭、段运鑫参与了编写工作。具体编写分工如下:张婧负责项目一和项目二的编写,孙朋负责项目三和项目四的编写,刘煜辉负责项目五的编写,闫铭负责项目四和项目六的编写,段运鑫负责项目六的编写。在编写本书过程中,得到了江苏汇博工业机器人有限公司和许昌中意电气科技有限公司技术人员的大力支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者



目 录

CONTENTS

项目一 工业机器人的手动操作	1
任务一 工业机器人的基本构成	2
任务二 工业机器人的开机、关机和紧急停止等操作	3
任务三 关节坐标系的手动操作	6
任务四 世界坐标系的手动操作	8
任务五 工具坐标系的手动操作	11
项目二 工业机器人搬运工作站编程与操作	13
任务一 工业机器人创建、保存、加载、运行程序	14
任务二 编写圆弧与直线运行轨迹	22
任务三 系统备份	32
任务四 规划运行轨迹	36
任务五 工具坐标系标定与气缸和吸盘工具的控制	39
任务六 工业机器人搬运工作站程序编写	60
任务七 优化搬运程序	66
项目三 工业机器人电机装配工作站编程与操作	72
任务一 认识电机装配工作站的组成	73
任务二 夹爪工具的控制	76
任务三 数组数据及其应用	84
任务四 电机外壳出库及成品入库程序的编制	91
任务五 电机装配工作站程序的编写与调试	99
项目四 工业机器人焊接工作站编程与操作	106
任务一 认识焊接工作站的组成	107
任务二 焊接工作站的参数设定	115
任务三 焊接工作站的坐标系设定	118
任务四 焊接指令的使用	127
任务五 模拟焊接程序的编写与调试	131

项目五 工业机器人绘图编程与操作	144
任务一 工件坐标系标定与绘图	145
任务二 基于坐标系变换的绘图	157
任务三 使用坐标转换指令绘图	168
项目六 码垛工业机器人编程与调试	177
任务一 重叠式码垛应用编程	178
任务二 纵横交错式码垛应用编程	192
任务三 旋转交错式码垛应用编程	198
项目七 工业机器人激光雕刻编程与操作	207
任务一 激光雕刻的准备	208
任务二 工业机器人激光雕刻工作任务简介及激光雕刻工作站的构建	212
任务三 运行轨迹程序创建	217
参考文献	223



项目一

工业机器人的手动操作

项目导入

机器人被誉为“制造业皇冠”，而工业机器人则是这皇冠上的明珠，工业机器人的研发、制造、应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。工业机器人广泛应用于不同的制造领域，而工业机器人的手动操作既是工业机器人编程的前提，也是工业机器人编程人员必须掌握的一项技能。本项目通过介绍工业机器人的基本操作，使学生掌握工业机器人的常用坐标系，了解工业机器人的开关机、接线、示教盒的使用等操作技能。

知识目标

- (1) 掌握工业机器人的基本构成。
- (2) 掌握示教盒的使用方法及操作界面的相关设置方法。
- (3) 掌握工业机器人的关节坐标系、世界坐标系和工具坐标系的设置与使用方法。
- (4) 掌握工业机器人急停按钮的位置和作用。

能力目标

- (1) 能够设置工业机器人的运行速度。
- (2) 能够启动和停止工业机器人。
- (3) 能够根据具体情况，操作急停按钮等安全装置。
- (4) 能够通过示教盒完成工业机器人的手动操作。

任务一 工业机器人的基本构成

任务布置

工业机器人的操作人员在开始操作工业机器人之前,需要了解工业机器人的基本构成。

知识链接

工业机器人系统主要由工业机器人本体、控制柜、示教盒、配电柜和连接电缆组成。

任务实施

1. 工业机器人的本体

工业机器人本体是工业机器人完成作业任务的执行机构。工业机器人本体主要由传动机构、底座、大臂、小臂、腕部和手部等几部分构成,如图 1-1 所示。

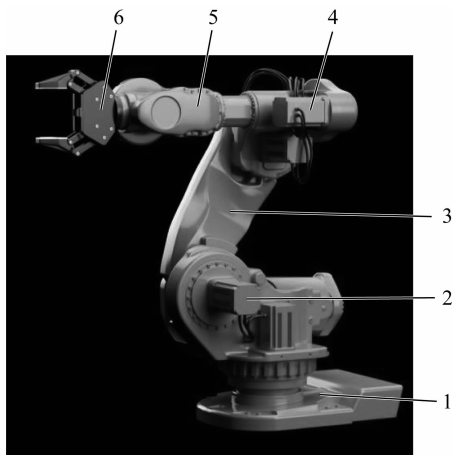


图 1-1 工业机器人本体组成

1—底座；2—传动机构；3—大臂；4—小臂；5—腕部；6—手部

(1)底座:是整个工业机器人的支持部分,具有一定的刚度和稳定性,有固定式和移动式两种。

(2)传动机构:包含各种驱动电机、减速器、齿轮、轴承、传送带等部件。

(3)大臂:用来带动小臂,可在较大的运动范围内活动。

(4)小臂:用来支撑腕部和手部,可在较大的运动范围内活动。

(5)腕部:位于工业机器人的手部和臂部之间,帮助手部呈现相应的运动姿态,扩大臂部的运动范围。

(6)手部:是工业机器人的末端执行器,一般安装在工业机器人末端法兰上,根据不同应用功能,可以安装手爪式、吸盘式、绘图笔等工具。

2. 控制柜

工业机器人控制柜是工业机器人的控制核心,用来控制机器人的运动、监控机器人的状态、故障诊断与报警、安全保护等。包含电源模块、控制模块、通讯模块、安全模块、散热模块和报警模块。

3. 示教盒

示教盒(又称示教器)用于工业机器人的手动操作、程序编写、参数配置以及监控的手持装置。

任务回顾

熟悉工业机器人的硬件构成。

任务二 工业机器人的开机、关机和紧急停止等操作

任务布置

能够正确进行工业机器人的开机、关机、紧急停止和解除急停报警等相关操作。

知识链接

工业机器人的操作人员在开始操作工业机器人之前,需要掌握工业机器人的正确开机与关机步骤,遇到紧急情况可以让工业机器人紧急停止运行,并且应该掌握工业机器人急停报警的解除方法,为工业机器人的基本操作做好准备工作。

任务实施

工业机器人的操作人员通过工业机器人电源开关实现系统的启动与关闭,工业机器人系统的电源包含工业机器人操作平台的电源和工业机器人控制柜的电源。工业机器人操作平台的电源开关在控制台操作面板的右下角,工业机器人控制柜的电源开关在控制柜的左下角。





在开机之前,先要确保操作人员的安全防护已经到位,然后检查工业机器人的作业范

围是否符合开机条件,最后确认工业机器人的开机准备已就绪,如电源、气泵等已经打开。

1. 工业机器人的开机操作

工业机器人的开机操作如表 1-1 所示。

表 1-1 工业机器人的开机操作

序号	操作步骤	图示
1	将控制台电源开关旋至“1”的位置,接通平台主电源	
2	将工业机器人控制柜上的电源开关旋至“ON”的位置,接通工业机器人主电源	
3	将气泵开关向上拉起,气泵上电	
4	将气泵供气阀门旋至与气管方向一致,打开阀门	

2. 工业机器人的关机操作

工业机器人的关机操作如表 1-2 所示。

表 1-2 工业机器人的关机操作

序号	操作步骤	图示
1	手动操作工业机器人返回原点	

续表

序号	操作步骤	图示
2	将工业机器人示教盒放置到指定位置	
3	将工业机器人控制柜上的电源开关旋至“OFF”的位置,关闭工业机器人主电源	
4	将气泵供气阀门旋至与气管方向垂直,关闭阀门	
5	将气泵开关向下按压,气泵断电	
6	将控制台电源开关旋至“0”的位置,关闭平台主电源	

3. 工业机器人的紧急停止操作

紧急停止按钮,简称急停按钮。当发生紧急情况时,用户可以通过快速按下急停按钮来达到保护的目的。一般在一些大中型机器设备或电器上可以看到醒目的红色按钮,这些按钮都可以被称为急停按钮,只需直接向下按压此类按钮,就可以快速让设备停止运行。如果想再次启动设备必须释放此按钮,一般情况下顺时针旋转大约 45° 后松开,按下的部分就会弹起。

工业机器人应用编程实训平台共有 3 个急停按钮(见图 1-2),按下任何一个急停按钮,工业机器人都会立刻停止运行。



图 1-2 工业机器人应用编程实训平台急停按钮

任务回顾

- (1) 工业机器人的开机操作。
- (2) 工业机器人的关机操作。
- (3) 工业机器人的紧急停止操作。

任务三 关节坐标系的手动操作

任务布置

工业机器人的操作人员能够使用示教盒进行工业机器人的手动操作,并熟练使用工业机器人的关节坐标系进行工业机器人的位置与姿态的调整。

知识链接

关节坐标系的手动操作是工业机器人最基本的操作,要求学习者先熟练掌握示教盒的使用方法,然后能够通过关节坐标系手动操作工业机器人进行位置与姿态的调整。

任务实施

1. 示教盒的正确使用

示教盒(见图 1-3)是人与工业机器人交互的平台,用于执行与操作工业机器人系统有关的许多任务:编写程序、运行程序、修改程序、手动操纵、配置参数、监控工业机器人状态等。



图 1-3 示教盒

- (1) 触摸屏:人机交互界面。
- (2) 急停按钮:紧急情况下停止工业机器人。
- (3) 操纵杆:控制工业机器人的各种运动,改变工业机器人的运动方向。

(4)“使能”按键:释放电机抱闸。

(5)重置按钮:将示教盒重置为出厂状态。

通常情况下,操作人员左手持示教盒,右手进行操作。

工业机器人关节坐标系用来描述工业机器人每一个独立关节的运动,每一个关节都具有一个自由度。仔细观察工业机器人的每个轴,均有 0 刻度的标记位置。

工业机器人有 6 个轴,关节坐标系的表示方法如下。


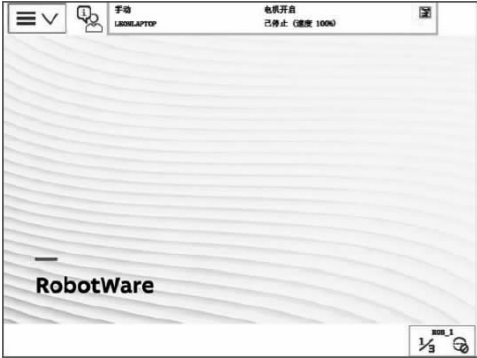
$$P=(J1,J2,J3,J4,J5,J6)$$


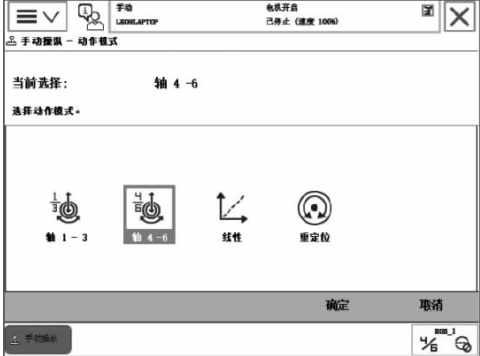
其中,J1,J2,J3,J4,J5,J6 分别表示 6 个关节的角度位置,单位为($^{\circ}$)。

2. 关节坐标系的手动操作

关节坐标系的手动操作如表 1-3 所示。

表 1-3 关节坐标系的手动操作

序号	操作步骤	图示
1	将控制柜模式开关打到手动模式	
2	操作人员手持示教盒,按住“使能”按键,直到示教盒状态栏显示“电机开启”	
3	单击示教盒左上角的“菜单”按钮,在打开的下拉列表中选择“手动操纵”	

序号	操作步骤	图示
4	在“手动操纵”界面中确认动作模式为“轴 1-3”	 <p>The screenshot shows a software window titled '手动' (Manual) with 'LEONLAPTOP' and '电机开自 已停止 (速度 1000)'. The main area is '手动操纵' (Manual Operation) with a sub-header '点击属性并修改' (Click properties and modify). It lists various parameters: 机械单元: ROB_1..., 绝对精度: Off, 动作模式: 轴 1 - 3..., 坐标系: 大地坐标..., 工具坐标: tool0..., 工件坐标: wobj0..., 有效载荷: load0..., 操纵杆锁定: 无..., 增量: 无... On the right, there is a '位置' (Position) section with axes 1-6 all set to 0.00. Below that are '操纵杆方向' (Joystick direction) buttons for axes 2, 1, and 3. At the bottom, there are buttons for '对准...' (Align...), '转到...' (Go to...), and '启动...' (Start...).</p>
5	更改动作模式,单击“动作模式”栏中的“轴 1-3”,进入“动作模式”界面,根据需要选择动作模式为“轴 4-6”,完成后单击“确定”按钮保存退出	 <p>The screenshot shows the '手动操纵 - 动作模式' (Manual Operation - Action Mode) window. It displays '当前选择: 轴 4 - 6' (Current selection: Axis 4-6). Below, there is a '选择动作模式' (Select action mode) section with four icons: '轴 1-3', '轴 4-6' (which is highlighted with a blue border), '线性' (Linear), and '固定位' (Fixed position). At the bottom, there are '确定' (OK) and '取消' (Cancel) buttons.</p>

任务回顾

- (1) 示教盒的使用。
- (2) 使用关节坐标系移动工业机器人。

任务四 世界坐标系的手动操作

任务布置

工业机器人的操作人员能够使用示教盒进行工业机器人的手动操作,并熟练使用工业机器人的世界坐标系进行工业机器人的位置与姿态的调整。

知识链接



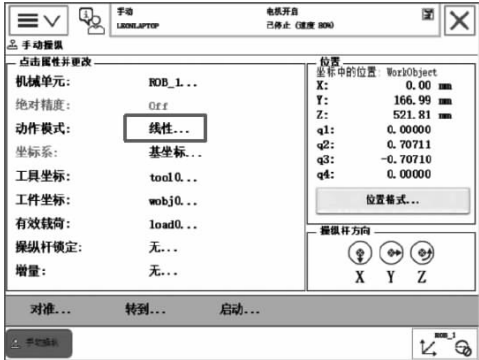
世界坐标系的手动操作是工业机器人最基本的操作,要求学习者先熟练掌握示教盒的使用方法,然后能够通过世界坐标系手动操作工业机器人进行位置与姿态的调整。

任务实施

世界坐标系是系统的绝对坐标系,是工业机器人插补动作的基准,其余所有坐标系都是在其基础上变换得到的。

世界坐标系的坐标轴方向满足右手法则,手指的指向为正方向。世界坐标系的手动操作如表 1-4 所示。

表 1-4 世界坐标系的手动操作

序号	操作步骤	图示
1	将控制柜模式开关打到手动模式	
2	打开示教盒的“手动操纵”界面。工具坐标选择默认的“tool0”,工件坐标选择默认的“wobj0”	
3	按下坐标系动作按钮,将动作模式切换为“线性”	

序号	操作步骤	图示
4	单击“坐标系”栏中的“基坐标”，进入“坐标系”设定界面，选择“大地坐标”，完成后单击“确定”按钮保存退出	
5	点击示教盒屏幕右下角的“快速设置”按钮，在弹出的菜单中选择“速度设置”命令	
6	先单击“25%”按钮，再单击“-5%”按钮，将全局速度设为20%	

任务回顾

- (1)通过世界坐标系调整工业机器人的姿态及位置。
- (2)在手动操作过程中注意使工业机器人保持合适的速度。

任务五 工具坐标系的手动操作

任务布置

工业机器人的操作人员能够使用示教盒进行工业机器人的手动操作,并且能够熟练设置工业机器人的工具坐标系。



知识链接


工业机器人的工具坐标系用来定义工业机器人末端执行工具的中心点和工具的姿态。工具坐标系必须事先由用户进行设定。工具坐标系没有定义时采用默认的工具坐标系,即工业机器人末端法兰坐标系。工业机器人的末端工具不尽相同,每个末端工具都应该有一个自己的工具坐标系。

任务实施

工具坐标系的手动操作如表 1-5 所示。

表 1-5 工具坐标系的手动操作

序号	操作步骤	图示
1	使用关节动作模式将工业机器人调整到各轴角度为 $0, -30, 30, 0, 90, 0$ 的位置	
2	手动操作工业机器人,使用重定位功能,将末端工具的尖点对准定位工具的尖点	

序号	操作步骤	图示
3	将动作模式切换为“线性”，坐标系切换为“大地坐标”。手动操纵工业机器人以线性方式移动，使末端工具近似对其尖点	

任务回顾

能够快速设置工业机器人的工具坐标系。

职业技能等级要求

- (1)能够根据示教盒或控制柜设定工业机器人手动、自动等运行模式。
- (2)能够根据工作任务要求用示教盒设定工业机器人的运行速度。
- (3)能够根据操作手册设定语言界面、系统时间、用户权限等环境参数。
- (4)能够根据安全规程，正确启动、停止工业机器人，安全操作工业机器人。
- (5)能够及时判断外部危险情况，操作急停按钮等安全装置。
- (6)能够根据工作任务要求，使用示教盒对工业机器人进行单轴、线性、重定位等操作。



项目二

工业机器人搬运工作站编程与操作

项目导入

搬运作业是工业机器人的典型应用之一。工业机器人搬运是利用安装在工业机器人上的末端执行器,完成各种不同形状工件的搬运,如输送带上下料搬运、机床上下料搬运等。工业机器人应用编程人员必须掌握典型的工业机器人搬运编程。本项目通过介绍工业机器人搬运电机部件以及将部件按要求搬运至棋盘格任务的程序编写,使学生掌握工业机器人搬运应用的特点及搬运程序的编写方法;通过对工业机器人搬运应用程序结构及搬运流程的分析,使学生掌握工业机器人搬运应用的程序优化。

知识目标

- (1)了解工业机器人搬运的特点。
- (2)掌握工业机器人搬运应用的流程。
- (3)掌握标定工具坐标系的方法。
- (4)掌握 SetDO 指令的功能及使用方法。
- (5)掌握 WaitDI 指令的功能及使用方法。
- (6)掌握 offs 函数的功能及使用方法。
- (7)掌握工业机器人搬运程序的编写方法。

能力目标

- (1)能够根据工作任务要求,选择和使用平口手爪工具。
- (2)能够根据工作任务要求,运用工业机器人 I/O 信号设置电磁阀 I/O 参数,编制送料等装置的上下料程序。
- (3)能够根据工作任务要求,编制工业机器人搬运应用程序。
- (4)能够根据工艺流程的调整要求及程序运行结果,优化工业机器人搬运应用程序。

任务一 工业机器人创建、保存、加载、运行程序

任务布置

当我们需要控制工业机器人完成各种不同形状的工件的搬运时,要用指令和程序来帮助工业机器人明白它应执行何种操作,从而自动完成各种任务。这就需要我们认识工业机器人程序编辑器窗口,学习程序的创建方法和加载运行方法。

知识链接

一、程序指针

在 ABB 工业机器人的程序编辑器窗口中,程序指针(PP)以箭头的形式显示在程序行序号位置。光标在程序编辑器窗口中的程序代码处以蓝色突出显示,可显示一行完整的指令或一个变量,如图 2-1 所示。

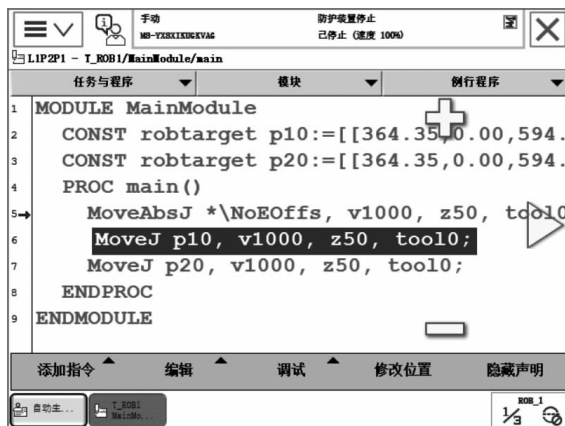


图 2-1 程序指针及光标

无论使用哪种方式启动,程序都将从“程序指针(PP)”位置开始执行。因此,启动程序前,需要将程序指针(PP)指向需要启动的程序行。

程序启动并非每次都从首行开始,根据实际情况可能从中间开始,因此,系统提供了多种指定程序指针(PP)位置的方式。ABB 工业机器人系统有三种指定程序指针(PP)位置的方式,分别是:PP 移至 Main、PP 移至光标和 PP 移至例行程序,如图 2-2 所示。

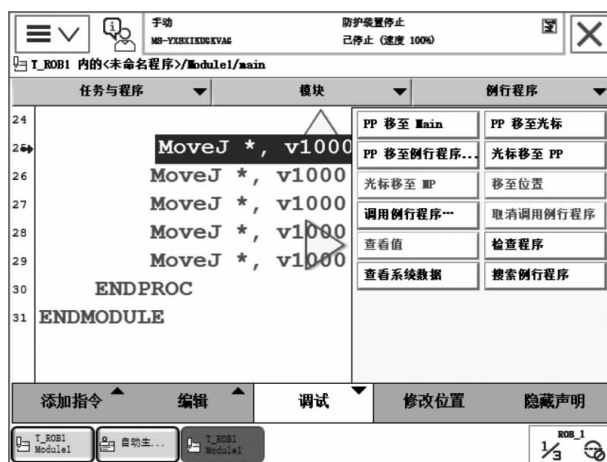


图 2-2 指定程序指针(PP)位置的方式

1. PP 移至 Main

工业机器人程序与计算机程序类似,都有一个程序开始入口。在系统中,这个程序入口为“例行程序 Main”的首行。因此,“PP 移至 Main”就相当于将程序指针的位置设为首行。只是这个“首行”是逻辑上的,对应程序行的序号不是“1”。

2. PP 移至光标

先选中需要设置程序指针的代码行,使其高亮显示,然后单击“PP 移至光标”按钮,使程序指针移动到光标所在程序行。

3. PP 移至例行程序

如果需要从其他例行程序启动,先单击“PP 移至例行程序”按钮进入例行程序,选择指定启动的程序,然后再使用“PP 移至光标”功能指定程序指针的位置。

二、运行模式

工业机器人的运行模式有手动运行、自动运行和外部自动运行三种。根据需要选择工业机器人的运行模式。

1. 手动运行

当需要操作工业机器人到达任务所要求的位置时,可使用手动运行模式。在执行程序

自动运行前,也需要使用手动运行模式对程序进行调试。手动运行主要包括以下两部分:示教/编程,测试、调试程序。

2. 自动运行

工业机器人必须配备安全、防护装置,而且它们的功能必须正常。所有人员应位于由防护装置隔离的区域之外。自动运行用于不带上级控制系统(可编程逻辑控制器,programmable logic controller,PLC)的工业机器人,程序执行时的速度等于编程设定的速度,并且无法采用手动运行工业机器人。通常情况按下系统启动按钮后,工业机器人开始连续执行程序,直至程序运行完成。

3. 外部自动运行

外部自动运行用于带上级控制系统(PLC)的工业机器人,程序执行时的速度等于编程设定的速度,并且手动无法运行工业机器人。通常情况按下系统外部启动按钮后,工业机器人开始连续执行程序,直至程序运行完成。

自动运行模式和外部自动运行模式均必须配备安全、防护装置,而且它们的功能必须正常,所有人员应位于由防护装置隔离的区域之外方能运行程序。

三、程序指令修改点位

程序编辑器是 ABB 工业机器人编辑程序的主要窗口。单击示教盒左上角的“菜单”按钮,在打开的下拉列表中选择“程序编辑器”(见图 2-3),进入程序编辑器窗口。

程序编辑器窗口有多个功能子菜单,分别用于程序管理、指令管理、程序编辑调试等(见图 2-1),其中蓝色显示的是一条工业机器人运行程序。

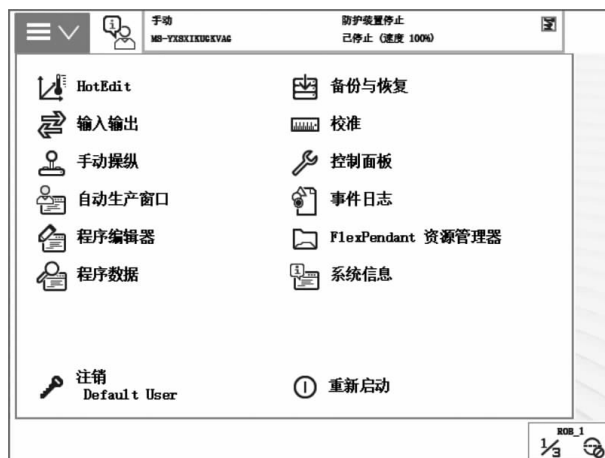


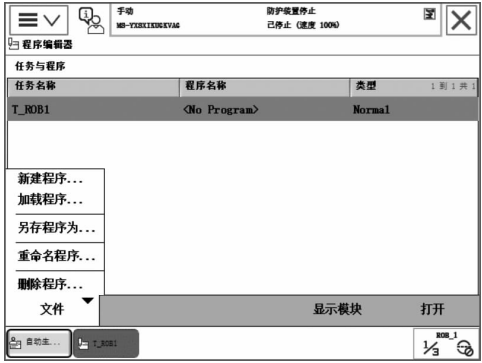
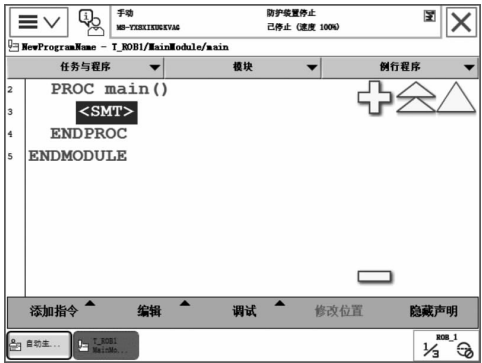
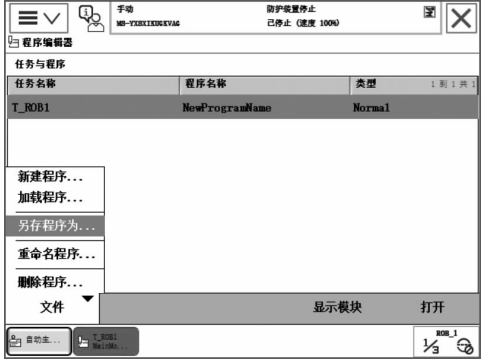
图 2-3 选择“程序编辑器”





任务实施

1. 创建并保存程序

创建并保存程序的操作步骤如表 2-1 所示。

表 2-1 创建并保存程序的操作步骤

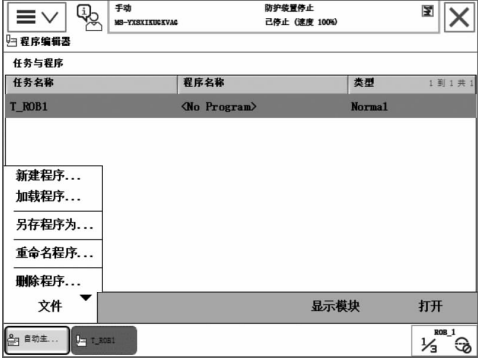
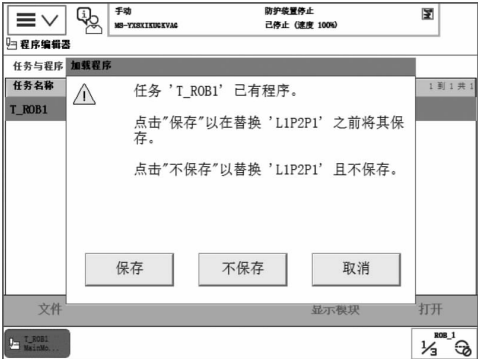

序号	操作步骤	图示
1	在“任务与程序”界面中单击“文件”按钮，在弹出的菜单中选择“新建程序”命令	
2	弹出窗口，新程序创建完成	
3	再次打开“任务与程序”界面，单击“文件”按钮，在弹出的菜单中选择“另存程序为”命令	

序号	操作步骤	图示												
4	单击“主页”按钮  ,在“文件名”文本框中输入程序名称“L1P2P1”,单击“确定”按钮													
5	在“任务与程序”界面中单击“显示模块”按钮,进入“模块”界面	 <table border="1" data-bbox="744 848 1227 1090"> <thead> <tr> <th>任务名称</th> <th>程序名称</th> <th>类型</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T_ROB1</td> <td>L1P2P1</td> <td>Normal</td> </tr> </tbody> </table>	任务名称	程序名称	类型	T_ROB1	L1P2P1	Normal						
任务名称	程序名称	类型												
T_ROB1	L1P2P1	Normal												
6	在“模块”界面,选中程序模块“MainModule”,单击“显示模块”按钮进入程序编辑器窗口	 <table border="1" data-bbox="744 1292 1227 1534"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>类型</th> <th>更改</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BASE</td> <td>系统模块</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MainModule</td> <td>程序模块</td> <td></td> </tr> <tr> <td>user</td> <td>系统模块</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	名称	类型	更改	BASE	系统模块		MainModule	程序模块		user	系统模块	
名称	类型	更改												
BASE	系统模块													
MainModule	程序模块													
user	系统模块													

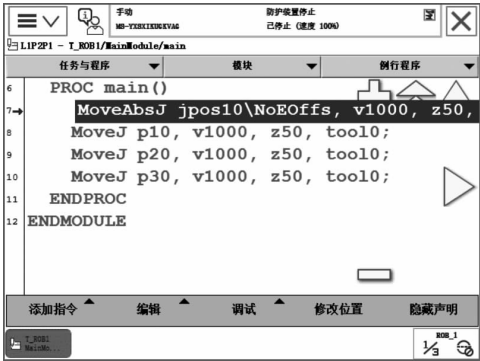
2. 加载程序

加载程序的操作步骤如表 2-2 所示。

表 2-2 加载程序的操作步骤

序号	操作步骤	图示
1	<p>打开程序编辑器窗口,单击“任务与程序”按钮,在打开的“任务与程序”界面中单击左下角的“文件”按钮,在弹出的菜单中选择“加载程序”命令</p>	
2	<p>弹出提示窗口,此处单击“不保存”按钮</p>	
3	<p>选中需要加载的程序文件名“L1P2P1”,单击“确定”按钮</p>	

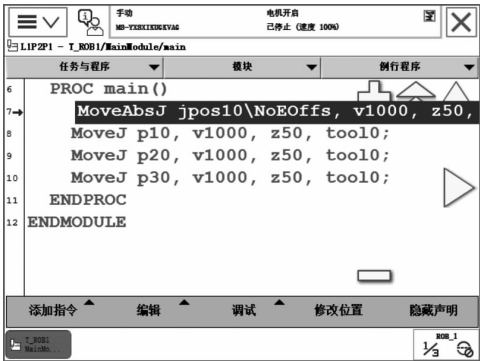
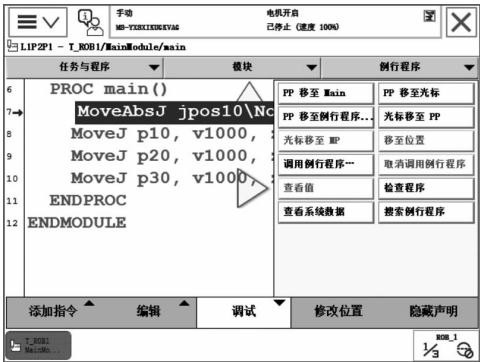
续表

序号	操作步骤	图示
4	加载完成后显示程序	


2. 手动运行

手动运行的操作步骤如表 2-3 所示。

表 2-3 手动运行的操作步骤

序号	操作步骤	图示
1	确认工业机器人处于“手动”模式。通过“使能”按钮使能工业机器人，确认状态栏显示“电机开启”	
2	单击“调试”按钮，在弹出的列表中选择“PP 移至 Main”，使程序指针移至首行	

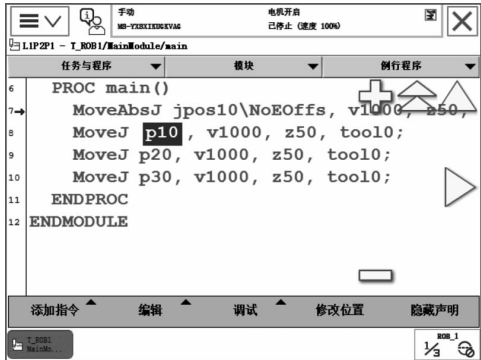
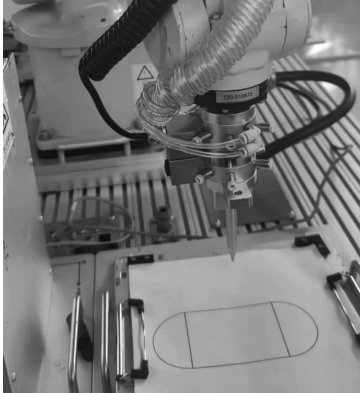
续表

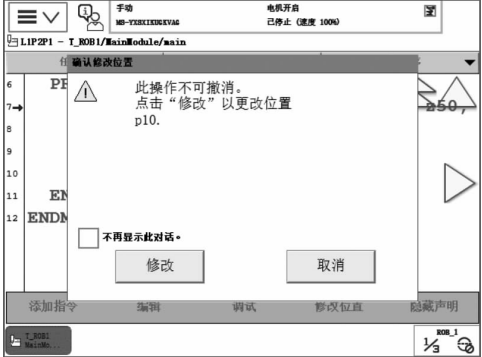
序号	操作步骤	图示
3	单击自定义键 1 打开激光笔。单击示教盒上的“启动”按键,启动工业机器人程序;如果需要停止程序运行,单击“停止”按键	

3. 位置修正

要修正程序指令中的工业机器人运动目标点的位置,可以通过手动操作使工业机器人末端工具达到新的位置,然后在示教盒程序编辑器窗口中修改位置,具体操作步骤如表 2-4 所示。

表 2-4 位置修正的操作步骤

序号	操作步骤	图示
1	选中指令要修改的目标点 p10	
2	手动操作工业机器人至新的目标点位置	

序号	操作步骤	图示
3	单击“修改位置”按钮,在弹出提示窗口中单击“修改”按钮,完成 p10 位置的修正	

任务回顾

- (1) 设置程序指针(PP)的方法。
- (2) 工业机器人的运行模式。
- (3) 加载程序的要点与注意事项。

任务二 编写圆弧与直线运行轨迹

任务布置

学会了创建和加载程序后,下一步就是使用基本的工业机器人运动指令来自动完成简单的控制工业机器人运动的任务。这就需要我们学习直线和圆弧运动指令的创建方法和运行程序的方法。

知识链接

本任务主要学习工业机器人运动指令,新建并命名例行程序、添加运动指令,修改运动指令参数,完成直线和圆弧运动程序的现场示教编程。

一、MoveJ 指令

MoveJ 指令也可以称为空间点运动指令,该指令表示工业机器人工具中心点(tool center point, TCP)将进行点到点的运动:各轴均以恒定轴速率运动,且所有轴均同时达到目的点。在运动过程中,各轴运动所形成的轨迹在绝大多数情况下是非线性的,如图 2-4 所示。

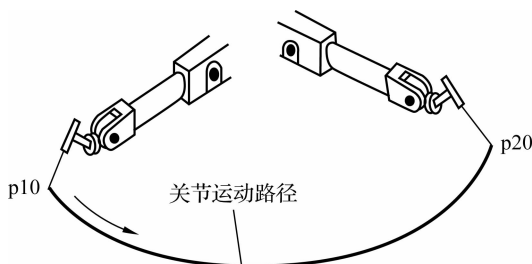


图 2-4 关节运动

二、MoveAbsJ 指令

MoveAbsJ 指令用于将工业机器人各轴移动至指定的绝对位置(角度),其运动模式与 MoveJ 指令类似。但本质上 MoveJ 指令描述的是空间点到空间点的运动,而 MoveAbsJ 指令描述的是各轴角度到角度的运动,因此其位置不随工具和工件坐标系而变化。基于 MoveAbsJ 指令的动作特性,该指令常用于工业机器人回到特定(如机械零点)的位置或经过运动学奇异点的位姿。

三、MoveL 指令

MoveL 指令用于将工业机器人末端点沿直线移动至目标位姿(见图 2-5),当指令目标位置不变时也可用于调整工具姿态。

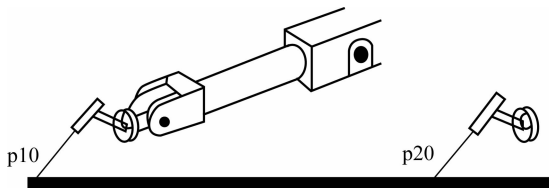


图 2-5 直线运动

工业机器人运动过程中应遵循以下规则。

- (1) 以恒定编程速率沿直线移动 TCP。
- (2) 以相等的间隔沿路径调整工具方位。

如果不可能达到关于调整姿态或外轴的编程速率,则将降低 TCP 的速率。

一般在对轨迹要求高的场合使用此指令。但要注意,空间直线距离不宜太远,否则容易到达工业机器人的轴限位或奇异点。

四、MoveC 指令

MoveC 指令用于将 TCP 沿圆周移动至给定目的地。移动期间,该圆的方位通常相对保持不变。MoveC 指令示例如图 2-6 所示,显示了如何通过两条 MoveC 指令画出一个完整的圆。

```
MoveL p10,v500,fine,tool1;
MoveC p20,p30,v500,z20,tool1;
```

MoveC p40,p10,v500,fine,tool1;

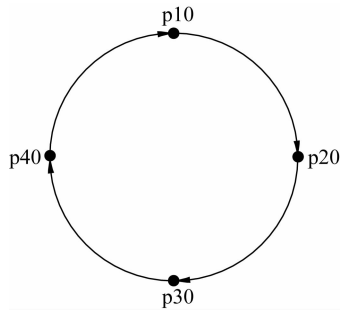


图 2-6 MoveC 指令示例

任务实施




1. 编制圆弧与直线运行轨迹程序

圆弧与直线运行轨迹程序的编制步骤如表 2-5 所示。

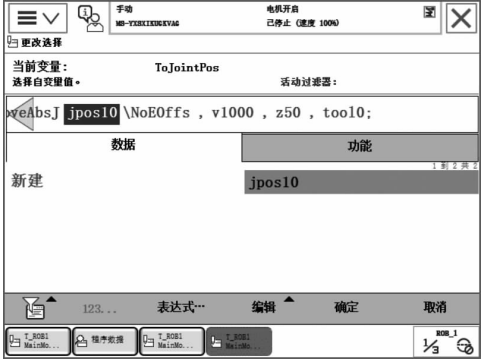
表 2-5 圆弧与直线运行轨迹程序的编制步骤

序号	操作步骤	图示
1	将工业机器人移动到任务起始点位置	
2	在程序编辑器窗口中,单击“添加指令”按钮,在右侧指令“Common”栏中选中“MoveAbsJ”指令	

续表

序号	操作步骤	图示
3	在添加完成的 MoveAbsJ 指令中,选中“*”,单击该位置	
4	单击“新建”按钮,创建位置变量	
5	修改位置变量名称为“jpos10”,单击“确定”按钮	

续表

序号	操作步骤	图示
6	再次单击“确定”按钮进行保存,并返回程序编辑器窗口	 <p>The screenshot shows a software window titled '手动 MP-YKLIHSEKVM'. It displays a variable declaration: 'jpos10 \NoE0ffs, v1000, z50, tool10;'. Below this, there are sections for '数据' (Data) and '功能' (Function), with 'jpos10' listed under '数据'. At the bottom, there are buttons for '确定' (Confirm) and '取消' (Cancel).</p>

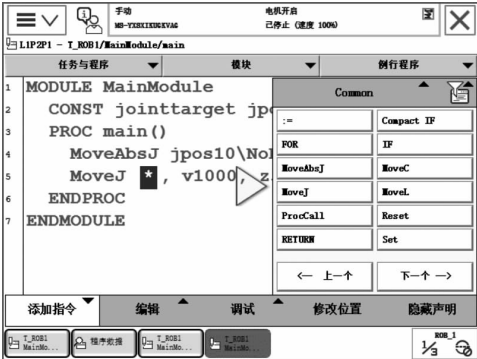
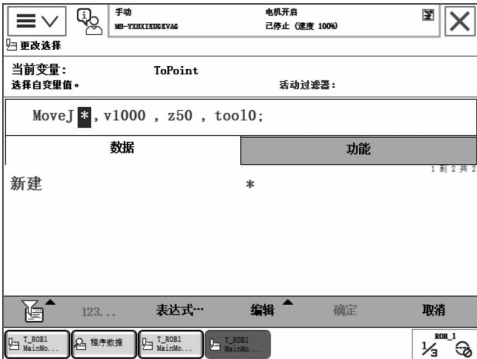

2. 使用 MoveJ 指令记录开始点

使用 MoveJ 指令记录开始点的操作步骤如表 2-6 所示。

表 2-6 使用 MoveJ 指令记录开始点的操作步骤

序号	操作步骤	图示
1	将工业机器人移动到开始点上方约 50 mm 位置	 <p>The photograph shows a close-up of an industrial robot arm, specifically the wrist and tool holder, positioned above a metal worktable. The robot arm is silver and black, and the worktable has some markings on it.</p>
2	添加 MoveJ 指令,在弹出的窗口中单击“下方”按钮,即在当前指令的下方添加指令	 <p>The screenshot shows a software window titled 'L1P2P1 - T_ROB1/mainModule/main'. It displays a list of commands: '1 MODU', '2 CC', '3 PE', '4 EN', '5 ENDM'. A dialog box titled '添加指令' (Add Command) is open, asking '是否需要当前选定的项目之上或之下插入指令?' (Do you want to insert the command above or below the selected item?). The '下方' (Below) button is selected. At the bottom, there are buttons for '添加指令' (Add Command), '编辑' (Edit), '调试' (Debug), '修改位置' (Modify Position), and '隐藏声明' (Hide Declaration).</p>

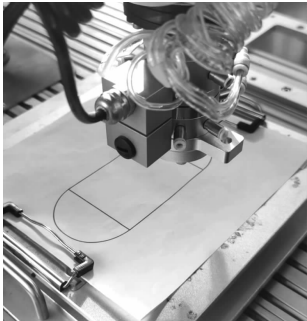
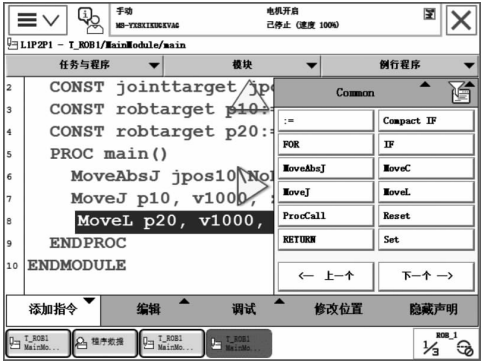
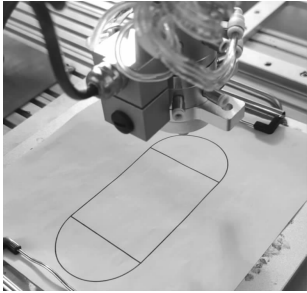
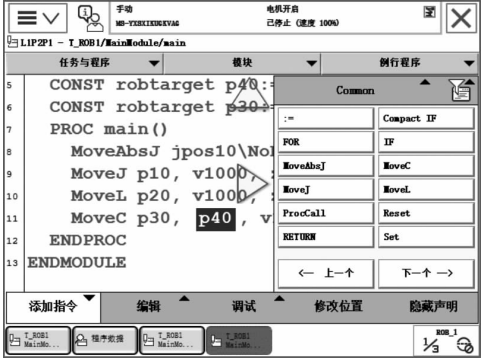
续表

序号	操作步骤	图示
3	选中“*”，再次单击“*”的位置	
4	单击“新建”按钮,创建位置变量	
5	修改位置变量为“p10”,单击“确定”按钮返回程序编辑器窗口	

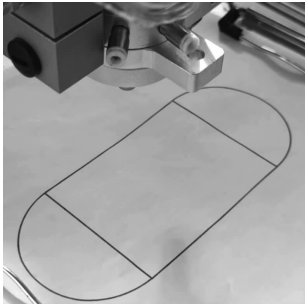

3. 使用 MoveL 指令记录直线和圆弧

使用 MoveL 指令记录直线和圆弧和操作步骤如表 2-7 所示。

表 2-7 使用 MoveL 指令记录直线和圆弧和操作步骤

序号	操作步骤	图示
1	将工业机器人移动到第一段直线的末端点	
2	添加 MoveL 指令, 自动生成位置变量“p20”	
3	将工业机器人移动到第一段圆弧的中间点	
4	添加 MoveC 指令, 在 MoveC 指令中自动生成两个位置变量“p30”和“p40”	

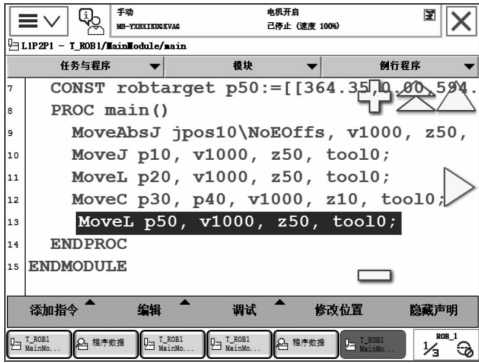
续表

序号	操作步骤	图示
5	将工业机器人移动到第一段圆弧的末端点	
6	选中“p40”,单击“修改位置”按钮,在弹出的提示窗口中单击“修改”按钮确认	

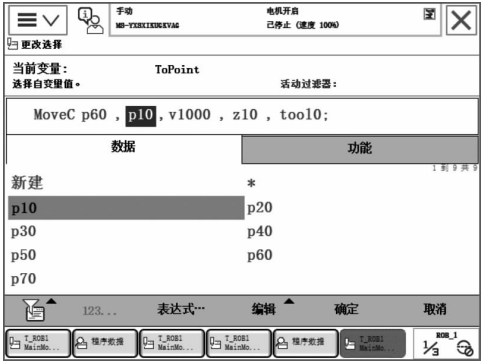

4. 编制封闭轨迹程序

封闭轨迹程序的编制步骤如表 2-8 所示。

表 2-8 封闭轨迹程序的编制步骤

序号	操作步骤	图示
1	将工业机器人移动到第二段直线的末端点,使用 MoveL 指令记录	




续表

序号	操作步骤	图示												
2	将工业机器人移动到第二段圆弧的中间点,使用 MoveC 指令记录	 <p>The screenshot shows a code editor window titled 'LIP2P1 - T_ROB1/MainModule/main'. The code contains a 'PROC main()' block with several movement instructions: 'MoveAbsJ jpos10\NoEOffs, v1000, z50;', 'MoveJ p10, v1000, z50, tool0;', 'MoveL p20, v1000, z50, tool0;', 'MoveC p30, p40, v1000, z10, tool0;', 'MoveL p50, v1000, z50, tool0;', and 'MoveC p60, p70, v1000, z10, tool0;'. The 'MoveC p60, p70, v1000, z10, tool0;' line is highlighted in black. The interface includes a toolbar with icons for '添加指令' (Add instruction), '编辑' (Edit), '调试' (Debug), '修改位置' (Modify position), and '隐藏声明' (Hide declarations).</p>												
3	将末端点自动生成的位置变量“p70”更改为“p10”	 <p>The screenshot shows a dialog box titled '更改选择' (Change selection) with 'ToPoint' as the current variable. The 'MoveC p60, p10, v1000, z10, tool0;' instruction is displayed. Below the instruction is a table for selecting a new position variable:</p> <table border="1" data-bbox="744 923 1227 1084"> <thead> <tr> <th>数据</th> <th>功能</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>新建</td> <td>*</td> </tr> <tr> <td>p10</td> <td>p20</td> </tr> <tr> <td>p30</td> <td>p40</td> </tr> <tr> <td>p50</td> <td>p60</td> </tr> <tr> <td>p70</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>The 'p10' variable is selected. The dialog includes a search field with '123...', an '表达式...' (Expression...) field, and buttons for '编辑' (Edit), '确定' (OK), and '取消' (Cancel).</p>	数据	功能	新建	*	p10	p20	p30	p40	p50	p60	p70	
数据	功能													
新建	*													
p10	p20													
p30	p40													
p50	p60													
p70														
4	添加 MoveAbsJ 指令,将自动生成的位置变量“jpos20”更改为“jpos10”	 <p>The screenshot shows a dialog box titled '更改选择' (Change selection) with 'ToJointPos' as the current variable. The 'MoveAbsJ jpos10\NoEOffs, v1000, z50, tool0;' instruction is displayed. Below the instruction is a table for selecting a new joint position variable:</p> <table border="1" data-bbox="744 1362 1227 1524"> <thead> <tr> <th>数据</th> <th>功能</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>新建</td> <td></td> </tr> <tr> <td>jpos20</td> <td>jpos10</td> </tr> </tbody> </table> <p>The 'jpos10' variable is selected. The dialog includes a search field with '123...', an '表达式...' (Expression...) field, and buttons for '编辑' (Edit), '确定' (OK), and '取消' (Cancel).</p>	数据	功能	新建		jpos20	jpos10						
数据	功能													
新建														
jpos20	jpos10													

5. 修改指令参数

修改指令参数的操作步骤如表 2-9 所示。

表 2-9 修改指令参数的操作步骤

序号	操作步骤	图示
1	选中 MoveAbsJ 指令中的速度参数“v1000”并单击,进入“更改选择”界面,将其更改为“v150”	
2	选中“z50”,将其更改为“fine”,完成后单击“确定”按钮返回程序编辑器窗口	
3	使用相同方法更改其他指令的对应参数	

任务回顾

- (1) 创建并保存程序的流程。
- (2) 熟悉工业机器人的运动指令。
- (3) 编制圆弧与直线运行轨迹程序的要点与注意事项。

任务三 系统备份

任务布置

当编写好程序,工业机器人可以正常工作后,为防止工业机器人系统出现错误或误操作导致程序丢失,需要定期对工业机器人的数据进行备份,以便在出现上述问题时,可以通过备份数据快速地把工业机器人恢复到备份前的状态。

知识链接

系统备份默认名称的构成为“工业机器人编号”+“Backup”+“备份日期”。如图 2-7 所示,“120-510872_Backup_20231107”即表示编号为“120-510872”的机器人在 2023 年 11 月 7 日的系统备份。通常使用默认名称保存备份即可,如果在同一日需要多次备份的可以额外增加其他注释以示区别。



图 2-7 工业机器人系统备份





每一台工业机器人都有唯一的编号,在进行系统备份时,备份数据具有唯一性,不可将一台工业机器人的备份恢复到另一台工业机器人中,否则会造成系统故障。但是,工业机器人的运行程序和 I/O 定义可以做出通用性设定,方便在批量生产使用时,通过导入工业机器人程序和文件来满足实际需要。因此,在工业机器人系统出现故障时,先恢复系统,再进行单独的程序导入。




任务实施

1. 备份系统

备份系统的操作步骤如表 2-10 所示。

表 2-10 备份系统的操作步骤




序号	操作步骤	图示
1	将 U 盘插入示教盒的 USB 接口	
2	弹出提示窗口,此处单击“不保存”按钮。单击示教盒左上角的“菜单”按钮,在打开的下拉列表中选择“备份与恢复”,进入“备份与恢复”界面,单击“备份当前系统”按钮	
3	在打开的“备份当前系统”界面中单击“备份路径”右面的 ... 按钮,进入“备份路径选择”界面	
4	多次单击“上一级”按钮,进入“选择文件夹”界面。若选择“/USB”,则备份到 U 盘;若选择“/hd0a”,则备份到工业机器人硬盘。此处选择“/USB”,单击“确定”按钮	

序号	操作步骤	图示
5	再次确认备份文件夹存储在 USB 中, 单击“确定”按钮	
6	在“备份当前系统”界面中单击“备份”按钮, 开始备份	
7	开始创建备份, 无需任何操作, 等待系统备份完成后自动返回即可	



2. 导出程序

导出程序的操作步骤如表 2-11 所示。

表 2-11 导出程序的操作步骤

序号	操作步骤	图示
1	<p>单击示教盒左上角的“菜单”按钮，在打开的下拉列表中选择“FlexPendant 资源管理器”，进入“FlexPendant 资源管理器”界面</p>	 <p>The screenshot shows the FlexPendant Resource Manager interface. At the top, there are status indicators for '手动' (Manual) and '防护装置停止' (Safety device stop). The main area displays a file named 'user.sys' of type '.sys 文件' (file) in the path 'C:\...s34902\Documents\RobotStudio\Systems\System2\HOME\'. A '菜单' (Menu) button is visible at the bottom left of the interface.</p>
2	<p>单击“主页”按钮，打开程序目录，选择需要导出的程序文件夹“L1P2P1”</p>	 <p>The screenshot shows the FlexPendant Resource Manager interface with the path changed to 'E:\USB\'. The file list now shows a folder named 'L1P2P1' of type '文件夹' (folder). The '菜单' (Menu) button is still visible at the bottom left.</p>
3	<p>单击“菜单”按钮，在打开的菜单中选择“复制”命令</p>	 <p>The screenshot shows the FlexPendant Resource Manager interface with the 'L1P2P1' folder selected. A context menu is open over the folder, listing options such as '复制...' (Copy...), '移动...' (Move...), '粘贴...' (Paste...), '重命名...' (Rename...), '删除...' (Delete...), and '属性...' (Properties...). The '复制...' option is highlighted.</p>

续表

序号	操作步骤	图示
4	单击“上一级菜单”按钮,找到 U 盘根目录所在路径“/USB”,进入路径	 <p>The screenshot shows the FlexPendant 'Resource Manager' window. The path is set to '/USB/'. A table lists a folder named 'System2_Backup_20231204_4' of type '文件夹' (Folder). The interface includes a top status bar with '手动 MDC' and '防护装置停止 已停止 (速度 1000)', a top navigation bar with a back arrow, and a bottom toolbar with buttons for '菜单', '刷新', and '备份/恢复'.</p>
5	单击“菜单”按钮,在打开的菜单中选择“粘贴”命令,完成程序的导出	 <p>This screenshot is similar to the previous one, but a context menu is open over the 'System2_Backup_20231204_4' folder. The menu items include '复制...', '移动...', '粘贴...', '重命名...', '删除...', and '属性...'. The '菜单' button in the bottom toolbar is highlighted.</p>

任务回顾

- (1) 工业机器人系统备份的方法。
- (2) 工业机器人导出程序的步骤。
- (3) 工业机器人系统备份的操作要点与注意事项。

任务四 规划运行轨迹

任务布置

电机搬运任务的工作流程是工业机器人先从快换装置中取出平口夹爪工具,再将电机外壳、转子和端盖三个电机部件依次搬运至指定位置,完成电机的组装,最后将平口夹爪工