



工业机器人 典型应用

主 编◎张宏立 刘罗仁

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



工业机器人典型应用

主 编 张宏立 刘罗仁
副主编 黎望怀 刘 杰 张 杨
张 军 林旭钿

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书针对行业应用,将工业机器人的五种典型应用分别举例进行分析。全书从开发应用项目软件平台环境搭建与配置开始讲解,介绍了各平台工业机器人操作时需要的开发环境与基本配置,然后分别讲解了工业机器人在弧焊、分拣插件、搬运码垛、自动锁螺丝、抛光打磨、铣削加工等方面的典型应用,这些典型应用均通过实践操作而来。最后,用工业机器人典型应用——综合应用来作为总结,主要讲解分拣与码垛,配合组成一条流水式的生产线。

书中内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂,并配合有湖南科瑞迪教育发展公司提供的 MOOC 平台在线教学视频 (www.moocdo.com),适合作为各普通高校与职业院校的教材,也适合从事工业机器人行业的操作者阅读参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

工业机器人典型应用/张宏立,刘罗仁主编. —北京:北京理工大学出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 4350 - 6

I. ①工… II. ①张… ②刘… III. ①工业机器人-应用 IV. ①TP242. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 168160 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 395 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 62.00 元

责任编辑 / 王艳丽

文案编辑 / 王艳丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

Preface

历史上第一台工业机器人，是用于通用汽车的材料处理工作，随着机器人技术的不断进步与发展，它们可以做的也变得多样化起来，可用于喷涂、码垛、搬运、包装、焊接、装配等工作。目前，工业机器人用于机械加工应用的占2%，用于装配应用的占10%，用于焊接应用的占29%，用于搬运的占38%。

本书针对行业应用，将这五种不同应用分别举例进行分析，全书从开发应用项目软件平台环境搭建与配置开始讲解，介绍了各平台工业机器人操作时需要的开发环境与基本配置。

然后分别讲解了：

- 工业机器人典型应用——弧焊
- 工业机器人典型应用——分拣插件
- 工业机器人典型应用——搬运码垛
- 工业机器人典型应用——自动锁螺丝
- 工业机器人典型应用——抛光打磨
- 工业机器人典型应用——铣削加工

这些典型应用，均通过实践操作而来。最后，用工业机器人典型应用——综合应用来作为总结，主要讲解分拣与码垛，配合组成一条流水式的生产线。书中内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂，并配合有湖南科瑞迪教育发展公司提供的MOOC平台在线教学视频（www.moocdo.com），适合作为各普通高校与职业院校的教材，也适合从事工业机器人行业的操作者阅读参考。

本书由张宏立、刘罗仁担任主编，黎望怀、刘杰、张杨、张军、林旭钿担任副主编。谭立新教授作为整套工业机器人系列丛书的总主编，对整套图书的大纲进行了多次审定、修改，使其在符合实际工作需要的同时，更便于教师授课使用。

在丛书的策划、编写过程中，湖南省电子学会提供了宝贵的意见和建议，在此表示诚挚的感谢。同时感谢为本书中实践操作及视频录制提供大力支持的湖南科瑞特科技股份有限公司。

尽管编者主观上想努力使读者满意，但在书中不可避免尚有不足之处，欢迎读者提出宝贵建议。

编者

目 录

Contents

►项目1 开发应用项目软件平台环境搭建与配置	1
1.1 项目描述	1
1.2 学习目的	1
1.3 知识准备	2
1.3.1 工业机器人典型应用工作站介绍	2
1.3.2 ABB RobotStudio 软件知识准备	6
1.3.3 KUKA WorkVisual 软件知识准备	12
1.3.4 工业机器人典型应用工作站常用的通信总线	23
1.3.5 ABB 工业机器人与工控机串口通信方式介绍	23
1.3.6 工业机器人与 PLC 通信方式介绍	30
1.4 任务实现	30
任务1 在 ABB RobotStudio 中解包和打包一个工业机器人典型应用工作站	30
任务2 在 ABB RobotStudio 中配置 PROFIBUS 总线通信	35
任务3 ABB 工业机器人与三菱 PLC CC LINK 通信	43
任务4 KUKA 机器人与 PLC 进行 DeviceNet 总线通信	45
1.5 考核评价	49
考核任务1 通过 ABB RobotStudio 软件建立简单工程项目并下载执行	49
考核任务2 通过 KUKA WorkVisual 软件建立简单工程项目并下载执行	49
考核任务3 ABB 工业机器人与 PLC 现场总线通信	49
考核任务4 KUKA 机器人与 PLC 现场总线通信	50
►项目2 工业机器人典型应用——弧焊	51
2.1 项目描述	51
2.2 教学目的	51
2.3 知识准备	51
2.3.1 KUKA 弧焊机器人工作站主要单元的组成	51
2.3.2 焊接系统介绍	52
2.3.3 焊接工艺包软件 ArcTech Basic	54
2.3.4 配置 ArcTech Basic 软件	55
2.3.5 KUKA 机器人信号与 ArcTech Basic 软件信号连接	63
2.3.6 焊接时的机械摆动	64
2.3.7 ArcTech Basic 软件状态键介绍	67

2.3.8	机器人焊接指令	68
2.3.9	弧焊机器人的特点	71
2.3.10	弧焊机器人应用中存在的问题和解决措施	71
2.3.11	在焊接过程中,机器人系统常见的故障	71
2.3.12	焊接机器人的编程技巧	71
2.4	任务实现	72
任务1	设定 ArcTech Editor 软件	72
任务2	分拣插件项目创建工具数据	76
任务3	针对工件焊接分析	78
任务4	焊接程序	78
2.5	考核评价	79
考核任务1	熟练配置 ArcTech Editor	79
考核任务2	完善程序	79
2.6	扩展提高	79
扩展任务	完成2号工件的焊接	79
▶项目3	工业机器人典型应用——分拣插件	80
3.1	项目描述	80
3.2	教学目的	80
3.3	知识准备	80
3.3.1	KUKA 分拣插件机器人工作站的主要组成单元	80
3.3.2	KUKA 机器人常用的运动指令	81
3.3.3	KUKA 机器人常用的 I/O 控制指令	84
3.3.4	KUKA 机器人常用的逻辑控制指令	84
3.3.5	KUKA 机器人的子程序	87
3.4	任务实现	88
任务1	分拣插件项目创建工具数据	88
任务2	分拣插件项目创建基坐标系数据	89
任务3	分拣插件项目 I/O 配置	93
任务4	分拣插件项目程序	97
3.5	考核评价	113
考核任务1	熟练使用 WorkVisual 配置输入/输出	113
考核任务2	用 XYZ 4 点法设定分拣插件项目中的吸盘工具	113
考核任务3	用三点法设定工作台的基坐标	113
3.6	扩展提高	113
扩展任务	了解分拣插件项目的流程,并编写好程序	113
▶项目4	工业机器人典型应用——搬运码垛	114
4.1	项目描述	114

4.2	教学目的	114
4.3	知识准备	114
4.3.1	KUKA 搬运码垛机器人工作站主要组成单元介绍	114
4.3.2	KUKA 搬运码垛机器人 I/O 配置方法	115
4.3.3	KUKA 搬运码垛机器人变量的声明介绍	118
4.3.4	KUKA 搬运码垛机器人程序数据赋值	120
4.3.5	KUKA 搬运码垛机器人外部自动运行介绍	123
4.3.6	KUKA 搬运码垛机器人安全门设定	126
4.3.7	KUKA 搬运码垛机器人中断程序应用	127
4.3.8	KUKA 搬运码垛机器人 Ethernet 通信介绍	130
4.4	任务实现	135
	任务 1 搬运码垛项目创建工具和载荷数据	135
	任务 2 搬运码垛项目创建工作件坐标系数据	138
	任务 3 搬运码垛项目程序	140
4.5	考核评价	144
	考核任务 1 配置一个外部紧急停止开关	144
	考核任务 2 使用机器人示教器设定一个完整的工具坐标	145
	考核任务 3 使用机器人示教器设定一个完整的基坐标	145
4.6	扩展提高	145
	扩展任务 独自编写搬运程序	145
►项目 5 工业机器人典型应用——自动锁螺丝		146
5.1	项目描述	146
5.2	教学目的	146
5.3	知识准备	146
5.3.1	ABB 自动锁螺丝机器人工作站主要组成单元介绍	146
5.3.2	机器人自动锁螺丝在产品装配中的应用	147
5.3.3	机器人自动锁螺丝工艺介绍	147
5.3.4	ABB 机器人自动锁螺丝常用指令介绍	150
5.3.5	机器视觉系统在自动锁螺丝项目螺丝孔位置、数量编程介绍	151
5.3.6	ABB 机器人与工控机串口通信编程介绍	154
5.4	任务实现	155
	任务 1 NI Vision 和 LabVIEW 软件编程实现螺丝孔位置、数量识别	155
	任务 2 配置自动锁螺丝机器人项目的工具数据、工件坐标	157
	任务 3 配置自动锁螺丝机器人 I/O 与电批设备关联控制	160
	任务 4 编写一个简单程序控制电批设备吸取螺丝和电批主轴旋转	160
	任务 5 编写一个简单程序与工控机设备进行通信	167
	任务 6 实现机器人自动锁螺丝编程	167
5.5	考核评价	172

考核任务 1	ABB 机器人通过串口通信发送 HelloRobot! 给工控机设备	172
考核任务 2	使用 NI Vision for LabVIEW 软件编程实现螺丝孔 相关信息识别	172
考核任务 3	使用 ABB RobotStudio 配置自动锁螺丝所需要 I/O 单元及信号	172
考核任务 4	通过示教器配置锁螺丝项目的工具数据、工件坐标	173
5.6	扩展提高	173
扩展任务	使用 ABB RobotStudio 编写自动锁螺丝程序	173
►项目 6 工业机器人典型应用——抛光打磨 174		
6.1	项目描述	174
6.2	教学目的	174
6.3	知识准备	174
6.3.1	抛光打磨的行业应用	174
6.3.2	抛光打磨工艺的介绍	175
6.3.3	抛光打磨工具介绍	176
6.3.4	RobotStudio 插件——MachiningPowerPac 的介绍	176
6.3.5	轴配置监控指令	176
6.3.6	常用人机交互指令	178
6.3.7	加载普通程序模块	178
6.4	任务实现	179
任务 1	表面抛光	179
任务 2	外壳去毛刺	195
6.5	考核评价	210
考核任务 1	熟练使用 RobotStudio 插件——MachiningPowerPac	210
考核任务 2	熟悉表面抛光工艺,使用 RobotStudio 搭建表面抛光工作站	210
考核任务 3	熟悉外壳去毛刺工艺,使用 RobotStudio 搭建外壳去毛刺工作站	210
6.6	扩展提高	210
扩展任务	了解抛光打磨项目的流程,并编写好程序	210
►项目 7 工业机器人典型应用——铣削加工 211		
7.1	项目描述	211
7.2	教学目的	211
7.3	知识准备	211
7.3.1	KUKA 三维加工机器人项目主要组成单元介绍	211
7.3.2	机器人离线编程软件的应用场合	212
7.3.3	机器人离线编程软件介绍	212
7.3.4	KUKA 机器人安全接口介绍	213
7.3.5	KUKA 机器人工具坐标的测量	216
7.3.6	KUKA 机器人对工具坐标的测量	217

7.3.7	机器人对刀系统介绍	221
7.3.8	变位机位置数据的测量	224
7.3.9	偏置式寻边器的使用	226
7.4	任务实现	226
任务1	使用 SpurtCAM 软件生成机器人加工路径程序	226
任务2	KUKA 机器人的调试	234
7.5	考核评价	235
考核任务1	掌握 KUKA 机器人创建工具坐标和工具坐标的方法	235
考核任务2	连接 KUKA 安全接口	235
考核任务3	掌握测量工具的使用	235
7.6	扩展提高	236
▶项目8	工业机器人典型应用——综合应用	237
8.1	项目描述	237
8.2	教学目的	237
8.3	知识准备	237
8.3.1	ABB 多功能机器人工作站主要组成单元介绍	237
8.3.2	ABB 机器人在各大领域中的应用	238
8.3.3	机器人智能分拣工艺介绍	239
8.3.4	机器人智能码垛工艺介绍	239
8.3.5	创建工具坐标	240
8.3.6	TRAP 中断的应用	243
8.3.7	RAPID 常用程序逻辑控制指令	243
8.4	任务实现	244
任务1	配置 DSQC652 板	244
任务2	配置 DSQC652 板的 I/O 信号	244
任务3	配置系统输入输出与 I/O 信号的关联	245
任务4	设置 TCP 工具坐标系	245
任务5	设置分拣放置区工件坐标系	246
任务6	码垛任务点位示教	246
任务7	分拣任务点位示教	247
任务8	码垛程序编写与调试	248
任务9	分拣程序编写与调试	254
8.5	考核评价	259
考核任务1	修改码垛程序,改变码垛功能的物件放置区域	259
考核任务2	修改分拣程序,对抓取物件角度设置上限	259
8.6	扩展提高	259
扩展任务1	使用 ABB RobotStudio 编写码垛程序	259
扩展任务2	使用 ABB RobotStudio 编写分拣程序	259

项目 1

开发应用项目软件平台环境 搭建与配置

1.1 项目描述

本项目的学习内容包括：各种典型工作站的应用场合及系统构成；ABB RobotStudio 软件和 KUKA WorkVisual 软件的常用功能使用技巧和工业机器人应用工作站的现场通信总线和 ABB 工业机器人、KUKA 机器人进行通信的设置方式；ABB 机器人与 PC 通信的具体方法；机器人与 PLC 之间的通信方式和设置技能。要求熟练掌握工业机器人的各种典型应用和工业机器人与其他设备之间的现场通信总线方式和使用方法，从而为熟练操作工业机器人打下坚实的基础。

1.2 学习目的

通过本项目的学习让学生了解工业机器人常见的典型应用工作站，熟练掌握 ABB RobotStudio 和 KUKA WorkVisual 的常用功能使用技能，熟练掌握各种工业机器人现场通信总线和 PC 端的串口通信，熟练掌握机器人与 PLC 之间的总线通信。本项目的内容属于工业机器人实际应用环节，所涉及的内容尤为重要，学生可以按照本项目所讲述的操作方法，进行同步操作，为后续所学更加复杂的内容打下坚实的基础。

1.3 知识准备

1.3.1 工业机器人典型应用工作站介绍

本书重点介绍了6个最为常用的典型应用案例,以汽车整线生产、电子3C、机械加工行业等工业机器人的典型应用为例,最后以一个综合应用案例作为结束,综合练习使用机器人的相关技能,所有案例以项目式教学模式,“先练后讲、先学后教”,强调学习者的自主学习,主动参与,从尝试入手,从练习开始,调动学习者的主动性、积极性、创新性等,学习者唱“主角”,而教学者转为“配角”,实现了教师与学生角色的换位,有利于加强对学习者自学能力、创新能力的培养。

1. 工业机器人弧焊

工业机器人弧焊项目采用 KUKA 机器人薄板焊接系统集成的 KUKA KR5R1400 机器人,它是专门针对薄板焊接的机器人,其 5 kg 的负载能力尤其适用于完成标准弧焊工作。无论是安装在地面上还是悬挂安装在天花板上,它均能以极高的连续轨迹精确性迅速且有效地完成工作,并同时具有 1 400 mm 的工作范围。此外,其模块化设计也使之成为一种经济型的解决方案。

KUKA 机器人薄板焊接系统集成的产品具有紧凑、精确、灵活、快速的特点,适用于薄板的全位置快速焊接和点焊作业,可焊低钢、低合金结构钢、低合金高强钢、不锈钢、钢、铁、铜、铝、镍等,KUKA 工业机器人弧焊系统如图 1-1 所示。

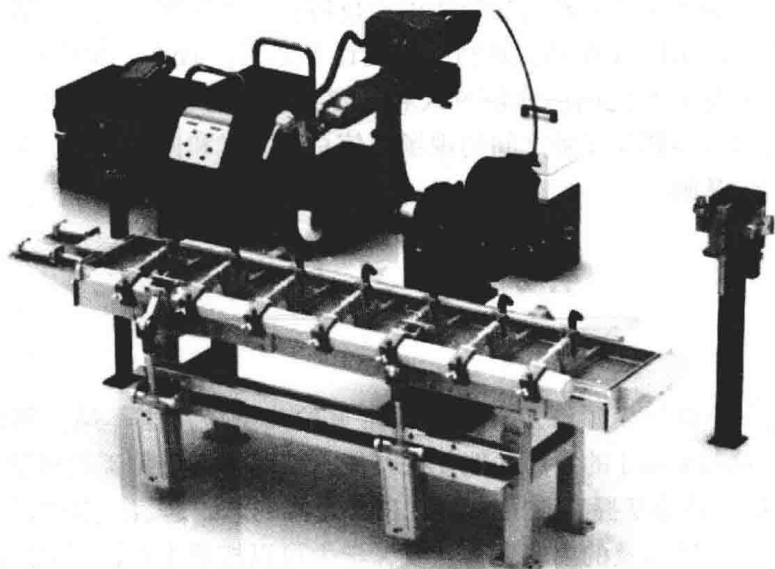


图 1-1 KUKA 工业机器人弧焊系统

2. 工业机器人点焊

随着我国汽车行业的快速发展、国内市场竞争加剧、汽车生产线装备水平的提高,对白车身点焊的可靠性有了更高的要求。采用工业机器人进行白车身点焊,可以大大提高汽车生产线的产能、提高车身强度、降低不良率和人工成本。目前,工业机器人点焊已

经成为轿车白车身装配的主要连接方法，且点焊质量与焊接效率对轿车的质量与成本有着重要影响。

本项目以白车身点焊为例，利用 iRB6640 机器人对汽车白车身进行点焊操作。此工作站需要依次完成 I/O 配置、程序数据创建、目标点示教、程序编写及调试，最终完成整个白车身点焊过程，如图 1-2 所示。

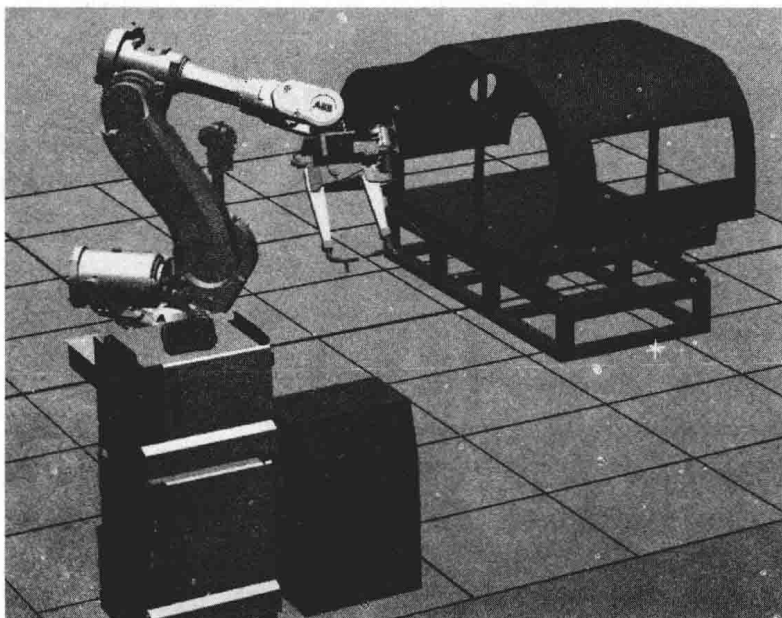


图 1-2 点焊机器人工作站布局

3. 工业机器人搬运码垛

本项目以纸箱的搬运码垛为例进行介绍，该工作站采用 ABB iRB6640 机器人完成工位搬运码垛任务，通过本项目的学习，大家可以熟悉工业机器人的码垛应用，学习工业机器人工位搬运码垛程序的编写技巧。ABB 工业机器人搬运码垛工作站如图 1-3 所示。

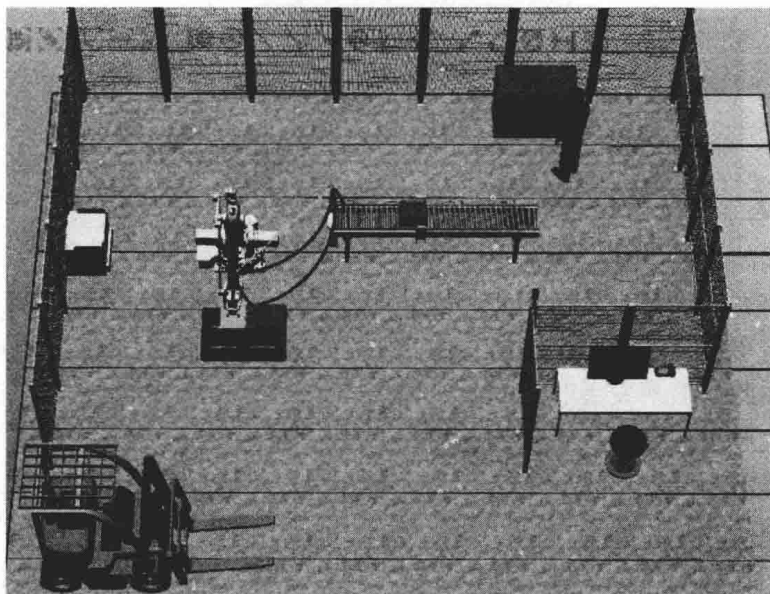


图 1-3 ABB 工业机器人搬运码垛工作站

4. 工业机器人装配及自动锁螺丝

工业机器人装配及自动锁螺丝项目，以目前发展相对迅速的电子3C装配中常用的自动锁螺丝为例进行操作，以往在电子行业的外壳锁螺丝基本上是靠大量的人力手工完成，后续又产生了两种方式纯手工拧紧和电动螺丝旋具或气动螺丝旋具拧紧两种，它们通过电动或者气动的方式产生旋转动力，以代替手工频繁的拧紧动作，在某种程度上减轻了锁螺丝的工作强度，但由于手工放置螺丝和对准螺丝头部仍需要占用大量的工作时间和精力，因此整体效率提升比较有限。

使用机器人锁螺丝，由于机器人的高可靠性、重复性、高速的特点，使生产效率大大超过了手工锁螺丝。而且由于其不用休息不用睡觉，可以24 h不间断工作，极大地提高了企业的工作效率，减轻了工人的工作强度，图1-4所示为ABB工业机器人自动锁螺丝工作站。

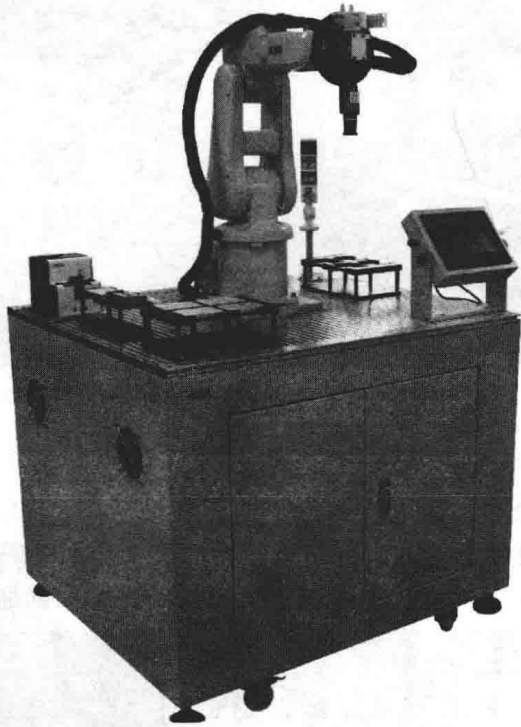


图1-4 ABB工业机器人自动锁螺丝工作站

5. 工业机器人玻璃涂胶

为了提高汽车的安全性，保障乘车人员的安全，防止在高速行进中紧急制动或撞车时因车窗玻璃装配不牢而使乘客受到伤害，国内外均采用了车窗玻璃直接粘接工艺。这种装配工艺使得车窗玻璃与车身结合为一个整体，大大加强了车体的刚性，提高了车窗的密封效果。机器人涂胶正是在此前提下发展起来的。机器人涂胶系统具有生产节拍快、工艺参数稳定、产品一致性好、生产柔性大等优点。

本项目以汽车前挡风玻璃涂胶为例，利用iRB1410机器人将胶体均匀地涂抹在玻璃轮廓周围。本工作站中已经预设涂胶效果，需要在此工作站中依次完成I/O配置、程序数据创建、目标点示教、程序编写及调试，最终完成汽车玻璃的完整涂胶过程。机器人工作站布局如图1-5所示。

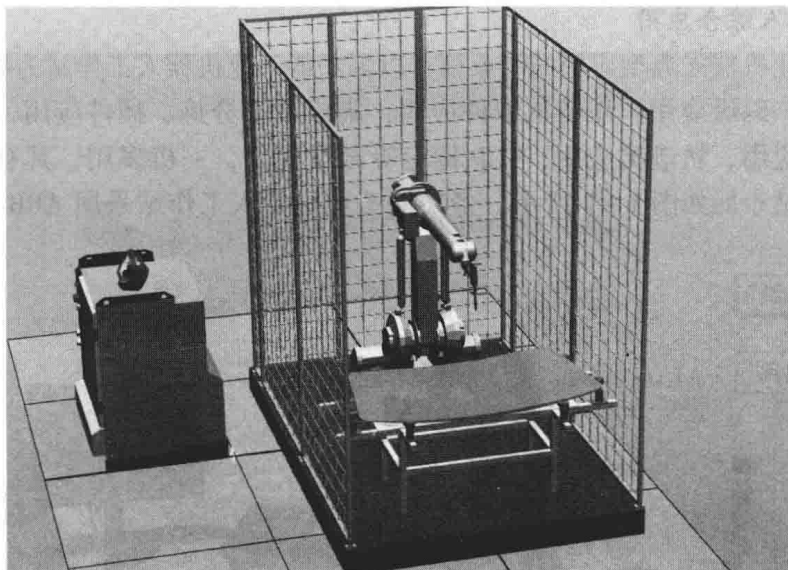


图 1-5 ABB 工业机器人玻璃涂胶工作站布局

6. 工业机器人三维加工

常规的零件加工一般都采用专业的数控车床铣床完成，但是对于需要进行三维加工的零件来说，需要更为高端的五轴加工中心才能完成，六轴垂直串联工业机器人结构也是一种性能非常优秀的五轴加工设备，但是在加工精度上还是比专业设备要低一些，基本上用来完成三维零件的粗加工。本工作站适合于工业生产中各种批量工件的雕刻工作，适用于轻质材料的切削、磨削、转孔等加工，木材、尼龙及复合材料的产品造型等。与回转变位机协调运动，使用 RbtPro 离线编程系统可进行复杂工件加工。

采用 ABB iRB6640 本体及其一整套操作及控制系统的高端配置；系统包含雕刻主轴（高精度 0.8 kW 雕刻电主轴）、工件回转平台、机器人进行联动的单轴回转变位机。图 1-6 所示为 ABB 工业机器人三维加工工作站。

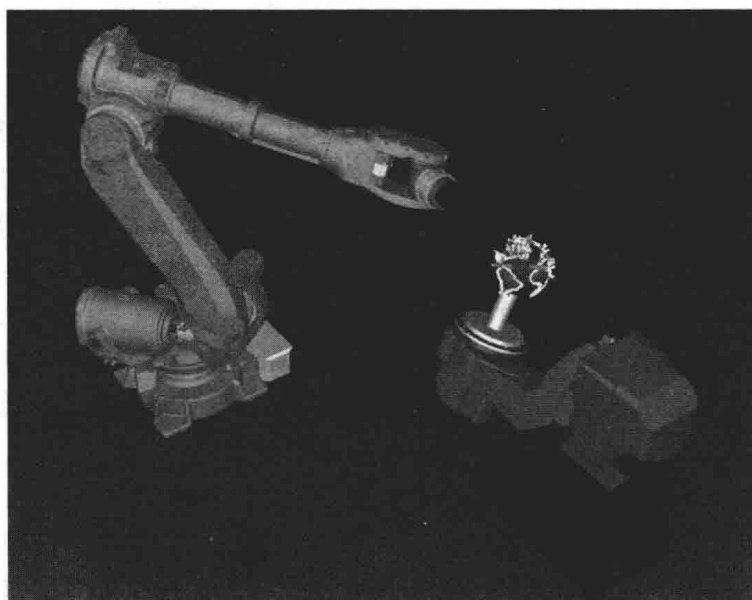


图 1-6 ABB 工业机器人三维加工工作站

7. 工业机器人综合应用

本项目为工业机器人典型应用的结束篇，以多功能工业机器人工作站为综合训练的工作站，综合了搬运、码垛应用，压铸机取件应用，集成视觉分拣、插件应用，自动锁螺丝应用，传送线取件应用，轨迹类应用，TCP 标定等教学模块，一机多用，具有丰富的训练素材，机器人工作站布局如图 1-7 所示。多功能工业机器人工作站采用 ABB iRB120 为机器人本体。

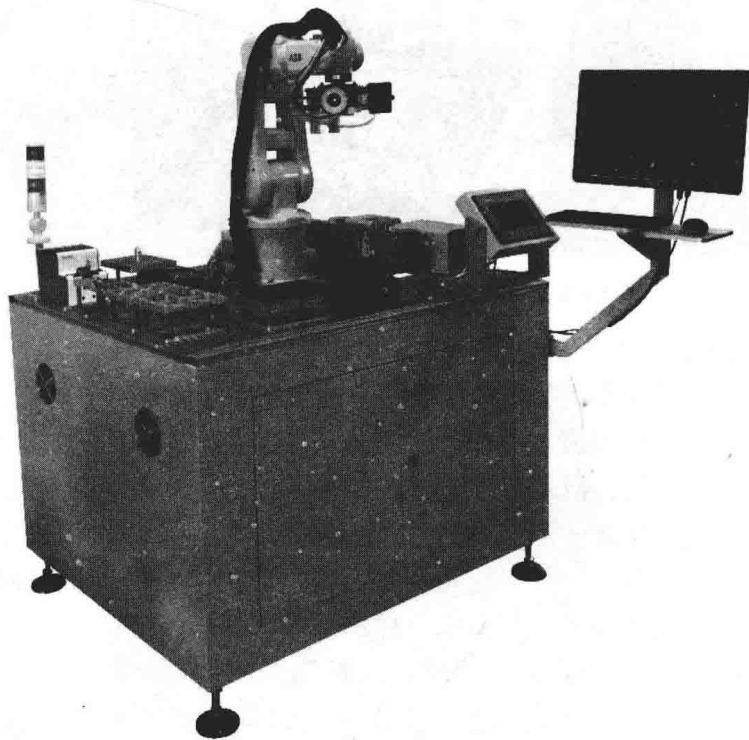


图 1-7 多功能工业机器人工作站

1.3.2 ABB RobotStudio 软件知识准备

本小节介绍 ABB RobotStudio 软件的常用操作，以 ABB RobotStudio 6.03 版本进行介绍，ABB RobotStudio 6.03 版本是 ABB 全新的版本，在操作与功能上做了较大的提升，与以往的 ABB RobotStudio 5.15、ABB RobotStudio 5.61 区别较大，如果读者使用的软件版本较为老，可以升级到最新的版本。

1. 工业机器人典型应用工作站的共享操作

在 RobotStudio 软件中，一个完整的机器人工作站既包含前台所操作的工作站文件，也包含一个后台运行的工业机器人系统文件。当需要共享 RobotStudio 软件所创建的工作站时，可以利用“文件”菜单中的“共享”功能，使用其中“打包”功能，可以将所创建的机器人工作站打包成工作包（.rspag 格式文件）；利用“解包”功能，可以将该工作包在另外的计算机上解包使用。图 1-8 所示界面包括“解包”选项，可以解包所打包的文件，启动并恢复虚拟控制器；“打包”选项，创建一个包含虚拟控制器、库和附加选项媒体库的工作站包。

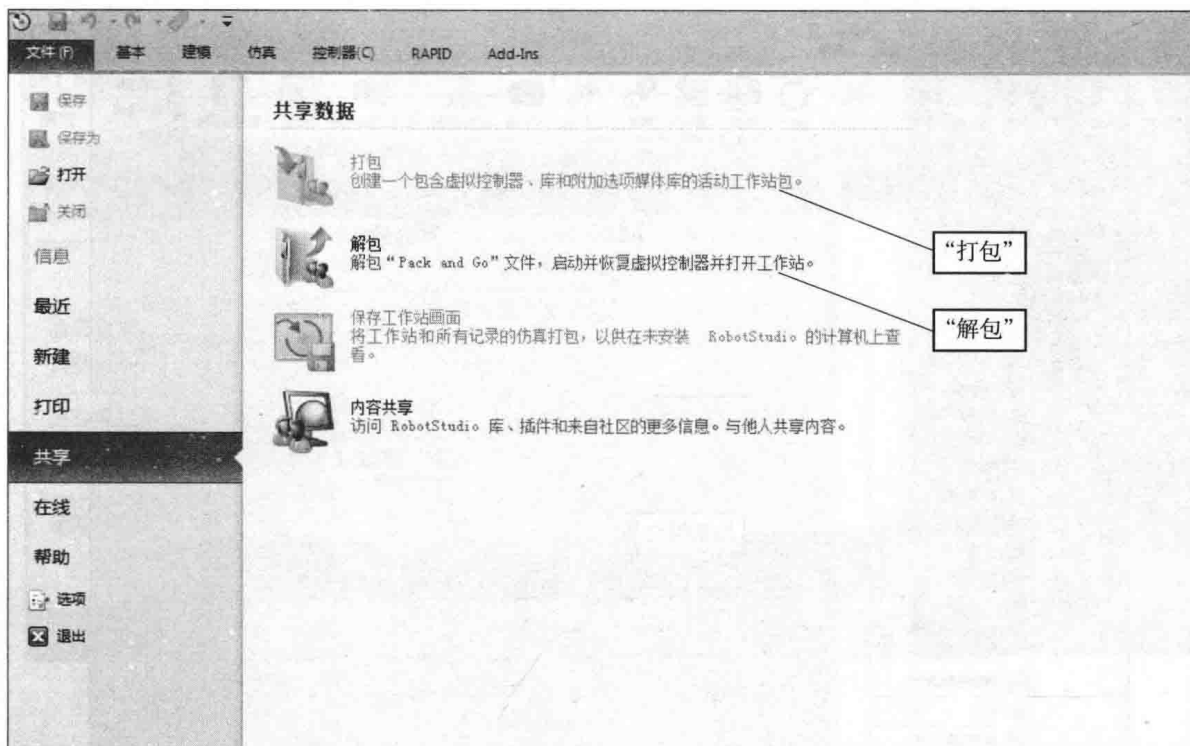


图 1-8 ABB RobotStudio 6.03 软件中“打包”和“解包”选项位置

2. 工业机器人中的机器人加载 RAPID 程序模块

在工业机器人应用过程中，如果已有一个程序模块，则可以直接将该模块加载至机器人系统中。例如，已有 1 号机器人程序，2 号机器人的应用与 1 号机器人相同，那么可以将 1 号机器人的程序模块直接导入 2 号机器人中。加载方法有以下两种。

1) 软件加载

在 RobotStudio 6.03 软件的任务栏中选择控制器进入 RAPID 中，单击左下角的三角形符号列出下一选项，选择“T_ROB1”，右击，弹出图 1-9 所示的快捷菜单，选择“加载模块”命令，用于加载程序模块，选择程序模块，找到需要加载的程序模块，单击“打开”按钮，即可加入程序模块，如图 1-10 所示。

2) 示教器加载

在示教器中依次选择“ABB 菜单”→“程序编辑器”→“模块”→“文件”→“加载模块”命令，对所需加载的程序进行加载，如图 1-11 所示。图 1-12 所示为选择需要加载的程序模块。

3. 加载系统参数

在机器人应用过程中，如果已有系统参数文件，则可以直接将该参数文件加载至机器人系统中。例如，已有 1 号机器人 I/O 配置文件，2 号机器人的应用与 1 号机器人相同，那么可以将 1 号机器人的 I/O 配置文件直接导入 2 号机器人中。系统参数文件存放在备份文件夹中 SYSPAR 文件目录下，其中最常用的是 EIO 文件，即机器人 I/O 系统配置文件。对系统参数的加载方法有以下两种。

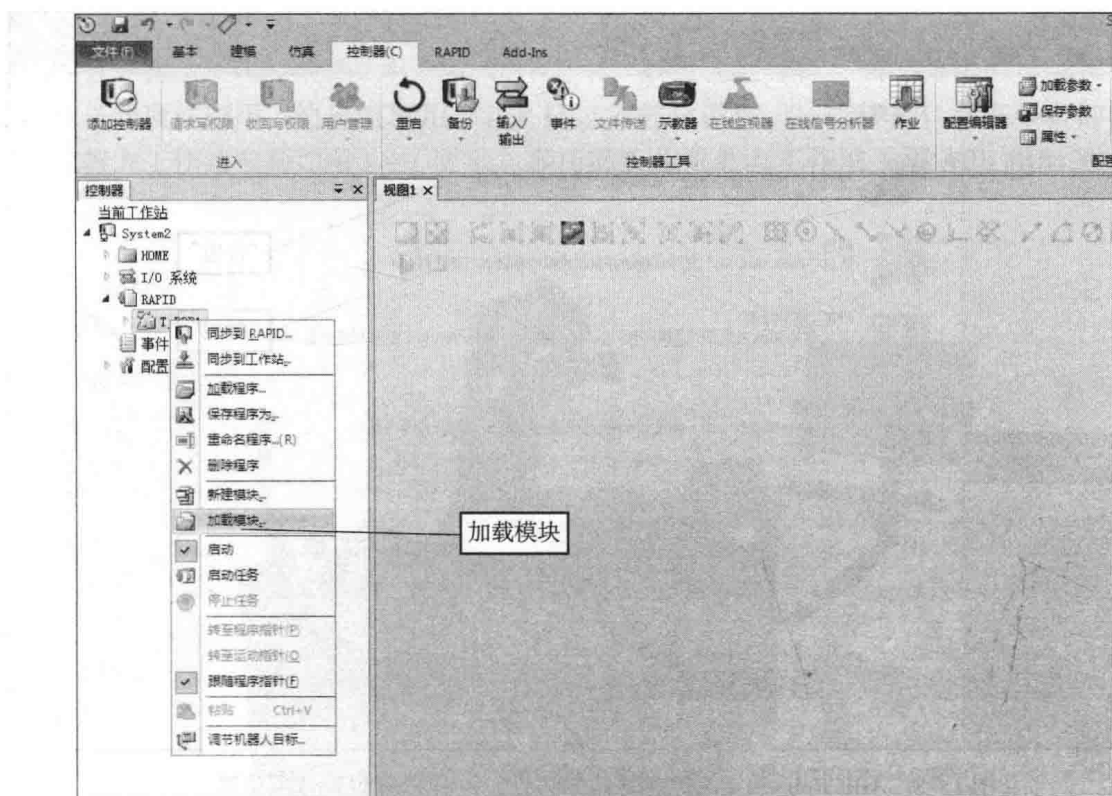


图 1-9 加载模块

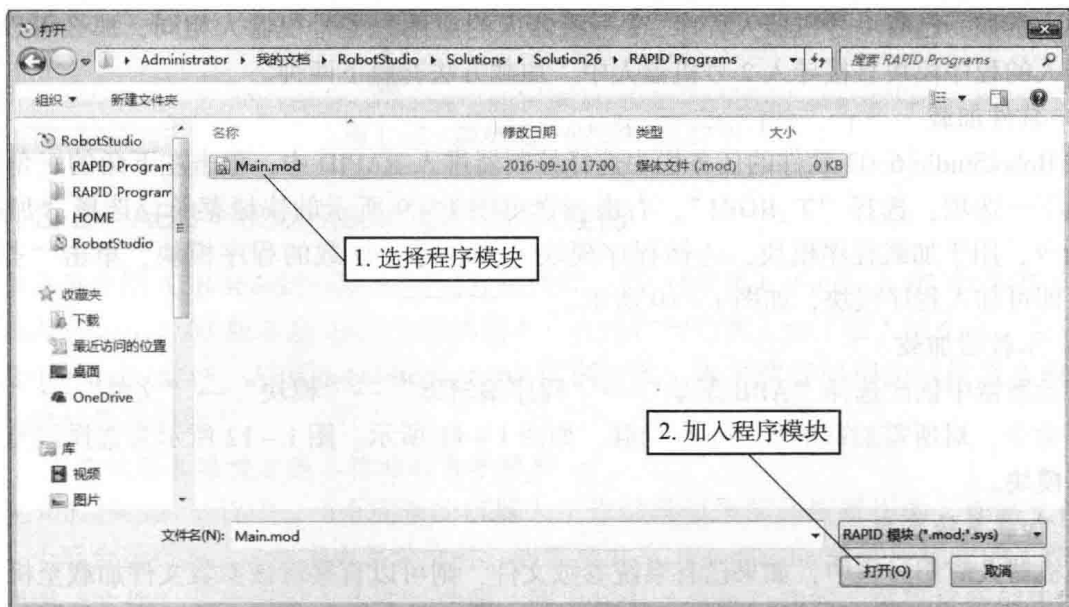


图 1-10 选择需要加载的程序模块