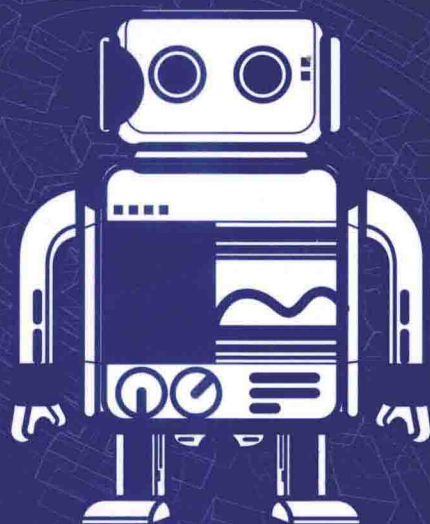


改变世界的下一波财富革命浪潮——“用机器换人”

工业机器人是集机械、电子、控制、计算机、传感器、人工智能等多学科高新技术于一体的机电一体化数字化装备，学习使用它，本书必读！

Broadview[®]
www.broadview.com.cn



工业机器人

应用案例入门

余任冲 编著

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

工业机器人

应用案例入门



余任冲 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

“工业机器人应用案例入门”一书主要介绍了目前五种机器人（三菱、爱普生、ABB、库卡、FANUC）的使用方法，通过任务式的教学方法，让读者能掌握每种机器人的基本使用方法。教学应用案例从简到繁，读者学完本书基本上可以明白工业机器人目前的应用情况。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

工业机器人应用案例入门 / 余任冲编著. —北京：电子工业出版社，2015.8
ISBN 978-7-121-26615-7

I. ①工… II. ①余… III. ①工业机器人 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 158667 号

策划编辑：孙学瑛

责任编辑：徐津平

特约编辑：顾慧芳

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：720×1000 1/16 印张：20 字数：317 千字

版 次：2015 年 8 月第 1 版

印 次：2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价：49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前言

随着科学技术的发展与劳动力成本的逐年上升，过去依靠廉价劳动力的制造业生产模式逐渐出现短板。在这一时代背景下，企业实施“用机器换人”就成了当下中国社会的热点话题，也是政府推动各行业转型升级的着力点所在。机器人与智能装备产业是高度集成微电子、通信、计算机、人工智能、控制和图像处理等学科最新科研和产业成果的前沿高新技术产业，是未来以智慧工厂为发展核心的产业立足点。其核心技术，机器人技术是一种以自动化技术和计算机技术为主体、有机融合各种现代信息技术的系统集成和应用。经过半个多世纪的发展，机器人技术在工业生产领域得到了广泛的应用，极大地提升了产品的品质并成功地解放了劳动力资源。

工业机器人是集机械、电子、控制、计算机、传感器、人工智能等多学科高新技术于一体的机电一体化数字化装备，长期工作可靠性高和稳定性好，并且能够承担和替代人的许多工作任务，对提高产品的质量与产量、保障人身安全、改善劳动环境、减轻劳动强度、提高劳动生产率、节约原材料消耗、以及降低生产成本都有帮助，可以在各行各业中应用，改变人类的生产方式，提高生活质量。因此，工业机器人的专业应用人才市场前景非常广阔，目前，很多大专院校为了满足市场急需纷纷开设机电一体化工业机器人方向的专业学科，只是缺乏与工业实践接轨的培训教材。

为了弥补工业机器人应用设计书籍不足的缺憾，提高广大学生学习工业机器人知识的兴趣和应用工业机器人的能力，我们编写了本书。

本书从工业机器人应用的角度出发，全面地介绍了几款多用途机器人在通用行业的典型应用，内容包括：水平多关节机器人贴标（四轴）、装配机器人（六轴）、视觉贴合机器人、搬运机器人和机器人 CNC 技术开发。内容涵盖工业机器人的基本知识及相关硬件技术、设计理念及实施过程，然后给出完整的操作流程和设计要领。

鉴于市面上的工业机器人种类繁多，用途各异，编者尽可能地从应用需求角度出发，淡化理论，建立工业机器人系统集成的整体概念，以工程实践为主，硬件系统力求采用“模块化”思路，突出程序设计，重在功能实现，这也是追求“最佳实践”的体现。顾名思义，《工业机器人应用案例入门》也是本书之特色所在，相信对读者学习使用工业机器人及其自动化系统有所裨益。

本书以市面上最为畅销的工业机器人，如 ABB、库卡、FANUC、三菱、爱普生机器人为例，着重围绕工业机器人典型应用操作中最常见的问题展开阐述，难度由浅入深，力争将工业机器人的应用实践和操作的的知识结合起来，既突出基本入门知识的共性，又不停留在表面的手册知识，也不追求烦琐的操作细节，引导读者入门即可；在内容上尽可能将国内外近年来工业机器人典型的案例，以通俗易懂的方式展现给读者，通过案例分析，达到理论和实践有机结合的目的。

关于本教材

1. 本教材是面向工业机器人初学者或对工业机器人行业有一定基础想进一步学习的人而写的一本教材，里面包含了目前工业机器人市场中常用的 5 种机器人，难度由浅入深。

2. 我们还为本书录制了全程视频教学，通过学习视频可以更加容易理解本书的知识，我们会将所有的视频放在百度传课上，请大家关注百度传课 BangBang-Studio。

3. 想要更好的学习氛围或想请老师解答心中的疑问，欢迎到 <http://www.robapp.cn/forum.php> 论坛提问。

致谢

本书由连硕机器人职业培训中心应用教育研究院余任冲编著，深圳连硕智慧机器人应用技术培训中心的吴清辉、黄文良、余启滔、杜亲多、罗富方等老师参与了编写。在这半年的编写过程中培训部的全体人员也付出了很多辛勤的汗水，在此一并表示衷心的感谢！

意见反馈

尽管我们尽了最大的努力，但本教材中难免会有不妥之处，欢迎各界专家和读者朋友来信给我们提出宝贵的意见、我们将不胜感激。你在阅读本书时，如发现任何问题或有不认同之处可以通过电子邮件与我们联系。

请发送电子邮件至：wqh@tesla-robots.com

十载耕耘奠定专业地位

博文视点诚邀精锐作者加盟

以书为证彰显卓越品质

《C++Primer (中文版) (第5版)》、《淘宝技术这十年》、《代码大全》、《Windows内核情景分析》、《加密与解密》、《编程之美》、《VC++深入详解》、《SEO实战密码》、《PPT演义》……

“圣经”级图书光耀夺目,被无数读者朋友奉为案头手册传世经典。

潘爱民、毛德操、张亚勤、张宏江、替辉Zac、李刚、曹江华……

“明星”级作者济济一堂,他们的名字熠熠生辉,与IT业的蓬勃发展紧密相连。

十年的开拓、探索和励精图治,成就博古通今、文圆质方、视角独特、点石成金之计算机图书的风向标杆:博文视点。

“凤翱翔于千仞兮,非梧不栖”,博文视点欢迎更多才华横溢、锐意创新的作者朋友加盟,与大师并列于IT专业出版之巔。

英雄帖

江湖风云起,代有才人出。
IT界群雄并起,逐鹿中原。
博文视点诚邀天下技术英豪加入,
指点江山,激扬文字
传播信息技术,分享IT心得

尊重作者——我们尊重每一位作者的技术实力和生活习惯,并会参照作者实际的工作、生活节奏,量身制定写作计划,确保合作顺利进行。

提升作者——我们打造精品图书,更要打造知名作者。博文视点致力于通过图书提升作者的个人品牌和技术影响力,为作者的事业开拓带来更多的机会。

专业的作者服务

博文视点自成立以来一直专注于IT专业技术图书的出版,拥有丰富的与技术图书作者合作的经验,并参照IT技术图书的特点,打造了一支高效运转、富有服务意识的编辑出版团队。我们始终坚持:

善待作者——我们会把出版流程整理得清晰简明,为作者提供优厚的稿酬服务,解除作者的顾虑,安心写作,展现出最好的作品。



联系我们

博文视点官网: <http://www.broadview.com.cn>

CSDN官方博客: <http://blog.csdn.net/broadview2006/>

投稿电话: 010-51260888 88254368

投稿邮箱: jsj@phei.com.cn



@博文视点Broadview



博文视点Broadview



反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010)88254396；(010)88258888

传 真：(010)88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱 电子工业出版社总编办公室

+ + 邮 编：100036 + + + +

+ + + + + + + + + +

目录

第 1 章 项目一 工业机器人装配工作站现场编程	1
1.1 任务一 认识装配工作站.....	2
1.1.1 工业机器人的基本知识	2
1.1.2 三菱 RV-7F-D 机器人.....	2
1.2 任务二 启动/停止机器人	4
1.2.1 工业机器人使用的注意事项	4
1.2.2 机器人的启动和停止	5
1.3 任务三 认识示教器	9
1.3.1 机器人作业示教方法	9
1.3.2 三菱 RV-7F 示教器	10
1.4 任务四 模拟仿真工作站.....	13
1.4.1 将 SolidWorks 导入机器人模型.....	13
1.4.2 将其他工作站模型导入 SolidWorks 中.....	16
1.4.3 RT ToolBox2 在线编程.....	27
1.5 任务五 搭建机器人工作站	37
1.5.1 电气元件的准备	37
1.5.2 输入/输出并行接口的接线	38
1.5.3 加工工件的准备	39
1.5.4 RT ToolBox2 软件简介.....	40
1.5.5 点位的示教, 实现整个工作站的内容	44
1.6 任务六 组态王远程控制机器人	44
1.6.1 PLC 简介	44

1.6.2	用 PLC 控制三菱机器人的启停	48
1.6.3	用组态王控制机器人的启停	50
第 2 章	项目二 四轴工业机器人视觉贴合工作站	60
2.1	任务一 SCARA 工业机器人	61
2.1.1	SCARA 工业机器人的坐标系	61
2.1.2	爱普生 LS3 SCARA 机器人	62
2.2	任务二 机器人的基本硬件	64
2.2.1	控制柜各部分名称与功能	64
2.3	任务三 爱普生机器人的示教操作	65
2.3.1	认识 EPSON RC + 用户界面	65
2.4	任务四 掌握机器人编程	76
2.4.1	机器人编程简介	76
2.5	任务五 视觉运用入门的例子	85
2.5.1	示例一 视觉搬运	85
2.5.2	示例二 相机重定位	95
第 3 章	项目三 六轴工业机器人视觉贴合工作站	104
3.1	任务一 认识 ABB 工业机器人	105
3.2	任务二 认识示教器	107
3.2.1	FlexPendant 按键说明	107
3.2.2	FlexPendant 画面菜单说明	109
3.3	任务三 机器人程序编程	110
3.3.1	程序数据	110
3.3.2	PAPID 程序	112
3.4	任务四 模拟仿真工作站内容	115
3.4.1	在 RobotStudio 中建立工作环境	115
3.4.2	创建机器人的运动轨迹程序	129
3.4.3	工具坐标 TCP 的设定	147
3.4.4	Smart 组件	149
3.5	任务五 下象棋仿真	163
3.5.1	象棋模型的建立	163
3.5.2	建立一个机器人系统的布局	165
3.5.3	Smart 组件应用	169
3.5.4	配置 I/O	178

3.5.5 通信设置	181
3.5.6 程序解释	183
3.5.7 运行下象棋仿真	189
3.6 任务六 机器人视觉实现贴合工作站内容	190
3.6.1 ABB 应用	190
3.6.2 视觉系统程序	193
第 4 章 项目四 工业机器人分拣摆放实例	197
4.1 任务一 认识库卡机器人	198
4.1.1 库卡机器人基础知识	198
4.1.2 机器人构成	200
4.2 任务二 启动/停止机器人	201
4.2.1 机器人使用注意事项	201
4.2.2 机器人的启动和停止	202
4.3 任务三 认识示教器	206
4.3.1 机器人作业示教方法	206
4.3.2 库卡机器人示教器	207
4.4 任务四 机器人的基础操作	212
4.4.1 示教权限与模式选择	212
4.4.2 新建程序	214
4.4.3 程序点位移动	216
4.4.4 坐标系的建立	216
4.4.5 逻辑编程	225
4.5 任务五 巧克力球的分类摆放实现	231
4.5.1 外部电气实现	231
4.5.2 配置机器人	232
4.5.3 机器人编程	233
4.5.4 与 PC 通信	234
4.5.5 机器人操作	237
4.5.6 运行效果	240
第 5 章 项目五 工业机器人柔性化生产	243
5.1 任务一 认识 FANUC 机器人	244
5.1.1 概论	244
5.1.2 FANUC 机器人的构成	246

5.2 任务二 认识示教器	249
5.2.1 认识示教器 (Teach Pendant, TP)	249
5.3 任务三 熟悉常用的编程指令	256
5.3.1 动作指令	256
5.3.2 暂存器指令	262
5.3.3 I/O 指令	265
5.3.4 转移指令	266
5.3.5 位置补偿指令	268
5.3.6 等待指令	268
5.4 任务四 模拟仿真冲床上下料	269
5.4.1 建立基本仿真模型	270
5.4.2 编程	292
5.4.3 录像功能	301
5.5 任务五 实现 CNC 工作站内容	303
5.5.1 生成 CNC 轨迹代码	303
5.5.2 打开软件进行编译、执行	306

项目一 工业机器人装配工作站现场编程

本项目以工业机器人搬运打螺丝工作站为例，系统地介绍了工业机器人工作站的基本构成、机器人操作注意事项、机器人手动操作方法及坐标系等概念，使学生能正确地操作机器人，并对机器人进行简单的示教。

学习目标：

- 熟悉工业机器人的基本应用
- 熟悉工业机器人装配工作站的基本构成
- 熟悉三菱机器人示教器的机构、操作界面及按键功能
- 熟悉工业机器人坐标系的相关知识
- 熟悉机器人安全操作的相关知识

能力目标：

- 能根据装配对象选择相应型号机器人
- 能根据示教要求，选择相应坐标系
- 能手动操作机器人，使机器人快速准确到达目标点
- 能对机器人进行基本的示教

工作任务：

- 1.1 任务一 认识装配工作站
- 1.2 任务二 启动/停止机器人
- 1.3 任务三 认识示教器
- 1.4 任务四 模拟仿真工作站
- 1.5 任务五 搭建机器人工作站
- 1.6 任务六 组态王远程控制机器人

1.1 任务一 认识装配工作站

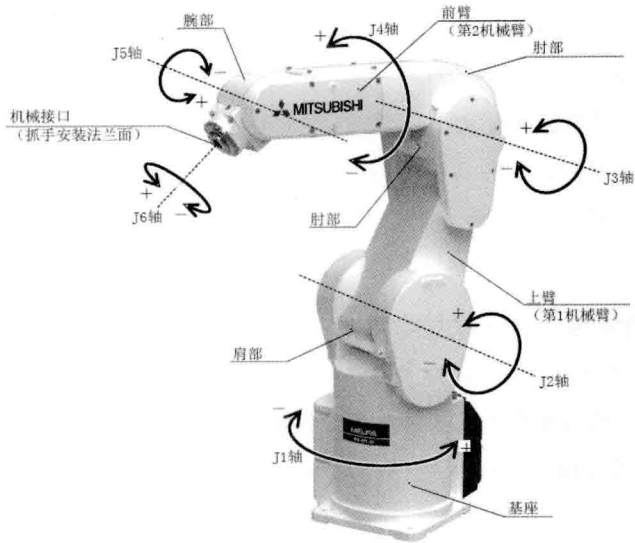
1.1.1 工业机器人的基本知识

工业机器人由主体、驱动系统和控制系统 3 个基本部分组成。主体即机座和执行机构，包括臂部、腕部和手部，有的机器人还有行走机构。大多数工业机器人有 3~6 个运动自由度，其中腕部通常有 1~3 个运动自由度；驱动系统包括动力装置和传动机构，用以使执行机构产生相应的动作；控制系统是按照输入的程序对驱动系统和执行机构发出指令信号，并进行控制。

工业机器人按臂部的运动形式分为 4 种。直角坐标型的臂部可沿 3 个直角坐标移动；圆柱坐标型的臂部可做升降、回转和伸缩动作；球坐标型的臂部能回转、俯仰和伸缩；关节型的臂部有多个转动的关节。

1.1.2 三菱 RV-7F-D 机器人

三菱 RV-7F-D 机器人的本体图和各部件说明如图 1-1-1 所示，负载中心位置如图 1-1-2 所示。



注) 图示为 RV-4F, 但与 RV-4FL、RV-7F/13F 系列相同。

图 1-1-1 机器人本体图和各部件说明

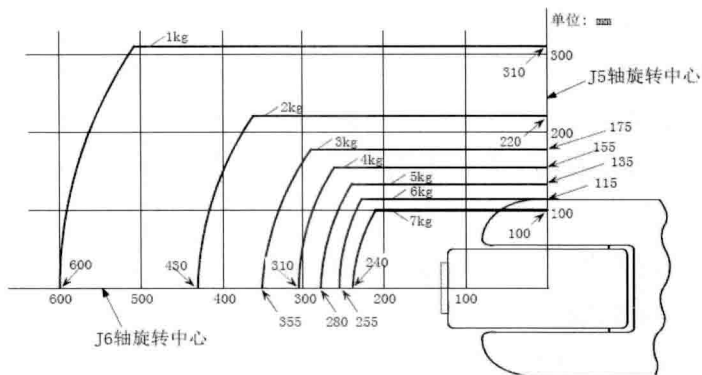
三菱 RV-7F-D 机器人的性能如下。

位置重复精度: $\pm 0.02\text{mm}$

可搬运重量: 7kg

本体重量: 66kg

最大动作范围半径: 713.4mm



负载重心位置: RV-7F/7FL (负载体积较小的情况下)

图 1-1-2 负载中心位置

机器人的可搬运重量一般以质量表示，但即使是相同的工具和工件重量，偏心严重的机器人的负载也受到限制。可搬运重量将受到机器人的动作速度及动作姿势的极大影响。即使是在图 1-1-2 允许的范围内，也可能发生过负载及电流报警。此时，需要对加速度的时间设置、机器人的动作设置和动作姿势进行更改。



课后思考

1. 根据自己理解，简述工业机器人的定义。
2. 通过网络查询工业机器人的相关知识，列举机器人典型厂家及工业机器人的典型应用。

1.2 任务二 启动/停止机器人

工业机器人是在生产现场使用的设备，在工作过程中需要遵守各项安全操作事项，才能确保其顺利进行。

1.2.1 工业机器人使用的注意事项

工业机器人在空间动作，其动作领域的空间成为危险场所，有可能发生意外的事故。因此，机器人的安全管理者及从事安装、操作、保养的人员在操作机器人或者工业机器人运行期间要保证安全第一，在确保自己的安全及相关人员及其他人员的安全后进行操作。操作人员在使用三菱机器人时需要注意以下事项。

- 1) 避免在工业机器人工作场所周围做出危险行为，接触机器人或周边机械有可能造成人员伤害。
- 2) 在工厂内，为了确保安全，请严格遵守“严禁烟火”、“高电压”、“危险”、“无关人员禁止入内”此类标志下的具体规定，因为火灾、触电、接触危险地带有可能发生人员伤害。

- 3) 不要强制搬动、悬吊、骑坐在机器人上, 以免发生人员伤害或者设备损坏。
- 4) 绝对不要倚靠在工业机器人或者其他控制柜上, 不要随意按动开关或者按钮, 否则会发生意想不到的动作, 造成人员伤害或者设备损坏, 如图 1-2-1 所示。

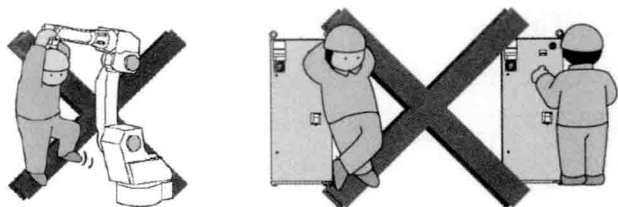


图 1-2-1 禁止依靠机器人

- 5) 通电中, 禁止未受培训的人员触摸机器人控制柜和示教器。机器人会发生意想不到的动作, 有可能导致人员伤害或者设备损坏。

1.2.2 机器人的启动和停止

1. 主电源的接通

电源电缆的连接步骤:

- 1) 应准备漏电断路器(带端子盖板)、一次侧电源连接用电缆及二次侧电源连接用电缆(两者均为 AWG#14 (2mm²) 以上)、一次侧电源接地用电缆(AWG#12 (3.5mm) 以上)。
- 2) 确认一次侧电源符合电源规格。
- 3) 切断一次侧电源, 确认漏电断路器的电源开关变为 OFF 状态。
- 4) 将二次侧电源连接用电缆连接到漏电断路器的二次侧端子(下侧的端子)上, 将另一侧连接到同包装内附带的电源连接用连接器 ACIN 的 1 号和 3 号针上。建议通过压铆进行连接。
- 5) 将该连接器连接到控制器前面的 ACIN 连接器上。
- 6) 将一次侧电源接地用电缆连接到控制器箱体的 PE 端子(M4 螺栓)上。