

赠送 PPT 课



工业机器人工学结合项目化系列教材

# 工业机器人仿真技术 入门与实训

连硕教育教材编写组 © 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>

工业机器人工学结合项目化系列教材

# 工业机器人仿真技术 入门与实训

连硕教育教材编写组 编著

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

## 内 容 简 介

本书根据职业教育的特点,实现“做中学”和“学中做”相结合的教学理念,设计了7个学习项目,即认识工业机器人、RobotStudio 软件介绍、RobotStudio 基本操作、ABB 机器人 I/O 配置、RAPID 编程与调试、Smart 组件和应用实例。每个教学项目包含2~4个工作任务,项目内容包括学习目标、任务分配、任务实施、任务评价等多个方面,还包含知识准备和课后习题。各个教学项目的安排由浅入深,循序渐进,通过实际应用案例来加强对仿真软件操作技巧的掌握。工作任务按照典型工作过程进行设计实施,注重学生职业能力、职业素养和团队协作等综合素质的培养。

本书通过7个学习项目,将工业机器人仿真技术相关的理论与实践相结合,使学生在实际操作中学会仿真技术的原理,以及RobotStudio 仿真软件的操作技巧。

本书可作为职业院校工业机器人技术专业的基础教材,也可作为企业中从事工业机器人设计、编程、调试与维护等相关工作人员的培训参考用书。

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

工业机器人仿真技术入门与实训 / 连硕教育教材编写组编著. — 北京: 电子工业出版社, 2018.6

工业机器人工学结合项目化系列教材

ISBN 978-7-121-33667-6

I. ①工… II. ①连… III. ①工业机器人—计算机仿真—职业教育—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 026277 号

策划编辑: 李树林

责任编辑: 赵 娜

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: 787×980 1/16 印张: 20 字数: 435 千字

版 次: 2018 年 6 月第 1 版

印 次: 2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 69.00 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, 88258888。

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。

本书咨询和投稿联系方式: (010) 88254463, lisl@phei.com.cn。

# 连硕教育教材编写组

主 编：唐海峰

编 者：陆晓锋 余顺平 罗毓斌 黄晓旋  
洗 健 刘 艳 汪亚凡

支持单位：深圳市连硕机器人职业培训中心

# 前言

随着仿真技术的不断发展，离线编程可以在不消耗任何实际生产资源的情况下对实际生产过程进行动态模拟。针对工业产品，利用该技术可优化产品设计，通过虚拟装配避免或减少物理模型的制作，缩短开发周期，降低成本；同时通过建设数字工厂，直观地展示工厂、生产线、产品虚拟样品及整个生产过程，为员工培训、实际生产制造和方案评估带来便捷。

本书采用 ABB 公司的 RobotStudio 软件来介绍仿真技术，RobotStudio 软件是专为工业市场和生产环境而设计的，是一款 PC 应用程序，用于机器人单元的建模、离线创建和仿真。

全书分为 7 章，各章的主要内容如下。

第 1 章介绍工业机器人的基础知识，包括工业机器人常见的五大应用领域、工业机器人品牌和优点、ABB 工业机器人的优势、IRC5 硬件组成、伺服驱动系统、示教器及本体。

第 2 章介绍 RobotStudio 软件的获取、安装及功能菜单。

第 3 章介绍 RobotStudio 基本操作，包括创建机器人工作站、创建机器人系统及创建程序数据。

第 4 章介绍 ABB 工业机器人 I/O 配置，通过 DSQC652 输入/输出模块来学习机器人 I/O 配置。

第 5 章介绍 RAPID 编程与调试，包括基本 RAPID 编程、手动编程及离线编程。

第 6 章介绍 Smart 组件，包括 Smart 组件术语、基础组件、组件的创建、组件的调用、运用 Smart 组件搬运物体及运用 Smart 组件创建动态输送链。

第 7 章介绍应用实例，通过丰富的应用案例加强对整体知识的掌握和运用。

本书是工业机器人工学结合项目化系列教材之一，既可作为职业院校工业机器人技术专业的基础教材，也可作为企业中从事工业机器人设计、编程、调试与维护等工作人员的培训参考用书。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，殷切期望广大读者批评指正，以便进一步提高本书的质量。

编著者

# 目 录

第 1 章 认识工业机器人	1
1.1 工业机器人简介	2
1.1.1 工业机器人常见的五大应用领域	2
1.1.2 工业机器人的品牌	2
1.1.3 工业机器人的优点	3
1.2 认识 ABB 工业机器人	7
1.2.1 ABB 工业机器人的优势	7
1.2.2 IRC5 硬件组成	8
1.2.3 伺服驱动系统	9
1.2.4 示教器	11
1.2.5 本体	26
第 2 章 RobotStudio 软件介绍	32
2.1 ABB RobotStudio 软件获取以及安装	33
2.1.1 RobotStudio 简介	33
2.1.2 RobotStudio 软件获取	34
2.1.3 RobotStudio 软件安装	34
2.2 ABB RobotStudio 软件功能菜单	39
2.2.1 文件	41
2.2.2 基本	44
2.2.3 建模	56
2.2.4 控制器	67
2.2.5 RAPID	76
2.2.6 仿真	77
2.2.7 Add-Ins	80



第 3 章	RobotStudio 基本操作	85
3.1	创建机器人工作站	86
3.1.1	导入部件	86
3.1.2	调整部件的位置	90
3.1.3	保存工程文件	92
3.2	创建机器人系统	96
3.2.1	手动创建机器人系统	96
3.2.2	输出窗口	98
3.2.3	配置信息 (I/O)	99
3.2.4	示教器界面语言设置	99
3.3	创建程序数据	103
3.3.1	tooldata (工具数据)	103
3.3.2	wobjdata (工件数据)	116
3.3.3	loaddata (有效载荷)	122
第 4 章	ABB 工业机器人 I/O 配置	128
4.1	DSQC652 输入/输出模块	129
4.2	I/O 配置	134
4.2.1	在 RobotStudio 的虚拟示教器中进行 I/O 配置	134
4.2.2	在 RobotStudio 的 I/O 系统中进行 I/O 配置	139
第 5 章	RAPID 编程与调试	148
5.1	基本 RAPID 编程	149
5.1.1	程序结构	149
5.1.2	程序数据	157
5.1.3	表达式	158
5.1.4	流程指令	161
5.1.5	控制程序流程	161
5.1.6	运动	163
5.1.7	输入/输出信号	164
5.2	手动编程	169



5.2.1	移动指令模板	169
5.2.2	路径调试	175
5.3	离线编程	179
5.3.1	工件	179
5.3.2	创建工件坐标	180
5.3.3	建模	180
5.3.4	自动路径	181
5.3.5	工具姿态调整	183
5.3.6	路径调试	185
5.3.7	辅助工具	186
第 6 章	Smart 组件	192
6.1	Smart 组件术语	193
6.2	Smart 的基础组件	198
6.3	Smart 组件的创建	211
6.4	Smart 组件的调用	219
6.5	创建搬运机器人工作站	223
6.5.1	创建用户自定义工具	223
6.5.2	创建简单的搬运机器人系统	227
6.6	创建动态输送链	236
第 7 章	应用实例	244
7.1	轨迹模拟	245
7.1.1	创建工作站	245
7.1.2	创建机器人轨迹曲线	250
7.1.3	生成机器人运动轨迹	251
7.2	螺旋桨旋转	262
7.2.1	导入模型库	262
7.2.2	添加组件	262
7.3	搬运	266
7.3.1	物块搬运	266





7.3.2 皮带搬运 .....	276
7.4 装配 .....	290
7.4.1 创建夹具 .....	290
7.4.2 药瓶装配 .....	292
7.5 视觉贴合 .....	299

# 第1章

## 认识工业机器人

随着科学的不断进步和工业机器人技术的飞速发展，工业机器人的应用越来越广泛。本章通过介绍工业机器人常见的五大应用领域，了解不同品牌的工业机器人。重点掌握 ABB 工业机器人的优点、控制柜 IRC5 系统结构、伺服驱动系统、示教器及本体等相关知识。

### 学习目标

#### 知识目标

- (1) 了解工业机器人常见的五大应用领域；
- (2) 了解工业机器人的品牌；
- (3) 了解工业机器人的优点；
- (4) 了解 ABB 工业机器人的优势；
- (5) 熟悉 IRC5 控制器的硬件组成和伺服驱动系统的组成；
- (6) 熟悉工业机器人本体和示教器。

#### 技能目标

- (1) 能简述工业机器人常见的五大应用领域和品牌；
- (2) 能简述工业机器人的优点和 ABB 工业机器人的优势；
- (3) 能够正确使用示教器进行各项基本操作；
- (4) 能够独立完成 ABB 工业机器人的重启操作。

### 任务分配

- 1.1 工业机器人简介
- 1.2 认识 ABB 工业机器人



# 1.1 工业机器人简介

机器人技术是 20 世纪人类最伟大的发明之一。随着劳动成本的增加,不少劳动密集型企业已开始大量使用机器人。近年来,随着机器人传感器技术的飞速发展,工业机器人应用越来越多样化。本节主要介绍工业机器人的基本知识,包括工业机器人常见的五大应用领域、工业机器人的品牌和工业机器人的优点。



## 知识准备

### 1.1.1 工业机器人常见的五大应用领域

#### 1. 机械加工

机械加工机器人主要用于零件铸造、激光切割及水射流切割等工作。

#### 2. 喷涂

喷涂机器人主要用于涂装、点胶、喷漆等工作。

#### 3. 装配

装配机器人主要用于零部件的安装、拆卸及修复等工作。

#### 4. 焊接

焊接机器人的应用主要包括在汽车行业中点焊和弧焊。

#### 5. 搬运

搬运是工业机器人目前应用最广泛的领域。许多自动化生产线都需要使用工业机器人进行上下料、搬运及码垛等操作。近年来,随着协作工业机器人的兴起,搬运工业机器人的市场份额一直呈增长态势。

### 1.1.2 工业机器人的品牌

#### 1. 国外品牌

国外主要工业机器人品牌见表 1-1。



表 1-1 国外工业机器人品牌

主要厂商名称	特 点
瑞士 ABB	机器人厂商中产品线最广、最全的厂商之一，是世界上电力和自动化技术领域的领导厂商之一，有着丰富的工程项目经验和雄厚的技术实力，是目前我国市场占比最高的工业机器人厂商
德国 KUKA	系统集成技术背景出身，在系统集成方面具有较大的优势
日本 YASKAWA	伺服电动机、伺服驱动器、变频器是它的自主产品特色；擅长于找大客户（如首钢），在弧焊和点焊方面具有优势；在弧焊应用方面是与凯尔达合作，具有较大的优势
日本 FANUC	技术实力储备和工业 4.0 应用上具有优势，如机床上下料等；在中国的分公司，上海电气占据 50% 的股份
日本 KAWASAKI	是日本最早研发、生产工业机器人的著名企业，其在搬运码垛、弧焊等应用方面有自己特点；在国内是 100% 独资，擅长与系统商合作，自己没有工程公司
日本 DAIHEN	焊接专业机器人公司，有自主研发的协同作业机器人焊接系统，在焊接机器人的细分领域具有十足的市场特色
日本那智不二越	日本独资，其母公司的背景是日本著名的机床企业集团
意大利柯马	汽车工程集成为主，隶属于菲亚特集团

## 2. 国内品牌

国内主要工业机器人品牌见表 1-2。

表 1-2 国内工业机器人品牌

主要厂家名称	特 点
沈阳新松	隶属于中国科学院，是一家以机器人独有技术为核心，致力于数字化智能高端装备制造的高科技上市企业。公司上市的名称就叫“机器人”。新松公司在机器人方面应用开发较为综合，各个方面都有所涉足
安徽埃夫特	是一家专门从事工业机器人、大型物流储运设备及非标生产设备设计、制造的高新技术企业，其擅长在打磨、喷涂、搬运等方面的应用
南京埃斯顿	是 1993 年成立的自动化公司，专注于工业机器人领域，具有全系列工业机器人产品，包括 Delta 和 Scara 工业机器人系列，其中标准工业机器人规格从 6kg 到 300kg，应用领域分布在点焊、弧焊、搬运、机床上下料等方面
上海新时达	是专业研发生产销售工业控制、传动控制、运动控制和机器人产品并服务于全球的高新技术企业，新时达 SR16L6 焊接机器人，工作区域大，手腕关节精度高。适用于低负载、大范围工作场合，特别适用于弧焊、物料搬运、码垛、包装等行业
广州数控	专注于机床数控系统、伺服驱动装置与伺服电动机的研发及产业化，向客户提供 GSK 全系列的机床数控系统，伺服驱动装置和伺服电动机等数字控制设备，是国内最具规模的数控系统研发生产基地。其工业机器人在与 CNC 配套方面具有自身优势

### 1.1.3 工业机器人的优点

工业机器人的优点如下：

- 第一，降低运营成本；
- 第二，提升产品质量与一致性；



第三，改善员工的工作环境；

第四，提高产能；

第五，增强生产的柔性；

第六，减少原料浪费，提高成品率；

第七，满足安全法规，改善生产安全条件；

第八，减少人员流动，缓解招聘技术工人的压力；

第九，降低投资成本，提高生产效率；

第十，节约宝贵的生产空间。



## 任务实施

本节任务实施见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 工业机器人简介任务书

姓 名		任务名称	工业机器人简介
指导教师		同组人员	
计划用时		实施地点	
时 间		备 注	

### 任 务 内 容

1. 认识工业机器人常见的五大应用。
2. 熟悉工业机器人的品牌。
3. 掌握工业机器人的优点。

考核项目	描述工业机器人常见的五大应用	
	描述工业机器人品牌的产品及其应用领域	
	描述工业机器人的优点	
资 料	工 具	设 备
教材		



表 1-4 工业机器人简介任务完成报告

姓 名		任务名称	工业机器人简介
班 级		同组人员	
完成日期		实施地点	

1. 通过网络搜索手段，查询与工业机器人的相关的知识，描述工业机器人常见的五大应用。

2. 国内和国外工业机器人的品牌有哪些？工业机器人有哪些优点？



## 1.2 认识 ABB 工业机器人

ABB 作为全世界四大机器人品牌之一，是全球领先的工业机器人供应商。本节重点介绍 ABB 工业机器人的优势、IRC5 硬件组成、伺服驱动系统、示教器及本体。

### 知识准备

#### 1.2.1 ABB 工业机器人的优势

作为机器人控制器领域的行业标杆，ABB 凝聚 40 余年专业经验打造的 IRC5 控制器融入了 ABB 独一无二的运动控制技术，拥有卓越的灵活性、安全性及模块化特性，提供各类应用接口和 PC 工具支持，可实现多机器人控制。除此之外，使用 ABB 工业机器人还有以下优势。

##### 1. 保证安全

确保操作员安全是 IRC5 控制器的一项主要优势，已获得全球多家第三方检验机构的认证。

IRC5 控制器应用的电子限位开关和 SafeMove TM 技术均为新一代安全技术的典范，为兼顾机器人单元的安全性与灵活性创造了绝佳的条件，在缩小占地面积，增强人机协作等方面都有卓越的表现。

##### 2. 机器人铸钢结构

机体刚性较高，手臂在恶劣环境下不会变形，精度不会损失，与其他品牌机器人相比，结构更简单、使用寿命更长。

##### 3. 本体免维护

ABB 工业机器人是能够真正做到本体免维护的机器人产品，采用独立的齿轮齿条传动技术。机器人电动机机械零位的校正简单、快速，不需特殊的仪器。ABB 工业机器人本体都是没有易损件和备件的，从这个方面可以看到 ABB 对自身产品的自信。

##### 4. 高速精准

IRC5 大幅提升了 ABB 工业机器人执行任务的效率。IRC5 以先进动态建模技术为基础，对机器人性能实施自动优化，如通过 QuickMove TM 和 TrueMove TM 技术分别缩短节拍时间，提高路径精度。ABB IRC5 技术使机器人动作具有可预见性，进一步增强了其运行性能，无须程序员参与调整。以 IRB 120 机器人为例，其重复到位精度高达  $\pm 0.01\text{mm}$ 。





### 5. 抗恶劣环境能力强

85%以上型号的机器人都达到了 IP67 防护等级（一个界面对液态和固态微粒的防护能力）。在比较恶劣的工作环境和高负荷高频率的节拍要求下，ABB 重载机器人的 Active Safety（主动安全）和 Passive Safety（被动安全）功能可以最大化地保证万一发生事故时人员、机器人和其他财产的安全。

### 6. 适应性强

IRC5 兼容各种规格电源电压，广泛适应各类环境条件。该控制器还能以安全、透明的方式与其他生产设备互联互通，其 I/O 接口支持绝大部分主流工业网络，以传感器接口、远程访问接口及一系列可编程接口等形成强大的联网能力。

### 7. 灵活程控

所有 ABB 工业机器人系统均采用 ABB 可塑性极强的高级语言 RAPID 编程。作为一种真正意义的在线/离线通用编程语言，RAPID 支持结构化程序的编制，并拥有诸多先进特性，其强大的预置功能可轻松应对焊接、装配等常见机器人工艺应用的开发。

### 8. 性能可靠

IRC5 基本实现免维护，无故障运行时间远超同类产品。一旦发生意外停产，其内置的诊断功能有助于及时排除故障，恢复生产。

IRC5 还配备远程监测技术——ABB 远程服务。先进的诊断功能可迅速完成故障检测，并提供机器人状态终生实时监测，显著提高生产效率。

### 9. 触摸屏式示教器

ABB 工业机器人的示教器有彩色触摸屏，其操作界面类似于 Windows 系统，可选中、英文语言，结构简单。机器人的程序是文本格式，用普通的文本编辑器即可编写程序，编程方便，且可自定义用户界面。

## 1.2.2 IRC5 硬件组成

ABB 工业机器人系统主要由机械本体、控制器、示教器组成，如图 1-1 所示。其中控制器由主电源、计算机供电单元、计算机控制模块（计算机主体）、输入/输出板、Customer Connections（用户连接端口）、FlexPendant 接口（示教器接线端）、轴计算机板、驱动单元（机器人本体、外部轴）等组成。

一个系统最多包含 36 个驱动单元（最多 4 台机器人），一个驱动模块最多包含 9 个驱动单元，可处理 6 个内部轴及 2 个普通轴或附加轴（取决于机器人的型号）。