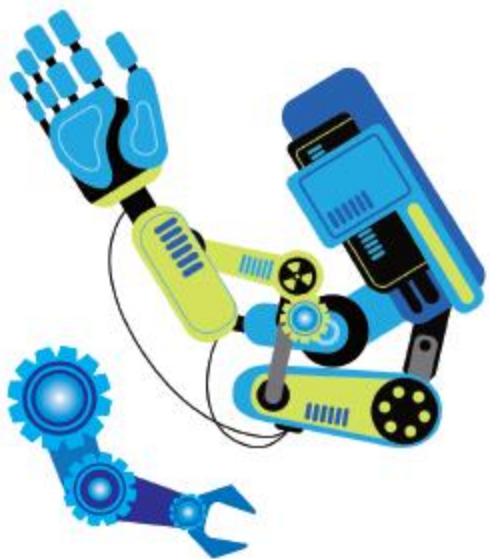


职业教育工业机器人技术专业规划教材  
“互联网+”职业教育创新型系列教材

# 工业机器人 安装与调试技术

主 编 施 琴  
副主编 李玉龙 刘天宋 张 俊

- 紧扣最新职业教育专业**教学标准**
- 技能大赛**金牌教练**与**名师**倾力打造
- 好视频**不容错过，**好方法**手到擒来
- 无论身处何地，都可**“码”**上学习



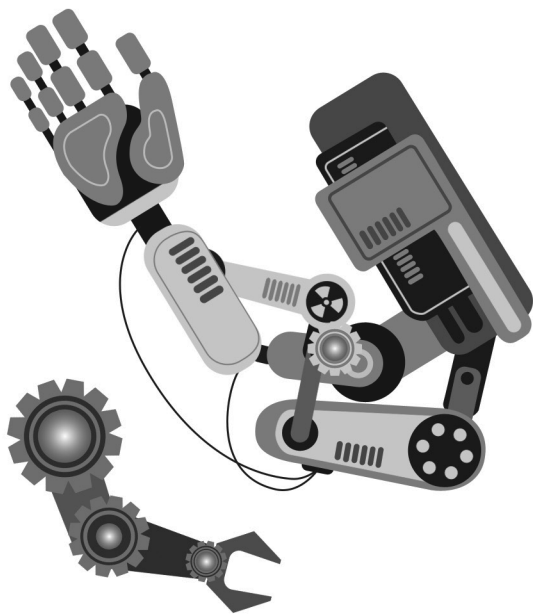
职业教育工业机器人技术专业规划教材  
“互联网+”职业教育创新型系列教材

# 工业机器人 安装与调试技术

主 编 施 琴  
副主编 李玉龙 刘天宋 张 俊  
参 编 史银花 党丽峰 左文艳 高金美



扫码登录课程平台  
构建个性化课堂



## 图书在版编目(CIP)数据

工业机器人安装与调试技术 / 施琴主编. —南京:  
江苏凤凰教育出版社, 2020.1(2024.1 重印)

ISBN 978-7-5499-8169-4

I. ①工… II. ①施… III. ①工业机器人—安装 ②工  
业机器人—调试方法 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 142465 号

## 书 名 工业机器人安装与调试技术

---

主 编 施 琴  
责任编辑 顾金萍  
出版发行 江苏凤凰教育出版社  
地 址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编:210009  
出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司  
网 址 <http://www.fhmooc.com>  
印 刷 河北铄柠印刷有限责任公司  
厂 址 河北省衡水市武邑县兴旺路以南  
电 话 0318-2212090  
开 本 787 毫米×1 092 毫米 1/16  
印 张 9.75  
版次印次 2020 年 1 月第 1 版 2024 年 1 月第 8 次印刷  
标准书号 ISBN 978-7-5499-8169-4  
定 价 39.00 元  
批发电话 025-83677909  
盗版举报 025-83658893

---

如发现质量问题,请联系我们。

【内容质量】电话:025-83658873 邮箱:sunyi@ppm.cn

【印装质量】电话:025-83677905

# 序 言

为全面贯彻国家对于高技能人才的培养精神,提升职业教育机电类专业,尤其是工业机器人技术专业教学质量,我们特组织优秀教师及相关专家,联合行业企业代表,全面、优质、高效地开发了本系列规划教材,并配备数字化教学资源,以适应当前的信息化教学需求。

本系列教材所具特色如下:

- 教材培养目标明确,内容结构符合教育部制定的各课程人才培养目标及相关标准规范。
- 教材力求简洁、实用,编写上兼顾现代职业教育的创新发展及传统理论体系,并使之完美结合。
- 教材内容反映了工业发展的最新成果,所涉及的标准规范均为最新国家标准或行业规范。
- 教材编写形式新颖,栏目设计合理,版式美观,图文并茂,体现了职业教育教学特色。
- 教材配备相关的数字化教学资源,体现了信息化教学的最新成果。

由于行业技术更新较快,教材中如有不当之处,还请广大读者予以批评指正。我们将不断完善与提升本系列教材的整体质量,使其更好地服务于工业机器人技术等机电类专业的教育教学,为培养新时期下的高技能人才做出应有的贡献。



# 前言

工业机器人

安装与调试技术

工业机器人在现代制造业中充当着重要角色,特别是在一些危险、有毒、存在放射性物质的场合,更能显示出工业机器人的应用价值。近年来,工业机器人销量持续上升,很多企业面临工业机器人工程师人才紧缺现状。在此背景下,越来越多的中等职业学校和高等职业学院开设了工业机器人技术应用专业。

“工业机器人安装与调试技术”是工业机器人专业方向的核心课程。通过本课程的学习,学生能够了解工业机器人安装与调试的流程方法,具备从事工业机器人安装、调试、操作、维护、维修的基本职业能力,同时为后续课程的学习打下基础。本书在编写过程中紧跟企业需求,深入体现了工学结合的特点。教材内容的选取和结构的安排遵循学生知识与技能的形成规律和学以致用原则,理论知识的选取紧紧围绕完成工作任务的需要,项目设计以典型工作任务为线索来进行,融合了相关职业岗位对从业人员的知识、技能和态度的要求,突出对学生职业能力的训练。

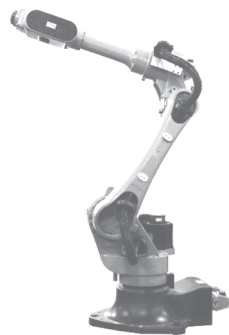
本书紧扣最新的职业教育专业技能教学标准,采用项目化教学,以工作任务引领,提高学生学习兴趣,激发学生的学习动机。本书主要以 ABB 机器人和国产新时达品牌的机器人为例,介绍工业机器人安装与调试技术。书中内容包含了工业机器人安全及装配基础知识、工业机器人机械装置的装配、工业机器人电气装置装配、整机调试和校准与功能测试五个项目,各个项目包含若干任务,每个任务均包含

任务描述、知识储备、任务实施和任务测评等环节。书中在每个任务和项目后均配有丰富的习题内容,以巩固各个任务和项目知识点的学习。

本书由施琴担任主编,李玉龙、刘天宋和张俊担任副主编。另外,北京华航唯实机器人科技有限公司为本书开发了配套的教学视频和“工业机器人维护维修工作站”虚拟仿真软件,在此深表感谢。

本书可作为中等职业教育和高等职业教育工业机器人技术专业的教学用书,同时也可供从事机器人系统开发的工程技术人员参考。由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正并提出宝贵意见。

编 者



# 目录



## 项目 ①

### 工业机器人安全及装配基础知识

任务 1 工业机器人安全知识 .....	1
任务 2 工业机器人基础知识 .....	6
任务 3 工业机器人典型组件的装配 .....	15
项目测评 .....	25



## 项目 ②

### 工业机器人机械装置装配

任务 1 装配六自由度关节工业机器人 .....	27
任务 2 装配六自由度关节工业机器人的虚拟仿真 .....	41
任务 3 装配末端执行器 .....	49
项目测评 .....	57



## 项目 ③

### 工业机器人电气装置装配

任务 1 电路认知与控制柜线缆连接 .....	58
任务 2 工业机器人通信模块的连接 .....	75
任务 3 安装工业机器人气动辅助装置 .....	81
任务 4 配置检测传感模块 .....	89
任务 5 机器人与 PLC 的通信配置 .....	99
任务 6 人机交互软件与 PLC 的通信配置 .....	108
项目测评 .....	114





## 项目 4

### 部件调试

任务 1 设置伺服驱动器参数 .....	116
任务 2 安装与检测光栅 .....	122
任务 3 调试锁螺丝机 .....	124
项目测评 .....	127



## 项目 5

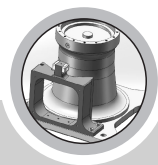
### 校准与功能测试

任务 1 工业机器人本体回零 .....	129
任务 2 工业机器人的零点微调 .....	135
任务 3 配置工业机器人 I/O 信号控制指示灯开关 .....	138
任务 4 配置工业机器人 I/O 信号接收开关信号输入 .....	142
项目测评 .....	145

参考文献 .....	147
------------	-----

# 项目 1

# 工业机器人安全及 装配基础知识



## 任务 1 工业机器人安全知识

### 任务描述

工业机器人在现代制造业中已经充当了重要角色,尤其在一些危险、有毒、存在放射性物质的工作场合,更显示出它的实用价值。发挥它的积极作用,将为人类创造出巨大的经济社会效益。

工业机器人属于精密的机电设备,在使用过程中不可避免地会出现故障,或发生严重事故。因此如何安全使用工业机器人是一个不容忽视的问题。

那么安全使用机器人从何入手?出现紧急故障或事故该如何处理?

### 知识储备

#### 一、工业机器人的安全操作规范

##### 1. 工业机器人的安全操作规范

在进行机器人的安装、维修、保养时切记要将总电源关闭。带电作业可能会产生致命性后果。如果不慎遭高压电击,可能会导致心跳停止、烧伤或其他严重伤害。

在故障诊断时,机器人有可能必须上电,但当修复故障时,必须断开旋转开关,断开机器人动力电,不可带电维修,以防发生触电事故;在机器人的工作空间外面必须具有可以关断机器人动力电的装置;机器人工作时(如搬运、点焊),一定要注意线缆是否存在破损,一经发现,应立即停机维修。

在调试与运行时,机器人可能会执行一些意外的或不规范的运动。并且,所有的运动都会产生很大的力量,从而严重伤害个人或损坏机器人工作范围内的任何设备。所以须时刻警惕与机器人保持足够的安全距离。

##### 2. 控制柜的安全操作规范

机器人工作时,不允许打开控制柜柜门,柜门必须具备报警装置,在其被误开时,必须强制停止机器人(在故障诊断时,允许带电打开柜门,但必须由专业人员操作);注



工业机器人安全  
操作规范



意伺服工作时,存在有高压电能(如内部的高压直流、电容器等),所以不可随意触摸伺服,尤其是伺服的出线端子,以防发生触电事故;伺服维修时,必须等伺服的 power 指示灯彻底熄灭,伺服内部电容完全放电后才可维修,否则容易发生触电事故;控制柜的主电线缆(即黄绿红三色线缆)均为高压线缆,应远离这些线缆以及线缆上的电气器件,以防发生触电事故;控制柜内如有变压器,应当远离变压器的周边,以防发生触电事故;即使控制柜的旋转开关已关断,也应注意控制柜内是否残留有电流,也不可随意触摸、拆卸控制柜内器件,一定要注意,旋转开关断开的是开关的电路,开关前面的器件(如滤波器)依然带电,必要时,请断开控制柜的电源;控制柜上电运行时,操作人员必须远离控制柜后面板的出风口,以防热风散出时,发生烫伤事故;控制柜上电运行一段时间后,制动电阻由于工作发热,会产生高温,最高可达 200℃,必须远离制动电阻,以防烫伤;如需更换、维修制动电阻,则需在控制柜断电后,制动电阻散热一段时间后进行,且更换、维修前建议使用测温仪测量制动电阻表面的温度,确保不发生烫伤事故;I/O 模块使用时,请参照端子引脚图、接线图进行连接,以防接错或误用信号。

### 3. 静电放电危险

ESD(静电放电)是电势不同的两个物体间的静电传导,它可以通过直接接触传导,也可以通过感应电场传导。搬运部件或部件容器时,未接地的人员可能会传递大量的静电荷,这一放电过程可能会损坏敏感的电子设备,所以,在有此标识的情况下,要做好静电放电防护。

### 4. 紧急停止

紧急停止优先于任何其他机器人控制操作,它会断开机器人电动机的驱动电源,停止所有运转部件,并切断由机器人系统控制且存在潜在危险的功能部件的电源。出现下列情况时请立即按下任意紧急停止按钮:

- 机器人运行时,工作区域内有工作人员。
- 机器人伤害了工作人员或损伤了机器设备。

### 5. 灭火

发生火灾时,在确保全体人员安全撤离后再进行灭火,应先处理受伤人员。当电气设备(如机器人或控制器)起火时,应使用二氧化碳灭火器,切勿使用水或泡沫灭火器。

### 6. 工作中的安全

机器人速度慢,但是很重并且力度很大,运动中的停顿或停止都会产生危险,即使可以预测运动轨迹,但外部信号有可能改变操作,会在没有任何警告的情况下,产生意想不到的运动。因此,当进入保护空间时,务必遵循所有的安全条例。

- 如果在保护空间内有工作人员,请手动操作机器人系统。
- 当进入保护空间时,请准备好示教器,以便随时控制机器人。
- 注意旋转或运动的工具,如切削工具和锯。确保在接近机器人之前,这些工具





已经停止运动。

- 注意工件和机器人系统的高温表面,机器人电动机长期运转后温度很高。
- 注意夹具并确保夹好工件。如果夹具打开,工件会脱落并导致人员伤害或设备损坏。夹具非常有力,如果不按照正确方法操作,也会导致人员伤害。
- 注意液压、气压系统以及带电部件。即使断电,这些电路上的残余电量也很危险。

## 二、工业机器人常见故障信息及处理方法

工业机器人在正常使用过程中,不可避免会出现故障。通常情况下,涉及工业机器人本身的故障,大部分会在示教器上显示。表 1-1 以新时达 STEP 工业机器人为例,介绍示教器常见故障信息提示和处理方法。



示教器常见故障  
信息及处理

表 1-1 示教器常见故障信息提示和处理方法

	描述	出错原因	处理方法
151	Robot is disabled when it is moving	运动过程中使能断掉了,一般出现在手动模式下	上使能继续运动
1003	Joint 1 is out of limit	1. 关节位置超限 2. 运动中关节超速	1. 点动关节 1 回到未超限状态 2. 降低路径速度或者去除圆滑
1004	Joint 2 is out of limit	1. 关节位置超限 2. 运动中关节超速	1. 点动关节 2 回到未超限状态 2. 降低路径速度或者去除圆滑
1105	Joint 3 is out of limit	1. 关节位置超限 2. 运动中关节超速	1. 点动关节 3 回到未超限状态 2. 降低路径速度或者去除圆滑
1006	Joint 4 is out of limit	1. 关节位置超限 2. 运动中关节超速	1. 点动关节 4 回到未超限状态 2. 降低路径速度或者去除圆滑
1007	Joint 5 is out of limit	1. 关节位置超限 2. 运动中关节超速	1. 点动关节 5 回到未超限状态 2. 降低路径速度或者去除圆滑
1008	Joint 6 is out of limit	1. 关节位置超限 2. 运动中关节超速	1. 点动关节 6 回到未超限状态 2. 降低路径速度或者去除圆滑
1011	Joint 5 is singular	关节 5 在 0 度附近时,机器人关节 4 和关节 6 共线,其解不唯一导致关节 4 和 6 无法准确求解,故报错	1. 点动关节 5 回到非奇异位置状态 2. 降低路径速度或者去除圆滑
3510	Load program when loading state	重复加载程序	先卸载当前程序,再加载新程序



续表

	描述	出错原因	处理方法
4000	Program has not loaded	启动程序时未加载程序	加载程序
4001	Robot has not enabled	机器人没有上使能	给机器人上使能
150	Error change operation mode when robot moving	运动过程中切换操作模式	运动中不能进行模式切换

## 任务实施

### 新时达机器人的安全操作规范

#### 1. 机器人系统上的标识

所有铭牌、说明、图标和标记都与机器人系统的安全有关,不允许对其进行更改或将其去除。新时达机器人系统上的标识包括:

(1) 型号铭牌,见图 1-1。

STEP®		
Type	型 号	SRC2.4-SA1400
Serial NO.	序列号	1502300856
Robot SN.	本体序列号	1507300398
Ver.	版本号	A10
Date	生产日期	2016年1月
Voltage/Frequency	电压/频率	3×400V AC/50~60HZ
Max Current	最大电流	16A
Apparent Capacity	最大容量	10KVA
Net Weight	重 量	150KG

图 1-1 控制柜 SRC2 的铭牌

(2) 安全图标,见图 1-2。



图 1-2 控制柜 SRC2 上的安全图标





(3) 警告图标,见图 1-3。



(1) 接地标识



(2) 当心触电标识



(3) 防烫伤标识

图 1-3 新时达机器人警告图标

## 2. 一般安全措施

只允许在机器正常运行的状态下,按规定且有安全意识地使用本机器人系统,不正确的使用会导致人员伤害及设备受损,即使在机器人控制系统已关断且已进行安全防护的情况下,仍应考虑到机器人系统可能进行的运动。

工作范围必须限定在需要的最小范围内,通过防护装置确保工作范围安全。危险范围包括工作范围及机器人制动路程,可通过隔离栏对该范围加以保护,以免人员或财产受到损失。

机器人轴 A1 至 A6 的轴范围均由带缓冲器的机械终端卡位进行限制,附加轴上可安装另外的机械终端卡位。另外,通过可设定的软件限位开关,也可限制所有机器人轴的轴范围。该软件限位开关仅用作机器防护装置,并设定为机器人不会撞到机械终端卡位上。软件限位开关在机器人系统投入运行时被设定。

## 3. 投入运行的安全操作规范

功能检查期间,不允许有人员或物品留在机器人危险范围内。功能检查时必须确保机器人系统已置放并连接好。机器人系统上没有异物或损坏、脱落、松散的部件。所有安全防护装置及防护措施均完整且有效,所有电气接线均正确无误,外围设备连接正确,外部环境符合操作指南中规定的允许值。必须确保机器人控制系统型号铭牌上的数据与制造商声明中登记的数据一致。

## 4. 编程时的安全操作规范

编程时必须采取的安全措施有:

- (1) 编程过程中不允许任何人在机器人控制系统的危险区域内逗留。
- (2) 新的或者经过更改的程序必须始终先在手动慢速运行方式(T1)下进行测试。
- (3) 如不需要驱动装置,则必须将其关闭,由此可保证不会意外开动机器人或附加轴(可选)。
- (4) 工具、机器人或附加轴(可选)绝不允许碰触外部围栏。
- (5) 只允许以手动低速方式(最高 250 mm/s)开动机器人或附加轴。
- (6) 示教人员应具有和使用有单独控制机器人运动功能的示教盒。示教期间,机器人运动只能受示教装置控制,不应响应来自其他地方的遥控命令。

(7) 必须保证示教人员能够不受妨碍地看到机器人系统。

#### 5. 自动运行安全操作规范

只有确保以下安全措施到位的前提下,才允许使用自动运行模式:预期的安全防护装置都在位,并且能起作用;程序经过验证,相关性能满足自动运行要求;在安全防护空间内没有人,如机器人或附加轴停机原因不明,则只在已启动紧急停止功能后方可进入危险区。

#### 6. 维修安全操作规范

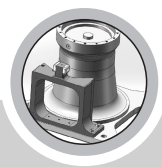
维修人员必须保管好机器人钥匙,严禁非授权人员在手动模式下进入机器人软件系统,随意翻阅或修改程序及参数,若发现某些故障或误动作的条件,则维修人员在进入安全防护空间之前应进行排除或修复。若需进入安全防护空间内维修,则机器人控制必须脱离自动操作状态,不能响应任何远程控制信号,所有机器人系统的急停装置应保持有效。

#### 7. 运输安全操作规范

务必注意规定的机器人运输方式,须按照机器人操作指南中的指示进行运输。运输及置放机器人控制系统时均应使其保持竖直状态。避免运输过程中的震动或碰撞,由此可避免对机器人控制系统造成损伤。

### 任务测评

1. 机器人控制柜发生火灾,须使用何种灭火方式? ( )  
 A. 浇水  
 B. 二氧化碳灭火器  
 C. 泡沫灭火器  
 D. 沙子
2. 出现什么情况时,须立即按下任意紧急停止按钮?



## 任务2 工业机器人基础知识

### 任务描述

随着工业机器人技术的发展,具有不同功能、且结构各异的工业机器人产品陆续出现。为了将工业机器人体系化,我们就需要对整个工业机器人产品进行分类。关于工业机器人的分类,国际上并没有制定统一的标准,有的按负载重量分,有的按控制方式分,有的按机械结构分,有的按坐标系分,有的按应用领域分。

虽说工业机器人有多种类型划分,但工业机器人系统是一套完整的智能工业产品,它由不同的功能模块组成。工业机器人系统通常由机器人本体、控制柜和示教器

