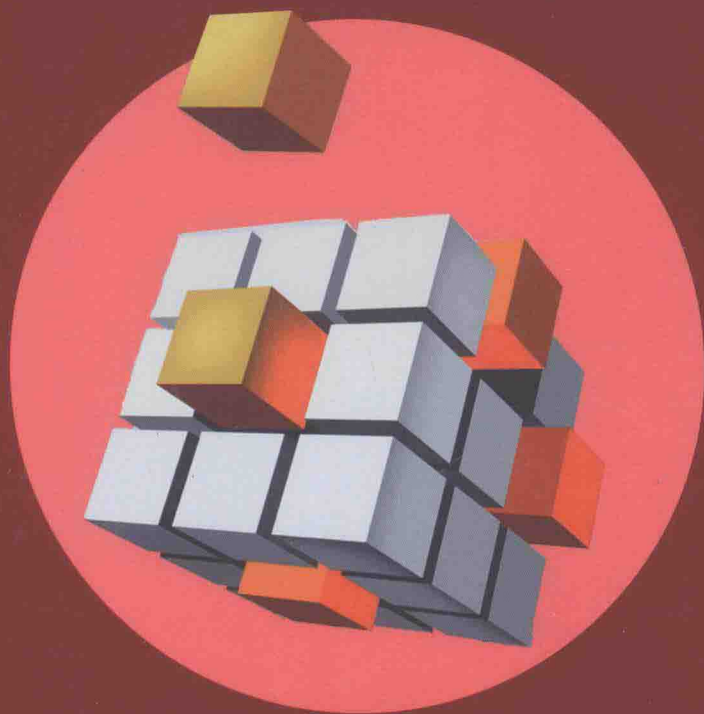


/// 工业机器人专业人才“十三五”规划教材



主 编 林燕文 李曙生
副主编 陈南江
主 审 罗红宇

工业机器人应用基础

——基于KUKA机器人



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

/// 工业机器人专业人才“十三五”规划教材

工业机器人应用基础

——基于 KUKA 机器人

主 编 林燕文 李曙生
副主编 陈南江
主 审 罗红宇

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

随着德国“工业 4.0”概念的提出,以智能制造为主导的第四次工业革命也开始逐渐影响到人类的生活。中国作为制造大国之一,围绕实现制造强国的战略目标,在确立了《中国制造 2025》方针的同时,也明确了中国制造业未来发展的任务和重点,“一二三四五五十”的总体结构中将机器人技术列为十大领域之一。

KUKA 是世界领先的机器人制造商,于 1973 年生产出全球第一台六轴机电驱动的工业机器人,KUKA 机器人如今已应用于各行各业。本书以 KUKA 机器人为载体,配合大量实物图片,生动形象地介绍 KUKA 机器人的系统组成、机器人示教器的功能及使用、工件及工具坐标系的定义和标定方法,以及机器人的手动操作方法;运用大量实际案例,深入浅出、步骤清晰地介绍机器人工作站的搭建、程序的建立以及常用程序指令的编写;最后,利用北京华航唯实机器人科技有限公司自主开发的 RobotArt 离线编程软件,通过一个具体的机器人写字案例,对在 RobotArt 软件上搭建机器人工作站并生成后置代码,以及在真实工作站中联机调试过程进行详细介绍。全书内容丰富,知识面涵盖广,能够使读者对 KUKA 机器人以及机器人工作站的搭建及示教编程有一个清晰的了解。

本书通俗易懂,实用性强,既可作为普通高校及中高职院校的教学及参考用书,又可作为工业机器人培训机构用书,同时也可供从事相关行业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人应用基础. 基于 KUKA 机器人 / 林燕文, 李曙生主编. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2016. 7

ISBN 978-7-5124-2170-7

I. ①工… II. ①林… ②李… III. ①工业机器人—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 134534 号

版权所有,侵权必究。

工业机器人应用基础——基于 KUKA 机器人

主编 林燕文 李曙生

副主编 陈南江

主 审 罗红宇

责任编辑 赵延永 李丽嘉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京兴华昌盛印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:16.5 字数:422 千字

2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978-7-5124-2170-7 定价:38.00 元

安全警告

机器人产品手册中的安全事项

在开启机器人之前,应仔细阅读 KUKA 机器人光盘里的产品手册,并务必阅读产品手册里“安全”章节里的全部内容。请在熟练掌握设备知识、安全信息以及注意事项后,再正确使用机器人。用户因违反操作规定,造成的人员及设备损害,由用户自行负责。

记得关闭总电源

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。

与机器人保持足够安全距离

在调试与运行机器人时,它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,所以时刻警惕与机器人保持足够的安全距离。

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。

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,工作区域内应有工作人员。
- * 机器人伤害了工作人员或损伤了机器设备。

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(例如机器人或控制器)起火时,应使用二氧化碳灭火器,切勿使用水或泡沫。

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,产生预想不到的运动。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,可手动操作机器人系统。
- * 当进入保护空间时,应准备好示教器,以便随时控制机器人。
- * 注意旋转或运动的工具,例如切削工具和锯,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。

❗ 示教器的安全

示教器是一种高品质的手持式终端,它配备了高灵敏度的一流电子设备。为避免操作不当引起的故障或损害,在操作时遵循本说明:

- * 小心操作。不要摔打、抛掷或重击,这样会导致破损或故障;在不使用该设备时,将它挂到专门的支架上,以防意外掉到地面上。
- * 示教器的使用和存放应避免被人踩踏电缆。
- * 切勿使用锋利的物体(例如螺钉、刀具或笔尖)操作触摸屏,这样可能会使触摸屏受损,应用手指或触摸笔去操作示教器触摸屏。
- * 定期清洁触摸屏,灰尘和小颗粒可能会挡住屏幕造成故障。
- * 切勿使用溶剂、洗涤剂或擦洗海绵清洁示教器,使用软布蘸少量水或中性清洁剂清洁。
- * 没有连接 USB 设备时务必盖上 USB 端口的保护盖,如果端口暴露到灰尘中,会中断或发生故障。

❗ 手动模式下的安全

在手动减速模式下,机器人只能减速操作。只要在安全保护空间之内工作,就应始终以手动速度进行操作。

手动全速模式下,机器人以程序预设速度移动。手动全速模式应仅用于所有人员都处于安全保护空间之外时,而且操作人必须经过特殊训练,熟知潜在的危险。

❗ 自动模式下的安全

自动模式用于在生产中运行机器人程序。在自动模式操作情况下,常规模式停止(GS)机制、自动模式停止(AS)机制和上级停止(SS)机制都将处于活动状态。

前言

1. 编写背景

随着“工业 4.0”概念在德国的提出,以“智能工厂、智慧制造”为主导的第四次工业革命已经悄然来临。“工业 4.0”是一个高科技战略计划,制造业的基本模式将由集中式控制向分散式增强型控制转变,目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化产品与服务的生产模式。在全球制造业面临重大调整、国内经济发展进入新常态的背景下,国务院于 2015 年 5 月发布了中国版的“工业 4.0”规划,即《中国制造 2025》,这是我国实施制造强国战略的第一个十年行动纲领。《中国制造 2025》明确了 9 项战略任务和重点,其中包括新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械等十大重点领域。工业机器人作为自动化技术的集大成者,是“工业 4.0”的重要组成部分。当前,机器人产业的发展对工业机器人编程与操作的技能型人才的需求越来越紧迫,按照工信部关于工业机器人的发展规划,到 2020 年,国内工业机器人装机量将达到 100 万台,需要至少 20 万工业机器人应用相关从业人员,并且以每年 20%~30% 的速度持续递增。在教材方面,工业机器人的操作编程只能依靠机器人企业的培训和产品手册,缺乏系统学习和对相关知识技能点的指导。虽然市场上有一些关于工业机器人方面的教材,但普遍偏向于理论与研究,适合职业教育基础教学的教材尚不多见。因此,开发适合于职业教育特点的教材是当前开展工业机器人技术专业人才培养急需解决的重要问题。

2. 编写宗旨

“工业机器人应用基础”是工业机器人技术专业的专业核心课程。本书汇集了工业机器人技术专业教学资源库建设成果,由学校、企业、行业专家组成教材编写组,针对相关行业岗位(如工业机器人示教编程、工业机器人工作站调试等)典型工作任务的群体所需的知识能力点需求进行分析,同时对照国家工业机器人教学资源库建设中的工业机器人编程员和系统应用工程师的职业标准,打破传统理论教学与实践教学的界限,将知识点和技能点融入项目任务中。本书主要包括初始工业机器人、工业机器人基本操作、工业机器人程序编程、工业机器人 IO 通信、工业机器人离线编程应用五个项目,每个项目由若干任务组成,每个任务都按照“任务描述、知识学习、任务实施”进行逐步讲解,在培养读者养成良好学习习惯和科学思维方法的同时,也更加适用于工学结合、项目引导、“教与学”一体化的教学需求。书中的每个任务都由课程编写组根据北京华航唯实机器人科技有限公司针对职业院校开发的基础教学工作站实训任务编写而成。

在编写过程中,从工业机器人编程与操作的特点出发,结合工业机器人企业应用过程中的经验,把本书编写宗旨定位于:以高职课程内容为主,注重任务实施,以方便教学开展。其中与教材配套的课程资源,按照国家工业机器人技术专业教学资源库建设相关规范要求,开发了包括课件、视频、习题等一系列资源。

3. 教学建议

“工业机器人应用基础”是工业机器人技术专业的一门核心基础课程,对工业机器人专业教育是一门新课程,其前导课程需要学习“可编程控制器技术应用”“液压与气动技术”“电气控制技术”“可编程控制器应用技术”及“运动控制技术”等,后续课程包括“工业机器人工作站系统集成”“工业机器人系统维护”“顶岗实习”及“毕业设计”。

本书引入了工业机器人离线编程软件 RobotArt,在教学过程中,可通过该软件辅助教学。

本书在关键知识点和技能点之处通过二维码标注微课、技能实操讲解等资源,可用手机随扫随学。

4. 致谢

本书由泰州职业技术学院、北京华航唯实机器人科技有限公司等校企联合开发,由北京华航唯实机器人科技有限公司的林燕文和泰州职业技术学院的李曙生担任主编、北京华航唯实机器人科技有限公司的陈江南担任副主编、北京华航唯实机器人有限公司罗红宇担任主审。参与编写的还有北京华航唯实机器人科技有限公司教育资源部的工程师们。

由于作者水平有限,书中错漏及不妥之处,欢迎各位读者批评指正。在编写过程中,作者参阅了国内外相关资料,在此向原作者表示衷心的感谢。

编 者

2016 年 8 月

增值服务说明

本书为读者免费提供配套资料,以二维码的形式分别印在前言及各章标题后,请扫描二维码下载。读者也可以通过以下网址从“学徒宝”学习其他相关资料:<http://www.xuetubao.com>。

二维码使用提示:手机安装有“学徒宝”App 的用户可以扫描并登录注册学习本书中视频;未安装“学徒宝”App 的用户建议使用带有扫一扫功能的软件直接扫描学习。

配套资料下载或与本书相关的其他问题,请咨询理工图书分社,电话:(010)82317036,(010)82317037。

目 录

项目一 工业机器人系统构成	1
任 务 认识 KUKA 机器人	1
项目二 工业机器人基本操作	17
任务一 认识多功能机器人基础工作站	17
任务二 初识工业机器人示教器	22
任务三 机器人坐标系设置	34
任务四 工具坐标系设置	41
任务五 基坐标系设置	59
项目三 工业机器人的程序编写	67
任务一 程序的建立及运动指令的使用	67
任务二 循环及逻辑编程的应用	125
任务三 程序调用指令的使用	144
任务四 机器人工作站流水线程序的建立	154
项目四 机器人参数设定及程序管理	187
任务一 KUKA 机器人零点标定	187
任务二 程序文件的使用	192
任务三 使用 WorkVisual 软件配置机器人	195
任务四 机器人程序的备份与还原	210
项目五 工业机器人离线编程应用	214
任务一 RobotArt 离线编程软件应用	214
任务二 RobotArt 离线编程软件联机调试	249

项目一 工业机器人系统构成

【知识点】

- 工业机器人的定义；
- KUKA 机器人的分类及功能；
- KUKA 机器人的系统构成及各部件的功能。

【技能点】

- 了解工业机器人的定义；
- 认识 KUKA 机器人的系统组成。

任 务 认识 KUKA 机器人

【任务描述】

在简单了解世界各地对机器人定义的基础上,能够认识常用的 KUKA 机器人并了解常用的各部件组成及功能。

【知识学习】

1. 工业机器人的定义

工业机器人发展至今,其定义仍然是仁者见仁,智者见智,没有一个统一的意见。原因之一是机器人还在继续发展,新的机型和功能不断涌现。下面介绍国际上对于工业机器人给出的几种定义。



工业机器人
的定义

① 美国机器协会(RIA)的定义。工业机器人是“一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置的,通过程序动作来执行各种任务,并具有编程能力的多功能操作机(manipulator)”。

② 日本工业机器人协会的定义。工业机器人是“一种装备有记忆装置和末端执行装置的、能够完成各种移动来代替人类劳动的通用机器”。它又分以下两种情况来定义:

- 工业机器人是“一种能够执行与人的上肢类似动作的多功能机器”;
- 智能机器人是“一种具有感觉和识别能力,并能够控制自身行为的机器”。

③ 国际标准化组织(ISO)的定义。工业机器人是“一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能操作机。这种操作机具有几个轴,能够借助可编程操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置,以执行各种任务”。

④ 国际机器人联合会(IFR)的定义。“工业机器人(manipulating industrial robot)是一种自动控制的、可重复编程的(至少具有三个可重复编程轴)、具有多种用途的操作机”(ISO 8373)。

可以这样理解工业机器人,即面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器装置。一般指用于机械制造业中代替人完成具有大批量、高质量要求的工作,如汽车制造、摩托车制造、舰船制造、某些家电产品(电视机、电冰箱、洗衣机)、化工等行业自动化生产线中的点焊、弧焊、喷漆、切割、电子装配及物流系统的搬运、包装、码垛等作业的机器人。

工业机器人通过人类的指挥,按照编辑的程序来执行某些特定的工作及动作,靠自身的动力和控制能力来实现某些功能。新发展的工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则来实现各种功能和动作。

工业机器人集精密化、柔性化、智能化、软件应用开发等先进制造技术于一体,通过对过程实施检测、控制、优化、调度、管理和决策,实现增加产量、提高质量、降低成本、减少资源消耗和对环境的污染,是工业自动化水平的最高体现。使用工业机器人的优越性是显而易见的,不仅精度高,产品质量稳定,而且自动化程度极高,可大大减轻工人的劳动强度,提高生产效率。工业机器人的典型应用包括焊接、喷涂、装配、采集和放置(例如包装、码垛和 SMT)、产品检验和测试等。

工业机器人综合应用了计算机、自动控制、自动检测及精密机械装置等高新技术,技术密集度及自动化程度都很高,是继动力机械、计算机之后,出现的全面延伸人的体力和智力的新一代生产工具,是实现生产数字化、自动化、网络化以及智能化的重要手段。

目前,生产工业机器人的企业以国外企业为主,其中瑞典 ABB、德国 KUKA、日本安川电机和发那科“四大家族”占据了大部分市场份额。我国的工业机器人企业普遍规模较小,代表性的企业有上海新时达、沈阳新松、广州数控、安徽埃夫特和南京埃斯顿等。

2. KUKA 机器人的分类及应用

德国 KUKA 公司成立于 1898 年,自 1977 年开始系列化生产各种用途的机器人,是目前国际上最大的机器人制造商之一。

KUKA 机器人最显著的特点是采用 PC BASED 控制系统,该系统在微软的 Windows 界面下操作。PC BASED 控制系统的设计,再加上标准化的个人电脑硬件,以及简单的规划设置,使其平均故障间隔时间超越 75 000 h,而机器人的平均使用寿命增加到 10~15 年。

(1) KUKA 机器人分类

KUKA 机器人为各行各业、各种工作需求提供了多种多样的产品,根据机器人的负载量(指第 6 轴最前端 P 点的负载)不同,分为轻型承载、中型承载、重型承载和超重型承载。在 2007 年,KUKA 机器人公司又研发了负载达 1 000 kg 的 KR-1000 Titan 型号的机器人,是当时最强大的 6 轴工业机器人,被记入了吉尼斯世界纪录,并且 KUKA 机器人还有一些特殊型号的机器人,如悬臂机器人、码垛机器人、冲压线型机器人和铸造机器人。

1) 轻型承载机器人

轻型承载机器人负载量在 3~16 kg 之间,主要型号有 KR16 系列的机器人。

典型型号有 KR16-2 低负荷 KUKA 机器人,如图 1-1 所示。其用途广泛、应用灵活,被用于加工工业的绝大多数应用领域——无论是汽车配件供应行业还是非汽车领域。KR16-2 机器人的技术参数见表 1-1。



KUKA 机器人
的分类及功能

表 1-1 KR16-2 机器人技术参数

序 号	参数项	参数说明
1	额定负荷	16 kg
2	附加负荷	10 kg
3	结构形式	串联
4	轴数	6
5	工作半径	1 611 mm
6	重复精度	0.05 mm
7	最大工作范围(第一轴)	$\pm 185^{\circ}$
8	最大工作范围(第二轴)	$+35^{\circ}/-155^{\circ}$
9	最大工作范围(第三轴)	$+154^{\circ}/-130^{\circ}$
10	最大工作范围(第四轴)	$\pm 350^{\circ}$
11	最大工作范围(第五轴)	$\pm 130^{\circ}$
12	最大工作范围(第六轴)	$\pm 350^{\circ}$
13	最大速度(第一轴)	$156^{\circ}/s$
14	最大速度(第二轴)	$156^{\circ}/s$
15	最大速度(第三轴)	$156^{\circ}/s$
16	最大速度(第四轴)	$330^{\circ}/s$
17	最大速度(第五轴)	$330^{\circ}/s$
18	最大速度(第六轴)	$615^{\circ}/s$
19	本体重量	235 kg
20	控制系统	KRC2
21	安装位置	地面、天花板

2009 年 9 月,KUKA 机器人制造商推出两款新型机器人 KR16 arc HW(见图 1-2)和 KR16 L8 arc HW 机器人。这两款机器人的特殊本领是气体保护焊。其显著特点是具有 50 mm 通孔的空心轴结构,由此可集成所有常见的焊接包。同时,这些新型机器人还以其误差低于 $\pm 0.05\text{ mm}$ 的高重复精度而出类拔萃。它的负载量是 16 kg,最大作用范围是1636 mm,特别适用于较大的构件——如厚板的焊接。



图 1-1 KR16-2 机器人



图 1-2 KR16 arc HW 机器人

KUKA 机器人中有一种铸造型机器人 KR16-2F,如图 1-3 所示。它可以轻松胜任玻璃工业中要求很高的作业组合,能够在温度很高的作业环境下出色地完成高温易碎玻璃成型件的操作。它的负荷为 16 kg,附加负荷为 10 kg,最大作用范围 1 610 mm,适用于搬运与装卸、包装及挑选、保护气体焊、钎焊等场合,也可应用于金属压铸机、铸造设备等。

低承载类型机器人中还有一种型号为 KR16-2KS-F 的机器人,如图 1-4 所示。其安装在设备上的 KS 型架装式结构增加了作业空间深度,同时缩小了机身尺寸,这一优点在对注塑机进行装卸时表现得尤为突出。由于底座平展,故行程路径短且作用范围大,这样在设备装料时便可缩短周期时间。它的负荷是 16 kg,附加负荷是 30 kg,最大作用范围 1 801 mm,适用于搬运与装卸、包装及挑选、气体保护焊、钎焊、测量、检测或检验、装货盘等场合,也可应用于金属压铸机、铸造设备、塑料加工设备、金属切削机床等。



图 1-3 KR16-2F 机器人



图 1-4 KR16-2KS-F 机器人

2) 中型承载机器人

中型承载机器人的负载量在 30~60 kg 之间,主要有 KR 30 和 KR 60 两种系列。

KR30-3 机器人就像是位行为艺术家,如图 1-5 所示。它形同拳头的工作空间为应用领域提供了节省空间和成本的设备方案。它的负荷是 30 kg,附加负荷是 35 kg,最大作用范围 2 033 mm,适用于搬运与装卸、包装挑选、涂漆、表面处理、涂漆、上釉、涂胶水和密封材料等场合,也可应用于金属压铸机、铸造设备等。

中型承载类型的机器人中有一种型号为 KR 40 PA 的机器人,如图 1-6 所示。这种型号的机器人更强,在进行欧洲标准货盘包装中,操作净高度可达 1.6 m,其采用的新型材料(碳纤维加强材料 CFK)使机身极轻,强度却很高。它的负荷是 40 kg,附加负荷是 20 kg,最大作用范围 2 091 mm,可以应用在搬运与装卸、包装及挑选、操作其他机床、装货盘等领域。

3) 重型承载机器人

重型承载机器人负荷量在 100~240 kg 之间,主要包括 KR150、KR180、KR210 和 KR240 系列的机器人。

KR-180-R2500-EXTRA 是高负荷机器人,如图 1-7 所示。它适用于搬运与装卸、包装及挑选、焊接及钎焊、气体保护焊、点焊等场合。KR-180-R2500-EXTRA 以最小的投资成本最大限度地实现了多样性和灵活性,其结构更精致、更紧凑、更稳定,其负载能力达 180 kg,是作用半径达 2 500 mm 的应用领域中适应狭小工作空间的最佳解决方案,并有多种装配方案备选。



图 1-5 KR30-3 机器人



图 1-6 KR 40 PA 机器人

还有一种 KR-210-R2700-EXTRA 高负荷机器人,如图 1-8 所示,是 210 kg/2700 mm 的应用级别的工业机器人,同样适用于多种应用场合。



图 1-7 KR-180-R2500-EXTRA 机器人



图 1-8 KR-210-R2700-EXTRA 机器人

4) 超重型承载机器人

超重型承载机器人负荷量在 360~570 kg 之间,主要包括 KR360、KR500、KR450 和 KR570 等一系列的机器人。

其中有一种 KR500-3F 型号的机器人,如图 1-9 所示,它在货车车轴锻造加工及 KUKA 线性滑轨上安装铸造机器人方面成效显著。这种机器人在锻造时能精确从事体积庞大的重型部件的操作,负荷是 500 kg,附加负荷是 50 kg,最大作用范围 2825 mm。

5) KR-1000 Titan 系列机器人

KR-1000-Titan-F 属于重负荷铸造机器人,如图 1-10 所示。它适用于搬运与装卸、包装及拣选、点焊、金属压铸机、铸造设备、安装、固定等场合。若要迅速地跨越 6.5 m 的距离,精确地传送电机组、砖石、玻璃、钢梁、船舶部件、飞机部件、大理石毛块、混凝土制品等,则 KR-1000-TITAN-F 便是首选。它的负荷是 1000 kg,附加负荷是 50 kg,最大作用范围 3202 mm。

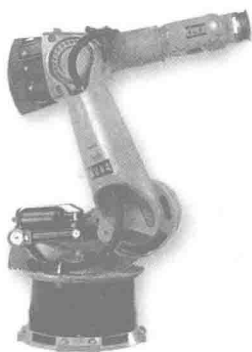


图 1-9 KR500-3F 机器人



图 1-10 KR-1000-Titan-F 机器人

(2) KUKA 机器人的应用

KUKA 机器人可用于物料搬运、加工、堆垛、点焊和弧焊,涉及自动化、金属加工、食品和塑料等行业。KUKA 机器人的用户包括:通用汽车、克莱斯勒、福特、保时捷、宝马、奥迪、奔驰、大众、法拉利、哈雷戴维森、一汽大众、波音、西门子、宜家、施华洛世奇、沃尔玛、百威啤酒、BSN Medical、可口可乐等。

1) 物流运输行业

KUKA 机器人在运输超重物体中起到了重要作用,主要体现在负重及自由定位。图 1-11 所示为机器人进行机械的装载及卸载。

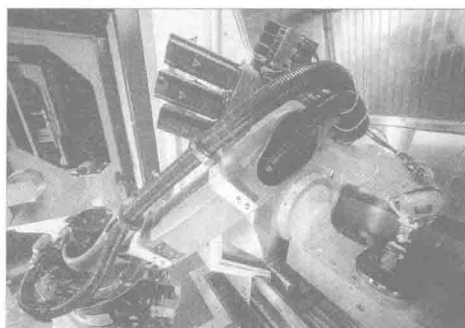


图 1-11 KUKA 机器人在物流运输行业的应用

2) 食品行业

KUKA 机器人也可用于食品行业。在这个领域里,KUKA 机器人可以进行货物装卸、食品切割、堆垛和卸垛以及质量控制等工作,能够很大程度地减轻人类或者机器的负担。图 1-12 所示为机器人进行食品的包装及码垛。

3) 建筑行业

KUKA 机器人在建筑行业里也有各种应用,比如在进行原材料的输送、加工及高效率生产过程中都会用到。图 1-13 所示为利用 KUKA 机器人进行钢铁建材的切割。

4) 玻璃制造行业

在玻璃制造行业中,也会用 KUKA 机器人进行玻璃及石英玻璃的制造及特定加工过程,如实验室器皿的制造、制胚及变形,或者制造行业标准产品、系列产品等。图 1-14 所示为 KUKA 机器人在玻璃行业中的应用。

5) 铸造和锻造行业

KUKA 机器人可以直接安装在铸造机械上,因为它耐高温、耐脏。在去毛刺、打磨及钻孔等加工过程及质量监控过程中均可使用 KUKA 机器人。图 1-15 所示为在自动化铸造行业

中应用的耐高温机械臂。



图 1-12 KUKA 机器人在食品行业的应用

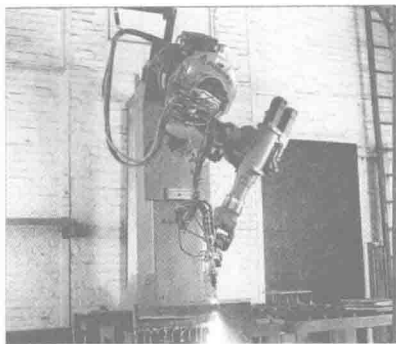


图 1-13 KUKA 机器人在建筑行业的应用

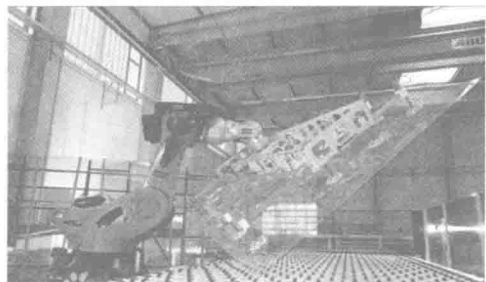


图 1-14 KUKA 机器人在玻璃制造行业的应用

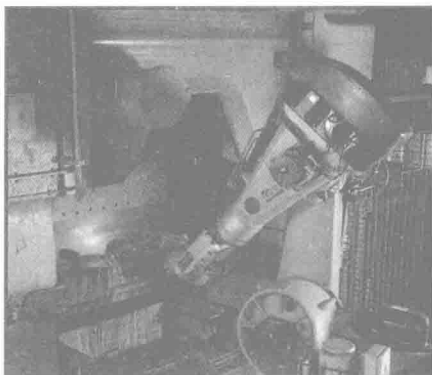


图 1-15 KUKA 机器人在铸造和锻造行业的应用

3. KUKA 机器人的系统构成及各部件功能

工业机器人综合运用了计算机技术、自动控制理论、自动检测及精密机械装置等高新技术,技术密集度及自动化程度都很高,代表了机电一体化的最高成就。工业机器人按其发展过程可分为三代。在这里就第一代 KUKA 品牌工业机器人讲述工业机器人的系统组成。

KUKA 机器人主要由机械系统、控制系统、示教器(手持操作和编程器)、系统软件及配套电缆等组成,如图 1-16 所示。其中,机械系统为机器人本体,是机器人的支承基础和执行机构,包括基座、臂部、腕部;控制系统是机器人的大脑,是决定机器人功能和性能的主要因素,主要功能是根据作业指令程序以及从传感器反馈回来的信号,从而控制机器人在工作空间中的位置运动、姿态和轨迹规划、操作顺序及动作时间等;示教器是用于机器人的手动操纵、程序编写、参数配置及监控的手持装置。

(1) KUKA 机器人的机械系统

机器人机械系统是工业机器人的机械主体,是用来完成各种作业的执行机构。机械系统包括机械手、机器人足部和法兰,如图 1-17 所示。其中机械手是机械系统的主体,一般由众多活动的、相互连接在一起的关节(轴)组成,具有多个自由度。机器人足部即基座,是机器人



KUKA 机器人的系统
构成及各部件功能

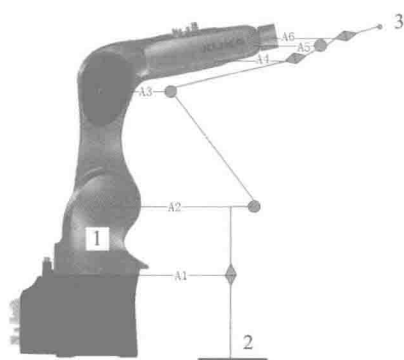


1—机器人本体;2—示教器;3—示教器通信线;4—机器人控制器;5—数据交换电缆;
6—电机驱动电缆;7—机器人控制器电源线;8—安全回路接口

图 1-16 KUKA 机器人系统组成

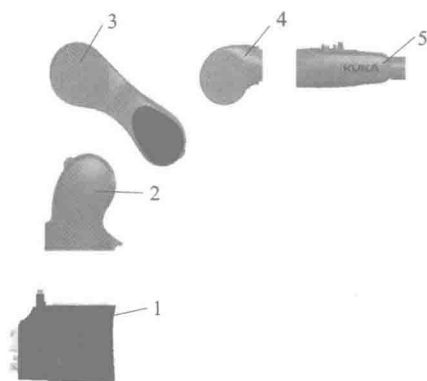
的基础部分,起支撑作用。法兰即机器人最后一个轴的机械接口(习惯上称末端执行器),可安装不同的机械操作装置,如抓爪、吸盘等。

机械系统中的机械零部件主要由铸铝和铸钢制成,为减轻结构质量,有些零部件也使用碳纤维。机械零部件大致由底座、转盘、连接臂、臂、腕部轴组成,如图 1-18 所示。



1—机械手;2—机器人足部;3—法兰

图 1-17 KUKA 机器人系统



1—底座;2—转盘;3—连接臂;4—臂;5—腕部轴

图 1-18 KUKA 机器人机械系统零部件组成

机器人从机器人足部到法兰的各个轴共分为 6 个,对应的编号分别为 A1、A2、A3、A4、A5、A6。其中 A1~A3 轴为机器人的主轴,主要确定机器人末端在空间的位置,A4~A6 轴是机器人的腕部轴,主要确定机器人末端在空间的姿态。KUKA 机器人各轴对应的编号如图 1-19 所示。

(2) KUKA 机器人的控制系统

工业机器人的控制系统是机器人的“大脑”,它通过各种控制电路硬件和软件的结合来操纵机器人,并协调机器人与生产系统中其他设备的关系。KUKA 机器人 KR6 R700SIXX 使

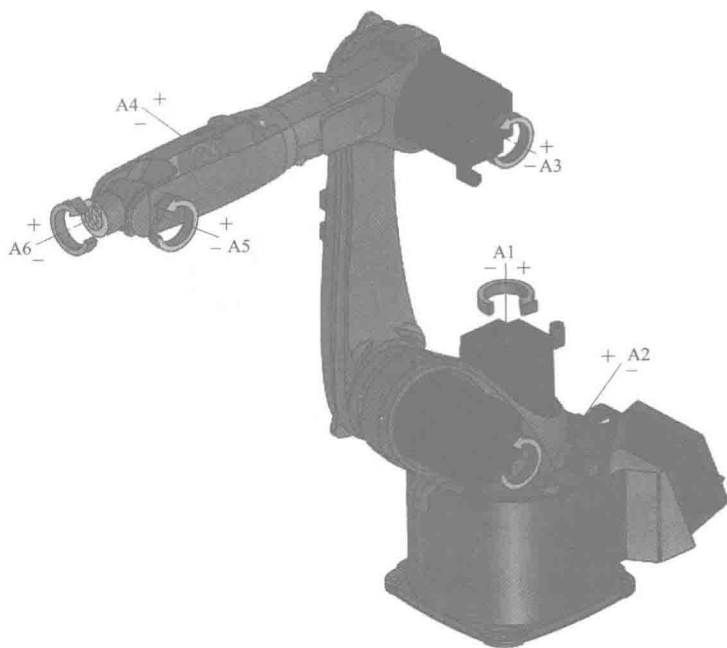


图 1-19 KUKA 机器人的轴对应图

用的控制系统是(V)KR C4 compact,如图 1-20 所示。

(V)KR C4 compact 控制器由以下元件组成:

① 控制 PC:负责机器人控制系统的操作界面、程序的生成,修正,存档及维护,流程控制,轨道设计,驱动电路的控制,监控,安全技术,与外围设备进行通讯等;

② 电力部件:负责机器人产生中间回路电压、控制电机、控制制动器、检查制动器运行中的中间回路电压等;

③ 安全逻辑系统;

④ 手持式编程器 smartPAD:具有工业机器人操作和编程所需的各种操作和显示功能;

⑤ 接线面板:含 X11 安全接口、X19 smartPAD 接口、X65 扩展接口、X69 服务接口、X21 机械手接口、X66 以太网安全接口、X1 网络接口、X20 电机插头和控制系统 PC 的接口。

它的组成部分如图 1-21 和图 1-22 所示。

控制系统是影响机器人功能和性能的主要因素,也是机器人系统中更新和发展最快的部件。(V)KR C4 控制系统具有以下几方面的属性:

① 机器人控制系统(完成轨迹规划):可控制机器人 6 个轴及最多 2 个附加的外部轴(附加轴是指不属于机器人机械系统,但由机器人控制系统控制的运动轴,例如:KUKA 的线性滑轨、双轴转台、Posiflex);

② 流程控制系统:符合 IEC61131 标准的集成式 Soft PLC;



图 1-20 (V)KR C4 compact 控制器