




工业机器人入门

(第2版)

总主编 / 谭立新

主 编 / 潘建新 曹 瑜



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

内容简介

工业机器人入门 (第2版)

总主编 谭立新
主 编 潘建新 曹 瑜
副主编 赵杰明 彭梁栋
张玉希 罗洪杰

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

内 容 简 介

本书共分7章,首先对工业机器人的现状与行情做了简单介绍,然后进入工业机器人领域中的学习,包括工业机器人的基本特性、工业机器人的机械结构、工业机器人的传感器及应用、工业机器人的坐标系,最后介绍了工业机器人的行业应用及其应用安全和安装/维护常用工具等相关内容。

本书适合高等职业院校、中等职业院校工业机器人、自动化等相关专业学生作为教材使用,也适合工程技术人员作为参考书使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人入门 / 潘建新, 曹瑜主编. -- 2版. --
北京: 北京理工大学出版社, 2021.9

ISBN 978 - 7 - 5763 - 0430 - 5

I. ①工… II. ①潘… ②曹… III. ①工业机器人 -
高等职业教育 - 教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 200088 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) 68944723 (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 / 涿州市新华印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10

字 数 / 202 千字

版 次 / 2021 年 9 月第 2 版 2021 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 52.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 施胜娟

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

总序

2017年3月,北京理工大学出版社首次出版了工业机器人技术系列教材,该系列教材是全国工业和信息化职业教育教学指导委员会研究课题《系统论视野下的工业机器人技术专业标准与课程体系开发》的核心成果,其针对工业机器人本身特点、产业发展与应用需求,以及高职高专工业机器人技术专业的教材在产业链定位不准、没有形成独立体系、与实践联系不紧密、教材体例不符合工程项目的实际特点等问题,提出运用系统论基本观点和控制论的基本方法,在系统全面调研分析工业机器人全产业链基础上,提出了工业机器人产业链、人才链、教育链及创新链“四链”融合的新理论,引导高职高专工业机器人技术专业标准及开发教材体系,在教材定位、体系构建、材料组织、教材体例、工程项目运用等方面形成了自己的特色与创新,并在信息技术应用与教学资源开发上做了一定的探索。主要体现在:

一是面向工业机器人系统集成商的教材体系定位。主体面向工业机器人系统集成商,主要面向工业机器人集成应用设计、工业机器人操作与编程、工业机器人集成系统装调与维护、工业机器人及集成系统销售与客服五类岗位,兼顾智能制造自动化生产线设计开发、装配调试、管理与维护等。

二是工业应用系统集成核心技术的教材体系构建。以工业机器人系统集成商的工作实践为主线构建,以工业机器人系统集成的工作流程(工序)为主线构建专业核心课程与教材体系,以学习专业核心课程所必需的知识和技能为依据构建专业支撑课程;以学生职业生涯发展为依据构建公共文化课程的教材体系。

三是基于“项目导向、任务驱动”的教学材料组织。以项目导向、任务驱动进行教学材料组织,整套教材体系是一个大的项目——工业机器人系统集成,每本教材是一个二级项目(大项目的一个核心环节),而每本教材中的项目又是二级项目中一个子项(三级项目),三级项目由一系列有逻辑关系的任务组成。

四是基于工程项目过程与结果需求的教材编写体例。以“项目描述、学习目标、知识准备、任务实现、考核评价、拓展提高”六个环节为全新的教材编写体例,全面系统体现工业机器人应用系统集成工程项目的过程与结果需求及学习规律。

该教材体系系统解决了现行工业机器人教材理论与实践脱节的问题,该教材体系以实践为主线展开,按照项目、产品或工作过程展开,打破或不拘泥于知识体系,将各科知识融入项目或产品制作过程中,实现了“知行合一”“教学做合一”,让学生学会运用已知的

知识和已经掌握的技能,去学习未知的专业知识和掌握未知的专业技能,解决未知的生产实际问题,符合教学规律、学生专业成长成才规律和企业生产实践规律,实现了人类认识自然的本原方式的回归。经过四年多的应用,目前全国使用该教材体系的学校已超过140所,用量超过十万多册,以高职院校为主体,包括应用本科、技师学院、技工院校、中职学校及企业岗前培训等机构,其中《工业机器人操作与编程(KUKA)》获“十三五”职业教育国家规划教材和湖南省职业院校优秀教材等荣誉。

随着工业机器人自身理论与技术的不断发展、其应用领域的不断拓展及细分领域的深化、智能制造对工业机器人技术要求的不断提高,工业机器人也在不断向环境智能化、控制精细化、应用协同化、操作友好化提升。随着“00”后日益成为工业机器人技术的学习使用与设计开发主体,对个性化的需求提出了更高的要求。因此,在保持原有优势与特色的基础上,如何与时俱进,对该教材体系进行修订完善与系统优化成为第2版的核心工作。本次修订完善与系统优化主要从以下四个方面进行:

一是基于工业机器人应用三个标准对接的内容优化。实现了工业机器人技术专业建设标准、产业行业生产标准及技能鉴定标准(含工业机器人技术“1+X”的技能标准)三个标准的对接,对工业机器人专业课程体系进行完善与升级,从而完成对工业机器人技术专业课程配套教材体系与教材及其教学资源的完善、升级、优化等;增设了《工业机器人电气控制与应用》教材,将原体系下《工业机器人典型应用》重新优化为《工业机器人系统集成》,突出应用性与针对性及与标准名称的一致性。

二是基于新兴应用与细分领域的项目优化。针对工业机器人应用系统集成在近五年工业机器人技术新兴应用领域与细分领域的新理论、新技术、新项目、新应用、新要求、新工艺等对原有项目进行了系统性、针对性的优化,对新的应用领域的工艺与技术进行了全面的完善,特别是在工业机器人应用智能化方面进一步针对应用领域加强了人工智能、工业互联网技术、实时监控与过程控制技术 etc 智能技术内容的引入。

三是基于马克思主义哲学观与方法论的育人强化。新时代人才培养对教材及其体系建设提出了新要求,工业机器人技术专业的职业院校教材体系要全面突出“为党育人、为国育才”的总要求,强化课程思政元素的挖掘与应用,在第2版教材修订过程中充分体现与融合运用马克思主义基本观点与方法论及“专注、专心、专一、精益求精”的工匠精神。

四是基于因材施教与个性化学习的信息智能技术融合。针对新兴应用技术及细分领域及传统工业机器人持续应用领域,充分研究高职学生整体特点,在配套课程教学资源开发方面进行了优化与定制化开发,针对性开发了项目实操案例式MOOC等配套教学资源,教学案例丰富,可拓展性强,并可针对学生实践与学习的个性化情况,实现智能化推送学习建议。

因工业机器人是典型的光、机、电、软件等高度一体化产品,其制造与应用技术涉及机械设计与制造、电子技术、传感器技术、视觉技术、计算机技术、控制技术、通信技术、人工智能、工业互联网技术等诸多领域,其应用领域不断拓展与深化,技术不断发展与进步,本教材体系在修订完善与优化过程中肯定存在一些不足,特别是通用性与专用性的平衡、典型性与普遍性的取舍、先进性与传统性的综合、未来与当下、理论与实践等各方面的思考与运用不一定是全面的、系统的。希望各位同仁在应用过程中随时提出批评与指导意见,以便在第3版修订中进一步完善。

谭立新

2021年8月11日于湘江之滨听雨轩

前言

经常有人问：工业机器人品牌种类那么多，我要从哪个品牌学起？学习工业机器人要怎么入门？除了工业机器人本身要学习，还要学习哪些知识？

编者以自身所了解的内容，进行以下解答，如有不足，请读者包涵。

(1) 工业机器人品牌种类那么多，我要从哪个品牌学起？

工业机器人的常见品牌有：ABB、FANUC、KUKA、安川、爱普生、川崎、那智不二越、新松、埃夫特、埃斯顿、众为兴、新时达等，工业机器人品牌按区域可分为欧系、日系、国产。工业机器人品牌四大家市场占有率排名顺序为：FANUC、ABB、安川、KUKA。工业机器人系统操作与地域一致，欧系的品牌在系统操作方面类似，日系的也一样。所以，综合考虑，建议有条件的，可以同时学习 FANUC、ABB 这两个品牌的工业机器人。

(2) 学习工业机器人要怎么入门？除了工业机器人本身要学习，还要学习哪些知识？

工业机器人的相关知识是一个综合学科，涉及机械、电子、软件、视觉等多方面，入门步骤如下：

❖ 从学习工业机器人仿真软件入手，在仿真软件中初步了解工业机器人本体结构、示教操作、程序编程。

❖ 学习工业机器人技术体系建设，这能决定个人工作能力。技术体系有两个方向，即机械方向和电气方向。在机械方向，要学习通用机械标准件、电机、气动部分选型；要学习一些通用的二维、三维制图建模软件，如 AutoCAD、Solidworks、Catia 等，用于夹具设计、机构方案设计仿真。在电气方向，要学习电气基础、电气元器件选型、电气原理图设计、PLC 编程、工业通信、工业软件编程。

❖ 最核心的部分就是掌握工艺解决方案，这能决定企业竞争力。工业机器人是工业自动化的体现，工业自动化最核心的部分就是用自动化方式替代传统加工工艺。根据目前情况而言，工业机器人应用领域一般是恶劣的工业环境，读者要了解喷涂、打磨、焊接、码垛、视觉检测工艺。

本书主要对工业机器人的现状与行情先做简单介绍，从解码器开始进入工业机器人领域中的介绍，如工业机器人的基本特性、工业机器人的机械结构、工业机器人的传感器及应用、工业机器人的坐标系等，最后介绍了工业机器人的行业应用及其应用安全和安装/维护常用工具等相关内容。

本书由潘建新、曹瑜担任主编，赵杰明、彭梁栋、张玉希、罗洪杰担任副主编。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，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

第1章 绪论	1
1.1 工业机器人的应用、发展和分类	1
1.1.1 发展简史	1
1.1.2 产品分类与应用	4
1.1.3 主要生产企业	9
1.2 工业机器人展望	11
1.2.1 机器人技术和市场的现状	11
1.2.2 世界机器人发展现状	12
1.2.3 国内机器人发展现状	12
1.2.4 机器人技术的发展趋势	13
1.2.5 各国的机器人发展计划	15
第2章 工业机器人的基本特性	19
2.1 工业机器人的组成	19
2.1.1 工业机器人及系统	19
2.1.2 常用的附件	21
2.1.3 电气控制系统	23
2.2 工业机器人的特点	25
2.2.1 基本特点	25
2.2.2 机器人与数控机床	26
2.2.3 机器人与机械手	30
2.3 工业机器人的结构形态	31
2.3.1 垂直串联型	31
2.3.2 水平串联型	33
2.3.3 并联型	34

2.4	工业机器人的技术性能	36
2.4.1	主要技术参数	36
2.4.2	自由度	39
2.4.3	工作范围	41
2.4.4	其他指标	43
第3章	工业机器人的机械结构	46
3.1	本体的结构形式	46
3.1.1	基本结构与特点	46
3.1.2	其他常见结构	48
3.1.3	埃夫特 ER3A-C60 本体分析以及传动方式介绍	50
3.2	ER3A-C60 工业机器人机身结构及拆卸分析	54
3.2.1	拆卸分析	54
3.2.2	总体分拆	55
3.2.3	大臂-底座分拆	57
3.2.4	小臂-手腕分拆	62
3.3	ER3A-C60 控制柜结构	65
3.3.1	控制柜系统	65
3.3.2	EFORT-C60 系列机器人示教器的介绍	67
3.4	其他典型结构	74
3.4.1	RRR/BRR 手腕结构	74
3.4.2	前驱 SCARA 结构	76
3.4.3	后驱 SCARA 结构	78
第4章	工业机器人的传感器及应用	80
4.1	机器人传感器概述	80
4.1.1	机器人传感器的特点与分类	80
4.1.2	工业机器人应用传感器注意事项	81
4.2	工业机器人内部传感器	82
4.2.1	位移位置传感器	83
4.2.2	速度和加速度传感器	85
4.3	工业机器人外部传感器	86
4.3.1	触觉传感器	86
4.3.2	力觉传感器	89
4.3.3	距离传感器	90
4.3.4	其他外传感器	90
4.3.5	传感器融合	90
4.4	机器人视觉装置	91

4.4.1	视觉系统基础介绍	91
4.4.2	工业相机系统	94
4.4.3	智能相机系统	95
4.4.4	激光雷达	96
4.5	工业机器人传感器的应用	98
4.5.1	二维视觉传感器在工业机器人项目中的应用	98
4.5.2	三维视觉传感器在工业机器人项目中的应用	98
4.5.3	力/力矩传感器在工业机器人项目中的应用	99
4.5.4	碰撞检测传感器在工业机器人项目中的应用	99
4.5.5	安全传感器的应用	99
4.5.6	零件检测传感器的应用	100
4.5.7	其他传感器的应用	100
第5章	工业机器人的坐标系	102
5.1	关节坐标系	102
5.2	世界坐标系	103
5.3	基坐标系	103
5.4	工件坐标系	104
5.5	工具坐标系	106
5.5.1	工具坐标系简介	106
5.5.2	标定工具坐标系的方法	106
5.5.3	4点法标定工具坐标举例	107
第6章	工业机器人的应用	110
6.1	应用工业机器人必须考虑的因素	110
6.1.1	机器人的任务估计	110
6.1.2	应用机器人的三要素	111
6.1.3	使用机器人的经验准则	112
6.1.4	应用机器人的步骤	112
6.2	工业机器人的应用领域	113
6.2.1	汽车行业	113
6.2.2	电子3C行业	114
6.2.3	食品加工行业	114
6.2.4	其他行业	115
6.3	工业机器人应用综合案例	120
6.3.1	EFORT-C60系列机器人完成冲压上下料任务	120
6.3.2	EFORT-C60系列机器人完成搬运码垛任务	127
6.3.3	焊接机器人系统及应用	132

6.3.4 喷涂机器人系统的组成及应用	138
第7章 工业机器人应用安全和安装/维护常用工具	142
7.1 安全准备工作	142
7.1.1 了解工业机器人系统中存在的安全风险	142
7.1.2 工业机器人操作与运维前的安全准备工作	143
7.2 安全标识	144
7.2.1 识读工业机器人安全标识	144
7.2.2 工业机器人安全操作要求	144
7.2.3 工业机器人本体的安全对策	145
7.3 常用工具的认识	146
7.3.1 机械拆装工具	146
7.3.2 常用机械测量工具	147
7.3.3 常用电气测量工具	149

第 1 章

绪 论

1.1 工业机器人的应用、发展和分类

1.1.1 发展简史

工业机器人定义：工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，它能自动执行工作，是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。它可以接受人类指挥，也可以按照预先编排的程序运行，现代的工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领行动。图 1-1 所示为 ABB YUMI 机器人。

1954 年，乔治·迪沃申请了第一个机器人的专利（1961 年授予）。制作机器人的第一家公司是 Unimation。Unimation 机器人也被称为可编程移机，因为一开始它们的主要用途是从一个点传递对象到另一个点，距离大约十英尺^①。它们用液压执行机构，并编入关节坐标，即在一个教学阶段进行存储和回放操作中的各关节的角度。它们能精确到一英寸^②的 1/10 000。

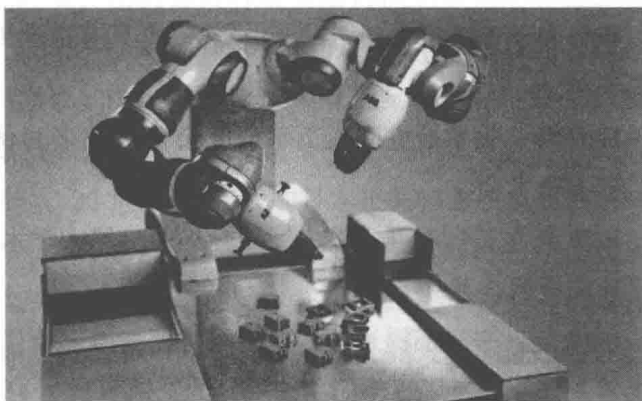


图 1-1 ABB YUMI 机器人

Unimation 后授权其技术给川崎重工和 GKN，分别在日本和英国制造 Unimate。一段时间以来，Unimation 唯一的竞争对手是美国辛辛那提米拉克龙公司。20 世纪 70 年代后期，日本的几个大财团开始生产类似的工业机器人。

① 1 英尺 = 0.304 8 米。

② 1 英寸 = 2.54 厘米。

1969年,维克多·沙因曼在斯坦福大学发明了“斯坦福大学的手臂”,它是全电动的6轴多关节型机器人,是一个手臂的解决方案。这使它精确地跟踪空间中的任意路径,拓宽了机器人潜在的更复杂的应用,如装配和焊接。沙因曼的MIT人工智能实验室则设计了第二臂,被称为“麻省理工学院的手臂”。进一步设计后,它成为通用汽车公司装配工具。

现代机器人的研究始于20世纪中期,其技术背景是计算机和自动化的发展,以及原子能的开发利用。

自1946年第一台数字电子计算机问世以来,计算机技术取得了惊人的进步,向高速度、大容量、低价格的方向发展。

大批量生产的迫切需求推动了自动化技术的进展,其结果之一便是1952年数控机床的诞生。与数控机床相关的控制、机械零件的研究又为机器人的开发奠定了基础。

另外,原子能实验室的恶劣环境要求某些操作由机械代替人处理放射性物质。在这一需求背景下,美国原子能委员会的阿尔贡研究所于1947年开发了遥控机械手,1948年又开发了机械式的主从机械手。

1954年美国戴沃尔最早提出了工业机器人的概念,并申请了专利。该专利的要点是借助伺服技术控制机器人的关节,利用人手对机器人进行动作示教,机器人能实现动作的记录和再现。这就是所谓的示教再现机器人。现有的机器人差不多都采用这种控制方式。

作为机器人产品最早的实用机型(示教再现)是1962年美国AMF公司推出的VERSTRAN和Unimation公司推出的Unimate。这些工业机器人的控制方式与数控机床大致相似,但外形特征迥异,主要由类似人的手和臂组成。

1965年,MIT的Roborts演示了第一个具有视觉传感器的、能识别与定位简单积木的机器人系统。

1967年,日本成立了人工手研究会(现改名为仿生机构研究会),同年召开了日本首届机器人学术会。

1970年在美国召开了第一届国际工业机器人学术会议。1970年以后,机器人的研究得到迅速广泛的普及。

1973年,辛辛那提米拉克龙公司的理查德·豪恩制造了第一台由小型计算机控制的工业机器人,它是液压驱动的,能提升的有效负载达45千克。

到了1980年,工业机器人真正在日本普及,故称该年为“机器人元年”。

随后,工业机器人在日本得到了巨大发展,日本也因此而赢得了“机器人王国”的美称。

据联合国欧洲经济委员会(UNECE)和国际机器人联合会(IFR)的统计,至2003年年末,在美国运行的机器人总量为112 400套,比2002年增长7%。到2007年年底,运行的机器人数量达到145 000套。就每万雇员拥有工业机器人数量进行统计,至2003年年末,美国制造业中,每1万雇员拥有63个工业机器人。尽管从排名上说,美国已经进入世界前十名,但其与前几名仍然有着很大的差距,仅相当于德国的43%,意大利的54%,欧盟的



68%。与普通的制造业相比,美国汽车工业中每万个产业工人拥有的工业机器人数量大大提高,达到740个,但仍然远远低于日本(1400个机器人)、意大利(1400个机器人)和德国(1000个机器人)。

美国是机器人的诞生地。早在1962年就研制出世界上第一台工业机器人。比起号称“机器人王国”的日本起步至少要早五六年。经过50多年的发展,美国现已成为世界上的机器人强国之一,基础雄厚,技术先进。综观它的发展史,道路是曲折的,不平坦的。

20世纪60年代到70年代期间,美国的工业机器人主要立足于研究阶段,只是几所大学和少数公司开展了相关的研究工作。那时,美国政府并未把工业机器人列入重点发展项目,特别是,美国当时失业率高达6.65%,政府担心发展机器人会造成更多人失业,因此既未投入财政支持,也未组织研制机器人。而企业在这样的政策引导下,也不愿冒风险,去应用或制造机器人,致使错过了发展良机,固守在使用刚性自动化装置的层面上。这不能不说是美国政府的战略决策错误。70年代后期,美国政府和企业界虽对工业机器人的制造和应用认识有所改变,但仍将技术路线的重点放在研究机器人软件及军事、宇宙、海洋、核工程等特殊领域的高级机器人的开发上,致使日本的工业机器人后来居上,并在工业生产的应用上及机器人制造业上很快超过了美国,其产品在国际市场上形成了较强的竞争力。

进入20世纪80年代之后,美国才感到形势紧迫,政府和企业界才开始真正重视机器人,制定和采取了相应的政策和措施,一方面鼓励工业界发展和应用机器人,另一方面制订计划、提高投资,增加机器人的研究经费,把机器人看成美国再次工业化的特征,使美国的机器人迅速发展。80年代中后期,随着各大厂家应用机器人的技术日臻成熟,第一代机器人的技术性能越来越满足不了实际需要。美国开始生产带有视觉、力觉的第二代机器人,并很快占领了美国60%的机器人市场。

工业机器人在日本的发展:与此同时,20世纪70年代的日本正面临着严重的劳动力短缺,这个问题已成为制约其经济发展的一个主要问题。毫无疑问,在美国诞生并已投入生产的工业机器人给日本带来了福音。1967年日本川崎重工业公司首先从美国引进机器人及技术,建立生产厂房,并于1968年试制出第一台日本产Unimate机器人。经过短暂的摇篮阶段,日本的工业机器人很快进入实用阶段,并由汽车业逐步扩大到其他制造业以及非制造业。1980年被称为日本的“机器人普及元年”,日本开始在各个领域推广使用机器人,这大大缓解了市场劳动力严重短缺的社会矛盾。再加上日本政府采取的多方面鼓励政策,这些机器人受到了广大企业的欢迎。1980—1990年,日本的工业机器人处于鼎盛时期,后来国际市场曾一度转向欧洲和北美,但日本经过短暂的低迷期又恢复其昔日的辉煌。1993年年末,全世界安装的工业机器人有61万台,其中日本占60%、美国占8%、欧洲占17%、俄罗斯和东欧共占12%。

德国工业机器人的数量占世界第三,仅次于日本和美国,其智能机器人的研究和应用

在世界上处于领先地位。目前在普及第一代工业机器人的基础上,第二代工业机器人经推广应用成为主流安装机型,而第三代智能机器人已占有一定比重并成为发展的方向。世界上的机器人供应商分为日系和欧系。瑞典的 ABB 公司是世界上最大机器人制造公司之一。1974 年研发了世界上第一台全电控式工业机器人 IRB6,主要应用于工件的取放和物料搬运。1975 年生产出第一台焊接机器人。到 1980 年兼并 Trallfa 喷漆机器人公司后,其机器人产品趋于完备。ABB 公司制造的工业机器人广泛应用在焊接、装配铸造、密封涂胶、材料处理、包装、喷漆、水切割等领域。德国的 KUKA Roboter GmbH 公司是世界上几家顶级工业机器人制造商之一,1973 年研制开发了 KUKA 的第一台工业机器人,年产量达到 1 万台左右。其所生产的机器人广泛应用在仪器、汽车、航天、食品、制药、医学、铸造、塑料等工业,主要用于材料处理、机床装备、包装、堆垛、焊接、表面修整等领域。

我国工业机器人起步于 20 世纪 70 年代初,其发展过程大致可分为三个阶段:70 年代的萌芽期;80 年代的开发期;90 年代的实用化期。经过几十年的发展如今已经初具规模。目前我国已生产出部分机器人关键元器件,开发出弧焊、点焊、码垛、装配、搬运、注塑、冲压、喷漆等工业机器人。一批国产工业机器人已服务于国内诸多企业的生产线上;一批机器人技术的研究人才也涌现出来。一些相关科研机构和企业已掌握了工业机器人操作机的优化设计制造技术,工业机器人控制、驱动系统的硬件设计技术,机器人软件的设计和编程技术,运动学和轨迹规划技术,弧焊、点焊及大型机器人自动生产线与周边配套设备的开发和制备技术,等等。某些关键技术已达到或接近世界水平。

1.1.2 产品分类与应用

关于工业机器人的分类,国际上没有制定统一的标准,可按负载重量、控制方式、自由度、结构、应用领域等划分。

1. 按机器人的技术等级划分

(1) 示教再现机器人:第一代工业机器人能够按照人类预先示教的轨迹、行为、顺序和速度重复作业,示教可由操作员手把手进行或通过示教器完成。如图 1-2 所示。

(2) 感知机器人:第二代工业机器人具有环境感知装置,能在一定程度上适应环境的变化,目前已经进入应用阶段。如图 1-3 所示。

(3) 智能机器人:第三代工业机器人具有发现问题并自主解决问题的能力,尚处于实验研究阶段。如图 1-4 所示。

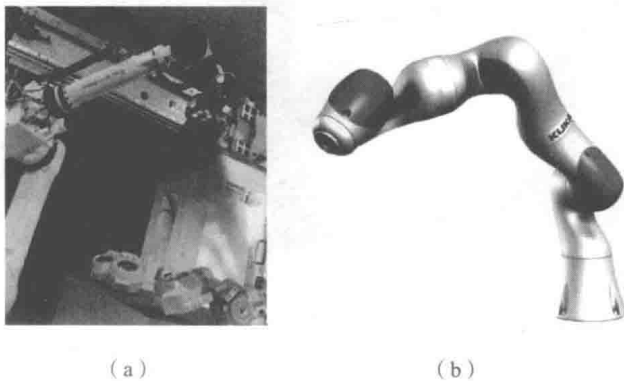
到目前为止,在世界范围内还没有一个统一的智能机器人定义。大多数专家认为智能机器人至少要具备以下三个要素:



(a) (b)

图 1-2 示教再现机器人

(a) 手把手示教机器人; (b) 示教器示教机器人



(a) (b)

图 1-3 感知机器人

(a) 配备视觉系统的工业机器人; (b) 人机协作工业机器人

- ①感觉要素, 用来认识周围环境状态。
- ②运动要素, 对外界做出反应性动作。
- ③思考要素, 根据感觉要素所得到的信息, 思考出采用什么样的动作。

2. 按机器人的结构坐标系特征划分

按机器人结构坐标系特征, 可将工业机器人分为以下 4 种 (见图 1-5):



图 1-4 本田 ASIMO 智能机器人

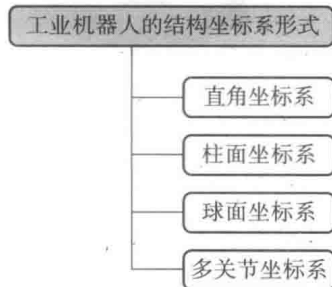


图 1-5 工业机器人结构坐标系形式

• 直角坐标系机器人：通过沿3个互相垂直的轴线的移动来实现机器人手部空间位置的改变。

- 柱面坐标系机器人：通过两个移动和一个转动实现位置的改变。
- 球面坐标系机器人：运动由一个直线运动和两个转动组成。
- 多关节坐标系机器人：运动由前后的俯仰及立柱的回转组成。

(1) 直角坐标系机器人。

直角坐标系机器人具有空间上相互垂直的多个直线移动轴，通过直角坐标方向的3个独立自由度确定其手部的空间位置，其动作空间为一长方体。如图1-6所示。

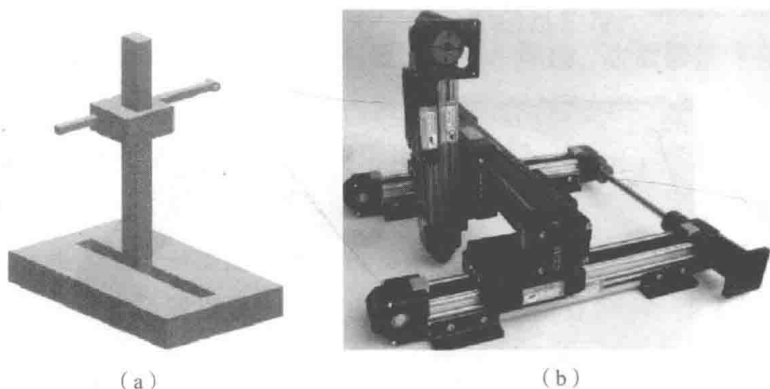


图1-6 直角坐标系机器人

(a) 模型；(b) 实体

(2) 柱面坐标系机器人。

柱面坐标系机器人主要由旋转基座、垂直移动和水平移动轴构成，具有一个回转和两个平移自由度，其动作空间呈圆柱形。如图1-7所示。

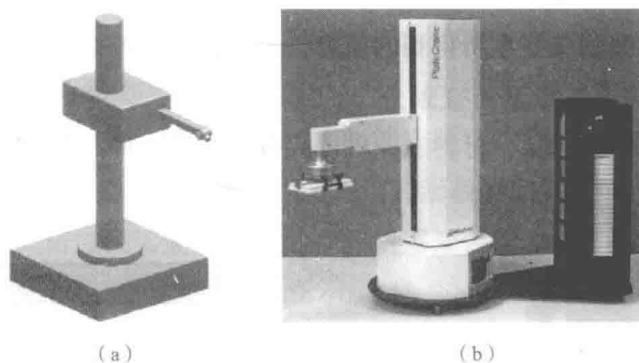


图1-7 柱面坐标系机器人

(a) 模型；(b) 实体

(3) 球面坐标系机器人。

球面坐标系机器人的空间位置分别由旋转、摆动和平移3个自由度确定，动作空间形成球面的一部分。如图1-8所示。