

全国职业院校工业机器人技术专业规划教材



电子课件下载
www.ccpres.com.cn

GONGYE JIQIREN JISHU JICHU

工业机器人技术基础

上海景格科技股份有限公司 组织编写
陶守成 周平 主 编



扫二维码
可观看数字资源



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

全国职业院校工业机器人技术专业规划教材

Gongye Jiqiren Jishu Jichu 工业机器人技术基础

上海景格科技股份有限公司 组织编写
陶守成 周平 主 编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为全国职业院校工业机器人技术专业规划教材。主要内容包括:工业机器人概述、工业机器人的机械系统、工业机器人的动力与驱动系统、工业机器人的控制系统、工业机器人的感知系统、工业机器人基本操作、工业机器人坐标系设置、图形轨迹综合的编程与操作、搬运综合编程与操作、离线编程软件的应用。

本书可作为职业院校工业机器人等相关专业的教材,也可供工业机器人从业人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人技术基础 / 陶守成, 周平主编. —北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2019. 6

ISBN 978-7-114-15527-7

I. ①工… II. ①陶… ②周… III. ①工业机器人—
职业教育—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 084384 号

书 名: 工业机器人技术基础

著 者: 陶守成 周 平

责任编辑: 李 良

责任校对: 尹 静

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13.5

字 数: 309 千

版 次: 2019年6月 第1版

印 次: 2019年6月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-15527-7

定 价: 33.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前言

PREFACE

目前,我国的工业化水平不断提升,工业机器人在工业领域内的应用范围越来越广泛,各企业对于工业机器人技术人才的需求不断增加。为了推进工业机器人专业的职业教育课程改革和教材建设进程,人民交通出版社股份有限公司特组织相关院校与企业专家共同编写了职业院校工业机器人专业规划教材,以供职业院校教学使用。

本套教材在总结了众多职业院校工业机器人专业的培养方案与课程开设现状的基础上,根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《中国制造2025》的精神,注重以学生就业为导向,以培养能力为本位,教材内容符合工业机器人专业方向教学要求,适应相关智能制造类企业对技能型人才的要求。本套教材具有以下特色:

1. 本套教材注重实用性,体现先进性,保证科学性,突出实践性,贯穿可操作性,反映了工业机器人技术领域的新知识、新技术、新工艺和新标准,其工艺过程尽可能与实际工作情景一致。

2. 本套教材以理实一体化作为核心课程改革理念,教材理论内容浅显易懂,实操内容贴合生产一线,将知识传授、技能训练融为一体,体现“做中学、学中做”的职教思想。

3. 本套教材文字简洁,通俗易懂,以图代文,图文并茂,形象生动,容易培养学生的学习兴趣,提高学习效果。

4. 本套教材配套了立体化教学资源,对教学中重点、难点,以二维码的形式配备了数字资源。

《工业机器人技术基础》为本套教材之一,主要内容包括:工业机器人概述、工业机器人的机械系统、工业机器人的动力与驱动系统、工业机器人的控制系统、工业机器人的感知系统、工业机器人基本操作、工业机器人坐标系设置、图形轨迹综合的编程与操作、搬运综合编程与操作、离线编程软件的应用。

本书由上海景格科技股份有限公司组织编写,由上海景格科技高级产品经理陶守成、上海第二工业大学周平教授担任主编,参与本书编写的还有景格科技课程设计师张玉莹、景格科技机器人工程师方崇村等产品团队,教材中的美术图片由景格科技吉李平、钱伟、于恒等团队组织制作。在编写过程中,编者借鉴了由职业院校一线专业教师提供的众多参考资料,在此一并表示真挚的感谢。

由于编者水平、经验和掌握的资料有限,加之编写时间仓促,书中难免存在不妥或错误之处,请广大读者不吝赐教,提出宝贵意见。

编者

2019年4月

目 录

CONTENTS

项目一 工业机器人概述	1
任务一 机器人的发展	2
任务二 工业机器人应用现状及发展趋势	7
任务三 工业机器人的基本组成及技术参数	15
项目二 工业机器人的机械系统	26
任务一 工业机器人的手部结构	27
任务二 工业机器人的本体结构	34
项目三 工业机器人的动力与驱动系统	39
任务一 工业机器人的伺服系统	40
任务二 工业机器人的传动机构	48
项目四 工业机器人的控制系统	54
任务一 工业机器人控制系统的组成	55
任务二 控制系统的连接	59
任务三 机器人末端执行器气压驱动系统	81
项目五 工业机器人的感知系统	87
任务一 内部传感器	88
任务二 外部传感器	96
项目六 工业机器人基本操作	106
任务一 认识工业机器人示教	106
任务二 手动操纵工业机器人	110
项目七 工业机器人坐标系设置	113
任务一 认识工业机器人坐标系	114
任务二 设置工具坐标系	117
任务三 设置用户坐标系	124
任务四 设置有效负载	128
项目八 图形轨迹综合的编程与操作	132
任务一 摆线轨迹的编程与操作	133
任务二 直线轨迹的编程与操作	139
任务三 圆弧轨迹的编程与操作	143
任务四 复合图形轨迹的编程与操作	149

项目九 搬运综合编程与操作	155
任务一 吸盘工具拾放的编程与操作	156
任务二 搬运的编程与操作	160
任务三 塔式码垛的编程与操作	166
任务四 复合搬运的编程与操作	172
项目十 离线编程软件的应用	176
任务一 创建写字模块	177
任务二 末端执行器的选择与设置	186
任务三 生成离线轨迹程序	192
任务四 操作与调试离线轨迹程序	198
参考文献	207

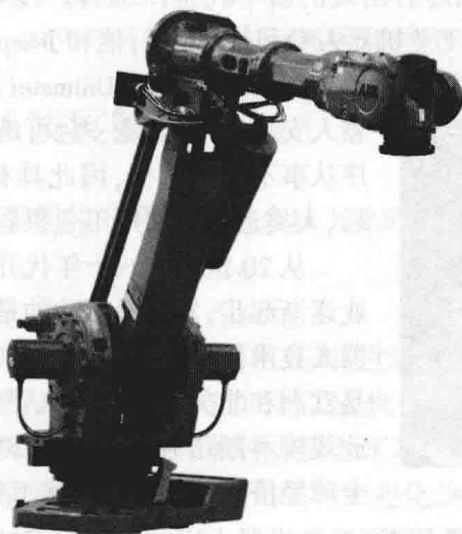
81	210
82	210
83	210
84	210
85	210
86	210
87	210
88	210
89	210
90	210
91	210
92	210
93	210
94	210
95	210
96	210
97	210
98	210
99	210
100	210
101	210
102	210
103	210
104	210
105	210
106	210
107	210
108	210
109	210
110	210
111	210
112	210
113	210
114	210
115	210
116	210
117	210
118	210
119	210
120	210
121	210
122	210
123	210
124	210
125	210
126	210
127	210
128	210
129	210
130	210
131	210
132	210
133	210
134	210
135	210
136	210
137	210
138	210
139	210
140	210
141	210
142	210
143	210
144	210
145	210
146	210
147	210
148	210
149	210
150	210

项目一 工业机器人概述

项目导入

随着电子技术、计算机技术、工业自动化的飞速发展,人类的体力劳动已逐渐被各种机械所取代,工业机器人的应用程度是衡量一个国家工业自动化水平的重要标志。当前,世界各国都在积极发展新的科技生产力,在未来 10 年,全球工业机器人行业将进入一个前所未有的高速发展期。曾有专家预言:机器人产业不论在规模上还是资本上都将大大超过今天的计算机产业。因此,了解机器人知识,具备娴熟的机器人应用技能,是衡量 21 世纪高素质人才的基本要素之一。

本项目主要包括机器人的发展、工业机器人应用现状及发展趋势、工业机器人的基本组成及技术参数。



学习目标

1. 知识目标

- (1) 能描述工业机器人的起源、发展历程;
- (2) 能阐述工业机器人的分类、应用、发展趋势;
- (3) 能列举工业机器人的基本组成部分及技术参数。

2. 情感目标

- (1) 增长见识、激发兴趣;
- (2) 关注我国工业机器人行业,培养小组合作精神,具有为我国工业机器人的发展作出贡献的意识。

任务一 机器人的发展

任务目标

1. 知识目标

- (1) 了解工业机器人的起源、发展历程;
- (2) 列举工业机器人的发展特点。

2. 教学重点

工业机器人的发展特点。

任务知识

一、概述

工业机器人是继计算机之后出现的新一代生产工具。1954年,美国人 George Devol 首次申请了工业机器人专利;1956年,他和 Joseph Engelberger 成立了 Unimation 公司;1959年,他们发明了世界上第一台工业机器人 Unimate(图 1-1-1);1961年 Unimate 机

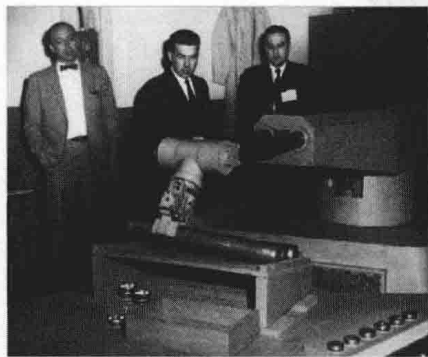


图 1-1-1 工业机器人 Unimate

器人安装运行,这是一台可编程的机器人,能按照不同程序从事不同的工作,因此具有通用性和灵活性。从此以后,人类进入了使用工业机器人的时代。

从 20 世纪七八十年代开始,全球各国工业机器人产业逐渐起步,发展最成功的是日本,成为长期领跑工业机器人技术研究与应用市场的国家。20 世纪 90 年代中期是欧洲和北美工业机器人产业的崛起期,研发能力与产业规模不断增强与扩大。2008 年,全球金融危机爆发,全球经济发展放缓,全球工业机器人的销量进入低谷。

2010 年,金融危机的影响逐渐消退,工业机器人产业的市场需求重拾升势,销量强劲反弹。随着全球经济的复苏,各国工业机器人的应用也在不断扩大。

根据国际机器人联合会(IFR)公布的数据,2015 年全球工业机器人市场销量进一步增长,共计 253748 台,比 2014 年增加 15%。图 1-1-2 所示为 2003—2015 年全球工业机器人销量。全球 75% 的工业机器人被销往中国、韩国、日本、美国、德国 5 个国家。图 1-1-3 所示为 2010—2014 年全球五大工业机器人使用国销售量。在五个国家中,美国是工业机器人的诞生地,日本享有“机器人王国”美誉,韩国机器人密度(每万名工人使用工业机器人的数量)最大(2015 年为 531 台,世界平均水平为 69 台),德国是欧洲最大的工业机器人使用国,中国自 2013 年起连续 3 年成为全球最大的工业机器人市场。这些统计数据的变化,体现了全球工业机器人产业蓬勃发展的趋势。



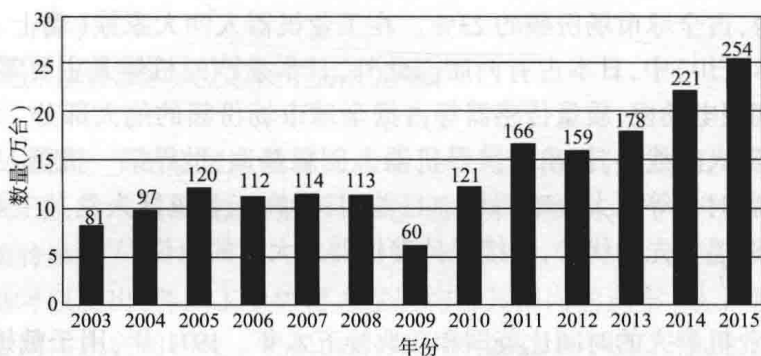


图 1-1-2 2003—2015 全球工业机器人销量图

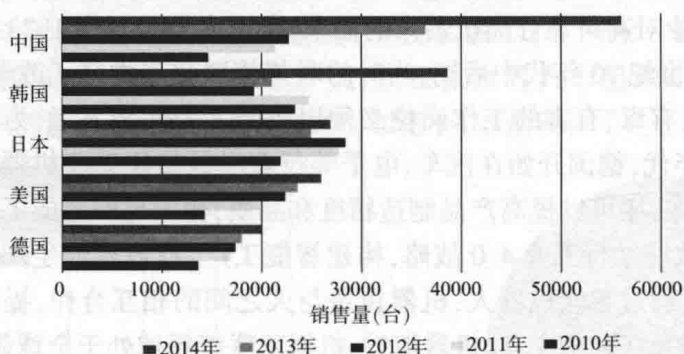


图 1-1-3 2010—2014 年全球五大工业机器人使用国销售量

二、各国工业机器人发展简述

下面以美国、日本、德国、韩国和中国为例,对全球工业机器人使用量最大的几个国家的工业机器人发展史作简要介绍。

1. 美国

尽管世界上第一台工业机器人诞生于美国,但在 20 世纪六七十年代,美国只有几所大学和少数公司开展了工业机器人相关的研究工作,对工业机器人产业化应用不是特别重视。20 世纪 70 年代后期,美国仍将研究重点放在软件方面及军事、宇宙、海洋、核工程等领域的特种机器人研发。2008 年金融危机之后,美国提出了再工业化战略,更加注重机器人产业的发展。2013 年,美国提出了机器人发展路线图,计划攻克机器人的强适应性、可重构装配、仿人灵巧操作、自主导航、非结构化环境感知等关键技术。目前,美国军用无人机、宇宙探测器等尖端领域的机器人应用领先全球。近年来,谷歌、亚马逊等美国知名互联网公司纷纷进军机器人领域,大规模开展智能机器人的研发。

2. 日本

1967 年日本川崎重工业公司从美国 Unimation 公司引进机器人及技术,并于 1968 年试制出第一台机器人。由于产业应用的迫切需求,日本的工业机器人很快进入实用阶段。1980 年被称为日本机器人普及元年,各个领域开始使用机器人,机器人的应用由汽车业逐步扩大到其他制造业及非制造业。2013 年以前,日本保持着工业机器人产量、安装数量世界第一的地位。2012 年,日本机器人产值约为 3400 亿日元,占据全球市场份额的 50%,累计安

装数量约30万台,占全球市场份额的23%。在工业机器人四大家族(瑞士ABB、德国库卡、日本发那科、日本安川)中,日本占有两席。此外,日本生产的机器人主要零部件,包括机器人精密减速器、伺服电动机、质量传感器等占据全球市场份额的绝大部分。2015年1月,日本政府公布了机器人新战略,提出了世界机器人创新基地、世界第一机器人应用国家、迈向世界领先机器人新时代等三大战略目标。目前,日本在工业机器人及其主要零部件方面依然在全世界拥有遥遥领先的优势,继续保持着机器人大国的地位。

3. 德国

德国引进工业机器人的时间比英国和瑞典晚五六年。1971年,用于戴姆勒-奔驰汽车侧板加工的第一条机器人自动焊接生产线在德国诞生,使用的是美国Unimation公司的五轴机器人。鉴于汽车工业对高可靠性能机器人的需求,德国库卡公司在1973年研制开发了第一台工业机器人。20世纪70年代中后期,当时的联邦德国政府推行了改善劳动条件计划,强制规定部分有危险、有毒、有害的工作岗位必须以机器人来代替人工,为机器人打开了应用市场。20世纪80年代,德国开始在汽车、电子等行业大量使用工业机器人。机器人不仅可以大幅降低生产成本,还可以提高产品制造精度和品质,德国也因此成了制造业强国。

2013年,德国政府推行工业4.0战略,构建智能工厂,打造智能生产。而这种智能的物理实体就是机器人,通过智能机器人、机器设备与人之间的相互合作,提高生产过程的智能性。目前,德国机器人在人机交互、机器视觉、机器互联等领域处于全球领先水平。

4. 韩国

韩国于20世纪80年代末开始大力发展工业机器人技术,在政府的资助和引导下,由现代重工集团牵头,用10年时间形成了工业机器人体系。当时韩国政府为应对本国汽车、电子产业对工业机器人的爆发性需求,以市场换技术,通过现代重工集团引进、学习日本发那科技术。2000年以后,韩国的工业机器人产业进入第二轮高速增长期。2001—2011年间,韩国机器人装机总量年均增速高达11.7%,其工业机器人使用密度不断增大,工业机器人的自给率也不断提高。目前,韩国的工业机器人生产商已占全球5%左右的市场份额。2012年,韩国公布了机器人未来战略2022,通过推动机器人与各个领域的融合应用,将机器人打造成支柱产业,计划到2022年实现机器人遍及社会各角落的愿景。

5. 中国

中国工业机器人产业的发展始于20世纪70年代,当时科技部将工业机器人列入了科技攻关计划,机械工业部牵头组织了点焊、弧焊、喷漆、搬运等领域的工业机器人攻关,其他部委也积极立项支持,形成了中国工业机器人研发的第一次高潮。之后,由于市场需求等诸多原因,机器人自主研发和产业化经历了长期的停滞。2010年以后,中国机器人装机容量逐年递增,开始面向机器人全产业链发展。2005—2014年间,中国工业机器人市场销售的年均复合增长率高达32.9%。

目前,中国的工业机器人仍然以组装为主,主要的核心零部件严重依赖进口,国产工业机器人主要应用在低端市场。2013年,工业和信息化部发布了《工业和信息化部关于推进工业机器人产业发展的指导意见》,提出要在2020年建立完整的机器人产业体系。2015年5月,国务院发布了《中国制造2025》,明确将机器人作为制造业重点突破的领域之一,力争在机器人关键零部件及系统集成设计、制造等领域取得突破。

三、全球工业机器人发展特点分析

工业机器人是服务于工业制造领域的高端自动化装备,其产业的发展受到制造业行业应用需求、产业政策、技术基础、技术创新等多方面因素的影响。

1. 应用驱动特征

从历史数据可以看出,各国工业机器人发展均与其国内的汽车、电子等行业快速发展对高效率制造设备的需求密切相关。根据 IFR 的数据,2015 年汽车行业的工业机器人应用量达到 97500 台,占全球工业机器人应用量的 35%,连续 5 年创工业机器人行业使用量的新高。2013—2015 年全球工业机器人各行业应用情况如图 1-1-4 所示。目前工业机器人安装量最大的五个国家同时也是全球汽车生产大国,根据世界汽车组织(OICA)发布的数据,2015 年五国的汽车产量占全球总产量的 62%,如图 1-1-5 所示。

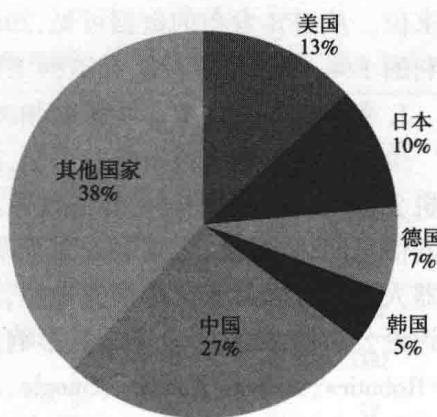
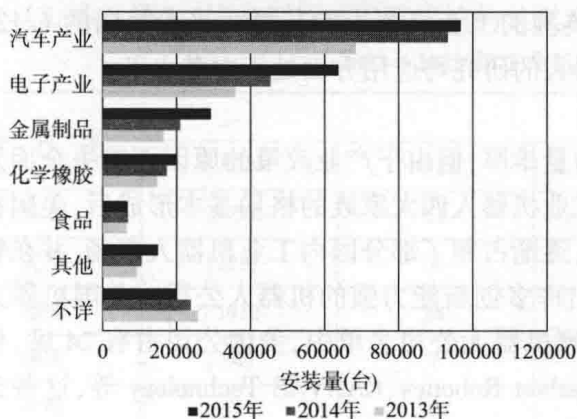


图 1-1-4 2013—2015 年全球工业机器人各行业应用情况

图 1-1-5 2015 年全球汽车生产量情况

近年来随着全球汽车产业发展速度放缓,在工业机器人发展增长最快的亚洲地区,电子产业对工业机器人的需求在 2015 年首次超过汽车产业,成为工业机器人用量最多的产业。根据相关数据,2015 年亚洲地区电子产业的工业机器人用量达到 54500 台,同比增长 41%,而汽车领域的用量仅增长 4%。同时,最近 5 年来电子信息产业领域的工业机器人用量已经翻番,有力地带动了全球工业机器人产业的发展。

2. 政府产业政策具有决定性影响

纵观各国工业机器人发展的历史,每个国家的产业政策对本国工业机器人产业发展的影响力是巨大的,甚至起决定性作用。以美国、日本、英国的对比为例,美国是工业机器人的诞生地,但没有成为领袖;后起的日本却成为工业机器人王国;而老牌的工业强国——英国,在工业机器人领域却鲜有人提起。

20 世纪六七十年代,美国失业率很高,政府因担心发展机器人会造成更多人失业,因此并未重点发展工业机器人产业,既未投入财政支持,也未组织研制机器人。美国企业在这样的政策引导下,也不愿冒险去应用或制造机器人,因而错过了发展良机,致使日本的工业机器人产业后来居上。

与美国相反,日本成为工业机器人王国在很大程度上得益于政府的大力扶持。日本在

引进美国技术的基础上,快速进行技术与大规模应用推广。多年来,日本政府一直积极推动和鼓励机器人的研制与应用。政府对中小企业采取了诸多经济优惠政策,如由政府银行提供优惠的低息资金,鼓励集资成立机器人长期租赁公司,公司出资购入机器人后长期租给用户,使用者每月只需支付较低廉的租金,这样一来就大大减轻了企业购入机器人所需的资金负担。此外,政府还出资免费对小企业进行应用机器人的专门知识和技术培训指导。2002年,日本企业开始实施“21世纪机器人挑战计划”,将机器人作为高端产业加以扶持。2004年,日本发布面向新产业的结构报告,将机器人列为重点产业。2005年,日本在制订的新兴产业促进战略中再次将机器人列为七大新兴产业之一。

英国作为老牌工业技术强国,在工业机器人研发与应用方面远远落后于德国、法国、瑞典、西班牙等国。20世纪70年代初,出于担心机器换人会带来社会失业等问题,英国科学研究委员会颁布了否定人工智能和机器人的报告,英国政府对工业机器人实施了限制发展的严厉措施。这个错误决策导致英国的机器人工业一蹶不振,使英国机器人工业几乎处于西欧末位。从IFR发布的数据可见,2015年英国的工业机器人安装量相当于德国的1/12、意大利的1/4、西班牙的1/2,在欧洲工业机器人的研究与应用方面处于中游水平。

3. 发展模式与技术基础密切相关

美国作为工业机器人的发源地,技术力量雄厚,但由于产业政策的原因而错失全面发展的机会,存在着重理论轻应用的现象。在工业机器人四大家族的格局基本形成后,美国在擅长的信息网络、视觉、力觉等方面予以加强,逐渐占领了部分国内工业机器人市场,并在智能机器人研发方面处于全球领先地位,涌现出许多创新能力强的机器人公司。美国机器人商业评论公布的2016年全球最具影响力50家机器人公司名单中,美国公司占有24席,包括3D Robotics、Aethon、Amazon、Google、ASI、Carbon Robotics、CANVAS Technology等,这些公司在机器人创新技术研究方面具备全球影响力。

日本作为全球工业机器人的领先者,依托在数控系统、伺服电动机等方面的优势,成为工业机器人全产业链推进的典范,各领域均有多家知名公司。在整机方面,发那科从研发数控系统起家,其数控系统的市场份额位居全球第一。安川成立于1915年,是一家有百年历史的企业,其伺服电动机与变频器的市场份额位居世界第一。松下公司以焊接机器人著称,川崎公司则在造船等行业应用表现突出。在减速器方面,纳博特斯克在中重负荷机器人上的RV减速器市场占有率高达90%。此外,哈默纳科、住友也是减速器的世界知名品牌。

韩国从日本发那科引进技术,开始研发工业机器人,利用其在半导体、电子等方面的技术优势,积极发展国产工业机器人产业并首先应用于本国的汽车与电子市场。韩国的工业机器人由现代重工牵头研发,而三星公司则是一家大型跨国与跨界公司,因此,目前在韩国出现了现代重工与三星双雄并进的独特现象。

德国的工业分工很细,制造业以严谨著称,赛威减速器、弗兰德减速器等都是世界知名的减速器品牌。德国工业机器人公司的零部件大部分是外购的,公司专注于具体细分行业的工业机器人集成及应用开发。2015年,德国库卡公司在汽车领域的工业机器人应用在全球市场排名第一。

中国在工业机器人领域基础研究能力相对较弱,走的是引进、消化吸收、再创新的道路。目前汽车、电子等应用领域的工业机器人由国外知名品牌垄断,国产机器人主要面向精度要

求不高的领域,如码垛、搬运、上下料等。中国未来要走自主创新的道路,必须突破工业机器人关键零部件的技术瓶颈。如今,中国已有一批从事工业机器人及核心零部件研发、生产与集成服务的上市公司,如新松、新时达、博实、汇川、秦川、巨轮等。

4. 技术创新是产业发展的重要保证

根据全球工业机器人 2003—2013 年专利分析的研究结果,各国技术创新主体最重视在所属地申请专利,工业机器人全球专利技术数量与来源国数据统计见表 1-1-1。日本是世界工业机器人技术的第一来源国和第一技术输出国,其次是美国与德国,它们是名副其实的工业机器人强国。在全球专利申请排名前 25 位的申请人中,日本企业占了 21 席,前 10 位公司是安川、发那科、本田、三菱重工、松下、索尼、丰田、东芝、电装与日立。其他国家的企业有瑞士 ABB,排名第 11 位;韩国三星,排名第 12 位;德国西门子与库卡,排名第 16 位与第 23 位;中国台湾鸿海,排名第 21 位。各企业申请量的排名在一定程度上反映了企业技术创新能力。从专利申请的情况,可大致看出各国在工业机器人技术领域中的研究差距。要保持技术与市场的领先,技术创新是不可或缺的关键环节。

2003—2013 年工业机器人全球专利

表 1-1-1

专 利 国	来 源 国				
	日本	中国	美国	德国	韩国
日本	31506	11	563	302	59
美国	2727	61	5204	649	217
德国	1412	68	1237	2569	124
韩国	845	7	198	92	3382
中国	558	927	118	84	29

日本工业机器人专利申请量的变化在很大程度上左右了全球工业机器人专利申请量的变化。从 20 世纪 80 年代初期起,日本就已成为全球第一大工业机器人专利受理国。进入 21 世纪,日本、美国、德国的工业机器人专利申请量均比之前有大幅提升,同时,韩国和中国等工业机器人新秀迅速崛起,全球工业机器人专利申请量进入新一轮快速增长期。

自 1961 年第一台工业机器人应用以来,全球工业机器人的数量不断增加。根据 IFR 的数据,全球工业机器人的保有量从 2014 年底的 1480800 台增长至 2018 年底的 2327000 台,在 2015—2018 年间达到年均 12% 的增长率。总体而言,全球目前已安装的工业机器人数量规模还不算很大,还有较大的发展空间。对于中国而言,工业机器人产业迎来了千载难逢的发展机遇,同时也正面临着极其残酷的全方位挑战。

任务二 工业机器人应用现状及发展趋势



任务目标

1. 知识目标

- (1) 列举工业机器人的分类;

(2) 描述工业机器人的应用现状;

(3) 掌握工业机器人的发展趋势。

2. 教学重点

工业机器人的发展趋势。

任务知识

一、工业机器人的分类



工业机器人是用于工业生产环境的机器人总称。我国的 GB/T 12643—2013 标准参照 ISO(国际标准化组织)、RIA(美国机器人协会)的相关标准,将其定义为:工业机器人是一种能够自动定位控制,可重复编程的、多功能的、多自由度的操作机,能搬运材料、零件或操持工具,用于完成各种作业。工业机器人的种类很多,其功能、特征、驱动方式、应用场合等参数不尽相同。目前,国际上还没有形成机器人的统一划分标准。

(一) 按用途和功能分类

根据工业机器人的用途和功能,可分为加工、装配、搬运、包装四类。在此基础上,还可对每类进行细分,见表 1-2-1。通过机器人的应用领域来划分机器人是最通俗易懂的方式。

2003—2013 年工业机器人分类

表 1-2-1

工业机器人	加工类	焊接机器人
		研磨抛光机器人
	装配类	装配机器人
		涂装机器人
	搬运类	输送机器人
		装卸机器人
	包装类	分拣机器人
		码垛机器人
		包装机器人

(二) 按机器人的结构特征

机器人的结构形式多种多样,典型运动特征要通过其坐标特性进行描述。按结构特征分类,工业机器人通常可以分为直角坐标机器人、柱面坐标机器人、球面坐标机器人(又称极坐标机器人)、多关节机器人以及并联机器人等,如图 1-2-1 所示。

1. 直角坐标机器人

直角坐标机器人是指在工业应用中,能够实现自动控制、可重复编程、在空间上具有相互垂直关系的、三个独立自由度的多用途机器人,其结构如图 1-2-2 所示。

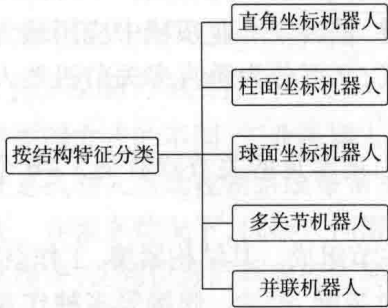


图 1-2-1 按机器人结构特征分类

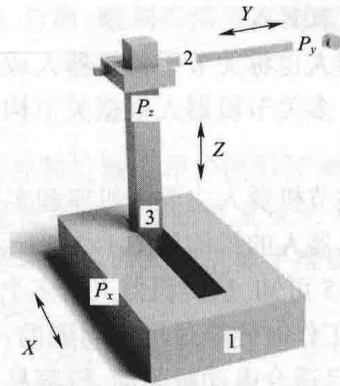


图 1-2-2 直角坐标机器人的结构

从图 1-2-2 中可以看出,机器人在空间坐标系中有三个相互垂直的移动关节 X 、 Y 、 Z ,每个关节都可以在独立的方向移动。

直角坐标机器人的优点是直线运动、控制简单;缺点是灵活性较差,自身占据空间较大。

目前,直角坐标机器人可以非常方便地用于各种自动化生产线中,可以完成诸如焊接、搬运、上下料、包装、码垛、检测、探伤、分类、装配、贴标、喷码、打码、喷涂、目标跟随以及排爆等一系列工作。

2. 柱面坐标机器人

柱面坐标机器人是指能够形成圆柱坐标系的机器人,如图 1-2-3 所示。其结构主要由一个旋转机座形成的转动关节和垂直、水平移动的两个关节构成。柱面坐标机器人末端执行器的位姿由参数 (Z, Y, θ) 决定。

柱面坐标机器人具有空间结构小、工作范围大、末端执行器速度快、控制简单、运动灵活等优点;其缺点是工作时,必须有沿 Y 轴线前后方向的移动空间,空间利用率低。

目前,柱面坐标机器人主要用于重物的装卸、搬运等工作。著名的 Versatran 机器人就是一种典型的柱面坐标机器人。

3. 球面坐标机器人

球面坐标机器人的结构如图 1-2-4 所示,一般由两个回转关节和一个移动关节构成。其轴线按极坐标配置, R 为移动坐标, β 是手臂在铅垂面内的摆动角度, θ 是绕手臂支承底座垂直轴的转动角度。这种机器人所有运动轨迹形成的表面是半球面,所以称为球面坐标机器人。

球面坐标机器人占用空间小,操作灵活且范围大,但运动学模型较复杂,难以控制。

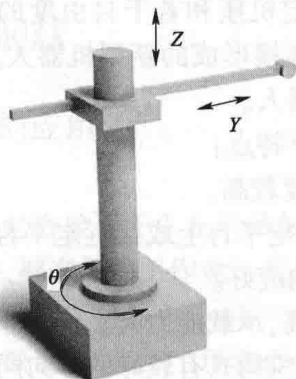


图 1-2-3 柱面坐标机器人的结构

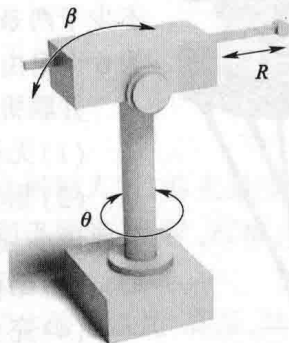


图 1-2-4 球面坐标机器人的结构

4. 多关节机器人

关节机器人也称关节手臂机器人或关节机械手臂,是当今工业领域中应用最为广泛的一种机器人。多关节机器人根据关节构造的不同形式,又可分为垂直多关节机器人和水平多关节机器人。

垂直多关节机器人主要由机座和多关节臂组成,目前常见的关节臂数是3~6个。某品牌六关节臂机器人的结构如图1-2-5所示。

由图1-2-5可知,这类机器人由多个旋转和摆动关节组成。其结构紧凑,工作空间大,动作接近人类,工作时能绕过机座周围的一些障碍物,对装配、喷涂、焊接等多种作业都有良好的适应性,且适合电动机驱动,较容易对关节进行密封防尘。目前,瑞士ABB、德国库卡、日本安川以及国内的一些公司都在研发这类产品。

水平多关节机器人也称为SCARA(Selective Compliance Assembly Robot Arm)机器人,其结构如图1-2-6所示。这类机器人一般具有4个轴和4个运动自由度,它的第一、二、三轴都具有转动特性,而第四轴则具有线性移动的特性。此外,第三轴和第四轴还可以根据工作要求,形成多种不同的形态。

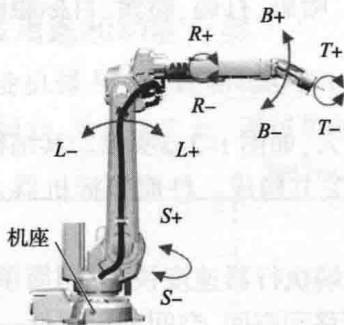


图1-2-5 六关节臂机器人的结构

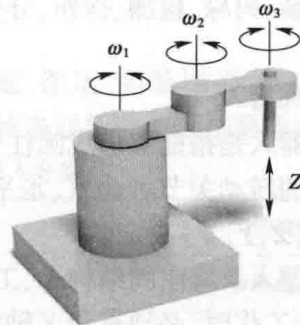


图1-2-6 水平多关节机器人的结构

水平多关节机器人的特点是作业空间与占地面积比很大,使用方便;在垂直升降方向的刚性好,尤其适合平面装配作业。

目前,水平多关节机器人广泛应用于电子产品工业、汽车工业、塑料工业、药品工业和食品工业等领域,用以完成搬取、装配、喷涂和焊接等操作。

5. 并联机器人

并联机器人因其形似八脚蜘蛛所以又被称为蜘蛛手机器人,是近年来发展起来的一种机器人。它是一种由固定机座和若干自由度的末端执行器,以不少于两条独立运动链连接形成的新型机器人。图1-2-7所示为6个自由度的并联机器人。

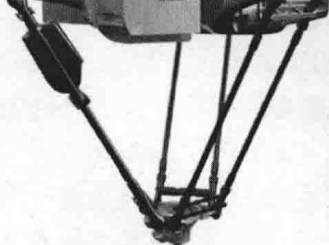


图1-2-7 并联机器人

并联机器人具有以下特点:

- (1) 无积累误差,精度较高。
- (2) 驱动装置可置于定平台上或接近定平台的位置;运动部分质量小,速度快,动态响应好。
- (3) 结构紧凑,刚度高,承载能力大。
- (4) 完全对称的并联机构具有较好的各向同性。
- (5) 工作空间较小。

并联机器人广泛应用于装配、搬运、上下料、分拣、打磨、雕刻等需要高刚度、高精度或者大负载而无须很大工作空间的场合。

(三) 按控制方式划分

根据控制方式的不同,工业机器人可以分为伺服控制机器人和非伺服控制机器人两种。伺服系统是机器人运动控制系统最常见的方式,它是指精确地跟随或复现某个过程的反馈控制系统。在很多情况下,机器人伺服系统的作用是驱动机器人的机械手准确地跟随系统输出位移指令,达到位置的精确控制和轨迹的准确跟踪。

伺服控制机器人又可细分为连续轨迹控制机器人和点位控制机器人。点位控制机器人的运动为空间中点到点之间的直线运动。连续轨迹控制机器人的运动轨迹则可以是空间的任意连续曲线。

(四) 按驱动方式划分

根据能量转换方式的不同,工业机器人驱动类型可以划分为气压驱动、液压驱动、电力驱动和新型驱动四种类型。

1. 气压驱动

气压驱动机器人是通过压缩空气来驱动执行机构的。这种驱动方式的优点是空气来源方便,动作迅速,结构简单。缺点是工作的稳定性与定位精度不高,抓力较小,所以常用于负载较小的场合。

2. 液压驱动

液压驱动机器人是通过使用液体油液来驱动执行机构的。与气压驱动相比,液压驱动机器人具有大得多的负载能力,其结构紧凑,传动平稳,但液体容易泄漏,不宜在高温或低温场合作业。

3. 电力驱动

电力驱动机器人是通过利用电动机产生的转矩驱动执行机构的。目前,越来越多的机器人采用电力驱动的驱动方式,电力驱动的特点是易于控制,运动精度高,成本低。

电力驱动又可分为步进电动机驱动、直流伺服电动机驱动及无刷伺服电动机驱动等方式。

4. 新型驱动

伴随着机器人技术的发展,出现了利用新的工作原理制造的新型驱动器,如静电驱动器、压电驱动器、形状记忆合金驱动器、人工肌肉及光驱动器等。

二、应用现状

(一) 产品的应用

1. 加工类

加工机器人是直接用于工业产品加工作业的工业机器人,目前主要应用于焊接、切割、折弯、冲压、研磨、抛光等加工作业。此外,也有部分用于建筑、木材、石材、玻璃等行业进行切割、研磨、抛光的加工机器人。

焊接、切割、研磨、抛光加工环境恶劣,加工时所产生的强弧光、高温、烟尘、飞溅、电磁干扰等都不利于人体健康。这些行业采用机器人自动作业,不仅可改善工作环境,避免加工过

