



“十二五”江苏省高等学校重点教材

焊接机器人 技术与系统

HANJIE JIQIREN
JISHU YU XITONG

黎文航 王加友 周方明 编著

2-43



国防工业出版社

National Defense Industry Press

“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2015-2-019)

焊接机器人技术与系统

黎文航 王加友 周方明 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

随着“中国制造 2025”的提出,新一代信息技术与制造业深度融合。焊接机器人作为信息、制造、智能化等技术相结合的产物,是“中国制造 2025”的重要组成部分。目前焊接机器人产业在中国蓬勃发展,对焊接人才培养也提出新需求。本书是使本科毕业生掌握焊接机器人的基础知识,具备从事焊接机器人应用的基本技能而编写的教材。

本书主要介绍焊接机器人技术与系统。全书共分为 10 章,内容涵盖焊接机器人系统组成、机器人运动学、机器人驱动器、机器人轨迹规划与编程、焊接机器人传感技术、焊接机器人通信和系统集成、焊接机器人配置、焊接机器人工作站等内容。本书还利用 ABB 公司的 RobotStudio 离线编程仿真软件实现相关技术的仿真和应用。

本书可作为大学本科“焊接”、“材料成型及控制工程”(焊接方向)专业相关课程的教材,硕士研究生“材料加工工程”专业相关课程的参考资料,焊接工程师的培训教材,还可以供焊接及相关学科教师和工程技术人员从事教学、科研与技术开发工作的参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接机器人技术与系统/黎文航,王加友,周方明

编著. —北京:国防工业出版社,2015. 12

“十二五”江苏省高等学校重点教材

ISBN 978 - 7 - 118 - 10578 - 0

I. ①焊… II. ①黎… ②王… ③周… III. ①焊接
机器人—高等学校—教材 IV. ①TP242. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 313574 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16¼ 字数 390 千字

2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 43.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

随着“中国制造 2025”的提出,新一代信息技术与制造业深度融合。焊接机器人作为信息、制造、智能化等技术相结合的产物,是“中国制造 2025”的重要组成部分。目前,随着人口红利下降,人力成本提升,机器人在中国得到飞速的推广和应用。国际机器人联合会(IFR)统计显示,2005—2012 年全球工业机器人的年均销售增长率为 9%,同期中国工业机器人的年均销售增长率达到 25%。目前中国的机器人密度(每万名工人所拥有的工业机器人数量)仍旧处于较低水平。中国大陆机器人密度仅为 21,与发达国家和地区相差 8~10 倍。

2013 年 12 月 30 日,工信部发布《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》,提出到 2020 年,形成较为完善的工业机器人产业体系,培育 3~5 家具有国际竞争力的龙头企业和 8~10 个配套产业集群;工业机器人行业和技术企业的技术创新能力与国际竞争能力明显增强,高端产品市场占有率提高到 45% 以上,机器人密度达到 100 以上,基本满足国防建设、国民经济和社会发展的需要。

焊接作业环境的恶劣,使新一代产业工人不愿从事焊接职业,培训一名成熟焊工的成本越来越高。焊接产品的质量要求提升和产品升级速度加快,传统手工焊接作业方式已经难以满足焊接产品制造的自动化、柔性化要求。焊接制造业用工难、用工贵和提高产品质量的现实需求使得“机器换人”成为焊接制造行业转型升级的必然发展思路。随着机器人制造技术的成熟,购置与维护成本的相对降低,焊接机器人应用已从知识密集型企业、产品附加值较高的领域以及对产品质量要求高的行业逐渐延伸到劳动密集型的低附加值产业。机器人在焊接制造中的应用正呈现高速增长态势,“厂厂都有机器人,家家都有机器人”的时代就要到来。焊接机器人约占工业机器人应用的 50%,焊接机器人技术也在焊接相关领域得到飞速发展,由此对相关人才的需求愈加迫切。

目前,焊接机器人的专业书籍越来越多,但主要面向高职高专或侧重于某方面(如操作、虚拟仿真、智能化)的应用,面向焊接本科专业的合适教材较少。本书作为这方面的尝试,主要考虑焊接技术与工程本科专业学生的特点,首先,使学生了解焊接机器人学方面的基本原理,但不过分追求机器人设计和制造;其次,使学生能掌握焊接机器人传感器、驱动器、系统集成、离线编程等方面的实用知识,能满足企业的用人需求;再次,利用 ABB 的虚拟仿真软件——RobotStudio,实现对焊接机器人应用各环节的仿真,在不增加实际机器人成本的情况下,提高学生的教学效果;最后,本书的目的主要是使学生掌握用机器人解决焊接问题的思想、原理和应用,故对机器人安装、维护等内容涉及较少。

本书分为 10 章,由江苏科技大学黎文航副教授、王加友教授、周方明教授主编,最后由上海

交通大学陈善本教授主审。编写人员分工:绪论、第4章、第8章由黎文航副教授编写,并负责全书统稿;第6章、第9章由王加友教授编写;第2章、第3章由周方明教授编写;第5章、第7章由江苏科技大学陈书锦副教授编写;第10章由江苏科技大学朱杰实验师编写。

感谢北人机器人系统(苏州)有限公司林涛博士、马宏波博士为本书提供了丰富的素材。感谢研究生贾海峰、王益荣在本书图形绘制、文字校对方面付出的努力。

由于作者水平有限,书中难免存在一些问题和不妥之处,希望广大读者批评指正。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 焊接自动化与焊接机器人	1
1.2 工业机器人的概念和发展	2
1.2.1 工业机器人发展历程	2
1.2.2 工业机器人发展趋势	4
1.3 工业机器人的组成	4
1.3.1 与人手臂、起重机械的比较	4
1.3.2 机器人的结构组成	5
1.4 工业机器人的特点	6
1.5 工业机器人性能参数	7
1.6 工业机器人的分类	9
1.6.1 按机器人结构形式	9
1.6.2 按机器人控制方式	11
1.7 学习本课程的目的和要求	12
1.8 复习思考题	12
第2章 焊接机器人系统概述	13
2.1 焊接机器人系统的组成	13
2.1.1 机器人操作机	13
2.1.2 机器人固定或运动装置	15
2.1.3 变位机	15
2.1.4 机器人控制器	16
2.1.5 焊接系统	17
2.1.6 焊接传感器	19
2.1.7 中央控制计算机	19
2.1.8 示教器	19
2.1.9 安全设备	20

2.2	点焊机器人	20
2.3	弧焊机器人	21
2.4	焊接离线编程软件	22
2.4.1	离线编程技术的发展	23
2.4.2	弧焊离线编程系统实用化技术研究趋势	24
2.5	ABB RobotStudio 机器人仿真软件	25
2.5.1	RobotStudio 功能简介	25
2.5.2	软件安装	26
2.5.3	软件环境简介	27
2.5.4	焊接机器人仿真工作站构建	30
2.6	复习思考题	40
第3章	机器人运动学	41
3.1	运动学基础	41
3.1.1	机器人工作站中的坐标系	41
3.1.2	工业机器人位姿描述	45
3.2	齐次变换及运算	48
3.2.1	纯平移变换的表示	48
3.2.2	纯绕轴旋转变换的表示	50
3.2.3	复合变换的表示	51
3.2.4	相对于运动坐标系的变换	52
3.2.5	机器人中的变换矩阵	53
3.3	机器人的正逆运动学	54
3.3.1	机器人正运动学方程的 D-H 表示法	54
3.3.2	机器人的逆运动学解	57
3.3.3	机器人的退化和灵巧特性	58
3.4	微分运动和速度	59
3.4.1	雅可比矩阵	59
3.4.2	坐标系的微分运动	60
3.4.3	机器人的微分运动	62
3.5	机器人操作臂动力学	63
3.6	RobotStudio 中构建常用坐标系	63
3.6.1	工件坐标系的构建	63
3.6.2	工具坐标系的构建	67
3.6.3	工具数据的构建	73

3.7 复习思考题	74
第4章 机器人驱动器	75
4.1 驱动系统的性能	75
4.2 液压驱动器	76
4.3 气压驱动器	77
4.4 电气驱动器	78
4.4.1 步进电机及其控制	78
4.4.2 直流伺服电机及其控制	79
4.4.3 交流伺服电机及其控制	80
4.4.4 直线电机及其控制	81
4.4.5 电机的减速机构	83
4.5 复习思考题	85
第5章 焊接机器人轨迹规划与编程	86
5.1 轨迹规划	86
5.2 关节空间插补	87
5.3 直角坐标空间插补	93
5.3.1 定时插补与定距插补	93
5.3.2 直线插补	94
5.3.3 圆弧插补	95
5.4 焊接机器人规划技术	97
5.5 机器人在线编程	98
5.5.1 数据类型	101
5.5.2 编程指令	102
5.5.3 示教编程的准备	108
5.5.4 示教器编程	116
5.5.5 离线编程与仿真的流程	120
5.5.6 RobotStudio 的轨迹规划	121
5.6 复习思考题	133
第6章 机器人传感器技术	134
6.1 机器人常用传感器的分类	134
6.2 机器人内部传感器	135
6.2.1 位移传感器	135

6.2.2	角数字编码器	136
6.3	机器人外部传感器	137
6.3.1	外部传感器结构与接口	137
6.3.2	力或力矩传感器	138
6.3.3	触觉传感器	140
6.3.4	接近觉传感器	140
6.3.5	焊接电弧传感器	143
6.3.6	焊接机器人接触传感器	150
6.3.7	视觉传感器	152
6.4	ABB 虚拟仿真监控	162
6.4.1	防碰撞检测	162
6.4.2	TCP 跟踪	164
6.5	复习思考题	165
第7章	焊接机器人的通信与系统集成	166
7.1	焊接机器人系统集成流程	166
7.2	ABB 机器人的通信方式	167
7.2.1	ABB 常用的通信方式及特点	167
7.2.2	机器人系统集成常用通信方式	171
7.3	机器人系统的连接	172
7.4	焊接机器人系统的设置	178
7.4.1	机器人 I/O 信号的处理	180
7.4.2	程序编程	184
7.5	复习思考题	185
第8章	焊接机器人的配置	186
8.1	焊接机器人的效益分析	186
8.2	焊接自动化方式的选择——适度自动化	189
8.3	焊接机器人的配置	190
8.3.1	机器人制造和集成厂商	190
8.3.2	焊接机器人配置方式	190
8.4	焊接机器人本体的选择	191
8.5	弧焊机器人系统焊接装备的选择	193
8.5.1	弧焊电源的选择	193
8.5.2	送丝机的选择	194

8.6	点焊机器人系统焊接装备的选择	196
8.7	外围设备	198
8.7.1	工作台变位机	198
8.7.2	机器人移动装置	206
8.8	复习思考题	207
第9章	焊接机器人工作站	208
9.1	简易焊接机器人工作站	208
9.1.1	简易弧焊机器人工作站	208
9.1.2	简易点焊机器人工作站	209
9.2	变位机与焊接机器人组合的工作站	209
9.2.1	回转工作台+弧焊机器人工作站	210
9.2.2	旋转-倾斜变位机+弧焊机器人工作站	211
9.2.3	导轨多工位机器人工作站	215
9.2.4	翻转变位机+弧焊机器人工作站	219
9.2.5	焊接机器人与周边设备作协调运动的工作站	220
9.3	双机器人协调运动的工作站	220
9.3.1	ABB 虚拟环境机器人系统的构建	221
9.3.2	示教目标点	222
9.3.3	焊接路径的构建	223
9.4	焊接机器人工作站实例	226
9.4.1	实例背景	226
9.4.2	机器人工作站构建	227
9.4.3	焊接机器人编程	230
9.4.4	焊接工艺试验	233
9.5	安全措施	236
9.6	复习思考题	237
第10章	其他焊接机器人介绍	238
10.1	曲面(线)焊接机器人	238
10.1.1	简单曲面(线)焊接机器人	238
10.1.2	复杂曲面(线)焊接机器人	239
10.2	遥控焊接机器人	241
10.2.1	遥控机器人的应用场合	241
10.2.2	遥控焊接的特点	243

10.2.3 典型遥控焊接机器人	244
10.3 水下焊接机器人	245
10.4 复习思考题	246
参考文献	247

1.1 焊接自动化与焊接机器人

焊接是制造业中最重要的工艺技术之一。它在机械制造、核工业、航空航天、能源交通、石油化工、建筑和电子等行业中的应用越来越广泛。随着科学技术的发展,焊接已从简单的构件连接方法和毛坯制造手段发展成为制造行业中一项基础工艺和生产尺寸精确的制成品的生产手段。传统的手工焊接已不能满足现代高技术产品制造的质量、数量要求。因此,保证焊接产品质量的稳定性、提高生产率和改善劳动条件已成为现代焊接制造工艺发展亟待解决的问题。电子技术、计算机技术、数控及机器人技术的发展为焊接过程自动化奠定了十分有利的技术基础,并已渗透到焊接各领域。

焊接自动化生产过程包括由备料、切割、装配、焊接、检验等工序组成的一个焊接产品生产全过程的自动化。只有实现了这一全过程的机械化和自动化,才能得到稳定的焊接产品质量和均衡的生产节奏,同时获得较高的劳动生产率。目前,焊接专机和焊接机器人是焊接自动化的主要标志。焊接机器人突破了焊接刚性自动化的传统方式,开拓了一种柔性自动化生产方式。刚性自动化设备通常都是专用的,只适用于中、大批量产品的自动化生产,因而在中、小批量产品的焊接生产中,手工焊仍是主要的焊接方式,而焊接机器人使小批量产品自动化焊接生产成为可能。比如目前大量应用的示教再现型机器人,完成一项焊接任务只需要人给它做一次示教,即可精确地再现示教的每一步操作。如果机器人去做另一项工作,无须改变任何硬件,只要对它再做一次示教即可。因此,在一条焊接机器人生产线上,可同时自动生产若干种焊件。

焊接作业环境的恶劣,使新一代产业工人不愿从事焊接职业,培训一名成熟焊工的成本越来越高。焊接产品的质量要求提升和产品升级速度加快,传统手工焊接作业方式已经难以满足焊接产品制造的自动化、柔性化要求。焊接制造业用工难、用工贵和提高产品质量的现实需求使得“机器换人”成为焊接制造行业转型升级的必然发展思路。随着机器人制造技术的成熟,购置与维护成本的相对降低,焊接机器人应用已从知识密集型企业、产品附加值较高的领域以及对产品质量要求高的行业逐渐延伸到劳动密集型的低附加值产业。机器人在焊接制造中的应用正呈现高速增长态势,“厂厂都有机器人,家家都有机器人”的时代就要到来。当前工业机器人应用中,焊接机器人的应用大约占到一半。焊接机器人应用可以带来如下好处:

- (1) 稳定和提高焊接质量,保证其均匀性;
- (2) 提高劳动生产率,可 24h 连续生产;
- (3) 改善工人劳动条件,可在有害环境下工作;

- (4) 降低对工人操作技术的要求;
- (5) 缩短产品改型换代的准备期,减少相应的设备投资;
- (6) 可实现小批量产品的焊接自动化;
- (7) 能在空间站建设、核能设备维修、深水焊接等极限条件下完成人工难以进行的焊接作业;
- (8) 为焊接柔性生产线提供技术基础。

目前,国内外大量应用的焊接机器人系统基本都属于示教再现型。由于焊接路径和焊接参数是根据实际作业条件预先设置的,在焊接时缺少外部信息传感和实时调整控制的功能,这类弧焊机器人对焊接作业条件的稳定性要求严格,焊接过程中缺乏“柔性”和适应性,表现出明显的缺点。在实际焊接过程中,焊接条件是经常变化的,如加工和装配上的误差会造成焊缝位置和尺寸的变化,焊接过程中工件受热及散热条件的改变会造成焊接变形和熔透不均。为了克服机器人焊接过程中各种不确定性因素对焊接质量的影响,提高机器人作业的智能化水平和工作的可靠性,要求弧焊机器人系统不仅能实现空间焊缝的自动实时跟踪,而且还能实现焊接参数的在线调整和焊接质量的实时控制,即所谓的焊接过程的自主化和智能化。

焊接产业正经历转型升级,高端装备和重大工程的需求正推动传统的焊接产业向自动化和智能化的先进制造模式转变。焊接过程智能控制系统除去对焊接设备本身性能的要求外,还要加强对焊接过程传感、焊接过程建模和焊接过程控制三方面关键技术的开发。

智能焊接机器人系统是通用机器人技术和焊接自动化技术的高度融合。智能焊接机器人系统对待焊件制备质量及装配精度具有较高要求。将焊接环境、初始焊接位置(简称焊位,下同)识别与导引、焊缝识别与焊接任务自主规划、焊缝跟踪、焊接熔池视觉特征提取、焊接过程知识模型、焊接熔池动态过程与焊缝成形智能控制等结果集成到焊接机器人中央控制平台,可形成局部环境下的智能化自主机器人焊接系统。目前,国内智能焊接机器人系统多处于局部智能化发展阶段。

随着先进制造技术的发展,实现焊接产品制造的自动化、柔性化与智能化已成为必然趋势。

1.2 工业机器人的概念和发展

焊接机器人是从事焊接(包括切割与喷涂)的工业机器人。根据国际标准化组织(ISO)工业机器人术语标准,工业机器人是一种多用途的、可重复编程的自动控制操作机(Manipulator),具有三个或更多可编程的轴,用于工业自动化领域。为了适应不同的用途,机器人最后一个轴的机械接口,通常是一个连接法兰,可接装不同工具(也称为末端执行器)。焊接机器人就是在工业机器人的末端法兰盘上装接焊钳或焊(割)枪,使之能进行焊接、切割等工作。

迄今机器人已达上百种,已从最初的制造业扩展到军事、服务、娱乐等各行各业,作业范围延伸到水下、空间、越野、核环境、救灾以及恐怖环境等,已逐步实现用机器人取代人类从事精确、疲劳、危险的劳作的理念和计划。

1.2.1 工业机器人发展历程

机器人的发展史可以追溯到20世纪20年代,1920年捷克作家Karel Capek出版了一本科幻小说*Rossum's Universal Robots*,书中叙述了一家公司发明并制造了一批形状像人类的机器,能

听命于人并代替人进行日常劳动,这些人造劳动者被取名为捷克语“Robota”,意为“苦力”或“劳役”,英语“Robot”一词由此产生。

乔治·戴沃尔最早提出了工业机器人的概念,并在1954年申请了专利(1961年专利获批)。1956年,戴沃尔和约瑟夫·恩盖尔伯格基于戴沃尔的原先专利,合作建立了Unimation公司。1959年Unimation公司的第一台工业机器人(图1-1)在美国诞生,开创了机器人发展的新纪元。而后又出现了型号为“Versatran”(意为“多才多艺”)机器人。这两种型号的机器人以“示教再现”的方式在汽车生产线上成功地代替工人进行传送、焊接、喷漆等作业,机器人在工业生产中表现出来的效益、可靠性、灵活性为世人瞩目。

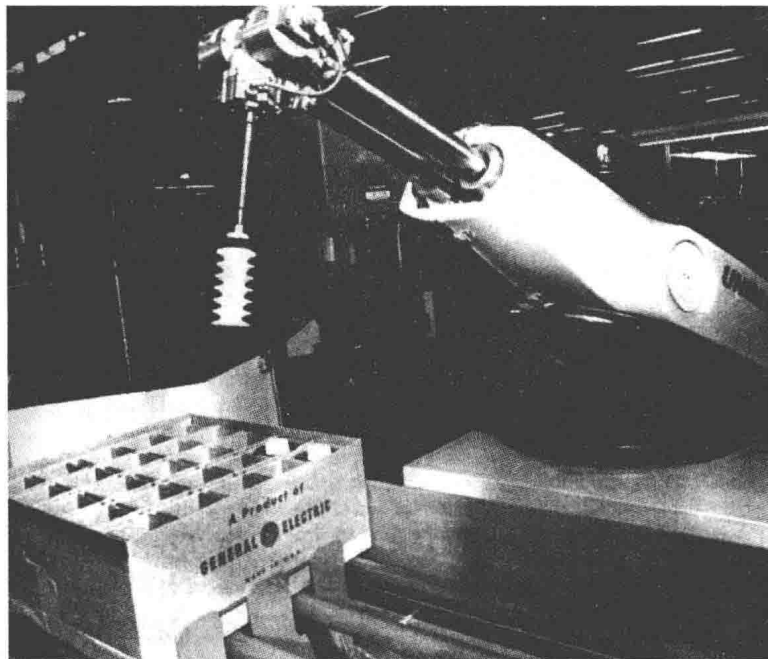


图1-1 第一台机器人样机

后来,Unimation公司将其技术授权给川崎重工和GKN,分别在日本和英国生产Unimates工业机器人。

1969年维克多·沙因曼在斯坦福大学发明了斯坦福手臂——全电动、6轴关节型机器人,用于提供手臂式的解决方案。它能准确地实现空间任意路径,使机器人能用于更复杂的领域,如装配和焊接。

工业机器人在欧洲发展得相当快,1973年ABB机器人公司和库卡机器人(KUKA)公司就把机器人带入市场。

20世纪70年代末,许多美国公司因为对机器人产生浓厚兴趣而进入该领域,其中包括通用电气、通用汽车公司(它与日本FANUC Ltd. 合资成立FANUC机器人)等大型公司。1978年美国Unimation公司推出通用工业机器人PUMA,这标志着工业机器人技术已经完全成熟。PUMA至今仍然工作在工厂第一线。

70年代后期,在几家大型日本企业集团开始生产类似的工业机器人之后,日本公司逐渐在机器人领域占据统治位置。只有少数的非日本公司最终在这个市场中生存下来,其中主要有:美国Adept技术公司,法国Stäubli-Unimation公司,瑞典-瑞士的ABB公司,德国库卡(KUKA)公

司与意大利柯马(Comau)公司。

2006年6月,微软公司推出 Microsoft Robotics Studio,机器人模块化、平台统一化的趋势越来越明显。

21世纪初,全世界遭遇经济危机,机器人产业可说是目前国际上少有的高增长产业之一。国际机器人联合会(IFR)统计显示,2005—2012年全球工业机器人的年均销售增长率为9%。2011年国际机器人市场销售了约16.6万台机器人,比2009年增长了38%,销售额达到85亿美元,增长了46%。如果加上机器人的系统集成和周边的设备,这个市场总值可以达到255亿美元,增长迅速。中国的机器人市场增长也十分迅猛,2010年就比2009年增长了一倍多,2011年则比2010年增长50%以上。2013年,中国市场共销售工业机器人近3.7万台,约占全球销量的1/5,总销量超过日本,成为全球第一大机器人市场。

中国目前的机器人密度(每万名工人所拥有的工业机器人数量)仍旧处于较低水平。2011年,中国大陆机器人密度仅为21,与发达国家和地区相差8~10倍。2013年,工信部发布《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》,提出到2020年,形成较为完善的工业机器人产业体系,培育3~5家具有国际竞争力的龙头企业和8~10个配套产业集群;工业机器人行业和企业的技术创新能力与国际竞争能力明显增强,高端产品市场占有率提高到45%以上,机器人密度达到100以上,基本满足国防建设、国民经济和社会发展需要。

目前中国的机器人市场,90%还是由跨国公司占有,尤其是ABB、FANUC、YASKAWA和KUKA四大企业,它们在上海都设有制造或是系统集成公司。中国机器人企业任重道远。

1.2.2 工业机器人发展趋势

从20世纪60年代诞生和发展到现在,工业机器人可大致分为以下三代。

第一代是指基于示教再现工作方式的工业机器人,由于其具有操作简便、不需要环境模型、示教时可修正机械结构带来的误差等特点,在工业生产中得到大量使用。

第二代是指基于一定传感器信息的离线编程工业机器人,得益于工业传感器技术和离线编程技术的不断改进,这类机器人已进入应用研究阶段。

第三代是指装有多种传感器,接收作业指令后能根据客观环境自行编程的高度适应性智能工业机器人,由于人工智能技术的发展相对滞后,这一代机器人还处于试验研究阶段。

智能化是机器人的一个发展趋势,其目的是提高机器人自主决策水平,更好地应对各种情况。但是机器人的完全智能化是一项艰巨的任务,目前还在努力当中。本书主要针对第一代和第二代机器人。

1.3 工业机器人的组成

1.3.1 与人手臂、起重机械的比较

工业机器人主要是以可编程机械臂为代表。而可编程机械臂与人的手臂具有很好的类似性。表1-1列出了机械臂与人手臂的比较。可以看出,工业机器人的机械臂是模仿人的结构,采用计算机控制器来实现思维与运算功能,采用机械本体和动力装置实现运动功能,采用各种

传感器实现对周围环境的感知。

表 1-1 机械臂与人手臂的比较

比较对象	人手臂	机械臂
决策机构	大脑	中央处理器 CPU
运动机构	骨骼 + 关节	连杆 + 关节运动副/直线运动副
传感系统	五官,触觉	内部传感器,外部传感器
操作机构	手	工具或末端执行器
运动控制	小脑	运动控制器
动力装置	肌肉	驱动器(电机、气压、液压)

此外,机器人操作臂与起重机也有很多类似之处,见表 1-2。

表 1-2 机器人操作臂和起重机的比较

相似之处	具有许多连杆,这些连杆通过关节依次连接; 关节由驱动器驱动(如电机驱动); 末端工具都能到达工作空间的任何位置,并承载一定的负荷; 都用一个中央控制器控制驱动器,实现工具运动
不同之处	起重机由人来控制运动控制器; 机器人由计算机来控制运动控制器

1.3.2 机器人的结构组成

综合上述比较可以看出,工业机器人(图 1-2)作为一个系统主要由以下部分组成。

(1) 机械臂:这是机器人的主体部分,也称作机器人本体或操作臂,由连杆、活动关节以及其他结构部件构成。一般工业机器人有 6 个自由度。前三个称为手臂机构,后三个称为手腕机构。手臂的作用是被抓取的工件运送到给定的位置上。机器人的手腕是手臂和末端工具之间的衔接部分,用于改变工具在空间的位置和姿态(简称位姿以下),手腕的结构一般比较复杂,直接影响机器人的灵巧性。

(2) 运动控制器:运动控制器类似于人的小脑,即控制机器人的运动。机器人运动控制器从计算机获取数据,并控制驱动器的动作,并与传感器反馈信息一起协调机器人的运动。

(3) 末端执行器:末端执行器通常也称为工具,它连接在机械臂末端法兰盘上,用来完成不同作业。如焊接机器人的末端执行器就是安装焊枪或焊钳,完成相应的焊接任务。通常,末端执行器的动作由机器人直接控制,也可由其他控制器(如 PLC)进行控制。

(4) 驱动器:驱动器是机械臂的“肌肉”。常见的驱动器有伺服电机、步进电机、气缸及液压缸等。

(5) 传感器:传感器用于收集机器人内部状态信息或与外部环境进行通信。集成在机器人内部的传感器将每个关节和连杆的信息发送给控制器,控制器能获知机器人状态。机器人配置有很多外部传感器,如视觉传感、电弧传感,以提高机器人对环境的适应性。

(6) 处理器:处理器是机器人的大脑,用来计算机器人关节的运动,确定每个关节应移动多少、多快才能达到预期的速度和位置,并且监控运动控制器与传感器协调动作。处理器通常都是一台计算机。值得注意的是,在许多系统中,运动控制器和处理器放置于一个单元中,但它们

有各自的功能。用户在使用中,一般不用严格区分两者的使用和功能,故本文除非特别说明,用“机器人控制器”统称运动控制器、处理器及相关装置。

(7) 软件:用于机器人的软件大致有3种:①操作系统,用来操作计算机;②机器人软件,进行运动学计算;③例行程序集合和应用程序,是为使用机器人外部设备而开发的(如视觉通用程序),或是为执行特定任务而开发的(如焊缝跟踪)。

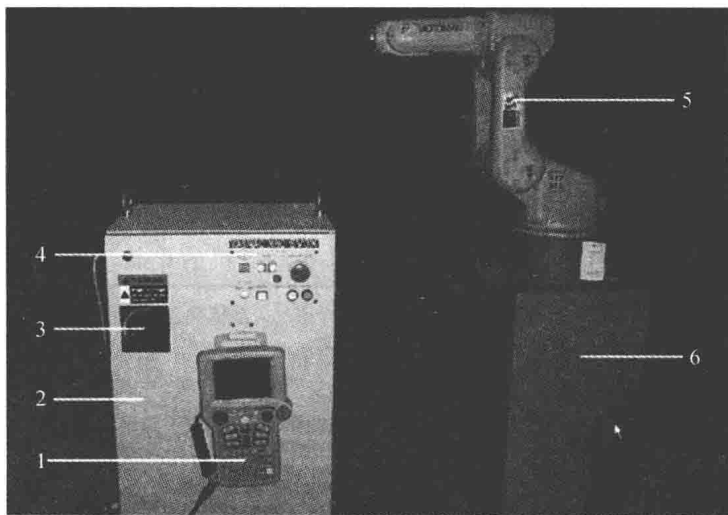


图 1-2 工业机器人系统组成

1—示教器;2—控制柜;3—控制开关;4—控制按钮;5—机械臂;6—底座。

1.4 工业机器人的特点

工业机器人具有以下特点。

(1) 通用性:机器人的通用性取决于它的几何特性和机械能力,即指执行不同功能完成同一任务的能力和完成多样不同简单任务的能力。或者说在机械结构上允许机器人执行不同的任务或以不同的方式完成同一任务。

影响机器人通用性的因素有两个:一个是机器人自由度;另一个是末端执行器的结构和操作能力。

(2) 适应性:机器人的适应性是指其对环境的自适应能力,即要求所设计的机器人能够自我执行并适应未经完全指定的任务,而不管任务执行过程中是否发生了没有预计到的环境变化。这一能力要求机器人具有人工知觉,即能感知周围环境。在这个层次上,机器人运用它的下述能力:

- ① 使用传感器感测环境的能力;
- ② 分析任务空间和执行操作规划的能力;
- ③ 自动指令模式的能力。

根据具体作业对象不同,机器人主要考虑以下三种适应性。

- ① 点适应性:即如何找到点的位置;