

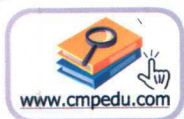


“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定
全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育教学改革精品教材

焊接机器人 操作技术

HANJIE JIQIREN CAOZUO JISHU

乌日根 主编



赠 电子 课 件

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定
全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育教学改革精品教材

焊接机器人操作技术

主 编 乌日根
副主编 李林贺
参 编 安普光 孙 辉 吴久林
主 审 韩永全



机械工业出版社

本教材为“十二五”职业教育国家规划教材,经全国职业教育教材审定委员会审定。全书除绪论外共分6章,第1章根据国内外焊接机器人现状和发展趋势,重点讲述工业机器人的种类、构成及应用,并对弧焊机器人和点焊机器人做了简要介绍;第2章讲述焊接机器人的安全操作;第3、4、5章以Panasonic焊接机器人为对象,讲述焊接机器人在线编程操作、综合实训及典型接头机器人焊接实例;第6章以Panasonic焊接机器人DTPS系统为例,讲述焊接机器人离线编程的各项操作。每章都有综合练习,书末附有部分综合练习答案。

本教材在编写过程中,以“基本操作技术”为主线,将在线编程操作和离线编程操作相结合,围绕编程、机器人移动操作、施焊及安全操作,合理安排综合实训、工程实例等内容,使学生掌握生产一线焊接机器人操作的基本技能。全书图文并茂,实用性强,便于组织“工学结合、理实一体化”教学。

本教材根据教育部高职高专教育的指导思想和高等职业教育教学改革和培养目标编写,适合高职院校焊接专业学生使用,也可供焊接机器人操作者和焊接自动控制技术人员使用。

本教材配有电子课件,凡使用本教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网(<http://www.cmpedu.com>)下载,或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

焊接机器人操作技术/乌日根主编. —北京:机械工业出版社,2016.6

“十二五”职业教育国家规划教材 经全国职业教育教材审定委员会审定 全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材 高等职业教育教学改革精品教材

ISBN 978-7-111-53836-3

I. ①焊… II. ①乌… III. ①焊接机器人—高等职业教育—教材
IV. ①TP242.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第111343号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:边萌 责任编辑:边萌 邹云鹏

责任校对:赵蕊 封面设计:鞠杨

责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2016年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10.25印张·245千字

0 001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-53836-3

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材经过机械工业出版社选题立项、申报,由教育部专家组评审确定为“十二五”职业教育国家规划教材,又被机械工业教育发展中心评为全国机械行业高等职业教育“十二五”规划教材。教材根据教育部高职高专教育的指导思想和高等职业教育教学改革和培养目标编写,适合高职院校焊接专业学生使用,也可供从事焊接自动控制技术的人员使用。

本教材共6章:第1章根据国内外焊接机器人现状和发展趋势,重点讲述工业机器人种类、构成及应用,并对弧焊机器人和点焊机器人做了简要介绍;第2章讲述焊接机器人的安全操作;第3、4、5章以Panasonic焊接机器人为对象,讲述焊接机器人在线编程操作、综合实训及典型接头机器人焊接实例;第6章以Panasonic焊接机器人DTPS系统为例,讲述焊接机器人离线编程的各项操作。每章都有综合练习,书末附有部分练习答案。

本教材的编写具有以下特点:

(1) 注重体现职业教育先进教学理念和方法,安排操作实训、工程实例,力求满足“工学结合、理实一体化”教学需要。

(2) 以基本操作技术为主线,以能力为本位,凸显应用性和实用性,主要培养学生的焊接机器人实际操作能力,满足生产一线焊接机器人操作岗位需要。

(3) 以培养生产一线焊接机器人操作者为教学目标,以编程、机器人移动操作、施焊及安全操作等为主要教学内容,摒弃机器人理论性很强的内容。

(4) 将“在线编程操作”和“离线编程操作”相结合,培养学生焊接机器人综合操作能力。

(5) 编写典型焊接接头示教程序,合理制定焊接工艺,熟练完成施焊操作,着力培养学生的焊接应用能力。

(6) 引入安全操作相关章节,贯穿国家有关机器人安全操作规程,提高教师和学生的机器人焊接生产安全意识。

本教材由以下人员编审:

主编乌日根(包头职业技术学院)负责全书统稿,并编写绪论、第3章;副主编李林贺(天津力神电池股份有限公司)编写第2章;参编安普光(包头职业技术学院)编写第1章、第6章;参编孙辉(长春职业技术学院)编写第4章;参编吴久林(包头职业技术学院)编写第5章。内蒙古工业大学韩永全教授任主审。

在编写过程中,编者参阅国内外出版的焊接机器人相关教材、资料及一些网络文献,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中漏误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言		
绪论	1	
0.1 工业机器人	1	
0.1.1 国外工业机器人	1	
0.1.2 国内工业机器人	2	
0.2 焊接机器人	2	
0.3 焊接机器人的优势及局限性	5	
0.3.1 主要优势	5	
0.3.2 局限性	5	
0.4 本教材的主要内容及课程要求	6	
0.4.1 主要内容	6	
0.4.2 课程要求	6	
【综合练习】	6	
第1章 机器人	8	
1.1 机器人概述	8	
1.1.1 机器人的种类	8	
1.1.2 机器人系统的基本构成	9	
1.1.3 机器人的应用	12	
1.1.4 焊接机器人系统	14	
1.2 焊接机器人	15	
1.2.1 弧焊机器人	15	
1.2.2 点焊机器人	19	
1.3 主流焊接机器人	22	
1.3.1 松下焊接机器人	22	
1.3.2 ABB 焊接机器人	23	
【综合练习】	27	
第2章 焊接机器人的安全操作	30	
2.1 安全分析	30	
2.1.1 安全分析的步骤	30	
2.1.2 识别危险源	30	
2.1.3 风险评价	32	
2.2 机器人安全设计和制造	33	
2.3 机器人系统的安全防护和设计	36	
2.4 使用与维护安全	40	
2.5 松下 TA 系列焊接机器人的 维护与检查	42	
【综合练习】	46	
第3章 焊接机器人在线操作	48	
3.1 焊接机器人操作基础	48	
3.1.1 TA-1400 型弧焊机器人的构成	48	
3.1.2 焊接机器人操作步骤	52	
3.2 焊接机器人移动操作	55	
3.2.1 移动前的准备	55	
3.2.2 机器人的移动方式	58	
3.3 焊接机器人示教、再现操作	61	
3.3.1 示教操作基础	61	
3.3.2 直线的示教操作	67	
3.3.3 圆弧的示教操作	69	
3.3.4 摆动的示教操作	71	
3.3.5 再现操作	77	
3.3.6 显示	79	
3.4 编辑操作	81	
3.4.1 基本编辑功能	81	
3.4.2 编辑程序	82	
3.4.3 编辑文件	91	
3.5 启动操作	92	
3.5.1 启动方式	92	
3.5.2 手动启动	92	
【综合练习】	95	
第4章 焊接机器人示教再现 综合实训	98	
4.1 多条连续直线的示教再现实训	98	
4.2 圆弧—直线—圆弧轨迹的 示教再现实训	104	
4.3 直线摆动—圆弧轨迹的 示教再现实训	108	
【综合练习】	112	
第5章 典型接头机器人焊接实例	114	
5.1 焊接知识准备	114	
5.1.1 焊接方法	114	
5.1.2 Q235 钢的焊接性分析	115	
5.1.3 全位置焊接	115	
5.1.4 定位焊	116	
5.2 板对接平焊实例	117	

5.2.1 焊件	117	6.2.1 离线编程系统的组成	138
5.2.2 装配与定位焊	117	6.2.2 离线编程典型系统	138
5.2.3 编程	118	6.3 DTPS 离线编程系统	139
5.2.4 机器人焊接	119	6.3.1 DTPS 操作界面	139
5.3 板 T 形接头平角焊实例	121	6.3.2 生成设备链接	140
5.3.1 焊件	121	6.3.3 建立设备	141
5.3.2 装配与定位焊	122	6.4 外部轴编辑	142
5.3.3 编程	122	6.4.1 回转变位机的编辑	142
5.3.4 机器人焊接	124	6.4.2 行走变位机的编辑	142
5.4 管-板(插入式)垂直俯位焊—— 滑套焊接实例	125	6.4.3 在设备中添加变位机	142
5.4.1 焊件	125	6.4.4 建立机器人和变位机的 关联(设定外部轴)	143
5.4.2 装配与定位焊	125	6.5 编辑(导入)工件	146
5.4.3 编程	126	6.6 程序编辑	149
5.4.4 机器人焊接	128	6.6.1 打开程序编辑窗口	149
5.5 TAWERS 焊接机器人应用实例	129	6.6.2 添加工件	149
5.5.1 新型焊接机器人 TAWERS 简介	129	6.6.3 机器人原点位置的设定	150
5.5.2 TAWERS 应用实例	132	6.6.4 编辑焊接示教点	151
【综合练习】	134	6.6.5 编辑接近点	152
第 6 章 焊接机器人离线编程操作	136	6.6.6 批量编辑点的属性	152
6.1 机器人编程模式	136	6.6.7 编程	153
6.1.1 示教编程	136	【综合练习】	154
6.1.2 离线编程	136	部分综合练习答案	155
6.2 离线编程系统	138	参考文献	157

绪 论

焊接机器人是工业机器人中的一种，是在焊接生产领域代替焊工从事焊接任务的工业机器人。据不完全统计，全世界在役的工业机器人中，大约近一半用于各种形式的焊接加工领域。对焊接作业而言，焊接机器人是能够自动控制、可重复编程、多功能、多自由度的焊接操作机。目前在焊接生产中使用的主要是点焊机器人、弧焊机器人、钎焊机器人和激光焊接机器人，其中应用最普遍的是点焊机器人和弧焊机器人。

多数焊接机器人是通用工业机器人装上某种焊接工具而构成的。在多任务环境中，一台机器人甚至可以完成包括焊接在内的抓物、搬运、安装、焊接、卸料等多种任务。机器人可以根据程序要求和任务性质，自动更换机器人手腕上的工具，完成相应的任务。因此，从某种意义上来说，工业机器人的发展历史就是焊接机器人的发展历史。

0.1 工业机器人

0.1.1 国外工业机器人

1920 年捷克作家卡雷尔·查培克在其剧本《罗萨姆的万能机器人》中最早使用“机器人”一词，剧中机器人“Robot”这个词的本义是苦力，即剧作家笔下的一个具有人的外表、特征和功能的机器，是一种人造的劳力，它是最早的工业机器人设想。

20 世纪 40 年代中后期，机器人的研究与发明得到了更多人的关心与关注。20 世纪 50 年代以后，美国橡树岭国家实验室开始研究能搬运核原料的遥控操纵机械手，这是一种主从型控制系统。在系统中加入力反馈，可使操作者获知施加力的大小，主从机械手之间有防护墙隔开，操作者可通过观察窗或闭路电视对主从机械手操作机进行有效的监视，主从机械手系统的出现为近代机器人的设计与制造做了铺垫。

1954 年，美国人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。1959 年，UNIMATION 公司的第一台工业机器人在美国诞生，开创了机器人发展的新纪元。20 世纪 50 年代末，美国在机械手和操作机的基础上，采用伺服机构和自动控制等技术，研制出通用性的、独立的工业用自动操作装置，并将其称为工业机器人；20 世纪 60 年代初，美国研制成功两种工业机器人，并很快在工业生产中得到应用；1969 年，美国通用汽车公司用 21 台工业机器人组成了焊接轿车车身的自动生产线。此后，各工业发达国家都很重视研制和应用工业机器人。

当今工业机器人技术正逐渐向着具有行走能力、具有多种感知能力、具有较强的对作业环境的自适应能力的方向发展。目前，对全球机器人技术发展最有影响的国家是美国和日本。美国在工业机器人技术的综合研究水平上仍处于领先地位，而日本生产的工业机器人在

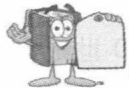
数量、种类方面则居世界首位。

0.1.2 国内工业机器人

我国工业机器人起步于20世纪70年代初期,经过20多年的发展,大致经历了3个阶段:20世纪70年代的萌芽期,20世纪80年代的开发期和20世纪90年代的适用化期。20世纪70年代是世界科技发展的一个里程碑:人类登上了月球,实现了金星、火星的软着陆,我国也发射了人造卫星。世界上工业机器人应用掀起了一个高潮,尤其在日本发展更为迅猛,它补充了日益短缺的劳动力。在这种背景下,我国于1972年开始研制自己的工业机器人。进入20世纪80年代后,在高新技术浪潮的冲击下,随着改革开放的不断深入,我国机器人技术的开发与研究得到了政府的重视与支持。“七五”期间,国家投入资金,对工业机器人及其零部件进行攻关,完成了示教再现式工业机器人成套技术的开发,研制出了喷涂、点焊、弧焊和搬运机器人。1986年,“国家高新技术研究发展计划(863计划)”开始实施,以智能机器人为主题的开发研制跟踪世界机器人技术的前沿,经过几年的研究,取得了一大批科研成果,成功地研制出了一批特种机器人。

从20世纪90年代初期起,我国的国民经济进入实现两个根本转变时期,掀起了新一轮的经济体制改革和技术进步热潮,我国的工业机器人又在实践中迈进一大步,先后研制出了点焊、弧焊、装配、喷漆、切割、搬运、包装码垛等各种用途的工业机器人,并实施了一批机器人应用工程,形成了一批机器人产业化基地,为我国机器人产业的腾飞奠定了基础。

虽然中国的工业机器人产业在不断的进步中,但和国际同行相比,差距依旧明显,从市场占有率来说,更无法相提并论。工业机器人很多核心技术,目前我们尚未掌握,这是影响我国机器人产业发展的一个重要瓶颈。



课堂笔记:

0.2 焊接机器人

焊接机器人是工业机器人中应用最广泛的一种。近十多年来,微电子学、计算机科学、通信技术和人工智能控制的迅猛发展,为先进制造技术水平的提高带来了前所未有的机遇。焊接机器人是机电一体化的高科技成果,它对制造技术水平的提高起到了推动作用。随着现代高新技术产品的发展和对焊接产品质量、数量的需求不断提高,以焊接机器人为核心的焊接自动化技术已有长足的发展。

焊接机器人是焊接自动化的革命性进步,它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,并且实现了在一条焊接机器人生产线上同时自动生产若干种焊件。从20世纪60年代诞生,发展到现在,焊接机器人可大致分为三代:

第一代是指基于示教再现方式工作的焊接机器人。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,这种焊接机器人在焊接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焊接机器人。得益于焊接传感器技术的不断改进,这类焊接机器人现已进入应用研究的阶段。

第三代是指装有多种传感器,接受作用指令后能根据环境自行编程的高度适应性智能焊接机器人。这是类似人类的智能机器人,它的未来发展方向是有知觉、有思维、能与人对话。由于人工智能技术的发展相对滞后,这一代机器人正处于试验研究阶段。随着计算机控制技术的不断进步,如何使焊接机器人由单一的示教再现型向智能化的方向发展,成为科研人员追求的目标。

目前,国际机器人界都在加大科研力度,进行机器人共性技术的研究。从机器人技术发展趋势看,焊接机器人和其他工业机器人一样,不断向智能化和多样化方向发展。具体而言,表现在如下几个方面。

1. 机器人操作机结构

通过有限元分析、模态分析及仿真设计等现代设计方法的运用,实现机器人操作机的优化设计;探索新的高强度轻质材料,进一步提高负载/自重比。例如,以德国 KUKA 公司为代表的机器人公司,已将机器人并联平行四边形结构改为开链结构,拓展了机器人的工作范围,加之轻质铝合金材料的应用,大大提高了机器人的性能。此外,采用先进的 RV 减速器及交流伺服电动机,使机器人操作机几乎成为免维护系统。

机构向着模块化、可重构方向发展。例如,关节模块中的伺服电动机、减速机、检测系统三位一体化,将关节模块、连杆模块用重组方式构造机器人整机,国外已有模块化装配机器人产品问世。机器人的结构更加灵巧,控制系统越来越小,二者正朝着一体化方向发展。

采用并联机构,利用机器人技术实现高精度测量及加工,这是机器人技术向数控技术的拓展,为将来实现机器人和数控技术一体化奠定了基础。意大利 COMAU 公司、日本 FANUC 等公司已开发出了此类产品。

2. 机器人控制系统

重点研究开放式模块化控制系统。向基于个人计算机(PC)的开放型控制器方向发展,便于标准化、网络化;器件集成度提高,控制柜日见小巧,且采用模块化结构,大大提高了系统的可靠性、易操作性和可维修性。控制系统的性能进一步提高,已由过去控制标准的 6 轴机器人发展到现在能够控制 21 轴甚至 27 轴,并且实现了软件伺服和全数字控制。

人机界面更加友好,语言、图形编程界面正在研制之中。机器人控制器的标准化和网络化,以及基于 PC 的网络式控制器已成为研究热点。编程技术除进一步提高在线编程的可操作性之外,离线编程的实用化将成为研究重点,在某些领域离线编程已实现实用化。

3. 机器人传感技术

机器人中的传感器作用日益重要,除采用传统的位置、速度、加速度等传感器外,装配、焊接机器人还应用了激光传感器、视觉传感器和力传感器,并实现了焊缝自动跟踪和自动化生产线上物体的自动定位以及精密装配作业等,大大提高了机器人的作业性能和对环境的适应性。

遥控机器人则采用视觉、听觉、力觉、触觉等多传感器的融合技术来进行环境建模及决策控制。为进一步提高机器人的智能和适应性,多种传感器的使用是问题解决的关键,其研

究热点在于有效可行的多传感器融合算法，特别是在非线性及非平稳、非正态分布情形下的多传感器融合算法。另一个问题就是传感系统的实用化。

4. 网络通信功能

日本 YASKAWA 公司和德国 KUKA 公司的最新机器人控制器已实现了与 Canbus、Profibus 总线及一些网络的连接，使机器人由过去的独立应用向网络化应用迈进了一大步，也使机器人由过去的专用设备向标准化设备发展。

5. 机器人遥控和监控技术

在一些诸如核辐射、深水、有毒等高危险环境中进行焊接或其他作业时，需要有遥控的机器人代替人去工作。当代遥控机器人系统的发展特点不是追求全自治系统，而是致力于操作者与机器人的人机交互控制，即遥控加局部自主系统构成完整的监控遥控操作系统，使智能机器人走出实验室进入实用化阶段。美国发射到火星上的“索杰纳”机器人就是这种系统成功应用的最著名实例。多机器人和操作者之间的协调控制，可通过网络建立大范围内的机器人遥控系统，在有时延的情况下，建立预先显示进行遥控等。

6. 虚拟机器人技术

虚拟现实技术在机器人中的作用已从仿真、预演发展到用于过程控制，如使遥控机器人操作者产生置身于远端作业环境中的感觉来操纵机器人。基于多传感器、多媒体和虚拟现实以及临场感技术，实现机器人的虚拟遥控操作和人机交互。

7. 机器人性能价格比

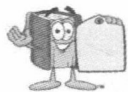
机器人性能不断提高（高速度、高精度、高可靠性、便于操作和维修），而单机价格不断下降。由于微电子技术的快速发展和大规模集成电路的应用，使机器人系统的可靠性有了很大提高。过去机器人系统的平均无故障时间（MTBF）一般为几千小时，而现在已达到 5 万小时，可以满足任何场合的需求。

8. 多智能体调控技术

这是目前机器人研究的一个崭新领域。主要对多智能体的群体体系结构、相互间的通信与磋商机理、感知与学习方法、建模和规划、群体行为控制等方面进行研究。

近年来，人类的活动领域不断扩大，机器人应用也从制造领域向非制造领域发展。像海洋开发、宇宙探测、采掘、建筑、医疗、农林业、服务、娱乐等行业都提出了自动化和机器人化的要求。这些行业与制造业相比，其主要特点是工作环境的非结构化和不确定性，因而对机器人的要求更高，需要机器人具有行走功能、对外感知能力以及局部的自主规划能力等，是机器人技术的一个重要发展方向。

可以预见，在 21 世纪，各种先进的机器人系统将会进入人类生活的各个领域，成为人类良好的助手和亲密的伙伴。



课堂笔记：

0.3 焊接机器人的优势及局限性

0.3.1 主要优势

焊接机器人之所以能够占据整个工业机器人总量的 40% 以上, 与焊接这个特殊行业有关。焊接作为工业“裁缝”, 是工业生产中非常重要的加工手段, 同时, 焊接时存在烟尘、弧光和金属飞溅, 其工作环境非常恶劣, 而焊接质量的好坏又对产品质量起着决定性作用。

(1) 稳定和提高焊接质量, 且保证其均一性。焊接参数如焊接电流、电压、焊接速度及焊丝干伸长度等对焊接结果起决定作用。采用机器人焊接时, 每条焊缝的焊接参数都是恒定的, 焊缝质量受人的因素影响较小, 降低了对工人操作技术的要求, 因此焊接质量是稳定的。而人工焊接时, 焊接速度、干伸长等都是变化的, 因此很难做到质量的均一性。

(2) 提高生产率, 一天 24h 连续生产。机器人没有疲劳, 一天可 24h 连续生产。另外, 随着高速、高效焊接技术的应用, 使用机器人焊接, 效率提高更加明显。

(3) 改善工人劳动条件。采用机器人焊接时, 工人只需装卸工件, 远离了焊接弧光、烟雾和飞溅等, 对于点焊来说, 工人不再搬运笨重的手工焊钳, 使工人从高强度的体力劳动中解脱出来。

(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周期, 减少相应设备投资。机器人与专机的最大区别就是, 机器人可以通过修改程序以适应不同工件的生产。

(6) 可实现小批量产品焊接自动化。

(7) 为焊接柔性生产线提供技术基础。

0.3.2 局限性

以当前广泛使用的示教再现型焊接机器人为例, 主要存在以下几个方面的局限性。

1. 必须进行示教作业

(1) 在机器人进行自动焊接前, 操作人员必须示教机器人焊枪的轨迹和设定焊接条件等。

(2) 由于必须示教, 所以机器人不适于多品种少量生产的产品焊接。

2. 必须确保工件的精度

机器人轨迹精度为 $\pm 0.1\text{mm}$, 以此精度重复相同的动作。焊接偏差大于焊丝半径时, 有可能焊接不好, 所以工件精度应保持在焊丝半径之内。

3. 焊接条件的设定取决于示教作业人员的技术水平

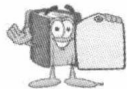
(1) 操作人员进行示教时必须输入焊接程序、焊枪姿态和角度, 以及电流、电压、速度等焊接条件。

(2) 示教操作人员必须充分掌握焊接知识和焊接技巧。

4. 必须充分注意安全

(1) 机器人是一种高速运动设备, 在其进行自动运行时绝对不允许人靠近机器人 (必须设置安全护栏)。

(2) 操作人员必须接受劳动安全方面的专门教育, 否则不准操作。



课堂笔记: _____

0.4 本教材的主要内容及课程要求

0.4.1 主要内容

“焊接机器人操作技术”是高职高专焊接专业的专业深化课程之一。本教材概述了工业机器人的组成、分类、控制系统及其发展, 焊接机器人的种类、特点及应用。重点以松下机器人为例介绍焊接机器人的操作技术, 如焊接机器人的安全操作、在线操作、离线操作、施焊操作等。

0.4.2 课程要求

通过完成本教材的学习任务, 学习者应达到以下能力要求:

- (1) 了解工业机器人的组成、分类、控制系统及其发展趋势。
- (2) 熟悉焊接机器人系统的结构、种类、应用现状及其发展趋势, 了解弧焊机器人及点焊机器人的应用情况。
- (3) 掌握焊接机器人操作安全知识, 树立安全操作意识。
- (4) 能够熟悉焊接机器人离线编程环境, 掌握离线编程的基本能力。
- (5) 能够熟练掌握焊接机器人在线操作技术, 如点、直线、圆弧及摆动等相关的示教、编程、再现等操作。
- (6) 能够合理设置焊接电流、焊接电压及焊接速度等焊接工艺参数, 熟练完成典型接头的机器人焊接作业。

【综合练习】

一、选择题

1. 焊接机器人是____中的一种, 是在焊接生产领域代替焊工完成焊接任务的自动化机器。
A. 埋弧自动焊机 B. 工业机器人 C. 空间机器人 D. 娱乐机器人
2. 焊接机器人可大致分为____。
A. 二代 B. 三代 C. 四代 D. 五代
3. 机器人是一种高速的运动设备, 在其进行自动运行时绝对不允许人靠近机器人, 因此必须设置____。

- A. 安全警示牌 B. 温馨提示牌 C. 安全员岗位 D. 安全护栏

4. 操作焊接机器人的人员必须接受_____方面的专门教育, 否则不准操作。

- A. 维护 B. 保养 C. 劳动安全 D. 设备

二、判断题 (正确的打“√”, 错误的打“×”)

() 1. 焊接机器人是能够自动控制、可重复编程、多功能、多自由度的焊接操作机。

() 2. 目前, 焊接机器人只有点焊机器人和弧焊机器人两种。

() 3. 焊接机器人将稳定和提高焊接质量, 且保证其均一性。

() 4. 焊接机器人提高了焊接生产率, 可一天 24h 连续生产。

三、简答题

1. 简述国内外工业机器人概况。

2. 说一说焊接机器人的发展动向。

3. 焊接机器人都有哪些特点?

四、实践题

1. 深入了解周边企业焊接机器人的使用情况。

2. 查阅和搜集焊接机器人种类及应用方面的最新资料。

第1章 机器人

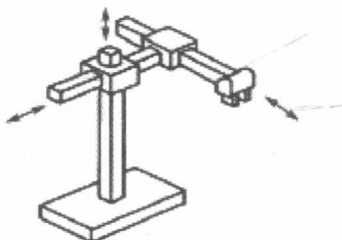
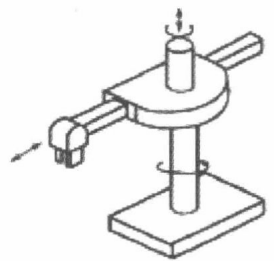
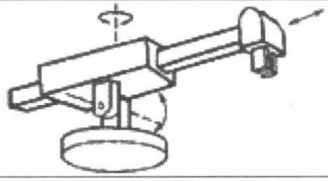
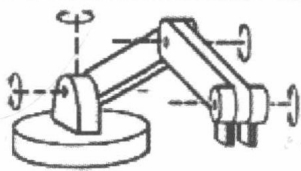
1.1 机器人概述

1.1.1 机器人的种类

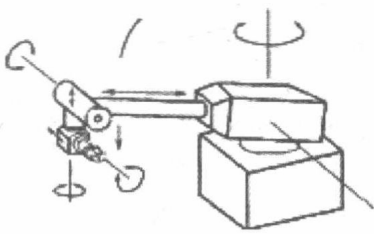
机器人是自动执行工作的机器装置，是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。它可以接受人类指挥，也可以按照预先编排的程序运行，现代机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领行动。关于机器人如何分类，国际上没有制定统一的标准，通常有下列分类方法。

(1) 按机器人机械手的几何结构来分类，见表1-1。

表1-1 按机器人机械手的几何结构分类

名称	机器人结构类型	说明
直角坐标机器人		手臂具有三个棱柱关节，其轴线按直角坐标配置，运动学模型简单直观，需要较大的操作空间，多做成大型龙门式或框架式机器人
圆柱坐标机器人		手臂至少有一个回转关节和一个棱柱关节，其轴线按圆柱坐标配置，运动学模型简单直观，易于进入开口部分
极坐标机器人		手臂有两个回转关节和一个棱柱关节，其轴线按极坐标配置，运动学模型较复杂，占用空间较小，操作范围大且灵活
关节机器人		手臂具有三个回转关节，具有最好的操作灵活性和可达性，工作空间大，运动学模型较复杂，视觉上不直观，结构刚度较差

(续)

名称	机器人结构类型	说明
平面关节型 (SCARA) 机器人		它有三个旋转关节和一个移动关节，为水平关节型结构，柔顺性好，能够实现高精度和高速度运动

(2) 按机器人的控制方式分类，分为非伺服机器人 (non-servo robots) 和伺服控制机器人 (servo-controlled robots)。

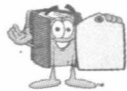
(3) 按机器人的智能程度分类，分为一般机器人 (不具有智能，只具有一般编程能力和操作功能) 和智能机器人 (具有不同程度的智能)。

(4) 按用途分类，例如焊接机器人可分为弧焊机器人和点焊机器人两种。

(5) 按执行机构运动的控制机能分类，又可分为点位型和连续轨迹型。点位型只控制执行机构由一点到另一点的准确定位，适用于机床上下料、点焊和一般搬运、装卸等作业；连续轨迹型可控制执行机构按给定轨迹运动，适用于连续焊接和涂装等作业。

(6) 按程序输入方式分类，可分为编程输入型和示教输入型两类。编程输入型是将计算机上已编好的作业程序文件，通过 RS232 串口或者以太网等通信方式传送到机器人控制柜。

示教输入型的示教方法有两种：一种是由操作者用手动控制器 (示教操纵盒)，将指令信号传给驱动系统，使执行机构按要求的动作顺序和运动轨迹操演一遍；另一种是由操作者直接领动执行机构，按要求的动作顺序和运动轨迹操演一遍。在示教过程的同时，工作程序的信息即自动存入程序存储器中。在机器人自动工作时，控制系统从程序存储器中检出相应信息，将指令信号传给驱动机构，使执行机构再现示教的各种动作。示教输入程序的工业机器人称为示教再现型工业机器人。



课堂笔记：

1.1.2 机器人系统的基本构成

机器人一般由机械主体、感测器、驱动系统和控制器四部分组成。

1. 机械主体

机械主体通常由机器人基座、关节、末端执行器等部分组成。

基座是支撑机械主体其他部件的基础，通常有移动型和固定型两类。关节与人的关节相

似, 在控制器的控制下通常可使其上的两个零部件相对移动或转动, 它使得机器人的末端执行器能够实现灵巧的动作。末端执行器是为使机器人完成其任务而专门设计并安装在机械接口处的装置。

机械主体结构包括腰部结构、臂部结构和腕部结构, 如图 1-1 所示。

(1) 腰部结构 腰部包括基座和腰关节。基座承受机器人全部重量, 要有足够的强度和刚度, 一般用铸铁或铸钢制造, 基座要有一定的尺寸, 以保证操作机的稳定, 并满足驱动装置及电缆的安装。腰关节是负载最大的运动轴, 对末端执行器运动精度影响最大, 故设计精度要求高。

(2) 臂部结构 臂部的作用是连结腰部和腕部, 实现操作机在空间中的运动。手臂的长度尺寸要满足工作空间的要求。由于手臂的刚度、强度直接影响机器人的整体运动刚度, 同时又要灵活运动, 故应尽可能选用高强度轻质材料, 以减轻其重量。

(3) 腕部结构 腕部用来连接操作机手臂和末端执行器, 并决定末端执行器在空间的姿态。腕部一般应有 2~3 个自由度, 结构要紧凑, 质量较小, 各运动轴采用分离传动。图 1-2 所示为松下公司机器人的腕部结构。

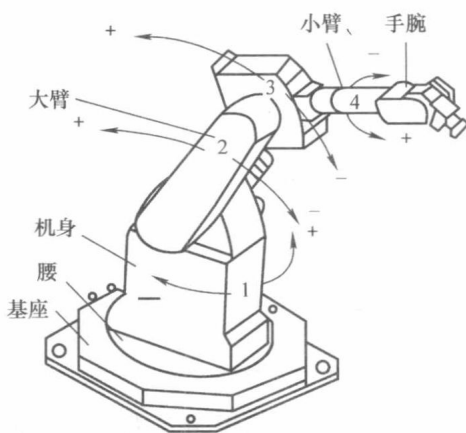


图 1-1 机器人的机械主体

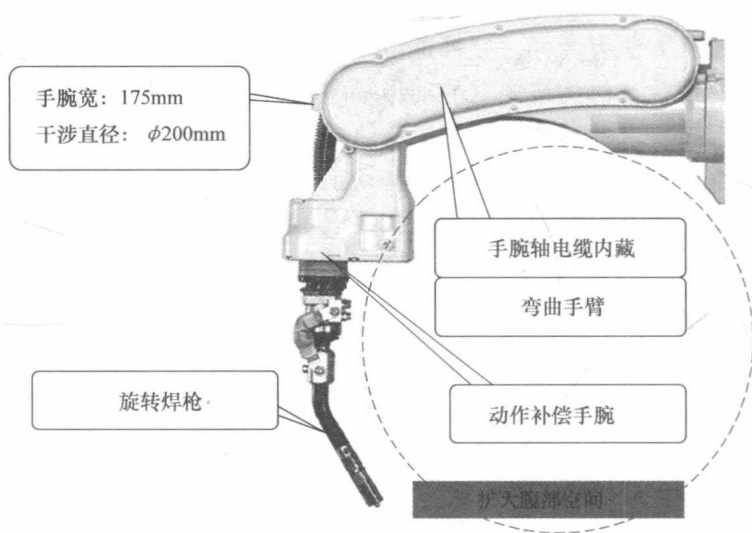


图 1-2 松下公司机器人的腕部结构图

2. 感测器

感测器又可称为传感器系统。机器人所用传感器又分为内部传感器和外部传感器两类, 前者用来检测自身状态信息, 主要是位置、速度、加速度等传感器, 并且作为反馈信号构成伺服控制; 后者是用来检测机器人作业对象和作业环境信息的传感器。

3. 驱动系统

机器人常采用的关节驱动装置有电力驱动装置、液压驱动装置和气动驱动装置。

(1) 电力驱动装置 机器人关节采用电气驱动装置,通常具有较高的定位精度,且速度和加速度容易控制。在电气驱动装置中一般采用步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机、水平对置式电动机。

(2) 液压驱动装置 液压驱动装置可以连续地控制几个轴的运动,并且可以使机器人精确地移动到确定的空间点,它由液压马达和连续变量泵组成。液压驱动装置的特点是可以传送较大的扭矩和力,其不足是由于内部工作油的黏度随环境温度的变化而变化,会造成控制特性的不稳定。它也不如电气驱动装置干净,常常会因工作油的泄漏、操作时的噪声造成对工作环境的污染。

(3) 气动驱动装置 气动驱动装置结构简单,成本较低,反应时间快,易于维修。因为空气的可压缩性大,所以机器人采用气动驱动装置所达到的定位精度较低,承载能力较差,执行部件运动的速度也难以控制,当关节运动到终点时可能会出现一些颤动。因此,这种驱动装置比较适合从固定的起始位置到固定的终点位置的点对点的位置控制。

4. 控制器

控制器是机器人的控制和指挥中心,它实际上也是一个专门用于控制机器人的计算机。它通过输入设备接收人或其他控制系统的命令,经过运算来控制 and 协调机器人每个关节的运动位置、速度,指挥机器人的基座、关节及手爪执行作业。图 1-3 所示是机器人控制系统的控制原理。

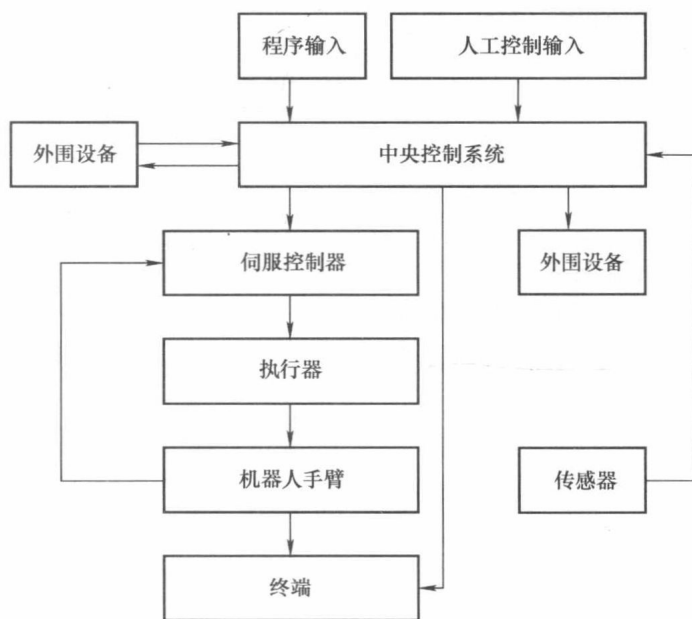


图 1-3 机器人控制系统的控制原理

如图 1-4 所示,控制计算机控制系统的调度指挥机构,一般为微型计算机,其处理器有 32 位、64 位等,如奔腾系列 CPU 以及其他类型 CPU。