



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

嵌入式与工业控制技术

Robot System: Design and Application

机器人系统设计 及其应用技术

赵建伟 主编
Zhao Jianwei



实验教具
教学课件
实验指导

清华大学出版社



非外借



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

Robot System: Design and Application

机器人系统设计 及其应用技术

赵建伟 主编

Zhao Jianwei

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地论述了机器人系统的设计方法及其应用技术,内容包括绪论、机器人应用技术、机器人系统设计基础、智能车机器人本体设计、机器人视觉系统、机器人传感器技术、机器人系统仿真和机器人系统开发。本书注重将机器人基础理论与应用技术相结合,力求反映国内外机器人研究领域的新进展,使读者能深入理解机器人系统的四个组成部分(机械系统、电气系统、控制系统和软件系统),真正地将理论学习与实际应用相结合。

本书可作为高等学校机电类、仪器类、电子信息类与计算机类专业的本科生教材,也可作为相近专业的研究生和中高职学生的参考教材,还可供有关科技人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机器人系统设计及其应用技术/赵建伟主编. —北京:清华大学出版社,2017
(高等学校电子信息类专业系列教材)
ISBN 978-7-302-47503-3

I. ①机… II. ①赵… III. ①机器人—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 142132 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:胡伟民

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市君旺印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:11.75

字 数:295 千字

版 次:2017 年 11 月第 1 版

印 次:2017 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00 元

产品编号:073322-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科学技术大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

一 编审委员会

主 任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘 旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委 员	王志华	清华大学	宋 梅	北京邮电大学
	韩 焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪 伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾 云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢 泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴 瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李 晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡 毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江 毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	谢凯年	赛灵思公司
	刘铁根	天津大学	张伟刚	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	宋 峰	南开大学
	苑立波	哈尔滨工程大学	靳 伟	香港理工大学
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为了推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

有史以来,人类就在幻想着制造一种与人相似的能自动动作的东西,一种能灵活地完成特定操作和运动任务,并可再编程序的多功能操作器。机器人的出现将人类的幻想慢慢变成现实。现代机器人有两个特点:一是有类似于人的肢体功能,可实现空间多自由度运动;二是具有思维学习能力,能灵活适应工作情况、条件的变化。机器人的发展与计算机的发展有密切关系,虽然 20 世纪 50 年代出现了现代机器人的原型,20 世纪 60 年代也有了实用的机器人,但其发展极其缓慢;直到 20 世纪 70 年代微型计算机出现后,机器人技术才得到蓬勃发展。

机器人的发展大致分为三个阶段:第一阶段为固定程序和遥控式机器人;第二阶段为可编程序和示教再现式机器人;第三阶段为智能机器人。机器人是离散型生产过程自动化的必然产物,特别是在危险、有害、单调、孤寂、狭小的环境下,由机器人完成工作显得更优越。应用较多的是用于各种制造业的产业机器人;服务业及家务劳动机器人应用于种植业、采掘业、建筑业等;军事机器人应用于军事上可完成排雷、流动哨兵、操纵武器等危险工作。

现在,机器人的应用越来越广泛,几乎渗透到社会各领域。全国高校陆续成立机器人研究中心,并通过与机器人相关企业的合作,研究、开发、生产机器人,致力于将其产业化并投入到市场应用中。美国麻省理工学院计算机科学和人工智能实验室主任布鲁克斯教授认为,若干年后,机器人在人们日常生活中的应用将会类似于今天的计算机。随着社会的发展,人们的生活将离不开机器人,我们的社会也将机器人化。当前大多数人了解并学习机器人的相关知识只是作为业余爱好,但在不久的将来这将会成为他们生活中的一部分。

本书围绕当今机器人技术的发展前沿和应用,从技术发展、研发思路、关键技术、应用方法等角度分以下 8 章予以介绍:绪论、机器人应用技术、机器人系统设计基础、智能车机器人本体设计、机器人视觉系统、机器人传感器技术、机器人系统仿真和机器人系统开发。书中在介绍相关技术的同时,以案例形式介绍了整个机器人系统的设计、分析、集成和应用方法,力求做到系统性、专业性和可读性相结合。本书适用于从事现代制造技术、控制技术等领域,对机器人技术感兴趣的工程技术人员,同时也可作为相关专业本、专科学生的参考书。

本书由赵建伟(E-mail: 121149420@qq.com)主编,王洪燕、班钰、陈令坤、姚志广等人参编。它是关于机器人基础理论、关键技术、设计流程和工程应用等学术专题的专著,由作者在吸收和借鉴国内外相关学术理念的基础上,结合自身多年的研究经验及工作成果编著而成。在此特别感激对本书做出贡献的老师 and 学生们,以及美国国家仪器公司。本书的完成离不开他们提供的各种资料、心得和建议,特此致谢。

编著者

2017 年 1 月

目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 机器人的出现	1
1.1.1 机器人的发展	2
1.1.2 现代意义上的机器人	3
1.2 机器人的定义、组成和特征	4
1.2.1 机器人的定义和组成	4
1.2.2 机器人的特征	5
1.2.3 机器人的开发准则	6
1.3 国内外机器人的发展	6
1.3.1 国外机器人的发展	7
1.3.2 国内机器人的发展	10
1.4 各种典型的机器人	12
1.4.1 军用机器人	12
1.4.2 工业机器人	12
1.4.3 服务机器人	13
1.4.4 仿生机器人	14
1.4.5 其他机器人	15
1.5 机器人带来的影响	16
1.6 机器人展望	17
第 2 章 机器人应用技术	19
2.1 机器人控制技术	19
2.1.1 机器人开环控制	19
2.1.2 机器人闭环控制	20
2.1.3 机器人 PID 控制	21
2.1.4 助老机器人的开、闭环控制系统设计实例	22
2.2 机器人定位技术	25
2.2.1 基于航迹推算的定位方法	25
2.2.2 基于地图的定位方法	26

2.2.3	基于视觉的定位方法	26
2.3	机器人基于多传感器的信息融合技术	27
2.3.1	多传感器信息融合技术的定义	27
2.3.2	多传感器信息处理的典型方法	27
2.3.3	多传感器的分布格局	28
2.4	机器人模糊控制技术	28
2.4.1	模糊控制的发展	28
2.4.2	模糊控制的定义	29
2.4.3	模糊控制的特点	31
2.4.4	模糊控制的应用	31
2.5	机器人路径规划技术	33
2.5.1	机器人路径规划的定义	33
2.5.2	实现机器人路径规划的方法模型	33
第3章	机器人系统设计基础	36
3.1	行走机构设计	36
3.1.1	足式行走机构	36
3.1.2	履带式行走机构	37
3.1.3	轮式行走机构	37
3.2	底盘结构设计	40
3.2.1	底盘材料及结构选择	40
3.2.2	基于轮式机器人的底盘结构分析	40
3.3	电动机选型	41
3.3.1	步进电动机简介	42
3.3.2	步进电动机选型	43
3.3.3	直流电动机简介	44
3.3.4	直流电动机选型	47
3.4	机械臂机构设计	47
3.4.1	机械臂的分类	47
3.4.2	机械臂的作用	48
3.4.3	机械臂设计要求	48
3.5	机器人整体结构材料的选择原则	49
3.6	机器人软件系统设计	50
3.6.1	机器人软件系统设计概要	50
3.6.2	机器人软件系统总体设计	52
3.6.3	机器人软件系统开发工具简介	52
3.6.4	机器人软件系统开发工具的分类	53
第4章	智能车机器人本体设计	54
4.1	智能车的底盘安装设计	54

4.1.1	智能车的底盘部分组成	54
4.1.2	智能车的底盘安装过程	55
4.1.3	车轮部件的特点	56
4.2	系统硬件组成及安装说明	57
4.2.1	直流电动机及驱动模块的选型	58
4.2.2	电源及稳压模块的选取	60
4.2.3	主控模块	61
4.2.4	传感器模块	62
4.3	智能车的机械臂设计	65
4.3.1	机械臂材料选择	65
4.3.2	机械臂结构特征	65
4.4	基于 C 语言的控制程序编写实例	67
4.4.1	智能车开环控制及程序设计	67
4.4.2	智能车闭环控制及程序设计	69
4.4.3	声呐传感器的控制程序设计	69
4.4.4	红外传感控制程序	70
4.4.5	火焰传感控制程序	71
4.4.6	电子罗盘控制程序	71
4.4.7	智能车的机械臂控制实例	72
4.5	智能车的车身结构设计	74
4.5.1	车身模块组成	74
4.5.2	车身零部件材料的选择	74
4.5.3	车身模块的安装过程	75
4.5.4	智能车的整体机械结构	76
第 5 章	机器人视觉系统	77
5.1	机器人视觉简介	77
5.1.1	机器人视觉相关定义	77
5.1.2	机器人视觉基本原理	78
5.1.3	机器人视觉要求	79
5.1.4	机器人视觉应用	79
5.2	摄像机模型	80
5.2.1	单目视觉模型	80
5.2.2	双目视觉模型	82
5.3	图像处理技术	82
5.3.1	图像处理技术简介	82
5.3.2	图像采集	83
5.3.3	图像格式转换	84
5.3.4	图像处理软件简介	84

5.4 滤波算法简介	85
5.4.1 常见的滤波方法	85
5.4.2 滤波电路的分类	85
5.4.3 智能车的复合滤波算法实验研究实例	86
5.5 基于摄像头路径识别的智能车控制系统设计	87
5.5.1 硬件结构与方案设计	87
5.5.2 控制策略	88
5.5.3 电动机转向控制及转速调节	89
第6章 机器人传感器技术	90
6.1 传感器的作用	91
6.2 传感器的分类	91
6.3 内部传感器	92
6.3.1 电位器	93
6.3.2 编码器	93
6.3.3 陀螺仪	95
6.3.4 电子罗盘	98
6.3.5 GPS	99
6.4 外部传感器	102
6.4.1 接近开关	102
6.4.2 光电开关	104
6.4.3 红外传感器	107
6.4.4 超声波传感器	108
6.5 传感器的检测	111
6.5.1 位置和角度检测	111
6.5.2 速度和角速度的测量	112
6.5.3 加速度和角加速度的测量	112
6.5.4 姿态检测	112
6.6 驱动器	113
6.7 传感器编程应用案例	113
6.8 小结	114
第7章 机器人系统仿真	115
7.1 基于 SolidWorks 的智能车建模	115
7.1.1 零部件的绘制方法	115
7.1.2 底盘模块的三维建模	117
7.1.3 机械臂的建模	119
7.1.4 智能车的虚拟装配	119
7.2 机器人仿真系统	120

7.2.1 机器人仿真应用	121
7.2.2 机器人仿真概念	121
7.3 搭建机器人仿真模型	122
7.3.1 Model Builder 简介	122
7.3.2 导入机器人仿真模型	126
7.3.3 构建机器人仿真模型	128
7.4 机器人仿真	128
7.4.1 Simulator Project 简介	128
7.4.2 拼装机器人仿真模型	130
7.4.3 构建机器人模型	130
7.5 搭建机器人仿真环境	131
7.5.1 LabVIEW 简介	131
7.5.2 创建仿真场景模型	132
7.5.3 创建仿真环境	133
7.6 典型机器人仿真案例分析	133
7.7 小结	146
第 8 章 机器人系统开发	147
8.1 myRIO 简介	147
8.2 创建项目	154
8.2.1 创建 LabVIEW 项目	155
8.2.2 添加 FPGA 目标	156
8.3 部署应用程序	156
8.3.1 NI myRIO 与 LabVIEW	156
8.3.2 NI LabVIEW RIO 架构简介	156
8.3.3 部署应用程序至实时控制器	158
8.4 基于 myRIO 的视觉应用案例	162
8.4.1 视觉小车的电气系统规划	163
8.4.2 算法设计思想及流程	164
8.4.3 图像采集模块	168
8.4.4 图像处置与阐述模块	169
8.4.5 视觉小车抓取过程	170
8.4.6 LabVIEW 嵌入式开发模块技术要点	171
8.5 小结	172
参考文献	174

1.1 机器人的出现

20 世纪中期,机器人技术在工业中得到广泛应用并迅速发展。机器人学已发展为机械学、人工智能、自动控制工程、计算机科学、电子学、仿生学等多个学科的综合性科学,是当今世界科学技术发展最活跃的领域之一,代表了机电一体化的最高成就。未来的机器人将沿着智能化的方向继续发展。

1. 第一台工业机器人的产生

世界上第一台工业机器人的问世和机器人一词的出现都是近几十年的事。然而人类对机器人的追求和幻想却已有近千年的历史。人类希望制造一种像人一样灵动的机器,以便代替人类完成各种各样工作。

robot 一词源自捷克语 robota,意为“强迫劳动”。它存在的价值只是用来为人类服务,是一种只会埋头苦干的没有思想的机械。同时,它是一种类似于人的机器,所以把它称为机器人,“机器人”的名字也正是由此而诞生。

美国人德沃尔于 1946 年发明了一种可“重演”所记录机器运动的系统。1959 年,德沃尔获得了可编程机械手专利,该机械手臂可按先前编写的程序进行工作,可根据不同的工作需要编制不同的程序,因此具有灵活性和通用性。德沃尔一生致力于研究机器人,认为汽车工业最适于用机器人技术,因为它用重型机器进行工作,而且生产过程较为固定,具有无可比拟的优势。1959 年,德沃尔制造出世界上第一台工业机器人,这标志着现代意义上机器人的历史真正拉开序幕。

机器人技术作为 20 世纪人类最伟大的发明之一,自 20 世纪 60 年代初问世以来,经历 50 多年的发展已取得长足的进步。工业机器人在经历了诞生—成长—成熟期后,已成为制造业中不可或缺的核心装备,世界上约有 75 万台工业机器人正与工人朋友并肩战斗在各条战线上。特种机器人作为机器人家族的后起之秀,由于其广泛的用途而大有后来居上之势,仿人形机器人、医疗机器人、农业机器人、服务机器人、军用机器人、水下机器人、娱乐机器人等各种用途的特种机器人纷纷问世,它们正以飞快的速度向实用化和智能化方面迈进。

2. 机器人为什么会出现

人们常常会问为什么要发展机器人?我们说机器人的出现及高速发展是社会和经济发

展的必然,是为了提高整个社会的生产水平和人类的生活质量,让机器人替代人类从事那些危险而又必须去做的工作。在现实生活中有些工作会对人体造成伤害,如重物搬运、喷漆等;有些工作要求质量很高,人类难以长时间胜任,如精密装配、汽车焊接等;有些工作人类无法身临其境,如火山探险、空间探索、深海探密等;有些工作不适合人类做,如一些枯燥单调的重复性劳作、一些恶劣的环境等。在这些领域机器人可大显身手:服务机器人可以协助治病保健、保洁保安;水下机器人可以帮助铺设电缆、打捞沉船;工程机器人可以上山入地、开洞筑路;农业机器人可以施肥除虫、耕耘播种;军用机器人可以冲锋陷阵、排雷、投弹……

一些人对机器人有很多迷茫,有些人认为机器人什么都可以去做,可算得上是无所不能。这些人是从电影、小说、电视中认识机器人,他们眼中的机器人是神通广大的万能机器,当他们看到现实的机器人时,就会认为现实的机器人太普通,不能称之为机器人。有人认为机器人形状必须像人,不像人怎么能叫机器人,然而现实中绝大多数的机器人的样子不像人,这使很多机器人爱好者大失所望。还有人认为机器人上岗,工人就会下岗,无形中把机器人当成了竞争对手,却没有想到机器人会为人们做许多有益的事情,会推动产业的发展,给人类创造更多的就业机会。虽然人们对机器人的认识各有不同,但是机器人的发展却从未间断,一直是社会上的热门领域。随着社会的发展,机器人也会不断更新和完善,未来的机器人将会为社会和人类提供更多的服务和贡献。

1.1.1 机器人的发展

1. 中国古代机器人的发展进程

西周时期,我国的能工巧匠偃师就制造出了能歌善舞的伶人,这是我国最早记载的机器人。

春秋后期,我国著名的木匠鲁班,在机械方面也是一位发明家。据《墨经》记载,他曾经制造过一只木鸟,能在空中飞行“三日不下”,体现了我国劳动人民的聪明智慧。

1700年前的汉代,大科学家张衡不仅发明了地动仪,而且发明了计里鼓车。计里鼓车每行一里,车上木人击鼓一下,每行十里击钟一下。

东汉三国时期,蜀国丞相诸葛亮成功地制造出了“木牛流马”,并用其运送军粮,支援前方战争。

2. 国外机器人的发展进程

公元前2世纪,亚历山大时代的古希腊人发明了最原始的机器人——自动机。它是用水、蒸汽压力和空气为动力的会动的雕像,它可以自己开门,还可以借助蒸汽唱歌。

1662年,日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶,并在大阪的道顿堀演出。

1738年,法国天才技师杰克·戴·瓦克逊为把生物的功能加以机械化而进行医学上的分析,发明了一只机器鸭,它会游泳、喝水、嘎嘎叫,还会进食和排泄。

在当时的自动玩偶设计者中,最杰出的要数瑞士的钟表匠杰克·道罗斯和他的儿子利·路易·道罗斯。1773年,他们推出了利用齿轮和发条原理而制成的自动演奏玩偶、自动书写玩偶等。这些玩偶结构巧妙、服装华丽,它们有的拿着鹅毛蘸墨水写字,有的拿着画笔和颜料绘画,在欧洲风靡一时。但由于当时技术条件的限制,这些玩偶最终也只是身高一米多的巨型玩具而已。现在保留下来的最早的机器人是瑞士努萨蒂尔历史博物馆里的少女

玩偶,它制作于200年前,两只手的十个手指可以按动风琴的琴键从而弹奏音乐,现在还定期演奏供参观者欣赏,展示了古代人的智慧。

19世纪中叶自动玩偶分为两个流派,即机械制作派和科学幻想派,它们各自在近代技术和文学艺术中找到了自己的位置。1831年歌德发表了《浮士德》,塑造了人造人“荷蒙克鲁斯”;1870年霍夫曼出版了以自动玩偶为主角的作品《葛蓓莉娅》;1883年科洛迪的《木偶奇遇记》问世;1886年《未来娃娃》问世。在机械实物制造方面,1893年摩尔制造了靠蒸汽驱动双腿沿着圆周走动的“蒸汽人”。

进入20世纪后,机器人的研究与开发得到了更多人的关注与支持,一些实用型机器人相继问世。1927年美国西屋公司工程师温兹利制造出第一个机器人“电报箱”,并在纽约举行的世界博览会上展出。它是一台装有无线电发报机的电动机器人,可以回答一些问题,但与现在的机器人相比它不能走动。1959年第一台工业机器人(可编程、圆坐标)在美国诞生,开创了机器人发展的新纪元。

1.1.2 现代意义上的机器人

现代机器人的研究始于20世纪中期,其技术背景是计算机与自动化的发展,以及大能量原子能的开发利用。自1946年第一台数字电子计算机问世以来,计算机的发展取得了惊人的进步,逐步向大容量、高速度、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年数控机床的问世。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。图1-1所示为机器人汽车焊接生产线。

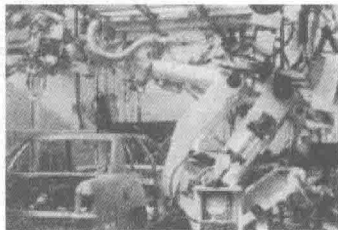


图1-1 机器人汽车焊接生产线

另外,原子能实验室的恶劣环境要求某些机械操作代替人类处理放射性物质。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年美国的德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,即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。

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和数控机床大致相似,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、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交流会。

1970年,在美国召开了第一届国际工业机器人学术会议。此后,机器人的研究和发展得到迅速广泛的普及。

1973年,辛辛那提·米拉克隆公司的理查德·豪恩制造了第一台由小型计算机控制的

工业机器人,它由液压驱动,能提升的有效负载可达 45kg。

到了 1980 年,工业机器人才真正在日本普及,故该年被称为“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”。

随着计算机技术和人工智能技术的飞速发展,机器人在功能和技术层面上也有了很大的提高,移动机器人和机器人的视觉和触觉等技术就是典型的代表。由于这些技术的发展,推动了机器人概念的延伸。在 20 世纪 80 年代,人们将具有思考、感觉、决策和动作能力的系统称为智能机器人,这是一个概括的、含义广泛的概念。这一概念不但指导了机器人技术的研究和应用,而且赋予了机器人技术向深广发展的巨大空间。空中机器人、水下机器人、地面机器人、空间机器人、微小小型机器人等各种用途的机器人相继问世。将机器人技术(如传感技术、智能技术、控制技术等)扩散和渗透到各个领域形成了各式各样的新机器——机器人化机器。当前与信息技术的交互和融合又产生了“网络机器人”“软件机器人”等名称,这也说明了机器人领域所具有的创新活力。图 1-2 所示为自制潜水器。



图 1-2 自制潜水器

1.2 机器人的定义、组成和特征

1.2.1 机器人的定义和组成

1. 机器人的定义

在科技界,科学家会给每一个科技术语一个明确的定义,但机器人问世几十年来定义仍然仁者见仁,智者见智,没有一个统一的答案。原因之一是机器人还在发展,新的功能、机型不断涌现。根本原因主要是因为机器人涉及人的概念,成为一个难以回答的哲学问题。也许正是由于机器人定义的模糊,才给了人们充分的想象和创造空间。

1967 年在日本召开的第一届机器人学术会议上,提出了两个十分具有代表性的机器人定义。一是森政弘与合田周平提出的:“机器人是一种具有个体性、移动性、智能性、自动性、通用性、半机械半人性、奴隶性等 7 个特征的柔性机器”。从这一定义出发,森政弘又提出了用个体性、智能性、自动性、半机械半人性、作业性、信息性、通用性、有限性、柔性、移动性等 10 个特性来表示机器人的形象。另一个是加藤一郎提出的具有如下三个条件的机器人称为机器人:

- (1) 具有脑、手、脚等三要素的个体。
- (2) 具有平衡觉和固有觉的传感器。
- (3) 具有非接触传感器(用眼、耳接收远方信息)和接触传感器。

该定义强调了机器人应当仿人的含义,即它由脑来完成统一指挥,靠手进行作业,靠脚实现移动的作用。平衡和固有的感觉则是指机器人感知本身状态所不可缺少的各类传感器。非接触传感器和接触传感器相当于人的五官,使机器人能够识别外界环境。

人或动物一般具有上述这些要素,所以把机器人理解为一种仿人机器的同时,也可把机

器人理解为仿动物的机器。

1987年,国际标准化组织对工业机器人进行了定义:“工业机器人是一种具有移动功能和自动控制的操作系统,能完成各种作业的可编程操作机。”

1988年,法国的埃斯皮奥把机器人定义为:“机器人学是指设计能根据传感器信息实现预先规划好的作业系统,并以此系统的使用方法作为研究对象的一种学科。”

我国科学家对机器人的定义是:“机器人是一种自动化的机器,所不同的是这种机器具备一些与人或生物相似的智能能力,如规划能力、感知能力、动作能力和协同能力,是一种具有高度灵活性的自动化机器。”

其实并不是人们不想给机器人一个完整的定义,自机器人诞生之日起人们就不断地尝试着说明到底什么是机器人。随着信息时代的到来和机器人技术的飞速发展,机器人所涵盖的内容越来越丰富,机器人的定义也在不断充实和创新。

2. 机器人的组成

1886年,法国著名作家利尔亚当在他的小说《未来夏娃》中将外表像人的机器起名为“安德罗丁”(android),它由4部分组成:

- (1) 生命系统(平衡、发声、身体摆动、步行、表情、感觉、调节运动等)。
- (2) 造型解质(关节能自由运动的金属覆盖体,一种盔甲)。
- (3) 人造肌肉(在上述盔甲上有性别、肉体、静脉等身体的各种形态)。
- (4) 人造皮肤(含有肤色、头发、肌理、视觉、轮廓、牙齿、手爪等)。

对不同任务和特殊环境的适应性是机器人与一般自动化装备的重要区别。这些机器人从外观上已经远远脱离了最初仿人型机器人和工业机器人所具有的形状,更符合各种不同应用领域的特殊要求,其功能和智能程度也大大增加,从而为机器人技术开辟出更加广阔的发展空间。

1.2.2 机器人的特征

“懒惰”的人促进了科技进步,正因为有这种人的存在,机器人的产生才能顺理成章。机器人有共性,几乎所有机器人都有一个可以移动的身体。它们有些拥有机动化的轮子,有些则拥有大量可移动的部件,这些部件一般是由塑料或金属制成,与人体骨骼类似,这些独立的部件可用关节连接起来。机器人的轮与轴通过某种传动装置连接起来,有些机器人使用马达和螺线管作为传动装置;另一些则使用气动系统(由压缩气体驱动的系统);还有一些使用液压系统。另外,机器人还有一些其他共性。

1. 通用性

机器人的通用性是指执行不同任务的适应能力,即机器人可根据生产的需要进行几何结构的变更,从而适应不同的灵活性。现有大多数的机器人都具有不同程度的通用性,包括控制系统的灵活性和机械的机动性。

2. 适应性

机器人的适应性是指其对环境的适应能力,即所设计的机器人能够自我完成未经指定的任务,而不管任务执行过程中所没有预计到的环境变化。这一能力要求机器人可以记忆和感触周围环境,即具有人工知觉。在这方面通常使用机器人的下述能力去帮助机器人完