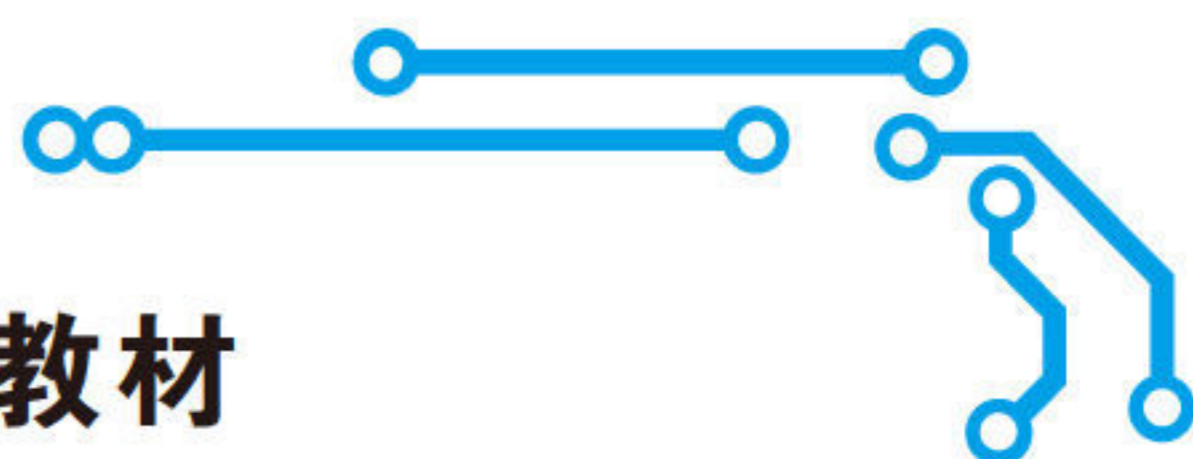




# 新工科机器人工程专业规划教材



北京科技大学高等工程师学院 组织编写

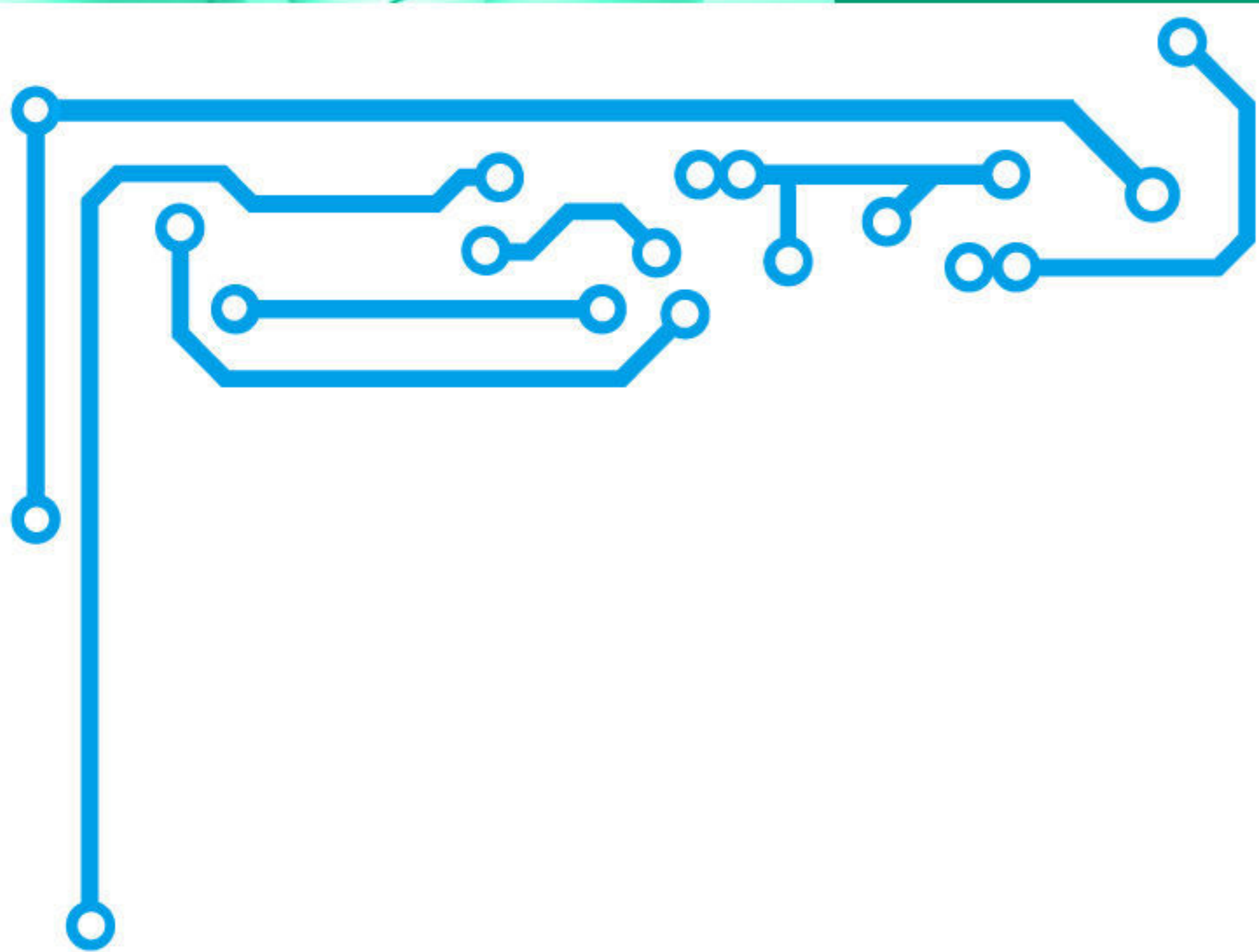


## Manufacture of Small Intelligent Robot 小型智能机器人制作

周珂白艳茹 主编

吕振刘涛 副主编

张攀史胜西张沙沙 参编



清华大学出版社

新工科机器人工程专业规划教材

# 小型智能机器人制作

周珂 白艳茹 主 编  
吕振 刘 涛 副主编  
张攀 史胜西 张沙沙 参编

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

本书共 10 章,以小型智能机器人为载体,从机器人制作常用工具、机器人机械结构与制作装配、动力系统设计与制作、电路设计与调试、控制器与传感器设计五个方面,循序渐进地介绍小型智能机器人的制作过程。

本书可用于大学理工科学生机器人技术学习的课堂教学,也可作为初入门的机器人设计者的培训教材。

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

小型智能机器人制作/周珂,白艳茹主编. —北京:清华大学出版社,2019

(新工科机器人工程专业规划教材)

ISBN 978-7-302-49029-6

I. ①小… II. ①周… ②白… III. ①智能机器人—制作 IV. ①TP242.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 294675 号

责任编辑:赵 斌

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:沈 露

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

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:21

字 数:502 千字

版 次:2019 年 6 月第 1 版

印 次:2019 年 6 月第 1 次印刷

定 价:55.00 元

---

产品编号:077819-01

# 前 言

FOREWORD

在当今中国乃至世界,机器人技术正处于一个蓬勃发展的阶段,在工业、农业、国防、医疗卫生及生活服务等领域获得越来越多的应用。越来越多的机器人爱好者开始了机器人设计与制作的探索和实践,甚至相当一部分的学龄儿童,在4~6岁就已经开始接受机器人的启蒙教育。机器人课程以及与机器人相关的科技比赛,向来都是最受学生喜欢的活动内容,学习、参与的兴趣十分浓厚。

本书具有以下特点:

(1) 层次分明,知识点以递进方式逐步引入。本书从机器人的机械结构出发,介绍机器人的各种构造,给人立体的认识,然后逐步引入机械结构的制作工具及运动学分析,给予理论支撑与分析。在此基础上结合机械结构装配动力系统,再进一步介绍电路控制、设计与调试。知识点的编排遵循从基础到一般,从简单到复杂的原则,既考虑了与理论教学同步,又考虑了学生学习循序渐进的过程。全书章节之间既相对独立,又有一定的梯度,层次分明。

(2) 积累经验,突出创新。本书的编写人员都是具有五年以上大学生机器人技术竞赛经验的指导教师,编者根据近年来从事机器人技术教学、科研及实践经验,总结了大量既往项目的经验,所列知识点系统全面。本书从初学者角度出发,以多年经验做总结,将制作机器人所用的工具与方法进行了系统的归纳与提炼,初学者根据这本书就能全面掌握机器人制作的基本知识与技能。

(3) 结合技术发展及学科竞赛,突出实践,可操作性强。本书对机器人制作所需工具、软件及控制系统使用都有详细介绍,如当下被工程师广泛使用的 Solidworks、Altium Designer 设计软件以及 Arduino 控制系统,都有详细的使用介绍,使初学者可以快速入门。书中还配备了大量图片,以充分提升读者兴趣,并结合实践教学的特点,以小型机器人为例,进行综合性实验设计编排,具有较强的实际意义,可作为参加各类机器人大赛、创新大赛等科技创新活动的参考资料。

本书由北京科技大学高等工程师学院工程训练中心电子实习基地周珂、白艳茹担任主编,吕振、刘涛担任副主编,张攀、史胜西、张沙沙参编。成书过程得到了北京科技大学教材建设的经费资助,为全书的编写及实验项目设计验证提供了保障。

由于编者水平有限,书中难免存在不当和谬误之处,敬请有关专家和读者指正。

编 者  
2019年3月



# 目 录

## CONTENTS

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 机器人的发展 .....	2
1.1.1 古代机器人 .....	2
1.1.2 现代机器人 .....	4
1.2 机器人发展热点方向 .....	6
1.2.1 工业机器人 .....	6
1.2.2 仿生机器人 .....	6
1.2.3 军用机器人 .....	7
1.2.4 服务机器人 .....	7
思考题与习题 .....	7
<b>第 2 章 制作机器人常用工具及安全事项</b> .....	8
2.1 机械制作工具 .....	8
2.1.1 常用五金用具、工具及量具 .....	8
2.1.2 小型台钻的使用 .....	11
2.2 电子制作工具及测量仪器 .....	11
2.2.1 电子制作工具 .....	11
2.2.2 常用测量仪器 .....	14
2.3 操作安全 .....	15
2.3.1 工具使用注意事项 .....	15
2.3.2 眼睛与耳朵的防护 .....	15
2.4 电池安全 .....	15
2.5 焊接安全 .....	16
2.6 用电安全 .....	16
2.6.1 交流电用电安全 .....	16
2.6.2 防静电损害 .....	17
2.7 急救知识 .....	17
思考题与习题 .....	18
<b>第 3 章 小型机器人的设计和运动学分析</b> .....	19
3.1 自主移动机器人的机械结构 .....	19
3.1.1 腿式机器人 .....	19
3.1.2 轮式机器人 .....	20

3.1.3	履带式机器人 .....	24
3.1.4	其他机器人结构 .....	24
3.2	差动机器人运动学分析与轨迹控制的实现 .....	25
3.2.1	机器人建模与运动学分析 .....	25
3.2.2	运动轨迹控制的实现 .....	27
3.3	差动驱动机器人动力学分析 .....	30
3.3.1	左右轮驱动力矩模型 .....	30
3.3.2	机器人制动的力学模型 .....	30
	思考题与习题 .....	31
<b>第4章</b>	<b>机械设计辅助软件 .....</b>	<b>32</b>
4.1	SolidWorks 简介 .....	32
4.2	零件造型设计 .....	32
4.2.1	创建新零件文件 .....	32
4.2.2	创建草图 .....	35
4.2.3	创建零件特征 .....	40
4.3	部件造型设计 .....	52
4.3.1	创建装配体项目 .....	52
4.3.2	添加装配元件 .....	54
4.3.3	移动或者旋转元件 .....	54
4.3.4	元件的配合 .....	55
4.3.5	装配体配合实例 .....	56
4.4	绘制工程图 .....	60
4.4.1	进入工程图环境 .....	60
4.4.2	创建标准三视图 .....	63
4.4.3	尺寸标注 .....	65
4.4.4	编辑尺寸 .....	67
4.4.5	添加文本注释 .....	68
	思考题与习题 .....	70
<b>第5章</b>	<b>小型机器人机械结构的制作及装配 .....</b>	<b>71</b>
5.1	小型机器人常用制作材料 .....	71
5.1.1	木质材料 .....	71
5.1.2	塑料材料 .....	71
5.1.3	金属材料 .....	72
5.1.4	轻型复合材料(碳纤维) .....	72
5.2	常用机械零件 .....	73
5.2.1	连接零件 .....	73
5.2.2	轴承 .....	74
5.2.3	联轴器 .....	78

5.3	小型机器人制作常用基本操作	81
5.3.1	划线	81
5.3.2	锯削	83
5.3.3	锉削	84
5.3.4	孔加工	86
5.3.5	攻、套螺纹	87
5.3.6	铆接	89
5.4	小型机器人制作常用装配技术	91
5.4.1	装配的基础知识	91
5.4.2	装配过程	91
5.4.3	典型件的装配	91
5.4.4	小型机器人装配实例	93
	思考题与习题	98
<b>第6章</b>	<b>动力系统设计及制作</b>	<b>99</b>
6.1	电池的选择	99
6.1.1	适用于机器人的电池种类	99
6.1.2	电池参数的选择	104
6.1.3	电池组的制作	105
6.1.4	常见问题及解决方案	106
6.2	电动机的选择	110
6.2.1	直流电动机	111
6.2.2	交流电动机	112
6.2.3	步进电机	114
6.3	直流电动机的控制原理	114
6.4	步进电机的控制原理	115
6.5	舵机的控制及使用	120
	思考题与习题	121
<b>第7章</b>	<b>电路设计及制作</b>	<b>122</b>
7.1	常用电子元器件的选用与检测	122
7.1.1	电阻器及电位器的选用及检测	122
7.1.2	电容器的选用及检测	126
7.1.3	电感器的选用及检测	128
7.1.4	二极管的选用及检测	130
7.1.5	三极管的选用及检测	138
7.1.6	集成电路的选用及检测	143
7.1.7	开关、继电器的选用及检测	146
7.1.8	其他常见元器件	148
7.2	电路设计	150

7.2.1	电路板的种类及选型	151
7.2.2	Altium Designer 软件介绍	152
7.2.3	元器件封装库	155
7.2.4	电路原理图设计	155
7.2.5	印制电路板设计	164
7.3	印制电路板制作	167
7.3.1	印制电路板热转印制作工艺	167
7.3.2	印制电路板感光板制作工艺	174
7.4	电路焊接技术	178
7.4.1	电子元器件的安装工艺	178
7.4.2	分立元器件的手工焊接工艺	184
7.4.3	贴片元器件的手工焊接工艺	199
	思考题与习题	201
<b>第 8 章</b>	<b>电路调试及故障检修</b>	<b>202</b>
8.1	电子电路基本调试技术	202
8.1.1	调试的一般原则	202
8.1.2	调试准备	202
8.1.3	调试步骤	203
8.1.4	调试注意事项	207
8.2	常见电磁干扰	207
8.2.1	电磁干扰基本知识	207
8.2.2	电磁干扰的观测	214
8.3	干扰抑制技术	216
8.3.1	抑制技术基础知识	216
8.3.2	干扰抑制技术的应用	233
8.4	电子电路的故障检修	237
8.4.1	故障检修的流程及方法	237
8.4.2	基本元器件拆卸方法	245
8.4.3	贴片元器件拆卸方法	252
	思考题与习题	255
<b>第 9 章</b>	<b>小型智能机器人控制器设计</b>	<b>256</b>
9.1	Arduino 介绍	256
9.2	控制器开发板简介	256
9.3	控制器片上资源介绍	259
9.4	下载开发环境 Arduino IDE	261
9.5	安装开发环境 Arduino IDE	263
9.6	安装驱动程序	264
9.7	程序烧录	267

9.8	Arduino IDE 用户界面 .....	270
9.9	Arduino 编程语言 .....	276
9.9.1	Arduino 编程基础 .....	277
9.9.2	数字 I/O 口的操作函数 .....	277
9.9.3	模拟 I/O 口的操作函数 .....	278
9.9.4	高级 I/O 口的操作函数 <code>PulseIn(pin, state, timeout)</code> .....	279
9.9.5	时间函数 .....	279
9.9.6	中断函数 .....	281
9.9.7	串口通信函数 .....	282
9.9.8	Arduino 的库函数 .....	283
9.10	在线信息 .....	285
	思考题与习题 .....	285
<b>第 10 章</b>	<b>小型机器人的传感器设计 .....</b>	<b>286</b>
10.1	传感器基础 .....	286
10.1.1	传感器的定义 .....	287
10.1.2	传感器的组成 .....	288
10.1.3	传感器的分类 .....	289
10.1.4	传感器的工作原理 .....	290
10.1.5	传感器的应用领域 .....	293
10.2	红外循迹传感器的应用 .....	294
10.2.1	红外循迹传感器 .....	295
10.2.2	小型机器人的红外循迹传感器应用实例 .....	296
10.3	红外遥控传感器的应用 .....	299
10.3.1	红外遥控系统原理 .....	299
10.3.2	小型机器人的红外遥控传感器应用实例 .....	304
10.4	超声波测距传感器的应用 .....	308
10.4.1	超声波测距传感器原理 .....	308
10.4.2	HC-SR04 型超声波测距模块 .....	309
10.4.3	小型机器人超声波测距传感器应用实例 .....	311
10.5	蓝牙模块的应用 .....	313
10.5.1	蓝牙技术简介 .....	313
10.5.2	BT-HC05 蓝牙模块 .....	315
10.5.3	BT-HC05 蓝牙模块 AT 指令集 .....	315
10.5.4	小型机器人 BT-HC05 蓝牙模块应用实例 .....	321
	思考题与习题 .....	323
	参考文献 .....	324

机器人问世已有几十年,但对机器人的定义仍然仁者见仁、智者见智,没有一个统一的意见。原因之一是机器人还在发展,新的机型、新的功能不断涌现。随着机器人技术的飞速发展以及信息时代的到来,机器人所涵盖的内容越来越丰富,机器人的内涵也在不断地充实和创新。

欧美等国家和地区的人们认为:机器人应该是由计算机控制的、通过编排程序使其具有可以变更的多功能的自动机械。日本业界认为“机器人就是任何高级的自动机械”。

在 1967 年日本召开的第一届机器人学术会议上,提出了两个有代表性的定义。

一是森政弘与合田周平提出的:“机器人是一种具有移动性、个体性、智能性、通用性、半机械半人性、自动性、奴隶性等 7 个特征的柔性机器。”从这一定义出发,森政弘又提出了用自动性、智能性、个体性、半机械半人性、作业性、通用性、信息性、柔性、有限性、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 3 个条件的对机器人的定义:

- (1) 具有脑、手、脚三要素的个体;
- (2) 具有非接触传感器(用眼、耳接收远方信息)和接触传感器;
- (3) 具有平衡觉和固有觉的传感器。

国际上对机器人的概念已经逐渐趋于一致。一般来说,人们都可以接受这种说法,即机器人是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。

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自动控制的操作和移动功能,能完成各种作业的可编程操作机。”

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,如感知能力、规划能力、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。”

联合国标准化组织采纳了美国机器人协会给机器人下的定义:“一种可编程和多功能的,用来搬运材料、零件、工具的操作机;或是为了执行不同的任务而具有可改变和可编程动作的专门系统。”

那么到底什么是机器人呢?简单的理解,机器人是具有一些类似人的功能的机械电子装置,或者叫自动化装置,它仍然是个机器。

机器人能力的评价标准包括:智能,指感觉和感知,包括记忆、运算、比较、鉴别、判断、决策、学习和逻辑推理等;机能,指变通性、通用性或空间占有性等;物理能,指力、速度、连续运行能力、可靠性、联用性、寿命等。因此,可以说机器人是具有生物功能的空间三维坐标

机器。

本书以小型智能机器人为核心,介绍机器人制作过程中所涉及各类技术,并给出制作实例,使读者对机器人技术有更深的体会和理解。

## 1.1 机器人的发展

### 1.1.1 古代机器人

虽然今天机器人是尖端科技的象征,并给人以远离生活的感觉,但事实上人们很早就开始了对机器人的幻想和追求。早在 3000 多年以前,人们就开始发挥想象,希望制造一种像自己一样的器械或工具,以便代替人类完成各种工作。

早在西周时期,中国的能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的伶人,这是中国最早记载的机器人。春秋后期,中国著名的木匠鲁班在机械方面是一位发明家,据《墨经》记载,他曾制造过一只木鸟,能在空中飞行“三日不下”,体现了中国劳动人民的聪明智慧。

中国汉末魏晋时期出现了记里鼓车。如图 1.1.1 所示,记里鼓车分上、下两层,上层设一钟,下层设一鼓。记里鼓车上有小木人,头戴峨冠,身穿锦袍,高坐车上。车走 10 里,小木人击鼓 1 次,当击鼓 10 次,就击钟 1 次。宋朝时有个叫卢道隆的人也制造过记里鼓车。他制造的记里鼓车有两个车轮,还有一个由 6 个齿轮组成的系统。车轮转动时,齿轮系统就随之运动。车轮向前转动 100 圈即前行 600m,为当时的 1 里路,这时车上中平轮刚好转 1 周,轮上有一个凸轮作拨子,拨动车上木人手臂,使木人击鼓 1 次。车上还有上平轮,中平轮转 10 周,上平轮转 1 周。上平轮转 1 周则拨动木人,击钟 1 次,使人知道已行路 10 里。记里鼓车和现代汽车上的计程器作用一样,它是古代利用齿轮传动来记载距离的自动装置。



图 1.1.1 记里鼓车

1700 多年前,三国时蜀国丞相诸葛亮发明了木牛流马,如图 1.1.2 所示。木牛流马究竟是一种什么样的运输工具呢?史书《三国志·诸葛亮传》记载:“亮性长于巧思,损益连弩,木牛流马,皆出其意。”上述记载明确指出,木牛流马确实是诸葛亮的发明,而且木牛、流马分别是两种不同的工具,从木牛流马使用的时间顺序来看,先有木牛,后有流马,流马是木牛的改进版。据说诸葛亮造出木牛流马 200 年后,南北朝时期的科技天才祖冲之也造出了木牛流马。《南齐书·祖冲之传》说:“以诸葛亮有木牛流马,乃造一器,不因风水,施机自运,不劳人力。”虽然他也没有留下任何详细的资料,但是祖冲之造出木牛流马的记载明确阐述了这一发明为自动机械。这也是关于木牛流马的一个主要观点,认为三国时利用齿轮制作机械已为常见,后世所推崇的木牛流马,应该是一种运用齿轮原理制作的自动机械。

公元 1 世纪,亚历山大时代的古希腊数学家希罗发明了以水、空气和蒸汽压力为动力的机械玩具,它可以自己开门,还可以借助蒸汽唱歌,如气转球(图 1.1.3)、自动门等。

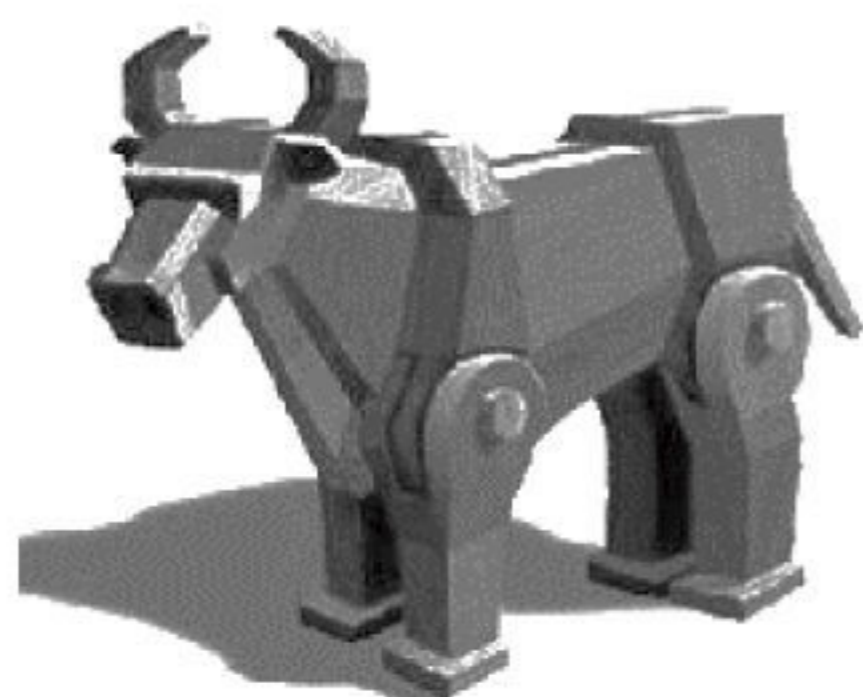


图 1.1.2 木牛流马



图 1.1.3 气转球

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,法国技师杰克·戴·瓦克逊发明了一只机器鸭,它会嘎嘎叫,会游泳和喝水,还会进食和排泄。瓦克逊的本意是想把生物的功能加以机械化而进行医学上的分析。在1773年的自动玩偶中,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·道罗斯发明的自动书写玩偶与自动演奏玩偶等。

我们用表 1.1.1 来梳理古代机器人的标志性代表。

表 1.1.1 古代机器人的标志性代表

时 间	发 明 者	国 别	机器人类型与描述
西周	古代传奇中最神奇的机械工程师偃师	中国	能歌善舞的伶人和常人的外貌酷肖,由皮革、木头、胶漆,以及黑、白、红、蓝等颜料组成
春秋后期(中国已进入信使时代)	著名木匠、机械发明家鲁班	中国	能在空中飞行“三日不下”的木鸟
公元前1世纪(亚历山大时代,希腊进入信使时代已5个世纪)	古希腊人希罗	古希腊	自动机:以水、空气和蒸汽压力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
汉代	大科学家卢道隆	中国	记里鼓车:每行1里,车上木人击鼓一下,每行10里击钟一下
三国时期	蜀国丞相诸葛亮	中国	木牛流马:运送军粮
1662年	竹田近江	日本	自动机器玩偶(利用钟表技术)
1738年	杰克·戴·瓦克逊	法国	机器鸭:会嘎嘎叫,会游泳和喝水、进食和排泄
1773年	钟表匠杰克·道罗斯及其子利·路易·道罗斯	瑞士	自动书写玩偶、自动演奏玩偶等:利用齿轮和发条原理制成,结构巧妙,服装华丽,至今尚能表演

注:这里所说的古代是按照机器人的发展历程来定义的,与历史学的定义不同。

## 1.1.2 现代机器人

现代机器人的研究始于 20 世纪中期,其技术背景是计算机和自动化技术的发展,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步,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。另一方面,原子能实验室的恶劣环境要求某些操作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 年美国的戴沃尔最早提出了工业机器人的概念,并申请了专利。该专利的要点是利用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,实现动作的记录和再现,这就是所谓的示教再现机器人。现在的机器人大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,美国麻省理工学院(MIT)的 Robots 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和广泛的普及。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工业机器人,它是液压驱动的,能提升的有效负载达 45kg。到了 1980 年,工业机器人人才真正在日本普及,故称该年为“机器人元年”。随后,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次上有了很大的提高,移动机器人和机器人的视觉及触觉等技术就是典型的代表。这些技术的发展,推动了机器人概念的延伸。20 世纪 80 年代,将具有感觉、思考、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,而且又赋予了机器人技术发展的巨大空间,水下机器人、空间机器人、空中机器人、地面机器人、微小型机器人等各种用途的机器人相继问世,人类的许多梦想成为现实。将机器人的技术(如传感技术、智能技术、控制技术等)扩散和渗透到各个领域,就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“软件机器人”“网络机器人”,说明了机器人所具有的创新活力。

不过,人类在享受机器人带来的服务和便利的同时,也担心未来某一天过度聪明的机器人可能给人类带来难以预见的危害,尤其是安装了人工智能系统的机器人,将来是否会在智能上超越人类,以致对就业造成影响,甚或威胁人类的生命和财产?就像科幻电影中所描绘的:机器人在越来越多的领域取代了人类,最终站到了人类的对立面,由帮手变成了敌人。

其实,这方面的担心完全没有必要。智能机器人并非无所不能,它的智商只相当于 4 岁的儿童,机器人的“常识”比正常成年人就差得更远了。目前,科学家尚未搞清楚人类是如何

学习和积累“常识”的,因此,将其应用到计算机软件上也就无从谈起。美国科学家罗伯特·斯隆近日表示,人工智能研究的难题之一,就是开发出一种能实时做出恰当判断的计算机软件。日本科学家广濑茂男认为,即使智能机器人将来具有常识,并能进行自我复制,也不可能带来大范围的失业,更不可能对人类造成威胁。早在20世纪90年代,中国科学家周海中就指出:机器人在工作强度、运算速度和记忆功能方面可以超越人类,但在意识、推理等方面不可能超越人类。

进入21世纪,智能机器人的发展突飞猛进。智能机器人是最复杂的机器人,是最接近人类梦想的机器人,也是人类最渴望早日制造出来的机器朋友。然而要制造出一台智能机器人并不容易,仅仅让机器模拟人类的行走动作,科学家们就付出了数十甚至上百年的努力。

在智能机器人中,目前与我们最接近的是娱乐型智能机器人。娱乐型智能机器人以供人观赏、娱乐为目的,具有拟人化(或拟物化)的外部特征,可以行走或完成动作,有一定的语言能力及感知能力。

日本索尼公司生产了Aibo机器狗(图1.1.4),有表演、睡眠和游戏的功能,还可以设置它们进行踢足球、走迷宫等游戏。另外还有以双足行走机器人SDR-4X II为原型设计的4款技能及性格各异的机器人QRIO。QRIO属于高智能的娱乐机器人,其身体内部装置着各种感应系统,感情丰富,能够与人进行各种形式的交流,同时可以通过记忆和学习不断成长。此外它的特殊才能是进行各种高难度动作,可谓能歌善舞。

法国Aldebaran Robotics公司生产的人型机器人NAO是目前世界范围内在学术领域运用最广泛的类人机器人。如图1.1.5所示,NAO机器人拥有讨人喜欢的外形,并具备一定程度的人工智能和一定程度的情感智商,能够和人亲切互动。该机器人还如同真正的人类婴儿一样拥有学习能力。NAO机器人还可以通过学习身体语言和表情来推断出人的情感变化,并且随着时间的推移“认识”更多的人,并能够分辨这些人不同的行为及面孔。



图 1.1.4 机器狗

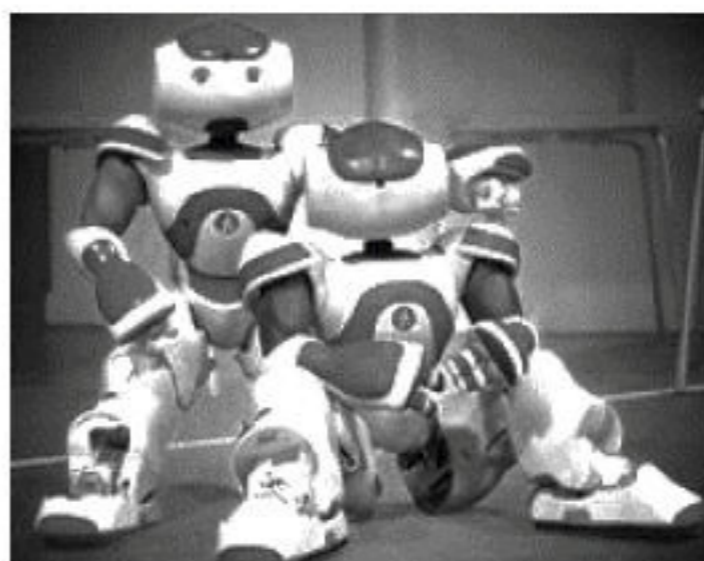


图 1.1.5 人型机器人 NAO

美国是工业机器人的诞生地,经过30多年的发展,已成为世界上的机器人强国之一,基础雄厚且技术先进。几年前,美国特种机器人协会曾举办过一场别开生面的音乐会,演唱者是世界男高音之王“帕瓦罗蒂”。这位“帕瓦罗蒂”并不是意大利著名的歌唱家帕瓦罗蒂,而是美国艾奥瓦州州立大学研制的机器人歌手。这场音乐会实际上是一场机器人验收会,听众席上不仅有机器人领域的专家,更有不少音乐家以及众多慕名而来的普通听众。

经过40多年的发展,现在全世界已装备了90余万台工业机器人,种类达数十种。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次上有了极大的提高,各式各样的智能机器人也开始走进我们的生活,它们已在许多领域为人类的生产和生活服务。

## 1.2 机器人发展热点方向

### 1.2.1 工业机器人

工业机器人是一种在自动控制下,能够重复编程完成某些操作或移动作业的多功能、多自由度的机械装置,可以在无人参与下自动执行搬运、装配、焊接和喷涂等多种操作和移动功能的自动化装置,如图 1.2.1 所示。

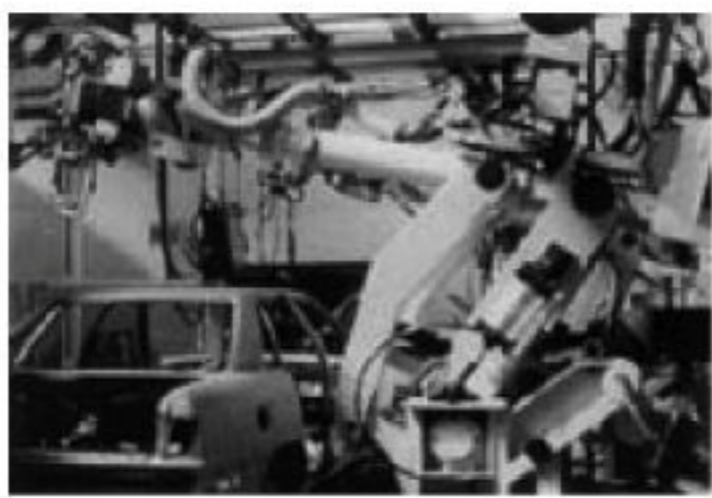


图 1.2.1 机器人汽车焊接生产线

为了适应各种不同的生产应用,工业机器人形状多种多样,且具有如下特点。

(1) 能高强度地、持久地在各种生产和工作环境中从事单调重复的劳动。

(2) 能代替人在有害场所从事危险工作。

(3) 比一般自动化设备有更广的使用柔性和适用范围,既能满足大批量生产的需要,又能满足产品灵活多变的中小批量的生产作业需要。

(4) 动作准确性高,可保证产品质量的稳定性。

(5) 能显著地提高生产率和大幅度降低产品成本。

### 1.2.2 仿生机器人

仿生机器人指能根据生物的外部形状、运动原理和行为方式等进行模仿生物,并能从事生物特点工作的机器人。

20 世纪 90 年代初,美国麻省理工学院教授布鲁克斯在学生的帮助下,制造出一批蚊形机器人,取名为昆虫机器人。这些小东西的习惯和蟑螂十分相近。它们不会思考,只能按照人编制的程序动作。2017 年,科技工作者为圣迭戈市动物园制造出了电子机器鸟(图 1.2.2),它能模仿母兀鹰,准时给小兀鹰喂食;日本和俄罗斯制造了一种电子机器蟹,能进行深海测控,采集岩样,捕捉海底生物,进行海下电焊等作业。美国研制出一条名叫查理的机器金枪鱼,长 1.32m,由 2843 个零件组成。它通过摆动躯体和尾巴,能像真的鱼一样游动,速度为 7.2km/h。可以利用它在海下连续工作数月,测绘海洋地图和检测水下污染,也可以用它来拍摄生物。下面再列举几个经典的仿生案例。



图 1.2.2 机器鸟

机器蝎子:长约 50cm 的机器蝎子与其他传统的机器人不同,它没有解决复杂问题的能力。机器蝎子几乎完全依靠反射作用来解决行走问题,这就使得它能够迅速对围绕它的任何事物做出反应。它的头部有两个超声波传感器,如果碰到高出它身高 50% 的障碍物,它就会绕开,而且,如果左边的传感器探测到障碍物,它就会自动向右转。

**机械蟑螂：**科学家们发现，蟑螂在高速运动时，每次只有三条腿着地，一边两条，一边一条，循环反复。根据这个原理，仿生学家制造出机械蟑螂，它不仅每秒能够前进 3m，而且平衡性非常好，能够适应各种恶劣环境。不久的将来，太空探索或排除地雷就是它的用武之地。

**机器梭子鱼：**美国麻省理工学院的机器梭子鱼是世界上第一个能够自由游动的机器鱼。它大部分是由玻璃纤维制成的，上覆一层钢丝网，最外面是一层合成弹力纤维。尾部由弹簧状的锥形玻璃纤维线圈制成，从而使机器梭子鱼既坚固又灵活。由一台伺服电动机为这条机器鱼提供动力。

**机器蛙：**机器蛙腿的膝部装有弹簧，能像青蛙那样先弯腿，再一跃而起。机器蛙在地球上一跃的最远距离是 2.4m；而由于火星的重力大约为地球的 1/3，在火星上机器蛙的跳远成绩则可远达 7.2m，接近人类的跳远世界纪录。

**机器蜘蛛：**这是太空工程师从蜘蛛攀墙特技中得到灵感而创造出来的。它安装有一组天线模仿昆虫触角，当它迈动细长的腿时，这些触角可探测地形和障碍。机器蜘蛛原形很小，直立高度仅 18cm，比人的手掌大不了多少。“蜘蛛侠”们不仅能攀爬太空越野车无法到达的火星陡坡地形，而且成本也降低许多，这样一大批太空“蜘蛛侠”就会遍布在火星的各个角落。

### 1.2.3 军用机器人

随着武器系统的不断发展，士兵在战场上的生存条件越来越差。为了保护士兵的生命，无人作战系统的应用越来越广泛。

军用无人作战系统按不同的应用空间分为水下机器人系统、地面机器人系统、空中机器人(无人机)和空间机器人系统。

### 1.2.4 服务机器人

目前在非制造领域中已开发出多种实用化的服务机器人，如除草机器人、清扫机器人、管道机器人、康复机器人、手术机器人、娱乐机器人等。图 1.2.3 所示为导盲机器人。

服务机器人与人们生活密切相关，它的应用将不断提高人们的生活质量，这也正是人们所追求的目标。一旦服务机器人和其他机电产品一样被人们接受，走进千家万户，其市场将不可估量。



图 1.2.3 导盲机器人

## 思考题与习题

1. 最早的机器人出现在什么时期？人们制作出机器人的目的是什么？
2. 机器人主要有哪些应用？
3. 选取一种你最感兴趣的机器人，查阅资料并展开讨论。