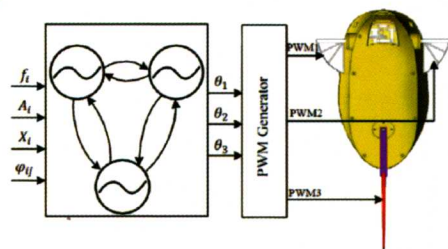


INTRODUCTION OF
BIONIC UNDERWATER ROBOT

水中仿生机器人 导论

谢广明 李卫京 刘甜甜 夏庆锋 李宗刚 王新海◎编著

Xie Guangming Li Weijing Liu Tiantian Xia Qingfeng Li Zonggang Wang Xinhai



INTRODUCTION OF
BIONIC UNDERWATER ROBOT

水中仿生机器人 导论



谢广明 李卫京 刘甜甜 夏庆锋 李宗刚 王新海◎编著

Xie Guangming Li Weijing Liu Tiantian Xia Qingfeng Li Zongang Wang Xinhai

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍了机器人、水中机器人及仿生机器人的定义、分类及发展状况,较深入地阐述了两类水中仿生机器人(仿鳗科机器鱼及单关节机器鱼)的机械结构、软硬件系统及其推进系统的运动原理及控制机理。本书深浅适宜,通俗易懂,可以作为教材兼科技类图书,既可以作为大中专学生的选修课教材,也可以作为机器人相关课程的参考书籍。

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

水中仿生机器人导论/谢广明等编著. —北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-46115-9

I. ①水… II. ①谢… III. ①水下作业机器人—仿生机器人—研究 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 006377 号

责任编辑:梁 颖

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:何 芊

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 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:186mm×240mm 印 张:12.5

字 数:287千字

版 次:2017年5月第1版

印 次:2017年5月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:69.00元

产品编号:071527-01

前言

PREFACE

本书主要介绍了机器人、水中机器人及仿生机器人的定义、分类及发展状况,较深入地阐述了两类水中仿生机器人(仿鲹科机器鱼及单关节机器鱼)的机械结构、软硬件系统及其推进系统的运动原理及控制机理。

本书包括机器人概述、水中机器人概述、水中仿生机器人系统实现、水中仿生机器人运动实现、水中仿生机器人避障实现、面向工程应用的单关节机器鱼等6章。

第1章由刘甜甜编著,第2章由夏庆锋、李铭编著,第3章由李宗刚、刘甜甜编著,第4章由谢广明、李卫京编著,第5章由王新海编著,第6章由李卫京、王新海编著。全书由谢广明统稿。

在本书的成稿过程中,山东大学李铭参与了插图和文字的修订工作,在此表示感谢。

本书深浅适宜,通俗易懂,作为教材兼科技类图书,既可以作为大中专学生的选修课教材,也可以作为机器人相关课程的参考书籍。

对于书中的缺点和错误,敬请读者不吝指出,以便再版时修正。

作者

2017年3月

目录

CONTENTS

第 1 章 机器人概述	1
1.1 了解机器人	1
1.1.1 机器人的发展史	1
1.1.2 机器人的定义	10
1.1.3 机器人的分类	11
1.1.4 机器人与人类社会	14
1.2 仿生机器人	16
1.2.1 仿生机器人的定义与分类	17
1.2.2 仿生机器人的特点与应用	22
1.2.3 仿生机器人的现状与趋势	24
第 2 章 水中机器人概述	29
2.1 水中机器人简介	29
2.1.1 水中机器人的定义与分类	29
2.1.2 国内外水中机器人的研究现状	42
2.1.3 水中机器人的研究内容	47
2.1.4 水中机器人的发展展望	50
2.1.5 水中机器人的研究目的和意义	51
2.2 水中机器人的应用	52
2.2.1 水中机器人的技术应用	52
2.2.2 水下搜救	53
2.2.3 生物科考	54

2.2.4	水下检测	60
2.3	单片机在机器人中的应用	60
2.3.1	单片机的概念	61
2.3.2	单片机在机器人中的应用	62
2.3.3	机器鱼所用 AVR 单片机简介	65
第 3 章	水中仿生机器人系统实现	68
3.1	水中仿生机器人系统总体设计	68
3.1.1	机器鱼推进运动设计原理	68
3.1.2	机器鱼的控制系统结构	70
3.2	水中仿生机器人硬件实现	72
3.2.1	机器鱼硬件概述	72
3.2.2	机器鱼硬件原理图及介绍	73
3.3	水中仿生机器人软件实现	80
3.3.1	机器鱼软件设计流程	80
3.3.2	机器鱼控制平台简介	81
3.3.3	机器鱼手机控制平台	93
3.4	水中仿生机器人机械系统	97
3.4.1	机器鱼的摆动部分	97
3.4.2	机器鱼结构参数优化	105
3.4.3	机器鱼防水设计	106
3.4.4	基本软件 SolidWorks 简介	106
第 4 章	水中仿生机器人运动实现	109
4.1	水中仿生机器人运动模式分类	109
4.1.1	按鱼类游动推进模式的分类	109
4.1.2	按机器鱼驱动方式的分类	110
4.2	水中仿生机器人运动原理	111
4.2.1	鱼类波状游动的受力分析	111
4.2.2	鱼体游动的运动学模型	112
4.2.3	鱼体波动方程改进	116

4.2.4	机器鱼结构参数优化	116
4.3	水中仿生机器人倒游运动	117
4.3.1	机器鱼结构	117
4.3.2	机器鱼运动学分析	118
4.4	水中仿生机器人运动控制研究	121
4.4.1	机器鱼游动速度控制	121
4.4.2	机器鱼游动方向控制	125
4.4.3	机器鱼游动加速度控制	130
4.5	水中仿生机器人顶球算法	131
4.5.1	基础算法	131
4.5.2	相切圆顶球算法	132
4.5.3	基于位置的顶球算法	133
4.5.4	基于区域的顶球算法	134
4.5.5	弦端点法顶球算法	136
4.6	基于舵机的水中仿生机器人运动实现	139
4.6.1	概述	139
4.6.2	舵机的组成	139
4.6.3	舵机的规格和选型	140
4.6.4	舵机的控制原理	142
4.6.5	PWM 波的产生及控制	143
4.7	水中仿生机器人运动参数简介	144
4.7.1	机器鱼运动参数设置	145
4.7.2	机器鱼初始化参数设置	146
4.8	水中仿生机器人运动的无线控制	147
4.8.1	RF001 通信模块的基本性能及特点	147
4.8.2	RF001 通信模块的使用	148
4.8.3	机器鱼数据发送	150
4.8.4	机器鱼控制协议	151
4.8.5	机器鱼无线控制代码	151

第 5 章 水中仿生机器人避障实现	152
5.1 水中仿生机器人避障简介	152
5.1.1 机器鱼避障传感器选择	152
5.1.2 机器鱼避障策略	153
5.2 模拟量红外传感器简介	154
5.2.1 模拟量红外传感器的原理	154
5.2.2 模拟量红外传感器的使用	155
5.3 开关型红外传感器简介	158
5.3.1 开关型红外传感器的原理	158
5.3.2 开关型红外传感器的使用	158
5.4 水中仿生机器人避障实现	160
5.4.1 开关型红外避障实现	160
5.4.2 SHARP 红外避障实现	162
5.5 上升下潜	164
5.5.1 上升下潜的原理	164
5.5.2 上升下潜的实现	168
第 6 章 面向工程应用的单关节机器鱼	170
6.1 概述	170
6.1.1 开发背景	170
6.1.2 产品结构	170
6.1.3 功能结构	171
6.1.4 产品特点	172
6.2 单关节机器鱼的组成与组装	172
6.2.1 单关节机器鱼的组成	172
6.2.2 单关节机器鱼的组装流程	173
6.3 单关节机器鱼控制平台的使用	176
6.3.1 WiFi 连接	176
6.3.2 基本控制功能	177
6.3.3 初始化设置功能	177

6.3.4 关节调直功能	178
6.3.5 充电功能	179
6.4 单关节机器人程序烧写	179
6.4.1 熔丝位配置	179
6.4.2 BootLoader 实现	181
参考文献	187

机器人是人类社会的产物,它的发展离不开人类的智慧和创造力。机器人的出现,为人类的生产、生活、科研、军事、医疗、娱乐、服务等领域带来了巨大的变革。随着人工智能、机器学习、深度学习等技术的飞速发展,机器人的能力不断提升,它们已经能够完成许多以前只有人类才能完成的任务。未来,随着技术的不断进步,机器人将在更多领域发挥更大的作用,为人类社会的发展做出更大的贡献。

机器人的发展离不开人类的智慧和创造力。机器人的出现,为人类的生产、生活、科研、军事、医疗、娱乐、服务等领域带来了巨大的变革。随着人工智能、机器学习、深度学习等技术的飞速发展,机器人的能力不断提升,它们已经能够完成许多以前只有人类才能完成的任务。未来,随着技术的不断进步,机器人将在更多领域发挥更大的作用,为人类社会的发展做出更大的贡献。

机器人的发展离不开人类的智慧和创造力。机器人的出现,为人类的生产、生活、科研、军事、医疗、娱乐、服务等领域带来了巨大的变革。随着人工智能、机器学习、深度学习等技术的飞速发展,机器人的能力不断提升,它们已经能够完成许多以前只有人类才能完成的任务。未来,随着技术的不断进步,机器人将在更多领域发挥更大的作用,为人类社会的发展做出更大的贡献。

机器人的发展离不开人类的智慧和创造力。机器人的出现,为人类的生产、生活、科研、军事、医疗、娱乐、服务等领域带来了巨大的变革。随着人工智能、机器学习、深度学习等技术的飞速发展,机器人的能力不断提升,它们已经能够完成许多以前只有人类才能完成的任务。未来,随着技术的不断进步,机器人将在更多领域发挥更大的作用,为人类社会的发展做出更大的贡献。

1.1 了解机器人

1.1.1 机器人的发展史

1. 古代机器人

自古以来,人们就幻想能造一种和人一样的机器,能像真人一样思考和行动。古代



机器人概述

提起机器人这个名词想必都不陌生,大量的科幻小说及影视作品中到处可见机器人的形象。《变形金刚》《机器猫》《阿拉蕾》等优秀机器人动画片更是伴随了 80 后、90 后、00 后的成长。科幻作品中的机器人形象是多种多样的。例如,电影《星球大战》里的能进行修理、翻译的小机器人 R2-D2 忠实可靠、敬业,礼仪机器人 C-3PO 则胆小怕事、逗人发笑;《终结者》系列中,来自未来的机器人终结者冰冷恐怖;《人工智能》中的大卫则是一个令人感伤的角色。

科技发展到今天,机器人早已不只是在人类的幻想中才会出现。“勇气号”“机遇号”“好奇号”火星探测机器人为人类的火星移民计划提供了必要的信息;深海机器人代替人类对深海火山的生态系统进行探测;PackBot 机器人进入福岛第一核电站内部进行辐射资料探测;军用机器人在局部战争中初露锋芒等。

各类媒体中的机器人也常跃入人们眼帘。春晚上的机器人舞蹈、餐厅里的机器人服务生、企业的迫切需求等,在《中国制造 2025》中也将机器人作为重点领域加以强调。

或许有人认为以上的事情离普通人还比较遥远,其实我们每个人的生活可能都与机器人密切相关。每天乘坐的汽车有可能就是工业机器人在工厂里制造,吃的水果也可能是采摘机器人亲“手”采下,甚至一些人家里都已经开始有机器人在清扫卫生、端茶倒水等。机器人的世界,离我们真的已不再遥远。

1.1 了解机器人

1.1.1 机器人的发展史

1. 古代机器人

自古以来,人类就希望制造一种像人一样的机器,以便代替人类完成各种工作,将人类

从繁重的劳动中解放出来，古今中外许多能工巧匠和科学家都在为此目标而不断努力。

公元前 400—公元前 350 年，《墨子·鲁问篇》记载公输子（即鲁班）“削竹木以为鹊，成而飞之，三日不下”。

公元前 2 世纪，亚历山大时代的古希腊人发明了被称为“自动机”的装置，它是以水、空气和蒸汽压力为动力的雕像，它会动，可以自己开门，还可以借助蒸汽来发声唱歌。

东汉时，人们发明了“记里鼓车”，它靠传动齿轮和凸轮杠杆等机械驱动，车行一里，车上木人受凸轮的牵动，由绳索拉起木人右臂击鼓，无须人手工测量计程，这是最早的计程工具。

后汉三国时期，诸葛亮制造了木牛流马，据《三国志·诸葛亮传》记载：“九年，亮复出祁山，以木牛运”，“十二年春，亮悉大众由斜谷出，以流马运”。木牛流马“口内舌头扭转，即不能动弹；再扭回来，复奔跑如飞”。“搬运粮米，甚是便利。牛马皆不水食，可以昼夜搬运不绝也”。

人类社会迈入 18 世纪之后，第一次工业革命从英国发展起来，开创了以机器代替手工工具的时代。随着各种自动机器、动力系统的问世，机器人也开始进入了自动机械时期，出现了很多机械式控制的机器人，具有代表性的是各种精巧的机器人玩具和机器偶人。

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。

1768—1774 年间，瑞士钟表匠德罗斯父子三人，设计制造出三个像真人一样大小的机器人——写字偶人、绘图偶人和弹风琴偶人，分别会写字、绘画、弹琴。它们是由凸轮控制和弹簧驱动的自动机器，至今还作为国宝保存在瑞士纳切特市艺术和历史博物馆内。

1893 年，加拿大人摩尔设计了以蒸汽为动力的能行走的机器人“安德罗丁”。

在科学家和技工们实际制造出这些精巧的偶人的同时，文学家也对机械偶人产生了浓厚的兴趣，有关偶人的文学作品在这一时期也得到了蓬勃发展，出现了《浮士德》、《木偶奇遇记》、《未来的夏娃》等一系列文学作品，将偶人的形象在大众心中广为传播，这也预示着，机器人即将正式走上历史舞台。

2. 机器人名词的产生

在工业革命推动技术迅速发展的同时，人们的思想观念也得到了巨大的解放。自古罗马时代以来，欧洲就处于封建神学的统治之下，认为人是上帝创造的。后来，随着文艺复兴的兴起，生理学和医学得到了进一步地研究和发展，在对人类结构研究的基础之上，一些科

学家、哲学家逐渐从宗教神学的束缚中摆脱出来，他们对上帝造人说产生了质疑。

在基于对人体的构造与功能的研究基础之上，法国数学家笛卡儿提出一个“人是机器”的命题。英国哲学家霍布斯更进一步地进行了阐述：“人不过是一架正立行走的机器：心脏是汲筒，四肢是杠杆，关节是齿轮，神经是游丝……”

这种思想观念彻底改变了人们对自身的看法，人们发现人与机器之间并没有本质区别，二者之间是有联系的。人是机器，有机器性的一面，于是人们开始反过来思考，那么机器是否可以模仿人，具有人的人格从而转变为人呢？

科幻文学作家们首先对这个问题进行了深入思考。1920年捷克作家卡雷尔·卡佩克发表了科幻剧本《罗萨姆的万能机器人》。

该剧本故事梗概是：未来，机器人按照其主人的命令默默地工作，没有感觉和感情，以呆板的方式从事繁重的劳动。后来，罗萨姆公司取得了成功，使机器人具有了感情，导致机器人的应用部门迅速增加，在工厂和家务劳动中，机器人成了必不可少的成员。再后来，机器人发觉人类十分自私和不公正，有一天机器人终于造反了，机器人的体能和智能都非常优异，它们消灭了人类主人。但是机器人不知道如何制造它们自己，每台机器人的寿命最多只有20年，它们认识到自己很快就会灭绝，所以它们保留了罗萨姆公司技术部主任的命，让他研制机器人繁殖的技术。但是，当繁殖技术研制出来被机器人掌握以后，最后的技术部主任也被杀掉了，人类灭绝了。

卡佩克提出的是机器人的安全、感知和自我繁殖问题，科学技术的进步很可能引发人类不希望出现的情况。虽然这只是科幻小说，但是它却揭示了未来人类社会可能会面临的危机。因此，该剧本得到了人们的广泛关注，被翻译成多国文字广泛流传开来。

在这篇享誉世界的科幻作品中，卡佩克根据捷克文 *robota*（原意是劳役、苦工）和波兰语 *robotnik*（原意是工人），创造出了词汇 *Robot*，用来称呼剧中的机器人主角。随着小说被翻译成多国文字广为流传，各国也纷纷将捷克斯洛伐克语中的 *robot* 作为机器人的名称。英语为 *robot*，德语为 *robot*，日语为 *ロボット*，法语为 *Robot*，俄语为 *Робот*，在中国则意译为机器人。从此，机器人这个名词开始正式走上历史舞台。

3. 现代机器人

进入20世纪以后，随着电的发明及其广泛应用，机器人技术也进入了一个新的发展时期。

1939年，美国纽约世博会上展出了西屋电气公司制造的家用机器人 *Elektro*。它由电缆控制，可以行走，会说77个字，甚至可以抽烟，不过离真正干家务活还差得远。但它让人

们对家用机器人的憧憬变得更加具体。

二次世界大战之后,美苏两国竞相发展核技术争夺霸权,但是由于核物质大量的辐射,人体不能直接接触,所以原子能实验室迫切希望使用某些操作机械代替人搬运、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1944年发明了主-从机械手(如图1-1所示),开创了机械手研究的先河。所谓主-从机械手,就是人们通过把放射性物质放置在辐射屏蔽间内,人们通过控制在屏蔽间外面的主机械手,通过机械结构,来驱动在屏蔽间内部用机械手移动放射性物质。这种机械手至今仍应用在很多场合中。

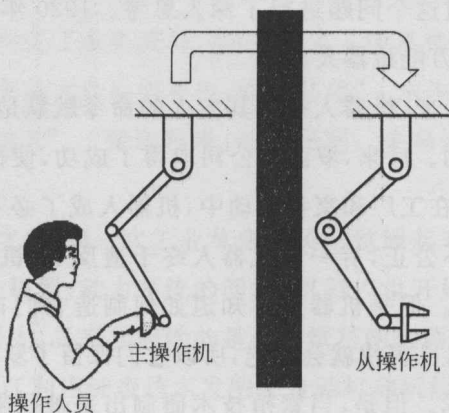


图 1-1 主从机械手

时间迈进20世纪40年代,人类又迎来两项重大科技发明。1946年2月14日,第一台电子计算机ENIAC在宾夕法尼亚大学诞生(如图1-2所示),并于次日正式对外公布。ENIAC每秒能执行5000次加法或400次乘法,是手工计算的20万倍,人们为计算机的超凡能力而赞叹。但是,初生的ENIAC绝对是一个庞然大物,它包含了17468个真空管、7200个水晶二极管、1500个中转器、70000个电阻器、10000个电容器、1500个继电器、6000多个开关。ENIAC长30.48m,宽1m,占地面积约63m²,有30个操作台,约相当于10间普通房间的大小,重达30t,耗电量150kW,造价48万美元。诚然,如此巨大的计算机想要普及应用显然是不现实的。

1947年12月23日,美国新泽西州贝尔实验室巴丁博士、布莱顿博士和肖克莱博士三位科学家在导体电路中进行用半导体晶体把声音信号放大的实验时,发明了科技史上具有划时代意义的成果——晶体管,因为它是在圣诞节前夕发明的,所以被称为“献给世界的圣诞节礼物”。晶体管彻底改变了电子线路的结构,促进并带来了“固态革命”,集成电路以及大规模集成电路应运而生,也使得计算机的体积缩小、价格大幅下降,而性能却大为提升,

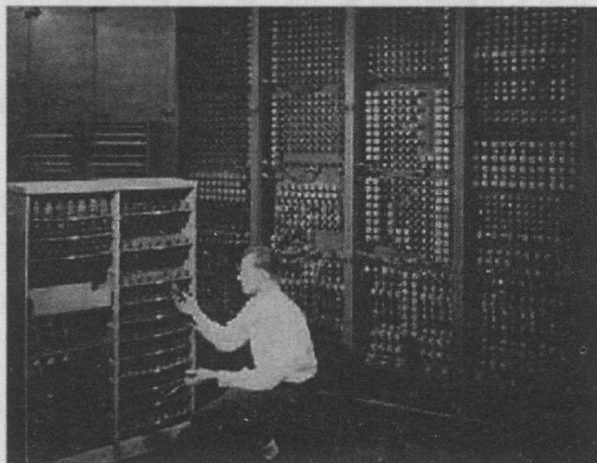


图 1-2 ENIAC

计算机大规模普及变得现实。

这时候人们开始思索,机器可以做很多事情但是机械需要人来操作,计算机具有比人类更优秀的计算能力,那么可否将计算机装在机器上来代替人操作机器呢?也就是说能否把计算机的智能功能和机器的机械功能结合在一起呢?1948年,诺伯特·维纳出版了《控制论》,在书中阐述了机器中的通信和控制机能与人的神经、感觉机能的共同规律,并且率先提出了建设以计算机为核心的自动化工厂思路。诺伯特将计算机智能和机器机械功能相结合的可行性从理论上进行了论证,为这一伟大结合奠定了坚实的理论基础。

1954年,美国人乔治·德沃尔制造出世界上第一台可编程的机器人,并注册了专利。这种机械手能按照不同的程序从事不同的工作,因此具有通用性和灵活性。

1959年,乔治·德沃尔凭借伺服装置的专利与美国发明家约瑟夫·英格伯格联手制造出第一台工业机器人。随后,成立了世界上第一家机器人制造工厂——美国万用自动化公司(Unimation)。英格伯格因长期对工业机器人的研发努力和不懈的宣传,被称为“工业机器人之父”。

1962年,Unimation公司的第一台机器人 Unimate 正式出产并在美国通用汽车公司(GM)投入使用,标志着第一代机器人正式诞生。

同年,美国 AMF 公司生产出 VERSTRAN(意思是万能搬运),与 Unimation 公司生产的 Unimate 一样成为真正商业化的工业机器人,并出口到世界各国,从此掀起了全世界对机器人和机器人研究的热潮。

随着研究的深入,人们开始考虑尝试将传感器安装到机器人身上,让机器人具有感知

功能。1961年恩斯特开始采用触觉传感器,1962年托莫维奇和博尼在世界上最早的“灵巧手”上用到了压力传感器,而麦卡锡1963年则开始在机器人中加入视觉传感系统,并在1965年帮助麻省理工学院(MIT)制作出了世界上第一个带有视觉传感器,能识别并定位积木的机器人系统。

1965年,约翰·霍普金斯大学应用物理实验室研制出Beast机器人。Beast已经能通过声呐系统、光电管等装置,根据环境校正自己的位置。20世纪60年代中期开始,美国麻省理工学院、斯坦福大学、英国爱丁堡大学等陆续成立了机器人实验室。第二代带传感器、“有感觉”的机器人开始兴起。

1968年,美国斯坦福研究所公布他们研发成功的机器人Shakey,如图1-3所示。它带有视觉传感器,能根据人的指令发现并抓取积木,不过控制它的计算机有一个房间那么大。Shakey靠电视摄像机摄取图像,四周有“猫须型”接近觉传感器检测环境,下面使用轮子进行驱动,靠无线电天线和主计算机进行通信。Shakey可以算是世界第一台智能机器人,拉开了第三代机器人研发的序幕。

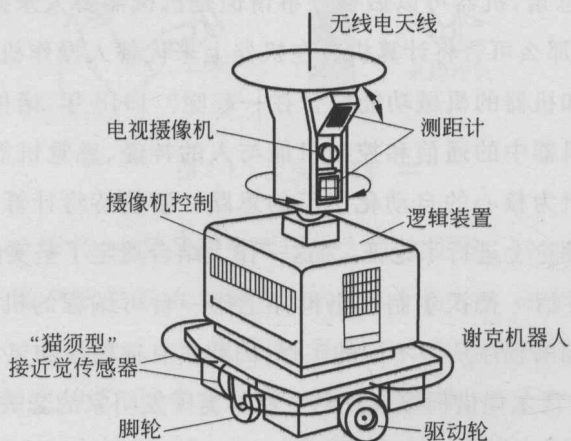


图 1-3 Shakey

1978年,Unimation公司推出通用工业机器人PUMA,如图1-4所示,标志着工业机器人技术已经成熟。PUMA机器人具有多关节、全电动驱动、多CPU二级控制;可配视觉、触觉、力觉传感器,在当时是一种技术先进的工业机器人。现在的工业机器人结构大体上是以此为基础的。至今,PUMA仍然工作在工厂第一线。

1984年,英格伯格推出机器人Helpmate,这种机器人能在医院里为病人送饭、送药、送邮件,同年英格伯格预言:“我要让机器人擦地板,做饭,出去帮我洗车,检查安全”。

1997年7月4日,携带火星探路者的飞船着陆火星。探路者名叫“索杰纳”,是一个小



图 1-4 PUMA

型机器人 6 轮探测车,重 10kg,造价 2500 万美元。它具有人工智能,使用太阳能动力。它的行驶速度最快为 2inch/min。它专找岩石爬,目的是搜集有关岩石成分的数据,如图 1-5 所示。

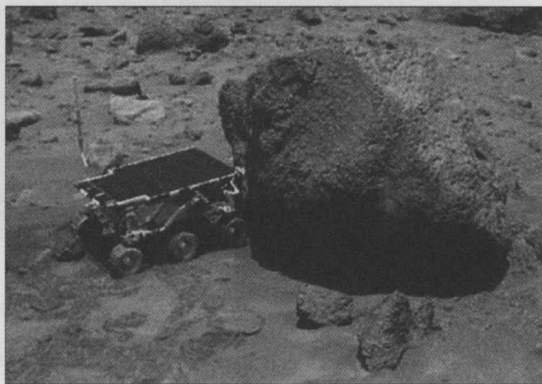


图 1-5 火星探路者

1998 年,世界著名玩具厂商乐高(LEGO)公司推出机器人(Mind-storms)套件,让做机器人变得跟搭积木一样,相对简单又能任意拼装,使机器人开始走入个人世界,同时掀起了机器人教育的热潮,如图 1-6 所示。

1999 年,日本索尼公司推出犬型机器人爱宝(AIBO)(如图 1-7 所示),AIBO 为人工智能机器人(artificial intelligence robot)的缩写。AIBO 售价在 1600 美元左右,尽管价格不菲,但是还是被抢购一空,创造了 20min 内卖掉 3000 只的纪录,从此娱乐机器人成为目前机器人迈进普通家庭的途径之一。

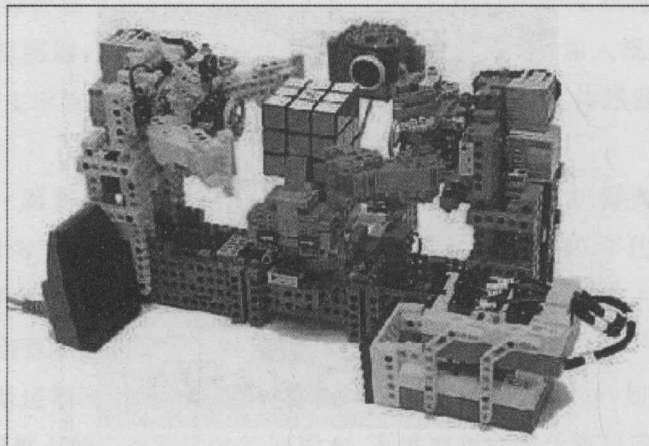


图 1-6 机器人套件



图 1-7 AIBO 机器人

2002年5月2日,纽约证交所,本田公司制造的名叫阿西(Asimo)(见图1-8)四英尺高的白色机器人摇响开市铃声,评论家普遍认为:“这铃声不仅仅是庆祝本田在美国上市25周年,更是摇响了机器智能时代的开始”。

2002年,iRobot公司推出了吸尘器机器人伦巴(Roomba),如图1-9所示。iRobot公司是一个拥有整套发展机器人工业技术的公司,行业涉及军事、航天、民用各个方面。Roomba即是一款典型的军转民产品。Roomba售价199美元,外形很像一张比萨饼,它能够通过传感器和导航软件自动打扫房间。Roomba拥有的数学运算法可以自主设计路线,通过传感器它可以避开各种障碍、察觉陡坡以免摔下楼梯,在电量不足时,还能自动驶向充电座。目前,Roomba在全球的销量已超过500万台,是目前世界上销量最大、商业化最成功的家用机器人。