

机器人引论

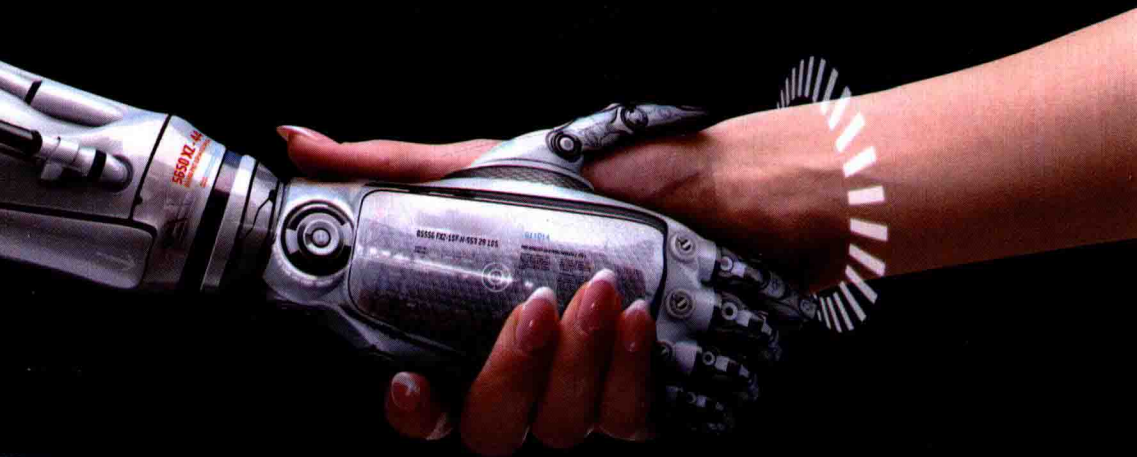
魅力无穷的机器人世界



ROBOT INTRODUCTION

Endless Charm of the
Robot World

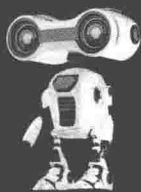
谢广明 李宗刚 夏庆锋 / 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

机器人引论

魅力无穷的机器人世界



ROBOT INTRODUCTION

Endless Charm of the
Robot World

谢广明 李宗刚 夏庆锋 / 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人引论：魅力无穷的机器人世界 / 谢广明, 李宗刚, 夏庆锋编著. —北京：北京大学出版社, 2017.11

ISBN 978-7-301-27910-6

I. ①机… II. ①谢… ②李… ③夏… III. ①机器人技术—高等学校—教材
IV. ① TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 002732 号

- 书 名** 机器人引论——魅力无穷的机器人世界
Jiqiren Yinlun——Meili Wuqong de Jiqiren Shijie
- 著作责任者** 谢广明 李宗刚 夏庆锋 编著
- 责任编辑** 王剑飞
- 标准书号** ISBN 978-7-301-27910-6
- 出版发行** 北京大学出版社
- 地 址** 北京市海淀区成府路 205 号 100871
- 网 址** <http://www.pup.cn> 新浪微博：@北京大学出版社
- 电子信箱** zpup@pup.cn
- 电 话** 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765014
- 印 刷 者** 三河市博文印刷有限公司
- 经 销 者** 新华书店
- 730 毫米 × 980 毫米 16 开本 20.75 印张 400 千字
2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷
- 定 价** 49.00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究

举报电话：010-62752024 电子信箱：fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题，请与出版部联系，电话：010-62756370

内 容 简 介

本书系统地介绍了机器人技术领域的基本概念和相关知识,内容不仅包括古代先贤研制的各种精巧的古代机器人,以及广泛存在于军事、工业、农业、服务、医疗、娱乐等领域的现代机器人;还包括令人倍感神奇的仿生机器人、生命机器混合系统、脑—机接口、4D打印等领域前沿知识。同时,作者从如火如荼、形式多样的各类机器人学科竞赛中,推介了若干充满趣味和挑战的机器人竞技活动,以使读者能够从更加直观的角度领略机器人技术的无尽魅力。

本书语言平实,通俗易懂,既可作为高等院校的通识类课程教材,也可作为普通读者全面客观了解机器人技术、学习机器人知识、提高科学素养的一般性科普读物。

前 言

比尔·盖茨 18 岁考入哈佛大学，一年后便退学，随后创办了世界著名的微软公司。随着个人电脑的急速普及，微软公司也飞速壮大，为比尔·盖茨迅速积累了大量财富。自 1995 年到 2007 年他曾连续多年登上“福布斯”全球富豪榜榜首，成为万众瞩目的创业神话。2007 年比尔·盖茨从微软正式退休的时候，曾发布了一个重要的预言：今后 30 年，个人机器人将复制个人电脑的发展之路，30 年后家家户户都有机器人。这不仅是对技术发展的一种预测，同时也是对新的财富增长方式的一种预测。如今 10 年时间已经过去了，机器人技术发展到什么地步了呢？是否成为了下一个产业爆发了呢？谁又将复制比尔·盖茨的成功之路呢？

一提到“机器人”，首先映入你的脑海的是一个什么形象？变形金刚、终结者、大白、瓦力……大多数人对机器人的感受来自各种科幻影视作品中的机器人角色。其实你真的了解机器人吗？你关心过现在机器人技术的发展程度吗？你有没有想过这些电影中的机器人什么时候可以进入我们的生活？我们什么时候能够拥有自己的个人机器人？

人类社会已经进入 21 世纪，科学技术的飞速发展全面地改变了我们的生活形式。个人电脑、互联网、智能手机渗透到我们生活的方方面面。平时我们通过网络沟通、购物，春节我们在手机上拜年、抢红包，出门我们在网络上约车、订机票和旅馆，路上全都是低着头的手机党，回家我们继续“手机躺”式的休闲娱乐。这一切让你的生活变得非常便利舒适，甚至已经习以为常。如果你不会使用这些技术，就享受不到这些便利，这在很多老年人身上得到了体现。今后一旦普及了机器人技术，生活又会变成什么样子呢？你是否应该对机器人技术有所了解，跟上时代发展的脚步呢？

机器人对我们来说，既熟悉又不熟悉。对机器人，我们有很多零散的、片面的甚至是错误的知识。我们非常有必要从科学的角度，客观、系统、全面地了解一下机器人技术，建立对机器人的科学的、客观的认识。本书的成书目的即在于此。

本书系统全面地介绍了机器人技术领域的基本概念和相关知识，内容不仅包括古代先贤研制的各种精巧的古代机器人，以及广泛存在于军事、工业、农业、服务、医疗、娱乐等领域的现代机器人；还包括令人倍感神奇的仿生

机器人、生命机器混合系统、脑—机接口、4D 打印、新能源技术等领域前沿知识。同时，笔者从如火如荼、形式多样的各类机器人学科竞赛中，推介了若干充满趣味和挑战的机器人竞技活动，以使读者能够从更加直观的角度领略机器人技术的无尽魅力。

本书是笔者在北京大学开设的全校性公选课“魅力机器人”的课程讲义基础上逐步积累、增补、完善而成。该课程在北大已开授十余次，受到学生广泛欢迎。笔者觉得这些知识不应仅惠及北大的学生，其他高校的学生，甚至广大民众，包括青少年和成年人都应该从中受益。

本书编写大纲由笔者提出，兰州交通大学李宗刚和南京大学金陵学院夏庆锋参与了讨论和修改。在本书编写过程中参考了大量相关文献和网页资料，在此向这些文献的作者和信息提供者致以诚挚的谢意。

需要指出的是，机器人技术正处于迅猛发展中，很多知识更新特别快。笔者学识有限，精力有限，难免有所疏忽、遗漏和错误，欢迎批评指正，让我们共同进步。

谢广明

2017 年于中关村

目 录

第 1 章 一起进入机器人的世界	(1)
1.1 你脑海中的机器人是什么样子?	(1)
1.2 机器人时代的来临	(4)
1.3 无处不在的机器人	(5)
1.4 机器人到底是什么?	(9)
1.5 “机器人”一词的诞生	(11)
1.6 机器人的基本组成	(12)
1.7 机器人三定律	(15)
1.8 机器人产业相关专业的介绍及职业前景分析	(16)
思考题	(20)
第 2 章 致敬古代机器人	(21)
2.1 人类对于制造机器人梦想的追求	(21)
2.2 古代的自动计时装置	(24)
2.3 古希腊时期的机器人	(26)
2.4 阿拉伯世界的机器人	(29)
2.5 文艺复兴时期的机器人	(30)
2.6 十七世纪以来的机器人	(33)
2.7 中国古代机器人	(35)
思考题	(42)
第 3 章 残暴的军事机器人	(43)
3.1 什么是军事机器人	(43)
3.2 军事机器人发展情况	(45)
3.3 军事侦察机器人	(49)
3.4 战斗机器人	(56)
3.5 工程机器人	(60)
3.6 战地救护机器人	(62)
3.7 水中军事机器人	(63)
思考题	(75)
第 4 章 辛劳的工业机器人	(76)

4.1	什么是工业机器人	(76)
4.2	物理机器人：功能智能化与深度化	(77)
4.3	软件机器人：系统虚拟化与云端化	(81)
4.4	平行机器人：互动可视化与个性化	(83)
4.5	工业机器人的基本描述	(86)
4.6	工业机器人的应用	(96)
	思考题	(104)
第5章	朴实憨厚的农业机器人	(105)
5.1	什么是农业机器人	(106)
5.2	用于春种的农业机器人	(109)
5.3	用于夏长的农业机器人	(111)
5.4	用于秋收的农业机器人	(114)
5.5	用于冬藏的农业机器人	(117)
5.6	其他农业机器人	(119)
	思考题	(122)
第6章	令人期待的服务机器人	(123)
6.1	什么是服务机器人	(123)
6.2	机器人如何提高“衣”的质量	(126)
6.3	机器人如何提高“食”的质量	(128)
6.4	机器人如何提高“住”的质量	(131)
6.5	机器人如何提高“行”的质量	(135)
6.6	其他服务机器人	(142)
	思考题	(144)
第7章	救死扶伤的医疗机器人	(146)
7.1	内窥诊疗机器人	(146)
7.2	手术机器人	(158)
7.3	康复机器人	(166)
7.4	其他医疗机器人	(184)
	思考题	(190)
第8章	多才多艺的娱乐机器人	(191)
8.1	娱乐机器人掠影	(191)
8.2	娱乐机器人分类	(195)
8.3	类人机器人	(199)
8.4	高仿真机器人	(205)
8.6	机器人的吹拉弹唱及表演	(212)

8.7 其他娱乐机器人	(218)
8.8 机器人主题公园	(222)
思考题	(226)
第9章 以自然为师的仿生机器人	(227)
9.1 什么是仿生机器人	(227)
9.2 陆地仿生机器人	(229)
9.3 水中仿生机器人	(242)
9.4 空中仿生机器人	(247)
9.5 仿生机器人群体	(250)
思考题	(252)
第10章 颠覆观念的生命机器混合系统	(253)
10.1 赛博格系统	(253)
10.2 生物机器混合系统	(256)
10.3 外骨骼机器人	(260)
10.4 意念控制机器人	(263)
10.5 机器耳	(269)
10.6 机器眼	(272)
思考题	(273)
第11章 趣味火爆的机器人竞赛	(274)
11.1 机器人竞赛面面观	(275)
11.2 机器人世界杯(RoboCup)	(277)
11.3 机器人足球世界杯(FIRA)	(279)
11.4 DARPA 机器人挑战赛	(281)
11.5 国际空中机器人大赛	(283)
11.6 国际水中机器人大赛	(285)
11.7 中国机器人大赛	(286)
思考题	(287)
第12章 促进机器人发展的新技术	(288)
12.1 增材制造与3D打印	(288)
12.2 4D打印	(295)
12.3 智能材料	(299)
12.4 脑-机接口	(305)
12.5 新能源技术	(309)
思考题	(312)
参考文献	(313)

第 1 章 一起进入机器人的世界

1.1 你脑海中的机器人是什么样子？

提到机器人，你的脑海中首先会闪现一个什么样的形象呢？

面对这个问题，每个人的答案可能都会不同，有的人可能会想到憨厚可爱的瓦力或者功能强大的伊娃，有的人可能会想到施瓦辛格扮演的终结者，有的人可能会想到变形金刚，更多的人可能会想到机器人像人一样与人类和平相处，也有的人头脑中会闪现一个机器怪兽的形象，认为这种很酷的形象才能算是机器人。

每个人对机器人都有不同的想象和看法，大部分人对于机器人的印象可能来源于某个科幻电影或者新闻报道，并且认为机器人离我们很遥远，尤其是文科专业的同学，甚至会认为自己很难与机器人会产生交集。其实不然，机器人正在以飞快的速度接近我们。

“当你坐在办公室中喝咖啡时，就可以通过桌前的个人电脑监控家中的一切：让你的管家机器人帮你熨洗衣服，清扫地板，为小宠物喂食，巡视花园；你还可以通过 PC 机与你的管家机器人随时进行联系，指导它为你准备一顿丰盛的意大利晚餐；通过遥控专门负责陪护的机器人来照顾年迈的母亲，帮助她按时服药……”这就是比尔·盖茨在 2007 年 2 月出版的《环球科学》(《科学美国人》中文版)杂志上为我们描述的一幅未来场景。这位个人电脑革命的领军人物在创建微软公司 30 年后再次向世界预言：机器人时代正朝我们走来，在不远的将来，家家都会拥有一个机器人。

机器人到底是什么样子呢？首先，在谷歌中图片搜索关键字“robot”，得到如图 1-1 所示的页面，可以看到，搜索到的大部分机器人图片是像人一样的。接着，再用百度图片去搜索“机器人”，结果如图 1-2 所示，可以看到，大部分结果也是像人一样的，但也有一些，如机器手臂、坦克式机器小车等，看上去完全不像人类的。

那么现实生活中的机器人又是什么样子呢？图 1-3 是一个喜羊羊机器人，图 1-4 是一个帅小伙机器人，而图 1-5 则是一个奥特曼机器人。虽然三个机器

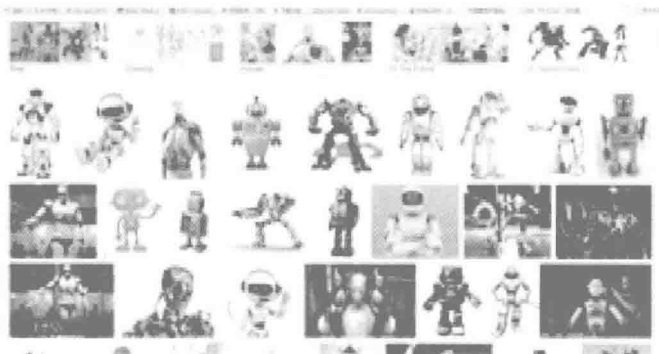


图 1-1 Google 中“robot”搜索结果



图 1-2 百度中“机器人”搜索结果

人的外观差异比较大，但是他们的工作都是一样的，他们都是制作刀削面的机器人。中国的北方人喜欢吃面食，手工做刀削面非常浪费力气，而机器人可以轻松地做出美味的刀削面，从而解放了人力。

奥特曼刀削面机器人售价约为 15 000 元，其特点是：易管理，不吃不喝不休息，不偷懒，不会累，连续工作 24 小时仅耗电 2~3 度。奥特曼刀削面机器人一分钟削面 100 多根，其工作效率可以和一个熟练的刀削面师傅相媲美，工作几个月即可收回成本，另外其特殊的形象还会揽客。

刀削面机器人既可以解决用工难题又体现了科技的进步，那么，它的技术达到了什么程度呢？如今的最先进的机器人又是什么样子呢？

图 1-6 是当前世界上最先进的仿人机器人，由美国的一家公司研制。此机器人可以像人一样在崎岖不平的道路上行走，当有外力抗击时，还可保持身体的平衡。目前这家公司已经被谷歌收购，继续在研发更先进的仿人机器人。



图 1-3 喜羊羊机器人

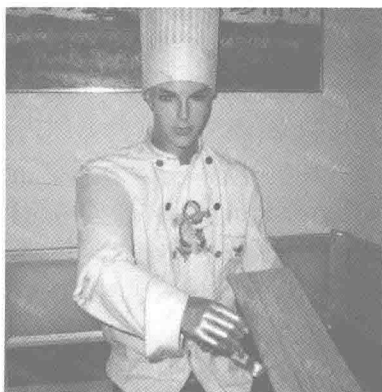


图 1-4 帅小伙机器人



图 1-5 奥特曼刀削面机器人

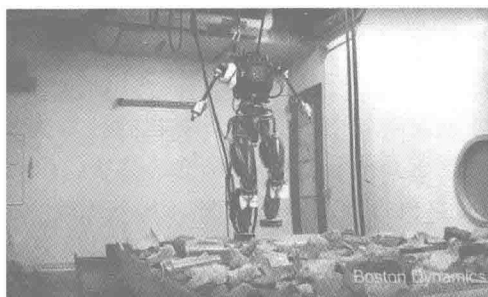


图 1-6 当前世界上最先进的仿人机器人

1.2 机器人时代的来临

二十世纪以来，在世界范围内兴起了一场新技术革命，其影响之广泛，意义之深远，是以往任何一次技术革命所不能比拟的。过去的工业技术革命，是为了把人类从沉重的体力劳动中解放出来，是人类体力的增大与外部器官的延伸；而这次技术革命，却是把人类从繁杂的脑力劳动中摆脱出来，是人类脑力的增强。尤其是第二次世界大战以后，信息技术革命的浪潮一浪高过一浪。最早的一波浪潮是指六七十年代的模拟电子技术浪潮，代表性标志是电视机、录像机的发明。电视机和录像机的介入使百姓的生活发生了天翻地覆的变化，人们每天回家看电视、看录像带变成了日常休闲娱乐不可缺少的内容。随后，在八十年代出现了第一波数字技术浪潮，代表性标志是个人电脑的兴起。电脑进入了千家万户，给人类的生活带来了巨大的变化，人们通过电脑处理各种各样的事情。九十年代，第二波数字技术浪潮——互联网来临，人们开始通过电脑上网与世界沟通，如今随着移动互联网的发展，用手机上网已经深深地融入人们日常生活当中，订票、打车、购物等生活方式都被移动互联所改变，为不同产业、行业带来了深刻的变化。

那么下一波浪潮是什么呢？是机器人浪潮。机器人浪潮是以个人机器人为代表。40年前，比尔·盖茨毅然弃学，创立微软，成为个人电脑普及革命的领军人物；2007年，他预言个人机器人将复制个人计算机的发展之路，机器人将进入每一个家庭。这场革命点燃机器人普及的“导火索”，它必将与个人电脑一样，彻底改变这个时代的生活方式。

40年前的大型计算机体型臃肿、造价高昂，通常是在大型公司、政府部门和其他各种机构中用于后台操作，支持日常运转。当时的计算机行业是一个高度分散、各自为政的行业，几乎没有统一的标准或平台。这个行业的开发项目复杂、进展缓慢。

目前机器人行业的发展与40年前的计算机行业极为相似。在汽车装配线上忙碌的一线机器人，正是当年大型计算机的翻版。机器人行业现今面临的挑战，也和40年前计算机行业遇到的问题如出一辙：机器人制造公司没有统一的操作系统软件，流行的应用程序很难在五花八门的装置上运行。机器人硬件的标准化工作也未开始，在一台机器人上使用的编程代码，几乎不可能在另一台机器上发挥作用。如果想开发新的机器人，通常得从零开始。

虽然困难重重，但比尔·盖茨相信多种技术发展的趋势开始汇合为一股推动机器人技术前进的洪流，使得机器人将成为我们日常生活的一部分。

机器人将成为由电脑控制的外接设备。它们具体是什么样子并不重要，

重要的是，它们带给我们的改变丝毫不逊于电脑过去30年带来的影响。(2007年2月《环球科学》)对于比尔·盖茨的预言应该如何去解读呢？从产业界分析，下一个经济增长点应该在机器人领域。机器人技术的发展将会带动新产业经济的增长，带来新的创造财富的机会。例如2014年谷歌公司陆续收购了9家机器人公司，虽然有些公司的技术并没有变成产品，但是可以作为自己的技术储备。从学术界来看，机器人技术是最具前途、最活跃的领域之一。机器人技术包含各种各样的技术，如电子、计算机、控制、机械、通信等技术，甚至生物、化学、纳米材料等方面的技术也在机器人领域发挥越来越大的作用，可以预见未来是机器人技术大发展的一段时期。这些技术为我们的生活带来天翻地覆的改变。现在我们可以通过电脑、手机来上课，毫不夸张地说，未来我们可以通过机器人来上课，这样的时代可能马上就会到来。

既然我们已经进入了机器人时代，那些仍认为机器人与我们无关，不关心、不过问、不想懂机器人的人，将成为新的“文盲”。

现在已经到了机器人走进家庭的时代，我们需要紧跟时代的步伐，享受机器人给我们带来的便利。

1.3 无处不在的机器人

在现实生活中机器人已经无处不在。比如战场上的机器人士兵，如图1-7所示。虽然很久没有世界大战了，但是世界并不太平，地球上时时刻刻有很多局部战争。最新科技往往先用在军事上，美国就是个典型代表。在伊拉克、阿富汗等地，美国的地面机器人已经开始服役。美国国会规定2015年前，三分之一的地面战斗将使用机器人士兵。五角大楼的决策者们认为，10年内智能战争机器人将成为美军未来主要战斗力。

还有就是无人驾驶飞机，简称无人机，如图1-8所示，从侦察到攻击，无所不能！2012年1月到2013年8月美国无人机在巴基斯坦北瓦基里斯坦的45次已知空袭中，无人机肆意发起攻击，导致多位平民丧生。

当然，机器人除了杀人，还可以用来保护人类，维护公共安全。图1-9为一个防爆机器人在美国俄亥俄州停车场检查可疑物品。其实，更多的机器人是在工厂里默默工作，比如在工厂里帮助我们制造汽车，如图1-10所示，在这方面机器人比我们更擅长！2008年底，世界各地已经部署了100万台各种工业机器人。2013年中国已成为全球第一大工业机器人市场，销售了9500台。在德国的汽车业，工人与机器人的比例约为7:1。而在一些特殊的工厂，只有机器人才能够胜任。图1-11为在法国核电厂里，机器人在计划检修期检查核反应堆的水槽内部情况。即使来了天灾人祸，机器人仍然可以出马！图

1-12 为 2011 年 4 月 6 日，一辆无人控制的运输车载着垃圾穿越被海啸损毁的日本福岛第一核电站。



图 1-7 机器人士兵



图 1-8 无人机

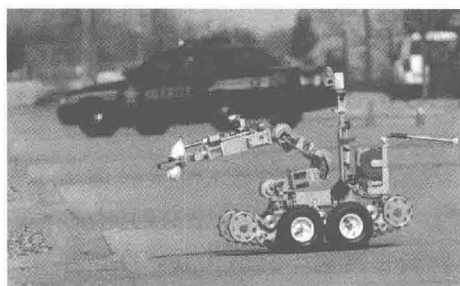


图 1-9 安保机器人



图 1-10 机器人在工厂

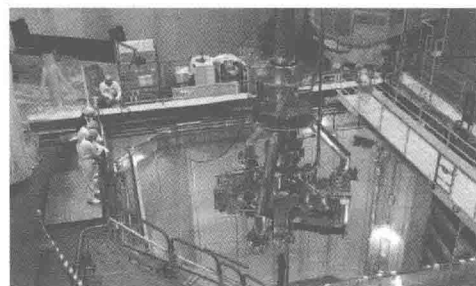


图 1-11 机器人在核电厂



图 1-12 机器人在处理核事故

机器人还可以下农田劳作，帮我们种田、施肥、打药、收割、采摘等等！图 1-13 为插秧机器人，该机器人曾获得日本经济产业部 2008 年度机器人大奖，其在农田插秧的速度和一个插秧高手相当！图 1-14 所示除草机器人能够自动分清庄稼幼苗和杂草！该机器人曾获得《时代》周刊 2007 年度最佳发明奖。



图 1-13 插秧机器人

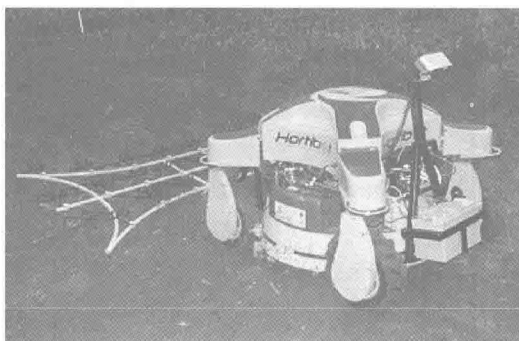


图 1-14 除草机器人

在医院中机器人也已经出现了：很多复杂的手术，可通过机器人来操作；同时如果您生病的家人无人陪伴，可以请机器人护工进行陪伴，如图 1-15 所示。除了陆地上机器人在生活的各种场合存在，实际上机器人已经飞上了太空，如图 1-16 所示。2011 年 2 月 24 日，美国国家航天航空局 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 的机器宇航员 R2A 乘坐“发现号”航天飞机从佛罗里达肯尼迪航天中心飞向太空。此外，机器人还可以潜入深海，如图 1-17 所示。马航 MH370 失事时美国曾派了深水机器人进行水下搜索。德国基尔大学的科学家研制出新型深水机器人“ROV Kiel 6000”，这架价值 320 万欧元的深水机器人能够下探到 6000 米深的海底，寻找神秘的深水

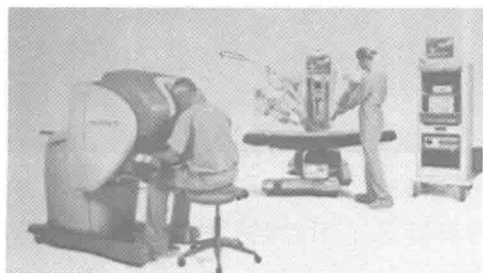


图 1-15 手术机器人和机器人护士

生物和“白色黄金”——可燃冰。科学家称，目前它是世界上同类产品中最先进的。



图 1-16 太空机器人

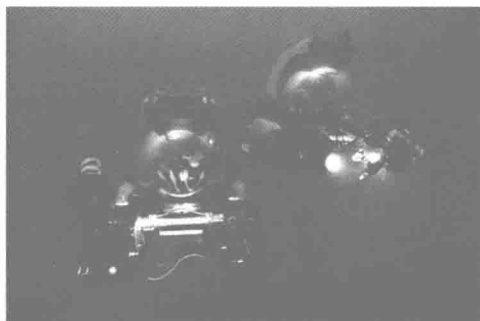


图 1-17 水下机器人

机器人除了上天入海之外，还将在我们的日常生活中扮演重要角色。专家预测，无人驾驶汽车将在数年内普及。2014年4月28日，无人驾驶汽车项目的负责人表示，谷歌无人驾驶汽车的软件系统，可以同时“紧盯”街上的“数百个”目标，包括行人、车辆，做到万无一失。谷歌无人驾驶汽车，如图 1-18 所示，曾经在谷歌总部所在的加州山景城长期行驶，已经记录到了数千英里（1英里=1.61千米）的数据。你可能幻想过，有一项科学技术能使意大利辣香肠自行“飞到”你的家中。不过，你曾经的“白日梦”可能真的要实现了。不久前，达美乐(Domino)公司成功地用一架无人直升机运送了比萨，如图 1-19 所示。



图 1-18 谷歌无人驾驶汽车



图 1-19 无人机送快递

生活中还有一类机器人，可以让残疾人变成正常人，让正常人变成“超人”。如通过智能假肢，可以使残疾人恢复正常人的生活。如图 1-20 所示，2014年巴西世界杯开幕式请了一个穿着外骨骼机械的脑瘫患者给世界杯开球。