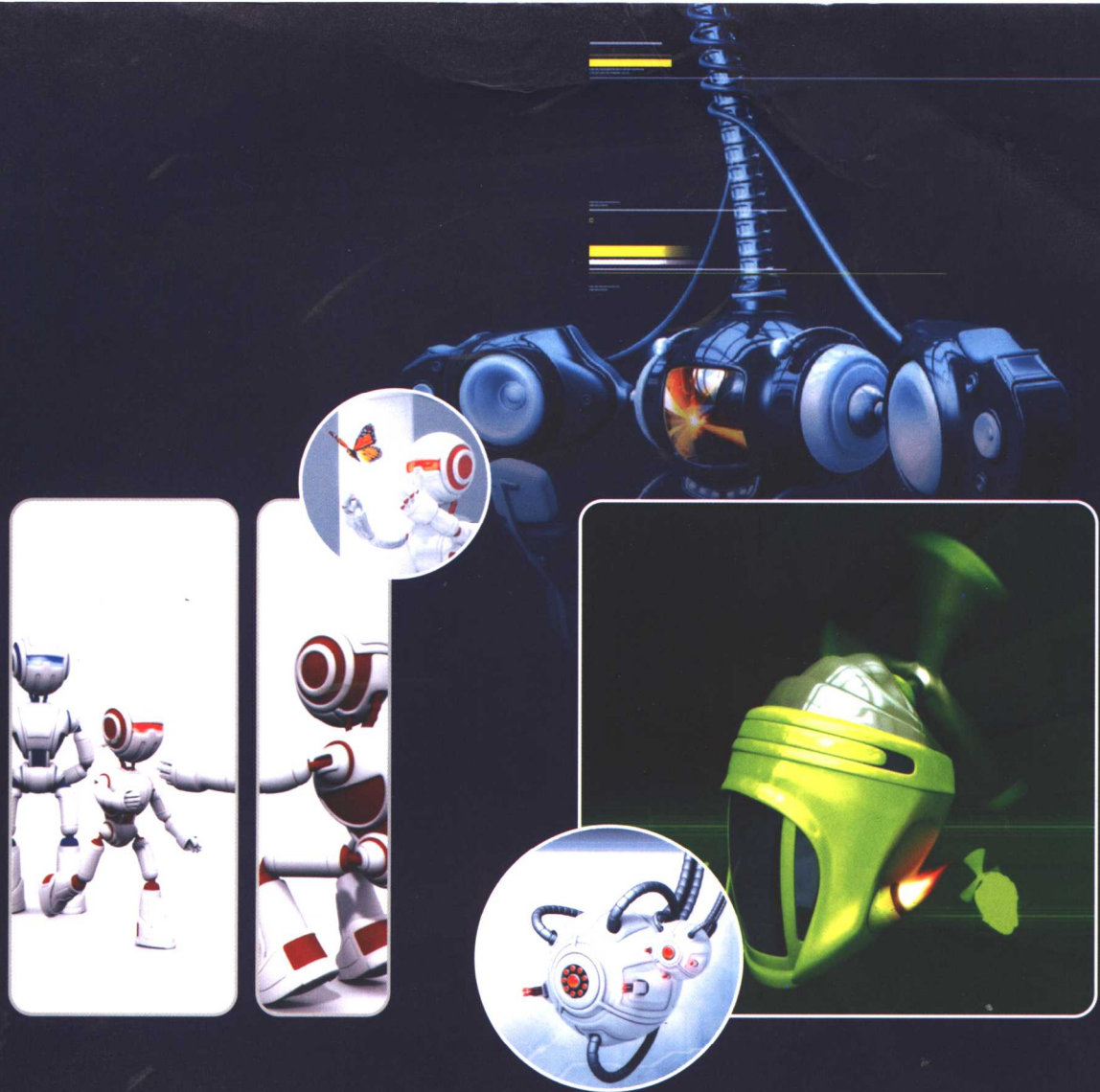




机器人创新制作

主编 刘广瑞

机器人创新制作

主 编 刘广瑞

副主编 陈 园 董全中 邓秋超



西北工业大学出版社

【内容简介】 本书系统地阐述了机器人的一般概念、组成、工作原理、应用发展、国内外正在蓬勃兴起的青少年创新教育机器人、作为人工智能载体的研究机器人、机器人的具体结构和创新机器人的制作理念、如何制作机器人与参加比赛等内容。全书共分为5章：机器人的大脑——单片机及其控制程序；机器人的神经系统——单片机与控制电路；机器人的运动系统——单片机与传动机械的结合；让机器人动起来——简单机器人制作；机器人竞赛活动。各章内容紧密关联。单片机系统是机器人控制器的核心和机器人创新制作的基础，因此单片机系统对高层次的制作者而言显得尤为重要，本书对此内容也做了详尽介绍。

本书内容全面，既适合于初入机器人领域者，也适用于高级机器人制作者。它是开展创新教育，培养创新型人才的最佳教材，也是广大机器人和单片机爱好者的优秀参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人创新制作/刘广瑞主编. —西安:西北工业大学出版社, 2007. 2
ISBN 978-7-5612-2038-2

I. 机… II. 刘… III. 机器人—制造 IV. TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 018778 号

出版发行: 西北工业大学出版社

通信地址: 西安市友谊西路 127 号 邮编: 710072

电 话: (029)88493844 88491757

网 址: www.nwpu.com

印 刷 者: 陕西向阳印务有限公司

开 本: 727 mm×960 mm 1/16

印 张: 22

字 数: 371 千字

版 次: 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

前 言

机器人正向我们走来,已经深入到我们社会生活的方方面面。大到火星探测,小到家庭生活,到处都有机器人的身影。2004年1月,“勇气”号和“机遇”号火星探测器先后在火星表面成功着陆,探索火星生命的痕迹。火星探测器就是机器人。在家庭中,机器人吸尘器、机器人洗碗机等陆续推出,将使人类从繁重的家务劳动中摆脱出来。机器人在工农业生产、科学研究、国防现代化建设中已经发挥也必将更进一步发挥重要的作用。另外,各级各类机器人竞赛活动也已经蓬勃开展。作为这个时代的科技工作者,尤其是青少年应该跟上时代的步伐,贴近科技发展的脉搏,对机器人有一个深入的了解。一个国家要想获得持续的发展和全面的进步,没有创新是做不到的,我国已经认识到这一点,正在大力弘扬创新精神。不仅科技界在倡导原创性成果、制造业也十分重视具有自主知识产权的有市场竞争力的产品,而且各级各类学校也都十分重视培养具有创新精神的人才。机器人制作为培养创新型人才建立了重要阵地,很多有识之士都认识到了这一点。在这一大背景下,我们编写了这本教材。

本书的编写可帮助广大机器人爱好者认识机器人、熟悉机器人、热爱机器人、在社会生活中推广应用机器人并设计制作新型机器人。

本书参考了大量国内外文献,凝结了我们辛勤的汗水,经认真思考,反复修改编写而成。在此对参考文献的作者们表示衷心感谢。参考文献列于书后,若有疏漏深表歉意。

本书由郑州大学刘广瑞博士主编,陈园、董全中、邓秋超任副主编。各章的编者是:刘广瑞(绪论、第2,4,5章),陈园(第1章),董全中(附录),邓秋超(第3章)。全书由刘广瑞统稿。在本书的编写过程中,我们得到河南工业大学宁伟教授的大力帮助和支持。广东双龙电子有限公司的耿德根先生、河南澳达科技有限公司闻国胜先生、杨凌云女士及国内部分机器人制作公司的朋友们也都为本书的编写提供了不少帮助,同时本书的出版也得到河南省青年骨干教师资助计划的资助,在此一并表示感谢!

由于本书涉及的范围较广,疏漏或不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2006年10月于郑州大学

目 录

绪论	1
§ 0.1 机器人的产生与发展	1
0.1.1 古老的梦想	1
0.1.2 机器人的雏形	2
0.1.3 现代机器人	3
§ 0.2 形形色色的机器人——机器人的应用	4
0.2.1 军用机器人	4
0.2.2 民用机器人	7
§ 0.3 机器人的定义与基本组成	10
0.3.1 机器人的定义	10
0.3.2 机器人的基本组成	11
§ 0.4 机器人创新制作	12
0.4.1 教育机器人的组成	12
0.4.2 国内外常见的几类机器人	13
第1章 机器人的大脑——单片机及其控制程序	17
§ 1.1 单片机的特点、类型及应用	17
1.1.1 单片机的特点	17
1.1.2 单片机的类型	19
1.1.3 单片机的应用	21
§ 1.2 单片机的基本组成与工作过程	23
1.2.1 单片机的基本组成	23
1.2.2 单片机的工作过程	27
§ 1.3 机器人制作中常用的单片机简介	29
1.3.1 AVR AT90S85 系列单片机	29
1.3.2 PIC 系列单片机结构简介	40
1.3.3 M68HC11 系列单片机结构简介	51

§ 1.4 单片机集成电路引脚功能·····	55
1.4.1 单片机的引脚功能·····	55
1.4.2 AVR AT90S8535 单片机的引脚功能描述·····	56
§ 1.5 单片机汇编语言程序设计·····	60
1.5.1 单片机指令及指令系统·····	60
1.5.2 单片机汇编语言程序设计·····	65
1.5.3 汇编程序设计举例·····	68
§ 1.6 单片机程序的编辑与调试·····	71
1.6.1 单片机应用系统的开发方法·····	71
1.6.2 编辑与调试·····	73
1.6.3 AVR 单片机程序的编辑与调试·····	73
1.6.4 ATMEL AVR Studio 3.53 单片机集成开发软件的使用·····	73
§ 1.7 单片机程序下载·····	80
1.7.1 编程下载的定义·····	80
1.7.2 AVR 单片机程序的下载·····	81
1.7.3 并口下载软件 PonyProg2000 的操作·····	83
§ 1.8 单片机的图形化编程·····	86
1.8.1 问题描述·····	87
1.8.2 单片机控制系统的组成·····	88
1.8.3 流程图式程序·····	90
1.8.4 VJC 程序清单及说明·····	91
第 2 章 机器人的神经系统——单片机与控制电路·····	94
§ 2.1 机器人神经系统的组成——单片机控制系统·····	95
2.1.1 机器人控制系统的基本组成·····	95
2.1.2 输入电路·····	95
2.1.3 控制器·····	96
2.1.4 输出电路·····	96
§ 2.2 机器人的五官——常用输入元件及电路·····	97
2.2.1 传感器及其作用·····	98
2.2.2 机器人制作中常用的输入元件及电路·····	99
§ 2.3 机器人的效应器——常用输出元件及其电路·····	105

2.3.1	发光二极管	105
2.3.2	数码管	106
2.3.3	液晶显示器	107
2.3.4	发声器及其电路	109
2.3.5	三极管	110
2.3.6	继电器及其电路	111
2.3.7	电动机及其电路	114
2.3.8	伺服电动机	116
§ 2.4	机器人控制系统实例	119
2.4.1	一种机器人	119
2.4.2	控制器电路	121
2.4.3	输入电路	122
2.4.4	输出电路	124
第3章 机器人的运动系统——单片机与传动机械的结合		126
§ 3.1	机器人运动系统的组成——机械部件	126
3.1.1	机器人机械部件的组成	127
3.1.2	机械传动	128
§ 3.2	机器人的运动器官之一——齿轮传动	133
3.2.1	齿轮	133
3.2.2	齿轮传动的的作用与类型	133
3.2.3	齿轮传动比的计算	136
§ 3.3	机器人的运动器官之二——连杆传动	139
3.3.1	平面连杆机构的结构及类型	139
3.3.2	简单连杆机构的制作	142
§ 3.4	简单电动机械的制作	144
3.4.1	任务与要求	144
3.4.2	原理设计	145
3.4.3	方案设计	145
3.4.4	采用的工具、材料、元件	150
3.4.5	制作方法与步骤	153

第 4 章 让机器人动起来——简单机器人制作	160
§ 4.1 几种制作理念	160
4.1.1 玩具改装法	160
4.1.2 零部件选购组装法	161
4.1.3 部分零部件自制法	163
4.1.4 全部零部件自制法	163
4.1.5 整体购买法	163
§ 4.2 机器人制作的方法与步骤	164
4.2.1 机器人设计	164
4.2.2 选择元器件	165
4.2.3 硬件制作	165
4.2.4 程序设计	165
4.2.5 程序编辑调试与下载	165
4.2.6 运行与检查	166
§ 4.3 设计实例	168
4.3.1 设计要求	168
4.3.2 原理设计	168
4.3.3 控制板及元器件选择	169
4.3.4 硬件制作	173
4.3.5 程序设计	173
4.3.6 程序编辑、调试与下载	186
4.3.7 运行与检查	186
第 5 章 机器人竞赛活动	190
§ 5.1 国际机器人比赛介绍	190
5.1.1 机器人足球世界杯比赛 Robocup	190
5.1.2 世界机器人奥林匹克竞赛 WRO	200
5.1.3 亚广联亚太地区大学生机器人比赛 Robocon	210
5.1.4 美国 FLL 机器人工程挑战赛(主题:“海洋奥德赛”)	213
§ 5.2 国外一些国家的机器人比赛	220
5.2.1 美国国内的一些机器人比赛	220
5.2.2 日本国内的一些机器人比赛	221

§ 5.3 全国机器人竞赛	229
5.3.1 中国青少年机器人竞赛	229
5.3.2 机器人世界杯国内选拔赛	232
5.3.3 亚广联机器人比赛国内选拔赛	232
§ 5.4 各省机器人比赛	232
5.4.1 2003 年浙江省青少年电脑机器人竞赛	232
5.4.2 2004 年广州市青少年电脑机器人竞赛	235
5.4.3 江苏省第二届家庭机器人擂台赛	242
§ 5.5 常见比赛项目分析	249
§ 5.6 机器人制作过程	253
5.6.1 比赛机器人制作过程	253
5.6.2 实例:滑雪竞赛机器人制作	255
附 录	269
附录 1 数制与码制	269
附录 2 计算机中的基本逻辑运算	272
附录 3 AVR 单片机指令速查表	274
附录 4 名词术语中英汉对照表	276
附录 5 中央电视台 ABU ROBOCON 2006 KUALA LUMPRU 国内选拔赛主题与规则	279
附录 6 美国 FLL 机器人工程挑战比赛任务与评分标准	289
附录 7 小学常规规则(机器人滑雪/寻迹)	299
附录 8 初中组竞赛规则(保龄球/城市交通)	304
附录 9 高中组竞赛规则(营救/曲棍球)	312
附录 10 少年机器人足球杯竞赛 A-2VS2 机器人足球比赛规则	319
附录 11 程序设计比赛规则	325
附录 12 全国中小学校网上虚拟机器人足球竞赛活动比赛规则	328
附录 13 江苏省第二届家庭机器人擂台赛 FLL 机器人挑战比赛 任务与评分标准	334
参考文献	339

绪 论

提起机器人,大家并不陌生。机器人一词在电影电视、小说杂志、书籍报纸中频频出现。现实生活中,机器人活跃在天空、地面、大洋海底,从工业拓宽到农、林、牧、渔业,甚至进入寻常百姓家。它们在各行各业与人类共存,给人类提供各种各样的服务,对人类的生、活产生深远影响。什么是机器人?它是怎么产生的?它有哪些用途?我们为什么学习机器人制作?为了帮助大家弄清楚这些问题,让我们先来认识一下机器人。

§ 0.1 机器人的产生与发展

机器人的产生大体上经历了以下几个阶段:

0.1.1 古老的梦想

人类对机器人的幻想与追求已有 5 000 多年的历史了。公元前 3 000 年,埃及人建造了用滴漏和水力驱动的有活动关节的偶人。

中国古代典籍《列子·汤问》记载,公元前 1066—771 年,西周时期的能工巧匠偃师献给周穆王一个能歌善舞的伶人。这是我国最早记载的机器人。

据《墨子·鲁问》记载,公元前 500—400 年期间的春秋后期,我国著名的木匠鲁班,在机械方面也是一位发明家,他制造了一只木鸟,能在空中飞行“三日不下”,充分体现了我国劳动人民的聪明智慧。

公元前三世纪,古希腊发明家戴达罗斯用青铜为克里特岛国王曼诺斯制造了一个守岛青铜卫士塔罗斯。

东汉时期,科学家张衡发明了指南车(图 0.1),他还发明了记里鼓车(图 0.2),每行 0.5 km(500 m)车上的木人击鼓一下,每行 5 km(5 000 m)击钟一下。

古典名著《三国演义》第一百二回“司马懿战北原渭桥，诸葛亮造木牛流马”记载着，蜀国丞相诸葛亮成功地制造出了“木牛流马”用于运送军粮，在战争中发挥了重要作用。

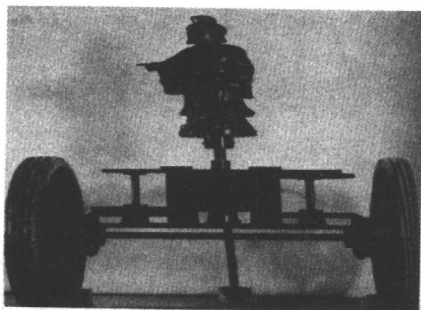


图 0.1 张衡发明的指南车

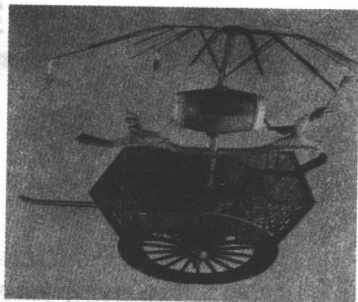


图 0.2 记里鼓车

思考题：

中国历史上还出现过其他类型的机器人吗？

以上阶段是机器人的萌芽阶段，古代的科学家和能工巧匠们根据自己的想象制造出了一些类人或类动物的简单机械，应用到某一方面，制造出一些奇特的效果。这些简单机械也许还不能称为机器人，但是他们包含了人类的梦想：模仿人或者动物的外形或部分功能做出一些装置为人类服务。这个过程是漫长的，发展是缓慢的、零散的，但这是必然的，因为这一阶段中人类的生产力很落后，这就导致科技发展非常缓慢。

0.1.2 机器人的雏形

在近代，尤其是在第一次工业革命和科学革命之后，机器人开始由幻想进入自动机械时期，很多机器人玩具和工艺品应运而生。

1768—1774 年，瑞士钟表匠得罗斯父子三人设计制造出三个像真人大小的机器人：写字偶人（图 0.3）、绘图偶人、弹风琴偶人，它们有的拿着画笔和颜色绘画，有的拿着鹅毛蘸墨水写字，结构巧妙，服装华丽，在欧洲风靡一时。它们至今还作为国宝保存在瑞士纳切特爾市艺术和历史博物馆内。同一时期，德国人梅林制造了巨型泥塑偶人“巨龙戈雷姆”；日本物理学家细川半藏设计了自动机械图形；法国屈跨特设计了机械



图 0.3 写字偶人

式可编程织造机。

1893年,加拿大摩尔设计了能行走的机器人“安德罗丁”。

机器人的发展在这个阶段的特点是使用发条或蒸汽作为驱动力,使用大量机械机构作为传动装置,使用机械程序控制或凸轮控制器等实现自动化动作,如八音盒(图0.4)。这与当时科技发展的水平是相适应的,但是这较之前的机器有了很大的进步,特别是机械式控制器的使用。

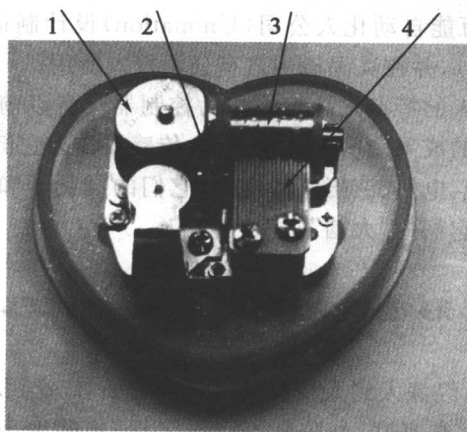


图0.4 八音盒

1—发条; 2—齿轮传动; 3—凸轮控制器; 4—发声器

这个时期的机器人有动力装置、传动装置、控制装置、执行装置组成,已经具有现代机器人的基本框架,与古代的机器人有本质的区别。古代的机器人几乎没有控制器,以记里鼓车为例,古代机器人由驱动装置(人力、畜力、水力、风力等)、传动机构(齿轮、杠杆、拨叉等)、执行机构(鼓锤、锣鼓等)组成,几乎没有程序控制装置,而这个时期的机器人除了动力装置发生了很大的变化外(发条、蒸汽机),传动机械也有了很大提高,执行机构花样更多,尤其是出现了明显的机械控制装置(如八音盒中的凸轮,它记录了乐谱),使复杂的程序控制成为可能。但是这个时期的机器人完全采用机械传动和控制,结构比较复杂,功能比较单一,实现复杂程序控制很难,更不可能具有智能。所以现代意义的机器人是在电子控制装置,尤其是在电子计算机的出现以后才真正出现和发展起来的。

0.1.3 现代机器人

电的出现使人类进入了电气时代。电子技术的发展,尤其是计算机的出

现使人类进入了文明的新阶段。现代机器人就是在这种背景下产生的。

1920 年捷克剧作家卡雷尔·凯培克在他的幻想情节剧《罗萨姆的万能机器人》中,第一次提出机器人这个名词,这犹如一道闪电点燃了人类对机器人火一样的热情,从此机器人得到了快速发展。

1954 年,美国人乔治·德沃尔设计了第一台电子可编程序的工业机器人,并于 1961 年申请了该项机器人的专利。

1962 年,美国万能自动化人公司(Unimation)设计制造了第一台现代意义的机器人 Unimate,并在美国通用汽车公司投入使用。

这个时期机器人的特点是计算机作为控制器代替以前的机械式控制器,大量电子信息技术的成果应用于其中,各种传感器作为它们的“五官”,各种驱动和传动装置(机械、电气、液压气动)作为它们的“躯干”和“四肢”,功能不断增强的计算机作为它们的“大脑”。

§ 0.2 形形色色的机器人——机器人的应用

目前,机器人已经深入到人类生活的各个方面,广泛用于工业、农业、科学研究、军事、服务业,在家庭、办公室、商店、工厂、田间地头,在水上、陆地、空间,机器人与人类并肩战斗,在征服自然、改造自然以及改造人类自身的过程中发挥极其重要的作用。

按照应用领域,机器人可以分为军用机器人和民用机器人两部分(图 0.5):

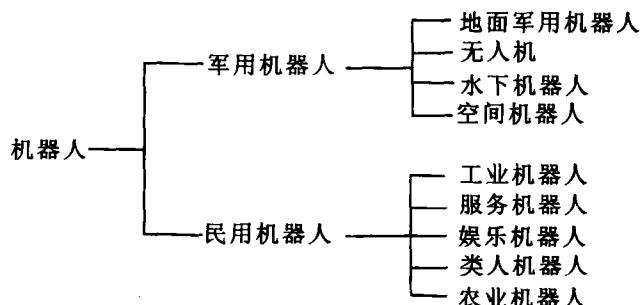


图 0.5 机器人分类

0.2.1 军用机器人

机器人在军事上的用途正在不断地增加,这是一种不可阻挡的趋势。军

用机器人在战场上具有无可比拟的优势。首先,机器人可以完成不太复杂却很繁重的工程和后勤任务,使战士可以从中解脱出来而去从事更加重要的工作。其次,机器人对各种恶劣环境的承受能力大大超过人类,可以到达人类不能到达的环境,从事人类无法完成的工作。此外,机器人可以代替人类去牺牲,而保全人类。未来的战争模式是人类在后方,机器人在战场,大量消耗机器人的战争。

目前,军用机器人可以分为地面军用机器人、水下机器人、无人机、空间机器人几类:

1. 地面军用机器人

现在研制和使用的地面军用机器人主要是指自主或遥控的轮式(图 0.6)和履带式车辆。

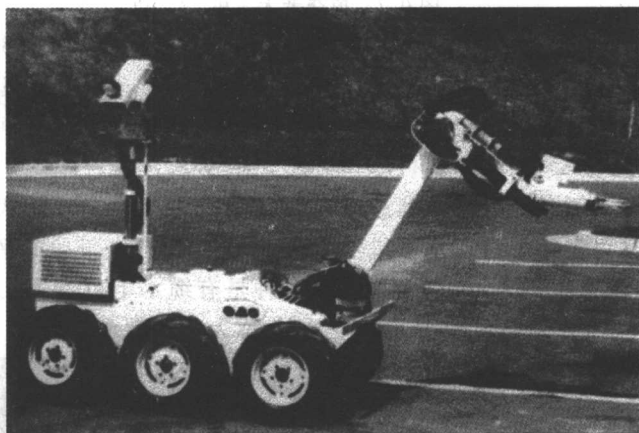


图 0.6 MPR—800 多用途机器人

MPR—800 多用途机器人。它是美国 OAO 公司研制的,可进行扫雷、灭火、核生化污染的清除等多项危险的工作。该车重量为 800 kg,速度为 8 km/h,爬坡 40°,可连续工作 9 h。它的机械手长为 2.5 m,有 7 个自由度,完全展开时负重 110 kg,臂收起时负重 220 kg。它的两台摄像机,一台在手臂上,另一台在可伸缩的桅杆上。它的遥控距离在市内为 800 m,在开阔地为 3 000 m。

2. 无人机

现代高技术战争推动了无人机的发展。从 1913 年第一台自动驾驶仪问世以来,无人机的基本类型已达到 300 多种,目前在世界市场上销售的无人机有 40 多种。无人机(图 0.7)在军事上已广泛用于侦察、监视、通信中继、电子对抗、火力导引、战果评估、骚扰、诱惑、对地面或海面目标进行攻击、目标模拟

以及早期预警等。

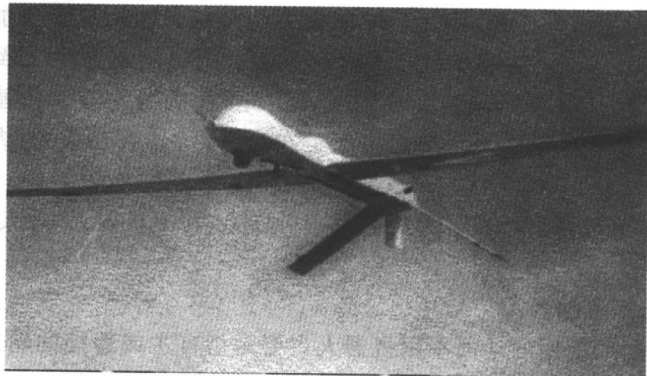


图 0.7 掠夺者无人机

掠夺者无人机。掠夺者无人机机身长为 8.1 m,翼展为 14.8 m,最大速度为 240 km/h,巡航速度为 130~140 km/h,载重为 204 kg,最大飞行高度为 7 620 m,作战半径为 926 km,续航时间为 40 h,在最大作战半径上空可滞留 24 h。

3. 水下机器人

水下机器人就是无人潜水器。近 20 年来水下机器人有了很大的发展,它们即可军用又可民用。按照水下机器人与水面支持设备(母船或平台)间联系的方法不同,水下机器人可以分为两类:一种是有缆水下机器人,又称为遥控潜水器(图 0.8);一种是无缆水下机器人,又称为自主潜水器。

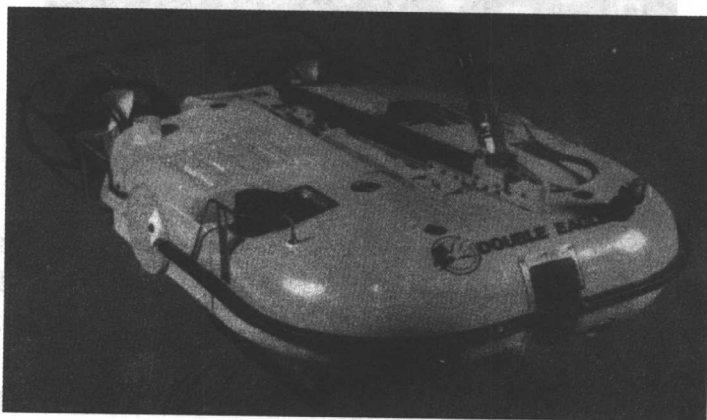


图 0.8 双鹰遥控潜水器

双鹰遥控潜水器。它载重 80 kg,速度为 5 节,可在 500 m 深处作业。

4. 空间机器人

目前,应用和研究的空间机器人主要有星球探测车(图 0.9)、空间机械臂(图 0.10)、机器人式卫星和宇宙飞船。

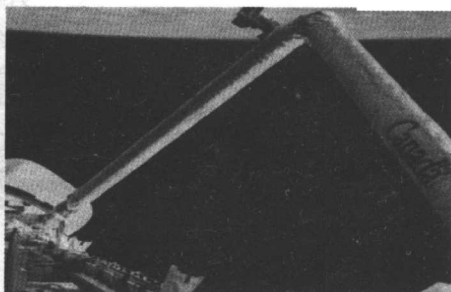
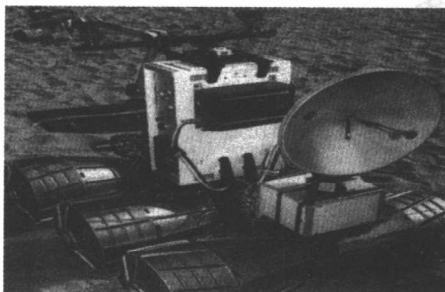


图 0.9 MARSOKHOD 火星探测车

图 0.10 空间机器人——航天飞机上的机械臂

(1)MARSOKHOD 火星探测车。它是俄罗斯研制的,有冰箱那么大。6 个车轮由钛合金制成,准备先探测月球,后探测火星。

(2)空间机器人——航天飞机上的机械臂。该手臂可以代替宇航员进行危险的舱外作业。它可以捕捉卫星,把卫星收回舱内、带回地面;还可以帮助人类在太空中进行长期的材料、生物化学实验。

0.2.2 民用机器人

民用机器人主要是为非军事目的设计的机器人,它包括工业机器人、农业机器人、服务机器人、娱乐机器人、类人机器人等。

1. 工业机器人

工业机器人(图 0.11)是一类在工业环境中应用的、能自动控制的、可重复编程的、多自由度、多功能、多用途的操作机,能搬运材料、工件或操持工具以完成各种作业。工业机器人可以代替工人从事枯燥乏味、危险、有毒有害的工作。

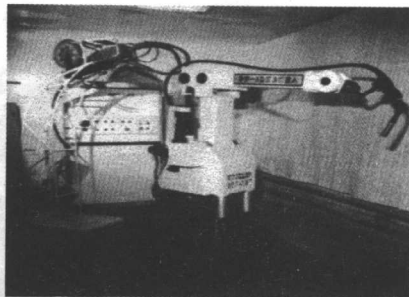


图 0.11 焊接机器人

2. 农业机器人

农业机器人(图 0.12~图 0.14)是农、林、牧、渔业中使用的机器人的总称。

目前已开发出来的农业机器人很多,有耕耘机器人,施肥机器人,除草机器人,蔬菜嫁接机器人,蔬菜、水果采摘机器人,林木修剪机器人,剪羊毛机器人,屠

宰机器人,饲养机器人等。随着农业的进一步发展,农业机器人必然发挥越来越大的作用。

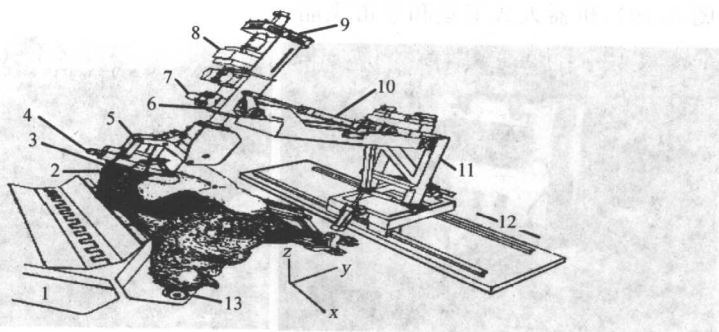


图 0.12 农业机器人——剪羊毛机器人

- 1—机构手;2—切削中心;3—传感器;4—翻滚;5—俯仰;
6—随动制动器;7—倾斜;8—驱动随动回转活塞;9—偏摆;
10—上连杆;11—下连杆;12—移动;13—头部夹持

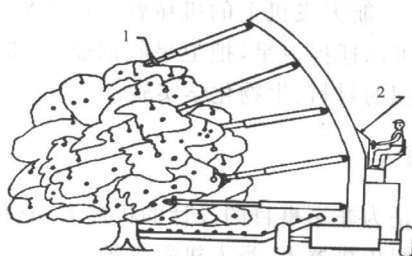


图 0.13 农业机器人——柑橘收获机器人

- 1—镜子;2—计算机摄像机

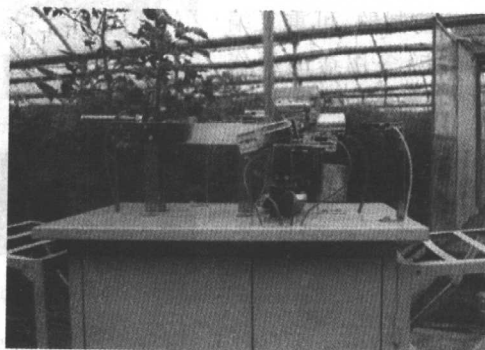


图 0.14 农业机器人——蔬菜嫁接机器人