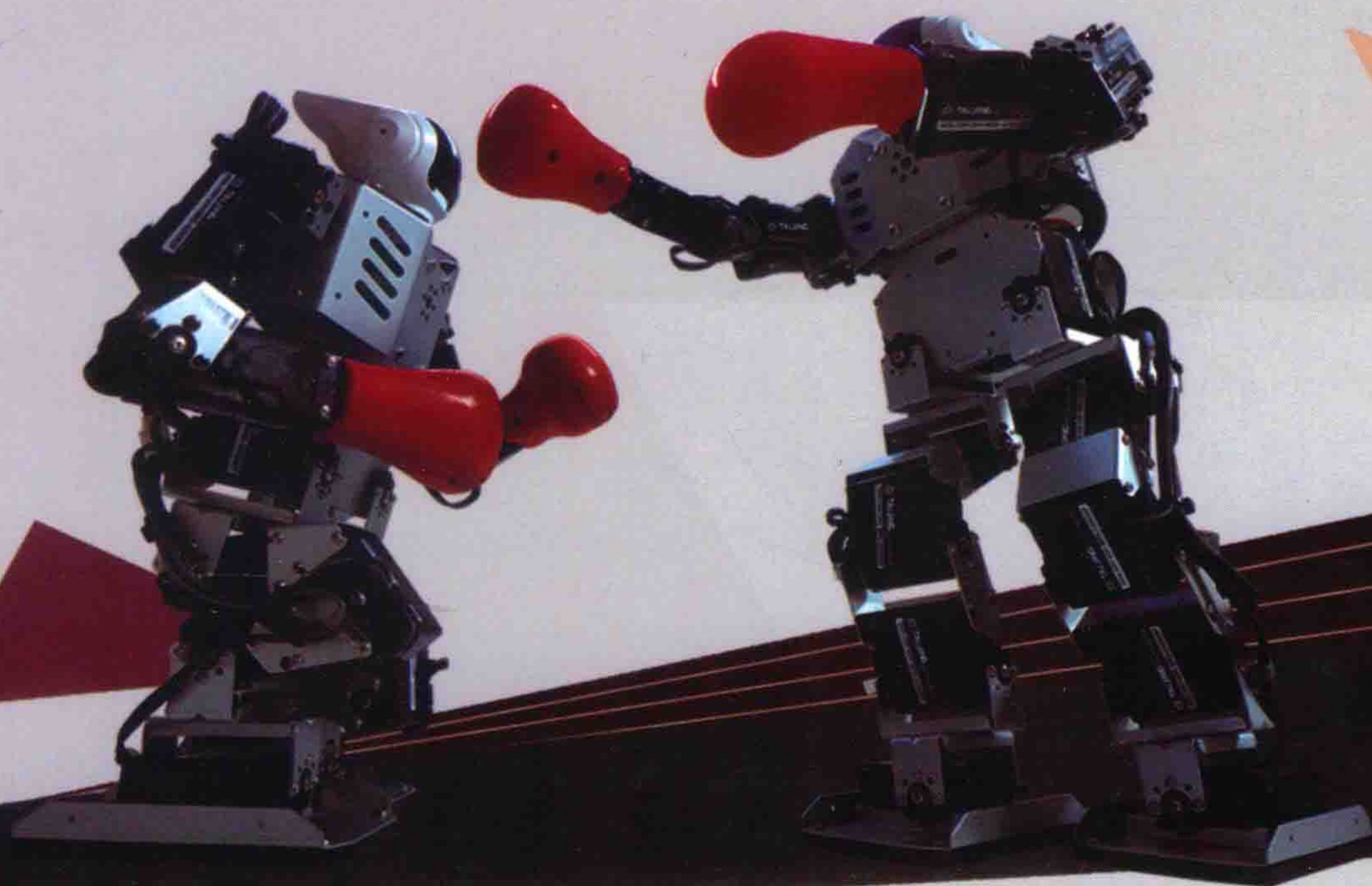


仿人智能机器人

基础教程

BASIC COURSE IN
HUMANOID INTELLIGENT ROBOT

主 编 姜声华
副主编 丁文力 王绍锋



哈爾濱工業大學出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

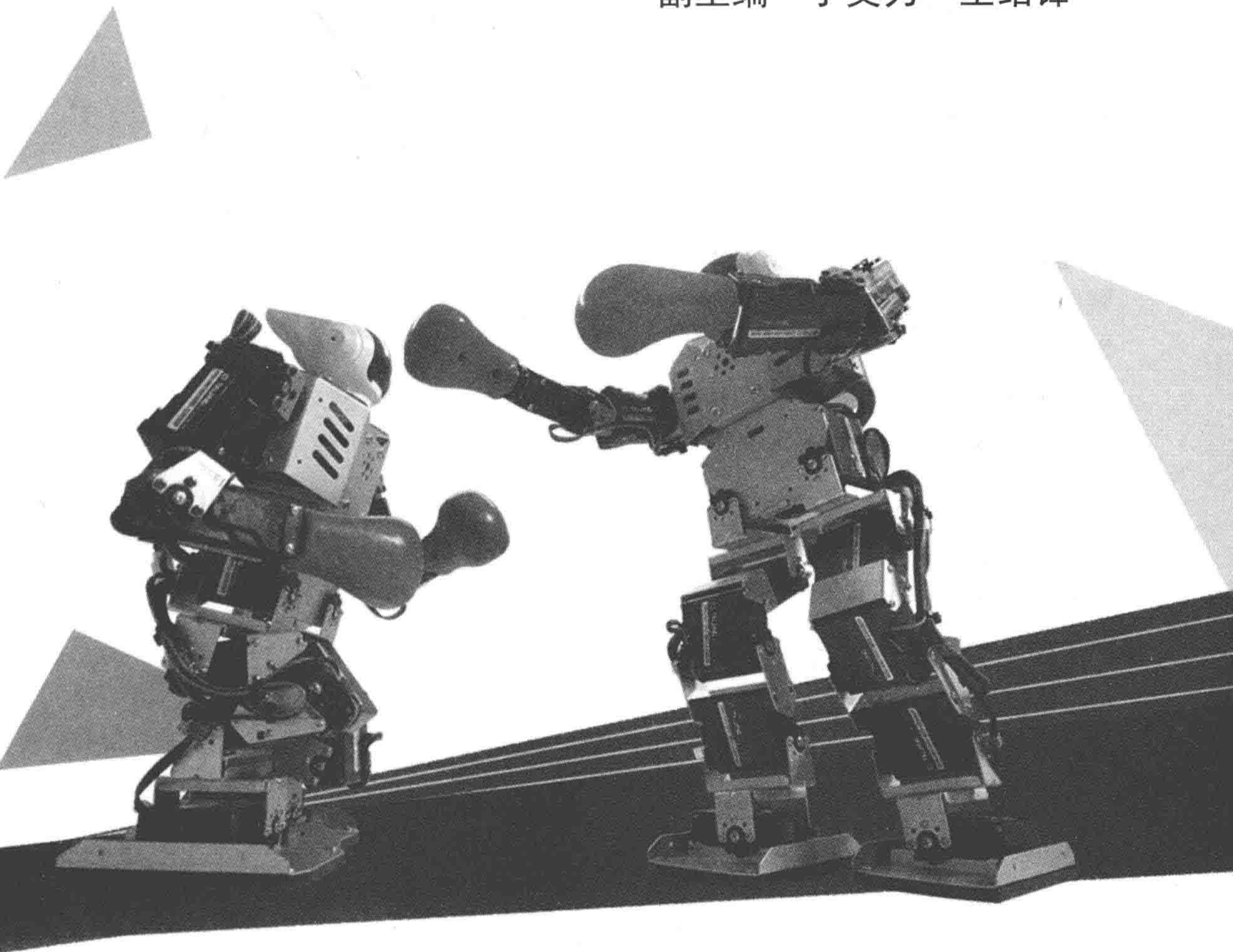
仿人智能机器人

基础教程

BASIC COURSE IN
HUMANOID INTELLIGENT ROBOT

主 编 姜声华

副主编 丁文力 王绍锋



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

为使广大机器人爱好者能够了解仿人智能机器人的有关知识,普及机器人教育,本书作者在多年智能机器人研究成果的基础上,在参考了大量国内外文献资料和研究成果后,本着理论与实践相结合、深入浅出的原则,编写了本书。本书介绍了仿人智能机器人的基础理论、关键技术和应用,侧重于仿人智能机器人的机械结构、驱动装置、编程方法等相关的基础知识的学习。

本书适合作为电子、机械、计算机等相关专业学生、教师的教材或参考书,也可作为广大机器人爱好者的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

仿人智能机器人基础教程/姜声华主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2017.3
ISBN 978-7-5603-6116-1

I. ①仿… II. ①姜… III. ①仿人智能控制-
智能机器人-教材 IV. ①TP242.6 —

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 158368 号

策划编辑 杜 燕
责任编辑 刘 瑶
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16 印张 14.25 字数 292 千字
版 次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-6116-1
定 价 32.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

随着科学技术的迅猛发展,云计算、物联网、人工智能等足以改变世界的新技术不断涌现,越来越多新技术、新应用在不知不觉中走进了人们的日常生活。机器人正是一个融合了互联网、大数据、通信、传感、机械、人工智能、微电子、新材料等综合技术的载体,是多学科跨界融合发展的产物。从一定意义上讲,机器人发展的水平,代表着一个国家的科技发展水平和工程人才的实力。

近年来,发达国家纷纷将机器人视为经济增长的推动力,大大促进了它在各个领域的应用。我国《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》《中国制造2025》《机器人产业发展规划(2016~2020年)》等有关政策文件也明确指出要将突破机器人技术、发展机器人产业置于未来优先发展的战略地位。而机器人技术的突破、机器人产业的发展,需要机器人教育的快速普及和不断提高。

仿人智能机器人是模仿人的形态、行为和智能设计制造,具有仿人的外观和结构特征,可以模拟或代替人类完成某些高难度任务的智能机器。仿人智能机器人可广泛应用于教育、科研、体育、文化、医疗、家庭及社会服务等领域,正在成为人类的亲密伙伴。因此,对仿人智能机器人的研究和学习,是推动机器人技术发展,培养新一代卓越工程师重要和有效的途径。

为使广大机器人爱好者能够了解仿人智能机器人的有关知识,普及机器人技术教育,本书作者在多年智能机器人研究成果的基础上,参考了大量国内外文献资料,本着理论与实践相结合、深入浅出的原则,编写了本书。本书介绍了仿人智能机器人的基础理论、关键技术和应用,侧重于仿人智能机器人的机械结构、驱动装置、控制系统、编程方法等相关的基础知识和基本技能的学习。在理论学习的基础上,以太敬仿人智能机器人为例进行教学,注重动手能力的培养。

本书具体分工如下:第1、2、3、5章由姜声华编写;第4、7章由丁文力编写;第6、8章由王绍锋编写;佟帅、曲晓伟参加了程序编写及调试工作,冯莹莹、王书达、胡文、何泽恒等老师也参加了部分章节的研究和校对等工作,在此表示感谢。

本书的编写得到了上海太敬集团董事局主席李敬来博士的大力支持,并由上海太敬集团机器人开发研究院提供了大量的技术资料 and 参数,得到了中国工程院蔡鹤皋院士、

李德毅院士的亲切指导,并得到了教育部教育装备研究与发展中心、复旦大学计算机科学技术学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨商业大学计算机与信息工程学院、哈尔滨远东理工学院等单位领导和专家的大力支持。在此谨向他们表示由衷的感谢。

希望本书的出版能够为教育机器人领域的科研工作者、工程技术人员和高校师生从事仿人智能机器人的研究、开发及应用提供参考和范例。

由于时间仓促,作者水平有限,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2016 年 12 月

目 录

第 1 章 机器人概述	1
内容提要	1
1.1 机器人的定义	1
1.2 机器人的分类	3
1.3 机器人的发展现状	7
1.4 机器人领域的发展趋势	13
1.5 主要国家机器人发展战略	16
1.6 国外机器人教育开展情况	21
1.7 国内机器人教育现状	22
第 2 章 机器人的系统结构	25
内容提要	25
2.1 机器人的组成	25
2.2 机器人的主要技术参数	33
第 3 章 太敬仿人智能机器人综述	35
内容提要	35
3.1 太敬仿人智能机器人的规格	35
3.2 太敬仿人智能机器人的主要特点	35
3.3 基本动作编码表	38
3.4 电池的充电及替换	41
第 4 章 太敬仿人智能机器人硬件系统	43
内容提要	43
4.1 硬件系统总框架	43
4.2 控制主板	44
4.3 驱动器	47
4.4 金属骨架	47
4.5 语音板	48
4.6 遥控器	48
4.7 供电系统	49

第 5 章 太敬仿人智能机器人组装及调试 50

 内容提要 50

 5.1 结构零部件 50

 5.2 部件组装 57

 5.3 整体组装 72

 5.4 系统排线 74

 5.5 前后外壳的组装 75

 5.6 太敬仿人智能机器人零点设置 76

 5.7 眼部 LED 设置 78

 5.8 遥感器的设置使用 79

第 6 章 智能机器人编程语言介绍 84

 内容提要 84

 6.1 机器人编程语言的类型 84

 6.2 机器人编程语言系统 86

 6.3 常用机器人的编程语言 89

 6.4 机器人编程语言(roboBASIC)软件平台 90

 6.5 roboBASIC MF V2.8 的安装和配置 93

第 7 章 太敬仿人智能机器人编程语言基础——roboBASIC 108

 内容提要 108

 7.1 基本语法 108

 7.2 基本命令 115

第 8 章 太敬仿人智能机器人的编程实现 161

 内容提要 161

 8.1 太敬仿人智能机器人的基础编程 161

 8.2 太敬仿人智能机器人的应用编程 210

参考文献 219

第 1 章

Chapter 1

机器人概述

【内容提要】

本章简要地介绍了机器人的定义、机器人的分类、机器人的发展、主要国家的机器人目标战略以及机器人教育发展现状。

1.1 机器人的定义

在科技界,科学家会给每个科技术语一个明确的定义,但机器人问世以来,机器人的定义仍然是众说纷纭,没有统一的定义。其原因之一是:首先机器人还在发展,新的机型、功能不断涌现;其次是因为机器人涉及“人”的概念,这就演化成了一个内涵复杂的哲学问题。就像机器人一词最早诞生于科幻小说之中一样,人们对机器人充满了幻想。也许正是由于机器人定义的模糊,才能给人们带来充分的想象和创造空间。

但是机器人(Robot)这个词的提出并没有争议,它产生于 100 年前,是捷克剧作家 Karel Gapek 在 1920 年他的《罗萨姆万能机器人公司(R. U. R)》剧本中第一次提出的 robota 一词。因为这是捷克文,它的英文发音是 robot,所以现在机器人都叫 robot。图 1.1 所示为罗萨姆的万能机器人。

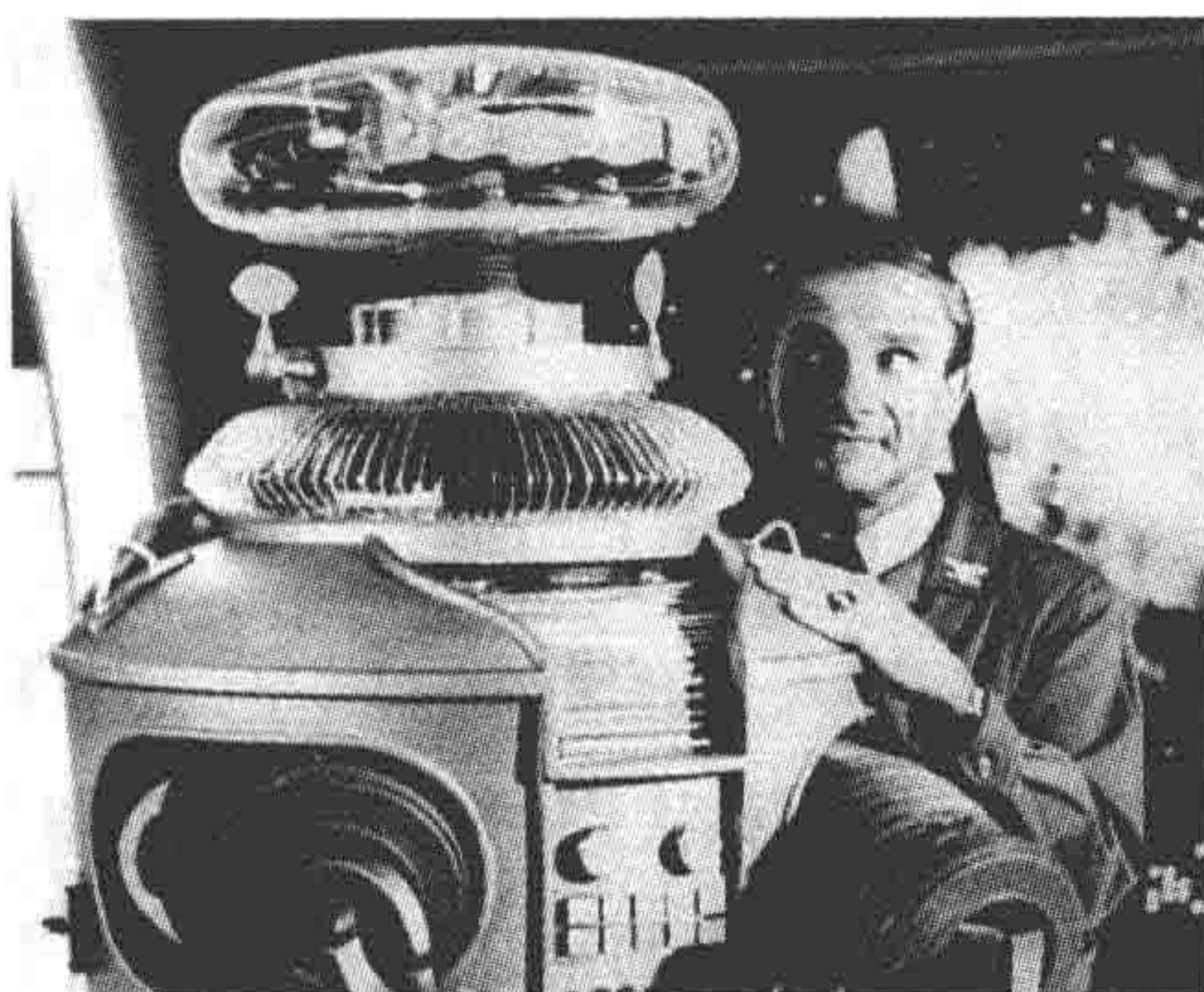


图 1.1 罗萨姆的万能机器人

现在,国际上对机器人的概念已逐渐趋于一致。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。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,即“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”。图 1.2 ~ 1.4 是各种机器人样例。

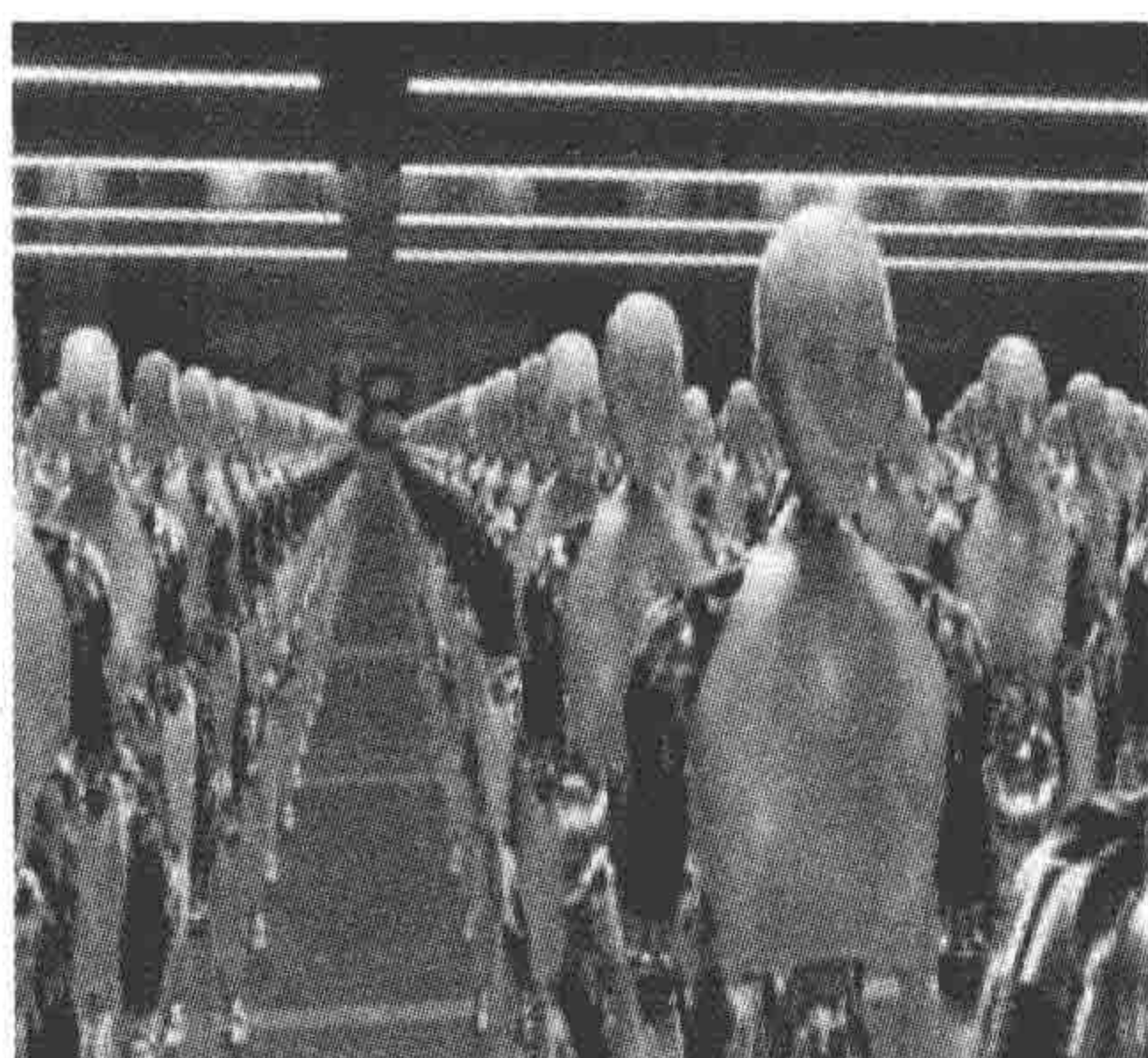


图 1.2 *I, Robot* 改编的电影剧照



图 1.3 拟人机器人

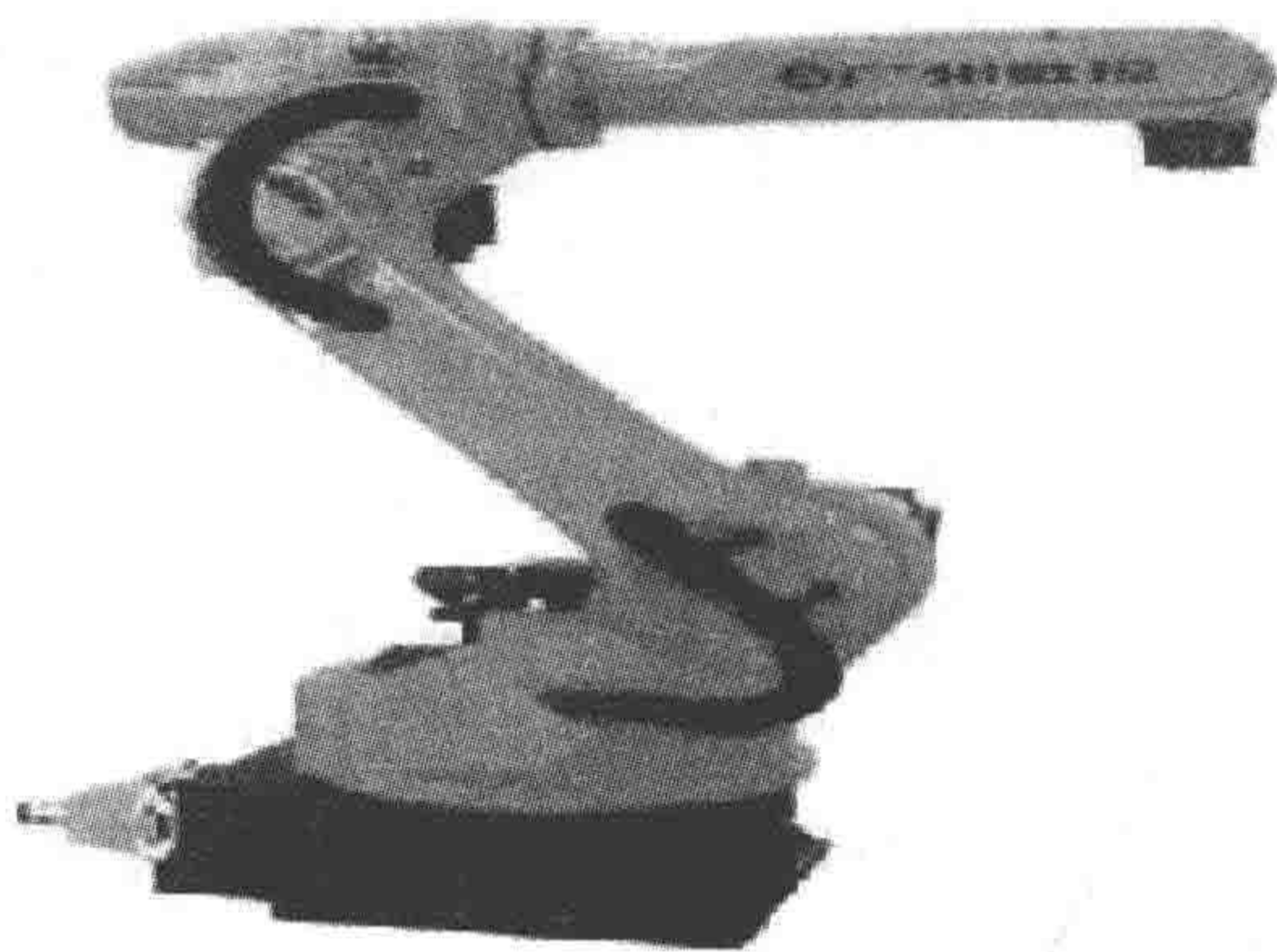


图 1.4 焊接机器人

机器人技术是综合了计算机、控制论、机构学、信息和传感技术、人工智能、仿生学等多学科而形成的高新技术,是当代研究十分活跃、应用日益广泛的领域。机器人应用情况,是衡量一个国家工业自动化水平的重要标志。

机器人并不是在简单意义上代替人工的劳动,而是综合了人的特长和机器特长的一种拟人的电子机械装置,既具有人对环境状态的快速反应和分析判断能力,又具有机器可长时间持续工作、精确度高、抗恶劣环境的能力,从某种意义上说它是机器高度发展的产物,是工业以及非产业界的重要生产和服务性设备,也是先进制造技术领域不可缺少

的自动化设备。

1.2 机器人的分类

关于机器人如何分类,国际上没有制定统一的标准,几种最广泛的分类方式有按应用环境分类、按用途分类、按功能分类、按装置分类、按受控方式分类、按竞赛分类等。

按照应用环境可以分为工业机器人和特种机器人。

按照用途可以分为军用机器人、工业机器人、农业机器人、家用机器人、医用机器人、服务机器人、空间机器人、水下机器人、排险救灾机器人、教育教学机器人和娱乐机器人等。

按照功能可以分为操作机器人、移动机器人、信息机器人和人机机器人。

按照装置可以分为电力驱动机器人、液压机器人和气动机器人。

按照受控方式可以分为点位控制型机器人和连续控制型机器人。

按照竞赛可以分为竞赛机器人(如足球、救援、舞蹈等)与非竞赛机器人。

我国的机器人专家从应用环境出发,将机器人分为两大类,即工业机器人和特种机器人。所谓工业机器人就是面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人。而特种机器人则是除工业机器人之外的、用于非制造业并服务于人类的各种先进机器人,包括服务机器人、水下机器人、娱乐机器人、军用机器人、农业机器人、机器人化机器等。在特种机器人中,有些分支发展很快,有独立成体系的趋势,如服务机器人、水下机器人、军用机器人、微操作机器人等。目前,国际上的机器人学者,从应用环境出发将机器人也分为两类:制造环境下的工业机器人和非制造环境下的服务与仿人型机器人,这和我国的分类是一致的。

1.2.1 军用机器人

军用机器人主要是指智能或遥控的轮式和履带式车辆。军用机器人又可分为自主车辆和半自主车辆。自主车辆依靠自身的智能自主导航,躲避障碍物,独立完成各种战斗任务;半自主车辆可在人的监视下自主行使,在遇到困难时,操作人员可以进行遥控干预。图 1.5 所示为美国“魔爪”军用机器人。

1.2.2 空中机器人

被称为“空中机器人”的无人机是军用机器人中发展最快的家族,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。美国科学技术先进,国力较强,因此几十年来,世界无人机的发展基本上是以美国为主线向前推进的。美国是研究无人机最早的国家之一,今天无论从技术水平还是无人机

的种类和数量来看,美国均居世界首位。美军“捕食者”无人机如图 1.6 所示。



图 1.5 美国“魔爪”军用机器人



图 1.6 美军“捕食者”无人机

1.2.3 水下机器人

水下机器人分为有人机器人和无人机器人两大类。

有人潜水器机动灵活,便于处理复杂的问题,但人的生命可能会有危险,而且价格昂贵。

无人潜水器就是人们所说的水下机器人,“科夫”就是其中的一种。它适于长时间、大范围的考察任务,近 20 年来,水下机器人有了很大的发展,它们既可军用又可民用。随着人类对海洋的进一步开发,21 世纪它们必将会有更广泛的应用。按照无人潜水器与水面支持设备(母船或平台)间联系方式的不同,水下机器人可以分为两大类:一种是有缆水下机器人,习惯上把它称为遥控潜水器,简称 ROV;另一种是无缆水下机器人,习惯上把它称为自治潜水器,简称 AUV。有缆机器人都是遥控式的,按其运动方式分为拖曳式、(海底)移动式和浮游(自航)式 3 种。无缆水下机器人只能是自治式的,目前还只有观测型浮游式一种运动方式,但它的前景是光明的。水下机器人如图 1.7 所示。



图 1.7 水下机器人

1.2.4 空间机器人

空间机器人是一种轻型遥控机器人,可在行星的大气环境中导航及飞行。为此,它必须克服许多困难,例如它要能在一个不断变化的三维环境中运动并自主导航;几乎不能够停留;必须能实时确定它在空间的位置及状态;要能对它的垂直运动进行控制;要为它的星际飞行预测及规划路径。空间机器人如图 1.8 所示。



图 1.8 空间机器人

1.2.5 工业机器人

工业机器人是指在工业中应用的一种能进行自动控制的、可重复编程的、多功能的、多自由度的、多用途的操作机,能搬运材料、工件或操持工具,用以完成各种作业。这种操作机可以固定在一个地方,也可以安装在往复运动的小车上。工业机器人示例如图 1.9 所示。

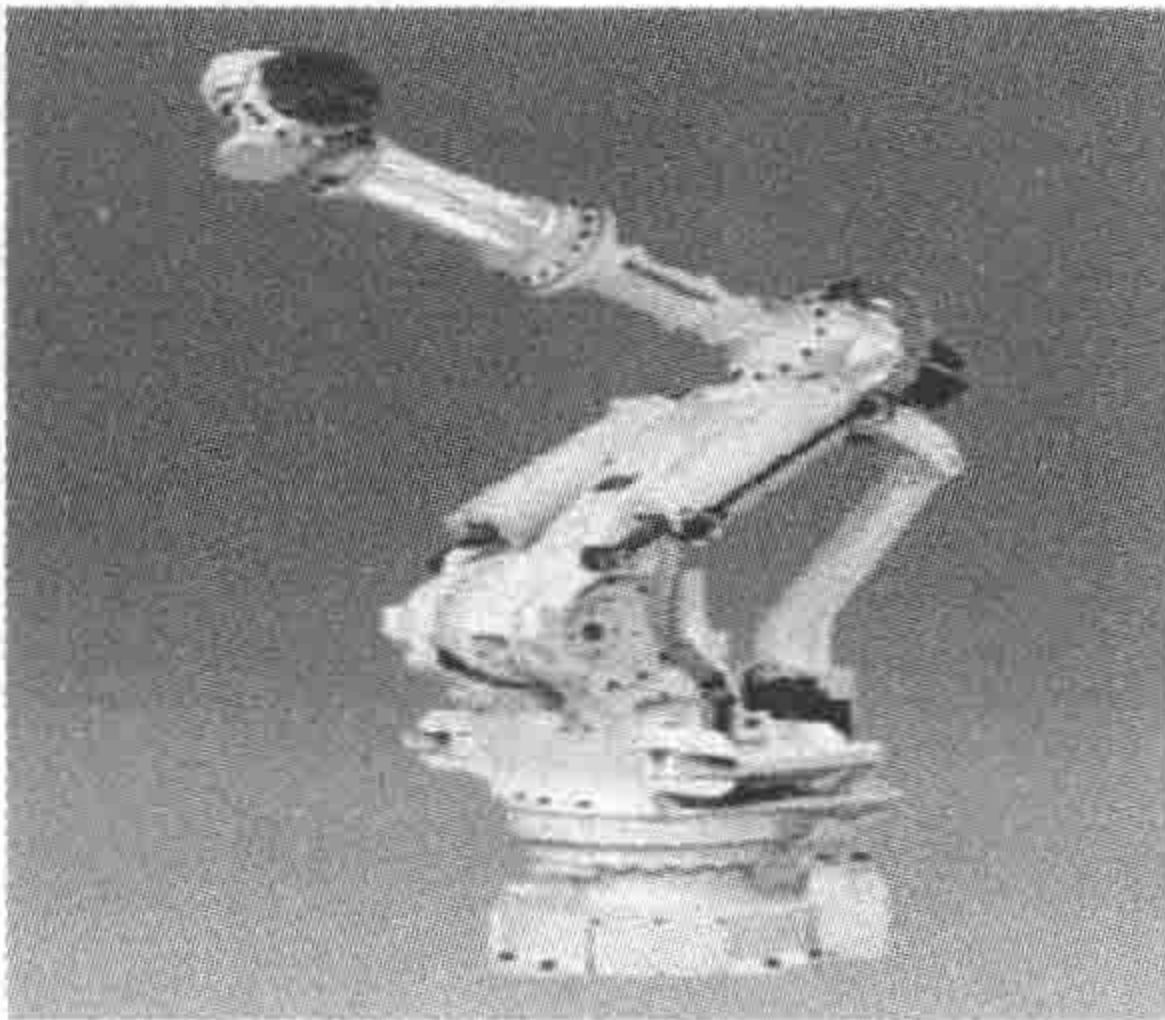


图 1.9 工业机器人示例

1.2.6 农业机器人

由于机械化、自动化程度比较落后,因此“面朝黄土背朝天”的劳作方式就成了我国

农民的象征。但近年农业机器人的问世,有望改变这种传统的劳动方式。在农业机器人开发方面,目前日本居于世界各国之首。农业机器人如图 1.10 所示。



图 1.10 农业机器人

1.2.7 服务机器人

服务机器人是机器人家族中的一个年轻成员,目前尚没有一个严格的定义,不同国家对服务机器人的认识也有一定差异。服务机器人的应用范围很广,主要从事维护、保养、修理、运输、清洗、保安、救援、监护等工作。德国自动化专家施拉夫特博士给服务机器人下了这样一个定义:服务机器人是一种可自由编程的移动装置,它至少应有 3 个运动轴,可以部分地或全自动地完成服务工作。这里的服务工作指的不是为工业生产物品而从事的服务活动,而是指为人和单位完成的服务工作。家居服务机器人如图 1.11 所示。

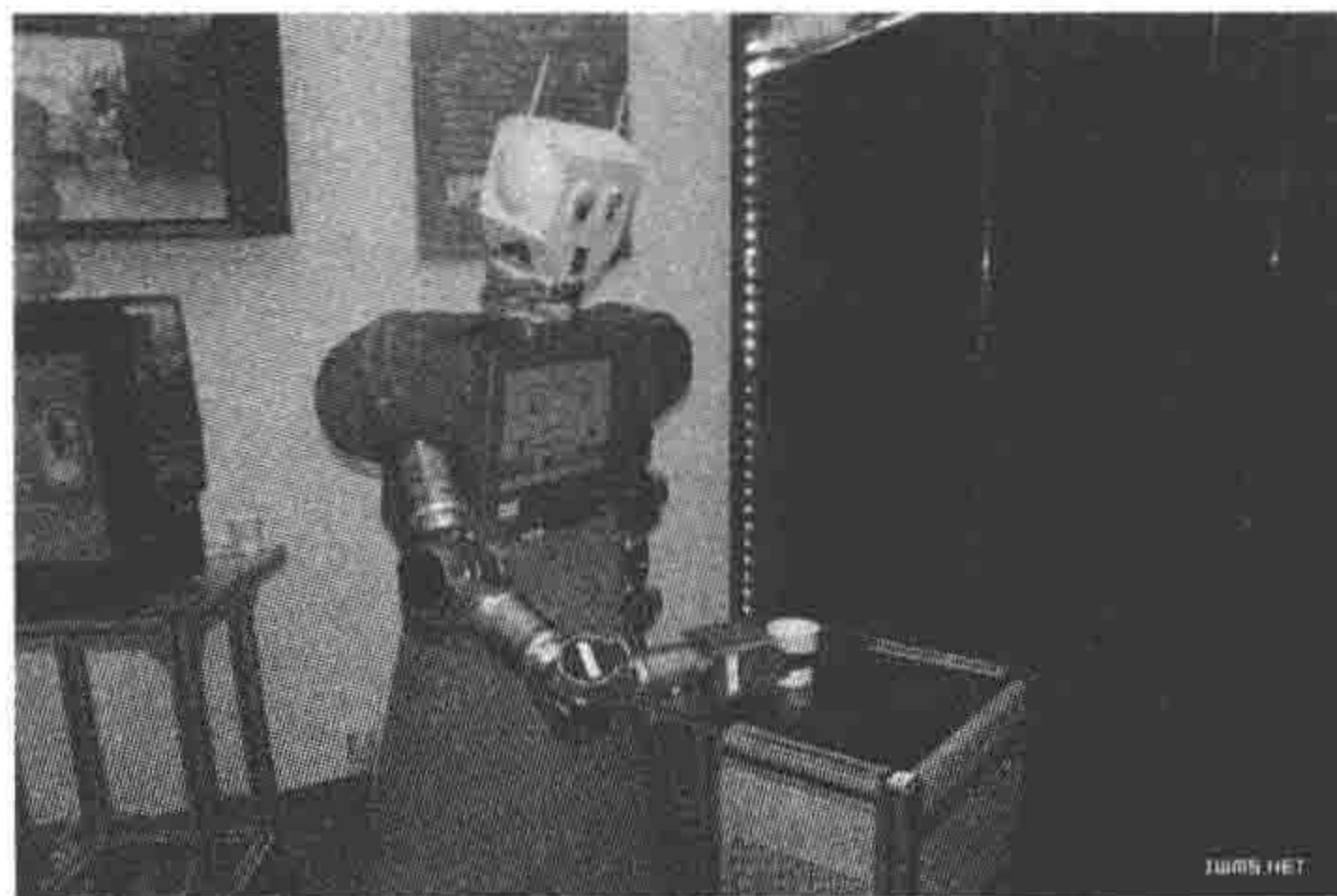


图 1.11 家居服务机器人

1.2.8 娱乐机器人

娱乐机器人以供人观赏、娱乐为目的,具有机器人的外部特征,可以像人,像某种动物,像童话或科幻小说中的人物等。同时具有机器人的功能,可以行走或完成动作,可以有语言能力,会唱歌,有一定的感知能力。娱乐机器人如图 1.12 所示。

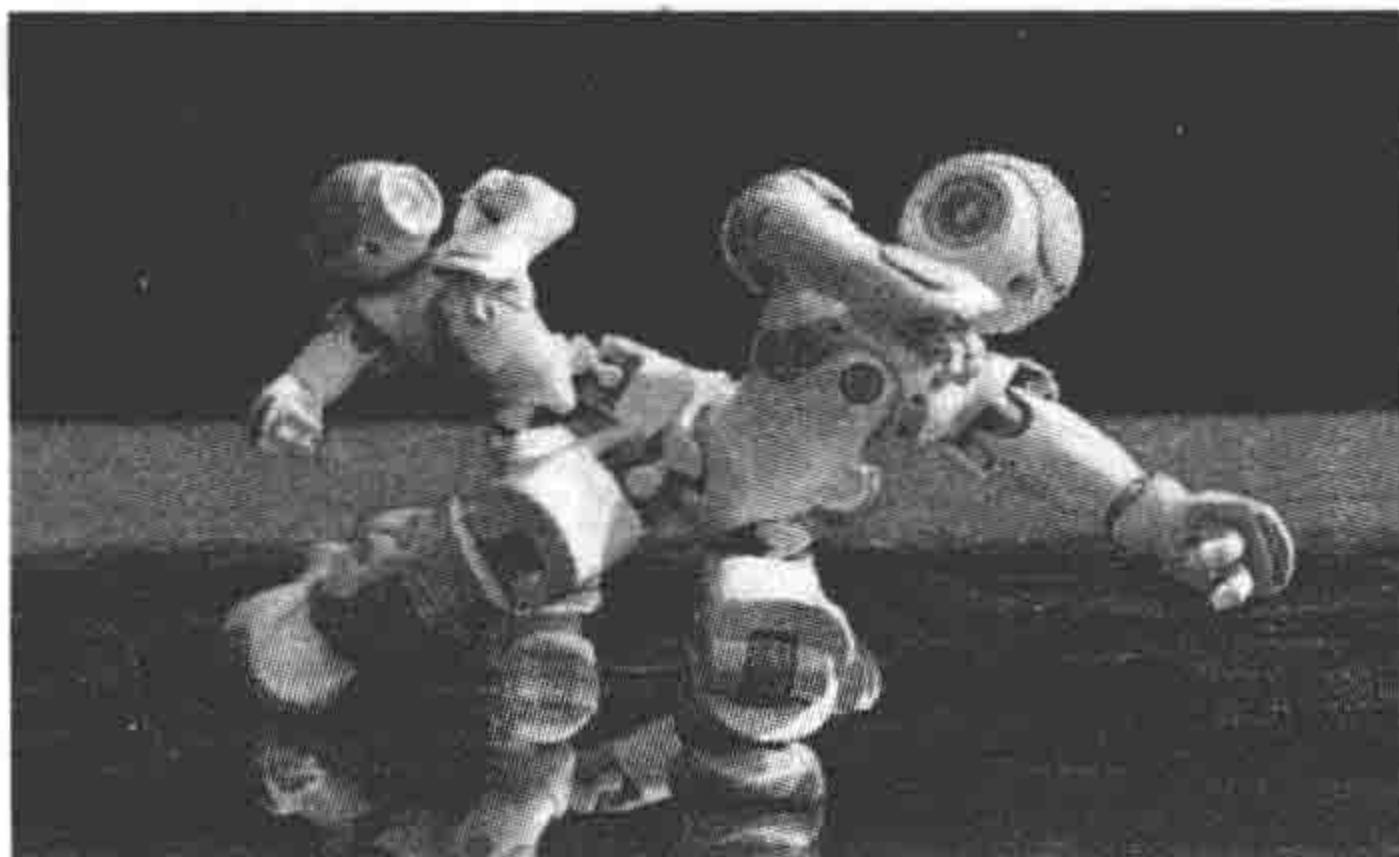


图 1.12 娱乐机器人

1.2.9 仿人机器人

从其他类别的机器人可以看出,大多数的机器人并不像人,有的甚至没有一点人的模样,这一点使很多机器人爱好者大失所望。也许读者会问,为什么科学家不研制仿人型机器人呢? 这样的机器人会更容易让人接受。其实,研制出外观和功能与人一样的机器人是科学家们梦寐以求的愿望,也是他们不懈追求的目标。然而,研制出性能优异的仿人机器人,其最大的难关就是双足直立行走。仿人机器人如图 1.13 所示。



图 1.13 仿人机器人

1.3 机器人的发展现状

1.3.1 美国机器人的发展状况

美国是机器人的诞生地,早在 1962 年就研制出世界上第一台工业机器人,与号称“机器人王国”的日本相比,起步至少要早五六年。经过 30 多年的发展,美国现已成为世界上的机器人强国之一,其相关研究基础雄厚、研发技术先进。抚今追昔,美国的机器人发展史也是历经曲折。

由于美国政府从 20 世纪 60 年代到 70 年代,并没有把工业机器人列入重点发展项目,只是在几所大学和少数公司开展了一些研究工作。致使日本的工业机器人后来居上,并在工业生产与应用上及机器人制造业上很快超过了美国,其产品在国际市场上也形成了较强的竞争力。进入 80 年代之后,美国才感到形势紧迫,政府和企业界对机器人人才真正重视起来,政策上也有所倾斜。它们一方面鼓励工业界发展和应用机器人,另一方面制订计划、提高投资,增加机器人的研究经费,把机器人看成美国第三次工业革命的象征,如此一来就促进了机器人技术的迅速发展。

尽管美国在机器人发展史上有过一条重理论、轻研发的弯路,但其机器人技术在国际上一直处于领先地位。其机器人技术全面先进,适应性也很强。具体表现在:

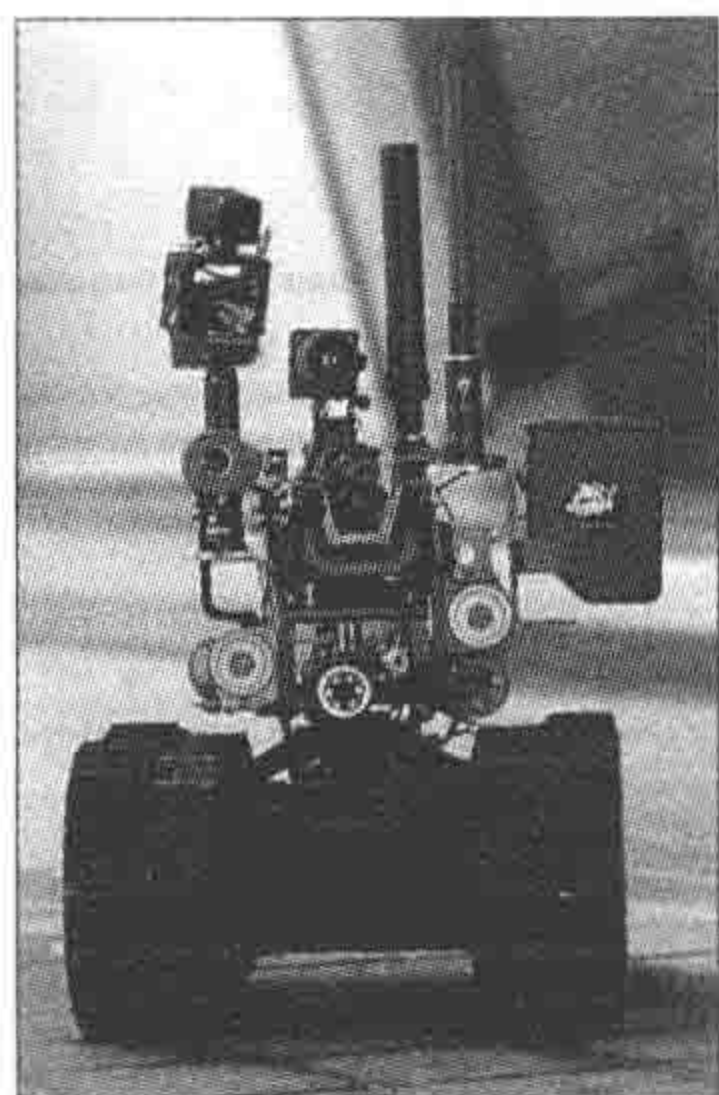
(1) 性能可靠,功能全面,精确度高。

(2) 机器人语言研究发展较快,语言类型多,应用范围广,技术水平居世界前列。

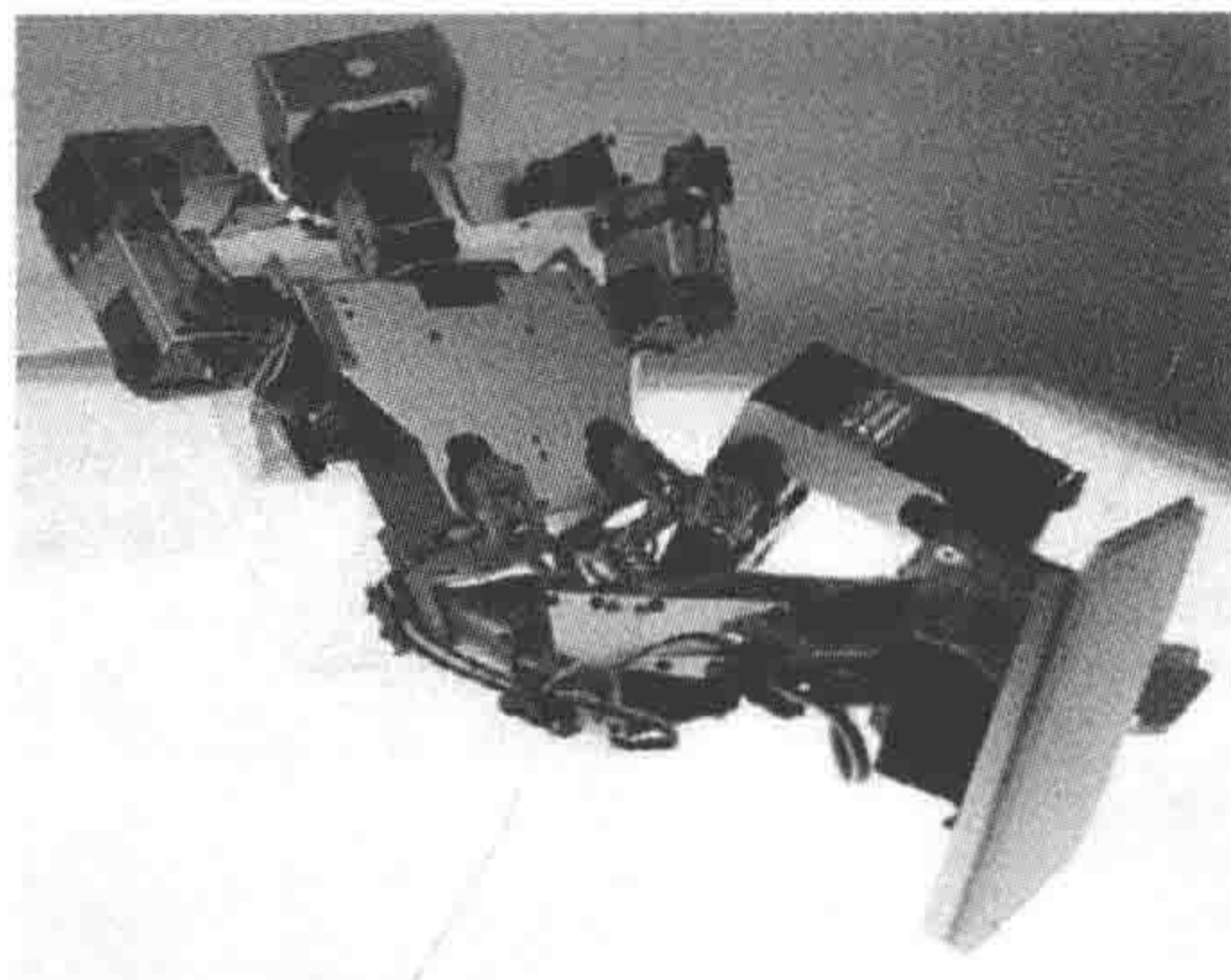
(3) 智能技术发展较快,其视觉、触觉等人工智能技术已在航天、汽车工业领域得到广泛应用。

(4) 高智能、高难度的军用机器人、太空机器人等发展迅速,主要用于扫雷、布雷、侦察、站岗及太空探测方面。

美国部分机器人举例如图 1.14 所示。



(a) 美国“剑”机器人



(b) 美国Sleep Waking机器人



(c) 美国Warrior机器人



(d) 美国PackBot机器人

图 1.14 美国部分机器人

1.3.2 英国机器人发展状况

早在 1966 年,美国 Unimation 公司的尤尼曼特机器人和 AMF 公司的沃莎特兰机器人就已进入英国市场。1967 年,英国的两家大型机械公司还特地为美国这两家机器人公司在英国推销机器人。不久之后,英国 Hall Automation 公司研制出自己的机器人——RAMP。20 世纪 70 年代初期,由于英国政府科学研究委员会颁布了否定人工智能和机器人的 Lighthall 报告,对工业机器人实行了限制发展的严厉措施,从而使英国的机器人产业一蹶不振,在西欧差不多居于末位。

但是,国际上机器人蓬勃发展的形势很快使英国政府意识到,机器人技术的落后将导致其商品在国际市场上的竞争力大幅度下降。于是,从 20 世纪 70 年代末开始,英国政府转而采取支持态度,推行并实施了一系列支持机器人发展的政策和措施,如广泛宣传使用机器人的重要性、在财政上给购买机器人的企业以补贴、积极促进机器人研究单位与企业联合等,使英国机器人开始了在生产领域广泛应用及大力研制的兴盛时期。图 1.15 和图 1.16 分别为生产于 1970 年的英国机器人 Tinker 和英国现代机器人战车。

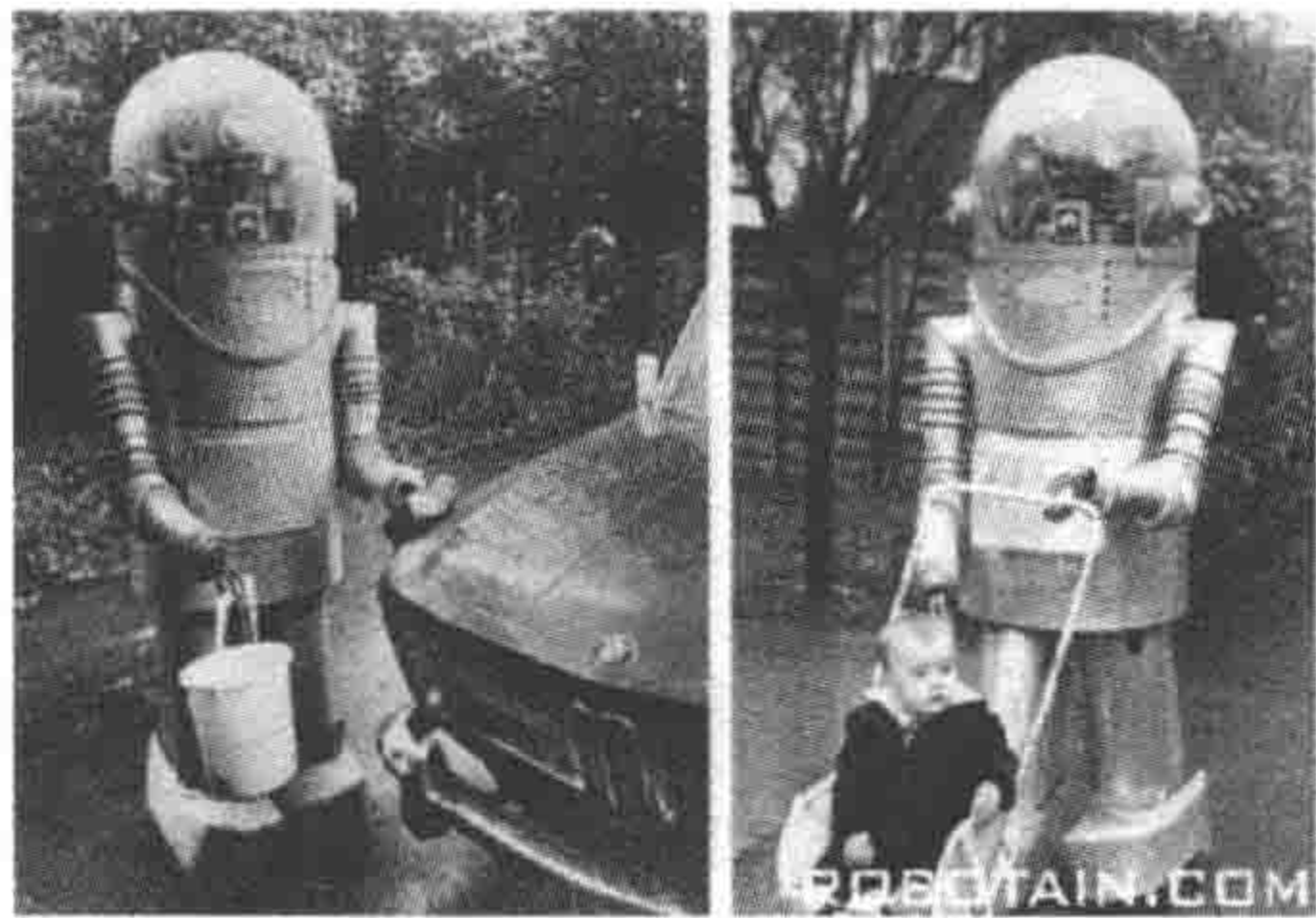


图 1.15 英国机器人 Tinker



图 1.16 英国现代机器人战车

1.3.3 法国机器人发展状况

法国不仅在机器人拥有量上居于世界前列,而且在机器人应用水平和应用范围上处于世界先进水平。这主要归功于法国政府一开始就比较重视机器人技术,特别是把重点放在开展机器人的应用研究上。

总体来说,法国机器人的发展比较顺利,主要原因是通过政府大力支持的研究计划,建立起一个完整的科学技术体系。即由政府组织一些机器人基础技术方面的研究项目,而由工业界支持开展应用和开发方面的工作,两者相辅相成,使机器人在法国企业界得到很快的发展和普及。图 1.17 为著名的法国 NAO 机器人。

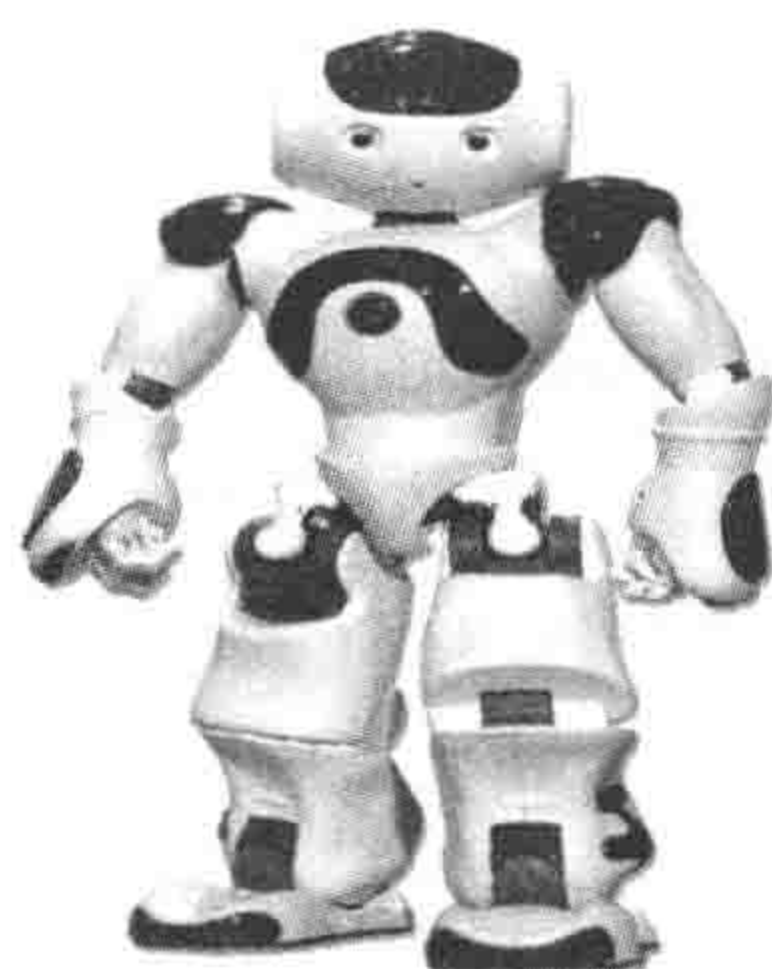


图 1.17 著名的法国 NAO 机器人

1.3.4 德国机器人发展状况

德国工业机器人的总数占世界第三位,仅次于日本和美国。英国和瑞典引进机器人晚了五六年,之所以如此,是因为德国的机器人工业起步就遇到了国内经济不景气。但是,德国的社会环境却是有利于机器人工业发展的。由于战争而导致劳动力短缺,以及整体教育技术水平高,都是实现使用机器人的有利条件。到了20世纪70年代中后期,政府采取行政手段为机器人的推广开辟道路,在“改善劳动条件计划”中规定,对于一些有危险、有毒、有害的工作岗位,必须以机器人来代替普通人的劳动。这个计划为机器人的应用开拓了广泛的市场,并推动了工业机器人技术的发展。除了像大多数国家一样,将机器人主要应用在汽车工业之外,突出的一点是德国在纺织工业中用现代化生产技术改造原有企业,报废了旧机器,购买了现代化自动设备、电子计算机和机器人,使纺织工业成本下降、质量提高,产品的花色品种更加适销对路。到了1984年,终于使这一被喻为“快完蛋的行业”重新振兴起来。与此同时,德国看到了机器人等先进自动化技术对工业生产的作用,提出了1985年以后要向高级的、带感觉的智能型机器人转移的目标。经过近10年的努力,其智能机器人的研究和应用方面在世界上处于公认的领先地位。图1.18为正在“奋笔疾书”的德国机器人。

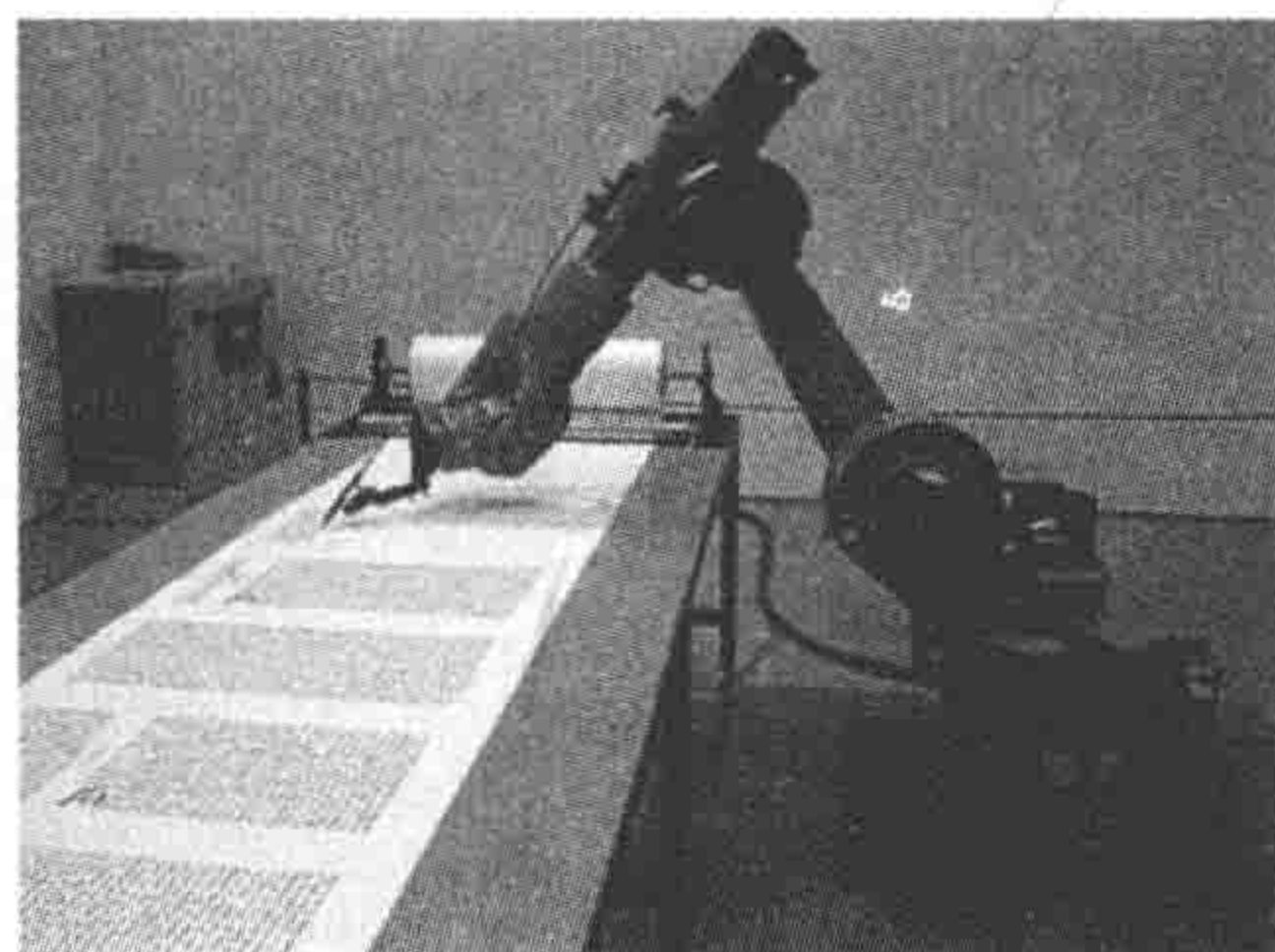


图 1.18 正在“奋笔疾书”的德国机器人