

科学，玩起来

神奇的 机器人

Magic Robot

陈万米 主编



化学工业出版社

神奇的机器人

陈万米 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

安全 环保 节能 降耗

图书在版编目(CIP)数据

神奇的机器人/陈万米主编. —北京: 化学工业出版社, 2014.4

ISBN 978-7-122-19900-3

I. ①神… II. ①陈… III. ①机器人—普及读物 IV. ①TP242-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 036616 号

人器机泊奇神

陈万米



责任编辑: 贾娜

责任校对: 边涛

装帧设计: 孙远博

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张9½ 字数175千字 2014年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

ROBOT

前言

FOREWORD

在人类漫长的历史长河中，人们为了生存和更好的生存，不断地探索并创造发明，进行着两类活动，一类是揭示自然界、社会发展的客观规律的，我们称之为发现，另一类则是创造世界上本来没有的物品，如手机、电脑等，我们称之为发明。本书的主人公“机器人”，这是一个新生事物，就属于发明。

我们可以从不同渠道了解到机器人的存在，体会到机器人的神奇，可是机器人究竟神奇在哪里，为什么会有那么神奇，其神奇的应用又有哪些，本书将为读者解开这些疑问。

本书将机器人的结构与人体结构相结合，深入浅出地介绍了机器人的相关知识，从机器人的躯干与四肢、机器人的脑部、机器人的感官、机器人的循环系统以及机器人的不同应用等几方面，带领读者揭开机器人的神秘面纱，领略机器人的神奇之处并了解其在各行各业的广泛应用。

本书共分为7章。

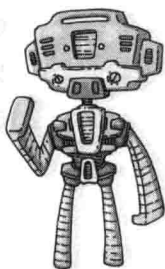
● 第1章阐述了制造机器人的来历、机器人可以为人类做些什么、机器人的组成以及机器人的分类；

● 第2章系统介绍了机器人的躯干（本体架构）、机器人的四肢（运动结构）、机器人的制作材料以及几种特殊的机器人结构；

● 第3章介绍了机器人的脑部（控制系统），包括带有智能处理的机器人脑、带有运动规划的机器人小脑；

● 第4章介绍了机器人的感官（信息获取与输出系统），包括机器人的眼睛（机器视觉）、机器人的耳朵（机器听觉）、机器人的鼻子（机器嗅觉）、机器人的嘴巴（机器语音）；

● 第5章介绍了机器人的循环系统（通信与能源系统），主要包



括机器人的神经系统（内部通信）、机器人的新陈代谢（能源供给与损耗）以及机器人自身的免疫系统；

● 第6章介绍了机器人在工业、农业、科学研究、国防、其他方面（如教育、竞赛）等的应用；

● 第7章阐述了机器人的未来。

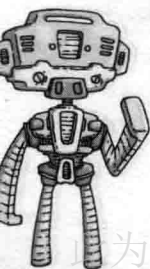
本书用通俗易懂的语言讲解了较为深奥的机器人科技知识，将技术浅显化，可以作为大、中、小学生的教学参考书，也可以给广大机器人爱好者提供帮助。

本书由上海大学机电工程与自动化学院特级技术总监（教授）、上海大学大学生科技创新实验中心负责人、中国自动化学会机器人竞赛工作委员会副主任陈万米博士主编，乔文莉、王文斌、邹国柱、戴骊融、项有元、李法杰参与编写。其中，陈万米编写第1、6、7章，乔文莉编写第2章的2.1、2.3、2.4节，王文斌编写第2章的2.2节、第3章的3.2节，邹国柱编写第3章的3.1节，戴骊融编写第4章的4.1、4.2节，项有元编写第4章的4.3、4.4节，李法杰编写第5章。研究生宿金霞、郑兰超、陈毓诚、张文杰、郭盛、陈楠鹏以及上海大学自强队的队员们等参与了本书的前期讨论。全书由陈万米统稿。

本书的出版得到了上海大学、上海大学机电工程与自动化学院、中国自动化学会机器人竞赛工作委员会、RoboCup中国委员会、上海市人工智能学会智能机器人专业委员会相关领导的大力支持，在此表示衷心的感谢！

机器人的内容十分广泛，涉及诸多学科领域。由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者与专家批评指正！

编 者



ROBOT

目录

CONTENTS

第1章 了解机器人

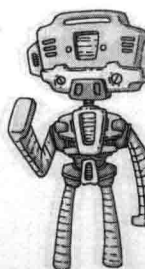
1.1 为什么要创造机器人	1
1.2 机器人可以做什么	4
1.3 机器人是怎么组成的	7
1.4 机器人有哪些种类	8

第2章 机器人的躯体——机械系统

2.1 机器人的躯干——本体架构	15
2.1.1 机器人躯干的结构	15
2.1.2 机器人的皮肤	16
2.2 机器人的四肢——运动结构	18
2.2.1 机器人的手臂	18
2.2.2 机械灵巧手	22
2.2.3 仿人机器人的腿和脚	25
2.2.4 机器人手臂的特殊用途——机器人手术	28
2.3 机器人的材料	29
2.4 几种特殊的机器人结构	34

第3章 机器人的脑部——控制系统

3.1 机器人的大脑——智能处理	40
3.1.1 机器人大脑简介	42
3.1.2 机器人大脑如何学习	46



3.1.3 机器人如何工作——任务规划	48
3.2 机器人的小脑——运动规划	50
3.2.1 人类的小脑	50
3.2.2 人形机器人如何跨出第一步	50
3.2.3 仿人形机器人怎样保持平衡	52
3.2.4 非人形机器人如何进行运动控制	53
3.2.5 机器人如何规划行走路线	57

第4章 机器人的器官——信息获取与输出系统

4.1 机器人的眼睛——机器视觉	58
4.1.1 人类的视觉	59
4.1.2 机器人如何看到物体	61
4.1.3 机器人如何看懂	65
4.1.4 机器人“眼睛”的应用	67
4.2 机器人的耳朵——机器听觉	68
4.2.1 人类的听觉	69
4.2.2 机器人如何听到	71
4.2.3 机器人如何听懂	72
4.2.4 机器人“耳朵”的应用	75
4.3 机器人的鼻子——机器嗅觉	77
4.3.1 人类的嗅觉机理	78
4.3.2 机器人嗅觉的起源	79
4.3.3 机器人如何闻出味道	80
4.3.4 机器人鼻子的应用	85
4.4 机器人的嘴巴——机器语音	86
4.4.1 人类的发声原理	87
4.4.2 机器人语音的起源	87
4.4.3 机器人如何发音	89
4.4.4 机器人语音的应用	91



第5章 机器人的循环系统——通信与能源系统

5.1 机器人的神经系统——内部通信	94
5.1.1 人类的神经系统	95
5.1.2 机器人的神经系统	95
5.2 机器人的新陈代谢——能源供给与损耗	101
5.2.1 人体的新陈代谢	101
5.2.2 机器人的新陈代谢	102
5.3 机器人的免疫系统	107
5.3.1 人体的免疫系统	107
5.3.2 机器人体内的免疫系统	109

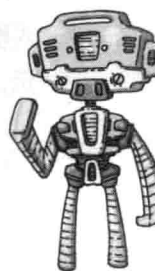
第6章 机器人的应用

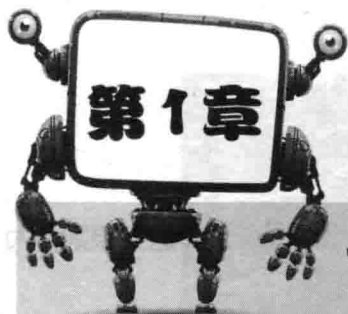
6.1 工业应用	113
6.2 农业应用	118
6.3 科学研究应用	123
6.4 国防应用	127
6.5 其他应用	131

第7章 机器人的未来

7.1 机器人离我们还有多远	137
7.2 机器人技术的发展	139
7.3 机器人的情感与伦理展望	141

参考文献





了解机器人

机器人，从字面上看，是机器与人的组合，那是否意味着机器人既具备机器的特点，又具备人的特点呢？回答是肯定的。我们所看到的机器人，初看与工业、农业中使用的普通机器没啥区别，但是机器人又具备人（严格意义上说是人与其他动物）的特点，顾名思义，也即机器人具备“思考”的能力，这是机器人区别于普通机器的一个重要方面。简言之，机器人是会思考的机器。

1.1 为什么要创造机器人

要回答这个问题，我们需要了解机器人是怎么诞生的。机器人的出现并高速发展是社会和经济发展的必然，是为了提高社会的生产水平和人类的生活质量，让机器人替人类做那些人类干不了、做不好的工作。

早在 1886 年，法国作家利尔亚当在他的小说《未来夏娃》中将外表像人的机器起名为“安德罗丁（android）”，即安卓机器人，它由以下 4 部分组成：

- ① 生命系统（由于控制平衡、步行、发声、身体摆动、感觉、表情，调节运动等）；
- ② 造型解质（使关节能自由运动的金属覆盖体，一种盔甲）；
- ③ 人造肌肉（在上述盔甲上有肉体、静脉、性别等身体的各种形态）；
- ④ 人造皮肤（含有肤色、机理、轮廓、头发、视觉、牙齿、手爪等）。

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》。在剧本中，卡佩克把捷克语“Robota（奴隶）”写成了“Robot”。该剧预告了机器人的发展对人类社会的巨大影响，引起了大家的广泛关注，被当成为了“机器人”一词的起源。在该剧中，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，机器人成为了必不可少的成员。

为了防止机器人伤害人类，科幻作家阿西莫夫于 1940 年提出了“机器人三原则”：

- ① 机器人不应伤害人类;
- ② 机器人应遵守人类的命令,与第一条违背的命令除外;
- ③ 机器人应能保护自己,与第一条相抵触者除外。

这是人类给机器人赋予的伦理性纲领。机器人学术界一直将这三原则作为机器人开发的准则。

1959年,美国英格伯格和德沃尔制造出世界上第一台工业机器人,如图1-1所示,机器人的历史才真正开始。随后,便成立了世界上第一家机器人制造工厂——Unimation公司。由于英格伯格对工业机器人的研发和宣传的贡献,他也被称为“工业机器人之父”。

图1-1所示的世界上第一台工业机器人重达两吨,由写在磁鼓上的程序进行控制。它们采用液压执行器,并分别设定关节坐标系,即各关节的角度,存储示教或再现操作方式。控制精度为1/10000英寸。

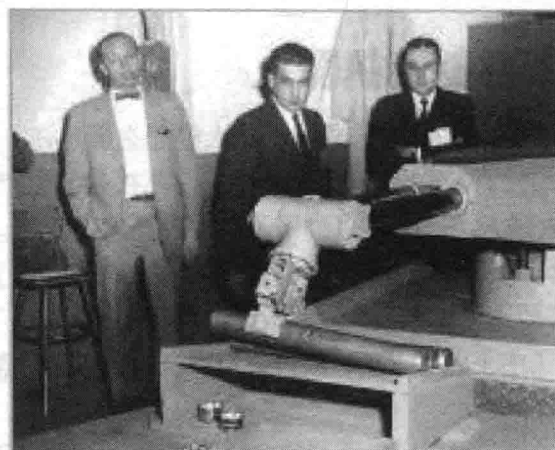


图 1-1 世界上第一台工业机器人

20世纪70年代,第二代机器人开始有了较大发展。第二代为感觉型机器人,如有力觉、触觉和视觉等,它具有对某些外界信息进行反馈调整的能力,并投入应用,开始普及。1973年,日本日立公司开发出用于混凝土桩和钢管业的自动抽苔机器人,如图1-2所示,这个机器人是第一个装有视觉传感器用以判断移动物体的工业机器人。当机器人判断出物体移动时,同步钢管上的螺栓紧固或松开。

我国自20世纪70年代起研制工业机器人,中科院沈阳自动化所、上海交通大学、上海大学(前身为上海工业大学)等都投入了工业机器人的研究开发,取得了一定的成果。图1-3为上海大学于1986年研制成功的上海二号工业机器人,现在仍然存放在上海市延长路149号的上海大学机器人大楼内。

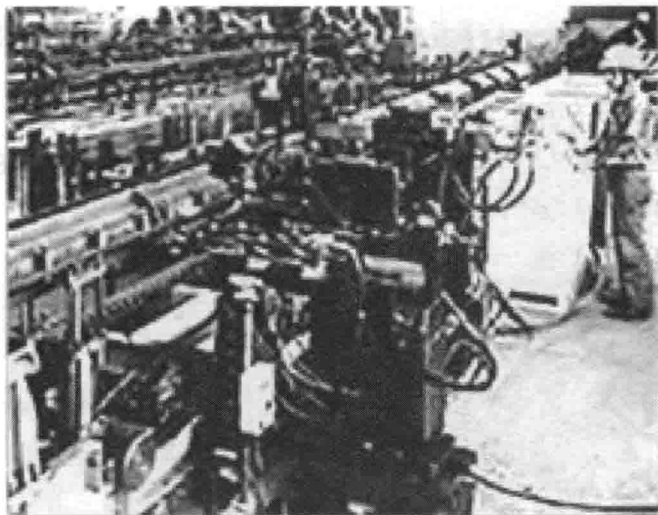


图 1-2 日本日立自动抽苔机器人

第三代机器人是智能机器人，它不仅具有感觉能力，而且还具有独立判断和行动的能力，且能够记忆、推理和决策，完成更加复杂的动作。智能机器人的中央处理器可以控制手臂和行走装置，使机器人的手完成作业，脚完成移动，机器人能够用自然语言与人对话。

魔方因其神奇和难解给很多人留下了深刻的记忆。智能机器人出现后，解魔方的机器人也被研制成功，如图 1-4 所示，该机器人只要 18.2 秒就可以把杂乱无章的魔方解出来。这款机器人可称得上是智能机器人的代表，其带有眼睛（摄像头）、机械手，更重要的是还有脑部（可以快速判断并指挥机械手如何转动魔方）。

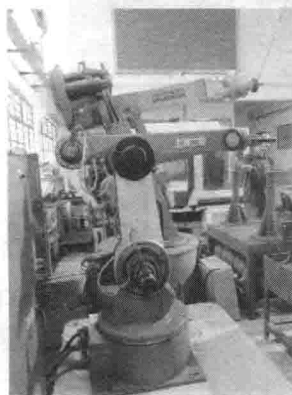


图 1-3 上海大学研制的上海二号工业机器人

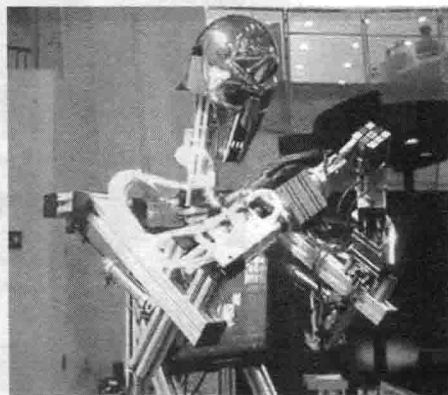


图 1-4 解魔方机器人

机器人除了可以解魔方，还能够做些什么呢？

1.2 机器人可以做什么

机器人可以做的事情可多了，可以说到处可见机器人的影子。

① 有些工作会对人体造成伤害，比如喷漆、重物搬运等，就由喷漆机器人（如图 1-5 所示）、搬运机器人去完成。

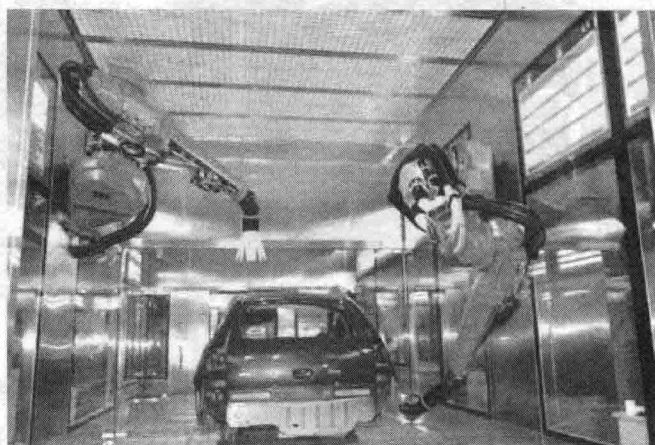


图 1-5 喷漆机器人

② 有些工作要求质量很高，人难以长时间胜任，比如汽车焊接、精密装配等，就可以让汽车焊接机器人、装配机器人（如图 1-6 所示）上场。

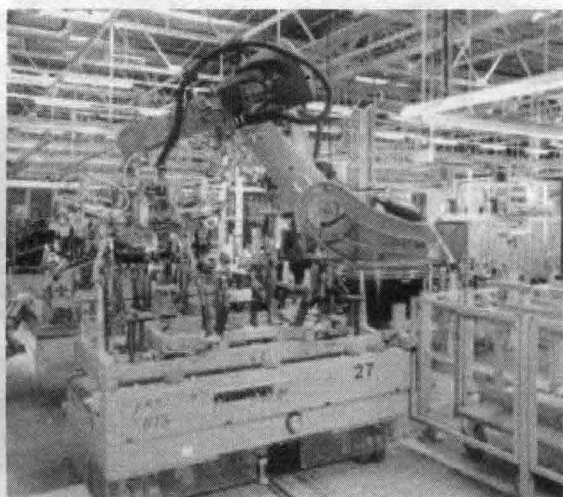


图 1-6 装配机器人

③ 有些工作人无法身临其境，比如火山探险、深海探密、空间探索等，

火山探险机器人、深海探密机器人、空间探索机器人（如图 1-7）就可以大显身手。

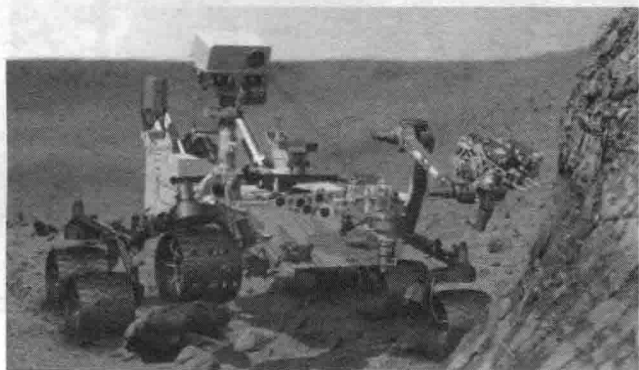


图 1-7 太空探索机器人

④ 有些恶劣的环境下工作不适合人去干，比如地震后的废墟、火灾现场等，救援机器人（如图 1-8 所示）、消防灭火机器人便派上了用场。



图 1-8 救援机器人

⑤ 有些枯燥单调的重复性劳作，如自动化生产线，是生产线工业机器人（如图 1-9 所示）工作的地方。

⑥ 另外，还有服务机器人可以为您治病保健、保洁保安（图 1-10 为保安机器人）；水下机器人（如图 1-11 所示）可以帮助打捞沉船、铺设电缆；工程机器人可以上山入地、开洞筑路；农业机器人（如图 1-12 所示）可以耕耘播种、施肥除虫；军用机器人（如图 1-13 所示）可以冲锋陷阵、排雷排弹……



图 1-9 生产线工业机器人

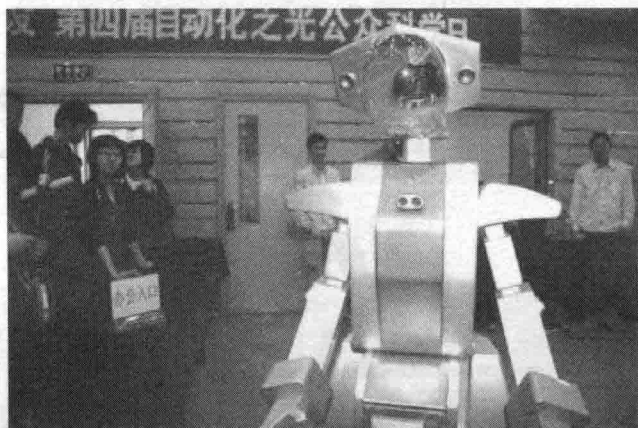


图 1-10 保安机器人



图 1-11 水下机器人



图 1-12 农业机器人



图 1-13 军用机器人

1.3 机器人是怎么组成的

机器人与人有相同的地方，也有不同的地方，在1967年日本召开的第一届机器人学术会议上，就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个条件的机器可以称为机器人。

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

经过了半个多世纪的发展，机器人系统的结构基本上由机器人的机构部分、传感器组、控制部分及信息处理部分组成。机器人的外貌有的像人，有的却并不具有人的模样，但其组成与人很相似。机器人的组成包括了以下内容。

- ① 机构部分包括机械手和移动机构，机械手相当于人的手，可完成各种工作；
- ② 移动机构相当于人的脚，机器人靠它来“走路”；
- ③ 感知机器人自身或外部环境变化信息的传感器是它的感觉器官，相当于人的眼、耳、皮肤等，包括内传感器和外传感器；
- ④ 机器人软件是机器人的指挥中心，相当于人脑或中枢神经，能控制机器人各部位协调动作；
- ⑤ 信息处理装置（处理器）是人与机器人沟通的工具，可根据外界的环境

变化，灵活变更机器人的动作。

1.4 机器人有哪些种类

关于机器人如何分类，国际上没有制定统一的标准，有的按负载重量分，有的按控制方式分，有的按自由度分，有的按结构分，有的按应用领域分。一般的分类方式如下。

(1) 操作型机器人

能自动控制，可重复编程，多功能，有几个自由度，可固定或运动，用于相关自动化系统中。图 1-14 所示为在某一生产线上的操作型机器人。

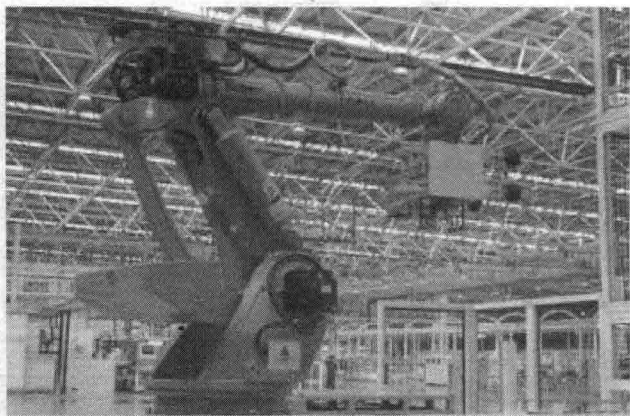


图 1-14 某一生产线上的操作型机器人

(2) 程控型机器人

按预先要求的顺序及条件，依次控制机器人的机械动作。图 1-15 所示为程控型搬运机器人在工作中。



图 1-15 程控型搬运机器人

(3) 示教再现型机器人

通过引导或其他方式，先教会机器人动作，输入工作程序，机器人即可自动重复进行作业。图 1-16 所示为示教再现型机器人在演示中。

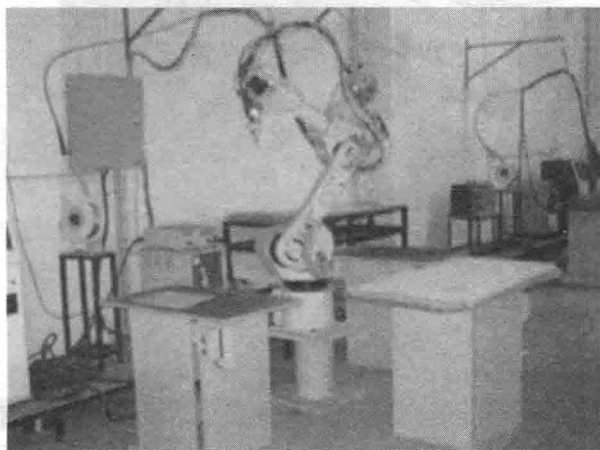


图 1-16 示教再现型机器人

(4) 数控型机器人

不必使机器人动作，通过数值、语言等对机器人进行示教，机器人根据示教后的信息进行作业。图 1-17 为德国 Bahr 的数控机器人。

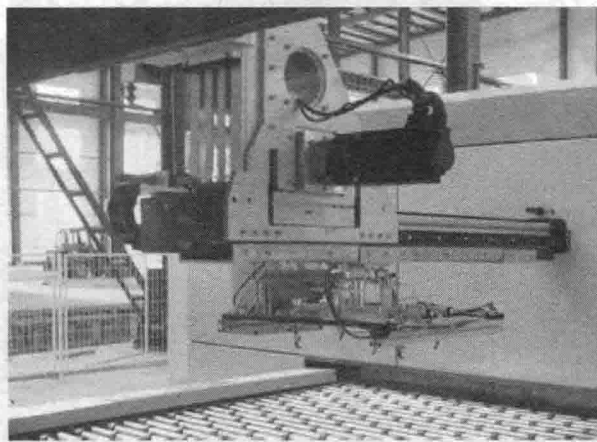


图 1-17 德国 Bahr 的数控机器人

(5) 感觉控制型机器人

利用传感器获取的信息控制机器人的动作。图 1-18 为日本庆应大学实验室的一场演示中，机器人根据感觉将玻璃弹子从一个杯子中倒入另一个杯子。