

揭开

主编 邹慧君 梁庆华

机器人的面纱

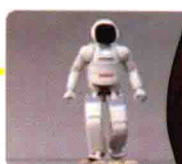
JIEKAI JIQIREN DE MIANSHA



自在步行



以时速9km奔跑



在崎岖路面上行走



踢足球



单腿



上下台阶



预测行人的行走方向



双脚跳跃悬空



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

揭开机器人的面纱

主编 邹慧君 梁庆华



机械工业出版社

机器人至今使人有一种神秘感。本书从揭开机器人神秘面纱着手,认识它们的基本组成和工作原理。帮助青少年举一反三地去创造崭新的机器人。本书第1章~第4章介绍了机器人技术基础,包括机器人的构成、机器人的机构以及机器人的感官与控制;第5章~第7章介绍了形形色色的机器人,包括玩具机器人、古代机器人、智能机器人;第8章~第10章介绍了如何自己动手搭建机器人,包括简易仿生机器人的制作、智能循迹机器人的设计与制作、模块化仿人机器人的组装。

本书图文并茂、深入浅出、富有趣味,是一本认识机器人奥妙的科普读物。

本书可作为中小学生学习科技创新教育的基本教材,也可作为对机器人感兴趣读者的入门读物,还可作为大专院校的机械类与相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

揭开机器人的面纱/邹慧君,梁庆华主编. —北京:
机械工业出版社, 2015.11
ISBN 978-7-111-52130-3

I. ①揭… II. ①邹… ②梁… III. ①机器人—普及
读物 IV. ①TP242-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第270127号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码 100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:林春泉

责任校对:刘志文 封面设计:路思中

责任印制:乔宇

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2016年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm • 13.5印张 • 258千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-52130-3

定价:65.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com



机器人是在人类文明发展过程中承载着美好梦想的奇妙产物。由于人们奇思妙想创造的各种各样的机器人，代替人去体力劳动、去脑力劳动、去娱乐、去打仗、去日行千里、去凌空飞翔，等等。关于机器人的创造活动据说已有 3000 年的历史，它使漫长的历史长河中充满着幻想、诗意和创造，从而推动着科技的进步。在中国古代，神奇天兵天将的斗法、智勇七侠五义的绝技以及七十二变的孙悟空等，都充满人类的智慧，使机器人的形象更加充满了神奇色彩和不可捉摸。机器人是什么？在每个人的头脑中会有各种各样的答案。如何去创造机器人，也会有多种多样的办法。

由于机器人的多样性、神奇感和妙趣横生，会吸引青少年的关注，所以在中小学中都会用创造机器人来培育创新思维，培养创新能力。

《揭开机器人的面纱》是一本帮助青少年朋友去认识机器人、创造机器人的科普书，其重点是想对机器人“揭开面纱”。由于机器人至今还使人有神秘感，需要我们去揭开面纱，认识机器人的基本组成和工作原理，帮助青少年举一反三地创造新颖的机器人。

什么是机器人？机器人是替代人类劳动（包括智力劳动和体力劳动）的自动化装置。机器人的本质是一种机械装置，它要实现复杂多变的机械动作，这些动作必须由相应的执行机构来完成。

机器人所需实现的一系列机械动作是依靠“自动化”来完成的。如何实现自动化？归纳起来有四种：机械自动化、电气自动化、电子自动化和智能自动化。也就是说，机器人的不同层次，靠的是不同的自动类型。

对于常用的机电一体化式机器人，它应具备三种主要的功能：感受某些信息的能力、信息处理及控制的能力以及实现可变动作的能力。它相应的组成部分有：传感检测模块、信息处理及控制模块以及实现可控动作的执行机构。由



此看来，只要掌握好三个组成部分的基本工作原理和选用知识，就有可能来创造出多种用途的机电一体化式机器人。

本书内容包括 10 章。

第 1 章～第 4 章机器人技术基础：包括机器人的构成、机器人的机构以及机器人的感官与控制内容。

第 5 章～第 7 章形形色色的机器人：包括玩具机器人、古代机器人、智能机器人内容。

第 8 章～第 10 章自己动手搭建机器人，包括简易仿生机器人的制作、智能循迹机器人的设计与制作、模块化仿人机器人的组装。

本书由邹慧君、梁庆华担任主编及统稿。各章具体由下列人员编写：上海交通大学邹慧君编写第 1 章、第 2 章、第 5 章；上海交通大学梁庆华编写第 3 章、第 6 章；上海大学李维编写第 4 章；上海市世界外国语中学聂亮编写第 7 章；上海市科技艺术教育中心葛智伟编写第 8 章；上海市金山区青少年活动中心陆广琴编写第 9 章，上海交通大学高雪官编写第 10 章。

由于编者水平有限，书中疏漏和欠妥之处在所难免，恳请读者不吝指正。

编 者

2016 年 2 月



前言

第 1 章 走近机器人世界	1
1.1 机器人是什么	2
1.2 机器人发展的故事	5
1.2.1 早期机器人发展中的趣事	5
1.2.2 近代机器人的发展	5
1.3 机器人的分类	8
1.3.1 按用途分类	8
1.3.2 按使用场合分类	10
1.3.3 按控制方式分类	10
1.4 机器人的组成概述	10
1.4.1 电动 - 机械式机器人	11
1.4.2 机电一体化式机器人	12
第 2 章 透视机器人——机器人是如何构成的	14
2.1 电动 - 机械式机器人的认知	15
2.2 敲锣打鼓的圣诞老人	15
2.2.1 敲锣打鼓圣诞老人的功能	15
2.2.2 敲锣打鼓圣诞老人的内部机械结构	15
2.2.3 敲锣打鼓机器人整体结构方案	16
2.2.4 敲锣打鼓机器人机壳的合理设计	17
2.3 机电一体化式机器人的认知	17



2.3.1	动作多变的敲锣打鼓机器人的功能	18
2.3.2	机电一体化式敲锣打鼓机器人的整体结构布置	19
2.4	机械式机器人和机电一体化式机器人的对比	19
2.4.1	驱动方式的对比	19
2.4.2	结构组成上的对比	20
第3章	产生各种动作的载体——机器人机构	21
3.1	一些术语	22
3.1.1	自由度	22
3.1.2	运动副与关节	23
3.1.3	连杆	27
3.1.4	工作空间	27
3.2	用简图表达想法	29
3.2.1	运动副的简化表达	29
3.2.2	常见传动的简化表示	30
3.2.3	如何表达构件	32
3.2.4	牛刀小试	32
3.3	人体机械化与机械仿生化	35
3.3.1	神奇的人体	35
3.3.2	工业机器人的执行系统构成	36
3.4	形形色色的机器人执行机构	37
3.4.1	灵活善变的机械手机构	37
3.4.2	多自由度腕部机构	39
3.4.3	远攻近打的手臂机构	41
3.4.4	形式多样的行走机构	43
第4章	机器人的感官与控制	49
4.1	人与机器人	50
4.2	机器人中的子系统	55
4.3	机器人的器官——传感器	56
4.3.1	检测旋转关节运动位置的传感器	58
4.3.2	检测光线变化的传感器	59
4.3.3	红外线与红外传感器	61
4.3.4	移动机器人中的传感器	62
4.3.5	感觉超声波的传感器	63



4.3.6	检测磁场变化的霍尔传感器	64
4.3.7	激光测距传感器	65
4.3.8	视觉传感器	66
4.4	机器人的肌肉——驱动器	69
4.4.1	直流电动机	70
4.4.2	步进电动机	71
4.4.3	舵机	72
4.4.4	交流伺服电动机	73
4.5	机器人的神经与大脑——控制系统	75
4.5.1	机器人的构造与坐标系	77
4.5.2	机械臂的运动位置计算	77
4.5.3	控制机器人的计算机	77
4.5.4	计算机的输入、输出接口	79
4.5.5	计算机编程语言	82
4.5.6	机器人语言	83
4.5.7	机器人的控制形式	83
第 5 章	活泼有趣的玩具机器人	86
5.1	玩具机器人的基本要求和主要特点	87
5.1.1	玩具机器人的基本要求	88
5.1.2	玩具机器人的主要特点	88
5.2	玩具机器人的主要类型和基本状况	88
5.2.1	发条型玩具机器人	88
5.2.2	电动型玩具机器人	88
5.2.3	机电一体化型玩具机器人	88
5.3	发条型玩具机器人的设计与应用	89
5.3.1	发条传动箱	89
5.3.2	发条玩具机器人——猴子翻筋斗机器人	91
5.4	电动型玩具机器人的设计与应用	92
5.4.1	电动传动箱	92
5.4.2	直流电动机内部结构和齿轮减速器	93
5.4.3	电动型玩具机器人——两足行走的玩偶机器人	94
5.5	程序控制型玩具机器人的设计与应用	97
5.5.1	玩具机器人中的关节运动	97
5.5.2	玩具机器人的遥控原理	99



5.5.3 玩具机器人的计算机程序控制	99
5.5.4 仿人型机器人的机构运动	100

第6章 巧妙神奇的古代机器人

102

6.1 神奇的本牛流马	103
6.2 司方如一的指南车	105
6.3 记里鼓车	107
6.4 古代机器人之光	110
6.4.1 会唱歌的机器鸟	110
6.4.2 茶道机器人	111

第7章 会思考、能应变的智能机器人

113

7.1 科幻电影与智能机器人	114
7.2 智能机器人的今生往昔	115
7.2.1 1939年·第一个现代意义的机器人的诞生	115
7.2.2 1954年·第一台可编程的工业机器人	115
7.2.3 1956年·第一次聚焦在机器人上的智慧碰撞	116
7.2.4 1962年·“有感知”的机器人问世	117
7.2.5 1968年·第一台具有推理、判断和决策的智能机器人	118
7.3 深入了解智能机器人	119
7.3.1 智能是什么?	119
7.3.2 什么是智能机器人?	120
7.4 智能服务机器人	120
7.4.1 智能移动机器人管家赫布 (HERB)	120
7.4.2 智能情感意识机器人比娜 (BINA)	123
7.4.3 混合辅助肢体哈尔 (HAL)	125
7.4.4 洗头机器人	128
7.4.5 辅助医疗机器人卡斯帕 (KASPAR)	130
7.5 智能手术机器人	132
7.5.1 智能手术机器人的原理和分类	132
7.5.2 监控型外科手术机器人	133
7.5.3 共享控制外科手术机器人	135
7.5.4 远程遥控手术机器人	136
7.6 智能科考机器人	142
7.6.1 海洋冲浪科考机器人	142

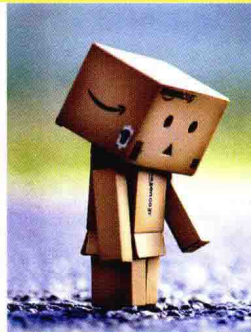
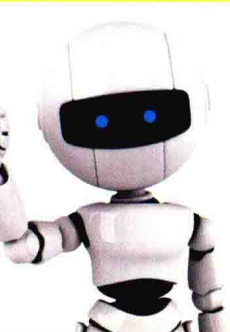


7.6.2	火星探险机器人	144
7.7	智能军用机器人	146
7.7.1	地面军用后勤机器人——大狗	147
7.7.2	水下军用机器人	149
7.7.3	自主水下军用机器人 (AUV) ——蓝鳍金枪鱼	149
7.7.4	空中军用机器人——捕食者无人侦察机	150
7.8	从孙悟空看机器人伦理的发展	151
7.8.1	从孙悟空看机器人的成长	151
7.8.2	从孙悟空看机器人伦理学的发展	152
7.8.3	从孙悟空看人类与机器人的相处之道	153
第 8 章	简易仿生机器人的创意与制作	154
8.1	简易仿生机器人的创意模型	155
8.1.1	组件	155
8.1.2	传动机构	155
8.1.3	机器人的制作	155
8.2	形形色色的仿生机器人	160
8.2.1	爬横杆机器人	160
8.2.2	步行机器人	160
8.2.3	推车机器人	162
8.2.4	滑雪机器人	163
8.2.5	爬缆绳机器人	163
8.3	创意设计	164
8.3.1	爬阶梯机器人的创意设计	164
8.3.2	爬直杆机器人的设计与制作	167
8.3.3	爬竹梯机器人的设计和制作	168
第 9 章	智能循迹机器人的设计与制作	170
9.1	智能循迹机器人的行走系统	171
9.1.1	小车的结构	171
9.1.2	动力系统	172
9.1.3	电源	173
9.1.4	电动机驱动模块	173
9.1.5	电动机转速控制	174
9.1.6	轮子的转向	175



9.2	机器人的视觉	175
9.2.1	光电传感器	175
9.2.2	模数转换	176
9.2.3	光电传感器的安装	177
9.3	机器人的大脑	177
9.3.1	控制芯片	177
9.3.2	控制系统全貌	177
9.3.3	电路连接	178
9.4	给“大脑”植入思想	179
9.4.1	1个光传感器的控制算法	179
9.4.2	两个光传感器的控制算法	179
9.4.3	3个光传感器的控制算法	181
9.4.4	5个光传感器的控制算法	182
9.4.5	一个巡线实例	183
第10章	模块化仿人型机器人的组装与调试	184
10.1	BioROBO 模块化机器人的装配	186
10.2	BioROBO 模块化机器人的关节动力	187
10.3	BioROBO 模块化机器人的控制模式	189
10.4	BioROBO 模块化机器人的运动控制	190
10.5	BioROBO 模块化机器人参加种类的竞赛	199
10.6	BioROBO 模块化机器人动作自评参考标准	200
10.7	BioROBO 模块化机器人单关节运动控制实验练习	200
10.8	BioROBO 模块化机器人多关节组合运动控制实验练习	201
10.9	BioROBO 模块化机器人复杂动作设计练习	201
参考文献		203

第1章



走近机器人世界



1.1 机器人是什么

机器人是在物质文明发展过程中承载着人类美好梦想的奇妙产物，用机器人来代替人类的智力劳动和体力劳动，使人类生活变得更美好。因此，它是充满诗意的，也是追寻梦想的结果。虽然 Robot（机器人）一词最早出现在原捷克作家卡雷尔·恰佩克 1920 年的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中，但人类创造机器人的活动已有 3000 年的历史，至于叫不叫“机器人”并不重要。因此，我们可以说创造和发明机器人的历史十分悠久，机器人存在的形式是多种多样的，它能实现的功能又是千姿百态的，使机器人的发生和发展充满了神奇的色彩。

要回答什么是机器人，并不是十分简单。由于人们对机器人的理解并不是十分一致，同时机器人技术又在不断的发展，因此，对机器人的定义也是五花八门。我们认为只要抓住机器人最本质的特征，定义“机器人”就并不困难了。为了便于研究机器人，我们对机器人定义如下：

机器人是完成人为设定的运动和动力变换过程以替代人类劳动的自动化机械装置。

上述关于机器人的定义中主要说明了机器人三个主要特征：

- 1) 机器人要实现运动和动力变换过程；
- 2) 机器人要替代人类的智力劳动和体力劳动；
- 3) 机器人在本质上是一种自动化机械装置。

图 1-1 概括地表示了机器人三个主要的特征。



图 1-1 机器人三个主要特征



从上述三个特征来看,机器人还是机器,只是它能替代人类更加复杂多变的劳动,只是人从美好的愿望出发把它美化成了“人”。大家应该明白机器人外形上像不像人并不重要,重要的是能否巧妙地替代人类的劳动。

机器人作为一台自动化机械装置,随着科学技术的发展,其技术含量和结构组成也在不断地发展。特别是在自动化方面,它经历了机械自动化、电气自动化、电子自动化乃至智能自动化等各个阶段。图 1-2 表示机器人机构自动化的几个阶段。



图 1-2 自动化经历的几个阶段

我们把西周时期能工巧匠偃师研制出的十分原始的能歌善舞的木偶人(见图 1-3)与 2012 年 8 月 6 日美国降落在火星上的好奇号火星车(见图 1-4)都看成不同时代的机器人,它们在机器人基本特征上并无二致,它们的区别只是在技术含量和结构组成上。如果我们认同这种想法,我们在对机器人最基本的定义上可以取得一致。

还有一种观点值得我们去讨论。有人认为,在发明热力机械和电动机之前由于没有驱动力,也就不可能有机器人。这种观点值得商榷。人类在发明热力机械和电动机之前早已有了机械,只是人们聪明地利用了风力、水力、兽力、人力、重力、弹力来对机械装置的驱动。有了这种认识,可能还会开拓我们制造新型机器人的思路。

图 1-5 表示各类机器人的一般组成框架。



图 1-3 能歌善舞的木偶人

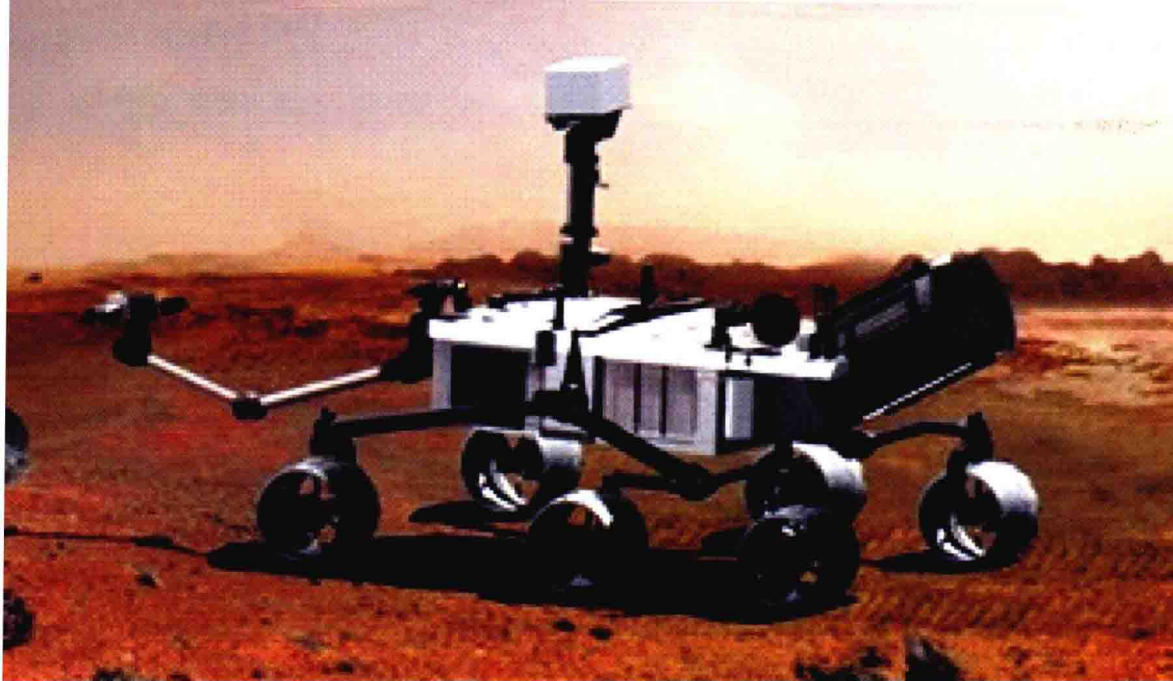


图 1-4 好奇号火星车



图 1-5 各类机器人的一般组成框架

创造和创新各种各样的机器人充分说明了人类文明的不断发展，也证明了机械装置的日益进步，为机械的现代化开辟无限广阔的前景。

为了创造出各种新颖的机器人，人们除了要掌握机器人相关的理论知识和技术基础外，更为重要的是要具有创造性思维能力和开拓设计理念的创新。我们将机器人美化成“人”，要将人的灵性灌注到机器人的创新中去，为创造出各种各样的机器人开创出机器人世界美好的前景。



1.2 机器人发展的故事

“机器人”一词的出现只是近几十年来的事，然而，人们追求创造出各种各样机器人的梦想已有 3000 多年的历史，可以说是历史悠久、故事生动。

1.2.1 早期机器人发展中的趣事

在众多记有中国古代机器人的古籍中，《列子》是最早的，其中的“汤问篇”中描述一个能歌善舞的古代机器人的生动故事。在西周时国王周穆王向西巡视，到现甘肃之弇山后，在返回途中，遇到能工巧匠偃师前来献艺说：“造了个东西，让大王视之。”穆王命他拿过来。第二天穆王召见时，他带了个人同去，穆王问同来的是何人？偃师说：“臣之所造能倡者。”（倡者即歌舞伎）周穆王惊讶地看到“倡者”疾走慢步、抬头弯腰，如真人一般。碰碰它的下巴“则歌合律”，抬抬它的手“则舞应节，千变万化，惟意所适”。穆王以为是真人，即叫嫔妃们来看。“倡者”在表演将结束时，竟对穆王的嫔妃眨着眼睛挑逗、引诱。穆王大怒，立刻要杀偃师。偃师害怕极了，马上将“倡者”拆开请穆王看，原来都是些“革、木、胶、漆、白、黑、丹、青之所为”，“内则肝胆、心肺、脾肾、肠胃，外则筋骨、肢节、皮毛、齿发，皆假物也，而无不毕具者”。

春秋时期后期（公元前 770~前 467），我国木匠始祖鲁班利用竹、木材料制造出一个木鸟，它能在空中飞行，“三日不下”，此事在古书《墨经》中有所记载，这成为世界上最早的空中机器人。

三国时期的蜀汉（公元 221~263），据《三国志》记载，蜀丞相诸葛亮成功地制造出适合山间小道运行的“木牛流马”，其中木牛是具备轮、足的军用运输车，利用轮和足行进在山间小道，成为人力驱动的古物流机器人。

中国古籍中所见的古代机器人记载，虽然难以取得有力的凭证，但看来也不是毫无依据。古代创造发明者富于想象、勇于探索、智慧的精神将永远值得后人学习和继承，为实现科学幻想而奋斗永远是推动社会进步的不竭动力。

同样，在国外也有许多研制古代机器人的动人故事。

公元前 3 世纪，古希腊发明家戴达罗斯用青铜为克里特岛国王麦诺斯塑造了一个守卫岛国的卫士机器人塔罗斯。

公元前 2 世纪，亚历山大时期，古希腊人发明了最原始的机器人，它是以水、空气和蒸汽压力为动力的会动的雕像，会自己开门，还可借助蒸汽唱歌。

1662 年，日本的竹田近江利用钟表技术发明了能进行表演的自动机器玩偶，并在大阪的道顿堀演出。

1738 年，法国技师杰克·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。

1.2.2 近代机器人的发展

1920 年，原捷克斯洛伐克剧作家卡雷尔·恰佩克在他的科幻情节剧《罗萨姆的万能机器人》中，第一次提出了“机器人”（Robot）这个名词，于是世界各国有了统一的名词——



Robot，用它来表示各种各样的机器人。在捷克语中 Robot 是指“赋役的努力”。

20 世纪初，人类社会对于即将问世的机器人应该是什么样？存在不少疑虑。美国著名科学幻想小说家阿西莫夫于 1950 年在他的小说《我是机器人》中，首先使用了机器人学（Robotics）这个词来描述与机器人有关的科学，并提出了有名的“机器人三守则”：

- 1) 机器人必须不危害人类，也不允许它眼看人类受害而袖手旁观；
- 2) 机器人必须绝对服从人类，除非这种服从有害于人类；
- 3) 机器人必须保护自身不受伤害，除非为了保护人类或者是人类命令它做出牺牲。

这三条机器人守则可用图 1-6 表示。

- 1 机器人必须不危害人类，
也不允许它眼看人类受害而袖手旁观**
- 2 机器人必须绝对服从人类，
除非这种服从有害于人类**
- 3 机器人必须保护自身不受伤害，
除非为了保护人类或者是人类命令它做出牺牲**



图 1-6 机器人三守则

这三条守则的关键核心是机器人必须绝对服从人类和不危害人类，它也是设计机器人的原则。

1960 年美国 AMF 公司生产了柱坐标型 Versatran 机器人，可做点位和轨迹控制，是世界上第一种用于工业生产的机器人。

1961 年美国麻省理工学院研制有触觉的 MH-1 型机器人，在计算机控制下用来处理放射性材料。

1968 年美国斯坦福大学研制出名为 SHAKEY 的智能移动机器人。

从 20 世纪 60 年代后期起，喷漆、弧焊机器人相继在工业生产中应用。

在 20 世纪 70、80 年代，机器人生产和应用发展很快。1990 年，全世界机器人使用总台数已达到 30 万台。同时，机器人技术有很大发展，逐步向智能化迈进。机器人的应用范围遍及工业、科技和国防的各个领域。2010 年全世界服役的工业机器总数已超过 100 万台。同时，还有数百万台服务机器人在运行。