

高等院校机电类 工程教育 系列规划教材

机器人技术

■ 主编 李团结

→ 本书以机器人技术基本概念、基本理论、基本方法、典型工程实例为主线，介绍了机器人的基本参数、系统组成及设计方法、机器人运动学及动力学、轨迹规划、并联机器人、轮式机器人和多机器人系统等。文前的“教学建议”提供了一种教学计划，文后的术语英汉对照表有助于阅读国外专业文献。教辅资料包括教学PPT（含机器人视频）、虚拟实验仿真和书中插图，申请方式请见“教学建议” >>>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等院校机电类工程教育系列规划教材

机器人技术

主编 李团结

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材结合了编者多年教学与科研的经验,在借鉴国内外同行最新研究成果的基础上,按照新时期高等院校对“机器人技术”课程工程教育教学的要求编写而成。

全书主要包括:绪论、机器人系统及设计方法、机器人运动学、机器人动力学、机器人的轨迹规划、并联机器人、轮式机器人、多机器人系统等。文前提供了“教学建议”;文中给出了典型的工程例题;文后附有术语英汉对照表。教辅资料有电子课件(内含机器人视频)、虚拟实验仿真和教材中的插图。

本教材可作为高等院校机械工程及其他工程类专业的教材,也可供从事机器人技术研究和应用的工程技术人员学习和参考。

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

图书在版编目(CIP)数据

机器人技术/李团结主编. —北京:电子工业出版社, 2009.10

(高等院校机电类工程教育系列规划教材)

ISBN 978-7-121-09701-0

I. 机… II. 李… III. 机器人技术—高等学校—教材 IV. TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 187744 号

策划编辑:余 义

责任编辑:余 义

印 刷: 北京京师印务有限公司
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 13.5 字数: 346 千字

印 次: 2009 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 26.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序

2008年7月间,电子工业出版社邀请全国20多所高校几十位机电领域的老师,研讨符合“工程教育”要求的教材的编写方案。大家认为,这适应了目前我国高等院校工科教育发展的趋势,特别是对工科本科生实践能力的提高和创新精神的培养,都会起到积极的推动作用。

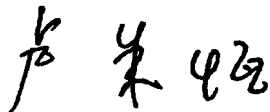
教育部于2007年1月22日颁布了教高(2007)1号文件《教育部财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》。同年2月17日,紧接着又颁布了教高(2007)2号文件《教育部关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》。由这两份文件,可以看到国家教育部已经决定并将逐步实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称质量工程),而质量工程的核心思想就在于培养学生的实践能力和创新精神,提高教师队伍整体素质,以及进一步转变人才培养模式、教学内容和方法。

教学改革和教材建设从来都是相辅相成的。经过近两年的教改实践,不少老师都积累了一定的教学经验,借此机会,编写、出版符合“工程教育”要求的教材,不仅能够满足许多学校对此类教材的需求,而且将进一步促进质量工程的深化。

近一年来,电子工业出版社选派了骨干人员与参加编写的各位教授、专家和老师进行了深入的交流和研究。不仅在教学内容上进行了优化,而且根据不同课程的需要开辟了许多实践性、经验性和工程性较强的栏目,如“经验总结”、“应用点评”、“一般步骤”、“工程实例”、“经典案例”、“工程背景”、“设计者思维”、“学习方法”等,从而将工程中注重的理念与理论教学更有机地结合起来。此外,部分教材还融入了实验指导书和课程设计方案,这样一方面可以满足某些课程对实践教学的需要,另一方面也为教师更深入地开展实践教学提供丰富的素材。

随着我国经济建设的发展,普通高等教育也将随之发展,并培养出适合经济建设需要的人才。“高等院校机电类工程教育系列规划教材”就站在这个发展过程的源头,将最新的教改成果推而广之,并与之共进,协调发展。希望这套教材对更多学校的教学有所裨益,对学生的理论与实践的结合发挥一定的作用。

最后,预祝“高等院校机电类工程教育系列规划教材”项目取得成功。同时,也恳请读者对教材中的不当、不贴切、不足之处提出意见与建议,以便重印和再版时更正。



中国工程院院士、西安交通大学教授

教材编写委员会

主任委员 赵升吨(西安交通大学)

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

芮延年(苏州大学)

胡大超(上海应用技术学院)

钱瑞明(东南大学)

袁清珂(广东工业大学)

参编院校

(按拼音排序)

※ 安徽工业大学

※ 沈阳工业大学

※ 长安大学

※ 苏州大学

※ 东南大学

※ 苏州科技学院

※ 广东工业大学

※ 同济大学

※ 华南理工大学

※ 五邑大学

※ 华南农业大学

※ 武汉科技学院

※ 淮海工学院

※ 西安电子科技大学

※ 吉林师范大学

※ 西安工程大学

※ 南通大学

※ 西安工业大学

※ 山东建筑大学

※ 西安交通大学

※ 陕西科技大学

※ 西安科技大学

※ 上海应用技术学院

※ 西安理工大学

※ 深圳大学

※ 西安文理学院

教学建议

本课程以机械工程及相关专业的学生为对象，按照“少、精、宽、新”的教学理念，培养学生掌握机器人的设计原理及方法，掌握机器人研究和应用的基本知识和基本技能，了解国内外机器人研究、开发和应用的最新成果和发展趋势，从而为今后从事机器人的研究和应用工作奠定良好的基础。

在教学方式上，建议以启发学生勇于探索、自主学习为特色，将课内与课外、理论与实践结合起来，使学生成为有思想、会学习、能创新、综合素质高的工程应用型人才。

本课程计划理论教学为 32 学时，课外实验（含作业）为 10 学时，在一学期内完成。教学内容的安排建议如下：

章 节	内 容	计 划 学 时
第 1 章	绪论	2 学时
第 2 章	机器人系统与设计方法	2 学时
第 3 章	机器人运动学	8+2（实验）学时
第 4 章	机器人动力学	6+2（实验）学时
第 5 章	机器人的轨迹规划	4+2（实验）学时
第 6 章	并联机器人	4+2（实验）学时
第 7 章	轮式机器人	4+2（实验）学时
第 8 章	多机器人系统	2 学时

本课程建议将课堂教学与实验教学结合起来，实现以课堂教学为主，课堂讨论与讲座为辅，课外实践为补充的复合式教学，从而通过多种形式帮助学生理解、掌握和巩固机器人的基本理论知识。同时，由于实验教学的采用，可较好地解决课程涉及知识面广与课时少、理论知识传授多、实践少等之间的矛盾。

实验教学是人才培养的重要环节。“机器人技术”是一门学科前沿课程，其基本原理及相关技术涉及多个学科领域。有条件的学校可购买该课程所需的实验仪器设备，开设一些针对性强的认知实验及综合性实验，例如，机器人结构认识与拆装实验、机器人运动控制实验等。此外，也可以通过工程项目大作业的形式安排学生利用 ADAMS 和 Matlab 软件进行机器人运动学、动力学、轨迹规划及运动控制等方面的虚拟实验，以巩固理论教学内容、加深与扩大教学效果。

该教材配有教学电子课件、机器人视频文件、插图文件，以及利用 ADAMS 和 Matlab 软件进行机器人运动学、动力学、轨迹规划及运动控制等方面的虚拟实验内容。使用本教材的任课老师可登录华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）下载，或与出版社联系获取：yuy@phei.com.cn。

序 言

机器人技术正面临着从 R (Robotics) 向 RT (Robotics Technology) 和 IRT (Information and Robotics Technology) 的过渡, 即机器人的概念、单机技术、集成系统将以始料不及的速度迅速地向各个领域渗透。难怪比尔·盖茨预言机器人将重复个人计算机崛起的道路, 成为人们日常生活的一部分, 彻底改变人们当今的生活方式。

机器人从出现到现在的短短几十年中, 已经广泛应用于国民经济的各个领域。在现代工业生产中, 机器人从事电焊、弧焊、喷漆、搬运、装配等工作, 已成为人类生产中不可或缺的好帮手。在服务、娱乐、医疗等行业, 在深海、外太空等人类极限能力以外的应用领域, 机器人也正发挥着巨大的、不可替代的作用。

机器人的广泛应用, 极大地提高了劳动生产率, 提高了产品质量, 降低了产品成本, 减小了人的劳动强度, 改善了劳动条件, 扩大了人类认知活动的范围。因此, 世界上许多国家都投入巨资发展机器人技术。

机器人是现代一种典型的光机电一体化产品。机器人技术建立在多学科发展的基础之上, 具有应用领域广、技术新、学科综合与交叉性强等特点。传统的机器人技术涉及机械学、电子学、自动控制等学科; 现代机器人技术则综合了更加广泛的学科和技术领域, 如计算机技术、仿生学、生物工程、人工智能、材料、微机械、信息工程、遥感等。各种各样的机器人不但已经成为现代高科技的应用载体, 而且自身也迅速发展成为一个相对独立的研究与交叉技术, 形成了特有的理论研究和学术发展方向, 具有鲜明的学科特色。

目前, 很多高等学校机械工程及与机电相关的专业都增设了有关机器人的课程。在我们从事机器人教学的过程中, 深刻体会到一本合适的教材是非常重要的。为此, 我们选编了这本名为《机器人技术》的教材。在内容编排方面, 注重理论与工程实际的结合, 基础知识与现代技术及应用的结合。

本书以机器人技术基本概念、基本理论、基本方法、典型工程实例为主线, 介绍了机器人的基本参数、系统组成及设计方法、机器人的运动学及动力学分析、轨迹规划、并联机器人、轮式机器人及多机器人系统等。全书共 8 章, 第 1 章概括地介绍了机器人的应用和发展现状, 描述了机器人的基本性能参数; 第 2 章讲述了机器人系统的组成及设计方法; 第 3 章主要讲述了机器人运动学的基本知识; 第 4 章讲述了机器人动力学常用的分析方法; 第 5 章讲述了关节空间和直角坐标空间的路径及轨迹规划; 第 6 章讲述了并联机器人的一些基本知识; 第 7 章讲述了轮式机器人的一些基本知识; 第 8 章介绍了多机器人系统的初步知识。

本书适合作为机械工程及与机电相关专业的本科生、大专生的教材。当作为研究生用书时, 部分章节内容应适当加深。

本教材由李团结任主编, 段清娟、王建平、祁广利和余国兴参加了编写工作。其中, 李团结编写第 1 章、第 7 章和第 8 章, 段清娟编写第 2 章和第 6 章, 王建平编写第 4 章, 祁广利编写第 3 章, 余国兴编写第 5 章, 全书由李团结统稿。

在教材编写过程中，我们参考并引用了大量有关机器人方面的论著和资料，限于篇幅，不能在文中一一列举，在此一并对其作者致以衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中内容难免存在不足和错误之处，望读者给予批评指正。最后，我们对支持本书编写和出版的所有从业者表示衷心的感谢。

编 者

2009 年 8 月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail : dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 机器人概述	(1)
1.1.1 机器人的产生与发展	(1)
1.1.2 机器人的定义	(2)
1.2 机器人的应用	(3)
1.2.1 民用机器人	(3)
1.2.2 军用机器人	(7)
1.3 机器人的分类	(9)
1.4 机器人的参考坐标系	(12)
1.5 机器人的技术参数	(13)
1.6 机器人学技术	(15)
1.7 参考文献	(17)
第2章 机器人系统与设计方法	(18)
2.1 机器人系统的组成	(18)
2.1.1 机器人机构	(18)
2.1.2 机器人驱动器	(20)
2.1.3 机器人传感器	(27)
2.1.4 机器人视觉	(31)
2.1.5 机器人控制	(36)
2.2 机器人系统的设计方法	(39)
2.2.1 机器人系统设计的基本原则	(39)
2.2.2 机器人系统设计的阶段	(39)
2.2.3 机器人系统设计中问题的解决方法	(41)
2.3 参考文献	(42)
第3章 机器人运动学	(43)
3.1 机器人位姿描述	(43)
3.2 齐次变换及运算	(46)
3.2.1 直角坐标变换	(46)
3.2.2 齐次坐标变换	(51)
3.3 串联机器人的运动学方程	(58)
3.3.1 机器人运动学方程及 D-H 表示法	(58)
3.3.2 机器人运动学方程的解	(72)
3.4 机器人微分运动及速度	(76)
3.4.1 机器人的微分变换及微分运动	(77)
3.4.2 机器人的雅可比矩阵	(84)

3.5	习题	(86)
3.6	参考文献	(88)
第4章	机器人动力学	(89)
4.1	引言	(89)
4.2	牛顿—欧拉方程法	(89)
4.2.1	惯量张量	(89)
4.2.2	牛顿—欧拉方程	(91)
4.2.3	作用力和力矩	(93)
4.2.4	应用牛顿—欧拉方程法建立机器人机构动力学方程	(94)
4.3	拉格朗日方程法	(96)
4.3.1	拉格朗日方程	(96)
4.3.2	速度分析	(97)
4.3.3	动能	(98)
4.3.4	位能	(100)
4.3.5	动力学方程	(100)
4.3.6	应用拉格朗日方程法建立机器人机构动力学方程	(102)
4.4	凯恩方程法	(104)
4.4.1	广义速率、偏速度和偏角速度	(105)
4.4.2	凯恩方程	(107)
4.4.3	广义主动力	(108)
4.4.4	广义惯性力	(109)
4.4.5	应用凯恩方法建立机器人机构的动力学方程	(109)
4.5	习题	(114)
4.6	参考文献	(115)
第5章	机器人的轨迹规划	(116)
5.1	概述	(116)
5.1.1	轨迹规划的任务	(116)
5.1.2	在两类空间的轨迹规划	(116)
5.2	在关节空间的轨迹规划	(118)
5.2.1	以三次多项式规划	(118)
5.2.2	以五次多项式规划	(120)
5.2.3	带抛物线过渡的线性规划	(121)
5.2.4	过中间点的轨迹规划	(124)
5.3	在直角坐标空间的轨迹规划	(128)
5.4	习题	(128)
5.5	参考文献	(129)
第6章	并联机器人	(130)
6.1	并联机器人发展历史及特点	(130)
6.1.1	并联机构	(130)

6.1.2	并联机器人	(130)
6.1.3	组成并联机构的运动副	(132)
6.1.4	机器人机构的结构类型	(135)
6.2	并联机器人机构位置分析	(136)
6.2.1	位置反解	(136)
6.2.2	位置正解	(137)
6.2.3	并联机构的工程案例	(140)
6.3	并联机构的性能分析	(142)
6.3.1	机构运动分析	(142)
6.3.2	机构受力分析	(144)
6.3.3	机构的特殊形位分析	(147)
6.3.4	工作空间分析	(148)
6.4	参考文献	(152)
第 7 章	轮式机器人	(154)
7.1	非完整系统	(154)
7.2	轮式移动机构	(154)
7.2.1	轮式移动机构的设计	(155)
7.2.2	轮式移动机构的选择标准	(156)
7.2.3	几种移动机构实例	(159)
7.3	轮式机器人的运动学和动力学	(162)
7.3.1	机器人的坐标系	(162)
7.3.2	机器人的运动学模型	(163)
7.3.3	机器人的动力学模型	(164)
7.4	轮式机器人的运动规划及其控制	(166)
7.5	参考文献	(168)
第 8 章	多机器人系统	(169)
8.1	多机器人系统简介	(169)
8.2	一些典型的多机器人系统	(170)
8.3	多机器人系统的特点及主要研究内容	(170)
8.3.1	多机器人系统特点	(170)
8.3.2	多机器人系统主要研究内容	(171)
8.4	网络化机器人	(174)
8.4.1	研究意义	(174)
8.4.2	网络化机器人的体系结构及设计方法	(176)
8.4.3	网络化机器人研究内容和关键技术	(178)
8.4.4	网络化机器人的应用	(182)
8.4.5	网络化机器人面临的挑战	(185)
8.5	参考文献	(186)
术语英汉对照表		(188)
索引		(201)

第1章 绪 论

机器人的诞生和机器人学的建立及发展，是 20 世纪自动控制领域最具说服力的成就，是 20 世纪人类科学技术进步的重大成果。现在全世界已经有 100 万台机器人，销售额每年增长 20% 及以上。机器人技术和工业得到了前所未有的发展。机器人技术是现代科学与技术交叉和综合的体现，先进机器人的发展代表着国家综合科技实力和水平，因此目前许多国家都已经把机器人技术列入本国 21 世纪高科技发展计划。随着机器人应用领域的不断扩大，机器人已从传统的制造业进入人类的工作和生活领域。另外，随着需求范围的扩大，机器人结构和形态的发展呈现多样化。高端系统具有明显的仿生和智能特征，其性能不断提高，功能不断扩展和完善；各种机器人系统也逐步向具有更高智能和更密切地与人类社会融合的方向发展。

1.1 机器人概述

1.1.1 机器人的产生与发展

几千年前，人类就渴望制造一种像人一样的机器，以便将人类从繁重的劳动中解脱出来。例如，古希腊诗人荷马在其长篇叙事诗《伊利亚特》中，描述了“火和锻冶之神”赫菲斯托斯用黄金铸造出一个侍女；希腊神话中，曾塑造出一个青铜巨人塔罗斯；中国西周时代曾流传巧匠偃师献给周穆王一个歌舞机器人等。这些美丽的神话时刻激励着人们一定要把美丽的神话变为现实。

1920 年捷克斯洛伐克作家卡雷尔·恰佩克在他的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中，根据 Robota（捷克文，原意为“劳役、苦工”）和 Robotnik（波兰文，原意为“工人”），创造出“机器人”（Robot）这个词。1940 年，美国著名科学幻想小说家阿西莫夫在他的小说《我是机器人》中，首次使用了 Robotics（机器人学）来描述与机器人有关的科学，并提出了著名的“机器人三原则”：

- ① 机器人不能伤害人类，也不能见人类受到伤害而袖手旁观；
- ② 机器人应服从人类的命令，但不能违反第一条原则；
- ③ 机器人应保护自身的安全，但不能违反第一条和第二条原则。

虽然这三条原则是小说里的创作，但是目前它已成为机器人研究人员与研制厂家共同遵守的原则。

现代机器人的研究始于第二次世界大战之后。1954 年美国乔治·德沃尔制造出世界上第一台可编程的机器人（Universal Automation），并注册了专利。这种机械手能按照不同的程序从事不同的工作，因此具有通用性和灵活性。1959 年德沃尔与美国发明家约瑟夫·英格伯格联手制造出第一台工业机器人（Unimate），随后，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，他也被称为“工业机器人之父”。1962 年美国 AMF 公司生产出“VERSTRAN”（意思是万能搬运），与 Unimation 公司生产的 Unimate 一样成为真正商业化的工业机器人，并出口到世界各国，掀起了全世界对机器人和机器人研究的热潮。

1998 年丹麦乐高公司推出机器人套件, 让机器人的制造变得像搭积木一样相对简单又能任意拼装, 从而使机器人开始走入个人世界。2002 年丹麦 iRobot 公司推出了吸尘器机器人 Roomba, 它能避开障碍, 自动设计行进路线, 还能在电量不足时, 自动驶向充电座, 这是目前世界上销量最大、最商业化的家用机器人。

现在, 不同功能的机器人相继出现并且活跃在不同的领域, 从天上到地下, 从工业领域拓广到寻常百姓家。机器人的种类之多, 应用之广, 影响之深, 是我们始料未及的。

我国对于现代机器人的研究始于 20 世纪 70 年代后期, 80 年代进入快速发展时期。特别是 1986 年, 国家成立了 863 计划, 将机器人技术作为一个重要的发展主题, 投入了几亿人民币的资金进行机器人的研究。这使得我国在机器人领域得到迅速发展, 相继研制出示教再现型的搬运、点焊、弧焊、喷漆、装配等门类齐全的工业机器人, 以及水下作业、军用和特种机器人。目前, 示教再现型机器人技术已基本成熟, 并在工厂中推广应用。我国自行生产的机器人喷漆流水线在长春第一汽车厂及东风汽车厂投入运行。在一些特殊领域中, 如水下、空间、核工业等, 我国在国际上已处于领先地位。

1.1.2 机器人的定义

机器人有如此悠久的历史, 但是究竟什么是机器人, 科技界并没有明确的定义。其实, 并不是人们不想给机器人下一个完整的定义, 而是随着机器人技术的飞速发展和信息时代的到来, 机器人所涵盖的内容越来越丰富, 机器人的定义也在不断充实和创新。机器人还在发展, 新的机型和新的功能不断涌现, 并且由于涉及了人的概念, 从而使机器人的定义成为一个难以回答的哲学问题。

1967 年在日本召开的第一届机器人学术会议上, 提出了两个有代表性的定义。一个是由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 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。另一个定义是加藤一郎提出的, 他认为具有如下 3 个条件的机器可称为机器人:

- 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。

该定义强调了机器人应当具有仿人的特点, 即它靠手进行作业, 靠脚实现移动, 由脑来完成统一指挥。非接触传感器和接触传感器相当于人的五官, 使机器人能够识别外界环境, 而平衡觉和固有觉则是机器人感知本身状态所不可缺少的传感器。

美国机器人工业协会(RIA)对工业机器人的定义为: 机器人是一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置的, 通过可编程序动作来执行各种任务的, 并具有编程能力的多功能机械手。

日本工业机器人协会(JIRA)对工业机器人的定义为: 工业机器人是一种装备有记忆装置和末端执行器的, 能够转动并通过自动完成各种移动来代替人类劳动的通用机器。

我国科学家对机器人的定义为: 机器人是一种自动化的机器, 所不同的是这种机器具备一些与人或生物相似的智能能力, 如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力, 是一种具有高度灵活性的自动化机器。

国际标准化组织（ISO）给出的机器人定义较为全面和准确，其含义为：

- ① 机器人的动作机构具有类似于人或其他生物体某些器官（肢体、感官等）的功能；
- ② 机器人具有通用性，工作种类多样，动作程序灵活易变；
- ③ 机器人具有不同程度的智能性，如记忆、感知、推理、决策、学习等；
- ④ 机器人具有独立性，完整的机器人系统在工作中可以不依赖于人类的干预。

对于仍在迅速发展中的机器人技术，上述定义能否准确概括其科学内涵和工程特征，也许仍然是一个值得继续探讨的问题。不过，认识上的不统一对于机器人自身发展来说并不是一件坏事，它表明了这一领域是充满活力而不是僵化的，是年轻而不是古老的。目前，机器人已经在制造业中获得了广泛应用，非制造业的应用开发也开展得如火如荼，而且已经产生了巨大的社会影响。

1.2 机器人的应用

经过数十年的发展，机器人已经广泛应用于农业、工业、科技、国防等各个领域。按照应用领域，机器人可以分为民用机器人和军用机器人。

1.2.1 民用机器人

民用机器人包括工业机器人、农业机器人、服务机器人、仿人机器人等。

1. 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，也可以安置在往复运动的小车上。

在制造业中，应用工业机器人最广泛的领域是汽车及汽车零部件制造业。图 1-1 为一汽二轿厂使用的焊接机器人。2005 年，美洲地区汽车及汽车零部件制造业对工业机器人的需求占该地区所有行业对工业机器人需求的 61%，如图 1-2 所示；同样，亚洲地区该比例也达到 33%，位于各行业之首，如图 1-3 所示；虽然 2005 年由于德国、意大利和西班牙三国对汽车工业投资的趋缓，直接导致欧洲地区汽车工业对工业机器人的需求占有所有行业对工业机器人需求的比例下降到了 46%，但汽车工业仍然是欧洲地区使用工业机器人最普及的行业，如图 1-4 和图 1-5 所示。

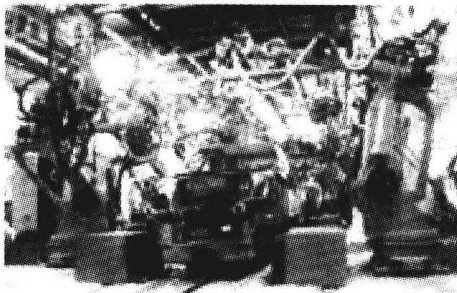


图 1-1 一汽“红旗”轿车机器人焊接生产线

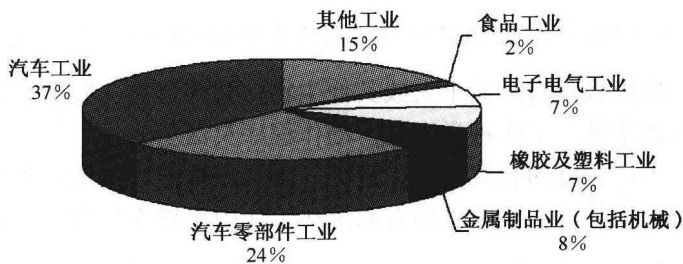


图 1-2 2005 年美洲地区各主要行业对工业机器人需求比例分布图
(资料来源: World Robotics 2006)

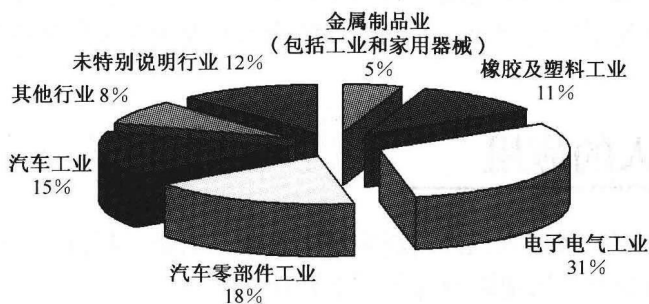


图 1-3 2005 年亚洲地区各主要行业对工业机器人需求比例分布图
(资料来源: World Robotics 2006)

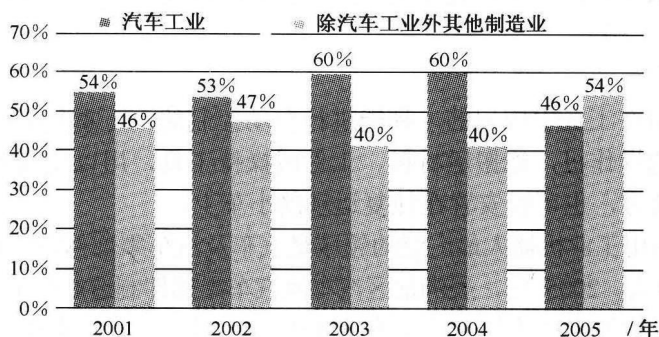


图 1-4 2001—2005 年欧洲地区汽车工业对工业机器人需求占有所有工业对工业机器人需求比例变化图
(资料来源: World Robotics 2006)

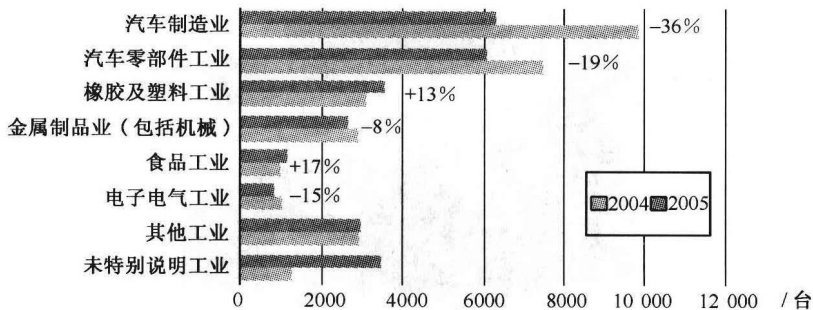


图 1-5 2004—2005 年欧洲地区各主要行业对工业机器人需求情况变化图

2. 农业机器人

农业机器人指的是应用于农业生产的机器人的总称。由于机械化、自动化程度比较落后,“面朝黄土背朝天,一年四季不得闲”成了我国农民的象征,然而随着农业机器人的问世,这一劳作方式有望被彻底改变。近年来,已经投入应用的农业机器人很多,包括移栽机器人(如图1-6所示)、蔬菜水果采集机器人(如图1-7、图1-8所示)、嫁接机器人(如图1-9所示)、伐根机器人(如图1-10所示)、收割机器人、喷药机器人等。随着农业机械化的发展,农业机器人必然发挥越来越大的作用,农民也将从繁重的田间劳作中解放出来。

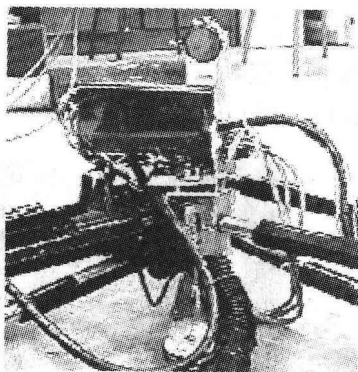


图 1-6 移栽机器人

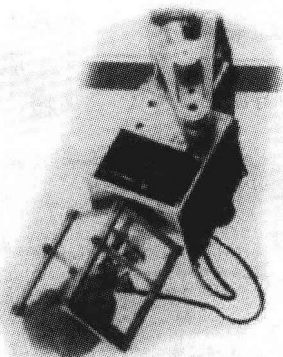


图 1-7 摘西红柿机器人

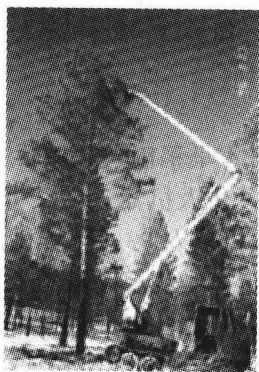


图 1-8 林木球果采集机器人

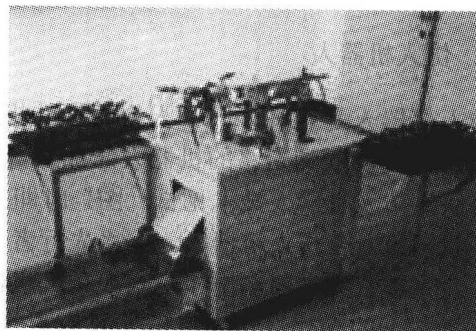


图 1-9 嫁接机器人



图 1-10 伐根机器人