



# 机器人学(第三版)

蔡自兴 主编

中南大学

2016

## 第十二章 机器人学展望



- 机器人学在过去40多年中已取得了迅速发展和可喜成就。
- 机器人已为20世纪的人类文明做出重要贡献；机器人必将为21世纪的人类文明做出新的更大贡献。
- 本章讨论的主要内容包括
  - 分析机器人技术的发展现状
  - 展望21世纪机器人技术的发展趋势
  - 探讨21世纪机器人学的发展战略
  - 讨论机器人引起的社会问题



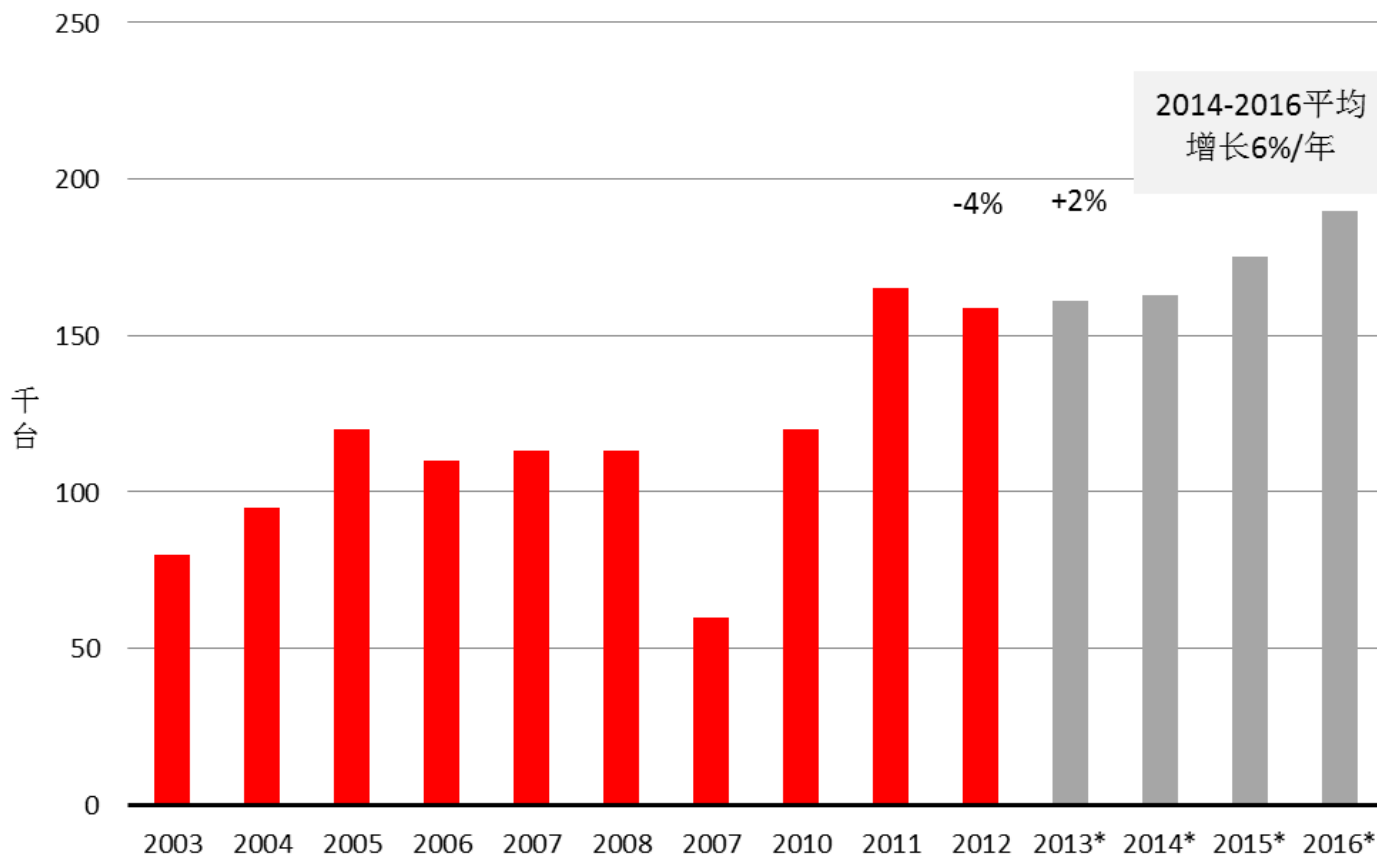
## 12.1 机器人技术和市场的现状

### 12.1.1 国际机器人的发展现状和发展前景预测

#### ■ 世界机器人发展现状分析

- 全球工业机器人1960~2011年累计安装超过230万台。
- 进入21世纪，工业机器人产业发展速度加快，年增长率达到30%左右。其中，亚洲工业机器人增长速度高达43%，最为突出。
- 2013年我国购买的工业机器人数量占全球的五分之一之多，取代日本成为最大的工业机器人市场国。

## 12.1.1 国际机器人的发展现状和发展前景预测

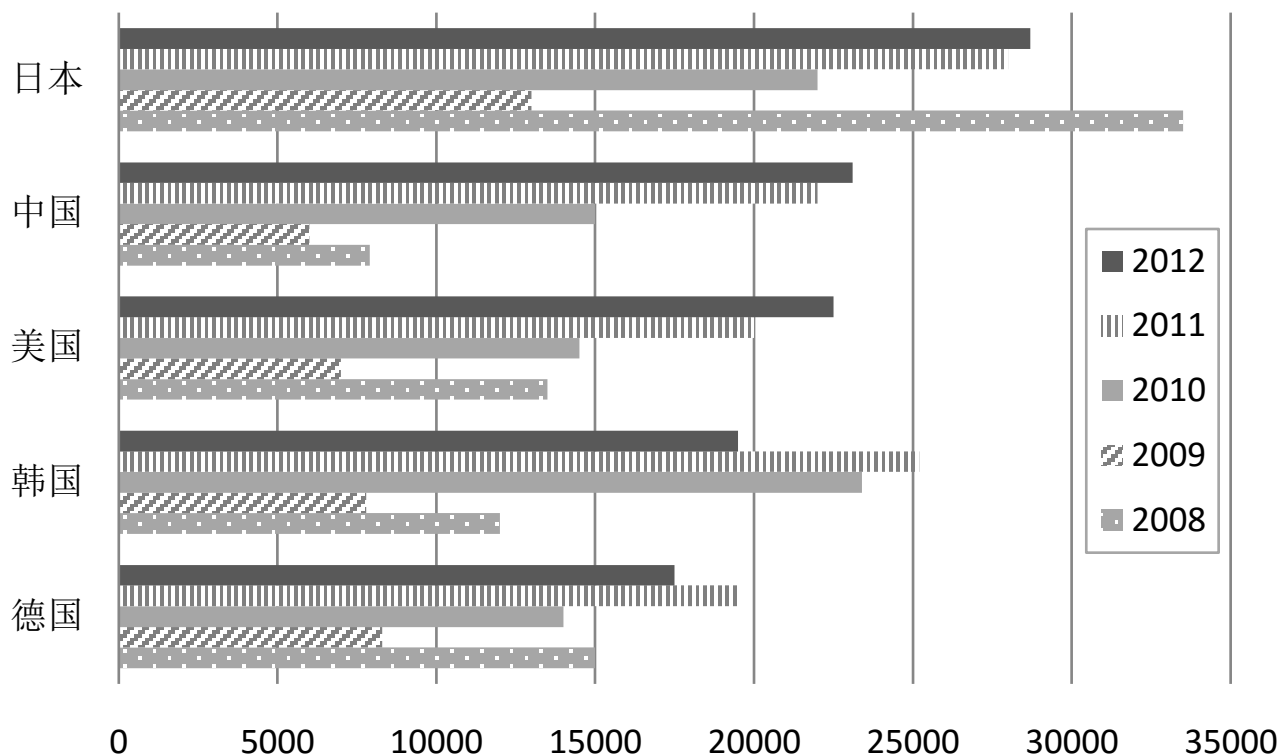


(资料来源: IFR World Robotics 2013)

图12.1 2003—2016年世界工业机器人年销量  
(2013—2016年为预测值)



## 12.1.1 国际机器人的发展现状和发展前景预测



(资料来源: IFR World Robotics 2013)

图12.2 2008—2012年世界主要国家工业机器人年销量变化图

## 12.1.1 国际机器人的发展现状及预测



### ■ 世界机器人发展前景预测

#### ■ 工业机器人

- 预计世界工业机器人的销售量将年均增长8%。
- 日本的机器人销售将会继续不景气
- 欧美工业机器人将会有稳定的增长
- 不同的工业领域，机器人的增长情况也大不相同

#### ■ 服务机器人

- 服务机器人尚处于开发及普及的早期阶段，它是由操作型工业机器人引伸而来的
- 另一个重要的增长领域是家用机器人，残疾人用机器人，特别是医疗领域用的机器人
- 2007年底，世界服务机器人总数达640多万台

## 12.1.2 国内机器人的发展现状

### ■ 工业机器人

- 我国工业机器人起步于20世纪70年代初，经过20多年的发展，大致可分为3个阶段：70年代的萌芽期，80年代的开发期，90年代的实用化期。
- 在第一台机械手出现后20年，我国于1972年开始研制工业机器人
- 为了跟踪国外高技术，80年代在国家高技术计划中安排了智能机器人的研究开发
- 在90年代中期，国家已选择以焊接机器人的工程应用为重点进行开发研究。90年代后半期是实现国产机器人的商品化，为产业化奠定基础的时期

## 12.1.2 国内机器人的发展现状

### ■ 特种机器人

- 到90年代,在国家高技术发展(863)计划支持下,我国在发展工业机器人的同时,也对非制造环境下应用机器人问题进行了研究,并取得一批成果
- 特种机器人的开发包括管道机器人、爬壁机器人、水下机器人、自动导引车、和排险机器人等

### ■ 智能机器人计划

- 智能机器人研究开发工作的实施分四个层次:型号和应用工程,基础技术开发,实用技术开发,成果推广
- 这四个层次既有区别又有联系,它们在我国机器人技术的发展中是不可缺少的,但各自又起着不同的作用



# ■ 智能机器人计划



- 第一个层次要研制一批具有重要应用价值和重大应用前景的机器人原型，这些原型进一步发展成实用产品，将会解决一些关键的应用技术，同时也将推动高技术产业的形成
- 第二个层次是基础技术研究。这一层次的主要目的是跟踪国际技术前沿，抓住关键问题，突出技术创新，做出高水平的研究成果，同时为进一步的工程应用提供技术基础
- 第三个层次是实用技术开发，实现技术与经济的结合，这是将高技术辐射到国民经济中去的重要环节。这里强调要有明确的应用目标和用户，积极推动产品化的进程和高技术产业的形成
- 第四个层次是已有成果的推广应用，为生产服务，为国民经济的发展做出贡献

### 12.1.3 对国内发展机器人的认识

- 首先，从整体上看，我国机器人产业的基础还比较薄弱，技术水平比较落后，研发能力差距较大。存在研究基础技术多，研究应用技术少，研究整机多，研究关键部件少等问题。缺乏整体核心技术的突破，具有自主知识产权的工业机器人和关键部件很少。
- 其次，技术上的落后，导致国产工业机器人的国内市场占有率很低，绝大多数工业机器人仍然依靠进口。
- 再次，未来市场争夺激烈，国内工业机器人市场被国际巨头垄断，机器人制造的核心技术和关键部件受制于人。中国机器人生产企业面临着与国际巨头争夺市场的严峻局面。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势



- 进入20世纪90年代以来，由于具有一般功能的传统工业机器人的应用趋向饱和，而许多高级生产和特种应用则需要具有各种智能的机器人参与，因而促使智能机器人获得较为迅速的发展。无论从国际或国内的角度来看，复苏和继续发展机器人产业的一条重要途径就是开发各种智能机器人，以求提高机器人的性能，扩大其功能和应用领域。这正是从事智能机器人研究和应用的广大科技工作者施展才干的大好时机。
- 回顾近10多年来国内外机器人技术的发展历程，可以归纳出下列一些特点和发展趋势。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势

### 1. 传感型智能机器人发展较快

- 作为传感型机器人基础的机器人传感技术有了新的发展，各种新型传感器不断出现。多传感器集成与融合技术在智能机器人上获得应用。在多传感集成和融合技术研究方面，人工神经网络的应用特别引人注目，成为一个研究热点。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势

### 2. 开发新型智能技术

- 智能机器人有许多诱人的研究新课题。
  - 临场感技术能够测量和估计人对预测目标的拟人运动和生物学状态，显示现场信息，用于设计和控制拟人机构的运动。
  - 虚拟现实（VR）技术是一种对事件的现实性从时间和空间上进行分解后重新组合的技术。
    - 这一技术包括三维计算机图形学技术、多功能传感器的交互接口技术以及高清晰度的显示技术
  - 形状记忆合金（SMA）被誉为“智能材料”可用来执行驱动动作，完成传感和驱动功能。可逆形状记忆合金（RSMA）也在微型机器人上得到应用

## 2. 开发新型智能技术

- 多智能机器人系统（MARS）是在单体智能机器发展到需要协调作业的条件下产生的。MARS的作业目标一致，信息资源共享，各个局部（分散）运动的主体在全局前提下感知、行动、受控和协调，是群控机器人系统的发展。
- 在诸多新型智能技术中，基于人工神经网络的识别、检测、控制和规划方法的开发和应用占有重要的地位。基于专家系统的机器人规划获得新的发展，除了用于任务规划、装配规划、搬运规划和路径规划外，又被用于自动抓取规划。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势



### 3. 采用模块化设计技术

- 智能机器人和高级工业机器人的结构要力求简单紧凑，其高性能部件甚至全部机构的设计已向模块化方向发展；其驱动采用交流伺服电机，向小型和高输出方向发展；其控制装置向小型化和智能化发展，采用高速CPU和32位芯片、多处理器和多功能操作系统，提高机器人的实时和快速响应能力。机器人软件的模块化则简化了编程，发展了离线编程技术，提高了机器人控制系统的适应性。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势



### 4. 机器人工程系统呈上升趋势

- 在生产工程系统中应用机器人，使自动化发展为综合柔性自动化，实现生产过程的智能化和机器人化。近年来，机器人生产工程系统获得不断发展。汽车工业、工程机械、建筑、电子和电机工业以及家电行业在开发新产品时，引入高级机器人技术，采用柔性自动化和智能化设备，改造原有生产手段，使机器人及其生产系统的发展呈上升趋势。



## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势



### 5. 微型机器人的研究有所突破

- 微型机器人和微型机器人为21世纪的尖端技术之一。已经开发出手指大小的微型移动机器人，可用于进入小型管道进行检查作业。可让它们直接进入人体器官，进行各种疾病的诊断和治疗，而不伤害人的健康。
- 微型驱动器是开发微型机器人的基础和关键技术之一。小型化也是机器人发展的一个趋势。小型机器人移动灵活方便，速度快，精度高，适于进入大中型工件进行直接作业。比微型机器人还要小的超微型机器人，应用纳米技术，将用于医疗和军事侦察目的。



## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势

### 6. 研发重型机器人

- 为适应大型和重型装备智能化和无人化的需要，研发重型机器人应为机器人技术研发的一个新方向。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势



### 7. 应用领域向非制造业和服务业扩展

- 为了开拓机器人新市场，除了提高机器人的性能和功能，以及研制智能机器人外，向非制造业扩展也是一个重要方向。开发适应于非结构环境下工作的机器人将是机器人发展的一个长远方向。这些非制造业包括航天、海洋、军事、建筑、医疗护理、服务、农林、采矿、电力、煤气、供水、下水道工程、建筑物维护、社会福利、家庭自动化、办公自动化和灾害救护等。智能机器人在非制造业部门具有与制造业部门一样广阔和诱人的应用前景，必将造福于人类。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势



### 8. 行走机器人研究引起重视

- 行走机器人是移动机器人的一种，包括步行机器人（二足、四足、六足和八足）和爬行机器人等。自主式移动机器人是研究最多的一种。自主机器人能够按照预先给出的任务指令，根据已知的地图信息做出全局路径规划，并在行进过程中，不断感知周围局部环境信息，自主地做出决策，引导自身绕开障碍物，安全行驶到达指定目标，并执行要求的动作与操作。

## 8. 行走机器人研究引起重视

- 移动机器人在工业和国防上具有广泛的应用前景，如清洗机器人、服务机器人、巡逻机器人、防化侦察机器人、水下自主作业机器人、飞行机器人等。我国在移动机器人研究方面已取得一大批成果。例如，面壁爬行遥控检查机器人、主从遥控移动作业机器人、野外恶劣环境远距离遥控检测机器人、水下自主机器人和飞行机器人（预研）等。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势



### 9. 开发敏捷制造生产系统

- 工业机器人必须改变过去那种“部件发展方式”，而优先考虑“系统发展方式”。随着工业机器人应用范围的不断扩大，机器人早已发展成为可编程的高度柔性加工单元。随着高刚性及微驱动问题的解决，机器人必将成为高精度、高柔性的敏捷性加工设备。
- 从系统观点出发，首先要考虑如何能和其他设备方便地实现连接及通讯。从系统观点来看，设计和开发机器人必须考虑和其他设备互联和协调工作的能力。

## 9. 开发敏捷制造生产系统

- 机器人编程方式是一个大问题。目前仍在广泛应用的示教编程方式，在机器人发展的历史上起过不可磨灭的作用。当投产一个新产品时，仍采用示教方式编程，则占用时间过长，严重影响生产效率。
- 要解决这个问题，可从三方面着手：一是改进结构，改善加工精度；二是在开发新一代控制器时，有必要重新研究误差补偿问题，研究实用化方法；三是引入传感器来补偿机械精度。

## 12.2 21世纪机器人技术的发展趋势



### 10. 军用机器人将装备部队

- 令人遗憾的是，机器人技术被用于军事目的。这里姑且不谈空间机器人和海洋（水下）机器人将十分容易地转为军用，仅讨论陆军机器人的发展趋势。
- 由于微小型机器人体积小，因而生存能力特别强，具有广泛的应用前景。例如，一种名叫“扁虱”的机器人，它可以附着在敌人装备的某一部分上，深入敌人的防线，秘密地侦察敌人的目标。它也可以向敌人的通讯系统中注入一个功率脉冲进行干扰，或爬到敌人的机械装备中去，破坏发动机等关键部件。



## 10. 军用机器人将装备部队

- 未来无人地面车辆的大小可分为以下几类：微型，超小型，小到中型，以及大型。到2020年，高度灵活的轮履合一的机器人车辆将会成为现实。但步行机器人系统的广泛应用仍然是很困难的。
- 未来半自主机器人的联网是一个重要的应用。将游动的传感器组合起来可提供战场空间的总体图像。例如，可利用数十个小型廉价的系统来搜集地面上的子母弹的子弹，并将它们堆积起来。对网络机器人的研究，已成为一个令人感兴趣的热点。

## 10. 军用机器人将装备部队

- 已经提出一种称为“机器人附属部队”的概念，这种部队的核心是有人系统，它的周围是一些装有武器及传感器的各种无人系统。
- 一些人认为，一般机器人学的最大的难题是需要把机器人的机动性和人工智能提高一个数量级。战场机器人需要对传感器数据进行处理及自动进行规划，机器人的机动性有时应当达到与人员驾驶时相同的水平。

## 12.3 各国雄心勃勃的发展机器人计划

- **美国**2011年开始推行“先进制造业伙伴计划”，中明确要求通过发展工业机器人重振美国制造业，并凭借信息网络技术的优势，投资28亿美元开发基于移动互联技术的新一代智能机器人。
- 2013年3月20日美国发布的**从互联网到机器人学的《美国机器人学路线图》**（A Roadmap for U.S. Robotics, From Internet to Robotics）。该路线图的研究方向涉及机器人作为经济引擎、制造业、医疗健康、服务业、空间应用和国防应用等6个方面，强调了机器人技术在美国制造业和卫生保健领域的重要作用，同时也描绘了机器人技术在创造新市场、新就业岗位和改善人们生活方面的潜力。



## 12.3 各国雄心勃勃的发展机器人计划

- **欧盟**官方网站2014年6月3日发布，欧盟委员会和欧洲机器人协会（euRobotics）下属180个公司和研发机构共同启动**全球最大的民用机器人研发计划“SPARC”（“火花”计划）**。根据该计划，到2020年该计划将投资28亿欧元，用于推动机器人研发。研发内容包括机器人在制造业、农业、健康、交通、安全和家庭等各领域的应用。欧委会预计，该计划将在欧洲创造24万就业岗位，使欧洲机器人行业年产值增长至600亿欧元，占全球市场份额提高至42%。



## 12.3 各国雄心勃勃的发展机器人计划

- **日本**机器人工业会早在2001年就发表了“**机器人技术长期发展战略**”，制定了机器人技术长期发展战略，强调机器人作为一种高技术产业的重要性，提出要大力发展制造业和生物产业等领域使用的机器人。该计划将机器人产业作为“新产业发展战略”中7大重点扶持的产业之一，仅在类人机器人领域，就计划10年内共投资3.5亿美元。

## 12.3 各国雄心勃勃的发展机器人计划

- **韩国**政府曾在2008年3月制定了《**智能机器人促进法**》，2009年4月公布了《**智能机器人基本计划**》。该计划认为，通过这一系列积极的培养政策和技术研发努力，使韩国国内机器人产业竞争力得到逐步提升。
- 2010年12月，韩国又发布了韩国实现成为世界三大机器人强国目标的方案——《**服务型机器人产业发展战略**》，希望通过积极培育服务型机器人产业，开创新市场来缩小与发达国家的差距，加强机器人产业全球竞争力。
- 2012年10月又发布了“**机器人未来战略展望2022**”，将政策焦点放在了扩大韩国机器人产业并支持国内机器人企业进军海外市场等方面。



## 12.3 各国雄心勃勃的发展机器人计划

- **中国**科技部2012内4月发布《**智能制造科技发展“十二五”专项规划**》和《**服务机器人科技发展“十二五”专项规划**》。在“十二五”期间，我国将攻克一批智能化高端装备，发展和培育一批高技术产值超过100亿元的核心企业；同时，将重点培育发展服务机器人新兴产业，重点发展公共安全机器人、医疗康复机器人、仿生机器人平台和模块化核心部件等四大任务。
- 《**智能制造科技发展“十二五”专项规划**》提出，要在基础技术与部件方面重点突破设计过程智能化、制造过程智能化和制造装备智能化中的基础理论与共性关键技术；突破一批智能制造基础技术与部件，研发一批与国家安全与产业安全密切相关的共性基础技术。

## 12.4 应用机器人引起的社会问题

### 1. 机器人引起社会结构变化

- 在过去38年中，机器人的发展极为迅速。机器人登上社会舞台和经济舞台，使社会结构正在发生静悄悄的变化。估计，人-机器的社会结构，终将为人-机器人-机器的社会结构所取代。从医院里看病的“医生”、护理病人的“护士”、旅馆、餐馆饭站和商店的“服务员”，到家庭的“勤杂工”，还有秘书、司机等等，均将由机器人来担任。因此，人们将不得不学会与机器人相处，并适应这种共处。由于与机器人打交道毕竟不同于与人打交道，所以人们必须改变自己的传统观念和思维方式。



## 12.4 应用机器人引起的社会问题



### 2. 机器人造成人类心理威胁

- 机器人的智能将要超过人类，从而反宾为主，要人类听从它的调遣。这种担心，随着科幻小说和电影、电视、网络的传播，已经十分普遍了。造成这种担心的有两方面的原因：一是由于人类对未来机器人还不够了解，因而产生“不信任感”；二是由于现代社会矛盾在人们心理上的反应，比如，西方社会在使用机器人后，给工人带来的失业恐惧所造成的。但是，实际上是不可能出现机器人超过人类这种情况的。

## 2. 机器人造成人类心理威胁

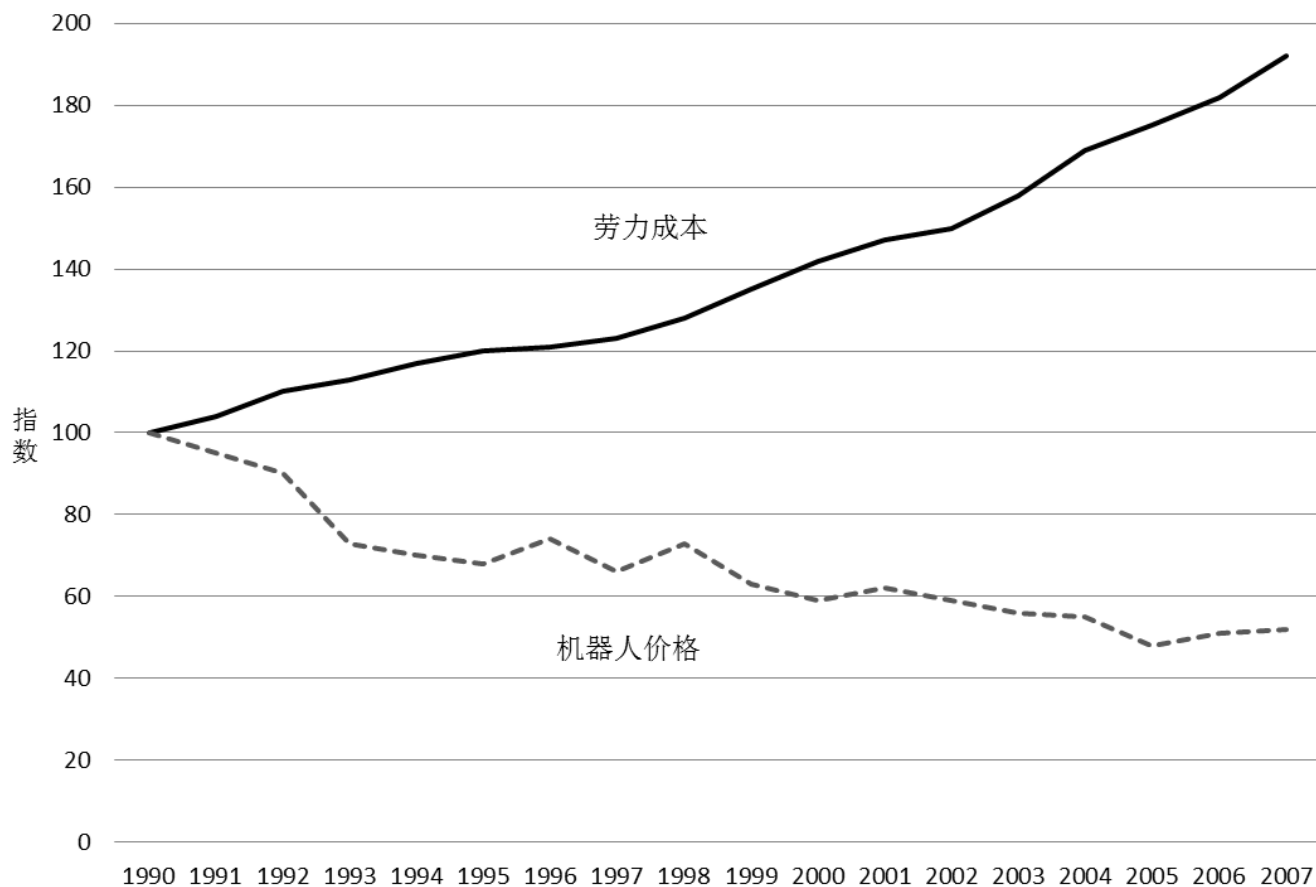
- 长期以来，人们认为机器人的发展与人类的进化，在本质上是完全不同的。机器人要由人去设计制造，它们既不是生物，也不是生物机构，不是由生命物质造成的，而仅仅是一种电子机械装置。
- 人类是否能够把未来命运掌握在自己手中的问题。回答是肯定的。因为，再先进的技术也是由人类创造的，并由人掌握与控制。
- 未来的高智能机器人的某些功能，很可能会超过人，但从总体上看，机器人智能不可能超过人类智能。

## 12.4 应用机器人引起的社会问题

### 3. 劳务就业问题

- 机器人能够代替人类进行各种体力劳动和脑力劳动，被称为“钢领”工人。因此，将有一部分工人和技术人员可能把自己的工作让位给机器人，造成他们的下岗和再就业，甚至造成失业。
- 要解决这个问题，一方面要扩大新的行业（如第三产业）和服务项目，向生产和服务和广度和深度进军；另一方面，要加强对工人和技术人员的继续职业教育与培训，使他们适应新的社会结构，能够在新的行业继续为社会作出贡献。

### 3. 劳务就业问题



(资料来源: IFR World Robotics 2008)

图12.3 美国机器人平均价格指数和劳力报酬指数

## 12.5 克隆技术对智能机器人的挑战



- 对“机器人智能能否超过人类智能”的争论并未结束。随着生物遗传工程的进展以及无性繁殖动物（如克隆羊和克隆牛等）的培育成功，人们又担心克隆人的出现。
- 如果有朝一日出现了人造的真人，即克隆人，而不管是否符合情理与法律（现在还没有这样的法律），那么，我们对机器人的许多概念将发生动摇，甚至产生根本变化。这些概念涉及机器人定义、机器人进化、机器人结构、机器人智能以及机器人与人类关系等重要问题。

## 12.5 克隆技术对智能机器人的挑战

### 1. 机器人进化

- 长期以来，人们认为机器人的进化与人类的进化在本质上是完全不同的。机器人需要由人去设计和制造，不可能自行繁殖，不是由细胞等生命物质造成的，而仅仅是一种机械电子装置。
- 随着科学技术迅速进展，已经能够制造许多人造器官，研究人造肝、人造胰和人造脑。有些人造器官已植入人体，成为人体的一部分。有的人称这种植有人造器官的人为“机脏人”。这种机脏人已成为“半机器人”了。

## 12.5 克隆技术对智能机器人的挑战



### 2. 机器人学的结构

- 机器人学是一门研究机器人原理、技术及其应用的学科，也是一门高度交叉的前沿学科，关系最为密切的是机械学、人类学和生物学

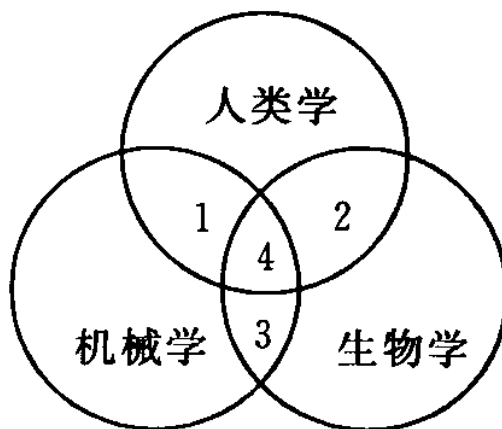


图12.4 机器人学的三元交集结构图

## 12.5 克隆技术对智能机器人的挑战



### 3.机器人与人类的关系

- 人类担心机器人的发展将引起新的社会问题，甚至威胁到人类的生存。
- 自第一台机器人问世以来，39年过去了。人们与机器人相处十分友好，机器人已成为人类的助手与朋友。
- 20世纪末，无性繁殖哺乳动物的培育成功，将出现许多有关社会伦理道德和法律的新问题，而且将改变现有的人类与机器人之间的关系。



## 12.5 克隆技术对智能机器人的挑战



### 4. 控制克隆技术

- 如果允许复制人（人工人），那么将带来人类社会的伦理危机、道德陷落以及婚姻与家庭概念的动摇。
- 滥用克隆技术将影响自然生态环境，破坏生态平衡。
- 警惕“害群之马”的出现。如所周知，基因工程可产生新的生物物种，形成新的种群。若应用不当或技术失误，那么就可能制造出怪物来。

## 12.6 小结



- 在这本书的最后一章中，我们首先介绍与分析了国内外机器人技术和市场的现状。自第一台工业机器人投入应用以来，虽然机器人年产量和年装机台数有升有降，但总的说来是不断发展的，而且发展速度还是很高的。机器人的价格呈下降趋势、技术性能不断提高、对机器人领域的投资也有所增加。
- 现在全世界已有100万多台工业机器人在运行，其中主要分布在日本、美国、德国等国家。服务机器人增长很快。如果包括真空清扫机器人和普通的娱乐机器人，则现在的服务机器已达357万台，为工业机器人的3.5倍。

## 12.5 小结



- 国内机器人学的研究和应用起步较晚。在国家相关计划的支持下，我国已在工业机器人、特种机器人和智能机器人诸方面取得喜人成绩，掌握跟踪了国际机器人基本技术，具备了生产各种工业机器人和特种机器人的能力。经过20多年努力，已在机器人型号和应用工程、基础技术开发、实用技术开发和机器人技术成果推广等四个层次上取得很大进展，实现了预定战略目标，为我国机器人学在新世纪的继续发展和创新打下相当扎实的基础，做出积极贡献。

## 12.6 小结



- 展望21世纪机器人技术的发展趋势，明显地向着智能化方向发展，包括机器人本身向智能机器人进化和实现机器人化生产系统。具体地说
  - 传感型智能机器人发展较快，新型智能技术在机器人上得到开发与应用，采用模块化设计技术，进一步推动机器人工程，注意开发微型和小型机器人，重视研制行走机器人，研制应用于非结构环境下工作的非制造业机器人和服务机器人，开发敏捷制造系统，军用机器人将用于装备部队等
- 总的说来，虽然存在不少难关，甚至出现某些阴影，但新世纪机器人学的发展前景是十分光明和充满希望的。

## 12.6 小结



- 机器人的出现和大量应用，促进了科技和生产的发展，丰富了人类的文明生活，同时也引起了一系列社会问题
  - 机器人使人-机器社会结构静悄悄地向人-机器人-机器的社会结构变化
  - 人们必须改变自己的观念和思维方式，学会与机器人打交道，并和谐共处
  - 成千上万的“钢领工人”代替人类从事各种劳动，使部分工人和技术人员下岗和失业
- 面对可能制造出真正的“人工人”（artificial man）或克隆人的现实，机器人学面临严峻挑战，人们不得不对机器人学的一些根本问题进行重新审议与研究。通过认真甚至是剧烈的讨论，就能得出结论，取得共识，保证机器人学在21世纪向着健康的方向继续发展，让机器人进一步为人类造福，成为人类永恒的助手和朋友。