



中国智能机器人白皮书

中国人工智能学会

二〇一五年十一月

《中国人工智能系列白皮书》编委会

主 任：李德毅

执行主任：王国胤

副 主 任：杨放春 谭铁牛 黄河燕 焦李成 马少平 刘 宏
蒋昌俊 任福继 杨 强

委 员：陈 杰 董振江 杜军平 桂卫华 韩力群 何 清
黄心汉 贾英民 李 斌 刘 民 刘成林 刘增良
鲁华祥 马华东 马世龙 苗夺谦 朴松昊 乔俊飞
任友群 孙富春 孙长银 王 轩 王飞跃 王捍贫
王万森 王卫宁 王小捷 王亚杰 王志良 吴朝晖
吴晓蓓 夏桂华 严新平 杨春燕 余 凯 余有成
张学工 赵春江 周志华 祝烈煌 庄越挺

《中国智能机器人白皮书》编写组

刘 宏 吴平平 孙倩茹 胡 靛 张学武 李哲媛 孙 淼 岳梦菽
萧 伟 赵文勇 刘梦源 王 灿 康日升 唐 浩 陶树宁 张加佳
王 芷 庞 程 陈 玲 孙小虎 钟铖铖 陈月朝

第 1 章 机器人的前世今生.....	1
1.1 古今中外的机器人传说与幻想.....	1
1.2 十分钟读懂机器人.....	7
1.3 “狼”真的来了！.....	11
第 2 章 机器人的孕育萌芽.....	15
2.1 最近一万年技术史上发生了些什么？.....	15
2.2 工具革命的基本特点.....	22
2.3 三元工具呼之欲出.....	26
第 3 章 机器人的成长之路.....	30
3.1 机器人初生襁褓.....	30
3.2 机器人锐意进取.....	36
3.3 机器人崭露头角.....	42
第 4 章 机器人的生存之道.....	48
4.1 感知智能：机器人与环境的和谐问题.....	48
4.2 运动智能：机器人与运动的和谐问题.....	51
4.3 交互智能：机器人与人类的和谐问题.....	54
第 5 章 机器人的发展未来.....	58
5.1 未来社会基本特征.....	58
5.2 脑力劳动与体力劳动的彻底解放.....	61
5.3 关于机器人发展的 10 大困惑.....	64
5.4 机器人对人类社会的十大影响.....	73
第 6 章 引领机器人创新的中坚力量——中国人工智能学会.....	82
6.1 CAAI 推动智能机器人发展.....	82
6.2 全国智能机器人创新联盟：强强联合的机器人创新载体... 86	86
6.3 智能体验、智慧生活：机器人为主角的万“人”智博会... 94	94

第 1 章 机器人的前世今生

1.1 古今中外的机器人传说与幻想

机器人形象和机器人一词，最早出现在科幻和文学作品中。1920年，一名捷克作家发表了一部名为《罗萨姆的万能机器人》的剧本，剧中叙述了一个叫罗萨姆的公司把机器人作为人类生产的工业品推向市场，让它充当劳动力代替人类劳动的故事。作者根据小说中 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”这个词。

机器人问世已有几十年，但对机器人的定义仍然仁者见仁，智者见智，没有一个统一的意见。原因之一是机器人还在发展，新的机型，新的功能不断涌现。根本原因主要是因为机器人涉及到了人的概念，成为一个难以回答的哲学问题。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，才给了人们充分的想像和创造空间。

在 1967 年日本召开的第一届机器人学术会议上，人们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、移动性等 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 个条件的机器称为机器人：

1. 具有脑、手、脚等三要素的个体；
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仿人的含义，即它靠手进行作业，靠脚实现移动，由脑来完成统一指挥

的作用。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。这里描述的不是工业机器人而是自主机器人。

1988年法国的埃斯皮奥将机器人定义为：“机器人学是指设计能根据传感器信息实现预先规划好的作业系统，并以此系统的使用方法作为研究对象”

1987年国际标准化组织对工业机器人进行了定义：“工业机器人是一种具有自动控制的操作和移动功能，能完成各种作业的可编程操作机。”

目前关于对机器人行为的描述中，以科幻小说家以撒·艾西莫夫在小说《我，机器人》中所订立的“机器人三定律”最为著名。艾西莫夫为机器人提出的三条“定律”（law），程序上规定所有机器人必须遵守：

1. 机器人不得伤害人类，且确保人类不受伤害；
2. 在不违背第一法则的前提下，机器人必须服从人类的命令；
3. 在不违背第一及第二法则的前提下，机器人必须保护自己。

“机器人三定律”的目的是为了保护人类不受伤害，但艾西莫夫在小说中也探讨了在不违反三定律的前提下伤害人类的可能性，甚至在小说中不断地挑战这三定律，在看起来完美的定律中找到许多漏洞。在现实中，“三定律”成为机械伦理学的基础，目前的机械制造业都遵循这三条定律。

现在，让我们来具体看看机器人的发展历史。工业机器人的最早研究可追溯到第二次大战后不久。在40年代后期，橡树岭和阿尔贡国家实验室就已开始实施计划，研制遥控式机械手，用于搬运放射性材料。这些系统是“主从”型的，用语准确地“模仿”操作员手和臂的动作。主机械手由使用者进行导引做一连串动作，而从机械手尽可

能准确地模仿主机械手的动作，后来用机械耦合主从机械手的动作加入力的反馈，使操作员能够感觉到从机械手及其环境之间产生的力。50年代中期，机械手中的机械耦合被液压装置所取代，如通用电气公司的“巧手人”机器人和通用制造厂的“怪物”I型机器人。1954年 G. C. Devol 提出了“通用重复操作机器人”的方案，并在1961年获得了专利。

1958年，被誉为“工业机器人之父”的 Joseph F. Engelberger 创建了世界上第一个机器人公司——Unimation (Universal Automation) 公司，并参与设计了第一台 Unimate 机器人。这是一台用于压铸的五轴液压驱动机器人，手臂的控制由一台计算机完成。它采用了分离式固体数控元件，并装有存储信息的磁鼓，能够记忆完成180个工作步骤。与此同时，另一家美国公司——AMF 公司也开始研制工业机器人，即 Versatran (Versatile Transfer) 机器人。它主要用于机器之间的物料运输、采用液压驱动。该机器人的手臂可以绕底座回转，沿垂直方向升降，也可以沿半径方向伸缩。一般认为 Unimate 和 Versatran 机器人是世界上最早的工业机器人。可以说，60年代和70年代是机器人发展最快、最好的时期，这期间的各项研究发明有效地推动了机器人技术的发展和推广。主要成就如下表。

1979年 Unimation 公司推出了 PUMA 系列工业机器人，他是全电动驱动、关节式结构、多 CPU 二级微机控制、采用 VAL 专用语言，可配置视觉、触觉的力觉感受器的，技术较为先进的机器人。同年日本山梨大学的牧野洋研制成具有平面关节的 SCARA 型机器人。整个70年代，出现了更多的机器人商品，并在工业生产中逐步推广应用。随着计算机科学技术、控制技术和人工智能的发展，机器人的研究开发，无论就水平和规模而言都得到迅速发展。据国外统计，到1980年全世界约有2万余台机器人在工业中应用。

我国在机器人研究方面相对西方国家和日本来说起步较晚。但我们所取得的成就仍是不容轻视的。我国是从 20 世纪 80 年代开始涉足机器人领域的研究和应用的。1986 年，我国开展了“七五”机器人攻关计划，1987 年，我国的“863”高技术计划将机器人方面的研究开发列入其中。目前我国从事机器人研究和应用开发的主要是高校及有关科研院所等。最初我国在机器人技术方面研究的主要目的是跟踪国际先进的机器人技术。随后，我国在机器人技术及应用方面取得了很大的成就，主要研究成果有：哈尔滨工业大学研制的两足步行机器人，北京自动化研究所 1993 年研制的喷涂机器人，1995 年完成的高压水切割机器人，沈阳自动化研究所研制完成的有缆深潜 300m 机器人、无缆深潜机器人、遥控移动作业机器人。

我国在仿人形机器人方面，也取得很大的进展。例如，中国国防科学技术大学经过 10 年的努力，于 2000 年成功地研制出我国第一个仿人形机器人——“先行者”，其身高 140 厘米，重 20 公斤。它有与人类似的躯体、头部、眼睛、双臂和双足，可以步行，也有一定的语言功能。它每秒走一步到两步，但步行质量较高：既可在平地上稳步向前，还可自如地转弯、上坡；既可以在已知的环境中步行，还可以在小偏差、不确定的环境中行走。

可以说机器人技术的发展速度还是比较快的。原来只能在科幻小说和电影中看到的机器人现在可以说已经离我们越来越近了。那么在未来，机器人的发展趋势到底会是怎样的呢？

智能化可以说是机器人未来的发展方向，智能机器人是具有感知、思维和行动功能的机器，是机构学、自动控制、计算机、人工智能、微电子学、光学、通讯技术、传感技术、仿生学等多种学科和技术的综合成果。智能机器人可获取、处理和识别多种信息，自主地完成较为复杂的操作任务，比一般的工业机器人具有更大的灵活性、机

动性和更广泛的应用领域。

对于未来意识化智能机器人很可能的几大发展趋势，这里概括性地分析如下：

1. 语言交流功能越来越完美：智能机器人，既然已经被赋予“人”的特殊称义，那当然需要有比较完美的语言功能，这样就能与人类进行一定的，甚至完美的语言交流，所以机器人语言功能的完善是一个非常重要的环节。对于未来智能机器人的语言交流功能会越来越完美化，是一个必然性趋势，在人类的完美设计程序下，它们能轻松地掌握多个国家的语言，远高于人类的学习能力。另外，机器人还能进行自我的语言词汇重组能力，就是当人类与之交流时，若遇到语言包程序中没有的语句或词汇时，可以自动地用相关的或相近意思词组，按句子的结构重组成一句新句子来回答，这也相当于类似人类的学习能力和逻辑能力，是一种意识化的表现。

2. 各种动作的完美化：机器人的动作是相对于模仿人类动作来说的，我们知道人类能做的动作是极至多样化的，招手、握手、走、跑、跳、等各种手势，都是人类的惯用动作。不过现代智能机器人虽也能模仿人的部分动作，不过相对是有点僵化的感觉，或者动作是比较缓慢的。未来机器人将以更灵活的类似人类的关节和仿真人造肌肉，使其动作更像人类，模仿人的所有动作，甚至做得更有形将成为可能。还有可能做出一些普通人很难做出的动作，如平地翻跟斗，倒立等。

3. 外形越来越酷似人类：科学家们研制越来越高级的智能机器人，是主要以人类自身形体为参照对象的。自然先需有一个很仿真的人型外表是首要前提，在这一方面日本应该是相对领先的，国内也是非常优秀的。当几近完美的人造皮肤，人造头发，人造五官等恰到好处地遮盖于金属内在的机器人身上时，站在那里还配以人类的完美化

正统手势。这样从远处乍一看，你还真的会误以为是一个大活人。当走近时，细看才发现原来只是个机器人，对于未来机器人，仿真程度很有可能达到即使你近在咫尺细看它的外在，你也只会把它当成人类，很难分辨是机器人，这种状况就如美国科幻大片《终结者》中的机器人物造型具有极至完美的人类外表。

4. 逻辑分析能力越来越强：对于智能机器人为了完美化模仿人类，未来科学家会不断地赋予它许多逻辑分析程序功能，这也相当于智能的表现。如自行重组相应词汇成新的句子是逻辑能力的完美表现形式，还有若自身能量不足，可以自行充电，而不需要主人帮助，那是一种意识表现。总之逻辑分析有助人机器人自身完成许多工作，在不需要人类帮助的同时，还可以尽量地帮助人类完成一些任务，甚至是比较复杂化的任务。在一定层面上讲，机器人有较强的逻辑分析能力，是利大于弊的。

5. 具备越来越多样化功能：人类制造机器人的目的是为人类所服务的，所以就会尽可能地把它变成多功能化，比如在家庭中，可以成为机器人保姆。会你扫地、吸尘、还可以做你的谈天朋友，还可以为你看护小孩。到外面时，机器人可以帮你搬一些重物，或提一些东西，甚至还能当你的私人保镖。另外，未来高级智能机器人还会具备多样化的变形功能，比方从人形状态，变成一辆豪华的汽车也是有可能的，这似乎是真正意义上的变形金刚了，它载着你到处驰骋于你想去的任何地方，这种比较理想的设想，在未来都是有可能实现的。

机器人的产生是社会科学技术发展的必然阶段，是社会经济发展到一定程度的产物，在经历了从初级到现在的成长过程后，随着科学技术的进一步发展及各种技术进一步的相互融合，我们相信机器人技术的前景将更加光明。

1.2 十分钟读懂机器人

近年来，机器人题材的电影愈发火爆，《钢铁侠》，《变形金刚》和《我的机器人女友》等等非常受欢迎。那么问题摆在眼前，钢筋铁骨的钢铁侠是如何奔跑和飞翔的，铁骨铮铮的机器人女汉子是如何露出那天使般的笑容的，机器人可以实现运动和思考的机理是什么，机器人是如何听、说、读、写的。

要真正读懂机器人，首先需要了解机器人学的学科分类。机器人学科内主要包括机械工程、自动控制和人工智能三个领域。其中机械工程是机器人学的基础。根据机器人的作用和目标，设计并制造出合理的机械结构，构造出机器人的“骨骼和肌肉”。

机械和控制两个领域主要通过设计机器人的机械结构和机构中各个关节的控制方法，解决机器人本体运动的问题。机器人的本体部件主要包括：机械臂、末端执行器、驱动器、传感器、控制器。

机械臂是机器人的主体部分，由连杆、活动关节和其他结构部件组成。如果没有其他部件，仅机械臂本身并不能被称作机器人。常见的仿人机器人一般是由头部、躯干、两手、双足等构成的多连杆机构，它的运动学和力学的数学处理方法与工业机械手有许多共同之处，包括正运动学、逆运动学、动力学等问题。但是，机器人还有一些更复杂的要求，如仿人机器人在执行推桌子、跳舞、爬楼梯等任务时，非常注重身体的平衡。

末端执行器就是连接在机械手最后一个关节上的部件，它相当于机器人的“手指”，一般用来抓取物体，与其他机构连接并执行需要的任务。一般来说，机器人手部都备有能连接专用末端执行器的接口，这些末端执行器是为某种用途专门设计的。通常来说，末端执行器的动作是由机器人控制器直接控制，或者将机器人控制器的信号传至末端执行器自身的控制装置。

驱动器就是机械手的“肌肉”，如果把连杆以及关节想象为机器人的骨骼，那么驱动器就起肌肉的作用，它通过移动或者转动连杆来改变机器人的构型。驱动器必须有足够的功率对连杆进行加减速并带动负载，同时，驱动器自身必须轻便、经济、准确、可靠。机器人的驱动通常有电动、液压和气动三种方式。由于电动方式具有控制方便、精度高、结构紧凑等优点，目前大多数中小型机器人采用的都是电动方式，包括交流伺服电机、步进电机、舵机等；液压方式具有出力大的优点，通常大型工业机器人多采用液压方式驱动；部分末端执行器和气动肌肉等采用气动形式。

传感器是用来收集机器人内部状态的信息或用来与外部环境进行通信的部件，类似于人的各个感知器官。像人一样，机器人控制器需要知道每个连杆的位置才能知道机器人的总体构型。人即使在完全黑暗中也会知道胳膊和腿在哪里，这是因为肌腱内的中枢神经系统中的神经传感器将信息反馈给了人的大脑。大脑利用这些信息来测定肌肉伸缩程度，进而确定胳膊和腿的当前状态。机器人同样也如此。机器人常常配有外部传感器，例如视觉系统、触觉传感器、语言合成器等，使机器人与外界进行通信。

机器人的控制器就相当于人的神经系统，传感器将获取到的数据传送至控制器，控制器经过计算后输出控制指令控制驱动器的运动。假如机器人要从箱柜中取出一个零件，要求它的第一关节为 35° ，如果第一关节尚未达到这一角度，控制器就会发出一个信号到驱动器（输送电流到电动机、输送气体到气缸，或者发送信号到液压缸的伺服阀），促使执行机构运动，然后通过关节上的反馈传感器测量关节角度的变化，当关节达到预定角度时，停止发送控制信号。对于更复杂的机器人，机器人的运动速度和力也由控制器控制。

机器人有了筋骨之后，还需要一个神经系统来指挥机器人身体来

完成例如走路抬手这类底层动作。也就是说机器人有了可以执行运动的身体之后，还需要一个灵魂。塑造灵魂就是人工智能科学的目标。

作为机器人的大脑和灵魂——人工智能学，并不局限于机器人局部机构的运动，如抓取、驾驶等，而是着眼于高级智能目标，如识别人体动作、语音合成、自动导航和建立地图、躲避障碍物和自动驾驶、双足机器人步态下的平衡等。它包括算法设计和传感器感知等研究方向，主要解决机器人怎么思考的问题。

一个智能机器人系统的工作原理，简单说来，首先是机器人通过感知系统（传感器系统，包括彩色相机，深度相机，麦克风阵列，压力传感器，加速度传感器等等）感知到环境信息（如障碍物和目标位置），机器人的计算机系统上的人工智能算法通过对这一系列环境信息的处理，给出高级目标指令（如向目标位置运动，抓取目标物体，避开障碍物等），控制系统将此类高级目标指令逐级解析给出每一个机械关节上的控制量（如关节的运动速度和转角，加速度等），关节的驱动器（如电动机，液压驱动器等）收到这些控制量后，在全身规划系统的控制下，每个关节分别完成各自的运动目标位置，智能机器人就可以动起来了。以机器人步态规划为例子，机器人站在一个台阶前，台阶和地板的位置信息通过深度相机等设备传入机器人的计算机中，通过人工智能算法解算出台阶和地板表面法向量和安全边界区等参数，通过和加速度传感器（陀螺仪等）提供的重力方向比较，计算出可以踩踏的区域。智能算法再根据机器人当前位置和目标位置，计算出一条最优化的脚步路线，算出脚步路线后就可以把脚步路径输出给控制器了，控制器会根据每一个脚步点的位置和关节参数，应用逆运动学计算出机器人每一个关节的控制曲线，最终将控制量输出到各个关节，机器人就开始像人一样自主运动了。当然，这只是一个最简单的例子，在实际情况中，人工智能模块（AI）还要考虑很多问题，

如视觉系统得到地面信息后，需要视觉算法来计算这些表面的纹理特征，估算摩擦因数，提取最大局部平面，估算机器人脚不打滑的最大斜面等（本实验室视觉论文参考文献），当机器人处于有移动障碍物的可变环境中，如果运动的障碍物出现在机器人视角之外，此时就需要借助机器人听觉（如麦克风阵列，此处小飞，付卓的期刊）来定位看不见的障碍物位置了。更重要的还需要考虑双足机器人如何保持单脚支撑时候的平衡，如通过摆动双臂，弯腰等动作来移动机器人的重心，使重心保持在“零力矩支撑域”内，实现人类小脑的功能。如果考虑动力学情况，即变加速情况下的双足平衡问题（如奔跑，“马踏飞燕”），那就需要更复杂的人工智能算法了。很多工厂里大量使用的固定基座机器人是没有传感器和感知系统的，他们直接获取人们预先编辑好的控制量频繁重复特定操作动作，不能被称为智能机器人，有些机构，如美国机器人学会不把他们归类为机器人。

从机器人构成来讲，上述智能系统的实现最重要的指令模块就是机器人的大脑，可以笼统的将它分为两部分：处理器和软件。处理器用来计算机器人关节的运动，确定每个关节应该移动多少或者多远才能达到预定的速度和位置，并且监督控制器与传感器协调动作。处理器通常就是一台计算机，只不过是一种专用计算机，它也需要拥有操作系统、程序和像监视器那样的外部设备等，同时在许多方面也具有与个人计算机处理器同样的功能和局限。

用于机器人的软件大致分为三块。第一块是操作系统，用来操作计算机；第二块是机器人软件，它根据机器人的运动方程计算每个关节的必要动作，然后将这些信息传送到控制器，这些软件有多种级别，即从机器语言到现代机器人使用的高等语言不等；第三块是例行程序集合和应用程序，他们是为了使用机器人外部设备而开发的（例如视觉通用程序），或是为了执行特定任务而开发的。

1.3 “狼”真的来了！

1997年“深蓝”力克战胜了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫，它让我们感受到了人工智能的魔力，但它可能带给人类的改变与挑战也让人类大呼：狼来了。但当时，它还没有真正地走近我们的生产生活。然而，随着人工智能的不断发展，机器人越来越智能化，它们不仅仅能与人进行象棋博弈、像人一样地进行表演，而且开始慢慢地取代人从事各种生产工作，甚至有超级电脑“沃森”打败了人类，站在了与人类智力竞赛的最高领奖台上。机器人开始逐渐地渗透到了我们的生产生活中，生产力革命似乎就要发生了，人类与机器人的关系也变得微妙起来，这不禁让人类大呼：“狼”真的来了！

人类文化对机器人的感情比较复杂，电影《终结者》就很能说明问题：人类文明几乎被机器人毁灭了，可却同样需要机器人来帮忙挽回局面。对于机器人，不论我们怎么猜测、怀疑和期待，事实都不能否认：它们离我们越来越近了，他将必然会对人类社会的各个方面产生深刻的影响。

生产力的变化。越来越多的企业开始用机器人取代人，从事各种生产工作，从而促使机器人行业迎来了一波发展的高潮。随着包括谷歌和亚马逊在内的非传统机器人制造企业的加入，未来机器人不再仅仅是扮演替代劳动力的角色，其将更为智能化。机器人将会成了一支越来越庞大的“劳动大军”。在成本更具优势的大前提下，机器人完全可以完成一些人类不适合或不愿意去完成的工作。例如在具有较高腐蚀性或者甲醛浓度高的工作环境下，显然机器人是比人类更合适的选择。而与厌烦生产线上简单重复工作的80和90后相比，机器人既不计较工作内容，也不知疲累，拥有更高的劳动效率。在作业的精度

和洁度上,机器人的工作质量也更加稳定,生产损耗也较人力少一些。总之,机器人在某些行业将会将人取代,新的生产形式将会形成。人类如何体现自身优势,这是我们需要思考的问题。

社会关系的调整。机器人的行为效应(如违法犯罪后果、社会与经济收益等)应该由谁来承担,是研制者、制造者、控制者还是所有者?机器人如果杀了人,应该如何处理?是全部拆卸或分解,还是重新调整程序?如果机器人被人所“杀”,人应该如何承担法律和经济责任?一方面应该如何使机器人“遵纪守法”,另一方面应该如何维护机器人的“合法权益”?机器人是否具有继承权?人与机器人、机器人与机器人之间的经济与法律纠纷应该如何处理?机器人是否具有选择权和被选举权,是否可以“竞选”市长?

伦理观念的变迁。由于情感与意志的赋予,机器人与人之间的界线就会越来越模糊,机器人具有了“人性”,参与了社会事务与人际交往,人应该如何对待机器人,如何处理人与机器人以及机器人之间的关系,如何评价机器人所取得的成绩,如何看待机器人的缺点和错误。机器人作为“二等公民”,应该如何确立其“社会地位”,如何看待和处理人与机器人以及机器人之间的“亲情”、“友情”与“爱情”。

生活方式的变更。随着机器人越来越多地替代了人类从事简单重复性工作、恶劣环境和高强度的工作,人类将会主要从事自由性、自主性、创造性和复杂性较强的工作,其工作时间的随意性、工作地点的游动性、工作内容的自主性、工作报酬的随机性和工作方式的选择性不断提高,必须会使人们的生活内容和生活方式发生着深刻的变化,包括个人消费、人际交往和家庭结构等方面的变化。此外,人将会越来越多地与机器人打交道,机器人家庭保姆将会大规模地进入家庭,并具有了越来越强的心理功能和精神功能,打电话时的第一句话可能是“请问,你是人吗?”或“请你的主人接电话”。

社会隐患的增多。机器人具有了情感以后，能够进行独立思考和自主行为，由于其信息的处理速度快，信息的贮存量大，运转的准确性高，在许多方面具有比人类更多的优势，他们一旦“哗变”，其后果不堪设想，其灾难性不会亚于核武器的大规模引爆。机器人参与社会生活以后，社会矛盾日趋复杂化，将会大大提高社会的不稳定性；机器人进入家庭(如家庭保姆、健康顾问、精神陪护等)以后，由于赋予了机器人以心理功能和精神功能，家庭矛盾也日趋复杂化，将会大大提高家庭的不稳定性。

人机一体化的发展。情感在人的思维活动中占据极为重要的地位，决定和制约着人的行为活动和其它思维活动的基本框架与总体方向，人工情感的全面实现不仅可以使计算机具有友好的、人性化的人机界面，更重要的是能够使机器人或计算机具有更高的信息处理速度与效率，具有独立的决策能力和行为控制能力，具有创造性和开拓性的思维能力。到了那个时候，从纯逻辑的角度来看，人与机器人之间已经没有任何区别了，只有机器体与肉体之间的区别了，人与机器人之间就可以实现全面的融合：一方面，机器人的一些“部件”（包括思维“部件”），可以实现“肉体化”；另一方面，人身上的一些“部件”（包括思维“部件”），可以实现“非肉体化”；第三方面，机器人与人可以进行相互转化。例如，一个人的肉体老化后，可以将其大脑中所有的认知、情感与意志方面的信息提取出来，输入机器人的大脑中暂时“贮存”下来，并由该机器人代为本人继续行使有关的社会职责，等本人的“克隆”体制作完成后，再把机器人的大脑中的有关信息移植到过来。总之，将来的情感机器人与人类可能并没有明显的界限和本质的区别，它们各有所长，各有所短，分别适合于不同的社会生产与社会生活的环境条件，彼此可以相互转换、相互渗透、相互促进。人与机器之间的矛盾与冲突，并不是“你死我活”的、“你

争我斗”，而是“和谐同存”、“肝胆相照”、“荣辱与共”、“互利互惠”、“相互尊重”的关系。

总之，那将是一个有趣的时代，也许是一个我们现在有点难以理解的时代。但不管怎么说，这场变革似乎已经在我们身边发生了，在这一场洪流中，也许我们应该成为走在前面的人。

第 2 章 机器人的孕育萌芽

2.1 最近一万年技术史上发生了些什么？

2.1.1 资源三角形

美国哈佛大学提出了资源三角形的概念：没有物质，什么也不存在；没有能量，什么也不会发生；没有信息，任何事物都没有意义。物质、能量和信息是相互有区别的，是人类社会赖以生存、发展的三大基础。世界由物质组成，能量是一切物质运动的动力，信息是人类了解自然及人类社会的凭据，客观世界的这三大要素和人类社会的发展息息相关，密不可分。

首次将信息与物质、能量相提并论的是控制论的创始人——美国科学家诺伯特·维纳 (N. Wiener)：机械大脑不能像初期唯物论者所主张的“如同肝脏分泌出胆汁”那样分泌出思想来，也不能认为它像肌肉发出动作那样能以能量的形式发出思想来。信息就是信息，不是物质也不是能量。不承认这一点的唯物论，在今天不能存在下去。

根据维纳的说法，物质、能量和信息是相互有区别的，是人类社会赖以生存、发展的三大基础：世界由物质组成，能量是一切物质运动的动力，信息是人类了解自然及人类社会的凭据。如果说，香农主要是从信息的发送端来研究信息的，那么，维纳则着重从接受端如何利用信息来加以研究。正是在写于 1948 年的这段话里，维纳第一次把信息同哲学相关联，尖锐地触及了信息的本质定位问题。也正是这段话，启示人们将信息与物质、能量并列为人类生存的三大要素。

2.1.2 五千年技术史上的大事件

倘若把地球上生命起源的 40 亿年历史压缩为 1 年，最初生命诞

生在1月1日，现代人类的祖先智人（*homo sapiens*）则出现在12月31日的晚上19点（距今20万年前）。直立行走解放双手促进了人类大脑的进化重组，使用火种、燧石石器、木器、衣服等简单物质工具经历旧石器时代和中石器时代存活下来，迄今为止再没有其他自然界捕食者像人类一样热爱发明和使用各种工具。

公元前一万年冰河世纪结束，新月沃地、长江及黄河中下游等地区的人类从猎人和采摘者进化成农耕者，从而进入具有早期农牧文明的新石器时代（约9300BC）。相关技术的演进包括农业和农具的发展、动物的驯养及开始适应定居生活，因此可以进行金属冶炼，使用的材料为铜，以及由铜和锡组成的合金青铜，即所谓的红铜时代和青铜时代（始于约3300BC）。此时人类许多工具也以铜和青铜为材料，不过因为金属较不易取得（尤其是锡），抛光石器仍使用相当长一段时间。

铁器时代（约1300BC）人类发展了炼铁技术，因此可以制造比青铜更坚固、更轻也更便宜的工具。在许多欧洲文化中，铁器时代是开始发展文字之前的最后一个时期。由于制造钢需要高温，此时人类不可能大量生产钢，但可以利用锻造铁降低其碳含量的方式来制造钢。

稳定的农业生产促使手工业分化和国家出现，从而催生人类几大古代文明：美索不达米亚的苏美尔文明（产生农业拉犁、灌溉和排水系统、轮子、弓箭、造船、陶器、泥砖和楔形文字等），尼罗河流域的埃及文明（产生简单机器，渠道系统、冶金技术、石料、金字塔和象形文字等），黄河流域的华夏文明（产生火柴、地震仪、造纸、滑动卡钳、活塞泵、多管播种机、吊桥、降落伞、弓弩、螺旋桨、火药和汉字等），古希腊罗马文明（产生机械化思维，水能驱动的水车、风力发电、早期蒸汽机、齿轮螺钉、抽水设备、自动控制设备、弹射器、吊车、精确测量技术、混凝土、拱桥和玻璃等），印加和玛雅文

明（产生垒砌巨石技术、灌溉排水系统、写作和占星系统、石雕等），至此文字和贸易出现，人类社会中出现工具多为物质-物质和物质-能量形式。

中世纪到近代早期（约 AD500 至 AD1500），各大地区处于继承和创新古文明的时期。东亚的中国出现雕版印刷、活字印刷、磷光涂料和链条驱动机制，在火药发明 200 年后（约 AD1150），固体燃料火箭出现，明朝在西方大航海时代之前已具备建成大型海上舰队的的能力。印度次大陆继承哈拉巴文明，伊斯兰世界继承和改进希腊罗马和波斯的技术。尽管以美国林恩怀特(Lynn White)为代表的学者认为中世纪欧洲技术有一定程度的倒退，但依然出现了意义重大的机械钟表、眼镜、风车、轴头坨、三角帆、马蹄跌、星盘和军事上板甲、钢弩、重投石机和大炮等工具，此时标志人类最高建筑技术水平的大型建筑开始出现，造纸和印刷也流行起来。文艺复兴和大航海时代的技术发展也催生工业革命出现。

英国工业革命(约 AD1760~AD1840)以蒸汽引擎驱动的纺织机械制造、采矿业、冶金工业和远程运输发展为特点，该阶段人类从相对廉价的煤炭中获取能源来取代水能，大型钢铁结构建筑出现。第二次工业革命期间(约 AD1870~AD1914)，蒸汽驱动的机器普及至美国、日本和中国等地，出现大量的蒸汽轮船、运输铁路、火车、电报、白炽灯、自行车、缝纫机、大型农业收割机等工具，大规模零件量化生产诞生，高度结构化的化工、电力、汽油和钢铁行业也开始快速发展。

20 世纪人类在现代科技领域发展飞速，诞生汽车、飞机、收音机、电话、电视、机械化农业、计算机、激光和光纤、空调、高速公路、航天器、因特网、石油石化技术、核能技术和材料科学等发展，并开始制造远程导弹和探索太空。而 21 世纪至现在，人类最显著的技术发展则有智能电子产品、增强现实设备、可佩戴电子设备，人工

智能，3D 打印、量子计算机，纳米技术，生物工程，核技术，先进材料，超燃冲压发动机和无人驾驶飞机等，旨在探索更有效的引擎和能源，以及新的信息承载和传递工具。

在这一万年里，人类利用各种技术和工具发生了翻天覆地的变化，总结来说便是人类历史上的多次技术革命，而革命的本质是人类对生存的三大要素的不断挖掘，其形式是对工具的不断探索。英国学者刘易斯芒福德（Lewis Mumford）从社会生态学的角度将人类机器文明分为三个阶段：始生代技术时期，古生代技术时期和新生代技术时期，每个时代采用的工具形式都不尽相同。正如始生代技术经济的风能、水能动力与石器、木材和玻璃之间的关系，或者古生代技术经济的煤炭动力和钢铁材料之间的关系，同样，新生代技术时期采用的电力也导致一些特殊材料在工业中的广泛应用，特别是新合金、半导体、稀土元素以及轻金属的广泛应用。

2.1.3 机器（工具）——人类社会进步的标志

纵观人类社会的发展历程，每一次巨大的社会变革都是由劳动力的发展和劳动工具的演变所主导。在资源三角形的规约下，可以将工具分为物质工具、能量工具和信息工具。人类创造和使用工具是人类终于从蒙昧的野人时代进化到原始社会时代的终极原因，以一元物质工具（石器、木器等）的使用使原始人类极大地提高了在原始大地上生产生存的能力，从而开创了人类成为地球主宰的时代。

18 世纪从英国发起的技术革命是技术发展史上的一次巨大革命，它开创了以机器代替手工劳动的时代。第一次工业革命革命是以工作机的诞生开始的，并以二元工具（物质-能量）的蒸汽机作为动力机被广泛使用为标志的。蒸汽机结合了资源三角形的物质和能量，在以一元工具时代的农业革命出现，促使了人类历史上第一次工业革命。

然而人类是永不满足的，以“电气时代”为口号的第二次工业革命亦是人类在探索二元工具的又一进步。然而电力的运用只不过是人类在二元工具中不断的寻找更有效的能量，本质上还属于二元工具。从某种意义上讲，第一次工业革命比第二次工业革命对人类的影响更加深远，因为这是人类历史上从一元工具到二元工具使用的质的飞越。第二次工业革命，使得人类更加成熟、广泛的使用二元工具，例如，电力、汽车、冰箱等等。

机器的使用开创了人类的有动力工具时代，使得人类进入到工业社会，以物质、能量为核心的二元动力工具的使用极大地加快了生产力发展，人类社会进入到更快、更高的发展阶段。机器的创造和使用使人类的劳动效率比之于之前的任何时期都有了极大的提高，人类社会进入到加速发展时期，大量人口从商品生产的劳动中脱离出来，成为社会生产的管理者，大量的脱离了劳动的人员投入到创造新劳动工具的创造活动中，极大地加快了现代科学技术的发展。

第三次工业革命是人类文明史上继蒸汽技术革命和电力技术革命之后科技领域里的又一次重大飞跃。第三次科技革命以原子能、电子计算机、空间技术和生物工程的发明和应用为主要标志，涉及信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术、空间技术和海洋技术等诸多领域的一场信息控制技术革命。从本质上讲，第三次工业革命是人类历史上第一次开始探索使用三元工具，即三元工具的诞生，使得人类进入了使用三元工具的时代。以电子计算机为标志的结合物质、能量、信息的三元工具开始走入人类的视线。然而，以目前的技术和科技水平，人类对信息的发掘是非常不充分的，在这个处处讲智能，人人离不开信息的时代，人类使用的电子计算机、智能手机、智能汽车等工具只不过相当于第一次工业革命时代的蒸汽机水平。现如今的三元工具时代，是不成熟的、尚未发育完全的婴儿时代。而未来科技

的发展，人类对工具的探索，必然是人类在三元工具时代对信息的挖掘，对信息的更加充分的利用。

信息社会的迅速到来不但是二元能量工具时代的产物，也是人类追求三元工具的又一里程碑式的发展。在信息社会中，信息、知识成为重要的生产力要素，和物质、能量一起构成社会赖以生存的三大资源。信息社会的重要标志便是以智能机器人为代表的三元工具。智能机器人是对信息的充分挖掘和利用，是具备犹如人类复杂意识般的真正意义的三元工具，是在资源三角形法则之下的以物质、能量、信息为核心的人类工具发展的巨大进步。

当智能机器时代最终来临的时候，人类将从商品生产的劳动中彻底脱离出来，劳动者阶级将从此消失在人类历史的长河中。智能汽车可以完全自动驾驶，充分感知并理解周围环境的信息，人形机器人也能够完全理解人的情感、语义，而非是一个冷冰冰的机器，家用电器可以根据人的喜好、心情、习惯自动的运行等等。而这一切，便是真正的三元工具将带给我们的美好未来。因此，在人类的历史上，劳动工具的每一次变革，都带来了划时代的生产方式的变革，并随之带动社会形态的变革，从原始社会一元工具的时代到工业革命二元工具、再到三元工具时代的演变过程，清晰地反映出劳动工具与社会发展的相互关系。

2.1.4 人类工具发展的最高形态——机器人（三元工具）

人类使用工具的历史，人类制造工具的历史，甚至比人类自身的历史还要漫长。世界各地域，人类各居住区，都有不同样式的工具。但凡“工具”，皆包含了其人类创造者的智能、经验与巧思，机器人也以人类工具的形式而存在。从1920年捷克作家雷尔·恰佩克的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中“robot”这个词开始，机器人

就被赋予了劳役，工人的直白含义。（robot 来自捷克文的 Robota：劳役、苦工和波兰文的 Robotnik：工人）。2015 年微软全球执行副总裁沈向洋曾说到：“人工智能也好，计算机也好，或者是以前的石器时代也好，人类发展是不断的在寻找所谓的工具。不断的有了这些新的技术，是在令人类的能力更加的强”。

工业革命强大的力量就是因为机器的使用，是因为能量工具的不断发展。而能量工具的发展又加快了人类进入信息社会的步伐，现代人类对信息的渴望和诉求同物质和能量同等重要。人类正是不断制造和改进工具，才有今天的发展和繁荣。不断改进和发展是相关联的，也即所谓永不满足进取精神。那么不满足的人类对三元工具的追求便是以物质、能量、信息为一体的一种工具，而第三次工业革命将人类带入了寻找三元工具的时代。

近百年来，人类在机器人领域的迅猛发展，不断推进着文明的进步，越来越多的机器人产品出现在生活中，并不断的代替人工服务在更多更广的场景。然后现如今所见到的大部分工业机器人都是以物质和能量为载体的二元工具，如何让机器人更加的智能，能够感知这个世界，实现信息的交换和沟通，是如今智能机器人领域也是人工智能（AI）领域面临的巨大挑战，这也是人类追求三元工具道路上面临的巨大挑战。然而，人类已进入信息社会，三元工具已经诞生。人类的未来的发展，将是对三元工具更加成熟的改进、也是对三元工具当中信息元的充分发掘、理解和应用。总之，人类目前对智能机器人的研究，和过去任何时代一样，是人类不断拓展自己的能力、寻找工具的探索。而在信息时代，在资源三角形的约束下，以智能机器人为代表的三元工具将是人类追求工具的终极目标，即智能机器人将是人类工具发展的最高形态。

2.2 工具革命的基本特点

马克思主义哲学告诉我们，生产力的发展推动着人类历史不断向前发展，而生产工具是衡量生产力的一个重要方面。回顾历史，生产工具的发展经历了旧石器、新石器、青铜器、铁器、蒸汽、电气到如今的电子、计算机的演变。每一次工具的进步都会带来人类社会的巨大进步，那么工具革命都具有哪些特点呢？

第一，工具革命是从物质工具到能量工具，再到信息工具的过程。我们知道，物质、能量、信息是客观世界的三个基本要素，而人类工具发展与这三个要素是息息相关的。

几千年来人类的全部活动表明，人类认识自然，改造自然，其对象无非是三类最基本的东西：物质、能量、信息。人类产生的早期，生产工具是极其简单的。首先是从低级而又单一的物质工具开始，比如石块。猿人把石块打磨成一把尖锐的石制手斧，用它来袭击，或者挖掘植物块根，把它当成一种“万能”的工具使用。到了中石器时代石器，人类开始在石斧上装上木制或骨制把柄，从而使单一物质形态的工具发展到两种不同质性的物质结合的工具。到了新石器时代，人类开始学会在石器上凿孔，发明了石镰、石铲、石锄，以及加工粮食的石臼、石杵等。而这些工具仅仅利用到物质这个要素，直到人类开始对能量工具加以利用，才开始出现能量工具。

对能量的利用源于人类对“火”与自身关系的认识。最早的原始人，还不知道利用火，东西都是生吃的。生吃植物果实还不算，就是打来的野兽，也是生吞活剥，连毛带血地吃了。直到后来，人类才发明了用火。

火的现象，自然界早就有了。火山爆发，有火；打雷闪电的时候，树林里也会起火。可是原始人开始看到火，不会利用，反而怕得要命。后来偶尔捡到被火烧死的野兽，拿来一尝，味道挺香。经过多少次的

试验，人们渐渐学会用火烧东西吃，并且想办法把火种保存下来，使它常年不灭。又过了相当长的时期，人们把坚硬而尖锐的木头，在另一块硬木头上使劲地钻，钻出火星来；也有的把燧石敲敲打打，敲出火来，这就是传说中的“钻木取火”了。

人工取火是了不起的发明。从那时候起，人们就可以吃到烧熟的东西，也开始懂得去利用“火”这种能量工具。人们对物质工具和能量工具使用过程中所创造的石斧、取火器具等物质成果和物质手段中，本身又内化着人与自然，人与人之间的关系和信息。它既是人们物质活动的手段，又是人们精神活动的手段；既是一种物质实体，又是一种信息的载体。人们在从事物质形态和能量转化的同时，也必然要伴随着信息的转化。对信息的转化使人类创造了语言和文字，产生了信息工具，从而使人类能够把信息的内容定型化、符号化。

如今电子计算机的发明和广泛应用，使信息以前所未有的速度在全球流动，科技成果更新的速度超过了以往的任何时代，“信息”是人类社会智能的关键词。人类对信息及信息技术的认识、发展和应用，是人类在不断认识物质、能量之后的第三次伟大的飞跃。

第二，工具革命是从简单工具到复杂工具，从单元工具到复合工具的演变。物质工具、能量工具、信息工具是三类基本的生产工具，可将其称之为“一元工具”。而将这三类工具中的两两结合在一起，又出现了“二元工具”。“二元工具”的产生与发展对人类社会起到巨大的促进作用。例如，物质与信息工具的结合有了活字印刷术和造纸术；物质与能量工具的结合有了火药，信息与能量工具的结合有了指南针，而这些正是中国人引以自豪的古代四大发明。它们都是“二元工具”，对人类文明发展有着巨大的贡献。

放眼现代社会，物质与信息的结合产生了电子商务、物联网等；信息与能量的结合产生了太阳能设备、国家电网等；物质与能量结合

又产生了运输工具与火力发电设备等。如今，我们不仅可以把信息记录于纸张，也可以写到电子文档中。而物联网连接物质，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信，使物物相息。从工具革命的历史进程中可以看出，人类生产工具的发展已经从最初的简单工具转向复杂工具，从单元工具转向复合工具。而按照工具发展的这种特点，我们不禁想到，“二元工具”的进一步发展将是“三元工具”，那么“三元工具”又是什么工具呢？有没有这样的工具呢？有的话，只是物质、能量、信息的简单结合吗？这些都是值得思考的问题。

第三，工具革命的进程是加速递进的，新工具的产生与发展速度越来越快。我们知道，旧石器时代是在距今约 300 万年前，这一时代是以打制石器为标志的人类文化发展阶段。而新石器时代是在距今约 1.2 万年开始。这一时期是以磨制石器为主。大约 5000 年以后，开始了青铜器时代。青铜是从石器加工和炼制陶器的生产实践中渐渐被认识而产生的。可以看到，从石器时代过渡到青铜器时代是非常缓慢的。铁器时代是继青铜器时代之后的又一个时代，它以能够冶铁和制造铁器为标志，距今约 3500 年。从青铜器时代过渡到铁器时代花费了近 3000 年，之后过了约 3300 年才开始蒸汽时代。

人类对蒸汽的认识和利用，经历了一个漫长的历史过程。早在公元前 2 世纪，古希腊人就制造过一种利用蒸汽喷射产生反作用的发动机。后出现了 1698 年法国物理学家巴本的汽缸—活塞装置和英国工程师托马斯·塞维利的用于矿井抽水的蒸汽机。从 1766 年到 1782 年，瓦特经过艰苦努力先后实现了三次技术飞跃和获得三个专利，将纽可门蒸汽机完全演变成瓦特蒸汽机。1784 年他发明了一种新型联动式蒸汽机，宣告了蒸汽时代的来临。蒸汽机制造技术的提升，节省了人力，大大提高了劳动生产效率，把许多人从土地上解放出来。直到

20 世纪初，蒸汽机仍然是世界上最重要的原动机，后来才逐渐让位于内燃机和汽轮机等。内燃机、发电机和电动机等的制造技术更使人们的劳动方式和生活方式发生了巨大的变化。电气时代的到来，彻底改变了人们的生活方式。电灯，电话，汽车，飞机等今天我们习以为常的东西，都是在电气时代出现的。从蒸汽机时代到电气时代再到如今的信息时代，大约只隔了 200 年，明显可以看出，工具革命的发展进程呈加速递进，工具发展的速度越来越快。可以预期，未来工具改革速度也将加快，我们要好好把握时代的机遇，紧紧跟上时代的步伐，努力为人类社会进步贡献自己的力量。

第四，科学技术是推动工具革命的重要力量。我们知道，现代社会的发展，归根结义是生产力的发展。生产力的发展，归根结底是科学技术的发展。生产力革命的标志就是工具的创新。由于科技进步引起生产工具的变革，使自然科学并入了生产过程，从而大大提高劳动生产力的状况。

人类社会的发展经历了三次大的技术革新，也就是三次工业革命。第一次工业革命是 18 世纪从英国发起的，它开创了以机器代替手工劳动的时代，被称为第一次工业革命。这次工业革命是以工作机的诞生开始的，以蒸汽机作为动力机被广泛使用为标志。这一次革命的许多发明来源于工匠的实践经验，科学和技术尚未真正的结合。

第二次工业革命发生在 19 世纪中期。19 世纪，随着资本主义经济的发展，自然科学研究取得重大进展，自然科学的新发展开始同工业生产紧密地结合起来，科学地推动了工具的发展。1866 年，德国人西门子制成了发电机，电器开始用于代替机器，成为补充和取代以蒸汽机为动力的新能源。随后，电灯、电车、电影放映机相继问世，人类进入“电器时代”。而科学技术应用于生产工具的另一项重大成就，就是内燃机的创新和使用。此外，美国人贝尔发明的电话与意大

利人可尼试验的无线电报为人们传递信息提供了方便。与第一次工业革命相比，第二次工业革命期间，科学在推动生产力发展方面发挥更为重要的作用，它与技术的结合使工具革命取得了巨大的成果。

从 20 世纪四五十年代，信息技术、新能源技术、生物技术、空间技术和海洋技术等诸多领域的科学理论取得重大突破，带动了人类发展史上的第三次科技革命。这次革命是人类文明史上继蒸汽技术革命和电力技术革命之后科技领域里的又一次重大飞跃，它以原子能、电子计算机、空间技术和生物工程的发明和应用为主要标志。相比于前两次技术革命，第三次科技革命当中科学技术在推动生产工具发展方面起到越来越重要的作用，科学技术转化为直接生产力的速度加快。

纵观几百万年来人类工具革命进程，可以看出，人类用物质、能量、信息工具改造和利用自然，对人类社会的生产及生活产生了深远的影响，将人类从繁重的体力劳动中摆脱出来，使人类物质和精神生活获得了极大的丰富。我们期待以智能工具为代表的新的生产工具能更进一步缓解人类的体力劳动，使人类的智能获得新的解放，让人类社会的发展步入一个新的台阶。

2.3 三元工具呼之欲出

从最早的生命诞生的那一时刻开始，世间的万物都在不停的发生着变化。在这个不断变化，万物更迭的过程中，工具成为了人类起源和进化的重要标志之一。工具的每一次创新都可以说是人类社会进步的里程碑！

人类文明史有 5000 多年，人类历史可上溯到 200 万年以上，如果说人类的历史是生存史，那么生存史也可以说是工具史。人类生成

史上的工具活动，曾经历了多次递进，但从较为严格的逻辑程式来看，无非是四个阶段。第一阶段，从天然工具的使用到完善；第二阶段，从天然工具的完善到工具的制造；第三阶段，由制作样式不稳定、用途不专一的工具到制作样式稳定、用途专一的工具；第四阶段，由对工具材料的进一步加工并开始学习二步加工的方法、制作单一结构的工具，到广泛运用二步或多步加工的方法、制造复合结构的工具。在这个漫长的历史长河中，人类共经历了：旧石器、新石器、青铜器、铁器、蒸汽机和电力时代，信息时代……工具活动使人的认知能力由“种概念”向“类概念”进化。通过工具发展的历史我们得知这是一个从物质工具转换到能量工具，又从能量工具转换到信息工具的一个体现。更为巧妙的是客观世界的三大要素：物质、能量、信息正与其吻合。物质是本源的存在，质量守恒定律告诉我们，在封闭的物质系统中，不论发生什么变化，他的总质量保持不变。能量是运动的存在。能量守恒定律告诉我们，能量可以相互转换，并且在转换前后总量保持不变。1905年爱因斯坦（Albert Einstein）提出质能关系式，人们认识到质量和能量可以互变，质量守恒定律和能量守恒定律可以合到一起，称为质量能量守恒定律。信息是联系的存在。物质的变化是联系的变化，能量的变化也是联系的变化，质量守恒定律和能量守恒定律的统一就源于信息统一律。其实现代科学的最根本的基础就是所谓的“必然联结”的神话。关于这一点，其实《老子》中就有论述。《老子》第21章：“孔德之容，惟道是从。道之为物，惟恍惟惚。物质、能量、信息惚兮恍兮，其中有象；恍兮惚兮，其中有物。窈兮冥兮，其中有精，其精甚真，其中有信。自古及今，其名不去，以阅众甫。吾何知众甫之状，以此。”。这里的关于“信”的理解就是“信息”。灰色系统理论认为：世界是物质的，也是信息的。

纵观工具发展的特点其从一元工具单纯的物质，能量，信息开始，

在人类产生的早期，人类对物质的转化是极其简单的。首先是从低级而又单一的物质几何形状的转化开始，例如把石块打磨成一端尖锐，一端厚钝的石制手斧。猿人用它袭击野兽，削尖木棒，或挖掘植物块根，把它当成一种“万能”的工具使用到中石器时代，石器发展成了镶嵌工具，即在石斧上装上木制或骨制把柄，从而使单一的物质形态的转化发展到两种质性的物质复合型态的转化。工具活动进一步发展到用人工工具对已有工具进行“二步加工”的阶段，制作用途更复杂的工具。对能量的转化首先是对“火”与自身的关系的认识。最初人们对雷电引起的森林或草原的野火十分恐惧，后来学会用火来烧烤猎物，开始熟食。“火”这种自然力通过熟食开始向人体转化，促进了人体和大脑的发育，同时也使人类认识到了火与人类自身的关系。其次，人们学会了用火来御寒、照明、驱赶野兽，使火成为了人类生存和生活的重要手段。人类最初对火的利用，都是从自然界的天然野火中引来的火种，到旧石器时代后期，人类终于掌握了人工取火的方法——敲石取火与钻木取火。人类掌握了把机械能转化为热能的经验和知识，也掌握了通过燃烧利用燃料能源的方法。二元工具应运而生。二元工具不是天然工具活动的简单延伸，即使是改进和完善天然工具的行为，也由于它们出现在天然物被当作工具使用的活动之后，而不像制造工具那样，出现在天然物被当作工具使用之前。二元工具不再是单一的物质、能量、信息这种单元工具，而是体现了它们之间的转化的复合工具：物质——能量、物质——信息、能量——信息。我国的四大发明：造纸术、指南针、火药和胶泥活字印刷术则正是二元工具的核心体现。人们对物质形态和能量的转化过程中所创造的石斧、取火器具、陶器等物质成果和物质手段中，本身就体现着人与自然，人与人之间的关系和信息。既是一种物质实体，又是一种信息的载体。因此，人们在从事物质形态和能量转化的同时，也必然要伴随着信息

的转化。对信息的转化使人类创造了语言和文字语言的交流，造纸术就是其最好的载体。人们在从事物质转化的过程中把共同的需要和共同的感受，以及内化在劳动过程和劳动成果中的人与人、人与自然的相互关系和信息，彼此进行不断的传授和记载。指南针的磁针在地磁场作用下能保持在磁子午线的切线方向上。磁针的北极指向地理的南极，利用这一性能可以辨别方向。火的第一次使人类对材料的加工超出了仅仅改变材料几何形状的范围。开始改变着材料的物理、化学属性。第一次通过一套复杂的工艺过程，创造出一种自然界没有的人工材料。火药的发明意义深远。马克思在《机械、自然力和科学的运用》中写道：“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎，指南针打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术则变成了新教的工具，总的来说变成了科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”

1620年，英国哲学家培根曾在《新工具》一书中提到：“印刷术、火药、指南针这三种发明已经在世界范围内把事物的全部面貌和情况都改变了。”二元工具的产生已经对人类社会的发展起到了无可取代的重要作用。那么在今后的发展中，工具的三元形态又是怎么样呢？那就是“物质——信息——能量”的融合，它既能实现信息调控、又能进行能量驱动、同时还有物理空间的物质运动。是电视？洗衣机？手机？电脑？可穿戴？云计算？物联网？我们可以说它们都是属于三元工具，但这不是最佳答案。物质信息能量高度融合调配的最佳表现载体就是——机器人。它是人类工具发展的最高形态！它可以是贴心可爱的“大白”，帮你解决危难的“机器猫”，也可以是变形金刚里的汽车人！能感知周围的人和事物，能思考、规划和推理，想明白后知道怎么控制“手脚”去完成这个任务。人类赋予机器人与真实生活互动的能力，运用在各项科学实验及太空探测计划上，发掘出令人惊喜

的结果：仿生机器及人造人成为娱乐设施，在侏罗纪公园电影和主题公园中，已达假可乱真的地步。各种不同功能的机器人，将进驻我们的生活，和人类互动。机器人即将改变人类工作场所及生活的形态。它们的速度可以很快，它们可以具有智慧及致命的力量，机器人和仿生机器，正要冲出实验管肮脏、乏味与危险的工作，运算能力的大幅进步加上非传统的机器人脑部设计，为机器人科技带来一大改革，机器人即将改变人类工作场所及生活的状态。

机器人将来必然会深入的融进人类的生产和生活当中。从最简单的低端重复性工作开始，慢慢到高端、重复性的工作，比如厨师、律师、税务专家，慢慢会侵入到知识工作者、创意工作者的领域。未来社会一定是一个人机共存的社会。将来的一天，看见社区里的某个机器却不跟它打招呼，可能会被认为是不礼貌的行为。

历史的车轮永远无法阻挡，信息时代的到来是不可逆转的历史趋势，“物质——信息——能量”为形态的三元工具注定了会在今后的舞台扮演不可或缺的角色。这是历史发展的产物，这也是人类社会发展的需要。

第3章 机器人的成长之路

3.1 机器人初生襁褓

机器人，这个曾经只出现在科幻电影和小说里的高科技产物如今已经变的不再陌生，无论是商用还是家用，机器人在人类世界里扮演的角色和用途越来越广泛，尽管机器人如今还没有成为每个家庭的必备成员，但依照目前的发展势头，这种局面指日可待。未来的机器人究竟什么样？或许现在我们能从全球著名的机器人实验室和机器人公司的研究成果和发展前景窥见一斑。

从用途上来看，机器人可以分为工业机器人和服务机器人，而这

两种机器人类型又可以根据主要功能和服务领域的不同延展出各种分身机器人。我们来看看不同国家地区在机器人领域的发展状况和突出贡献。

3.1.1 欧洲国家的机器人实验室

英国的机器人实验室在机器人方面的研究领域非常广阔，主要方向有模式识别，人工智能，机器视觉，移动机器人导航和具有人际互动特色的仿生机器人。机器人足球、特种救灾机器人、自主机器人、无人机和近期比较热门的 3D 打印技术也逐渐的蓬勃发展起来。根据英国 BBC 电台报道，英国五家著名大学和飞利浦公司、谷歌公司共同合作研发了 RoboEarth，可以被认作是机器人版本的网络平台。通过这个平台，链接到网络的机器人能够分享信息，并且能够和其他机器人进行沟通交流，并且互相学习机器人技能，进而在现实生活中实现强悍的学习能力。RoboEarth 研发团队在近 5 年的研究工作中，将基本的机器人技术同互联网的云计算系统相联接，利用远程数据中心提供的专业化智能服务，可有效实现机器人之间的知识分享，并提供执行各类复杂功能任务的服务。这意味着机器人工业有效清除了机器人商业化应用的主要瓶颈障碍：生产成本，将加速机器人技术在更广泛领域的推广应用。研发团队相关人员称，通过互联网云计算系统提供强大计算、处理、储存需求服务支撑的家庭用云机器人，将在未来扮演重要的角色。预计家庭用云机器人，5 年内可实现如清扫、割草、维修或园艺等所有户外服务，10 年内可实现所有室内辅助功能的“家庭服务”，云机器人承包所有“危险重体力劳动”的工作为期不远。

瑞士引领了欧洲机器人特别是特种机器人的发展，是欧洲机器人研究的重镇。各实验室的研究方向主要是移动机器人、空间机器人。

瑞士最近推出一款微型无人机，它如同巴掌大小，可以折叠，还能够在几秒钟之内“展翅高飞”。这款微型无人机的可便携和“苗条身材”不仅意味着它可以负载更重的物体，还暗示它可能被运用在监视方面。现在正在开发的一种用于清洁太空的特殊卫星 CleanSpaceOne，实际上是一种卫星机器人，造价大约合 1100 万美元，用途是环绕地球飞行过程中清理地球周边的太空碎片并在自身坠毁时一并燃尽，它可以收集火箭碎片、卫星碎片以及历史上人们在太空中乱抛乱丢的垃圾。它对人类及整个宇宙的环境建设具有重要意义。

荷兰各机器人实验室在机器人研究领域主要有三个突出的方向：人机协同、机器人编队以及双足机器人，其中双足机器人的主要特色是驱动形式的多样性，要么是无动力的，要么是采用无动力运动的方式。就像人类行走时腿部利用自己的动力自然摆动一样，这些机器人行走得更加自然，而且将动力自然地融合到步法之中。“火焰”机器人的臀部、膝盖和踝骨中采用了弹性机制，这就意味着每个发动机和相关的关节之间都有一个弹簧，而不是发动机与关节直接相连。实现“机器人走路”是一项最为复杂的研究，虽然早在七十年代科学家就已经制造了可以行走的机器人，但是这些机器人都无法模拟真实的人类行走，只能说是实现了“简单的移动”。与此同时，大量的工业化机器人的制造和产生，都使得机器人的发展受到制约。因此，机器人“火焰”的研制成功，可以说是真正实现了“迈出行走的第一步”。此外，还有人形机器人、医疗护理机器人、跑步机器人等研究成果也给机器人领域带来了丰富多样的扩展。此外，荷兰高校之间的机器人比赛也推动着机器人事业的蓬勃发展，如在代尔夫特理工大学举行机器人足球比赛等。

德国稍晚于日本引进工业机器人，但发展快，基于二战后劳动力短缺和提升制造业工艺技术水平要求，德国工业机器人的发展极为

迅速。德国的机器人实验室主要研究方向为构建“智能工厂”，打造“智能生产”，把物联网及互联网引入制造业。在此战略背景下，德国机器人制造业的重点课题是人与机器、机器与机器之间的交互合作。在未来的“智能工厂”里，通过智能交互传感器，不仅人类可以对下一代工业机器人进行远程管理，而且机器人与机器人之间、机器人与生产零件之间都可以相互“交流”，指挥生产线进行自主生产。

3.1.2 美国的机器人实验室

美国每年对机器人领域的投入和贡献都是巨大的，多年来引领国际机器人的发展方向。拥有近 10 个全球领先的机器人实验室，包括斯坦福大学人工智能实验室、卡耐基梅隆大学机器人研究所、加州伯克利机器人实验室、MIT 机器人实验室等。它们的研究方向主要包括对人工智能的理论和系统的研究，最新计算机科技的研究，自动驾驶车、月球探测步行机器人，单轮陀螺式滚动探测机器人的研究等。力求寻找创新办法，理解和发展使人与机器都能便于理解的推理，感知和行为的人工系统，使系统和设备运行更快，更好，更安全，更方便，更有效地造福人类。其中美国的空间机器人研究世界领先，多种用途广泛的机器人，在全球具有广泛的影响力。它们制造出了专攻乒乓球等各种运动的机器人选手。用机器人复制动物的行为，在动物感官的指导原则下研究如何将它们应用于机器人，从事更广泛的机器人功能的研究，克服很多人机交互和机器人空间意识方面的难题，如机器人辅助外科手术和自动化制造，计算机可视化等。同时，有一种服务机器人能在 10 小时内处理 1000 只果蝇，这种机器人可以让科学家腾出双手和时间对果蝇进行更加仔细的研究；采矿是一项极其复杂的工作，机器人却可以代替人类做危险的工作。另外还有很多“不切实际”概念性产品，如研究仿鱼类行为的氦气飞艇、悬浮于空中的立体影像、会

交谈的计算机、被程序化的乐高积木……到处都弥漫着一股创新活力，跳动着数字时代的脉搏。

3.1.3 日本的机器人实验室

日本的机器人工业高度发达，其制造的产品种类丰富，从大型工业用机器人，到模样娇小可爱，用来陪伴老年人的机器宠物猫，还有一个说起日本机器人，大家脑海中就会立马浮现的人形机器人。日本仿人机器人领域的研究非常前沿，引领了全球人形机器人的发展，经过几十年的努力，日本的机器人实验室取得了辉煌的成就，其中具有代表性的人形机器人包括 P1、P2 和 P3，以及在此基础上改进研发出了更加智能化的双足步行机器人“阿西莫”(ASIMO) ASIMO 具有体型小、质量轻、动作紧凑轻柔的特点。阿西莫身高 120cm，体重 43 公斤，通过它的身体的重力感应器和脚底的触觉传感器把地面的状况送回电脑，电脑则根据路面情况做出判断，进而平衡身体，稳定地前后左右行走。它不仅能走平路，还可以走台阶和倾斜的路。它站立稳定，推不倒，脚底不平也能保持身体的直立姿态，更适合于家庭操作和自然行走。最近日本一机器人实验室研发的机器人外形机器极其逼真，能够完成点头、眨眼等动作，并可以进行简单的交谈。可模仿人类表情的女性替身机器人于 4 月 3 日在大阪市公开展示。这个名叫“GeminoidTMF”的机器人以一位日本年轻女性为原型，坐着时高 140 厘米，重量大约为 30 千克。在 12 个控制器的作用下，她可以同步模仿真人的表情，使机器人具有了更好的视觉、听觉等识别能力，提高了机器人的自主性、智能性。当这些机器人变得普遍得时候，每家每户可能都将拥有一个机器人，它就会巨大的改变我们生活、工作、娱乐、沟通的方式，和互联网一样具有颠覆性。

3.1.4 中国的机器人实验室

国内在机器人学领域的发展和研究也非常广泛，在机器人学基础理论与方法研究方面与国际先进水平同步发展，并在机器人技术前沿探索和示范应用等方面取得一批有重要影响的科研成果，充分显示出解决国家重大科技问题的能力。国内主要面向发展具有感知、思维和动作能力的先进机器人系统，研究机器人学基础理论方法、关键技术、机器人系统集成技术和机器人应用技术。1990年，上海一号机器人用于桑塔纳轿车国产化中的转向摇臂焊接，在桑塔纳国产化进程中首次应用了机器人技术。该项工作得到了外界的高度好评。之后各种仿生机器人、服务机器人、空间机器人等开始投入研究，并且取得了一定的成绩。研究成果层出不穷。如：星球探测机器人实验系统、火灾、地震、石化等灾难辅助搜救机器人系统、高压线路巡检机器人系统、先进水下、水面机器人系统、极地冰雪面移动机器人、无人车技术等博得了人们的一致关注和好评。

国内很多实验室充分重视和发展人工智能基本原理、基本方法的基础与应用基础研究，包括智能信息处理、机器学习、智能控制，以及神经网络理论等，人工智能有关的应用技术与系统集成技术的研究，主要有智能机器人、智能人机交互、声音、图形、图像、文字及语言处理等。为我国经济和社会发展、国家安全和重大科学工程提供所需要的机器人技术与系统，研究机器人学发展可行技术和平台样机系统，培养和汇聚从事机器人学研究的高水平人才，紧密围绕服务机器人智能化、产业化的重大需求，长期、系统、深入地进行研究和开发，努力为您服务机器人系统、人机交互系统、安全监控系统和智能服务系统等新兴产业发展提供原创理论与新颖方法、关键技术和创新应用，推动我国先进机器人技术与系统的可持续发展。而中国的机器人展、深圳的高交会都为机器人先进技术提供了很好的展示和交流的平

台，为机器人发展起到了推波助澜的作用。

台湾各机器人实验室在机器人领域主要致力于发展智慧型机器人系统、机电系统整合技术、人工义肢及生物感测器，并将人工智能和自动化理论与技术运用在日常生活中。研究方向包括智能家庭节能与健康监护、智能机器人、计算机视觉辅助驾驶、人机交互与虚拟现实等，获得了学术界和工业界的充分肯定，并且培养出了许多产学研精英。

3.2 机器人锐意进取

1962年，美国AMF公司制造了世界上第一台实用的示教再现型工业机器人。迄今为止，世界上对于工业机器人的研究、开发及应用已经经历了50多年的历程。机器人终于从实验室走到了工业、农业，走进了企业。日本、美国、法国、德国的工业机器人产品已日趋成熟和完善。随着现代科技的迅速发展，工农业机器人技术已经广泛地应用于各个生产领域。

3.2.1 工业生产中的高效技工

如同“工业”这个名词一般，工业机器人的名字比较“沉重”，不像家用机器人那般具备文学色彩。工业机器人是集机械、电子、控制、计算机、传感器、人工智能等多学科先进技术于一体的现代制造业重要的自动化装备。在制造业中诞生的工业机器人是继动力机、计算机之后出现的，全面延伸人的体力和智力的新一代生产工具。工业机器人的应用是一个国家工业自动化水平的重要标志。常见机器人涉足的工业领域主要包括：焊接，激光加工，装配，搬运。

想象下一个工业品的制造流程，其核心任务自然是焊接或激光加

工。当零部件完成后，需要将零件装配起来，并打包成产品。焊接，激光加工，装配机器人好比是盖房子的三个砌砖工，而搬运机器人就是负责给砌砖工传递材料的帮工。四类机器人协同工作，不可或缺。具体来说，焊接机器人是从事焊接(包括切割与喷涂)的工业机器人。为了适应不同的用途，机器人最后一个轴的机械接口，可接装不同工具或称末端执行器。焊接机器人就是在工业机器人的末端装接焊钳或焊(割)枪的，使之能进行焊接，切割或热喷涂。焊接机器人目前已广泛应用在汽车制造业，尤其在汽车底盘焊接生产中得到了广泛的应用。

激光加工机器人是将机器人技术应用于激光加工中，通过高精度工业机器人实现更加柔性的激光加工作业。该系统通过示教盒进行在线操作，也可通过离线方式进行编程。该系统通过对加工工件的自动检测，产生加工件的模型，继而生成加工曲线，也可以利用 CAD 数据直接加工。可用于工件的激光表面处理、打孔、焊接和模具修复等。

装配机器人是柔性自动化装配系统的核心设备。与一般工业机器人相比，装配机器人具有精度高、柔顺性好、工作范围小、能与其他系统配套使用等特点，主要用于各种电器的制造行业。装配机器人主要用于各种电器制造(如电视机、录音机、洗衣机、电冰箱、吸尘器)、小型电机、汽车及其部件、计算机、玩具、机电产品及其组件的装配等方面。

搬运机器人是可以进行自动化搬运作业的工业机器人。搬运作业是指用一种设备握持工件，是指从一个加工位置移到另一个加工位置。搬运机器人可安装不同的末端执行器以完成各种不同形状和状态的工件搬运工作，大大减轻了人类繁重的体力劳动。目前世界上使用的搬运机器人逾 10 万台，被广泛应用于机床上下料、冲压机自动化生产线、自动装配流水线、码垛搬运、集装箱等的自动搬运。

随着人力成本的攀升，无人工厂正逐步涌现，市场对工业机器人的需求持续升温。目前，工业机器人已广泛应用于汽车及汽车零部件制造业、机械加工行业、电子电气行业、橡胶及塑料工业、食品工业、木材与家具制造业等领域中。在工业生产中，弧焊机器人、点焊机器人、分配机器人、装配机器人、喷漆机器人及搬运机器人等工业机器人都已被大量采用。汽车制造是一个技术和资金高度密集的产业，也是工业机器人应用最广泛的行业，几乎占到整个工业机器人的一半以上。国产机器人在高端领域占有率较低，因此核心技术例如减速器、控制系统及伺服电机的研发需要更大投入。在我国，工业机器人最初也是应用于汽车和工程机械行业中。在汽车生产中工业机器人是一种主要的自动化设备，在整车及零部件生产的弧焊、点焊、喷涂、搬运、涂胶、冲压等工艺中大量使用。从近几年世界机器人推出的产品来看，工业机器人技术正在向智能化、模块化和系统化的方向发展，其发展趋势主要为：结构的模块化和可重构化；控制技术的开放化、PC化和网络化；伺服驱动技术的数字化和分散化；多传感器融合技术的实用化；工作环境设计的优化和作业的柔性化以及系统的网络化和智能化等方面。

第三代工业机器人是一种可融入人类生产、生活环境、与人优势互补、合作互助，进而成为具备可变作业能力的人类助手型机器人。国内企业能否研发“与人共融”的新一代机器人，从而实现对国外企业的弯道超车，我们将拭目以待。

3.2.2 农业生产中的劳作能手

工业机器人促进社会的现代化进程，而农业机器人则是解决温饱问题的得力助手。由春秋战国时期萌芽，封建王朝中得以确立，以刀耕火种、铁犁牛耕为代表的小农经济，现如今，开始被全面机械化生产所代替。除了一些偏远边陲和欠发达地区仍在沿用，在历史长河中

起舞弄影两千年的男耕女织文化则难逃消失陨没的命运。当代人只能从语文课本和乡下去体验田园牧歌的乡野魅力和略带荒蛮的人类文明。如今，放眼广袤无垠的平原，取而代之的则是隆隆作响的机械洪流。然而，这是否就是农业发展的终极形态呢？农业机器人出现后，发展很快，许多国家在农业机器人的研制和发展，出现了多种类型农业机器人。全球人口数量激增，给食品安全带来了巨大挑战。为了满足全球对粮食高产、低价和高质的要求，改善和创新农业技术就变得更为迫切。农业机器人则是最有希望解决上述这些问题的技术之一。

目前许多发达国家正在进行农业机器人的开发研究，部分研究成果已开始农业生产中应用。正如机器人在工业生产上可以降低生产成本和提高产品质量一样，在农业生产中机器人也有同样的作用。虽然我国的自动化起步较晚，在此方面的应用研究以及实例都比较匮乏，但是机器人在农业及工业制造上应用的前景却很广阔。

剑桥大学奶牛场，挤奶工作全部由机器人独立完成，无需任何手工。机器人的作用不仅仅是挤奶，还要在挤奶过程中对奶质进行检测，以确保品质和卫生。挤奶机器人还有一个作用，即自动收集、记录、处理奶牛体质状况，并将其传输到电脑网络上。挤奶机器人的使用，可以提高奶产量 20%~50%。

英国是世界上盛产蘑菇的国家，蘑菇种植业已成为排名第二的园艺作物。据统计，人工每年的蘑菇采摘量为 11 万吨，盈利十分可观。为了提高采摘速度，使人逐步摆脱这一繁重的农活，英国西尔索农机研究所研制出采摘蘑菇机器人。它装有摄像机和视觉图像分析软件，用来鉴别所采摘蘑菇的数量及属于哪个等级，从而决定运作程序。采摘蘑菇机器人在机架上的一架红外线测距仪测定出田间蘑菇的高度之后，真空吸柄就会自动地伸向采摘部位，根据需要弯曲和扭转，将采摘的蘑菇及时投入到紧跟其后的运输机中。它每分钟可采摘 40 个蘑

菇，速度是人工的两倍。

在农业生产中，将各种果实分检归类是一项必不可少的农活，往往需要投入大量的劳动力。英国西尔索农机研究所的研究人员开发出一种结构坚固耐用、操作简便的果实分检机器人，从而使果实的分检实现了自动化。它采用光电图像辨别和提升分检机械组合装置，可以在潮湿和泥泞的环境里干活，它能把大个西红柿和小粒樱桃加以区别，然后分检装运，也能将不同大小的土豆分类，并且不会擦伤果实的外皮。

澳大利亚的发明家创造出一种像牧羊犬的机器人，它能在农场上代替传统的放牧劳力（人或牧羊犬）。它使用 2D 和 3D 感应器，且内置了全球定位系统，能够根据牛群的运动速度来赶着它们移动。牛群被机器人赶着不断绕圈走，有意思吧。目前，这款机器人还处于测试阶段，效果理想。

美国明尼苏达州一家农业机械公司的研究人员推出的机器人别具一格，它会从不同土壤的实际情况出发，适量施肥。它的准确计算合理地减少了施肥的总量，降低了农业成本。由于施肥科学，使地下水水质得以改善。

德国农业专家采用计算机、全球定位系统(GPS)和灵巧的多用途拖拉机综合技术，研制出可准确施用除草剂除草的机器人。首先，由农业工人领着机器人在田间行走。在到达杂草多的地块时，它身上的 GPS 接收器便会显示出确定杂草位置的坐标定位图。农业工人先将这些信息当场按顺序输入便携式计算机，返回场部后再把上述信息数据资料输到拖拉机上的一台计算机里。当他们日后驾驶拖拉机进入田间耕作时，除草机器人便会严密监视行程位置。如果来到杂草区，它的机载杆式喷雾器相应部分立即启动，让化学除草剂准确地喷撒到所需地点。

西班牙科技人员发明的这种机器人由一台装有计算机的拖拉机、一套光学视觉系统和一个机械手组成，能够从桔子的大小、形状和颜色判断出是否成熟，决定可不可以采摘。它工作的速度极快，每分钟摘柑桔 60 个而靠手工只能摘 8 个左右。另外，采摘柑桔机器人通过装有视频器的机械手，能对摘下来的柑桔按大小马上进行分类。

日本国家农业和食品研究发明了一个能够采摘草莓的机器人。该机器人装有一组摄像头，能够精确捕捉草莓的位置，还有配套软件能根据草莓的红色程度来确保机器人采摘的是成熟的草莓。虽然此机器人目前只能采摘草莓，但可以通过修改程序来使机器人采摘其它水果，如葡萄、番茄等。机器人采一个草莓的时间是 9 秒，如果大范围使用并能保持采摘效率，可以节省农民 40%的采摘时间。

目前日本的农业机器人技术居于世界各国之首。在进入 21 世纪以后，新型多功能农业机器人得到日益广泛地应用，智能化机器人也会在广阔的田野上越来越多地代替手工完成各种农活，第二次农业革命将深入发展。

IHS 自动化市场分析师 JayTang 认为，当前中国农产品价格上涨，食品消费量上升，劳动成本激增以及政府不断投入的补贴是农业机械产量增长的主要驱动力。同时，随着汽车制造的持续扩张和自动化应用的广泛推广，中国已经成为全球机器人市场中发展最快的国家，刺激国内生产迅速增长。

我国已研制成功蔬菜嫁接机器人并成功进行了试验性嫁接生产。由中国农业大学研制的蔬菜机器人解决了蔬菜幼苗的柔嫩性、易损性和生长不一致性等难题，可以对蔬菜的砧木和穗木进行自动化嫁接，可广泛用于黄瓜、西瓜、甜瓜等菜苗的嫁接。目前，中国农业大学的科技人员对机器人的机器结构和控制软件进行了改进，提高了机器作业的可靠性及其操作的方便性。蔬菜嫁接机器人的研制成功，为我国

发展温室栽培的蔬菜瓜果嫁接的规模化、产业化提供了一种先进的作业设备。我国还成功地研制出了采摘西红柿机器人。它带有彩色摄像头，能够判断果实的生熟。由于位置误差，它采摘的成功率约为 75%，对于实际需要，这个数字是可以接受的。

东北林业大学研制出林木球果采集机器人。机器人可以在较短的林木球果成熟期大量采摘种子，对森林的生态保护、森林的更新以及森林的可持续发展等方面都具有重要的意义，很好地解决了目前在林区仍主要采用人工上树手持专用工具来采摘林木球果的做法。伐根机器人主要用于收集森林采伐剩余物和培育优质工业用材林。它的应用有望克服我国的森林资源危机，改进我国的森林资源利用。

3.3 机器人崭露头角

当大众还惊讶于最近十年内互联网浪潮、移动终端的迅速普及时，科幻世界里的机器人大军已走出荧屏，正逐步渗透到社会组织的每一个细胞。从家庭到工厂再到战场，形形色色的机器人专注于其擅长的各个领域，并不断给大众带来惊喜。

提到“机器人”，很多人都会自然而然地把它跟“高科技”、“未来”、“现代化”这些词联系在一起。但事实上，造出机器人的想法自古有之，无论中外古籍，均有不少这方面的记载。在成书于春秋战国时期的古籍《列子·汤问》中，就记载了中国古代著名工匠偃师向周穆王进献能歌善舞的机器人偶的故事。到了唐朝，有关机器人偶的记载就更多了。相传，洛州人殷文亮性情豪迈，喜欢饮酒。他曾用木头制作了一个机器女侍者，并给她穿上锦绣服饰，侍候自己和宾客饮酒。而在杭州有一个叫杨务廉的工匠，制作了一个僧人模样的机器人，它手端化缘铜钵，能学和尚化缘，若有人向钵中投钱，还会给施主行礼

答谢，等到钵中钱满，就自动收起钱。在古代西方也有很多关于“造人”的故事。在希腊神话中，火神与匠神赫菲斯托斯就是一个用机械造人的高手。据《荷马史诗》的记载，赫菲斯托斯制造过一种可以独立运作和行动的三足机器人。据说，他还曾奉众神之王宙斯的命令，为克里特国王制作了一个叫“塔罗斯”的巨人机器人。这个机器人事实上是一个机器武士，它的职责是保卫克里特王国不受外敌入侵。它每天都会绕岛三周，用大石头投掷入侵者。不过，后来这个巨人塔罗斯还是被寻找金羊毛的希腊英雄伊阿宋所杀。相比于神话传说，真正设计出有据可考的自驱动、可编程机器人的是文艺复兴时期的艺术与科学大师莱昂纳多·达·芬奇。1495年前后，达·芬奇完成了一幅机器骑士的设计草图，现在的人们常称其为“达·芬奇机器人”。至于当时达·芬奇本人是否真的制造出了这个机器人，如今已经无从考证。不过，现代人根据达·芬奇的设计草图，复原出了这个机器骑士，无非是通过齿轮、转轴、绳索等控制机器人四肢的活动。以上可以看出，机器人古来有之，而且有着形形色色的功能。近十年来，这些存在于古人幻想和现代科幻片记载中的机器人技术早已渗透到了我们生活的方方面面，古人的理想逐渐变成了现实。那么现代社会中的机器人都在干什么？它们在现代社会生活和生产中又都扮演着什么角色呢？让我们从以下两个方面来看看。

3.3.1 家居生活领域

家庭服务机器人是为人类服务的特种机器人，能够代替人完成家庭服务工作的机器人。以前，家庭服务机器人的概念还和普通老百姓的生活相隔甚远，广大消费者还体会不到家庭服务机器人的科技进步给生活带来的便捷。而如今，越来越多的消费者正在使用家庭服务机器人产品，概念不再是概念，而是通过产品让消费者感受到了实实在

在的贴心服务。例如，地面清洁机器人地宝、自动擦窗机器人窗宝、空气净化机器人等已经走进了很多家庭。作为机器人家庭的重要成员，服务机器人起步虽晚但发展迅速。专家指出，未来的机器人将不仅仅局限在繁重的生产加工现场，办公室、家庭、停车场、购物商场、餐厅、酒店、工厂、户外探险、深海采掘等都会有机器人的身影，服务机器人的应用前景十分广阔。家用机器人设计的初衷是用来缓解“家务大战”，将家庭成员从家务中解放出来。回顾下日常的家务吧——扫地，拖地，割草。当然，成了家的“社会人”还得带孩子等等。是不是让人头疼？别担心，看看机器人是怎么代工的吧。

还在为打扫房间烦恼？iRobot 机器人是你的最佳选择：只需轻轻将它放置在屋子中央，然后就可以做你想做的事情去了，iRobot 机器人会为你做一切，从墙角到家具底下，保证都一尘不染！iRobot 机器人可以自动检测房间的布局，并自动规划打扫路径，能吸取房间的灰尘微粒，清扫房间的宠物毛发、瓜子壳和食物残渣等房间垃圾能定时清扫，在主人不在家的时候，iRobot 机器人吸尘器照样可以清扫，iRobot 机器人高 9.2 厘米，可以清扫到床下和沙发下的垃圾。扫完地了，谁来帮忙拖地？Scooba 机器人会将地板弄湿，撒上去污剂，然后擦拭地板并且吸走脏水，之后再用橡胶滚轴来一次最终清洁。大部分家务活可以不用理会，结果也坏不到哪里去。但是，亲自上阵修剪草坪却可以把你害惨。草坪修剪机器人领域的竞争很大，Robomow RS 则是最新推出的一款。你就可以随心所欲地让这款机器剪草坪，并且当电量不足时自动返回充电装置去充电。它是电动的，所以相比于传统割草机，噪音不再是个问题。带孩子也很烦人？美国匹兹堡一家公司 4mons 制造了全自动婴儿车 rockaRoo。它每秒钟可以追踪婴儿的重心和睡姿好几百次，并且能用利用固定在婴儿车底部的活动椅来重复婴儿的摇晃动作。

当空出两只手来，在家里是不是有点无聊？当独自一人在家或年老时独居是否感到深深的孤独？此时此刻，情感类陪伴机器人来了！需要伴侣还是保姆？随你挑！Pepper 是一款比你对象更深情的机器人伴侣。Pepper 被描述为“情感机器人”，她能够通过判断人类的面部表情和语调的方式，“读”出人类情感。当你跟他聊天时，说不定她还会插嘴说一些幽默话哦。我的天！若干年后，估计会有人如此感叹：此生有此伴侣，足矣。Jibo 是家用机器人“保姆”中的佼佼者。作为一名私人助理，Jibo 牢记日历上的重要事件和时间表，及时提醒主人。它分配好每个家庭成员的信息来识别不同人。Jibo 检测行动、声音和微笑来决定最优取片机会。Jibo 还会讲故事，用音效、图形、情感还有恰当的移动参与讨论。

人们倾向于让机器人完成自己做不了或不愿完成的任务，当然最好还能娱乐自己。在未来，大批解放及延伸人类双手的家用机器人即将到来，例如叠衣服机器人，家用监控机器人，擦玻璃机器人等。由于中国市场家用机器人起步晚，目前需求集中在清洁上。随着老龄化趋势发展，老年护理机器人将成为未来服务机器人市场的新星。

机器人时代已拉开序幕，随着技术的发展和数字产品的价格下降，家庭服务机器人必将成为未来数字家庭的主导。家用机器人生产厂商 iRobot 的最高[行政长官](#)科林·安格尔所说：“我认为，完全有理由想象，10 年之后每个家庭都将拥有一台机器人。”

3.3.2 军事应用领域

家用机器人改善了我们的家庭环境，而军用机器人将是保证国泰民安最可靠的守护神。机器人从军虽晚于其他行业，但自 60 年代在印支战场崭露头角以来，日益受到各国军界的重视。作为一支新军，眼下虽然还难有作为，但其巨大的军事潜力，超人的作战效能，预示

着机器人在未来的战争舞台上是一支不可忽视的军事力量。

军用机器人是一种用于军事领域的具有某种仿人功能的自动机。军事机器人是指为了军事目的而研制的自动机器人，在未来战争中，自动机器人士兵以后成为对敌作战的军事行动的绝对主力。军事机器人可以在毒气、冲击波、热辐射等袭击等极为恶劣的环境下继续工作，不会感觉到疼痛，服从命令听从指挥，可以严格地服从命令听从指挥，有利于战事分局和对武力掌控。目前，一些国家正在组建机器人部队，一些军队的机器人已开始执行侦察和监视任务，替代士兵站岗放哨、排雷除爆。军事机器人使用环境主要包括：海、陆、空。而无人艇，“剑”式机器人和无人机则是这些领域的佼佼者。

无人艇可执行搜索监视、水下测绘制图、情报收集、水雷对抗、两栖战、特种战和港口防御等任务。无人艇不仅可充当“水雷杀手”和“水下侦察机”，甚至可直接攻击敌方舰艇。尤其是隐蔽性强的无人艇，更可充当核潜艇和水面舰艇等载人平台的“前出装备”，在扩大载人舰艇作战范围的同时，使其与危险目标保持较远的距离，提升载人舰艇的生存能力。

“剑”式机器人的全称是“观察、侦察与探测特种武器系统”，它是“魔爪”机器人的改进版。“魔爪”机器人因在阿富汗战争和伊拉克战争中承担排除炸弹的任务而名声大噪。而“剑”式机器人的功能明显地又高出一筹。它能够连续不间断向敌方发射数百发枪弹及火箭弹，命中精度极高，对于清剿隐藏在房屋里的武装分子特别有效。操控人员可以从窗户把机器人扔进去，然后利用携带的探测装备对屋内环境进行侦察，一旦发现目标，就可以开枪射击，将敌人击毙。这极大降低了部队人员在城市战中的伤亡率。

无人机应该是一种无人驾驶飞行器，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，在世界市场上销售的无人机有 40 多种。纵观无人机发展的历史，可以说现代战争是无人机发展的动力，高新技术的发展是它不断进步的基础。从大的分类来看，无人机包括无人侦察机、无人攻击机和无人靶机。无人侦察机用于获取敌方的情报；无人攻击机用于攻击对方的一些地面甚至空中目标。无人机当靶机主要用于武器的试验，比如测试地空导弹、空空导弹打击的效果。这是目前无人机应用较多的领域。另外无人机还可以当通讯的中转平台或者作为无人的电子干扰机。与载人飞机相比，它具有体积小、造价低、使用方便、对作战环境要求低、战场生存能力较强等优点，备受世界各国军队的青睐。

有专家预言拥有自主状态的智能武装机器人时代即将到来，这类机器人将包含一个不需人为指令便可以搜索、识别、甚至向目标开火的装置。而未来的“机器陆军”将从战术和战略上为军事领域带来巨大变革。鉴于军用机器人的强大作战能力，机器换人势不可挡。印度总理辛格预测：不久后美国军队将一半是机器人，一半是真正的士兵。法新社进一步预言：未来战争将由冷酷的机器人来打。面对无情的战争机器，普通百姓的出路在哪？机器人设计师戴维·汉森给出了自己的答案：“随着机器人的杀伤能力不断提高，植入同情心可能是我们未来的希望种子。”

请注意，一大拨机器人即将来袭！面对这些长相各异、各具神通的家伙们，我们要做的是调整自己狭隘的世界观，接纳未来社会的新成员。如果觉得军事机器人太遥远，那就好好学习防止工业机器人抢了自己饭碗吧。当然，如果有闲钱，买个家用机器人玩玩已不再遥远。随着机器人技术的日新月异，机器人在现代生活和生产中扮演的角色必将越来越丰富多彩。我们期待我们与各行各业的机器人工友在未来相见，并合作愉快！

第4章 机器人的生存之道

4.1 感知智能：机器人与环境的和谐问题

机器人对环境的感知智能,即移动机器人能够根据自身所携带的传感器对所处周围环境进行环境信息的获取,并提取环境中有效的特征信息加以处理和理解,最终通过建立所在环境的模型来表达所在环境的信息。

移动机器人环境感知技术是实现自主机器人定位、导航的前提,通过对周围的环境进行有效的感知,移动机器人可以更好地进行自主定位、环境探索与自主导航等基本任务的实施。环境感知技术是智能机器人自主行为理论中的重要研究内容,具有十分重要的研究意义。随着传感器技术的发展,传感器在移动机器人中得到了充分的使用,大大提高了智能移动机器人对环境信息的获取能力。

人类和高等动物都具有丰富的感觉器官,能通过视觉、听觉、味觉、触觉、嗅觉来感受外界刺激,获取环境信息。机器人同样可以通过各种传感器来获取周围的环境信息,传感器对机器人有着必不可少的重要作用。传感器技术从根本上决定着机器人环境感知技术的发展。目前主流的机器人传感器包括视觉传感器、听觉传感器、触觉传感器等等,而多传感器信息的融合也决定了机器人对环境信息感知能力。

4.1.1 视觉感知

视觉系统由于获取的信息量更多更丰富,采样周期短,受磁场和传感器相互干扰影响小,质量轻,能耗小,使用方便经济等原因,在很多移动机器人系统中受到青睐。

视觉传感器将景物的光信号转换成电信号。目前,用于获取图

像的视觉传感器主要是数码摄像机。

在视觉传感器中主要有单目、双目与全景摄像机 3 种。

单目摄像机对环境信息的感知能力较弱，获取的只是摄像头正前方小范围内的二维环境信息；

双目摄像机对环境信息的感知能力强于单目摄像机，可以在一定程度上感知三维环境信息，但对距离信息的感知不够准确；

全景摄像机对环境信息感知的能力强，能在 360 度范围内感知二维环境信息，获取的信息量大，更容易表示外部环境状况。

但视觉传感器的缺点是感知距离信息差、很难克服光线变化及阴影带来的干扰并且视觉图像处理需要较长的计算时间，图像处理过程比较复杂，动态性能差，因而很难适应实时性要求高的作业。

4.1.2 听觉感知

听觉是人类和机器人识别周围环境很重要的感知能力，尽管听觉定位精度比是决定为精度低很多，但是听觉有很多其它感官无可比拟的疼醒。听觉定位是全向性的，传感器阵列可以接受空间中的任何方向的声音。机器人依靠听觉可以工作在黑暗环境中或者光线很暗的环境中进行声源定位和语音识别，这是依靠视觉不能实现的。

目前听觉感知还被广泛用于感受和解释在气体（非接触感受）、液体或固体（接触感受）中的声波。声波传感器复杂程度可以从简单的声波存在检测到复杂的声波频率分析，直到对连续自然语言中单独语音和词汇的辨别，无论是在家用机器人还是在工业机器人中，听觉感知都有这广泛的应用。

4.1.3 触觉感知

触觉是机器人获取环境信息的一种仅次于视觉的重要知觉形式，

是机器人实现与环境直接作用的必需媒介。与视觉不同，触觉本身有很强的敏感能力可直接测量对象和环境的多种性质特征。因此触觉不仅仅只是视觉的一种补充。触觉的主要任务是为获取对象与环境信息和为完成某种作业任务而对机器人与对象、环境相互作用时的一系列物理特征量进行检测或感知。机器人触觉与视觉一样基本上是模拟人的感觉，广义的说它包括接触觉、压觉、力觉、滑觉、冷热觉等与接触有关的感觉，狭义的说它是机械手与对象接触面上的力感觉。

机器人触觉能达到的某些功能，虽然其它感觉如视觉也能完成，但具有其它感觉难以替代的特点。与机器人视觉相比，许多功能为触觉独有。即便是识别功能两者具有互补性，触觉融合视觉可为机器人提供可靠而坚固的知觉系统。

4.1.4 环境信息融合

机器人主要通过传感器来感知周围的环境，但是每种传感器都有其局限性，单一传感器只能反映出部分的环境信息。为了提高整个系统的有效性和稳定性，进行多传感器信息融合已经成为一种必然的要求。

婴儿之所以能够学会走步是因为他们能够意识到哪种动作和位置将造成身体不适并学习避免发生这类情况。在斯坦福人工智能实验室，计算机科学教授奥萨玛·卡提布和他的研究小组试图利用这种原理赋予机器人同时并顺利执行多种任务的能力。“如今，具有人类特点的机器人可以行走并挥手示意，但他们不能与环境互动，”卡提布说：“我们正在开发能够用身体接触、推动并移动物体的机器人。”

现阶段研究的移动机器人只具有简单的感知能力，通过传感器收集外界环境信息，并通过简单的映射关系实现机器人的定位和导

航行为。

智能移动机器人不仅应该具有感知环境的能力，而且还应该具有对环境的认知、学习、记忆的能力。未来研究的重点是具有环境认知能力的移动机器人，运用智能算法等先进的手段，通过学习逐步积累知识，使移动机器人能完成更加复杂的任务。

4.2 运动智能：机器人与运动的和谐问题

美国 MIT 著名机器人科学家认为自主机器人导航应该回答三个问题，“Where am I?”，“Where I am going?”，“How should I go there?”，分别描述了机器人定位，规划和控制三个问题，机器人运动规划是解决机器人导航的三个核心问题之一。

运动规划问题作为机器人学核心问题之一，是解决机器人与人类如何共存的根本技术。运动规划主要解决机器人如何在不与物理世界发生意外碰撞的情况下完成指定动作的问题。

对机器人运动规划的研究是 20 世纪 60 年代出现的。1978 年 Lozano-Perez 和 Wesley 首次引入位姿空间(C-空间)的概念构造规划器，对于现代的运动规划问题是一次划时代的革命。在 C-空间中，每一个位姿唯一代表着机器人在物理空间中的位置和姿态，机器人在位姿空间中被抽象为一个点，从而使运动规划问题变成在位姿空间中寻找一条从起始位姿点到目标位姿点的连续路径，大大简化了规划问题的计算。1987 年，J.P.Laumond 将机械系统中的非完整性引入到机器人运动规划中解决自动泊车问题。自此，非完整运动规划成为一个新的研究热点一直延续到今天。

移动机器人路径规划可以当作运动规划的一个简单特例。所谓“路径”是指在位姿空间中机器人位姿的一个特定序列，而不考虑机

机器人位姿的时间因素;而“轨迹”与何时到达路径中的每个部分有关,强调了时间性。机器人运动规划就是对“轨迹”的规划,按照环境建模方式和搜索策略的异同,可将规划方法大致上分为:基于自由空间几何构造的规划,前向图搜索算法,近年兴起的以解决高维姿态空间和复杂环境中运动规划为目的的基于随机采样的运动规划以及其他智能化规划方法。

基于几何构造的规划方法有可视图、切线图、Voronoi 图以及精确(近似)栅格分解等方法。路径规划是搜索的过程。不管何种规划算法,最终都将归结到在某个空间中搜索一条满足某准则的连续路径问题。利用几何构造的手段描述环境的自由空间,一般都会构成图(栅格被当作一类特殊的图),最终完成轨迹的规划需要图搜索这个很重要的步骤。前向图搜索算法是从起始点出发向目标点搜索的算法,常用的包括贪心算法、Dijkstra 算法、A* 算法、D* 算法(Dijkstra 算法的变种)以及人工势场法等等。

上述算法的计算复杂度与机器人自由度成指数关系,不适合于解决高自由度机器人在复杂环境中的规划,而且都不适合于解决带有微分约束的规划。基于随机采样的规划始于 1990 年 Barraquand 和 Latombe 提出的 RPP(randomized potential planner) 规划算法,用于克服人工势场法存在的局部极小和在高维姿态空间中规划时存在的效率问题。1994 年 PRM(probabilistic roadmap) 和 1998 年 RRT(rapidly-exploring random tree) 两种基于随机采样的运动规划方法的出现已经掀起一股对机器人运动规划研究的新热潮。这些算法适合于解决高自由度机器人在复杂环境下的运动规划问题。

路径规划是环境模型和搜索算法相结合的一种技术,规划过程既是搜索的过程,也是推理的过程。人工智能中的很多优化、推理技术也被运用到移动机器人运动规划中来,如遗传算法、模糊推理以及神

神经网络等在移动机器人运动规划中起到很大的作用。遗传算法求解路径规划问题是将路径个体表达为路径中的一系列中途点，并转换为二进制串。首先初始化路径群体，然后进行遗传操作，如选择、交叉、复制、变异。经过若干代的进化以后，停止进化，输出当前最优个体作为路径下一个节点。模糊规划器是利用反射式导航机制，将当前环境障碍信息作为模糊推理机的输入，推理机输出机器人期望的转向角和速度等。神经网络规划器的基本原理是将环境障碍等作为神经网络的输入层信息，经由神经网络并行处理，神经网络输出层输出期望的转向角和速度等，引导机器人避障行驶，直至到达目的地。这些智能化推理方法与基于几何构造的方法类似，随着机器人自由度的增加和环境复杂度增强，都存在效率问题。

一般，好的规划算法通常具有以下特性：合理性、完备性、最优性、实时性、环境变化适应性、满足约束等。然而，无论机器人路径规划属于哪种类别，采用何种规划算法，基本上都要遵循以下步骤：1) 建立环境模型，即将机器人所处的现实世界进行抽象后建立相关的模型；2) 搜索无碰路径，即在某个模型的空间中寻找合乎条件的路径的搜索算法。目前，运动规划问题难点主要有困难区域问题，动态环境问题，实时规划、随时规划问题，最优规划问题，以及比较特殊的覆盖路径规划问题。

移动机器人的运动规划算法是伴随着移动机器人的发展为满足机器人的需要而发展，当今无人地面、水下、空中机器人发展迅速，足球机器人比赛如火如荼，并且机器人正朝着微小型化和多机器人协作方向发展。随着星球探测和无人战争的需要，对机器人的研究也越来越注重于在崎岖地形和存在着运动障碍的复杂环境中自主导航。为了满足移动机器人发展的需要，运动规划正在并且将会向高维自由度机器人、多机器人协调、动态未知环境中的规划发展。基于随机采样

的运动规划方法联合其他运动规划方法的智能化规划方法将是研究的重点和热点。

对通用规划算法的比较可见，对移动机器人运动规划的研究和应用，应着重注意以下几个方面：

1) 自由度较少的机器人在简单环境，如室内、室外平地、平直道路等，或者长程起伏的越野环境中低速导航时，可不必考虑机器人的动力学特征，基于自由空间几何构造和图搜索相配套的算法效率更高，实用性较强，算法在合理性方面的缺陷可通过控制策略弥补。

2) 自由度较少的机器人在复杂环境，比如崎岖的越野地形、复杂的水下环境中，高速导航时，比如军事应用、野外营救等，对导航的实时性要求很高，而且必须考虑机器人的运动动力学特征。

3) 自由度较高的机器人，如火星车、航天飞机等，在复杂环境中自主导航时，对算法的完备性要求相对不高，在规划失败时，可以允许重新规划。为了保证算法的执行效率，确定性算法并不适用，基于随机采样的规划算法解决此类问题的能力更强。但在保证算法效率的前提下，尽可能提高算法的完备性，以实现更加可靠的规划。

4) 应该寻求智能规划器与基于几何构造和随机采样算法相结合的策略，以减少规划算法的参数选择和规划过程的人工干预，并且优化算法使其达到或接近某项指标(如时间、距离、能量消耗等)的最优。

4.3 交互智能：机器人与人类的和谐问题

机器人走进人类日常生活，将人类从或繁重、或危险、或单调的日常劳动中解放出来是人们长期追求的梦想。目前的机器人主要适合于在大型车间等结构化生产环境下从事规范、重复和高精度的操作，难以适应人类的日常生活环境和任务要求。因此，研究机器人与人之

间的行为交互是实现“机器人走进人类日常生活”的关键课题。机器人与人的行为交互应体现自主性、安全性和友好性等几个重要特征。自主性避免机器人对服务对象的过分依赖，可以根据比较抽象的任务要求，结合环境变化自动设计和调整任务序列；安全性是指通过机器人的感知和运动规划能力，保证交互过程中人的安全和机器人自身的安全；友好性则体现了人作为服务对象对机器人系统提出的更高要求，即通过自然的，更接近与人与人之间交流的交流方式来实现人机对话。

2011年6月24日，美国总统奥巴马宣布了一项国家计划，被一些媒体称为“美国制造业振兴计划”。包括四个领域，其中之一是“新一代机器人”，定义为：与人共同工作的机器人。实际上，这个定义来自美国11所大学向美国国会提交的“美国机器人学路线图”。此前，在联合国和国际机器人联盟2002年机器人年报中，机器人被划分为三大类：工业机器人、专业服务机器人和个人服务机器人。两类服务机器人的共同特点是辅助人类工作，这里的“辅助”(assist)体现了“服务”的基本内涵。根据这个分类和定义，服务机器人不限于应用于服务业的机器人，而应用于工业的机器人未必就是工业机器人，分类的关键在于是否辅助人工作，即是否与人互动。可见人机互动(Human-Robot Interaction)是服务机器人的本质特征。“人机互动”与“人机交互”(Human-Computer Interaction)的一个根本区别是，前者不仅包含人机之间的信息交流，还包括物理空间中的行为互动，以及这两种交互的集成。本文从人机互动的观点出发，对相关研究中的若干重点课题加以讨论。

作为一种智能系统，人工智能的一般性挑战也存在于服务机器人之中。同时，服务机器人还存在一些特有的挑战问题。尤其值得注意的是，在很多研究者心目中，人工智能研究中的一些重大问题实际上

是以智能机器人为主要背景的，其中几个重要的挑战性问题如下。

(1) 行动。机器人与其他智能系统的最大区别之一是其行动能力，即在物理世界中执行任务、改变现实世界物理状态的能力。行动的种类包括移动和其他操作（如“端茶倒水”）。根据目前的技术进展（例如美国的“大狗”），机器人移动和其他操作能力有望在短期内满足多种复杂应用的实际需要。然而，物理动作能力不是行动的全部内涵，挑战还来自机器人物理动作所依赖的其他能力，特别是感知和通常所谓决策能力。机器人决策的核心问题之一是规划（planning），即机器人在行动之前自主设计一个行动计划，通过执行该计划以达到用户指定的目标。为了能够进行规划，机器人必须拥有外部世界的内部模型和自身行动的知识描述，以及利用它们的规划器。这就对知识表示和推理提出了很高的要求。在忽略感知的情况下，规划的研究内容与其他领域有很大的重叠。

(2) 场景性。场景性（situatedness）是服务机器人的另一个重要挑战（某些其他系统也在一定程度上涉及），因为服务机器人与其环境和用户的互动不能脱离现实场景。因此，与人协同工作的机器人有时需要自主观察其人类同伴的行为及其后果（所引起的环境改变），特别是当用户不向机器人通报的时候；而非场景性计算机系统对其“环境”的感知完全依靠用户输入，对于用户不通报的环境改变没有自主感知的责任和能力。场景性与行动直接相关，通常默认服务机器人的行动发生在具体的场景中，并依赖于对场景的主动感知。另一方面，场景性对人-机器人之间的信息交流（人机对话）具有重大影响，导致与传统自然语言理解的根本性区别，带来新的发展方向 and 机遇。

(3) 多用性。在人工智能中，general-purpose 通常被翻译并理解为“通用”，而通用智能系统的困难和争论是人所共知的。在智

能服务机器人中，这个概念的实际含义为“多用”，即“非专用”。如果一个机器人只能完成某项特殊的任务，或者为了完成不同的任务需要编写不同的程序（例如工业机器人），则不是“多用的”。典型的个人服务机器人是多用的，不是专用的。多用性的困难远远低于通用性，但仍然是一个挑战。目前，“面向任务的编程”（task-oriented programming）仍是机器人领域最常见的做法，但这种做法很难实现多用性，根本原因在于多用服务机器人的运行一般而言不是“可预测的”，设计者无法预测实际运行中可能出现的一切情况，或者可以忽略非预期情况的出现。

现在，绝大多数面向终端用户的机器人还是纯功能型的。从能够空中运输的无人机到自动吸尘器，绝大多数机器人被设定成为人服务的机器，而没有考虑与人交流的问题。未来五年，机器人与人类交流将成为现实。现在类似苹果 Siri 这样的个人助理应用程序已经使人们习惯用自然语音的方式来交流。随着与 Siri 类似的语音识别软件被机器人行业广泛采用，这些面向消费者的功能机器人将很快具有社会陪伴功能。2015 年已经有很多社会机器人上市。上个月 RoboKind 公司上市了一款“Milo”的机器人，这个机器人可以陪伴有自闭症的儿童，帮他们来适应社会交往。今年 Indiegogo 在众筹网站筹集了超过 220 万美元，来开发一款名为“Jibo”的机器人，一个家庭用的自动帮手。虽然这些项目听起来还有点像科幻小说，但是伴随着物联网的成长，消费类机器人将很快进入到现实生活。全球现在有 250 亿个联网设备，像 Jibo 这样的机器人可以与周围的联网设备进行交互，构筑一种社交场景。更多的设备（当然最好是机器人）加入到网络以后，这些机器将会变得更智能。随着服务机器人提上议事日程，人机互动成为一个重要课题，大型智能服务机器人系统研发条件日趋成熟，为人工智能研究提供了新的机遇和动力。

第 5 章 机器人的发展未来

5.1 未来社会基本特征

5.1.1 人类社会三个阶段

20 世纪下半叶最伟大的思想家之一，社会学大师丹尼尔·贝尔把人类历史划分为三个阶段：前工业社会、工业社会和后工业社会。

前工业社会是以农业生产为主导经济的社会。在西方传统的发展理论中用以代表工业社会之前的社会发展阶段。与工业社会相比，前工业社会中人与自然之间保持有一种顺应的关系，因而人们拥有一个优越的生态环境或生存空间，日常生活中人际交往的人情味浓厚，节奏舒缓的生活使人较少承受心理的紧张和精神的压抑，伦理型的规范对于抑制一般性的越轨行为有着不可替代的效力。前工业社会生产技术发展缓慢，科学尚处于孕育期，科学对技术的促进作用尚未显现。18 世纪以前的几千年，人类社会都处于前工业社会。

工业社会是指以工业生产为主导经济的社会，是继农业社会或传统社会之后的社会发展阶段，有时又称现代社会。工业社会可以分为以轻工业为主的工业社会前期和以重工业为主的工业社会后期。后者在时间上大约是蒸汽机出现之后到 20 世纪 70、80 年代电子信息技术广泛应用之前。工业社会以经济增长为轴心，同经过加工的自然界竞争，机器是资源，企业主是社会的统治人物。工业化社会中，社会大生产以大机器的使用和无生命能源的消耗为核心，占据了社会经济的主导地位，城市数量增加、规模加大，农业人口的比重降低至半数以下。人的思想观念充分更新，竞争意识和时间观念加强，崇尚科学、信服真理、追求变革成为人们基本的行为和价值取向，生产效率较之前全面提高。工业社会是在农业社会长久积累的物质和精神财富的基础之上演变而来的，是对农业社会的超越。然而，工业社会中人与自

然的关系由顺应变化为掠夺，导致了生态环境的恶化。城市化的极度发展压缩了人们的生存空间，高节奏、强竞争的生活加重了人的心理负担和生理不适，人际交往中的事本主义导致了人与人之间的隔膜。

后工业社会是工业社会进一步发展的产物，也是我们正在进入的未来社会。近年来大数据、机器智能的井喷式发展，必将对社会生产发展产生革命性的影响，对社会形态产生全方位的冲击。社会结构会发生根本性的变化，这不是简单地把农业人口变成城市人口，把第一第二产业变成第三产业。随着未来社会科学技术发展，智能化、网络化、数据化会成为未来社会的三大特征。人类将克服工业社会带来的诸多弊端，不再是仅仅去追求安全感，追求物质财富，而是真正去追求幸福，寻找存在的意义感。未来社会，社会的物质财富会更加丰裕，价值会更加多元，选择会更加多样。企业要想在竞争激烈的市场上取胜，更加依赖于产品和服务的新颖性和创新性。未来社会，成功的定义不再是“官有多大”、“钱有多少”，而是“人有多趣”。机器人将走进千家万户，进入各行各业成为人类最有利的工具和最好的朋友，未来社会将会是一个人机共存的社会。

5.1.2 未来社会特征

未来社会将是一个智能化社会，现在看似不可思议的事情，未来将随处可见。

特殊行业，机器人将代替人类完成危险的工作。机器人有自己的智慧，可以解决大部分困难而不需要人类亲自现场指挥。2011年日本地震，福岛核电站泄漏事件中，机器人就曾被尝试派出到高危环境中进行作业。虽然这次行动最终以失败告终，但毋庸置疑未来的机器人将更加智能，足以胜任这些工作。

工业领域，工业机器人已经出现在工厂车间，并且迅速壮大。例

如从事焊接作业的焊接机器人，目前已广泛应用在汽车制造业。激光加工机器人是将机器人技术应用于激光加工中，通过高精度工业机器人实现更加柔性的激光加工作业。装配机器人是柔性自动化装配系统的核心设备。搬运机器人是可以进行自动化搬运作业的工业机器人。未来工业机器人将更大程度代替蓝领工人生产第一线的工作，人类将会被更大程度解放出来，从事自己更感兴趣的事业。

家庭中，家庭机器人将帮助人们完成琐碎又重复的家庭劳动，例如扫地做饭，帮助看护老人小孩等。现在的扫地机器人已经开始进入千家万户，未来的家庭机器人将更加耳聪目明，智能化程度更高。

军事领域，美国的轻型地面机器人已经具备一定作战能力。美国五角大楼的专家称，轻型地面机器人能够避免更多士兵的牺牲，已经成为部队不可或缺的组成部分。轻型地面机器人装备在反恐战争中能发挥重要作用，其代替士兵执行高危任务以降低部队伤亡的做法，已经从最初的部队未来作战需求转变为一种现实的作战需求。未来社会，更加智能的军事机器人将逐步实现了精确化、高灵敏度、多用途和轻量化，向着智能化、全天候、网络化和协同作战方向迈进。

正如格灵深瞳 CTO 赵勇所说，智能时代的技术是必须发展的，目前人工智能正在经历春天，两到十年后或将进入收获的季节。生活在现代社会的任何一个人，都不会阻止这种发展的进度。万事万物被数据化的趋势在加速，且势不可挡，而孤立的片面的数据也越来越以快的速度被联系起来，而面对这种发展，我们不能捕风捉影的认为他有危害就去阻止。智能化将是未来社会最重要的特征。人机共存的社会，不仅有男人、女人还有机器人，智能化的机器人将成为人类未来社会区别于当前的最突出的标准。

5.2 脑力劳动与体力劳动的彻底解放

无论是前工业社会、工业社会、后工业社会，还是智慧化社会，劳动依旧是人类社会历史的起点。劳动，这个最基本的社会实践，孕育着社会发展的一切萌芽。人类的发展史告诉我们，每一次科学技术革命，都不同程度地解放了人类的体力劳动，亦或是脑力劳动，从而引起了生产方式、生活方式和思维方式的深刻变化和社会的巨大进步。

人类脑力之所以发达，直立行走起到了重要的作用。当人类的双手被解放出来，当大脑和双手之间发生了奇妙的互动，当脑力劳动占据更主导的地位，人类开始学习制作工具，学习思考创造更巧妙地工具。慢慢的，人类也懂得使用畜力，水力，和大自然的风力，使得很多的体力劳动无需人类参与，这样人类的劳动力又得到了部分解放。蒸气机的使用，内燃机的使用，大大提高了劳动生产效率，把许多人从土地上解放出来，使人们的劳动方式和生活方式发生了翻天覆地的变化。同时也激发了人类征服世界的热情，开阔了人类的视野，放飞了人类的思维。电气时代的到来，又一次彻底改变了人们的生活方式，促进了人与人的交流，加速了信息的传递和更新，群体的智能在人类社会的发展中被提到了更高的层次。人们开始在各个领域充分利用这些能量工具，也由于这些能源使用的方便性，人们在更多领域实现更加复杂的机械自动化，体力劳动被更大程度的解放。

随着信息时代的到来，信息工具走入了人们的生活，开始渐渐解放人类的脑力劳动。以计算机为代表的信息工具所引发的社会信息化，正在迅速改变着社会的面貌、经济增长方式和人们的生活、思维方式，对社会生产和生活各个方面影响是巨大的。人类企图用电脑让人脑彻底悠闲起来，将更多的工作交给电脑，于是，各种不同领域的软件程序得到了广泛的开发和应用。财务软件、管理软件等所有属于

程序化和机械化的脑力劳动都可以借助于电脑软件来进行。不但如此,即使在物质生产领域,电脑也通过工业自动化的形式被广泛运用。很多传统的工业生产车间,只要开动按钮便会自动运行起来,而工人们只需帮着这种自动化的生产线打打下手。这种被替代的解放将通过客观的力量逼迫人脑不得不从事那些无法被代替的工作,诸如思考和策划,艺术、文学或哲学的创作、电视电影等文化产品的生产。而这些才是人类自由的脑力劳动,也是人类展示自身智慧的用武之地。现如今,各种各样的计算、统计、自动处理等都只是处在这个低智能的阶段。他们在一定程度上解放了人类的脑力劳动,但他们有一个共同特点是一一没有创造性。他们的自动处理过程,都是人类为他们编制好的,大部分是没有自主性思维的。而没有自主性的思维,使它们没有办法像人类一样完成复杂的分析和感知。

纵观社会的进步与劳动的发展,我们不难看出:第一次工业革命和第二次工业革命分别以蒸汽机和电气化为标志,让人类从繁重的体力劳动解放,带来了生产效率的极大提高;第三次工业革命以信息化为标志,计算机技术的应用,让人类的脑力劳动初步解放,进一步带来了生产效率的飞跃。然而,未来的社会将向着怎样的方向进步,劳动又将如何发展呢?

未来社会是“人机共存”的智能社会,机器人将彻底解放人类的体力劳动和脑力劳动!

我们将看到一场随人工智能而来的产业巨变,把信息技术和先进机器人技术融合所产生的智能机器人系统横空出世。这样的创新,将会产生完全自动驾驶的汽车,完全无人管理的工厂,机器人服务的餐厅和更不可思议的家用机器人等等。这是一场使机器智能化和社会化的工业革命,将传统的、非智能化的、无网络连接功能的机器连接成网,逐渐形成自生产、自管理、自优化的智能系统。换句话说,机器

人系统彻底解放了人类的体力劳动和脑力劳动，机器人将成为社会的一部分。下一场工业革命就是机器的信息革命，也就是人工智能机器人的革命。“机器人革命”并不是一场独立的革命，而是以数字化、智能化、网络化为特征的第三次工业革命的有机组成部分。因此，“机器人革命”推动了机器对人的体力劳动和脑力劳动的终极替代。

尽管人们现在还没有完全突破人机互联的伦理，但硅谷的精神教父凯文·凯利早在 94 年出版的《失控》一书中就谈到他所预见的新世界的发展方向：“由于我们自己创造的这个世界变得过于复杂，我们不得不求助于自然世界以了解它的方法。这也就意味着，要想保证一切正常运转，我们最终制造出来的环境越机械化，可能越需要生物化。我们的未来是技术性的，但这并不意味着未来的世界一定会是灰色冰冷的钢铁世界。相反，我们的技术所引导的未来，朝向的正是一种新生物文明。”新生物文明，就是机械将生物化。更通俗地说，机器人将拥有人类的智能，更多的代替人类的脑力劳动，从而彻底解放人类的生活。

当机器人使得人类不需要面对很多繁杂工作的时候，人类开始仰望星空，思考更多的东西。人类不再为生活琐碎忙碌，为填饱肚子疲惫奔波。人类需要的是更高级的大脑，需要的是创意和思考。或许，未来的实验室和虚拟世界会代替现实的社区成为新人类最常待着的地方。资本社会的金钱将被强大惊人的生产力弱化。虚拟社会将人类的一切欲望变得可以满足，只有无穷的宇宙未知勾起的人类求知欲，而变成时代的主题曲。

未来无可预见，智能技术的发展终将给我们答案，但可以确定的是，“人机共存”必将成人类社会结构的新常态。那么未来的机器人又将朝着怎样的方向发展呢？我们拭目以待！

5.3 关于机器人发展的 10 大困惑

5.3.1 机器人可以有情感吗？

随着科技的进步，云计算和人工智能让机器人做出更加类人的行为。随着一批高替代性的“情感机器人”面世，似乎人类在瞬间被带进了机器人 3.0 时代。挪威的养老院里，酷似海豹的机器人“帕罗”能够对人类的抚摸做出亲切的回应，让不愿与任何人开口说话的老年痴呆症患者说“你好”；英国科学家甚至预测，到 2050 年，人类就可能和根据需求定制的情感机器人“结婚”。

机器人永远不会有感情？神经学家朱利奥·托诺尼提出意识是信息以一种无法分解的方式整合到大脑过程中出现的现象。爱尔兰国立大学的菲尔·马圭尔认为信息能从意识系统中以泄露的方式暗示，意识是不可计算的。也就是说，人造的机器是永远不具有意识以及感觉的，人类意识中存在一些特定的我们尚不知晓的方面。

我们相信机器人会产生感情。现实生活中，人工智能在学习能力方面不断进化，而对人工智能和情感的研究最终将不可避免地导致有感觉机器的出现。著名未来学家、谷歌公司技术总监雷·库兹韦尔曾经预测，到 2029 年将会出现有感觉能力的机器人，他认为计算机的情绪智能在其整个发展过程中具有重要的地位。一旦机器人理解自然语言，它们就能被认为是有意识的。

我们应该思考自己是否真的想让机器人拥有情感？心理学教授克雷格·史密斯认为：“我们并不希望机器人拥有情感；我们只是希望它们能够察觉我们的感情。”而机器人公司和社交机器人的支持者们则表示反对，他们认为感情让机器人更加敏锐，能更好地为人类服务，给人类带来快乐。然而，科幻作品告诉我们，大多数试图推翻人类的机器人都拥有感情和自由的意志，在电影《觉醒前夜》中，主角凯莱布由于赢得了公司的一项大奖而被邀请到老板的别墅去参加一场图

灵测试。这项测试以机器人的交谈水平来衡量其是否具备智力，但其实话语能力是不能等同于智力的。不过，这部电影并不旨在揭示图灵测试的局限性，而是想要告诉我们，世上没有能够衡量情感的图灵测试。一旦机器人足够先进，我们就几乎无法区分它们是具备真情实感，还是只是带着一层情感的面具。

阿西莫夫的机器人定律存在的问题正是它们排除了自由意志。想象一下如果某一天你走向一台电脑，向它说：“我要关机”，电脑回答说：“我不想你关机”，如果你相信这不单单是个自动声明，而是电脑有了一些内在情感生活，在那时，你就遭遇伦理问题了。如果你有了一台有感情的机器，你将不得不开始赋予它很多我们现在称之为人权的东西了。我们愿意承担这一风险来研发拥有真情实感的机器人吗？由于情感与意志的赋予，机器人与人之间的界线就会越来越模糊，机器人具有了“人性”，我们的情感世界也将不再是仅由男人与女人的关系构成，而将成了“男人——女人——机器人”的未来社会情感空间结构，我们的社会的伦理观念也会随之变迁。在未来，如何看待和处理人与机器人以及机器人之间的“亲情”、“友情”与“爱情”？这成了我们需要深思的问题。

5.3.2 机器人需要伦理道德吗？

2015年5月，在美国布鲁金斯学会的一个无人驾驶汽车研讨会上，专家讨论了在危急时刻无人驾驶汽车应当怎样做。如果汽车为了保护自己的乘客而急刹车，但造成后方车辆追尾应如何？或当车辆为了躲避儿童进行急转，但撞到旁边其他人怎么办？

伦理是社会形成的并且为社会所共同遵守的道德和行为规范。研究人员越来越意识到，社会对此类机器的接受程度将取决于它们是否安全，能否遵守社会准则和鼓励彼此间的信任。“我们需要取得人工

智能在伦理方面的成功。”加拿大温莎大学哲学家 **Marcello Guarini** 说。

而在未来的机器人社会中，机器人将会应用范围上更加广泛，在与人类的关系上更加亲密。如何构建一个和谐的人机共存社会？在人机共存的社会中，伦理道德的构建至关重要。不仅科学家要提高自己的道德素质和责任感，把握人工智能技术的正确发展方向。而且，对于越来越智能化的机器人，人们需要制定相应的规则来管理它们，同时为了规范自主机器人的发展和应用，人们需要更加详实的机器人伦理学指导原则。要让机器人融入更多的哲学思考，要与整个生态文明的发展相一致。即机器人不仅具备针对某个问题的高智能，而且要对其行为本身进行道德伦理的规范和约束，使其不挥威胁到人类以至整个生态环境的文明。

5.3.3 机器人需要人类的尊重与保护吗？

最近，谷歌公布了一段关于其正在研究的四足机器人的演示视频。视频中的机器人们可以凭借自身强大的机动能力在丘陵与楼梯这样的复杂环境下自由穿行。一位谷歌的工程师在视频中尝试用脚去攻击这台机器人，令人惊讶的是，机器人在摇摆几下之后，迅速地移动四肢做出调整，重新稳定了下来。这个场景并不让我们感到意外，我们看到过很多类似的技术，比如悬停的无人机在遭到干预后又重新飞回了原位。看似不可思议的技术背后，往往是复杂精巧的平衡算法在起作用。这条被踹了一脚的机器狗，在我们看来仅仅是一堆元器件的组合，我们并不会对其产生同情，或者觉得应该去保护它免受伤害。

但是令人感到困惑的是，谷歌在视频的最后加上了这样一句话“**No robots were harmed in the making of this video**”。熟悉美剧或者好莱坞大片的应该不难回忆起这项声明的原文是“**No Animals Were Harmed in the Making of This Film**”，意为没有动物在此次影片的拍摄

过程中受到伤害。这是美国动物保护组织“美国人道协会”在确认影片拍摄过程中没有动物受到伤害后，给予片方的“准许上映许可”。很明显，谷歌将自家的机器人当作动物来对待了。

也许在不久的将来，保护机器人的议题也会出现在我们日常讨论之中。到那时，估计《机器之心》、《我，机器人》这样的充满机器人残肢断臂的电影也会被禁止上映。

机器人的普及将给我们带来一个难题，如何与机器人相处？当作普通机器使用固然可以，但我们心理上真的可以将与我们（或者其他动物）高度相似的机器人仅仅当作工具来使用么？在日常生活中，是否会出现虐待、打骂机器人的行为？类似的暴力行为是否会对孩子造成不良的影响？服务型机器人、宠物型机器人等如果遭受了人类的虐待，被服务的对象施以暴力，是否可以选择自卫与反抗？这些问题都需要机器人伦理学家来进行研究与探讨。

5.3.4 “机器吃人”的社会终将到来？

机器人会抢走我的工作吗？是的，机器人最终会抢走你的工作。近期出现了许多机器人开始服务人类，甚至是取代人类的案例。美联社将撰写工作外包给北卡罗莱纳州的高科技公司 **Automated Insights**，它使用的算法将原始数据转换成故事，整个新闻创作流程基本实现了自动化看起来像人类的书面语言；**Narrative Science** 公司的智能写作产品已经被商业杂志《福布斯》用于基本财经报道的写作；位于麻州剑桥的 **Kensho** 旨在将金融工程师现有的工作自动化，该平台可以快速、大量的进行各种数据处理分析工作并且能够实时的回答投资者所提出的复杂的金融问题，从而危及到金融分析师的工作；一家法国企业 **Yseop** 使用自然语言处理软件来描述查询需求，搜遍所有数据来寻找答案，然后 1 秒钟就可以用英语、西班牙语、法语或德语写

出 3000 页的答案；Skype 推出了实时翻译功能，可以让你不需要再配备一名外语翻译；IBM 大名鼎鼎的智能计算机沃森更是应用在了医疗健康、药物分析和金融等领域，在很大程度上取代了人类的部分工作。

“机器吃人”是逃跑还是前进？这些案例说明目前的人工智能技术已经发展到可以使机器来代替我们完成某些工作及做出某些决策的阶段了。机器人正在逐渐接管我们的工作，隐藏在背后的其实是人工智能技术的持续发展和越发成熟。在人工智能技术的发展历程中，不断地出现一些新的工具，这些工具其实是人工智能技术的结晶，被人类创造出来，并被用于服务人类自身。对于整个人工智能行业来说，这将出现一个良性循环——我们创造出工具、工具提高生产效率、我们被解放出来、我们开发出更多更好的工具。或许，到时候，大量的产业工人、文秘人员、医生、服务员将升级转型成为工业机器人和服务机器人的创造者、管理者或者使用者。

机器之所以能够如此明目张胆的夺走人类的工作，原因就在于它提高了我们的工作效率，增强我们自身的认知能力，更多的将人类解放出来，对效率、自身能力和自由的追求便是我们持续寻求技术变革的不竭动力。从工业革命到信息革命，再到目前的人工智能，都是如此。因此，人工智能的出现和发展不是要颠覆人类，而是帮助我们提高效率，使我们更自由。

5.3.5 在不久的将来，机器人真的会伤害人类吗？

前不久，特斯拉 CEO 马斯克放出狠话，他说机器人有可能会自主地屠杀人类，“如果机器人能做一些像删除垃圾邮件一样的事情，它也可能认为，删除垃圾邮件最好的方式就是灭掉人类，这种高度危险的事情，将会在未来 5 年内发生发生，最晚 10 年，而且我真得不

是在胡说八道”，这段话引发了热烈讨论，并迅速扩展到中国，或许是为了避免引发恐慌，Edge.org 网站删除了这段言论。

工业机器人帮助人类从繁重的劳动中解脱出来，家用机器人提升人类幸福感，但这远不是机器人应用的全部范围，毕竟，自然人的天性都是懒惰、自私和贪婪的，这些该死的弱点制约着人类，从而引发接连不断的战争，这种战争是一种广义上的冲突，而正是在处理这种冲突时，在人工智能高度发达的社会，机器人无疑会再度走向台前，屠杀人类只是他们其中工作项目之一。从这个角度看，战争机器人将无疑对人类的生存造成极大的威胁，如果人类不能很好地控制机器人，那么机器人伤害人类的事情终将会发生。

因此，这种担心不是没有理由的，但也并没有那么悲观。

机器人的发展，总要伴随着材料科学和人工智能的进步。与其说马斯克担心机器人会屠杀人类，倒不如是说，他担心的是人工智能。无独有偶，著名物理学家霍金也表达了相似的看法，这位把“时间”都能研究明白的伟大人类，毫不避讳的预言：高度智能化的机器人会自己动起来，能以前所未有的超快速度重新设计自己。人类，就要受到缓慢的生物进化的限制，根本没有竞争力，会被超越的。”这种耸人听闻的言论，逻辑上自然没有什么问题，这种现象需要漫长的进化。

显然，目前机器人还要受自然人控制，他们想要自己编写程式，自己学习、自己生育、自己生产、自己杀人，需要生物特征数据库的整合以及机器人行为规范系统的建制，看上去是一个很漫长的过程。

5.3.6 人工智能的发展将会受到管制？

斯蒂芬霍金教授的关于发展人工智能将会导致“人类灭绝”的言论备受舆论关注。当然很多技术专家认为霍金的言论不过是杞人忧天，但是事实上，霍金并非唯一担心人工智能的人。包括比尔盖茨、

亿隆马斯克等科技大牛在内的人都同意霍金的看法，认为人工智能或许是人类“目前遇到的最大的威胁”。这些科学家或人工智能从业者的担心不是凭空而出的，人工智能技术的发展非常迅猛，它是一把双刃剑，既能为人类所用，也能对人类造成伤害，如果不加以管制，后果不堪设想。因此才会有越来越多的技术专家呼吁要对发展人工智能进行管制。

最近谷歌秘密人工智能项目“深心 (Deep Mind)”的创始人 Demis Hassabis 与许多研究者和业界专家在起草一个名为“人工智能大宪章”的文件，谷歌的一位发言人表示，这份文件提醒人类注意在人工智能研究中的道德准则，以确保霍金担心的事情不会发生。

虽然我们不知道对于人工智能的管制将采用哪种方式——是政府监管还是行业自律，但是未来五年，人工智能的发展将值得关注。

5.3.7 机器人杀人事件，人机协作是大势所趋？

《金融时报》报道称，德国大众汽车制造厂中一个机器人杀死了一名人类工作人员。当时这名 21 岁的工人正在安装和调制机器人，后者突然“出手”击中工人的胸部，并将其碾压在金属板上。这名工人当场死亡。调查人员正对此次事件进行调查，但有网民已经在互联网上宣称，这是首起“机器人杀人案”。大众汽车公司发言人称，这不是与人类并肩共同劳动的机器人，当时它被放在安全笼中，这名不幸遇难的工作人员当时恰好在笼子中对其进行调试。

协作型机器人与发展许久的工业机器人相比，除了有近似的运转速度和精确度以外，还拥有一些传统工业机器人所没有的优势，例如轻巧、安全、价格低、灵活性高、友善的操作接口，和人机协作等特色，不仅使大型企业的生产流程更上一层楼，也为原本却步于自动化生产的中小型企业开启新的契机。

协作型机器人的轻巧性简化其安装过程，也增添更多移动的弹性，对于空间的需求也大幅降低，为企业减少许多安装或是厂房的成本，尤其是像拥有较低资金的中小型企业，无法支付大型厂房来设置自动化生产设备，此时协作型机器人就展现极佳的优势。为能与人类共同参与生产，协作型机器人拥有更严谨的安全标准。在经过完整的风险安全评估后，协作型机器人可在无护栏的情况下与员工近距离作业，就如同员工额外的手，帮助他们进行较为危险、重复性高的制程，如搬移重物。高安全标准不只让员工在工作时远离危险，也为企业减少需要安全护栏的额外空间成本。

那么，在机器人漫长进化历程的起步阶段，人机协作是否成为现如今我们的最佳选择，更是工业转型期的大势所趋？

5.3.8 社会交互方式将会取代功能型？

现在，绝大多数面向终端用户的机器人还是纯功能型的。从能够空中运输的无人机到自动吸尘器，绝大多数机器人被设定成为人服务的机器，而没有考虑与人交流的问题。

未来，机器人与人类交流将成为现实。随着与 Siri 类似的语音识别软件被机器人行业广泛采用，这些面向消费者的功能机器人将很快具有社会交互功能。2015 年已经有很多社会机器人上市。Robo Kind 公司上市了一款“Milo”的机器人，这个机器人可以陪伴有自闭症的儿童，帮他们来适应社会交往；Indiegogo 在众筹网站筹集了超过 220 万美元，来开发一款名为“Jibo”的机器人，一个家庭用的自动帮手。

如今，全球有 250 亿个联网设备，像 Jibo 这样的机器人可以与周围的联网设备进行交互，构筑一种社交场景。如果更多的设备(当然最好是机器人)加入到网络以后，这些机器将会变得更智能，人类的生活将会变得更便捷。

5.3.9 半机器人时代来临？

人类和人工智能的关系，要么亲密如友，要么暴力如仇，除此以外，还有没有另外一种方式的关系存在于人类和智能机器人之间呢？乐观的理性派认为人类终将和机器人和谐共处。悲观的理性派则认为人类必然会毁于自己创造的智能之手。

随着越来越仿真的智能机器人的研发问世、各种机械骨骼等科学幻想的实现，“人与机器人的未来”越发成为畅想和议论的焦点——如果变成了半机器人，人类的未来会怎样？

等我穿上机械臂。《复联 2》里的超级英雄钢铁侠，拥有灵活组装的机械铠甲，配以强大的能源辅助，让脆弱的人类也可以和超级英雄们一样飞天遁地拯救世界。德国 DEKA 公司已推出了名为“卢克手臂”的仿生假肢，能够让佩戴者同时做出多重运动。

现实生活中，类似的机械外骨骼已在战场、帮助残障人士和高危工作等方面发挥起作用。NASA 和佛罗里达州人机认知机器研究机构（IHMC）共同研发 X1 外骨骼系统，宇航员可以通过该装置在腿部关节设置的阻力，在失重环境中进行锻炼，防止骨骼和肌肉受损。这款装置还有测量、记录数据信息并将其传送回地球的功能，地球的工作人员能更好地掌握宇航员们的身体活动情况。

美国未来学家雷·库兹韦尔说未来世界不会出现人工智能由一个统一的“大脑”控制情况。在未来的半机器人时代，人工大脑最可能的用途可能在于，人类可以将自己的思维与人工智能融合，换一种方式说，人类可以将自己的思维寄身于人工智能之中，将自己的意识和各种人工智能设备连接在一起，从某种意义上来说，这就是我们常常说的人机一体。比起创造出一个完全智慧的人工智能，将自己的智慧转入电子世界，融合成半电子生命体也许是更好的出路？虽然关于未

来还有太多猜测，但似乎有一点可以肯定：人类要和机械科技捆绑生长与生存。未来人类可能需要与计算机融合，以变成超级聪明的“半机器人”。或许，我们可以期待“半机器人时代到来”。

5.3.10 脑波交互：人机交互的终极方向？

在印度影片《我的个神啊》中，我们看到 P.K 所在的外星球已经不再是通过语言进行交流，而是直接通过脑波交互读取思维，由此更加准确而深度地解读到“人”们内心深处的真正想法。

伴随着可穿戴设备的发展，《我的个神啊》中以外星人为载体，基于脑波交互的思维交流方式或许将不再是科幻。而且，心智模型的构建让脑波交互成为可能。所谓心智模型，是人类对思维的高级建构，即个体为了要了解 and 解释他们的经验，所建构的知识结构。一个人若拥有完整而健全的心智模型，那么，他便能对事物的发展做出更准确的预测。而将心智模型植入机器系统，将成为人工智能的一个基础载体。依托于数据和平台，搭载了心智模型的机器设备，将使人类和机器之间的交互行为更趋“智能化”和“人性化”，甚至还将更趋近于人人交互的自然性。大数据和云计算在推动人机交互技术发展的过程中，也将发挥越来越大的作用。依托于数据和平台，搭载了心智模型的机器设备，将使人类和机器之间的交互行为更趋“智能化”和“人性化”，甚至还将更趋近于人机交互的自然性。这样在大数据和云计算的助推下，人机交互技术实现脑波交互将成为可能。

5.4 机器人对人类社会的十大影响

随着机器人智能化程度的不断提高，机器人的自主权也越来越大，机器人在人类带来便利的同时，也引起了人类的担忧。

5.4.1 劳务就业

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。例如，用工业机器人代替工人从事焊接、喷漆、搬运、装配和加工作业，用服务机器人从事医护、保姆、娱乐、文秘、清扫和消防等工作，用探索机器人替代宇航员和潜水员进行太空和深海勘探和救援。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，这种无工人参与的机器人作业方式，如果真的全面普及，掀起新的工业革命，我们还需要考虑另一个问题，那就是经济结构，甚至政治结构的转型。美国国家广播电台前几天有个节目介绍说，机器人、三维打印、数控机床等技术，让美国的制造业正在逐渐搬回美国本土。我们都知道，廉价的人工劳动力，一直是我国对外贸易的一个重要支柱，一旦机器人技术普及，这种经济结构必然面临一次巨大的转变。在这个转变的过程中，我们要付出的代价可能会很大。如何在改变发生之前未雨绸缪，抢先完成结构转型，是我们需要思考的一个重要的问题。

对这个问题应有正确的认识。机器人所从事的这些劳动，无论是体力劳动或脑力劳动，一般都是处于比较恶劣和危险的环境，如高温、粉尘、繁琐、易爆或高空、太空和水下等，对人体健康有害，不适人类去做。以往由人类从事这些劳动是以牺牲人的健康为代价的。随着科学技术的进步、生活质量的提高和环保意识的增强，人类迫切期望能从这些中劳动中解放出来。用机器人代替人类进行这类劳动是人类文明发展的必然结果。难道谁还甘愿让自己或子孙后代从事这类危险或有害健康的劳动吗？

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，向生产和服务的广度和深度进军；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做出贡献。

5.4.2 社会结构

人们希望机器人能够代替人类从事各种劳动，为人类服务，但又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。人们在期待中含有几分不安。

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。

某些智能机器人已具有适应环境的能力，甚至具有部分学习功能。但多数机器人还称不上有智能。机器人还不具备抽象思维能力，也不大可能会具有人类那种感情。机器人对所有的服务对象都是平等的。例如，餐馆服务员机器人，她不会因为顾客是熟人或重要人物而特别周到地招待，也不会因为你是陌生人或普通老百姓而麻木不仁，冷眼相待。机器人不会搞不正之风，既不会以权谋私，也不懂得开后门；机器人不会偷懒，也不会发脾气，他们总是任劳任怨和不知疲倦地为人类服务。

5.4.3 社会关系

机器人的行为效应（如违法犯罪后果、社会与经济收益等）应该由谁来承担，是研制者、制造者、控制者还是所有者？机器人如果杀

了人，应该如何处理？是全部拆卸或分解，还是重新调整程序？如果机器人被人所“杀”，人应该如何承担法律和经济责任？一方面应该如何使机器人“遵纪守法”，另一方面应该如何维护机器人的“合法权益”？机器人是否具有继承权？人与机器人、机器人与机器人之间的经济与法律纠纷应该如何处理？机器人是否具有选择权和被选举权，是否可以“竞选”市长？

5.4.4 伦理观念

这是一个更加遥远的问题，值得我们考虑。当机器人的智能达到一定程度，会不会产生自我意识？会不会因为自身的损坏而感到痛苦？故意损害机器人是不是构成虐待劳工？这些现在看起来很荒谬的问题，也许在将来会成为现实。到了那时，机器人社会学、机器人伦理学可能会走进大学课堂，而机器人劳动法，可能会成为新闻热点。总之，那将是一个有趣的时代，也是一个我们现在有点难以理解的时代，随着机器人技术的发展，机器人可能也会具有他们自己的情感和意志，由于情感与意志的赋予，机器人与人之间的界线就会越来越模糊，机器人具有了“人性”，参与了社会事务与人际交往，人应该如何对待机器人，如何处理人与机器人以及机器人之间的关系，如何评价机器人所取得的成绩，如何看待机器人的缺点和错误。机器人作为“二等公民”，应该如何确立其“社会地位”，如何看待和处理人与机器人以及机器人之间的“亲情”、“友情”与“爱情”。

在人机共存的社会中，伦理的构建至关重要。如何构建一个和谐的人机共存社会？首先，机器人的智能技术要融入更多的哲学思考，要与整个生态文明的发展相一致。即机器人不仅具备针对某个问题的高智能，而且要对其行为本身进行规范和约束，使其不会威胁到人类以至整个生态环境的文明。其次，科学家要提高自身的道德素质和责

任感，把握人工智能技术的正确发展方向。另外，在法律层面，坚持以人为本的原则，对机器人的权利和责任要进行明确规定。

5.4.5 人类安全

人类出现的一个担忧是：会不会有这样一天，机器人征服了人类后，把人关进笼子里，并在笼子门口写着，请看，这就是我们的祖先。让机器人们来参观，就像今天人类去动物园参观猴子一样。

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。

首先，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，至少在可见的未来是不同的。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。即使是有智能的机器人，它们的智能也不同于人类智能，不是生命现象，而是非生命的机械模仿。

对这个问题的讨论还涉及到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，并由人掌握与控制的。人是包括机器人在内的一切技术的主人，而不是技术的奴隶。即使有一天，机器人不听人类指挥了(当然，人类有足够的聪明和理智来避免制造这种机器人)，人类还可以研制更先进的技术来管理和改造这些叛逆分子。

其实，要求机器人绝对服从人类的机器人三守则，也规定了人类要研究和使用什么样的机器人。这里的关键是，人类对高技术和新技

术的正确使用。例如，原子能技术可以为人类造福，也能够毁灭人类。机器人技术也是如此，它既可为人类服务，但也有可能被用于战争目的，从而危害人类安全。这是一个普遍的问题，一个非机器人技术所特有的问题。

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。至少，现在看来是如此。

5.4.6 生活方式

随着机器人越来越多地替代了人类从事简单重复性工作、恶劣环境和高强度的工作，人类将会主要从事自由性、自主性、创造性和复杂性较强的工作，其工作时间的随意性、工作地点的游动性、工作内容的自主性、工作报酬的随机性和工作方式的选择性不断提高，必须会使人们的生活内容和生活方式发生着深刻的变化，包括个人消费、人际交往和家庭结构等方面的变化。此外，人将会越来越多地与机器人打交道，机器人家庭保姆将会大规模地进入家庭，并具有了越来越强的心理功能和精神功能，打电话时的第一句话可能是“请问，你是人吗？”或“请你的主人接电话”。

5.4.7 经济结构

机器人能够参与社会事务和人际交往以后，就会在越来越多的社会管理领域、生产领域和生活服务领域取代人，机器人将会成了一支越来越庞大的“劳动大军”，那么机器人的机体制造厂、软件开发公司、程序调整中心、医院、美容店、餐馆、俱乐部、学校、托儿所、职介所等行业将会迅速发展起来，社会的生产结构和经济结构将会出现重大调整，机器人全面普及之后，整个人类社会的生产关系都将发生改变，而生产关系的改变，则意味着政治结构的改变。想象一个工

厂里全是机器人的时代，那时的机器人是不是私有制？如果是，那么谁掌握了机器人，谁就掌握了生产资料，他一个人就能开一个大工厂，而绝大多数工人都会失业，社会财富无法流动。如果机器人不允许私有，那么归谁所有？当生产力变得足够强大，甚至不需要人类参与生产时，分配方式就有可能发生改变。

5.4.8 社会隐患

随着人工智能的不断发展，机器人能够进行独立思考和自主行为，甚至拥有感情，由于其信息的处理速度快，信息的贮存量大，运转的准确性高，在许多方面具有比人类更多的优势，他们一旦“哗变”，其后果不堪设想，其灾难性不会亚于核武器的大规模引爆。机器人参与社会生活以后，社会矛盾日趋复杂化，将会大大提高社会的不稳定性；机器人进入家庭（如家庭保姆、健康顾问、精神陪护等）以后，由于赋予了机器人以心理功能和精神功能，家庭矛盾也日趋复杂化，将会大大提高家庭的不稳定性。

5.4.9 思维方式与观念的变化

人工智能的发展与推广应用，将影响到人类的思维方式和传统观念，并使它们发生改变。例如，传统知识一般印在书本报刊或杂志上，因而是固定不变的，而人工智能系统的知识库的知识却是可以不断修改、扩充和更新的。又如，一旦专家系统的用户开始相信系统(智能机器)的判断和决定，那么他们就可能不愿多动脑筋，变得懒惰，并失去对许多问题及其求解任务的责任感和敏感性。那些过分依赖计算器的学生，他们的主动思维能力和计算能力也会明显下降。过分地依赖计算机的建议而不加分析地接受，将会使智能机器用户的认知能力下降，并增加误解。在设计和研制智能系统时，应考虑到上述问题，

尽量鼓励用户在问题求解中的主动性，让他们的智力积极参与问题求解过程。

5.4.10 人机一体化

情感在人的思维活动中占据极为重要的地位，决定和制约着人的行为活动和其它思维活动的基本框架与总体方向，人工情感的全面实现不仅可以使计算机具有友好的、人性化的人机界面，更重要的是能够使机器人或计算机具有更高的信息处理速度与效率，具有独立的决策能力和行为控制能力，具有创造性和开拓性的思维能力。到了那个时候，从纯逻辑的角度来看，人与机器人之间已经没有任何区别了，只有机器体与肉体之间的区别了，人与机器人之间就可以实现全面的融合：一方面，机器人的一些“部件”（包括思维“部件”），可以实现“肉体化”；另一方面，人身上的一些“部件”（包括思维“部件”），可以实现“非肉体化”；第三方面，机器人与人可以进行相互转化。例如，一个人的肉体老化后，可以将其大脑中所有的认知、情感与意志方面的信息提取出来，输入机器人的大脑中暂时“贮存”下来，并由该机器人代为本人继续行使有关的社会职责，等本人的“克隆”体制作完成后，再把机器人的大脑中的有关信息移植到过来。总之，将来的情感机器人与人类可能并没有明显的界限和本质的区别，它们各有所长，各有所短，分别适合于不同的社会生产与社会生活的环境条件，彼此可以相互转换、相互渗透、相互促进。人与机器之间的矛盾与冲突，并不是“你死我活”的、“你争我斗”，而是“和谐同存”、“肝胆相照”、“荣辱与共”、“互利互惠”、“相互尊重”的关系。

综上，机器人对人类的社会进步、经济发展和文化提高都有巨大的影响。随着时间的推移和技术的进步，这种影响将越来越明显地表现出来。专家倾向于对机器人的发展持乐观态度，百度首席科学家吴

恩达就明确的表示对于人工智能的负面担心，是毫无必要的炒作。还有一些影响，可能是我们现在难以预测的。可以肯定，机器人将对人类的物质文明和精神文明产生越来越大的影响。

第6章 引领机器人创新的中坚力量 ——中国人工智能学会

6.1 CAAI 推动智能机器人发展

6.1.1 学会简介

中国人工智能学会(Chinese Association for Artificial Intelligence, CAAI)成立于1981年,国家一级学会,是经国家民政部正式注册的我国智能科学技术领域唯一的国家级学会,具有独立法人资格;是中国科学技术协会的正式团体会员,具有推荐“两院院士”的资格,已申请设立《吴文俊智能科学技术奖》。学会在2014年全国性社会组织评估工作中被评为4A等级。

学会活动的学术领域是智能科学技术,活动地域是中华人民共和国全境,基本任务是团结全国智能科学技术工作者和积极分子通过学术研究、国内外学术交流、科学普及、学术教育、科技会展、学术出版、人才推荐、学术评价、学术咨询、技术评审与奖励等活动促进我国智能科学技术的发展,为国家的经济发展、社会进步、文明提升、安全保障提供智能化的科学技术服务。

学会目前拥有40个分支机构,包括35个专业委员会(智能机器人、机器学习、自然语言理解、离散数学、计算机辅助教育、智能控制与智能管理、知识工程与分布智能、智能信息网络、生物信息学与人工生命、人工智能基础、神经网络与计算智能、智能CAD与数字艺术、机器人文化艺术、可拓学、粗糙集与软计算、人工心理与人工情感、机器博弈、智能空天系统、智能系统工程、自然计算与数字智能城市、智能优化、智能制造、智能传媒、不确定性人工智能、认知系统与信息处理、智能检测与运动控制技术、脑机融合与生物机器智能、模式识别、智能交通、社会计算与社会智能和智能服务专业委员

会)和 5 个工作委员会 (教育、智能产品与产业、科普、会员服务和青年工作委员会), 基本覆盖了智能科学与技术领域。随着智能科学技术的迅猛发展和越来越广泛的应用, 学会的专业委员会仍处在快速增长中, 一大批与智能科学技术有关的学术团体正在积极申请加入中国人工智能学会。

学会的国内外的学术交流活动十分活跃, 具有很强的自主学术创新能力, 涌现了一系列国际领先的原创学术成果 (见中国科学技术协会组织编写的《智能科学与技术学科发展报告》, 中国科学技术出版社, 2010 年 3 月)。智能科学技术已经在我国国民经济、社会民生和国家安全事业中发挥不可替代的重要作用, 正在引起社会各行各业的高度重视。

学会自主创办了多个高水平 and 系列性的国际学术会议, 包括 “International Conference on Advanced Intelligence (ICAI)”、 “International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering (NLP-KE)”, 在国际学术交流活动中发挥了积极的影响; 中国人工智能学会提出的 “高等智能” 研究纲领得到了国际学术界的积极响应, 表明我国在这个前沿领域初步实现了 “引领国际” 的目标。

学会已经拥有国家核心刊物中文杂志《智能系统学报 (CAAI Transactions on Intelligent Systems)》和国际学术刊物《International Journal of Advanced Intelligence (国际高等智能学报)》, 目前正在积极创办新的学术刊物《智能科学学报 (CAAI Transactions on Intelligence Science)》、《智能技术学报 (CAAI Transactions on Intelligent Technology)》和科学普及刊物《人工智能与现代社会》杂志。

中国人工智能学会机器人足球工作委员会领导的中国机器人足

球队多次夺得 FIRA 世界冠军；学会机器博弈专业委员会多次夺得中国象棋机器博弈世界冠军。

学会还特别致力于国家高层次专门人才培养的工作。在中国人工智能学会的推动下，我国目前已经有近 30 所大学建立了智能科学与技术本科专业，一批高等学校通过自主设置的方式建立了智能科学与技术的硕士和博士学位授权二级学科，实现了我国高等教育智能科学与技术专业历史性的突破。从 2009 年开始，学会大力推动和组织在国务院学位委员会“学科目录”中增设《智能科学与技术博士学位授权一级学科》，目前进展情况良好。

中国人工智能学会在北京中国科技会堂举行“首届中国智能博览会”新闻发布会，吸引了 50 多家媒体参加。理事长李德毅院士向媒体介绍了“首届中国智能博览会”的意义，指出：举办“智博会”是展示智能科学技术在信息化时代中的引领作用，向社会各界传达智能科技和智慧生活信息，提升学会在构建同行认可价值体系方面的社会影响力，积极推动我国智能科技成果在各领域的转化及应用，更好地为科技民生发展和促进我国经济可持续发展贡献力量。副理事长杨放春教授向媒体介绍了“首届中国智能博览会”的设计方案。以“智能体验·智慧生活”为主题的首届中国智博览会在北京全国农业展览馆举行，其中包括云计算与物联网、智能电网、智能家居、智能通信、智能科技成果 5 大类展览区，以及智能体育、智能汽车、无人飞机、智慧医疗、人机博弈、仿人机器人奥运比赛 6 大类体验区。

中国人工智能学会机器人足球工作委员会主办的“林海雪原”杯第 13 届全国机器人大赛暨 2011 年 FIRA 世界杯机器人大赛中国队选拔赛，在牡丹江市举行。中国人工智能学会机器人足球工作委员会主办的“三星杯”第二届仿人机器人奥林匹克大赛在牡丹江市海林经济开发区举行。

中国人工智能学会机器博弈专业委员会主办的 2011 年“北科大杯”全国计算机博弈锦标赛在北京科技大学举行。

由中国人工智能学会发起、中国人工智能学会教育委员会管理、北京邮电大学承办的 2011 年首届“全国大学生智能设计竞赛”决赛在北京邮电大学顺利举行。

以“聚焦未来科技，畅想时代变革”为主题的 2013 国际智能物联和机器人产业高峰论坛在河南省焦作市举行。中国人工智能学会副理事长韩力群教授、中国人工智能学会余有成副秘书长、中国人工智能学会常务理事王志良教授、中国人工智能学会理事解仑教授等学会领导及专家应邀出席论坛。

“熔盛杯”2013 全国大学生计算机博弈大赛暨第七届全国计算机博弈锦标赛开幕式在哈尔滨工程大学图书馆报告厅举行。大赛由中国人工智能学会机器博弈专业委员会和教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会共同主办，哈尔滨工程大学承办。

由中国人工智能学会主办，CSDN、程序员杂志及深圳大学承办的第三届中国智能产业高峰论坛在深圳大学科技楼顺利召开。

由中国人工智能学会主办，深圳安全防范行业协会承办，北京大学深圳研究生院、北京邮电大学深圳研究院、深港产学研基地协办的第三届中国智能博览会在深圳会展中心 11 号馆、1 号馆、9 号馆隆重举行。

中国人工智能学会主办 2014 第四届“华为杯”全国大学生智能设计竞赛。

由中国人工智能学会、南昌市人民政府、江西省工业和信息化委员会、中航航空装备有限责任公司联合主办，中航工业洪都集团和中航汇盈(北京)展览有限公司共同承办的“2014 中国智能博览会”成功在江西省南昌市国际展览中心举行。

由 IEEE、中国人工智能学会、北京邮电大学、深圳大学、香港理工大学联合主办的第三届 IEEE 云计算与智能系统国际会议在深圳大学召开，并取得圆满成功。

由中国人工智能学会和中国指挥与控制学会联合主办的“第一届《不确定性人工智能》课程教学培训班”在北京邮电大学召开，共有来自清华大学、北京大学、复旦大学、同济大学等全国三十多所高校的七十多位老师参加。

中国人工智能学会发起主办，得到中国自动化学会、中国电子学会、中国认知科学学会、中国科技金融促进会、中国指挥与控制学会、中国兵工学会支持的全国智能机器人创新联盟在北京成立。

经全国性社会组织评定委员会评定，中国人工智能学会在 2014 年全国性社会组织评估工作中被评为 4A 等级。

由中国人工智能学会发起主办的“2015 第五届中国智能产业高峰论坛”将于 2015 年 8 月 14 日在上海长荣桂冠酒店召开。此次论坛将汇聚国内外知名学者以及产业界高管就产业发展方向、技术趋势、国家政策进行交流与探讨，形式为大会报告与专题论坛研讨。

6.2 全国智能机器人创新联盟：强强联合的机器人创新载体

2015 年 1 月 26 日，由中国人工智能学会发起的“全国智能机器人创新联盟”在京成立。中国智能机器人领域的院士、863 专家、长江学者、杰青、千人计划学者、万人计划学者、重点学科/实验室学术带头人等领军人才，工程师、企业家和投资家，都以团队名义加盟，是全国智能机器人领域高端人才团队的一次跨界聚集，其中包括：

清华大学李德毅院士智能车团队

团队带头人李德毅，现任中国工程院院士、欧亚科学院院士，国

家信息化专家咨询委员会委员、中国人工智能学会理事长，军队战略规划咨询委员会委员、总参信息化部研究员，清华大学、国防大学兼职教授，博士生导师，少将军衔。主要研究领域包括不确定性人工智能、智能驾驶与智能车研发等。

深圳智能制造研究院徐扬生院士团队

团队带头人徐扬生，国际国内著名机器人专家，现任中国工程院院士、IEEE Fellow、国际宇航科学院院士、国际欧亚科学院院士、香港中文大学（深圳）校长。主要研究领域包括空间机器人、智能控制等。

上海交通大学陈卫东教授团队

团队带头人陈卫东，上海交通大学电子信息与电气工程学院自动化系教授，博士生导师，自动化系主任，机器人与智能信息处理研究所所长，RobotCup China Committee 委员、中国自动化学会机器人竞赛工作委员会常委委员、中国自动化学会智能自动化专业委员会委员。主要研究领域包括自主移动机器人、多机器人系统和服务机器人。

电子科技大学葛树志教授团队

团队带头人葛树志，国家“千人计划”特聘专家教授、“长江学者奖励计划”教授、国家自然科学基金海外杰出青年奖，IEEE Fellow、IFAC Fellow、IET Fellow，中国自动化学会控制理论专业委员会委员，中国过程控制专委会委员。主要研究领域包括智能控制系统、智能机器人、智能无人自主系统、智能装备。

中国科学院沈阳自动化研究所韩建达研究员团队

团队带头人韩建达，博士、研究员、博士研究生导师，中国科学院沈阳自动化研究所所长助理、机器人学国家重点实验室常务副主任、《机器人》期刊副主编，兼职“十二五”国家 863 计划智能机器人主题专家组专家。长期从事机器人技术与系统研发工作，主要研究

领域包括工业、地面移动、飞行、医疗机器人等。

北京理工大学黄强教授团队

团队带头人黄强，北京理工大学教授、博导，“万人计划”首批科技创新领军人才，长江学者特聘教授，国家杰出青年基金获得者，国家十二五“863”计划先进制造领域智能机器人技术主题专家组专家，“复杂系统智能控制与决策”国家重点实验室副主任，教育部“仿生机器人与系统”国际合作联合实验室学术带头人，“仿生机器人与系统”教育部重点实验室主任，教育部111计划“特种机动平台设计制造科学与技术”学科创新引智基地负责人，Advanced Robotics、Intl. J. Social Robotics、NBE 等国际期刊 Associate Editor。主要研究方向为仿人机器人、空间机器人及微纳操作机器人等。

山东大学李贻斌教授团队

团队带头人李贻斌，博士，现任山东大学机器人研究中心主任，山东大学重要岗位教授、博士生导师，国家自然科学基金委信息学部评审组成员，山东省高校中青年学术骨干学科带头人，中国自动化学会机器人专业委员会委员，山东省自动化学会副理事长，山东省机器人研究会副会长，山东省机器人产业联盟副理事长，国家百千万工程技术拔尖人才，享受国务院特殊津贴。主要研究领域包括智能机器人、特种机器人、智能车辆、智能控制和机电一体化等。

上海交通大学刘成良教授团队

团队带头人刘成良，工学博士，博士生导师。教育部“长江学者”特聘教授、“863”计划先进制造技术领域主题专家。现任上海交通大学机电控制与物流装备研究所所长、远程监控及智能维护中心主任，中国机械工程学会流体传递与控制分会常务委员会委员，上海液压气动学会理事长、上海市农业工程学会副理事长，现代化农业装备

与设施专业委员会主任，精准农业与先进制造领域国家“863”计划主题专家与“十二五”规划专家。主要研究方向包括多机器人系统柔顺协调控制、多功能设施农业作业机器人装备关键技术、通用嵌入式智能机器人操作系统。

北京大学刘宏教授团队

团队带头人刘宏，工学博士，北京大学教授、博士生导师，北京大学智能机器人开放实验室主任。中央“万人计划”首批入选专家，科技部“中青年科技创新领军人才”，中国人工智能学会副理事长，国家科技支撑计划“家用清洁机器人共性技术研究及其应用”项目负责人。长期从事智能机器人视觉、听觉和运动规划领域的教学、科研和产业化工作，先后承担14项国家863、973、科技支撑和国家自然科学基金项目，发表学术论文160余篇，申报/获得国家发明专利32项。先后获得国家航天科技进步奖、吴文俊人工智能科学技术奖、日内瓦国际发明博览会奖、中国人工智能学会优秀青年科技成果奖、安泰奖、北京大学教学优秀奖和十佳教师候选人等奖励。是智能机器人领域首批入选国家“万人计划”五位专家之一。

南开大学刘景泰教授团队

团队带头人刘景泰，教授，博士生导师，现任南开大学机器人与信息自动化研究所所长，国家863计划智能机器人主题工业机器人专业专家组成员。主要研究方向包括微纳米系统的控制与仿真、先进机器人技术、复杂非线性系统控制理论与技术、自动化与制导控制系统、现代物流系统工程与优化管理技术研究、生物信息学与生物控制等。

香港中文大学刘云辉教授团队

团队带头人刘云辉，教授，香港中文大学机械与自动化工程系讲座教授，机器人与网络传感器实验室主任；长江学者，国家千人计划专家。国际电子电机工程师学会(IEEE)院士，香港工程师协会院士；

现任 Springer《机器人与仿生学》主编，日本《先进机器人学》编辑。主要研究领域有医疗机器人、生物医学工程、机器人传感器和控制等。

国防科学技术大学马宏绪教授团队

团队带头人马宏绪，国防科学技术大学教授、博士生导师，国防科学技术大学空天学部学部委员，国家科技部服务机器人专项专家组专家，中国人工智能学会智能机器人专业委员会委员，中国自动化学会机器人专业委员会委员。主要从事智能机器人系统、机器人控制技术与非线性系统控制技术研究。

北京工业大学阮晓刚教授团队

团队带头人阮晓刚，博士，北京工业大学教授，博士生导师，现任北京工业大学“人工智能与机器人研究所”所长，中国人工智能学会理事，北京人工智能学会理事长。主要从事控制科学与工程、人工智能、机器人学与机器人技术领域的科研和教学工作。

清华大学孙富春教授团队

团队带头人孙富春，清华大学计算机科学与技术系，教授，博士生导师。清华大学学术委员会委员，计算机科学与技术系学术委员会副主任，国家 863 计划专家组成员，国家自然科学基金委重大研究计划“视听觉信息的认知计算”指导专家组成员，中国人工智能学会认知系统与信息处理专业委员会主任，兼任国际刊物《IEEE Trans. on Fuzzy Systems》、《International Journal of Systems, Automation and Control》、《Mechatronics》副主编，《International Journal of Social Robots》和《Robotics and Autonomous Systems》编委，《中国科学：信息科学》和《自动化学报》编委。主要研究领域包括航天器在轨服务、深空探测、无人车、编队协同、脑机协同交互、精细操作和认知处理等。

苏州大学孙立宁教授团队

团队带头人孙立宁，博士，国家杰出青年基金获得者、教育部长江学者特聘教授。国家“十五”863计划机器人技术主题专家、国家“十五”863计划MEMS重大专项总体组组长、国家“十一五”863计划先进制造技术领域专家组专家，现任国家科技部服务机器人重点科技专项总体组专家、国家“十二五”863“计划微纳制造技术主题专家，先进机器人技术与系统国家重点实验室副主任，江苏省先进机器人技术重点实验室主任。主要从事工业机器人及机电一体化装备、微纳机器人、医疗机器人方向的研究。

中国科学院自动化研究所谭民研究员团队

团队带头人谭民，中国科学院自动化研究所研究员，博士生导师，国家杰出青年基金获得者，中国科学院“百人计划”入选者。现任中国自动化学会理事、中国人工智能学会理事、智能机器人专业委员会副主任委员、国家基金委创新研究群体学术带头人，国务院学位委员会第七届学科评议组成员(控制科学与工程组)等。长期致力于机器人控制、仿生机器人、多机器人系统等方面的研究。

中科院合肥物质科学研究院汪增福研究员团队

团队带头人汪增福，博导，中科院合肥物质科学研究院合肥智能机械研究所研究员，中国科学技术大学教授。历任中国科技大学自动化系主任、中科院合肥智能机械研究所所长等职。《模式识别与人工智能》编委，《自动化学报》编委(第九届)，中国人工智能学会理事，中国人工智能学会生物信息学与人工生命专业委员会副主任，安徽省人工智能学会副会长，中国自动化学会智能自动化专业委员会委员、中国自动化学会机器人专业委员会委员。主要研究领域包括计算机视觉、计算机听觉、情感人脸动画合成、模式识别与智能机器人。

北京航空航天大学王田苗教授团队

团队带头人田苗，北航机器人研究所教授博导，机械工业服务机器人重点实验室主任，北航智能技术与机器人研究中心主任，校学术委员会副主任委员。教育部特聘教授长江学者，国家杰出青年基金获得者，国务院学位委员会学科评议组成员及国家自然科学基金信息领域评审专家组成员，国防科技机器人创新团队带头人，“新世纪百千万人才工程”国家级人选，突出专家国务院政府津贴获得者。主要研究领域包括工业互联网机器人、医疗康复机器人、无人机等。

湖南大学王耀南教授团队

团队带头人王耀南，博士，湖南大学电气与信息工程学院院长，湖南大学智能自动化技术重点实验室主任，教育部视觉控制技术与应用工程研究中心主任。国家“十二五”863智能机器人主题专家，国际IEEE高级会员，国际自动控制联IFAC会员，德国洪堡优秀学者，国家“百千万人才工程”入选者，全国高等学校优秀教师获得者。长期从事智能机器人技术，主攻智能制造装备自动控制、机器视觉与图像处理、机器人智能控制等方面的教学和科研工作。

北京科技大学王志良教授团队

团队带头人王志良，教授，博士生导师，国家二级教授、享受国务院特殊津贴专家，北京市优秀教师。北京科技大学首席教授，北京科技大学学术委员会委员、物联网与电子工程系主任。中国人工智能学会人工心理与人工情感专业委员会主任，中国《自动化新技术》丛书编辑委员会主任，北京物联网研究会理事长。研究领域包括养老服务机器人，物联网技术，人机智能交互技术。

浙江大学熊蓉教授团队

团队带头人熊蓉，博士，教授，博士生导师，浙江大学智能系统与控制研究所机器人实验室主任，浙江大学-悉尼科技大学机器人联合研究中心联执主任，浙江大学机器人科教实践基地负责人，浙江省

轴承行业自动化“机器换人”专家服务指导组组长。从事智能机器人关键技术研究，主要研究方向包括智能移动作业机器人的规划与控制、感知与识别、部件与系统。

重庆邮电大学张毅教授团队

团队带头人张毅，博士，重庆邮电大学先进制造工程学院副院长，教授，博士生导师，重庆市“322”人才工程第2层次人才，重庆市学术技术带头人，重庆市优秀中青年骨干教师，中国机电一体化技术应用协会理事，中国人工智能学会智能机器人专业委员会委员，中国人工智能学会会员，中国自动化学会机器人专业委员会委员，《机器人技术及其应用》杂志理事，中国通信学会会员，中国电子学会、中国测试计量技术与仪器学会高级会员，国家信息无障碍工程研发中心主任，重庆市信息无障碍与服务机器人工程技术研究中心主任，中欧智能系统及机器人联合实验室副主任，重庆邮电大学智能系统及机器人实验室主任，《机器人技术及其应用》和《重庆邮电大学学报》等中文核心期刊编委。主要研究领域包括服务机器人、工业机器人、信息无障碍技术、智能人机交互等。

哈尔滨工业大学赵杰教授团队

团队带头人赵杰，教授，博士生导师，“长江学者”奖励计划特聘教授，国家“万人计划”首批科技创新领军人才入选者，国家“863计划”先进制造领域智能机器人主题专家组组长，“十二五”国家科技重点专项（服务机器人专项）专家组专家。现任哈尔滨工业大学机电工程学院院长，哈尔滨工业大学机器人研究所所长。主要研究方向包括特殊环境服役机器人关键技术与应用、仿生机器人技术、载人航天空间对接机构及其地面模拟测试技术、机器人化成套装备设计与智能群控技术。

全国智能机器人创新联盟将以人工智能技术为核心和特色，以机

器人为载体，以联合创新为宗旨，突破地域、单位、领域、技术的界限，将创新、研发、成果转化、投融资等各方力量整合成一个高效务实的创新体系，形成一种科研、产业、资本深度合作、创新链条更加灵巧、技术更新和成果转化更加快捷、产业更新换代不断加快的新型创新机制。意图聚焦国家机器战略需求，形成推进我国机器人领域自主创新的强大合力，为我国抢占机器人技术和市场的制高点奋发努力，迎头赶上、力争超越。

6.3 智能体验、智慧生活：机器人为主角的万“人”智博会

6.3.1 “智能体验·智慧生活”的由来

2011年，“智能体验·智慧生活”由中国工程院李德毅院士于首届中国智能博览会的开幕式上提出，并作为历届中国智能博览会的主题。随着每年一度的中国智能博览会的召开，人工智能技术逐步应用在智能产业全产业链各环节，催生了越来越多的智能产品和服务，但无不是本着“智能体验·智慧生活”的主题，向着智能社会的方向发展。

在首届中国智能博览会的开幕式上，李德毅院士指出：“也许到本世纪中叶，人类身边的机器人总数真的会超过世界人口总数。”机器人作为人类工具发展的最高形态，会逐渐地走进生活的各个领域，深刻改变人们的生产和生活方式，将是人类“智慧生活”不可或缺的重要一员。

6.3.2 智能产品带来智能体验

当前越来越多的智能设备或产品走入人们的生活，例如不占用空间、不费电、具有远红外线保健作用，可以通过电话或者短信远程开

闭的取暖设备；在床垫上安装一个小小的芯片，可以随时掌握心跳、血压等数据，如果数据突然消失，后方的连接系统会马上向手机终端或者社区终端报警，保障老年人的安全和健康的智能设备；集水、电、燃气缴费、信用卡还款、交通卡充值等功能为一体的智能终端设备。

目前，机器人正在经历跟个人电脑一样的路径：机器人行业很像80年代电脑行业的现状，还没有普遍的操作系统，也没有硬件的标准，但生机勃勃、市场巨大，很快就会成为我们日常生活的一部分。像家家都有个人电脑一样，未来也会家家都有机器人。

虽然机器人的发展很缓慢，但到目前为止，“服务机器人”，如扫地机器人和清洁机器人，正在逐渐成为日常生活的一员。几年之后，最可能的结果将在公共场所，如购物中心及休闲中心能随处看到扫地机器人。

6.3.3 智能机器人引领智慧生活

三百年前人类社会从农业文明向工业社会的过渡，对世界发展产生了前所未有的影响。从工业社会向信息社会的跃迁，更是不断释放经济社会发展的巨大空间。新一轮科技和产业变革的迭加兴起，正推动人类社会向智能化的新形态演进，其速度将大大超越前几次社会形态的演进进程，其对人类社会影响程度也将前所未有，难以估量。

谈到机器人社会，很多人的大脑可能会立刻浮现出科幻作品中的机器人。但在智能社会中，人们印象深刻的机器人将不再以科幻形象出现，而是真实地出现在生活的各个角落。

未来机器人会有哪些功能？

机器人可以管家。它可以通过语音控制，比如说我每天不想起床，我只要喊一下这个机器人就会拉我起床，这个是通过对话实现的。还有人脸与物体识别、家电控制、安防布控，它都可以进行远程监控。

用机器人替代现在的智能家居，最大突破就是从被动到主动，也就是我们现在需要拿平板电脑控制家居，但机器人可以无需吩咐，主动去做很多事情。

机器人可以养老。人口老龄化社会劳动力短缺，机器人作用将很大。机器人可以分析医疗大数据、远程诊断、健康测量、提醒老人吃药，可以实现跌倒报警等家庭监控，可以做家务，还可以上网、读报，提供情感陪护。

机器人可以当老师。目前机器人在教育领域应用非常广泛，很多中小学已经通过机器人来辅助授课。最特别的还是特殊教育，现在机器人应用最广泛的就是自闭症领域，有些自闭症小孩不喜欢跟人交流，但是却很喜欢跟机器人交流。

机器人还有很多其他应用，脑机控制、可穿戴设备、灾难救援、多机协同、无人驾驶……随着科技的发展，机器人正在越来越深入地走入我们的工作和生活。

我们正面临着后工业时代向智能社会、智能时代的大迁徙，人类社会由工业社会 200 年成就了之前的五千年文明，而现在的智能化时代，可能 30 年又要成就之前的五千多年的文明，一个急剧变革的时代，时间的车轮在加速，但不能消极，我们还是得跟上，不能被甩出历史的车轮。如果说传统工业带来的是机械化、电气化、自动化为特征，从而在硬件上加速了这个社会的发展的话，那么，这一轮以人工智能技术和机器人为核心的改变，则是全方位的“软件”的突飞猛进。

相信在不远的未来，以机器人为主题的“万人”智博会将不再停留于科学幻想，不再是人们心中的天方夜谭，而是中国人工智能协会举办的一项呈现“智慧生活”的重要活动。

参考文献

- [1] 廖华. “机器人的发展历史及未来发展”. 南京廖华.
http://www.njliaohua.com/lhd_798nj34xe638gus0yjnz_1.html.
- [2] 陈重威. “古今中外机器人”. 初中生世界.2006 年第 07 期.
- [3] 陆际联, 李根深. “机器人发展史”. 机器人情报, 1994 年, 01 期.
- [4] 王文峰. “机器人的未来前景”. 未来与发展, 2011 年 04 期.
- [5] 佚名. “关于机器人你必须知道的基本知识”. 智能互联网.
<http://www.wtoutiao.com/p/BfeOBh.html>.
- [6] Liu H, Zhang J, Fu Z. A new hierarchical binaural sound source localization method based on Interaural Matching Filter[C]//Robotics and Automation (ICRA), 2014 IEEE International Conference on. IEEE, 2014: 1598-1605.
- [7] Li X, Liu H. Sound source localization for HRI using FOC-based time difference feature and spatial grid matching[J]. Cybernetics, IEEE Transactions on, 2013, 43(4): 1199-1212.
- [8] Liu H, Fu Z, Li X. A two-layer probabilistic model based on time-delay compensation for binaural sound localization[C]//Robotics and Automation (ICRA), 2013 IEEE International Conference on. IEEE, 2013: 2705-2712.
- [9] Sun Q, Liu H. Inferring Ongoing Human Activities Based on Recurrent Self-Organizing Map Trajectory[J]. 2013.
- [10] 佚名. “机器人发展所带来的三大社会问题”. OFweek 机器人网.
<http://robot.ofweek.com/2014-10/ART-8321202-8420-28891178.html>.
- [11] 赵俊. “机器人来了”. 新财富网.
http://www.xcf.cn/newfortune/qianyan/201404/t20140418_573030.htm.
- [12] 仇德辉. “情感机器人所产生的社会影响”. 数理情感学. 湖南人民出版社, 2001 年.
- [13] 李贺. “机器人带来的社会问题”. 百度文库.
<http://wenku.baidu.com/link?url=X1vrr4T6DAzWypuy3ZLhcbGgu39ZCoftyupSjICMbrIRT7NZzHEplWMoWkSAzKZVNV5jj7jThvO8FJeb3RKrpInkM3KtFByZ6t-3k7dCFQW>.
- [14] 刘易斯. 芒福德. “技术与文明”. 中国建筑工业出版社, 2009 年.
- [15] 斯塔夫理阿诺斯. “全球通史:从史前史到 21 世纪”. 北京大学出版社, 2006 年.
- [16] 郑先祐. “人类生态与社会文明”. 清华大学人文社会学院主编, 幼师文化事业出版, 1994 年.
- [17] 林汉达. “上下五千年”. 上海人民出版社, 2002.
- [18] 芮信. “世界近代现代史”. 河南省: 人民教育出版社, 2002.
- [19] 孙其博, 刘杰, 黎彝等. “物联网:概念、架构与关键技术研究综述”. 北京邮电大学学报, 2010, 33(3):1-9.
- [20] 胡潇. “论工具活动与思维起源” 求索, 1997.
- [21] 徐才, 郭凤海. “物质, 能量和信息与人类智能的起源和本质”. 自然辩证法研究, 1992.
- [22] 佚名. “物质、能量、信息, 信息——人类知识之脐点(7)”. 新浪博客.
http://blog.sina.com.cn/s/blog_3e3873f20100httj.html.
- [23] 逢淑伟. “沈阳机器人产业发展模式研究”. 沈阳大学, 2014.
- [24] 杨洗陈. “激光加工机器人技术及工业应用”. 中国激光. 2010.

- [25] 胡浪球. “盘点 10 种最酷农业机器人!”. 搜狐.
<http://mt.sohu.com/20150514/n413011896.shtml>.
- [26] 佚名. “农机新装备: 采蘑菇的机器人”. 中国农机网.
<http://www.nongjx.com/news/Detail/50210.html>.
- [27] 佚名. “逆天: 机器人竟可以分拣水果了”. OFweek 机器人网.
<http://robot.ofweek.com/2015-10/ART-8321203-8140-29017647.html>.
- [28] 邱景图. “斜插式蔬菜嫁接机器人嫁接机理与关键机构的研究”. 浙江大学, 2013.
- [29] 陆怀民, 刘晋浩, 于遵波. “林木球果采集机器人”. 机器人技术与应用, 1997, 05 期.
- [30] 佚名. “家用机器人”. 百度百科.
<http://baike.baidu.com/link?url=qOo2b6jsQ64yhOwyXwoV8Sp7Iny1qIn56cZ-iH3bt-cA31lvBiVt0c1-xPzl7ecoysSQDup0vnYR68x8WA3amq>.
- [31] 仲崇慧, 贾喜花. “国外地面无人作战平台军用机器人发展概况综述”. 机器人技术与应用. 2005 年第 4 期.
- [32] 王东署, 王佳. “未知环境中移动机器人环境感知技术研究综述”. 机床与液压, 2013.
- [33] 蔡自兴, 邹小兵. “移动机器人环境认知理论与技术的研究”. 机器人, 2004.
- [34] 吕晓玲, 张明路. “基于机器人听觉的声源定位策略”. 传感技术学报, 2010.
- [35] 高国富. “机器人传感器及其应用”. 国防工业出版社, 2005.
- [36] 刘少强, 黄惟一, 王爱民等. “机器人触觉传感技术研发的历史现状与趋势”. 机器人, 2002.
- [37] 刘华军, 杨静宇, 陆建峰等. “移动机器人运动规划研究综述”. 中国工程科学, 2006.
- [38] 陈小平. “人机互动: 智能机器人的智能问题研究”. 中国科技大学.
- [39] Richard E. Fikes, Nils J. Nilsson, STIPS: A new approach to the application of theorem proving to problem solving. *Artificial Intelligence* 2(3-4), Winter 1971, Pages 189 – 208.
- [40] Michael Brenner and Bernhard Nebel. Continual planning and acting in dynamic multiagent environments, *Autonomous Agent Multi-Agent Systems* 19(2009):297 – 331.
- [41] A.Carlin and S.Zilberstein. Decentralized Monitoring of Anytime Decision Making. In: *Processing of the Tenth International Conference on Autonomous Agent and Multiagent System (AAMAS - 2011)*, Taiwan, 2011.
- [42] Burgard, Wolfram, et al. "Experiences with an interactive museum tour-guide robot." *Artificial intelligence* 114.1 (1999): 3-55.
- [43] Dean, Lewis G., et al. "Identification of the social and cognitive processes underlying human cumulative culture." *Science* 335.6072 (2012): 1114-1118.
- [44] Chen, Xiaoping, et al. "Developing high-level cognitive functions for service robots." *Proceedings of the 9th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems: volume 1-Volume 1*. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2010.
- [45] Giunchiglia, Enrico, et al. "Nonmonotonic causal theories." *Artificial Intelligence* 153.1 (2004): 49-104.
- [46] 贝淡宁. "贝淡宁: 纪念丹尼尔·贝尔". 人文与社会.
<http://wen.org.cn/modules/article/view.article.php?2360/c1>.
- [47] 马克里拉. “马克里拉: 政治神学的回归.在北京大学的演讲稿”. 人文与社会.
<http://wen.org.cn/modules/article/view.article.php/1995>.
- [48] 佚名. “丹尼尔·贝尔”. 百度百科.

- <http://baike.baidu.com/link?url=utiLOQgdhLRAtXG1O8RZB9MYD0bUN26212NH5mPCg0m9S9yCJAZw9LRTQ3MH1b6MkHMJYNHuTSE1HUaJ-Cnu1q>.
- [49] 佚名.“机器人卡福岛核电站反应炉内动弹不得”. 奥创智能网.
<http://www.aisonny.com/archives/10223.html>.
- [50] 李昊彧.“战争机器人:未来战场上的智能终结者”. 中关村在线.
<http://robot.zol.com.cn/531/5318349.html>.
- [51] 张娜.“担忧未来的人们在争辩: 终极的人工智能, 会让人类生存还是毁灭?”. 钛媒体官方网站. <http://www.tmtpost.com/1036668.html>.
- [52] 相晓冬.“智本论”. 团结出版社, 2010.
- [53] 佚名.“黄晓庆: 我的中国梦 智能机器人”. 千人计划网.
<http://www.1000plan.org/qrjh/article/42035>, 2013-10-14.
- [54] 凯文·凯利.“失控”. 中信出版社, 2011.
- [55] 大唐波斯将军.“机器人需要人类的尊重与保护吗?”. 新浪科技.
<http://robot.ofweek.com/2015-02/ART-8321200-8470-28932967.html>.
- [56] 佚名.“未来世界机器人真的会伤害人类吗?”. 搜狐新闻.
<http://www.robot-china.com/news/201506/24/21906.htm>.
- [57] 佚名.“2045, 半机器人时代来临?”. 新民周刊.
http://xmzk.xinmin.cn/html/2015-06/08/content_34_1.htm.
- [58] J.多德, 张洪福.“机器人:新的“钢领”工人”. 国外社会科学. 1982.
- [59] 蔡自兴.“面临挑战的智能机器人技术”. 机器人技术与应用. 1997.
- [60] 佚名.“中国人工智能学会学会简介”. 中国人工智能学会.
<http://www.caii.cn/contents/3/1.html>
- [61] 佚名.“吴文俊人工智能科学技术奖”. 中国人工智能学会.
<http://www.caii.cn/channels/23.html>.
- [62] 中国人工智能学会.“2009-2010 智能科学与技术学科发展报告”. 北京:中国科学技术出版社,2010.
- [63] 佚名.“首届中国智能博览会在北京开幕”. 新华网.
<http://caai.cn/contents/13/1464.html>.
- [64] 于海涛.““林海雪原”杯第十三届全国机器人大赛圆满闭幕”. 牡丹江大学.
<http://www.mdjdx.cn/mdnew/show.asp?id=506>.
- [65] 于海涛.““三星杯”第二届国际仿人机器人奥林匹克大赛圆满闭幕”. 牡丹江大学.
<http://www.mdjdx.cn/mdnew/show.asp?id=508>.
- [66] 佚名.“2011 年首届全国大学生智能设计竞赛决赛及闭幕”. 中国人工智能学会.
<http://caai.cn/contents/13/1488.html>.
- [67] 佚名.““熔盛杯”2013 全国大学生计算机博弈大赛暨第七届全国计算机博弈锦标赛在哈尔滨工程大学举行”. 中国人工智能学会. <http://caai.cn/contents/13/1975.html>.
- [68] 佚名.“第三届中国智能产业高峰论坛在深圳成功召开”. 中国人工智能学会.
<http://caai.cn/contents/13/1992.html>.
- [69] sudiao.“第三届中国智能博览会暨中国智能产业高峰论坛在深召开”. CPS 中安网.
<http://spe.cps.com.cn/secuspe/2013cpse/qfbd/2013/1028/13151.html>.
- [70] 佚名.“第四届“华为杯”全国大学生智能设计竞赛简报”. 中国人工智能学会.
<http://caai.cn/contents/13/2160.html>.
- [71] 佚名.“2014 第四届中国智能产业高峰论坛在南昌隆重召开”. 中国人工智能学会.

- <http://caai.cn/contents/13/2179.html>.
- [72] 佚名. “2014 年第三届 IEEE 云计算与智能系统国际会议在深港两地召开”. 中国人工智能学会. <http://caai.cn/contents/13/2221.html>.
- [73] 佚名.. “第一届《不确定性人工智能》课程教学培训班顺利召开”. 中国人工智能学会. <http://caai.cn/contents/13/2239.html>.
- [74] 佚名. “全国智能机器人创新联盟在京成立”. 新浪科技. <http://tech.sina.com.cn/d/v/2015-01-26/doc-ichmifpx5557476.shtml>.
- [75] 佚名. “2015 第五届中国智能产业高峰论坛”. 活动行. <http://www.huodongxing.com/event/2294013013200>.
- [76] 余惠敏. “智能社会畅想曲”. 国经济网《经济日报》. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201505/28/t20150528_5483205.shtml.
- [77] 佚名. “智能机器人营造的社会”. http://www.941fx.com/zonghezixun/20130529_438.html.
- [78] 尚 勇. “三百年前人类社会从农业文明向工业社会的过渡, 对世界发展产生了前所未有的影响. 从工业社会向信息社会”. 中国科技网-科技日报. http://www.wokeji.com/kbjh/zxbd_10031/201504/t20150420_1067633.shtml.
- [79] 余德. “迎接崭新智能社会”. 百度百家. <http://yude.baijia.baidu.com/article/44200>.