

# 改变世界的智能机器

## ——智能机器人发展思考

王田苗,陈殿生,陶永,李剑

北京航空航天大学机器人研究所,北京 100191

随着云计算、大数据、智能感知、微纳制造、生物材料、智能交通等高新技术的深入发展,智能机器即智能机器人作为世界经济与产业增长方式转变过程中的关键因素,正在进入新的发展阶段。本文从智能机器人的需求和背景出发,介绍工业机器人、家用服务机器人、特种服务机器人的定义和发展现状,分析未来智能机器人的前沿技术发展和产业化趋势。

在信息与互联网、新材料与新能源、自动化与人工智能等技术的推动下,全球正迎来一个新的科技时代,以移动互联网与大数据服务、医疗健康与物联网、新能源与智能交通自动化、机器人与智能制造等为代表的科技创新正在改变世界的技术发展方向、产业竞争格局与社会组织结构,这一交错融合的科技浪潮进一步引起了制造模式、生活方式、军事作战形态等的变化,从而牵引加速了智能机器暨智能机器人的发展。与此同时多学科前沿交叉理论与技术的进一步推动,拓展了智能机器的新概念、新理论及新方法。

智能机器是具有感知、决策、执行的制造装备、设备工具、服务消费品,机器人是智能机器众多种类中的典型代表,用于生产过程与环境中的制造装备智能机器称为工业机器人,用于个人或家政服务的消费品智能机器称为家用服务机器人,用于特殊环境下作业与维护的设备工具智能机器称为特种服务机器人。

机器人学本质上是一个材料机械、微电子传感器、模式识别、智能控制、计算机、脑科学、复杂系统、互联网等前沿交叉的综合学科,依赖于相关学科或集

成系统突破,实现一种能够半自主或全自主工作的智能机器,其目的是辅助人甚至替代人完成危险或繁重、复杂的工作,提高人的工作效率与质量,甚至服务于人的生活并扩大或延伸人的活动及能力范围。

机器人以服务于人、服务于社会为宗旨,灵巧操作、适应多变环境、人工智能以及互联网的人机融合友好共存是未来机器人发展的规律与必然趋势。因此,在新历史时期,机器人发展与应用有望成为“第三次工业革命”的一个切入点和重要增长点,它将作为衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志,在国民经济、医疗健康、国防安全等诸多领域占据举足轻重的地位,并且必将为“中国制造 2025”做出重要贡献。

### 1 智能机器人需求与背景

众所周知,以美国为主的西方发达国家,在大力发展 IT 及移动互联网基础上,也在大力推进航空航天、生物医学、智能机器人、新能源、人工智能等技术;以中国为主的新兴金砖先进发展中国家,不仅充分利用 IT 互联网技术发展的大好时机,并且大力发展互联网+

技术,推动医疗健康、智能交通、农副产品、旅游娱乐、在线教育、高品质消费品与智能硬件等技术变革与产业升级换代,与此同时还抓住未来对社会经济格局可能产生重大变革的颠覆性技术,如航空航天、人工智能、生物医疗、智能机器人等;以第三世界不发达国家为主的发展中国家,需要大力发展基础设施建设,包括 IT 互联网、装备制造、铁路交通、能源电力、工程机械、信息家电、汽车工业、智能手机、房屋建筑等。

由此得出,从世界经济宏观趋势出发,把握了大数据技术就把握了未来的需求规律与趋势,把握了生物医学技术就把握了未来的医疗健康,把握了智能机器人技术就把握了未来的智能制造装备与服务设备,把握了新能源技术就把握了未来社会可持续发展的动力,把握了人工智能技术就把握了人脑智慧服务的各个方面。因此,作为推动中国新常态下经济发展与增长的重要关键要素之一,大力发展智能机器人核心技术产业化成为科技创新驱动的一种重要趋势与动力。

改革开放以来,中国的经济取得了翻天覆地的变化,但这很大程度上都依赖于人口红利及资源消耗。随着需求



与产能过剩、劳动力成本提升、低价竞争优势不在等,原有的粗放型经济与产业活力不再。由此,加强科技创新、探索新型经济与产业势在必行。

随着工业4.0理念的深入及《中国制造2025》的印发,中国的经济与产业正式开始向着精细化发展方式转变。届时,新的需求、新的产品、更高的附加值将会被挖掘、开发及创造。同时,在“大众创业万众创新”的政策引领下,创客,“B to C”等创新模式将会为新兴经济与产业的开创奠定基础。

未来,在《中国制造2025》的直接驱动下,以智能工厂、智能生产、智能物流三大主题为特征的工业4.0理念将逐步深入到国内的大中小企业中,届时新兴的集约型现代工厂、现代制造、现代物流将直接促使迫切的工业机器人需求。同时,随着现代医疗、健康、娱乐等服务业的发展和国防、民生的刚性需求,人们新兴的生活方式将会延伸出无数的服务机器人需求。

## 2 社会服务成本增加与智能硬件成本降低的驱动

### 2.1 老龄化社会的到来、劳动人口的减少、服务人力成本越来越高

根据国家统计局数据显示,2015年中国60周岁及以上人口2.1242亿,占总人口的15.5%,65周岁及以上人口1.3755亿,占总人口的10.1%<sup>[2]</sup>。全国老龄工作委员会预计,未来20年中国将进入老龄化高峰,平均每年增1000万老年人,到2050年左右,老年人口将达到全国人口的1/3<sup>[3]</sup>。同时,随着老龄化进程加快,中国劳动力也在逐渐减少。据国家统计局统计,2014年中国劳动年龄人口比例连续3年下降,16~59岁的劳动年龄段人口减少了371万。预计到2022年,城市制造业工人将减少700万,制造业农民将减少1500万。

此外,中国劳动成本正在逐年上升,人口红利优势正在逐渐削弱。据2015年经济学人智库(The EIU)发布的《中国制造业劳动力成本分析》最新报告,预计自2013—2020年,全国的年

收入平均增速将维持在12%左右<sup>[4]</sup>。另据美国国会研究服务机构统计,2000—2013年,中国工资平均每年增长11.4%<sup>[5]</sup>。

### 2.2 危险恶劣工作环境下的作业对机器人有着刚性需求

随着经济的发展,越来越重视“以人为本”,人的生命和健康是无价的,有些工作需要工人暴露在危险的环境(如有毒气体,易爆环境等)中进行。如何在恶劣条件下保证人的身体安全和健康,一直都是生产安全的重要课题。随着人类生活品质的提高,避免危险、繁重、脏差、重复等工作已逐渐成为一种普遍的趋势和意愿。

### 2.3 随着智能硬件不断发展,机器人成本越来越低

随着机器人技术的成熟和应用,机器人的成本在逐渐下降。据波士顿咨询集团最新研究:在未来10年,越来越多的智能机器人将走进制造业企业,制造业生产成本将越来越低,如一个先进机器人电焊机的价格已从2005年的18.2万美元下降到2014年的13.3万美元,预计到2025年机器人购买价格将继续下降22%。

## 3 未来前沿交叉学科派生出颠覆性技术发展的驱动

2013年5月,麦肯锡发布研究报告《引领全球经济变革的颠覆性技术》,提出2025年将引领生活、商业和全球经济变革的12项颠覆性技术,其中先进机器人技术名列第五位。预计到2025年,先进机器人在制造业、医疗和服务等产业领域的应用可创造1.7万亿~4.5万亿美元的产值。

2015年10月,Gartner公布了2016年及以后数年的十大战略预测,提出2016年是数字化的时代,在智能算法和机器人驱动的世界里,人和机器人的关系将被新定义;预计到2018年,20%的商业内容将由机器撰写;将有60亿智能设备联网;超过300万工人将向“机器老板”汇报;在增长最快的公司中,50%的公司中员工数将比智能机器人少<sup>[1]</sup>。

国防安全军事发展、产业竞争价值

驱动、生活服务迫切要求等进一步加速了颠覆性技术产生与发展,其中以新材料与生物材料、软体机器人、人工智能与识别、脑科学与认知、高效移动再生能源等为代表的新技术大大推动了智能机器人发展。

## 4 智能机器人发展现状

### 4.1 机器人定义与分类

根据美国机器人协会给出的定义:机器人是一种可编程和多功能的操作机;或是为了执行不同的任务而具有可用电脑改变和可编程动作的专门系统。从应用环境的角度划分,机器人分为工业机器人(industry robot)和服务机器人(service robot)两大类。

工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人,是自动执行工作的机器装置,是靠自身动力和控制能力实现各种功能的一种机器,它接受人类指令后,将按照设定的程序执行运动路径和作业,包括焊接、喷涂、组装、采集和放置(例如包装和码垛等)、产品检测和测试等(ISO定义)。

根据国际机器人联合会(International Federation of Robotics, IFR)的定义,服务机器人是一种半自主或全自主工作的机器人(不包括从事生产的设备),它能完成有益于人类的服务工作。服务机器人又可分为两类:专用服务机器人(professional service robot)和家用服务机器人(domestic use robot)。其中,专用服务机器人是在特殊环境下作业的机器人,如水下作业机器人、空间探测机器人、抢险救援机器人、反恐防爆机器人、军用机器人、农业机器人、医疗机器人及其他特殊用途机器人;家用服务机器人是服务于人的机器人,如助老助残机器人、康复机器人、清洁机器人、护理机器人、教育娱乐机器人等。

### 4.2 工业机器人发展现状

在全球工业机器人的研究方面,日本、欧洲处于领先定位,接下来是美国、韩国和中国,但中国目前是国际上最大的机器人应用市场。围绕工业机器人的市场空间、本体、系统应用工艺、减速器核心部件、控制系统等方面进行了对

比(从高到低依次分为A、B、C三等),如表1所示。

据IFR统计,2014年全球共销售工业机器人229261台,相比2013年增长41%。亚洲仍然是最大的消费市场;其次是欧洲共销售45600台,增长5%;再次是美洲共销售32600台,增长8%。据IFR预计,到2018年全球销售的工业机器人将平均每年增长15%,销量将增加一倍,数量约400000台。图1列出

了部分新一代人机协作工业机器人。

同时,据IFR最新统计,中国已经成为全球最大的机器人市场。2014年中国、日本、美国、韩国、德国五大市场占全球销售总额的70%。其中,中国共增工业机器人57096台,相比2013年增长了56%。另据中国机器人产业联盟的统计(图2:来源于IFR),2014年新增加的工业机器人中,有16000台产自中国本土企业,相比2013年高出78%。

表1 世界各国工业机器人发展情况

Table 1 Development of industry robots in the world

地区	市场空间	系统应用 工艺设计	机械 本体	减速器 核心部件	智能 控制	竞争力
欧洲	B	A	A	A	B	高品质精密制造、可靠性
日本	B	A	A	A	B	高品质精密制造、可靠性
美国	A	B	B	B	A	智能感知示教、智能控制
中国	A	C	B	C	C	规模化、高品质、低成本制造

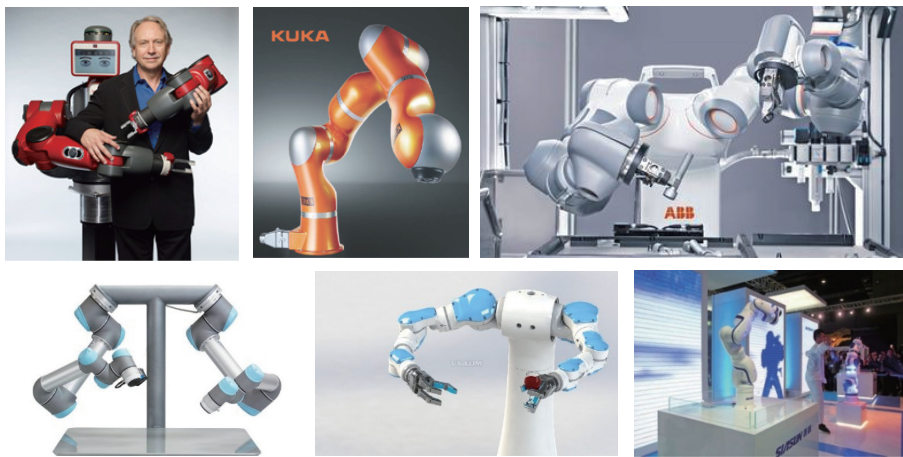


图1 新一代人机协作工业机器人

Fig. 1 A new generation industrial robot of man-machine cooperation

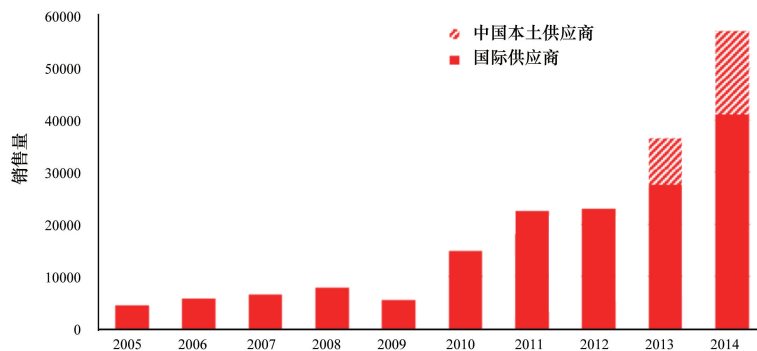


图2 2005—2014年中国工业机器人销售及国产化情况

Fig. 2 Chinese industrial machine sales and localization from 2005 to 2014

2014年,外资企业在中国共销售工业机器人41100台,相比2013年增长49%。据IFR预计,到2018年,中国将成为世界上最大和增长最快的机器人市场,超过1/3的全球供应的工业机器人将被安装在中国。虽然工业机器人的应用范围越来越广(图3),但目前在中国,汽车行业还是工业机器人的主要应用领域。

中国一直十分重视机器人技术的发展,通过科学技术部等部委的持续支持,从20世纪80年代“七五”科技攻关开始起步,在国家的支持下,目前已基本掌握了机器人操作机的设计制造技术、控制系统硬件和软件设计技术、运动学和轨迹规划技术,生产了部分机器人关键元器件,开发出了喷漆、弧焊、点焊、装配、搬运等机器人,并形成了一批具有较强机器人科研实力的公司,如沈阳新松机器人自动化股份有限公司在自动导引车(AGV)等方面取得重要市场突破;哈尔滨博实自动化股份有限公司重点在石化等行业的自动包装与码垛机器人方面进行产品开发与产业化推广应用;奇瑞装备有限公司与哈尔滨工业大学合作研制的165 kg点焊机器人,已在自动化生产线开始应用,分别用于焊接、搬运等场合,自主研发出中国第一条国产机器人自动化焊接生产线,可实现S11车型左右侧围的生产<sup>[6]</sup>;广州数控机械加工与上下料工业机器人方面的应用也取得了很好进展。据不完全统计,中国从事机器人相关业务的企业2013年是400多家,2014年达到800多家,其中上市企业2009年1家,2015年多达34家。

总体来看,在焊接、电子等高端制造方面,中国国产工业机器人占6%~7%,与国外差距较大,正在逐步增加份额。但在物流AGV、上下料码垛、涂胶作业、简单机械手等方面,中国国产工业机器人产业化发展迅速,占有率正在突破50%。正如2014年IFR的分析,中国工业机器人产业缺少技术创新,缺乏可以参与国际竞争的骨干企业,规模普遍很小,关键部件品质和品质可靠性落后世界先进水平5~10年。

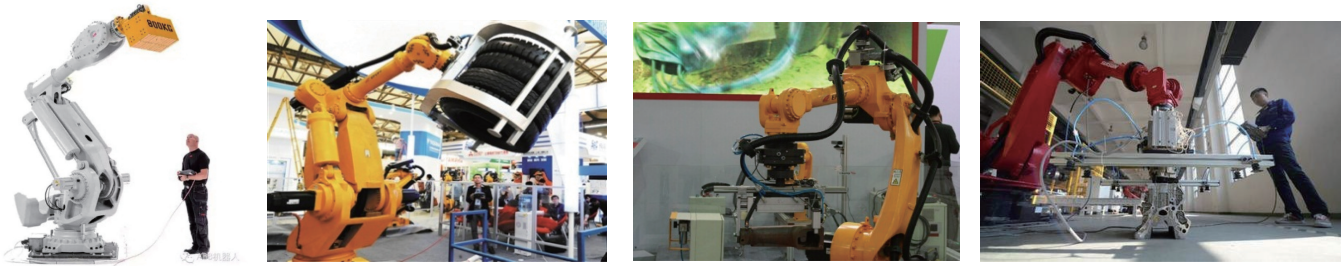


图3 工业机器人应用范围

Fig. 3 Industrial robots are becoming more widely used

4.3 家用服务机器人发展现状

在全球家用服务机器人方面,世界各国处于同一起跑线,产品形态和功能正在探索和尝试,未来具有巨大的产业发展空间。日本处于领先地位,欧洲、韩国、中国紧随其后。围绕家用服务机器人的市场空间、本体、系统应用工艺、传感器核心部件、控制系统等方面进行了对比(从高到低依次分为A、B、C三等),如表2所示。

据 IFR 统计,2014 年全球家用机器

人新增 330 万台,相比 2013 年增长了 28%,其中娱乐休闲机器人新增 130 万台,增长 40%。在家用服务机器人方面,除家庭和花园机器人助手外,助老助残机器人逐渐成为未来发展的主流,相比 2013 年的 699 台,2014 年全球共销售 4416 台。据 IFR 预计,到 2018 年全球销售使用的个人服务机器人将达到 3500 万台,其中家用服务机器人将有 2500 万台,娱乐休闲机器人 900 万台。图4列出了部分家用服务机器人。

中国的家用服务机器人在近几年有了很大的发展,但整体处于发展初期,且多是分散式发展。在教育、陪护、无人机、两轮车等方面,国内企业已崭露头角,如深圳市大疆创新科技有限公司的无人机、纳恩博科技有限公司的两轮车等<sup>[7]</sup>。

总体而言,正如 IFR 的分析,服务机器人正处在一个分散快速发展阶段,没有形成垄断性企业与格局,在所有从事服务机器人的公司中,有 15% 以上的公司都是新创立的,这些企业往往以破坏性技术创新或应用牵引商业模式创新快速发展,大部分企业还很年轻,规模也较小,缺乏规律性成熟的经验,但是这些培育、孵化或是创新企业,为新兴经济与产业发展、大企业成长提供了良好的生态环境。

4.4 特种服务机器人发展现状

在全球特种服务机器人方面,美国

表2 世界各国家用服务机器人发展情况

Table 2 Development of domestic service robots in the world

地区	市场空间	系统应用工艺设计	机械本体	减速器核心部件	智能控制	竞争力
欧洲	B	B	B	A	B	先进制造工艺
日本	A	A	A	A	A	先进制造工艺,规模化高品质制造
美国	A	A	B	B	A	智能控制,技术创新,市场需求创新
中国	A	B	A	C	B	规模化高品质低成本制造,市场需求创新



图4 家用服务机器人

Fig. 4 Home service robots

在医疗机器人、军用机器人、特种环境作业机器人等方面处于领先地位,欧洲在医疗机器人方面具有优势,中国在水下机器人方面具有优势,紧接着是日本、

韩国。围绕特种服务机器人的市场空间、本体、系统应用工艺、传感器核心部件、控制系统等方面进行了对比(从高到低依次分为A、B、C三等),如表3所示。

表3 世界各国特种服务机器人发展情况

Table 3 Development of special service robot in the world

地区	市场空间	系统应用工艺设计	机械本体	减速器核心部件	智能控制	竞争力
欧洲	A	A	A	A	B	智能汽车、智能农机、智能工程机械、救灾装备
日本	B	A	A	A	B	智能农机、智能工程机械、救灾装备
美国	A	A	B	B	A	军用,无人机,医疗,水下,空间,智能汽车
中国	A	B	B	B	C	水下,空间,无人机

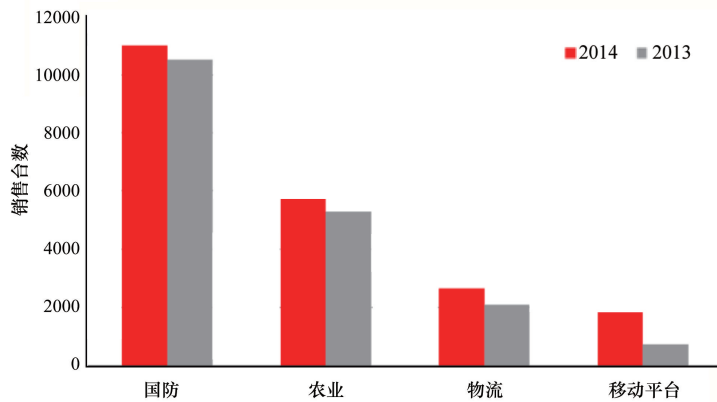


图5 2013—2014年全球特种服务机器人销售领域

Fig. 5 Sales area of global professional service robots between 2013 and 2014



图6 特种服务机器人

Fig. 6 Special service robots

据IFR统计,2014年,全球共新增特种服务机器人24207台,相比2013年的21712台,增长了11.5%。如图5(来源于IFR),2014年国防领域新增特种服务机器人11000台,占新增特种服务机器人的45%,其中无人机占据了82%。此外,农业领域新增特种服务机器人5700台,其中5180台为挤奶机器人,占新增特种服务机器人的25%;物流领域新增特种服务机器人2644台,占新增特种服务机器人的7%,同比增长27%。相比2013年,医疗机器人2014年增长率下降了5%,新增1224台,其中手术机器人978台。外骨骼机器人2014年共销售273台,相比2013年的160台增长了80%。据IFR预计,未来特种服务机器人会急速增长,到2018年,将超过15万台,其中最大的市场是国防、农业和物流。

中国的特种机器人在“863计划”的支持下,取得了不少成果(图6)。其中最为突出的是水下机器人(如蛟龙号)和空间机器人(如神10),6000 m水下无缆机器人的成果居世界领先水平,还开发出直接遥控机器人、双臂协调控制机器人、爬壁机器人、管道机器人等机种;在机器人视觉、力觉、触觉、声觉等基础技术的开发应用上开展了不少工作,有了一定的发展基础。但在多传感器信息融合控制技术、遥控加局部自主系统遥控机器人、智能装配机器人、机器人化机械等的开发应用方面则刚刚起步,与国外先进水平差距较大。

总体而言,如图7(来源于IFR),在特种服务机器人领域,欧洲和美国在水

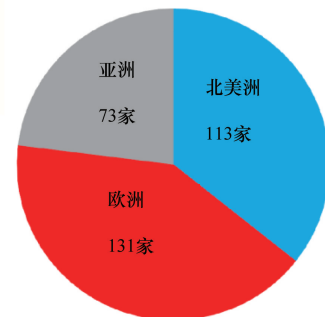


图7 2014年全球服务机器人生产企业

Fig. 7 Manufacturer statistics of global service robots in 2014



下、农业、医疗等方面处于绝对领先地位,国内水下机器人的研究已经形成了良好优势,医疗外科机器人和反恐救灾机器人也正在大踏步前进。由于这方面的市场需求与规模有限,需要加强探索协同服务新的商业模式,不断完善快速、高品质、安全可靠的工程化产品。

## 5 智能机器人未来发展方向

### 5.1 机器人基础与前沿技术发展

机器人基础与前沿技术正在迅猛发展,涉及工程材料、机械工程、传感器、自动化、计算机、生命科学甚至涉及法律、伦理等各方面,许多学科相互交融、相互促进快速发展,以智能机器人形态出现在实验室、企业与社会,这里主要集中在交流3个方面热点研究。

#### 5.1.1 智能感知识别、大数据与人工智能

随着机器人的应用和推广,尤其是服务机器人的快速发展,感知能力将会成为机器人的一个重要考核指标。如何使机器人的感知识别能力更接近于人或其他生物将会成为未来研究的重点。同时,随着大数据、云计算等信息技术的发展,机器人的人工智能水平也将会不断提高。

目前,微软、谷歌、百度等计算机巨头已经在人工智能领域有所布局。2014年,微软在Build大会上推出了虚拟个人助理Cortana,Cortana的思考能力足以支持整个对话过程。当你与Cortana交流时,它会判断正在进行的是同一段对话还是新的对话主体。2014年,谷歌收购了英国DeepMind公司,在2014年4月发布的一款DeepMind软件展示视频中,DeepMind软件通过自己的本能来控制一款叫Atari的电子游戏并取得了胜利。百度深度学习研究院(IDL)开发出的“百度大脑”已经能达到2~3岁孩童的智力水平。

#### 5.1.2 微纳制造与智能硬件

机器人执行载体依赖于新材料、刚柔耦合结构、微电子与制造技术发展。随着纳米技术、微机电系统<sup>[8]</sup>、智能硬件等研究的深入,纳米机器人等微型机器人将会成为未来发展的方向之一。

其不仅可以大大降低机器人成本,而且可实现现代制造宏观到微观的转变,特别是应用于医疗、健康等领域(如血管机器人),为人类的健康和生命保驾护航。同时纳米制造与智能硬件所涉及的石墨烯、维纳光电器件等也将为机器人的感知和识别提供更优越、更精准的微型传感器。

#### 5.1.3 生物材料与软体机器人

传统的机器人外壳多由没有温度的金属和塑料组成,在实际接触中无法让人产生依赖感。如果机器人的手、脸等关键部位能采用类似皮肤的材料,那么无疑会使人机接触过程更加友好。未来生物材料的发展将进一步推动机器人技术的发展,将为人与机的亲密互动提供更为真实、友好、舒适的界面,进一步缩短人与机器人之间的距离。因此,在不久的将来,一定会出现刚柔耦合、更加安全、更加实用、更加便宜的工业机器人与服务机器人。

同时,基于柔性生物材料的软体机器人研究将会成为机器人领域的研究热点。2012—2015年,Science与Nature已刊登了6篇关于仿生软体机器人的研究论文。柔性体机器人的驱动与传感等相关基础研究已引起世界著名高校,如美国哈佛大学、麻省理工学院等的高度重视,相关研究将在人工肌肉驱动的软件末端抓持器设计,多栖海空、水路仿生结构,柔性可穿戴式的感知装置等方面有所体现。

### 5.2 机器人应用与产业化发展

机器人应用与产业化正在渗透各个行业,由于世界大部分智能硬件在中国制造,另一方面中国人口众多,不仅安全的吃住玩是主要需求牵引,而且医疗健康与养老需求也将成为迫切需求。与此同时,考虑到中国目前一些过剩产业或是即将淘汰的产业,因此,重点围绕中国未来需求,介绍4个方面的应用热点。

1) 3C装配制造、物流仓储搬运、食品加工等机器人有望成为工业机器人新兴主力军。工业机器人作为产业先驱,随着基础工业、制造工艺的进步,以及与传感技术、智能技术、虚拟现实

技术、网络技术等的深度融合,工业机器人将朝着精度、速度、效率更高,智能、灵巧作业、人际交互能力更强,以及更加标准化、模块化、系统化、开放化等方向发展,更加重视相关新材料、增量加工方法、智能化示教、应用设计、成套应用工艺等关键技术,不断提高操作性和可维护性,应用领域也将从汽车工业向电子装配制造、物流搬运与仓储、食品加工、机械加工、化工建材等渗透推广,有望成为中国工业机器人应用的主力军。

2) 家庭服务机器人有望走入千家万户。由于生活节奏的加快和劳动力的减少,小孩的看护、老人的陪护及家庭的清洁逐渐成为困扰年轻人的诸多问题,由此大力发展护理及清洁机器人是未来机器人发展方向之一。目前大家首先关心的是挖掘家庭服务刚性需求或痛点需求,其次关心是否存在相对集中的通用软件平台、硬件平台,标准化体系结构,软硬分离,相对专业化应用的模块化组件集成,另外还有一个重要问题就是提供服务具体内容,如何充分利用互联网、大数据及人工智能等技术,使得家用服务机器人可以方便地用于家庭并且价格合理等。

3) 医疗机器人服务于民生科技与健康。健康是人类永恒的主题,未来医疗机器人的发展空间巨大。据Winter-Green Research预测,未来康复机器人和手术机器人行业规模将分别由2014年的2.2亿、32亿美元增长到2021年的32亿、200亿美元,年均复合增速将达到46.6%、29.9%。

随着远程医疗、微创外科及3D打印技术在医学领域的应用,手术机器人的需求会越来越多。但由于国外企业占有份额太高及其本身的技术壁垒,国产化的道路还很漫长。同时,由于中国残障人数众多,而且专业的康复医院、康复科室、康复设备还很少,未来中国康复机器人潜在市场上百亿。但由于中国特殊的群体收入特征和不完善的支付体系,很多国外昂贵的康复机器人消费者还无法承担,这就意味着未来国产康复机器人产业大有作为。

4) 智能机器人技术嵌入智能交通,引领未来产业发展。据21世纪经济报道:2015年6月27日,美国谷歌公司宣布,他们的无人驾驶汽车已经驶在加利福尼亚州芒廷维尤的街头。智能交通,无人驾驶已经成为未来汽车发展的主流。由于其大大提高了交通系统的效率和安全性,将是未来汽车巨头们争夺的主要市场。2015年6月,在中国云计算大会上,百度宣布将在下半年推出无人驾驶汽车。2015年4月,上海汽车集团股份有限公司也推出了iGS智能汽车,该车不需要司机,而是自己用摄像头和雷达观察周围环境,用控制软件指挥,用油门、刹车、排挡、转向等实现移动。

未来,智能交通与无人驾驶必将走进人们的生活,并为人们的出行提供交通的便利。

## 6 结论

从公元前约10世纪偃师发明艺妓(歌舞机器人)到现在,智能机器人技术已取得长足发展,为人类工业制造、公共服务及个人生活品质的提高做出了不可磨灭的贡献。但随着人类需求的进一步多样化和新技术的日益突起,未来的机器人还将面临更多更复杂的问题,如何提高机器人的高智能化、如何建立更亲密的人机关系、如何保证使用者的安全等都将成成为急于解决的难点。

在工业机器人领域,全球市场格局已经成型,不能希望在中国短期内彻底改变,这需要长期坚持发展,需要攻克一些工业基础性的核心问题,包括工艺设计与实验、核心零部件、主机可靠性等问题。与此同时,中国作为未来机器人应用的最大市场正处在经济转型的

过程中,充满了机遇和挑战。在服务机器人领域,全球市场尚处于发展阶段,未来发展空间极大。中国具有全世界最高的人口基础和残障人(残疾人、伤病人)数量,未来服务机器人市场很大。截止目前,中国自有的服务机器人产业正处于起步阶段,已产生了一些充满活力的企业,在国际竞争中也具有一定的特色。如何发挥国内市场优势,如何保证机器人的安全性,如何实现机器人的家庭化和高度智能化等将是未来服务机器人研究者必须思考的问题。

**致谢:**赵杰、韩建达、李泽湘、刘进长、曲道奎、徐礼进、谭民、孙立宁、黄田、黄强、王耀南、刘成良、丁希仑、毕树生、姜念云、欧勇盛等对本文撰写提供一定的帮助。

## 参考文献(References)

- [1] Gartner 10大预测:The future is a digital thing (30PPT) [EB/OL]. [2015-10-28]. <http://dy.qq.com/article.htm?id=20151011A005NB00>.
- [2] 中华人民共和国国家统计局国家数据[EB/OL]. [2015-10-28]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.
- [3] 国家应对人口老龄化战略研究总课题组. 国家应对人口老龄化战略研究报告[M]. 北京: 华龄出版社, 2014.
- [4] 经济学人智库报告: 未来6年全国年收入增速12%[EB/OL]. [2015-10-28]. [http://finance.ifeng.com/a/20141217/13361855\\_0.shtml](http://finance.ifeng.com/a/20141217/13361855_0.shtml).
- [5] 方辉. 中国外贸复苏迷局[J]. 人民文摘, 2015(1): 50-51.
- [6] 王田苗, 陶永. 我国工业机器人技术现状与产业化发展战略[J]. 机械工程学报, 2014, 50(7): 1-13.
- [7] 王田苗, 陶永. 服务机器人技术研究现状与发展趋势[J]. 中国科学, 2012, 42(9): 1049-1066.
- [8] 王立鼎, 褚金奎. 中国微纳制造研究进展[J]. 机械工程学报, 2008, 44(11): 2-12.

# Intelligent machines that will change the world: Thinking on the development of intelligent robots

WANG Tianmiao, CHEN Diansheng, TAO Yong, LI Jian

Robotics Institute of Beihang University, Beijing 100191, China

**Abstract** With the development of cloud computing, big data, IntelliSense, micro-nano manufacturing, biomaterials and intelligent transportation, intelligent machines, or the intelligent robots, will bring about a new smart era, as an important factor for the world's economic and industrial growth transformations. This paper describes the definition and development status of industrial robots, home service robots and special service robots from the demand and background of intelligent robots. The advanced technology development and industrialization trend of future intelligent robots are also analyzed. These can provide a reference for Chinese intelligent robotics' research and industrialization.

**Keywords** robot; Intelli Sense; cloud computing; micro-nano manufacturing; biological materials; intelligent traffic system; industrialization

基金项目:国家科技支撑计划项目(2015BAF01B04)

作者简介:王田苗,教授,研究方向为服务机器人、嵌入式机电控制,电子信箱:itm@buaa.edu.cn;

陶永(通信作者),讲师,研究方向为嵌入式机电一体化、智能机器人集成应用,电子信箱:taoy@buaa.edu.cn

(责任编辑 王媛媛)