

# 对我国机器人产业发展的思考

蔡鹤皋

(哈尔滨工业大学机器人研究所 机器人技术与系统国家重点实验室 哈尔滨 150080)

**摘 要** 机器人技术是二十一世纪世界科学技术发展的一个热点, 应用领域不断扩大, 智能化水平进一步提高。我国已成为世界上最大的机器人需求市场, 我们应抓住机遇, 迎接挑战, 加速中国机器人产业的发展。

**关键词** 机器人; 产业发展; 工业机器人; 服务机器人; 特种机器人

**中图分类号** TP 242 **文献标志码** A

## Reflections on the Development of Robot Industry in China

CAI Hegao

(Robotics Institute and State Key Laboratory for Robotics and System of Harbin Institute of Technology, Harbin 150080, China)

**Abstract** Robotics is a focus of the science and technology development in the 21st century. Robots are employed in more and more fields, with the rapid progress of their intelligence level. Since China has become the largest market of robots in the world, we should seize the opportunity, get ready to the challenge and accelerate the development of China's robot industry.

**Keywords** robot; industry development; industrial robot; service robot; special robot

## 1 引 言

机器人技术已成为二十一世纪世界科学技术发展的一个热点。机械、电子、计算机、自动控制、传感器、网络和通讯等相关科学技术的快速进步, 为机器人的发展提供了非常强大的理论和技术支撑。目前, 机器人已经冲破工业应用领域, 其应用范围日益扩展, 并且智能化程度越来越高, 工业机器人、服务机器人和特种机器人正加快脚步走进人类社会的方方面面。机器人技术已经驶进发展的快

车道, 对人类社会的进步和生产生活方式的转变产生深远影响。

## 2 各类机器人的发展

工业机器人成为推动传统制造业向数字化、智能化改造升级的重要技术。制造业是一个国家竞争力的重要标志, 是国民经济实体的重要组成部分。2010 年, 我国的制造业总产值已经超过美国, 成为世界制造大国, 但还不是制造强国。因为我国制造业的生产手段落后, 很多工业生产仍然是以低廉

收稿日期: 2015-04-22 修回日期: 2015-05-04

作者简介: 蔡鹤皋, 中国工程院院士, 教授, 研究方向为机电一体化和机器人技术, E-mail: hgcai@hit.edu.cn。

劳动力成本为主要竞争手段的劳动密集型产业发展模式,技术含量和产品附加值较低。随着我国适龄劳动力人口数量的下降和劳动力成本的提高,人口红利优势丧失,以低廉劳动力为中心的低端制造模式面临严峻挑战。我国必须加速产业结构调整,推动制造业转型升级,促进从劳动密集型模式向信息化、自动化生产方式的转变。目前,我国工业发展已进入升级转型的关键时期,要通过产业升级转型提高我国制造业的技术水平,将我国从一个制造大国建设成为一个制造强国,这是关系到国家生死存亡的大事。工业机器人作为高端制造装备的重要组成部分,具有明显的产业特征,工业机器人是制造业实现数字化、智能化和信息化的重要载体,机器人及其为主体的自动化成套装备推动着制造业由密集型手工作业向信息化、自动化方向升级,是提升制造产业发展质量和竞争力的重要路径,工业机器人向数字化、智能化发展必将促进我国第三次工业革命的到来。

服务机器人技术是服务民生科技与老龄化社会的重要技术保障。我国人口老龄化加剧、残障人口众多、社会服务水平地域差异明显,这些已成为制约我国社会和谐发展的突出问题,推动以家政服务、助老、助残和医疗机器人等为代表的民生科技快速发展迫在眉睫。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》明确将服务机器人作为未来优先发展的战略高技术。2013年我国60岁以上老龄人口数量达到2.02亿,老龄化水平达到14.8%,其中失能老人超过4000万人,老年抚养比达到21.58%。我国独有的家庭结构使传统家庭养老方式面临严峻挑战,社会养老压力加大,已成为举国上下关注的社会问题。同时,我国残疾人总数已达到8296万,发展康复辅具是帮助残障人士回归社会最有效的手段,是国家社会发展水平的重要标志之一。我国城乡发展水平差距巨大,造成社会服务水平地域差距明显,以医疗资源为例,东部地区与中西部地区相比,人均资源占有量相差3~5

倍,将机器人技术融入医疗事业,开展以远程会诊、远程治疗为代表的新型医疗模式研究,实现医疗资源共享,成为提高落后、边远地区医疗水平,保障人民健康的重要举措。发展以家政服务、助老、助残和医疗为代表的服务机器人产业,可以有效缓解老龄残障人群的社会服务压力、推动民生科技快速发展,是实现科技成果惠及民生的重要战略举措。

特种机器人技术成为国家战略资源勘探、公共安全与灾难救援的不可替代的技术手段,成为全面融入国计民生的重要支撑技术。一方面,我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一,仅以地震为例,二十世纪发生的破坏性地震占全球1/3,2008年汶川地震造成直接经济损失超8000亿元;此外,我国正处于生产安全事故的高发期,屡屡发生的重特大事故更具突发性、灾难性和社会危害性,我国每年因各类事故造成的经济损失达2000亿元以上,约占GDP的2%。灾后应急处理救援的复杂性和技术性进一步增强,如何及时有效地提高救援效率和减少施救人员的伤亡,对灾后应急处理救援技术的发展提出了更高和更紧迫的要求,上述情况都使得灾难救援机器人起着越来越重要的作用。另一方面,我国社会公共安全面临更严峻的形势,国内外极端势力制造的各种恐怖事件时有发生,爆炸、核、生化成为极端分子制造事件和恐怖威胁的常用手段。对上述危险物品进行快速拆除、安全转移成为一个亟待解决的问题,促使反恐防暴机器人迅猛发展。近年来国际上发生的局部战争突显出未来战争的模式,以无人机、无人作战机器人为代表的侦查、作战军用机器人技术在伊拉克战场上得到了充分展示,这种新的未来战争模式推动世界各国大力发展军用机器人的研究。可见,大力发展应急处理机器人装备,减少各类灾害、重大生产事故、恐怖事件等造成的重大人员伤亡和经济损失,保持社会稳定成为亟待解决的任务。

在关乎国家经济、科技、国防、社会等发展战

略的多项重大科技专项/工程的实施中，机器人发挥着不可替代的重要作用，引发该领域新一轮的全球竞争。在 16 个国家科技重大专项中，多数涉及到极端作业性能(重载、高速、高加速度、高精度等)或极端作业环境(真空、微重力、高低温、核辐射、水下等)，对极端作业机器人发展提出了新的挑战，如载人航天专项中空间站机械臂和月球车、IC 专项的高速工件台和晶片传输机器人、NC 专项中的(航空、航天、船舶、汽车)制造机器人化成套工艺装备、压水堆及气冷堆核电站专项中的核电(运行、维护、应急处理等)机器人、激光约束核聚变专项中的精密定位和靶操作机器人等。在其他关乎国家发展战略的海洋、极地、新能源等的重大科技发展战略中，如海底(油气、可燃冰、矿产等)资源机器人化开采装备亟待突破；机器人远程操作技术被列为国际磁约束核聚变(ITER)专项的核心技术之一；南极全天候机器人无人值守科考站成为我国总体技术实力的一个综合展现等，机器人技术有效支撑了国家重大专项/工程的顺利实施，发挥着不可替代的作用。

### 3 当代机器人技术发展的特点与趋势

当前，机器人技术的发展特点和趋势是智能化以及人与机器人的交互共融。智能化是机器人发展的第三个阶段，具有感知功能和自主行为控制功能的机器人成为发展趋势，在复杂、未知非结构环境下的环境感知和认知、自主决策和行为控制成为智能机器人发展的关键技术。与人共融是新一代机器人的共性特征。传统工业机器人的工作空间与人相隔离，采用预编程控制和示教盒交互方式，且无安全保障。新一代机器人与人工作在同一个自然空间内，协调合作紧密，需要与人进行自然交互，从而确保机器人工作的安全性。为了实现机器人与人的交互共融，需要解决环境理解、智能控制、行为安全和人机交互等问题。其中，环境理解问题包括机器人对自然、不可预知和复杂动态环境的感知和理

解；智能控制问题就是机器人在目标及任务更加多样化、操作灵活性更高、人机合作程度更深、过程更加复杂多变情况下的智能决策与控制；行为安全问题包括机器人与人在物理界限消失、紧密接触、密切配合情况下确保人一机一物安全的技术；人机交互问题包括机器人与人之间能够相互适应且具有智能、鲁棒、友好、安全等特点的人机交互技术。

### 4 中国的机器人产业现状

我国已成为世界最大的机器人需求市场，产业发展前景巨大，这为我国机器人产业带来了前所未有的机遇和发展原动力。据国际机器人联合会(IFR)统计，我国每年新增进口工业机器人装机量平均以 25% 的速度迅猛增长，远超过全球范围内工业机器人 10% 的增长速度，2012 年我国工业机器人装机量新增 2.3 万台，已经成为世界最大的工业机器人需求市场。作为衡量一个国家自动化水平的基准，每万名产业工人所拥有的工业机器人数量，2012 年我国为 23 台，不足国际平均水平(58 台)的 1/2，表明我国制造业自动化程度距制造业强国尚有约 10 倍以上的增长空间，预计到 2020 年达到目前世界发达国家机器人装机密度中等水平，需增加机器人装机量 130 万台，直接增加产值达 2 500 亿元，带动配套系统产值将超过 7 500 亿元，支撑成套系统的产值将高达约 2.5 万亿元。服务机器人正在成为机器人领域最具潜力的增长点，2011 年度全球服务机器人销量约为 250 万台，市场总值超过 42 亿美元，正在以 20%~30% 的速度增长，到 2015 年销售额将达到 85 亿美元。预计到 2030 年，我国个人/家用服务机器人产值将达到 2 000 亿元，医疗、助老助残、娱乐等服务机器人产值将达到 6 000 亿元。特殊环境服役机器人是一个重要的产业方向，仅以水下机器人为例，2020 年我国水下作业机器人产品将达到 300 台套，基本满足我国海洋资源开发的需要，直接形成 100 亿~200 亿元的产业规模。

中国特定的产业结构、社会需求将产生与之相适应的机器人需求结构，为我国机器人产业的发展创造了巨大市场机遇，成为我国机器人产业迅猛发展的原动力。

我国在 20 世纪 80 年代将机器人技术列入国家科技发展计划，30 多年来，已经形成了一支具有较强创新能力的机器人研发队伍。在工业机器人、服务机器人和特种机器人等方面取得了许多标志性的研究成果，在技术上中国已具备生产工业机器人的能力：(1) 成功研制出全系列工业机器人产品，包括 6 公斤、10 公斤、20 公斤、50 公斤到 165 公斤、180 公斤、210 公斤、300 公斤和 400 公斤的系列化工业机器人，中国多家企业具备了一定规模化的生产能力，并进行了小批量生产；(2) 中国工业机器人的应用正在快速扩展，应用在汽车焊接线、锻压、喷涂、折弯、数控机床上下料、码垛和搬运等工业领域；(3) 中国工业机器人核心部件初见成效。RV、谐波减速器、伺服电机、控制器等基础部件的性能指标达到国外同类水平，形成小批量生产能力，并在多个型号中国工业机器人中得到初步应用。我国制造的数百台工业机器人已经用于汽车工业的生产作业中。目前中国具有四百多家工业机器人制造企业和系统集成企业，其中 88% 是系统集成企业。但是我国还没有如安川、KUKA、ABB、FANUC 等那样的世界巨头机器人公司的机器人制造企业。

## 5 抓机遇迎挑战加速中国机器人产业发展

对于中国机器人产业的发展，我认为应该注意以下几个方面。

(1) 中国机器人产业的发展要遵循市场为导向的原则。中国工业机器人产业要走向成功，就一定要从中国机器人市场需求出发，深入调查研究，只要产品对路，产品具有性价比优势，就可以赢得用户支持，逐步扩大市场，将工业机器人产业逐渐做

大做强。虽然在汽车行业和电子行业，国外几家机器人厂家已经占领了很大的市场，但是中国存在大量的低端劳动密集型制造企业，这些企业对工业机器人的需求迫切，存在大面积的工业机器人应用的空白区。中国制造业对工业机器人的需求量大、面广，这为我国工业机器人产业提供了一个非常大的发展空间。

(2) 中国工业机器人产业要通过技术创新走出一条新路。基础部件是制约我国机器人产业发展的瓶颈技术，目前我国的机器人关键基础部件，如同伺服电机和精密减速器等，大部分依赖进口，造成国产机器人产品的生产成本居高不下，缺乏国际竞争力。因此，我国需要加强机器人产业链的合理、有序布局，在培育更多机器人应用工程集成商的同时，加快机器人关键基础部件的研发和产业化进程。另外，中国机器人需求市场非常巨大，种类五花八门，特殊的用途和环境要求机器人具备特殊的功能和性能，例如打磨机器人需要具备柔顺机构和顺应控制功能，特种机器人要求机器人具备在极端作业环境下的适应能力，这些都将成为技术创新的方向。目前正处在一个信息时代，我们应该强化创新驱动，通过在机器人示教、柔顺、跟踪、网络、感知、智能等方面的技术创新，提高机器人的智能化水平和作业水平，制造出适应中国市场需求的高性价比机器人。

(3) 实行官产学研用结合，整合创新资源，促进机器人产业的可持续发展。中国工业机器人已经由研究阶段进入到产业和应用阶段，在这一阶段，应以企业为主导，通过官产学研用结合，大力推进中国工业机器人产业的快速发展。政府应做好顶层设计和政策引导，制定有利于发展工业机器人产业的税收与激励政策制度，防止低水平重复和资源浪费，培育优质产品和名牌企业。调动广大产业界和科技界人士的积极性，实现我国机器人产业的有序和可持续发展。