

机器人技术的新进展*

徐扬生 阎镜予

1 引言

机器人技术是一种是以自动化技术和计算机技术为主体,有机融合各种现代信息技术的集成技术。在半个多世纪的发展历程中,机器人技术首先在工业生产领域得到了广泛的应用,极大地提升了生产品质并成功解放了劳动力。随后,机器人技术扩展到国防、航空、航天、航海等领域,形成高精尖的军用机器人和特种机器人。目前,服务机器人正蓬勃发展,将引领一场新的机器人革命,正越来越深刻地影响着我们的日常生活。

2 国外新进展

作为高技术领域中的重要前沿之一,机器人技术具有前瞻性和先导性的特点,对学术研究、产业升级、培养创新意识、保障国家安全、引领未来经济社会的发展有着十分重要的作用。有鉴于此,世界各国争相加大对机器人产业的投资力度,并将其视为继家用电器和电脑后第三个革命性的电子产品。目前,美国、日本以及欧洲在机器人领域处于世界较高水平。以下对最近一些进展,作了不很全面的综述。

2.1 美国机器人新发展

上世纪六十年代初,美国研制完成第一台工业机器人,成为机器人的诞生地。时至今日,美国在机器人领域的技术开发方面一直保持着世界领先地位。

美国在军用机器人领域的进展一直备受瞩目,早在伊拉克战争中,美军就部署了排雷机器人。近年来,美国更是研制出BigDog四腿军用机器人,能够在负重100kg的情况下以5km/h的时速在各种地形上行走^[1]。2011年,美国Petman仿人军用机器人实现了时速7公里的步行,这两款机器人都具有超强的平衡能

力,即使侧面受到大力冲击也不会摔倒^[2]。

作为第一个部署月球车和火星车的国家,美国在航天机器人领域也是先行者。2011年2月,美国Robonaut 2机器人乘坐航天飞机进入太空,开创了人类历史上使用仿人机器人进行行星探索的历史^[3]。

从上世纪九十年代第一台横穿美国的无人驾驶汽车开始,美国在无人车船以及无人飞行器方面取得了令人瞩目的成果。2011年10月,美国研制的“纳米蜂鸟”无人驾驶侦察机已经成功完成精准试飞,翼展只有16cm宽,能像小鸟一样拍打翅膀前后飞行^[4]。同年11月,美国的四艘Wave Glider无人驾驶船开始了自主跨太平洋之旅^[5]。

除此之外,美国在机器人相关传感器方面也引领了世界的潮流。美国微软公司的Kinect体感游戏外设通过红外测距和模式识别技术实现了高性价比的人体动作识别^[6],引起一股新的人机“自然交互”浪潮,带来了机器人发展的新方向。

2.2 日本机器人新发展

上世纪七十年代开始,日本为了解决劳动力不足问题及提高产品质量,着力开发机器人技术^[7],经过快速发展,日本在20世纪80年代超过美国成为“机器人王国”,在产量上跃居世界首位。日本不仅在工业机器人领域成绩卓越,其传感器、电机、精密加工、能源以及材料等机器人的关键零部件和关键基础技术均是世界领先。

近年来,随着人口老龄化的不断加重,劳动力短缺的日本开始注重老人服务机器人相关技术的研究和开发,并且取得了令世界瞩目的成绩。本田公司最新版的ASIMO仿人机器人不仅能够灵活地使用双手协同工作、以9km/h的速度慢跑、而且能够灵活地完成单腿跳跃^[8]。

2011年,日本福岛第一核电站事故爆发,随后日

徐扬生,中国工程院院士,香港中文大学副校长及自动化与计算机辅助工程学讲座教授,兼任中国科学院深圳先进技术研究院副院长。徐教授所研究的领域包括空间机器人、智能系统与控制、人机界面和智能混合动力汽车。阎镜予,香港中文大学机械与自动化工程系在读博士生。研究方向:计算智能,智能系统。

*转载自《2012高技术发展报告》

本大力开展了对核事故处理机器人的研究。同年11月，由千叶工业大学研发的“ROSEMARY”核事故处理机器人面世，能够在负重50公斤的情况下连续工作5小时，并可进行遥控充电^[9]。

2.3 欧洲机器人新发展

在欧洲，英国的机器人产业起步最早。1966年英国就引进了美国公司的工业机器人，并于很快研制出自己的工业机器人。英国不仅大力研制和广泛应用工业机器人，其在服务机器人领域也颇有建树，例如，赫特福德大学设计出一款管家机器人“Greta”，能够从主人那里接收命令，然后向下级机器人安排任务，并回答主人相关的问题^[10]。

德国是拥有工业机器人最多的欧洲国家，其机器人数量在世界范围内也仅次于日本。德国于1985年预见性地提出了向带感知的智能机器人方向转移的目标，并经过近30年的努力使其在机器人领域获得公认的领先地位。德国KUKA公司开发的轻型机械臂，不仅高效灵活，而且具有模块化结构，具有广阔的工业和服务应用前景^[11]。不仅如此，德国在航天机器人领域也颇有建树，其航空航天局研制的Rollin' Justin机器人，不仅能够进行精准的遥操作，而且能泡咖啡能接棒球^[12]。另外，在服务机器人领域，德国的Care-0-Bot II 移动家庭看护机器人能够帮助老年人独立生活的系统，功能十分丰富实用^[13]。

法国在机器人拥有量以及机器人应用上也居于世界前列。这主要归功于法国政府及产业重视机器人技术，并把重点放在开展机器人的应用研究上。目前，法国Aldebaran公司生产的“Nao”已成为世界上销售量最大的小型类人机器人，在研究和教育领域得到广泛应用^[14]。

3 国内新进展

我国虽然在机器人领域起步较晚，经历了很多曲折，但随着近年来政府、研究机构和产业界三方的不断努力，我国的机器人技术取得了巨大的进步。下面分别从工业、服务、海洋、空间和教育机器人等几个方面综述我国机器人技术的最近发展。

3.1 工业机器人新进展

工业机器人已经成为衡量一个国家制造水平和科技水平的重要标志，目前，国内在弧焊、点焊、喷涂、搬运、装配和特种机器人（水下、爬壁、管道、遥控等机器人）领域，掌握了完整的设计制造技术，

解决了控制和驱动的关键技术。例如，2008年9月，哈工大研制完成国内首台165公斤级点焊机器人，并成功应用于奇瑞汽车焊接车间，整体技术指标达到国外同类机器人水平。而新松机器人公司开发出RH6弧焊机器人，其焊接质量达到了国外同类产品的水平。同样由新松公司设计制造的LGV（激光自动导引车）也已达到国际的一流水平^[7]。

多传感器控制系统的研究，离线编程技术、自诊断和安全保护技术等方面均已取得了突破，掌握了工业机器人所有关键技术。

在基础元件制造方面，我国在谐波减速器、高效电机的制造领域也有了突破。已研制出了交、直流伺服电机及其驱动系统、测速发电机、光电编码器、液压（气动）元部件、滚珠丝杠、直线滚动导轨、谐波减速器、RV减速器、十字交叉滚子轴承、薄壁轴承等，并涌现出了一批具有较强实力的专业厂家^[15]。

3.2 服务机器人新进展

随着我国人口老龄化的加剧而服务机器人受到了越来越广泛的关注，服务机器人产业很快将成为继家电和个人电脑之后，全球新经济发展的重要增长点。而中国在服务机器人方面的研究经过20多年不懈的努力，已跨入世界先进行列^[16]。

在监控机器人方面，中科院深圳先进院研制的家庭监控机器人可以在家中自如移动到每个角落，监测家中是否漏水、着火煤气泄露等，一旦发现异常，机器人会主动地向主人的手机发送报警短信。如果有陌生人闯入时，机器人也会立即将其拍照并传给主人。

在老人服务机器人方面，中科院深圳先进院研制的管家机器人能够接收用户通过智能手机发送的指令完成特定目标抓取，为老人提供生活便利。中国科学院自动化研究所则研制了一种具有视觉和口令导航功能并能与人进行语音交互的机器人轮椅，不仅能通过语音控制轮椅自由行走，还可以实现简单的人机对话功能，给行动不变的老人和残疾人提供很大方便。

在仿人机器人方面，2011年11月，由浙江大学研制的仿人机器人“悟”和“空”成功实现了乒乓球以及与人类对打，能够持续百余回合以上。

3.3 水下机器人新进展

当前，国际海洋领域的竞争日趋激烈。海洋机器人，作为一种水下及水面的运载与作业平台，已成为各国提升海洋竞争力必不可少的重要技术和战略需求^[17]。

我国海洋机器人的发展虽然起步较晚，但经过政

府和科研人员的不懈努力,取得了诸多骄人的成果。例如,中科院沈阳自动化研究所通过国际合作,成功研制出6000米自主水下机器人,使我国水下机器人研究与开发达到国际先进水平^[18]。2006年,我国研制成功世界最大潜深载人潜水器“海极一号”,7000米的工作潜深,可以达到世界99.8%的海底,比世界上另外5台同类产品深500米。2011年8月,我国首台自主设计、自主集成的“蛟龙号”载人深潜器成功完成了5000级米下潜,使我国成为第五个具有3500米以上载人深潜能力的国家,为资源调查和科学研究的实际应用以及更大深度试验奠定坚实基础^[19]。

2010年,由中科院研制的机器海豚系统亮相第十二届高交会,它具有模仿生物海豚的外形和腹背式波动运动,能够安全、快捷地进行水质监测。

3.4 空间机器人新进展

空间机器人是空间科学研究的重要辅助工具,对空间科学的研究进展起积极推动作用。空间科学已进入高速发展阶段,各大国在空间探测和空间开发等方面都制订了宏大的发展计划。可以预见,在未来的空间活动中,将有大量的空间加工、空间生产、空间装配、空间科学实验和空间维修等工作要做,这样大量的工作绝不可能仅靠宇航员去完成,而必须充分利用空间机器人等自动化智能设备。

随着天宫一号和神八飞船的成功发射及其对接的顺利完成,标志着我国顺利跻身航天大国。而我国近年来在空间机器人领域也取得了长足的进步,必将进一步推动我国航天事业的发展。例如,在月球车研制领域,近年来的成果可谓是百家齐放。2008年1月,北京工业大学率先研制了月球车原理样机。紧接着,中国航天科技集团公司领衔研制的中国首辆月球车工程样机于同年4月通过项目验收。同年6月,哈尔滨工业大学的月球车样机通过了模拟月球地形环境试验,在功能上具备探月工程所需的月球车基本功能和基本组成部分。

3.5 教育机器人新进展

机器人对工业生产和科学探索的促进作用和巨大影响已众所周知,在教育中的独特作用和价值也日益受到关注。美国、欧洲、日本、韩国等发达国家对此非常重视,我国近年来也开始关注教育机器人的发展。与工业机器人不同,教育机器人以教育为第一目的,更重视机器人的教育价值,以教育理念为指导,以辅助教学为目的^[21]。

目前,教育机器人主要以机器人竞赛的形式发挥

作用,通过竞赛能够有针对性地培养学生动手能力、计算机应用能力和创新思维能力,可有效激发学生的科技创新能力,有利于综合素质培养。

近年来,我国大中学生在多个世界范围内的机器人竞赛中取得了辉煌的战绩。2011年4月,在第十七届全球家用机器人灭火比赛上,中国代表团共取得8项比赛冠军和6项亚军,金牌数量世界第一,创造历史最好成绩。同年7月,中国科学技术大学代表队在第15届Robocup机器人世界杯上获得仿真2D组冠军和服务机器人组亚军,这些成绩表明我国年轻人在机器人技术领域具有世界级的潜力。

4 技术未来的展望与应用

4.1 机器人技术亟待突破的基础研究

千家万户的机器人时代将是人类在可见的未来一定能实现的梦想,但要想让这一天早点到来,就必须在机器人的感知、决策和动作三个方面同时发力,加大多个基础科学的研究:

第一,图像的理解。视觉是人类获取信息最重要的来源,类似地,图像理解的要求是保证机器人能够自然地工作于人类生活环境的重要条件。

第二,人与机器的交互。机器人作为一种可以被称之为“人”的机器,必须具备和人交互的能力。而人和人之间的交流,主要以语言为主,这就涉及到语音识别、语音合成、自然语言理解等众多领域的研究。

第三,智能的描述。究竟什么是智能,智能在人脑中的储存方式和表达方式是什么,如何描述智能等一些问题既是哲学问题、生理学问题、认知学问题,同时也是机器人学问题。为了让机器人更加聪明,具有堪比人类甚至超越人类的智慧,必须加深智能本质的研究。

第四,规划与控制。机器人要独立自主地完成工作,就必须对自身的行为进行规划和控制。规划涉及到动作规划、任务分配、工作调度、工程优化等,而控制涉及到姿态控制、运动控制、能量控制等。

第五,网络的推广。单一的机器人是分布式的工作节点。如果将机器人连接成为一个网络,即可形成信息量大、功能强、任务复杂的大型网络平台,机器人网络除了具有信息、资源互联网,更增加了工作任务互联、行为动作互联、决策管理互联等更高层次的网络环境。

4.2 机器人技术对国民经济的引领作用

在人类历史上，当某种技术被全力推进时，往往会催生一大批相关的高新技术。例如，假设二战后美国没有进行阿波罗计划，计算机技术是不可能诞生的。正因如此，从上世纪60年代后期开始发展的机器人技术，也正在对许多高新技术产业起着重要的推动作用：

第一，对制造装备业的引领作用。在制造、装配、加工等行业中，机器人引领了更新换代和产业转型。随着国内人力成本的逐年增加，产业转型与升级迫在眉睫，目前来看，只有采用高精度、高可靠性的工业机器人替代人工才能保证制造产业的高附加值、高创新性和高技术瓶颈，从根本上提升我国制造业的水平。

第二，对家用电子行业的引领作用。一个机器人是由众多电子元件搭建而成，用户对机器人的高要求，实际上就转化为对电子元件的高要求；机器人市场的扩大，实质上必将带动电子元件市场的扩大。同时，机器人的智能技术与电子产品相结合，将形成一大批具有智慧的电子产品，极大提升电子产品的性能，增加电子产品的种类。

第三，对医疗诊断业的引领作用。随着人们对健康的重视，家庭监护的市场愈发广阔。机器人技术不仅能够带动医疗仪器的家用化、便携化、小型化和智能化，而且能够有效提高医疗诊断水平。

第四，对仪器仪表业的引领作用。在为了达到甚至超越人类五官的灵敏度和分辨率，机器人所使用的传感器必须具有高质量和多样性。

第五，对航空航天事业的引领作用。在航空航天产业中，机器人已成为空间探索不可缺少的工具，如在月球、火星探索中，机器人已基本取代了人的作用。同时，在近地轨道空间中，用空间机器人对卫星进行维护，或是直接将机器人技术运用到下一代卫星设计中形成智能卫星，已成为提高卫星寿命、降低使用成本和自我防卫能力的必经之路。

4.3 机器人技术研发趋势

第一，以加强基础建设为趋势。我国机器人技术很大的问题在于基础不够扎实，要实现机器人技术的持续快速发展，加强基础为发展前提。

第二，以重点发展服务型机器人为趋势。随着人们生活水平的提高，机器人逐渐走入家庭服务人类，引领生活方式的革新。我国机器人的发展重点也应该逐渐由工业机器人转向服务型机器人，抓住新的发展

契机。

第三，以注重创新为趋势。过去我国机器人技术的研究较多跟随国外技术强国的脚步，导致自主创新不足，在关键的技术领域受制于人，从而限制了我国机器人技术的发展。因此我们要特别重视创新，为我国机器人技术发展提供强大动力。

第四，以实现机器人产业化为趋势。机器人技术最终要走向生产应用，工业、家庭、教育、军事，机器人无所不在，因此要让机器人走出实验室，与公司企业广泛合作，转化为产品应用到人们的生产生活中。

参 考 文 献

- [1] BigDog. Boston Dynamics. http://www.bostondynamics.com/robot_bigdog.html.
- [2] PETMAN. Boston Dynamics. http://www.bostondynamics.com/robot_petman.html
- [3] Robonaut 2. NASA. <http://robonaut.jsc.nasa.gov/default.asp>.
- [4] Nano Hummingbird. AeroVironment. <http://www.avinc.com/nano>.
- [5] Wave Glider. Liquid Robotics. <http://liquidr.com/technology/wave-glider-concept/>.
- [6] Kinect. Microsoft. <http://www.xbox.com/en-US/kinect>.
- [7] 李瑞峰. 中国工业机器人产业化发展战略思考. 航空制造技术. 2010(9): 32-37.
- [8] ASIMO. Honda. <http://world.honda.com/ASIMO/>.
- [9] ROSEMARY. 千叶工业大学. <http://news.hexun.com/2011-11-24/135630948.html>.
- [10] Greta. Queen Mary University of London. <http://www.cs4fn.org/alife/robot>.
- [11] Light Weight Robot (LWR). KUKA. <http://www.kuka-robotics.com/en/products/addons/lwr>.
- [12] Rollin Justin. German Aerospace Center (DLR). <http://www.dlr.de>.
- [13] Care-O-bot. Fraunhofer. <http://www.care-o-bot.de/english/>.
- [14] Nao. Aldebaran. <http://www.aldebaran-robotics.com/>.
- [15] 赵臣, 王刚. 我国工业机器人产业发展现状的调研报告. 机器人发展战略研究报告. 2009:178-207.
- [16] 国家863计划智能机器人专家组. 机器人博览. 中国科学技术出版社. 2001年1月.
- [17] 封锡盛, 李一平, 徐红丽. 下一代海洋机器人: 写在人类创造下潜深度世界记录0912米50周年之际. 机器人. 2011(1):113-118.
- [18] 封锡盛, 刘永宽. 自治水下机器人研究开发的现状和趋势. 高技术通讯. 1999(9):55-59.
- [19] 封锡盛. 从有缆遥控水下机器人到自治水下机器人. 中国工程科学. 2002(12):29-33.
- [20] 吴立成, 孙富春, 孙增圻. 空间机器人建模、规划与控制研究现状分析. 中国智能自动化会议论文集. 2005: 1039-1043.
- [21] 张剑平, 王益. 机器人教育: 现状、问题与推进策略. 中国电化教育, 2006(12):65-68.