

智能机器人的发展及其产业化

Development of the Intelligent Robot and Its Industrialization

柳成林

(中科院沈阳自动化所、机器人技术国家工程研究中心,高级工程师 沈阳 110003)

一、国内外机器人研究概况

机器人技术是 20 世纪中期的重大发明。从 60 年代起,美、俄、日、法等国拼搏角逐、争雄霸业。

60 年代后期,美国和苏联为完成月球探测计划,各自研制并应用了自己的空间机器人。美国“登月者 20 号”在无人驾驶的情况下,降落在月球表面,自由行走,钻削岩石,并把土壤和岩石样品装进回收容器送回了地球。

1966 年,美国用水下机器人探测失落在西班牙海湾 896 米水深的氢弹头,曾引起全球瞩目;1986 年又用三种高级水下机器人在洋底打捞“挑战者号”航天飞机的残骸获得成功,轰动了世界。

1997 年 7 月 4 日,美国发射的“火星探路者”号,经过长途跋涉,顺利降落在火星的阿瑞斯平原上。重 11.4 公斤,高 0.3 米,长 0.65 米,宽 0.48 米,脚下踩着 6 个车轮的“索杰纳”微型机器人向地球发回了大量彩色全景和特写照片。

号称“机器人王国”的日本,后来居上。焊接、喷漆、装配、建筑、医疗等五花八门的机器人在生产生活中建功立业,各领风骚……。

时至今日,机器人已经经历了第一代、第二代,进入了第三代——基于“人工神经网络”和“知识数据库”自适应控制的“智能机器人”的研制、开发及其产业化的新阶段。

“智能机器人”的核心技术,关键在于“智能控制”系统。为建立该系统,要采用计算机多媒体数据网络及其高速度、大容量的并行信息处理技术,利用高级语言编制成“全局存取知识数据库”,使机器人的“头脑”里高度凝聚人类智慧的结晶;还要统一协调并随时指挥其声、光、电、油、汽、水以及机械、动力等多种信息融合的传感器和执行机构,即耳、鼻、喉和眼、手、脚等,甚至牵动每一条筋骨和每一根神经……。这是在控制论、信息论、仿生学、计算机科学、神经生理学、实验心理学等许多有关学科相互渗透的基础上,遵循人类智能活动及其控制与信息传递过程的规律,而进行的“人工智能”与“机

器智能”总体集成技术研究的一个新领域。

我国机器人技术的研制与开发始于 70 年代,中国科学院沈阳自动化研究所是牵头单位之一,国内第一台工业机器人就诞生在该所。80 年代中期,国家在该所投资建立了机器人国家工程研究中心。(见封二图)

1985 年 12 月,由我国自行设计制造的第一台重型有缆水下机器人——体重达 2 100 公斤的“海人一号”从沈阳运抵大连,在渤海湾首航试验告捷,成为我国水下机器人技术发展史上一个重要的里程碑。

1986 年 3 月,国家高技术研究发展计划暨“863 计划”开始实施。中国工程院院士、中科院沈阳自动化所原所长蒋新松担任“863 计划”“自动化领域首席科学家”(但不幸于 1997 年 3 月病故)。中科院沈阳自动化所谈大龙研究员担任首届“智能机器人主题专家组”组长。从此十几年来,863 计划“自动化领域”集中了国内若干最优秀的专家、学者和科技工程人员,投身于智能机器人高技术研究、开发及其产业化的事业。

二、我国“水下机器人”跻身于世界五强

为了探察海底油气地矿资源,救捞失事舰船飞机,回收航天火箭弹头,建立水下防御设施,拓展海洋科学技术应用工程……,开发水下机器人技术,向大洋深度进军,已经成为当今世界各国竞相夺取的奋斗目标。

中科院沈阳自动化所先后成功地研制出 6 台具有当代国际先进水平的中型有缆水下机器人,其中 3 台以良好的技术性能连续 7 年十几次“中标”应用,至今仍在为我国南海海上石油钻井平台服务,开创了我国近海石油勘探钻井多次使用国产水下机器人的先例;而另外 3 台则走向国门,远销到了美国和新加坡。

除此以外,为海防水下工程研制的“海潜号”,适于水电大坝观测的“金鱼号”,以及用于大型水坝检查与维修的“六足海底爬行水下机器人”等系列

产品也相继诞生。其中,“瑞康—4”中型水下机器人(见封底图)荣获中科院科技进步一等奖和国家科技进步二等奖,“海蟹号水下六足步行机器人”荣获美国匹兹堡世界发明展览会金奖。

1990年9月,日本商船玛雅八号不幸遇难,沉没在广阔的渤海水域。在当时水流湍急、涛声呼啸的海况下,“瑞康—4”水下机器人仅用了3天时间(合同规定12天),共下潜18次,就圆满地完成了任务——准确地探测出沉船的具体位置为北纬38度33.4分、东经120度58.9分,并为进一步打捞提供了完整的录像资料和其它数据,受到该船保险公司英方监督的好评。

1994年10月,我国首台大型无缆水下机器人——“探索者”(见封二图)在祖国西沙群岛附近1000米深水海域试验成功。这是水下机器人“脱胎换骨、日臻成熟”的重大突破,再次荣获中科院科技进步一等奖。

1995年8月,新式自治水下机器人在太平洋海域完成了6000米洋底探测试验,使我国在洋底探测领域跨越了20年。这标志着我国在水下机器人这个高新技术领域,已经跻身于国际领先水平的行列。目前,只有美国、日本、俄罗斯、法国和中国拥有这种实力。6000米自治水下机器人(见封面)实际上是一个庞大的系统,由舰载的水面支持系统、回收系统、声纳定位系统、智能控制网络系统等组成。从而保证机器人能在6000米深的海洋中按预编航线自治航行,自动回避障碍,从事水下摄影、录像,进行海底地势测量、海洋要素测量、海底多金属结核丰度的测定等,所取得的图像、数据均予以存储和记录。

1997年5月20日至6月27日,6000米自治水下机器人又随“大洋一号”科学考察船二赴太平洋,参加试验调查应用工作,顺利地进入了高技术工程化阶段。该航次工作共获得了近百兆位的有效数据,获取了高清晰的录像、照相、浅剖、侧扫以及温盐深等宝贵资料,并实现了几个指标的新突破。

1997年9月3日,国家科委在京主持召开了6000米水下机器人远洋深海资源考察汇报表彰会。此前,“6000米水下机器人工程化”通过了“智能机器人主题”专家组的验收。验收组认为:6000米水下机器人性能优异、可靠性高,在国际同类型自治水下机器人中居领先水平。经《中国科学报》主办的中国科学院和中国工程院近500名两院院士投票评选,6000米无缆自治水下机器人被评为1997年国内10大科技进展之一。

三、“工业机器人”走向产业化

从1992年开始,“智能机器人主题”将研制的

重点转移到了工业机器人的开发应用上,为工业现代化提供更多更好的智能自动化装备。经过3年的努力,基本上形成了以汽车、电子电器和精密装配等国民经济支柱产业为背景,以系列化产品、规模性应用、高效益集约型生产为目标的机器人与自动化生产应用工程基本框架。

1995年8月,智能机器人主题专家组与一汽集团、熊猫集团、牡丹集团等国有大型企业签署了应用工程合作协议,开展能形成产业的机器人化装配系统和工业机器人的研制。这是集我国近10余年来开发机器人技术之经验,积极向国民经济主战场进行技术辐射的一个重大举措。

精密1号机器人(见封二图)是我国第一台高性能精密装配机器人。它既是机器,又是电子元器件的装配工。

广东鹰牌风扇厂使用的吊扇电机机器人装配线(见封二图)是我国自行研制的第一条机器人的自动装配线,于1993年投入生产。该装配线采用气压驱动,有14个工位,配置5台装配机器人,4台机械手和9台专用设备。该线采用了光电检测技术和三级计算机控制系统,实现了装配过程的多功能控制和故障检测,可装配3种规格的吊扇电机。

1997年8月,由中科院沈阳自动化所、天津大学、北京航空航天大学等联合研制开发的电子行业轻型装配机器人,交付中国华录电子有限公司生产使用,功能齐全、运行可靠。

在各种焊接方法中,电阻点焊是重要的焊接方法之一,它具有生产效率高、操作简便易行等优点,尤其适用于薄板金属结构的焊接,因此广泛适用于汽车、拖拉机、摩托车以及航空航天等工业领域。点焊机器人的出现,大大促进了电阻点焊技术的发展。点焊机器人分直角坐标型、极坐标型、圆柱坐标型以及多关节型等若干种;但基本上都是由机器人本体、控制系统和焊接系统这3大部分组成的。哈尔滨工业大学和广州机床研究所等单位,在国内较早开展了点焊机器人的研制开发工作。中科院沈阳自动化所承担的“八五”国家重点科技攻关课题——“工业机器人点焊弧焊应用工程研究”和“工业机器人控制技术及产品开发”,于1997年10月通过了由机械工业部科技与质量监督司主持的鉴定。

在点焊机器人应用工程中,自主开发了4台四轴点焊机器人,以此建立了面包车地板点焊工作站。在该项应用工程中,对系统集成技术、作业仿真技术、长行程移动滑台、多机器人联动技术、工艺试验、生产实验等进行了全面研究与开发,满足了生产需要,达到国内领先技术水平。汽车驾驶室点焊机器人生产线可参看封底图。

在弧焊机器人应用工程中,用2台机器人建立了2个工程机械框形件弧焊工作站,用4台机器人

建立了2个箱形件弧焊工作点,开发了两轴伺服变位机、移动滑台、焊枪清理系统,并对弧焊工作站系统集成技术、作业仿真技术、多轴联动技术、多种焊接参数控制技术进行了深入研究,满足了现场生产的实际需要,达到国内领先水平,其中起始点查找及焊缝跟踪技术达到了国际同类产品技术水平。

全方位自动导引运输车(AGV,见封二图)是先进制造系统、自动化仓储物流系统中的重要设备和系统技术。目前,不少大中企业集团已经提出了对它的需求。中科院沈阳自动化所研制开发的用于汽车装配生产线上的AGV产品已小批量生产。由9台AGV组成的发动机、后桥、油箱运载装配副环线已在长汽集团沈阳金杯客车公司运行了几年。它配合总装线工作,实现了动态装配先进生产工艺,提高了生产效率和装配质量。

四、“先进机器人”领先各业

随着工业机器人技术的成熟,机器人由主要应用于制造领域迅速向非制造领域应用扩展。

“先进机器人”是近年来国际上通用的名词,主要指除工业机器人以外的遥控及特种机器人,如水下机器人、移动机器人、极限作业机器人、微机器人、建筑机器人、农业机器人、医疗机器人、个人机器人、采掘机器人、服务机器人、娱乐机器人等。美、日、英、意等国还联合发起成立了“国际先进机器人计划组织”,旨在促进国际合作,开发先进的机器人系统,使人类能免除在苛刻、危险的条件和环境下进行困难的作业。

在国家863高技术计划的资助下,哈尔滨工业大学研制成功了两种类型的爬壁机器人,一种是负压吸附爬壁机器人,另一种是磁吸附爬壁机器人。它们采用遥控加预编程方式,可安装表面检查的视觉系统和检查焊缝的超声设备及喷漆、喷水、清洗设备,全方位移动,最大爬行速度每分钟2米,用于大型储罐、石油工业设备、高层建筑的壁面检查、喷漆、测厚、清洁等作业。用于壁面检测的爬壁机器人可参看封三图。

哈尔滨工业大学研制开发的“管道内移动机器人”在石化、核工业、煤气工程、给排水管道工程中有极广泛的应用前景。

“管内移动机器人产业化开发”于1994年6月起动,现已完成“660毫米野外大口径管道焊缝检测机”1台,它是“陕—京”煤气管线工程内防腐管道现场施工的关键设备之一。其它系列化管内移动机器人也在开发中。

由中科院沈阳自动化所研制的遥控移动作业机器人(见封三图),可用于核工业等有害环境,替代人工完成检查、搬运、维修和设备拆装等作业。该

机器人采用关节履带结构,有两只双向力反应主从机械手,控制方式为遥控加局部自主,装有摄像机和声纳避障装置,最大行进速度为0.5米/秒,可爬越400毫米高的障碍及40度斜坡和楼梯。

中科院沈阳自动化所最新研制的PXJ-II型排险机器人(见封三图),由四自由度关节机械臂、折叠履带一轮式移动载体、便携式控制站、观察系统及通信系统等组成,其整体性能和技术指标达到当前国际先进水平。该产品在公安、部队等系统及其它恶劣有害环境的推广具有很大的潜力。它可以代替人搬运或移动爆炸物及其它有毒有害物质,可用于当场销毁爆炸物;可通过远距离操作自由上下楼梯,打破门锁进入房间搜查,破门后立即释放催泪弹或连发霰弹枪,协助公安人员追捕捉拿躲藏在房间或其它隐蔽处的持枪分子、暴力分子。

北京航空航天大学研制的3手指9关节式“多指灵巧手”和“七自由度机器人”,在航空航天、海洋开发、核工业及危险危害品作业等领域具有良好的应用前景。

山东矿业学院等单位研制的长臂“喷浆机器人”,有6个自由度,采用液压驱动,计算机控制,用于煤矿巷道、地下洞室及隧道施工作业中,有效地提高了喷浆工程质量,解除了对工人的危害。

上海交通大学研制成功的转子直径仅为两毫米,输出功率为数十微瓦的电磁型微电机,具有寿命长、效率高、输出力矩大等许多优点,可用于微机器人 and 微陀螺等器件的动力源,已经达到国际先进水平。图三的一幅图表示出了两毫米微电机与壹分钱硬币之比。

微驱动机器人是能够在生物医学领域中完成细微操作的一种特型机器人,具有高精度的定位控制系统和精细的加工动作控制特性。非常适合在生物工程中对一些微小生物体(如细胞、染色体等)的微操作,也适用于微电子技术、集成电路制作技术和微机械加工等领域的应用。它的出现使得机器人的作业范围由常规空间进入到微观空间。

天津南开大学设计研制的微驱动机器人(见封三图),是一个用于显微作业的机器人系统。由于其高精度定位能力可用于细胞水平的定位与操作,借助立体图像信息可直接对植物种子进行基因切割、转移、注射和细胞分离等作业。其特点是:亚微米级的定位控制精度,微米级的操作精度;更换操作工具后具有很高的重复定位和操作精度;在保证精度的条件下,有很大范围的有效操作空间;灵活简便的工具装卸装置;大范围快速的目标搜寻能力。目前该微驱动机器人系统实现的主要功能有:显微自动调焦;系统各部分坐标架之间的标定;人机交互式运动规划;大范围内的目标搜寻和定位;手动关节操作;操作目标关键部位的三维信息恢复;视觉

伺服控制操作;生物目标外形特征参数的测量。

医疗机器人与计算机辅助医疗外科技术,是近几年在多学科交叉领域中兴起,并越来越受到关注的机器人应用前沿研究课题之一。它是基于计算层面扫描图像或核磁共振图像三维医疗模型,对医疗外科手术进行规划与虚拟操作,最后实现多传感器机器人的辅助定位和操作。

目前这方面的研究热点和关键技术主要集中在以下几个方面:

(1)医疗外科手术的规划与仿真。人们普遍认为这一技术成果将首先应用于临床,主要是人体解剖模型的可视化、医疗图像数据库、三维医疗模型的重建、人工假体的 CAD 设计和虚拟现实技术的外科手术规划等。

(2)机器人辅助操作系统,当前这方面研究的目标并非是试图替代外科专家,而是充分利用机器人高技术将其开发成一种外科辅助装置或一种有效的工具,以帮助外科医生进行精确的定位或部分切割,从而提高现有医疗的水平。

(3)最小损伤外科,又称显微外科。由于它能减少病人的痛苦,缩短康复所需的时间,同时也降低了病人恢复所需的费用,故近年来得到了极大的关注。

(4)临床外科手术。临床外科手术操作与虚拟现实技术相结合将在今后医疗外科方面有着广泛的应用前景。

(5)安全性。制约机器人辅助外科系统在临床环境中的应用的一个重要问题是它的安全性。医疗机器人不同于工业机器人,它作用的对象不是工件,而是病人。因此,有关系统的安全性问题越来越受到高度重视。一般要求系统必须运动在规定的工作区间范围,当手术切割超过力的阈值时必须自动停止,必须在任何时刻接受医生的中断控制等。它的问题涉及到医疗机器人的体系结构、关节运动的机械约束、外部多传感器的监控以及高层次的软件管理等方面的研究。

1997 年 5 月 5 日,在北京中国人民解放军海军总医院,由北京航空航天大学机器人研究所、海军总医院神经外科研究中心合作研究开发的我国第一台医用机器人系统——“立体定向脑外科机器人”,经过数百次的模拟实验,在确信万无一失的前题下,成功地对一个 9 岁男孩实施了我国首例机器人辅助临床立体定向、内放置化疗药物脑肿瘤手术。此后,又分别对多例病人进行了临床辅助手术,均获得了圆满成功。5 月 22 日,北京市科委组织专家对“立体定向脑外科机器人”进行了技术成果鉴定。鉴定委员会认为:此项研究成果具有国内领先水平,填补了国内机器人技术应用医疗外科领域方面的空白,尤其在图像空间与机器人操作空间采用的简易有效的反射方法、临床实践系统集成等方面还达到了国际水平。

(责任编辑 王宏章)

(上接第 55 页)

表 1 1995 年全国各省、市、自治区城镇失业率

单位: %

地区	失业率	地区	失业率	地区	失业率	地区	失业率
北京	4.05	上海	6.90	湖北	4.69	西藏	1.63
天津	6.46	江苏	3.56	湖南	5.47	陕西	4.60
河北	3.16	浙江	3.38	广东	6.81	甘肃	3.70
山西	3.67	安徽	4.66	广西	6.07	青海	6.12
内蒙古	7.71	福建	5.18	海南	13.45	宁夏	5.98
辽宁	6.66	江西	6.87	四川	3.83	新疆	6.89
吉林	6.89	山东	1.51	贵州	3.65		
黑龙江	11.04	河南	3.45	云南	3.19	全国	5.03

资料来源:国家统计局人口与就业统计司:《1995 年全国 1%人口抽样调查主要数据》,中国统计出版社,1996 年, p135~136。

2. 对就业难点群体实行就业扶贫,帮助失业人口中的“弱势群体”尽快就业。失业人口中的就业“弱势群体”主要有这样几种人:第一,长期失业者。长期失业者因长期中断收入来源,生活最为困难。第二,女性失业者。女性失业者一般年龄较大和文化技术水平不高,再就业十分困难。第三,年龄较大

的失业者。年龄较大的失业者一般缺乏一技之长,很难适应新的就业岗位的需要。显然,对于这些就业“弱势群体”的就业不实行扶贫政策,他们的就业愿望便很难实现。对就业“弱势群体”实行就业扶贫,就是要在就业信息、就业培训、就业介绍等方面提供优质的服务,以尽可能改变他们在就业方面所处的不利地位,或直接安排他们从事就业活动。

参考文献

[1]刘凤霞、李长禄:发达国家解决失业的对策,决策与信息,1995(8)
[2]于弘文、孟灿文,降低我国失业率水平的对策探讨,人口研究,1997(5)
[3]周其仁,机会与能力——中国农村劳动力的就业和流动,管理世界,1997(5)
[4]张晓明,英国对失业人员的开发,欧洲,1994(5)
[5]赵曼、傅延斌,美国如何对待失业难题,改革与理论,1996(1)
[6]杨荣等,三万职工的成功分离——阳泉矿务局结束十年亏损出现喜人局面,光明日报,1996 年 6 月 10 日
[7]李竞能,关于户籍制度改革的几点看法,人口研究,1997(3)

(责任编辑 王宏章)