

图片来源:百度图库

智能机器人:21世纪科技皇冠上的璀璨明珠

黄心汉

华中科技大学自动化学院,武汉 430074



在回顾智能机器人发展历程的基础上,阐述了机器人的过去:人类的幻想,机器人的现在:从幻想走向现实,机器人的未来:智能机器人。介绍了工业机器人、军用机器人、仿生机器人、服务机器人、多指灵巧手和类人机器人的主要功能、研究现状和应用背景。展望了智能机器人的发展前景。

习近平主席2014年6月9日在中国科学院第十七次院士大会和中国工程院第十二次院士大会开幕会上发表重要讲话中指出:“在全球机器人产业激烈竞争的背景下,我们要审时度势、全盘考虑、抓紧谋划、扎实推进,不仅要把我国机器人水平提高上去,而且要尽可能多地占领市场。”^[1]习近平主席的讲

话为中国机器人科学技术的发展和应

用指明了方向。
比尔·盖茨2007年1月30日在CES开幕式上的演说中预言:未来家家都有机器人。“机器人即将重复个人电脑崛起的道路,极有可能深入人类社会生活的方方面面,影响之深远丝毫不逊于过去30年间个人电脑给我们带来的

改变,机器人将成为我们日常生活的一部分,必将与个人电脑一样,彻底改变这个时代的生活方式。”^[2]比尔·盖茨的预言正在不断成为现实。

1 机器人的过去:人类的幻想

人类对机器人的幻想与追求已有3000多年的历史,古今中外,莫不如

此。古代能工巧匠们制作的各种各样、形形色色的自动玩偶和工具就是现代机器人的雏形。

西周时期,中国的能工巧匠偃师制作的歌舞艺人,是中国最早记载的机器人。

春秋后期,据《墨经》记载,鲁班制造过1只木鸟,能在空中飞行3日不下。

公元前2世纪,古希腊人发明了最原始的机器人太罗斯,是以水、空气和蒸汽压力为动力的会动的青铜雕像,不仅可以打开门,还可以借助蒸汽唱歌。

1800年前的汉代,大科学家张衡不仅发明了地动仪,而且发明了计里鼓车,计里鼓车每行1里,车上木人击鼓1下,每行10里击钟1下。

后汉三国时期,蜀国丞相诸葛亮成功地制造出了木牛流马,并用它在攻打汉中的崎岖山路中运送粮草和武器,支援前方战争。

1662年,日本竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶,并在大阪的

道顿堀演出。

1738年,法国天才技师杰克·戴·瓦克逊发明了一只机器鸭,它会嘎嘎叫,会游泳和喝水,还会进食和排泄。

1773年,著名的瑞士钟表匠杰克·道罗斯和他的儿子利·路易·道罗斯制造出自动书写玩偶、自动演奏玩偶等,这些自动玩偶是利用齿轮和发条原理而制成的,它们有的拿着画笔和颜色绘画,有的拿着鹅毛蘸墨水写字,结构巧妙,服装华丽,在欧洲风靡一时。

1927年,美国西屋公司工程师温兹利制造了一个机器人电报箱,并在纽约举行的世界博览会上展出,它是一个电动机器人,装有无线电发报机,可以回答一些简单问题。

2 机器人的现在:从幻想走向现实

2.1 现代机器人的诞生

现代机器人与其他科技成果的出现一样是随着社会的需求和科学技术

的发展而诞生的。

第二次世界大战期间(1938—1945年),由于核工业和军事工业的发展,研制了遥控操纵器(Teleoperator)和主从机械手(Master-Slave Manipulator)。

1949—1953年,随着先进飞机制造的需要,美国麻省理工学院辐射实验室(MIT Radiation Laboratory)研制出多轴数控铣床。

1954年,美国人乔治·德沃尔(George C. Devol)设计制作了世界第一台可编程示教再现机器人实验装置,并发表“适用于重复作业的通用性工业机器人”一文,还注册了专利^[1]。

20世纪60年代,机器人产品正式问世,1960年美国联合控制公司(Consolidated Control)研制出第一台真正意义上的通用型工业机器人,并成立了Unimation公司,开始定型生产名为Unimate的工业机器人。两年后,美国机床与铸造公司(AMF)也生产了另一种可编程工业机器人Versatran^[1]。



图1 各种用途的工业机器人

Fig. 1 Industrial robot for various purposes



20世纪70年代,机器人产业得到蓬勃发展,机器人的应用领域进一步扩大,不同的应用场所,导致了各种坐标系、各种结构的机器人相继出现,大规模集成电路和计算机技术飞跃发展使机器人的控制性能大大提高,成本不断下降。

20世纪80年代,不同结构、不同控制方法和不同用途的工业机器人在工业发达国家已经进入了实用化的普及阶段。随着传感技术和智能技术的发展,开始进入智能机器人研究阶段。机器人视觉、触觉、力觉、接近觉等研究和应用,大大提高了机器人的适应能力,扩大了机器人的应用范围,促进了机器人的智能化进程。

经历了40多年的发展,机器人技术逐步形成了一门新的综合性学科——机器人学(Robotics)^[4,5],主要内容有:机械手设计,机器人运动学、动力学和控制,运动轨迹和路径规划,传感器(包括内部传感器和外部传感器),机器人视觉,机器人语言,机器人装置与系统结构,机器人智能等。

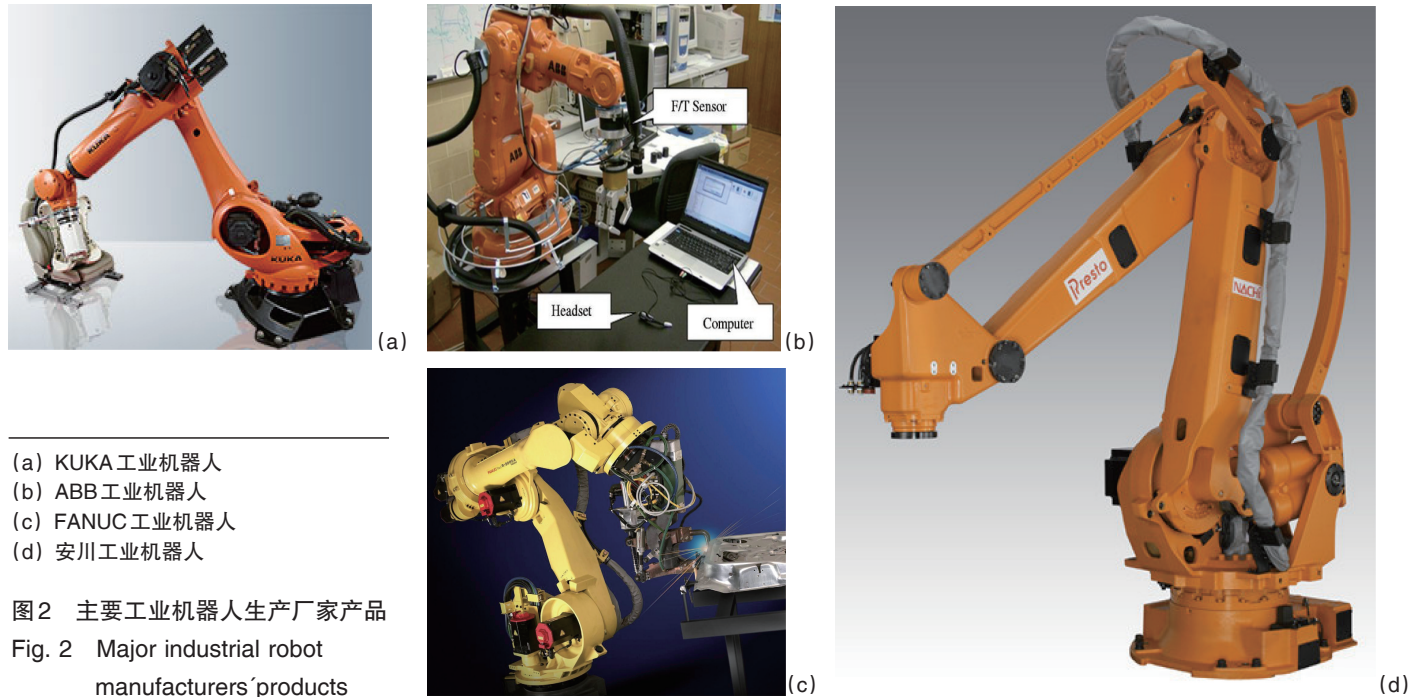
2.2 工业机器人

工业机器人是应用最为成功和广泛的机器人^[6],其应用涉及到工业生产的各个方面,如焊接、加工、装配、搬运、喷涂等。图1所示为汽车装配线上的工业机器人、点焊机器人、弧焊机器人、铆接机器人和食品加工机器人。

目前,工业机器人主要生产厂家有

德国的KUKA、瑞典和瑞士的ABB、日本的FANUC和安川(图2),这四家工业机器人的销售额占据了全球工业机器人销售额的半壁江山。

工业机器人的结构如图3所示,主要由执行机构、驱动和传动装置、传感器和控制器四部分构成。执行机构即为机械臂(手),典型的6轴(自由度)机械臂的末端可以到达操作空间任意方位,其腰、肩、臂3个自由度确定空间位置,腕部的3个自由度确定方向。驱动方式有电动、液压和气动3种方式,电动方式具有控制方便、灵活性好、精度高优点,中小型机器人多采用电动方式;大型机器人多采用液压驱动;末端执行器和气动肌肉采用气动方式。传



(a) KUKA工业机器人
(b) ABB工业机器人
(c) FANUC工业机器人
(d) 安川工业机器人

图2 主要工业机器人生产厂家产品
Fig. 2 Major industrial robot manufacturers' products

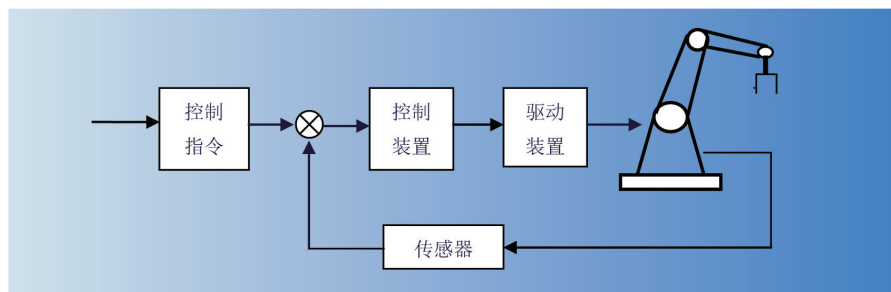


图3 工业机器人的结构
Fig. 3 Structure of industrial robot



(a) 美国“全球鹰”无人机



(b) 中国“翼龙”无人机

图4 无人机

Fig. 4 Unmanned aerial vehicle



图5 美国无人作战平台

Fig. 5 American unmanned combat platform underwater



图6 瑞典“双鹰”水下扫雷机器人
Fig. 6 Swedish DOUBLE EAGLE mine sweeping robot

感器有内部传感器和外部传感器2种,内部传感器是安装在机械臂本体上用来检测机器人自身状态的传感器(各关节的运动位置、速度和加速度),如光栅、光电码盘等;外部传感器是安装在机器人本体以外的各种传感器,用来检测环境信息,如视觉、触觉、滑觉、接近觉、力/力矩传感器等。控制器是机器人的大脑,根据任务需要进行对机器人进行位置、速度、加速度、力与力矩的控制等。

制等。

工业机器人的控制为可编程与示教再现方式,通常采用半闭环控制,即其关节控制采用闭环控制,底层各关节采用传统PID技术,直角坐标采用开环控制,通过求解逆运动学方程将直角坐标的空间位置和方向转换为各关节的位置向量对各关节进行协调控制。工业机器人通常应用在结构化环境(静态环境)。

3 机器人的未来:智能机器人

智能机器人是具有高度适应性的自治型机器人,它具有多种感知功能,可进行复杂的逻辑思维、判断决策,独立完成各种不同的任务^[7]。底层(执行级)通常采用传统控制,上层(决策级)采用智能控制,通过多传感器集成与信息融合,获取环境和自身状态的信息,可适应非结构化环境(未知和动态环境)^[8,9]。

3.1 军用机器人

军用机器人是用于实战系统的机器人,包括无人机(图4,图片来源 <http://image.baidu.com>),无人作战平台(图5),水下扫雷机器人(图6)等。军用机器人在未来战争中发挥重要作用,军用机器人的应用将改变未来战争模式。

3.2 仿生机器人

仿生机器人是现今机器人研究最为活跃的研究领域和未来机器人的发展方向之一,是机器人学、仿生学、智能科学与技术等多学科交叉的产物,在人类生活的各个领域有着广泛的应用前景。如机器鱼^[10]、机器鸟、机器狗(图7)等。最著名的要数美国波士顿动力工



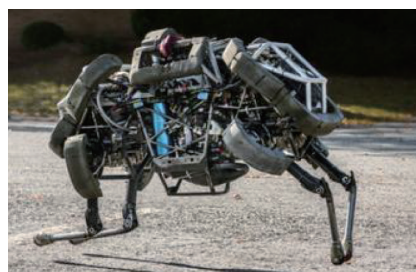
(a)



(b)



(c)



(d)

(a) 西班牙机器鱼
(b) 德国机器鸟
(c) 日本机器狗
(d) 美国波士顿动力工程公司研制的大狗

图7 仿生机器人

Fig. 7 Bionic robot



图8 服务机器人

(i) Fig. 8 Service robot

- (a) 达芬奇外科手术机器人
- (b) 上肢康复机器人
- (c) 导盲机器人
- (d) 导游机器人
- (e) 娱乐机器人
- (f) 宠物机器人猫
- (g) 真空吸尘机器人
- (h) 家庭服务机器人
- (i) 与儿童机器人共进晚餐

程公司为美军研制的大狗(图7(d), 图片来源 <http://image.baidu.com>), 大狗机器人被认为是当今世界上最先进适应崎岖地形的机器人, 不仅可以爬山涉水, 还可以承载较重负荷的军用物资, 而且比人类跑得快。长1 m, 高70 cm, 重75 kg, 从外形上看, 基本相当于一条真正的大狗。这种机器人的行进速度可达7 km/h, 能够攀越35°的斜坡, 可携带质量超过150 kg的武器和其他军用物资。

3.3 服务机器人

服务机器人是未来机器人发展和应用的主要方向^[11], 随着老年社会的到来, 人们对医疗机器人、助残康复机器人^[12,13]、导盲机器人、导游机器人、娱乐机器人、宠物机器人、清洁机器人、家庭服务机器人等各类服务机器人(图8)有着强烈需求。上班族可以雇佣机器人保姆将家庭打理得井井有条, 当你下班回家就有机器人为你端茶倒水和捧上热气腾腾、味美可口的晚餐; 丁克族

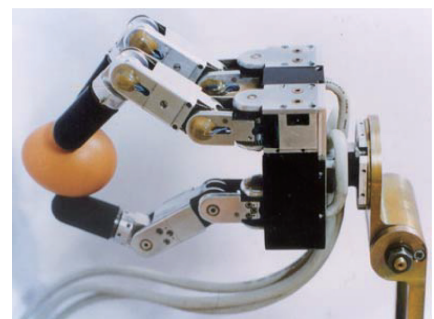


图9 3指灵巧手
Fig. 9 3 fingered hand

也可与儿童机器人共进晚餐,共享家庭的温馨和快乐;老年人也可在机器人伴侣和机器人宠物的陪伴下欢度晚年。这一切已不再是科幻电影中的情节,有的已经成为现实,有的正向我们走来,机器人与人类和谐共生的社会很快就会到来。

3.4 多指灵巧手

手是人类从事工作、劳动不可缺少的肢体,同样也是机器人的有效操作工具,设计一只功能齐全、操作灵活的灵巧手自然成为科技工作者和产品开发人员的目标^[14]。人类的手有5根手指,每根手指有3个关节,大拇指与其他4根手指相向生长,才能保证手的抓握功能,其生物结构十分完美。显然2根手指是具有抓握功能的最低要求,多指(2指以上5指以下)则会使抓握和操作更加灵活可靠,但5指以上似乎有点多余(增加了结构的复杂性),因此灵巧手通常设计成2~5指的结构模式。图9是一种3指灵巧手,为了保证抓取类似鸡蛋这样光滑易碎的物品,指端套了一层具有一定弹性的缓冲和防滑材料(如橡胶、软性塑料等)。人的皮肤不仅具有弹性,而且还有能够感知表面温度^[15]、

粗糙度和硬度的能力,并利用这些信息调整抓握力度,既保证将鸡蛋可靠握在手中,又不会将鸡蛋捏破。因此给灵巧手的手指末端植入人造皮肤,用来检测抓握力,和进行力反馈控制,就会使灵巧手的功能更加接近人手的功能。

3.5 类人机器人

类人机器人是在形体、动作、情感、体力和智力都与人类相同或类似的机器人,可参与人类的各项社会活动,将来会成为人类社会的不可或缺的组成部分,是机器人研究和发展的终极目标。类人机器人是开发难度最高的机器人之一,类人机器人不仅要与人类相似,还要神似,不仅外观像人,有人的模样,还能像人一样做出各种表情,会思考,有智慧,还要具有与人交流和学习的能力。从某种意义上,类人机器人的研发是对人类智慧的真正考验。

日本本田公司投入巨资,经过10多年的开发,于1997年研制出世界居领先地位的双足步行机器人阿西莫(图10(a)),图片来源 <http://image.baidu.com>。按研制时间先后,把本田双足步行机器人分别命名为P1、P2、P3等。被称为二哥的机器人P2身高1.80 m,

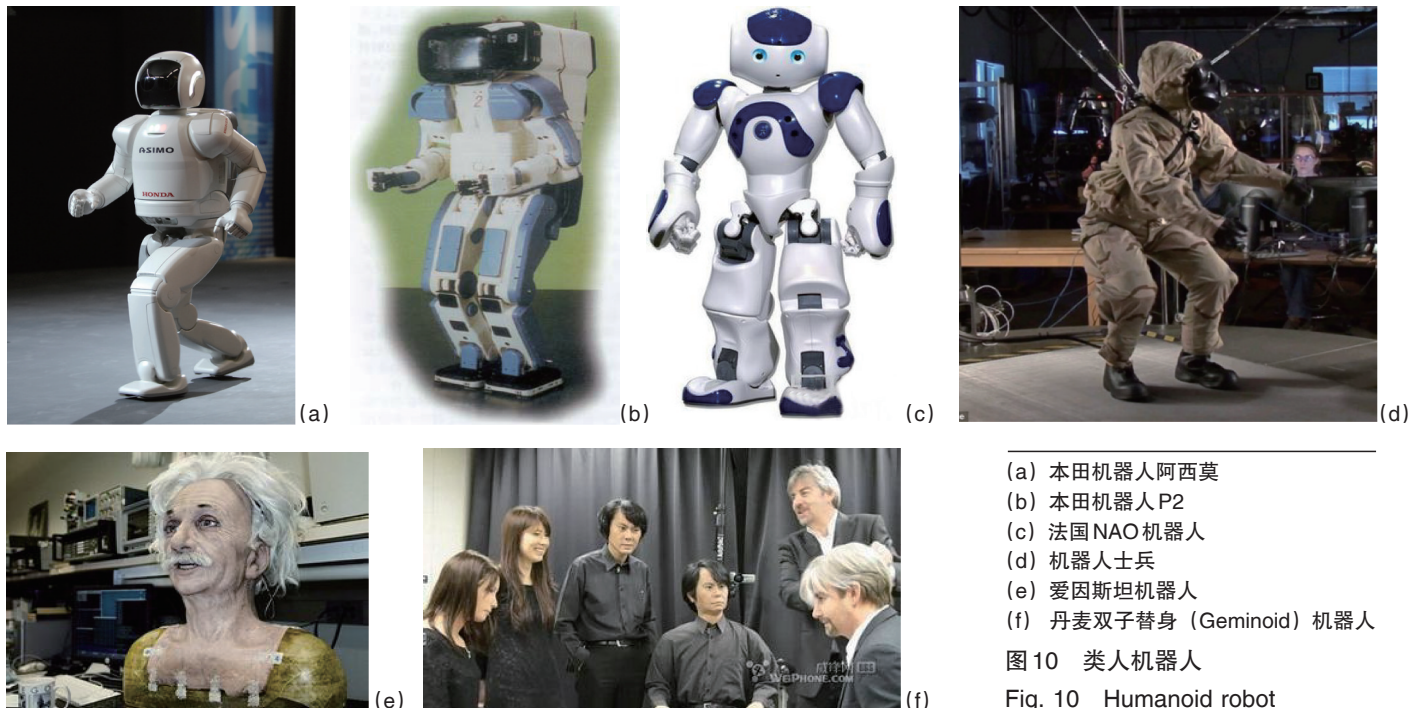
体重120 kg(图10(b))。本田双足步行机器人阿西莫不仅在外形上与人类相同,动作也很灵活,它们不仅能在平坦的地面上行走,还能够进行单脚跳、双脚跳、上下台阶、推车、端茶倒水和用扳手拧螺钉等高难动作。法国NAO机器人也具有良好的运动和协调能力(图10(c))。

美国波士顿动力研制的机器人士兵在外形和能力方面已和自然人非常接近,不久将会走向战场(图10(d))。美国加州大学机械感知实验室研究的一款面部表情可变的机器人爱因斯坦机器人(图10(e)),不仅外表逼真,而且具有喜、怒、哀、乐等面部表情,被称为世界上最逼真的类人机器人。丹麦双子替身(Geminoid)机器人(图10(f))也是3个外形十分逼真的类人机器人。

4 机器人的发展前景与展望

4.1 应用领域进一步扩大

机器人在制造业中的应用和发展是成功的,正逐步涉足非制造业。随着人类改造大自然要求的提高,以及机器人适应特殊环境能力的增强,农业、林业、军事、海洋勘探、太空探索、生物医



(a) 本田机器人阿西莫
(b) 本田机器人P2
(c) 法国NAO机器人
(d) 机器人士兵
(e) 爱因斯坦机器人
(f) 丹麦双子替身(Geminoid)机器人

图10 类人机器人

Fig. 10 Humanoid robot



学工程、自动驾驶等行业将是机器人大有作为的新领域。

4.2 深入日常生活

在人们的日常生活中,各种服务机器人也将向我们走来,娱乐机器人将给我们的生活增添无限乐趣,清洁机器人将减轻人们繁重的家务,保健助残机器人可为老人和残疾人提供服务和帮助,是人类进入老年社会后强烈需求的对象。

4.3 未来的智能机器人

未来智能机器人将像人一样,能听、能看、能说、能识别环境,具有记忆、推理、决策能力和适应恶劣环境的能力。人类对机器人将逐渐实现语言、表情甚

至意念等方式进行控制,智能机器人终将成为人类的忠实助手和亲密朋友。

各国政府对机器人的研究与发展十分重视,中国的863高技术发展计划将智能机器人列入自动化领域的2个主题之一,韩国计划在2015—2020年实现每个家庭都有服务机器人,美国也制定了类似的计划。预计在2050年左右,机器人将可以与自然人进行足球和其他体育比赛。机器人将代替人参加未来的战争,美国已宣布在2015年以后投入战场的兵力中有1/3的机器人。类人机器人和服务机器人将成为人类家庭成员和医疗、助残与康复的助手。

机器人将会自己制造机器人。

5 结论

智能机器人是机器人技术发展的终极目标,其应用前景十分广阔。机器人逐渐成为人类日常生活的一部分,机器人将改变未来战争的模式,机器人将无所不能、无处不在、无人不用,机器人时代即将到来。

随着中国科学技术的飞速发展和国力的增强,中国智能机器人科学技术的发展和研究任重道远、大有作为。让我们共同努力,为促进中国智能机器人科学技术的发展作出应有的贡献!

参考文献(References)

- [1] 习近平在两院院士大会上的讲话[N]. 新华每日电讯, 2014-06-10.
- [2] 比尔·盖茨. 家家都有机器人[EB/OL]. 2008-11-05. <http://www.huanqiukexue.com/html/remenkeji/jiqirenji/2007/0129/907.html>.
- [3] 机器人发展简史[J]. 环球科学, 2007(2):14-15.
- [4] Paul R P. Robot manipulators: Mathematics, programming and control[M]. Cambridge MA: The MIT Press, 1981.
- [5] 蔡自兴. 机器人学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [6] 王天然, 曲道奎. 工业机器人控制系统的开放体系结构[J]. 机器人, 2002, 24(3): 257-261.
- [7] 张钹. 智能机器人的理想与现实—智能机器人主题战略讨论[J]. 机器人, 1992, 14(4): 50-52.
- [8] 黄心汉, 李新德, 王敏, 等. 面向智能机器人的信息融合研究进展[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(Suppl 1): 948-953.
- [9] Huang X H, Li X D, Wang M, et al. A fusion machine based on DSMT and PCR5 for robot's map reconstruction[J]. International Journal of Information Acquisition, 2006, 3(3): 201-212
- [10] Curet O M, Patankar N A, Lauder G V, et al. Mechanical properties of a bio-inspired robotic knifefish with an undulatory propulsor[J]. Bioinspiration & Biomimetics, 2011, 6(2): 1-9.
- [11] Schraft R D. 服务机器人[J]. 机器人技术与应用, 1997(1): 3-5.
- [12] 吴军, 王永骥, 黄剑, 等. 新型可穿戴式多自由度气动上肢康复机器人[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2011(Suppl 2): 279-282.
- [13] 郭萌, 涂细凯, 黄心汉, 等. 基于患者意图的RUPERT-FES上肢康复系统[J]. 世界康复工程与机械, 2014, 4(3): 9-13.
- [14] 卢江舟, 熊有伦, 杨叔子. 机器人多指手的控制与传感技术[J]. 机器人, 1995, 17(3): 184-192.
- [15] 李锐琦, 黄英, 田敏, 等. 柔性触觉传感器压力/温度敏感交叉效应研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2013(Suppl 1): 200-203.

Intelligent robot: The bright pearl on the crown of science and technology in twenty-first century

HUANG Xinhan

School of Automation, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

Abstract Based on the development history of robotics, this paper presents separately the robotic past: human fantasy, robotic present: from fantasy to reality, and robotic future: Intelligent robots. The main functions, research status and application backgrounds of industrial robots, military robots, bionic robots, service robots, multi-fingered dexterous hand and humanoid robots are introduced respectively. Finally, prospects of the development of intelligent robots are discussed.

Keywords intelligent robot; industrial robot; military robot; bionic robot; serving robot; humanoid robot

作者简介:黄心汉,教授,研究方向为智能控制、智能机器人、信息融合、图像处理与模式识别,电子邮箱: xhhuang@mail.hust.edu.cn

(责任编辑 刘志远)