



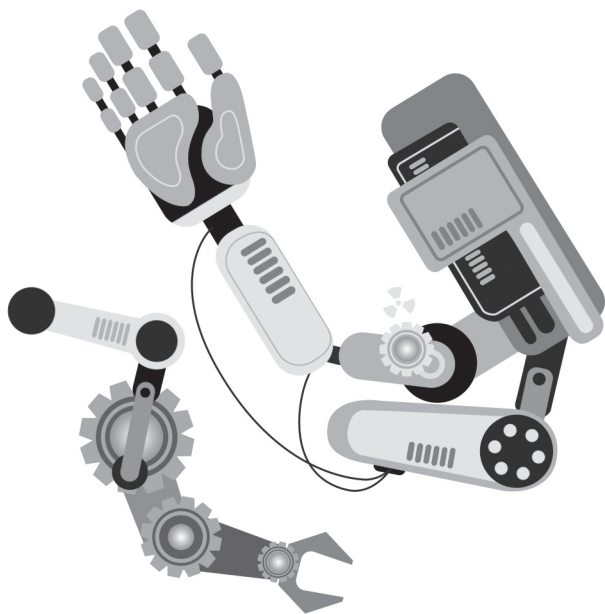
“十三五”职业教育工业机器人技术专业规划教材
“互联网+”职业教育创新型系列教材

机器人 技术概论

主 编 过 磊 顾德祥 邵泽强
副主编 刘新祥 程广云 张大维



扫码登录课程平台
构建个性化课堂



图书在版编目(CIP)数据

机器人技术概论 / 过磊, 顾德祥, 邵泽强主编. —
南京: 江苏凤凰教育出版社, 2019. 11(2021. 2 重印)
ISBN 978-7-5499-8167-0

I. ①机… II. ①过… ②顾… ③邵… III. ①机器人
技术—概论 IV. ①TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 142457 号

书 名 机器人技术概论

主 编 过 磊 顾德祥 邵泽强
责任编辑 顾金萍
出版发行 江苏凤凰教育出版社
地 址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009
出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司
网 址 <http://www.fhmooc.com>
照 排 南京普胜印刷技术有限公司
印 刷 河北钰柠印刷有限责任公司
厂 址 河北省衡水市武邑县兴旺路以南
电 话 0318-2212090
开 本 787 毫米×1 092 毫米 1/16
印 张 9
版 次 2019 年 11 月第 1 版 2021 年 2 月第 3 次印刷
标准书号 ISBN 978-7-5499-8167-0
定 价 29.00 元
批发电话 025-83658831
盗版举报 025-83658873

图书若有印装错误可向当地经销商申请调换

提供盗版线索者给予重奖

序 言

为全面贯彻国家对于高技能人才的培养精神,提升职业教育机电类专业,尤其是工业机器人技术专业教学质量,我们特组织优秀教师及相关专家,联合行业企业代表,全面、优质、高效地开发了本系列规划教材,并配备数字化教学资源,以适应当前的信息化教学需求。

本系列教材所具特色如下:

- 教材培养目标明确,内容结构符合教育部制定的各课程人才培养目标及相关标准规范。
- 教材力求简洁、实用,编写上兼顾现代职业教育的创新发展及传统理论体系,并使之完美结合。
- 教材内容反映了工业发展的最新成果,所涉及的标准规范均为最新国家标准或行业规范。
- 教材编写形式新颖,栏目设计合理,版式美观,图文并茂,体现了职业教育教学特色。
- 教材配备相关的数字化教学资源,体现了信息化教学的最新成果。

由于行业技术更新较快,教材中如有不当之处,还请广大读者予以批评指正。我们将不断完善与提升本系列教材的整体质量,使其更好地服务于工业机器人技术等机电类专业的教育教学,为培养新时期下的高技能人才做出应有的贡献。

前言

机器人(技术)正处于一个蓬勃发展的阶段,它在工业、农业、国防、航空航天、医疗卫生及生活服务等许多领域得到了越来越多的应用。机器人是典型的机电一体化产品,融合了机械特别是精密机械技术、以微电子技术为主导的新兴电子技术、计算机控制技术、精确检测与传感技术等。随着机器人产业化步伐的加大,企业迫切需要熟悉机器人技术,能够胜任机器人及其周边环境的安装调试、编程操作、维修维护、售前售后服务等岗位的工程技术人员,本书作者希望为他们提供一本入门书籍。

本书共分七个模块,分别为机器人基础认知、机器人机械结构、机器人驱动系统、机器人控制系统、机器人感觉系统、机器人语言系统和机器人应用领域。每个模块均单独设计了学习前的模块导入,划分了循序渐进的单元知识,编写了学习完成后的模块测评,这样的结构编排和内容设置可使读者能够快速掌握通用机器人技术知识,全面了解机器人实践应用情况。

本书的特点是:(1)内容融入新技术。根据职业院校学生特点,在尊重学生主体的基础上,结合机器人产业特征,有选择地将机器人新技术融入教材。(2)校企展开新合作。与机器人行业企业具有代表性的高新技术企业开展新合作,编写团队直接引入企业专家,校企联合设计开发教材。(3)教材体现信息化。本教材配备了数字化教学资源,有效实现静态知识动态化、抽象知识直观化,使学习更加简便高效。

本书既可以作为职业院校工业机器人技术、机电一体化技术、电气自动化技术等机电、自动化类相关专业的教材,也可以作为机器人人培训用书,还可以作为从事机器人操作,尤其是刚接触机器人行业的工程技术人员参考书。

本书由过磊、顾德祥、邵泽强担任主编,刘新祥、张大维和程广云担任副主编。本书作者和课程资源建设团队成员主要为全国职业院校技能大赛机器人项目金牌教练、江苏省职业教育名师工作室领衔人、工业机器人技术专业骨干教师、机器人行业企业专家等。在编写过程中,作者团队参阅了大量机器人教材、书籍和相关资料,并得到了北京华航唯实机器人科技股份有限公司、南京翼马数控机床有限公司、苏州汇博机器人技术股份有限公司、上海厚载智能科技有限公司等单位的大力支持,在此一并感谢。

欢迎各位读者对本书提出宝贵意见和建议,意见和建议可反馈至 E-mail:guolei0729@163.com。

编 者



目录



模块 ①

机器人基础认知

单元 1 机器人简史	1
一、机器人的诞生	1
二、现代机器人	3
单元 2 机器人概述	5
一、机器人的定义	5
二、机器人的特点	7
单元 3 机器人分类	9
一、按应用环境分类	9
二、按机械结构分类	13
三、按控制方式分类	16
单元 4 机器人发展趋势	17
模块测评	19



模块 ②

机器人机械结构

单元 1 机械常识	22
一、机构认知	23
二、常见机构	30
三、常见传动方式	32
四、轴和轴承	37
五、回转体的平衡和机器调速	41
单元 2 机器人机械结构组成	43
一、移动机构	43
二、手臂机构	48
单元 3 机器人结构认知案例	50
一、工业机器人机械结构	50
二、智能移动机器人机械结构	52
模块测评	59



模块③

机器人驱动系统

单元 1 机器人驱动系统概述	61
一、机器人驱动系统定义	61
二、机器人驱动类型	62
单元 2 电机驱动系统	63
一、电机驱动的原理	63
二、电机驱动的组成	64
三、电机驱动的特点	67
四、电机驱动的应用	68
单元 3 液压驱动系统	68
一、液压驱动系统的原理	68
二、液压驱动系统的组成	70
三、液压驱动系统的特点	75
四、液压驱动系统的应用	76
单元 4 气压驱动系统	77
一、气压驱动系统的原理	77
二、气压驱动系统的组成	77
三、气压驱动系统的特点	80
四、气压驱动系统的应用	81
模块测评	82



模块④

机器人控制系统

单元 1 机器人控制系统概述	84
单元 2 机器人控制系统组成	85
一、硬件部分	85
二、软件部分	89
单元 3 机器人控制系统案例	93
模块测评	93



模块 5

机器人感觉系统

单元 1 机器人传感技术	96
一、传感技术概述	96
二、传感系统的组成	97
三、传感技术的功能	97
单元 2 机器人常用内部传感器	98
一、速度传感器	98
二、力觉传感器	99
三、重力传感器	99
四、其他内部传感器	100
五、机器人内部传感器应用案例	101
单元 3 机器人常用外部传感器	102
一、视觉传感器	102
二、霍尔传感器	103
三、超声波传感器	104
四、机器人外部传感器应用案例	104
模块测评	106



模块 6

机器人语言系统

单元 1 机器人语言概述	109
一、机器人语言简史	109
二、机器人流行编程语言	110
单元 2 机器人编程语言	113
一、机器人编程语言概述	113
二、机器人编程语言组成	115
单元 3 机器人编程控制案例	115
一、ABB 工业机器人	115
二、智能移动机器人	116
模块测评	118



模块
7

机器人应用领域

单元 1 机器人在非工业领域的应用	120
一、生活应用	120
二、医疗应用	121
三、军事应用	122
四、科研应用	124
五、其他非工业应用	125
单元 2 机器人在工业领域的应用	126
一、搬运码垛应用	126
二、焊接应用	127
三、喷涂应用	128
四、打磨抛光应用	129
五、其他工业应用	129
模块测评	130

模块 1 机器人基础认知

机器人技术是 20 世纪人类最伟大的发明之一,机器人自 20 世纪 60 年代初问世以来,经历了五六十年的发展,取得了长足进步。机器人的发展历史悠久,1920 年捷克作家卡雷尔·恰佩克在其剧本《罗萨姆的万能机器人》中最早使用机器人一词,其中机器人“Robot”(原文为“Robota”,后来英文通用“Robot”)的本意是苦力,是剧作家笔下一个具有人外表、特征和功能的机器,也是最早对机器人的设想。随着科学技术的不断发展,机器人发展也是日新月异,看过《变形金刚》《星球大战》的人们对机器人都不再陌生,影视作品中也对形态各异的机器人进行了非常多样的呈现,有些机器人已经开始走进我们现实的生活中,成为我们生活中不可或缺的一部分。

单元 1 机器人简史



机器人一词的出现和世界上第一台工业机器人的问世都是近几十年的事。然而人们对机器人的幻想与追求却已有 3 000 多年的历史。人类希望制造一种像人一样的机器,以便代替人类完成各种工作。

一、机器人的诞生

《列子·汤问》中收录了“偃师献技”的科学幻想寓言故事,传说西周时期有位“偃师”(即现在的能工巧匠)向周穆王献上了自己制作的能歌善舞的“伶人”(即现在的歌舞或戏剧演员)。《墨子·鲁问》中又收录了“公输削鹊”的中华寓言故事,传说春秋战国时期我国著名木匠鲁班(在机械方面也是一位发明家)曾制造过一只木“鹊”,能在空中飞行“三日不下”。公元前 2 世纪,亚历山大时代的古希腊人发明了最原始的机器人——自动机,它是用水、空气和蒸汽压力为动力会动的雕像,它可以自己开门,还可以借助蒸汽唱歌。1 900 年前的汉代,大科学家张衡发明了记里鼓车。记里鼓车每行一里,车上木人击鼓一下,每行十里击钟一下。后汉三国时期,蜀国丞相诸葛亮成功地



记里鼓车





木牛流马

创造出了“木牛流马”(出自《三国志·蜀志·诸葛亮传》),并用其运送军粮,支援前方作战。1662年,日本的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。瓦克逊的本意是想把生物的功能加以机械化而进行医学上的分析。在当时的自动玩偶中,最杰出的要数瑞士的钟表匠杰克·道罗斯和他的儿子利·路易·道罗斯。1773年,他们连续推出了自动书写玩偶、自动演奏玩偶等,他们发明的自动玩偶是利用齿轮和发条原理制成的。如图1-1所示,它们有的拿着画笔绘画,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。



图 1-1 写字机器人

由于当时技术条件的限制,这些玩偶都是身高一米的巨型玩具。现在保留下来的最早的机器人是瑞士努萨蒂尔历史博物馆里的少女玩偶,它制作于二百年前,两只手的十个手指可以按动风琴的琴键弹奏音乐,现在还定期演奏供参观者欣赏,展示了古代人的智慧。19世纪中叶自动玩偶分为2个流派,即科学幻想派和机械制作派,并各自在文学艺术和近代技术中找到了自己的位置。

1831年歌德发表的《浮士德》,塑造了人造人“荷蒙克鲁斯”。1870年霍夫曼出版了以自动玩偶为主角的作品《葛蓓莉娅》。1883年科洛迪的《木偶奇遇记》问世。1886年《未来的夏娃》问世。在机械制作方面,1893年摩尔制造了“蒸汽人”,“蒸汽人”靠蒸汽驱动双腿沿圆周走动。进入20世纪后,机器人的研究与开发得到了更多人的关心与支持,一些实用的机器人相继问世。1927年美国西屋公司工程师温兹利制造了第一个机器人“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,可以回答一些问题,但该机器人不能走动。





二、现代机器人

现代机器人的研究始于 20 世纪中期,其技术背景是计算机和自动化的发展,以及原子能的开发利用。

自 1946 年第一台数字电子计算机问世以来,计算机取得了惊人的进步,向高速度、大容量、低价格的方向发展。大批量生产的迫切需求推动了自动化技术的进展,其结果之一便是 1952 年数控机床的诞生。与数控机床相关的控制、机械零件的研究又为机器人的开发奠定了基础。图 1-2 所示为机器人汽车焊接生产线。

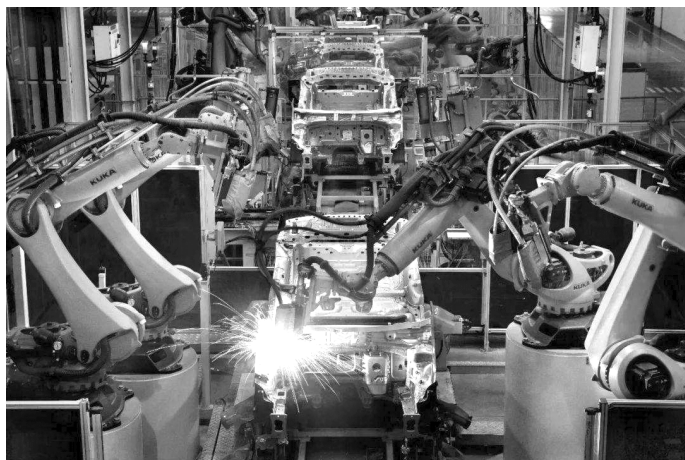


图 1-2 机器人汽车焊接生产线

因原子能实验室的恶劣环境要求,某些操作如处理放射性物质,需要由机械代替人处理。在这一需求背景下,美国原子能委员会的阿尔贡研究所于 1947 年开发了遥控机械手,1948 年又开发了机械式的主从机械手。

1954 年美国戴沃尔最早提出了工业机器人的概念,并申请了专利。该专利的要点是借助伺服技术控制机器人的关节,利用人手对机器人进行动作示教,机器人能实现动作的记录和再现,这就是现在的示教再现机器人。时至今日,示教再现依然是机器人领域的一种重要控制方式。

1959 年第一台可编程的工业机器人在美国诞生,开创了机器人发展的新纪元。

机器人产品最早的实用机型(示教再现控制方式)是 1962 年美国 AMF 公司推出的“Verstran”和 Unimation 公司推出的“Unimate”。这些工业机器人的控制方式与数控机床相似,但外形特征迥异,主要由类似人的手和臂组成。图 1-3 为 ABB 开发的协作机器人。

1965 年,美国麻省理工学院(MIT)演示了第一个具有视觉传感器的、能识别与定位简单积木的机器人系统。

1967 年日本成立了“人工手”研究会(现改名为仿生机构研究会),同年召开了日

本首届机器人学术会。

1970 年在美国召开了第一届国际工业机器人学术会议。1970 年以后,机器人的研究受到广泛关注,并得到迅速普及。

1973 年,辛辛那提·米拉克隆公司的理查德·豪恩制造了第一台由小型计算机控制的工业机器人,它是液压驱动的,能提升的有效负载达 45 kg。

到了 1980 年,工业机器人真正在日本应用普及,故该年被日本国内称为“机器人元年”。随后,机器人在日本得到了巨大发展,日本也因此而赢得了“机器人王国”的美称。图 1-4 所示为日本研制的犬型机器人。



图 1-3 协作机器人



图 1-4 犬型机器人——机器狗

随着计算机技术和人工智能技术的飞速发展,机器人在功能和技术上有了很大的提高。移动机器人,以及机器人视觉、触觉等技术就是典型代表,这些技术的发展,推动了机器人概念的延伸。

20 世纪 80 年代,人们将具有感觉、思考、决策和动作能力的系统称为智能机器人,这是一个概括的、含义广泛的概念。这一概念不但指导了机器人技术的研究与应用,而且赋予了机器人技术向深、向广发展的巨大空间,水下机器人、空间机器人、空中机器人、地面机器人、微小型机器人等各种用途的机器人相继问世,许多梦想成为了现实。

图 1-5 所示为水下机器人。将机器人技术(如传感技术、智能技术、控制技术)扩散和渗透到各个领域形成了各式各样的新机器——智能化机器,如仿生机器人、可重构机器人等。当前与信息技术的交互和融合又产生了“软件机器人”“网络机器人”等新名词,这也说明了机器人所具有的创新活力。



仿生机器人



可重构
机器人





图 1-5 水下机器人

“工欲善其事，必先利其器”，人类在认识自然、改造自然、推动社会进步的过程中，不断地创造出各种各样为人类服务的工具，其中许多具有划时代的意义。作为 20 世纪自动化领域的重大成就，机器人已经和人类社会的生产、生活密不可分。世间万物，人力是第一资源，这是任何其他物质不能替代的。尽管人类社会本身还存在着不文明、不平等的现象，甚至还存在着战争，但是社会的进步是历史的必然，所以我们完全有理由相信，像其他许多科学技术的发明发现一样，机器人也将成为人类的好助手、好朋友。



单元 2 机器人概述

什么是机器人？机器人具有哪些特点？让我们一同回答这两个问题。

一、机器人的定义

在科技界，科学家会给每一个科技术语一个明确的定义，但机器人问世已有几十年，机器人的定义仍然仁者见仁、智者见智，没有一个统一的定义。原因之一是机器人还在发展，新的机型、新的功能不断涌现。根本原因主要是机器人涉及了人的概念，成为一个难以回答的哲学问题。就像机器人一词最早诞生于科幻小说中一样，人们对机器人充满了幻想，也许正是由于机器人定义的模糊，才给了人们充分的想象和创造空间。图 1-6 为科幻人工智能机器人。

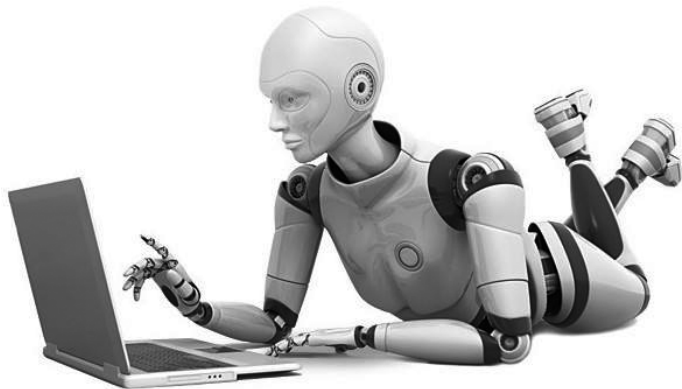


图 1-6 科幻人工智能机器人

其实并不是人们不想给机器人一个完整的定义,自机器人诞生之日起人们就不断地尝试着解释到底什么是机器人。但随着机器人技术的飞速发展和信息时代的到来,机器人所涵盖的内容越来越丰富,涉及的领域越来越广,机器人的定义也不断充实和创新。

科幻作家阿西莫夫于 1940 年提出了“机器人三原则”:① 机器人不应伤害人类;② 机器人应遵守人类的命令,违背第一条命令的除外;③ 机器人应能保护自己,与第一条相抵触者除外。这是给机器人赋予的伦理性纲领,机器人学术界一直将这三原则作为机器人开发的准则。

1967 年在日本召开的第一届机器人学术会议上,提出了两个有代表性的定义。一是森政弘与合田周平提出的:“机器人是一种具有移动性、个体性、智能性、通用性、半机械半人性、自动性、奴隶性等 7 个特征的柔性机器。”从这一定义出发,森政弘又提出了用自动性、智能性、个体性、半机械半人性、作业性、通用性、信息性、柔性、有限性、移动性等 10 个特性来描述机器人的形象。

1987 年国际标准化组织(ISO)对工业机器人进行了定义:“工业机器人是一种具有自动控制操作和移动功能的,能完成各种作业的可编程操作机。”

我国科学家对机器人的定义是:“机器人是一种自动化的机器,所不同的是这种机器具备一些与人或生物相似的智能能力,如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力,是一种具有高度灵活性的自动化机器。”在研究和开发未知及不确定环境下作业的机器人的过程中,人们逐步认识到机器人技术的本质是感知、决策、行动和交互技术的结合。随着人们对机器人技术智能化本质认识的加深,机器人技术开始源源不断地向人类活动的各个领域渗透。结合这些领域的应用特点,人们发展了各式各样的具有感知、决策、行动和交互能力的特种机器人和各种智能机器,如移动机器人、微机器人、水下机器人、医疗机器人、军用机器人、空中空间机器人、娱乐机器人等。对不同任务和特殊环境的适应性,也是机器人与一般自动化装备的重要区别。这些机器人从外观上





已完全不同于最初仿人型机器人和工业机器人所具有的形状,更加符合各种不同应用领域的特殊要求,其功能和智能程度也大大增强,从而为机器人技术开辟出更加广阔的发展空间。

二、机器人的特点

机器人的飞速发展是社会和经济发展的必然,机器人的广泛应用提高了社会的生产水平,提升了人类的生活质量,机器人可以代替人们解决工作上的难题,减少不必要的烦恼。在现实生活中有些工作会对人体造成伤害,比如喷漆、涂胶、重物搬运等;有些工作要求质量很高,人难以长时间胜任,如汽车焊接、精密装配等;有些工作人无法身临其境,如火山探险、深海探秘、空间探索等;有些工作不适合人去干,如一些恶劣的环境、一些枯燥单调的重复性劳作等。以上这些都是机器人大显身手的地方。服务机器人还可以为人们治病保健、保洁保安;水下机器人可以帮助打捞沉船、铺设电缆;工程机器人可以上山入地、开洞筑路;农业机器人可以耕耘播种、施肥除虫;军用机器人可以冲锋陷阵、排雷排弹……

(一) 可编程

机器人具有智力或具有感觉与识别能力,可随工作环境变化的需要而再编程。一般的电动玩具没有感知和识别能力,不能再编程,因此不能称为真正的机器人。如图 1-7、图 1-8 所示,分别为编程控制工业机器人和智能移动机器人 Turtlebot2,通过编程可以让机器人严格执行我们事先规划好的动作,或者只是按照我们事先规划好的原则进行自主动作。

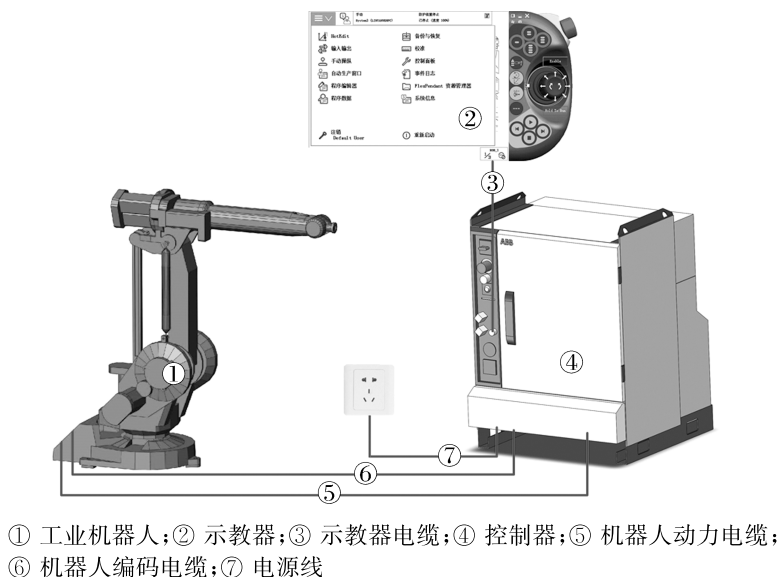


图 1-7 编程控制工业机器人



图 1-8 编程控制智能移动机器人 Turtlebot2

(二) 拟人化

机器人是模仿人或动物肢体动作的机器,能像人那样使用工具。因此,数控机床和汽车不是机器人。如图 1-9 所示为扫地机器人,上面安装的视觉传感器像人的“眼睛”一样可以建立 3D 感知地图,模仿人或动物进行“思考”,绕过前方可能的障碍物,到达机器人想要到达的目标点。



图 1-9 扫地机器人

(三) 通用性

一般机器人在执行不同作业任务时,具有较好的通用性。例如,通过更换机器人手部末端操作器(手爪、工具等)便可执行不同的任务。图 1-10 所示为 ABB YUMI 双臂机器人,可以模仿人类的双手进行作业,可以写字画画,也可以搬运物料块,以及配合人类一起完成其他的工作。

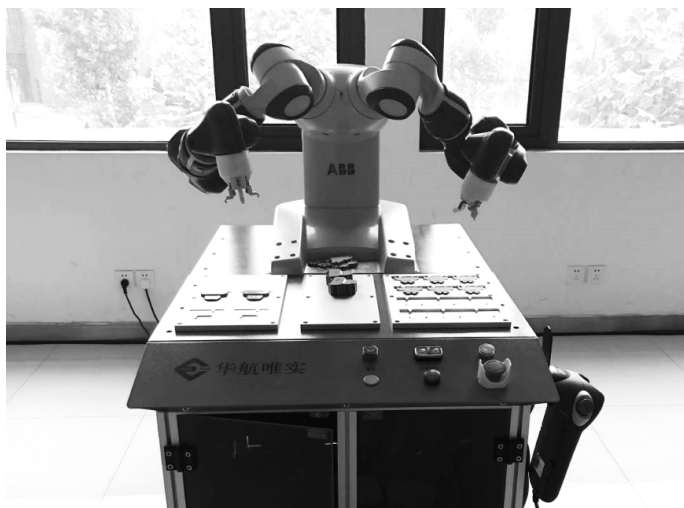


图 1-10 ABB YUMI 双臂机器人





机器人技术涉及的学科相当广泛,归纳起来是机械学和微电子学的结合或称机电一体化技术,第三代智能机器人不仅具有获取外部环境信息的各种传感器,而且还具有记忆能力、语言理解能力、图像识别能力、推理判断能力等人工智能,这些都和微电子技术的应用,特别和计算机技术的应用密切相关。因此,机器人技术的发展必将带动其他技术的发展,机器人技术的发展和水平也象征了一个国家科学技术和工业技术的发展水平。



单元 3 机器人分类

机器人的快速发展将会有效地节约人力成本,提高工作效率,有效地解决人口老龄化、青壮年劳动力缺乏等诸多问题。应用于不同领域的机器人可按照很多方式分类,本单元主要从应用环境、机械结构以及控制方式上对不同类型的机器人性能、功能和应用进行讲解。学习完本单元后,应了解机器人的各种分类方式,能够熟练分辨各种结构机器人的特点和性能。

一、按应用环境分类

从机器人的应用环境看,可以将机器人分为两大类,即工业机器人和特种机器人。

(一) 工业机器人

工业机器人的应用非常广泛,其按用途又可以分为搬运机器人、喷涂机器人、焊接机器人、装配机器人。

1. 搬运机器人

搬运机器人是近代自动控制领域出现的一项高新技术,涉及力学、机械学、电器液压气压技术、自动控制技术、传感器技术、单片机技术和计算机技术等学科领域,已成为现代机械制造生产体系中的一项重要组成部分。

这种机器人用途很广,常用点位控制方式,即被搬运零件无严格的运动轨迹要求,只要求始点和终点位姿准确。如上下料机器人、工件堆垛机器人、注塑机配套用的机器人等。

搬运机器人可以分为以下几类:

(1) 多关节搬运机器人。其动作灵活、运动惯性小、通用性强,能抓取靠近机座的工件,并能绕过机体和工作机械之间的障碍物进行工作,如图 1-11 所示。生产的需要对多关节手臂的灵活性、定位精度及作业空间等提出越来越高的要求。

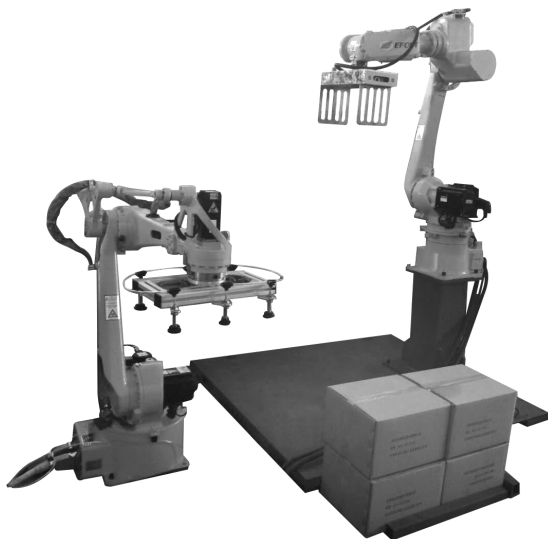


图 1-11 多关节搬运机器人

(2) 硬臂式助力机器人。在有扭矩产生的情况下无法使用气动平衡吊或是软索式助力机器人,而必须选用硬臂式助力机器人。其可以实现提升最大 500 kg 的工件,半径最大可以达到 3 000 mm,提升高度最大 2 500 mm。

(3) T 型助力机器人。其前后左右位移靠导轨来实现,更适合于操作空间狭小的场合。T 型助力机器人配有储气罐,可在断气情况下继续使用一个循环,在气压下降到一定程度,启动自锁功能,防止工件下降。T 型助力机器人设有安全系统,在搬运过程中或是工件没有被放置在安全表面时,操作者不能释放工件。

2. 喷涂机器人

喷涂机器人又称喷漆机器人(spray painting robot),是可进行自动喷漆或喷涂其他涂料的工业机器人,1969 年由挪威 Trallfa 公司(后并入 ABB 集团)发明。喷涂机器人主要由机器人本体、计算机和相应的控制系统组成(图 1-12),液压驱动的喷涂机器人还包括液压油源、油泵、油箱和电机等固件,多采用 5 或 6 自由度关节式结构,手臂有较大的运动空间,并可做复杂的轨迹运动,其腕部一般有 2~3 个自由度,可灵活运动。较先进的喷涂机器人腕部采用柔性手腕,既可向各个方向弯曲,又可转动,其动作类似人的手腕,能方便地通过较小的孔伸入工件内部,喷涂其内表面。喷涂机器人一般采用液压驱动,具有动作速度快、防爆性能好等特点,可通过手把手示教或点位示数来实现操作。

喷涂机器人广泛用于汽车、仪表、电器、搪瓷等工艺生产部门,其主要分为有气喷涂机器人和无气喷涂机器人两类。



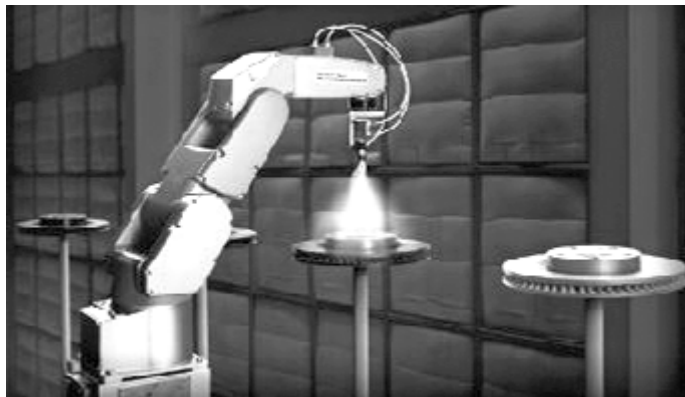


图 1-12 喷涂机器人

(1) 有气喷涂机器人又称低压有气喷涂机,喷涂机依靠低压空气使油漆在喷出枪口后雾化,气流作用于物体表面(墙面或木器面)。有气喷涂相对于手刷而言无刷痕,而且表面相对均匀,单位工作时间短,可有效地缩短工期。但有气喷涂有飞溅现象,有漆料浪费,在近距离查看时,可见极细微的颗粒状。一般有气喷涂采用装修行业通用的空气压缩机,相对而言一机多用、投资成本低,市面上也有抽气式有气喷涂机、自落式有气喷涂机等专用机械。

(2) 无气喷涂机器人可用于高黏度油漆的施工,而且边缘清晰,甚至可用于一些有边界要求的喷涂项目。按机械类型不同,其可分为气动式无气喷涂机、电动式无气喷涂机、内燃式无气喷涂机、自动喷涂机等多种。另外要注意的是,如果对金属表面进行喷涂处理,最好选用金属漆(磁漆类)。

3. 焊接机器人

焊接机器人是焊接自动化的革命性进步,它突破了焊接刚性自动化的传统方式,开拓了一种柔性自动化新方式。焊接机器人的主要优点是:稳定和提高了焊接质量,保证焊接产品的均一性;提高焊接生产率,可 24 小时连续生产;可在有害环境下长期工作,改善了工人劳动条件;降低了对工人操作技术的要求;可实现小批量产品焊接自动化;为焊接柔性生产线提供了技术基础。

焊接机器人是目前使用最多的一类机器人,它又可分为点焊机器人和弧焊机器人两类,如图 1-13、图 1-14 所示。

(1) 点焊机器人。工业机器人在焊接领域的应用最早是从汽车装配生产线上的电阻点焊开始的,原因在于电阻点焊的过程相对比较简单,控制方便,且不需要焊缝轨迹跟踪,对机器人的精度和重复精度的控制要求比较低。点焊机器人在汽车装配生产线上的大量应用大大提高了汽车装配焊接的生产率和焊接质量,同时又具有柔性焊接的特点,即只要改变程序,就可在同一条生产线上对不同的车型进行装配焊接。



图 1-13 弧焊机器人

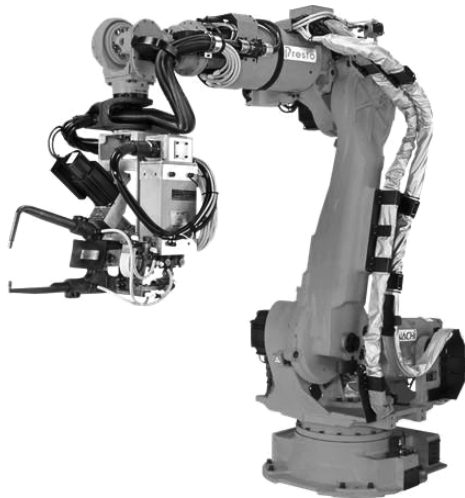


图 1-14 点焊机器人

(2) 弧焊机器人。由于机器人控制速度和精度的提高,尤其是电弧传感器的开发并在机器人焊接中的应用,机器人电弧焊的焊缝轨迹跟踪和控制问题在一定程度上得到了很好解决,机器人焊接在汽车制造中的应用从原来比较单一的汽车装配点焊很快发展为汽车零部件和装配过程中的电弧焊。机器人电弧焊的最大的特点是柔性,即可通过编程随时改变焊接轨迹和焊接顺序,因此最适用于被焊工件品种变化大、焊缝短而多、形状复杂的产品。这正好又符合汽车制造的特点,尤其是现代社会汽车款式的更新速度非常快,采用机器人装备的汽车柔性生产线能够很好地适应这种变化。

4. 装配机器人

应用于机电产品的装配作业的这类机器人要有较高的位姿精度,手腕具有较大的柔性。常见的装配机器人为 SCARA 机器人,如图 1-15 所示。SCARA 是一种特殊的圆柱坐标型工业机器人。SCARA 系统在 x, y 方向上具有顺从性,而在 z 轴方向具有良好的刚度,此特性特别适合于装配工作,例如,将一个圆头针插入一个圆孔,故 SCARA 机器人首先大量用于装配印刷电路板和电子零部件;SCARA 的另一个特点是其串接的两杆结构,类似人的手臂,可以伸进有限空间中作业然后收回,适合于搬动和取放物件,如集成



图 1-15 SCARA 机器人





电路板等。

（二）特种机器人

特种机器人是除工业机器人之外的、用于非制造业并服务于人类的各种先进机器人,它包括服务机器人、水下机器人、娱乐机器人、军用机器人、农业机器人、机器人化机器等。在特种机器人中,有些分支发展很快,有独立成体系的趋势,如服务机器人、水下机器人、军用机器人、微操作机器人等。特种机器人属于非制造环境下的机器人,这和国外的服务机器人逻辑上是一致的。图 1-16 所示为机器人阿西莫,日本本田技研工业株式会社研制的仿人机器人 ASIMO,截至 2013 年,它是最先进的仿人行走机器人。这款机器人模仿人类的动作更精准,以达到帮助人,特别是行动不便者的设计目的。又如围棋界的“深度学习”智能机器人“阿尔法狗”等。



图 1-16 机器人阿西莫



阿尔法狗

二、按机械结构分类

（一）串联机器人

串联结构操作手是较早应用于工业领域的机器人。机器人操作手开始出现时,是由刚度很大的机械杆通过关节连接起来的,关节有转动和移动两种,前者称为旋转副,后者称为棱柱关节。而且,这些结构是机械杆之间串联,形成一个开运动链,除了两端的机械杆只能和前或后连接外,每一个杆件和前面或后面的杆件通过关节连接在一起。由于操作手这种连接的连续性,即使它们有很强连接,它们的负载能力和刚性与多轴机械比较起来还是相对较低,同时刚性差也就意味着位置精度低。

根据杆件之间联结的运动副的不同,串联机器人可分为直角坐标机器人、圆柱坐标机器人、关节型机器人。图 1-17 所示是串联机器人的基本结构形式、结构简图和工作空间。通常,机器人需要在三维空间中运动,在直角参考坐标系中,机器人操作手末端需要满足 3 个方向的位置要求和相对于 3 个坐标轴的角度要求,因而在运动或姿



直角坐标
型机器人





SCARA 机器人

态控制时需要控制 6 个参数。所以,一般情况下,一个通用机器人操作手需要 6 个自由度。对于某些专用机器人不需要 6 个自由度,应在满足要求的前提下尽量减少机器人的自由度数,以便减少机器人的复杂程度,降低机器人制造成本。例如,SCARA 机器人仅有 4 个自由度。有些机器人的工作环境复杂,在工作时需回避障碍,可能需要具有 7 个或 7 个以上的自由度。这种机器人称为具有“冗余自由度”的机器人。

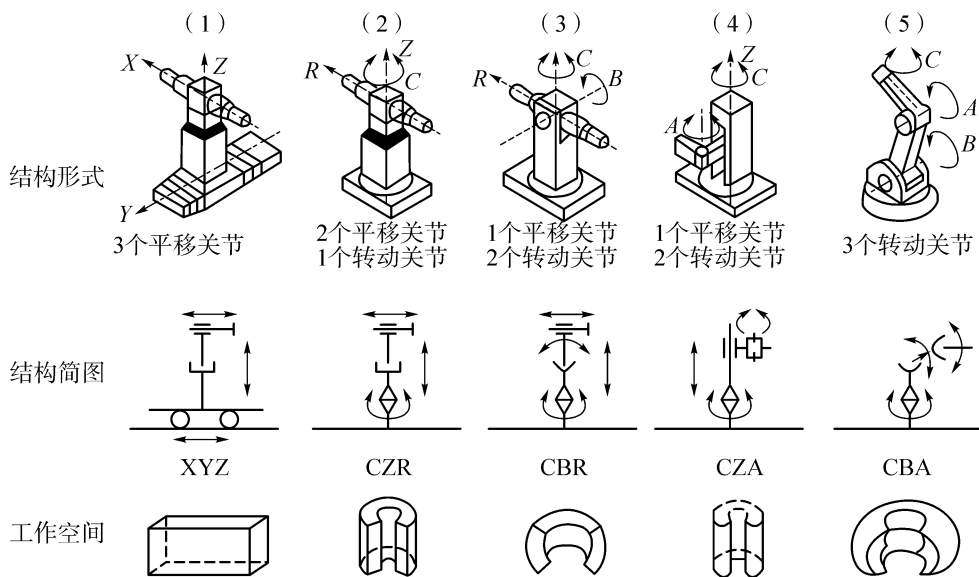


图 1-17 串联机器人的基本结构形式、结构简图和工作空间



并联机器人 机构

(二) 并联机器人

并联机构(Parallel Mechanism,简称 PM),可以定义为动平台和定平台,通过至少两个独立的运动链相连接,机构具有两个或两个以上自由度,且以并联方式驱动的一种闭环机构。

并联机构的出现可以追溯至 20 世纪 40 年代。1931 年,Gwinnett 在其专利中提出了一种基于球面并联机构的娱乐装置;1940 年,Pollard 在其专利中提出了一种空间工业并联机构,用于汽车的喷漆;Gough 在 1962 年发明了一种基于并联机构的六自由度轮胎检测装置;3 年后,Stewart 首次对 Gough 发明的这种机构进行了机构学意义上的研究,并将其推广应用为飞行模拟器的运动产生装置,这种机构也是目前应用最广的并联机构,被称为 Gough-Stewart 机构或 Stewart 机构。

1965 年,德国人 Stewart 发明了六自由度并联机构,并作为飞行模拟器用于训练飞行员。1978 年澳大利亚著名机构学教授 Hunt 提出将并联机构用于机器人手臂。由此拉开并联机器人研究的序幕,但在随后的近 10 年里,并联机器人研究似乎停滞不前。直到 20 世纪 80 年代末 90 年代初,并联机器人人才引起了广泛注意,成为国际研究的热点。





燕山大学黄真教授在 1991 年研制出我国第一台六自由度并联机器人样机,如图 1-18 所示。



图 1-18 并联机器人

并联机器人和传统工业用串联机器人在哲学上呈对立统一的关系,和串联机器人相比较,并联机器人具有以下特点:

- (1) 无累积误差,精度较高;
- (2) 驱动装置可置于定平台上或接近定平台的位置,这样运动部分重量轻,速度快,动态响应好;
- (3) 结构紧凑,刚度高,承载能力大;
- (4) 完全对称的并联机构具有较好的各向同性;
- (5) 工作空间较小。

根据这些特点,并联机器人在需要高刚度、高精度或者大载荷而无须很大工作空间的领域内得到了广泛应用,图 1-19 所示为 HEXA 机器人。

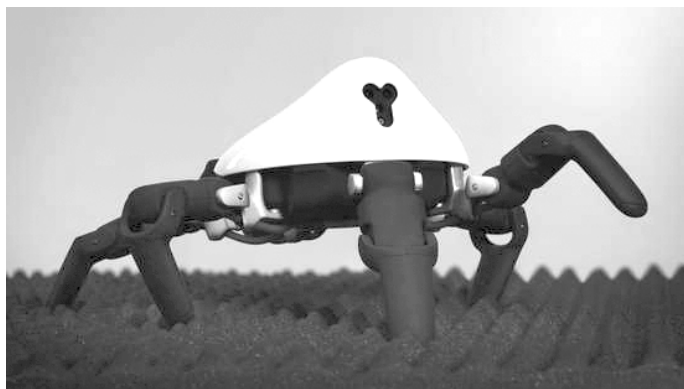


图 1-19 并联机器人应用—HEXA 机器人

三、按控制方式分类

(一) 程序输入型机器人

程序输入型机器人无须示教,机器人直接执行计算机上已编好的作业程序文件,即可完成所需实现的功能。图 1-20 所示为 AGV 搬运机器人。



图 1-20 AGV 搬运机器人

(二) 示教再现型机器人

示教再现型机器人是一种通过示教编程存储起来的可重复再现作业程序的机器人,其示教方法通常有两种:一种是由操作者用手动控制器(示教操纵盒),将指令信号传给驱动系统,使执行机构按要求的动作顺序和运动轨迹操演一遍;另一种是由操作者直接拖拽执行机构,按要求的动作顺序和运动轨迹操演一遍。在示教过程的同时,工作程序的信息即自动存入程序存储器中,在机器人自动工作时,控制系统从程序存储器中检出相应信息,将指令信号传给驱动机构,使执行机构再现示教的各种动作。图 1-21 所示为示教器操控机器人。

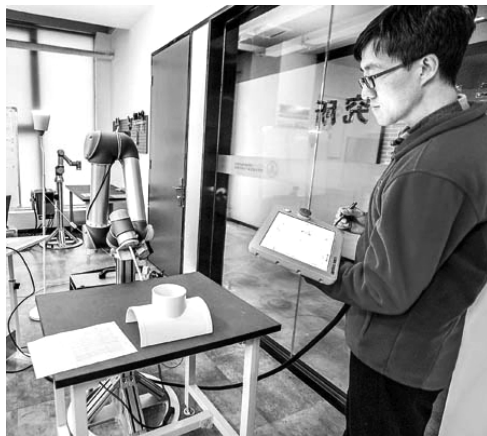


图 1-21 示教器操控机器人





（三）智能型机器人

智能型机器人是指机器人将具有类似于人类思考判断的能力,通过多传感器集成,以及融合人工智能的技术,机器人将会变得“聪明”起来。2007年,斯坦福大学人工智能实验室在斯坦福 AI 机器人项目的支持下开发了 ROS。ROS 提供了一个标准的操作系统环境,包括硬件抽象、底层设备控制、通用功能的实现、进程间消息转发和使用 catkin 和 cmake 管理功能包等。通过 ROS 的编程,可以让机器人具备一定的学习判断能力,比如通过视觉自我规划路径以到达目标位置,与人类进行语音交流等。如图 1-22 所示,“阿西莫”机器人在送餐,动作十分灵巧。



图 1-22 “阿西莫”机器人在送餐

单元 4 机器人发展趋势



目前,机器人已经开始在工业领域大批量使用,并能够完成许多人类做不了的事情,国内多地也出现了机器换人波澜。不过目前机器人超越人类只是表现在较少的领域,如制造业、服务业等,通用型机器人能够全面超越人类的构想,目前还在技术和伦理上存在很多尚未解决的问题。

随着计算机视觉、人工智能等技术的发展,机器人将可以实现自主决策,可以预测即将发生的事情,并对未来变化的情境做出相应的行为,例如,人走近机器人时,机器人发现危急情况,立刻停止动作以避免造成伤害。人机协作机器人也已经成为机器人发展的一大趋势,未来机器需要与人类一起工作,这种判断能力和自主决策就显得十分重要。



机器换人



人工智能从多个方面赋予机器人全新的能力,在感知检测方面,通过视觉、力觉、听觉等多种传感器,使机器人获得了类似人类眼、耳、鼻、舌,以及声音在内的感知系统,机器人可以听懂人类的语言,可以识别人脸,这些功能的开发进一步扩展了机器人的应用场景。

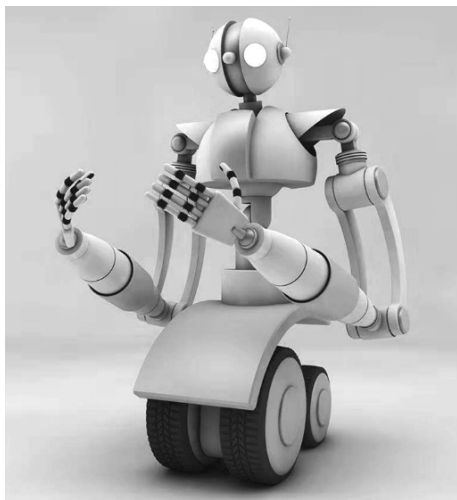


图 1-23 人工智能机器人

在智慧家庭应用场景中,新一代智能机器人可以从事很多专门的服务,如陪伴老人、下棋、教育小孩子、清扫地面、安防监控等,有了机器视觉、语音识别及更多的感知功能,机器人和人的交互有了更好的体验,那些过去认为不现实的产品将变得越来越实用,同时也将带给家庭用户更多的欢乐。

机器人正在进入越来越多的应用场景,如自动驾驶、无人驾驶等。人们开发了搜救机器人,可以在人不能到达的地方进行灾难抢救。这些应用得益于人工智能领域取得的巨大进步,如人机交互、机器学习能力、感知能力等,机器人开始理解人类行为和思维方式,利用人工智能技术,未来机器人的能力将得到大幅提升。

“AI+机器人”同样蕴含着巨大的潜力,现阶段人们已经推出了各种专业领域的机器人,从工业机器人到教育机器人、养老机器人、抢险机器人、医疗机器人等,这些细分领域市场虽然还未爆发,但未来的前景不可估量。

美国、日本和德国目前在智能机器人研究领域占有明显优势。近年来,中国大力研发智能机器人,多次在世界杯机器人足球赛上夺冠,取得了可喜的成就。中国机器人专家陈小平教授认为,中国在世界机器人版图上的地位已经变得越来越重要。

机器人已进入智能时代,不少发达国家都将智能机器人作为未来技术发展的制高点。有关专家表示,智能机器人产业将是继汽车、计算机之后出现的大型高新技术产业。它将带动和引领其他产业发展,为未来新兴产业发展提供全面支撑;目前以人为主要的生产模式,将逐步被以智能机器人为主导的模式所取代。





智能机器人技术的快速发展及应用将成为未来经济的重要推动力。在美国、日本和德国,政府和企业都将智能机器人产业作为未来经济发展新的增长点。根据国际机器人联盟(IFR)的预测,到2020年,智能机器人的保有量将超过1500万台,产业规模将达到1.5万亿美元;届时,奋力前行的中国将有望成为全球最大的智能机器人市场。种种迹象表明,智能机器人井喷时代即将到来。

科学技术向来是把“双刃剑”,智能机器人技术在发挥其积极作用的同时也会给人们带来社会和伦理问题。因此有人担忧:智能机器人将来是否会在智能上超越人类,以至对就业造成影响,甚或威胁人类的生命财产?其实,这方面的担心完全没有必要,智能机器人并非无所不能,它的智商目前只相当于4岁的儿童,它的“常识”比正常成年人就差得更远了。周海中教授早在1990年发表的《论机器人》一文中就指出:机器人在工作强度、运算速度和记忆功能方面可以超越人类,但在意识、推理等方面不可能超越人类。日本机器人专家广濑茂男教授也指出:即使智能机器人将来具有“常识”,并能进行自我复制,也不可能带来大范围的失业,更不可能对人类造成威胁。只有正确看待和使用智能机器人,才能使其更好地服务人类、造福人类。



模块测评

一、填空题

- _____时期,传说我国的能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的伶人,这是我国最早有关机器人的文字记载。
- 公元前2世纪,亚历山大时代的古希腊人发明了最原始的机器人——自动机。它是以_____为动力的会动的雕像,它可以自己开门,还可以借助蒸汽唱歌。
- 1900年前的汉代,大科学家张衡不仅发明了地动仪,而且发明了记里鼓车。记里鼓车每行_____,车上木人击鼓一下,每行_____击钟一下。
- _____第一台_____的工业机器人在美国诞生,开创了机器人发展的新纪元。
- 现代机器人的研究始于20世纪中期,其技术背景是_____和_____的发展,以及_____的开发利用。
- 我国科学家对机器人的定义是:“机器人是一种自动化的机器,所不同的是这种机器具备一些与_____相似的智能能力,如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力,是一种具有高度灵活性的自动化机器。”
- 国际上通常将机器人分为_____和_____两大类。
- 我国的机器人专家从应用环境方面,将机器人分为两大类,即_____。
- _____从多个方面赋予机器人全新的能力,在感知检测方面,通过视觉、力觉、听觉等多种传感器,使机器人获得了像人类眼、耳、鼻、舌,以及声音在内等的感知系统,机器人可以听懂人类的语言,可以识别人脸,这些功能的开发进一步扩展了机

器人的应用场景。

10. 机器技术涉及的学科相当广泛,归纳起来是_____学和_____学的结合—机电一体化技术,第_____代智能机器人不仅具有获取外部环境信息的各种传感器,而且还具有记忆能力、语言理解能力、图像识别能力、推理判断能力等人工智能,这些都和微电子技术的应用,特别和计算机技术的应用密切相关,因此,机器人技术的发展必将带动其他技术的发展,机器人技术的发展和应用水平也象征了一个国家科学技术和工业技术的发展水平。

二、判断题

1. 我国最早记载的机器人是“木牛流马”。 ()
2. 一般的电动玩具也能称为真正的机器人。 ()
3. 1952年数控机床诞生。与数控机床相关的控制、机械零件的研究又为机器人的开发奠定了基础。 ()
4. 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。瓦克逊的本意是想把生物的功能加以机械化而进行医学上的分析。 ()
5. 1927年美国西屋公司工程师温兹利制造了第一个机器人“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,可以回答一些问题,但该机器人不能走动。 ()
6. 到了1990年,工业机器人真正在日本普及,故称该年为“机器人元年”。随后,工业机器人在日本得到了巨大发展,日本也因此而赢得了“机器人王国”的美称。 ()

三、选择题

1. 三国时期,蜀国丞相诸葛亮成功地创造出了“_____”,并用其运送军粮,支援前方作战。 ()
A. 木牛流马 B. 自动机 C. 机器鸭 D. 自动玩偶
2. 串联结构操作手是较早应用于工业领域的机器人。机器人操作手开始出现时,是由刚度很大的机械杆通过关节连接起来的,关节有转动和移动两种,前者称为_____,后者称为棱柱关节。 ()
A. 旋转副 B. 高副 C. 低副 D. 旋转关节
3. _____第一台工业机器人(可编程、圆坐标)在美国诞生,开创了机器人发展的新纪元。 ()
A. 1949年 B. 1959年 C. 1969年 D. 1979年
4. _____美国戴沃尔最早提出了工业机器人的概念,并申请了专利。该专利的要点是借助伺服技术控制机器人的关节,利用人手对机器人进行动作示教,机器人能实现动作的记录和再现。这就是所谓的示教再现机器人。 ()
A. 1954年 B. 1955年 C. 1956年 D. 1957年





5. _____MIT 演示了第一个具有视觉传感器的、能识别与定位简单积木的机器人系统。 ()
- A. 1965 年 B. 1966 年 C. 1975 年 D. 1969 年

四、简答题

1. 为什么说人工智能从多个方面赋予机器人全新的能力?

2. 简述什么是特种机器人。