

普通高等院校“十二五”规划教材

普通高等院校“十一五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材



顾 问 杨叔子 李培根

工业机器人

GONGYE JIQIREN

(第三版)

韩建海 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

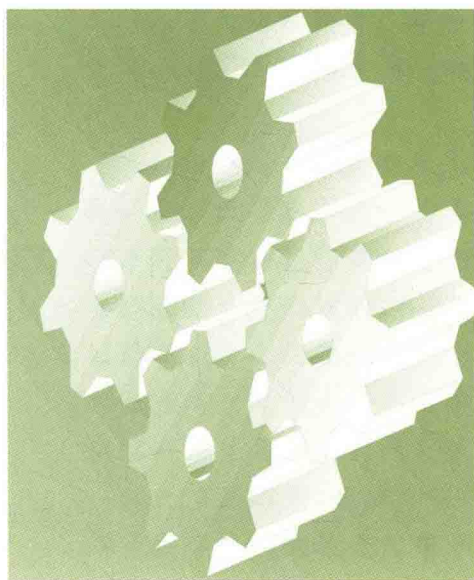


普通高等院校“十二五”规划教材
普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材
顾问 杨叔子 李培根

工业机器人

(第三版)

主 编 韩建海



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书共 8 章,内容包括工业机器人的基本概念和基础理论、工业机器人的机械结构、运动学和动力学分析、控制技术、与机器人相关的传感技术、轨迹规划、机器人语言,以及工业机器人在制造业和非制造业中的应用。每章均附有习题。

本书可作为地方普通工科院校的机械工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机械电子工程等机械类专业的教材,也适合作为广大自学者的自学用书及工程技术人员的培训用书,对于从事机器人技术研究工作的科技人员也有一定的参考价值。

为了方便教学,本书还配套了免费教学课件及其他教学资源,读者可以向华中科技大学出版社机械分社索取(电话:027-87544529,邮箱:279771046@qq.com)。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人/韩建海主编. —3 版. —武汉:华中科技大学出版社,2015. 6

普通高等院校“十二五”规划教材 普通高等院校“十一五”规划教材 普通高等院校机械类精品教材
ISBN 978-7-5680-0982-9

I. ①工… II. ①韩… III. ①工业机器人-高等学校-教材 IV. ①TP242. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 139935 号

工业机器人(第三版)

韩建海 主编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:姚同梅

封面设计:李 嫒

责任校对:李 琴

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:15 插页:2

字 数:321 千字

版 次:2008 年 6 月第 2 版 2015 年 7 月第 3 版第 1 次印刷

定 价:29.80 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

普通高等院校“十二五”规划教材

普通高等院校“十一五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材

编审委员会

顾 问：杨叔子 华中科技大学

李培根 华中科技大学

总主编：吴昌林 华中科技大学

委 员：（按姓氏拼音顺序排列）

崔洪斌 河北科技大学

冯 浩 景德镇陶瓷学院

高为国 湖南工程学院

郭钟宁 广东工业大学

韩建海 河南科技大学

孔建益 武汉科技大学

李光布 上海师范大学

李 军 重庆交通大学

黎秋萍 华中科技大学出版社

刘成俊 重庆科技学院

柳舟通 湖北理工学院

卢道华 江苏科技大学

鲁屏宇 江南大学

梅顺齐 武汉纺织大学

孟 逵 河南工业大学

芮执元 兰州理工大学

汪建新 内蒙古科技大学

王生泽 东华大学

杨振中 华北水利水电学院

易际明 湖南工程学院

尹明富 天津工业大学

张 华 南昌大学

张建钢 武汉纺织大学

赵大兴 湖北工业大学

赵天婵 江汉大学

赵雪松 安徽工程大学

郑清春 天津理工大学

周广林 黑龙江科技学院

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循、有规可依、有鉴可借、有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设,特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

第三版前言

本书自第一版发行以来,经十次印刷,发行了 22 000 多册,被全国几十所院校有关专业采用,深受读者的厚爱。在使用中,许多授课老师和读者向我们提出了宝贵意见和建议,使我们受益匪浅,在此,向热心支持和帮助我们的相关兄弟院校的教师以及读者表示衷心的感谢。

工业机器人应用水平是一个国家工业自动化水平的重要标志,是工业及非产业界的重要生产和服务性设备,也是先进制造技术领域不可缺少的自动化设备。工业机器人在各个领域的应用迎来了快速发展时期,我国已经成为全球最大的工业机器人市场,将工业机器人引到生产线上取代人力已是势不可挡的趋势,国内“机器换人”规模逐渐辐射到全国各个产业集聚群,业内人士将 2014 年称为我国工业机器人大规模应用元年。与此同时,对工业机器人技术人才的需求也急剧增加,许多高校,尤其是面向生产第一线培养人才的地方工科院校都先后开设了“工业机器人”这门课程。这不仅是因为开设这门课程是社会发展的需求,也是因为考虑到了这门课程的高度综合性和设计性,可使机械类学生对所学的诸多单科专业知识得到全面认识和综合运用,从而提高学生的创新和工程实践能力。

根据大家所提宝贵意见和我们近年来的教学实践,同时结合社会的实际需求,对第二版进行了修订,此次修订延续原有教材的定位,仍立足于机器人理论知识和工程实际应用技术的最佳结合,把重点不放在理论分析上,而放在多学科知识的综合应用和最新工程实际内容介绍方面,强化机器人技术应用能力的培养,以满足机械类应用型高级人才的培养目标。

本书在内容的编写上,仍以 MOTOMAN SV3 机器人为典型教学案例,结合每章的内容对该机器人机械系统、电动机驱动、运动学计算、控制技术、传感器、轨迹规划与编程操作及其应用等进行系统讲解,并结合实验教学使学生从机器人实体和实际工程应用两方面对所学知识进行消化理解,以提升教学效果。

本书共分 8 章,各章配有习题。

第 1 章绪论,介绍机器人及其技术的发展历史、现状和未来,基本概念、定义、组成和分类等内容。

第 2 章主要讲解工业机器人机械系统设计,包括机器人总体设计、驱动机构及两种常用减速器、机身和臂部设计、腕部设计、手部设计、行走机构设计等内容,并着重对当前流行的六自由度关节型机器人的电动机布置方案、关节布置特点进行了详细介绍与总结。

第 3 章主要对工业机器人运动学进行讲解,属于机器人基础理论的重要组成部分。

首先从空间任意一点相对动坐标和固定坐标位置之间的关系推导入手,引入齐次坐标变换矩阵的概念,介绍刚体的位姿描述方法,由此导出机器人手腕中心点的位移方程;然后引入机器人机构的一般坐标定义描述方法和 D-H 坐标变换;最后用实例讲解机器人正、逆运动学方程的建立方法。

第 4 章主要介绍工业机器人静力计算及动力学分析方法。首先引入速度雅可比矩阵与速度分析的内容,介绍力雅可比矩阵与静力计算;然后把工业机器人的静力学基础理论总结为以三大矩阵为重点,围绕两个空间之间的映射关系;最后对机器人的动力学进行分析,并讲解机器人动力学的建模和仿真方法。

第 5 章主要涉及机器人控制的一般理论与技术方法。首先引入机器人控制系统的构成和控制思路,在详细论述机器人单关节位置控制理论与方法的基础上,引入六关节机器人多轴控制原理与控制策略;然后讲解机器人常用的力/力矩控制方法等内容;最后对开放式控制系统的硬件电路组成和控制方式进行介绍。

第 6 章主要讲解工业机器人的感觉系统。首先阐述机器人的一般信息检测与分析方法、机器人的常用传感技术与特殊感知技术、机器人视觉技术等,并通过实例对理论和技术方法的应用进行深入说明。尤其对机器人关节位置检测传感器-光电编码器的工作原理、串行通信、后备电池等内容进行了较为详细的介绍。

第 7 章讨论关节空间和直角坐标空间中机器人轨迹规划和轨迹生成原理与方法,对机器人语言编程、机器人示教编程和机器人离线编程三种控制方式分别进行介绍。通过焊接作业实例,对 MOTOMAN 机器人示教-再现编程的原理和方法进行论述。

第 8 章介绍工业机器人的应用准则、步骤和安全实施规范,通过工业机器人电弧焊接、点焊和喷涂作业典型应用实例,介绍其工作站的组成、工作原理、周边设备选用等内容。

此次再版邀请了几位企业从事工业机器人技术应用的工程技术人员参加了修订工作,他们提出了许多宝贵的修改意见。除第 6 章工业机器人感觉系统外,对每章内容都进行了最新技术的增添和课程要点的总结,尤其是第 2 章中增加了六关节电动机的布置方案和特点内容,第 5 章中增加了工业机器人的硬件电路和控制方式内容,第 8 章中着重对工业机器人安全实施规范和在制造业中的典型应用案例等内容进行介绍,删掉了与工业机器人不相关的其他内容。修改后的教材更加贴近工程实际应用,利于读者掌握最新工程实际应用技术。

本次再版编写的具体分工为:第 1 章绪论(河南科技大学韩建海、德国孚利模集团有限公司钱勇);第 2 章工业机器人机械系统设计(河南科技大学韩建海、洛阳沃德福工程技术有限公司方涛涛);第 3 章工业机器人运动学(河南科技大学韩建海、安徽工业大学叶晔);第 4 章工业机器人静力计算及动力学分析(湖北工业大学张铮、安徽工程大学苏学满);第 5 章工业机器人控制(河南科技大学韩建海、河南科技大学王会良);第 6 章工业机

器人感觉系统(河南科技大学郭冰菁、安阳工学院韩向可);第7章工业机器人轨迹规划与编程(河南科技大学李向攀、洛阳北控水务集团有限公司杨林);第8章工业机器人的应用(河南科技大学韩建海、河南科技大学李向攀)。全书由韩建海担任主编,负责统稿工作。上海英集斯自动化技术有限公司余亚强提供了许多宝贵的第一手参考资料,郭吉伟硕士在资料收集与整理方面做了许多工作,感谢他们的付出。本书在修订过程中参阅了同行专家学者和一些院校的教材、资料和文献,在此谨致谢意。

修订后的本书有较明显的改进与提高,但由于编者水平有限,书中难免存在不足之处和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2015年3月

第二版前言

本书自第一版发行以来,经三次印刷,被全国几十所院校有关专业采用。在使用中,许多授课老师和读者向我们提出了宝贵意见和建议,使我们受益匪浅,在此,向热心支持和帮助我们的相关兄弟院校的教师以及读者表示衷心的感谢。

利用机器人技术提升我国工业发展水平,从制造业大国向强国转变,提高人民生活质量已成为全社会的共识。工业机器人在各个领域的应用迎来了快速增长的发展时期,因此对工业机器人技术人才的需求也急剧增加。根据大家所提宝贵意见和近年来的教学实践,同时结合社会的实际需求,我们对第一版进行了修订。此次修订延续原有教材的定位,仍立足于机器人理论知识和实际应用技术的最佳结合,不把重点放在理论分析上,而放在多学科知识的综合应用方面,强化机器人技术应用能力的培养,以满足机械类应用型高级人才的培养目标。

本书在内容的编写上,仍以 MOTOMAN SV3 机器人为典型教学案例,结合每章的内容,对该机器人的机械结构、电动机驱动、运动学计算、控制技术、传感器、轨迹规划与编程操作及其应用等方面进行系统讲解,并结合实验教学使学生从机器人实体和实际工程上对其进行消理解,以提高教学效果。

本书共分为 8 章,各章配有习题。

第 1 章介绍机器人及其技术的发展历史、现状和未来,以及基本概念、定义、组成和分类等内容。

第 2 章主要讲解工业机器人机械系统设计,包括机器人总体设计、驱动机构、机身和臂部设计、腕部设计、手部设计、行走机构设计等内容。

第 3 章主要对工业机器人运动学进行讲解,属于机器人基础理论的重要组成部分。首先从空间任意一点的相对动坐标和固定坐标位置之间的关系推导入手,引入齐次坐标变换矩阵的概念,介绍刚体的位姿描述方法,由此导出机器人手腕中心点的位移方程;然后引入机器人机构的一般坐标定义描述方法和 D-H 坐标变换;最后用实例讲解机器人正、逆运动学方程的建立方法。

第 4 章主要介绍工业机器人静力计算及动力学分析方法。首先引入速度雅可比矩阵与速度分析的内容,介绍力雅可比矩阵与静力计算;然后对机器人动力学进行分析,并讲解机器人动力学的建模和仿真方法。

第 5 章主要介绍工业机器人控制的一般理论与技术方法。首先引入机器人控制系统的构成和控制思路,详细论述机器人单关节位置控制的理论与方法;然后讲解机器人常用的力/力矩控制方法等内容。

第6章主要讲解工业机器人的感觉系统。首先阐述机器人的一般信息检测与分析方法、机器人的常用传感技术与特殊感知技术、机器人视觉技术等,并通过实例对理论和技术方法的应用进行深入说明。

第7章讨论工业机器人的轨迹规划、机器人语言和机器人离线编程系统三方面的内容。

第8章分析国内外工业机器人技术的应用现状和发展趋势,就机器人在制造业和非制造业两方面中的应用,用典型实例深入地进行阐述,最后对一款大学生课外科技制作作品——六足行走机器人进行介绍。

此次再版邀请兄弟院校几位从事机器人教学工作的老师参加了修订工作,除对部分章节做了文字上的修订外,主要在原版基础上重点增加了工业机器人的实际应用技术,使得教材更加贴近工程实际,以方便更多读者选用。

本次再版编写的具体分工为:第1章绪论(河南科技大学韩建海);第2章工业机器人机械系统设计(长江大学钱玉宝、河南农业大学李慧琴);第3章工业机器人运动学(兰州理工大学杨萍、安徽工业大学叶晔);第4章工业机器人静力计算及动力学分析(湖北工业大学张铮、安徽工程大学苏学满);第5章工业机器人控制(河南科技大学韩建海、河南科技大学王会良);第6章工业机器人感觉系统(河南科技大学郭冰菁、安阳工学院韩向可);第7章工业机器人轨迹规划与编程(河南科技大学赵书尚、河南农业大学李慧琴);第8章工业机器人的应用(上海师范大学王丽慧、河南科技大学王会良)。全书由韩建海担任主编并负责全书统稿工作。湖北工业大学吴斌芳在大纲制订、内容安排、协助统稿等方面做了大量工作。

本书在修订过程中,参阅了同行专家、学者及一些院校的教材、资料和文献,在此谨致谢意。修订后的本书较第一版有明显的改进与提高,但由于编者水平有限,书中仍难免存在不足和错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2012年3月

第一版前言

机器人技术代表了机电一体化技术的最高研究成果,涉及机械工程、电子技术、计算机技术、自动控制理论及人工智能等多门学科,是当代科学技术发展最活跃的领域之一。机器人的研究、制造和应用程度,是一个国家或公司科技水平和经济实力的象征。目前,国际上许多大公司都在竞相研制各类先进机器人,向人们展示其科技实力。

在传统的制造领域,工业机器人经过诞生、成长、成熟期后,已成为不可缺少的核心自动化装备,目前世界上有近百万台工业机器人正在各种生产现场工作。在非制造领域,上至太空舱、宇宙飞船、月球探险,下至极限环境作业、医疗手术、日常生活服务,机器人技术的应用已拓展到社会经济发展的诸多领域。同时,开展机器人课外制作活动是培养大学生创新精神和实践能力的最佳实践活动形式之一,是进行专业知识综合训练的最佳平台。因此,机器人技术课程已成为机械类专业学生的必修课程,机器人技术也成为广大工程技术人员迫切需要掌握的一门技术。为了适应这种发展的需要,根据高等院校应用型本科人才培养定位的要求,我们在普通高等院校机械类精品教材编委会的指导下,编写了这本教材,希望为读者提供一本通俗易懂、深入浅出、融汇了机器人最新技术的读本。

机器人技术虽然涉及多门学科,但许多知识点在其他课程中已经学过,所以该门课程除了坐标变换等基础知识以外,重点不在理论分析上,而在多学科知识的综合应用上,以满足机械类应用型高级人才的培养要求。

本书内容全面、丰富,重点突出,层次清楚,既注重基础理论,又强调知识的综合应用,注重反映当今机器人技术发展的新成就和新动向,力求体现先进性、实用性。

本书编写的指导思想是:以学生的能力驱动为目的,将典型案例教学这一主线贯穿于整个教学内容、实验和创新实践过程中。本书以工业界、高校院所广泛使用的 MOTO-MAN SV3 机器人为典型教学案例,对该机器人的机械结构、电动机驱动、运动学分析、运动规划,以及编程控制和应用等方面进行了系统讲解,并结合实验教学,使学生通过机器人实体和实际工程对课程内容进行消理解,以提高教学效果。

本书共分 8 章。首先从人们身边的机器人谈起,然后分别介绍了机器人的基本概念和基础理论,同时对机器人技术所涵盖的各个知识领域,包括机械结构、运动学和动力学分析、控制技术、传感系统、轨迹规划、机器人语言及机器人的典型应用等内容做了深入的阐述。

参加本书编写的有:河南科技大学韩建海(第 1 章部分内容、第 5 章),长江大学钱玉宝(第 2 章),兰州理工大学杨萍(第 3 章),湖北工业大学张铮(第 4 章),河南科技大学郭冰菁(第 1 章部分内容、第 6 章),河南科技大学赵书尚(第 7 章),上海师范大学王丽慧(第

8章)。本书由韩建海担任主编并负责全书统稿工作。湖北工业大学吴斌芳在大纲制订、内容安排、协助统稿等方面做了大量工作。

作者在编写本书过程中,参阅了同行专家、学者及一些院校的教材、资料和文献,在此向文献作者致以诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处和错误,敬请广大读者指正。

编者
2009年5月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 机器人概述	(2)
1.2 机器人的分类	(6)
1.3 工业机器人的组成与技术参数.....	(11)
1.4 本书教学要求.....	(16)
习题	(17)
第 2 章 工业机器人机械系统设计	(18)
2.1 工业机器人总体设计.....	(18)
2.2 驱动机构.....	(21)
2.3 机身和臂部设计.....	(30)
2.4 腕部设计.....	(40)
2.5 手部设计.....	(48)
2.6 行走机构设计.....	(55)
习题	(59)
第 3 章 工业机器人运动学	(60)
3.1 概述.....	(60)
3.2 物体在空间中的位姿描述.....	(60)
3.3 齐次坐标与齐次坐标变换.....	(61)
3.4 变换方程的建立.....	(67)
3.5 RPY 角与欧拉角	(70)
3.6 机器人连杆 D-H 参数及其坐标变换	(73)
3.7 建立机器人运动学方程实例.....	(75)
3.8 机器人逆运动学.....	(82)
习题	(87)
第 4 章 工业机器人静力计算及动力学分析	(90)
4.1 速度雅可比矩阵与速度分析.....	(90)
4.2 力雅可比矩阵与静力计算.....	(95)
4.3 工业机器人动力学分析	(100)
4.4 机器人动力学建模和仿真	(106)

习题	(107)
第 5 章 工业机器人控制	(109)
5.1 机器人控制系统与控制方式	(109)
5.2 单关节机器人模型和控制	(112)
5.3 基于关节坐标的控制	(118)
5.4 基于作业空间的伺服控制	(121)
5.5 机器人末端操作器的力/力矩控制	(122)
5.6 工业机器人控制系统硬件设计	(127)
习题	(130)
第 6 章 工业机器人感觉系统	(132)
6.1 工业机器人传感器概述	(132)
6.2 位置和位移传感器	(135)
6.3 速度传感器	(142)
6.4 接近觉传感器	(144)
6.5 触觉传感器	(149)
6.6 工业机器人视觉技术	(157)
6.7 其他外部传感器	(169)
习题	(169)
第 7 章 工业机器人轨迹规划与编程	(171)
7.1 工业机器人轨迹规划	(171)
7.2 关节空间法	(173)
7.3 直角坐标空间法	(180)
7.4 轨迹的实时生成	(182)
7.5 工业机器人编程	(184)
7.6 工业机器人编程语言	(188)
7.7 工业机器人离线编程	(197)
习题	(203)
第 8 章 工业机器人的应用	(205)
8.1 工业机器人的应用准则、步骤和安全实施规范	(205)
8.2 焊接工业机器人系统及应用	(208)
8.3 喷涂机器人系统组成及应用	(220)
习题	(225)
参考文献	(226)

第 1 章 绪 论

机器人技术集中了机械工程、电子技术、计算机技术、自动控制理论及人工智能等多学科的最新研究成果,代表了机电一体化的最高成就,是当代科学技术发展最活跃领域之一。自 20 世纪 60 年代初机器人问世以来,机器人技术经历四十多年的发展,已取得了实质性的进步和成果。

在传统的制造领域,工业机器人经过诞生、成长、成熟期后,已成为不可缺少的核心自动化装备,目前,世界上有近百万台工业机器人正在各种生产现场工作。在非制造领域,上至太空舱、宇宙飞船、月球探险,下至极限环境作业、医疗手术、日常生活服务,机器人技术的应用已拓展到社会经济发发展的诸多领域。

科学技术的不断进步,推动着机器人技术不断发展和完善;机器人技术的发展和广泛应用,又促进了人民生活的改善,推动着生产力的提高和整个社会的进步。机器人技术作为当今科学技术发展的前沿学科,将成为未来社会生产和生活中不可缺少的一门技术。

在全球经济一体化发展的大背景下,随着我国转型升级压力加大、人口红利减少等问题的突显,以及对稳定品质、高附加值制造加工的需求,从 2000 年起,我国对机器人的需求就开始进入井喷式增长状态。国际机器人联盟的统计显示,我国 2000 年至 2013 年对产业机器人的采购增长率维持在年均 36% 以上。尤其是 2013 年我国采购的产业机器人数量多达 36 560 台,较 2012 年增长近 60%,占到全球产业机器人销量(约 16.8 万台)的约 1/5,一跃超过日本,成为全球机器人需求第一大国。

从产业机器人存量及使用密度来看,我国对产业机器人的需求存在着巨大潜力。2013 年度的国际机器人联合会(IFR, International Federation of Robotics)全球机器人产业统计报告显示,日本、美国的产业机器人存量分别为 31 万台、16.8 万台,我国则只有 9.6 万台;每万名产业工人对应的产业机器人导入数量,日本超过 1500 台,法国、德国、美国均超过 1000 台,韩国为 396 台,相比之下,中国则只有 23 台。

无须置疑,我国已经成为全球最大的工业机器人市场,将工业机器人引到生产线上取代人力已是势不可当的趋势,国内“机器换人”规模逐渐辐射到全国各个产业集聚群。世界最大代工企业富士康公司已启动实施“百万机器人战略”,以艾美特、华为等为代表的大企业正在计划添置机器人,推进自动化。机器人产业大时代已经来临,因此 2014 年被业界誉为“中国工业机器人发展的元年”。

本章首先从人们身边的机器人谈起,然后分别介绍机器人的定义、发展历史、分类、应用、组成与技术参数,以及本书主要内容、特色及教与学的要求等。

1.1 机器人概述

并非只是在工业自动化生产线、太空探测、高科技实验室、科幻小说或电影里面才有机器人,现实生活中机器人无处不在,在人们的生活中起着重要的作用,并已经完全融入了人们的生活。例如,能够双足行走的仿人型机器人 ASIMO,可以逼真地表达喜怒哀乐情感的机器小狗 AIBO,打扫房间的吸尘器机器人,为残疾人服务的就餐辅助机器人,应用于医院的看护助力机器人等,都已成为我们生活中不可分割的一部分。

虽然在我们的身边活跃着各种类型的机器人,但不是所有的机电产品都属于机器人,不能把看到的每一个自动化装置都称为机器人,机器人有它的特征和定义。

1.1.1 机器人的定义

虽然机器人问世已有几十年,但目前关于机器人仍然没有一个统一、严格、准确的定义。其原因之一是机器人还在发展,新的机型不断涌现,机器人可实现的功能不断增多;而根本原因则是机器人涉及了人的概念,这就使“什么是机器人”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。也许正是机器人定义的模糊,才给了人们充分的想象和创造空间。

目前,大多数国家倾向于美国机器人工业协会(RIA)给出的定义:机器人是一种用于移动各种材料、零件、工具或专用装置,通过可编程序动作来执行各种任务并具有编程能力的多功能机械手。这个定义实际上针对的是工业机器人。

日本工业机器人协会(JIRA, Japanese Industrial Robot Association)给出的定义:机器人是一种带有存储器件和末端操作器(end effector,也称手部,包括手爪、工具等)的通用机械,它能够通过自动化的动作替代人类劳动。

日本著名学者加藤一郎提出了机器人三要件:①具有脑、手、脚等要素的个体;②具有非接触(如视觉、听觉等)传感器和接触传感器;③具有用于平衡和定位的传感器。

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。

一般来说,机器人应该具有以下三大特征。

(1) 拟人功能 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。

(2) 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觉和识别能力,不能再编程,因此不能称为真正的机器人。

(3) 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。比如,通过更