

高等学校教材

机器人技术

范印越 编

电子工业出版社

3.053
033

社

机 器 人 技 术

范 印 越 编

电子工业出版社

内 容 提 要

机器人技术是一门新的综合性技术。它不仅涉及机械工程、电子技术，而且涉及到微型计算机、自动控制、传感器技术等。

本书从我国目前工业发展的实际出发，侧重介绍第一代机器人的基本技术。内容分为绪论、机器人的手和臂、机器人的移动机能、机器人的驱动方式、机器人的控制技术、人工智能简介等七章。

本书为高等院校机械及电子机械类专业高年级学生的教材。对于从事与机器人及工业生产自动化有关工作的工程技术人员、科技工作者也是一本有用的参考书。

机 器 人 技 术

范 印 越 编著

责任编辑：邓又强

*

电子工业出版社出版（北京市海淀区万寿路）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京科技印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：13.25 字数：322 千字

1988 年 5 月第一版 1988 年 5 月第一次印刷

印数：1—5000 册 定价 2.30 元

统一书号：15290·705

ISBN 7-5053-0087-3/TN47

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978年至1985年,已编审、出版了两轮教材,正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻“努力提高教材质量,逐步实现教材多样化,增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神,我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会,在总结前两轮教材工作的基础上,结合教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1986~1990年的“七五”(第三轮)教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿,是从通过教学实践、师生反映较好的讲议中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评建议,共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部制定的工科电子类专业教材 1986~1990 年编审出版规划,由电子机械教材编审委员会无线电设备结构设计编审小组组织征稿、评选、推荐出版的。

本书由西北电讯工程学院范印越编著,上海工业大学机器人研究所郭亨礼老师担任主审。

本课程的参考学时数为 60 学时,内容分为绪论、机器人的手和臂、机器人的移动机能、机器人的驱动方式、机器人的控制技术、机器人的感知器、人工智能简介等七章。力求将机器人技术的基础部分,较为全面而系统的加以介绍,以期起到入门教育的作用。为了使各校在使用本教材时,能够根据已修课程情况有所取舍,本教材按 70 学时写成。对于某些专业,也可酌情删减部分内容,安排 40 学时实教。

本书在编写过程中,得到了叶尚辉、吴凤高、杨庚辰、杨兵等各位老师的指导与帮助,在此表示诚挚的谢意。由于编著者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

最后对帮助描图的马秀兰同志也在此表示感谢。

编著者

一九八七年一月

目 录

第一章 绪论	1
一、机器人的定义.....	1
二、现代机器人的发展概况.....	2
三、机器人的应用及分类.....	5
第二章 机器人的手和臂	7
一、手的把持机能.....	7
二、手部结构型式与分析.....	9
1.吸着型机械手	9
2.承托型机械手	13
3.悬挂式机械手	14
4.握持型机械手	14
5.夹持型机械手	15
6.多关节指结构	19
7.顺应型指机构	20
8.夹持型机械手的力分析	21
9.定位误差的分析与计算	25
10.特殊用途的工作头	30
三、手臂结构型式与分析计算.....	30
1.手臂的基本型式	31
2.多关节机械手的位置计算	34
3.手臂的动力学计算法简介	44
第三章 机器人的移动机能	49
一、车轮式移动机构.....	50
1.全方向移动机构	51
2.旋轮式推进方式	52
3.移动方向的诱导方法	52
二、步行机械.....	53
1.步行时的脚相与稳定性	54
2.脚的最少自由度	56
3.六足与八足步行机械	57
4.四足步行方式	58
5.两足步行机器人	60
三、特殊移动机器人.....	64
1.蛇行式机器人	65
2.跨越沟坎机器人	67
3.上下台阶机器人	68

4. 履带式移动机器人	69
5. 壁面爬行机器人	70
6. 管内外移动机器人	71
第四章 机器人的驱动方式	73
一、各种驱动方式的特点	73
1. 液压驱动的特点	73
2. 气压驱动的特点	73
3. 电气驱动的特点	74
二、液压驱动系统	75
1. 液压系统的工作原理	75
2. 液压系统基本元器件	77
3. 液压系统图图形符号	80
4. 液压系统的控制回路	81
5. 液压驱动机器人举例	86
三、气压驱动系统	90
1. 基本的气压驱动回路	90
2. 气源系统的组成	91
3. 气压驱动系统元件	93
4. 气动系统的控制回路	96
5. 气压驱动机器人举例	99
四、蓄电池与驱动电机	101
1. 蓄电池	101
2. 直流伺服电动机	103
3. 交流伺服电动机	108
4. 步进电动机	112
5. 直线电机	117
第五章 机器人的控制技术	121
一、程序控制装置	121
1. 固定程序控制装置	121
2. 分散式可编程序控制装置	123
3. 集中式可编程序控制装置	130
二、微型计算机控制	134
1. 微型计算机	135
2. 微型计算机控制的机器人	143
三、机器人伺服系统	151
1. 对机器人伺服系统的要求	151
2. 伺服系统的构成	153
3. 位置伺服系统误差特性	156
4. 机器人传动机构对伺服系统的影响	157
第六章 机器人的感知器	161
一、机器人感知器的分类	161

二、数字模拟转换技术	162
1. 数-模 (D/A) 转换	162
2. 模-数 (A/D) 转换	164
三、位置检出传感器	165
1. 机械式微动开关	165
2. 高频接近开关	166
3. 电容形接近开关	167
4. 片簧形磁接近开关	168
5. 光电开关	168
6. 电位器	169
7. 旋转变压器	170
8. 旋转编码器	171
四、转速及力检出传感器	172
1. 直流测速发电机	172
2. 应变片	172
五、超声波传感器	173
1. 压电式换能器	173
2. 超声波测厚原理	174
六、机器人手指及手腕的感觉	174
1. 接触觉传感器	174
2. 压觉传感器	175
3. 滑移传感器	177
4. 力觉传感器	178
七、视觉技术	179
1. 明暗信息的输入	179
2. 物体距离的检出	180
3. 画线的抽出	181
4. 线条画面的解释	181
5. 视觉技术在工业上的应用	182
八、声音认识	186
第七章 人工智能简介	189
一、智能机器人的控制程式	189
二、推论和问题的解决	190
1. 推论的概念	190
2. 问题的求解	190
3. 问题求解的过程与原理	191
三、状态空间表示法	193
1. 状态描写	193
2. 算子	194
3. 最终状态	194
4. 图解符号	195
5. 问题表示的实例	195

四、解决问题的例子.....	199
1.机械手进行的简单作业	199
2.机械手作业的最短路径	201

第一章 绪 论

制造与人或其它动物相似的人造物的想法,在纪元前已经出现于神话和传说中。并且不断的有一些人努力要把幻想变为现实。但是由于受到当时技术与社会环境的影响,供人观赏的自动人形玩偶到十六世纪末才在欧洲登场,于十八世纪达到鼎盛时期。当今保存在我国故宫钟表陈列馆中的展品便是其中的一部分。无疑这与当时钟表技术的发展和优质钢材的生产有着不可分割的联系。

1920年捷克斯洛伐克作家卡列尔·查培克曾经写了一部名为 Rossum's Universal Robots (罗莎姆万能机器人公司 RUR) 的剧本。在其中首次出现了目前通用于世界其它各国的机器人专用名词 Robot (日文音译为ロボット)。据说这是作者与其兄商谈后,根据捷克语 Robotra (奴隶劳动)和 Robotnik (工人)所创造的词汇。该剧本中描写了有关世界各地向这家公司所订购的数以万计的机器人的故事。机器人公司制造的机器人寿命只有20年,但记忆力特别好,通过示教使它们具有了比人还要强的工作能力,在极少数人的支配下,让它们从事工人与士兵的工作,并依靠它们的劳动建立起了一个繁荣的社会。通常,机器人不仅逃不脱终将被作为废品扔掉的命运,而且尽管有卓越的工作能力,却得不到平等待遇。某天,该公司的生理研究主任想要把机器人变得更象真人,私自改变了机器人体内的几个地方,将身体的感受性赋与了机器人。这样,机器人终于在某一天造起反来,几乎把创造了自己的人类杀了个一干二净,而后建立了一个机器人的世界。这种写作思想曾一时被评价为预见了未来机械文明社会的机械与人类的关系。此后,Robot 这一名词便广泛地在世界各国使用起来。

1930年以后,出现了许多以机器人为中心的幻想小说,其中阿西摩夫在1950年写了一部小说,名为《我是机器人》,在其中规定了科学幻想小说里出现的机器人的性格,这就是有名的《机器人三原则》,其内容如下:

- (1) 机器人不得危害人类,不得眼看人将遇害而袖手旁观。
- (2) 机器人必须无条件地服从人的命令,但若命令的内容违反原则(1)时,则不受此约束。
- (3) 机器人只要不违反上述(1)、(2)两条,就必须自己保卫自己。

阿西摩夫所规定的这三项原则清楚地表示出,在人类社会,能够和人一起工作的机器人所应具有的形象。日本漫画家的杰作《铁臂阿童木》动画影片,以及美国电影《未来世界》等科学幻想作品中的机器人,都给人们留下了深刻的印象。

一、机器人的定义

象所有的技术一样,现代的机器人技术也并非孤立地发展起来的。它是建立在计算机技术、传感技术、自动机与数控机床技术、假肢技术、原子反应堆用主从操作器技术等进步的基础之上的一门综合技术。因为目前机器人技术正处于急速发展与不断进步的阶

段,机器人这一技术概念也在不断地变化与扩充,所以目前还没有一种定义方法能够被大家共同承认,故对于其定义也众说不一。归纳起来不外乎是具有通用性、移动性、自动性、奴隶性、智能性的个体机械。机器人中,有一种是从专用自动化装置脱颖而出的自动机械式机器人,它是把人们进行重复操作的机能加以自动化的装置,叫做工业机器人。另一种为侧重仿生学的研究、主要是引入学习机能以及生物习性的机器人。通常,把这一类机器人叫作人工智能机器人。

这两种机器人的研究是互相关联着发展起来的,因此当它们在机能方面构成一体时,就诞生了我们通常所认为的那种机器人。

在此,暂引用国际专利分类(IPC)的概念,对机器人这一词汇定义如下:

机器人乃是具有类似于生体运动部那样的柔软动作机能,或者是具有这种机能,同时具备智能,并能按照人的要求动作的自动机械。

从这个定义出发,目前广泛使用于汽车工业中的重复动作型机器人,其外形类似于人的手臂。作为智能,它们具有臂的控制机能,并能按照要求进行焊接或喷涂作业,所以说它们是智能低下但工作出色的机器人。根据其特征也可称作机械手。而邮局的邮票自动出售机,虽然它也有判定钱数多少的机能,但它除了只会出售邮票外,在外观上与人和动物完全不相象,所以一般不把它叫作机器人。另外,铲土机既具有与人臂相似的外观,又有移动机能,能够掘土并可装车 and 运送,但由于其自身完全没有感觉和智能,所以也不是机器人。

二、现代机器人的发展概况

从1940年起到现在,机器人的发展大致可分为四个时期。

第一时期:遥控操作器时代(1940年前后到1960年前后)

这个时代开发了扩大我们手足机能的机械。遥控操作装置伴随着原子能技术的发展,于1947年在美国问世。这是可以使人从安全场所操纵设置在远隔地点的操作器,对具有危害性的放射性物质进行处理,也可以代替人的手臂在深海、宇宙空间等恶劣环境中进行操作的机械手。

图1.1为一遥控操作器,通常又称为主从操作器。主动部与从动部隔着墙壁或其它介质、空间分置于两侧。在主动部与从动部有几乎完全相同的操纵装置。人可以通过操纵主动侧的操纵装置对从动部进行操作。操作时可以通过隔离窗,或者使用工业电视,一面看着从动侧的状态,一面进行操作。由于是多自由度结构,操作者必须经过一定的训练,才能操作自如。

1954年带有双向伺服机构的主从操作器研制成功。它可以把操纵者的操作力,传递到从动侧对被操作对象物进行操作,同时可以把对象物加给从动部手指的力,自从动侧传向主动侧的操作者,使操作者产生直接操纵对象物的感觉。

1958年美国联合控制公司研制出了采用数字控制的自动编程装置,从而成为开发工业机器人的先驱。这年秋天,用计算机控制主从操作器的方案被提了出来。恰好这时计算机也处于变革时期,开始用晶体管代替电子管,以及使用磁芯存储器等,因此,这个时期也是机器人技术发展的一个重要时期。

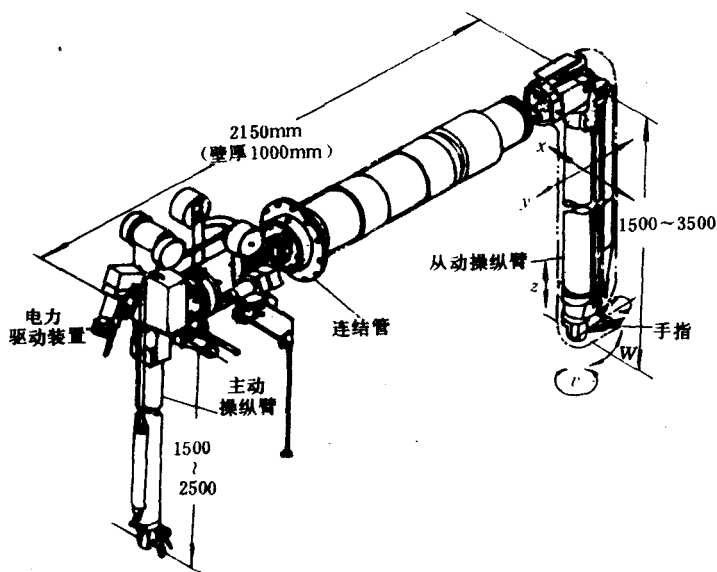


图 1.1 主从操作器

另一方面，美国的约翰尼·荻波尔于 1954 年发表了申请专利的文章《程序控制的产品传递装置》，并于 1960 年取得了工业机器人专利第 1 号。这是一个带有电磁吸盘的单自由度机械手。图 1.2 为其原理图。它能够连续地将零件从一个位置拿向另一个位置。

第二时期：现代机器人诞生的时代（1960 年前后到 1970 年前后）

1961 年，在放射性物质主从操作器的基础上，导入了人工感觉，并采用 TXO 计算机加以控制，构成了 MH-1 系统，成为现代机器人的原型。MH-1 系统可以将散乱的积木收集起来，重新加以堆积。与此同时，还提出了人工感觉的处理与机器人语言问题。

同年瑞典的 Kaufelt 公司宣布制成了第一台可编程序的操作机，从而成为在欧洲首先研制出工业机器人的国家。

在此期间，还有另一个划时代的工作也开始进行，这就是物体识别的研究。将多面体的画面分解为 256×256 个像素，并将其变换为数字图象，进而用计算机把图象的浓淡变化部分作为图象的特征点取出，由这些特征点再变换为线画，然后用图象偶合法对多面体进行识别。

1967 年美国斯坦福人工智能实验室，开发了一台用计算机控制，并带有电视摄象机和语音识别系统的机械手，即带有手、眼和耳的机器人。它能识别语言信息，能看到桌上放置的积木块，并能根据指令移动这些积木。

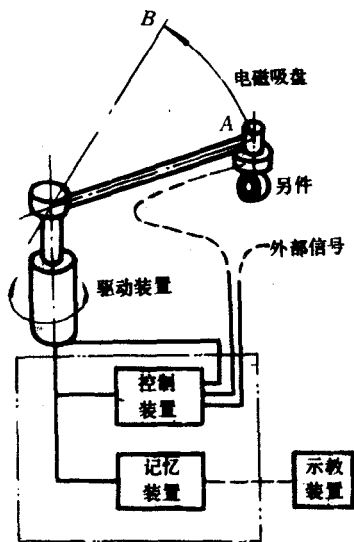


图 1.2 最初的工业机械手原理图

另外,在第一时期研制成的主从操作器,在这一时期也导入了计算机,作为监视控制被使用于宇宙开发和海洋开发事业。1967年美国的无人月面软着陆探查机登月成功。地球上的操作者通过监视控制,操纵探查机上的手臂,成功地掘开了月面,并将其调查结果送回了地球。在1970年登月的苏联制月面自动行走车上,也使用着类似的监视控制主从操作器。与此同时,主从操作器在海洋开发事业中也很活跃。1966年美国掉在西班牙海滨的氢弹,就是利用安装在潜艇上的主从操作器收回的。

另一方面,美国AMF公司于1962年,研制出了使用点位控制以及连续经路控制的工业机械手,并于1967年在日本东京机械贸易样品市场上公开。没过多久,日本的各液压、气动方面的公司,就纷纷推出了自己研制的机器人。

第三时期: 机器人成长的时代(1970年前后到1980年前后)

在此期间于美国华盛顿召开了第一次人工智能会议。会议的中心议题就是《计算机在多大程度上可以代替人》。这一时期的研究,主要围绕着计算机进行人工智能语言,以及各种子程序的研究。不久,微处理机问世,使得工业机器人的价格大幅度下降。在各工业先进国家,伴随着劳动报酬的提高,使用工业机器人变成了一项十分经济的措施。同时,工业用机器人也由原来的通用型走向专用化,出现了喷涂用、点焊用、电弧焊用、搬运用等各具特色的商品化工业机械手和机器人。

七十年代在外部传感器上也作了大量研究。

第四时期: 柔性自动化装置时代(1980年前后)

目前正处于从传统的大量生产方式的形态,向着多品种中小量生产的形态过渡的阶段。如何适应于生产率高且多样化的要求,已成为目前正在积极研究的重要课题之一。一种新型的建立在机器人技术与信息处理技术之上的所谓柔性自动装置系统正处于研制阶段。所谓柔性自动化生产系统,就是将数控机床、为机床服务的机器人、自动化仓库、自动运输工具、控制用电子计算机网构成一个具有真正柔性的系统。需要转产时,控制用计算机改变数控机床、机器人、自动化仓库和自动运输工具的程序,系统就实行起新的工艺链。一部机床刀具折断了,它暂时停一下工,它的任务转交给工作量不足的机床或备用机床,也许是在所有机床之间分派。自动运输路线也相应改变。刀具换好后,恢复原样。这种系统可以在一昼夜,甚至几小时内转产新产品。

与此同时,机器人的感觉、判断机能将进一步提高与完善,向着具有学习机能的高级阶段发展下去。

我国在机器人的研究方面,虽然起步较晚,并受到十年动乱的影响,但目前已引起了有关方面的极大关注。除了引进、消化、仿制外,已经具备了一定的独立设计和研制能力。在1985年新疆维吾尔自治区成立30年大庆展览馆展出了由新疆机械局研制的跳舞机器人《阿依古丽》。在1986年第六十届广交会上,成都电讯工程学院研制的第三代仿人机器人《成蓉小姐》已经用汉语或英语向来宾问好,并能简要的介绍展览产品及回答简单问话。西北电讯工程学院研制的微机控制示教再现式机器人《西电1号》,也于1985年9月在陕西省科技贸易大会上进行了表演。此外,清华大学自动化系研制的具有视觉的手眼系统,北京钢铁学院研制的焊接机器人,均已达到了较高的水平。同时,在机器人学科中的视觉、听觉、语音合成、触觉、计算机控制以及人工智能诸领域的研究,也取得了一定的进展。

近年来的成就表明,我国的机器人技术已经迈出了可喜的一步。相信在不久的将来

来,我们一定会赶上世界各国前进的步伐。

三、机器人的应用及分类

机器人技术是工业发展到一定水平的必然产物,经过几十年来的发展,目前各类机器人已活跃在科技和工业生产的各条战线上,有效地代替了人们的劳动。

据报导,日本官方预测,在使用机器人的工厂,只需四年就可收回机器人的投资,若实行两班制,两年就可以盈利。日本丰田汽车公司使用机器人以后的1982年6月,利润为3062亿日元,一年后的1983年6月,利润增加到4000亿日元,加上内部留成的利润19000亿日元,全部盈利居于日本汽车行业的首位。又如在生产集成电路的初期,由于采用人工操作,正品率很低,而美国IBM公司在应用机器人技术进行全封闭生产以后,产品合格率已达100%,不仅产品质量得到保证,使产品具有足够的可靠性,而且提高了劳动生产率,降低了成本,使产品具有极大的竞争力。

据美国和日本的统计,在各种工业生产中使用机器人的比例大致如下:

美国:

压铸(30%);冲床上下料(20%);锻造机械上下料(15%);装配(5%);加热炉装炉、出炉(5%);注塑机模具和制品搬运(20%);机床上下料(5%)。

日本:

机床卸工件(62%);机床上料(58%);输送带间搬运(39%);压力机上下料(27%);装配(20%);包装(20%);锻造机械上下料(12%);喷漆(11%);压铸(9%);焊接(8%);塑料加工(7%);电镀(3%)。

除了在工业生产中有愈来愈多的机器人被用来从事繁重、危险、肮脏及单调的劳动外,在其它领域中也积极研究机器人的应用。例如已报导的就有组装作业机器人、建筑作业机器人、搬运作业机器人、残疾者用机器人、生活福利机器人、救援用机器人、仿生机器人、消防机器人、军用机器人、海底勘探机器人、音乐机器人、绘画机器人及自动翻译机器人等等,从发展趋势来看,应用范围还将进一步扩大。

机器人的分类有着各种各样的分法。如果按开发内容和目的两方面来分,则可分为:

(1) 工业机器人:这是用于自动化生产的机器人。大多制成机械手形式,模仿人手部分动作,按照预先设定的程序、轨迹或其它要求,实现抓取、搬运工件或操纵工具等作业。

(2) 人工智能机器人:这是具有触觉、听觉、视觉等感觉,能够根据其对象物的认识加以判断,而作适应于外界的动作的机器人

(3) 宇宙开发机器人:这类机器人可以在失重与真空、酷寒等宇宙条件下工作。

(4) 海洋开发机器人:这类机器人具有耐深海高压,耐海水腐蚀,抗海流等特点。

(5) 玩具机器人。

(6) 其它机器人。

机器人还可根据是否能够移动,分为移动式机器人与位置固定式机器人两大类。

按照驱动方式,则可以分为液压驱动式、气压驱动式、电气驱动式和机械驱动式四种。

对于工业机器人来说,按照其适用范围,可将其分为:

(1) 专用机械手: 一般指附属于某一设备的,程序固定的,动作简单的机械手。

(2) 通用机械手: 一般指动作程序可变的、具有独立控制能力的机械手。

按照手臂的多少,可分为单臂式与多臂式两类;按照臂部的运动形式可分为直角坐标式、圆柱坐标式、球坐标式、关节式和复合式等。

若按输入信息和示教方式,则可分为:

(1) 主从操作器: 由人操纵的机械手。

(2) 固定程序机器人: 按照预先给定的顺序、条件和位置,依次完成各种动作的操作机器人。通常难以改变输入该机的预定信息。

(3) 可编程序机器人: 这种机器人可较容易地改变给定的信息。

(4) 示教再现式机器人: 先由人操纵示教,使之记忆操作顺序、位置和其它信息,然后根据需要读出信息去操纵机器人的动作。

(5) 智能机器人: 能通过自身具备的感觉及识别功能,自动确定动作的机器人。

除此而外,还可根据运动轨迹控制方式,自由度多少,可搬运的重量,使用目的,使用范围及其它特征进行分类,在此就不一一赘述了。

第二章 机器人的手和臂

人的上肢大体上可以分为大臂、小臂、手部三大部分。大臂通过肩关节与躯干相连接,大臂与小臂之间由肘关节相连,小臂与手之间通过腕关节相连接。手部由手掌与五个手指构成。如果从工程学的角度出发,将臂部从肩关节起到手腕关节的活动机能用自由度加以描述,则每个可看作刚体的部分,在空间都具有沿 x 、 y 、 z 轴的三个移动自由度,以及绕 x 、 y 、 z 轴的三个转动自由度。经关节连结后,就可将其表示为一个如图 2.1 所示具有 7 个自由度的机构。手部比臂部更为复杂,是一个具有 20 个自由度的精巧机构。作为机器人的手臂,如果能设计得像人的上肢那样,具有 27 个自由度,无疑会具有很高的机能。但就目前的技术水平来说,还有许多问题需要解决,所以至今仍停留在用最低限度必须的自由度,构成各种机构的阶段。

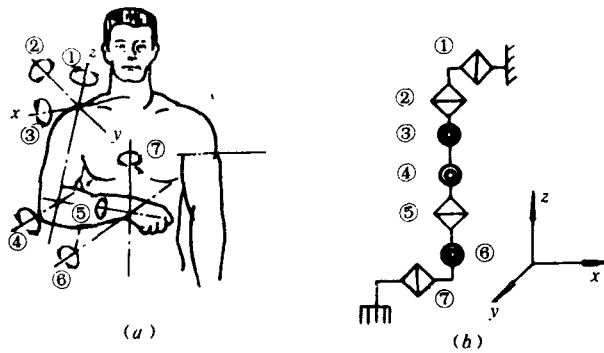


图 2.1 臂部的自由度

一、手的把持机能

机器人的作用主要是代替人进行作业,因此手的研究在整个机器人技术中,占据着极其重要的地位。在某种程度上甚至可以说,机器人的视觉,移动部及手臂等,都是进行实际作业的机械手的辅助部分。在作业中机械手直接抓取和握持物体,以达到约束被持物体的自由度,而对其进行控制的目的。

人的手指通过关节的曲伸,可以进行种种的复杂动作。从机构学的角度来看,由食指到小指这四个手指,虽然也有稍许相互隔开,以扩大手指作用范围的功能,但主要的移动方向还是指的曲伸方向。而大姆指则与其不同,它除了有与其它四个手指相同的曲伸外,还具有内外转动的机能,以及与其它四个指的对向机能。这种对向动作,大大提高了手的把握机能。若将日常生活中常见的手的拿持物体的动作大致加以区分,就可以分成如图 2.2 所示的握持形、捏持形、夹持形三大类。其中的 4、6、7 属典型的握持形,1 和 3 属典

型的夹持形, 9 为捏持形。5 既可看作是夹持形, 又可看作是握持形。同样, 2 介于夹持形与捏持形之间。而 8 是处于握持形与捏持形之间的一种形式。当然, 也可以把捏持形和夹持形看作是一类, 即同属于夹持形。

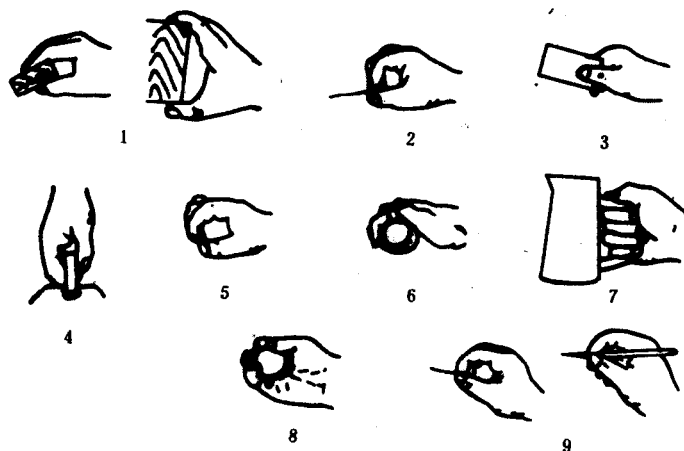


图 2.2 人手的拿持动作

在考虑机械手的把握机能时, 除必须考虑机械手自身的机构和结构外, 还必须对对象物及环境等进行分析。

作为机械手自身, 存在指的大小, 形状, 根数, 手指接触表面的状态, 指的配置情况等问题。同时, 还存在一个为充分发挥其作用, 全体所具有的自由度数问题。

此外, 作为对象物则存在着大小, 形状, 姿势等几何条件; 重量, 软硬, 受否外力等物理条件, 以及所放置的环境条件等。同时, 拿持对象物还有一个约束其几个自由度的问题。关于对象物的条件列于表 2-1。

要想利用机械手完全约束被拿持物体的六个自由度, 这不仅难以作到, 而且也并非必须。因此, 往往存在着所谓条件约束问题。例如, 用有两个带 V 形槽手指的机械手夹持圆棒, 从夹着后圆棒就不会掉下来这一作业目的来看, 约束已经够了。但是如果从约束移动自由度的观点出发, 两个手指仅仅约束了沿半径方向的两个移动自由度和绕着半径方向的两个转动自由度。在长轴方向则靠手指和圆棒之间的摩擦力阻止沿长轴移动。因而, 若在长轴方向上作用一个足够大的加速度, 则圆棒将滑脱而掉落下来。同样圆棒沿圆周方向的转动也靠摩擦力阻止, 这就是所谓条件约束。

对于有条件约束的机械手, 在确定手指所需握力时, 还应考虑由于惯性与振动的影响而产生的附加力。

把持机能良好的机械手, 除手指具有适当的开闭范围, 足够的握力与相应的精度外, 其手指的形状应顺应被抓取对象物的形状。例如对象物若为圆柱形, 则往往采用 V 形手指, 以便自动定心。对象物为方形, 则大多采用平面形手指。圆球状对象物大多用三个圆弧形手指。此外, 抓取部位应尽量避免高质量表面, 否则在手指上应加软质垫片, 以防因夹持而造成损伤。