

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

机电一体化系列教材

工业机器人

GONGYE JIQIREN

机械电子工程专业专科与相近专业本科适用

吴振彪 主编

熊友伦 主审

华中理工大学出版社

机电一体化系列教材

工业机器人

(机械电子工程专业专科与相近专业本科适用)

主编 吴振彪

主审 熊有伦

华中理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人/吴振彪主编

武汉:华中理工大学出版社, 1997年3月

ISBN 7-5609-1402-0

I. 工…

Ⅱ. ①吴…

Ⅲ. 机器人技术

Ⅳ. TP24

机电一体化系列教材

工业机器人

主 编 吴振彪

主 审 熊有伦

责任编辑 弘 菱

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社照排室排版

黄石市红日彩印厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10 字数:230 000

1997年3月第1版 1999年5月第2次印刷

印数:5 001-8 000

ISBN 7-5609-1402-0/TP·189

定价:11.60元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行科调换)

内 容 简 介

本书系统地介绍了工业机器人的基本原理、机械系统设计、控制技术及规划与编程方法。本书是一本理论与实用技术兼顾,机电并重的工业机器人入门教材,取材新,并附有习题。

本书可用作机电一体化、机械、自动化等专业的专科教材和相近专业的本科教材以及成人高等教育的相应专业教学用书,也可作有关工程技术人员的参考书。

序

机电一体化是一项将机械、电子、计算机、信息处理及自动控制等多种技术融为一体并综合运用的复合技术,近年来国内外在科技和生产领域都非常重视这一技术,竞相积极研究、应用和发展。我国用以设计开发了一些机电一体化产品和制造系统,使机械工业的振兴目标“三上一提高”(上品种、上质量、上水平、提高经济效益)实现了新的飞跃。

当今世界上国与国之间的竞争,说到底是在经济实力的竞争,而经济实力的竞争主要又是科学技术的竞争。

《党中央、国务院关于加速科学技术进步的决定》明确提出:“科教兴国,是指全面落实科学技术是第一生产力的思想,坚持教育为本,把科技和教育摆在经济、社会发展的重要位置,增强国家的科技实力及向现实生产力转化的能力,提高全民族的科技文化素质,把经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来,加速实现国家的繁荣昌盛。”“科技人才是第一生产力的开拓者,是社会主义现代化建设的骨干力量。为适应社会主义现代化建设的需要,提高经济、科技在国际上的竞争力,必须充分发挥现有科技人员的作用,培养造就千百万年轻一代科技人才,建设一支跨世纪的宏大科技队伍。”

近年来,我国有关高等院校为主动适应教育要面向现代化、面向世界、面向未来的需要,积极致力于培养机械技术与电子技术有机结合的机电一体化人才,改造原有相关专业,修订教学计划,国家教委决定增设“机电控制及自动化”专业。

随着教学改革的深入发展,必须更新教学内容和教学方法,编写出版作为师生进行教学活动重要依据的、符合专业培养目标和教学计划要求的教材。华中理工大学机械学院已率先陆续编写出版了本科专业用的机电一体化系列教材。为适应专科层次的教学需要,在华中理工大学出版社的积极倡导支持下,湖北工学院机械工程系邀请华中理工大学、武汉交通科技大学、武汉水利电力大学、武汉纺织工学院、武汉汽车工业大学、长沙铁道学院、广东工业大学、郑州工学院等11所院校的代表,于1995年1月共同商讨编写出版专科专业用机电一体化系列教材,成立了编审委员会,全面负责该系列教材编写出版的组织协调工作。经过

这次会议和其后的几次会议的认真讨论和协商,决定结合各院校的教学需要,第一批编写机械制造基础、机电工程控制基础、机电传动与控制、工程测试基础、数控技术、单片机原理与接口技术、工业机器人以及CAD/CAM 基础等八门课程的教材,由各院校代表推荐并确定了学术水平较高、教学经验丰富的教师分工编写,由华中理工大学出版社出版。

该系列教材的编写是依据各院校代表提出并经讨论综合修订的教学大纲,遵循保证基础、联系实际、反映现代、便于教学的原则。为保证书稿质量,决定实行各书主编负责制;聘请中科院院士华中理工大学校长杨叔子教授和湖北工学院院长宋尔涛教授为编委会顾问;聘请华中理工大学熊有伦(中科院院士)、廖效果、黄奇葵、卢文祥、邓星钟教授,武汉交通科技大学刘守善、陈定方教授,湖北工学院院长宋尔涛教授分别担任各书的主审。

该系列教材适用于普通高等学校机电一体化有关专科专业和非机械类本科各专业,也可供函授大学、夜大学、广播电视大学、职工大学以及成人高等教育自学考试等有关专业使用,对广大工程技术人员和企业管理干部及职工自学机电一体化知识与技术也是一套较为适用的参考读物。

经过全体编审和出版人员的共同努力,这套系列教材的第一批八本书陆续出版了。在编审和出版过程中,得到了湖北工学院教务处处长何金国副教授、机械系原系主任张建钢副教授及办公室负责同志,华中理工大学出版社领导及有关编辑的指导和支持;各参编院校的有关负责同志和工作人员,特别是参加编写的教师,做了大量的工作,付出了辛勤的劳动,给予了积极有效的支持和帮助。在此,谨向他们致以衷心诚挚的感谢。

由于编写的时间紧,编者的水平和经验有限,这次出版的八本书难免存在一些缺点和不足之处,恳请同行专家、学者和广大读者不吝指教,提出宝贵的批评和修改意见,为进一步提高该系列教材的质量而共同努力。

机电一体化专科系列教材编委会主任 席宏卓

1996年9月

前 言

机电一体化是以电子技术特别是微电子技术为主导的多种新兴技术与机械技术交叉、融合而成的一种综合性的高技术。机器人就是通过这种技术产生出来的机电一体化产品,它在工业、农业、国防、医疗卫生、办公自动化以及生活服务等许多领域获得越来越多的应用。工业机器人在提高产品质量、加快品种更新、促进生产方式柔性化、增强企业竞争能力中具有重要的地位。因此,“工业机器人”技术不但在学校已经列为许多专业的必修课程,而且也已成为广大工程技术人员迫切需要的知识。本书的作者希望为他们提供一本入门的书。

本书共有六章,分为三大部分。第一、二、三章介绍了工业机器人的基本原理,包括有工业机器人的应用特点、运动学和动力学、静力计算等基础知识;第四章比较全面地介绍了工业机器人机械系统设计,突出了总体设计的概念和方法;第五章和第六章从实用角度介绍了工业机器人的控制及规划与编程方法。

本书的特点是理论深度恰当,理论和应用技术结合紧密,内容新,易读易懂。有关*号的内容可作为拓宽学生知识面的教学内容。

本书由吴振彪任主编,王为、陈益民任副主编。第一章及第二、三、四章的部分内容由吴振彪执笔,第二、三章由王为执笔,第四章由吴斌芳执笔,第五、六章由陈益民执笔,全书由吴振彪修改统稿。华中理工大学教授、中国科学院院士熊有伦审定了全稿,并在本书的策划、审阅、定稿的全过程中给予了很大的支持和帮助,作了许多具体的指导。华中理工大学机械科学与工程学院唐立新、秦志强等同志对本书也提出了许多宝贵的建议。在此,表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中还会有不少缺点和错误,欢迎读者批评指正。

作者

1996年10月

目 录

第一章 概论	(1)
§ 1-1 工业机器人定义及其工作环境	(1)
§ 1-2 工业机器人基本组成及技术参数	(2)
§ 1-3 工业机器人的分类及应用	(6)
习题	(11)
第二章 工业机器人运动学	(13)
§ 2-1 齐次坐标及对象物的描述	(13)
§ 2-2 齐次变换及运算	(17)
§ 2-3 工业机器人连杆参数及其齐次变换矩阵	(24)
§ 2-4 工业机器人运动学方程	(26)
习题	(36)
第三章 工业机器人静力计算及动力学分析	(39)
§ 3-1 工业机器人速度雅可比与速度分析	(39)
§ 3-2 工业机器人力雅可比与静力计算	(42)
§ 3-3 工业机器人动力学分析	(45)
习题	(50)
第四章 工业机器人机械系统设计	(52)
§ 4-1 工业机器人总体设计	(52)
§ 4-2 传动部件设计	(60)
§ 4-3 臂部设计	(71)
§ 4-4 手腕设计	(74)
§ 4-5 手部设计	(79)
§ 4-6 机身及行走机构设计	(85)
习题	(91)
第五章 工业机器人控制	(93)
§ 5-1 工业机器人控制的特点及分类	(93)
§ 5-2 工业机器人位置控制	(95)
§ 5-3 工业机器人力控制	(107)
* § 5-4 工业机器人位置/力控制	(112)
* § 5-5 外部传感器和自主控制	(115)
习题	(120)

第六章 工业机器人的运动规划及编程	(122)
§ 6-1 工业机器人的轨迹规划	(122)
* § 6-2 工业机器人编程	(133)
习题	(146)
参考文献	(147)

第一章 概 论

工业机器人的发展离不开工业自动化的需要和发展。工业机器人作业与周围环境有很强的交互作用,这与数控机床之类的设备相比较有明显的不同。本章将通过对工业机器人的定义、组成及应用的介绍,使读者对工业机器人的特点有一个比较清楚的了解。

§ 1-1 工业机器人定义及其工作环境

一、工业机器人定义及特点

机器人(Robot)是1920年由捷克作家卡雷尔·查培克在剧本中塑造的一个具有人的外表、特征和功能,愿意为人服务的机器奴仆“Robota”一词衍生出来的。我们可以这样说:机器人是一个在三维空间中具有较多自由度的,并能实现诸多拟人动作和功能的机器;而工业机器人(Industrial Robot)则是在工业生产上应用的机器人。图1-1表示一个搬运工业机器人正在进行搬运作业,它从许多零件中取出零件A,把它搬到B处。美国机器人工业协会

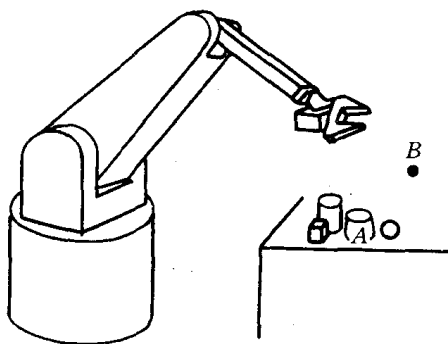


图 1-1 工业机器人抓零件 A 至 B 处

会(U. S. RIA)提出的工业机器人定义为:“工业机器人是用来进行搬运材料、零件、工具等可再编程的多功能机械手,或通过不同程序的调用来完成各种工作任务的特种装置。”英国机器人协会、日本机器人协会等也采用了相类似的定义。

一台数控机床有若干独立的坐标轴运动,也可再编程,能完成不同程序的加工作业。因此,工业机器人和数控机床在运动控制和可编程上是很相似的。尽管复杂一些的数控机床也能把装载有工件的托盘移动到床身上从而实现工件搬运和定位,但是工业机器人通常在抓握、操纵、定位对象物时比传统的数控机床更灵巧,在诸多工业生产领域里具有更广泛的用途。

工业机器人最显著的特点有以下几个:

(1) 可编程。生产自动化的进一步发展是柔性自动化。工业机器人可随其工作环境变化的需要而再编程,因此它在小批量多品种具有均衡高效率的柔性制造过程中能发挥很好的功用,是柔性制造系统(FMS)中的一个重要组成部分。

(2) 拟人化。工业机器人在机械结构上有类似人的行走、腰转、大臂、小臂、手腕、手爪等部分,在控制上有电脑。此外,智能化工业机器人还有许多类似人类的“生物传感器”,如皮肤型接触传感器、力传感器、负载传感器、视觉传感器、听觉传感器、语言功能等。传感器提高了工业机器人对周围环境的自适应能力。

(3) 通用性。除了专门设计的专用的工业机器人外,一般工业机器人在执行不同的作业任务时具有较好的通用性。比如,更换工业机器人手部末端操作器(手爪、工具等)便可执行不同的作业任务。

(4) 机电一体化。工业机器人技术涉及的学科相当广泛,但是归纳起来是机械学和微电子学的结合——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,特别是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它技术的发展,机器人技术的发展和水平也可以从一个方面验证一个国家科学技术和工业技术的发展和水平。

二、 工业机器人与环境交互

一个工业机器人所具备的功能在本质上是由其机械部分、传感部分、控制部分内部集成(Internal Integration)所决定的。但是,工业机器人的作业能力还决定于与外部环境的联系和配合,即机器人与环境的交互能力。例如,上下料机器人在与冲压设备的交互中感知模具开启状态、工件馈送器状态等信息,与外部设备的节拍协调一致,实现正确无误的动作。所以,机器人与环境的交互是一个重要问题。

机器人与外部环境的交互包括硬件环境和软件环境:

(1) 与硬件环境的交互主要是与外部设备的通信、工作域中障碍和自由空间的描述、操作对象物的描述。

(2) 与软件环境的交互主要是与生产单元监控计算机所提供的管理信息系统的通信。

机器人在与外部环境协调、配合中构成外部集成(External Integration)。

工业机器人不仅要与已知的定义了的外部环境进行交互,而且有可能面临变化的未知的外部环境。在这种情况下工业机器人仅仅实现可编程控制是不够的。工业机器人被引导去完成任务时,在任何瞬时都要对实际参数信息与所要求的参数信息进行比较,对外部环境所发生的变化产生新的适应性指令,实现其正确的动作功能,这就是工业机器人的在线自适应能力。比如,手部配置有力传感器的装配机器人,在进行圆销插入作业时,需要比较销与孔的位置信息,并且力传感器还要获得装配过程中零件的接触特征,从而进行微量移动控制,并利用手部的柔顺性实现圆销插入作业。机器人与环境更高一层的交互是从外部环境中感知、学习、判断和推理,实现环境预测,并根据客观环境规划自己的行动,这就是自律型机器人、智能化机器人。

机器人与环境交互是机器人技术之关键。机器人在没有人工干预的情况下对外部环境的自我适应,行动的自我规划,将是今后机器人技术及其应用的研究方向。

§ 1-2 工业机器人基本组成及技术参数

一、 工业机器人的基本组成

如图 1-2 所示,工业机器人系统由三大部分六个子系统组成。三大部分是:机械部分、传感部分、控制部分。六个子系统是:驱动系统、机械结构系统、感受系统、机器人-环境交互系统、人机交互系统、控制系统。下面将分述六个子系统:

1. 驱动系统

要使机器人运行起来需给各个关节即每个运动自由度安置传动装置,这就是驱动系统。驱动系统可以是液压传动、气动传动、电动传动,或者把它们结合起来应用的综合系统;可以直接驱动或者

通过同步带、链条、轮系、谐波齿轮等机械传动机构进行间接驱动。

2. 机械结构系统

工业机器人的机械结构系统由机身、手臂、末端操作器三大件组成,如图 1-3 所示。每一大件都有若干自由度,构成一个多自由度的机械系统。若机身具备行走机构便构成行走机器人;若机身不具备行走及腰转机构,则构成单机器人臂(Single Robot Arm)。手臂一般由上臂、下臂和手腕组成。末端操作器是直接装在手腕上的一个重要部件,它可以是二手指或多手指的手爪,也可以是喷漆枪、焊具等作业工具。

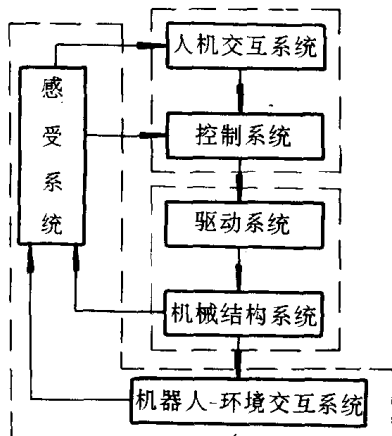


图 1-2 工业机器人的基本组成

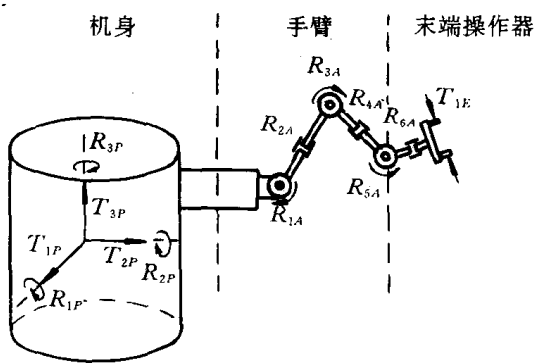


图 1-3 工业机器人机械结构的三大件

3. 感受系统

它由内部传感器模块和外部传感器模块组成,获取内部和外部环境状态中有意义的信息。智能传感器的使用提高了机器人的机动性、适应性和智能化的水准。人类的感受系统对感知外部世界信息是极其灵巧的。然而,对于一些特殊的信息,传感器比人类的感受系统更有效。

4. 机器人-环境交互系统

工业机器人环境交互系统是实现机器人与外部环境中的设备相互联系和协调的系统。机器人与外部设备集成为一个功能单元,如加工制造单元、焊接单元、装配单元等。当然,也可以是多台机器人,多台机床或设备,多个零件存储装置等集成一个去执行复杂任务的功能单元。

5. 人机交互系统

人机交互系统是使操作人员参与机器人控制与机器人进行联系的装置。例如,计算机的标准终端,指令控制台,信息显示板,危险信号报警器等。归纳起来为两大类:指令给定装置和信息显示装置。

6. 控制系统

控制系统的任务是根据机器人的作业指令程序以及从传感器反馈回来的信号支配机器人的执行机构去完成规定的运动和功能。假如工业机器人不具备信息反馈特征,则为开环控制系统;具备信息反馈特征,则为闭环控制系统。根据控制原理可分为程序控制系统,适应性控制系统和人工智能控制系统。根据控制运动的形式可分为点位控制和轨迹控制。

二、工业机器人技术参数

技术参数是各工业机器人制造商在产品供货时所提供的技术数据,表 1-1 提供的几种工业机器人的主要技术参数是从国内外工业机器人产品样本中摘录出来的,仅供参考。

表 1-1 几种工业机器人主要技术参数实例

12000 热模锻压机机器人	
手臂最大行程	2000mm
机器人旋转最大角度	90°
机器人手臂最大俯仰角度	70°
夹钳头旋转角度	90°
抓取工件重量	65~1000kg
重复定位精度	±1mm
钳头水平移动最大速度	2m/s
驱动电机功率	11kW
制造厂商	北京机电研究所
POINT5088 高速在线检测机器人	
被测基板外形尺寸	max:510mm×400mm min:50mm×50mm
被测基板传递方式	往返式
X-Y 驱动系统参数	绝对精度: A 型±0.4mm B 型±0.2mm 重复精度: 0.05mm
X-Y 移动速度	32~640mm/s
电子元件的测试功能	电阻、电容测试 电感测试 二极管测试 电压测试 通断 测试步数:max5000
制造厂商	日本 TESCON 公司

A4020 装配机器人		
结构 自由度 驱动系统		平面关节型 4 DC 伺服电机
作业 空间	臂 1 臂 2 手腕上下 手腕转动	+170°, -30° +2.5°, +155° 200mm ±180°
最大工作速度		1500mm/s
最大 各轴速度	臂 1 臂 2 手腕上下 手腕转动	180°/s 180°/s 250mm/s 180°/s
最大承载能力 重复定位精度 机器人重量 制造厂商		2kg ±0.05mm 75kg 日本日立公司
PUMA562 机器人		
自由度 驱动 控制器 手爪控制 重复定位精度 承载能力 手腕中心最大距离 直线最大速度 功率要求 重量 制造厂商		6 DC 伺服电机 系统机 气动 ±0.1mm 4.0kg 866mm 0.5m/s 1150W 182kg 美国 Unimation

尽管各厂商所提供的技术参数项目是不完全一样的,工业机器人的结构、用途等有所不同,且用户的要求也不同,但是,工业机器人的主要技术参数一般都应有:自由度、重复定位精度、工作范围、最大工作速度、承载能力等。

1. 自由度

自由度是指机器人所具有的独立坐标轴运动的数目,不应包括手爪(末端操作器)的开合自由度。在三维空间中描述一个物体的位置和姿态(简称位姿)需要六个自由度。但是,工业机器人的自由度是根据其用途而设计的,可能小于六个自由度,也可能大于六个自由度。例如,A4020-装配机器人具有四个自由度,可以在印刷电路板上接插电子器件;PUMA 562 机器人具有六个自由度,如图 1-4 所示,可以进行复杂空间曲面的弧焊作业。从运动学的观点看,在完成某一特定作业时具有多余自由度的机器人,就叫作冗余自由度机器人,亦可简称冗余度机器人。例如 PUMA 562 机器人去执行印刷电路板上接插电子器件的作业时就成为冗余度机器人。利用冗余的自由度可以增加机器人的灵活性,躲避障碍物和改善动力性能。人的手臂(大臂,小臂,手腕)共有七个自由度,所以工作起来很灵巧,手部可回避障碍物从不同方向到达同一个目的点。

2. 重复定位精度

工业机器人精度是指定位精度和重复定位精度。定位精度是指机器人手部实际到达位置

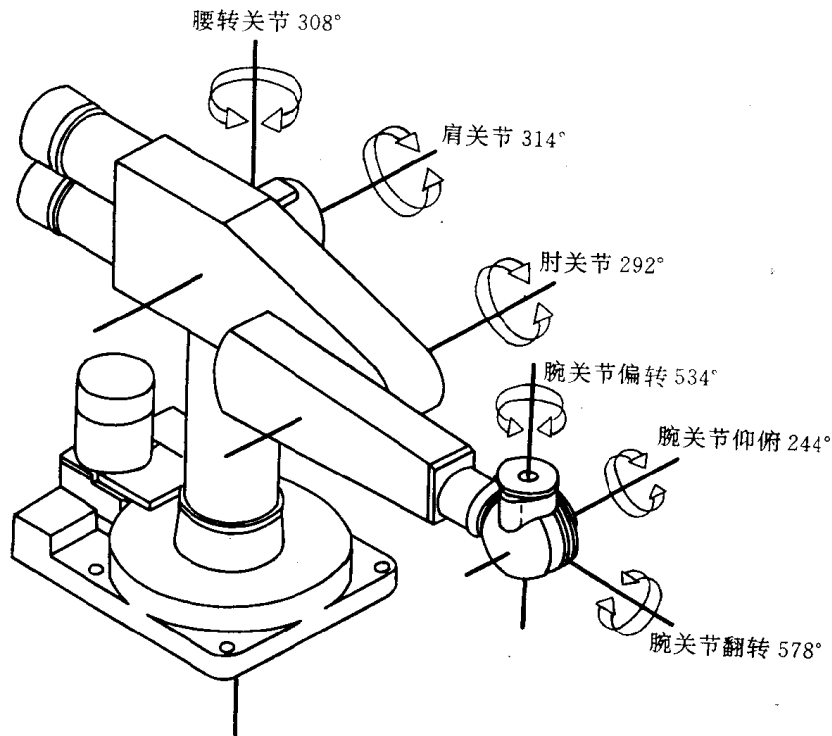


图 1-4 PUMA 562 工业机器人

与目标位置之间的差异。重复定位精度是指机器人重复定位其手部于同一目标位置的能力,可以用标准偏差这个统计量来表示,它是衡量一系列误差值的密集度,即重复度,如图 1-5 所示。

3. 工作范围

工作范围是指机器人手臂末端或手腕中心所能到达的所有点的集合,也叫做工作区域。因为末端操作器的形状和尺寸是多种多样的,为了真实反映机器人的特征参数,所以是指不安装末端操作器时的工作区域。工作范围的形状和大小是十分重要的,机器人在执行某作业时可能会因为存在手部不能到达的作业死区(dead zone)而不能完成任务。图 1-6 和图 1-7 所示为 PUMA 机器人和 A4020 机器人的工作范围。

4. 最大工作速度

最大工作速度,有的厂家指工业机器人主要自由度上最大的稳定速度,有的厂家指手臂末端最大的合成速度,通常都在技术参数中加以说明。很明显,工作速度愈高,工作效率愈高。但是,工作速度愈高就要花费更多的时间去升速或降速,或者对工业机器人的最大加速度率或最大减速度率的要求更高。

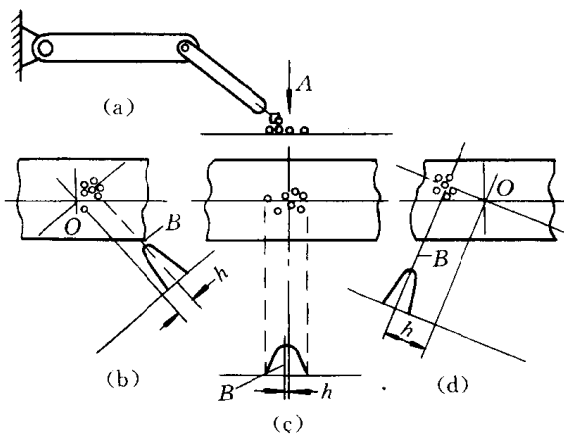


图 1-5 工业机器人精度和重复精度的典型情况

- (a) 重复定位精度的测定;
- (b) 合理定位精度,良好重复定位精度;
- (c) 良好定位精度,很差重复定位精度;
- (d) 很差定位精度,良好重复定位精度

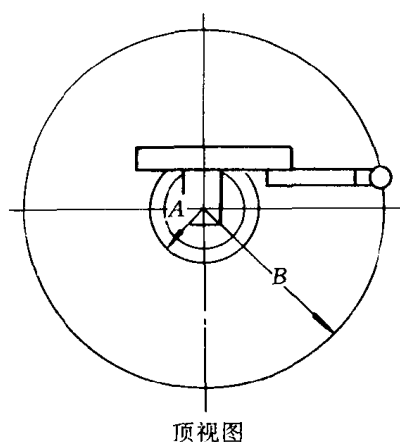
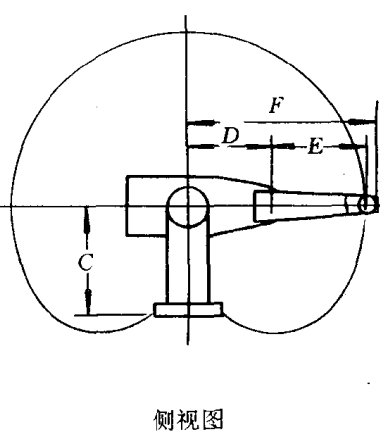


图 1-6 PUMA 机器人工作范围



侧视图

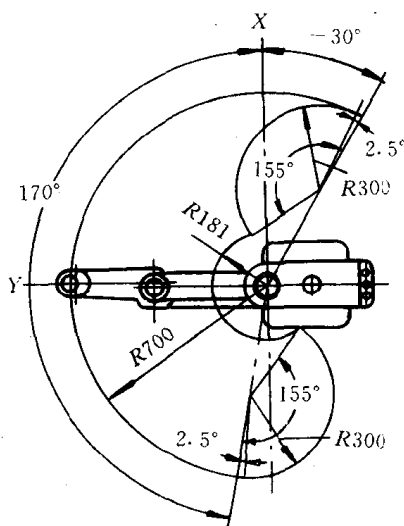


图 1-7 A4020 型 SCARA 机器人工作范围

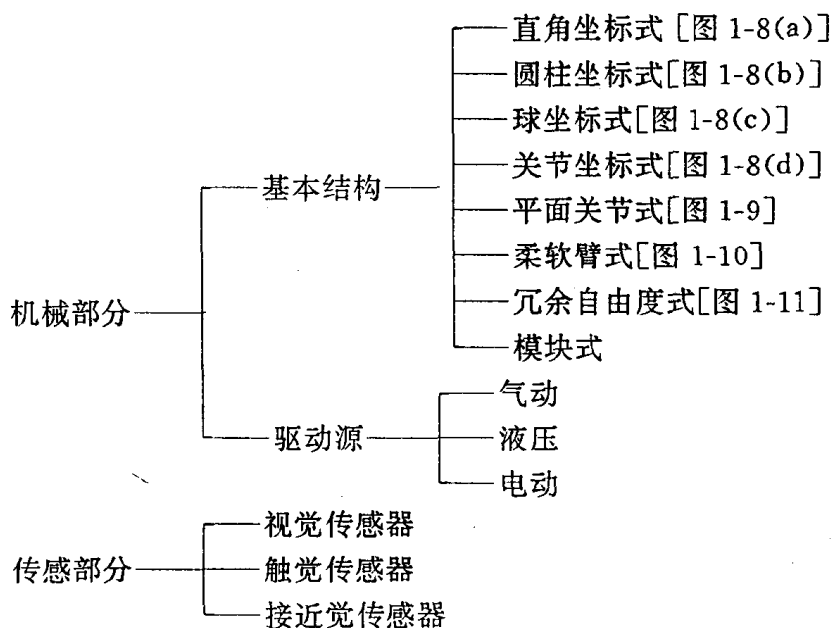
5. 承载能力

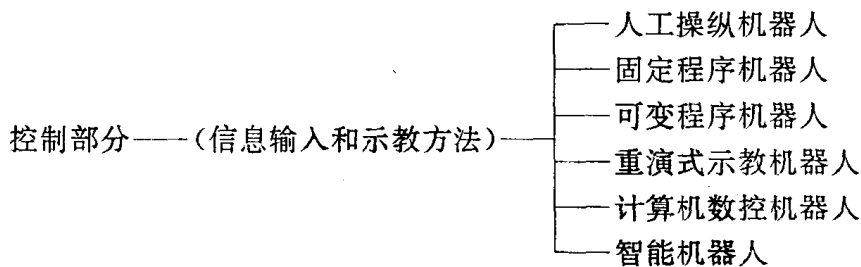
承载能力是指机器人在工作范围内的任何位姿上所能承受的最大质量。承载能力不仅决定于负载的质量,而且还与机器人运行的速度和加速度的大小和方向有关。为了安全起见,承载能力这一技术指标是指高速运行时的承载能力。通常,承载能力不仅指负载,而且还包括了机器人末端操作器的质量。

§ 1-3 工业机器人的分类及应用

一、工业机器人的分类

比较好的分类原则是根据构成工业机器人的三大部分来分,如:





根据机器人三部分的具体选择可给出某个工业机器人的全称,如:计算机控制具有视觉功能全电动关节型机器人。但是,一般很少使用全称,通常就以机械部分的基本结构来命名,上例应简称为关节型机器人;也可直接使用厂家给出的机器人名称,如 PUMA500 型机器人。

(一) 按工业机器人的结构分类

1. 五种基本坐标式机器人

机器人的机械结构部分可看作是由一些连杆通过关节组装起来的。通常有两种关节,即转动关节和移动关节。连杆和关节按不同坐标形式组装,机器人可分为五种:直角坐标形式,圆柱坐标形式,球坐标形式,关节坐标形式及平面关节坐标形式。其坐标轴是指机械臂的三个自由度轴,并未包括手腕上的自由度。图 1-8 所示为其中四种坐标形式的机器人。

(1) 直角坐标式机器人具有三个移动关节,能使手臂末端沿直角坐标系的 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴作直线移动。

(2) 圆柱坐标式机器人具有一个转动关节和两个移动关节,构成圆柱形状的工作范围。

(3) 球坐标式机器人具有两个转动关节和一个移动关节,构成球

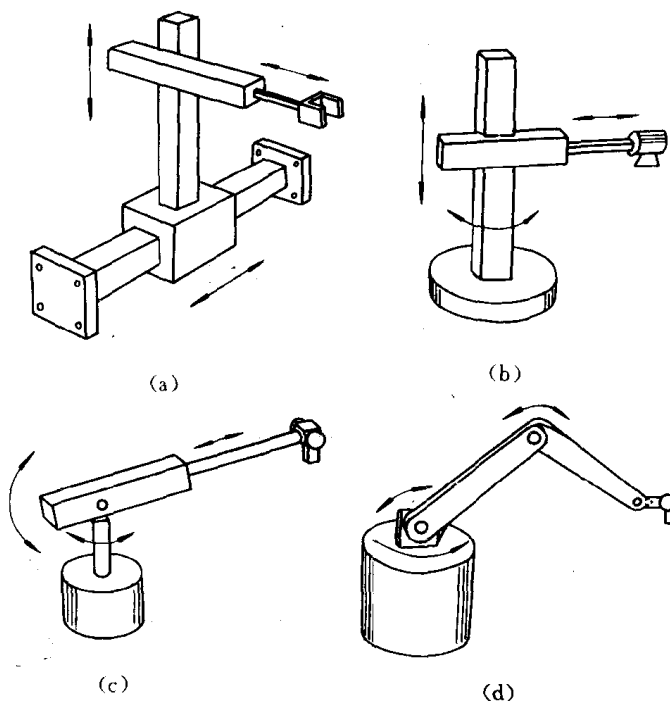


图 1-8 四种坐标形式的工业机器人

(a) 直角坐标式机器人; (b) 圆柱坐标式机器人;
(c) 球坐标式机器人; (d) 关节坐标式机器人

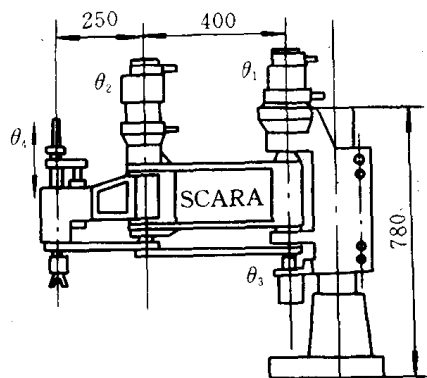


图 1-9 平面关节式机器人

缺形状的工作范围。

(4) 关节坐标式机器人具有三个转动关节,其中两个关节轴线是平行的,构成较为复杂形状的工作范围。

(5) 平面关节式机器人可以看作是关节坐标式机器人的特例,它只有平行的肩关节和肘关节,关节轴线共面,如图 1-9 所示。它是一种装配机器人,也叫作 SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) 机器人,在垂直平面内具有很好的刚度,在水平面内具有较好的柔顺性,故在装配作业中能获得良好的应用,常常将它专门列出一类。

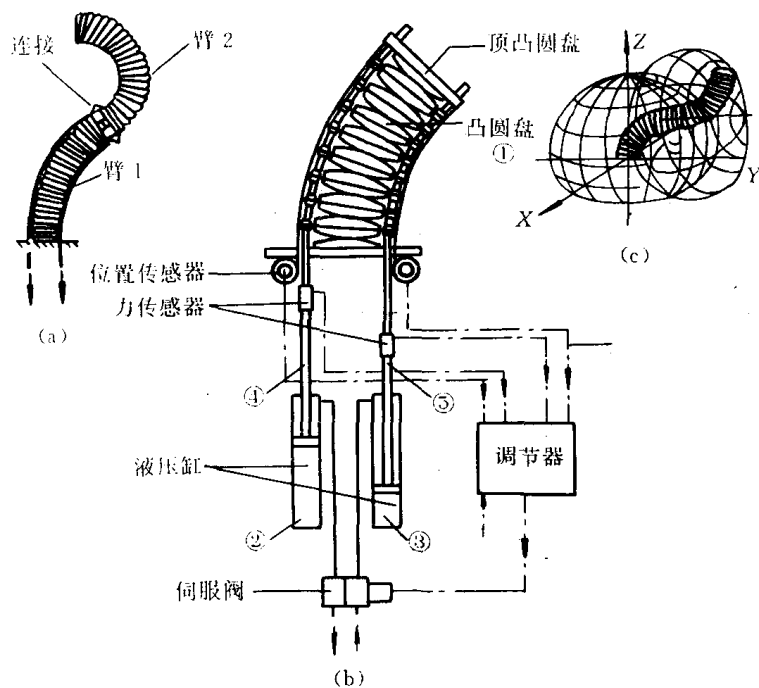


图 1-10 柔软臂式机器人

(a)臂的连接; (b)柔软臂控制; (c)工作姿态

直角坐标式机器人安放在一个可转动的平台上,增加了一个转动自由度,成为冗余自由度机器人,这台机器人很适合于机床上下料等应用场合。

3. 模块化结构机器人

工业机器人模块化的主要含义是机器人由一些可供选择的标准化模块拼装而成的,标准化模块是具有标准化接口的机械结构模块、驱动模块、控制模块、传感器模块,并已经系列化。

模块化机器人的优点主要有:

(1) 制造及应用上的灵活性和经济性。制造厂商能使用较大批量的先进制造技术生产易装配的不同规格的整件模块,以最经济的价格供应给用户;用户能根据生产作业的需要容易地选择或改变机器人的组成,可增减机器人自由度。

(2) 用具有更好性能模块来替代旧模块,使服役机器人容易地、经济地更新换代。

(二) 按机器人研究、开发和实用化的进程分类

1. 第一代机器人

第一代机器人具有示教再现功能,或具有可编程的 NC 装置,但对外部信息不具备反馈能力。

2. 第二代机器人

第二代机器人不仅具有内部传感器而且具有外部传感器,能获取外部环境信息。虽然没有应用人工智能技术,但是能进行机器人—环境交互,具有在线自适应能力。例如,机器人从运动着的传送带上送来的零件中抓取零件并送到加工设备。因为送来的每一个零件具体位置和

2. 两种冗余自由度结构机器人

(1) 整体控制的柔软臂机器人,它也叫象鼻子机器人,如图 1-10 所示。柔软臂是用若干驱动源整体控制的,控制凸面圆盘的相对滚动,手臂可产生向任何方向柔软的弯曲。由于凸面圆盘相对滚动的自由度很大,所以把这种柔软臂机器人归在冗余自由度结构机器人中。哈尔滨工业大学机器人研究室设计了一种具有柔软手腕的喷漆机器人,用于向任意空间曲面喷漆作业。

(2) 每一关节独立控制的冗余自由度机器人,如图 1-11 所示,

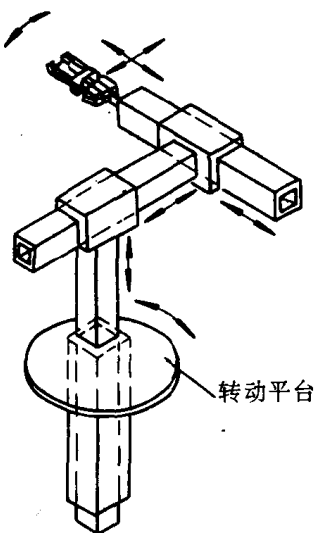


图 1-11 冗余自由度机器人