

工业机器人及 零部件结构设计

李慧 马正先 逢波 著



J I L I N G B U J I A N J I E G O U S H E J I

J I L I N G B U J I A N J I E G O U S H E J I

工业机器人及 零部件结构设计

李慧 马正先 逢波 著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从工业机器人设计及应用的角度出发,通过设计案例较为全面系统地剖析了工业机器人设计与结构之间的关系。对冷冲压用机器人、热冲压用机器人、数控机床用机器人、装配用机器人及模块化工业机器人等多类工业机器人操作机进行研究与设计,特别是对容易被忽视的部件连接与结构问题进行了阐述与比较,提出了机器人设计过程中存在的主要问题和相应的原则性解决方案。

本书本着“理论-设计-应用”的写作思路,共计6章。分别是:第1章导论;第2章工业机器人整体设计;第3章工业机器人的结构与驱动;第4章工业机器人控制装置;第5章典型工业机器人结构设计;第6章工业机器人零部件结构设计。

本书以设计案例为中心,以冷冲压用机器人、热冲压用机器人、数控机床用机器人、装配用机器人及模块化工业机器人等为主要研究对象,对其转动机构、升降机构、手臂机构、手腕机构、夹持机构及其他机构的特征、运动及结构进行深入探讨。采用工程图形、列表与文字融合的表达方式对机器人进行简明扼要的表达与阐述,力求使读者在深入理解案例内部结构的同时全面了解机器人的共性与特殊性,为机器人设计或选用提供帮助。

本书可作为工业机器人设计人员以及机械自动化专业本科生、研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人及零部件结构设计/李慧,马正先,逢波著. —北京:化学工业出版社,2016.11
ISBN 978-7-122-28230-9

I. ①工… II. ①李… ②马… ③逢… III. ①工业机器人-零部件-结构设计 IV. ①TP242.203

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第240188号

责任编辑:张兴辉
责任校对:宋玮

文字编辑:陈喆
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张9½ 字数201千字 2017年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:49.80元

版权所有 违者必究



FOREWORD

前言

这是一本密切联系工程实际，结合大量机器人设计案例，系统地论述工业机器人及零部件结构设计的著作。

由于工业机器人是柔性生产不可或缺的设备，因此工业机器人及零部件结构设计将是机械制造及自动化的重要组成部分，是一种既要求多学科理论基础，更要求工程知识和实践经验的蕴藏着巨大优化和潜力的工作，但由于各种原因，目前对其系统研究的成果或论著却极少见。长期以来，由于系统地对工业机器人及零部件结构的分析研究较少，该方面知识主要靠设计者自己在工作实践中摸索积累，这给机器人设计与应用均带来较大的困难。结构设计知识的不足，不仅会极大地限制设计者的视野和创造力，还会限制机器人的发展和应用。笔者本着“理论-设计-应用”的理念完成了此著作，重点在于应用，书中用大量案例较全面系统地阐述了工业机器人机械结构设计方面存在的共性问题，并提出了相应的原则性解决方案，具有很强的实用性。如果能为读者在工业机器人机械结构设计方面提供帮助，笔者将会感到极大的满足与欣慰。

全书共分6章，分别是：第1章导论；第2章工业机器人整体设计；第3章工业机器人的结构与驱动；第4章工业机器人控制装置；第5章典型工业机器人结构设计；第6章工业机器人零部件结构设计。本书是笔者在从事产品开发设计和学校教研的基础上，结合研究成果以及国内外的研究资料形成的。书中案例一方面是笔者在工作及研究中对该问题的看法与观点，另一方面是参考或汲取了国内外的资料。为了突出对机器人操作机设计的阐述及其结构特殊性的重点描述，第3章、第5章及第6章的图例去掉了一些复杂的结构、要素及交叉重叠关系，书中在表达时仅给出了简洁示意和概略性的介绍，某些具体的零部件结构未能详细论述。

由于设计案例的软件、版本不同，实例的来源多，个别图例图面太大且复杂等原因，也会使得案例存在某些图的内容、格式表达不妥之处。并且，书中的诸多论点和观点也只是笔者一家之说。由于笔者水平及时间限制等，书中会出现笔者想不到或考虑不周的诸多问题或不足，恳请并欢迎读者及各界人士予以指正，共同商讨。

第4章由逢波 (E-mail: 1980609163@qq.com; QQ: 1980609163) 完成；其余各章由李慧 (E-mail: lihuishuo@163.com; QQ: 1003393381) 完成；全书由马正先教授 (E-mail: zhengxianma@163.com; QQ: 1371347282) 校对和审稿。本书得益于诸多同事与学生的帮助和丰富的媒体与资料，得益于马辰硕 (E-mail: chenshuoma@students.mq.edu.au; QQ: 243905263) 等同学的支持，在此表达衷心的感谢。

本书笔者对书中引用文献的所有著作权人表示衷心感谢！

著者



第 1 章 导论

1.1 工业机器人分类	1
1.2 工业机器人基本特性	1
1.3 工业机器人应用及前景	2
1.4 本书的主要内容与特点	4
1.4.1 主要内容	4
1.4.2 主要特点	6

第 2 章 工业机器人整体设计

2.1 机器人总体设计方案制定与设计流程	7
2.1.1 总体设计方案制定	7
2.1.2 机器人设计流程	11
2.2 工业机器人的基本参数	12
2.2.1 工业机器人的基本技术参数	12
2.2.2 工业机器人的基本特征参数	13
2.3 工业机器人的配置	16
2.3.1 机械结构	16
2.3.2 运动性能/运动协同/运动功能/运动监控	16
2.3.3 通信工具/工程工具/应用工具	17
2.4 机器人操作机结构与配置	18

第 3 章 工业机器人的结构与驱动

3.1 工业机器人的通用部件	20
3.1.1 滚珠导轨及滚柱导轨	20
3.1.2 滚珠丝杠-螺母传动及导轨	21
3.2 工业机器人的典型部件	21
3.2.1 操作机杆件回转用电驱动装置	22
3.2.2 带差动齿轮减速器的手腕传动机构	23
3.2.3 手臂用齿轮减速器机构	24
3.2.4 带机电驱动装置的回转机构	26
3.2.5 带蜗杆蜗轮减速器的手臂回转机构	26

3.2.6	带谐波齿轮减速器的手臂回转机构	29
3.2.7	电驱动的提升机构	30
3.3	工业机器人的装置与驱动	32
3.3.1	工业机器人的电驱动装置	32
3.3.2	工业机器人的液压与气动装置	35

第4章 工业机器人控制装置

4.1	工业机器人控制系统简介	40
4.1.1	典型工业机器人控制系统硬件结构	40
4.1.2	工业机器人伺服控制系统	43
4.1.3	机器人控制系统的功能及实现过程	44
4.1.4	机器人控制系统控制方式	47
4.1.5	工业机器人控制系统的基本要求	50
4.2	工业机器人程序控制装置	52
4.2.1	单片机系统	53
4.2.2	可编程控制器	59
4.2.3	IPC系统	63
4.3	机器人位置与位移传感器	68
4.3.1	内传感器	69
4.3.2	外传感器	75

第5章 典型工业机器人结构设计

5.1	工业机器人方案制定的基本原则和设计流程	79
5.1.1	工业机器人方案制定的基本原则	79
5.1.2	工业机器人设计流程的必要内容	80
5.2	冷冲压用机器人结构设计	81
5.2.1	GY型冷冲压用机器人特征要求	81
5.2.2	GY型冷冲压用机器人方案制定与设计流程	82
5.2.3	GY型冷冲压用机器人运动原理	83
5.2.4	GY型冷冲压用机器人结构设计	85
5.3	热冲压用机器人结构设计	87
5.3.1	GR型热冲压用机器人特征要求	87
5.3.2	GR型热冲压用机器人方案制定与设计流程	87
5.3.3	GR型热冲压用机器人运动原理	89
5.3.4	GR型热冲压用机器人结构设计	90
5.4	数控机床用机器人结构设计	92
5.4.1	GJ型数控机床用机器人特征要求	92
5.4.2	GJ型数控机床用机器人方案制定与设计流程	93

5.4.3	GJ 型数控机床用机器人运动原理	95
5.4.4	GJ 型数控机床用机器人结构设计	97
5.5	装配用机器人结构设计	97
5.5.1	GZ-II 型装配用机器人特征要求	98
5.5.2	GZ-II 型装配用机器人方案制定与设计流程	98
5.5.3	GZ-II 型装配用机器人运动原理	100
5.5.4	GZ-II 型装配用机器人结构设计	101
5.6	模块化工业机器人结构设计	103
5.6.1	GS 型模块化工业机器人特征要求	104
5.6.2	GS 型模块化工业机器人方案制定与设计流程	104
5.6.3	GS 型模块化工业机器人运动原理	106
5.6.4	GS 型模块化工业机器人结构设计	109

第 6 章 工业机器人零部件结构设计

6.1	转动机构	111
6.1.1	转动机构设计流程	111
6.1.2	转动机构原理	112
6.1.3	转动机构结构与分析	113
6.2	升降机构	115
6.2.1	升降机构设计流程	115
6.2.2	升降机构原理	116
6.2.3	升降机构结构与分析	117
6.3	手臂机构	120
6.3.1	手臂机构设计流程	120
6.3.2	手臂机构原理	122
6.3.3	手臂机构结构与分析	125
6.4	手腕机构	126
6.4.1	手腕机构设计流程	126
6.4.2	手腕机构原理	128
6.4.3	手腕机构结构与分析	129
6.5	夹持机构	132
6.5.1	夹持机构设计流程	132
6.5.2	夹持机构原理	134
6.5.3	夹持机构结构与分析	135
6.6	其他机构	137
6.6.1	操作机水平移动机构	137
6.6.2	滑板机构	141

参考文献



工业机器人由机械本体、控制系统、驱动与传动系统和传感器组件等基本部分组成。是应用于工业领域的多关节机械手或多自由度的机械装置，能自动执行工作，靠自身动力和控制能力来实现设计功能的装置。机器人的主体为机座和执行机构，主要包括臂部、腕部和手部，有的带有行走机构。既可接受人类指挥，也可按照预先编排的指令程序运行，先进的工业机器人能够根据人工智能技术制定的原则纲领行动。

1.1 工业机器人分类

工业机器人分类的方法有多种，分类时主要是参照以下内容进行。

(1) 工业机器人型号的基本技术参数和符号

工业机器人的承载能力、动作自由度、工作空间的外形和尺寸、定位误差和控制系统形式等基本参数决定了工业机器人的工艺性和结构特点，据此可以确定工业机器人型号。目前，工业机器人型号多采用字母和数字代号来表示，且尚不统一。

(2) 工业机器人的机械结构

按照工业机器人的机械结构可以分为串联结构、并联结构及混合结构。

(3) 机器人生产厂家

目前，机器人生产厂家可以按照自己的情况进行分类。如 ABB 公司生产的工业机器人有通用机器人、喷涂机器人、拾料机器人、码垛机器人等。

(4) 工业机器人服务的生产形式

按照工业机器人服务的生产形式可以分为铸造生产中的工业机器人、锻压设备中的工业机器人、金属切削机床用的工业机器人、装配用工业机器人、金属电镀车间设备用工业机器人等。

作者认为，工业机器人的本质是服务于生产，从这一点考虑，可以按照“字母+数字+用途”进行分类。“字母”表示服务的类别，“数字”表示设计或修改的次数，“用途”表示服务的生产形式。

1.2 工业机器人基本特性

工业机器人基本特性一般是指机器人的应用范围、机器人的技术特性或机器人的特

有功能等。例如，当工业机器人服务的生产形式确定以后，可以进行工业机器人型号的选择。选择工业机器人的型号时，应以机器人的应用范围为基础，并根据对所制造的零件结构、工艺参数及装备组成进行分析，由分析结果来确定机器人的技术特性，同时还要对每一种生产形式所特有的功能进行分析。

不同形式的工业机器人其基本特性或参数均存在较大的差异。

1.3 工业机器人应用及前景

工业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，是当代科学技术发展最活跃的领域之一。1913年，美国福特汽车公司首次研发成功机械手并被用在机床上下料的自动生产线上，取得了良好的经济效益。1959年，美国联合控制公司首次研发成功一种动作程序可变、行程可调、适应力强的高级机械手。它不但应用于自动机床的上下料，而且能够自动控制工具进行焊接、热处理等作业，在一定程度上像人手一样地工作，并称这种高级机械手为机器人。1962年，美国AMF公司生产出“VERSTRAN”（万能搬运），与Unimation公司生产的Unimate一样成为真正商业化的工业机器人，并出口到世界各国。1978年，美国Unimation公司推出通用工业机器人PUMA，PUMA至今仍然工作在工厂第一线。

自20世纪60年代初机器人问世以来，机器人技术经历了不断的发展，已取得了实质性的进步和成果，主要体现在如下几个方面。

（1）提高生产过程的自动化程度

应用机器人，有利于提高材料的传送、工件的装卸、刀具的更换以及机器的装配等自动化程度，从而可以提高劳动生产率，降低生产成本，加快实现工业生产机械化和自动化的步伐。

（2）改善劳动条件、避免人身事故

在高温、高压、低温、低压、有灰尘、噪声、臭味、有放射性或有其他毒性污染以及工作空间狭窄等场合中，用人直接操作是有危险或根本不可能的。而应用机器人即可部分或全部代替人安全地完成作业，大大改善工人的劳动条件。同时，在一些动作简单但又重复作业的操作中，以机器人代替人进行工作，可以避免由于操作疲劳或疏忽而造成的人身事故。

（3）减少人力，便于有节奏的生产

应用机器人代替人进行工作，这是直接减少人力的一个侧面，同时由于应用机器人可以连续地工作，这是减少人力的另一个侧面。因此，在自动化机床和综合加工自动生产线上目前几乎都设有机器人，以减少人力和更准确地控制生产的节拍，便于有节奏地进行生产。

目前，世界上有百万多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，下至极限环境作业、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；在传统制造领域，工业机器人经过诞生、成长、成熟期后，已成为不可或缺的核心自动化装备。

(1) 热加工生产中的工业机器人

机器人在铸造生产中应用广泛,涉及铸造、喷砂处理、喷丸清理及铸件运输等几乎所有环节。

机器人在铸造生产中所完成的基本功能包括:从机器的工作区域取出铸件;依次将铸件移动到检测位置,进入冷却装置;放入切边机的压模中;从压模中拿走,分放在包装箱中;将芯放到铸造砂型中并浇注金属。用于铸造生产中的工业机器人应具有特殊的结构形式,以防止周围介质的作用;如控制柜、控制台、导轨以及摩擦表面的密封,将控制系统布置在独立单元中等。铸造生产中的工业机器人正朝着运行的快速性及可靠性方向发展。

(2) 冷加工设备中的工业机器人

机器人在锻压设备生产中涉及的应用领域包括:用于曲柄压力机、模压曲柄弯管机、螺旋压力机等。

在锻压生产中应用的工业机器人,其基本功能包括:从规定位置夹持毛坯;移送到工作位置;从一个位置转放到另一个位置(其中包括转动);取下成品件并将其放到包装箱中;抓放废料;发出控制机器人技术综合装置的指令等。

(3) 金属切削机床用工业机器人

在柔性生产单元、柔性制造系统中,采用工业机器人辅助生产是最有成效的方法。目前,具有基本组合模块结构的金属切削机床用工业机器人已经得到广泛的应用。

金属切削机床用工业机器人所完成的基本功能包括:在机床工作空间内安装事先已经定向的毛坯;从机床上取下零件并放入包装箱(储料器)中;必要时翻转零件,清洗零件及夹具的基准面;控制装置发出工艺指令;检测零件等。当采用辅助装置和坐标循环台、升降平台等机构时,可以扩大机器人的功能。

(4) 装配用工业机器人

在装配生产中的工业机器人,既可为自动装配机服务,又可直接用来完成大批量零件装配作业。

装配作业包括堆垛、拧螺钉、压配、铆接、弯形、卷边、胶合等。为实现机器人操作必须保证基本功能的实现:如在垂直方向上手臂应该能做直线运动;机器人结构沿垂直轴方向上要有足够高的刚度,能够承受在装配方向上产生相当大的作用力;机器人有补偿定位误差的可能性,即结构的柔顺性,如依靠在垂直于装配基本方向的平面上结构的柔顺性;工作机构能做高速运动。当考虑上述基本功能要求时,装配工业机器人合理的结构应该是带有在水平面上铰接的工作手臂,并具有垂直行程的工作机构。机器人的承载能力不应超过极限值,并且,机器人应具有很灵活的、较大的工作空间以及紧凑的结构。

(5) 金属电镀设备用工业机器人

金属电镀设备用工业机器人主要用于在电镀槽上的服务及涂漆作业。涉及的应用领域包括:电镀法涂层、化学法涂层、阳极机械法在零件上涂层等。目前,提高金属电镀机器人操作机的移动速度、提高电传动的劳动生产率、减少金属消耗量、减少生产过程所占的工作面积等是该类机器人的发展方向。

同样,在工业机器人研究领域,学者们正朝着模糊控制、智能化、通用化、标准化、模块化、高精化、网络化及自我完善和修复能力等方向进行研发。

(1) 模糊控制和智能化

模糊控制是利用模糊数学的基本思想和理论的控制方法。对于复杂的系统,由于变量太多,用传统控制模型难以正确描述系统的动态,此时便可以用模糊数学来处理这些控制问题。未来机器人的特点在于其具有更高的智能。随着计算机技术、模糊控制技术、专家系统技术、人工神经网络技术和智能工程技术等高新技术的不断发展,工业机器人的工作能力将会有突破性的提高及发展。

(2) 通用化、标准化、模块化

工业机器人的组件及构件实现通用化、标准化、模块化是降低成本的重要途径之一。

(3) 高精化

随着制造业对机器人要求的提高,开发高精度工业机器人是必然的发展结果。

(4) 网络化

目前应用的机器人大多仅实现了简单的网络通信和控制,如何使机器人由独立的系统向群体系统发展,实现远距离操作监控、维护及遥控是目前机器人研究中的热点之一。

(5) 自我完善和修复能力

机器人应该具有自我修复的能力,才能更好地避免因为突发状况导致的生产停顿。当出现错误指令时,应该自己进行报警或调试;当元器件损坏时,可以自我进行修复。

1.4 本书的主要内容与特点

1.4.1 主要内容

全书共由6章组成,分别是:第1章导论;第2章工业机器人整体设计;第3章工业机器人的结构与驱动;第4章工业机器人控制装置;第5章典型工业机器人结构设计;第6章工业机器人零部件结构设计。其主要内容构架如图1-1所示。

第2章工业机器人整体设计,主要内容为机器人总体设计方案制定与设计流程,工业机器人的基本参数及工业机器人的配置等。通过基本概念介绍、专用术语描述及基础应用论述,以表达工业机器人的系统性,明确机器人设计的复杂性及位置的多面性,为工业机器人的设计与应用提供基础。

第3章工业机器人的结构与驱动,主要内容为工业机器人的通用部件,工业机器人的典型部件及工业机器人的装置与驱动等。首先,通过滚珠导轨及滚柱导轨,滚珠丝杠-螺母传动等基本机构,介绍通用部件在工业机器人中的重要性。其次,通过操作机杆件回转用电驱动装置,手臂用齿轮减速器机构,电驱动的提升机构等专用机构,理解典型部件在工业机器人中的多样性。再次,通过工业机器人用电动机及工业机器人用成套电动装置分析,明确工业机器人驱动装置的多面性及发展方向。本章对工业机器人

人的结构与控制起着桥梁作用，并为工业机器人操作机设计提供动力特性。

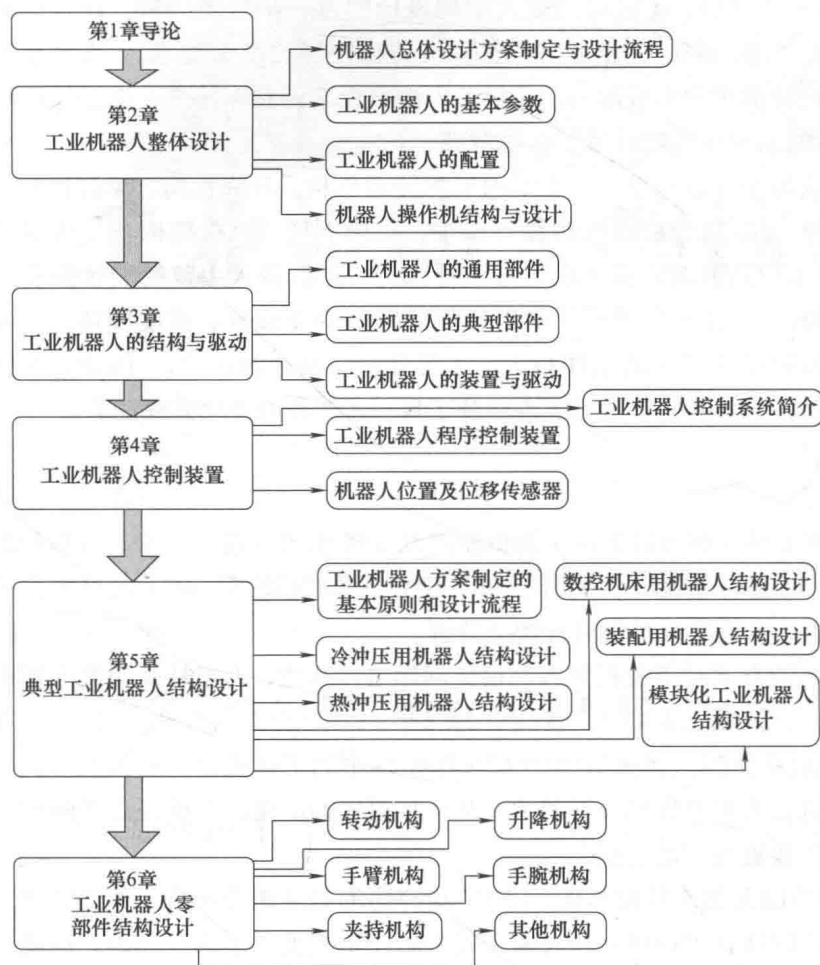


图 1-1 全书主要内容构架

第 4 章工业机器人控制装置，主要内容为工业机器人控制系统简介，工业机器人程序控制装置，机器人位置与位移传感器。首先，简要介绍了典型工业机器人控制系统硬件结构，机器人控制系统的功能、实现过程、控制方式和基本要求；其次，对单片机系统、可编程控制器及工业控制计算机的机构、原理及应用实例进行分析；最后，通过机器人位置与位移传感器对内、外传感器进行分类说明。本章给出了控制系统功能特性，将对机器人控制装置的设计和应用具有指导作用。

第 5 章典型工业机器人结构设计，主要内容为冷冲压用机器人结构设计，热冲压用机器人结构设计，数控机床用机器人结构设计，装配用机器人结构设计，模块化工业机器人结构设计等。各节分别就机器人特征要求、机器人方案制定与设计流程、机器人运动原理及机器人结构设计等进行了较详细的论述。首先，通过机器人特征要求的提出，明确工业机器人的基本特性，并为机器人方案制定提供基础信息。通过机器人方案制定与设计流程，实施特定机器人的概念设计，进一步明确机器人的方案、应用及后续的主要工作。其次，通过机器人运动原理研究，明确机器人主要部件运动及控制方

式,进行原动机选择、传动链计算、指令编写等系列繁杂工作。该项工作是机器人结构设计的重要基础之一。之后,通过对机器人结构设计的进一步分析研究,以保证机器人的运动执行、动力传递,满足工业机器人整体设计与控制的基本要求。本章是工业机器人操作机整机设计的重要组成部分,是机器人由概念设计到零部件、详细设计的重要依据。该项工作的结果决定着后续工作的成败。

第6章工业机器人零部件结构设计,主要内容为转动机构、升降机构、手臂机构、手腕机构、夹持机构等。各节分别就机构设计流程、机构原理、机构结构与分析等进行了较详细的剖析。本章是机器人操作机详细设计部分,是机器人由整机设计到零部件、详细设计的实施阶段。许多关键件、专用件需要进行刚度设计、强度校核、寿命校核及优化设计等,该项设计任务的工作量大、工艺性强、设计难度大。因此,进行该项设计时,需要借助多方面的先进理论、方法及工具,才能高质量地完成任

1.4.2 主要特点

《工业机器人及零部件结构设计》以工业机器人及零部件结构设计为主,对多种类型机器人的整体结构、零部件结构进行设计分析与研究。同时该书注重工业机器人的系统性,兼顾理论要点,对机器人系统进行理论分析。

书中采用工程图例的方式对工业机器人的设计问题进行阐述,力求从简明的图例中较全面地理解复杂的设计问题。

① 始终坚持理论联系实际。根据由生产和应用中提出的工业机器人特征要求,着手机器人系统及工业机器人零部件的分析研究,并针对提出的问题,在进行必要的工艺分析基础上给出适当的改进与防范措施。

② 不强求设计要素的完整性及完美性。为了使问题的阐述重点突出、图面清晰,文中图形仅对具体表述的部分进行显示,去掉了无关的和重要的要素,同时,这或许会给阅读和理解带来某些困难。

③ 简明扼要的写作风格。针对特定机器人系统、驱动装置、零部件或具体结构,着重从其设计或工艺性的角度进行分析和论述,省略了部分相关部件和环节的表达。

本书涉及较宽广的知识面,其理论性与实践性结合紧密,如何将理论知识、现场经验与工程技术人员的智慧结合起来,合理地设计及选用机器人,还需要作者在今后的研究、学习与实践不断地探索与提高。



工业机器人整体设计

机器人设计是一项复杂的工作，其工作量大、涉及的知识面很广，往往需要多人共同完成。机器人设计是面向客户的设计，而不能闭门造车；设计者需要同用户共同探讨、不断地全面分析用户的要求，并寻求和完善解决方案。机器人设计是面向加工的设计，设计者需要掌握大量的加工工艺及加工手段，因为再好的设计，如果工厂不能加工出产品，其设计也是失败的。随着科学技术的发展及社会需求的变化，机器人设计将是一个不断完善的过程。

2.1 机器人总体设计方案制定与设计流程

2.1.1 总体设计方案制定

总体设计方案的制定包括确定工业机器人系统组成、建立坐标系、确定运动模式等。

(1) 工业机器人系统组成

工业机器人一般由机械系统、驱动系统和控制系统三个基本部分组成，如图 2-1 所示。

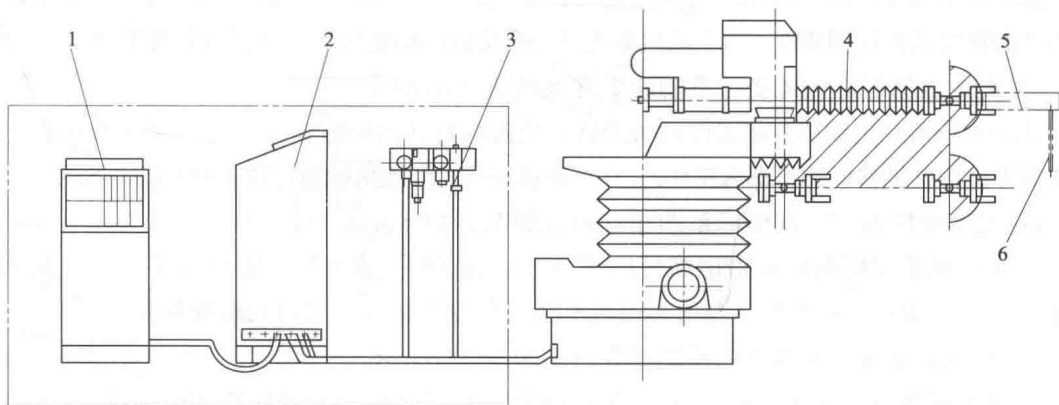


图 2-1 工业机器人系统组成

1—电驱动配套件；2—程控装置；3—气压组件；4—机器人主体；5—工件；6—外轴

机械系统即执行机构，包括基座、臂部和腕部，大多数工业机器人有 3~6 个运动自由度；驱动系统主要指驱动机械系统的驱动装置，用以使执行机构产生相应的动作；控制系统的任务是根据机器人的作业指令程序及从传感器反馈回来的信号来控制机器人的执行机构，使其完成规定的运动和功能。

工业机器人系统的外围部分还包括工件及外轴等。

(2) 建立坐标系

为了精确、系统地描述机器人各单元之间的相互关系和作用，实现机器人精准控制，需要建立机器人坐标系。目前常用的坐标系形式主要包括基坐标系、大地坐标系、工件坐标系及工具坐标系等。

① 基坐标系 基坐标系的建立方式如图 2-2 所示。

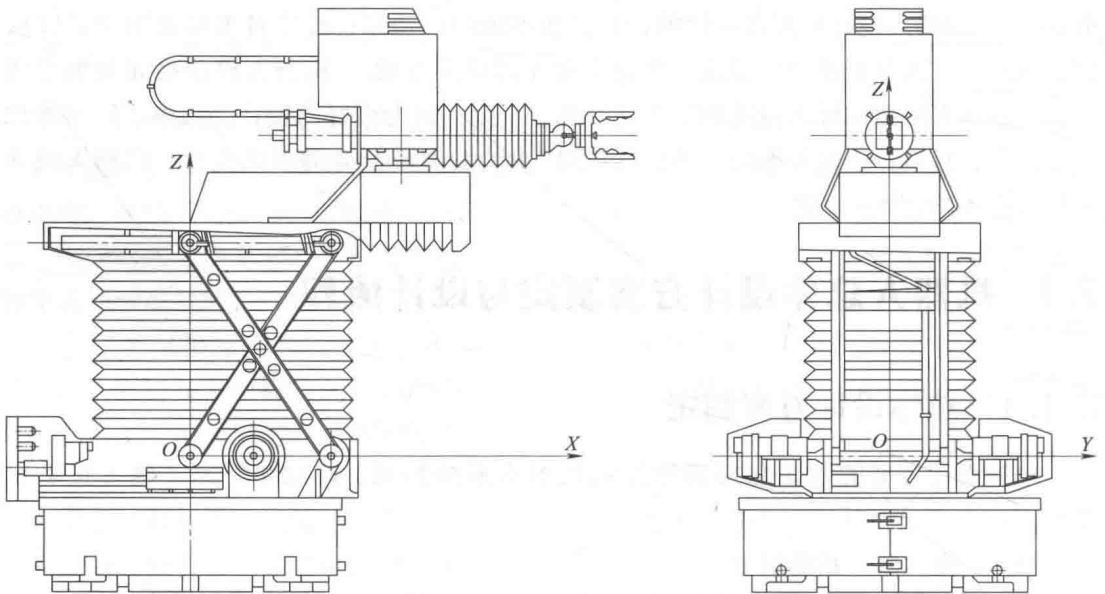


图 2-2 基坐标系建立

基坐标系位于机器人基座。基坐标系在机器人的基座中有相应的零点，使用该方式，机器人的移动具有可预测性，对于将机器人从一个位置移动到另一个位置时很有帮助。

② 大地坐标系 大地坐标系的建立方式如图 2-3 所示。

大地坐标系在工作单元或工作站中的固定位置均有其相应的零点。这有助于处理若干个机器人或由外轴移动的机器人工作。在默认情况下，大地坐标系与基坐标系是一致的。

③ 工件坐标系 工件坐标系的建立方式如图 2-4 所示。

工件坐标系是拥有特定附加属性的坐标系。它的主要功能是简化编程，工件坐标系拥有两个框架：用户框架（与大地基座相关）和工件框架（与用户框架相关）。

④ 工具坐标系 工具坐标系的建立方式如图 2-5 所示。

工具坐标系将工具中心点（Tool Center Point，简称 TCP）设为零位，由此定义工具的位置和方向。执行程序时，机器人就是将 TCP 移至编程位置。这意味着，如果要更改工具，机器人的移动也将随之更改，以便新的 TCP 可以到达目标。

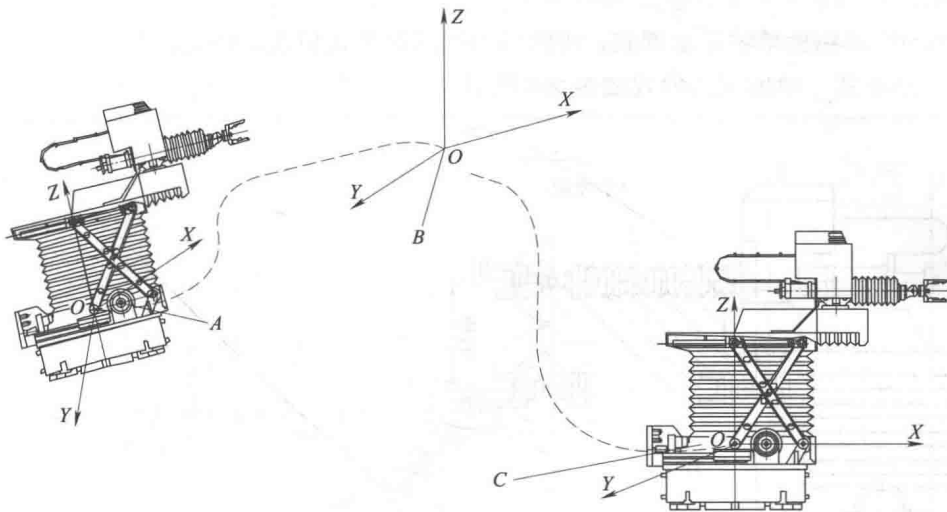


图 2-3 大地坐标系建立

A—机器人 1 的基坐标系；B—大地坐标系；C—机器人 2 的基坐标系

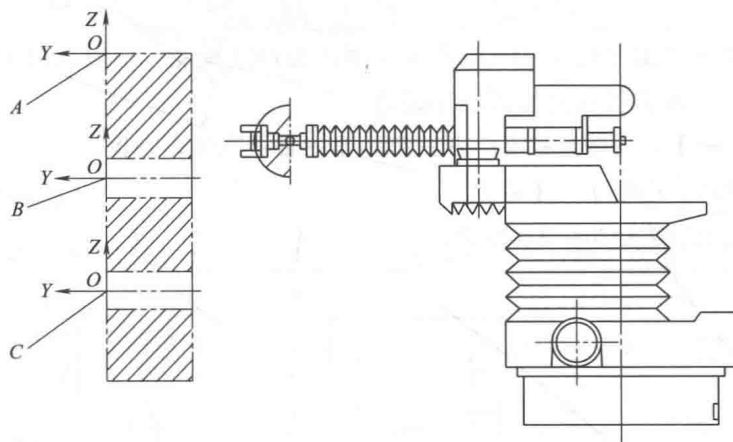


图 2-4 工件坐标系建立

A—用户框架；B—目标框架 1；C—目标框架 2

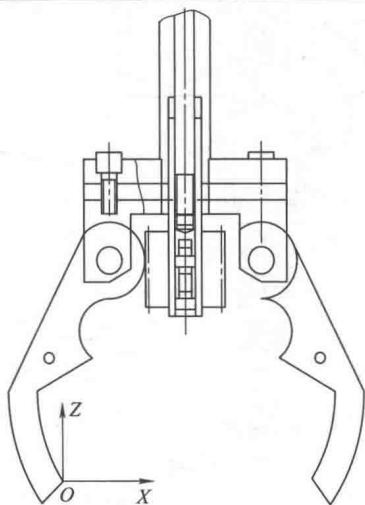


图 2-5 工具坐标系建立

(3) 确定运动模式

机器人运动模式包括单轴运动模式、线性运动模式及重定位运动模式。

① 单轴运动模式 单轴运动模式如图 2-6 所示。

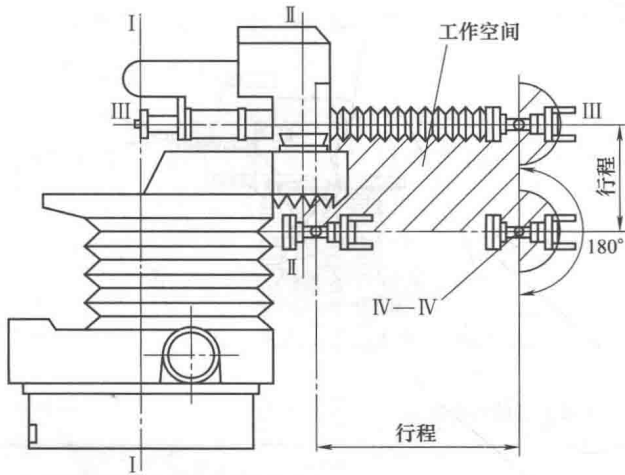


图 2-6 单轴运动模式

单轴运动即为单独控制某一个关节轴运动，机器人末端轨迹难以预测，一般只用于移动某个关节轴至指定位置、校准机器人关节原点等场合。

例如，转动：绕垂直轴 I—I；绕垂直轴 II—II；绕轴 III—III；绕轴 IV—IV。

移动：沿水平轴 III—III 移动；沿轴 I—I 移动。

② 线性运动模式 线性运动模式如图 2-7 所示。

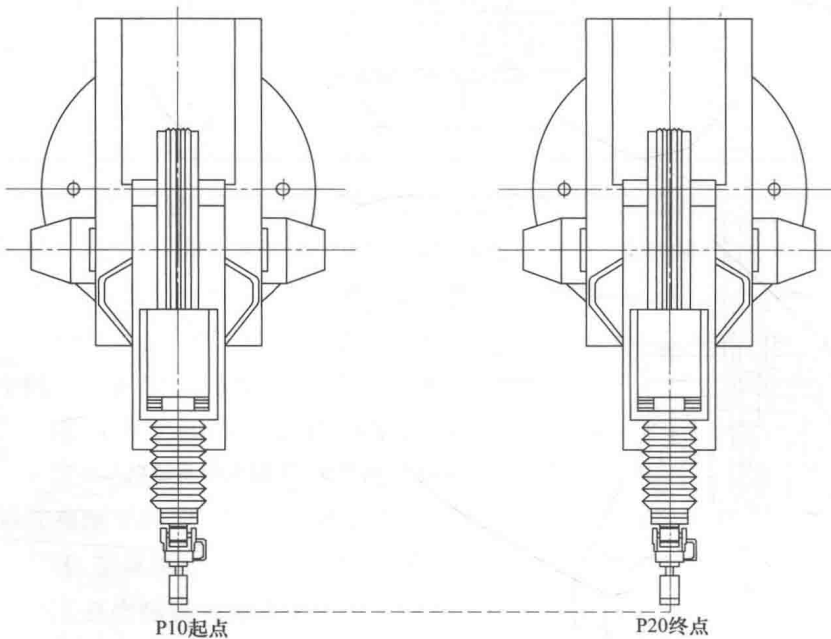


图 2-7 线性运动模式