光机电一体化丛书

关节型机器人

殷际英　何广平　编著

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

光机电一体化丛书

关节型机器人

殷际英　何广平　编著

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北　京·

（京）新登字 039 号

图书在版编目（CIP）数据

关节型机器人/殷际英，何广平编著．—北京：化学工业出版社，2003.7
（光机电一体化丛书）
ISBN 7-5025-4601-4

Ⅰ．关…　Ⅱ．①殷…②何…　Ⅲ．机器人，关节型
Ⅳ．TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 051189 号

光机电一体化丛书
关节型机器人
殷际英　何广平　编著
责任编辑：任文斗
文字编辑：王金生
责任校对：洪雅姝
封面设计：蒋艳君
*
化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心 出版发行
（北京市朝阳区惠新里 3 号　邮政编码 100029）
发行电话：(010)64982530
http://www.cip.com.cn
*
新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印刷
北京市彩桥印刷厂装订
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16　印张 12¼　字数 289 千字
2003 年 8 月第 1 版　2003 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4601-4/TH·122
定　价：28.00 元

版权所有　违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

序

光机电一体化是激光技术、微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术的相互交叉与融合，是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。它包括产品和技术两方面：光机电一体化产品是集光学、机械、微电子、自动控制和通讯技术于一体的高科技产品，具有很高的功能和附加值；光机电一体化技术是指其技术原理和使光机电一体化产品得以实现、使用和发展的技术。

目前，国际上产业结构的调整使得各个行业不断融合和协调发展。作为光学、机械与电子相结合的复合产业，光机电一体化以其特有的技术带动性、融合性和普适性，受到了国内外科技界、企业界和政府部门的特别关注，它将在提升传统产业的过程中，带来高度的创新性、渗透性和增值性，成为未来制造业的支柱，被誉为21世纪最具魅力的朝阳产业。我国已经将发展光机电一体化技术列为重点高新科技发展项目，北京市政府也于2001年7月23日批准正式成立了北京市光机电一体化产业基础，预计到2010年，北京市光机电一体化产业总产值将达到336亿元。

随着光机电一体化技术的不断发展，各个行业的技术人员对其兴趣和需求也与日俱增。但到目前为止，国内还鲜有将光机电一体化技术作为一个整体技术门类来介绍和论述的书籍，这与其方兴未艾的发展势头形成了巨大反差。有鉴于此，由北方工业大学、东华大学、华中科技大学和上海交通大学联合编写光机电一体化丛书，旨在适时推出一套光机电一体化技术基本知识和应用实例的科技丛书，满足科研设计单位、企业及高等院校的科研和教学的需求，为有关技术人员在开发光机电一体化产品时，提供从产品造型、功能、结构、材料、传感测量到控制等诸方面有价值的参考素材。

本丛书共十本，包括《光机电一体化实用技术》、《现代数控机床》、《光机电一体化系统设计》、《智能机器人》、《光机电一体化技术产品实例》、《楼宇设备自动化技术》、《关节型机器人》、《微机电系统设计与制造》、《激光在加工和检测中的应用》、《光电传感器及其应用》。自2003年8月起陆续出版发行。

丛书的基本特点，一是内容新颖，力求及时地反映光机电一体化技术在国内外的最新进展和作者的有关研究成果；二是系统全面，丛书分门别类地归纳总结了光机电一体化技术的基本理论和在国民经济各个领域的应用实例，重点介绍了光机电一体化技术的工程应用方法和实现方法，许多内容，如楼宇自动门的专门论述，尚属国内首次；三是深入浅出，每本书重点突出，注重理论联系实际。既有一定的理论深度，又偏重实用性，力求满足不同层次读者的需求，适合工程技术人员阅读和高校机械类专业教学的需要。

由于本丛书涉及内容广泛，相关技术发展迅速，加之作者水平有限，时间紧促，书中错误和不妥在所难免，恳请专家、学者和读者不吝指教为盼！

《光机电一体化丛书》编辑委员会

2003年5月于北京

前　　言

机器人是最具代表性的光机电一体化技术系统。现代机器人技术经过数十年发展，在经济技术，以至整个社会领域内正发挥着越来越重要的作用，21世纪无疑将是一个更为广泛和深入地开发和应用机器人技术的时代。在所有类型的机器人中，关节型机器人模拟动物和人类肢体，甚至是整体而最具有仿生性，也就具有了优于其他类型机器人的动作能力，受到最大程度的关注。从20世纪70年代工业用关节型机器人出现至今已有几十年时间，这期间随着技术进步，特别是随着计算机和光机电一体化等高新技术日新月异的突飞猛进，对各种类型的机器人，特别是关节型机器人的研究也越来越向更高级的方向开拓，未来的关节型机器人将不仅可以有更似人类的外形和基本动作，也将具有相应程度的感觉思维能力，从而开始了最终实现全面复制人类自身的里程。

在几十年发展中，机器人技术已经形成了一门新学科——机器人学。机器人学有着极其广泛的研究和应用领域。这些领域体现出广泛的学科交叉，涉及众多的课题，如机器人体系结构、机构、控制、智能、传感、机器人装配、恶劣环境下的机器人以及机器人语言等。机器人已在工业、农业、商业、旅游业、空间和海洋以及国防等领域获得越来越普遍的应用。一个准备或已经涉及机器人领域的工程师，或相关人员为了能真正掌握和应用机器人技术，就必须要学习和掌握好有关机器人学的知识。如上所述，机器人学涉及的学科门类众多，会给学习造成一定困难，但只要肯花工夫投入其中，就一定能取得学习上的成功，从而为后来的研究奠定牢固基础，正所谓工欲善其事，必先利其器也。许多今天的机器人专家也就是这样走过来的。本书的最主要目的就是要为初、中级学习者提供一个深入机器人技术领域的合适教材。本书在内容的选择和编排方面充分照顾到初学者的困难，力求做到理论与实际有机结合，书中的一些内容来自作者参与过的实际工作，具有相当的实用性，同时在理论方面，也力求反映当前国内外机器人开发研究领域的新进展，因此又具有一定程度的实时性，为深入领域的研究开发提供一些有益参考。

本书是《光机电一体化丛书》的第7册，全书共分8章，在内容上基本涵盖了关节型机器人技术的各个主要方面。其中，第1章对机器人，特别是关节型机器人的发展历史的当今状况做了概括性的叙述；第2章讲述关节型机器人的运动学知识，重点是机器人连杆系统的空间位姿的齐次变换和速度；第3章讲述了关节型机器人动力学知识，以拉格朗日动力学平衡方程建立机器人连杆体系的动力学模型和关节广义力算式，以及关节静力矩计算方法；第4章介绍了关节型机器人的轨迹规划技术，主要是轨迹规划的作用和方法概述、关节路径插补技术和手部空间路径规划方法等内容；第5章介绍了关节型机器人本体结构技术，重点是机器人手腕、手臂、手爪、关节，以及机械传动和驱动系统方法的应用技术；第6章叙述了关节型机器人控制系统技术，主要包括机器人传感器技术、机器人的驱动与运动控制系统、机器人控制理论及算法、变结构控制、机器人的人工神经网络控制和基于遗传算法的机器人神经网络控制等内容；第7章介绍了关节型机器人编程方面的初步知识，主要是机器人编程语言的类型、机器人语言系统结构和基本功能、常用的机器人编程语言、和机器人的离线编程方面的内容；第8章简要介绍了关节型机器人在各个领域中的应用情况，包括关节型机器

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

人在工业领域中的应用、人形机器人概述和空间机器人。本书偏重普及性、实用性和新颖性，并配有大量说明图表和清晰度较高的实物照片。本书尽量避免出现无益的、且过于繁复冗长的公式导出过程，在内容深度和语言叙述方面力求面向不同层次的读者。

本书可作为从事光机电一体化应用技术和关节型机器人开发人员的技术参考书，以及大专院校机械工程类相关专业本科学生、研究生的教材和学习参考书。

本书第1章的1.1节部分内容、第2章、第3章、第4章的4.1节、4.2节部分内容和4.3节、第7章和第8章的8.1节由殷际英编写；第1章、第4章的4.2节部分内容、第6章、第8章8.2和8.3节由何广平编写；第4章的4.2节部分内容由李仂一编写，全书由殷际英统稿。

参加编写的还有林宋、方建军、田建君、景作军、李余江、侯艳丽、韩秀梅、赖锡煌、胡春江、白传栋、孟荣光、张若青、吴壮志。

由于编者水平所限，敬请读者对书中的缺点错误提出宝贵批评和意见。

编　者

2003年3月

内 容 提 要

本书内容涉及与关节型机器人相关的各主要方面的技术理论，包括机器人运动学、机器人动力学、机器人轨迹规划、机器人本体结构、机器人传感器、机器人控制技术和控制算法、机器人编程，并列举了一些典型关节型机器人应用实例。本书理论与实际密切结合，既有普及性和实用性，又具有相当深度，内容逻辑性强，还配有大量图表和实物照片，有助于学习和应用。

本书适于光机电一体化技术系统应用和开发人员使用，以及大专院校机械工程专业研究生、本科生相关专业课程的教材和学习参考书。

《光机电一体化丛书》编辑委员会

主　任　林　宋

副主任　王生泽　王石刚　程愿应

委　员（排名不分先后）

胥信平　黎　放　林　宋　王生泽　王石刚　程愿应
胡于进　张卫国　莫锦秋　何　勇　董方祥　刘继英
罗学科　朱宏军　崔桂芝　殷际英　方建军　田建君
马全明　王延璋　赵　坤　周洪江　刘杰生　徐胜林
韩少军　程　铭

目　　录

第1章　绪论 …… 1
1.1　机器人技术的发展进程 …… 1
1.2　机器人的分类 …… 2
1.2.1　按照机器人从低级到高级的发展程度分类 …… 2
1.2.2　按照性能指标分类 …… 2
1.2.3　按照开发内容和目的分类 …… 3
1.2.4　按照机器人的结构形式来分类 …… 3
1.3　关节型机器人 …… 3
1.3.1　直角坐标型机器人 …… 3
1.3.2　圆柱坐标型机器人 …… 3
1.3.3　球坐标型机器人 …… 4
1.3.4　开链连杆式关节型机器人 …… 4
1.3.5　关节型机器人的应用 …… 4
1.3.6　移动式机器人 …… 8
1.4　一般工业机器人的基本组成与控制方式 …… 15
1.5　一般工业机器人的技术指标 …… 16
1.5.1　首钢 MOTOMAN UP6 通用工业机器人技术指标 …… 17
1.5.2　首钢 MOTOMAN EA1400 型弧焊机器人技术参数 …… 18
第2章　关节型机器人运动学 …… 20
2.1　数学基础 …… 20
2.1.1　关节型机器人手部位姿的概念 …… 20
2.1.2　关节型机器人的手坐标系和基坐标系 …… 20
2.1.3　位置和姿态的描述——齐次变换 …… 20
2.1.4　变换方程的概念 …… 30
2.1.5　通用旋转变换 …… 30
2.2　关节型机器人的位姿分析 …… 33
2.2.1　关节型机器人的位姿与运动描述 …… 33
2.2.2　PUMA 560 机器人运动方程 …… 36
2.3　关节型机器人的速度分析——雅可比公式 …… 44
2.3.1　机器人的微分运动 …… 44
2.3.2　机器人的雅可比矩阵 …… 49
2.3.3　PUMA 560 机器人的雅可比矩阵 …… 51
第3章　关节型机器人动力学 …… 53
3.1　拉格朗日方程 …… 53
3.2　关节型机器人连杆系统拉格朗日方程 …… 53

3.2.1 连杆上一点的运动学分析 …… 54
3.2.2 连杆上一点的动能和位能 …… 55
3.2.3 动力学方程的推导 …… 57
3.3 关节型机器人连杆系统动力学方程的简化 …… 59
3.3.1 惯量项的简化 …… 59
3.3.2 重力项的化简 …… 60
3.4 关节型机器人的动态特性 …… 60
3.4.1 稳定性 …… 61
3.4.2 空间分辨度 …… 61
3.4.3 精度 …… 62
3.4.4 重复性 …… 63
3.5 机器人的稳态负荷 …… 64
3.5.1 静力和静力矩的表示 …… 64
3.5.2 不同坐标系间静力的变换 …… 65
3.5.3 关节力矩的确定 …… 66
第4章 关节型机器人轨迹规划 …… 68
4.1 机器人关节轨迹的插值计算 …… 69
4.1.1 轨迹插值的概念 …… 69
4.1.2 定时插补与定距插补 …… 70
4.1.3 直线插补算法 …… 70
4.1.4 圆弧插补算法 …… 71
4.1.5 其他插补技术 …… 73
4.2 关节型机器人手部操作路径的轨迹规划 …… 78
4.2.1 物体对象的描述 …… 78
4.2.2 作业的描述 …… 78
第5章 关节型机器人本体基本结构 …… 83
5.1 概述 …… 83
5.1.1 关节型机器人本体结构基本形式和特点 …… 83
5.1.2 关节型机器人基本参数和特性 …… 86
5.2 关节型机器人手臂及机身结构 …… 89
5.2.1 PUMA-262 型机器人手臂及机身结构的基本形式 …… 90
5.2.2 关节型机器人的 3 自由度手腕 …… 92
5.3 关节型机器人的臂杆平衡方法简介 …… 95
5.3.1 质量平衡方法 …… 95
5.3.2 弹簧力平衡方法 …… 96
5.3.3 气动和液压平衡方法 …… 96
第6章 关节型机器人控制系统 …… 98
6.1 机器人传感器 …… 98
6.1.1 机器人传感器的一般特点与指标要求 …… 98
6.1.2 机器人内部传感器 …… 100

6.1.3 机器人外部传感器 …… 106
6.2 机器人的驱动与运动控制系统 …… 114
6.2.1 概述 …… 114
6.2.2 基于芯片和计算机的运动控制器设计 …… 115
6.2.3 基于PC技术的运动控制器 …… 121
6.3 机器人控制理论及算法 …… 124
6.3.1 机器人的分解运动速度控制 …… 125
6.3.2 分解运动加速度控制 …… 127
6.3.3 计算力矩控制 …… 128
6.3.4 变结构控制 …… 131
6.3.5 机器人的人工神经网络控制 …… 133
6.3.6 基于遗传算法的机器人神经网络控制 …… 136
第7章 关节型机器人编程 …… 145
7.1 概述 …… 145
7.2 机器人编程语言的类型 …… 146
7.2.1 动作级编程语言 …… 147
7.2.2 对象级编程语言 …… 147
7.2.3 任务级编程语言 …… 148
7.3 机器人语言系统结构和基本功能 …… 149
7.3.1 机器人语言系统结构 …… 149
7.3.2 机器人编程语言的基本功能 …… 150
7.4 常用的机器人编程语言 …… 151
7.4.1 VAL语言 …… 151
7.4.2 SIGLA语言 …… 154
7.4.3 IML语言 …… 154
7.4.4 AL语言 …… 154
7.5 机器人的离线编程 …… 155
7.5.1 机器人离线编程的特点和主要内容 …… 155
7.5.2 机器人离线编程系统的结构 …… 156
7.5.3 机器人离线编程仿真系统简介 …… 160
第8章 关节型机器人应用举例 …… 163
8.1 关节型机器人在工业领域中的应用 …… 163
8.1.1 CONSIGHT带视觉搬运系统 …… 163
8.1.2 焊接机器人 …… 164
8.1.3 喷漆机器人 …… 165
8.1.4 APAS系统 …… 168
8.2 人形机器人概述 …… 168
8.2.1 人形机器人发展史 …… 168
8.2.2 现代人形机器人研究成果 …… 169
8.3 空间机器人概述 …… 173

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

8.3.1 空间站机器人概况 …… 174
8.3.2 行星探测机器人简介 …… 175
8.3.3 自由飞行空间机器人简介 …… 178
参考文献 …… 180

第1章 绪 论

1.1 机器人技术的发展进程

自古以来，人们所设想的机器人一般是一种在外形和功能上均能模拟人类智能的机器。特别是在20世纪20年代前后，捷克和美国的一些科幻作家创作了一批关于未来机器人与人类共处中可能发生的故事之类的文学作品，更使机器人在人们的思想中成为一种无所不能的“超人”。在现实生活中，一些民间工匠根据这些文学描绘，也制造出一些仿人或仿生的机器人。然而在当时的科技条件下，要使机器人具有某种特殊的“智能”而成为“超人”，显然是不可能的。美国的戴沃尔（Ceorge G. Devol）设想了一种可控制的机械手，他首先突破了对机器人的传统观点，提出机器人并不一定必须像人，但是必须能做一些人的工作。1954年，他依据这一想法设计制作了世界上第一台机器人实验装置，发表了《适用于重复作业的通用性工业机器人》一文，并获得了美国专利。

Devol将遥控操纵器的关节型连杆机构与数控机床的伺服轴联结在一起，预定的机械手动作一经编程输入后，机械等就可以离开人的辅助而独立运行。这种机器人也可以接受示教而完成各种简单任务。示教过程中操作者用手带动机械手依次通过工作任务的各个位置，这些位置序列记录在数字存储器内，任务的执行过程中，机器人的各个关节在伺服驱动下再现出那些位置序列。因此，这种机器人的主要技术功能就是“可编程”以及“示教再现”。

1960年，美国Unimation公司，根据Devol的技术专利研制出第一台机器人样机，并定型生产Unimate（意为“万能自动”）机器人。

同时，美国“机床与铸造公司”（AMF）设计制造了另一种圆柱坐标形式的可编程机器人Versatran（意为“多才多艺多用途搬运机器人”）。

这是世界上最早的、最著名的、至今仍在应用中的两种工业机器人。

这两种型号的机器人以“示教再现”的方式在汽车生产线上成功地代替工人进行传送、焊接、喷漆等作业，它们在工作中表现出很好的经济效益、可靠性、灵活性。于是Unimate和Versatran作为商品开始在世界市场上销售，使得20世纪60至70年代成为机器人技术获得巨大发展的阶段。

1967年日本川崎重工公司从美国购买了机器人的生产许可证，日本从此开始了对机器人的制造和开发热潮。

20世纪80年代，计算机技术推动机器人技术的发展达到了新的水平。上到宇宙飞船，下至海洋开发都采用了机器人作业。机器人技术已成为高科技应用领域中的重要组成部分。

自从第一台工业机器人问世以来，机器人的应用领域从汽车工业逐渐向其他行业渗透，机器人的种类也从操作手逐渐衍生出各种各样的机器人，如今机器人已经深入到人类生活的方方面面。人类科技的进步、文明的发展已经和机器人产生了密切的关系。人类社会的发展已经离不开机器人技术，而机器人技术的进步必然对推动科技发展产生不可忽视的作用。

当前和今后的机器人技术正逐渐向着具有行走能力、对环境的自主性强、具有多种感觉

（比如可以感觉形状、质量、硬度、温度和湿度等）能力的方向发展。

机器人也正在逐渐具有智能。美国贝尔科尔公司已成功地将神经网络装配在芯片上，其智能分析速度比普通计算机要快数千倍，能更好地完成识别语言和图像处理等工作。

目前，对机器人技术的发展有最重要影响的国家是美国和日本。美国在机器人技术的综合性水平上仍处于领先地位，日本生产的机器人数量和种类则居世界首位。

我国发展机器人技术起步于20世纪70年代末。1995年9月，6000 m水下机器人试验成功。近年来，在步行机器人、精密装配机器人及多自由度关节型机器人研制等前沿领域内逐步缩短与世界水平的差距。

机器人技术经30多年的发展，现已形成了一门综合性学科——机器人学（Robotics）。机器人学包括基础研究和应用研究两方面内容，主要研究领域有：①机械手设计；②机器人运动学、动力学和控制；③轨迹设计和规划；④机器人传感器；⑤机器人视觉；⑥机器人控制语言和离线编程；⑦机器人本体结构系统；⑧机器智能等。

机器人学实际上是综合了力学、机械学、电子学、生物学、控制论、计算机、人工智能、系统工程等多种学科领域知识的“学科类”，也是学习和运用机器人技术的必修理论。

国际标准化组织（ISO）给出了的机器人定义如下所述。

a. 机器人的动作机构具有类似于人或其他生物体某些器官（肢体、感官等）的功能；

b. 机器人具有通用性，工作种类多样，动作程序灵活易变；

c. 机器人具有不同程度的智能性，如记忆、感知、推理、决策、学习等；

d. 机器人具有独立性，完整的机器人系统，在工作中可以不依赖于人的干预。

1.2 机器人的分类

机器人有多种形式，可以从多方面对机器人进行分类，从中不难看出机器人的多样性，也可对机器人有一个概括的认识。

1.2.1 按照机器人从低级到高级的发展程度分类

按照机器人从低级到高级的发展程度分类有三代机器人。

（1）第一代机器人

第一代机器人主要指只能以“示教-再现”方式工作的工业机器人。示教内容为机器人操作机构的空间轨迹、作业条件、作业顺序等。示教方法或是操作员“手把手”地直接做，或是与计算机编程相结合。目前国际上商品化、实用化的机器人大都属于第一代机器人。

（2）第二代机器人

第二代机器人是智能机器人。它具有多种感知功能，可进行复杂的逻辑思维，判断决策，在作业环境中独立行动。

（3）第三代机器人

第三代机器人是未来机器人。

1.2.2 按照性能指标分类

按照性能指标（如负载能力和作业空间）分类有5种机器人。

（1）超大型机器人

超大型机器人的负载能力为10^7 N以上。

（2）大型机器人

大型机器人的负载能力为$10^6 \sim 10^7$ N，作业空间为10 m^2以上。

(3) 中型机器人

中型机器人的负载能力为 $10^5 \sim 10^6$ N，作业空间为 $1 \sim 10$ m^2。

(4) 小型机器人

小型机器人的负载能力为 $1 \sim 10^4$ N，作业空间为 $0.1 \sim 1$ m^2。

(5) 超小型机器人

超小型机器人的负载能力为 1 N 以下，作业空间为 0.1 m^2 以下。

1.2.3 按照开发内容和目的分类

按照开发内容和目的分类基本上有三类机器人：①工业机器人（Industrial Robot）；②操纵型机器人（Teleoperator Robot）；③智能机器人（Intelligent Robot）。

1.2.4 按照机器人的结构形式来分类

机器人可分为关节型机器人和非关节型机器人。其中关节型机器人的机械本体部分一般为由各种关节串接起若干连杆组成的开链式机构。

此外，还可以从其他方面对机器人进行分类。由于篇幅所限，本书将主要介绍目前应用最多，最有代表性和通用性的关节型机器人。

1.3 关节型机器人

关节型机器人由于结构上的原因，其关节通常只有转动型（简记作 R 型）和移动型（简记作 P 型）两类。这些关节之中，凡单独驱动的称主动关节，反之称从动关节。单独驱动的主动关节数目称作关节型机器人的自由度数目。

关节型机器人依结构复杂程度分为直角坐标型机器人、圆柱坐标型机器人、球坐标型机器人和开链连杆式关节型机器人。

1.3.1 直角坐标型机器人

直角坐标型机器人是最简单的关节型机器人，如图 1-1 所示，其 3 个关节皆为主动式移动关节（PPP 型），因此有 3 个自由度，通过 3 个互相垂直的轴线位移来改变手部的空间位置。直角坐标型机器人易于实现高定位精度，空间轨迹易于求解，但当具有相同的工作空间时，机体所占空间体积是关节型机器人中最大的。

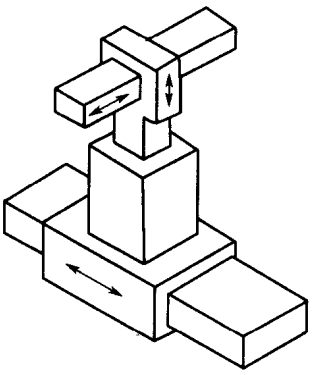

图 1-1 直角坐标型机器人

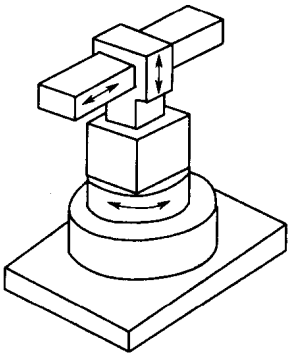

图 1-2 圆柱坐标型机器人

1.3.2 圆柱坐标型机器人

圆柱坐标型机器人（见图 1-2）有 3 个自由度，通过两个移动关节一个转动关节（PRR）实现手部空间位置的变化。在相同的工作空间条件下，机体所占空间体积要小于直角坐标型

机器人。圆柱坐标型机器人结构简单，便于几何计算，通常用于搬运机器人。

1.3.3 球坐标型机器人

球坐标型机器人（见图 1-3）有 3 个自由度，用两个转动关节和一个移动关节（RRP）改变手部的空间位置。一般是腰关节可绕 z 轴转动，大臂可在 zx 平面内俯仰（转动），小臂可伸缩移动。这种机器人的特点是结构紧凑，所占空间体积小于直角坐标型机器人和圆柱坐标型机器人，但仍大于开链连杆式关节型机器人，而且目前应用较少。

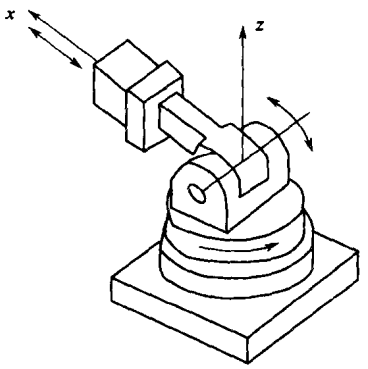

图 1-3 球坐标型机器人

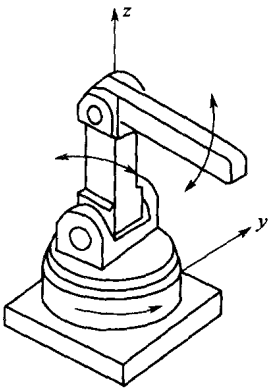

图 1-4 关节型机器人

1.3.4 开链连杆式关节型机器人

开链连杆式关节型机器人（以下简称为关节型机器人，见图 1-4）是模拟人的上臂而构成的。为了保证机器人手部有 6 个空间自由度，其主动关节数目一般为 6，或不少于 6。一般情况下，全部关节皆为转动型关节，而且其前 3 个关节一般都集中在手腕部。关节型机器人的特点是结构紧凑，所占空间体积小，相对的工作空间最大，还能绕过基座周围的一些障碍物，是机器人中使用最多的一种结构形式，世界一些著名机器人都采用这种结构形式。

1.3.5 关节型机器人的应用

关节型机器人多为具有固定基础的工业机器人，也是机器人中最常见的一种形式。关节型机器人主要用于在工厂的各种生产线上从事某一种或多种工作。美国 Unimation 公司在 1960 年制造出的球坐标型机器人 Uniamte（见图 1-5）采用电液伺服驱动，磁鼓存储，可完成近 200 个示教再现动作。

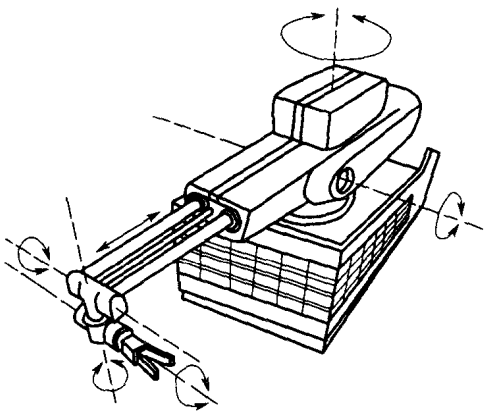

图 1-5 球坐标形式的 Uniamte 机器人

同一时期美国 AMF 公司研制的 Versatran 机器人（见图 1-6）可实现点位和轨迹控制，同年第一批点焊机器人也用于工业生产。1970 年前后，喷漆、弧焊机器人也相继在工业生产中应用。

1974 年美国 Cicinnati Milacron 公司推出了 T^3（The Tomorrow Tools）机器人（见图 1-7），这种机器人多数都能操作几十到几百公斤的物体，是一种多功能通用大型工业机器人。

1979 年 Unimation 公司又推出了 PUMA（Programmable Universal Manipulator for

Assembly）机器人，它是一种多关节、全电动、多 CPU 分级控制、采用 VAL 专用语言、可配置视觉、触觉和力觉传感器的技术先进的工业机器人（见图 1-8）。

在 Unimation 公司推出了 PUMA 机器人后，日本山梨大学的牧野洋教授及其学生研制成功了水平关节型的 SCARA（Selective Compliance Assembly Robot Arm）工业机器人（见图 1-9），它特别适合于在垂直方向进行装配作业。

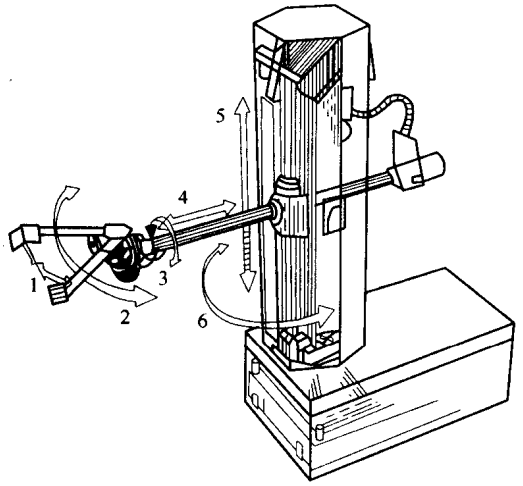

图 1-6　Versatran 机器人

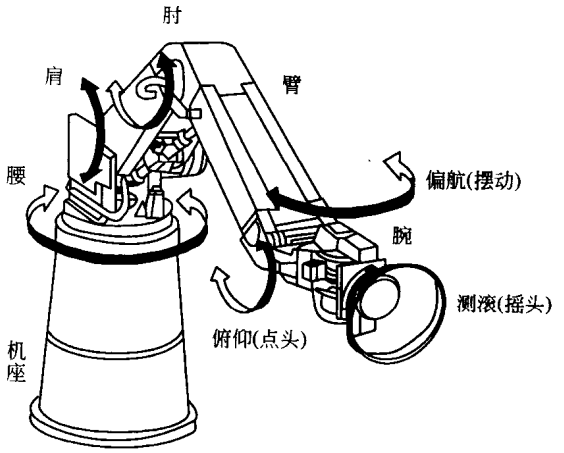

图 1-7　T^3 机器人

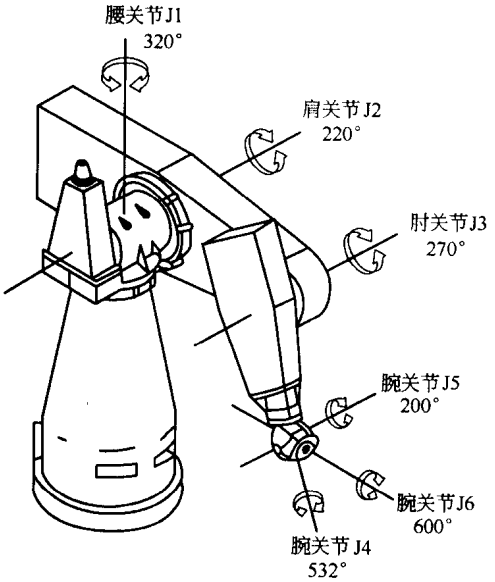

图 1-8　PUMA700 机器人

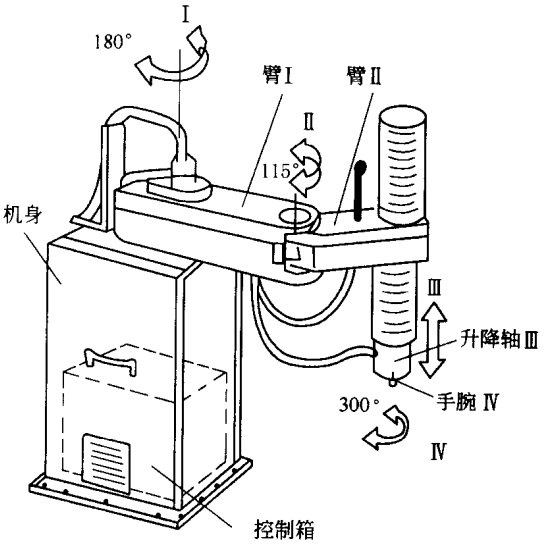

图 1-9　SCARA 机器人

自从 20 世纪 60 年代机器人进入工业领域以来，全世界历年累计销售机器人总台数到 1999 年达到约 110 万台，1999 年当年销售量为 3.56 万台，销售额达到 51 亿美元。其中包括日本装备的专用工业机器人。如今早期装备的一些机器人已经退役，目前实际装备的机器人数量少于该数目，大约为 74.5 万台。其中日本占世界装备机器人数量的一半以上，我国仅仅装备约 3000 台。1999～2003 年机器人的销售数量以每年 10%以上的速度增长，其中美

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com