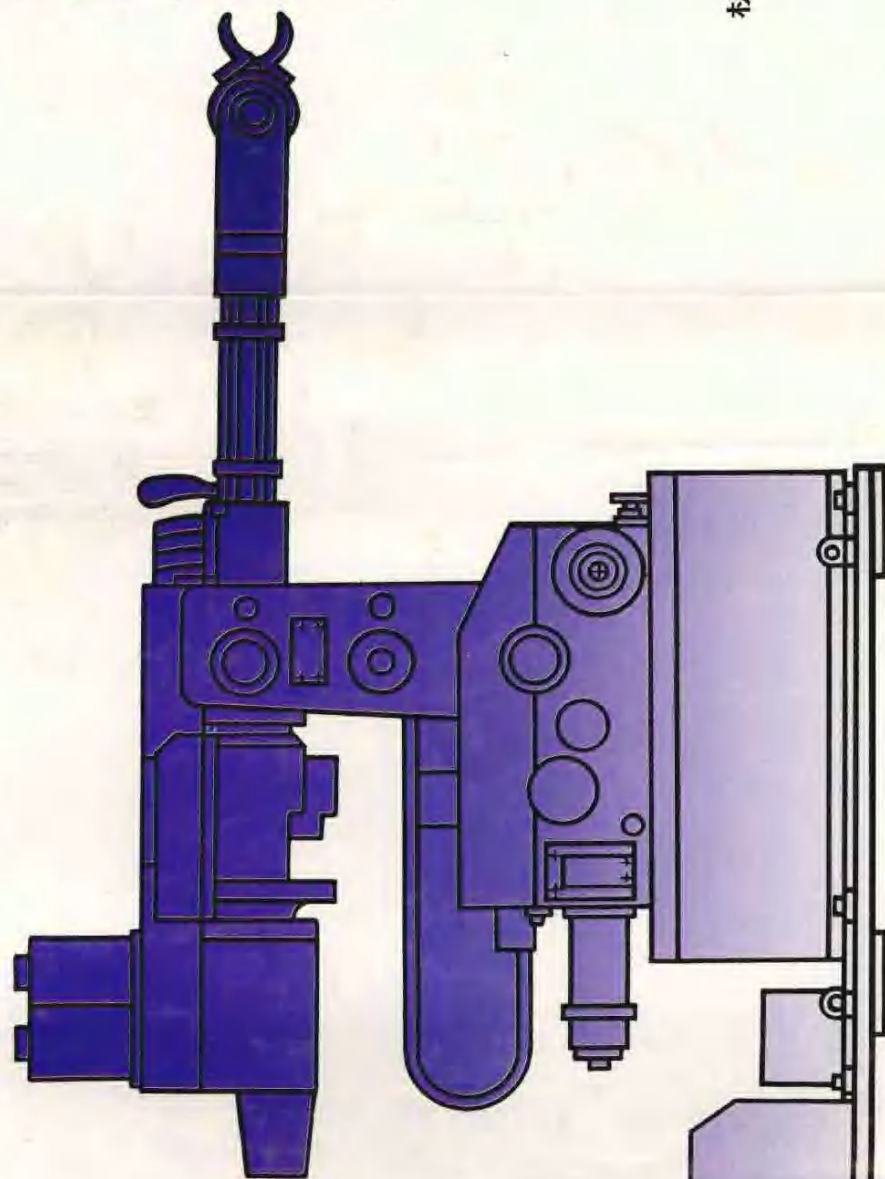


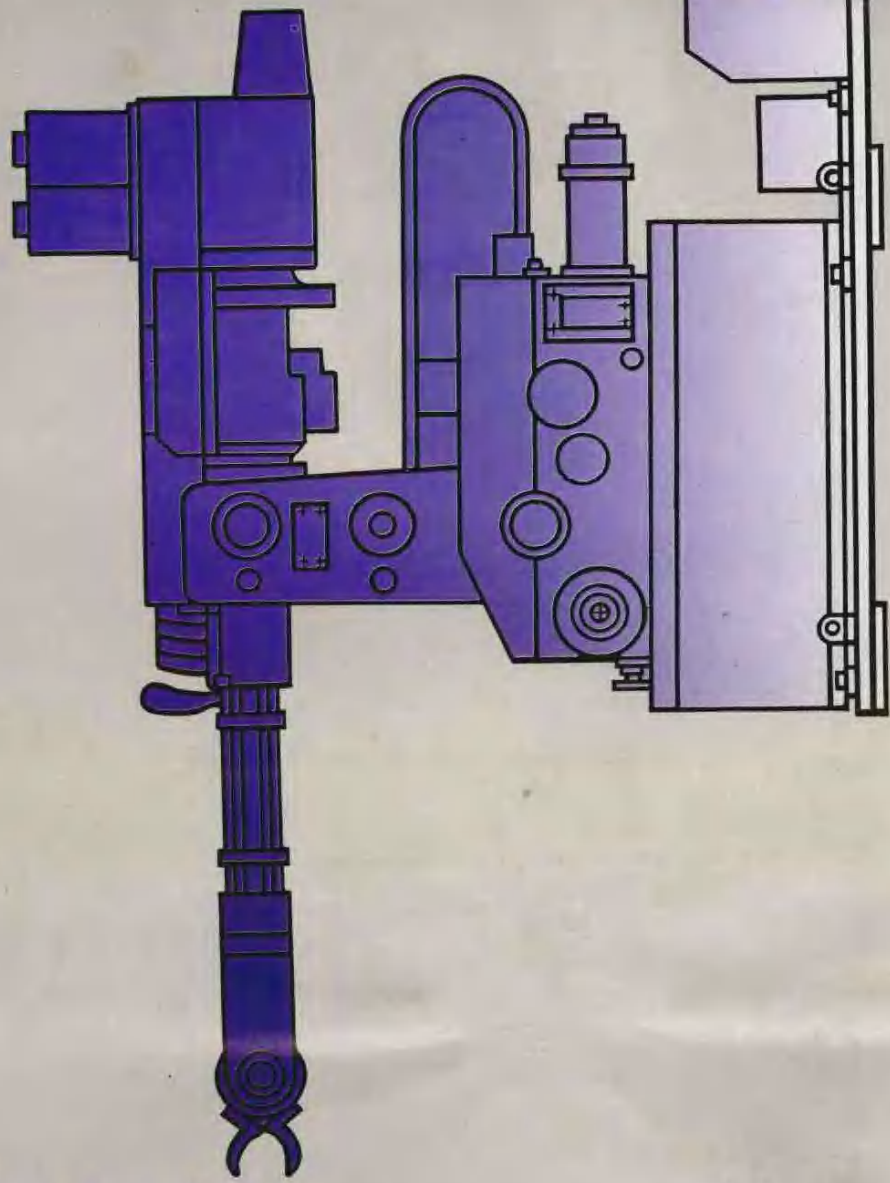
工业机器人 工业机器人 工业机器人 工业机器人 工业机器人 工业机器人 工业机器人 图册



冊

工业机器人 工业机器人 工业机器人 工业机器人 工业机器人 工业机器人 工业机器人 图册

〔俄〕 Ю. М. 索罗门采夫 主编



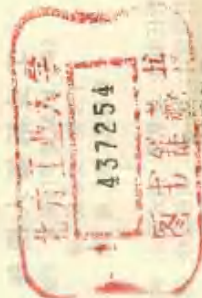
ISBN 7-111-03307-8/TH·367
定 价: 19.00 元

工业机器人图册

〔俄〕Ю.М.索罗门采夫 主编

干东英 安永辰 译

杨桂茂 张珣 校



Y0016094



机械工业出版社

(京) 新登字 054 号

内 容 简 介

本书以工程图册的形式, 介绍了前苏联广泛应用于机械装配及其它工艺过程的工业机器人。书中详细地介绍了各种工业机器人的结构原理、参数, 供设计人员参考。书中还给出了与工业机器人配套的关键零部件及标准模块产品系列简图和参考数据, 供设计工业机器人时选择。

本书可作为高等学校工科专业研究生或本科生的参考书, 也可作为从事机械工程自动化、机电一体化等工作的工程技术人员参考。

本书对从事研究、设计、制造专用经济型工业机器人的工程技术人员更是一本实用的工具书。

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

в машиностроении

альбом схем и чертежей

МАШИНОСТРОЕНИЕ

1987

工业机器人图册

[俄] Ю.М.索罗门采夫 主编

于东英 安永辰 译

杨桂茂 张 珣 校

责任编辑: 晏章华 版式设计: 冉晓华
封面设计: 姚 毅 责任校对: 陈 松
责任印制: 路 琳

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码: 100037

(北京市书刊出版业营业登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经营

开本 787×1092¹/₂·印张 19¹/₂·字数 547 千字

1993 年 5 月北京第 1 版·1993 年 5 月北京第 1 次印刷

印数 0 001—3 300·定价: 19.00 元

ISBN 7-111-03307-8 / TH · 367

译者的话

机器人技术,自60年代登上工业舞台以来,受到世界各国的重视,到70年代得到了很大的发展。目前,工业机器人在工业发达国家已经进入广泛应用阶段。工业机器人是综合利用多种学科的一种自动装置,它是工业自动化化的必然产物,反过来它又促进了工业自动化向更高阶段发展。采用工业机器人不仅能显著提高劳动生产率、使生产稳定和提高产品质量,而且还是原子能工业、国防工业、海洋工程、宇宙开发等必不可少的有力工具。

目前我国机器人技术正在兴起,“七五”期间已经取得了一些可喜的成果,工业机器人在生产线和工作站已经得到应用。

这本前苏联出版的“工业机器人图册”是目前唯一介绍各种经济型专用工业机器人模块化典型元、部件和整机结构设计的参考图册,是前苏联出版的最新的实用性的图册,它集中反映了前苏联在设计经济型工业机器人方面的最高水平。内容全面,深入浅出,通俗易懂,资料丰富,很有参考价值。我们相信,在我国工业机器人元部件正形成国产化的情况下,本书的出版将有助于培养企业科技人员、大专院校学生和研究生的,使其具有坚实的机器人设计基础,从而发挥其创造才能,促进机器人技术和国民经济的发展。这是译者的殷切期望。

由于译者水平所限,译稿中错误和不妥之处恳请读者批评指正。

译者
1991年7月

10023/01

在加速科技进步中,机械制造业的发展起着关键的作用,其任务是在工业生产中迅速将工艺装备的独立单元转变为自动化生产综合体(自动化工段,生产线和自动化车间),将来甚至实现自动化工厂。这种自动化生产最重要的特点是具有柔性,它能预料到,在节省劳力(或无人)情况下,根据工艺条件调整装备,以适应多种产品生产。

当代柔性自动化生产的建立和广泛应用,取决于作为科技进步的催化剂的机床制造、机器人技术、计算机技术、微电子技术、仪器制造等技术的加速发展。工业机器人是多品种经常更换产品的生产过程自动化的通用手段。在机械制造中,工业机器人既有效地用于柔性生产系统组成工艺装备的基本工序中,也有效地用于辅助操作中。工业机器人与传统自动化手段不同之处,首先在于它在各种生产功能上的通用性和重新调整的柔性。在柔性生产系统中,工业机器人广泛应用于数控机床、锻压机床、铸造机械和仓储设备上,以完成传送、装配和其它操作。工业机器人和基本工艺装备、辅助手段以及控制装置一起形成各种不同形式的机器人技术综合体——柔性生产系统基本结构模块。

为保证完成摆在机器制造业面前的新课题,必需在最短时期内培养出能研

制和操作近代柔性生产系统的熟练的工程技术人员。近年来,前苏联高等教育部和各行业部在一些重点高校中组织了以生产综合自动化为目标的专门人才的培养和再教育,它们是:机器人技术、基于微处理技术的自动学、机器系统自动化设计和基于电子计算机的信息测量系统。为了重新在高校组织专业,制订了新的教学大纲和计划的现代科学基础,按科技发展新方向出版了基础的专题论文和手册。

本书是关于用于机械装配和其它工艺过程自动化的工业机器人图册,给出了工业机器人原理图和外视图,并附有简略技术数据。图册中列出了在设计工业机器人时选择配套件必需的分类表和参考数据,并举出了现代工业机器人结构实例。

在编制图册过程中,机器制造各个行业中许多著名专家和获得劳动红旗勋章的莫斯科机床工具学院教师们参加了工作。

作者希望本图册能成为机械制造高等院校学生在完成课程设计和毕业设计以及进行教学研究工作时时的基本教学参考书,同时对于从事机器人技术和柔性生产系统的工程技术人员、高校和中等技术学校教师也有裨益。

在本机器人技术图册出版之际,作者首先向本书读者致以良好的祝愿,恳请读者提出宝贵意见。

技术科学博士、教授

Ю.М.索罗门采夫

绪论	1	4.1 工业机器人组合模块构成原则	66
1. 机械制造中工业机器人分类	2	4.2 具有液压和气动装置的工业机器人基本结构模块	67
1.1 工业机器人型号的基本技术参数和符号	2	4.3 РПМ-23 型模块结构的机电式工业机器人	68
1.2 工业机器人的型号尺寸系列	2	5. 机械制造中通用(多用途)工业机器人	83
1.3 按生产型式分类的工业机器人的特性	2	5.1 УНИВЕРСАЛ-5 型工业机器人	83
1.3.1 铸造生产中的工业机器人	2	5.2 УМ160Ф2 型工业机器人	84
1.3.2 锻压设备中的工业机器人	2	6. 专用工业机器人	95
1.3.3 金属切削机床用的工业机器人	3	6.1 冲压生产自动化用工业机器人	95
1.3.4 装配用工业机器人	3	6.1.1 ЦИКЛОН-5 型工业机器人	96
1.3.5 金属电镀车间设备用的工业机器人	3	6.1.2 РИТМ-01 型工业机器人	97
1.4 工业机器人的配置简图	3	6.1.3 РГШ-40 型工业机器人	98
2. 工业机器人典型结构元件和配套件	6	6.2 数控机床用的专用工业机器人	98
2.1 工业机器人的通用部件	6	6.2.1 М20П40.01 型工业机器人	99
2.2 工业机器人的典型机构	6	6.2.2 М10П62.01 型工业机器人	100
2.3 工业机器人的电驱动装置	8	6.3 机床用的标准化结构的专用工业机器人	100
2.4 工业机器人的液压与气动装置	10	6.3.1 М20Ц48.01 型工业机器人	100
2.5 工业机器人的夹持装置	13	6.3.2 М40П05.01 型工业机器人	102
3. 工业机器人控制装置	59	6.3.3 МА160П 型工业机器人	142
3.1 工业机器人控制系统分类	59	7. 机械制造中专用工业机器人和自动操作机	142
3.2 循环程序控制装置	59	7.1 电镀工段用的自动操作机	143
3.3 数字程序控制装置	60	7.2 自动化仓库和运输装置用的操作机——堆垛机	143
3.4 操作机运动构件的位置传感器和位移传感器	61	7.3 装配作业用的自动操作机和工业机器人	149
4. 机械制造中工业机器人组合模块构成系统	66	参考文献	

机器制造业的基本发展方向是既要增加产品数量、又要提高产品质量,同时还要降低成本。为此,既要改造现有的设备,采用新式设备,工艺过程的机械化、自动化手段,同时又要完善生产组织与管理。

建立和完善自动化手段的工作应从两个方面着手:一是建立已有的或目前正在使用的设备的自动化手段,以提高其效率;二是研制新型自动化成套设备,以提高生产率、可靠性、工作精度和操作自动化水平,必需有在经济上合算的快速调整的灵活性,以适应不断变化的生产条件。

自动化方式和水平取决于批量生产的形式和技术装备程度。

只有综合采用与建造加工设备、控制设备、辅助装置和机构,才能达到应用机器人技术的自自动化效果。为了单纯采用工业机器人而进行大规模的工艺组织措施是不合算的。只有在复杂机器人化系统中广泛应用机器人,才能在技术上、经济上和社会上被证明是合算的。与传统的自动化装备相比,应用工业机器人能保证技术与组织措施上有较大的柔性,缩短配套和柔性自动化系统投入生产的准备时间。例如,根据初步材料分析,使用工业机器人能保证在机床上自动装卸零件,可使工人看管机床从4台增加到8台,因此,应把工业机器人看作是保证看管多台机床的重要因素,也就是能节省劳动力。在保证设备两班、三班制工作情况下,看管多台机床可以达到最大的经济效益。

应用工业机器人产生的所有经济效益问题和社会观念密切相连。在各式各样的场合(特别是在危险的、对人的健康有害的劳动条件下)确定应用机器人的合理性时,首先要考虑人类的切身利益、人的安全 and 操作方便,还应考虑劳动者不断提高的普通教育水平和专业技术水平等因素。

工业机器人应把人类从完成机械重复的枯燥劳动中解放出来,以补充对简单劳动各种增长的需要。

应用工业机器人的基本前提是:

- 1) 减轻工人劳动强度,其最终目的是把工人从简单、重复而繁重的劳动中解放出来;
 - 2) 依靠工艺过程的集约化并保证两班、三班时设备正常工作,以提高劳动生产率和产品质量;
 - 3) 为生产组织中达到进一步质的飞跃并向全自动化柔性生产过渡创造条件。
- 在机器制造各个行业中为扩大工业机器人应用范围,在设计时需要解决以下基本问题:

1) 提高工艺灵活性,以便更好地满足实际使用条件; 2) 简化结构以降低制造和维护的成本。

在上述问题中,首先能解决的问题例如,建造工艺性能远远超过实际生产要求的通用工业机器人。通用性一般是通过操作机结构和控制装置复杂化来解决,这样就会使工业机器人价格昂贵。此外,机器人硬件结构的建造不可能最佳地满足各种应用条件,这就导致出现大量各种型号的工业机器人。

第二个要解决的问题是建造最大限度地满足预定工艺要求的专用和特殊工业机器人。但在各种情况下,由于工艺任务的多样性,就导致出现大量的工业机器人型号,这又将提高其制造和维护成本。

为克服上述矛盾,可以采用典型型独立结构的模块。构成组合式工业机器人,它可以单独使用或与其它型号机器人不同组合中使用。这种模块式工业机器人在工艺上具有最大的灵活性,同时由于其机械部分和控制装置元件的广泛标准化,组合模块式工业机器人的制造和维护成本也降低。

采用工业机器人组合模块式统一构成系统,其中包括操作机、夹持机构、程控和数控装置的标准块以及配套部件(电、液和气动装置、传感器与变换器和自动化装置),便有可能研制出机械制造中自动化手段的一般型谱。这种型谱的建造除基本工艺装备外,其中包括工业机器人、运输和装料装置、自动化仓库和其它辅助工艺装备,这有助于缩短设计、制造和采用各种柔性自动化生产系统(其中包括工段、生产线及将来在其基础上的自动化车间)的时间。

柔性自动化生产系统组合式构成的结构元件就是单个或几个设备单元(机床、压力机等)和工业机器人所组成的机器人技术综合体。

工业机器人技术综合体应满足以下要求: 1) 保证工艺的柔性,要适应生产条件的变化; 2) 在经常变换运输、装料和其它辅助装置的情况下,能使不同用途的装备进行对接; 3) 运行中工作效率和可靠性要高; 4) 预先考虑到进一步发展和完善的可能性。

建造统一型谱的机器人技术综合体和将这些综合体连接成辅助工艺自动化装置,在通常自动化生产情况下是进一步研制柔性生产系统的基础。如此建造、调整和推广这种按用途、组成和自动化水平来区分的柔性生产系统时,其工作量就可大大减少。

1. 机械制造中工业机器人分类

1.1 工业机器人型号的基本技术参数和符号

工业机器人的工艺可能性和结构决定于下列基本参数: 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 (ГОСТ25378—82)。

工业机器人的用途是以预先设定的应用范围和生产条件为前提的, 由它们来确定型号的技术特性中所列举的参数值。除定位误差外参数值均列在型谱表中, 并以相应的符号来表示工业机器人的型号。

当操作机采用多手臂和多夹持器时, 在指出总承载能力的同时, 还要指出一只手臂 (一个夹持器) 的承载能力。

机械制造中手工控工业机器人和操作机产品, 前苏联国家标准 ГОСТ25204—82 按承载能力 (kg) 规定以下系列:

- 1) 超轻型 (1.0kg 以下) —0.08; 0.16; 0.32; 0.63;
- 2) 轻型 (1.0kg 以上~10kg) —1.25; 2.5; 5.0; 10.0;
- 3) 中型 (10kg 以上~100kg) —20; 40; 80;
- 4) 重型 (100kg 以上~1000kg) —160; 250; 500; 1000;
- 5) 超重型 (1000kg 以上) —1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 5000; 7500; 10000;

工业机器人的承载能力系列是根据各部门工艺装备的基本组成和各种不同重量的加工零件分布情况的分析结果而制定的。

所编制的系列规定出每一型号尺寸的工业机器人最大承载能力的数值, 它保证在使用特性 (操作机工作机构的移动速度、手臂最大悬伸量、定位误差等) 的额定值下工作。

工业机器人型号采用以下字母和数字代号系统来表示:

- 1) 装备型式: M—操作机; KM—锻压操作机; JIM—铸造操作机;
- 2) 承载能力 (kg): 根据所采用系列的数值;
- 3) 程序控制系统型式: II—定位循环式 (具有有限的定位点数); II—定位数字式; K—轮廓式 (连续的); V—联合式 (通用的); 在表示由操作者控制的操作机时, 控制系统型式代号略去。
- 4) 配置简图—采用双位数 (00; 01; ...99);
- 5) 结构方案 (手臂数目、行程大小、附加机构等) —采用双位数 (00; 01; ...99);

为表示工业机器人组合模块式结构, 在装备型式代号 M 之后加上 A, 例如, 工业机器人承载能力 40kg, 点位控制系统, 圆柱坐标系 (配置型式 81 和结构方案 01), 其表示为 IIPM40П81.01。

1.2 工业机器人的型号尺寸系列

机械制造中机器人的分类包括那些用于看管基本工艺设备的辅助操作自动化的型号以及完

成装配操作的型号。

工业机器人型号尺寸系列规定了给定的基本参数及在一般机械制造中柔性生产单元、工段和流水线中正常工作工业机器人所必需的条件下的尺寸系列。

在工业机器人分类表中, 根据生产型式分为若干组: A—用于铸造机械; B—用于锻压机械; B—用于机床; Г—用于电镀生产线; Д—用于装配作业; 在工业机器人型号每一组里又按其承载能力递增次序排列。

第 4 页上给出了用于机床制造业的锻压设备上 (B 组) 和金属切削机床上 (B 组) 工作的工业机器人型号尺寸系列的实例。

1.3 按生产型式分类的工业机器人的特性

选择列入型谱表中的工业机器人型号时, 应以应用范围为基础, 并根据对所制造的零件结构工艺参数的装备组成分析结果来确定其技术特性, 同时还要对每一种生产型式所特有的功能进行分析。

工业机器人应该由型谱技术特性所规定的尺寸范围内的不同用途来组装配套装置。

工业机器人按其机械制造中的要求, 可分为以下工艺组:

- 1) 用于铸造生产;
- 2) 用于锻压生产;
- 3) 用于金属切削机床;
- 4) 用于金属电镀;
- 5) 用于装配作业;

1.3.1 铸造生产中的工业机器人

工业机器人在铸造生产中应用最广泛的领域是在压铸机上, 喷砂处理和喷丸清理上和铸件运输上。

工业机器人所完成的基本功能是: 从机器工作区域取出铸件, 依次将铸件移到检测位置, 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, 将泥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结构形式, 以防止周围介质的作用; 如控制柜、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等。

完善用于压铸机和热自动机的工业机器人应朝着增加运行的快速性和可靠性方向发展。可以预料, 简化结构的专用工业机器人的生产会增加, 同时建造组合模块原则的工业机器人结构也会得到发展。

1.3.2 锻压设备中的工业机器人

在锻压生产中应用的工业机器人, 其功能包括: 从规定位置夹持毛坯, 移到工作位置, 从一个位置转到另一个位置 (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。

锻压机用的工业机器人有: 1) 用于曲柄压力机、模压曲柄弯管机、螺旋压力机 (B1~B6 组); 2) 用于热模压力机 (B7~B8 组)。

1.3.3 金属切削机床用的工业机器人

在柔性生产单元、工段和生产线和制造中等批量和单件毛坯生产的自动化相结合时, 采用工业机器人是最有成效的。

工业机器人的基本功能是: 在机床工作空间内安装事先已定向的毛坯, 从机床上取下零件并放入包装箱 (贮料器) 中, 翻转零件 (必要时) 清洗零件和夹具的基准面, 发出工艺指令 (控制装置), 检测零件。由于采用辅助装置和机构 (坐标循环台、升、降平台等), 可以扩大工业机器人的功能。

新研制的工业机器人的特点在于其基本组合模块结构, 这样就能得到基本型号的变型结构。

1.3.4 装配用工业机器人

在装配生产中工业机器人既可为自动装配机服务, 又可直接用来完成装配作业 (如堆垛、拧螺丝、压配、铆接、弯形、卷边、胶合)。为实现工业机器人操作必须保证: 1) 在垂直方向上手臂应能作直线运动; 2) 结构沿垂直轴方向上要有足够高的刚度, 承受在装配方向上产生相当大的作用力; 3) 有补偿定位误差的可能性 (如依靠在垂直于装配基本方向的平面上结构的柔顺性); 4) 工作机构能作高速运动。

考虑到上述要求, 装配工业机器人合理的结构应是带有在水平面上铰接的工作手臂和具有垂直行程的工作机构。工业机器人的承载能力不超过 40kg, 此外, 装配工业机器人的特点是具

有很灵活的操作机和较大的工作空间以及相当紧凑的结构。

1.3.5 金属电镀车间设备用的工业机器人

在电镀槽上服务或完成涂装作业的工业机器人可用于工业各个领域内如电镀法、化学法和阳极机械法在零件上涂层。

这类工业机器人的发展方向是依靠提高操作机移动速度并研制电传动的结构来提高劳动生产率, 同时还要减少金属消耗量和所占的工作面积。

1.4 工业机器人的配置简图

工业机器人配置简图最好是按操作机所采用的位移坐标系来分类, 工业机器人配置简图的可方案示于第 5 页。

同一组操作机可能有不同的结构形式, 即有不同的配置简图, 并赋与不同的标号 (双数位)。标号第一个数代表组号。操作机型式由下列结构特征来决定: 机动性 (固定的和可动的), 支承系统的形式和结构 (门架式的, 落地式的, 轨道式的), 手臂数目 (单手臂、双手臂、多手臂), 手腕运动自由度, 夹持器的数目等等。

操作机合理配置和结构形式应根据工业机器人的用途和它与具体工艺装备配合的特点来选择。

机床制造中的工业机器人型号尺寸 (B 及 B 类)

在锻压设备上工作的工业机器人 (B 类)

分类号	工业机器人 人用途	型号	手臂承 载能力 (kg) ^①	结构形式	分类号	工业机器人 人用途	型号	手臂承 载能力 (kg)	结构形式	分类号	工业机器人 人用途	型号	手臂承 载能力 (kg)	结构形式
B1	在简单动作 的单轴自由 压力机上传递 半成品 (毛 坯) 的机器 人, 作用力 100kN	KM08 1142.11	0.08×1	带可伸缩性手和 提重悬臂, 双手落 地式结构形式	B1	在金属切削 机床工作的 工业机器人	M101162.01	10×1	工业机器人固定 于机床上	B7	在带有主 轴和垂直轴的 机床上工作的 工业机器人	M40T05.02	40×1 (有 两个夹持 器时 40× 2)	基本形式 (有 一个或两个夹持器结 构形式)
		KM063 1141.12	0.63×1	地式结构形式			M201140.01	20×1	落地式结构工业 机器人			M40T05.03	40×1 (有 两个夹持 器时 40× 2)	与 M40T05.02 相 同, 但没有带夹持 器的手腕旋转关节
B3	在板材冲压 机上装加毛坯 的工业机器人, 作用力 850kN	KM1.25 1142.16	0.63×2	带可伸缩性手和 提重悬臂, 双手落 地式结构形式	B3	在金属切削 机床工作的 工业机器人	M201140.01	20×1	工业机器人	B8	在 1020 Φ3C 19 及 16K20(T) 型车床上工作 的工业机器人	CM801148.15	40×2	置于轨道上的可 伸缩双手臂结构
		MA2.51142.01	1.25×2	带可伸缩性手和 提重机构, 双手落 地式结构形式			M201148.01	10×2	包括全套模块组 合件的基本形式			MA801149.01	40×2	置于轨道上的手 臂, 有几种不同修 动量的结构形式
B4	在压床上工 作的组合结构 工业机器人	MA2.51142.02	0.8×3	带可伸缩性手和 提重机构, 三手落 地式结构	B4	在金属切削 机床工作的 组合结构式工 业机器人	M201148.11	10×2	与 M201148.01 相 同, 但没有手腕旋 转	B9	当就加工工 轴时, 在其上 工作的工业机 器人	MA801148.01	40×2	基本形式
		MA2.51142.03	1.25×2	同 MA2.51142.01, 带有中间横确定 位			M201148.12	10×2	与 M201148.02 相 同, 但为单臂结构 形式			MA801125.01	40×2	基本形式, 没有 带旋转台的手臂 动关节
B5	在压床上工 作的组合结构 工业机器人	MA51142.01	2.5×2	同 MA2.51142.01	B5	在具有水平 主轴的金属切 削机床工作的 工业机器人	M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式	B10	当具有水平 主轴的机床加 工法兰盘等零 件时, 在其上 工作的组合结 构形式的工业 机器人	MA801101.01	40×2	MA801125 的基 本型式无旋转台
		MA51142.02	1.6×3	同 MA2.51142.02			M201148.02	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式			MA801125.05	40×2	落地、旋转、带 有可伸缩手和提升 机构的结构形式
B6	组合结构工 业机器人	MA51142.03	5.0×1	同 MA2.51142.03 但为单臂结构	B6	在具有水平 主轴的金属切 削机床工作的 工业机器人	M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式	B11	落地式组合 结构工业机器人	MA801140.01	40×2	置于轨道上, 带 有旋转结构的单手 臂结构
		MA101142.01	5.0×2	同 MA51142.01			M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式			YMI160Φ2.81.01	160×1	有旋转结构的单手 臂结构
B7	在压床上工 作, 作用力 10000~ 25000kN 装加毛坯的 工业机器人	KM101131.01	10×1	带可伸缩性手和 提重悬臂, 落地式 结构形式	B7	在具有水平 主轴的金属切 削机床工作的 工业机器人	M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式	B12	多用途工业 机器人	MA160T151.01	160×1	与 MA160T151.01 相同, 但没有手腕旋 转, 它具有手腕面 转动
		MA101142.02	3.2×3	同 MA51142.02			M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式			MA160T151.02	160×1	与 MA160T151.01 相同, 它具有手腕面 转动
B8	在压床上工 作, 作用力在 25000~65000 kN	KM401131.01	40×1	带可伸缩性手和 提重悬臂, 落地式 结构形式	B8	在具有水平 主轴的金属切 削机床工作的 工业机器人	M40T08.01	20×2	具有手臂垂直位 移的, 在轨道上 工作的, 双手结构形式 的, 双手结构形式	B13	多用途组合 结构工业机器人	CM40Φ2.80.01	40×1	与 M40T08.01 相 同, 它具有有杆杆 式双连杆的手臂
							CM40Φ2.80.01	40×1	与 M40T08.01 相 同, 它具有有杆杆 式双连杆的手臂					

在金属切削机床上工作的工业机器人 (B 类)

分类号	工业机器人 人用途	型号	手臂承 载能力 (kg)	结构形式	分类号	工业机器人 人用途	型号	手臂承 载能力 (kg)	结构形式	分类号	工业机器人 人用途	型号	手臂承 载能力 (kg)	结构形式
B1	在简单动作 的单轴自由 压力机上传递 半成品 (毛 坯) 的机器 人, 作用力 100kN	KM08 1142.11	0.08×1	带可伸缩性手和 提重悬臂, 双手落 地式结构形式	B1	在金属切削 机床工作的 工业机器人	M101162.01	10×1	工业机器人固定 于机床上	B7	在带有主 轴和垂直轴的 机床上工作的 工业机器人	M40T05.02	40×1 (有 两个夹持 器时 40× 2)	基本形式 (有 一个或两个夹持器结 构形式)
		KM063 1141.12	0.63×1	地式结构形式			M201140.01	20×1	落地式结构工业 机器人			M40T05.03	40×1 (有 两个夹持 器时 40× 2)	与 M40T05.02 相 同, 但没有带夹持 器的手腕旋转关节
B3	在板材冲压 机上装加毛坯 的工业机器人, 作用力 850kN	KM1.25 1142.16	0.63×2	带可伸缩性手和 提重悬臂, 双手落 地式结构形式	B3	在金属切削 机床工作的 工业机器人	M201140.01	20×1	工业机器人	B8	在 1020 Φ3C 19 及 16K20(T) 型车床上工作 的工业机器人	CM801148.15	40×2	置于轨道上的可 伸缩双手臂结构
		MA2.51142.01	1.25×2	带可伸缩性手和 提重机构, 双手落 地式结构形式			M201148.01	10×2	包括全套模块组 合件的基本形式			MA801149.01	40×2	置于轨道上的手 臂, 有几种不同修 动量的结构形式
B4	在压床上工 作的组合结构 工业机器人	MA2.51142.02	0.8×3	带可伸缩性手和 提重机构, 三手落 地式结构	B4	在金属切削 机床工作的 组合结构式工 业机器人	M201148.11	10×2	与 M201148.01 相 同, 但没有手腕旋 转	B9	当就加工工 轴时, 在其上 工作的工业机 器人	MA801148.01	40×2	基本形式
		MA2.51142.03	1.25×2	同 MA2.51142.01, 带有中间横确定 位			M201148.12	10×2	与 M201148.02 相 同, 但为单臂结构 形式			MA801125.01	40×2	基本形式, 没有 带旋转台的手臂 动关节
B5	在压床上工 作的组合结构 工业机器人	MA51142.01	2.5×2	同 MA2.51142.01	B5	在具有水平 主轴的金属切 削机床工作的 工业机器人	M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式	B10	当具有水平 主轴的机床加 工法兰盘等零 件时, 在其上 工作的组合结 构形式的工业 机器人	MA801101.01	40×2	MA801125 的基 本型式无旋转台
		MA51142.02	1.6×3	同 MA2.51142.02			M201148.02	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式			MA801125.05	40×2	落地、旋转、带 有可伸缩手和提升 机构的结构形式
B6	组合结构工 业机器人	MA51142.03	5.0×1	同 MA2.51142.03 但为单臂结构	B6	在具有水平 主轴的金属切 削机床工作的 工业机器人	M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式	B11	落地式组合 结构工业机器人	MA801140.01	40×2	置于轨道上, 带 有旋转结构的单手 臂结构
		MA101142.01	5.0×2	同 MA51142.01			M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式			YMI160Φ2.81.01	160×1	有旋转结构的单手 臂结构
B7	在压床上工 作, 作用力 10000~ 25000kN 装加毛坯的 工业机器人	KM101131.01	10×1	带可伸缩性手和 提重悬臂, 落地式 结构形式	B7	在具有水平 主轴的金属切 削机床工作的 工业机器人	M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式	B12	多用途工业 机器人	MA160T151.01	160×1	与 MA160T151.01 相同, 但没有手腕旋 转, 它具有手腕面 转动
		MA101142.02	3.2×3	同 MA51142.02			M201148.01	10×2	与 M201148.01 相 同, 但为单臂结构 形式			MA160T151.02	160×1	与 MA160T151.01 相同, 它具有手腕面 转动
B8	在压床上工 作, 作用力在 25000~65000 kN	KM401131.01	40×1	带可伸缩性手和 提重悬臂, 落地式 结构形式	B8	在具有水平 主轴的金属切 削机床工作的 工业机器人	M40T08.01	20×2	具有手臂垂直位 移的, 在轨道上 工作的, 双手结构形式 的, 双手结构形式	B13	多用途组合 结构工业机器人	CM40Φ2.80.01	40×1	与 M40T08.01 相 同, 它具有有杆杆 式双连杆的手臂
							CM40Φ2.80.01	40×1	与 M40T08.01 相 同, 它具有有杆杆 式双连杆的手臂					

工业机器人系列

4

① 乘号后的数字表示手的个数, 后同。

构 成 简 图

操作机手部分运动坐标系		工作范围	分类符号 (结构形式)	构成简图及其符号					
直角坐标系	平面的		1 (01 - 09)						
	空间的		2 (20 - 29)						
	平面的		3 (30 - 39)						
极坐标系	柱形的		4 和 5 (40 - 59)						
	球面的		6 和 7 (60 - 79)						
	柱形的		8 (80 - 89)						
复杂极坐标系	球面的		9 (90 - 99)						
	柱形的								

符 号 意 义

- L—手臂水平位移;
- H—手臂垂直位移;
- L₁—操作机机体 (小手、横板) 的水平位移;
- H₁—手腕线位置;
- φ —操作机转角;
- φ_1, φ_2 —手臂连杆回转角;
- α —手腕回转角;
- β, β_1 —手腕摆动角.

2. 工业机器人典型结构元件和配套件

2.1 工业机器人的通用部件

工业机器人的典型机构有: 减速器(普通齿轮的, 行星齿轮的, 谐波传动的); 牵引装置(齿轮—齿条的、滚珠丝杠的); 执行机构直线移动和回转的导轨与滚动支承; 联轴器与制动器; 平衡机构(如弹簧式的); 具有传递功率到闭流的差动齿轮机构; 夹持装置。

工业机器人操作机结构的重要元件就是执行机构的导轨与支承, 如回转立柱、直线移动小车、摆动手臂等等。

采用专门结构的深沟、角接触球和推力球轴承和滚子轴承作为执行机构回转运动的支承。

采用各种结构的球和滚子导轨以保证线位移。

在第16页表1中给出了带循环滚子(图1) P88系列(坦克型)滚子支承的技术数据。这种滚动支承可用于操作机执行机构的直线位移导轨上, 它具有较高的接触刚度、耐久性、低摩擦系数和较高的位移精度。

在第16页表2中给出了统一标准化系列(图2)滚子支承(坦克型)的技术数据。这种支承是用防护罩封闭起来, 防护罩上有润滑油孔和清除导轨中污物的刮板。

在第16页表3中给出了带滚珠的固定托架轨道式滚动导轨的技术数据。这种型式的导轨的结构特点是滚珠与具有特殊纵向槽的固定轨道间是线接触, 同时能产生预紧力。这样就大大增加了作用在导轨上的许可载荷, 与一般类似结构的滚珠支承相比, 增大了耐久性。棱柱形导轨能承受任意形式的载荷: 垂直的、水平横向的、弯曲的和扭转的。

在第16页表4中给出了带滚珠轴套式线性滚动导轨的基本尺寸和技术特性(图4)。导轨滑杆为圆柱形截面并带有纵向槽, 滚珠可在槽中滚动。安装滚珠时相对于轴套加有预紧力。在导轨滑杆运动时为使滚珠返回, 在轴套体上开槽。

在第17页中给出了滚动导轨的尺寸和技术特性。

在第17页表1中给出了H系列滚珠轴套式直线滚动导轨(图1)的技术数据。其结构特点是做成三齿花键轴形式导轨滑杆的特殊断面。在运动轴套壳体上带有滚珠返回槽, 它具有柱形带键的和柱形带法兰的两种型式。

在图2中给出其结构, 在第17页表2中给出了一般结构形式直线滚动导轨的尺寸。导轨中采用了带有滚珠返回槽衬套的滚珠轴套。

在表3中给出了G-5108J系列滚珠轴套(图3)的型号和尺寸。这种系列轴套壳体的衬套带有滚珠返回槽, 而运动轴套的内孔是带有特殊断面。

在第17页图2和图3上给出了带滚珠轴套的滚动导轨的结构, 它与第16页图4和第17页图1不同, 它只能承受径向载荷。

在第17页图4和表4中给出了螺母壳体不同形式的滚动丝杠—螺母传动机构的技术数据。传动中的预紧力依靠两个半螺母来保证, 它们之间相对角位置是在装配时调整和固定的。这种结构的缺点是轴向尺寸大, 螺母的轴向移动速度受到限制, 这是因为在给定的螺纹直径, 其螺距数值小。

在第17页图5和表5中给出了滚动丝杠—螺母传动的结构、尺寸和负载特性。这种传动做成双头大螺距的形式。这样就可保证操作机执行机构达到高速度的轴向运动。由于采用特殊拱形截面的螺纹, 就能在靠单个螺母传动时保证必需的预紧力。在螺母壳体上开有滚珠返回槽, 这种结构与第17页表4中给出的传动装置相比, 轴向尺寸要小。

在第18页表1和图1中给出了带薄壁筒形柔轮的谐波齿轮传动通用系列的主要参数和尺寸。

在第18页图2和表3中给出了带环形柔轮的差动谐波齿轮传动的结构和主要尺寸以及确定输出轴旋转频率的计算关系式。图示的差动谐波齿轮传动通用系列规定用在操作机杆件传动机构中(如在两自由度工业机器人手腕定向运动的驱动减速器中)。

在第18页图3、表4和表5中给出了带环形柔轮的谐波齿轮传动通用系列的结构和技术数据。环形柔轮的谐波齿轮传动与筒形柔轮的谐波齿轮传动不同之处在于同一传动比条件下有较小的轴向尺寸。

在第18页表6中给出了齿形联轴器(见图4)的技术数据。

在第18页图5中给出了用于工业机器人驱动装置中的伸缩筒式联轴器的结构。

在第18页图6中给出了应用永久磁铁1(结构形式1)或弹簧2(结构形式2)锁紧的电磁制动联轴器。分离联轴器靠接通电磁铁3来实现。在成套电驱动装置中电磁制动联轴器直接装在电动机上。

2.2 工业机器人的典型机构

在第19页中给出了带机电驱动装置的УНИВЕРСАЛ-5型工业机器人操作机回转机构。固定在基座2上的固定支承1是机构的基础, 法兰5相对于角接触球轴承的轴3旋转, 轴承4的预紧力靠螺母与球形垫圈6来实现。法兰5附加支撑在固定支承1孔中的推力轴承7上。为了使轴承4和7能防尘和污垢, 在支承1上装有护板8和9。

装有减速器11的平台10与法兰5固接, 驱动装置机构的结构有直流电动机12, 测速发电机13, 角位置传感器14, 它们彼此相互与减速器11的齿轮传动相连接。这与第35页给出的结构类似。减速器输出轴16上小齿轮15与固装在支承1法兰上齿轮17相啮合。这样, 当电动机12的轴旋转时, 整个驱动装置机构带平台10一起相对于轴3旋转。其旋转运动由带有橡胶阻尼器19的挡块18所限定。

在法兰5上用螺钉和销子固接如操作机的手臂(图上未表示)。通过装在平台10上带有电接头头的配电板20和管接头21来实现手臂的电气线路和气压管路联接。向操作机上引入的外部电缆和输气软管用固定在座板2外壳上的电接头22和管接头来接线。

在第20页上给出了УНИВЕРСАЛ-5型工业机器人操作机电驱动提升机构的结构。

操作机手臂(图上未表示)用铰链2和3固定在缩减架上的平台1上。

缩减架本身是一种空间机构, 其杆件在中点相互铰接。铰链联接就是装在滚动轴承4上的轴5和刚性固接在轴承上的杠杆3相联接。轴承4装在固接杠杆2上孔中的轴套上。

杆件2的下铰链装在托架6上,而上铰链装在托架7上。托架6在滚动支承8上沿导轨9移动,导轨9则放在提升机构的基座10上。

托架6的移动采用机电式驱动装置,由直流电动机11通过固定在托架上的滚珠螺母13传递运动、用电磁制动器14将托架6固定在指定位置上,由测速发电机15检测托架的移动速度,而托架的位置由齿轮传动16与传动丝杠12相连的编码器来检测。

托架7在滚子17上沿着平台1上导轨18移动,在托架7上有轴颈19,杆件3装在该轴颈的轴承上。

当托架6沿导轨9运动时,杆件2和3相对于轴5作回转,而托架7则沿导轨18移动。此时,平台1在垂直方向上完成平移运动。为了平衡平台把钢丝绳20固定在杆件3上,并将它缠绕在杆件3上的绳轮21上,而钢丝绳的另一端则与弹簧23连接。

在第21页上给出了带有齿轮—蜗轮减速器的 УНИВЕРСАЛ-5 型工业机器人操作机手臂回转机构的结构。

操作机手臂用导轨和螺栓固定在转台1上(图中未表示),由直流电动机2通过齿轮和蜗轮减速器驱动转台的转动。齿轮减速器包括:由联轴器4与电动机转子相连的齿轮轴3以及安装在蜗杆7轴上的齿轮6相啮合的齿轮5。测速发电机8用联轴器9与蜗杆轴同轴相连。

在基座10上安装电动机、齿轮减速器和测速发电机。蜗轮减速器箱体11用紧定螺栓固定在基座上。

为消除传动中的间隙,将蜗轮12做成剖分式的:下半部分套在轴13的花键上,而上半部分则装在下部的轮毂上,用偏心14使蜗轮上、下两部分彼此相对转动进行调整间隙。调整好要求的侧隙(0.02~0.05mm)以后,蜗轮的两部分用螺钉15锁紧。

角位置传感器16 (ПНМЛ-М型电位器) 固定在机体11的支架上,它是由在转台上外面的齿圈与小齿轮17所带动。

在第22页给出了带谐波齿轮减速器的操作机手臂回转机构的类似结构。

直流电动机1装在齿轮减速器箱体2的支架上,并用联轴器3连到输入齿轮轴4上。此外,减速器的输入轴通过齿形带传动5与测速发电机6相连,而测速发电机用托架固联在回转机构机体7上。

减速器的齿轮8固定在轴9上,在轴的前端装有减速器的发生器10,而后端做成小齿轮,使其与角位置编码器12的传动齿轮11啮合。为消除传动中的间隙,将齿轮11做成剖分式的。

谐波齿轮传动的刚轮13固定在箱体14的内孔中,薄壁筒形柔轮15装在减速器输出齿轮轴16的花键轴套上,带锥齿轮的齿轮轴16在箱体7内孔中轴套上旋转,并与轴18上花键轴套上的锥齿轮17啮合。轴18通过法兰与带垂直旋转轴的平台19固接。操作机手臂通过导向板和螺钉固定在转台上。转台转动的极限角由刚性挡块20和橡胶缓冲器21来限定。

在第23页上给出了 ПП-4 操作机手臂机构的结构和运动简图。这种操作机的突出特点是具有两构件组成的铰链杆式手臂。在基座2机体的立柱1上轴承座3中安装手臂的肩(垂直的)杆件的焊接壳体4,臂杆通过曲柄连杆机构驱动(见运动简图)相对于轴承的轴旋转。机电式手臂件驱动装置包括:直流电动机、谐波齿轮减速器7、位置传感器和测速发电机。驱动装置机构的结构示于第20页。在垂直杆件的驱动装置减速器的输出轴上装有曲柄盘(在第20页未表示)。当电动机 M_1 转动时,它通过连杆5使手臂垂直杆件4作摆动运动 B_1 。

由电动机 M_2 驱动将 B_2 运动传到水平杆件13上是由曲柄6、连杆5和Γ形杆件8组成的连杆机构来实现。Γ形杆件8装在垂直杆件4的回转轴线上的轴承中。另一杆件8与拉杆9铰接,

又逐次地用较链10与手臂的水平杆13相连。

传给手腕机构的运动(摆动 B_3 和回转 B_4)是通过链传动11、12和14、15分两路来实现的:一路是由电动机 M_3 和 M_4 驱动谐波齿轮减速器输出轴上的链轮18、19,相应地带动水平杆回转轴上的链轮20、21;另一路由链轮20、21带动手腕机构链轮22、23(运动 B_3 和 B_4 由传动比 $u=2$ 的锥齿轮16来实现),链条由拉紧螺钉24来张紧。

在手腕输出轴17上固定法兰25,用以连接夹持装置(在第23页上未表示)。压缩空气通过拧入法兰的管接头26传到夹持器的气压驱动装置中。

在第24页给出了 ПГШ-40 工业机器人操作机手臂直线垂直移动用齿轮减速器机构的结构。在第35页上给出了托架垂直移动电驱动机构。

驱动装置机构的输出轴通过联轴器与齿轮轴1相连,而齿轮轴装在剖分式铸造壳体3的轴承2上。齿轮1和齿轮4与5相啮合(传动比 $u=6$)。齿轮4装在齿条啮合的齿轮6的一根轴上,而齿轮5用扭杆8与齿条啮合的齿轮7相连。当螺母9旋转时,带动有压人销钉11的套筒10沿齿轮7的螺旋槽移动而扭转扭杆8。这时运动链由小齿轮1、齿轮5、扭杆8、小齿轮7、提升机构的齿条(图中未表示)、齿轮组件6和4串联而成。由于转矩的作用方向相反,齿轮6、7和齿轮5、4处于封闭加载状态。这样就保证在传动装置运动链中间隙的调整。

在第24页图2中给出了由差动减速器将扭矩传到手腕机构和由执行机构将反倾力矩传到驱动装置中的行星齿轮减速器的结构。

行星减速器用法兰固定到差动减速器的箱体上。在转筒箱体1上固定安装内齿轮2和3以及外齿轮18。在箱体1孔中轴套上装有小齿轮同轴的转臂4、5和6。在每个转臂轴的滚针轴承上各装三个行星轮7、8和9。在转臂一齿轮10内拧有被螺母12和13背紧的左旋螺纹的轴套11,轴套11的旋转使扭杆14转动,其另一端固接在差动减速器输出轴的方孔中。滚珠联轴器的套筒15与转臂6的齿轮啮合,由六角轴17来传递扭矩。滚珠16是沿着轴17所有6个面上均匀分布接触,并在套筒15的轴瓦内环形槽中滚动。

行星轮7和8与差动减速器输出轴上的齿轮啮合(见第26页位置14和15)。于是转臂4和5(第24页)得到转动后,再由中间齿轮19传到相应的手腕机构上去。

六角轴17的转动来自手腕机构,这个转动通过滚珠联轴器传到转臂6的齿轮上,然后经行星轮9传到齿轮轴10,并传到事先扭紧的扭杆14上,而扭杆14与差动减速器的轴相连(第26页位置16),这样就实现了手腕机构驱动装置运动链的封闭。在运动中,机构的所有齿轮由于有扭杆14事先扭紧力矩而互相靠紧(第24页)。

在第25页中给出了 PTIM-25 型工业机器人操作机杆件回转运动驱动装置机构的结构。机构中采用组合式蜗轮—齿轮减速器。

减速器第一级采用蜗杆传动,保证大的传动比和电动机在高转速下工作时无噪声,用波纹管联轴器将电动机1与蜗杆3的轴相连。蜗杆的另一端通过联轴器4带动测速发电机5。此外,蜗杆传动具有自锁性,能可靠地给定减速器输出轴的位置。

减速器第二级采用圆柱齿轮传动,是依靠两个运动链形成的能量流封闭原理实现无间隙传动。平行工作的齿轮传动有与蜗轮6轮啮合同轴的齿轮7以及齿轮8和9。齿轮8直接固定在输出轴10上;在轴10的花键轴端装有齿轮11,而齿轮9通过扭杆13与齿轮12相连。扭杆的一端刚性紧固在轴14的孔中。另一端则装有带螺纹的套筒15和螺母16,螺母把齿轮12轮毂上带螺纹的薄壁环压在套筒15的外表面上。

安装减速器时,由于螺母16的逐次扭紧,扭杆13产生扭紧,这样,当齿轮11和12与转台(在第25页未表示)的齿圈17啮合时,则产生扭矩,以保障消除减速器中齿轮传动的间隙。

УНИВЕРСАЛ-15 型工业机器人手腕回转和摆动装置机构包括差动齿轮和行星减速器。

在第 26 页给出了差动齿轮减速器的结构。

这是从两个液压马达传来的扭矩按并行运动链分别传到具有两个自由度手腕驱动装置机构中行星齿轮减速器的输入轴上。

差动减速器机构安装在带水平接合面的铝制箱体 1 中。两个液压马达 2 和 3 固定在箱体上,且通过联轴器 4 和 5 与装在轴承上的锥齿轮差速器相连。转臂 6 和 7 装在滚针轴承上的中心锥齿轮 8、9 和 10、17 的里面。行星轮 12 和 13 分别套在转臂 6 和 7 的轴承上。在转臂轴端花键上装有齿轮 14 和 15,用以驱动行星齿轮减速器输入轴的运动。

装有齿轮 17 和 18 的轴 16 安装在箱体 1 中轴承上,双联齿轮 19 装在轴 16 上,在轴 16 的前端有方孔,用来扭转行星齿轮传动轴,以消除运动链中的间隙。

差速器之间的连接通过齿轮传动,其中包括:与中心齿轮 9 和 10 同轴的小齿轮、双联齿轮 19,与中心齿轮 8 和 11 同轴的小齿轮以及轴 16 上的齿轮 17 和 18。

为实现手腕的转动,从液压马达 2 按两条路线传递运动:1) 中心齿轮 8→行星轮 12→转臂 6→小齿轮 14; 2) 中心齿轮 8 上的小齿轮→齿轮 18 和 17→中间轮→中心轮 11 上的小齿轮→行星轮 13→转臂 7→小齿轮 15,这时齿轮 14 和 15 以相同的速度旋转。

当手腕摆动时,从液压马达 3 也按两条路线传递运动:1) 中心齿轮 10→行星轮 13→转臂 7→小齿轮 15; 2) 中心齿轮 10 上的小齿轮→双联齿轮 19→中心齿轮 9 上的小齿轮→行星轮 12→转臂 6→小齿轮 14,这时齿轮 14 和 15 以相同速度不同方向旋转。

扭杆 16 通过齿轮 17、18 和在中心齿轮 8、11 上的齿轮同时与液压马达 2 和 3 相连,从而实现了由手腕执行机构到驱动装置的扭矩反馈。

每一个自由度的位置反馈由电位器 20 来实现。电位器装在箱体 1 上面,电位器的传动是通轴 4 和 5 上的齿圈及 21/22 和 23/24 传动的两级减速器来实现,采用剖分式有弹性作用的齿轮 22 和 24 来消除减速器中的间隙。

操作机回转驱动装置机构(第 27 页图 1)布置在基座 2 上的箱体 1 中。具有环形槽(在回转角度范围内)的转台 5 安装在相接轴轴承形式的滚动支承 3 和轴承 4 上。转台内装有带电位器角位置传感器 7 的壳体 6,而传感器轴用联轴器 8 与壳体 6 轴承上的轴 9 相连,而轴 9 的自由端固定有带轮 10,它通过齿形带 11 与带轮 12 相连,此带轮与谐波齿轮减速器输出轴 13 上的平台 5 刚性连接在一起。

带盘形印刷电枢和内装测速发电机 15 的直流电动机 14 的法兰固定在箱体 1 上。电动机轴用键与轴 16 相连,它相对于箱体 1 在轴承上旋转。波发生器凸轮 18 与轴 16 用补偿式凸轮联轴器 17 相连,在波发生器凸轮 18 上套装有沿柔轮 20 内孔滚动的柔性轴承 19。柔轮在最大径向变形区域内与固定在箱体 1 上的刚轮 21 啮合。柔轮 20 做成薄壁筒形,并用法兰与减速器输出轴 13 刚性连接,以便在电动机 14 的轴旋转时带动其转动。

在第 27 页图 2 上给出了工业机器人操作机手腕驱动装置机构中谐波齿轮减速器的各种结构形式。

图 2a 给出了手腕转动驱动装置机构的结构。其特点是电动机 1、谐波齿轮减速器 2 和电磁制动器 3 直接与操作机手臂杆件用软链连接。

驱动电动机 1 固定在手臂的叉形壳体 4 的法兰上,其转子与波发生器 6 的轴固接。在轴 5 另一端花键上安装电磁制动器 3 的摩擦片 7,该制动器也固定在壳体 4 上。

手腕壳体 8 用法兰相对于壳体 4 活动地装在轴承 9 和 10 上。带内齿圈的刚轮 11 与壳体 8 相连,柔轮 2 固接在手臂壳体 4 上。通过十字形凸轮联轴器 14 将套接柔性轴承 12 上的波发生器 6

与驱动轴 5 上套筒 13 的法兰相连接。

图 2a 给出了操作机手腕回转驱动装置机构中谐波齿轮减速器。它有两个带内齿圈的刚轮 1 和 2,它们同时与自由套接的薄壁筒形壳体的宽柔轮 4 和 5 形成两个工作段,这两个柔性轴承都压入一个公共椭圆形凸轮 6 上。波发生器的空心轴 7 装在轴承 8 上,并由电动机(图 2a 未表示)通过齿形带的带轮 9 获得转动,而电动机则装在手臂壳体 10 上。轮 1 和带环形导轨的法兰 11 与壳体 10 刚性连接。用来固定手腕 13 的法兰 15 壳体 14 在专用滚针轴承 12 上相对法兰 11 转动,而壳体 14 与谐波齿轮传动的轮 2 刚性连接。

在轴 7 和法兰 15 的内孔中的滚针轴承上安装传动带轮 17 的轴 16,用于手腕第二个自由度的传动(图中未表示)。

在图 2a 给出的结构与图 2a 给出的相似,此处柔轮 1 固定在输出轴 2 上。

在图 2b 给出了操作机手腕回转驱动装置机构,该机构直接安装在手臂壳体 3 的轴颈 1 和 2 上。电源马达 4 与波发生器 6 的轴承 5 刚性连接,它与图 1 给出的结构类似。这个带键轴承套将电磁制动器 7 的轴连接到手臂轴颈 2 上。柔轮 8 通过其法兰固定在轴颈 1 上,并且与手腕壳体 12 刚性连接的齿轮 9 在最大变形区内啮合。

当马达 4 的轴转动时,齿轮 9 转动,同时又沿柔轮 8 以较大的传动比滚动。手腕壳体 12 在角接触球轴承 10 和 11 上与齿轮 9 一起旋转。

2.3 工业机器人的电驱动装置

工业机器人的电驱动装置按技术特性来说,有各式各样的,它与所采用的电动机有关。所采用的电动机有:1) 直流电动机,其中包括小惯量的(磁形的、平滑的或空心筒形的转子),大力矩永磁刷磁的,整流器的或组合式的,步进式的和连续控制的;2) 交流电动机(异步的,带宽式转子)和频率控制的或频率—电流控制的,带相位转子的和由定子和转子组合控制的、异步线性的;3) 步进电动机(动力式回转运动的、线性单坐标和多坐标的、平面式的);4) 内装行星或谐波减速器的、以可测电动机为基础的机电式的;5) 电磁线性的。

在工业机器人中广泛应用的是直流成套可调的和直流随动电驱动装置,其中包括:电动机、变换器(晶体管的、晶闸管的)、变换器控制装置、电源电力变压器、电枢电路的扼流线圈,还有内装测速发电机、位移传感器(在随动可调装置中)和电磁制动器。

在第 28 页表 1 中给出了工业中最常用的直流和交流可测电驱动装置的技术特性。工业机器人执行机构的电驱动装置必须满足:1) 启动时在所确定的最大加速度情况下的快速动作;2) 在过渡工作状态下有较大电流(或力矩)的过载能力;3) 能在机械特性的所有四个象限内工作;4) 有较大功率系数的高能量指标,即传动功率与电动机重量之比;5) 调节速度范围大。

近代直流电驱动装置中,小惯量电动机和永磁励磁大力矩电动机都能最大限度地符合这些要求。一般用电压在 $\pm 10V$ 范围内变化的模拟信号或由程序控制装置中形成的脉冲信号实现传动中的调节。

在第 28 页表 2 和表 3 中给出了 ПБВ 系列直流大力矩电动机的技术特性。外形尺寸和接口尺寸(图 1)。

这些电动机的惯性矩比一般绕组励磁电动机小 5~6 倍,而直径小 1.5 倍。该电动机具有较大的电流(扭矩)的过载能力、力矩 8~16 倍。但这种系列电动机是低速电动机,可用于操作机执行机构运行速度不高的情况下。

在表 4 中给出了 3SHAT-A 系列直流大力矩电动机的技术数据(图 2),它们具有较高的额

定转速和最大转速。电动机有三种型式: S—短型的、M—中型的、L—长型的。

在第28页表5和第29页表1中给出了 ПСПТ 系列小功率直流电动机的技术参数(图3)和 МИ 系列小直径、平滑电枢电动机的技术参数(第29页图1)。这类电动机能保证有较高的过载能力,由于采用无槽平滑筒形的配机,是用一种特殊方法将绕组胶接在筒的表面上。这类电动机的动态性能大约与中等压力(4~6MPa)工作的高速液压马达相当。

在第29页中给出了带磁形电枢 ДПУ 系列(第29页图2)直流小功率电动机的技术参数。

在第29页表3中给出了 ДКІ 系列(图3)普通带槽电枢、集电环和永磁式小功率直流电动机的技术特性。外形尺寸和接口尺寸。这种电动机是低速电动机,内装配套的位移传感器和电磁制动器。

在表4中给出了带磁形印刷电枢 ПЯ 系列(图4)高速小功率直流电动机的技术参数。这种小功率电动机广泛应用于负载力矩较小的操作机杆件的驱动装置中。

在第30页表1中给出了带空心电枢和永磁式的 ДП 系列(第30页图1)小功率直流电动机的技术参数。

在第30页表2和表3中给出了小型高速工业机器人常用的 СЛ 系列(图2)和 ДПР 系列(图3)高速直流微型电动机的技术参数。但它们也可用来作为不同型号尺寸可调驱动装置的测速发电机。

在第30页表4中给出了在三相定子绕组中通过变频和改变电流值调节转速的 4A 系列特殊形式的异步电动机(图4)的技术数据。这种电动机是在工业机器人驱动装置中比较应用前途的一种调速电动机。它具有价格便宜、惯量小和良好的动态性能等特点。但这种电动机转速低,这是由 РАЗМЕР-2M 型电动机驱动装置的技术特性所决定的。

在第31页图1、表1中给出了 ЭМП 系列往复运动大力矩电动机,这是带空心筒形电枢和径向排列永磁式多极感应线圈的直流电动机。该机构有三种型式:普通型(带旋转空心电枢的)、转换型(带旋转感应线圈的)和非接触型(带旋转感应线圈无集电环的)。在结构上涂漆螺母与旋转电枢或感应线圈相连。当转子旋转时,螺母驱动滚珠丝杠,电动机内装测速发电机、位移传感器(带传动机构)和电磁制动器。

在工业机器人驱动装置中应用较广的是步进电动机。它具有动作迅速、调速范围大、位移精度高和控制简单等特点。

在第31页表2中给出了 ДРШ 和 ШЛ-5 系列的步进电动机技术参数(图2)。它们与液压扭矩放大器一起在电液驱动装置中作为伺服电动机使用(见2.4节)。在小型工业机器人中不可以不要液压扭矩放大器而直接使用步进电动机。

在第32页表3中给出了 ЕС 系列强力步进电动机的技术参数。它广泛用于各种操作机和其它辅助装置传动机构中。应用步进电动机有可能代替工业机器人随动调节装置中程序控制中位移反馈回路。

在第32页表4中给出了在工业机器人调节装置中用于测量电机角速度(频率)的直流和交流测速发电机的主要技术特性、外形尺寸和接口尺寸(图4)。

在第33页给出了 УНИВЕРСАЛ-5 型工业机器人操作机回转电驱动装置的结构。

该机构包括带可控硅变换器组件的直流电动机1(在33页中未表示)。电动机通过法兰固定在齿轮减速器的盖2上,以便小齿轮3与轴承5上的齿轮4相啮合,齿轮6同时与轴9和10上的齿轮7和8相啮合,而轴9和10在减速器箱体13中轴承11和12上旋转。在轴9上固装齿轮14,它和转台(在33页上未表示)上的齿圈相啮合。小齿轮15装在轴10一端的滚珠轴承16上,同时与扭杆17刚性连接。在具有方截面的扭杆另一端装有左旋螺纹的轴套18,用它来实现

扭杆相对于轴的预紧,用螺母19和反螺母20可将扭杆拉紧。小齿轮15也与转台上的齿圈啮合,这里依靠扭杆的扭转来消除齿轮传动中的间隙。

作为成套电驱动装置组成部分的测速发电机21用卡箍固定在减速器盖上的专用套筒中。测速发电机的轴用联轴器22与装在轴承24上的轴23相连接,在轴23的自由端固接剖分式齿轮的轮毂25,该轮毂的另一部分26在弹簧27作用下相对于轮毂作转动,其目的是为消除传动中的间隙。剖分式齿轮25和26与减速器中齿轮4啮合。

小齿轮29固定在轴28的自由端,并与装在光电测角位置传感器31轴上的剖分式齿轮30相啮合,而传感器固定安装在附加箱体32的盖2上。

这样,成套电驱动装置保证了电动机1轴转动时随动调节的工作状态。

在第34页给出了直流电动机装置的 УНИВЕРСАЛ-5 型工业机器人操作机手臂轴向位移机构的结构。

手臂伸缩机构沿导向键装在机构的转台上,并用双头螺栓和螺母固定在其上。手臂3在装配结构的壳体1的内腔沿着棱柱形滚动导轨2作纵向移动。在手臂壳体上边固接有齿条4,使它和小齿轮5处于啮合。小齿轮5做成剖分式的,因此小齿轮下半部分有角位置,在预紧的扭杆6作用下相对于其上半部分改变,这样就能消除齿条-齿条传动中的间隙。

在花键轴7上装有带内齿圈的轮8,它与固定在直流电动机10转子上的小齿轮9相啮合。驱动电动机10刚性固接在专用套筒中,而套筒装在减速器上盖11的内孔中。齿轮8同时与装在测速发电机13转子上的小齿轮12相啮合。在轮8的轮毂上还固定齿轮14,它和小齿轮15啮合,而小齿轮15与位置光电编码器16的转子刚性连接。为了消除传动中的间隙将轮14做成剖分式的,用弹簧将其两部分错开。

在第35页中给出了 РГШ-40 型工业机器人操作机手臂提升模块的电驱动装置通用机构。

ММ-2 型直流电动机3和测速发电机4装在托架1上,托架固定在传动机构机体2上。测速发电机驱动是由固定在轴6上的带轮5经传动来实现的。轴6装在托架1的轴承7上,并通过联轴器8与电动机3的轴相连。套筒9沿导向槽移动即可实现带的张紧,而在套筒中的轴承上装有带轮11的轴10。

齿形带传动的带轮12装在轴6自由端的键上,其被动带轮13固定在装于机体2中轴承上的输出轴14上。轴14用固定在自由端的联轴器与传动机构的减速器(如齿轮谐波的)的输入轴相连。位置传感器(在35页中减速器机构和传感器驱动装置均未表示)通过无源齿轮传动和轴14相连。在第116页给出了操作机驱动装置的机构运动简图,齿形带的张紧通过托架1相对于机体2沿导向槽移动来实现,用螺钉固定。

驱动装置中带传动和测速发电机都用罩17和18遮盖,用来连接的电缆接头19和20分别装在罩17和机体2上。

在第36页给出了各种型号操作机手臂杆件用谐波齿轮减速器的电驱动装置的结构。

图1给出了 РГШ-40 型工业机器人操作机手臂回转电驱动装置机构。在谐波齿轮减速器箱体1上另装一附加箱体2,在其上固定 4MМ-12Φ3 型电动机3,测速发电机4和电位器式位置传感器驱动装置5。在电动机3轴上安装带轮6,通过齿形带7与带轮组件8相连,而带轮8固定在谐波减速器输入轴9上。带轮组件的一个带轮通过齿形带10与带轮11相连,带轮11装在传感器驱动装置5的输入轴上。在带轮6的一端固定轴12,通过轴12使带轮附加支点在轴承13上。通过联轴器14将轴12与测速发电机4的轴相连,测速发电机的壳体装在套筒15中,而套筒由法兰固定在机体2上。轴9安装在机体1的罩17中的轴承16上,波发生器20通过环18和螺钉19与轴9相连。波发生器做成椭圆形,在其外表面固定柔性轴承21,当轴9旋转时,轴

承 21 沿柔轮 22 的内表面滚动。柔轮做成薄壁筒形,用法兰与减速器的输出轴 23 刚性连接。柔轮 22 在其最大径向变形范围内(在波发生器作用下)与固定刚轮 24 相啮合。用可动挡块 25 和固定挡块 26 来限定轴 23 的转角 (270° 以下)。

谐波齿轮减速器的传动比 $i = 80$; 输出轴的最大扭矩 $T_k = 680N \cdot m$ 。

在轴 23 的自由端装有偏心轮 27,用以压行程开关 28。

在输出轴 23 一端固定有齿轮 29,它与安装在操作机手臂套筒上的齿轮 30 啮合。

在第 36 页图 2 给出了 ПР-4 型工业机器人操作机手臂套筒的自由度机电传动的驱动装置通用结构。该驱动装置包括带盘形印刷转子电动机 (ПЯ-250Ф 型),装在机体 2 中的谐波齿轮减速器,固定在托架 4 上的 ППК-15 型角位置编码器 3 和 ТПП-2.5 型测速发电机,它直接固定在电动机 1 罩上,并用联轴器与电动机转子相连(在图 2 上未表示)。电动机 1 的轴与谐波齿轮减速器空心轴 6 刚性连接。轴 6 附加支承在减速器输出轴 8 法兰孔中的轴承 7 上。轴承 9 内环压在轴 6 上,它们同时实现联轴器联轴器的功能,将扭矩传到附加支承在轴承 11 上的波发生器的轴 10 上。为了能使传递扭矩在空心轴 10 端部开槽,在其中放置轴承 9 的滚珠。这个轴承外环安装在沿轴运动的套筒 12 中,靠弹簧 13 将外环始终压向滚珠,以保证轴承 9 中的张紧力。轴 6 和轴 10 连接的轴承 9 滚珠联轴器的传动比为 $i_1 = 0.5$ 。在具有径向间隙的谐波齿轮减速器输入轴 10 上固定有波发生器专用成型凸轮 14,用补偿凸轮联轴器 15 与此轴相连,用此联轴器以保证波发生器在工作过程中自动调整。在凸轮 14 上装的柔性轴承 16 与柔轮 17 相互作用,它与机体 2 中固定刚轮 18 在两个最大径向变形区内啮合。从动柔轮 17 与装在机体 2 中轴承 19 上的输出轴 8 相连接。

谐波齿轮减速器的传动比 $u_2 = 102.5$,在它的输出轴 8 上能获得较大的扭矩 ($T_2 = 100N \cdot m$)。

齿形带传动包括:装在减速器输入轴 10 上的带轮 20,传感器 3 轴上的带轮 21 和齿形带 5,实现传动比为 $i_3 = 0.625$ 。

2.4 工业机器人的液压与气动装置

具有液压、电液调节和随动调节驱动装置的工业机器人得到广泛的应用。工业机器人中现代液压驱动装置具有良好的静态和动态特性及较高的效率,工作压力由 6.3MPa 提高到 21MPa,对某些结构达到 35MPa 时,能在自身尺寸小和重量轻的情况下输出大扭矩 (100~6300N·m)。但液压驱动存在以下缺点:需要价格贵,笨重的独立液压源(泵站)和管道;漏油;需要油源冷却装置;调整工作成本高。

在不需大扭矩或大推力的情况下,工业机器人可采用气压驱动装置。这种驱动装置具有以下特点:控制简单、成本低、可靠、没有污染、有防爆和防火性能。工业机器人气压驱动装置的缺点是:静刚度不高,难以保持预定速度和实现精确定位,必需有专用储气罐和防腐蚀的润滑装置。

目前得到广泛应用的是在恒定转矩的情况下,具有调速范围宽的回转和直线运动成套电液驱动装置。已经建立了这种驱动装置的控制装置和通用泵站的产品统一系列。

在第 37 页给出了专为工业机器人研制的成套液压驱动装置的基本特性。

为实现在工业机器人液压驱动装置中直线运动,采用 IPT 系列(第 38 页图 1)液压缸。在第 38 页表 1 中给出了液压缸的外形尺寸、技术特性和接口尺寸。

IPT 系列液压缸工作的矿物油,其粘度为 $12 \sim 250mm^2/s$ (在油温 $10 \sim 50^\circ C$ 时)。缸体

是由精密钢管制造,用铰链连接。在液压缸中活塞和活塞杆之间的摩擦力要小,由于缸体内有制动力装置,故可在活塞杆行程终端时调节制动状况。

IPT 系列液压缸具有重量轻、尺寸小、密封性好、使用寿命长、启动时摩擦力和压力小的特点,并且在大负载和高速 ($1.5m/s$ 以下)下活塞在行程终点停留时无冲击。

Г28-2 系列(图 2)直线电液步进驱动装置是用来实现按程序往复运动的工业机器人机构。用脉冲形式表现的往复运动程序,脉冲数决定了给定位移,而脉冲频率即决定此位移的速度。ИД-5ИД 型电液步进马达与液压扭矩放大器一起作为驱动装置的控制装置。而液压扭矩放大器是一种特殊结构的液压随动阀。

直线步进电液马达可以用于开环控制(无位置反馈传感器),但在高速移动的情况下,Г28-2 系列直线步进电液马达要与液压缸活塞杆的位置传感器配套,ИД 系列直流伺服电动机可以代替步进电动机作为控制装置。

在第 38 页表 2 中给出了成套直线步进电液马达的外形尺寸和接口尺寸及总图。ПЭГ 系列电液驱动装置使机构按数控装置给出的电压信号的程序做往复运动,驱动装置由电磁变换器和内装的速度和位置反馈传感器配套而成。采用的工作液体是在温度 $10 \sim 60^\circ C$ 时其粘度不大于 $40mm^2/s$ 的矿物油。

在第 38 页表 3 中给出了 ПЭГ 系列液压驱动装置外形尺寸和接口尺寸及总图。

驱动装置在结构上是由差动式液压缸 1,在其上装有电磁控制的节流分配器 2 和反馈组件 3 组成。控制驱动装置的电子装置装在带独立电源的独立单元中。

电液伺服驱动装置是用来实现操作机杆件直线运动的,当定位误差 $\pm 0.5 \sim 5.0mm$ 时,其速度可达 $1000mm/s$ 。由于采用橡胶与聚四氟乙烯垫片相结合密封方式,使得液压缸的摩擦很小。同样还考虑了用节流阀来调节活塞杆在行程终点位置制动状态的可能性,这里采用旋转变压器作为位置反馈传感器。

Э32Г18-2 系列(第 38 页图 4)和 Э32Г18-3 系列(第 38 页图 5)回转式成套电液步进驱动装置在工业机器人中得到广泛的应用。在第 38 页表 4 和表 5 中给出了这种装置的基本技术特性。该驱动装置由 ИД-5ИДМ 或 ДРМ-1 型步进伺服电动机 1、54БП173-11 型带控制电磁铁的可逆滑阀式液压扭矩放大器 2 和 2Г18 型带螺旋副液压放大器滑阀相连的液压马达 3 组成。电液步进驱动装置的控制脉冲频率最高达 $16kHz$,以保证输出轴的最高转速达 $4000r/min$ 和有负载的情况下步距静态误差小于 $\pm 1.2^\circ$ 。驱动装置的工作介质是在油温 $30 \sim 60^\circ C$ 时,粘度为 $17 \sim 60mm^2/s$ 的纯矿物油。

第 39 页图 1 和 2 中给出的 ИПГ 系列回转式液压马达由壳体 1 和带叶片的传动轴 2 组成。在壳体内部形腔中装有固定的隔板,将此腔分割成工作腔与排油腔两部分。在壳体端盖上有孔,以输入、输出工作液,并装有制动装置。ИПГ 系列液压马达的尺寸列于第 39 页表 1 和表 2 中。

在第 39 页表 3 中给出了 СП 系列回转式液压随动驱动装置(图 3)的基本技术特性,外形尺寸和接口尺寸。由于液压马达的输出轴与执行机构(如操作机手臂或手筒)的无减速器连接,而使工业机器人机构可能得到最大限度地简化。

СП 系列驱动装置在结构上是根据 ИПГ 系列回转式液压马达制成的(本系列液压马达的外形尺寸和接口尺寸列于第 39 页表 1 和表 2)。从轴的自由端一侧在液压马达盖上固定速度和位置反馈传感器 3 的减速器 7,УЭГ-8 型电液放大器 2 直接固定到液压马达壳体上,其中还包括带电磁控制的可逆随动阀 4 和校正杆 5 和 6。驱动装置中使用的矿物油,温度 $30 \sim 60^\circ C$ 时粘度不大于 $40mm^2/s$ 。

在第 39 页图 4 中给出了 SH4-40 系列回转式成套电液随动驱动装置,其技术特性列于第 37