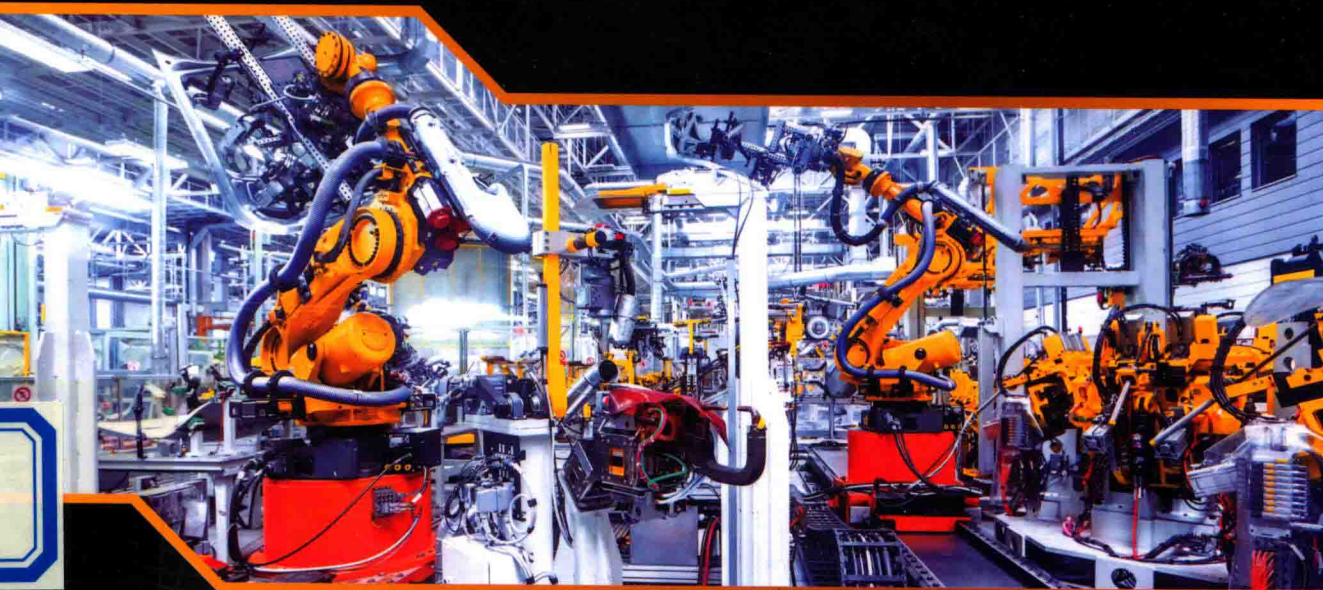


▶ 高等职业教育“十三五”规划教材 ◀

(工业机器人技术专业)

工业机器人 拆装与调试

主 编 ◆ 胡月霞 卢玉锋 王志彬
副主编 ◆ 周彦云 付志勇 郭 微



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等职业教育“十三五”规划教材（工业机器人技术专业）

工业机器人拆装与调试

主 编 胡月霞 卢玉锋 王志彬

副主编 周彦云 付志勇 郭 微



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书按照工业机器人拆装与调试的工作过程,结合华中数控股份有限公司的工业机器人拆装平台和职业资格的有关要求,以及职业院校对“工业机器人拆装与调试”课程要求进行编写。本书共设置六个项目,包括工业机器人的认知、工业机器人拆装常用工具的认知和使用、HSR-JR608 机器人机械本体的拆装与调试、六轴机器人电气系统的拆装与调试、圆柱坐标机器人的拆装与调试、直角坐标机器人的拆装与调试。本书在内容编排上,采用基于工作过程的项目驱动,设置不同的任务,以华中数控工业机器人拆装平台为载体,设置任务实施、检查评估等教学环节,旨在体现学生在教学过程中的主体地位。本书适合作为职业技术学院“工业机器人拆装与调试”课程的教材,也可作为职工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

工业机器人拆装与调试 / 胡月霞, 卢玉锋, 王志彬
主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2019. 3
高等职业教育“十三五”规划教材. 工业机器人技术专业
ISBN 978-7-5170-7532-5

I. ①工… II. ①胡… ②卢… ③王… III. ①工业机
器人—装配(机械)—高等职业教育—教材②工业机器人—
调试方法—高等职业教育—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第051309号

策划编辑: 陈红华 责任编辑: 张玉玲 封面设计: 李 佳

书 名	高等职业教育“十三五”规划教材(工业机器人技术专业) 工业机器人拆装与调试 GONGYE JIQIREN CHAIZHUANG YU TIAOSHI
作 者	主 编 胡月霞 卢玉锋 王志彬 副主编 周彦云 付志勇 郭 微
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658(营销中心)、82562819(万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 20.25印张 526千字
版 次	2019年3月第1版 2019年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	48.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

本书以高等职业院校培养应用型高技能人才的目标为宗旨，由学校、企业、行业专家组成教材编写组合作编写。本书选取的知识点为专业人才调研、总结的工业机器人拆装与调试典型工作任务所要求的知识与技能，本着“工学结合、项目引导、任务驱动、教学做一体化”的原则编写。本书参照最新行业标准，参考有关工业机器人的最新资讯和信息，以华中数控工业机器人拆装平台为载体，分为若干任务进行学习和探索，重视职业技能训练和职业能力培养，突出职业技术教育特色。同时吸收和借鉴了各地职业院校教学改革的成功经验，采用了理论知识和技能训练一体化的模式，使内容更加符合学生的认知规律，在叙述上力求图文并茂、通俗易懂、简明扼要。书中大量使用图片、实物照片和表格形式，将各个知识点生动地展示出来，力求为学生营造更直观的认知和环境，并且设置了具体的工作任务，引导学生参与到实践过程中，掌握基本技能。

本书可供职业院校作为相关专业教材使用，也可作为职工的培训教材。

本书由包头轻工职业技术学院的胡月霞、卢玉锋、周彦云、付志勇、郭微以及包钢钢管公司王志彬共同编写，具体的编写分工如下：项目一由周彦云编写，项目二由王志彬编写，项目三由卢玉锋编写，项目四由胡月霞编写，项目五由付志勇编写，项目六由郭微编写。全书由华中科技大学刘怀兰教授和武汉高德信息产业有限公司金磊任主审。参与教材编写的还有包头轻工职业技术学院的王海静、杨晶、李学飞、刘百顺、贾大伟。

在本书编写过程中，得到了武汉华中数控股份有限公司、武汉高德信息产业有限公司等企业工程技术人员的大力支持并获得他们提供的大量宝贵资料，在此深表谢意。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏与不妥之处，恳请读者谅解并提出宝贵建议。

编者
2019年1月

目 录

前言	
学习项目一 工业机器人的认知	1
任务 1.1 工业机器人常用传动机构	1
1.1.1 工业机器人的机械传动	2
1.1.2 工业机器人的气压传动	10
1.1.3 工业机器人的液压传动	12
任务 1.2 工业机器人电气元件及工作原理	18
1.2.1 常用传感器	19
1.2.2 变频器	23
学习项目二 工业机器人拆装常用工具的 认知和使用	42
任务 2.1 工业机器人拆装常用工量具 的使用	42
2.1.1 压线钳的认知与使用	43
2.1.2 剥线钳的认知与使用	45
2.1.3 万用表的认知与使用	45
2.1.4 电烙铁的认知与使用	49
2.1.5 油枪的认知与使用	51
2.1.6 内六角扳手的认知与使用	51
2.1.7 扭力扳手的认知与使用	52
2.1.8 千分表的认知与使用	53
2.1.9 听诊器的认知与使用	55
2.1.10 悬臂吊的认知与使用	56
学习项目三 HSR-JR608 机器人机械本体的 拆装与调试	61
任务 3.1 工业机器人的拆前准备	61
3.1.1 工业机器人的结构认知	62
3.1.2 工业机器人的主要参数	68
3.1.3 HSR-JR608 型六轴机器人的 基本结构	70
3.1.4 常用工业润滑油认知	72
3.1.5 第二轴、第三轴的排油	73
3.1.6 拆卸本体各端盖、固定块和 防撞块	74
任务 3.2 第六轴、第五轴、第四轴的结构 认知与拆卸	80
3.2.1 工业机器人的运动自由度	81
3.2.2 工业机器人常见的腕部结构种类	84
3.2.3 谐波减速器的结构和工作原理	86
3.2.4 第六轴零部件认知	88
3.2.5 第六轴的拆卸流程	88
3.2.6 常见的机械配合和轴承的安装方式	88
3.2.7 第五轴各零部件的认知	92
3.2.8 第五轴的拆卸流程	92
3.2.9 第四轴各零部件的认知	93
3.2.10 第四轴的拆卸流程	93
任务 3.3 第三轴、第二轴以及转座的 结构认知与拆卸	100
3.3.1 RV 减速器的认知	101
3.3.2 伺服电机的认知	102
3.3.3 第三轴各零部件的认知	104
3.3.4 第三轴拆卸流程	105
3.3.5 第二轴各零部件的认知	105
3.3.6 第二轴拆卸流程	106
3.3.7 编码器的认知	106
3.3.8 转座与底座各零部件的认知	108
3.3.9 转座与底座的分离	109
任务 3.4 工业机器人的安装与检测	115
3.4.1 工业机器人的转座及 J2、J3 轴 的安装	116
3.4.2 工业机器人的转座及 J4、J5、J6 轴 的安装	119
3.4.3 工业机器人单轴及整机装配 精度检测	122
学习项目四 六轴工业机器人电气系统的 安装与调试	130
任务 4.1 工业机器人电气控制系统的组成	130

4.1.1	工业机器人的电气控制系统	131	学习项目五	圆柱坐标机器人的拆装与调试	240
4.1.2	工业机器人电气控制系统的构成	137	任务 5.1	圆柱坐标机器人机械部分的 拆装与调试	240
任务 4.2	HSR-JR612 机器人主电路的 识读与接线	151	5.1.1	线性滑轨	241
4.2.1	低压断路器	152	5.1.2	滚珠丝杠	243
4.2.2	接触器	157	5.1.3	HSR-HL403 圆柱坐标机器人 机械部分的装配	244
4.2.3	熔断器	161	任务 5.2	圆柱坐标机器人电气部分的 拆装与调试	254
4.2.4	变压器	163	5.2.1	接线工艺	255
4.2.5	开关电源	165	5.2.2	真空吸盘	257
4.2.6	航空插头	168	5.2.3	真空发生器	259
4.2.7	电气系统图	170	5.2.4	华数 HSR-HL403 圆柱坐标机器人 电气部分装配	260
4.2.8	电气原理图的识读方法	171	学习项目六	直角坐标机器人的拆装与调试	274
4.2.9	HSR-JR612 工业机器人主电路的 接线与调试	171	任务 6.1	直角坐标机器人机械部分的 拆装与调试	274
任务 4.3	HSR-JR612 机器人辅助电路的 识读与接线	183	6.1.1	同步带	275
4.3.1	可编程逻辑控制器	184	6.1.2	行星减速器	277
4.3.2	电磁继电器	196	6.1.3	ARA-1000D 直角坐标机器人 的装配	278
4.3.3	控制按钮	198	任务 6.2	直角坐标机器人电气部分的拆装 与调试	289
4.3.4	电磁阀	199	6.2.1	卡爪的认知	290
4.3.5	NCUC 总线	201	6.2.2	华数 ARA-1000D 直角坐标机器人 电气部分的装配	290
4.3.6	辅助电路的识读	203	参考文献	305	
4.3.7	HSR-JR612 工业机器人辅助电路的 接线与调试	203	附录	306	
任务 4.4	工业机器人电气控制系统的维护	224			
4.4.1	工业机器人的上电检查	225			
4.4.2	工业机器人参数定义与调整	226			
4.4.3	工业机器人电气系统的维护	234			

学习项目一 工业机器人的认知

学习目标

- 掌握工业机器人常用的机械传动方式。
- 掌握工业机器人机械传动安装方法。
- 掌握工业机器人的气压传动。
- 掌握工业机器人的液压传动。
- 能正确使用工业机器人电气元件。

任务 1.1 工业机器人常用传动机构

情境导入

工业机器人常用传动机构工作任务单

项 目	工业机器人的认知				
学习任务	任务 1.1：工业机器人常用传动机构			完成时间	
任务完成	学习小组		组长	成员	
任务要求	掌握：1. 工业机器人中应用的机械传动； 2. 工业机器人中应用的气压传动； 3. 工业机器人中应用的液压传动。				
任务载体和资讯	工业机器人中的传动机构如图 1-1 所示。学习工业机器人中常用传动方式。			要求： 根据任务载体，熟悉工业机器人中的机械传动、气压传动和液压传动的工作原理。 资讯： 1. 机器人常用机械传动； 2. 机器人常用气压和液压传动。	

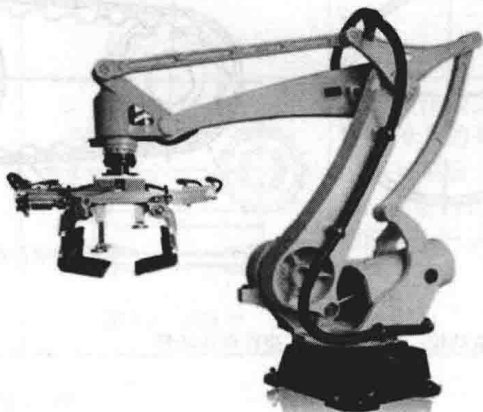


图 1-1 工业机器人中的传动机构

资料查询情况	
完成任务注意点	1. 正确认识工业机器人中常用的传动机构； 2. 实训中注意安全，严禁打闹。

任务描述

学习目标	学习内容	任务准备
1. 掌握工业机器人中的机械传动； 2. 掌握工业机器人中的气压传动； 3. 掌握工业机器人中的液压传动； 4. 能识别工业机器人中的电气元件。	1. 带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动的工作原理、类型及特点； 2. 气压传动、液压传动的工作原理、组成部分及特点； 3. 识别电气元件。	前期准备：工业机器人拆装平台、拆装工具。

知识链接

1.1.1 工业机器人的机械传动

工业机器人中常用的传动方式有机械传动、气压传动、液压传动等传动方式。机械传动包括带传动、链传动、齿轮传动以及蜗轮蜗杆传动。

1.1.1.1 带传动

带传动是机械传动中的常见类型。它是依靠套在两带轮上的中间挠性件来传递运动和动力的传动装置。带传动由主动轮 1、从动轮 2 和挠性件传动带 3 构成，如图 1-2 所示。当原动机驱动主动轮转动时，由于带与带轮之间摩擦力的作用，使从动带轮一起转动，从而实现运动和动力的传递。

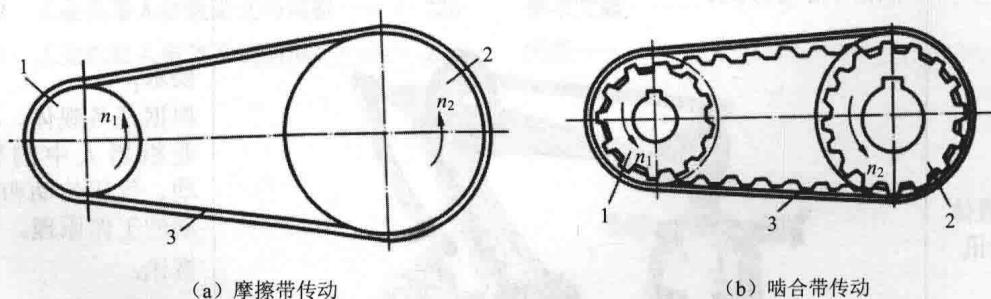


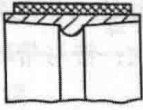
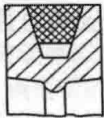
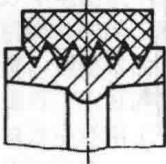

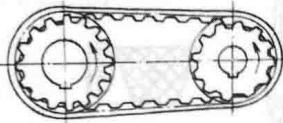
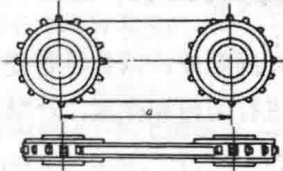
图 1-2 带传动

1-主动轮；2-从动轮；3-挠性件传动带

1. 带传动的类型

根据传动原理，带传动可分为摩擦带传动和啮合带传动两大类；按传动带的截面形状分平带、V带、多楔带、圆带、齿形带和齿孔带，具体内容见表 1-1。

表 1-1 带传动的类型及应用

传动方式	带传动的类型		使用说明	应用场合
摩擦带 传动	平带	 图 1-3 平带	平带的截面形状为矩形，内表面为工作面，常用的平带为橡胶帆布带，如图 1-3 所示	常用于中心距较大的带传动、高速传动和物料输送
	V 带 (三角带)	 图 1-4 V 带	V 带截面形状为等腰梯形，两侧面为工作表面，如图 1-4 所示	与平带相比，由于楔面摩擦，摩擦力大，故承载能力高，结构紧凑，应用广泛
	多楔带	 图 1-5 多楔带	多楔带是在平带基本上由多根 V 带组成的传动带，如图 1-5 所示	它具有平带的挠性和 V 带的摩擦力大的优点，适用于传递大功率、结构要求紧凑的场合，也可用于载荷变动较大或者有冲击载荷的传动
	圆形	 图 1-6 圆形带	圆形带横截面为圆形，用皮革或棉绳制成，如图 1-6 所示	只用于小功率传动，如仪表、缝纫机等场合
啮合带 传动	齿形带 (同步带)	 图 1-7 齿形带	带的工作面有齿，工作时带上的齿与带轮的齿槽啮合传动，如图 1-7 所示	传动能力强，传动比恒定，常用于数控机床、纺织机械、汽车发动机
	齿孔带	 图 1-8 齿孔带	带的工作面上有孔，工作时带上的孔与带轮的齿相互啮合，以传动动力，保证两轮同步运动，如图 1-8 所示	常用于打孔机、录音机

2. 带传动的特点及应用

在工业机器人中常用到带传动，其主要特点如下：

- (1) 由于传动带是弹性体，起缓冲、吸振作用，故传动平稳、噪音小；

- (2) 过载时，带传动出现打滑现象，可以防止其他零件的损坏，起安全保护作用；
- (3) 带传动结构简单、制造成本低、安装维护较方便；
- (4) 适用于远距离传动，最大传送距离为 15m。

但由于带传动间存在弹性滑动，不能保持恒定的传动比，传动效率低；过载时出现打滑，使带寿命较短；由于带与带轮的张紧力较大，对轴上压力较大；带与带轮间会产生摩擦放电现象，不宜高温、易燃、易爆的场合。

3. 带传动的安装与维护

(1) 带轮的安装。平行轴传动时，各带轮的轴线必须保持规定的平行度，各轮宽的中心线，V 带轮、多楔带轮对应轮槽的中心线，平带轮的中心线均应共面且与轴线垂直，否则会加速带的磨损，降低带的寿命，如图 1-9 所示。

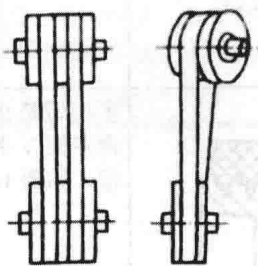


图 1-9 带轮的安装

(2) 带的安装。

1) 安装 V 带时，应按规定的初拉力张紧。对于中等中心距的带传动，也可凭经验安装，带的张紧程度以 100 米带长大拇指能将带按下 15mm 为宜，如图 1-10 所示。新带使用前，最好预先拉紧一段时间后再使用。严禁用其他工具强行撬入或撬出，以免对带造成不必要的损坏。

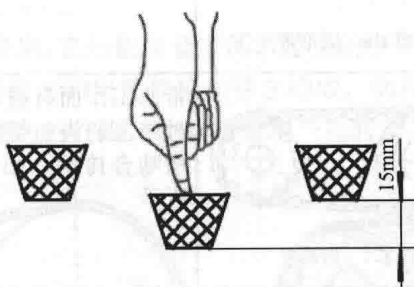


图 1-10 带的安装

- 2) 同组使用的带应同厂家、同型号、同长短、同新旧，以免各带受力不均。
- 3) 安装带时应通过调整各带轮中心距的方式进行装带和张紧，严禁用其他工具强行装拆带。

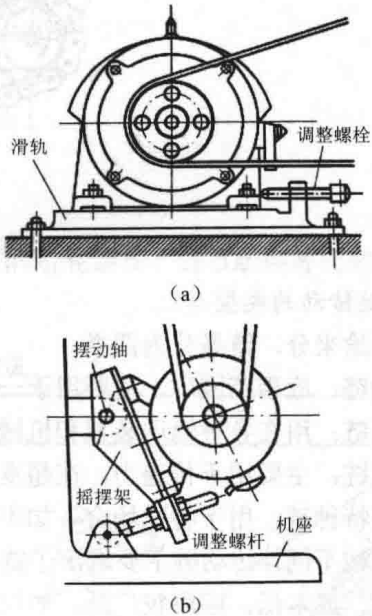
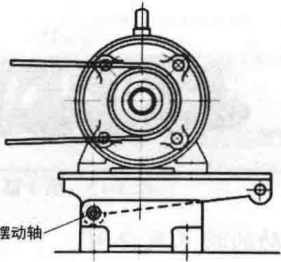
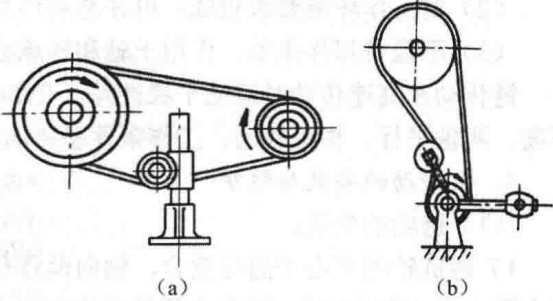
(3) 维护。

- 1) 要采用安全防护罩，以保障操作人员的安全；同时防止油、酸、碱对带的腐蚀。
- 2) 定期对带进行检查。如有一根松弛或断裂，则应全部更换新带。
- 3) 禁止给带轮上加润滑剂，应及时清除带轮槽及带上的油污。
- 4) 带传动工作温度不应超过 60℃。
- 5) 若带传动闲置时，应将传动带放松。

4. V带传动的张紧

带传动工作一段时间,带会因塑性变形产生松弛现象,使带与带轮间的张紧力减小,带的工作能力也随之下降。为保证必需初拉力,应经常检查并及时重新张紧。常用的张紧方法见表 1-2。

表 1-2 带传动的张紧

张紧方法	具体过程	图例
定期张紧 改变带传动的中心距	<p>把装有带轮的电动机安装在滑轨上,并用调整螺栓调整,如图 1-11 (a) 所示。调整时,松开电动机上的固定螺栓,旋转调整螺栓,使电动机沿滑轨移动,调整带的张紧力。调整后,将电动机的螺栓拧紧即可。该方法适用于水平或者接近水平的传动机构</p> <p>旋转图 1-11 (b) 中电动机下方调整螺杆,使电动机绕轴转动,将带轮调到合适的位置,调整带的张紧力后,拧紧调整螺母,即可固定电动机机座位置。该方法适用于垂直或者接近垂直的传动机构</p>	 <p style="text-align: center;">(a)</p> <p style="text-align: center;">(b)</p> <p style="text-align: center;">图 1-11 定期张紧</p>
自动张紧	<p>将装有带轮的电动机安装在浮动的摆架上,利用电动机的自重,使带轮绕摆动轴摆动,以自动保持张紧力,如图 1-12 所示</p>	 <p style="text-align: center;">图 1-12 自动张紧</p>
用张紧轮进行张紧	<p>主要用于带传动中心距不可调整的场所。图 1-13 (a) 中张紧轮一般放在松边的内侧,使带只受单向弯曲,同时张紧轮还应尽量靠近大轮,以免过分影响带在小轮上的包角。张紧轮的轮槽尺寸与带轮的相同,且直径小于小带轮的直径</p> <p>图 1-13 (b) 中张紧轮装于松边外侧,靠近小轮,以增大包角</p>	 <p style="text-align: center;">(a)</p> <p style="text-align: center;">(b)</p> <p style="text-align: center;">图 1-13 用张紧轮进行张紧</p>

1.1.1.2 链传动

链传动是由主动链轮、从动链轮和中间挠性件（链条）组成，如图 1-14 所示。以链条作为中间挠性件，通过链条与链轮轮齿的啮合来传递运动和动力。

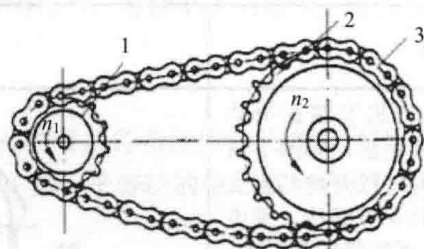


图 1-14 链传动

1-主动链轮；2-从动链轮；3-链条

1. 链传动的类型

按用途来分，链条分为四类：

传动链：应用范围广，主要用于一般机械中传递运动和动力。

输送链：用在各种输送装置和机械化装卸设备上，用于输送物品。

曳引链：主要用于传递力，在超重、牵引和平衡机构上使用。

专用特种链：用于特殊场合，如不锈钢链、镀镍链、无极变速链等。

按结构不同，传动链主要有滚子链和齿形链两种。滚子链运转平稳性差、噪音大、速度低，但结构简单、成本低，应用较广泛，如图 1-15 所示。齿形链运转平稳、噪音小、承受冲击载荷的能力高，适用于高速或者运动精度较高的场合，但结构复杂、价格高，如图 1-16 所示。



图 1-15 滚子链

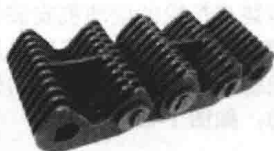


图 1-16 齿形链

2. 链传动的特点及应用

与带传动相比，其主要特点如下：

- (1) 链传动有准确平均传动比，传递功率大，效率高；
- (2) 对工作环境要求较低，可在恶劣环境下工作，如高温、油污、潮湿的环境；
- (3) 不像带那样张紧，作用于轴和轴承上的压力小。

链传动在高速传动时运动平稳性差，工作时有冲击和噪音。因此，链传动适于运动平稳性要求不高、两轴平行、相距较远，工作条件恶劣的场合。

3. 链传动的安装与维护

(1) 链轮的安装。

1) 两链轮的中心平面应重合，轴向偏移量应控制在误差允许范围内。一般情况下，当两链轮中心距小于 500mm 时，轴向偏移量应控制在 1mm 以内，可用钢板尺或钢丝检查。

2) 两链轮轴线必须平行。

(2) 链条的安装。链条的下垂度要适当：当链传动是水平或者倾斜在 45° 以内时，下垂度 $f \leq (1\% \sim 5\%)L$ ，其中 L 为两链轮中心距，如图 1-17 所示。对于重载，经常制动、起动、反转的链传动，下垂度 $f \leq 0.2\%L$ 。

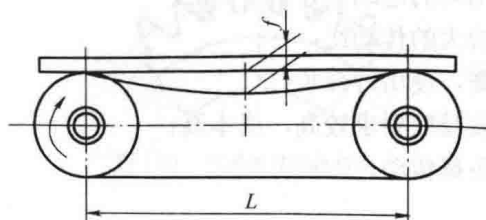


图 1-17 链条的下垂度的检查

(3) 维护。链传动需定期润滑。

4. 链传动的张紧

为了避免链条在垂度过大时产生啮合不良、振动、链条和链轮磨损、链节断裂等问题，需进行张紧，常用的张紧方法见表 1-3。

表 1-3 链传动的张紧方法

张紧方法	具体过程	图示
改变中心距张紧	增大中心距使链张紧，对于滚子链传动，中心距可调整量为两倍的链节距	
缩短链长	由于链传动磨损使链条变长，可去掉 1~2 个链节，使链缩短而张紧	
采用张紧装置	主要用于中心距不可调传动场合。图 1-18 (a) 中采用张紧轮张紧，张紧轮一般置于松边靠近小链轮外侧。图 1-18 (b)、(c) 采用压板或者托板张紧，适用于中心距较大的链传动	

图 1-18 链轮张紧装置

1.1.1.3 齿轮传动

齿轮传动是工业机器人中应用最为广泛的一种机械传动，它用来传递任意两轴间的运动和动力。

1. 齿轮传动的类型



2. 齿轮传动的特点及应用

齿轮传动与其他传动相比主要有以下特点:

- (1) 能保证恒定的传动比, 运转平稳, 传动准确可靠;
- (2) 能传递任意夹角两轴间的运动;
- (3) 结构紧凑, 可实现较大的传动比;
- (4) 传递动力大、效率高, 使用寿命长;
- (5) 齿轮传动制造、安装精度要求较高, 成本高;
- (6) 齿轮传动不宜做远距离传动。

3. 齿轮的安装

- (1) 装配前做好齿轮轴、齿轮、键、键槽的清洁工作;
- (2) 测量齿轮内孔与轴的配合以及键与键槽的配合是否适当;
- (3) 采用合适的方法将齿轮装入齿轮轴上;
- (4) 对装配质量进行检验。

1.1.1.4 蜗杆传动

蜗杆传动由蜗杆和蜗轮组成, 主要用于传递空间两交错轴的运动和动力, 通常两轴的轴交角 $\Sigma = 90^\circ$ 。蜗杆传动中蜗杆为主动件, 蜗轮为从动件, 具有自锁性, 一般做减速传动, 如图 1-19 所示。蜗杆传动广泛应用于各种机械和仪器设备中。

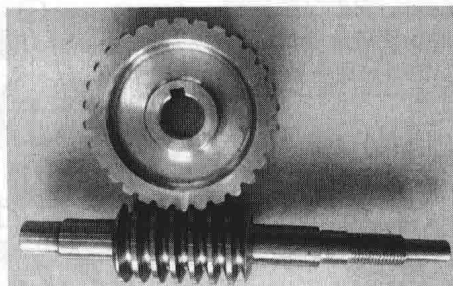


图 1-19 蜗杆传动

1. 蜗杆传动的类型

根据蜗杆形状的不同, 蜗杆传动可分为圆柱蜗杆传动[图 1-20(a)]、环面蜗杆传动[图 1-20(b)]和锥蜗杆传动[图 1-20(c)]三类。圆柱蜗杆传动又可分为普通圆柱蜗杆传动和圆弧圆柱蜗杆传动(图 1-21)。按照蜗杆齿廓曲线的形状, 常见的普通圆柱蜗杆传动又可分为阿基米德圆柱螺杆和渐开线圆柱螺杆等, 如图 1-22 所示。阿基米德蜗杆加工简单, 应用最广。

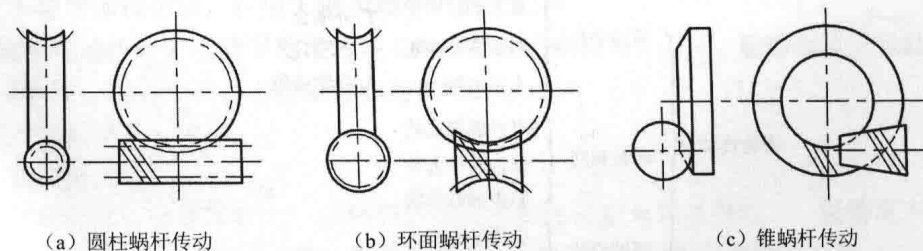


图 1-20 蜗杆传动的类型

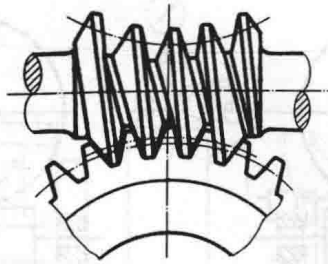


图 1-21 圆弧圆柱蜗杆传动

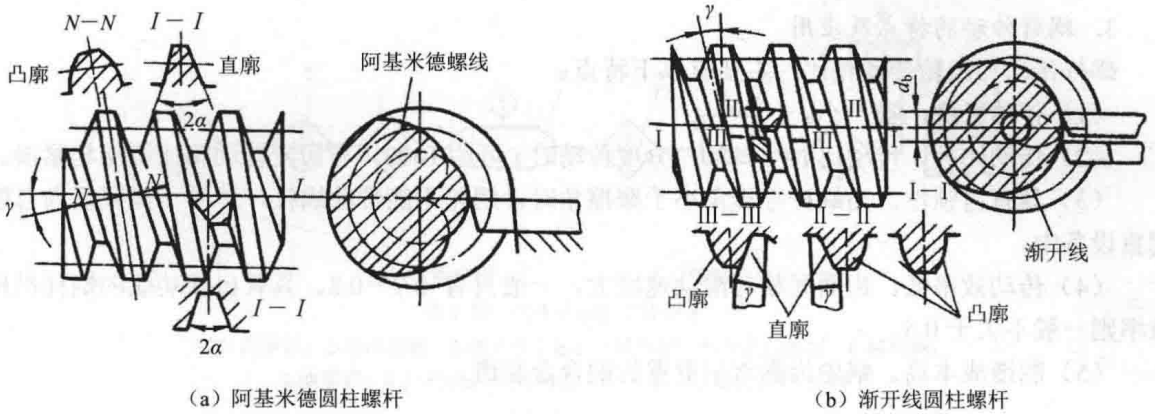


图 1-22 普通圆柱蜗杆的类型

2. 蜗杆蜗轮旋向的判断

根据蜗杆螺纹的旋向，蜗杆旋向可分为左旋和右旋两种。蜗轮的转向不仅与蜗杆的旋向有关，还与蜗杆转向有关。

(1) 旋向的判断：蜗杆、蜗轮旋向的判断方法与斜齿轮一样，即将蜗杆、蜗轮的轴线垂直于水平面放置，轮齿齿线自左向右升高为右旋，反之为左旋，如图 1-23 所示。

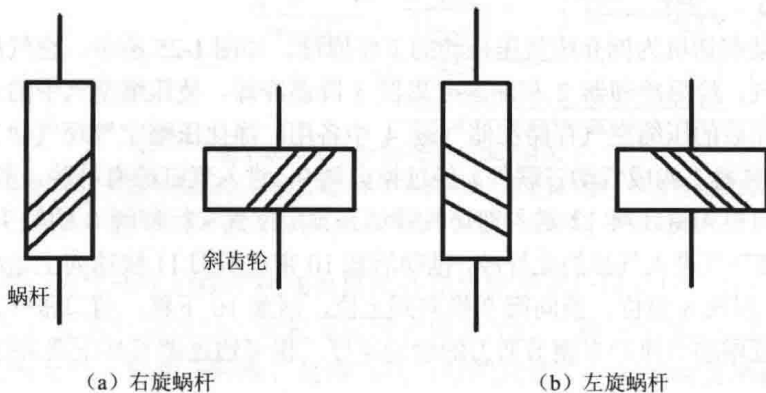


图 1-23 蜗杆的旋向

(2) 转向的判定：根据蜗杆转向和旋向，蜗轮转向判定方法为：蜗杆旋向为左旋时伸左手，旋向为右旋时伸右手，半握拳，四指顺着蜗杆转动方向，与大拇指指向相反方向即为蜗轮转动方向，如图 1-24 所示。

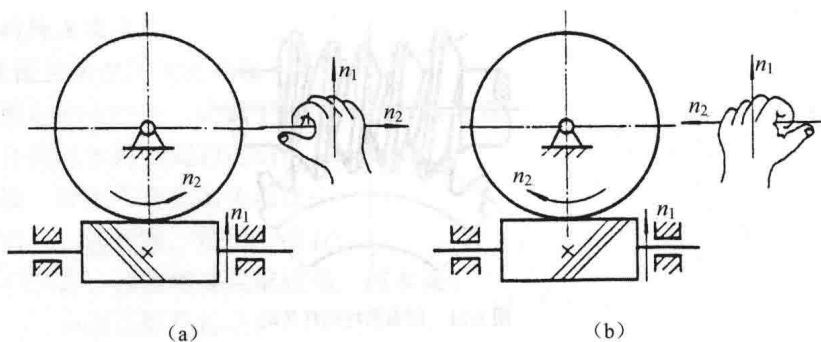


图 1-24 蜗轮转向的判定

3. 蜗杆传动的特点及应用

蜗杆传动与齿轮传动相比，主要有以下特点：

- (1) 传动平稳，噪声小。
- (2) 传动比大。传动比 $i=5\sim 80$ ，分度传动时 i 可达 1000，与齿轮传动相比则结构紧凑。
- (3) 具有自锁性。当蜗杆导程角小于摩擦角时，蜗轮不能带动蜗杆，可用于需要反向自锁的起重设备中。
- (4) 传动效率低。齿面间相对滑动速度大，一般只有 $0.7\sim 0.8$ 。具有自锁功能的蜗杆机构，效率则一般不大于 0.5。
- (5) 制造成本高。蜗轮齿圈常用贵重的铜合金制造。

1.1.2 工业机器人的气压传动

气压传动是利用空气压缩机将电动机输出的机械能转变为空气的压力能，在控制元件的控制和辅助原件的配合下，执行元件把压缩空气的压力能转变为机械能，完成直线或回转运动并对外做功。主要用于机械、汽车、冶金及铁路交通等行业。

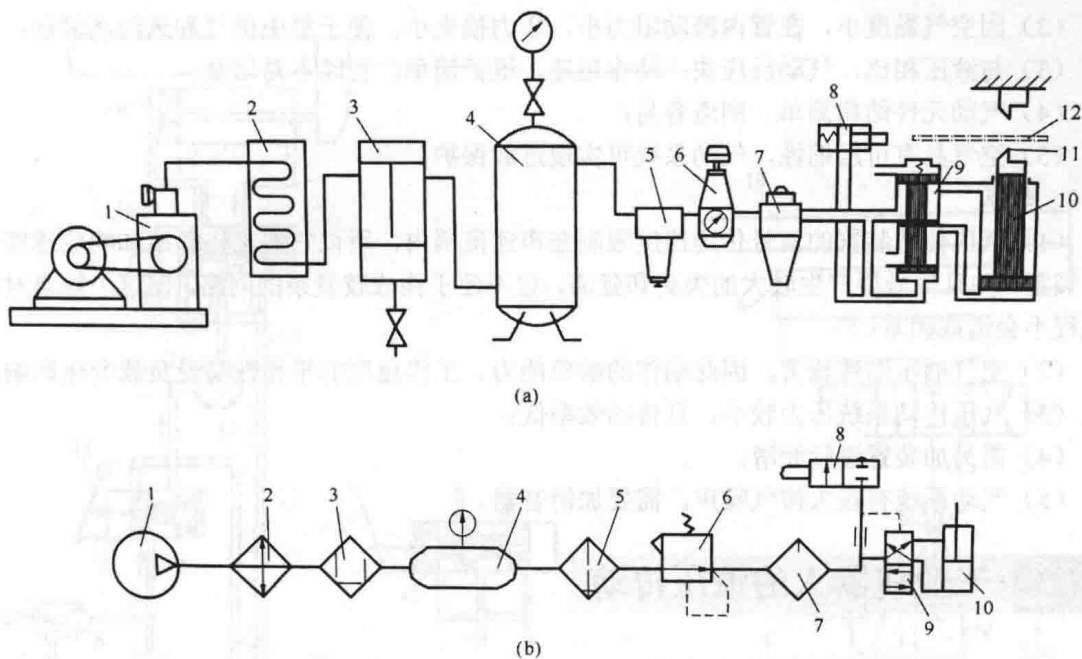
1.1.2.1 工作原理

本任务中以气动剪切机为例介绍气压传动的工作原理，如图 1-25 所示。空气压缩机 1 由电动机驱动，产生压缩空气，经后冷却器 2 和油水分离器 3 降温冷却，使压缩空气中的水滴、油滴、杂质分离净化出来。净化后的压缩空气存储在储气罐 4 中备用。净化压缩空气经气动三联件（分水过滤器 5、减压阀 6、油雾器 7 构成气动三联件）经过换向阀 9，进入气缸的有杆腔，剪切机的剪口张开，处于准备状态；送料机构将坯料 12 送入剪切机并达到预定位置（行程阀 8 的触头向左推动），换向阀 9 换向下位，压缩空气进入气缸的无杆腔，推动活塞 10 带动剪刀 11 快速向上运动将坯料 12 切下。坯料 12 落下后，行程阀 8 复位。换向阀 9 换向上位，活塞 10 下移，剪口张开。剪切机再次处于预备状态。可以通过增加节流阀来调节剪刀的运动速度，也可通过调节减压阀来控制剪力。

1.1.2.2 气压传动系统的组成

气压传动系统一般由四部分组成，典型气压传动系统如图 1-26 所示。

- (1) 气压发生装置（气源装置）：产生压缩空气并将其净化、存贮；它为系统提供足够压力和流量并符合质量要求的压缩空气；其主要设备为空气压缩机。



(a) 结构简图

(b) 图形符号

图 1-25 气压传动的工作原理

- 1-空气压缩机; 2-后冷却器; 3-油水分离器; 4-储气罐; 5-分水过滤器; 6-减压阀;
7-油雾器; 8-行程阀; 9-换向阀; 10-活塞; 11-剪刀; 12-坯料

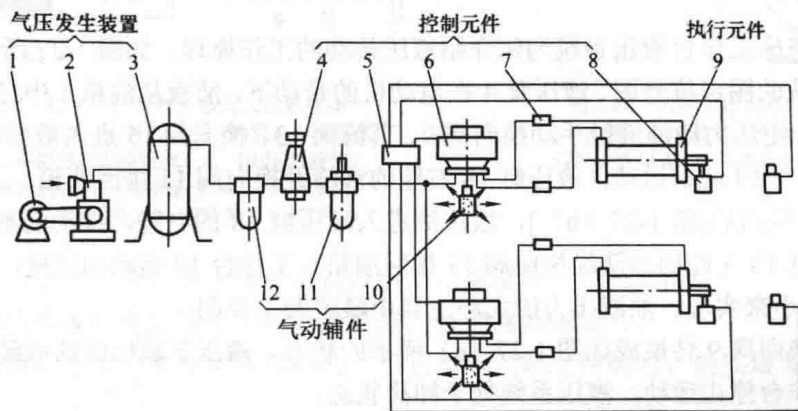


图 1-26 气压传动系统的组成示意图

- 1-电动机; 2-空气压缩机; 3-储气罐; 4-压力控制阀; 5-逻辑元件; 6-方向控制阀;
7-流量控制阀; 8-机控阀; 9-气缸; 10-消声器; 11-油雾器; 12-空气过滤器

(2) 执行元件: 将气体压力能转换成机械能并完成做功动作的元件, 如气缸、气马达。

(3) 控制元件: 控制气体压力、流量及运动方向的元件, 如各种阀类; 能完成一定逻辑功能的元件, 即气动逻辑元件; 感测、转换、处理气动信号的元器件, 如气动传感器及信号处理装置。

(4) 气动辅件: 气动系统中的辅助元件, 如消声器、管道、接头等。

1.1.2.3 气压传动的特点

1. 优点

(1) 以空气为工作介质, 来源方便, 对环境无污染;