

第一章 机器人组成及机构

本章知识点：

1. 机器人机械机构组成

- ① 机器人结构分类
- ② 机身及臂部结构
- ③ 腕部及手部结构
- ④ 行走机构
- ⑤ 传动机构
- ⑥ 机器人轴系及坐标系

2. 机器人驱动系统

机器人系统组成

机器人主要由以下几部分组成：机器人本体、电机与驱动器、控制器、人机交互接口（示教器）、传感器等。



机器人系统组成

主要技术参数

1. 自由度

机器人的自由度高，机构运动的灵活性大，通用性强，但机构的结构也更复杂，刚性变差。设置冗余自由度使操作机具有一定的避障能力，在进行运动逆解时，使各关节的运动具有优选的条件。

2. 工作速度

机器人中心点在单位时间内所移动的距离或转动的角度。

3. 工作载荷及负荷比

4. 控制方式

连续轨迹、点位

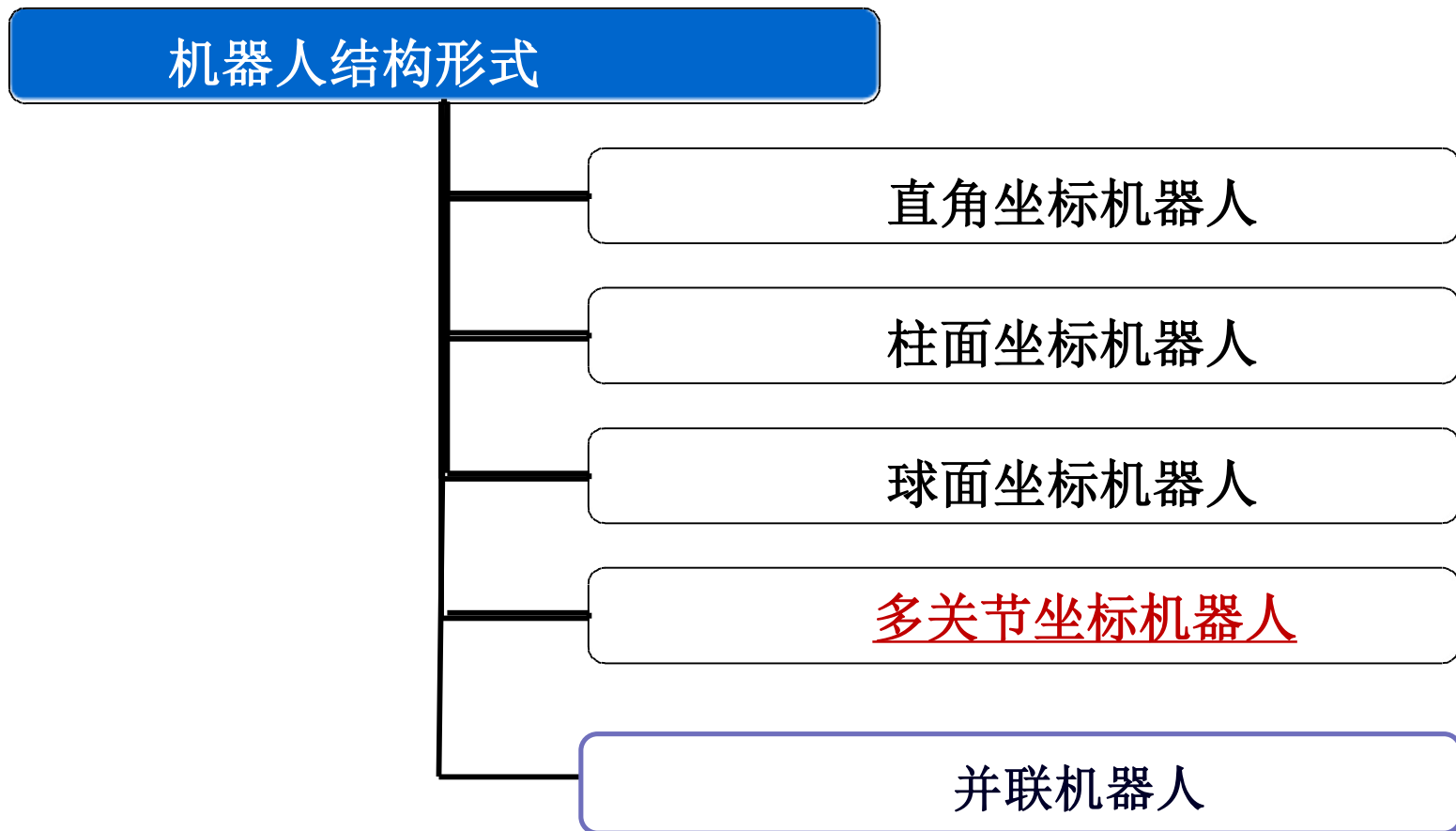
5. 精度

精度、重复精度、分辨率

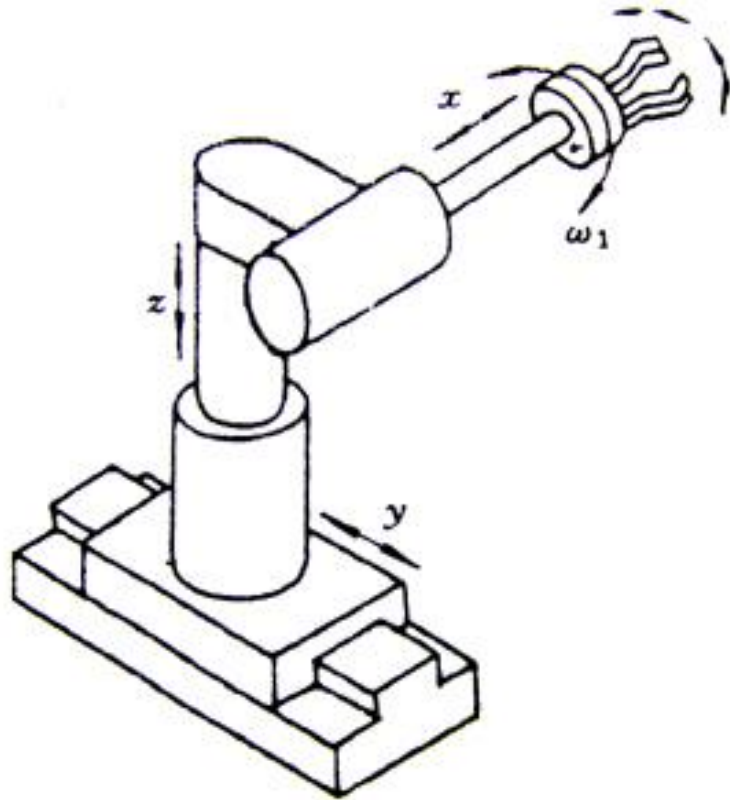
1. 机器人机械机构组成

1.1 机器人结构分类

按本体机构的机器人分类



- 直角坐标机器人

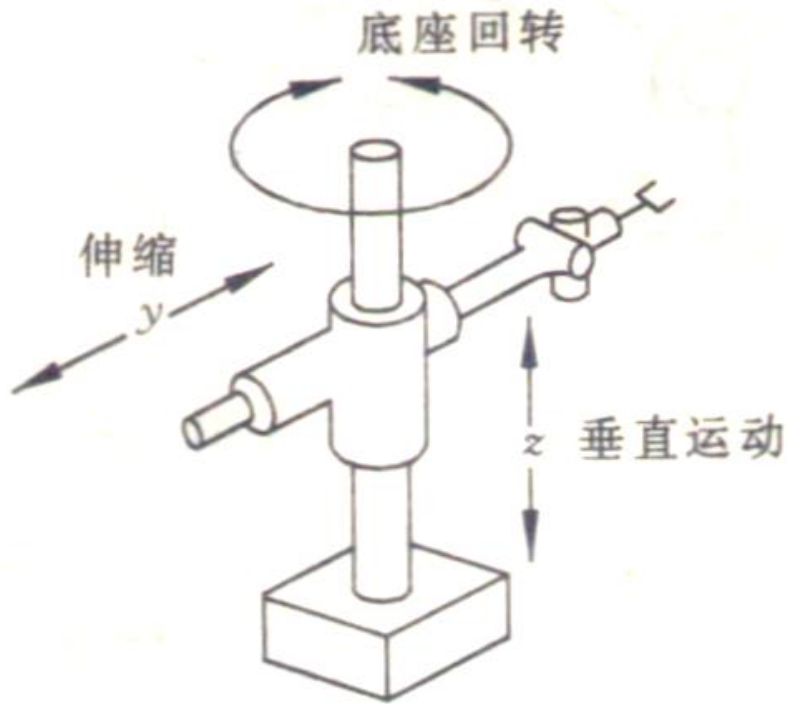


直角坐标型

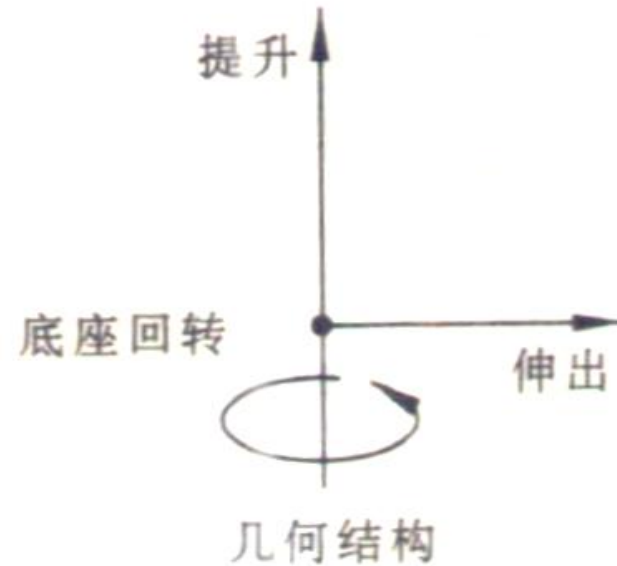
控制简单；
刚性最大（龙门式）；
容易达到高精度；

操作范围小；
占地面积大；
运动速度低；
密封性差

• 柱面坐标机器人



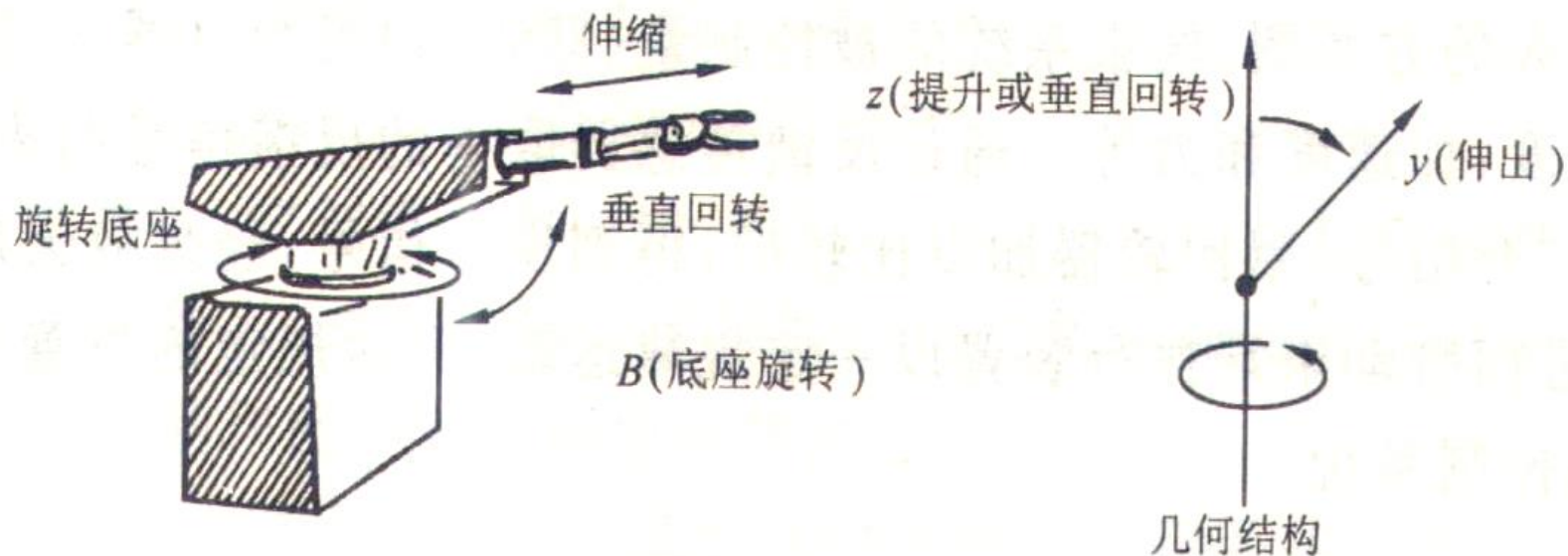
(a)



(b)

优点：工作范围可以扩大；计算简单；动力输出较大；
缺点：手臂可达空间受到限制；直线驱动部分难以密封；
安全性差

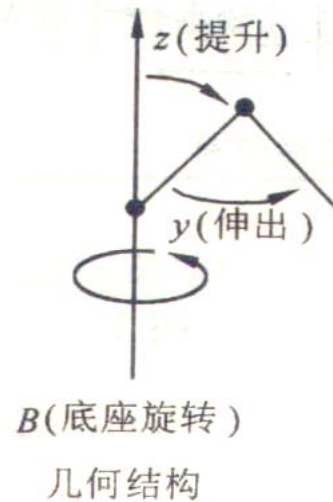
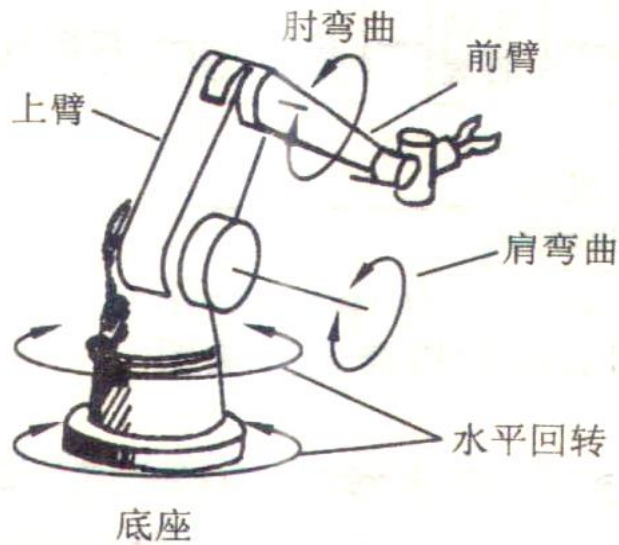
• 球面坐标机器人



这种结构占地面积较小，结构紧凑，位置精度尚可。但避障性能较差，存在平衡问题。

串联关节机器人

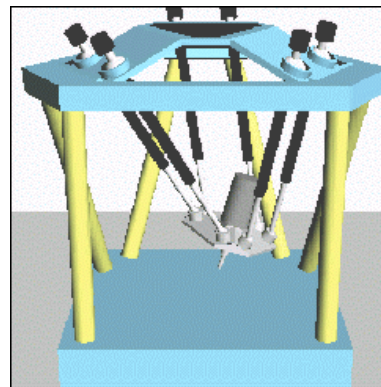
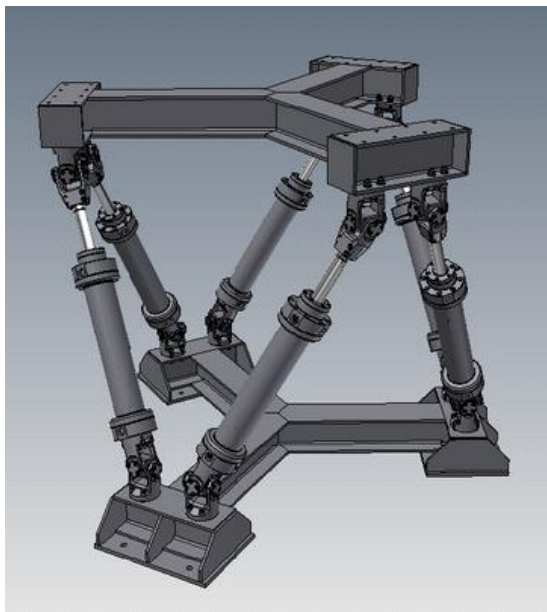
结构特点： 一个轴的运动改变另一个轴的坐标原点。



这种机器人可以自由地实现三维空间的各种姿势，生成各种复杂形状的轨迹。这种机器人动作范围很宽，但结构刚度较低，动作的绝对位置精度较低。

并联机器人

结构特点：由动平台、静平台以及至少两个机械臂构成。



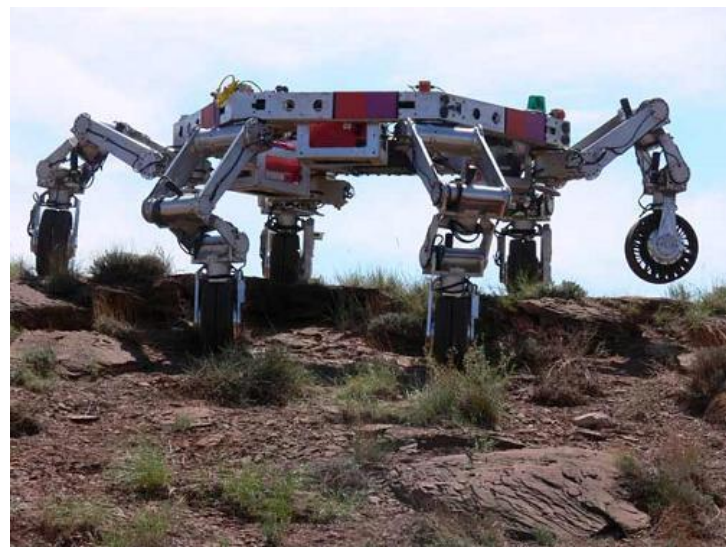
具有刚度高、质量轻、结构简单、制造方便等特点。但需要的安装空间较大，其定位精度相对较低。

按移动性的机器人分类

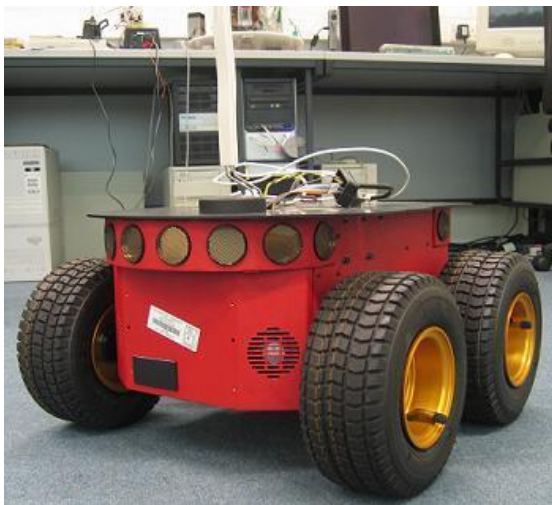
- 固定式机器人(Fixed Robot)
- 移动机器人 (Mobile Robot)



固定式



足式
Foot robot



轮式



履带式
Pedrail robot

1.2 机身与臂部结构

本体是机器人的机械主体，是用来完成各种动作的执行机构。

关节型机器人的机身是由关节连在一起的许多机械连杆的集合体。实质上是一个拟人手臂的空间开链式机构。

一端固定在基座上，另一端可自由运动，

由关节 - 连杆结构所构成的机械臂大体可分为基座、腰部、臂部（大臂和小臂）和手腕 4 部分。

- 1) 基座 基座是机器人的基础部分，起支撑作用。
- 2) 腰部 腰部是机器人手臂的支承部分。
- 3) 手臂 手臂是连接机身和手腕的部分，是执行结构中的主要运动部件，亦称主轴，主要用于改变手腕和末端执行器的空间位置。
- 4) 手腕 连接末端执行器和手臂的部分，亦称次轴，主要用于改变末端执行器的空间姿态。

▲ 想象一下，机器人各关节的动作效果？

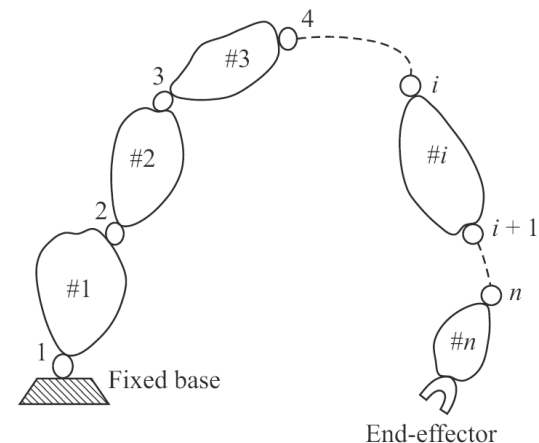
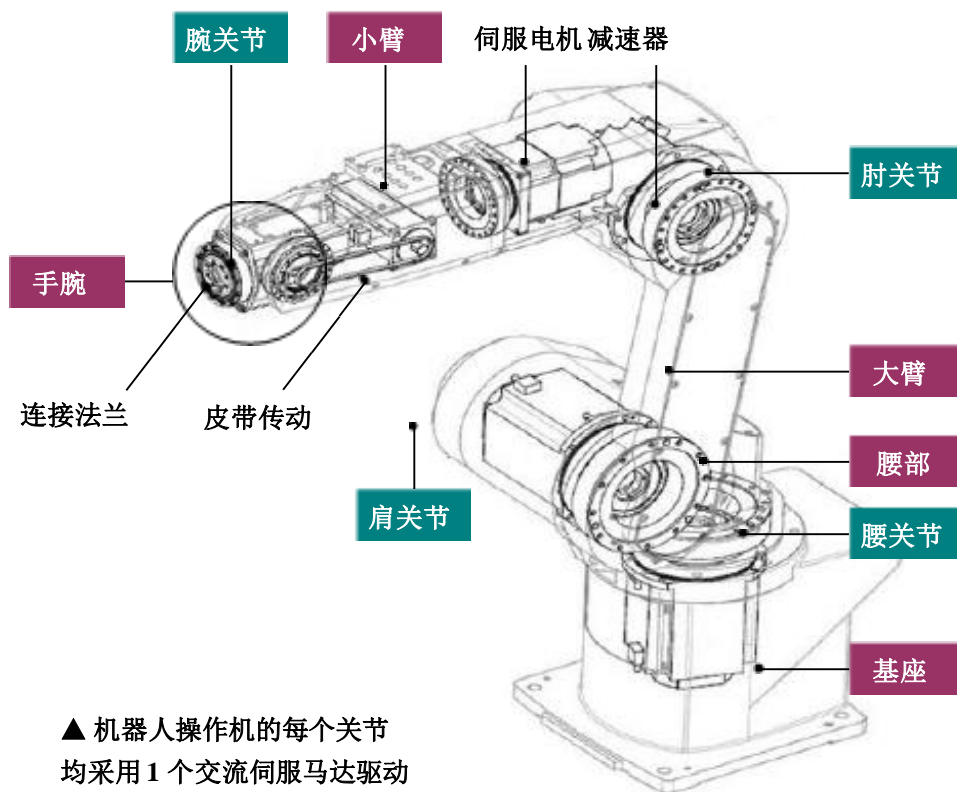
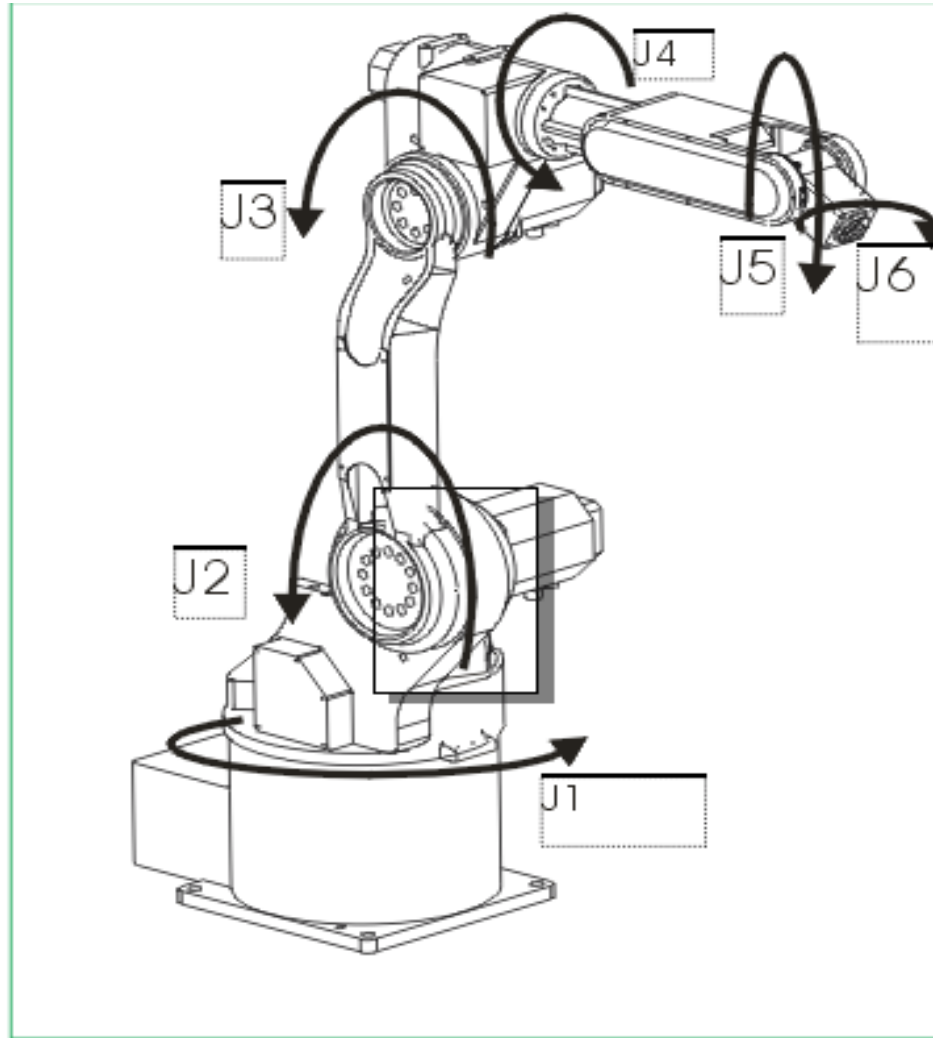


Fig. 5.22 Serial manipulator

关节型机器人操作机机身及臂部结构



关节型机器人操作机各关节的运动

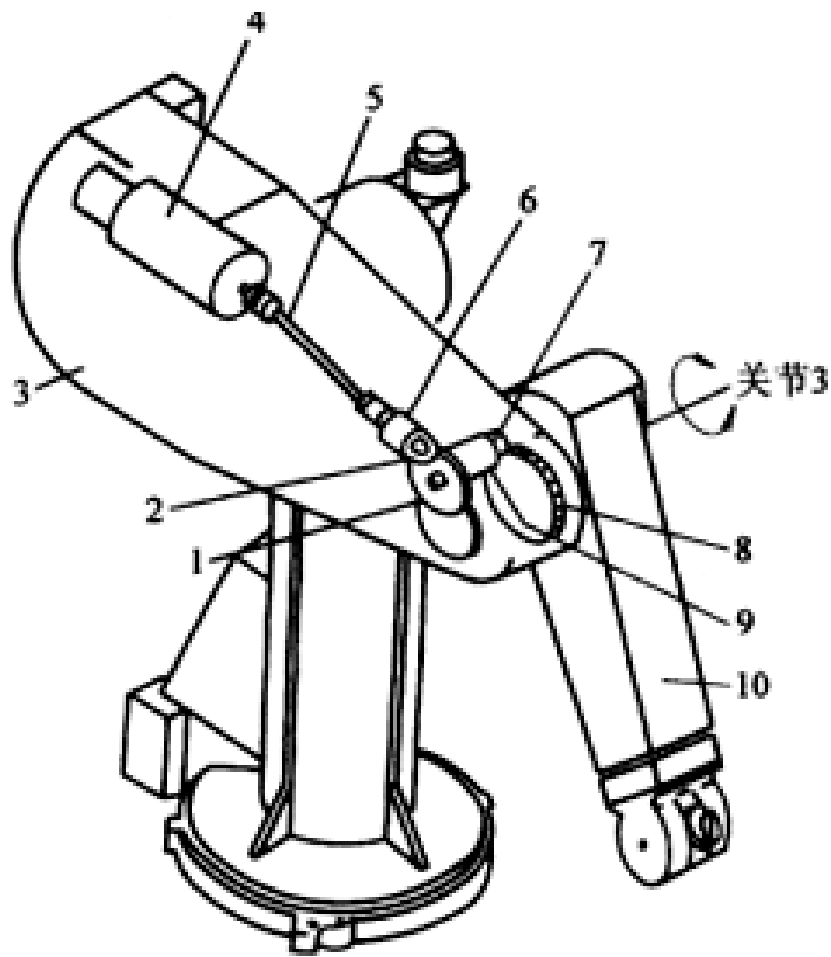


图 2 PUMA560 机器人小臂传动图

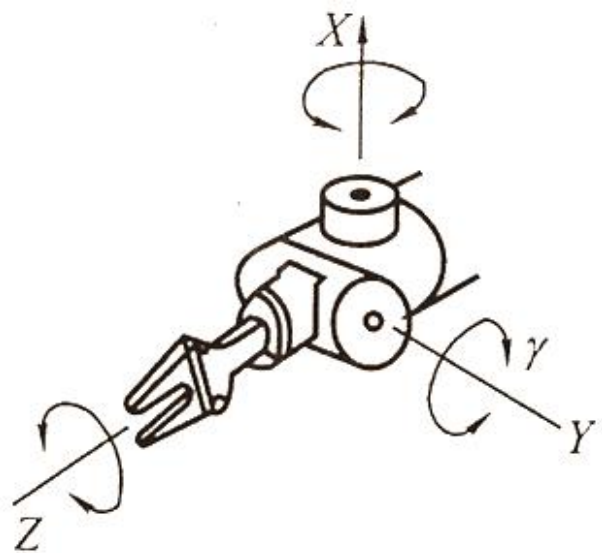
- 1——大锥齿轮
- 2——小锥齿轮
- 3——大臂
- 4——小臂电动机
- 5——驱动轴
- 6——偏心套
- 7——小齿轮
- 8——大齿轮
- 9——偏心套
- 10——小臂

1.3 机器人手腕结构-----自由度

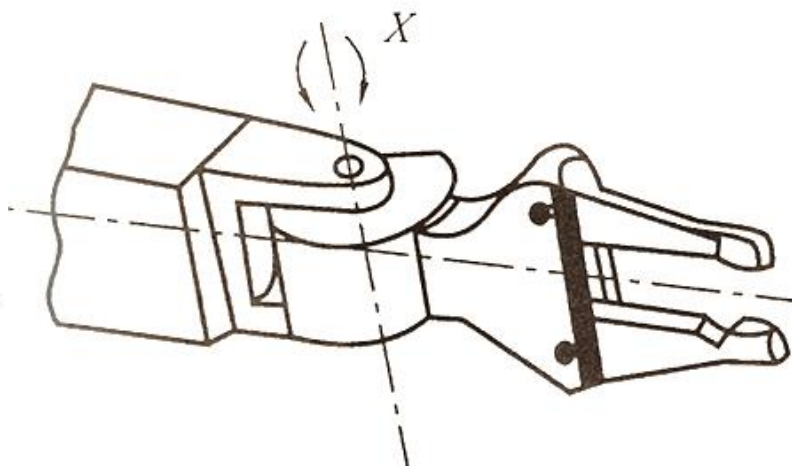
- 为了使手部能处于空间任意方向，要求腕部能实现对空间三个坐标轴X、Y、Z的旋转运动。

腕部运动的三个自由度，分别称为翻转R(Roll)、俯仰P(Pitch)和偏转Y(Yaw)。

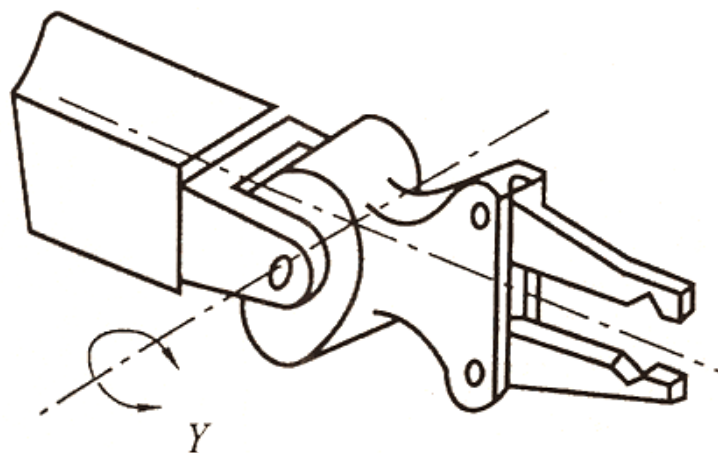
- 并不是所有的手腕都必须具备三个自由度，而是根据实际使用的工作性能要求来确定。



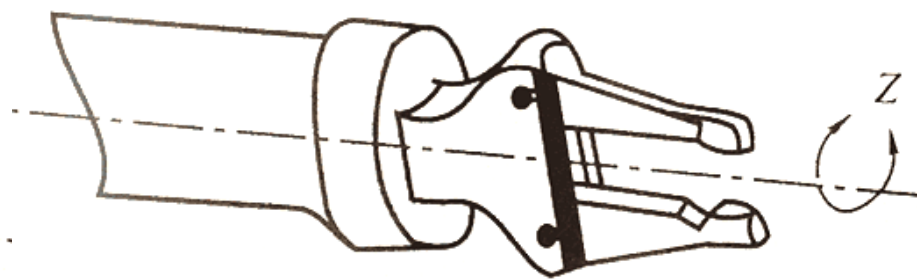
腕部坐标系



手腕的偏转 (R)



手腕的俯仰 (B)

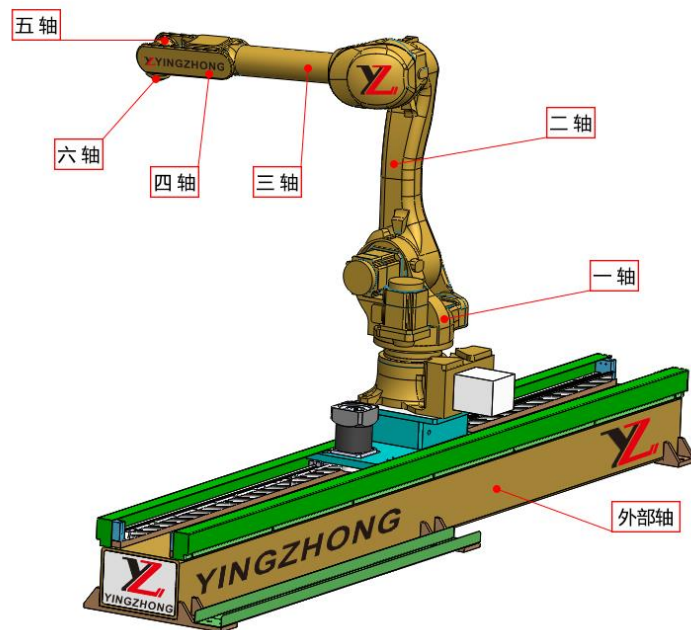


手腕的回转 (R)

1.4 机器人行走机构

安装在固定基座上的机器人有其使用的局限性，不能够移动。对于一些大件的、尺寸超过一定范围的，就需要多次或者多台机器人进行作业；对于一些工作周期比较长的，这样做会降低效率，造成资源浪费。

增加机器人外部轴，扩展机器人作业半径，降低生产使用成本；管理多个工位，提高效率。机器人第七轴应用情况，主要应用于焊接、铸造、智能仓储、汽车、航天等行业领域。



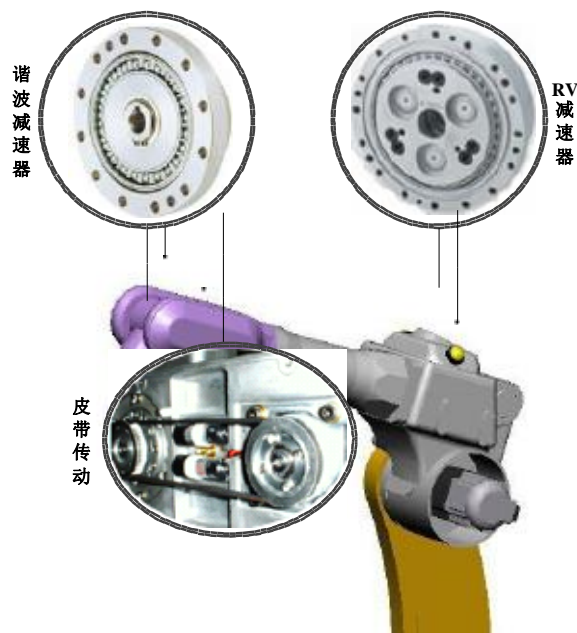
1.5 机器人传动机构

目前机器人广泛采用的机械传动单元是**减速器**，应用在关节型机器人

减速器主要两类：**RV 减速器**和**谐波减速器**。一般将**RV 减速器**放置在基座、腰部、大臂等重负载的位置（用于**20kg 以上的机器人关节**）；

将谐波减速器放置在小臂、腕部或手部等轻负载的位置（主要用于**20kg 以下的机器关节**）。

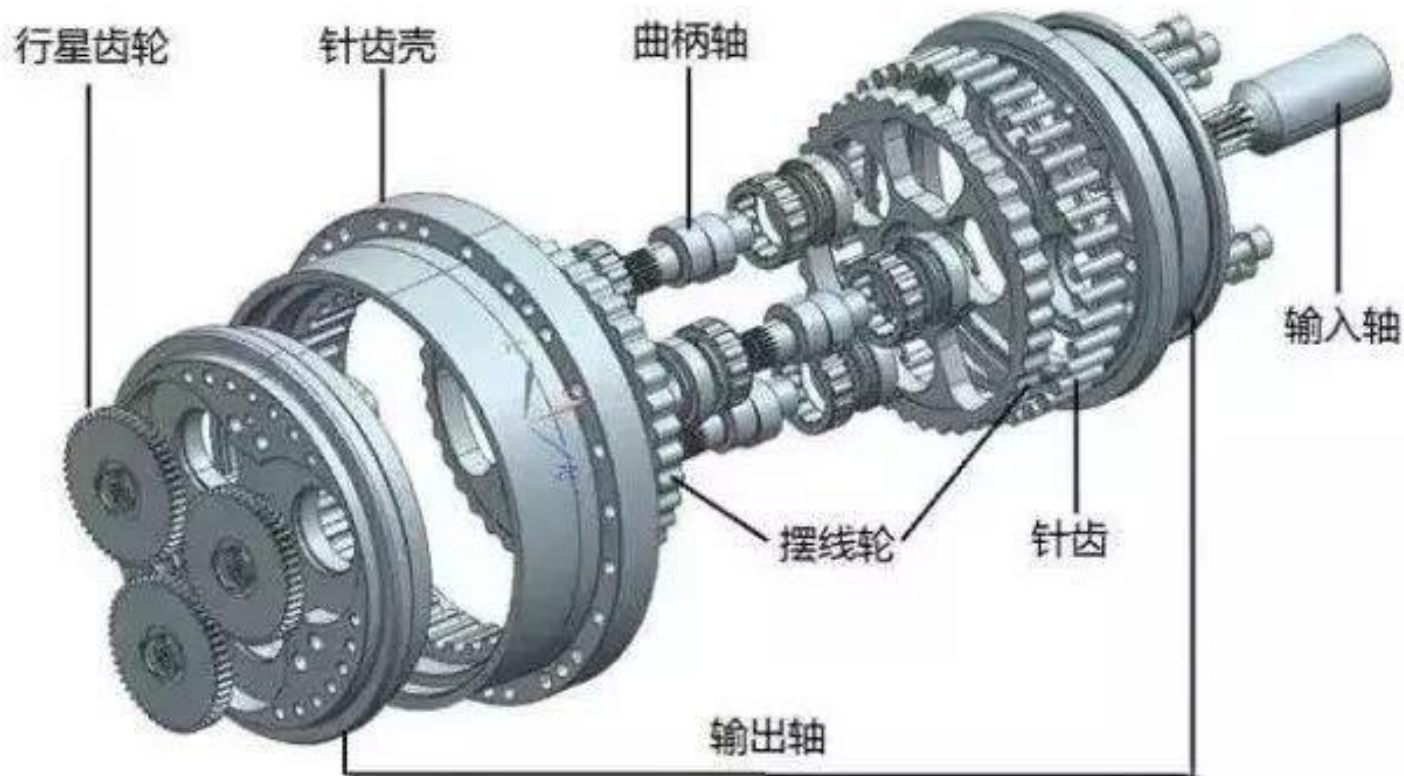
此外，机器人还采用齿轮传动、链条（带）传动、直线运动单元等。

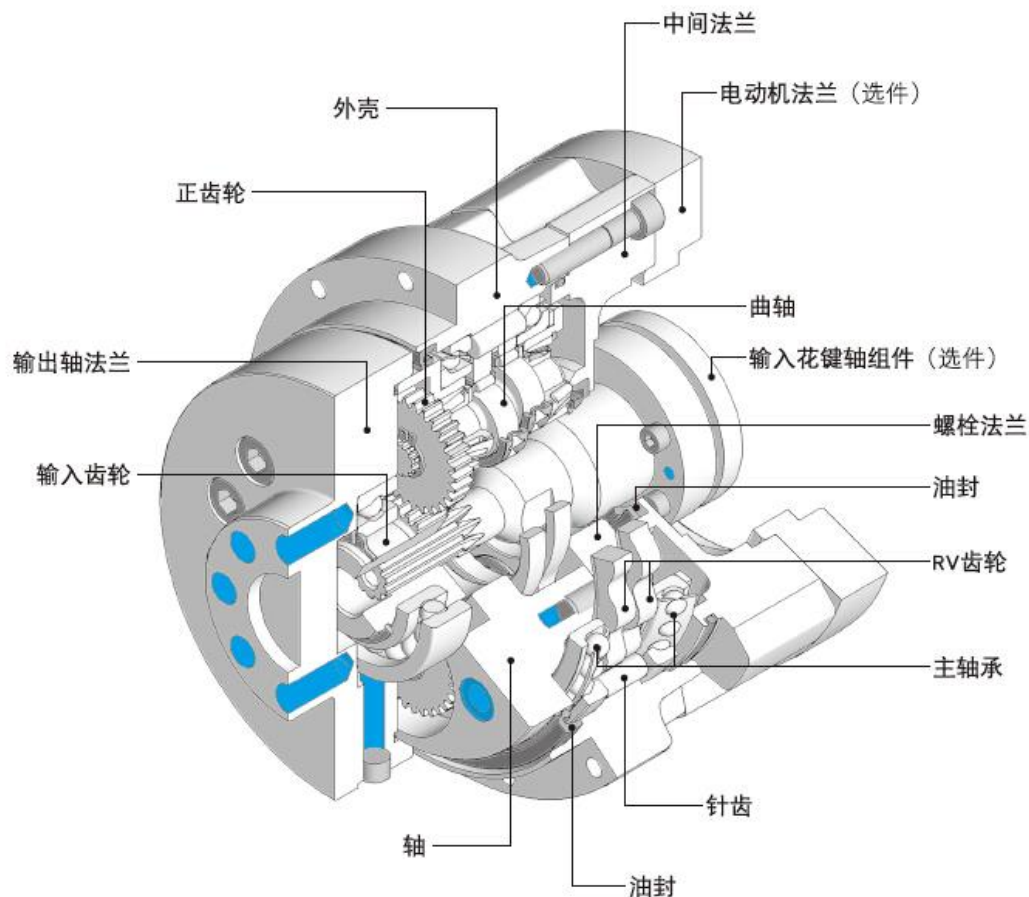


机器人关节传动单元

1) RV减速机

RV传动原理：在传统针摆行星传动的基础上发展出来的，而且因为具有体积小、重量轻、传动比范围大、寿命长、精度保持稳定、效率高、传动平稳等一系列优点。





- **输入齿轮轴：**输入齿轮轴用来传递输入功率，且与渐开线行星轮互相啮合。
- **行星轮（正齿轮）：**它与曲轴固联，两个或三个行星轮均匀分布在一个圆周上，起功率分流作用，即将输入功率分成几路传递给摆线针轮机构。
- **RV齿轮：**为了实现径向力的平衡，一般采用两个完全相同的摆线针轮。
- **针齿：**针齿与机架固联在一起成为针轮壳体。
- **刚性盘与输出盘：**输出盘是RV减速机与外界从动机相连接的构件，输出盘和刚性盘相连接成为一个整体，输出运动或动力。

垂直多关节机器人 (关节轴)



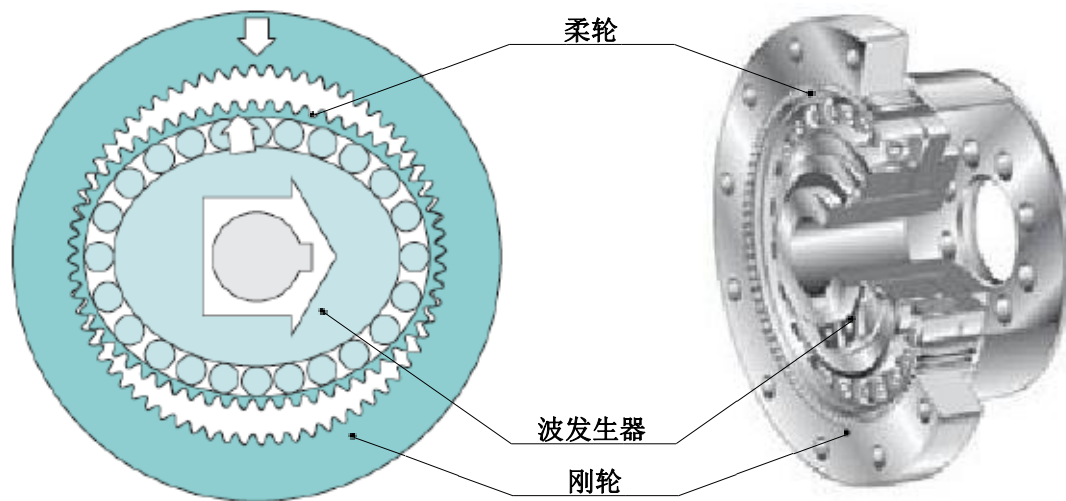
SCARA 机器人



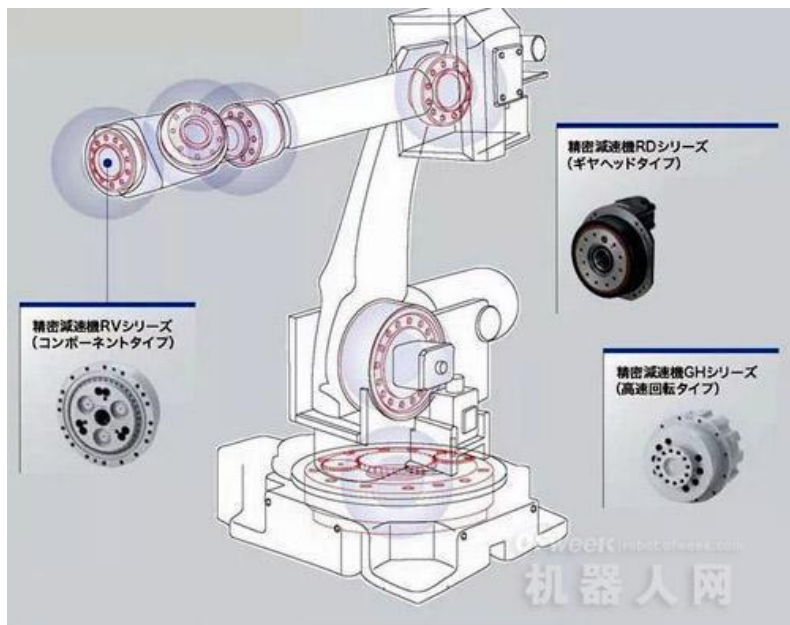
应用： 通用应用于机器人的第1、2、3轴

2) 谐波减速器

通常由 3 个基本构件组成，包括一个有内齿的**刚轮**，一个工作时可产生径向弹性变形并带有外齿的**柔轮**和一个装在柔轮内部、呈椭圆形、外圈带有柔性滚动轴承的**波发生器**，在这 3 个基本结构中可任意固定一个，其余一个为主动件一个从动件。



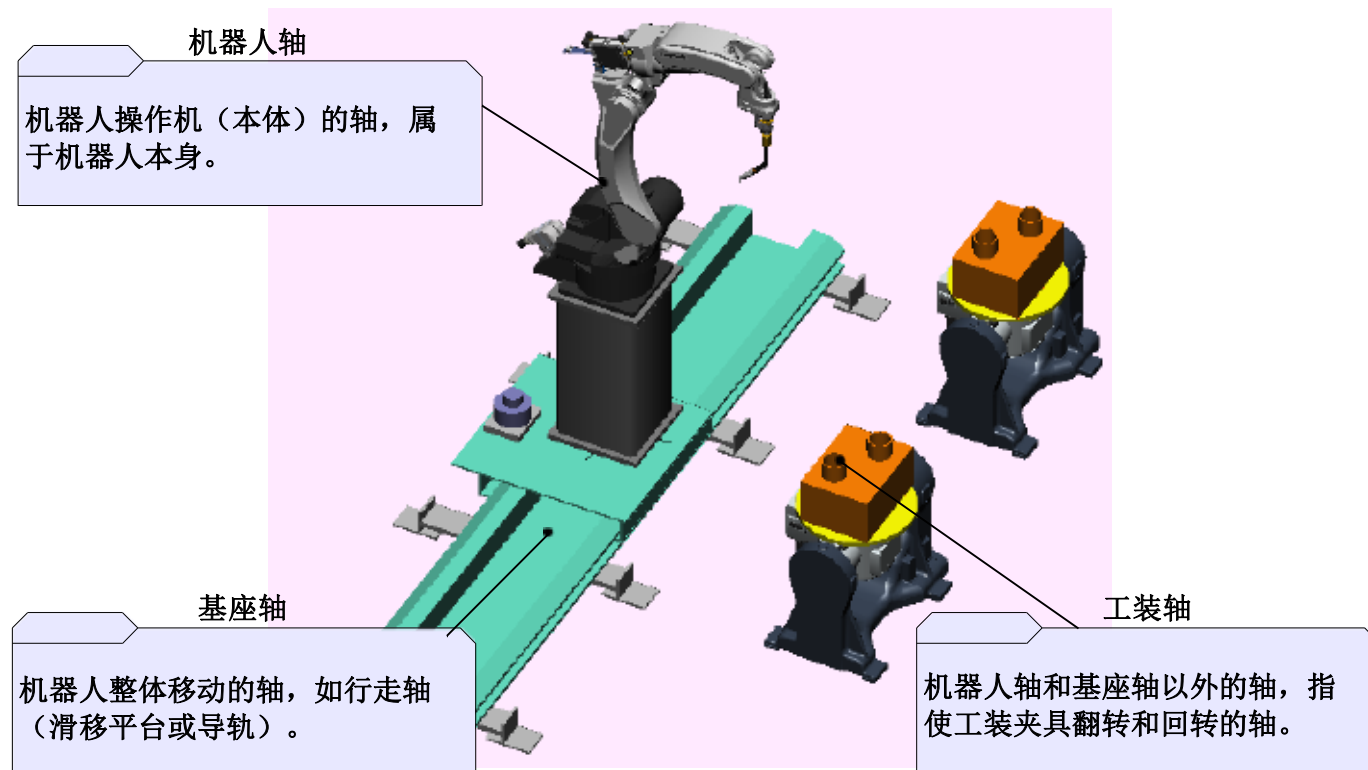
谐波减速器原理图



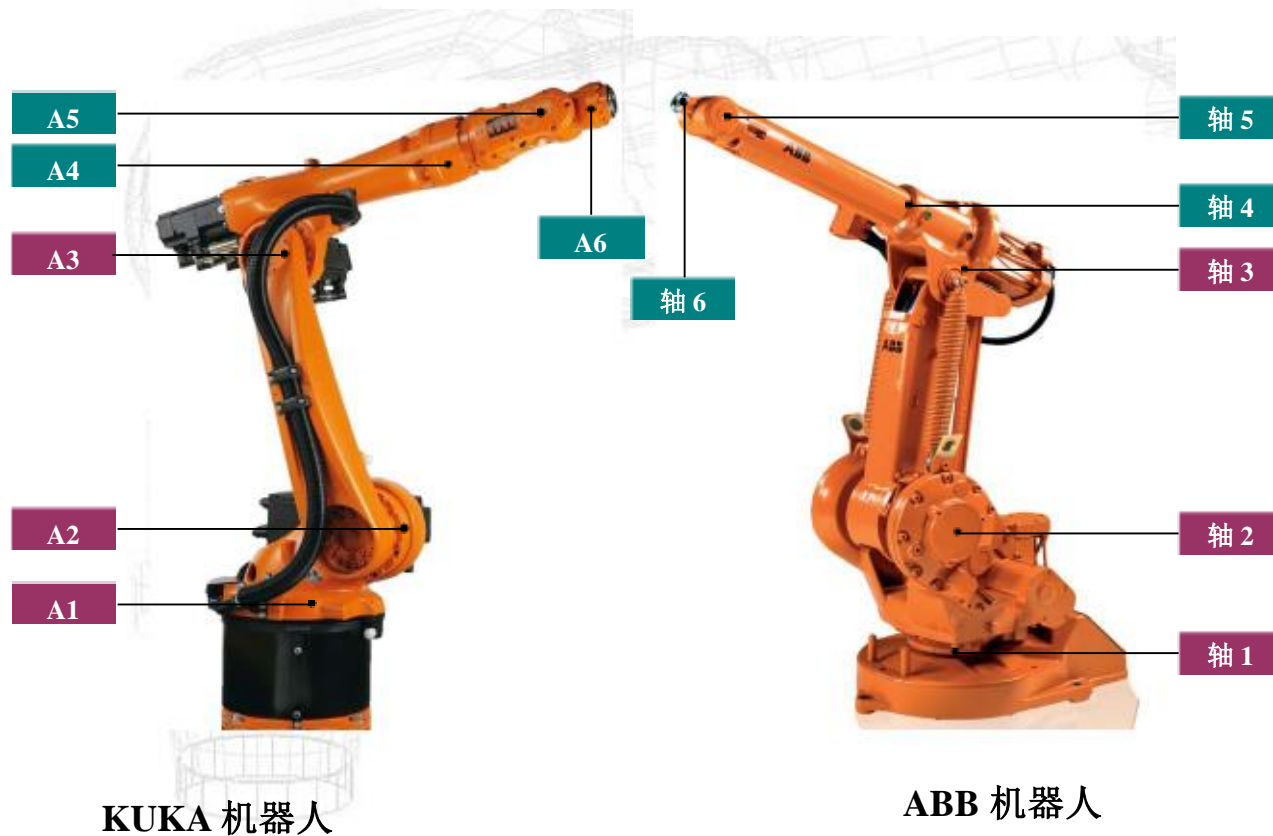
1.6 机器人运动轴与坐标系

1) 机器人运动轴的名称

通常机器人运动轴按其功能可划分为**机器人轴**、**基座轴**和**工装轴**，**基座轴**和**工装轴**统称**外部轴**。



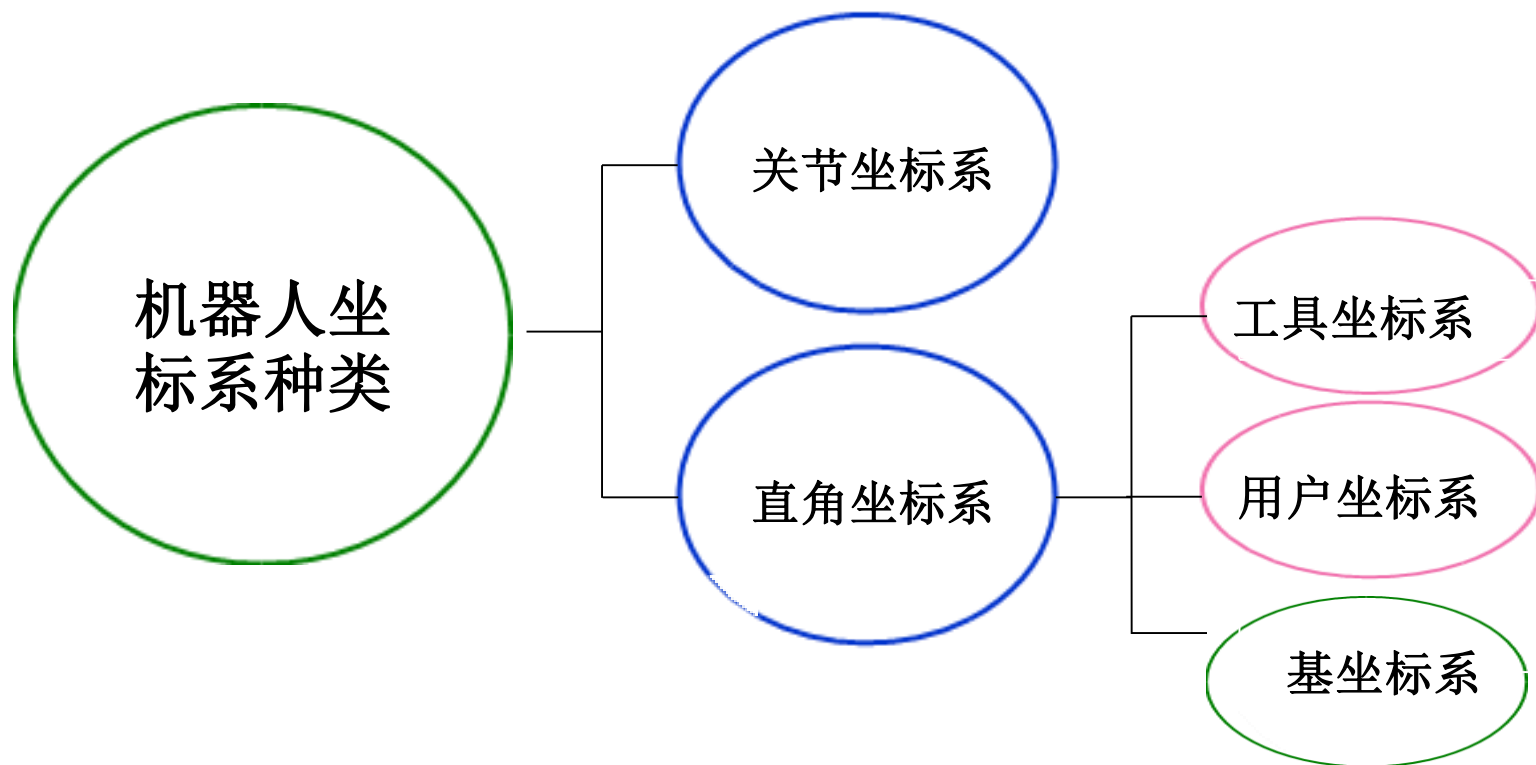
机器人系统中个运动轴的定义



A1、A2 和 A3 三轴（轴 1、轴 2 和轴 3）称为基本轴或主轴，用以保证末端执行器达到工作空间的任意位置。

A4、A5 和 A6 三轴（轴 4、轴 5 和轴 6）称为腕部轴或次轴，用以实现末端执行器的任意空间姿态。

机器人系统中可使用关节坐标系,直角坐标系（基本体坐标系、工具坐标系和用户坐标系）。



(1) 关节坐标系

在关节坐标系下，机器人各轴均可实现**单独正向或反向运动**。

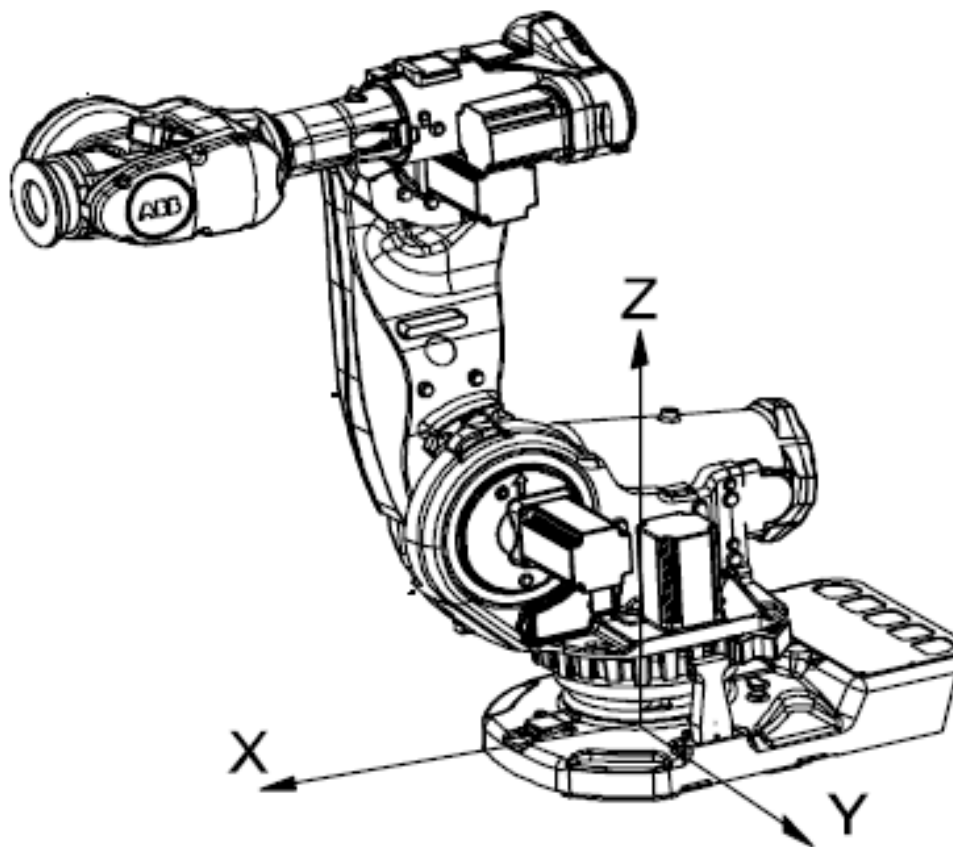
对大范围运动，且不要求 TCP 姿态的，可选择关节坐标系。

轴类型	轴名称				动作说明	
	ABB	FANUC	YASKAWA	KUKA		
主轴 (基本轴)	轴 1	J1	S 轴	A1	本体 左右回转	
	轴 2	J2	L 轴	A2	大臂 上下运动	
	轴 3	J3	U 轴	A3	小臂 前后运动	
次轴 (腕部轴)	轴 4	J4	R 轴	A4	手腕 回旋运动	
	轴 5	J5	B 轴	A5	手腕 弯曲运动	
	轴 6	J6	T 轴	A6	手腕 扭曲运动	

(2) 机器人基坐标系

机器人示教与编程时经常使用

原点定义在机器人安装面与第一转动轴的交点处，**X**轴向前，**Z**轴向上，**Y**轴按右手法则确定。



(3) 工具坐标系

- A. 机器人工具坐标系是由工具中心点 **TCP** 与座标方位组成。
- B. 机器人联动运行时，**TCP** 是必需的。

运动指令：

1) Reorient 重定位运动（姿态运动）

机器人 **TCP** 位置不变，机器人工具沿座标轴转动，改变姿态。

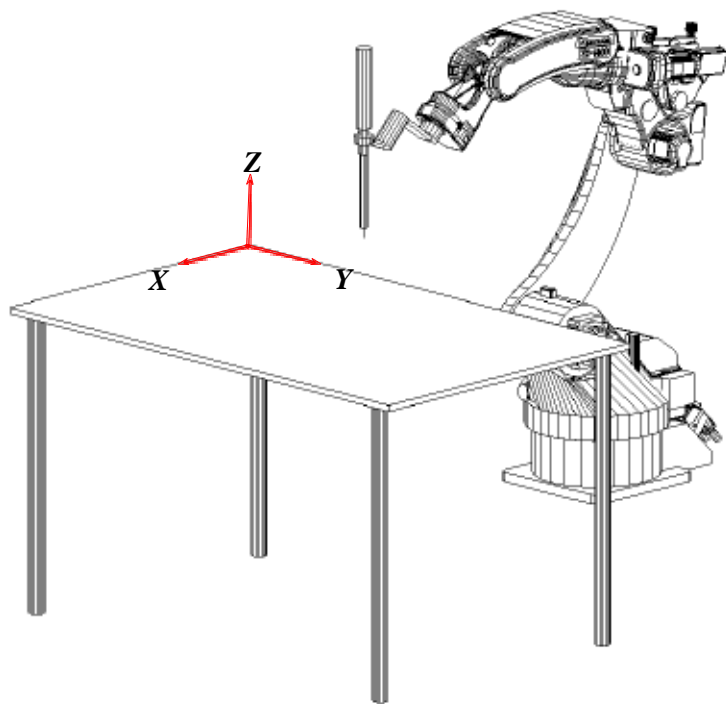
2) Linear 线性运动

机器人工具姿态不变，机器人 **TCP** 沿座标轴线性移动。

- C. 机器人程序支持多个 **TCP**，可以根据当前工作状态进行变换。
- D. 机器人工具被更换，重新定义 **TCP** 后，可以不更改程序，直接运行。

(4) 用户坐标系

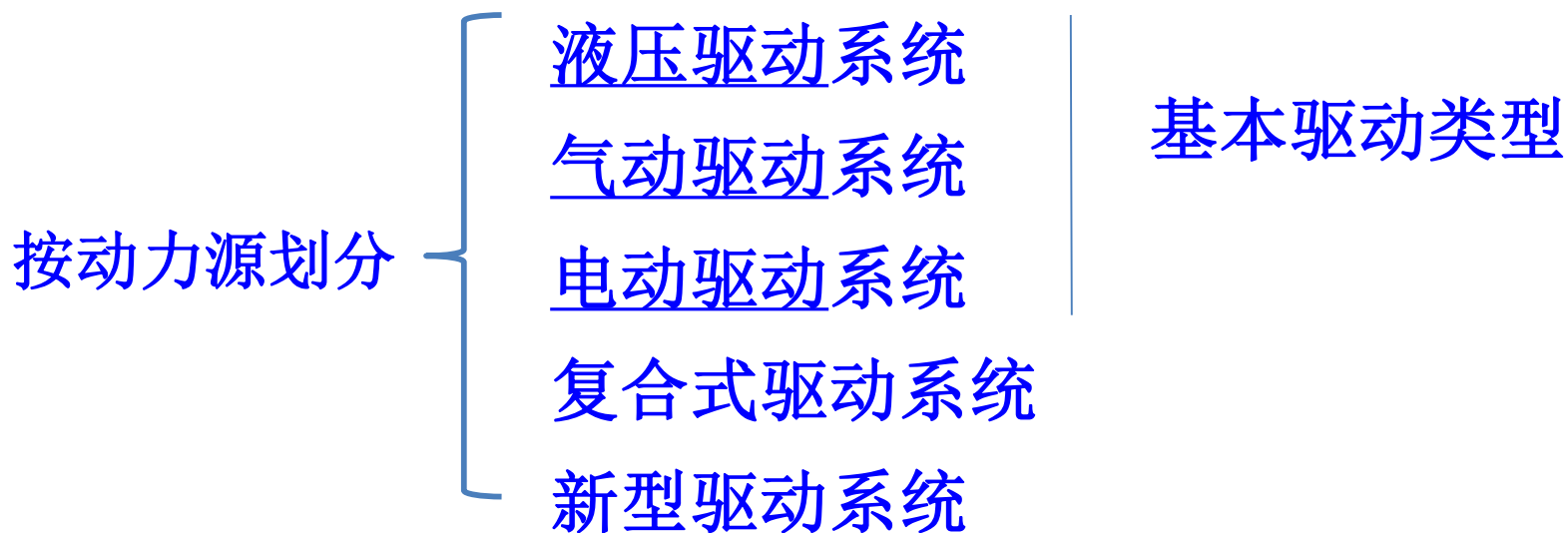
可根据需要定义用户坐标系。当机器人配备多个工作台时，选用户坐标系可使操作更为简单。



用户坐标系原点

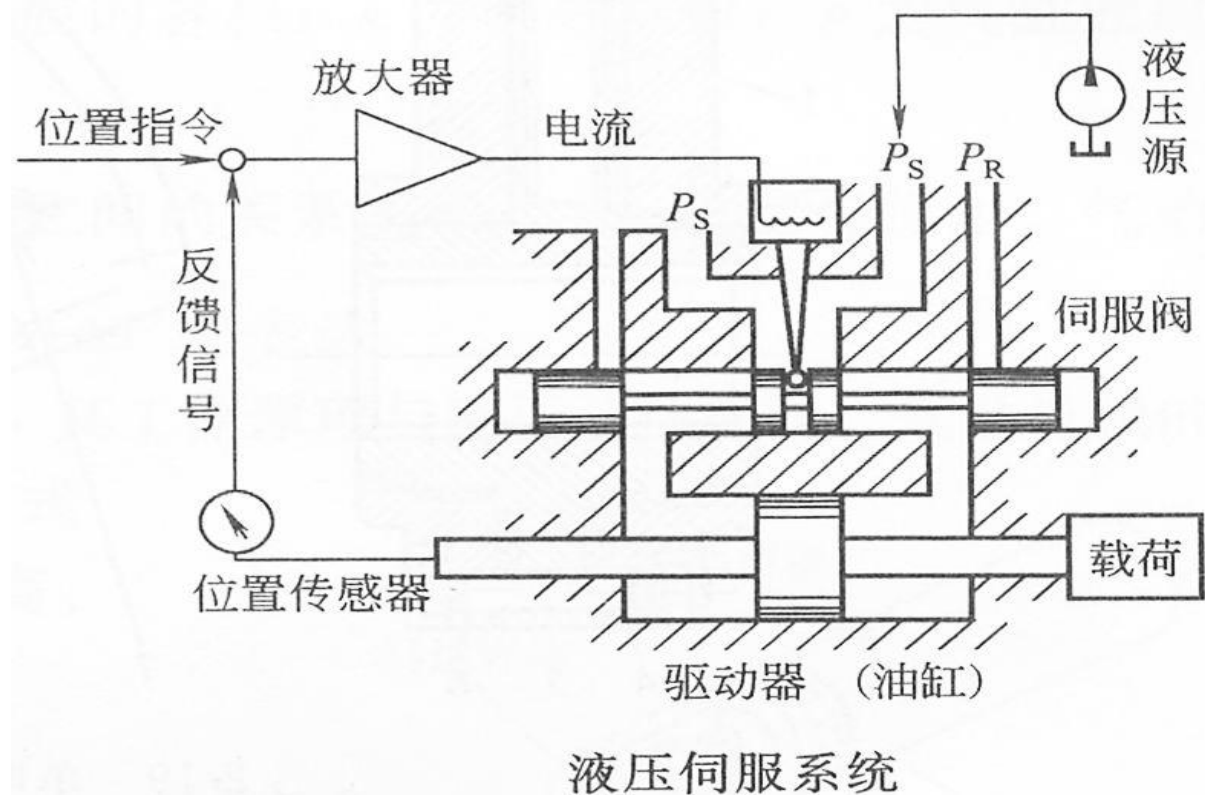
2. 工业机器人驱动系统

2.1 驱动系统分类



液压驱动系统:

由一般电动机带动液压泵，液压泵转动形成高压液流（也就是动力），液压管路将高压液体（一般是液压油）接到液压马达（阀），由液压马达转动形成驱动力。



具有输出功率大、控制简单特点，在机器人系统中得到广泛应用。

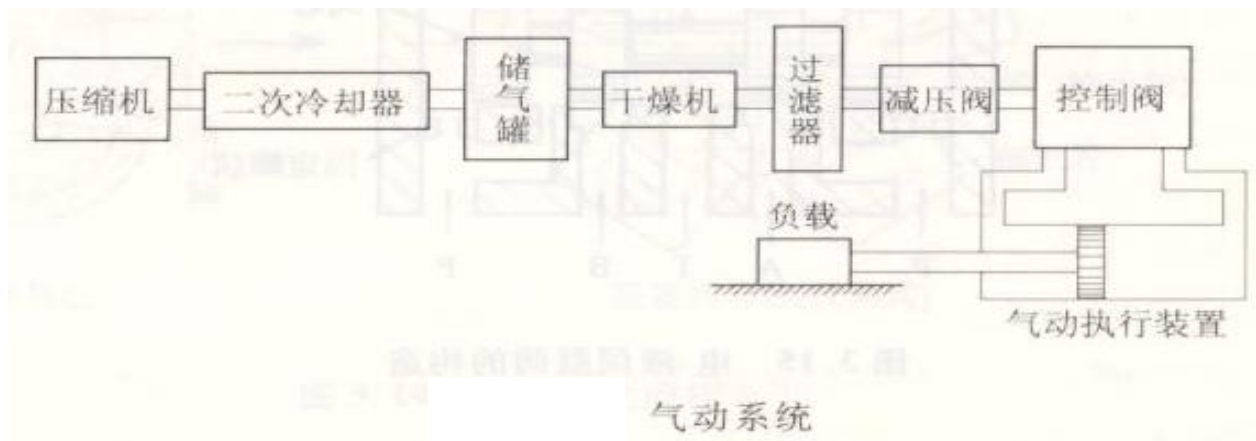
- 电液伺服驱动的机器人所采用的电液转换和功率放大元件有：**电液伺服阀、电液比例阀**等。
- 电液伺服动力机构：**电液伺服马达、电液伺服液压缸、电液步进马达、电液步进液压缸、液压回转伺服执行器等。**

采用电液伺服驱动的机器人系统设计中，应注意**伺服阀的布置**，以使**伺服阀与驱动器之间连接的管线距离最短**，以提高系统的动态响应。

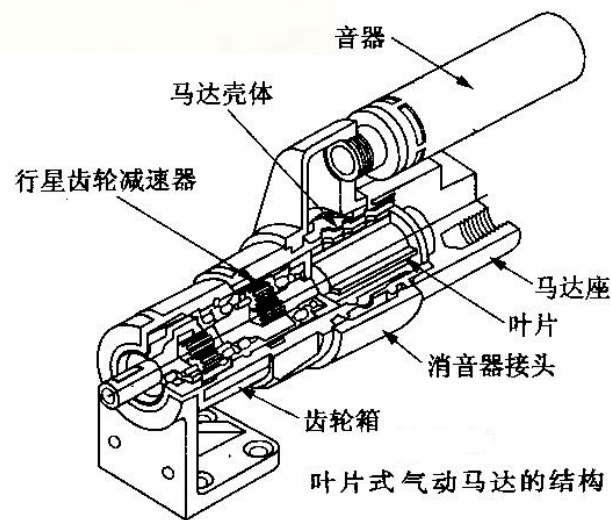
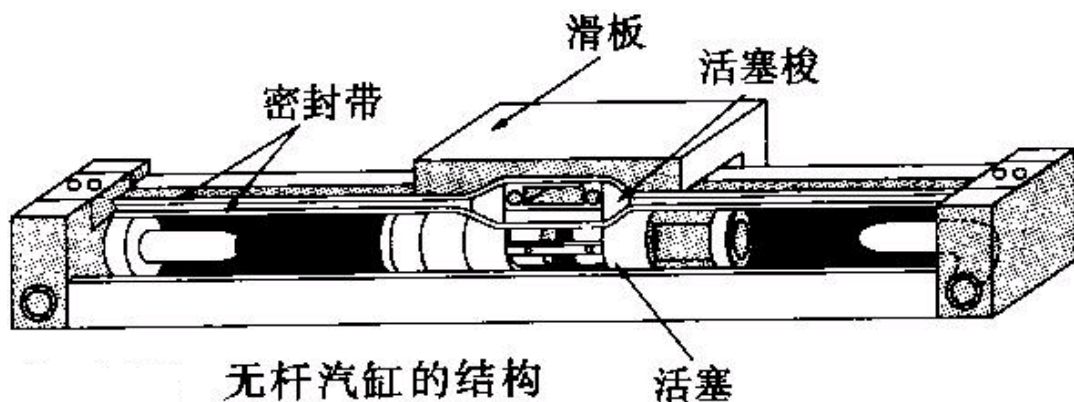
系统动力源压力以适中为宜[**689~1379kPa**]，回油管以及油冷却器必须按一定的尺寸制造，以利热量散发，保护回路中的部件。

气动驱动系统:

利用气体的抗挤压力来实现力的传递。



气动执行装置的种类：气缸、气动马达。



气动驱动

电机驱动系统:

电动驱动将电信号转换成角位移或线位移, 包括: 步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机等。

机器人应用对电机要求:

(1) 有较大功率质量比和扭矩惯量比、高起动转矩、低惯量和较宽广且平滑的调速范围;

(2) 必须具有较高的可靠性和稳定性, 并且具有较大的短时过载能力。

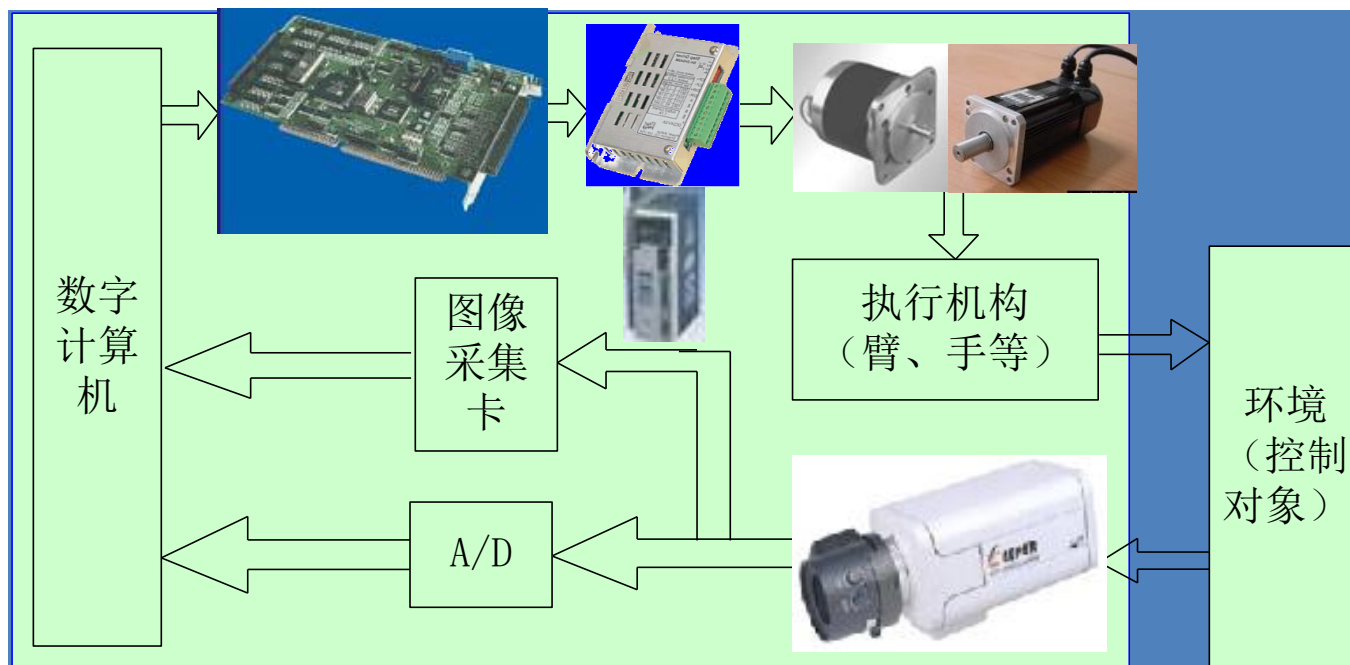
(3) 机器人末端执行器(手爪)应采用体积、质量尽可能小的电动机。

一般负载1000N以下的工业机器人大多采用电伺服驱动系统。交流伺服电动机由于采用电子换向, 无换向火花, 在易燃易爆环境中得到了广泛使用。步进电动机主要适于开环控制系统, 一般用于位置和速度精度要求不高的环境。机器人关节驱动电动机的功率范围一般为0.1~10kW。

新型执行装置：

压电执行装置：利用在压电陶瓷等材料上施加电压，而产生变形的压电效应。

形状记忆合金执行装置：利用镍钛合金等材料具有的形状随温度变化，温度恢复时形状也恢复的形状记忆性质。



三种基本驱动系统的主要性能特点

内容	液压驱动	气动驱动	电动驱动
输出功率	很大, 压力范围为: 50~1400N/cm ² , 液体的不可压缩性	大 压力范围为 40~60N/cm ² , 最大可达100N/cm ²	较大
控制性能	控制精度较高, 可无级调速, 可实现连续轨迹控制 但响应慢、体积大、 容易漏油。	气体压缩性大, 精度低, 阻尼效果差, 低速不易控制, 难以实现伺服控制	控制精度高, 能精 确定位, 反应灵敏 可实现高速、高精 度的连续轨迹控制 伺服特性好, 控制 系统复杂

三种基本驱动系统的主要性能特点

内容	液压驱动	气动驱动	电动驱动
响应速度	快	较快	很快
结构性能及体积	执行机构可标准化、模块化，易实现直接驱动，功率 / 质量比大，体积小，结构紧凑，密封问题较大	执行机构可标准化、模块化、易实现直接驱动，功率 / 质量比较大，体积小，结构紧凑，密封问题较小	伺服电动机易于标准化。结构性能好，噪声低。电动机一般需配置减速装置（除DD电动机外，难以进行直接驱动），结构紧凑，无密封问题。
安全性	防爆性能较好，用液压油作传动介质，在一定条件下有火灾危险	防爆性能好，高于1000kPa(10个大气压)时应注意设备的抗压性	设备自身无爆炸和火灾危险。直流有刷电动机换向时有火花，对环境的防爆性能较差

三种基本驱动系统的主要性能特点

内容	液压驱动	气动驱动	电动驱动
对环境的影响	泄漏对环境有污染	排气时有噪声	很小
效率与成本	效率中等(0.3~0.6), 液压元件成本较高	效率低(0.15~0.2) 气源方便、结构简单, 成本低	效率为0.5左右, 成本高
维修及使用	方便, 但油液对环境 温度有一定要求	方便	较复杂
在工业机器人中 应用范围	适用于重载、低速驱动, 电液伺服系统用于喷涂 机器人、重载点焊机器人 和搬运机器人	适用于中小负载, 快速 驱动, 精度要求较低的有 限点位程序控制机器人。 如冲压机器人、机器人本 体的气动平衡及装配机器 人气动夹具	适用于中小负载, 要求具 有较高的位置控制精度, 速 度较高的机器人。如AC伺 服喷涂机器人、点焊机器 人、弧焊机器人、装配机 器人等

2.2 驱动系统设计的选用原则

一般情况下，各种机器人驱动系统的设计选用原则：

1) 控制方式

2) 作业环境要求

3) 操作运行速度

低速重负载时可用液压驱动；
中等负载时可用电动驱动系统；
轻负载时可选用电动驱动系统；
轻负载、高速时可选用气动驱动系统

从事喷涂作业的工业机器人，由于工作环境需要防爆，考虑到其防爆性能，多采用电液伺服驱动系统和具有本征防爆的交流电动伺服驱动系统。

选用原则：

- 1) 控制方式
- 2) 作业环境要求
- 3) 操作运行速度

在腐蚀性、易燃易爆气体、放射性物质环境中工作的移动机器人，一般采用交流伺服驱动。

如要求在洁净环境中使用，则多要求采用直接驱动的电动机驱动系统。

要求其有较高的**点位重复精度**和较高的**运行速度**，通常在速度相对较低($\leq 4.5\text{m/s}$)情况下，可采用**AC、DC**或步进电动机伺服驱动系统；

在**速度、精度要求均很高**的条件下，多采用直接驱动(**DD**)的电动机驱动系统。

本章小结:

机器人机构研究是非常重要的问题

- 1.介绍了机器人组成;
- 2.基本机械机构及部件;
- 3.介绍了主要驱动方式