



第一讲 机器人的机械机构

- 机器人的主要技术参数
- 机身和臂部机构
- 驱动机构

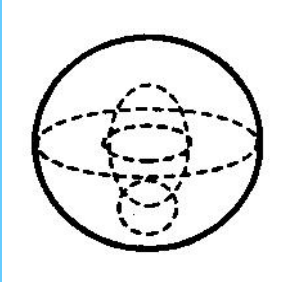
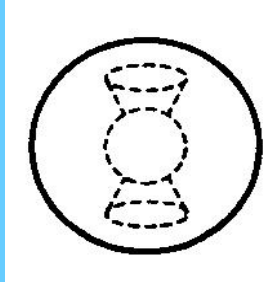
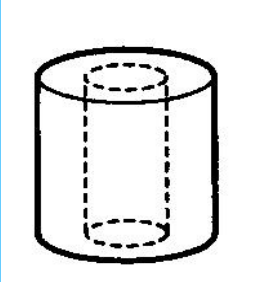
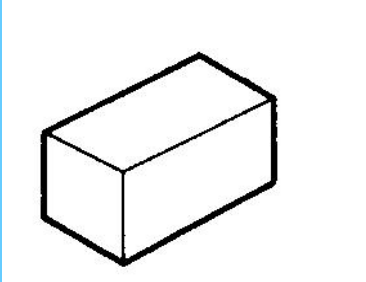
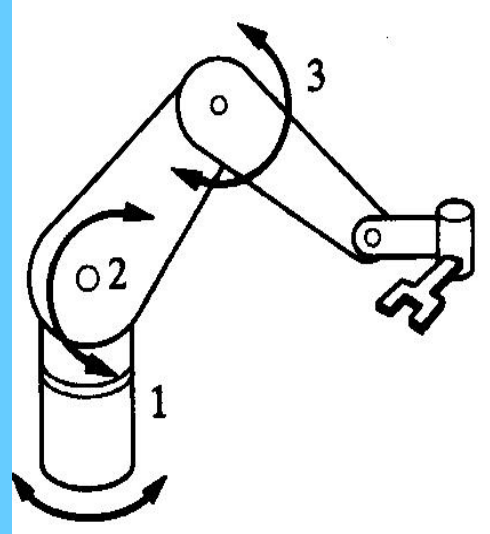
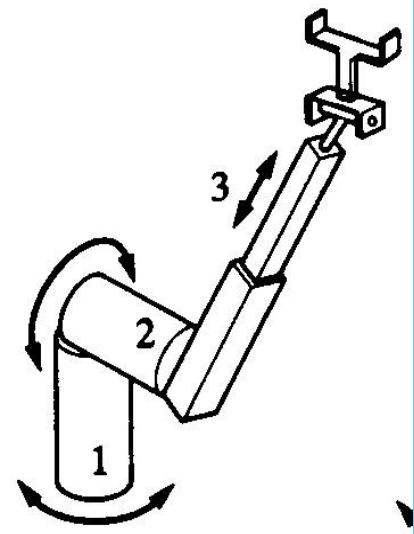
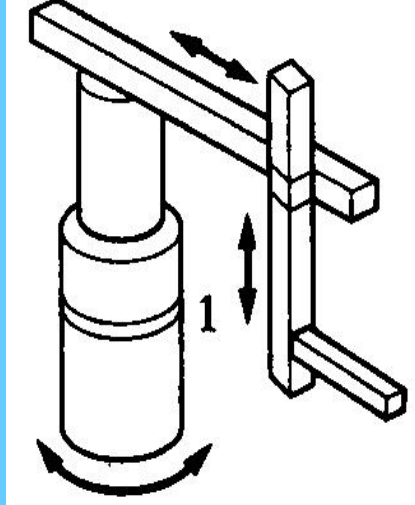
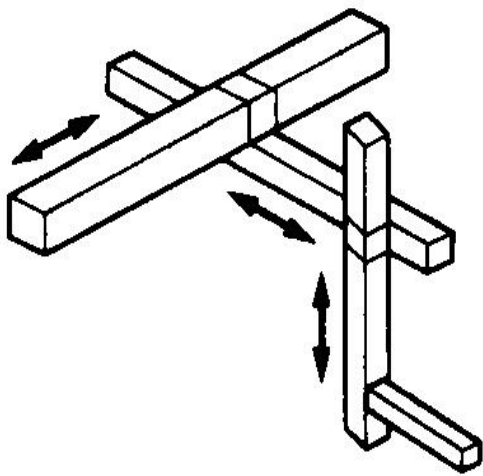


第一节 机器人的主要技术参数

■ 自由度

操作机的自由度多，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。机构的自由度多于为完成生产任务所必需的自由度时，多余的自由度称为冗余自由度。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。工业机器人一般多为**4~6**个自由度。

第一节 机器人的主要技术参数





第一节 机器人的主要技术参数

- 工作速度

工作速度是指机器人在工作载荷条件下，匀速运动过程，机械接口中心或工具中心点在单位时间内所移动的距离或转动的角度。

- 工作载荷

机器人在规定的性能范围内，机械接口处能承受的最大负载量（包括手部）。用质量、力矩、惯性矩来表示。



第一节 机器人的主要技术参数

- 控制方式

机器人用于控制轴的方式，使伺服还是非伺服，伺服控制方式是实现连续轨迹还是点到点的运动。

- 驱动方式

指的是关节执行器的动力源形式：电气驱动、液压驱动、气压驱动、其它驱动形式。

第一节 机器人的主要技术参数

精度、重复精度和分辨率

精度、重复精度、和分辨率用来定义机器人手部的定位能力。

■ 精度

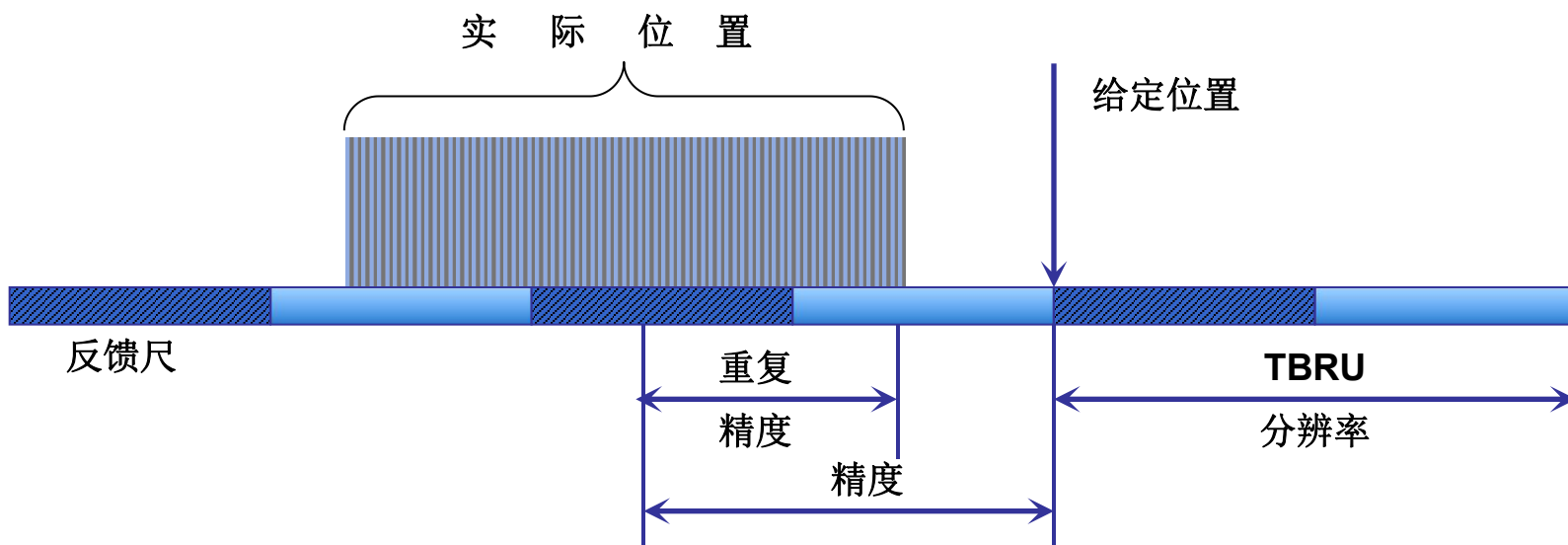
是一个位置量相对于其参照系的绝对度量。

任务	机床上下料	冲床上下料	点焊	模锻	喷漆	装配	测量	弧焊
重复性	$\pm (0.05\sim 1)$	± 1	± 1	$\pm 0.1\sim 2$	± 3	$\pm (0.01\sim 0.5)$	$\pm (0.01\sim 0.5)$	$\pm (0.2\sim 0.5)$

第一节 机器人的主要技术参数

■ 分辨率

是指机器人每根轴能够实现的最小移动距离或最小转动角度。精度和分辨率不一定相关。



分辨率、精度、重复精度的关系



第二节 机身和臂部机构

一、机身和臂部的作用

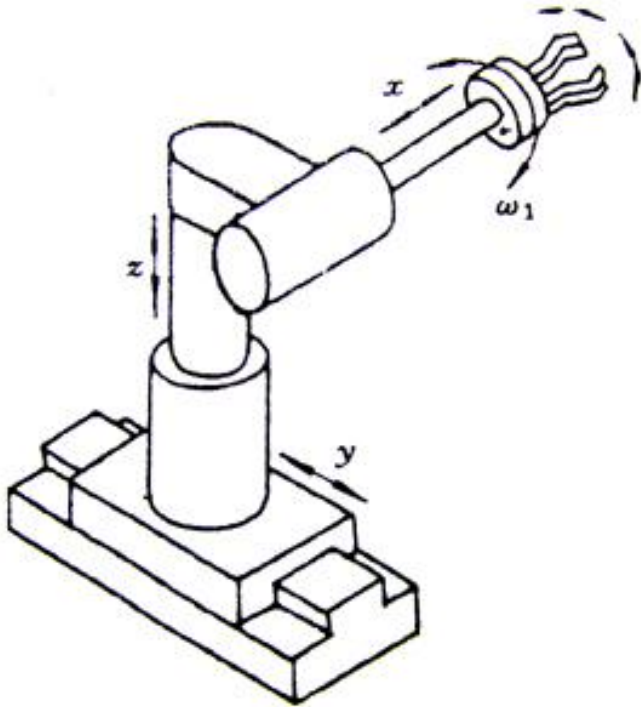
机身

- 起连接、支承和传动的作用
- 既可以是固定式的，也可以是行走式的

臂部

- 支承腕部和手部，并带动它们在空间运动
- 在工作中直接承受腕、手和工件的静、动载荷，自身运动又较多，故受力复杂。

二、机身的典型结构



直角坐标型

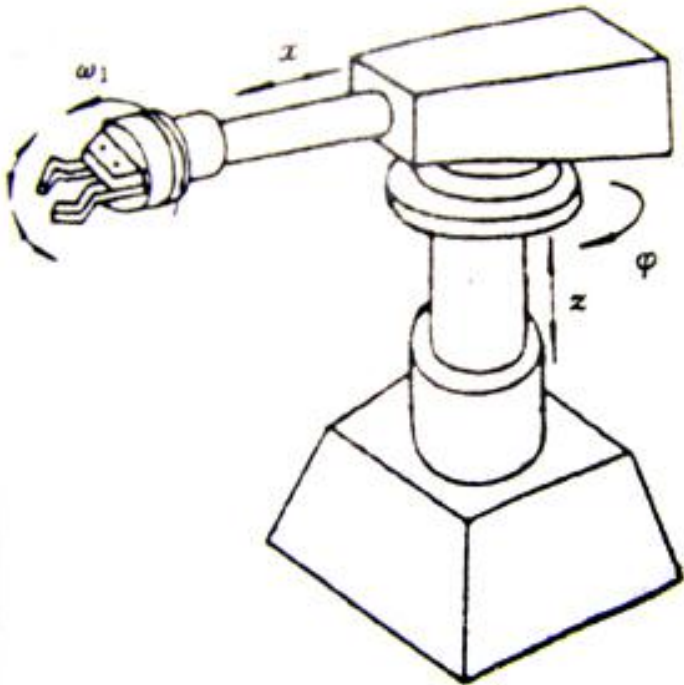
控制简单；
刚性最大（龙门式）；
容易达到高精度；

操作范围小；
占地面积大；
运动速度低；
密封性差；

常用典型案例：注塑机械手



二、机身的典型结构

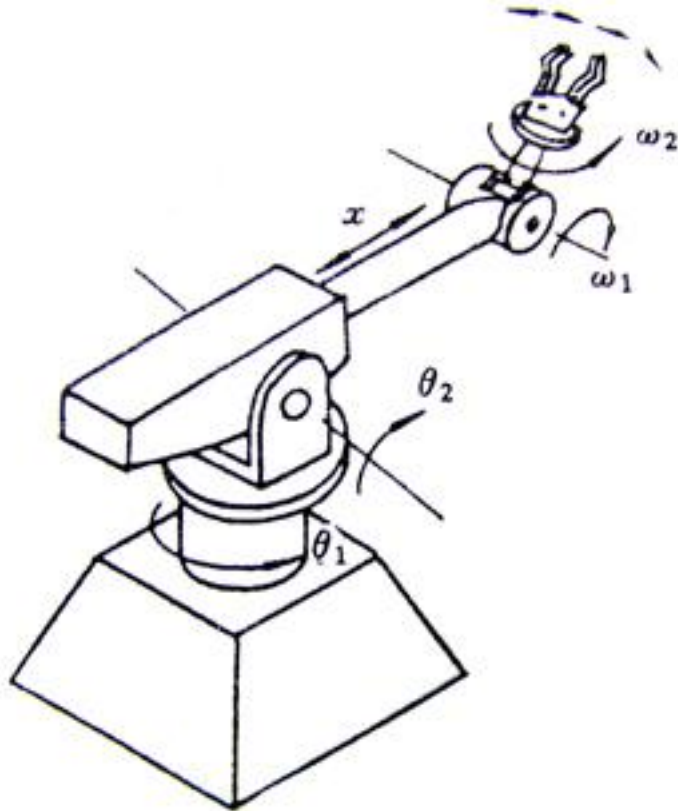


圆柱坐标型

工作范围可以扩大；
计算简单；
动力输出较大；

手臂可达空间受到限制；
直线驱动部分难以密封；
安全性差；

二、机身的典型结构



球坐标式

中心支架附近的工作范围大；
工作空间大；

坐标系复杂，难以控制；
存在工作死区；
密封性较差；

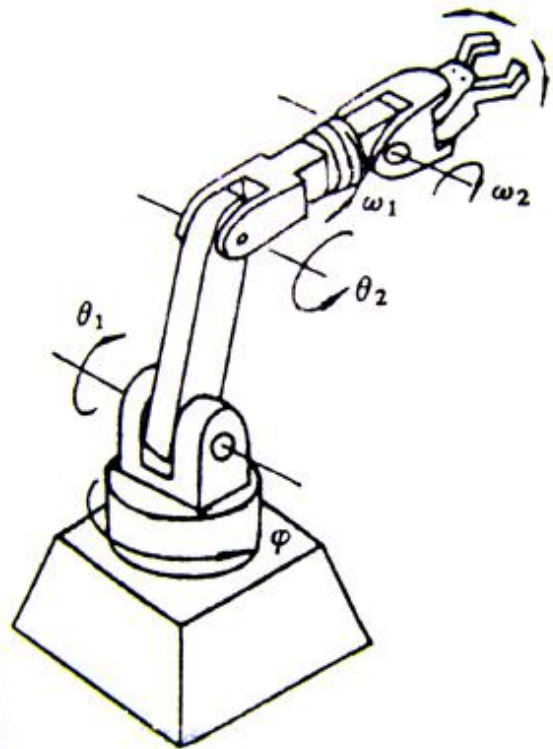
二、机身的典型结构



平面多关节型

垂直方向上刚度高；
水平面内动作灵活；
适于孔轴装配工作；

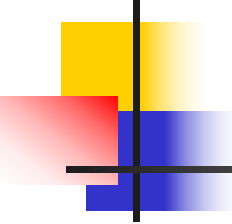
二、机身的典型结构



垂直多关节型

动作灵活；
工作空间大；
易密封；
工作条件要求低；
适合用电机驱动；

计算量大；
输出动力不大；



机身的典型结构

- 回转与升降机身
- 回转与俯仰机身

齿条活塞油缸驱动的回转型机身

升降回转台

升降缸体

活塞

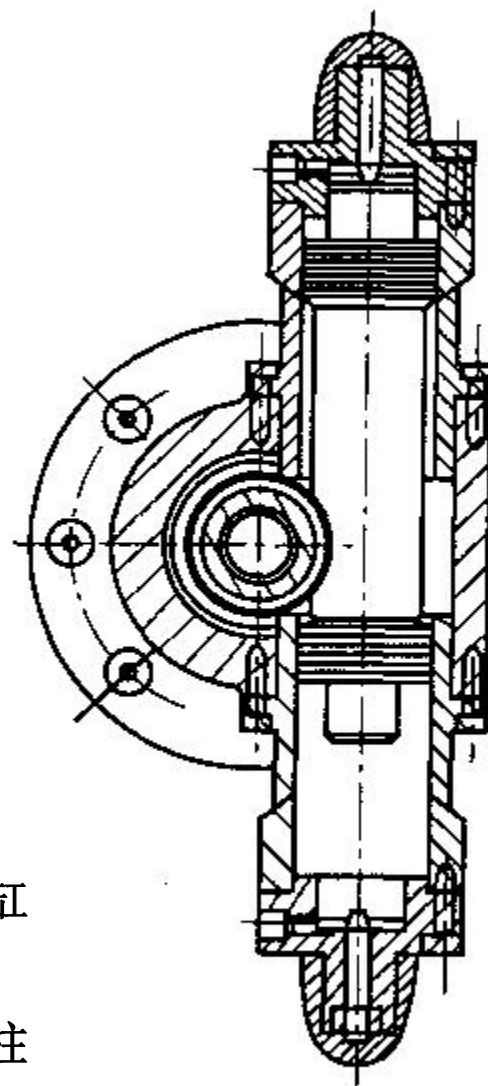
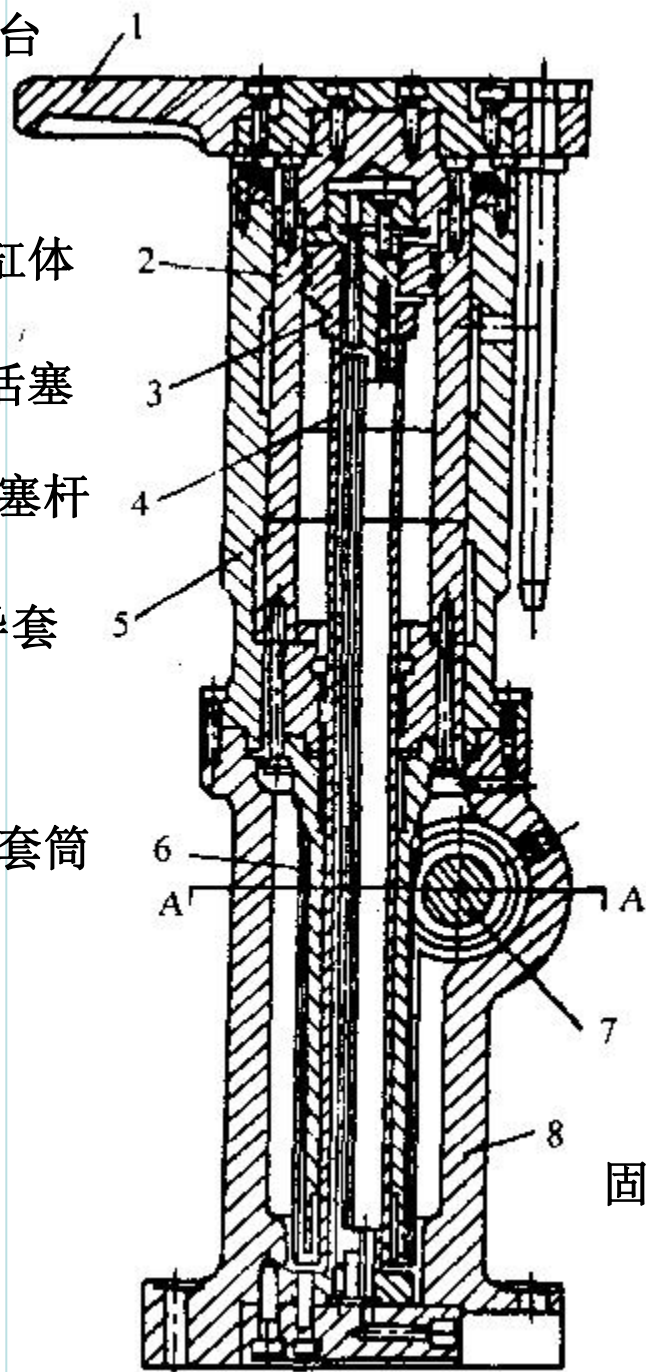
活塞杆

固定导套

齿轮套筒

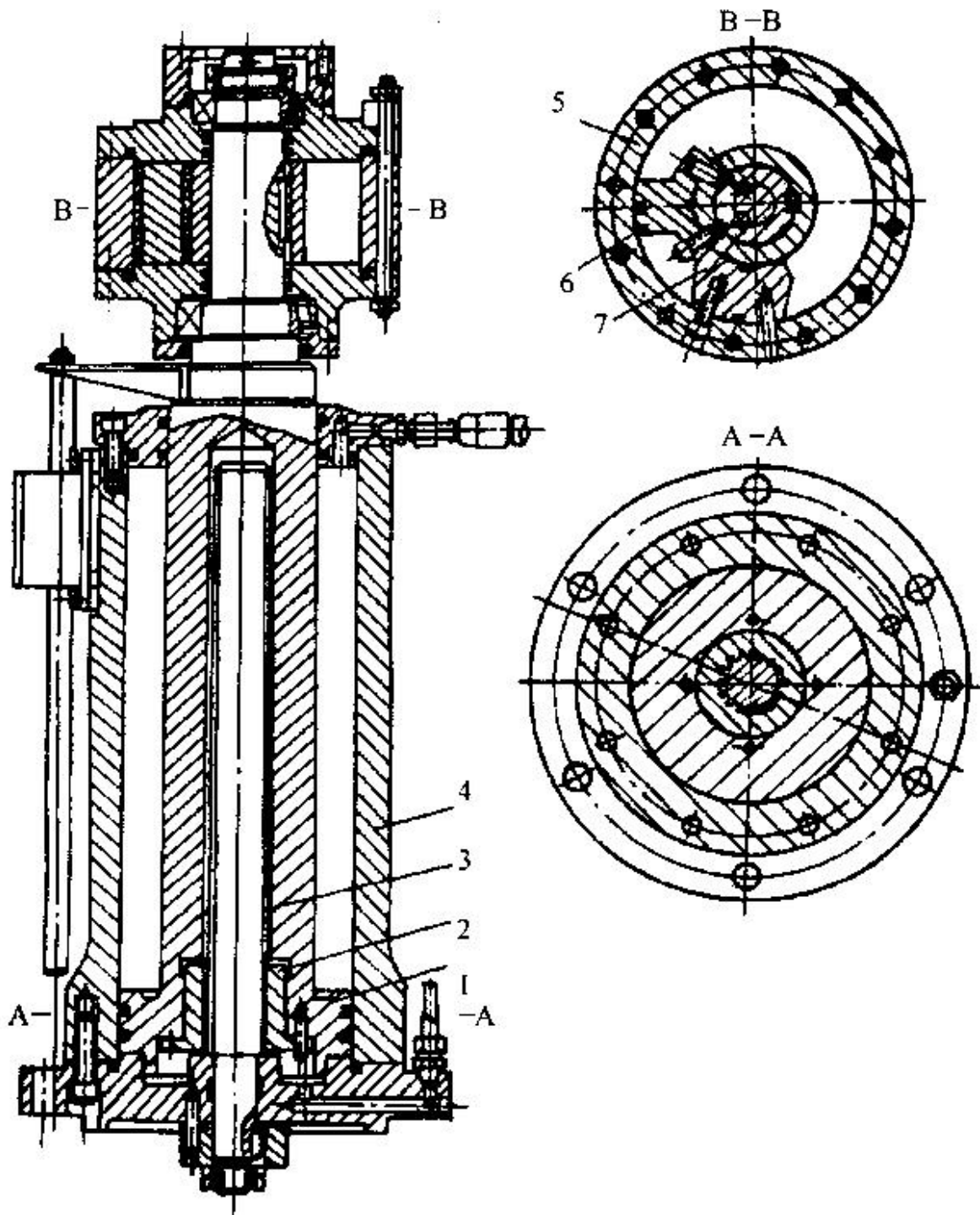
7 齿条缸

8 固定立柱

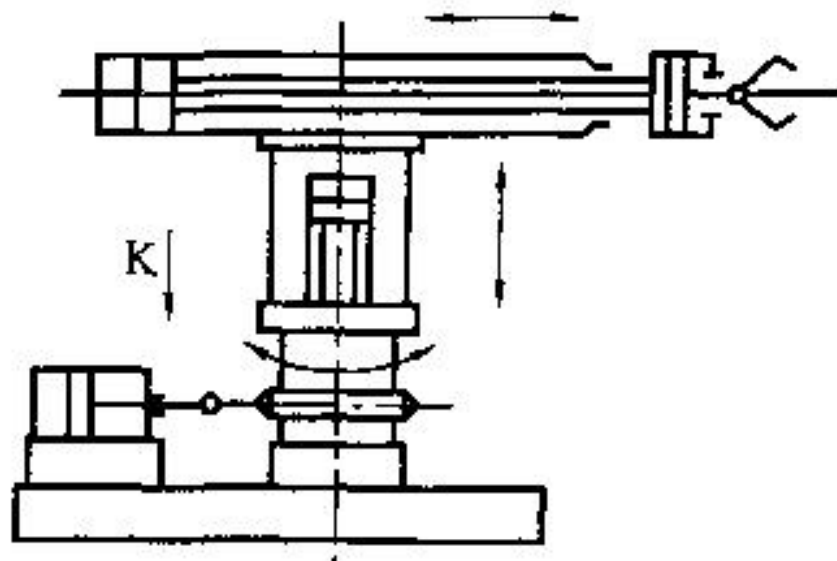


A-A

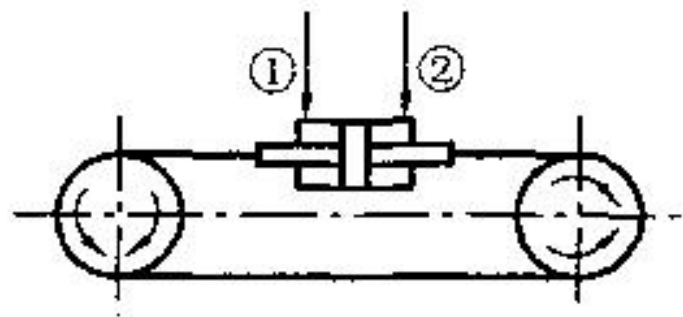
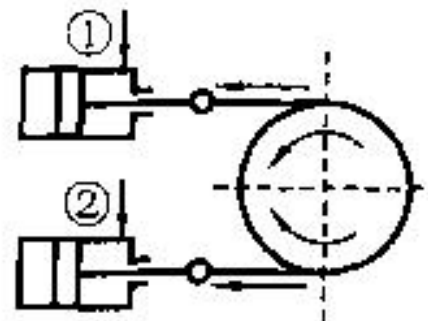
齿条活塞油缸驱动的回转型机身



- 1、活塞
- 2、花键套
- 3、花键轴
- 4、升降油缸
- 5、摆动油缸
- 6、摆动缸定片
- 7、摆动缸动片



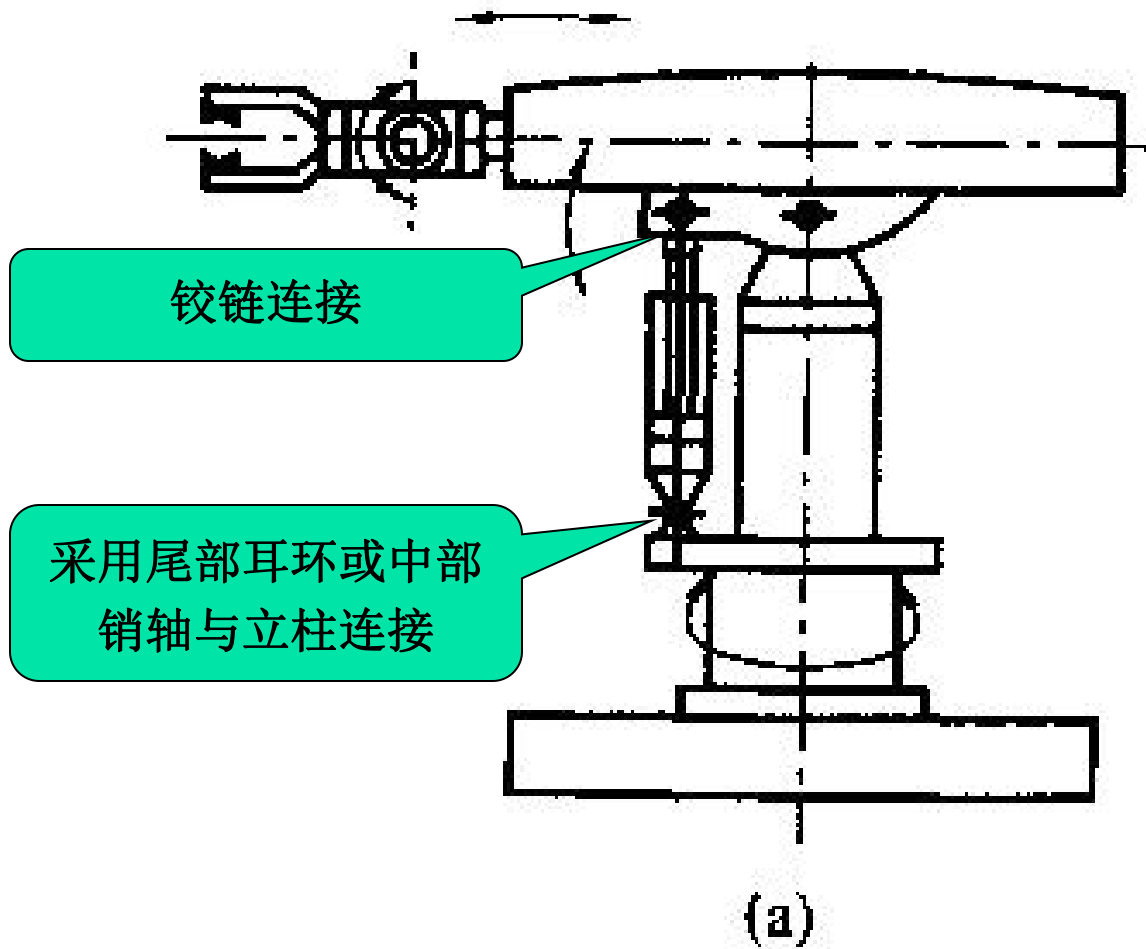
(a)



(b)

链条链轮型回转机身

回转与俯仰机身

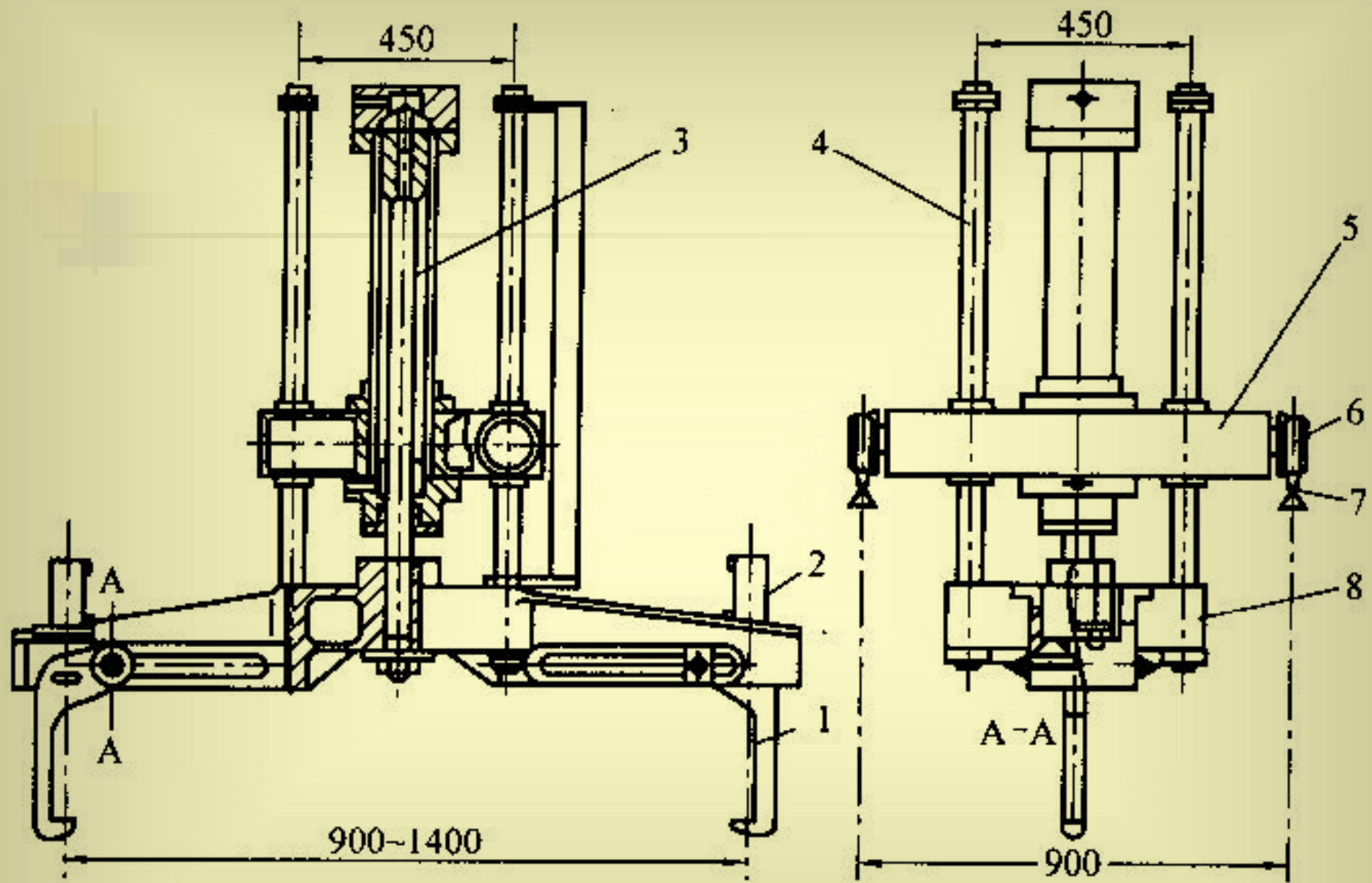


三、臂部的典型机构

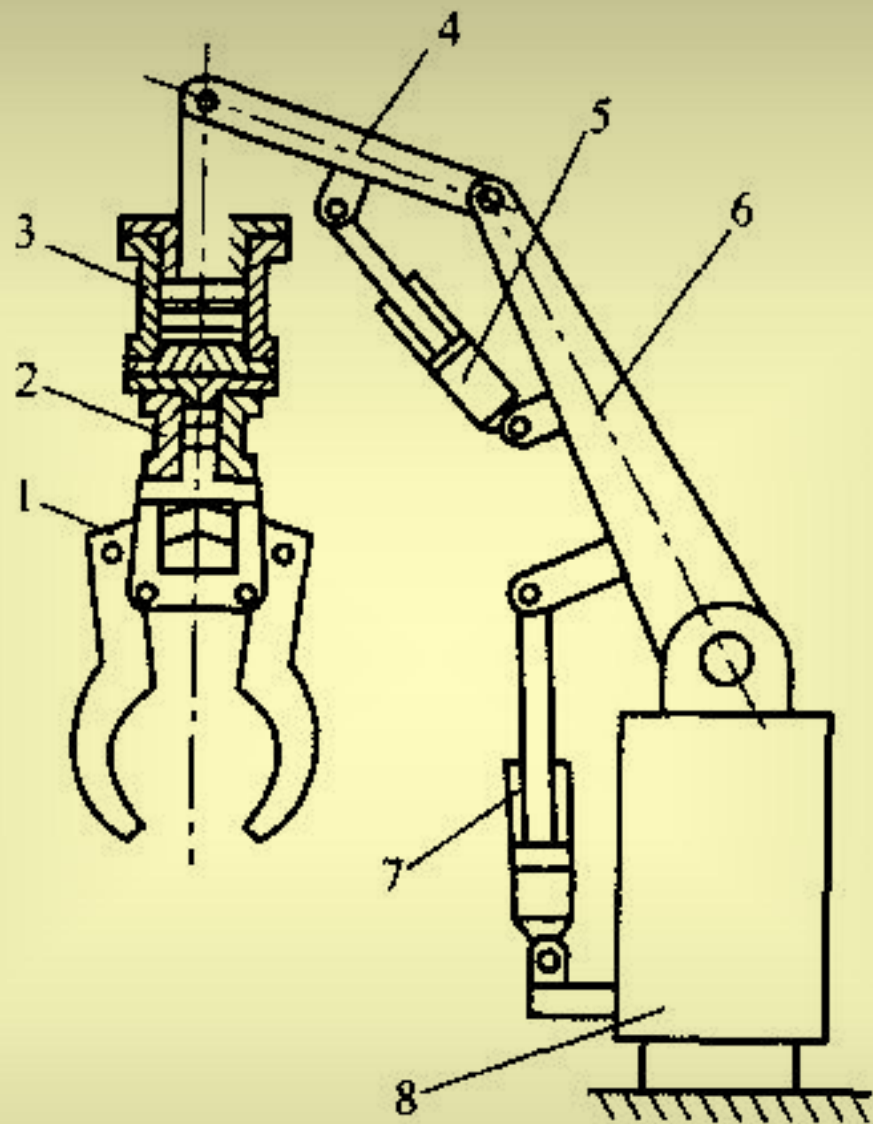
- 臂部伸缩机构
- 臂部俯仰运动机构
- 手臂回转与升降机构

手臂回转与升降机构通常是通过臂部相对于立柱的运动机构来实现。常采用回转缸与升降缸单独驱动，适用于升降行程短而回转角度小于**360°**的情况，也有采用升降缸与气马达——锥齿轮传动的结构。





1—手部; 2—夹紧缸; 3—油缸; 4—导向柱; 5—运行架; 6—行走车轮; 7—轨道; 8—支座



1—手部；2—夹紧缸；3—升降缸；4—小臂

机器人的机械机构 (2-5) 7—摆动缸，6—大臂，8—立柱，



四、机身与臂部的配置形式

(1.) 横梁式

机身设计成横梁式，用于悬挂手臂部件，这类机器人大都为移动式。

(2.) 立柱式

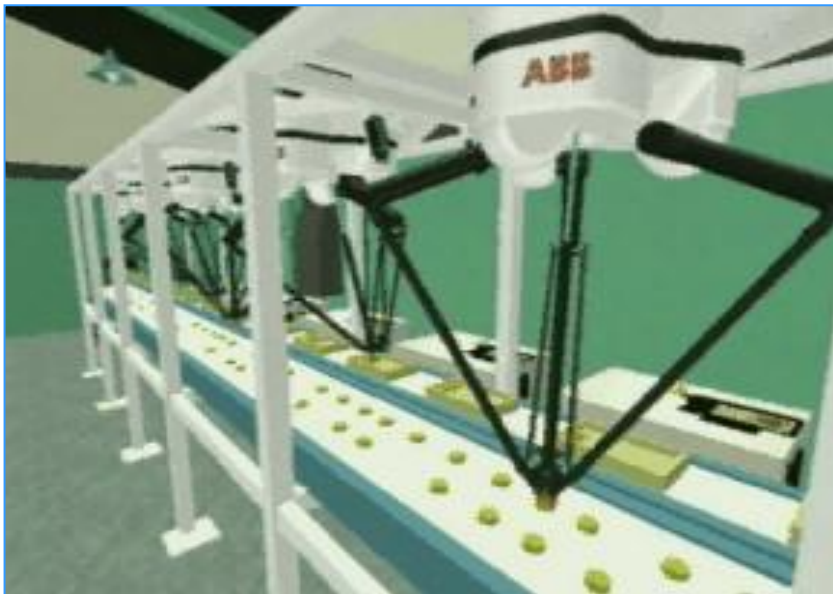
立柱式机器人多采用回转型、俯仰型或屈伸型的运动形式，是一种常见的配置形式。

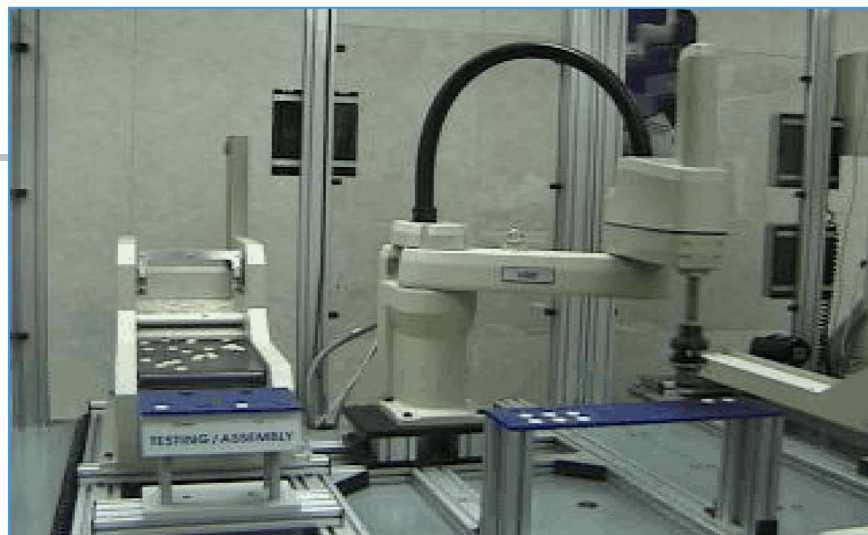
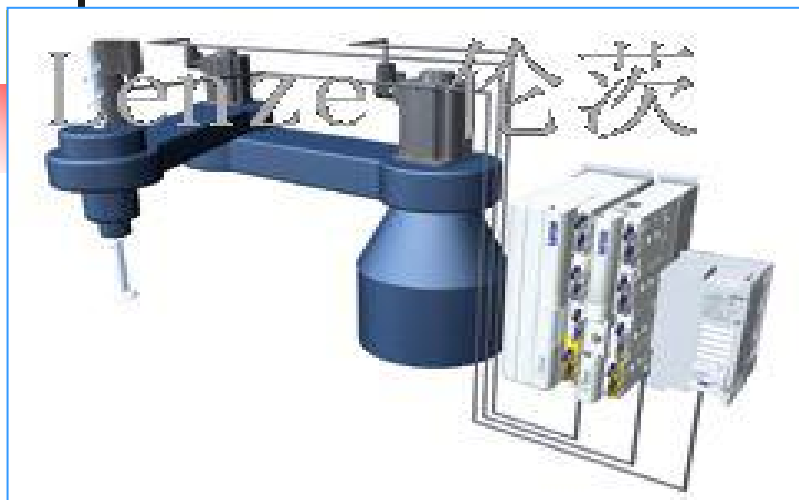
(3.) 机座式

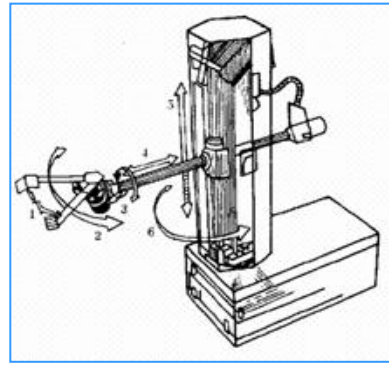
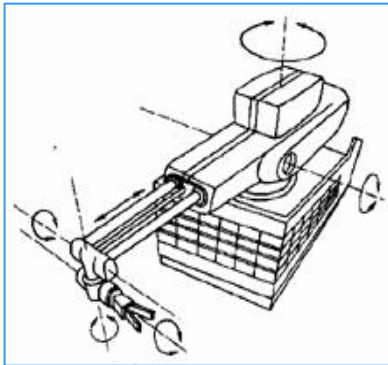
机身设计成机座式，这种机器人可以使独立的、自成系统的完整装置，可以随意安放和搬动。

(4.) 屈伸式

屈伸式机器人的臂部可以有大小臂组成，大小臂间有相对运动，成为屈伸臂。











五、机身和臂部设计应注意的问题

刚度

- 根据受力情况，合理选择截面形状和轮廓尺寸
 - ※ 采用封闭型空心截面的结构作为臂杆
 - ※ 适当减小壁厚，加大轮廓尺寸
- 提高支承刚度和接触刚度
 - ※ 支座的结构形状、底板的连接形式
 - ※ 提高配合面间的接触刚度，即保证配合表面的加工精度和表面粗糙度
- 合理布置作用力的位置和方向



四、机身和臂部设计应注意的问题

精度(手部位置精度)

※刚度

※各运动部件的制造和装配精度

※手部或腕部在臂上的定位和连接方式

※臂部和机身运动的导向装置和定位方式



四、机身和臂部设计应注意的问题

平稳性

※臂部和机身的运动部件应力求紧凑、质量轻，以减少惯性力。 **铝合金或非金属材料**

※必须注意运动部件各部分的质量对转轴或支承的分布情况，即重心的布置。



四、机身和臂部设计应注意的问题

其他

※传动系统应力求简短，以提高传动精度和效率。

※各驱动装置、传动件、管线系统及各个运动的测、控元件等布置要合理紧凑，操作维护要方便。

※对于在特殊条件下工作的机器人，设计时要有针对性地采取措施：**防热辐射、防腐、防尘、防爆**



腰部机构的设计注意事项

- 机械手的腰部包括机座和腰关节，机座承受机器人全部重量，要有足够的强度和刚度，一般用铸铁或铸钢制造，
- 机座要有一定的尺寸以保证操作机的稳定，并满足驱动装置及电缆的安装。
- 腰关节是负载最大的运动轴，对末端执行器运动精度影响最大，故设计精度要求高。

腰部机构的设计注意事项

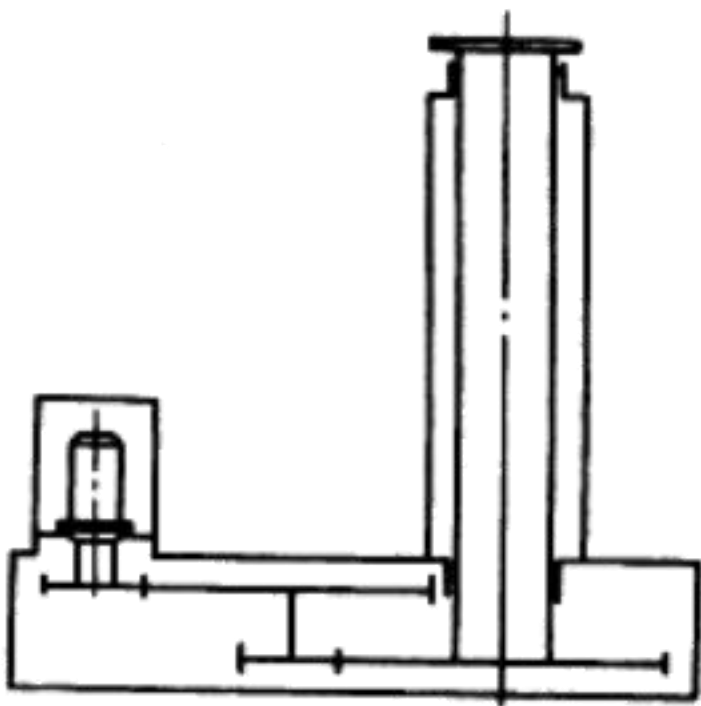


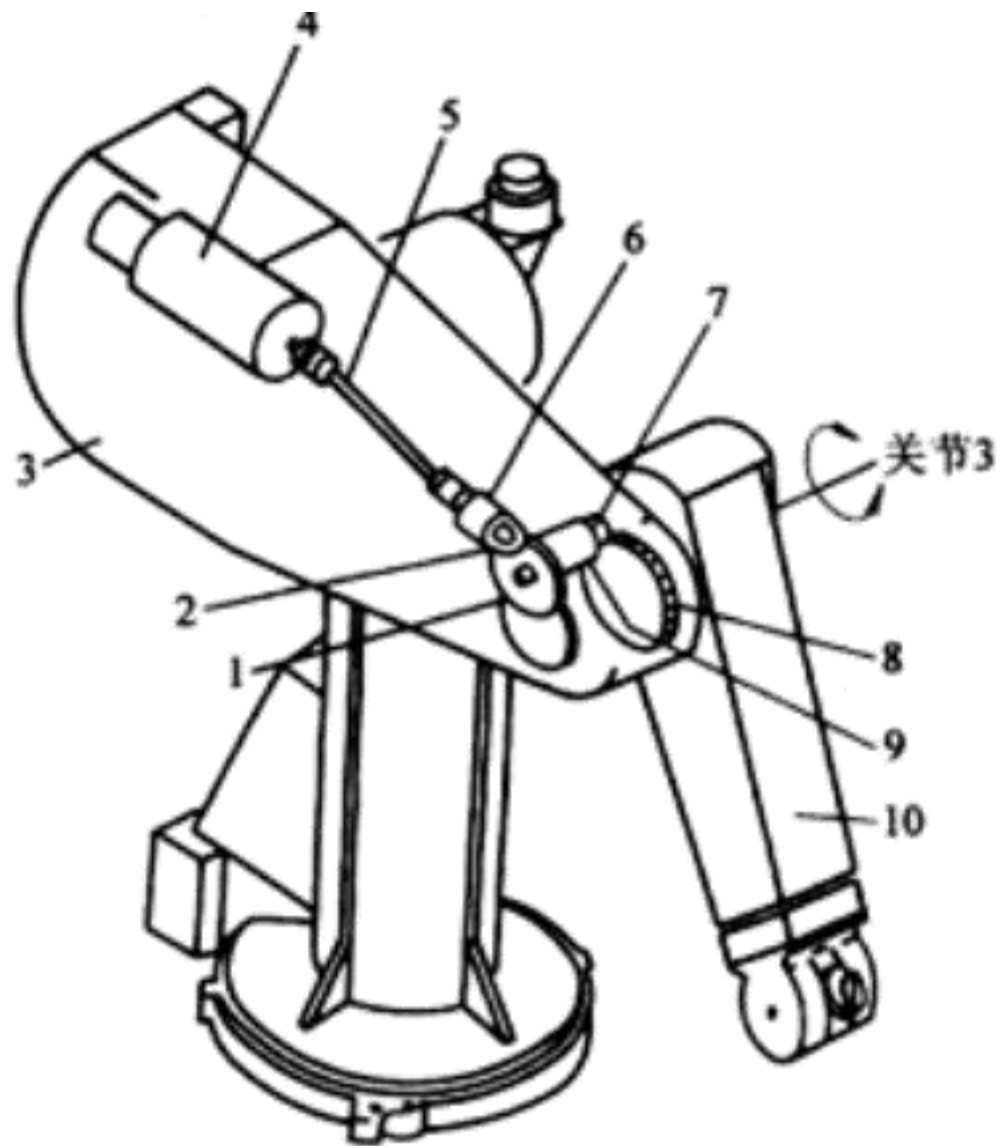
图 1 PUMA 机器人腰部结构

- 腰关节的轴可采用普通轴承的支承结构，其优点是结构简单、安装调整方便，但腰部高度较高。
- 现在大多数机器人的腰关节均采用大直径交叉滚子轴承支承的结构，既可使机座高度大大降低，又具有更好的支承刚度。



臂部机构的设计注意事项

- 臂部的作用是连结腰部和腕部，实现操作机在空间中的运动。
- 手臂的长度尺寸要满足工作空间的要求，由于手臂的刚度、强度直接影响机器人的整体运动刚度，同时又要灵活运动，故应尽可能选用高强度轻质材料，减轻其重量。
- 在臂体设计中，也应尽量设计成封闭形和局部带加强肋的结构，以增加刚度和强度。



- 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

图 2 PUMA560 机器人小臂传动图



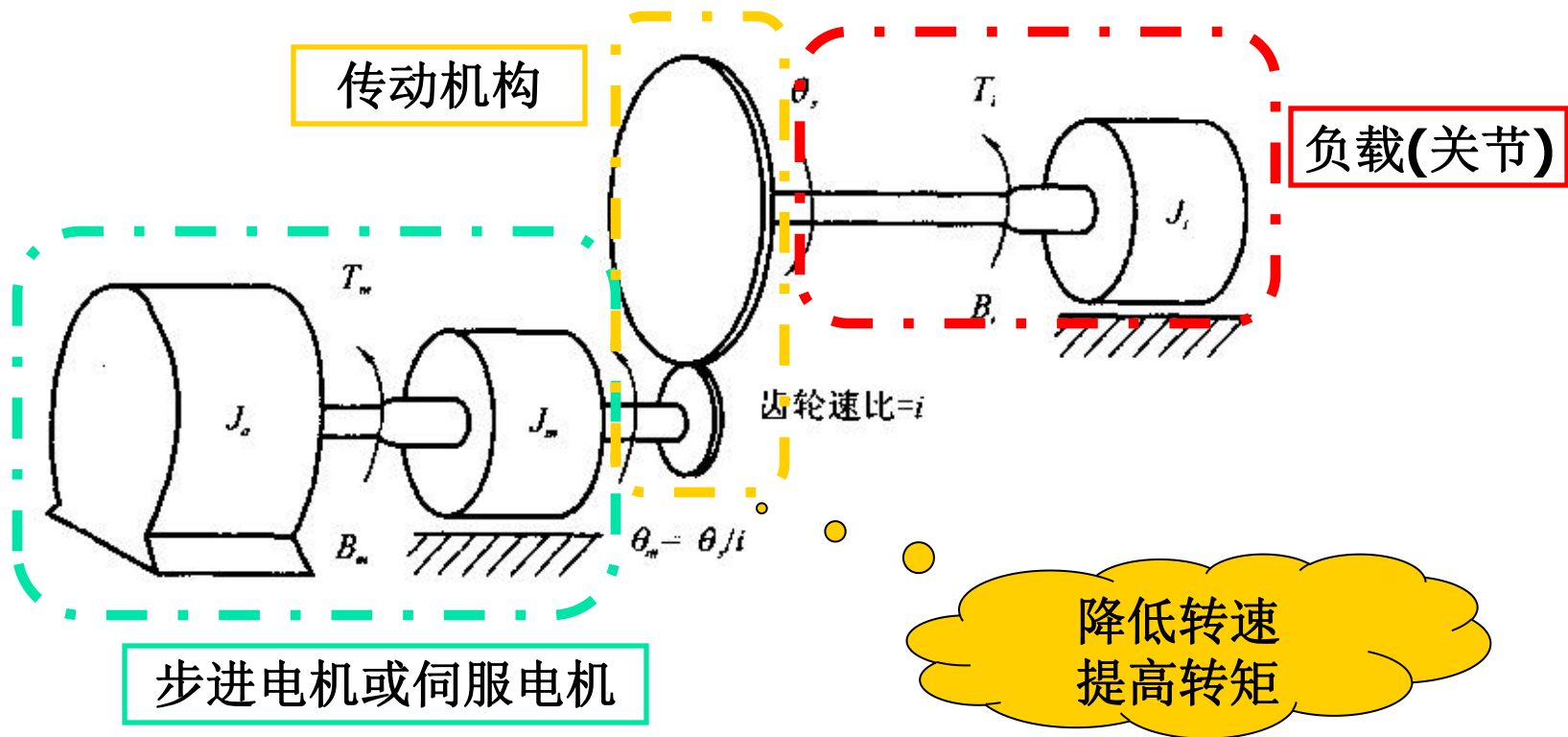
第三节 驱动机构

■ 直线驱动机构

气压驱动

压缩空气粘度小，速度高
压缩空气的压力低，出力小，功率小
由于空气可压缩性，工作不平稳，精度低
防水问题(生锈导致机器人失灵)

第三节 驱动机构

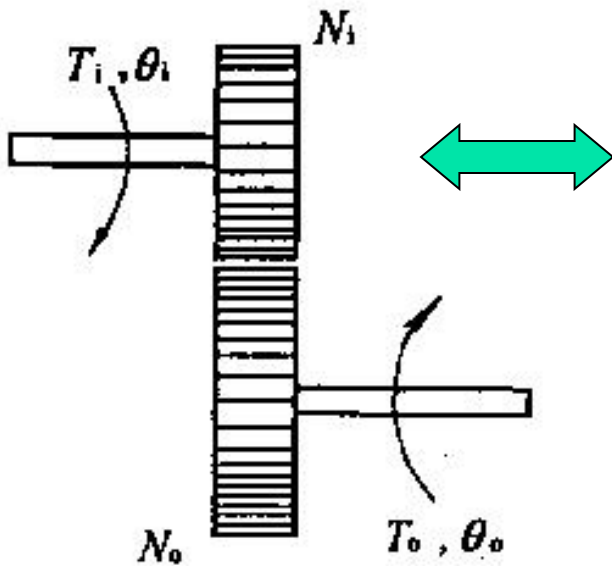


第三节 驱动机构

■ 旋转驱动机构

齿轮链

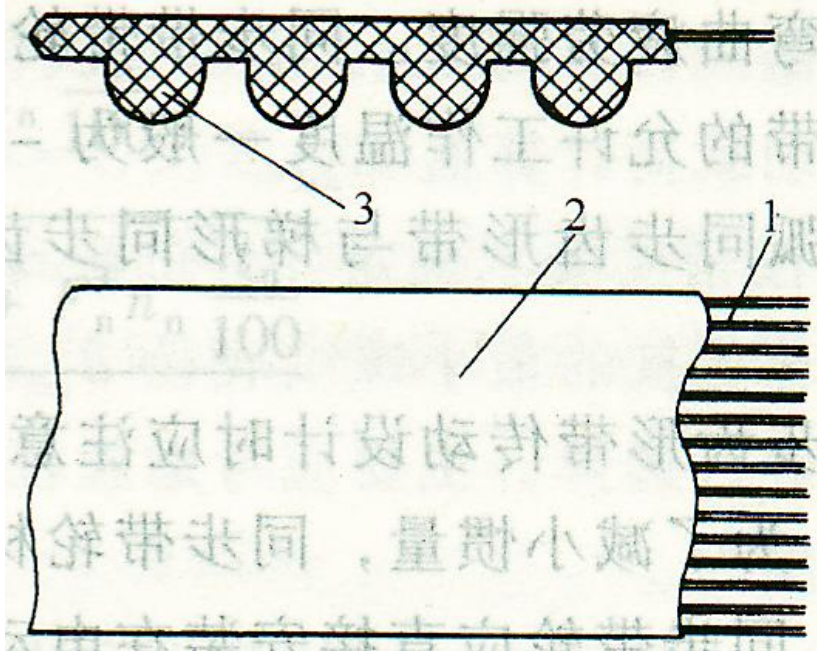
降低了转动惯量,但同时带来了噪声



$$T_o = \frac{N_o}{N_i} T_i$$
$$\theta_o = \frac{N_i}{N_o} \theta_i \Rightarrow T_i \quad \theta_i \quad J_o$$
$$J_\theta = \left(\frac{N_i}{N_o}\right)^2 J_o + J_i$$

第三节 驱动机构

同步皮带(齿形带)



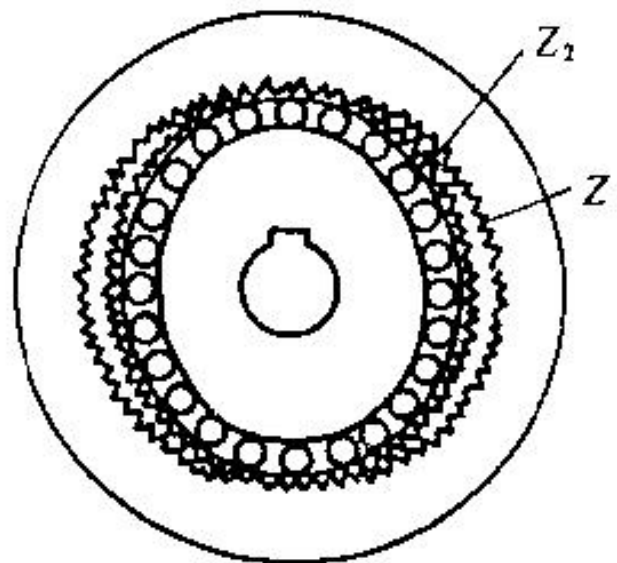
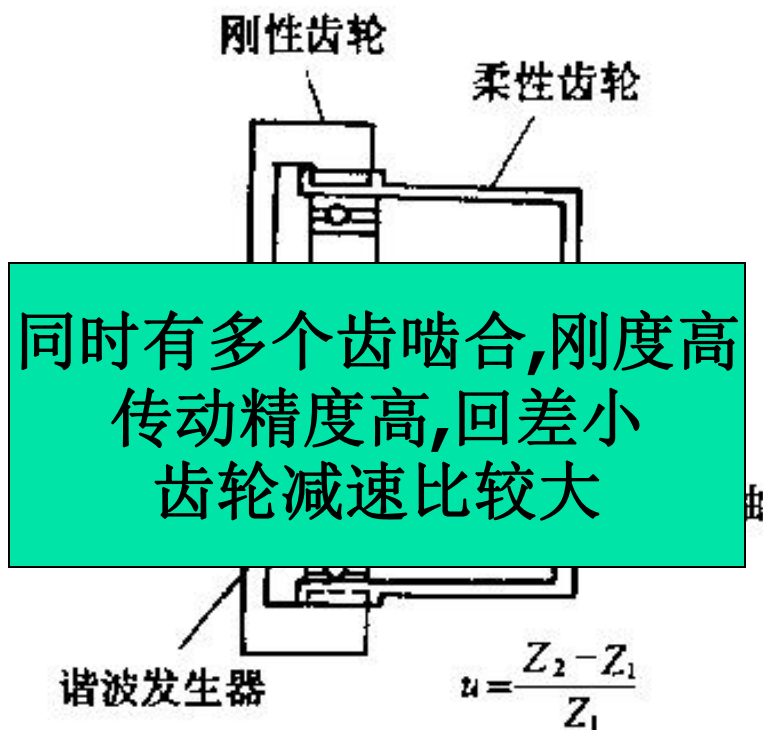
2,3 (聚氨酯)

1 (钢丝绳或玻璃纤维绳)

结构简单,制造成本低
传动不打滑
传动效率高(99.5%)
最高线速度(80/s)

第三节 驱动机构

谐波齿轮





第三节 驱动机构

■ 直线驱动和旋转驱动的选用和制动

◎ 多选用旋转关节，由步进电机或伺服电机驱动

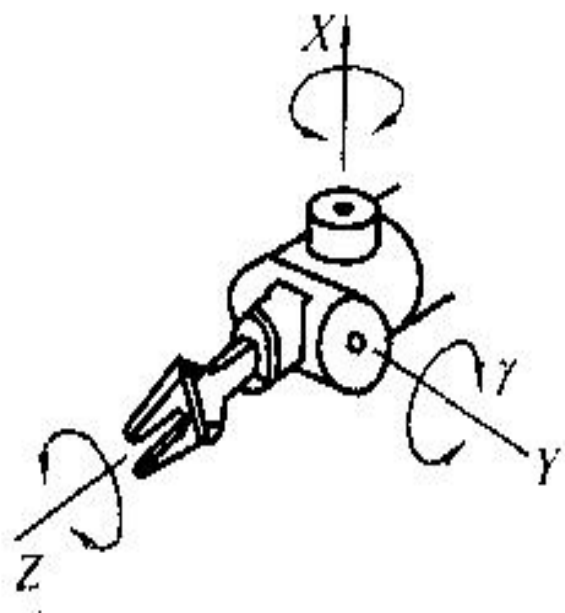
◎ 各关节处要安装制动器

在机器人停止工作时，保持机械臂的位置不变；在电源发生故障时，保护机械臂和它周围的物体不发生碰撞。

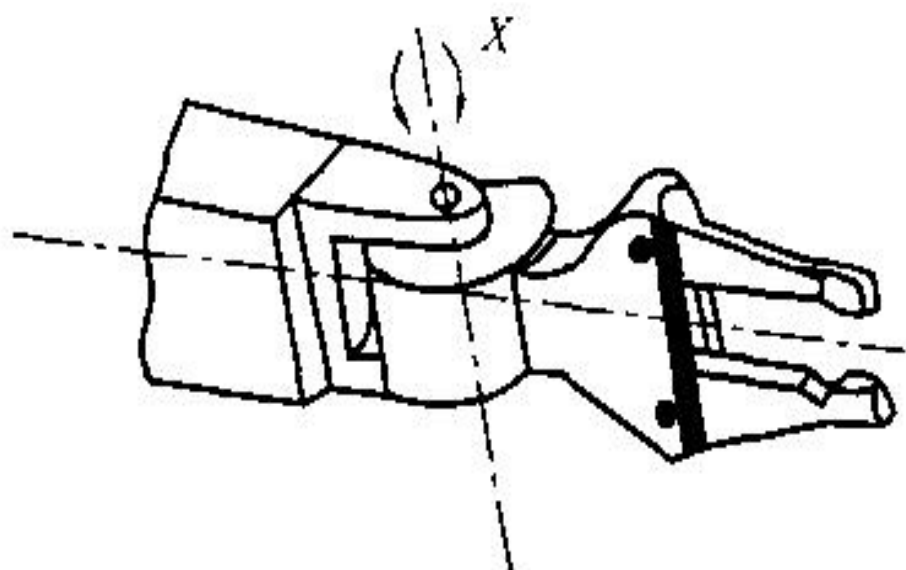


第五节 腕部机构

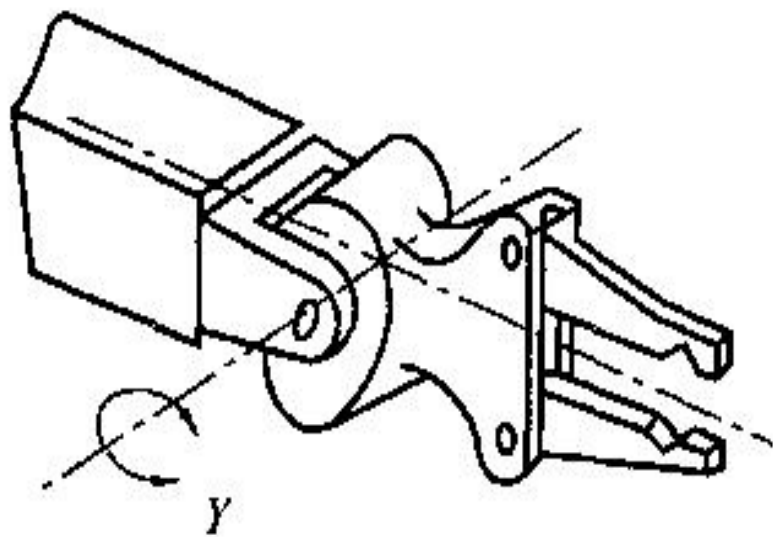
- 腕部是臂部与手部的连接部件，起支承手部和改变手部姿态的作用。为了使手部能处于空间任意方向，要求腕部能实现对空间三个坐标轴 x 、 y 、 z 的转动，即具有偏转（**Yaw**）、俯仰（**Pitch**）和回转（**Roll**）三个自由度。



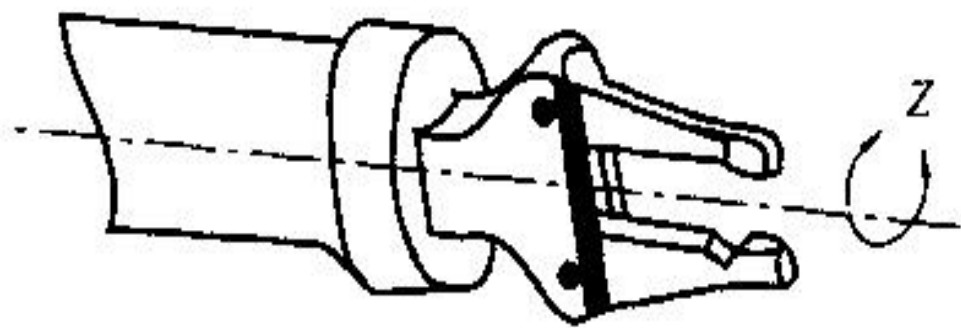
(a)



(b)



(c)



(d)

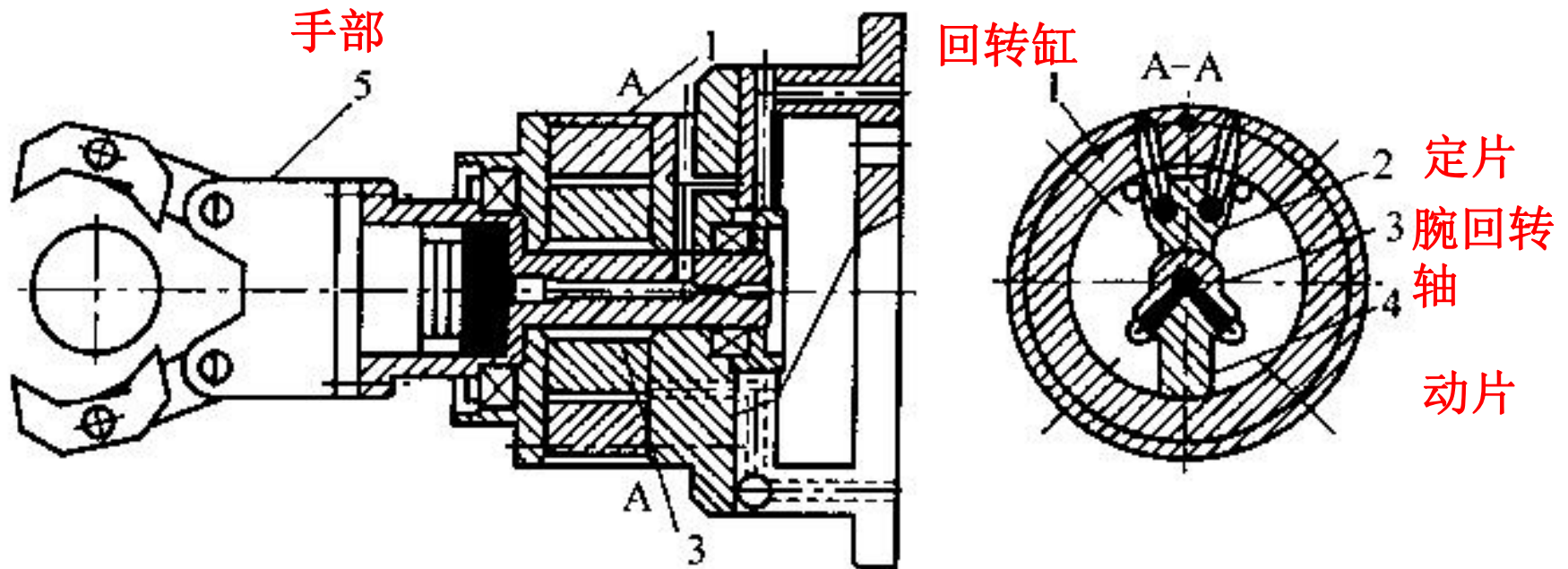


第五节 腕部结构

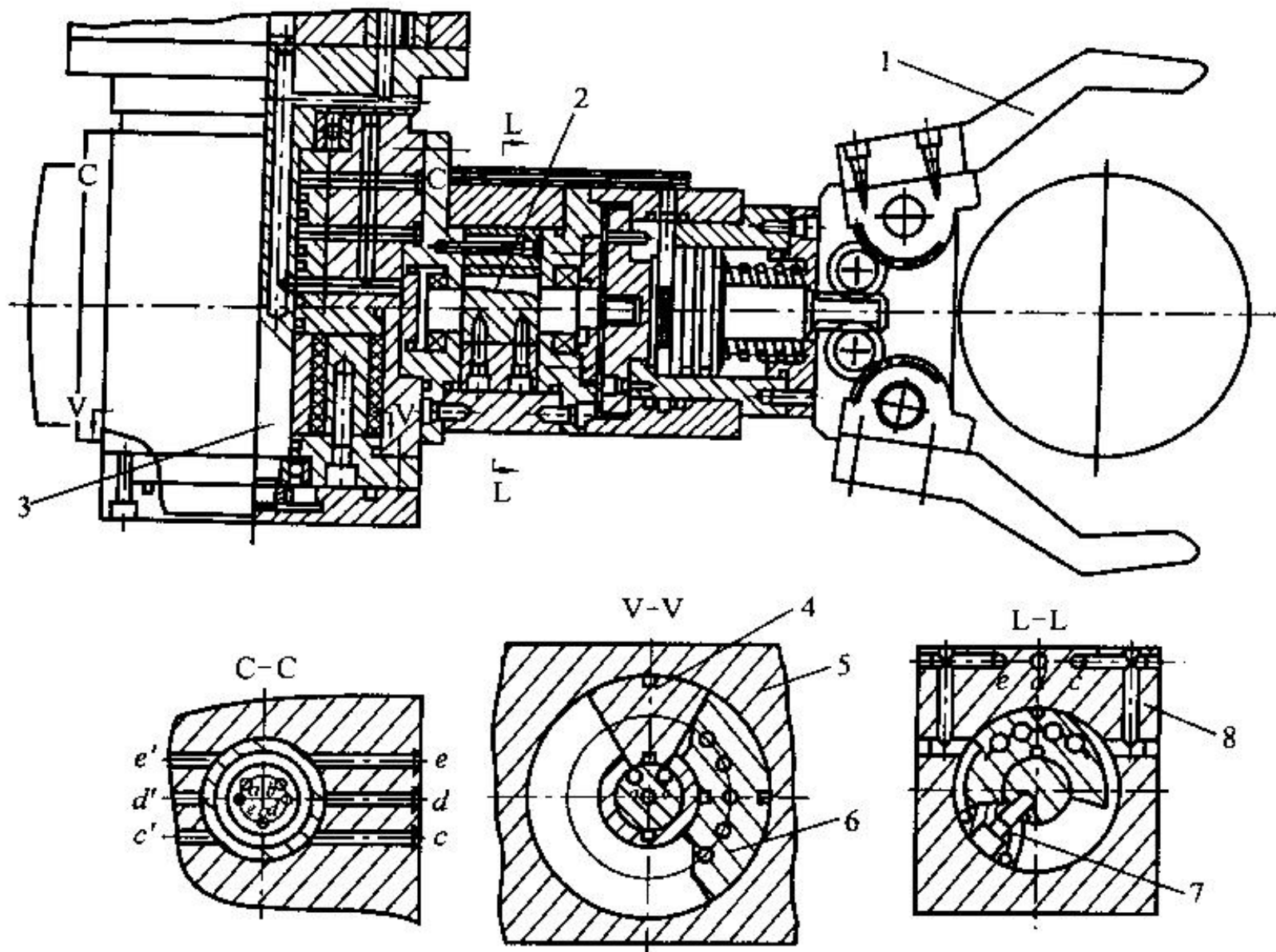
- 手腕按自由度个数可分单自由度手腕，二自由度手腕和三自由度手腕。采用几个自由度的手腕应根据机器人的工作性能来确定。在有些情况下，腕部具有二个自由度：回转和俯仰或回转和偏转。一些专用机械手甚至没有腕部，但有的腕部为了特殊要求还有横向移动的自由度。
- 结构要紧凑，质量较小，各运动轴采用分离传动。

腕部的典型结构

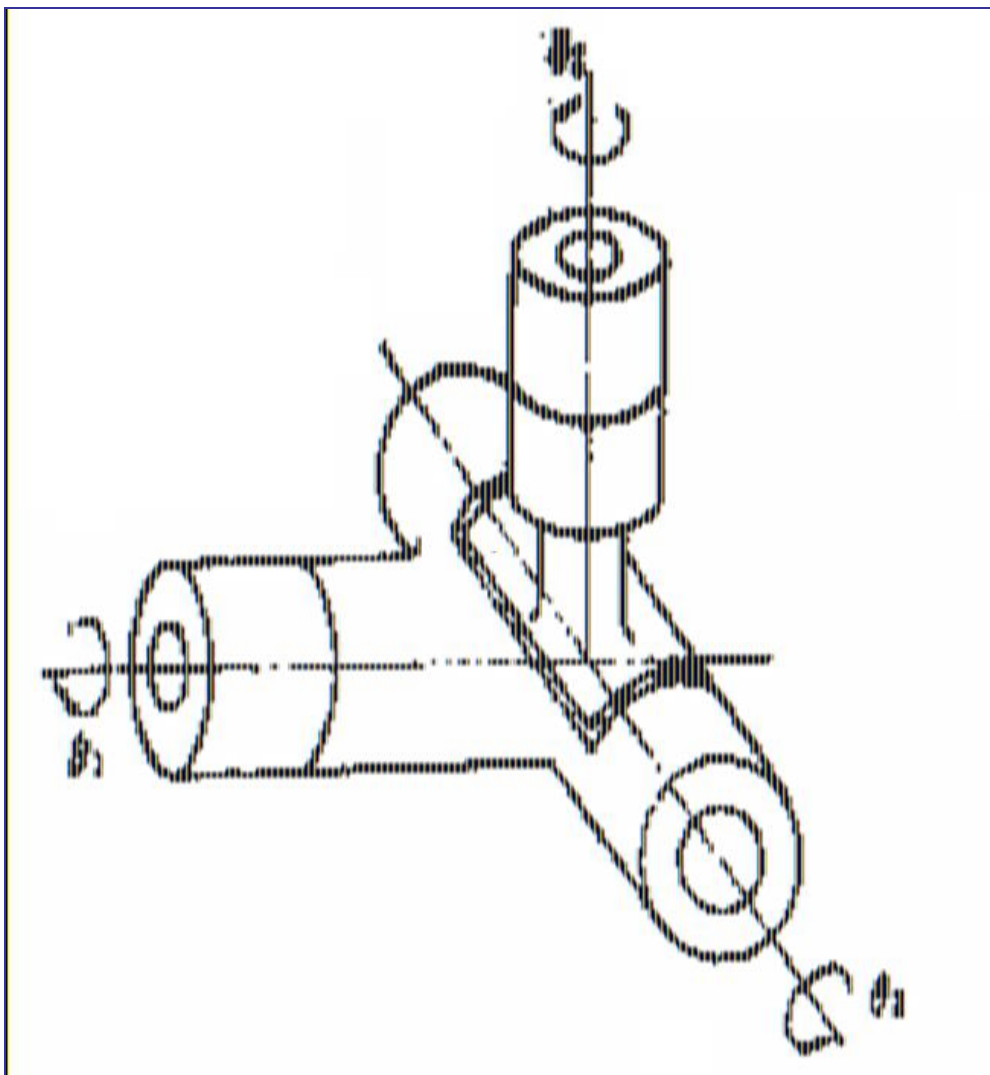
单自由度回转手腕

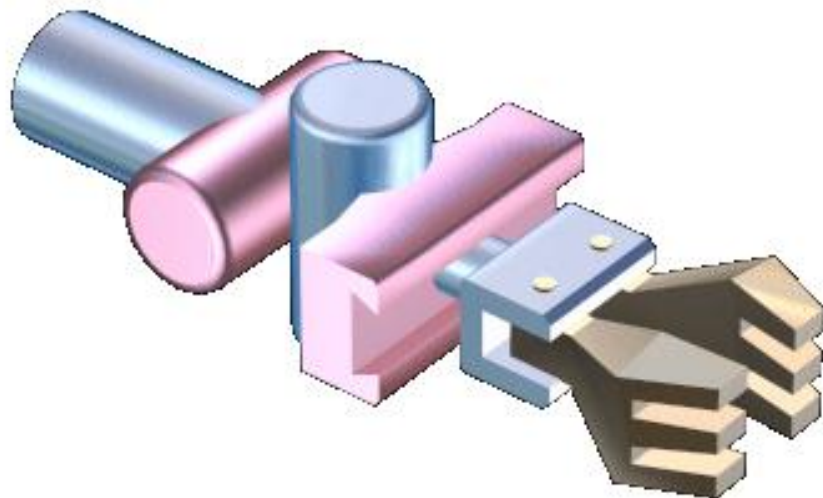
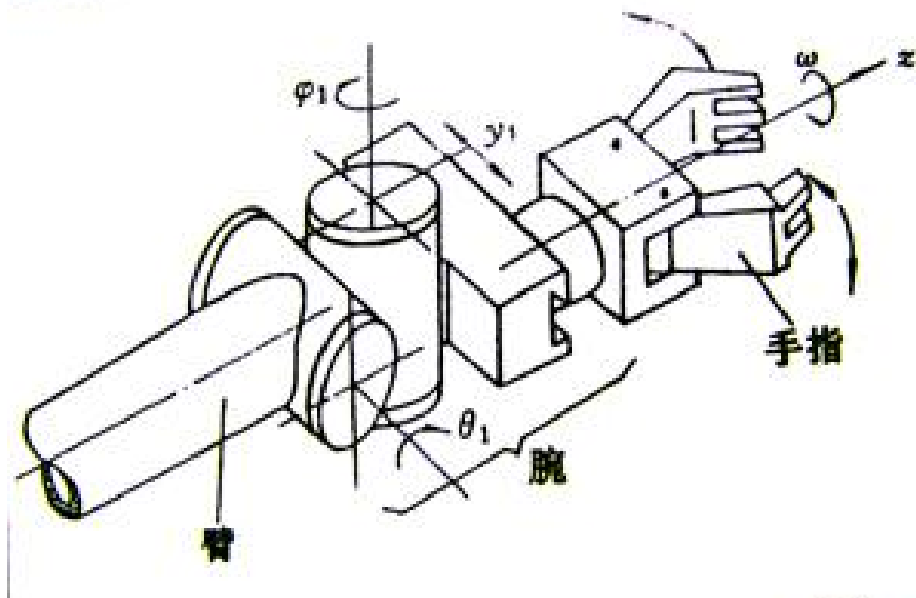


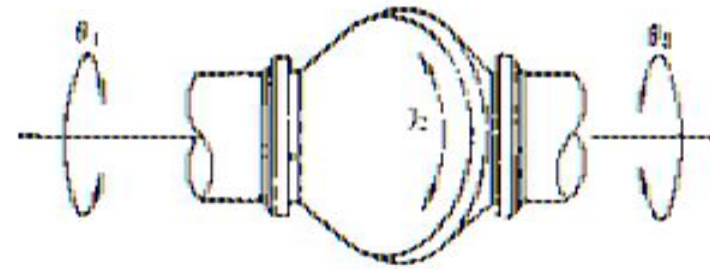
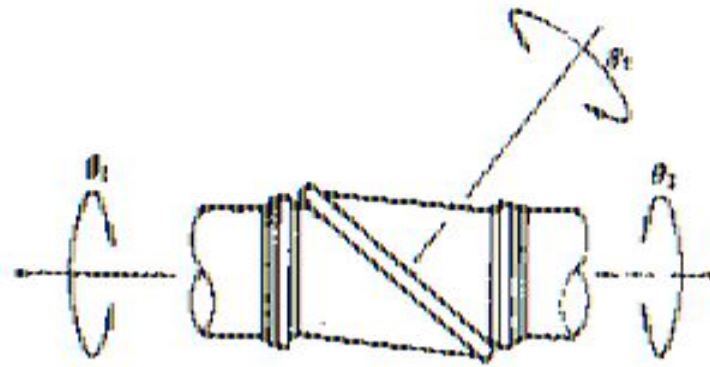
两自由度手腕



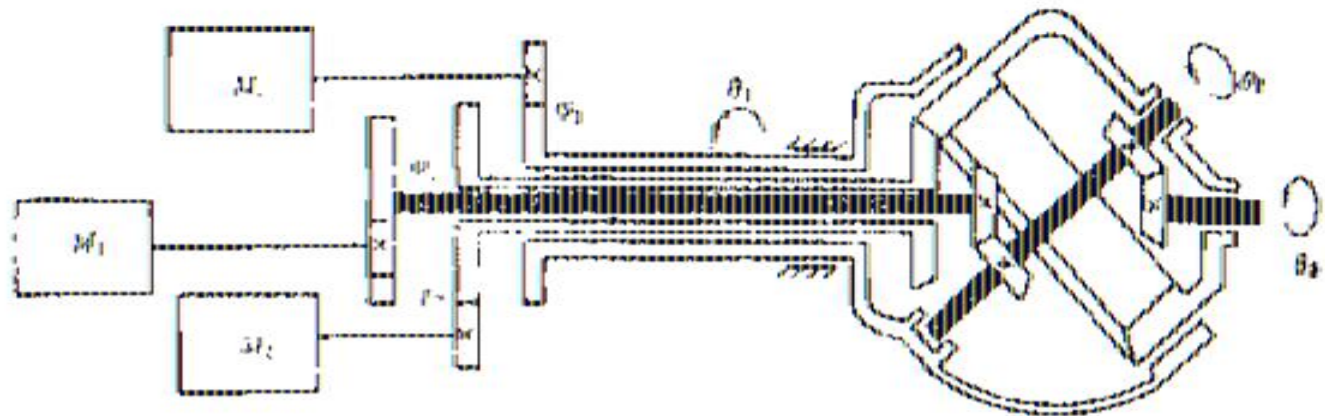
三自由度手腕

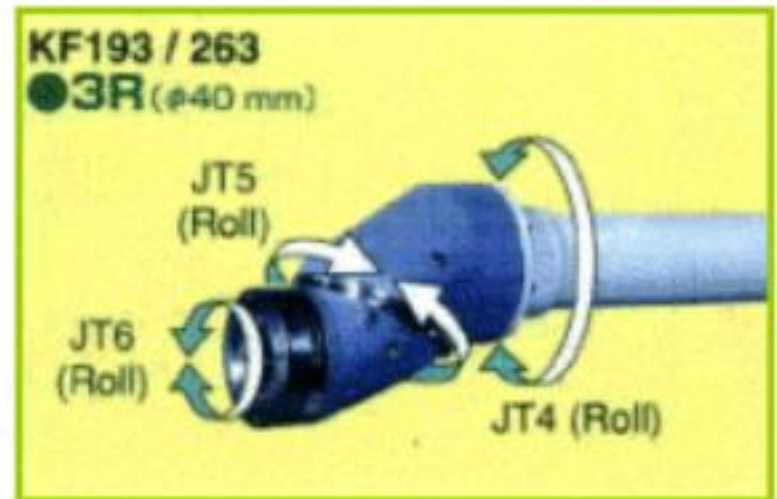
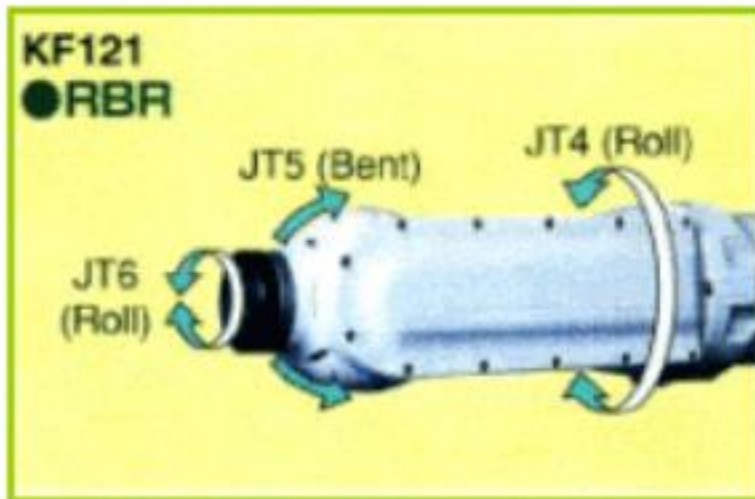
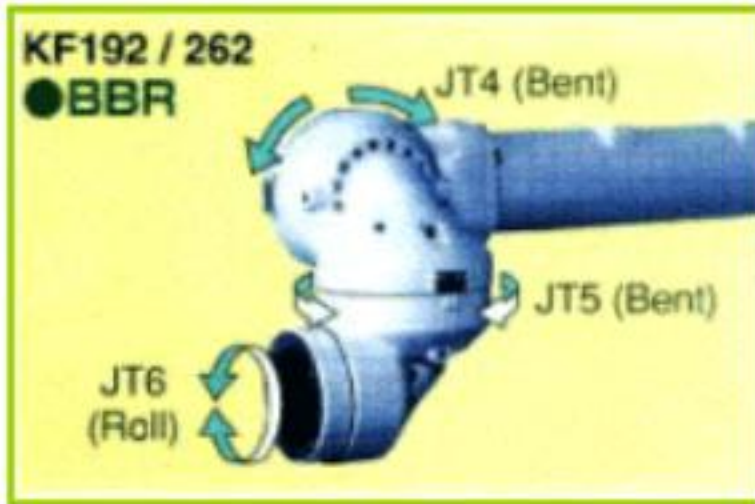






a)





Kawasaki Robot

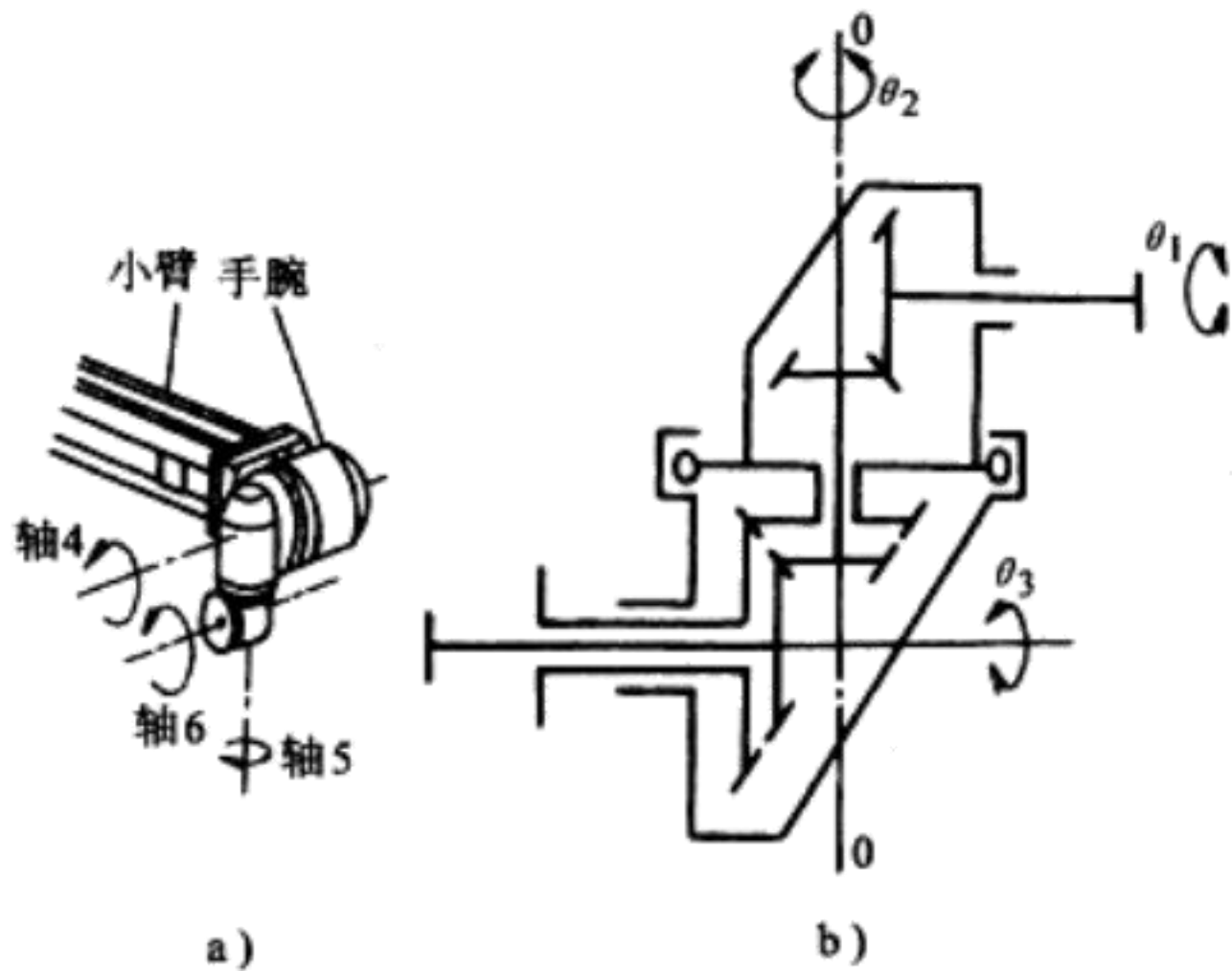


图 3 机器人腕部结构

a) P-100 手腕 b) JRS-80 手腕