

TPay  
0652

# 工业机械手



重庆市科技局  
第一机械工业部第三设计院 编

# 前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在我国机械工业企业群众性的技术改造中，出现了大量采用机械手的新动向，型式多样，结构新颖，百花齐放。为了推广机械手，我们在一九七四年至一九七五年到几十个兄弟单位对机械手的设计、制造、调试、使用进行了学习和调研，并将调查资料整理汇编成《工业机械手》，重点介绍国内机械加工行业机械手的设计和使用经验。

《工业机械手》资料底稿于一九七五年完成，由于“四人帮”的干扰，迟迟未能复印推广。在英明领袖华主席为首的党中央领导下，一举粉碎了“四人帮”，抓纲治国。在党的十一大正确路线指引下，工农业各条战线出现了欣欣向荣的大好形势。在重庆市科技局的指导和帮助下，《工业机械手》得以出版。希望这本资料能为实现四个现代化，推广应用机械手能起到宣传、普及作用。

《工业机械手》介绍了机械手的基础知识，设计计算及汇编了我国机械加工行业机械手一些实例。这次出版，由于时间仓促，没有再进一步落实、修改和补充新资料，仍基本按一九七五年的原稿付印，仅供参考。

《工业机械手》是我院技术科、一室、六室合编的。由于水平有限，加之掌握资料不多，调查研究工作做得粗糙，一定存在许多缺点和错误，希望同志们批评指正。

一机部第三设计院

一九七七年三月

# 毛主席语录

思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。

我们必须打破常规,尽量采用先进技术,在一个不太长的历史时期内,把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

我们的方针要放在什么基点上?放在自己力量的基点上,叫做自力更生。

用心寻找当地群众中的先进经验,加以总结,使之推广。

互通情报。

# 目 录

一、概述	( 1 )
二、设计原理	( 2 )
三、驱动方式	( 8 )
(一) 气压驱动	( 8 )
(二) 液压驱动	( 8 )
(三) 电力驱动	( 9 )
四、抓取机构	( 11 )
(一) 抓取机构的分类	( 11 )
1. 有刚性手指的抓取机构	( 11 )
2. 有弹性或挠性手指的抓取机构	( 16 )
3. 真空吸盘	( 17 )
4. 磁性抓取机构	( 19 )
5. 有传感器的抓取机构	( 19 )
6. 其他各种抓取机构	( 21 )
(二) 抓取机构的设计计算	( 22 )
1. 手爪式抓取机构	( 22 )
2. 拉紧油缸驱动力的计算	( 28 )
3. 手爪的定位精度分析及误差计算	( 32 )
4. 真空吸盘和电磁吸盘	( 37 )
五、控制系统	( 41 )
(一) 控制方式的分类	( 41 )
(二) 各种控制方式的特点	( 41 )
1. 点位式和连续式	( 41 )
2. 模拟式和数字式	( 41 )
3. 闭环方式和开环方式	( 41 )
(三) 几种控制装置(例)	( 42 )
1. 凸轮鼓式程序控制器	( 42 )
2. 顺序控制器	( 43 )
3. 数字控制	( 45 )
六、国内外工业机械手的应用与技术发展动态	( 48 )
(一) 国外工业机械手的应用与技术发展动态	( 49 )
1. 国外工业机械手的生产和使用情况	( 50 )
① 生产厂家及基本概况	( 50 )

② 国外工业机械手应用 (例选) .....	( 51 )
2. 国外工业机械手技术发展动态 .....	( 63 )
(二) 国内工业机械手的应用与技术发展动态 .....	( 64 )
1. 概况 .....	( 64 )
2. 国内工业机械手生产和使用情况 .....	( 65 )
① 在切削加工中的应用 .....	( 66 )
② 在冲压生产中的应用 .....	( 68 )
③ 在铸造生产中的应用 .....	( 69 )
④ 在锻造生产中的应用 .....	( 69 )
⑤ 在焊接生产中的应用 .....	( 70 )
⑥ 在热处理生产中的应用 .....	( 70 )
⑦ 其他方面的应用 .....	( 70 )
3. 国内工业机械手技术水平的分析 .....	( 71 )
① 电气控制系统 .....	( 71 )
② 机械手的缓冲 .....	( 72 )
③ 抓取机构 .....	( 73 )
4. 国内工业机械手技术发展动态 .....	( 74 )
5. 发展工业机械手, 提高生产自动化水平 .....	( 75 )
<b>七、工业机械手研制中的几个问题 .....</b>	<b>( 76 )</b>
(一) 液压系统泄漏问题 .....	( 76 )
(二) 油温过高问题 .....	( 77 )
(三) 缓冲与定位问题 .....	( 78 )
1. 机械手的缓冲性能 .....	( 78 )
2. 机械手常用的定位缓冲方法 .....	( 78 )
① 定程运动的机械手采用的缓冲方法 .....	( 79 )
② 可调行程的机械手采用的缓冲方法 .....	( 83 )
③ 设置三个以上定位点的机械手采用的缓冲方法 .....	( 89 )
3. 国内液压机械手采用的几种定位缓冲结构 .....	( 91 )
① 油缸端部节流缓冲, 挡块定位 .....	( 91 )
② 缓冲回路, 挡块定位 .....	( 92 )
③ 提前切断油路, 滑行定位 .....	( 95 )
④ 电气——液压伺服系统缓冲定位 .....	( 95 )
⑤ 几种缓冲定位方法并用 .....	( 95 )
⑥ 研究中的几种定位缓冲方法 .....	( 96 )
(四) 手臂结构分析 .....	( 98 )
(五) 组合式机械手简介 .....	( 101 )
(六) 电动机械手简介 .....	( 102 )
<b>八、通用机械手设计计算 (例) .....</b>	<b>( 109 )</b>
(一) DZ <sub>1</sub> 锻造通用机械手设计与计算 .....	( 109 )

(二) 齿轮自动线中通用机械手设计与计算·····	( 145 )
九、国外工业机械手产品例选·····	( 162 )
十、国内机械加工工业机械手应用实例资料汇编·····	( 166 )
(一) 轴类零件机械加工机械手·····	( 166 )
1. 花键轴自动线装、卸料机械手·····	( 166 )
2. 半轴自动车床上下料机械手·····	( 167 )
3. 凸轮轴自动车床上下料机械手·····	( 173 )
4. 油泵凸轮轴自动线机械手·····	( 175 )
5. 曲拐自动加工机械手·····	( 177 )
6. 曲轴动平衡自动线机械手·····	( 180 )
7. 曲轴连杆轴颈自动车床上下料机械手·····	( 180 )
8. 加工电机轴用机械手·····	( 188 )
9. 阶梯轴打中心孔机床机械手·····	( 192 )
10. 平端面打中心孔机床机械手·····	( 195 )
11. 轴类零件铣端面打中心孔气动机械手·····	( 193 )
12. 十字轴自动车床上料机械手·····	( 200 )
13. 十字轴自动车床上料机械手·····	( 202 )
14. MZ1180/1 十字轴无心磨床自动上料装置·····	( 205 )
15. 半轴冷打花键机床自动上下料机械手·····	( 207 )
16. XSCO6 喷油器体上料装置·····	( 209 )
17. 主轴加工上下料机械手·····	( 215 )
18. 主轴车加工简易机械手·····	( 216 )
19. 磨床主轴加工机械手·····	( 217 )
20. 气阀自动车床上料机械手·····	( 219 )
21. M1080无心磨床液压送料装置·····	( 221 )
22. M11100/1 锥柄麻花钻无心磨床上下料机械手·····	( 223 )
23. 圆锥滚子加工自动线机械手·····	( 223 )
24. 无心磨床加工芯子自动上下料装置·····	( 228 )
25. 缝纫机送布轴加工机械手·····	( 228 )
(二) 盘套类零件机械加工机械手·····	( 232 )
1. 齿坯自动线双臂机械手·····	( 232 )
2. 齿坯加工自动线上下料机械手·····	( 232 )
3. 齿坯自动线上下料机械手·····	( 241 )
4. 被动螺旋伞齿轮毛坯上下料机械手·····	( 255 )
5. 齿轮加工机械手·····	( 262 )
6. 伞齿轮加工机械手·····	( 262 )
7. Y38 滚齿机机械手·····	( 262 )
8. Y54 插齿机机械手·····	( 281 )
9. Y4245 剃齿机机械手·····	( 287 )

10.	剃齿机上下料机械手	( 291 )
11.	行星齿轮齿坯加工机械手	( 292 )
12.	深井泵轴承体自动线机械手	( 292 )
13.	轴承套圈自动线上料机械手	( 300 )
14.	轴承磨床上下料吸铁机械手	( 300 )
15.	3MZ1310内圈沟道磨床自动上下料机械手	( 301 )
16.	MZ2015全自动内圆磨床自动上下料机械手	( 304 )
17.	车床自动上下料机械手	( 304 )
18.	发动机活塞磨削加工上下料机械手	( 308 )
19.	铝活塞粗车止口下料机械手	( 310 )
20.	135缸套自动线双臂机械手	( 310 )
21.	135缸套四轴镗上下料机械手	( 313 )
22.	CA9220多刀车床机械手	( 315 )
23.	油封盖内螺纹自动车床上料机械手	( 316 )
24.	阀座自动车床上料机械手	( 319 )
25.	32吨举升缸加工上下料机械手	( 320 )
(三)	非旋转体零件加工机械手	( 321 )
1.	485缸盖自动线第一段转位机械手	( 321 )
2.	485缸盖自动线第二段端面加工机械手	( 322 )
3.	UX131转向器壳体自动线机械手	( 325 )
4.	UX16电机座自动线机械手	( 329 )
5.	倒挡拨叉组合机床机械手	( 330 )
6.	角瓦联动线机械手	( 331 )
(四)	通用机械手	( 331 )
1.	CJS—1A型程控通用机械手	( 331 )
2.	CJS—1型程控通用机械手	( 340 )
3.	JS—1型通用机械手	( 350 )
4.	“跃进”通用机械手	( 351 )
5.	15克全自动塑料压注机程控机械手	( 356 )
6.	DJQ—5型通用机械手	( 372 )

# 一、概 述

工业机械手一词来源于斯洛伐克语“Robota”，原意是似机器人或似人的机器装置。国外资料对这类装置的名称很繁杂，如称“机械人”、“机器人”、“传送臂”、“万能传递装置”、“搬运机器人”、“程序操作机”、“自动人”等。为了统一名称，国内对附属于某种机器的传递和装卸工件的机械手称专用机械手；对不是附属于某种机器，而且能独立工作，使用范围广的传递工件的装置称通用机械手。专用机械手与通用机械手可统称工业机械手。

工业机械手是当代自控技术的一个新兴领域，它涉及到电子技术、控制论、通讯技术、电视技术、无线电控制、液压集成技术等，可以说是当代自动控制技术水平的标志之一。

工业机械手的使用特点是：

适用于人难以接近的工作环境。在高温、低温、高压、高空、海底和危险作业，放射性和其他毒性污染的场所，以及在一些有粉尘、噪音、恶臭等恶劣劳动条件下，机械手（人）可以代替人的或部份代替人的工作。

在一些单调、重复的操作中，由于机械手的动作速度快，每次动作的重复精度高，可以在缩短生产周期和提高产品质量方面起到一定作用，还可避免操作者疲劳、疏忽而造成人机事故。

有利于实现搬运和上下料的自动化，提高设备的生产能力。如加拿大特库姆塞金属制品公司，在生产汽车冲压件的压力机上采用小型自动定位机械手代替人工装卸工作，压力机的生产能力提高近一倍，从每小时加工 350 件，提高到 650 件。

经济性高。机械手可连续工作 600 小时。故障占全部工作时间 1 ~ 2 %。机械手折旧期约 10 年，工作寿命约 4000 小时。机械手工作 1 ~ 2 年就可以偿还其设备投资费用。一般说来，机械手的成本相对较低一些。

机械手（人）动作精确可保证均衡生产，便于管理。

可提高产品质量。

设备装置形式新颖，通用性高。

工业机械手这项新技术同其他科学技术一样，在不同社会里有着不同的命运。在资本主义国家把机械手当作排挤工人和压低工资的手段，这是资产阶级的阶级本性所决定的。而在我国社会主义建设中有广阔的前途。相信在不久的将来，通用自动工业机械人和各种机械手将会在我国工业生产的各个部门不断出现，日益提高，为多快好省地建设社会主义发挥其一定的作用。

机械手一般是由驱动机构、定位机构、抓取机构和控制系统几个部份组成。



## 二、设计原理

工业机械手顾名思义是模拟人手的动作，用来代替人从事生产劳动和操作。因此，要设计机械手，就要先了解人手是怎样动作的。

众所周知：一个工件在三维空间的位置是由三向座标（见图 2—1 中所示  $R$ 、 $\theta$ 、 $\varphi$ ）所决定的。要在空间某一位置抓住某一工件，人手先要伸到这个位置上，然后，还要设法使手指拿稳工件，这就需使手掌和手指部分按工件在空间所处方位定位，再手指握拢，工件就拿稳了。

据此，要完成以上动作就需要人手有六个方向的自由度进行调节，才能在任意位置抓牢任意方位的工件。从图 2—2 中可以看出，人手正好具备这样六个自由度，因此，只要人手所及，就可不要移动身驱，即达到取物定位的要求。

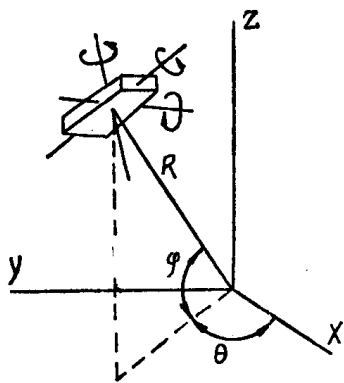


图 2—1

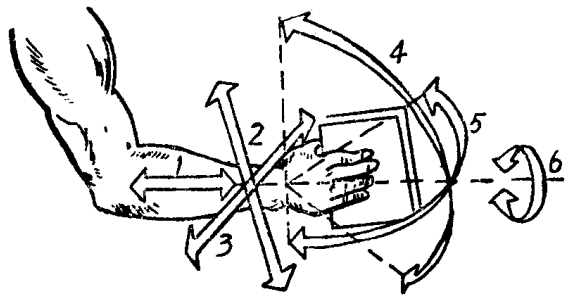


图 2—2

当然，人手的结构是很复杂的，从肩关节到五个手指，实际有 27 个自由度。人手这样灵活，尽管有些物品的形状很复杂，人也能拿稳，而且能从事装进、拔出、旋进、旋出等复杂操作。但是，要达到在空间抓牢一件东西的基本要求，有六个自由度就够了，即手臂能作上下，左右或回转、前后伸缩三个动作，手腕能作上下弯曲、左右摆动、旋转三个动作。如果物品放置的状态一定，例如平放、直放，那么少一两个自由度，也仍能完成任务。

人手动作范围：伸缩距离一般约为 700~800 毫米，正常工作的上下幅度约为  $60^\circ$ （或最高点离地面 2 米左右），左右水平转动幅度为  $200^\circ$  左右。

通用机械手的结构形式，大体上就是模仿人手的上述动作特征来考虑的，其工作范围也接近。至于它的工作速度和载重能力，那就可以根据实际需要，做到人手所不及的程度了。国内现有的通用机械手，起重能力多在 10~50 公斤，其范围已达 0.05~800 公斤，手端移动速度多在 0.1~1 米/秒。有人把载重能力超过人手的机械手，称做重型机械手。

通用机械手的设计结构主要决定于它的动作方式。按其动作方式分类，有下面四种基

本型式：

1. 极坐标式（见图 2—3a）它的动作范围，是个球体的一部分，手臂有上下、左右两个转动动作和一个伸缩动作，手腕动作多为上下弯曲和回转两个动作，根据需要可再配备旋转动作。这种型的最大特点是能以较简单的机构，达到较大的工作范围；特别是手端的上下幅度比较大。

2. 圆柱坐标式（见图 2—3b）：与极坐标式不同的是，手臂不作上下转动，而是垂直平移。在冲压、装配等操作中，或当搬运盛液体的容器时，需要使工件作上下平移，如用极坐标式就需要附加保持水平机构，而用圆柱坐标式则很方便。因此，现有的通用机械手，以这种类型的居多。

从机械手占地面积小及手臂能在很大范围内动作的要求来看，手臂的运动方式要算回转式的最好，这也是一般采用极坐标式和圆柱坐标式的一个理由。

上海汽车齿轮厂配备在光电程控齿轮倒角机的专用机械手属于此类（见图 2—4）。它具有双臂，互为 $90^\circ$ ，同时进行上下料；一只“手”将倒角完毕的齿轮卸下，水平转动 $90^\circ$ 并将此工件放到输送带上，同时，另一只“手”从上料架上取下一只齿轮并装在倒角机的夹头上。

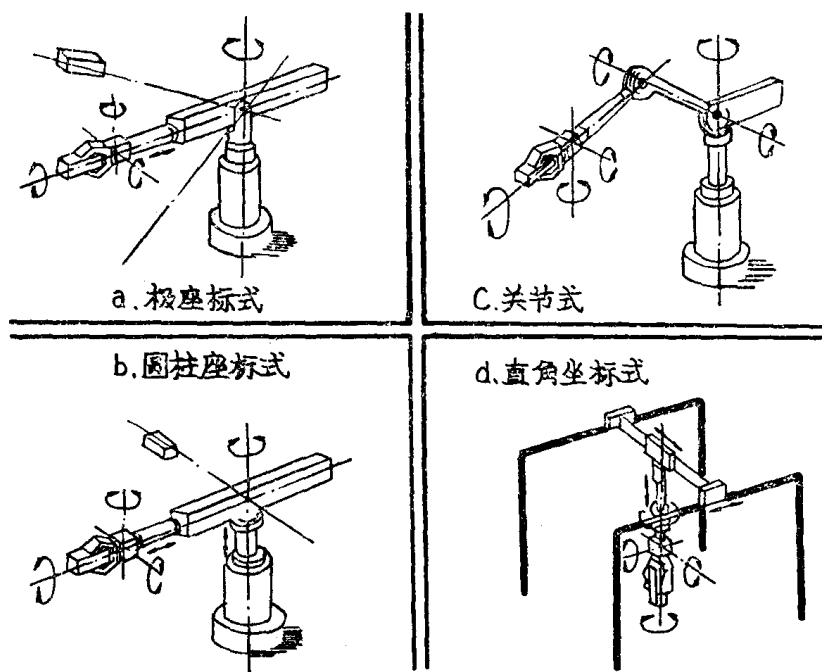


图 2—3

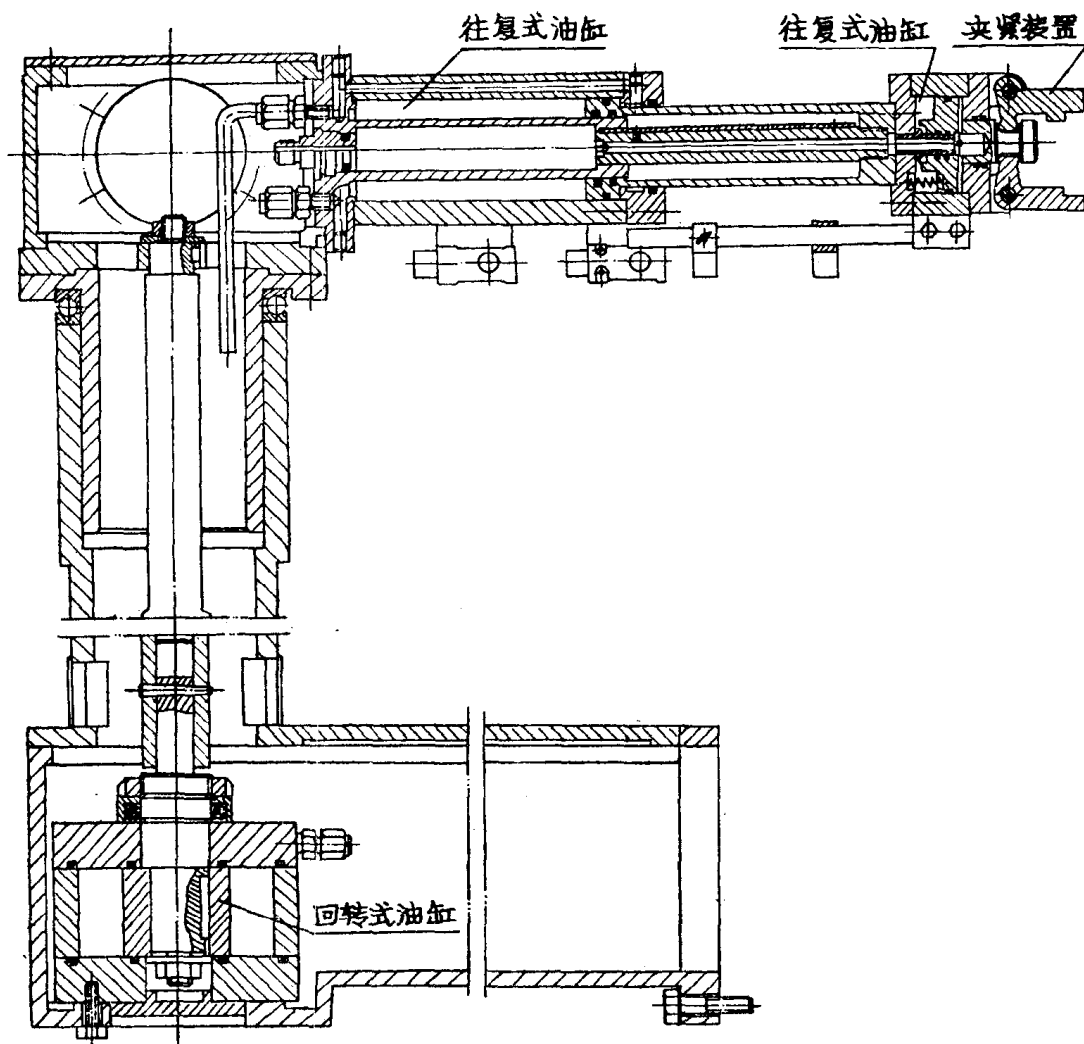


图 2—4 光电控制齿轮倒角机专用机械手

3. 关节式 (见图 2—3c)：手臂象人手一样的肘关节，而不是作直线伸缩，故可通过增加关节实现多个自由度，动作比较灵活，便于在狭窄的空间工作，是很有发展前途的一种型式，但定位不易准确。在机械方面尚未实现符合理想的球形关节结构的执行元件。

上海拖拉机厂配备在冷打花键轴机床上的专用机械手属于此类型式。关节采用齿轮齿条式的结构和摆动式的结构 (见图 2—5)。

图 2—6 表示关节式机械手的结构和动作角度与人手的上肢比较。

4. 直角坐标式 (见图 2—3d)：手端在三个方向上都作直线移动，适用于工作位置成行排列的情况。

第二汽车厂的铸造自动线搬运压铁机械手属于此类型式的。采用往复式气缸作水平和垂直移动 (见图 2—7)。

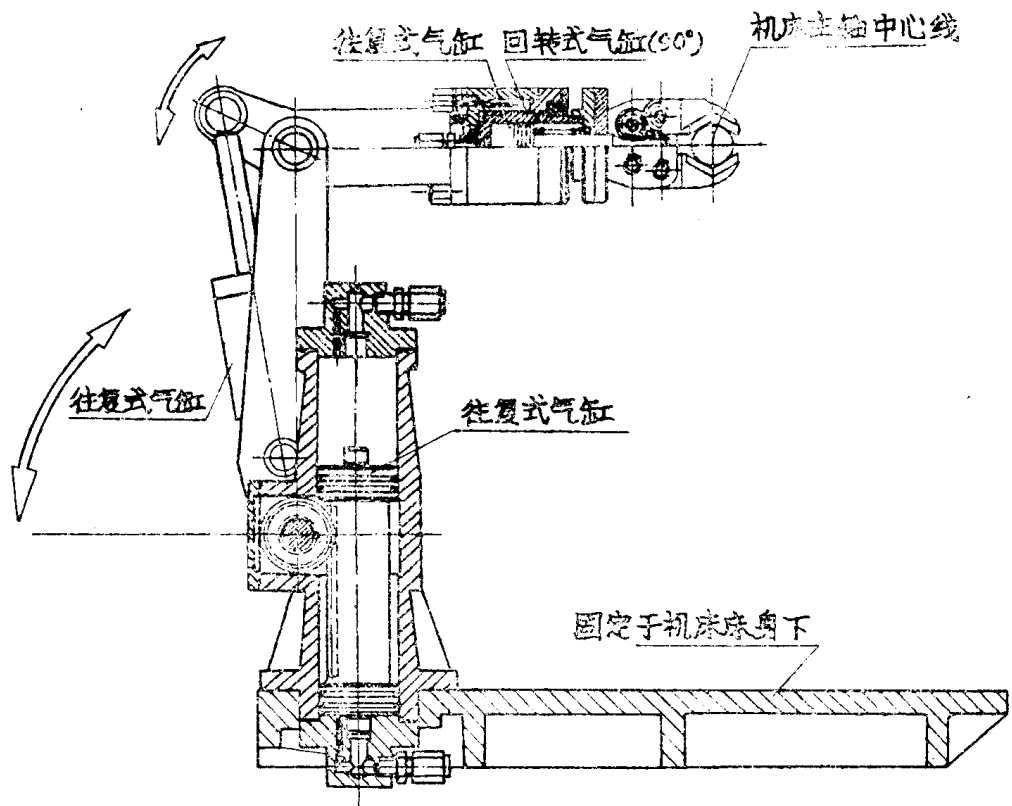


图 2—5 冷打花键轴专用机械手

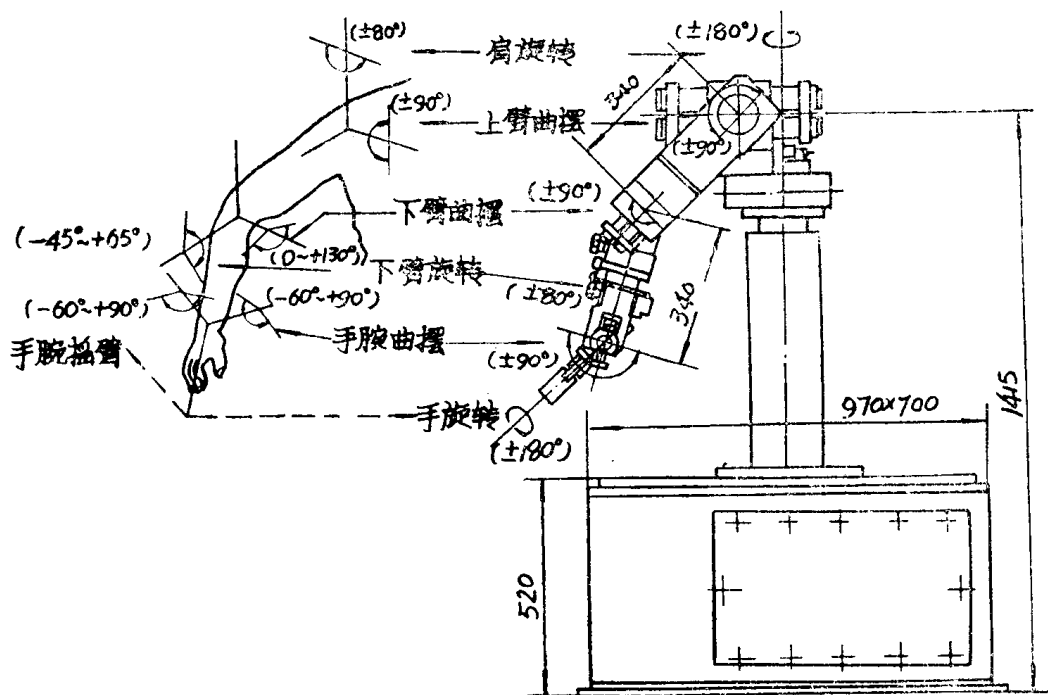


图 2—6

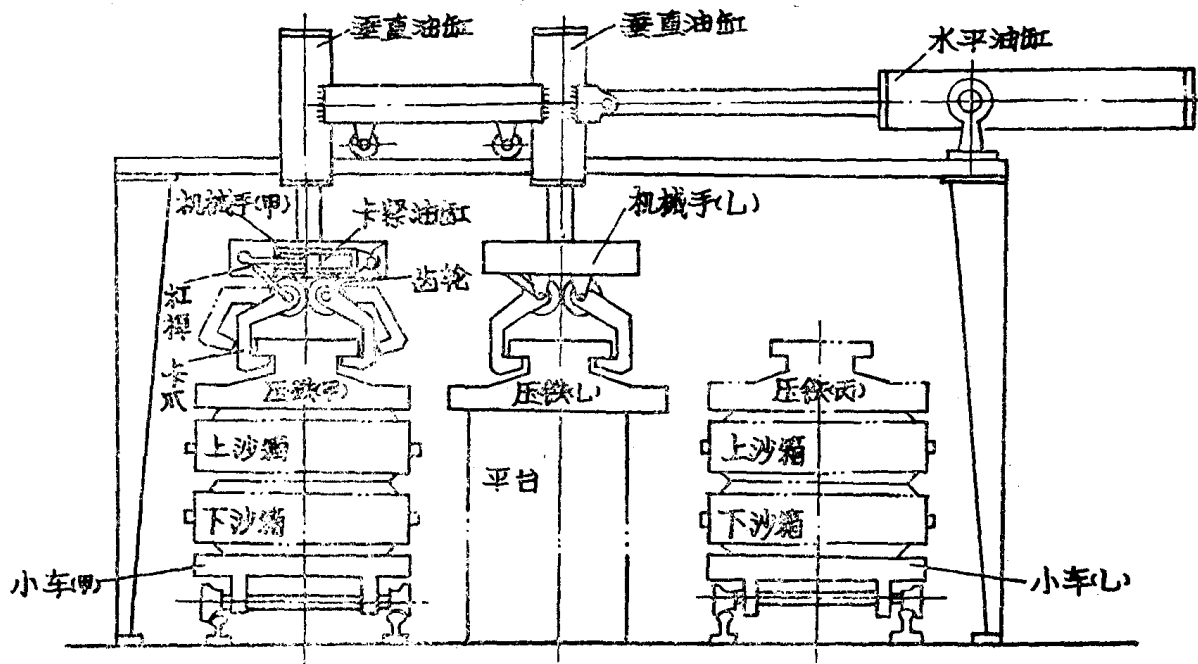


图 2-7

通用机械手臂动作采取各种座标型式的比较

	直观性	占地面积	动作范围	惯性	其他
直角座标 (X、Y、Z)	好	大	小	大	
圆柱座标 (R、 $\varphi$ 、Z)	好	较小	较大	大	
极座标 (R、 $\varphi$ 、 $\theta$ )	差	小	大	小	能抓取地面工件
关节式 ( $\varphi$ 、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ )	差	小	大	小	能绕过障碍取物

所有上述这些类型的机械手，都具备三个以上的自由度，能够满足象人手一样在空间定位取物的基本要求。

怎样使手臂做上述这些动作呢？归纳起来，不外乎直线移动和转动两种运动方式。直线运动可以用活塞油缸、齿条或螺杆来实现。转动可以用在关节附近装一个往复式油缸，或在关节上装摆动油缸或齿条油缸来实现。这些机构的设计计算都为大家所熟悉的，在此不再赘述。

基本上，每一个动作（一个自由度），需要一个单独动作的驱动机构。这样配合起来，就能使手臂或手腕象人手一样灵活地动作了。

设计机械手同设计其他机器一样，应遵循成本低、效率高、体积小、重量轻和操作、维修方便的原则，贯彻多快好省的精神。考虑到机械手的特殊性，一般以下列几个基本性能标准，进行设计：

1. 动作范围（指手指所能达到的最大范围和分布）

如果具有相同的基本尺寸（例如，臂长和机体高等），手指所能到达的动作范围大，且在工作中能有效地加以利用，那么，这种形式的机械手在自由度设计方面是比较优越的。

## 2. 灵活性

当动作范围有障碍物时应特别加以考虑。

### 3. 提升重量和传动效率

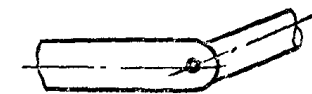
### 4. 因地制宜，便于制造和使用。

机械结构部份设计的主要内容：

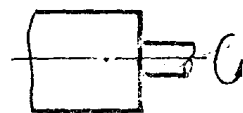
#### 1. 基本设计（自由度设计）

前面说过，各类机械手只要具备三个以上的自由度已能满足要求。根据实际需要的动作，到底要多少个自由度才行呢？这是设计中要着重解决的一个问题。

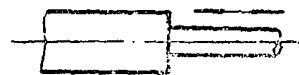
基本设计相当机构学中“数的设计”，是决定运动节和付的问题。在机构方面，大多数考虑为多自由度的运动付，但从伺服机构上看，大致限定为三种形式，即：一个有自由度的销轴式、回转式和滑动式（见图 2—8a、b、c）。现在，大多数工业机械手都是由这些要素构成的，虽然机械手的基本设计是以上述三个基本要素的多少和组合方式为主体的，但实际上必须对下面的几个问题作考虑：机械手本身占有的范围、配线、管路、伺服阀的设置，还有用计算机控制（多关节式关节间相对角的计算是很复杂的）的一些难易问题。



a) 销轴式



b) 回转式



c) 滑动式

图 2—8

## 2. 量的设计

### ① 机械量的设计

这里以机械手本体尺寸紧凑为主题（做成具有大扭转惯性比的内藏有配管等的机构），为此考虑高压化和部件小形化。对关节式来说，在销轴式中对于自重及其惯性力是不能忽视的。因此第一步要进行不计自重的设计，第二步采用根据第一步所得的结果，将自重等因素插入进去反复加以分析的方法。在惯性力导入时，还必须考虑各关节间的相互干扰，在这些方面有必要采用拉格朗日（Lagrange）方程式进行计算。下面列出当机械手的肩部停止回转时各销轴相互关系，设各关节的最大角加速度为  $\alpha$ ，作用在第  $i$  个传动机构上之扭矩为  $T_i$ ，各销轴相对水平面的倾角为  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ ，如  $F_i$ 、 $B_i$  分别为与角加速度  $\alpha$  及自重有关的力矩系数，则

$$T_i = T_{i+1} + F_i(\theta_1, \theta_2, \theta_3)\alpha + B_i(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$$

$$(i=0, 1, 2) \quad T_0=0$$

### ② 伺服阀的设计

这是关系到系统稳定性的问题。对于为满足所要求的精度和灵敏度而采用的闭环放大来说，系统必须稳定，但是以电液伺服系统的阻尼作为补偿是不够的，为了把自重保持在平衡点上，因此不能采用压差反馈，必须采用压力微分补偿，特别是旋转惯性大的肩部和轴销，在这方面肘部轴销所具有的固定振动频率也有少量补偿的必要。

## 三、驱动方式

作为工业机械手的驱动源，一般考虑可采用压缩空气，液压和电气。各种驱动方式的主要特点及适用场合如下：

### (一) 气 压 驱 动

用压缩空气驱动，不能象油那样简单地得到高压气源。此外，作为工作流体的空气，其粘滞性比油低，阻尼效果也小，因此，用气压驱动比较难控制，特别是对于定位和低速传送，过去一直认为不适合用气压驱动。但是，在按照简单的程序搬运材料时，可采用“开、关”操作，由制动器来定位。在这种情况下，由于如下理由，常常采用气压驱动。

1. 装置的结构简单，便宜；
2. 虽然工作流体的泄漏是液压驱动和气压驱动的缺点之一，但漏气相对漏油来说，几乎是无害的；
3. 能耐恶劣环境，没有爆炸、着火等问题；
4. 维修简单；
5. 作为辅助装置，特别和最近发展起来的射流很容易结合起来使用。

在最简单的情况下，气缸只需要用前后两个端点或端点停档。因此，每个运动轴（自由度）只需要有两个位置。

一个改进办法是，作为程序的一部分在气缸前后两端点之间设置停档，或在不同的平面内设置停档。用这种办法也可以精确地达到两端点之间的中间位置，但这种办法只能应用在有限的情况之下，因为停档有一个固定的尺寸，对于彼此相距很近的点就无法安排。

另一种达到中间位置的办法是使用多级气缸。

由于每个运动轴只能达到有限数量的停止位置，而且要付很高的技术代价才能在一个运动轴（自由度）的一个工作循环中得到不同的速度，所以气压驱动方式只适用在点位控制系统。

### (二) 液 压 驱 动

液压驱动方式本质上比气压驱动方式的成本高。但它具有如下特点：

1. 可以获得较大的操作力；
2. 快速反应性好；
3. 控制好；
4. 定位精度较高；
5. 可实现各个运动轴的无级调速，并可以得到任意数量的中间停止位置。

下面来分析一下这些特点。液压方式可产生5—140公斤/厘米<sup>2</sup>的压力，这要比压缩空气方式大得多。若采用电气方式，通过齿轮减速，也可以得到较大的操作力，但整个装置太大，成本也高。关于快速反应性和控制性能，当使用压缩空气方式时，由于空气的可压缩性，控制系统的滞后现象很严重，速度控制困难。但在液压方式的情况下，因为油可认为是没有压缩性的，因此控制系统的滞后也几乎没有，速度和操作力是由油的流量与压力所决定的，这些参数容易控制。

液压驱动原则上可以分为两类：

- ① 无行程检测的液压驱动；
- ② 有行程检测的液压驱动。

如果没有行程检测系统，在最简单的情况下，如同气动装置一样，液压缸只能在两个端点停止。

如果个别运动轴需要在中间位置停止，那也同气动装置一样，要靠可调整的停挡。

还有一个简单但显然不精确的办法：设置一个计时元件，在供油一定时间后切断油路，用这种办法也可以达到中间位置。

有时在一个运动轴上要求达到相距很近的许多点，这时液压驱动系统就需要有一个行程检测系统，控制系统则需要获得行程信息，并相应地调节油路。

### (三) 电 力 驱 动

电力驱动目前还只适用小型机械手。它也可分两类：

1. 有行程检测系统的电力驱动；
2. 无行程检测系统的电力驱动；

如果有行程检测系统，其结构大致与液压驱动方式相似。如果电力驱动系统没有行程检测系统，那么运动轴只能靠固定式停挡，即限位开关来定位。（也可用可调的限位开关）另一方式是在运动轴上装设步进电机作为驱动元件，那就不需要对控制系统反馈，便可以向各运动轴发出较准确的运动指令。

有时用直流电动机作为驱动元件，大多数情况下可达很高转速，在这种情况下就需要在电动机与工作机构之间装设减速器。谐波减速器是一种经过考证明很适用的减速器，其减速比可以达到250:1。

目前正在研制直线电动机，电机本身可实现直线运动，这种直线电机将会扩大电力驱动的机械手的应用范围。

将液压驱动和电气驱动并用，是一种控制性能优良的驱动方式。特别是：液压驱动时，采用电液伺服作为电气和液压的交接装置；电气驱动时，采用可控硅控制的小惯量电机或微电机（改进了电枢的低惯性电动机）等的伺服马达，都是优良的伺服机构。这两种方式，其决定控制性能的转距/惯性比、灵敏性（时间常数）也大致相等，难以区分优劣。但是对于机械手来说，用液压驱动的比较，这可能是由于以下的一些理由：

① 若用直动缸和摆动形的液压操纵装置，只要直接连接到机械手的输出轴，就能得到所规定的动作，而若用电气伺服电机时，需要有把旋转运动变成直线运动的装置和减速装置，与直接连接形式相比较，机构较复杂，空间也增大。此外由于介于传递机构之间的



间隙和减速，使机械刚性降低，所以控制性能降低。

② 液压操纵装置形体小而且牢固，可耐振动和冲击。

另外，也有使用机械式驱动方式的，只用于动作简单的场合。