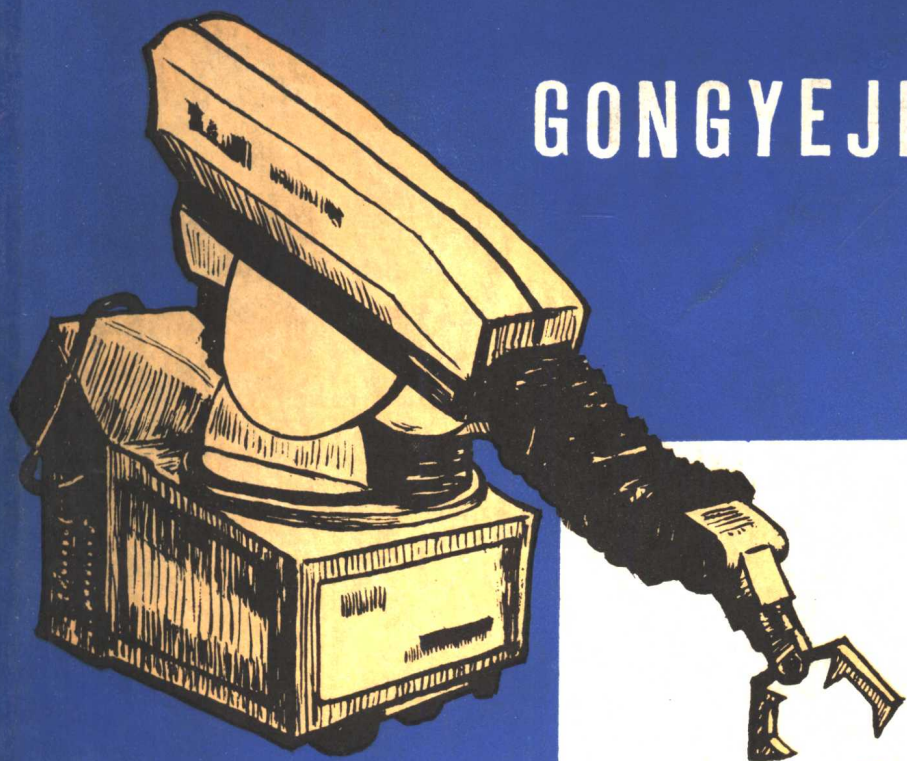


GONGYEJIXIESHOU



工业机械手

沈阳市机床工业公司
七·二一大学 编著

辽宁人民出版社

工 业 机 械 手

沈阳市机床工业公司七·二一大学编著

辽 宁 人 民 出 版 社

一九七九年·沈阳

工业机械手

沈阳市机床工业公司七·二一大学编著

辽宁人民出版社出版

(沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行

沈阳新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 16 1/2

字数: 378,000 印数: 1—5,800

1979年2月第1版 1979年2月第1次印刷

统一书号: 15090·51 定价: 1.35 元

前 言

全党全国人民高举毛主席的伟大旗帜，坚持党的十一大路线，贯彻执行华主席抓纲治国的战略决策，各条战线呈现一派兴旺发达的景象。为实现四个现代化，配合技术领域的革命，适应广大七·二一大学学生、工科院校学生和工程技术人员工作的需要，我们在公司党委的领导和帮助下，在收集国内工业机械手的经验以及参考国外有关资料的基础上，组织编写了这本《工业机械手》。

工业机械手是近十几年来国内外出现的一种程序可变的自动搬运和上下料装置，是实现生产过程自动化的得力工具，它的应用和普及将大为提高工业自动化的水平。本书对机械手的手部、腕部和臂部分别按设计要求、机械结构和计算方法做了分析；对工业机械手的驱动元件、行程位置检测装置、控制系统和缓冲定位装置做了介绍；对其总体设计、结构设计及计算和各种控制方法，通过实例做了分析；对机械手在自动生产线中的作用和由机械手组成的自动生产线也作了介绍。

本书由我校张效祖同志编写，经北京机床研究所遇立基同志和第一机械工业部技术情报所李永新同志校阅，并得到第一机械工业部机械工业自动化研究所、天津大学、东北工学院、大连工学院、沈阳机电学院、吉林工业大学、哈尔滨工业大学、沈阳市技术革新展览馆和辽宁机床修理厂等有关单位的热情支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于我们的水平不高，书中一定会有不少缺点、错误，诚恳希望读者批评指正。

一九七八年一月

目 录

第一章 概述	1
一、机械手在工业中的应用	2
二、工业机械手的分类	6
三、工业机械手的组成	6
四、机械手的自由度与坐标形式	8
五、机械手的主要规格参数	9
第二章 机械手的驱动	12
一、气压驱动	12
二、液压驱动	19
三、电力驱动	29
四、机械驱动	32
第三章 手部	34
一、手部的设计要求	34
二、手部结构	34
三、夹持式手爪的计算与分析	48
第四章 腕部	64
一、腕部的设计要求	64
二、腕部的结构	65
三、腕部回转力矩的计算	69
第五章 臂部	73
一、臂部的设计要求	74
二、臂部的结构	79
三、臂部直线缸和回转缸的计算	98
第六章 机械手的行程位置检测装置	103
一、机械式行程位置检测装置	103

二、模拟式行程位置检测装置	105
三、数字式行程位置检测装置	107
第七章 机械手的控制系统	111
一、机械手的电气控制	111
二、全气动逻辑元件控制	125
第八章 机械手的缓冲定位装置	132
一、机械手的运动特点	132
二、机械手的缓冲定位装置	133
第九章 机械手实例分析	150
一、机械手总体设计	150
二、QJS2-10通用机械手的设计	155
三、专用关节式机械手的设计	179
四、YJS2-60 通用机械手	186
五、Y38滚齿机上下料机械手	192
六、YJS3-10 通用机械手	199
七、JCS-013 型数控卧式镗铣床的自动换刀机械手	203
八、YJSS 3-30 通用机械手	213
第十章 机械手在自动生产线中的作用	220
一、自动生产线的基本概念	220
二、机械手在自动生产线中的地位	220
三、应用实例	221
四、机械手的发展趋势	263

第一章 概 述

我国工人阶级遵照伟大领袖和导师毛主席关于“独立自主、自力更生”和“打破洋框框，走自己工业发展道路”的教导，在生产斗争和科学实验领域中，大搞技术革新和技术改造，研制和应用了各种形式的机械手。

“机械手”是一种模仿人手动作，又无人操纵的自动操作装置。在工业生产中使用各种机械手，能够提高劳动生产率和自动化水平，能够减轻生产工人的繁重、重复的体力劳动，并能在高温、高压、低温、低压、粉尘、有毒气体和放射性污染等环境中代替人工作。

机械手的结构形式开始时比较简单，专用性强，仅为机床的上下料服务，是附属于该机床的机械装置，如图1—1所示。随着工业自动化的发展，制造了独立的、能按人编制的程序实现重复操作，使用范围比较广的通用机械手，如图1—2和图1—3所示。由于

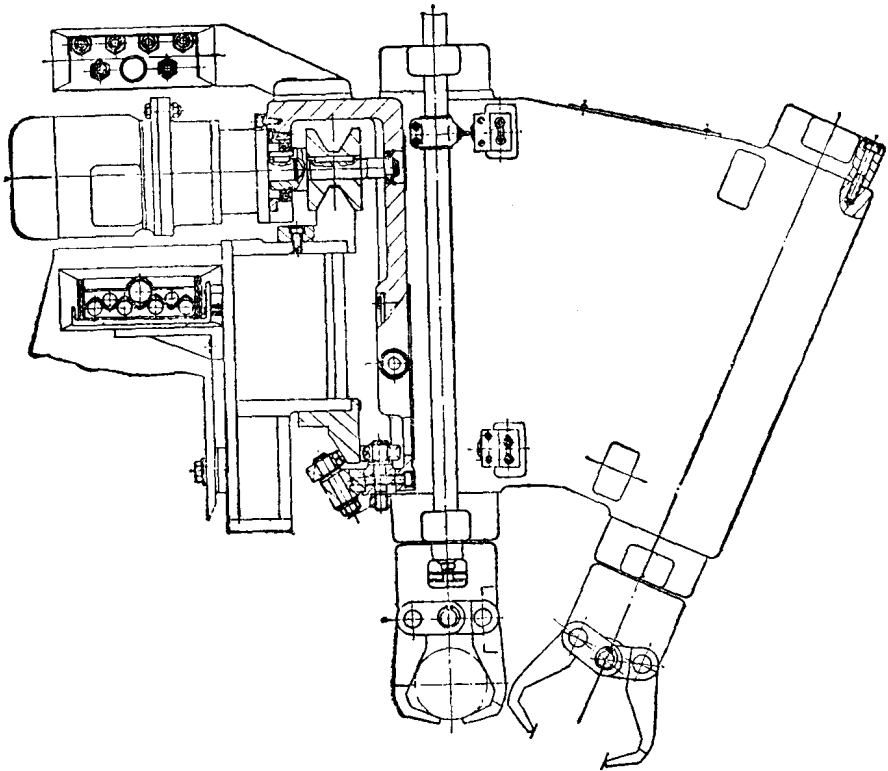


图 1—1 专用机械手

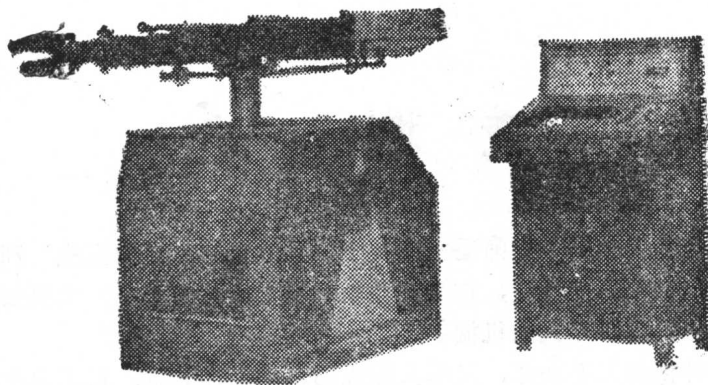


图 1—2 通用机械手外观照片

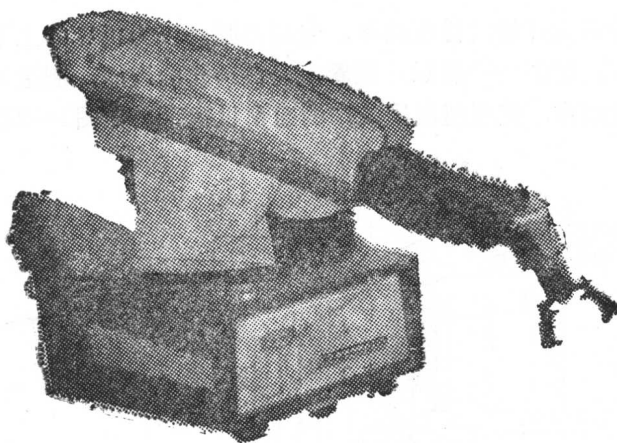


图 1—3 通用机械手外观照片

通用机械手能很快地改变工作程序，适应新的工作要求，所以，它不仅在大批量的生产中应用，而且在不断变换生产品种的中、小批量生产中，也获得了更为普遍的应用。

一、机械手在工业中的应用

工业机械手在我国工业生产中得到了较多的应用，特别是在文化大革命以后发展很快，在促进生产过程自动化方面，起了很大作用。

图 1—1 是用于液压半自动车床上的专用机械手，此机械手用于机床上下料，从而实现机床加工自动化。

图 1—2 所示的机械手，是一台独立的操作装置，适用于在机器之间传递工件。

图 1—3 所示的机械手，可以把地面上放的工件，送到机器设备上，并从机器上把

已加工完的工件转移到工位或放到地面上。

图 1—4 是滚齿机专用机械手，在有输送装置的配合下，实现滚齿加工自动化。

图 1—5 是用于高速锻锤的机械手，图为机械手夹持加热后的锻坯，正在送往锻锤。

图 1—6 是应用于注塑机上、下料的机械手，其最小抓取重量为15克。

图 1—7 是用 5 只机械手组成的多机自动线的示意图，机械手放在架空的悬梁上，往返传递工件。

在喷涂油漆作业中，用机械手操纵喷枪，实现自动喷涂；
在原子能工业中，用机械手搬运放射性物质或操纵工具；
在海上钻探石油及在钻井船上，用机械手进行某些作业；
在轧钢厂把轧制的钢坯，用机械手进行搬运；
在玻璃及陶瓷工业中，用机械手搬运原材料及各种形状的制品；
在食品工业中，用机械手搬运肉类、水果及包装糖块，等等。

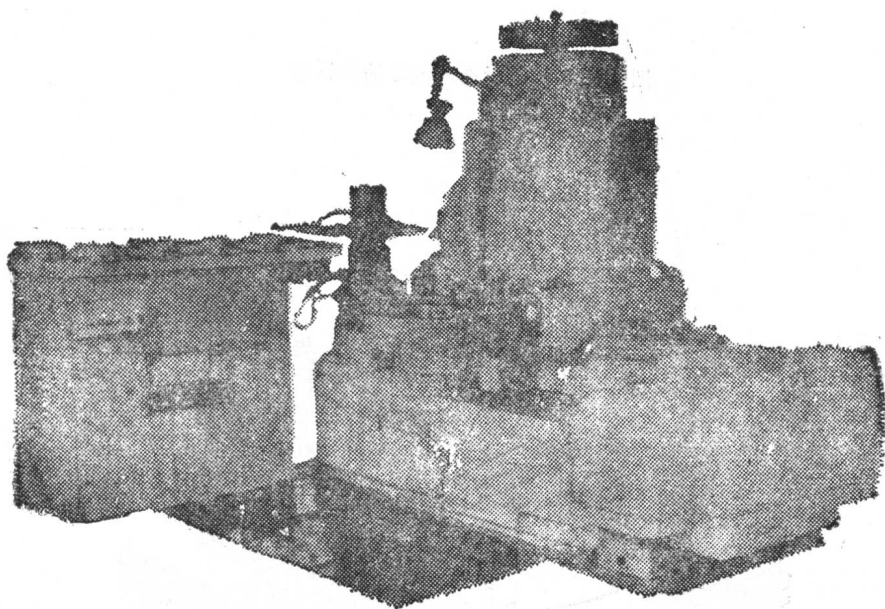


图 1—4 用于为滚齿机上下料的机械手

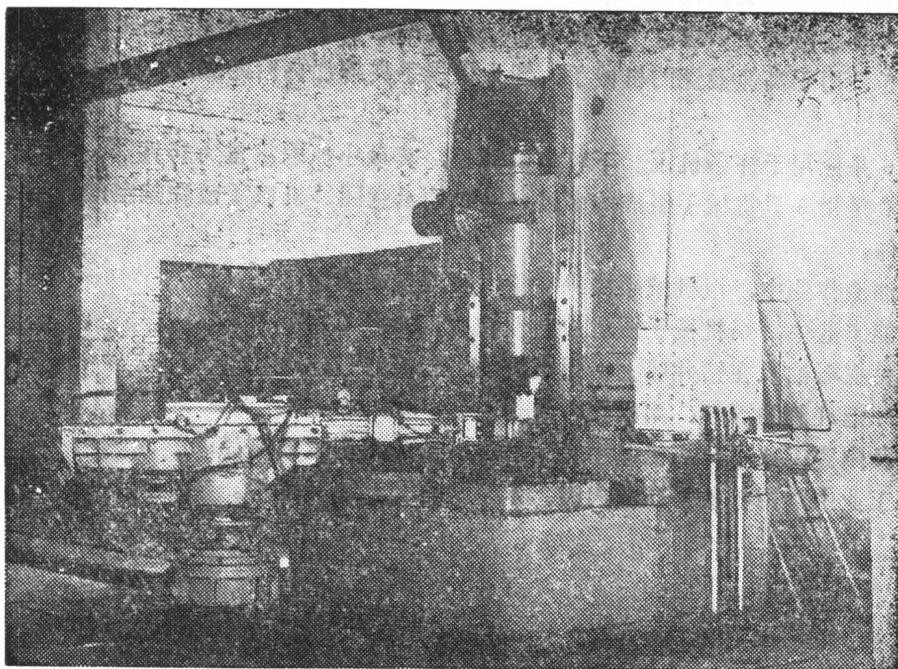


图 1—5 用于高速锻锤的机械手

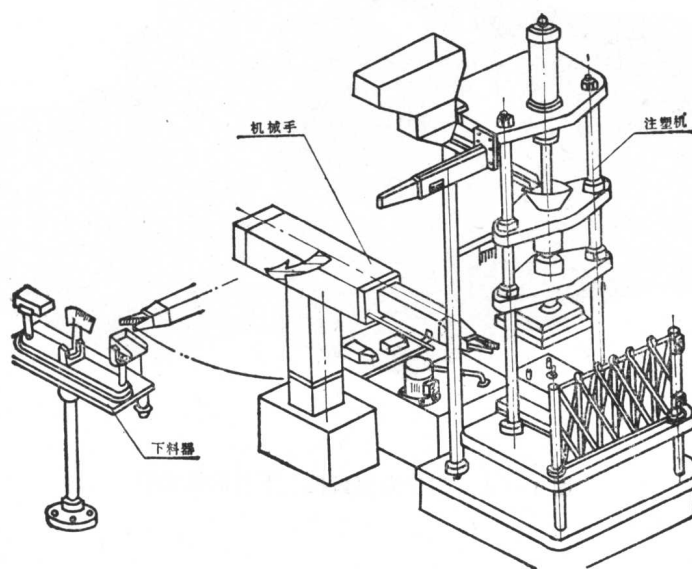


图 1—6 用于注塑机的机械手

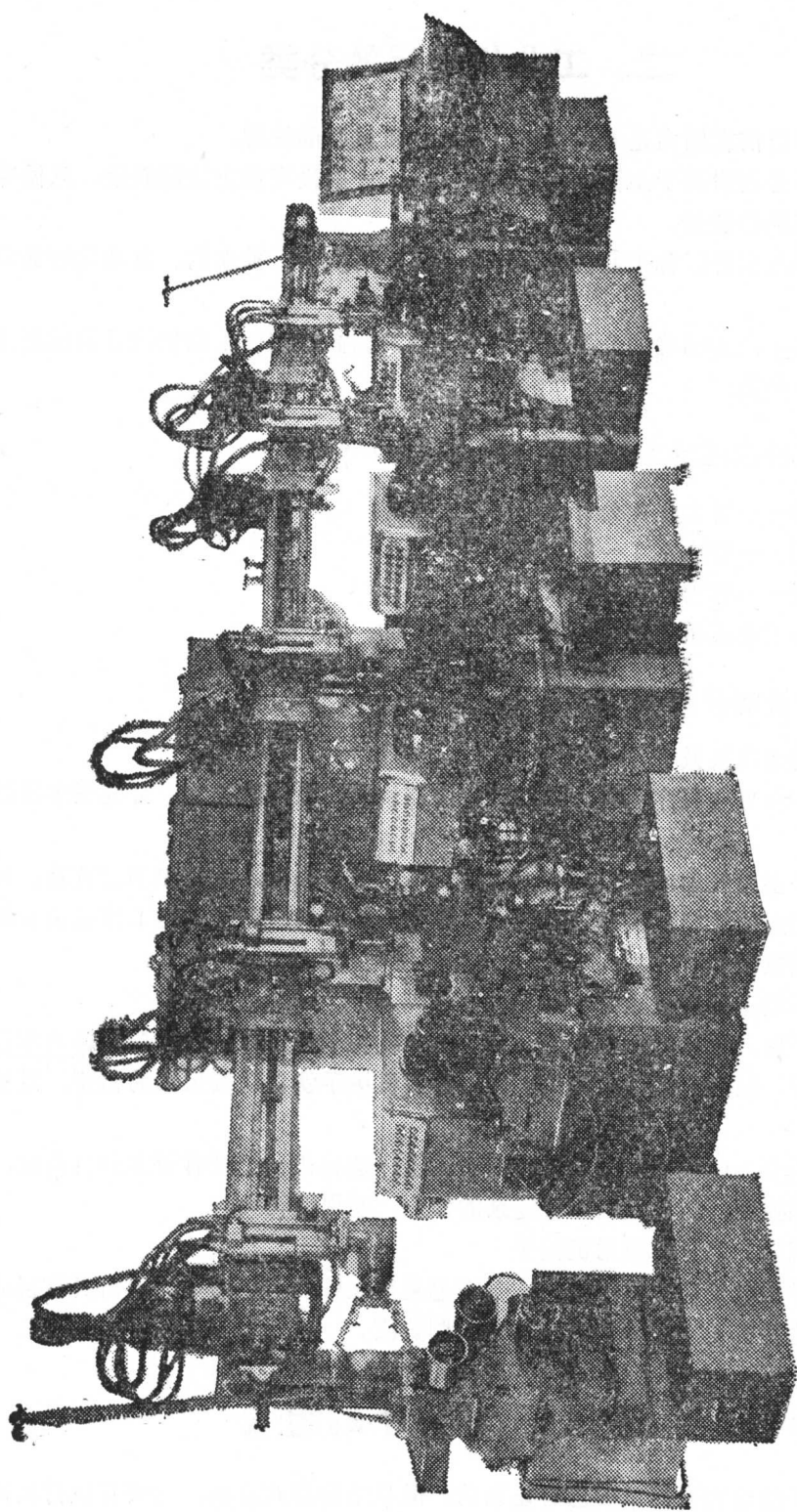


图 1—7 机械手组成的自动线

二、工业机械手的分类

工业机械手目前在国内是专用机械手和通用机械手的统称。

专用机械手是指附属于主机、动作程序固定，一般没有独立控制系统，只做专门用途的自动抓取或操作装置。

通用机械手（国外泛称工业机械人）是指程序可变的、独立的、自动化的抓取或操作装置。

目前对机械手尚无明确的分类标准，全国各地区尚未统一，我们按目前应用比较多的两个方面进行分类：

（一）按所搬运的工件重量（或称臂力）分类

1. 小型的——臂力在 1 公斤以下；
2. 中型的——臂力在 1~30 公斤以内；
3. 大型的——臂力在 30 公斤以上。

目前大多数工业机械手其搬运的重量为中型的。

（二）按机能分类

1. 简易型通用机械手

有固定程序和可变程序两种。固定程序由挡块或凸轮转鼓控制；可变程序用插销板来给定程序。

这种机械手多为气动或液压驱动，结构简单，成本较低，改变程序较容易。只适用于程序较简单的点位控制，实现重复性操作作为一般单机服务的搬运工作也完全够。目前这种机械手数量最多。

2. 示教再现型通用机械手

这种机械手由人工通过示教装置领动一遍，或者预先操作给定一遍，称为示教。它由磁鼓（或磁带、磁芯）把程序记录下来，此后机械手就自动按记忆的程序，重复地进行循环动作。

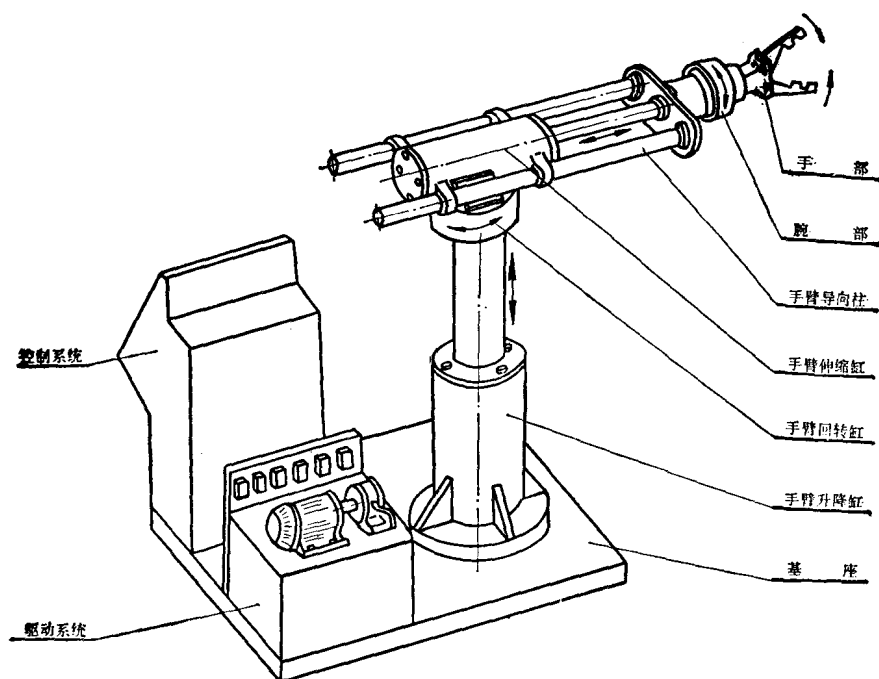
这种机械手多为电液伺服控制。与前者比较，这种机械手可有较多的自由度，有可能实现连续轨迹控制，能进行程序较复杂的作业，通用性较大。

3. 具有视觉、触觉的通用机械手

这种机械手由电子计算机控制，装备有电视摄像管和传感器等，因而具有视觉、热感、触觉等。这种机械手我国目前还处于研制阶段。

三、工业机械手的组成

工业机械手的结构有简单的也有复杂的。但从结构形式分析，主要有执行机构、驱动系统、位置检测装置和控制系统等组成。图 1—8 是其示意图。



(一) 执行机构

1. 手部——是夹持工件的构件。它由手爪和夹紧装置两部分组成。手爪有夹紧和松开动作。夹持式手爪的形式与人的手指相仿。另外还有真空和电磁吸盘（相当于手爪），用来吸取表面光滑的零件或薄板。有的手爪还可夹持一些专用工具，如喷枪、扳手、焊接工具等。

（二）驱动系统

驱动系统是驱动臂部、腕部、手部的动力源。它有气动、液压、电力和机械式等四种形式，由直线缸、回转缸、各种阀、管及管接头等组成。

（三）控制系统

控制系统是机械手的重要组成部分，它是支配机械手按规定程序、行程和速度进行运动的装置。它必须保存或记忆人们给予机械手的指令信息（如动作顺序，到达位置和时间信息）。机械手工作时根据这些信息对机械手的执行机构按程序发出控制指令，必要时还可对机械手的动作进行监视，当动作错误或发生故障时可发出警报信号。

（四）行程位置检测装置

行程位置检测装置的作用是控制机械手每个动作的运动位置，或将运动系统的位置反馈给控制系统，再由控制系统进行调节，使机械手实现位置精度的要求。

（五）辅助装置

1. 基体——是机械手的基础部分。机械手的执行机构各部件，驱动系统都安装在基体上，它起支承作用。
2. 油箱——用来存油和供油的装置，并使油散热和杂质沉淀。
3. 气罐——贮存压缩空气。

四、机械手的自由度与坐标形式

机械手的运动可分整机运动、本体运动、臂部运动、腕部运动。每个运动坐标称为自由度。

一个机械手有几个运动就叫做有几个自由度。手爪的抓取动作（指的是手爪的夹紧和松开）不计在自由度数目内。

1. 整机运动

是指整个机械手作为一个整体运动，如整机行走运动。

2. 本体运动

是指机械手的本体部分的运动，如本体横向运动（整个手臂沿 Y 坐标轴的移动），可参看图 1—9。

3. 臂部运动

臂部一般有三个自由度，即臂部直线移动、回

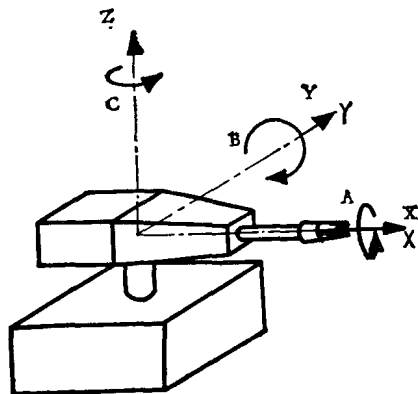


图 1—9 机械手运动坐标表示法

转运动和上下摆动运动。它分四种坐标形式，即：

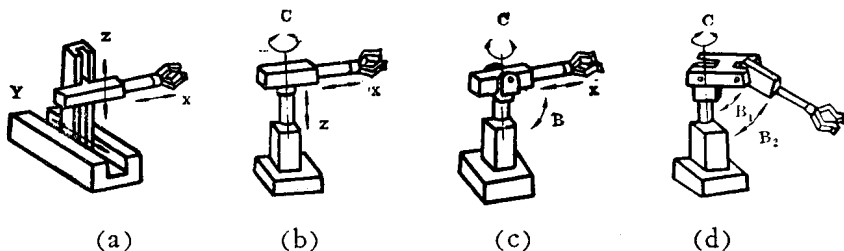


图 1—10 四种坐标形式示意图

直角坐标式用 $(X、Y、Z)$ 表示，机械手的臂部可做前后、左右、升降三个移动，如图1—10a所示。这种坐标形式直观性好，结构简单，但惯性较大，占的空间也较大，一般多安装在架空的梁上。

圆柱坐标式用 $(X、Z、C)$ 表示，见图1—10b，它有二个移动（伸缩和升降）和一个转动。这种坐标形式直观性较好，结构简单，所占空间较小，动作的范围比较大，是应用最多的一种。

球坐标式用 $(X、B、C)$ 表示，见图1—10c，它有一个移动（手臂伸缩）和二转动（左右回转和上下摆动）。这种坐标形式结构较复杂，但惯性不大，本体所占的空间较小，动作范围比圆柱坐标式更大，在通用机械手中应用较多。

多关节式用 $(C、B_1、B_2)$ 表示，见图1—10d，它有三个转动（左右旋转、两个关节旋转）。这种坐标形式运动件的惯性较小，本体占空间不大，而动作范围很大，并且可以绕过障碍抓取工件，但是其结构复杂，位置精度难于控制，故应用比较少。

4. 腕部运动

基本上有三个自由度，如图1—11所示。绕 X 轴运动叫做回转运动；绕 Y 轴转动叫俯仰运动；绕 Z 轴运动叫左右摆动。

要确定抓取工件的空间点位及方位坐标，有臂部三个自由度和腕部三个自由度就足够了。

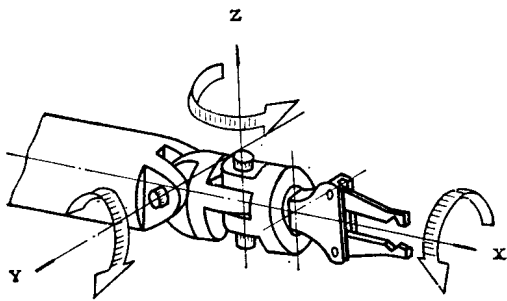


图 1—11 手腕运动示意图

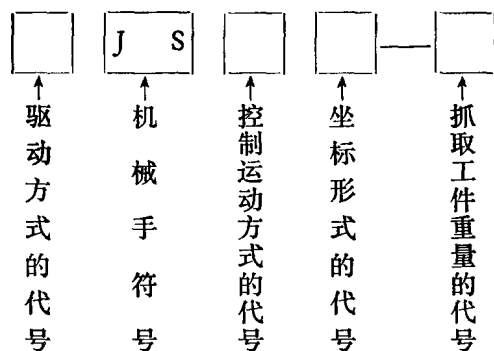
五、机械手的主要规格参数

1. 通用机械手型号编制方法

专用机械手一般没有必要进行编号，可注明全称：如Y38滚齿机上下料机械手、轴承体自动线机械手、汽车钢圈装配机械手，等等。

通用机械手的编号目前国内尚未统一，暂按下述方法进行编号。如果今后有国内统一标准以国家标准编号为准。

通用机械手型号最基本形式为：



驱动方式和控制运动方式的代号都用汉语拼音字母表示如下：

驱 动 方 式	液 压	气 动	机 械	电 动
代 号	Y	Q	J	D

控 制 运 动 方 式	点 位 控 制	连续轨迹控制
代 号		L

坐标形式的代号用数字：

坐标形式	直角坐标式	元柱坐标式	球坐标式	多关节坐标式
代 号	1	2	3	4

抓取工件重量的代号放在最后边，用数字表示。单位——公斤力。

以上几个代号是给通用机械手中编号用的，因此是必不可少的。点位控制不用代号表示。例：

D	J S	1 — 5
↑	↑	↑
电	机	直
力	械	角
驱	手	坐
动		标
		抓
		重
		5
		公
		斤

如图 1—2 所示，它是由气压驱动、元柱坐标式、简易型通用机械手，其抓取工件的重量为10公斤。其编号为QJS2-10。又如如图 1—3 所示的，它是液压驱动、球坐标式、简易型通用机械手，其抓取重量为10公斤，其编号为YJS3-10。

还有一些代号，则根据机械手的具体情况，将其代号插入坐标形式代号之前。如果

有一机械手是球坐标式，电液伺服型，点位控制，其抓取工件重量为30公斤，其编号为YJSS3-30，其余类推。

2. 规格参数

(1) 主参数：臂力——额定抓取重量或称额定负荷，单位为公斤（必要时注明限定运动速度下的臂力）。

(2) 自由度数目：整机、本体、臂部及腕部共有几个自由度，并说明坐标形式。

(3) 定位方法：如固定机械挡块，可调机械挡块，行程开关，电位器及其他各种位置设定和检测装置；各自由度能设定的位置数目或位置信息容量；点位控制或连续轨迹控制。

(4) 驱动方式：液压、气动、电动、机械。

(5) 基本参数

行程——行程大小；行程范围。

速度——在全行程上的平均运动速度，必要时注明限定的臂力。

定位精度——位置设定精度及重复定位精度（±毫米）。

程序编制方法及程序容量——如插销板、二极管矩阵插销板、凸轮转鼓、穿孔纸带、穿孔卡以及示教存储等等。对于程控类型的说明指令数与程序步数，如25×16即指令数25，程序步数16。

控制系统动力——电、气。

(6) 其他参数

驱动源——气动的气压大小，液压的使用压力，油泵规格，电机功率，电动的类型、规格。

轮廓尺寸——长×宽×高（毫米）。

重量——整机重量（公斤）。