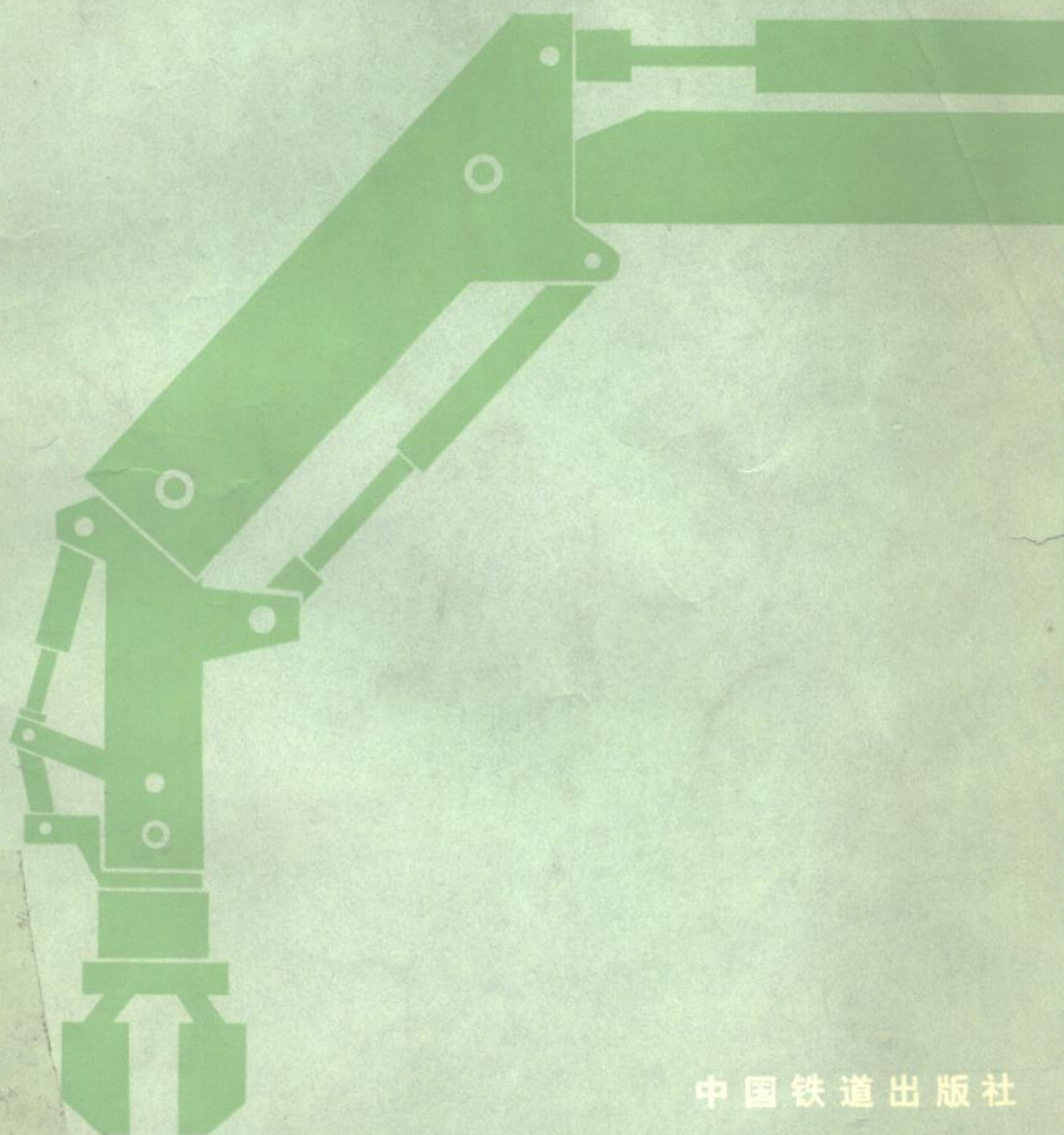


机械手——理论及应用——

陆祥生 杨秀莲 编

JIXIESHOU LILUN JIYINGYONG



中国铁道出版社

71002

机 械 手

— 理 论 及 应 用 —

陆祥生 杨秀莲 编

中 国 铁 道 出 版 社

1985年·北京

机 械 手

—理论及应用—

陆祥生 杨秀莲 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 徐仁杰 封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092^{1/4} 印张: 15.75 字数: 371 千

1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数: 0001—8,100 册 定价: 2.95 元

内 容 简 介

本书综合了一百项国内外典型的、应用有效的机械手实例和有关资料，系统地介绍了现代机械手的原理、设计和各种机械手的功能和效果。对于各类工业企业中，致力于研究、探索提高生产效率、改善工作条件、保证质量和安全生产的途径的有关生产、技术、研究人员和工人，都有一定的学习、参考价值。也可作为大专院校有关专业的教学参考书。

2R35/38
03

编写说明

工业机械手是一种新型的自动化操作装置。它可根据作业的要求,按照预先确定的程序搬运物体、装卸零件以及操持喷枪、焊把等工具去完成一定的作业。因此它可在繁重、高温和多粉尘等劳动条件较差的作业中,部分地代替人工操作。

工业机械手首先在机床上应用是作为设备的一个附属装置,用以上、下料。随着电子技术的发展已逐步成为一个独立的自动化装置,并扩大到铸造、加工、焊接、组装和喷漆等作业中。机械制造业中笨重体力劳动作业较多,迫切需要进行技术改造。而机械手的研究和应用将是改善生产劳动条件,提高产品质量和效率的有效手段之一。亦是新技术革命主要内容之一。

本书共分十章。第一、二、三章叙述机械手的组成、型式和机能;第四、五章介绍传动装置和控制装置;第六、七章叙述缓冲、定位和作业分析;第八、九、十章则分别介绍机械手在铸造及锻压,机车车辆和柴油机配件加工、组装,以及在焊接、喷漆和喷射混凝土等作业中的应用。全书列举各种机械手实例计百项。

本书系根据近年来国内外工业机械手技术理论的发展及应用范围的不断扩大,收集了国内外机车车辆工业和柴油机修造及其他工业部门的实用情况和有关技术资料编写而成的。除供铁路工业有关人员参考外,对于其他工业企业的有关人员,以及大专院校有关专业的师生,同样具有一定的参考价值。由于编者水平有限,书中会有不少缺点和不足之处,希读者指正。

在编写过程中承蒙铁道部有关机车车辆工厂及铁道部戚墅堰机车车辆工艺研究所有关同志协助,特此表示感谢。

编者 陆祥生
杨秀莲

于一九八三年三月

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 简史.....	1
第二节 应用简况.....	3
第三节 发展趋势.....	6
第二章 机械手的组成、分类、型式、规格与用语.....	8
第一节 组成.....	8
第二节 分类.....	10
第三节 基本型式(附实例).....	11
第四节 型号编制和规格参数.....	20
第五节 工业机械手的专用语言.....	22
第三章 机能和特性.....	25
第一节 自由度.....	25
第二节 机能.....	30
第三节 机械手特性方程式.....	40
第四章 躯干和传动系统.....	46
第一节 躯干.....	46
第二节 夹紧机构.....	54
第三节 传动系统.....	63
第五章 控制系统.....	73
第一节 机械控制.....	73
第二节 射流控制.....	74
第三节 液压控制.....	77
第四节 顺控器控制.....	79
第五节 程序控制.....	83
第六节 数字控制.....	89
第七节 计算机控制.....	94
第八节 微处理机控制.....	100
第九节 控制装置故障的排除.....	102
第六章 缓冲和定位.....	104
第一节 运动特性.....	104
第二节 缓冲装置.....	106
第三节 定位装置.....	110
第四节 定位误差与计算.....	113
第七章 机械手总体布置、作业分析、可靠性和效果.....	123

第一节	总体布置	123
第二节	作业分析	127
第三节	可靠性	135
第四节	经济效益	139
第八章	机械手在铸造、锻压作业中的应用	142
第一节	造型、浇注作业机械手	142
第二节	回火、清理机械手	148
第三节	精锻、模压机械手	150
第四节	操作机与装取料机	159
第五节	弹簧制造机械手	164
第九章	机械手在柴油机、机车车辆配件加工、组装作业中的应用	167
第一节	柴油机配件加工机械手	167
第二节	机车车辆配件加工专用机械手	185
第三节	机车车辆修理、组装作业机械手	190
第四节	车轮车轴加工、组装、热处理机械手	197
第五节	齿轮、通用件加工机械手	202
第十章	通用机械手及在焊接、喷漆等作业中的应用	210
第一节	通用机械手	210
第二节	点焊、弧焊机械手	216
第三节	车辆喷漆机械手	225
第四节	喷射混凝土机械手	235
第五节	其他作业机械手	239

第一章 概 述

工业机械手（以下简称机械手）是近代自动控制领域中出现的一项新技术，并已成为现代机械制造生产系统中的一个重要组成部分。这种新技术发展很快，逐渐形成一门新兴的学科——机械手工程。

机械手的迅速发展是由于它的积极作用正日益为人们所认识：其一、它能部分地代替人工操作；其二、它能按照生产工艺的要求，遵循一定的程序、时间和位置来完成工件的传送和装卸；其三、它能操作必要的机具进行焊接和装配。从而大大地改善工人的劳动条件，显著地提高劳动生产率，加快实现工业生产机械化和自动化的步伐。因而，受到各先进工业国家的重视，投入大量的人力物力加以研究和应用。尤其在高温、高压、粉尘、噪音以及带有放射性和污染的场合，应用得更为广泛。在我国，近几年来也有较快的发展，并取得一定的效果，受到机械工业和铁路工业部门的重视。

机械手一般分为三类。第一类是不需要人工操作的通用机械手。它是一种独立的不附属于一主机的装置。它可以根据任务的需要编制程序，以完成各项规定操作。它的特点是具备普通机械的物理性能之外，还具备通用机械、记忆智能的三元机械。第二类是需要人工操作的，称为操作机。它起源于原子、军事工业，先是通过操作机来完成特定的作业，后来发展到用无线电信号操作机械手来进行探测月球等。工业中采用的锻造操作机也属于这一范畴。第三类是专用机械手，主要附属自动机床或自动线上，用以解决机床上下料和工件传送。这种机械手在国外称为“Mechanical Hand”，它是为主机服务的，由主机驱动；除少数外，工作程序一般是固定的，因此是专用的。

在国外，目前主要是搞第一类通用机械手，国外称为机械人(Industrial Robot)。本书介绍的工业机械手，除部分是专用机械手外，在叙述机械手的有关结构型式、驱动装置、控制装置以及作业分析时，主要介绍通用机械手。

第一节 简 史

机械手首先是从美国开始研制的。1958年美国联合控制公司研制出第一台机械手。它的结构是：机体上安装一回转长臂，端部装有电磁铁的工件抓放机构，控制系统是示教型的。

1962年，美国联合控制公司在上述方案的基础上又试制成一台数控示教再现型机械手。商名为Unimate（即万能自动）。运动系统仿造坦克炮塔，臂可以回转、俯仰、伸缩，用液压驱动；控制系统用磁鼓作存贮装置。不少球坐标式通用机械手就是在这个基础上发展起来的。同年该公司和普鲁曼公司合并成立万能自动公司（Unimation），专门生产工业机械手。

1962年美国机械铸造公司也试验成功一种叫Versatran机械手，原意是灵活搬运。该机械手的中央立柱可以回转，臂可以回转、升降、伸缩、采用液压驱动，控制系统也是示教再现型。虽然这两种机械手出现在六十年代初，但都是国外工业机械手发展的基础。

1978年美国Unimate公司和斯坦福大学、麻省理工学院联合研制一种Unimation-Vic-arm型工业机械手, 装有小型电子计算机进行控制, 用于装配作业, 定位误差可小于 ± 1 毫米。

美国还十分注意提高机械手的可靠性, 改进结构, 降低成本。如Unimate公司建立了8种机械手试验台, 进行各种性能的试验。准备把故障前平均时间(注: 故障前平均时间是指一台设备可靠性的一种量度。它给出在第一次故障前的平均运行时间), 由400小时提高到1500小时。精度可提高到 ± 0.1 毫米。

联邦德国机器制造业是从1970年开始应用机械手, 主要用于起重运输、焊接和设备的上下料等作业。联邦德国KnKa公司还生产一种点焊机械手, 采用关节式结构和程序控制。

瑞士RETAB公司生产一种涂漆用机械手, 采用示教方法编制程序。

瑞典安莎公司采用机械手清理铸铝齿轮箱毛刺等。

日本是工业机械手发展最快、应用最多的国家。自1969年从美国引进二种典型机械手后, 大力从事机械手的研究。据报导, 1979年从事机械手的研究工作的大专院校、研究单位达50多个。1976年各大学和国家研究部门用在机械手的研究经费约占总研究费用的42%。1979年日本机械手的产值达433亿日元, 产量为14535台。其中固定程序和可变程序约占一半, 达222亿日元, 是1978年的二倍。具有记忆功能的机械手产值约为67亿日元, 比1978年增长50%。智能机械手约为17亿日元, 为1978年的6倍。截至1979年, 机械手累计产量达56900台。在数量上已占世界首位, 约占70%, 并以每年50~60%的速度增长。使用机械手最多的是汽车工业, 其次是电机、电器。预计到1990年将有55万机器人在工作。

苏联自六十年代开始发展应用机械手, 至1977年底, 其中有一半是国产, 一半是进口。主要用于机械化、自动化程度较低、繁重单调、有害于健康的辅助性工作。

目前苏联的辅助性作业工人中搞设备维修的约占37%, 搞仓库、搬运和装卸工作的占26%, 搞产品质量技术检验的占8%。苏联确定在第十个五年计划中, 用于机器制造业中搬运工作的机械手将占总数的50%, 成型工艺方面占17%, 铸造占6%, 其余为焊接、装配和涂漆工作等。

苏联现有工业机械手多数为第一代, 少数为第二代。1980年底约有3000台工业机械手与ESER计算机配套使用。

总之, 目前工业机械手大部分还属于第一代, 主要依靠人工进行控制, 控制方式则为开环式, 没有识别能力, 改进的方向主要是降低成本和提高精度。

第二代机械手正在加紧研制。它设有微型电子计算机控制系统, 具有视觉、触觉能力, 甚至听、想的能力。研究安装各种传感器, 把感觉到的信息反馈, 使机械手具有感觉机能。

第三代机械手(机械人)则能独立地完成工作过程中的任务。它与电子计算机和电视设备保持联系。并逐步发展成为柔性制造系统FMS (Flexible Manufacturing system) 和柔性制造单元FMC (Flexible Manufacturing Cell) 中重要一环。

随着工业机械手(机械人)研究制造和应用的扩大, 国际性学术交流活动十分活跃, 欧美各国和其他国家学术交流活动开展很多。

国际工业机械手(人)会议ISIR决定每年召开一次会议, 讨论和研究机械手的发展和应用的问题。该学会以往召开会议的年份和地点如下:

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 第一届年会于1970年在美国芝加哥; | 第八届年会于1978年在联邦德国斯图加特; |
| 第二届年会于1972年在美国芝加哥; | 第九届年会于1979年在美国华盛顿; |
| 第三届年会于1973年在瑞士苏黎世; | 第十届年会于1980年在意大利; |
| 第四届年会于1974年在日本; | 第十一届年会于1981年在日本; |
| 第五届年会于1975年在美国芝加哥; | 第十二届年会于1982年在法国巴黎; |
| 第六届年会于1976年在英国; | 第十三届年会于1983年在美国芝加哥召开。 |
| 第七届年会于1977年在日本东京; | 第十四届年会于1984年在瑞典召开。 |

同时有关的国家还相应召开本国的或欧洲工业机械手会议和展览会, 1982年即有12个展览会, 1983年上半年就有6个展览会。通过国际性、地区性的年会、学术讨论会和展览会交流了机械手设计制造的经验, 促进了机械手技术的发展和运用。

第二节 应用简况

在现代工业中, 生产过程的机械化, 自动化已成为突出的主题。化工等连续性生产过程的自动化已基本得到解决。但在机械工业中, 加工、装配等生产是不连续的。专用机床是大批量生产自动化的有效办法; 程控机床、数控机床、加工中心等自动化机械是有效地解决多品种小批量生产自动化的重要办法。但除切削加工本身外, 还有大量的装卸、搬运、装配等作业, 有待于进一步实现机械化。据资料介绍, 美国生产的全部工业零件中, 有75%是小批量生产; 金属加工生产批量中有四分之三在50件以下, 零件真正在机床上加工的时间仅占零件生产时间的5%。从这里可看出, 装卸、搬运等工序机械化的迫切性, 工业机械手就是为实现这些工序的自动化而产生的。

据美国和日本的统计, 各工种使用机械手的比重大致如下:

美国:

压 铸	30%
冲床上下料	20%
锻造机械上下料	15%
装 配	5%
加热炉装炉、出炉	5%
注塑机模具和制品搬运	20%
机床上下料	5%

日本:

机床卸工件	62%
机床上料	58%
运输带间搬运	39%
压力机上下料	27%
装 配	20%
包 装	20%
锻造机械上下料	12%
喷 漆	11%
压 铸	9%

焊 接.....	8%
塑料加工.....	7%
电 镀.....	3%

从上述资料可见：美国偏重于毛坯生产，日本偏重于机械加工。随着机械手技术的发展，应用的对象还会有所变化。如美国制造工程师学会估计，1987年将有15%的装配系统采用机械手操作，日本则在弧焊、点焊和喷漆作业中大量使用机械手。

图1—1所示为金属加工制造业中机械手在各种作业中的比例。同时工业机械手的需求量也急剧增加，1980年日本工业机械手需求量达600亿日元，1985年将增至2900亿日元，至1990年将达到4000—4500亿日元。

据美国商业通讯公司估计，到1990年，世界机械手的总销售额将从目前的2亿美元增加到45亿美元。其中装配用机械手将达到13亿美元，焊接用机械手将达到12亿美元，工件装卸用机械手将达到11亿美元。

据1981年《工业机械手》杂志报导：各国应用机械手的台数见图1—2。

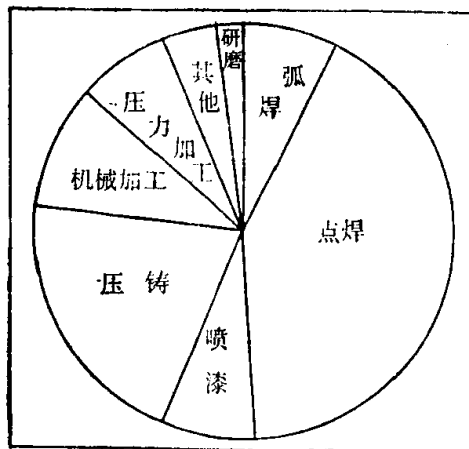


图1—1 金属加工制造业中使用机械手的比例图

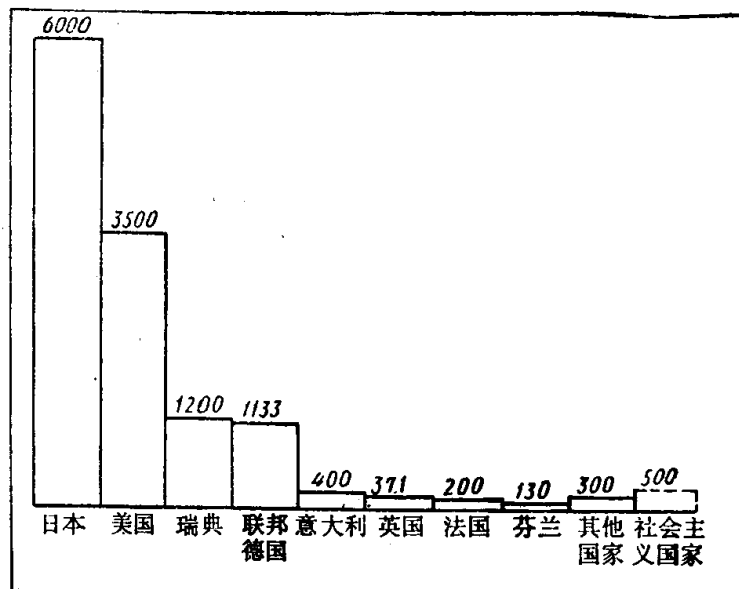


图1—2 各国应用机械手的台数

表1—1为1981年统计的英国和联邦德国机械手使用的领域、台数和所占的百分比。

据介绍，日本曾就机械手在什么环境下使用作了调查，从76个工厂调查的工业机械手使用环境列于表1—2。

由以上调查表1—2可见，目前使用工业机械手代替人工操作的，主要是在危险作业（广义的）、多粉尘、高温、噪音、工作空间狭小等不适于人工作业的环境。同时可以看到，高湿和搬运重物这二项所占比例也较高。

下面就国内机械工业、铁路部门应用机械手的简况，以及国外机械工业发展和应用机械手的简况，分别介绍如下。

（一）热加工方面的应用

热加工是高温、危险的笨重体力劳动，很久以来就要求实现自动化。为了实现高效率和工作安全，尤其对于大件、少量、低速和人力所不能胜任的作业就更需要采用机械手操作。

英、联邦德国使用机械手的领域,

台数和所占百分比

(据1981年统计)

表 1—1

使用领域	英		联邦德国	
	台数	%	台数	%
表面加工	69	18.5	155	13.7
点 焊	59	15.9	339	29.9
弧 焊	48	12.9	138	12.2
磨 钻	4	1.1	5	0.4
装 配	5	1.4	44	3.9
压 床	21	5.7	28	2.5
注 模	33	8.9	56	4.9
注 塑	54	14.6	/	/
机 床	39	10.5	113	10
铸造操作	10	2.7	34	3
检查试验	3	0.8	/	/
堆放包装	16	4.3	/	/
一般运送	/	/	170	15
研 究	/	/	17	1.5
其它(非专用)	10	2.7	34	3
总 共	371	100	1133	100

注: 以上所列的机械手不包括一般专用机械手在内。

工业机械手使用环境

调查表

表 1—2

使用环境	使用厂数	所占百分比
危险作业	32	42.1
多粉尘	30	39.5
高温工作	30	39.5
噪音	29	38.1
工作空间狭小	25	32.9
搬运重物	21	27.6
臭味	10	13.2
有毒气氛	8	10.5
高湿度	8	10.5
高空作业	4	5.3
高压下工作	2	2.6
放射性	1	1.3

机械手在锻造工业中的应用能进一步发挥锻造设备的生产能力, 改善热、累的劳动条件。因此, 国内首先是采用锻造操作机, 装取料机械手来代替人工操作, 减轻劳动强度。后来在精锻机上采用机械手, 使精锻过程自动化, 代替人工喂料。近年国内进口一条 12000 吨模压机生产线, 配备四台机械手用以锻压曲轴、车底架等。

国外对锻造机械手的研制工作十分重视, 如美国采用圆柱坐标式机械手在 1300 吨锻压机上锻造齿轮毛坯; 瑞典采用 Unimate 型机械手在压力机上锻造曲轴; 采用 Versatran 型机械手生产大型轴承环, 机械手在两台液压机间传送轴承环的坯料; 联邦德国在一条模锻线上采用自动送料装置和操作机械手, 能从炉子内取出毛坯, 在粗杆、短行程模锻锤的三个模膛中进行锻造, 然后取出。

锻压机械手的手指部位必须采用耐热钢制造, 相当于 40CrNi₂Mo 的材料。同时用空气、水喷雾冷却。机械手外部装有防热护罩, 内部通水冷却。

机械手在铸造、熔炼方面的应用, 国内已研制成功压铸机上下料机械手, 上下箱、合箱、浇注机械手, 以及铸件表面清理机械手等。有些工厂还将机械手和造型机配合组成铸造生产自动线, 彻底改变了铸造生产的面貌。

国外对电炉炼钢过程中采用机械手进行了大量的研究。由于强大电流的干扰, 影响了机械手的采用, 并由于熔渣和钢水难以区别, 往往在浇注过程中容易液、渣不分, 需研究带有特殊传感装置的机械手, 才能实现浇注的机械化和自动化。

(二) 冷加工方面

冷加工方面机械手主要用于柴油机配件以及轴类、盘类和箱体类等零件单机加工时的上下料和刀具安装等。进而在程序控制、数字控制等机床上应用, 成为设备的一个组成部分。最近更在加工生产线、自动线上应用, 成为机床、设备上下工序联接的重要手段。

国内机械工业、铁路工业中首先在单机、专机上采用机械手上下料,减轻工人劳动强度。如在轴类、螺栓、气阀和螺撑帽坐等零件的加工机床上配置了机械手,代替人工上下料。在三通阀体、轴瓦、平斜铁、柴油机摇臂加工生产自动线上采用单臂、双臂圆柱式机械手,成为联接工序、运送工件的重要装备。并在连杆粗加工自动线上采用数控机械手,这样它不仅担负自动线上机床工件的装卸、运输,并能发出指令指挥全线工作。

国外铁路工业中应用机械手以加工铁路车轴、轮对等大、中批量零部件。并和机床设备共同组成一个综合的数控加工系统。

(三) 拆修装方面

拆修装是铁路工业系统繁重体力劳动较多的部门之一,促进了机械手的发展。目前国内铁路工厂、机务段等部门,已采用机械手拆装三通阀、钩舌、分解制动缸、装卸轴箱、组装轮对、清除石棉等,减轻了劳动强度,提高了拆修装的效率。近年还研制了一种客车车内喷漆通用机械手,可用以对客车内部进行连续喷漆,以改善劳动条件,提高喷漆的质量和效率。

为了改善货车油漆作业,日本、美国、苏联、法国等国以货车、漏斗车、油罐车和TGV电动车组为对象,采用一种带转向架的货车涂漆机械手。英国铁路工程公司采用机械手焊接电动车组零件。美国铁路维修公司采用机械手进行调车,还利用悬挂行车式机械手完成有盖漏斗车内部的清洗工作。

采用机械手进行装配更是目前研制的重点,国外已研究采用摄象机和力的传感装置和微型计算机联接在一起,能确定零件的方位,达到镶装的目的。

第三节 发展趋势

目前工业机械手主要用于机床加工、铸锻、热处理等方面,无论数量、品种和性能方面还不能满足工业生产发展的需要。

在国内主要是逐步扩大应用范围,重点发展铸锻、热处理方面的机械手,以减轻劳动强度,改善作业条件。在应用专用机械手的同时,相应地发展通用机械手,有条件的还要研制示教式机械手、计算机控制机械手和组合式机械手等。将机械手各运动构件,如伸缩、摆动、升降、横移、俯仰等机构,以及适于不同类型的夹紧机构,设计成典型的通用机构,以便根据不同的作业要求,选用不同的典型部件,即可组成各种不同用途的机械手。既便于设计制造,又便于改换工作,扩大了应用的范围。同时要提高速度,减少冲击,正确定位,以更好地发挥机械手的作用。

此外还应大力研究伺服型、记忆再现型,以及具有触觉、视觉等性能的机械手,并考虑与计算机联用,逐步成为整个机械制造系统中的一个基本单元。

在国外机械制造业中,工业机械手应用较多,发展较快。目前主要应用于机床、模锻压力机的上下料,以及点焊、喷漆等作业,它可按照事先制订的作业程序完成规定的操作,但还不具备有任何传感反馈能力,不能应付外界的变化。如发生某些偏离时,就将引起零部件甚至机械手本身的损坏。

为此,国外机械手的发展趋势是大力研制具有某种智能的机械手。使它拥有一定的传感能力,能反馈外界条件的变化,作相应的变更。如位置发生稍些偏差时,即能更正,并自行检测,重点是研究视觉功能和触觉功能。

视觉功能即在机械手上安装有电视照相机和光学测距仪(即距离传感器)以及微型计算

机。工作时，电视照相机将物体形象变成视频信号，然后送给计算机，以便分析物体的种类、大小、颜色和方位，并发出指令控制机械手进行工作。

触觉功能即在机械手上安装有触觉反馈控制装置。工作时机械手先伸出手指寻找工件，通过装在手指内的压力感敏元件产生触感作用，然后伸向前方，抓住工件。手的抓力大小可通过装在手指内侧的压力感敏元件来控制，达到自动调整握力的大小。总之，随着传感技术的发展，机械手的装配作业的能力将进一步提高。据美国制造工程师学会估计，1987年将有15%的装配系统采用机械手操作。1988年将开始采用适合各种零部件装配的程序输入系统，1995年约有50%的汽车将由机械手装配。

更主要的是将机械手和柔性制造系统和柔性制造单元相结合，从而根本改变目前机械制造系统的人工操作状态。

第二章 机械手的组成、分类、型式、规格与用语

第一节 组 成

机械手主要由执行机构、驱动机构和控制系统三大部分组成。

一、执 行 机 构

1. 手部

手部安装在手臂的前端（见图 2—1）。手臂的内孔装有传动轴，可把动作传给手腕，以转动、伸屈手腕，开闭手指。

机械手手部的构造系模仿人的手指，分为无关节、固定关节和自由关节三种。手指的数量又可分为二指、三指、四指等，其中以二指用得最多。可根据夹持对象的形状和大小配备多种形状和尺寸的夹头，以适应操作的需要。所谓没有手指的手部，一般是指真空吸盘或磁性吸盘。

2. 手臂

手臂有无关节臂和有关节臂之分。目前采用的手臂几乎都是无关节臂。多关节臂还处在研究阶段。

手臂的作用是引导手指准确地抓住工件，并运送到所需要的位置上。为了使机械手能够正确地工作，手臂的三个自由度都需要精确地定位。

总括机械手的运动，离不开直线移动和转动二种，因此它采用的执行机构主要是直线油缸、摆动油缸、电液脉冲马达、伺服油马达、交流伺服马达、直流伺服马达和步进马达等。

3. 躯干

躯干是安装手臂、动力源和各种执行机构的支架。

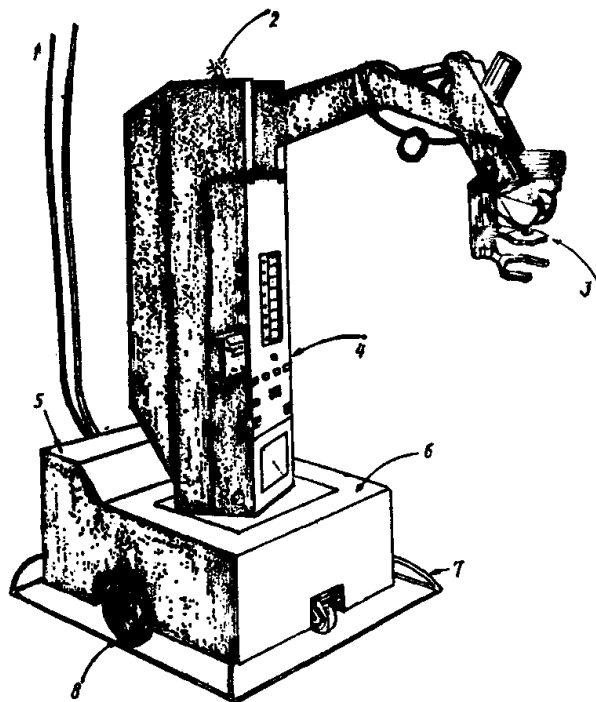


图 2—1 机械手结构示意图

1——高架电源；2——灯；3——手腕（视觉装置）；4——组合式工业机械手立柱；5——控制配电箱；6——动力系统；7——接地；8——驱动轮。

二、驱 动 机 构

驱动机构主要有四种：液压驱动、气压驱动、电气驱动和机械驱动。其中以液压、气动

用的最多，占90%以上；电动、机械驱动用的较少。

液压驱动主要是通过油缸、阀、油泵和油箱等实现传动。它利用油缸、油马达加齿轮、齿条实现直线运动；利用摆动油缸、油马达与减速器、油缸与齿条、齿轮或链条、链轮等实现回转运动。液压驱动的优点是压力高、体积小，出力大，动作平缓，可无级变速，自锁方便，并能在中间位置停止。缺点是需配备压力源，系统复杂，成本较高。

气压驱动所采用的元件为气压缸、气马达、气阀等。一般采用4~6个大气压，个别的达到8~10个大气压。它的优点是气源方便，维护简单，成本低。缺点是出力小，体积大。由于空气的可压缩性大，很难实现中间位置的停止，只能用于点位控制，而且润滑性较差，气压系统容易生锈。

为了减少停机时产生的冲击，气压系统装有速度控制机构或缓冲减震机构。

电气驱动采用的不多。现在都用三相感应电机作为动力，用大减速比减速器来驱动执行机构；直线运动则用电机带动丝杠螺母机构；有的采用直线电动机。通用机械手则考虑采用步进电机、直流或交流的伺服电机、变速箱等。

电气驱动的优点是动力源简单；维护、使用方便。驱动机构和控制系统可以采用同一型式动力，出力比较大；缺点是控制响应速度比较慢。

机械驱动只用于动作固定的场合。一般用凸轮连杆机构实现规定的动作。它的优点是动作确实可靠，工作速度高，成本低；缺点是不易于调整。

三、控制系统

机械手控制的要素，包括工作顺序、到达位置、动作时间、运动速度和加减速等。

机械手的控制分为点位控制和连续轨迹控制两种，目前以点位控制为主，占90%以上。

控制系统可根据动作的要求，设计采用数字顺序控制。它首先要编制程序加以存贮，然后再根据规定的程序，控制机械手进行工作。

程序的存贮方式分为分离存贮和集中存贮两种。分离存贮是将各种控制因素的信息分别存贮于两种以上的存贮装置中，如顺序信息存贮于插销板、凸轮转鼓、穿孔带内；位置信息存贮于时间继电器、定速回转鼓等。

集中存贮是将各种控制因素的信息全部存贮于一种存贮装置内，如磁带、磁鼓等。这种方式适用于顺序、位置、时间、速度等必须同时控制的场合，即连续控制的情况下使用。

对动作复杂的机械手（机械人），采用示教再现型控制系统。更复杂的机械手（机械人）则采用数字控制系统、小型计算机或微处理机控制的系统。

控制系统以插销板用得最多，其次是凸轮转鼓。它装有许多凸轮，每一凸轮分配给一个运动轴，转鼓转动一周便完成一个工作循环。

插销板适用于需要迅速改变程序的场合。换一种程序只需抽换一种插销板就可，而同一插件又可以反复使用。

穿孔带容纳的程序长度可不受限制，但如果发生错误时就要全部更换。穿孔卡的信息容量有限，但便于更换、保存、可重复使用。

磁芯和磁鼓仅适用于存贮容量较大的场合。至于选择那一种控制元件，则根据动作的复杂程度和精确程度来确定。

第二节 分 类

在概述中已提到分类问题，这里再详细地阐述一下。

一、按用途分类

1. 专用机械手

专用机械手是专为一定设备服务的，简单、实用，目前在生产中运用比较广泛。它一般只能完成一、二种特定的作业，如用来抓取和传送工件。它的工作程序是固定的，也可根据需要编制程序控制，以获得多种工作程序，适应多种作业的需要。

2. 通用机械手

通用机械手是在专用机械手的基础上发展起来的。它能对不同物件完成多种动作，具有相当的通用性。它是一种能独立工作的自动化装置。它的动作程序可以按照工作需要来改变，大都是采用顺序控制系统，如插销板、插件板、穿孔带、穿孔卡、凸轮转鼓、磁芯和磁鼓等。

通用机械手又分简易型、示教再现型和智能机械手、操纵式机械手等几种。

(1) 简易型通用机械手是目前国内外应用最多的一种，固定程序采用凸轮转鼓；可变程序则采用插销板或插件板进行控制。

(2) 示教再现型通用机械手，先由人操纵机械手完成必要的动作，由磁带或磁鼓加以记录存贮，然后根据存贮的信息进行动作。故又称之为重复型机械手。

(3) 智能机械手具有较高的判断能力，它以光敏元件模拟人的“眼睛”，以声敏元件模拟人的“耳朵”，以热电偶和电阻应变仪模拟人的“皮肤”的冷热感觉和触觉，以电子计算机模拟人的“大脑”。具有以上“视觉”、“听觉”、“触觉”以及能思考的智能机械手（机械人），目前正处在研究试制阶段，个别已达到实用的阶段。

(4) 操纵式机械手在人的操纵之下完成多种复杂动作，其内容可根据需要随时改变。操纵式机械手可以近距离直接操纵，也可以远距离操纵。其特点是适合于人不宜进入的环境中工作，如海底资源开发，宇宙空间探索，以及危险的工作地区。其缺点是结构复杂，成本高。

机械手的组成和分类列于表 2—1。

二、按控制型式分类

1. 点位控制型机械手

点位控制型机械手的运动轨迹是空间二个点之间的联接。控制点数愈多，性能愈好。它基本能满足于各种要求，结构简单。绝大部分机械手是点位控制型。

2. 连续轨迹控制型机械手

这种机械手的运动轨迹是空间的任意连续曲线，它能在三维空间中作极其复杂的动作，工作性能完善，但控制部分比较复杂。

控制方式分开关式和伺服式两种，具体情况在有关章节介绍。