

专题情报资料011〔总38〕

# 工业机械手

TP 241  
贵州省图书馆

四川省科学技术情报研究所

一九八〇年四月



(0.10)3

# 工业机械手目录

工业机械手概述.....	1
机械手手爪设计的观点和方法.....	5
吸盘式手爪的设计.....	11
机械手手爪上安装的传感器.....	16
弧焊工业机械手.....	19

# 工业机械手概述

机械化、自动化生产中不可缺少的一种自动装置——工业机械手，越来越为人们所重视，而且，它的应用范围正在扩大。在生产中使用机械手来代替人工，不仅可以减轻体力劳动、节约劳动力，而且可以大大提高劳动生产率。特别是对那些笨重的、频繁而单调的操作、有害和危险环境中的操作，以及自动加工线上，因自动线节拍时间很短，必须使用机械手。现在，工业生产中的许多工种，如铸造、锻造、冲压、焊接、油漆、装配等都已使用了机械手。用机械手做管理工作、检验工作等亦已出现。随着时代的发展，人们有能力向高度灵活的自动化进军，而灵活自动化装置现在实现了一种形式，要算机械手应用系统了。有效使用工业机械手势在必行。

## 一、工业机械手发展简史

机械手大约在六十年代初首先出现在美国，当时福特公司把这种设备第一次装置于一个工厂中。1968年左右投入成批生产。然而，机械手的机械部分，大约五十年前已经制成，但后来从未制出一台具有分析和快速反应能力的控制装置。因而直到六十年代，因自动化生产的需要、控制技术的发展等，使机械手获得了新的生命力，从而，蓬蓬勃勃地发展起来了。

七十年代的机械手，已经在工业生产中占有相当重要的位置，起了相当大的作用。不仅在美国，而且在日本、西德、英国、瑞典、瑞士、意大利、加拿大等许多国家普遍受到重视。第三代的机械手（即有视觉、触觉或初等智力的机械手）亦已出现。

八十年代的机械手将可发展成有用的人工智能装置，其应用领域更加广泛。

## 二、工业机械手的基本结构

目前，工业机械手品种繁多、式样各异。但一般工业机械手仍由四个部分组成：动力源、夹紧机构、传动装置和控制系统。

动力源有液、气、电动力三种。液体动力功率大、速度控制容易、反应亦快，但防火性能差、成本较高，气动力结构简单、成本较低、维护容易，但速度控制较困难、中间停止精度较差、功率亦不够大，电动力稳定可靠、维护容易、成本较低，但体积较大、中间停止精度较差、大功率、长行程输出均较难。如此，三种动力源各有千秋。目前，国外液、气动的机械手约占全部机械手的90%，近来电动式颇受重视。比较注意发展小型、轻量、无有害物质排出等特征的动力源。

夹紧机构，俗称卡爪。一般要求是有足够大的夹紧力、足够大的张开角度以及对它的刚

性、强度的一定要求，而动作的灵活和形式的多样应予考虑。国外对动作灵活和形式多样的卡爪研究较多，除了标准型的卡爪外，还有为多种目的设计的特殊卡爪，如瓢形、垂直凸缘、汾丘里帽式等。一般根据需求和附加成本自由选择。

**传动装置：**关于传动装置的配置方案有——驱动装置在活动环节上。这样的布置经常导致运动质量和手臂外形尺寸增加，但却能保证控制方便，因为程序编制只需知道手臂骨架结构就行了，驱动装置装在基体上，并用传动装置与手臂各环节连接。这样能减少手臂尺寸和质量，并能保证良好的机动性，但复杂的传动关系，增加了程编的困难，也会降低精度，部分布置在活动环节上，部分在基体上。只要有可能这样布置，确实两全其美。

**控制系统：**单纯机械方案局限性大，但却简单。一般控制系统采用机、电、液、气，进行适当选择配合进行综合控制。较复杂的机械手使用数控计算机，再应用电视录象机、激光器，控制就更自动化了。

### 三、国外工业机械手使用概况

据统计，一些国家机械手的拥有量是：日本大约10,000台、美国3,000台、西欧国家1,000台、苏联300台总计14,000余台。国外估计到1985年将增加到50,000余台。机械手市场的销售额目前是几千万美元，1985年估计会增至10亿美元。

机械手的应用已经相当广泛，从诸如汽车挡风玻璃的擦拭吸尘器、食品混和以及类似的家庭方面的应用代替手工操作，到生产中的各个部门、许多工种。例如：

日本的“铁手”机械手专门用来取出冲床工件；用于齿轮加工自动线上的“康斯拉姆”机械手，其定位精度达士1毫米，而且装有缓慢起停机构；“罗比杜斯”RA型机械手具有广泛组合的卡爪，可以为多种金属加工设备服务，抓取不同形状的零件，一种油漆机械手能为四种汽车车身喷漆，并能在内侧和狭窄场地工作；“普龙滔”是一种能自动搬运、装卸、整理货物无人驾驶电瓶车式的机械手……

美国装置的国际自动设备公司50系列机械手，工作在热缩锻工序上。机械手从自动送料器掘钉子并成型头部，然后送入输送机。

法国里那公司装设八台龙尼曼特焊接机械手进行汽车车身焊接，其中两台机械手装有复杂关节焊接头，承担特殊焊。

英国萨尔鲁斯工厂装置具有机械长悬臂的两台龙尼曼特机械手管理压力机控制板。

意大利罗密欧公司的“万能人”200AS型机械手作锻造操作者。

加拿大国际收割机公司用三台2000系列龙尼曼特机械手，为耙盘热处理和成形联合自动线上下料。

瑞典气动型MHU机械手应用于铸造、搬运和上下料。装有红外线传感器的高级MHU能对铸件进行质量检查；沃尔沃汽车公司的汽车车身自动焊接线上使用27台龙尼曼特机械手，每小时可以焊接50个沃尔沃车身，只需七名操作工。

西德最新的“库卡一拉奇”4500型弧焊机机械手，具有大容量的记忆库，并可同时完成大量工作，使用于汽车、拖拉机、农业机械和电气技术等工业部门中。

仅举上述一些例子，可以看到国外机械手应用已相当广泛了，而且可以看到其应用是由

工作任务来选择适用机械手的。再深入一步调查可知，好些公司、工厂使用的机械手都是自行设计制造的（或外协制造），而专业机械手厂家则注意发展系列化产品，并尽力使之“三化”（标准化、系列化、通用化），大搞通用机械手。另一个值得注意的方面是当使用新的机械手时，并不报废原先的旧机械手。新的机械手承担现在需要的工作，而旧的机械手仍做原先的工作。

#### 四、国外工业机械手的研制动向

据国外技术发展趋势预测：1977年突破多用途程控机械手，1980年商用，1985年大规模使用，1990年将出现有用的人工智能装置，1990年商用，2000年大规模使用。

据日本工业机械手协会的预测：类似“普腊克”机械手，七十年代末将有大量装置出现，八十年代前期普及的有——代替机床的通用型机制机械手（机床机械手）、油漆汽车车身的喷漆机械手、适用于小型生产的中等批量产品装配的装配机械手、装配汽缸活塞和汽车汽化器的装配机械手、为清洁公共建筑物楼面、侧壁、高立建筑物窗子的清洁机械手、收获一撒播机械手等。

八十年代前期开始应用，后期普及的机械手有——小型和中型生产的小批量产品装配用的装配机械手、汽车传动轴齿轮箱装配的装配机械手、采煤机械手、检查反应炉温度、振动等的保养机械手、在小于300米水下焊接、机制的可移动水下机械手等，以及机械手的程序语言。

未来机械手予期重大的改进方面有：

**动态性能**——通过改进控制工程和使用较轻、较强的材料，将可改善操作机系统的动态性能；

**程序编制**——高级程序语言的发展，将给程编人员带来极大方便。用予先记录的轨迹段作为高级语言的原词，就可以很迅速的改变应用程序；

**传感器**——使用传感器反馈将使机械手有自适应能力。研究力传感器、触觉传感器以及临近传感器等。

目前研制方面的动向是带视觉的机械手（主要是利用电视录象机、激光器等为“眼睛”的机械手）以及数控带触觉传感器的机械手、带遥控传感器的机械手等。对“自适应”机械手和人工智能装置亦有人探讨。

国外普遍认为，机械手的售价将会逐渐降低。目前，国际自动设备公司标准系列机械手每台售价在3,000~12,000美元，带视觉系统的机械手最低售价是15,000美元一台。一般点位控制型机械手价格在300~3,000美元，轮廓控制型超过10,000美元。

#### 五、从国外工业机械手发展来看，有些什么值得我們借鉴的？

##### 1、由简到繁发展适用机械手

前面已经谈到，国外许多公司、工厂最初使用的机械手，好些都是按自己的需要自行制造的，而且大都是些专用机械手，另一种情况，就是搞引进先进机械手的同时，也不是吃现成

飯，而是各自利用自己的优势，发挥自己的长处，从不同角度去研制自己适用的机械手。因此，发展机械手应该首先搞结构单一、实用可靠、造价低廉的机械手，沿着由简到繁发展适用机械手的路子走。专业厂则注意发展系列化产品，使之“三化”。

## 2、适时引进，勇于创新

日本的机械手技术起步较迟，但发展极快。1967年从美国引进龙尼曼特技术，买了样机和专利，拆开研究、仿制仅用一年时间，完整龙尼曼特基本系列，发展新机种用了三年，再用了两年就发展成高级电子计算机控制的机械手自动系统，总共才六、七年时间。因而适时引进先进技术，对于加速本国技术发展是颇为有利的。现在，日本的机械手产品还要返销到美国去，真有青出于兰而胜于兰之势。适时搞技术引进，在引进的基础上创新，同时两条腿走路，又不单纯依靠引进的办法是值得我们注意的。

## 3、注重技术人材培养，狠抓技术研制

日本在机械手技术上赶超美国，同它注重人材培养，注意技术训练和狠抓技术研制与技术突破分不开。日本人在引进美国龙尼曼特技术时，一方面派人赴美实习，另一方面在国内开办龙尼曼特技术学校，上基础技术课。当其运回样机，买回专利后，又组织有关科研、生产单位和大专院校协作攻关，因而技术学到了手，仿制任务亦完成。在历届国际工业机械手会议上，日本人的论文总是比较多，如第七届会议上，总共发表论文76篇，日本人的就有30篇。在向尖端技术进军中，日本有它冒尖的东西，如智能汽车、“瓦鲍特”机械人等。相反，这方面在美国，正如美国机械手协会理事阿普拉汉所说：“阻碍机械手技术进入美国工厂的原因之一就是机械手工厂全体人员缺乏正式训练。”“对同一基金的竞争。”等。在技术发展中，我们必须十分重视人材的培养、储备工作，技术研制一定要走在生产前面，这样才能争时间、高速度发展。

机械手在我国已经开始使用，随着生产机械化、自动化程度的不断提高，综观工业机械手在生产中所起的作用和所占的地位，发展这种自动装置势在必行。

# 机械手手爪设计的观点和方法

(日) 柴田勉

随着机械手的发展,使用它的领域逐渐扩大。从小到像医用小钳子夹东西,大到像成百吨的热锻作业。

按不同作业内容使用的机械手进行分类:

(1) 上下料机械手,

(2) 操作机械手。

如点焊、弧焊、油漆等作业的机械手,属于操作机械手一类。由于研究用机械手进行切削加工,完全有可能使抓取工具的机械手,变为同机床作业没有两样的趋势。

因而,为各种各样目的进行机械手手爪形式的研究。其次,抓取功能上配置触觉传感器、智能机器人进行精密作业亦从研究阶段进入实用阶段。

在这样的趋势下,要一概而论机械手手爪设计颇有困难。

本文则在于把不用说现在,就是将来也是不可缺少的上下料机械手的手爪设计观点归纳起来。在实际作业中的机械手手爪的功能与对对象的作业方式之间的关系,必须进行设计才能实现。将来要求手爪多样化,同时要求更复杂、更高级,这同其它的自动器设计比较,亦需要采用系列化设计方法。

我们由现场的实践经验总结出后面的设计方法,作为开展系统工程业务的基础,并用以阐明手爪设计的观点。假设条件:

(1) 设计手爪的目的在于,使用户购买市场上销售的机械手,能使现存的生产线合理化;

(2) 使生产线以零件加工、装配作业为主的多品种生产,灵活机动的自动化;

(3) 机械系统工程业务的五个阶段:确定课题、基本计划、详细设计、施工管理、实施应用。

以上各项是检查设计项目的要点。

## 一、确定总课题

总课题一般由设计说明书指出,但只根据说明书往往容易搞错而引起不必要的麻烦,应该是:

(1) 确定工程顺序

工程所必须的资料:工程表、作业指导书、图纸、从材料到成品每一工程所必须的用品(有代表性的)。

(2) 动作顺序

机械手的动作根据设备对象的动作顺序,按计划编制成系列表。

(3) 机械手的程序

主要用机械手的控制功能、计量功能为本课题收集使用程序。有示教再现功能的情况,存储、计算等特别重要,说明书必须仔细处理。

(4) 周期时间

确定各工程每一流水线的周期时间，并作成一览表。这一项初期计划时往往惯常确定得过长，因此归纳整理对流水线的要求事项实为必要。

#### (5) 生产方式设计

从所使用的机械、工模具、附件一览表和设计计划图着手这项设计。

#### (6) 周围机器设计

与流水线有关的周围机器、传送带、升降机、货物夹板等（包括空调管道）的设计，以及因引进机械手后周围机器的诸种设计，特别要收集各种设计略图。

#### (7) 机械手细部设计

手爪装备的总体设计，包括驱动装置、电气信号、油压空压管道设计。详细的尺寸、规格要说明。

#### (8) 工件种类、加工部位

必须取得加工对象的全部图纸或按(1)项的工程顺序进行加工的部位的图纸。这是一项非常艰巨的工作。

#### (9) 确定限制条件

编制没有触觉的“手”加工工件时，对工模具、工具的限制、机械设备功能的限制和对机械手动作的限制等的一览表。

#### (10) 开始、终止

确定各工程原点位置和终止状态，决定流水线的开始、终止位置。

#### (11) 改变设计图

与流水线设计图改变的频率、流水线的顺序表明细涉及到机器、工模具、工具、周围机器的位置变换、调整和调整方法相对应，决定机械手动作变换、程序变更、调整方式。

#### (12) 工件的基准面

工程的各基准面基本上在手爪环范围内，并调查加工时决定位置的方法。这一项亦是与设计最有关系的事项。

#### (13) 保养事项

除手爪的保养外，机械手、机器、工模具都要调查其大体情况。尤其要使手爪能取下，易磨损部分能调换。

#### (14) 后备系统

对载荷坠落、故障、工件的不良动作等的处理办法确立其原则。

#### (15) 安全管理规定

机械手被滥用也是危险的，特别要确定教示的措施、规定等。

#### (16) 成本、内制外协和完成期限

装卸热处理消耗品的情况，如果机械手机数量较少，设计包括确定成本的目标值。另外是由厂内自己制造，还是准备外协制造要说明。

#### (17) 机器型号、图号的编制

作为将来技术积累的一环，必须明白准确。这样可以予测再使的情况。

#### (18) 未来的设想

收集可能受情报限制的现时系列技术课题和将来的产品目录等。

## (19) 其它注意事项

对引进机械手的丰富经验不断加以总结提高，并对其它文献情报给予高度重视，特别是传感器研制的多种技术知识（包括试制、试用的好坏）可以作为研究课题抽出来。

## (20) 认识现状作业的实况

以实际观察来考证在实际作业空间中，雾粉处理、防尘措施、热影响、工件上的附着物、切削油的状况，管理者的位置，特别是新工程的材料场、成品搬运以及保养、教示等。

## 二、基本计划

以下进入实际的设计业务（续前编号）

### (21) 最终的姿态和抓取部分的制图

机械、与之有关的工模具和确定工件基准面可能是主要内容，然而，若对象品种繁多就麻烦了。第（8）中铺排要加工对象的全部图纸，其用意就在于落实抓取工具的基本构想。必须全部用原尺寸表达出来。

### (22) 最初的姿态和抓取部分的制图

作出各工程所采取的每种卸料、装卸接触时的姿态和抓取装置的图。第（21）项是加工前的姿态，内中有旋转 $180^\circ$ 的姿态控制等，并且可以从机械正面或背面进入等各种情况。特别是对指定的特殊凸凹的基准面，本项必须慎重研讨。

### (23) 通用化设计

研讨抓取装置的通用化设计，使之适合最大、最小的工件、工模具等最困难的条件。

### (24) 对特殊工件采取的措施

通用化上即使下功夫也感困难的那些情况，如发生了由于工件断裂，害怕蒙受显著影响的情况，当其不设置辅助工具使之停止，就要在简单的手爪环装置上想办法。

无条件调换手爪对设计者虽然简单，而对现场却存在布线、管路、油路、试运转、清洁等一系列麻烦事。无论如何必须调换时，把主手指和次手指分开，只考虑次手指的调换。

### (25) 详细核对工件

前面虽已作了要点说明，但实际的零件图、产品图上不能表达的事项仍很多。例如：

- 1) 锻铸件分离研磨的公差配合；
- 2) 加工部分的变化；
- 3) 发生在工程中的雾粉附着、焊件的搭接法；
- 4) 加工的不正确变形、加工大而粗糙材料尺寸允许误差法。

如此等等，可能在具体的手部设计上略去了。

### (26) 干扰检查

检查手爪外形的基本设计与所选用的手爪环、机械、工模具、工具及其它有关因素有无冲突，其间可能动作是否至少保持在5毫米以上的间隙。

本项设计图必须以三维图表示是件甚为麻烦的事，所以对最初面临的诸关系因素，只需表现运动轨迹的始末。中间的运动轨迹，在机械手运动范围内不得容纳有妨碍完成运动的东西。

上述情况，没有在实践中经多次验证前，多数是根据实验方法判定。首先在图纸上认为不适合的动作能否通过？抽出问题，然后对危险因素采取措施、对机械手控制采取措施等。

一般直角坐标系的机械手，图纸上检查比较容易，而极坐标、圆锥式等的机械手就必须做成简单的模型进行研讨。

#### (27) 确定检测机构

机械手动作程序控制装置的检测方法不完全相同，特别要求手爪能检测出两种“抓取”状态。

本项同第(19)有密切关系。大多数不能教示的情况，巧妙的设计可以大为简化。

首先是传感器的可靠性(对振动、气体介质等)和对指令的响应如何？端部、布线、保护壳等必须仔细选择。从经验上判断有无工件或限制工件形状等，在移动的手爪上需要装置传感器，在固定对象上装上更好。

即使在不教示的手爪当中，大多数工程上不要求的也当成实用上要求的问题就不甚恰当了。

#### (28) 机械手的传动装置

在机械手上一般配置有使手爪动作的机构，该机构的驱动装置、电气信号装置经详细核对后，具体作出各部分的图来。

值得注意的是手爪接触到工件的手指等，仅由手指张合就能放下、抓取。这就必须在传动装置设计上下功夫。

只有回转运动的驱动源，手爪中的和机器人头部的不同，手指平行移动装置的驱动源，或许片面来看，也有必要增加该移动装置驱动源。

程序的先决条件是确定动作时，不考虑中间状态所用的时间等。

#### (29) 预测的讨论

根据有关手爪预测手爪变形、坠落、乱张开等，分别检查这些非常事件和在基体上形成的诱发因素，作为对人身、高价设备和其它机器预防灾害的措施。从(14)项的后备系统和(15)项的安全规则，说明必须采取的措施。

事故发生的主要原因分析应遵从一定原则，在自动化设计上应采取措施，否则容易造成设备上空的安全回路讨论的结论相反。变形手爪上的载荷、防止坠落“挂上”手指、乱张开采取的电气停止法等应下功夫解决。

#### (30) 计算与实验

必须以动力学计算为基础，进行重心位置、惯性的计算，还有周期时间的计算。特别是柔软结构手爪和手爪握力变化情况，为防止不正确变形亦必须进行实验。

#### (31) 最小程序变化和未来采取的措施

编制具体的程序变化顺序表。由(11)项的原始资料总结出顺序，调整其顺序抽出有关事项，并研究简单调整的办法及实现调整的方法。

从研讨扳紧器对调换手爪的余地，直到是否给作业姿态带来影响。还要研究，特别是5公斤以上重的调换件作为附件的情况。特别要在布线、管路方面的无条件调换、调整方法上下功夫。

本项在今后的手爪自动调换中专门进行研究。

#### (32) 编制基本时间一览表

此表由(4)项的周期时间和(10)项的原始始末位置、(3)项的机械手程序以及所

挑选的手爪、机械手各轴、机械、工模具、周围机器、机械手传动装置、信号机编制而成。

此表式样由机械手制造元来决定,可以定型化,一次编制成功。为今后设计时积累经验。

### (33) 讨论与说明

写出规定的详细设计说明、控制说明、基体说明的有关报告,画出调整意见图示。特别是对(31)项中的程序变化顺序表,要求必须了解和配合现场情况。其次,涉及基体中的有关项目,要作出成本试算。总的要求必须不留尾巴,对其它必要情况事前提出方案。

## 三、详细设计

在上述各种关系认为满意,并作出了调整图的基本计划基础上,方才进入详细设计阶段。

### (34) 总体图的首次设计

一、二两项定了以后,按说明书首先作出详细流水线总体图。以照顾总体为前提,判定流水线前后的连接关系、机械手动作的干扰等,作为对该流水线的确认。

### (35) 手爪的详细设计

按标准件、替换件顺序设计。在最危险的干扰部位端部加上注释,然后进行材料选择(特别是使用橡胶制品的地方)、工作方法研讨(如现有材料形状符合设计对象使用时,指示做成型板加以保存等)、指定备用件。再根据第(29)项设计必要的附件,最后附上重量计算。

### (37) 传感器设计

按基本计划第(24)项进行检测机构设计。电气、电子装置要采取防尘、防振措施;布线和管道设置方法要作出图,不必附重量计算。

### (38) 惯性计算、精度计算和时间一览表

包含工件在内,由(35)、(36)、(37)项的总重量进行机械手动作的惯性计算,与(30)项的试算比较,视制造元的情况决定位置精度。

### (39) 附加设计

以手爪功能安全为目的所必须的机械(工件装载方面)、除尘装置、付品放置场、程序变化的替换用品和调整器具等的工具柜,以致机械、工模具的附件等。

### (40) 确认安全

对照制约条件(9),在(15)项的安全规定基础上,对防护装置加以补充。对安全监视、指定安全的倾向等在确认的基础上,加以补充健全。

### (41) 总体图、传动装置的修正

进行(34)项的总体图修正并记入,再比较(38)项的精度计算、修正(32)项的时间一览表,建立措施。

### (42) 组织实施的设计

手爪设计中,通常在说明书处理上必须明确指出组织实施办法:

- 1) 由(41)项得出总体图、工程表,并按时间一览表得出流水线总体说明图,
- 2) 手爪的功能说明,整体工件的抓取方法、附件的结构和视为附件的(39)项的附加设计、传感器说明的明细表,
- 3) 变更程序的顺序表,

- 4) 明确限制事项;
- 5) 安全维护规定;
- 6) 操作方法。

以上是制造机械手化流水线的总体设计列列事项。关于手爪设计，特别注明了与作业直接有关的事项。

#### (43) 未来措施的设计

在课题确定阶段的(18)项中，要求对未来进行一下设想，而本项是研讨那种设想的可能性。对(31)项提到的手爪自动替换等课题，或是对关于抓取方法等的研究课题，加以具体的归纳整理。

无论是计划阶段可能意识到的设想，以致详细设计阶段所产生的种种困难情况，本项研究的要点在于弄清原因。

有时往往把机械手现在必须的功能和将来希望有的功能混同了，从而使设计过分慎重其事了。

#### (44) 制图、撰写设计说明书

画出必要零件图并编制目录，写出必要的施工说明书。尤其对程序变化的“标示记号”、“加工停止”等必须清楚加上。

其次还必须给制作的模型命名，指出模型的代用品范围、保管方法。

#### (45) 最后的检查

- 1) 确认(9)项的制约条件;
- 2) 检查(26)项的干扰;
- 3) 看(26)项中的意见和采取的措施，同(14)项的后备系统是否协调;
- 4) 核定成本;
- 5) (20)项的现状作业调查情况，同已检查事项对比;
- 6) 确认基本计划中的(33)项讨论事项;
- 7) 检查制图的尺寸、材料、件数、并确认备用品件数。

上述未对修正补充设计(它的提出、完成和制图情况)进行检查。

随着时代要求的多样化，人们可以向高度灵活自动化装置的目标进军，而灵活自动化装置现今实现了一种形式，则算机械手的应用系统。

就机械手手爪研究范畴来讲，因为仅仅是抓取、搬运功能，所以把这种功能作为实用工具系列模化的区分因素。

然而，机械手手爪设计不仅是手指结构设计，还有机械手功能、机械、自动化控制检测系统，所以必须研讨生产过程、实施系统柔性领域涉及的知识。

不远的将来，机械手应用系统的工程业务将独立出来。我想应该欢迎这个阶段的到来吧！从这个意义上提出机械手手爪设计，第一阶段确定课题，内容调查；第二阶段基本计划，分析、计算、原则方案，由此而进入第三阶段的详细设计。

上述的步骤、原则表明，作为系统工程业务的体系法，我们尝试了它的要点。

# 吸盘式手爪的设计

(日) 杉本旭

作为机械手的抓取机构，吸盘式手爪使用得相当广泛。为了使它构造简单、成本低廉，让我们来研讨一下可以吸引受理对象物某个表面的手爪环的形式。

然而，吸盘吸引物体表面的可靠性问题颇多。一般吸盘式手爪多数是用来抓取小件物体，造成伤害人的事不多见，而经常滑脱的情况却不少。这是机械手使用上最突出的麻烦。之所以有这种麻烦，可以举出的首要原因是吸盘式手爪在吸引方向上的吸引力甚大，而对应的横向剪力则非常地小。从前曾听说过，在机械手回转动作中，吸盘投放板料可能抛到离放置场五、六米远外。这样会使周围的作业者感到潜在着危险。

经验告诉我们，吸盘式手爪承受剪力甚小，因而，做这样的假定时就不那么去考虑实际情况了。其剪力值的大小又因抓取对象物的表面情况和重量等，按用户的要求变化甚大。此事项未写入吸盘式手爪的商品目录。因此，一般用吸盘式手爪的抗吸引力作为考虑安全率的因素。大部分吸盘式手爪都是以加工物体的重量来选定。

再一个问题，特别是真空吸盘衬垫的耐久性非常之差，而耐久性又随抓取对象物的条件变化甚大。此事项商品目录中也未写入。实际上，我们所见到的手爪环废弃频率与换真空吸盘的频率相似。

因此，选择真空吸盘仅根据商品目录是不够的。对此，应根据1978年日本产业机械手工会所介绍的关于机械手的抓取机构安全性的研究。用户在选择吸盘式手爪时，请参考。

真空吸盘和磁性吸盘相比，价格既低，使用范围又广。因为有吸盘选择错误的问题，下面我们就吸盘式手爪多做些讨论。

其次，本文最后归纳了真空吸盘选择的方法，在使用时请按实际情况灵活加以应用。

## 1. 抓取机构安全性的研究

让我们看看抓取机构使加工物下落的原因。大致可以举出的有：机械手使用不适当、抓取机构不适合加工物的条件、抓取机构不能提供有效的变形和折断等情况。然而，像这样的抓取机构也包含其它的问题，像机械手异常动作下的急加速等，以致造成加工物抛出。此外，这些原因未考虑就不能巧妙地选择抓取机构。然而到目前为止尚没有标准的抓取机构选择手续的方法。

通常就机械手起的作用来看，机械手的抓取机构是按现场条件具有的特征而定，但该特征变化也颇大。例如，按照加工物的重量、形状、表面状态（特别是表面的粗糙度、油附着的情况等）而变化。因而，应按照抓取的不同周期时间等来决定抓取机构的种类特性。其次为了使机械手摇臂的加速度与施加在加工物上的力有关，抓取机构的特性亦必须考虑机械手的动态特性。

为了使要求的抓取机构特性，同现场条件有很好的依从关系，恰当选择抓取机构同机械手安全使用技术有颇大的关系。最后值得特别强调的是，抓取机构的选择，不能完全任凭他人就用户单方面的课题，来决定机械手的制造部件。

## 2. 吸盘式手爪特性的评价项目

抓取机构中限于吸盘式手爪，尤以真空吸盘的一般特性加以阐述。

真空吸盘和磁性吸盘的用途，在于吸引加工物成抓取状态。如图1示，在吸引面上的力有三种：吸引力、剪力和力矩，或者是这些力（力矩）的组合。因此，评价抓取机构变成了划定这些力的界限值。这样，对吸盘的特性评价必须进行下述的试验：

- (1) 脱离重量界限……发生脱离的静止重量最小值；
- (2) 脱离剪力界限……加工物与抓取机构吸引面发生相对滑动的剪力最小值；
- (3) 脱离载荷力矩……发生脱离的静载荷力矩最小值；
- (4) 脱离回转次数……按回转试验发生脱离的回转次数最小值；
- (5) 重复特性……在脱离重量界限重复抓取的情况下，重复的次数使脱离重量界限恶化的特性。

本文作者在一连串的研究中，用标准化的试验方法，用自己的测试仪器，观察试验了不同类型的真空吸盘特性。试验以加工物为抓取对象，所有的测定均相同，材料用的是45号钢，吸引面光洁度为 $\nabla\nabla\nabla$ ，锤的重量可以任意变化。另外，为了观察表面油附着的影响，在吸引面上涂上机油，并将这些测定结果与擦拭丙酮之类油的吸引面研究测定的结果作比较。其次，为了调节抓取机构的有效变动适应其特性变化，测定了真空吸盘的真空压力变化情况。

还有因施加在抓取机构上的力引起机械手摇臂加速度变化，所以，有必要测定机械手摇臂抓取机构装配部分的加速度，以便鉴别施加在吸引面上的力。在机械手摇臂的加速度中，尤应测定下列两种加速度：

(6) 吸引方向的最大加速度……机械手摇臂常规动作中吸引方向的加速度最大值；

(7) 剪断方向的最大加速度及其该瞬时吸引方向的加速度……与使机械手摇臂前后动作和旋转动作等，在吸引面上产生剪力所对应的加速度最大值，以及产生该最大值时，吸引方向的加速度。

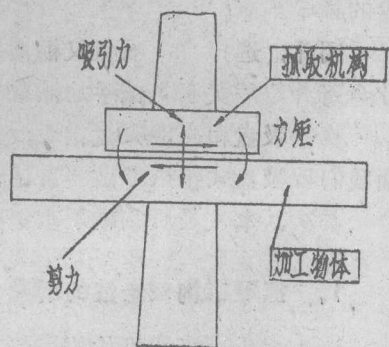


图1 施加在吸着面上的力

## 3. 真空吸盘的一般特性

### (1) 脱离重量界限的特性

这些吸引面上表现出两种力：由外部施加的吸引力和由重量引起的脱离界限的吸引力。各个真空吸盘真空压力大小同脱离重量界限大致成正比，亦被认为随之增加而增加较合适。

### (2) 脱离剪力界限的特征

这一点不用详加说明也是选择吸盘式手爪的重要问题。如照片1(略)上的剪断脱离试验装置，该装置上真空吸盘被固定向下。为使吸引板在吸盘吸引面上成为沿吸引方向的载荷装置，载荷支架被固定在摇动轴承上，可沿操纵杆在两个方向移动。这样由于把手回转进入螺旋运动而加载。用图3和图4来表示它的特性情况。这些图表明各个真空压力、载荷与脱离剪力界限的关系。

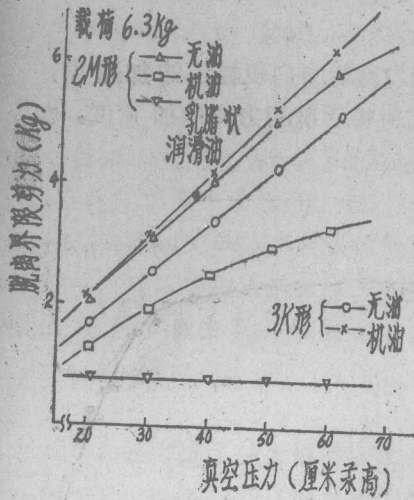


图2 脱离剪力界限 (3M型、3K型真空吸盘)

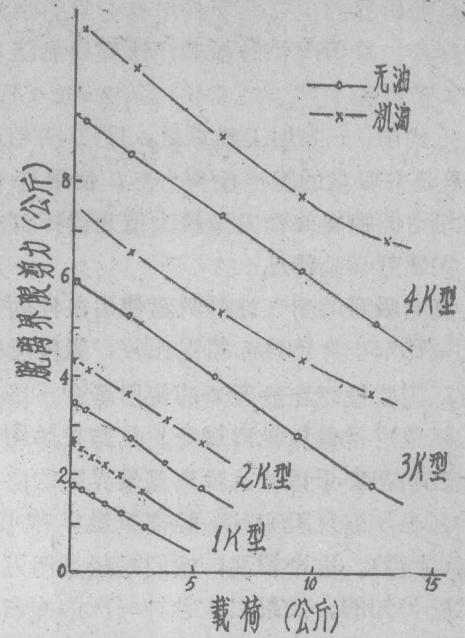


图3 脱离剪力界限对应的载荷 (3K型真空吸盘、真空压力为50厘米汞高)

图2显示涂油对吸引面的影响。

按图示对M型和K型的真空吸盘，油的影响情况完全不同。特别是K型的真空吸盘，我们可以看见，与其说是油的影响，莫如叫做脱离剪力界限增加的现象。在照片2上(略)让人看到M型和K型的吸引状态有较大的区别，K型真空吸盘有能增加摩擦力的作用。为了发挥粘着力作用，刻在吸引面上的细纹浸透了油，这可以认为束缚住了脱离。这种现象就好象是使人手的指纹沾上适当水份，手握东西就不容易滑动一样(例如，手上沾上唾沫握铁棒，手就不易打滑)。

然而，附着油的吸盘与其说安全，莫如说非也。归根结底，吸盘附着了油使剪力界限值稍微增加，一旦施加力就开始滑动，很快摩擦力变得甚小，我们就会看见加工物容易抛出的危险现象。可是，无油附着的情况，吸引面可能仅仅是稍稍滑动。

综上所述，我们介绍了回转试验结果，用手爪吸引任意回转的吸盘材料，以最小的回转次数抛出的测定方法。油的影响对M型吸盘显著，K型吸盘在无油影响的场合同M型相比约为它的四分之一，有油的场合K型减小三分之二。这个道理可以简单认为是回转试验中，由于振动等原因，静摩擦变成了动摩擦。为使一维吸引面上油的急剧影响产生显著表现，回转试验比静试验油的影响表现得大得多。

图3颇有意思，当载荷增加，脱离剪力界限按比例减小，并且材料相同的K型真空吸盘得到的结果完全一样，这是一点油膜也不存在的情况。从图大致看来，载荷临近脱离重量界限与脱离剪力界限收缩至另的相互关系。因而，使用同样质量材料的真空吸盘，如果知道加工物的摩擦系数，那么就可以推测脱离剪力界限的大小(某一程度)。

### ③脱离载荷力矩特性

抓取长时间加工物的端部，可能获得的加速度较小。为了预测产生脱离的载荷力矩，在吸引面上要进行施加载荷力矩的试验。我们已经知道，脱离载荷力矩同真空压力的大致比例关

系,从而研究的主要课题是用真空吸盘脱离载荷力矩的测定结果,得出研讨加工物抓取安全性的程序。详情见试验报告,这里只介绍它的结论。在满足使用条件下,其安全条件为:

$$2ml\alpha < M$$

上式中,  $m$  为加工物重量,  $l$  为从吸引面到重心的距离,  $\alpha$  为剪断方向机械手的加速度, 而  $M$  是真空吸盘的脱离载荷力矩。使用这个公式的方法是测定机械手剪断方向的加速度, 由同它相当的脱离载荷力矩最大值来选择真空吸盘。

#### ④ 疲劳试验特性

真空吸盘的耐久性随吸盘使用条件而变化甚大。与吸附小件物体的情况比较, 吸附重物恶化显著。因此设想在最恶劣的使用场合, 用擦拭了油的吸盘进行重复脱离试验。其结果如图4示, 图上表明相应于试验前脱离重量界限的比值, 例如80%表示重复脱离时, 脱离重量界限要减少20%(才行)。这个情况, 我们是经过两万次的重复试验得知的。如果以6秒钟一次的冲击作业为例来说, 一天变换动作8小时, 要用4天才能完成这个次数。由此可以作为正确领会真空吸盘耐久性的大致标准。

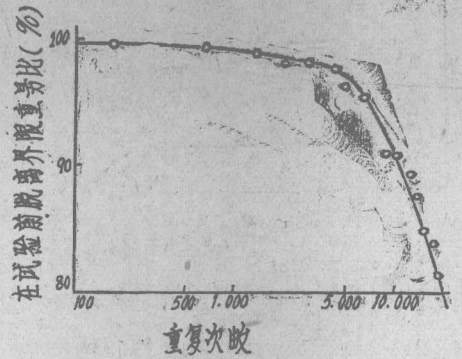


图4 用2M型真空吸盘做重复试验(真空压力为50厘米汞高)

#### ⑤ 机械手摇臂的加速度

如前所述, 选定吸盘式手爪必须考虑机械手具有的最大加速度如何? 对不同的机械手最大加速度有颇大的差异, 必须测定象用户那样的各种使用条件下的情况。照片3(略)是在手爪上安装加速度计测定加速度的例子。测定加速度的手续并不复杂, 但要注意选有摇动的位置加速度波形会非常紊乱。

在这一研究中, 我们观看了测定某种类型机械手的加速度, 又看到在意外紧急停止时, 回转机械手的终止加速度最大达到5g, 而吸盘剪断方向的加速度则甚小, 前者不能不重视。

### 4. 选择真空吸盘的手续

评价上述所得的测定结果, 尽可能用简单的办法, 最少的试验, 从而归纳出真空吸盘可能选择的方法。予先要给定机械手和加工物的条件, 再按如下手续由多种真空吸盘比较, 选择其可取的。

① 测定机械手摇臂吸引方向上的最大加速度  $\alpha_{im}$ , 剪断方向的最大加速度  $\alpha_{sm}$ , 以及产生剪断方向最大加速度时, 吸引方向的加速度  $\alpha_i$ 。

在机械手摇臂的抓取机构装配部分上装安加速度计, 进行常规作业并记录加速度。分解摇臂上下移动的加速度的最大值作为  $\alpha_{im}$ , 水平方向的加速度最大值作为  $\alpha_{sm}$ , 该瞬时垂直方向的加速度作为  $\alpha_i$ 。另外, 加速度波形伴随高周波的情况下, 取加速度波形的平均值。

② 测定加工物的重量  $W$  和载荷力矩  $W \cdot L$

$W$  是加工物重量,  $L$  是加工物的重心和吸引面之间的距离。求出该加工物的载荷力矩  $W \times L$ 。