

## 摘要

在进行本论文的设计过程中，针对机械人的发展以及概念进行详细的描述，同时针对日益完善的机械人工业手臂进行了详细的分类以及描述，同时对数控辅助加工机械手臂的主要传动方式、整体运行原理以及机械人手臂在国内外的使用、发展以及前景进行了描述。

本论文主要的设计内容是工业数控辅助加工机械手臂中，主要服务于数控机械加工中的法兰盘机床加工的一种辅助数控辅助加工机械手臂，在进行日常的加工过程中，因为小物体零件，是很少使用行车进行搬运的，所以在以往的加工过程中，通常都是使用人工进行零机构的拆卸、搬运，这极大的增加了成本、降低了效率，同时也增加了安全隐患。

本文主要是进行数控机床辅助数控辅助加工机械手臂的研究，利用电机带动数控辅助加工机械手臂上下移动以及左右旋转，通过液压泵来完成数控辅助加工机械手臂的夹取，此种设计可以最大限度地数控辅助加工机械手臂的控制以及能力输出，同时尽可能的去节省资源，利用 PLC 编程去完成数控辅助加工机械手臂的程序控制，使得数控辅助加工机械手臂可以完成最精准的位置移动，对大批量以及精度较高的零机构的搬运提供有效的保证，对数控加工机床提供了很方便的辅助功能。关键词：工业机器人；传动方式；数控加工辅助数控辅助加工机械手臂；液压；PLC；

## 第 1 章绪论

### 1.1 数控辅助加工机械手臂的发展

很多制造工厂受限于厂房空间大小，在平时的生产制造中不能利用部分大型的机器设备来进行生产，因而只能依靠员工手工操作；但很多加工以及搬运的运行又往往无法通过人力来实现。这时人们就发明了机械机器人，其原理是设备通过模仿人体动作在三维空间进行操作，这样既提高了运行效率，提升了工厂自动化水平，同时也能重复操作，降低运行失误。

然而在机械机器人中，有个发明脱颖而出，那就是机械臂。受益于其种类丰富，可操作性强，因此机械臂在制造业中被广泛推广及使用。同时由于其自动化程度高，易于操作，能够提高产品质量稳定性，大大提高生产效率，对于生产节拍的控制也极为有益，因此机械臂产品在制造业快速发展及更新，这也促进了整个制造业的快速发展。机械臂是一种高新技术，它的设计结合了设计机技术、传感技术、仿生技术、信息传递与处理、机械设计、机械操作等，是一种集各类学科技术于一体的综合体，属于机器人技术在人类日常中的实际应用。随着现在科技的快速发展，机械臂的应用范围及领域也在逐渐扩大。

机械臂属于一种拟人的电子机械装置。不仅仅会模仿人类身体的动作，更重要的是能够像人类一样进行判断。因而其既有属于人类的判断能力，能够快速地对外界环境以及影响其运行的因素做出反应、分析以及应对；又有机械设备的精准性、质量稳定性，并能持续地进行长时间的运行。同时，技

术开发人员不断地结合人类社会需求，对其进行更新换代，不断更新；机械臂在现代社会中的地位已经不可撼动。

传统的普通设备只能完成一些较为机械的操作，如：抓取、搬运等。而机械臂则可以通过电脑程序的控制实现更高精度、准确、且复杂的操作，这只要在编写程序时按照其用途进行参数、轨迹等要求进行设定即可。在工业生产中，机械臂比传统的普通设备更加环保、效率更高、生产出来的产品质量更加稳定，因此备受制造行业人员的青睐与喜爱。随着社会的不断发展，企业员工的安全及运行环境也越来越成为企业关注的重点，这时机械臂就充分发挥了其高难度操作的优势。比如在加工易燃易爆的危险产品，或者运行环境处于高温、粉尘及很大噪声的情况时，机械臂就可以很好地代替人类去进行加工。既能避免员工健康受到的威胁，又能大大提高生产效率。因此，机械臂已经在焊接、热处理、装配，甚至是医疗方面广泛应用。

在机械臂刚刚推出时，由于其专用性高，也只能进行一些简单的搬运运行，基本上属于各类大型机械设备的附属装置。但是随着现代工业的不断发展，机械臂也在不断更新换代，其实用性及可操作性都有了极大的改善。直至后来出现了一种能够独立进行重复性运行，并按照不同操作环境来调整动作的机械臂。

## 1.2 数控加工辅助机械手臂的发展情况分布

### 1.2.1 数控加工辅助机械手臂在其他区域的发展

数控加工辅助机械手臂，随着社会的发展与进步而逐渐普及。随着社会的发展与不断进步，机械手臂的更新换代也是越来越频繁，而在我们日常的工作中，机械手臂是离不开的，无论是什么工作。最开始的机械手臂是在 20 世纪 60 年代在国外的一家公司生产的，他最开始的作用是为了能够让员工搬运物资更加便捷、省时省力，而这个机械手臂可以在空间中，上下左右前后进行升降等系统性的协调运动。在那个阶段，由于液压系统是刚刚开始发展的，所以说液压技术的应用就是机械手臂的动力来源，这个机械手臂完完成的时间相对来说比较久远，但是它是世界所有的机械手的一个开端。

为了更好研究机械手臂的应用与制作，在 20 世纪 80 年末期，国外的一家知名的公司结合当时的知名院校进行这项技术的攻关。同时在那个年代，计算机刚刚开始兴起，在机械手臂中结合计算机进行控制，能使其精度更加精准。

在欧洲，当时的制造大国同时也是制造强国，德国在本行业中就遥遥领先。而德国在本行业中处于领先地位，原因就是 20 世纪 70 年代，他们用人类的关节的结构结合焊接技术，将两种技术应用到机械手臂中，同时在控制方面，运用新兴技术计算机，使机械手臂的运用技术与控制技术趋于完美。而在亚洲的所有国家里，我们的近邻日本是机械制造业，相对来说是最发达的国家，同时也是技术应用最多的国家。仅仅从 20 世纪 70 年代初期开始引进机械手臂后，仅仅用时 10 年时间，专门研究院从 0 所到达 50 所，而专项研究技术也突飞猛进，仅通过机械手臂，对本国的 GDP 提升了就

将近 450 亿元，产量也突破 14000 台大关，并且后续的增速持续保持在 55%前后，在整个机械行业中，机械手臂应用在汽车的制造、以及电器和电机生产中，占据市场很大的份额。

历时多年的探索与攻关，研究者对机械手臂的发展趋势，大体概括为以下几点：

1. 性能逐步在优化、完善；2. 随着科技的进步与发展，造价成本逐年降低；3. 结构趋于模块化以及便捷化。而其中的硬件设施包括整体的性能，以及组装部分的设计。在机械手臂的领域内，国外的快速发展以及技术的攻关应用，有着举足轻重的地位，这其中少不了现代科技的融合，比如性能优越的传感器、融合速度、距离、定位、感观等传感器，在多方位、立体的环境中进行建立模型，在经历多重的失败后，中雨摸索出成功的路径，也让传感器技术在机械手臂的生产中起到更大的、更成熟的应用。

### 1.2.2 数控加工辅助机械手臂在国内的发展

随着我国脚步的加快，机械设计，制造行业在国内得到了很大的重视。但是以我国为例，到了 80 年代初期，机械加工制造工业才刚刚开始起步。由于国家倡导以及趋势，通过科学技术的攻关，在机器人领域内，我国已经大体掌握机器人所需的机械制造技术，而相应软件研发并投入使用，结合计算机编写程序，进行硬件自主生产，使得我国的机器人技术有了很大的提升，逐渐生产出自主研发的机器人。在机器人的身上，机械手臂的应用也体现的较多，这让我国机械手臂的制造技术得到了很大的提升。

即使在国家的政策扶持下，机械制造技术得到了很大的提升，但是不得不承认的是，我国的技术水平相比欧美较发达地区还是有着不小的差距，最起码在机械制造领域，确切点说是机器人领域是这样，因为主要在机械手臂的安全性、稳定性这两个方面，距离国外的技术水平，我们还有很长需要追赶的距离。

机器人技术的兴起到发展，经历时间较短，并且目前应用的领域也不宽广，生产制造的流水线也没有欧美国家的那么完善，我们所面对的客户多数的硬件需求较为单一，没有系统化；但是如果更换新的客户，但从产量来说，就没有办法稳定，而且在模具的制造、附属配套设施方面，都需要有单独提供，这也变相增加了公司、企业、国家方面的成本，造成资源浪费。我国目前要解决前期较为繁琐且比较关键的技术封锁，从技术到硬件，进行资源整合，进行全面协调以及规划，从而能在产品生产之初，做到资源优化，降低生产成本，达到快速发展甚至推广进度。

机器人在国家政策的支持下得到了很高层次的提升，特别是“863”计划的推广，水下机器人的成果占据我国发展成果的首要位置，并且国家大力支持机器人的发展，推动国家的进步。因此机器人相关方面的推广的发展趋势有所倾向。大致为：

1. 我国针对于机器人发展方向大体在模仿并学习国外的理念与知识，做了模块化、重构化的概念，进行多方位的进行研发利用。

2. 想要使工业机器人更加标准、便利化就应该像 PC 机的应用模式进行控制与发展，使其发挥重要作用。

3. 机器人构建部件的研发中，增加了使用性更强、更便利的部件，加强机器人柔性方面的开发，此项开发会对于各种部件喷涂过程的标准化流程操作带来便利。从而使其体现出更加完美的一面。

### 1.3 数控辅助加工机械手臂的分类

数控辅助加工机械手臂作为一种常用的辅助工具，在大到大型机械加工厂，小到市井小作坊、学校实验室都是很容易发现他们身影的，但随着近年来电影行业的异军突起，以及各种影视小说作品的夸张渲染，使得大多数人对数控辅助加工机械手臂的认知有了一定的偏差和局限性，大多数人认为所谓的数控辅助加工机械手臂就是有人人类肢体一样外观的机械。实则不然，也可以说这样理解起来太过于片面。数控辅助加工机械手臂尤其是应用在大多数工业领域的机械手臂，其实是完全看不到我们人类肢体的外观的。同时国家的相关规定与标准中，外观也并不作为一项界定标准。数控辅助加工机械手臂即可以是固定不动的，亦可以是根据加工需要进行指定一个或者多个方向进行移动的机械设备。广义来讲，具有或者接近与这个模糊概念的机械都可以叫做数控辅助加工机械手臂。为了适应当前多元化的市场需求，这种机械手臂的种类多元化的，根据驱动原理的不同，使用用途的差异，以及使用的普遍性和驱动程序的简单复杂等多种方式进行详细的区分。

#### 1.3.1 按照驱动方式进行分类

1. 气动式 气动式数控辅助加工机械手臂所依赖的驱动方式是通过气阀、气缸等多个部件联动对空气进行压缩，从而为手臂提供所需要的动能的，这种方式因为成本低，使用较为方便，是市面上较为常见的一种形式。

#### 2. 电动式

电动式即是以电能作为数控辅助加工机械手臂的动力来源，使用电能作为动力来源，一方面电能即方便使用，另一方面电能又是清洁能源，所以以电动式作为驱动方式是当前大环境下的一个主流态势，而且驱动力较大，传输稳定，同时也方便检测与维护。

#### 3. 液压式

液压驱动是一种具有超强动力的驱动方式，以优越的抓举能力著称，以油泵及液动机组为动力源组成一套完整的动力系统，为数控辅助加工机械手臂提供源源不断的动力，这种传动方式结构相当紧凑，而且具有良好的耐受性。

#### 1.3.2 按使用途径进行分类

##### 1. 装配机械臂

数控辅助加工装配机械手臂既能实现连动，还能实现精准的点动，能轻松并准确的安装含有多种复杂零件的装配体，还能弥补人工操作时的视觉偏差，力度掌控不均等不足。

2. 喷涂机械臂

喷涂机械臂多用于涂料、油漆等含有粉尘、易燃易爆、有腐蚀性的工作环境中，因此对于数控辅助加工喷涂机械臂材质要求也需要多加注意，选材一定结合实际工况，大多数喷涂机械臂最基本的特性都需要具备防爆，耐热、耐腐蚀等特性，这种机械臂的驱动方式也多采用液压驱动或者电驱动。

3. 搬运机械臂

搬运数控辅助加工机械手臂是在众多数控辅助加工机械手臂中应用最广，使用频率最高的一种，它以解放人类双手而名声大噪，使用起来方便快捷，以机械特有的零失误的特点满足绝大多数生产需要，程序设置简单，一般点对点即可完成运行命令，也让人收益最大的机械产品之一。

1. 3. 3 按照使用普遍性分类

1. 通用数控辅助加工机械手臂

通用数控辅助加工机械手臂是本身具有一套完整控制体系的机械设备，它具有自己独立的控制系统，同时程序的可变性使其能更好的适应多种多样的工作环境，因此应用范围广泛，通用性和实用性强，是中小批量产业链中不可缺少的重要角色。

2. 专用数控辅助加工机械手臂

专用数控辅助加工机械手臂则是更注重专用一词，它是特意为特定的某一主设备量身打造的，相对的程序也是固定不变的，仅对单一的对象服务，结构简单，可靠性强，成本低廉，多往往用于大批量的生产线、流水线，最大程度上解放了人类的双手，以超高的效率完成重复工作，大大提供了主设备的产能。

1. 4 数控辅助加工机械手臂的组成

今年来，随着工业的不断发展，工业机械也同样是异军突起，以强硬的姿态进驻国内外机械化领域，数控辅助加工机械手臂也迅速由原来的复杂多样，慢慢转变成拥有一套成熟、有序的以控制系统、驱动系统、执行机构、位置检测为核心的完备系统体系机械产品。而各个系统之间的关系如图 1-1 所示。

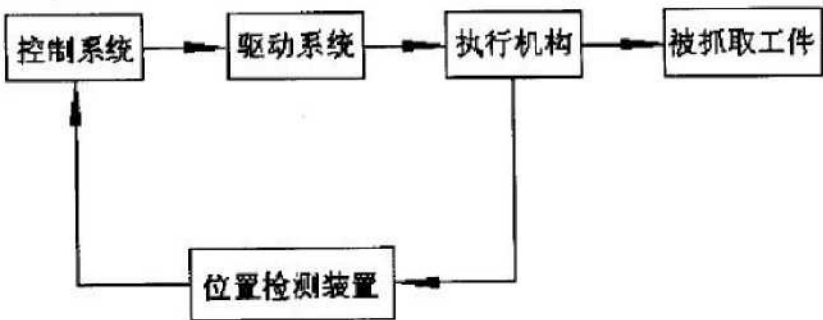


图 1-1 机械手的组成方框图

1.4.1 控制系统 控制系统是像大脑一样对数控辅助加工机械手臂发动最高指令的核心部分，目前工业数控辅助加工机械手臂的控制系统基本上分为机械档位控制和程序控制两大区域。

机械档位控制主要是通过事先预定好的几个档位节点，支配机械手臂进行节奏变更，速度或者行程上的迁跃及递减；而程序控制系统完全支配这机械手进行规定的程序运动，并且通过不同指令信息进行不动的往复运动，同时还可以通过对每次数据的收集、归纳、分析、反馈对数控辅助加工机械手臂进行监控，以及故障事先预警。

#### 1.4.2 驱动系统

驱动系统则是充当了数控辅助加工机械手臂的心脏角色，它是机械手臂能正常工作的必须条件，有了完好的驱动系统，才能与控制系统和执行机构相互之间的配合完成对数控辅助加工机械手臂的传动。

#### 1.4.3 运动结构

运动结构也就是执行机构，由它来负责数控辅助加工机械手臂的主要运动，通过各个机构之间的相互衔接和配合，完成数控辅助加工机械手臂控制系统发出的指令，手臂能够实现的运动如下图 1-2 所示。

f 直线运动：如伸缩、升降、横移运动。

I

基本运动 S

” [回转运动：如水平回转、上下摆动（即俯仰）运动。

[直线运动与回转运动的组合（即螺旋运动）• 手皆运动<复合运动，两直线运动的组合（即平面运动）。

[两回转运动的组合（即空间曲面运动）。

图 1-2 数控辅助加工机械手臂的运动

#### 1. 手部

数控辅助加工机械手臂由于与物体的接触方式的不同，可以分为吸附式手部和夹取式数控辅助加工机械手臂。

吸附式数控辅助加工机械手臂的核心部件在于吸盘，吸盘通过吸盘腔内形成负压的形式或者通过电磁系统对工件表面形成强大的吸附能力，从而实现与工件之间的对接，这种吸盘式手臂分为电磁吸盘及负压吸盘两大类。

夹取式手臂主要是由手指和传力结构所构成。数控辅助加工机械手臂与零件的直接接触部分就是手指，常用的手指类型可以分为平移型和回转型。平移型手臂由于结构复杂，实用性不强，在实际的生产中比较少见，因夹取的行程和使用空间的限制，只能适应工件尺寸较大的场合。而回转型数控辅

助加工机械手臂则因为结构简单、使用灵活，可以多方位、多方向运动，所需行程空间小，被广泛的应用于各种场合及各种领域的生产环节。

数控辅助加工机械手臂手指的结构形态往往取决于对接工件的外形尺寸、结构形态，以及表面光滑程度及受力情况等诸多因素。根据不同的结构形态，可以分为平面、V形面、和曲面等形式；根据夹持方式的不同还可以分为外夹式和内夹式；根据指数的多少，还可以分为双手指还有多指式和双手双指式等。

手指的传动力是通过手指的夹紧力完成对工件的夹紧，传动力的结构也分为许多种，比较常见的有：斜面杠杆式、滑槽杠杆式、丝杠螺母弹簧式和重力式等。

在一些特定场合，还可能根据特定需要，将手部设计为托式、勺式、等型式。

## 2. 手臂

在机械手中，手臂的作用主要是支撑，就如同房屋的承重墙体一样，做为手部的支撑点，被抓工件的着力点等。

工业数控辅助加工机械手臂的驱动主要是通过气缸、油缸等与执行结构相连或者是液压、气压与电动机相互配合，来完成手臂的各种运动。

手臂在运动中，为了避免去程与回程或者提起与降落过程中可能存在的绕轴线转动的情况，数控辅助加工机械手臂一般都需要配备导向装置，从而避免可能出现的意外故障，同时导向装置还承担了大部分工件传递过来的外力，减轻机械臂的受力负担。

导向装置有很多种，一般较为常见的有：单圆柱、双圆柱、四圆柱和V形槽、燕尾槽等导向型式。

## 3. 手腕

手腕的主要功能就是充当手臂和手部的衔接桥梁，调节方向以及手部抓取的形态。

## 4. 行走结构

当数控辅助加工机械手臂需要对工件进行远距离操作时，为了最大程度增加手臂的行程，往往要在机座上配备滚轮、轨道等辅助结构，从而实现更远距离作业的目的。

## 5. 立柱

立柱是数控辅助加工机械手臂的脊梁，也是整个系统的着力与卸力的关键部位，手臂每次回转运动或者是平行移动，都需要立柱作为支撑点，立柱一般来讲都是固定不动的，这样才能起到良好的支持定位功能，但是特殊场合，为满足特定使用需要，也存在立柱可以移动的情况，这种立柱则被称为可移动式立柱。

## 6. 机座

机座是数控辅助加工机械手臂的基础，就像房屋的地基一样，一定是最稳重、牢靠的部位，它为数控辅助加工机械手臂的所有机构和系统之间相互衔接和相互配合提供基础保证，即辅助支撑各个部件，也起到一定的保护作用。

### 1.5 设计内容

本次课题是通过对数控辅助加工机械手臂的初步了解、分析、到进一步的研究、定性及最终设计电脑一个过程。本文首先要假定数控辅助加工机械手臂为通用机械手，因为通用机械手应用范围更广，功能更加完善与多样化，更能满足当今社会的市场需求，然后要设定数控辅助加工机械手臂的座标型和自由度，设计出机械手包含手腕、手臂、手部在内的各个运动环节，同时还要根据事先预想的工件来确定出机械手的手部所需要的夹紧力的作用范围，以及对于液压传动结构的详细选取和设计，从而完成数控辅助加工机械手臂的整个设计内容。

并且在通用数控辅助加工机械手臂的基础上，增加了可以更换的机械手，使得在进行法兰类零件的夹取加工过程中，可以有效的准确的进行此类零件的夹取以及定位。

### 1.6 数控辅助加工机械手臂的选型

在进行数控辅助加工机械手臂的设计过程中，因为主要的加工机构是法兰类的零机构，同时为了更广泛的增加数控辅助加工机械手臂的使用范围，针对更广泛的使用范围，所以在设计的初期阶段，针对数控辅助加工机械手臂的选型，进行了详-8— 细的分类设计

#### 1.6.1 法兰盘加工机床

数控机床一般由下列几个部分组成：

主机，是数控机床的主体，包括机床身、立柱、主轴、进给结构等机械机构。它是用于完成各种切削加工的机械机构。

数控装置，是数控机床的核心，包括硬件（印刷电路板、CRT 显示器、键盒、纸带阅读机等）以及相应的软件，用于输入数字化的零件程序，并完成输入信息的存储、数据的变换、插补运算以及实现各种控制功能。

主要的数控车床，通常的型号为 CAK6140，其详细结构如下图所示：



通过对车床的了解分析，可以确实车床本身具有准确的夹具定位的，即三爪卡盘等固定方式，也就是说数控辅助加工机械手臂在辅助加工的过程中，要是能够起到把法兰快速的准确的夹取到三爪卡盘的位置，并且有效的进行固定即可，此时只要确保数控辅助加工机械手臂与三爪卡盘的爪子不会产生位置冲突即可，并且后续可以通过对机床施加卡盘的液压控制，通过液压系统，完成对卡盘的夹紧，进而完成法兰盘的定位，实现法兰盘与机床加工主轴的中心定位，数控辅助加工机械手臂的这区间，需要有效的解决法兰盘的搬运以及对法兰盘固定位置的定位，并且需要依据法兰盘的位置，能够有效的转动手臂，避免干涉。

#### 1.6.2 数控辅助加工机械手臂形式确认

##### 1. 专用机械手

专用数控辅助加工机械手臂，是针对专门特定的某一类工况的辅助手臂，此类手臂能够有效的该工况下的生产加工，但是因为情况单一，此类手臂不具有较高的可使用性以及通用性。

##### 2. 通用数控辅助加工机械手臂

此类数控辅助加工机械手臂，是总结了日常生产生活中，主要的使用情况，进行了有效的整理分类，通过对数控辅助加工机械手臂设计了多自由度、多驱动方式继续手臂的动力施加，并且辅助 PLC 控制，进行数控辅助加工机械手臂的控制以及位置定位。

本文的数控辅助加工机械手臂，主要是应用于数控车床的数控辅助加工机械手臂，但是数控车床并不属于特殊的机床型号，此类加工方式也属于通用性较高的加工形式，法兰类零件，也属于外形较为规整的加工零件，所以通用数控辅助加工机械手臂，是可以满足此类加工情况的设计，只需要对数控辅助加工机械手臂进行前端夹取机构的更换，即可满足各类法兰的加工要求。

## 1.7 本章小结

本章介绍了机械手的国内外发展现状，发展机械手的重要性以及机械手在各个方面的应用，详细的说明了机械手的分类还有组成。

## 第 2 章数控辅助加工机械手臂的稳定性和定位方式

### 2.1 数控辅助加工机械手臂常用的定位方式

很多自动生产线都必须有数控辅助加工机械手臂的参与，随着数控辅助加工机械手臂的活跃，我们的生产制造会越来越轻松。依据各种技术的要求，也依据机器的技术要求不同，我们的定位方式也有各种各样的方法。这样，我们的机械手在定位方面会更准确。相比之下，传感器更方便，可以满足更多运行环境的需要。通常情况下，首先必须解决的是数控辅助加工机械手臂的定位。现在很多生产线的控制都是通过可编程的控制来进行的。如果使用可编程控制系统，可以很好地实现机械臂的定位要求。

在机械臂的定位中，也经常被用于机械块。机械块的定位方式是在机械动作中设置了机械式的挡块。数控辅助加工机械手臂能够移动到我们预先设定的终点，可以紧密贴合在块上定位。定位前，机械臂逐渐减速时，驱动压力也同时存在的情况下，机械块定位的精度较高，一般来说精度为  $\pm 0.5\text{mm}$ ，定位时，驱动油路被关闭，作业压力归零，定位精度降低。

### 2.2 影响平稳性和定位精度的因素

数控辅助加工机械手臂的定位实际就是在人们熟知的三维空间中建立，我们检查定位正确，通过测量和角度定位的组合，在很多相对简单的情况下，单一的测量值是比较重要的，单线量和角量存在定位误差，如下所示；

#### 1. 定位方式

加工环境的不同，影响其定位方式。例如，机械块定位时，定位的精度取决于块的刚性和接触块时的速度。

#### 2. 定位速度

影响定位精度最大的因素是定位过程中的定位速度，由于定位速度不同，耗散的能量也不相同。机械臂为减小误差，在相应情况下需要控制速度，举例：增加缓冲效果，控制机构在相应的时间里，相应的位置减速。

### 3. 定位过程中的位置精度

速度调整装置的安装会直接影响机械手的定位精度。此外，控制系统的数据设计也会对机械臂的定位精度产生影响。

4. 主要受力机构的刚度对于机械臂构件在碰撞时，对于刚度的要求较高，假如机械手或者机械臂自身的结构、物件刚度偏高或者偏低，定位精度会大打折扣。

### 5. 定位系统的驱动

数控辅助加工机械手臂的精度受液压、温度影响，压力波动和气温的波动均会影响定位精度反应出来的最终结果。因此，温度控制调节，使用稳压装置，在驱动系统中使用。举例，蓄能装置可以稳定稳定油压，用控制器控制油温，用压力控制流量控制阀流量。

### 6. 夹取物体的重量

运动的重量直接影响手臂本身的重量级抓取物品的重量，对于精准度有很大的影响。为了保证抓取物品的进准度，一定要从多方面进行考虑，减少工件质量提高运动的重量的精准度。

### 7. 定位系统的控制方式

PLC 编程控制、通过电器元件以及机械挡块控制、通过电液比例控制这些控制元件的精度及灵敏度不相同，会直接影响与各控制系统的反馈出来的装置情况，而且安装位置也会直接影响最终结果。本课题的的定位精度就是机械挡块所决定的。

## 2.3 手臂运动过程中的缓冲装置

手部缓冲装置主要分为内部缓冲区和外部缓冲区。主要用于缓冲机械臂运动的各种机械动能。内部缓冲装置有缓冲电路和汽缸端缓冲电路等。外缓冲形式是液压缓冲和弹性机械机构。内部缓冲器的优点是结构简单、紧密排列，但是放置位置有限，便利性不足。外部缓冲装置的优点是安装部位灵活，简单，缓冲性能良好，但结构复杂且巨大。

本课题的缓冲装置是汽缸端部缓冲装置。

本课题采用的缓冲装置是汽缸端部缓冲装置。

汽缸端部缓冲装置：当活塞的运动距离从油缸端到某个距离时，可以通过缓冲装置在活塞和端盖之间形成缓冲室，利用节气门的原理，在缓冲室产生临时的电阻，使动作减缓并停止，从而避免硬冲击的装置被称为汽缸端部缓冲装置。

设计臂油气缸端的恒流缓冲装置时， $a_{mx}$ （最大加速度）、 $P_{max}$ （缓冲腔最大冲击压力）、 $V_r$ （剩余速度）3 个参数受动作条件的限制。一般使用的方法是首先选择一个参数，确认剩下的两个参数。

1. 选择最大加速度

通常，3 皿成值按机械手类型和结构特点选取，同时要考虑速度与载荷大小。对于  
-12 -

重载低速机械手，-amax 取 5m/s2 以下，对于轻载高速机械手，-amax 取 510m/s2

2. 设计沿运动方向作用在活塞上的外力 F 水平运动时：

$$F = P_s A - F_f \quad (2-1)$$
$$= 0.25 \times 10^3 \times \pi \times 3.6^2 \times 10^{-7}$$
$$= 138 \text{N}$$

3. 设计残余速度 Vr

$$V_r = V - \sqrt{1 - a_{\max} x} / F \quad (2-2)$$
$$= 0.1 / 0.64 = 0.15 \text{m/s}$$

2.4 机械手的控制

在机械臂的设计中，控制系统是机械臂操作方面的重要步骤之一，它是机械臂的重要组成部分，控制系统在机械臂中的重要性与人体的重要性相似，可以协调和控制机械臂的动作。

机械臂的所有动作均由机械控制系统实现，包括机械臂的手腕、手臂、臀部的动作、零件单元之间的协调配合动作等。机械控制系统可以控制机械臂的动作途径、动作地点和运动时间。机器人机械手用于代替人进行一些复杂而危险的操作。通常需要图 2-1 所示的功能。

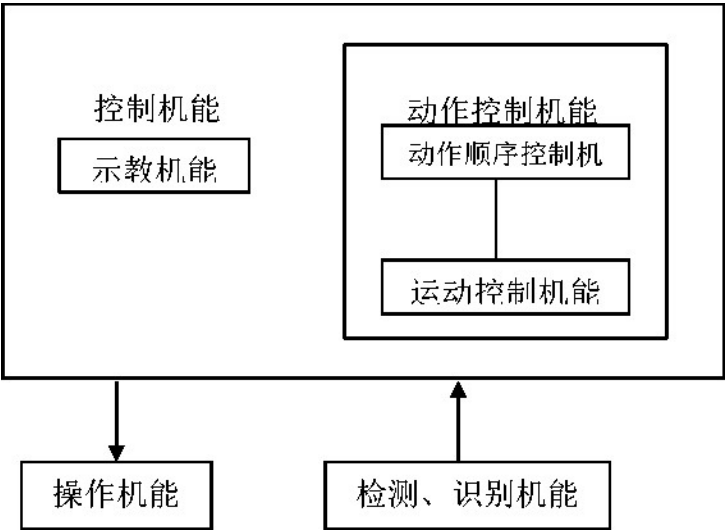


图 2-1 数控辅助加工机械手臂的机能

数控辅助加工机械手臂的功能和控制方式多种多样，实际上，臂的控制方式大致分为可变程序控制和固定程序控制。在机械臂上，使用凸轮和杆结构，控制手部的动作途径、动作地点和运动时间。一般和驱动结构一起使用。

适用于控制程序步数较少的专用机械手。并且结构简单，修理方便，寿命长，运行比较可靠。

第 3 章数控辅助数控辅助加工机械手臂的抓取设计

3.1 手部设计设计

1. 有足够的开闭空间

把手类的有打开和关闭的功能。支持开闭装置。通过开闭装置达到开闭的效果。操作时，一个机械臂手指的开闭位置的最大变化量称为开闭范围。旋转手的手指的开关，可以用开闭角度和手指的夹取端的长度来表现。关于手指的开闭运行受很多因素的影响。例如，工件的尺寸、工件的质量、形状、材质、机械臂手指的形状和尺寸等，一般在允许动作范围的情况下，如图 3-1 所示，开闭范围越大越好。

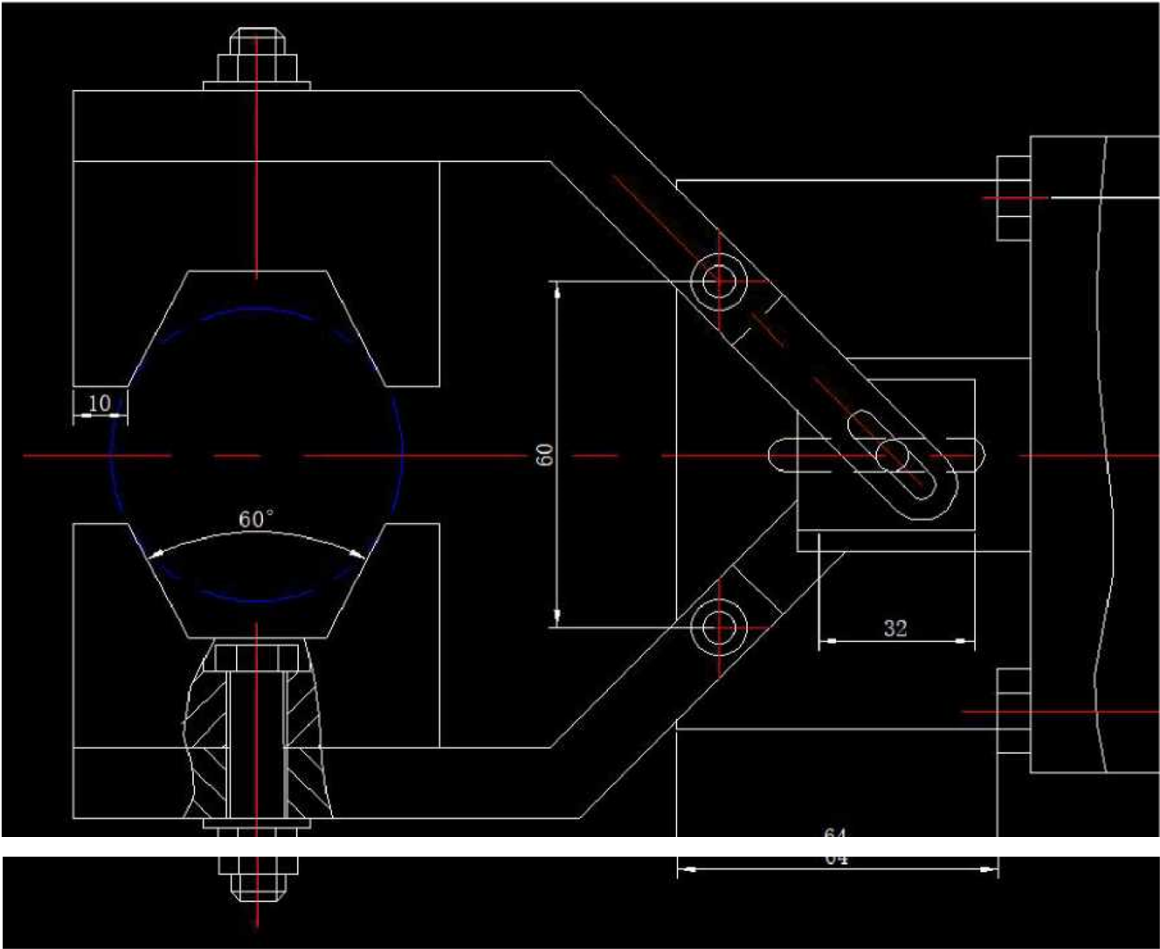


图 3-1 机械手开闭示例简图

2. 机械臂的手指应具有符合紧固条件的刚性和强度，确保其精准度。

3. 合适的紧固力

机械臂在作业时，通过具有适当的协调力，确保夹取机构的稳定性，减少变形度；对刚性低的工件进行特殊个别设计，从而不会损坏加工对于较重的工件破坏，最终可以安装锁定装置进行安全保护。

#### 4. 努力使结构简单、质量轻、体积小、操作简便

手臂的构造、定位的精度、手臂的灵敏度、抓的重量、运动速度等直接影响手臂的性能与构造。因此，在设计机械臂的手部时，必须努力做到结构简单、质量轻、体积小、操作简便。

#### 5. 其它要求

因此，依据工件的形状，材质，构造，采用最常用的紧固固定方式。紧固方式用常闭弹簧紧固，松开时使用单作用油压汽缸。这个构造比较简单，制造方便，操起来更加便利。

#### 3.2 手臂夹紧装置的设计

数控辅助加工机械手臂的油缸，主要是进行液压油的储存以及转移，在右侧腔内停止油进出的情况下，数控辅助加工机械手臂的弹簧，进行收缩，进而为液压手臂提供夹紧力，能够有效的夹紧机构，同时在液压油输入的情况下，打开弹簧，完成手臂的松开，放下机构。其结构原理，如图 3-2 所示。

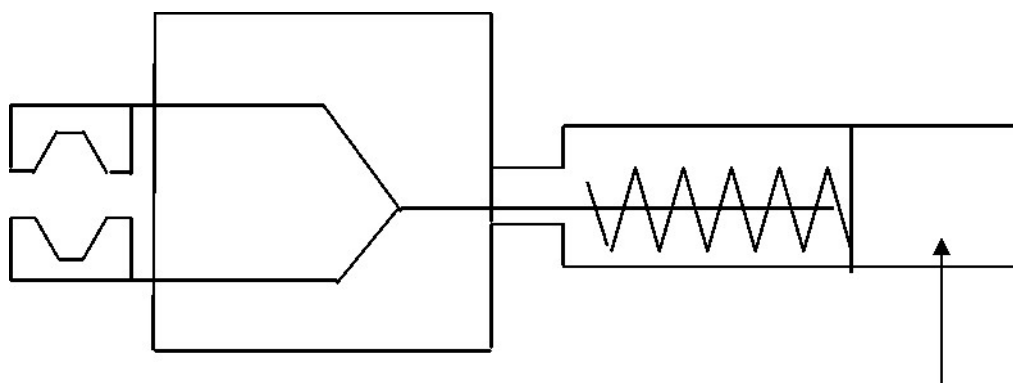


图 3-2 油缸原理的示意图

1. 通过设计右侧的油腔的推动力为[1]

$$F_p = (n/4) D^2 P \quad (3-1)$$

$$= (n/4) \times 0.52 \times 25 \times 10^3 = 4908.7 \text{ N}$$

2. 依据前端夹取爪结构进行夹取的位置，查出符合要求的的夹紧力设计公式为：

$$F_1 = (2b/a) \times (c^\circ \text{ sa}^\circ) 2N' \quad (3-2)$$

其中  $N' = 4 \times 98 \text{ N} = 392 \text{ N}$ ，把相关数据根据公式 2.2 得：

$$F_1 = (2b/a) \times (c^\circ \text{ sa}^\circ) 2N' = (2 \times 150/50) \times (c^\circ \text{ s}30^\circ) 2 \times 392 = 1764 \text{ N}$$

则实际夹紧力为  $F_{i \text{ 实际}} = PK_1 K_2 / n \quad (3-3)$

$$= 1764 \times 1.5 \times 1.1 / 0.85 = 3424 \text{ N} \text{ 经四舍五入取整得 } F_1 = 3500 \text{ N}$$

3. 设计数控辅助加工机械手臂手部活塞杆可运动的距离长  $L$ ，即

$$L = (D/2) \text{ tg}W \quad (3-4)$$

$$=25 \times \tan 30^\circ$$

$$=23.1 \text{ mm}$$

经四舍五入取整得取  $l=25 \text{ mm}$

4. 设定“V”型前端夹取爪结构的  $L$ 、 $B$ 。

取  $L/R_{cp}=3$  (3-5)

相关计算公式中： $R_{cp}=P/4=200/4=50$

(3-6)

由公式 (3-5) (3-6) 得： $L=3 \times R_{cp}=150$

取“V”型钳口的夹角  $2\alpha=120^\circ$ ，则偏转角  $B$  按最佳偏转角来设定，查表得：

$$B=22^\circ 39'$$

机械运动范围(速度) [1]

通过对数控辅助加工机械手臂的研究以及对日常操加工中的各类零机构的反应时间，可以确定，数控辅助加工机械手臂的的主要的伸出以及缩回的速度在  $50\text{--}500 \text{ mm/s}$  区间，上升以及下降的速度在  $80\text{--}800 \text{ mm/s}$  区间，整体手臂的旋转速度在  $30\text{--}9090^\circ/\text{s}$  区间，通过综合速度的考虑以及《数控辅助加工机械手臂制造与研究》的参考，制定数控辅助加工机械手臂的活塞运动速度在  $60 \text{ mm/s}$ 。

6. 手部右侧的油腔流量

$$Q=sv$$
 (3-7)

$$=60 \pi r^2$$

$$=60 \times 3.14 \times 25^2$$

$$=1177.5 \text{ mm}^3/\text{s}$$

7. 手部运行的压强设计，代入公式 3.8 得

$$P=F_1/S$$
 (3-8)

$$=3500/1962.5=1.78 \text{ MPa}$$

### 3.3 手臂伸出与缩回结构设计

数控辅助加工机械手臂的主要运动机构是手臂，手臂的主要作用是类似人体的结构形式，对前端钳夹、手臂、腕部等部件进行支撑作用，使其结构能够完成在三维空间内的整体移动。

数控辅助加工机械手臂的主要目标是把前端连接的手腕等结构，有效的送达到行程允许内的任意一点，通过对手臂整体的受力研究，我们得出手臂的在运行过程中，是一直要承受手腕等结构的动载荷以及静载荷的，因为整体结构是在三维空间内进行，并且夹取部件的大小、重量不同意，所以整体设计结构较为复杂，在进行设计过程中，因该更多的去考虑安全系数的问题。

机械手臂的最终的运动精度，都会手臂的位置精度上进行体现，可以说机械手臂的定位方式以及定位精度，是最能直观表示机械手臂精度的一个参数。

在这里，我们根据《机械人设计与应用》中，关于初始速度的定位，定义手臂的伸出以及缩回速度为 200m/s，机械手臂的运动行程为 500mm。

1. 数控辅助加工机械手臂右侧的油腔流量，公式 (3-7) 得： [4]

$$\begin{aligned} Q &=sv \\ &=200 \times \pi \times 40^2 \\ &=1004800\text{mm}^3/\text{s} \\ &=0.1/102\text{m}^3/\text{s} \\ &=1000\text{ml}/\text{s} \end{aligned}$$

2. 数控辅助加工机械手臂右侧的油腔运行压力，公式 (3-8) 得： [4]

$$P=F/S \text{ (3-12)}$$

相关计算公式中：F 取工件重和手臂活动机构总重，估算  $F=10+20=30\text{kg}$ ， $F_{\text{摩}}=1000\text{N}$ 。

所以代入公式 (3-12) 得：

$$\begin{aligned} P &= (F+ F_{\text{摩}})/S \\ &=(30 \times 9.8+1000)/\pi \times 40^2 \\ &=0.26\text{Mpa} \end{aligned}$$

3. 设计结构运行参数表如图 3-3 所示：

| 机曲名称 | 工作速度      | 行程    | 工作压力     |            |
|------|-----------|-------|----------|------------|
| 手部抓紧 | 60r/min/s | 20mm  | 1.25Mpa  | 117.8r/min |
| 腕部回转 | 45°/s     | ±15°  | CL 89Mpa | 27m/s      |
| 小臂伸缩 | 200mm/s   | 500mm | 0.26Mpa  | 1000ml/s   |

图 3-3 结构运行参数表

4. 由初始设计进行手臂夹取动力液压泵 [4] 的设计可以确定最高液体压力为

$$P=1.78\text{Mpa}$$

可以确定泵的的液压流量为

$$Q=1000\text{ml}/\text{s}$$

选取 CB-D 型液压泵 (齿轮泵)

此泵运行压力为 10Mpa，转速为 1800r/min，运行流量 Q 在 32—70ml/r 之间，可以满足需要。

5. 设计腕部回转缸：

$$T=PD \left( \frac{1}{4}A_{12}-\frac{1}{4}b \right) \pi \times 106/8 \quad (3-13)$$

$$W=8 \pi n v / \left( \frac{1}{4}A_{12}-\frac{1}{4}b \right) \quad (3-14)$$

相关计算公式中：Hm 一机械效率取：0.850.9

Hv—容积效率取：0.70.95 所以代入公式(3-13)得：

$$T=0.89 \times 0.03 \times (0.12-0.032) \times 0.85 \times 106/8$$

$$=25.8 \text{ (N} \cdot \text{M)}$$

$$T < M = 30.5 \text{ (N} \cdot \text{M)}$$

代入公式(3-14)得：

$$W = (8 \times 27 \times 10^{-6}) \times 0.85 / (0.12-0.032) \times 0.03$$

$$=0.673 \text{ rad/s}$$

$$W < n / 4^{0.785} \text{ rad/s}$$

因此，取腕部回转油缸运行压力 P=1Mpa 流量 Q=35ml/s

四舍五入取整得其他缸的数值：手部抓取缸运行压力 P=2Mpa 流量 Qi=120ml/s

小臂伸出与缩回缸运行压力 PI=0.25Mpa 流量 Qi=1000ml/s

### 3.4 腕部设计

数控辅助加工机械手臂的手腕是整个夹取机构的连接部件，主要负责在运动过程中，需要对前端夹子进行支撑、固定、旋转，是能够改变法兰盘空间角度的重要部件，也是机械手臂能够完成对地面法兰以及机床上法兰搬运的重要结构。

本论文的手腕，是具有行动灵敏、转动惯性低等优点，手臂腕部主要有一个自由度，所以可是使用回转缸进行手腕部的运动驱动。

依据设计的需求：确定手腕转的角速度 W 的大小为 45° /s 旋转的范围在 ± 90° 按照极限的负载进行设计：

在夹取部件处理水平位置的时候，回转缸的扭矩处于最大位置，通过估值法 x 安全系数的方式，工件大概的重量在 10kg 左右，总体的运动范围在 650mm 之间，整体结构如图 3-4 所示：

#### 1. 设计扭矩 M1 [4]

设重力集中于离手臂前端手指中心 200mm 处，即扭矩 M1 为：

$$M1 = F \times S \quad (3-15)$$

$$= 10 \times 9.8 \times 0.2 = 19.6 \text{ (N} \cdot \text{M)} \text{ 工件}$$

图 3-4 腕部的受力简图

#### 2. 油缸(伸出与缩回)及其配件的估算扭矩 M2[4]

$$F = 5 \text{ kg} \quad S = 10 \text{ cm}$$

把相关数据根据公式 2.9 得

$$M_2 = F_{XS} = 5 \times 9.8 \times 0.1 = 4.9 \text{ (N} \cdot \text{M)}$$

3. 回转缸的相对位置的摩擦力矩  $M_{\text{摩}}$  [4]

$$F_{\text{摩}} = 300 \text{ (N) (估算值)}$$

$$S = 20 \text{ mm (估算值)}$$

$$M_{\text{摩}} = F_{\text{摩}} \times S = 6 \text{ (N} \cdot \text{M)}$$

4. 回转缸的总相对位置的摩擦力矩  $M$  [4]

$$M = M_1 + M_2 + M_{\text{摩}} \text{ (3-16)}$$

$$= 30.5 \text{ (N} \cdot \text{M)}$$

5. 根据公式

$$T = P \times b \left( \frac{A_1^2 - d^2}{4} \right) \times 10^6 / 8 \text{ (3-17)}$$

其中:  $b$  一叶片密度, 这里取  $b = 3 \text{ cm}$ ;

$A_1$  一回转缸内径, 这里取  $A_1 = 10 \text{ cm}$ ;

$d$  一转轴直径, 这里取  $d = 3 \text{ cm}$ 。

所以代入 (3-17) 公式

$$P = 8T / b \left( \frac{A_1^2 - d^2}{4} \right) \times 10^6$$

$$= 8 \times 30.5 / 0.03 \times (0.12 - 0.032) \times 10^6$$

$$= 0.89 \text{ Mpa}$$

又因为

$$W = 8Q / \left( \frac{A_1^2 - d^2}{4} \right) \times b \text{ 所以}$$

$$Q = W \left( \frac{A_1^2 - d^2}{4} \right) \times b / 8$$

$$= (n/4) (0.12 - 0.032) \times 0.03 / 8$$

$$= 0.27 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 27 \text{ ml/s}$$

3.5 驱动机构的选择驱动机构是工业机械手臂的核心部分之一。根据选取动力源的不同, 可分为以下四类:

#### 3.5.1 气压传动机械手

气压机械手, 顾名思义就是依靠空气压缩来进行驱动的机械手臂。这种机械手的特点是: 输出传递的扭矩较大、保养简便、结构简单容易控制成本。但是这种机械手却有一定的局限性, 虽然传递扭矩较大, 而与之并生的就是冲击力也很大, 因此稳定性较差, 定位精准不是很高, 不能满足高精度要求的工况。

### 3.5.2 液压传动机械手

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/728124107026006142>