

景德镇陶瓷学院

科技艺术学院

本科生毕业设计(论文)

中文题目： 单臂回转式机械手结构设计

英文题目： STRUCTURE DESIGN OF SINGLE ARM
ROTARY MANIPULATOR

院 系： 工程系

专 业： 机械设计制造及其自动化

姓 名： 张旭峰

学 号： 201030454109

指导教师： 潘海鹏

完成时间： 2014-5-20

摘 要

在工业生产中间，机械手可以代替人的繁重劳动，从而实现生产的机械化和自动化，能在有害环境下操作，这样子能够保护人身安全，很大程度提高劳动效率和改善工人工作环境，在很多方面都体现出其不可替代的优势，因而在工业生产中应用广泛。本次所设计的机械手，为单臂回转式机械手，对机械手的要求是搬运一个一千克的铁块，从一个平台到另一个平台，旋转过的角度为 90 度。从上面的这些条件可以看出，对于机械手结构的选取就比较的多样化。我们可以选择圆柱坐标型的，也可以选择较为复杂的球坐标型和关节型。根据对机械手的运动部分结构的设计及选型，以及选定的夹持的方式，我们定出了机械手的总体结构，其中包括两个相互平行的液压缸和一个旋转的气压缸、电磁铁吸附装置、支座和底座。两个液压缸用于升降运动，气压缸用于回转运动，夹持器主要部分为一个吸附式电磁铁。此次设计中机械手动作固定，结构简单，可靠性较高，易于拆装，可用于机械设计和液压相关课程实验教学中的演示和拆装练习。

关键词：机械手 圆柱坐标型 液压缸 气压缸 吸附式

ABSTRACT

This robot system is about the camshaft flange surface processing machine. This paper discussed the overall program and various parts of the robot mechanical structure in detail, especially compared and analyzed different programs which can achieve the desired actions. The design of the robot arm needs to be up and down, rotary and its hands holding. So a three-degree-of-freedom robot arm rotary program were put up in this paper. In the past, the movements of the arm were mainly complete by the body part of the robot, the innovative design of the paper is here, its movements are accomplished by big and small arm respectively. This design choose a hydraulic drive system, and draw the schematic. Hydraulic drive is widely used, smooth transmission, and easy to control. The system control system uses a the general PLC shift register and displacement command programming.

KEYWORDS: camshaft manipulator the hydraulic pressure drive PLC

目 录

1 绪论	1
1.1 工业机械手概述.....	1
1.2 机械手的组成和分类.....	1
1.2.1 机械手的组成.....	1
1.2.2 机械手的分类.....	3
2 机械手动作任务及要求.....	6
2.1 动作任务	6
2.2 参数要求	7
3 机械手总体方案设计.....	8
3.1 基本形式的选择.....	8
3.2 手部结构方案设计.....	9
3.2.1 手指结构.....	9
3.2.2 手部夹紧气缸的设计.....	11
3.3 臂部结构方案设计.....	13
3.3.1 臂部设计的基本要求.....	13
3.3.2 大臂结构方案设计.....	14
3.3.3 小臂结构方案设计.....	15
3.3.4 小臂升降汽缸的设计.....	15
4 机身的设计计算	18
4.1 机身整体设计.....	18
4.2 机身回转机构的设计计算.....	19
4.2.1 回转缸驱动力矩的计算.....	19
4.2.2 回转缸尺寸的初步确定.....	20
5 液压系统设计	23
5.1 液压系统原理图.....	23
5.2 电磁铁动作顺序.....	25
5.3 机械手液压系统的简单计算.....	26
5.3.1 流量、驱动力的计算.....	26
5.3.2 油泵的选择.....	27
5.3.3 确定油泵电动机功率.....	27
6 结 论	28
致 谢	29
参 考 文 献	30

1 绪论

1.1 工业机械手概述

工业机器人是在工业生产中能够根据人预先设定的程序实现重复作业的机电一体化设备。特变适合用于品种柔性生产，可变容积。它在生产过程中，能够稳定的优化产品，加快生产效率，为劳动者提供轻松方便的工作环境。机器人技术是一种高新技术综合了计算机，多学科理论，机制控制，人工智能技术，信息和传感器，仿生学和形式，在今天的的应用，不断更新和新技术的研究与开发。机器人技术使用水平，能够作为一个国家工业智能化的标杆。机器人作业能够结合人的特长和机器人的特点，模拟出人为操作的接卸装置，拥有比人快速的反应能力和判断能力，又可以长时间工作、还能适应恶劣环境的能力，机器人的生产性和服务性，都是普通的劳动力无法达到的。

机械手是人的手形仿真，像人的手是行动的一部分，根据要求设置相应的程序，可以实现自动采集，智能设备的移动操作。。所谓的“机械手”是用机器手工业生产。它在工业生产中能够减少劳动的强度、更高效更安全地生产出高品质的产品；特别是，在恶劣的环境中发挥重要的作用，如在高温度和高压，人类劳动的替代低温度，低压力，易爆，有毒，具有十分重要的意义。机械手的结构开始比较简单的，专业的，是只有机器装卸装置，是特殊的机器连接到机械手。现在按照独立的程序完成机械手的重复操作生产所谓的“程序控制机械手”。这个机器人能很快适应生产，并改变工作程序，它被广泛地应用在小批量生产过程。

1.2 机械手的组成和分类^[1]

1.2.1 机械手的组成

1. 控制系统 2. 驱动系统 3. 执行机构、位置检测装置。下图1-1是各个组成的关系图。

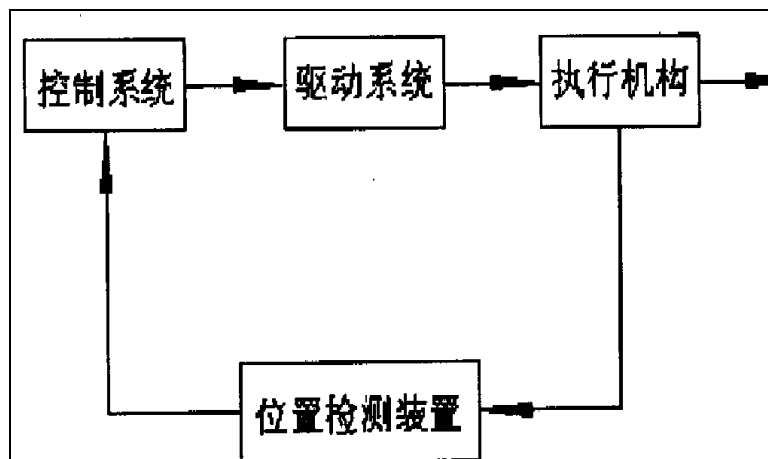


图1-1 机械手组成框图

（一）执行机构

执行机构是由主体的手，手腕，肘，但一些组织的需要，也可以添加一个行走机构

1. 手部

即与物件接触的部件。按照机械手手部与物件接触形式可分为两种形式，吸附式和夹持式。夹持式手部结构组成部分一般是由手指和转动轴。手指与物体直接接触，减少复杂的平移和旋转式应用手指的动作结构通常的形式可分为结构简单，容易制造。但在夹紧的圆形部分，翻译可以使轴向位置不在工件直径部分的直径的变化影响，翻译了如此大的变化。手指的结构取决于表面的形状，对象的把握是保持部分（外或内孔）的重量和大小和对象。常用的手指是平的，V形和表面；指夹持支持和内部；手指有外夹式和内撑式；食指，双指式和双指型等。该传动机构通过手指的夹紧力是完成生产任务文件夹对象。

2. 手腕

用手和手臂的部件，可用于调整对象的把握的范围。

3. 手臂

手臂是支持的一个重要组成部分，是掌握的对象，另一方面是手腕。它的作用是在与预定的计划来驱动手指把握和处理。工业上的机械手臂的各个运动是通过通过驱动部件和驱动源来实现。

4. 立柱

支撑臂构件是柱，它的一部分也属于臂，臂是靠柱做旋转运动和升沉运动。也有一种

叫可移动立柱，来根据工作需要做横向运动。

5. 行走机构

当机器人完成远程操作，或扩大使用范围，可以是一个惰轮行走机构可分为辊，履带行驶在框架机构，以实现工业机械手的运动。辊式布料为跟踪和无轨两。传动滚筒运动应加机械传动装置

6. 机座

用来支撑和连接机械手的执行机构和驱动系统。

(二) 驱动系统

驱动系统是用来驱动机械手动力的机构，它主要是有驱动、调节、辅助作用。一般是通过液压传动、气压传动、机械传动来进行驱动。

(三) 控制系统

控制系统采用的运动要求的工业机械手系统为主。工业生产中使用的机械手一般有程序控制系统和电气定位系统两种。它是通过对输入的命令和记录按程序要求，同时，根据信息，控制系统在必要的时候，可以监控指令的执行，机械手的动作，报警信号，其行为是错误或失败。

1.2.2 机械手的分类

许多类型的工业机械手，一个分类问题，分类标准目前没有统一，这暂时是按使用范围分类，驱动和控制系统等。

(一) 按用途分

根据用途，具有特殊的机械手和机器人的机械手。

1. 专用机械手

这是一个机械装置连接到主机，与一个固定的程序，没有独立的控制系统。没有行动的特殊机械手，工作对象单一，结构简单，运行可靠，成本低，适合大批量自动换刀机械手自动化生产。

2. 通用机械手

这是一个机器人的自主控制系统，程序变量的，通用机械手可以通过调整行动方案应用于不同的环境，具有独立的驱动和控制系统。在小批量的自动化生产过程中一般都是选用通用机械手，因为它有更大的工作范围和精准的定位。通用机械手又可分为简易型和伺服型。只有一开一关简单点位控制的是简单型；能连续控制，也能点位控制的是伺服型，它具有伺服系统和定位系统，一般都是数控类型。

(二)按驱动方式分

1. 液压传动机械手

通过液压机械手驱动系统。其主要特点是：抓了数百公斤的重量，传动平稳，结构紧凑，动作灵活。由于机油的泄露会对机械手工作造成很大的影响，所以对液压的密封要求严格，而且对温度控制也有一定要求。优点：采用电液伺服阀能连续轨迹控制，实用性强。缺点：电液伺服阀的制造要求精度高，油液过滤严格，价钱高。

2. 气压传动机械手

通过气压的压力来作为驱动系统的机械手。优点：获取简单，运作快，结构简单，价格低。缺点：容易压缩，稳定差，冲击大，压力较低，抓重小。在高速轻载，工作很合适，高温、高粉尘环境。

3. 机械传动机械手

通过机械传动来作为驱动系统的机械手。这是一个特殊的机器连接到主机的手工作，电力是由工作机发送。其主要特点是精度高，大，结构，但行动计划是不可变的。

4. 电力传动机械手

通过直接驱动功率为机械传动系统，该机械手结构简单，不需要中间转换机。其特点是：运动速度快、运动时间长、维护使用便捷。

(三)按控制方式分

1. 点位控制

运动控制是窄的，可以实现移动的点对点，和控制的几个点的位置，也不能控制它的

轨迹。如果想控制的点数越多，则其电气控制系统越复杂。目前专业机械手和通用机械手都是使用点为控制。

2. 连续轨迹控制

在运动轨迹空间里有无限个点且任意连续，具有稳定准确的移动控制，应用比较广泛，但电气控制系统复杂。

2 机械手动作任务及要求

2.1 动作任务

图 2-1 是凸轮轴示意图。其加工工艺为：

工序 1: 钻中心孔。

工序 2: 在中心铰孔，形成一个 16h6，表面粗糙度 $Ra1.6\mu\text{Mm}$ 。

工序 3: 钻销孔底孔。

工序 4: 连接螺钉孔，销孔，形成一个 10h6，表面粗糙度 $Ra1.6\mu\text{M}$ 。

工序 5: 攻连接螺纹孔。

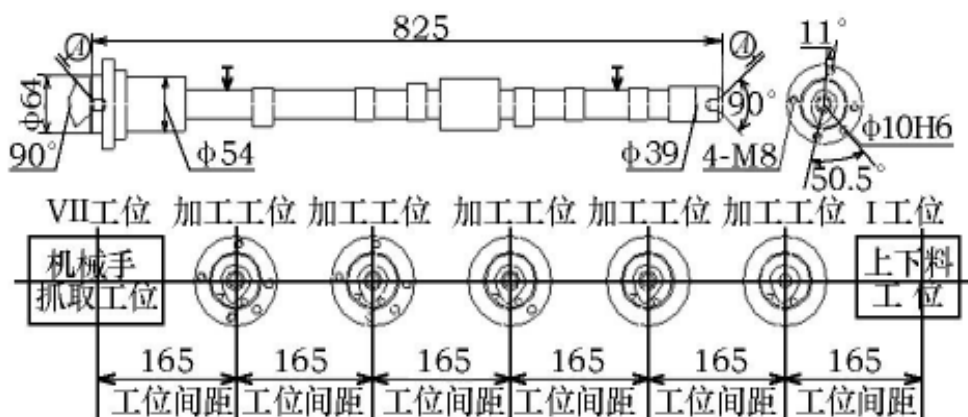


图 2-1 凸轮轴加工示意图

由一个直线运动式 7 工位组合机床精加工孔的凸轮轴法兰表面的机床的总体方案。。该机用于多头完成 5 个工作程序 5 处理站。有一个装载和卸载部分站在车站。如图 1 所示，站是装卸站，站 II - VI 是处理站，分别为 1 ~ 5 的所有处理程序内容。由人工从托盘装卸工件，安装一个被加工的工件。一个托盘输送机构安装在机座的步进式，它推动托盘及工件，车站我七和确保到位精度之间的工件传送。

机械手完成的任务是与卡的站 I 七一起工作。要求机械手具有刚性好、结构简单紧凑、具有较高的抓取、定位精度。

2.2 参数要求

- 1、抓重: $5kg$
- 2、最大工作半径: $1400mm$
- 3、手臂最大中心高: $1250mm$
- 4、手臂运动参数: 升降行程 $120mm$
升降速度 $250mm/s$
回转范围 $0^{\circ} - 180^{\circ}$
回转速度 $90^{\circ}/s$
- 5、手指夹持范围: 随行夹具厚度 $100mm$
- 6、定位方式: 行程开关或可调机械挡块等
- 7、定位精度: $\pm 1mm$
- 8、本体重量 $\leq 200kg$

3 机械手总体方案设计

3.1 基本形式的选择

根据机械手臂的坐标形式把手臂的动作形式分为以下四种：(1) 直角坐标型机械手；(2) 圆柱坐标型机械手；(3) 球坐标(极坐标)型机械手；(4) 多关节型机械手。由于圆柱坐标型机械手具有简单的结构、高精度的定位、较小的空间的特点，且能方便实现凸轮加工要求，所以本次设计采用了圆柱坐标型机械手。在圆柱坐标空间定位 3 参数 R ， θ ， Z 的实现，如图 3-1 所示。根据工作条件，如果该列设置在第四站中心线（见图 3-2），

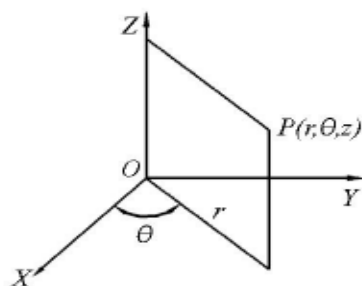


图 3-1 圆柱坐标系

根据任务要求机械手必须有这几个运动：立柱回转运动、夹持工件运动、升降工件运动。

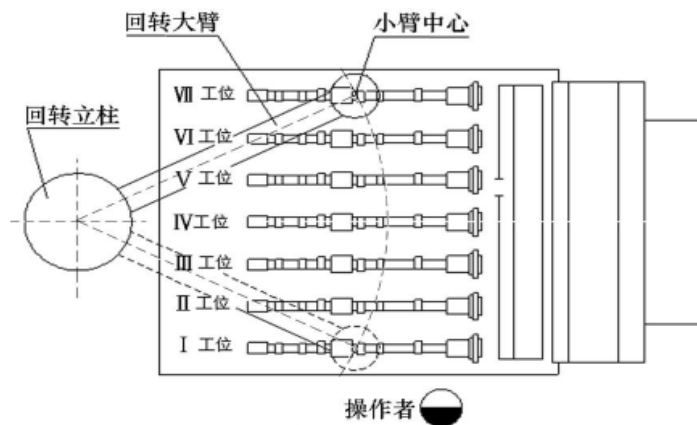


图 3-2 机床俯视图

手臂的旋转和升降臂通常是通过运动柱达到。但是，这种情况下，如果升降运动在后，是在手，负载要求的工件，也包括旋转大臂，这不但使起吊重量太大，但也导致柱结构是

非常复杂的。如添加一个小臂，升降运动放在小臂旋转大臂端可以降低体重升降，升降，使操作简化了。又因所夹持的随行夹具较长，故采用两个机械手部抓取，以防偏振。总体方案示意如图 3-3 所示。

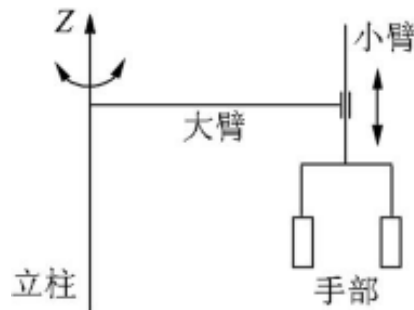


图 3-3 总体方案示意图

3.2 手部结构方案设计

设计时考虑的几个问题：

（一）具有足够的握力（即夹紧力）

因为在生产工作时会产生一个惯性和振动，会导致零件松弛或者掉落，所以一定要考虑到足够的握力。

（二）手指间应具有一定的开闭幅度

两个手指开放的垂直距离的两个极限位置和关闭开启和关闭的手指之间被称为振幅。所以还要考虑工件抓取和放下时手指的开闭幅度。

（三）保证工件准确定位

根据工件的形态来选择机械手手指，来保障手指与工件相对位置的准确性。

（四）具有足够的强度和刚度

在工件被夹持时会产生一个相对的压力，为了使工件在这个压力下发生形变而导致工件报废，要求手指有足够的强度和刚度，当应尽量使结构简单紧凑，自重轻。

3.2.1 手指结构

根据机械手手部对工件抓取的方式可以分为两种：夹持式和吸附式。而吸附式一般用来抓取比较大而且平整光滑的物体。因此，机械手夹持式手指的设计，机械手的手指，根

据移动夹紧机械手可分为旋转和平移的形式。指夹运动由平动完成称为平移式的手指，该手指的结构相对简单，适用于平面方形材料和抓斗，和轴向位置不会改变，因为工件的径向尺寸。因为所需要的夹紧是一个长方体夹的形状（如图3-4），手指的凸轮轴加工机械手选为翻译的基本形式。

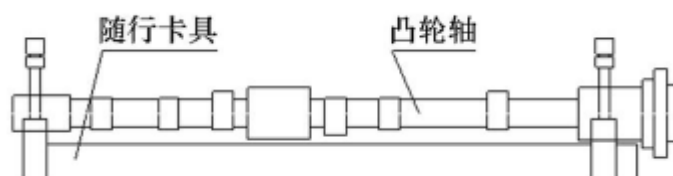


图 3-4 随行夹具和工件示意图

如果移动手指的典型，驱动力的手指运动所需的方向，这将使结构变得复杂和庞大的体积。因此, 采用连杆式机构来实现力方向的变化, 如图 3-5 所示结构。当油缸顶杆上下移动，通过连杆驱动，两个手指横向张。

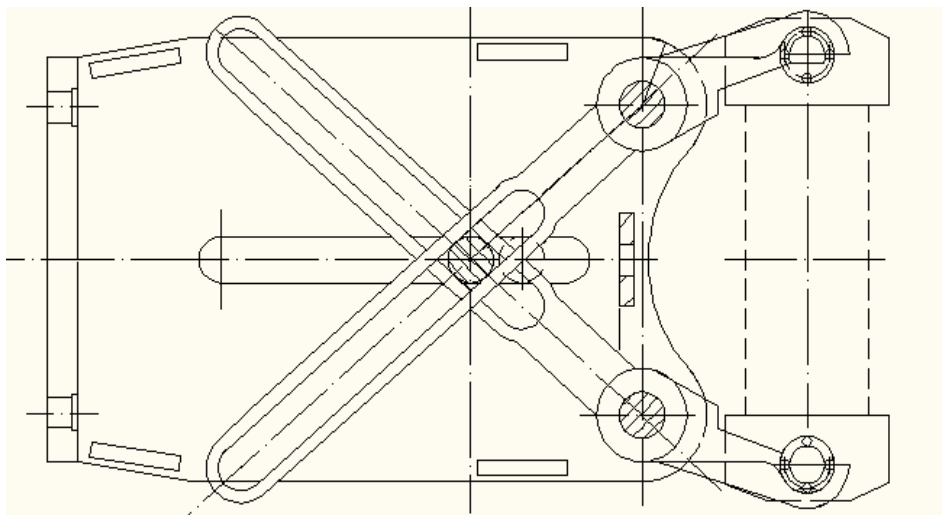


图 3-5 机械手手指结构图

3.2.2 手部夹紧气缸的设计

1. 手部驱动力计算

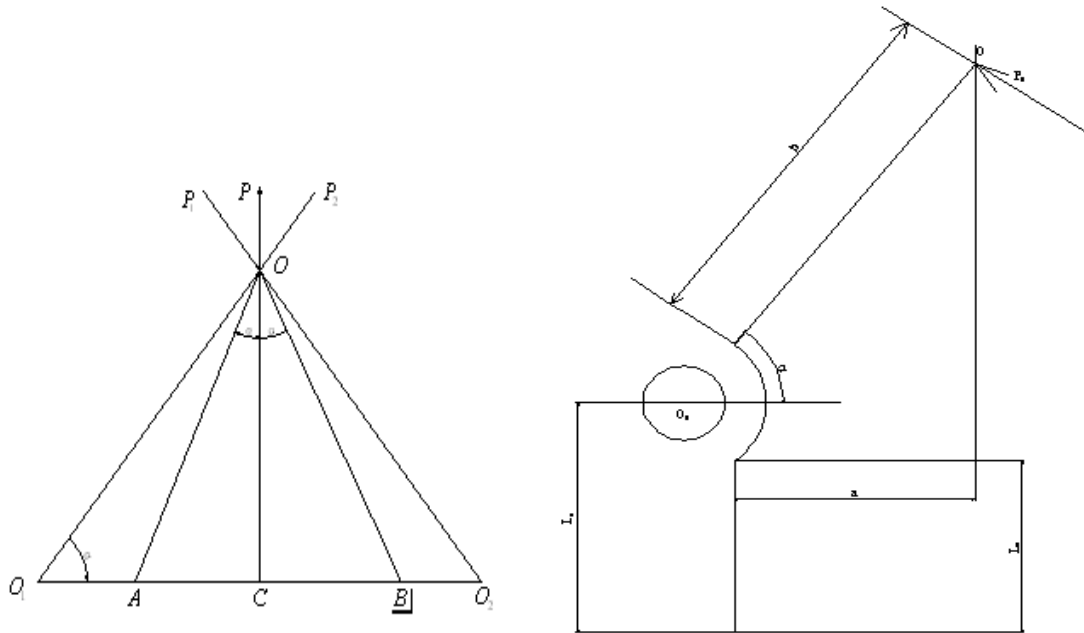


图 3-6 平移型手指受力分析图

手部受力分析如图3-6所示。由拉杆的力平衡条件，即 $\sum F_x = 0$ ，得：

$$P_1 = P_2, P'_1 = P_1$$

$$\text{由 } \sum F_y = 0. \text{ 得: } P_1 = \frac{P}{2 \sin \partial_1}$$

$$\text{由 } \sum M(F) = 0 \text{ 得 } P'_1 h = N L_{AB}$$

$$h = c \cos \partial, \quad p = b * \tan \partial * N$$

联解以上各式，可推得：

$$P = \frac{2b}{c} N \cos^2 \partial \quad (3-1)$$

由式（3-1）可知，当结构尺寸和驱动力一定，取较小的 α 可获得较大的握力 N 。

当 $\alpha = 0$ 所以手指接近最低位置的自锁位置，然后拆下驱动力，工件不会脱落。如果拉杆向下移动，你的手指会释放，以避免这种情况的发生，应大于零，和一般 $\alpha = 30^\circ \sim 40^\circ$ ，角 $\alpha = 30^\circ$ 。

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

2-1 查表“的工业机械手设计基础”， f 为摩擦系数，钢对钢 $f \approx 0.1$ 。计算综合前面的驱动力的方法，可以计算的驱动力。为了在惯性力转移过程中考虑工件，振动和传动机构的效率，实际的驱动力应按下列公式，即：

$$P_{\text{实际}} = P_{\text{计算}} K_1 K_2 / \eta$$

式中， η ——手部的机械效率，一般取 0.85~0.95；

K_1 ——安全系数，一般取 1.2~2

K_2 —— $K_2=1+a/g$ ，其中 a 最大加速度， g 为重力加速度。工件的机械手的旋转和垂直运动时，其运动速度为 250，移动加速度 1000。

选取 $b=53\text{mm}$ ， $c=50\text{mm}$ ，由式（3-1）计算得 $P_{\text{计算}} \approx 22.6\text{N}$ 。

选择 $\eta = 0.85$ ， $K_1 = 1.5$ ， $K_2 = 1 + 1000 / 9810 \approx 1.1$ ，然后。 $P_{\text{实际}} \approx 43.9\text{N}$ 。

2. 夹紧缸驱动力计算

夹紧装置的功率器件，指除了夹紧工件，液压驱动的选择，为单作用油缸，弹簧复位。根据“共同标准气缸直径和活塞杆直径的优先级列表”，选择液压缸的活塞杆直径为 40mm，外径= 16.4， $D = 18\text{mm}$ 。手指夹紧工件时，缸的驱动力为

$$P_{\text{推}} = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta$$

其中，取工作压力 $p=0.4\text{MPa}$ ，对应负载率 $\eta=0.3$ 。

计算可得， $P_{\text{推}}=150.8\text{N}$ 。又在夹紧时要克服弹簧的回复力和运动阻力， $P_f=70\text{N}$ 。

有 $P_{\text{推}} - P_f = 80.8\text{N} > P_{\text{实际}}$ ，故夹紧缸的选择满足题目要求。

3. 缸筒壁厚的设计

气缸直接的压力油的压力，必须要有一定的厚度，其壁厚可按薄壁筒公式计算：

$$\delta = DP_s / 2[\sigma] \quad (\text{mm})$$

式中， δ 为缸筒壁厚（mm）； D 为气缸内径（mm）； P_s 为试验压力（Pa），为工作压力 p 的 1.5 倍；材料为铝合金 ZL， $[\sigma]=3\text{MPa}$ 。

代入已知数据，则壁厚为: $\delta = 4mm$ 。

取 $\delta = 5mm$ ，则缸筒外径为: $D_1 = 40 + 5 \times 2 = 50mm$ 。

表一 手部夹紧缸基本尺寸

内径	外径	活塞杆直径	材料
40mm	50mm	18mm	铝合金 ZL

3.3 臂部结构方案设计

臂部件是机械手的主要成分。它的作用是支撑腕部和手部（包括工件或工具），并带动它们作空间运动。理论上手臂运动应该包括 3 个运动：伸缩、回转和升降。由于机械手的回转半径可以是一个固定值，在本文中手臂的伸缩运动不需要考虑，在机身的旋转臂，吊臂是由小臂实现。

3.3.1 臂部设计的基本要求

一、臂部应承载能力大、刚度好、自重轻

- 1 选择截面形状和轮廓尺寸要依据受力环境；
- 2 支撑点的距离和刚度要适合；
- 3 合理布置作用力的位置和方向；
- 4 注意简化结构；
- 5 提高配合精度。

二、臂部运动速度要高，惯性要小

能体现出机械手在生产上的价值，主要就看手臂主要参考数据之一是其运动的速度。对机械手的高速运动，在设计的最高速度 $1000 \sim 1500mm/s$ ，在设计上的最大角速度 $180^\circ/s$ 内，大多数的平均速度 $1000mm/s$ ，平均回转角速度在 $90^\circ/s$ 。在速度和角速度，在一定的条件下，最好的方法是降低其自身的重量，因此，机械臂的光。

减少惯量具体有 3 个途径：

- （1）减少手臂运动件的重量；
- （2）减少臂部运动件的轮廓尺寸；

(3) 驱动系统中设有缓冲装置。

三、手臂动作应该灵活

为了消减在生产过程中手臂运动是产生的阻力,可以把滚动摩擦代替滑动摩擦。对于悬臂式的机械手,它的各方面配置合理,使得手臂运动尽量平衡,以此达到减少偏力心柜的效果,最重要是要防止自锁现象的产生。因此,必须计算满足非自锁条件。但升降机械手的小臂,其重力和力臂轴线重合的中心,强调理论是等于零,所以没有必要考虑提升不自锁条件的计算与分析。

3.3.2 大臂结构方案设计

因为抓取的随行夹具太长,单手不容易抓取,所以设计两个手臂同时抓取。如图 3-7 所示,大臂一端连接回转轴,另一端连接活塞杆,这样可以保证机械手准确无误的移动到设定位置。

根据运动参数要求,将大臂的臂长定为 1110mm,则可算得大臂的回转角度为 $26.48^{\circ} \times 2 = 52.96^{\circ}$ 。大臂回转角度的定位可以用挡块来控制,实现其回转运动的装置及驱动力计算在下一章机身的设计中叙述。

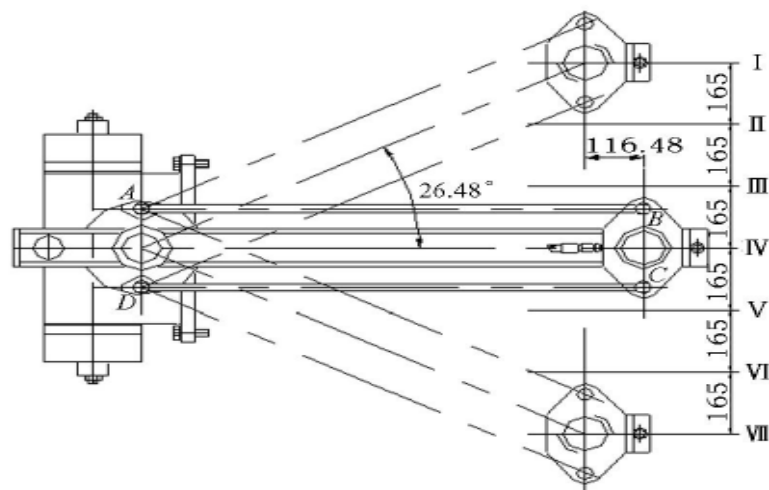


图 3-7 回转大臂结构

3.3.3 小臂结构方案设计

升降运动的升降液压缸实现机械臂，图 3-8 所示的具体结构。当升降缸 1 两腔分别通压力油时，小臂实现升降，并由导向杆 2 实现导向。同时随着气缸运动的导杆，或之前分别发出一个信号，停止升降行程开关。在升降缸的下端固联着手部的汽缸支座。

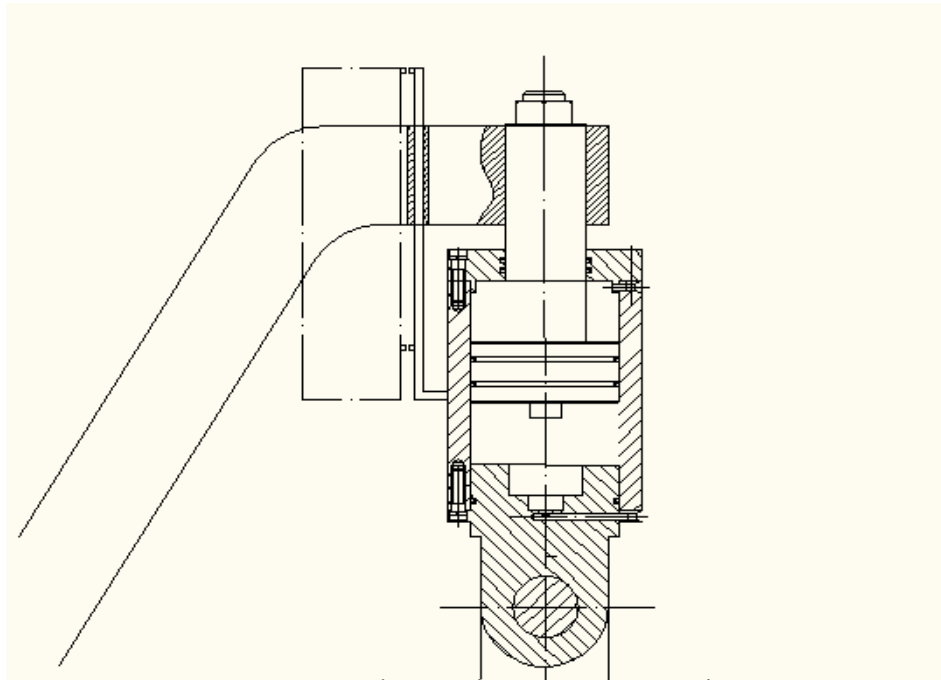


图 3-8 小臂结构图

3.3.4 小臂升降汽缸的设计

一、小臂作升降运动时所需的驱动力计算

手臂的起落是靠缸体的起落从而实现，它需要克服惯性力，摩擦阻力，以及背压阻力外，还需克服手臂本身和被抓取物件的重量。其驱动力公式为

$$P = P_{\text{惯}} + P_{\text{摩}} + P_{\text{封}} + P_{\text{背}} \pm G$$

$P_{\text{惯}}$ ——臂起动或平均惯性制动 (N);

$P_{\text{摩}}$ ——摩擦阻力 (N)。运动部件表面之间的摩擦，如导向装置，活塞与气缸壁，阻力;

$P_{\text{封}}$ ——密封装置，摩擦阻力 (N)。不同形状的印章，在不同的摩擦阻力;

$P_{\text{背}}$ —— 液压缸非工作腔造（即背压）成的阻力(N)，一般背压阻力较小；

G —— 参与升降的手臂，手部和被抓取物件的总重量 (N)，式中负号用于手臂下降的情况。

1. $P_{\text{惯}}$ 的计算

$$P_{\text{惯}} = \frac{G_{\text{总}} \Delta v}{g \Delta t}$$

设定速度为 $\Delta v = 0.07 \text{m/s}$ ，起动或制动的的时间差 $\Delta t = 0.02 \text{s}$ ， $G_{\text{总}}$ 近似估算为 50kg ，将数据带入上面公式有： $P_{\text{惯}} = 175 \text{N}$ 。

2. $P_{\text{摩}}$ 、 $P_{\text{封}}$ 、 $P_{\text{背}}$ 的估算

根据资料的类比和生产实际，现保守估计 $P_{\text{摩}} + P_{\text{封}} + P_{\text{背}} = 350 \text{N}$ 。

最后通过以上计算

当液压缸向上驱动时， $P = (175 + 350 + 50 \times 9.8) / 0.85 = 1195 \text{N}$

当液压缸向下驱动时， $P = (175 + 350 - 50 \times 9.8) / 0.85 = 42 \text{N}$

二、小臂升降缸尺寸计算

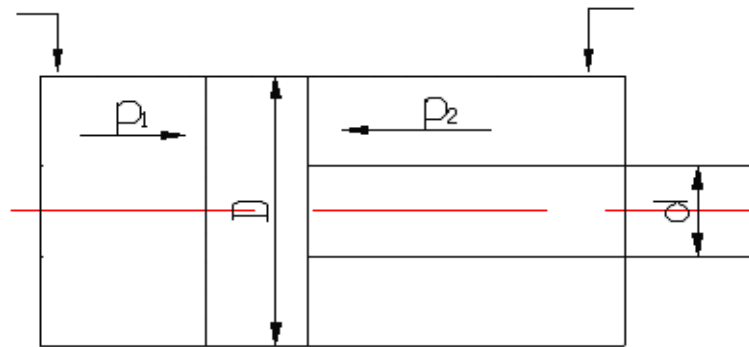


图 3-8 双作用液压缸示意图

当压力油进入无杆腔中，

$$P = P_1 \eta = p_1 \frac{\pi D^2}{4} \eta$$

当压力油进入有杆腔中，

$$P = P_1 \eta = P_1 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \eta = P_1 \frac{2\pi D^2}{9} \eta$$

故有 $D = \sqrt{\frac{4P}{\pi p_1 \eta}} = 1.13 \sqrt{\frac{P}{\eta p_1}}$ （无杆腔）

$$D = \sqrt{\frac{9P}{2\pi p_1 \eta}} \quad \text{（有杆腔）}$$

式中，P——活塞的驱动力(N)

P₁——工作压力(MPa)

d——活塞杆直径 (mm)，最初的 D = D / 3

D——液压缸内径(mm)

η ——液压缸机械效率，取η =0.9

据上述计算，P=1195N，P₁=0.4MPa，按有杆腔进行计算，其结果必然满足无杆腔的力学要求。将有关数据代入：

$$D = \sqrt{\frac{9P}{2\pi p_1 \eta}} = \sqrt{\frac{9 \times 1195}{2\pi \times 0.4 \times 0.9}} \approx 69mm$$

根据 GB / t2348-93 系列液压缸的内径，气动液压缸直径的选择标准，D = 100mm。

活塞杆直径 $d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]}}$ ，取 d=50mm。

缸筒材料用 45 号无缝钢管，直接承受油压，必须有一定厚度。一般液压缸的壁厚小于或等于 1 / 10 直径比，根据对几种常用材料的筒壁厚度，参考价值。选取升降缸壁厚 δ=10mm。

表二 升降气缸基本尺寸

内径	外径	活塞杆直径	材料
100mm	120mm	50mm	45 号无缝钢管、

4 机身的设计计算

4.1 机身整体设计

机身是直接支撑臂驱动组件。转臂的普遍实施和升降运动，传动机构的运动是身体上，或者直接连接底座箱体。因此，更多的锻炼手臂，和更复杂的应力状态的机制。身体可以固定，也可以走，可沿地面或空中铁路移动。本次设计的机身如图 4-1 所示。

回转液压缸的本体，转子与旋转立柱旋转圆筒，臂部连接有旋转柱，由转轴驱动臂的旋转运动；回转缸的下端盖与机座连接，机座用支撑板固定在机床上。

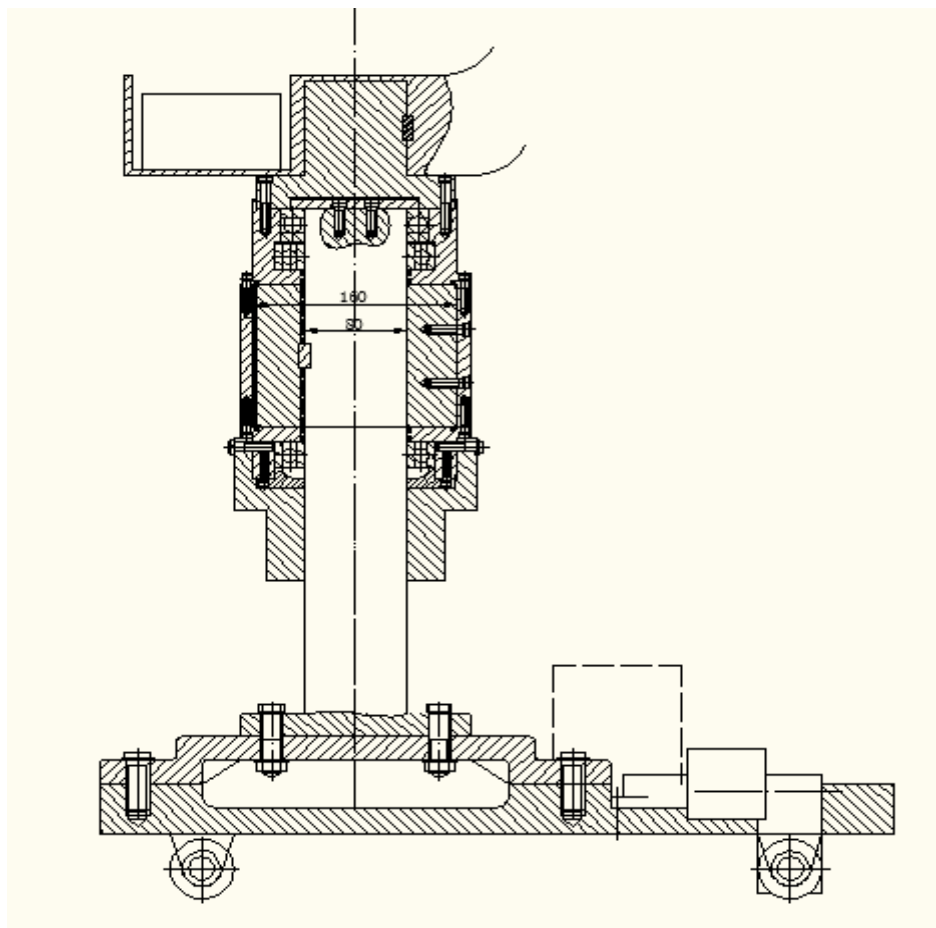


图 4-1 机身整体结构简图

4.2 机身回转机构的设计计算

4.2.1 回转缸驱动力矩的计算

臂回转圆筒旋转力矩 M ，应在平衡与产生的惯性和摩擦阻力矩臂运动时的密封装置。

$$M_{\text{驱}} = M_{\text{惯}} + M_{\text{阻}}$$

惯性力矩的计算：

$$M_{\text{惯}} = J_0 \varepsilon = J_0 \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

式中， $\Delta \omega$ ——回转缸动片角速度变化量（ rad/s ），在起动过程中 $\Delta \omega = \omega$ ；

Δt ——起动过程的时间(s)；

J_0 ——臂转动部件（包括工件）上的旋转轴的转动惯量（ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ）。

因为参与旋转的零件各不相同，所以计算起来会比较复杂，为了使计算 J_0 简洁话，可以把几个复杂的形状简单化求出各值再在相加,就构成了复杂零件对回转轴的转动惯量。

手臂的旋转部件在重心与旋转轴不重合的情况下，对旋转轴的转动惯量的部分

$$J_0 = J_c + \frac{G}{g} \rho^2$$

式中，在重力的轴的惯性矩的旋转部分，因为不同的旋转部分，不同的计算公式，为例，旋转部件可以等效为一个长 $l=0.8$ ，半径 $R=0.04\text{m}$ 的圆柱体，重量为 40kg 的圆柱体；由于旋转部件的旋转中心轴距离，因为目前的情况下，估计为 0.7m ；由于旋转部件的旋转中心轴距离，因为目前的情况下估计 $G=80\text{kg}$ 。

$$J_c = m(l^2 + 3R^2)/12 = 40 \times (0.8^2 + 3 \times 0.04^2) / 12 = 2.15 \text{Nm}^2$$

$$\frac{G}{g} \rho^2 = 100 \times 0.7^2 = 39.2 \text{Nm}^2$$

起始角速度 $\Delta \omega = 1.57 \text{rad/s}$ ，启动时间 0.1s 。

$$J_0 = J_c + \frac{G}{g} \rho^2 = 41.35 \text{N} \cdot \text{m}^2$$

$$M_{\text{惯}} = J_0 \varepsilon = J_0 \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = 41.5 \times \frac{1.57}{0.3} = 217.18 N \cdot m$$

摩擦阻力矩密封可以大致的估计 $M_{\text{阻}} = 0.03 M_{\text{驱}}$ 。

经过以上的计算 $M_{\text{驱}} = 223.9 N \cdot m$ 。

4.2.2 回转缸尺寸的初步确定

静态和动态的转筒的设计是 $B = 60$ 毫米宽，工作压力为 1 MPa 气压缸的选择。D 是输出轴与活动板接头的直径， $D = 50 \text{ mm}$ ，旋转气缸直径通过以下计算：

$$D = \sqrt[3]{9523.81 M / P} = \sqrt[3]{9523.81 \times 223.9 / 1} = 128.7 \text{ mm}$$

即设计液压缸的内径为 128.7 mm ，根据文献[2]中表 13.3，选择液压缸的基本内径尺寸 $D=160 \text{ mm}$ ；根据表 13.4，45 号无缝钢管壁厚厚度 7 mm ，即旋转气缸直径 $= 174 \text{ mm}$ 。
旋转轴的直径 $D = 160 / 2.5 = 64 \text{ mm}$ ，检索轴直径 $D = 80$ ， $B = 60 \text{ mm}$ 宽动态。

1. 液压缸盖螺钉的计算

根据文献[3]，因为回转缸的工作压力为 1 MPa ，所以螺钉间距 t 小于 150 mm 。根据初步估算，选取螺钉中心线 $D=200 \text{ mm}$ ， $L = \pi D = 3.14 \times 200 = 628 \text{ mm}$ ， $t' = \frac{L}{Z} = \frac{628}{6} = 105 < t$ ，所以缸盖螺钉的数目为（一个面 6 个，两个面是 12 个）。

$$\text{危险截面 } S = \pi R^2 - \pi r^2 = \pi \frac{160^2 - 64^2}{4} = 16889.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{所以，工作载荷： } Q = \frac{PS}{Z} = 2815 \text{ N}$$

$$\text{剩余预紧力： } Q_s' = KQ = 1.5 \times 2815 = 4222.5 \text{ N} \quad K = 1.5 \sim 1.8$$

$$\text{单个螺钉在危险剖面上承受的拉力： } Q = 2815 + 4222.5 = 7037.5 \text{ N}$$

$$\text{Q235 钢螺钉材料，然后 } [\sigma] = \frac{\sigma_s}{n} = \frac{240}{1.2} = 200 \text{ MPa} \quad (n = 1.2 \sim 2.5)$$

$$\text{螺钉的直径 } d \geq \sqrt{\frac{4 \times 1.3 Q}{\pi [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.3 \times 7037.5}{3.14 \times 200 \times 10^6}} = 7.6 \text{ mm}$$

螺钉的直径选择 $d=10 \text{ mm}$ 。选择 M10 的六角螺钉。

经过以上的计算，最终确定的液压缸的截面尺寸如图 4-2 所示，内径为 160mm，外径为 180mm，输出轴径为 80mm。

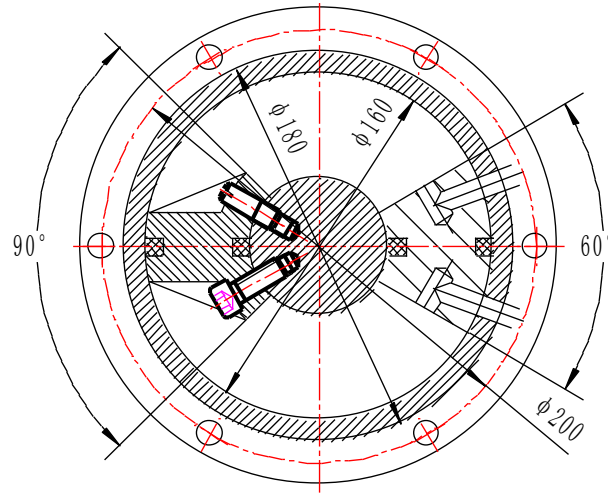


图 4-2 回转缸的截面图

2. 动片和输出轴间的连接螺钉

板和输出轴之间的连接结构如图 4-2 所示。螺纹连接一般甚至，采取 $Z=2$ 对称安装，对称设置，和两个定位销定位。螺纹连接的作用：动态合作之间的板和输出轴紧。

$$\frac{bp}{8}(D^2 - d^2) = M_{\text{摩}} = QZf \frac{d}{2}$$

于是得

$$Q = \frac{bp}{4Zfd}(D^2 - d^2)$$

式中， Q ——每个螺钉预紧力；

D ——动片的外径；

f ——连接表面的摩擦系数，在铜 $F = 0.15$ 。

螺钉的强度条件为

$$\sigma_{\text{合}} \frac{1.3Q}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]$$

或

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi[\sigma]}}$$

带入有关数据，得

$$Q = \frac{bp}{4Zfd}(D^2 - d^2) = \frac{160 \times 1}{4 \times 2 \times 1.5 \times 64}(160^2 - 64^2) = 4480N$$

螺钉材料选择 Q235，则 $[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n} = \frac{240}{1.2} = 200MPa$ （ $n = 1.2 \sim 2.5$ ）

$$\text{螺钉的直径 } d \geq \sqrt{\frac{4 \times 1.3Q}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.3 \times 4480}{3.14 \times 200 \times 10^6}} = 6.1mm$$

螺钉的直径选择 $d = 8mm$ ，选择 M8 的六角头圆柱螺钉。

5 液压系统设计

液压传动机械手是压力油为介质传递动力。压力油通过管道和一些控制装置进入气缸，推动活塞杆运动，使吊臂的运动，油液压力能转换为机械能。摩擦力臂的大小可以克服运动，并且需要保持双手持工件夹持的握把尺寸，都与压力和活塞有效工作面积有关。手臂运动的速度决定了在密封的气缸油量的多少。

液压传动系统主要由以下几个部分组成：

① 油泵 它的作用是提供液压系统压力油，把电动机输出的机械能转换为油液的压力能，用压力油驱动整个液压系统进行工作。

② 液动机 动力液压油驱动运动部件的外部工作的一部分。液体动力臂伸缩油缸。同时动力流体的旋转运动，一般称为油马达，液压马达的旋转角度小于 360 度，通常称为旋转油缸（液压）。

③ 控制调节装置 如单向阀、溢流阀、节流阀、调速阀、减压阀、顺序阀等，各种阀类都起到一定作用，机械手臂，手腕，手指可以完成所需的运动。

机械手的液压系统，根据机械手的自由度的数目，液压系统可以是简单或复杂的，但只有一些基本控制回路。基本控制回路具有多种功能，如调节，运动换向泵的工作压力，速度，和同步运动。

5.1 液压系统原理图

画一个图的液压系统的有机关系图机械手运动的液压元件，满足要求。它的组成一般是由一些典型的压力控制、流量控制、方向控制回路加上一些专用回路。

液压驱动机械手从一个地方抓，横向移动一定的距离，工件返回拆卸。它的动作顺序是：夹紧水平）→→→特征引脚臂向下闭合性手指，手指物料，手臂上升手臂转动，尺寸，销，武器站（大泵卸荷）→臂到手指，拉销，手臂上升（机械手复位），旋转臂（反转回到起始位置），可以预期的（一个循环卸完）。

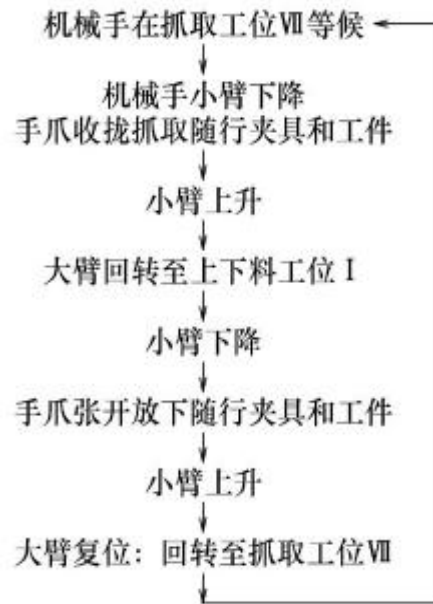


图 5-1 机械手工作循环图

上述动作均由电控系统发信号控制相应的电磁换向阀，通过电气控制系统电磁换向阀控制信号相应的行动，根据程序遵循的步骤及实现。步进控制系统采用步进选择器，步进运动在完成每个步骤时，触点闭合限位开关或根据每个移动预定的停留时间，时间继电器，传感器，步进式电磁线圈为“跳”来控制电磁阀开关，自动控制，根据完整的程序行为的电磁铁。

系统原理图如图 5-1 所示。

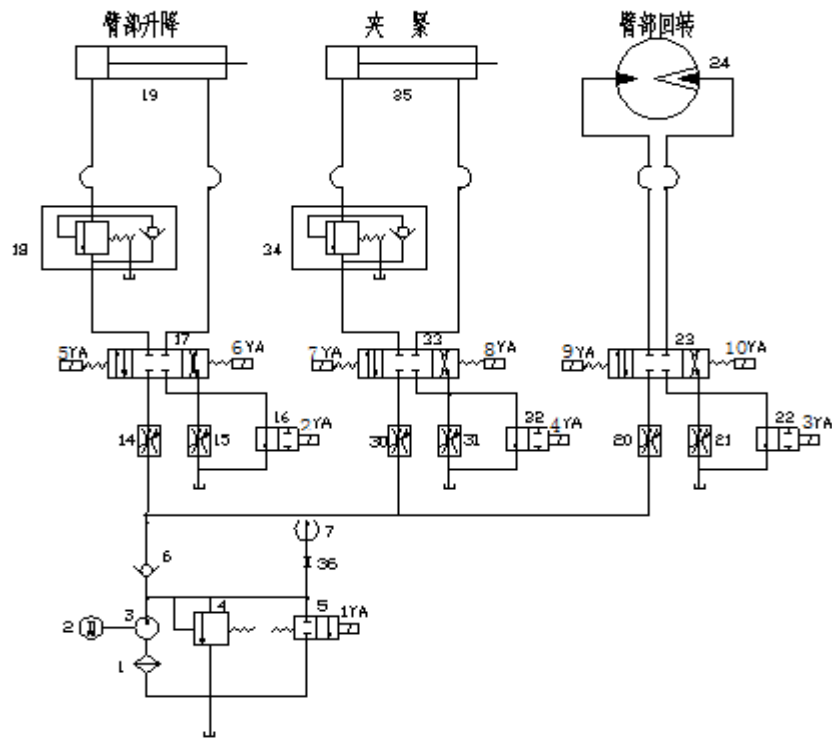


图 5-1 机械手液压系统图

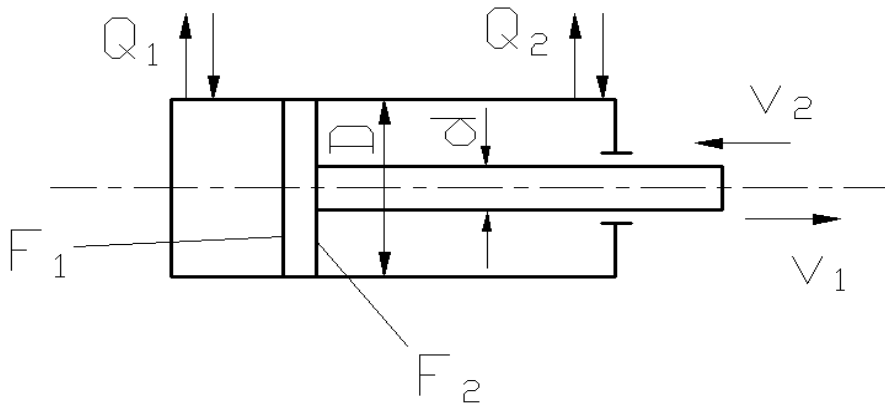
5.2 电磁铁动作顺序

序 号	电磁铁 动作	1DT	2DT	3DT	4DT	5DT	6DT	7DT	8DT	9DT	10DT
1	插定位销		+								
2	手臂下降		+			+					
3	手指闭合		+						+		
4	手臂上升		+				+				
5	拔定位销										
6	手臂回转									+	
7	插定位销		+								

8	手 臂 中 停、大泵 卸荷		+								
9	手臂下降		+			+					
14	手指张开		+		+			+			
19	拔定位销										
20	手臂反转										+
22	待料卸荷										

5.3 机械手液压系统的简单计算

5.3.1 流量、驱动力的计算



当压力油输入无杆腔，使活塞以速度 v_1 运动时所需输入油缸的流量 Q_1 为

$$Q_1 = \frac{\pi}{40} D^2 v_1$$

对于手指夹紧缸：= 1.02 厘米/秒，手臂的升降气缸：= 1.96cm/s

当压力油输入杆腔，在一个移动的速度所需的输入流筒活塞：

$$Q_2 = \frac{\pi}{40} (D^2 - d^2) v_2$$

对于手指夹紧缸：= 0.86 厘米/秒，手臂的升降气缸：= 1.64cm/s

当压力油输入回转油缸，使动片以角速度 ω 运动时，需要输入回转油缸的流量 Q 为：

$$Q = \frac{3b(D^2 - d^2)\pi}{400}$$

计算得：Q=0.15m³/s

5.3.2 油泵的选择

机械手一般液压系统，大部分的定量泵，泵的选择主要是基于需要泵的工作压力和最大流量来确定系统。

(1) 确定油泵的工作压力 $P_{\text{泵}}$

$$P_{\text{泵}} \geq P + \sum \Delta P$$

式中, P ——油缸的最大工作油压;

$\sum \Delta P$ ——压电路（线）的压力损失和局部损失和管道的一部分，包括沿路径损

耗的各种因素。 $P_{\text{泵}} = 20 \times 10^5 \text{ Pa}$

(2) 确定油泵的最大流量 $Q_{\text{泵}}$

在工作时实际所需的最大流量 Q_{max} ，并考虑系统的总泄漏来确定。

$$Q_{\text{泵}} = K Q_{\text{max}} \quad (K \text{ 一般取 } 1.10 \sim 1.25)$$

$$Q_{\text{泵}} = 10 \text{ L/min}$$

5.3.3 确定油泵电动机功率 N

$$N = \frac{pQ}{612\eta} \quad (\text{千瓦})$$

式中, P ——油泵的最大工作压力

Q ——所选油泵的额定流量

η ——油泵总效率

计算：n = 2.2（千瓦），y10011-4 模型的选择

6 结 论

- 1、这次设计的是液压驱动通用机械手，对比专用机械手而言，通用机械手的自由度可以变化，控制程序可调，所以适用面更为广泛；
- 2、采用液压驱动，传动平稳、结构紧凑、动作灵敏。但对密封装置具有严格的要求，因为油的泄漏对机械手的工作性能会产生较大影响，而且不适宜在高温或低温下正常工作。
- 3、通过对液压传动系统工作原理图参数化绘制，大大提高了绘图速度，节省了大量时间以及避免了重复的劳动量，同时也做到了图纸的统一规范。
- 4、应用 PLC 控制机械手，具有多项优点，无论时间控制或行程控制和混合控制，可以通过机械手的动态序列的修饰，让一般的机械手增加到最大值。
- 5、在整个过程中，我们吸取了以前的设计经验，参考了有关资料。同时，在这期间，得到了许多老师的帮助，以至于在这次设计过程中，让我们很好的对四年的大学所学的专业知识得到一个很好的理解与规划。

致 谢

这次研究及学位论文是在我的指导老师潘海鹏老师的悉心关怀指导下完成的。他一丝不苟的科研态度无时无刻的感染着我。潘老师不仅在学业上更是在生活上给予我体贴入微的关怀，在此我向潘老师致以真诚的感谢。除此之外,我还要感谢在一起的毕业论文小组成员们，因为你们的帮助与支持，我才能克服一个个的阻碍，直到本论文的完成。回想起最初从开始进入课题到论文的完成，有多少可敬的师长、同学、给予我莫大的帮助。最后，再次感谢帮助过我的老师与同学们!

参 考 文 献

- [1]熊有伦. 机器人技术基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2002.
- [2]刘乐平, 陈为国, 戴哲敏. 液压与气压传动. 江西: 江西高校出版社, 2010.
- [3]天津大学《工业机械手设计基础》编写组. 工业机械手设计基础[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1980.
- [4]机械工程手册、电机工程手册编辑委员会. 机械工程手册. 北京:机械工业出版社, 1979.
- [5]张鄂. 机械设计要点与解析[J]. 西安交通大学学报, 2006(8).
- [6]张建民. 工业机器人[M], 北京:北京理工大学出版社, 1992.
- [7]王承义. 机械手及其应用[M]. 北京:机械工业出版社, 1981.
- [8]朱龙根. 机械系统设计[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [9]濮良贵, 纪名刚. 机械设计（第八版）. 北京:高等教育出版社, 2011.
- [10]蔡自兴. 机械人学的发展趋势和发展战略[J]. 机械人技术, 2001(4).
- [11]李明. 单臂回转式机械手设计[J]. 设计与研究, 2005(7).

