

工业机械手液压及 PLC 控制系统设计

作者姓名:

专业名称: 机械工程及自动化

指导教师:

成都理工大学工程技术学院

学位论文诚信承诺书

本人慎重承诺和声明：

1. 本人已认真学习《学位论文作假行为处理办法》（中华人民共和国教育部第 34 号令）、《成都理工大学工程技术学院学位论文作假行为处理实施细则（试行）》（成理工教发〔2013〕30 号）文件并已知晓教育部、学院对论文作假行为处理的有关规定，知晓论文作假可能导致作假者被取消学位申请资格、注销学位证书、开除学籍甚至被追究法律责任等后果。

2. 本人已认真学习《成都理工大学工程技术学院毕业设计指导手册》，已知晓学院对论文撰写的内容和格式要求。

3. 本人所提交的学位论文（题目：工业机械手液压及 PLC 控制系统设计），是在指导教师指导下独立完成，本人对该论文的真实性、原创性负责。若论文按有关程序调查后被认定存在作假行为，本人自行承担相应的后果。

承诺人（学生签名）：

20 年 月 日

注：学位论文指向我校申请学士学位所提交的本科学生毕业实习报告、毕业论文和毕业设计报告。

摘要

在当代工业的发展，各种自动化技术日益成熟，机械手是属于自动化技术中的一种，机械手也是当代的一项新课题。机械手是自动化生产中不可或缺的设备，他在工业中的应用越来越多。本论文为自动化生产线上设计一台PLC控制液压系统机械手。采用圆柱坐标的形式机构，通过PLC控制液压系统来完成。它工作一个来回需要用时45s，因为要保证机械手的运动精度，我们采用了导向杆导向和花键轴导向；还需要保证机械手的定位精度，我们采用行程开关来控制。本文主要叙述了机械手的设计计算过程。

首先，本文了介绍机械手的简介及运用和工业机械手的发展趋势，说明了机械手的位置检测和机械手圆柱座标的形式。其次再进行了机械手的总体方案设计，及机械手的各组成部分设计，主要写了各部分驱动力的计算。最后进行了液压系统及PLC控制系统的设计。

文章中介绍了PLC控制系统液压传动机械手的设计理论与方法。简略的讨论了机械手的手部、腕部、手臂、液压系统、PLC控制系统等主要部件的结构设计。

关键词：工业机械手 液压系统 PLC

Abstract

In the development of modern industry, all kinds of automation technology matures, manipulator is one of the automation technology, and is a new subject of contemporary manipulator. Manipulator is indispensable in the production of automation equipment, his application in the industry more and more. In this paper for the automated production line design a manipulator PLC control hydraulic system. In the form of cylindrical coordinate mechanism, through the PLC control hydraulic system to accomplish. It work a need is 45 s back and forth, because to ensure the movement precision of the manipulator, we adopted the guide rod guide and spline shaft orientation; You also need to ensure the accuracy of the manipulator positioning, we travel switch is used to control. This paper mainly describes the design and calculation process of the manipulator.

First, this paper introduces the introduction and application of the manipulator and the development trend of industrial robots, illustrates the position detection of the manipulator and the manipulator in the form of cylindrical coordinates. Then has carried on the overall design of manipulator, and each component of the manipulator is designed, mainly wrote driving force calculation of each part. Finally the design of hydraulic system and PLC control system.

The article introduces the PLC control system design theory and method of hydraulic manipulator. A brief discussion of the manipulator hand, wrist, arm, hydraulic system.

Keywords: manipulator, The hydraulic system, PLC

目录

摘要	I
Abstract	II
目录	III
前言	1
1 绪论	2
1.1 工业机械手的简介及应用	2
1.1.1 工业机械手简介	2
1.1.2 工业机械手应用	3
1.2 工业机械手的发展趋势	3
2 机械手的总体方案设计	5
2.1 机械手基本形式的选择	5
2.2 方案设计	6
2.3 机械手的运动分析	7
3 机械手手部的设计计算	10
3.1 手部设计基本要求	10
3.2 典型的手部结构	10
3.3 选择手抓的类型及夹紧装置	10
3.3.1 手抓的力学分析	10
3.3.2 夹紧力及驱动力的计算	12
3.4 机械手夹持精度的分析计算	14
3.5 手指夹紧液压缸的尺寸参数的确定	15
4 腕部的设计计算	16
4.1 腕部设计的基本要求	16
4.2 腕部的结构以及选择	16

4.2.1 典型的腕部结构.....	16
4.2.2 腕部结构和驱动机构的选择.....	16
4.3 腕部的设计计算.....	17
4.3.1 腕部设计考虑的参数.....	17
4.3.2 腕部的驱动力矩计算.....	17
4.3.3 腕部驱动力的计算.....	18
5 臂部的设计及有关计算.....	19
5.1 臂部设计的基本要求.....	19
5.2 手臂的典型机构以及结构的选择.....	19
5.2.1 手臂的典型运动机构.....	19
5.2.2 手臂运动结构的选择.....	20
5.3 手臂驱动力的计算.....	20
5.3.1 手臂摩擦力的分析与计算.....	20
5.3.2 手臂惯性力的计算.....	22
5.3.3 密封装置的摩擦阻力.....	22
5.4 液压缸工作压力和结构的确定.....	22
5.5 液压缸的尺寸参数的确定.....	24
6 机械手液压系统的设计.....	26
6.1 液压传动的优缺点及发展趋势.....	26
6.2 机械手液压系统的分析与计算.....	26
6.2.1 双作用单杆活塞式液压缸.....	27
6.2.2 无杆活塞式液压缸.....	30
6.2.3 单叶片回转油缸.....	31
6.2.4 油泵的选择.....	32
6.2.5 确定油泵电动机功率 N.....	33
6.3 液压系统控制原理图设计.....	33
7 机械手的 PLC 控制系统设计.....	37
7.1 PLC 的特点及应用概况.....	37
7.1.1 PLC 的应用概况.....	37
7.1.2 PLC 的特点.....	37

7.2PLC 型号的选择.....	38
7.3PLC 在机械手中控制程序.....	38
7.4PLC 在机械手中控制系统图.....	39
7.4.1PLC 自动控制图.....	39
7.4.2 手动控制系统图.....	39
7.4.3 机械手自动方式状态图.....	40
总结.....	42
参考文献.....	43
致谢.....	44

前言

本次设计的是工业机械手液压及 PLC 控制系统，工业机械手是 1947 年开始被人们逐渐设计和制造，在发达国家工业机械手的应用要较发展中国家早很多年，计算机参与机械行业是其快速发展的主要原因，在国际上有 Siemens PLM Software 这样的全球领先的软件和服务商，有 IBM 这样致力于智能芯片的开发商，都为工业的智能化做出来很大的贡献，当然工业机械手就是很好的实际应用。当然，在国内我们的工业机械手的发展还是可以。

在工业机器人行业中，工业机械手是应用最广泛的智能化设备，各式各样的机械手在各个领域被人们研发并投入使用，比如宝马车的点焊，就是用机械手自动操作完成的；又比如日本的近几年在推广工业机械手代人工的生产。劳动力成本低是工业机械手发展的契机，当然最大的原因是工业机器人的自动化，智能，精确制造。机械手在规定程序的加工中精度非常高，能在一般的环境和特殊的环境完成指令发出的任何任务，在带人工领域中有着很大的发展空间。

1 绪论

1.1 工业机械手的简介及应用

1.1.1 工业机械手简介

机械手有多个自由度，可以通过自动化控制程序来控制，也可以不同环境中进行工作。例如：在高温的环境下，你可以设计一个机械手来帮忙，在粉尘多的环境下，也可以用机械手来帮忙等等恶劣环境下，都可以用机械手来完成任务，所以机械手应用十分广泛。机械手在我国最近二十年的发展也很快，取得了一些成就，受到国人对机械手在制造业应用的重视。

机械手的结构设计很简单，实用性也强。随着现代工业技术的发展，现在的机械手可以用自动化程序来控制实现指定的运动，并且可以重复不断的工作。

机械手最早研制的国家是美国。那时候他是在机身上安装一个回转臂，在机身端部装有电磁铁的工件抓放机构。美国这个机械铸造公司和普鲁曼公司签订协议，一起来研究并生产工业机械手，达到工业机械手使用要求。他们研究机械手主要是提高机械手的结构稳定性，同时降低制造成本。

工业机械手发展最快的国家是日本。从美国那里引进了二种典型的机械手，发现机械手的应用前景，投入了大量资金和人力，当时风靡日本整个国家，相应研究机械手的研究基地及学校大力兴起。很多机械手及机器人相继出现，应用于各种场合，其中工业中的应用非常广泛。日本就开始大力研究机械手。于 1979 年，日本生产的机械手之类的产品在全球比例占最多。汽车工业是使用机械手最多行业。预计到 1990 年将有 60 万机器人在工业工作。

按照机械手的经历来分，第一代机械手精度低，成本高，而且需要人工来操作。第二代机械手它具有微型电子计算机控制系统，可以具有相当于人眼睛，耳朵，手，思维等能力。安装各种各样的传感器，把感觉到的信息进行系统反馈，使机械手具有感觉机能。目前国外已经研制出具有触

觉 和 视 觉 机 械 手 ， 应 用 于 多 种 行 业 中 。

第三代机械手也称为机器人，它完全可以相当于人，可以独立完成一些简单的工作任务。与自动化控制系统相结合。并逐步发展成为柔性制造系统 FMS(Flexible Manufacturing system) 和 柔性制造单元 (Flexible Manufacturing Cell)中。

1.1.2 工业机械手应用

机械手在工业自动控制中作业，可以完成搬运货物，从一个地方搬到另一个地方，也可以进行各零件的装配工作，还可以进行线切割和电焊及激光焊接等应用中。跟着工业中的自动化程度提高，机械手也越来越多，工人的工作都可以用机械手来完成。工人每天 8 小时完成 100 套的组装工作，用机械手来完成只需要 4 个小时，大大的提高了生产效率，在搬运重物的时候，人手是很难搬运上百斤以上的东西，而机械手轻松的就可以搬运上千斤的重物。还有些机械手可以从模具中快速取出物件；抓取生产资料、输送生产资料。这篇文章就是把能够实现这类工作的搬运机械手为对象来进行研究。接下来具体说明在工业方面机械手实际应用的能力。

1.2 工业机械手的发展趋势

- (1) 工业机械手性价比提高，也在向便于操作和批量维修中发展。
- (2) 机械手的各组成结构更加的模块化、标准化方向发展。当今就有些标准化机械手陆续上市。
- (3) 机械手的网络化，提高器件集成度，并且将在这种控制柜中运用标准化结构，减小电器控制柜的空间大小。
- (4) 机械手中的传感器减小，减小整体的空间体积，新增加视觉传感器和压力传感器等。
- (5) 有一项虚拟现实技术在机械手中的应用更加发达，与真实情况十分相符，可以让遥控机器人操作者有着身临其境的感觉。
- (6) 追求全自动化系统并非是当代遥控机器人系统的特点，而是让智能机器人走出实验室阶段。例如“索杰纳”机器人。
- (7)

机械手的操作机的控制系统硬件已基本掌握，部分机器人关键元器件被我国生产出来，汽车行业中的焊装线上弧焊机器人已经广泛应用。但是我国和国外的工业机械手技术及机械手制造水平还有很大的距离，我国机械手产品的可靠性低、范围窄，技术比国外落后。目前我国的机械手生产几乎都是按照“不同的功能不同的设计要求”来完成的，并没有形成一个完整的机械手产业，这使得我国机械手零部件稀缺。因此我国工业机械手行业暂时还不成熟，我们需要对产品进行全面规划，努力推进机械手产业化发展进程。我国居世界领先水平的成果是水下无缆机器人，但是机器人化机械等的开发用方面与国外先进水平差距明显，还需要我国在原有基础上继续攻关，希望在“十五”后期能够立位于世界先进行列。

2 机械手的总体方案设计

2.1 机械手基本形式的选择

工业机械手根据坐标方式可以分为以下几种：

- (1)直角坐标型：就是建立直角坐标系
- (2)圆柱坐标型：就是建立圆柱坐标系。
- (3)球坐标型：就是建立圆柱坐标系。

按照机械手的运动形态可以为多关节型：就是采用两个及两个以上的手臂实现多自由度运动。本论文采用圆柱坐标型，因为圆柱坐标型机械手的机械结构简单，机械手的定位精度高。图 2.1 是机械手搬运物品示意图。

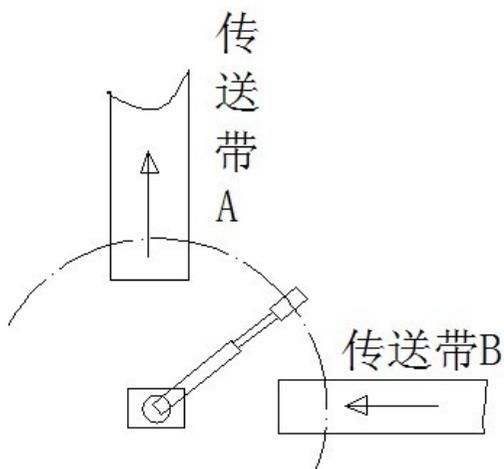


图 2.1 机械手基本形式示意

2.2 方案设计

(1) 结构如图 2.2 所示

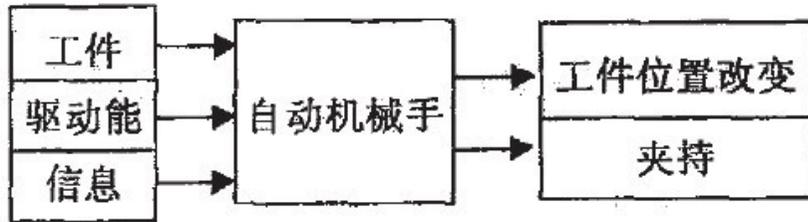


图 2.2 设计方案

(2) 机械手动作分析如图 2.3 所示，机械手大臂先下降，下降到一定得位置，再夹紧工件，然后根据限位开关从 PLC 控制系统中获取信息，再进行上升运动，上升过程中大臂回转，到达上限位时再进行延伸过程，到达指定位置，放松工件，手臂收回。按动作顺序可以分为：大臂下降—夹紧工件—手腕上翻—大臂上升—大臂回转—手臂延伸—放松工件—手臂收回—手腕下翻—大臂回转—大臂下降。

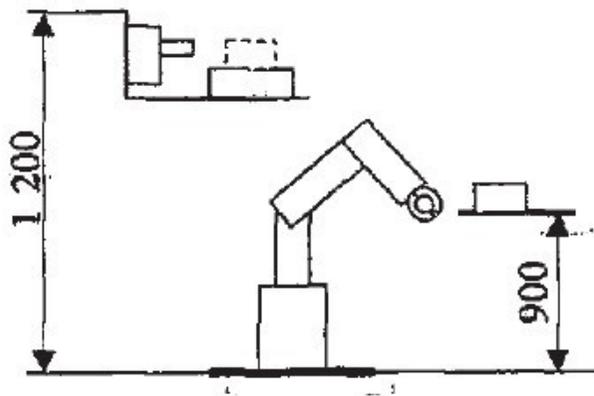


图 2.3 机械手运动图

(3) 功 能 原 理 如 图 2.3 所 示

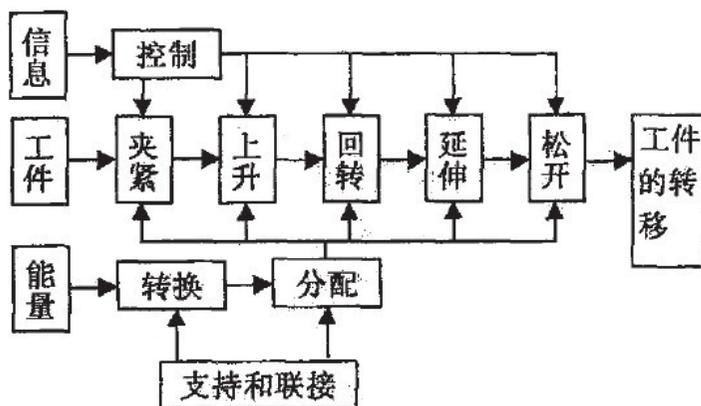


图2.4 机械手功能原理图

2.3 机械手的运动分析

机械手的动作循环：大臂下降 700mm—夹紧工件—手腕回转 90°—大臂上升 700mm—大臂回转 90°—手臂延伸 900mm—放松工件—手臂收缩 900mm—手腕反转 90°—大臂回转 90°—大臂下降 700mm。

表 2.1 参数表

运动方式	最大速度	平均速度	结合生产所取速度
手臂升降	$V=100\text{ mm/s}$	$V=80\text{ mm/s}$	$V=90\text{ mm/s}$
手臂伸缩	$V=100\text{ mm/s}$	$V=80\text{ mm/s}$	$V=90\text{ mm/s}$
手腕回转	$V=90^\circ/\text{s}$	$V=60^\circ/\text{s}$	$V=60^\circ/\text{s}$

本机械手要在45s时间内完成上述工作循环图中的一次循环。因此，我们在整个运动过程中都将采用协调运动，这样可缓减每个动作的紧迫性。

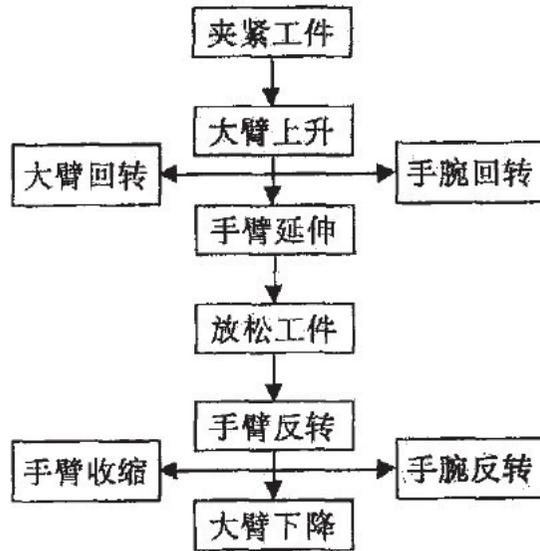


图2.5 机械手运动流程图

如图2.5所示，当 $t=0s$ 时，机械手大臂下降，用时 $7s$ ，大臂下降速度 100 mm/s ； $t=9s$ 时，机械手做夹紧工件运动；当 $t=10s$ 时开始的还有手腕回转 90° ，用时 $2s$ ；与此同时大臂开始以 100 mm/s 做上升运动，用时 $7s$ 。当 $t=19s$ 时，大臂开始做回转运动，回转 90° ，这里用时 $2s$ ，回转速度 $45^\circ/\text{s}$ ；当 $t=21s$ 时，手臂开始做向外延伸 900 mm 的运动，运动速度为 100 mm/s ，用时 $9s$ ；当 $t=30s$ 时，机械手手指开始做放松工件运动，用时 $2s$ ；需要慢放，当 $t=32s$ 时，手腕开始做下翻 90° 的运动，用时 $2s$ ；与此同时手臂开始收缩，收缩距离 900 mm ，平均速度为 100 mm/s ，用时 $9s$ ；当 $t=43s$ 时，手臂做 90° 回转运动，用时 $2s$ 。上述运动为一个整周期运动，完成上述运动共用时 $45s$ 。运动简图见图 2.6 所示。

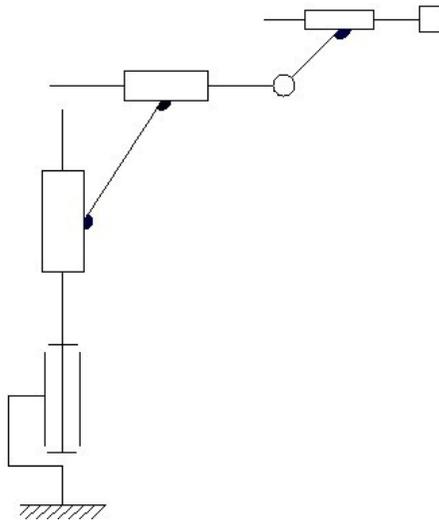


图2.6 机械手运动简图

3 机械手手部的设计计算

3.1 手部设计基本要求

- (1) 应具有适当的夹紧力和驱动力。
- (2) 手指应该具有足够的开闭角度。
- (3) 要求结构紧凑、重量轻、效率高。
- (4) 还应保证手抓的夹持精度。

3.2 典型的手部结构

- (1) 回转型 包括滑槽杠杆式和连杆杠杆式两种。
- (2) 移动型 移动型即两手指相对支座作往复运动。
- (3) 平面平移型。

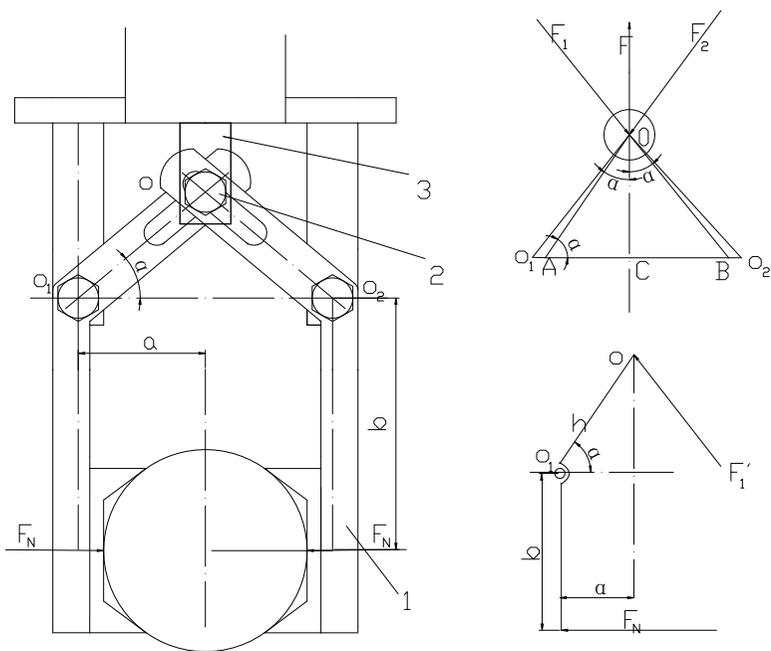
3.3 选择手抓的类型及夹紧装置

本设计平动搬运机械手的设计，考虑到所要达到的原始参数：手抓张合角 $\Delta\gamma = 60^\circ$ ，夹取重量为25kg。工业机械手手部按握持工件的原理，分为夹持式手指和吸附式手指两大类。本论文采用夹持式手指，因为这种手指结构简单，方便下料。

通过综合考虑，选择夹持式回转型手抓结构和滑槽杠杆式结构。选择常开式夹紧装置方案。

3.3.1 手抓的力学分析

下面对其基本结构进行力学分析：滑槽杠杆 图 3.1 (a) 为常见的滑槽
杠 杆 式 手 部 结 构 。



(a)(b)

图 3.1 滑槽杠杆式手部结构、受力分析

1——手指 2——销轴 3——杠杆

在杠杆 3 的作用下，销轴向上的拉力为 F

$$\begin{aligned} \text{由 } \sum F_x = 0 \quad \text{得 } F_1 = F, \\ \sum F_y = 0 \end{aligned}$$

得

$$F_1 = \frac{F}{2 \cos \alpha}$$

$$F_1 = -F_1'$$

$$\text{由 } \sum_{o1} (F) = 0 \quad \text{得 } F_1' \cdot h = F_N \cdot b$$

$$Q \quad h = \frac{a}{\cos \alpha}$$

$$F = \frac{2b}{a} \cos^2 \alpha \cdot F_N \quad (3-1)$$

其中

a——回转支点到对称中心的距离。

α ——手指滑槽方向与回转支点的夹角。

由分析可知，当 F 不变时， α 角增大，但 α 角过也不好，会导致运动行程增大，所以选择 $\alpha = 30^\circ$ 到 40° 之间为宜。

3.3.2 夹紧力及驱动力的计算

手指加在工件上的夹紧力，是设计手部的主要依据。必须对大小、方向和作用点进行分析计算。一般来说，需要克服工件重力所产生的静载荷以及工件运动状态变化的惯性力产生的载荷，以便工件保持可靠的夹紧状态^[3]。

$$\text{夹紧力计算公式为：} F_N \geq K_1 K_2 K_3 G \quad (3-2)$$

式中 K_1 ——安全系数，通常 1.2-2.0；

k_2 ——工作情况系数。可以按照下式算

$$\text{可近似 } K_2 = 1 + \frac{b}{a} \quad \text{其中 } \alpha \text{ 为重力方向的最大上升加速度； } a = \frac{v_{\max}}{t_{\text{响}}}$$

v_{\max} ——运载时工件最大上升速度

$t_{\text{响}}$ ——系统达到最高速度的时间，一般选取 0.03-0.5s

K_3 ——方位系数，根据手指与工件位置不同进行选择。

G——被抓取工件所受重力 (N)。

表 3.1 液压缸的工作压力

作用在活塞上外力 F (N)	液压缸工作压力 Mpa	作用在活塞上外力 F (N)	液压缸工作压力 Mpa
小于 5000	0.8 : 1	20000 : 30000	2.0 : 4.0
5000 : 10000	1.5 : 2.0	30000 : 50000	4.0 : 5.0
10000 : 20000	2.5 : 3.0	50000 以上	5.0 : 8.0

计算: 设 $a=100\text{mm}, b=50\text{mm}, 10^\circ < \alpha < 40^\circ$; 机械手最高响应时间为 0.5s 。

(1) 设 $K_1 = 1.5$

$$K_2 = 1 + \frac{b}{a} = 1 + \frac{0.1}{\frac{0.5}{9.8}} = 1.02$$

$$K_3 = 0.5$$

根据公式, 将已知条件带入:

$$\therefore F_N = 1.5 \times 1.02 \times 0.5 \times 5 = 3.825\text{N}$$

(2) 根据驱动力公式得:

$$F_{\text{计算}} = \frac{2 \times 50}{100} (\cos 30^\circ)^2 \times 3.825 = 2.87\text{N}$$

(3) 取 $\eta = 0.85$

$$F_{\text{实际}} = \frac{F_{\text{计算}}}{\eta} = \frac{2.87}{0.85} = 3.38\text{N}$$

(4) 确定液压缸的直径 D

$$Q F_{\text{实际}} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p$$

可以选活塞杆直径 $d=0.5D$

(5) 确定液压缸压力油工作压力为 $P=1\text{MPa}$

$$\therefore \sqrt{\frac{4F_{\text{实际}}}{\pi p (1 - 0.5^2)}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.38}{\pi \times 0.8 \times 10^5 \times 0.75}} = 0.0085$$

根据表 4.1 选取液压缸内径为: $D=10\text{mm}$

因为我们要夹取更大范围, 所以在本论文设计中选取液压缸内径 $D=16\text{mm}$

那么 活 塞 杆 内 径 为 : $D=16 \times 0.5=8\text{mm}$

3.4 机械手夹持精度的分析计算

机械手的精度设计要求工件定位准确, 抓取精度高, 重复定位精度和运动稳定性好, 并有足够的抓取能力。机械手能否准确夹持工件, 把工件送到指定位置, 不仅取决于机械手的定位精度 (由臂部和腕部等运动部件来决定), 而且也与机械手夹持误差大小有关^[4]。

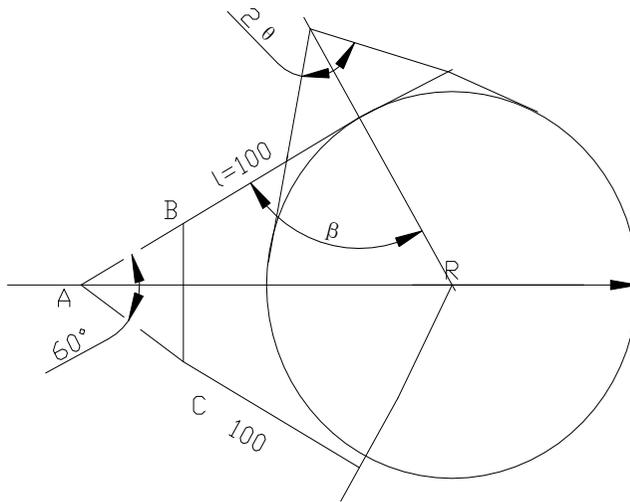


图 3.2 手抓夹持误差分析示意图

该设计以棒料来分析机械手的夹持误差精度。

机械手的夹持范围为 $80\text{mm} \sim 208\text{mm}$ 。

夹持误差一般不超过 4mm

工件的平均半径: $R_{cp} = \frac{40 + 104}{2} = 72\text{mm}$

手指长 $l = 100\text{mm}$, 取 V 型夹角 $2\theta = 120^\circ$

偏转角 β 按最佳偏转角确定:

$$\beta = \cos^{-1} \frac{R_{cp}}{l \cdot \sin \theta} = \cos^{-1} \frac{72}{100 \times \sin 60^\circ} = 33.75^\circ$$

计 算

$$R_0 = l \sin \theta \cos \beta = 100 \times \sin 60^\circ \cos 33.75^\circ = 72.14$$

当 $R_0 \geq R_{MAX} \geq R_{MIN}$ 时带入有:

$$= \left| \sqrt{l^2 + \left(\frac{R_{\max}}{2 \cdot \sin \theta}\right)^2} - 2l \frac{R_{\max}}{\sin \theta} \cos \beta - \alpha^2 - \sqrt{l^2 + \left(\frac{R_{\max}}{\sin \theta}\right)^2} - 2l \frac{R_{\min}}{\sin \theta} \cos \beta \right| =$$

$$V = \left| \sqrt{l^2 + \left(\frac{R_{\max}}{2 \sin \theta}\right)^2} - 2l \frac{R_{MAX}}{\sin \theta} \cos \beta - \alpha^2 - \sqrt{l^2 + \left(\frac{R_{MAX}}{\sin \theta}\right)^2} - 2l \frac{R_{\min}}{\sin \theta} \cos \beta \right| = 0.678$$

夹持误差满足设计要求。

3.5 手指夹紧液压缸的尺寸参数的确定

由 3.4 的计算可得液压缸的内径为 16mm; 下面要确定液压缸的长度 L。L 是由最大工作行程长度加上各种结构来确定的, 即:

$$L=l+B+A+M+C$$

式中: l 为活塞的最大工作行程; 行程为 34mm, B 为活塞宽度, 为 9.6-16mm 之间, 取 B=12mm; A 为活塞杆导向长度, 取 A=14mm; M 为活塞杆密封长度, 由密封方式定 C 为其他长度, 在此由于定位方式为定位块式, 以免在运动过程中损伤到缸体, 所以取 C=44mm。

$$\text{所以: } L=34+12+D+14+C=120\text{mm}$$

液压缸缸底厚度计算, 本液压缸选用平行缸底, 且缸底无油孔时 $h = 0.433\phi D \sqrt{\frac{p_y}{[\sigma]}}$, 其中 h 为缸底厚度 ϕD 为液压缸内径 p_y 为实验压力; $[\sigma]$ 为缸底材料的许用应力, 缸体材料为 45 号钢, 所以 $[\sigma] = 100\text{MPa}$ 。

$$h = 0.433\phi D \sqrt{\frac{p_y}{[\sigma]}} = 0.433 \times 0.016 \times \sqrt{\frac{2.5 \times 10^6}{100 \times 10^6}} = 1.1 \times 10^{-3} \text{ m}, \text{ 所以选取}$$

厚度 $h = 5\text{mm}$ 。

4 腕部的设计计算

4.1 腕部设计的基本要求

(1) 力求结构紧凑、重量轻

腕部处在手臂的最前面。显然，腕部的内部结构会直接影响臂部的结构，腕部的重量也会影响臂部的结构。

(2) 结构考虑，合理布局

除了保证机械力和腕部的运动的要求外，还需要保证结构合理。初了保证有足够的强度、刚度外，还应考虑布局方面问题，合理的布局可以减小空间。

(3) 必须考虑工作条件

本论文的机械手的工作条件是在工作场合中搬运加工的物料，没在其他的恶劣环境中工作，所以腕部的设计不用考虑太多的工作条件。

4.2 腕部的结构以及选择

4.2.1 典型的腕部结构

- (1) 一个自由度的回转腕部结构
- (2) 齿条活塞驱动的腕部结构
- (3) 两个自由度的回转腕部结构
- (4) 机-液结合的腕部结构

4.2.2 腕部结构和驱动机构的选择

因为要求手腕回转 90° ，腕部结构选择：一个自由度的回转腕部结构
驱动机构选择：液压驱动

4.3 腕部的设计计算

4.3.1 腕部设计考虑的参数

夹取工件重量 0.5Kg ， 回转 90° 。

4.3.2 腕部的驱动力矩计算

(1) 腕部的驱动力矩需要的力矩 $M_{惯}$ 。

(2) 腕部回转支撑处的摩擦力矩 $M_{摩}$ 。

夹取棒料 $D=80\text{mm}$

$L=100\text{mm}$

$M=0.5\text{Kg}$

(1) 当手部回转 90° 时， 高为 220mm， 直径 120mm， 其重力估算 $G=3.14$

$$G = \pi \times 0.06^2 \times 0.22 \times 7800 \text{Kg}/\text{m}^3 \times 9.8 \text{N}/\text{Kg} = 190 \text{N}$$

(2) 擦力矩 $M_{摩} = 0.1M$ 。

(3) 启动过程所转过的角度 $\phi_{启} = 18^\circ = 0.314\text{rad}$ ， 等速转动角速度 $\omega = 2.616\text{s}^{-2}$ 。

$$M_{惯} = (J + J_{工件}) \frac{\omega^2}{2\phi_{启}} \quad (4-1)$$

查取转动惯量公式有：

$$J = \frac{1}{2} MR^2 = \frac{1}{2} \frac{190 \text{N}}{9.8 \text{N}/\text{Kg}} \times 0.06^2 \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2 = 0.0342 \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2$$

$$J_{工件} = \frac{1}{12} \cdot \frac{G}{g} \cdot (l^2 + 3R^2) = \frac{1}{12} \cdot \frac{0.5 \times 9.8}{9.8} \cdot (1^2 + 3 \times 0.05^2) = 0.04181125$$

$$\text{代入: } M_{摩} = (0.0342 + 0.04181125) \frac{2.616^2}{2 \times 0.314} = 10.9 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M = M_{惯} + M_{摩} = M_{惯} + 0.1M$$

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/095104201221011220>