

## 目 录

1	绪论.....	1
1.1	机械手概述.....	1
1.2	滚压成型机的历史和现状.....	1
1.3	滚压成型机的发展趋势.....	1
1.4	机械手的发展趋势.....	2
2	机械手分类和驱动系统的选择.....	4
2.1	工业机械手的组成.....	4
2.2	机械手分类.....	5
3	总体方案的设计论证.....	8
3.1	投泥机械手.....	8
3.2	气动系统.....	12
3.3	翻转机构.....	13
3.4	切泥器.....	14
3.5	真空吸附系统.....	14
4	主要零部件的设计计算.....	17
4.1	气缸的选型计算.....	17
4.2	气压系统回路的确定.....	20
4.3	气压元件的选型.....	22
4.4	控制系统的确定.....	22
5	结 论.....	27
6	经济分析报告.....	28
	致 谢.....	29
	参 考 文 献.....	30

## 1 绪论

### 1.1 机械手概述

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。自动化连续性生产过程的自动化已基本得到解决，但陶瓷行业并非如此。随着科技的不断发展和人们水平的不断提高，对陶瓷生产的要求也越来越高，这样就出现了各种各样的机械手。

机械手是一种模仿人手操作的自动机械手。它可以执行某些操作根据固定程序爬行、处理对象或者工具来维护。应用机械手可以代替人从事单调、重复或繁重体力劳动，生产的机械化和自动化，人工操作来取代危险环境，改善劳动条件，保证生命安全，因而广泛应用于陶瓷生产、机械制造、冶金、电子、轻工和原子能等部门。<sup>[1]</sup>

机械手通过执行系统、驱动系统、控制系统和检测装置这四部分组成，智能机械手还具有感觉系统和智能系统。执行系统包括手部、腕部、臂部和机身四部分；驱动系统多采用电液机联合传动。

### 1.2 滚压成型机的历史和现状

在国外是五十年代出现了世界上第一台滚压成型机。随着社会的进步，科技的发展，现在的滚压机比以前有了显著的进步。滚压成型是可塑成型工艺的一次伟大变革，这种成型方法提高了半成品的质量和产量，减轻了工人的劳动强度，促进了快速干燥和多种形式的流水线，自动线的发展。因此很快被世界各国采用，目前已成为使用最广，成型质量高的成型方法。<sup>[17]</sup>

我国首次引进的滚压成型机是在 1964 年，经过几年的试用，到七十年代便开始全面的推广。我国成型机的发展过程是从瓷厂和陶机厂发展相互结合并逐步发展成为具有专业水平的陶瓷机械生产厂家。

目前，我国使用的种类来源大概都是从国外引进生产线或仿制先进机器，结合我国现有的科技水平自行设计制造，到目前为止，绝大部分还是由瓷厂自制使用，结构简单，加工粗糙，规格各异，不成套，互换性差。因此影响了陶瓷制品的质量，是我国高档陶瓷生产进展缓慢。

### 1.3 滚压成型机的发展趋势

今后的陶瓷产品将向高档化，多品种方向发展，陶瓷制品的更新主要在与材料和装

饰的变化上，这就要求今后的滚压成型机有很强的适应性。那时，成型机不断采用新技术，新工艺，新材料。在设计研制成型生产线时，应从以下几个方面着手：

- 1) 以普通机床精度标准设计制造；
- 2) 功能多样，通用性强，改换品种迅速；
- 3) 单机自动化程度高，在保证质量的基础上，提高单机生产能力，减轻工人劳动强度；
- 4) 提高设备的“三化”水平；
- 5) 设备安全可靠，操作灵活方便，使用寿命长；
- 6) 设备美观大方，噪声小，注意工业卫生。
- 7) 总之，对整条滚压成型生产线，在设计过程中遵循整体的“实用”、“经济”、“美观”的原则。

### 1.4 机械手的发展趋势

就目前来看，机械手有以下几个发展趋势：

#### 1、重复高精度

精度是指机械人、机械手到达指定点的精确程度，这是与它分辨率以及反馈设备驱动程序有关。重复性是指如果动作重复很多次，机械手到达相同位置的精确程度。重复精度比精度更重要，如果一个机器人定位不够精确，通常会显示一个固定的错误，这个错误是可以被预测的，因此可以通过编程得到纠正。重复性的限制是一个随机误差的范围，它通过一定次数地重复操作机器人来确定。随着微电子技术和现代控制技术的发展，机械手的重复精度将越来越高，它的应用将会更广泛，比如核工业和军事工业。

#### 2、模块化

一些公司机械手传动装置与一系列指南称为传输技术很简单，和机械手模块化组装称为现代传播技术。机械手比组合模块式组装指导传动装置安装系统更加灵活。它集成了电接口和电缆和油管指导系统，机械手可以自由移动。模块化的机械手使同样的操纵者可能由于不同的应用有不同的功能模块，并扩大应用范围的操纵者，是机械手的一个重要发展方向。

#### 3、无给油化

为了适应食品、医药、生物工程、电子、纺织、精密仪器等行业的无污染要求，不加润滑脂的不供油润滑元件已经进入市场。与材料技术的进步，新型材料（如烧结金属

石墨）的出现，构造特殊、用自润滑材料制造的无润滑元件，不仅节省润滑油、不污染环境，而且系统简单、摩擦性能稳定、成本低、使用寿命长。

#### 4、机电一体化

“可编程序控制器- 传感器- 液压元件”的典型控制系统仍然是自动化技术的一个重要方面;发展与电子技术相结合的自适应控制液压元件，使液压技术从“开关控制”进入到高精度的“反馈控制”；省配线的复合集成系统，不仅减少配线、配管和元件，而且拆装简单，大大提高了系统的可靠性。现在，电磁阀线圈功率越来越小，和 PLC 输出功率的同时，直接由 PLC 控制线圈变得越来越有可能。<sup>[18]</sup>

## 2 机械手分类和驱动系统的选择

### 2.1 工业机械手的组成

工业机械手通过执行系统、驱动系统和控制系统等部分组成。如图 2.

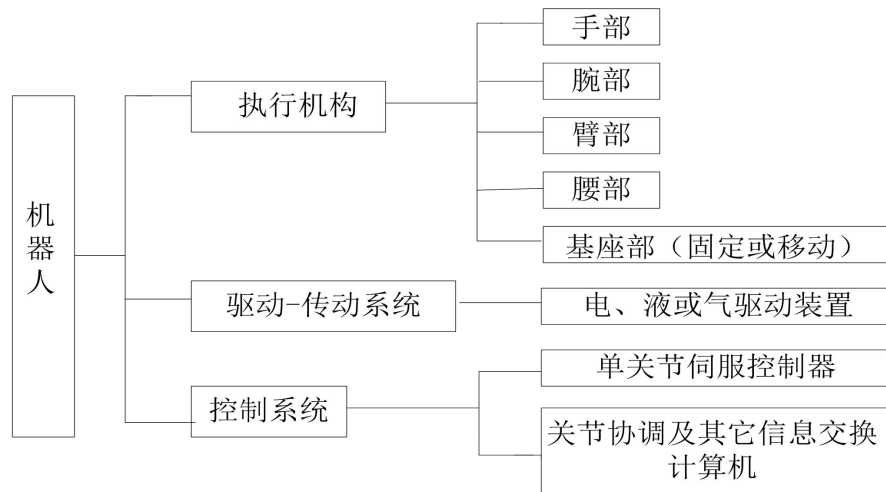


图 2.1 工业机械手的构成图

#### 2.1.1 执行系统

执行系统是机械手完成握持工件（或工具）实现所需的各种运动的机械部件，包括如下几个部分：

1) 手部——是机械手中直接与工件或工具接触用来完成握持工或工具的部件，一般是回转型或平动型。某些机械手直接将工具（如焊枪、喷枪、容器等）与机械手的前端装置，而不设置手部。常用的有：滑槽杠杆式、连杆杠杆式、齿轮齿条式、丝杠螺母式、弹簧式和重力式。

2) 腕部——是机械手中联接手部与臂部主要用来确定手部工作时位置并扩大臂部动作范围的部件。可用来调节抓取物体的方位，以扩大机械手的动作范围，并使机械手变得更加灵活，适应性更强，一般腕部没有回转运动，再增加一个上下摆动即可满足工作要求，为了简化结构，一些简易的机械手，也有不设手腕部件，将手部直接装在手臂部件的端部。

3) 臂部——是机械手中支承腕部和手部用来实现较大范围运动的部件，是机械手的重要握持部件，带动腕部和手部做空间运动。臂部运动的目的是：把手部送到空间范围内任意一点，如果改变手部的姿态，则用腕部的自由度加以实现，所以一般臂部具有

三个自由度才能满足基本要求，即手部的伸缩、左右旋转、升降运动。手臂的各种运动通常用驱动机构和各种传动机构加以实现，它在工作中受到手、腕和工件的静、动载荷，而且自身运动较多，受力复杂，工作范围、灵活性以及抓重大小和定位精度直接影响机械手的工作性能。

4) 机身——是机械手中用来支承手臂部件，并安装驱动装置及其他装置的部件。

### 2.1.2 驱动系统

驱动系统是为执行系统各部件提供动力的装置。采用的动力源不同，驱动系统的组成也是不同。液压传动系统是由一个油缸、阀门、油泵和油箱等组成；气动驱动系统是由气缸、气阀、空气压缩机（或直接由空气压缩机站）和储气罐等提供；电机驱动系统是由电机、专用电机等组成。

### 2.1.3 控制系统

控制系统是控制驱动系统，实现系统的工作要求，按照规定，检查一些设备的正确性。一般包括程序控制部分和行程检测反馈部分。

## 2.2 机械手分类

工业机械手的类型是多种多样的，每台工业机械手都有自己的特点，为了方便理解和分析比较，可以从不同的角度按照它们的特点进行分类。

附加装置机械手用于机床或其他机械，如工件的转移在自动机床或自动生产线处理，在加工中心更换刀具，一般没有独立的控制装置。一些操作设备需要人直接操作，如原子能部门管理危险品主从式操作手通常被称为机械手。机械手在锻造行业进一步发展锻造设备生产能力、改善热、累和其他工作条件。

**多关节机械手的优势** 多关节机械手的优点是：动作灵活、低惯性、通用性强、可以捕获附近的工件，并能绕过障碍物进行工作。随着生产的需要，多关节手臂的灵活性，定位精度和工作空间等提出了更高的要求。多关节手臂上有了突破传统的概念，其关节数量可以从三个到十几个甚至更多，其外形也不局限于像人的手臂，可根据不同情况改变，性能优良的多关节手臂是单关节机械手无法比较的。

### 2.2.1 液压传动机械手

机械手采用液压传动有以下几个特点：

1、液压传动机械手容易达到较高的单位面积压力（常用油压为 25-63 公斤力/平方厘米），较小的体积，可获得较大的出力（推力或转矩）。

- 2、液压系统介质的可压缩性小，平稳、可靠，可以实现较高的位置精度。
- 3、液压传动中，力、速度和方向比较容易实现自动控制。
- 4、液压装置使用油液作为媒介，具有防锈性能和自润滑性能，提高机械效率，使用寿命长。

它的不足之处是：

- 1、油液的粘度会因温度改变而变化，影响工作性能。高温时引起燃烧爆炸。
- 2、液压泄漏很难克服，要求液压元件具有较高的精度和良好的质量，高价格。
- 3、需要相应的供油系统。滤油要求较严，尤其对电液伺服系统要求更高，否则会引起故障。

目前高效专用设备和自动线，大多采用液压驱动，配合使用的机械手可直接引用机床动力来源，简化机械手结构。液压机械手是应用最广的驱动型式。

### 2.2.2 气压传动机械手

与液压传动相比，气动机械手的特点是：

- 1、压缩空气粘度小，容易达到高速（1m/s）。
- 2、气源获得方便，很多工厂设置空气压缩机站集中供气。
- 3、空气作为介质对环境污染少，使用安全，不会引起燃烧、爆炸，可直接用于高温作业。
- 4、气动元件工作压力较低，要求相对较低的液压元件。机械手具有结构简单，维修方便，成本低。

它的不足之处是：

- 1、压缩空气常用压力为 4-6 公斤力/平方厘米，要获得较大的出力，其结构相对很大。
- 2、空气可压缩性大，工作平稳性差，速度控制困难，需要达到精确位置精度，高技术要求。
- 3、去除空气中的水分是一个非常重要的问题，处理不当，钢类零件生锈，造成机械故障。排出之空气产生哨叫声，噪音大。

气动机械手的液压缓冲，可以让它能保持高高速的优点，并克服脉动的缺点，使之平稳运行，扩大使用范围。

### 2.2.3 电动机械手

电动机械手的主要特点是每个机械手配备一个电动机和相应的传导机制。与液压或气动

机械手相比, 驱动源和系统相对简单时, 电动机和支持通用产品, 规格齐全, 可以轻易获得, 而不需要额外的设计和制造。位置精度不高, 控制方便。但普通电机均旋转运动, 且高速度, 通常配备变量旋转运动转化为直线运动的机制和制动机制。因此, 驱动功率较大, 整个设备也大。电动机械手通常适用于少重量的提取、定位精度, 机械手的活动更少。如果使用特殊电机的特殊设计或特殊电机, 伺服电机作为动力, 功率步进电机, 直线电机, 可以提高电动机械手的性能, 所以电动机械手也有推广使用价值。

### 2.2.4 机械传动机械手

实现这类机械手是由一个共同的电机驱动器或一个主机(如压机、冲床)移动部件的驱动, 通过一系列机械传动机制(如连杆、凸轮、齿轮和其他机构)来实现机械手度几个活动。其最大的特点是结构简单、动作可靠, 节拍更快, 液压、气动和电动控制不需要复杂的系统。小投资, 快速启动, 影响很大。但也有调整不方便, 所以常用的工作对象特定, 大规模生产, 没有频繁的调整。

综上所述: 通过对四种类型的机械手相比较, 气压传动机械手最适合本次设计, 因而本次设计选择气动传动机械手。



### 3 总体方案的设计论证

#### 3.1 投泥机械手

投泥机械手是模仿人手动作又无人操作的自动操作装置。主要用于代替人手进行给料操作，在全自动滚压成型生产线应用此机械手大大减轻了工人的劳动强度，改善了劳动条件，提高了劳动生产率和生产自动化水平。同时，该机械手使练泥机和成型机等连接成一条自动生产线。该机械手属专用机械手，其动作较为简单，程序固定，只完成伸臂、缩臂、平移、旋转等特定动作。

##### 3.1.1 工作原理

本次设计的机械手为投泥机械手并且是双机械手。其驱动系统采用气压传动方式；其控制系统采用 PC 控制；其执行机构为真空吸盘、活塞杆、气缸筒及花键轴。

##### 3.1.2 技术指标与主要参数

生产线的生产能力：4~7 件/min

产品类型：盘、碗、碟等

##### 3.1.3 工作过程简述

最开始，真空练泥机开始运作，泥料被挤出我们给定的厚度时，光电开关将发出信号，真空练泥机此时将停止运作。然后，处于水平状态的 1 号机械手的活塞杆伸出直至触碰到泥料后停止伸出动作，并且，真空吸盘将排出空气将泥料吸住；切泥器动作将泥料切下。紧接着真空练泥机继续工作，挤出泥料；同时，机械手缩回；之后，横移气缸和两个翻转气缸同时动作。此时之前处于垂直状态的 2 号机械手对准了真空练泥机的出泥口且泥料已达到我们给定的厚度，光电开关发出信号，练泥机停止运作。2 号机械手重复之前 1 号机械手的动作。与此同时，如果模具已经到位，则发出一个电信号告知 1 号机械手伸长，当其伸长到位后，真空吸盘将吸入空气将泥料放到模具上，然后缩回；如果模具没有到位，则就不发出电信号，1 号机械手也不运作。待两机械手都缩到位，但是模具没有到位，则不动作；但是模具若已到位，则横移气缸和两个翻转气缸将动作，之后，2 号机械手将放下泥料。此时就完成了个工作循环，如此反复工作下去。

##### 3.1.4 投泥机械手主要构件

投泥机械手主要构件如图 3.1 所示

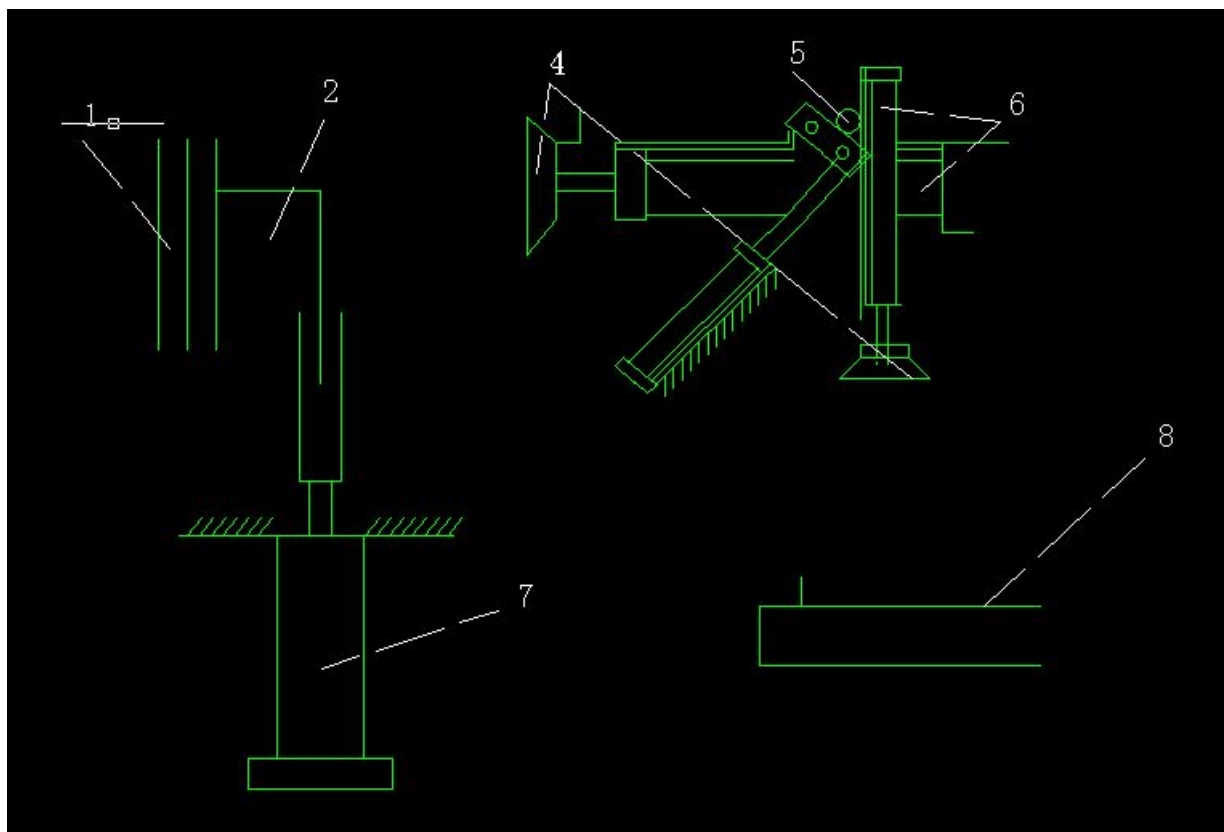


图 3.1 投泥机械手主要构件图

- 1——真空练泥机    2——泥条    3——翻转气缸    4——真空吸盘  
5——横移气缸    6——机械手气缸    7——切泥器气缸    8——模具

### 1) 气缸

气缸是气动执行机构。气缸压缩空气的压力能量变成机械能, 驱动机制实现直线往复运动, 摇摆、旋转或影响行动。气缸一般由缸体、活塞、活塞杆、前端盖、后端盖及密封件等组成。

本次设计的投泥机械手共需要六个气缸: 切泥器一个气缸; 机械手的小臂两个气缸, 大臂两个气缸; 因为本次设计的机械手是双机械手, 而只有一个出泥口, 所以需要有一个横移气缸。此次选用的气缸类型主要参考了《机械设计手册》(第五卷) 第 38 章“气压传动”部分的有关内容进行设计的。

气缸的设计过程中还涉及到一个重要的问题——缓冲装置。因为气缸直接作为机械手的手臂, 并且工件和机械手的质量都比较轻, 所以其产生的惯性较小。因此, 可以起到缓冲气缸缓冲装置。气缸的活塞高速旅行快结束时, 可能会影响所造成的端盖振动和机械损伤, 为了使活塞没有这样的现象不会影响缓冲气缸两端设备安排。一般也把这种缓冲装置称为缓冲气缸。缓冲气缸的工作原理大致可以用以下文字叙述: 当压缩空气推动活塞向一方运动时, 这一方的空气将经过柱塞孔和气缸排出; 当活塞快要接近行程末端时,

活塞一侧的缓冲柱塞将会将柱塞孔堵住；当活塞继续向着一方运动时，之前被封在气缸一侧的气体就被压缩，并且缓慢地通过节流阀和气缸排出。如果所有的能量压缩气体活塞运动产生的压力和相平衡可以达到缓冲效果，使活塞冲程结束时运动是平稳的，没有影响的现象。压缩的压力可通过调节节流阀开口的大小决定，调整缓冲效果。如果活塞反向运动，从输入气缸的气体，可以直接打开一个单向阀，活塞拖到另一个方向运动。

### ××2) 横移气缸

横移气缸是提供投泥机械手横向移动的动力装置。在设计它时要求定位精度高，运行速度快，因而制动问题尤为重要。在制动问题上可以考虑反压制动和撞击制动。反压制动可实现气缸制动较快，但其气路和控制部分设计较为复杂。然而撞击制动相比反压制动而言其在气路和控制部分都较为简单，成本较低，速度较快，定位较准确。撞击制动不需再气路上添加任何元件，只需在气缸要发生撞击的部分安装一个起缓冲作用的橡胶片即可，并且在发生了撞击后仍能继续供气，直至想向另一方向运动。这种制动使时间最小化，大大提高了效率。而撞击产生的动能则被两部分所吸收：一个是橡胶片，一个是气缸中的压缩气体。此处所选用的气缸带有缓冲装置，以保护气缸不被撞击损坏。此次设计的机械手各部分质量都不大，产生的动能也较小，因而横移气缸的制动选用撞击制动。

### 3) 真空吸盘

手爪是机械手用来抓取并握紧工件用的，手爪抓取工件要灵活、准确、迅速和牢固，手爪应有足够的夹持力使之与泥料的传递过程中不会脱落或者松动。由于泥料有可塑性和湿度等因素，所以本次设计采用真空吸盘。

手爪作用在工件上的夹持力必须克服工件的重力、由工件速度变化产生的惯性力的大小与方向以及手爪夹持工件的方位有关。初步估计的夹持力  $F$ （也就是吸力）可用公式：

$$F = k \cdot m \cdot g \quad (3.1)$$

其中：  $F$ ——真空吸力（N）；

$K$ ——安全系数，一般取  $k=2-3$ ；

$m$ ——工件质量（kg）；

$g$ ——重力加速度。

真空吸盘构造图如下图 3.2

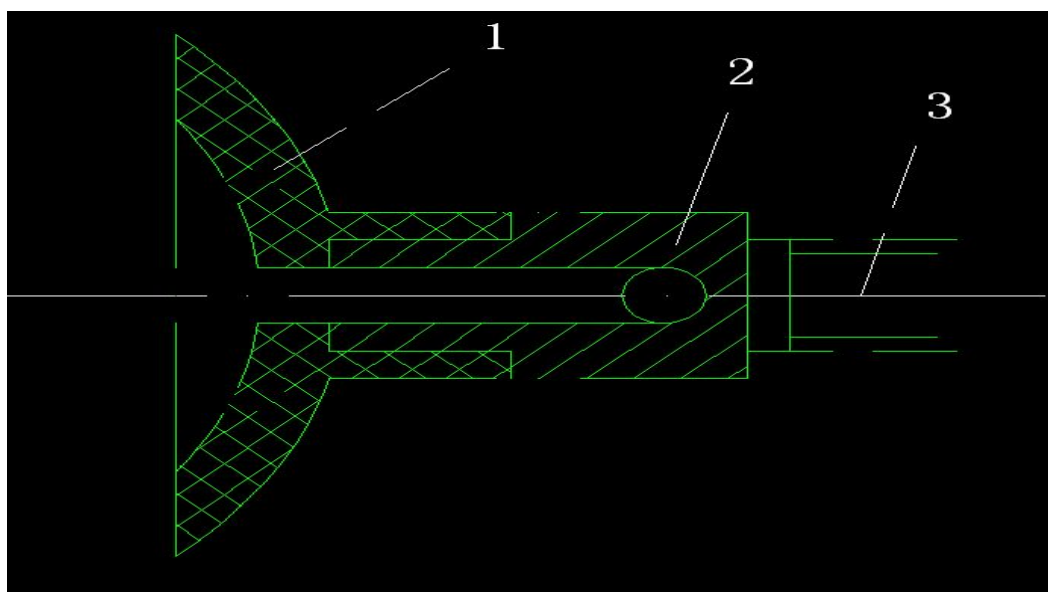


图 3.2 真空吸盘构造图

1——橡胶裙边      2——进气口      3——支架

它是利用吸盘中的真空与大气之间的压力差来工作的。吸盘四周有着起密封作用的橡胶围成边，把吸盘放在泥段表面，然后把吸盘中的空气抽出一部分使之产生一定的真空度，凭借大气的压力使泥料压在吸盘上。泥边的作用是阻止大气中的空气进入吸盘的空腔中，从而使吸持力可以保持一定的时间。

#### 4) 电气控制系统

机械手的运动量是指由对机械手提出的具体工作的工作要求决定的，为了能让机械手按照设定的规律进行运动就必须装设电气控制系统。电气控制系统是机械手的一个重要组成部分。

机械手需控制的参数通常有运动轨迹、工作顺序、动作时间和速度等，这些参数能定量的表达机械手的运动特殊性征。

本次设计的机械手是专用机械手，要根据整条生产线的各运动环节和专门的用途来进行设计。从电控的角度考虑，这类机械手由于只需要按照整机的工作循环考虑重复一定的动作，其动作顺序、动作轨迹等在线路设计和调试时就已决定不需要变化，所以投泥机械手的电路装置通常采用固定程序控制器。

#### 5) 辅助装置

要想机械手完成预先规定好的动作就必须使用一些辅助装置，并且本次设计为了提高效率采用了双机械手。本次设计的机械手是由气缸驱动的，因而以下元件是必不可少的：电磁阀、空气过滤器、油雾器、减压阀和压力表。

### 3.2 气动系统

第二章已经确定了本次设计的投泥机械手选择气动传动机械手，因而选择气压传动机构。

#### 3.2.1 气压传动的工作原理

利用空压机把电动机或者其他原动机输出的机械能转换成空气的压力能，再在控制元件的控制下通过执行元件把压力能转换成直线运动或者回转运动形式的机械能，从而完成各种各样的动作对外做功。

#### 3.2.2 气压传动系统的组成

气动机械手的组成结构框图如下图 3.3:

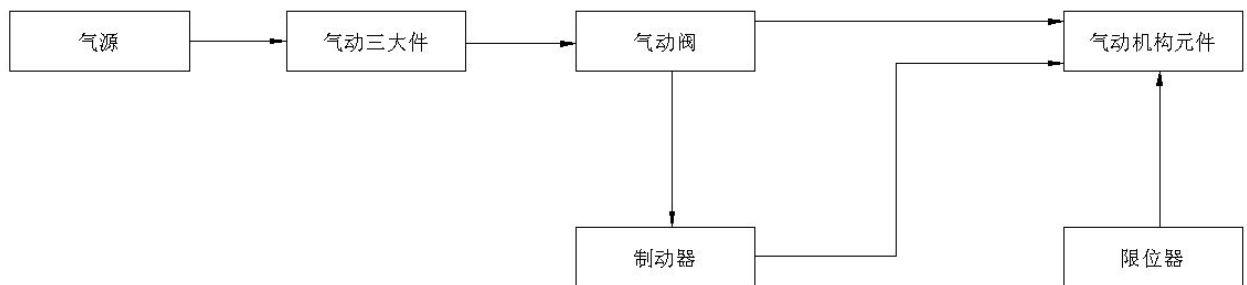


图 3.3 气动机械手的组成结构框图

- 1) 气源：由空气压缩站提供。  
包括：空气压缩站、储气罐、气水分离器、调压器、过滤器。
- 2) 气压三大件：分水滤气器、油雾器、减压阀。
- 3) 气动阀：常用的阀有电磁气阀、节流调速阀、减压阀等。
- 4) 气动执行元件：多数情况下使用气缸。
- 5) 制动器：分两种方法：一是反压制动，二是制动动置制动。
- 6) 限位器：气动机械手各运动副的定位和制动将信号发送给 PC。

#### 3.2.3 气动投泥机械手运动自由度及工作范围

本次设计的机械手属于多缸往复系统，该系统的设计难点为如何才能避免干涉、误动作现象的发生，所以横移气缸和两个翻转汽缸共用一个电磁阀。这种控制较简单且不易发生干涉现象。

此外，我们还需要选用一些辅助气动元件，如消声器、接头、塑料软管、排气洁净器、汇流板等，以达到更进一步完善气动系统的功能。

系统中由于只有机械手吸泥时需要真空，且真空度不大，因此可不采用真空泵而用

真空发生器代替。这样不仅可以满足机械手所需的真空的要求，而且质量轻、结构小、布局可自由，也降低了设备的成本。

主要技术参数：

结构形式：	圆柱——直角复合形式坐标
动作自由度：	3
抓重能力：	40N
重复定位精度：	1.0mm
手臂伸缩：	250mm
手臂旋转：	90 度
手臂横移：	175mm
吸盘夹持直径范围：	50-100mm
控制方式：	PC
气动工作压力：	0.4Mpa

### 3.3 翻转机构

翻转机构主要包括以下几个：翻转气缸、滑套、曲柄等构件。翻转机构是机械手的大臂。通过气缸的伸缩实现机械手的小臂旋转 90 度完成投泥的动作。在我们学习的知识中，能将直线运动转换为旋转运动的机构有：曲柄滑块机构（如图 3.4），曲柄摇块机构（如图 3.5）等。

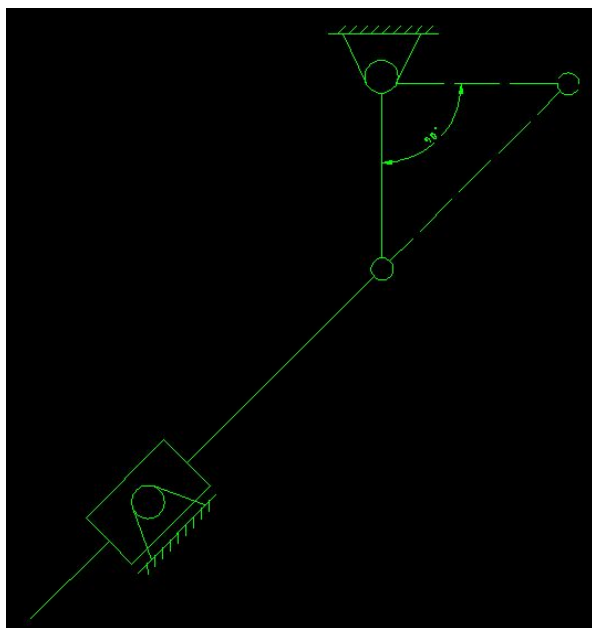


图 3.4 曲柄滑块机构

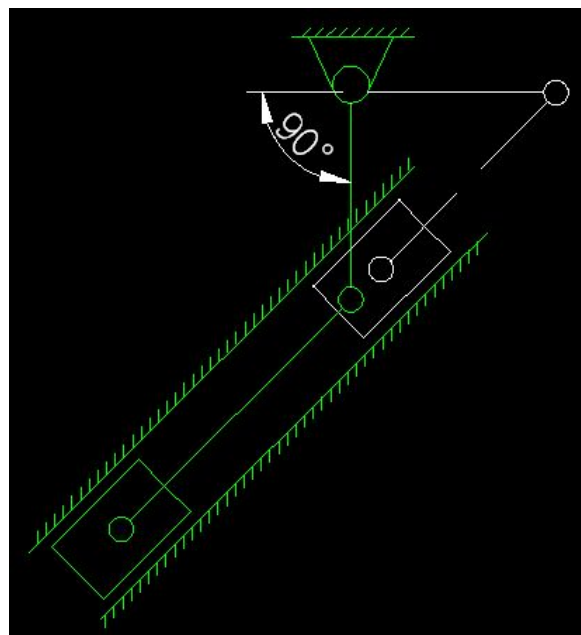


图 3.5 曲柄摇块机构

这两种机构的效果是一样的，但是本次的设计我选用了曲柄摇块机构。因为可以减少一个连杆的设计，并且此次的设计的翻转机构是使用气缸的缸筒作为滑块，因此翻转气缸一定要选用带有悬耳的气缸。如此设计的好处是因为结构紧凑，只要曲柄动作时活塞杆不会与花键轴产生干涉就可以，因此曲柄可以设计的非常小；机构简单，只需设计一个曲柄即可，摇块即为气缸的缸筒，连杆用活塞杆替代。

### 3.4 切泥器

切泥器在机械上和机械手部分没有联系，是一个相对独立的机构，因而其设计比较简单。只需要一个气缸带动切割器上下移动即可完成切泥的整个动作。切泥器的设计重点在于光电控制部分和导向装置的设计，且导向装置必须使得切割移动顺畅不出现卡死现象。因为切泥器的加工对象为泥料，并且泥料具有一定的粘性、较软，因此我们所设计的切泥器不必很锋利，但是必须尽可能的使其与泥料接触的部分窄以避免泥料粘附在上面。处于对以上的考虑，本次设计的切泥器选取细钢丝作为切割器的刀具。细钢丝作为刀具有以下优点：

- 1) 价格低廉，可以降低成本。而且如果选用定制的刀具，损坏后难再选购配件。
- 2) 安装简便、更换容易。只要将钢丝的一头固定在切割器上，另一头采用卷扬机构将之拉紧即可。
- 3) 切割泥料的效果好，断面较平整。
- 4) 切割力小。细钢丝和泥料的接触面积小使其切割时的阻力也小。

### 3.5 真空吸附系统

投泥机械手执行机的末端为抓取机构，因为此次设计的加工对象是泥料，因此抓取机构选用了真空吸盘，理所当然的此处的真空发生系统的设计尤为重要。我们可以选取真空泵产生真空，也可用真空发生器。但是真空泵投资大、设计复杂、产生的真空度高，而真空发生器则经济小巧、易安装、产生的真空度较小。两种都能满足投泥机械手的真空吸盘装置，但是相比较而言，真空发生器更经济、实用，因而我们在真空吸附系统中选用真空发生器所构成的真空吸附回路。

真空发生器所构成的真空吸附回路又分三种形式：

- 1) 自由解除真空回路（如图 3.6）。电磁阀 1 通电时，气源向真空发生器 2 供气产生真空。真空发生器 2 经过过滤器 3 与真空吸盘 4 相连，使吸盘 4 可吸附工件。电磁阀 1 断电时，大气由真空发生器 2 倒入真空发生器的抽吸口解除真空，使吸盘 4

将工件卸下。这种回路成本低廉、结构简单、能迅速产生真空，但是其产生的真空度和抽吸流量较小，功率消耗大，此回路适合于真空度不大且有气源的场合。

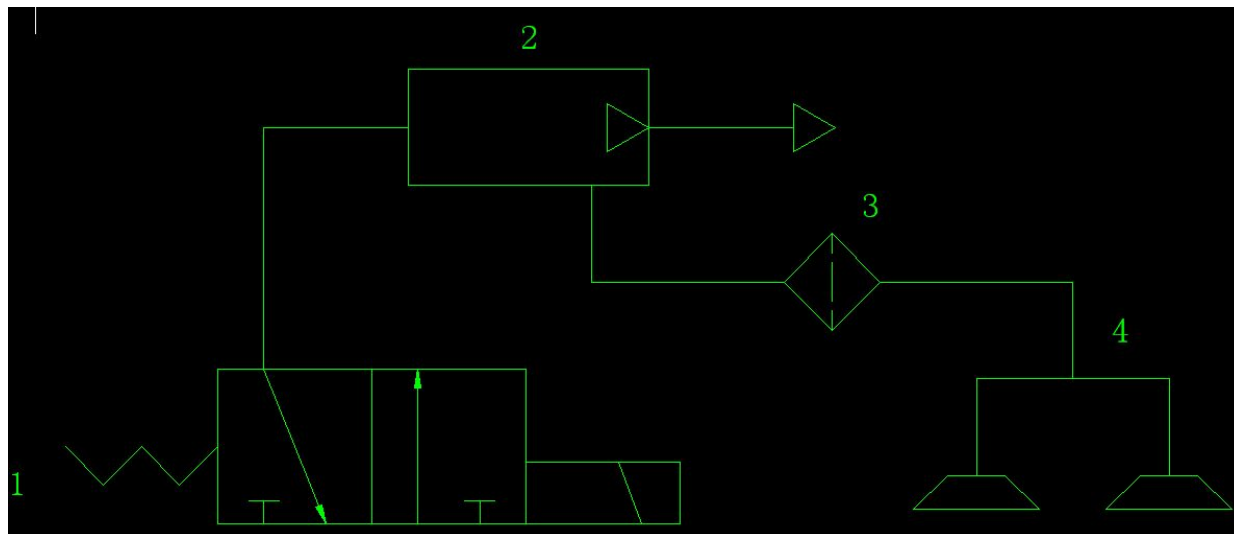


图 3.6 自由解除真空回路

2) 强制解除真空回路（如图 3.7）。电磁阀 1 断电时，气源强制向真空发生器 2 的抽吸口吹气，加速解除真空。这种回路的特点与自由解除真空回路相同。

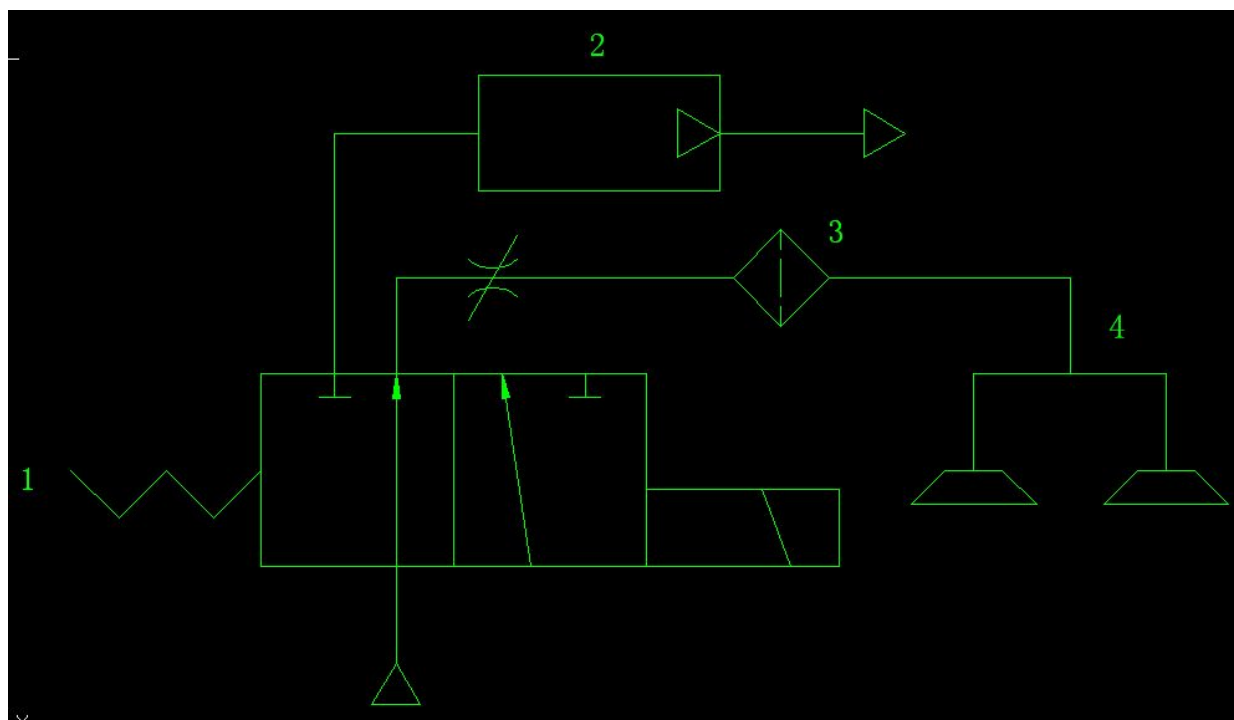


图 3.7 强制解除真空回路

3) 单向阀保持真空回路。当工作中突然停电时，回路呈图 3-8 所示。因为单向阀 3 的作用，吸盘 4 内的真空解除并且可以持续一段时间。当按下电磁阀 1 的手动按钮可以解除真空。这种回路可以防止意外断电时的安全保护措施，其余的特点和



自由解除真空回路也相同。

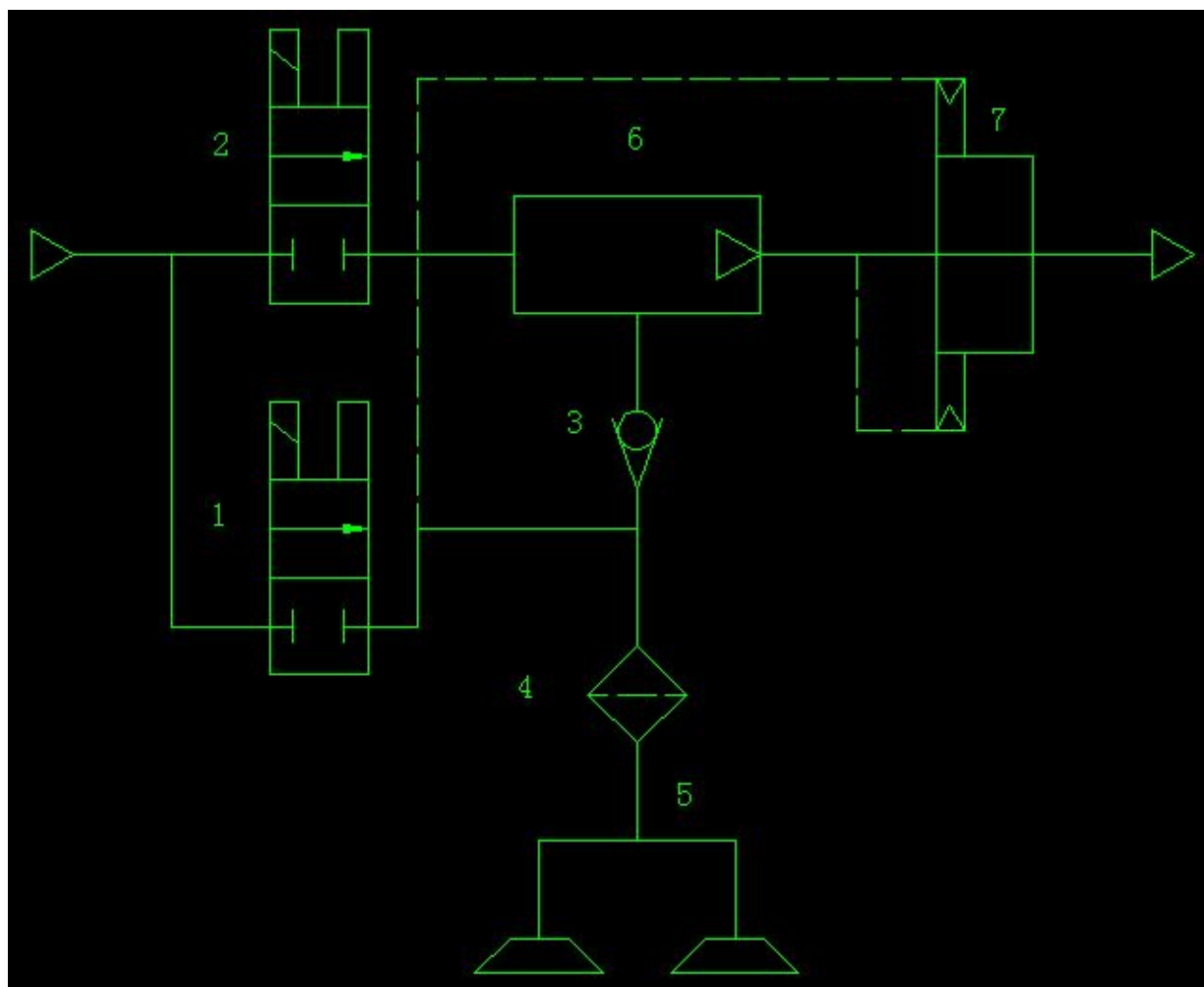


图 3.8 单向阀保持真空回路

在上面的三种形式中，第一种与第二种相比较，很显然第二种具有更多的优点。因为第二种能提高生产效率，并且在其吹气的同时可以将附在吸盘上的一些杂物一起吹掉以防止堵塞回路。第三种相对于前两种虽能在停电后能够保持真空一段时间，但是因为泄漏等原因，其保持的真空时间不能持续太久。并且此次的抓取对象是泥料，价格低廉，就算因停电而损失的泥料所占整个生产线中由于破坏等原因所产生的废品是十分小的一部分，几乎可以不用考虑。损失的泥料也可回收再利用。通过多种因素的考虑，此次机构中的真空吸附回路选用第二种回路——强制解除真空回路。

## 4 主要零部件的设计计算

### 4.1 气缸的选型计算

#### 1) 机械手气缸

气缸的行程实际上就是机械手伸长的距离，此处选取行程  $S=100\text{mm}$ 。机械手气缸所需承受的最大负载为真空吸盘的重量，而此力很小，任何型号的气缸一般都能满足其要求。参考光明瓷厂的日用陶瓷生产线投泥机械手部分初选工作压力  $p=0.4\text{Mpa}$ ，气缸的内径初选为  $D=\Phi 32\text{mm}$ 。活塞杆的直径可按  $d/D=0.2-0.3$  选取，则可得  $d=0.25D=0.25\times 32=8\text{mm}$ 。气缸选择济南华能的轻型气缸 QGCX32-100G-H-K<sub>1</sub>2 两个。

机械手气缸伸长的速度可按以下方法估算：

初选该生产线每分钟生产 6 件产品，则机械手每分钟需要搬运 6 块泥料。每搬运一块泥料整个机械手机构需要完成 7 个动作，假设每个动作所需的时间是相同的，则此时时间为  $t=0.57\text{s}$ 。

机械手气缸耗气量与行程  $S$ 、直径  $D$ 、缸的动作时间和换向阀到气缸管道的容积有关。忽略气缸管道容积时，气缸的单位时间压缩空气消耗量按下式计算：

$$q_1 = \frac{\pi}{4} \times \frac{D_1^2 S_1}{t} \quad (4.1)$$

$$= \frac{3.14 \times 0.032^2 \times 0.1}{4 \times 0.57}$$

$$= 1.41 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

式中：  $q_1$ ——机械手气缸的压缩空气消耗量；

$D_1$ ——气缸的内径；

$S_1$ ——气缸的行程。

#### 2) 翻转气缸

翻转气缸的工作阻力可以用下式估算：

$$F_1 = \mu_1 G / 2 \quad (4.2)$$

$$= \frac{0.8 \times 486.98}{2}$$

$$\approx 195\text{N}$$

式中：  $F_1$ ——翻转气缸的工作阻力；

$\mu_1$ ——摩擦系数，取  $\mu_1=0.8$ ；

G——翻转部分的总质量。

翻转气缸的单活塞杆双作用气缸的内径用下式计算：

$$\begin{aligned} D_1 &= \sqrt{4F_1 / (\pi p \eta)} \\ &= \sqrt{4 \times 195 / (3.14 \times 0.4 \times 10^6 \times 0.8)} \\ &= 0.028 \text{m} \end{aligned} \quad (4.3)$$

式中：  $D_1$  ——翻转气缸的内径；

$P$ ——初选工作压力，取  $p=0.4\text{Mpa}$ ；

$\eta$  ——总机械效率，取  $\eta=0.8$ 。

翻转气缸的行程可根据曲柄上两孔的中心距来计算。

中心孔距确定为 60mm，则可计算出行程为 84.8mm，取标准行程值 100mm。所以翻转气缸可选用济南华能公司的轻型气缸 QGCX32-100BZ-S-K<sub>1</sub> 两个。

翻转气缸耗气量的计算如下：

$$\begin{aligned} q_2 &= \frac{\pi}{4} \times \frac{D_2^2 S_2}{t} \\ &= \frac{3.14 \times 0.032^2 \times 0.1}{4 \times 0.57} \\ &= 1.41 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s} \end{aligned} \quad (4.4)$$

式中：  $q_2$  ——翻转气缸耗气量；

$D_2$  ——翻转气缸的内径；

$S_2$  ——翻转气缸的行程。

### 3) 平移气缸

根据论证的结果，平移气缸要选用双杆双作用气缸，其工作载荷可以用下式来估算：

$$\begin{aligned} F_2 &= \mu_2 G \\ &= 0.35 \times 486.98 \\ &\approx 170 \text{N} \end{aligned} \quad (4.5)$$

式中：  $F_2$  ——平移气缸的工作载荷；

$\mu_2$  ——摩擦系数，取  $\mu_2=0.35$ 。

气缸的内径可用下式确定：

$$D_3 = \sqrt{4F_2 / (\pi p \eta)} \quad (4.5)$$

$$= \sqrt{4 \times 170 / (3.14 \times 0.4 \times 10^6 \times 0.8)}$$

$$= 0.026 \text{m}$$

式中：  $D_3$  ——平移气缸的内径。

选用标准的气缸内径为  $\Phi 32 \text{mm}$ ，气缸的行程为  $250 \text{mm}$ ，这个是有机构的结构所决定的。  
平移气缸选用济南华能公司的 QGCX32-250G-S-K<sub>1</sub>2 一个。

平移气缸的气缸耗气量可根据下式计算得：

$$q_3 = \frac{\pi}{4} \times \frac{D_3 S_3}{t} \quad (4.6)$$

$$= \frac{3.14 \times 0.032^2 \times 0.25}{4 \times 0.57}$$

$$= 3.52 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

#### 4) 切泥器气缸

切泥器工作时需要克服切割泥料时的阻力  $f$  和切泥器活动部分的重量  $G_4$ 。两个力估算如下：

$G_4=100$ ； $f=200\text{N}$ ，则切泥器气缸的最大工作载荷约为  $F_4=G+f=100+200=300\text{N}$ 。切泥器气缸的行程根据切泥器机构确定为  $S_4=250\text{mm}$ 。

切泥器气缸的内径根据下式可以来确定：

$$D_4 = \sqrt{4F_4 / (\pi p \eta)} \quad (4.7)$$

$$= \sqrt{4 \times 300 / (3.14 \times 0.4 \times 10^6 \times 0.8)}$$

$$= 0.035 \text{m}$$

选取标准的内径为  $\Phi 40 \text{mm}$ 。所以选用济南华能公司的 QGBII40×250-MFI-K<sub>1</sub>2 一个。

切泥器气缸的耗气量按下式计算：

$$q_4 = \frac{\pi}{4} \times \frac{D_4 S_4}{t} \quad (4.8)$$

$$= \frac{3.14 \times 0.040^2 \times 0.25}{4 \times 0.57}$$

$$= 5.51 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

## 4.2 气压系统回路的确定

### 1) 气压基本回路的选择

## 景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

本次设计的机械手只需完成伸缩臂、平移、翻转等特定动作，在投泥过程中如遇意外事故能及时停止动作，故障消除后又能继续动作，并且能抓取不同厚度的泥料。

本次设计由于经验不足，因而在气压基本回路中没用选择调速回路，本次设计的回路如下图 4.1 所示：

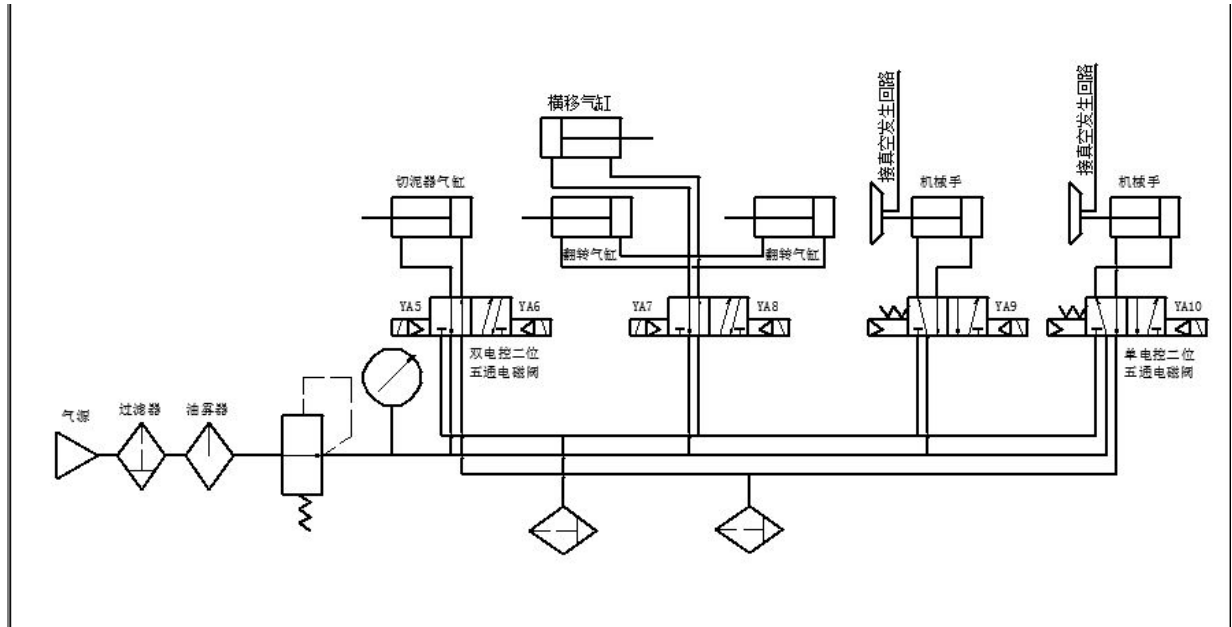


图 4.1 气压回路图

### 2) 选择真空回路

设计真空系统的主要依据是工件所受重力选择吸盘的规格和数量。根据选择的真空发生器喷嘴的最大吸入流量、吸盘与真空发生器连接管道的直径、长度、计算安全提升搬运的时间作为调节定时器的依据。

真空吸盘所吸泥料的重量：

$$G = \rho V g \quad (4.9)$$

$$= (1/4) \rho \pi D^2 h g$$

$$= (1/4) \times 1.95 \times 10^3 \times 3.14 \times 0.15^2 \times 0.03 \times 9.8$$

$$= 10.1 \text{ N}$$

式中：  $\rho$  ——泥料的密度，  $\rho = 1.95 \text{ kg/m}^3$ ；

$D$  ——泥料的直径，  $D = 150 \text{ mm}$ ；

$h$  ——泥料的厚度，  $h = 30 \text{ mm}$ 。

吸盘水平提升力可按下式计算：

$$F = aG \quad (4.10)$$

$$=2 \times 10.1$$

$$=20.2\text{N}$$

式中： F——吸盘的水平提升力；

a——安全系数，a=2。

根据《机械手及其应用》表 2-8 查得：

F=20.2N 时，吸盘的直径为 48mm，但是考虑到安全问题，因而此处选用吸盘直径为 68mm 的真空吸盘，其型号为 ZPX68HN。

如果选用 ZH07BS-08-06 型号的真空发生器，则真空进气口连接软管约长 1m，管径为  $\Phi 6\text{mm}$ ，真空喷嘴口径为  $\Phi 0.7\text{mm}$ ，最大吸入流量为 12L/min，空气消耗量为 20L/min。此时能满足安全搬运的吸盘吸附泥料的响应时间可如此计算：

$$Q_1 = (1/2 - 1/3) Q_{\text{man}} = (1/2 - 1/3) \times 12\text{L/min} = (6-4) \text{L/min}$$

查《液压气动设计手册》中图 19 和图 20 能得到软管有效截面积  $S=18\text{mm}^2$ 。按下式可计算  $Q_2$ ：

$$Q_2 = S \times 11.1 = 18 \times 10^{-4} \times 11.1 = 1.998 \times 10^{-2} \text{L/min}$$

因为  $Q_2 < Q_1$ ，可以取  $Q=4\text{L/min}$

从喷嘴到吸盘的管道容积 V：

$$V = \frac{1}{1000} \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L = \frac{1}{1000} \times \frac{3.14}{4} \times 0.6^2 \times 100 = 0.03\text{L}$$

安全搬运的吸盘吸附泥料的响应时间  $T_1$  可由下式计算可得：

$$T_1 = \frac{V \times 60}{Q} = \frac{0.03 \times 60}{4} = 0.45\text{s}$$

真空发生器消耗的压缩空气流量可由《液压气动设计手册》表 17-31ZH 系列真空发生器主要技术参数，查得  $Q=20\text{L/min}$ ，两个吸盘吸附工件总的耗气量为  $\Sigma Q_{\text{总}} = \Sigma Q + 2q_1 + 2q_2 + q_3 + q_4 = 0.67 \times 10^{-3} + (2 \times 1.41 + 2 \times 1.41 + 3.52 + 5.51) \times 10^{-4} = 2.14 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$ 。

### 4.3 气压元件的选型

根据系统的最大工作压力和通过阀的实际最大流量由产品样本确定阀的型号和规格，被选定阀的额定压力和额定流量大于或者等于系统的最大工作压力和阀的实际流量。必要时，通过阀的实际流量可略大于该阀的额定流量，但不许抽出 20% 以避免压力损失过大引起噪声和发热。具体见下表 4.2：

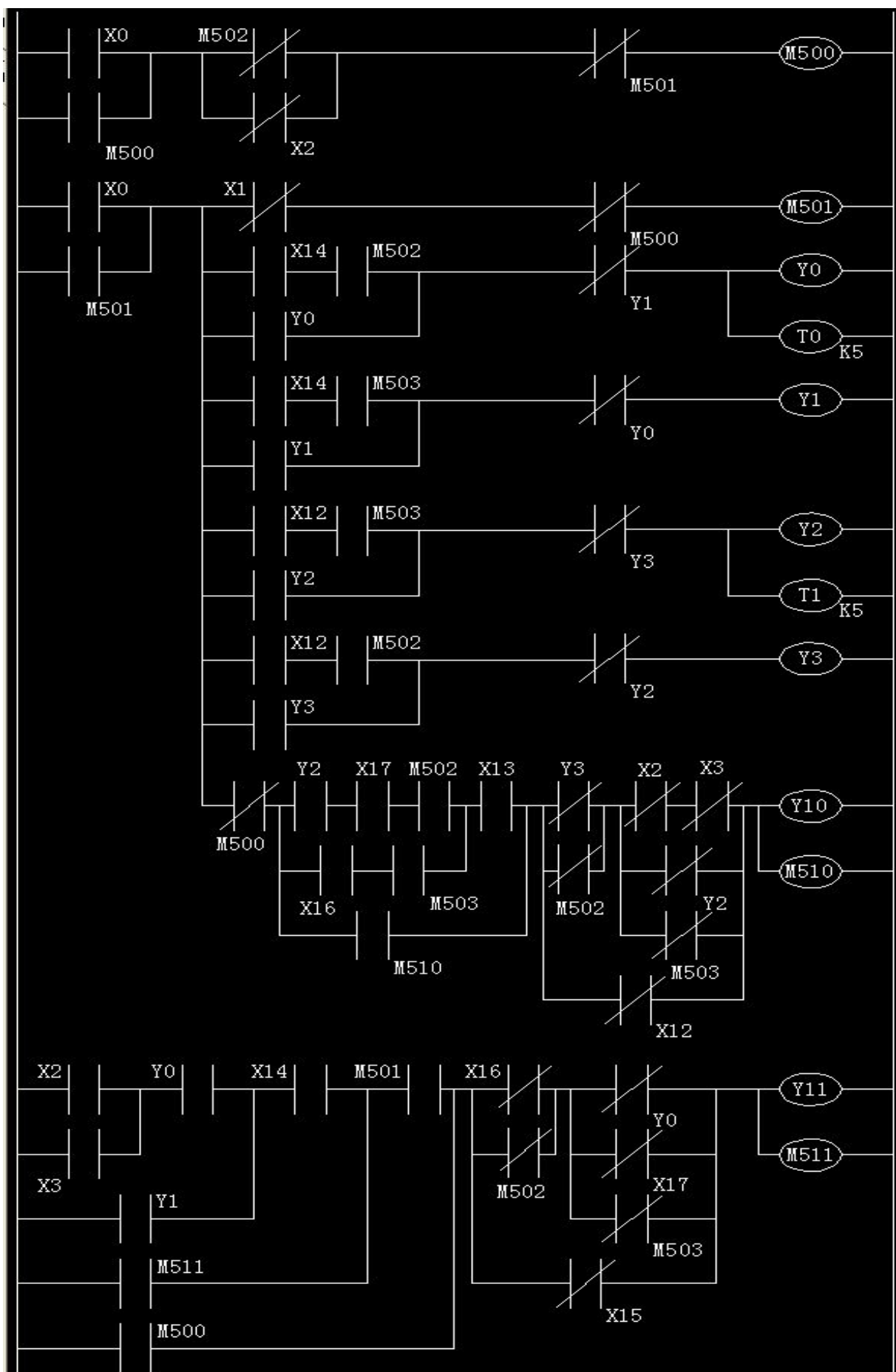
表 4.2 气压元件的选型

名称	型号	数量
双电控二位五通电磁阀	4V120-06-DC24V	2
单电控二位五通电磁阀	4V110-06-DC24V	2
二位三通电磁阀	3V1-06-DC24V	4
空气过滤器	AF3000-02D	1
油雾器	BL3000	1
减压阀	ARP300-02	2
压力表	G36-04-01	2
消声器	AN203-02	2
真空发生器	ZH07BS-08-06	2
真空过滤器	ZFA100-01	2
汇流板	VV5F3-30-041	1
真空吸盘	ZPX68HN	2
软管	T0806	若干

表 4-2

#### 4.4 控制系统的确定

本次设计的控制系统采用 PC 控制，设计如下：控制逻辑图如图 4.3，控制指令表如表 4.4。





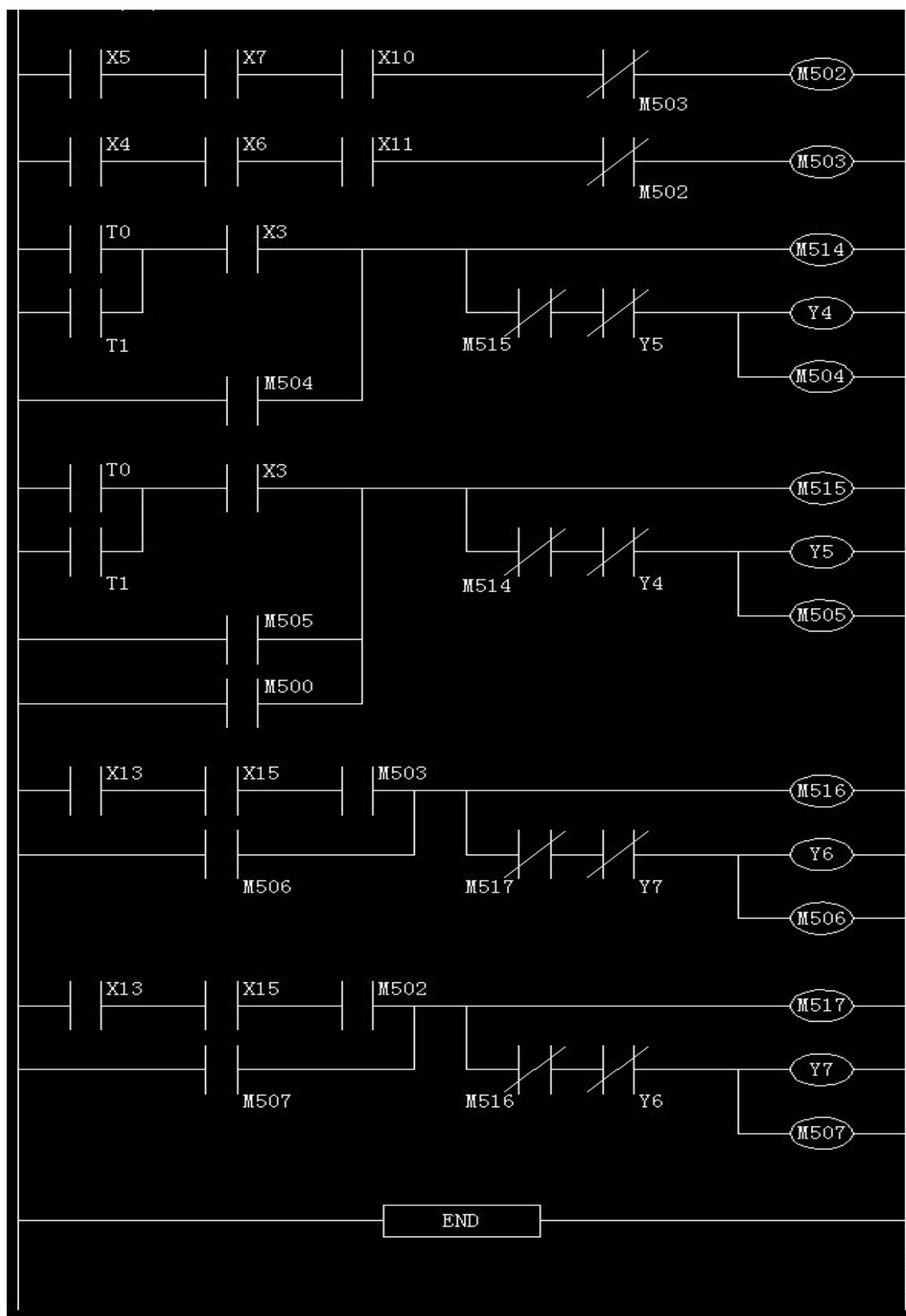


图 4.3 控制逻辑图

# 景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

表 4.4 控制指令表

0	LD X2	31	OUT Y2	62	OR X3
1	OR M500	32	OUT T1	63	AND Y0
2	LDI M502		SP K5	64	OR Y1
3	ORI X2	33	MRD	65	AND X14
4	ANB	34	LD X12	66	OR M511
5	ANI M501	35	AND M502	67	AND M501
6	OUT M500	36	OR Y3	68	OR M500
7	LD X0	37	ANI Y2	69	LDI X16
8	OR M501	38	OUT Y3	70	ORI M502
9	MPS	39	MPP	71	LDI Y0
10	ANI X1	40	ANI M500	72	ORI X17
11	ANI M500	41	LD M502	73	ORI M503
12	OUT M501	42	AND Y2	74	ANB
13	MRD	43	AND X17	75	ORI X15
14	LD X14	44	LD X16	76	ANB
15	AND M502	45	AND M503	77	OUT Y11
16	OR Y0	46	ORB	78	OUT M511
17	ANI Y1	47	AND X13	79	LD X5
18	OUT Y0	48	OR M510	80	AND X7
19	OUT T0	49	ANB	81	AND X10
	SP K5	50	LDI Y3	82	ANI M503
20	MRD	51	ORI M502	83	OUT M502
21	LD X14	52	LDI X2	84	LD X4
22	AND M503	53	ANI X3	85	AND X6
23	OR Y1	54	ORI Y2	86	AND X11
24	ANI Y0	55	ORI M503	87	ANI M502
25	OUT Y1	56	ANB	88	OUT M503
26	MRD	57	ORI X12	89	LD T0
27	LD X12	58	ANB	90	OR T1
28	AND M503	59	OUT Y10	91	AND X2
29	OR Y2	60	OUT M510	92	OR M504
30	ANI Y3	61	LD X2	93	OUT M514

# 景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

续表 4.4

94	ANI M515	106	OUT Y5	118	OUT M506
95	ANI Y5	107	OUT M505	119	LD X13
96	OUT Y4	108	LD X13	120	AND X15
97	OUT M504	109	OUT M506	121	AND M503
98	LD T0	110	LD X13	122	OR M507
99	OR T1	111	AND X15	123	OUT M517
100	AND X3	112	AND M503	124	ANI M516
101	OR M505	113	OR M506	125	ANI Y6
102	OR M500	114	OUT M516	126	OUT Y7
103	OUT M515	115	ANI M517	127	OUT M507
104	ANI M514	116	ANI Y7	128	END
105	ANI Y4	117	OUT Y6		

### 5 结 论

我本次设计的是投泥机械手，涉及范围有机械与电，也与可编程控制有关，可说是名副其实的“机电一体化”。

毕业设计是学生在校学习阶段的最后一个重要的教学环节，目的是培养学生综合运用所学专业和基础理论知识。本学期是我在校求学的最后一个学期，也是完成我的毕业设计的时间表，在这最后一个学期里面，我学到了很多知识，其中很多知识是很好实用价值的，这在我以后的工作中有一定的帮助，在此，我对我的指导老师潘玉安老师的辛勤教诲表示衷心的感谢，感谢他对我们毕业设计的关心和帮助。

本次毕业设计是我们大学四年所学知识做的一次总测验，是锻炼也是检验自己对四年来对所学知识的掌握和运用知识的能力，是我们高等院校学生的最后学习环节，也是学到最多实际知识的时候，通过这次设计，学到了许多原来未学到的知识，对过去没有掌握的知识得到了进一步的巩固。独立思考，综合运用所掌握理论知识的能力得到很大的提高，学会了从生产实际出发，针对实际课题解决实际问题，掌握了综合使用各种设计手册，图册和资料的方法，也为以后工作打下基础，对四年来的机械设计制造及自动化专业知识的一次总结。

在本次设计快要结束的时候，回想起做本次设计时的经历，发现自己不但学习到了一些新的知识，更加领悟到一些哲理：在困难面前要变得坚强、努力克服，那样困难一定会解决的并且还能见识到不一样的自己。

本次毕业设计是在校期间做的第一次比较完整、系统的设计，因而难免存在许多缺点和不足之处，还有待于改进，望老师多提宝贵意见。

## 6 经济分析报告

本设备投泥机械手是由模仿人手又无人操作的自动操作装置，在全自动滚压成型生产线中应用可减轻工人的劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率和生产的自动化水平。

投泥机械手的控制部分选用了 PC 控制，使得整个机构的设计变得简化。可编程控制器体虽成本高但是体积小，安装、调试方便，大大缩短了调试周期使得生产线很容易做到高产量，短交货期，对于资金的周转很有帮助。

在气压回路中，气缸的选取主要是考虑性能和成本这两个因素。而经过再三比较，还是选取了价格低廉、性能稳定、外形美观的济南华能公司的小型气缸。

本次的设计因本着实用、简洁的设计原则，也为了便于采购和降低成本，因此采用了大量的标准件。

### 致 谢

为期三个多月的毕业设计即将结束，回顾整个毕业设计的过程，我深有感触。在毕业设计过程中，我翻阅、查阅了大量的相关资料，同时将大一至大四所学的相关专业课本认真的温习了一遍，增加了许多的理论知识。这次毕业设计，使我将大学四年中所学到的基础知识得到了一次综合性的应用。我所学过的知识结构得到了科学组合，同时也从理论到实践得到了一次质的改变，可以说这次毕业设计给了我一个关于理论知识与实践运用之间互相过渡的桥梁。

知识的巩固固然重要，但是能力的培养同样不可忽略。我觉得这次毕业设计的完成，不仅锻炼了我设计的能力，同时更培养了我独立思考的能力、解决困难的方法，也培养了我独立、创新、力求先进的思想。与此同时我也深刻地认识到：一个人无论你做什么事，只要用心、努力的去做，那么难事将不再难；但如果你不去用心、不去努力的做，那么易事也将不容易。这段时间内我所收获的东西，对我今后不论是学习还是工作都将会是一笔难得的财富。

在本次毕业设计中，潘老师以及其他指导老师都付出了辛勤的劳动，在此我向他们表示衷心的感谢。同时，此次毕业设计的圆满完成与同学们也是分不开的，他们给了我许多帮助和指点，在此一并表示感谢！

由于自己能力所限，时间仓促，本次毕业设计中还存在着许多不足之处，恳请各位老师同学给予批评指正。

## 参 考 文 献

- [1] 詹启贤, 郭爱莲. 轻工业机械概论. 中国轻工业出版社, 1996:2
- [2] 梅顺齐, 何雪明. 现代设计方法. 华中科技大学出版社, 2009
- [3] 詹启贤. 自动机械设计. 中国轻工业出版社, 1997
- [4] 邹力德. 陶瓷工业机械手. 轻工业出版社, 1987
- [5] 张福玲, 陈尧明. 液压与气压传动. 机械工业出版社, 1998
- [6] 章秦娟. 陶瓷工艺学. 武汉理工大学出版社, 1997
- [7] 冯浩, 汪建新, 赵书尚. 机电一体化系统设计. 华中科技大学出版社, 2009
- [8] 朱张校, 姚可夫. 工程材料. 第 4 版. 清华大学出版社, 2009
- [9] 孔庆华, 母福生, 刘传绍. 极限配合与测量技术基础. 第 2 版. 同济大学出版社, 2008
- [10] 杨基厚. 机构运动学与动力学. 机械工业出版社, 1987
- [11] 刘鸿文. 材料力学 I. 第 5 版. 高等教育出版社, 2011
- [12] 钟肇新, 范建东, 冯太合. 可编程控制器原理及应用. 第 4 版. 华南理工大学出版社, 2008
- [13] 何雪明, 吴晓光, 王宗才. 机械 CAD/CAM 基础. 华中科技大学出版社, 2008
- [14] 《工业机械手》编写组. 工业机械手——机械结构. 上海科学技术出版社, 1978
- [15] 哈尔滨工业大学理论力学教研室. 理论力学（I）. 第 7 版. 高等教育出版社, 2009
- [16] 涂晓斌, 钟红生, 习俊梅, 梅中芳, 倪国良. 机械制图. 江西高校出版社, 2008
- [17] 广东轻工业学校. 日用陶瓷工厂机械装备. 轻工业出版社, 1987:10
- [18] 马宝虎. 机械手与机器人. 湖南陶瓷. 1975（2）:12-13