



湖南石油化工职业技术学院  
Hunan Petrochemical Vocational Technology College

## 学生毕业设计成果

基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送控制系统的方案设计

设计题目： (系统硬件电路设计及元器件选型)  
\_\_\_\_\_

专业名称： 电气自动化技术  
\_\_\_\_\_

班级名称： 电气 3171  
\_\_\_\_\_

学生姓名： 池梓博  
\_\_\_\_\_

指导教师： 何明  
\_\_\_\_\_

责任领导： 蒋丹  
\_\_\_\_\_

二零一九年十月

### 学生毕业设计成果真实性承诺书

本人郑重承诺：我所递交的毕业设计材料，是本人在指导老师的指导下独立进行完成的；除文中已经注明引用的内容外，不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。对本设计的共同完成人所做出的贡献，在对应位置已以明确方式标明。若被查出有抄袭或剽窃行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切后果。

学生（确认签字）：池梓博

签字日期：2019.10.20

### 指导教师关于学生毕业设计成果真实性审核承诺书

本人郑重承诺：已对该生递交的毕业设计材料中所涉及的内容进行了仔细严格的审核，其成果是本人在的指导下独立进行完成的；对他人成果的引用和共同完成人所做出的贡献在对应位置已以明确方式标明。不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。若查出该生所递交的材料有学术不端的行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切责任。

指导教师（确认签字）：何明

签字日期：2019.10.21

# 目 录

一、成果简介.....	5
(一) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送控制系统的功能介绍.....	5
(二) 控制电路的设计及元器件部分的介绍.....	5
(三) 实物展示.....	6
二、设计思路.....	7
(一) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送系统简介.....	7
(二) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送系统原理框图.....	7
(三) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送的软件设计思路(王俊濠负责).....	8
(四) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送系统的 MCGS 监控系统设计思路(邓定康负责).....	8
三、设计过程.....	8
(一) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送系统电路总图及分析.....	8
(二) 系统电路元器件的计算与选型.....	10
1、PLC 的选型.....	10
2、电机的选型.....	10
3、低压断路器的选型.....	11
4、熔断器的选型.....	12
5、交流接触器的选型.....	12
6、热继电器的选型.....	14
(三) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送控制系统的软件设计过程(王俊濠负责).....	16
(四) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送控制系统的 MCGS 监控系统设计过程(邓定康负责).....	16
(五) 系统的调试步骤.....	16
1、电气系统材料明细表.....	16
2、控制电路的调试步骤.....	16
四、成果特点.....	17
五、收获与体会.....	18

参考文献..... 20

# 基于 PLC 和 MCGS 某俱乐部大小球分拣传送的控制系统设计

## ——系统硬件电路设计及元器件选型

### 一、成果简介

#### (一) 基于 PLC 和 MCGS 的某俱乐部大小球分拣传送控制系统的功能介绍

大小球分拣传送控制系统主要由：PLC、MCGS、电气传动部分等其他部分组成。

大小球分拣传送在工业上，自动控制系统有着广泛的应用，如工业自动化机床控制、计算机系统、机械手等。而工业机械手是相对较新的电子设备，它正开始改变现代化工业面貌。本设计为三自由度直角坐标型工业机械手，其工作方向为三个直线方向。在控制器的作用下，它执行将工件从一个地方搬到另一个地方这一简单的动作，本文是对整个设计工作较全面的介绍和总结。

现在工艺过程当中，很多都已经用自动化彩代替了传统的机械化生产设计，这样不但解决了人力成本，而且可以大面积的提高效率，采用自动控制的方法已经是一种普及的方法了，机械自动化也可以非常好地解决很多个设备小批量生产。

为了抓取空间中任意位置和方位的物体，需有 6 个自由度。自由度是分拣传送系统设计的关键参数。自由度越多，分拣传送系统的灵活性越大，通用性越广，其结构也越复杂。控制系统是通过对机械手每个自由度的电机的控制，来完成特定动作。同时接收传感器反馈的信息，形成稳定的闭环控制。

#### (二) 控制电路的设计及元器件部分的介绍

1、主电路主要是在分拣传送系统运行过程中对分拣传送系统的电源进行输送及电路运行状态的监控，以确保分拣传送系统能够正常运行。

2、控制电路是控制大小球分拣传送控制系统的操作过程进行监控，比如：大小球分拣传送控制系统，启动之后，开始下降，如果遇到大球，则不会碰到下限位开关，延时 3 秒吸球，随后上升，当上升碰到上限位开关时，开始右移，碰到右大球限位开关，开始下降，碰到下限位开关，开始释放，延时 3 秒，开始上

升，然后返回原位，开始循环工作。

3、元器件主要是组成电路的一部分，电路的一部分是后元件组成的。比如：

①低压断路器是一种不仅可以接通和分断正常负荷电流和过负荷电流，还可以接通和分断短路电流的开关电器。低压断路器在电路中除起控制作用外，还具有一定的保护功能，如过负荷、短路、欠压和漏电保护等；

②热继电器是电机拖动重要电气装置，其原理是利用双金属片因过热发生形变的物理特性，可以看成是一个常闭开关，把其串联在电机拖动的控制回路中，因为某种原因过热，热继电器动作状态变为开点，控制回路电机主接触器线圈失电主触头分离，电机停止。对电机起过热保护。

③交流接触器在电路中起接通或断开电源开关的作用，其工作原理与交流继电器相似，只是电磁开关的数量结构和使用场合及安装方式有所不同。

### (三) 实物展示

如在小组 3 人的共同的努力下完成软件设计、控制电路的设计、元器件选型及 MCGS 监控系统的设计后，根据学校现有实训设备，做出模拟电路，进行模拟系统运行。

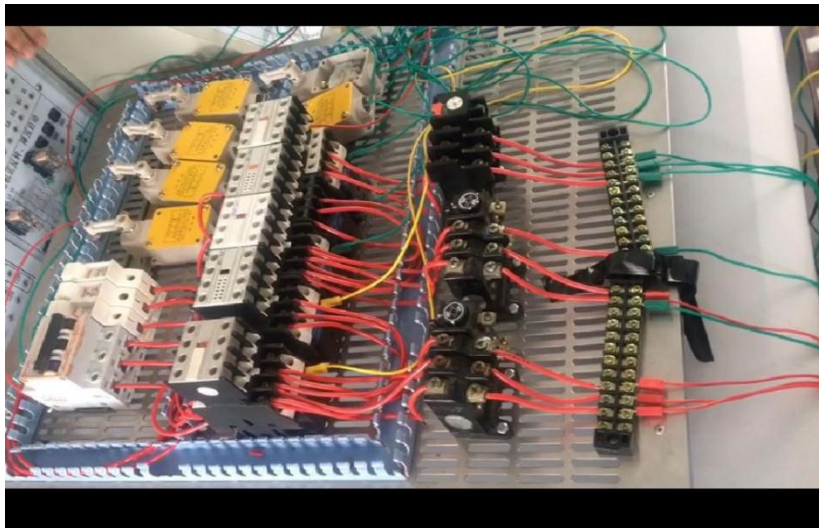


图 1 系统主电路及控制电路接线图

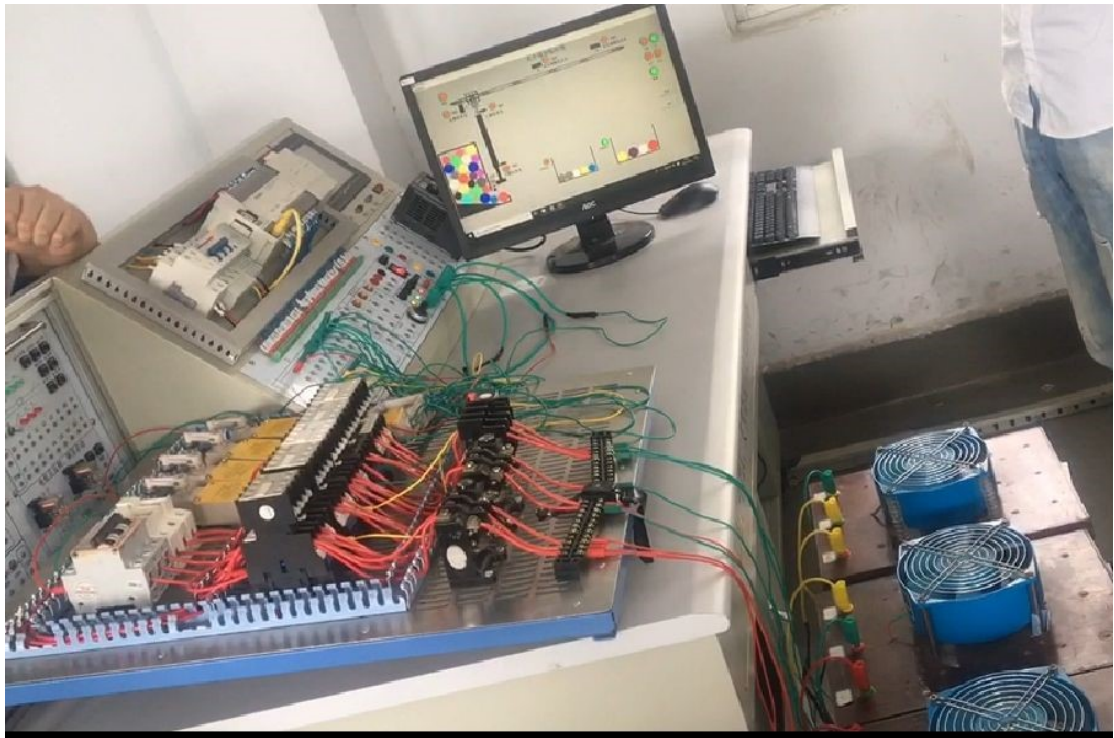


图 2 模拟实物系统图

## 二、设计思路

### (一) 基于 PLC 和 MCGS 的大小球分拣传送控制系统简介

大小球分拣传送是一种具有人体上肢的部分功能，工作程序固定的自动化装置。机械手具有结构简单、成本低廉、维修容易的优势。大小球分拣传送系统就是用机器代替人手，把工件由某个地方移向指定的工作位置。

本次设计的大小球分拣传送控制系统是采用主控电路及元器件选型、PLC 软件程序和 MCGS 监控系统共同完成。通过一定的硬件控制系统对其编程来实现所有的功能，在此基础上加上传感器系统，进行运动的反馈工作，使其更加地精确和稳定。其中 GX 软件是用来编写控制大小球分拣传送系统运行的程序，MCGS 系统是用来监视大小球分拣传送控制系统的运行。

对于大小球分拣传送系统安装原则是：安装一个电动机，以控制分拣传送系统的运行。电机可以选用 YZ 系列，YZ 系列为鼠笼型异步电动机，要旋转起来的先决条件是具有一个旋转磁场，一般定子绕组为绕线式，三相电源相与相之间的

电压在相位上是相差 120 度的，三相异步电动机定子中的三个绕组在空间方位上也互差 120 度，这样，当在定子绕组中通入三相电源时，定子绕组就会产生一个旋转磁场；转子绕组为鼠笼或绕线式，以鼠笼式转子绕组为例，定子绕组产生旋转磁场后，会在机壳、定子及转子铁心和气隙中形成磁通回路，转子导条将切割旋转磁场的磁力线（旋转的磁场切割静止不动的导条）而产生感应电流（可以用右手定则判定感应电流方向），转子导条中的电流又与旋转磁场相互作用产生电磁力（可以用左手定则判定力的方向），电磁力产生的电磁转矩就会驱动转子沿旋转磁场方向旋转起来。一般情况下，电机的实际转速会低于旋转磁场的同步转速。

## （二）基于 PLC 和 MCGS 的机械手电气系统原理框图

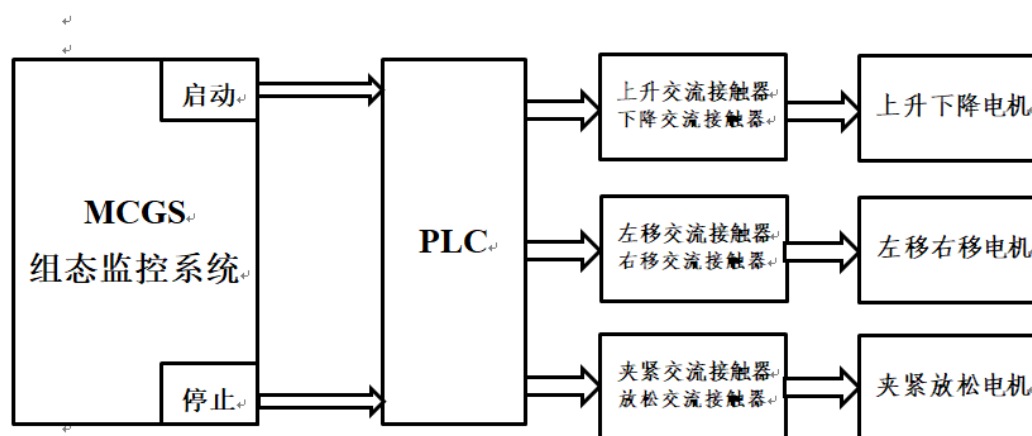


图 3 大小球分拣传送控制系统原理框图

（四）基于 PLC 和 MCGS 的大小球分拣传送控制系统的软件设计思路(王俊濠负责)

（五）基于 PLC 和 MCGS 的大小球分拣传送控制系统的 MCGS 监控系统设计思路(邓定康负责)

## 三、设计过程

（一）基于 PLC 和 MCGS 的大小球分拣传送控制系统电路总图及分



析

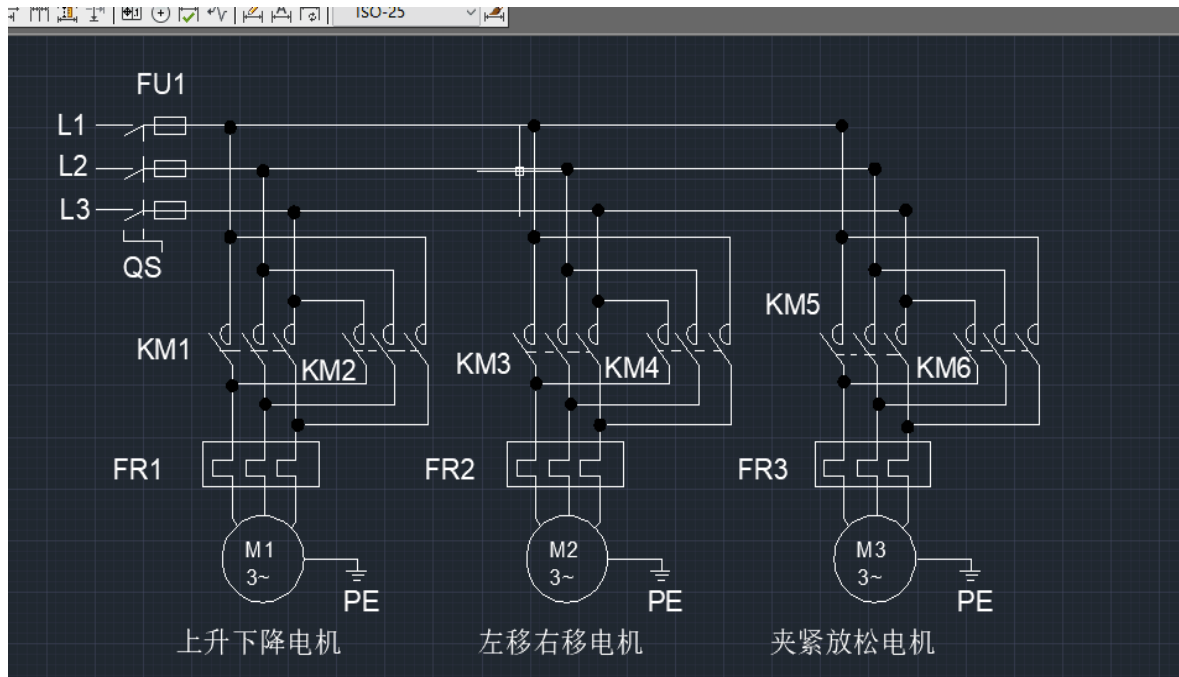


图 4 大小球分拣传送控制系统主电路图

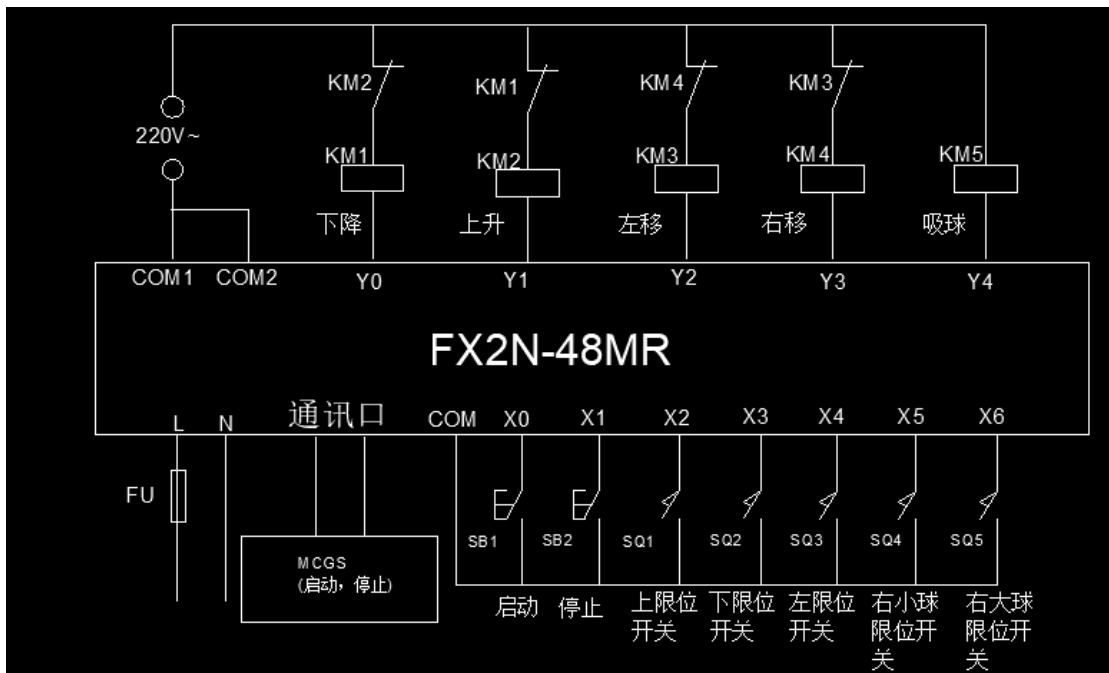


图 5 大小球分拣传送控制系统 PLC 控制部分电路图

设备的操作方式一般可分手动和自动两大类，手动操作的方式主要运用于设备的调整，自动操作的方式主要运用于设备的自动运行。

手动操作方式——手动操作：用单个按钮接通或者断开各自对应的负载。

——回原点：按下回原点按钮，使设备自动回归原点位置。

自动操作方式——单步运行：每按下一次启动按钮，设备前进一个工步。

——连续运行：在零点位置按下启动按钮，设备按既定工序连续反复运行。  
中途按下停止按钮，设备运行到零点位置停止。

## (二) 系统电路元器件的计算与选型

### 1、PLC 的选型

如图所示为 FX2N 型 PLC 基本单元外形，其主要是通过输入端子和输出端子与外部控制电器联系的。输入端子连接外部的输入元件，如按钮、控制开关、行程开关、接近开关、热继电器接点、压力继电器接点、数字开关等。输出端子连接外部的输出元件，如接触器、继电器线圈、信号灯、报警器、电磁铁、电磁阀、电动机等。



图 6 PLC 实物图

### 2、电机的选型

电机工作原理：用来产生磁场和作电动机的机械支撑。电动机的定子由定子铁心、定子绕组和机座三部分组成。定子绕组镶嵌在定子铁心中，通过电流时产生感应电动势，实现电能量转换。机座的作用主要是固定和支撑定子铁心。

由于机械手大约重 40KG，拾取大小球重量大约在 0.5kg-1.4kg 之间，机械

手移动速度  $V=4\text{m}/\text{min}$ ，而一般电机效率为 0.75，通过公式计算得知，选用 YZ132M1-6 型号电机，效率为 7.5KW，转速 935/秒，堵转电流倍数 4.74，额定电压 380V，堵转转速倍数 3.11，效率 75.5%，频率 50HZ，功率因素 0.77。

电动机的计算公式：

电机公式运算输入功率  $P_1 = \sqrt{3} * U_1 * I_1 * \cos \alpha = \sqrt{3} * 380 * 15.4 * 0.85 \text{KW} = 8.6 \text{KW}$

输出功率  $P_2 = 7.5 \text{KW}$

效率  $= P_2 / P_1 = 7.5 / 8.6 * 100\% = 87\%$



图 7 YZ132M1-6 三相异步电动机

根据综上所述，以及大小球分拣系统各个元器件的参数，决定选用额定电压为 380V，额定功率 2.2KW 的 YZ132M1-6 三相异步电动机。

### 3、低压断路器的选型

既能带负荷通断电路，又能在短路、过负荷和失压自动跳闸。

低压断路器是低压电力系统中的主要电器设备之一。低压断路器可在正常负荷下接通或断开电路。

当电路中发生短路故障或过载时，低压断路器可自动掉闸电路起到保护气线路和电气设备的作用，并可防止事故范围扩大。

低压断路器可用于低压配电装置中做总开关和支路开关，也可用于电动机不频繁的起动控制。

DZ47LE 系列漏电断路器适用于交流 50Hz，额定电压为 230V/400V，额定电流至 63A 的线路中做漏电保护之用。当有人触电或电路漏电流超过规定值时，漏电断路器能在 0.1s 内自动切断电源，保障人身安全和防止设备因发生泄漏电流造成的事故。



图 8 低压断路器 DZ47-32

低压断路器的计算与选型：

断路器需选择电机额定电流的 1.5 倍左右，

因为电动机的额定电压为 380V，所以我们选用 DZ47-32，额定电压为 230V/400V，壳架等级为 32A；分断能力为 6000A,50Hz/60Hz、额定电流为 1~63A 的低压断路器。

#### 4、熔断器的选型

起到保护电路安全运行的作用。当电路发生故障或异常时，伴随着电流不断升高，并且升高的电流有可能损坏电路中的某些重要器件或贵重器件，也有可能烧毁电路甚至造成火灾。

作用：1. 正常情况下接通和断开高压电路中的空载。

2. 在系统发生故障时能与保护装置和自动装置相配合，迅速切断故障电流，防止事故扩大，从而保证系统安全运行。

熔断器是指当电流超过规定值时，以本身产生的热量使熔体熔断，断开电路的一种电器。熔断器是根据电流超过规定值一段时间后，以其自身产生的热量使熔体熔化，从而使电路断开；运用这种原理制成的一种电流保护器。熔断器广泛

应用于高低压配电系统和控制系统以及用电设备中，作为短路和过电流的保护器，是应用最普遍的保护器件之一。



图9 熔断器 RT18-32

RT18-32 熔断器，RT18 熔断器适用于额定电压为交流 380V/500V，RT18 熔断器额定电流至 63A 的配电装置中作过载和短路保护之用。氖灯和电阻组成了隔离器的熔断体熔断信号装置

熔断器的工作原理：用金属导体作为熔体串联于电路中，当过载或短路电流通过熔体时，因其自身发热而熔断，从而分断电路的一种电器。

熔断器的计算与选型：总保护熔体额定电流 =  $(1.5 \sim 2.5) \times$  各台电动机电流之和 =  $2 \times (7.5 \times 7.5 \times 7.5) = 843.75A$ 。

本次设计选用 RT18-32 熔断器，因为三相异步电动机 YZ132M1-6 的额定电压 380V，所以选用 380V 的低压熔断器。

## 5、交流接触器的选型

### 交流接触器的简介

交流接触器广泛用作电力的开断和控制电路。它利用主接点来开闭电路，用辅助接点来执行控制指令。主接点一般只有常开接点，而辅助接点常有两对具有常开和常闭功能的接点，小型的接触器也经常作为中间继电器配合主电路使用。

交流接触器常采用双断口电动灭弧、纵缝灭弧和栅片灭弧三种灭弧方法。用以消除动、静触头在分、合过程中产生的电弧。容量在 10A 以上的接触器都有

灭弧装置。交流接触器还有反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构底座及接线柱等辅助部件。

作为执行元件，用于接通、分断线路、或频繁的控制电动机等设备运行。由动、静主触头，灭弧罩，动、静铁芯，辅助触头和支架外壳等组成。

电磁线圈通电后，使动铁芯在电磁力作用下吸合，直接或通过杠杆传动使动触头与静触头接触，接通电路。电磁线圈断电后，动铁芯在复位弹簧作用下自动返回，俗称释放，触头分开，电路分断。



图 10 交流接触器 CJX2-0910

CJX2-0910 系列交流接触器适用于交流 50Hz 或 60Hz, 电压至 660V、电流 95A 的电路中，供远距离接通与分断电路及频繁起动、控制交流电动机，接触器还可组装积木式辅助触头组、空气延时头、机械联锁机构等附件，组成延时接触器、可逆接触器、星三角起动器，并且可以和热继电器直接插接安装组成电磁起动器。

因为交流接触器 CJX2-0910 额定电流为 60A，额定电流为 1.5 倍电机额定功率， $1.5 \times 7.5 \text{kw} = 11.25 \text{A}$ ，所以选用。

综上所述，本次的设计中所选用的接触器型号为：交流接触器 CJX2-0910。

## 6、热继电器的选型

电动机在实际运行中，如拖动生产机械进行工作过程中，若机械出现不正常的情况或电路异常使电动机遇到过载，则电动机转速下降、绕组中的电流将增大，使电动机的绕组温度升高。若过载电流不大且过载的时间较短，电动机绕组不超

过允许温升，这种过载是允许的。但若过载时间长，过载电流大，电动机绕组的温升就会超过允许值，使电动机绕组老化，缩短电动机的使用寿命，严重时甚至会使电动机绕组烧毁。所以，这种过载是电动机不能承受的。热继电器就是利用电流的热效应原理，在出现电动机不能承受的过载时切断电动机电路，为电动机提供过载保护的电器。

使用热继电器对电动机进行过载保护时，将热元件与电动机的定子绕组串联，将热继电器的常闭触头串联在交流接触器的电磁线圈的控制电路中，并调节整定电流调节旋钮，使人字形拨杆与推杆相距一适当距离。当电动机正常工作时，通过热元件的电流即为电动机的额定电流，热元件发热，双金属片受热后弯曲，使推杆刚好与人字形拨杆接触，而又不能推动人字形拨杆。常闭触头处于闭合状态，交流接触器保持吸合，电动机正常运行。

若电动机出现过载情况，绕组中电流增大，通过热继电器元件中的电流增大使双金属片温度升得更高，弯曲程度加大，推动人字形拨杆，人字形拨杆推动常闭触头，使触头断开而断开交流接触器线圈电路，使接触器释放、切断电动机的电源，电动机停车而得到保护。



图 11 热继电器 JR36-20

### 热继电器的计算选型

因为电动机的额定电压为 380V，所以选用为 380V 的 JR36-20 热继电器型号。

## 7、行程开关的选型

行程开关，位置开关（又称限位开关）的一种，是一种常用的小电流主令电器。利用生产机械运动部件的碰撞使其触头动作来实现接通或分断控制电路，达到一定的控制目的。通常，这类开关被用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。



图 12 LX19-111 型行程开关

LX19 系列行程开关适用于交流 50Hz 或 60Hz、电压至 380V，直流电压至 220V 的控制电路中，作运动机构的行程控制，运动方向或速度的变换，机床的自动控制，运动方向或速度的变换，运动机构的限位动作及控制行程或程序之用。

本次设计选用的行程开关为 LX19-111 型。

(三) 基于 PLC 和 MCGS 的大小球分拣传送控制系统的软件设计过程  
(王俊濠负责)

(四) 基于 PLC 和 MCGS 的大小球分拣传送控制系统的 MCGS 监控系统设计过程(邓定康负责)

(五) 系统的调试步骤

### 1、电气系统材料明细表

表 1 电气系统材料明细表

序号	代号	名称	规格型号	数量
1	M	电动机	YZ132M1-6	3
2	KM	交流接触器	CJX2-0910	6
3	FU	熔断器	RT18-32	5



4	QF	低压断路器	DZ47LE-32	1
5	PLC	可编程控制技术	FX2N-48MR	1
6	FR	热继电器	JR36-20	3
7	SQ	行程开关	LX19-111	5

## 2、控制电路的调试步骤

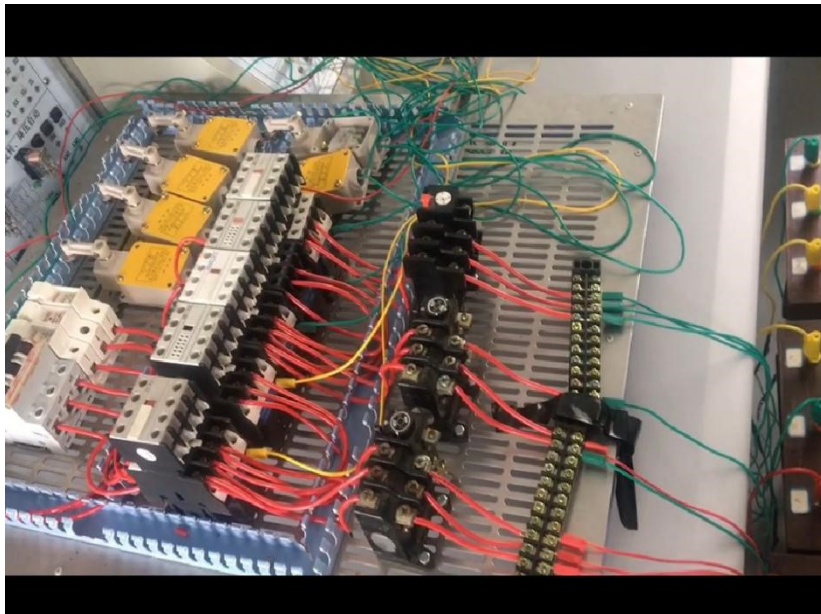


图 13 大小球分拣传送控制系统的主电路及控制电路

a. 按下启动按钮，交流接触器 KM1 得电吸合，电机 1(上升下降电机)正转，开始下降，碰到接近开关时，①KM1 复位，电机 1(上升下降电机)停止转动，停止下降②开始吸球，交流接触器 KM5 得电吸合，电机 3(吸球放松电机)开始转动，延时 3 秒吸球。

b. 吸球后，开始上升，交流接触器 KM2 得电吸合，电机 1(上升下降电机)反转，上升。

c. 上升到一定程度，拨动上限位开关 SQ1，这时①交流接触器 KM2 失电，电机 1(上升下降电机)停止转动，停止上升②同时，交流接触器 KM4 得电吸合，电机 2(左移右移电机)开始反转，右移。

d. 拨动右大球限位开关 SQ5，这时，①交流接触器 KM4 失电复位，电机 2(左移右移电机)停止运转，停止右移，②同时，交流接触器 KM,1 得电吸合，电机

1(上升下降电机)正转，开始下降。

e. 拨动下限位开关 SQ2, ①交流接触器 KM1 失电复位, 电机 1(上升下降电机)停止转动, 停止下降。②同时交流接触器 KM5 失电复位, 电机 3(吸球放松电机)开始放松。延时 3 秒。

f. 3 秒后, 交流接触器 KM2 得电吸合, 电机 1(上升下降电机)开始反转, 开始上升。

g. 上升到上限位开关, 拨动 SQ1, ①交流接触器 KM2 失电复位, 电机 1(上升下降电机)停止运转, 停止上升。②同时, 交流接触器 KM3 得电吸合, 开始左移

h. 左移到左限位开关, 拨动 SQ3, 回到原位。继续循环此过程。

#### 四、成果特点

我们所设计的大小球分拣传送控制系统, 在元器件的数量上比之其它相似类型的机器要多, 这正是为了让机器的拥有更多功能, 所以在功能上要比其它类型的要齐全, 把这些步骤全部集于机器上, 所以大大简化了操作步骤, 减少了人工, 加强了效率。使用我们的机器, 既减少了人工, 又提高了效率, 而在对机器的维护上也比较方便。

节能效果显著, 对于提高企业效益以及人民的生活水平、降低能耗等方面具有很重要的意义。

#### 五、收获与体会

纵观整个设计过程可以说在这一过程中我的收获很大充分认识到自己的薄弱环节通过理论分析与实践的反复进行和论证许多问题都有了较好的解决方案。通过此次设计了解了 PLC 机械手在大小球分选系统的工作原理首次学习了一些大小球分拣传送控制系统的工作原理及使用方法。其中电路及软件实现是此次设计的主要部分。

通过这次综合实践我更加看清了自己的不足之处。为了搞好这次毕业设计

通过查阅资料以及在老师和同学的帮助下最终基本达到了设计目的。通过实践巩固了理论知识的学习提高了实际应用所学知识的能力还积累了许多宝贵的经验。在这次的设计实践过程中我认识到不管做什么事尤其是科学实践都需要大胆假设小心求证。任何一个方案都要经过详细周全的论证后才能着手去做否则即使很快做出来但经不起推敲和考验。对于那些要求能够扩展功能的课题更是如此。

通过这次毕业设计，使我明白了自己原来的知识比较欠缺，自己要学的东西还很多。通过这次毕业设计，我才明白学习是一个不断积累的过程，我以前所懂的都只是停留在表面，并让我知道，在以后的工作和生活中都应该不断的学习，努力的充实自己的大脑。这次毕业设计要求设计大小球分拣传送控制系统，自行设计对于我们来说是非常困难的，只能借助以前学姐、学长们完成的作品，并且在此基础上进一步突破，这对于我们来说是一种挑战，同时也是一种考验，于是本次设计过程中需要按照设计步骤的要求来进行，从而进一步掌握设计操作流程，使自己达到学习的目的。

这一次的毕业设计带给我的收获是非常多的，我不但加强了电气的专业知识，在相互合作的过程当中，我还体会到了团队协作的力量，我们的作品是三个人一起完成的，其中一个人负责硬件部分，一个人负责，程序部分一个人负责组态监控部分，少了一个人的工作，这个系统都不会完整。在今后走上工作岗位以后，我将更加注重团队协作，只有共同发力，我们才能让自己看得更高，走得更远。

## 参考文献

- [1] 张凤珊. 电气控制及可编程序控制器. 2 版 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.
- [2] 《工厂常用电气设备手册》编写组. 工厂常用电气设备手册. 2 版 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [3] 马志溪. 电气工程设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [4] 刘增良, 刘国亭. 电气工程 CAD [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [5] 齐占庆, 王振臣. 电气控制技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [6] 史国生. 电气控制与可编程序控制器技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [7] 郁汉琪. 电气控制与可编程序控制器应用技术 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2015.
- [8] 张万忠. 可编程序控制器应用技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [9] 王兆义. 小型可编程序控制器实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [10] 三菱微型可编程序控制器手册 [M]. MITSUBISHI SOCIO-TECH, 2017.
- [11] 吴晓君, 杨向明. 电气控制与可编程序控制器应用 [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2015.
- [12] 李道霖. 电气控制与 PLC 原理及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.