

五、结 论.....	23
参考文献.....	24
致 谢.....	25

# PLC 在变频调速恒压供水系统中的应用

## [摘要]

变频恒压供水系统是现代建筑中普遍采用的一种水处理系统，随着变频调速技术的发展和人们节能意识的不断增强，变频恒压供水系统的节能特性被广泛地应用于住宅小区、高层建筑的生活及消防供水系统。

本设计满足了变频恒压供水系统中的基本要求，是由储水系统、动力系统，回水系统和控制系统组成。它利用流量与转速成正比的关系来实现节能，即当需求的压力降低时，电动机转速降低，泵出口流量减少，电动机的消耗功率大幅度下降，从而达到节能的目的。

控制系统采用手动和自动两种控制方式，在自动控制器失效的状态下，用手动控制系统也能保证系统地可靠运行。在系统投入自动运行前，手动控制还可用于检验动力线路和动力设备的工况。在有变频和工频两种运行状态的设备间，采用机械互锁和逻辑互锁的双重保护设计，以保障设备的安全运行；该系统同时采用过载保护、漏电保护、接地保护等多重保护机制，充分保障了操作者的人身安全和设备的运行安全。

**关键词：**恒压供水 变频调速 PLC 泵机切换

# 一、绪论

## （一）本设计设计的背景

随着变频器调速技术的发展和人们对生活饮用水品质要求的不断提高，变频恒压供水系统已逐渐取代原有的水塔供水系统，广泛应用于多层住宅小区生活消防供水系统，然而，由于新系统多会继续使用原有系统的部分旧设备(水泵)，在对原有供水系统进行变频改造的实践中，往往会出现一些在理论上意想不到的问题。本设计介绍的变频控制恒压供水系统很好的解决了旧设备需要频繁检修的问题，既体现了变频控制恒压供水的技术优势，同时有效的实现节水、节电、节省人力，最终达到高效率的运行目的。

PLC 是继电器逻辑控制系统发展而来，所以它在数学处理、顺序控制方面具有一定优势。继电器在控制系统中主要起两种作用：（1）逻辑运算（2）弱电控制强电。

PLC 是集自动控制技术，计算机技术和通讯技术于一体的一种新型工业控制装置，已跃居工业自动化三大支柱（PLC、ROBOT、CAD/CAM）的首位。可编程控制器，简称 PLC。它在集成电路、计算机技术的基础上发展起来的的一中新型工业控制设备。

具有：1. 可靠性高、抗干扰能力强 2. 设计、安装容易，维护工作量少 3. 功能强、通用性好 4. 开发周期短，成功率高 5. 体积小，重量轻、功耗底等优点，已经广泛应用于自动化控制的各个领域，并已成为实现工业生产自动化的支柱产品。与继电——接触器系统相比系统更加可靠；占位空间比继电——接触器控制系统小；价格上能与继电——接触器控制系统竞争；易于在现场变更程序；便于使用、维护、维修；能直接推动电磁阀、触器与于之相当的执行机构；能向中央执行机构；能向中央数据处理系统直接传输数据等。

## （二）本课设计的目的和意义

随着电力技术的发展，以变频调速为核心的智能供水控制系统取代了以往高位水箱和压力罐等供水设备，起动平稳，起动电流可限制在额定电流以内，从而避免了起动时对电网的冲击；由于泵的平均转速降低了，从而可延长泵和阀门等东西的使用寿命；可以消除起动和停机时的水锤效应。其稳定安全的运行性能、简单方便的操作方式、以及齐全周到的功能，将使供水实

现节水、节电、节省人力，最终达到高效率的运行目的。

PLC 恒压供水系统对于某些工业或特殊用户是非常重要的。例如在某些生产过程中，若自来水供水因故压力不足或短时断水，可能影响产品质量，严重时使产品报废和设备损坏。又如发生火灾时，若供水压力不足或无水供应，不能迅速灭火，可能引起重大经济损失和人员伤亡。所以，某些用水区采用 PLC 恒压供水系统，具有较大的经济和社会意义。

## 二、系统硬件设计

### （一）PLC 概述

可编程控制器，英文称 Programmable Controller，简称 PLC，本设计中用 PLC 作为它的简称。PLC 是用于工业现场的电控制器。它源于继电器控制技术，但基于电子计算机。它通过运行存储在其内存中的程序，把经输入电路的物理过程得到的输入信息，变换为所要求的输出信息，进而再通过输出电路的物理过程去实现对负载的控制。

PLC 基于电子计算机，但并不等同于普通计算机。普通计算机进行入出信息变换时，大多只考虑信息本身，信息入出的物理过程一般不考虑的。而 PLC 则要考虑信息入出的可靠性、实时性，以及信息的实际使用。特别要考虑怎么适应于工业环境，如便于安装，便于维修及抗干扰等问题，入出信息变换及可靠的物理实现，可以说是 PLC 实现控制的两个基本要点。PLC 可以通过它的外设或通信接口与外界交换信息。其功能要比继电控制装置多的多、强的多。

PLC 基本组成包括中央处理器 (CPU)、存储器、输入/输出接口 (包括输入接口、输出接口、外部设备接口、扩展接口等)、外部设备编程器及电源模块组成。PLC 内部各组成单元之间通过电源总线、控制总线、地址总线 and 数据总线连接，外部根据实际控制对象配置相应设备与控制装置构成 PLC 控制系统。

PLC 有丰富的指令系统，有各种各样的 I/O 接口、通信接口，有大容量的内存，有可靠的自身监控系统，因而具有以下基本的功能：1 逻辑处理功能；2 数据运算功能；3 准确定时功能；4 高速计数功能；5 中断处理（可以

实现各种内外中断)功能; 6 程序与数据存储功能; 7 联网通信功能; 8 自检测、自诊断功能。

可以说, 凡普通小型计算机能实现的功能, PLC 几乎也都可以做到。

像 PLC 这样。集丰富功能于一身, 是别的电控器所没有的, 更是传统的继电控制电路所无法比拟的。丰富的功能为 PLC 的广泛应用提供了可能, 同时, 也为节水行业的远程化、信息化及智能化创造了条件。

## (二) PLC 的选型

在 PLC 系统设计时, 首先应确定控制方案, 下一步工作就是 PLC 工程设计选型。工艺流程的特点和应用要求是设计选型的主要依据。因此, 工程设计选型和估算时, 应详细分析工艺过程的特点、控制要求, 明确控制任务和范围确定所需的操作和动作, 然后根据控制要求, 估算输入输出点数、所需存储器容量、确定 PLC 的功能、外部设备特性等, 最后选择有较高性能价格比的 PLC 和设计相应的控制系统。

### 1. 输入输出 (I/O) 点数的估算

I/O 点数估算时应考虑适当的余量, 通常根据统计的输入输出点数, 再增加 10%~20%的可扩展。余量后, 作为输入输出点数估算数据。实际订货时, 还需根据制造厂商 PLC 的产品特点, 对输入输出点数进行圆整。根据估算的方法故本设计的 I/O 点数为输入 5 点, 输出 10 点。

### 2. 存储器容量的估算

存储器容量是可编程序控制器本身能提供的硬件存储单元大小, 程序容量是存储器中用户应用项目使用的存储单元的大小, 因此程序容量小于存储器容量。设计阶段, 由于用户应用程序还未编制, 因此, 程序容量在设计阶段是未知的, 需在程序调试之后才知道。为了设计选型时能对程序容量有一定估算, 通常采用存储器容量的估算来替代。

存储器内存容量的估算没有固定的公式, 许多文献资料中给出了不同公式, 大体上都是按数字量 I/O 点数的 10~15 倍, 加上模拟 I/O 点数的 100 倍, 以此数为内存的总字数 (16 位为一个字), 另外再按此数的 25%考虑余量。因此本设计的 PLC 内存容量选择应能存储 2000 条梯形图, 这样才能在以后的改造过程中有足够的空间。

### 3. 机型的选择

目前，国内众多的生产厂家生产了多种系列功能各异的 PLC 产品，使用户眼花缭乱、无所适从。通过对输入/输出点的选择、对存储容量的选择、对 I/O 响应时间的选择以及输出负载的特点选型的分许。我决定使用的三菱公司生产的 FX2N 列的 FX2N-32M 型号的可编程控制作为变频调速恒压供水系统的控制器,但是由于和变频器之间的信号不同，我们要添加一个有 A/D、D/A 转换功能的模拟输入输出模块，将信号进行转换输入变频器。



图 1 三菱 F500 变频器的实物图

### （三）PLC 及变频器控制电路

该系统有四台水泵，合上空气开关后，当交流接触器 1KM、3KM、5KM、7KM 主触点闭合时，水泵为工频运行；当 2KM、4KM、6KM、8KM 主触点闭合时，水泵为变频运行。四个热继电器 FR1~FR4 分别对四台电动机进行保护，避免电动机在过载时可能产生的过热损坏。

### （四）供水系统控制电路

Y0~Y7 为 PLC 输出软继电器触点，其中 Y0、Y2、Y4、Y6 控制变频运行电路；Y1、Y3、Y5、Y7 控制工频运行电路。SAC 为转换开关，实现手动、自动控制切换。当 SAC 切在手动位时，通过 1SB2~4SB2 按钮分别起动四台水泵工频运行；当 SAC 在自动位时，由 PLC 控制水泵进行变频或工频状态的起动、切换、停止运行。

1KA 为缺水保护电路的中间继电器触点，当水池缺水或水位不足时，配合缺水保护装置断开控制电路，切断主电路，实现缺水保护作用。

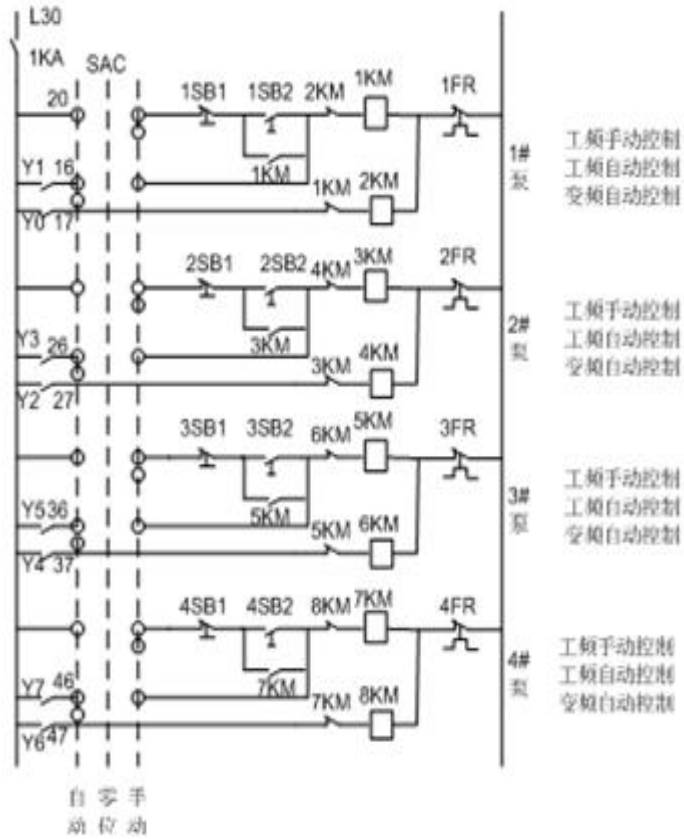


图 2 恒压供水系统的控制电路

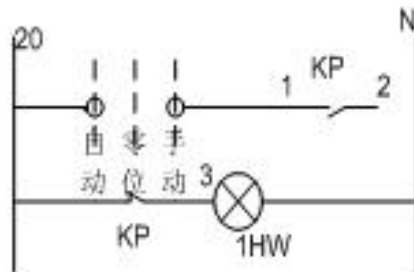


图 3 缺相相序保护电路

### (五) 硬件接线图

系统的硬件连接图即 PLC 和系统中各个硬件的连线。由于 PLC 所输出的信号是数字信号，不被变频器所识别，所以我们在他们之间加了个模拟量输入输出模块 FX0N-3A。其功能为：该模块具有 2 路模拟量输入（0~10V 直流或 4~20mA 直流）通道和 1 路模拟量输出通道。其输入通道数字分辨率为 8

位，A/D 的转换时间为  $100\ \mu\text{s}$ ，在模拟与数字信号之间采用光电隔离，适用于 FX1N、FX2N、FX2NC 子系列，占用 8 个 I/O 点。

具体的如图 4 所示：

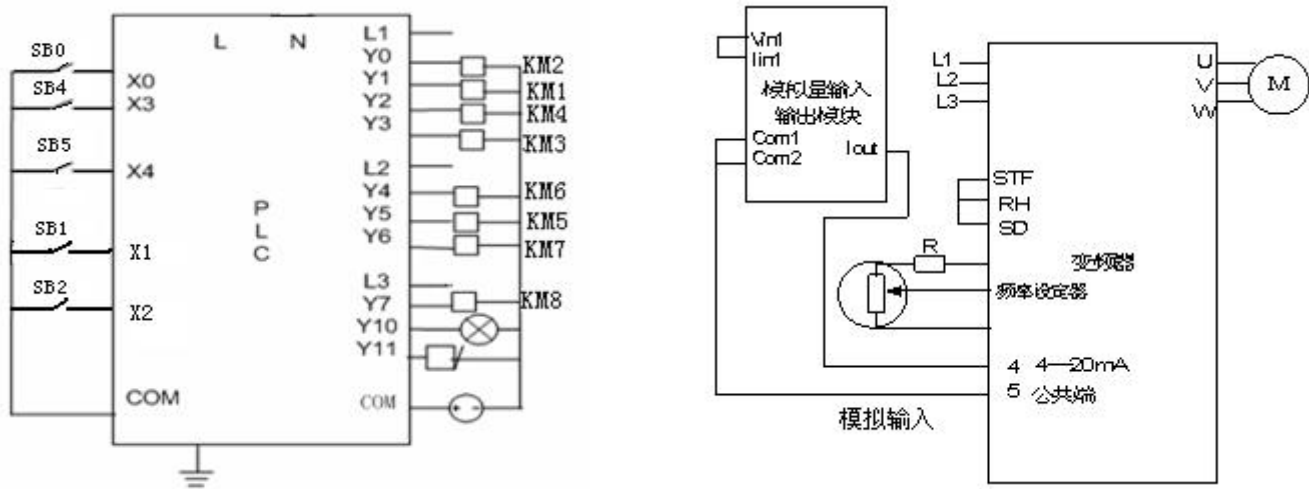


图 4 PLC 硬件接线图

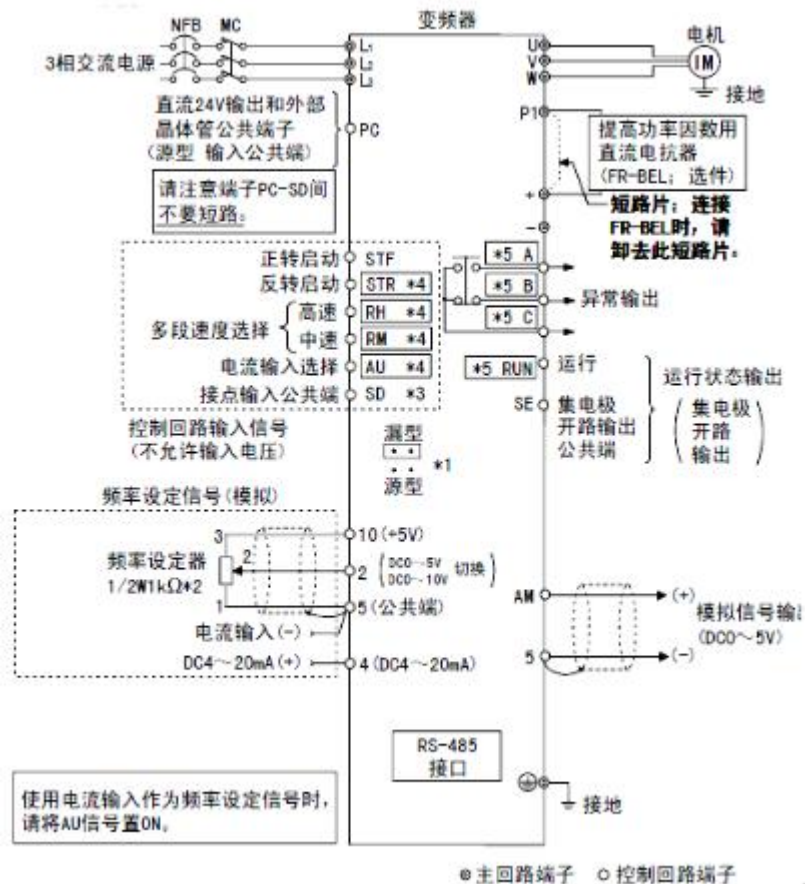
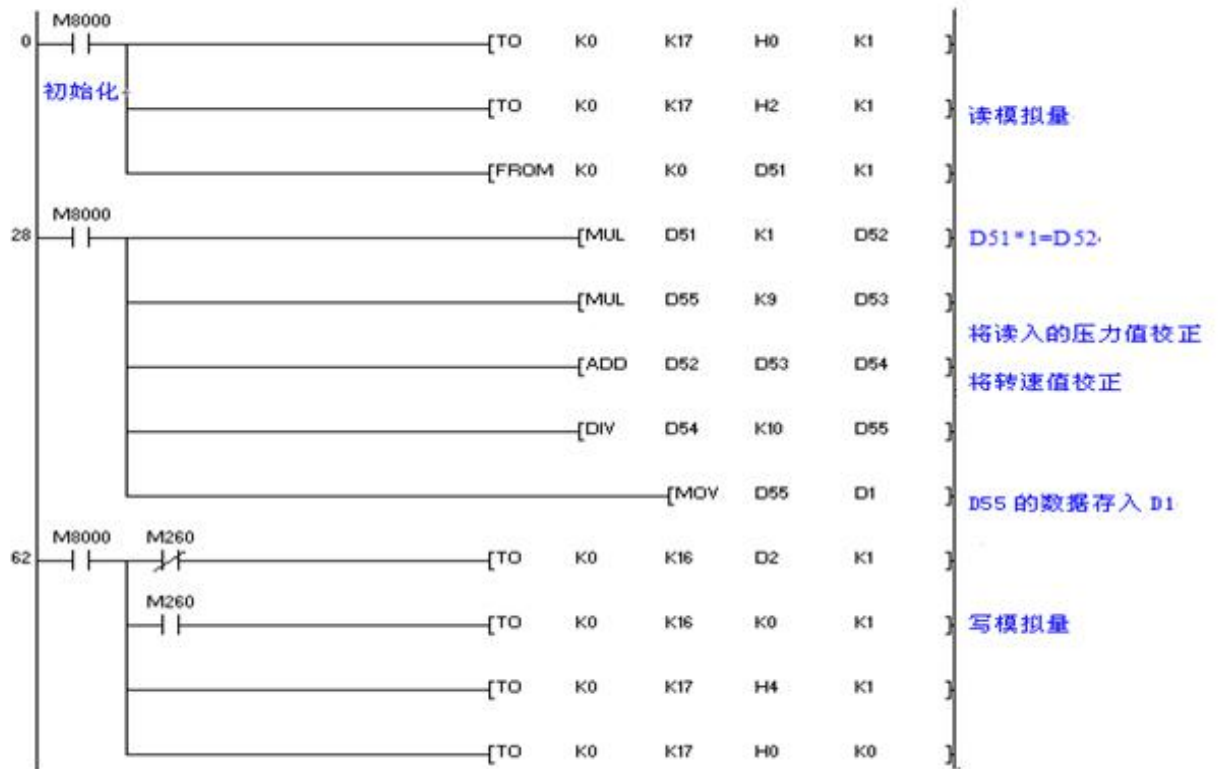
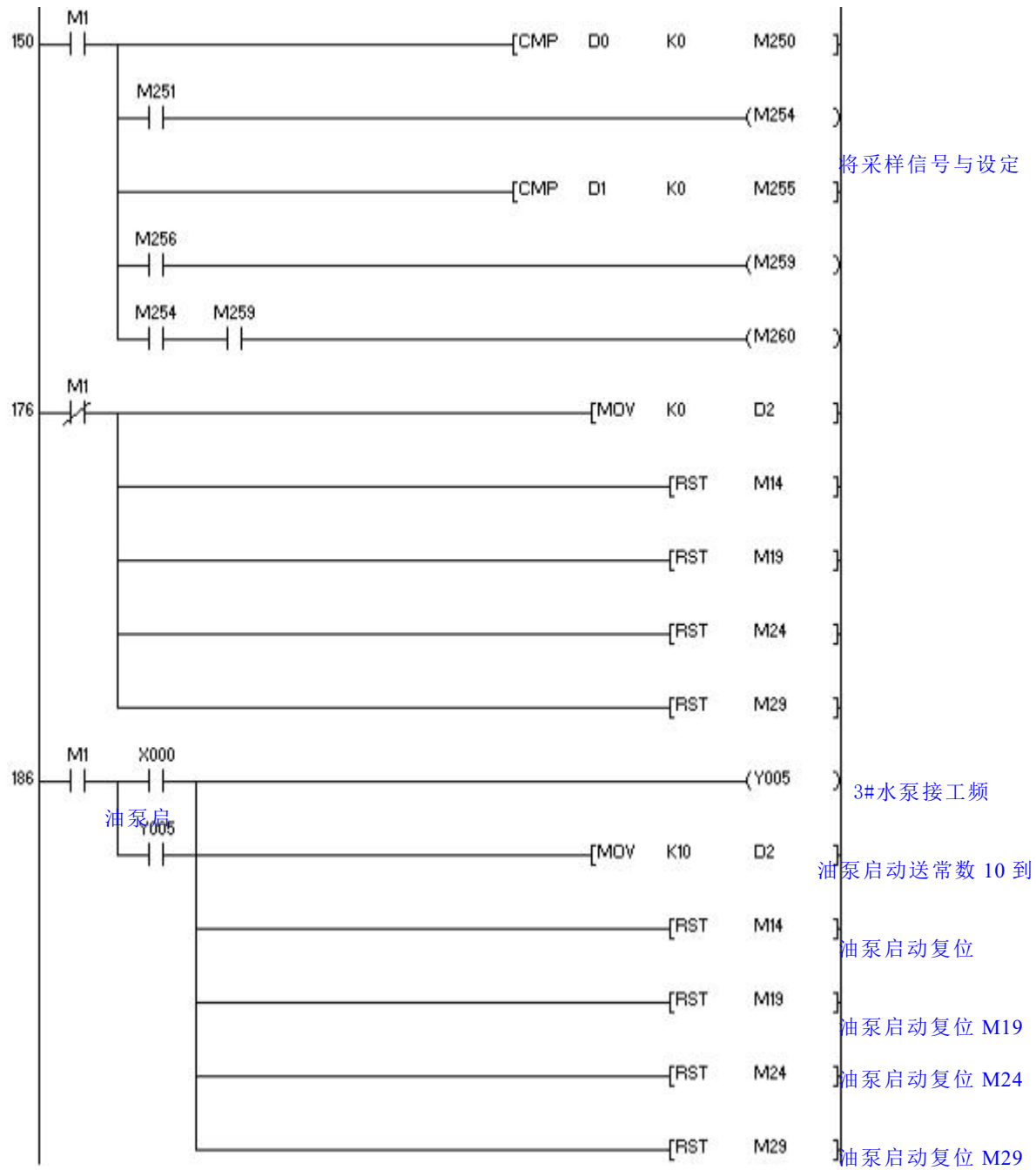


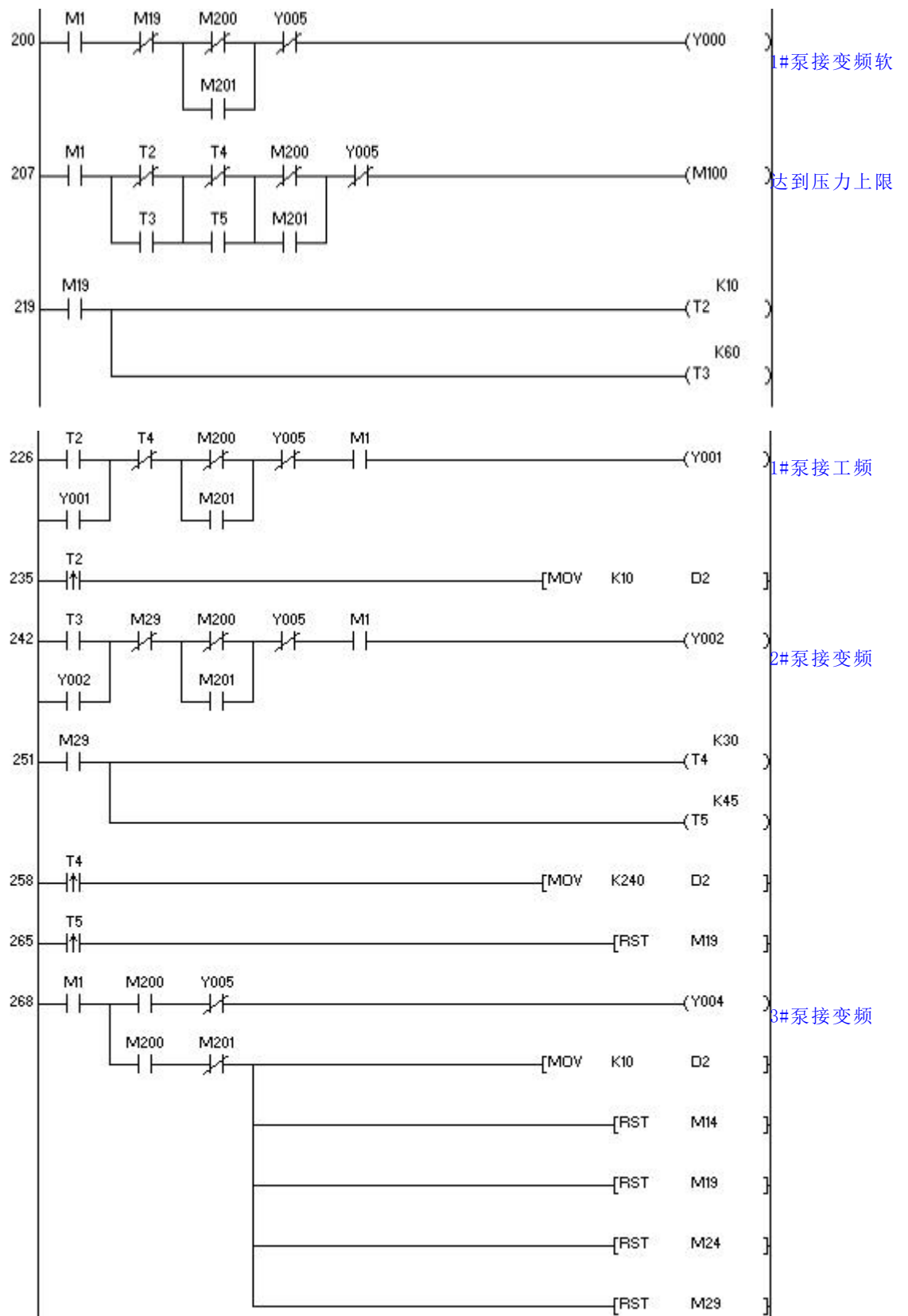
图 5 变频器接线图

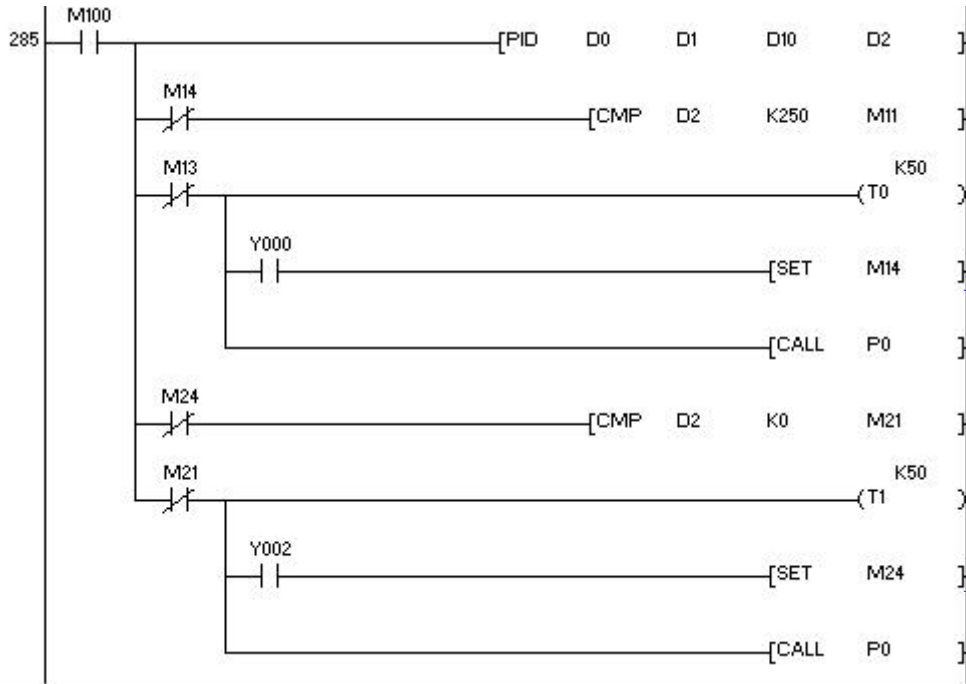






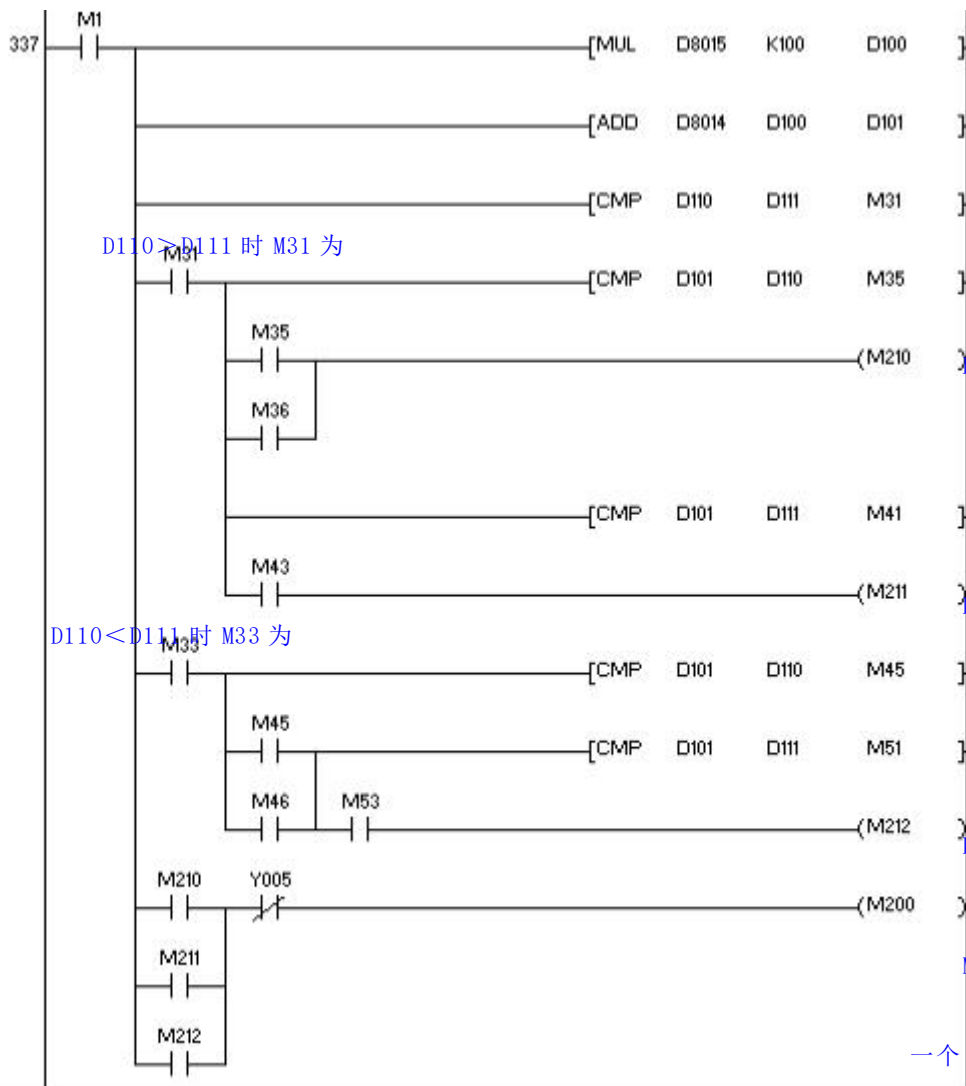






置位保持 M14

置位保持 M24



D110 > D111 时 M31 为

D101 >= D110 时

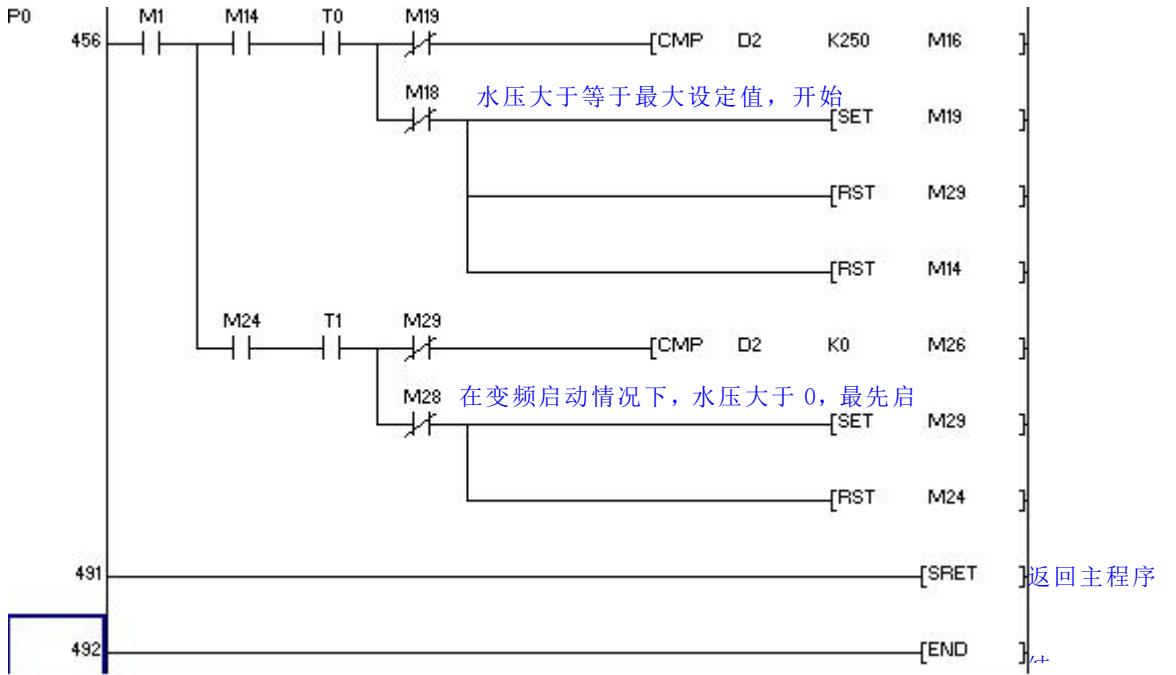
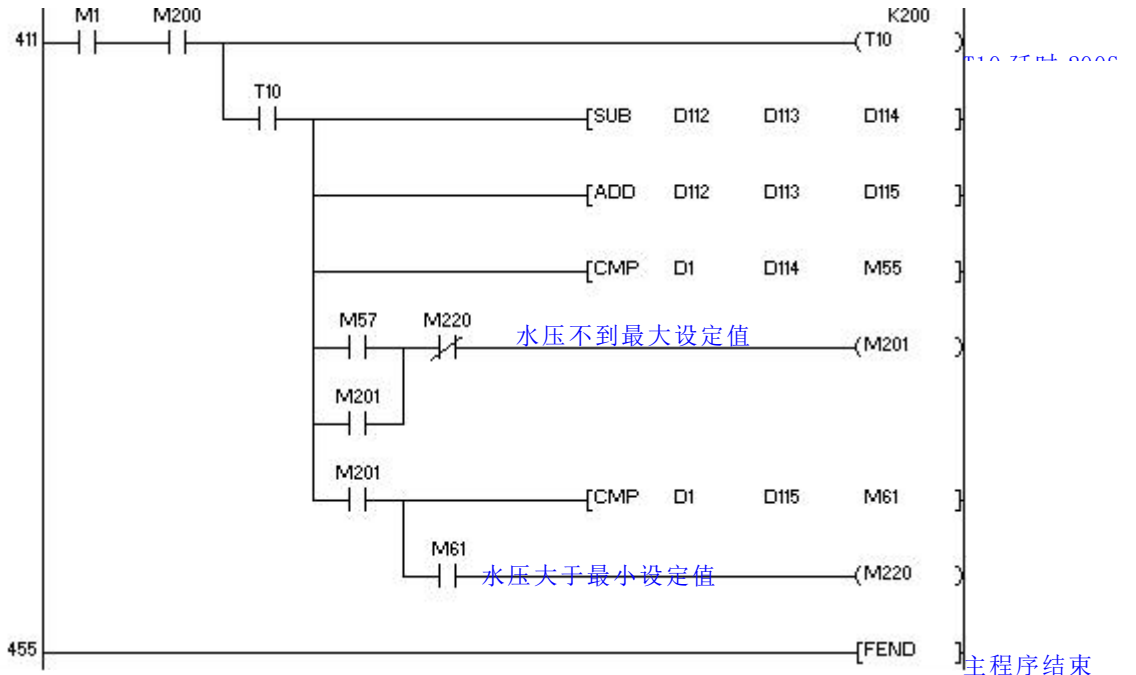
D110 < D111 时 M33 为

D101 < D110 时 M211 为

D101 <= D111 时 M212 为

M210, M211, M212 任何一个

一个



## (二) 系统程序清单

0	LD	M8000							
1	TO	K0	K17	H0	K1				
10	TO	K0	K17	H2	K1	159	AND	M251	
19	FROM	K0	K0	D51	K1	160	OUT	M254	
28	LD	M8000				161	MPP		
29	MUL	D51	K1	D52		162	CMP	D1	K0 M255
36	MUL	D55	K9	D53		169	MPS		
43	ADD	D52	D53	D54		170	AND	M256	
50	DIV	D54	K10	D55		171	OUT	M259	
57	MOV	D55	D1			172	MPP		
62	LD	M8000				173	AND	M254	
63	MPS					174	AND	M259	
64	ANI	M260				175	OUT	M260	
65	TO	K0	K16	D2	K1	176	LDI	M1	
74	MRD					177	MOV	K0	D2
75	AND	M260				182	RST	M14	
76	TO	K0	K16	K0	K1	183	RST	M19	
85	MPP					184	RST	M24	
86	TO	K0	K17	H4	K1	185	RST	M29	
95	TO	K0	K17	H0	K1	186	LD	M1	
104	LD	M8002				187	LD	X000	
105	MOV	K100	D10			188	OR	Y005	
110	MOV	K33	D11			189	ANB		
115	MOV	K70	D12			190	OUT	Y005	
120	MOV	K30	D13			191	MOV	K10	D2
125	MOV	K10	D14			196	RST	M14	
130	MOV	K0	D15			197	RST	M19	
135	MOV	K0	D16			198	RST	M24	
140	MOV	K250	D32			199	RST	M29	
145	MOV	K0	D33			200	LD	M1	
150	LD	M1				201	ANI	M19	
151	CMP	D1	K0	M255		202	LDI	M200	
158	MPS					203	OR	M201	
						204	ANB		
						205	ANI	Y000	

206	OUT	Y000			248	ANI	Y005						
207	LD	M1			249	AND	M1						
208	LDI	T2			250	OUT	Y002						
209	OR	T3			251	LD	M29						
210	ANB				252	OUT	T4				K30		
211	LDI	T4			255	OUT	T5				K45		
212	OR	T5			258	LDP	T4						
213	ANB				260	MOV	K240				D2		
214	LDI	M200			265	LDP	T5						
215	OR	M201			267	RST	M19						
216	ANB				268	LD	M1						
217	ANI	Y005			269	MPS							
218	OUT	M100			270	AND	M200						
219	LD	M19			271	ANI	Y005						
220	OUT	T2		K10	272	OUT	Y004						
223	OUT	T3		K60	273	MPP							
226	LD	T2			274	AND	M200						
227	OR	Y001			275	ANI	M201						
228	ANI	T4			276	MOV	K10				D2		
229	LDI	M200			281	RST	M14						
230	OR	M201			282	RST	M19						
231	ANB				283	RST	M24						
232	ANI	Y005			284	RST	M29						
233	AND	M1			285	LD	M100						
234	OUT	Y001			286	PID	D0				D1		D10
235	LDP	T2			295	MPS							D2
237	MOV	K10		D2	296	ANI	M14						
242	LD	T3			297	CMP	D2				K250		M11
243	OR	Y002			304	MRD							
244	ANI	M29			305	ANI	M13						
245	LDI	M200			306	OUT	T0				K50		
246	OR	M201			309	MPS							
247	ANI				310	AND	Y000						



311	SET	M14				392	LD	M45			
312	MPP					393	OR	M46			
313	CALL	P0				394	ANB				
316	MRD					395	CMP	D101	D111	M51	
317	ANI	M24				402	AND	M53			
318	CMP	D2	K0	M21		403	OUT	M212			
325	MPP					404	MPP				
326	ANI	M21				405	LD	M210			
327	OUT	T1	K50			406	OR	M211			
330	MPS					407	OR	M212			
331	AND	Y002				408	ANB				
332	SET	M24				409	ANI	Y005			
333	MPP					410	OUT	M200			
334	CALL	P0				411	LD	M1			
337	LD	M1				412	AND	M200			
338	MUL	D8015	K100	D100		413	OUT	T10	K200		
345	ADD	D8014	D100	D101		416	AND	T10			
352	CMP	D110	D111	M31		417	SUB	D112	D113	D114	
359	MPS					424	ADD	D112	D113	D115	
360	AND	M31				431	CMP	D1	D114	M55	
361	CMP	D101	D110	M31		438	MPS				
368	MPS					439	LD	M57			
369	LD	M35				440	OR	M201			
370	OR	M36				441	ANB				
371	ANB					442	ANI	M220			
372	OUT	M210				443	OUT	M201			
373	MPP					444	MPP				
374	CMP	D101	D111	M41		445	AND	M201			
381	AND	M43				446	CMP	D1	D115	M61	
382	OUT	M211				453	AND	M61			
383	MRD					454	OUT	M220			
384	AND	M33				455	FEND				
385	CMP	D101	D110	M45		456	LD	M1			

```
457  MPS
458  AND      M14
459  AND      T0
460  MPS
461  ANI      M19
462  CMP      D2      K250      M16
469  MPP
470  ANI      M18
471  SET      M19
472  RST      M29
473  RST      M14
474  MPP
475  AND      M24
476  AND      T1
477  MPS
478  ANI      M29
479  CMP      D2      K0      M26
486  MPP
487  ANI      M28
488  SET      M29
489  RST      M24
490  SRET
491  END
```

### (三) 系统工作过程分析

其流程图如下：

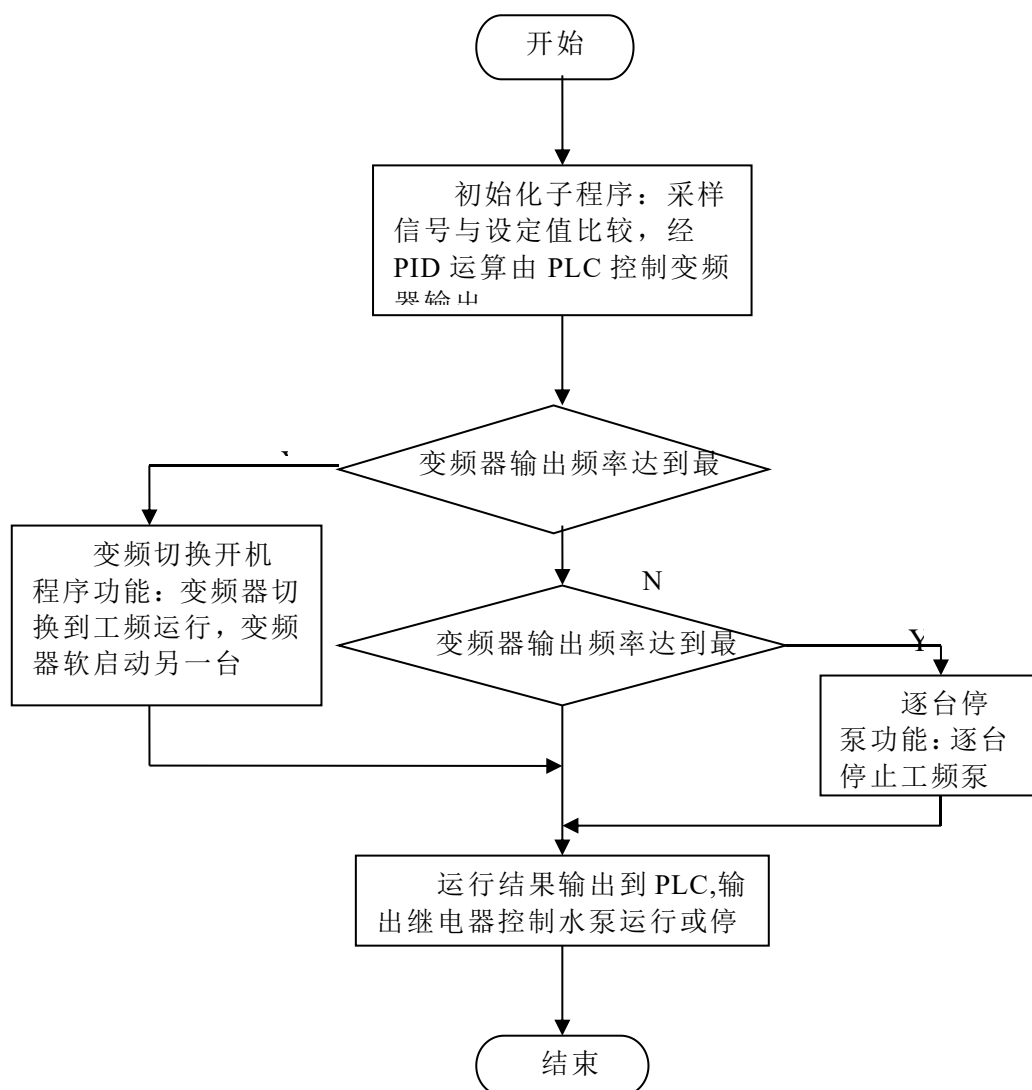


图 4-1 系统流程图

## 四、系统调试

### (一) 启动程序

在自动运行方式下开始启动运行时，首先检测水池水位，若水池水位符合设定水位要求，1#泵变频交流接触器吸合，电机与变频器连通，变频器输出频率从 0Hz 开始上升，此时压力变送器检测压力信号反馈 PLC，由 PLC 经 PID 运算后控制变频器的频率输出；如压力不够，则频率上升至 50Hz，延时

一定时间后，将 1#泵切换为工频，2#泵变频交流接触器吸合，变频启动 2#水泵，频率逐渐上升，直至出水压力达到设定压力，依次类推增加水泵。

## **(二) 水泵切换程序**

如用水量减小，出水压力超过设定压力，则 PLC 控制变频器降低输出频率，减少出水量来稳定出水压力。若变频器输出频率低于某一设定值（水泵出水频率，一般为 25Hz），而出水压力仍高于设定压力值时，PLC 开始计时，若在一定时间内，出水压力降低到设定压力，PLC 放弃计时，继续变频调速运行；若在一定时间内出水压力仍高于设定压力，根据先投先停的原则，PLC 将停止正在运行的水泵中运行时间最长的工频泵，直至出水压力达到设定值。

## **(三) 逐台停泵程序**

当用户用水量较少，若变频器输出频率低于设定水泵出水频率而出水压力仍高于设定压力值时，延时一段时间后根据先投先停的原则，停止正在运行水泵中运行时间最长的工频泵，直至出水压力达到设定值。若系统只有一台水泵变频运行且连续一段时间频率低于设定出水频率，则切除变频运行主泵，投入小流量泵，既保护主泵电动机，又节约能源。当外来管网压力达到设定压力时，则控制器完全停止各泵工作，外界管网直接向用户供水。

## **(四) 故障处理**

变频故障从冗余设计原则考虑，在变频器发生故障时也要不间断供水。当变频器突然发生故障，蜂鸣器报警，PLC 发指令使全部水泵停机，然后 1#泵工频运行（若水泵功率大于 37KW，则需要采用降压启动或其它启动方式），经一定延时后根据压力变化情况再使 2#泵工频运行。此时，PLC 切换泵则根据实际水压的变化在工频泵间切换。当出现水池无水停机、电动机欠压、过压、错相、电机故障等情况时，均能由蜂鸣器发出警报声。所有故障解决、恢复正常后，自启动前也要发出报警信号。

## 五、结 论

本系统主要以 PLC 为核心，利用 PLC 的强大的控制功能，实现了利用可编程控制器控制变频调速恒压供水的功能，具有接线简单、编程直观、扩展容易等特点。当系统的功能增加时，硬件接线上只需增加行程开关输入信号。原来的接线不需改变，软件上只需增加相应程序以及输出的功能，要改动的地方也较少。调试结果表明，在适应性、精确性和可靠性方面，达到了设计的要求，表明该设计方案是可行的。

通过本设计，我学习到了很多东西，在工作的细心上也得到了提高。并且，更了解了有关可编程控制器的功能。我选择这个设计，也是为了弥补以前学习上的不足。这次设计，使我了解到老师的用心良苦，并且从老师那学到了很多宝贵的东西。

## 参考文献

- [1]梁德本, 叶玉驹. 机械制图手册[M]. 机械工业出版社, 2011: 10-30
- [2]吴德王. 机械设计[M]. 北京大学出版社, 2016: 28-36
- [3]张海根. 机电传动控制[M]. 高等教育出版社, 2011: 20-50
- [4]王俊秀. 公差与配合[M]. 高等教育出版社 2012: 8-39
- [5]宋德玉. 可编程序控制器原理及应用系统设计技术[M]. 冶金工业出版社 2013: 5-35
- [6]何存兴. 液压传动与气压传动[M]. 华中科技大学出版社, 2010: 10-50
- [7]李建勇. 机电一体化技术[M]. 科学出版社, 2014: 8-36
- [8]齐占庆. 机床电气控制技术[M]. 机械工业出版社, 2018: 10-30
- [9]陶权, 韦瑞录. PLC 控制系统设计、安装与调试[M]. 北京理工大学出版社, 2010: 10-40
- [10]齐占庆. 可编程序控制器及触摸屏综合应用技术[M]. 机械工业出版社, 2016: 5-30
- [11]芮延年. 机电一体化系统设计[M]. 机械工业出版社, 2014: 4-39
- [12]吕景泉. 自动化生产线安装与调试[M]. 中国铁道出版社, 2015: 3-36
- [13]李增国, 易运池, 齐玉强. 传感器与检测技术[M]. 北京航空航天大学出版社, 2011: 20-35

## 致 谢

在做设计的过程中何老师严谨的治学态度和一丝不苟的工作精神给了我深刻的启发，也给了我很大的触动。另外，何老师经常给我讲解不懂的地方，教我怎么入手，使我能尽快的完成设计。还要感谢系里其它的老师的指导，给了我很大的帮助。在此，对何老师在工作 and 生活中给予的指导和关心致以最真诚的谢意。

感谢系里其它的一些同学在设计中提供大量的支持和帮助。

我们即将毕业，在此，再一次向三年中在学习和生活中给予过我帮助的老师 and 同学致谢。