

摘 要

随着社会经济的飞速发展，城市建设规模的不断扩大，城市高层建筑的供水问题日益突出。我们一方面要提高供水质量，不要因为供水的压力波动造成供水障碍；另一方面我们要保证供水的可靠性和安全性，在发生火灾时能够可靠供水。针对以上两方面的要求，新的控制系统应运而生，这就是本文所研究的基于 PLC 的恒压供水控制系统。

在本文的设计中，实现了基于 PLC 的恒压供水控制系统的软件设计和硬件电路接线设计。

整个系统以 PLC 为控制核心，由传感器采集储水箱中的水位高度，之后传感器的信号传到 PLC 中，经过 PLC 运算后，向变频器输出控制频率信号，再由一台变频器控制 3 台水泵进行变频调速，达到生活供水恒压的目的。同时在消防时，当水位低到一定值时，系统将关闭生活用水的电磁阀，从而暂时性地切断生活供水，以保证有充足的消防供水和压力。

系统中 PLC 采用西门子 S7—200 系列，变频器采用西门子 MICROMASTER Eco1-300/3 背板式变频调速器。

关键词：恒压供水，变频调速，PLC，变频器

Abstract

With the rapid development of society, the scale of city construction is extended continuously, the problem of supply water of tall building is outstanding day after day in our city. On the one hand, we want to raise to the quality of supply water to abstain result in motion of pressure in water supply, On the other hand, we want to promise to the credibility and safety of supply water, while ensure the credibility of supply water when take place fire. Aim at above both side of request, one new control system emerge with the tide of the times, this is the technology that is investigated in this text. The new technology is called 'constant pressure of supply water control system according to PLC and convert frequency technology'.

In the text, the PLC is the center of whole system control research. In the system, the signal that from feeling machine to collect to water level within water tank height is spread to PLC in, through PLC operation after, the signal is spread from the PLC to change the Pin machine output control frequency signal, then the signal is spread to the machine of convert frequency that will control the speed of three water pumps. As this means, the purpose of water supply of constant pressure will be come true. In the meantime, when the water level below to certain value at fire fight, the system will shut the electrical valve in order to shut temporarily the supply of life water. Like this, ample supply water and pressure for the fire fighting will be come true.

The Siemens PLC S7—200 series is adopted in the system, the machine of convert frequency adopt the series Eco1-300/3 of the MICROMASTER of Siemens carry plank type.

Keywords: Constant pressure supply water, convert frequency to control speed, PLC, convert frequency

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 研究的背景和意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	3
1.3 本文主要的研究内容和应用技术.....	4
第二章 变频恒压供水系统简介.....	5
2.1 供水系统的基本特性.....	5
2.2 电机调速原理.....	6
2.3 基于 PLC 的自动控制原理.....	8
第三章 变频恒压供水系统的硬件设计.....	9
3.1 PLC 的选型.....	10
3.1.1 PLC 的发展史.....	10
3.1.2 PLC 的结构及分类.....	10
3.1.3 PLC 的特点及性能指标.....	11
3.1.4 PLC 的国内外状况.....	12
3.1.5 本文所用 PLC 及其扩展模块的选型.....	13
3.2 变频器的选型.....	15
3.2.1 变频器的发展过程.....	15
3.2.2 变频器调速的基本工作原理.....	15
3.2.3 变频器的基本结构及类别.....	17
3.2.4 变频器的额定值和频率指标.....	19
3.2.5 本文变频器的选型.....	20
3.3 系统的硬件设计方案.....	33
第四章 变频恒压供水系统的软件设计.....	30
4.1 系统运行流程.....	30
4.2 系统程序设计.....	33
第五章 系统的应用说明.....	43
第六章 总结.....	45
6.1 设计的总结.....	45

6.2 未来的发展和展望.....	46
参考文献.....	47
致 谢.....	48
声 明.....	49

第一章 绪 论

随着社会经济的迅速发展，水对人民生活与工业生产的影响日益加强，人们对供水的质量和供水系统可靠性的要求不断提高。把先进的自动化技术、控制技术等应用到供水领域，成为对供水系统的新要求。传统的供水系统采用接触器等机械构件来完成通、断电，所有的控制全部依靠人工来进行操作，对于管网的压力和水位的变化很难做出及时和恰当的反应，因此采用 PLC 控制变频器，并对反馈回来的信号进行运算，控制电动机的转速实现恒压供水。变频恒压供水系统集成变频技术、电气技术、现代控制技术于一体。采用该系统进行供水可以提高供水系统的稳定性和可靠性，方便地实现供水系统的集中管理与监控同时系统具有良好的节能性，这在能量日益紧缺的今天尤为重要，所以研究设计该系统，对于提高企业效率以及人民的生活水平、降低能耗等方面具有重要的现实意义。

1.1 研究的背景和意义

众所周知，水是生产生活中不可缺少的重要组成部分，在节水节能已成为时代特征的现实条件下，我们这个水资源和电能短缺的国家，长期以来在市政供水、高层建筑供水、工业生产循环供水等方面技术一直比较落后，自动化程度低。主要表现在用水高峰期，水的供给量常常低于需求量，出现水压降低供不应求的现象，而在用水低峰期，水的供给量常常高于需求量，出现水压升高供过于求的情况，此时将会造成能量的浪费，同时有可能使水管爆破和用水设备的损坏^[1]。在本文所研究的恒压供水技术出现以前，出现过许多供水方式。在此比较一下各种供水方式^[2]的优缺点。

1) 恒速泵直接供水系统

这种供水方式，水泵从蓄水池中抽水加压直接送往用户，有的甚至连蓄水池也没有，直接从城市公用水网中抽水，严重影响城市公用管网压力的稳定。这种供水方式，水泵整日不停运转，有的可能在夜间用水低谷时段停止运行。这种系统形式简单、造价最低，但耗电、耗水严重，水压不稳，供水质量极差。

2) 恒速泵加水塔的供水方式

这种方式是水泵先向置于楼顶的水塔供水，再由水塔向用户供水。水塔的合理高度是要求水塔最低水位略高于供水系统所需要压力。水塔注满后水泵停止，水塔水位低于某一位置时再启动水泵。水泵处于断续工作状态中。这种供水方式，水泵工作在额定流量额定扬程的条件下，水泵处于高效区。这种方式显然比前一种节电，供水压力比较稳定。但系统水压将随着水塔的水位下降而减少，随着水位的上升而增加，所以用户不能得到稳定的供水。

3) 恒速泵加气压罐供水方式

这种方式是利用封闭的气压罐代替高位水箱蓄水，通过监测罐内压力来控制泵的开、停。罐的占地面积与水塔供水方式相比较小，而且可以放在地上，设备的成本比水塔要低得多。但气压罐供水方式也存在着许多缺点，比如水容量较小、维修不便等。

4) 变频泵直接供水方式

这种供水方式，由传感器检测用户水管压力，经 PLC 运算后发出信号控制水泵以相应的转速从供水管网中抽水。这种供水方式采用了变频调速技术，其不但可实现恒压供水，而且可使水泵的利用率增加并可延长使用寿命。但由于此方式是水泵从管网中直接抽水，所以当管网中水压出现波动时，用户的供水稳定性就会收到影响，甚至造成停水的状况。且当发生火灾时，消防用水也不能得到保障。

5) 变频器水塔恒压供水方式

本文所研究的方法为变频器水塔恒压供水方式，这种供水方式，由传感器检测楼顶水塔的水位高度，经 PLC 运算后发出信号控制水泵以相应的转速从供水管网中抽水注入水塔，因为供水贮存在水塔中，所以当保持水塔中水位高度不变，用户的供水压力就不会发生变化，并且此方式受自来水管网的影响不大。同时在消防时，当水位低到一定值，系统将自动切断用户供水以保障消防用水的压力。

由以上各种供水方式可知，变频器水塔恒压供水方式优于其它供水方式，具有自动控制、减少电能损耗、设备运行可靠、供水稳定、调节能力大的优势。随着社会的发展和人们对于高质量生活的追求，此中供水方式具有广阔的应用前景和明显的经济效益与社会效益。

1.2 国内外研究现状

随着电力技术的发展,变频调速技术的日臻完善,以 PLC 控制变频调速^[3]为核心的智能供水控制系统取代了以往的人工控制水泵的供水方式。变频调速起动平稳,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;并且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。

变频调速以其优异的调速和起制动性能,高效率、高功率因数效果,广泛的适用范围及其它诸多优点而被国内外公认为最有发展前途的调速方式。日本是世界变频器产量最大的国家,在中国的市场也最大,以安川、富士、三菱公司最早,其后许多公司产品也先后进入中国市场,以后欧美不少公司如瑞典的 ABB、法国阿尔斯通、德国 SIEMENS 等^[4]。所有变频几乎都采用二极管整流自关断器件(GTR、IGBT)逆变的交-直-交电压型 PWM 变频控制方式^[5],输出正弦波电流。最新产品全部采用微机全数字化控制我国在变频器制造方面基本上是引进国外技术为我所用,我国变频调速起步晚,各项技术落后于国外,国内主要厂家有深圳华为、成都森兰、大连达普等,他们自行研究、开发、生产的变频器在国内市场占有一席之地。国外交流变频调速技术高速发展,在大功率交-交变频(循环变流器)调速技术方面,法国阿尔斯通已能提供单机容量达 3 万 kW 的电气传动设备用于船舶推进系统。在大功率无换向器电机变频调速技术方面,瑞典 ABB 公司提供了单机容量为 6 万 kW 的设备用于抽水蓄能电站。在中功率变频调速技术方面,德国西门子公司 Simovert A 电流型晶闸管变频调速设备单机容量为 10 ~ 2600 kVA 和 Simovert P GTO PWM 变频调速设备单机容量为 100 ~ 900 kVA,其控制系统已实现全数字化,用于电力机车、风机、水泵传动。在小功率交流变频调速技术反面,日本富士 BJT 变频器最大单机容量可达 700 kVA,IGBT 变频器已形成系列产品,其控制系统也已实现全数字化。

从总体上看我国电气传动的技术水平较国际先进水平差距 10 ~ 15 年。在大功率一交、无换向器电机等变频技术方面,国内在数字化及系统可靠性方面与国外还有相当差距。而这方面产品在诸如抽水蓄能电站机组起动的运行、大容量风机、压缩机和轧机传动、矿井卷扬方面有很大需求。在中小功率变频技术方面,

国内几乎所有的产品都是普通的 V/f 控制，仅有少量的样机采用矢量控制，需要大量进口。国内交流变频调速技术产业状况表现：

(1) 变频器的整机技术落后，国内投入了一定的人力、物力，但力量分散，并没有形成一定的技术和生产规模。

(2) 变频器产品所用半导体功率器件的制造业几乎是空白。

(3) 相关配套产业及行业落后。

(4) 产销量少，可靠性及工艺水平不高。

所以研究变频调速恒压给水系统在学术界和实际应用范围中都有很重要的意义。

1.3 本文主要的研究内容和应用技术

在微电子技术，计算机技术，自动化技术的发展中，可编程控制器已经历了 4 次换代^[6]。进入 20 世纪 80 年代中、后期以来，超大规模集成电路迅猛发展，PLC 已成为一种具有逻辑控制，过程控制，数据处理，联网通信等功能的“多功能控制器”，但仍保留了先前简单与易于使用的特点。在 PLC 中 16 位、32 位片式高性能为处理器被广泛应用于生产中。

世界上典型的 PLC 产品有德国 SIEMENS 公司的 SIMATIC S7 系列，美国 ALLEN—BRADLEY 公司的 PLC—5 系列以及日本三菱公司的 FX2N 系列。目前，在我国影响较大，应用广泛的主要是西门子和三菱的 PLC。

基于 PLC 的控制系统是专为工业设计的，在当前的工业生产中应用十分普遍，已成为工业自动化的主要手段。随着社会的发展，基于 PLC 的种种技术也将越来越多的在人们的生活中得到应用。本恒压供水系统采用了多功能，高可靠性的 PLC 控制系统为核心，配合应用越来越广泛的变频技术，是电气自动化专业在实际应用中的一项具有典型性的研究对象。

通过对系统的功能和任务分析，本文主要研究变频调速系统，研究的主要内容包括：PLC 的选型、逻辑控制编程、变频器的选型、PLC 与变频器的连接、及外部电路的连接调试等方面。本系统所涉及的主要技术都是现在工业实际生产中应用广泛的实用技术，主要包括：变频运行技术，恒压给水系统，以及 PLC 控制技术。在此，我要通过研究、解决以上几方面的问题从而最终将恒压供水的功能实现。

第二章 变频恒压供水系统简介

2.1 供水系统的基本特性

供水系统的基本特性和工作点扬程特性^[7]是以供水系统管路中的阀门开度不变为前提,表明水泵在某一转速下扬程 H 与流量 Q 之间的 $f(Q)$ 关系曲线,如图 2.1 所示。由图可以看出,流量 Q 越大,扬程 H 越小。由于在阀门开度和水泵转速都不变的情况下,流量的大小主要取决于用户的用水情况,因此,扬程特性所反映的是扬程 H 与用水流量 Q_U 之间的关系。而管阻特性是以水泵的转速不变为前提,表明阀门在某一开度下,扬程 H 与流量 Q 之间的关系 $H=f(Q_U)$ 。管阻特性反映了水泵的能量用来克服泵系统的水位及压力差、液体在管道中流动阻力的变化规律。由图可知,在同一阀门开度下,扬程 H 越大,流量 Q 也越大。由于阀门开度的改变,实际上是改变了在某一扬程下,供水系统向用户的供水能力。因此,管阻特性所反映的是扬程与供水流量 Q_G 之间的关系 $H=f(Q_G)$ 。扬程特性曲线和管阻特性曲线的交点,称为供水系统的工作点,如图中点。在这一点,用户的用水流量 Q_U 和供水系统的供水流量 Q_G 处于平衡状态,供水系统既满足了扬程特性,也符合了管阻特性,系统稳定运行。

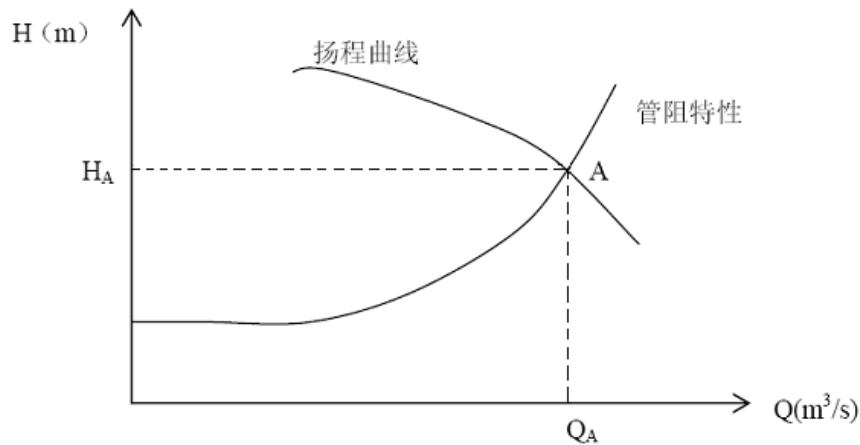


图 2.1 供水系统的特性

2.2 电机调速原理

交流电动机^[8]，特别是笼型异步电动机，结构简单，坚固耐用，价格便宜，不需要经常维修，应用十分广泛。但是，尽管笼型异步电动机与直流电动机早已问世一百多年，但直到上世纪 70 年代，凡是要求调速范围广，速度控制精度高，动态响应性能好的场合，几乎全都采用直流电动机调速系统。交流电动机，特别是笼型异步电动机和同步电动机则主要用于不需要变速的电力传动系统中，其原因是：不论是异步电动机还是同步电动机，唯有改变定子供电频率调速最为方便，而且可以获得优良的调速特性，而大容量的变频电源却在长时期内没有得到很好的解决。异步电动机和直流电动机不同，它只有一个供电回路一个定子绕组，这就使得它的速度控制比较困难，不像直流电动机那样通过控制电枢电压或控制励磁电流均可方便的控制电动机的转速。

从电动机的运动方程式

$$T_e - T_l = J d\omega / dt \quad (2-1)$$

$$\theta = \int \omega dt + \theta_0 \quad (2-2)$$

式中 T_e ——电磁转矩

T_l ——负载转矩

J ——转动惯量

θ_0 ——转子初始相角

可知，对电动机转子角速度 ω 的控制或对转子转角 θ 的控制，归根结底是要对电动机的电磁转矩进行有效的控制。直流电动机电磁转矩的控制可以分别对电(电枢电流)和磁(励磁电流)进行独立控制，相互间没有耦合。

只要能对电枢电流或励磁电流进行有效的控制，则电动机的转矩和运动就可以按照既定的规律运行，也可得到满意的稳态、动态响应性能。

异步电动机的电枢和励磁是同一绕组，只有一个供电回路，简单地控制电枢电压或电流并不能准确地控制气隙磁通和电磁转矩，从而不能有效地控制电动机的运行规律。

交流调速基本控制原理很早就已经确立，至于电阻控制、串级调速等方式早已经实用化，但是长期以来，异步电机交流调速技术在稳定性、可靠性、控制性能和维修等方面的不足，使其使用范围受到限制；尤其是对控制性能、可靠性等

要求非常高的系统中，一直都是直流电动机调速技术的天下。

1956 年以后，由于晶闸管及控制晶体管的进步，使得三相交流电动机由恒频供电改为变频供电，解决了变频电源问题。

1971 年，交流电动机的磁场定向控制（即矢量变换控制）的原理的提出，开创了交流调速系统取代直流调速系统的时代。矢量变换控制以电动机的双轴理论为基础，在同步旋转坐标系中把定子的电流分解为两个分量，即励磁电流和转矩电流，通过控制定子电流在旋转坐标系中的位置及大小，即控制励磁电流和转矩电流的大小，实现象直流电动机一样对磁场与转矩的解藕。

控制异步电动机的转子电压进行调速运转的静止串级调速、采用晶闸管逆变器控制电动机进行调速运转等方式逐渐实用化，奠定了以逆变器为主流的技术基础。而且直接采用电动机调速的技术逐渐取代了其它各种调速技术（如采用皮带的机械式传动、采用液压联轴节的液力传动等），成为调速技术的主流。

变频调速技术主要是对交流电动机实施变频控制，变频调速技术的发展是工业上对电动机控制的要求不断的提高而逐步发展起来。

交流电机变频调速系统的种类很多，从 60 年代提出的电压源型变频器开始，相继发展了电流源型、脉宽调制型等各种变频器。交流电机变频调速系统的种类很多，目前变频调速的主要方案有：交-交变频调速，交-直-交变频调速，同步电动机自控式变频调速系统，正弦波脉宽调制（SPWM）变频调速，矢量控制变频调速等。这些变频调速技术的发展很大程度上依赖于大功率半导体器件的制造水平。随着电力电子技术的发展，特别是可关断晶闸管 GTO、电力晶体管 GTR、绝缘门极晶体管 IGBT 及 MOS 晶闸管 MTC 等具有自关断能力的全控功率元件的发展，再加上控制单元也从分离元件发展到大规模数字集成电路及采用微机控制，从而使变频装置快速性、可靠性及经济性不断提高。

异步电机，特别是三相鼠笼式电机，由于结构简单牢固、价格便宜、运行可靠和无需维护等特点，在交流传动中得到了极为广泛的应用。异步电动机的调压调速、转子串电阻调速、滑差离合器调速、斩波调速等，都是在电机旋转磁场同步转速恒定的情况下调节电机的转差率 S 来实现电机调速，这类调速方法简单，易于实现，但效率较低。

变极调速和变频调速则是在保持转差率 S 基本不变的情况下, 调节电机的同步转速来实现电机调速, 这类调速方法属于高效率的调速方法, 特别是变频调速是异步电动机高效调速方法的典型, 它既能实现异步电动机的无级调速, 又能根据负载的特性不同, 通过适当调节电压与频率之间的关系, 可使电机始终运行在高效率区, 并保证良好的运行特性。

另外异步电动机采用变频调速技术还能显著改善起动性能, 大幅度降低电机的起动电流, 增加起动转矩, 同时还能加宽调速范围、提高力矩性能指标等。可以说, 变频调速是目前为止异步电动机最为理想的调速方法。变频器是在晶闸管技术、微电子技术和控制技术的基础上而发展成熟的, 变频器如此迅速广泛被采用主要的原因如下:

1. 与变频器配合使用的电动机多为鼠笼式异步电动机;
2. 不需要任何机械式附属装置;
3. 技术发展很快, 价格随着用户的大量使用而大幅度降低;
4. 卓越的节能效果;

所以, 变频调速技术是异步电动机最为理想的调速方法, 其技术必将得到广泛而深入地应用。

2.3 基于 PLC 的自动控制原理

在现代科学技术的众多领域中, 自动控制技术起着至关重要的作用。所谓自动控制, 是指在没有人直接参与的情况下, 利用外加地设备或装置 (称控制装置或控制器), 使机器、设备或生产过程 (统称被控对象) 的某个工作状态或参数 (即被控量) 自动地按照预定的规律运行。其基本原理如图 2.2

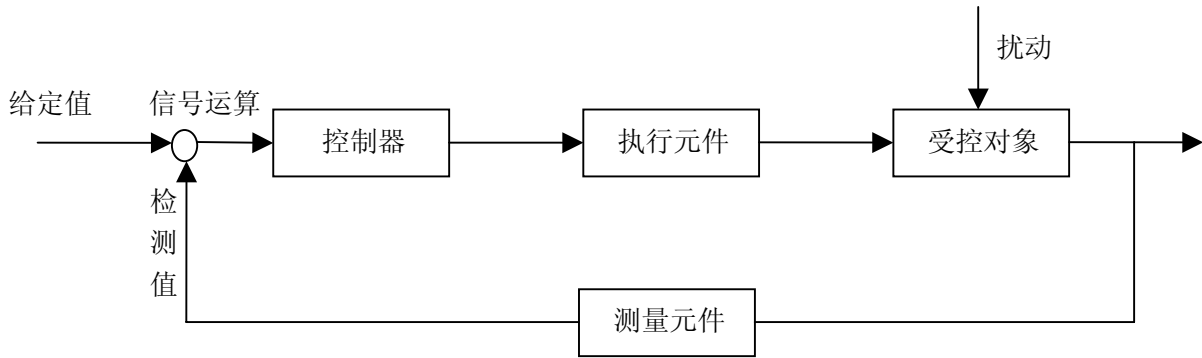


图 2.2 自动控制基本原理框图

基于 PLC 技术的自动控制原理^[5]就是以 PLC 为核心构建的自动控制系统。在其系统中，PLC 对检测到的被控对象的信号进行与所设定值的运算，然后对执行元件发出控制信号，从而控制被控对象。其原理如图 2.3

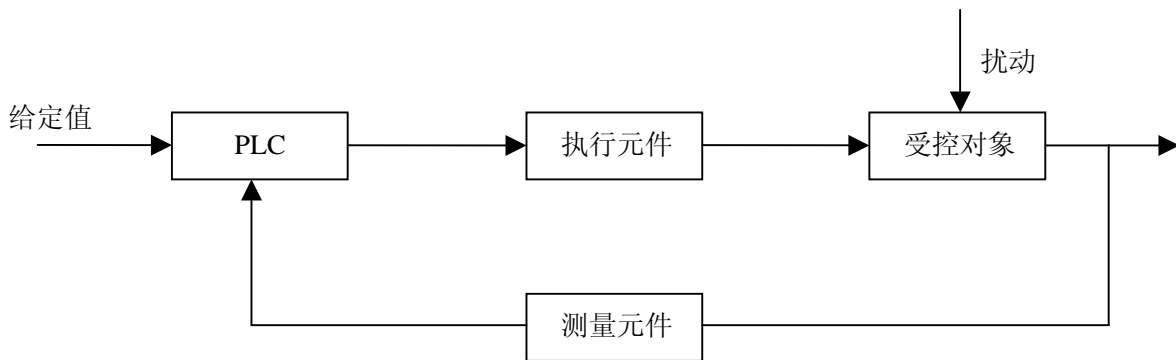


图 2.3 基于 PLC 的自动控制基本原理框图

第三章 变频恒压供水系统的硬件设计

3.1 PLC 的选型

3.1.1 PLC 的发展史

1969 年，美国数字设备公司（DEC）研制出了世界上第一台可编程控制器，型号为 PDP-14，并在 GM 公司的汽车生产线上首次应用成功，取得了显著的经济效益^[6]。当时人们把它称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller 简称 PLC）。早期的主要由分立式电子元件和小规模集成电路组成，它采用了一些计算机的技术，指令系统简单，一般只具有逻辑运算的功能，但它简化了计算机的内部结构，使之能够很好地适应恶劣的工业现场环境。随着微电子技术的发展，世纪年代中期以来，由于大规模集成电路（LSI）和微处理器在 PLC 中的应用，使 PLC 的功能不断增强，它不仅能执行逻辑控制、顺序控制、计时及计数控制，还增加了算术运算、数据处理、通信等功能，具有处理分支、中断、自诊断的能力，使更多地具有了计算机的功能。目前世界上著名的电气设备制造厂商几乎都生产系列产品，并且使作为一个独立的工业设备成为主导的通用工业控制器。

3.1.2 PLC 的结构及分类

可编程控制器（PLC）其硬件构成与 PC 机相似，主要由以下几个部分组成：电源，编程器，程序存储器，中央处理器（CPU），输入模块，输出模块。其中 CPU 是主要的逻辑运算单元，是 PLC 的核心。PLC 的结构图如图 3.1 所示。

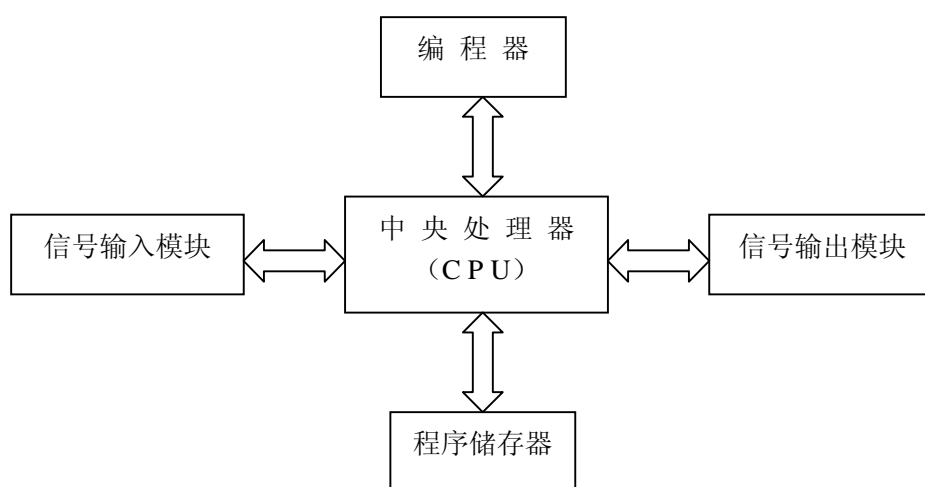


图 3.1 PLC 的结构图

根据控制规模分类。PLC 的控制规模是以所配置的输入输出点数来衡量的。PLC 的输入输出点数表明了可从外部接收多少个输入信号和向外部发出多少个输出信号，实际上也就是的输入、输出端子数。根据工点数的多少可将分为小型机、中型机和大型机。一般来说，点数多的功能也相应较强。

1) 小型机：点数在点以下，称为小型机。它的特点是价格低，体积小，适用于控制自动化单机设备，开发机电一体化产品。

2) 中型机。点数在一点之间的，称为中型机，它的特点是功能强，配置灵活，适用于具有诸如温度、压力、流量、速度、角度、位置等模拟量控制和大量开关量控制的复杂机械，以及连续生产过程控制场合。

3) 大型机。点数在点以上的，称为大型机。它的特点是点数特别多，控制规模宏大，组网能力强，可用于大规模的过程控制，构成分布式控制系统，或者整个工厂的集散控制系统。

3.1.2 PLC 的特点及性能指标

PLC 的种类虽然千差万别，但为了在恶劣的工业环境中使用，它们都有许多共同的特点。

1) 抗干扰能力强，可靠性极高。

2) 编程方便。可编程控制器的设计是面向工业企业中一般电气工程技术人员，它采用易于理解和掌握的表达形式，又考虑到工业企业中的电气工程人员的看图习惯和微机应用水平。

3) 使用方便。虽然种类繁多，由于其产品的系列化和模块化，并且配有品种齐全的各种软件，用户可灵活组合成各种规模和要求不同的控制系统，用户在硬件设计方面，只是确定的硬件配置和通道的外部接线。

4) 维护方便。

5) 设计、施工、调试周期短。用可编程控制器完成一项控制工程时，由于其硬、软件齐全，设计和施工可同时进行。由于用软件编程取代了继电器硬接线实现控制功能，使得控制柜的设计及安装接线工作量大为减少，缩短了施工周期。同时，由于用户程序大都可以在实验室模拟调试，模拟调试好后再将控制系统在

生产现场进行联机统调，使得调试方便、快速、安全，因此大大缩短了设计和投运周期。

6) 易于实现机电一体化。因为可编程控制器的结构紧凑，体积小，重量轻，可靠性高，抗振防潮和耐热能力强，使之易于安装在机器设备内部，制造出机电一体化产品。

性能指标是用户评价和选购机型的依据。当 PLC 户在进行选型时，从以下几个方面来考虑：处理器技术指标；I/O 模板技术指标；编程器及编程软件；通信功能扩展性。

3.1.4 PLC 的国内外状况

PLC 的生产厂家很多，每个厂家生产的 PLC，其点数、容量、功能各有差异，但都自成系列，指令及外设向上兼容因此在选择 PLC 时若选择同一系列的产品，则可以使系列构成容易、操作人员使用方便，备品配件的通用性及兼容性好^[7]。比较有代表性的有日本立石公司的 C 系列，三菱公司的 F 系列，东芝公司的 EX 系列，美国哥德公司的 M84 系列，美国通用电气公司的 GE 系列，美国 A-B 公司的 PLC-5 系列，德国西门子公司的 S5 系列、S7 系列等。

近年来西门子的小型 PLC 在国内市场的占有率迅速上升，后来居上，给日本公司带来了很大压力。西门子公司的 PLC 在我国应用得十分普遍，尤其是大、中型 PLC。由于其可靠性高，在自动化控制领域中久负盛名。西门子的小型 and 微型，其功能也是相当强的。

西门子的产品目前较先进的共有 S7、M7 和 C7 三个系列。S7 系列是西门公司于年推出的新产品，也是目前应用最多的机型，代表了西门子公司产品的发展方向。S7 系列的可编程控制器根据控制系统规模的不同，分为三个子系列：S7-200，S7-300，S7-400，分别对应小型、中型、大型 PLC。S7-200 适用于在低档性能范围中解决自动化问题，它结构紧凑，价格低。它主要可以分为高速 S7-200 微型 PLC，全能 S7-200 微型 PLC，有 CPU221，CPU222，CPU224，CPU226 和 CPU226XM 等多种单元模块可选择；西门子 S7-300 系列用于快速要求的自动化行业，属于小型模块化 PLC，具有不同的通信接口；西门子 S7-400 是用于中、高档性能范围的 PLC。S7-200 的主机单元的共有两个系列：系列包括 CPU21X，CPU22X。CPU21X 系列包括 CPU212，CPU222，CPU224，CPU226XM。

3.1.5 本文所用 PLC 及其扩展模块的选型

根据本文所设计系统的 I/O 分配表,如图 3.2 所示。本文选择西门子 S7-200 系列的 CPU224。因为本控制系统中,PLC 有模拟量输入,所以选择西门子系列 PLC 扩展模块的 4 输入/1 输出模拟量模块 EM235。

表 3.1 变频调速恒压供水系统 I/O 分配表

名称	地址编号	说明
输入信号		
SB0	I0.0	停止按钮手动、自动选择开关
SB1	I0.1	启动按钮
水位传感器模拟量电压值	AIW0	接受传感器信号
输出信号		
KM1 , HL1	Q0.0	1#工频接触器及工作指示灯
KM2 , HL2	Q0.1	1#变频接触器及工作指示灯
KM3 , HL3	Q0.2	2#工频接触器及工作指示灯
KM4 , HL4	Q0.3	2#变频接触器及工作指示灯
KM5 , HL5	Q0.4	3#工频接触器及工作指示灯
KM6 , HL6	Q0.5	3#变频接触器及工作指示灯
YV1 , HL7	Q1.0	高水位电磁开关及工作指示灯
YV2 , HL8	Q1.1	消防紧急电磁开关及工作指示灯
KM7 , HL9	Q0.6	高水位报警电铃及工作指示灯
RST	Q0.7	对变频器进行复位控制
	AQW0	输出模拟信号到变频器

CPU224 具有以下特性:

- 1) 8KB 程序存储器,典型的为 2.6K 条指令。
- 2) 2.5K 字数据存储器。
- 3) 1 个可插入的存储器子模块。
- 4) 14 个数字量输入,有 4 个可用作硬件中断。

- 5) 10 个数字量输出, 其中 2 个可用作本机集成功能。
- 6) 2 个 8 位分辨率的模拟电位器。
- 7) 数字量输入/输出, 最多可扩展成 94 个数字量输入, 74 个数字量输出。
- 8) 模拟量输入/输出, 最多可以扩展成 28 个模拟量输入与 7 个模拟量输出, 或是 14 个模拟量输出。
- 9) 256 个技术器, 计数范围为 0-32767。
- 10) 具有 256 个内部标志位。
- 11) 具有 256 个定时器, 其中, 分辨率为 1ms 的有 4 个, 其定时范围为 1ms-30s; 分辨率为 10ms 的有 16 个, 其定时范围为 10ms-5min; 分辨率为 100ms 的有 236 个, 其定时范围为 100ms-54min。
- 12) 具有 1 个终端输入。
- 13) 6 个 32 位的高速技术器, 可作为加/减计数器用, 或将增量编码器的两个相互之间相移为 90° 的脉冲序列连接到高速计数器输入端, 可编程使能和复位输入, 在达到设定值时可中断, 技术方向可反向。
- 14) 2 个高速脉冲输出, 可产生中断, 脉冲宽度和频率可调。
- 15) 1 个 RS-485 通信接口。
- 16) AS 接口最大输入/输出有 496 个, 可以扩展 7 个模块。

因为本系统需要采集传感器传来的模拟信号, 输入到 PLC 中之后, 经过 PLC 运算后将数据传送到变频器中, 所以需要扩展一个模拟输入/输出模块。本文所选用的模块式西门子的特殊功能模块 EM235, 该模块为 4 输入/1 输出模拟量模块, 其转换精度为 12 位, 可以满足该控制系统的功能要求。

EM235 具有以下特性:

- 1) 4 路模拟量差分输入, 1 路模拟量输出。
- 2) 输入范围, 单极性电压为 0-10V, 0-5V; 双极性电压为 $\pm 5V$, $\pm 2.5V$ 时为 1.25mV; 电流为 0-20mA。
- 3) 输入分辨率, 单极性电压为 0-10V 时为 2.5mV, 0-5V 时为 1.25mV; 双极性电压, $\pm 5V$ 时为 2.5mV, $\pm 2.5V$ 时为 1.25mV; 对于电流, 分辨率为 5 μA 。
- 4) 输入阻抗不小于 10M Ω 。
- 5) 12 位 A/D 转换器。
- 6) 数据字格式, 单极性时为 -32000- +32000, 双极性时 0- +32000。

- 7) 最大输入电压为 30V DC。
- 8) 最大输入电流为 32mA。
- 9) 输出稳定时间, 电压为 100 μ s, 电流为 2ms。
- 10) 输出驱动能力, 电压输出最小为 5000 Ω , 电流输出最大为 500 Ω 。
- 11) 输出分辨率, 电压为 12 位; 电流为 11 位。
- 12) 功耗为 2W。

3.2 变频器的选型

3.2.1 变频器的发展过程

自 20 世纪 80 年代初通用变频器问世以来, 变频器更新换代了五次^[8]: 第一代是 80 年代初的模拟式变频器; 第二代是 80 年代中期的数字式变频器; 第三代是 90 年代初的智能型变频器; 第四代是 90 年代中期的多功能变频器; 本世纪研制上市第五代集中型变频器。变频器的发展情况可以从以下几个方面来说明:

- 1) 通用变频器的应用范围不断扩大;
- 2) 通用变频器使用的功率器件不断更新换代;
- 3) 控制方式不断发展;
- 4) 控制技术进一步发展;

3.2.2 变频器调速的基本工作原理

由电机学知识可知^[9], 交流电机定子绕组的反电动势是定子绕组切割旋转磁场磁力线的结果, 本质上是定子绕组的自感电动势, 其三相感应电机定子每相电动势的有效值是:

$$E_1 = 4.44k_{r1}f_1N_1\phi_M \quad (3-1)$$

其中, E_1 为气隙磁通在定子每相中感应电动势的有效值, 单位为 V; f_1 为定子频率, 单位为 Hz; N_1 为定子每相绕组串联匝数, k_{r1} 为与绕组结构有关的常数; ϕ_M 为每极气隙磁通量。

由式 3-1 可知, 如果定子每相电动势的有效值不变, 改变定子频率时就会出现下面两种情况;

第一种，如果定子频率大于电机的额定频率，那么气隙磁通量就会小于额定气隙磁通量。其结果是尽管电机的铁心没有得到充分利用是一种浪费，但是在机械条件允许的情况下长期使用不会损坏电机。

第二种，如果定子频率小于电机的额定频率，那么气隙磁通量就会大于额定气隙磁通量。其结果是电机的铁心产生过饱和，从而导致过大的励磁电流，严重时会使绕组过热而损坏电机。

要实现变频调速，在不损坏电机的条件下，充分利用电机铁心，发挥电机转矩的能力，最好在变频时保持每极磁通量为额定值不变。在交流异步电机中，磁通是定子和转子磁动势合成产生的，如何才能保持磁通基本不变呢？于是就有了下面的两种调速情况。

1) 基频以下调速

由式 3-1 可知，要保持气隙磁通量不变，当定子频率从额定值向下调节时，必须同时降低电动势的有效值，即采用电动势与频率之比恒定的控制方式。然而，绕组中的感应电动势是难以直接控制的，当电动势的值较高时，可以忽略定子绕组的漏磁阻抗压降，则得

$$V_1 / f_1 = \text{常数} \quad (3-2)$$

这是恒压频比的控制方式。在恒压频比条件下改变频率时，我们能够证明：机械特性基本上是平行下移的。这和它励直流变压调速的特性相似，所不同的是，当转矩增大到最大值以后，特性曲线就折回来了。如果电动机在不同转速下具有额定电流，则电机都能在温升允许条件下长期运行，这时转矩基本上随磁通变化，由于在基频以下调速时磁通恒定，所以转矩也恒定。根据电机与拖动原理，在基频以下调速属于“恒转矩调速”的性质。低频时，定子阻抗压降所占的分量就比较显著，不能再忽略。

2) 基频以上调速

在基频以上调速时，频率可以从电机的额定频率往上增高，但电压却不能超过额定电压，最多只能保持相等。由式可知，这将迫使磁通随频率升高而降低，相当于直流电机弱磁升速的情况。

在基频以上变频调速时，我们不难证明当频率提高时，同步转速随之提高，最大转矩减小，机械特性上移。由于频率提高而电压不变，气隙磁动势必然减弱，

导致转矩减小，由于转速升高了，可以认为输出功率基本不变。所以，基频以上变频调速属于弱磁恒功率调速。

把基频以下和基频以上两种情况合起来，可得异步电动机变频调速控制特性。应该注意，以上所分析的机械特性都是在正弦波电压供电下的情况。如果电压源含有谐波，将使机械特性受到扭曲变形，并增加电机中的损耗。因此，在选购变频器时，变频器输出的谐波越小越好。

通过分析可得如下结论：当定子频率小于等于电机的额定频率时，变频装置必须在改变输出频率的同时改变输出电压的幅值，才能满足对异步电动机变频调速的基本要求。

这样的装置通称变压变频装置，其中 VVVF 是英文 Variable Voltage Variable Frequency^[10] 的缩写。这是通用变频器工作的最基本原理，也是设计变频器时所满足的最基本要求。

3.2.3 变频器的基本结构及类别

变频器是把电压、频率固定的交流电转换成电压、频率分别可调的交流电的变换器。变频调速器与外界的联系基本上分三部分^[11]：

- 1) 主电路接线端。包括接工频电网的输入端 (R、S、T)，接电动机的频率、电压连续可调的输出端 (U、V、W)。
- 2) 控制端子。包括外部信号控制变频调速器工作的端子、变频调速工作状态指示端子、变频器与微机或其他变频器的通讯接口。
- 3) 操作面板。包括液晶显示屏和键盘。

变频器根据功率的大小，从外形分为书本型结构 (0.75K-37KW) 和装柜型结构 (45K-1500KW) 两大类。

变频器的主电路由整流电路、中间直流电路和逆变器三部分组成。

1) 交-直部分

a. 整流电路。整流电路由 $VD_1 - VD_6$ 组成三相不可控整流桥，它们将电源的三相交流全波整流成直流。整流电路因变频器输出功率大小不同而异。

b. 滤波电容器 C_F 。整流电路输出的整流电压是脉动的直流电压，必须加以滤波。滤波电容 C_F 的作用是除了滤除整流后的电压纹波外，还在整流电路与逆变器之间起去耦作用，以消除相互干扰，这就给作为感性负载的电动机提供必要

的无功功率，因而，中间直流电路电容器的电容量必须较大，起到储能作用，所以中间直流电路的电容器又称储能电容器。

c. 限流电阻 R_L 与开关 S_L 。由于储能电容大，加之在接入电源时电容器两端的电压为零，故当变频器刚合上电源的瞬间，滤波电容器 C_F 的充电电流是很大的。过大的冲击电流将可能使三相整流桥的二极管损坏。为了保护整流桥，在变频器刚接通电源后的一段时间里，电路内限流电阻，其作用是将电容器的充电电流限制到允许的范围以内。开关 S_L 的功能是：当 C_F 充电到一定程度时，令 S_L 接通，将 R_L 短路掉。在有些变频器里， S_L 用晶闸管代替。

d. 电源指示 HL。HL 除了表示电源是否接通以外，还有一个十分重要的功能，即在变频器切断电源后，显示滤波电容器上的电荷是否已经释放完毕。

2) 直-交部分。

a. 逆变管 V_1-V_6 。 V_1-V_6 组成逆变桥，把 V_1-V_6 整流后的直流电，再“逆变”成频率、幅值都可调的交流电。这是变频器实现变频的执行环节，因而是变频器的核心部分。

b. 续流二极管 VD_7-VD_{12} 。续流二极管 VD_7-VD_{12} 的主要功能有：电动机的绕组是电感性的，其电流具有无功分量， VD_7-VD_{12} 为无功电流返回直流电源提供“通道”；当频率下降、电动机处于再生制动状态时，再生电流将通过 VD_7-VD_{12} 返回直流电路； V_1-V_6 进行逆变的基本工作过程：同一桥臂的两个逆变器，处于不停的交替导通和截止的状态，在这交替导通和截止的换相过程中，也不时地需要 VD_7-VD_{12} 提供通路。

c. 缓冲电路。不同型号的变频器中，缓冲电路的结构也不尽相同。

3) 制动电阻和制动单元。

a. 制动电阻 R_B 。必须将再生到直流电路的能量消耗掉，制动电阻 R_B 就是用来消耗这部分能量的。

b. 制动单元 V_B 。制动单元 V_B 由大功率晶体管 GTR 及其驱动电路构成。其功能是控制流经 R_B 的放电电流 I_B 。

从结构上看，变频器可分为交-交变频器和交-直-交变频器两类。无论是交-直-交变压变频还是交-交变压变频，从变频电源的性质上看，又分为电压源型变频器和电流源型变频器两大类。对于交-直-交变压变频装置，电压源型变频器和电流源型变频器的主要区别在于中间直流环节采用什么样的滤波器。

1) 交-交变频器。把频率固定的交流电源直接变换成频率连续可调的交流电源，其主要优点是没有中间环节，故变换效率高。但其连续可调的频率范围窄，一般为额定频率的 1/2 以下，故它主要用于容量较大的低速拖动系统中。

2) 交-直-交变频器。先把频率固定的交流电整流成直流电，再把直流电逆变成频率连续可调的三相交流电。在这类装置中，用不可控整流，则输入功率因数不变；用 PWM 逆变，则输出谐波可以减小。PWM 逆变器需要全控式电力电子器件，其输出谐波减小的程度取决于的开关频率，而开关频率则受器件开关时间的限制。采用 P-MOSFET 或 IGBT 时，开关频率可达 20KHz 以上，输出波形已经非常逼近正弦波，因而又称之为正弦脉宽调制逆变器，其是目前通用变频器经常采用的一种装置形式。

3) 电压源型变频器。在交-直-交变压变频装置中，当中间直流环节采用大电容滤波时，直流电压波形比较平直，在理想情况下是一个内阻抗为零的恒压源，输出交流电压是矩形波或阶梯波，这类变频装置叫做电压源型变频器。一般的交-交变压变频装置虽然没有滤波电容，但供电电源的低阻抗使它具有电压源的性质，也属于电压源型变频器。

4) 电流源型变频器。当交-直-交变压变频装置的中间直流环节采用大电感滤波时，直流电流波形比较平直，因而电源内阻抗很大，对负载来说基本上是一个电流源，输出交流电流是矩形波或阶梯波，这类变频装置叫做电流源型变频器。有的交-交变压变频装置用电抗器将输出电流强制变成矩形波或阶梯波，具有电流源的性质，它也是电流源型变频器。

3.2.4 变频器的额定值和频率指标

1) 输入侧的额定值。输入侧的额定值主要是电压和相数。在我国的中小容量变频器中，输入电压的额定值有以下几种（其均为线电压）：380V/50Hz，三相，绝大多数都属于这种情况；200-230V/50Hz 或 60Hz，三相，主要用于某些进口设备中；200-230V/50Hz，单相，主要用于精细加工和家用电器。

2) 输出侧的额定值。

a. 输出电压。由于变频器在变频的同时也要变压，所以输出电压的额定值是指输出电压中的最大值。在大多数情况下，它就是输出频率等于电动机额定频率时的输出电压值。通常，输出电压的额定值总是和输入电压相等的。

b. 输出电流。指允许长时间输出的最大电流，是用户在选择变频器时的主要依据。

c. 输出容量。

d. 配用电动机容量。变频器说明书中规定的配用电动机容量，仅适合于长期连续负载。

e. 过载能力。变频器的过载能力是指其输出电流超过额定电流的允许范围和时间。大多数变频器都规定为 $150\% I_N$ 、60s， $150\% I_N$ 、0.5s。

3) 频率指标。

a. 频率范围。即变频器能够输出的最高频率和最低频率。各种变频器规定的频率范围不尽一致。通常，最低工作频率为 0.1-1Hz，最高工作频率为 120-650 Hz。

b. 频率精度。指变频器输出频率的准确程度。在变频器使用说明书中规定的条件下，由变频器的实际输出频率与设定频率之间的最大误差与最高工作频率之比的百分数来表示。

c. 频率分辨率。指输出频率的最小改变量。即每相邻两档频率之间的最小差值。一般分模拟设定分辨率和数字设定分辨率两种。

3.2.5 本文变频器的选型

本文所选用的变频器为德国西门子系列^[21]。西门子变频器性能优良，且考虑与本文中所选用的西门子 PLC 有很好的兼容性，所以选用西门子系列的变频器。本文选择 MICROMASTER Eco1-300/3 背板式变频调速器，其输出功率为 (1.1-7.5)kw。西门子系列变频调速控制器包括 MICROMASTER Eco 和 MIDIMASTER Eco 两种。它的主要特点包括：自动能量优化，电机过载热保护，电机定额的充分应用，起动时的自动电机测定，接地故障保护，短路保护等，对泵或风机速度很好控制的能力，使其能够对过程进行更好的调节和控制。

MICROMASTER Eco-适用于电机和水泵的经济型电流装置(HVAC)风机和水泵(HVAC)使用新型的 MICROMASTER Eco 转变频器是最节省的方式，包括在购买、安装、调试和操作过程中节省的资金。MICROMASTER Eco 变频器可以节省高达 60% 的运行费用，无论是在泵工业，风机部门，还是在房屋建造中。它已经几乎在所有的应用中被优化。优化的输入/输出功能可以为典型供热，通电和空调设备提供所有必要的控制和监控功能。其有 6 个可以编程的数字输入，2 个模拟的输入/输

出和 2 个数字的输出保证了高度的应用灵活性。MICROMASTER Eco 可以操作一组风机和泵，供它们并联运行在同一频率之下。变频器 MICROMASTER Eco 可以容易地对所有的感应电动机进行设置。这是通过输入将电动机铭牌数据而完成的。一个集成的电动机保护装置保护电动机不会过热。为了保证在主电源短时中断电压路径之后电动机可以自动的重新启动，即使是电动机还在旋转，当主电源再次恢复正常供电的时候，控制系统使变频器的输出频率与转动的电动机同步了。PID 功能允许通过直接连接外部传感器来精确地控制流量、压力或温度。反馈信号可以为 0-10V, 0-20mA 或 4-20mA 的信号。控制器可以调整其比例, 积分, 微分 (PID) 项, 以确保应用系统的优化和精度。

MICROMASTER 如果通过隔离变压器相连, 就能在未接地的电源下使用。另外, 它们也能被直接连至未接地电源, 但如果产生输出接地故障的话, 逆变器将关断。

MIDIMASTER Eco 型号适合于未接地、最大开关频率为 2kHz 的电源下运行。这是为了防止输入 Y 型电容器在 Eco 输出产生接地故障时发生过热。MIDIMASTER Eco 在其输入产生接地故障情况下将继续正常运行。

在选用变频器时, 变频器和电机的要求是由负载的速度范围和转矩要求所决定的, 对于不同的负载, 速度和转矩间的关系是不同的, 许多负载被认为是恒转矩负载, 即转矩在运行速度范围内会保持不变, 典型的恒转矩负载如压缩机, 轴流泵和传送带等。这些恒转矩负载一般不适合采用 MICROMASTER Eco, MICROMASTER Eco 只适用于变转矩负载, 如风机和水泵。

为了选择适当的变频器, 通过西门子变频器的参考手册^[13], 查出变频器相关的技术参数和管脚意义, 西门子变频调速控制器的技术特性, 见图 3.2 所示。

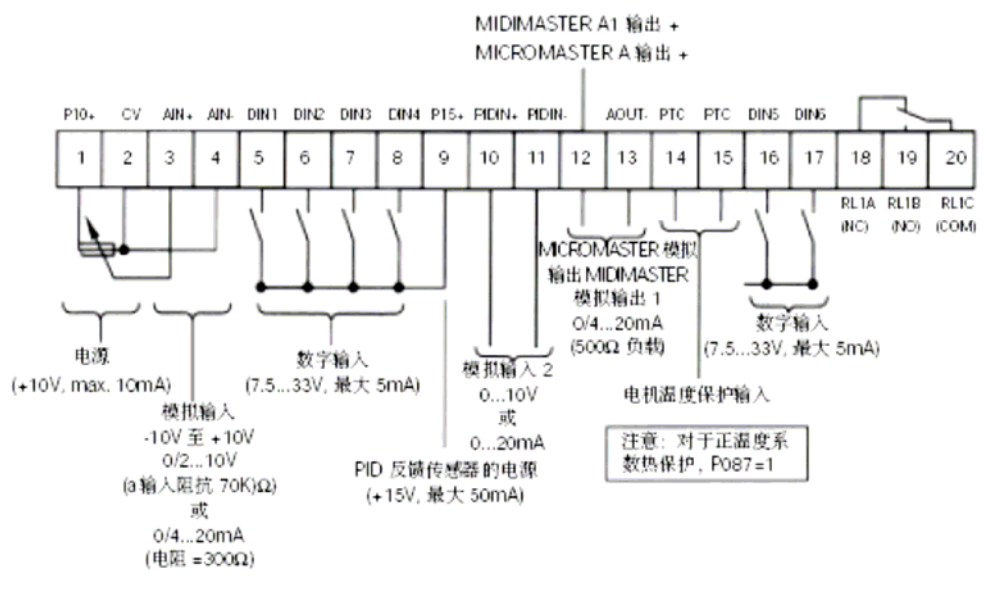


图 3.2 西门子变频器管脚意义

了解了变频器的管脚功能后，通过对西门子变频器的使用参考手册的参考，我们对它的技术参数做简单的了解。如表3.2所示。

表3.2 西门子变频调速器的技术特性

变频器	MICROMASTER Eco	MIDIMASTER Eco
输入电压	3 相交流 208-240V +/-10% 3 相交流 380-500V +/-10%	3 相交流 208-240V +/-10% 3 相交流 380-500V +/-10% 3 相交流 525-575 +/-15%
功率范围	3 相交流 208-240V 3 相交流 380-500V 3 相交流 525-575V	5.5kW-45kW (1.1kW-45kW) IP56 11kW-315kW (3kW-90kW) IP56 4kW-45kW (4kW-45kW) IP56
保护等级	IP20/NEMA1	IP20/NEMA1 或 IP56/NEMA4/12 或 IP20/NEMA1 集成有 A 级 EMC 滤波器
符合电磁兼容性 EN55011,A 级	3 相交流 208-240V 3 相交流 380-460V 3 相交流 525-575V	3 相交流 208-240V 3 相交流 380-460V 3 相交流 525-575V
符合电磁兼容性 EN55011,B 级	3 相交流 208-240V 3 相交流 380-460V 3 相交流 525-575V	3 相交流 208-240V 3 相交流 380-460V 3 相交流 525-575V
温度范围	0-50 度	0-40 度,或在更高的温度下降额,见 14 部分
控制方法	能量控制优化 Eco 模式或多电机模式	
保护特征	欠压、过压、过负载、短路、接地故障、电机失步、电机超温、装置超温	
最长电机电缆长度	见 14 部分	见 14 部分
过载能力	150%, 60 秒	110%, 60 秒
数字输入	6 个, 可设定	6 个, 可设定
固定频率	8	8
继电器输出	2 个, 可设定 (230 伏交流 /1.0A)	2 个, 可设定 (230 伏交流 /1.0A)
模拟量输入	2	2
模拟量输出	1 个, 可设定	2 个, 可设定
串行接口	RS485	
动力制动	复合制动 制动直流	复合制动 制动直流
过程控制	PID	PID

根据变频调速给水系统的控制对象为水泵机组的特点，还要考虑它的适用场合，配装在一个大型设备中使用，需要和 PLC 进行数据传输，所以要求有变频器

有通讯接口，综合它的技术特性，所以我们最终选择 MICROMASTER Eco1-300/3 背板式变频调速器。它不仅适用于变转矩负载，而且具有 RS-485 变频通讯接口，可以可靠的与 PLC 进行通讯，满足系统的要求。

3.3 系统的硬件设计方案

本设计以 PLC 为控制核心，由传感器采集储水箱中的水位高度，之后传感器的信号传到 PLC 中，经过 PLC 的 PID 运算后，向变频器输出控制频率信号，再由一台变频器控制 3 台水泵进行变频调速，达到生活供水恒压的目的。变频器控制三台水泵的方式为同时变频，即三台水泵根据水压情况依次变频运行。此系统在消防情况发生时，当水位低到一定值时，生活用水将被切断以达到消防供水高恒压的目的^[14]。

本设计拟以对一栋 6 层（大约高度为 18 米）的居民住宅楼的供水压力为控制对象，目标是实现恒压供水。而由绪论中介绍可知，当楼顶水箱中的水位不变时，用户的供水压力就会实现恒定，所以本文中所要解决的问题即保持水箱中的水位不变，系统的被控对象为水箱中的水位。通过参考给排水方面知识^[15]，选择容积为 30L 的水箱，水箱为近似圆柱形，地面半径为 1.5 米，高为 3.5 米。设定水箱中的恒压水位为 2.4 米，超高报警水位为 3 米，消防紧急水位为 0.9 米。系统的工艺流程如图 3.3 所示。

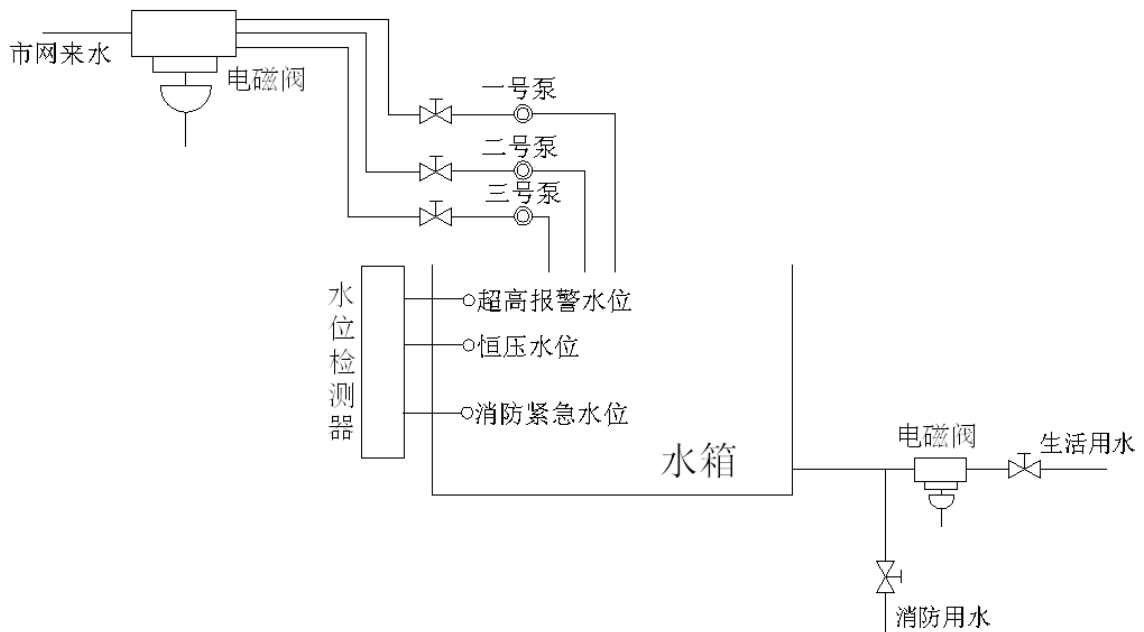


图 3.3 系统工艺流程图

本控制系统的功能框图如图 3.4 所示

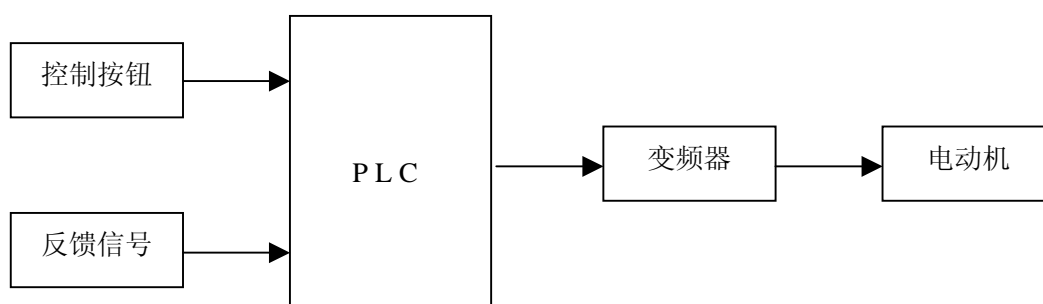


图 3.4 系统的功能框图

本恒压供水控制系统由四部分设备组成：

1) 水位信号检测设备^[16]。本文选用由美国 Global Water 公司生产 WL700 超声波水位传感器。超声波液位传感器为水位信号检测装置，因为超声波液位测量较其它测量方法有诸多优点，它不仅能够定点和连续检测液位，而且能够方便地提供遥控所需的信号，并且与放射性技术相比，超声技术不需要防护。

2) 可编程逻辑控制器设备。由上文 3.1.4 可知，本文所选 PLC 为西门子系列的 CPU224，PLC 的扩展模拟量信号输入/输出模块为 4 输入/1 输出模拟量模块 EM235。

3) 变频器部分。由上文 3.2.5 可知，本文所选变频器为西门子系列的 MICROMASTER Eco1-300/3 背板式变频调速器，输出功率为（1.1-7.5kw）。

4) 水泵设备。通过对水泵相关知识^[17]和生活供水知识参考，拟以用水量最大为 $18\text{ m}^3/\text{h}$ ，所以选择三台 32LG6.5-15X3 型水泵，总功率为 6.6KW。其性能参数如表 3.3。

表 3.3 水泵性能参数

水泵型号	流量 m ³ /h	扬程 m	电机功率kW	水泵型号	流量 m ³ /h	扬程 m	电机功率kW
25LG3-10x3	3	30	1.1	80LG50-20x2	50	40	11
25LG3-10x4		40	1.5	80LG50-20x3		60	15
25LG3-10x5		50	1.5	80LG50-20x4		80	18.5
25LG3-10x6		60	2.2	80LG50-20x5		100	22
25LG3-10x7		70	2.2	80LG50-20x6		120	30
32LG6.5-15x2	6.5	30	1.5	65DL32-15x2	32	30	5.5
32LG6.5-15x3		45	2.2	65DL32-15x3		45	7.5
32LG6.5-15x4		60	3	65DL32-15x4		60	11
32LG6.5-15x5		75	4	65DL32-15x5		75	15
32LG6.5-15x6		90	5.5	65DL32-15x6		90	15
40LG12-15x2	12	30	2.2	80DL50-20x2	50	40	11
40LG12-15x3		45	3	80DL50-20x3		60	15
40LG12-15x4		60	4	80DL50-20x4		80	22
40LG12-15x5		75	5.5	80DL50-20x5		100	30
40LG12-15x6		90	7.5	80DL50-20x6		120	30
50LG24-20x2	24	40	5.5	100DL100-20x2	100	40	18.5
50LG24-20x3		60	7.5	100DL100-20x3		60	30
50LG24-20x4		80	11	100DL100-20x4		80	37
50LG24-20x5		100	11	100DL100-20x5		100	45
50LG24-20x6		120	15	100DL100-20x6		120	55
65LG36-20x2	36	40	7.5	150DL160-25x2	160	50	37
65LG36-20x3		60	11	150DL160-25x3		75	55
65LG36-20x4		80	15	150DL160-25x4		90	75
65LG36-20x5		100	18.5	150DL160-25x5		125	90
65LG36-20x6		120	22	150DL160-25x6		150	110

根据系统要求，对控制功能做出分析之后，设计出如图 3.5 所示的恒压供水控制系统的主电路图^[18]，QS 为主电路的隔离开关；FU 为主电路的短路保护；FR1 和 FR2 是主电路过载保护用的热继电器；该主电路有三台电动机 M1、M2、M3；接触器 KM1、KM3 和 KM5 控制电动机直接到工频电网上，KM2、KM4 和 KM6 控制电动机变频运行。

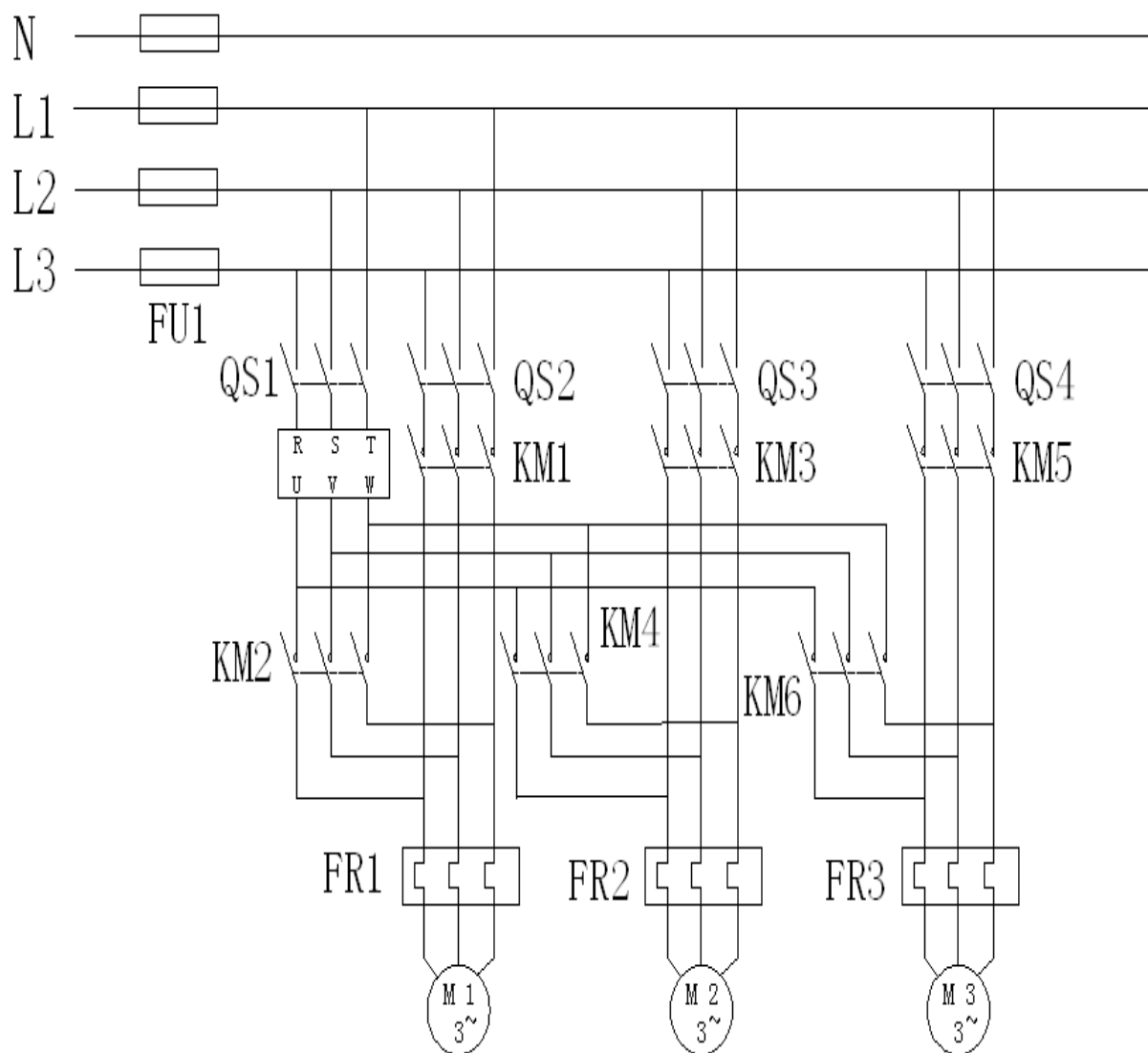


图 3.5 恒压供水控制系统的主电路

本恒压供水控制系统的控制电路如图 3.6 所示，SA 是系统手动、自动选择旋钮（0 为停止、1 为手动、2 为自动），SB0 是停止按钮，SB1 是开始按钮。变频与工频回路之间增加了互锁触点，防止了变频与工频的同时运行而造成控制实效。

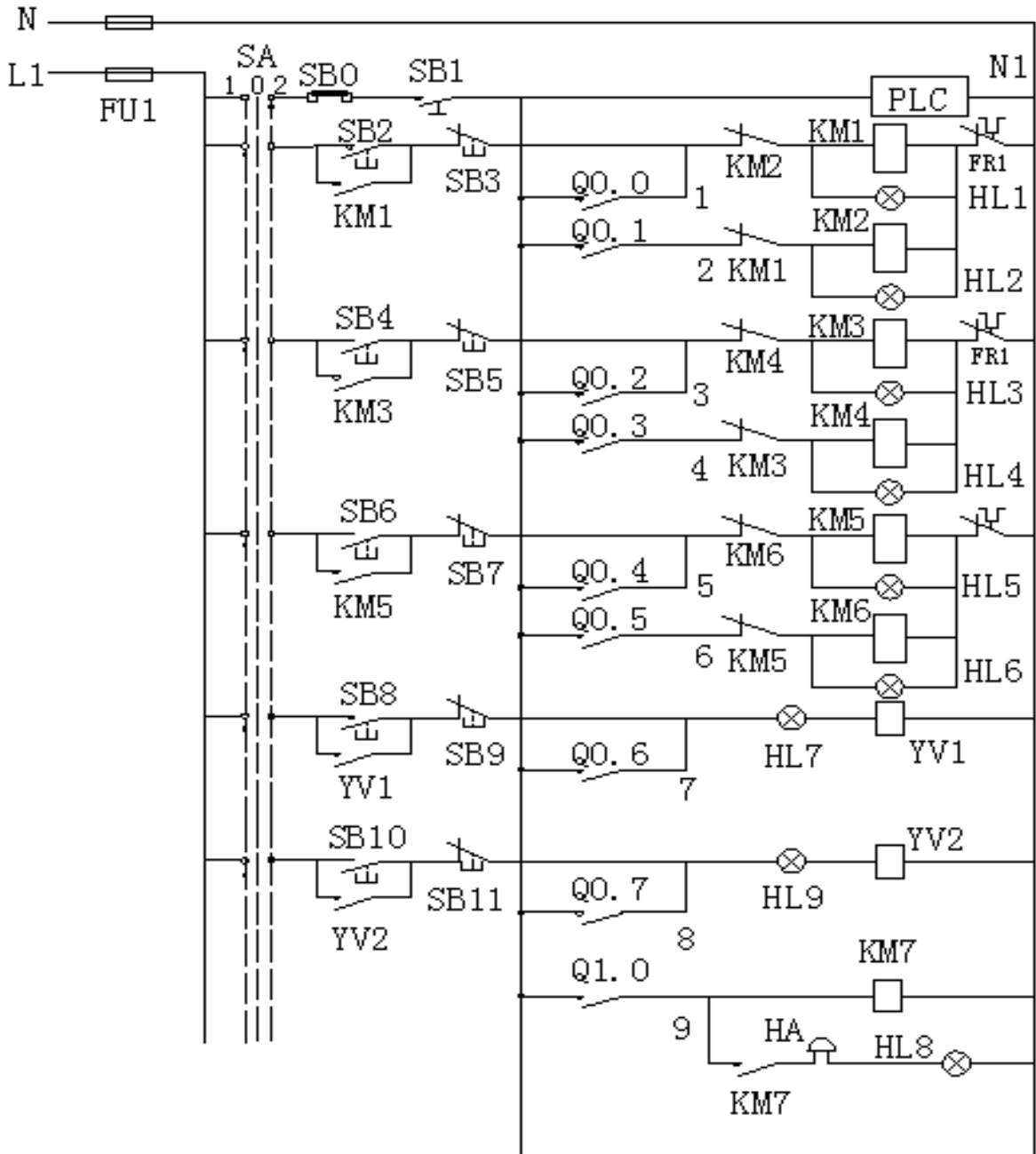


图 3.6 恒压供水控制系统的控制电路

根据对系统功能的分析及以上的主电路和控制电路的描述，设计出如图 3.7 所示的硬件连线图。

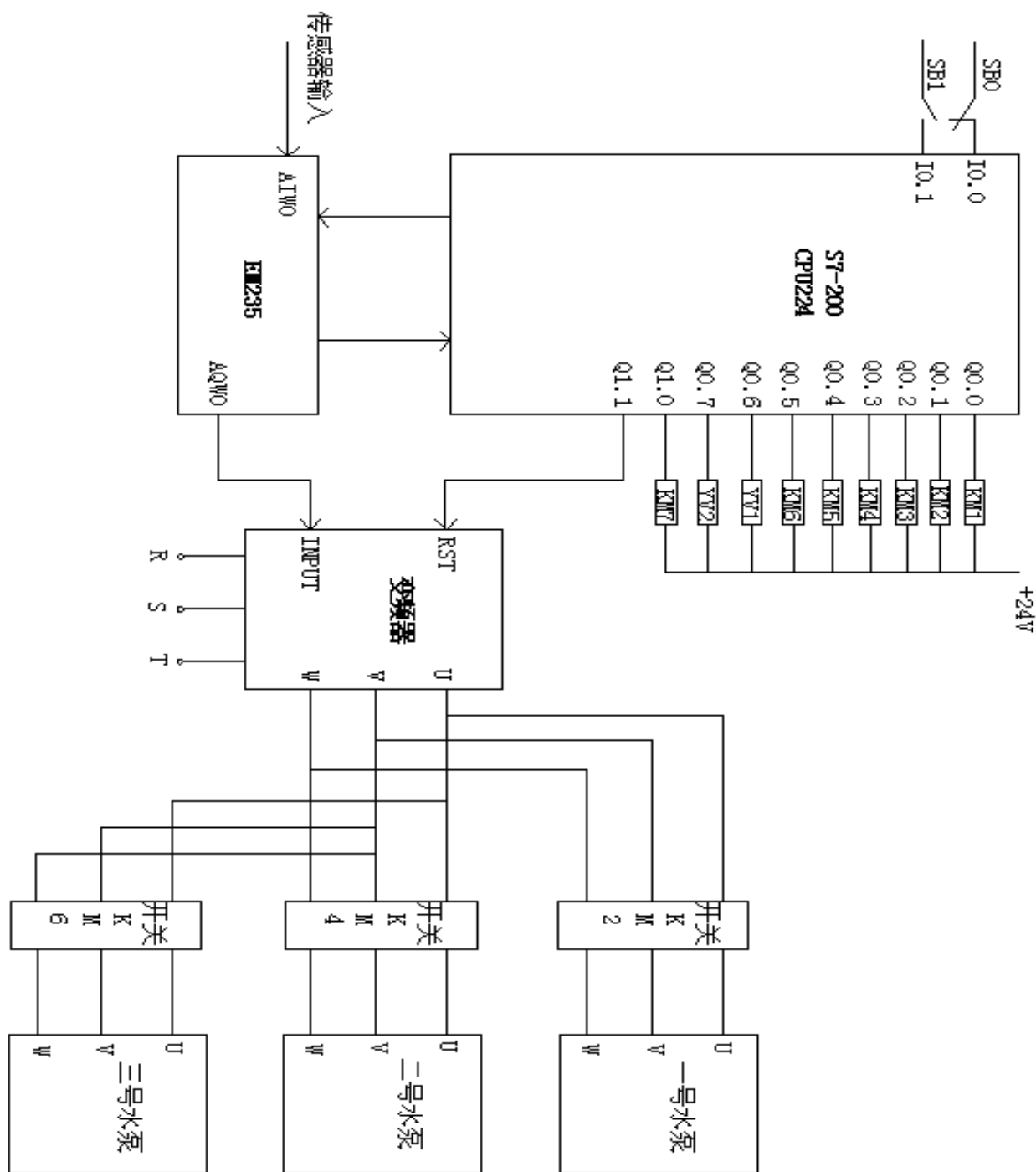


图 3.7 恒压供水控制系统的硬件连接图

恒压供水控制系统 PLC 及扩展模块外围接线^[19]如图 3.8

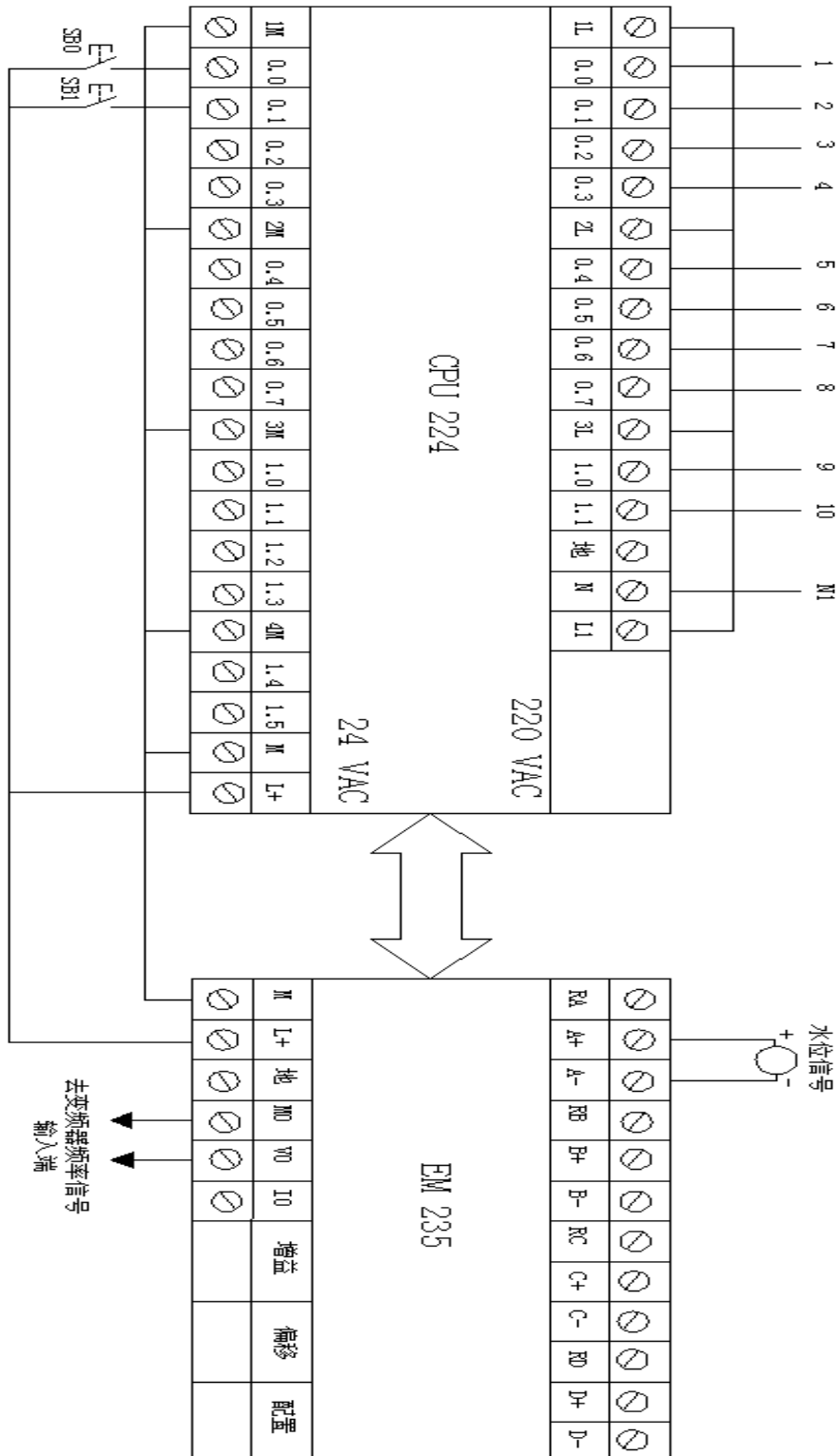
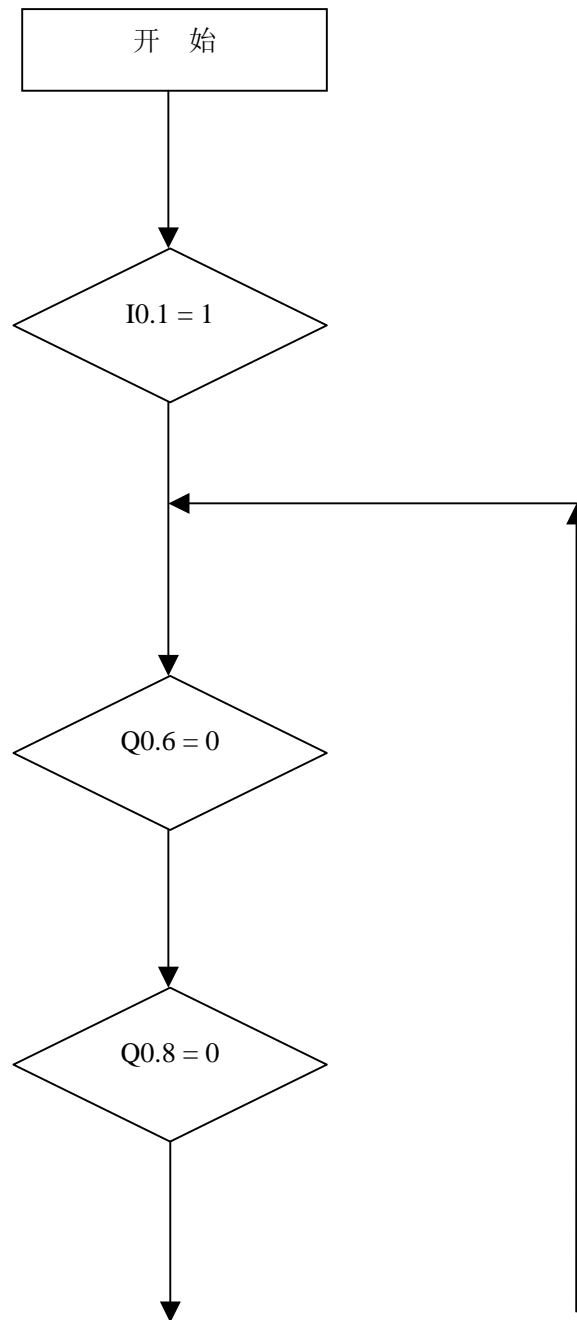


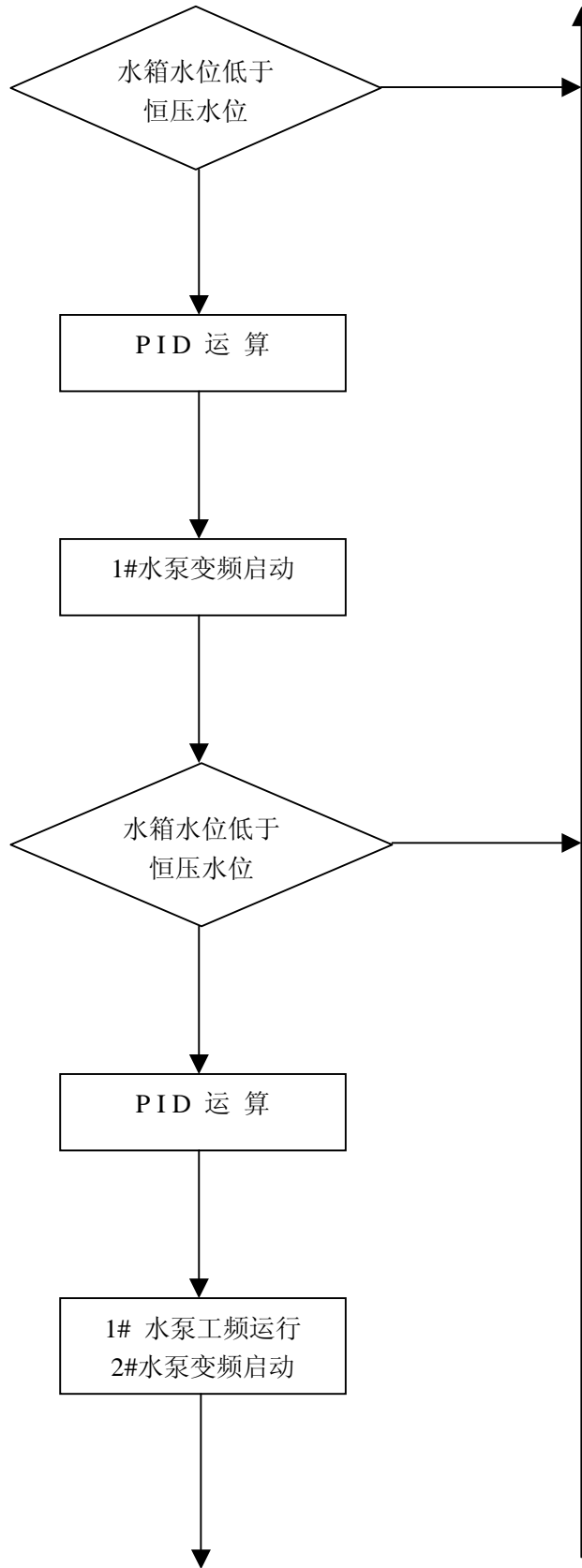
图 3.8 恒压供水控制系统 PLC 及扩展模块外围接线图

第四章 变频恒压供水系统的软件设计

4.1 系统运行流程

根据恒压供水控制系统的功能框图和控制要求，我们要对 PLC 进行编程，在编程之前，我们先要对系统的整个流程进行设计。系统流程如图 4.1





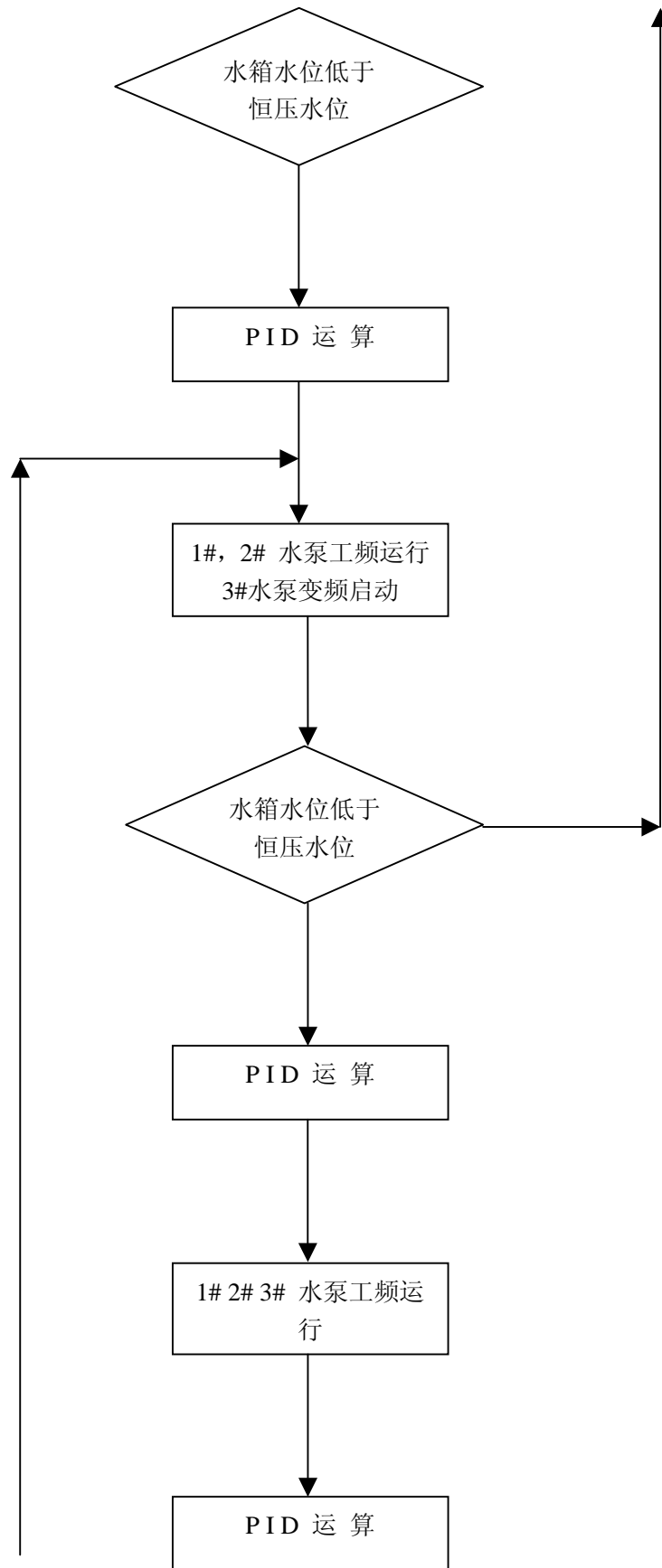




图 4.1 系统的运行流程图

4.2 系统程序设计

本程序分为三部分：主程序、子程序和中断程序^[20]。

逻辑运算及报警处理等放在主程序中，系统初始化的一些工作放在初始化子程序中完成，这样可以节省扫描时间。利用定时器中断功能实现 PID 控制^[21]的定时采样及输出控制。在本系统中，只是用比例（P）和积分（I）控制，其回路增益和时间常数可通过工程计算初步确定，但还需要进一步调整以达到最优控制效果。初步确定的增益和时间常数为：

增益 $K_C=0.5$

采样时间 $T_S=0.1S$

积分时间 $T_i=30min$

程序中使用的元器件及储存器功能，如表 4.1

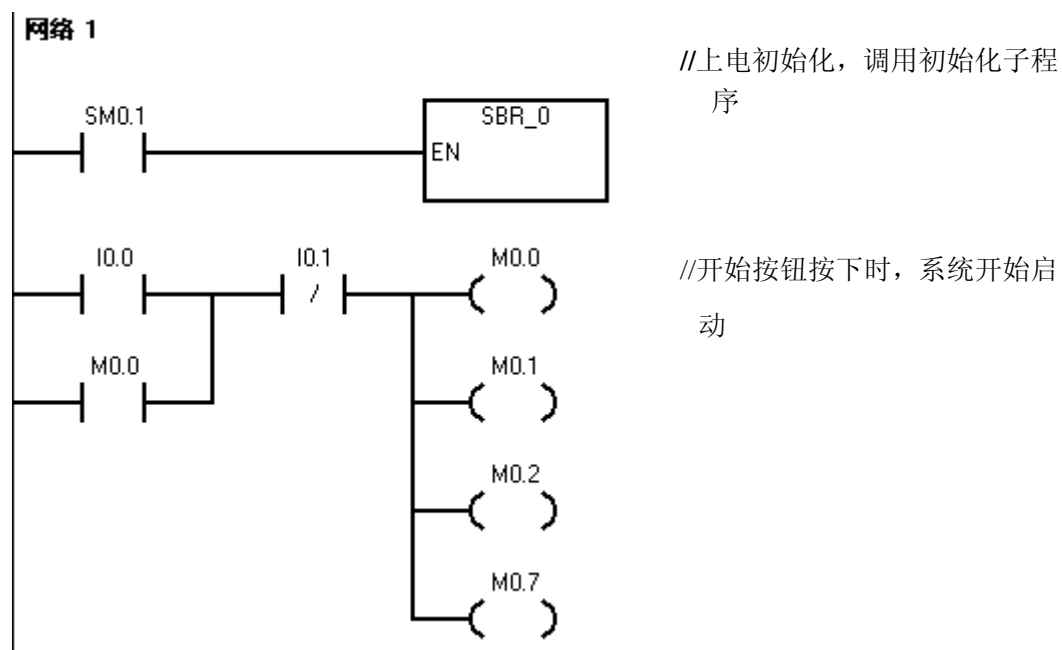
表 4.1 程序中使用的元器件及储存器功能列表

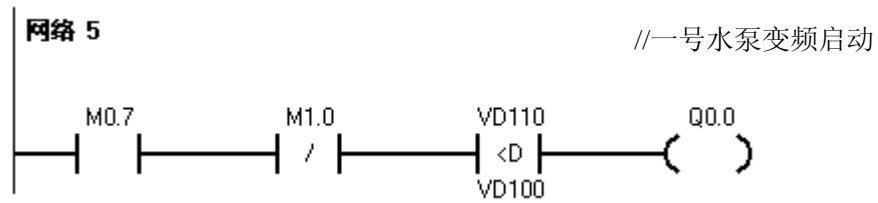
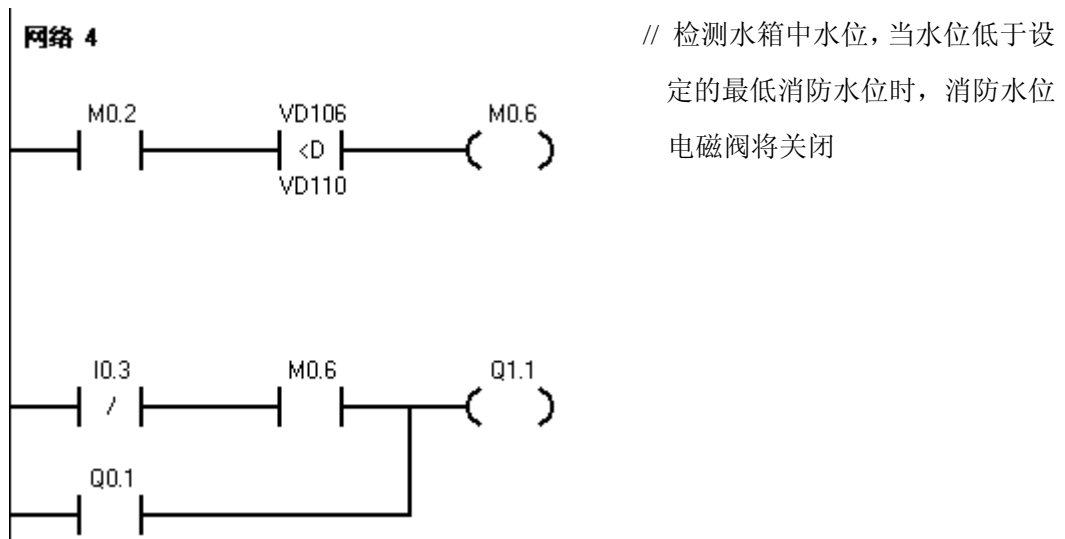
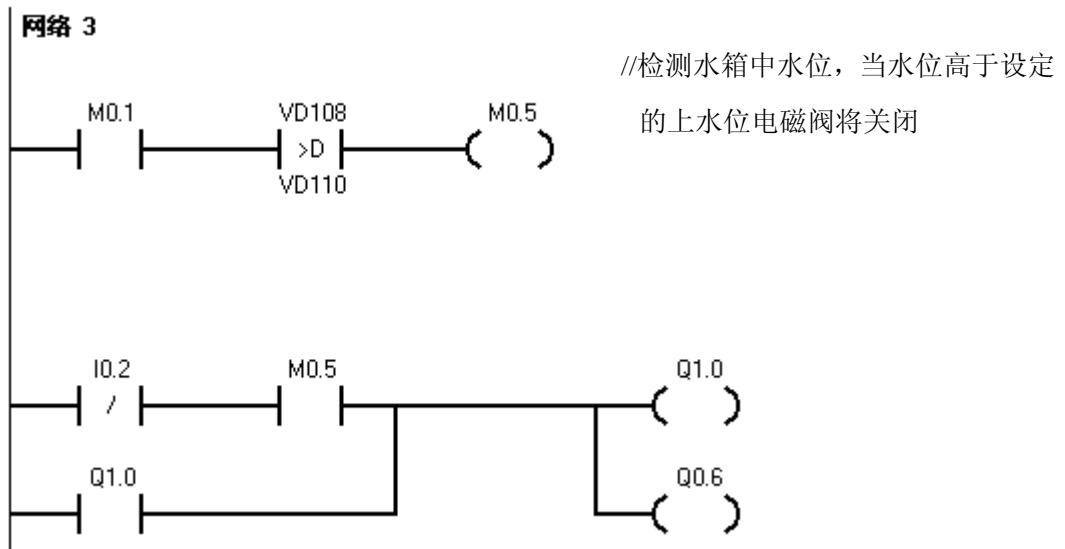
地址	功能
VD200	PID 网络表首地址
VD100	设定恒压水位电压值
VD102	经 PID 运算后输出的电压值
VD106	超高报警水位电压值
VD108	消防报警水位电压值
VD110	传感器检测水位信号
I0.0	停止按钮
I0.1	启动按钮
Q0.0	1#工频接触器及工作指示灯
Q0.1	1#变频接触器及工作指示灯

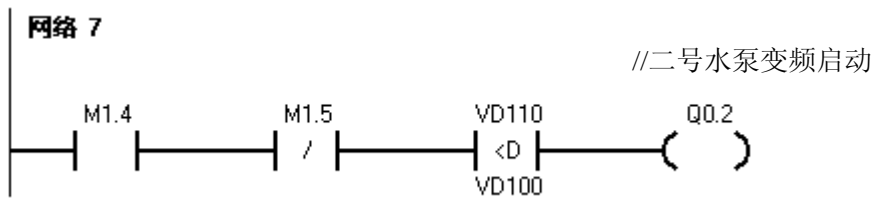
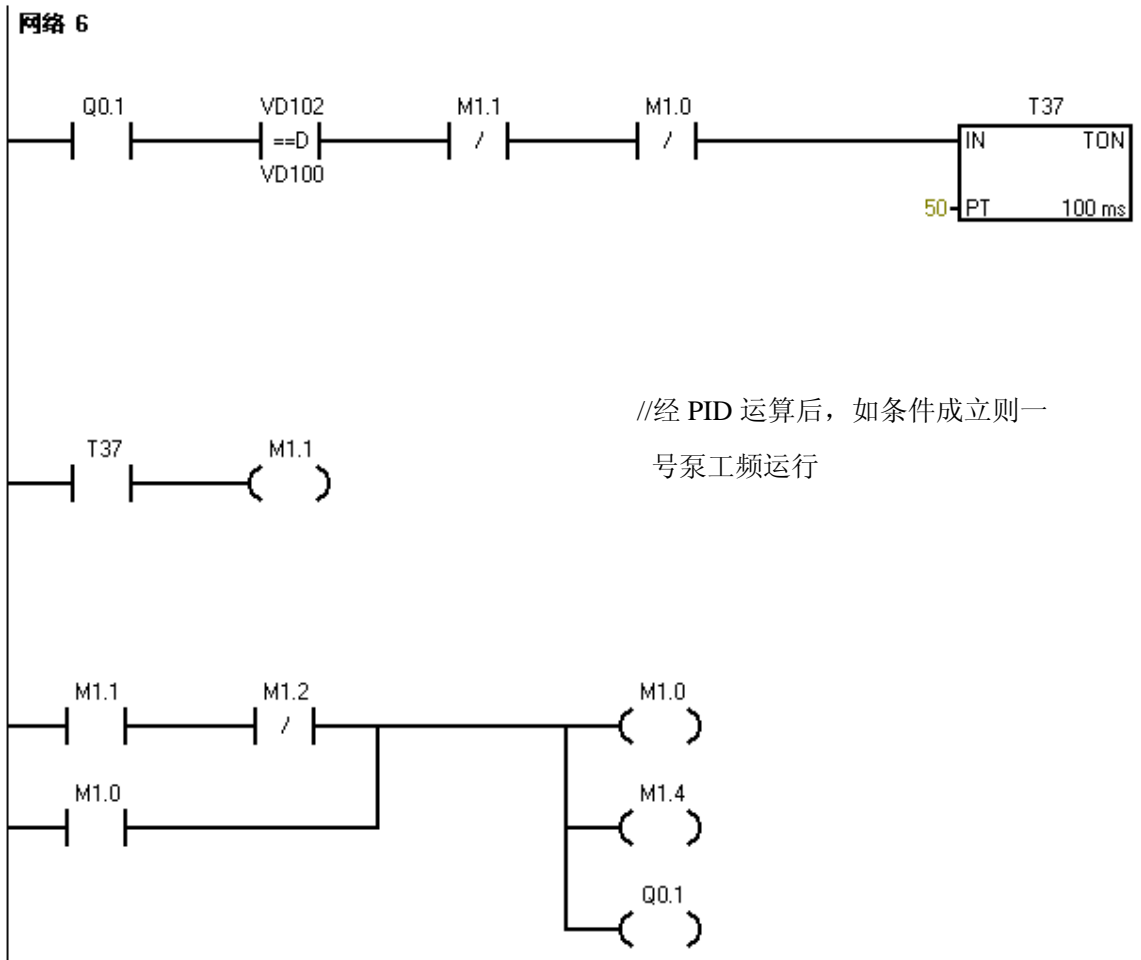
Q0.2	2#工频接触器及工作指示灯
Q0.3	2#变频接触器及工作指示灯
Q0.4	3#工频接触器及工作指示灯
Q0.5	3#变频接触器及工作指示灯
Q1.0	高水位电磁开关及工作指示灯
Q1.1	消防紧急电磁开关及工作指示灯
Q0.6	高水位报警电铃及工作指示灯
Q0.7	对变频器进行复位控制
T37	工频泵增泵滤波时间控制
T38	工频泵增泵滤波时间控制
T39	工频泵增泵滤波时间控制

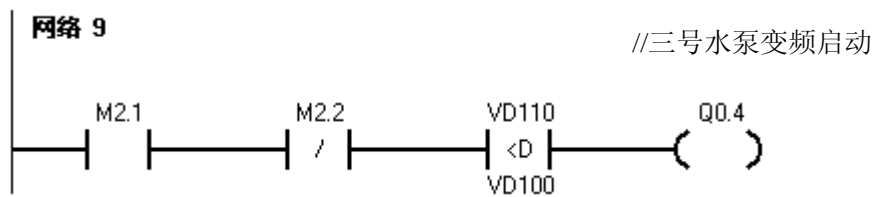
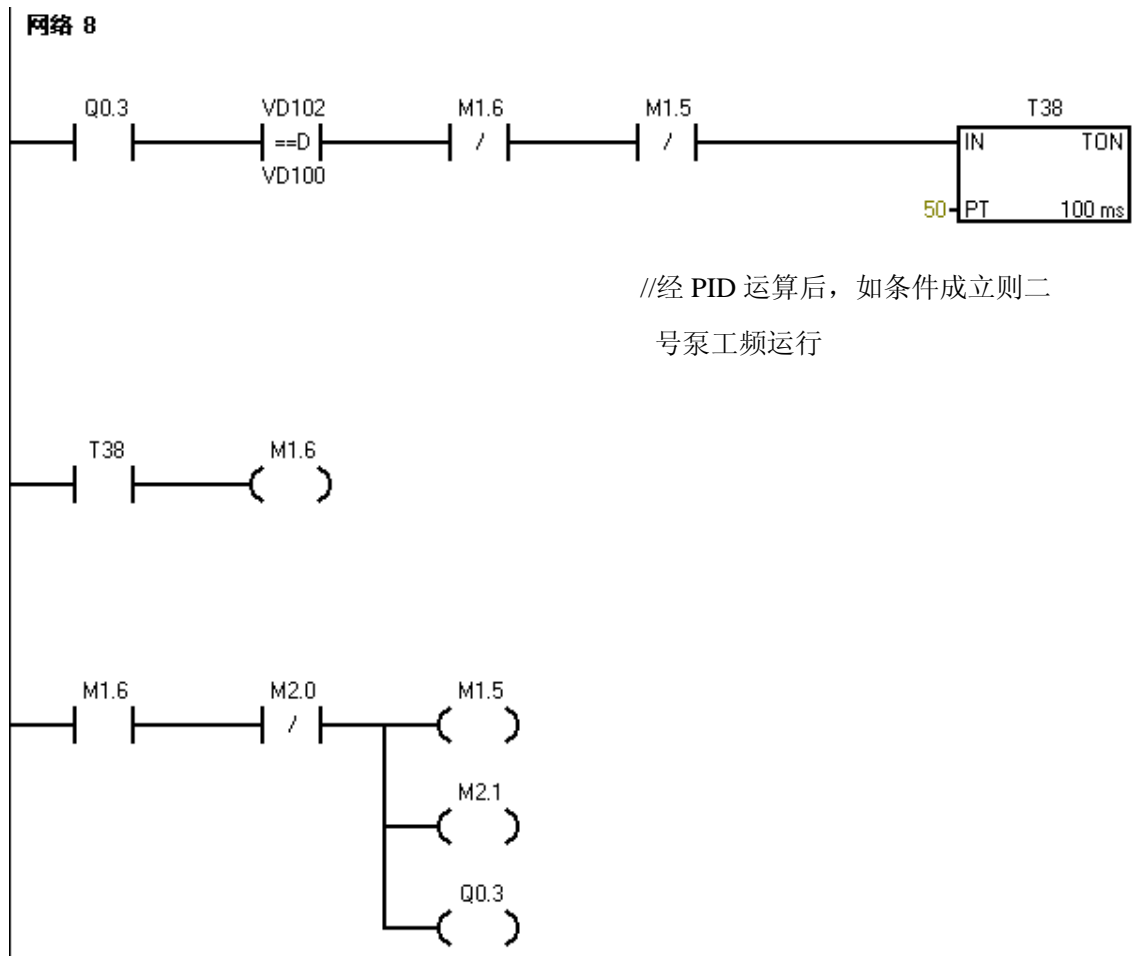
程序梯形图及注释如下：

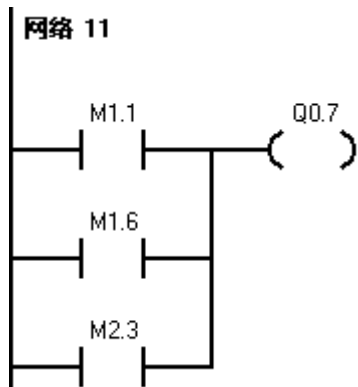
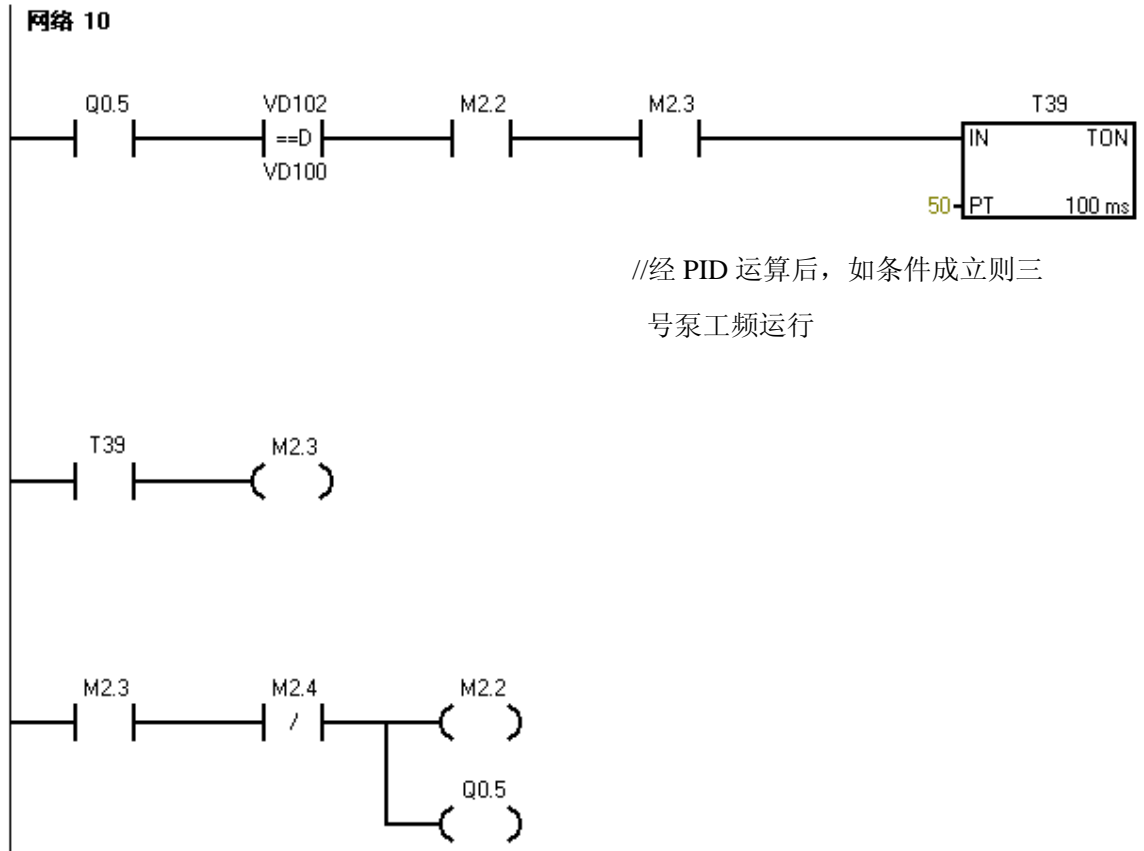
主程序：





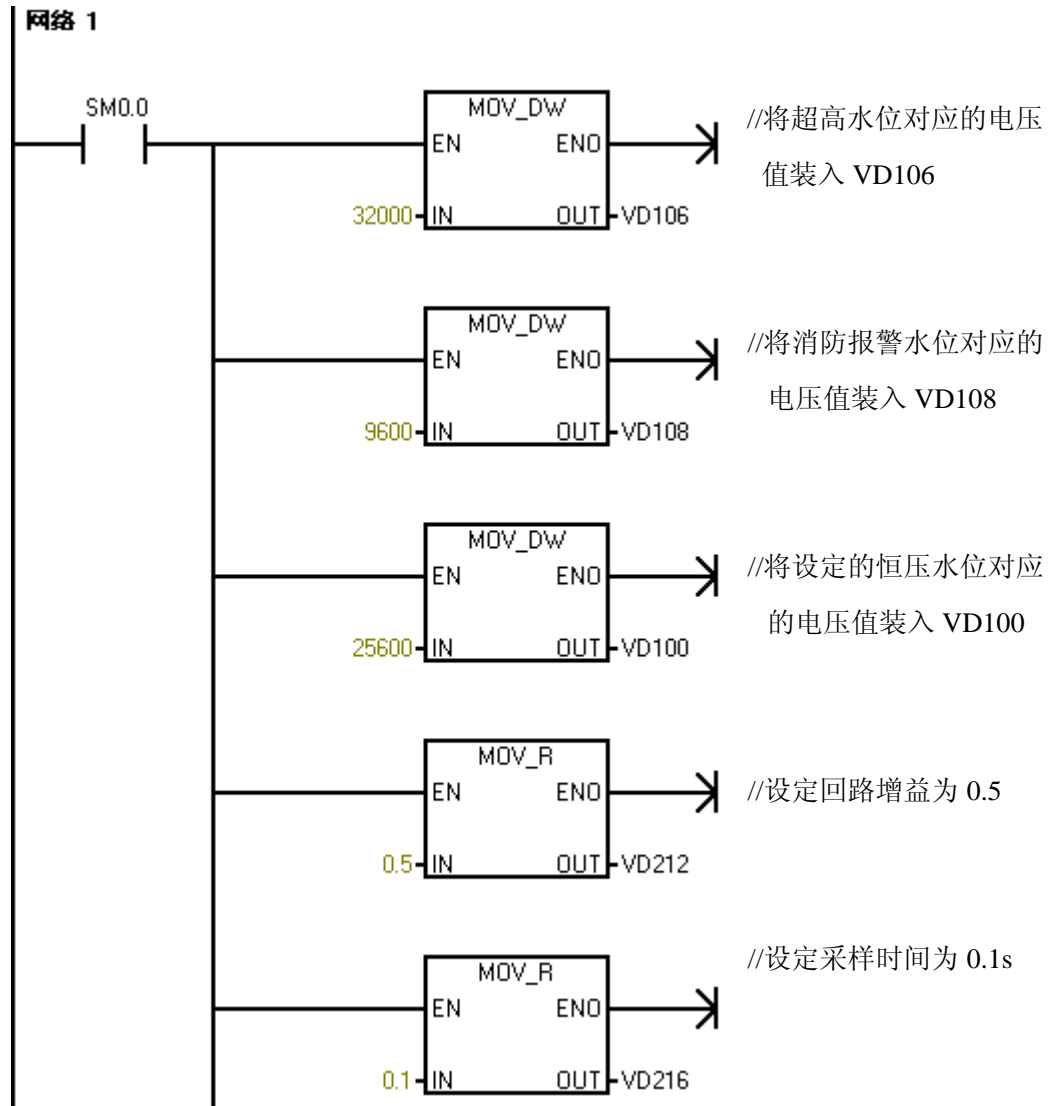


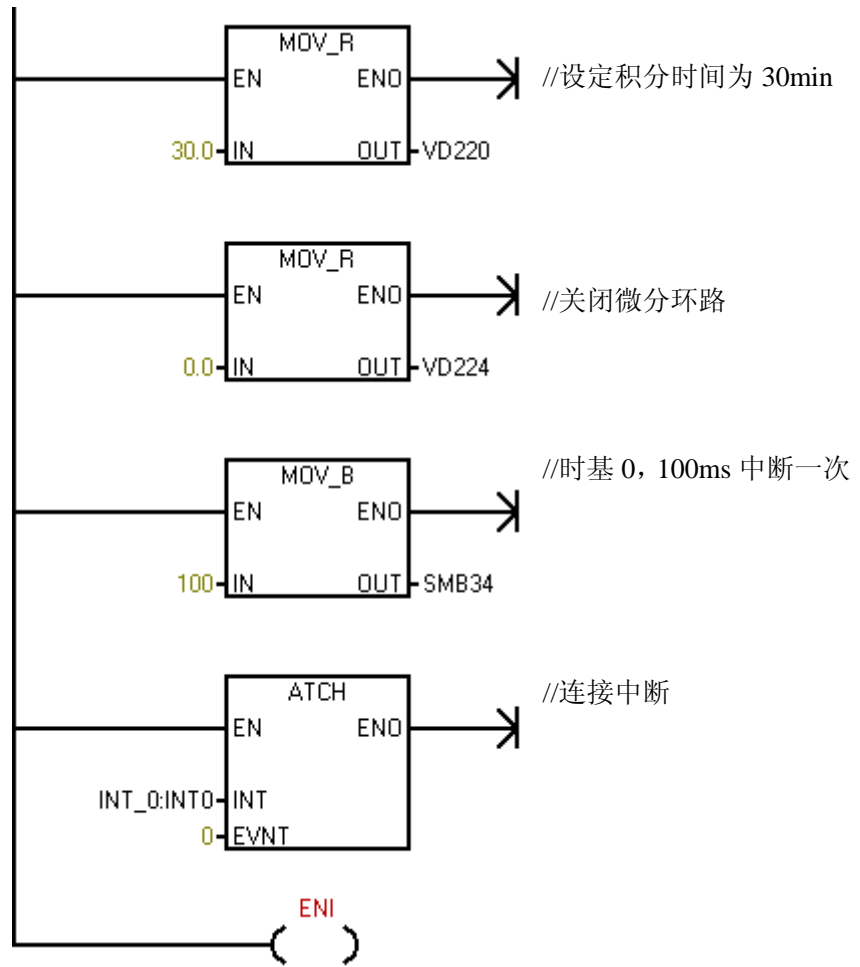




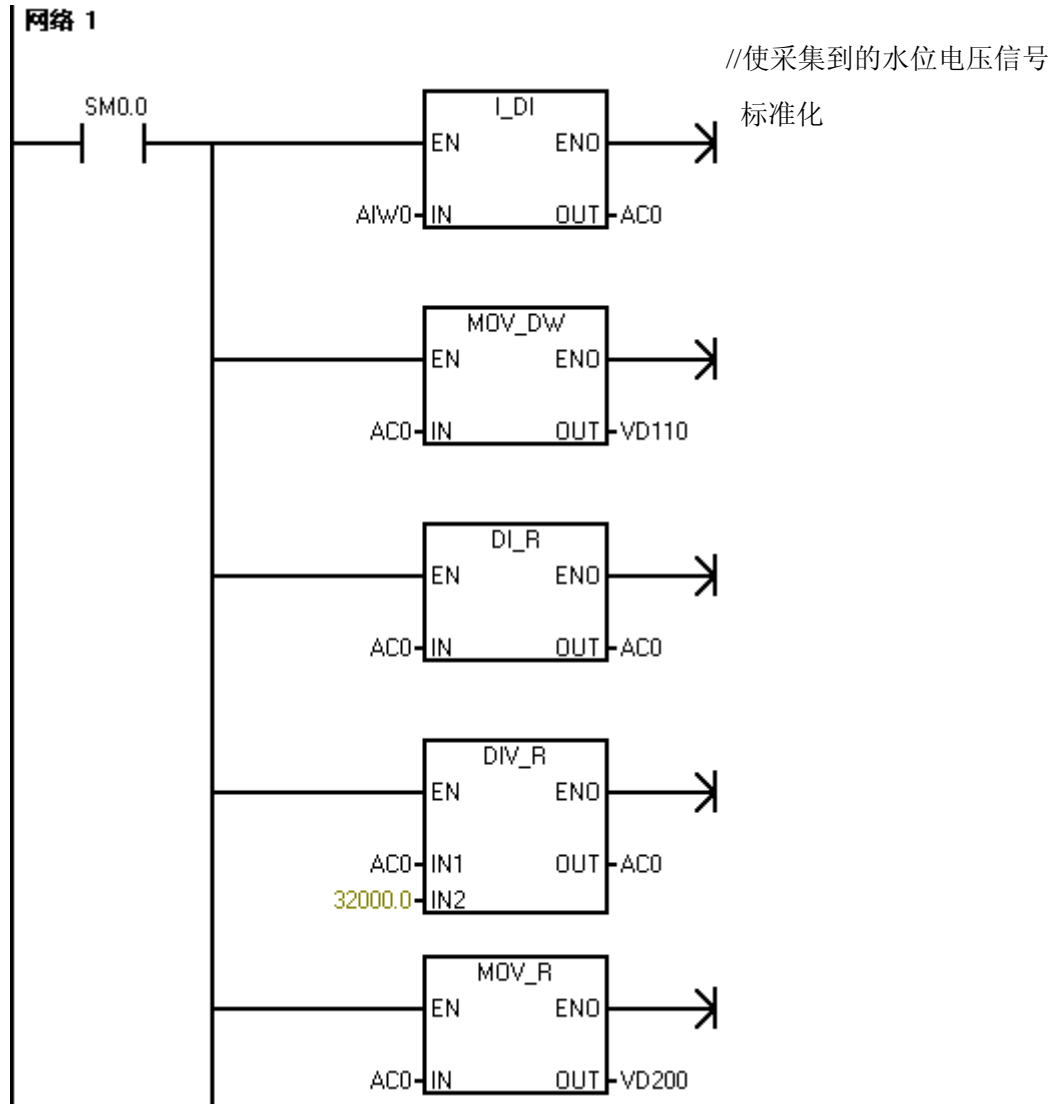
//变频器复位

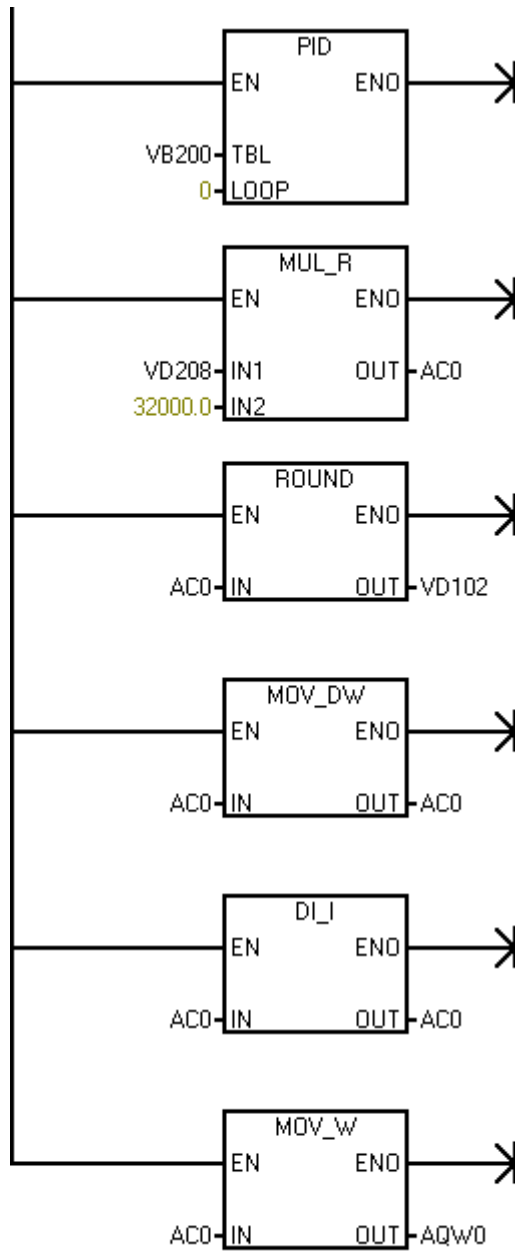
子程序:





中断子程序:





第五章 系统的应用说明

5.1 系统的功能说明和调试步骤

此系统是适用于生产、生活的恒压供水系统，其不但能够保证供水质量，而且可以降低生产成本，并提供应急供水的功能。由于本系统由三台水泵变频构成，所以可调节范围广，适用于多个场合。

系统在使用中，在自动状态下可根据设定水位要求，自动调节水泵的转速，达到恒压给水的要求。同时也有手动状态和停止状态，系统可自由起停，供设备检修调试用。还有当系统出现故障而导致水位超高及水位低于消防紧急水位时，系统所能采取的应对措施。

在系统投入运行前，要对系统进行调试。主要检查时间继电器，热继电器参数设定是否恰当。然后做通电空载试验。通电后先作手动工作试验，电器动作准确无误后，再作自动工作试验。注意由于现场难以模拟压力反馈闭环控制，因此这一步只检查变频器的起停，工频泵的加泵等功能动作以及运行方式是否正确可靠。另外需盘活水泵，以免发生堵转。

在空载试验确认动作准确可靠后，进行加载试验。即可连接电机负载作整机运行试验。首先打开各水泵的进水阀，打开泵体上的放气螺塞，让水充分进入泵腔。

将工作开关置于手动位：手动起停各水泵检查转向是否正确，运转是否正常，如果一切正常则开启市网来水电磁阀，手动使三个水泵工频运行，当水箱中的水位接近设定水位时，将工作开关置于自动位。按下启动按钮，系统启动运行。当发生故障或维护时，可以换位手动控制，这样即在不中断供水的情况下同时对控制系统进行检查。

5.2 系统在运行中应注意的问题

本变频调速恒压供水系统在实际应用中还有几点需要注意的地方，下面重点强调几点：由于系统中需要把市网来水泵入水箱，而水箱又是与大气是连通的，所以一定要保证水箱与大气连通管道的卫生。再一点，因为在系统工作时，水箱中的压力较大，所以要时常检查一下水箱有无裂隙，防患于未然。另外，因为超声波水位探测器是装在水箱中的，更换不太方便，所以要选择性能优良的探测器。同

时，还要注意在操作中的安全问题，在控制柜电源未切断时，严禁进入水池或水箱，设备和控制柜必须要安全接地。

第六章 总结

6.1 设计的总结

在本系统主要是实现保证水箱中水位恒定从而达到给水压力的恒定，以适应实际生活、生产中恒压给水的要求。根据系统要求，系统达到了在自动状态时可根据设定值自动调节压力，可以手动启动和停止系统。并且在变频故障时，有报警信号，及相应的解决措施。由于本系统用水量不大，所以采用变频器调速控制电机转速，来控制给水量，降低生产实际中的成本。结合 PLC 的强大功能、便于操作和可靠性的特点，根据设定恒压值，实现对变频器的调速控制，及工频水泵的切除并联运行。实现恒压给水的要求。

因为有 PLC 控制的变频器作为调速器，系统运行良好，电动机也避免了启动时电流过大的情况。在变频器的控制下，电机运行稳定和可靠，被控参数波动幅度较小，有良好的速度可调节性，较大的改善了恒压供水技术的水平。在本系统的设计中，分为硬件系统和软件设计。

1) 系统硬件设计。在设计硬件时，我按照信号的转递过程选择所需的硬件。首先，水位信号由水位检测装置检出，经过对诸多水位检测装置的思考，最终选择的可以连续采集水位高度的超声波水位检测装置，其安装方便、维护简单、价格适中。水位信号经超声波检送到 PLC 后，PLC 经过 PID 运算后向变频器发出控制信号。在此，结合 PLC 的输入、输出点和扩展模块的问题，在诸多 PLC 中我选择了西门子 S7-200 系列的 CPU224 和 4 输入/1 输出模拟量模块 EM235，这样既实现了系统要求又节省了开支。对于变频器，其将由 PLC 送入的信号处理后控制水泵的运行。考虑到变频器的兼容性和输出功率，我选择了西门子系列的 MICROMASTER Eco1-300/3 背板式变频调速器。对于水泵的选择要根据实际用水规模的大小而定。本系统的硬件选择是本着能可靠地实现系统功能和节省开支的理念进行的，因为一个好的系统，以上两点都应兼顾。

2) 系统软件设计。在设计软件时，结合系统的设计功能，我首先画了一张系统运行流程图，经过反复地修改检查后，最终确定了控制方案。之后，在以前没有学过西门子 PLC 知识的情况下，通过自己认真地自学，终于初步掌握的编译程序的方法，从而结合对书籍的参考和在老师、同学的帮助下最终成功完成了本控制系统软件的编译。

但由于本人学识有限，并且对西门子 PLC 和变频器的认识还不够全面，所以在系统设计和编程过程中不免会有一些问题和不足。希望老师给予宝贵的意见，从而对西门子 PLC 和变频器方面的知识有着更多的了解和应用。

6.2 未来的发展和展望

用 PLC 与变频器配合使用达到变频调速恒压的状态在目前的实际生产、生活供水过程中已经得到了广泛的应用。变频调速不只是在恒压给水系统中有着重要应用，其技术在电梯，空调等诸多领域都起着革命性的作用，所以变频调速技术有着巨大的发展空间，其必将更加广泛的应用与人们的生活、生产中。

本文所设计的基于 PLC 的恒压供水系统能满足人们在生产、生活中对恒压供水的要求。但是本系统中还是存在一些不足之处的，比如本系统的储水箱承受的压力很大并且与大气相连，所以需要经常地检查有无出现裂痕和清理水箱与大气连通口的滋生物。另外，PLC 的 PID 运算也无法完全保证水压的真正恒定，即水压还是在设定的恒压水位处上下波动的，所以需要有更准确的 PID 运算参数。

希望在今后，通过对恒压供水系统的不断研究，我们可以减小恒压供水的压力偏差，从而实现理想的恒压供水。并且，我们要不断地利用 PLC 和变频器技术，在我们的生产、生活中研究出更新、更好、更多的控制技术，从而提高工业的生产效能和改善人们生活质量。

参 考 文 献

- [1]曹锦梅,王明辉.基于 PLC 与变频调速的恒压供水分析.机电工程技术.1009- 9492 (2007) 09- 0048- 02
- [2]崔玉川,傅涛.我国城市给水发展现状与特点[J].中国给水排水.1999
- [3]顾跃. 基于 PLC 的变频调速恒压供水系统研究. 硕士学位论文. 2006.5
- [4]邱文渊,童国道.国内外变频器技术的现状及我国发展策略初探[J].电子与自动化.1995
- [5]陈国呈编.PWM 变频调速技术.北京:机械工业出版社.1991
- [6]朱玉堂.变频恒压供水系统的研究开发及应用.硕士学位论文. 2005. 5
- [7]周漠仁.流体力学水泵与风机[M].北京:中国建筑工业出版社.1994
- [8]黄立培等.变频器应用技术及电机调速[M].北京:人民邮电出版社.1998
- [9]彭鸿才著.电机原理及拖动.机械工业出版社.1985
- [10]Ridley.R.New Simulation techniques for VVVF, Rec.IEEE-APEC,1993:517-523P
- [11]满永奎.通用变频器及其应用.机械工业出版社.1995
- [12]张万忠可编程控制器入门与应用实例西门子系列.北京:中国电力出版社.2005
- [13]西门子变频器手册.德国西门子公司.<http://www.ca800.com/download/10195.html>
- [14]吴戈.恒压供水系统的研究:(硕士学位论文).长春长春理工大学.2004
- [15]吕树清.恒压供水系统在高层建筑中的应用探讨[J].南昌水专学报.2001, 9
- [16]洪志刚,杜维玲.超声波外测液位检测方法研究.电子测量与仪器学报.2007.8
- [17]赵逸平.建筑给排水设计中水泵选用实例.北京:建筑给排水.2005
- [18]高新队,宋晓平.变频调速恒压供水系统研制[J].河海大学学报.2001, 1,
- [19]张扬主编.S7—200 PLC 原理与应用系统设计.北京:机械工业出版社.2007 .10
- [20]白治锦.西门子 S7—200 系列 PLC 应用与开发.北京:中国水利水电出版社. 2007.4
- [21]李良仁主编.变频调速技术与应用.电子工业出版社.北京: 2004,12