

案例一：多泵切换恒压供水系统的实现

(压力传感器)

模块一 系统控制方案

一、预备知识

1、变频器恒压供水系统

在生产、生活的实际中，用户用水的多少是经常变动的，因此供水不足或供水过剩的情况时有发生。而用水和供水之间的不平衡集中反映在供水的压力上，即用水多而供水少，则压力低；用水少而供水多，则压力大。保持供水压力的恒定，可使供水和用水之间保持平衡，即用水多时供水也多，用水少时供水也少，从而提高了供水的质量。

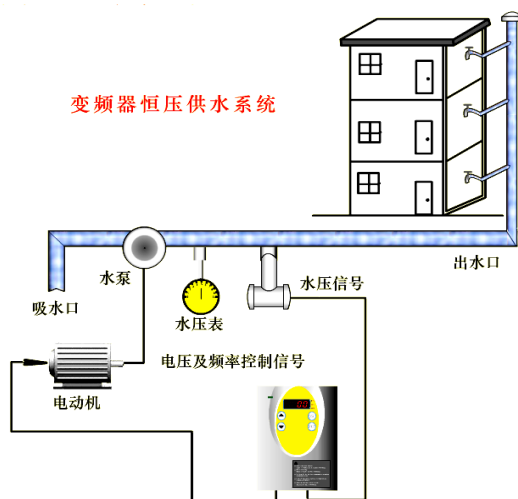


图 1 住宅区恒压供水示意图

恒压供水是指在供水网中用水量发生变化时，出水口压力保持不变的供水方式。供水网出口压力值是根据用户需求确定的。传随着变频调速技术的日益成熟和广泛的应用，利用内部包含用 PID 调节器、单片机、PLC 等器件有机结合的供水专用变频器构成控制系统，调节水泵输出流量，以实现恒压供水。变频器恒压供水，如上图 1 所示。

利用变频器内部的 PID 调节功能，如图 2，目标信号 SP 是一个与压力的控制目标

相对应的值，通常用百分数表示。

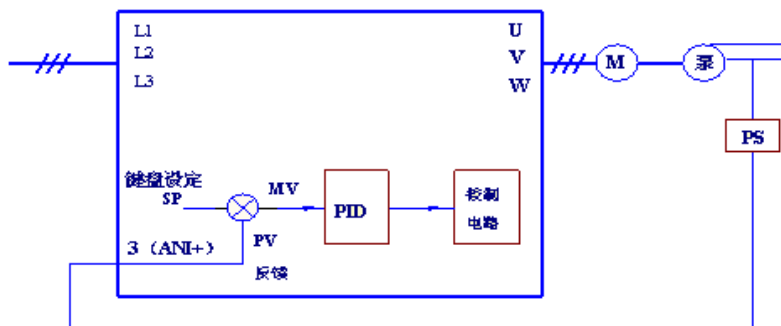


图2 变频器PID调节功能

2、“一拖多”恒压供水

实际应用中，单台水泵供水一般不能满足用水要求，常用多泵单变频恒压供水。即是“一拖多”控制方案，这种多台泵调速的方式，系统通过计算判定目前是否已达到设定压力，决定是否增加（投入）或减少（撤出）水泵。

由于“一拖多”变频恒压供水系统需要涉及压力PID控制、工频和变频等功能，所以需要由专门的程序控制来实现。目前的“一拖多”变频供水系统主要由3种方式：

1) 微机控制变频恒压供水系统

此系统以多台水泵并联供水，系统设定一个恒定的压力值，当用水量变化而产生管网压力的变化时，通过远传压力表（即压力传感器），将管网压力反馈给PI控制器，通过PI控制器调整变频器的输出频率，调节泵的转速以保持恒压供水。微机控制变频恒压供水系统如图3所示。

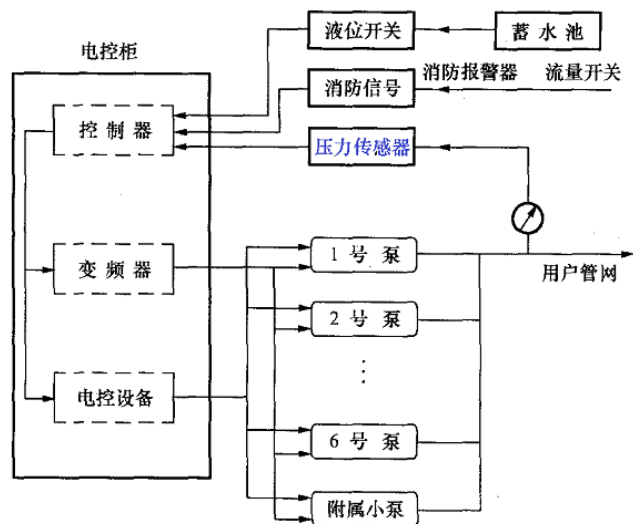


图3 微机控制变频恒压供水系统

2) PLC 控制变频恒压供水系统

PLC 控制的恒压变频供水系统与微机控制器类似，所不同的是 PLC 除了完成供水控制外，还可以完成其他的特殊功能，具有更大的灵活性。

3) 供水专用变频器供水系统

采用供水专用的变频器，不需另外配置供水系统的控制，就可完成对由 2~6 台水泵组成的供水系统的控制，使用相当方便；供水专用变频器=普通变频器+PLC，是集供水控制和供水管理一体化的系统，这不仅降低了生产成本，而且大大提高了生产效率。

西门子的 MM430 变频器供水专用变频器框图如图 4 所示。

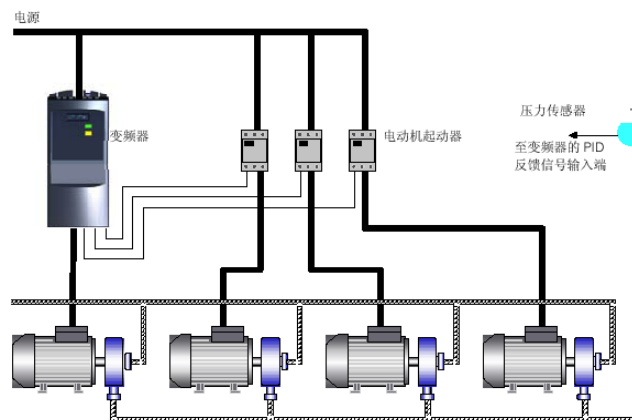


图4 MM430 变频器供水框图

二、确定控制方案

根据实际情况，采用 PLC 控制变频恒压供水系统。变频器采用 MM440，PLC 采用 S7-200，实现“一拖二”方式。

在加泵过程中,变频器驱动电动机达到额定转速时，变频器内部输出继电器动作，作为一个控制信号将电动机切换到工频电网直接供电运行，而变频器再去启动其他的电动机。以达到电动机软启动和节能的目的，切换过程由 PLC 控制实现。减泵时，则由 PLC 控制直接停止工频运行的电动机。采用“启先停”方式。

模块二 系统电气原理图绘制

一、预备知识

电气控制电路图通常由主电路和辅助电路两部分组成。

主电路(也称动力电路)是通过强电流的电路。它包括电源电路、受电的动力装置及其控制、保护电器支路等。

辅助电路是通过弱电流的电路。一般生产机械设备的辅助电路,包括控制电路、照明电路和信号电路等。

电气控制电路图绘制的一般规则

1) 元件和连接线在电路图中的表示

①连接线在电路图中的三种描述方法:多线表示法、单线表示法和混合表示法。

②表示连接线去向的两种方法:有连续线表示法和中断线表示法。

③电路图中,对有直接电联系的交叉导线连接点,要用小黑圆点表示,无直接电联系的交叉导线连接点则不画小黑圆点。

④电气元件在电路图中的三种表示方法:集中表示法、半集中表示法、分开表示法。

2) 图幅分区和元件在图上位置的表示方法

为了确定图上内容(如图形等)的位置及其用途,以便于检修和方便阅读原理图,一些幅面较大、内容复杂的电气图进行分区。

3) 注释

当含义不便于用图示形式表达清楚时,可在图上采用注释。注释可采用两种方式:一是直接放在所要说明的对象附近;二是加标记,将注释放在图面上的其他适当位置。

4) 技术数据的表示方法

当需要在电气工程图上表示出元件的技术数据时,通常采用的方法有,标注在图形符号旁、标注在图形符号内、以表格的形式给出。

5) 电原理图中元、器件状态的规定

①继电器、接触器在非激励的状态,即其线圈未通电的状态。

②断路器、隔离开关等在断开位置。

③带零位的手动控制开关在零位位置，而不考虑电路的实际工作状态。

④机械操作开关在非工作状态的位置，例如终端开关没有达到极限行程前的位置。

6) 电原理图中的电源表示方法

表 1 电气线路和三相电气设备端的表记代号

项目	名称	标记代号	备注
交流电源	交流系统电源第 1 相	L1	
	交流系统电源第 2 相	L2	
	交流系统电源第 3 相	L3	
	中线（中性线）	N	
直流电源	直流电源正极	L+, +	
	直流电源负极	L-, -	
	中间线	M	

三相电气设备端	交流系统设备端第 1 相	U	
	交流系统设备端第 2 相	V	
	交流系统设备端第 3 相	W	
保护接地	保护接地	PE	
	保护和中性共同线	PEN	
	接地	E	
	无噪声接地	T	
	不接地保护	PU	
	机壳或机架	MM	
	等电位	CC	
	交流电	AC	
	直流电	DC	

7) 电原理图中各栏目的含义

①图纸上方的 1、2……13 是图区编号，是为了便于检索电气线路、方便阅读电原理图而设置的。

②图区编号下面的“电源开关……照明及信号”一栏，表明它对应的下方元件或电路的功能。

③原理图中的接触器、继电器的线圈与受其控制的主触头或辅助触点的从属关系应按下述方法标志：

在每个接触器线圈的文字符号 KM 的下面画两条竖直线，分成左、中、右三栏，把受其控制而动作的主触头及辅助触点所处的图区号数字，按下表 2 左半部分规定的内容填上。对备而未用的触头及触点，在相应的栏中用记号“X”标出。

在每个继电器线圈的文字符号(如 KT)下面画一条竖直线,分成左、右两栏,把受其控制而动作的触点所处的图区号数字,按下表右半部分规定的内容填上。同样,对备而未用的触点在相应的栏中用记号“X”标出。

原理图中每个触头的文字符号下面的数字表示使其动作的线圈所处的图区号。

表 2 接触器线圈、继电器线圈符号下的数字标志

接触器线圈符号下的数字标志			继电器线圈符号下的数字标志	
左栏	中栏	右栏	左栏	右栏
主触头所处的图区号	辅助常开(动合)触点所处的图区号	辅助常闭(动断)触点所处的图区号	常开(动合)触点所处的图区号	常闭(动断)触点所处的图区号

二、绘制电气原理图

绘制电气原理图前,要根据任务要求确定 I/O 的点数,然后选择适当的 PLC 模块,再进行分配 I/O 口。

本例中手动功能不使用 PLC 和变频器,直接由按钮控制水泵的起动和停止,不占用 PLC 的 I/O 口;在自动状态下,起动和停止控制系统需占用 2 个 PLC 的输入点,变频器增加、减少和故障信号输入占用 3 个 PLC 的输入点,还有远传压力表的反馈信号输入占用 1 个模拟量输入点。输出端,KM1~KM4 占用 4 个 PLC 的输出点,同时变频器的启动命令占用 1 个 PLC 的输出点,还有变频器 PID 的给定目标值输入占用 1 模拟量输出点。PLC 分配 I/O 口分配如下:

表 3 PLC 的 I/O 分配表

输 入 位		
序号	位	功 能
1	I0.1	接 SB5, 自动时起动
2	I0.2	接 SB6, 自动时停止
3	I0.3	接变频器 RL1 继电器, 变频器故障切换信号
4	I0.4	接变频器 RL2 继电器, 增加泵信号
5	I0.5	接变频器 RL3 继电器, 减少泵信号
6	A+	接远传压力表送来的反馈信号
输 出 位		
7	Q0.1	接 KM1, 泵 1 工频运行
8	Q0.2	接 KM2, 泵 1 变频起动
9	Q0.3	接 KM3, 泵 2 变频起动
10	Q0.4	接 KM4, 泵 1 工频运行
11	Q0.5	接 KA, 变频器起动
12	V0	接变频器 ADC1 端, PID 的给定目标值

根据分配好的 I/O 口,再按照电路图的绘制原则接可直接设计出电气原理图。要注意 KM1 与 KM2、KM3 与 KM4 须进行机械互锁。

三、选择低压电器

低压电器通常是指工作在交流 1000V 以下与直流 1200V 以下电路中的电器，它可以按在电气线路中的地位，作用和动作方式分类。

按在电气线路中的地位和作用分类：

② 低压配电电器。如刀开关、熔断器等，主要用于低压配电系统和动力设备中。

② 低压控制电器。如接触器、控制继电器等，主要用电力拖动和自动控制系统中，按动作方式分类：

① 非自动切换电器。如刀开关，转换开关等，它们是依靠外力来进行切换的。

② 自动切换电器。如自动开关，接触器等，它们是依靠本身参数的变化或外来信号自动地进行切换的。

1) 刀开关的选择

① 闸刀开关。用于照明电路时可选择额定电压为 220V，用于电动机直接起动时，可选择额定电压为 380V。

② 组合开关。根据电源种类、电压等级、所需触点数、接线方式进行选择。

2) 断路器的选择

① 断路器的额定工作电压 \geq 线路额定电压。

② 断路器的额定电流 \geq 线路计算负载电流。

3) 熔断器的选择

① 应根据使用环境和负载性质选择适当类型的熔断器。

② 电阻性负载的短路电流保护，熔体额定电流应等于或略大于电路工作电流。

4) 主令电器的选择

控制按钮主要根据使用场合、触头数和所需颜色选择。

行程开关根据动作要求和触头的数量选择。

5) 接触器的选择

① 接触器的类型。可根据被控制的电动机或负载电流类型来选择。

② 接触器触头的额定电压。大于或等于负载回路的额定电压。

③ 接触器主触头的额定电流。大于或等于电动机或负载的额定电流。

6) 热继电器的选择

①热继电器的类型。对于三角形接线的重要电动机，可选用带断相保护装置的热继电器。

②热继电器的额定电流。等于或稍大于电动机的额定电流。

7) 时间继电器的选择

①时间继电器的类型。对延时要求不高时，选用价格较低的 JS7-A 系列，对延时要求较高，应选 JS11 系列。

②延时方式。应根据控制线路的要求选择延时方式。

8) 速度继电器的选择

速度继电器的类型主要根据电动机的额定转速选择。

9) 中间继电器的选择

中间继电器主要根据控制线路的电压等级，所需触头的数量和种类、容量等要求选择。

10) 电流和电压继电器的选择

对于频繁起动的电动机，考虑起动电流在继电器中的发热效应。

模块三 系统控制程序编写

一、预备知识

1) S7—200 PLC 使用

西门子 S7—200 系列 PLC 可通过 PC/PPI 电缆连接到计算机，利用计算机可直接把 LAD(梯形图)或 STL（语句表）传送到 PLC 的 CPU 中。

S7—200 PLC 的控制程序可直接 STEP7—Micr / WIN32 编程软件中编写。STEP7—Micro / WIN32 提供梯形图(LAD)、语句表(STL)和功能块图(FBD)三种编辑器来创建程序，用任何一种程序编辑器编写的程序都可以用另外一种程序编辑器来浏览和编辑。

2) MM440 变频器使用

MM440 变频器具有默认的工厂设置参数，
具有全面而完善的控制功能。

基本操作面板（BOP）如图 6 所示。



图 6 基本操作面板（BOP）


表 3 表示采用基本操作面板（BOP）操作时，变频器的工厂缺省设置值。

表 3 用 BOP 操作时的缺省设置值

参数	说明	缺省值，欧洲（或北美）地区
P0100	运行方式，欧洲/北美	50 Hz，kW（60Hz，hp）
P0307	功率（电动机额定值）	量纲 kW（Hp），取决于 P0100 的设定值
P0310	电动机的额定频率	50 Hz（60 Hz）
P0311	电动机的额定速度	1395（1680）r/min（决定于变量）
P1082	最大电动机频率	50 Hz（60 Hz）

用基本操作面板(BOP)可以修改任何一个参数。修改参数的数值时，BOP 有时会显示“busy”，表明变频器正忙于处理优先级更高的任务。

表 4 基本操作面板 BOP 上的按键

显示、按钮	功能	功能的说明
	状态显示	LCD 显示变频器当前的设定值。

	起动电动机	按此键起动变频器。缺省值运行时此键是被封锁的。为了使此键的操作有效，应设定 P0700 = 1。
	停止电动机	OFF1: 按此键，变频器将按选定的斜坡下降速率减速停车；缺省值运行时此键被封锁；为了允许此键操作，应设定 P0700 = 1。 OFF2: 按此键两次（或一次，但时间较长）电动机将在惯性作用下自由停车。 此功能总是“使能”的。
	改变电动机的转动方向	按此键可以改变电动机的转动方向。电动机的反向用负号“-”表示或用闪烁的小数点表示。缺省值运行时此键是被封锁的，为了使此键的操作有效，应设定 P0700 = 1。
	电动机点动	在变频器无输出的情况下按此键，将使电动机起动，并按预设定的点动频率运行。释放此键时，变频器停车。如果变频器和电动机正在运行，按此键将不起作用。
	功能	此键用于浏览辅助信息。 变频器运行过程中，在显示任何一个参数时按下此键并保持不动 2 秒钟，将显示以下参数值（在变频器运行中，从任何一个参数开始）： 1、直流回路电压（用 d 表示，单位：V） 2、输出电流（A） 3、输出频率（Hz） 4、输出电压（用 U 表示，单位：V）。 5、由 P0005 选定的数值（如果 P0005 选择显示上述参数中的任何一个（3、4 或 5），这里将不再显示）。 连续多次按下此键，将轮流显示以上参数。 在显示任何一个参数（rXXXX 或 PXXXX）时短时间按下此键，将立即跳转到 r0000，如果需要的话，您可以接着修改其它的参数。跳转到 r0000 后，按此键将返回原来的显示点。 在出现故障或报警的情况下，按此键可以将操作面板上显示的故障或报警信息复位
	访问参数	按此键即可访问参数。
	增加数值	按此键即可增加面板上显示的参数数值。
	减少数值	按此键即可减少面板上显示的参数数值。

3) 触摸屏 TP170B 使用

TP170B 和 S7-200 PLC 的连接使用 MPI 电缆或 DP 电缆，一头接 OP 的 IF 1B 接口，另一头可接 S7-200 PLC 的 0 口、1 口或连接在 EM277 上。

①在 Step7-Micro/WIN32 中的通讯设置

首先使用 System Block 对 S7-200 PLC 进行设置。端口 0 中，PLC 站地址选为 2，波特率设为 187.5kbps。

二、编写控制程序

1) 编写 PLC 控制程序

编写梯形图时要注意基本原则和技巧:

①继电器、定时器、计数器等器件的触点（动合和动断）可多次重复使用，次数不受限制。

②梯形图的每一行都是从左边的母线开始，线圈接在最右边，触点不能放在线圈的右边。

③梯形图程序必须符合顺序执行的原则，即从左至右，从上至下地执行。

④编写主程序和子程序时要注意参数的传递，尽量不要使用公共变量。

2) 变频器参数设置

要注意 MM440 变频器的模拟输入端 ADC2 接入反馈信号 0~10V，ADC1 作为给定的 PID 目标值通过 S7-200 的模拟输出输出给定。要注意参数设置的操作步骤。

3) 触摸屏画面的组态

TP170B 触摸屏组态时要注意正确选择 PLC 通信协议，且与 PLC 中系统模块里设置的波特率一致。

三、调试控制程序

控制程序调试时要先根据控制工艺要求编写出调试要求，然后根据调试要求进行一一验证控制系统是否满足要求。先把控制器件单独调试，然后再综合调试。

PLC 调试时，可以通过 PC 机在线监控和 PLC 上的 I/O 状态灯来直接观察。需要时可把定时器的设定值改小，以便节省调试时间。PLC 的模拟输出可直接送给电压表，直接观察输出结果。

变频器调试时，可以采用小电机或无电机调试，但须注意变频器的缺相保护功能。给定目标值和反馈信号可直接由信号源供给，也可以通过电位器模拟给定。

触摸屏的调试必须连接 PLC，触摸屏的电源 24VDC 可直接由 PLC 的信号电源供给。

模块四 系统控制柜安装

一、安装低压电器

1) 安装前的检查

①要全面检查电器是否有损缺，检查电器的铭牌及技术数据，如额定电压、电流、操作频率和通电持续率等，是否符合实际使用要求。

②检查接触器时。可用手分合接触器的活动部分，要求动作灵活、无卡住现象。

③检查继电器时，需检查继电器的可动部分，要求动作灵活可靠。

2) 电器布局安装

①先要按照电路图考虑低压电气元件的布局，以便使得接线最方便，连接线最短。

②刀开关和自动空气开关安装时，其位置一般位于控制柜的上方。

③螺旋式熔断器安装时，要把熔管有指示色片的一端向上。

④接触器安装接线时，应注意勿使螺钉、垫圈，接线头等零件失落，以免落入接触器内部造成卡住或短路现象。

⑤控制继电器安装时，安装螺钉不得松动。热继电器的下方不放置发热的电器。

二、控制柜接线

①整个控制柜接线按从上到下的原则；每个器件的每组触点和线圈都是上方为进线，下方为出线。

②接线时，先接控制电路线，每一控制电路线两端都要套标码管，且要及时写上标号，还要压接线耳；要求接成树枝形，不许接成网状，不许架空连接，也不许飞线，且每接一根线就要整理好，同时用尼龙扎带捆扎好，要接得横平竖直、整齐美观。

③接完控制电路线后再接主电路，主电路线不用套标码管和标号，也不用压接线耳，允许架空连接和飞线，要一目了然、整齐美观。

④严格按电气原理图接线。若需要改变接线点时，须同时在电气原理图上更改并标注清楚。要做到实物接线和电气原理图完全对应。

模块五 系统调试

一、检查线路

①安装好控制柜后，要再检查电器件有无损坏，还要检查接线端有无少接、漏接导线。

②应检查接线正确无误，并尽可能检测电路的功能是否正确。要充分利用万用表的欧姆档的功能，结合原理图的特点检测电路的部分功能。

③要重点保证贵重的电器件的接线正确，特别是 PLC 和变频器须保证连接的是单相电。

二、排除故障

①发现故障，需分析原理图的特点，确定故障所在位置，再利用万用表的欧姆档查找。

三、通电调试

①调试过程中须注意安全。操作开关和按钮时，不得触碰电器裸露可能带电的金属部分。