

保护环境倡导绿色

微机变频恒压给水控制系统方案



沈阳博斯特科技有限公司

SHENYANG BEST TECHNOLOGY CO., LTD

2012-01-01

1 引言

供水系统在人们生活和工业应用当中是必不可少的。随着人们生活水平的提高和现代工业的发展，人们对供水系统的质量和可靠性的要求越来越高。变频恒压供水系统能够很好的满足现代供水系统的要求。

在变频恒压供水系统出现以前，有以下供水方式：

(1) 单台恒定转速泵的供水系统

这种供水方式是水泵从蓄水池中抽水加压直接送往用户，严重影响了城市公用水管管网压力的稳定，水泵整日不停运转。这种系统简单、造价最低，但耗电严重，水压不稳，供水质量极差。

(2) 恒定转速泵加水塔（或高位水箱）的供水系统

这种供水方式是由水泵先向水塔供水，再由水塔向用户供水。水塔注满水后水泵停止工作，水塔水位低于某一高度时水泵启动，水泵处于断续工作状态中。这种方式比前一种省电，供水压力比较稳定，但基建设备投资大，占地面积大，水压不可调，供水质量差。

(3) 恒定转速泵加气压罐的供水系统

这种供水方式是利用封闭的气压罐代替水塔蓄水，通过检测罐内压力来控制水泵的开与停。当罐中压力降到压力下限时，水泵启动；当罐中压力升到压力上限时，水泵停止。这种方式，设备的成本比水塔要

低很多。但是电机起动频繁，易造成电机的损坏，能耗大。

变频恒压供水系统不仅克服了过去供水系统的缺点，而且有其自身的优点。此系统采用了先进的 s7-200plc 和变频器 mm440，s7-200 具有低廉的价格和强大的指令，可以满足多种多样的小规模的控制要求，变频器 mm440 具有很高的运行可靠性、功能的多样性和全面而完善的控制功能。这种供水方式不仅提高了供水系统的稳定性和可靠性，而且实现水泵的无级调速，使供水压力能够跟踪系统所需水压，提高了供水质量。同时变频器对水泵采取软启动，启动时冲击电流很小，启动能耗小。

2 供水系统的基本特性

供水系统的基本特性是水泵在某一转速下扬程 h 与流量 q 之间的关系曲线 $f(q)$ ，前提是供水系统管路中的阀门开度不变。扬程特性所反映的是扬程 h 与用水流量 q 之间的关系。由图 1 的扬程特性表明，流量 q 越大，扬程 h 越小。在阀门开度和水泵转速都不变的情况下，流量 q 的大小主要取决于用户的用水情况。

管阻特性是以水泵的转速不变为前提，阀门在某一开度下，扬程 h 与流量 q 之间的关系 $h=f(q)$ 。管阻特性反映了水泵转动的能量用来克服水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 1 可知，在同一阀门开度下，扬程 h 越大，流量 q 也越大，流量

q 的大小反映了系统的供水能力。

扬程特性曲线和管阻特性曲线的交点，称为供水系统的平衡工作点，如图 1 中 a 点。在这一点，用户的用水流量和供水系统的供水流量达到平衡状态，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。当用水流量和供水流量达到平衡时，扬程 h_a 稳定，供水系统的压力也保持恒定。

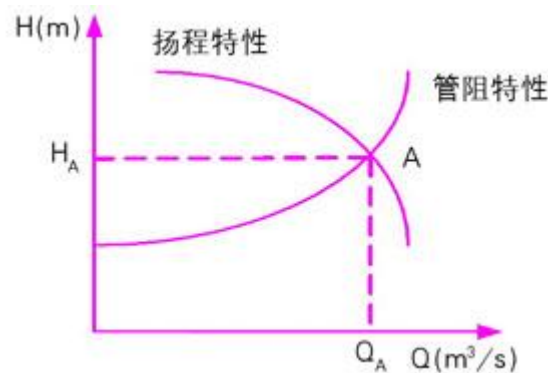


图 1 供水系统的基本特性

3 变频恒压供水系统的构成及工作原理

3.1 系统的构成

变频恒压供水系统采用西门子的 s7-200 plc 作为控制器，变频器 mm 440 是频率调节器，交流接触器和电动机作为执行机构，压力传感器作为控制的反馈元件。s7-200 plc 选用内部控制模块 cpu224，模拟量 2 路输入通用模块、模拟量 2 路输出通用模块和 pi d 模块。cpu224 有 14 路输入/10 路输出，对于小型的控制系统而言够用。pi d 模块

使用方便，在软件中只需要配置 pid 的每个参数。

三相交流电与 mm440 的电源输入口连接，经过变频器变频后的交流电接异步电动机，异步电动机带动水泵转动。s7-200 数字输出口输出控制信号到交流接触器，交流接触器两端连接的是工频或变频的三相交流电，主要起接通或断开三相交流电与异步电动机。s7-200 的模拟输出口输出控制电压信号给 mm440 的模拟电压输入口 $ai\ n1+$ 和 $ai\ n1-$ ，该控制电压主要调节交流电的频率。压力传感器从供水网络中反馈压力信号，压力信号经过滤波放大后输入给 s7-200 的模拟输入口。系统的结构如图 2 所示。

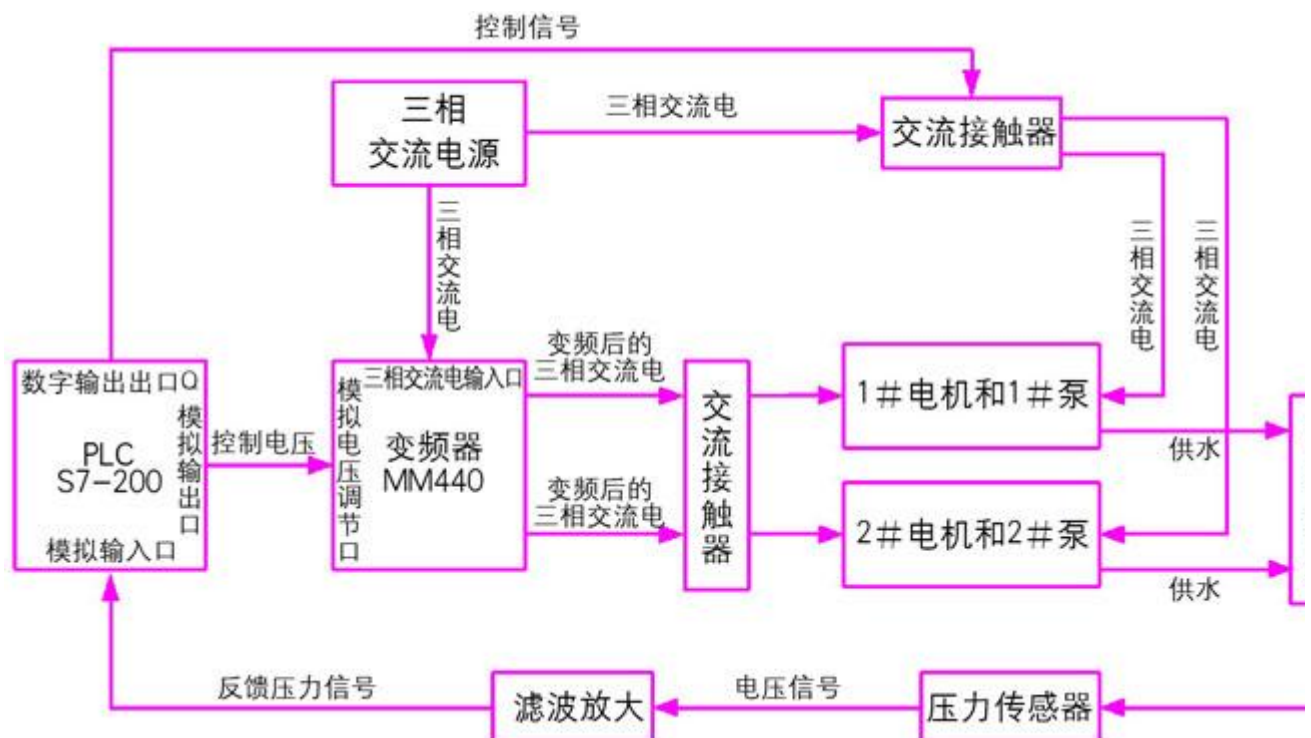


图 2 变频恒压供水系统的总体框图

3.2 系统的工作原理

变频恒压供水系统是由三相异步电动机带动水泵旋转来供水,通过变频器调节输入交流电的频率而调节异步电动机的转速,从而改变水泵的出水流量来调节供水系统的压力。因此,供水系统变频的实质是三相异步电动机的变频调速,通过改变定子供电频率来改变同步转速而实现调速的。

异步电机的转速为:

$$n = \frac{60 f (1 - S)}{p}$$

其中:

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

n_0 为异步电机同步转速;

n 为异步电机转子转速;

f 为异步电机的定子输入交流电的频率;

s 为异步电机的转差率;

p 为异步电机的极对数。

由上式可知,当异步电机的极对数 p 不变时,电机转子转速 n 与定子输入交流电频率 f 成正比。

当系统启动,运行在自动模式时,此时手动模式无效。系统按照给定

的水压进行设定，plc 根据给定的水压自动调节交流电的频率，精确跟踪给定的供水压力。在用水量高峰时期，系统的用水量猛增，扬程降低，供水量不足，供水水压下降，1#电机输入交流电的频率会升高，以提高供水水压。当交流电的频率达到最大频率，供水水压仍然小于设定的水压时，1#电机会自动切换到工频状态下，同时 2#电机启动并工作在变频状态。在夜间，系统的用水量递减，扬程升高，供水量过大，2#电机会退出变频状态，1#电机由工频切换到变频状态，并不断调节交流电频率，系统最终要维持供水的设定压力。当系统运行在手动模式时，自动模式无效。在自动模式出现问题或系统在维护期间时，系统才会采用手动模式。用户根据需要，可以从 plc 的输入开关输入信号，选择 1#电机或 2#电机运行在工频状态。

变频恒压供水系统的功能要求：系统的供水压力能够准确跟踪给定供水压力（稳态误差在 5% 内）；可以自动进行自动模式/手动模式切换。

系统的控制原理框图如图 3 所示。压力传感器从供水管网反馈电压信号，电压信号经过滤波放大后送到 s7-200 的模拟输入口，与给定的供水压力信号比较形成压力偏差信号，经过 plc (s7-200) pid 模块 pi 调节后发出控制电压信号，送到变频器 mm440 的模拟输入调节端口。送到变频器 mm440 的模拟电压信号与连接到变频器 mm440 的三相

交流电的频率一一对应, 调节控制电压信号就可以调节三相交流电的频率。系统是以供水管网的供水压力为控制对象而构成的闭环控制系统, 其设计是按照两个电机就可以完全满足供水要求。



图 3 变频恒压供水系统的控制原理框图

4 硬件电路设计

4.1 主电路

变频恒压供水系统就是利用异步电机拖动水泵的。系统的主电路由电源开关 q、熔断器 fu、交流接触器 km、热继电器 kr 等组成, 采用了一台变频器切换控制两台电机, 1#电机和 2#电机可以在工频和变频状态下进行切换, 交流接触器的通断由 s7-200 的输出口控制。主电路如图 4 所示。

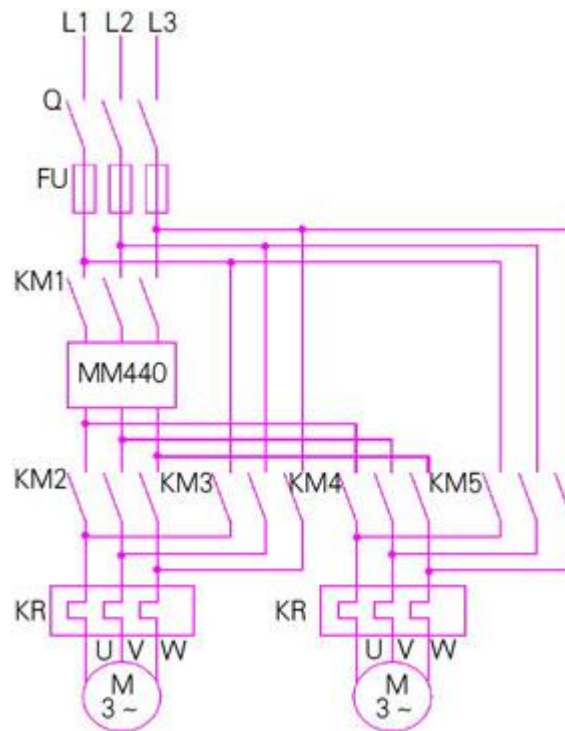


图 4 系统主电路图

4.2 控制电路

控制电路主要由 plc (s7-200)、变频器 mm440 等组成，plc 外围电路接线图如图 5 所示。总电源开关为 q，sb0 为 plc 的程序启动按钮，与 plc 的 i0.0 输入口相连接，当按下 sb0 时，i0.0 为“1”，plc 程序启动。k1 为系统的自动模式开关，当 k1 接通时，i0.1 为“1”，交流接触器 km1 闭合，系统自动运行。当变频器的频率达到上限频率时，i0.5 为“1”，1#泵和电机切换到工频状态下，2#泵和电机变频启动。当变频器的频率达到下限频率时，i0.6 为“1”，2#电机停止运行，1#电机由工频切换到变频状态下。i0.5 和 i0.6 的状态由变频器输入。k2 为系统的手动模式开关，当 k2 接通时，i0.2 为“1”，

交流接触器 km1 断开，系统不能自动运行，用户可以根据需要接通 k3 或 k4 来选取 1#电机或 2#电机工频运行。km1 为控制 1#电机和 2#电机在自动模式下运行的交流接触器，km2 为控制 1#电机在变频下运行的交流接触器，km3 为控制 1#电机在工频下运行的交流接触器，km4 为控制 2#电机在变频下运行的交流接触器，km5 为控制 2#电机在工频下运行的交流接触器。

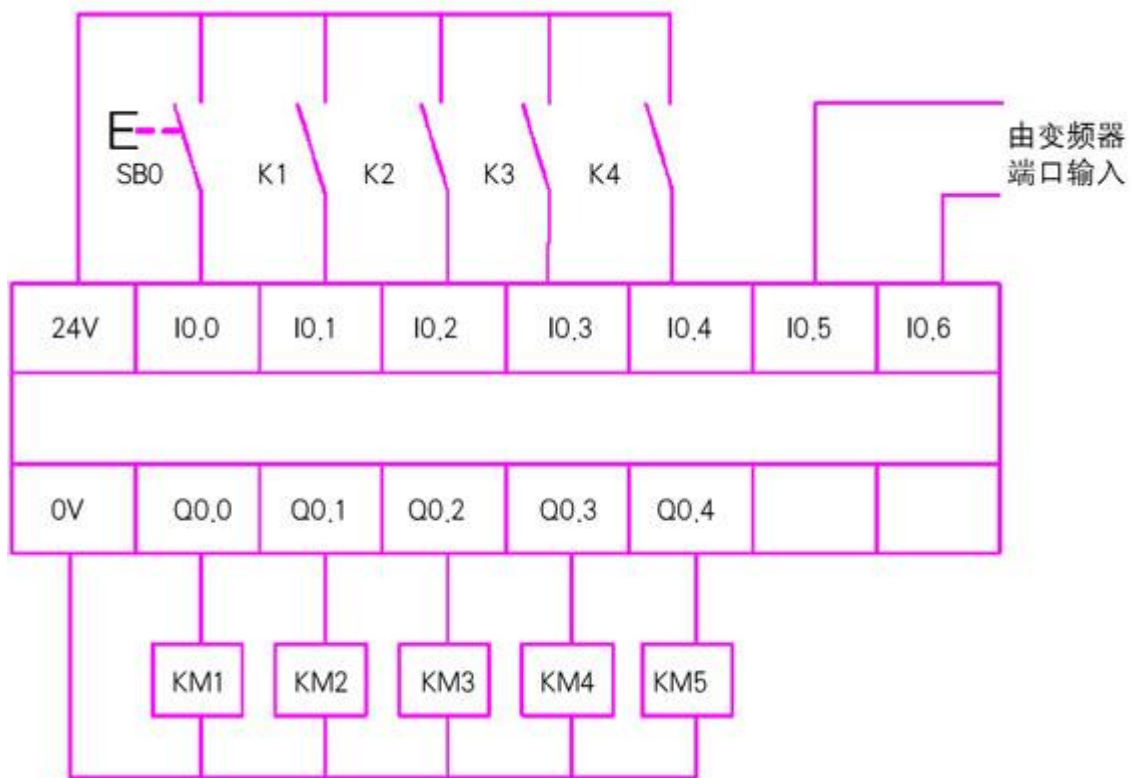


图 5 plc 外围接线图

5 程序设计

5.1 plc 程序设计

plc 程序设计的主要流程如图 6 所示。合上开关 q，按下起动按钮 sb

0, plc 程序复位。当合上开关 k1, i0.1 为“1”，系统在自动模式下运行，交流接触器 km1 接通，系统将根据程序跟踪设定供水压力。

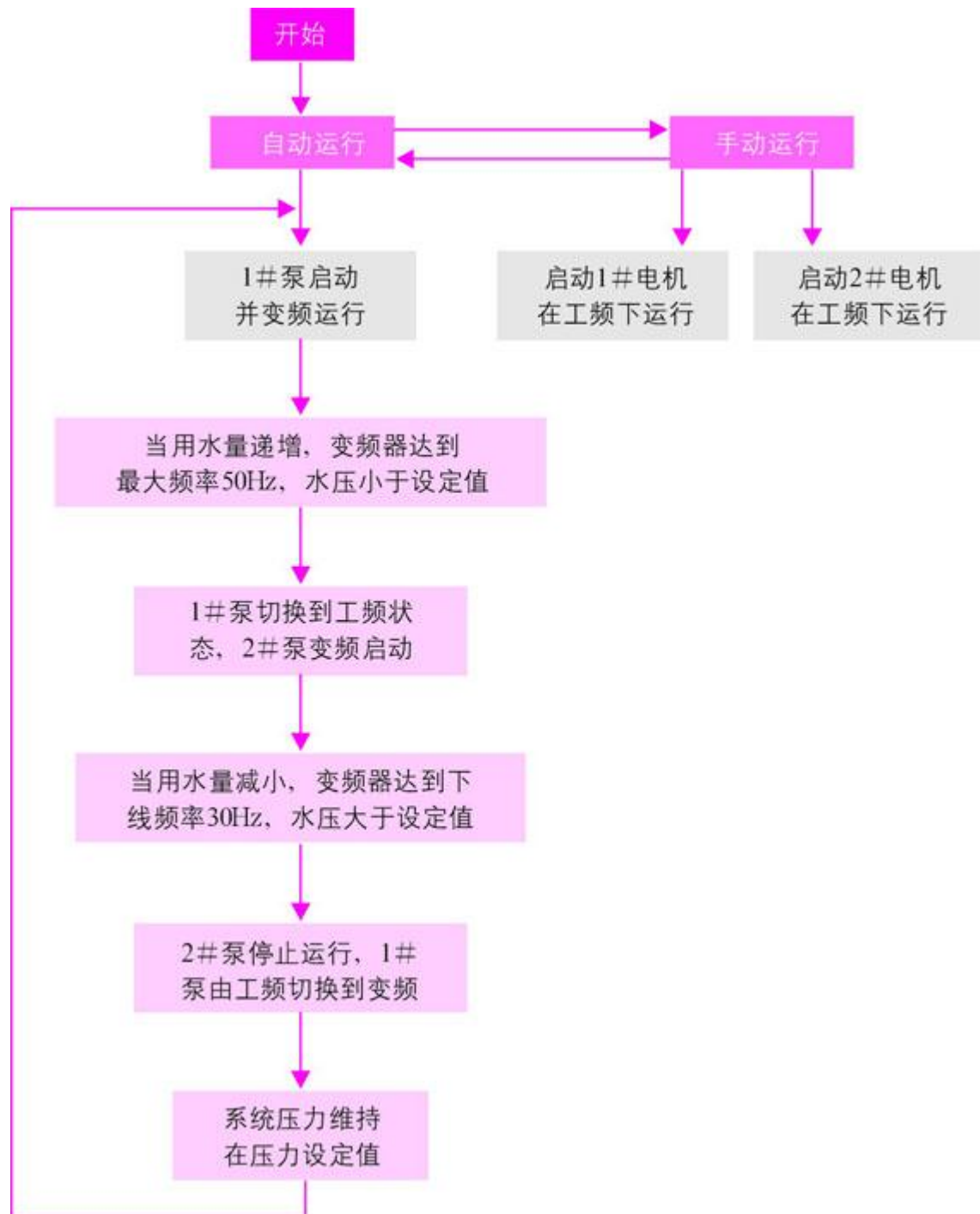


图 6 主程序流程图

当用户用水量递增，变频器达到频率 50hz，供水压力还没有达到设定的供水压力时，mm440 输出高电平到 i0.5。此时，q0.1 为“0”，q0.2 为“1”，交流接触器 km2 断开，km3 接通，1#电机由变频切换到工频。定时器计时 3s，变频器停止，变频器的频率由最高频率 50 hz 逐渐下降，3s 后 q0.3 为“1”，2#电机接到变频器开始变频运行。设置延迟时间主要原因是让变频器的频率下降，软启动静止的 2#电机，减小电机启动电流，避免电机烧毁。

当用户用水量减小，变频器达到下限频率 30hz，供水压力还是高于设定的供水压力时，mm440 输出高电平到 i0.6。此时，q0.4 为“0”，km2 断开，2#电机退出变频并逐渐停止。同时 q0.1 为“1”，q0.2 为“0”，交流接触器 km2 接通，km3 断开，1#电机由工频切换到变频。下限频率设定在 30hz 主要原因：在供水系统中，转速过低时会出现水泵的全扬程小于基本扬程（实际扬程）形成水泵“空转”的现象。在多数情况下，下限频率应定为 30hz~35hz。

当合上开关 k2，系统在手动模式下运行，交流接触器 km1 断开。用户可以根据需要，合上开关 k3，交流接触器 km3 接通，选择 1#电机在工频下运行。合上开关 k4，交流接触器 km5 接通，选择 2#电机在工频下运行。

5.2 变频器 mm440 的参数配置

变频器 mm440 主要使用的是模拟输入口 $ain1+$ 和 $ain1-$ ，模拟电压信号输入后通过 a/d 转换器得到数字信号。由 plc 模拟输出口输出模拟控制电压信号，输入到变频器的模拟口，变频器的频率和控制电压一一对应。系统使用变频器的模拟端口，最高频率应该设置为 50hz，最低频率为 30hz。mm440 的参数配置如附表所示。

附表 mm440 的参数配置

参数号	出厂值	设置值	参数说明
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0004	0	7	命令和数字 I/O
P0700	2	2	命令源选择“由端子排输入”
P1000	2	2	频率设定值选择为“模拟输入”
P1080	0	30	电动机运行的最低频率(Hz)
P1082	50	50	电动机运行的最高频率(Hz)
P1120	10	5	斜坡上升时间(S)
P1121	10	3	斜坡下降时间(S)

6 结束语

应用西门子 plc (s7—200) 内部的 pid 模块和变频器 mm440 的无极调速控制恒压供水系统，高效节能，调速供水效果突出，抗干扰能力强。同时采用变频器对电机实行软起动，减少了设备损耗，延长了水泵、电机设备的使用寿命。以供水水压为控制对象的闭环控制，稳态误差小，动态响应快，运行稳定。实验效果表明，采用 plc (s7—200) 和变频器 mm440 构成的变频恒压供水系统，具有很强的实用性，体现了变频调速恒压供水的技术优势，为供水领域开辟了切实有效的途径。

