

### (2) 调光方式

隧道各区段的调光要求各不相同。

白天, 隧道出入口段、过渡段照明亮度根据洞外亮度分级调整, 可分为四级: 晴天、云天、阴天、重阴。夜间, 出入口段、过渡段加强照明灯具可不必要开启, 仅需开启中间段照明。

中间段照明亮度根据交通量调光: 交通量大时, 中间段照明全部开启, 交通量小时只需间隔开启一半, 节省长期运行电费。

隧道照明的调光方式很多, 当今国外最先进的控制方式是采用 Dynalite 分布式智能照明调光系统控制。该系统包括了光控、就地手动、定时、人工遥控等多种控制方式, 同时引入网络技术, 系统包括 PC 监控机、照明探测仪、调光模块、时钟管理器、编程插口等模块组成, 各模块由一根五类四对屏蔽通讯总线联接成一个控制网络, 数据传送速率可达 9600 波

特。

根据不同照度要求, 该系统软件预先设置各种调光的亮度数据。运行时, PC 监控机根据照明探测仪测得的洞外亮度, 参照预置参数去控制调光模块, 由调光模块控制灯具, 满足隧道照度要求。同时系统还可抑制电网冲击电压和浪涌电压, 延长灯具寿命, 降低运行费用。

PC 监控机安装于中控室, 遥控整个系统, 调光模块设置于现场, 可就地手动控制。

### 2.5 灯具选择

灯具应选择效率高、透雾性好、寿命长、防水防腐的灯具。

中间段照明和应急照明灯可采用电子整流荧光灯, 功率因数大于 0.96, 色温 3300K 左右。接近段、出入口段和过渡段加强照明灯具可采用高压钠灯, 所有灯具防护等级不小于 JP65。

## 恒压供水系统及 S7-200 的应用

中国市政工程西南设计研究院 黄颂民

### 1 概述

随着科学技术的飞速发展, 随着人们节能意识的逐步提高, 恒压供水系统作为自来水厂的重要组成部分, 其效果和作用是不言而喻的。恒压供水系统顾名思义, 就是水厂为城市供水管网供水时, 不论是在城市用水的高峰期还是低谷期, 不论其流量如何变化, 该系统将保证恒定的出水压力或保证区域内的管网的压力, 从而达到节能降耗, 降低城市供水管网的爆管事故, 减轻供水系统和管网的机械磨损, 延长供水系统和管网的使用寿命。与此同时, 也大大提高了水厂的经济效益和社会效益, 从而极大地保证了水厂更经济、合理、高效、科学地运行。

### 2 恒压供水系统介绍

恒压供水系统是以水厂出水压力或城市供水管网的压力为控制参数, 通过调整装置来调整某些送水泵的转速和控制开/停一定数量的恒速水泵, 从而达到控制水厂出水压力的目的。恒压供水系统的控制参数可取自水厂设在主出水管上的压力传感器, 也可取自城市供水管网中或管网末端的多个压力传感器。后者

由于供水管网的特点和与多个压力参数相关的数学模型和控制参数在目前条件下难以确定, 并且相应还需增加较大的投入, 故在目前实际应用中, 通常还是采取前者控制方式, 该方式简单、实用、经济、可靠, 控制调整迅速, 而且今后一旦条件成熟, 本系统在不需增加任何软硬件投入的情况下, 标准的信号控制接口也能方便的接受来自于城市管网的综合压力控制参数。现在一套完整的水厂恒压供水系统, 一般是由变频器 (FC)、软起动器 (SF)、可编程控制器 (PLC) 等构成。图 1 为恒压供水系统图。

在一个水厂的供水系统中通常是由多台送水泵组成, 在多台水泵中, 一般用变频器去调节其中较大容量的一台或两台水泵电机, 以达到最佳和最经济的调节效果, 而其余水泵电机则由相应的软起动器予以控制。在此, 软起动器的应用目的有二, 一是降低和限制电机的起动电流, 减小电机起动对电网的冲击; 二是避免电机和水泵机组的机械冲击; 另外, 可编程控制器在供水系统中承担了相当重要的角色, 在变频柜中内置 PLC, 用以完成多台恒速泵的开/停和多台恒速泵的定时循环切换。由于水厂出水管和相关工艺阀门尺寸均较大, 且流量、压力也较大, 为有效防止

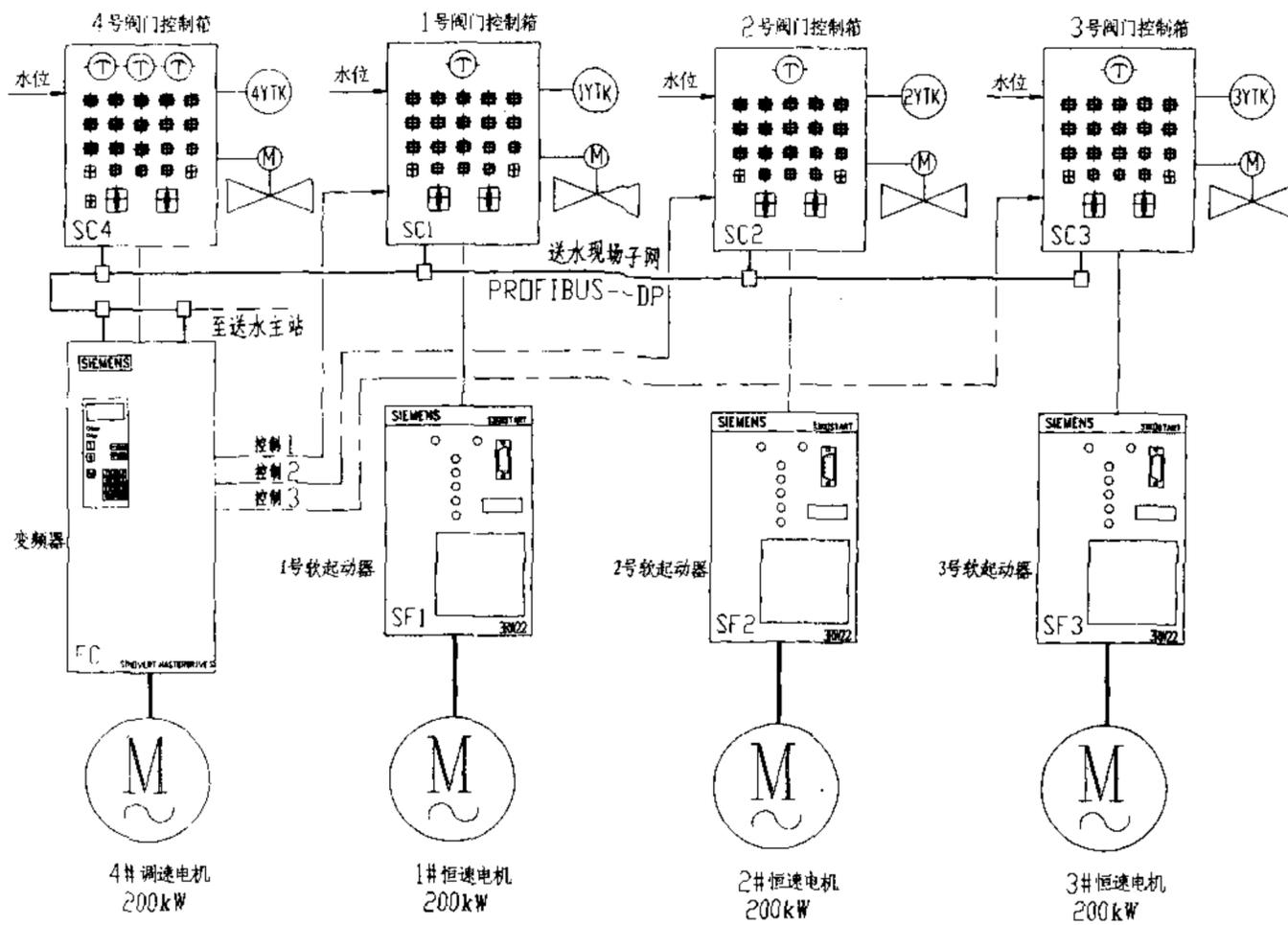


图1 恒压供水系统图

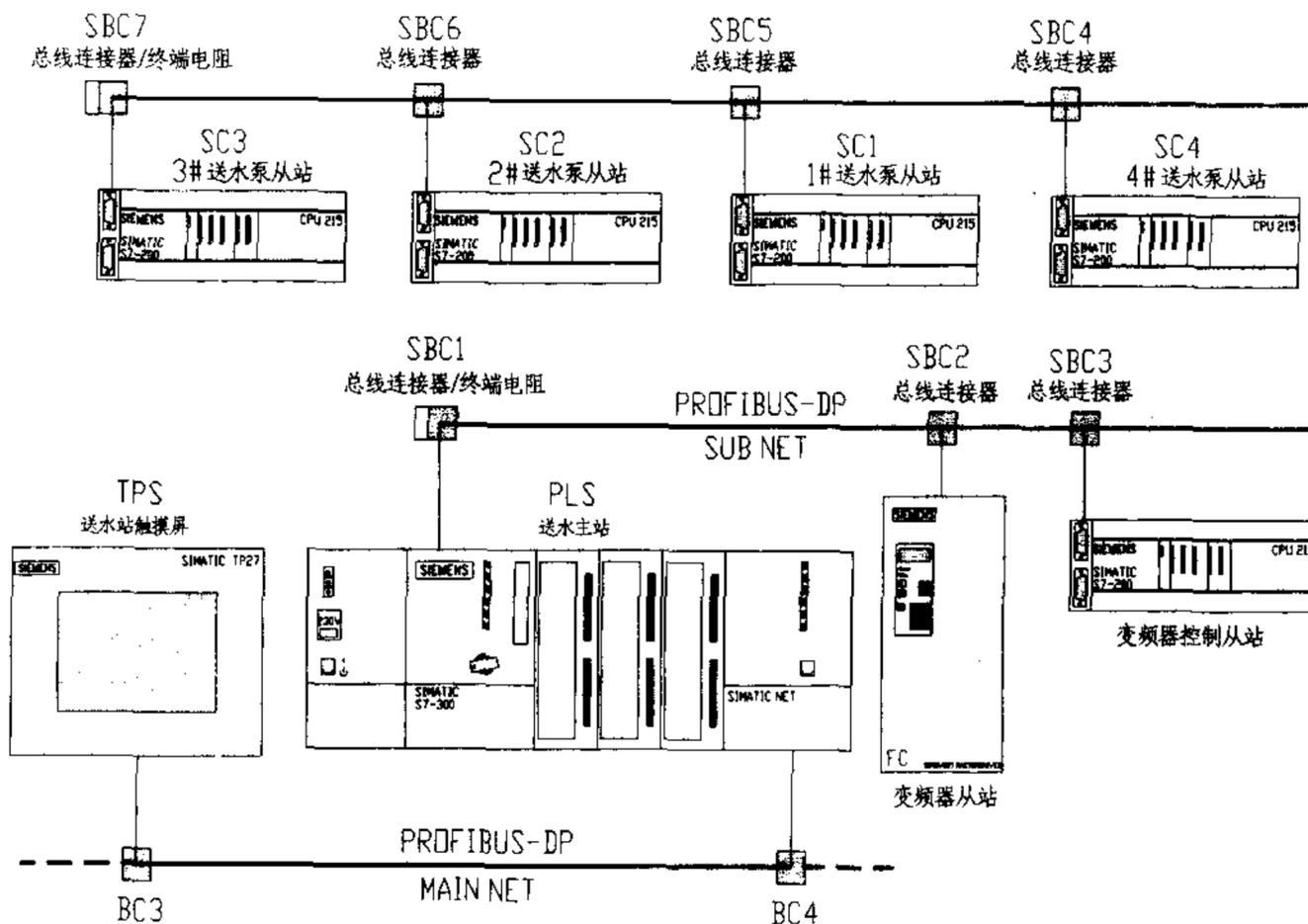


图2 恒压供水系统网络图

“水锤”等影响，安全生产，延长设备寿命，PLC 还将分别置于每个水泵对应的阀门就地控制箱中，对所控阀门和水泵进行智能一步化控制。

### 3 恒压供水系统构成

现就一恒压供水系统实例作一说明，本恒压供水系统共有 4 台 200kW 水泵电机，其中 1 台用变频器驱动，其余 3 台水泵电机则由软起动器予以驱动；系统中 PLC 共使用了 5 台，其中 1 台内置于变频柜中，另 4 台用在对应的阀门就地控制箱中。

在本系统设计中，充分考虑到系统的安全性、经济适用性和扩展性，采用了以开放式现场总线网络为主体构架的控制系统。设备选型历经多方比较，系统中的变频器、软起动器、PLC 均采用 Siemens 公司的产品，其中变频器为 6SE70 系列，软起动器为 3RW22 系列，PLC 则采用 S7-200 系列高性能价格比的小型可编程控制器。网络通讯采用 PROFIBUS-DP，变频器利用可选的 PROFIBUS-DP 通讯模块与网络进行连接，而内置于变频柜的控制 PLC 和 4 台阀门控制 PLC 则选用集成有 PROFIBUS-DP 接口的 CPU215。图 2 为恒压供水系统网络图。

在送水区域控制系统网络中，变频器、阀门控制 PLC 和变频器控制 PLC 均为现场控制从站，上级送水主站则选用 S7-300 系列中的 CPU315-2DP，触摸屏采用 TP27-10，S7-300 内置的 PROFIBUS-DP 接口用以连接恒压供水系统现场子网，而另选用 S7-300 专用的 PROFIBUS-DP 通讯模块将送水主站与水厂现场主网连接。为进一步提高系统的安全性、可靠性、适用性，系统其中的几个重要控制信号除在网络上传输外，同时也采用了常规的信号 I/O 直接连接方式，用以防止若网络出现故障时，不至于影响恒压供水系统的正常运行。这些重要信号包括变频柜内置 PLC 输出的三个恒速泵的“开/停”控制信号，以及阀门就地控制箱输出的三个恒速泵的“联动/正常”信号。而控制系统其它更多的参数则通过功能强大的现场网络予以传输。在网络控制方式中，系统的控制信号是由送水主站 PLC 予以协调控制。

### 4 S7-200 的应用

恒压供水系统中需 PLC 参与控制有两个方面：一是 PLC 内置于变频柜中，完成系统中恒速泵的开/停和循环切换控制；二是内置于阀门就地控制箱中完成水泵、阀门的一步化操作。在此，笔者仅以前者为例作一说明，而后者，则可参见其它相关文章。

#### 4.1 系统主要控制要求

变频柜内置 PLC 控制系统是利用变频器，可编

程接口输出的频率上限、频率下限、变频器运行、变频器故障等四个信号，经控制程序的处理输出三台恒速泵的开/停控制信号。出水管的压力传感器输出的压力信号直接进入变频器的模拟量输入接口，在变频器的 PID 运算调节下，调速泵的电机不断被调整转速，当变频器达到满速（50Hz）时，经延时若出水压力仍未达到设定值，变频器频率上限信号仍为有效，PLC 则再输出一台恒速泵运行命令，反之，若变频器频率下限有效，而系统中又有恒速泵运行，则 PLC 输出一台运行中的恒速泵的停止信号。恒压供水系统中作为恒速泵的控制有两种方式可供选择：固定方式和循环方式。为防止某些水泵阀门机组长期处于备用不运行状态而出现水泵锈蚀和电机受潮等诸多方面的弊端，恒速泵通常应采用循环工作方式。且循环控制的切换时间周期和开/停泵阀机组的配合时间可人为任意设定。此外当变频器故障时，PLC 将禁止所输出恒速泵的运行信号。

#### 4.2 系统硬件配置

S7-200PLC 是西门子公司生产的紧凑型 PLC 系列，它具有性价比高，硬件配置齐全，通讯功能强大，安装便利，容易维修等特点。在其实际应用中能方便配置各类扩展模块，从而具有良好的经济性和适用性。本系统内置于变频柜的 PLC 选型为 CPU215，该 PLC 配置有 14 个开关量输入/10 个开关量输出，并且内部集成了 PROFIBUS-DP 和 PPI 两个通讯接口。作为由 4 台水泵构成的恒压供水系统而言，其输入、输出点数均无需扩展即能完全满足系统的控制要求，见图 3。

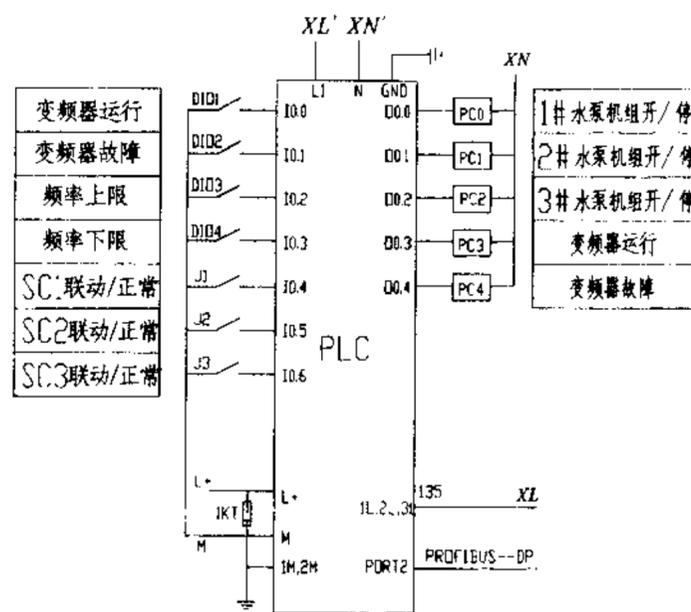


图 3 变频柜内置 PLC 控制原理图

系统开关量输入：频率上限；频率下限；变频器运行；变频器故障  
1 号机组联动/正常；2 号机组

联动/正常; 3 号机组联动/正常

系统开关量输出: 1 号机组开/停; 2 号机组开/停; 3 号机组开/停

系统运行; 系统故障

由于变频器的频率上限、频率下限、变频器运行、变频器故障信号为 24V (DC), 故可直接与 PLC 的输入相连, 而系统中其它的输入信号和输出信号均要由中间继电器隔离后再输入或输出。

#### 4.3 控制程序说明

本系统控制程序分别由初始化程序、逻辑控制程序、循环输出程序三大部分组成。初始化程序主要是为整个程序的运行提供一个正确的初始化环境, 而作为循环输出程序, 则完成对循环切换周期的计时和判断, 识别“正常待命”机组和“手动/故障”机组, 能自动跳过“手动/故障”机组, 并将逻辑控制程序输出的恒速泵机组开/停中间标志最终输出至 PLC 的输出口上, 完成真正意义上的循环切换控制, 该子程序介绍可参见相关资料。逻辑控制程序主要是通过变频器的频率上限、频率下限、自动判断识别, 控制 1 号~3 号恒速泵机组的开/停中间标志的有效/无效。

变频器内置 PLC 利用“变频器运行”信号启动后续的逻辑控制程序和循环输出程序, “变频器故障”信号则是 PLC 程序运行的终止信号和恒速泵控制输出的禁止信号。

系统控制步骤大致描述如下:

首先将变频器对应的 4 号阀门就地控制箱 SC4 的手动/自动转换开关置于“自动”, 在此若需手动启动整个恒压供水系统的运行, 则还需将 SC4 上的远程/就地转换开关置于“就地”, 否则恒压供水系统的启动和停止将由现场总线网络来控制。当 SC4 接收到系统启动命令后, 即刻向变频器发出运行的命令信号, 此时变频器在预定的时间内完成调速水泵的软启动过程, 并且 4 号阀门完成一步化操作, 之后变频器进入正常的调速运行状态。在运行过程中, 若变频器的频率上限有效, 则表明目前出水管的出水压力未能达到设定值, 变频柜内置 PLC 对这一信号进行确认后, 通过逻辑控制和循环输出, 最终 PLC 输出一恒速泵的运行控制信号至 SC1~SC3 其中之一, 在某个恒速泵阀门就地控制箱接收到该运行命令后, 则立即进行对应的恒速泵和阀门的一步化操作, 启动恒速泵, 开启阀门。通常 SC1~SC3 的两个转换开关在此时应分别置于“自动”和“联动”的位置, 倘若某个泵阀机组的设备和阀门就地控制箱需检修和调试(转换开关应置于“手动”),

若某个阀门就地控制箱出现“故障”, 变频柜内置 PLC 均可及时检测到这一信息, 自动跳过“手动/故障”机组, 并控制运行下位“正常待命(联动/正常)”的机组。若在系统运行中, 变频器的频率下限有效, 则表明此时出水管的出水压力超过了设定值, PLC 同样对这一信号确认后, 通过逻辑控制和循环输出, 最终输出停止一台运行中的恒速泵机组的命令。在机组循环切换时, PLC 能有效合理的控制被切换的两相关机组之间动作的协调配合, 恰到好处的减小管网压力因机组切换而导致的压力波动。在循环切换中, 真正意义上的机组开/停应以机组中的阀门的开启和关闭为标志, 而不是以水泵的运行和停止为标志, 通常出水阀门的开启和关闭均需一定的运行过程, 在机组循环切换时, 变频柜内置 PLC 首先输出备用机组的运行信号, 经一段延时, 当出水阀门完成开启过程时, 变频柜内置 PLC 再停止输出被切换机组的运行信号, 从而完成机组的循环切换。变频柜内置 PLC 在进行循环切换时, 为避免供水系统振荡, 在系统完成循环切换过程而进入正常调节状态之前, 应对变频器的上限、下限信号进行一定时限的屏蔽。

在恒压供水系统控制中, 还应重视对清水池液位的随时监测, 当清水池液位处于低限时, 为充分保证系统设备的安全和供水管网压力不产生突变和“喘振”, 恒压供水系统中各机泵不应立即全部停机, 而是按一定的规律和顺序停止恒速泵的运行。在系统所有恒速泵陆续全部停止运行后, 并经一定时间的延时, 若清水池液位仍处低限, 则最终停止调速泵的运行, 整个恒压供水系统进入一定时限的“睡眠”状态, 封锁任何方式的“开机”命令, 系统经过一定时间的“睡眠”后, 恒压供水系统将解除封锁, 进入正常待机状态。所以在清水池液位仪表的低限参数设置时, 应充分考虑清水池液位达到低限时恒压供水系统的工作延时, 以保证液位低限有足够的富余量。

## 5 结束语

恒压供水系统在水厂中是一个极其重要的部分, 本文所介绍的系统有极强的适应性, 若因某些原因水厂只能上恒压供水系统而取消现场总线网络, 也是可行的, 其系统的控制效果和主要功能将不受影响。当然网络化的开放式现场控制总线是今后自动控制系统的发展方向, 再加之目前小型 PLC 所具有的强大的现场网络通信功能, 使水厂的自动控制系统既经济又可靠, 从而构成真正意义上的完善的“集中管理, 分散控制”系统。