

基于 S7-300PLC 在纳滤净水自动控制系统中的应用

耿春华

阳泉市平定供水管理局 山西阳泉 045200

摘要: 针对站内净水处理工艺步骤复杂, 设备众多, 过程匹配度要求高, 人员操作效率低且存在严重滞后等特点。本站采用 SIMATIC s7-300PLC, 变频器, 各现场仪表, 现场执行机构和上位机组成本站净水处理自动控制系统。通过 PLC 强大的数据采集、逻辑运算、通讯功能配合上位机组态软件、图形化监控功能, 实现净水处理过程“分散控制与集中管理”, 增加水处理系统的稳定性, 并且加快启动速度, 降低操作成本。

关键词: 西门子 s7-300PLC; 自动控制系统; 纳滤净水处理

纳滤技术是一种新型的压力驱动膜过程。本站采用纳滤膜将娘子关五级六站提回来的地下水进行净化处理, 主要降低原水中硫酸盐和硬度指标, 使其达到《国家生活饮用水水质标准》总硬度不高于 450mg/L, 硫酸盐不高于 250 mg/L, 极大地提高居民生活饮用水安全性。

1. 净水生产工艺

本站设计处理规模处理产水 1 万吨 / 天, 按 1:3 比例与原水混合, 达到 4 万吨 / 天合格产水。水处理工艺为: 原水

经预处理系统多介质过滤器, 将沉淀物截留, 防止水中颗粒进入后续设备, 保证纳滤进水水质; 经预处理的原水进入纳滤系统去除硬度和硫酸盐后, 进入清水池; 为提高整个工艺的回收率, 在纳滤系统浓水后设置浓水回收的纳滤系统。同样, 浓水回收的纳滤产水进入清水池与纳滤产水会合, 通过重力回流至西干渠与原水进行混合。勾兑后的合格产水经过泵站之后输送到平定自来水厂, 通过氯消毒, 再经配水系统供给各用水点。



图 1 净水生产工艺流程

2. 净水处理自动控制系统结构

充分考虑本站运行管理的需要, 自控系统分三层结构: 信息层, 控制层, 设备层。

信息层: 由监控中心的操作员站、工程师站、以太网交换机等监控操作设备及局域网组成。

控制层: 由 PLC 主站、子站及监控系统等组成。

设备层: 由现场运行设备、检测仪表、高低压电气柜上智能单元及现场总线网络等组成。

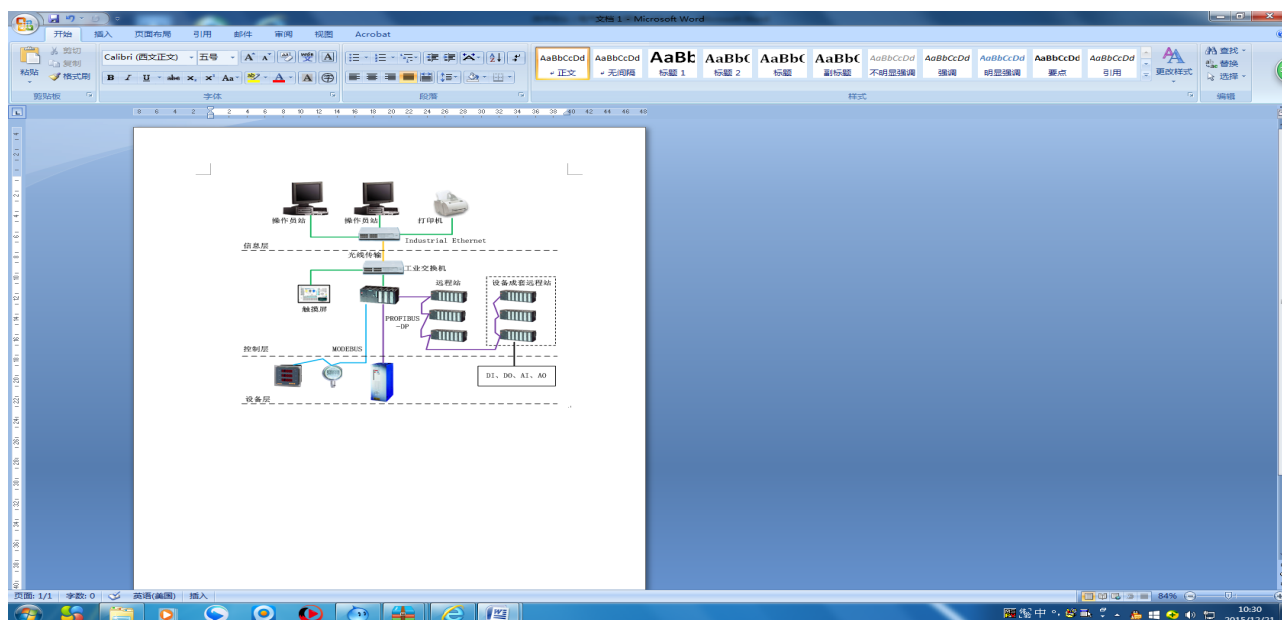


图 2 净水处理自动控制系统结构

3. 净水处理自动控制系统

可编程控制器是工业自动化的基础平台，它用微处理器为其控制的核心部件，是一种数学运算操作的电子系统，它采用了可编程的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令，并通过数字式、模拟式输入和输出，控制各种类型的机械和生产过程。在净水处理自动控制系统中，共有输入输出信号约 600 点，其中硬线连接信号约 500 点，通讯信号约 100 点，属于中小型控制系统。它采用德国西门子公司 SIMATIC S7 — 300PLC 主站、ET 200M 从站及设备成套远程的 I/O 站组成的集散控制系统。

3.1 S7-300PLC 组成

采用西门子 CPU315-2PN/DP 为主控制器，通讯 DP 连接 4 个 ET200M 的分站，由各个分站扩展 SM321，SM322，SM331，SM332 等信号模块实现信号的采集及输出处理。本站所用到的模块类型有：

电源模块 PS307 5A 6ES7307-1EA01-0AA0

为 CPU 提供稳定电源，保证其正常工作。

CPU 模块 CPU315-2PN/DP 6ES7 315-2EH14-0AB0

是 PLC 核心部件，负责执行程序、处理数据和控制其他部件工作。

通讯模块 CP341 6ES7 341-1CH02-0AE0

用于实现 PLC 与其他设备或上位机的通信，常见的通

信接口有以太网、串口、现场总线等。

接口模块 IM153-1 6ES7 153-1AA03-0XB0

用来连接 CPU 与扩展单元的接口。

数字量输入模块 SM321 6ES7 321-1BL00-4AA2

用于采集数字量的输入信号。例如：按钮的输入、运行的反馈等。

数字量输出模块 SM322 6ES7 322-1BL00-4AA2

用于输出数字量信号。例如继电器的控制、指示灯的点亮等。

模拟量输入模块 SM331 6ES7 331-7KF02-4AB2

用于采集模拟量输入信号。例如：流量、压力、液位、温度、PH 等。

模拟量输出模块 SM332 6ES7 332-5HF00-4AB2

用于输出模拟量信号。例如：执行器的控制、速度的调整等。其中主纳滤设备启动后产水流量与高压泵变频连锁，实现恒流供水，由 SM332 模块控制变频器实现。

3.2 软件组成及功能

本站采用 SIMATIC 可编程逻辑控制器进行组态和编程的标准软件包 STEP7。STEP7 标准组件由 SIMATIC 管理器、符号编辑器、硬件诊断、硬件组态、网络组态、多语言的用户程序编辑六部分功能组件组成。SIMATIC Manager 集中管理水处理自动控制项目的所有数据，其他的工具都可以在 SIMATIC 管理器中根据需要而启动。通过符号编辑器，管

理所有的共享符号；通过硬件诊断功能向用户提供可编程控制器的状态情况如每个模块板是否有故障等；通过硬件组态工具将硬件组态和参数设置等；通过 Netpro 进行组态通讯网络的连接，包括网络连接的参数设置和网络各个通信设备的参数设置等；S7-300 编程软件，默认集成梯形逻辑图 LAD、语句表 STL、功能块 FBD 编程方式。

3.3 HMI 人机界面

人机界面是系统和用户之间进行交互和信息交换的媒介，它实现信息的内部形式与人类可以接受形式之间的转换。本站 HMI 系统采用 MCGS 组态王开发。组态王是组态监控软件，与 S7 - 300PLC 组成控制监控系统。

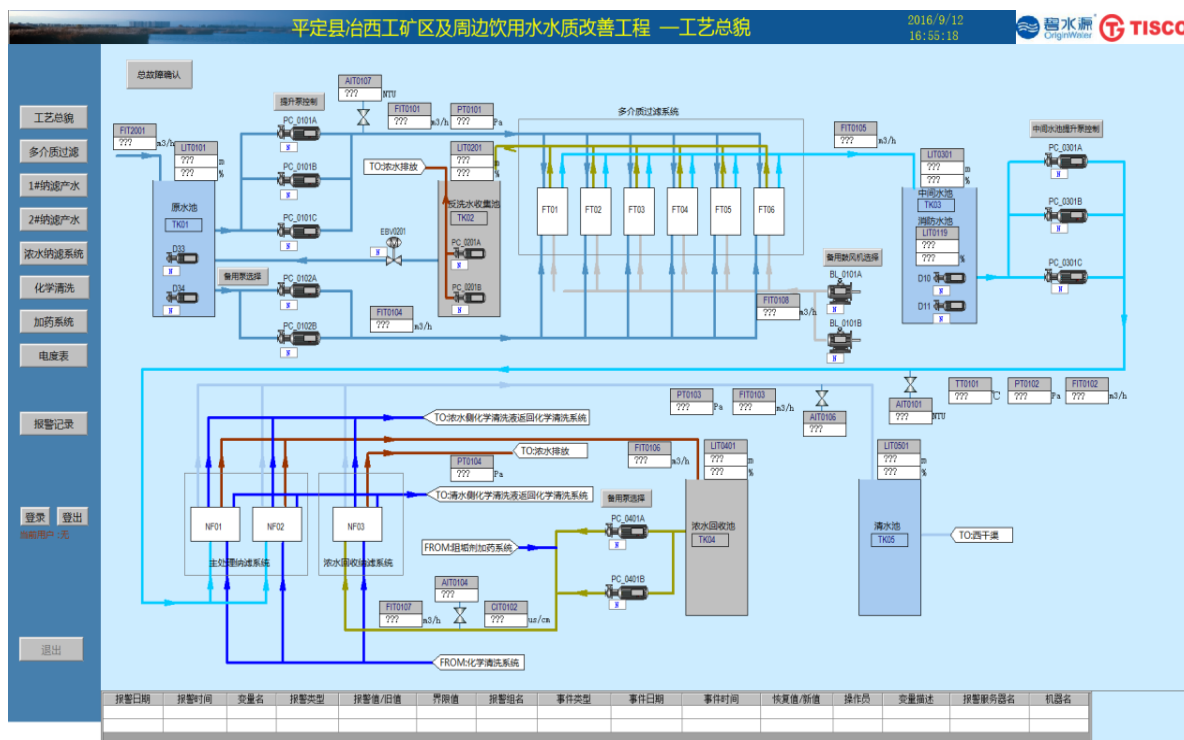


图 3 自动控制系统

为了方便生产监控，本站自动控制系统 HMI 分为两部分：触摸屏 HMI 和工控机 HMI。触摸屏连接 PLC 并在 PLC 柜柜门上安装；工控机放置在中央控制室。MCGS 主控软件由五大组成部分：主控窗口、设备窗口、用户窗口、实时数据库、运行策略组成。

在两套系统中,将现场过程设备的操作模式划分为3类:手动、自动、就地。“就地”优先级最高。

手动：当远程 / 就地选择开关选择远程时，通过监控画面上的设备操作面板可以选择设备的手动 / 自动，在手动模式下，可以通过操作面板上的启动、停止按钮对设备进行操作。

自动：当远程 / 就地选择开关选择远程时，通过监控画面上的设备操作面板可以选择设备的手动 / 自动，在自动模式下，设备根据工艺要求与预定的程序条件，自动完成对受

控设备的开、停或调速控制，无需人工干预，实现系统“一键启动”、“一键停止”。并且，当自动控制程序运行时可以将设备模式切换为手动。

就地：当远程 / 就地选择开关选择就地时为就地操作模式，在就地模式下，可以通过就地操作箱上的启动、停止按钮对设备进行操作。

3.4 通讯

本系统通讯接口设计有工业以太网、PROFIBUS-DP 以及 MODBUS，这三种接口作为系统通过网络传输信号的主要方式。

CPU315-2PN/DP 带有 PROFIBUS DP 主从接口, S7-300PLC 主站和 ET200M 从站通过 PROFIBUS 进行通讯, 建立高速、易用的分布式自动化系统。PN(profinet) 基于标准以太网和 TCP/IP 协议, S7-300PLC 通过工业以太网将站

内的生产情况传送至中央监控站的计算机系统。由于 S7-300PLC 自带的 MPI 口不支持 MODBUS 协议, 故通过添加 CP341 串行通讯模块, 采用 MODBUS RTU 通讯协议, 将控制系统和低压电度表的进行通讯。当协议有问题时, 数据底色会变为黑色。

4. S7 — 300PLC 在净水生产中功能应用

4.1 纳滤系统流量自动控制功能

流量自动控制, 当纳滤系统自动运行时, 流量控制程序自动投入运行, 此时程序根据设定产水流量 $180.0\text{m}^3/\text{h}$, 自动调节高压泵的运行频率, 达到恒流供水。

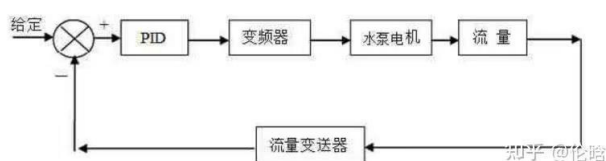


图4 自动控制图

纳滤流量自动控制组成:

执行机构: 高压泵, 它用于将中间水池过来的水压入纳滤膜, 通过变频器改变电机转速, 以达到控制产水流量的目的。

信号检测机构: 现场流量变送器作为主要反馈信号, 此信号是模拟信号, 读入 PLC 时, 需要模拟量输入模块进行 A/D 转换。

控制机构: 包括 S7-300PLC 控制器和 Schneider Altivar 61 变频器两个部分。控制器是整个流量控制系统的核心, 直接对系统中的产水流量信号进行采集, 对来自人机接口和通讯接口的数据进行分析, 实行 PID 控制算法, 得出对执行机构的控制方案, 通过变频调速器和接触器对水泵电机进行控制。变频器是对水泵电机进行转速控制的单元, 其跟踪控制器送来的控制信号改变电机转速控制。

纳滤流量自动控制过程: 流量控制系统以纳滤产水流量为控制目标, 在控制上产水管道的实际流量跟随设定产水流量 $180.0\text{m}^3/\text{h}$ 。它通过安装在产水管道路上的流量变送器实时实地测量参考点的水流量, 并将其转换为 $4 - 20\text{mA}$ 的标准电信号, 此检测信号是实现产水流量恒定的关键参数。由于电信号是模拟量。必须通过 PLC 的模拟量输入模块进行 A/D 转换才能读入并与设定值 $180.0\text{m}^3/\text{h}$ 进行比较, 将比较后的偏差值进行 PID 运算, 再将运算后的数字信号通过模拟量输出模块进行 D/A 转换, 转换成模拟信号作为变频器

的输入信号, 控制变频器的输出频率, 从而控制高压水泵电机的转速, 进而控制系统中产水流量, 实现产水流量恒定, 使系统持续运行。

纳滤流量控制系统闭环控制:

当产水流量不足时, 实时流量 $x_f < x_t$ 给定流量, 则 $(x_f - x_t) > 0$, 则变频器输出频率增大, 电动机转速增加, 直至与目标值相同为止。

当产水流量过大时, 实时流量 $x_f > x_t$ 给定流量, 则 $(x_f - x_t) < 0$, 则变频器输出频率减小, 电动机转速降低, 直至与目标值相同为止。

4.2 PLC 在线监视功能

将 PLC 自动控制系统应用于净水生产处理中, 利用其数据采集功能可以在系统总工艺流程图上实时监控净水生产情况。就是在工控软件支持下中控室的计算机屏幕上可以动态显示工艺流程变化, 并提供图像支持。工作人员实时在线了解净水现场设备运行状态, 仪器、仪表检测数据等重要参数, 然后根据屏幕上显示异常情况做出应对调整。如设备运行、停止、故障等状态; 仪表数据如液位、管道压力、流量、分析仪表数据等。当水泵、加热器、鼓风机运行时, 对应设备上小方框显示为绿色; 当设备停止时, 设备显示为灰色; 当设备有故障时, 设备下方以红色“故障”字样显示; 字母 F\N\L\A\M\A 分别代表设备处于: 接线故障\锁定\就地\手动\自动模式。点击“原水池”、“中间水池”、“反洗水回收池”、“浓水回收池”, 进入相应二级界面, 对设备进行, 或查看设备组进行操作。

还可以通过窗口切换, 查看多介质过滤系统、1# 主纳滤系统、2# 主纳滤系统、3# 浓水纳滤系统、化学清洗系统、加药系统的实时运行状态及仪表数据, 可以点击每个设备, 弹出设备操作窗口, 可以分别对泵和阀进行操作。在每一个部分中, 分别有单个设备操作和设备组状态显示 (包括化学清洗状态及参数显示)。

4.3 PLC 故障报警功能

如果设备出现故障, 系统会按照事先制定的预案启动故障报警功能并对故障进行初次处理, 主要显示声音、画面方式提示工作人员对故障进行处理。系统中报警窗口的设计分为当前报警和历史报警两个。

4.4 实时管理功能

对工艺资料及处理的数据等进行分析、归类, 并存储

在数据库方便管理使用数据。生产线状态参数显示、操作过程实时记录, 操作分级安全管理等

4.5 PLC 趋势分析功能

它主要以曲线方式显示, 分为历史曲线和实时曲线。历史均势记录是指设备、仪器、仪表过去运行状态, 可以查看过去某一时刻的设备、仪器仪表的具体趋势。实时趋势记录当时生产过程中各设备仪表 仪器的工作状态变化, 可以依据实时均势对设备进行调度管理

4.6 PLC 连锁保护与报表生成功能

主要是为了防止一个设备出现问题而造成其它设备损坏的事故出现, 为提高设备保护能力而设计。

报表自动生成是系统一项基本功能, 主要配合重要操作数据、故障处理等的打印查看、备案及供工作人员参考。

利用 PLC 技术实现对水泵电机的启动停止运行, 同时把水泵电机控制纳入自动控制系统, 压力传感器将电信号传

送组控制模块根据压力大小控制高压泵启停, 保证高压泵安全运行。利用电导率表、PH 表实时监控产水质量, 该系统不仅有效保护水处理系统产水质量, 而且具有工作可靠, 节能显著、全自动化控制等优点。

基于 S7-300PLC 在纳滤净水自动控制系统中的应用, 实现了生产过程全自动化, 中控室“一键启动”, 净水处理过程实时、自动、全过程监控, 达到了“现场无人值守, 控制站少人值班”的目的, 增加了净水站经济效益。

参考文献:

- [1]《西门子 S7-300PLC 编程入门及工程实践》刘忠超 盖晓华主编 北京 化学工业出版社 2024.12
- [2]《可编程控制器原理与程序设计》刘志红 电子工业出版社 2002.8
- [3]《自动控制原理》胡寿松 北京科技出版社 2015