

西门子S7-300系列可编程控制器在污水处理厂的应用

宋志芳

(奇瑞汽车 芜湖)

摘要：本文介绍的是用PLC控制的污水处理厂的电气控制系统的一种方式。采用Siemens公司的S7-300系列PLC和WinCC监控软件构建的控制系统，可以很容易对污水处理厂复杂的控制系统实现管理和监控。

关键词：自控仪表 PLC 人机界面 WinCC

Abstract

This paper introduces that a few method of PLC to control the Waste Water Treatment Plant electric system of the automobile. It is easy to manage and control the complex control system of the Waste Water Treatment Plant when using the S7-300 series PLC and the WinCC of Siemens.

Key Words: Automation Control Instrument PLC HMI WinCC

一、项目简介

在经济发展的同时，不能牺牲环境。靠牺牲环境去取得的短期收益不但无法获得经济长期的可持续的发展，并且最终为目前的短视行为付出沉重的代价。随着经济的发展，政府加大对环保的重视力度，以及人们的环保意识在逐渐加强，环保逐渐成为我们生活中重要的一部分。

作为一个新兴的汽车公司，我们公司从成立起就非常重视环保，分别在发动机厂和油漆车间建立了排放为国家二级标准的污水处理站，使这些车间的排放水直接达到国家规定的标准，并计划在2006年通过ISO14001环境认证。

污水处理厂作为公司二期工程的一项重要的配套设施，同时也是公司环保的一项重要工程，负责处理公司主要的工业污水和所有的生活污水。废水经处理后，达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）的一类标准和二类一级排放标准要求。

二、工艺介绍

本污水处理厂主要处理涂装车间的生产污水以及别的车间的生产污水和公司的生活污水。涂装车间排出的生产污水主要是脱脂、电泳、喷漆废水等。其他车间排出的生产污水主要是清洗废水。上述生产污水和公司的生活污水经污水处理站调节池、加药反应、沉淀、水解酸化、接触氧化、沉淀处理后，出水水质达到 GB8978-1996《污水综合排放标准》中一级排放标准，然后排入城市污水管网；磷化等废水进入调节池后经加药还原反应、沉淀处理后排放。

经治理后污水可达到 GB8978-1996《污水综合排放标准》中的一级标准，即：PH：6~9；SS：70mg/L；BOD5：20mg/L，COD：100mg/L，石油类：5mg/L，总锌：2.0mg/L，总镍：1.0mg/L。

具体的污水处理过程如下：

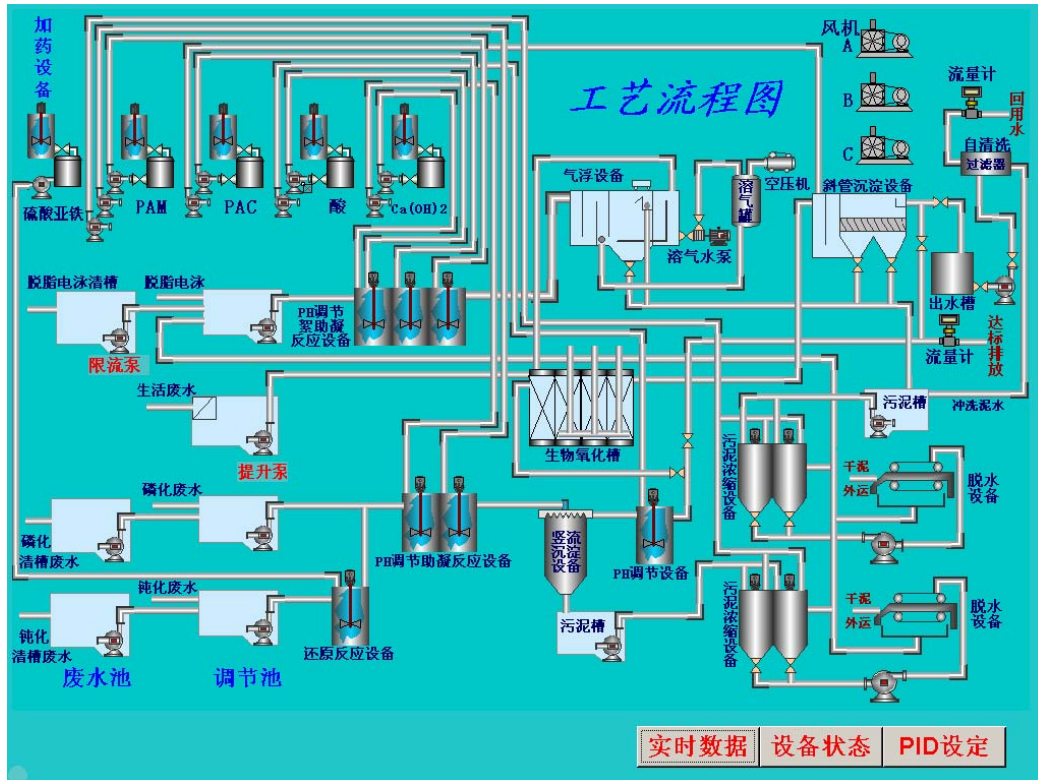
涂装在生产过程中产生五种废水即脱脂废水、磷化废水、钝化废水、电泳废水和喷漆废水。分别用脱脂及电泳清槽和喷漆废水管、脱脂和电泳冲洗废水管、磷化清槽废水管、磷化冲洗废水管、钝化清槽废水管、钝化冲洗废水管六根管输送至贮池分离贮存，清槽等浓废水用隔膜泵定量泵入相应的废水调节池中，调节池废水经提升隔膜泵分别送入反应槽中进行后续处理。

钝化废水提升至反应槽中，根据 PH 传感仪、氧化还原电位计的信号，PLC 控制计量泵自动向槽中投加酸，将废水 PH 值调至 2 左右，自动加入还原剂使废水中的六价铬还原成三价铬，然后流至反应槽第三格与磷化废水混合，加 PAC，加 Ca(OH)₂ 调整 PH 值，使铬形成氢氧化铬沉淀，水中磷酸盐反应生成磷酸钙絮体，锌絮体；在继后加入的 PAM 助凝作用下，使它们形成共聚的絮状物，进入竖流沉淀池进行固液分离，沉淀物送入污泥槽再进入带式压滤机压饼干燥，上清液处理达标后排放。

脱脂、电泳废水提升至反应槽中，用计量泵向槽中加 PAC，然后流入 PH 调节槽，根据 PH 传感仪的信号，PLC 控制计量泵自动向槽中投加酸、碱，将废水的 PH 值调节至 6~9 之间，后进入混凝反应槽中，投加 PAM，经混凝、助凝后流向变频恒压气浮装置中进行固液分离，上层清液流入一体化生物氧化槽，污泥用污泥螺杆泵提升送入污泥浓缩分离槽。

经物化处理后的水流入一体化生物氧化槽中进行生化处理，采用酸化水解+接触氧化工艺。水解酸化为厌氧反应，处理时间为 5 小时，溶解氧浓度为 1~3ppm；接触氧化为好氧反应，处理时间为 10 小时，溶解氧浓度为 3~4ppm。根据溶解氧传感器信号，PLC 控制罗茨风机的风量来调节槽中溶解氧浓度。经生化处理后的水流入斜板沉淀槽沉淀，上清液流入出水槽（槽中设有 COD 及 PH 在线水质检测仪自动检测出水水质），再次调节 PH 值到排放标准，用管道泵送入自动反冲洗过滤器，过滤的出水直排或回用。

所有污泥用污泥泵泵入污泥浓缩分离槽，向槽中投加高分子混凝剂，使污泥浓缩，用污泥泵压入带式压滤机进行污泥脱水处理，产生的清液回流到生活污水池，产生的泥饼用污泥小车外运。



工艺流程图

三、控制系统要求

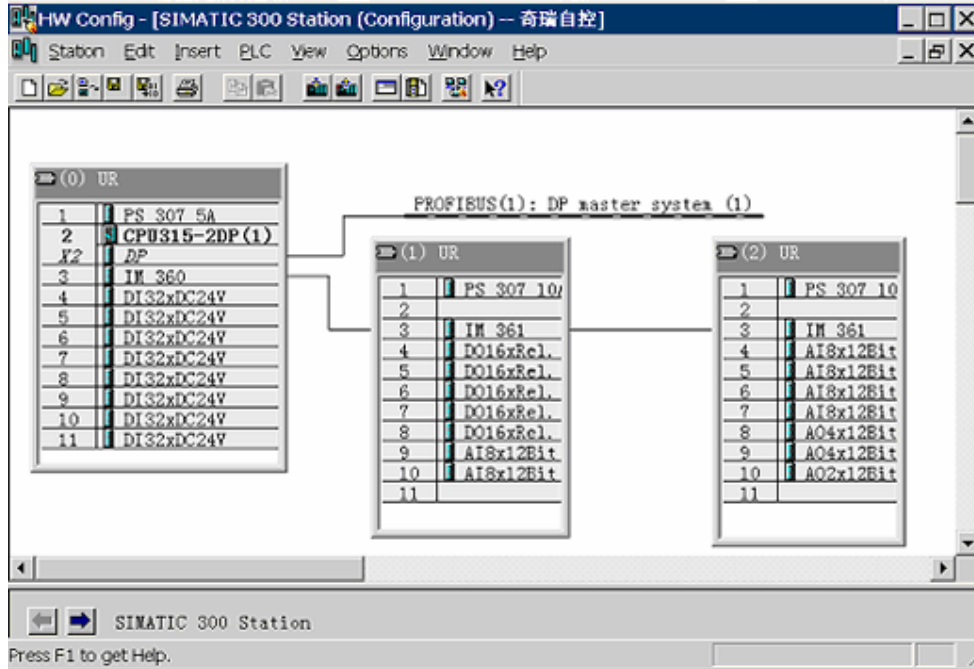
电气控制系统采用 PLC 集中控制，设中央控制室集中管理，控制方式采用手动及自动相结合，采用上位机集中显示工艺流程、处理水量瞬时及累积流量、液位、溶解氧、压力、出水水质参数和用电设备的得失电状态，现场采用适当数量的人机界面显示水处理相关参数；控制和信号电缆选用国内知名品牌。采用 PH 全自动跟踪投药控制装置投加酸或碱，采用（ORP）全自动跟踪投药控制装置跟踪投加还原剂，采用溶解氧自动调节控制装置自动调节鼓风机的风量，采用在线监测仪测定出水水质参数（包括 PH、COD 等）。选用高效、低能耗、自动化程度高的工艺设备。

本电气控制系统 PLC 采用西门子 S7-315 2DP。I/O 模块有 22 块，其中数字输入量 233 点，数字输出量 78 点，模拟输入量 48 点，模拟输出量 9 点，具体的控制产品配置的型号和数量见下表。

根据工艺要求配备有流量计、PH计、远传液位计、超声波明渠流量计、压力变送器、电磁调节阀等现场传感器。在本控制系统中，可以实现三种控制方式：工控、柜面控制和就地手控。现场还配有二次仪表显示，使工作人员不管是在控制室，还是在现场，不但可以了解运行情况，还可以实现操作和管理。

上位监控计算机通过 DP 与 S7-300 可编程控制器进行通讯。上位监控计算机具有工艺流程画面、实时曲线及历史曲线、工艺参数、设备运行和故障状态的实时动态显示功能，工艺数据和故障信息报表打印等功能。在上位机上可以实时动态地显示现场工艺设备的运行状态、实时数据、工艺参数、报警数据等，让操作人员不出控制室，就对现场的工艺和设备运行状态一目了然。

序号	产品名称	规格型号	单位	数量	备注
1	不间断电源	UPS 1000W 0.5A	套	1	
2	监控软件	WinCC 128	套	1	
3	CPU 基架卡轨	6ES7 390-1AF30-0AA0	个	3	
4	电池	6ES7 971-1AA00-0AA0	个	1	
5	CPU 单元	CPU315-2DP 64KRAM	个	1	
6		6ES7 315-2AF03-0AB0	个	1	
7	CPU 电源单元	6ES7 307-1KA00-0AA0	个	4	
8	存储卡	6ES7 951-0KF00-0AA0 (64K)	个	1	
9	编程软件	STEP 7	个	1	
10	电源模块	6ES7 307-1EA00-0AA0	个	1	
11	电源模块	6ES7 307-1KA00-0AA0	个	2	
12	数字量输入模块	6ES7 321-1BL00-0AA0	套	8	
13	数字量输出模块	6ES7 322-1HH01-0AA0	套	5	
14	模拟量输入模块	6ES 7 331-7KF02-0AB0	套	6	
15	以太网通信处理器	6GK7 343-1EX00-0XE0	个	1	
16	DP 通信处理器	6GK7 342-5DA02-0XE0	个	1	
17	直流电源	4NIC-240	根	3	
18	模拟量输出模块	6ES7 332-5HD01-0AB0	套	2	
19	模拟量输出模块	6ES7 332-5HB01-0AB0	套	1	
20	接口模块	IM360	个	1	
21	扩展模块	IM361	个	2	
22	扩展电缆	6ES7 368-1BB01-0AA0	根	2	
23	前处理器	6ES7 392-1BJ00-0AA0	个	23	
24	工控机含触摸屏		台	1	



控制系统硬件配置

四、控制系统功能

1、PLC 控制

作为西门子公司的一代成熟控制产品，具有强大的功能、完善的指令集，和快速的指令处理能力。S7-300 系列 PLC 的 MPI 接口和通过 SIMATIC NET 联网的网络能力，功能更强。S7-300 系列 PLC 集成了 MMI（人机界面）接口电路和用户友好的 STEP7 编程软件，极高的性价比和可靠性都使人使用起来得心应手。

◆ 钝化废水还原反应的氧化还原电势控制

在还原反应设备出口处安装 ORP 仪。ORP 仪测量废水的氧化还原电位（势）值，并与设定值比较，根据偏差输出相对应的模拟量控制投硫酸亚铁泵的流量，使废水在最佳还原条件下进行还原反应，将废水中的六价铬还原为毒性较小的三价铬。

◆ 钝化、磷化废水沉淀反应的废水 PH 调节

在 PH 调节、助凝反应设备 PH 调节槽出口处安装 PH 仪。

PH 仪测量废水的 PH 值，并与设定值比较，根据偏差输出相对应的模拟量控制投碱泵的流量，使废水的 PH 值调节至 9~10 范围内，以确保钝化、磷化废水沉淀反应条件，使钝化废水中的三价铬，磷化废水中的磷（锌）有效地去除。

◆ 脱脂及电泳废水 PH 调节

在 PH 调节、絮、助凝反应设备 PH 调节槽进、出口处分别安装 PH 仪。进口处 PH 仪测量未调废水的 PH 值，并判断废水属性。当未调废水属碱性（ $\text{PH} > 9$ 时），则 PH 仪输出能使投酸泵启动的开关量。当未调废水属酸性（ $\text{PH} \leq 6$ 时），则 PH 仪输出能使投碱泵启动的开关量。当未调废水属中性（PH 值在 6~9 范围内）时，则 PH 仪不输出投酸或碱泵启动的开关量。

出口处 PH 仪测量已调废水的 PH 值，并与设定值比较，根据偏差输出相对应的模拟量控制投酸泵或投碱泵的投加量，恰到好处地调节废水的 PH 值至设定的 PH 值范围内。

◆ 浊度在线全自动跟踪投药

采用浊度在线全自动跟踪投药控制装置跟踪投加絮凝剂、助凝剂。浊度计检测气浮设备出水浊度，将所测得的浊度与所需要经絮凝、助凝、反应沉淀后的废水应达到的浊度进行比较，如测得的浊度比设定值大时，说明絮凝、助凝、沉淀效果欠佳，增大絮凝剂、助凝剂投量可有效改善出水浊度。如所测得的浊度比设定值小时，说明絮凝剂、助凝剂过量投加，应减少絮凝剂、助凝剂的投加量。浊度在线全自动跟踪投药控制装置跟踪被处理水质变化，自动调节絮凝剂、助凝剂投加计量泵的输出流量，达到以合理剂量取得最佳絮凝、助凝效果。

◆ 溶解氧在线自动跟踪、控制一体化生物氧化槽接触氧化段水中溶解氧

采用溶解氧在线自动跟踪一体化生物氧化槽接触氧化段水中溶解氧自动调节控制装置，自动调节罗茨风机输出风量。溶解氧仪测定一体化生物氧化槽接触氧化段水中溶解氧，控制装置将测得的溶解氧值与设定值进行比较，当测定值小于设定值时，说明供氧（空气）不足，影响好氧微生物代谢，从而影响生化处理效果，可能造成总出水不达标，必须增大罗茨鼓风机输出风量，以满足好氧微生物对氧的需求。当测定值大于设定值时，说明供氧过剩，应减少罗茨鼓风机的输出风量，以利节能。改变变频器输出频率，电机的运转转速也随之改变。当变频器输出频率上升时，电机转速也随之上升，罗茨鼓风机的是输出风量也随之增大。当变频器输出频率下降时，电机转速也随之下降，罗茨鼓风机的输出风量也随之减小。溶解氧在线自动跟踪调节控制装置在线检测一体化生物氧化槽接触氧化段水中溶解氧，将测定值与设定值进行比较，输出想相对应的调节信号量，改变罗茨鼓风机的运行台数及最后一台启动的罗茨鼓风机的变频器输出频率，从而改变罗茨鼓风机的输出风量，满足当时情况下好氧微生物对氧的需求。

◆ 变频恒压供水

回用水提升泵共安装三台，分别为回用水提升泵 A、回用水提升泵 B、回用水提升泵 C。

回用水提升泵将出水槽中的水提升供用户回用。根据用户用水量的变化，变动泵的运行台数及改变最后一台泵的运行转速，以使供水量满足、适应不断变化的用水量。

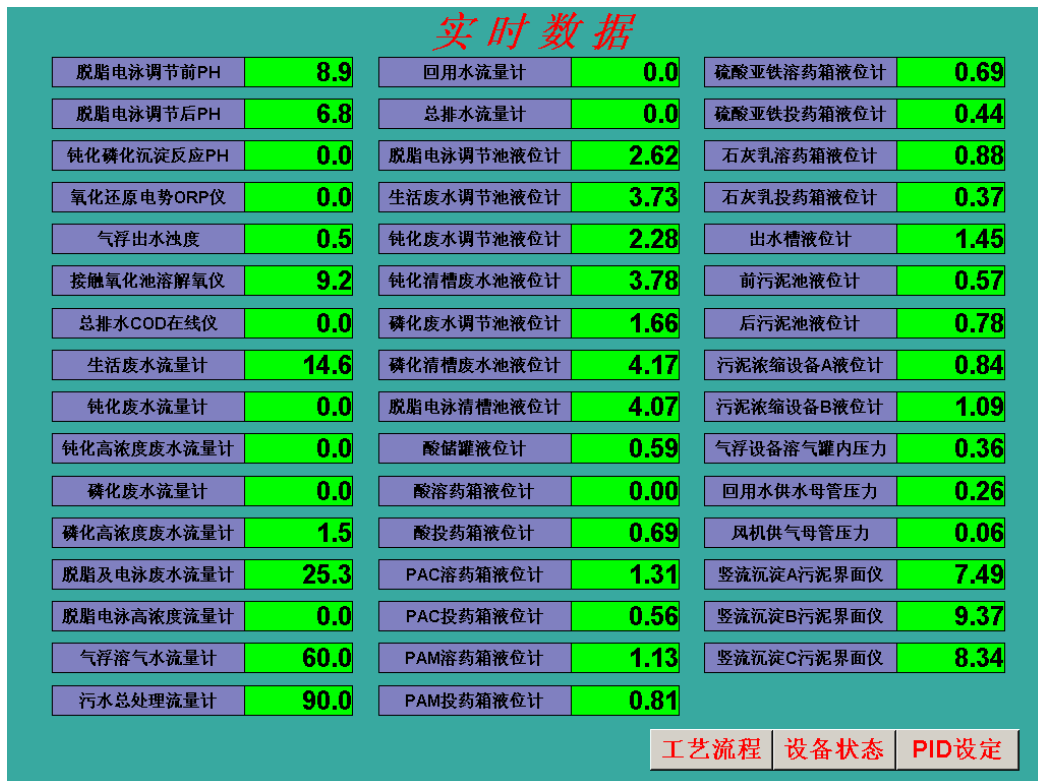
当出水槽水位高于 1.0m 时，启动回用水泵，出水槽水位降至 0.5m 时，回用水泵停止运行，并发出出水槽水位低灯光、音响报警信号。

在回用水泵出口母管上安装压力变送器，恒压供水控制器（变频器）根据实测压力值与设定值之间的偏差来控制回用水泵运行的台数及最后一台泵的转速，以满足该时段的用水量。

2、WinCC 监控

WinCC 是一个集成的人机界面（HMI）系统和监控管理（SCADA）系统，它是结合西门子公司在过程自动化领域中的先进技术和微软公司强大软件功能的产物，WinCC 是视窗控制中心的简称（Windows Control Center）。

WinCC 具有传统的 HMI 任务和许多省时特性；WinCC 提供向导快速开发和方便维护项目，从而使用户在项目实施的所有阶段节约时间和成本。



实时数据图

WinCC 运行于个人计算机环境，可以与多种自动化设备及控制软件集成，具有丰富的设置项目、可视窗口和菜单选项，使用方式灵活，功能齐全。用户在其友好的界面下进行组态、编程和数据管理，可以形成所需的操作画面、监视画面、控制画面、报警画面、实时趋

势曲线、历史趋势曲线和打印报表等。它为操作者提供了图文并茂、形象直观的操作环境，不仅缩短了软件设计周期，而且提高了工作效率。WinCC的另一个特点在于整体开放性，它可以方便地与各种软件 and 用户程序组合在一起，建立友好的人机界面，满足实际需要。



设备状态图

图形功能：带有大约 2000 多符号和智能对象库的 ActiveX 容器，画面自动更新的适应性，在线图形改变支持，放大，层叠，工具提示等许多特性，使开发人员能快速实施，使操作者有更直观的过程界面。

报警功能：向导组态，报警排列，报警确认和单独的操作员注释构成了广泛而全面的报警管理系统。对单一标签的多级报警，使报警的建立更简单，成本更低。

趋势功能：向导组态，在线“笔”自由修改和任意缩放，提供给 WinCC 用户全特征的历史和实时趋势。WinCC 趋势支持以.csv 格式的数据导出，可以用离线工具如 Microsoft Excel 直接读取。

安全设置：WinCC 支持多达 999 等级的安全访问。操作者访问特定的画面或画面对象能被禁止。个别的动作如配方下载也能用密码保护。Internet 访问浏览支持防火墙保护。

OPC: WinCC 能用作 OPC 客户机和 OPC 服务器。作为 OPC 客户机, WinCC 能提供标签变量的信息向上集成到 MES 系统。

通讯: WinCC 为绝大多数厂家的 PLC 提供了本地通道驱动程序, 包括: Siemens (S7、S5、TI), Allen-Bradley (Ethernet, DF1, DH485, DH+和 ControlNet), Modicon, Mitsubishi 以及 General Electric。

报表: 内置的报表编辑器提供了多达 75 个模板, 用于创建转换报表, 生产报表, 报警报表和其他报表。



PID 设定图

3、HMI 人机界面

西门子的人机界面 SIMATIC TP 面板是使用基于 Windows 的 SIMATIC ProTool 图形组态软件, 进行组态时既简单又高效。有一个适用于全部 SIMATIC HMI 系列和标准 PC 的完整的图形组态软件包。ProTool 图形组态软件几乎为每个可组态的操作单元提供了标准项目, 并且广泛使用的功能已经在标准项目中被组态。标准项目包含设备指定的标准画面, 还提供了操作单元上基本操作所需要的所有功能。

在使用时，可以将 ProTool 集成到 STEP 7 中。当使用与 STEP 7 相同的数据库时，具有如下优点：

- ◆ 只需分配符号名一次，就可以在任何地方使用它。
- ◆ 当组态变量与区域指针时，访问 STEP 7 符号表，对 STEP 7 中的符号表的修改可在 ProTool 中更新。
- ◆ 当编译该项目时，使数据同步。
- ◆ 在 STEP 7 中，可组态 ALARM_S 消息，并将其输出到操作单元。
- ◆ PLC 的通讯参数被直接传送到项目中。

控制柜上的 TP 触摸屏具有强大的功能，在本电气控制系统中，主要设置了以下功能：

图形功能：画面显示，直观地显示工艺流程图，使操作人员和非操作人员能够迅速地了解整个污水处理的工艺和设备。

电气控制：可以直接在触摸屏上启动和停止设备的运行，同时转换控制状态，是自动运行还是手动运行。



电气控制图

参数显示：显示现场各种仪表的测量数值，以判断设备的运行状态。

报警列表：显示主要的报警信息

历史趋势：显示变量运行情况和变量瞬间运行值

PID 调节：显示当前值和设定值，并进行 PID 显示。



历史趋势图

五、结束语

随着工业自动化的不断发展，高品质的自动化产品和方便快捷的组态和编程软件将使自动化进入一个新的发展阶段。同时我认为，总线和网络技术、人机界面等产品将在工业和生活中得到越来越广泛的应用。西门子高品质的自动化产品和完整的解决方案，能够满足用户的需要和解决在污水处理上出现的各种各样的问题。

本污水处理厂控制系统的不足之处就是采用集中控制，没有采用现场总线。当初在项目前期考察时，参观的污水处理厂大多是手动控制，没有预料到控制系统的复杂性。结果在控制柜中布满大量的电缆，不但在接线就花费大量的时间，还容易出错。鉴于复杂的控制系统，应该采用总线控制系统，在节省大量的接线时间的同时，提高了控制系统的稳定性，并且对于出错，很容易进行查找和更改。

在进行变频器的调节时，要注意电压的稳定。因本污水处理厂的供电是从焊装车间母线上直接接过来的，焊装车间因本身的工作特点，电压波动比较大，所以需要额外加一台稳压变压器，以保证变频器正常运行。

整体上说，该污水处理项目的实施还比较成功。西门子的自动化控制产品还是能够完全满足客户的需要。自动控制系统在总线和网络方向发展已经成为一个趋势，今后在设计电气控制系统时，应该向这方面发展。

参考文献：

- 1、SIMATIC HMI ProTool 组态图形显示用户手册 西门子公司/1999
- 2、IMATIC S7-300 和 M7-300 可编程控制器模板规范参考手册 西门子公司/2001
- 3、SIMATIC STEP 7 V5.1 编程使用手册 西门子公司