

# PLC 在污水处理中的应用

## The Application of PLC in the Sewage Disposal

徐琳

Xu, Ling

摘要: 本文介绍了西门子 PLC 在污水处理厂自动控制中的应用, 主要介绍了 PLC 控制系统的系统配置方案、软件设计思想和程序结构, 实际运行表明该方案是合理和有效的。

关键词: 污水处理; PLC; WINCC; STEP7

ABSTRACT: This paper introduce the application of SIEMENS PLC in the automation of the sewage disposal, and mainly says the system construction plan, the software design and program construction. Practical operating has proved that this project is rational and effective.

KEY WORDS: Sewage Disposal PLC WINCC STEP7

### 1 引言

环境保护问题日益成为影响和制约人类社会发展的因素之一。随着工业的不断发展和城市人口的急剧增加, 大量工业和生活污水未经处理流入江河湖海, 使环境和饮用水被严重污染。因此, 建立高度自动化的污水处理厂是解决水污染问题的有效途径。为确保污水处理工艺和设备能够长期安全可靠地运行, 我们采用西门子 S-300 PLC 可编程序控制器和智能检测仪表组成下位机, 实现对现场设备的监控。上位机采用西门子“WINCC V5.1”组态软件, 实现整个系统的画面监测、参数设定和指令控制等功能。该系统集过程控制和科学管理于一体, 具有可靠性高、控制性能优越、管理功能完善等优点, 对指导工艺及设备的正常运行, 提高自动化控制和管理水平发挥了重要作用。

### 2 污水处理工艺流程

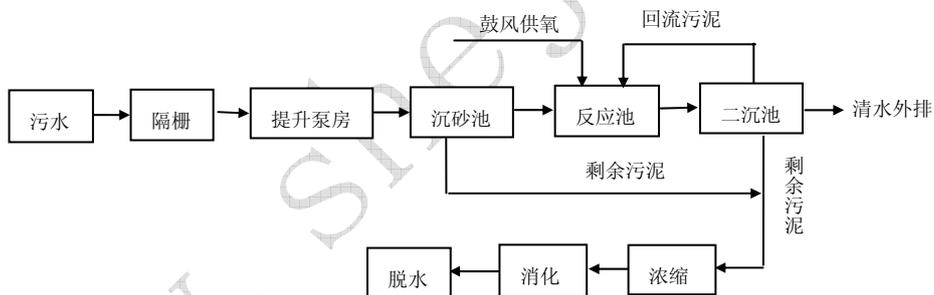


图 1 污水处理工艺流程

污水处理工艺流程如图 1 所示, 从厂区外的主污水管道而来的污水进入格间, 由 2 台粗格栅和两台细格栅将污水中体积较大的污物拦住, 形成栅渣, 送到栅渣压实机, 经螺旋输送机将其输送到专门容器, 继而外运。通过格栅机的污水继续前行流入进水泵房。该处为全厂区标高的最低处, 进水泵房底部放置有 5 台大功率潜水泵, 主要用于将污水提升到高处, 以使污水只靠重力作用流经其余的处理阶段。钟式沉砂池的作用是将污水中的砂子分离出来, 防止其对后续工作的设备产生磨损, 分离出来的含水砂子由吸砂泵打入到砂水分离器进行砂与水的分离, 分离出的砂子外运。经过钟式沉砂池的污水靠重力进入到初次沉淀池, 经过初次沉淀池处理后的污水进入 A/O 池, A/O 池为厌氧/好氧生物反应池, 污水首先进入厌氧池中进行厌氧处理, 使厌氧池中污泥吸收污水中的一些有害物质之后, 污水进入 2 个好氧池中, 由鼓风机通过曝气头向池中吹入定量氧气, 经过生物作用, 进一步将有害物质分离出来。然后污水进入二次沉淀池, 经过刮泥桥的运动, 池上面的浮渣进入浮渣井中, 池下部的污泥由真空泵吸出并送到回流/剩余污泥泵房。回流/剩余污泥泵房按一定的比例将一部分污泥送入到 A/O 池入口, 以保证厌氧池中含有一定的污泥, 另一部分被 3 台剩余污泥泵送入到污泥调节池。经过二次沉淀处理后的污水已达标, 可以外排。

### 3 系统的硬件组成

PLC 在现代工业控制领域中早已得到了广泛的应用。以 PLC 的控制功能而言, PLC 具有严谨、方便、易编程、易安装、可靠性高等优点。它通用性强,适应面广,特别在数字量输入输出等逻辑控制领域有无可比拟的优点。PLC 具有丰富的逻辑控制指令和高级应用指令,它提供高质量的硬件、高水平的系统软件平台和易学易编程的应用软件平台。另外, PLC 即有自身的网络体系又有开放 I/O 及通讯接口,很容易组建网络并实现远程访问。污水处理主要是顺序逻辑控制,这正是 PLC 控制的优势所在。在众多的 PLC 生产厂家中,西门子公司的 S7—300 系列产品以其较高的性价比成为众多用户的首选。S7—300 是模块化的小型 PLC 系统,能满足中等性能要求的应用。模块化、无排风扇结构,各种单独的模块之间可进行广泛的组合以用于扩展。接口模块(IM)用于多机架配置时连接主机架(CR)和扩展机架(ER),S7—300 通过分布式的主机架(CR)和二个扩展机架(ER)可以操作多达 24 个模块。中央处理单元(CPU)集成有 PROFIBUS—DP 和 MPI 通讯接口,多点接口(MPI)用于同时连接编程器、PC 机和人机界面等。信号模块(SM)用于数字量和模拟量的输入输出。

在设计当中,根据设备的情况和厂方用户的要求,对主控制器 PLC 的硬件配置如下图。在这个配置中,CPU 模块采用 315—2DP,数字量输入(DI)采用 SM321 模块,数字量输出(DO)采用 SM322 模块,模拟量输入(AI)采用 SM331 模块,模拟量输出(AO)采用 SM332 模块。在现场实际中,数字量输入输出(DI/DO),模拟量输入输出(AI/AO)都有部分冗余,以备系统临时扩充需要。由 ET200M 模块组成的远程从站可就近放置在现场,利用 SIEMENS 公司工业现场总线 PROFIBUS—DP 完成主—从通讯。通过设置从站的方法可把地理位置相对分散的设备的控制信号,用一根现场总线送到 PLC 主站,这样不但可节约大量的电缆,同时系统的可靠性也有了很大的提高。在本系统中,PLC 主站共下设 2 个 ET200M 远程从站。从站 1 放置在鼓风机房,实现对鼓风机房的数据采集和控制。从站 2 放置在污泥泵房,实现对污泥泵房的数据采集和控制。上位机监控系统使用一台工程师站和一台操作员站。两台工业计算机分别采用 SIEMENS 公司 CP5611 网卡通过 PROFIBUS—S7 数据通讯网络完成计算机与 PLC 主站之间的数据通讯。操作员站的画面组态软件选用 SIEMENS 公司的 WINCC 完成用户二次软件的开发。

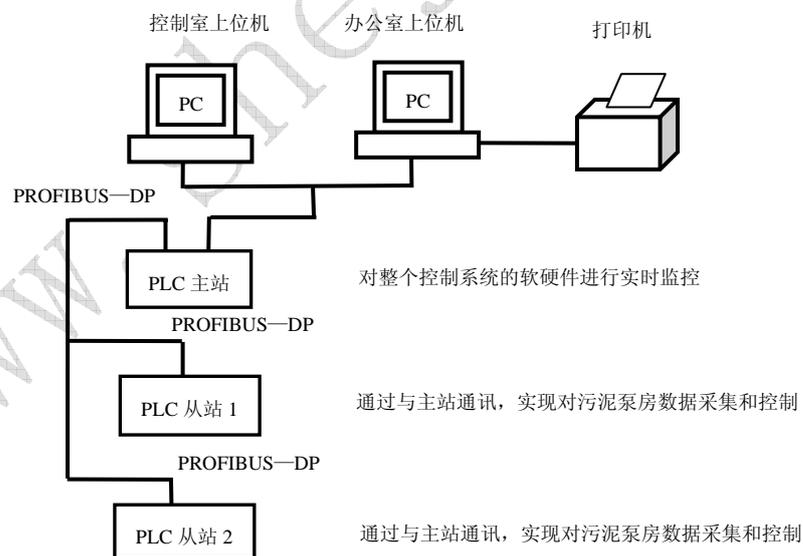


图 2 系统硬件示意图

## 4 控制系统的功能实现

根据对现场污水处理工艺的了解和操作人员的具体要求和建议，以及以往系统的开发经验，可将系统的控制功能实现分为上位机实现和下位机实现。下面将依次分别介绍。

### 4.1 下位机 PLC 控制系统的功能实现：

- 手动操作。
- PLC 远程手动遥控操作。
- 全自动操作三种方式。

前两种方式一般只在设备调试或维修时使用，系统主要以全自动操作方式为主。在这种方式下，各类泵、风机等设备的开、停，各种工况的切换都由可编程控制器按照预先编制的程序自动生成，不需要操作人员干预。每种工况的运行时间及各种测量参数均可以在线或离线调整，每台设备和每种工况的运行情况也都可以由 PLC 系统进行监视。现场的泵类、风机、搅拌器等信号通过 PLC 的控制转化也在上位机上显示。这样，既能对设备开关量，如各类泵、风机、搅拌器等的开停进行控制，又能对现场的模拟量：曝气池内的溶解氧、消化池的泥温等进行调节，使全厂的工艺、设备运行得到全面的控制。

### 4.2 上位机监控系统的功能实现：

- 提供工艺过程参数检测流程图，模拟量显示图，模拟量棒图，趋势图等动态画面显示各主要设备运行时间参数和控制回路参数设置画面。据此操作人员或工艺员可对整个工艺和设备有一个详细和形象的了解。
- 系统主要参数和报警信号登录。登录数据可供工艺人员和控制系统设计人员参考，以分析设备运行情况，进一步改进控制方案，提高系统的运行效率。并对故障设备及超越仪表设定值闪烁报警，提醒操作人员采取相应措施，确保了生产安全同时给出可能的故障原因和解决办法。
- 可通过键盘（或鼠标）直接控制现场设备，如启动或停止各类泵、风机、阀、搅拌器、刮泥桥等。
- 进入和退出系统的口令保护，以免非工作人员进入系统或随意中断运行中的系统。

## 5 系统软件设计

用户的软件设计质量的好坏直接关系到系统的控制质量和人员设备的安全，所以开发一套功能完善、可靠性高的软件尤显重要。根据系统的实际情况，用户的软件设计同样分为上位机软件设计和下位机软件设计，下面将分别给予介绍。

### 5.1 下位机程序设计

PLC 主站的用户程序是在基于 SIEMENS 公司的 SIMATIC STEP7 V5.1 软件平台上完成硬件组态、地址和站址的分配以及用户程序的设计开发的，在主程序（OBI）中将各种控制功能和各站点间的通讯数据分别编写在不同的子程序（功能块 FB、DB FC）中。在本系统中，根据所控制设备的实际情况，可把整个污水处理流程分为若干个分流程，每个分流程对应一个功能（FC）或功能块（FB），例如粗格栅控制（FC1），细格栅控制（FC3），曝气沉砂池控制（FC4），生化反应池控制（FB1）等。另外还有一些中间转换控制模块，例如从温度传感器上通过 PLC 的模拟量输入模块中得到的数据必须通过量程转换才能变成实际的温度值，通过编写单独的模块 FC8，完成从 WORD 到实数的转换。考虑到传感器测到的温度可能由于干扰信号在极短的时间内出现阶跃，为避免干扰，采用在 10 秒内采集 5 个温度，平均这 5 个温度，从而有效的避免了干扰。

限于篇幅，重点介绍一下曝气池的控制。曝气池是全厂的核心构筑物，污水在池中通过微生物的净化作用达到去除有机物的目的。因微生物为好氧菌，如供氧量过少会造成细菌大量死亡，不利于微生物的生长，会直接影响处理效果。但供氧量过大，不仅使能耗增高，增大运行费用，而且会形成小而重的易沉淀絮体作用使水质恶化。因此控制水中的含氧量是污水处理过程控制中关键的任务之一。根据工艺要求，该厂设有 6 台鼓风机用于向曝气池供氧，其中有 1 台变频风机。我们在曝气池的不同地点设有 6 块溶解氧测试仪（即 DO 仪）测量池中的含氧量。曝气池的控制思路是通过计算机给这些 DO 仪设置一个测量范围，当进水量达到平衡，池中悬浮物浓度合乎标准时，一旦水中含氧突破这个范围，PLC 就会收到现场溶解氧仪反馈回的报警信号。PLC 便根据现场测量值来调节鼓风量。鼓风机的开启台数由 PLC 根据溶解氧的平均值来控制，PLC 每隔 10 min 判断一次曝气池内的溶解氧值，溶解氧低于设定下限时调频风机增加 10%。若调频风机已达最大值，则增开一台普通分风机，溶解氧高于设定上限时调频风机减少 10%，若调频风机已达最小值，则关闭一台普通风机，以下

为曝气池控制子程序片断和流程图。

```

CALL FB 41, "db19_fb41"
P_SEL :=L2.3
I_SEL :=L2.4
LMN_HLM :=1.000000e+002
LMN_LLM :=0.000000e+000
LMN_PER :="PQW352"
QLMN_HLM:=#temp31
QLMN_LLM:=#temp32
NOP 0
CALL "4-20mA"
IN :=MW400
HI_LIM:=1.000000e+002
LO_LIM:=0.000000e+000
OUT :="db19_fb41".PV_IN
FAULT :=M125.1
NOP 0
⋮
⋮

```

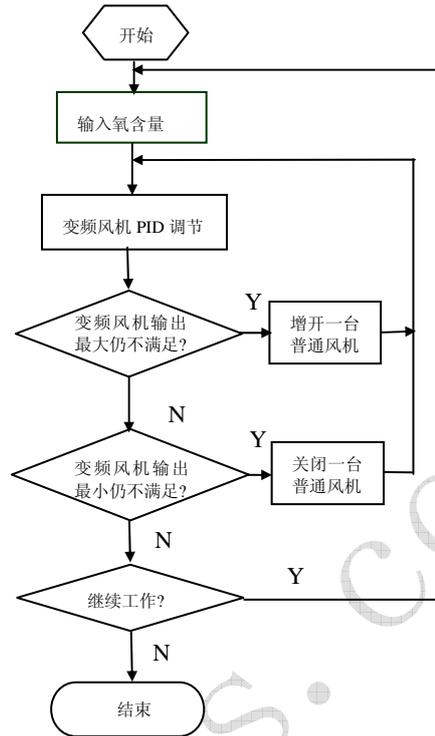


图 3 曝气池控制流程图

以上程序框图为了便于理解，只是简单的列出了程序控制的主要功能，实际上在现场还有其他方面需要考虑，比如当现场长期没有满负荷运转时，五台普通风机可能只需投入使用 2~3 台，另外两台一直在闲置，为防止风机长期放置而锈蚀损坏，在编程时需考虑五台普通风机依次循环使用，使所有风机都一直处于正常工作状态。

### 5.2 上位机程序设计

上位机的编程平台采用 SIEMENS 公司的 SIMATIC WINCC5.1。在工程师站安装 WINCC-RC 用于开发，操作员站安装 WINCC-RT 用于运行，WINCC 运行于 Windows NT V4.0 操作系统平台之上，以增加系统运行安全和稳定性。WINCC 通过读取下位机的 DB 块，在上位机显示对应的状况，如显示实际温度、水泵的开闭状态等。另外可以把上位机的操作命令传到下位机的 DB 块中，来实现对下位机的在线操作。在本系统中，通过共享数据块 DB1 把下位机的工作状态传到上位机，通过共享数据块 DB2 把上位机的命令传到下位机。

### 6 结束语

用 PLC 设计的自控系统在某污水处理厂投入使用以来，大大降低了操作人员的劳动强度，并改善了操作人员的工作环境。设备具有调试简单、操作方便、使用安全、运行可靠、效率高、故障率低，污水处理效果好的特点，同时由于软硬件均采用模块化结构，方便了工程技术人员的安装、调试和维修，为我们带来了很好的社会效益和经济效益。

### 参考文献

[1] SIEMENS 公司. SIMATIC S7-300 M7-300 可编程序控制器模板规范参考手册, 2001.10  
 [2] SIEMENS 公司. STEP-7-V5.1 编程使用手册. 2001.10  
 [3] 谢克明, 夏路易主编. 可编程控制器原理与程序设计. 北京: 电子工业出版社, 2002  
 [4] 齐蓉主编. 最新可编程控制器教程. 西安: 西北工业大学出版社, 2000.9

作者简介: 徐琳, 女, 汉, 1964 年生, 1986 年毕业于华东石油学院生产过程自动化专业, 现在齐鲁石化公司从事计算机监控系统和仪器仪表自动化方面的工作。电话: 0533-7589533, 13964325088 (255430 山东淄博市齐鲁石化公司第二化肥厂设计所)

---

主编：

您好， 我是石油大学信控学院戴永寿， 现有一篇稿子供审阅， 请指正。

稿子修改请联系：石油大学(华东)信息与控制工程学院 研 02-9 班 (257061)

李林

电话： 0546-8392317 (o) , 8397438 (h) , 13963392974

email: lilin2003.student.sina.com

版面费请联系：山东淄博市齐鲁石化公司第二化肥厂设计所(255430)徐琳

电话：0533-7589533, 13964325088

最后祝主编春节愉快，全家幸福！

2003. 12. 31

戴永寿

WWW.SHEJIS.COM