废水处理站的自动控制与电能综合管理

文/大连神通电气有限公司　丛　羊　雷宏艳

随着现代化工业的不断发展，工业废水的处理与再利用是节约水资源的必要措施。以某硅钢废水处理站为例，具体介绍整个系统的自动化控制和用电质量的综合监测管理，通过PLC与变频器、测量仪表的通信，完成整个系统的控制和数据采集分析。

目前，水污染问题日益突出，严重制约着我国社会经济的发展，且随着工业规模的不断扩大，废水排放量急剧增加，废水处理是目前我国环境保护的一项基本国策。在工业生产中，由于排放量较大，废水处理站的规模不断提升，配备合理有效的自动化控制系统必不可少。本项目通过现场总线将PLC与各传动单元和测量单元建立通信连接，完成对动力设备的控制和数据的采集，再通过工业以太网实时反馈给中控室监测系统。中控室根据各反馈参数以及设备的运行情况，对废水处理的工艺流程、处理效果和供电质量等进行深度分析处理，不断优化改进，达到高效、灵活、准确和简单的监控管理目标。

网络配置

废水处理站控制系统包括中控室上位机监控系统、现场PLC子站系统、现场HMI监测系统、现场传动控制单元和测量单元系统。各系统之间的网络配置如图1所示，其中，中控室PC站、S7-300PLC子站和HMI触摸屏之间采用工业以太网实现通信；Smart 200 PLC以及各设备变频控制器与S7-300PLC之间采用现场总线Profibus通信；现场测量仪表与Smart 200之间采用Modbus-RTU通信。

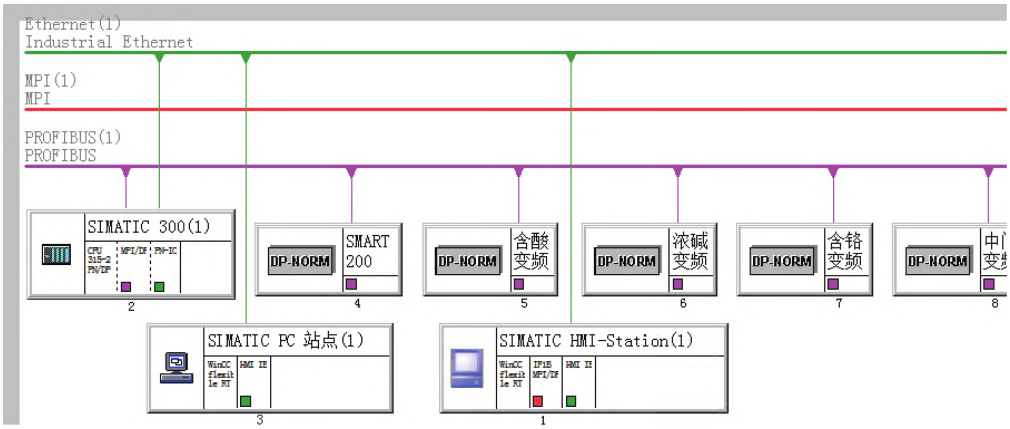

图1　网络配置图

1. PLC控制站的硬件配置

根据处理站的工艺要求以及控制设备数量和数据采集信号类型等参数，对PLC子站做以下配置。选用西门子S7-300系列PLC，电源模块选用PS307 10 A，CPU模块选用CPU 315-2PN/DP，集成1路RS 485端口和1路Profinet端口，支持Profibus和工业以太网通信。本项目中S7-300作为Profibus主站，Smart 200和数个变频器作为从站，组成整个控制系统的现场总线通信。开关量输入模块选用SM321，用于接收现场运行状态的反馈，比如水泵的运行、停止和故障等信号。开关量输出模块选用SM322，主要控制除变频以外动力设备的启停，比如潜水搅拌机、排污泵和污泥回流泵等。模拟量输入模块选用SM331，8路12位精度，误差为±7%，主要采集各压力、温度和潜水泵泄漏等信号。

2. 现场总线从站配置

现场总线Profibus从站由Smart 200和变频器组成，Smart 200选用CPU ST40和EM DP01（DP）通信模块，此模块在使用前需要通过面板旋钮设置通信地址，与Step7软件组态中的地址相同。变频器选用ABB品牌的ACS510系列，支持现场总线通信，主要驱动罗茨风机、提升水泵和潜污泵等设备，通过PLC的PID计算调节，完成闭环控制，达到节能的目的。电能测量仪表则选用安科瑞ACR230ELH系列，具有三相交流电量测量、复费率电能计量、四象限电能计量、谐波分析、电网质量分析以及网络通信等功能，作为Modbus-RTU从站，与Smart 200主站完成数据的传递。

自动控制与数据采集

1. 变频器的控制

考虑此项目中需要控制的变频器数量较多，如果采用开关量和模拟量控制方案，会有控制线较多、工程量大和后期维护复杂等情况，所以选择现场总线控制变频器的运行。变频器采用本地和远程切换控制，本地控制由机旁操作箱按钮和电位计执行命令，远程控制则由PLC通信完成。变频器需要配置RPBA-01通信卡，通过并接DP接头将PLC和各变频器连接起来。在变频器参数设定和PLC硬件组态时，参数过程数据对象选择PPO Type 4，使用过程数据PZD1～6共6个字实现数据传输，但这里只利用前两个字。PLC通过控制字（CW）和给定值（REF1）双字控制变频器的启停与转速，通过状态字（SW）和实际值（ACT1）双字读取变频器的状态与实际转速。为了使数据统一化以及变频器的数据格式相同，Step7在数据组态时建立了数据类型UDT1，然后在数据块DB2中建立以UDT1为数据类型的数组，如图2所示。将变频器的PIW256～317和PQW256～317过程映像区数据按顺序写到DB2.DBW0～DBW62中，完成整个变频组的数据统计。

地址	名称	类型	初始值
0.0		STRUCT	
+0.0	BP	ARRAY[1..18]	
*8.0		UDT1	
=144.0		END_STRUCT	

地址	名称	类型	初始值
0.0		STRUCT	
+0.0	cw	WORD	W#16#0
+2.0	ref1	WORD	W#16#0
+4.0	sw	WORD	W#16#0
+6.0	act1	WORD	W#16#0
=8.0		END_STRUCT	

图2　数据块图

控制水池提升泵和输送泵的变频器，需要PLC计算PID参数实行闭环控制，通过采集现场的压力和液位信号，经过PLC调用功能FC105转换工程值，作为PID功能块FB41的反馈值，再经过比例、积分和微分的调试后，将输出值通过FC106转换成0～2 000的数值，写入对应的输出过程映像存储区PQW中，即变频器的给定值（REF1）。其余变频器的给定值则通过机旁电位计或触摸屏的输入赋予固定值。

2. 电能的采集与管理

本项目的供电系统是由两路变压器供电，所以在两台进线柜和中间母联柜设置三块多功能仪表测量电能参数。仪表通过RS 485接口串行连接，最终与Smart 200构成Modbus-RTU通信。在仪表参数列表中，需要对仪表的电压比、电流比、复费率时段、通信地址、通信速率和校验方式等进行设定，然后通过查阅仪表的通信地址表找到需要读取的参数地址。电能采集数据包括三相电压、电流、功率和功率因数，这些参数需要实时采集，而本月峰谷平电能、总峰谷平电能等参数只需要在记录时访问即可。通过地址表查阅，实时采集数据地址为242～251，共10个字，对应

Modbus通信地址为40243～40252；峰谷平电能等参数地址为332～347，共16个字，对应通信地址为40333～40348。

采用Modbus通信访问多从站时，一般采用轮询的通信方式，即主站与第一个从站通信完成位激活与第二个从站的触发位，依次触发完成轮询。如图3所示，为实时采集数据的部分程序，可以看出指令库中的Done端口对应的M31.1就是1#仪表的通信完成位。电能参数则利用触摸屏控制S7-300PLC的输出点Q39.7，再通过Smart 200的上升沿中断程序来完成通信开始指令。使用ATCH指令启动中断，中断事件号为0，在中断程序中依然采用轮询的通信方式，但最后一个从站通信完成后，无须再触发第一个从站，直接跳出中断程序即可。以上所有仪表参数存放在Smart 200的V存储区内，地址为VW0～VW155。

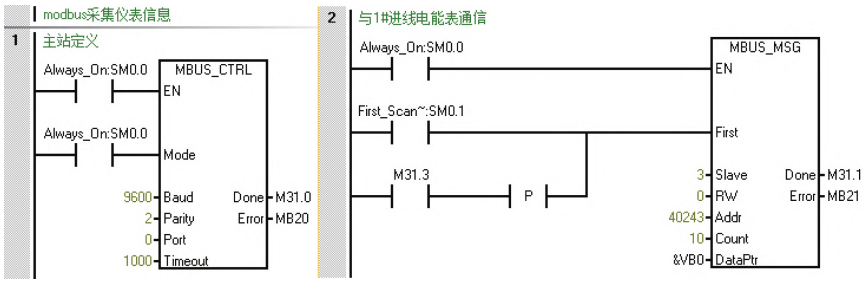

图3　程序组态图

电能的数据采集完成后，最重要的就是对数据的呈现与分析，形成最后的电能质量评估和管理。S7-300通过现场总线将Smart 200的V存储区数据存储到本身的DB1数据块内，依然采用复杂数据类型UDT来存放，触摸屏访问数据块的各个参数，通过组态画面将整个用电系统使用情况呈现出来。在画面组态中，可显示各仪表的电压、电流和功率等实时参数，还可通过组态趋势视图更加直观地显示各参数的变化情况，现场操作人员可以利用视图分析历史用电情况，为日后优化废水处理站的工作提供了方便。

结束语

综上所述，废水处理站的自动化控制应用，提升了废水处理的效率、质量和安全性，而且对风机和水泵采用的变频控制，大大减小了经济成本和时间成本。中控室通过访问PLC子站的各项设备参数和用电数据，可以方便地了解现场运行情况以及对用电质量进行综合管理，使整个企业实现了效益最大化及成本最小化。**EA**

（收稿日期：2021-07-16）

（上接第57页）

表9　变压器运行状态

平均负载系数	0.36
经济负载系数β_j	0.427
配变运行区	经济运行区
是否经济运行	是

如果变压器负载运行在非经济运行区内，则企业可以采取相关节能技改措施，以达到节能降耗和提高设备运行效率及质量的目的。常见的措施主要包括：调整变压器间负载，使变压器总综合功率损耗最小；平衡变压器各相间负载，降低变压器总综合功率损耗；调整变压器负载率或者采用削峰填谷，降低综合功率损耗率。对于判定为非经济运行且综合功率损耗大的变压器，企业应当及时更新。

分析的意义及收益

通过对变压器的运行状况进行监控和分析，对企业节能潜力，特别是节电进行深度挖掘。

使用本文的分析方法得到分析结果之后，采取调整负载、调整负载率、削峰填谷、无功补偿及更新设备等措施，提高设备运行效率及质量，保证设备经济运行，成本低，回收期短，经济效益明显。降低电能损耗和线损，避免能源浪费，不仅可以提高企业的核心竞争力，同时是保护环境和社会可持续发展的基础和源泉。**EA**

（收稿日期：2021-09-03）